

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

***Relazione per la prova finale
«Sistemi innovativi di generatori per
produzione di energia da moto ondoso»***

Tutor universitario: *Prof. Andrea Tortella*

Laureando: *Franco Faggionato*

Padova, 14/03/2022

MARI E OCEANI

- **Potenziale marino**
Tra i 20.000 e i 90.000 TWh
di elettricità all'anno
- **Capacità installata**
500 MW nel 2019

- ***Conversione da moto ondoso***
- ***Sistemi vite-madrevite magnetici***
- ***Principio di funzionamento***
- ***Caratteristiche costruttive***
- ***Diverse configurazioni***



Densità di energia:

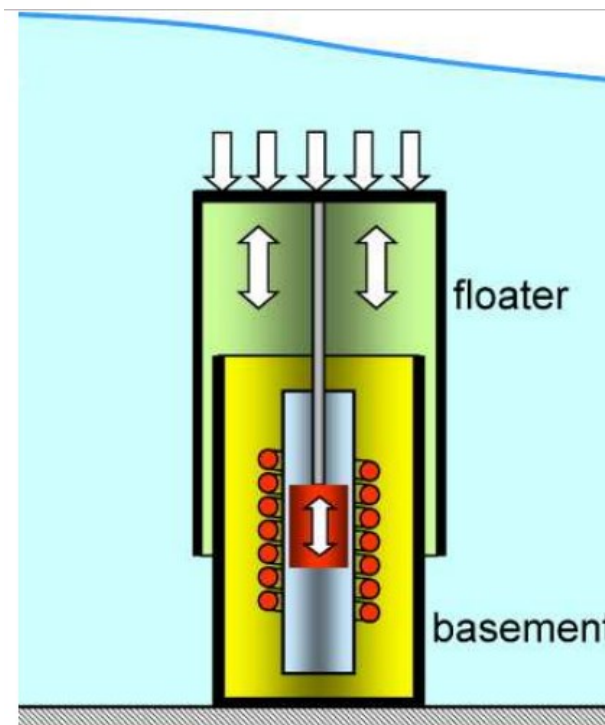
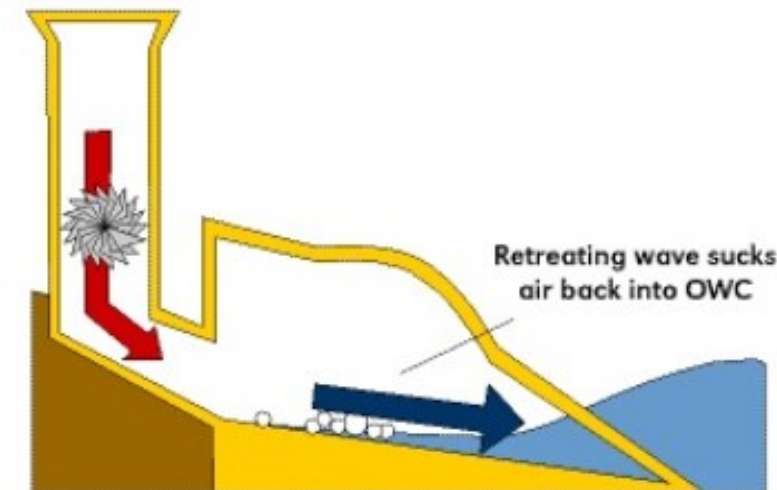
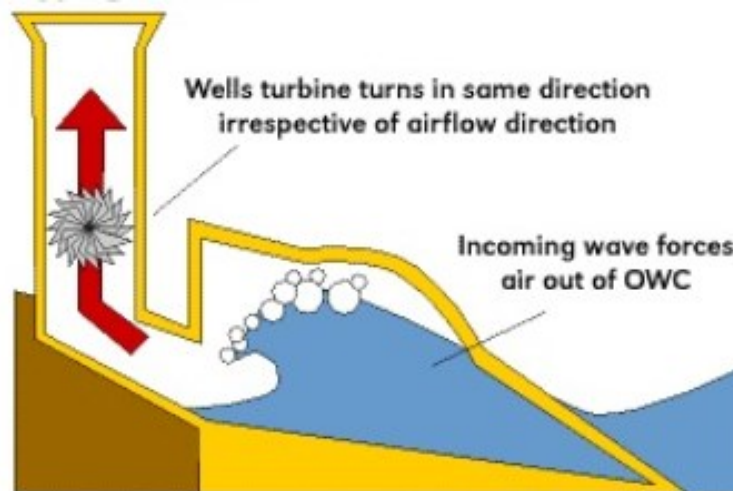
$$E = \frac{1}{16} \rho g H_s^2 \quad [J/m^2]$$

