
BAKIM
ÇUKUROVA
TPÇS
ENDÜSTRİ TESİSLERİNDE
1-2 EKİM 2026
Adana HiltonSA Otel
KONTROL
MEDYA

KONTROL MEDYA
SEMPOZYUM VE FUAR

PEAK

ENERJİSA ÜRETİM 30.yıl

LAZERLİ ŞAFT HİZALAMA

TERMAL GENLEŞME

DİNAMİK ÖLÇÜMLER

KONTROL MEDYA
SEMPOZYUM VE FUAR



Ozan Onur OKUMUŞ

Teknik Müdür

PEAK Teknik Mühendislik

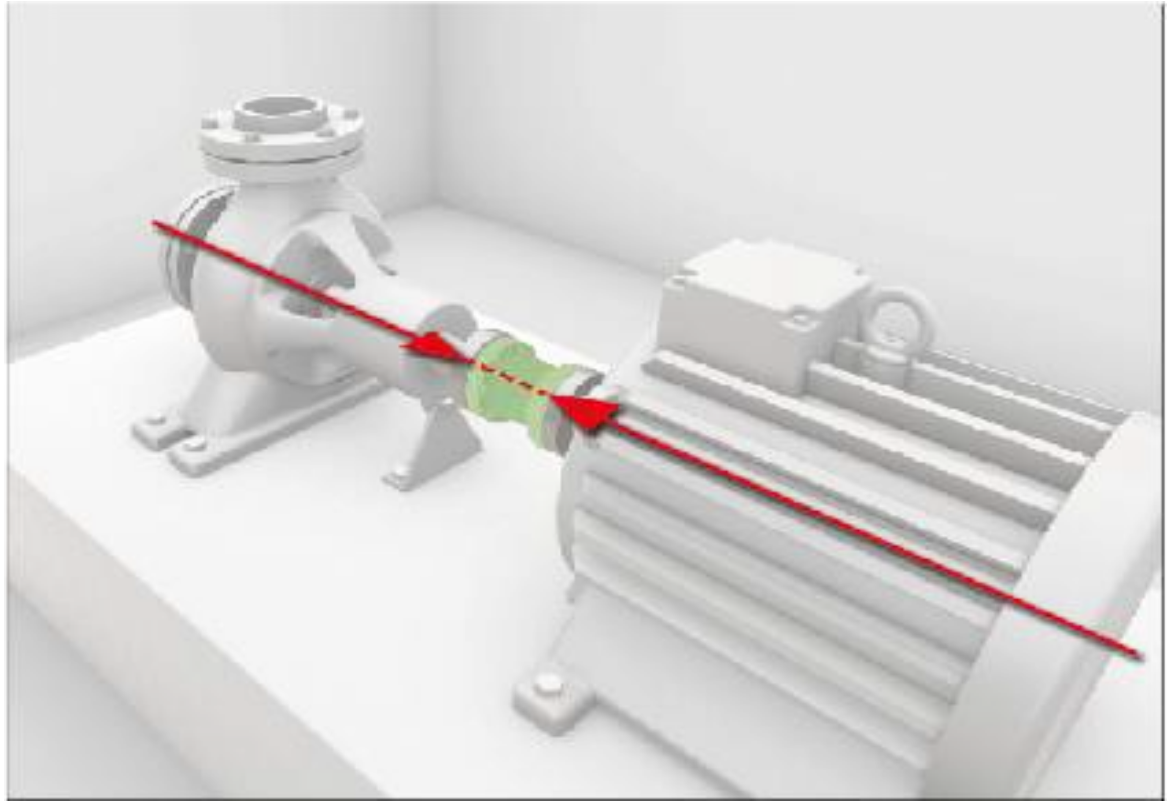
PEAK

Hizasızlık Teorisi

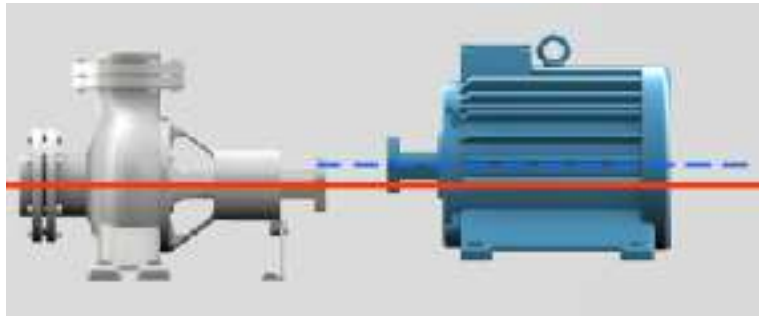


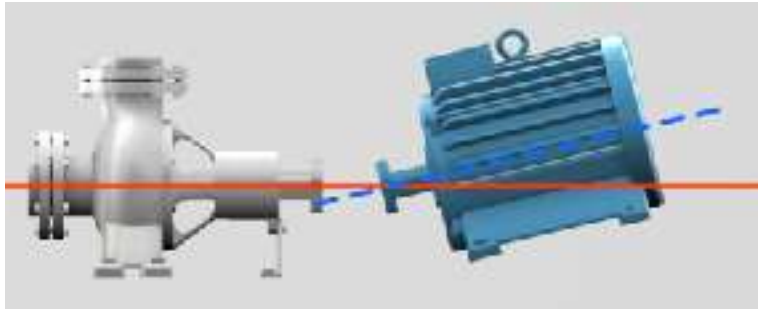
Şaft Hizalama Nedir?

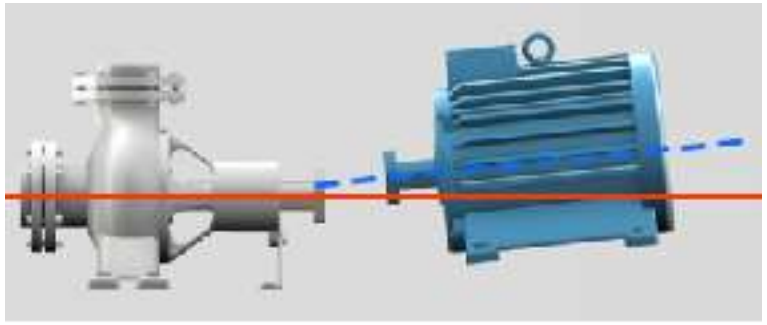
Şaft hizalama, karşılıklı iki milin dönme eksenlerini paralel ve açısal olarak eşmerkezli hale getirip tolerans sınırları içine alma işlemidir.



Hizasızlık Türleri





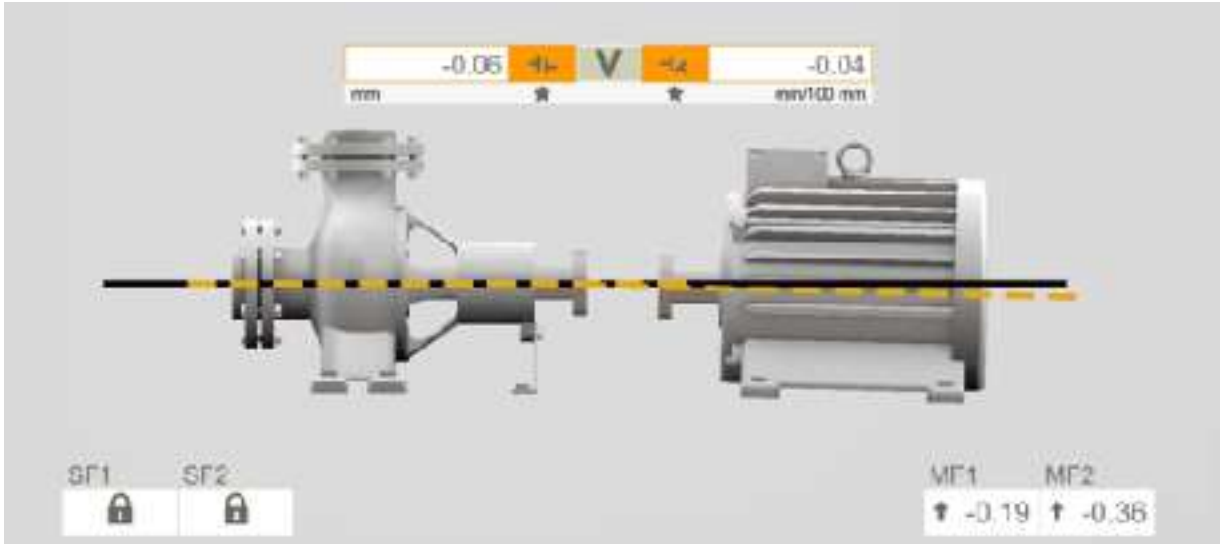


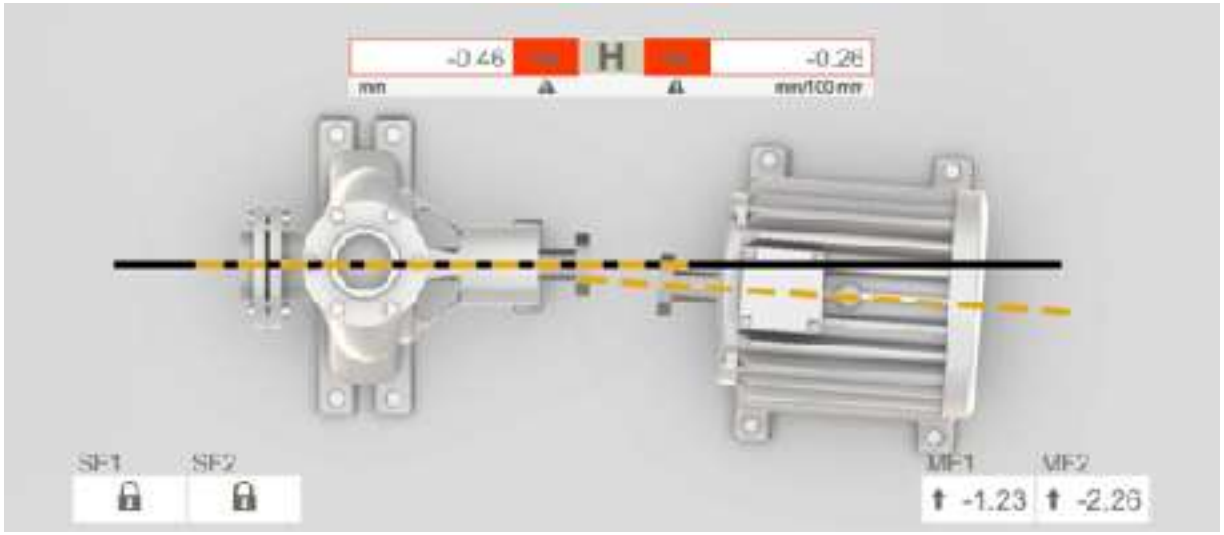
Paralel Hizasızlık
İki milin eksen çizgileri birbirine paraleldir, aralarında dikey veya yatay yönde bir miktar mesafe (kaçıklık) bulunur.

Açısal Sapma/Hizasızlık
İki milin eksen çizgileri paralel değildir ve belirli bir açıyla birbirini keser; miller birbirine göre eğri durmaktadır.

Paralel ve Açısal Sapma/Hizasızlık

Dikey Eksen ve Yatay Eksen Hizasızlık Sonuçları

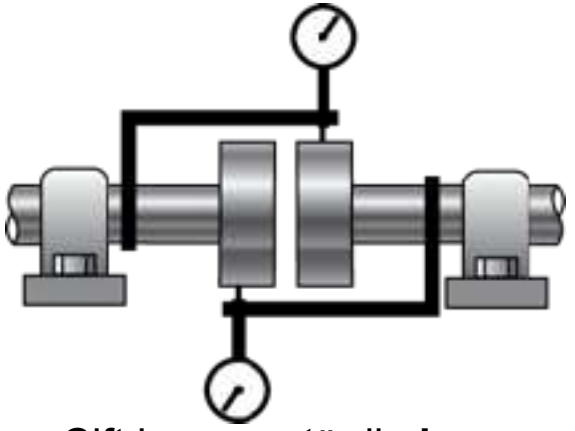




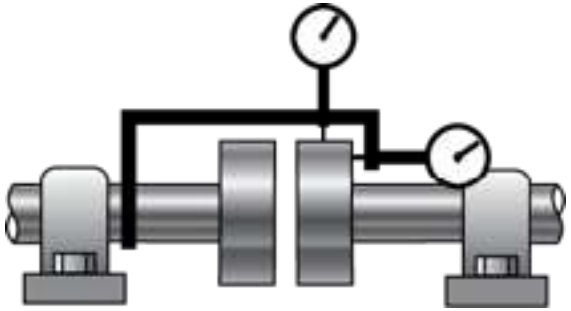
Şaft Hizalama Yöntemleri



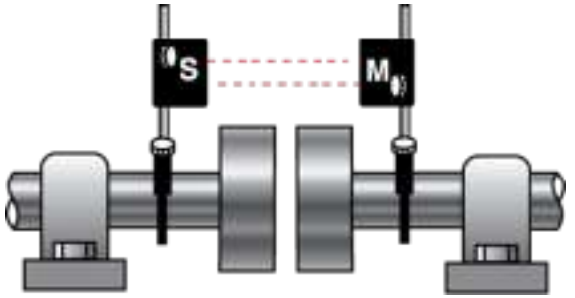
Düz bir yüzey(cetvel), sentil ve gözlem gücünüz ile.



