



TEKNİK REHBER

Kaliper Revizyonu: Arıza Belirtileri, Değişim ve Bakım

Kamyon kaliperi çoğu zaman gövde çatlağından değil, kılavuz pim körüğü yırtılıp su ve tuz pim yataklarına dolduğu için hurdaya çıkar. Teşhis ve revizyon.

Ağır ticari araç servislerinde en çok tartışılan konulardan biri şudur: kaliper sıkıştı, komple mi değiştirelim yoksa revize mi edelim? Sahada gerçek şu; disk fren kaliperlerinin büyük çoğunluğu gövde çatlağı ya da köprü deformasyonu yüzünden değil, perno (kılavuz pim) yataklarına su-tuz-çamur girmesi, körük yırtılması ve ayar mekanizmasının kilitlenmesi yüzünden hurdaya çıkıyor. Yani asıl kusurlu olan parça, kaliperin kendisi değil, içindeki birkaç yüz gramlık sızdırmazlık ve mekanizma seti. Doğru teşhis edilip zamanında revizyon takımı uygulandığında, aynı kaliper gövdesi ikinci, hatta üçüncü balata ömrünü sorunsuz tamamlar. Bu rehber, kaliper revizyon takımlarının (perno seti, mekanizma seti, körük ve keçe takımı) ne işe yaradığını, hangi belirtide neye bakılacağını ve sökme-takma sırasında nerelerde hata yapıldığını saha diliyle anlatıyor.

E-E-A-T notu: Bu doküman, VADEN ORIGINAL teknik ekibi tarafından ağır ticari araç fren sistemleri saha tecrübesi ve OE üretici dokümantasyonu referans alınarak hazırlanmıştır. Buradaki değerler tipik/genel referans niteliğindedir; kesin tork, ölçü ve tolerans değerleri için daima araç ve kaliper üreticisinin güncel servis kılavuzu esastır. *Son güncelleme: Eylül 2026.*

Ağır ticari araç hava fren sistemleri ECE R13 (BM/AB fren yönetmeliği) ve ISO 611 çerçevesinde tasarlanır.

Kaliper Revizyonu (perno/mekanizma/tamir tk.) Nedir? Görevi ve Çalışma Prensibi

Kaliper revizyon takımı; yüzer (kayar) tip ağır ticari araç disk fren kaliperinin aşınan veya bozulan hareket, sızdırmazlık ve otomatik balata ayar elemanlarını (kılavuz pernolar, burçlar, körükler, keçeler, itici başlıklar ve ayar mekanizması) orijinal fonksiyonuna döndürmek için bir arada sunulan servis parçaları setidir.

Çalışma prensibini anlamak için önce kaliperin nasıl fren yaptığını bakmak gerekir. Ağır ticari araçlarda kullanılan pnömatik disk frenlerde (Knorr-Bremse tipi SN/SB/SK serileri, Wabco tipi PAN/Maxx serileri, Meritor tipi ELSA muadili yapılar) fren körüğünden gelen itme kuvveti, kaliper içindeki bir eksantrik mile etki eder. Bu eksantrik, küçük bir açısal hareketi büyük bir eksenel kuvvete çevirir; kuvvet, köprü (traverse) üzerinden iki adet itici (spindle/tappet) ile iç balatayı diske bastırır. Kaliper gövdesi taşıyıcı üzerinde pernolar sayesinde *serbestçe kayabildiği* için, iç balata diske değdiği anda gövde ters yönde kayar ve dış balatayı da diske çeker. Böylece tek taraflı bir mekanizma ile diskin iki yüzü de sıkılır.

Bu tabloda kritik olan iki nokta var. Birincisi, kaliperin taşıyıcı üzerinde **hiç zorlanmadan kayabilmesi**. İkincisi, balata aşındıkça iticilerin dişli mekanizma ile kendini uzatarak **hava boşluğunu (clearance) sabit tutması**. Revizyon takımı tam olarak bu iki fonksiyonu ayakta tutar: pernolar ve burçları kaymayı, körükler-keçeler ise kir ve suyun içeri girip her ikisini de bozmasını engeller.

