



GUIDA TECNICA

Cilindro maestro del freno: guasti, sostituzione, manutenzione

Nei camion il pedale del freno scende senza perdite esterne? È il trafilamento interno del cilindro maestro: sintomi, diagnosi e sostituzione corretta.

Se premendo il freno il pedale scivola lentamente verso il pavimento sotto il piede, oppure se al mattino è pieno ma nel corso della giornata "si ammorbidisce", nella maggior parte dei veicoli pesanti il primo punto da controllare è il cilindro maestro del freno. Sul campo viene chiamato "pompa freno", "cilindro maestro del freno", "cilindro a doppio circuito" o semplicemente "pompa". Nei gruppi frenanti idraulici o idraulici ad assistenza pneumatica di camion, trattori, autobus e macchine operatrici, dietro lamentele come corsa a vuoto del pedale, frenata ritardata, abbassamento del livello nel serbatoio o scarsa tenuta di un assale, spesso emerge proprio questo componente. Questa guida, grazie all'esperienza sul campo del team tecnico VADEN, raccoglie in un unico posto la funzione del cilindro maestro del freno, i sintomi di guasto, il corretto metodo di diagnosi, le fasi di sostituzione e la durata di manutenzione.

Questo documento è stato preparato dal team tecnico VADEN prendendo come riferimento i feedback dei servizi sul campo e la documentazione dei costruttori OE. I valori di pressione, coppia e le tolleranze indicati sono riferimenti generali; per i valori esatti fare sempre riferimento al manuale di assistenza OE del veicolo. Ultimo aggiornamento: settembre 2026. Gli impianti frenanti pneumatici dei veicoli pesanti sono progettati nel quadro del regolamento ECE R13 (frenatura ONU/UE) e della norma ISO 611.

Che cos'è il cilindro maestro del freno? Funzione e principio di funzionamento

Il cilindro maestro del freno è un cilindro maestro a doppio circuito (tandem) che converte la forza meccanica applicata dal conducente sul pedale in pressione idraulica e trasmette questa pressione in modo indipendente a due circuiti frenanti separati.

Nei sistemi frenanti idraulici e idraulici ad assistenza pneumatica (air-over-hydraulic) dei veicoli pesanti, il cilindro maestro riceve la forza proveniente dal pedale — per lo più amplificata tramite un servofreno o un'unità di assistenza aria/idraulica — e spinge i pistoncini al suo interno. I pistoncini, mettendo in pressione il liquido dei freni proveniente dal serbatoio, lo inviano alle tubazioni dei freni e da lì alle pinze o ai cilindretti delle ruote. Quando il pedale viene rilasciato, le molle di richiamo riportano i pistoncini nella posizione iniziale, la pressione cala e i freni si rilasciano.

Nei veicoli moderni, per motivi di sicurezza, l'impianto frenante è suddiviso in due circuiti idraulici separati: generalmente un circuito alimenta l'assale anteriore, l'altro l'assale posteriore (oppure con ripartizione incrociata). Il cilindro maestro tandem gestisce questi due circuiti in un unico corpo, con due pistoncini in successione (primario e secondario). Lo scopo di questa suddivisione è la doppia sicurezza: se un circuito perde pressione a causa della rottura di una tubazione o di una perdita, l'altro pistoncino del cilindro maestro continua a lavorare in modo indipendente e il veicolo può fermarsi con una potenza frenante parziale. È proprio per questo che il cilindro maestro è uno dei componenti di sicurezza più critici dell'intero sistema.

- **Corpo del cilindro e superficie interna (bore):** l'alloggiamento lavorato con precisione in cui i pistoncini si muovono senza trafiletti.
- **Pistoncini primario e secondario:** generano la pressione indipendente dei due circuiti.
- **Guarnizioni/coppette primaria e secondaria (primary/secondary cup):** elementi di tenuta che trattengono la pressione e gestiscono il passaggio idraulico durante il ritorno.

- **Molle di richiamo:** riportano i pistoni in posizione libera, garantendo un rapido rilascio dei freni.
- **Serbatoio idraulico e fori di alimentazione/compensazione:** immagazzinano il liquido; compensano la dilatazione e il margine di usura.
- **Porte di uscita e valvole di sicurezza/pressione residua:** alimentano i circuiti e, in alcuni tipi, mantengono una bassa pressione residua.

