



# *Progettazione nel dettaglio di una turbina coi magneti permanenti sul rotore*

**ITEG**

*(Integrated turbine electric generator)*

*Candidato: Paolo Lombardi*

*Docente tutore: Prof. Stefano Farnè*

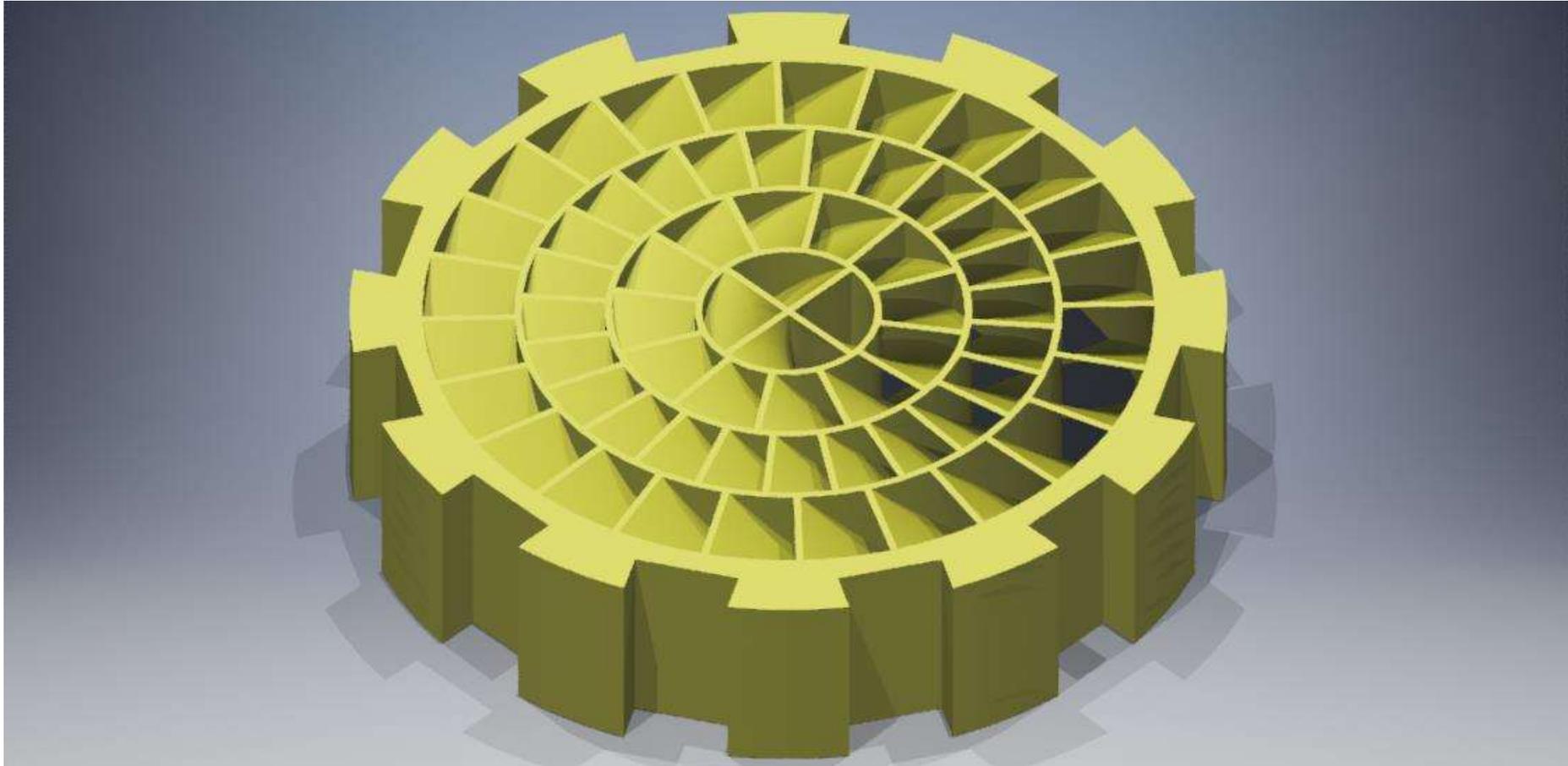
*Correlatore: Dott. Vito Lavanga*

***L'ITEG è un dispositivo in grado di produrre energia elettrica, unendo sia la turbina che il generatore, entrambi integrati nel condotto.***

