

ELEKTRONİK TEŞHİS (ECU) RAPORU

İKİ ANA MAKİNE TAM KAPSAMLI ELEKTRONİK TEŞHİS

Volvo Penta D13-900 çifti · teşhis cihazının bu motorda desteklediği bütün test ve ölçüm fonksiyonları eksiksiz uygulanmış; arıza kodları silinerek deniz denemesi sonrası yeniden okunmuş ve hangi arızanın gerçekten aktif olduğu kanıtlanmıştır.

TEKNE M/Y "NUMUNE"	TİP / BOY Flybridge Motoryat · 24,50 m
İNŞA YILI 2019	RAPOR NO YS-DGN-2026-0163-ÖRN
TEŞHİS TARİHİ 28.09.2026	RAPOR TARİHİ 02.10.2026
YER Marmaris / Türkiye	KAPSAM Satın Alma Öncesi (Pre-Purchase)
SÖRVEYÖR Serkan KOTEL	UNVAN Accredited Marine Surveyor (IIMS) · Naval Architect Makine Usta Öğretici
TEŞHİS CİHAZI Jaltest Marine · S/W 26.1.1.1.2 · S/N P001758927	GENEL DERECELENDİRME GOOD – İyi

ÖRNEK RAPOR

BU RAPORDAKİ BÜTÜN SAYILAR MOTORUN KENDİ KONTROL ÜNİTESİNDEN OKUNMUŞTUR

Arıza kodları, tekrar sayıları, dondurulmuş çerçeve verileri, sıkıştırma ve silindir balansı sonuçları, silindir kapatma ve hızlanma testleri, devir kademesi ölçümleri ve kullanım geçmişi — **hepsi doğrudan motorun elektronik kontrol ünitesinden (ECU), teşhis cihazıyla okunmuştur.** Rapordaki hiçbir değer tahmin, varsayım veya beyan değildir.

Teşhis cihazının ürettiği ham rapor çıktısı hiçbir şekilde değiştirilmemiştir. Bu belge o çıktının yerini almaz — onu *anlamlı* hâle getirir. Ham değerler olduğu gibi aktarılmış; referans limitlerle karşılaştırılmış, iki makine arasında eşleştirilmiş, devir boyunca grafiklere dökülmüş ve birbirini doğrulayan test sonuçları tek bir teşhis zincirinde birleştirilmiştir. Yapılan iş veriyi değiştirmek değil, **okunabilir ve karşılaştırılabilir kılmasıdır.**

Ölçülmeyip hesaplanan birkaç değer (güç, yüzde farklar, katkı oranları) rapor boyunca **TÜRETTİLEN** işaretiyle ve hesap yöntemiyle birlikte gösterilmiştir. **Cihazın ham çıktısı bu raporun eki olarak teslim edilir;** buradaki her sayı oradan satır satır doğrulanabilir.

KAPSAM

Bu rapor yalnızca motor kontrol ünitelerinden (ECU) okunan veriye dayanır. Fiziki sıkıştırma ölçümü, yaş test, endoskopik muayene, laboratuvar analizi, turbo boşluk ölçümü ve kaçak testi **kapsam dışıdır.** Buna karşılık, cihazın bu motorda desteklediği **on** iki teşhis fonksiyonunun tamamı uygulanmıştır — kapasite matrisi Bölüm 2'dedir.

ÖRNEK

Bu belge bir numune (örnek) rapordur. İçindeki tekne, makine seri numaraları ve ölçüm değerleri, rapor formatının gösterilmesi amacıyla kurgulanmıştır; gerçek bir sörvey kaydı değildir. Limit ve tolerans değerleri temsildir — sahada geçerli olan tek referans, motorun güncel üretici servis dokümanıdır.

YÖNETİCİ ÖZETİ

Teknenin iki ana makinesi, aynı gün, aynı deniz ve hava koşullarında, aynı teşhis cihazı ve aynı prosedürle test edilmiştir. Teşhis cihazının bu motorda desteklediği **on iki fonksiyonun tamamı eksiksiz uygulanmış**, hiçbir test yarım bırakılmamıştır.

Ölçümler iki aşamada alınmıştır. Önce bütün arıza kodları, tekrar sayıları ve dondurulmuş çerçeve verileriyle kaydedilmiş; ardından **kodlar silinmiş** ve tekne 3 saat 12 dakikalık bir deniz denemesine çıkarılmıştır. Deneme sonunda kodlar yeniden okunmuştur. Bu döngü, pasif kodların yorumlanmasındaki en büyük belirsizliği ortadan kaldırır: **geri gelen kod gerçek ve aktiftir, gelmeyen kod geçmişte kalmıştır**.

Sancak ana makine on iki fonksiyonun tamamında referans değerlerin içindedir ve silme sonrası hiçbir kod geri gelmemiştir. Durumu EXCELLENT'tir.

İskele ana makinenin mekanik durumu da sağlamdır — sıkıştırma %97-99, silindirler arası fark 2 puan, krank muhafaza basıncı taban değerin yalnızca 57 mbar üzerinde. Kusurlar enjeksiyon ve şarj tarafındadır: **4 numaralı silindirde enjektör kaynaklı katkı kaybı** ve **şarj basıncında yetersizlik**. Her ikisi de silme sonrası deniz denemesinde yeniden ortaya çıkmış, yani aktif oldukları kanıtlanmıştır.

4 numaralı silindir bulgusu **altı bağımsız ECU ölçümüyle** doğrulanmıştır. Bunların içinde en önemlisi, sıkıştırma testinin bu silindirde *normal* çıkmasıdır: bu, sorunun mekanik olmadığını — yani blok içi revizyon gerekmediğini — kanıtlar ve onarımı bir enjektör değişimine indirger.

UYGULANAN TEST FONKSIYONU

12 / 12

Cihazın bu motorda desteklediği tüm fonksiyonlar

İSKELE • 4 NOLU SILINDIR

%34

kapatma testi katkısı • diğerleri %91-100

İSKELE • ŞARJ BASINCI

1,12

bar @2.000 rpm • referans 1,44 bar

İSKELE • GÜÇ KAYBI

%5,8

848 hp / 900 hp • 2.255 rpm

SIKIŞTIRMA — HER İKİ MAKİNE

2

puan spread • mekanik sızdırmazlık sağlam

SILME SONRASI GERİ GELEN

3 / 10

kod • yedisi geçmişe ait olduğu kanıtlandı

● İSKELE

Durum: GOOD

İyi — iki hedefli onarımla EXCELLENT

- Sıkıştırma %97-99 — spread 2 puan · mekanik sağlam
- 4 nolu silindirde enjektör kaynaklı katkı kaybı
- Şarj basıncı @2.000 rpm: 1,12 bar (ref. 1,44)
- Ulaşılan maks. devir 2.255 rpm (nominal 2.300)
- Hesaplanan güç kaybı %5,8
- Silme sonrası 3 kod geri geldi, 4 pasif kod gelmedi

● SANCAK

Durum: EXCELLENT

Mükemmel

- Sıkıştırma %98-100 — spread 2 puan
- Silindir balansı maks. sapma %+3,1
- Hızlanma testi %99-101 — tam homojen
- Nominal devrini alıyor: 2.300 rpm
- Güç kaybı ölçülebilir seviyede değil
- Silme sonrası hiçbir kod geri gelmedi

TEK CÜMLELİK HÜKÜM

Tekne, iskele makinenin 4 numaralı enjektörünün değiştirilmesi ve şarj havası hattının basınç testiyle kontrol edilmesi şartıyla satın alınabilir; her iki makinenin de mekanik durumu sağlam olduğundan, onarım bedeli toplam bütçenin küçük bir bölümünü oluşturmaktadır.

BÖLÜM 2

KAPSAM, YÖNTEM VE SINIRLAR

Bu rapor, motor elektronik kontrol ünitesinden (ECU) okunan veriye dayanır. Neyin ölçüldüğü ve neyin ölçülmediği aşağıda açıkça tanımlanmıştır.

Bu Rapor Neyi Kapsar

Aşağıdaki verilerin tamamı teşhis cihazı ile motorun kendi kontrol ünitesinden okunmuştur.

- **Sistem taraması** — motor, dümen ve güç aktarım kontrol üniteleri
- **Kimlik envanteri** — donanım, yazılım, çalışma saati, ömür boyu yakıt
- **Arıza kodu okuma** — aktif/pasif, tekrar sayısı, ilk ve son ortaya çıkış saati
- **Dondurulmuş çerçeve** — arıza anındaki devir, yük, basınç ve sıcaklıklar
- **Arıza kodu silme ve silme sonrası doğrulama** — 3 sa 12 dk deniz denemesi sonrası yeniden okuma
- **Sıkıştırma testi** — rölatif silindir sıkıştırma ölçümü
- **Enjeksiyon değerlendirmesi** — rölanti tüketimi ve motor dolumu, üçer tekrarlı
- **Silindir balansı** — enjektör dengeleme sapmaları
- **Silindir kapatma testi** — referans ölçümü + altı enjektör ayrı ayrı
- **Hızlanma testi** — silindir başına katkı, Excel aktarımı
- **Motor yük profili** — ömür boyu devir bandı dağılımı, Excel aktarımı
- **Tarihçe datası** — çalıştırma sayısı, ortalama devir ve yük, uyarı altında geçen süre
- **Devir kademesi kaydı** — sekiz kademedeki on beş parametrenin eşzamanlı kaydı
- **Araçsız görsel teyit** — yalnızca sıvı seviyeleri **GÖZLE**

Bu Rapor Neyi Kapsamaz

Aşağıdakiler bu teşhisin kapsamı dışındadır. Rapordaki hiçbir sonuç bu yöntemlere dayandırılmamıştır.

- Manometre ile fiziki kompresyon ölçümü ve yağ test
- Endoskopik (borescope) silindir içi muayene
- Spektrometrik yağ veya yakıt laboratuvar analizi
- Turboşarj şaft boşluğu ölçümü
- Şarj havası hattı basınç/kaçak testi
- Supap ve enjektör boşluk ölçümleri
- Enjektör test tezgâhı (bench test) sonuçları
- Isı eşanjörü ΔT , egzoz sıcaklığı ve termal kamera ölçümleri
- Titreşim ölçümü (ISO 10816)
- Pervane, şaft hizası, kuyruk takımı ve gövde
- Herhangi bir söküm işlemi

BU AYRIMIN NEDEN ÖNEMLİ OLDUĞU

ECU verisi, bir motorun sağlığı hakkında sökmeden çok şey söyler — ancak her şeyi söylemez. Bu rapor, elektronik veriden çıkarılabilecek en uzak noktaya kadar gider ve orada durur. Bir bulgu kesin teşhis için söküm gerektiriyorsa, rapor bunu “kesin” diye sunmaz; **yüksek olasılıklı bulgu** olarak işaretler ve hangi doğrulama testinin yapılması gerektiğini belirtir. Böylece rapor, dayanmadığı bir ölçümün ağırlığını üstlenmez.

2.1 • Kapasite Matrisi

Aşağıdaki tablo, teşhis cihazının bu motor ailesinde sunduğu fonksiyonların tamamını ve her birinin bu sürveyde uygulanıp uygulanmadığını gösterir. **Bir fonksiyon uygulanamadıysa sebebi de yazılır** — böylece müşteri, raporun hangi yeteneğin tamamını kullandığını bağımsız olarak görebilir.

FONKSİYON	DURUM	AÇIKLAMA
Sistem taraması	UYGULANDI	EECU, HCU, PCU ve EVC üniteleri tarandı
Arıza kodu okuma	UYGULANDI	Aktif/pasif durum, tekrar sayısı, ilk ve son ortaya çıkış saati
Dondurulmuş çerçeve	UYGULANDI	Bu motorda zengin içerik: arıza anındaki devir, yük, basınç ve sıcaklıklar
Arıza kodu silme	UYGULANDI	Her iki makinede tüm kodlar silindi (Bölüm 5)
Silme sonrası doğrulama	UYGULANDI	3 sa 12 dk deniz denemesi sonrası yeniden okuma
Sıkıştırma testi	UYGULANDI	Altı silindirin tamamı, her iki makinede
Enjeksiyon değerlendirme	UYGULANDI	Üçer tekrarlı
Silindir balansı	UYGULANDI	İlk denemede kesintisiz tamamlandı
Silindir kapatma	UYGULANDI	Referans ölçümü + altı enjektör ayrı ayrı
Hızlanma testi	UYGULANDI	Silindir başına katkı · sonuç tablosu Excel’e aktarıldı
Motor yük profili	UYGULANDI	Ömür boyu devir bandı dağılımı · Excel aktarımı
Tarihçe datası	UYGULANDI	Çalıştırma sayısı, ortalama devir ve yük, uyarı altında geçen süre
Ölçüm kaydedici (15 parametre)	UYGULANDI	Sekiz devir kademesinde eşzamanlı kayıt
Fiziki sıkıştırma / yaş test	KAPSAM DIŞI	Söküm gerektirir — Bölüm 2’deki kapsam tanımına bakınız
Endoskopik muayene	KAPSAM DIŞI	Söküm gerektirir
Laboratuvar yağ analizi	KAPSAM DIŞI	Harici akredite laboratuvar hizmetidir
ÖZET		
Uygulanan fonksiyon	13 / 13	Desteklenen hiçbir fonksiyon atlanmamıştır

Tablo 2.2 — Teşhis cihazının bu motorda sunduğu fonksiyonlar ve her birinin bu sürveyde uygulanıp uygulanmadığı. Uygulanan on iki fonksiyon, cihazın bu motor ailesinde desteklediği tüm teşhis yeteneğidir.

2.2 · Veri Kaynağı İşaretleri

İŞARET	ANLAMI	ÖRNEK
ECU	Doğrudan motor kontrol ünitesinden teşhis cihazı ile okunmuştur.	Turbo basıncı, krank muhafaza basıncı, motor torku
TÜRETİLEN	ECU verilerinden hesaplanmıştır; ayrı bir ölçüm değildir. Hesap yöntemi ilgili yerde gösterilmiştir.	Güç (hp), güç kaybı oranı, yüzde farklar
GÖZLE	Araçsız görsel teyit. Söküm, ölçüm aleti veya analiz içermez.	Yağ çubuğu seviyesi, genleşme tankı seviyesi

Tablo 2.3 — Rapor boyunca her sayının yanında kaynağı işaretlenmiştir.

2.3 · Test Sırası ve Koşullar

Test Sırası

1. **Sistem taraması** — tespit edilen tüm kontrol üniteleri ve kimlik verileri.
2. **Arıza kodu okuma** — silmeden önce, dondurulmuş çerçeve verileriyle birlikte.
3. **Isınma** — soğutucu sıvı sıcaklığı 75 °C üzerine çıkana dek. Sıkıştırma, balans ve enjeksiyon testlerinin ön koşuludur.
4. **Sıkıştırma testi** — motor kapalı, akü tam şarjlı; kontak başlangıç konumunda tutularak.
5. **Enjeksiyon değerlendirmesi** — rölantide, üç tekrarlı.
6. **Silindir balansı** — rölantide, sabit devirde.
7. **Silindir kapatma** — rölantide, enjektör 1'den son silindire kadar sırayla.
8. **Devir kademesi kaydı** — makine vitesde, açık suda; her kademedeki değerler kararlı hale geldikten sonra kayıt.
9. **Araçsız görsel teyit** — arıza kodlarının yorumlanabilmesi için sıvı seviyelerinin kontrolü.

Test Koşulları

HAVA SICAKLIĞI 26,4 °C	DENİZ SUYU 24,8 °C
RÜZGÂR / DENİZ 3 kt · 0–1 Bf	YÜK DURUMU Yakıt %70 · Su %50 · 5 kişi
RIHTIM ÇALIŞMASI 3 sa 40 dk	DENİZ DENEMESİ 3 sa 12 dk · 38,4 mil

Devir kademesi ölçümleri sırasında her makine **tek başına**, diğeri boşta iken çalıştırılmıştır. Bu, her iki pervaneye de özdeş yük eğrisi uygulanmasını sağlar; aksi halde iki motorun aynı devirdeki değerleri karşılaştırılmaz.

MAKİNE KİMLİKLERİ VE YAZILIM ENVANTERİ

Tüm veriler kontrol ünitelerinden okunmuştur. **ECU**

PARAMETRE	İSKELE (PORT)	SANCAK (STARBOARD)	NOT
Motor tipi	Volvo Penta D13-900	Volvo Penta D13-900	6 silindir sıralı · 12,8 L · common rail
Nominal güç (ECU)	900 hp / 662 kW	900 hp / 662 kW	Kontrol ünitesinden okundu
Nominal devir (ECU)	2.300 rpm	2.300 rpm	Güç hesabının referansı
EECU donanım	22847106	22847106	Aynı
EECU VIN	24118320	24118327	—
Yazılım versiyonu	23904118	23904118	Eşit — karşılaştırma geçerli
Künye imalatçı	VP254779	VP254791	—
Motor çalışma saati	1.240 h	1.268 h	Fark %2,3
Toplam ECU çalışma süresi	2.104 h	2.098 h	Kontak açık geçen toplam süre
Çalıştırma sayısı	1.842	1.816	Tarihçe datasından
Kullanılan toplam yakıt	41.880 L	42.350 L	Ömür boyu
Ömür boyu ort. tüketim	33,8 L/h	33,4 L/h	Toplam yakıt ÷ çalışma saati
Uyarı lambası altında süre	14,2 h	0,6 h	Tarihçe datasından — bkz. Bölüm 13
HCU (dümen ünitesi)	SW 21897425 · kod yok	SW 21897425 · kod yok	—
PCU (güç aktarım)	SW 22959106 · kod yok	SW 22959106 · kod yok	—

Tablo 3.1 — Kontrol ünitelerinden okunan kimlik ve kullanım verileri. **ECU**

İki makinenin donanım ve yazılım seviyesinin aynı olması, karşılaştırmalı analizin ön koşuludur ve burada sağlanmıştır. Uyarı lambası altında geçen süredeki fark (14,2 h / 0,6 h) dikkat çekicidir: iskele makine ömrünün bir bölümünü aktif arıza uyarısı altında çalışmıştır. Bu, Bölüm 4'teki arıza kodu kronolojisiyle tutarlıdır — şarj basıncı kodu 1.118 saatte başlamış ve 122 saat boyunca aktif kalmıştır.