Çift komparatör ile **karşı yüzey** yöntemi kullanarak.

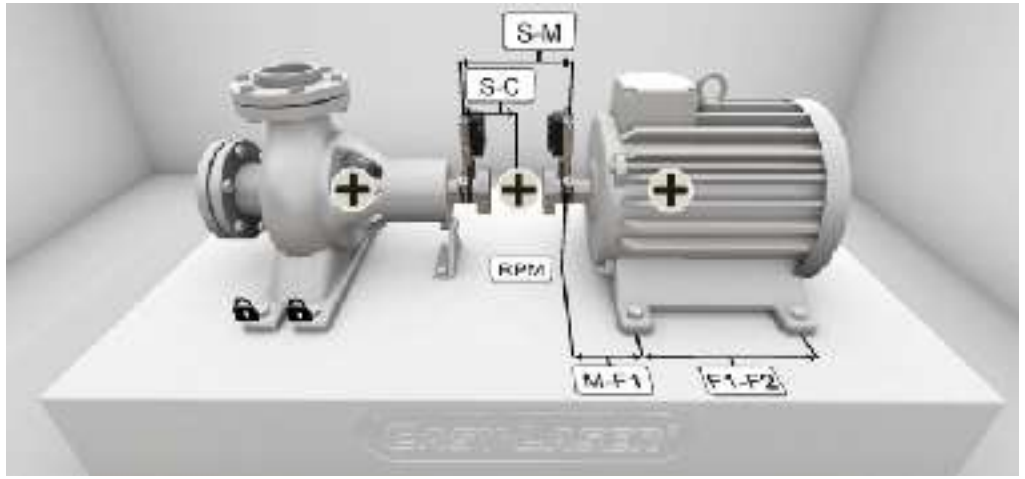


Çift komparatör ile **yüzey-alın** yöntemi kullanarak.

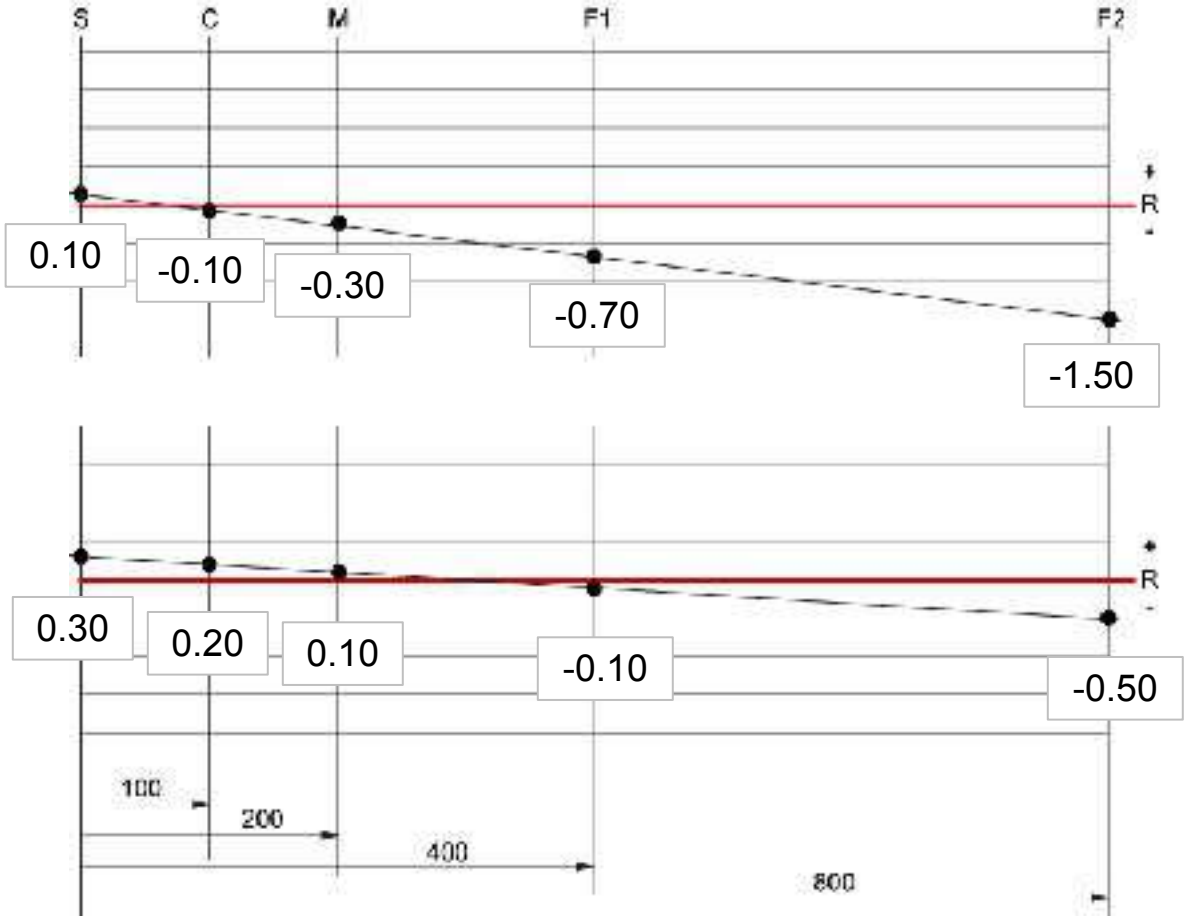


Lazerli Şaft Hizalama çözümlerini kullanarak

Matematiksel Hesaplama



S = S Ünitesi
C = Kaplin Merkezi
M = M Ünitesi
F1 = Motor Ön Ayak
F2 = Motor Arka Ayak
R = Referans



Toleranslar - ANSI/ASA S2.75-2017



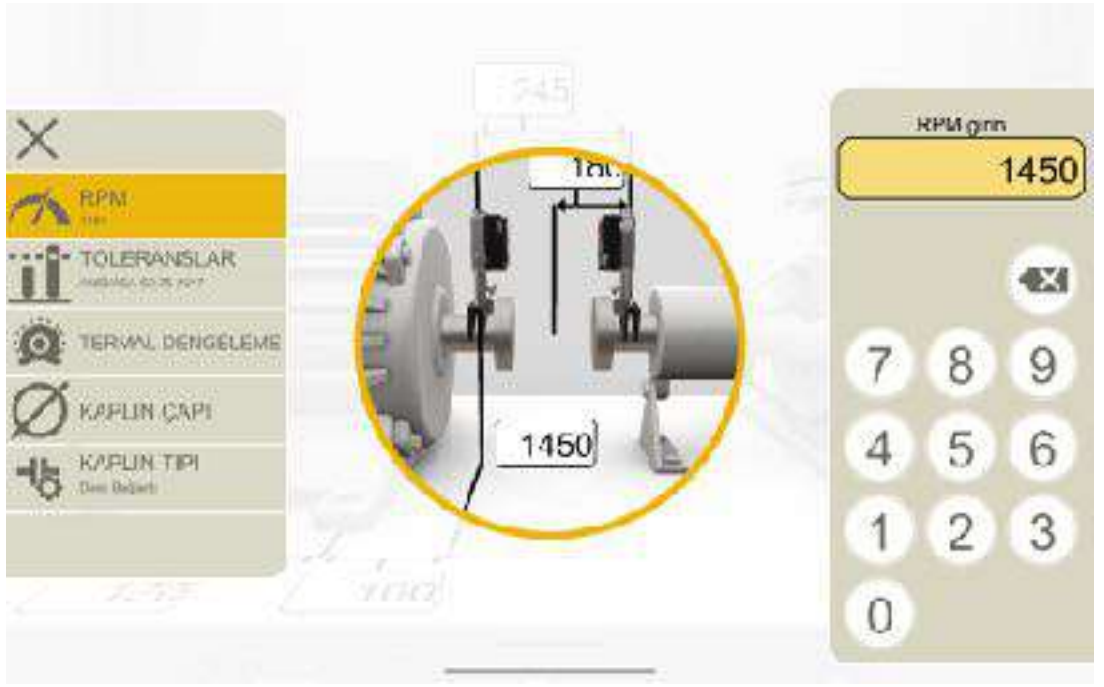
	Excellent		Acceptable	
RPM	OFFSET (mm)	ANGLE (mm/100 mm)	OFFSET (mm)	ANGLE (mm/100 mm)
0–1000	0.07	0.06	0.13	0.10
1000–2000	0.05	0.05	0.10	0.08
2000–3000	0.03	0.04	0.07	0.07
3000–4000	0.02	0.03	0.04	0.06
4000–5000	0.01	0.02	0.03	0.05
5000–6000	<0.01	0.01	<0.03	0.04

