



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Meccanica

**Ottimizzazione degli Impianti oleodinamici negli Yacht: Verso un Sistema
Unificato con Oli Idraulici Specializzati**

**Optimization of oleodynamics Systems in Yachts: Toward a Unified
System with Specialized Hydraulic Oils**

Relatore: Chiar.mo

Prof. Michele Germani

Tesi di Laurea di:

Gian Marco Forconi

Correlatore: Chiar.mo

Dott. Luca Di Stefano

A.A. 2022 / 2023

Indice

1	Introduzione	2
1.1	Contesto e importanza degli impianti oleodinamici nell'ingegneria moderna	2
1.2	Obbiettivi della tesi	4
1.3	Gruppo ferretti	5
2	Panoramica degli impianti idraulici negli yacht di lusso	6
2.1	L'impianto oleodinamico elementare: principali componenti	6
2.2	Descrizione degli impianti idraulici esistenti negli yacht	15
2.3	Tipologie e caratteristiche degli oli idraulici attualmente utilizzati	22
2.4	Principi di filtrazione: la normativa ISO 4406: 1999.....	25
2.5	Proprietà degli oli idraulici specializzati	28
3	Analisi dei sistemi idraulici indipendenti	31
3.1	Punti di forza dei sistemi idraulici separati	31
3.2	Impatto energetico ed ambientale	32
4	Case study proposta di unificazione dei sistemi oleodinamici	34
4.1	Analisi comparativa: aspetti negativi dei sistemi oleodinamici e possibili contromisure	34
4.2	Descrizione e Progettazione del sistema unificato	35
4.3	Sistemi di raffreddamento e di controllo	44
4.4	Confronto costi-benefici tra il sistema attuale e quello proposto	50
5	Conclusioni e Raccomandazioni	65
5.1	Sintesi dei risultati	65
5.2	Possibili sviluppi futuri	66
5.3	Raccomandazioni per l'industria navale.....	70

Capitolo 1

INTRODUZIONE

1.1 Contesto e importanza degli impianti oleodinamici nell'ingegneria moderna

Gli impianti oleodinamici sono fondamentali nell'ambito dell'ingegneria meccanica e hanno un ruolo cruciale in diverse industrie grazie alla loro capacità di trasmettere forze e movimenti con grande precisione e potenza. Questi sistemi sfruttano la pressione dei fluidi (tipicamente oli, ma possono essere anche di natura sintetica o delle miscele a base di acqua) per attivare meccanismi e dispositivi in un'ampia varietà di applicazioni, dalle macchine movimento terra all'automazione industriale.

La loro importanza deriva dalla versatilità e dall'efficienza nell'esecuzione di compiti che richiedono forza e precisione. Gli impianti oleodinamici sono in grado di generare forze notevoli attraverso cilindri e motori oleodinamici, che possono essere facilmente governati e regolati. Questo li rende ideali per applicazioni che richiedono movimenti controllati, come il sollevamento di carichi pesanti o il funzionamento di macchinari complessi.

Un altro aspetto chiave degli impianti oleodinamici è la loro affidabilità e durata. Essi sono progettati per resistere a condizioni operative estreme, come alte pressioni, variazioni di temperatura e ambienti ostili. Inoltre, la tecnologia oleodinamica continua a evolversi, integrando nuove soluzioni come controlli elettronici e sistemi intelligenti per migliorare ulteriormente la precisione, l'efficienza energetica e la facilità di utilizzo. Questo sviluppo costante assicura che gli impianti oleodinamici rimangano una componente essenziale nell'ingegneria moderna, adattandosi alle esigenze in continua evoluzione delle industrie a cui servono.

Diversamente dalla pneumatica, una tecnica di movimentazione che è comunemente impiegata, l'oleodinamica presenta una serie di vantaggi distinti che hanno indotto gli utilizzatori a preferire questa modalità di operatività. Verranno di seguito illustrate le principali differenze tra i due sistemi:

<i>Prestazione</i>	<i>Pneumatica</i>	<i>Oleodinamica</i>
<i>Forze e coppie ottenibili</i>	basse	elevate
<i>Velocità fluido</i>	< 4 m/s	< 4 m/s
<i>Uniformità del moto</i>	no	controllabile
<i>Precisione posizionamento</i>	no	si
<i>Collegamenti</i>	semplici	complessi
<i>Costi energetici</i>	alti	bassi
<i>Rendimenti</i>	bassi	alti
<i>Rapporto peso/potenza</i>	alto	basso

tabella 1.1: principali differenze tra la pneumatica e l'oleodinamica.

Un focus particolare verrà fatto sugli impianti oleodinamici negli yacht. Questi non sono semplicemente componenti funzionali; rappresentano il cuore pulsante delle imbarcazioni moderne, integrando l'ingegneria avanzata con le necessità di lusso e comfort. Questi sistemi gestiscono una miriade di funzioni, dalle più basilari, come il controllo della direzione e la gestione dei fluidi, fino alle più elaborate, come il funzionamento di ascensori, aperture automatiche di portelloni e finestre, sistemi di stabilizzazione e addirittura funzionalità di intrattenimento come fontane e jacuzzi.

La complessità di questi sistemi idraulici risiede non solo nella loro versatilità ma anche nella necessità di mantenere elevati standard di affidabilità e sicurezza.

Un malfunzionamento, per quanto minore, può avere ripercussioni significative sulla navigazione e sul comfort dei passeggeri. In questo contesto, la scelta dei materiali, come gli oli idraulici, e la progettazione di sistemi efficienti e robusti, diventano fondamentali. Gli oli idraulici, ad esempio, devono garantire un funzionamento ottimale in un'ampia gamma di condizioni ambientali, resistendo a variazioni di temperatura e pressione, mentre al tempo stesso devono essere compatibili con le normative ambientali sempre più stringenti.

Oltre agli aspetti tecnici, c'è anche una crescente pressione per l'innovazione sostenibile negli impianti idraulici degli yacht. L'industria navale si sta orientando verso soluzioni che riducano l'impronta ecologica delle imbarcazioni, sia in termini di consumi energetici che di impatto ambientale dei materiali utilizzati. Questo implica una ricerca continua di oli idraulici meno inquinanti, sistemi di recupero e riciclo dell'energia e tecnologie che ottimizzino l'uso delle risorse a bordo.

In conclusione, gli impianti idraulici degli yacht rappresentano un punto di incontro tra ingegneria meccanica, innovazione tecnologica e responsabilità ambientale. Il loro sviluppo e la loro manutenzione richiedono una comprensione approfondita di diversi campi dell'ingegneria e una costante attenzione alle tendenze del mercato e alle esigenze dei proprietari di yacht. La capacità di integrare questi aspetti in sistemi idraulici efficienti e sostenibili è ciò che definisce l'eccellenza nel design e nella costruzione navale contemporanea.

1.2 Obiettivi della tesi

Gli obiettivi di questa tesi si concentrano sull'analisi, l'ottimizzazione e l'integrazione degli impianti idraulici negli yacht, con un focus particolare sull'esplorazione delle possibilità di unificare sistemi idraulici distinti in uno singolo. L'obiettivo primario è sviluppare un modello che non solo migliori l'efficienza operativa, ma che garantisca anche una riduzione dei costi da sostenere andando a non alterare la durabilità e l'affidabilità del sistema. Questo comporterà un'analisi dettagliata delle configurazioni esistenti, identificando le sovrapposizioni funzionali e le potenziali sinergie. Inoltre, si punterà a progettare un sistema che sia flessibile e adattabile a diverse classi di yacht, tenendo conto delle variazioni in termini di dimensioni, capacità e utilizzo.

Si farà riferimento alle imbarcazioni prodotte dal cantiere Ferretti, in particolar modo ad una varata dalla casata CRN nel 2023: CRN 139. Di seguito verranno esposti i dettagli principali dello yacht per apprezzarne l'architettura.

C R N M / Y 1 3 9 7 2 m			
NUMERO ID YACHT	ANNO DI LANCIO	SCAFO/ SOVRASTRUTTURA	LUNGHEZZA F.T.
CRN 139	2023	Acciaio/Alluminio	72.26 m / 237 ft 1 in
LARGHEZZA	PROGETTAZIONE NAVALE	DESIGN ESTERNI	DESIGN INTERNI
12.00 m	CRN Engineering	Vallicelli Design	Nuvolari Lenard

Figura 1.1: dettagli principali dello yacht CRN M/Y 139.



Figura 1.2: vista laterale dello yacht CRN 139.

In aggiunta, la tesi mira a fornire linee guida per il dimensionamento delle pompe e dei sistemi di raffreddamento. Infine, questa ricerca si propone di offrire un contributo significativo all'industria navale, fornendo insight e raccomandazioni basate su dati e analisi approfondite, con l'intento di guidare i progettisti e i costruttori di yacht verso soluzioni più efficienti, sostenibili e tecnicamente avanzate.

1.3 Gruppo Ferretti

Il Gruppo Ferretti (poi Ferretti Group) è una multinazionale italiana nel settore della cantieristica navale, è leader mondiale nella progettazione, costruzione e commercializzazione di yacht a motore e imbarcazioni da diporto. Nasce nel 1968 con i fratelli ferretti che ottengono la rappresentanza di Chris Craft (imbarcazioni americane a motore) iniziandone così la commercializzazione. Dalla seconda metà degli anni '90, l'azienda inizia un processo di espansione tramite acquisizioni mirate di società produttrici di imbarcazioni di fascia alta. Del Gruppo fanno ora parte marchi prestigiosi ed esclusivi: come Ferretti Yachts, Riva, Pershing, Itama, CRN, Custom Line e Wally. Guidato dal CEO Alberto Galassi, Ferretti Group possiede e gestisce sette cantieri navali in Italia, che coniugano l'efficienza produttiva industriale e la lavorazione artigianale tipica del Made in Italy. Il gruppo serve oltre 70 paesi sparsi con presenza diretta in Europa, Asia e USA. Da marzo 2022 il gruppo è quotato alla borsa di Hong Kong e da giugno 2023 alla borsa italiana.

Capitolo 2

PANORAMICA DEGLI IMPIANTI IDRAULICI NEGLI YACHT

2.1 L'impianto oleodinamico elementare: principali componenti

Negli yacht di lusso, gli impianti oleodinamici rappresentano una componente chiave che coniuga funzionalità avanzate e comfort esclusivo. Questi impianti, notevolmente complessi e sofisticati, sono progettati per gestire una vasta gamma di funzioni che vanno ben oltre la semplice navigazione. Ad esempio, i sistemi di governo e di stabilizzazione utilizzano l'ingegneria idraulica per garantire una manovrabilità precisa e ridurre il rollio dell'imbarcazione, aumentando così la sicurezza e il comfort per passeggeri ed equipaggio. I sistemi di ancoraggio e ormeggio idraulici facilitano le operazioni di attracco, mentre gli ascensori e le piattaforme di sollevamento rendono più agevole il movimento tra i vari livelli dell'imbarcazione e l'accesso all'acqua. Inoltre, gli impianti idraulici svolgono un ruolo cruciale nelle aree ricreative dell'yacht, come la gestione di piscine, jacuzzi e altri elementi di lusso, offrendo un'esperienza di massimo comfort. Questi sistemi richiedono un'attenta progettazione, un'alta precisione nella realizzazione e una manutenzione meticolosa, in quanto un malfunzionamento può influire notevolmente sulle prestazioni e sull'esperienza a bordo. La loro efficacia e affidabilità sono quindi fondamentali per garantire che l'esperienza di lusso e l'eleganza degli yacht siano all'altezza delle aspettative dei loro proprietari.

Si illustra di seguito uno schema idraulico elementare dove vengono indicati i componenti fondamentali:

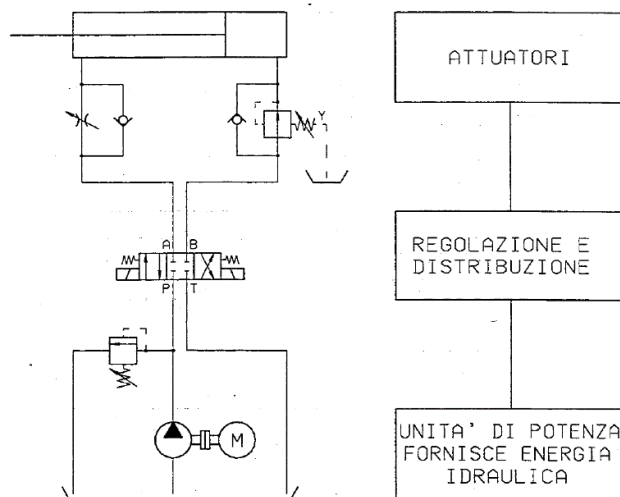


figura 2.1: schema elementare di un impianto oleodinamico.

L'unità di potenza indica l'insieme da cui l'energia viene trasferita alle fasi successive; i componenti fondamentali sono il motore e la pompa idraulica. Il motore (rappresentato dal simbolo "M") fornisce la forza motrice, mentre la pompa (simbologgiata dal cerchio con la figura interna) genera il flusso e la pressione del fluido idraulico nel sistema.

I motori oleodinamici svolgono un ruolo centrale nei dispositivi industriali, convertendo l'energia idraulica fornita dalla pompa in energia meccanica attraverso un movimento rotatorio. Affinché possano generare tale movimento, è essenziale che il motore abbia una portata di olio adeguata, raggiungendo una pressione specifica. Questi motori, di dimensioni generalmente ridotte, richiedono una struttura specifica per operare in modo efficiente. In particolare, devono essere collegati a una pompa idraulica. Solo così possono espletare correttamente la loro funzione. I motori si distinguono nettamente dai modelli standard poiché assicurano elevate prestazioni senza un eccessivo consumo di risorse.

Per quanto riguarda le pompe, se ne possono individuare generalmente di due tipi principali, quelle a cilindrata fissa e quelle a cilindrata variabile; le prime sono organi che non vedono variare la propria cilindrata, ovvero il volume di ogni cilindro adibito per l'entrata del fluido. Vengono impiegate in varie soluzioni oleodinamiche, dalle più classiche e semplici alle più moderne soluzioni per l'energy saving. Quelle invece a portata variabile vedono cambiare la cilindrata dinamicamente in base alle esigenze richieste al momento.

Il blocco di regolazione e distribuzione indica l'insieme delle valvole e dei controlli che regolano e distribuiscono il fluido idraulico agli attuatori. Il distributore all'interno di un circuito oleodinamico svolge un ruolo essenziale nel regolare il flusso dell'olio. La sua funzione primaria consiste nel gestire il movimento, l'arresto e l'inversione del flusso dell'olio, direzionandolo verso l'attuatore. Grazie a questa valvola, è possibile impartire istruzioni precise per avviare, fermare o cambiare la direzione del movimento dell'attuatore all'interno del sistema. Questo dispositivo garantisce una gestione accurata e controllata del fluido oleodinamico, contribuendo così al corretto funzionamento e alla sicurezza del sistema nell'esecuzione delle sue operazioni. Esistono due tipi di distributori nel mondo oleodinamico: i distributori on-off ed i distributori proporzionali. I primi garantiscono il passaggio “tutto aperto” o “tutto chiuso”, mentre quelli proporzionali sono regolati da un segnale elettronico che permette alla spola di assumere qualsiasi posizione. Le caratteristiche principali di queste valvole direzionali sono il numero delle vie e delle posizioni presenti. Verranno successivamente spiegati i significati di quanto scritto e verrà mostrata la simbologia unificata che si troverà negli schemi futuri.

Il numero delle vie viene rappresentato dalla prima cifra che si trova scritta nella descrizione della valvola mentre la seconda indica il numero delle posizioni che la valvola può assumere, compresa quella di riposo. Si troveranno maggiormente nella schematizzazione degli impianti trattati le valvole del tipo 4/3.

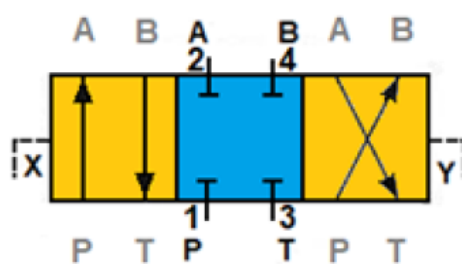


figura 2.2: valvola a 4 vie e 3 posizioni con spola “tutta chiusa”.

Le quattro vie sono indicate dalle lettere “A”, “B”, “P” e “T” mentre le tre posizioni sono rappresentate dai tre blocchi colorati. Le varie lettere (e numeri) hanno un’accezione ben specifica:

- P (1) = alimentazione (Pompa)
- A (2) = utilizzo
- B (4) = utilizzo
- T (3) = scarico al serbatoio (Tank)
- X = pilotaggio
- Y = pilotaggio

Le valvole di controllo sono sempre disegnate nelle diverse posizioni che possono assumere per una migliore interpretazione da parte di chi dovrà leggerle. La norma che stabilisce come questi distributori devono essere rappresentati è la ISO 1219:1991 ed il simbolo della valvola deve essere sempre disegnato nella posizione di riposo.

Sono di particolare interesse le posizioni centrali che può assumere la spola in una valvola 4/3. Le posizioni centrali della spola sono cruciali nel controllo preciso dei flussi oleodinamici. Queste configurazioni consentono una transizione fluida tra le diverse funzioni, garantendo un movimento efficiente e sicuro degli attuatori nel sistema.

- Configurazione a centri aperti: è possibile vedere come la mandata della pompa e le utenze sono collegate allo scarico. È consigliabile non utilizzare questa configurazione per i cilindri posti in posizione verticale se si desidera mantenere il carico bloccato. Questa configurazione è spesso utilizzata per permettere il libero ritorno del fluido in un sistema oleodinamico senza attivare o influenzare gli attuatori collegati.

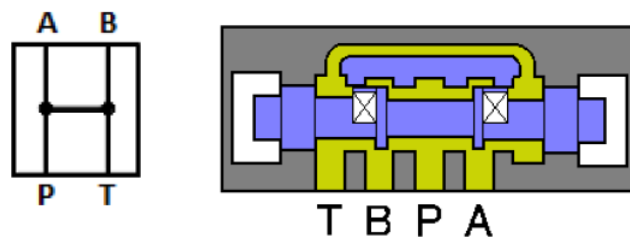


Figura 2.3: simbolo della spola in posizione "tutta aperta" e sezione semplificata del blocco.

- Configurazione a centri chiusi: nel caso seguente la connessione alle utenze, l'alimentazione dalla pompa e lo scarico sono chiusi, permettendo di mantenere la pressione nelle due camere del cilindro che resta bloccato in posizione. A differenza del caso precedente, è possibile mantenere i cilindri in posizione verticale.

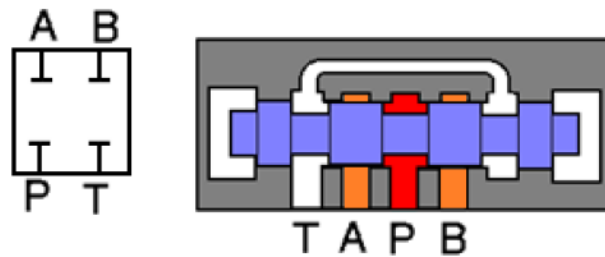


Figura 2.4: simbolo della spola in posizione "tutta chiusa" e sezione semplificata del blocco.

- Configurazione a centro flottante: la mandata della pompa è chiusa, mentre tutte le altre sono collegate con lo scarico. Questa rappresentazione è spesso utilizzata per permettere un ritorno controllato del fluido idraulico e per mantenere una stabilità di pressione nel sistema (della pompa). In queste condizioni, il cilindro si può muovere liberamente

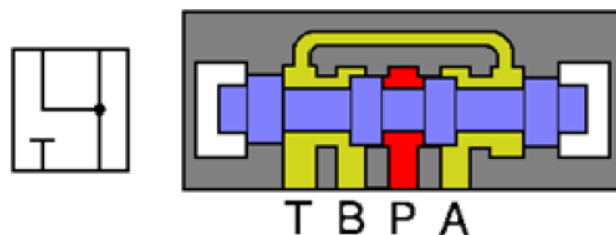


Figura 2.5: simbolo della spola in posizione "centro flottante" e sezione semplificata del blocco.

- Configurazione a centro tandem: l'ultima configurazione delle valvole 4/3 è strutturata facendo scaricare la pompa direttamente nel serbatoio andando a chiudere le bocche indirizzate alle utenze. In questo modo il cilindro o motore rimane bloccato in posizione.

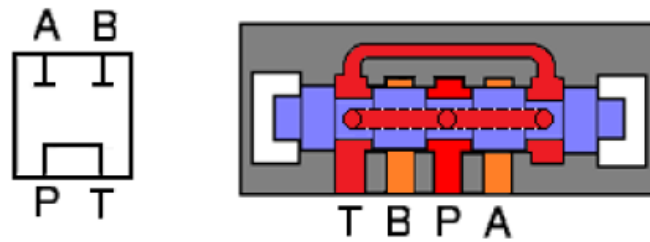


Figura 2.6: simbolo della spola in posizione "tandem" e sezione semplificata del blocco.