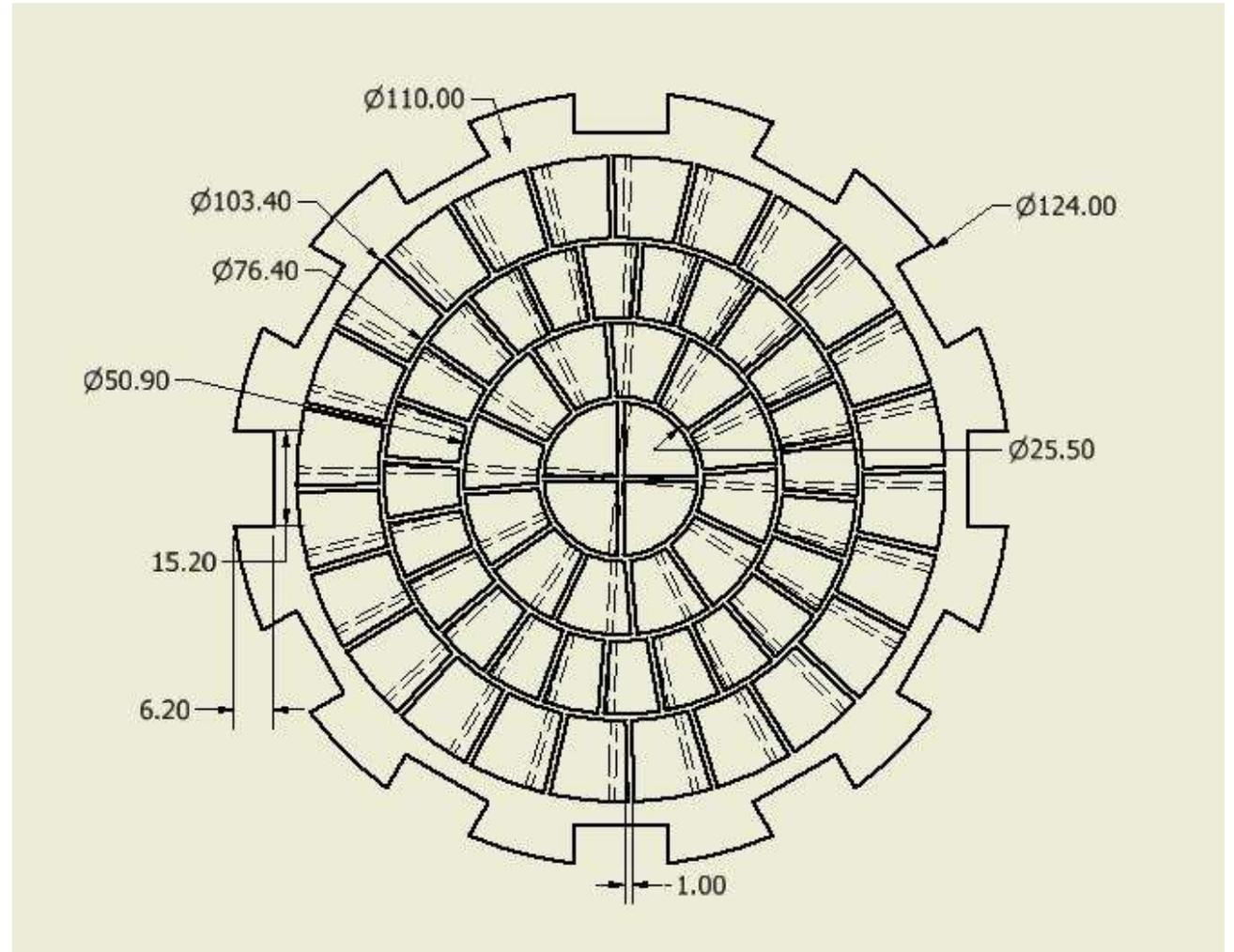
*Presenta :*

- *Massima superficie di intercettazione del fluido.*
- *Utilizzo di cavedi che si avvolgono in direzione dell'altezza al posto di pale, dove il fluido cede energia tramite le loro pareti inclinate.*
- *Flessibilità di costruttiva.*
- *Sistema di cuscinetti magnetici.*
- *Magneti permanenti installati direttamente sul rotore.*
- *Struttura compatta e poco ingombrante.*
- *Semplicità di installazione.*

