



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

Vittorio BUCCI

Progetto di impianti di propulsione navale

8.4 LINEA D'ASSI

Anno Accademico 2017/2018

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica

- La linea d'alberi trasmette il momento torcente del motore all'elica, o al propulsore in generale, e la spinta dell'elica alle strutture di scafo attraverso il reggispinta. E' sempre costituita da un albero portaelica e da uno o più alberi intermedi;
- In un impianto propulsivo con motori 2T, la linea d'alberi collega sempre la flangia dell'albero motore direttamente con un'elica a pale fisse o a passo variabile;
- In un impianto propulsivo con motori 4T medium speed, la linea d'alberi collega generalmente la flangia di uscita del riduttore di velocità con l'elica a passo variabile;
- La linea d'alberi comprende i seguenti accessori :
 - ✓ Tubo astuccio;
 - ✓ Tenute prodiera;
 - ✓ Tenuta poppiera;
 - ✓ Reggispinta;
 - ✓ Cuscinetti;
 - ✓ Giunto ad accoppiamento idraulico;
 - ✓ Boccole;
 - ✓ Passaparatia;
 - ✓ Bulloni di collegamento;
 - ✓ Dispositivo per il comando del passo dell'elica;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Dimensionamento alberi

- Il dimensionamento di tutti gli alberi è regolamentato dalle Società di Classifica, le quali prescrivono il diametro minimo necessario per la trasmissione del momento torcente del motore;
- Tale diametro può essere aumentato, se necessario, al fine di ottenere sollecitazioni torsionali accettabili in tutto il campo di funzionamento del motore;
- Gli alberi sono normalmente di acciaio forgiato con carichi di rottura (R_m) compresi tra 400 e 800 N/mm². In casi particolari, gli alberi possono essere costruiti in acciaio legato o inox;
- Le formule per il calcolo del diametro minimo degli alberi utilizzate prescritte dalle varie Società di Classifica sono molto simili ed i risultati quasi uguali, anche se utilizzano coefficienti apparentemente differenti;
- Tutte le formule derivano da quella della resistenza dei materiali:

$$\tau = \frac{M}{W} \left[\frac{N}{mm^2} \right]; \text{ oppure per alberi cavi } \tau = \frac{M \cdot d}{2 \cdot J} = \frac{M \cdot d}{2 \cdot \left[\frac{\pi}{32} \cdot (d^4 - d_o^4) \right]} = \frac{16 \cdot M \cdot d}{\pi \cdot (d^4 - d_o^4)}$$

ricordando inoltre che $M = 9,55 \cdot \frac{P}{n}$ e $\tau = \frac{\sigma}{\sqrt{3}}$ e ponendo $Q = \frac{d_o}{d}$ si può scrivere:

$$\sigma = \sqrt{3} \cdot \frac{9,55 \cdot 16 \cdot P \cdot d}{d^4 \cdot n \cdot \pi \cdot (1 - Q^4)} = C^3 \cdot \frac{P}{d^3 \cdot n \cdot (1 - Q^4)}$$

da cui: $d = C \cdot \left(\frac{P}{n \cdot (1 - Q^4)} \cdot \frac{1}{\sigma} \right)^{\frac{1}{3}}$

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Dimensionamento alberi

- La formula ricavata nella pagina precedente è la base per tutte le formule prescritte dalle Società di Classifica. Nel seguito si riportano le formule del Registro Italiano Navale (RINA);
- Il diametro minimo dell'albero intermedio deve essere maggiore del valore calcolato con la seguente

$$d = F \cdot k \cdot \left(\frac{P}{n \cdot (1 - Q^4)} \cdot \frac{560}{R_m + 160} \right)^{\frac{1}{3}} \text{ nella quale:}$$

- ✓ **Q**: rapporto tra il diametro del foro (d_o) e il diametro esterno dell'albero (d).
Per $d_o \leq 0,4 \cdot d$ si può considerare $Q=0$;
- ✓ **F**: coefficiente pari a 95 per motori collegati al riduttore con giunti a scorrimento oppure per turbine a gas o motori elettrici e pari a 100 per motori diesel collegati con altri tipi di giunto;
- ✓ **k**: coefficiente pari a 1,0 per alberi flangiati, 1,1 per collegamenti cilindrici o conici con chiavetta;
- ✓ **n**: velocità di rotazione dell'albero [giri/min];
- ✓ **P**: potenza massima continuativa dell'impianto [kW];
- ✓ **R_m**: carico di rottura del materiale che deve essere compreso tra 400 e 800 N/mm²;
- ✓ Per $R_m = 400$ N/mm² e per alberi con $d_o \leq 0,4 \cdot d$, la formula diviene:

$$d = F \cdot k \cdot \left(\frac{P}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Dimensionamento alberi

- Il diametro minimo dell'albero portaelica è calcolato con una formula molto simile alla precedente, precisamente:

$$d_p = 100 \cdot k_p \cdot \left(\frac{P}{n \cdot (1 - Q^4)} \cdot \frac{560}{R_m + 160} \right)^{\frac{1}{3}}$$

- I simboli hanno lo stesso significato di quelli della formula precedente e il fattore k_p dipende dalle caratteristiche costruttive dell'albero portaelica. Per la parte di albero compresa tra la faccia prodiera dell'ultimo cuscinetto poppiero e la faccia prodiera del mozzo o della flangia dell'albero, i valori di k_p sono i seguenti:
 - ✓ $k_p = 1,26$ per alberi con mozzo dell'elica collegato con chiavetta;
 - ✓ $k_p = 1,22$ per alberi con:
 - mozzo dell'elica collegato, senza chiavetta, per mezzo di un forzamento a caldo oppure collegato con bulloni alla flangia fucinata dell'albero, tipica soluzione adottata per eliche a passo variabile;
 - tubo astuccio lubrificato con olio e provvisto di tenute approvate oppure con tubo astuccio lubrificato ad acqua e albero protetto da una camicia continua;
- Per la parte di albero compresa tra la faccia prodiera dell'ultimo cuscinetto poppiero e la faccia prodiera della tenuta prodiera del tubo astuccio $k_p = 1,15$;
- Il diametro dell'albero portaelica può essere gradualmente ridotto al valore del diametro dell'intermedio per la parte di albero al di fuori della tenuta prodiera del tubo astuccio;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Collegamento alberi

- Gli alberi sono normalmente collegati tra loro per mezzo di flangie forgiate e unite con bulloni calibrati o a tolleranza. Il diametro minimo dei bulloni calibrati è calcolato con la seguente formula:

$$d_B = 0,65 \cdot \left[\frac{d^3 \cdot (R_m + 160)}{n_B \cdot D_C \cdot R_{mB}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{nella quale:}$$

- ✓ **d**: diametro regolamentare dell'albero intermedio [mm];
 - ✓ **n_B**: numero di bulloni calibrati;
 - ✓ **D_C**: diametro di applicazione dei bulloni [mm];
 - ✓ **R_m**: carico di rottura del materiale dell'albero [N/mm²];
 - ✓ **R_{mB}**: carico di rottura del materiale dei bulloni [N/mm²];
- La stessa formula è valida anche per il collegamento tra la flangia dell'albero portaelica e il mozzo dell'elica a passo variabile;
 - Per collegamenti con bulloni a tolleranza, la forza di serraggio dei bulloni deve assicurare un momento torcente almeno 2,8 volte maggiore di quello trasmesso, calcolato con un coefficiente di attrito tra le flangie di 0,18;
 - Gli alberi non flangiati che hanno l'estremità cilindrica, come l'albero portaelica di eliche a passo variabile, sono collegati con giunti forzati a pressione d'olio. In tal caso, la forza di forzamento, calcolata con un coefficiente di attrito tra le superfici di 0,14, deve essere 2,8 volte la forza totale trasmessa dal giunto dovuta al momento torcente e alla spinta;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica

Fornitori principali

- I principali fornitori delle linea d'alberi ed eliche, con eliche fino ad circa 35000 kW, sono Wärtsilä, Rolls-Royce, MAN B&W Alpha, VA TECH Escher Wyss, Schottel ecc.;
- Per applicazioni con potenza superiore a circa 25000 kW, per navi crociera e traghetti, la maggioranza degli impianti è fornito o dalla Wärtsilä o dalla Rolls-Royce, con quest'ultima più specializzata per impianti con classe ghiacci ed elica in inox. Entrambe possono inoltre fornire o solo le eliche e il sistema di comando del passo o il pacchetto completo con alberi e accessori;
- Le soluzioni tecniche adottate da entrambe sono molto simili e si differenziano solo per dettagli costruttivi interni dei sistemi, poco significativi per il progettista navale;

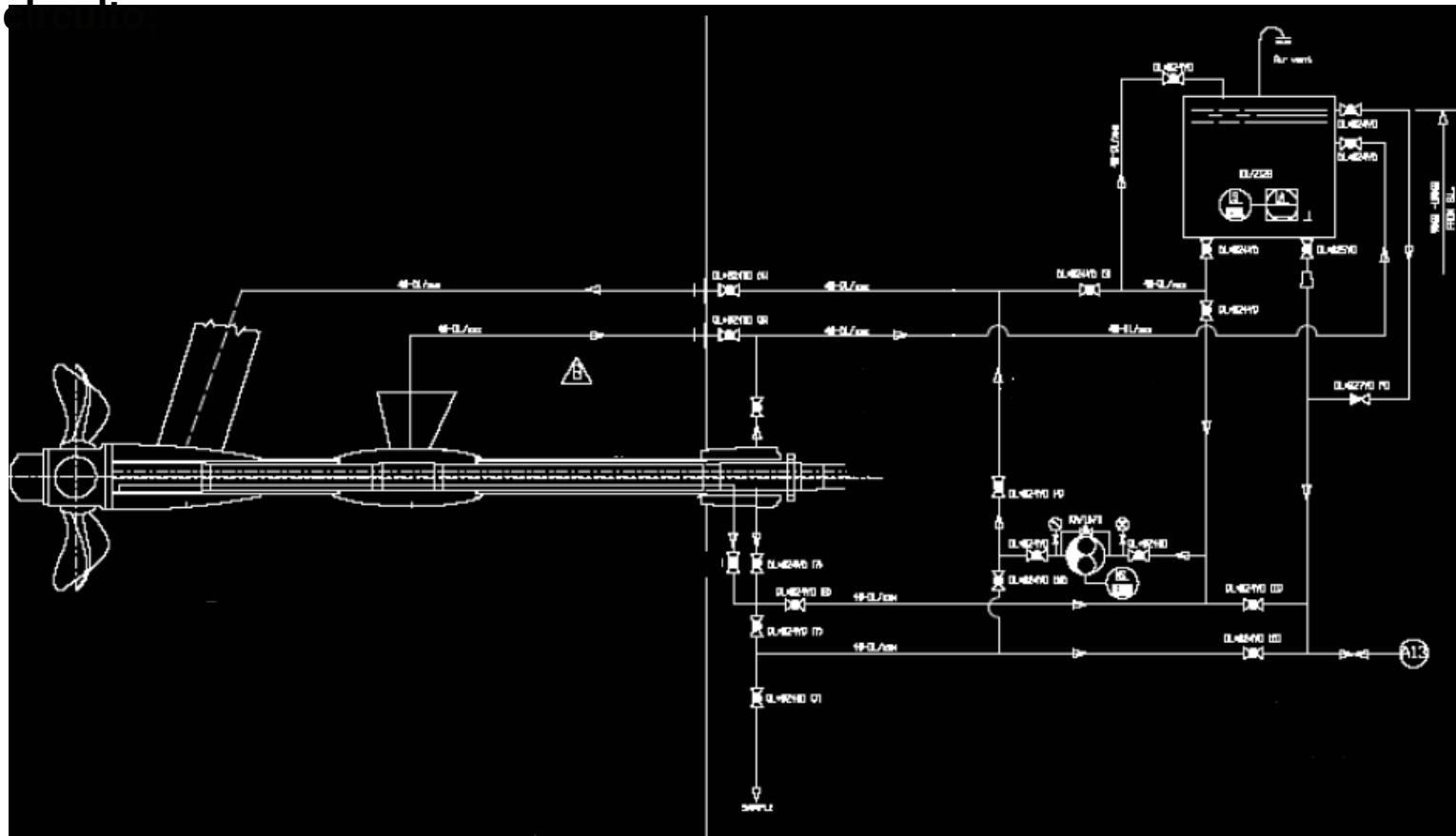
Scelte progettuali

- Data per scontata l'adozione di un'elica a passo variabile per la propulsione di traghetti pluri-motori, la scelta principale da effettuare nelle prime fasi del progetto è quella della lubrificazione delle boccole dell'albero portaelica, precisamente:
 - ✓ ad olio con tubo astuccio di contenimento, tipo di boccole e tenute adeguate;
 - ✓ ad acqua di mare con rivestimento protettivo dell'albero portaelica, tipo di boccole e tenuta prodiera;
- La soluzione progettuale normalmente adottata per traghetti con velocità prossima a 30 nodi e portaelica in acqua con braccio di sostegno dell'elica e braccio intermedio è quella con la lubrificazione ad olio con il tubo astuccio, più complessa tecnicamente ma meno costosa di quella ad acqua di mare;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio

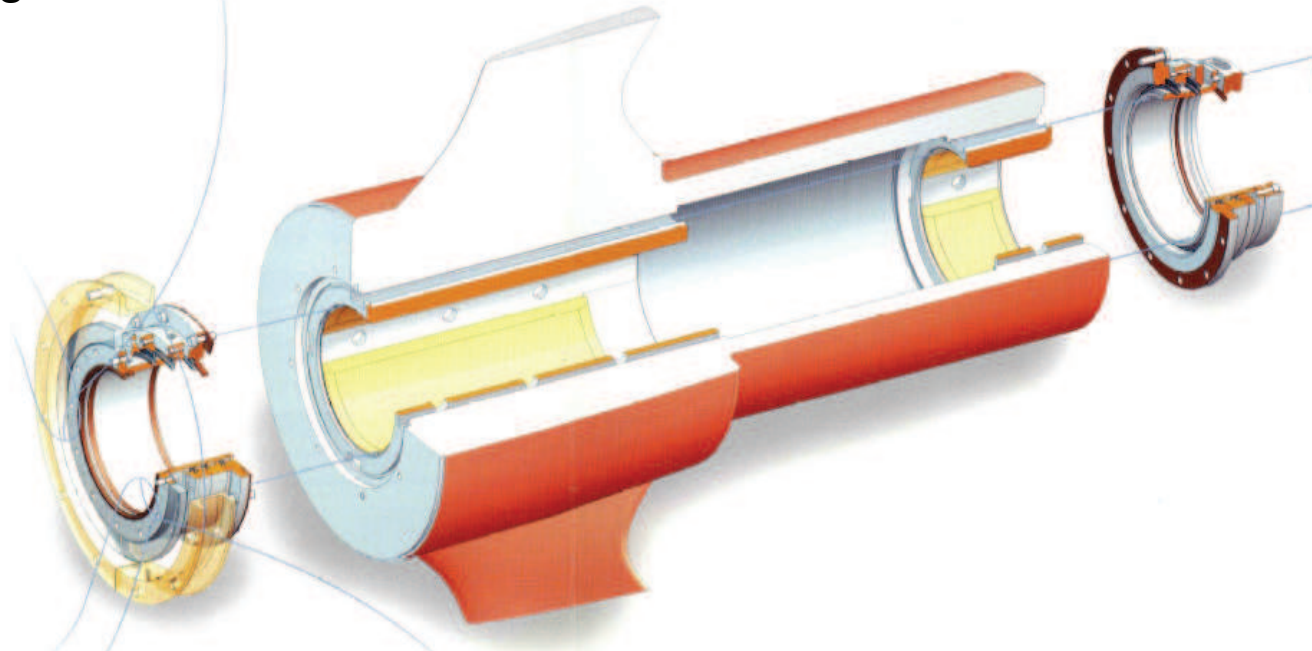
- Lo schema di lubrificazione/raffreddamento è rappresentato nella seguente figura. La circolazione è naturale e la pompa è utilizzata solo per svuotamenti e riempimenti del circuito.



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute

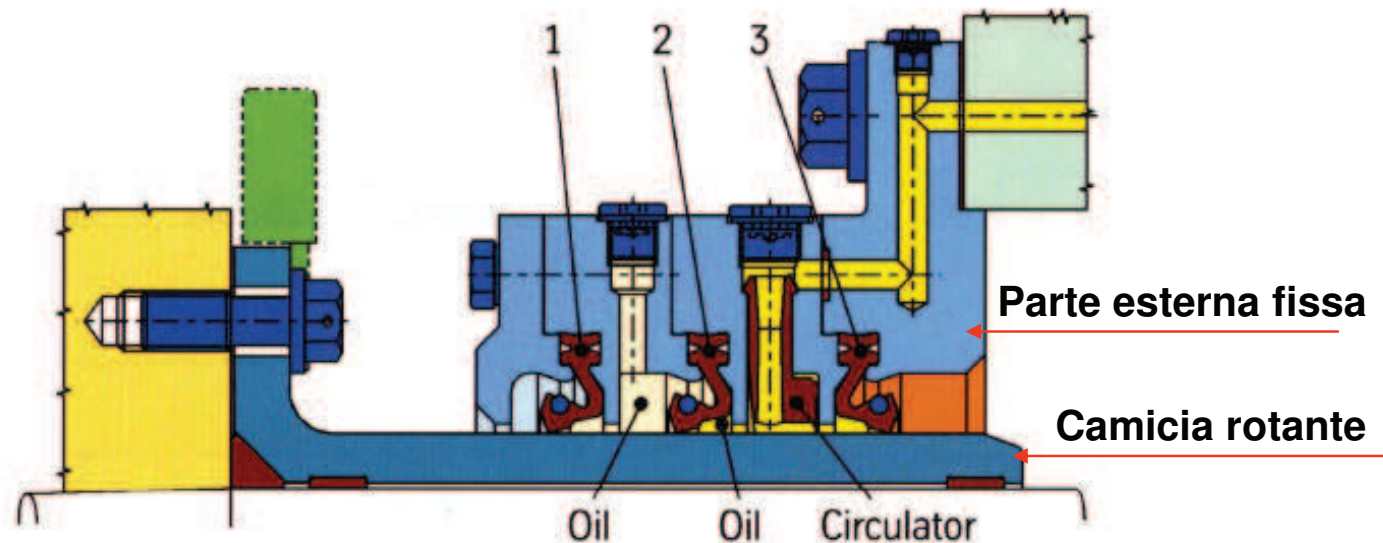
- Nella descrizione degli schemi di lubrificazione ad olio del tubo astuccio, è opportuno includere anche due accessori molto importanti della line d'alberi, precisamente le tenute poppiera e prodiera;
- Ci sono molteplici tipologie di tenute che si differenziano per numero di labbri e per funzionalità. Nel seguito verranno descritte quelle normalmente impiegate fornite dalla Wärtsilä e dalla B+V, che possono essere fornite sia in versione standard sia in quella “split”, cioè in due metà per consentirne lo smontaggio senza sfilare l'albero;
- La figura seguente mostra un insieme astuccio/tenute:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

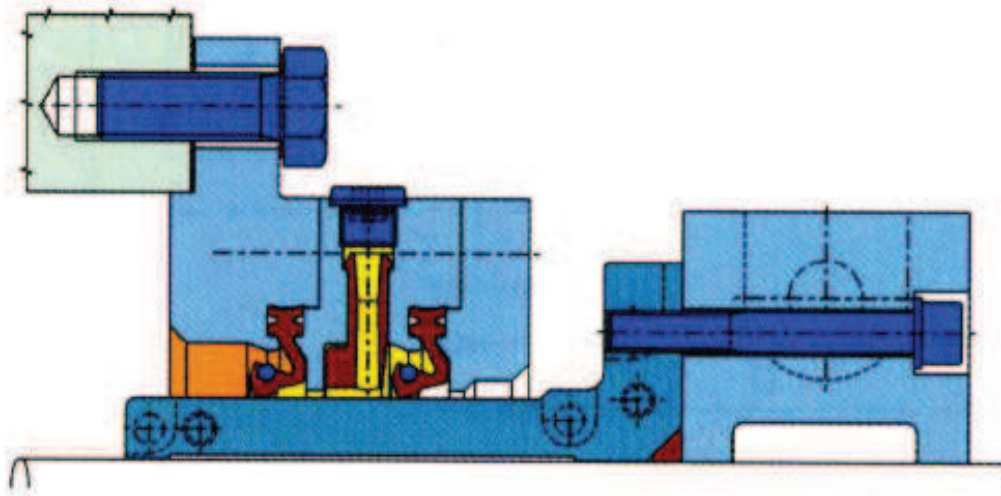
- Le tenute B+V possono essere fornite nella versione normale, in quella “E” con parte esterna e camicia in due metà (versione “split”) oppure in versione “F” o “G”, rispettivamente solo con camicia e solo con parte esterna in due metà;
- La figura rappresenta la tenuta “Leakproof” in versione normale. E' una tenuta a tre labbri e la camera di olio è collegata con due tubi ad una cassa di circa 50 litri sistemata in sala macchine;
- Con l'albero in rotazione, il “circulator” attiva la circolazione dell'olio e l'eventuale acqua penetrata nella camera di olio viene trasportata nella cassa e drenata in sentina;