ARIZA KODLARI VE DONDURULMUŞ ÇERÇEVE

Kodlar, silme işleminden önce tekrar sayıları ve dondurulmuş çerçeve verileriyle birlikte kaydedilmiştir. Tekrar sayısı ile ilk/son ortaya çıkış saati, arızanın kronolojisini kurmanın tek yoludur. **ECU**

MAKİNE	KOD	TANIM	DURUM	TEKRAR	İLK (H)	SON (H)	ÖNCELİK
İSKELE (PORT) – EECU • 7 KOD							
İskele	PID:102 FMI:1	Şarj basıncı – veri normal işlemsel aralığının altında	AKTİF	38	1.118	1.240	KRİTİK
İskele	SID:4 FMI:5	4 nolu enjektör sürücü devresi – akım normalin altında	AKTİF	21	1.164	1.240	KRİTİK
İskele	PID:94 FMI:1	Yakıt besleme basıncı – veri normal işlemsel aralığının altında	AKTİF	9	1.201	1.239	CİDDİ
İskele	PID:110 FMI:0	Soğutucu sıvı sıcaklığı – veri normal işlemsel aralığının üstünde	Pasif	3	842	842	DÜŞÜK
İskele	PID:98 FMI:1	Motor seviye yağ sensörü – veri normal işlemsel aralığının altında	Pasif	6	735	739	DÜŞÜK
İskele	SID:146 FMI:7	Marş rölesi – mekanik sistem beklenen tepkiyi vermiyor	Pasif	2	402	402	DÜŞÜK
İskele	PID:168 FMI:1	Akü voltajı – veri normal işlemsel aralığının altında	Pasif	11	388	402	DÜŞÜK
SANCAK (STARBOARD) – EECU • 3 KOD							
Sancak	PID:110 FMI:0	Soğutucu sıvı sıcaklığı – veri normal işlemsel aralığının üstünde	Pasif	2	856	856	DÜŞÜK
Sancak	PID:168 FMI:1	Akü voltajı – veri normal işlemsel aralığının altında	Pasif	7	391	402	DÜŞÜK
Sancak	SID:146 FMI:7	Marş rölesi – mekanik sistem beklenen tepkiyi vermiyor	Pasif	1	402	402	DÜŞÜK
HCU (DÜMEN) VE PCU (GÜÇ AKTARIM)							
Her ikisi	–	Kayıtlı arıza kodu bulunmamaktadır	Temiz	0	–	–	BİLGİ

Tablo 4.1 – Silme işleminden önce okunan tüm arıza kodları. Tekrar sayısı, kodun kaç çalıştırma çevriminde kaydedildiğini gösterir. ECU

4.1 • Dondurulmuş Çerçeve Verileri

Dondurulmuş çerçeve, kontrol ünitesinin arıza kodunu kaydettiği anda sakladığı çalışma verisidir. Bu motor ailesinde içerik zengindir: arızanın hangi devirde, hangi yükte ve hangi basınç/sıcaklık koşullarında oluştuğu görülebilir. Aşağıdaki kayıtlar, Bölüm 14’teki teşhis zincirinin doğrudan girdisidir.

İSKELE**PID:102 FMI:1 – Şarj Basıncı Düşük**

SERVİS SAATI – İLK / SON ORTAYA ÇIKIŞ 1.118 h / 1.240 h	MOTOR DEVRİ 2.090 rpm
MOTOR DOLUMU %92	TALEP EDİLEN ŞARJ BASINCI 1,62 bar
ÖLÇÜLEN ŞARJ BASINCI 1,08 bar	GİRİŞ MANIFOLD SICAKLIĞI 61 °C
EGZÖZ MANIFOLD SICAKLIĞI 598 °C	SOĞUTUCU SIVI SICAKLIĞI 86 °C
RAİL BASINCI 1.480 bar	AKÜ VOLTAJİ 28,2 V
ATMOSFER BASINCI 1.011 mbar	

İSKELE**SID:4 FMI:5 – 4 Nolu Enjektör Sürücü Devresi**

SERVİS SAATI – İLK / SON ORTAYA ÇIKIŞ 1.164 h / 1.240 h	MOTOR DEVRİ 612 rpm (rölanti)
MOTOR DOLUMU %9	ENJEKTÖR SÜRÜCÜ AKIMI 14,2 A (beklenen 18–22 A)
RAİL BASINCI 340 bar	SOĞUTUCU SIVI SICAKLIĞI 79 °C
AKÜ VOLTAJİ 27,9 V	SİLİNDİR BALANSI SAPMASI (EŞZAMANLI) %+14,2

SERVİS SAATI – İLK / SON ORTAYA ÇIKIŞ 856 h / 856 h	MOTOR DEVRİ 2.180 rpm
MOTOR DOLUMU %94	SOĞUTUCU SIVI SICAKLIĞI 97 °C
GİRİŞ MANIFOLD SICAKLIĞI 68 °C	EGZÖZ MANIFOLD SICAKLIĞI 641 °C
DENİZ SUYU POMPASI DEVRİ nominal	AKÜ VOLTAJİ 28,3 V

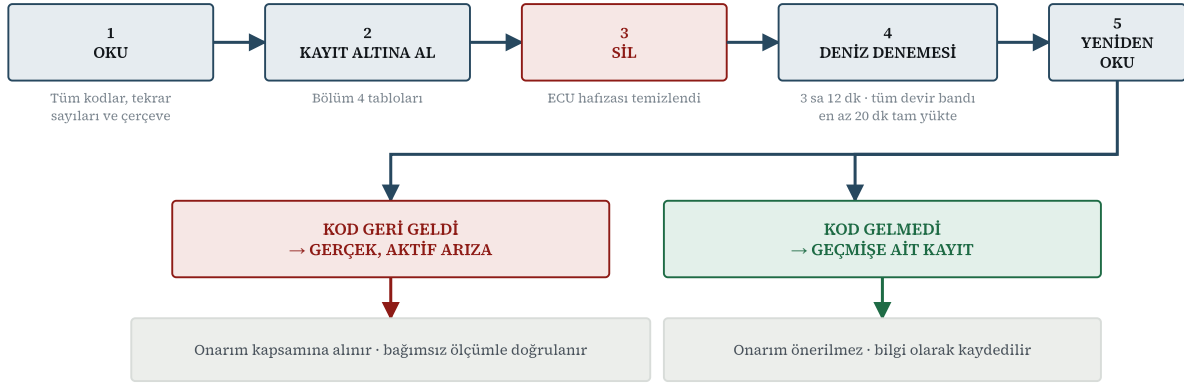
BÖLÜM 5

ARIZA KODU SILME VE DOĞRULAMA DÖNGÜSÜ

Bir arıza kodunun “pasif” görünmesi, sorunun çözüldüğü anlamına gelmez – yalnızca **şu anda tekrarlamadığı** anlamına gelir. Bu belirsizliği ortadan kaldırmanın tek güvenilir yolu, kodları silip motoru gerçek yük altında çalıştırdıktan sonra yeniden okumaktır.

ŞEMA 5.1 – UYGULANAN DÖNGÜ

OKU · SIL · SEYRET · YENİDEN OKU



Bu döngü, pasif kodların yorumlanmasındaki en büyük belirsizliği ortadan kaldırır.

Silme Öncesi

Her iki makinenin hafızasındaki tüm arıza kodları, teşhis cihazının **arıza kodu silme** fonksiyonuyla temizlenmiştir. Silme öncesi tüm kodlar, tekrar sayıları ve dondurulmuş çerçeve verileriyle birlikte kayıt altına alınmıştır (Bölüm 4).

Doğrulama Seyri

Silme işleminden sonra tekne 3 saat 12 dakika deniz denemesine çıkarılmış, bu süre içinde her iki makine de rölantiden tam gaza kadar bütün devir bandında ve en az 20 dakika sürekli tam yükte çalıştırılmıştır. Deneme sonunda arıza kodları yeniden okunmuştur.

MAKİNE	KOD	TANIM	SİLME ÖNCESİ	3 SA 12 DK SEYİR SONRASI	HÜKÜM
İskele	PID:102 FMI:1	Şarj basıncı düşük	38 · AKTİF	GERİ GELDİ · 4 tekrar	GERÇEK AKTİF ARIZA
İskele	SID:4 FMI:5	4 nolu enjektör sürücü devresi	21 · AKTİF	GERİ GELDİ · 2 tekrar	GERÇEK AKTİF ARIZA
İskele	PID:94 FMI:1	Yakıt besleme basıncı düşük	9 · AKTİF	GERİ GELDİ · 1 tekrar	AKTİF — düşük sıklık
İskele	PID:110 FMI:0	Soğutucu sıcaklığı yüksek	3 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
İskele	PID:98 FMI:1	Yağ seviyesi düşük	6 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
İskele	SID:146 FMI:7	Marş rölesi	2 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
İskele	PID:168 FMI:1	Akü voltajı düşük	11 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
Sancak	PID:110 FMI:0	Soğutucu sıcaklığı yüksek	2 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
Sancak	PID:168 FMI:1	Akü voltajı düşük	7 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
Sancak	SID:146 FMI:7	Marş rölesi	1 · Pasif	Gelmedi	Geçmişe ait
SONUÇ					
Toplam			10 kod	3 geri geldi	7 kod geçmişe ait

Tablo 5.1 — Silme öncesi ve sonrası karşılaştırma. Geri gelen kod gerçek ve aktiftir; gelmeyen kod geçmişte kalmıştır. Bu tablo, pasif kodların yorumlanmasındaki en büyük belirsizliği ortadan kaldırır. ECU

HÜKÜM

Üç kod geri gelmiş, yedi kod gelmemiştir. Geri gelen üç kodun tamamı iskele makineye aittir ve her üçü de bu raporda bağımsız ölçümlerle doğrulanmıştır. Gelmeyen yedi kod ise geçmişte oluşmuş, sebebi ortadan kalkmış kayıtlardır — bunlar için herhangi bir onarım önerilmemektedir. Sancak makinede hiçbir kod geri gelmemiştir.

BU DÖNGÜNÜN MÜŞTERİ İÇİN DEĞERİ

Pasif kodlar, satın alma görüşmelerinde en çok tartışılan ve en az anlaşılan veridir. Satıcı “eski kayıt, sorun yok” der; alıcı “belli olmaz” diye endişelenir. **Bu döngü tartışmayı bitirir:** kod geri geldiyse arıza gerçek ve aktiftir, gelmediyse geçmişte kalmıştır. Her iki taraf da aynı ölçülebilir sonuca bakar. Bu raporda on koddan üçü geri gelmiş, yedisi gelmemiştir.

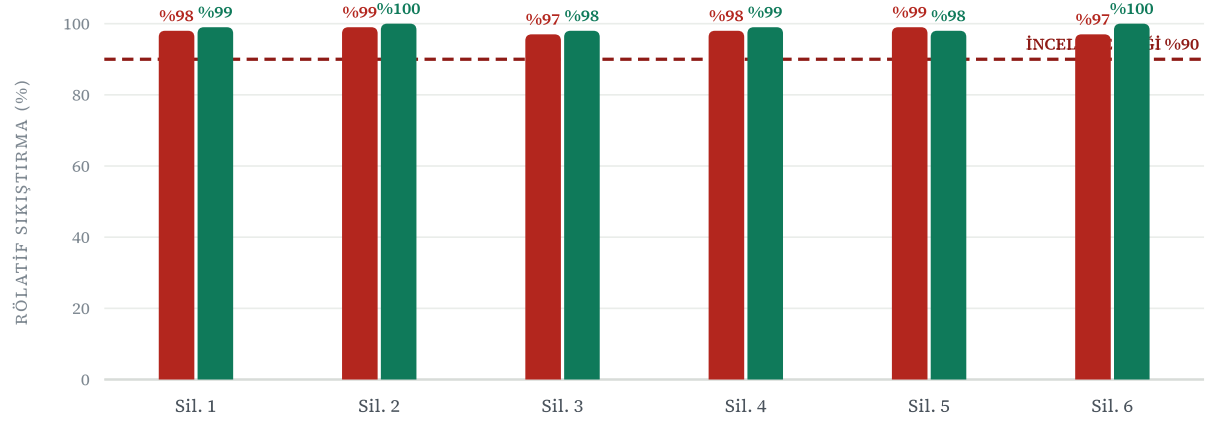
BÖLÜM 6

SIKIŞTIRMA (KOMPRESYON) TESTİ

Teşhis cihazı, marş sırasında krank milinin her silindirde ne kadar yavaşladığını ölçer ve en yüksek değeri %100 kabul ederek diğerlerini oranlar. ECU

GRAFİK 6.1 – SİLİNDİR SIKIŞTIRMA DEĞERLERİ

RÖLATİF · %



— İskele (Port) – spread 2 puan — Sancak (Starboard) – spread 2 puan
 - - İnceleme eşiği %90

Nasıl okunur: Bu rölatif bir testtir — mutlak basınç vermez, silindirler arası dengesizliği gösterir. Önemli olan iki şey vardır: **en düşük silindirin değeri** ve **spread** (en yüksek ile en düşük arasındaki fark). Sağlıklı bir motorda spread 4 puanın altındadır.

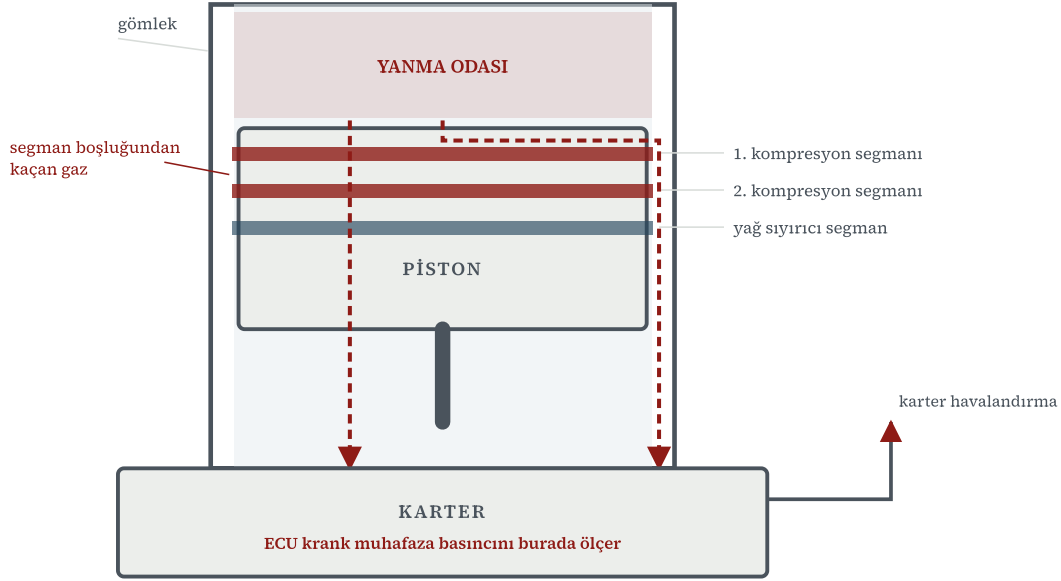
SİLİNDİR	İSKELE	SANCAK	DEĞERLENDİRME
1	%98	%99	Normal
2	%99	%100	Normal
3	%97	%98	Normal
4	%98	%99	Normal
5	%99	%98	Normal
6	%97	%100	Normal
HOMOJENLİK			
Ortalama	%98,0	%99,0	—
En düşük	%97,0	%98,0	Limit: ≥ %95
Spread (fark)	2 puan	2 puan	Limit: ≤ 4 puan

Tablo 6.1 — Silindir bazında rölatif sıkıştırma. **ECU**

BU BÖLÜMÜN ASIL ÖNEMİ – ELEDİĞİ ŞEY

Her iki makinede de sıkıştırma değerleri yüksek ve homojendir. Bu, raporun **en değerli eleme bulgusudur**: segman, gömlek, valf veya silindir kapağı contası kaynaklı bir sızdırmazlık kaybı olsaydı, ilgili silindirin sıkıştırma değeri düşerdi. Düşmediğine göre **her iki motorun da mekanik sızdırmazlığı sağlamdır** ve blok içi revizyon gündemde değildir.

Bölüm 7’den itibaren tespit edilecek kusurların **enjeksiyon tarafında aranması gerektiği**, bu bölümün sonucuyla belirlenmiştir. Teşhis sırası bu yüzden keyfi değildir: önce mekanik elenir, sonra enjeksiyon incelenir.