WEC

Wave Energy Converter

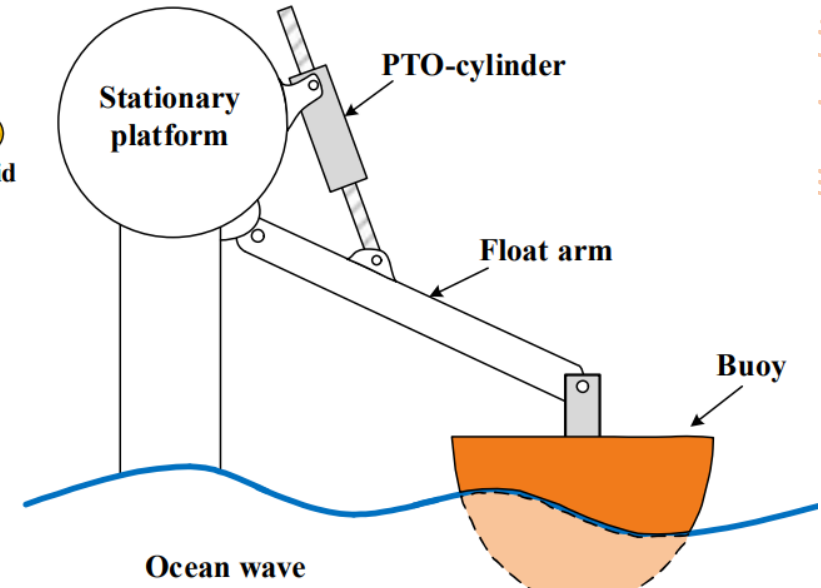
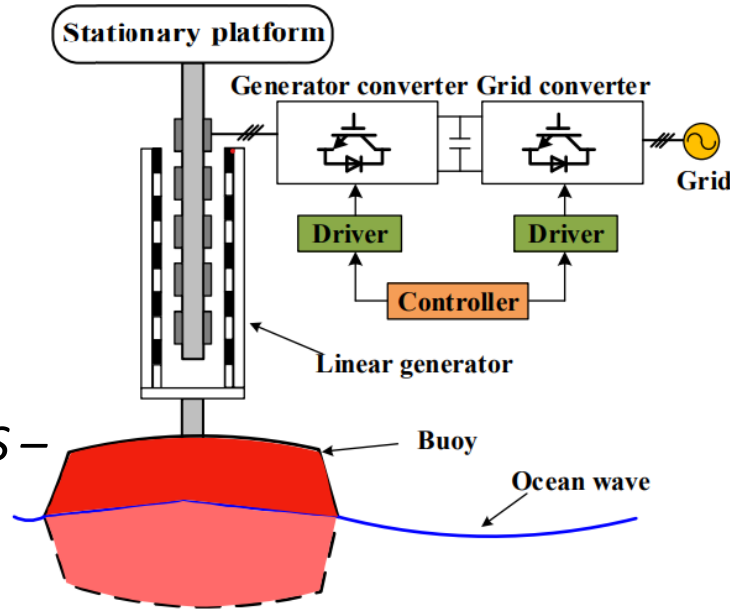
- *Generatore a colonna d'acqua oscillante*
- *Sistemi basati sul principio di Archimede*
- *Sistemi basati sull'ampiezza dell'onda:*

PTO – power take off



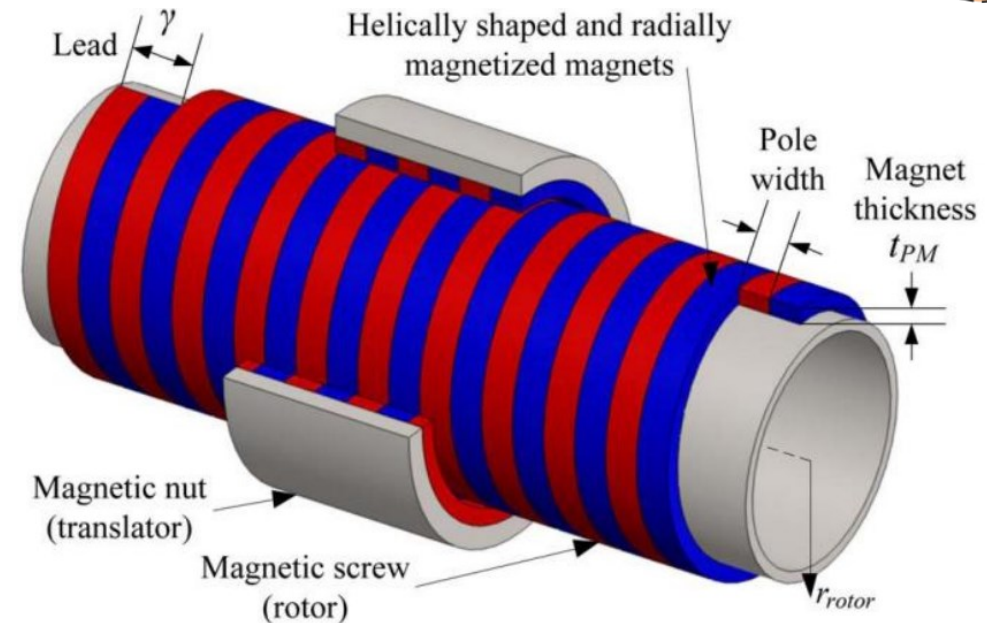
- *Da PTO a generatore:*

- *Indiretta idraulica o meccanica*
- *Diretta con generatore lineare*
- *Indiretta con vite magnetica (MLS – Magnetic Lead Screw)*



