



**BOR KATKILI ALTERNATİF YAKIT
KULLANIMININ MİKRO TURBOJET
MOTOR PERFORMANS ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ
Doktora Tezi**

Selçuk EKİCİ

Eskişehir, 2019

**BOR KATKILI ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ MİKRO TURBOJET
MOTOR PERFORMANS ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Selçuk EKİCİ

DOKTORA TEZİ

**Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ
İkinci Danışman: Doç Dr. Mükerrerem ŞAHİN**

**Eskişehir
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Şubat 2019**

Bu tez çalışması BAP komisyonu tarafından kabul edilen 1707F452 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Selçuk Ekici'nin "Bor Katkılı Alternatif Yakıt Kullanımının Mikro Turbojet Motor Performans Etkilerinin İncelenmesi" başlıklı tezi 23/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ	
Üye	: Prof. Dr. Mehmet Hakkı ALMA	
Üye	: Prof. Dr. Necati MAHİR	
Üye	: Doç. Dr. Can Özgür ÇOLPAN	
Üye	: Doç. Dr. Önder ALTUNTAŞ	

Prof.Dr. Ersin YÜCEL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

BOR KATKILI ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ MİKRO TURBOJET MOTOR PERFORMANS ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Selçuk EKİCİ

Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şubat 2019

Danışman: Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ

İkinci Danışman: Doç. Dr. Mükerrerem ŞAHİN

Bu tez kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi alt yapısına, üzerinde iki adet turbojet motor ve veri toplama sistemi bulunan turbojet motor test standı tasarlanıp kurulmuştur. Test standında, kerozene çeşitli yüzdelerde alternatif yakıt karıştırılarak turbojet motorların performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Turbojet motorlar 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’lerde test edilmiştir. Elde edilen 1,000,000 yakın veriden motorların itki, yakıt debisi ve her bir komponentinin giriş-çıkışlarındaki sıcaklık, basınç haritaları fonksiyon tahminleme yöntemiyle sunulmuştur.

Proje numarası “1707F452” olan ve “Bor Katkılı Alternatif Yakıt Kullanımının Mikro Turbojet Motor Performans Etkilerinin İncelenmesi” başlıklı bu tez çalışması Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gaz türbini enstrümantasyon, Gaz türbinli motor performans, Turbojet motor performans, Alternatif jet yakıtı, Alternatif yakıt

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF ALTERNATIVE FUEL BORON BLEND ON MICRO TURBOJET ENGINE PERFORMANCE

Selçuk EKİCİ

Department of Airframe and Powerplant Maintenance

Eskişehir Technical University, Graduate School of Sciences

Supervisor: Prof. Dr. T. Hikmet KARAKOÇ

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mükerrerem ŞAHİN

In this study, a turbojet engine test stand with two turbojet engines and data collection system was designed and installed in Eskişehir Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics. Performance testing of turbojet engines have been carried out by blend alternative fuel in various percentages. Turbojet engines have been tested at 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm. Maps of thrust, fuel flow and temperature- pressure at the inlet / outlet of each component are presented by function estimation method.

Thesis studie has been performed in titled of " Investigation of the effects of alternative fuel boron blend on micro turbojet engine performance" that is supported by Eskişehir Technical University Scientific Research Projects Commission and the project number is 1707F452.

Anahtar Kelimeler: Gas türbine instrumentation, Gas türbine performance, Turbojet engine performance, Alternative jet fuel, Alternative fuel

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

imza

Selçuk EKİCİ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel Bilgiler	1
1.2. Literatür Taraması	3
2. TURBOJET MOTOR TEST STANDI TASARIMI, ÜRETİMİ, MONTAJI ve TANITIMI	19
2.1. Stand: Tabla ve Karkas Sistemi.....	22
2.1.1. Karkas sistemi.....	22
2.1.2. Lineer hareket sistemli kızaklı ray sistemi.....	25
2.1.3. Platform tipi itki ölçer (Yük hücresi/Loadcell).....	26
2.1.4. Akış ölçer	27
2.2. Turbojet Motorlar ve Ekipmanları	28
2.2.1. Turbojet motorlar	28
2.2.2. Turbojet motor ekipmanları	37
2.3. Veri Toplama Sistemi ve Ekipmanları.....	41
2.3.1. Veri toplama panosu	44
2.3.2. Yüksek sıcaklık termokupl jag paneli	46
2.3.3. Basınç sensörleri	46

2.3.4. Güç kaynağı	48
2.3.5. Yük hücresi transmitteri.....	49
2.3.6. Veri toplama kartları (Okuma modülleri - DAQ).....	49
2.3.7. Kompakt veri toplayıcı (cDAQ)	50
2.4. Turbojet Motor Test Standı Diğer Ekipmanları.....	51
3. TURBOJET MOTOR TEST STANDI YAZILIMI, ARAYÜZÜ, KALİBRASYONU ve GRAFİK İŞLEME.....	53
3.1. LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments for Engineering Workbench)	53
3.2. Turbojet Motor Test Standı Yazılımı.....	54
3.3. Turbojet Motor Test Standı Yazılım Arayüzü	61
3.4. Turbojet Motor Test Standı Kalibrasyonu.....	63
3.5. Grafik İşleme	66
4. YAKITLARIN TANITIMI, TEST PROSEDÜRÜ ve VERİLERİN ANALİZİ .	68
4.1. Yakıtların Tanıtımı	68
4.2. Test Prosedürü	69
4.3. Verilerin Analizi	71
5. BULGULAR ve SONUÇLAR.....	73
5.1. Bulgular.....	78
5.1.1. Geleneksel yakıt ile performans testi.....	78
5.1.2. Alternatif-geleneksel yakıt karışımı ile performans testi.....	133
5.2. Sonuçlar	383
5.2.1. KTEST–motor performans sonuçları.....	383
5.2.2. %TEST–motor performans sonuçları.....	408
KAYNAKÇA	412
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Literatürde havacılık alternatif yakıtları hakkında tartışılan başlıca konu başlıkları.....	7
Tablo 1.2. Uçuş testleri gerçekleştirilen biyojet yakıtlar.....	9
Tablo 1.3. Ticari uçuşlarda kullanılan biyojet yakıtları	11
Tablo 2.1. Turbojet motor test standını oluşturan ekipmanlar.....	20
Tablo 2.2. Turbojet motor yardımcı ekipmanları.....	37
Tablo 2.3. Veri toplama sistemi parçaları.....	41
Tablo 2.4. Veri toplama ünitesi elemanları.....	43
Tablo 3.1. Turbojet motor test standı yazılımı blok diyagram sembolizasyonu.....	54
Tablo 4.1. Veri yığıcı dağılım analizi.....	72
Tablo 5.1. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN basınç fonksiyon yaklaşımı.....	384
Tablo 5.2. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT basınç fonksiyon yaklaşımı.....	388
Tablo 5.3. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN basınç fonksiyon yaklaşımı.....	389
Tablo 5.4. KTEST-E1/E2 RPM-GTOUT basınç fonksiyon yaklaşımı.....	391
Tablo 5.5. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN sıcaklık fonksiyon yaklaşımı.....	395
Tablo 5.6. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT sıcaklık fonksiyon yaklaşımı.....	398
Tablo 5.7. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN sıcaklık fonksiyon yaklaşımı.....	400
Tablo 5.8. KTEST-E1/E2 RPM-EGT sıcaklık fonksiyon yaklaşımı.....	403
Tablo 5.9. KTEST-E1/E2 RPM-Thrust fonksiyon yaklaşımı.....	406
Tablo 5.10. KTEST-E1/E2 RPM-FM fonksiyon yaklaşımı.....	407