- **Kılavuz perno (kısa/uzun pim):** Kaliper gövdesinin taşıyıcı üzerinde eksenel kaymasını sağlar. Genelde biri sabit yataklı, diğeri toleranslı (yüzer) olmak üzere farklı çaplarda iki adettir.
- **Perno burcu / kılavuz burç:** Kayma yüzeyini oluşturan çelik veya kompozit burç; aşındığında kaliper "salınır", balata eğik yer.
- **Perno körüğü ve kapak tapası:** Pim yatağına su, tuz ve çamurun girmesini önler. Revizyon ihtiyacının en yaygın sebebi bu körüğün yırtılmasıdır.

- **İtici (tappet/spindle) başlığı ve körüğü:** Balata sırtına temas eden ayarlı başlık ile disk tarafındaki sıcak-tozlu bölgeyi mekanizmadan ayıran körük.
- **Otomatik ayar mekanizması (adjuster):** Balata aşındıkça iticileri kademeli uzatan tek yönlü dişli/kavrama grubu; ayrıca ayar mili (adjuster shaft) ve tapası.
- **Sızdırmazlık ve O-ring seti:** Eksantrik yatağı, ayar mili ve kapak contaları.
- **Mekanizma seti (operating shaft kit):** Eksantrik mil, yatak makaraları/iğneleri ve köprü bağlantı elemanları — ağır hasarda komple mekanizma yenilenir.

Perno takımı ile mekanizma takımı arasındaki fark

Saha dilinde "revizyon takımı" denince çoğu zaman perno seti kastedilir, ama bunlar farklı müdahale seviyeleridir. Perno takımı, kaliperin taşıyıcı üzerindeki kayma fonksiyonunu geri kazandırır; sökülmesi görece kolaydır, kaliperin içi açılmaz. Mekanizma takımı ise kaliper gövdesinin arka kapağı açılarak eksantrik mil, köprü ve ayar grubuna müdahale edilmesini gerektirir; temizlik, tezgâh ve sabır ister. Körük/keçe takımı ise ikisinin ortasında durur: sadece sızdırmazlık elemanlarını yeniler, henüz mekanik aşınma başlamamışsa en ucuz ve en etkili çözümdür.

Otomatik ayar mekanizması neden bu kadar kritik?

Ağır ticari araçta hava boşluğu (balata ile disk arası mesafe) tipik olarak milimetrenin onda birleri mertebesinde. Bu boşluk büyürse fren körüğünün strok mesafesi artar, fren tepkisi gecikir, aks bazında dengesiz frenleme başlar. Küçülürse balata diske sürekli sürter, disk ve balata aşırı ısınır, sıcaklık 600–700 °C bandına tırmanır ve balata kristalize olur. Otomatik ayar mekanizması bu boşluğu her fren uygulamasında birkaç mikron düzeltme yaparak sabit tutar. Mekanizma kilitlendiğinde iki senaryodan biri yaşanır: ya boşluk hiç ayarlanmaz (fren zayıflar), ya da mekanizma geri dönemez (fren tutuk kalır, aks ısınır).

Yüzer kaliperin tek zayıf noktası: kayma serbestliği

Kaliper, dış balatanın aşınma payı boyunca taşıyıcı üzerinde serbestçe kayabilmelidir; bu serbestlik kaybolduğu anda dış balata diske tam basamaz. Sonuç klasik: iç balata dış balatadan belirgin şekilde daha çok aşınır, disk tek yüzünden yer, araç frende hafifçe çeker. Bu, "balata kalitesiz" diye şikâyet edilen durumların büyük bölümünün gerçek sebebidir. Pernoyu elle sökebiliyor ve yağlayabiliyorsanız zaten geç kalmamışsınızdır; sökilemiyorsa ısı ve zorlama ile taşıyıcı dişini de bozma riski başlar.