- | | |
|--|-----------------------------------|
| 1 Yanma odası – tepe basıncı | 2 1. kompresyon segmanı |
| 3 2. kompresyon segmanı | 4 Yağ sıyrıcı segman |
| 5 Gömlek yüzeyi | 6 Segman boşluklarından kaçan gaz |
| 7 Kartere ulaşan gaz – ECU burada basınç ölçer | 8 Karter havalandırma çıkışı |

Bu çizim, sıkıştırma testi ile krank muhafaza basıncının (Bölüm 12) neden aynı fiziksel olayı iki farklı yönden ölçtüğünü gösterir. Bu teknede her iki ölçüm de sağlam çıkmıştır; çizim bir muayeneye dayanmaz, mekanizmanın açıklamasıdır.

BÖLÜM 7

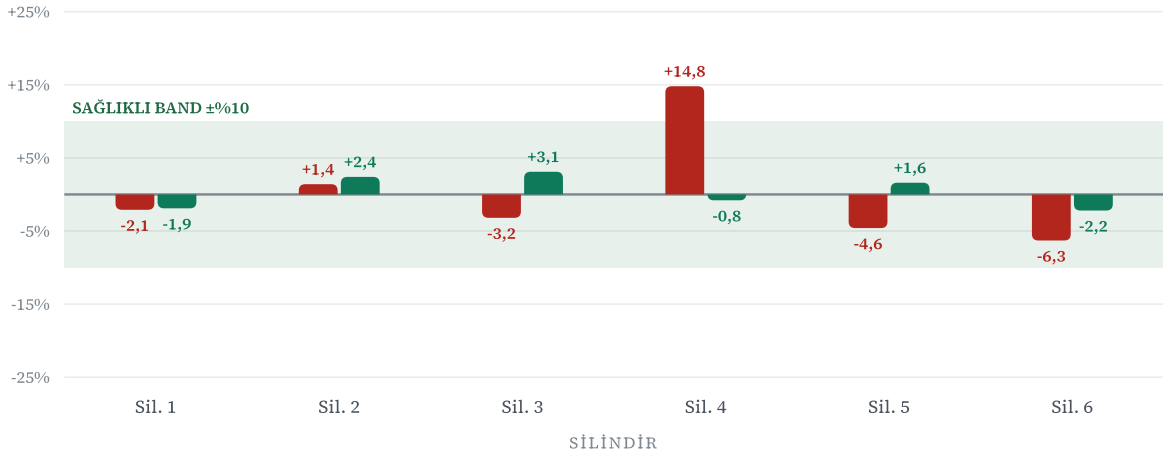
SİLİNDİR BALANSI VE ENJEKSİYON DEĞERLENDİRMESİ

Kontrol ünitesi, motoru rölantide sabit tutabilmek için her silindire gönderilen yakıt miktarını bağımsız olarak ayarlar. Bu ayarların ortalamadan sapması, silindirlerin göreceli zayıflığını doğrudan gösterir.

ECU

GRAFIK 7.1 – SILİNDİR BALANSI SAPMALARI

ORTALAMADAN SAPMA · %



— İskele – maks. sapma %14,8 — Sancak – maks. sapma %3,1 — Sağlıklı band ±%10

Nasıl okunur: Pozitif sapma, o silindire ortalamadan fazla yakıt verildiği – yani silindirin zayıf olduğu ve telafi edildiği – anlamına gelir. Cihazın alarm limiti ±%80'dir ve ancak ağır arızada aşılır; bu rapor sağlıklı bir motorun gerçekte sergilediği ±%10 bandını ölçüt alır. Testin kesintisiz tamamlanabilmesi için motorun **sabit** bir rölantide dönmesi şarttır; her iki makinede de ilk denemede tamamlanmıştır.

7.1 · Enjeksiyon Değerlendirmesi (Rölanti Tüketimi)

MAKİNE · ÖLÇÜM	DEVİR (RPM)	SOĞUTUCU (°C)	MOTOR DOLUMU (%)	TÜKETİM (L/H)	BAND	SONUÇ
İskele · 1. ölçüm	612	81,0	9,0	2,84	0,5–2,5	Band üstü – sınırdadır
İskele · 2. ölçüm	608	81,4	8,8	2,79	0,5–2,5	Tekrarlanabilir
İskele · 3. ölçüm	615	81,8	9,1	2,88	0,5–2,5	Tekrarlanabilir
Sancak · 1. ölçüm	601	79,8	5,2	2,14	0,5–2,5	Band içinde
Sancak · 2. ölçüm	604	80,1	5,0	2,09	0,5–2,5	Band içinde
Sancak · 3. ölçüm	599	80,4	5,1	2,12	0,5–2,5	Band içinde

Tablo 7.1 – Enjeksiyon değerlendirme, üçer tekrarlı. Ön koşul: soğutucu > 70 °C.

ECU

Teşhis cihazının referans bandı rölantide (500–650 rpm) 0,5–2,5 L/h'dir. İskele makinesinin tüketimi bandın hemen üstündedir (2,79–2,88 L/h) ve motor dolumu %8,8–9,1'dir; sancak makinede 2,09–2,14 L/h ve %5,0–5,2. Fark, kontrol ünitesinin zayıf silindiri telafi etmek için uyguladığı ek yüküdür.

BÖLÜM 8

SİLİNDİR KAPATMA (CUT-OUT) TESTİ

Her enjektör sırayla devre dışı bırakılır ve motor devrinin ne kadar düştüğü ölçülür. Bu test, silindir balansından **bağımsız** bir doğrulamadır: biri kontrol ünitesinin telafisini, diğeri silindirin gerçek katkısını ölçer.

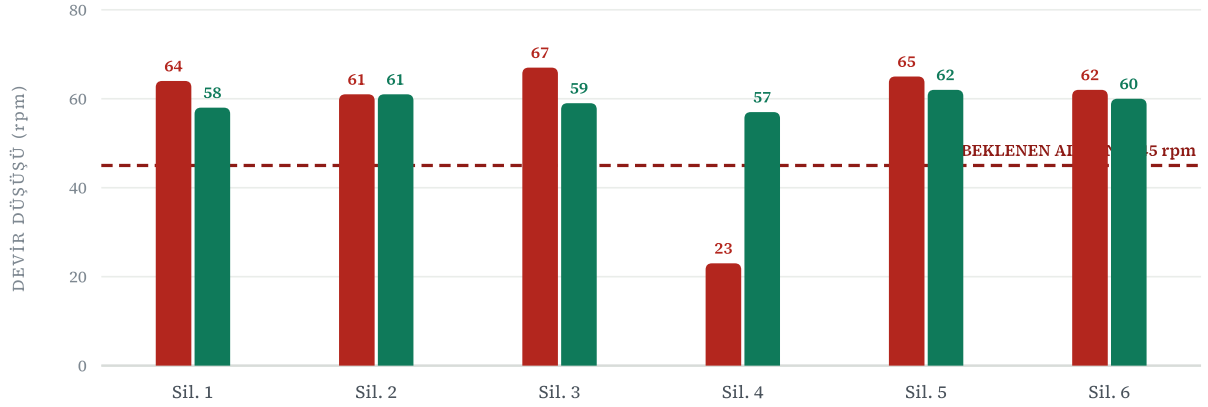
ECU

TESTİN DOĞRU UYGULANMASI

Bu testin kullanılabilir veri üretmesi için iki koşul gerekir: motor ısınmış ve rölantide olmalı, ve her enjektör kapalıyken okunan devir **ayrı ayrı kaydedilmelidir**. Referans ölçümü (tüm enjektörler devrede) alınmadan Δ devir hesaplanamaz. Bu sorveyde referans ölçümü alınmış ve altı enjektörün tamamı tek tek kapatılarak kaydedilmiştir.

GRAFIK 8.1 – SİLİNDİR DEVRE DIŞI BIRAKILDIĞINDA DEVİR DÜŞÜŞÜ

RÖLANTİDE · RPM



— İskele – katkı %34-%100 — Sancak – katkı %92-%100 — Beklenen alt sınır

Nasıl okunur: Sağlıklı bir silindir kapatıldığında devir çok düşer — çünkü motora anlamlı katkı sağlıyordu. Zayıf bir silindir kapatıldığında devir az düşer — çünkü zaten az katkı sağlıyordu. Önemli olan tek tek değerler değil, silindirler arasındaki dağılımdır.

MAKİNE	ENJEKTÖR	DURUMU	MOTOR DURUMU (RPM)	Δ DEVİR	KATKI	TOPLAM TÜKETİM (L/H)	MOTOR DOLUMU (%)
İSKELE (PORT)							
İskele	Referans	Tümü ON	612	—	—	2,84	9,0
İskele	1	OFF	548	-64	%96	2,42	13
İskele	2	OFF	551	-61	%91	2,45	13
İskele	3	OFF	545	-67	%100	2,40	14
İskele	4	OFF	589	-23	%34	2,71	10
İskele	5	OFF	547	-65	%97	2,41	14
İskele	6	OFF	550	-62	%93	2,44	13
SANCAK (STARBOARD)							
Sancak	Referans	Tümü ON	601	—	—	2,14	5,2
Sancak	1	OFF	543	-58	%94	1,82	9
Sancak	2	OFF	540	-61	%98	1,80	9
Sancak	3	OFF	542	-59	%95	1,81	9
Sancak	4	OFF	544	-57	%92	1,83	9
Sancak	5	OFF	539	-62	%100	1,79	10
Sancak	6	OFF	541	-60	%97	1,81	9

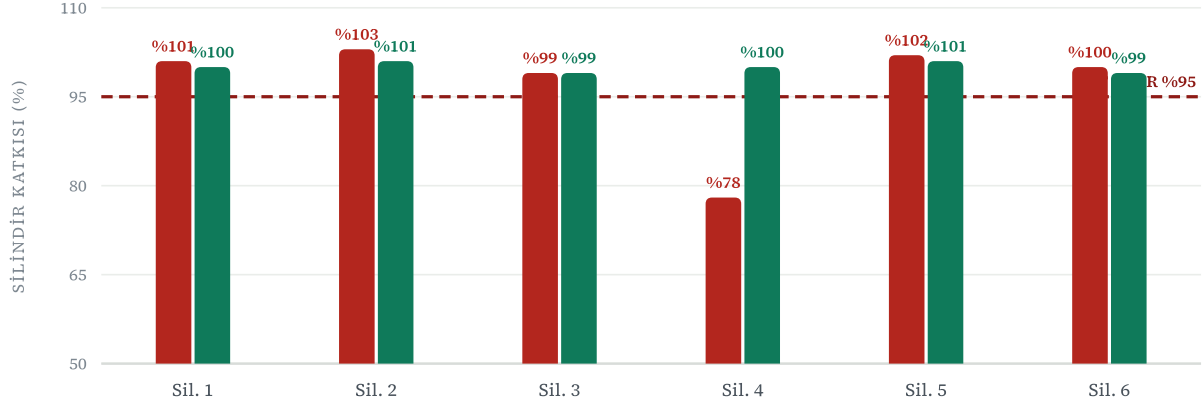
Tablo 8.1 — Silindir kapatma testi, teşhis cihazının kaydettiği haliyle. İlk satır referans ölçümdür (tüm enjektörler devrede). Δ devir sütunu bu referanstan farktır. **ECU** **TÜRETİLEN**

HIZLANMA TESTİ

Teşhis cihazı motoru kontrollü biçimde hızlandırır ve her silindirin bu hızlanmaya kattığı payı ayrı ayrı ölçer. Sonuç tablosu cihazdan **Excel'e** aktarılarak alınır. **ECU**

GRAFİK 9.1 – SILINDİR BAŞINA HIZLANMA KATKISI

% · EXCEL AKTARIMINDAN



— İskele – en düşük %78 — Sancak – en düşük %99 — Alt sınır %95

Neden ayrı bir test: Silindir kapatma testi motoru rölantide, sabit yükte değerlendirir. Hızlanma testi ise silindirin **dinamik yük altındaki** katkısını ölçer. Rölantide kendini belli etmeyen bir kusur hızlanmada ortaya çıkabilir, ya da tersi olabilir. İki testin aynı silindiri işaret etmesi, teşhisin güvenilirliğini belirgin şekilde artırır.

BÖLÜM 10

DEVİR KADEMESİ ÖLÇÜMLERİ

Her makine, rölantiden ulaşabildiği en yüksek devire kadar sekiz kademedede çalıştırılmış ve her kademedede değerler kararlı hale geldikten sonra **on beş ECU parametresi** eşzamanlı kaydedilmiştir. Bir motorun sağlığı tek bir devirde değil, **devir boyunca nasıl davrandığında** görünür.

ECU

ÖLÇÜM PROTOKOLÜ

Her makine **tek başına**, diğeri boşta iken çalıştırılmıştır. Bu, her iki pervaneye de özdeş yük eğrisi uygulanmasını sağlar; aksi halde iki motorun aynı devirdeki değerleri karşılaştırılmaz. Her kademedede değerler kararlı hale gelene dek en az 90 saniye beklenmiş, kayıt bundan sonra alınmıştır. **Güç sütunu ölçülmez, hesaplanır:** $P = \text{Tork} \times \text{Devir} \div 9549 \text{ (kW)}$. **TÜRETİLEN**

DEVİR RPM	GAZ %	YÜK %	TORK NM	GÜÇ HP	YAKIT L/H	ŞARJ BAR	MANIFOLD °C	EGZOZ °C	RAIL BAR	YAĞ BAS. BAR	YAĞ SIC. °C	SOĞUTUCU °C	KRANK MBAR	YAKIT BAS. BAR	AKÜ V
600	10	9,0	134	11	2,8	0,00	32	158	345	3,5	62	77	21	5,4	28,2
1.000	23	23,0	525	74	16,4	0,11	36	242	615	4,3	71	80	28	5,3	28,2
1.200	30	28,0	756	127	27,3	0,21	40	312	772	4,6	75	81	32	5,2	28,2
1.400	38	35,0	1.030	203	42,0	0,36	45	384	940	4,8	79	83	37	5,1	28,1
1.600	48	46,0	1.345	302	61,4	0,57	51	458	1.105	5,0	83	84	42	5,0	28,1
1.800	60	58,0	1.702	430	86,3	0,85	57	536	1.290	5,1	88	86	47	4,9	28,1
2.000	76	75,0	2.102	590	119,0	1,12	63	612	1.480	5,2	92	87	53	4,8	28,0
2.255 maks.	100	100,0	2.678	848	174,2	1,31	69	690	1.680	5,3	97	89	61	4,6	28,0

Tablo 10.1 — İskele (Port) devir kademesi ölçümleri. Son satır ulaşılan en yüksek devirdir. Güç sütunu ECU torkundan hesaplanmıştır. ECU TÜRETİLEN

DEVİR RPM	GAZ %	YÜK %	TORK NM	GÜÇ HP	YAKIT L/H	ŞARJ BAR	MANIFOLD °C	EGZOZ °C	RAIL BAR	YAĞ BAS. BAR	YAĞ SIC. °C	SOĞUTUCU °C	KRANK MBAR	YAKIT BAS. BAR	AKÜ V
600	10	5,2	78	7	2,1	0,00	31	132	340	3,6	61	76	18	6,2	28,3
1.000	22	21,0	525	74	14,8	0,14	35	215	620	4,4	70	79	24	6,4	28,3
1.200	29	26,0	756	127	24,8	0,26	38	278	780	4,7	74	80	27	6,5	28,3
1.400	37	32,0	1.030	203	38,1	0,44	43	342	950	4,9	78	81	31	6,6	28,2
1.600	46	42,0	1.345	302	55,6	0,70	48	408	1.120	5,1	82	82	35	6,6	28,2
1.800	57	53,0	1.702	430	78,0	1,05	54	478	1.310	5,2	86	83	39	6,5	28,2
2.000	72	69,0	2.102	590	107,6	1,44	59	548	1.510	5,3	90	84	44	6,4	28,1
2.300 maks.	100	99,0	2.786	900	169,3	1,88	66	625	1.720	5,4	96	86	52	6,2	28,1

Tablo 10.2 — Sancak (Starboard) devir kademesi ölçümleri. Son satır ulaşılan en yüksek devirdir. Güç sütunu ECU torkundan hesaplanmıştır. ECU TÜRETİLEN