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Karkas sisteminde kullanılan 45x45 mm alüminyum sigma profil.....	22
Şekil 2.2. Karkas sistemi ön görünüş.....	23
Şekil 2.3. Karkas sistemi yan görünüş.....	23
Şekil 2.4. Karkas sistemi üst görünüş.....	23
Şekil 2.5. Karkas sistemi perspektif görünüş.....	23
Şekil 2.6. Turbojet motor test standı: Karkas sistemi.....	24
Şekil 2.7. Karkas sistemi krom kaplı ayak.....	24
Şekil 2.8. Lineer hareket sistemli kızak ray sistemi (a) ve L braket (b).....	25
Şekil 2.9. Platform tipi itki ölçer (a) ve tablaya montajı (b).....	26
Şekil 2.10. Akış ölçer (a) ve tablaya montajı (b).....	27
Şekil 2.11. JetCat P80 SE turbojet motor.....	28
Şekil 2.12. Turbojet motor enstrümantasyon teknik resmi.....	29
Şekil 2.13. T_0 ve T_3 termokupllarının turbojet motor üzerindeki yerleşimi...	31
Şekil 2.14. P_1 ve P_2 basınç tüplerinin turbojet motor üzerindeki yerleşimi....	32
Şekil 2.15. T_1 , T_2 , P_0 ve P_3 sırasıyla termokupllar ve basınç tüplerinin turbojet motor üzerindeki yerleşimi.....	32
Şekil 2.16. Plaka (a), plaka-takoz (b), montaj kelepçesi (c), kızak ray – kelepçe (d), turbojet motor – kızak ray sistemi (e), turbojet motor – itki ölçer (f) montajı.....	36
Şekil 2.17. Turbojet motor yardımcı ekipmanların elektronik kontrol ünitesine (ECU) bağlantısı (a) ve tüm ekipmanların tablaya bağlantı konumları.....	38
Şekil 2.18. Yakıt hattı, hızlı konnektör/nipel, yakıt ve yakıt deposu filtreleri (tank clunk).....	40
Şekil 2.19. Veri toplama panosunun dış kasası.....	44
Şekil 2.20. Veri toplama panosu termokupllar (a) ve basınç sensörlerinin yerleşimi (c) ve şematik gösterimi (b, d).....	45
Şekil 2.21. Termokupl panel ve konnektör bağlantısı.....	46
Şekil 2.22. Basınç sensörleri ve hat sistemi bağlantısı.....	47
Şekil 2.23. Veri toplama sistemi içerisinde basınç sensörlerinin görüntüsü	48
Şekil 2.24. Veri toplama sistemi güç kaynağı.....	48

Şekil 2.25.	Veri toplama sistemi içerisinde yük hücresi transmitterlarının görünümü.....	49
Şekil 2.26.	Veri toplama sistemi içerisinde okuma modüllerinin görünümü.....	50
Şekil 2.27.	Veri toplama sistemi içerisinde kompakt veri toplayıcının görünümü.....	50
Şekil 2.28.	Test standında kullanılan yakıt depolarının görünümü.....	51
Şekil 2.29.	Test standında kullanılan gaz hattı.....	51
Şekil 3.1.	Örnek LabVIEW blok diyagram ve ön panel görünümü.....	54
Şekil 3.2.	4 bar'lık basınç sensörünün eğimi.....	55
Şekil 3.3.	Yazılımın tam ekran blok diyagramı.....	57
Şekil 3.4.	Blok diyagram – basınçlar.....	58
Şekil 3.5.	Blok diyagram – itkiler.....	58
Şekil 3.6.	Blok diyagram – debiler.....	59
Şekil 3.7.	Blok diyagram – sıcaklıklar.....	59
Şekil 3.8.	Blok diyagram – excel kayıt.....	60
Şekil 3.9.	Blok diyagram – farklar.....	60
Şekil 3.10.	Turbojet motor test standı yazılım arayüzü.....	62
Şekil 3.11.	Gerçek zamanlı test kaydı.....	63
Şekil 3.12.	Termokupl konnektör paneli bağlantıları ve kalibratörü.....	64
Şekil 3.13.	Basınç sensörleri boru hattı ve kalibratörü.....	64
Şekil 3.14.	Akış ölçerler için örnek kapalı devre yakıt hattı.....	65
Şekil 3.15.	Graphing Calculator 3D programı kullanıcı arayüzü.....	66
Şekil 4.1.	Triethyl borate (a) ve tribenzyl borate (b) 3 boyutlu yapıları.....	68
Şekil 4.2.	Geleneksel – alternatif yakıt karışımları.....	69
Şekil 4.3.	Örnek test görüntüsü.....	71
Şekil 5.1.	Turbojet motorun kerozen ile test edilmesi sonucunda ortaya çıkan grafikler; (a) her bir komponentin, belirlenen rpm'deki grafiği, (b) her rpm'deki tüm motorun grafiği, (c) her bir komponentin, zamanla değişen rpm grafiği.....	77
Şekil 5.2.	KTEST-E1, 35000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü.....	80
Şekil 5.3.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı.....	81
Şekil 5.4.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı.....	81

Şekil 5.5.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı.....	82
Şekil 5.6.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı.....	82
Şekil 5.7.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	83
Şekil 5.8.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	83
Şekil 5.9.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	84
Şekil 5.10.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	84
Şekil 5.11.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı.....	85
Şekil 5.12.	KTEST-E1, 35000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	85
Şekil 5.13.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı.....	86
Şekil 5.14.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı.....	86
Şekil 5.15.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı.....	87
Şekil 5.16.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı.....	87
Şekil 5.17.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	88
Şekil 5.18.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	88
Şekil 5.19.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	89
Şekil 5.20.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	89
Şekil 5.21.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı.....	90
Şekil 5.22.	KTEST-E1, 50000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	90
Şekil 5.23.	KTEST-E1, 50000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü.....	91
Şekil 5.24.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı.....	92
Şekil 5.25.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı.....	92
Şekil 5.26.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı.....	93
Şekil 5.27.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı.....	93
Şekil 5.28.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	94
Şekil 5.29.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	94
Şekil 5.30.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	95
Şekil 5.31.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	95
Şekil 5.32.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı.....	96
Şekil 5.33.	KTEST-E1, 60000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	96
Şekil 5.34.	KTEST-E1, 60000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü.....	97
Şekil 5.35.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı.....	98

Şekil 5.36.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı.....	98
Şekil 5.37.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı.....	99
Şekil 5.38.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı.....	99
Şekil 5.39.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	100
Şekil 5.40.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	100
Şekil 5.41.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	101
Şekil 5.42.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	101
Şekil 5.43.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı.....	102
Şekil 5.44.	KTEST-E1, 70000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	102
Şekil 5.45.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı.....	103
Şekil 5.46.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı.....	103
Şekil 5.47.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı.....	104
Şekil 5.48.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı.....	104
Şekil 5.49.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	105
Şekil 5.50.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	105
Şekil 5.51.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	106
Şekil 5.52.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	106
Şekil 5.53.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı.....	107
Şekil 5.54.	KTEST-E1, 80000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	107
Şekil 5.55.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı.....	108
Şekil 5.56.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı.....	108
Şekil 5.57.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı.....	109
Şekil 5.58.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı.....	109
Şekil 5.59.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	110
Şekil 5.60.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	110
Şekil 5.61.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	111
Şekil 5.62.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	111
Şekil 5.63.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı.....	112
Şekil 5.64.	KTEST-E2, 35000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	112
Şekil 5.65.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı.....	113
Şekil 5.66.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı.....	113

Şekil 5.67.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı.....	114
Şekil 5.68.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı.....	114
Şekil 5.69.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	115
Şekil 5.70.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	115
Şekil 5.71.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	116
Şekil 5.72.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	116
Şekil 5.73.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı.....	117
Şekil 5.74.	KTEST-E2, 50000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	117
Şekil 5.75.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı.....	118
Şekil 5.76.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı.....	118
Şekil 5.77.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı.....	119
Şekil 5.78.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı.....	119
Şekil 5.79.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	120
Şekil 5.80.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	120
Şekil 5.81.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	121
Şekil 5.82.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	121
Şekil 5.83.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı.....	122
Şekil 5.84.	KTEST-E2, 60000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	122
Şekil 5.85.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı.....	123
Şekil 5.86.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı.....	123
Şekil 5.87.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı.....	124
Şekil 5.88.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı.....	124
Şekil 5.89.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	125
Şekil 5.90.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	125
Şekil 5.91.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	126
Şekil 5.92.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	126
Şekil 5.93.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı.....	127
Şekil 5.94.	KTEST-E2, 70000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	127
Şekil 5.95.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı.....	128
Şekil 5.96.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı.....	128
Şekil 5.97.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı.....	129