Logica tandem (a doppio circuito)

Nel cuore del cilindro maestro ci sono due camere idrauliche indipendenti. Quando il pedale viene premuto, si muove prima il pistone primario che, tramite il cuscino idraulico interposto, spinge anche il pistone secondario; così i due circuiti vengono messi in pressione contemporaneamente. Se uno dei circuiti perde, il pistone si appoggia meccanicamente sul suo riscontro e il circuito integro continua a funzionare. Questo comportamento si manifesta con una corsa del pedale più profonda del normale.

Relazione con l'idraulico ad assistenza pneumatica

In molti veicoli commerciali medi e pesanti, davanti al cilindro maestro è presente un'unità di assistenza aria/idraulica (air-over-hydraulic booster) oppure un servofreno a depressione/idraulico. Questa unità amplifica la forza del pedale; il cilindro maestro converte poi la forza amplificata in pressione idraulica. In fase diagnostica, se con una scarsa forza al pedale la frenata resta debole, occorre distinguere se il guasto sia nell'unità di assistenza o nel cilindro maestro.

Contesto OE e concetto di ricambio equivalente

Nel campo dell'idraulica frenante dei veicoli pesanti, sul lato OE sono diffusi cilindri maestri di tipo Bosch, TRW, Wabco (ZF), Knorr-Bremse e Bendix. I prodotti VADEN si posizionano come equivalenti/tipo adatti a questi sistemi; un'espressione come "tipo Bosch" o "tipo TRW" indica l'equivalenza in forma e funzione del corrispondente cilindro maestro OE, non significa che si tratti del prodotto del marchio originale.

Applicazione / Segmento	Struttura tipica	Contesto di sistema comune
Camion di media gamma (distribuzione)	Cilindro maestro tandem, serbatoio integrato o separato	Idraulico ad assistenza pneumatica, ABS
Autobus / midibus	Tandem, bore di grande diametro	Assistenza idraulica + ABS/EBS
Macchina operatrice / off-road	Tandem, protezione antipolvere rinforzata	Condizioni ambientali gravose, freno idraulico
Commerciale leggero-pesante (su furgone)	Tandem, con uscita servofreno a depressione	Servofreno a depressione/idraulico, ABS

Nella scelta del cilindro maestro non affidatevi solo alla somiglianza estetica. Devono corrispondere il numero di parte OE, il diametro del cilindro (bore), la corsa del pistone, il numero/filettatura delle porte di uscita, il tipo di attacco del serbatoio e la geometria del servofreno/flangia. Per un abbinamento corretto, effettuate una verifica per riferimento incrociato dal catalogo VADEN con il numero di telaio del veicolo o il numero OE del cilindro maestro smontato.

Sintomi di guasto e diagnosi

I guasti del cilindro maestro del freno si raggruppano per lo più in due categorie: trafilamento interno (il pistone che fa by-pass al proprio interno, con il liquido che passa senza generare pressione) e trafilamento esterno/inceppamento meccanico. Il trafilamento interno è il guasto più insidioso, perché senza gocciolamenti esterni il pedale scivola lentamente. La tabella seguente serve come riferimento rapido per la diagnosi sul campo; verificate sempre ogni sintomo monitorando il comportamento del pedale e il livello del liquido.

Sintomo	Possibile causa	Controllo / Verifica
Tenendo premuto il pedale, scivola lentamente verso il pavimento sotto il piede	Trafilamento interno del cilindro maestro (by-pass della guarnizione del pistone)	Mantieni il pedale a pressione costante per 15–30 s; se senza perdite esterne il pedale scende, il cilindro maestro è sospetto
Pedale morbido/spugnoso, tiene vicino al fondo	Aria nell'impianto, liquido basso, trafilamento interno	Esegui lo spurgo (purge); se non migliora e il livello cala, cerca perdite del cilindro maestro/tubazioni
Il livello del liquido cala di continuo, senza gocce all'esterno	Trafilamento interno dalla guarnizione posteriore del cilindro maestro verso il servofreno/corpo	Controlla l'accoppiamento servofreno-cilindro maestro e la parte posteriore del corpo per tracce di liquido
Corpo del cilindro maestro / fondo del serbatoio bagnati, gocciolamento di liquido	Rottura della guarnizione/coppetta esterna, difetto della guarnizione del serbatoio	Asciuga il corpo, dopo una breve marcia verifica visivamente il punto di perdita
Un assale frena in modo debole, frenata squilibrata	Trafilamento interno di un circuito, problema di porta/valvola	Prova i circuiti separatamente; confronta il comportamento in uscita dei due circuiti
Il pedale del freno si rilascia in ritardo, la ruota striscia/si scalda	Foro di compensazione otturato, pistone che non ritorna, pressione residua	Con il pedale libero controlla la libera rotazione della ruota e la temperatura del mozzo
Spia di avaria freni accesa, livello basso	Perdita di pressione di un circuito, livello del liquido basso	Verifica l'interruttore di livello e la pressione di entrambi i circuiti