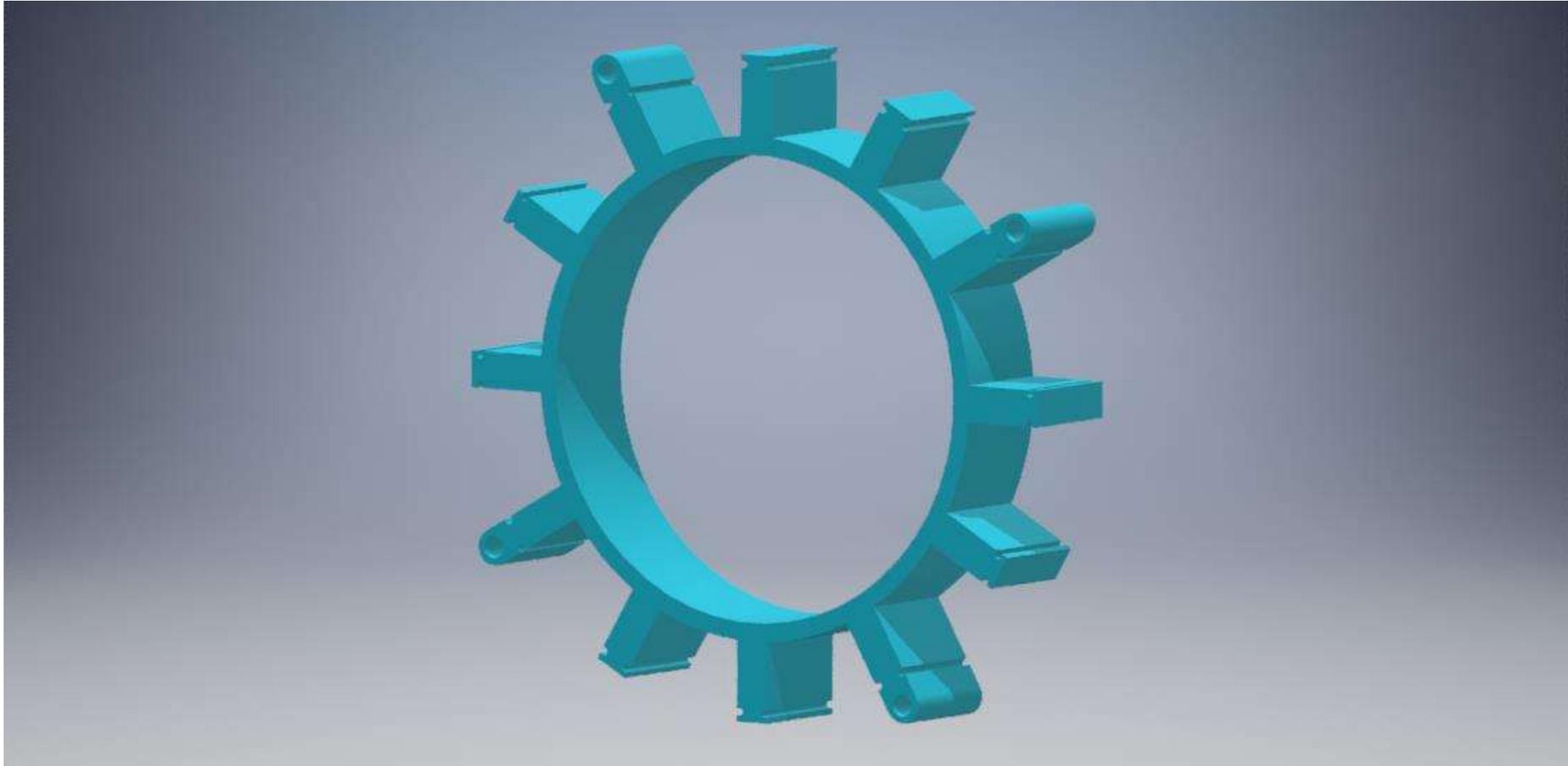
# ***ROTORE***



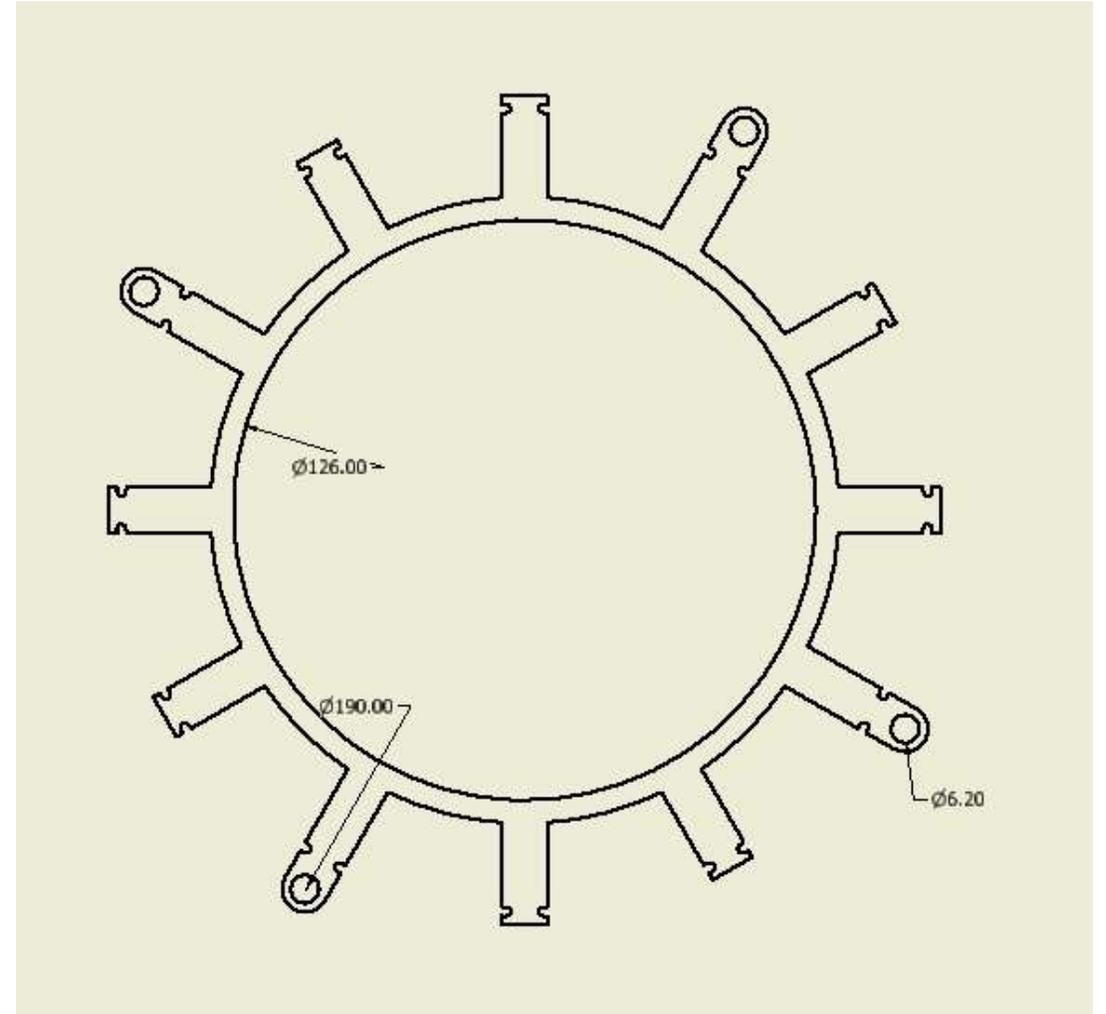
- *Progettato per un tubo da 110mm.*
- *Il diametro interno del tubo corrisponde alla sezione del rotore che presenta l'imbocco dei canali ove vi scorrerà il fluido.*
- *Sono presenti 12 alloggi per magneti 30x6x15mm.*
- *Lo spessore dei tramezzi è ridotto al minimo per intercettare più fluido possibile.*