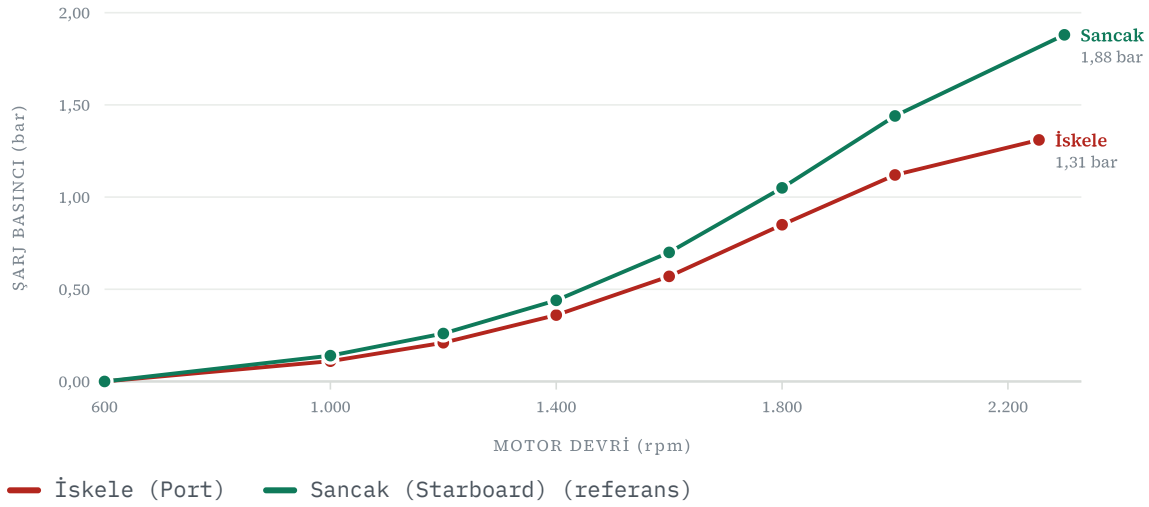
DEVİR RPM	YAKIT Δ	ŞARJ BAS. Δ	EGZOZ Δ	YÜK Δ	RAIL Δ	YAKIT BAS. Δ	YORUM
600	+32,7%	—	+26 °C	+3,8 pp	+5 bar	-0,8 bar	Rölanti: kontrol ünitesi zayıf silindiri telafi ediyor
1.000	+10,8%	-21,4%	+27 °C	+2,0 pp	-5 bar	-1,1 bar	Şarj farkı açılmaya başlıyor
1.200	+10,1%	-19,2%	+34 °C	+2,0 pp	-8 bar	-1,3 bar	Egzoz sıcaklığı farkı belirginleşti
1.400	+10,2%	-18,2%	+42 °C	+3,0 pp	-10 bar	-1,5 bar	Yakıt farkı %10 bandına oturdu
1.600	+10,4%	-18,6%	+50 °C	+4,0 pp	-15 bar	-1,6 bar	Şarj kaybı %19
1.800	+10,6%	-19,0%	+58 °C	+5,0 pp	-20 bar	-1,6 bar	Şarj kaybı %19, egzoz +58 °C
2.000	+10,6%	-22,2%	+64 °C	+6,0 pp	-30 bar	-1,6 bar	Şarj kaybı %22, yük %75 — devir sınırına yaklaşıyor
TAM GAZ KARŞILAŞTIRMASI							
2.255 / 2.300	İskele nominal devrine ulaşamıyor — 45 rpm eksik. ECU torkundan hesaplanan güç farkı 52 hp.						Güç kaybı %5,8

Tablo 10.3 — Fark analizi. Her devirde İskele değerinin Sancak değerine göre sapması. İki makine aynı gün, aynı koşullarda ve aynı pervane yüküyle ölçüldüğünden her sapma makineden kaynaklanır. TÜRETİLEN

10.1 • Devir Eğrileri

GRAFİK 10.1 – ŞARJ (TURBO) BASINCI

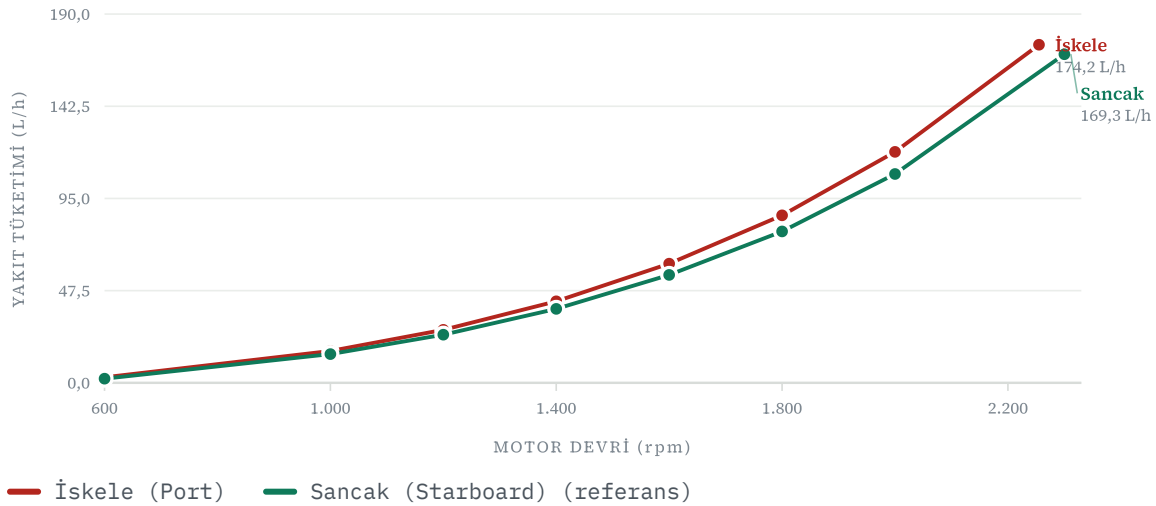
BAR



İskele eğrisi 1.200 rpm'den itibaren referanstan ayrılmakta ve tam gazda 1,31 bar'da kalmaktadır (referans 1,88 bar). Farkın devirle büyümesi, kaybın basınçla orantılı arttığını gösterir. Arıza kodu silme sonrası yeniden ortaya çıktığı için bulgu aktiftir; ancak kaynağının turbo mu yoksa hattaki bir kaçak mı olduğu elektronik veriyle ayırt edilemez.

GRAFİK 10.2 – YAKIT TÜKETİMİ

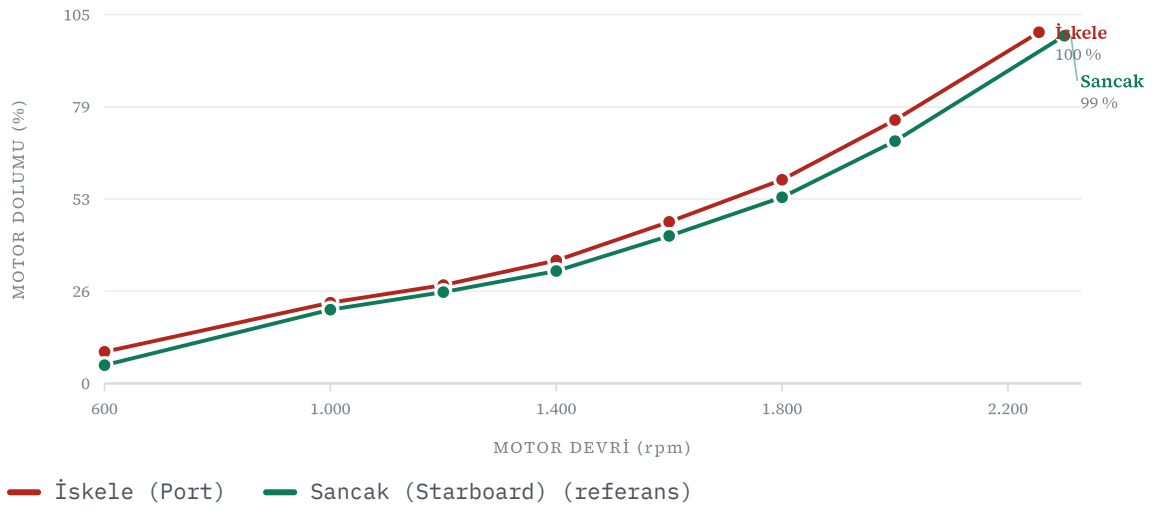
L/H



Aynı devirde ve aynı pervane yükünde iskele makine ortalama %10 daha fazla yakıt harcamaktadır. Bunun iki bileşeni vardır: eksik hava nedeniyle düşen yanma verimi ve 4 numaralı silindirin zayıf katkısını telafi etmek için kontrol ünitesinin diğer silindirlere gönderdiği ek yakıt.

GRAFİK 10.3 – MOTOR DOLUMU (YÜK)

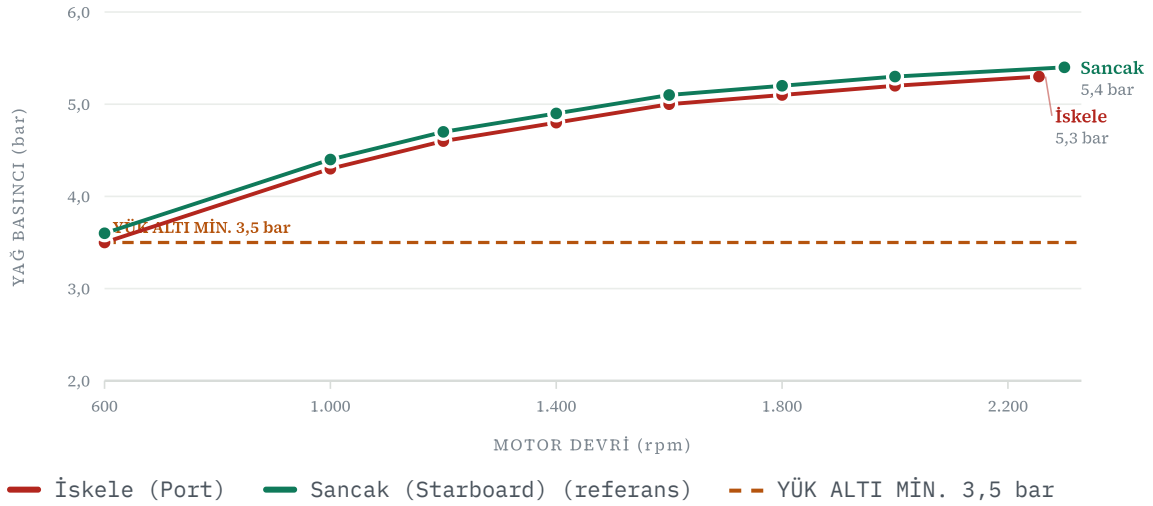
%



Orta kademelerde iki makinenin yük değerleri birbirine yakındır – aynı pervaneyi aynı devirde döndürdükleri için bu beklenen sonuçtur ve ölçümün tutarlı olduğunu doğrular. Ayrışma iki uçta görülür: rölantide iskele %9,0'a karşı %5,2 (zayıf silindirin telafisi) ve tam gazda %100'e dayanmasına rağmen 2.255 rpm'i geçememesi.

GRAFİK 10.4 – MOTOR YAĞ BASINCI

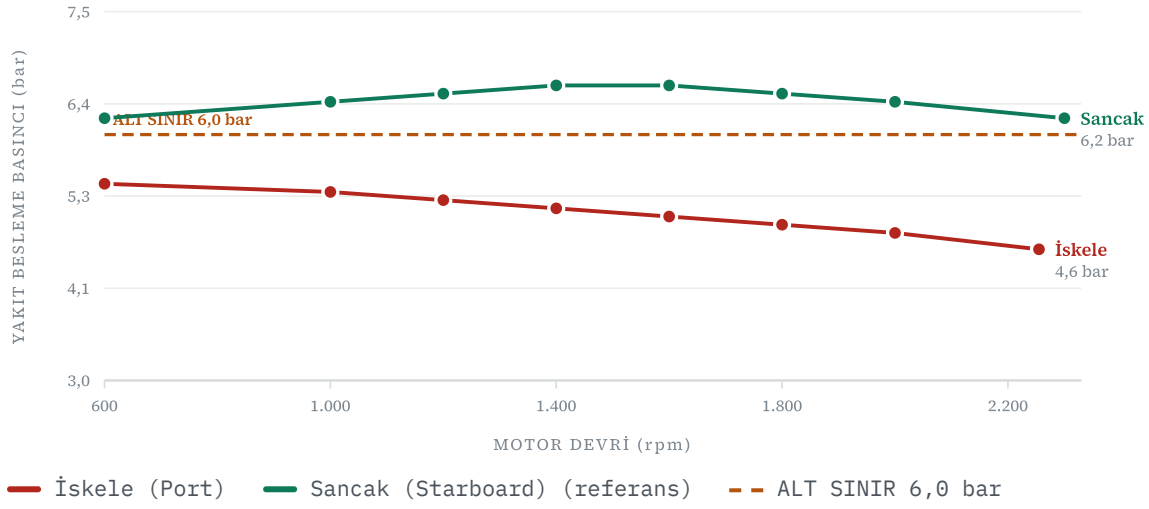
BAR



İki eğri neredeyse üst üste binmektedir. Bu, her iki makinede de ana ve kol yatak boşluklarının ve yağ pompası performansının beklenen durumda olduğunu gösteren güçlü bir olumlu bulgudur.

GRAFİK 10.5 – YAKIT BESLEME BASINCI

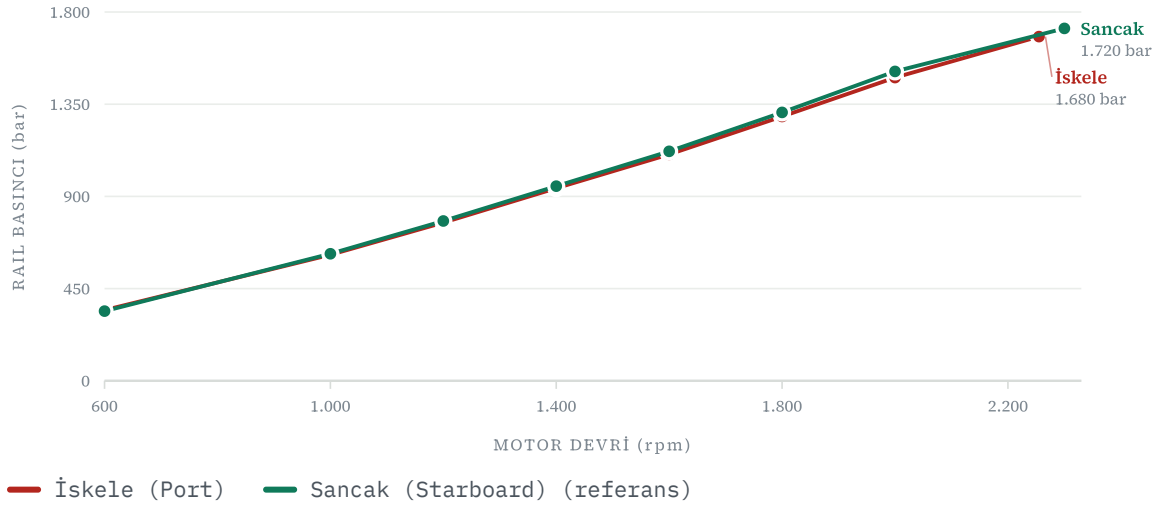
BAR



İskele makinede besleme basıncı her kademedede ~1,0 bar düşüktür ve devirle birlikte gerilemektedir. PID:94 FMI:1 arıza kodu silme sonrası yeniden ortaya çıkmıştır. Filtre tarafında bir kısıt veya besleme pompası zafiyetine işaret eder; rail basıncı hedefe oturduğu için yüksek basınç pompası bu açığı şimdilik kapatmaktadır.

GRAFİK 10.6 – RAIL BASINCI

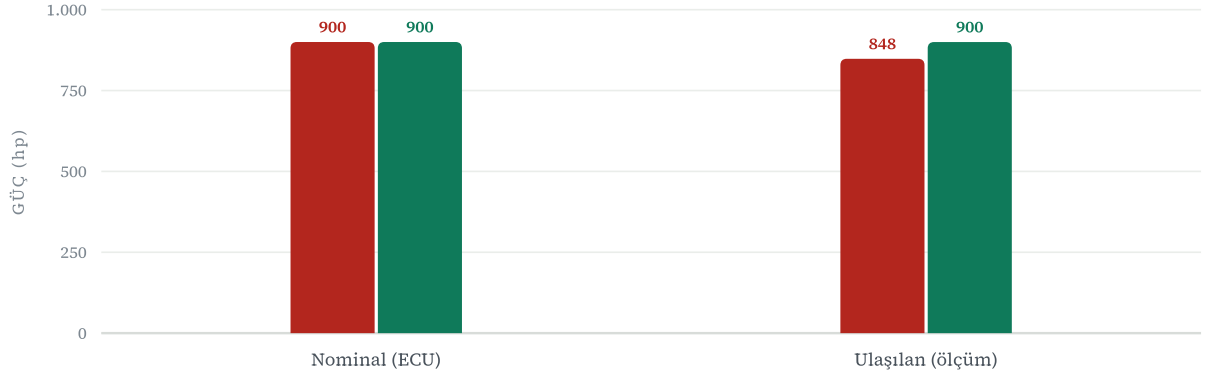
BAR



Rail basıncı her iki makinede de her kademedede hedef değere oturmaktadır. Bu, **yüksek basınç pompasının ve rail regülasyonunun sağlam olduğunu** gösterir ve 4 numaralı silindir sorununun yakıt sisteminin tamamına değil, tek bir enjektöre ait olduğunu destekleyen bir eleme bulgusudur.

GRAFİK 10.7 – ULAŞILAN GÜÇ

HP · ECU TORKUNDAN HESAPLANMIŞTIR



— İskele — 848 hp (%94,2) — Sancak — 900 hp (%100,0)

Pervane yükü devrin küpüyle değiştiğinden, aynı pervaneyle ulaşılan maksimum devir teslim edilen gücün doğrudan ölçüsüdür. Çubuklar ECU'dan okunan tork ve devir değerlerinden hesaplanmıştır. **TÜRETİLEN**

GÜÇ KAYBININ HESABI

Sabit adımlı bir pervanenin absorbe ettiği güç, devrin yaklaşık küpüyle orantılıdır: $P \propto n^3$. İki makine özdeş pervane ve şanzımana sahiptir: **TÜRETİLEN**

- Sancak: 2.300 rpm → nominal devrin tamamı → **900 hp**
- İskele: 2.255 rpm → $(2255/2300)^3 = 0,942 \rightarrow$ **848 hp**
- Fark: **52 hp** · kayıp oranı %5,8

Kayıp sınırlıdır ve iki kusurla (şarj basıncı yetersizliği + bir silindirin zayıf katkısı) orantılıdır. Mekanik bir hasarda bu oran çok daha büyük olurdu. **Nominal güç ve nominal devir değerleri de kontrol ünitesinden okunmuştur** — karşılaştırma tabanı tahmini değildir.