Distinguere il trafilamento interno (test di affondamento del pedale)

Il sintomo più affidabile è l'abbassamento lento del pedale sotto una forza costante, in assenza di qualsiasi perdita esterna. Con il motore acceso (servofreno attivo) premi il pedale con forza media e mantieni la posizione. In un cilindro maestro sano il pedale resta fermo; in un cilindro maestro con trafilamento interno, poiché il liquido fa by-pass dietro la guarnizione, il pedale scivola gradualmente verso il pavimento. Questo test è il modo più pratico per distinguere il guasto del cilindro maestro da una perdita di tubazioni/pinze.

Separazione dei circuiti: cilindro maestro o impianto?

Un pedale morbido non deriva sempre dal cilindro maestro. Anche l'aria nell'impianto, pastiglie usurate, problemi di ritorno delle pinze, rigonfiamento di tubi/tubazioni flessibili o un guasto

dell'unità di assistenza possono dare una sensazione simile. Prima di sostituire il cilindro maestro, verificate che sia stato eseguito un corretto spurgo, che lo stato di pastiglie/dischi sia adeguato e che non ci siano perdite esterne.

Sospetto legato all'unità di assistenza

Nei veicoli con idraulica ad assistenza pneumatica o servofreno a depressione, la lamentela "freno duro/debole" proviene per lo più dall'unità di assistenza. Osservate la differenza di forza al pedale a motore spento/acceso: se ad avviamento del motore il pedale si ammorbidisce in modo evidente, significa che il servofreno funziona. Con il servofreno integro, il trafileamento interno del pedale indica il cilindro maestro.

Normative e approfondimenti

Questo argomento è regolato dalle norme di equipaggiamento dei veicoli pesanti con freni ad aria. Negli Stati Uniti lo standard federale dei freni ad aria **FMVSS 121 (49 CFR 571.121)** definisce i serbatoi, la protezione e i tempi che un impianto conforme deve offrire, e l'Europa applica i limiti equivalenti del Regolamento UNECE n. 13. Per maggiori dettagli, vedere il requisito di prestazione frenante su strada del **49 CFR 393.52**. Verificare sempre i valori specifici con la normativa vigente e i dati di assistenza del costruttore del veicolo.

In Italia la materia è regolata dalla normativa nazionale: l'**art. 79 del Codice della Strada** impone che i veicoli in circolazione mantengano l'efficienza dei dispositivi di frenatura, mentre le prescrizioni di dettaglio si trovano nel D.P.R. 495/1992, regolamento di esecuzione del codice; i provvedimenti attuativi sono raccolti nell'**archivio normativo del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**.

Fasi di sostituzione / installazione

Dispositivi di protezione individuale (DPI) e sicurezza: prima di iniziare l'intervento, fissate il veicolo su una superficie piana e mettete i cunei. Il liquido dei freni è corrosivo e tossico; danneggia la vernice. Utilizzate occhiali e guanti protettivi, evitate il contatto del liquido con la pelle e gli occhi. Nei sistemi ad assistenza pneumatica, prima di scollegare la linea idraulica scaricate correttamente la pressione dell'impianto; spegnete il motore e togliete la chiave di contatto.

- 1 Metti in sicurezza il veicolo:** parcheggia su una superficie piana, metti i cunei, porta il freno a mano nella posizione adeguata; nel sistema ad assistenza pneumatica scarica la relativa pressione.
- 2 Svuota/proteggi il serbatoio:** abbassa il livello del liquido con una siringa/aspiratore; stendi un panno/protezione per evitare il contatto del liquido traboccante con la vernice e le superfici circostanti.
- 3 Contrassegna i collegamenti:** prima dello smontaggio, etichetta o fotografa ogni tubazione del freno e la linea del serbatoio in base alla posizione della porta; il collegamento errato è l'errore più frequente.