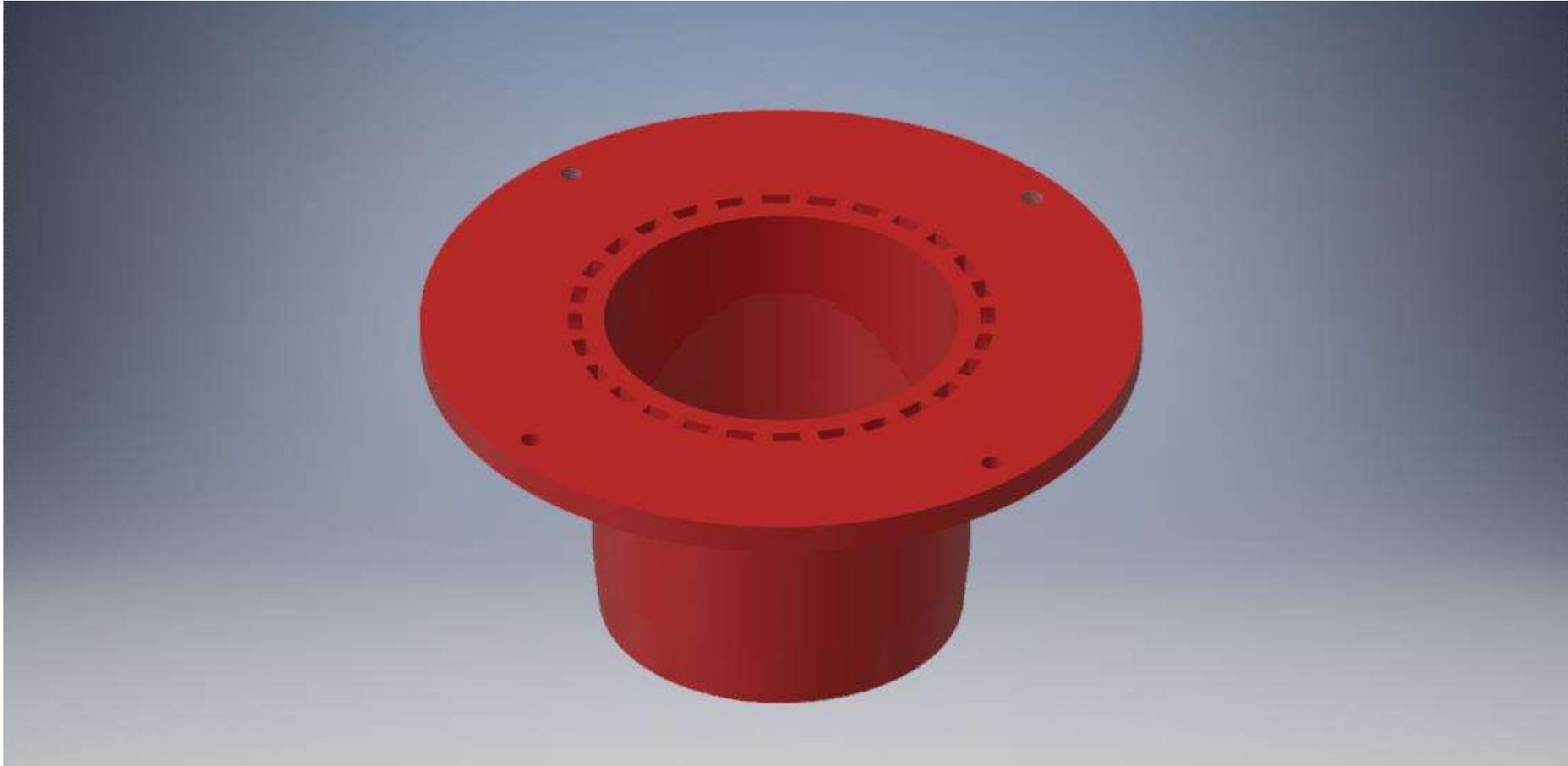
# ***STATORE***



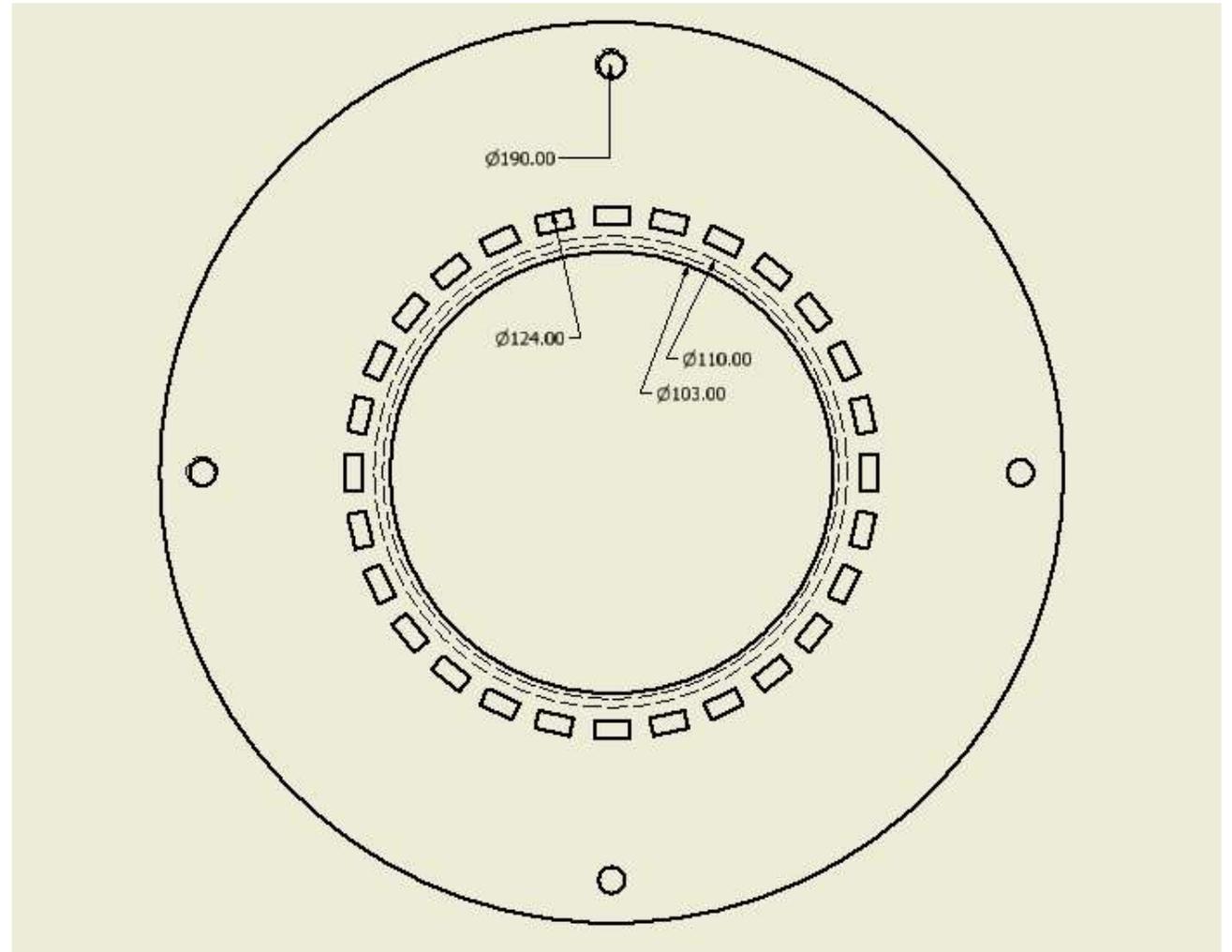
- *2mm di diametro più largo del rotore.*
- *Presenta 4 fori per viti M6 per il fissaggio.*
- *Presenta dei binari per futuri porta avvolgimenti.*
- *Si può eventualmente sviluppare uno statore coi porta avvolgimenti integrati nella struttura*