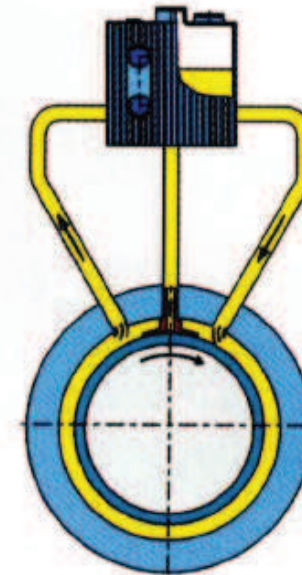
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

- La tenuta prodiera, rappresentata nella figura di sinistra nella versione “split” con la camicia in due metà per facilitare lo smontaggio e la sostituzione, è indipendente da quella poppiera, è a due soli labbri, è sempre dotata di un “circulator” ed è lubrificata da una apposita casetta, come indicato nello schema a destra:



Tenuta prodiera SC2FZ



Schema di lubrificazione

Impianti di propulsione navale

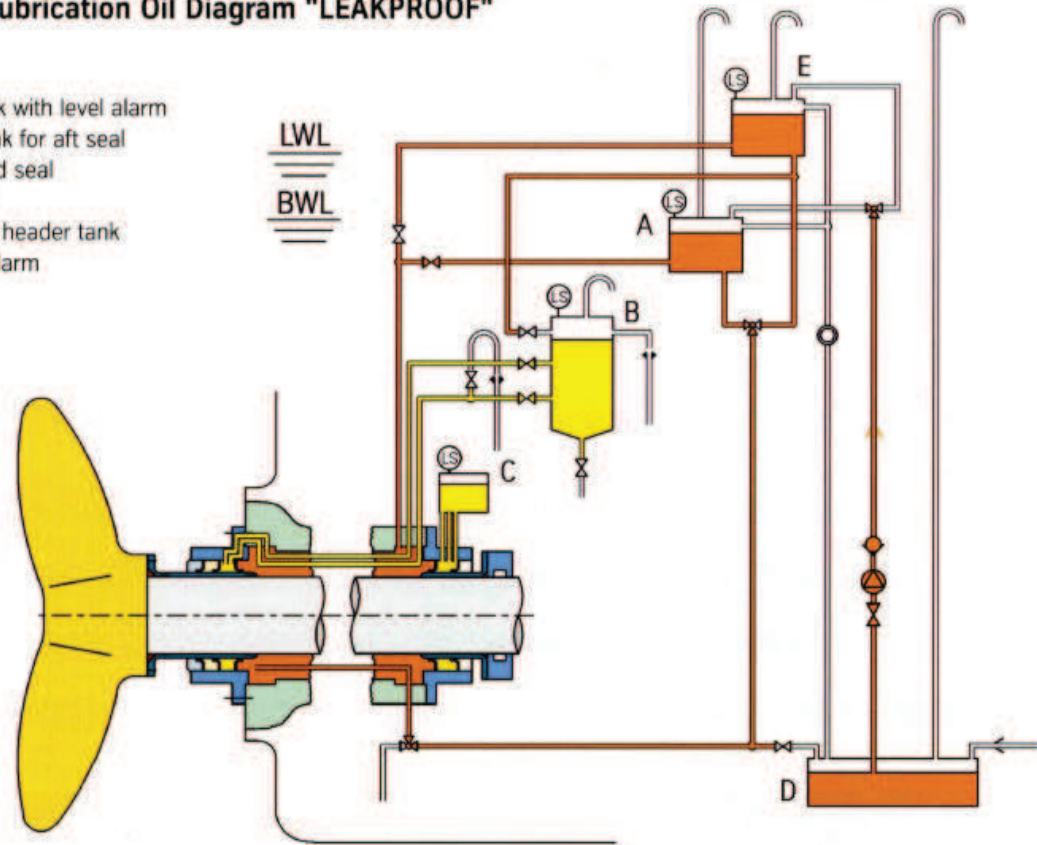
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

- Con le due tenute illustrate nelle slides precedenti, la B+V propone il seguente schema di lubrificazione:

- Tale sistema, valido per navi con forti variazioni di immersione tra carico e zavorra come le petroliere, prevede una cassa di compenso per l'olio di lubrificazione sistemata in modo da avere la pressione dell'acqua di mare leggermente superiore a quella dell'olio;

Sternube Lubrication Oil Diagram "LEAKPROOF"

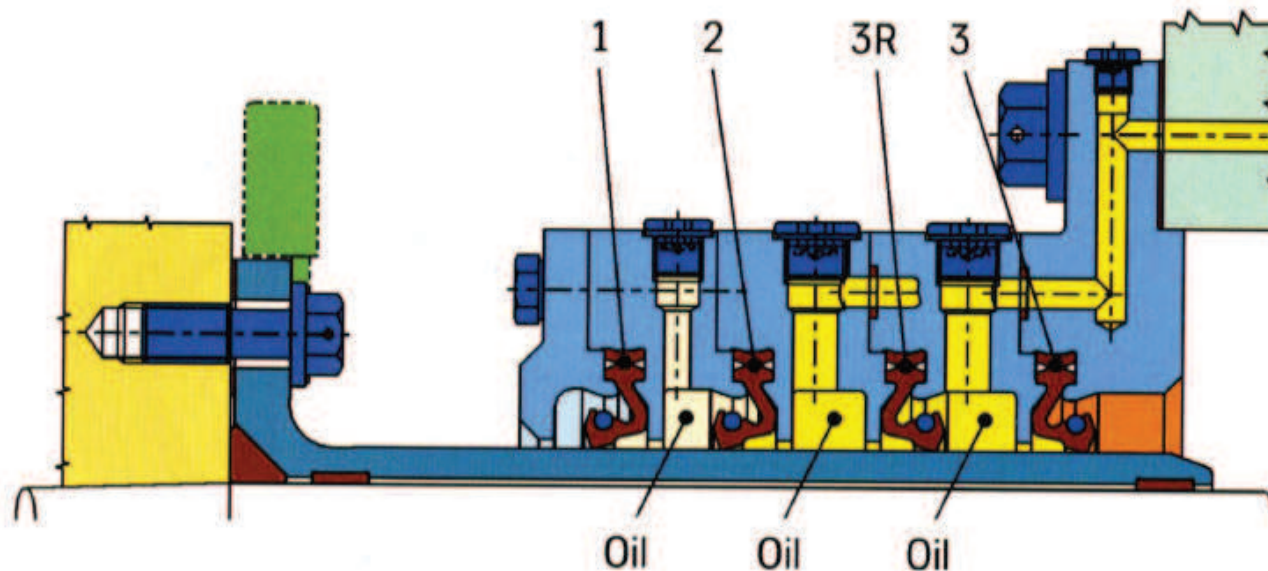
- A = Header tank with level alarm
- B = Settling Tank for aft seal
- C = Tank for fwd seal
- D = Drain tank
- E = Emergency header tank with level alarm



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

- La figura seguente rappresenta la tenuta “Multisafe” in versione normale. E' una tenuta a quattro labbri e la camera di olio è doppia. Rispetto alla precedente è stato aggiunto l'anello 3R che normalmente divide le due camere di olio e non è caricato sulla camicia;
- In caso di rottura o perdita di tenuta dell'anello dell'astuccio, l'anello 3R viene caricato e fa tenuta;



Impianti di propulsione navale

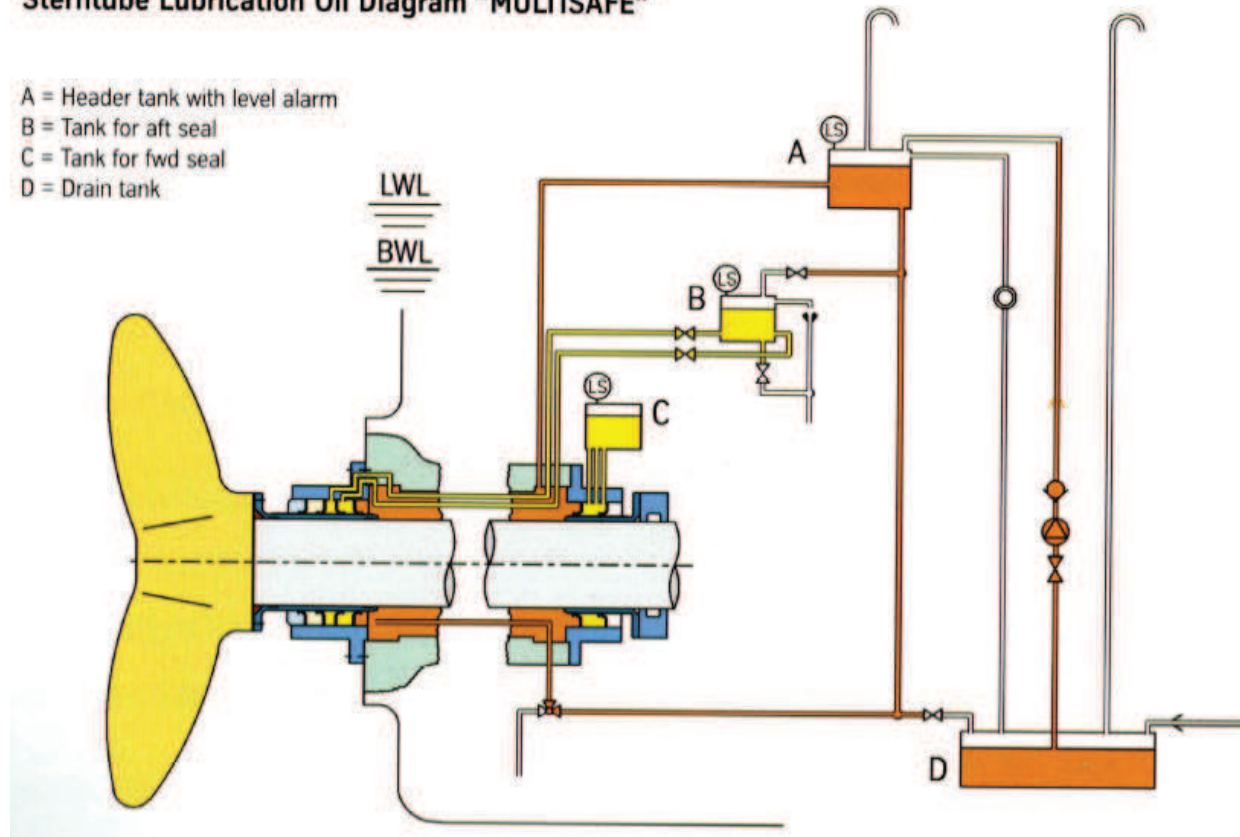
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

➤ Con la tenuta precedente, lo schema di lubrificazione si semplifica come segue:

➤ Tale sistema è stato richiesto dal mercato per semplificare la gestione delle due casse del sistema precedente.
E' prevista una sola cassa in posizione più alta avendo l'anello 3R come ulteriore sicurezza contro le perdite di olio in mare;

Sterntube Lubrication Oil Diagram "MULTISAFE"

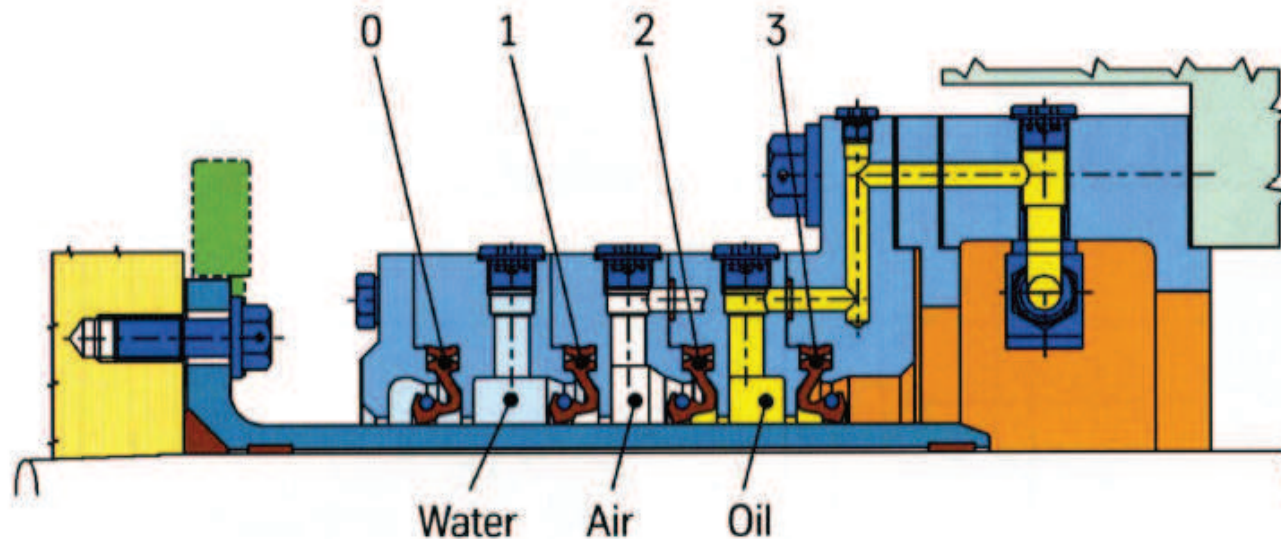
A = Header tank with level alarm
B = Tank for aft seal
C = Tank for fwd seal
D = Drain tank



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

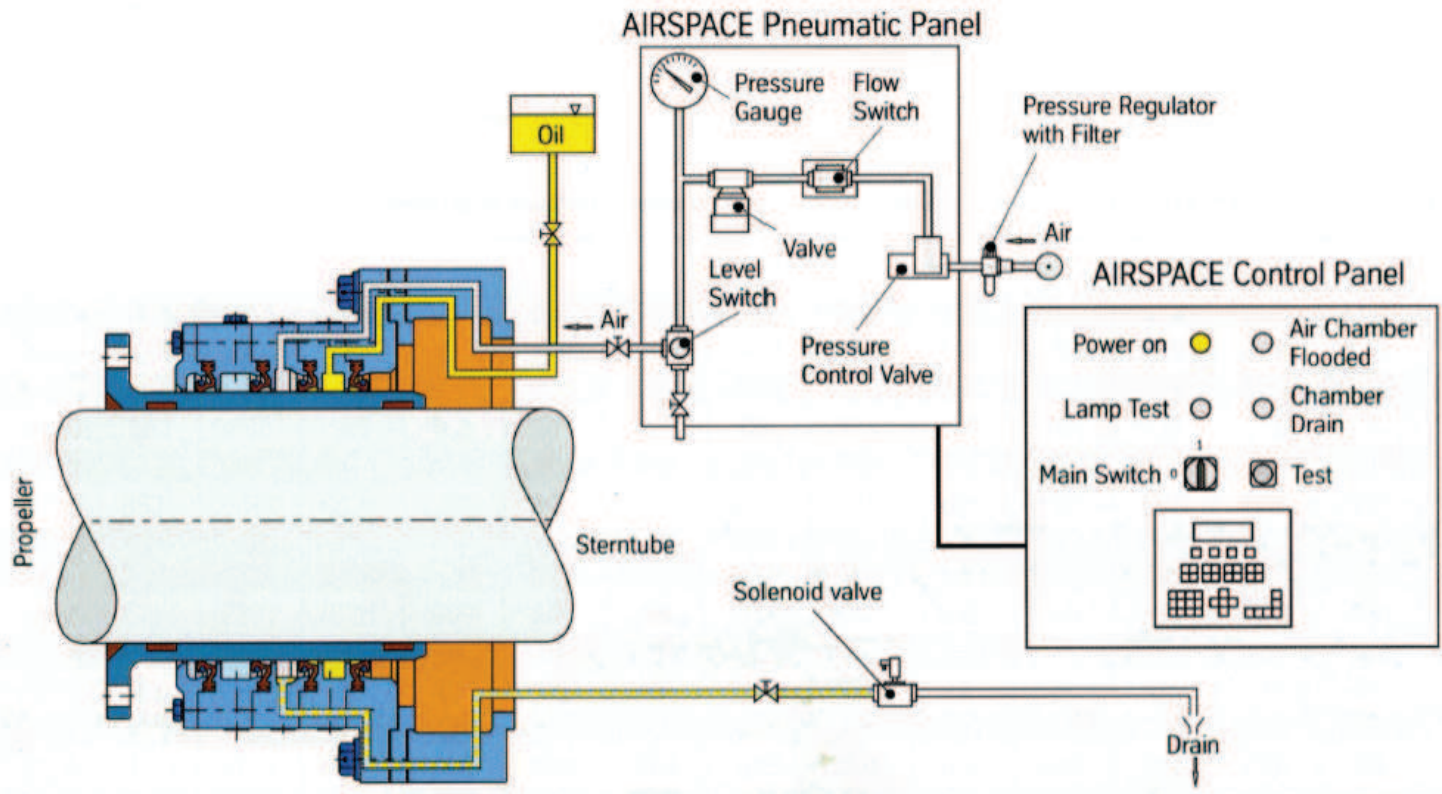
- La figura seguente rappresenta la tenuta “Airspace” in versione normale. E' una tenuta a quattro labbri con una camera di aria che separa l'olio di lubrificazione dell'astuccio dall'acqua di mare. Rispetto alla precedente il terzo labbro è rovesciato verso l'acqua di mare;
- La tenuta è classificata “anti-inquinamento” in quanto non possono esserci perdite di olio in acqua e perdite di acqua in olio;



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

- Con la tenuta precedente, lo schema di lubrificazione si semplifica come segue:
- Il flusso di aria e l'apertura della valvola solenoide garantiscono il perfetto drenaggio delle eventuali perdite di olio e di acqua raccolte nella camera di aria;



Impianti di propulsione navale

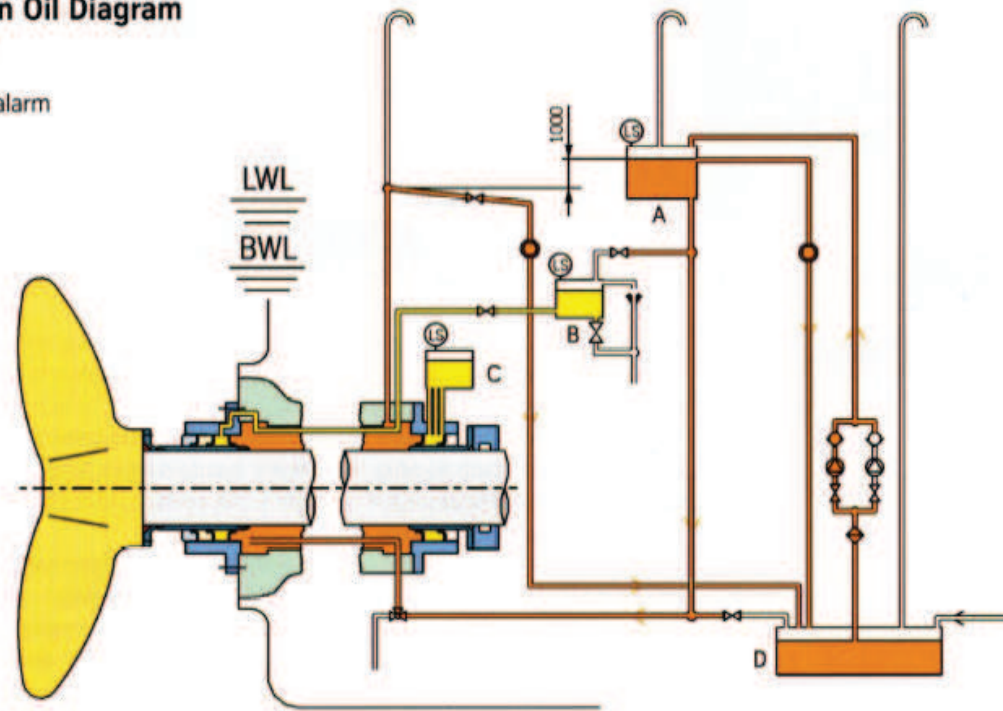
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica

Tube astuccio lubrificato ad olio e tenute B+V

- Tutti gli schemi mostrati rappresentano una circolazione “naturale” dell’olio di lubrificazione dell’astuccio e la pompa sulla destra è utilizzata solo per effettuare il riempimento del circuito. Tale circolazione può essere anche “forzata”, principalmente per smaltire più calore, con la pompa che travasa l’olio in modo continuo dalla cassa “D” alla “A”, secondo lo schema seguente:

**Stern tube Lubrication Oil Diagram
(forced lubrication)**

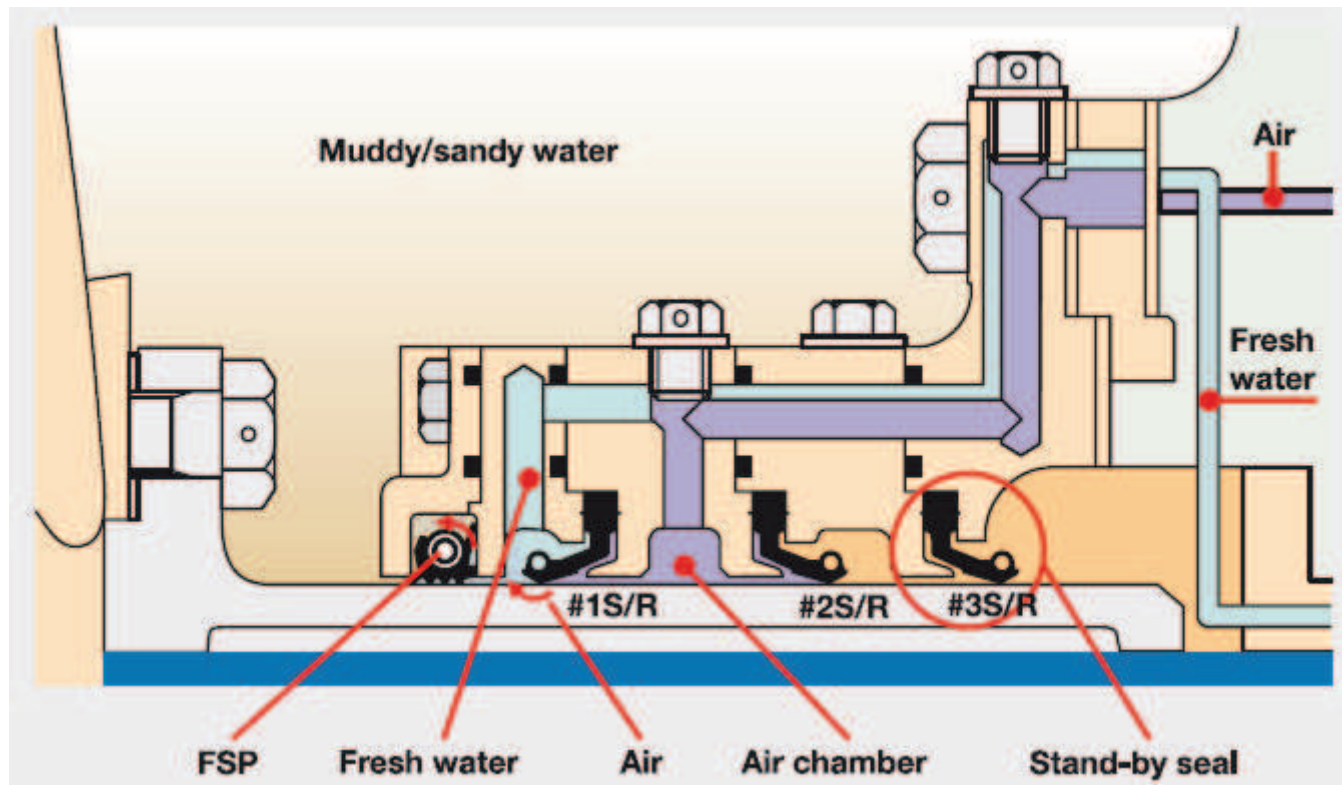
A = Header tank with level alarm
B = Tank for aft seal
C = Tank for fwd seal
D = Sump tank



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

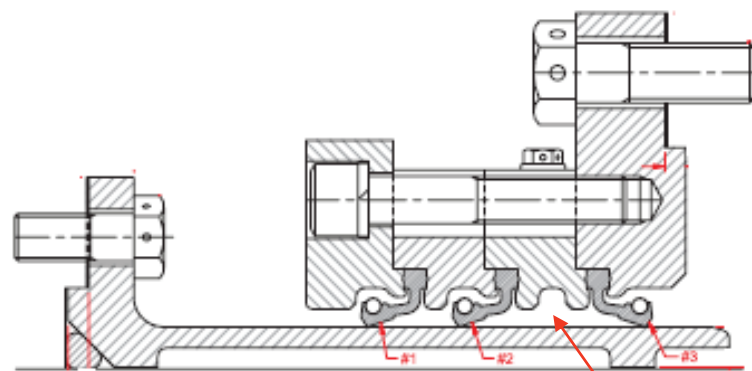
- La Wärtsilä fornisce una varietà di tenute molto simili alle precedenti con tre o quattro labbri. La figura seguente rappresenta una tenuta speciale classificata “anti-inquinamento” a quattro labbri con camere d'aria e di acqua dolce:



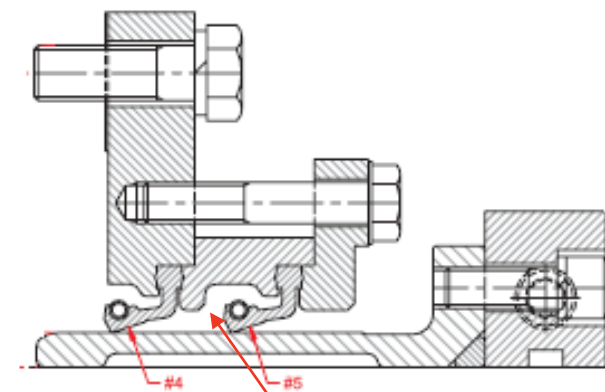
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

- La figura rappresenta la tenuta a quattro labbri poppiera e a due labbri prodiera. Le camere di olio delle tenute poppiera e prodiera sono entrambe collegate, con una tubazione non visibile nelle figure, a casse sistemate in sala macchine;



Camera di olio

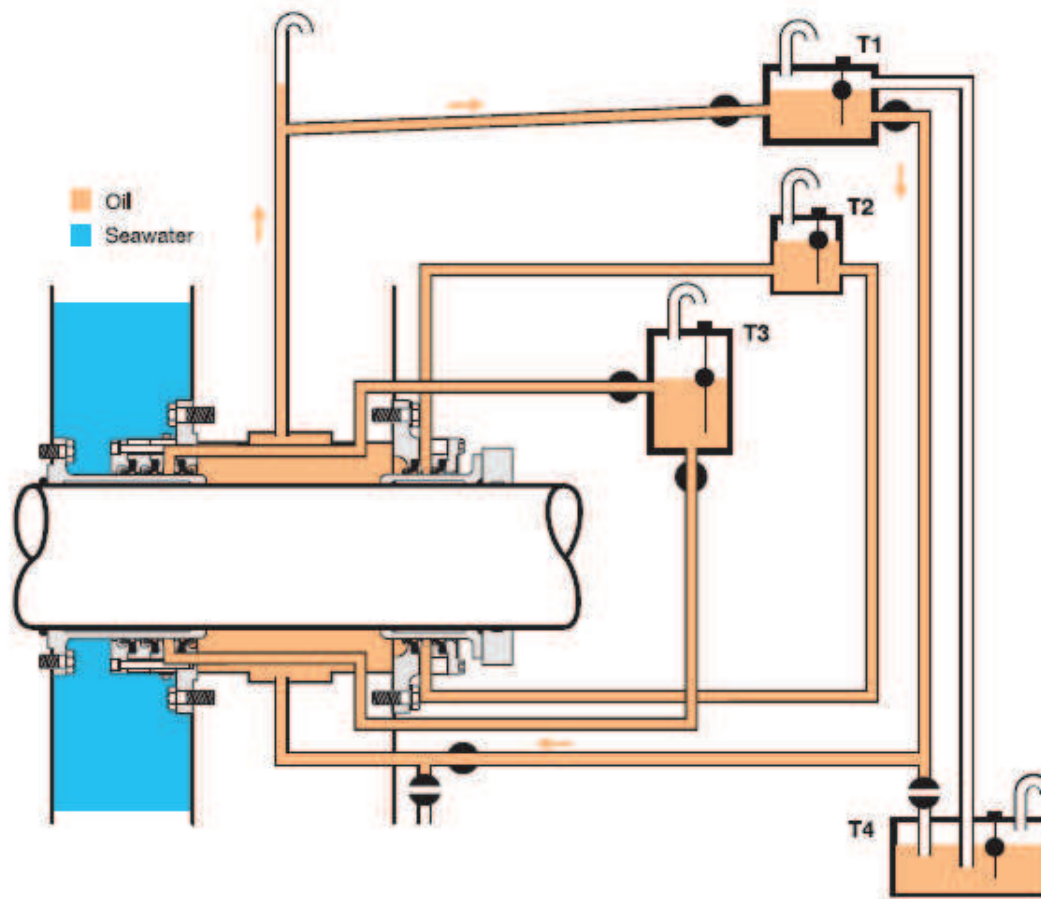


Camera di olio

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

➤ Con le tenute precedenti, la Wärtsilä propone il seguente schema standard:

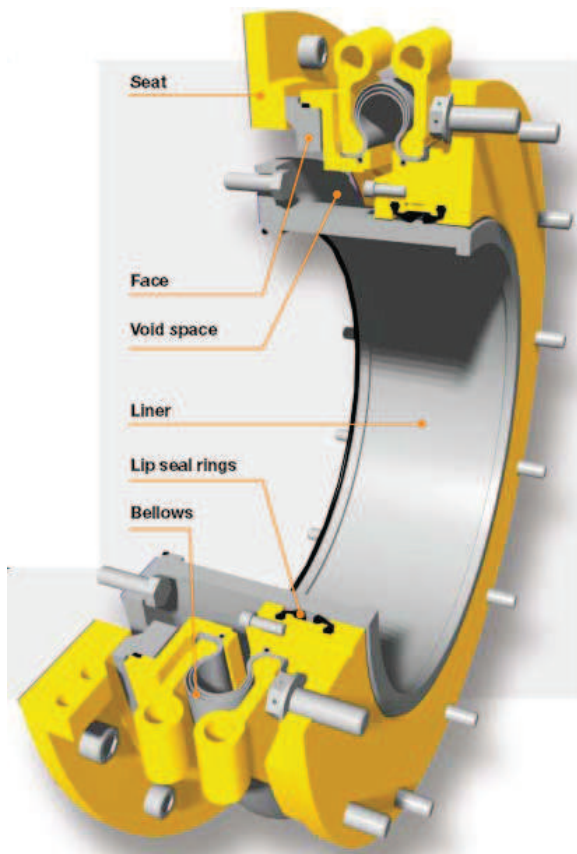


- ✓ T₁: Cassa di lubrificazione a gravità del tubo astuccio, normalmente posizionata leggermente più in basso del livello del mare;
- ✓ T₂: Cassa di lubrificazione della tenuta prodiera;
- ✓ T₃: Cassa di lubrificazione della tenuta poppiera. E' la cassa posizionata più in basso delle tre per svolgere la funzione di "spia", attraverso il controllo del livello, di eventuali perdite di olio o di infiltrazioni di acqua di mare;
- ✓ T₄: Cassa di drenaggio;

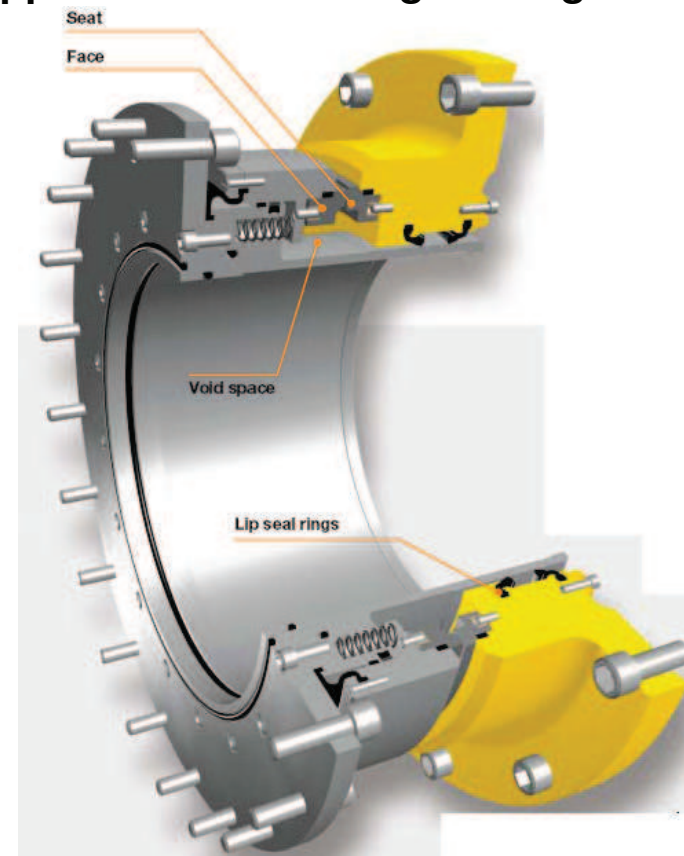
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

- La Wärtsilä fornisce inoltre una serie di tenute per soddisfare le stringenti richieste “anti-inquinamento” della U.S. Coast Guard, rappresentate nelle seguenti figure:



Tipo MC

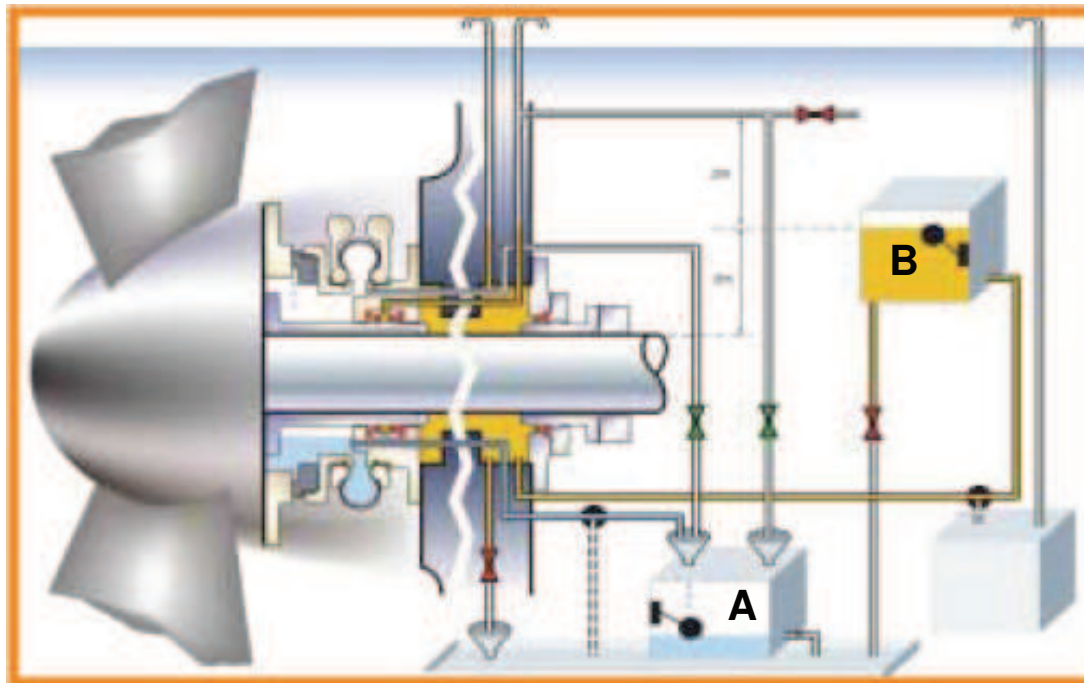


Tipo AC

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

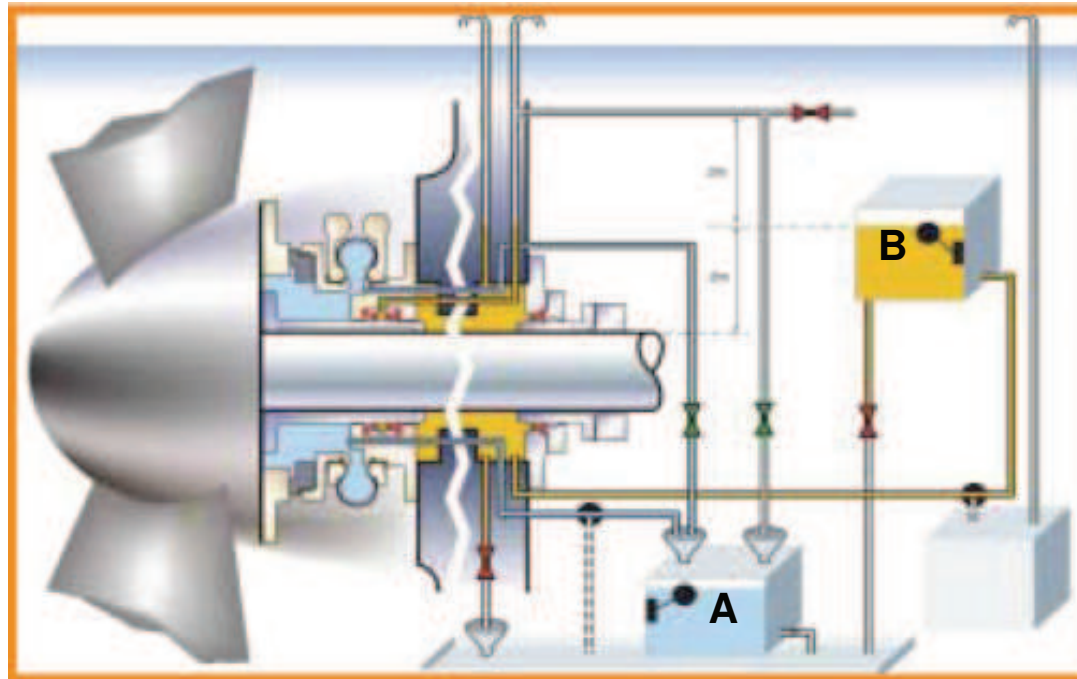
- Tenuta Coast Guard MC-Funzionamento normale:
 - ✓ Olio astuccio fornito ad una pressione di circa 0,2 bar;
 - ✓ Spazio vuoto e quello tra i labbri collegati con l'atmosfera;
 - ✓ Spazio vuoto con poca acqua infiltrata, che è raccolta e drenata nella cassa "A";



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

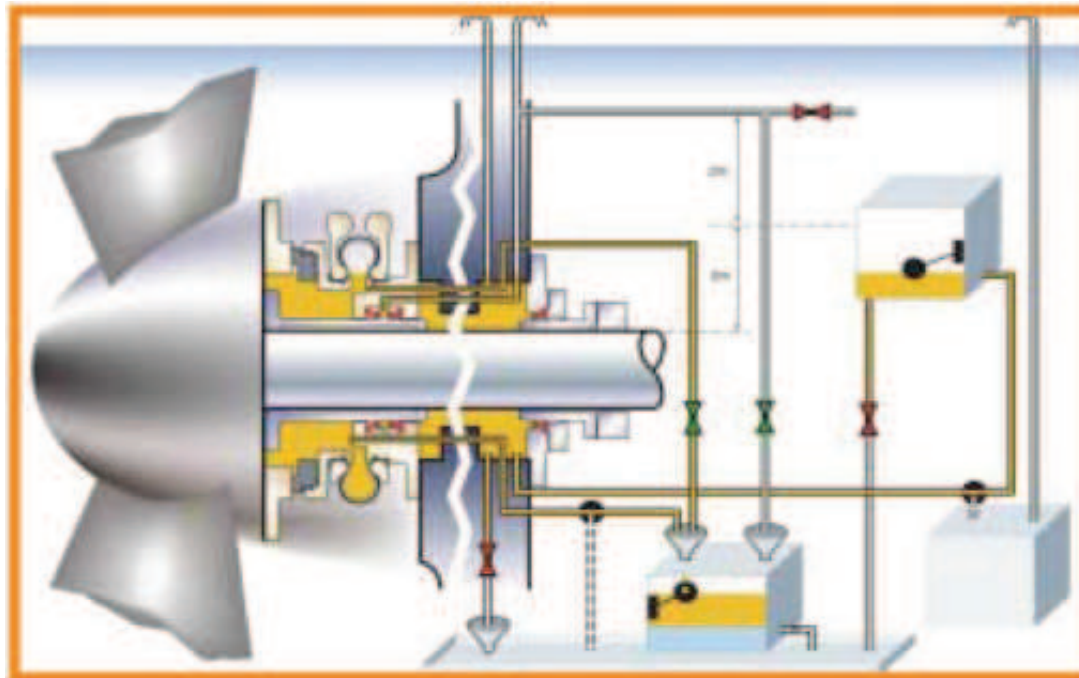
- Tenuta Coast Guard MC-Funzionamento con notevoli infiltrazioni di acqua:
 - ✓ Olio astuccio fornito ad una pressione di circa 0,2 bar;
 - ✓ Spazio vuoto e quello tra i labbri collegati con l'atmosfera;
 - ✓ Spazio vuoto pieno di acqua infiltrata, che è raccolta e drenata nella cassa "A" evitando inquinamenti dell'olio lubrificazione astuccio. La situazione anomala è segnalata dall'allarme di alto livello della cassa "A";



