



TEKNİK REHBER

Fren Kaliperi (Hava Diskli Fren): Arıza, Servis ve Bakım Rehberi

Kamyon ve dorsede hava diskli fren kaliperi: sıkışma ve tek teker sürtme teşhisi, kılavuz pim bakımı, servis adımları ve bakım aralıkları.

[Bu rehberi PDF olarak indir](#)

İPUCU — Kısa cevap: Hava diskli fren kaliperi (ADB), fren körüğünden gelen basınçlı hava kuvvetini iç kaldıraç-eksantrik mekanizmasıyla büyütüp balatalar aracılığıyla diske ileten yüzer gövdeli bir fren ünitesidir. Ağır ticari araçlarda tek tekerin fren gücünü belirler; sıkışması çekmeye, ısınmaya ve dengesiz aşınmaya yol açar.

İPUCU — Yazan: VADEN Teknik İçerik Ekibi — Ağır Ticari Araç Fren Sistemleri | **Teknik kontrol:** VADEN AR-GE / Fren Grubu | **Yayın:** 11.07.2026 | **Son güncelleme:** 11.07.2026. Bu rehber, ağır dizel araç fren kaliperi üretim ve saha servis deneyimine dayanarak hazırlanmış; teknik değerler üretici (Knorr-Bremse, WABCO/ZF, Meritor) servis dokümanlarıyla çapraz kontrol edilmiştir. Verilen değerler **genel referanstır**; nihai karar için daima ilgili modelin güncel servis kılavuzunu esas alın. Hava diskli fren kaliperi (ADB — Air Disc Brake), ağır ticari araçlarda fren körüğünden gelen mekanik kuvveti disk üzerine aktaran, tek tekerin fren performansını doğrudan belirleyen kritik bir güvenlik parçasıdır. Knorr-Bremse SN6/SN7/SK7, WABCO PAN 19/22 ve Meritor ELSA/EX+ gibi yüzer (floating) kaliper mimarileri kamyon, çekici ve otobüslerde standarttır. Kaliper sıkışması, tek-teker sürmesi ve kılavuz pim korozyonu; yakıt tüketiminden lastik aşınmasına, disk çarpılmasından fren dengesizliğine kadar zincirleme sorun doğurur. Bu rehber, sahada uygulanabilir teşhis, doğru değişim ve "rektifiye mi, yenile mi" kararını uzman seviyesinde ele alır.

Fren Kaliperi (Hava Diskli Fren) Nedir? Görevi ve Çalışma Prensibi

Hava diskli fren kaliperi, fren pedalına basıldığında ön/arka aks körüklerinden (brake chamber) gelen basınçlı hava kuvvetini, kaliper içindeki bir mekanizma ile büyütüp balatalara ve oradan diske ileten yüzer gövdeli bir ünitedir. Ağır dizel araçlarda kaliper tipik olarak **tek pistonlu (mono-blok) ya da çift zımbalı (twin-tappet)** iç mekanizma kullanır; hava basıncı (genelde 8–10 bar civarı sistem basıncı) doğrudan yeterli bastırma kuvvetini veremeyeceği için içeride bir **döner-kam / eksantrik köprü (lever/bridge)** mekanizması kuvveti mekanik olarak kat kat büyütür.

Çalışma prensibi şu adımlarla özetlenir:

- 1 Kuvvet girişi:** Körük itme mili, kaliperin arkasındaki iç kola (operating lever) baskı yapar.
- 2 Kuvvet büyütme:** Eksantrik köprü, küçük hava kuvvetini yüksek bastırma kuvvetine çevirir ve zımbalar (tappets) üzerinden iç balatayı diske bastırır.
- 3 Yüzer hareket:** Kaliper gövdesi, kılavuz pimler (guide pins) üzerinde aksa paralel kayar; iç balata diske değince gövde ters yönde kayarak dış balatayı da diske çeker. Böylece tek taraflı piston ile diskin iki yüzü de eşit sıkıştırılır.
- 4 Otomatik ayar (adjuster):** Balata inceldikçe boşluk artar; içerideki otomatik ayar mekanizması her frende zımbaları küçük adımlarla ileri sararak **çalışma boşluğunu (running clearance)** sabit tutar. Manuel slack ayarı GEREKTİRMEZ.
- 5 Geri dönüş:** Basınç kalkınca geri getirme yayı balatayı diskten hafifçe uzaklaştırır ve kaliper serbestçe merkezine döner.

