



Davide Zerbinati

# Lavori a bordo Motore e trasmissione





© 2006 Nutrimenti srl

Prima edizione settembre 2006

Quinta edizione giugno 2020

[www.nutrimenti.net](http://www.nutrimenti.net)

via Marco Aurelio, 44 - 00184 Roma

Ricerca iconografica a cura di Davide Zerbinati

Art director: Ada Carpi

ISBN: 978-88-6594-678-7

## Motore

<b>Principio di funzionamento</b>	<b>7</b>		
<b>La curva di potenza</b>	<b>8</b>		
<b>Velocità di rotazione</b>	<b>10</b>		
<b>Circuito dell'aria</b>	<b>14</b>		
Sistema aspirato	14		
Sistema turbo	14		
<b>Circuito di alimentazione</b>	<b>14</b>		
Iniezione diretta	17		
Sovralimentazione	17		
<b>Circuito di raffreddamento</b>	<b>21</b>		
Raffreddamento diretto	23		
Raffreddamento indiretto	24		
Il siphon break	32		
<b>Circuito di lubrificazione</b>	<b>35</b>		
<b>La spettrografia</b>	<b>37</b>		
<b>Tagliandi - Check-up</b>	<b>38</b>		
Quando fare il tagliando?	38		
Cambiare un filtro	39		
Cambiare il filtro gasolio del circuito	39		
Cambiare il filtro gasolio motore	48		
Cambiare l'olio	48		
Cambiare la girante	48		
Pulire il filtro dell'aria	49		
<b>Manutenzione invernale</b>	<b>49</b>		
Alla rimessa in moto	54		
<b>Quando il motore non parte</b>	<b>55</b>		
Acqua nel motore	55		
La chiave gira ma il motore no (non dà nessun segnale)	55		
		Il motorino di avviamento gira, ma non morde	55
		Il motore gira, ma non parte	55
		Il motore parte, ma si spegne subito o ha un funzionamento irregolare	56
		Mancanza di temperatura (candele) o aria al motore	56
		Mancanza di compressione	57
		<b>Problemi con il motore in moto</b>	<b>58</b>
		Surriscaldamento	58
		Fumo	60
		Fumo nero	60
		Fumo blu	61
		Fumo bianco	61
		Fumo grigio	62
		Perdita di performance	62
		Bassa pressione dell'olio	62
		Il turbocompressore	62
		<b>Sostituire il motore</b>	<b>63</b>
		La legge	71
		Rifare i basamenti del motore	76
		<b>Manutenzione</b>	<b>76</b>
		Registrazione delle valvole	76
		Revisione della testa	76
		<b>Il fonoassorbente</b>	<b>77</b>
		Scegliere il fonoassorbente	78
		Come installarlo	78

# Trasmissione

<b>L'invertitore</b>	<b>79</b>	<b>Estrarre l'asse</b>	<b>104</b>
Come funziona	79	<b>Sostituire la boccia esterna</b>	<b>104</b>
V-drive	80	<b>L'elica</b>	<b>111</b>
S-drive	80	Smontare l'elica	113
Manutenzione	81	Sostituire l'elica a pale fisse con	
Problemi all'invertitore	81	un'elica a bassa resistenza	113
Surriscaldamento	83	Manutenzione	117
La manutenzione		Tipi di eliche	117
al piede S-drive	83	<b>Il fuoribordo per il tender</b>	<b>119</b>
<b>La leva di comando e i cavi di</b>		La girante	123
<b>leveraggio</b>	<b>84</b>	La candela	123
<b>La linea d'asse</b>	<b>84</b>	L'olio del piede	123
Linea d'asse rigida e oscillante	84	Fuoribordo ingolfato	123
<b>L'allineamento</b>	<b>95</b>	Carburatore	124
<b>Le tenute della linea d'asse</b>	<b>99</b>	Disincrostarlo il circuito	
Baderne	99	di raffreddamento	124
Tenute meccaniche	102		
Tenute a O-ring	103		