Şekil 5.98.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı.....	129
Şekil 5.99.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	130
Şekil 5.100.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı....	130
Şekil 5.101.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	131
Şekil 5.102.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	131
Şekil 5.103.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı.....	132
Şekil 5.104.	KTEST-E2, 80000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	132
Şekil 5.105.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı.....	133
Şekil 5.106.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı...	133
Şekil 5.107.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı.....	134
Şekil 5.108.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı...	134
Şekil 5.109.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	135
Şekil 5.110.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	135
Şekil 5.111.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	136
Şekil 5.112.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	136
Şekil 5.113.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı.....	137
Şekil 5.114.	%1TEST-E2, 35000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı...	137
Şekil 5.115.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı.....	138
Şekil 5.116.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı...	138
Şekil 5.117.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı.....	139
Şekil 5.118.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı...	139
Şekil 5.119.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	140
Şekil 5.120.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	140
Şekil 5.121.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	141
Şekil 5.122.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	141
Şekil 5.123.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı.....	142
Şekil 5.124.	%1TEST-E2, 50000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı...	142
Şekil 5.125.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı.....	143
Şekil 5.126.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı...	143
Şekil 5.127.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı.....	144
Şekil 5.128.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı...	144

Şekil 5.129.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	145
Şekil 5.130.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	145
Şekil 5.131.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	146
Şekil 5.132.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	146
Şekil 5.133.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı.....	147
Şekil 5.134.	%1TEST-E2, 60000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı...	147
Şekil 5.135.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı.....	148
Şekil 5.136.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı...	148
Şekil 5.137.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı.....	149
Şekil 5.138.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı...	149
Şekil 5.139.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	150
Şekil 5.140.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	150
Şekil 5.141.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	151
Şekil 5.142.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	151
Şekil 5.143.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı.....	152
Şekil 5.144.	%1TEST-E2, 70000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı...	152
Şekil 5.145.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı.....	153
Şekil 5.146.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı...	153
Şekil 5.147.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı.....	154
Şekil 5.148.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı...	154
Şekil 5.149.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	155
Şekil 5.150.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	155
Şekil 5.151.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	156
Şekil 5.152.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	156
Şekil 5.153.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı.....	157
Şekil 5.154.	%1TEST-E2, 80000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı...	157
Şekil 5.155.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı.....	158
Şekil 5.156.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı...	158
Şekil 5.157.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	159
Şekil 5.158.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı...	159
Şekil 5.159.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	160

Şekil 5.160.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	160
Şekil 5.161.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	161
Şekil 5.162.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	161
Şekil 5.163.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı.....	162
Şekil 5.164.	%2TEST-E2, 35000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı...	162
Şekil 5.165.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı.....	163
Şekil 5.166.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı...	163
Şekil 5.167.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	164
Şekil 5.168.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı...	164
Şekil 5.169.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	165
Şekil 5.170.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	165
Şekil 5.171.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	166
Şekil 5.172.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	166
Şekil 5.173.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı.....	167
Şekil 5.174.	%2TEST-E2, 50000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı...	167
Şekil 5.175.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı.....	168
Şekil 5.176.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı...	168
Şekil 5.177.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	169
Şekil 5.178.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı...	169
Şekil 5.179.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	170
Şekil 5.180.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	170
Şekil 5.181.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	171
Şekil 5.182.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	171
Şekil 5.183.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı.....	172
Şekil 5.184.	%2TEST-E2, 60000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı...	172
Şekil 5.185.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı.....	173
Şekil 5.186.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı...	173
Şekil 5.187.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	174
Şekil 5.188.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	174
Şekil 5.189.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	175
Şekil 5.190.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	175

Şekil 5.191.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	176
Şekil 5.192.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	176
Şekil 5.193.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı.....	177
Şekil 5.194.	%2TEST-E2, 70000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı...	177
Şekil 5.195.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı.....	178
Şekil 5.196.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı...	178
Şekil 5.197.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı.....	179
Şekil 5.198.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı...	179
Şekil 5.199.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	180
Şekil 5.200.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	180
Şekil 5.201.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	181
Şekil 5.202.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	181
Şekil 5.203.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı.....	182
Şekil 5.204.	%2TEST-E2, 80000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı...	182
Şekil 5.205.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı.....	183
Şekil 5.206.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı...	183
Şekil 5.207.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı.....	184
Şekil 5.208.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı...	184
Şekil 5.209.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	185
Şekil 5.210.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	185
Şekil 5.211.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	186
Şekil 5.212.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	186
Şekil 5.213.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı.....	187
Şekil 5.214.	%3TEST-E2, 35000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı...	187
Şekil 5.215.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı.....	188
Şekil 5.216.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı...	188
Şekil 5.217.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı.....	189
Şekil 5.218.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı...	189
Şekil 5.219.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	190
Şekil 5.220.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	190
Şekil 5.221.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	191

Şekil 5.222.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	191
Şekil 5.223.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı.....	192
Şekil 5.224.	%3TEST-E2, 50000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı...	192
Şekil 5.225.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı.....	193
Şekil 5.226.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı...	193
Şekil 5.227.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı.....	194
Şekil 5.228.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı...	194
Şekil 5.229.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	195
Şekil 5.230.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	195
Şekil 5.231.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	196
Şekil 5.232.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	196
Şekil 5.233.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı.....	197
Şekil 5.234.	%3TEST-E2, 60000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı...	197
Şekil 5.235.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı.....	198
Şekil 5.236.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı...	198
Şekil 5.237.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı.....	199
Şekil 5.238.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı...	199
Şekil 5.239.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	200
Şekil 5.240.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	200
Şekil 5.241.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	201
Şekil 5.242.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	201
Şekil 5.243.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı.....	202
Şekil 5.244.	%3TEST-E2, 70000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı...	202
Şekil 5.245.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı.....	203
Şekil 5.246.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı...	203
Şekil 5.247.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı.....	204
Şekil 5.248.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı...	204
Şekil 5.249.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	205
Şekil 5.250.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	205
Şekil 5.251.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	206
Şekil 5.252.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	206

Şekil 5.253.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı.....	207
Şekil 5.254.	%3TEST-E2, 80000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı...	207
Şekil 5.255.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı.....	208
Şekil 5.256.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı...	208
Şekil 5.257.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı.....	209
Şekil 5.258.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı...	209
Şekil 5.259.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	210
Şekil 5.260.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	210
Şekil 5.261.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	211
Şekil 5.262.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	211
Şekil 5.263.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı.....	212
Şekil 5.264.	%4TEST-E2, 35000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı...	212
Şekil 5.265.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı.....	213
Şekil 5.266.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı...	213
Şekil 5.267.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı.....	214
Şekil 5.268.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı...	214
Şekil 5.269.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	215
Şekil 5.270.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	215
Şekil 5.271.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	216
Şekil 5.272.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	216
Şekil 5.273.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı.....	217
Şekil 5.274.	%4TEST-E2, 50000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı...	217
Şekil 5.275.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı.....	218
Şekil 5.276.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı...	218
Şekil 5.277.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı.....	219
Şekil 5.278.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı...	219
Şekil 5.279.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	220
Şekil 5.280.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	220
Şekil 5.281.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	221
Şekil 5.282.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	221
Şekil 5.283.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı.....	222