Yüzer diskli fren kaliperi, ilgili fren diski, **fren balatası** ve **fren körüğü (brake chamber)** ile bir bütün olarak çalışır; bu parçalardan biri zayıfladığında yük kalipere biner. Bu nedenle kaliper arızası her zaman tek başına değerlendirilmemelidir.

Hava Diskli Fren Kampanalıya Göre Ne Kadar Daha İyi Durur?

Yüzer kaliperli hava diskli fren, aynı sınıftaki kampanalı (davul) frene göre tipik olarak **%10–15 daha kısa acil durma mesafesi** ve termal soldurma (fade) sonrası belirgin biçimde daha hızlı toparlanma sağlar. Pratikte bu, 80 km/s'ten yapılan acil bir frenlemede birkaç metrelik bir farka karşılık gelir; ağır bir çekicide bu mesafe çarpma ile durma arasındaki fark olabilir. Diskli fren ayrıca büyük açık yüzeyi sayesinde ısıyı daha hızlı atar, uzun yokuş inişlerinde balata camlaşması ve fade riskini azaltır. (Değerler araç yükü, lastik ve zemin koşullarına göre değişir; genel karşılaştırma amaçlıdır.)

Kamyon uygulamasında bu sistem ayrıca daha kolay ve hızlı balata değişimi sağlar. Ancak yüzer mimari, **kılavuz pimlerin serbestçe kayabilmesine** tamamen bağımlıdır — pim korozyonu tüm sistemin zayıf halkasıdır.

Arıza Belirtileri ve Teşhis

Kaliper arızalarının çoğu tek tekerde başlar ve önce "çekme" ya da "ısınma" olarak kendini gösterir. Aşağıdaki tablo saha teşhisi için hızlı bir başvuru; belirtileri ayırt etmek için altındaki alt başlıklara bakın.

Belirti	Olası Neden	Kontrol Yöntemi
Araç frende bir tarafa çekiyor	Tek kaliper sıkışmış / pim tutukluk; karşı kaliper zayıf basıyor	Aks bazında disk sıcaklıklarını temassız termometreyle karşılaştır (tekerler arası fark)
Tek teker sürekli sürtüyor, aşırı ısınıyor, yanık kokusu	Kaliper diskten geri dönmüyor (pim sıkışması veya ayar mekanizması tutukluğu)	Serbest jantı elle çevir; sürekli sürtme + anormal ısı ara
Balatalar tek yüzde/eğik aşınmış (konik aşınma)	Kılavuz pim yalnız birinde sıkışma; kaliper eksenden kaçık	Balata kalınlıklarını iç/dış ve ön/arka ölç, farkı kaydet
Kaliper elle itilince kaymıyor / zor kayıyor	Kılavuz pim korozyonu, körük yırtığı, kuru pim	Balata çıkarılıp kaliper el kuvvetiyle aks yönünde ittirilir
Balata çok erken / dengesiz bitti	Sürekli hafif sürtme, otomatik ayar aşırı sarmış	Ayar mekanizması dişlisini geri sararak serbestliğini kontrol et
Fren performansı düşük, uzun mesafe	Ayar mekanizması ileri sarmıyor, aşırı boşluk; balata camlaşması	Çalışma boşluğunu ölç; körük stroğunu gözle
Kaliper bölgesinden gres/su sızıntısı, paslı iz	Pim körüğü veya zimba körüğü yırtık; içeri nem/tuz girmiş	Körükleri gözle; yırtık, şişme, sertleşme ara
Gösterge panelinde balata aşınma / EBS fren uyarısı	Aşınma sensörü sınıra ulaştı ya da devre kopuk; EBS aks dengesizliği okuyor	Teşhis cihazıyla (EBS) arıza kodu oku; sensör soketi ve kablo bütünlüğünü kontrol et

Tek Tarafa Çekme ile Süspansiyon/Rot Çekmesini Nasıl Ayırırım?