# Il motore

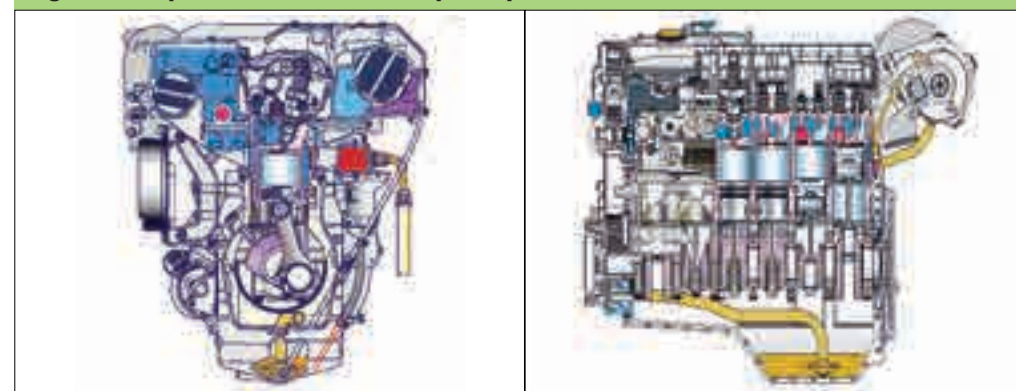
Il motore è uno degli elementi principali della barca e deve essere sempre mantenuto efficiente per garantire la necessaria sicurezza dell'imbarcazione. Molti diportisti hanno forti timori sui motori, spesso ingiustificati, perché basta saper eseguire una piccola manutenzione, che si può far da sé, per regalare lunga vita al motore. Spesso e volentieri si tratta di smontare e rimontare, o sostituire delle guarnizioni, e molte istruzioni sono riportate nel manuale d'uso. Chi invece intende affrontare lunghi viaggi farà bene a procurarsi anche il manuale di officina, che riporta ulteriori disegni, elenchi di parti e tolleranze di registrazione.

## Principio di funzionamento

Il principio di funzionamento del motore prevede un ciclo di compressione. La compressione è un indice di funzionamento del motore e può essere misurata con le prove dette appunto 'di compressione'. La compressione è definita come il rapporto del volume tra il cilindro con il pistone alla base e il cilindro con il pistone a fine corsa in alto. Per avere la combustione del diesel è necessario che si raggiunga nel cilindro una temperatura di almeno 400°C, attraverso la compressione dell'aria nel cilindro.

Il ciclo a quattro tempi prevede le seguenti fasi: viene aspirata aria nel cilindro (pistone in basso, fase 1), l'aria viene compressa diventando calda (fase 2), dagli iniettori viene iniettato gasolio che, a contatto con l'aria calda, esplose (fase 3), i gas della combustione vengono espulsi, il pistone è nella posizione iniziale (fase 4).

**Figura 1 - Spaccato del motore e principio di funzionamento.**



## La curva di potenza

Il grafico della curva di potenza è uno di quegli elementi che non è possibile trascurare. Le prestazioni di un motore sono espresse mediante un diagramma nel quale compaiono in funzione della velocità di rotazione espressa in giri al minuto o rpm, la potenza resa in KW o HP, la coppia espressa in Newton/metri (Nm) e il consumo specifico, espresso in g/h o L/h. La potenza indicata di solito è detta 'potenza al freno' o Pb (Brake Power) ed è quella misurata all'uscita del motore, privo di invertitore (marine gear). La curva di potenza è intesa per il massimo apporto di combustibile: per intenderci, con la leva comandi a fondo scala. Le curve di potenza sono riferite a condizioni ambientali standard, ben lontane da quelle di una sala macchine, comprensive di una temperatura ambiente di 25 °C, una umidità relativa al 70% e una pressione barometrica di 760 mmHg. Seppur noioso vale la pena ricordare che un aumento di 10 °C della temperatura porta a una riduzione del 3,5% di potenza su un motore aspirato e del 5,3-5,5% per un motore turbocompresso.