- 4 Smonta le tubazioni dei freni:** allenta i raccordi con la chiave adatta (chiave per raccordi/flare); usa la misura corretta per non rovinare gli spigoli, raccogli il liquido che cola.
- 5 Scollega l'attacco elettrico/interruttore:** se presente, separa con attenzione l'interruttore di livello e i connettori.
- 6 Rimuovi il vecchio cilindro maestro:** smonta i bulloni del servofreno/flangia, rimuovi il cilindro maestro; pulisci la superficie di appoggio, la flangia e la zona dell'asta di spinta (pushrod).
- 7 Confronta il nuovo cilindro maestro:** confronta il nuovo cilindro maestro VADEN con il pezzo vecchio uno a uno per diametro del bore, disposizione delle porte, misura della filettatura, foro della flangia e gioco dell'asta (rod clearance).
- 8 Verifica il gioco dell'asta di spinta:** se previsto dal costruttore, misura/regola il gioco tra l'asta del servofreno e il pistone; un gioco errato provoca strisciamento o pedale a vuoto.
- 9 Prespurgo (bench bleed):** se possibile, riempi e spurga il cilindro maestro al banco prima del montaggio; questo riduce sensibilmente i tempi di spurgo dell'impianto.
- 10 Monta il nuovo cilindro maestro:** posiziona il cilindro maestro sulla flangia, serra i bulloni alla coppia del costruttore in modo graduale; fai attenzione a non forzare il corpo. Collega le tubazioni alla porta corretta secondo le etichette, evitando serraggi eccessivi.
- 11 Riempi, spurga e collauda:** riempi il serbatoio con liquido approvato, elimina l'aria dall'impianto nella sequenza corretta (bleed), controlla tutti i collegamenti per eventuali perdite; verifica la durezza del pedale e il livello.

Accorgimenti (errori frequenti)

L'errore più critico è spurgare l'impianto in modo incompleto o con sequenza errata. L'aria rimasta nell'impianto crea un pedale spugnoso e uno spazio di frenata pericolosamente lungo. Rispettate la sequenza di spurgo del costruttore e non lasciate che il livello del liquido scenda fino al fondo durante lo spurgo (altrimenti entra di nuovo aria nell'impianto).

Non usate liquido dei freni errato o miscelato. È fondamentale il tipo indicato dal costruttore (es. tipo DOT 4); non miscelate mai olio minerale con liquido a base DOT. Un liquido non idoneo fa gonfiare le guarnizioni e guasta rapidamente il cilindro maestro.

- Montare il cilindro maestro basandosi solo sull'aspetto esterno perché "simile"; effettuare il montaggio senza aver verificato numero OE, diametro del bore e corrispondenza della flangia.
- Smontare i raccordi delle tubazioni con la chiave sbagliata, rovinare gli spigoli e lasciare poi un collegamento che perde.
- Saltare il prespurgo (bench bleed) e lottare a lungo con l'aria all'interno dell'impianto.
- Montare senza controllare il gioco dell'asta di spinta, creando strisciamento continuo o pedale a vuoto.

- Dimenticare aperto il tappo del serbatoio e lasciare che il liquido si saturi di umidità (l'umidità abbassa il punto di ebollizione del liquido).
- Rimettere in servizio il veicolo dopo la sostituzione senza aver eseguito il controllo perdite e la prova su strada dei freni.

Valori tecnici e punti di controllo

I valori seguenti sono riferimenti tipici/generali per i veicoli pesanti. Per la reale pressione di esercizio, le coppie e le tolleranze del vostro veicolo, fa fede il manuale di assistenza OE.

Parametro	Intervallo di riferimento tipico / generale	Nota
Tipo di liquido dei freni	Generalmente tipo DOT 4 (varia in base al veicolo)	Fa fede la specifica del costruttore; non miscelare
Pressione idraulica di frenata di picco	circa 80–130 bar (≈1160–1890 psi), più alta in frenata brusca	Dipende dall'assistenza dell'impianto/servofreno
Punto di ebollizione del liquido (a secco)	tipico per DOT 4 ≈ oltre 230 °C	Cala sensibilmente all'aumentare dell'umidità
Intervallo di temperatura di esercizio	circa da -40 °C a +120 °C nella zona del componente	In frenate intense la temperatura della linea aumenta
Gioco dell'asta di spinta (pushrod)	Valore ridotto entro la tolleranza del costruttore	Troppo gioco crea pedale a vuoto, poco gioco crea strisciamento
Affondamento statico del pedale (motore acceso)	Trascurabile; il pedale deve restare fermo	Un affondamento lento è indice di trafilamento interno
Intervallo di sostituzione del liquido	Tipico ≈ 2 anni / intervallo del costruttore	Sostituzione regolare contro l'assorbimento di umidità

Le coppie di montaggio variano in base al tipo di cilindro maestro, alla flangia e alla misura del bullone; i valori seguenti sono solo un riferimento generale.

