

## LA TRASFORMAZIONE DI UNA NAVE TIPO "LIBERTY," IN MOTONAVE

*Verso la fine di Ottobre è entrata in esercizio la M/n Italsole, la prima di una serie di Liberty — in parte tipo Fort ed in parte normali — che verranno trasformate mediante l'applicazione di un apparato motore appositamente studiato. Dato l'interesse tecnico ed economico di tale trasformazione, abbiamo ritenuto opportuno dedicarvi il presente numero del nostro Bollettino, ove dopo un sommario esame delle caratteristiche originarie della nave, viene descritto il nuovo apparato motore e la sua sistemazione e vengono riportati i risultati delle prove in officina ed in mare.*

*In base a questi ultimi elementi sono anticipate alcune previsioni di esercizio in confronto con i risultati medi delle Liberty a vapore.*

### LA NAVE

#### Generalità.

Per sopperire alle esigenze della guerra sono state costruite dal 1942 al 1945 in America oltre 2500 navi da carico tipo Liberty e Fort. Disegnate allo scopo di poter disporre entro il più breve tempo del massimo quantitativo di tonnellaggio, e per essere condotte da personale di coperta e di macchina avventizio, esse hanno certamente raggiunto lo scopo immediato a cui erano destinate. Hanno manifestato in servizio varie deficienze, alcune delle quali derivanti da insufficiente esperienza pratica su alcuni sistemi costruttivi di nuova introduzione, ma in complesso possono essere, a distanza di tempo, valutate più serenamente e più favorevolmente di quanto non lo fossero al termine delle ostilità.

Un notevole numero di queste navi è stato ceduto dagli Stati Uniti alle marine mercantili europee, ed ha dato un valido aiuto alla ripresa economica del dopo guerra; in molte nazioni, compresa la nostra, le navi Liberty costituiscono oggi il grosso della flotta da carico, sostituendo le navi di anteguerra, perdute durante le ostilità.

Tuttavia, man mano che le condizioni dei traffici tendono ad una maggior normalità, ha preso forma il problema della futura convenienza di

utilizzo delle Liberty, specialmente in rapporto alla concorrenza delle nuove costruzioni, costituite da navi veloci e di economico esercizio.

Come specificheremo meglio più avanti, i criteri adottati nel progetto delle Liberty tendenti alla massima rapidità di produzione e alla massima semplicità di condotta, hanno portato a caratteristiche di esercizio poco favorevoli nei riguardi della velocità e del consumo di combustibile, ciò che seriamente incide sul bilancio della nave in regime di normale concorrenza.

Esclusa d'altra parte la possibilità di sostituire entro un termine di tempo ragionevole tutte le Liberty in servizio con navi nuove meglio adatte ai traffici del tempo di pace, si è esaminata la possibilità e la convenienza di migliorarne le caratteristiche.

Molti studi sono stati fatti in varie nazioni, tutti basati sulla trasformazione dell'apparato motore, sia nel senso di aumentare la potenza onde dare alla nave una maggiore velocità, sia nel senso di migliorare, mediante modifiche parziali o sostituzione totale, la economia di esercizio. Così è stata studiata l'applicazione di una turbina di scarico all'attuale motrice a vapore, secondo il noto sistema Bauer Wach; sono stati proposti apparati motori

a combustione secondo vari sistemi: è persino in corso di studio in America un impianto sperimentale di propulsione mediante turbina a gas.

Per quanto ci consta, nessuno di questi progetti ha avuto finora all'estero pratica effettuazione. Nel nostro paese invece è stata trasformata una nave, o meglio è stato utilizzato uno scafo recuperato e incompleto di una Liberty, per ricavarne mediante radicali lavori una buona nave mista per servizio passeggeri e merci. Si tratta dell'« Andrea C. », dell'armatore Costa, su cui è stato montato un nostro motore da 4500 HP di potenza normale come abbiamo accennato nel nostro Bollettino n. 4 dell'anno scorso. La trasformazione ha avuto ottimo esito e la nave naviga sulla linea regolare Genova - Sud-America con una velocità media di esercizio prossima ai 14 nodi.

E' però questo un impianto di tipo eccezionale, da cui non si possono ricavare altre deduzioni se non la conferma pratica di quanto già noto attraverso i dati delle prove alla vasca; e cioè la capacità dello scafo Liberty di poter navigare con buona efficienza a velocità alquanto superiori a quelle per cui è stato progettato e finora normalmente impiegato.

\* \* \*

Noi pure abbiamo voluto portare il nostro contributo allo studio di una economica ed efficiente trasformazione delle Liberty cercando di realizzare il miglior compromesso fra vari contrastanti fattori: il costo di impianto, la velocità della nave, il costo di esercizio.

Crediamo aver trovato il miglior equilibrio in un apparato motore a combustione, di potenza prossima ai 3600 HP asse, direttamente accoppiato all'elica mediante la linea d'asse esistente, e capace d'imprimere alla nave velocità di esercizio fra 12,5 e 13,5 nodi, con un consumo giornaliero di combustibile (nafta pesante di tipo uguale a quello usato nelle caldaie) di circa 14 : 15 t.

Pur avendo esclusa per ragioni di costo la sostituzione dei verricelli e degli altri macchinari di coperta a vapore con altri a comando elettrico, e quindi mantenendo in posto per tali ausiliari una delle caldaie esistenti, si è cercato di eliminare ogni consumo di vapore prodotto da combustione di nafta durante la navigazione.

Per questo si è disposto che il motore di propulsione sia direttamente, sia a mezzo di vapore a bassa pressione prodotto utilizzando il calore dei

gas di scarico, provveda al funzionamento di quanti ausiliari occorrono in navigazione.

La nave è quindi totalmente azionata dal motore durante la navigazione, e rimette in uso il suo vecchio impianto a vapore solo durante la sosta nei porti.

Il nostro progetto ha trovato favorevole adesione presso alcuni armatori nazionali, e l'Italsole, alla cui trasformazione è dedicato il presente scritto, sarà presto affiancato dalle gemelle Italmare e Italciefo.

Ci auguriamo pertanto che i risultati di esercizio di queste navi possa fornire elementi di studio e di riflessione a molti armatori italiani e stranieri, giustamente preoccupati per la sorte delle loro navi Liberty in un periodo di competizione sempre più serrata contro il tonnellaggio di nuova costruzione.

#### La nave prima della trasformazione.

E' certamente opportuno premettere una breve descrizione e i dati caratteristici della nave e dell'apparato motore nella costruzione originale.

La nave su cui è stato eseguito il lavoro di trasformazione oggetto della presente trattazione è l'« Italsole » della Italuavi Società di Navigazione per Azioni - Genova.

La nave è una Liberty del tipo FORT costruita nel Cantiere West Coast Shipbuilder Limited di Vancouver, nell'anno 1942, col nome di « FORT LA TRAITE », ed appartiene al numeroso gruppo di navi costruite nei Cantieri canadesi. Esse differiscono in alcuni particolari di esecuzione di scafo e per le caldaie dal tipo più numeroso e normale costruito successivamente nei cantieri americani.

Le caratteristiche principali dello scafo sono riportate nella presente tabella:

— Tipo nave: Closed Shelter Deck		
— Lunghezza fuori tutto: 439' 6"		
— pari a . . . . .	m	133,96
— Larghezza: 57' 6" pari a . . . . .	m	17,398
— Immersione alla marca estiva:		
— 26' 11" <sup>1</sup> / <sub>2</sub> pari a . . . . .	m	8,216
— Dislocamento a nave vuota . . . . .	t	3.386
— Dislocamento a pieno carico . . . . .	t	13.770
— Portata D. W. alla marca estiva . . . . .	t	10.384
— Volume di stiva per grano		
— piedi cubici . . . . .		505,186
— Stazza lorda . . . . .	t	7.134
— Stazza netta . . . . .	t	4.244
— Carbonili . . . . .	t	1.109

L'apparato motore è al centro, a prua di esso vi sono tre stive e due sono nella parte poppiera.

La nave ha due ponti continui con poppa ad incrociatore, doppi fondi da poppa a prua adibiti a deposito di acqua salata per servizio di zavorra ed a deposito di acqua dolce per il servizio delle caldaie.

La prima la terza e la quinta stiva a partire dalla prua sono servite da due verricelli a vapore con bigli di legno della portata di t 5.

nella parte prodiera del locale macchine e funzionanti a carbone. Il condensatore è addossato alla motrice e così pure la relativa pompa d'aria che è comandata direttamente dalla motrice stessa, secondo la disposizione classica per questo tipo di macchine.

Nella parte poppiera del locale, ai due lati della motrice sono sistemati: a sinistra le due grosse pompe per il servizio di sentina e zavorra nonché il distillatore e la pompa di circolazione acqua nel

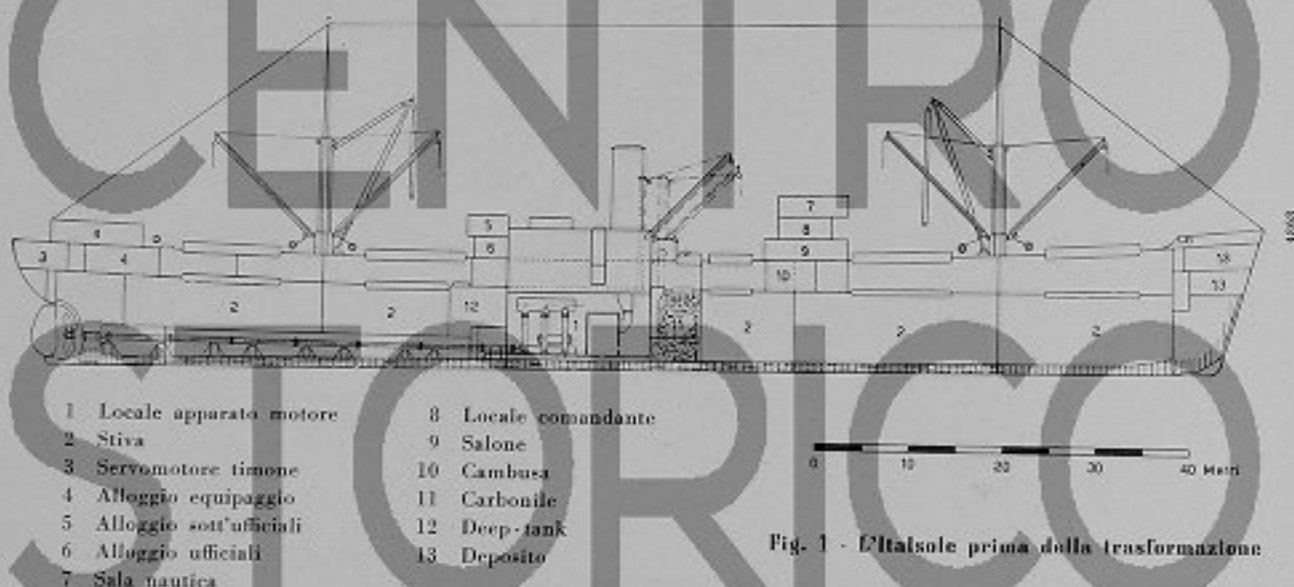


Fig. 1 - E'ltalsole prima della trasformazione

Le stive seconda e quarta sono servite da due verricelli a vapore ognuno di maggiore portata ed aventi, oltre ai due picchi da t 5, picchi di forza rispettivamente da 50 e 30 t.

Lo scafo ha i corsi di lamiera chiodati longitudinalmente e saldati nelle testate fra lamiera e lamiera. Le ordinate sono chiodate e perciò complessivamente le strutture di scafo sono assai meno saldate di quelle delle Liberty americane.

Vi sono alloggi per n. 9 ufficiali di coperta, macchina e radiotelegrafista situato nelle due tughe centrali e per n. 36 persone di equipaggio sistemati parte nella tuga centrale, parte in quella poppiera e parte nell'interponte poppiero.

L'apparato motore comprende una motrice alternativa a triplice espansione della potenza di 2500 HP a 76 giri/l'. La motrice, costruita da John Inglis Co. Ld. - Toronto - è alimentata da vapore a circa 15 Kg/cm<sup>2</sup> surriscaldato a 310°C fornito da 3 caldaie cilindriche a ritorno di fiamma, a semplice fronte, da circa 220 mq ciascuna sistemate

condensatore; vi sono inoltre le pompe di alimento caldaie e la pompa per i servizi sanitari. A destra della motrice vi è il ventilatore delle caldaie, il condensatore ausiliario con le sue pompe, e una serie di casse per liquidi diversi.

Sulla destra del locale sopra un pagliolo rialzato è sistemata la centrale elettrica comprendente due gruppi elettrogeni a vapore della potenza di 15 kW ciascuno giranti a 575 giri/min.

Su di un copertino, ma nella parte poppiera sinistra del locale è sistemato il magazzino di macchina.

Il tipo dei generatori di vapore e quello del combustibile usato sono le due differenze principali rispetto alle Liberty normali, che hanno due caldaie a tubi d'acqua sub-orizzontali con combustione liquida.

Il carbone è contenuto nel cross bunker situato a poppavia della terza stiva e nell'interponte lateralmente al locale apparato motore.

La capacità totale di detti depositi è di 1100 t.

Nelle condizioni attuali di esercizio (la nave è



in possesso dell'armatore da circa 2 anni) si è avuto, come media effettiva di navigazione, una velocità di 10 nodi, ed un consumo medio di carbone pari a 35 t per giorno.

Durante la sosta nei porti per operazioni di carico e scarico si è avuto un consumo giornaliero di carbone variabile da 5 a 7 t.

bile pari a 1050 mc. (mediamente ca. 1000 t). Potrà quindi trasportarsi praticamente un peso di combustibile liquido pari al precedente peso di carbone; col vantaggio di raddoppiare la autonomia o di aumentare di ca. 500 t la portata utile.