Kaliper tipi / muadil sınıf	Yaygın kullanım (ağır ticari)	Revizyonda öne çıkan kalem	Tipik uyarı
Knorr-Bremse SN6/SN7 tipi (tek eksantrikli, çift iticili)	Çekici ve kamyon ön/arka aks, römork aksları	Perno + körük + itici başlık takımı	Uzun/kısa perno karışırsa kayma bozulur
Knorr-Bremse SB/SK tipi	Otobüs ve ağır kamyon aksları	Ayar mili tapası ve mekanizma seti	Ayar mili yönü modelden modele değişir
Wabco PAN/Maxx tipi	Çekici, treyler, otobüs	Kılavuz burç + körük seti	Burç oturma derinliği kritik

Kaliper tipi / muadil sınıf	Yaygın kullanım (ağır ticari)	Revizyonda öne çıkan kalem	Tipik uyarı
Meritor ELSA tipi	Treyler ve kamyon aksları	Perno seti + kapak tapaları	Kapak tapası kaçırırsa yatak su alır
BPW (TSB/ECO Disc) ve SAF (SBS/Integral) aks entegre kaliperler	Römork/yarı römork aksları	Körük seti + ayar mekanizması	Takım seçimi araç markasına göre değil, aks markası/tipi ve kaliper döküm numarasına göre yapılır

Parça numarası doğrulaması şart: Kaliper revizyon takımları görsel olarak birbirine çok benzer; perno çapı, körük ağız ölçüsü ve ayar mekanizması dış yönü aynı marka içinde bile üretim yılına göre değişir. Sipariş öncesi kaliper gövdesi üzerindeki döküm/etiket numarasını, aks tipini ve disk çapını mutlaka doğrulayın. Yalnızca araç modeli ve yıl bilgisiyle takım seçimi yapmayın — aynı şasi numarasında iki farklı kaliper üreticisi çıkabilir. Şüphe halinde eski parçayı yenisiyle yan yana ölçerek karşılaştırın.

Arıza Belirtileri ve Teşhis

Kaliper kaynaklı arızalar nadiren "bir sabah birden" ortaya çıkar. Genelde haftalar içinde büyüyen bir hikâye'dir: önce hafif bir koku, sonra jantta ısı, sonra balatada eşitsiz aşınma, en sonunda fren testinde düşen aks. Aşağıdaki tablo, sahada en sık karşılaşılan belirtileri olası nedenleri ve doğrulama yöntemleriyle eşleştirir.

Belirti	Olası Neden	Kontrol / Doğrulama
İç balata dış balatadan çok daha fazla aşınmış	Kaliper taşıyıcı üzerinde kayamıyor; perno sıkışmış veya burç aşınmış	Balatalar sökülürken kaliper gövdesini elle ileri-geri itin; serbest kaymıyorsa perno takımı açılmalı. Perno körüğünü yırtık/dolu olup olmadığına bakın.
Fren sonrası jant/disk aşırı ısınıyor, koku geliyor	Kaliper geri dönmüyor; ayar mekanizması kilitli veya perno paslı	Kısa bir tur sonrası aksların disk sıcaklığını temassız termometreyle karşılaştırın; aynı akstaki iki taraf arasında belirgin fark varsa o kaliper tutukluk yapıyor demektir.
Frende araca tek tarafa çekme (özellikle ıslak yolda belirgin)	Bir tarafta kayma serbestliği kaybı veya itici hareketinde eşitsizlik	Fren test cihazında (rulolu tezgâh) aks bazında fren kuvveti farkını ölçün; aynı aksta iki taraf arasındaki fark yönetmelik sınırının üstündeyse mekanik neden aranır.
Fren pedalı/körük stroku uzamış, fren geç tutuyor	Otomatik ayar mekanizması ilerlemiyor; hava boşluğu büyümüş	Ayar mili tapasını açıp mekanizmanın fren uygulamasında adım adım döndüğünü gözlemleyin. Körük itme kolu stroku, üreticinin belirttiği maksimum stroku aşıyorsa ayar çalışmıyordur.
Balata değişimi sonrası iticiler geri döndürülemiyor	Ayar mekanizması dişlisi hasarlı veya iticiler korozyondan kilitli	Ayar milini uygun anahtar/aparat ile zorlamadan geri döndürmeyi deneyin; tork belirgin şekilde yükseliyorsa mekanizma seti gerekir. Zorlarsanız ayar mili başını koparırsınız.
Perno körüğü yırtık, yatakta pas/su/çamur birikintisi	Sızdırmazlık kaybı — revizyonun en yaygın tetikleyicisi	Pernoyu söküp yüzeyine bakın: parlak-düz olmalı. Kraterli, çukurlu, siyah pas izli yüzey varsa burçla birlikte yenileyin, sadece gres atmakla geçiştirmeyin.

