



## ISTITUTO NAZIONALE DI RICERCA METROLOGICA Repository Istituzionale

Progettazione e realizzazione particolari meccanici per sospensione bombole comparatore Gas Massa

*Original*

Progettazione e realizzazione particolari meccanici per sospensione bombole comparatore Gas Massa / Santiano, M.; Pavarelli, S.. - (2025).

*Availability:*

This version is available at: 11696/87639 since: 2026-01-23T09:27:49Z

*Publisher:*

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

*M. Santiano, S. Pavarelli*

**Progettazione e realizzazione particolari meccanici per sospensione bombole  
comparatore Gas Massa**

R.T. 45/2025

Dicembre 2025

## Abstract in italiano

Il presente rapporto tecnico descrive le caratteristiche, i vantaggi e le applicazioni dei particolari meccanici realizzati con tecnologia di stampa 3D per il comparatore Gas Massa.

## Abstract in inglese

This technical report describes the characteristics, advantages, and applications of mechanical parts manufactured using 3D printing technology for the Gas Massa comparator.

## Indice

|      |  |        |
|------|--|--------|
| 1.   | <a href="#">Abstract</a>                               | pag. 2 |
| 2.   | <a href="#">Attività svolta</a>                        | pag. 2 |
| 3.   | <a href="#">Progettazione e Stampa dei Particolari</a> | pag. 2 |
| 3.1. | <a href="#">Progettazione CAD</a>                      | pag. 2 |
| 3.2. | <a href="#">Messa in tavola e tabella particolari</a>  | pag. 3 |
| 3.3. | <a href="#">Stampa dei Particolari</a>                 | pag. 4 |
| 3.4. | <a href="#">Conclusioni</a>                            | pag. 4 |
| 4.   | <a href="#">Materiali Utilizzati</a>                   | pag. 4 |
| 5.   | <a href="#">Setup stampante</a>                        | pag. 5 |
| 6.   | <a href="#">Setup Orca Slicer</a>                      | pag. 5 |
| 7.   | <a href="#">Stampante 3D Kentstrapper Zero HS</a>      | Pag. 6 |
| 8.   | <a href="#">Montaggio su comparatore Gas Massa</a>     | Pag. 7 |

## 2. Attività svolta

Il progetto ha avuto come obiettivo la realizzazione di una sospensione per bombole di gas tecnici, denominata "Castello" da utilizzare sul comparatore Gas Massa.

Questa sospensione è composta da quattro particolari, di cui tre sono stati stampati utilizzando una stampante 3D FDM (Fused Deposition Modeling). I particolari stampati sono il Cappello Porta Masse, la Traversa Bilanciere e l'Anello Sospensione Bombola. Le colonne che uniscono i vari particolari sono realizzate in alluminio e lavorate con macchine utensili.

La sospensione è stata successivamente installata sul comparatore Gas Massa consentendo lo svolgimento della pesata di precisione A-B-B-A per attribuire il valore gravimetrico alla miscela.

## 3. Progettazione e Stampa dei Particolari

In questo capitolo verranno descritti i processi di progettazione e stampa dei particolari utilizzati nel progetto. L'obiettivo è fornire una panoramica dettagliata delle fasi di sviluppo, dalla concezione iniziale alla realizzazione finale.

### 3.1. Progettazione CAD

La progettazione dei particolari è stata effettuata utilizzando software CAD (Computer-Aided Design). Questo ha permesso di creare modelli tridimensionali precisi e dettagliati, facilitando la visualizzazione e la modifica dei componenti prima della produzione. I principali passaggi della progettazione CAD includono:

- **Definizione delle specifiche:** Identificazione dei requisiti tecnici e funzionali dei particolari. Questa fase è cruciale per garantire che i componenti soddisfino le esigenze del progetto e operino correttamente nel contesto previsto;
- **Creazione dei modelli 3D:** Utilizzo di strumenti CAD per modellare i componenti in tre dimensioni. Durante questa fase, vengono applicate tecniche di modellazione avanzate per rappresentare accuratamente le geometrie complesse e le caratteristiche funzionali dei particolari;

- **Verifica e ottimizzazione:** Analisi dei modelli per garantire la conformità alle specifiche e ottimizzazione per la produzione. Questo include simulazioni e test virtuali per identificare e correggere eventuali problemi prima della fase di produzione.