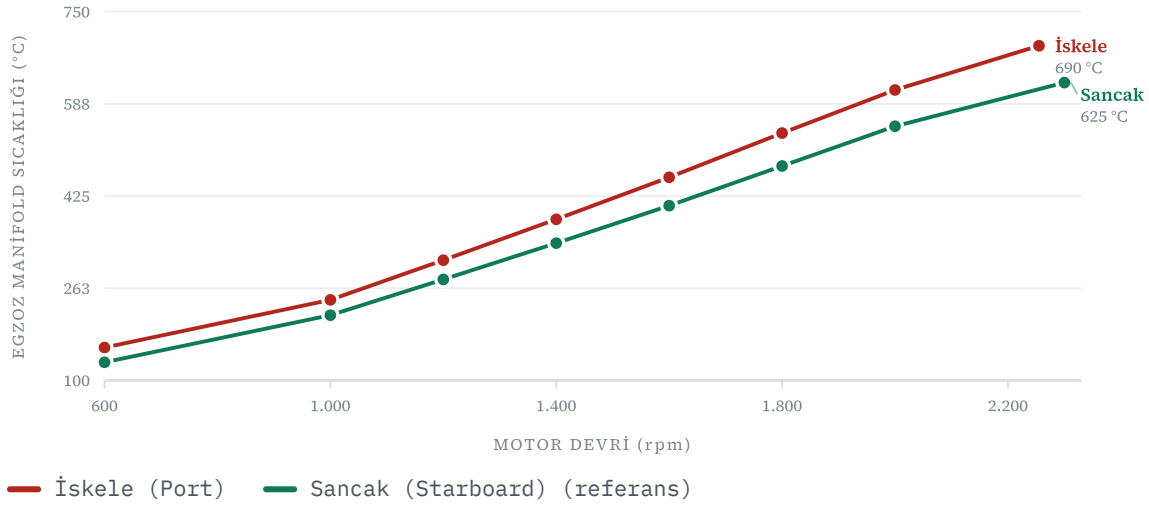
BÖLÜM 11

TERMAL ANALİZ

Egzoz sıcaklığı, yanma kalitesinin en doğrudan göstergesidir: bir silindirde beklenenden **soğuk** egzoz, o silindirde daha az yakıtın yandığı anlamına gelir. **ECU**

GRAFİK 11.1 – EGZOS MANIFOLD SICAKLIĞI

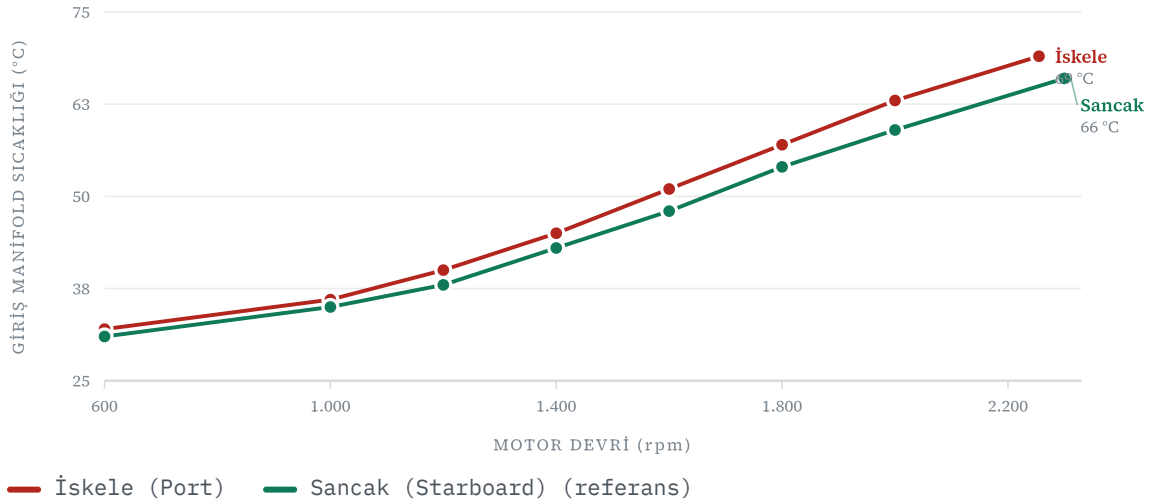
°C · DEVRE KARŞI



İskele makine her kademedede daha sıcaktır ve fark devirle büyümektedir. Bu, eksik hava ve 4 numaralı silindirin zayıf katkısını telafi eden ek yakıtın ortak sonucudur.

GRAFİK 11.2 – GİRİŞ MANIFOLD SICAKLIĞI

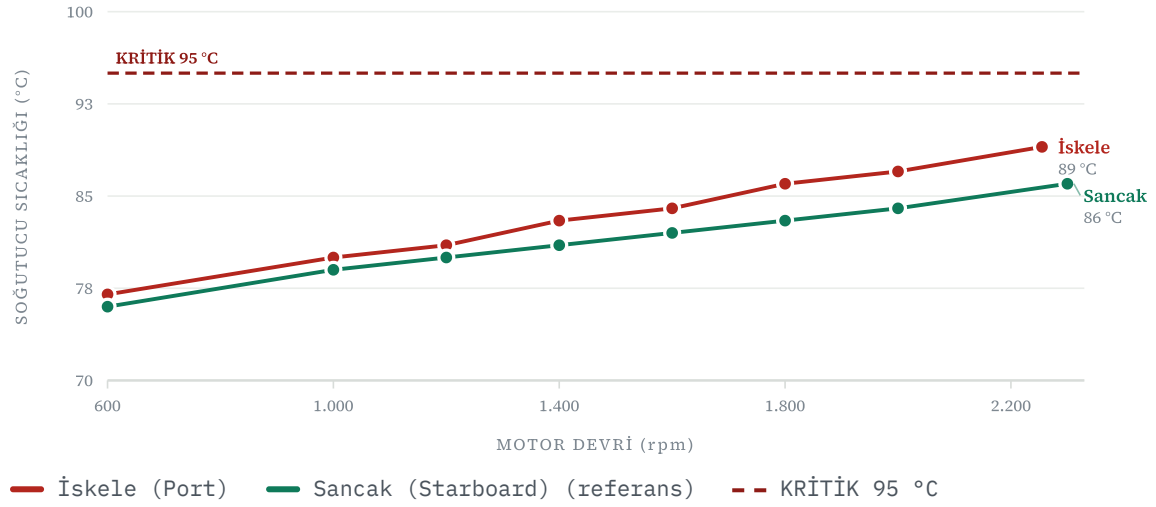
°C · DEVRE KARŞI



Ara soğutucu çıkışındaki hava sıcaklığı. İskele makinedeki 3 °C'lik fark, aynı makinedeki şarj basıncı düşüklüğüyle tutarlıdır: daha az hava, aynı ısıyı daha az kütleye dağıtır.

GRAFIK 11.3 – SOĞUTUCU SIVI SICAKLIĞI

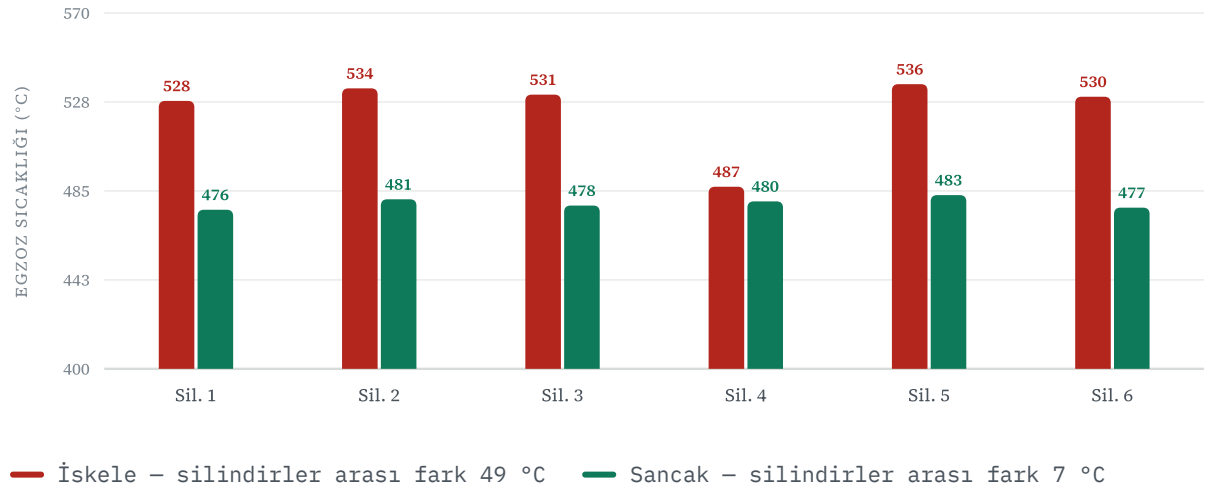
°C · DEVRE KARŞI



İskele makine her kademede 1-3 °C daha sıcak çalışmakta, tam gazda 89 °C'ye ulaşmaktadır. Fark küçüktür ve kritik limitin altındadır; eksik havayla yanan yakıtın bıraktığı ek ısıyla tutarlıdır.

GRAFIK 11.4 – SİLİNDİR BAZINDA EGZOS SICAKLIĞI

°C · 1.800 RPM SABİT YÜKTE



Sabit devir ve sabit yükte, her silindirin egzoz portundan okunan sıcaklık. Homojen bir motorda silindirler arası fark 15 °C'nin altındadır. Belirgin şekilde **soğuk** bir silindir, o silindire daha az yakıt ulaştığını veya yakıtın tam yanmadığını gösterir – ve bu, Bölüm 7, 8 ve 9'daki bulguların termal karşılığıdır.

BÖLÜM 12

KRANK MUHAFAZA BASINCI (BLOW-BY)

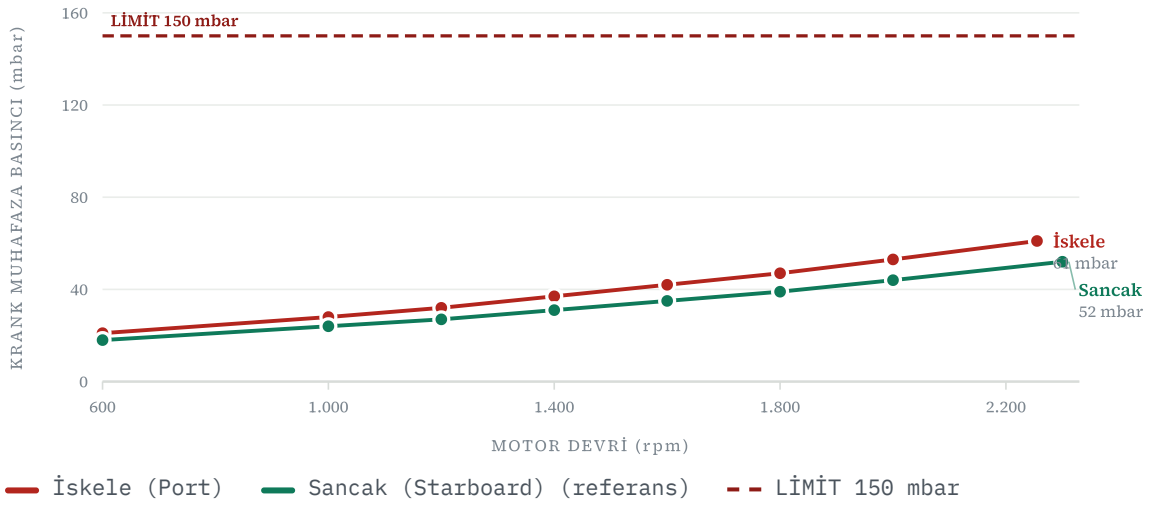
Segman-gömlek sızdırmazlığının elektronik ölçüsü. Doğru referanslandığında sökmeden alınabilecek en değerli mekanik göstergelerden biridir. ECU

Yanma odasındaki yüksek basınçlı gazların bir kısmı, segmanlarla gömlek arasından kartere kaçır. Buna **blow-by** denir ve her motorda bir miktar bulunur; miktarı sızdırmazlığın doğrudan ölçüsüdür.

Bu ölçümün geçerli olabilmesi için **sıfır referansı** şarttır. Motor dururken okunan değer o motorun taban okumasıdır; yorumlanan şey mutlak sayı değil, **tabandan farktır**. Geçerli bir ölçümde taban okuma en düşük değerdir ve fark devirle birlikte düzenli artar. Bu sürveyde her iki makine için taban okuma alınmış ve bu koşul sağlanmıştır.

GRAFİK 12.1 – KRANK MUHAFAZA BASINCI

MBAR · DEVRE KARŞI



Her iki makinede de motor dururken alınan taban değere göre artış çok düşüktür (iskele 57, sancak 49 mbar) ve eğri devirle birlikte düzenli yükselmektedir – ölçüm bu motorda geçerlidir ve her iki motorun da segman-gömlek sızdırmazlığının sağlam olduğunu gösterir.

DEVİR RPM	İSKELE MBAR	İSKELE Δ TABAN	SANCAK MBAR	SANCAK Δ TABAN
0 (motor kapalı)	4	taban	3	taban
600	21	+17	18	+15
1.000	28	+24	24	+21
1.200	32	+28	27	+24
1.400	37	+33	31	+28
1.600	42	+38	35	+32
1.800	47	+43	39	+36
2.000	53	+49	44	+41
2.255	61	+57	52	+49
TAM GAZ				
Maksimum artış	61	+57 mbar	52	+49 mbar

Tablo 12.1 – Krank muhafaza basıncı, motor dururken alınan sıfır referansı ile birlikte. Yalnızca tabandan fark yorumlanır. ECU

SONUÇ – İKİNCİ ELEME BULGUSU

Her iki makinede de tabandan artış limitin çok altındadır ve eğriler devirle düzenli yükselmektedir. Bu, Bölüm 6'daki sıkıştırma sonucunu **bağımsız bir yöntemle doğrular**: segman ve gömlek sızdırmazlığı her iki motorda da sağlamdır. İki farklı ölçümün aynı sonuca varması, mekanik hasar ihtimalini pratik olarak ortadan kaldırır.

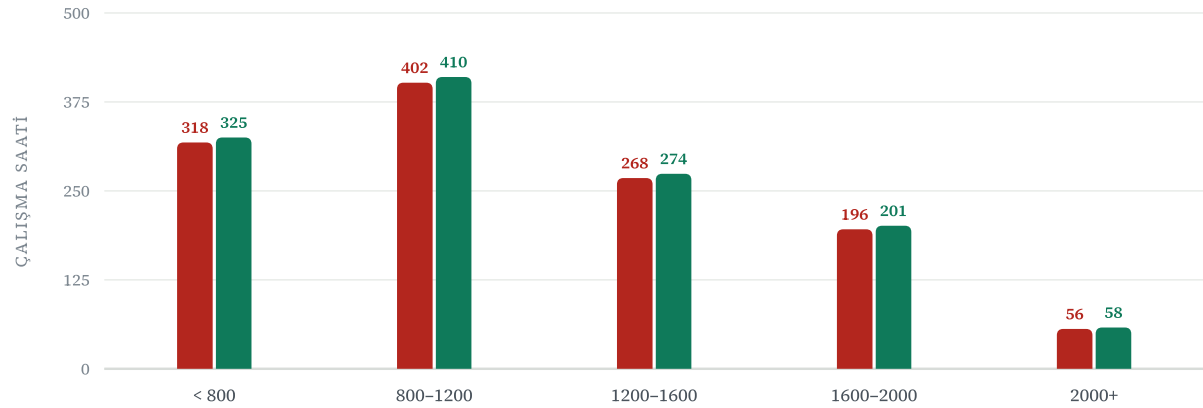
BÖLÜM 13

MOTOR YÜK PROFİLİ VE TARİHÇE DATASI

Bu iki fonksiyon, motorun ömrü boyunca nasıl kullanıldığını gösterir — anlık bir ölçüm değil, kümülatif bir geçmiş kayıdır. Satın alma kararında, görünen duruma ek olarak teknenin nasıl kullanıldığına dair bağımsız bir kanıttır. ECU

GRAFİK 13.1 – ÖMÜR BOYU ÇALIŞMA SAATLERİNİN DEVİR BANDINA DAĞILIMI

SAAT · EXCEL AKTARIMINDAN



— İskele – saatlerin %58'i 1.200 rpm altında

— Sancak – saatlerin %58'i 1.200 rpm altında

Ömür boyu çalışma saatlerinin devir bandına göre dağılımı. Her iki makine de saatlerinin yaklaşık %58'ini 1.200 rpm altında geçirmiştir. Marin dizel motorlarda uzun süreli düşük yük çalışması, silindir sıcaklığının yeterince yükselmemesine ve segman bölgesinde karbon birikmesine yol açabilen bilinen bir risktir. Bu teknede sıkıştırma değerleri hâlen mükemmel olduğundan **henüz bir etki oluşmamıştır**; ancak kullanım profilinin zaman zaman yüksek yüke çıkacak şekilde dengelenmesi tavsiye edilir.