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio e tenute Wärtsilä

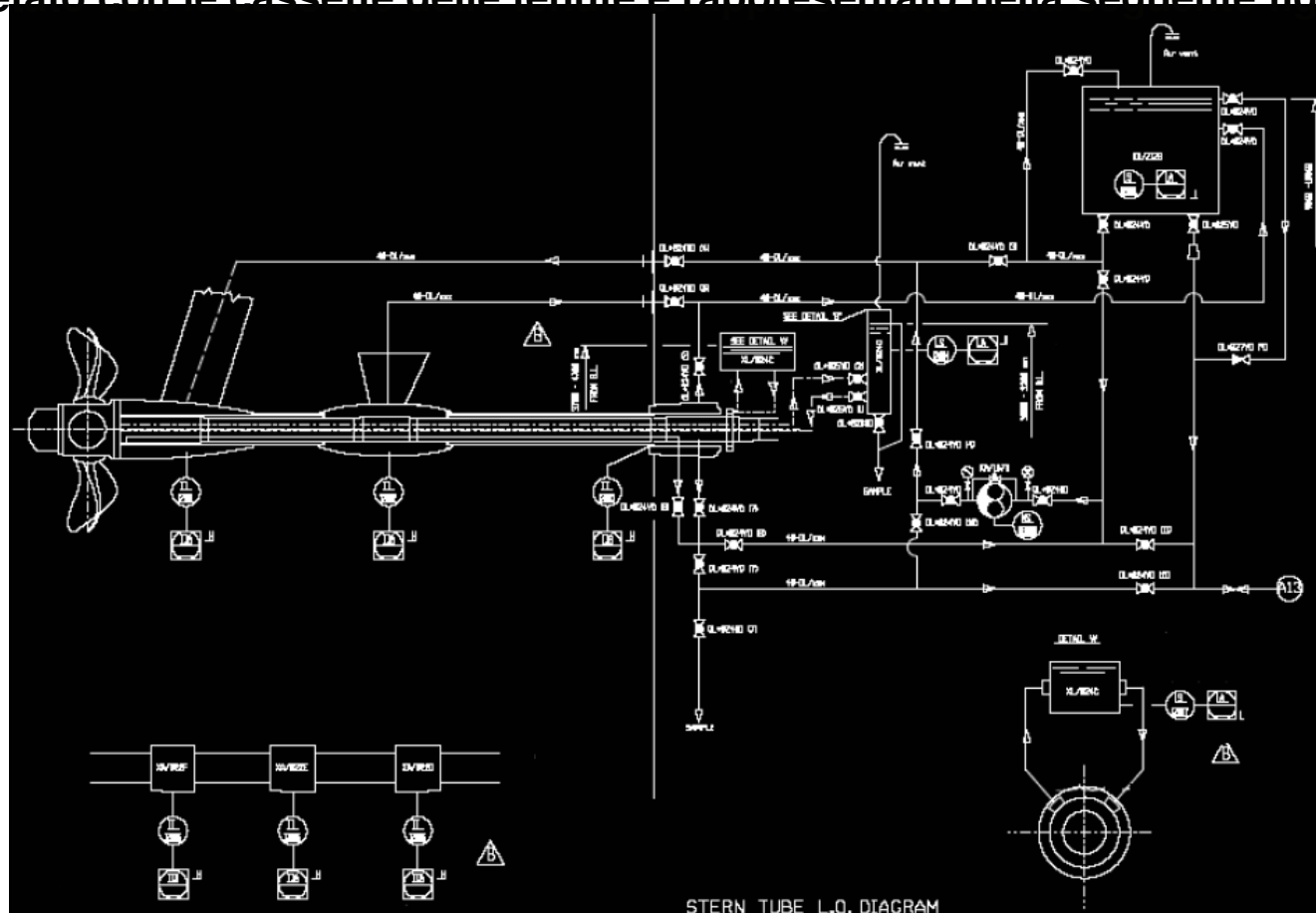
- Tenuta Coast Guard MC-Funzionamento con notevoli perdite di olio:
 - ✓ Olio astuccio fornito ad una pressione di circa 0,2 bar;
 - ✓ Spazio vuoto e quello tra i labbri collegati con l'atmosfera;
 - ✓ Spazio vuoto pieno di olio, che è raccolto e drenato nella cassa "A" evitando perdite e inquinamenti del mare. La situazione anomala è segnalata dall'allarme di alto livello della cassa "A" e da quello di basso livello della cassa "B"; ;



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Tubo astuccio lubrificato ad olio

- Lo schema funzionale di lubrificazione/raffreddamento, già illustrato nella slide 7, completato con le cassette delle tenute è rappresentato nella seguente figura:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Boccole lubrificate ad acqua di mare

- La soluzione con boccole lubrificate e raffreddate ad acqua di mare è adottata molto spesso su espressa richiesta della SA. Tale soluzione comprende:
 - ✓ Boccole in materiale sintetico composito auto-lubrificante per ridurre al minimo l'attrito durante la fase di avviamento;
 - ✓ Camicie in bronzo delle boccole zappolate in resina;
 - ✓ Modulo acqua per la lubrificazione forzata ad acqua di mare;
 - ✓ Rivestimento protettivo anti-corrosione in materiale sintetico dell'albero portaelica;
 - ✓ Camicie nella zona di portanza dei cuscinetti in materiale anti-corrosivo, normalmente:
 - Inconel 625;
 - Cupro Nichel 70/30;
 - Bronzo;
 - ✓ Tenuta prodiera per evitare infiltrazioni di acqua mare;
- Tutti i materiali e le soluzioni anti-corrosione utilizzati per la lubrificazione ad acqua sono ovviamente approvati dalle Società di Classifica;
- Il fornitore principale delle boccole lubrificate ad acqua di mare è la Thordon e la soluzione adottata è rappresentata nella figura seguente:

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Boccole lubrificate ad acqua di mare – Fornitore Thordon



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Boccole lubrificate ad acqua di mare – Fornitore Thordon

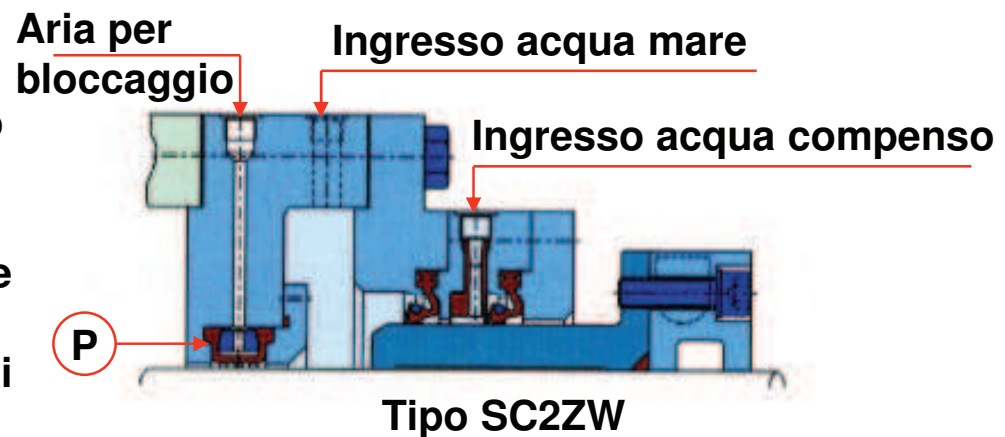
- Vista di un albero portaelica con rivestimento protettivo anti-corrosione in materiale sintetico e tre cuscinetti con camicia in materiale anti-corrosivo:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Boccole lubrificate ad acqua di mare

- La figura precedente rappresenta un albero portaelica chiuso in un astuccio con due sole boccole, soluzione tipica di impianti propulsivi mono-motore, ed entrambe le boccole sono raffreddate da un flusso costante di acqua di mare fornito dal modulo acqua;
- In un impianto con le linee d'alberi in acqua e bracci dell'elica ed intermedio, la boccola prodiera è sempre raffreddata da un flusso costante di acqua fornito dal modulo mentre le altre due boccole necessitano di questo flusso solo a velocità nave molto basse, minori di 5 nodi.
Per velocità nave maggiori è proprio questa velocità che assicura il flusso di acqua necessario per il raffreddamento;
- La tenuta prodiera per boccole raffreddate ad acqua di mare è del tipo rappresentato nella figura a lato (B+V).
La tenuta è dotata di un anello "Pneumostop" (P), bloccabile a nave ferma con aria in pressione, che consente la sostituzione dei labbri di tenuta senza andare in bacino;



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Riepilogo lubrificazione boccole

Ad acqua di mare

Vantaggi

- Soluzione anti-inquinamento in quanto non utilizza olio;
- Disponibilità illimitata del fluido raffreddante;
- Sostituzione in emergenza cuscinetti in 1 settimana;
- Sostituzione tenuta prodiera senza andare in bacino;

Svantaggi

- Costo iniziale maggiore;
- Controllo in mare ogni 1÷2 anni dell'integrità rivestimento protettivo albero portaelica;
- Controllo ogni 5 anni in bacino della portata dei cuscinetti o con lo sfilamento dell'albero portaelica oppure con lo smontaggio dei cuscinetti in versione adatta;

Ad olio

Vantaggi

- Soluzione più economica;
- Albero portaelica in acciaio normale senza rivestimento protettivo;
- Zone portanza cuscinetti senza camicie;
- Controlli e ispezioni in bacino ogni 10 anni;

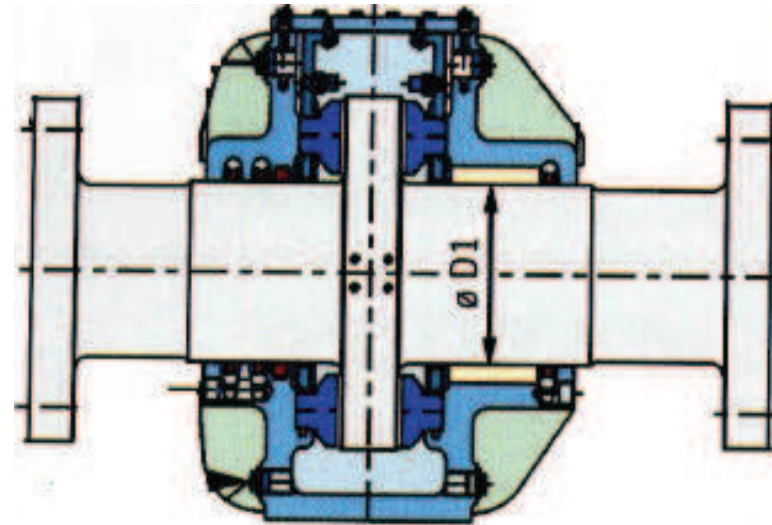
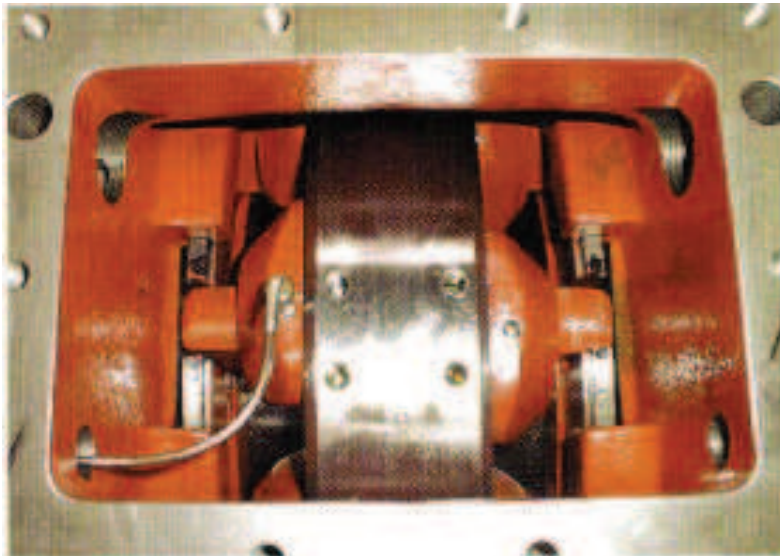
Svantaggi

- Soluzione a rischio inquinamento per possibili perdite di olio;
- Possibile bacino in emergenza per sostituire tenuta poppiera;
- Rischio di fermo nave per elevato inquinamento olio con acqua mare;
- Sostituzione in emergenza cuscinetti in 3 settimane;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Reggispinta

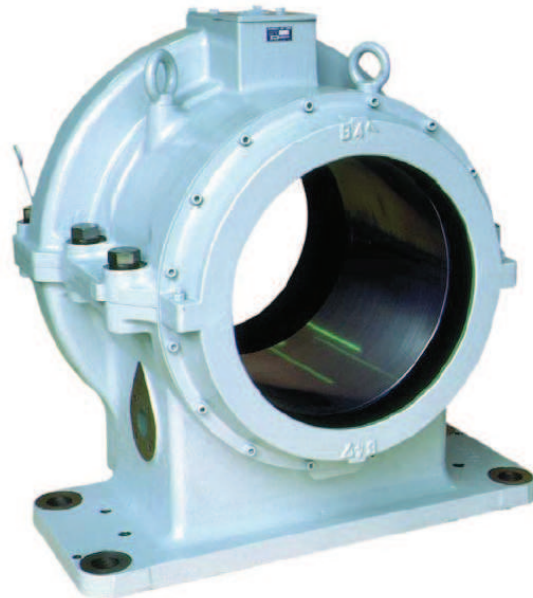
- E' un cuscinetto assiale bi-direzionale con pattini a strisciamento in metallo bianco che trasmette la spinta dell'elica alle strutture di scafo;
- La posizione del reggispinta dipende dal tipo di impianto propulsivo, precisamente:
 - ✓ Motore 2T: è sempre sistemato all'interno del motore;
 - ✓ Motori 4T: è sempre sistemato all'interno del riduttore, a proravia o a poppavia della ruota lenta;
 - ✓ Motori elettrici: è sistemato sulla linea d'alberi, a poppavia del motore;
- Le seguenti figure mostrano un tipico reggispinta sistemato sulla linea d'alberi;



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Cuscinetti

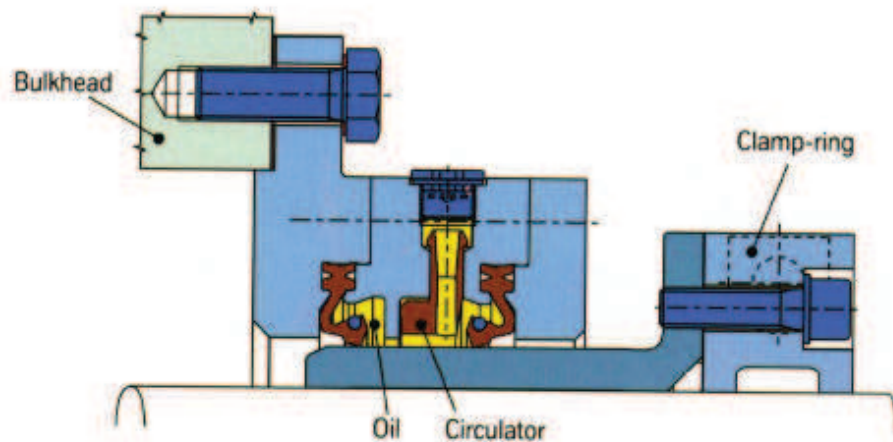
- I cuscinetti sono generalmente del tipo a strisciamento in metallo bianco auto-lubrificati e sostengono il peso della linea d'alberi. Molto raramente sono del tipo a rotolamento a rulli con gli anelli in due metà per lo smontaggio;
- Il cuscinetto può essere con sede piana o con sede sferica auto-allineante, che consente un movimento angolare per compensare i movimenti relativi delle strutture di fondazione rispetto agli alberi generate dalle diverse condizioni di carico;
- Le due figure rappresentano i cuscinetti tipo JMT forniti dalla Wärtsilä, rispettivamente a sede dritta (sinistra) e sferica (destra):



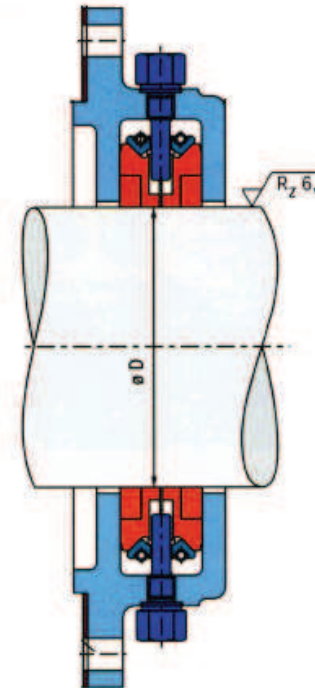
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Passaparatia

- Il passaparatia è un dispositivo utilizzato quando uno degli alberi attraversa una paratia stagna. Assicura la tenuta stagna del foro di passaggio dell'albero e consente piccoli movimenti radiali dell'albero;
- Il passaparatia può essere a tenuta di acqua, tipo normalmente installato a bordo di navi passeggeri, oppure a tenuta di gas per impieghi particolari, ad esempio isolare il locale pompe di chimichiere. In questo secondo caso il passaparatia è identico ad una tenuta prodiera;



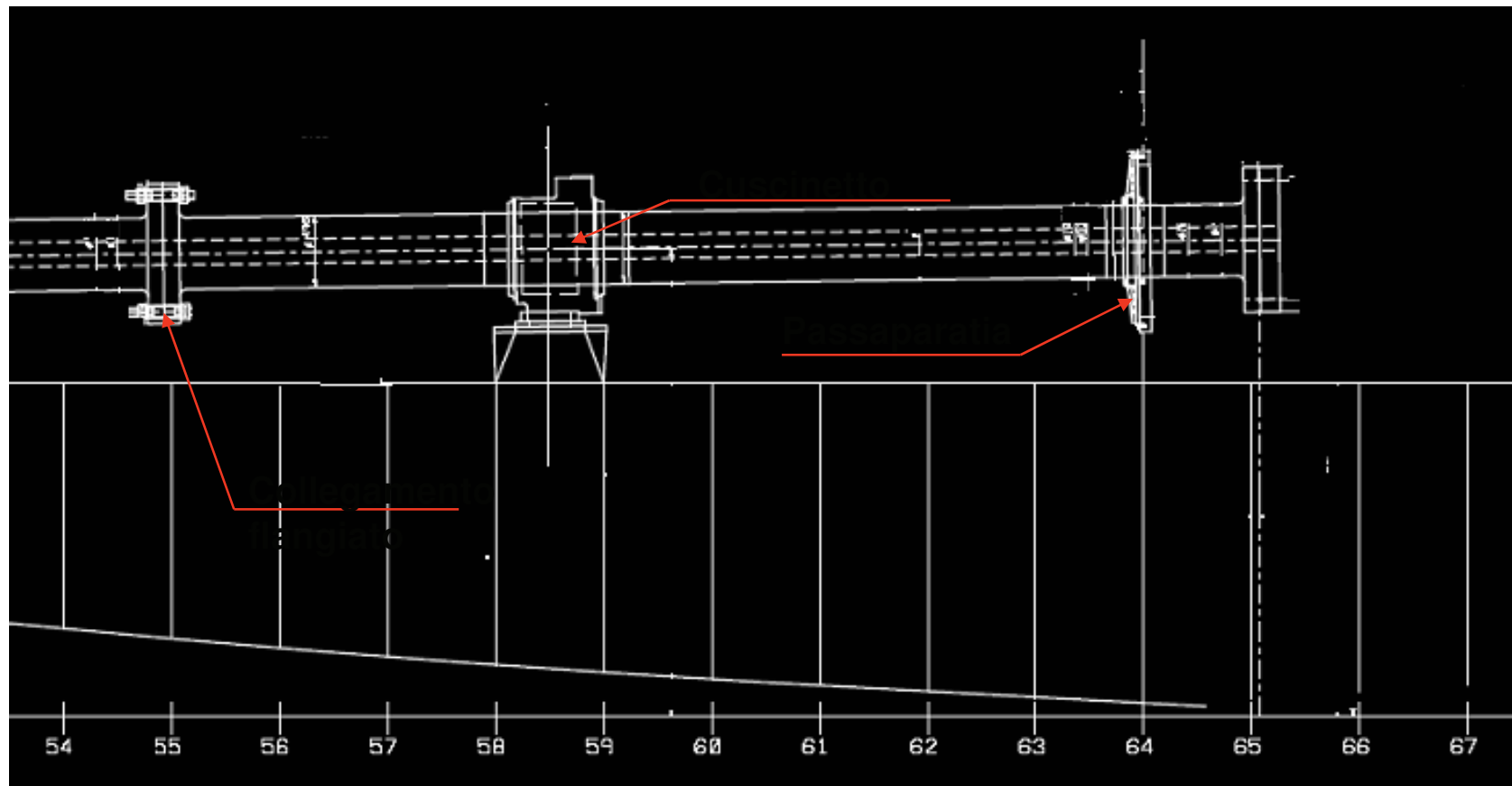
Passaparatia a tenuta di gas



**Passaparatia
a tenuta di
acqua**

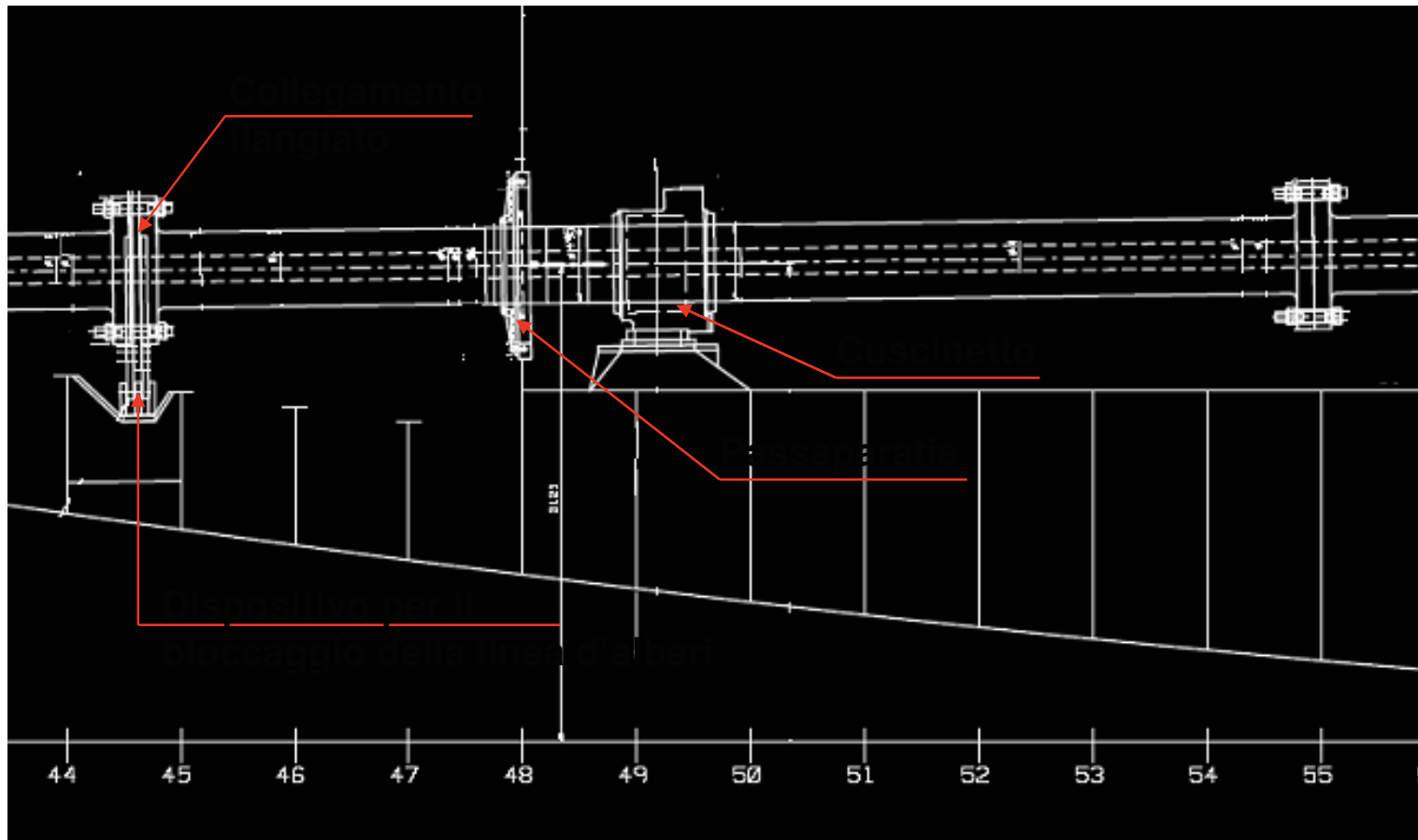
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Primo albero intermedio e sistemazione cuscinetto