Sapere che tipo di utilizzo (Heavy duty, Pleasure, Commercial1) è riportato nella curva di potenza è fondamentale per non incorrere in scarsi risultati. Si identificano tre curve di potenza:

- curva N (Din 70020): servizio autotrazione con variabili di velocità e coppia; massima potenza disponibile solo per periodi di tempo inferiori a 15 minuti;
- curva B (Din 6270): servizio leggero continuativo, con velocità costante e coppia variabile;
- curva A (Din 6270): servizio pesante continuativo, con velocità e coppia costanti.

Per una barca a vela la curva di tipo B è la più adatta, a meno che non siano previsti lunghi funzionamenti a massima potenza. Secondo i costruttori il motore deve infatti girare a potenza ridotta per la normale navigazione, conseguendo un'economia sul combustibile, mentre in casi di necessità verrà utilizzata la piena potenza per brevi periodi senza inconvenienti.

Sempre per valutare il significato di queste curve è bene ricordarsi che la potenza al freno Pb è sempre misurata senza le pompe per il raffreddamento acqua, l'alternatore, il frigo-boat, e che tutto questo riduce del 4% le prestazioni del motore. Per fortuna, gran parte delle curve dei motori sono depurate di tutti i contributi passivi. In questo caso chiedere sempre una curva Pb e una curva Ps (Shaft Power) che rappresenta la potenza ceduta all'elica e comprende già il riduttore-invertitore e gli altri elementi installati sul motore.

Chiariti questi concetti, restano da analizzare due curve: la curva della coppia e la curva dei consumi. La coppia è determinata dalla pressione media che si esercita sul pistone all'atto della combustione, ed è in relazione diretta alla quantità di combustibile che viene bruciata.

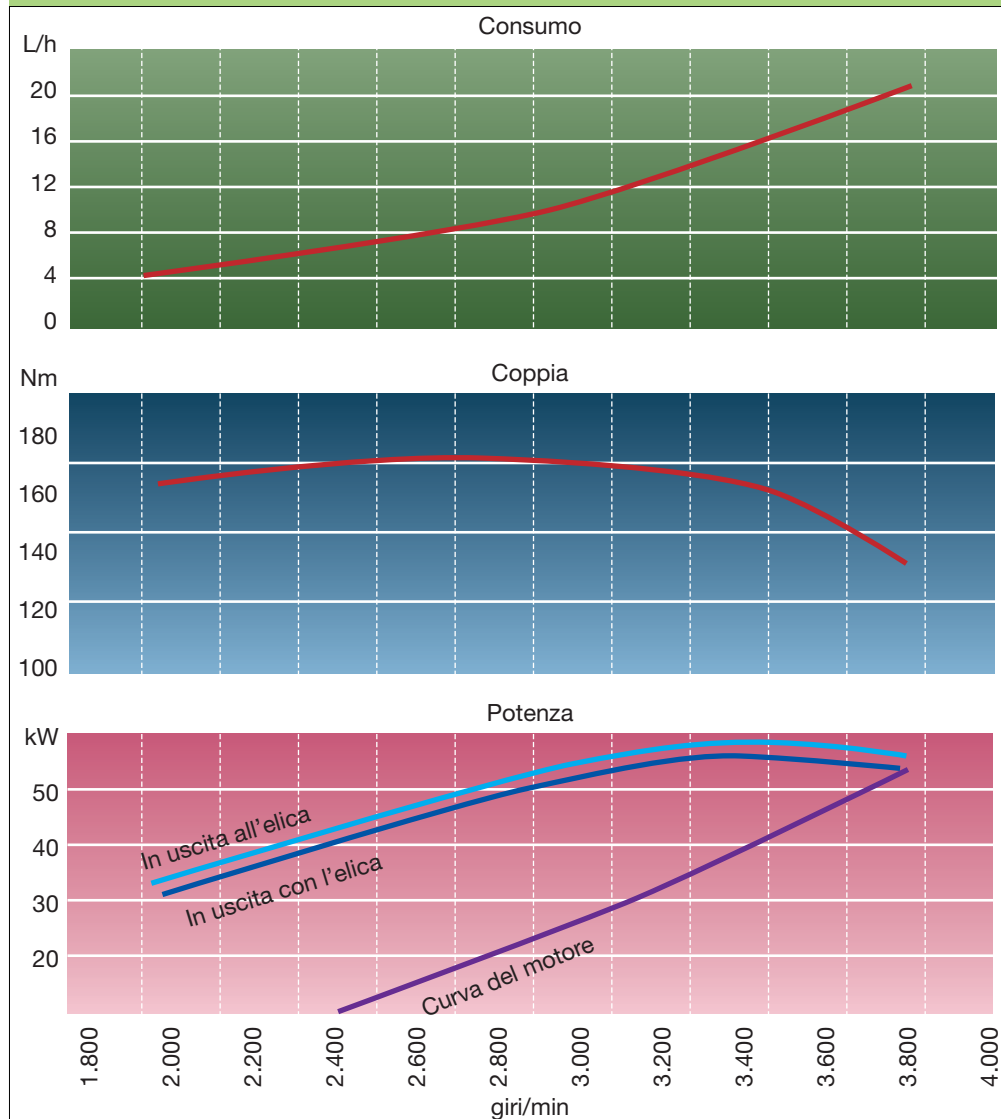
In un motore ideale in cui nel cilindro si immette sempre la medesima quantità di combustibile indipendentemente dalla velocità di rotazione, la coppia risulta costante, e la curva di conseguenza risulta piatta. La curva del combustibile è di lettura consequenziale e dipende dal numero di giri.