Anzichè godere di questa ultima possibilità l'armatore ha ritenuto più conveniente modificare

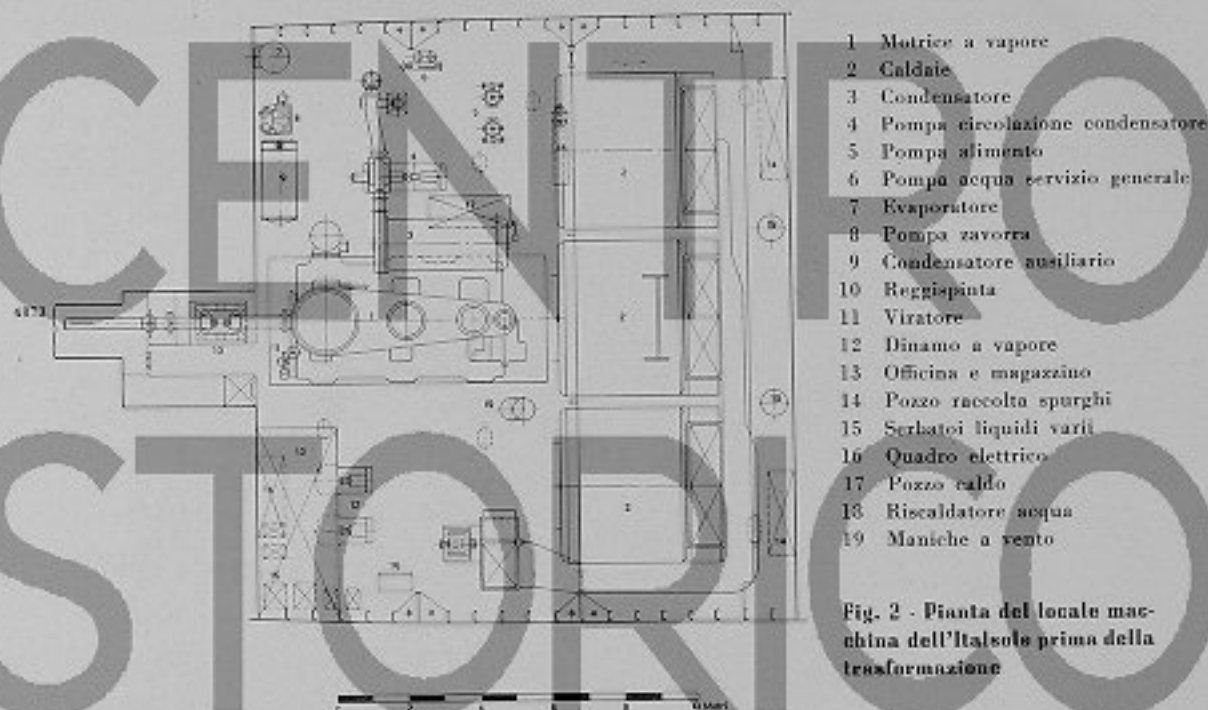


Fig. 2 - Pianta del locale macchina dell'Italsols prima della trasformazione

#### La nave dopo la trasformazione.

Soltanto una parte dei lavori qui sotto elencati sono necessaria conseguenza della trasformazione dell'apparato motore: per il resto si tratta di lavori compiuti durante la sosta, e giudicati opportuni dall'armatore per migliorare le condizioni di esercizio della nave.

a) *Modifiche in relazione al cambio dell'apparato motore.* — La principale di queste è la soppressione dei carbonili. Quello trasversale è stato incorporato nella adiacente stiva, il cui boccaporto è stato ampliato portandone la lunghezza a m 9,25, e quelli laterali, sovrastanti il locale macchina, sono stati messi in continuazione dell'interponte della stiva n. 3, e vi sono state sistemate le casse di servizio e decantazione per la nafta e per l'olio, nonché due nuove casse per acqua potabile.

È stato adottato a deposito principale del combustibile il deep tank esistente, ottenendosi complessivamente una capacità totale per combusti-

la stanza della nave, trasformandola dal tipo « Closed Shelter deck » al tipo « Open shelter deck ». A tale scopo è stato aperto il boccaporto di stanza, sono stati messi in comunicazione gli interponi mediante apposite aperture, e sono state eseguite le altre sistemazioni richieste dai regolamenti.

Con questi mezzi si è ridotta di 1959 t la stanza lorda e di 1228 t la stanza netta, con vantaggio notevole nell'esercizio della nave, essendo le tasse e le spese dovute per le soste nei porti, per i passaggi nei canali, ecc., notoriamente funzioni della stanza.

Non si è invece variata in modo sensibile la portata utile della nave: perchè si è dovuto bensì ridurre di ca. 800 t il dislocamento e la portata deadweight, ma queste 800 t sono recuperate a pari autonomia, dal minor peso del combustibile e dalla minor quantità di acqua dolce da trasportare nei doppi fondi, non più occorrente per sopperire al consumo delle caldaie. Il volume delle stive è aumentato di ca. 200 mc, pur tenendo conto che

non è stato più considerato come spazio a disposizione del carico il vecchio deep tank, adoperato ora quale deposito nafta.

b) *Altre modifiche.* — L'armatore ha proceduto ad altre modifiche e miglioramenti quali:

— costruzione di due cisterne nella stiva a poppa lateralmente alla galleria dell'asse, atte a trasportare olii commestibili, aventi una capacità totale di circa 300 mc. Esse sono servite da apposite tubolature e pompa per l'imbarco e sbarco del carico

— aggiunta di due verricelli con colonne e picchi di carico da 15 alla seconda stiva

— sostituzione dei verricelli delle stive seconda e quarta con altri di maggior portata

— sistemazione di una girobussola e di un giropilota, costruiti dalla Microtecnica di Torino

— sistemazione del Radar.

Inoltre, pur essendosi ridotto l'equipaggio da 42

a 28 persone, sono stati completamente trasformati gli alloggi migliorandoli ed aumentandoli di numero in modo che l'insieme possa soddisfare alle necessità dei nostri equipaggi ed alle più moderne esigenze e regolamenti in vigore.

In complesso, a lavoro ultimato, si hanno le seguenti varianti alle caratteristiche della nave:

— dislocamento a pieno carico: da 13.770 tons a 12.950 tons

— immersione:

da  $26' 11 \frac{1}{2}$  (m 8,216) a  $25,5 \frac{9}{16}$  (m 7,762).

— portata D. W.: da tons 10.384 a 9.550 tons

— volume di stiva: da mc 14.366 a 14.569

— stazza lorda da 7.134 a 5.175 tons

— stazza netta da 4.244 a 3.016 »

## L'APPARATO DI PROPULSIONE

### Il motore.

Il motore adottato per la trasformazione dell'apparato motore dell'Italsole è il nostro tipo normale 686, in particolare esecuzione per adattarsi nel modo migliore alle esigenze degli scafi Liberty.

Già da oltre 20 anni il nostro stabilimento costruisce motori con cilindri di caratteristiche geometriche e costruttive analoghe a quello qui considerato: nei particolari costruttivi e nella disposizione delle parti si tratta però di un motore nuovo, messo in produzione nel corrente anno, in numero di oltre una decina di unità.

Il motore è costituito da 6 cilindri a 2 tempi, a semplice effetto, aventi diametro di 680 mm e corsa di 1200 mm.

La potenza in navigazione normale è di 3600 HP eff. alla velocità di 125 giri; essa corrisponde a una pressione media effettiva di 4,95 Kg/cm<sup>2</sup>, e a una velocità di stantuffo da 5 m/sec.

Il disegno e i materiali impiegati per la camera di combustione consentono di sopportare senza rischio notevoli sovraccarichi, cosicché il motore può raggiungere la potenza massima di circa 5300 HP a circa 150 giri.

Il motore comanda direttamente la pompa d'aria, a stantuffo in linea coi cilindri motori; e comanda pure, per mezzo di catene le pompe di circolazione di acqua, olio, etc.

Le pompe di iniezione del combustibile, comandate da camme montate su un prolungamento dell'albero motore, sono disposte in gruppo coi distributori di avviamento e il posto di manovra; come alternativa, a richiesta è possibile montare pompe a comando pneumatico secondo il sistema Archauloff.

Il motore dell'Italsole ha appunto tale tipo di pompe; mentre i motori destinati alle navi gemelle avranno le pompe normali.

Descriveremo nel seguito entrambi le varianti.

La costruzione generale del motore riproduce quello che potremmo chiamare il nostro tipo classico: struttura di ghisa armata con tiranti, parete di separazione fra cilindri e camera delle manovelle.

Riferendoci ai disegni e alle fotografie richiameremo l'attenzione su quanto pensiamo sia nuovo rispetto alle costruzioni precedenti o particolarmente notevole.



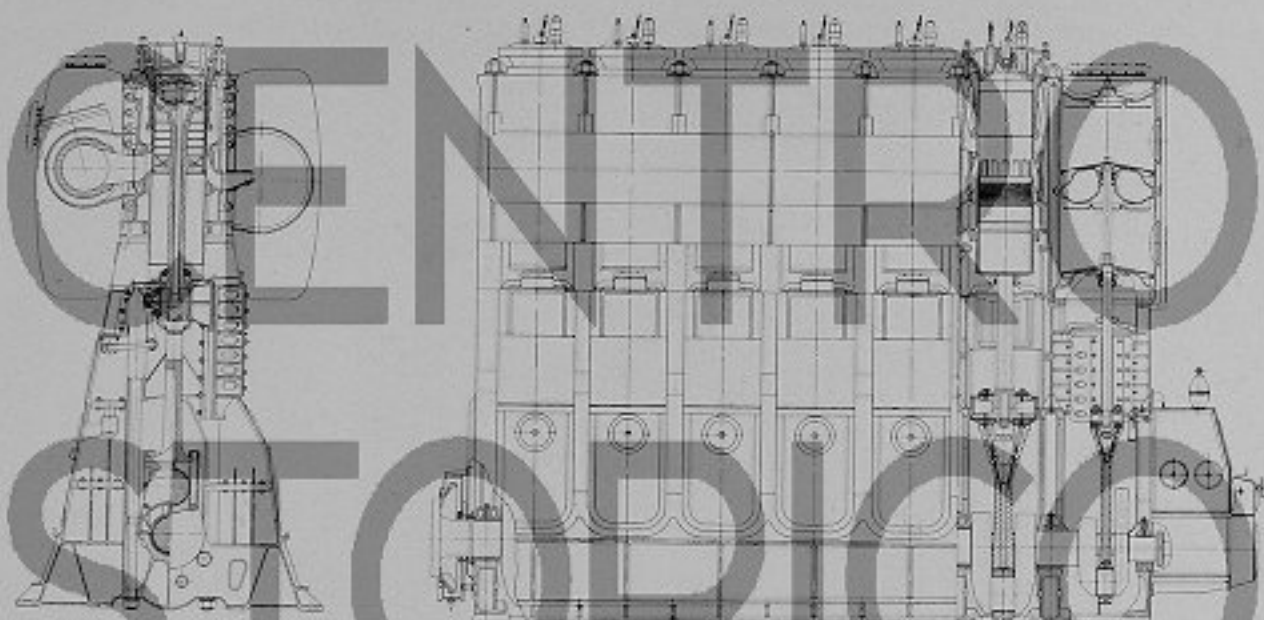
Fig. 3 - L'Italiano dopo la trasformazione



Nuovo possiamo ritenere l'aspetto esterno della macchina in quanto nessun accessorio o meccanismo è applicato sui due lati del motore. Pompe del combustibile, distributori di avviamento, regolatori, quadri, posto di manovra sono concentrati alla estremità prodiera; solo sotto al collettore di sca-

novra: crediamo di essere riusciti a riunire le esigenze di facile montaggio e agevole manutenzione con quelle di ingombro ridotto e di aspetto gradevole.

Nella costruzione più corrente, con pompe del combustibile azionate da camme, abbiamo due



4857 Fig. 4 - Sezione trasversale e longitudinale del motore di propulsione tipo 6BB A installato sulla M/n Italsole

rico sono rimaste le pompette di lubrificazione dei cilindri, a comando idraulico. Il disegno delle guide dei pattini, e la disposizione delle porte di visita dà una impressione di semplicità, e ciò che più importa, permette il facile ed agevole accesso alle parti interne.

Nuovo è — in entrambi le edizioni — il gruppo delle pompe del combustibile e del posto di ma-

gruppi paralleli di tre pompe azionate da tre camme, montate su un albero cavo in prosecuzione dell'albero motore. Il moto giunge all'albero cavo attraverso un albero interno collegato rigidamente all'albero motore; l'albero interno è collegato all'albero cavo delle camme mediante un giunto a palmola a due posizioni che consente di portare automaticamente la fase delle camme ai valori

#### L'Italsole dopo la trasformazione

1 Locale di macchina	12 Uff. B. telegrafisti	23 Sala Nostro	34 Salone
2 Stiva	13 Alloggio comandante	24 Servizi igienici	35 Cassa olio
3 Corridoio	14 Ripostiglio	25 Mensa macchinisti	36 Cassa acqua potabile
4 Servomotore timone	15 Salone	26 Igiene macchinisti	37 Cassa nafta leggera
5 Igiene marinai	16 Cambusa	27 Deposito viveri	38 Magazzino
6 Mensa marinai	17 Deposito	28 Cucina	39 Officina
7 Alloggi equipaggio	18 Gavone acqua zavorra	29 Mensa sott'ufficiali	40 Locale dinamo
8 Alloggi sott'ufficiali	19 Cisterna olio commestibile	30 Mensa ufficiali	41 Calderina
9 Alloggi ufficiali	20 Serbatoio nafta	31 Alloggi vari e ripostigli	42 Silenziatore
10 Sala nautica	21 Capo cambusa	32 Infermeria	
11 Sala timoneria	22 Carpenteri	33 Alloggi ufficiali e servizi	

occorrenti nei due sensi di marcia. Ogni camma, mediante due rulli portati da leve a squadra opposte, comanda due pompe del combustibile.

Queste sono del consueto tipo Fiat, ad elementi smontabili e sostituibili occorrendo anche durante il moto: basta per questo staccare mediante

un volantino per la regolazione della velocità: al di sopra della leva è disposto il quadro dei manometri, il contagiri istantaneo e continuo, l'indicatore del senso di marcia.

Come nei precedenti motori la manovra è fatta mediante distributori e servomotori ad aria com-



Fig. 5 - Vista anteriore del motore dal lato volante

Si noti la struttura speciale, bassa ed allargata del basamento a la grande accessibilità anche di questo fianco di basamento - lato guida - che di solito si presenta ingombrato da accessori, quali pompe, comandi, ecc.

1450

semplice dispositivo il rullo corrispondente dalla propria camma.

Sopra alle pompe del combustibile è un breve albero comandato dall'albero a gomito mediante una catena; esso porta le camme dei distributori di avviamento ed aziona il regolatore di sicurezza, del nostro consueto tipo centrifugo a servomotore pneumatico.

Sul davanti del gruppo pompe è montato il posto di manovra, che comporta due leve per l'avviamento, una per la inversione di marcia ed

pressa a bassa pressione, secondo lo schema oggi comune a tutti i grossi motori.

Nella variante con pompe Archauloff a proravia del motore sono soltanto il posto di manovra e i distributori di avviamento, questi ultimi su un alberino trasversale azionato mediante ruote elicoidali dall'albero motore. Questo alberino comanda anche il regolatore di sicurezza.