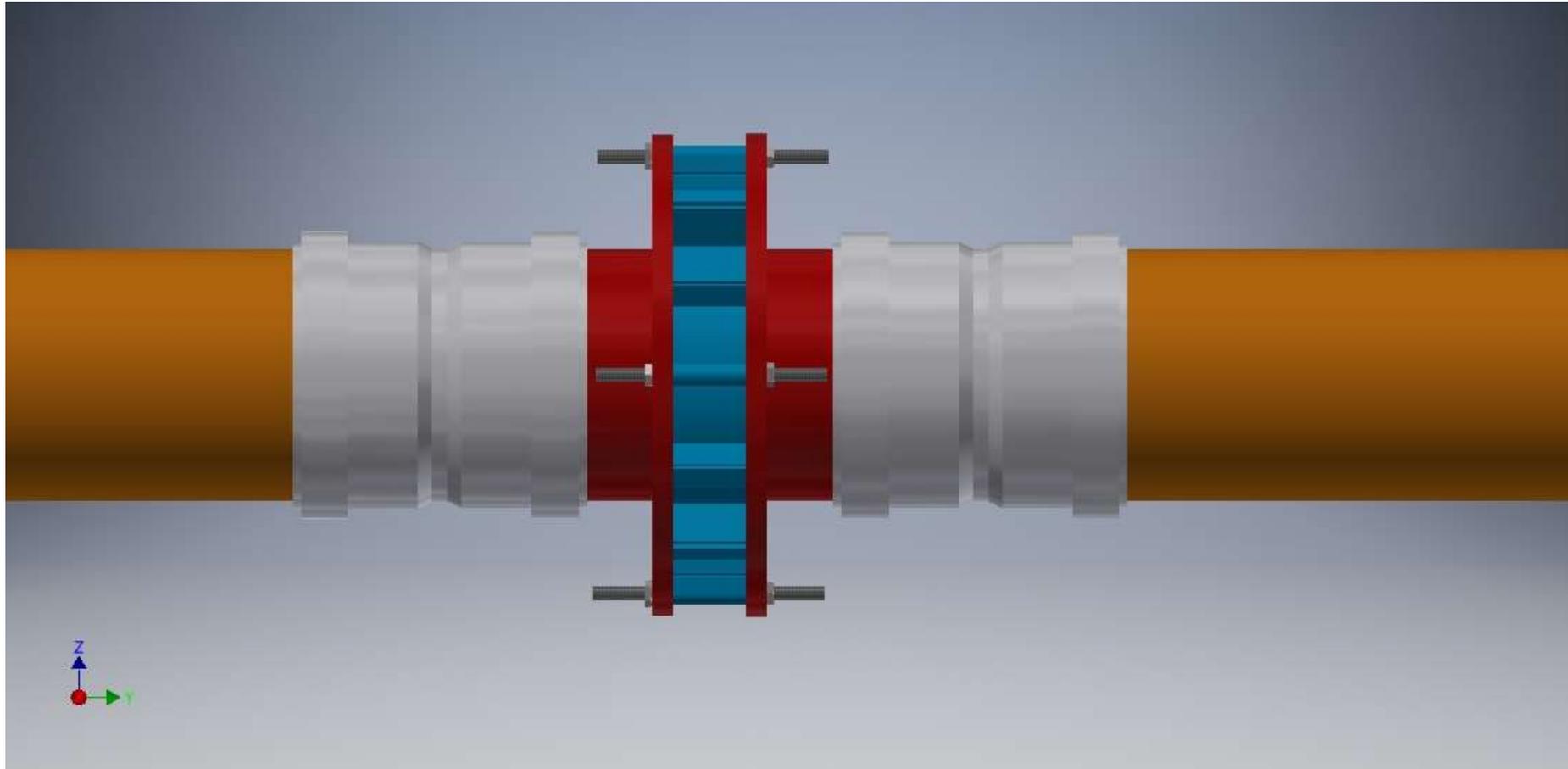
***TESTATA***



- *Presenta 28 fori per mettere dei magneti 8x4x4mm che fungono da cuscinetto.*
- *Il diametro interno corrisponde a quello del tubo e quindi della superficie utile alla rotazione del rotore.*
- *Presenta i 4 fori per il fissaggio coincidenti con quello dello statore.*
- *Presenta una «coda» da inserire nel giunto del tubo.*

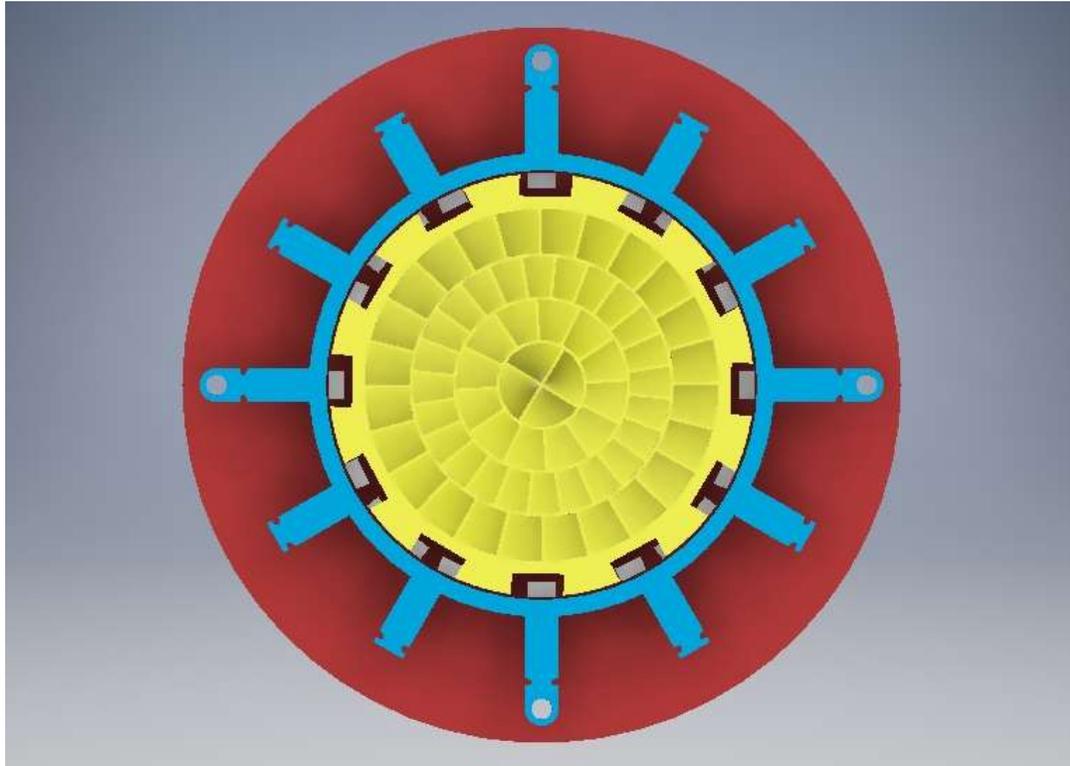


# ***ASSEMBLAGGIO***



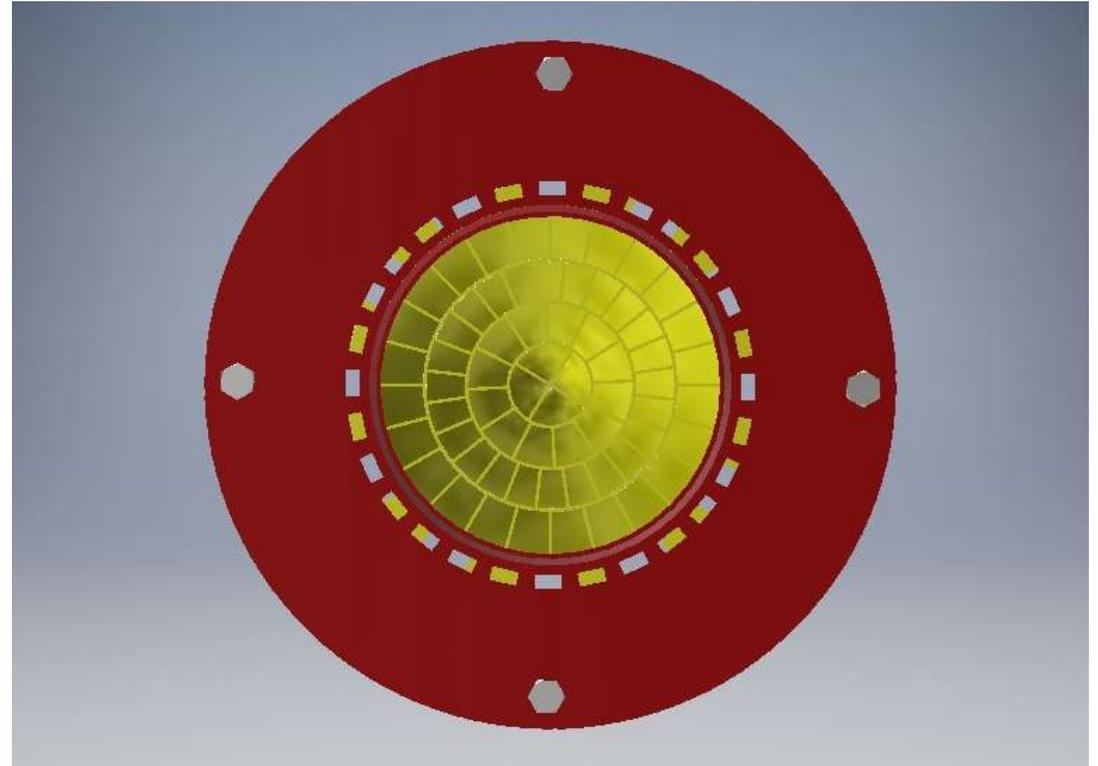
### **Allineamento rotore-statore**

*I giochi sono ridotti al minimo per evitare perdite dovute all'acqua che, invece di scorrere attraverso i canali, si insinua negli spazi laterali.*