Lazerli Şaft Hizalama Adımları

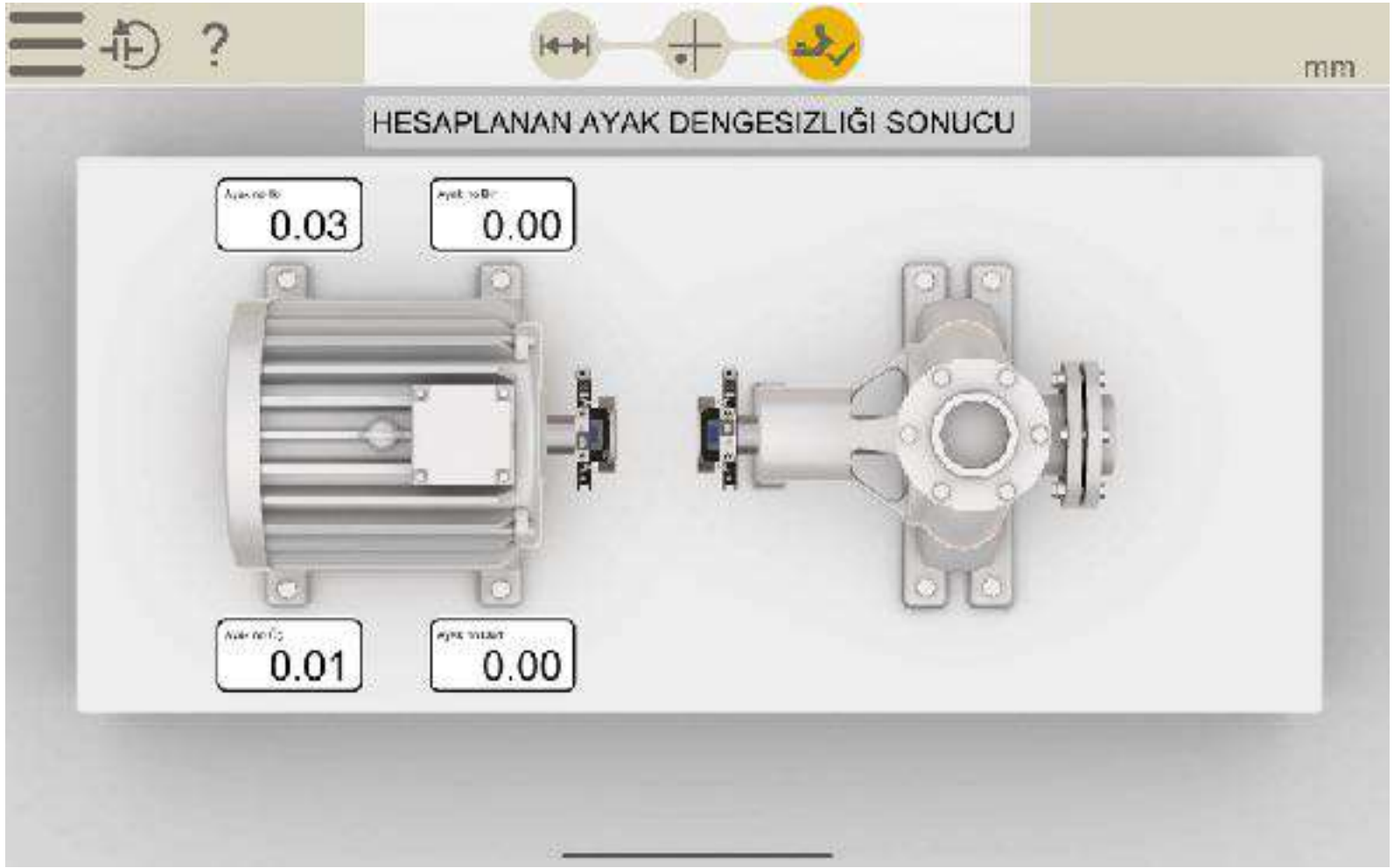


1. Adım (Hazırlık Aşaması)





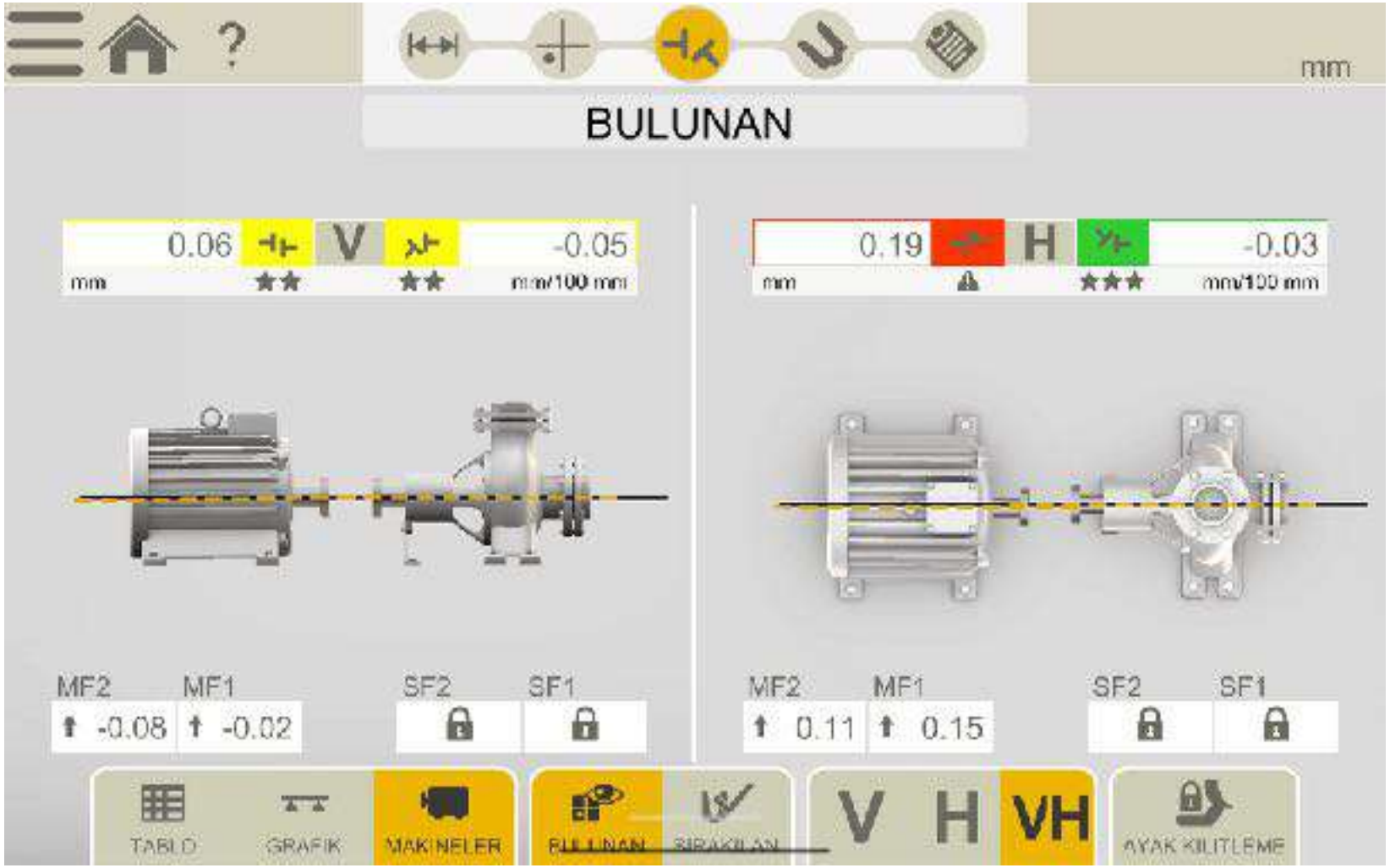
2. Adım (Topal Ayak Kontrolü)



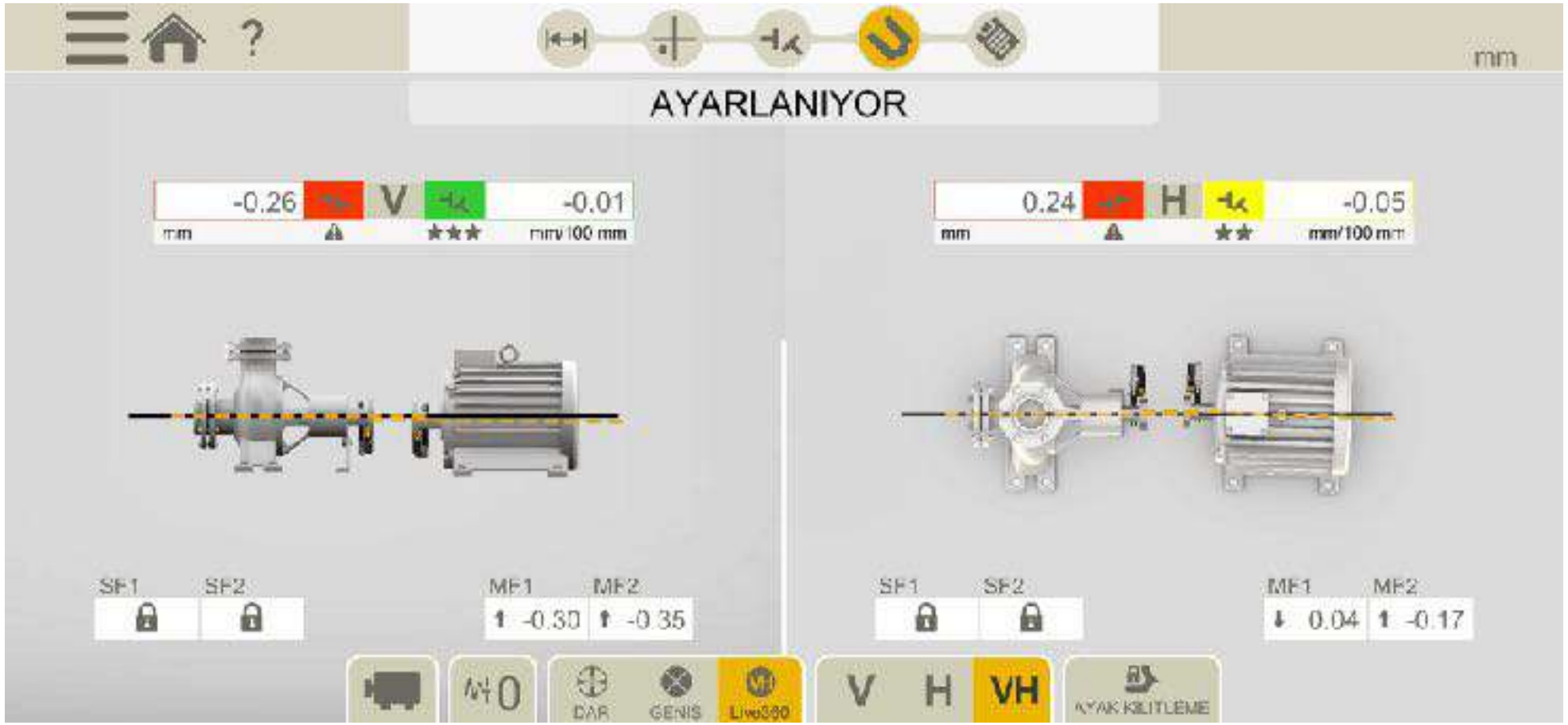
2. Adım (Ölçüm Aşaması)



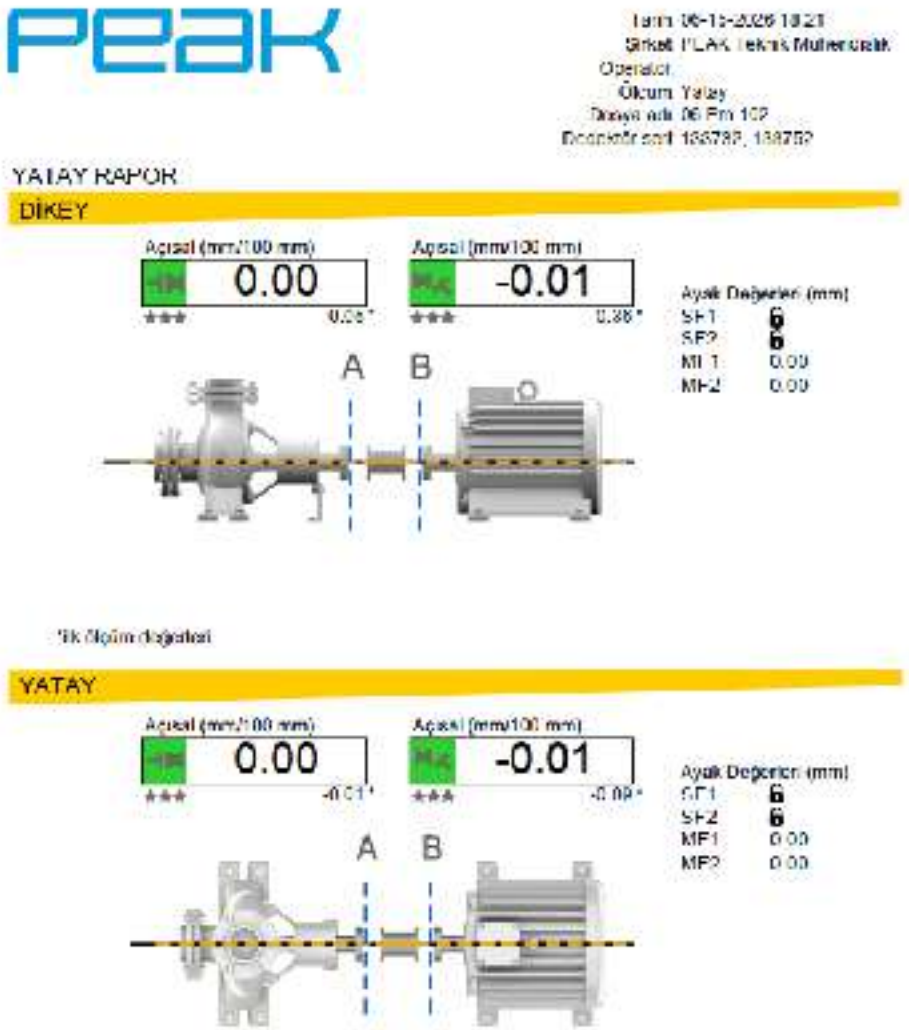
3. Adım (Sonuçlar)