### Formule per la conversione

$$\text{HP} = 1,34 \text{ KW}$$

$$\text{KW} = 0,746 \text{ HP}$$

Figura 2 - Diagramma di Yanmar 55 CV sail drive.



Nel diagramma di questo Yanmar 55 CV sail drive si evidenziano in alto la curva dei consumi, la curva della coppia e la curva di potenza. La curva di potenza più importante è quella ceduta all'elica e i 3.000 giri, che rappresentano le

migliori performance in termini di potenza e consumi. La curva di potenza più importante è quella ceduta all'elica.

La coppia presenta un picco solitamente a metà del grafico: proprio quel picco rappresenta la massima coppia utilizzabile e quindi il vostro regime di crociera ideale. Piccoli aumenti, intorno al 10%, possono essere perfettamente accettati. Ricordiamo poi di leggere sempre il regime di crociera consigliato sul libretto delle istruzioni, che non corrisponde a quello massimo riportato sui cataloghi.

Nel caso cambiaste motore e non elica, potete però verificare se c'è un bilancio tra la potenza ceduta all'elica e il consumo a parità di numero di giri.

A giri costanti, la coppia motrice fornita dal motore è in equilibrio con la coppia resistente prodotta dall'elica. Se si tracciano in uno stesso diagramma la curva di potenza erogata dal motore e la potenza assorbita dall'elica, esse si intersecano in un punto. Questo punto deve coincidere con la massima potenza erogabile dal motore. In altri termini, ciò significa che a tutto gas il motore deve essere in grado di sviluppare la piena potenza, cosa che avviene se l'elica è stata ben dimensionata. In casi errati si ha il motore che non raggiunge il numero di giri massimo o supera la massima velocità di rotazione. In questi frangenti il consumo rappresenta il miglior campanello d'allarme.

### Velocità di rotazione

Si riportano alcune interviste eseguite alle case motoristiche in merito alla ricerca del miglior compromesso per barca a vela.

**Yanmar** spiega che la loro casa, con un parco di duecentomila motori in Italia, è nata appositamente per applicazioni marine e ha risposto alle richieste medie dei diportisti, che vogliono motori sempre più potenti su barche sempre più piccole. Per ottenere tanti cavalli senza avere troppa 'zavorra' – spiega il signor Canale – i motori devono girare veloci o abbinati a un turbo. I diportisti Italiani, in contrasto con il resto d'Europa, vogliono una maggiore performance a motore e per ottenere buoni risultati si deve avere un motore che giri tra i 3.300 e i 3.800 giri/minuto, con un alto rapporto di riduzione all'elica (2,5:1 rispetto al classico 1,9:1) per evitare carichi eccessivi sulla trasmissione. Il motore piccolo offre inoltre l'indubbio vantaggio di essere compatto e di occupare poco spazio, e questo serve al cantiere per ottimizzare i disimpegni delle cabine. Il motore lento, d'altro canto, dà più coppia a parità di potenza, in pratica ha molta più cilindrata, cioè peso, ma ottiene più potenza a basso numero di giri.