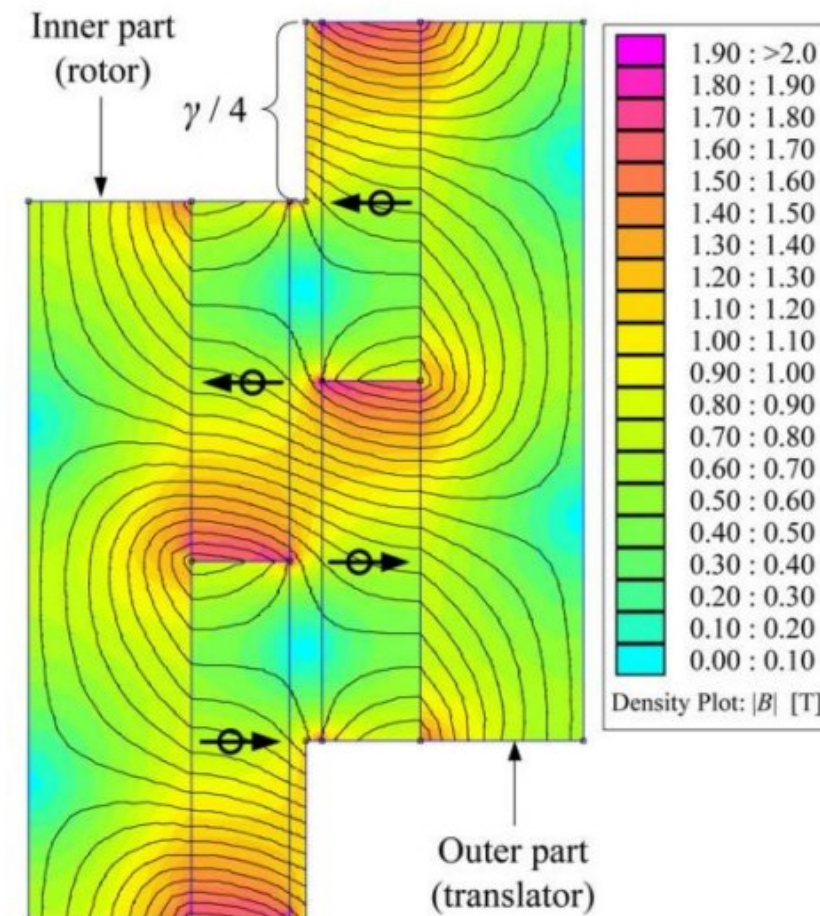
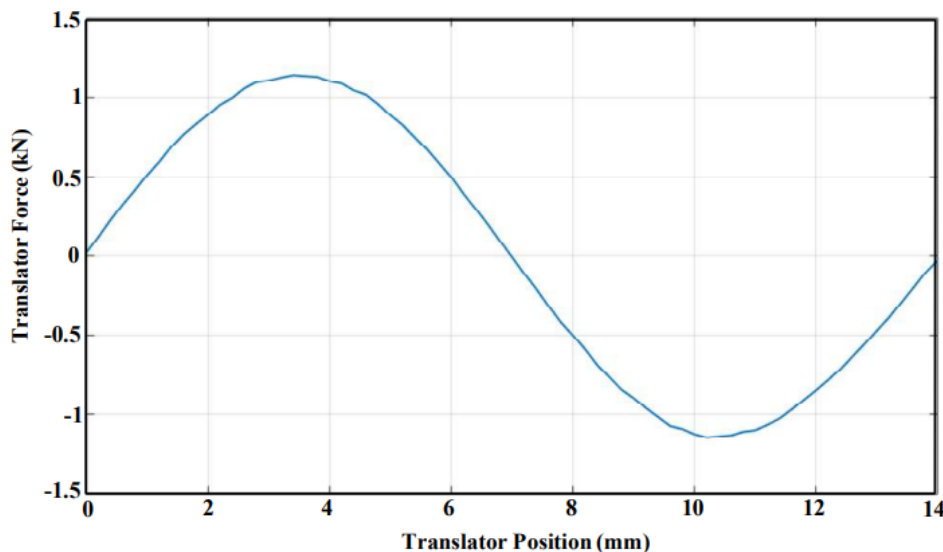
- *Vantaggi:*

- *Converte il lento movimento lineare in un'alta velocità di rotazione*
- *Densità di forza*
- *Ridotta manutenzione per l'assenza di contatto tra i componenti in moto*
- *Efficiente e sicura*