Collegamento	Intervallo di coppia tipico (riferimento generale)
Bulloni flangia/servofreno (classe M8)	circa 20–30 Nm
Bulloni flangia/servofreno (classe M10)	circa 40–55 Nm
Raccordi tubazione freno (dado flare)	circa 12–20 Nm; fa fede il valore del costruttore, evitare serraggi eccessivi

I valori di coppia variano in base alla classe del bullone, al materiale della flangia e al tipo di guarnizione. Gli intervalli indicati sono orientativi; prelevate sempre la coppia di montaggio reale dal manuale di assistenza OE del veicolo e usate una chiave dinamometrica. Sui dadi delle tubazioni dei freni, l'uso di una chiave per raccordi/flare previene la rovina degli spigoli.

- Esegui il test di affondamento del pedale a pressione costante (controllo del trafilamento interno).
- Controlla il livello del serbatoio e l'interruttore di livello.
- Cerca tracce di liquido sul corpo del cilindro maestro, sul fondo del serbatoio e nell'accoppiamento con il servofreno.
- Controlla tutti i raccordi delle tubazioni per eventuali perdite con schiuma/a vista.
- Con il pedale libero, verifica che le ruote girino liberamente e che il mozzo non si scaldi.
- Controlla lo stato di umidità/colore (scurimento) del liquido dei freni; se necessario sostituiscilo.

Manutenzione e durata

Il cilindro maestro del freno, se montato correttamente e con il liquido mantenuto pulito e asciutto, è un componente di lunga durata. Il fattore che più ne determina la durata è la qualità del liquido: i liquidi a base DOT sono igroscopici, cioè assorbono umidità dall'aria. All'aumentare dell'umidità il punto di ebollizione del liquido cala, sulla superficie interna inizia la corrosione e le guarnizioni del pistone si affaticano. Per questo la manutenzione si concentra in gran parte sull'igiene del liquido.

- Sostituisci il liquido dei freni nell'intervallo del costruttore (tipicamente ogni due anni); ferma l'umidità alla fonte.
- Mantieni integri il tappo e la guarnizione del serbatoio; non lasciare l'impianto aperto a lungo.
- Nella manutenzione periodica controlla il corpo del cilindro maestro e l'accoppiamento con il servofreno per tracce di liquido.
- Se noti cambiamenti nella sensazione del pedale, affondamento lento o abbassamento del livello, esegui una diagnosi precoce.
- Rendi il test di affondamento del pedale una parte di routine della manutenzione periodica dei freni.
- Tieni sotto controllo l'usura di pastiglie/dischi; le pastiglie usurate abbassano naturalmente il livello del serbatoio, non confonderlo con un trafilamento interno.

Quando inizia il trafilamento interno, il cilindro maestro viene per lo più sostituito completamente; nelle condizioni sul campo la revisione delle guarnizioni/coppette può non essere pratica e sicura per ogni tipo, perché la corrosione formatasi sulla superficie del bore logora rapidamente anche la guarnizione nuova. Essendo un componente di sicurezza critico, di fronte a un cilindro maestro sospetto l'approccio più sicuro è la sostituzione con un ricambio equivalente corretto, anziché "arrangiarsi".

Un guasto del cilindro maestro del freno diagnosticato correttamente si risolve con un ricambio equivalente sicuro e compatibile. La famiglia di prodotti cilindro maestro del freno VADEN ORIGINAL viene offerta a magazzino con configurazioni di tipo OE adatte ai sistemi frenanti idraulici e idraulici ad assistenza pneumatica a doppio circuito dei veicoli pesanti, in modo da soddisfare le esigenze di manutenzione e assistenza delle flotte. Scegliete la parte adatta al vostro veicolo verificandola tramite riferimento incrociato per numero OE o telaio.

Questo documento è a scopo informativo; in pratica fanno fede il manuale di assistenza aggiornato e le istruzioni di sicurezza del costruttore. I valori sono riferimenti generali per i comuni sistemi di veicoli industriali; per i valori specifici del modello utilizzare la documentazione di assistenza OE. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com