### **Allineamento sezione quadroidi- tubo**

*La sezione del rotore con i canali inclinati per il trasferimento dell'energia riempie tutta la sezione interna del tubo intercettando il flusso d'acqua nella sua interezza*



# POTENZA IDROELETTRICA

*La potenza di un impianto idroelettrico dipende dalla portata che scorre nella tubazione e dal salto netto, che è l'altezza calcolata tra l'inizio della tubazione che "cade" verso la turbina e il punto in cui l'acqua incontra quest'ultima.*

*Quindi si ha che la potenza teorica è:*

$$W = \gamma \times Q \times H$$

*In cui:*

- *$\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$ , cioè la densità dell'acqua.*
- *$Q$  è la portata in  $\text{m}^3/\text{s}$ .*
- *$H$  è il salto netto in  $\text{m}$ .*
- *In questa fase della sperimentazione, si è trascurato il valore del rendimento, prodotto tra il rendimento del tubo, dovuto alle perdite di carico, il rendimento della turbina ed il rendimento dell'alternatore e da tutti i componenti elettromeccanici che riconducono la potenza teorica generando delle perdite nella produzione di energia.*

*Per poter arrivare a determinare un valore realistico della potenza, bisogna prima ipotizzare a dove sarà installata il dispositivo.*

*Tra le numerose applicazioni che l'ITEG può avere, si è ipotizzato di installarlo alla fine di un canale di scolo di una grondaia, per sfruttare l'energia di caduta dell'acqua piovana, con previa installazione di un diffusore, in grado di omogeneizzare il flusso d'acqua.*

*Mentre è facile stimare la grandezza  $H$ , rimane il problema di quantificare una portata sempre realistica di acqua piovana che dal tetto scorre nella grondaia ed infine nel canale per poi raggiungere la turbina.*

*Il punto di partenza per calcolare la portata è stato di studiare il dimensionamento dei sistemi di scarico delle acque pluviali.*

*Come unità di misura delle acque pluviali, si utilizza l'intensità pluviometrica, espressa in  $l/s.m^2$ , che si varia regione per regione, ma dati statistici su un tempo di analisi di 10 anni consigliano di utilizzare come valore,  $0.04 l/s.m^2$ , che corrisponde ad una pioggia molto intensa, appunto per simulare condizioni di massimo carico dei canali di scolo.*

*Da tale valore si determina il carico pluviale C espresso in l/s, quindi la portata di acqua che scorrerebbe nella canalina di scolo che dipende da due fattori*

- La superficie totale esposta mediante proiezione orizzontale (quindi non considerando inclinazioni del tetto per il calcolo della superficie)*
- La pendenza e la natura delle superfici esposte, valore espresso mediante un coefficiente K*

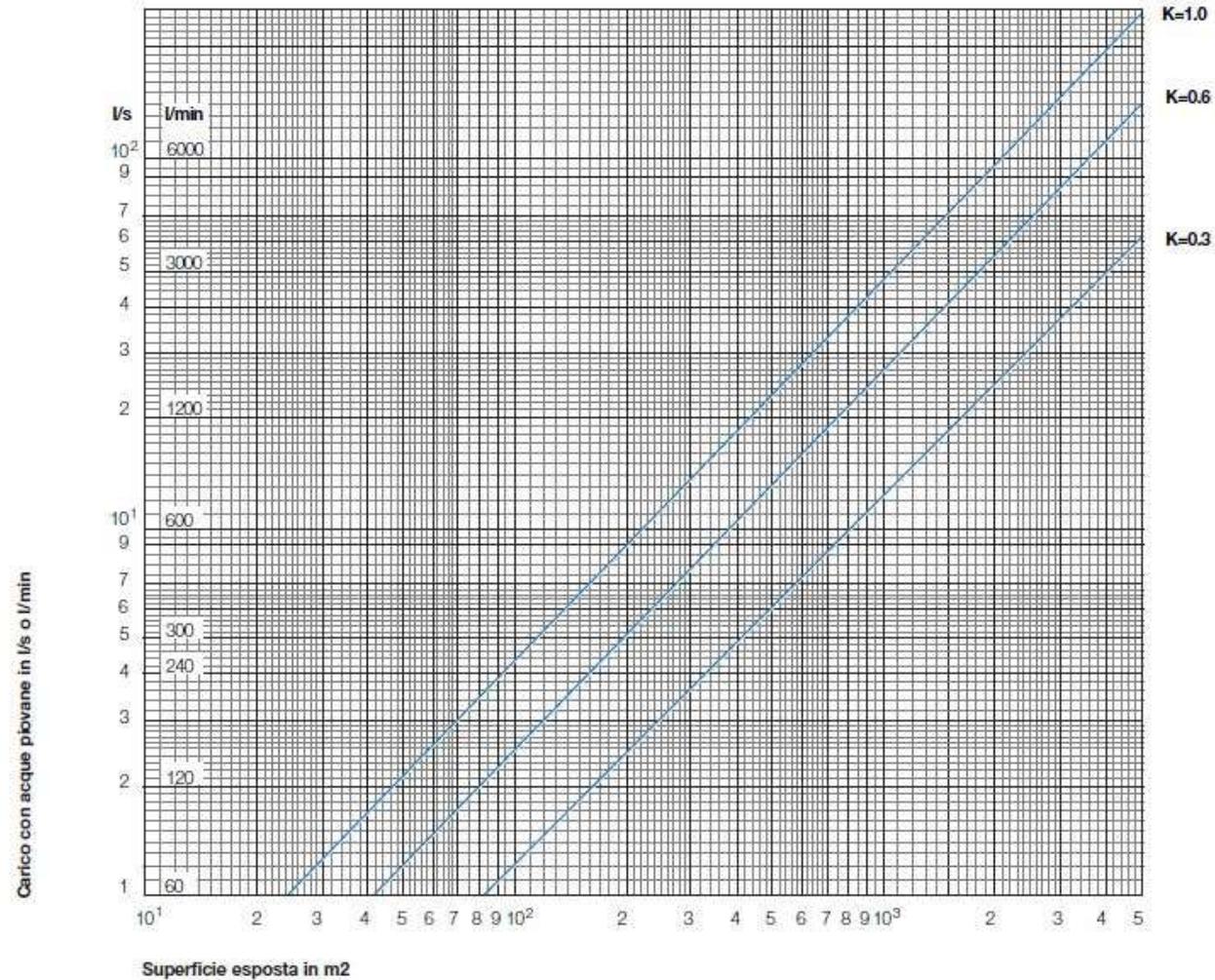
*Quindi la formula per il carico pluviale, nel nostro caso diventa:*

$$C = \text{intensità pluviometrica} \times \text{superficie esposta}$$

Genere di superficie esposta	K
- Tetti inclinati, con tegole, ondulati plastici, fibrocemento, fogli di materiale plastico - Tetti piani ricoperti con materiale plastico o simile	1,0
- Tetti piani con rivestimento in lastre di cemento o simile - Piazzali, viali, ecc., con rivestimento duro	1,0
- Tetti piani con rivestimento in ghiaia - Piazzali, viali, ecc. con ghiaietto o simile	0,6
- Tetti piani ricoperti di terra (tetto giardino)	0,3

Diagramma per determinare il carico pluviale in funzione dei m<sup>2</sup> di superficie.