Belirti	Olası Neden	Kontrol / Doğrulama
İtici (tappet) körüğü şişmiş, patlamış veya erimiş	Aşırı ısınma; sürekli sürtme veya disk-balata teması kesilmemesi	Körük malzemesinde sertleşme/çatlak arayın. Yanık kokusu ve kavrulmuş körük varsa sadece körüğü değiştirmek yetmez — ısının kaynağını (ayar mekanizması/perno) bulun.
Fren bırakıldıktan sonra hafif ama sürekli sürtme sesi	Hava boşluğu çok küçülmüş; mekanizma geri toparlamıyor	Aracı kaldırıp tekerleği elle döndürün; belirgin direnç ve metalik sürtünme sesi varsa kaliperi açın. Diskte mavimsi ısı renklenmesi arayın.

Sıcaklık farkı: en hızlı ve en dürüst teşhis

Kaliper arızası aramanın en pratik yolu, kısa bir yol testinden hemen sonra temassız termometreyle disk göbeklerini taramaktır. Aynı akstaki iki tekerleğin sıcaklığı benzer olmalıdır; belirgin ve tekrarlanabilir bir fark, o taraftaki kaliperde sürtme veya tam tersi hiç çalışmama olduğunu gösterir. Yükte yapılan test, boş araçta yapılan testten çok daha bilgilendiricidir çünkü ayar mekanizması yükte birlikte çalışır.

Balatanın aşınma deseni size ne anlatır?

Balatayı söktüğünüzde yüzeyi okuyun. Üst-alt eğik aşınma genelde kaliperin salındığını, yani burç boşluğunu işaret eder. İç-dış eşitsizliği kayma serbestliği sorunudur. Balatanın bir köşesinin diğerinden hızlı yenmesi taşıyıcı yatağında birikinti veya kaliperin oturmadığını söyler. Balata yüzeyinin cam gibi parlaması ise kronik aşırı ısınmanın klasik izidir ve neredeyse her zaman sürekli sürtme demektir.

Revize mi, komple kaliper mi? Karar sınırı

Karar noktası nettir. Kaliper gövdesinde çatlak, köprüde deformasyon, taşıyıcı dişlerinde sıyrılma veya itici gövdelerinde derin korozyon varsa revizyon takımı doğru çözüm değildir; komple kaliper (veya fabrikasyon revizyonlu ünite) tercih edilmelidir. Buna karşılık gövde ve köprü sağlam, aşınma pernolar/körükler/ayar mekanizması ile sınırlıysa revizyon hem ekonomik hem de teknik olarak doğru tercihtir. Emin olmadığınız durumda ölçün — kararı "ekonomik" gerekçeyle değil, ölçüyle verin. Fren, ikinci şansı olmayan sistemdir.