È possibile fare un'ultima distinzione in base al "percorso" che le valvole eseguono una volta azionate: una valvola si definisce monostabile quando cessata l'azione del segnale di comando, essa ritorna nella posizione di riposo (solitamente favorito tramite l'azione di una molla). La valvola bistabile al contrario conserva la posizione dopo l'azionamento del comando e per farla tornare alla posizione iniziale, serve un secondo azionamento.



Figura 2.7: valvola monostabile con molla (a sinistra) e valvola bistabile (a destra).

L'ultimo blocco dello schema elementare risulta essere quello degli attuatori. Possono essere cilindri idraulici o motori e convertono l'energia idraulica in energia meccanica per compiere lavoro sfruttando l'incompressibilità dei liquidi utilizzati, come il sollevamento o il movimento di un componente.

Nelle applicazioni proposte non saranno presenti modelli speciali o sofisticati, per questo si andranno a descrivere maggiormente quelli di utilizzo più comune, lasciando la spiegazione dei restanti ad altri studi.

Il primo cilindro che verrà trattato è quello a Semplice Effetto dove una sola delle due camere è caricata con l'olio idraulico, favorendo così solo una delle due corse grazie alla spinta del fluido. La corsa opposta è garantita dalla presenza di una molla. Un grande svantaggio di questi attuatori è che non permettono la realizzazione di corse di lavoro estremamente lunghe per l'impossibilità di realizzare molle di tale lunghezza. Altro

svantaggio è legato alla mancata opportunità di compiere corse di rientro (o di andata) controllate poiché la molla agisce tramite un moto libero.

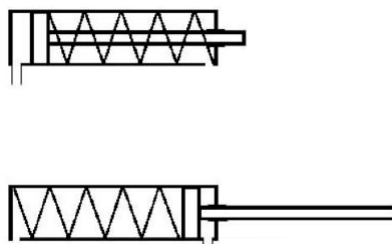


Figura 2.8: cilindro a semplice effetto in posizione "tutto dentro" (sopra) e in posizione "tutto fuori" (sotto).

tra gli attuatori più utilizzati nell'industria moderna ci sono sicuramente quelli a Doppio Effetto. Il liquido viene pressurizzato ed inviato ad una delle due camere, in base alla fase di lavoro che si vuole svolgere, contribuendo sia alla corsa d'uscita che a quella di rientro del pistone. Dall'immagine è intuibile come le due camere hanno capacità volumetriche differenti a causa della presenza del pistone che riduce il quantitativo di olio accumulabile all'interno.

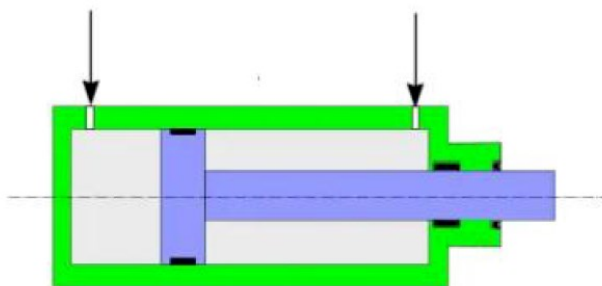


Figura 2.9: sezione di un cilindro a doppio effetto con ingresso e/o uscita segnate dalle frecce.

Un particolare ed interessante tipo di attuatori sono quelli telescopici, utilizzati in determinate applicazioni quando si vogliono realizzare corse molto lunghe. Il grande vantaggio è quello del minimo ingombro essendo ogni cilindro retraibile all'interno del suo precedente. Sono composti da cilindri in serie e coassiali, di diametro crescente. La corsa di rientro dei cilindri è molto simile a quella dei cilindri a semplice effetto, sfruttando l'azione di una molla, ottenibile anche tramite l'azione di una massa.



Figura 2.10: esempio di albero telescopico.

L'ultima categoria che si analizzerà sono gli attuatori doppi. In un contesto tecnico, si riferiscono a dispositivi che sono progettati con due elementi di azionamento o cilindri, che possono muoversi in direzioni opposte. Questi attuatori sono spesso utilizzati in applicazioni industriali e sistemi di controllo per fornire movimenti reciproci o simultanei. Ad esempio, in un cilindro idraulico doppio, ci sono due pistoni all'interno di un'unica unità. Quando la pressione dell'olio viene applicata su uno dei pistoni, il movimento viene trasmesso all'elemento di carico. Allo stesso tempo, l'altro pistone può ricevere una pressione opposta, permettendo il ritorno o il movimento in un'altra direzione. Questo design è utile in situazioni in cui è necessario un controllo preciso dei movimenti in entrambe le direzioni, come nei sistemi di automazione industriale, macchinari pesanti o veicoli con bisogni di manovrabilità avanzata. L'uso di attuatori doppi offre la possibilità di esercitare forza e controllo in maniera più versatile, consentendo una maggiore flessibilità nelle applicazioni che richiedono movimenti bidirezionali.



Figura 2.11: esempio di attuatori doppi.

A fare da contorno a tutte le soluzioni, vengono inserite delle valvole che aiutano al controllo e alla distribuzione ottimale del fluido da lavoro. Se ne individuano di diverse tipologie a seconda dell'impiego.

La valvola nello schema in figura 2.1 con il simbolo ad "X" indica una valvola di controllo direzionale (di non ritorno) il cui scopo è quello di permettere il passaggio libero del liquido in una sola direzione, impedendolo nell'altro senso. Può essere con o senza la presenza di una molla a seconda del compito da fornire.

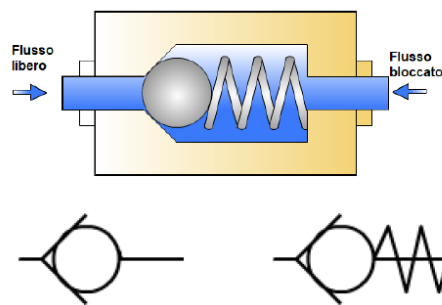


Figura 2.12: sezione e simbolo di una valvola di non ritorno.

la valvola a farfalla (simbolo a forma di coppia di triangoli con un vertice in comune) è una valvola di regolazione che può variare il flusso nel sistema.

le valvole con i simboli di controllo (come la freccia attraverso il quadrato) sono valvole di regolazione della pressione che mantengono la pressione desiderata nel circuito.

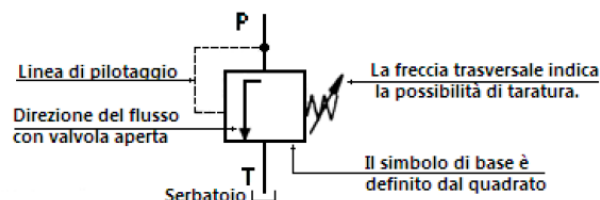


Figura 2.13: simbolo schematico di una valvola regolatrice della pressione.

Dallo schema generale in figura 2.1 si potrà prendere spunto per la comprensione dei prossimi schemi che verranno illustrati, essendo questi organizzati con gli stessi elementi appena studiati, ma in scala maggiore.

2.2 Descrizione degli impianti idraulici esistenti negli yacht

L'obiettivo di questo paragrafo sarà quello di fornire una panoramica generale degli impianti maggiormente installati e fondamentali di queste imbarcazioni con un occhio di riguardo verso lo yacht trattato in questo testo, ovvero il C139. Non sarà compito di questo documento esplorare in dettaglio il funzionamento. Si eviterà pertanto di approfondire gli aspetti operativi specifici, limitandosi piuttosto a una visione più generale del contesto.

Il primo degli impianti che si tratteranno è quello del timone. L'impianto idraulico del timone è un elemento essenziale per assicurare una navigazione precisa e fluida. Questo sistema si distingue per la sua capacità di offrire un controllo del timone estremamente reattivo e accurato, cruciale per la manovrabilità dell'imbarcazione, soprattutto in condizioni di mare difficile o durante le operazioni di ormeggio. Spesso, negli yacht di lusso, il sistema è progettato per essere ridondante, con circuiti idraulici indipendenti per garantire la massima sicurezza; in caso di guasto di un circuito, l'altro può prendere il controllo, garantendo così una continua operatività. In figura 2.14 è possibile notare la presenza di un sistema di emergenza, governato da una pompa manuale. Inoltre, questi sistemi possono essere integrati con tecnologie di assistenza alla navigazione avanzate, come i sistemi di pilota automatico e di stabilizzazione, che lavorano in sinergia con l'impianto idraulico del timone per ottimizzare la traiettoria e ridurre il carico di lavoro sull'equipaggio. La scelta dei materiali e degli oli idraulici per questi sistemi è fondamentale per garantire prestazioni ottimali e resistenza alla corrosione, elementi essenziali in un ambiente marino.

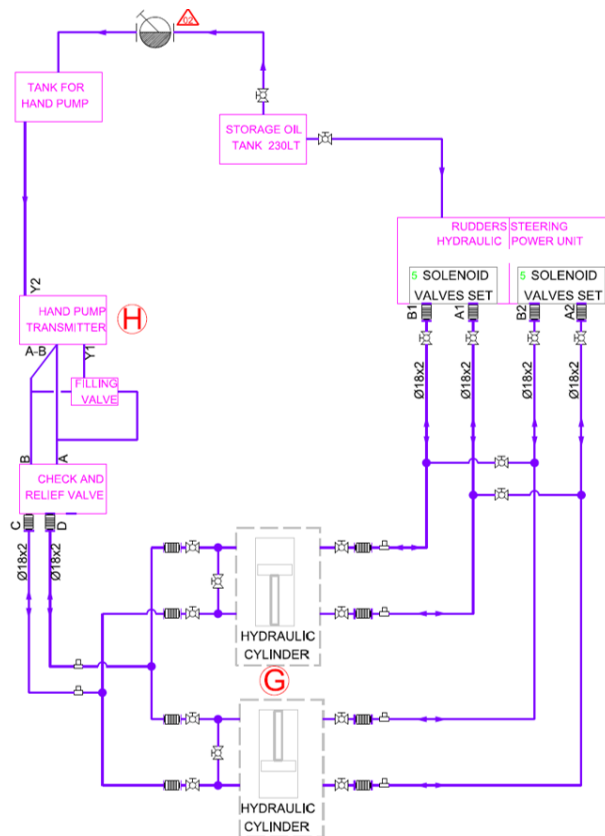


Figura 2.14: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo ai timoni

Il secondo componente che si tratterà sono gli stabilizzatori. L'impianto idraulico degli stabilizzatori è una componente tecnologica avanzata, progettata per massimizzare il comfort a bordo riducendo significativamente il rollio causato dalle onde. Questi sistemi, solitamente composti da alette stabilizzatrici montate sotto la linea di galleggiamento, sono controllati da un sofisticato meccanismo idraulico che permette alle alette di spostarsi in modo dinamico, contrastando attivamente il movimento del mare. Una caratteristica distintiva di questi impianti è la loro capacità di adattarsi alle diverse condizioni marine; alcuni sistemi di stabilizzazione sono dotati di sensori e programmati con algoritmi intelligenti che analizzano in tempo reale il movimento dell'acqua e della nave, regolando di conseguenza la posizione delle alette per ottimizzare l'effetto stabilizzante.

Inoltre, negli yacht di lusso, questi sistemi idraulici di stabilizzazione possono essere progettati per funzionare sia in navigazione che in stato di ormeggio. Quando lo yacht è ancorato, i sistemi di stabilizzazione "at rest" entrano in azione, minimizzando il rollio

dovuto alle onde e migliorando l'esperienza a bordo. Questo è particolarmente apprezzato durante le attività di relax o intrattenimento, dove il comfort è una priorità assoluta.

Un aspetto cruciale di questi impianti è la loro efficienza energetica. Vengono spesso progettati per minimizzare l'uso di energia, riducendo così il carico sui generatori dello yacht e contribuendo a una navigazione più sostenibile. Questo è ottenuto attraverso l'uso di pompe idrauliche ad alta efficienza e la progettazione ottimizzata delle alette per ridurre la resistenza.

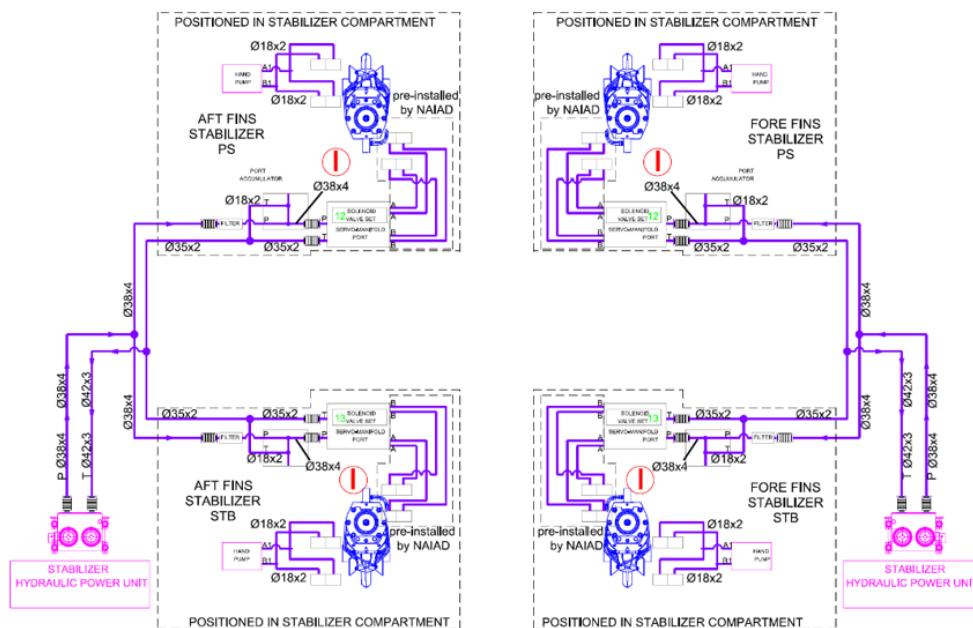


Figura 2.15: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo agli stabilizzatori

I portelloni automatici sono organi che si trovano oramai in tutte le imbarcazioni di un certo target che debbano soddisfare determinati requisiti di comfort e di lusso; questi sistemi permettono l'apertura e la chiusura fluida e silenziosa di portelloni, pannelli e varchi, fondamentali per l'accesso alle diverse aree dell'imbarcazione e per il movimento di attrezzature o tender. Una peculiarità di questi sistemi è il loro design su misura, che si integra perfettamente con l'estetica sofisticata dello yacht, mantenendo allo stesso tempo elevati standard di sicurezza e affidabilità. I cilindri idraulici e le pompe impiegate

in questi impianti sono spesso nascosti alla vista. L'innovazione in questi sistemi si manifesta anche nella loro interazione con i sistemi di controllo centralizzati dello yacht.

Molti portelloni idraulici possono essere comandati a distanza tramite pannelli di controllo touch screen o dispositivi mobili, offrendo un controllo intuitivo e agevole. Alcuni sistemi sono dotati di sensori di sicurezza che rilevano ostacoli durante la chiusura, prevenendo danni o infortuni.

In aggiunta, l'efficienza energetica e la riduzione del rumore sono aspetti cruciali nell'ingegneria di questi sistemi.

Le pompe idrauliche sono progettate per operare con il minimo consumo energetico e con un basso livello di rumorosità, per non disturbare l'atmosfera tranquilla e rilassante che caratterizza gli interni di lusso degli yacht.

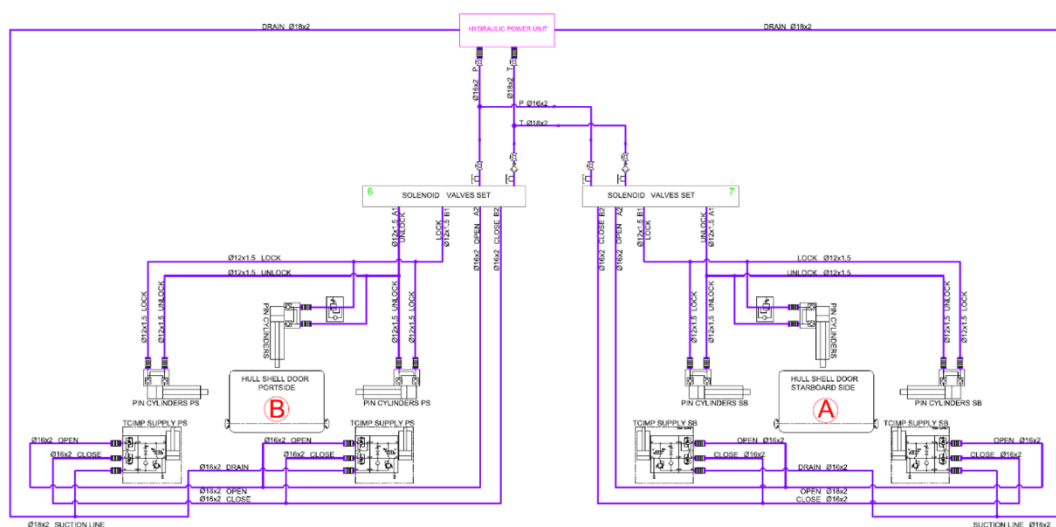


Figura 2.16: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo ai portelloni automatici

L'inclusione di imbarcazioni di tipo rescue, jet ski e tender in uno yacht di lusso si rivela fondamentale per diversi motivi, che spaziano dalla sicurezza e praticità fino al puro divertimento ed esplorazione. L'impianto idraulico delle gru per la movimentazione è un elemento fondamentale che unisce funzionalità e design sofisticato. Queste gru idrauliche sono progettate per sollevare e movimentare con sicurezza barche rescue,

tender e jet ski, elementi essenziali per la sicurezza, tempo libero e l'esplorazione durante le crociere. Una caratteristica distintiva di queste gru è la loro integrazione nell'architettura dello yacht, spesso realizzate con materiali di alta qualità che si abbinano all'estetica dell'imbarcazione. Alcuni sistemi sono persino progettati per essere retrattili o nascosti quando non sono in uso, mantenendo così le linee eleganti dello yacht.

Dal punto di vista tecnico, le gru idrauliche sono dotate di meccanismi avanzati che assicurano operazioni di sollevamento e abbassamento estremamente precise e controllate. Questi sistemi possono includere funzionalità come il controllo proporzionale della velocità, che permette all'operatore di gestire con estrema delicatezza il movimento della gru, fondamentale per evitare danni durante il carico e lo scarico. Inoltre, la sicurezza è una priorità assoluta in questi impianti. Sono spesso equipaggiati con sistemi di sicurezza multipli, tra cui sensori di sovraccarico, bloccaggi meccanici e sistemi di frenatura d'emergenza, per garantire che le operazioni si svolgano senza rischi per l'equipaggio o i passeggeri.

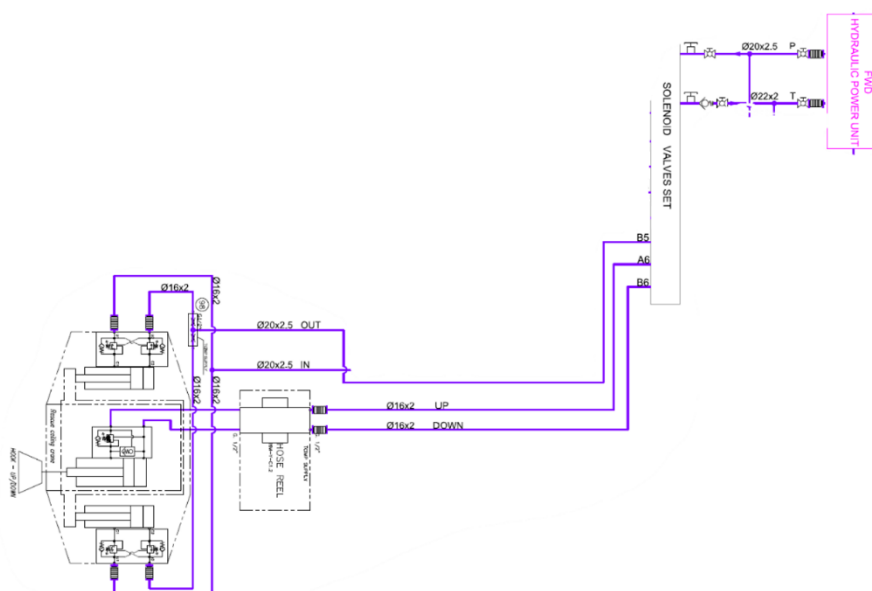


Figura 2.17: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo alle gru.