### 3.2. Messa in tavola e tabella particolari

Conclusa la fase di progettazione, si passa alla realizzazione della messa in tavola dei particolari progettati. Questa fase consiste nel processo finale di preparazione di un progetto su un foglio, che include la creazione di viste (ortogonali, assonometriche, sezioni), l'aggiunta di quotature, tolleranze, annotazioni e una distinta materiali (BOM), seguendo norme specifiche per chiarezza e leggibilità, trasformando un modello 3D in un documento 2D pronto per la produzione o l'assemblaggio, usando software CAD per automatizzare il processo e standardizzare il risultato. In figura 1 vediamo la messa in tavola con l'esploso dell'assieme dei componenti del castello, mentre in tabella 1 vediamo la lista dei particolari che lo compongono.

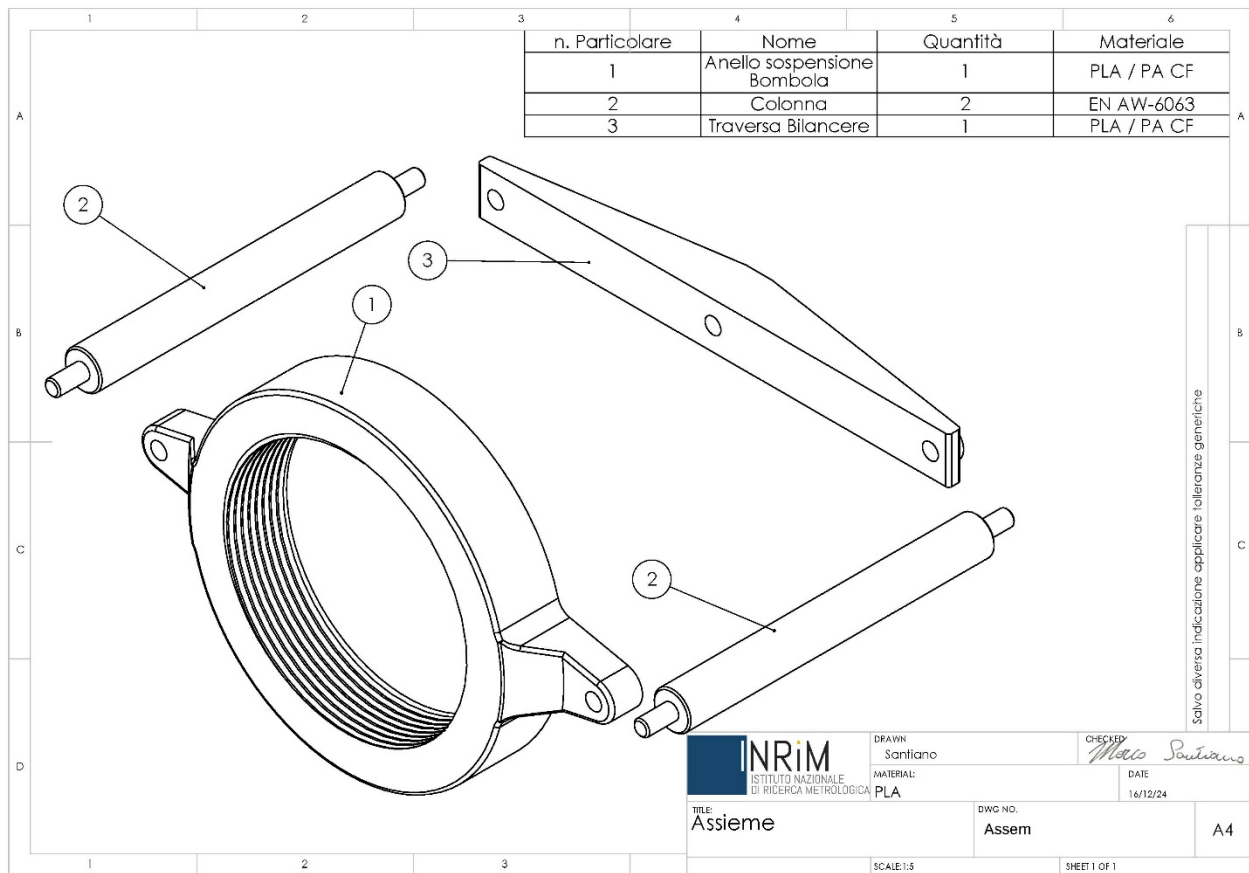


Figura 1 Esploso assieme particolari

| Particolari “Castello” |                            |          |             |
|------------------------|----------------------------|----------|-------------|
| n. Particolare         | Nome                       | Quantità | Materiale   |
| 1                      | Anello sospensione bombola | 1        | PLA / PA-CF |
| 2                      | Colonna                    | 2        | EN AW-6063  |
| 3                      | Traversa bilanciere        | 1        | PLA / PA-CF |