4. Adım (Canlı Hizalama)



5. Adım (Raporlama)



Sonuçlar &

Faydalar



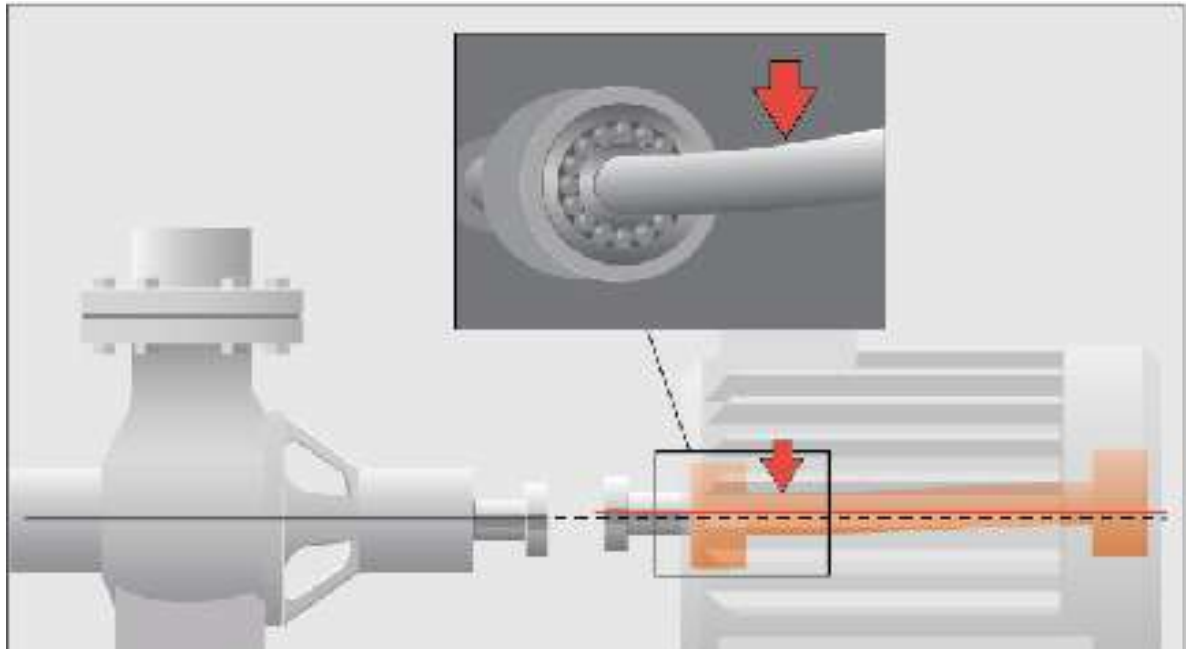
Neden Hizalama Yapılmalıdır?

- Döner makinelerdeki tüm duruş sürelerinin neredeyse % 50'si yanlış hizalamaya bağlıdır.



Hizasızlık Kaynaklı Gelişen Problemler

- Rulman Arızası
- Salmastra Arızası
- Sızdıran Contalar
- Mil Aşınması/Kırılması
- Yüksek Titreşim ve Sıcaklık Seviyeleri
- Yüksek Enerji Tüketimi
- Bağlantılarda Aşınma
- Kalite Sorunları
- Güvensiz Çalışma Ortamı
- Plansız Duruşlar

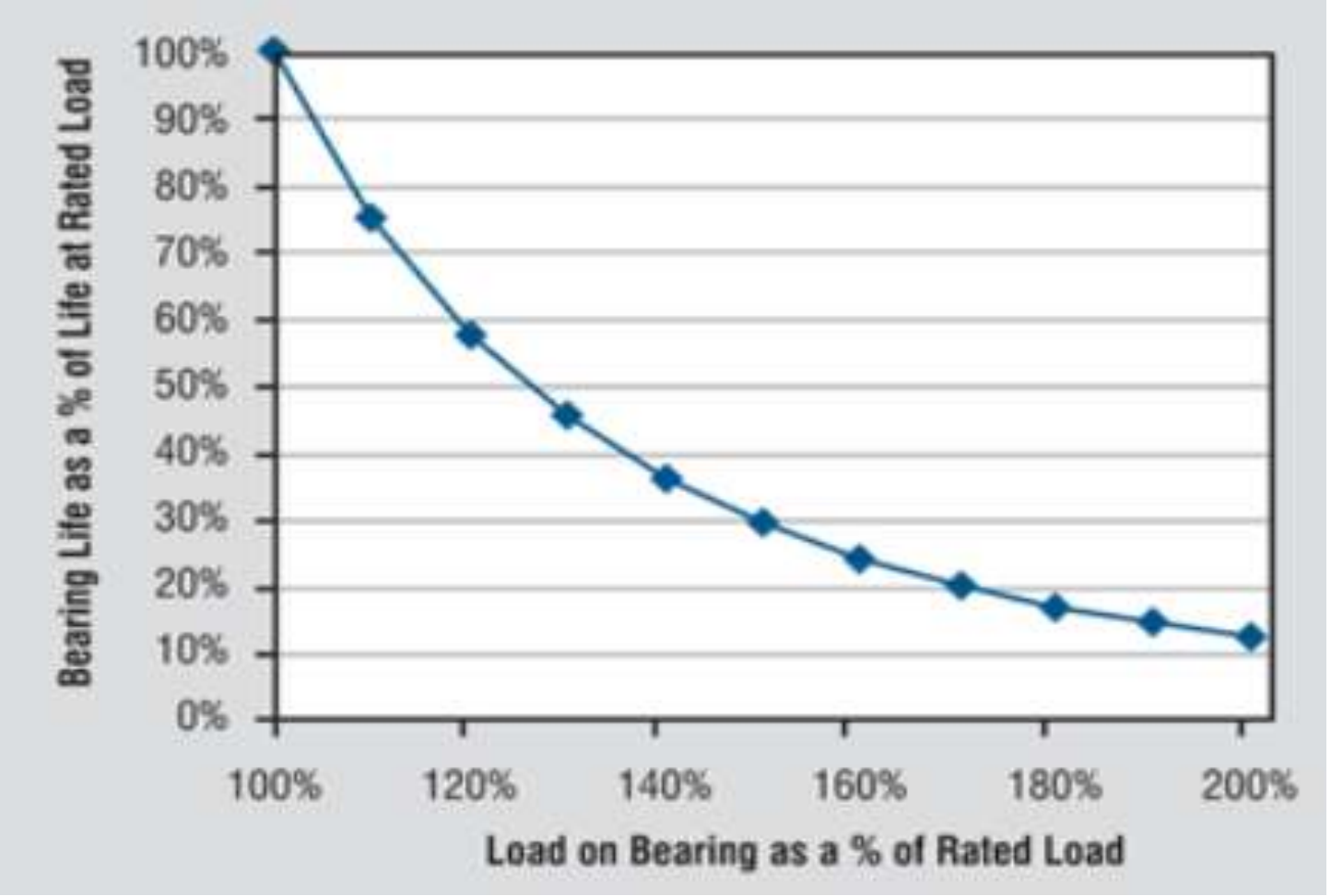


Rulman Ömrü Hesabı

- L_{10} life factor $\approx \frac{1}{\Delta RPM} \times \frac{1}{\Delta LOAD^3}$

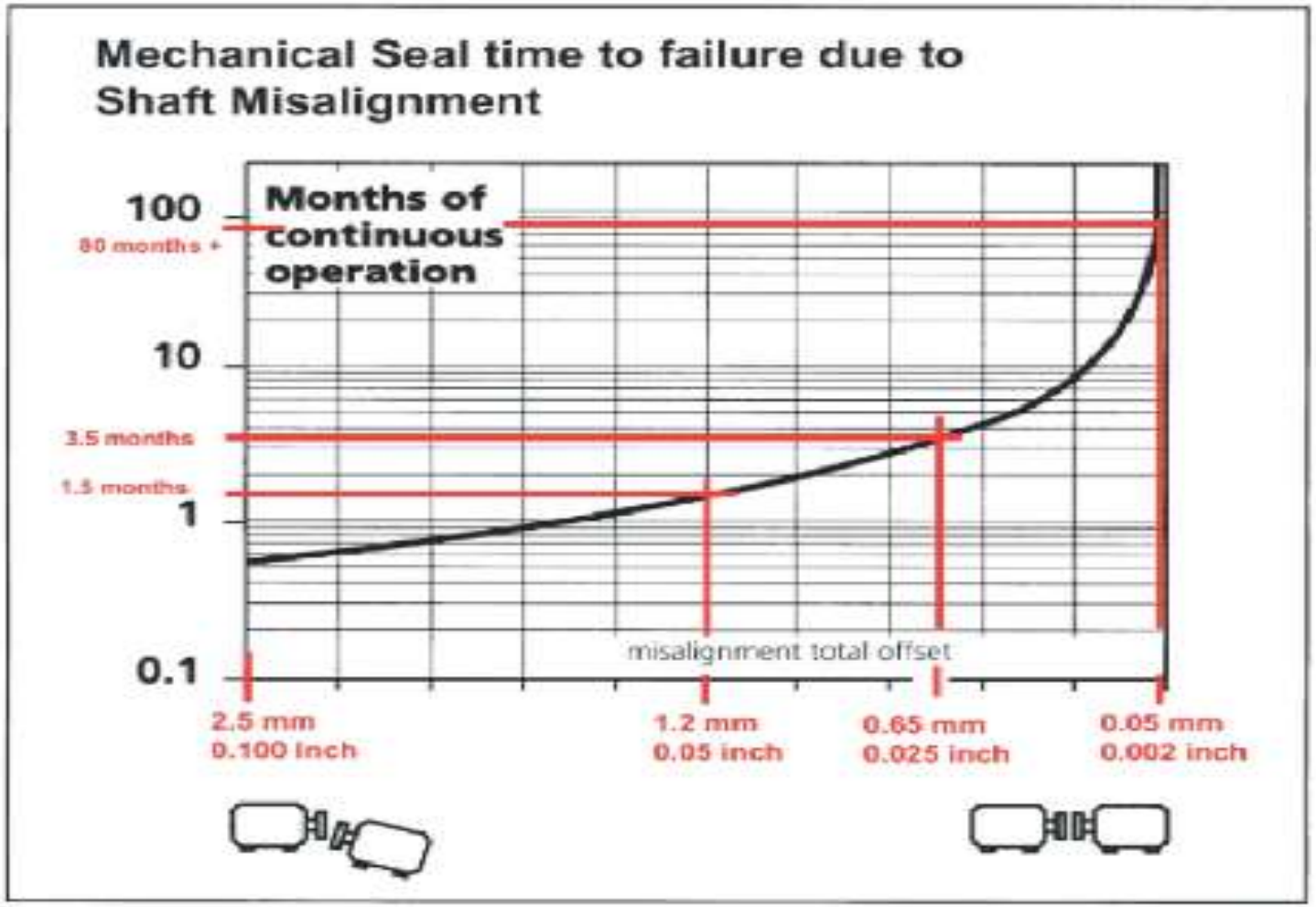


Zorlanmış Kuvvetlerin Rulman Ömrüne Etkisi



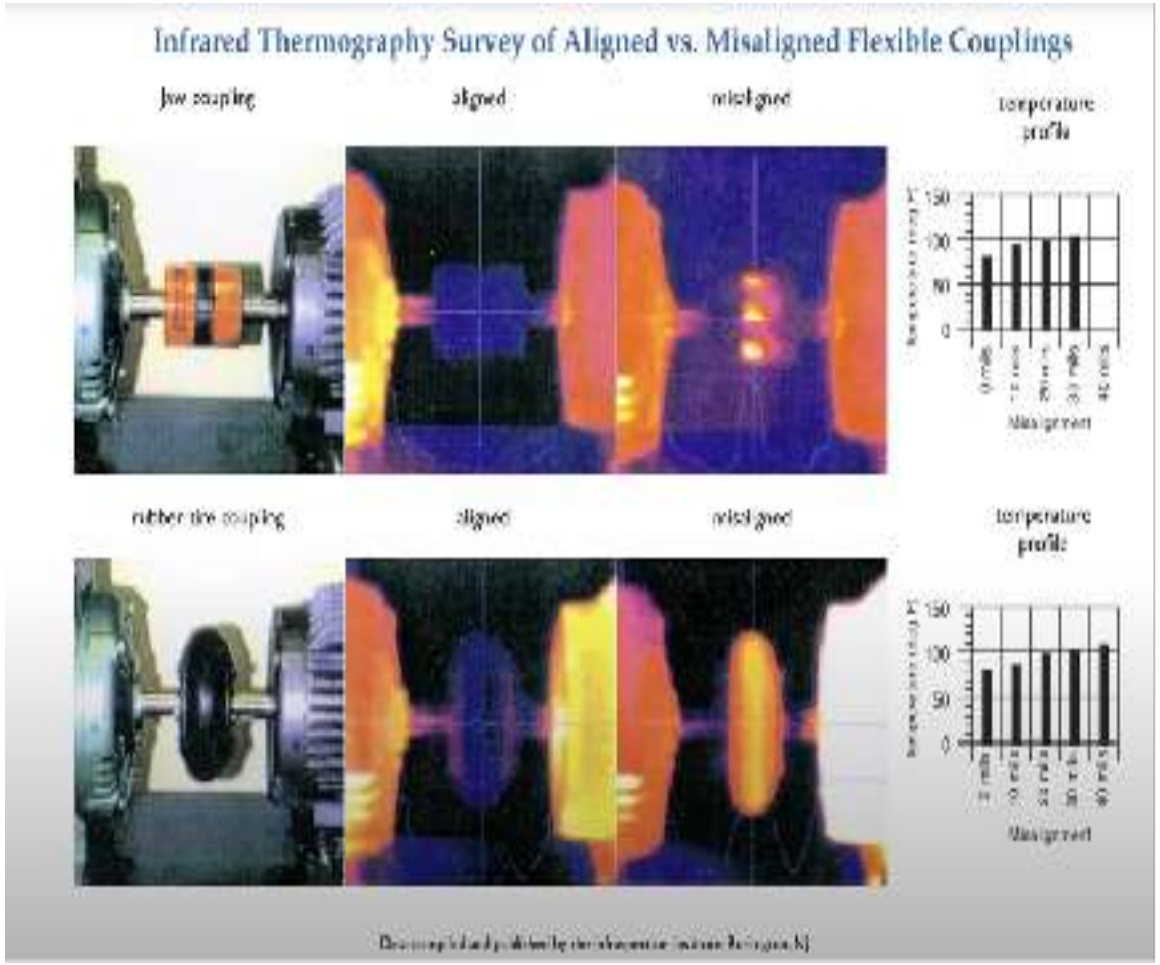
Kaynak: https://www.machinerylubrication.com/Read/26920/shaft-alignment-bearing-lubrication