Şekil 5.284.	%4TEST-E2, 60000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı...	222
Şekil 5.285.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı.....	223
Şekil 5.286.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı...	223
Şekil 5.287.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı.....	224
Şekil 5.288.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı...	224
Şekil 5.289.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	225
Şekil 5.290.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	225
Şekil 5.291.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	226
Şekil 5.292.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	226
Şekil 5.293.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı.....	227
Şekil 5.294.	%4TEST-E2, 70000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı...	227
Şekil 5.295.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı.....	228
Şekil 5.296.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı...	228
Şekil 5.297.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı.....	229
Şekil 5.298.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı...	229
Şekil 5.299.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	230
Şekil 5.300.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	230
Şekil 5.301.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	231
Şekil 5.302.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	231
Şekil 5.303.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı.....	232
Şekil 5.304.	%4TEST-E2, 80000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı...	232
Şekil 5.305.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı.....	233
Şekil 5.306.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı...	233
Şekil 5.307.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı.....	234
Şekil 5.308.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı...	234
Şekil 5.309.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	235
Şekil 5.310.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	235
Şekil 5.311.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	236
Şekil 5.312.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	236
Şekil 5.313.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı.....	237
Şekil 5.314.	%5TEST-E2, 35000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı...	237

Şekil 5.315.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı.....	238
Şekil 5.316.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı...	238
Şekil 5.317.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı.....	239
Şekil 5.318.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı...	239
Şekil 5.319.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	240
Şekil 5.320.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	240
Şekil 5.321.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	241
Şekil 5.322.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	241
Şekil 5.323.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı.....	242
Şekil 5.324.	%5TEST-E2, 50000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı...	242
Şekil 5.325.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı.....	243
Şekil 5.326.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı...	243
Şekil 5.327.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı.....	244
Şekil 5.328.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı...	244
Şekil 5.329.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	245
Şekil 5.330.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	245
Şekil 5.331.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	246
Şekil 5.332.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	246
Şekil 5.333.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı.....	247
Şekil 5.334.	%5TEST-E2, 60000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı...	247
Şekil 5.335.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı.....	248
Şekil 5.336.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı...	248
Şekil 5.337.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı.....	249
Şekil 5.338.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı...	249
Şekil 5.339.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	250
Şekil 5.340.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	250
Şekil 5.341.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	251
Şekil 5.342.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	251
Şekil 5.343.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı.....	252
Şekil 5.344.	%5TEST-E2, 70000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı...	252
Şekil 5.345.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı.....	253

Şekil 5.346.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı...	253
Şekil 5.347.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı.....	254
Şekil 5.348.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı...	254
Şekil 5.349.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	255
Şekil 5.350.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	255
Şekil 5.351.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	256
Şekil 5.352.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	256
Şekil 5.353.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı.....	257
Şekil 5.354.	%5TEST-E2, 80000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı...	257
Şekil 5.355.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı.....	258
Şekil 5.356.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı...	258
Şekil 5.357.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı.....	259
Şekil 5.358.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı...	259
Şekil 5.359.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	260
Şekil 5.360.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	260
Şekil 5.361.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	261
Şekil 5.362.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	261
Şekil 5.363.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı.....	262
Şekil 5.364.	%6TEST-E2, 35000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı...	262
Şekil 5.365.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı.....	263
Şekil 5.366.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı...	263
Şekil 5.367.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı.....	264
Şekil 5.368.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı...	264
Şekil 5.369.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	265
Şekil 5.370.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	265
Şekil 5.371.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	266
Şekil 5.372.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	266
Şekil 5.373.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı.....	267
Şekil 5.374.	%6TEST-E2, 50000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı...	267
Şekil 5.375.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı.....	268
Şekil 5.376.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı...	268

Şekil 5.377.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı.....	269
Şekil 5.378.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı...	269
Şekil 5.379.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	270
Şekil 5.380.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	270
Şekil 5.381.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	271
Şekil 5.382.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	271
Şekil 5.383.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı.....	272
Şekil 5.384.	%6TEST-E2, 60000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı...	272
Şekil 5.385.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı.....	273
Şekil 5.386.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı...	273
Şekil 5.387.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı.....	274
Şekil 5.388.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı...	274
Şekil 5.389.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	275
Şekil 5.390.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	275
Şekil 5.391.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	276
Şekil 5.392.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	276
Şekil 5.393.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı.....	277
Şekil 5.394.	%6TEST-E2, 70000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı...	277
Şekil 5.395.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı.....	278
Şekil 5.396.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı...	278
Şekil 5.397.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı.....	279
Şekil 5.398.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı...	279
Şekil 5.399.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	280
Şekil 5.400.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	280
Şekil 5.401.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	281
Şekil 5.402.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	281
Şekil 5.403.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı.....	282
Şekil 5.404.	%6TEST-E2, 80000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı...	282
Şekil 5.405.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı.....	283
Şekil 5.406.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı...	283
Şekil 5.407.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı.....	284

Şekil 5.408.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı...	284
Şekil 5.409.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	285
Şekil 5.410.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	285
Şekil 5.411.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	286
Şekil 5.412.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	286
Şekil 5.413.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı.....	287
Şekil 5.414.	%7TEST-E2, 35000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı...	287
Şekil 5.415.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı.....	288
Şekil 5.416.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı...	288
Şekil 5.417.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı.....	289
Şekil 5.418.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı...	289
Şekil 5.419.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	290
Şekil 5.420.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	290
Şekil 5.421.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	291
Şekil 5.422.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	291
Şekil 5.423.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı.....	292
Şekil 5.424.	%7TEST-E2, 50000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı...	292
Şekil 5.425.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı.....	293
Şekil 5.426.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı...	293
Şekil 5.427.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı.....	294
Şekil 5.428.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı...	294
Şekil 5.429.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	295
Şekil 5.430.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	295
Şekil 5.431.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	296
Şekil 5.432.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	296
Şekil 5.433.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı.....	297
Şekil 5.434.	%7TEST-E2, 60000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı...	297
Şekil 5.435.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı.....	298
Şekil 5.436.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı...	298
Şekil 5.437.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı.....	299
Şekil 5.438.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı...	299

Şekil 5.439.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	300
Şekil 5.440.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	300
Şekil 5.441.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	301
Şekil 5.442.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	301
Şekil 5.443.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı.....	302
Şekil 5.444.	%7TEST-E2, 70000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı...	302
Şekil 5.445.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı.....	303
Şekil 5.446.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı...	303
Şekil 5.447.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı.....	304
Şekil 5.448.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı...	304
Şekil 5.449.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	305
Şekil 5.450.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	305
Şekil 5.451.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	306
Şekil 5.452.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	306
Şekil 5.453.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı.....	307
Şekil 5.454.	%7TEST-E2, 80000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı...	307
Şekil 5.455.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı.....	308
Şekil 5.456.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı...	308
Şekil 5.457.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı.....	309
Şekil 5.458.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı...	309
Şekil 5.459.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	310
Şekil 5.460.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	310
Şekil 5.461.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	311
Şekil 5.462.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	311
Şekil 5.463.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı.....	312
Şekil 5.464.	%8TEST-E2, 35000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı...	312
Şekil 5.465.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı.....	313
Şekil 5.466.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı...	313
Şekil 5.467.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı.....	314
Şekil 5.468.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı...	314
Şekil 5.469.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	315