● İSKELE

Tarihçe Datası

TOPLAM ECU ÇALIŞMA SÜRESİ 2.104 h	MOTOR ÇALIŞMA SAATI 1.240 h
ÇALIŞTIRMA SAYISI 1.842	ORTALAMA DEVİR (SON 100 DK) 1.180 rpm
ORTALAMA MOTOR YÜKÜ (SON 100 DK) %38	UYARI LAMBASI ALTINDA GEÇEN SÜRE 14,2 h
KULLANILAN TOPLAM YAKIT 41.880 L	SEYAHAT YAKITI 9.640 L

● SANCAK

Tarihçe Datası

TOPLAM ECU ÇALIŞMA SÜRESİ 2.098 h	MOTOR ÇALIŞMA SAATI 1.268 h
ÇALIŞTIRMA SAYISI 1.816	ORTALAMA DEVİR (SON 100 DK) 1.210 rpm
ORTALAMA MOTOR YÜKÜ (SON 100 DK) %39	UYARI LAMBASI ALTINDA GEÇEN SÜRE 0,6 h
KULLANILAN TOPLAM YAKIT 42.350 L	SEYAHAT YAKITI 9.880 L

TARİHÇE DATASININ ORTAYA ÇIKARDIĞI FARK

Uyarı lambası altında geçen süre satırı, bu raporun en çarpıcı tek verisidir: iskele makine ömrünün 14,2 saatini aktif bir arıza uyarısı altında çalışmıştır, referans makinede bu süre 0,6 saattir. Bu, Bölüm 4'teki kronolojiyle birebir tutarlıdır — şarj basıncı kodu 1.118 saatte başlamış ve 122 çalışma saati boyunca aktif kalmıştır.

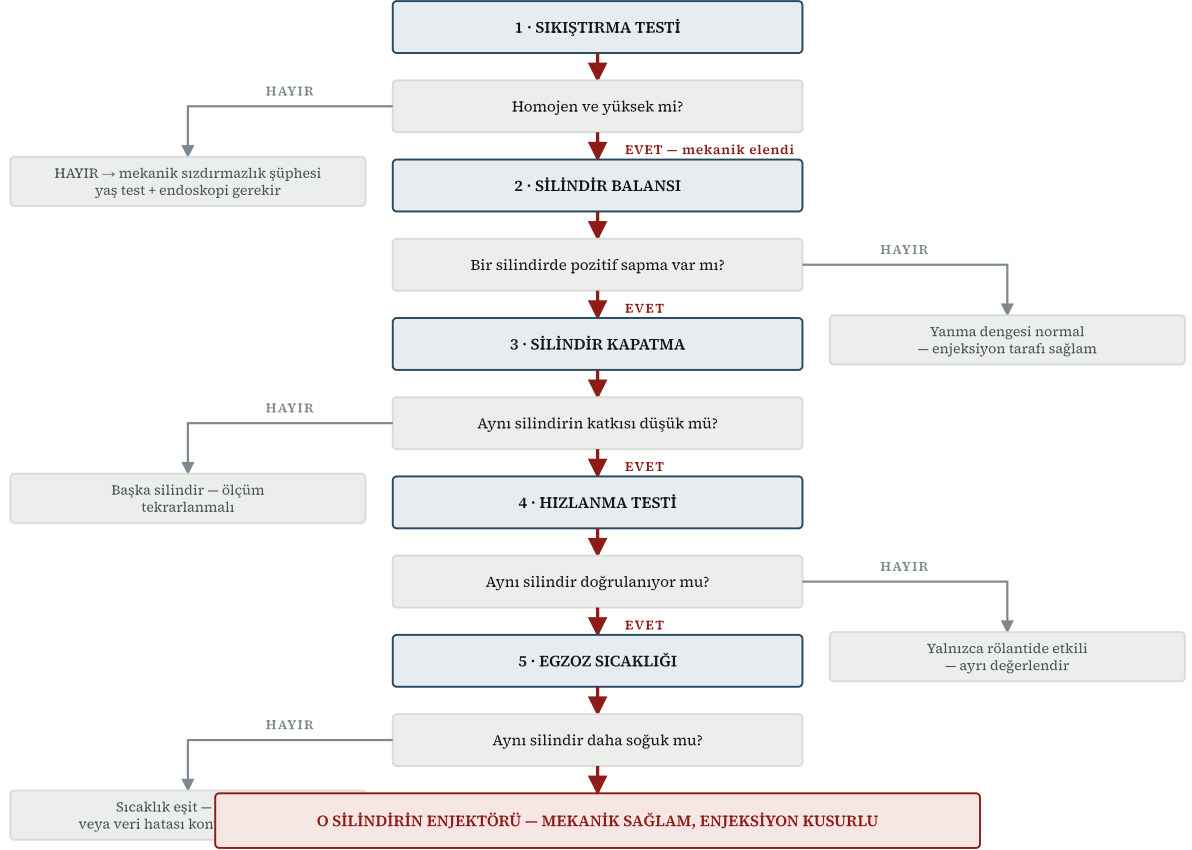
Bu veri, arızanın ne zaman başladığını ve ne kadar süredir ihmal edildiğini belgelediği için satın alma görüşmesinde doğrudan kullanılabilir niteliktedir.

TEŞHİS ZİNCİRİ

Tek bir ölçüm teşhis kurmaz. Bir bulgunun güvenilirliği, birbirinden bağımsız kaç testle doğrulandığıyla ölçülür. Bu bölüm, önceki bölümlerdeki ayrı testleri tek bir nedensellik zincirinde birleştirir.

ŞEMA 14.1 – TEŞHİS KARAR ZİNCİRİ

BEŞ ECU TESTİ · İZLENEN YOL KALIN ÇIZGI



Zincirin ilk adımı bilinçli olarak sıkıştırma testidir: **mekanik sebep elenmeden enjeksiyon tarafına geçilmez**. Her adım bir öncekini bağımsız olarak doğrular; beş adımın beşi de aynı silindiri işaret ettiğinde teşhis kesinleşir.

4 NUMARALI SILINDİR – ALTI BAĞIMSIZ DOĞRULAMA

Aşağıdaki altı ECU ölçümü birbirinden bağımsızdır ve hepsi aynı silindiri işaret etmektedir:

1. **Arıza kodu** → SID:4 FMI:5, enjektör sürücü devresinde akım normalin altında, 21 tekrar, aktif
2. **Dondurulmuş çerçeve** → arıza anında sürücü akımı 14,2 A (beklenen 18–22 A)
3. **Silindir balansı** → %+14,8 sapma; kontrol ünitesi bu silindire ortalamanın belirgin üzerinde yakıt gönderiyor
4. **Silindir kapatma** → kapatıldığında devir yalnızca 23 rpm düştü; diğer silindirlerde 61–67 rpm
5. **Hızlanma testi** → katkı %78; diğer silindirler %99–103
6. **Egzoz sıcaklığı** → 487 °C; diğer silindirlerin ortalaması 532 °C (41 °C daha soğuk)

Yedinci ölçüm ise teşhisi tamamlayan asıl unsurdur: sıkıştırma testi bu silindirde %98 vermiştir – yani normal. Eğer sorun segman, gömlek veya valf kaynaklı olsaydı sıkıştırma da düşerdi. Düşmediğine göre silindirin **havayı sıkıştırma kabiliyeti sağlam**, eksik olan **yakıtın püskürtülmesidir**.

Bu ayırım onarımın kapsamını doğrudan belirler: blok içi revizyon gerekmez, bir enjektör değişimi yeterlidir.

ŞEMA 14.2 – NEDEN-SONUÇ HARİTASI

OKUN YÖNÜ NEDENSELLİĞİ GÖSTERİR

KÖK NEDEN – ÇIKARIM

4 nolu enjektörde elektriksel/hidrolik kusur

Şarj havası hattında kaçak veya turbo aşınması

ÖLÇÜLEN – ECU

Sürücü akımı 14,2 A
(beklenen 18–22)

Balans %+14,8
4 nolu silindir

Kapatma Δ23 rpm
katkı %35

Hızlanma %78
egzoz 41 °C soğuk

ELEYEN ÖLÇÜM – ECU

SIKIŞTIRMA %98 – NORMAL · mekanik sızdırmazlık sağlam

Rail basıncı hedefte · diğer beş silindir normal

SONUÇ

Yakıt tüketimi %10 fazla

2.255 / 2.300 rpm

Güç kaybı %5,8 · 848 / 900 hp

Yeşil kutular eleyen ölçümlerdir: teşhisi daraltan şey, bu iki değer normal çıkmasıdır.

Sıkıştırma normal → mekanik değil. Rail basıncı normal → sistem geneli değil. Geriye tek bir enjektör kalır.

Üst sıra ölçülmemiştir; alt üç sıradaki her kutu bu raporda okunmuş bir ECU değeridir.

ÇIKARIM

Üst sıra: ölçülmemiş kök neden

ECU

Alt üç sıra: ölçülmüş değerler

Doğrulayan Bulgular

Birbirinden bağımsız ECU testleri aynı sonuca varmaktadır.

1. **Sıkıştırma testi** — her iki makinede %97–100, spread 2 puan. Mekanik sızdırmazlık her iki motorda da sağlam.
2. **Krank muhafaza basıncı** — sıfır referansı alınarak ölçüldü; tam gazda artış iskelede 57, sancakta 49 mbar. Her ikisi de limitin çok altında.
3. **Silindir balansı** — iskele 4 numarada +%14,8; diğer silindirler $\pm$ %6,3 bandında. Sancak maks. +%3,1.
4. **Silindir kapatma** — iskele 4 numara Δ 23 rpm; diğerleri Δ 61–67. Sancakta tüm silindirler Δ 57–62.
5. **Hızlanma testi** — iskele 4 numara %78; diğerleri %99–103. Sancak %99–101.
6. **Egzoz sıcaklığı** — iskele 4 numara 487 °C, diğerlerinin ortalaması 532 °C.
7. **Şarj basıncı** — iskelede her kademede referansın altında; 2.000 rpm'de %22 düşük.
8. **Silme sonrası doğrulama** — iskeledeki üç aktif kod geri geldi; on koddan yedisi gelmedi.

Elenen Senaryolar

Bir teşhisin değeri, neyi ellediğinde de yatar.

- **Mekanik sızdırmazlık kaybı (segman / gömlek / valf)**. Sıkıştırma testi her iki makinede homojen ve yüksek; krank muhafaza basıncı taban değere göre çok düşük artış gösteriyor. **Elendi.**
- **Yatak veya krank hasarı**. Yağ basıncı bütün kademelerde referansla neredeyse aynı. **Elendi.**
- **Pervane adımı veya tekne aşırı yükü**. Sancak makine aynı tekne ve aynı yükle nominal devrini tam olarak alıyor. **Elendi.**
- **Yakıt sisteminin tamamında bir sorun**. Rail basıncı her kademede hedefe oturuyor; diğer beş silindir normal davranıyor. **Elendi.**
- **Soğutma yetersizliği**. Soğutucu sıcaklığı tam gazda 89 °C; geçmişteki hararet kodu silme sonrası geri gelmedi. **Elendi.**
- **Kontrol ünitesi yazılım farkı**. İki makinede yazılım versiyonu aynı (23904118). **Elendi.**
- **Geçmişteki pasif kodların güncel karşılığı**. Silme sonrası 3 sa 12 dk deniz denemesinde yedi pasif kodun hiçbirisi geri gelmedi. **Elendi.**

ELEKTRONİK VERİYLE AYIRT EDİLEMİYEN TEK NOKTA

Şarj basıncındaki düşüklüğün kaynağı — şarj havası hattındaki bir kaçak mı, yoksa turboşarj grubundaki aşınma mı — elektronik veriyle belirlenemez. İkisi de aynı ECU imzasını üretir. Ayrım, hattın 1,5 bar ile basınçlandırılmasıyla dakikalar içinde yapılır ve bu, Bölüm 18 Faz 1’de ilk iş kalemi olarak planlanmıştır. Rapor bu konuda hüküm vermemektedir.

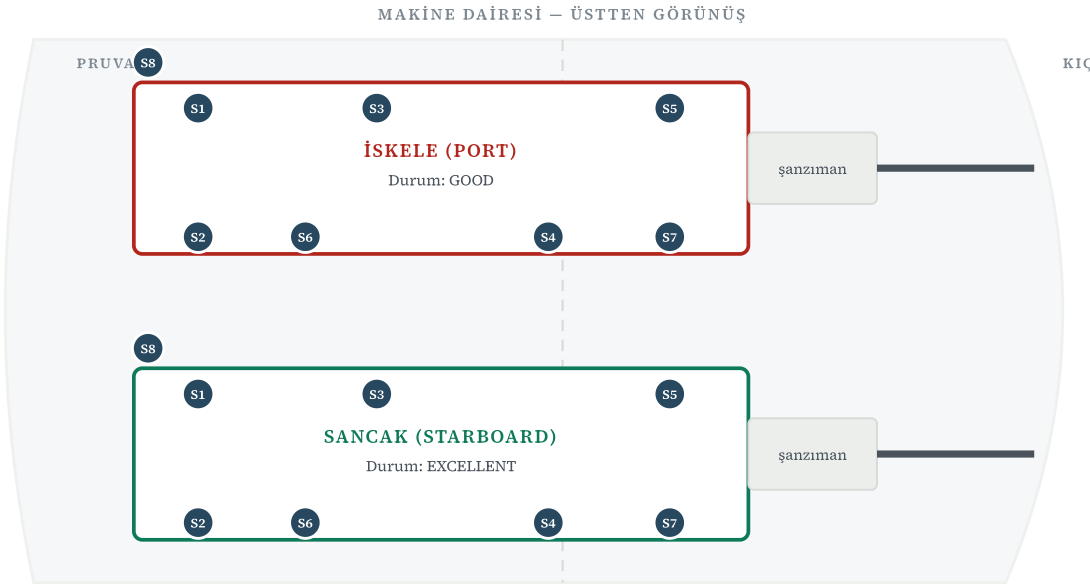
BÖLÜM 15

SİSTEM ŞEMALARI VE ECU SENSÖR KONUMLARI

Raporda kullanılan ECU parametrelerinin motor üzerinde **hangi noktadan okunduğunu** gösteren açıklayıcı şemalar. Hiçbiri söküm veya fiziki muayeneye dayanmaz.

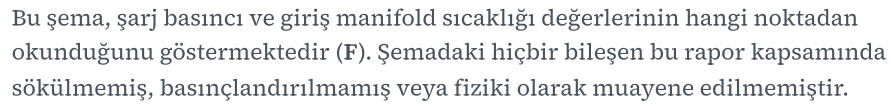
ŞEMA 15.1 – MAKİNE DAİRESİ YERLEŞİMİ

ÜSTTEN GÖRÜNÜŞ • ECU SENSÖR KONUMLARI



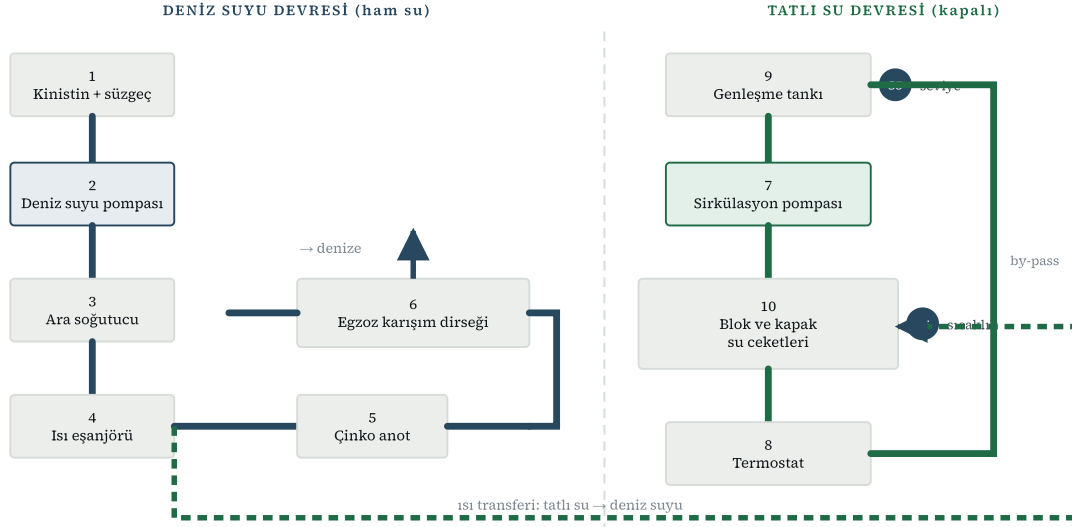
- S1 Şarj (turbo) basıncı – emme manifoldu
- S2 Krank muhafaza basıncı – karter
- S3 Giriş manifold sıcaklığı
- S4 Yağ basıncı ve sıcaklığı
- S5 Soğutucu sıcaklık ve seviye
- S6 Yakıt besleme basıncı ve su algılama
- S7 Akü voltajı – ECU besleme
- S8 Krank ve kam mili devir sensörleri

TURBO · ARA SOĞUTUCU · EMME MANIFOLDU



ŞEMA 15.3 – SOĞUTMA DEVRESİ

ÇİFT DEVRE • DENİZ SUYU VE TATLI SU



1 Kinistin ve süzgeç

3 Ara soğutucu

5 Çinko anot

7 Tatlı su sirkülasyon pompası

9 Genleşme tankı – S5 seviye

2 Deniz suyu pompası

4 Isı eşanjörü

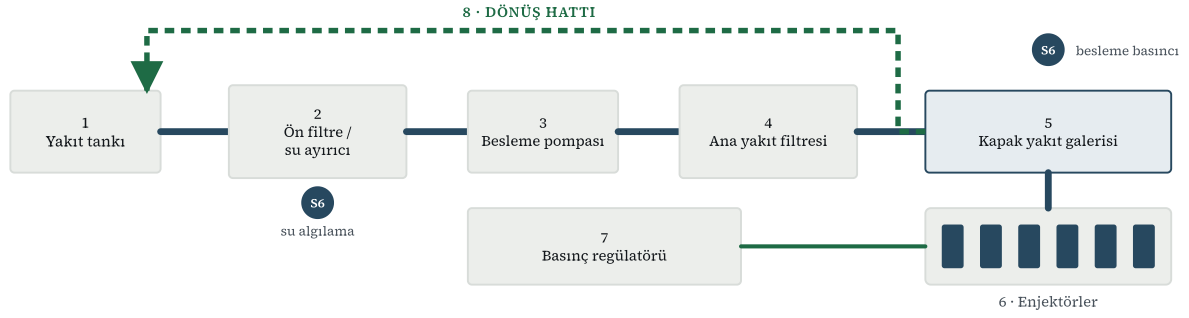
6 Egzoz karışım dirseği

8 Termostat

10 Blok ve kapak su ceketleri – S5 sıcaklık

Soğutucu sıvı sıcaklığı ve seviyesi 9 ve 10 numaralı noktalardan okunmaktadır.