Le pompe Archauloff e i relativi comandi, sono state descritte nel numero 1 del 1949 del nostro bollettino, al quale rimandiamo chi



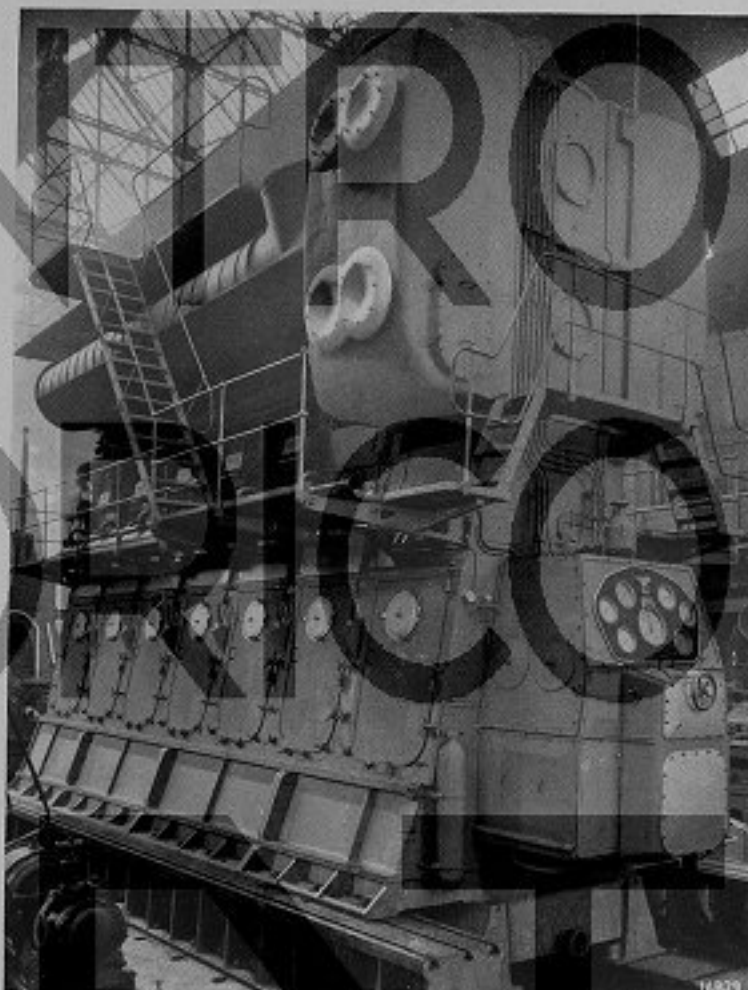
abbia particolare interesse sull'argomento. In seguito all'ottimo esito delle numerose applicazioni pratiche sin qui sperimentate, è stato esteso anche al motore 686 l'uso del dispositivo di comando idraulico delle cassette oleatrici dei cilindri, descritto nel n. 4 - 1949 del nostro Bollettino. Anzi

spondenza di ogni cilindro. Diversa dal solito è la forma del basamento, che abbiamo disegnato appositamente per adattarsi alle esigenze delle navi Liberty. In queste navi l'albero a gomito della motrice a vapore è più basso del centro dell'elica, e pertanto la linea d'asse è inclinata in discesa da poppa

# CENTRO STO

Fig. 6 - Vista posteriore del motore dal lato manovra

*Si noti l'estremità prodiere del motore, con la pompa d'aria ed il posto di manovra e di fianco la serie delle grandi porte di visita per l'accesso al manovellismo.*



il comportamento di tale dispositivo è stato così soddisfacente da consigliarne l'adozione su diversi motori già in esercizio, al posto dei vecchi comandi meccanici, i quali, pur essendo semplici, richiedono una certa manutenzione e si prestano meno bene ad una facile regolazione.

Nuovo, ed interessante per chi abbia fiducia nel valore dei diagrammi di indicatore come mezzo di rilievo della potenza sviluppata, è il dispositivo di comando degli indicatori, a mezzo di alberino interno al motore che aziona eccentrici in corri-

a prua. Per questo, desiderando montare il motore sulle stesse lamiere di fondazione esistenti, e non volendo toccare la linea d'asse, abbiamo progettato un basamento basso, a larga base di appoggio, e inclinato anch'esso di quanto necessario.

La maggior larghezza di base è stata ritenuta utile anche per portare su una estesa superficie del doppio fondo le reazioni dovute al peso e al funzionamento della macchina e ridurre il rischio di vibrazioni del motore o dello scafo. La limitatissima altezza obbligata del basamento ha reso

praticamente impossibile chiuderne la parte inferiore nel modo consueto per raccogliere e convogliare l'olio verso i pozzetti. Siamo perciò stati costretti a servirci del cielo del doppio fondo come parete inferiore di chiusura, studiando appo-

L'albero a gomito non ha alcun foro, secondo una pratica da noi introdotta da oltre 15 anni, e successivamente adottata dagli altri costruttori. Il profilo della biella è stato riveduto in seguito a ricerche tensiometriche: è stato migliorato il



Fig. 7 - Vista laterale delle pompe combustibile e del posto di manovra, a sportelli aperti

In bassa una delle due file di pompe, in alto il distributore di avviamento e il regolatore di sicurezza

sito dispositivo con guarnizioni registrabili per realizzare una perfetta tenuta tra le zampe del basamento ed il doppio fondo.

Come già detto le altre parti del motore sono costruite secondo il vecchio stile, con le migliori che l'esperienza ha suggerito.

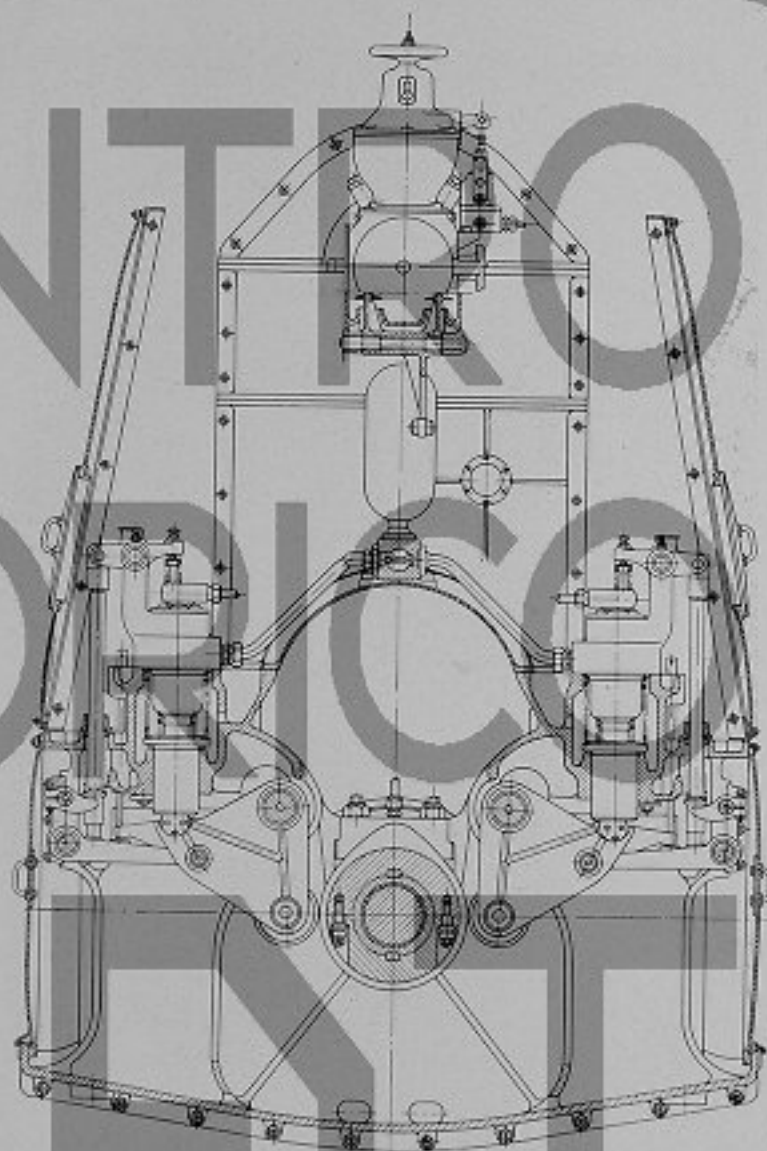
L'albero a gomito è semicomposto in un sol pezzo: un collettore sul basamento manda l'olio di lubrificazione ai perni di banco, mentre i perni di testa di biella sono lubrificati da olio proveniente dall'alto attraverso le teste a croce.

disegno della testa a croce e dei suoi cuscinetti. E' stato conservato, aumentandone le sezioni di passaggio e riducendone le perdite di carico, l'ottimo dispositivo a ginocchiere che manda e scarica l'olio di raffreddamento dagli stantuffi motori.

Lo stantuffo mantiene il precedente disegno, con 8 fasce elastiche e larga superficie di guida sul mantello. I canali delle fasce elastiche sono cromati per evitarne l'usura che è una delle maggior cause di rottura delle fasce elastiche: il cielo dello stantuffo è trattato per renderlo per quanto possibile

resistente alla ossidazione. I montanti, della solita forma ad A hanno una gamba riportata onde permettere il ricambio dell'albero a gomiti senza smontare tutto il motore; abbiamo cambiato il sistema di attacco delle guide pattini, per

Le testate di acciaio fuso sono del nostro disegno usuale, incassate nella parte superiore della camicia per proteggerla contro eccessive temperature; per migliore estetica abbiamo montato verticali tutte le valvole. In contrasto con la moda oggi preva-



**Fig. 8 - Sezione trasversale della pompa combustibile**

*Ciascuna camma comanda due pompe, mediante semplici leve portarullo foggiate a squadra. Si osservi la grande accessibilità di tutto il dispositivo delle pompe (in basso) e del distributore di avviamento e del regolatore (in alto).*

migliorare l'estetica e facilitare la lavorazione. Cilindri e camicie non hanno novità, se non il miglioramento delle sezioni di passaggio aria e gas di scarico, in conseguenza delle più recenti ricerche fatte nei nostri laboratori.

Conserviamo la costruzione delle camicie con la parte superiore di acciaio, per garantire la assoluta sicurezza contro le rotture anche in caso di forti sovraccarichi, sia volontari che accidentali.

lente, abbiamo conservato per la pompa d'aria la vecchia disposizione, con una sola pompa a due cilindri sovrapposti in tandem, sistemata a proravia dei cilindri motori, ed azionata mediante biella da un prolungamento dell'albero motore. Anche sotto il cilindro della pompa d'aria abbiamo applicato una parete di separazione rispetto alla camera delle manovelle, in modo che la fuoriuscita dell'asta dello stantuffo avvenga in un ambiente pulito e



privo di olio. Questo ad evitare trascinamenti d'olio lungo l'asta durante la corsa di aspirazione.

La pompa unica a stantuffo è semplice, robusta, non richiede praticamente manutenzione e rappresenterebbe la soluzione ideale se non desse luogo ad un certo aumento nel peso e nella lunghezza

questo maggior ingombro sia ben compensato dai vantaggi sopra accennati. Nulla di speciale nelle rimanenti parti del motore, se non la particolare cura posta nella disposizione delle tubolature e degli accessori minori, specialmente nella zona delle testate e in tutte le parti soggette a visite o smontaggi.



Fig. 9 - Vista del posto di manovra del motore quando è fornito di pompe del combustibile a comando meccanico

Le due leve esterne servono per l'avviamento, la centrale per l'inversione di marcia, mentre il volantino, agendo sulla portata delle pompe del combustibile, regola la velocità. Osservare in alto il regolatore di sicurezza.

del motore, specialmente in confronto alle soluzioni con pompe singole comandate dalle teste a croce dei cilindri motori. Questo ultimo sistema è però a nostro avviso meno semplice e perciò richiede indubbiamente un maggior lavoro di manutenzione.

Anche le pompe rotative sono più delicate, in se stesse e nei comandi: ingombrano in modo notevole un fianco del motore, e sono inferiori alle pompe a stantuffo multiple in quanto richiedono per le catene di comando un notevole aumento della lunghezza del motore. Nel nostro caso la pompa in testa al motore ne aumenta la lunghezza di poco più di un metro; ma abbiamo stimato che

Lo stesso motore, quando non destinato ad essere montato sulle Liberty, viene naturalmente costruito con basamento di tipo normale, in cui è incorporato il cuscinetto reggispinta; in tutto il resto non vi sono altre varianti.

*La linea d'asse e l'elica.* — Essendo la maggior potenza sviluppata dal motore 686 nei confronti della vecchia motrice a vapore praticamente proporzionale al maggior numero di giri, e restando quindi costante il momento torcente, le dimensioni geometriche della linea d'asse preesistente sono state approvate dai Registri di classifica per le nuove

condizioni di funzionamento. Come si è già osservato la particolare costruzione adottata per il basamento del motore ha permesso di conservare inalterata la posizione della linea d'asse, cosicchè non è stato necessario eseguire nessun lavoro in questa parte dell'impianto. Anche il cuscinetto reggispianta,

battente di acqua, ragione per cui, anche tenendo conto, della minore immersione dello scafo, si avrà sempre, a parità di assetto, un maggior battente d'acqua di 600 mm circa. Un ulteriore vantaggio in questo senso si avrà dalla possibilità, di appoggiare maggiormente la nave durante la navigazione

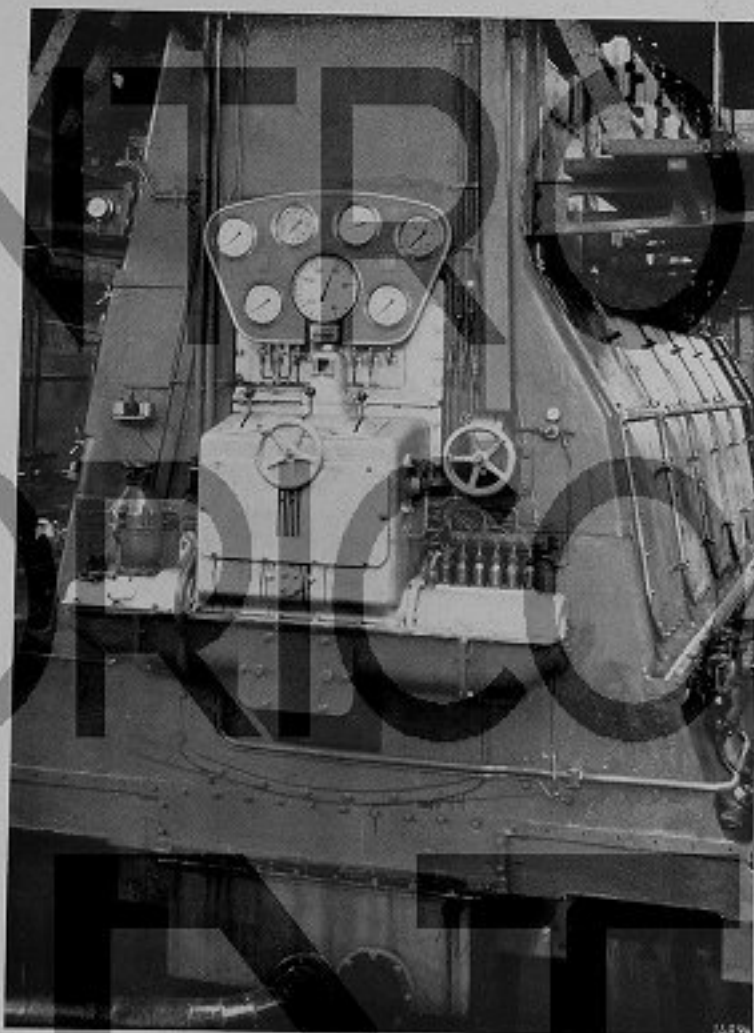


Fig. 10 - Vista del posto di manovra del motore quando è fornito di pompe del combustibile a comando pneumatico tipo Archauloff

Questa manovra differisce da quella della fig. 9 perchè il distributore di avviamento ed il regolatore di sicurezza sono disposti lateralmente in basso.