Şekil 5.470.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	315
Şekil 5.471.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	316
Şekil 5.472.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	316
Şekil 5.473.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı.....	317
Şekil 5.474.	%8TEST-E2, 50000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı...	317
Şekil 5.475.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı.....	318
Şekil 5.476.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı...	318
Şekil 5.477.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı.....	319
Şekil 5.478.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı...	319
Şekil 5.479.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	320
Şekil 5.480.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	320
Şekil 5.481.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	321
Şekil 5.482.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	321
Şekil 5.483.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı.....	322
Şekil 5.484.	%8TEST-E2, 60000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı...	322
Şekil 5.485.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı.....	323
Şekil 5.486.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı...	323
Şekil 5.487.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı.....	324
Şekil 5.488.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı...	324
Şekil 5.489.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	325
Şekil 5.490.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	325
Şekil 5.491.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	326
Şekil 5.492.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	326
Şekil 5.493.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı.....	327
Şekil 5.494.	%8TEST-E2, 70000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı...	327
Şekil 5.495.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı.....	328
Şekil 5.496.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı...	328
Şekil 5.497.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı.....	329
Şekil 5.498.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı...	329
Şekil 5.499.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	330
Şekil 5.500.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	330

Şekil 5.501.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	331
Şekil 5.502.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	331
Şekil 5.503.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı.....	332
Şekil 5.504.	%8TEST-E2, 80000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı...	332
Şekil 5.505.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı.....	333
Şekil 5.506.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı...	333
Şekil 5.507.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı.....	334
Şekil 5.508.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı...	334
Şekil 5.509.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	335
Şekil 5.510.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	335
Şekil 5.511.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	336
Şekil 5.512.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	336
Şekil 5.513.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı.....	337
Şekil 5.514.	%9TEST-E2, 35000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı...	337
Şekil 5.515.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı.....	338
Şekil 5.516.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı...	338
Şekil 5.517.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı.....	339
Şekil 5.518.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı...	339
Şekil 5.519.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	340
Şekil 5.520.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	340
Şekil 5.521.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	341
Şekil 5.522.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	341
Şekil 5.523.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı.....	342
Şekil 5.524.	%9TEST-E2, 50000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı...	342
Şekil 5.525.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı.....	343
Şekil 5.526.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı...	343
Şekil 5.527.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı.....	344
Şekil 5.528.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı...	344
Şekil 5.529.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	345
Şekil 5.530.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	345
Şekil 5.531.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	346

Şekil 5.532.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	346
Şekil 5.533.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı.....	347
Şekil 5.534.	%9TEST-E2, 60000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı...	347
Şekil 5.535.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı.....	348
Şekil 5.536.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı...	348
Şekil 5.537.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı.....	349
Şekil 5.538.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı...	349
Şekil 5.539.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	350
Şekil 5.540.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	350
Şekil 5.541.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	351
Şekil 5.542.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	351
Şekil 5.543.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı.....	352
Şekil 5.544.	%9TEST-E2, 70000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı...	352
Şekil 5.545.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı.....	353
Şekil 5.546.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı...	353
Şekil 5.547.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı.....	354
Şekil 5.548.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı...	354
Şekil 5.549.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı.....	355
Şekil 5.550.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.	355
Şekil 5.551.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı.....	356
Şekil 5.552.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı.....	356
Şekil 5.553.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı.....	357
Şekil 5.554.	%9TEST-E2, 80000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı...	357
Şekil 5.555.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı...	358
Şekil 5.556.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı.....	358
Şekil 5.557.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı...	359
Şekil 5.558.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı.....	359
Şekil 5.559.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı.	360
Şekil 5.560.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.....	360

Şekil 5.561.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı.	361
Şekil 5.562.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı...	361
Şekil 5.563.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı.....	362
Şekil 5.564.	%10TEST-E2, 35000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	362
Şekil 5.565.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı...	363
Şekil 5.566.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı.....	363
Şekil 5.567.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı...	364
Şekil 5.568.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı.....	364
Şekil 5.569.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı.	365
Şekil 5.570.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACOUT sıcaklık dağılımı.....	365
Şekil 5.571.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı.	366
Şekil 5.572.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri.....	366
Şekil 5.573.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı.....	367
Şekil 5.574.	%10TEST-E2, 50000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	367
Şekil 5.575.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı...	368
Şekil 5.576.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı.....	368
Şekil 5.577.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı...	369
Şekil 5.578.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı.....	369
Şekil 5.579.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı.	370
Şekil 5.580.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.....	370
Şekil 5.581.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı.	371
Şekil 5.582.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı...	371
Şekil 5.583.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı.....	372
Şekil 5.584.	%10TEST-E2, 60000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	372
Şekil 5.585.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı...	373
Şekil 5.586.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACOUT basınç dağılımı.....	373

Şekil 5.587.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı...	374
Şekil 5.588.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı.....	374
Şekil 5.589.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı.	375
Şekil 5.590.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.....	375
Şekil 5.591.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı.	376
Şekil 5.592.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı...	376
Şekil 5.593.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı.....	377
Şekil 5.594.	%10TEST-E2, 70000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	377
Şekil 5.595.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı...	378
Şekil 5.596.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı.....	378
Şekil 5.597.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı...	379
Şekil 5.598.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı.....	379
Şekil 5.599.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı.	380
Şekil 5.600.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı.....	380
Şekil 5.601.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı.	381
Şekil 5.602.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı...	381
Şekil 5.603.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı.....	382
Şekil 5.604.	%10TEST-E2, 80000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı.....	382
Şekil 5.605.	KTEST-E1/E2 RPM-ACIN basınç değişimi.....	383
Şekil 5.606.	KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT basınç değişimi.....	386
Şekil 5.607.	KTEST-E1/E2 RPM-GTIN basınç değişimi.....	387
Şekil 5.608.	KTEST-E1/E2 RPM-GTOUT basınç değişimi.....	392
Şekil 5.609.	KTEST-E1/E2 RPM-ACIN sıcaklık değişimi.....	394
Şekil 5.610.	KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT sıcaklık değişimi.....	397
Şekil 5.611.	KTEST-E1/E2 RPM-GTIN sıcaklık değişimi.....	399
Şekil 5.612.	KTEST-E1/E2 RPM-EGT sıcaklık değişimi.....	401
Şekil 5.613.	KTEST-E1/E2 RPM-Thrust değişimi.....	402

Şekil 5.614.	KTEST-E1/E2 RPM-FM değişimi.....	405
Şekil 5.615.	Değişen devir sayılarında türbin giriş sıcaklığı değişimi.....	408
Şekil 5.616.	Değişen devir sayılarında türbin çıkış sıcaklığı değişimi.....	409
Şekil 5.617.	Değişen devir sayılarında itkilerin değişimi.....	410
Şekil 5.618.	Değişen devir sayılarında yakıt debilerinin değişimi.....	410



1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Teknolojinin günümüzde giderek artan ivmeli gelişimi, çok çeşitli enerji dönüşüm sistemlerinin çevreye ve insana olan etkilerinin bilinmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Mahashabde vd., 2011). Enerji dönüşüm sistemlerinin doğaya ve insana olan etkilerini minimize etmek adına yapılan çalışmalarda öne çıkan konulardan bir tanesi sistem verimliliği araştırmalarıdır (Dincer, 2002).

Gaz türbinli motorlar, enerji üretim alanında ana bileşenlerden biridir. Günümüzde artan enerji taleplerindeki boşluğu doldurmada önemli bir rol oynamaktadırlar. 20. yüzyılın başlarından itibaren gaz türbinli motorlar gerek havacılık gerekse sanayi uygulamalarında sürekli bir gelişmeye tabi tutulmuştur. İlerleyen teknoloji ve bilgi birikimiyle, havacılık gaz türbinli motorlarının en iyi verimi sağlayan enerji dönüşüm sistemi haline getirilmesi ekonomi ve çevresel etkiler boyutundan sektörün ana bileşenlerinden biri olmuştur.

Havacılık sektöründeki gaz türbinli motorların performanslarının iyileştirilerek çevresel etkilerinin azaltılmasının önemi 1999 yılında Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde (IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change) sunulan Havacılık ve Küresel Atmosfer adlı konu ile ciddi şekilde ele alınmış ve yayımlanmıştır (Penner 1999).