Tabella massime portate



ø interno esterno mm	portata Q l/s	superficie massima in m <sup>2</sup> evacuabile per i.p. = 0,04 l/s/m <sup>2</sup>		
		K = 1,0	K = 0,6	K = 0,3
57/63	1,9	47	79	158
69/75	3,6	90	150	300
83/90	5,0	125	208	417
101/110	8,9	222	371	742
115/125	12,5	312	521	1042
147/160	25,0	625	1042	2083
187/200	47,0	1175	1958	3917
234/250	85,0	2125	3542	7083
295/315	157,0	3925	6542	13083

- *Utilizzando la formula della potenza idroelettrica, e ipotizzando 3,05m ogni piano, si sono ricavati questi risultati:*

- *N°PIANI      POTENZA (Watt)*

- *2                    532*

- *3                    788*

- *4                    1065*

- *Da tali calcoli si può vedere quanto sia maggiormente vantaggioso cercare di installare l'ITEG su edifici alti, come in condomini o edifici pubblici/uffici.*

# Calcolo edificio reale

*Si è voluta fare una prova reale considerando un edificio vero e si è scelto come esempio, la scuola elementare di Vizzolo Predabissi.*

*L'edificio è solo a due piani, quindi già non ci si aspetta una grande potenza idroelettrica, però può essere un buon indicatore per vedere quanto il risultato si discosti dal risultato di massima portata della canalina.*

*Le misure sono state prese mediante il software Google Earth. Il tetto della scuola è di forma quadrata, con il lato di circa 21,5m, suddiviso in 4 triangoli dalle due diagonali. Nonostante la pendenza del tetto sia molto piatta, non cambia la formula del calcolo della portata, in quanto il coefficiente  $K$  assume comunque un valore pari a uno.*

*Calcolata la superficie esposta di uno dei quattro triangoli, infine si è ottenuta la potenza idroelettrica, pari a 288W.*



## *ALTRI POSSIBILI IMPIEGHI*

*Questo appena mostrato è solo un esempio dei possibili impieghi nei quali l'ITEG può essere utilizzato, per esempio:*

- Installazione alla fine di una tubazione di unione di altri canaline più piccole.*
- Installazione sul letto di una roggia o di un corso d'acqua con le dovute modifiche alle testate creando un ingresso a imbuto.*
- Utilizzo come motore invece che come generatore, sia a livello industriale che medico, con le dovute modifiche a seconda della necessità.*

# ***ASSEMBLAGGIO REALE***

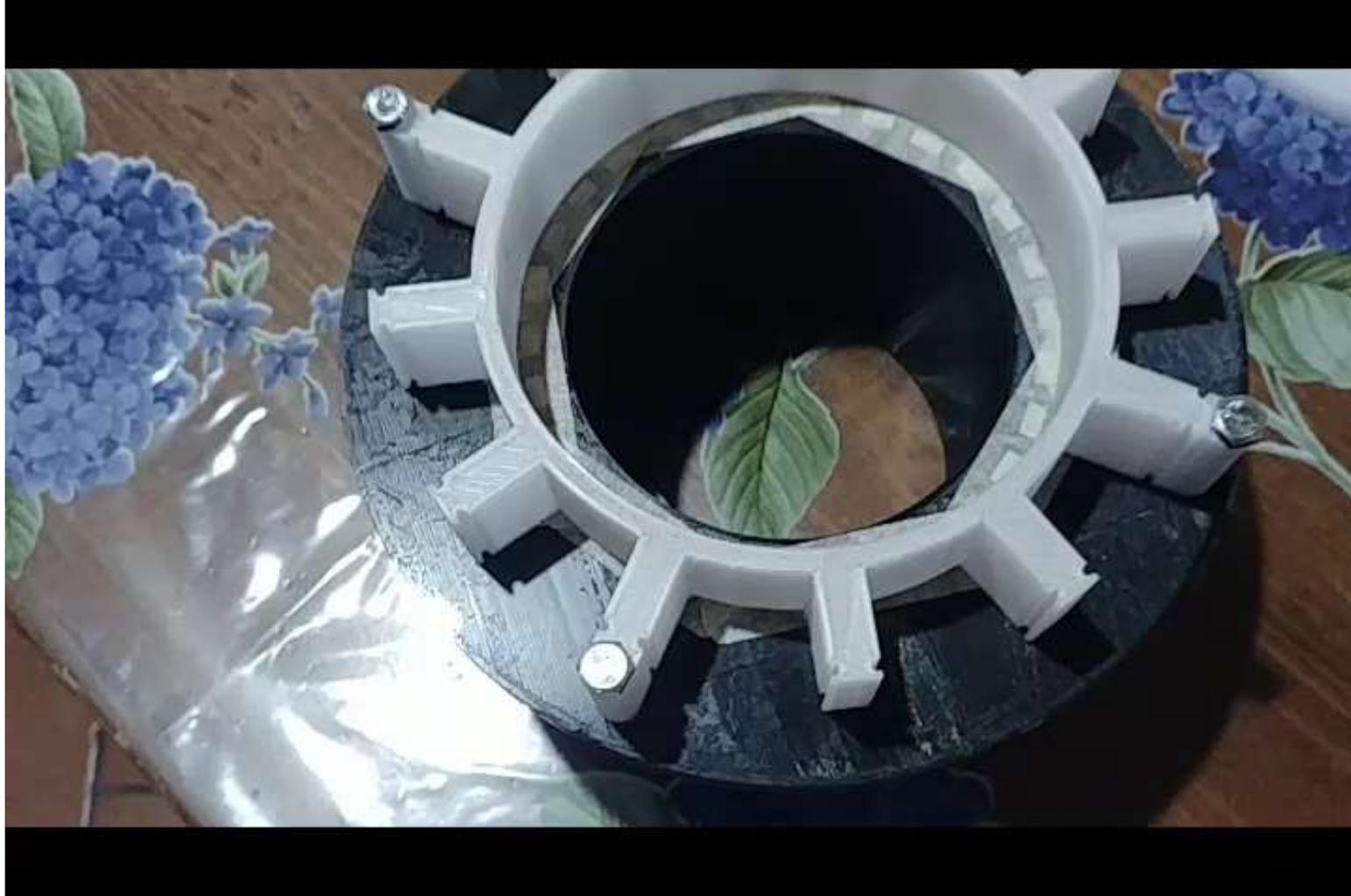
Per verificare che tutto il discorso e simulazioni teoriche fossero possibili da applicare e soprattutto che fosse possibile la realizzazione stessa del dispositivo, si è deciso di costruire un primo prototipo dell'ITEG.

Tutti i pezzi sono stati stampati con una stampante 3D, con la quale è possibile ottenere i pezzi che si desiderano senza compromessi.