Tab. 2 Lista particolari

### 3.3. Stampa dei Particolari

Una volta completata la progettazione CAD, i modelli sono stati preparati per la stampa. La stampa dei particolari è stata eseguita utilizzando tecnologie avanzate di stampa 3D, che hanno permesso di ottenere componenti con elevata precisione e qualità. I principali passaggi della stampa includono:

- **Preparazione dei file di stampa:** Conversione dei modelli CAD in formati compatibili con le stampanti 3D. Questo processo include la verifica della compatibilità dei file e l'ottimizzazione delle impostazioni di stampa per garantire risultati ottimali;
- **Configurazione della stampante:** Impostazione dei parametri di stampa, come il materiale, la risoluzione e la velocità. La scelta dei materiali è fondamentale per garantire la resistenza e la funzionalità dei particolari stampati;
- **Processo di stampa:** Esecuzione della stampa dei particolari, monitorando costantemente la qualità e l'integrità dei componenti. Durante questa fase, vengono effettuati controlli di qualità per assicurarsi che i particolari stampati rispettino le specifiche progettuali.

### 3.4. Conclusioni

La combinazione di progettazione CAD e stampa 3D ha permesso di realizzare particolari di alta qualità, soddisfacendo pienamente i requisiti del progetto. Questo approccio ha dimostrato di essere efficiente e versatile, offrendo numerosi vantaggi in termini di precisione, velocità e flessibilità. La capacità di iterare rapidamente tra progettazione e produzione ha permesso di ottimizzare i componenti e migliorare continuamente il processo.



*Figg. 2 e 3 Anello sospensione e traversa bilanciere*

## 4. Materiali Utilizzati

Per la stampa dei particolari, si è proceduto ponendo come criteri principali la resistenza meccanica, la durabilità nel tempo e la facilità di estrusione del materiale.

Per tali motivi sono stati scelti i due materiali sottoelencati:

- Colorfill PLA: Il Colorfill PLA è un filamento di polilattide (PLA) utilizzato comunemente nella stampa 3D. È noto per la sua facilità d'uso e per essere biodegradabile, rendendolo una scelta ecologica;
- Polimaker PolyMide 612 CF: Il PolyMide 612 CF è un filamento di poliammide rinforzato con fibra di carbonio. Grazie alla sua struttura chimica, presenta una bassa sensibilità all'umidità e migliori proprietà meccaniche rispetto ai materiali a base di PA12.

Nella tabella sottostante sono esplicitate le specifiche tecniche dei due materiali.

| Materiale                 | Diametro | Tolleranza | Temperatura di Stampa | Temperatura del Letto di Stampa | Densità                | Caratteristiche   |
|---------------------------|----------|------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------|---|
| Colorfill PLA             | 1.75 mm  | ±0.05 mm   | 190-230°C             | 0-60°C                          | 1.30 g/cm <sup>3</sup> | Bassa retrazione lineare, non richiede camera chiusa                                |
| Polimaker PolyMide 612 CF | 1.75 mm  | N/A        | 280-300°C             | 25-50°C                         | 1.03 g/cm <sup>3</sup> | Alta stabilità dimensionale, rinforzato con fibra di carbonio, tecnologia Warp-Free |

*Tab. 2 Specifiche tecniche materiali di stampa utilizzati*

## 5. Setup stampante

Per avviare la stampa con una stampante 3D, è fondamentale seguire una serie di passaggi che garantiscono un funzionamento ottimale.

Un passaggio importante è il livellamento del piano di stampa: un piano non livellato può causare problemi di adesione del primo strato, compromettendo l'intera stampa.