Ticari havacılık, günümüzde tek yakıt ürünüyle çalışan yaklaşık olarak 15,750 uçağın bulunduğu küresel bir sektördür. Tek yakıt ürünü olarak tanımlanan yakıt (C_8-C_{16}), fosil yakıtlardan elde edilen ve kullanımıyla küresel karbon emisyonlarına %2-3 civarında katkıda bulunan jet yakıtıdır (Blakey ve ark. 2011). %2-3 değeri az bir miktar gibi görünse de, Penner'a (1999) göre havacılık sektörünün gün geçtikçe büyüyor olması, (her geçen yıl içerisinde yaklaşık olarak %4.7 büyümektedir), çevresel etkiler yönünden ciddi bir problem oluşturabileceği anlamına gelmektedir. Bu büyümeye örnek olarak, Airbus (2009) raporuna göre günümüzde yaklaşık olarak 15,750 tane ticari uçak olduğu varsayılmaktadır ve büyümenin etkisiyle 2028 yılında yaklaşık olarak ticari uçak sayısının 32,000 olacağı tahmin edilmektedir.

Havacılık sektörünün büyüme hızı göz önünde bulundurularak; çevresel etkiler ve gelecekte yakıt teminindeki zorluk ve endişelerle, sektörün göreceli büyüme hızı

birleştirildiğinde, havacılık gaz türbinlerinde alternatif yakıtların potansiyel kullanımının hızla araştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Airbus, 2009; Blakey vd., 2011). Geçerli olduğu düşünülen gerekliliği öne süren bir başka yayın ise; 2016 yılında yayınlanan Avrupa Havacılık Çevresel Raporudur. Avrupa Havacılık Çevresel Raporuna göre (2016); Avrupa'daki havacılık sektörünün çevresel etkileri, artan hava trafiği ile gün geçtikçe artmaktadır. Ayrıca 1990 – 2005 süregelen yıllarında hava trafiği ve CO₂ salınımlarının yaklaşık olarak %80 oranında artış olduğunu raporda sunmuşlardır. Fakat bu oranın günümüzde artan filo sayısına rağmen sabit kalabileceğini veya azaltılabileceğini ortaya koymuşlardır. Gerekli parametreler olarak; teknolojik gelişmelerin kullanımını (alternatif/yenilenebilir yakıt kullanımı, uçak motorlarının performanslarının artırılması vb. komponent iyileştirmeleri) ve eski filoların yeni tip uçak ve motor kombinasyonlarıyla yenilenmesi gerekliliğini öne sürmüşlerdir (European Aviation Environmental Report, 2016).

Dünya çapında fonlanan kuruluşlar ve oluşturulan programlar ve projeler incelendiğinde; insanoğlunun hayatını idame ettirebilmesi ve sürdürülebilir bir gelişim sağlayabilmesi için gerekli olan parametrelerin (sağlıklı besin, temiz çevre ve hava, temel eğitim, temel bilimler ve mühendislik eğitimi vb.) ayrıntılı bir şekilde araştırıldığı görülmektedir. Spesifik olarak havacılık sektöründe kullanılmak istenen alternatif yakıtlarında tüm bu parametreler tarafından değerlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla havacılık yakıtı olarak kullanılacak olan alternatif yakıtların tüm zayıf ve güçlü yönleri değerlendirilmelidir.

Eskişehir Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından desteklenen 1707F452 numaralı doktora tez projesi kapsamında tasarlanıp Eskişehir Teknik Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç'un sorumluluğunda kurulan turbojet motor test standında, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mürkerrem Şahin'in geliştirdiği alternatif yakıt, belirli oranlarda geleneksel yakıtla karıştırılarak belirli motor performans parametreleri aracılığıyla geleneksel yakıtla karşılaştırılarak belirli motor performans parametreleri üzerine etkileri karşılaştırılmıştır.

Ayrıca test standında kullanılan turbojet motorun değişen devir sayılarında, kompresör ve türbin basınç/sıcaklık, yakıt debisi ve itki haritaları matematiksel tahminleme modeli ile sunulmuştur.

1.2. Literatür Taraması

Tez kapsamında gerçekleştirilen literatür taraması, açık kaynak literatüründe ve aşağıda belirtilen anahtar kelimeler aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

- ✓ Gas türbine instrumentation
- ✓ Gas türbine performance
- ✓ Turbojet engine performance
- ✓ Biojet fuel
- ✓ Renewable aviation fuel
- ✓ Renewable jet fuel
- ✓ Alternative aviation fuel
- ✓ Alternative jet fuel

Literatür taraması sonucu elde edilen bilgiler doğrultusunda, havacılık alternatif yakıtlarının önemini ortaya çıkaran konu başlıkları, tez kapsamında maddeler halinde bu bölümde yer almaktadır. Literatür içeriği aşağıdaki soruların cevaplarını içermektedir.

- ✓ Doktora tezi olarak neden “alternatif yakıt kullanımının gaz türbinli motor performansı üzerine etkileri”nin araştırılması konusu çalışıldı?
- ✓ Türkiye’de hangi sektörlerde teorik/deneysel alternatif yakıt çalışmaları yapılmıştır?
- ✓ Literatürde havacılık alternatif yakıtları hakkında tartışılan başlıca konu başlıkları nelerdir?
- ✓ Havacılık sektöründe kullanılmak istenen alternatif yakıtların spesifik hangi özelliklere sahip olması gerekir?
- ✓ Aktif olarak test edilmiş ve ticari uçuşlarda kullanılması düşünülen alternatif yakıtlar var mıdır?
- ✓ Günümüzdeki ticari uçuşlarda, testleri gerçekleştirilmiş mevcut alternatif yakıtlar kullanılmış mıdır?
- ✓ Gaz türbinli motor test standına sahip laboratuvar ve/veya üniversitelerin test stantlarının özellikleri nelerdir?

- ✓ Açık literatüre sunulmuş alternatif yakıt testlerinin nerelerde gerçekleştirildiği, hangi motor performans kriterlerinin test edildiği, test standı hangi sensör grubu ve veri toplama sisteminin kullanıldığı, elde edilen verilerin belirsizlik analizlerinin gerçekleştirilip/gerçekleştirilmediği, motor fonksiyon tahminlemesinin yapıp yapılmadığı

soruları sorulmuş ve cevapları literatürden elde edilen bilgiler aracılığıyla sunulmuştur.

Doktora tezi olarak neden “alternatif yakıt kullanımının gaz türbinli motor performansı üzerine etkileri”nin araştırılması konusu çalışıldı?

Ekonomik gelişmeler için enerji ihtiyacı temel bir gerekliliktir. Dünyadaki ülkelerin ekonomik gelişmeleri, sahip oldukları enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğine bağlıdır. Artan nüfus ve endüstri için enerji tüketimi, enerji kaynaklarının kullanımındaki hassasiyeti ortaya koymaktadır. Ekonomik gelişmelerin etkisinin yanında fosil yakıtların kullanımındaki artışın çevreye olan olumsuz etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda dünyanın alternatif yakıt ve yenilenebilir yakıtlara karşı ilgisi artmaktadır.

Yasa ve yönetmeliklerde özel anlamlara sahip olmalarına rağmen, “Alternatif yakıt” ve “Yenilenebilir yakıt” terimleri bazen birbirlerinin yerine kullanılabilir. Genellikle “Alternatif yakıt” terimi, geleneksel gazolin ve dizel yakıtın yerine alternatif olarak kullanılan yakıtlar için tanımlanırken, “Yenilenebilir yakıt” terimi ise yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve petrol türevi olmayan bitki, hayvan atıkları veya belediye katı atıkları gibi yakıtlar için kullanılır. Yenilenebilir yakıtlar, fosil yakıtlara karşı olarak yenilenebilir biokütle enerji kaynaklarından elde edilen elektrik ve sıvı-gaz yakıtları içerir. Alternatif yakıtlar ise hidrojen, doğalgaz ve propan gibi gaz yakıtları; etanol, metanol ve bütanol gibi alkoller; sebze ve atık kökenli yağları ve elektriği içerir (EPA : United States Environmental Protection Agency).