Fren kaynaklı çekme yalnızca **fren yapıldığında** belirginleşir ve genelde sıkışan kaliperin bulunduğu tarafa doğrudur. Direksiyon serbestken (fren yokken) süren çekme daha çok rot ayarı, lastik basıncı veya aks kaçıklığıdır. Kesin ayırım için aks üzerindeki iki diskin sıcaklığını karşılaştırın: 30–50 °C üzeri fark, sürtmenin/sıkışmanın işaretidir.

Kaliper mi Sıkışmış, Yoksa Otomatik Ayar mı Bozulmuş?

Balatayı çıkarıp kaliperi kılavuz pimler üzerinde elle ittirdiğinizde **serbestçe ve tam strok boyunca kaymalıysa** pimler sağlamdır. Kaymıyor/tutukluk varsa sorun kılavuz pim–körük tarafındadır. Pimler sağlam ama zimbalar geri gelmiyor, ayar dişi elle geri sarılamıyorsa sorun iç ayar/geri-dönüş mekanizmasındadır ve bu genelde kaliper değişimini gerektirir.

Konik (Eğik) Balata Aşınması Neyi Söyler?

Balatanın giriş ucu ile çıkış ucu arasında belirgin kalınlık farkı, kaliperin diske paralel oturmadığını; yani bir kılavuz pimin sıkıştığını veya kaliper köprüsünün deforme olduğunu gösterir. Konik aşınmada yalnız balata değil, altta yatan pim/kaliper mutlaka incelenmelidir; sadece balata değişimi sorunu tekrarlatır.

ABS/EBS ve Elektronik Aşınma Sensörü Entegrasyonu

Modern hava diskli kaliperler ABS/EBS sistemiyle birlikte çalışır ve iki tür balata aşınma sensörü kullanır: **eşik (threshold) tipi** — balata belirli kalınlığa inince devreyi kapatıp tek bir uyarı verir; ve **sürekli (continuous/analog) tip** — kalan balata ömrünü kademeli olarak EBS'ye bildirir. EBS, akstaki iki tekerin fren tepkisini ve zamanlamasını dengeler; bir kaliper zayıf ya da geç bastığında sistem bunu **aks dengesizliği / fren farkı** olarak kod üretebilir. Bu nedenle kaliper işi sonrası mutlaka bir teşhis cihazıyla EBS arıza kodları okunmalı, sensör soketi doğru takılmalı ve kablo güzergâhı sürtme/kopmaya karşı kontrol edilmelidir. Aşınma sensörü kablосunu balata değişiminde her zaman yenileyin; ezik veya oksitli soket, "hayalet" fren uyarılarının en sık nedenidir.

Sensör tipinin nasıl ayırt edildiği, kablo ve konnektör kaynaklı hatalar ile değişim sırasında dikkat edilecek noktalar için **kaliper balata aşınma sensörü** rehberine bakabilirsiniz.

Kaymanın sıkışmasına yol açan burç, pim ve braket tarafındaki nedenleri ayrıntılı ele alan **kaliper taşıyıcı ve kızak** rehberi, bu kontrolün devamında işinizi kolaylaştırır.

Değişim / Kurulum Adımları

Aşağıdaki adımlar ağır dizel çekici/kamyon (22.5" jant, hava diskli aks) için genel akıştır. Daima aracın ve kaliperin (Knorr SN, WABCO PAN, Meritor ELSA/EX+) üretici servis kılavuzundaki tork ve prosedür değerlerini esas alın.

1

Aracı emniyete al: Düz zeminde park et, takozla, hava basıncını sistemden güvenli biçimde boşalt, ateşlemeyi kapat, el frenini (yaylı körük) mekanik olarak sal veya "caging bolt" ile geri sar.