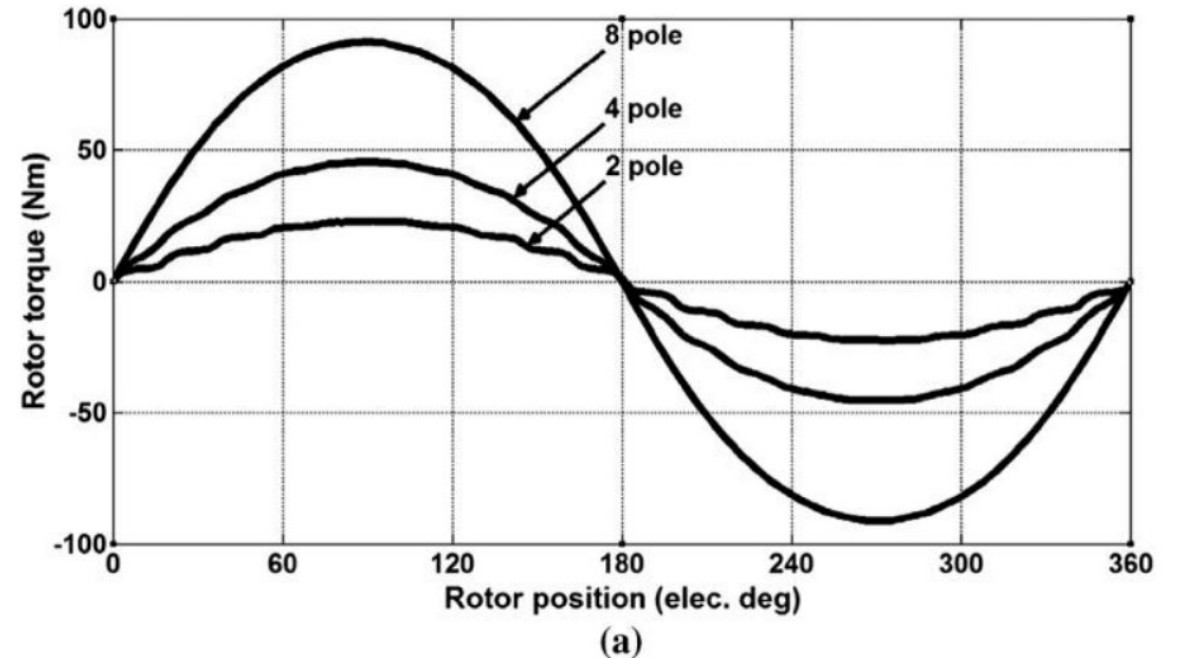
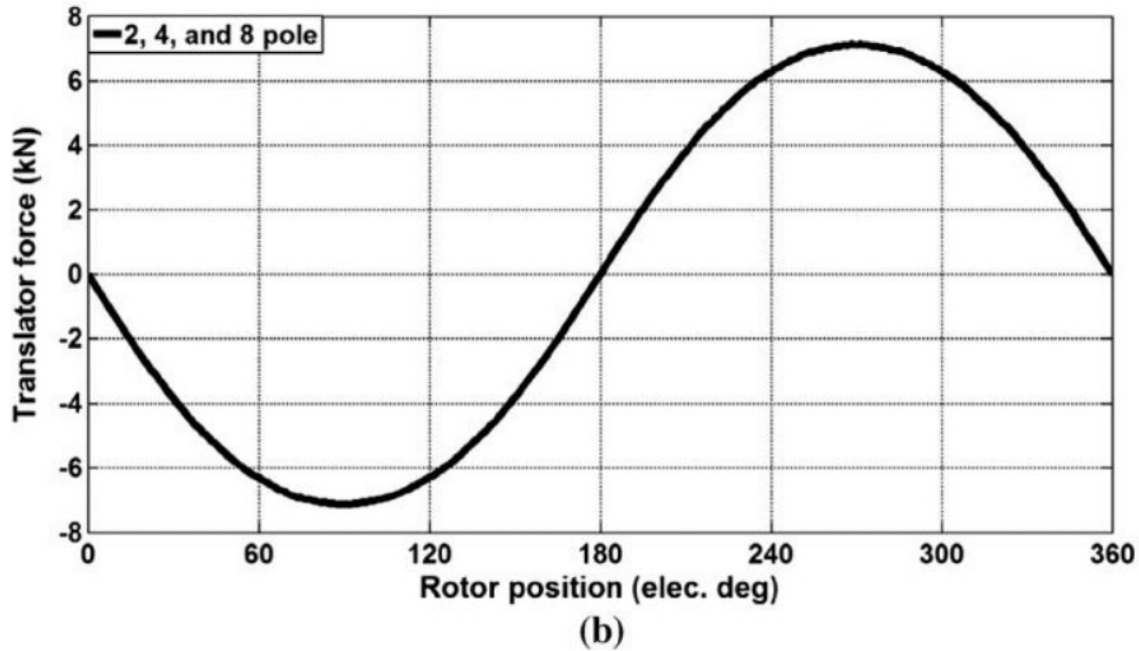
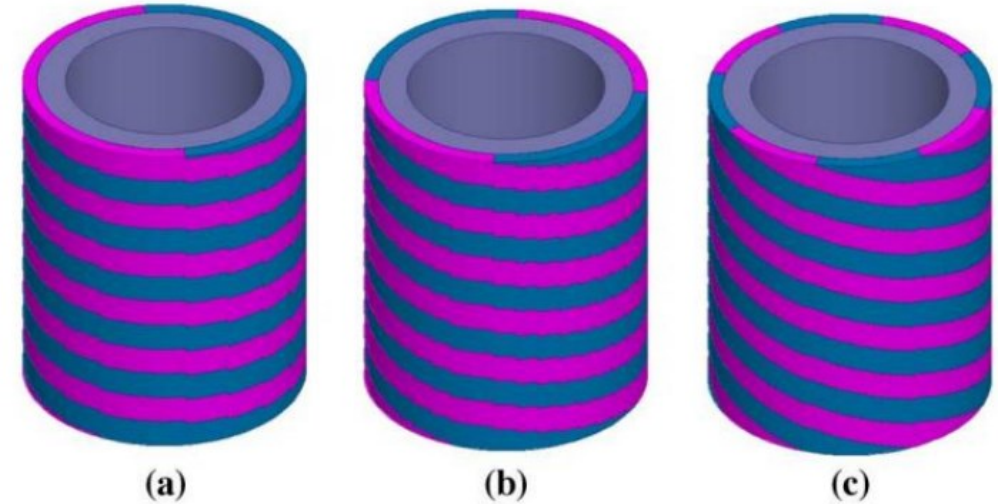


- *Equazione del rapporto di trasmissione*
- *Analisi degli elementi finiti per valutare le prestazioni di massima forza/coppia*
- *Valori di forza in linea con specifiche tipiche di applicazioni al moto ondoso*