4853

indipendente dalla motrice, è risultato essere largamente proporzionato, e avendone il costruttore americano garantito il buon funzionamento nelle nuove condizioni di carico, è stato conservato tale e quale. A titolo di precauzione abbiamo tuttavia provveduto a migliorare il raffreddamento sia del reggispianta che dei cuscinetti portanti della linea d'asse.

L'elica ha dovuto essere sostituita; abbiamo montato un'elica a 4 pale, avente diametro di 4350 mm e passo di 3600, mentre la vecchia elica aveva un diametro di 5640 mm. Nelle nuove condizioni avremo perciò a parità di immersione, un maggior

in zavorra o a carico leggero riempiendo di acqua dolce le nuove cisterne costituite nella quinta stiva.

Per effetto del maggior numero di giri si ha, secondo i calcoli, nelle nuove condizioni una diminuzione del 6% sul rendimento propulsivo; in pratica tale perdita sarà ridotta per il fatto della maggior immersione dell'elica, specialmente nelle condizioni di navigazione in zavorra o con poco carico.

E' noto d'altra parte che le attuali eliche della Liberty non essendo totalmente immerse nella navigazione in zavorra, contribuiscono ad eccitare nella linea d'asse sollecitazioni torsionali anormali

di notevole entità nella zona di velocità prossima ai 75 giri normali, con la conseguenza di frequenti rotture degli alberi portaelica e perdita in mare delle eliche stesse. Con il nuovo apparato a motore questo grave rischio è completamente eliminato.

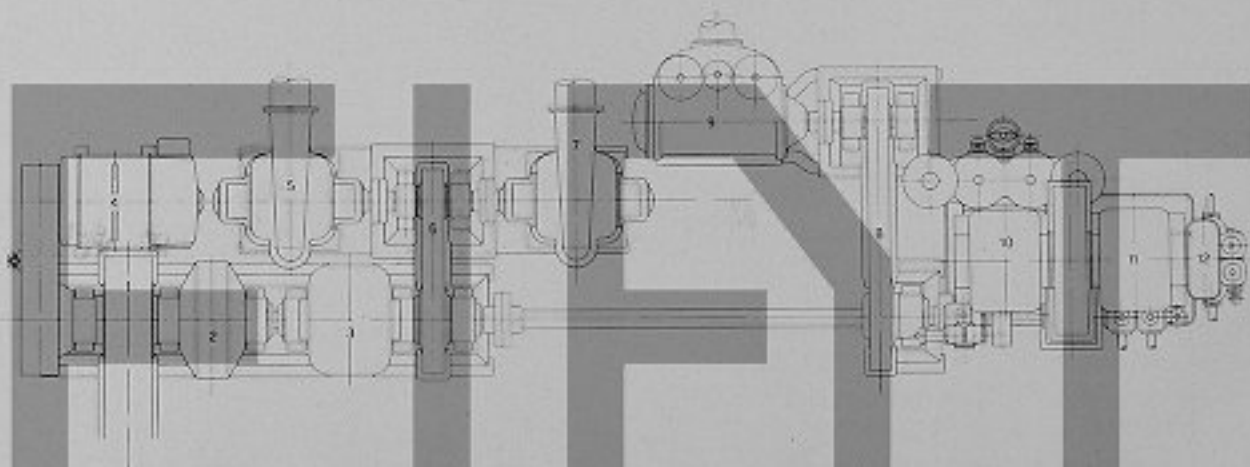
essere azionati dal motore, pur essendo da questo del tutto separati. Essi sono stati disposti lateralmente al motore, nello spazio lasciato libero dal condensatore e da altri ausiliari del preesistente impianto a vapore, e comprendono:



- 1 Catena comando del motore principale
- 2 Giunto elastico
- 3 Innesto a denti
- 4 Dinamo
- 5 Pompa acqua dolce
- 6 Catena di comando pompe acqua
- 7 Pompa acqua salata
- 8 Catena di comando pompa olio
- 9 Pompa olio
- 10 Pompa sentina
- 11 Pompa alimentazione caldaia a gas di scarico
- 12 Pompa raffreddamento polverizzatori

4849

Fig. 11 - Gruppo pompe: Fotografia e pianta



4855

#### Ausiliari per servizio del motore.

Allo scopo di rendere minimo il consumo di energia elettrica in navigazione e quindi il fabbisogno di vapore, i macchinari ausiliari occorrenti al funzionamento del motore sono stati disposti per

— due pompe centrifughe, reversibili della portata di 170 mc/h alla velocità di ca. 1035 giri/l'. Una di esse serve per la circolazione di acqua dolce nei cilindri motori l'altra per circolazione di acqua di mare nei refrigeranti acqua dolce ed olio.



— una pompa a vite, reversibile della portata di 140 mc/h, alla velocità di 1035 giri/min. Serve per la circolazione dell'olio o per la lubrificazione generale ed il raffreddamento stantuffi.

— una pompa a stantuffo della portata di 7 mc/h alla velocità di 125 giri, destinata a far circolare, in apposito circuito chiuso, l'acqua di raffreddamento dei polverizzatori.

— una pompa a vite, della portata di 2 mc/h, a velocità di 1000 giri destinata ad alimentare sotto pressione le pompe di iniezione del combustibile.

Le pompe sono comandate, attraverso un'albero intermediario a 370 giri, dall'albero a gomito mediante catena. Apposito giunto a denti serve a staccare dal servizio l'intero gruppo delle pompe in caso di eventuali avarie, mentre un giunto elastico a dischi di tela e gomma serve a isolare torsionalmente il sistema. La presa del moto è situata alla estremità poppiera del motore, in prossimità del volano, in vicinanza cioè del punto ove il movimento rotatorio è più regolare.

Lo stesso gruppo di comando aziona anche altri macchinari destinati a servizi di bordo, che saranno specificati più avanti; il tutto è stato studiato e costruito da noi.

Un dispositivo centrale di lubrificazione collegato a quello dei cilindri del motore principale, serve a distribuire automaticamente l'olio ai vari cuscinetti e meccanismi.

Come riserva alle pompe sopra descritte è stato predisposto quanto segue:

— in caso di avaria di una delle due pompe di acqua dolce o di acqua di mare, si può raffreddare i cilindri direttamente con acqua di mare, essendo a tale scopo previste le necessarie connessioni; come ulteriore riserva si può adoperare la pompa di zavorra, azionata a vapore.

— come riserva alla pompa olio è stata sistemata una pompa a vapore indipendente di pari portata.

— come riserva alla pompa di alimentazione nafta del motore vi è una elettropompa a vite.

— come riserva alla pompa di raffreddamento dei polverizzatori vi è una pompa a vapore.

L'acqua dolce e l'olio che circolano nel motore sono raffreddati mediante acqua di mare in appositi refrigeranti a superficie: vi sono due refrigeranti per l'olio, da 120 mq in totale, e un refrigerante per l'acqua da 120 mq. Un piccolo refrigerante di 3 mq è inserito nel circuito indipendente di raffreddamento dei polverizzatori.

Casse di servizio per nafta ed olio sono state

sistemate nei locali ricavati dai carbonili laterali sovrastanti il locale di macchina.

La depurazione del combustibile è fatta mediante 2 depuratori di costruzione Veronesi della portata di 2 t/h corredati dei necessari riscaldatori e pompe.

Egual depuratore è stato sistemato per il servizio dell'olio lubrificante.

Per l'avviamento del motore sono stati montati due compressori costruiti dalla Ditta Redaelli ognuno capace di comprimere a 30 Kg/cm<sup>2</sup> la portata di 200 mc/h; ogni compressore richiede la potenza di 70 HP alla velocità di 400 giri. Uno di essi è azionato da una motrice a vapore Tosi, l'altro da motore a combustione.

Tale motore, di nostra normale costruzione (appartiene al nostro tipo a 4 tempi  $\varnothing$  180 mm - c. 270 mm - potenza 25 HP per cilindro a 750 giri, largamente diffuso nelle versioni a 4-5-6 cilindri per gruppi elettrogeni a terra e a bordo) è a 5 cilindri e nel caso attuale, anziché dare 125 HP a 750 giri, funziona a velocità e potenza ridotta per adattarsi alle caratteristiche del compressore al quale è accoppiato mediante giunto a frizione Pomini.

L'aria di avviamento è contenuta in due serbatoi, della capacità complessiva di 20 mc.

#### Ausiliari per servizi di macchina a scafo.

**MACCHINARIO ELETTRICO.** — Essendo stati conservati tutti i macchinari di coperta e le pompe dei servizi di scafo già azionati a vapore, ed essendo gli ausiliari del motore comandati dal motore stesso, l'entità dell'impianto elettrico risulta assai limitata.

Sono rimasti a bordo due gruppi elettrogeni a vapore esistenti, ognuno della potenza di 15 kW, mentre il terzo sbarcato è stato sostituito con un gruppo da 20 kW azionato da un motore a combustione di 33,5 HP a 400 giri/min.

Inoltre, azionata mediante trasmissione elastica a cinghie di gomma dall'albero intermedio del gruppo pompe, vi è una dinamo da 20 kW a 800 giri, destinata a fornire energia in navigazione.

Sono azionati elettricamente in macchina il vitatore del motore principale e la pompa di riserva alimentazione nafta al motore.

**MACCHINARIO A VAPORE.** — Molto più importante è il gruppo dei macchinari a vapore, i quali comprendono:

— una delle tre caldaie originali tipo normale marino cilindrico a tubi di fumo della superficie



Fig. 12 - Nuova sistemazione della sala macchine

- |  |                                    |                                |
|--|------------------------------------|--------------------------------|
| 1 Motore principale                    | 11 Pompa zavorra a vapore          | 21 Refrigeranti olio           |
| 2 Reggispinta                          | 12 Pompa travaso nafta a vapore    | 22 Refrigerante acqua          |
| 3 Viratore elettrico                   | 13 Depuratori nafta                | 23 Serbatoi aria compressa     |
| 4 Gruppo pompe e dinamo                | 14 Depuratore olio                 | 24 Officina                    |
| 5 Calderina Cockran                    | 15 Pompa sentina a vapore          | 25 Magazzino                   |
| 6 Caldaia principale                   | 16 Filtro olio                     | 26 Gruppi elettrogeni a vapore |
| 7 Ventilatore della caldaia principale | 17 Compressore a vapore            | 27 Gruppo elettrogeno a motore |
| 8 Distillatore                         | 18 Moto compressore                | 28 Caldaia Lamont              |
| 9 Pozzo caldo                          | 19 Pompa a vapore alimento caldaia | 29 Silenziatore                |
| 10 Condensatore ausiliario con pompa   | 20 Pompa a vapore spinta nafta     |                                |

di 220 mq. Essa è stata trasformata per combustione a nafta, e serve in porto per i verricelli e gli altri macchinari di coperta.

— una caldaia verticale, a tubi di fiamma, della superficie di 40 mq, con riscaldamento a nafta, collegata in unico circuito di vapore con una caldaia tipo Lamont a serpentina sistemata nel condotto di scarico gas del motore principale. Quest'ultima con una temperatura di scarico non inferiore a 270° dovrebbe fornire 700 Kg/ora di vapore a pressione di 7 Kg/cm<sup>2</sup>; il vapore prodotto si raccoglie nella calderina verticale, che funziona da accumulatore, e che integra, occorrendo, la produzione di vapore onde adeguarla alle richieste.

Il gruppo delle due caldaie minori è in grado di dare tutto il vapore occorrente in navigazione anche nel caso occorresse azionare qualcuna delle grandi pompe di riserva a vapore per la circolazione acqua ed olio; normalmente basta invece la sola calderina a gas di scarico, in quanto il consumo ordinario continuo di vapore è quello dei riscaldatori, dei depuratori, della motrice del timone, e saltuariamente quello di qualche pompa per i vari servizi di scafo.

Il vapore per gli ausiliari di macchina e per il timone è utilizzato a pressione di 7 Kg/cm<sup>2</sup> e per i macchinari di coperta a 10 Kg/cm<sup>2</sup>.

— le due motrici delle dinamo dei gruppi elettrogeni, monocilindriche, della potenza di 15 kW ognuna a circa 575 giri (già esistenti).

— la motrice del compressore di avviamento, monocilindrica, della potenza di 70 HP a circa 400 giri.

— una pompa duplex per servizio zavorra, della portata di 200 mc (già esistente).

— una pompa duplex per servizio sentina, della portata di 100 t/h (già esistente).

— una pompa per acqua dolce, della portata di 10 t/h.

— una pompa travaso nafta, della portata di 60 t/h.

— una pompa di riserva per l'olio di lubrificazione del motore principale, della portata di 125 t/h.

— le pompe di alimento per le varie caldaie.

Per la condensazione del vapore consumato dagli ausiliari di macchina e di coperta è stato conservato l'esistente condensatore ausiliario con la sua pompa di circolazione.

#### Macchinario e apparecchi vari.

Il gruppo degli ausiliari comandato dal motore comprende anche qualche pompa occorrente in navigazione e precisamente:

— una pompa a stantuffo, da 170 mc/h per servizio sentina

— una pompa a stantuffo, da 7 mc/h per alimento delle calderine funzionanti in navigazione.

Queste pompe sono azionate mediante catena dell'albero intermedio del gruppo alla velocità ridotta di 125 giri.

*Officina e magazzini.* — Per tener conto delle esigenze di una economica manutenzione del motore e degli ausiliari, è stata sistemata una spaziosa officina, su un copertino sopraelevato. Essa è dotata di un tornio, un trapano e di macchinario minore. Nel magazzino adiacente sono collocati i ricambi del motore principale e ausiliari.

*Mezzi di sollevamento.* — Per facilitare gli smontaggi e la manutenzione, si è sistemato nel cofano un carro ponte, scorrevole longitudinalmente sopra il motore e provvisto di carrello trasversale fornito di un paranco elettrico da 5 t.