L'elenco dei pezzi utilizzati è il seguente

- Rotore, Statore, due Testate realizzate mediante stampa 3D
- 56 magneti al neodimio 8x8x4 e 12 magneti al neodimio 30x15x6 comprati sul sito [supermagnete.it](http://supermagnete.it)
- Tubo da 110mm con giunto a bicchiere da 150cm per simulare una caduta di acqua sulla turbina (non si è testata una caduta vera da 6 metri o superiore per semplici ragioni di impraticità) e tubo da 110mm con giunto a bicchiere da 20 cm a scopo dimostrativo da installare all'uscita della turbina, acquistati da Leroy Merlin.
- 4 Viti M6 da 80mm e 20 dadi complementari, sempre acquistati da Leroy Merlin.
- Un tubetto di colla bicomponente.

## *PRIMA PROVA DI ASSEMBLAGGIO*



Montando la seconda testata, il nastro adesivo non era in grado di resistere alla repulsione dei magneti, allontanandone alcuni, variando in maniera significativa l'intensità del campo magnetico dei cuscinetti in alcune zone creando punti di equilibrio per il rotore.

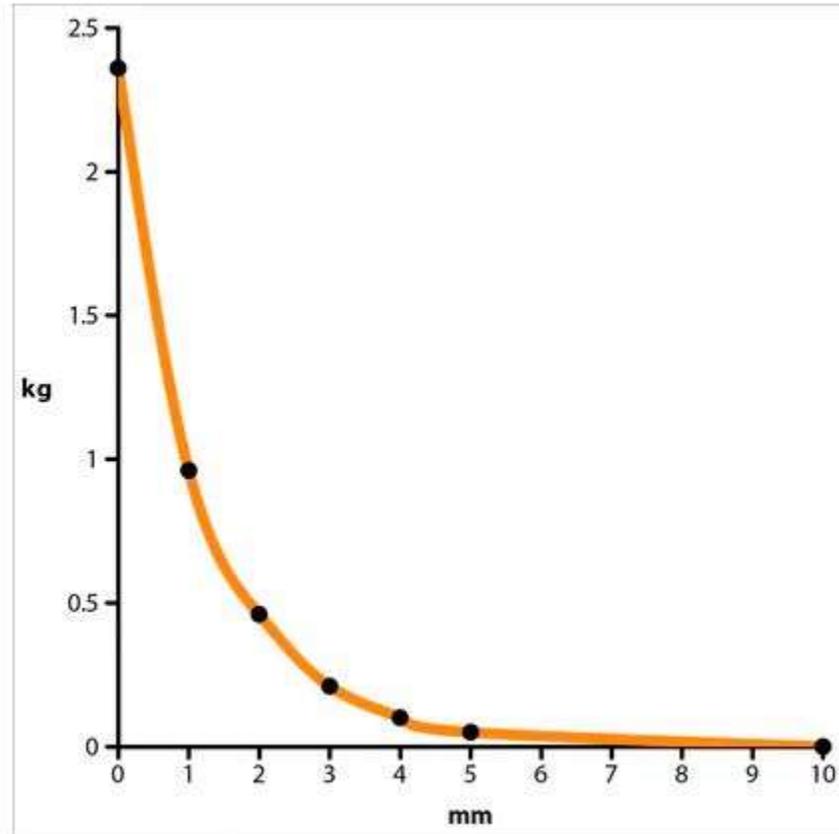
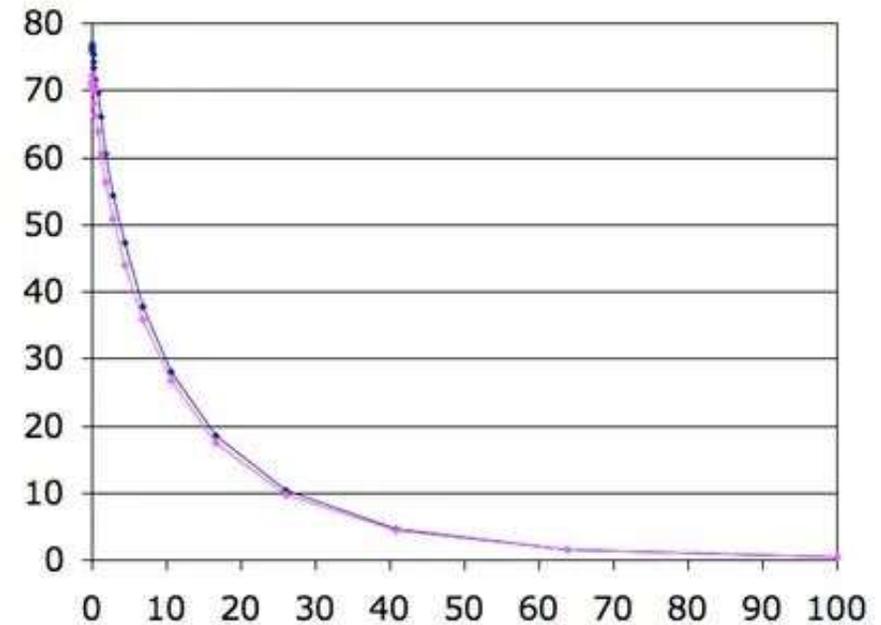


Diagramma della forza di attrazione dell'articolo S-10-05-N



asse x = distanza [mm]

asse y = forza [kg]

curva blu = attrazione

curva rosa = repulsione

# ASSEMBLAGGIO DEFINITIVO

*Testata vista interna*



*Testata vista esterna*



***Rotore***



***Iteg assemblato***



*Prima di fare le prove con l'acqua, le testate sono state distanziate, in quanto, nonostante il fissaggio con la colla, sono ancora presenti asimmetrie che decentrano il rotore facendolo appoggiare allo statore.*

*In questo modo si alleviano tali effetti.*



## PROVA CON ACQUA



*Inizialmente, per immettere l'acqua nel tubo, si è utilizzato un tubo di gomma da 28mm, ma il getto generato era troppo concentrato e debole, data anche una resistenza iniziale dovuta al rotore che viene spinto lateralmente contro lo statore.*

*Come secondo tentativo si sono svuotati contemporaneamente 2 canestri da 4 litri ciascuno, mettendo in moto il rotore con una discreta velocità di rotazione.*



## CONCLUSIONI

*L'ITEG può senz'altro avere una potenzialità se in futuro si sarà in grado di investire più risorse ma può essere senz'altro un ottima base di partenza per futuri sviluppi.*

*La parte più critica, quella in cui prestare maggior attenzione per lo sviluppo di questo progetto, è senz'altro il sistema di cuscinetti magnetici.*

*La parte del rotore invece funziona a dovere, il trasferimento di energia dall'acqua al rotore è efficiente. Possono comunque essere sperimentate nuove configurazioni modificando i profili dei canali e la loro inclinazione per trovare soluzioni ancora più efficaci.*

*Grazie per l'attenzione*