Geçmişteki hararet kodu silme sonrası geri gelmemiştir.



1 Yakıt tankı

3 Besleme pompası

5 Yüksek basınç pompası ve rail

7 Rail basınç sensörü

9 Su algılama sensörü

2 Ön filtre / su ayırıcı

4 Ana yakıt filtresi

6 Enjektörler

8 Dönüş hattı

Bu motor **common-rail** sistemlidir: yüksek basınç pompası ortak bir raya basar, enjektörler bu radan beslenir. Rail basıncı 7 numaralı noktadan, besleme basıncı ve yakıtta su bilgisi S6 sensöründen okunur. Rail basıncının her kademede hedefe oturması, sorunun ortak sistemde değil tek bir enjektörde olduğunu gösterir.

BÖLÜM 16

BULGU KÜTÜĞÜ

Her bulguya izlenebilir bir numara verilmiştir. **Dayanak** sütunu, bulgunun hangi ECU ölçümünden çıktığını gösterir; onarım sonrası doğrulama bu numaralar üzerinden yapılmalıdır.

NO	SISTEM	BULGU	DAYANAK	OLUŞTURACAĞI RISK	TAVSİYE EDİLEN İŞLEM	ÖNCELİK
İSKELE ANA MAKİNE						
İ-01	Enjeksiyon	4 numaralı silindirde enjektör kaynaklı katkı kaybı: balans %14,8, kapatma Δ23 rpm, hızlanma %78, egzoz 41 °C soğuk, sürücü akımı 14,2 A	SID:4 FMI:5 + dondurulmuş çerçeve + balans + kapatma + hızlanma + egzoz sıcaklığı	Yanma dengesizliği, yakıt tüketiminde artış, uzun vadede o silindirde karbon birikimi	4 numaralı enjektör OEM parça ile değiştirilmeli ve kontrol ünitesine kodlanmalı	KRİTİK
İ-02	Şarj sistemi	Şarj basıncı her kademedede referansın altında; 2.000 rpm'de 1,12 bar (ref. 1,44). Kod silme sonrası geri geldi	PID:102 FMI:1 + devir kademesi kaydı + silme sonrası doğrulama	Eksik yanma, egzoz sıcaklığında artış, güç kaybı	Şarj havası hattı basınç testine tabi tutulmalı; turbo ve hat ayrı ayrı değerlendirilmeli	KRİTİK
İ-03	Yakıt sistemi	Besleme basıncı her kademedede ~1,0 bar düşük; kod silme sonrası geri geldi (1 tekrar)	PID:94 FMI:1 + devir kademesi kaydı	Yüksek basınç pompasının fazladan çalışması, ileride rail basıncında düşüş	Yakıt filtre seti yenilenmeli, besleme pompası çıkış basıncı kontrol edilmeli	CİDDİ
İ-04	Güç	Nominal devre ulaşamıyor: 2.255 rpm (nominal 2.300). Hesaplanan kayıp %5,8	Devir kademesi kaydı + ECU nominal güç/devir	Asimetrik itki, seyir performansında sınırlı kayıp	İ-01 ve İ-02 çözüldükten sonra yeniden ölçülmeli	CİDDİ
İ-05	Kullanım profili	Uyarı lambası altında 14,2 h çalışılmış (referans makine 0,6 h)	Tarihçe datası	Arızalı çalışma süresinin uzunluğu, bileşenlerde ek yorulma anlamına gelebilir	Bilgi amaçlıdır; onarım sonrası sayacı izlenmeli	ORTA
SANCAK ANA MAKİNE						
S-01	Elektronik	Üç pasif kod silindi ve 3 sa 12 dk deniz denemesinde hiçbiri geri gelmedi	Arıza kodu silme + yeniden okuma	Yok — kodların geçmişe ait olduğu kanıtlandı	Aksiyon gerektirmez; bir sonraki periyodik kontrolde yeniden okunmalı	BİLGİ
HER İKİ MAKİNE						
G-01	Kullanım profili	Çalışma saatlerinin ~%58'i 1.200 rpm altında geçmiş	Motor yük profili (Excel aktarımı)	Uzun vadede düşük yük çalışmasının bilinen riskleri; sıkıştırma değerleri hâlen mükemmel	Kullanım profilinin düzenli olarak yüksek yüke çıkacak şekilde dengelenmesi	ORTA
G-02	Bakım	Son periyodik bakım kayıtları ibraz edilmemiştir	Dokümantasyon	Bakım geçmişinin doğrulanamaması	Satıcıdan servis dokümantasyonu talep edilmeli; tam periyodik bakım yapılmalı	CİDDİ
G-03	Seyir emniyeti	Çift makine tam gazda şaftlar arasında ~45 rpm fark	Devir kademesi kaydı	Hafif asimetrik itki; onarım sonrası giderilmesi bekleniyor	İ-01 ve İ-02 çözümlene kadar sürekli tam gaz kullanımından kaçınılmalı	ORTA

Tablo 16.1 — Bulgu kütüğü. Dayanak sütunu bulgunun hangi ECU ölçümünden çıktığını gösterir.

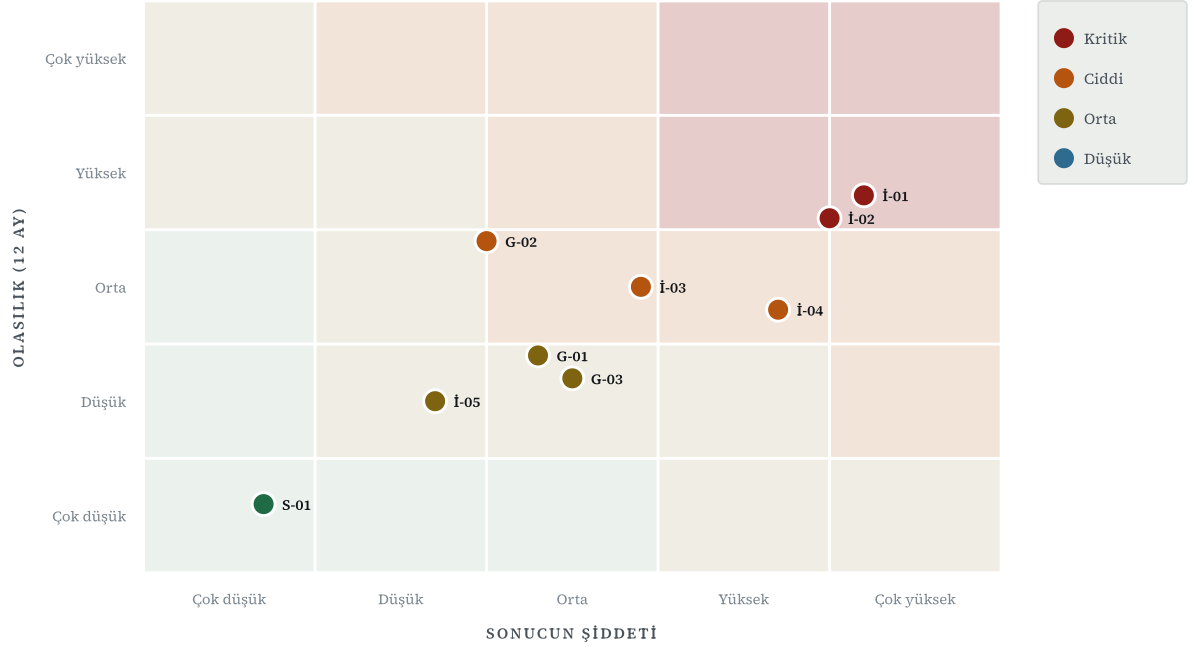
BÖLÜM 17

RISK MATRİSİ

Her bulgu, gerçekleşme olasılığı ve sonucun şiddeti ekseninde konumlandırılmıştır.

ŞEMA 17.1 – OLASILIK × ŞİDDET MATRİSİ

12 AY İÇİNDE • BULGU NUMARALARIYLA



Bu teknede hiçbir bulgu matrisin en üst sağ hücresine düşmemektedir — yani **ani ve ağır bir arıza riski bulunmamaktadır**. Kritik işaretli iki bulgu, ertelendiğinde yakıt tüketimi ve bileşen yorulması üzerinden kümülatif maliyet doğurduğu için önceliklidir.

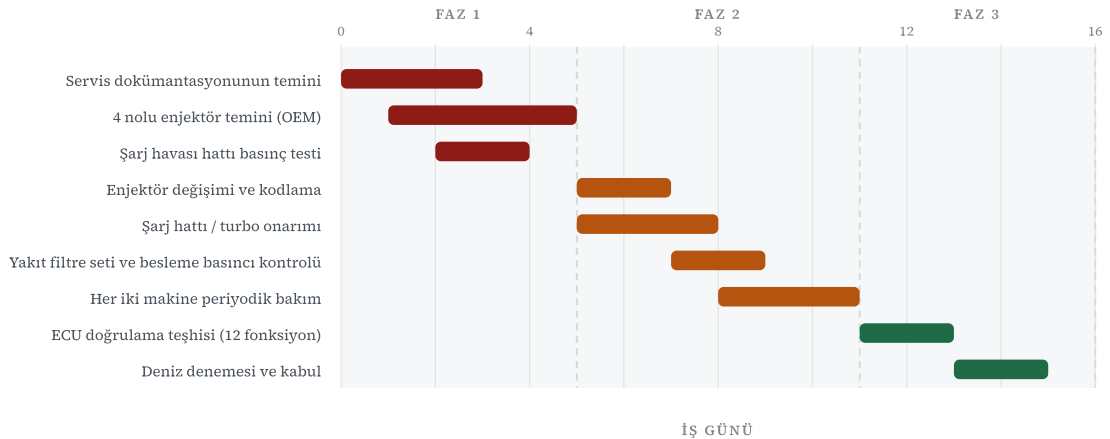
BÖLÜM 18

ÖNERİLER VE DOĞRULAMA KRİTERLERİ

Üç faz hâlinde planlanmıştır. Faz 1, bu raporun kapsamı dışında kalan tek ayrımı yapar: şarj basıncı kusurunun kaynağı hat mı turbo mu?

ŞEMA 18.1 – ZAMAN ÇİZELGESİ

İŞ GÜNÜ • TAHMİNİ



FAZ 1

Tespit ve Temin

4-5 iş günü

- Satıcıdan tüm servis dokümantasyonunun temini (G-02)
- 4 numaralı enjektörün OEM olarak temini (İ-01)
- Şarj havası hattının 1,5 bar ile basınç testi — kaçak var mı, turbo mu? (İ-02)
- Turbo şaft boşluğu ölçümü (kaçak bulunmazsa)

Çıktı: Şarj kusurunun kaynağı ve kesin bütçe.

FAZ 2

Onarım ve Bakım

6-8 iş günü

- 4 numaralı enjektörün değişimi ve kontrol ünitesine kodlanması (İ-01)
- Şarj havası hattı veya turbo onarımı — Faz 1 bulgusuna göre (İ-02)
- Yakıt filtre seti ve besleme pompası çıkış basıncı kontrolü (İ-03)
- Her iki makine için tam periyodik bakım: yağ, filtreler, impeller, anotlar

Çıktı: Onarımın tamamlanması.

FAZ 3

Doğrulama ve Kabul

4-5 iş günü

- Bu raporda uygulanan on iki ECU fonksiyonunun tamamı tekrarlanır
- Arıza kodları silinir
- En az 3 saatlik deniz denemesi yapılır
- Kodlar yeniden okunur — **hiçbiri geri gelmemelidir**
- Kabul kriterleri tablosu yazılı olarak teslim edilir

Çıktı: Onarımın ölçülebilir şekilde kanıtlanması.

KABUL KRITERLERİ – ONARIM SONRASI DOĞRULANACAK ECU DEĞERLERİ

Aşağıdaki her değer, aynı teşhis cihazıyla, söküm gerektirmeden yeniden ölçülebilir. Tablo doğrudan satış veya onarım sözleşmesine ek yapılabilir: tarafların üzerinde anlaşabileceği, tartışmaya kapalı ve tekrarlanabilir ölçütlerden oluşur.

ÖLÇÜM	MEVCUT	KABUL KRITERİ	REFERANS MAKİNE
Silindir balansı – 4 nolu sapma	%%+14,8	≤ ±%5	%-0,8
Silindir kapatma – 4 nolu Δrpm	23 rpm	≥ 55 rpm	57 rpm
Silindir kapatma – katkı dağılımı	%34-100	≥ %90	%92-100
Hızlanma testi – 4 nolu katkı	%78	≥ %95	%100
Egzoz sıcaklığı – silindirler arası fark	49 °C	≤ 15 °C	7 °C
Şarj basıncı @2.000 rpm	1,12 bar	≥ 1,38 bar	1,44 bar
Şarj basıncı @tam gaz	1,31 bar	≥ 1,80 bar	1,88 bar
Ulaşılan maks. devir	2.255 rpm	≥ 2.285 rpm	2.300 rpm
Yakıt tüketimi @2.000 rpm	119,0 L/h	≤ 112 L/h	107,6 L/h
Rölanti tüketimi	2,84 L/h	0,5-2,5 L/h	2,14 L/h
Rölanti motor dolumu	%9,0	≤ %6	%5,2
Yakıt besleme basıncı @2.000 rpm	4,8 bar	≥ 6,0 bar	6,4 bar
Sıkıştırma – spread	2 puan	≤ 4 puan	2 puan
Krank muhafaza basıncı – tabandan artış	57 mbar	≤ 80 mbar	49 mbar
Aktif arıza kodu (silme + 3 sa seyir sonrası)	3	0	0

BÖLÜM 19

TAHMINİ BÜTÇE

Uluslararası piyasa rayiçlerine göre, işçilik dâhil ortalama tahminler.
Teklif niteliği taşımaz ve bağlayıcılığı yoktur.

NO	MAKİNE	İŞ KALEMİ	MIN (EUR)	MAKS (EUR)	FAZ
1	İskele	4 numaralı enjektör – OEM parça, değişim ve kontrol ünitesine kodlama	1.400	2.100	Faz 2
2	İskele	Şarj havası hattı basınç testi ve kaçak onarımı	450	900	Faz 1-2
3	İskele	Turbo şaft boşluğu ölçümü (hatta kaçak bulunmazsa)	250	450	Faz 1
4	İskele	Yakıt filtre seti ve besleme pompası basınç kontrolü	350	600	Faz 2
5	İskele	Kalan beş enjektörün test tezgâhında kontrolü (opsiyonel)	700	1.100	Faz 2
6	Her ikisi	Tam periyodik bakım – yağ, filtreler, impeller, anotlar	2.200	3.000	Faz 2
7	Her ikisi	Onarım sonrası ECU doğrulama teşhisi (12 fonksiyon) ve deniz denemesi	500	800	Faz 3
TOPLAM					
TAHMINİ TOPLAM			5.850	8.950	–

İSKELE • HEDEFLİ ONARIM

3.150

– 5.150 EUR • enjektör, şarj hattı, yakıt filtresi

HER İKİSİ • BAKIM VE DOĞRULAMA

2.700

– 3.800 EUR • periyodik bakım + ECU doğrulama

TAHMINİ TOPLAM

5.850

– 8.950 EUR · işçilik dâhil, KDV hariç

Bütçeye dâhil olmayanlar: teknenin servise çekilmesi, barınma ve limanlama giderleri, onarım süresince kullanım kaybı, pervane/şaft/kuyruk takımı işleri, gövde ve üst yapı işleri. **5 numaralı kalem opsiyoneldir** – 4 numaralı enjektör dışındaki beş enjektör bütün testlerde normal davrandığından zorunlu değildir; alıcı güvence istiyorsa yaptırılabilir. Şarj basıncı kusurunun kaynağı Faz 1'deki basınç testiyle belirlenecektir: hatta kaçak bulunursa 2 numaralı kalem, turbo aşınması tespit edilirse değişim ünitesi için ek 3.200 – 4.800 EUR öngörülmelidir.

BÖLÜM 20

SONUÇ VE TAVSİYE

Sörveyörün Görüşü – İskele Ana Makine

Bu makinenin **mekanik durumu sağlamdır** ve bu, raporun en önemli bulgusudur. Sıkıştırma değerleri %97–99 arasında, silindirler arası fark yalnızca 2 puandır; krank muhafaza basıncı motor dururken ölçülen taban değerden tam gazda yalnızca 57 mbar yükselmekte, yani segman–gömlek sızdırmazlığı mükemmel durumdadır. Yağ basıncı bütün kademelerde referans makineyle neredeyse aynıdır.