#### La sistemazione.

Come risulta dai disegni del locale di macchina, in cui i macchinari sopra descritti sono rappresentati, la sistemazione per quanto resa in parte obbligata da vincoli preesistenti, è risultata molto comoda, e crediamo darà in servizio pratico soddisfazione. Certamente l'area del locale macchine è superiore a quanto si potrebbe richiedere in una nave totalmente nuova: questa spaziosità compensa in certo qual modo quegli obblighi che si sono dovuti accettare come eredità del vecchio impianto.

Dalle precedenti descrizioni risulta come siano stati in pratica realizzate le idee secondo cui è stata impostata la trasformazione della nave, specialmente per quanto riguarda l'azionamento degli ausiliari di coperta e di macchina.

In effetto, con moderata spesa e minimo impiego di nuovo macchinario, si è ottenuto:

a) in porto e in manovra, di far funzionare i macchinari occorrenti mediante il vapore prodotto da una delle caldaie, conservando con questo tutto l'impianto esistente senza costo di spesa.

b) in navigazione, di far funzionare tutti gli ausiliari a mezzo di energia derivata dal motore, sia direttamente che indirettamente a mezzo di ricupero dai gas di scarico, lasciando all'impianto a vapore principale soltanto il compito della riserva, ottenendo in questo modo la massima economia di combustibile durante la navigazione.

Dott. Ing. ROBERTO DE PIERI



## LE PROVE IN OFFICINA

### Rilevi sperimentali sul comportamento al banco del motore Diesel Fiat 686

(Prof. Ing. Antonio Capetti, Direttore dell'Istituto di Macchine del Politecnico di Torino)

Il motore a cui si riferisce la presente relazione, è del tipo a cilindri in linea a due tempi e semplice effetto, destinato alla propulsione navale e produzione di energia per uso industriale.

Dati numerici del motore, utili per l'interpretazione dei risultati delle prove, sono i seguenti:

- Cilindri motori: n. 6 - diametro mm 680 - corsa mm 1200 - cilindrata totale 2615 dmc.
- Cilindri pompa aria, n. 2 a doppio effetto in tandem - diametro mm 1200 - corsa mm 850 - cilindrata totale 3840 dmc.
- Velocità normale: giri al minuto 125.
- Potenza normale: cavalli 3600.

a cui corrispondono una pressione media effettiva di circa 5 Kg/cm<sup>2</sup> ed una velocità media di stantuffo di 5 m/s.

Negli esemplari provati, tutti gli accessori erano comandati direttamente dal motore, tranne le pompe di circolazione dell'acqua refrigerante e dell'olio lubrificante e refrigerante, e quella di rifornimento della nafta, che erano comandate da motori elettrici della potenza complessiva di circa 70 HP.

Omettiamo la descrizione del motore, che è data in altro capitolo di questo Bollettino: ci limitiamo a dire che si tratta di un motore in un certo senso di serie, progettato con i noti criteri a cui la Fiat informa le sue costruzioni marine di grande diametro e che si presta ad essere scelto per le prove rigorose a cui per desiderio della stessa Ditta lo abbiamo sottoposto in quanto tra l'altro rappresenta in certo modo il campione medio della sua più recente produzione in questo campo.

Le prove sono state eseguite su più di un esemplare e con nafta diverse quanto a potere calorifico e densità; per comodità di confronto, i consumi specifici sono stati riportati tutti a quelli che si sarebbero presumibilmente ottenuti colla nafta di potere calorifico superiore 10.680 cal/kg e densità 0,878 a 15°C usata in alcune prove.

I risultati più espressivi a cui tendeva la ricerca

erano la determinazione dei consumi specifici misurati entro una gamma ragionevolmente ampia di velocità e di carichi e l'attitudine a raggiungere e mantenere con sicurezza regimi di elevato sovraccarico.

Per rendersi conto delle cause che hanno concorso al raggiungimento dei risultati molto favorevoli che in seguito presenteremo e in ogni modo per approfondire la conoscenza del funzionamento del motore, le prove sono state corredate dai rilevamenti di diagrammi indicati dei cicli motori, dei cicli delle pompe d'aria e delle pressioni nel collettore di lavaggio, dalle misure calorimetriche (portate e salti di temperatura) sulle circolazioni refrigeranti dei cilindri e degli stantuffi e sui gas di scarico, e infine delle osservazioni col metodo Machnich della fumosità dei gas stessi.

#### Consumo specifico.

La sua calcolazione è basata sulle misure della coppia motrice (per mezzo di un freno «Froude» debitamente tarato) del numero di giri (per mezzo di un contagiri totalizzatore e di un cronometro) e del peso di nafta consumata in un tempo noto (per mezzo di un serbatoio della capacità di circa 1700 dmc disposto su una bilancia a bilico, pur essa debitamente tarata) (1).

E' abitudine per le applicazioni marine, giustificata dalle proprietà dell'elica, di provare il motore lungo la sua linea di utilizzazione cubica passante per la potenza e velocità normale di esercizio, cioè variando la frenatura in modo che le potenze risultino proporzionali al cubo delle rispettive

(1) La riduzione dei consumi eseguiti con combustibili leggermente più pesanti di quello  $d = 0,878$  a 15°, (10.680 Cal/Kg.) è stata ottenuta moltiplicando i consumi stessi per il rapporto  $\frac{\text{Consumo nafta campione}}{\text{Consumo nafta in uso}}$  determinato in apposite prove a carico normale.

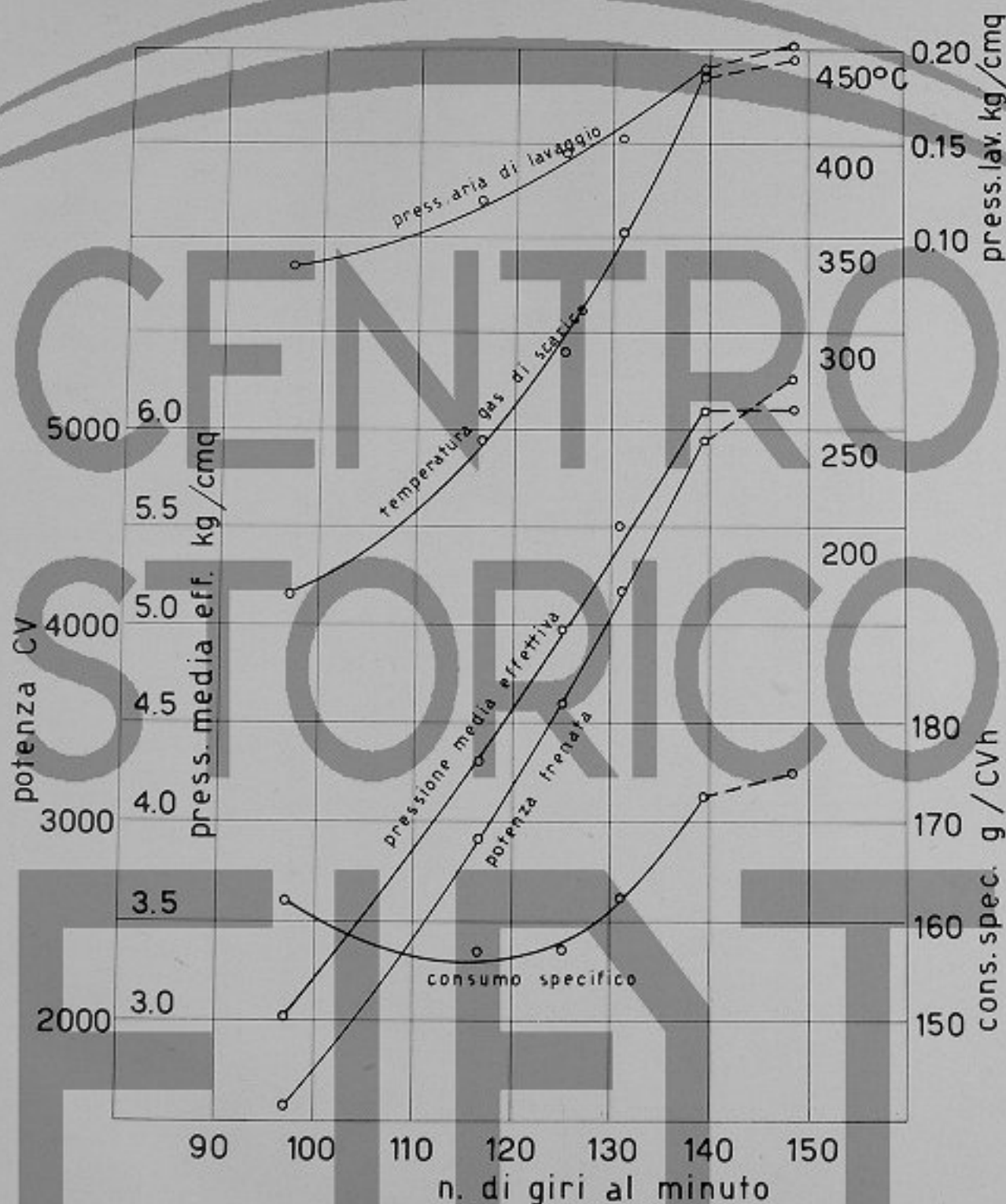


Fig. 13 - Curve caratteristiche del motore Fiat 6BB nelle condizioni di ambiente con pressione atmosferica 733 mm e temperatura 18°C

Per rendere possibile il confronto con le condizioni di effettivo esercizio di bordo, le curve sono state rilevate facendo variare la potenza - da 90 a 140 g/l' - secondo la legge cubica di assorbimento d'elica.

Oltre i 140 giri è invece costante la pressione media effettiva. Notare i bassi valori del consumo specifico e l'elevato sovraccarico raggiunto, pari al 45% della potenza normale

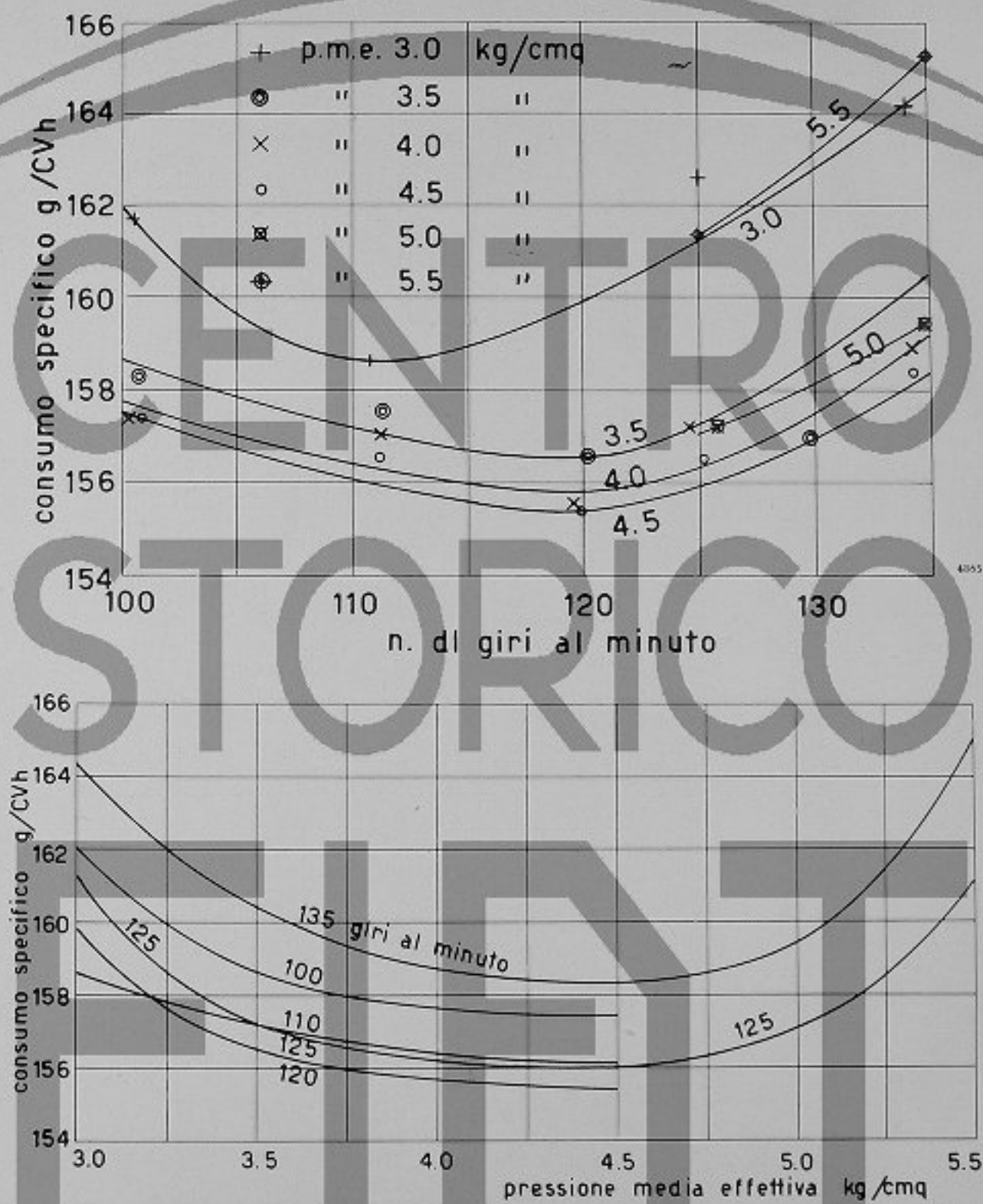


Fig. 14 e 15 - Curve dei consumi specifici in funzione delle velocità e delle pressioni medie

Notare l'andamento pianeggiante delle curve e il valore particolarmente favorevole del consumo minimo, pari a 155 gr./HP.h.





Fig. 16 - Piano quotato dei consumi specifici

Notare come in tutto il vastissimo campo esplorato i consumi siano inferiori a 160 gr./HP.h.

velocità angolari. A questo criterio corrispondono (salvo l'intervallo tratteggiato) le curve caratteristiche della figura 13.

Potendo però lo stesso motore essere accoppiato

effettiva variabile da 3 a 5,5 Kg/cm<sup>2</sup> e nella fig. 15 invece le curve dei consumi a pressione media effettiva costante (3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 5,5 Kg/cm<sup>2</sup>) e velocità variabili da 100 a 135 giri al min.