Gli alberi telescopici porta fanali (di prua) rivestono un ruolo considerevole nelle imbarcazioni di lusso, come gli yacht, contribuendo significativamente alle prestazioni e all'eleganza complessiva. La loro caratteristica principale risiede nella regolabilità in

altezza, permettendo una personalizzazione accurata della posizione del fanale. Questo non solo ottimizza la visibilità notturna, ma anche la sicurezza, riducendo il rischio di collisioni. Quando non sono necessari, gli alberi telescopici porta fanali possono essere ritratti all'interno di un compartimento stagnato, scomparendo nel ponte. Questa caratteristica consente di liberare la superficie, consentendo l'utilizzo ottimale di spazi come l'eli-deck o per ragioni estetiche, creando un profilo pulito e raffinato. Costruiti con materiali all'avanguardia come alluminio o fibra di carbonio, coniugano resistenza e leggerezza, fondamentali per garantire un equilibrio tra durata e peso contenuto.

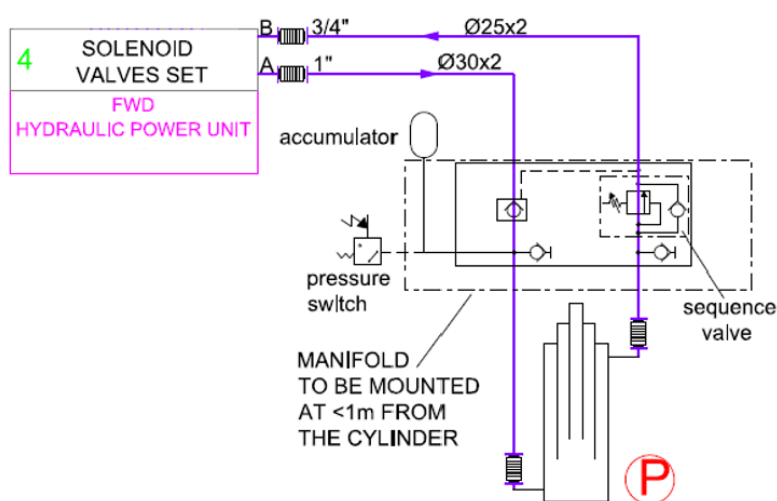


Figura 2.18: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo all'albero porta fanali

Gli ultimi elementi che si considereranno come sostanziali sono le passerelle mobili come la gangway e la scala da bagno. Queste strutture servono come punti di accesso eleganti e sicuri tra lo yacht e la terraferma o l'acqua. Una caratteristica distintiva di queste passerelle è la loro capacità di estendersi, ritrarsi e orientarsi idraulicamente, il tutto con movimenti fluidi e controllati. Il sistema idraulico permette di regolare l'altezza e l'angolazione per adattarsi a varie condizioni di attracco e per assicurare una transizione sicura per gli ospiti e l'equipaggio.

Dal punto di vista del design, le passerelle degli yacht di lusso sono spesso realizzate con materiali di alta qualità che si abbinano con l'estetica complessiva dell'imbarcazione.

Alcune sono dotate di illuminazione integrata per un accesso sicuro e scenografico durante le ore notturne. In termini di funzionalità, queste passerelle possono includere superfici antiscivolo e corrimano per una maggiore sicurezza.

Inoltre, le passerelle mobili come la gangway sono progettate per essere discretamente riposte quando non sono in uso, mantenendo così le linee eleganti dello yacht. Questo è reso possibile attraverso meccanismi idraulici compatti ma potenti, che permettono un movimento efficiente e silenzioso.

La scialbagna, in particolare, è una caratteristica preziosa per gli amanti del mare, fornendo un facile accesso all'acqua per nuotare o per attività ricreative. Alcune di queste strutture sono progettate anche per facilitare l'ingresso e l'uscita dall'acqua per attrezzature come jet ski o paddleboard.

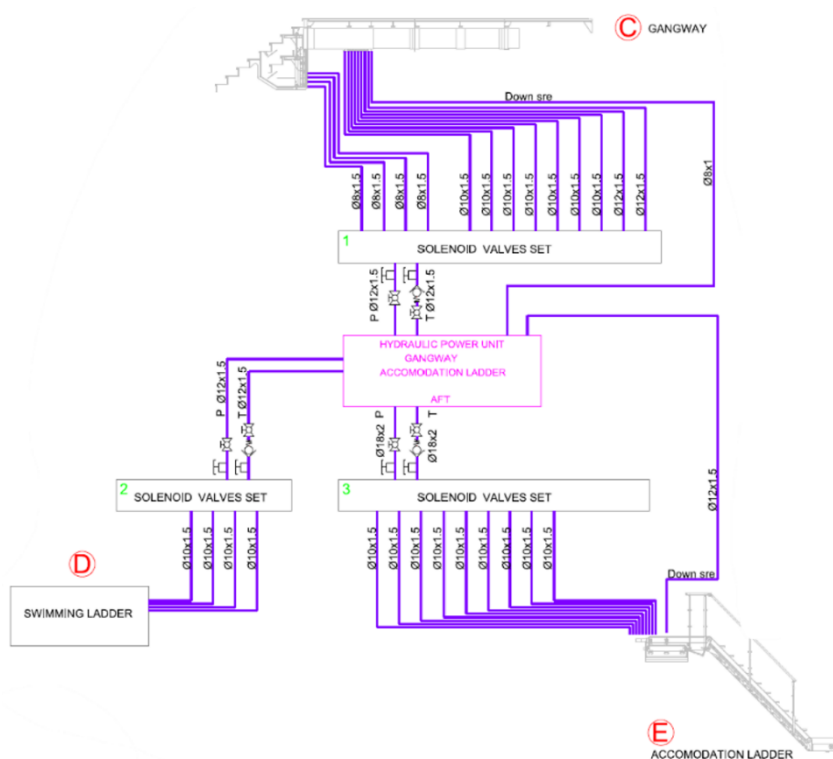


Figura 2.19: rappresentazione schematica semplificata di un impianto idraulico relativo alle scale mobili.

2.3 Tipologie e caratteristiche degli oli idraulici attualmente utilizzati

È opportuno iniziare introducendo una definizione che fungerà da filo conduttore per l'intera sezione, quella della viscosità. La viscosità è una proprietà della materia per la quale le particelle di un corpo (tipicamente di un fluido) incontrano resistenza nello scorrere le une rispetto alle altre. Semplicemente è una grandezza fisica che misura la resistenza di un fluido allo scorrimento, più il fluido è viscoso e più scorre piano (il miele è più viscoso dell'acqua). Si misura in $\frac{mm^2}{s}$ ma è possibile trovarlo misurato anche in centiStokes (cSt) utilizzato nel sistema CGS (centimetro-grammo-secondo, oppure noto come sistema di Gauss).

Questo concetto assume una rilevanza particolare quando si parla di fluidi in movimento, come quelli presenti nei condotti, nei tubi e in vari sistemi industriali.

Le perdite di carico, d'altra parte, rappresentano l'energia dissipata quando un fluido incontra ostacoli durante il suo percorso. Questi ostacoli possono essere curve, riduzioni di sezione, valvole o qualsiasi elemento che interferisca con il flusso fluido. Le perdite di carico sono un aspetto cruciale da considerare quando si progettano sistemi di trasporto di fluidi, perché incidono direttamente sulla pressione e sull'efficienza complessiva.

In un impianto le perdite di potenza sono dovute alle perdite di carico lungo le tubazioni e ai trafiletti interni, che a loro volta sono dovute all'attrito del fluido e pertanto variano, in modo inversamente proporzionale, alla viscosità. Con l'aumentare della pressione di funzionamento aumenteranno anche i trafiletti e diminuirà l'incidenza percentuale della potenza dissipata in perdite di carico; questo si traduce in una convenienza all'impiego di fluidi ad alta viscosità. Viceversa, per basse pressioni conviene selezionare fluidi a bassa viscosità.

La scelta dell'olio idraulico nei sistemi oleodinamici riveste un ruolo cruciale per garantire prestazioni ottimali e durata dell'impianto. Fattori come viscosità, stabilità termica e resistenza all'usura sono fondamentali. In ambienti ad alta pressione e temperatura, oli ad alta viscosità assicurano una lubrificazione efficace. La stabilità termica previene variazioni viscosimetriche, mantenendo costante l'efficienza. Inoltre, considerare l'idoneità per materiali elastomerici e la capacità di separare l'acqua è essenziale. Una selezione accurata non solo migliora le prestazioni, ma estende la vita utile dell'impianto, riducendo i costi di manutenzione.

La selezione degli oli idraulici deve essere fatta tenendo conto di alcuni aspetti quali:

- Indice di viscosità: indica la resistenza che il fluido oppone allo scorrimento; questo indice varia in base alla temperatura e generalmente se questa aumenta, la viscosità diminuisce rendendo l'olio più fluido.
- Punto di scorrimento: temperatura minima alla quale l'olio può ancora fluire mentre viene raffreddato. Al di sotto di questa temperatura, l'olio perde la capacità di lubrificare.
- Punto di infiammabilità: temperatura alla quale l'olio potrebbe infiammarsi in presenza di scintille o calore eccessivo. È facilmente intuibile come questo aspetto abbia grande importanza nei discorsi di sicurezza.

Il parametro più significativo, considerato tale dal mondo dell'oleodinamica è la viscosità; sarebbe consigliabile mantenere il valore della viscosità il più costante possibile al variare della temperatura in quanto si potrebbe andare in contro a due aspetti negativi: nel primo caso, se la temperatura si innalza, si potrebbe non riuscire a mantenere la pressione a causa dell'alta fluidità; viceversa, se la temperatura decresce, non favorirebbe lo scorrimento del fluido andandolo ad immobilizzare causando una scarsa lubrificazione con conseguente aumento di attrito.

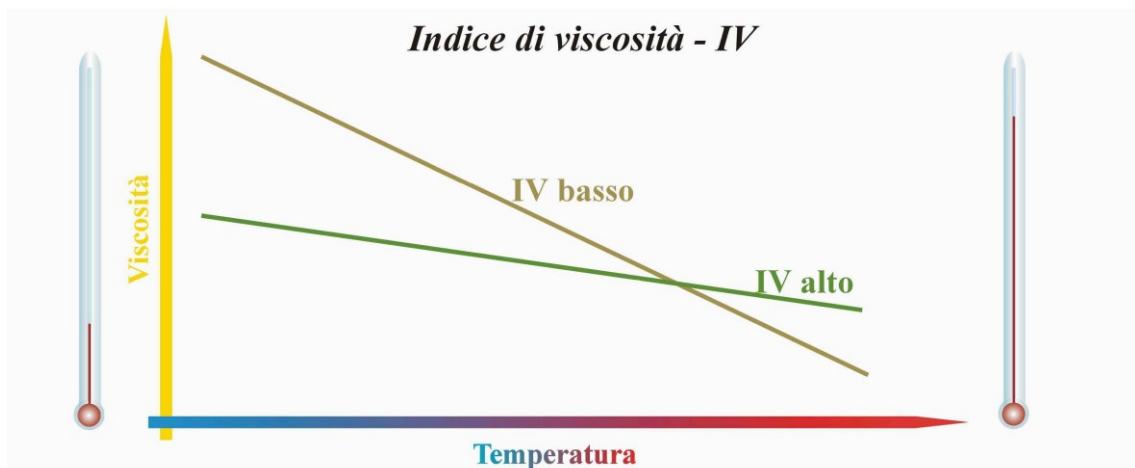


Figura 2.20: variazione dell'indice di viscosità in funzione della temperatura.

Man mano che l'olio si riscalda, la sua capacità di fornire una lubrificazione efficace diminuisce. Quando questa diminuisce, l'attrito e il calore aumentano, il che può portare a guasti meccanici. Pertanto, più a lungo un olio può mantenere la sua viscosità ottimale, più efficace sarà l'azione di lubrificazione andando a prevenire danni.

In questo modo, l'indice di viscosità può essere una strada utile per giudicare la qualità complessiva di un olio ed è un'informazione essenziale nella scelta dello stesso per impieghi gravosi che comportano ampie variazioni di temperatura.

La scala dell'indice di viscosità è di natura numerica, dove lo zero indica un fluido più suscettibile alle variazioni di viscosità. È una base di confronto frequente nell'industria dell'olio ed è spesso abbreviata con VI oppure VG (dall'inglese viscosity index e viscosity grade). L'indice di un olio viene calcolato sulla sua viscosità misurata a 40°C. Inoltre, più è piccola la variazione tra l'indice a 40°C e quello trovato ad una temperatura più elevata, comunemente settata a 100°C, più alto sarà il punteggio sull'indice che ci indicherà un buon comportamento dell'olio per le nostre richieste.

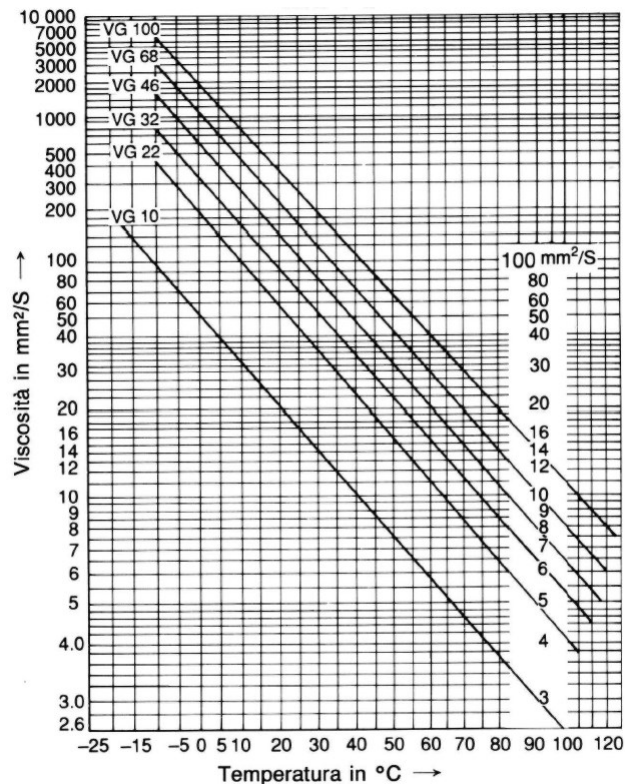


Figura 2.21: variazione della viscosità in funzione della temperatura.

Nel mondo degli oli idraulici utilizzati per impieghi navali solitamente non si va a drogare il prodotto con elementi migliorativi come gli additivi. Questo è dovuto al fatto che i fluidi non stanno a diretto contatto con l'ambiente marino, di conseguenza non servono caratteristiche estremamente specifiche alla protezione di questi fluidi. Per ottenere

punteggi più elevati tuttavia, si possono iniettare degli additivi progettati per resistere ai cambiamenti della temperatura.

C'è un limite all'aggiunta di questi additivi in quanto potrebbero influenzare le proprietà di nostro interesse. Ad esempio, tendono a bruciare sotto pressione e quindi renderebbero incapaci l'olio di proteggere il motore alle alte temperature; proprio per questo si devono considerare anche altri fattori per la scelta dell'olio.

Gli additivi polimerici hanno principalmente tre funzioni: migliorare le proprietà dell'olio base, conferire nuove proprietà tecnologicamente più vantaggiose e diminuire l'effetto delle proprietà indesiderate. Le quantità utilizzate vanno ad incidere fino ad un massimo del 20% in peso. Alcuni dei più importanti additivi sono quelli antiossidanti (tipo di additivi sacrificali: corrodono questi invece che l'olio base), quelli VI improvers (caratterizzati da alto peso molecolare che impedisce all'olio di diradarsi alle alte temperature) oppure quelli Pour point depressant: è di assoluta importanza che l'olio compia la sua funzione nel miglior modo possibile nel range di temperature da fredde a calde. Nell'olio sono disciolte delle cere che si separeranno nel momento in cui la temperatura scende al di sotto di un valore critico. È possibile quindi abbassare il punto di scorrimento decerando maggiormente l'olio in fase di raffinazione. I polimeri aggiunti abbassano la temperatura alla quale avviene la decerazione, ne conseguono punti di scorrimento minori.

I motivi per una scelta di un buon fluido idraulico ormai sono chiari e intuitibili poiché i nuovi sistemi idraulici sono sempre più compatti, operano a pressioni sempre più superiori, a velocità maggiori e con dimensioni dei serbatoi sempre più piccole.

2.4 Principi di filtrazione: la normativa ISO 4406:1999

La normativa ISO 4406:1999 si concentra sulla quantificazione e la classificazione delle particelle contaminanti in fluidi idraulici. Parti metalliche, frammenti, polvere e sporcizia dell'aria potrebbero penetrare nel liquido; questi elementi devono essere asportati continuamente poiché potrebbero danneggiare l'impianto. La norma che stabilisce la dimensione della particella è la ISO 11171 (che va a sostituire la ISO 4402). Si fa riferimento al *“diametro del cerchio fittizio avente la stessa area della particella”* È importante notare che questa normativa non riguarda direttamente la viscosità dei fluidi, ma piuttosto la loro pulizia attraverso la misurazione della quantità e della dimensione delle particelle inquinanti presenti.

Secondo ISO 4406:1999, le particelle vengono classificate in base alle loro dimensioni e contate per determinare il livello di pulizia del fluido. Questa classificazione è essenziale per il monitoraggio e il mantenimento della qualità dei fluidi in sistemi idraulici e di lubrificazione, che a loro volta influenzano la performance e la durata delle componenti meccaniche.

La norma utilizza un codice numerico per descrivere la pulizia del fluido, che indica la concentrazione di particelle in tre diverse classi di dimensioni: maggiore di 4 µm, maggiore di 6 µm e maggiore di 14 µm. se i numeri di questo codice sono bassi, si avrà un fluido più pulito. Ad esempio, un fluido con un codice ISO di 19/17/14 contiene meno particelle inquinanti rispetto ad un fluido con un codice di 22/20/17.

I codici di contaminazione sono appunto dei codici che indicano il numero di particelle per 1 mL di fluido. La tabella seguente serve per comprendere il significato della sequenza dei tre numeri:

<i>CODICI DI CONTAMINAZIONE SECONDO ISO 4406:1999 (Nuova)</i>		
Numero di particelle per 1 mL di fluido		Numero scala
Maggiore di	Fino / Uguale a	
1.300.000	2.500.000	28
640.000	1.300.000	27
320.000	640.000	26
160.000	320.000	25
80.000	160.000	24
40.000	80.000	23
20.000	40.000	22
10.000	20.000	21
5.000	10.000	20
2.500	5.000	19
1.300	2.500	18
640	1.300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,00	0

tabella2.1: codici di contaminazione secondo la normativa ISO 4406:1999.

Si prenda da esempio il codice ISO 21/15/11: semplicemente si dovrà trovare la corrispondenza del numero della scala, quindi si avranno dalle 10.000 alle 20.000 particelle di dimensione $\geq 4 \mu\text{m}$; dalle 160 alle 320 particelle di dimensione $\geq 6 \mu\text{m}$ e dalle 10 alle 20 particelle di dimensione $\geq 16 \mu\text{m}$.

Non è necessario sapere che nell'olio ci siano esattamente un certo numero di particelle di una certa grandezza ad un determinato istante, ma è più importante monitorare la

costanza di questi dati nel tempo. Dei metodi classici per il monitoraggio di queste caratteristiche sono le analisi microscopiche e conteggio elettronico delle particelle.

È importante mantenere un livello di pulizia dei fluidi in modo tale da prevenire l'usura e i guasti meccanici, specialmente in macchinari ad alta precisione. La normativa ISO 4406:1999 fornisce dunque una guida standard per la valutazione e il controllo della contaminazione dei fluidi, aiutando le aziende a mantenere un'elevata efficienza operativa e a ridurre i costi di manutenzione.

Continuando con la trattazione dell'argomento, si introduce il rapporto di filtraggio beta β che esprime l'efficienza del filtro in base alla dimensione della particella considerata. Si trova beta facendo un test in laboratorio chiamato: "multi pass test" (si fa passare un numero definito di differenti particelle per il filtro e alla fine si esegue il conteggio delle tali).

Esistono due tipi di elementi filtranti: i primi che si analizzeranno sono quelli di superficie e sono costituiti da elementi sottili simili a reti con aperture pari e uguali al diametro oltre il quale le particelle presenti nell'olio devono essere rimosse.

La principale problematica sta nel fatto che queste tipologie si intasano molto rapidamente, non permettendo il passaggio dell'olio in maniera continua; per questo quelli della seconda tipologia, quelli di profondità, sono i preferiti. L'elemento filtrante è costituito da una cartuccia che viene attraversata dall'olio in circolazione. Le fibre lasciano nei propri grovigli percorsi variabili alle particelle d'olio che vi scorrono e restano intrappolate quando incontrano un'apertura di dimensione inferiore al proprio diametro. Il filtraggio è più incerto ma le perdite di carico possono essere ridotte e l'intasamento risulta più progressivo.