ABD’i teknolojik gelişmeler sayesinde geleneksel yakıtla çalışan araçlarda ve ileri teknoloji araçlarda kullanmak için alternatif yakıtların üretimine başlamıştır. U.S. Enerji departmanı biodizel, elektrik, etanol, hidrojen, doğalgaz ve propan için yakıt istasyonlarını revize etmiş ve üretmiş oldukları yakıtları satışa sunmuşlardır. ABD, hükümet ve özel sektör filolarında başlıca bu araçları ve yakıtları kullanmaktadır. Geleneksel araçların ve geleneksel yakıtların yerine alternatif yakıtların ve gelişmiş

araçların kullanımı ABD'nin petrole bağımlılığını ve araç emisyon değerlerini düşürmeye yardımcı olup tüketicilerin kullanımına dair ilgilerini arttırmaktadır (U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy).

Literatür incelendiğinde; 1999 yılından itibaren havacılık sektörünün hızla gelişmesinden dolayı vermiş olduğu çevresel etkilerden ve fosil yakıt kullanımına bağımlılığın azaltılması isteği, gelişmiş ülkeleri havacılık ve diğer sektörlerde kullanılabilecek alternatif yakıtları araştırmaya yönelttiği görülmüştür.

Bu nedenle gelişmiş ülkelerin havacılık sektöründe kullanılabılır alternatif yakıt arayışlarına Türkiye olarak katılabilmek için doktora tezi kapsamında Türkiye'de yerli üretimi gerçekleştirilecek, ulaşılabilirliği kolay, maliyeti ucuz ve gaz türbinli motor performansı geleneksel yakıtla aynı özellikleri sergileyebilecek bir alternatif yakıt karışımının performans testleri gerçekleştirildi.

Türkiye'de hangi sektörlerde teorik/deneysel alternatif yakıt çalışmaları yapılmıştır?

Açık literatür araştırması sonucunda, Türkiye'de içten yanmalı motorlar üzerinde teorik/deneysel alternatif yakıt araştırmalarının sürdürüldüğü görülmüştür. Aşağıda Türkiye'de gerçekleştirilmiş teorik/deneysel “alternatif yakıt kullanımının içten yanmalı motor performansı üzerine etkileri” araştırmalarının gerçekleştirildiği birkaç örnek makale paylaşılmıştır.

Yücesu vd., (2001) tek silindirli bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde No 2-D dizel yakıt ile birlikte dokuz değişik bitkisel yağ (ham ayçiçek yağı, ham pamuk yağı, ham soya yağı ve bunlardan elde edilen ayçiçek yağı metil esterleri, pamuk yağı metil esterleri, soya yağı metil esterleri ile rafine edilmiş haşhaş yağı, kanola yağı ve mısır yağı) kullanmışlardır. Motorun performans ve egzoz emisyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla motoru tam gaz-değişik devir ve sabit devir-değişik yük deneylerine tabi tutmuşlardır. Yapılan testler sonucunda bitkisel yağların performans değerlerinin dizel yakıttan daha düşük, duman koyuluğu bitkisel yağlarda daha yüksek, NO_x emisyonlarının No 2-D dizel yakıttan daha yüksek olduğunu literatüre kazandırmışlardır. Bitkisel yağlardan üretilen metil

ester esaslı yakıtların motor performans değerlerinin ham yağlardan daha iyi ve dizel yakıt performans değerlerine daha yakın olduğunu sunmuşlardır.

9 alternatif ve 1 petrol türevi yakıtın alt ısı değer, yoğunluk ve kimyasal formüllerini tablo halinde literatüre kazandırmışlardır. Motor gücü dizel yakıtta en fazla, diğer alternatif yakıtlarda dizel yakıtı göre daha az motor gücü elde etmişlerdir. Isıl verim için, işlem görmüş (yağ asidi metil ester transesterifikasyon – metanol) yağların sahip olduğu değerlerin ham yağların değerlerinden fazla olduğu bulmuşlardır. En yüksek ısı verimli alternatif yakıtın PME ve SME olduğunu belirtmişlerdir (Yücesu vd., 2001).

Sonuç olarak, esterleştirme işlemi ile ham yağların sahip olduğu ısı değerlerinde bir miktar artış olacağını (kimyasal ekserji ve yakıt enerji içeriğinin artacağını) ortaya koymuşlardır. Motor momenti, motor gücü ve ısı verim göz önünde bulundurulduğunda, petrol türevi olan dizel yakıt ile yağ asidi metil esterlerinin yaklaşık sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Bitkisel yağların ürettikleri efektif moment ve güç değerlerinin No. 2. Dizel yakıt efektif güç ve moment değerlerinden daha düşük olmasının en önemli sebebinin, bitkisel yağlar ve bunlardan elde edilen yağ asidi metil esterlerin ısı değerlerinin dizel yakıtı göre daha düşük olmasına bağlamışlardır. Bitkisel yağların yüksek viskozitelere sahip olmalarından dolayı iyi pulsarizasyon olamadıklarını belirtmişlerdir. Bu nedenle yakıtın buharlaşma ve yanma süresi uzayarak, yanmanın daha geniş bir periyotta olmasına, motor moment gücü ve ısı veriminin azalmasına neden olduğunu belirtmişlerdir (Yücesu vd., 2001).

Karabektaş ve Ergen (2007), transesterifikasyon yöntemi ile elde edilmiş soya yağı metil esterin (SYME) ve dizel yakıtın, dizel motorda kullanılması sonucu elde edilen motor performans karakteristiklerini ve NO_x emisyon değerlerindeki değişimleri karşılaştırmışlardır.

Yakıtların özelliklerini tablolastırmışlar ve SMYE'nin daha düşük alt ısı değere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Efektif gücün, her iki yakıt içinde motor devir artışı ile arttığını gözlemlemişlerdir. Dizel yakıtın, motorun bütün devirlerinde, SMYE'e oranla daha yüksek efektif güç değeri verdiğini belirtmişlerdir. Motor devrinin artışına bağlı olarak, yüksek devirlerde SYME ile dizel yakıt arasındaki efektif güç farkının giderek arttığı sonucuna ulaşmışlardır (Karabektaş ve Ergen, 2007).

Bütün motor devirlerinde efektif tork değerleri karşılaştırıldığında, SYME'in daha düşük tork ürettiğini gözlemlemişlerdir. Özgül yakıt sarfiyatının bir minimum değere ulaştıktan sonra tekrar artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Farklı olarak ısı verim, bu çalışmada orta motor devirlerinde pik noktasına ulaşmakta daha sonra düşmektedir. Ayrıca bu çalışmada, biodizel yakıtın ısı verimi dizele göre yüksek çıkmıştır. NO_x emisyonu ise biyodizelde daha fazla çıkmıştır. Nedenini motor bloğu sıcaklığının artmasına bağlamışlardır (Karabektaş ve Ergen, 2007).

Sugözü vd., (2009) soya yağından metil esterleştirme yöntemi ile biyodizel üretilen motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Tek silindirli direk enjeksiyonlu dizel motorunda yakıtları sınıamışlar ve performanslarını literatüre kazandırmışlardır. Dizel yakıtı göre alternatif yakıtta, ortalama motor momenti ve motor gücünde sırasıyla %4.2 ve %3'lük bir azalma kaydetmişlerdir. Özgül yakıt tüketiminde, alternatif yakıtın %12.8 artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Literatürde havacılık alternatif yakıtları hakkında tartışılan başlıca konu başlıkları nelerdir?

Açık literatür incelendiğinde, havacılık alternatif yakıtları hakkında tartışılan başlıca konu başlıkları Tablo 1.1'de verilmiştir (Contreras vd., 1997; Edwards ve Maurice, 2001; Maurice vd., 2001; Daggett vd., 2006; Korres vd., 2008; Hileman vd., 2008; Marsh, 2008; Nygren vd., 2009; Bulzan vd., 2010; Edward vd., 2010; Rye vd., 2010; Anderson vd., 2011; Blakey vd., 2011; Hui vd., 2012; Trivedi vd., 2015; Chuck ve Donnelly, 2014; Zhang vd., 2016; Won vd., 2016; Bann vd., 2017; Kim vd., 2017).