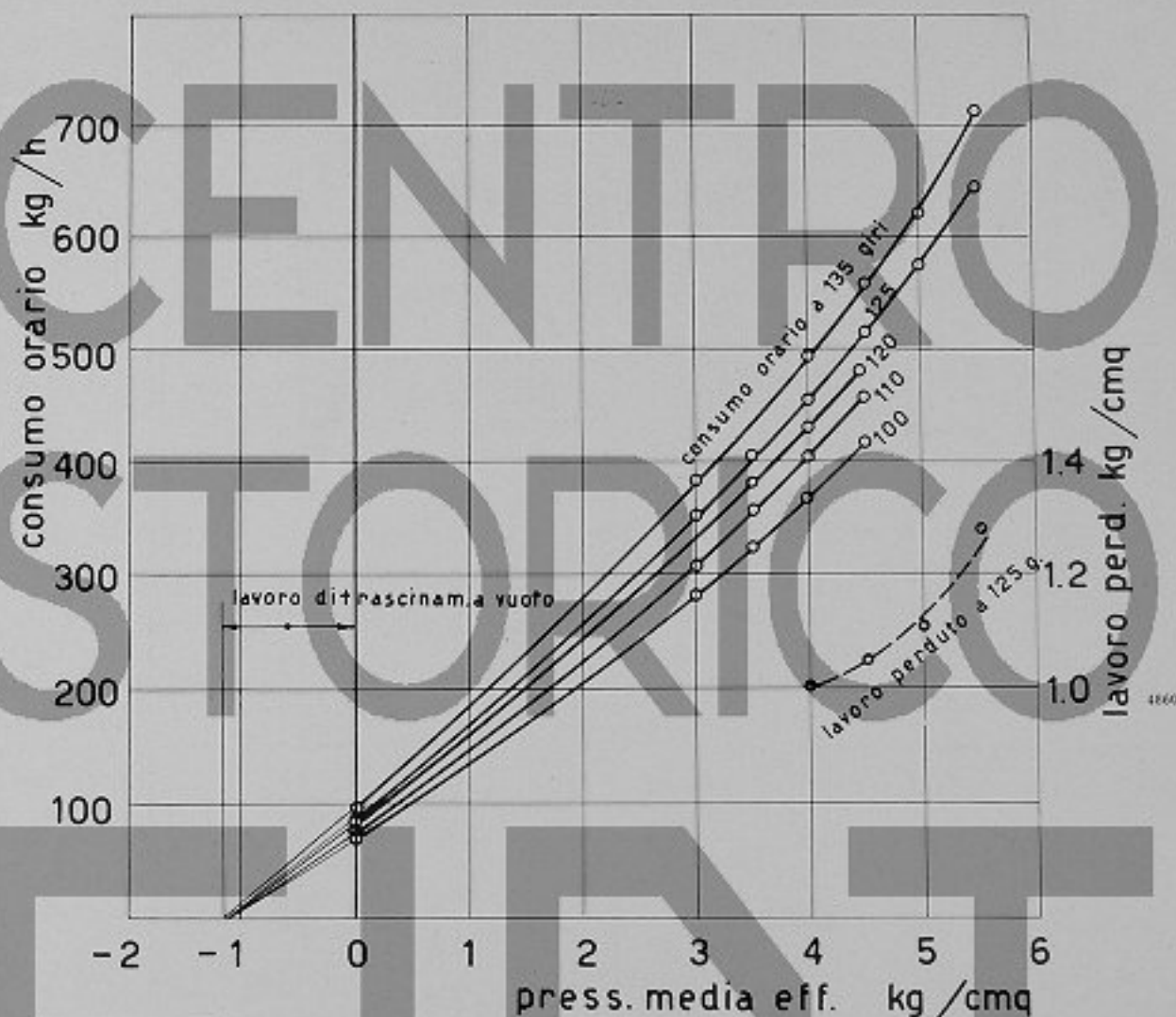


Fig. 17 - Determinazione del rendimento meccanico col metodo della estrapolazione dei consumi orari

ad eliche di caratteristiche diverse, oppure destinato a impiego differente da quello navale (per es. centrali elettriche, stazioni di pompaggio, ecc.) e non trattandosi di un semplice collaudo, si è stimato opportuno allargare il campo della ricerca, e così nella figura 14 si vedono le curve dei consumi specifici a velocità costanti (100 - 110 - 125 e 135 giri al min.) e pressione media

E' stato anche possibile mediante opportune interpolazioni costruire quello che è il documento più completo del rendimento di un motore, cioè il piano quotato dei consumi specifici in coordinate pressione media effettiva numero di giri.

In questo piano che la fig. 16 presenta striato anche dalla famiglia delle linee a potenza costante,

sono stati congiunti i punti di egual consumo specifico, ottenendo una famiglia di curve chiuse che si svolgono intorno al punto di minimo consumo, (155,3 grammi/HPb) raggiunto quando

Degna di nota è poi la rarefazione delle curve di livello attorno al minimo che significa come scostandosi anche notevolmente, per carico o per velocità dalle condizioni di funzionamento più

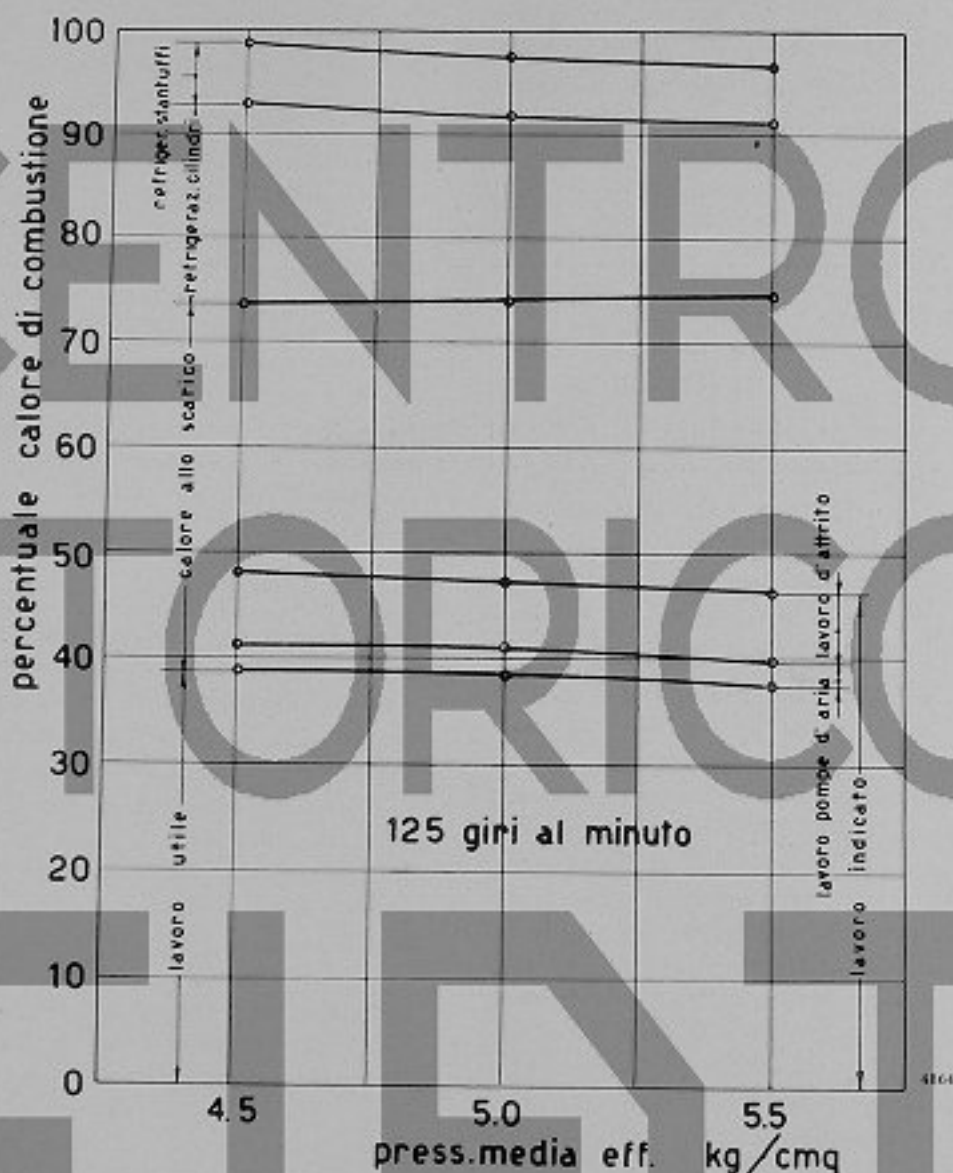


Fig. 18 - Bilanci termici tra le pressioni medie di 4,5 e 5,5 Kg/cm<sup>2</sup>

il motore sviluppa circa 3100 HP a 120 giri/l'.

Si tratta di un consumo veramente eccezionale che testimonia quale progresso abbiano compiuto i motori ad iniezione diretta, riuscendo a trasformare in lavoro utile circa il 40% del calore del combustibile.

economiche suddette, il consumo specifico non aumenti sensibilmente: si può dire che tutto il campo esplorato, salvo piccoli triangoli marginali, è compreso entro il perimetro dei 158 grammi/HPb cioè che i consumi nel campo di pratica utilizzazione non superano del 2% il consumo minimo assoluto.



### Rendimento meccanico.

Una delle cause a cui si deve la conservazione ai bassi carichi degli ottimi rendimenti ora segnalati è da ricercarsi nella piccolezza delle perdite meccaniche. Per accertarne l'entità si sono seguite tre vie che hanno dato risultati abbastanza concordanti:

a) *Confronto fra la pressione media indicata, misurata integrando i diagrammi di indicatore e le pressioni medie effettive misurate al freno.* — Alla velocità di 125 giri si sono trovati i valori della tabella seguente, la cui ultima riga riporta

Pressione media indicata Kg/cm <sup>2</sup>	5,00	5,55	6,11	6,78
Pressione media effettiva Kg/cm <sup>2</sup>	4,00	4,5	5,00	5,5
Rendimento meccanico	0,80	0,81	0,82	0,81
Pressione media perduta Kg/cm <sup>2</sup>	1,00	1,05	1,11	1,28

le differenze  $p_{mi} - p_{me}$  che sono precisamente i lavori perduti per unità di cilindrata e per ciclo. Le stesse differenze sono state portate come ordinate della linea a tratti della fig. 17, avente le pressioni medie effettive come ascisse.

b) *Estrapolazione della curva dei consumi orari.* — Tracciando per ogni velocità la curva del peso orario di nafta che si consuma a ciascun carico del motore (compreso il carico nullo) e prolungando queste linee, che risultano pochissimo curvate, a sinistra dell'origine, i punti d'intersezione coll'asse delle ascisse rappresentano quale lavoro bisognerebbe somministrare al motore per trascinarlo a vuoto vincendo le sue resistenze organiche, se non gli si somministrasse nafta: coinciderebbero quindi colle  $p_{mi} - p_{me}$  della precedente tabella.

Dalla figura 17 si rileva che per tutte le velocità sperimentate le linee dei consumi concorrono nel punto di ascissa — 1,1 che coincide colla media dei valori trovati col primo metodo.

c) *Soppressione dell'iniezione in alcuni cilindri.* — Si è determinata la riduzione di p. m. e. causata dalla soppressione dell'iniezione della nafta nella prima o nella seconda terna di cilindri, ferma rimanendo la regolazione delle pompe per l'altra terna. Al regime di 125 giri si è trovato che la p. m. e. passava da 5 a 1,97 Kg/cm<sup>2</sup>: quindi, ammettendo che nella terna privata della combustione il lavoro d'attrito resti costante, si trova:

$$p. m. i. - p. m. e. = 5 - 2 \times 1,97 = 1,06$$

valore come si vede è assai prossimo ai precedenti.

A titolo di controllo si sono misurati i consumi orari, riscontrando che effettivamente essi risultavano esattamente dimezzati.

Nel valore del lavoro perduto che si determina con questi metodi è compreso il lavoro assorbito dalle pompe aria di lavaggio: l'applicazione dell'indicatore a tutte e quattro le loro camere ha permesso di misurare la p. m. i. del loro ciclo, che è risultata variabile da 0,16 a 0,19 Kg/cm<sup>2</sup> al variare della velocità da 110 a 125 giri. Riportata tale pressione media alla cilindrata motrice, mediante il fattore 1,47 (quoziente della cilindrata motrice e pompante), si ottiene il valore di 0,3 Kg/cm<sup>2</sup>, che lascia per tutte le altre perdite, ossia essenzialmente per gli attriti delle fascie elastiche e per quelli del manovellismo, appena 0,8 Kg/cm<sup>2</sup>, valore assai lusinghiero, giustificato dall'ottima lubrificazione e dall'opportuno proporzionamento delle superfici di scorrimento.

### Bilancio termico.

Altre conferme indirette della bontà del rendimento, termiche queste, si traggono dalla considerazione del calore asportato dalle due circolazioni refrigeranti: quella d'acqua nelle camicie e nelle testate dei cilindri e quella d'olio negli stantuffi.

I risultati delle misurazioni fatte al regime di 125 giri e alle tre p. m. e. di 4,5-5-5,5 Kgc/mq. (non quindi nelle condizioni di massimo rendimento) sono riportati nella figura 18: il calore perduto per la refrigerazione ammonta complessivamente al 21 ÷ 24 % del calore disponibile per la combustione. La sua piccolezza dimostra la tempestività e completezza della combustione, essendo, come è noto, fortemente incrementata la trasmissione del calore, sia dal maggior irraggiamento delle fiamme fumose, sia dalle maggiori temperature di espansione delle combustioni tardive.

L'assenza di fumo è stata del resto controllata anche col metodo Machnich già citato, e il buon andamento della combustione risulta pure dai diagrammi d'indicatore di cui la figura 19 dà un esempio.

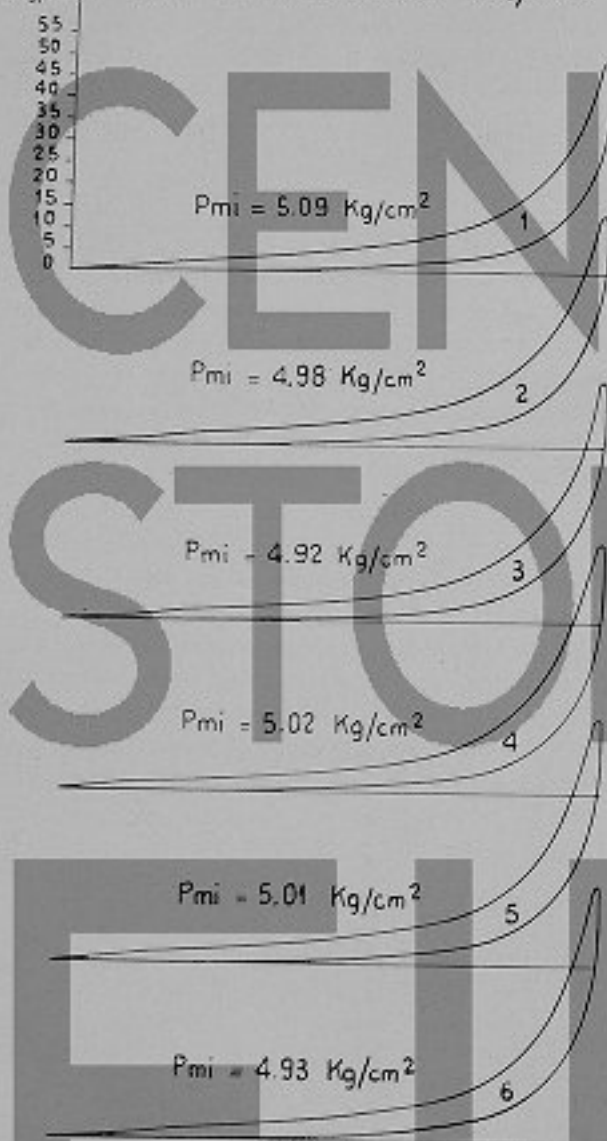
L'aver poco calore da sottrarre all'acqua e all'olio negli appositi refrigeratori è poi vantaggioso di per sé, perchè consente di ridurre le dimensioni di questi apparecchi.