È importante trovare quindi un compromesso in un range da 40-125 cercando un modello compatto, leggero, silenzioso. Per limitare la rumorosità, il blocco motore è in ghisa, materiale con alte caratteristiche fonoassorbenti, e nel futuro la pompa di iniezione sarà del tipo rotativo e non in linea, così da migliorare il rendimento termico e la silenziosità. La manutenzione media ordinaria è effettuabile, dopo il primo tagliando, ogni 300 ore, ma statisticamente si è rilevato che il diportista effettua meno di 100 ore all'anno e quindi è necessario un cambio d'olio a stagione presso la propria officina di fiducia.

La **Volvo Penta Italia** spiega che la tendenza del mercato è quella di avere in media motori più compatti e potenti. L'unico modo per ottenere potenza con una bassa cilindrata è aumentare il numero di giri. I vantaggi sono anche quelli di un minor peso e, grazie al turbo

e alle continue migliorie, come l'elettronica, il mercato si orienterà sempre più su motori veloci come nel settore automobilistico.

La **Lombardini Marine** spiega che, grazie alle moderne tecnologie, anche i motori hanno raggiunto traguardi importanti e si riescono a produrre motori con regimi medio-veloci, che soddisfanno le richieste di chi vuole motori leggeri e affidabili, non solo per un uso diportistico, ma anche per un discorso di agonismo. La tecnologia per i motori 'veloci' è superiore a quella dei motori tradizionali, il che talvolta giustifica il costo più alto, mentre si devono ancora raggiungere buoni risultati per quanto riguarda la rumorosità per i sistemi di iniezione.

Per esempio, un gruppo elettrogeno è un motore che deve girare più lentamente. I consumi sono pressoché uguali perché cambia la cilindrata che si aggira mediamente sui 200-210 CV. Un motore diesel tradizionale (non di ultima generazione) avrebbe normalmente bisogno di un cambio d'olio ogni 130 ore. Dato però che non tutti i diportisti a vela utilizzano il motore per così tante ore in un anno, è bene cambiare l'olio a ogni inizio di stagione.

La **Solé Diesel**, che vanta più di ottocento installazioni su barca a vela, dice che i velisti che scelgono un motore Solé cercano la garanzia di un motore che giri piano, che abbia consumi più accettabili e che richieda in particolare poca aria e non scaldi. Infatti la temperatura ideale di un vano motore deve essere al massimo di 40 gradi. Oltre questa temperatura, il rendimento scende del 20%.

Il velista, inoltre, non usa il turbo in condizioni medie, quando gira a 1.000-1.600 giri nei casi di propulsione mista, e quindi il turbo resta inutilizzato poiché inizia a funzionare da 1.800 giri. La rumorosità a bassi regimi è inoltre dimezzata e il fatto che il motore possa derivare dal settore industriale ne permette un costo più ragionevole.

La **Nanni** sottolinea l'alta versatilità dei suoi motori grazie alla coppia a bassi giri, decisamente superiore alla media. Nel confronto con i motori veloci si evidenzia come ci voglia più tempo per avere la stessa potenza con consumi e rumorosità più alti. Inoltre non giustifica l'alto prezzo dei motori veloci, in quanto vi è meno materiale rispetto a un motore moderato.

La **Perkins** spiega che quando si valuta un motore non bisogna trascurare l'elica e il rapporto di riduzione. Un motore efficiente anche nelle manovre con mare formato deve dare una spinta equilibrata, limitando il rumore e i consumi.