Impianti di propulsione navale

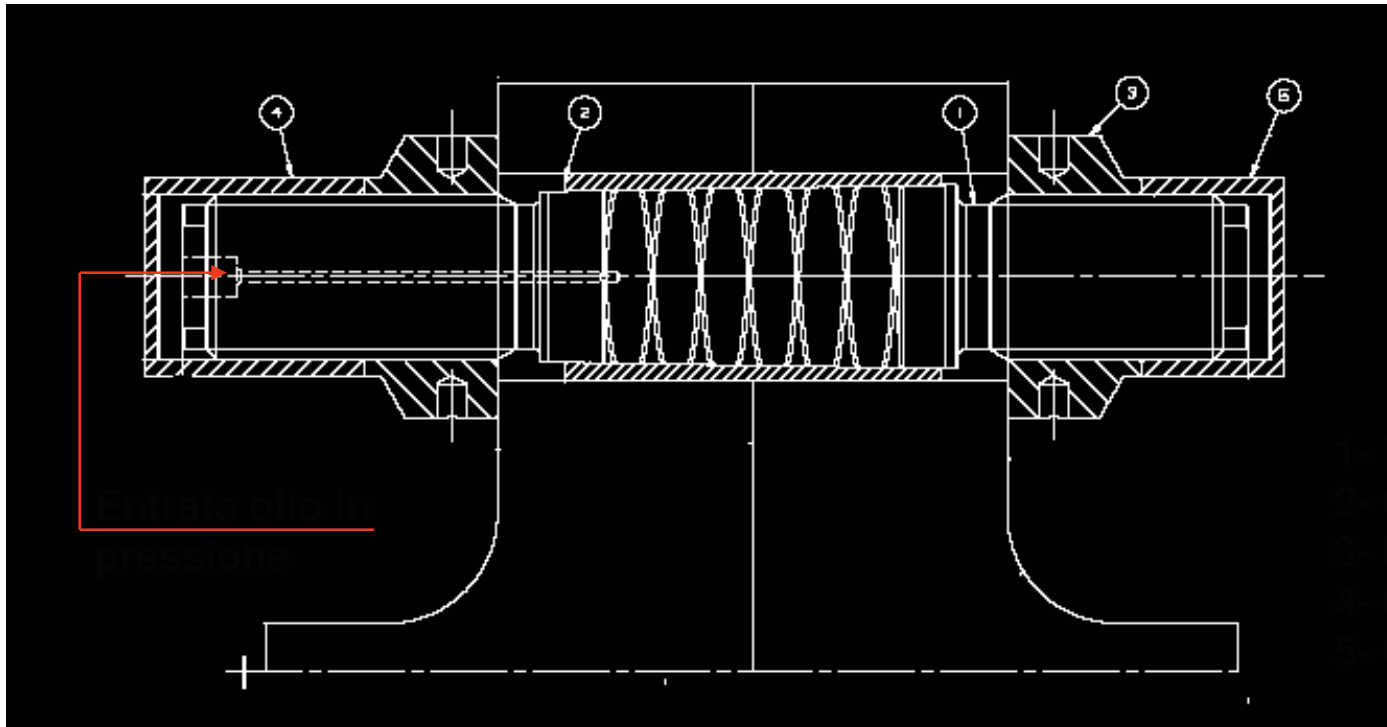
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Secondo albero intermedio e sistemazione cuscinetto



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Bulloni di collegamento

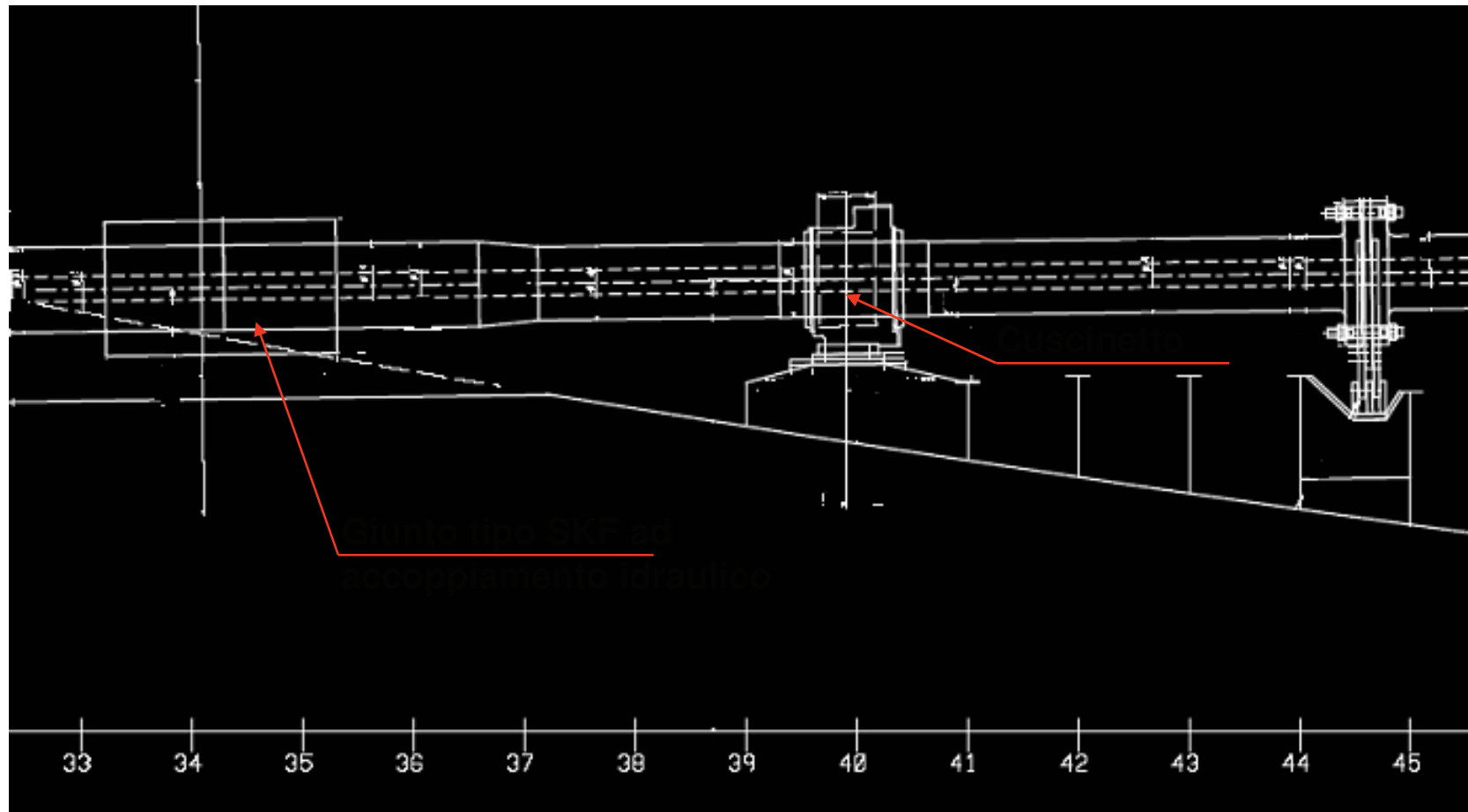
- I bulloni di collegamento sono impiegati per collegare alberi con estremità flangiate e possono essere o calibrati o a tolleranza oppure speciali a pressione d'olio;
- La seguente figura rappresenta un tipo a pressione d'olio fornito dalla Pilgrim:



1 Bullone;
2 Camicia conica;
3 Disco circolare;
4 Cappello di protezione;
5 Cappello di protezione;

Impianti di propulsione navale

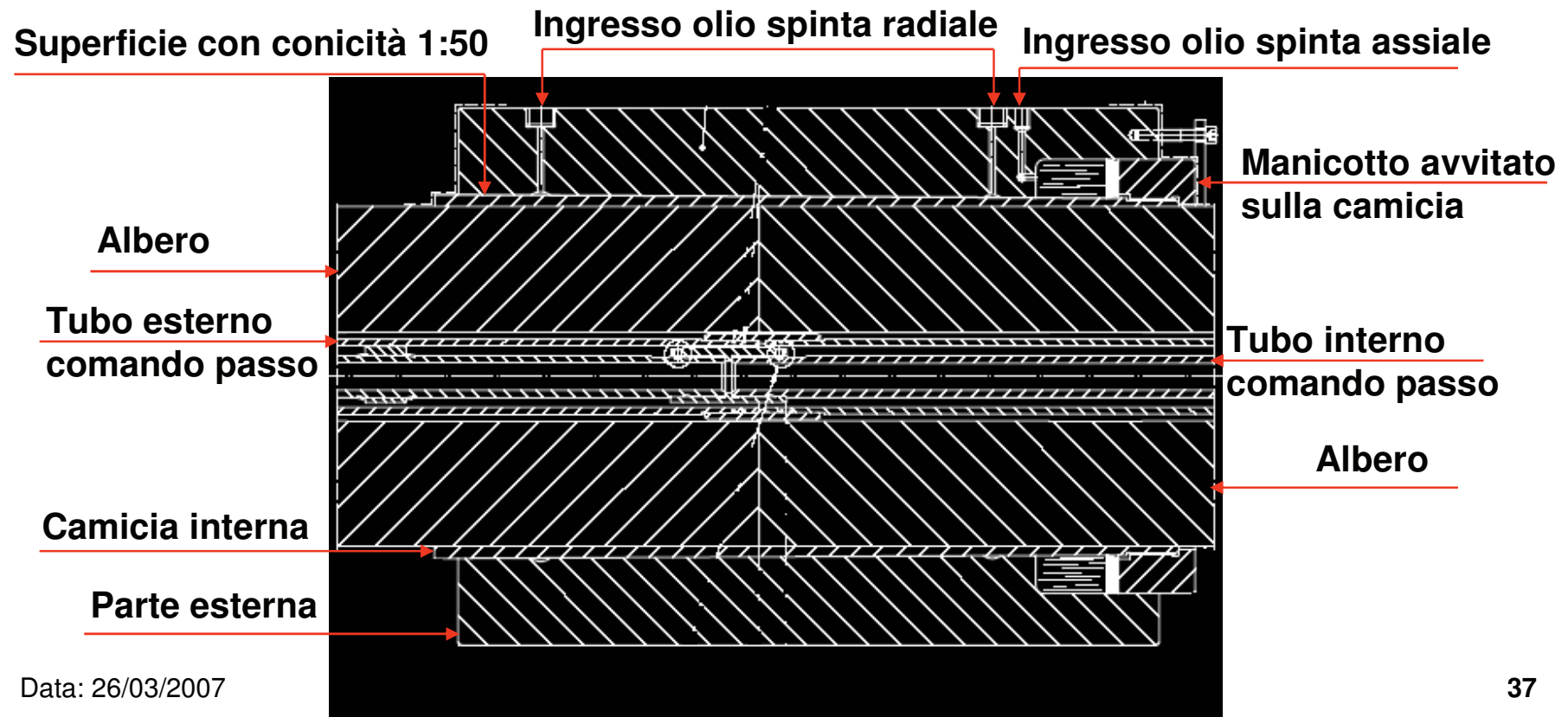
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica
Terzo albero intermedio, sistemazione cuscinetto e giunto tipo SKF



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Giunto ad accoppiamento idraulico

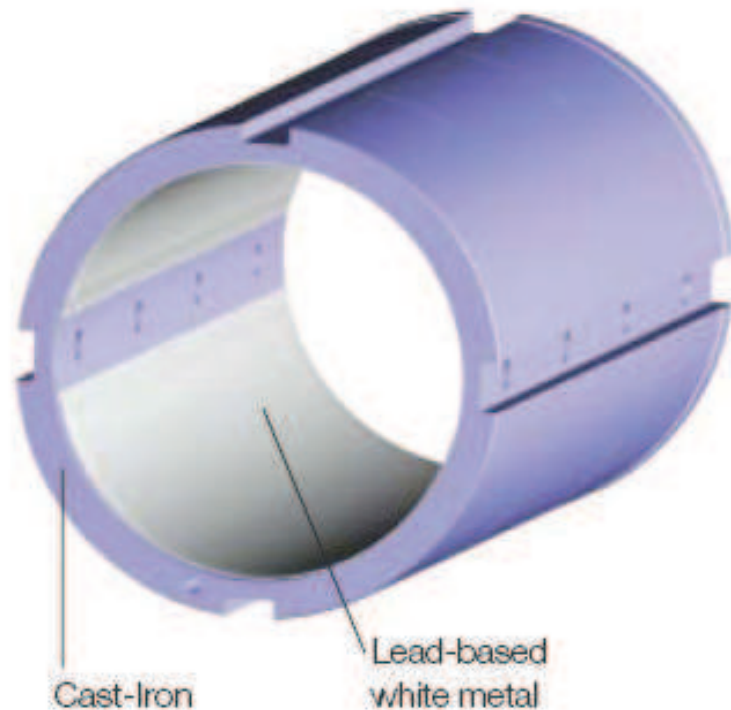
- Il giunto ad accoppiamento idraulico è utilizzato per alberi con estremità cilindriche e trasmette il momento torcente per forzamento a pressione d'olio. In impianti con elica a passo variabile, collega sempre l'albero portaelica con l'ultimo albero intermedio, per consentire di sfilare verso l'esterno dell'albero portaelica;



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Boccole cuscinetti dell'albero portaelica

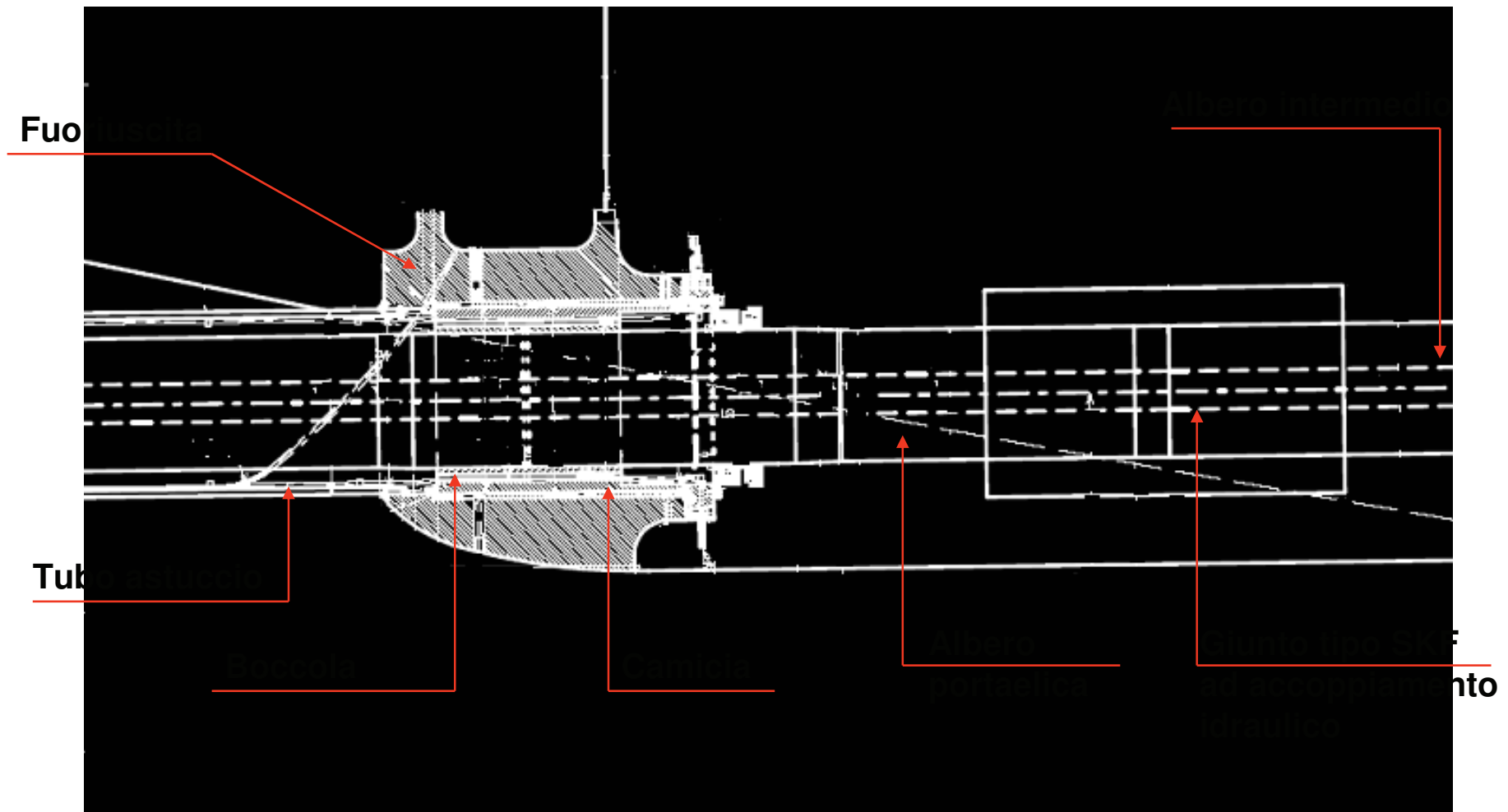
- Le boccole sono del tipo a strisciamento in metallo bianco con camicia in ghisa se lubrificate e raffreddate ad olio oppure in materiale sintetico composito con camicia in bronzo se raffreddate ad acqua di mare. Tali boccole sono sistemate nella fuoriuscita prodiera, nel braccetto intermedio e su quello portaelica;



**Boccola Thordon in materiale sintetico
Composito con camicia in bronzo**

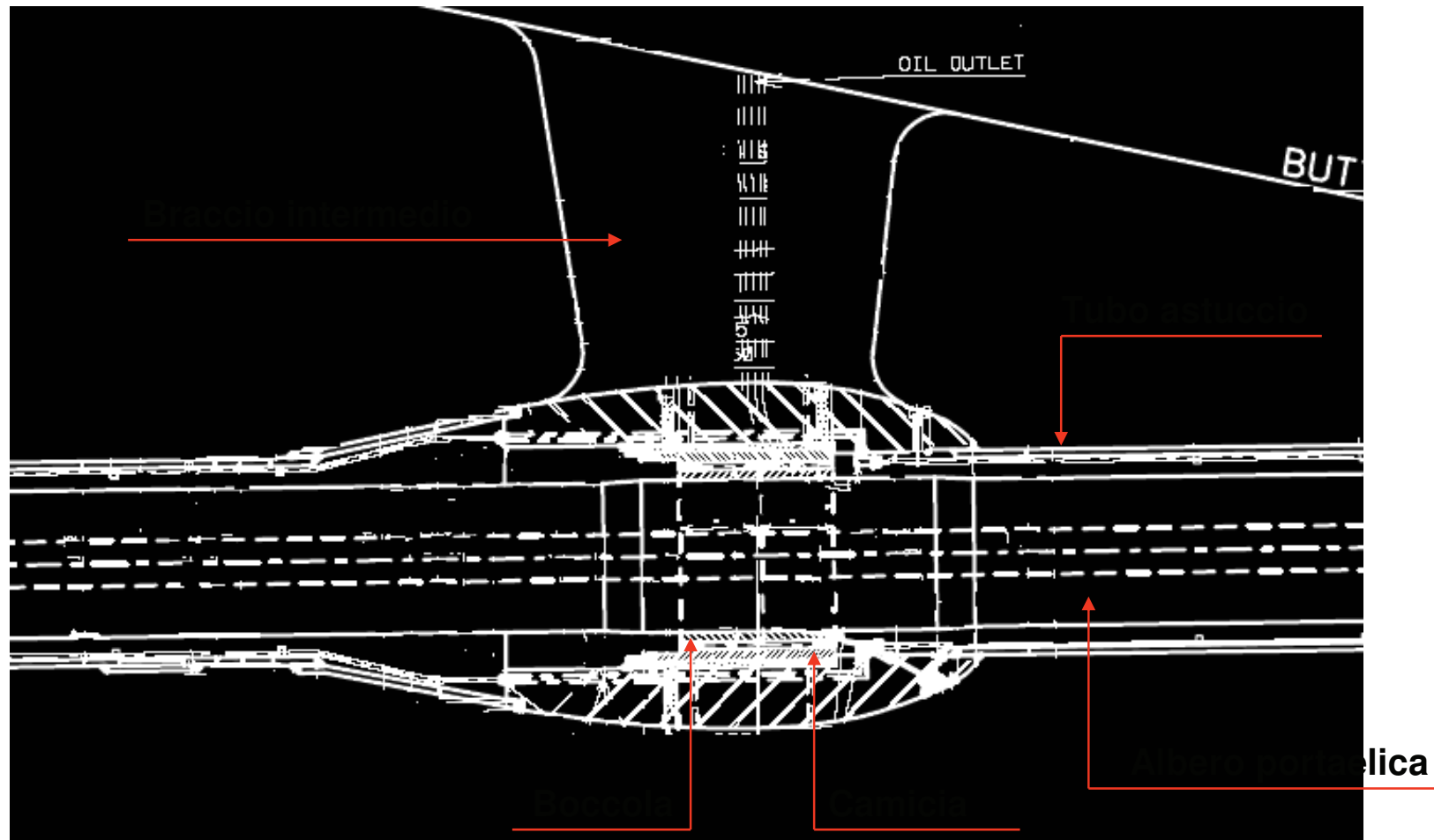
Impianti di propulsione navale

**Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica
Giunto ad accoppiamento idraulico e boccola prodiera della fuoriuscita**