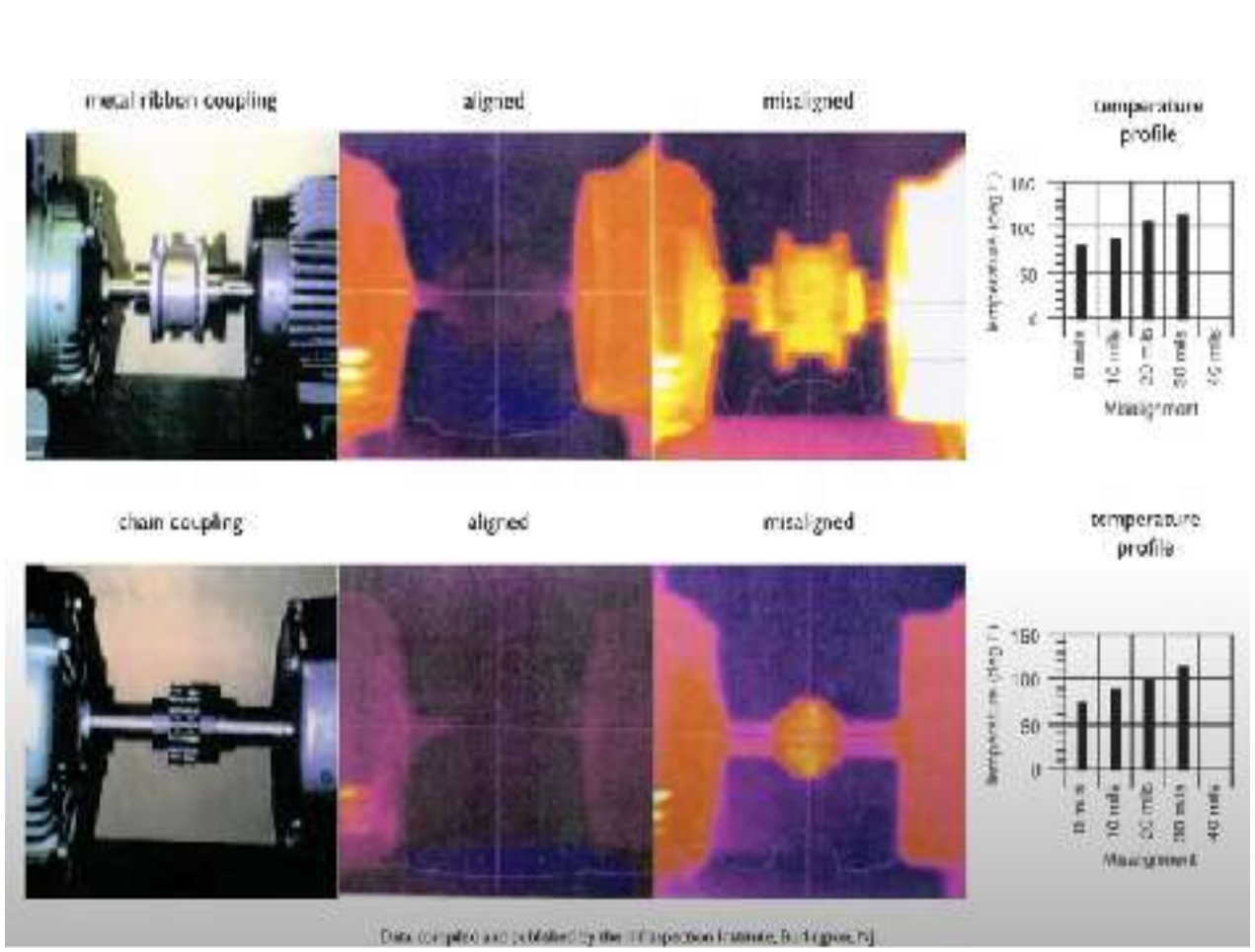
Şaft Hizasızlığının Mekanik Salmastra Ömrüne Etkisi



Source: INTECH Training Department of DURAMETALLIC Sealing Systems Worldwide handbook, "Shaft Alignment Techniques"

Şaft Hizasızlığının Kaplin Sıcaklığına Etkisi



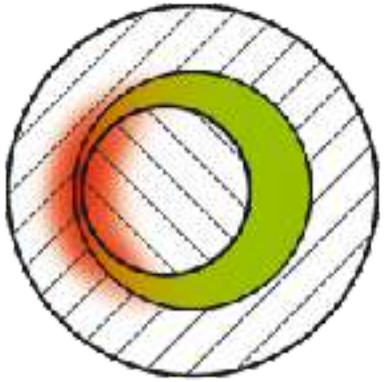


Hizasızlığın Enerji Tüketimine Etkisi

Zorlanmış Kuvvetler: Doğru hizalanmayan makineler mekanik zorlanmalara maruz kalır ve yüksek enerji tüketir



Sürtünme & Isı Dönüşümü:
Sürtünme, sistemde enerji kaybı üretir. Bu kayıplar ısı olarak açığa çıkar. Enerjinin bir kısmı mekanik iş yerine gereksiz ısıya harcanır
Sonuç olarak motor, istenen mekanik işi üretebilmek için şebekeden daha fazla enerji çeker.



ABD Enerji Bakanlığı (DOE) raporlarında, tipik bir 75kw motorun hizasızlık nedeniyle yıllık 5.000 – 10.000 kWh arasında ek enerji tüketebileceği ifade edilmiştir.

Hizasızlığın Enerji Tüketimine Etkisi

Endüstriyel Uygulama Örneği;

Fabrika: Petrokimya Tesisi – Almanya
Ekipman: 75 kW motor + pompa
Durum Öncesi: 1,5 mm paralel hizasızlık
Enerji Tüketimi: 80.000 kWh/yıl
Hizalama Sonrası: 73.500 kWh/yıl
Tasarruf: 6.500 kWh/yıl (~€1.100)





Hizasızlığın Enerji Tüketimine Etkisi

Türkiye için ölçeklendirme; (Muhafazakar/Konservatif Senaryo)

- 100 Pompa / Yıllık Enerji Kazanımı: 400.000 kWh
- Birim Elektrik Maliyeti: ~4.25 TRY/kWh
- Tasarruf TRY Karşılığı: 1.700.000 TRY / yıl
- Tasarruf EUR Karşılığı: ~€30.400 / yıl *(56 TRY bazında)*



Bu enerji tasarrufuna ek olarak; daha az salmastra-rulman değişimi ve önlenen üretim kayıpları da hesaba katılmalıdır.

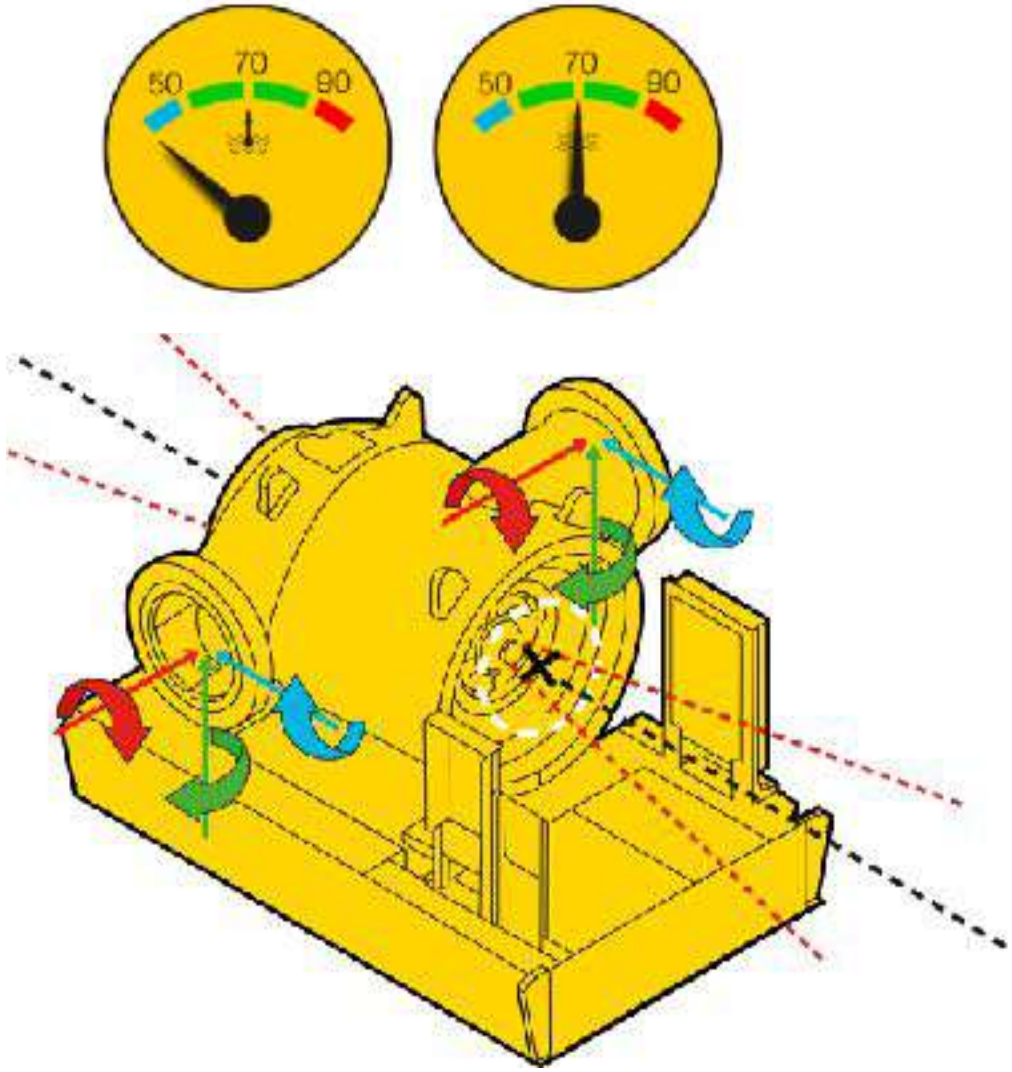
HASSAS HİZALAMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER



Hassas Hizalamaya Etki Eden Faktörler

- Düzlemsellik (Flatness)
- Seviye (Level)
- Topal ayak
- Boru gerilimleri
- Şaft salgısı
- Şimler
- İttirme çektirme cıvataları
- Termal Genleşme ve Dinamik Hareketler

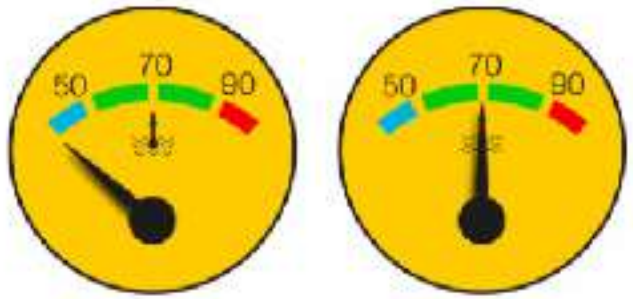
TERMAL GENLEŞME VE DİNAMİK ÖLÇÜMLER



Hizalamaya Etki Eden Faktörler

Makine hizasızını bozan temel unsurlar;