Tespit edilen kusurlar **enjeksiyon ve şarj tarafındadır ve hedefli onarımla giderilebilir**. Altı bağımsız ECU testi 4 numaralı silindiri işaret etmektedir: silindir balansında %+14,8 sapma, kapatma testinde yalnızca 23 rpm düşüş (diğerleri 61–67), hızlanma testinde %78 katkı (diğerleri %99–103), egzoz sıcaklığında 41 °C soğukluk, dondurulmuş çerçevede 14,2 A sürücü akımı (beklenen 18–22 A) ve SID:4 FMI:5 arıza kodu. **Sıkıştırma testinin bu silindirde normal çıkması, sorunun mekanik değil enjektör kaynaklı olduğunu kanıtlar** – bu ayırım, onarımın kapsamını ve maliyetini doğrudan belirler.

İkinci kusur şarj basıncındaki düşüklüktür. Arıza kodu silindikten sonra **deniz denemesinde yeniden ortaya çıkmıştır**; yani aktif ve gerçektir. Ancak kaynağının turbo mu yoksa şarj havası hattındaki bir kaçak mı olduğu elektronik veriyle ayırt edilemez; basınç testi gerektirir.

Durum derecelendirmesi: GOOD (İyi). İki hedefli onarım sonrası makinenin EXCELLENT seviyesine ulaşması beklenmektedir.

Sörveyörün Görüşü – Sancak Ana Makine

Bu makine, uygulanan on iki teşhis fonksiyonunun tamamında referans değerlerin içinde kalmıştır. Sıkıştırma homojenliği 2 puan, silindir balansında en yüksek sapma %+3,1, hızlanma testinde katkı dağılımı %99–101, krank muhafaza basıncı tam gazda taban değerinin yalnızca 49 mbar üzerinde. Nominal devrini (2.300 rpm) tam olarak almaktadır.

Hafızasındaki üç pasif kod silindikten sonra, 3 saat 12 dakikalık deniz denemesi boyunca **hiçbiri geri gelmemiştir**. Bu, üç kodun da geçmişe ait olduğunu ve

güncel bir arıza bulunmadığını kanıtlar — pasif kodların yorumlanmasındaki en büyük belirsizlik bu yöntemle ortadan kaldırılmıştır.

Bu makine aynı zamanda raporun **metodolojik dayanağıdır**: iskele makinede ölçülen her sapmanın dış koşullardan değil motorun kendisinden kaynaklandığını kanıtlayan kontrol örneğidir.

Durum derecelendirmesi: **EXCELLENT** (Mükemmel).

Tavsiye

HEDEFLİ ONARIMLARLA TAVSİYE EDİLİR

Her iki makinenin de **mekanik durumu sağlamdır**; sıkıştırma, krank muhafaza basıncı ve yağ basıncı değerleri bunu bağımsız olarak doğrulamaktadır. Tespit edilen kusurlar enjeksiyon ve şarj tarafında, **hedefli ve sınırlı maliyetli onarımlarla giderilebilir** niteliktedir.

Aşağıdaki üç koşulun sözleşmeye bağlanması önerilir:

- İskele makinenin 4 numaralı enjektörünün OEM parça ile değiştirilmesi** ve kontrol ünitesine kodlanması.
- Şarj havası hattının basınç testinden geçirilmesi** ve çıkan bulguya göre onarılması. Turbo aşınması tespit edilirse ek bütçe öngörülmelidir.
- Onarım sonrası doğrulama**: bu raporda uygulanan on iki ECU fonksiyonunun tamamı tekrarlanmalı, arıza kodları silinip en az üç saatlik bir seyir sonrası yeniden okunmalı ve Bölüm 18'deki kabul kriterleri yazılı olarak teslim edilmelidir.

Sancak ana makine için herhangi bir onarım önerilmemektedir; periyodik bakım yeterlidir.

DERECE	TÜRKÇE	TANIM
EXCELLENT	Mükemmel	Uygulanan tüm ECU fonksiyonlarında referans değerlerin içinde. Aktif arıza kodu yok.
GOOD	İyi	Mekanik durumu sağlam; hedefli ve sınırlı maliyetli onarımlarla giderilebilir kusurlar var.
FAIR	Orta	Kullanılabilir, ancak planlı ve kapsamlı onarım gerektiren bulgular mevcut.
POOR	Zayıf	Önemli bulgular mevcut. Onarım yapılmadan güvenilir kullanım mümkün değil.
UNSERVICEABLE	Kullanılamaz	Çalışmıyor veya çalıştırılması tehlikeli.

Tablo 20.1 — Durum derecelendirme skalası.

EKLER

REFERANSLAR, SÖZLÜK VE VERİ KAYNAĞI

EK-A · Arıza Kodu Yapısı

SAE J1587/J1939 standardında arıza kodları iki parçadan oluşur. **PID** (Parameter Identifier) veya **SID** (Subsystem Identifier) *neyin* arızalandığını, **FMI** (Failure Mode Identifier) ise *nasıl* arızalandığını belirtir. Örneğin PID:98 FMI:1, “yağ seviyesi parametresi, normal işlemsel aralığın altında” anlamına gelir.

FMI	ANLAMI	TIPIK SEBEP
0	Veri geçerli ama normal işlemsel aralığın üstünde	Gerçek bir aşırı değer (hararet, aşırı basınç) veya sensör kayması
1	Veri geçerli ama normal işlemsel aralığın altında	Gerçek bir düşük değer veya sensör/şamandıra arızası
2	Veri hatalı, aralıklı veya yanlış	Kablo temassızlığı, parazit
3	Voltaj normalin üstünde veya artıya kısa devre	Tesisat sürtünmesi, yalıtım hasarı
4	Voltaj normalin altında veya şaseye kısa devre	Tesisat hasarı, su girişi
5	Akım normalin altında veya açık devre	Soket çıkmış, bobin kopuk
7	Mekanik sistem beklenen tepkiyi vermiyor	Aktüatör sıkışması, mekanik bağlantı kopukluğu

Tablo A.1 — Raporda geçebilecek FMI kodlarının anlamı.

EK-B • Terimler Sözlüğü

TERİM	AÇIKLAMA
Blow-by	Yanma gazlarının segman-gömlek arasından kartere kaçması. Segman sızdırmazlığının doğrudan ölçüsü.
Boost / şarj basıncı	Turbonun emme manifolduna bastığı aşırı hava basıncı. Silindire giren hava kütesini belirler.
Derating	Kontrol ünitesinin bir arıza algıladığında motor gücünü kendiliğinden kısıması. Koruma amaçlıdır ama seyirde ani güç kaybı yaratır.
Dondurulmuş çerçeve	Bir arıza kodu kaydedildiği anda ECU'nun sakladığı çalışma verisi. Arızanın hangi koşulda oluştuğunu gösterir.
ECU / EECU	Motor elektronik kontrol ünitesi. Yakıt miktarını, zamanlamayı ve koruma stratejilerini yönetir.
Hunting	Rölanti devrinin sürekli dalgalanması. Silindirlerin eşit tork üretemediğinin göstergesi.
In-frame overhaul	Blok içi revizyon. Motor tekneden çıkarılmadan piston, segman, gömlek ve silindir kapağının yenilenmesi.
Motor dolumu	O devirde üretilebilecek maksimum torkun yüzde kaçının kullanıldığı. Gerçek yükün ölçüsü.
Rölatif sıkıştırma	ECU'nun marş sırasındaki devir dalgalanmasından hesapladığı, silindirler arası oransal karşılaştırma. Mutlak basınç değildir.
Silindir balansı	ECU'nun rölantiyi korumak için her silindire gönderdiği yakıt miktarının ortalamadan sapması.
Smoke limit	Yetersiz hava olduğunda ECU'nun siyah dumanı önlemek için yakıtı kısıması. Güç kaybı olarak hissedilir.
Spread	Bir ölçümde en yüksek ve en düşük silindir değeri arasındaki fark. Homojenliğin ölçüsü.
Yaş test	Silindire az miktarda yağ verilerek sıkıştırma testinin tekrarlanması. Kaybın segmandan mı valften mi olduğunu ayırt eder. Bu raporun kapsamı dışındadır.

EK-C · ECU Parametre Referansı ve Limit Değerler

RAPOR ALANI	ECU PARAMETRESİ	NORMAL	UYARI	KRITİK
Rölatif sıkıştırma	Sıkıştırma testi — silindir değerleri %	> %95	%85–95	< %85
Sıkıştırma spread	Aynı testten türetilir TÜRETİLEN	< 4 puan	4–8 puan	> 8 puan
Silindir balansı	Silindir balansı — sapma %	< ±%5	±%5–10	> ±%10
Rölanti tüketimi	Enjeksiyon değerlendirmesi — toplam tüketim L/h	0,5–2,5 L/h	2,5–3,0	> 3,0 L/h
Rölanti motor dolumu	Motor dolumu %	< %5	%5–7	> %7
Krank muhafaza basıncı	Motor krank muhafaza basıncı (uzatılmış aralık) mbar	< 100 mbar	100–150	> 150 mbar
Şarj basıncı	Turbo basıncı bar	Referans makine veya üretici eğrisine göre; %15’ten fazla sapma incelenmelidir		
Yağ basıncı — rölanti	Motor yağ basıncı bar	> 3,0 bar	2,5–3,0	< 2,5 bar
Yağ basıncı — yük altı	Motor yağ basıncı bar	> 4,0 bar	3,5–4,0	< 3,5 bar
Yakıt besleme basıncı	Yakıt (düşük basınç tarafı) bar	4,0–5,0 bar	3,5–4,0	< 3,5 bar
Yakıtta su	Yakıt algılama sensöründe su var	HAYIR	—	EVET
Soğutucu sıcaklığı	Soğutucu sıvı sıcaklığı °C	< 88 °C	88–95	> 95 °C
Yağ sıcaklığı	Motor yağ sıcaklığı °C	< 100 °C	100–110	> 110 °C
Akü voltajı	Akü voltajı (müshür) V	24 V sistemde çalışırken 28,0–28,8 V		
Ulaşılan güç	Motor torku × devir ÷ 9549 TÜRETİLEN	> %95	%90–95	< %90
Egzoz manifold sıcaklığı	Egzoz manifold sıcaklığı °C	Silindirler arası fark < 15 °C; mutlak değer üretici eğrisine göre		
Rail basıncı	Enjeksiyon rampa basıncı bar	Her kademede hedef değere oturmalı; sapma %10’u aşmamalı		
Hızlanma testi katkısı	Hızlanma testi — silindir katkısı %	> %95	%85–95	< %85
Nominal güç / devir	Nominal motor gücü HP · nominal motor rpm	Karşılaştırma tabanı — ECU’dan okunur		

Tablo C.1 — Raporda kullanılan her parametrenin ECU karşılığı ve değerlendirme eşikleri. Eşikler örnek rapor amacıyla verilmiş temsili değerlerdir; sahada geçerli olan tek referans, motorun güncel üretici servis dokümanıdır.

EK-D · Saha Veri Toplama Protokolü

Bu raporun üretilmesi için teknede toplanması gereken veri seti. Protokolün yayımlanması, müşterinin raporun hangi ölçümlere dayandığını bağımsız olarak doğrulayabilmesini sağlar.

ADIM	TOPLANAN VERİ	ÖN KOŞUL	NOT
1	Sistem taraması ve kimlik verileri	Kontak açık	Tüm kontrol üniteleri
2	Arıza kodları + dondurulmuş çerçeve	Silmeden önce	Tekrar sayısı ve saatler mutlaka kaydedilmeli
3	Sıkıştırma testi	Motor kapalı · soğutucu > 75 °C · akü tam şarjlı	Ekran görüntüsü alınmalı
4	Enjeksiyon değerlendirmesi	Rölanti · soğutucu > 70 °C	En az üç tekrar
5	Silindir balansı	Rölanti sabit · soğutucu > 70 °C	Test düşerse kaç denemede düştüğü not edilmeli — bu da bir bulgudur
6	Silindir kapatma	Rölanti	Cihaz anlık değer kaydeder; katkı karşılaştırması için kullanılamaz (Bölüm 7)
7	Devir kademeleri — 7–8 kademe	Makine vitesde · açık su · diğer makine boşta	Her kademede değerler kararlı olana dek beklenip kayıt alınmalı
8	Tam gaz kademesi	Açık su · güvenli mesafe	Ulaşılan maksimum devir güç hesabının temelidir
6b	Hızlanma testi	Isınmış motor · PTO devre dışı	Sonuç tablosu Excel'e aktarılmalı — yazıcı çıktısına girmez
6c	Motor yük profili ve tarihçe datası	Kontak açık	Yük profili Excel'e aktarılmalı
8b	Arıza kodlarının silinmesi	Tüm kodlar kaydedildikten sonra	Silme öncesi kayıt alınmadan asla silinmez
8c	Silme sonrası yeniden okuma	En az 3 saatlik seyir · tam yük dâhil	Geri gelen kod gerçek, gelmeyen kod geçmişe aittir
9	Krank muhafaza basıncı — sıfır referansı	Motor durmuş, kontak açık	Taban okuma alınmadan bu parametre yorumlanamaz (Bölüm 9)
10	Araçsız görsel teyit	Motor durdurulmuş	Yalnızca sıvı seviyeleri ve gözle görülür kaçak izleri

Tablo D.1 — Her makine için toplanacak veri. Eksik kalan bir kalem, raporda açıkça “ölçülemedi” olarak işaretlenir.

EK-F · Teşhis Cihazında Mevcut Olup Bu Raporla Kullanılmayan Fonksiyonlar

Teşhis cihazı, motor modeline göre aşağıdaki ek fonksiyonları da sunabilmektedir. Bu raporda kullanılmamışlardır; gerekçeleri tabloda belirtilmiştir.

FONKSİYON	NE VERİR	BU RAPORDA NEDEN YOK
Hızlanma testi	Silindir silindir uygulanır; sonuç tablosu Excel'e aktarılarak alınır. Silindir katkı karşılaştırması için en uygun fonksiyondur.	Her motor menüsünde bulunmaz ve sonuç yazıcı çıktısına girmez; Excel aktarımı gerekir. Bu ölçümde alınmamıştır.
Motor yük profili	Motorun ömrü boyunca hangi yük ve devir bandında ne kadar çalıştığını gösterir. Kullanım profilini kanıtlar.	Sonuç Excel'e aktarılır, yazıcı çıktısına girmez. Bu ölçümde alınmamıştır.
Tarihçe datası	Çalıştırma sayısı, ortalama devir ve ortalama yük, uyarı lambası altında geçen süre, toplam ECU çalışma süresi.	Her motor ailesinde desteklenmez; bu motorlarda okunamamıştır.
Zengin dondurulmuş çerçeve	Bazı motor ailelerinde arıza anındaki devir, sıcaklık, basınç ve aktüatör konumlarını da kaydeder.	Bu motor ailesinde dondurulmuş çerçeve yalnızca ilk ve son ortaya çıkış servis saatini içermektedir.
Egzoz manifold sıcaklığı	Yanma kalitesinin doğrudan göstergesi; silindir arası termal dengeyi açığa çıkarır.	Bu motor ailesinin kontrol ünitesinde böyle bir parametre bulunmamaktadır.

Tablo F.1 — Kullanılmayan fonksiyonlar ve gerekçeleri. Bir sonraki ölçümde bunlardan bazıları kullanılabilir hale getirilebilir.

EK-E · Referans Standartlar

- IIMS** — International Institute of Marine Surveying: sörvey yürütme ve raporlama esasları.
- ABYC** — American Boat & Yacht Council: P-1 (tahrik sistemleri), E-11 (DC elektrik sistemleri), H-24 (yakıt sistemleri).
- SAE J1587 / J1939** — Ağır vasıta ve marin elektronik haberleşme ve arıza kodu yapısı.
- Üretici servis dokümanı** — İlgili motor modeline ait güncel atölye el kitabı ve servis bültenleri. Limit değerler için birincil kaynaktır.

BEYAN

SÖRVEYÖR BEYANI

Bu rapor, yukarıda tanımlanan tekneye ait motor kontrol ünitelerinden teşhis cihazı ile okunan verilerin, uluslararası denizcilik standartlarına (IIMS, ABYC) uygun olarak tarafımca incelenmesiyle hazırlanmıştır.

Rapor, belirtilen tarih ve koşullarda elde edilen **elektronik veriyle sınırlıdır**. Bölüm 2'de açıkça listelendiği üzere; fiziki sıkıştırma ölçümü, yaş test, endoskopik muayene, laboratuvar analizi, turbo boşluk ölçümü, kaçak testi ve titreşim ölçümü bu raporun kapsamı dışındadır ve rapordaki hiçbir sonuç bu yöntemlere dayandırılmamıştır. Söküm sonrası görülebilecek kusurları kapsamaz. Tahmini bedeller bağlayıcı teklif değildir.

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını ve tüm değerlendirmelerin dürüstlük ilkesi çerçevesinde, en iyi mesleki yargımla yapıldığını beyan ederim.

Bu belge bir numune (örnek) rapordur. İçindeki tekne, makine ve ölçüm bilgileri rapor formatının gösterilmesi amacıyla kurgulanmıştır; gerçek bir sörvey kaydı değildir.

Serkan KOTEL

Accredited Marine Surveyor (IIMS) · Naval Architect
Makine Usta Öğretici

Rapor No

YS-DGN-2026-0163-ÖRN
Düzenleme tarihi: 02.10.2026