- 2 **Tekeri sök ve aksı destekle:** Jantı sök, aksı uygun kapasiteli krikoya sehпасına al. Aks ağırlığını asla tek krikoya emanet etme.
- 3 **Balataları çıkar:** Balata tutucu yayını/pimini sök, eski balataları al. Disk yüzeyini, çatlak, mavi ısı lekesi ve minimum kalınlık açısından gözle.
- 4 **Otomatik ayarı geri sar:** Zımbaları içeri almak için ayar dişlisini üretici yönünde ve doğru anahtarla dikkatle geri çevir. Zorlama; tutukluk varsa kaliperi değiştir.
- 5 **Körük bağlantısını çöz:** Fren körüğünü kaliper taşıyıcıdan ayır (yaylı körükte önce mutlaka geri-sarım). Hava ve varsa aşınma sensörü soketini işaretleyerek sök.
- 6 **Kaliperi taşıyıcıdan sök:** Kaliper/taşıyıcı cıvatalarını gevşet. Bu cıvatalar yüksek torklu ve genelde **tek kullanımlıktır**; sökülenleri tekrar kullanma, yenisini hazırla.
- 7 **Muylu/taşıyıcı yüzeyini temizle:** Oturma yüzeylerindeki pas ve kiri temizle, disk göbeğini kontrol et. Kirli yüzey kaliperi eksenden kaçıır.
- 8 **Yeni/rektifiye kaliperi yerleştir:** Kaliperi oturt, yeni cıvataları takarak üreticinin belirttiği **tork + açı (tork-açı) sırasına** göre kademeli sık. Kılavuz pimlerin serbest kaydığını el ile doğrula.
- 9 **Yeni balatalar ve donanım:** Her zaman yeni balata, yeni tutucu yay ve varsa yeni sensör tak. Balata sırtı ile temas noktalarına uygun yüksek-ısı greşi (yalnız üreticinin izin verdiği yerlere) uygula; disk ve balata sürtünme yüzeyine ASLA gres bulaştırma.
- 10 **Körüğü bağla ve ayarı kur:** Körüğü tak, çalışma boşluğunu üretici prosedürüyle oluştur (genelde birkaç kez elle basma/ayar çevirme). Aşınma sensörünü tak.
- 11 **Aks bazlı değişim:** Aynı aksta iki kaliperi birlikte değerlendir; bir taraf yenilenmişse diğer tarafın da benzer performansta olması fren dengesi için kritiktir.
- 12 **Tekeri tak, torkla:** Bijonları çapraz sırayla üretici torkuna sık; kısa yolda tekrar tork kontrolü planla.
- 13 **Fonksiyon testi:** Motoru çalıştır, hava basıncını doldur (kaçak/basınç düşüşü yok), birkaç kez fren yap; disk sıcaklıklarını ve serbest dönmeyi kontrol et, EBS arıza kodlarını sil/oku, düşük hızda yol testi yap.

Standartlar ve ileri okuma

Bu konu, havalı frenli ticari araçların donanım kurallarına tabidir. ABD'de federal havalı fren standardı **FMVSS 121 (49 CFR 571.121)** uyumlu bir sistemin sağlaması gereken hava depolarını, korumayı ve zamanlamayı tanımlar; Avrupa ise BM/AEK (UNECE) 13 No.lu Regülasyon'un eşdeğer sınırlarını uygular. Ayrıntı için bkz. **49 CFR 393.52** kapsamındaki yolda frenleme performansı gerekliliği. Somut değerleri her zaman yürürlükteki mevzuat ve araç üreticisinin servis verileriyle teyit edin.

Türkiye'de aynı konu ulusal mevzuatta düzenlenir: araçların fren donanımına ve teknik uygunluğuna ilişkin esaslar **Karayolları Trafik Yönetmeliği**'nde, bunların yasal dayanağı ise **2918 sayılı Karayolları Trafik Kanunu**'nda yer alır.

Dikkat Edilecekler (Sık Hatalar)

DİKKAT — Sadece balatayı değiştirip sıkışmış kılavuz pimi/kaliperi görmezden gelmek en sık ve en tehlikeli hatadır. Sürtme devam eder, yeni balata erken biter, disk aşırı ısınır ve çarpılır ve fren dengesi bozulur. Konik balata aşınması gördüyseniz altta yatan pim/kaliper mutlaka çözülmelidir.

DİKKAT — Kaliper taşıyıcı cıvatalarını yeniden kullanmayın. Bu cıvatalar çoğu üründe tek kullanımlık (tork-açı ile gerdirilen, uzayan tip) tasarlanmıştır; tekrar kullanım gevşemeye ve kaliperin kopmasına yol açabilir. Daima yeni cıvata ve doğru tork-açı sırası.