Revizyon sınırlarını aşan gövde, köprü veya taşıyıcı hasarlarında konu komple ünitenin arıza ve servis çerçevesine taşınır; bu bütünü **fren kaliperi (hava diskli fren)** rehberinde ele aldık.

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.

Değişim / Kurulum Adımları

Kişisel Koruyucu Ekipman ve güvenlik: Fren sistemi basınç altındadır ve balata tozu solunmamalıdır. Araç düz, sağlam zeminde, el freni ve takozlarla emniyete alınmış olmalı; hava deposu kurallarına uygun boşaltılmalıdır. İş eldiveni, koruyucu gözlük, toz maskesi (balata tozu için) ve çelik burunlu ayakkabı zorunludur. Yaylı fren körüğü (spring brake) bulunan akslarda körük **mekanik olarak kurtarılmadan** hiçbir sökme işlemine başlamayın — kurtarılmamış yay körüğü ölümcül yaralanmaya yol açabilir. Kaliper ağırdır; düşürmeyin, fren hortumundan asılı bırakmayın.

- 1 Aracı emniyete alın ve sistemi hazırlayın:** Aracı düz zemine alın, takoz koyun, aksı kaldırıp sehpa oturtun. Yaylı körüğü servis kılavuzuna uygun şekilde mekanik olarak kurtarın. Tekerleği sökün ve çalışma alanını aydınlatın.
- 2 Ön muayene yapın ve fotoğraflayın:** Sökmeye başlamadan önce balata kalınlığını, hava boşluğunu, körük stroku izini ve perno körüklerinin durumunu kaydedin. Bu kayıt, montaj sonrası doğrulama ve garanti değerlendirmesi için değerlidir.
- 3 Balataları ve tutucu elemanları sökün:** Balata baskı yayını/kelepçesini ve pimlerini çıkarın, balataları alın. Söktüğünüz her balatanın hangi tarafa ait olduğunu işaretleyin; aşınma deseni teşhisin kanıtıdır.
- 4 İticipleri güvenli konuma geri alın:** Ayar mili tapasını çıkarıp uygun aparatla iticileri kontrollü şekilde geri döndürün. Zorlanma hissederseniz durun — mekanizma hasarlıdır, kuvvet uygulamak ayar milini koparır.
- 5 Kaliper taşıyıcıdan ayırın:** Perno civatalarını gevşetin ve kaliper gövdesini taşıyıcıdan alın. Fren hortumunu sökmeniz gerekmiyorsa kaliper hortuma asmayın; uygun bir askı veya destek kullanın.
- 6 Eski elemanları çıkarın ve yüzeyleri temizleyin:** Pernoları, burçları, körükleri ve tapaları sökün. Perno yataklarını, taşıyıcı oturma yüzeylerini ve körük yuvalarını uygun temizleyiciyle iyice temizleyin. Aşındırıcı taşlama veya tel fırça ile *yatak yüzeylerini kesinlikle işlemeyin*; ölçüyü bozarsınız.
- 7 Aşınmayı ölçerek karar verin:** Perno çapını mikrometreyle, burç iç çapını komparatörle ölçün. Gövde ve köprüde çatlak/deformasyon arayın. Ölçüler servis kılavuzundaki sınırın dışındaysa revizyon yerine komple kaliper gündeme gelir.
- 8 Yeni burç ve pernoları takıma uygun gresle monte edin:** Kaliper gresi ayrıca temin edilmesi gereken bir sarf değildir; VADEN ORIGINAL revizyon takımlarında olduğu gibi doğru kurgulanmış setlerde, kauçuk körüklerle uyumlu yüksek sıcaklık gresi takımın içinde birlikte verilir. Bu gresi *sadece belirtilen miktarda* uygulayın. Aşırı gres, körüğü şişirir ve pernonun havasını hapsederek montajı imkânsızlaştırır. Uzun ve kısa pernoyu kesinlikle karıştırmayın.
- 9 Körükleri ve tapaları doğru oturtun:** Körüğün her iki ağzının da yuvasına tam oturduğunu, kıvrılmadığını ve içeride hava sıkışmadığını gözle doğrulayın. Yanlış oturan körük, ilk yağmurda su alır ve revizyonu boşa çıkarır.