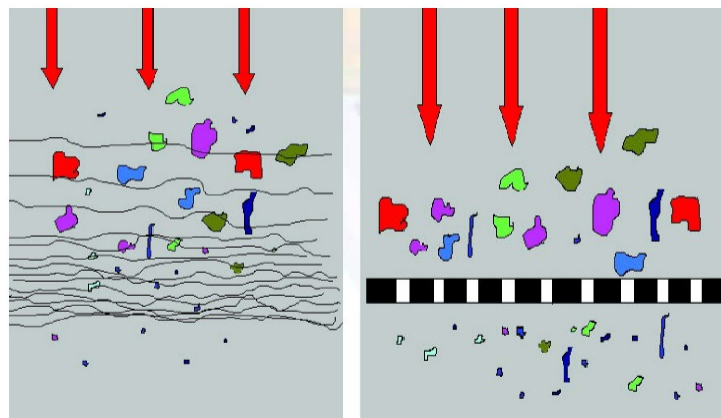


Figura 2.22: immagine esemplificativa di un filtro di profondità (sinistra) e di superficie (destra).

$$\beta_x \geq \frac{\text{numero di particelle a monte del filtro di dimensione } x [\mu\text{m}]}{\text{numero di particelle a valle del filtro di dimensione } x [\mu\text{m}]} \quad (2.1)$$

L'efficienza di un filtro è un parametro di fondamentale importanza nel determinare la sua efficacia e performance. Questa efficienza è direttamente proporzionale al parametro noto come beta (β), che rappresenta un indicatore chiave nella valutazione della qualità della filtrazione. La relazione matematica che esprime l'efficienza del filtro in termini di β è data dalla formula:

$$e = \frac{\beta_x - 1}{\beta_x} \times 100 \quad (2.2)$$

dove 'e' indica l'efficienza percentuale. Questo calcolo permette di quantificare con precisione la capacità del filtro di rimuovere particelle di una certa dimensione, offrendo un parametro affidabile per la valutazione e la selezione dei filtri nelle diverse applicazioni industriali e meccaniche.

2.5 proprietà degli oli idraulici specializzati

Si vedranno nella tabella seguente le varie specifiche per ogni elemento idraulico presente nello yacht di riferimento CRN 139. Di interesse per questo capitolo sarà la colonna che illustra gli oli utilizzati ("oil type").

In un'ottica di standardizzazione di prodotto, per quei fornitori di impianti che hanno dato la possibilità di scelta, è stato selezionato l'olio idraulico Shell Tellus S2 VX 46.

OLI - OILS			
ITEM	MANUFACTURER	OIL TYPE	Q.TY
Portellone dx di Poppa		Shell Tellus S2 VX 46	100 It.
Portellone sx di Poppa		Shell Tellus S2 VX 46	
Porta Sliding Poppa		Shell Tellus S2 VX 46	
Portello Jet Ski		Shell Tellus S2 VX 46	100 It.
Portellone Garage Sinistro		Shell Tellus S2 VX 46	220 It.
Portellone Garage Destro		Shell Tellus S2 VX 46	
Gru Rescue		Shell Tellus S2 VX 46	
Carroponte Garage		Shell Tellus S2 VX 46	
Steering Gear (Timoni)		Shell Tellus S2 VX 32	
Stabilizzatori		Shell Tellus S2 VX 32	(160+150+12) It.
Albero portafanali di prua		Shell Tellus S2 VX 46	75 It.
Portelli mooring prua		Shell Tellus S2 VX 46	
Passerella + Portello passerella		Shell Tellus S2 VX 46	100 It.
Scala reale		Shell Tellus S2 VX 46	
Scala da bagno		Shell Tellus S2 VX 46	
Bow Thruster STT 170 FP		Shell Omala S2GX 68	
Shaft Hydro Sealing		Raxmar Oil / Shell Tellus S2 VX 46	4+4 Lt.
Main Engine 3516C (x2)		Shell Rimula R4 L 15W-40	(807+ 807) It.
Gearbox REINTJES WAF843L		Shell Rimula R4 L 15W-40	(90+90) It.
Main Generator C9.3 (x2)		Shell Rimula R4 L 15W-40	(26,5 + 26,5) It.
Emergency Generator CAT 7.1		CAT ULS 15-W40	21 It.

Tabella 2.2: elenco degli oli idraulici utilizzati per gli impianti relativi a tutte le utenze della C 139

Per avere una panoramica più ampia e per possibili applicazioni future dove saranno richieste performance sempre più elevate, è stato redatto un confronto tra l'olio precedentemente scelto ed un altro sempre appartenente alla famiglia Tellus: quello della tipologia S3 V 46. Di seguito sarà illustrata una tabella riassuntiva delle principali caratteristiche di entrambi:

FERRETTIGROUP	Tellus S2 VX 46	Tellus S3 V 46
<u>Tecnologia</u>	Base del gruppo II, base zinco	Minerale, senza ceneri (o senza zinco) con base a bassi solfuri
<u>Long fluid life</u> 1. TOST lifetime: turbine oil oxidation stability test.	>5000 TOST ¹ life, Buona stabilità in presenza di umidità , resistono alla rottura in condizioni chimiche e termiche non ottimali	Migliora i tempi di fermo macchina, >5000 h TOST ¹ life, eccellente resistenza in presenza di acqua e calore
<u>Wear protection</u>	Buone prestazioni in condizione di pressioni estreme. Eccellenti performance nelle prove Denison e Vickers	L'assenza di ceneri negli additivi utilizzati assicura protezione in un ampio range di condizioni , sia critiche che non
<u>Maintaining system efficiency</u>	Eccellenti capacità di: filtraggio, separaz. da acqua, rilascio d'aria e antischiuma. Ottimizzatore dell'attrito. Per efficienza sistema: ISO 4406: 20/18/15	Superiore pulizia e filtrabilità (anche quando c'è presenza di acqua), come migliori caratt. di separaz. d'acqua, rilascio d'aria e antischiuma. Per efficienza sistema: ISO 4406: 21/19/16
<u>Exterior hydr. systems</u>	Risposta reattiva dalle condizioni di avvio "fredde" ad "pieno carico di lavoro"	Migliore Risposta reattiva dalle condizioni di avvio "fredde" ad "pieno carico di lavoro"
<u>Precision hydraulic system</u>	Buona stabilità della viscosità al variare della temperatura	Buon controllo e stabilità della viscosità

tabella 2.3: confronto tra due oli idraulici appartenenti alla stessa famiglia "Tellus".

Per un impatto più diretto con i parametri di maggior interesse, è stata compilata una tabella con i principali fattori:

Proprietà	Tellus S2 VX 46	Tellus S3 V 46
ISO VG	46	46
Viscosità cinematica (a -20 °C, cSt)	2630	2200
Viscosità cinematica (a 40 °C, cSt)	46	46
Viscosità cinematica (a 100 °C, cSt)	7,9	8,4
VI (viscosity index)	143	162
Densità (a 15 °C, kg/m ³)	856	870
Flash point (°C)	220	210
Pour point(°C)	-36	-39

tabella 2.4: principali proprietà dei due oli della famiglia "Tellus"

Capitolo 3

ANALISI DEGLI IMPIANTI IDRAULICI INDIPENDENTI

3.1 punti di forza dei sistemi idraulici separati

In un'epoca in cui la tecnologia progredisce a passi da gigante, la scelta tra sistemi idraulici separati o integrati diventa una decisione ingegneristica strategica. I sistemi idraulici separati, che operano indipendentemente l'uno dall'altro per gestire diverse funzionalità, sono stati a lungo la norma in molte applicazioni industriali e navali. Tuttavia, mentre la segmentazione può offrire vantaggi significativi, comporta anche una serie di svantaggi che necessiteranno di un'attenta considerazione (riferirsi al capitolo 4).

Tra i principali vantaggi dei sistemi idraulici separati vi è la specializzazione, ovvero la possibilità di ottimizzare ciascun sistema per una specifica funzione. Questo può portare a miglioramenti in termini di prestazioni ed efficienza. Per esempio, un sistema dedicato esclusivamente alla stabilizzazione potrebbe essere progettato per reagire rapidamente alle variazioni delle condizioni marine, mentre un sistema separato per la gestione dei tender potrebbe essere ottimizzato per massimizzare la forza di sollevamento. Questa specializzazione si traduce in un controllo più preciso e in una migliore esperienza complessiva.

Un altro vantaggio è la riduzione del rischio di guasti. In un sistema idraulico integrato, un singolo punto di fallimento potrebbe compromettere l'intera operatività. Nei sistemi separati, se un circuito dovesse guastarsi, gli altri potrebbero continuare a funzionare, garantendo così una continuità delle operazioni critiche. Questo aspetto della ridondanza è particolarmente apprezzato nelle applicazioni marittime, dove la sicurezza è di primaria importanza.

In termini di manutenzione, i sistemi separati consentono di isolare e risolvere i problemi con maggiore facilità. La localizzazione dei guasti e le riparazioni possono essere condotte su un unico sistema senza influenzare gli altri, riducendo i tempi di fermo e migliorando l'efficienza della manutenzione.

3.2 Impatto energetico ed ambientale

L'adozione di sistemi idraulici separati in ambiti quali l'industria navale e, in particolare, negli yacht di lusso, comporta un impatto energetico e ambientale non trascurabile che deve essere attentamente valutato. Dal punto di vista energetico, ogni sistema idraulico richiede una pompa dedicata e, potenzialmente, un proprio sistema di raffreddamento e di filtrazione del fluido. Questo significa che se più sistemi operano simultaneamente, più energia sarà consumata per il loro funzionamento. L'efficienza energetica diventa quindi un fattore chiave nella progettazione di questi sistemi, poiché l'energia richiesta deve essere generata a bordo, tipicamente attraverso generatori che utilizzano combustibili fossili.

Il raffreddamento è un aspetto cruciale nella gestione dei sistemi idraulici, in particolare quando si tratta di impianti idraulici separati come quelli impiegati negli yacht di lusso. Questi sistemi generano calore durante il loro funzionamento, principalmente a causa dell'attrito interno del fluido e dell'azione delle pompe. Se non controllato, l'eccesso di calore può ridurre l'efficienza del sistema, danneggiare i componenti idraulici e degradare la qualità del fluido idraulico, portando a guasti e riducendo la vita utile del sistema.

Nei sistemi idraulici separati, ogni circuito può avere il proprio metodo di raffreddamento, che può variare in base alla scala e alle specifiche applicazioni. I metodi di raffreddamento comunemente utilizzati includono:

- **Raffreddamento ad Aria (passivo):** Questo metodo utilizza l'aria ambientale per dissipare il calore dal fluido idraulico. Gli scambiatori di calore ad aria sono meno costosi e più semplici da mantenere rispetto a quelli ad acqua, ma possono essere meno efficaci in ambienti caldi o in spazi ristretti dove l'aria non circola liberamente.
- **Raffreddamento ad Acqua (attivo):** Gli scambiatori di calore ad acqua utilizzano acqua di mare o dolce per raffreddare il fluido idraulico. Questi sistemi sono generalmente più efficienti del raffreddamento ad aria e possono essere integrati con i sistemi esistenti di gestione dell'acqua dello yacht. Tuttavia, richiedono una manutenzione più rigorosa per evitare la corrosione e l'accumulo di incrostazioni.

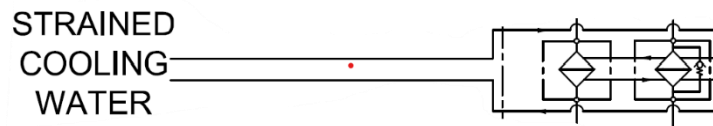


Figura 3.1: esempio di blocco di raffreddamento

- Raffreddamento Combinato: In alcuni casi, si può optare per un sistema di raffreddamento combinato che utilizza sia aria che acqua, sfruttando i vantaggi di entrambi i metodi.

Dal punto di vista ambientale, l'utilizzo di fluidi idraulici rappresenta una preoccupazione primaria. Questi fluidi, spesso derivati dal petrolio, possono avere un impatto negativo sull'ambiente marino in caso di perdite o sversamenti. Anche se gli yacht moderni sono dotati di sistemi progettati per minimizzare le perdite, il rischio non può essere completamente eliminato. Pertanto, l'uso di fluidi idraulici ecocompatibili diventa sempre più una considerazione importante, sebbene il loro impiego possa essere limitato da requisiti tecnici specifici.

Inoltre, la produzione e lo smaltimento dei componenti idraulici hanno implicazioni ambientali. L'estrazione e la lavorazione dei materiali necessari per valvole, pompe e cilindri comportano emissioni di gas serra e altri inquinanti. Allo stesso modo, alla fine della loro vita utile, questi componenti devono essere smaltiti o riciclati, processi che devono essere gestiti in modo responsabile per minimizzare l'impatto ambientale.

In sintesi, mentre i sistemi idraulici separati possono offrire vantaggi in termini di prestazioni e affidabilità, è fondamentale considerare e mitigare il loro impatto energetico e ambientale. L'innovazione in tecnologie più efficienti e sostenibili, unitamente a una gestione attenta e responsabile, può aiutare a ridurre questo impatto negli yacht e in altre applicazioni.

Capitolo 4

CASE STUDY: PROPOSTA DI UNIFICAZIONE DEI SISTEMI OLEODINAMICI

4.1 analisi comparativa: aspetti negativi dei sistemi indipendenti e possibili contromisure

Nonostante i benefici analizzati al capitolo precedente, i sistemi idraulici separati presentano anche svantaggi notevoli. Il costo potrebbe essere uno degli aspetti più rilevanti. La necessità di duplicare componenti come pompe, valvole e serbatoi per ogni sistema potrebbe incrementare notevolmente i costi sia di installazione che di manutenzione. Ogni sistema richiederebbe anche un proprio set di piani di manutenzione, pezzi di ricambio e fluidi idraulici, il che può aumentare i costi operativi nel tempo.

Dal punto di vista della complessità di gestione, più sistemi implicano una maggiore complessità sia nella gestione quotidiana che nel coordinamento delle operazioni. Inoltre, la necessità di spazio aggiuntivo per alloggiare ciascun sistema può rappresentare una sfida significativa, soprattutto su uno yacht dove lo spazio è un bene prezioso.

Un consumo maggiore di risorse è un altro svantaggio non trascurabile. Ogni sistema richiede il proprio approvvigionamento energetico e fluidico, il che può portare a un aumento del consumo di energia e una maggiore quantità di fluido idraulico a bordo, con le relative implicazioni ambientali e di stoccaggio.

Infine, i sistemi idraulici separati possono rendere più complessa la diagnostica dei guasti. Sebbene un problema possa essere confinato in un unico sistema, l'interazione tra sistemi indipendenti può produrre sintomi di guasto inaspettati, rendendo difficile identificare la causa radice senza un'analisi approfondita.

Mentre i sistemi idraulici separati offrono vantaggi come la specializzazione e la ridondanza che possono essere critici per la sicurezza e l'efficienza, i loro svantaggi

richiedono una valutazione approfondita. L'equilibrio tra costi, complessità e consumo di risorse deve essere attentamente ponderato nell'ottica di una progettazione che miri all'ottimizzazione delle prestazioni e alla sostenibilità operativa.

La soluzione proposta avrà come obiettivi principali la diminuzione dell'ingombro e la riduzione del costo totale del sistema, comprensivo della spesa per l'acquisto e per l'installazione (ottenuti mediante l'implementazione di una singola unità di potenza). Questo approccio permetterà una significativa ottimizzazione dello spazio e un'efficienza energetica migliorata. Inoltre, verrà realizzata l'integrazione di tutti i sistemi di gestione pertinenti in un unico Controllore Logico Programmabile (PLC). Tale integrazione assicurerà una maggiore coesione e sinergia tra i vari sistemi, facilitando la supervisione e il controllo operativo. Successivamente, verrà condotta un'analisi dettagliata riguardante i costi associati a entrambi gli scenari. Questa analisi comprenderà un confronto approfondito tra le spese sostenute nell'adozione della soluzione proposta rispetto a quelle derivanti dall'uso di sistemi multipli.

4.2 descrizione e progettazione del sistema unificato

Al fine di rispondere in modo efficace alle esigenze operative e migliorare l'efficienza complessiva, si propone l'integrazione di tutti gli impianti oleodinamici a bordo. L'obiettivo principale consiste nella creazione di una singola unità di potenza centralizzata, gestita mediante un unico sistema PLC. Questa strategia è volta a massimizzare l'ottimizzazione nella distribuzione delle risorse energetiche, assicurando un'erogazione coordinata e più efficiente verso tutte le utenze coinvolte. L'implementazione di tale soluzione agevererà una gestione razionale, contribuendo in modo significativo all'efficacia globale delle operazioni marittime.

La soluzione adottata, pur non essendo una novità nel campo tecnico, richiede tuttavia alcune modifiche sostanziali per adattarla pienamente alle necessità attuali. Queste modifiche sono essenziali per assicurare che il sistema rinnovato soddisfi i requisiti di performance e affidabilità richiesti, tenendo conto delle variegate esigenze degli utenti finali e dell'importanza di un approccio sostenibile e responsabile nella gestione delle risorse energetiche.

Si parte da uno schema che rappresenta la HPU appartenente ad un oggetto presente in un'altra imbarcazione del cantiere.

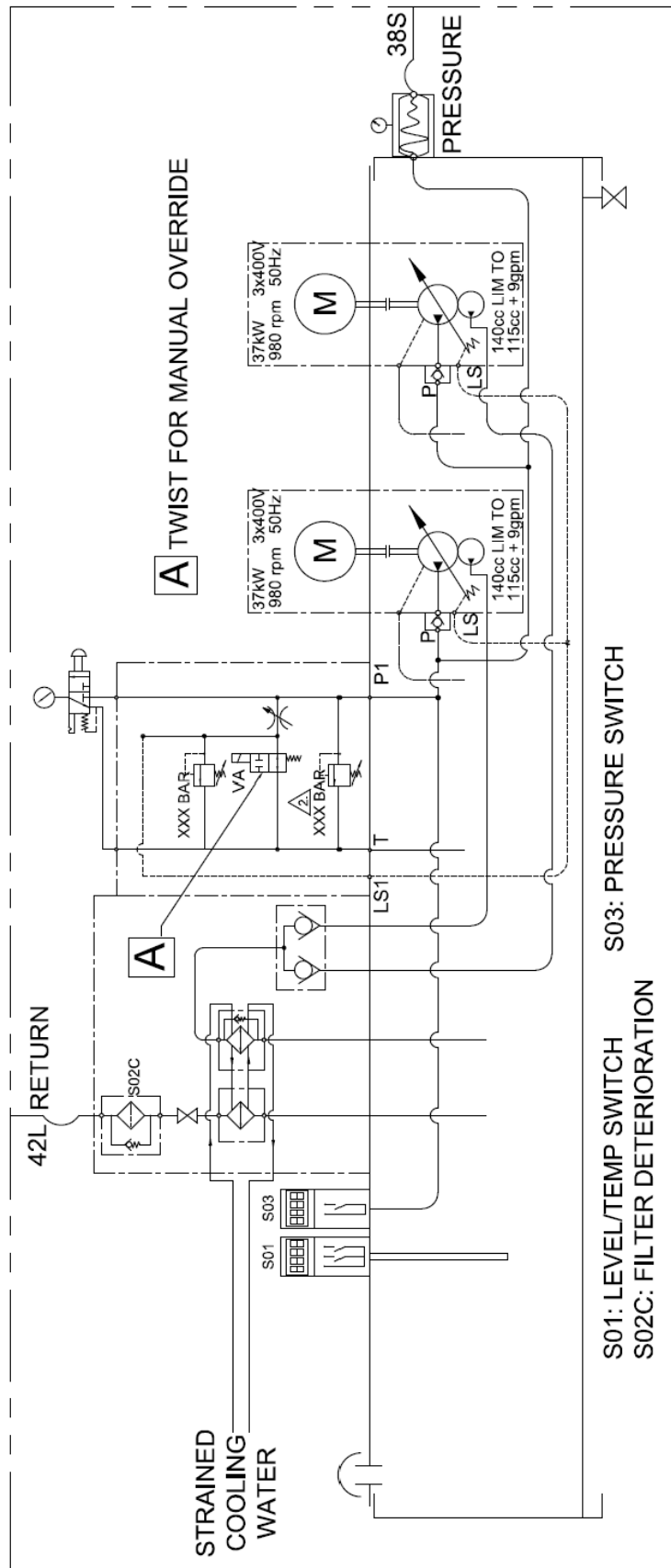


figura 4.1: schema completo dell'HPU di partenza.