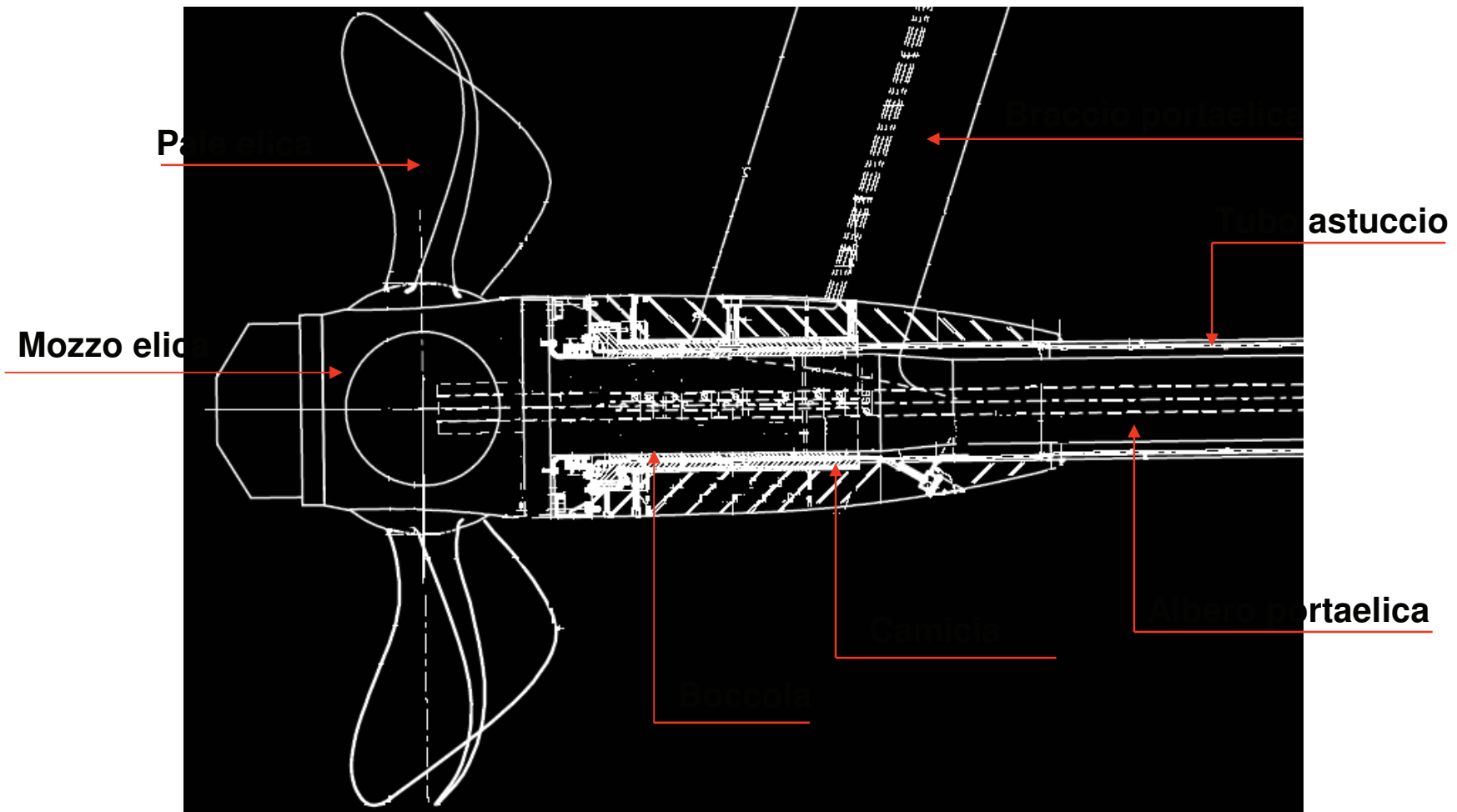
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Sistemazione boccola braccio intermedio



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Sistemazione boccola braccio portaelica



Impianti di propulsione navale

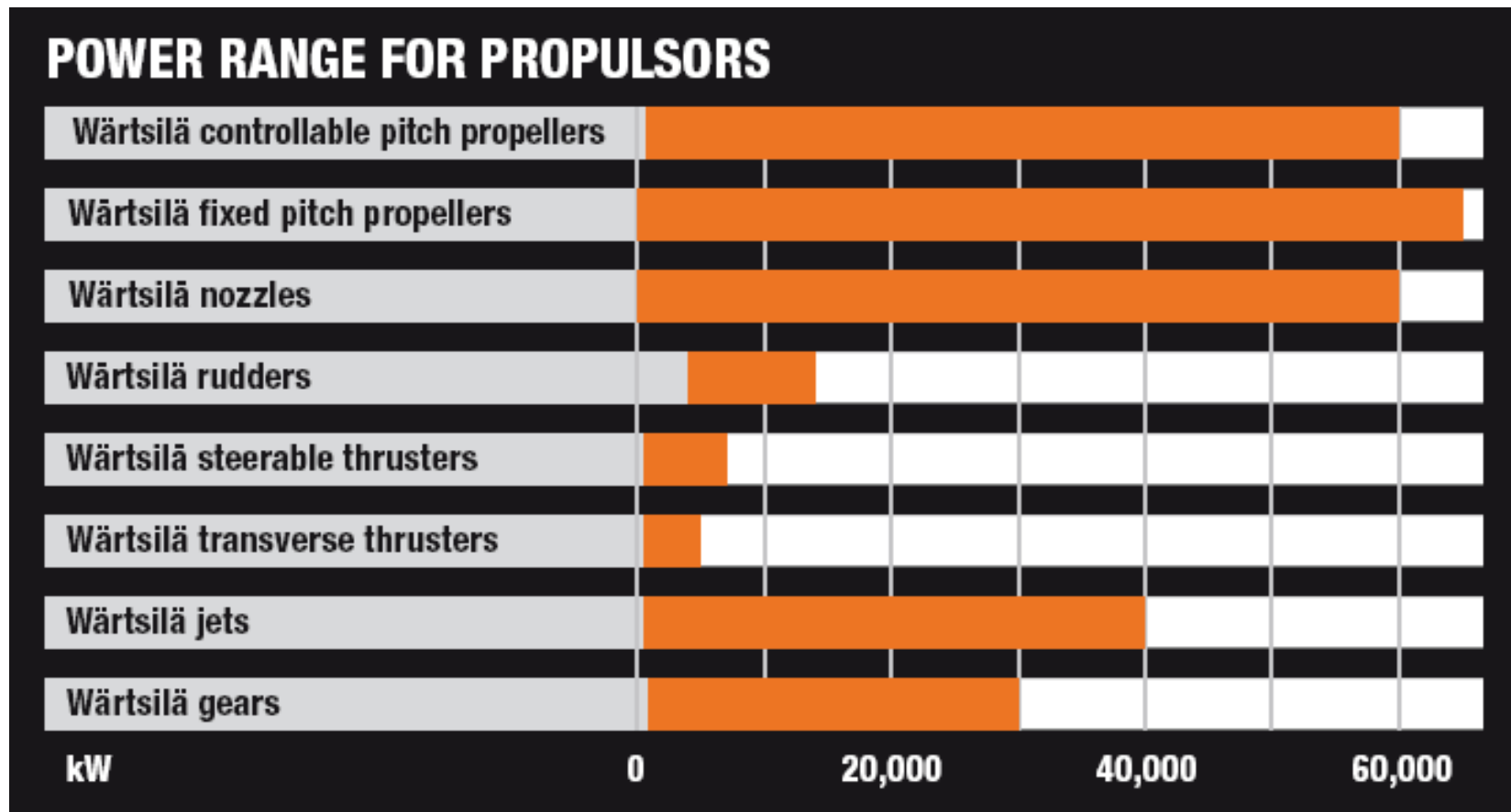
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Impianto per il comando del passo dell'elica

- L'impianto per il comando del passo dell'elica è costituito dai seguenti componenti:
 - ✓ L'unità di potenza (Hydraulic power pack) che comprende le pompe, il serbatoio dell'olio, il refrigerante e il circuito idraulico per la distribuzione dell'olio ;
 - ✓ La cassetta di distribuzione dell'olio (Oil Distribution Box);
 - ✓ Le tubazioni interna ed esterna per l'olio di comando, che collegano OD-Box con il mozzo dell'elica. Tali tubazioni fanno anche da "feedback" meccanico per indicare il valore del passo;
 - ✓ Il mozzo dell'elica con il meccanismo che attua la rotazione delle pale dell'elica in funzione delle esigenze di servizio della nave;
 - ✓ La cassa olio di compenso;
 - ✓ Quadro elettrico di controllo;

- Nel seguito saranno descritti i campi di potenza e i componenti principali dei due sistemi forniti dalla Wärtsilä e dalla MAN B&W Alpha.

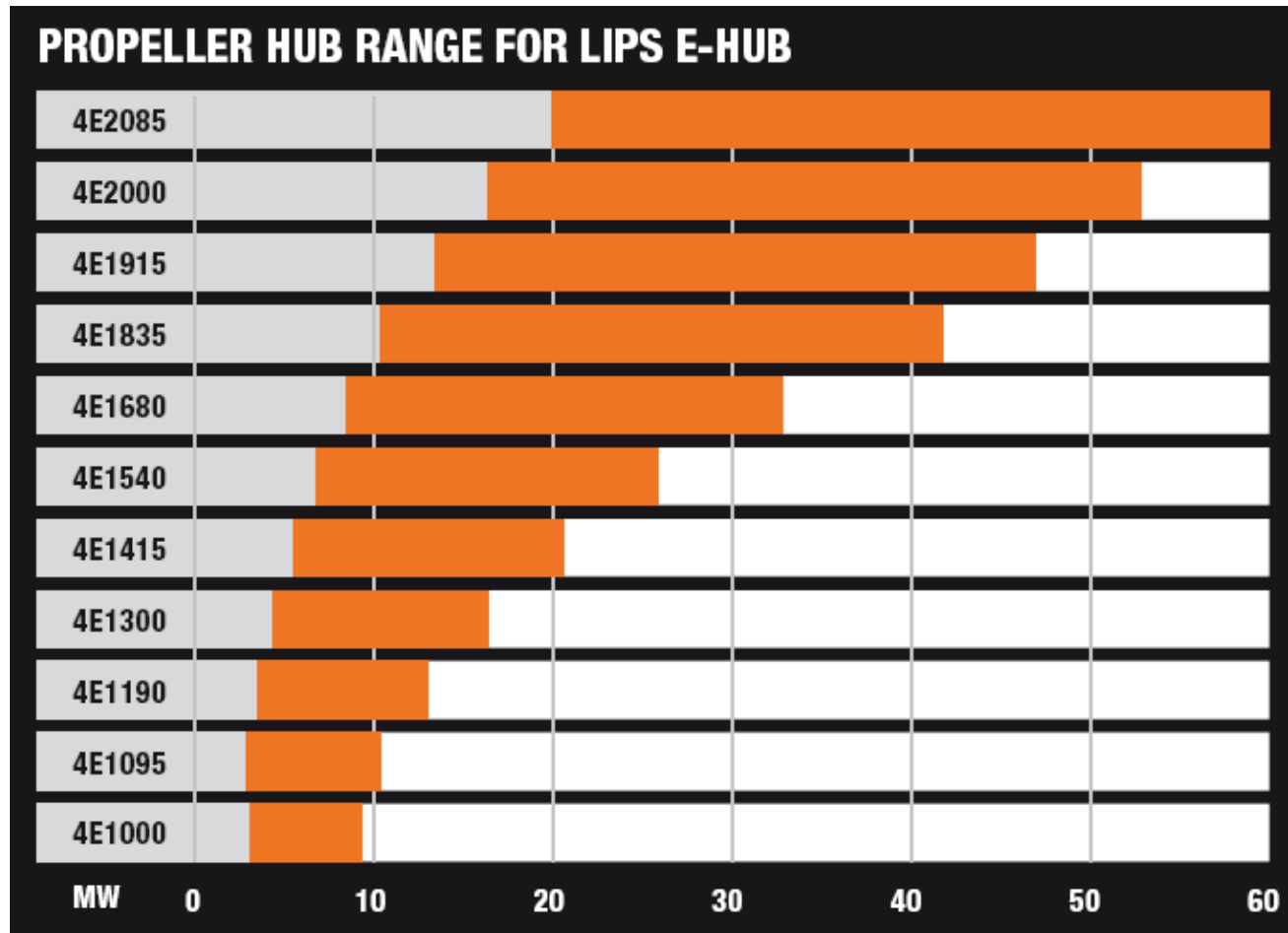
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica
Componenti forniti dalla Wärtsilä



Impianti di propulsione navale

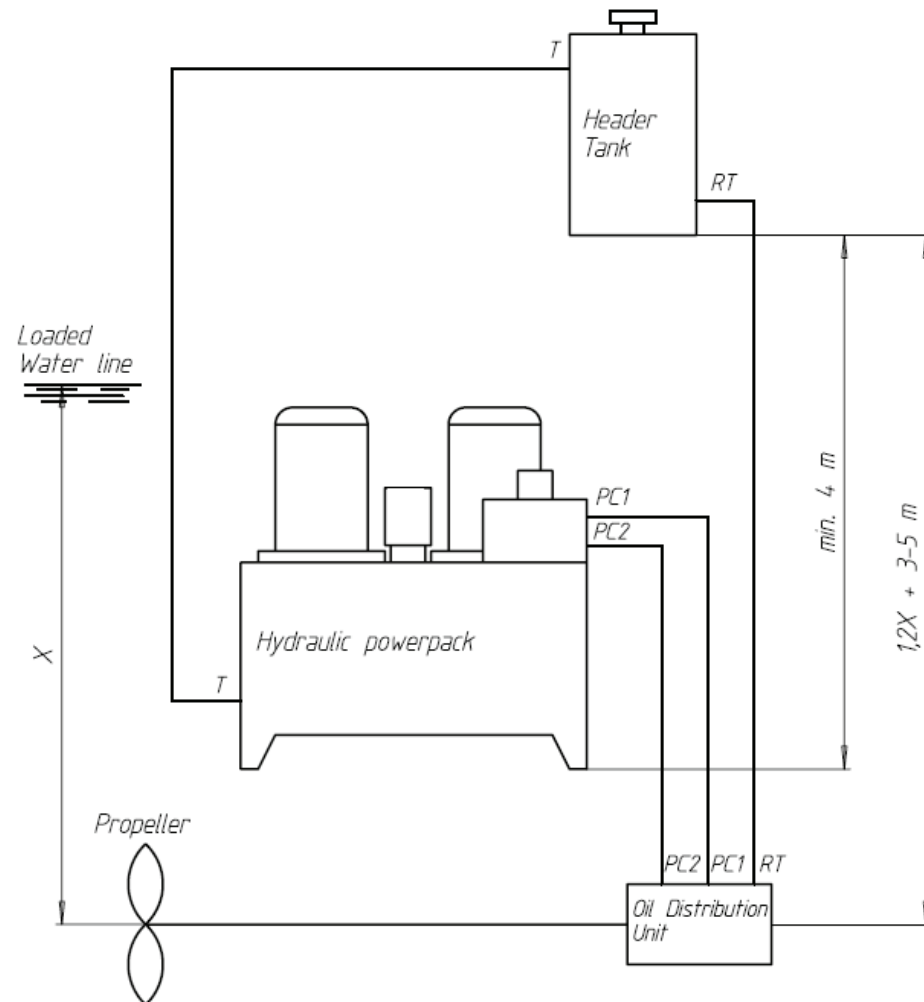
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica
Componenti forniti dalla Wärtsilä



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

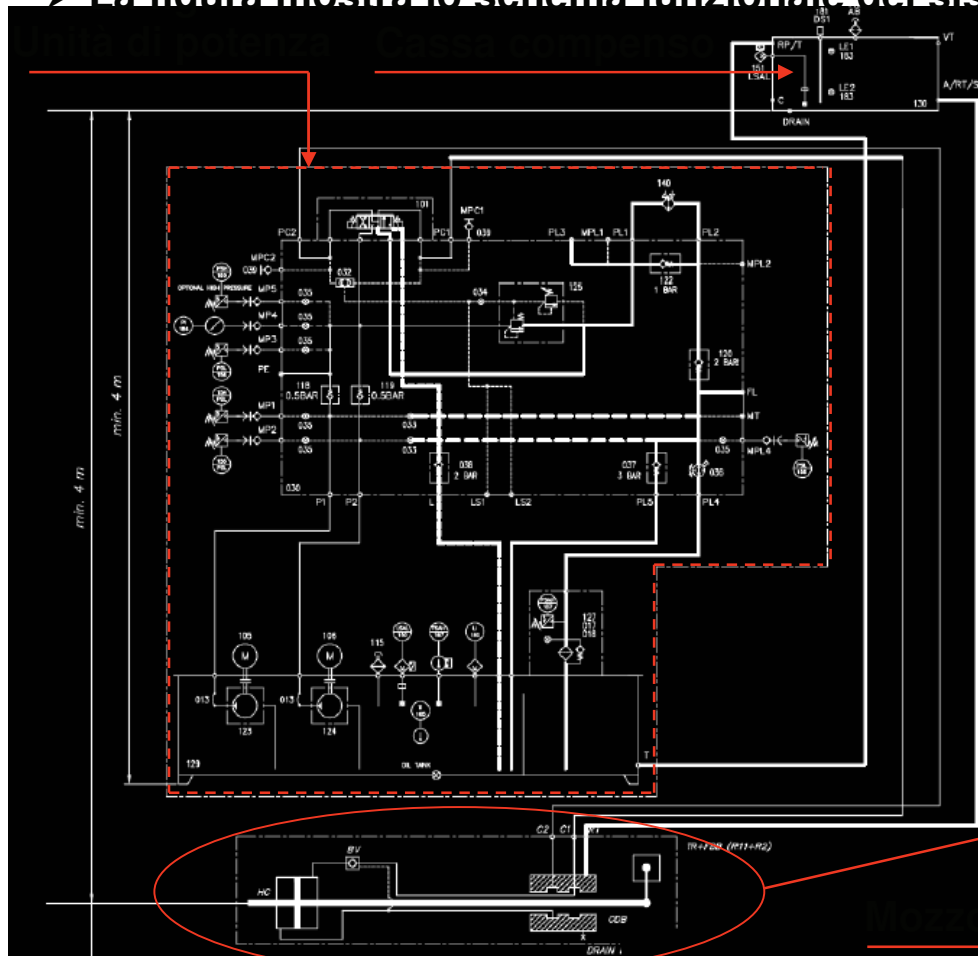
- La figura mostra lo schema a blocchi del sistema di controllo del passo dell'elica fornito dalla Wärtsilä;
- Definita con "X" l'immersione dell'elica, si ricavano le altezze di sistemazione della cassa di compenso e dell'unità di potenza;
- E' molto importante rispettare tali altezze per avere a nave ferma la pressione statica dell'olio leggermente superiore a quella dell'acqua di mare;
- In tal modo, in caso di una eventuale mancanza di tenuta del sistema nel mozzo, è preferibile perdere un po' di olio che avere infiltrazioni di acqua di mare con possibili rischi di perdita di funzionalità del sistema;



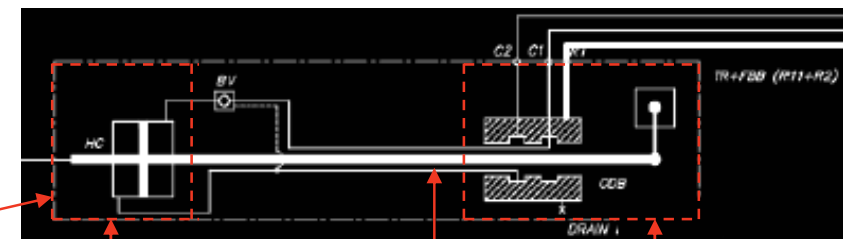
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

➤ La figura mostra lo schema funzionale del sistema di controllo del passo:



- La figura mostra lo schema funzionale del sistema di controllo del passo dell'elica fornito dalla Wärtsilä, con evidenziati i blocchi principali;
- La connessione "C1" muove il passo per la marcia avanti e la "C2" per la marcia indietro;



elica

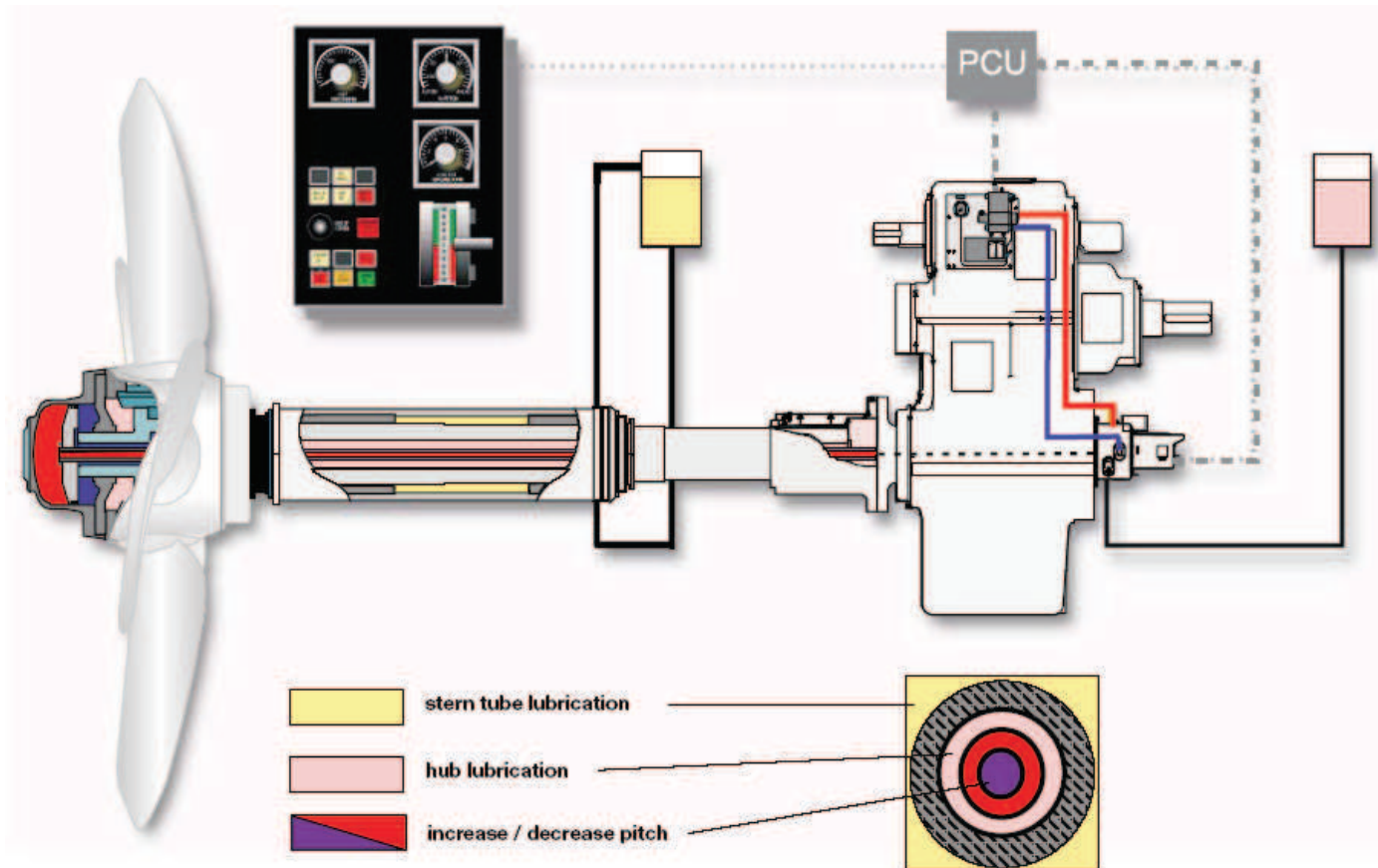
Tubazioni di collegamento

OD-Box

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

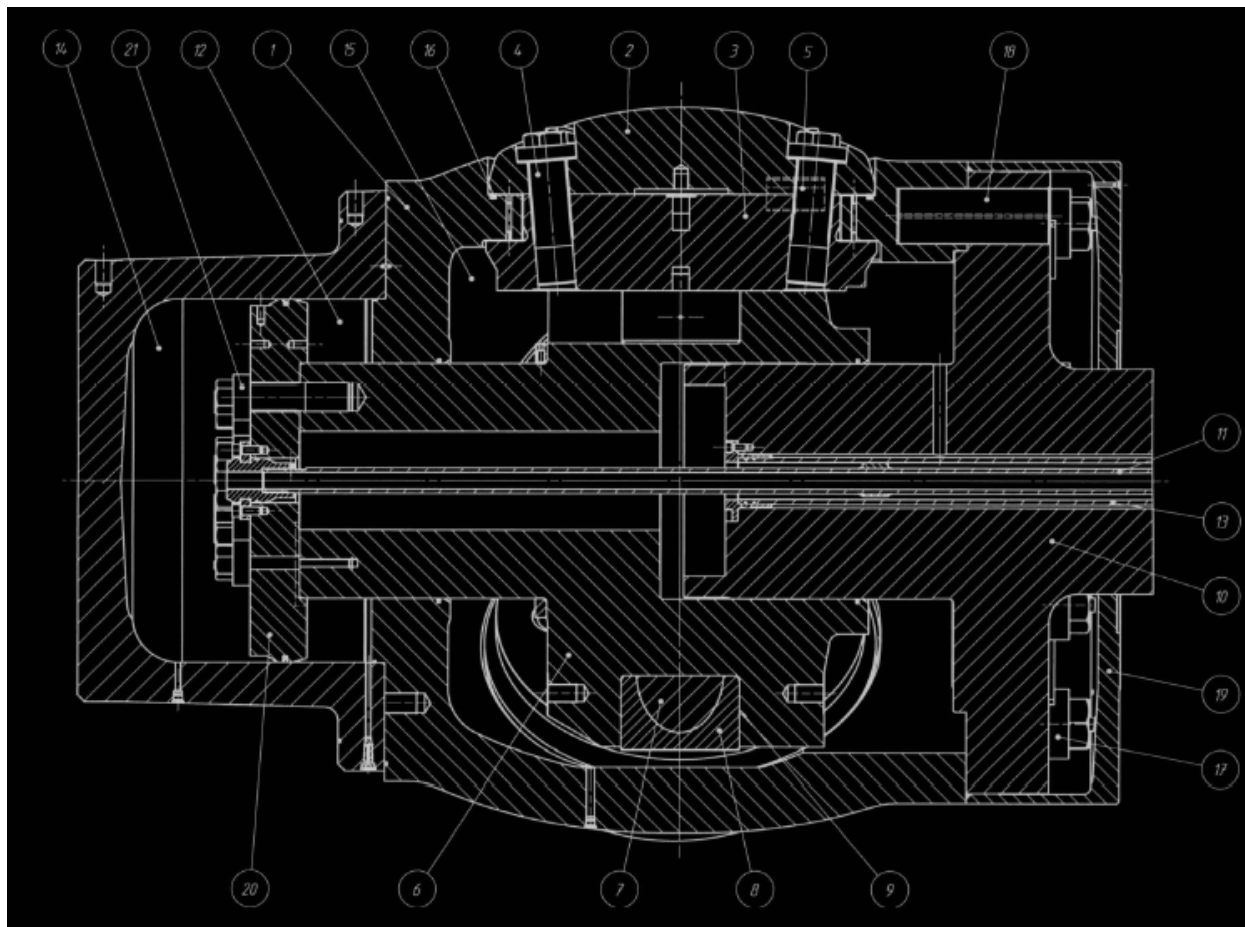
- Il sistema di lubrificazione del tubo astuccio e di comando del passo adottato da Wärtsilä per potenze medie è schematizzato nella seguente figura:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

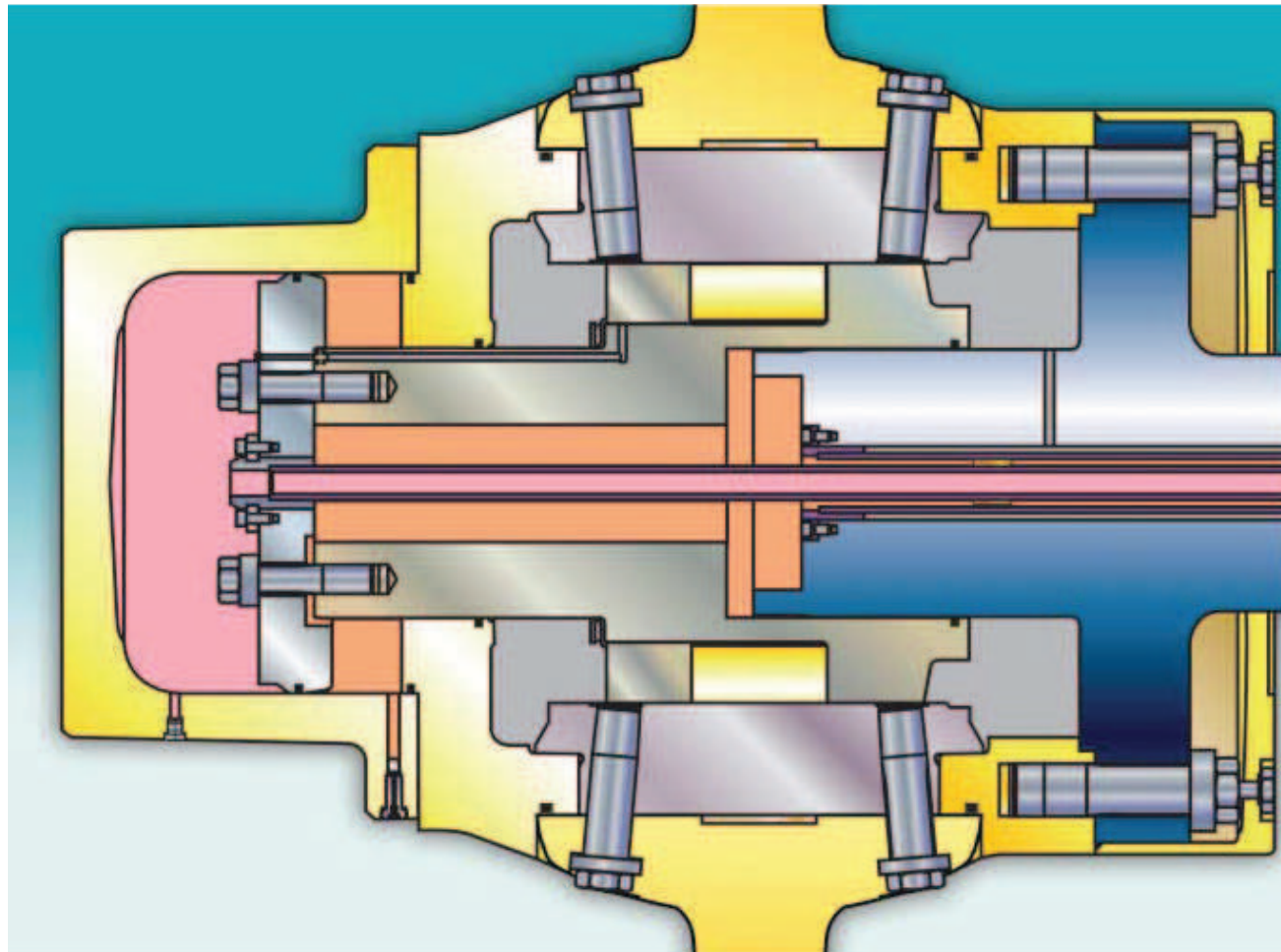
➤ Sezione longitudinale di un mozzo tipo "E":



- 1- Corpo del mozzo;
- 2- Pale dell'elica;
- 3- Piastra portante;
- 4- Bulloni collegamento;
- 5- Pastiglia centraggio;
- 6- Testa croce del pistone;
- 7- Perno;
- 8- Blocco scorrevole;
- 9- Cava di scorrimento;
- 10- Albero portaelica;
- 11- Tubazione interna;
- 12- Vano prodiero;
- 13- Tubazione esterna;
- 14- Vano poppiero;
- 15- Cavità del mozzo;
- 16- O-ring tenuta pale;
- 17- Bulloni unione mozzo;
- 18- Spine centrag. mozzo;
- 19- Copertura;
- 20- Pistone;
- 21- Bulloni coll. pistone;

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica
Componenti forniti dalla Wärtsilä



➤ **Rappresentazione della sezione longitudinale di un mozzo tipo "E";**

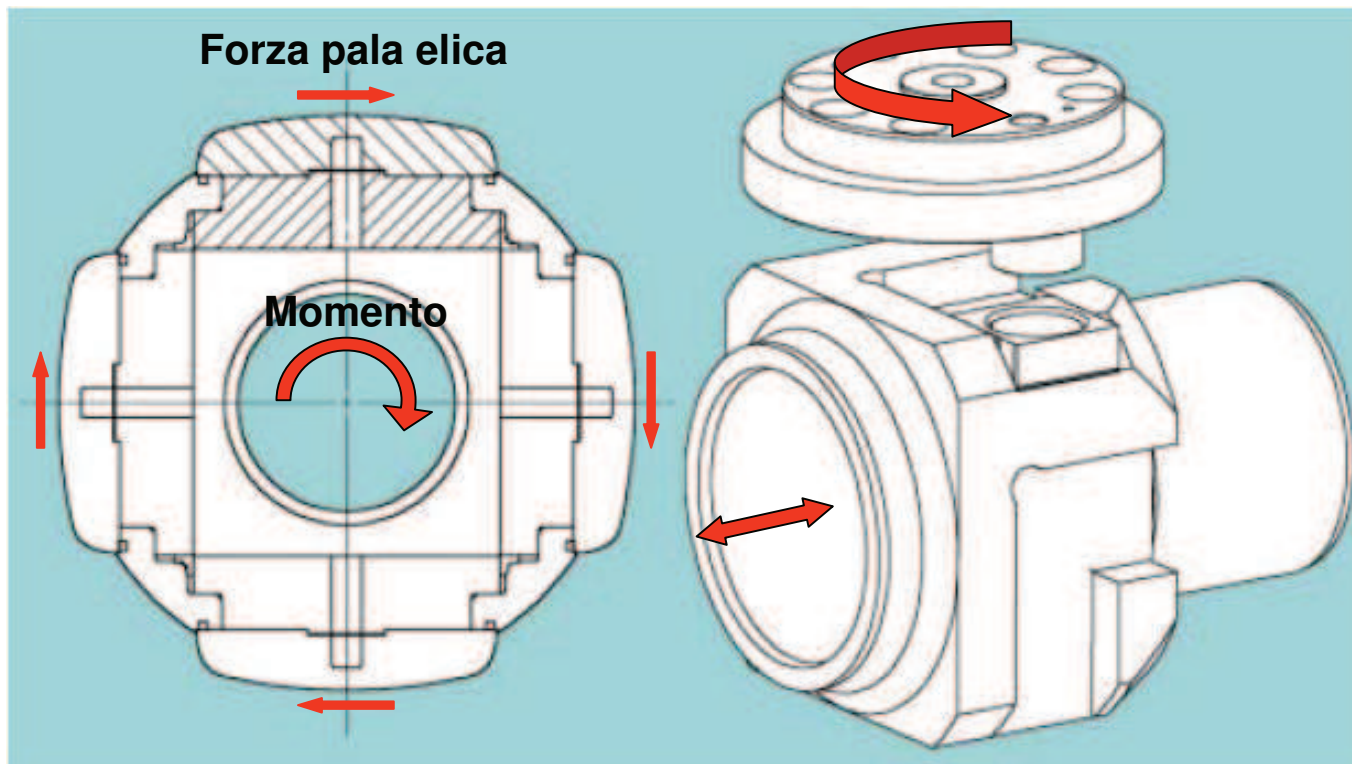
 **Marcia avanti**

 **Marcia indietro**

Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

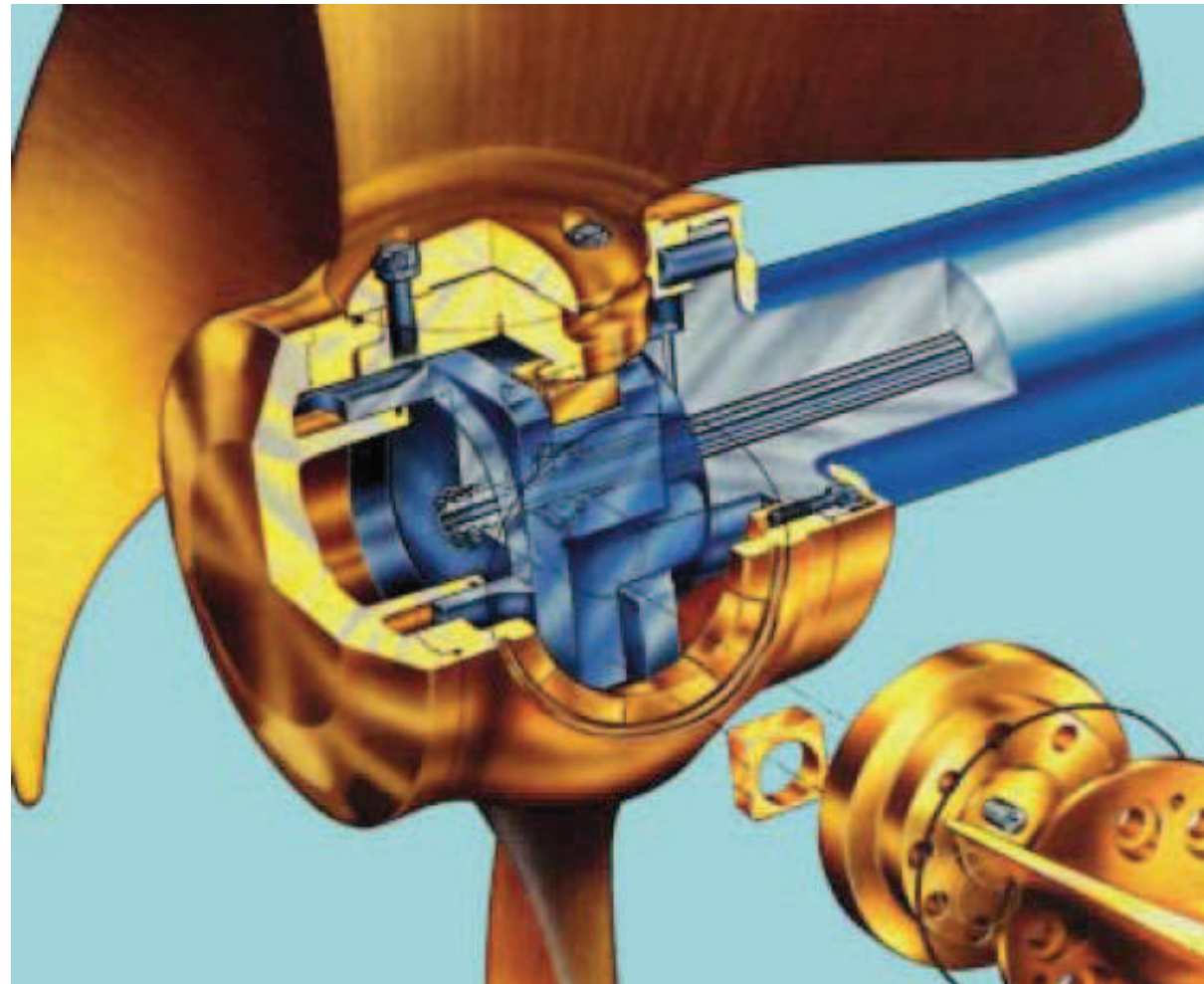
- I seguenti disegni mostrano le funzionalità del dispositivo interno al mozzo:
 - ✓ Lo schema di destra mostra la trasformazione delle forze di ogni singola pala in momento torcente;
 - ✓ Lo schema di sinistra mostra invece la trasformazione del moto assiale del testa a croce del pistone in moto rotatorio della pala;



Impianti di propulsione navale

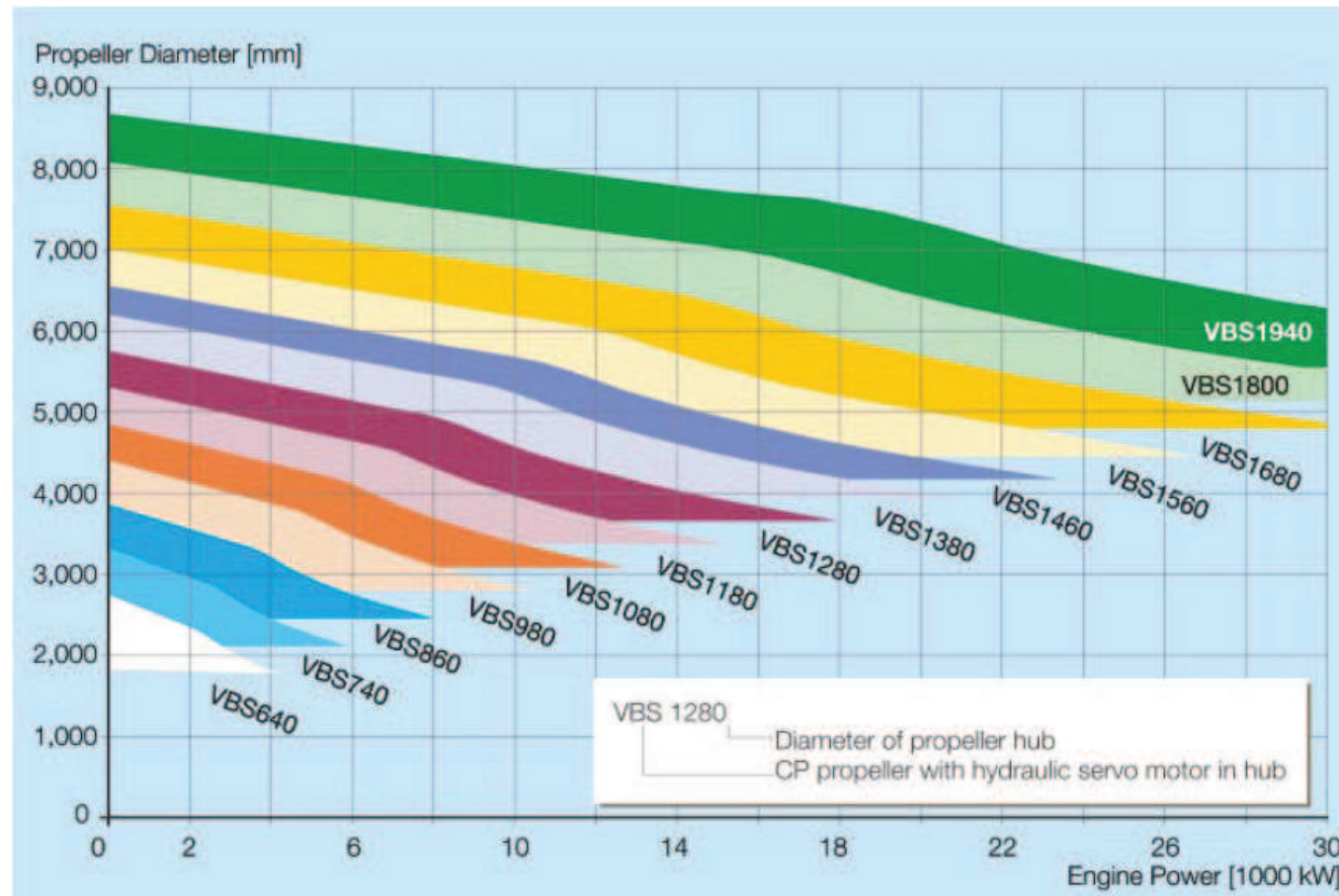
Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla Wärtsilä

- Rappresentazione in sezione dell'interno del mozzo tipo "C" con evidenziato il dispositivo che attua la rotazione delle pale.