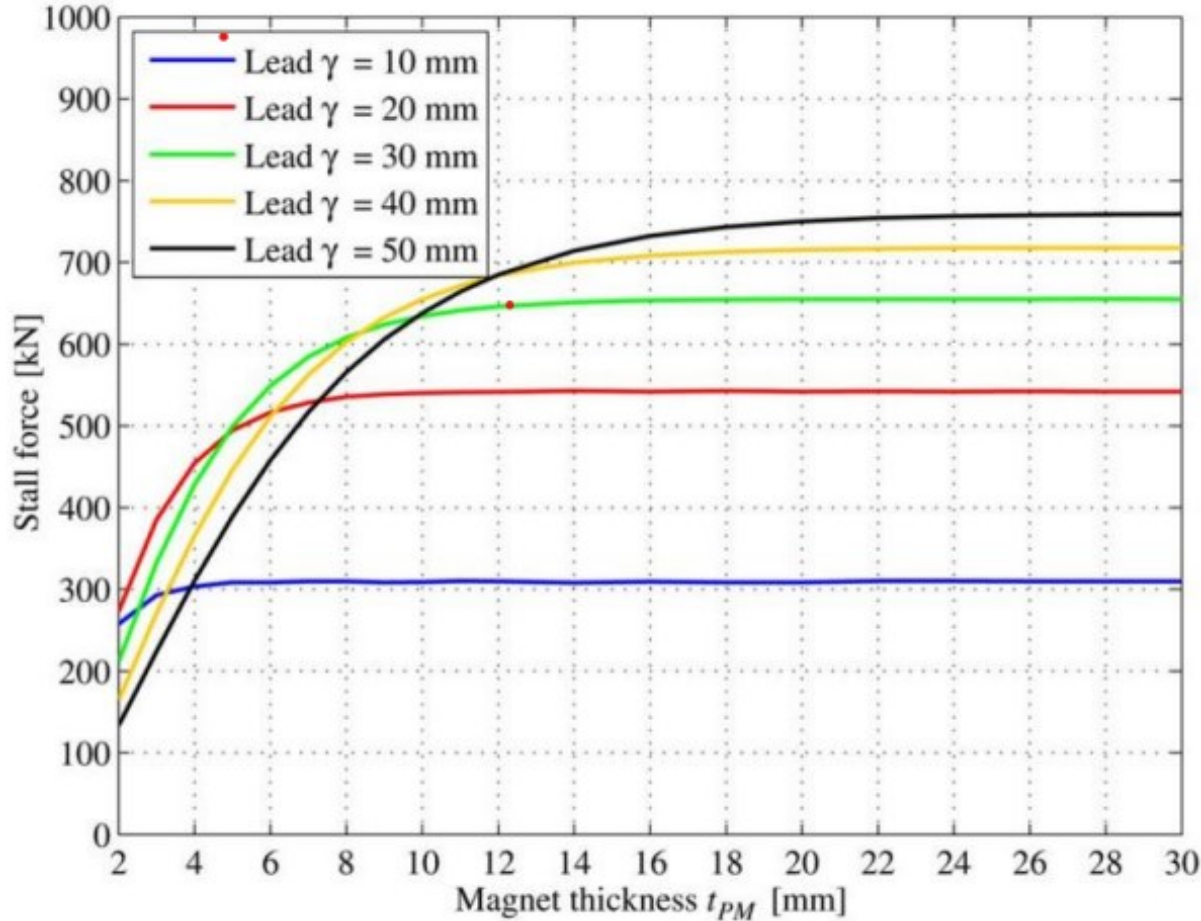
$$G = \frac{\omega}{v} = \frac{F_{mls}}{T_{mls}}$$