- 10 Kaliperi tork değerlerine uygun monte edin:** Perno cıvatalarını ve taşıyıcı bağlantılarını üreticinin belirttiği sırayla ve torkla, tork anahtarıyla sıkın. Tek kullanımlık olarak belirtilen cıvataları kesinlikle tekrar kullanmayın. Ardından balataları takıp tutucu elemanları yerine oturtun.
- 11 Hava boşluğunu ayarlayın ve fonksiyonel test yapın:** Ayar mekanizmasını servis kılavuzunun tarif ettiği yöntemle başlangıç boşluğuna getirin, tapayı yenisiyle kapatın. Yaylı körüğü normal konuma alın, sistemi basınçlandırın, birkaç kez fren uygulayıp mekanizmanın kendini ayarladığını doğrulayın. Tekerlek serbest dönmeli, sürtme sesi olmamalıdır. Kısa yol testi sonrası disk sıcaklıklarını mutlaka karşılaştırın.

Dikkat Edilecekler (Sık Hatalar)

En pahalı hata: "gresle idare ettirmek". Yatağı paslanmış bir pernoyu temizleyip normal gresle geri takmak, birkaç hafta içinde aynı arızayı geri getirir — üstelik bu sefer taşıyıcı dişleri de bozulmuş olarak. Kaliperlerde kullanılan gres, yüksek sıcaklığa ve kauçuk körüklere uyumlu özel bir formüldür. Standart kalsiyum/lityum gres körüğü şişirip parçalar. Takım içinden çıkan gresi kullanın; yoksa üreticinin tarif ettiği eşdeğerini kullanın.

Ayar mekanizmasını zorlamayın. İtçiler kolay dönmüyorsa mekanizma zaten hasarlıdır. Uzatma kolu, boru veya darbeli anahtarla zorlamak ayar milini koparır ve o noktadan sonra revizyon takımı da işe yaramaz, komple kaliper gerekir. Ayrıca kaliper içine kesinlikle basınçlı su tutmayın; su, mekanizmanın yağını yıkar ve korozyonu başlatır.

- **Sadece yırtık körüğü değiştirmek:** Körük yırtıldıysa yatağa çoktan su girmiştir. Körükle birlikte perno ve burcu da yenileyin, aksi halde birkaç ay içinde tekrar sökersiniz.
- **Tek taraf revizyon:** Aynı aksta bir kaliper revize edilip diğeri bırakılırsa fren kuvveti dengesizliği devam eder. Fren mekaniğinde aks bazında simetri esastır.
- **Uzun/kısa perno karıştırmak:** İki perno genellikle farklı toleranstadır; biri sabitleme, diğeri yüzme görevindedir. Ters takıldığında kaliper ya sıkışır ya da salınır.
- **Tork anahtarı kullanmamak:** Perno cıvataları hem çok gevşek hem çok sıkı sıkıldığında sorun çıkarır. Gevşekse gövde titrer, aşırı sıkıysa dişi sıyrır veya pernoyu deforme eder.
- **Eski tapa ve O-ringleri geri kullanmak:** Bunlar takımda bir sebeple yeni gelir. Küçük görünen bir tapa, yatağın su almasını engelleyen tek bariyerdir.
- **Disk durumunu görmezden gelmek:** Aşırı ısınmış, çatlak veya minimum kalınlık sınırının altındaki bir diske yeni balata ve revize kaliper takmak, sorunu birkaç bin kilometre sonrasına ertelemekten ibarettir.
- **Montaj sonrası yol testi yapmamak:** Otomatik ayar mekanizmasının doğru çalıştığı ancak birkaç fren uygulaması ve sıcaklık kontrolü ile anlaşılır. Tezgâhtan çıkan araç doğrudan yola verilmemelidir.
- **Balata tozunu basınçlı hava ile üfleme:** Hem sağlık açısından sakıncalı hem de tozu yatak boşluklarına iter. Uygun emiş veya ıslak temizlik yöntemi kullanın.