Questa particolare unità di potenza è stata precedentemente impiegata per la movimentazione degli stabilizzatori di un'altra imbarcazione. L'unità è caratterizzata da due motori, ciascuno con una potenza di 37 kW e un regime di rotazione di 980 giri al minuto (rpm). Sotto ciascun motore è stata tracciata una linea demarcativa per il serbatoio del fluido idraulico. All'interno di questo serbatoio sono posizionate delle coppie di pompe, una a cilindrata variabile e l'altra a cilindrata fissa. Quella variabile è caratterizzata da una cilindrata di 140cc limitata a 115cc con un valore di portata volumetrica pari a 9 gpm, che corrispondono a circa 34 L/min. Si può banalmente pensare alla limitazione come uno strozzamento che va a ridurre la capacità della pompa stessa, limitandola appunto ad un volume di 115 cm³

Il sistema è stato progettato per operare a una pressione estremamente bassa, il che si traduce in un consumo di potenza quasi trascurabile. Questo aspetto è fondamentale, poiché consente un funzionamento efficiente e sostenibile, riducendo al minimo l'impatto ambientale e ottimizzando l'uso delle risorse energetiche.

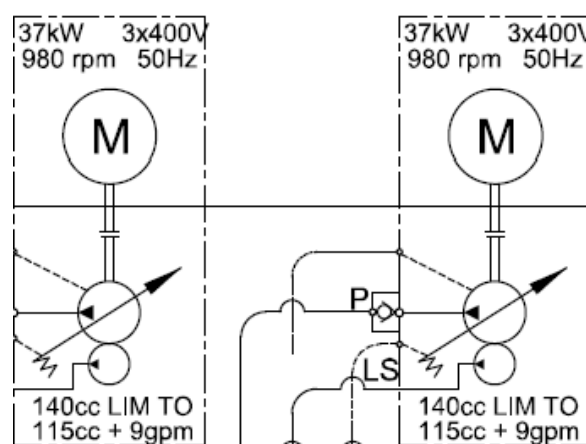


Figura 4.2: blocco del motore e pompe della centralina di partenza

La mandata delle due pompe fisse segue un percorso ben definito: inizialmente, il fluido viene diretto verso una coppia di valvole di non ritorno, che svolgono un ruolo cruciale nel prevenire il flusso inverso. Successivamente, il fluido è indirizzato verso un sistema di raffreddamento. Quest'ultimo utilizza acqua marina filtrata (strained cooling water), prelevata direttamente dal mare, per lo scambio termico. Lo scambiatore di calore

integrato nel sistema svolge la funzione di abbassare la temperatura dell'olio, che viene continuamente prelevato dal serbatoio e immesso in circolazione.

È importante notare la presenza della linea di ritorno, contrassegnata come "42L RETURN". L'olio che rientra nel serbatoio attraverso questa linea tende ad avere temperature elevate, rendendo evidente la necessità di un raffreddamento efficace. Per ottimizzare ulteriormente la gestione termica, è stato implementato uno scambiatore di calore anche sulla linea di ritorno. Questa aggiunta mira a ridurre ancora di più la temperatura dell'olio, garantendo così un funzionamento ottimale del sistema e contribuendo significativamente alla durata e all'efficienza delle componenti idrauliche.

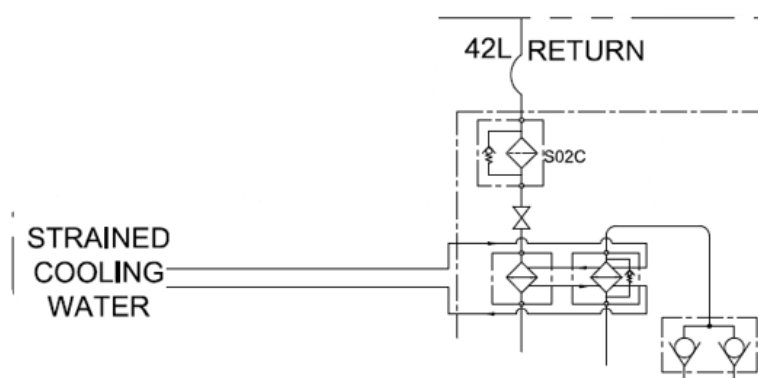


Figura 4.2: blocco del sistema di raffreddamento per le pompe fisse (dx) e per la linea di ritorno (sx).

La soluzione studiata e proposta nella seguente prevede la rimozione, la sostituzione e l'aggiunta di alcuni componenti; le modifiche apportate sono state pensate in un'ottica di miglioramento, come descritta nei passaggi precedenti.

In questa sezione, saranno presentati due schemi esemplificativi con l'intento di fornire una chiara rappresentazione visuale. Il primo illustra la configurazione attualmente adottata su tutte le imbarcazioni, mentre il secondo presenta la proposta futura. L'obiettivo è fornire un immediato confronto schematizzato tra le due implementazioni.

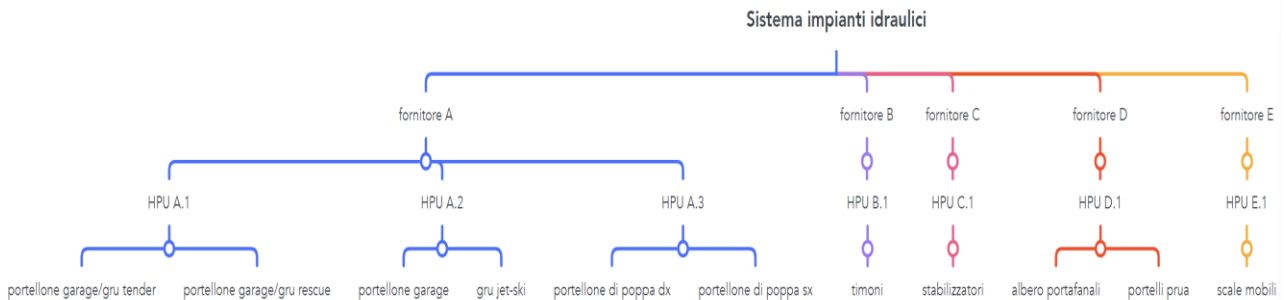


Figura 4.3: schema esemplificativo della configurazione delle utenze con HPU indipendenti.

L'analisi dello schema evidenzia la presenza considerevole di fornitori di impianti idraulici, che per semplicità e senza fare distinzioni si indicheranno in ordine alfabetico (fornitore A, fornitore B...). Inoltre, ancora più marcato, è il numero di Hydraulic Power Unit (HPU A.1, HPU A.2...) necessarie per la movimentazione di tutte le componenti presenti nello yacht (ultimo livello). Una razionalizzazione, sia nella selezione dei fornitori che nella riduzione delle centraline, risulterebbe vantaggiosa. Questo non solo contribuirebbe a mitigare le problematiche derivanti dal primo sistema (come la nascita di guasti inaspettati dovuti dall'interazione da sistemi indipendenti, la gestione quotidiana e delle operazioni, numerose operazioni di manutenzione, ispezione e risoluzione dei problemi o una richiesta di spazio superiore), ma comporterebbe anche una significativa riduzione dei costi d'acquisto e di manutenzione.

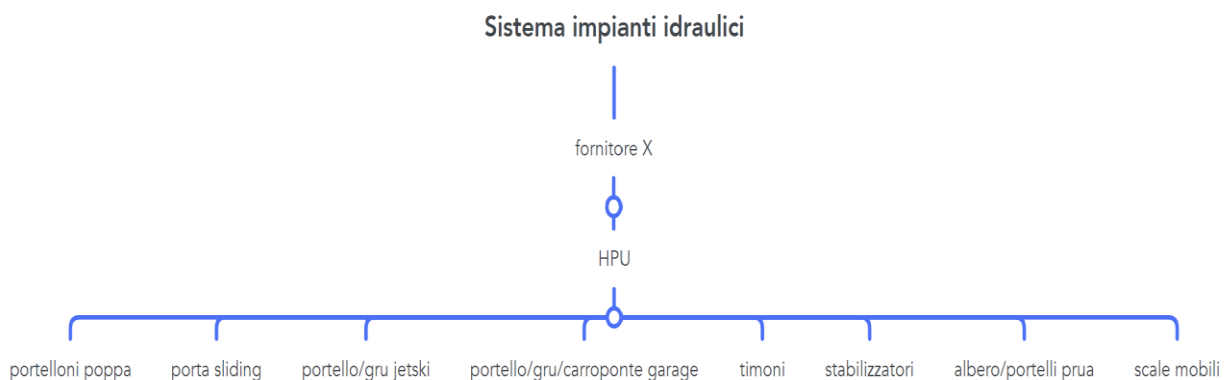


Figura 4.4: schema esemplificativo della configurazione delle utenze con sistema centralizzato.

Subito si nota come l'impatto visivo/schematico è notevolmente migliorato; si può osservare come un'unica centralina "X" fornita da una singola azienda sarà adibita al controllo e alla gestione di tutti i componenti tramite opportune connessioni, rendendo la totalità dello schema di facile comprensione, lettura ed organizzazione. L'utilizzo di un unico PLC offre inoltre un coordinamento più armonioso tra le utenze chiamate a funzionare, semplifica il cablaggio aiutando anche a migliorare l'installazione e la manutenzione ed aumenta la flessibilità e l'adattabilità a diverse esigenze.

Prossimamente, verranno illustrati gli accomodamenti implementati, presentando il proprio compito all'interno del sistema. Le modifiche sull'impianto sono state effettuate con il software *Rhinoceros*.

Inizialmente, si è deciso di procedere con la disinstallazione del sistema di raffreddamento nella linea di ritorno. Tale decisione è stata motivata principalmente dalla considerazione che il contributo apportato dallo scambiatore di calore in questione risulta essere inferiore a fronte dell'elevato costo complessivo dell'apparato, il quale include sia l'acquisto iniziale che i costi associati alla manutenzione. Questa modifica è stata valutata alla luce del bilancio economico complessivo e delle prestazioni fornite dal sistema di raffreddamento.

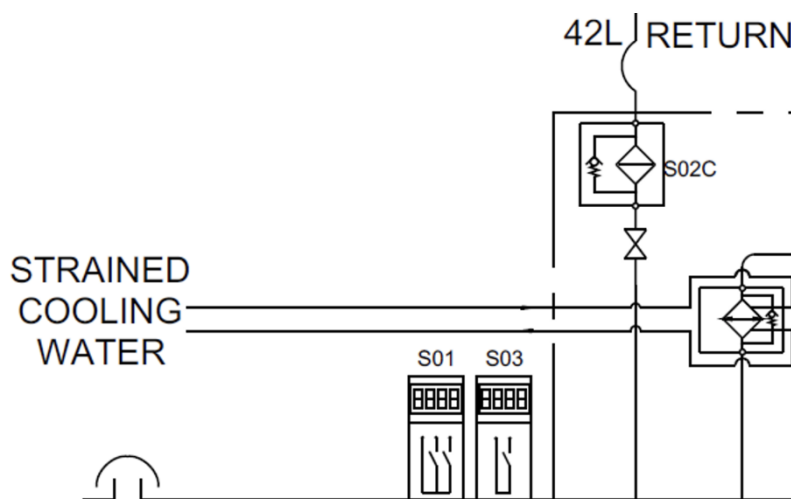


Figura 4.5: rimozione del sistema di raffreddamento sulla linea di ritorno.

In concomitanza con l'eliminazione del raffreddamento sul ritorno, si è proceduto ad un significativo miglioramento del sistema mediante la sostituzione della pompa utilizzata per il prelievo dell'acqua marina. Attraverso un'attenta esaminazione del catalogo fornito dall'azienda GIANNESCHI, è stato inizialmente individuato il modello di pompa in uso. Successivamente, è stata effettuata una ponderata scelta, optando per una tipologia caratterizzata da specifiche più adeguate al contesto del sistema centralizzato. Nei successivi paragrafi, si dettaglieranno le motivazioni dietro a questa decisione, evidenziando la necessità di ottimizzare l'efficienza del sistema in questione.

EL/POMPA EL/PUMP	POTENZA INST. INST. POWER	MOTORI DISPONIBILI AVAILABLE MOTORS	GIRI/1' RPM	PORTATA l/min							DELIVERY l/min						
				40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	180	210
				PORTATA m³/h							DELIVERY m³/h						
				2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	10.8	12.6
				PREVALENZA TOTALE m H ₂ O							TOTAL MANOMETRIC HEAD m H ₂ O						
	kW			H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW
ACB 331/B	1.5	1~ 3~	1450	36 1,4	33 1,4	30 1,3	27 1,3	23 1,2	19 1,2	16 1,1	12 1,1	9 1,0	6 1,0	3 0,9			
ACB 332/B	2.2	1~ 3~	1450		55 2,1	49 2,0	44 1,9	39 1,8	33 1,7	27 1,6	22 1,6	16 1,5	11 1,5	5 1,5			
ACB 431/B	2.2	1~ 3~	1450							35 2,2	32 2,0	29 1,8	27 1,8	24 1,7	22 1,7	14 1,6	6 1,6
ACB 431/C	3.0	1~ 3~	1450		46 2,9	44 2,8	42 2,7	40 2,5	37 2,3	35 2,2	32 2,0	29 1,8	27 1,8	24 1,7	22 1,7	14 1,6	6 1,6
ACB 432	4	3~	1450					70 4	68 3,9	63 3,8	58 3,7	54 3,6	49 3,4	44 3,3	40 3,0	25 2,8	10 2,6

Tabella 4.1: catalogo delle pompe fornito dall'azienda GIANNESCHI.

Dirigendosi al nucleo essenziale del sistema, si procede con la modifica del parametro associato alla portata volumetrica: si opta per un settaggio della portata di entrambe le pompe a cilindrata fissa, portandole ad un valore pari a 12 Litri/minuto. Il dato è stato scelto andando prima a trovare l'utenza più gravosa e poi attraverso alcune considerazioni si è potuto verificare la correttezza della portata scelta. Tra i componenti presenti nel sistema unificato, quello con una maggiore richiesta di portata è l'albero telescopico. I file dei fornitori indicano la necessità di una pompa che eroghi 21 Litri/minuto di olio idraulico. Essendoci nel sistema della HPU la presenza di due pompe, la combinazione delle due portate fa sì che si riesca a soddisfare la richiesta della portata dell'albero. Tramite l'utilizzo di valvole di regolazione presenti negli schemi dei componenti è possibile controllare il flusso attraverso la pompa, mantenendo costante la cilindrata ma consentendo comunque una regolazione della portata.

L'ultima implementazione, la quale si configura sia come la più agevole da rappresentare schematicamente, che come la più preminente a livello sistemico, consiste nella suddivisione delle linee di distribuzione del fluido idraulico per collegarle a tutte le utenze precedentemente determinate per unificazione. Tale intervento riveste un ruolo cruciale nell'ottimizzazione del sistema, tanto dal punto di vista grafico quanto da quello globale. L'analisi della rete idraulica evidenzia la sua importanza chiave nella razionalizzazione delle risorse e nell'omogeneizzazione del flusso di fluido verso le diverse destinazioni. Tale unificazione, oltre a semplificare la rappresentazione schematica, concretizza un approccio integrato che promuove l'efficienza complessiva del sistema.

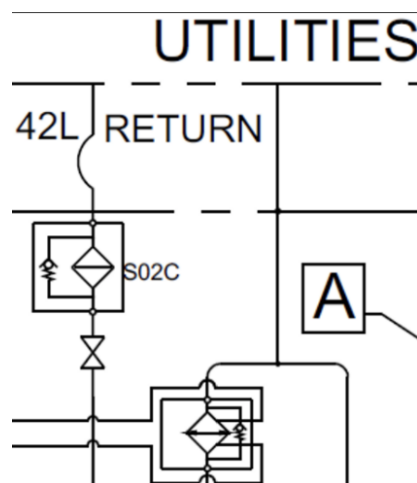


Figura 4.6: aggiunta della linea di mandata che porta alle utenze.

Dopo aver accuratamente documentato le modifiche al sistema primario, nella figura in oggetto si osserva la nuova struttura che si configura come la HPU centralizzata del sistema unificato.

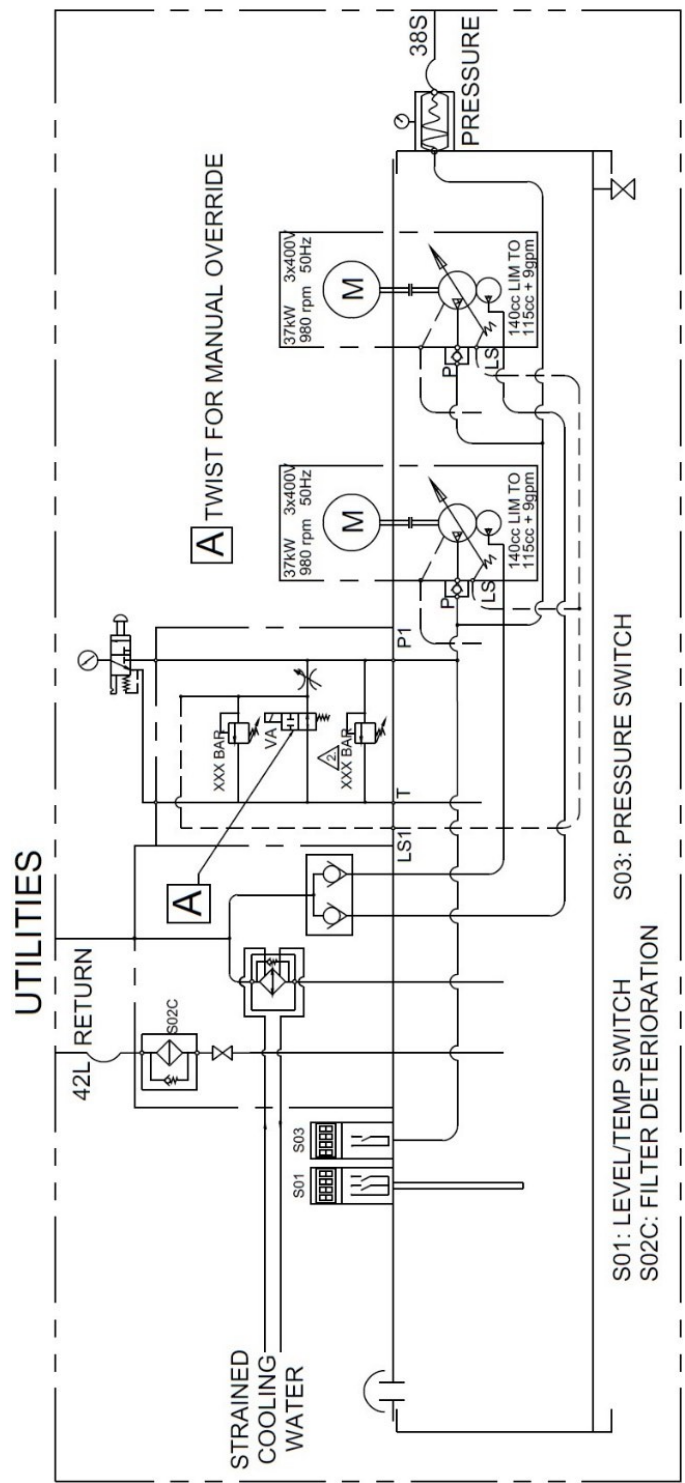


Figura 4.7: schema completo della centralina idraulica modificato secondo le caratteristiche richieste dall'impianto.

Nei successivi paragrafi, si approfondiranno i dettagli relativi alla sostituzione della pompa nel sistema di raffreddamento. In aggiunta, sarà accuratamente delineata un'analisi comparativa tra i costi associati ai due scenari in esame.

4.3 Sistemi di raffreddamento e di controllo

Inizialmente, il sistema prevedeva due unità di potenza responsabili della gestione degli stabilizzatori, uno per quelli posizionati a prua e l'altro per quelli nel lato a poppa, come illustrato in figura 4.8, rendendo inevitabile la duplicazione di tutte le componenti necessarie al corretto funzionamento, inclusa la struttura di raffreddamento con le relative Hydraulic Power Unit (HPU). Tale ristrutturazione ha contribuito a semplificare il sistema, riducendo le parti duplicate e ottimizzando l'efficienza complessiva.