Vendere la stessa barca, con la stessa elica e più potenza disponibile è un errore. L'elica è strettamente legata al motore. I motori lenti inoltre scaldano circa 15°C in meno, il che significa poter utilizzare una linea di scarico di tipo commerciale. I motori veloci sono un buon risultato dal punto di vista ingegneristico e sono un'evoluzione necessaria anche per avere basse emissioni inquinanti. Grazie all'elettronica, si potranno ridurre le cilindrata e ottenere motori più leggeri, anche se non sono i cento chili di risparmio sul motore che fanno andare più veloci o lenti. Per dare dei numeri, anche i consumi di un motore veloce che si avvale dell'elettronica sono più ragionevoli e il rendimento nettamente superiore

grazie a circa 2.000 bar di pressione negli iniettori pompa elettronici contro i 210 della classica pompa in linea.

La **Vetus** normalmente consiglia ai velisti motori non troppo lenti (indicati invece per le imbarcazioni da lavoro), ma neanche troppo veloci (indicati per imbarcazioni plananti). Il regime più appropriato è da 3.000 a 3.500 giri. Inoltre viene specificato che su un motore lento non si può montare un'elica piccola che, girando veloce, dà poca potenza. D'altra parte, un'elica più grande risulta sconveniente per un'imbarcazione a vela, in quanto costituirebbe una sorta di freno. I motori Vetus hanno cicli di manutenzione molto lunghi. Esclusi i normali cambi di olio e filtri si richiede solamente un'attenzione annuale allo scambiatore di calore. Il rapporto prezzo-qualità è superiore sui motori lenti.

La **Reggiani Trasmissioni** sottolinea l'importanza di avere un riduttore almeno con rapporto 1:2,7 per i motori che girano veloci, in modo da far compiere all'elica circa 1.000-1.400 giri/minuto. I motori lenti sono più gestibili e danno meno problemi dal punto di vista delle vibrazioni. Sulle barche che montano questi motori, poi, di solito si trovano sale macchine più grandi e c'è più spazio anche per le eliche, che si riescono così a montare

**Figura 3 – Pro e contro motori a basso e alto numero di giri.**

Basso numero di giri		Alto numero di giri	
Pro	Contro	Pro	Contro
Bassa emissione di rumore e vibrazioni contenute	Peso elevato	Ingombri ridotti	Calo di coppia ad alti regimi
Durata del motore sopra la media	Ingombri superiori	Peso contenuto	Manutenzione più delicata
Alta coppia a basso numero di giri		Potenza applicabile a più tipi di barche	Rumorosità elevata
Bassi costi di manutenzione			Elevate temperature di scarico
Bassi costi per pezzi di ricambio			Costi elevati
Fumo non visibile			Fumosità visibile
Bassi consumi			

**Figura 4 – Quattordici motori a confronto.**

Marca	Modello	Cilindri (cc)	Potenza max (CV)	Potenza asse elica (CV)	Giri min	Peso (Kg)	Consumo (g/KWh)	
Lombardini	LDW 1404 M	1.372	39	36	3.600	137	320	Veloce
Lombardini	LDW 1503 M	1.551	37	33,5	3.000	180	280	Lento
Volvo	MD2040	1.500	40	38	3.200-3.600	211	-	Veloce
Volvo	D2-55	2.200	55	53	3.000	253	321	Moderato
Volkswagen	SDI 40-4	1.896	40	-	2.600	198	243	Moderato
Volkswagen	SDI 55	2.461	55	-	2.500	223	260	Moderato
Solé Diesel	Mini 44	1.758	42	40	1.800-3.000	190	205	Moderato
Vetus	M4,17	1.758	42	40,8	1.800-3.000	185	252	Moderato
Nanni	4,150HE	1.498	37,5	-	3.000	145	190	Moderato
Perkins	M65	2.955	63	58,3	2.600	318	211	Moderato
Buck	DV36ME	1.447	36	-	3.600	265	300	Moderato
Beta Marine	BV 1903	1.857	40	-	2.800	267	227	Moderato
Yanmar	3JH3E	1.496	40	36	3.650	186	-	Moderato
Yanmar	4JH3CE1	1.995	41	37	3.000-3.800	243	321	Moderato