Teknik Değerler ve Kontrol Noktaları

Aşağıdaki değerler ağır ticari araç disk fren kaliperleri için *tipik/genel referans* aralıklarıdır. Kaliper üreticisi, aks tipi ve disk çapına göre değişir; kesin değer için araç ve kaliper üreticisinin güncel servis kılavuzu esastır.

Parametre	Tipik referans aralığı	Not / kontrol yöntemi
Fren sistemi çalışma basıncı (pnömatik)	yaklaşık 7–8,5 bar (~100–125 psi)	Kesici basınç ve regülatör ayarı araç kılavuzuna göre; manometre ile ölçün
Kaliper hava boşluğu (toplam clearance)	yaklaşık 0,6–1,1 mm bandı (model bağımlı)	Servis kılavuzundaki yöntemeye göre; sentil/komparatör ile
Normal çalışma disk sıcaklığı	yaklaşık 100–350 °C	Temassız termometre; aynı aksta iki taraf benzer olmalı
Ağır yavaşlamada tepe disk sıcaklığı	600 °C ve üzerine çıkabilir	Sürekli bu bantta çalışma kronik sürtme işaretidir
Aynı aks sağ-sol disk sıcaklık farkı	belirgin fark istenmez (sayısal standart eşik yoktur)	Sayısal eşik yerine tekrarlanabilirlik esastır; aynı akstaki iki taraf arasında gözle/termometreyle belirgin ve tekrarlanan fark varsa kaliper açılmalıdır
Balata minimum sürtünme malzemesi kalınlığı	genellikle ~2 mm sırt üstü (üretici sınırı esastır)	Kontrol penceresinden ölçün, sınıra yaklaşımadan planlayın
Disk minimum kalınlığı	disk üzerine damgalı "MIN TH" değeri	Mikrometre ile birden çok noktadan ölçün
Disk kalınlık farkı (DTV)	tipik olarak birkaç yüzde mm mertebesi	Komparatör ile çevresel ölçüm; sınır aşımı titreşim yapar
Perno kayma serbestliği	elle zorlanmadan hareket etmeli	Balata sökölüyken gövdeyi elle ileri-geri itin
Kaliper gresi çalışma sıcaklığı	yüksek sıcaklık tipi, kauçuk uyumlu	Takımla gelen gresi kullanın; standart gres körüğü bozar

Bağlantı	Tipik tork mertebesi	Kritik not
Kaliper perno / kılavuz civatası	model bağımlı; sayısal bant verilemez	Çoğu modelde ön tork + açısız sıkma kombinasyonu – kesin değer yalnız servis kılavuzundan
Kaliper taşıyıcı – aks bağlantı civatası	yaklaşık 250–400 Nm mertebesi	Genellikle tek kullanımlık; sıra ve açı kılavuza göre
Ayar mili tapası / kapak	düşük tork, genelde el sıkma + belirtilen değer	Aşırı sıkma tapayı çatlatır, su alır
Fren körüğü bağlantı somunları	yaklaşık 180–250 Nm mertebesi	Yay körüğü kurtarılmadan dokunmayın
Tekerlek bijonu	yaklaşık 500–650 Nm mertebesi	Çapraz sırayla; yol testi sonrası kontrol edin

Tork uyarısı: Yukarıdaki tork değerleri mertebe bildirir, reçete değildir. Aynı marka içinde bile cıvata sınıfı, diş boyu ve açılma sıkma gerekliliği modelden modele değişir. Fren bağlantılarında tork anahtarı zorunludur; darbeli anahtarla son sıkma yapılmaz. Üretici "tek kullanımlık" dediği cıvatayı yeniden kullanmak, doğru torkta bile bağlantı güvenliğini ortadan kaldırır. Kesin değer için servis kılavuzu esastır.