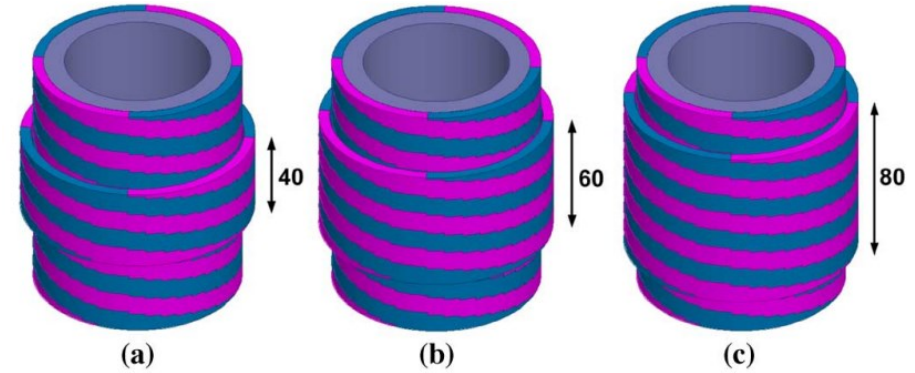
Variazioni del numero di poli



Spessore dei magneti

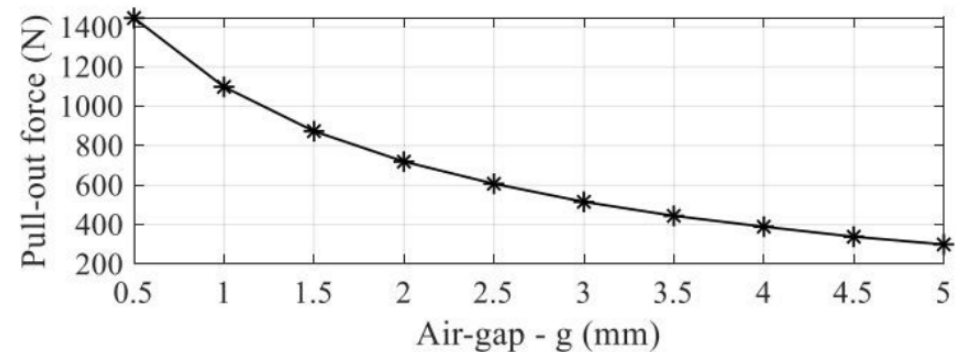


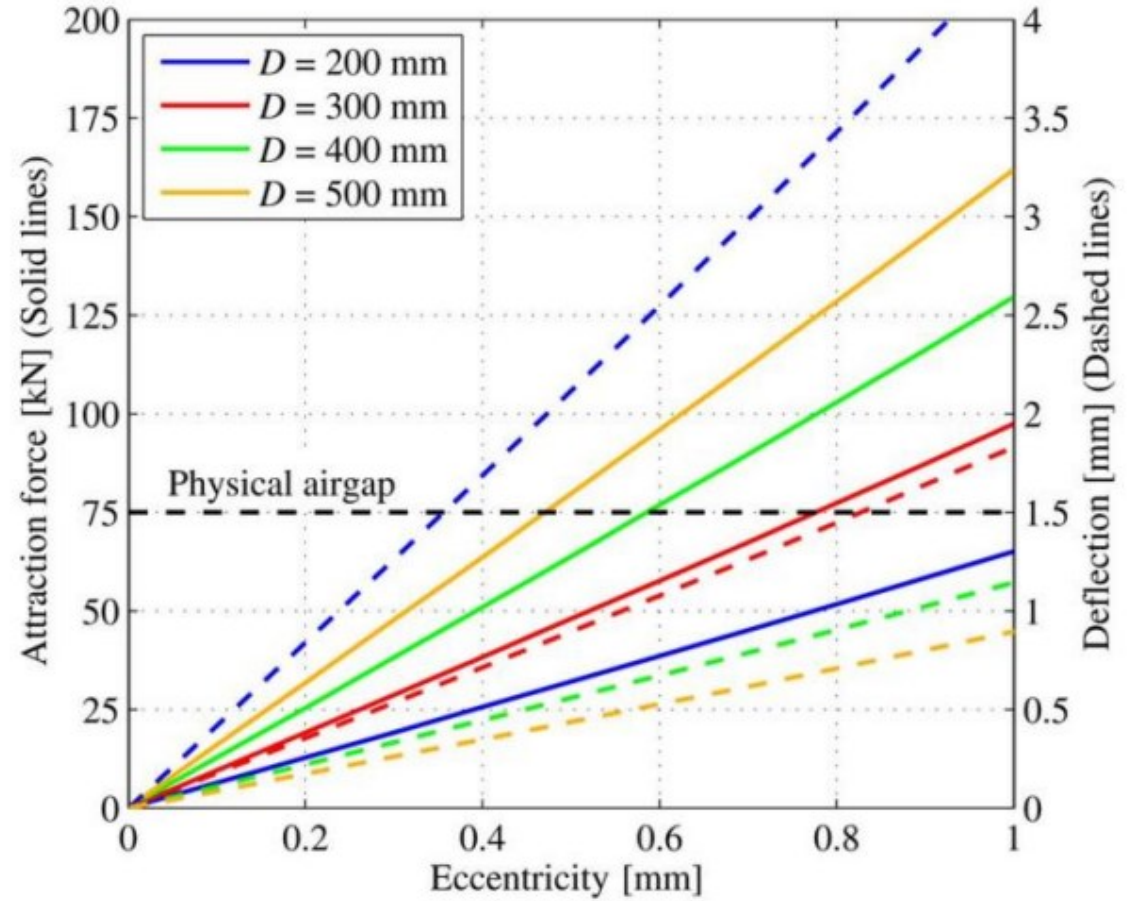
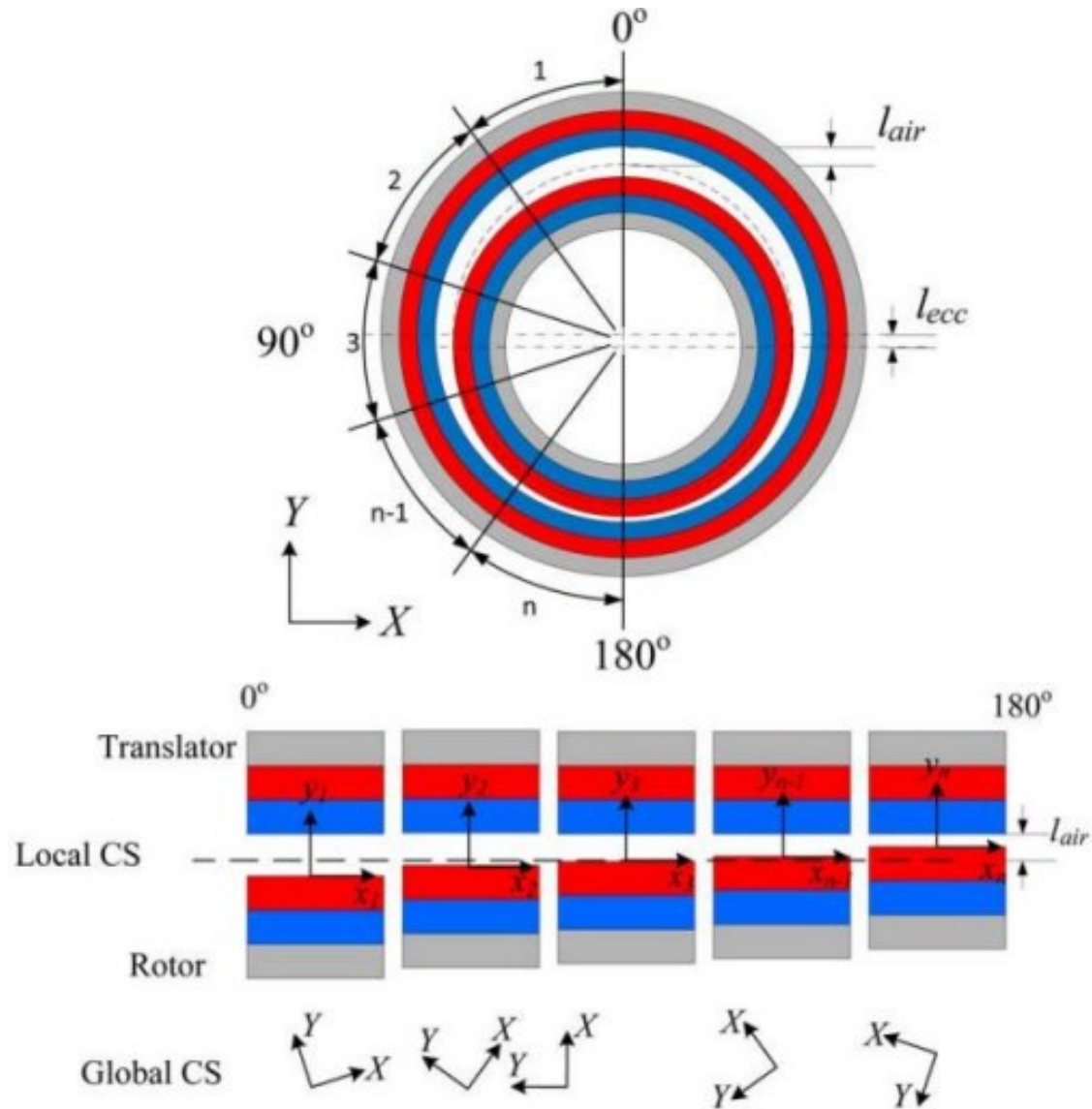
Lunghezza del cilindro esterno