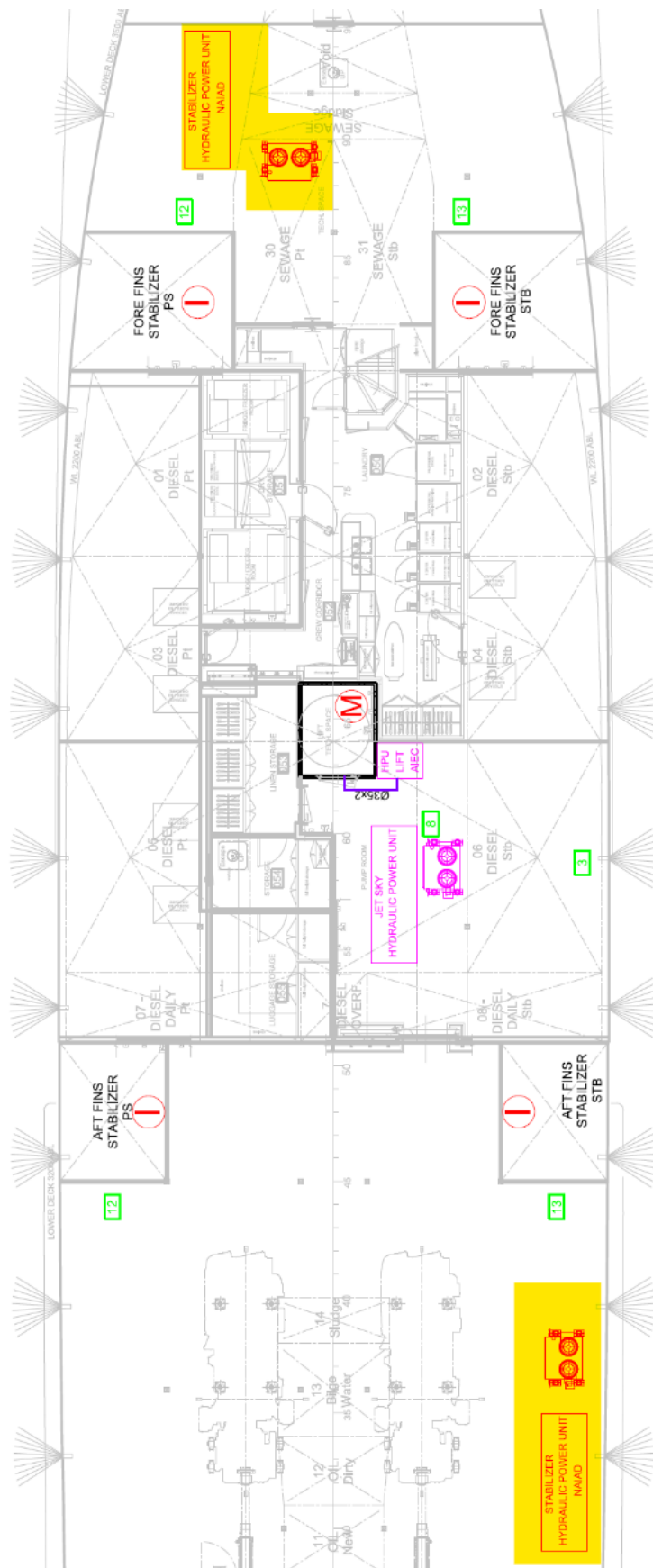


figura 4.8: illustrazione della doppia centralina utilizzata per il movimento degli stabilizzatori.

Come precedentemente accennato, è stata implementata la sostituzione della pompa dedicata al prelievo dell'acqua marina, destinata al raffreddamento dell'olio presente nel serbatoio.

È stata selezionata una tipologia di pompa che riesce a sostituire completamente l'efficienza prodotta dalle due presenti in precedenza e che riesca a soddisfare i requisiti di raffreddamento d'olio richiesti dal sistema unificato.

Verranno contestualizzate alcune caratteristiche delle pompe autoadescanti che si tratteranno in seguito:

APPLICAZIONI:

Esaurimento sentina, antincendio, lavaggio catene, travaso gasolio, alimentazione impianti, movimentazione liquidi ad alto contenuto d'aria, ecc.

COSTRUZIONE:

Corpo pompa: BRONZO
Girante: BRONZO
Albero: ACCIAIO INOX AISI 316
Tenuta meccanica: DI ALTA QUALITÀ' IN CERAMICA,
..... GRAFITE INOX

MOTORI:

Isolamento: Classe "F"
Protezioni: "IP 55"
Tensioni: 230V 1~ 50Hz
..... $\Delta 220\div 240/Y 380\div 415V$, $\Delta 380\div 415V$ 3~ 50Hz

figura 4.9: caratteristiche generali delle pompe utilizzate per l'impianto di raffreddamento.

In particolar modo, queste proposte dell'azienda Gianneschi presentano il corpo pompa e girante in bronzo vista l'elevata resistenza alla corrosione che presenta la lega, quindi più che adatta a lavorare in ambiente marino. Altre caratteristiche come la durabilità e una buona conducibilità termica aiutano a rafforzare la scelta caduta su questo materiale. Si può fare un discorso analogo anche per gli altri materiali di alta qualità, utilizzati per le loro proprietà compatibili al caso in esame e che aiuteranno a rendere il prodotto selezionato di buona fattura.

Per il motore, si può notare come viene isolato con uno degli isolamenti più efficaci, quello di classe “F”, che si traduce in una resistenza fino a 155°C senza subire deterioramento significativo.

La classificazione di protezione IP55 è uno standard internazionale che definisce il livello di protezione fornito da un involucro contro la penetrazione di particelle solide e liquidi. La classificazione IP è composta da due numeri: il primo numero (protezione contro particelle solide) rappresenta la protezione contro la penetrazione di oggetti solidi come polvere e detriti; il secondo numero indica il grado di protezione contro l'ingresso di liquidi come l'acqua. In sostanza, un dispositivo con classificazione di protezione IP55 è abbastanza robusto per essere utilizzato in ambienti esterni, in quanto offre una buona protezione contro la polvere e può resistere ai getti d'acqua provenienti da diverse direzioni. Tuttavia, non è completamente ermetico contro l'immersione in acqua. La classificazione IP55 è comunemente applicata a dispositivi destinati all'uso in ambienti che possono essere soggetti a condizioni atmosferiche avverse.

Attraverso un controllo delle annotazioni nei documenti messi a disposizione dai fornitori di impianti, è stato identificato il componente più idoneo al sistema iniziale. Merita attenzione il fatto che il fornitore specifica un flusso d'acqua marina filtrata erogato dall'installazione di almeno 80 L/min. Tale evidenza sottolinea la rilevanza di acquisire dettagli precisi dalle documentazioni fornite, al fine di garantire la scelta di componenti in accordo con le specifiche e le prestazioni richieste per il sistema.

8.
STRAINED
COOLING WATER
(1-1/4 BSPP)

8. THE INSTALLER MUST PROVIDE A MINIMUM OF TWENTY-ONE (21) GPM [80 LPM] STRAINED COOLING WATER FLOW REQUIRED FOR THE SYSTEM HEAT EXCHANGER (POWER PACK-MOUNTED), COOLING WATER INLET TEMP: 40°F-90°F [4.5°C - 32° C]. COOLING WATER MUST BE STRAINED TO A MAXIMUM PARTICAL SIZE OF 1.5MM². THE COOLER IS EQUIPPED WITH SACRIFICIAL ZINC ANODES. ANODES MUST BE CHECKED EVERY TWO WEEKS AND CHANGED WHEN MORE THAN 50% CONSUMED. IF COOLING WATER IS NOT CIRCULATING FOR AN EXTENDED PERIOD OF TIME THE COOLER SHOULD BE DRAINED TO PREVENT GROWTH AND CORROSION. POWER PACK MUST BE CONNECTED TO SHIP'S BONDING SYSTEM.

Figura 4.10: specifica secondo la quale la pompa per il sistema di raffreddamento deve provvedere una portata di 80 L/min.

Con la consapevolezza di tale informazione, si procede con la consultazione del catalogo delle pompe. Navigando nella sezione dedicata alle pompe operative a una frequenza di erogazione della corrente di 50 Hz, è stato possibile identificare il modello appropriato in accordo con i requisiti del sistema.

Sentina - Incendio - Gasolio - Acqua di Mare
 Bilge - Fire-Fighting - Diesel Oil - Sea Water

GIANNESCHI®
 pumps and blowers

PRESTAZIONI (50Hz):				PERFORMANCE (50Hz):													
EL/POMPA EL/PUMP	POTENZA INST. INST. POWER	MOTORI DISPONIBILI AVAILABLE MOTORS	GIRI/1' RPM	PORTATA l/min							DELIVERY l/min						
				40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	180	210
				PORTATA m³/h							DELIVERY m³/h						
				2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	10.8	12.6
				PREVALENZA TOTALE m H ₂ O							TOTAL MANOMETRIC HEAD m H ₂ O						
kW				H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW	H kW
ACB 331/B	1.5	1~ 3~	1450	36 1,4	33 1,4	30 1,3	27 1,3	23 1,2	19 1,2	16 1,1	12 1,1	9 1,0	6 1,0	3 0,9			
ACB 332/B	2.2	1~ 3~	1450		55 2,1	49 2,0	44 1,9	39 1,8	33 1,7	27 1,6	22 1,6	16 1,5	11 1,5	5 1,5			
ACB 431/B	2.2	1~ 3~	1450							35 2,2	32 2,0	29 1,8	27 1,8	24 1,7	22 1,7	14 1,6	6 1,6
ACB 431/C	3.0	1~ 3~	1450		46 2,9	44 2,8	42 2,7	40 2,5	37 2,3	35 2,2	32 2,0	29 1,8	27 1,8	24 1,7	22 1,7	14 1,6	6 1,6
ACB 432	4	3~	1450					70 4	68 3,9	63 3,8	58 3,7	54 3,6	49 3,4	44 3,3	40 3,0	25 2,8	10 2,6

Tabella 4.2: catalogo delle pompe fornito dall'azienda GIANNESCHI.

La pompa inizialmente selezionata è stata individuata come quella ricavabile dall'intersezione delle linee gialle, e quindi individuata dalla sigla ACB 331/B con portata pari a 80 L/min ed una prevalenza pari a 23 metri. La prevalenza è un dato di estrema importanza in quanto indica la capacità della pompa di sollevare un determinato volume di fluido, espresso in metri di colonna d'acqua, ad un livello superiore dal punto in cui è posizionata la pompa stessa; è l'energia che la pompa fornisce al liquido spostato.

Dopo varie considerazioni sulle proposte del catalogo a disposizione, è stato valutato che la soluzione da adottare per il sistema centralizzato è quella che prevede l'utilizzo della pompa con sigla ACB 332/B, ad una portata di 100 L/min e con una prevalenza maggiore rispetto a quella precedente, pari a 27 metri (contrassegnata dall'evidenziatore verde). Grazie al valore più alto di prevalenza, è possibile scegliere la pompa precedentemente descritta evitando così di prenderne una con prestazioni maggiori, come la logica avrebbe portato a fare.

Iterando sulle precedenti formule ed inserendo i dati presenti nei cataloghi Gianneschi, è stato possibile trovare la condizione più adatta per il sistema centralizzato, che risulta come precedentemente visto essere la pompa ACB 332/B con portata di 100 L/min e con prevalenza di 27 metri

La scelta di aumentare la portata volumetrica è facilmente deducibile dal fatto che in questa configurazione si vanno a perdere le prestazioni fornite dall'elemento rimosso. Si compensa quindi la perdita di portata andando a scegliere una pompa con performance superiori.

In aggiunta, la rimozione del componente si tramuta immediatamente in una riduzione dello spazio totale necessario, nonostante le dimensioni leggermente più grandi del nuovo oggetto selezionato.

Verrà mostrato un confronto con il compito di mostrare le differenze dimensionali e di peso per le due tipologie di pompe trattate nei passi precedenti.

DIMENSIONI E PESI:				DIMENSIONS AND WEIGHTS:								
EL/POMPA - EL/PUMP	f	h	h'	i	a	b	m	n	c	DNa	DNm	Kg
ACB 331/ B	465	225*	200	175	30	110	125	140	250	1"1/4	1"1/4	30
ACB 332/ B	530	240*	213	193	30	145	140	160	300	1"1/4	1"1/4	38

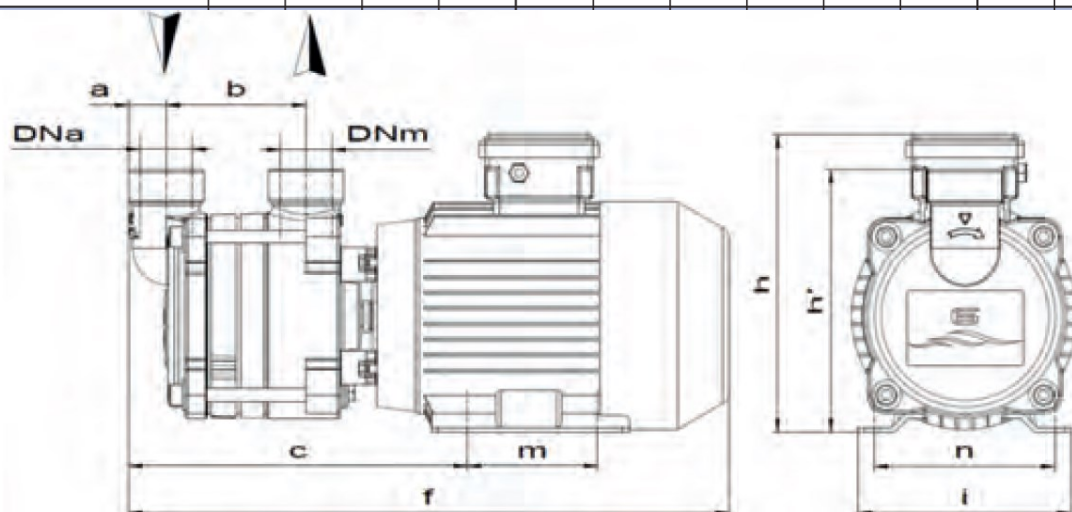


Figura 4.11: dimensioni caratteristiche della pompa usata per il raffreddamento.

4.4 Confronto costi-benefici tra il sistema attuale e quello proposto

L'aspetto cruciale in questo scenario è il costo complessivo associato all'implementazione della soluzione scelta. Introdurre un sistema più dispendioso per sostituire componenti già operative risulta poco sensato, a meno che non emergano esigenze specifiche che giustificano tale investimento. Pertanto, è stato condotto un dettagliato confronto dei costi tra il primo caso, caratterizzato da impianti indipendenti, e il secondo, basato sull'impianto centralizzato. Questa analisi comprende una valutazione completa di tutte le voci di spesa coinvolte, dalle fasi iniziali di implementazione fino alla gestione operativa a lungo termine.

Inizialmente, si procederà all'esame degli impianti attualmente installati sull'imbarcazione C139, delineati nello schema del layout generale tramite identificazione mediante lettere rosse. In questa circostanza, ciascun dispositivo è associato a una centralina dedicata, evidenziata in violetto. È opportuno notare che, in alcuni casi, una singola centralina sovrintende al controllo di più dispositivi, quando questi derivano dal medesimo fornitore.

La disposizione delle centraline è suddivisa su tre dei piani presenti nello yacht: main deck, lower deck e sub deck. Per completezza, si descriverà in breve la composizione dei piani appena elencati;

Il piano principale della nave ospita le principali stanze e attrazioni destinate ai passeggeri, quali il salone principale, la sala da pranzo, le cabine e la piscina situata nella zona esterna a poppa. In questa sezione, sono altresì allocati i garage e l'attrezzatura essenziale necessaria per il tender e la barca di salvataggio.

Il piano inferiore, noto come lower deck, presenta ulteriori spazi dedicati al relax dei passeggeri nella parte di poppa, mentre la sezione centrale e di prua è destinata rispettivamente alla sala macchine e alle cabine del personale. In aggiunta, questo livello ospita un garage destinato ai jet ski.

L'ultimo piano, denominato "sub" in virtù della sua collocazione al di sotto del livello dell'acqua, è destinato ai serbatoi che contengono i liquidi essenziali per il funzionamento della nave. In questa sezione trovano spazio anche la sala dei timoni, gli stabilizzatori e diversi magazzini.



figura 4.12: layout generale del primo caso della disposizione delle centraline sui tre piani

Nella tabella seguente è possibile visualizzare tutti gli elementi che necessitano dell'impianto oleodinamico indipendente. Come si è detto prima, in alcuni casi si potranno trovare accoppiati più apparecchi su un'unica centralina.

TABELLA MACCHINE	
ITEM	DESCRIZIONE
A	Hull shell door portside
B	Hull shell door starboard side
C	Gangway
D	Swimming ladder
E	Accommodation ladder
F	Door and crane jet ski area
G	Steering system
I	Stabilizer system (x 2)
L	Shell platform mooring system
P	Telescopic light mast
N	Rescue shell door and crane
O	Tender shell door and crane

Tabella 4.3: elementi presenti nello yacht da collegare alle centraline idrauliche.

Dopo aver reso visibili le posizioni degli oggetti attraverso l'immagine del layout e grazie alla tabella fornita, si identificheranno gli elementi collegati a un unico sistema di gestione (HPU) per migliorare la comprensione del layout. Gruppi di item come A-B, N-O, C-D-E ed L-P sono associati a centraline dedicate, mentre gli altri oggetti, esclusi dalla trattazione precedente, sono ciascuno collegati a un impianto specifico.

Mediante l'utilizzo di un foglio elettronico, è stato elaborato un dettagliato confronto a livello quantitativo ed economico tra la configurazione attuale e quella proposta. Successivamente, si dedicherà alle due soluzioni un'analisi approfondita, al fine di acquisire una comprensione più completa delle divergenze e dei benefici intrinseci all'opzione proposta.

Questo processo consente una valutazione ponderata, fornendo basi solide per una decisione informata e strategica nella selezione del sistema più idoneo.

Nel corso della valutazione, sia nell'implementazione di centraline indipendenti che nella soluzione centralizzata, si è proceduto attribuendo diverse valutazioni ai costi associati alle varie voci riportate nella tabella 4.3. L'analisi completa di queste considerazioni inizierà con una disamina approfondita del primo scenario preso in considerazione, al fine di offrire una panoramica esaustiva delle decisioni adottate e dei relativi impatti.

stessa HPU	HULL SHELL DOOR PORTSIDE		
	Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	materiale [kg]	20,279376	20700
	tempo manodopera [h]	690	
	len. Tubo [m]	23	
	qt. Olio tubi [litri]	1334	
	HULL SHELL DOOR STARBOARD SIDE		
	Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	materiale [kg]	9,698832	9900
	tempo manodopera [h]	330	
len. Tubo [m]	11		
qt. Olio tubi [litri]	638		
HULL SHELL DOOR AND CRANE JET SKI AREA			
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]	
materiale [kg]	12,343968	12600	
tempo manodopera [h]	420		
len. Tubo [m]	14		
qt. Olio tubi [litri]	812		
stessa HPU	RESCUE SHELL DOOR AND CRANE		
	Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	materiale [kg]	2,645136	2700
	tempo manodopera [h]	90	
	len. Tubo [m]	3	
	qt. Olio tubi [litri]	174	
	TENDER SHELL DOOR AND CRANE		
	Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	materiale [kg]	1,763424	1800
	tempo manodopera [h]	60	
len. Tubo [m]	2		
qt. Olio tubi [litri]	116		

Tabella 4.4: voci di costo relative al materiale necessario e all'installazione del sistema di tubazioni riguardante tutti gli elementi presenti in tabella 4.3 (primo caso).

		GANGWAY		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	13,666536	13950
		tempo manodopera [h]	465	
		len. Tubo [m]	15,5	
		qt. Olio tubi [litri]	899	
		SWIMMING LADDER		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	stessa HPU	materiale [kg]	8,81712	9000
		tempo manodopera [h]	300	
		len. Tubo [m]	10	
		qt. Olio tubi [litri]	580	
		ACCOMODATION LADDER		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	30,419064	31050
		tempo manodopera [h]	1035	
		len. Tubo [m]	34,5	
		qt. Olio tubi [litri]	2001	
		STABILIZER SYSTEM AFT		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	22,924512	23400
		tempo manodopera [h]	780	
		len. Tubo [m]	26	
		qt. Olio tubi [litri]	1508	
		STABILIZER SYSTEM FORE		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	7,935408	8100
		tempo manodopera [h]	270	
		len. Tubo [m]	9	
		qt. Olio tubi [litri]	522	
		STEERING SYSTEM		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	0,881712	900
		tempo manodopera [h]	30	
		len. Tubo [m]	1	
		qt. Olio tubi [litri]	58	
		SHELL PLATFORM MOORING SYSTEM		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
	stessa HPU	materiale [kg]	7,494552	7650
		tempo manodopera [h]	255	
		len. Tubo [m]	8,5	
		qt. Olio tubi [litri]	493	
		TELESCOPIC LIGHT MAST		
		Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
		materiale [kg]	3,967704	4050
		tempo manodopera [h]	135	
		len. Tubo [m]	4,5	
		qt. Olio tubi [litri]	261	

Tabella 4.4: voci di costo relative al materiale necessario e all'installazione del sistema di tubazioni riguardante tutti gli elementi presenti in tabella 4.3 (primo caso).