DİKKAT — Yaylı (park) körüğü sökmeden önce mutlaka mekanik olarak geri sarın (caging). Gerdirilmiş yayın ani boşalması ağır yaralanmaya yol açar.

DİKKAT — Sıkma torkunu "hisle" değil, kalibreli tork anahtarıyla verin. Bir başlangıç fikri olarak 22.5" jant bijon torku çoğu araçta **~550–700 Nm**, kaliper taşıyıcı cıvataları ise yüksek ön-tork + açı yöntemiyle gerdirilir; ancak bu değerler modele/varyanta göre değişir — **uygulamadan önce mutlaka o modelin servis kılavuzundan doğrulayın.**

- **Eski körük/pim/boot'u tekrar takmak:** Yırtık ya da sertleşmiş körük nemi içeri alır ve pim kısa sürede tekrar paslanır. Kaliper servisinde daima yeni tamir kiti (körükler, kılavuz pim burçları, sızdırmazlıklar) kullanın.
- **Yanlış gres:** Sıradan lityum gres yüksek ısıda akar/kömürleşir. Yalnız üreticinin belirttiği yüksek-ısı sentetik gresi ve yalnız izin verilen noktalarda.
- **Ayarı zorla geri sarmak:** Otomatik ayar dişini yanlış yönde/aşırı kuvvetle çevirmek iç mekanizmayı kalıcı bozar.
- **Tek taraf yenileyip diğerini bırakmak:** Aynı akstaki iki kaliper arasındaki performans farkı fren çekmesine ve tek taraf ısınmasına yol açar.
- **Disk durumunu atlamak:** Aşırı yiv, ısı çatlağı, minimum kalınlık altı ya da yüksek salgı (runout) olan diske yeni kaliper takmak, sorunu ve titreşimi geri getirir.
- **Sürtünme yüzeyine gres bulaştırmak:** Balata veya disk yüzeyine bulaşan gres fren gücünü ciddi düşürür ve tehlikelidir.

Teknik Değerler ve Kontrol Noktaları

Aşağıdaki değerler hava diskli fren sistemleri için genel/güvenli referanslardır. **Kesin tork, çalışma boşluğu, disk minimum kalınlığı ve salgı toleransı MODELE ÖZELDİR** (Knorr SN6/SN7, WABCO PAN 19/22, Meritor ELSA/EX+ farklı değerler verir) ve daima ilgili üretici servis kılavuzundan alınmalıdır.

- **Çalışma boşluğu (running clearance):** Tipik olarak balata ile disk arası toplam yaklaşık **0,6–1,2 mm** aralığındadır. Ölçülen boşluk alt sınırın (yaklaşık 0,6 mm) altındaysa kaliper sürtüyor demektir ve genelde kaliper yenilenir; üst sınırın üstündeyse otomatik ayar ileri sarmıyordur.

- **Balata minimum kalınlığı:** Sürtünme malzemesi genelde sırt plakası hariç yaklaşık **2 mm**'ye indiğinde değişmelidir (modele göre değişir; aşınma sensörü/işaret çizgisi esas alınır). Diske metal-metal temas kesinlikle beklenmez.
- **Disk (rotor) minimum kalınlığı:** Ağır ADB disklerinde nominal kalınlık tipik olarak **~45 mm** sınıfındadır ve minimum servis kalınlığı modele göre değişir (örn. birçok üründe ~37 mm sınıfı — model damgasını esas alın). Değer diskin üzerine döküm olarak yazılıdır.
- **Disk yan salgısı (lateral runout):** Tipik üst sınır tam bir turda yaklaşık **0,1–0,15 mm** (bazı prosedürlerde toplam 0,5 mm'ye kadar tolerans). Yüksek salgı, pedal titremesi ve dengesiz aşınma yapar.
- **Disk ısı çatlakları:** Yüzeydeki ince ısı çizgileri (heat checking) bir dereceye kadar normaldir; ancak radyal, sürtünme yüzeyini kenardan kenara kesen ya da belirgin genişlikte çatlaklar disk değişimini gerektirir.
- **Kaliper serbest kayması:** Doğru montajda kaliper, kılavuz pimler üzerinde **yalnız el kuvvetiyle** ve tam strok boyunca serbest kaymalıdır.
- **Kılavuz pim aksenal boşluğu:** Burç-pim boşluğu üreticinin verdiği toleransı aşarsa ilgili yatak/burç servis kiti ile yenilenir.
- **Tork değerleri:** Kaliper taşıyıcı cıvataları yüksek torklu ve genelde tork+açı yöntemiyle gerdirilir; jant bijon torku (tipik ~550–700 Nm sınıfı) ve körük somunu torku da modele özeldir. Kalibre tork anahtarı zorunludur, "hisle" sıkma kabul edilmez.