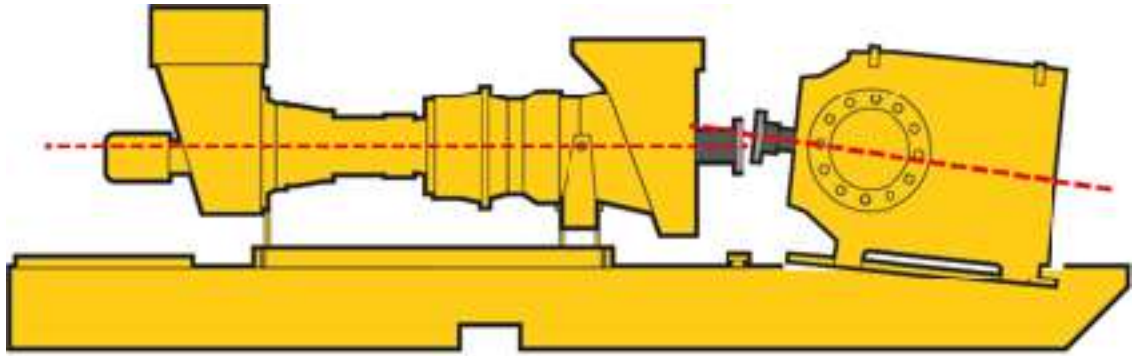
- Termal Büyüme: Dikey, yatay ve eksenel yöndeki termal genleşme
- Dönme Torku: Operasyon anındaki mekanik yüklerin şaftı kaydırması
- Boru Stresleri: Sıcak boruların makine gövdesine uyguladığı kuvvet
- Çevresel Etkiler: Güneş ışığı, rüzgar veya yan tarafta çalışan makinelerden ısı yayılımı
- Temel yapısı: Zayıf veya esnek temellerin dinamik yük altında esnemesi.



Termal Genleşmenin Teorik Temeli

Tüm dönen ekipmanların yaklaşık %40'ı çalışma sıcaklıklarından veya dinamik yüklerden doğrudan etkilenir

Kritik Ekipman Sınıfı: Türbinler, kompresörler, kondens pompaları ve yüksek sıcaklıkta çalışan kızgın yağ pompaları.



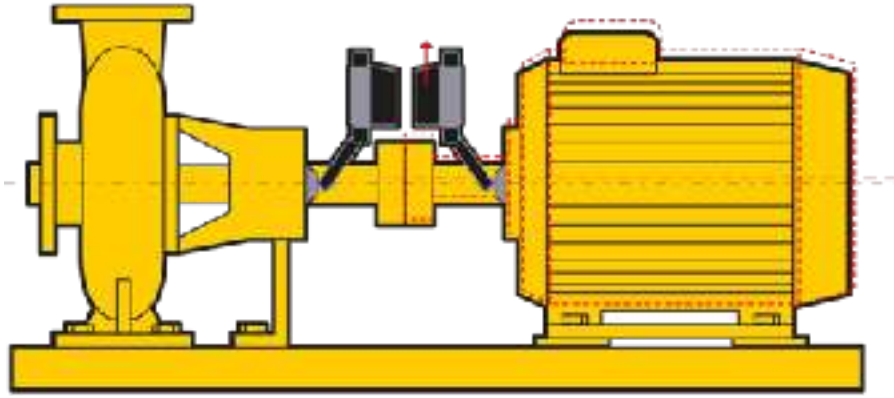


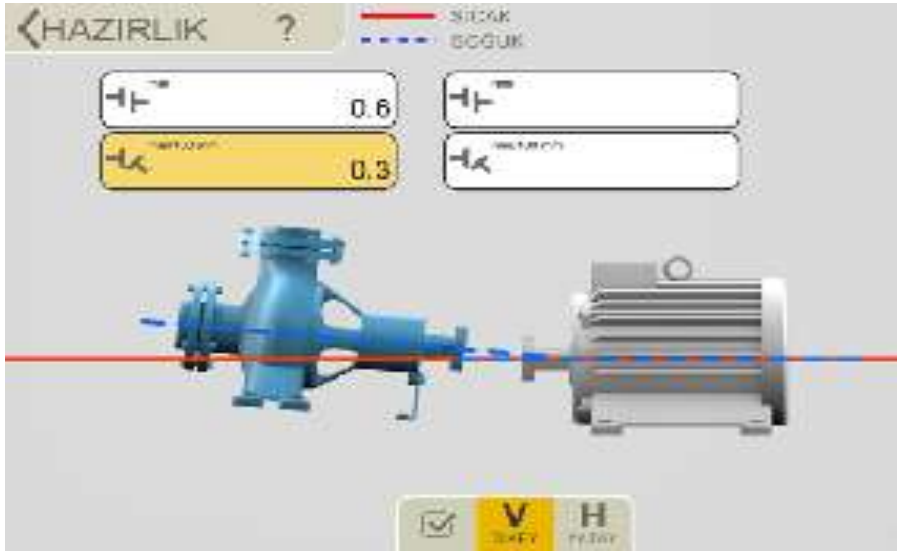


Termal Genleşme

- Ekipmanlar çalışma sıcaklığına ulaştığında, üretildikleri malzeme cinsi ve proses koşullarına bağlı olarak farklı oranlarda genleşir

- Termal Genleşme, soğuk durumda kusursuz hizalanmış iki ekipmanın hizasız çalışmasına yol açar





Termal Genleşme Teorik Hesaplama- Örnek

Temel Formül: $\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta T$

Genleşme = Boy × Genleşme Katsayısı × Sıcaklık Fark

(α): Çelik genleşme katsayısı

(L): Temel ile şaft merkezi mesafesi

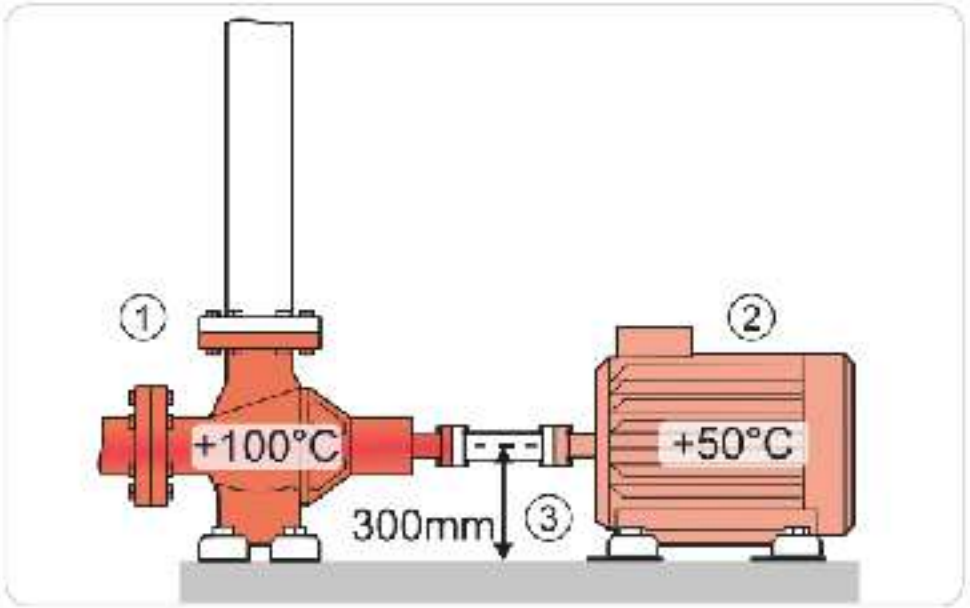
(ΔT): Sıcaklık farkı



Termal Genleşme Teorik Hesaplama- Örnek

Örnek;

- Sabit makine (pompa) çalışma sıcaklığı: **+100°C**
- Hareketli makine (motor) çalışma sıcaklığı: **+50°**
- Sıcaklık farkı (ΔT): $100 - 50 = \mathbf{50}$°C
- Temel-şaft merkezi mesafesi (L): **0,3 m (300 mm)**
- Çelik genleşme katsayısı (α): **0,011 mm/m/°C**

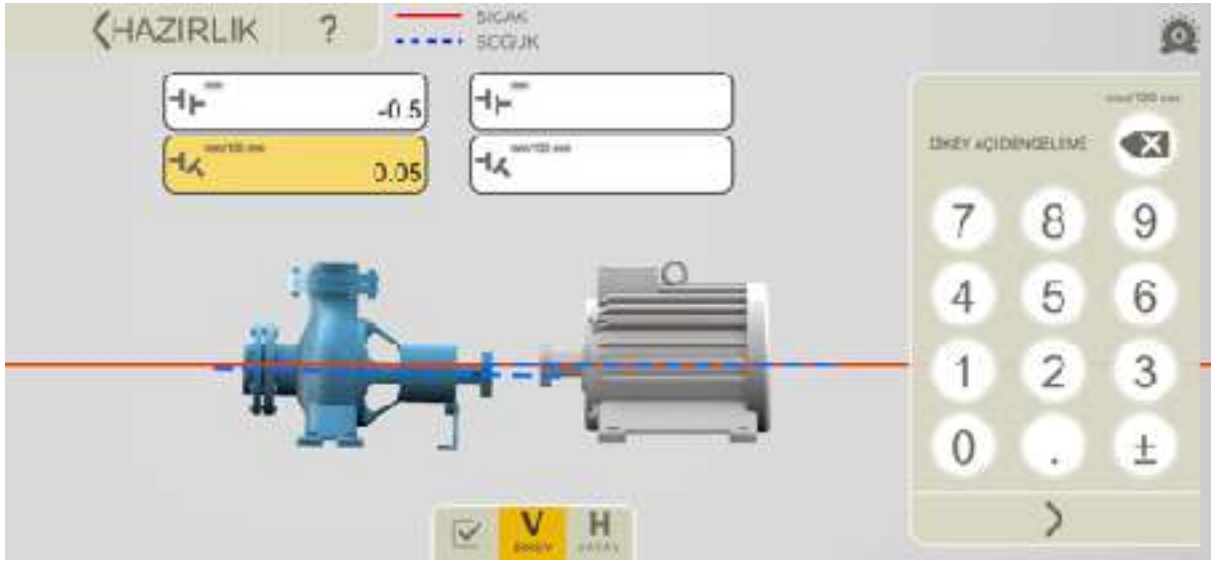


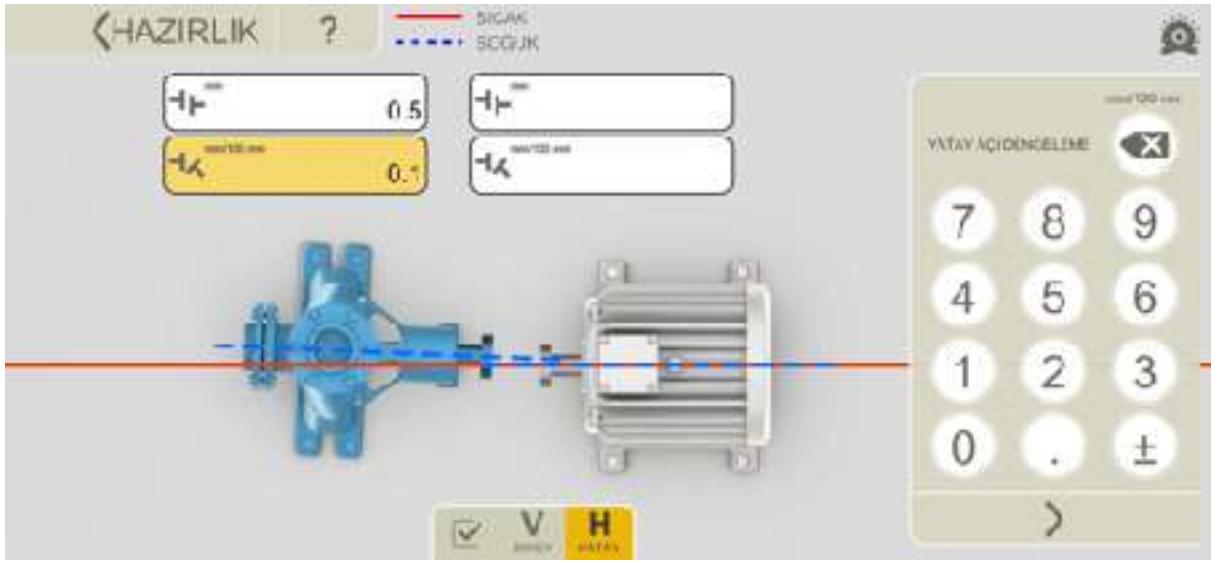
H e s a p l a m a **A d ı m ı :**

Termal Kompanzasyon $= 0{,}3 \text{ m} \times 0{,}011 \text{ mm/m/°C} \times (100 - 50)\text{°C} = 0{,}165 \text{ mm}$