Successivamente, si passa alla calibrazione degli assi. Gli assi X, Y e Z devono muoversi in modo preciso e senza intoppi. Questo può richiedere l'uso di strumenti di calibrazione specifici o il controllo manuale tramite il software di Slicing. Una calibrazione accurata degli assi garantisce che il modello venga stampato con le dimensioni corrette e senza distorsioni.

Il passo seguente è la preparazione del filamento. Scegliere il filamento giusto per il progetto è fondamentale: materiali come PLA, ABS e PETG hanno proprietà diverse e sono adatti a usi differenti. Il filamento deve essere caricato correttamente nell'estrusore, assicurandosi che sia ben alimentato e che non ci siano ostruzioni.

Durante la stampa, è consigliabile controllare periodicamente il progresso per evitare problemi. Una volta completata la stampa, il modello può essere rimosso dal piano di stampa e, se necessario, rifinito con strumenti come lime o carta vetrata per eliminare eventuali imperfezioni.

Seguendo questi passaggi, si può garantire un avvio della stampa 3D senza intoppi e ottenere risultati di alta qualità.

## 6. Setup Orca Slicer

Orca Slicer è un software di Slicing per stampanti 3D, sviluppato e progettato per convertire i modelli 3D in G-code, il linguaggio che le stampanti 3D utilizzano per eseguire le istruzioni di stampa.

Siccome gli oggetti, per necessità, sono stati stampati con i materiali Colorfill PLA e Polimaker PolyMide 612 CF, sul Software Orca Slicer sono stati impostati due profili di stampa differenti (uno per tipologia di materiale).

I profili e i loro parametri sono riportati nelle tabelle sottostanti.

| Stampante ZeroHS   |                        |                    |                  |    |          |        |                   |                 |       |
|--------------------|------------------------|--------------------|------------------|----|----------|--------|-------------------|-----------------|-------|
| Profilo di stampa: | KS-PA_CF_612_Polimaker |                    |                  |    |          |        |                   |                 |       |
| Preset Stampa:     | 0,20 mm Media          |                    |                  |    |          |        |                   |                 |       |
| Qualità            |                        |                    | Resistenza       |    | Supporto |        | Altro             |                 |       |
| Altezza Layer      | 0,2 mm                 |                    | Loop Pareti (n°) | 4  | Tipo     | Albero | Anelli Skirt (n°) | 6               |       |
| Larghezza Linea    | 0,44 mm                |                    | Riempimento %    | 25 | Raft     | 0      | Tipo Brim         | Interno Esterno |       |
| Cucitura           | Casuale                |                    |                  |    |          |        |                   | Larghezza Brim  | 20 mm |
| Stiratura          | Tipo di stiratura      | Tutte le superfici |                  |    |          |        |                   |                 |       |
|                    | Trama Stiratura        | Rettilineo         |                  |    |          |        |                   |                 |       |

Tab. 3 Profili di stampa CF 612

| Stampante ZeroHS   |                    |                    |                  |    |          |        |                   |                |  |
|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|----|----------|--------|-------------------|----------------|--|
| Profilo di stampa: | KS-PLAv3_Colorfill |                    |                  |    |          |        |                   |                |  |
| Preset Stampa:     | 0,20 mm Alta       |                    |                  |    |          |        |                   |                |  |
| Qualità            |                    |                    | Resistenza       |    | Supporto |        | Altro             |                |  |
| Altezza Layer      | 0,2 mm             |                    | Loop Pareti (n°) | 4  | Tipo     | Albero | Anelli Skirt (n°) | 6              |  |
| Larghezza Linea    | 0,44 mm            |                    | Riempimento %    | 25 | Raft     | 2      | Tipo Brim         | No Brim        |  |
| Cucitura           | Casuale            |                    |                  |    |          |        |                   | Larghezza Brim |  |
| Stiratura          | Tipo di stiratura  | Tutte le superfici |                  |    |          |        |                   |                |  |
|                    | Trama Stiratura    | Rettilineo         |                  |    |          |        |                   |                |  |