Il primo dato introdotto nella tabella riguarda la voce "len. Tubo [m]". Per ciascuna lunghezza di tratto derivante dal general layout, mediante le scale di misura delineate nel disegno, sono state individuate due distinte tipologie di dati: la lunghezza dei tubi rigidi (definita come la distanza tra la centralina e il collettore) e la lunghezza dei tubi flessibili (rappresentante la distanza tra il collettore e l'oggetto specifico, designato nei diagrammi delle figure 2.14, 2.15, 2.16, 2.17, 2.18 e 2.19; il tratto viene inizializzato attraverso un simbolo dedicato (III)). Essendo la parte dei tubi flessibili di uguale lunghezza in entrambe le soluzioni, si è optato per rimuoverli dalla trattazione. Non si può dire la stessa cosa per la lunghezza dei tubi rigidi dove nei due casi i valori sono totalmente differenti.

Il secondo parametro introdotto nella tabella è rappresentato dal peso in chilogrammi del materiale che è ottenuto attraverso una serie di passaggi analitici, i quali verranno illustrati nelle seguenti righe. Prima di esporre tali procedimenti, è opportuno notare che per ogni connessione tra la centralina e il collettore, si richiede l'impiego di un tubo di mandata P (pump) e di uno di ritorno T (tank). In queste circostanze, la prassi non scritta suggerisce l'adozione di un tubo 16x2 millimetri per la mandata e uno di 18x2 millimetri per il ritorno; il primo valore indica il diametro interno, mentre il secondo rappresenta lo spessore del tubo.

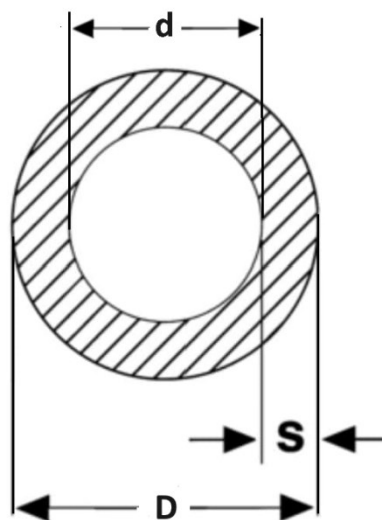


Figura 4.13: sezione della tubazione con riferimento (parte campita) all'area necessaria per il calcolo del volume.

Si parte calcolando le aree delle parti di materiale che costituiscono i tubi considerando "d" come il diametro interno ovvero il primo valore del codice (16 o 18) e "D" come il diametro esterno ($d + s$). Si sommano i risultati ottenuti per considerare fin da subito l'impatto di entrambi i tubi. Si procede con la determinazione del volume di materiale richiesto tramite le formule 4.2 e 4.3, per poi moltiplicare questo valore per la densità dell'acciaio ($7,8 \frac{kg}{dm^3}$) al fine di ottenere il peso complessivo del materiale necessario per le condotte.

$$Area\ mat.\ tubo = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad (4.1)$$

$$V = len.Tubo \cdot [Area\ mat.\ tubi(16) + Area\ mat.\ tubi (18)] \quad (4.2)$$

La formula 4.2 verrà utilizzata per tutti i componenti presenti nel sistema, mentre si può stabilire tramite la formula 4.1 l'area della sezione della somma dei due tubi che verrà utilizzata in modo costante in tutti i casi.

Successivamente a un'analisi condotta in collaborazione con il reparto di produzione del cantiere, è stato fissato un valore di 30 ore di lavoro per ogni metro di tubazione da installare, (quindi 300 ore per una lunghezza di 10 metri). Un ulteriore parametro considerato è rappresentato dal costo della manodopera, una variabile di complessa valutazione a causa dei numerosi aspetti da ponderare. Tuttavia, si è pervenuti alla conclusione che un valore di 30 €/h risulta più che ragionevole, tenendo conto dei costi associati all'acquisto del materiale e, di conseguenza, alle specifiche lunghezze dei tubi. Questa valutazione contribuisce a garantire un'equa e accurata attribuzione dei costi di manodopera nel contesto delle operazioni di fissaggio delle tubazioni.

L'ultimo parametro da esaminare nella tabella 4.4 è associato alla voce "qt. Olio tubi [litri]", che identifica la quantità massima di olio che scorre lungo le tubazioni rigide. In questo contesto, si fa riferimento in parte alla formula precedentemente utilizzata per il calcolo della sezione utile delle tubazioni, focalizzandosi esclusivamente sull'area corrispondente al diametro minore (d) per entrambi i tubi, come deducibile dalla formula 4.3. Anche in questo caso si sommeranno i valori delle due aree in maniera da valutare l'impatto di entrambi i tubi.

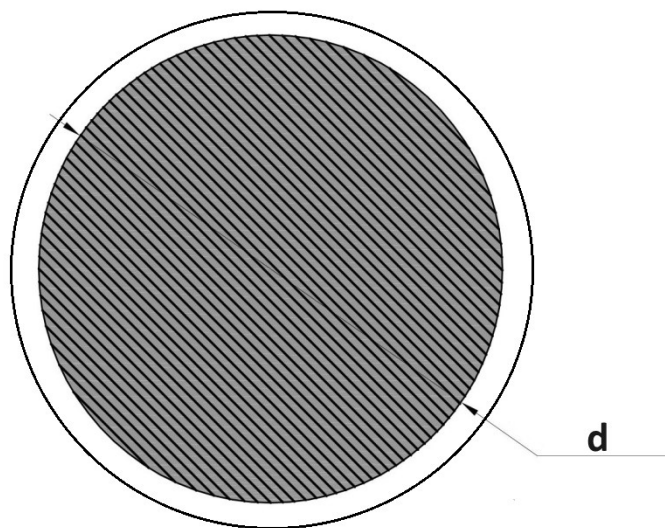


Figura 4.14: sezione della tubazione con riferimento (parte campita) all'area necessaria per il calcolo del volume.

Attraverso passaggi analitici spiegati dalle formule 4.4 e 4.5, è possibile in primo luogo derivare il volume in litri di olio necessario, il quale, moltiplicato per la densità dell'olio e per il costo unitario associato ($C_u 7,8 \frac{\text{€}}{\text{kg}}$), fornisce il prezzo complessivo del liquido idraulico che impatterà sul costo totale.

Nel contesto analizzato, sono state identificate due tipologie di oli idraulici provenienti dall'azienda Shell, appartenenti alla famiglia Tellus S2 VX, caratterizzate da una protezione superiore, versatilità e durata prolungata. Tali oli, oltre a differire per il grado di viscosità, presentano variazioni nel valore di densità (d_i); in particolare, quello con un VI pari a 32 manifesta una densità leggermente inferiore, come evidenziato nella tabella 4.5.

$$\text{Area sez. tubo} = \pi \frac{d^2}{4} \quad (4.3)$$

$$V = \text{len. tubo} \cdot [\text{Area sez. tubo}(16) + \text{Area sez. tubo}(18)] \quad (4.4)$$

$$Prezzo = V \cdot d_i \cdot C_u \quad (4.5)$$

In sintesi, i due valori espressi in euro nella colonna "valore Tipologia [€]" rappresentano i costi associati alla costruzione e al funzionamento del sistema di tubazioni rigide che collega la HPU al collettore. Questa analisi consente una valutazione dettagliata degli aspetti finanziari legati alla realizzazione e all'operatività del sistema tubolare in questione.

Al costo precedentemente calcolato, occorre aggiungere quelli correlati alla centralina, composta tipicamente da motore, pompe idrauliche, sistema di raffreddamento, serbatoio dell'olio e le valvole necessarie per garantirne il corretto funzionamento. Allo stesso modo, vanno considerati i costi relativi all'olio stoccato nel serbatoio. Come precedentemente illustrato, in alcune circostanze, le centraline coordinano più oggetti, risultando quindi in un numero inferiore rispetto al totale degli elementi considerati.

CENTRALINA IMPIANTO	COSTO [€]	QT. OLIO CENTRALINA [L]	TIPOLOGIA OLIO	DENSITA' OLIO [kg/L]	PREZZO OLIO CENTRALINA [€]
stabilizer fore	18000	250	Shell Tellus S2 VX 32	0,854	1665,3
stabilizer aft	18000	250	Shell Tellus S2 VX 32	0,854	1665,3
hull shell doors	12000	100	Shell Tellus S2 VX 46	0,856	667,68
jet ski area	9000	100	Shell Tellus S2 VX 46	0,856	667,68
rescue/tender area	17500	220	Shell Tellus S2 VX 46	0,856	1468,896
gangway, accomodation e swimming ladder area	7500	100	Shell Tellus S2 VX 46	0,856	667,68
shell platform e light mast	11000	75	Shell Tellus S2 VX 46	0,856	500,76
steering system	24000	310	Shell Tellus S2 VX 32	0,854	2064,972

Tabella 4.5: caratteristiche e voci di costo relativi alle centraline idraulica ed agli oli utilizzati.

Dagli archivi, sono stati estratti i costi sostenuti per le varie unità di potenza e successivamente inseriti nella tabella 4.5. Per ogni voce presente nella colonna "centralina impianto", sono state recuperate, dai documenti forniti dai fornitori, le informazioni relative alla quantità di olio che ogni specifica centralina può contenere. Questo approccio sistematico mira a fornire una panoramica completa dei costi delle diverse unità di potenza coinvolte nel progetto.

Analogamente alla valutazione del costo dell'olio nelle tubazioni, si procede moltiplicando la capacità in litri della centralina prima per la densità dell'olio, poi per il costo al chilogrammo dell'olio, come indicato nella formula. Dall'analisi complessiva dei costi emersi, si è dedotto che il totale per tutti gli impianti idraulici nel primo caso ammonta a 334970€.

Questa valutazione finanziaria completa riflette l'accurata considerazione di tutti gli aspetti associati alla progettazione e alla realizzazione degli impianti idraulici presi in esame poiché in linea con gli estratti delle analisi del primo caso.

In relazione all'analisi economica concernente la soluzione con centralina unificata, è stata eseguita un'analisi paragonabile, seppur con alcune variazioni, derivanti dalle scelte strategiche adottate per il perfezionamento del sistema. Al fine di semplificare lo schema di tubazioni fluidico, si sono introdotti dei collettori (identificati come riquadri verdi nella figura 4.15), componenti fondamentali all'interno di sistemi idraulici e oleodinamici. Questi dispositivi hanno il compito di distribuire il fluido oleodinamico da una sorgente principale a più punti di utilizzo, garantendo una corretta e controllata alimentazione dei diversi attuatori o utensili all'interno del sistema. La funzione principale dei collettori oleodinamici è quella di raggruppare e distribuire il flusso di fluido proveniente dalla pompa principale o dalla centralina ad altre componenti del sistema, come cilindri idraulici, motori, valvole, e altri attuatori.

Il funzionamento dei collettori oleodinamici prevede solitamente la presenza di passaggi e camere interne attraverso cui il fluido può scorrere. Questi passaggi sono progettati in modo da indirizzare il flusso in modo specifico verso i vari punti del sistema. I collettori possono essere dotati di valvole di controllo, filtri e altri dispositivi per regolare la pressione, la direzione e la quantità del flusso di olio. In sostanza, quando una forza o un comando viene attivato nell'applicazione, il collettore risponde distribuendo il fluido oleodinamico in modo appropriato per eseguire il lavoro richiesto. Questo tipo di configurazione consente un controllo preciso e flessibile del sistema oleodinamico, rendendolo adatto a una vasta gamma di applicazioni industriali e macchinari. Da tali elementi, si dipartono le ramificazioni di tubi flessibili, sebbene, come precedentemente specificato, tali dettagli non saranno inclusi nella valutazione finale dei costi.

L'integrazione di tali distributori ha consentito di ridurre significativamente il numero di tubazioni provenienti dalla HPU principale, apportando non solo un alleggerimento dell'impatto finanziario complessivo, ma contribuendo altresì a mitigare la complessità nell'implementazione dell'impianto.

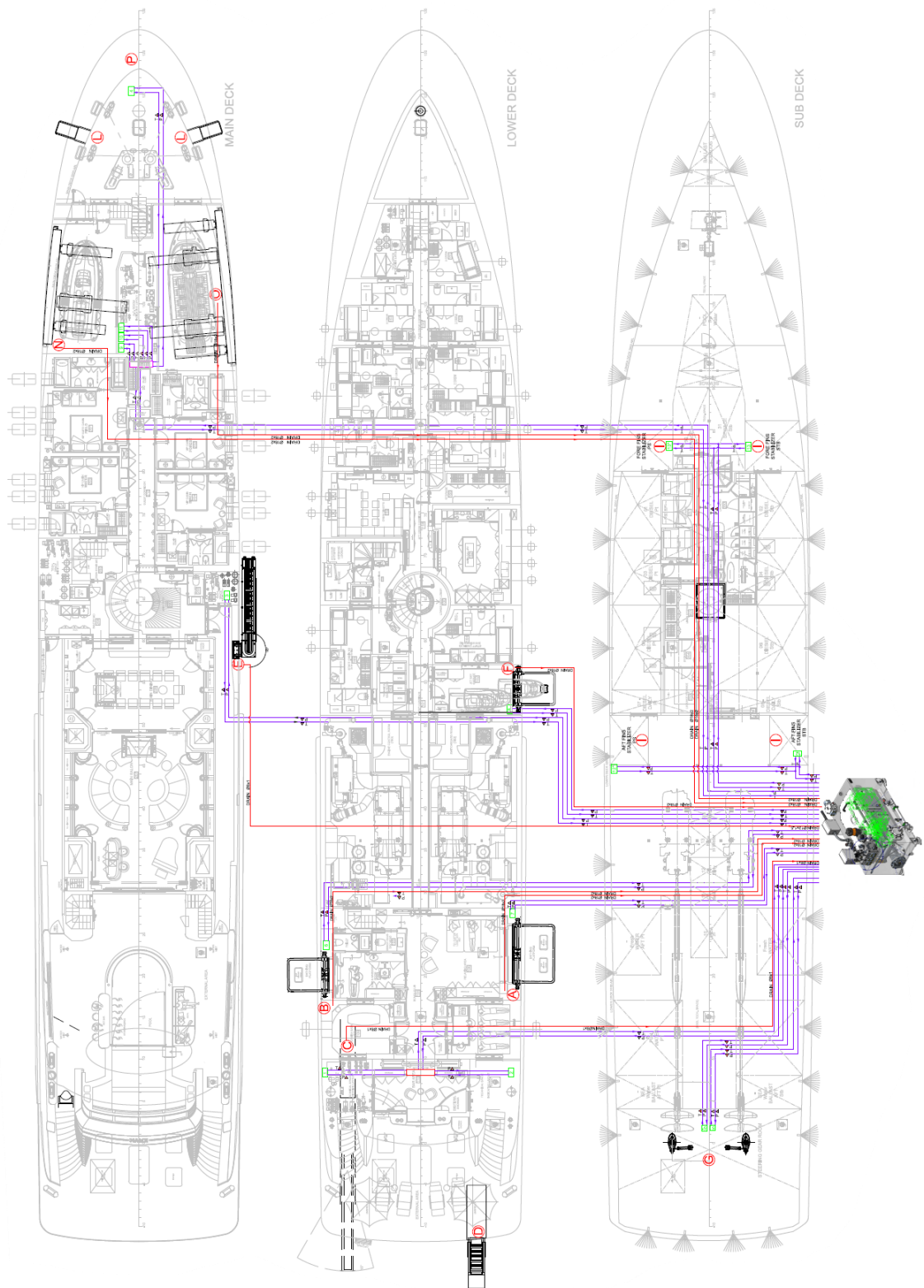


Figura 4.15: layout generale del secondo caso della disposizione della centralina e del sistema di tubazioni sui tre piani

Tutte le voci delle tabelle utilizzate per il calcolo dei costi finali inerenti sia alla tubatura che alla centralina sono rimaste le stesse. Cambiano soltanto il numero degli elementi considerati per via della presenza dei collettori e i valori presenti all'interno. Verranno di seguito mostrate tutte le tabelle rappresentative dei componenti collegati allo stesso collettore (una riguardante i sistemi relativi al tender, alla rescue boat, all'albero porta fanali e al sistema di ormeggio e l'altro riguardante alla gangway ed alla scala da bagno) e quelle relative al singolo elemento connesso alla centralina.

HULL SHELL DOOR PORTSIDE		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	19,397664	19800
tempo manodopera [h]	660	
len. Tubo [m]	22	
qt. Olio tubi [litri]	1276	
HULL SHELL DOOR STARBOARD SIDE		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	6,171984	6300
tempo manodopera [h]	210	
len. Tubo [m]	7	
qt. Olio tubi [litri]	406	
HULL SHELL DOOR AND CRANE JET SKI AREA		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	8,376264	8550
tempo manodopera [h]	285	
len. Tubo [m]	9,5	
qt. Olio tubi [litri]	551	
RESCUE/TENDER SHELL DOOR AND CRANE SHELL PLATFORM MOORING SYSTEM/TELESCOPI		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	34,386768	35100
tempo manodopera [h]	1170	
len. Tubo [m]	39	
qt. Olio tubi [litri]	2262	

Tabella 4.6: voci di costo relative al materiale necessario e all'installazione del sistema di tubazioni riguardante tutti gli elementi presenti in tabella 4.3 (secondo caso).

COLLETTORE GANGWAY/SWIMMING LADDER		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	21,161088	21600
tempo manodopera [h]	720	
len. Tubo [m]	24	
qt. Olio tubi [litri]	1392	
		9294,1056
ACCOMODATION LADDER		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	19,397664	19800
tempo manodopera [h]	660	
len. Tubo [m]	22	
qt. Olio tubi [litri]	1276	
		8519,5968
STABILIZER SYSTEM AFT		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	22,924512	23400
tempo manodopera [h]	780	
len. Tubo [m]	26	
qt. Olio tubi [litri]	1508	
		10068,6144
STABILIZER SYSTEM FORE		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	31,741632	32400
tempo manodopera [h]	1080	
len. Tubo [m]	36	
qt. Olio tubi [litri]	2088	
		13941,1584
STEERING SYSTEM		
Tipologia	valore	valore Tipologia [€]
materiale [kg]	21,161088	21600
tempo manodopera [h]	720	
len. Tubo [m]	24	
qt. Olio tubi [litri]	1392	
		9294,1056

Tabella 4.7: voci di costo relative al materiale necessario e all'installazione del sistema di tubazioni riguardante tutti gli elementi presenti in tabella 4.3 (secondo caso).

Attraverso un'esaminazione attenta, è possibile constatare che il valore associato alla metratura del tubo utilizzato risulta essere superiore nel secondo caso. Per i restanti valori in tabella, è stato già spiegato come siano correlati alla lunghezza del tubo rendendo proporzionale l'incremento dei costi rispetto al primo caso. La somma di tali dati evidenzerebbe un incremento dei costi del 30%.

Va sottolineato però che l'elemento mitigante di tali spese è rappresentato dall'impiego di una sola Hydraulic Power Unit, le cui caratteristiche e specifiche tecniche sono descritte con precisione nella tabella sottostante.

CENTRALINA IMPIANTO	Unified HPU
COSTO CENTR. [€]	45000
QT. OLIO CENTRALINA [L]	400
TIPOLOGIA OLIO	Shell Tellus S2 VX 46
DENSITA' OLIO [kg/L]	0,856
PREZZO OLIO CENTRALINA [€]	2670,72
PREZZO UNITARIO OLIO [€/kg]	7,8

Tabella 4.8: caratteristiche e voci di costo relativi alla centralina idraulica ed all'olio utilizzato.

Dall'analisi comparativa delle tabelle di riferimento, emerge con chiarezza una marcata differenza di costo tra le due circostanze esaminate. Attraverso l'adozione della soluzione prospettata, si registra una notevole riduzione dei costi dell'ordine del 65%, passando dai circa 127000€ inizialmente stanziati per l'acquisizione di centraline ed olio necessario per il serbatoio, ai 47000€ associati all'implementazione della soluzione centralizzata. Tale approccio evidenzia un impatto finanziario più contenuto ed una significativa ottimizzazione economica nel contesto in esame.

Alla fine dell'analisi economica condotta, si è giunti alla conclusione che il secondo scenario si configura come la scelta più economicamente vantaggiosa. La spesa associata a questo secondo scenario è stata stimata e risulta ammontare a 317350€, cifra inferiore rispetto all'attuale approccio adottato.

Questo implica che, dal punto di vista finanziario, l'implementazione della seconda condizione potrebbe comportare notevoli benefici rispetto alla prassi corrente. Tale ottimizzazione si riflette non solo in una gestione più efficiente delle risorse economiche, ma anche nell'ottimizzazione dei costi associati alle attività oggetto dell'analisi. In corrispondenza con quanto emerso dall'esame dei dati economici, risulta evidente che il secondo caso rappresenta una soluzione pragmaticamente valida e suscettibile di produrre risparmi significativi. Pertanto, si suggerisce di considerare attentamente l'implementazione di tale approccio al fine di massimizzare l'efficienza finanziaria e conseguire potenziali vantaggi nell'ambito delle risorse economiche impiegate. In aggiunta ai benefici di natura economica, la sostituzione consente di mitigare ulteriori

svantaggi identificati nei paragrafi precedenti. Nello specifico, è possibile superare le criticità legate all'elevato ingombro derivante dalla presenza delle otto centraline, come illustrato nella precedente analisi schematica. Questa configurazione alternativa, dunque, offre l'opportunità di ridurre l'occupazione di spazio connotata da un'elevata densità di strutture.