Pratik Sonuç: Soğuk kurulumda motor ekseni pompaya göre **0,17 mm yukarıda** (veya sıcak hedefli kompanzasyonla) ayarlanmalıdır

Termal Genleşme Katsayıları Girişi





Easy-Trend Dinamik/Termal Genleşme Ölçüm

PEAK

Tarih: 04-16-2026 15:37
Şirket: PEAK TEKNİK MÜHENDİSLİK
Operatör:
Ölçüm: EasyTrend
Dosya adı: Dedektör seri: 191243, 191237

EASYTREND RAPORU

SONUÇ

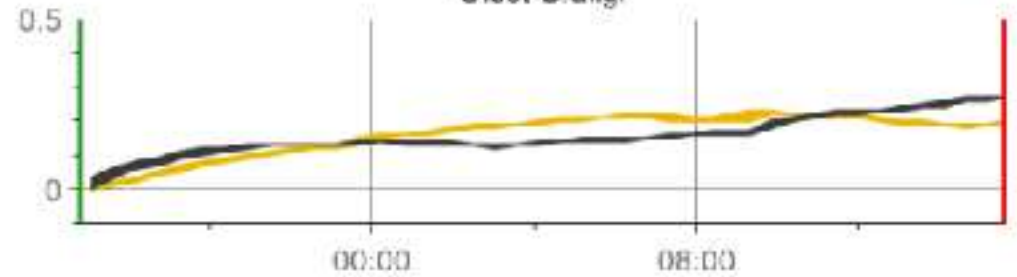
	Paralel (mm)	Açısal (mm/100 mm)
Dikey	0.27	-0.01
Yatay	0.19	0.00

Nokte sayısı: 1368

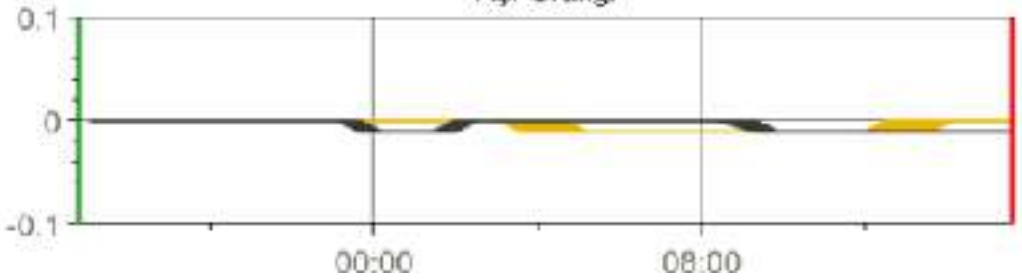
Dikey

Yatay

Ofset Grafiği



Açı Grafiği



KONTROL MEDYA
SEMPOZYUM VE FUAR

Savaş ŞAHİN

Türbin Bakım Uzmanı

Enerjisa Üretim Tufanbeyli Enerji Üssü

ENERJİSA 30.yıl ÜRETİM

VAKA ANALİZİ – Kondens Pompası

STG Kondens Pompası
Güç: 350 Kw
Devir: 2970 RPM
Kapasite: 450m3/h

Rulmanlar;
Pompa Dış (NDE) SKF 312BDB C3
Pompa İç (DE) SKF N312C3
Motor (NDE) SKF 6314
Motor (DE) SKF 6314



VAKA ANALİZİ – Kondens Pompası

Çalışma Kapsamı:

- Yüksek sıcaklık / kritik proses şartlarındaki ekipmanlarda (kondens pompası vb.) soğuk-sıcak geçiş takibi
- Özel dinamik braketler ile yüksek stabiliteli ölçüm altyapısı
- Gerçek zamanlı ısıl genleşme vektörlerinin analizi ve hot-target entegrasyonu



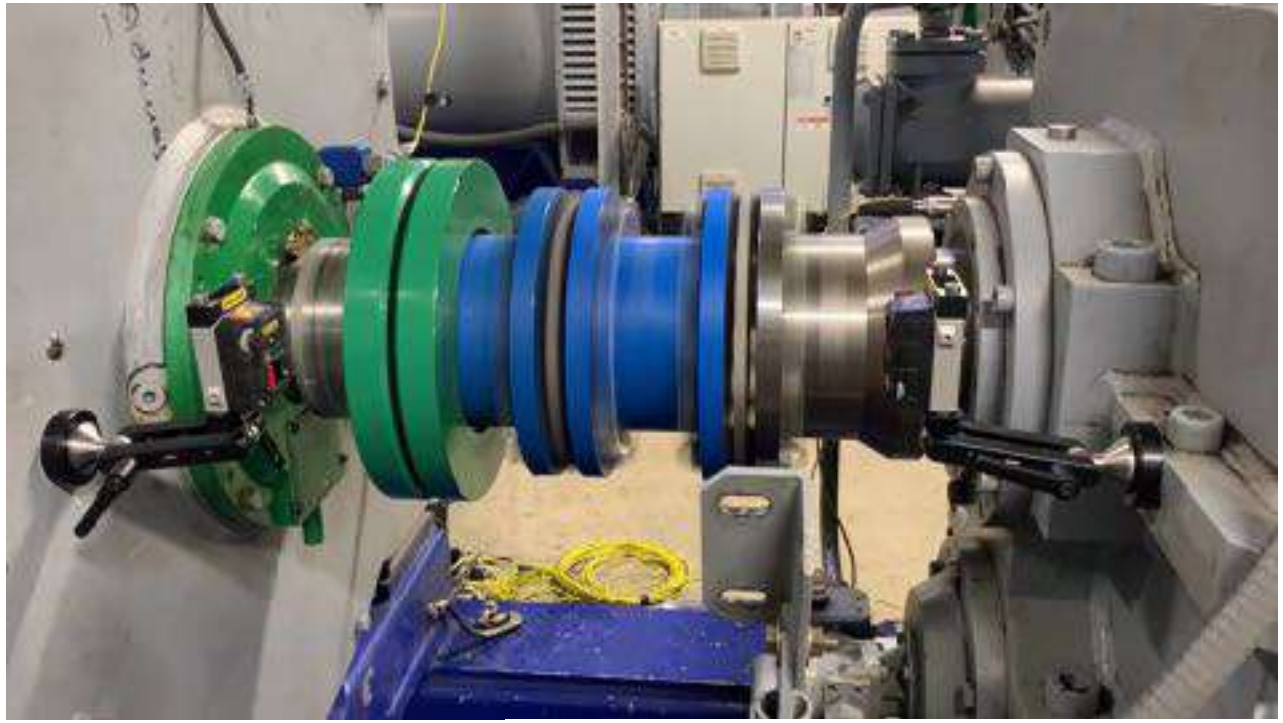
VAKA ANALİZİ – Kondens Pompası

Amaç:

- Termal genleşme katsayılarını sahada net olarak tespit etmek.
- Çalışma sıcaklığında mil eksenlerini sıfır ısıl stres hedefiyle buluşturmak.
- Salmastra sızıntılarını, rulman yüklerini ve plansız duruşları sıfıra indirmek



Dinamik Braketlerin Montajı







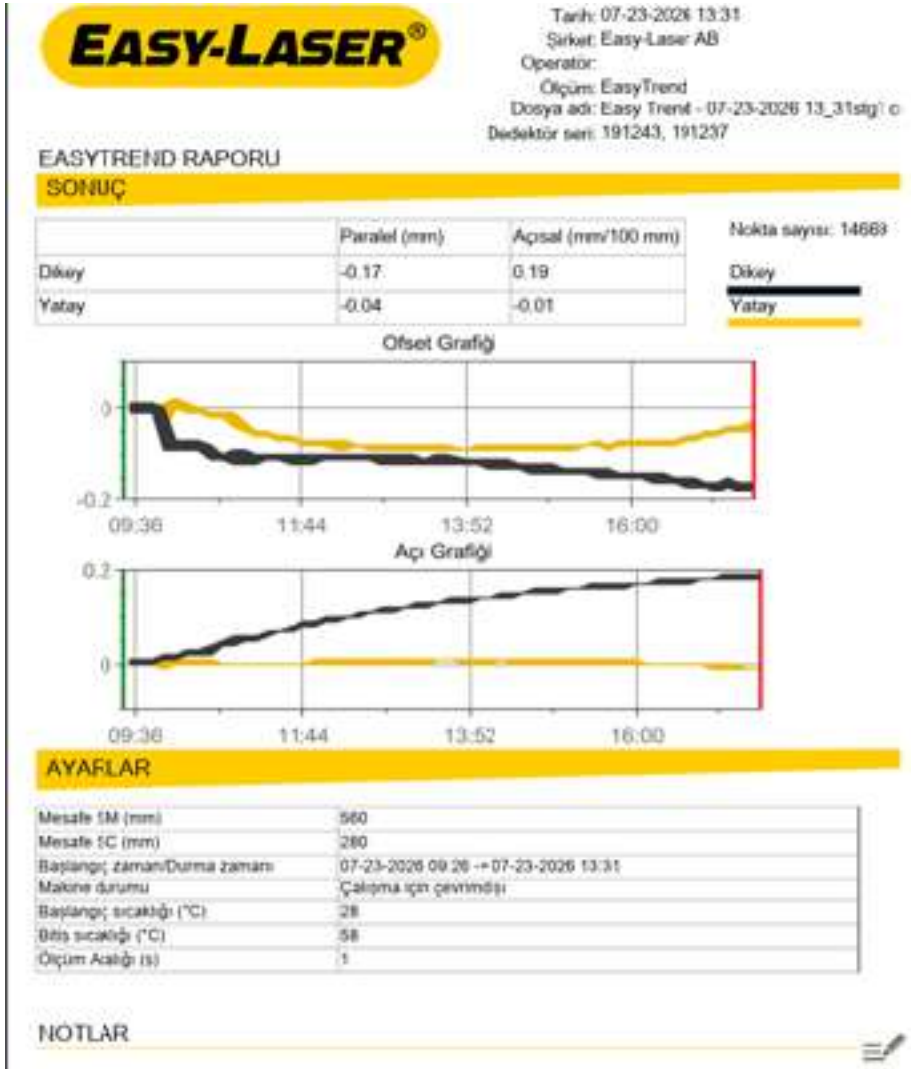




Easy-Trend - Dinamik Ölçüm Rapor Sonuçları

Ölçüm / İzleme Sistemi: Easy-Laser AB (EasyTrend)
Zaman Aralığı: 09:26 – 13:31
Toplam Süre: ~4 saat 5 dakika (245 dakika / 14.669 veri noktası, 1 sn örnekleme aralığı)

- Dikey Eksen: Motor, pompaya göre -0.17 mm aşağıda kaldı, açısal sapma 0.19 mm/100mm
- Yatay Eksen: Paralel -0.04 mm, açısal -0.01 mm/100mm


EASY-LASER®

Tarih: 07-23-2026 13:31
Şirket: Easy-Laser AB
Operator:
Ölçüm: EasyTrend
Dosya adı: Easy Trend - 07-23-2026 13_31stg
Dedektör seri: 191243, 191237

EASYTREND RAPORU

SONUÇ

	Paralel (mm)	Açısal (mm/100 mm)
Dikey	-0.17	0.19
Yatay	-0.04	-0.01

Nokta sayısı: 14669

Dikey
Yatay

Ofset Grafiği

Açı Grafiği

AYARLAR

Mesafe 1M (mm)	560
Mesafe 1C (mm)	280
Başlangıç zamanı/Durma zamanı	07-23-2026 09:26 -+ 07-23-2026 13:31
Makine durumu	Çalışma için çevrimdışı
Başlangıç sıcaklığı (°C)	28
Bitiş sıcaklığı (°C)	58
Ölçüm Aralığı (s)	1