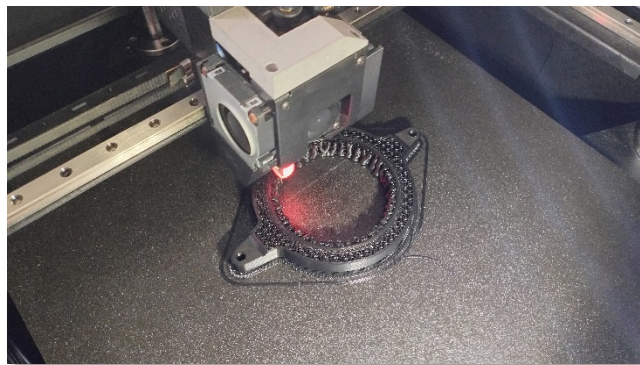
Tab. 4 Profili di stampa Colorfill PLA

## 7. Stampante 3D Kentstrapper Zero HS

La Kentstrapper Zero HS è una soluzione di manifattura additiva FFF (Fused Filament Fabrication) di fascia professionale, ottimizzata per coniugare elevate cadenze produttive e stabilità dimensionale su materiali tecnici.

Caratteristiche principali:

- Velocità di Stampa: velocità nominale di 400 mm/s con guide lineari Hiwin e sistema di estrusione Rapido con ugelli ad alto flusso;
- Camera Calda (Riscaldata): camera riscaldata fino a 60°C per la riduzione del rischio di deformazioni o warping;
- Volume operativo: camera di stampa di 320x320x320 (XYZ);
- Sistema di Estrusione: Sistema di Estrusione Magnetico (S.E.M.);
- Materiali Compatibili: Supporta una vasta gamma di filamenti, inclusi PLA, ABS, PETG, Nylon, XT, ASA, e vari filamenti caricati con carbonio (Carbon PETG, Carbon PLA), rendendola estremamente versatile;
- Interfaccia di Stampa: Piano magnetico removibile con rivestimento in **PEI**, ottimizzato per l'adesione di tecnopolimeri e la facilità di rimozione post-processo;
- Automazione: Calibrazione del piano basata su algoritmi adattivi e triangolari per la compensazione automatica dei disallineamenti della superficie;
- Controllo e monitoraggio: Interfaccia touch da 7", connettività LAN/Wi-Fi/USB e gestione remota.



*Figura 4 e 5 Stampante Kentstrapper in fase di stampa*

## 8. Montaggio su comparatore Gas Massa

Terminate le fasi di preparazione dei particolari stampati, tra cui l'esecuzione di fori passanti tramite fresatrice per l'accoppiamento della traversa e dell'anello (figg. 2 e 3) attraverso le colonne di sostegno in alluminio, e verificato l'accoppiamento tra il filetto dell'anello sospensione e la testa filettata della bombola (fig.6), si è proceduto con il montaggio della sospensione sul comparatore Gas Massa (fig.7).

In seguito, sono stati svolti test di funzionamento simulando sul comparatore Gas Massa cicli di pesata A-B-B-A.

Il gruppo è composto da due bombole posizionate in sospensione tramite due castelli gemelli (fig. 8).

La movimentazione viene eseguita tramite un sistema a due assi (XY) governati indipendentemente da due motori ciascuno dedicato ad un singolo asse.

Sull'asse X la movimentazione genera una sollecitazione laterale dinamica della struttura. Tale movimentazione si interrompe al raggiungimento del finecorsa elettromeccanico, mentre l'oscillazione laterale decade gradualmente. È stato valutato che la sollecitazione laterale non è critica per i materiali utilizzati. Un finecorsa elettromeccanico attiva l'alimentazione del motore dell'asse Y. Questa movimentazione verticale permette al gruppo castello-bombola (fig. 9) di essere vincolato alla bilancia per l'esecuzione della pesata e successivamente di essere svincolato per il disimpegno in posizione neutra e il successivo impegno del secondo castello. Essendo una movimentazione esclusivamente verticale in cui la bombola rimane sospesa tramite semplice gancio vengono a generarsi delle oscillazioni pendolari di pochi gradi, quindi valutate come trascurabili, di conseguenza non critiche per il gruppo castello-bombola e la pesata stessa.

L'acquisizione dei cicli di pesata, ha dimostrato che il sistema è stabile e ripetibile, con risultati compatibili con le pesate svolte con i castelli della generazione precedente.



Figura 6 Accoppiamento Anello Bombola



Figura 7 Comparatore Gas Massa



Figura 8 Castelli "gemelli"



Figura 9 Gruppo castello-bombola e vincolo bilancia