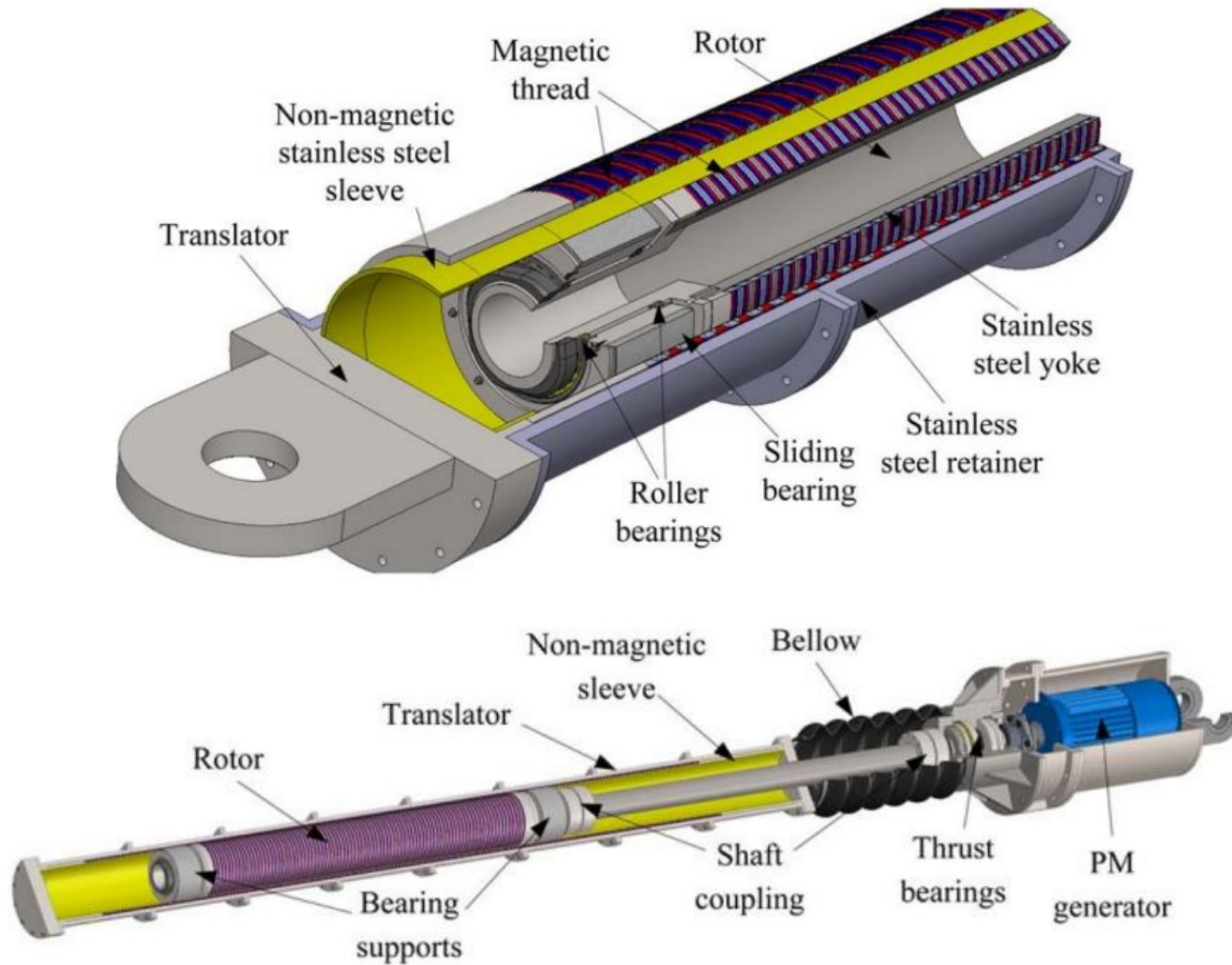
Stack length (mm)	Rotor torque (N.m)	Translator force (N)	$G=Fz/T$ (/s)
40	18.25	2854	156.4
60	27.5	4298	156.3
80	36.76	5759	156.7

Traferro





Struttura



Filettatura magnetica



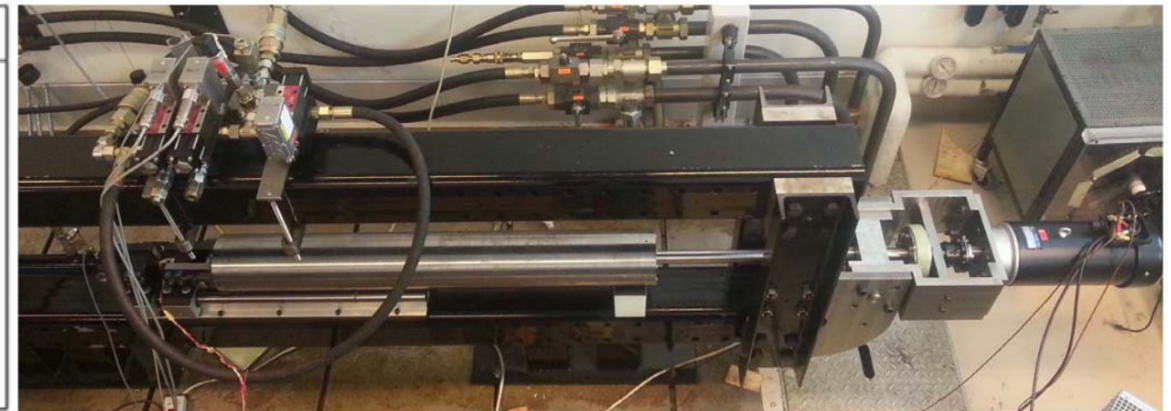
Wavestar WEC da 500kN

- *Modello in scala ridotto da 17kN*
- *Fabbricazione del dimostratore*
- *Risultati al 25% della velocità prevista*