Un ulteriore vantaggio si riscontra nella migliorata coordinazione dei sistemi elettrici presenti. Nel contesto dell'approccio corrente, la gestione dei flussi risulta a tratti non ottimale, accentuata da discrepanze dovute alla diversa provenienza dei centri di governo. L'adozione del secondo scenario, grazie alla sua progettazione più armonizzata, offre la possibilità di ottimizzare la sincronizzazione dei sistemi elettrici, mitigando le criticità precedentemente riscontrate.

In virtù di queste considerazioni, emerge un chiaro valore strategico nel contemplare la seconda proposta non solo come un'opzione economicamente vantaggiosa, ma anche come un'iniziativa in grado di ottimizzare significativamente gli aspetti logistici e organizzativi, con conseguente impatto positivo sulla complessiva efficienza e funzionalità del sistema.

In figura () è mostrato l'ingombro che l'HPU richiederà all'interno dello yacht. Le quote sono segnate in inch (pollici) e la misura tra parentesi quadre indica il corrispettivo in millimetri.

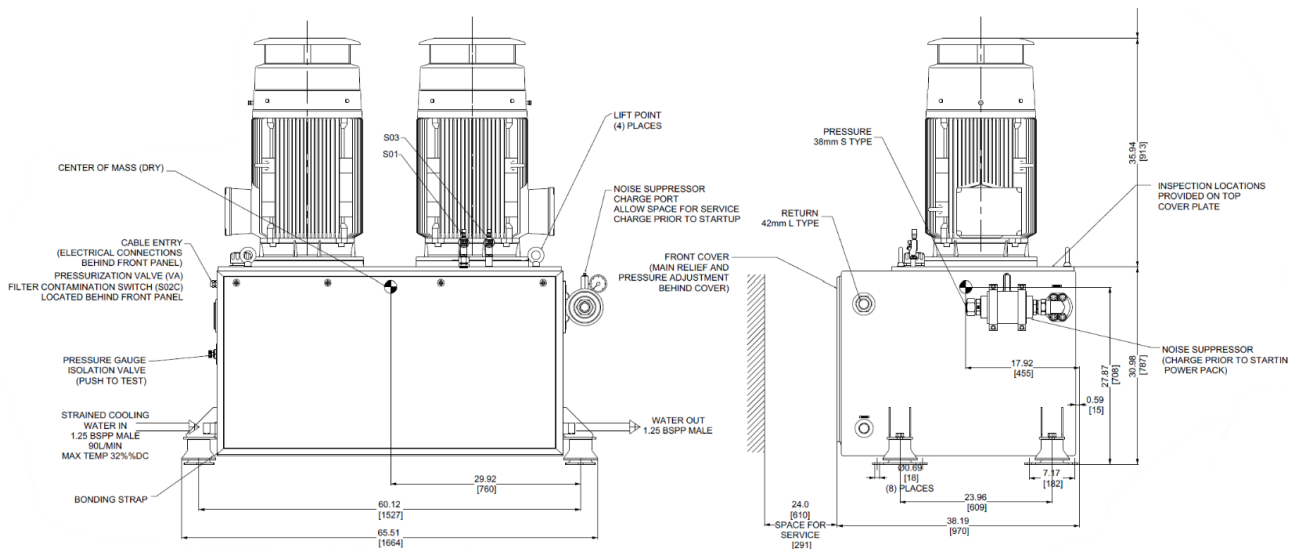


Figura 4.16: dimensioni caratteristiche della centralina idraulica proposta per l'unificazione del sistema.

Capitolo 5

CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

5.1 Sintesi dei risultati

Concludendo la trattazione, si procederà ora a un'approfondita analisi dei cambiamenti introdotti e dei relativi risultati ottenuti, con l'obiettivo di fornire una visione più esaustiva delle trasformazioni apportate nel contesto in esame.

Inizialmente, si è proceduto con una modifica all'architettura della centralina idraulica (HPU) al fine di adeguarla alle specifiche prestazionali richieste dal nuovo sistema concepito. È stato rimosso il sistema di raffreddamento dedicato alle tubazioni di ritorno, valutato come sovraccedente in virtù del rapporto costo/beneficio sbilanciato verso la prima componente citata. Questa strategia ha consentito un'ottimizzazione dei costi senza compromettere l'efficienza operativa, rappresentando una decisione ponderata alla luce delle considerazioni economiche e delle esigenze funzionali del sistema.

Successivamente, si è deciso di procedere alla sostituzione della pompa idraulica fondamentale per il prelievo e la circolazione dell'acqua marina, impiegata come agente di raffreddamento. La pompa, caratterizzata da una portata volumetrica iniziale di 80 Litri/minuto e un valore di prevalenza di 23 metri, è stata sostituita con un modello avente una portata di 100 Litri/minuto e una prevalenza di 27 metri. Tale selezione è stata guidata dalla necessità di ottimizzare le prestazioni del sistema, migliorando la capacità di prelievo e circolazione dell'acqua marina per garantire un efficace processo di raffreddamento nonostante la rimozione di una delle due pompe inizialmente presenti.

In relazione al nucleo della centralina, si è proseguito con l'adattamento della portata delle pompe a cilindrata fissa, determinando una modifica ad un valore di 12 litri/minuto per ognuna di esse. Questa decisione è stata motivata dalla necessità di ottimizzare il rendimento operativo del sistema, adeguando la portata delle pompe alla richiesta più gravosa tra le utenze per assicurare un flusso più preciso e congruente alle specifiche esigenze di funzionamento della centralina idraulica.

Come ultima modifica è stato approfondito il discorso delle linee di distribuzione che non si diramano più da molteplici centraline indipendenti ma da un'unica unità di potenza, corrispondente a quella proposta. Si è dimostrato che con un sistema rivisitato rispetto alla configurazione precedente di tubazioni rigide, collettori e tubazioni flessibili (rimosse dalla trattazione economica), è stato possibile rendere il sistema centralizzato e funzionante per possibili applicazioni future, diminuendo per giunta il prezzo totale da sostenere composto dal costo d'acquisto del materiale (acciaio e olio idraulico su tutti), dal costo per l'installazione dell'impianto e dalla spesa per le centraline idrauliche. Oltre agli aspetti economici, un altro miglioramento di pari importanza riguarda lo spazio richiesto dalle unità di potenza. Con la nuova proposta, si è ridotto drasticamente l'ingombro necessario, creando nuove aree utilizzabili sia per il comfort quotidiano che per possibili altre installazioni. Tale ottimizzazione spaziale si traduce in un beneficio migliorando la flessibilità nell'allocazione degli impianti, rispondendo così a esigenze operative e logistiche più ampie. In sintesi, questa serie di modifiche ha contribuito a rendere il sistema più versatile, efficiente ed economicamente vantaggioso, sottolineando la prospettiva di ulteriori applicazioni e ottimizzazioni future.

5.2 Possibili sviluppi futuri

Il sistema idraulico tradizionale presenta notevoli dimensioni e richiede uno spazio complessivo considerevole. I cilindri, il gruppo di potenza incaricato di generare la pressione e la portata necessarie, il volume di olio, gli accessori, i filtri e le valvole di controllo, congiuntamente alle tubazioni e ai relativi raccordi, contribuiscono a configurare un sistema intrinsecamente complesso e ingombrante. Inoltre, la sua efficacia può essere compromessa da perdite di carico insite in questa tipologia di sistema. Nella proposta precedentemente delineata, tali complessità assumono un ruolo rilevante e limitante. La presenza di tubazioni estese e raccordi incrementa ulteriormente il rischio di perdite e dispersioni non desiderate. L'architettura del sistema richiede altresì un considerevole investimento di tempo per la messa in servizio dell'impianto. Tutti questi aspetti, come evidenziato dalle tabelle dell'analisi economica, sono amplificati nel passaggio dalla configurazione attuale a quella proposta nel presente trattato. La comparazione dettagliata evidenzia la necessità di affrontare con attenzione le sfide legate alla complessità, alle dimensioni e all'efficienza intrinseche al sistema idraulico tradizionale, fornendo così una base concettuale solida per valutare le potenziali migliorie proposte.

Con una spinta e una velocità del sistema equivalenti, tutte le problematiche precedentemente delineate trovano una soluzione mediante l'utilizzo dell'attuatore idrostatico lineare, noto come HLA (Hydrostatic Linear Actuator) proposto dall'azienda Metau Engineering.

L'acronimo HLA identifica un sistema brevettato costituito da un attuatore oleodinamico a doppio effetto, all'interno del quale sono integrati tutti i componenti necessari per il suo movimento. La pompa ad ingranaggi o a pistoncini radiali, il motore elettrico che può essere tradizionale o brushless, le valvole e l'olio richiesto sono tutti elementi integrati all'interno di questo singolo attuatore, configurando un sistema completo Plug & Play. Il risultato è un layout generale conforme al disegno di principio in figura 5.1. Per avviare l'utilizzo dell'HLA, sarà sufficiente collegare esclusivamente l'alimentazione al motore elettrico.

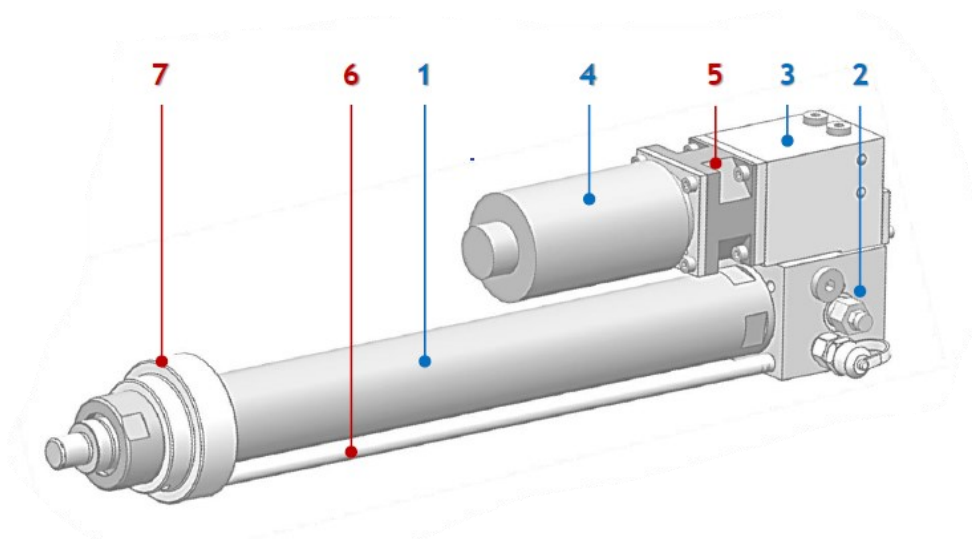


Figura 5.1: composizione dell'attuatore idraulico lineare.

Gli elementi contrassegnati dal numero blu sono quelli fissi che si troveranno in tutti gli attuatori realizzati dall'impresa e corrispondono rispettivamente, in ordine numerico, a: attuatore oleodinamico (1); blocco logico di controllo (2); pompa reversibile (3) e motore elettrico (4).

Le parti individuate dal numero in rosso sono quelle opzionabili a seconda delle necessità richieste dall'impianto e coincidono a: giunto magnetico (5); sensore di posizione (6) e freno meccanico (7).

di seguito, si procederà a delineare in dettaglio le caratteristiche tecniche preminenti delle diverse soluzioni offerte dall' azienda. Si sottolinea l'estesa gamma di dimensioni che è a disposizione, accompagnate da prestazioni proporzionalmente ottimizzate. In particolare, la varietà delle grandezze offerte è studiata attentamente per garantire una flessibilità d'impiego che possa soddisfare le esigenze delle applicazioni più semplici, nonché fornire performance di eccellenza per le contestualità più complesse.

Grandezza NG-02-BB			Grandezza NG-03-CC			Grandezza NG-04-CL			Grandezza NG-05-DD		
Potenza Motore Elettrico da definire in fase d'ordine			Potenza Motore Elettrico da 1,1 a 2,2 (Kw)			Potenza Motore Elettrico da 1,1 a 2,2 (Kw)			Potenza Motore Elettrico da 2,2 a 4 (Kw)		
Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)
2050	280	*	-			-			-		
6250	160	*									
-			6200	548	171	-			-		
			18000	334	97						
-			-			6300	922	100	-		
						30000	448	57			
-			-			-			18000	820	70
									46000	529	40

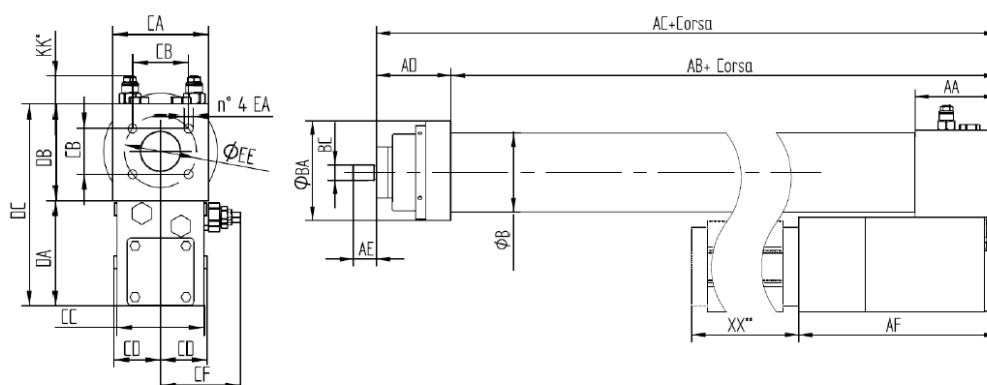
Grandezza NG-06-EE			Grandezza NG-07-FF			Grandezza NG-08-GG			Grandezza NG-09-HH		
Potenza Motore Elettrico da definire in fase d'ordine			Potenza Motore Elettrico da definire in fase d'ordine			Potenza Motore Elettrico da definire in fase d'ordine			Potenza Motore Elettrico da definire in fase d'ordine		
Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)	Forza (N)	Corsa (mm)	Velocità (mm/sec)
30750	1050	*	-			-			-		
76950	660	*									
-			40200	1063	*	-			-		
			100530	670	*						
-			-			36880	1425	*	-		
						113500	810	*			
-			-			-			73513	1940	*
									226200	1100	*

Tabella 5.1: principali caratteristiche delle diverse configurazioni di HLA proposti.

Per quanto concerne le versioni fuori standard, che sono dettagliate nella seconda sezione della tabella, va menzionato che la velocità di tali attuatori lineari non è specificata, poiché essa sarà correlata al tipo di motore elettrico impiegato. È imprescindibile evidenziare, inoltre, che la flessibilità di montaggio di tali attuatori consente il posizionamento in qualsiasi orientamento, offrendo un grado di libertà e ottimizzazione nell'installazione.

Un elemento di rilievo ulteriore riguarda il range di temperatura operativa di tali dispositivi. Metau consiglia l'utilizzo di questi prodotti in un intervallo termico compreso tra i -20°C e i +80°C. Questa indicazione è di particolare importanza in considerazione delle temperature riscontrate negli impianti idraulici precedentemente menzionati, dove tale intervallo si rivela completamente aderente alle esigenze operative.

Successivamente verranno mostrate le dimensioni principali dell'HLA relativi ai modelli standard.



Dimensioni (mm)	Grandezza CC	Grandezza CL	Grandezza DD
AA	97.5	106	105
AB	115.5	124	121.5
AC	200	211	216
AD	84.5	87	94.5
AE	30	30	30
AF	258	253	252.5
ØB	70	90	100
ØBA	99	121	131
BC	M20x1.5	M20x1.5	M20x1.5
CA	100	100	110
CB	41.7	52.3	64.3
CC	100	100	100
CD	53.5	53.5	53.5
CF	92	92	92
DA	120	120	120
DB	91	100	110
DC	211	220	230
EA	M8 prof.12mm	M12 prof.18mm	M12 prof.18mm
EE	59	74	91
KK*	32*	32*	32*
XX**	385**	385**	385**

*	In funzione delle valvole del blocco logico (32 valvole overcenter)
**	In funzione del motore elettrico installato (385 asincrono 2,2Kw 2P)

Tabella 5.2: principali dimensioni dei modelli standard di HLA.

Appare evidente fin da subito la marcata compattezza di tali prodotti, la quale si rivela come un attributo di rilevanza, emergendo come una soluzione di notevole interesse per l'ottimizzazione e lo sviluppo dei sistemi idraulici in diverse prospettive. Il design compatto si configura come un elemento chiave che, prospettandosi verso una più ampia e progressiva evoluzione, si pone come fattore determinante per la promozione di soluzioni idrauliche sempre più avanzate ed efficienti.

5.3 raccomandazioni per l'industria navale

Il presente trattato, delineato in dettaglio, rappresenta una fondamentale base teorica per un'applicazione di tale natura, nonostante non abbia ancora affrontato una validazione pratica. Le soluzioni proposte emergono come intrinsecamente valide, caratterizzate da una robusta struttura teorica e da un'analisi approfondita che ne giustifica l'efficacia. Nonostante la mancanza di un collaudo sperimentale, la coerenza teorica e l'approfondita analisi delle proposte suggeriscono un elevato potenziale di successo nell'effettiva implementazione pratica di tali soluzioni. La mancanza di test empirici non intacca la solidità concettuale, bensì prepara il terreno per future verifiche e applicazioni che potranno ulteriormente consolidare la validità e l'efficacia delle soluzioni teorizzate. La proposta si erge, quindi, come un punto di partenza fondamentale, suscettibile di essere sottoposto a validazione pratica, al fine di confermare la sua rilevanza e utilità in contesti reali.

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

Sitografia:

- [1] https://it.wikipedia.org/wiki/Gruppo_Ferretti
- [2] <https://www.ferrettigroup.com/it-it/Corporate/Our-history>
- [3] <https://www.crn-yacht.com/it-it/Model/p/9-329-548-PUB/n/CRN-CRN-M/Y-139-72m>
- [4] <https://blog.interfluid.net/it/guida-alla-scelta-di-una-pompa-oleodinamica>
- [5] <https://euroforbrescia.com/i-motori-oleodinamici-caratteristiche-e-utilizzi-principali/>
- [6] [https://www.tognella.it/it/blog/valvole-oleodinamiche-cosa-servono-e-quali-sono-le-tipologie-piu-diffuse#:~:text=Esistono%20due%20differenti%20categorie%20di,rispetto%20al%20segnale%20in%20ingresso%20\).](https://www.tognella.it/it/blog/valvole-oleodinamiche-cosa-servono-e-quali-sono-le-tipologie-piu-diffuse#:~:text=Esistono%20due%20differenti%20categorie%20di,rispetto%20al%20segnale%20in%20ingresso%20).)
- [7] <https://www.albertobarbisan.it/barsanti/materiali/iii/simbologia-pneumatica-iso-1219.pdf>
- [8] <http://www.socima.it/>
- [9] <https://www.debem.com/it/calcolo-della-prevalenza/#:~:text=Cos'%C3%A8%20la%20prevalenza%20di,%C3%A8%20posizionata%20la%20pompa%20stessa.>
- [10] <https://blog.areatecnica.it/elementi-fondamentali-oleodinamica-pneumatica/>
- [11] <https://www.ams-italia.it/portfolio/alberi-telescopici-porta-fanali/>
- [12] https://www.mcurie.edu.it/files/tani.giovanni/BASI_DI_OLEODINAMICA_appunti_4AP_e_4BP.pdf
- [12] <http://wpage.unina.it/quaranta/testi/didattica/IN/slide/slide%20IN%20impianti%20oleodinamici.pdf>
- [13] <https://www.metau-engineering.it/nuovo-catalogo-hla-2/>
- [14] <https://www.gianneschi.net/it/prodotti>

Bibliografia:

[1] - F. quaranta, C. Sabatino *Elementi di calcolo degli impianti oleodinamici*.

[2] - *Contaminazione e filtrazione del fluido*, Oleodinamica, Università degli Studi [3] di Modena e Reggio Emilia (UNIMORE).

[4] - *Effect of temperature, flow rate and contamination on hydraulic filtration*, MM Science Journal, September 2018.

[5] - *Gli oli per i sistemi oleodinamici: caratteristiche, contaminazione, filtraggio*, Università degli studi di Napoli Federico II.

[6] - *Circuiti Oleodinamici per Controllo di Attuatori Differenziali*, tesi di laurea di Alessio Orsitto, Politecnico di Torino, Corso di Laurea di Secondo Livello in Ingegneria Meccanica.