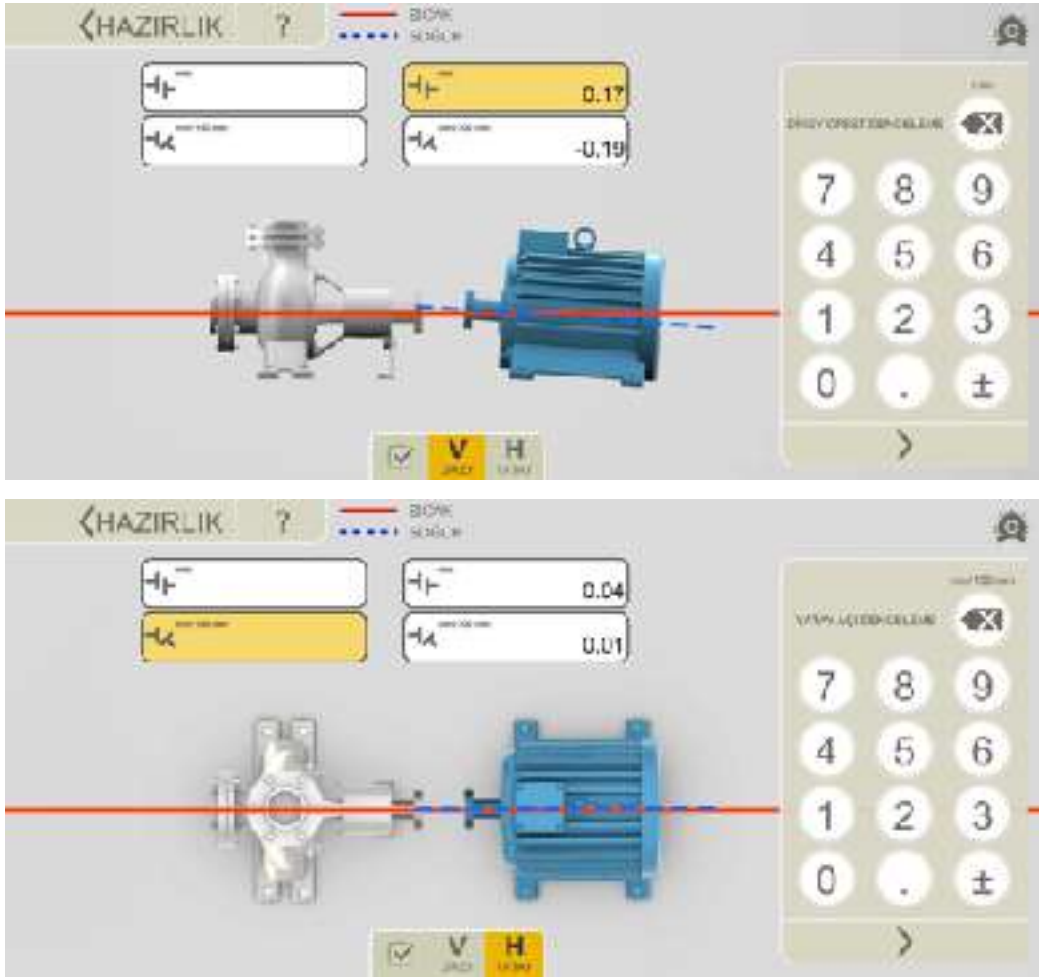
NOTLAR

Termal Genleşme Katsayıları Girişi

- Dinamik Veri Girişi: Dinamik izleme (EasyTrend) ile tespit edilen termal genleşme miktarları, soğuk hizalama öncesinde cihazın termal genleşme menüsüne işlendi.

- Bilinçli Hizasızlık Talimatı: Cihaza, makineler henüz soğukken elektrik motorunun bu genleşme miktarı kadar bilinçli olarak eksen dışı (hizasız) bırakılması koşulu girildi.

- Sıcak Rejimde Mükemmel Eksen: Amaç; sistem çalışma sıcaklığına ve rejimine ulaştığında, ısıl büyümenin bu farkı kapatarak makinelerin kusursuz eksen hizasında çalışmasını sağlamaktır.

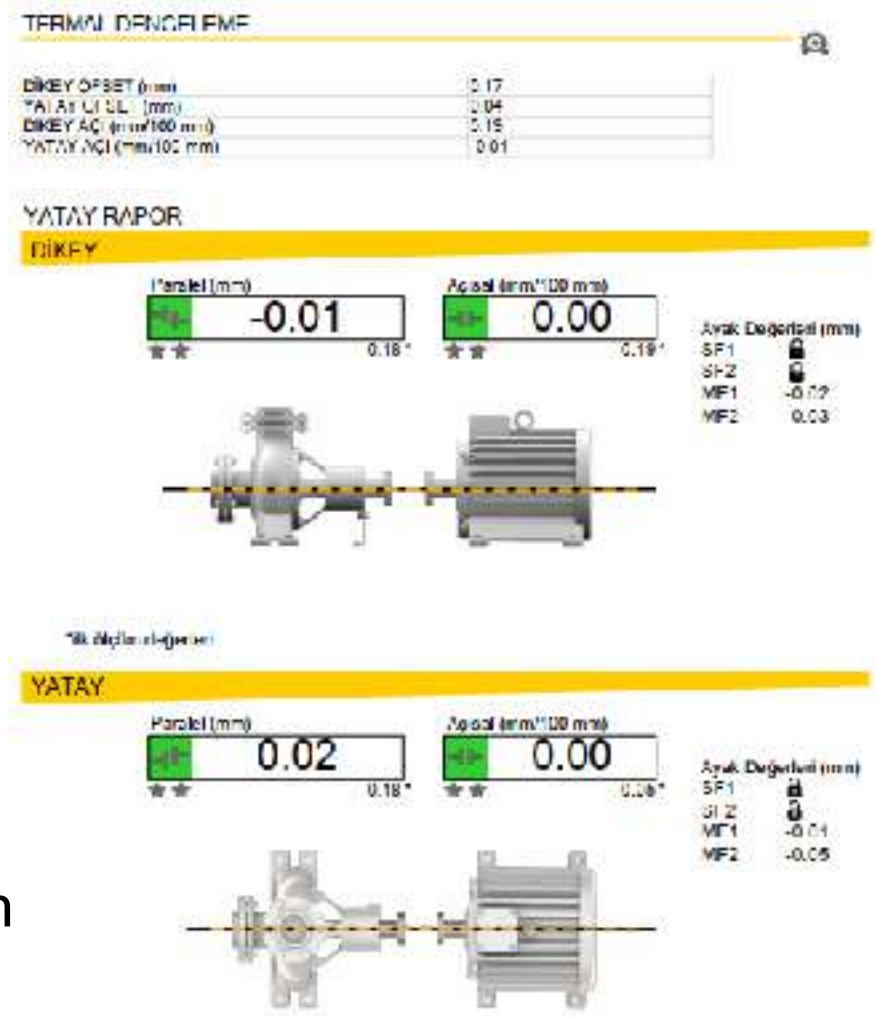


Hassas Hizalama Çalışması

Soğuk Kurulum Hedefi (Bilinçli Hizasızlık/ Sıfırlama):

Burada sıfırladığımız şey klasik soğuk eksen değil, başta girdiğimiz termal genleşme katsayılarına göre hesaplanan hedef lokasyondur.

Final Soğuk Sapmalar:
Dikey: Paralel -0.01 mm, Açısal 0.00 mm/ 100mm
Yatay: Paralel 0.02 mm, Açısal 0.00 mm/100mm

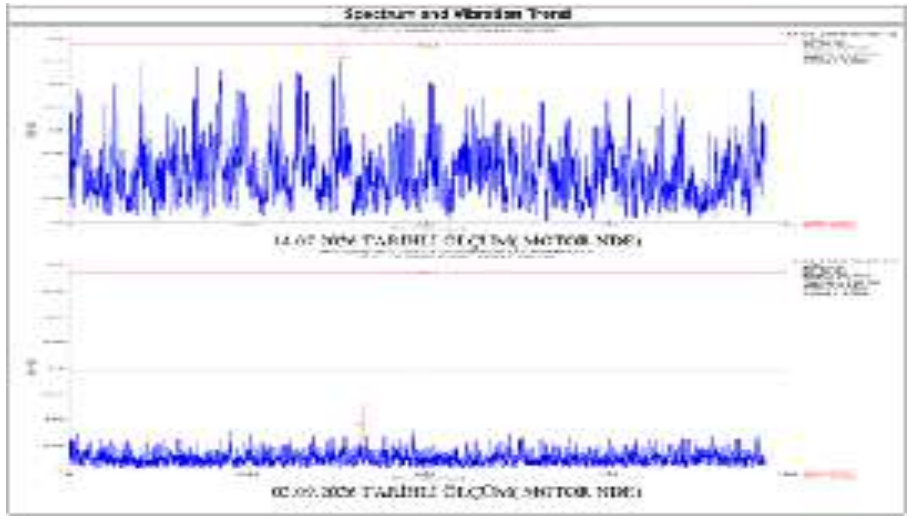


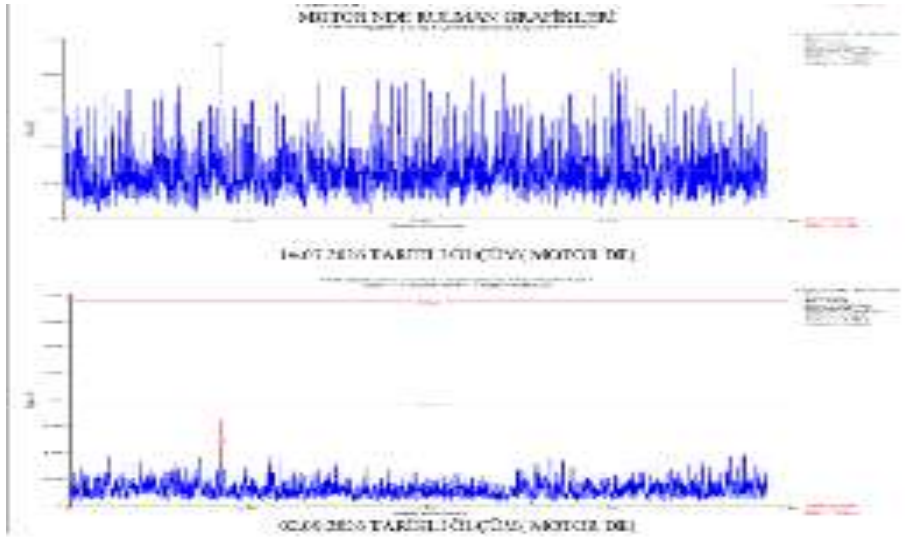
Vibrasyon Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	Ölçüm Türü	14.07.2026	02.09.2026	Azalış Oranı
MOTOR DIŞ NDE	**Peak Vue (g's RMS)**	0.91	0.17	%81.3
POMPA DIŞ NDE	Dikey (mm/s)	5.04	4.15	%17.7
MOTOR İÇ DE	Eksenel (mm/s)	2.86	1.91	%33.2
MOTOR İÇ DE	**Peak Vue (g's RMS)**	1.31	0.18	%86.3
POMPA İÇ DE	Dikey (mm/s)	2.57	2.47	%3.9

Vibrasyon ve İvme Değerleri Grafikler

- Termal ofsetlerin uygulanması sonrası alınan ivme spektrumlarında, geniş bant zemin gürültüsünün (noise floor) belirgin şekilde azaldığı görülmektedir.
- Mekanik kasıntının (preload) giderilmesiyle spektrum normalize olmuş ve sistem üzerindeki yapısal gerilim ortadan kalkmıştır.
- Rulmanlara binen ilave dinamik yükler sönümlenerek, ekipman nominal ve stabil çalışma rejimine dönmüştür.





Sonuç

- Yapılan dinamik ölçümler ve uygulanan termal ofsetler sonucunda; elektrik motoru rulmanlarındaki PeakVue değerlerinde %86'ya varan, genel titreşim değerlerinde de belirgin iyileşmeler kaydedilmiştir.

- Bu sayede rulmanlara binen yıkıcı yükler minimize edilerek, ekipman güvenilirliği ve rulman ömrü maksimize edilmiştir.




BAKIM
ÇUKUROVA
TPÇS
ENDÜSTRİ TESİSLERİNDE
TEŞEKKÜR EDERİZ