Popüler Modellere Göre Örnek Karşılaştırma Değerleri

Aşağıdaki tablo saha teşhisinde hızlı bir referans içindir. Değerler **tipik/örnek** aralıklardır ve varyanta göre değişir; nihai değer için ilgili modelin servis kılavuzunu esas alın.

Hava diskli fren kaliperinin işlevi ve terminolojisi ECE R13 (BM fren yönetmeliği) ile ISO 611 (karayolu taşıtlarında frenleme terimleri) kapsamında tanımlanır. Bağlayıcı olan, aracın güncel OE servis kılavuzudur.

Model (yaygın)	Tipik çalışma boşluğu	Disk nominal / min. kalınlık	Taşıyıcı cıvata sıkma
Knorr-Bremse SN7	~0,6–1,1 mm	~45 mm / ~37 mm sınıfı	Tork + açı (tek kullanımlık); değeri kılavuzdan doğrula
WABCO/ZF PAN 19-1 / 22-1	~0,7–1,1 mm	~45 mm / ~37 mm sınıfı	Tork + açı (tek kullanımlık); değeri kılavuzdan doğrula
Meritor ELSA 195/225 (ELSA2)	~0,6–1,0 mm	~45 mm / ~37 mm sınıfı	Tork + açı (tek kullanımlık); değeri kılavuzdan doğrula

İPUCU — Bu değerler karşılaştırmalı yön verir; disk minimum kalınlığı her zaman diskin üzerine döküm olarak yazılı "MIN TH" damgasından, cıvata torku ise servis bülteninden okunmalıdır. Aynı seri içinde bile (ör. PAN 19 vs PAN 22, ELSA 195 vs 225) değerler farklılaşabilir.

Rektifiye mi Etmeli, Yenilemeli mi?

Sahada üç seçenek vardır: (1) tamir kiti ile yerinde bakım (körük/pim/burç yenileme), (2) fabrikasyon **reman (remanufactured)** kaliper, (3) yeni kaliper. Kılavuz pim/körük kaynaklı erken bir sıkışma ve gövde sağlamsa uygun tamir kiti mantıklıdır. Ancak iç ayar mekanizması, köprü

veya zimba hasar görmüşse ya da gövdede korozyon/çatlak varsa **komple kaliper (reman veya yeni)** tercih edilmelidir; "elde rebuild" edilen kaliperler OE ön-gerilim ve test süreçlerinden geçmediği için ömürleri belirgin biçimde kısa olabilir. Hangi yol seçilirse seçilsin karar aks bazında verilmeli, iki taraf performansça eşlenmelidir.

Bakım ve Ömür

Hava diskli fren kaliperinin ömrü büyük ölçüde **körük bütünlüğüne ve düzenli kontrole** bağlıdır. Kaliperin kendisi mekanik olarak dayanıklıdır; erken ölümlerin çoğu, yırtık körükten giren nem ve yol tuzunun kılavuz pimi paslandırmasıyla başlar.

- **Her balata değişiminde:** Otomatik ayarın düzgün çalıştığını, kaliperin tam strok serbest kaydığını, zimba ve körüklerin sağlamlığını, ayar kapağı ve sızdırmazlıkların durumunu kontrol edin.
- **Periyodik (yıllık / ağır kullanımda daha sık):** Çalışma boşluğunu, kılavuz pim boşluğunu, körük ve kapak durumunu denetleyin. Kış sonrası tuz sezonunda ek kontrol önerilir.
- **Körük ilk savunma hattıdır:** En küçük yırtık/şişmede körüğü hemen yenileyin — bu, pahalı bir kaliper değişimini önleyen en ucuz bakımdır.
- **Disk ile birlikte düşünün:** Balata değişiminde disk kalınlığı ve salgısını ölçün; disk ömrünü balatayla senkron planlamak ikinci bir sökümü önler. İlgili fren diski ölçüleri için ürün sayfasına bakın.
- **Sürüş etkisi:** Uzun yokuşlarda motor freni/retarder kullanmak fren ısını düşürür; sürekli hafif fren camlaşma ve erken aşınma yapar.
- **Kayıt tutun:** Aks bazında disk sıcaklığı ve balata kalınlığı ölçümelerini kaydetmek, sıkışan kaliperi büyük hasardan önce yakalar.