Avendo tre termini del bilancio termico del

motore, si è pensato di completarlo, o quasi, determinandone il quarto (secondo in ordine di importanza) cioè il calore asportato dai gas di

La somma dei quattro termini non dà esattamente il calore equivalente al combustibile consumato, non solo per le inevitabili impre-

**PRESS. MEDIA EFFETT. = 4 Kg/cm<sup>2</sup>**



**PRESS. MEDIA EFFETT. = 5 Kg/cm<sup>2</sup>**

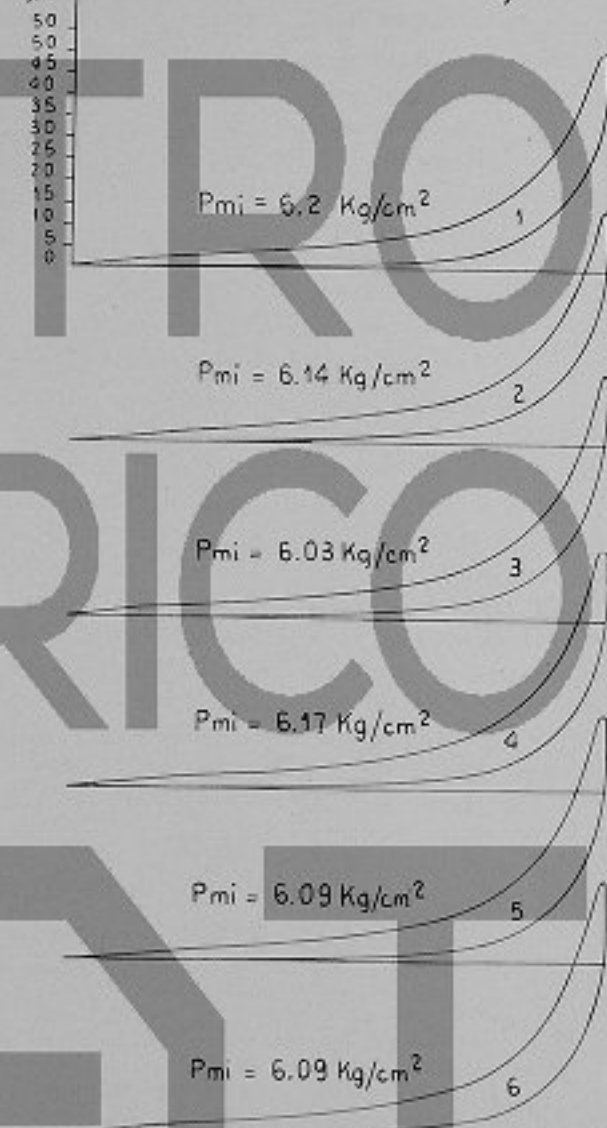


Fig. 19 - Diagrammi dei cilindri motori alle potenze di 2905 HP effettivi a 125 giri/1' (p. m. e. = 4 Kg/cm<sup>2</sup>) e di 3630 HP effettivi a 125 giri/1' (p. m. e. = 5 Kg/cm<sup>2</sup>)

scarico: per questo calcolo si è valutato indirettamente il peso di aria aspirata dalle pompe di lavaggio, desumendolo dal valore probabile del loro rendimento volumetrico, a sua volta ricavato dall'esame del diagramma indicato.

cisioni sperimentali, ma anche perché manca nel bilancio il termine corrispondente al calore irradiato dal motore verso l'ambiente e che si può valutare appunto, come risulta dal bilancio, tra l'1 ed il 2%.

## LE PROVE IN MARE

Prima della consegna si sono effettuate due uscite, rispettivamente il 22 e il 25 Ottobre 1949, nelle seguenti condizioni:

- immersione prora: 2,36 m
- immersione poppa: 5,44 m
- immersione media: 3,90 m
- dislocamento: 5775 t
- elica in bronzo a 4 pale,  $\varnothing$  4350 mm, passo 3600 mm
- carena di circa 6 e 9 giorni
- condizioni del mare: mosso il 22 Ottobre, leggermente mosso il 25 Ottobre.

Il dislocamento anzidetto corrisponde alle condizioni di nave in zavorra, con tutti i doppi fondi e le due cisterne per il trasporto di olio vegetale piene di acqua; la forte differenza nell'immersione è stata creata allo scopo di immergere il più possibile l'elica e corrisponde all'assetto preferito in pratica nella navigazione in zavorra delle Liberty. Nella prima uscita vennero eseguiti alcuni rilievi di velocità, potenze e consumi sulla base misurata fra Punta Chiappa e Portofino e la prova alla massima potenza. Vennero inoltre eseguiti i rilievi oscillografici delle vibrazioni di scafo.

Nella seconda uscita, alla gradita presenza di numerosi Armatori e Tecnici delle principali Compagnie di navigazione e di alcuni invitati esteri, vennero completate le prove di velocità, potenze e consumi, effettuati i rilievi torsionali e ripetute, a titolo dimostrativo, alcune determinazioni delle vibrazioni di scafo.

### a) Rilievi di velocità, potenze, consumi.

Nella tabella seguente sono riportati i valori delle velocità, potenze e consumi, ecc. determinati durante una serie di doppie corse sulla base misurata, sia nel campo delle velocità di effettivo esercizio, sia alla massima velocità corrispondente alla prova per il Contributo di Miglioramento.

Con questi dati è stato compilato il grafico fig. 20 le cui curve indicano la media dei risultati avuti nei giorni 22 e 25 Ottobre: il sensibile miglioramento osservato nelle prove del 25 rispetto alle precedenti è giustificato dal fatto che le condizioni del mare e del tempo erano più favorevoli.

Il diagramma fig. 21 mette a raffronto i dati di velocità e potenza dell'Italsole con quelli della M/n Andrea C. (cioè di un'altra Liberty trasformata in motonave ed entrata in servizio nel Giugno 1948)

### M/n "ITALSOLE",

Rilievi di velocità - Potenze - Consumi durante le prove progressive in mare

DATA delle PROVE	CORSA Base misurata: PUNTA CHIAPPA - PORTOFINO Lunghezza: 6035 m	TEMPO	Velocità nave (nodi)		Velocità motore (giri al V)		Consumi (Solo mot. progr.)		Potenza effettiva HP	Temper. sonico $^{\circ}$ C	NOTE
			Sulla corsa	Sulla coppia reale	Sulla corsa	Sulla coppia reale	Oscill. Kgl/h	Specif. g/HP.h.			
22/10/49	PUNTA CHIAPPA - PORTOFINO	19' 7"	18,76	11,51	162,8	102,5	217	166	1914	Mare mosso Carena di 6 giorni	
		18' 44"	12,27		182,5						
	PORTOFINO - PUNTA CHIAPPA	18' 21"	12,39	13,53	183,2	123,4	226	169,5	2549		
		14' 18"	14,47		124,5						
25/10/49	PUNTA CHIAPPA - PORTOFINO	21' 47"	9,45	10,53	85,8	91,3	240	183	1310	Mare leggermente mosso Carena di 5 giorni	
		17' 45"	11,61		52,9						
	PORTOFINO - PUNTA CHIAPPA	17' 58"	11,67	12,48	112	112,4	395	162	2440		
		15' 01"	13,74		112,3						
	PUNTA CHIAPPA - PORTOFINO	15' 54"	12,94	13,71	122,4	123,1	538	160	3150		
		14' 15"	14,44		123,3						

CARATTERISTICHE DELLO SCAFO		CARATTERISTICHE DELLA NAFFA	
Immersione prora	2,36 m	densità	0,90 a 20°C
" poppa	5,44 m	potere calorifico superiore	18.730 Cal/Kg.
" medio	3,90 m		
Dislocamento	5775 T		



e con le curve determinate in una serie di prove di autopropulsione sulla carena delle Liberty effettuate nel 1947 dalla Vasca di Roma.

Abbiamo ritenuto opportuno fare questo confronto per dimostrare come i valori rilevati nelle prove in mare dell'Italsole non siano dei valori isolati, ma coincidano con i risultati della Vasca

Essa consiste in tre ore di marcia ad una potenza pari ai 9/10 di quella sviluppata in una analoga prova al banco della durata di 9 ore di cui 4 al massimo sovraccarico, nella quale è stata mantenuta la potenza di 5400 HP a 147,4 giri/l', pari cioè al 50% in più rispetto alla potenza normale.

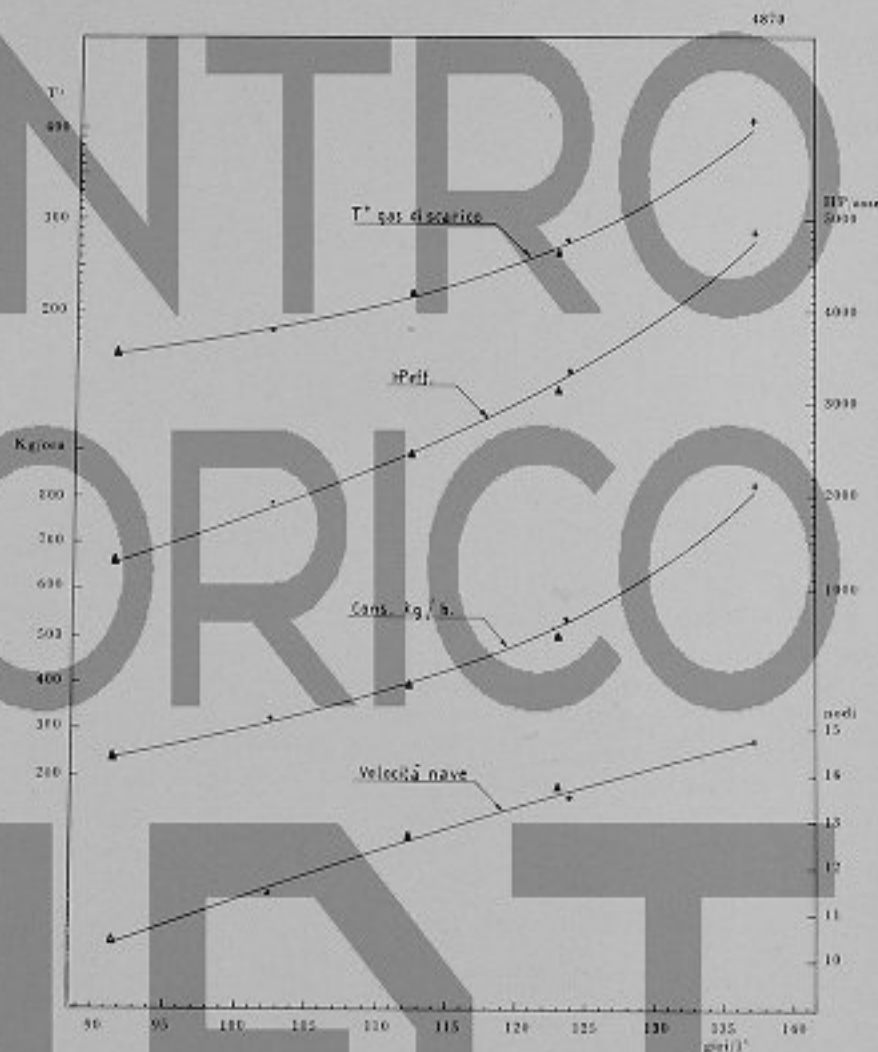


Fig. 20 - M/n Italsole - Curve delle velocità, potenze, consumi e temperature gas di scarico rilevati durante le prove in mare del 22 e 25 Ottobre 1949

e con quelli di un'altra Liberty, avente un apparato motore abbastanza analogo, (l'Andrea C. ha infatti un motore simile a quello dell'Italsole, ma a 8 cilindri anziché 6).

#### b) Prova per il Contributo di Miglioramento.

È stata effettuata sotto la sorveglianza del RINA allo scopo di determinare la potenza valida agli effetti della determinazione del Contributo di miglioramento ai sensi della Legge 8-3-43 n. 75.

Simile doppia prova, anche per la sua notevole durata, è quindi un indice assai più severo delle reali qualità meccaniche e termiche di un motore di quanto non siano le comuni prove di sovraccarico eseguite nella maggior parte dei casi, dove il sovraccarico non supera il 10 ÷ 15% della potenza normale.

Nel caso nostro la potenza sviluppata in questa prova in mare è risultata di HP 4870 a 137,2 giri/l' (pari appunto ai 9/10 di quella sviluppata al banco).

## c) Prove torsionali.

Il comportamento torsionale del motore e della rispettiva linea d'assi era stato, come di regola, oggetto di calcoli preventivi in base ai quali era stato previsto un andamento torsionale quale risulta dal diagramma fig. 22.