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa



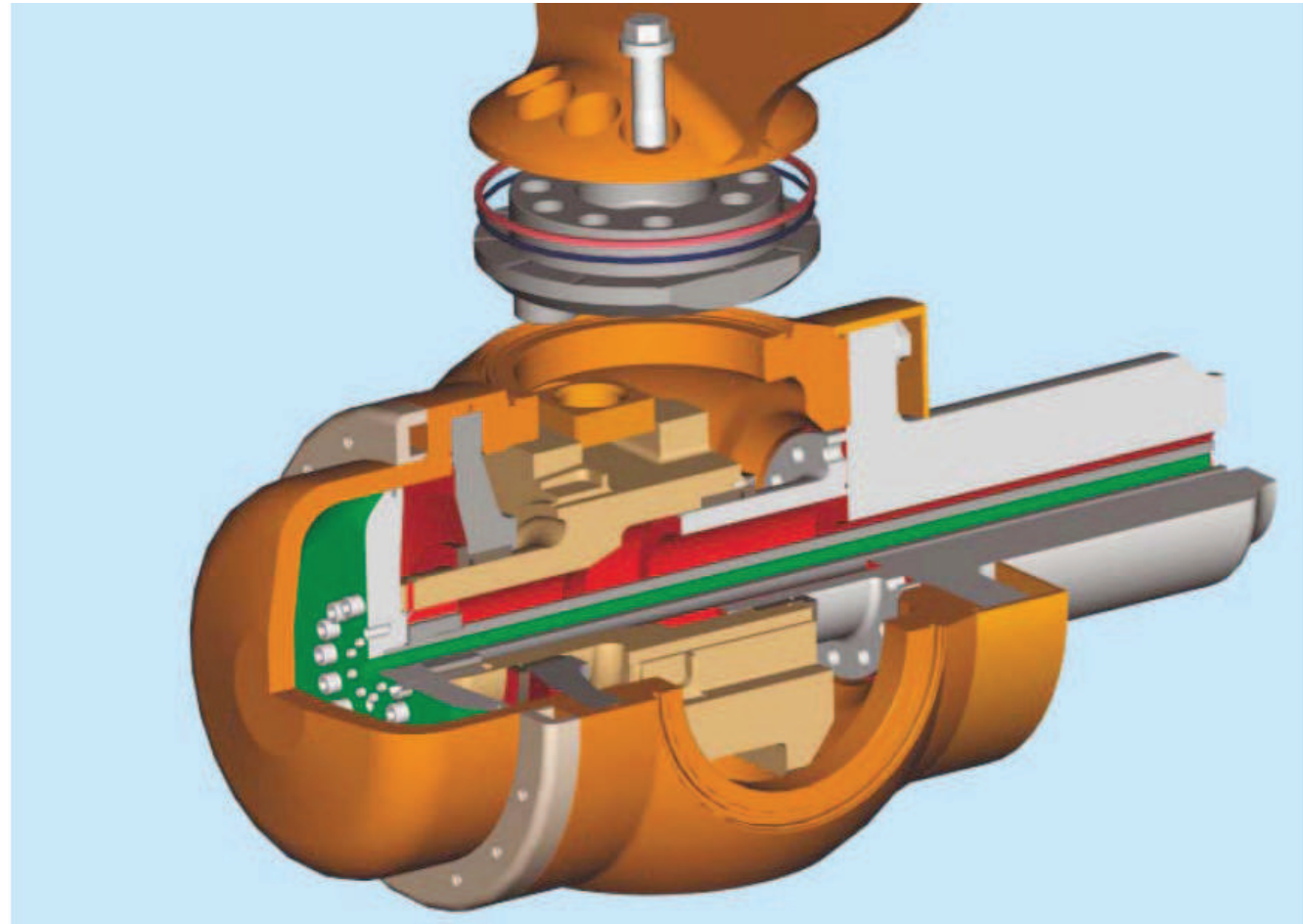
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

- Rappresentazione in sezione dell'interno del mozzo tipo VBS con evidenziato il dispositivo che attua la rotazione delle pale;
- La distribuzione dell'olio è fatta con un solo tubo con il ritorno o mandata attraverso lo spazio tra il tubo e il foro dell'albero;

 Marcia avanti

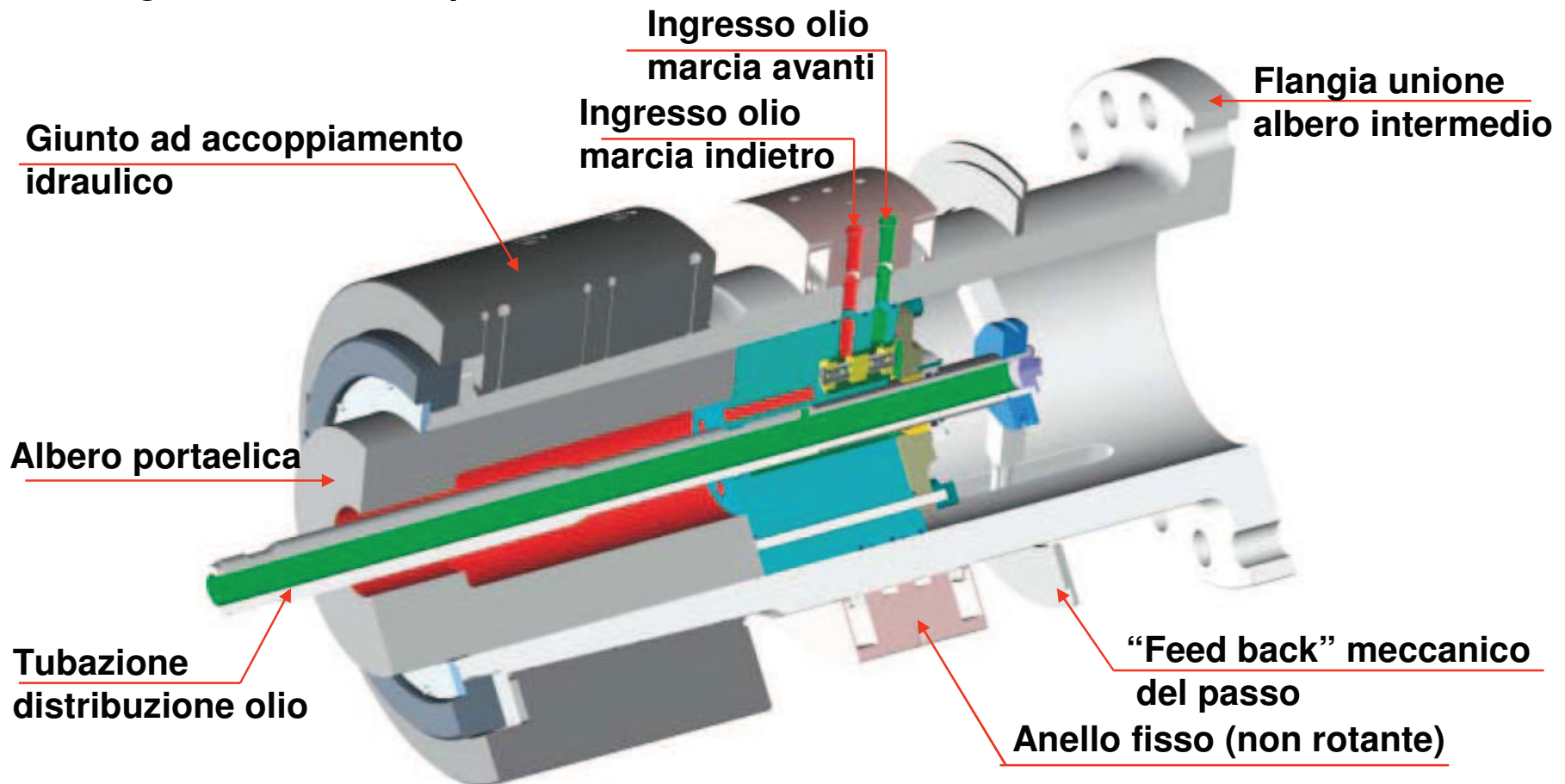
 Marcia indietro



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

- La figura mostra una tipica “Oil Distribution Box” sistemata sulla linea d'alberi

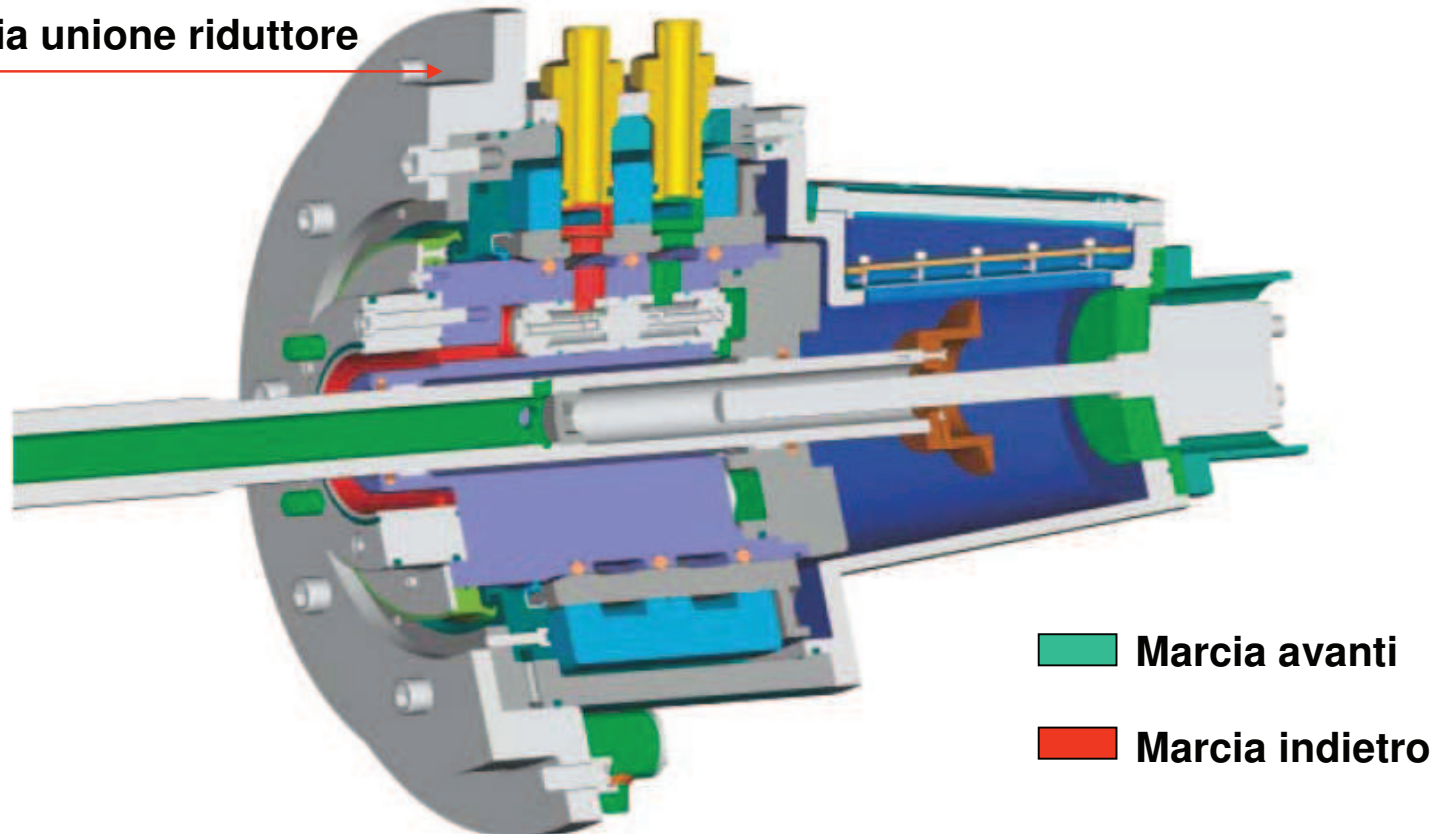


Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

- La figura mostra una tipica “Oil Distribution Box” sistemata a proravia del riduttore:

Flangia unione riduttore



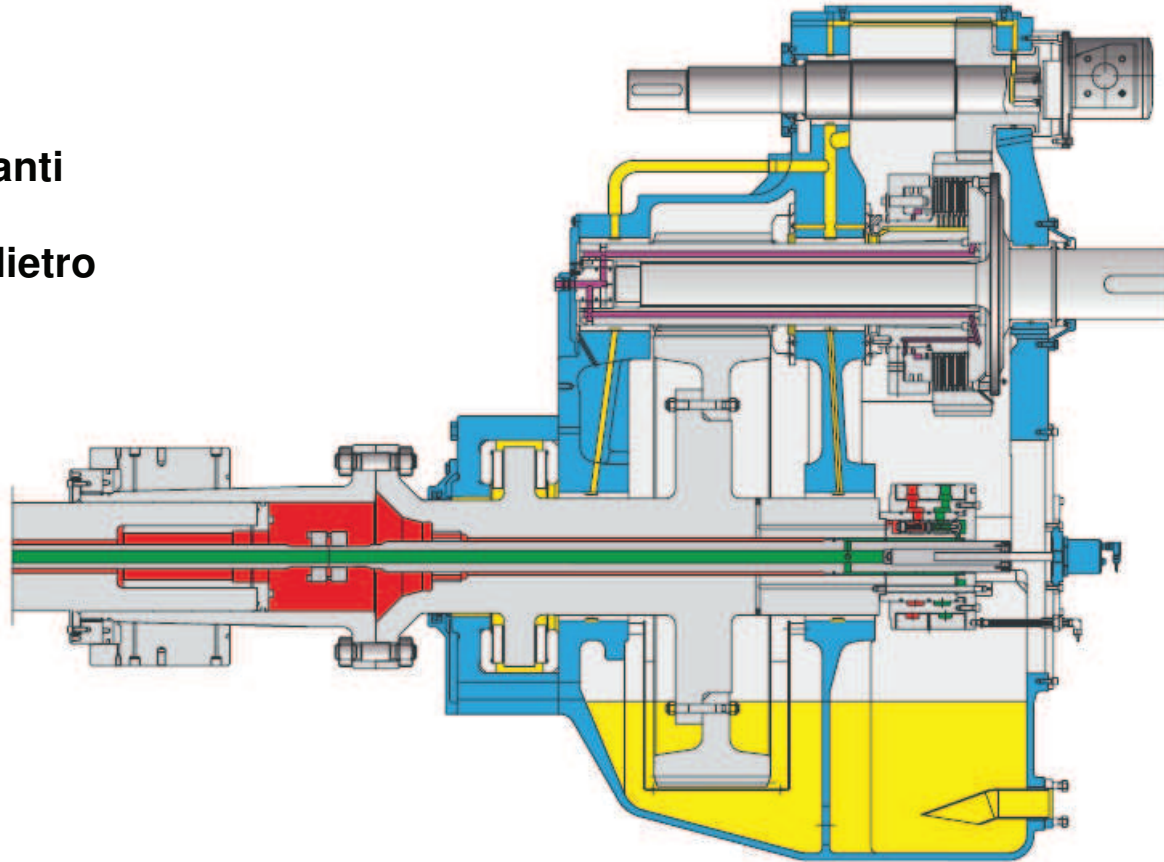
Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

- La figura mostra la sezione di un riduttore con una tipica “Oil Distribution Box” sistemata all'interno del riduttore a proravia della ruota lenta:

 Marcia avanti

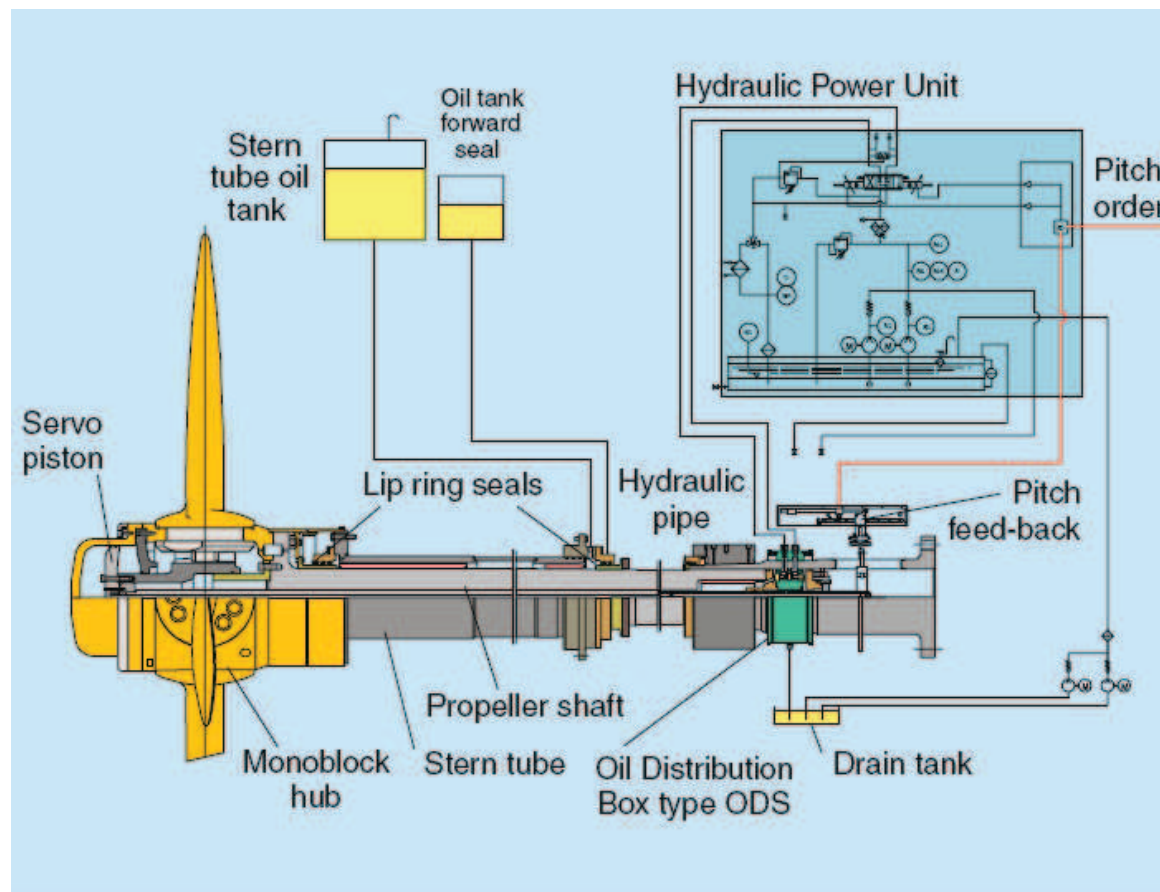
 Marcia indietro



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

- La figura mostra lo schema funzionale del sistema di controllo e variazione del passo con la “Oil Distribution Box” sistemata sulla linea d'alberi:



Impianti di propulsione navale

Componenti della trasmissione della potenza – Linea d'alberi ed elica Componenti forniti dalla MAN B&W Alfa

➤ la figura mostra l'unità di potenza (Hydraulic power pack):