- Perno körüklerinin tamamı sağlam ve yuvasına tam oturmuş mu?
- Kaliper gövdesi taşıyıcı üzerinde elle serbest kayıyor mu?
- Ayar mekanizması fren uygulamasında ilerliyor mu (tapa açıkken gözlemleyin)?
- İki balatanın kalınlığı birbirine yakın mı; aşınma deseni düzgün mü?
- Disk yüzeyinde ısı renklenmesi, ısıl çatlak veya belirgin basamak var mı?
- Fren körüğü stroku üreticinin belirttiği sınır içinde mi?
- Yol testi sonrası aynı aksta sağ-sol sıcaklıklar benzer mi?
- Bağlantı cıvataları tork anahtarıyla sıkılıp işaretlendi mi?

Bakım ve Ömür

Kaliper revizyon takımları "arıza çıkınca takılan" parçalar olarak görüldüğünde her zaman geç kalınır. Doğru yaklaşım, revizyonu balata değişimiyle senkronize etmektir. Balata değişimi zaten kaliperi açtığınız tek doğal fırsattır; o an körükler kontrol edilmez ve pernolar sökölüp bakılmazsa, bir sonraki açılışa kadar geçen — kullanım profiline göre değişen, çoğu uzun yol uygulamasında yüz binlerce kilometreyi bulan — periyot boyunca yatak sessizce paslanır. Sahada gördüğümüz kaliper ölümlerinin neredeyse tamamı, ikinci balata setinde fark edilmemiş yırtık bir körüğün hikâyesidir.

- **Her balata değişiminde perno ve körük muayenesi:** Körük yırtıksa veya perno zor dönüyorsa revizyon takımını o an uygulayın — sonraki sefere bırakmak, kaliperi kaybetmek demektir.
- **Kış öncesi kontrol:** Tuzlu yol koşulları perno yataklarının en büyük düşmanıdır. Kış girmeden körük bütünlüğünü kontrol etmek, bahar sonundaki komple kaliper masrafını önler.
- **Sıcaklık taraması rutini:** Periyodik bakımda kısa yol testi sonrası disk sıcaklıklarını taramak, hiçbir maliyeti olmayan ve en erken uyarıyı veren yöntemdir.
- **Fren testi kayıtları:** Rulolu fren tezgâhı sonuçlarını dosyalayın. Aks bazında fren kuvveti farkının zamanla artması, mekanik bir sorunun sessizce büyüdüğünü gösterir.
- **Filo yaklaşımı — aks bazlı planlama:** Aynı aksın iki tarafını birlikte revize edin ve mümkünse aynı üretim/parti setini kullanın. Simetri, fren dengesinin temelidir.
- **Kullanım profiline göre aralık:** Şantiye, maden, kısa mesafe dağıtım ve eğimli güzergâh araçlarında revizyon ihtiyacı, uzun yol çekicilerine göre belirgin şekilde erken gelir. Takvimi kilometreye değil, koşula göre kurun.
- **Kayıt tutun:** Hangi kalipere, hangi tarihte, hangi takımın uygulandığını araç dosyasına işleyin. Tekrarlayan arıza aynı akstaysa sorun kaliperde değil, aksın kendisinde veya montaj yönteminde olabilir.

Özetle: kaliper revizyonu bir tasarruf hilesi değil, planlı bakımın parçasıdır. Zamanında ve doğru takımla yapılan bir revizyon, kaliper gövdesinin ömrünü ikiye katlar, disk ve balata masrafını

düşürür, en önemlisi fren dengesini korur. Geciken revizyon ise önce balatayı, sonra disk, en sonunda kaliperin kendisini alır — üstelik yolda kalma riskiyle birlikte.

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