## d) Vibrazioni di scafo e del motore.

L'unico punto che destava una certa preoccupazione nei riguardi del presente tipo di trasformazione era dovuto al dubbio che dovendosi applicare il motore Diesel sulle stesse fondazioni della preesistente motrice a vapore, ciò potesse dar luogo a delle

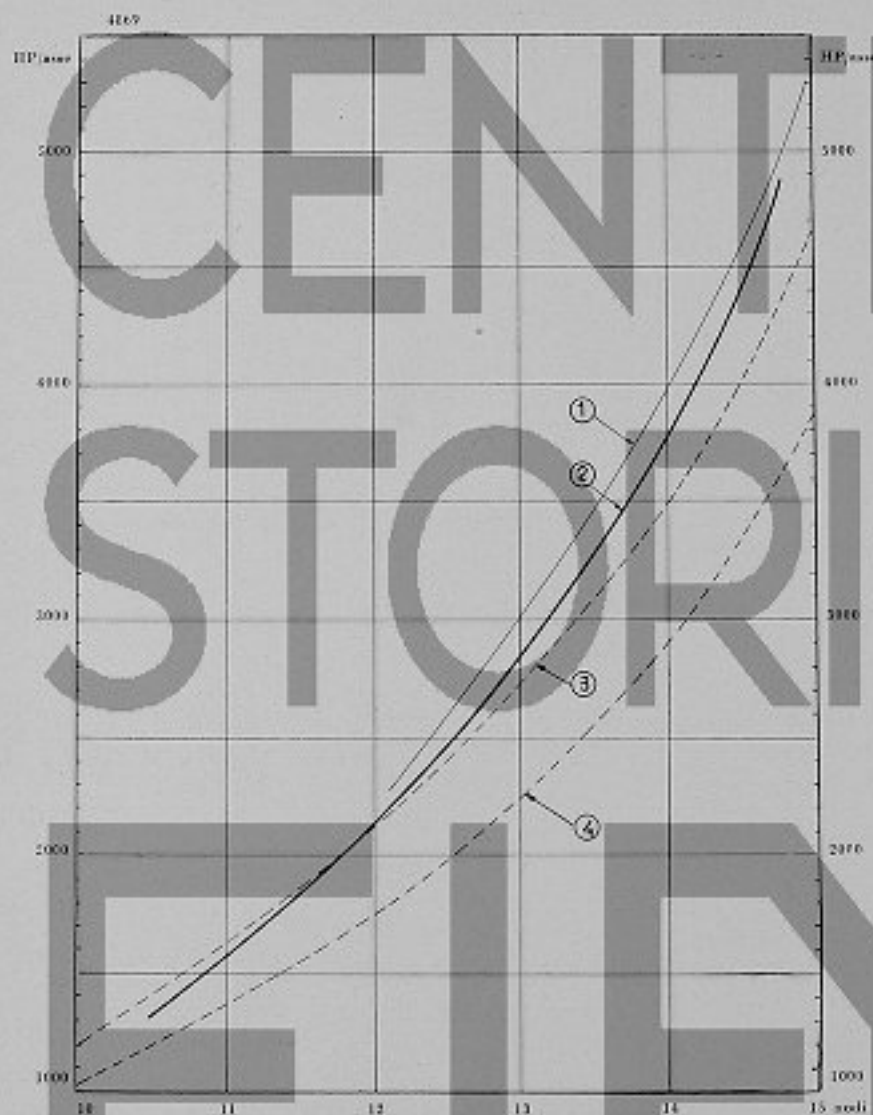


Fig. 21 - Potenze e velocità:

- 1 della M/n *Andrea C.* nelle prove in mare
- 2 della M/n *Italoale* nelle prove in mare
- 3 della M/n *Andrea C.* nelle prove di autopropulsione alla vasca di Roma (potenza maggiorata del 20%)
- 4 come la 3, ma senza maggiorazione

I rilievi effettuati a bordo mediante torsiografo Geiger e riportati nello stesso diagramma, hanno confermato le previsioni oltre modo favorevoli perchè, come si vede, il campo delle velocità praticabili in esercizio — cioè dalla velocità minima di ca 40 g/l' alla velocità massima di 130 g/l' — è completamente libero da disturbi torsionali.

sensibili vibrazioni del motore stesso e dello scafo. Infatti mentre la motrice a vapore ha delle masse alterne di peso abbastanza moderato e funziona a velocità non superiore a 70 giri/l', il motore ha delle masse alterne assai più pesanti e lavora ad una velocità intorno a 125 giri/l'.

Queste apprensioni erano aumentate anche dal fatto che nelle *Liberty* l'altezza del doppio fondo,

nella zona su cui poggia il motore, è alquanto minore a quella delle usuali motonavi di pari dimensioni e potenza.

Erano perciò state fatte delle accurate ricerche teoriche circa il comportamento elastico dello scafo di una Liberty giungendo alla conclusione che il motore si sarebbe venuto a trovare all'incirca in

Stante il grande interesse teorico e pratico della questione il nostro Servizio Esperienze Motori aveva predisposto lungo il ponte di coperta dall'estrema prua all'estrema poppa 6 apparecchi elettrici per il rilievo dei movimenti dello scafo, agenti su un oscillografo Hathaway a 6 equipaggi. Tutta questa apparecchiatura, assai com-

**Fig. 22 - M/n Italsale**  
Comportamento torsionale della linea d'asse

Si noti come tutto il campo di utilizzazione pratica sia sgombro da qualsiasi critica o sollecitazione rilevante.

(I diagrammi a linea intera e a semplice tratteggio si riferiscono alla vibrazione ad un nodo rilevato e calcolato; il diagramma a doppio tratteggio si riferisce invece alla vibrazione a due nodi calcolata, che in pratica non è rilevabile).



un ventre della vibrazione a due nodi dello scafo, e che di conseguenza conveniva studiare un bilanciamento del motore tale da rendere nullo o quanto meno piccolo il lavoro virtuale delle forze libere verticali dovute all'inerzia delle masse alterne, lavori capaci appunto, data la posizione ventrale del motore, di eccitare l'oscillazione a due nodi dello scafo in risonanza verso i 108 giri/l'.

In relazione a questa ipotesi si era stabilito di contrappesare opportunamente due stantuffi motori in modo che il lavoro delle forze libere verticali risultasse nullo ed in queste condizioni di speciale bilanciamento il motore è stato montato a bordo.

plessa, è stata messa in servizio nella prova del giorno 22/10 e per quanto la sensibilità degli apparecchi fosse assai notevole (potendo essi misurare spostamenti dell'ordine di mm  $0,05 \div 0,06$ ) non si è potuto registrare sull'oscillografo altro che 6 rette, perchè ogni punto dello scafo è assolutamente fermo, tra le andature comprese tra la velocità minima di ca. 40 giri/l' e la normale di 125 giri/l'. Soltanto intorno ai  $138 \div 140$  giri/l' comincia a presentarsi una vibrazione di scafo che oltre ad essere di entità moderata è priva di qualsiasi influenza pratica, perchè molto al di sopra delle velocità di esercizio.



I rilievi delle vibrazioni di scafo sono stati ripetuti il giorno 25/10 usando un'apparecchiatura più semplice della precedente (vibrografo General Radio e oscillografo Brush), avendo nuova conferma della loro assoluta assenza.

Anche per quanto riguarda il motore si è po-

tuto constatare che esso è assolutamente privo di trepidazioni o di vibrazioni e questo risultato lo si deve non solo al suo ottimo bilanciamento, ma alla speciale forma delle zampe del basamento, che essendo assai più larghe delle usuali, interessano una notevole superficie del doppio fondo.

## PREVISIONI DI ESERCIZIO

In difetto per il momento dei risultati dell'effettiva navigazione — risultati che ci ripromettiamo di illustrare non appena possibile in uno dei prossimi Bollettini — non è tuttavia fuori luogo qui, a commento delle prove, esporre alcune previsioni ed alcune considerazioni circa il futuro esercizio dell'Italsole:

### a) Velocità e consumi.

Alla potenza normale di 3600 HP a 125 giri l'Italsole, in zavorra e in condizioni di prova, ha raggiunto la velocità di 13,8 nodi, mentre al dislocamento di pieno carico, sempre in condizioni di prova, si sarebbero ottenuti 12,8 nodi (ved. fig. 23).

Da questi elementi ed in base alla generale esperienza pratica circa l'influenza che le condizioni di normale navigazione (cioè con carena mediamente sporca e con condizioni del mare mediocri) esercitano sulla diminuzione della velocità, riteniamo che in esercizio si potrà contare rispettivamente su una velocità di 13,4 nodi con nave in zavorra e di 12,4 nodi con nave a pieno carico.

A queste velocità medie di esercizio — corrispondenti alla potenza normale di 3600 HP eff. — il consumo di combustibile, usando nafta da caldaia di densità fino a  $0,97 \div 0,98$  a  $20^{\circ}\text{C}$  (1), risulterà di ca. 630 Kg/h, pari a circa 15 t al giorno; il consumo per nodo sarà perciò di ca. 47 Kg con nave in zavorra e di ca. 51 Kg per nave a pieno carico.

(1) Durante le prove in mare, volendosi raggiungere anche la potenza di massimo sovraccarico, si è usato Diesel-oil densità circa 0,9 a  $20^{\circ}$  e alla potenza normale di 3600 HP si è misurato un consumo di circa 580 Kg/ora (vedi fig. 20). Il consumo con nafta da caldaia, previsto in 630 Kg/ora  $\left(\frac{580 \times 0,98}{0,90}\right)$  è quindi in eccesso, perchè notoriamente l'aumento del consumo non è tanto funzione della densità, quanto del potere calorifico.

Dagli elementi a nostre mani risulta che una Liberty a vapore con combustione a nafta mantiene in media una velocità di 11,3 nodi in zavorra e di circa 10,3 nodi a pieno carico, con un consumo di ca. 1000 Kg/h, cioè 24 t al giorno e quindi con un consumo per miglio rispettivamente di 89 e di 97 Kg, (1).

La Liberty trasformata ha perciò un consumo riferito al miglio che corrisponde all'incirca alla metà di quello di una Liberty normale pur navigando a velocità maggiore di 2,1 nodi.

Qualora si desiderasse far marciare l'Italsole alla stessa velocità di una Liberty normale cioè a circa 11,3 nodi in zavorra e circa 10,3 nodi a pieno carico, la potenza richiesta al motore sarebbe di ca. 1900 HP (2), a cui corrisponde un consumo di nafta da caldaia intorno a 350 Kg/h pari a 8,4 t al giorno. I consumi per nodo in zavorra e a carico risulterebbero in questo caso di 31 e 34 Kg contro i già riferiti 89 e 97 Kg della Liberty a vapore.

A pari velocità l'Italsole consuma quindi la terza parte di quello che consuma una Liberty a vapore, pur usando lo stesso identico combustibile.

Superiore è viceversa il consumo di olio di lubrificazione che nel caso dell'Italsole è di ca. 70 Kg/24 ore, mentre quello di una Liberty normale è di ca. 16 Kg.

Durante la navigazione i consumi dell'Italsole non saranno per nulla aumentati per effetto dei servizi a vapore che sono stati conservati sia in

(1) Il consumo di una Liberty tipo Fort a carbone, sempre per la stessa velocità media di 10,3 nodi, è di circa 35 t al giorno.

(2) Contro i 1700 HP di una Liberty a vapore, perchè il rendimento elica nel nostro caso è minore, data la maggiore velocità di rotazione (125 giri, invece di 66) e perchè il motore trascina le sue pompe acqua ed olio e la dinamo assc.

macchina che in coperta. Infatti il vapore occorrente per la macchina del timone, per il riscaldamento dei locali e per l'azionamento saltuario di qualche pompa di servizio scafo o di una delle dinamo a vapore, verrà fornito dalla caldaia a gas di

#### b) Personale di macchina.

Il fatto di non dover tenere accese le caldaie durante la navigazione e il fatto che tutti gli ausiliari sono direttamente comandati dal motore



Fig. 23 - M/n Italsole - Velocità e potenza in funzione al dislocamento di navi in zavorra ( $\Delta = 5800$  T) o a pieno carico ( $\Delta = 14000$  T), nelle condizioni di ordinaria navigazione.

scarico. Questa caldaia fornendo ca 500-600 Kg/h di vapore, è in grado non solo di far fronte a tali servizi, ma di tenere in pressione la caldaia principale e volendo la calderina ausiliaria, in modo che in qualunque momento potrà essere erogato vapore da queste caldaie subito dopo la loro accensione.

principale o azionati a vapore, riduce sensibilmente il personale di macchina sia rispetto alle Liberty a vapore sia alle comuni motonavi di pari tonnellaggio e potenza aventi ausiliari elettrici.

In base alla tabella di armamento il personale imbarcato sull'Italsole risulta di 28 persone contro

42 della Liberty a carbone tipo Fort e 32 della Liberty a nafta, ciò che comporta una ulteriore notevole economia nelle spese di esercizio.

#### c) Abitabilità del locale macchine.

Pur non essendosi variate le dimensioni del locale, esso risulta molto più spazioso, non solo perchè sono state tolte due delle tre caldaie, ma perchè il nuovo macchinario risulta in complesso meno ingombrante del precedente. Il locale, dato il grande spazio disponibile, è assai più arioso di quello di una normale motonave della stessa potenza, ciò che contribuisce a migliorare le condizioni di permanenza in macchina del personale di guardia e facilitare lo svolgimento dei lavori di manutenzione nei porti.

#### d) Assenza di vibrazioni di scafo.

Questa qualità è assai apprezzabile anche in una nave da carico, non solo per il miglioramento delle condizioni di vita dell'equipaggio, ma perchè la tranquillità delle strutture di scafo contribuisce indubbiamente alla conservazione delle strutture stesse. Nel caso delle Liberty, specie se di costruzione americana, tale assenza di vibrazioni va ri-

tenuta anzi una qualità di primo ordine, in quanto lo scafo, tutto saldato e in certi punti non eccessivamente robusto, potrebbe dare luogo a notevoli apprensioni qualora fosse soggetto a forti trepidazioni, specie in corrispondenza delle andature di normale esercizio.

#### e) Assenza di vibrazioni torsionali.

Anche questa qualità è di considerevole importanza e rappresenta certamente un vantaggio della Liberty trasformata rispetto alle Liberty normali. Infatti queste ultime presentano, come è noto, una critica torsionale proprio in corrispondenza della velocità normale di ca. 78 giri/l', e di intensità tale da provocare la rottura dell'asse portaelica, ragion per cui i Registri di Classifica hanno da tempo vietato la marcia al di sopra di 66 giri/l'.

Nel caso dell'Italsole giova notare che l'aver tutto il campo di normale funzionamento libero da critiche torsionali non solo contribuisce ad aumentare la sicurezza di esercizio, ma libera il personale di macchina e di coperta da ogni preoccupazione circa le velocità da evitare o da sorpassare rapidamente durante i periodi di avviamento o di manovra.

Dott. Ing. SEVERO FILIPPINI.

---

*NOTA FINALE.* — Come abbiamo già incidentalmente accennato nelle prime pagine, questo tipo di trasformazione è applicabile non solo alle Liberty tipo Fort — come era Italsole — ma alle comuni Liberty di costruzione americana, come sono l'Italmare e l'Italciclo ora in corso di trasformazione.

Siccome l'apparato motore delle Liberty americane differisce dalle Fort solo nelle caldaie, che invece di essere tre del tipo Scozzese sono due del tipo Babcock a tubi d'acqua, è ovvio che nella trasformazione si dovrà conservare una di tali due caldaie.

In linea generale sono inoltre possibili, a scelta dell'Armatore, alcune alternative rispetto all'impianto dell'Italsole per ciò che si riferisce a certi macchinari ausiliari.

Infatti si può per esempio fare a meno della caldaia ausiliaria, sostituire il compressore a motore con un secondo a vapore, magari di portata minore, rinunciare alla dinamo a motore utilizzando, se si desidera, la terza dinamo a vapore già esistente e così ancora per qualche altro ausiliario di secondaria importanza. Ma in definitiva, nelle sue linee fondamentali, la trasformazione resterà quella che abbiamo descritta.