Parameter	Value
Stall force	17 kN
Magnet diameter	8 mm
Magnet thickness	5 mm
Number of magnets	4340
Total magnet mass	8.5 kg
Magnetic airgap	1.5 mm
Lead	20 mm
Stroke	400 mm
Rotor diameter	105 mm
Rotor length	410 mm
Translator outer diameter	142 mm
Translator length	1078 mm
Maximum angular velocity	125 rad/s
Maximum linear velocity	0.4 m/s



Exp.	v [m/s]	F_{cyl} [kN]	P_{in} [W]	P_{out} [W]	η_{exp}	η_{MLS}
1	0,05	3,1	154	93	60 %	75 %
2	0,05	6,1	305	175	57 %	82 %
3	0,05	8,1	407	181	44 %	78 %
4	0,07	3,9	273	171	62 %	78 %
5	0,07	9,9	698	336	48 %	80 %
6	0,10	5,4	537	344	64 %	78 %
7	0,10	12,4	1240	580	47 %	75 %

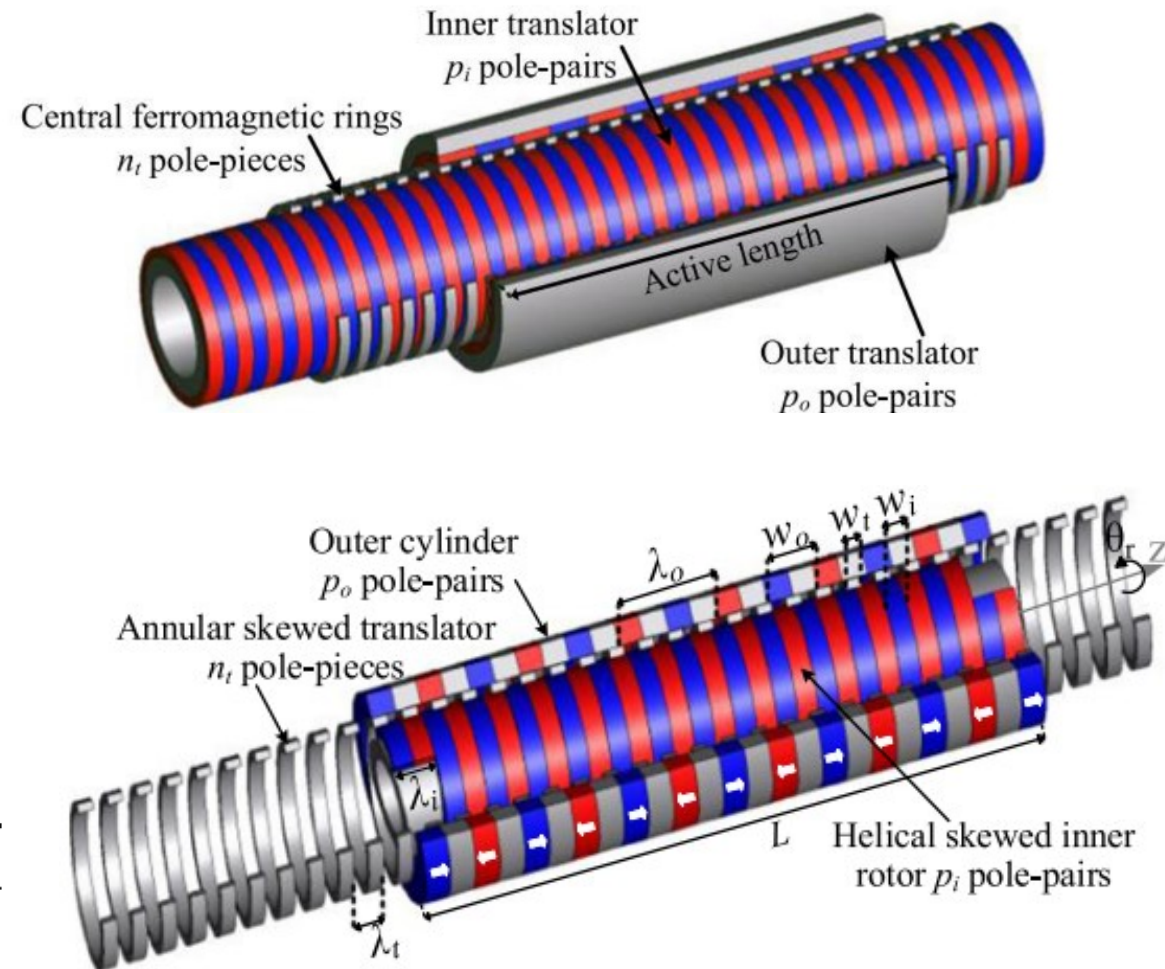


Nuove configurazioni

- Svantaggi MLS
- Ingranaggio magnetico lineare (LMG)
- Vite di trasmissione a ingranaggi magnetici (MGLS)

Force density for linear actuation magnetic gears

Gear type	Force density, kN/length
MGLS	1.87 [28]
MLS/TROMAG	2.6 [2]
LMG	1.95 [17]



PRO

- *Affidabilità*
- *Protezione al sovraccarico*
- *Minore lubrificazione e attrito*

CONTRO

- *Densità di forza minore rispetto alla configurazione meccanica*
- *Complessità di costruzione e costo*