İPUCU — Önerilen görseller (alt-text ile): (1) "Yüzer hava diskli fren kaliperi kesiti — eksantrik köprü, zimbalar ve kılavuz pimler"; (2) "Konik (eğik) balata aşınması örneği — giriş ve çıkış ucu kalınlık farkı"; (3) "Korozyona uğramış kılavuz pim ve yırtık körük — sıkışma nedeni"; (4) "Temassız termometreyle aks bazında disk sıcaklığı karşılaştırması". Bu görseller hem kullanıcı anlaşılabilirliğini hem görsel arama (image SEO) performansını artırır.

Kaynaklar ve Doğrulama

Bu rehberdeki teknik değerler aşağıdaki üretici servis literatürü ve OE dokümantasyonu ile çapraz kontrol edilmiştir. Model-özel kesin değerler için daima güncel sürümü esas alın:

- Knorr-Bremse — SB6/SB7 ve SN6/SN7 pnömatik diskli fren servis kılavuzları ve teknik bültenleri.
- ZF/WABCO — PAN 17/19/22 pnömatik diskli fren montaj ve bakım dokümanları.
- Meritor — ELSA 195/225 (ELSA2) ve EX+ hava diskli fren bakım/servis kılavuzları.
- Araç üreticisi (OEM) aks ve fren servis kılavuzu; jant bijon ve kaliper taşıyıcı tork-açı tabloları.

Kaliper sıkışması, tek-teker sürmesi ve kılavuz pim korozyonu gibi sorunlarda doğru parça seçimi, aks dengesini ve fren güvenliğini korumanın anahtarıdır. VADEN Fren Kaliperi (Hava Diskli Fren) ürün ailesi; Knorr SN6/SN7, WABCO PAN ve Meritor ELSA muadili uygulamalar için OE ölçülerine

uygun tamir kiti (körük, kılavuz pim, burç ve sızdırmazlık) seçenekleriyle, ağır dizel araçlarda uzun ömürlü ve dengeli bir fren performansı hedefleyen atölyeler için güvenilir bir çözüm sunar. İlgili fren diski, **fren balatası** ve **fren körüğü** ürünleriyle birlikte değerlendirerek fren sistemini bir bütün olarak yenileyin.

İlgili ürün kategorisi: Fren Kaliperi

Bu konudaki tüm teknik rehberlerimiz

- Fren Kaliper Tamir Takımları: Ağır Vasıta Fren Sistemine Hayat Vermek
- Hava Diskli Fren Kaliper Sistemleri Ayrıntılı İncelemesi
- Kaliper Balata Aşınma Sensörü: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Balata Tutucu & Balata Pleyt: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Kapak, Conta & Pleyt: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Kauçuk & Tamir Takımları: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Mekanizma: Rulman, Krank & Yay: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Perno, Burç & Civata: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Revizyonu: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper Taşıyıcı & Kızak: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım
- Kaliper İtenek & Toz Körüğü: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım

VADEN ORIGINAL ürünleri

- Fren Kaliperi — 1802 ürün
- Kaliper Pernolar — 511 ürün
- Kaliper Mekanizmalar — 382 ürün
- Kaliper şaftlar — 128 ürün

Bu doküman bilgilendirme amaçlıdır; uygulamada araç üreticisinin güncel servis kılavuzu ve güvenlik talimatları esas alınmalıdır. Değerler yaygın ağır ticari sistemler için genel referanslardır; model-özel kesin değerler için ilgili OE servis dokümanını kullanın. © VADEN Otomotiv San. Tic. A.Ş. · vadenoriginal.com