Tablo 1.1. *Literatürde havacılık alternatif yakıtları hakkında tartışılan başlıca konu başlıkları*

	Alternatif yakıtlara neden ihtiyaç duyarız?
	Havacılık için kullanılacak alternatif yakıtlardan hangisi havacılığa uygundur?
	Nasıl üretilmelidir?
	Performans, yanma ve uçuşa elverişlilik ilişkileri nelerdir?
	Günümüzde alternatif yakıtlar nerelerde kullanılıyor?
	Alternatif yakıtların geliştirilmesi için hangi araştırmalar gereklidir?
	Pazar alanını hangi ülke göğüsleyecek?

Havacılık sektöründe kullanılmak istenen alternatif yakıtların spesifik hangi özelliklere sahip olması gerekir?

Dünya çapında fonlanan kuruluşların araştırma konuları ve bilim insanlarının alternatif yakıtlar hakkında tartıştığı konu başlıkları değerlendirildiğinde; havacılık sektöründe kullanılmak istenen alternatif yakıtların spesifik olarak aşağıdaki özelliklere sahip olması beklenmektedir (Contreras ve ark. 1997, Edwards ve Maurice 2001, Maurice ve ark. 2001, Daggett ve ark. 2006, Korres ve ark. 2008, Hileman ve ark. 2008, Marsh 2008, Nygren ve ark. 2009, Bulzan ve ark. 2010, Edward ve ark. 2010, Rye ve ark. 2010, Anderson ve ark. 2011, Blakey ve ark. 2011, Hui ve ark. 2012, Trivedi ve ark. 2015, Chuck ve Donnelly 2014, Zhang ve ark. 2016, Won ve ark. 2016, Bann ve ark. 2017, Kim ve ark. 2017):

- ✓ Enerji değeri yüksek olmalı (uzun mesafeler ve paralı yük için, yüksek ısı içeriği)
- ✓ İyi atomizasyon özelliği
- ✓ Hızlı buharlaşabilme
- ✓ İyi yanma karakteristiği (yüksek irtifalarda tekrar yanabilme)
- ✓ Düşük patlama riski
- ✓ Isı kapasitesi yüksek
- ✓ Kirlilikten arınmış
- ✓ Minimum karbon içeriği
- ✓ Yağlama özelliği yüksek, düşük viskozite ve pompa ile basılabilecek karaktere sahip
- ✓ Yüksek irtifalarda donmayan
- ✓ Termal ve kimyasal istikrarı olan
- ✓ Ulaşılabilirliği kolay ve maliyeti ucuz olan
- ✓ Uygulanabilirliği ek ekipman istemeyen
- ✓ Çevreye duyarlı yanma ürünlerine sahip
- ✓ Depolama ve dağıtma karakteristikleri uygun olan
- ✓ Askeri uçaklar için kullanılan yakıtların lojistik gereksinimlerini karşılayan
- ✓ Elde ediliş yöntemi ile insanoğlunun gıda teminine zarar vermeyen
- ✓ Elde ediliş yöntemi ile verimli tarım alanlarına zarar vermeyen

Bilim insanlarının açık literatüre paylaştıkları makalelerden elde edilen tüm bu özellikler, aynı zamanda havacılık sektöründe aktif olarak kullanılacak olan alternatif

yakıtın, geleneksel yakıtlardan üstünlüklerinin de araştırıldığını ortaya koymaktadır. Literatür taramasından elde edilen özellikler arasında, geleneksel havacılık yakıtlarının sahip olmadığı özellikleri de (çevreye duyarlı yanma ürünleri, kirlilikten arındırılmış, ulaşılabilirliği kolay vb.) barındırması dikkat çekicidir.

Aktif olarak test edilmiş ve ticari uçuşlarda kullanılması düşünülen alternatif yakıtlar var mıdır?

Açık literatürden elde edilmiş bilgiye dayalı olarak, Tablo 1.2’de bazı kurum veya kuruluşların sahip olduğu uçaklarda, uçuş testleri gerçekleştirilmiş alternatif/biyo yakıtlar yer almaktadır. Tablo 1.2 kurum veya kuruluşun adını, uçuş testinin gerçekleştirildiği uçak tipi ve modelini, biyojet yakıt türünü ve yüzde karışım miktarını içermektedir (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Gutiérrez-Antonio vd., 2017).

Tablo 1.2. Uçuş testleri gerçekleştirilen biyojet yakıtlar (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Wang ve Tao, 2016; Gutiérrez-Antonio vd., 2017)

Kurum veya Kuruluş	Uçak tipi ve modeli	Biyojet yakıt türü	% karışım
Arjantin Hava Kuvvetleri	Lockheed C-130 Hercules	Soya ve kolza	20
Green Flight International	Aerovodochody L29 Delfin	Kanola yağı	-
Virgin Atlantic	Boeing 747-400	Brezilya hurması ve Hindistan cevizi	20
Air New Zealand	Boeing 747-400	Jatrofa	50
Continental Havayolları	Boeing 737-800	Alg ve jatrofa yağı	50
Japon Havayolları	Boeing 747-300	%42 Keten yağı, %7.5 jatrofa yağı, %0.5 alg	50
KLM	Boeing 747-400	Keten yağı	50
ABD Hava Kuvvetleri	A-10	Keten yağı	50
ABD Deniz Kuvvetleri	F/A-18 Green Hornet	Keten yağı	50
Hollanda Askeri Kuvvetleri	Ah-64 Apache Helikopter	Atık yemeklik yağlar ve alg	50
EADS	Diamond DA42	Alg	100
ABD Deniz Kuvvetleri	MH-608 Seahawk	Keten yağı	50
TAM Havayolları	Airbus A320	Jatrofa	50

Tablo 1.2. (Devam) Uçuş testleri gerçekleştirilen biyojet yakıtlar (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Wang ve Tao, 2016; Gutiérrez-Antonio vd., 2017)

Boeing	Boeing 747-8F	Keten yağı	15
Gulfstream Aerospace-Honeywell	Gulfstream G450	Keten yağı	50
ABD Deniz Kuvvetleri	MH-60S Seahawk	Yosun bazlı yağ	50
ABD Deniz Kuvvetleri	MV-22 Osprey	Keten yağı	50
ABD Deniz Kuvvetleri	T-45 Goshawk	Keten yağı	50
AeroMexico	Boeing 777-200	Jatrofa yağı	25
ABD Deniz Kuvvetleri	EA-6B Prowler	Keten yağı	50
ABD Deniz Kuvvetleri	AV-8B Harrier	Keten yağı	50
ABD Deniz Kuvvetleri	MQ-B Fire Scout	Keten yağı	50
Air China	Boeing 747-400	Jatrofa yağı	50
Etihad Havayolları	Boeing 300ER	Kullanılmış yemeklik yağ	-
LAN Havayolları	Airbus A320	Kullanılmış yemeklik yağ	-
Qantas Havayolları	Airbus A330	Rafine yemeklik yağ	50
Porter Havayolları	Bombardier Q400	%49 Keten yağı, hardal yağı	50
Ana Havayolları	Boeing 787 Dreamliner	Kullanılmış yemeklik yağ	-
Azul	Embraer E190	Biyoetanol	-
Etihad Havayolları	Boeing 777-300ER	Bitkisel yemeklik yağ	50
NRC	Falcon 20	Hardal yağı	100

Tablo 1.2 incelendiğinde kullanılmış yemeklik yağ, jatrofa, keten ve alg yağı en çok testleri gerçekleştirilmiş biyojet yakıtı olarak göze çarpmaktadır. Alternatif/biyo yakıt karışım oranları değerlendirildiğinde, %50 ve üzeri gerçekleştirilen biyojet yakıt karışım oranlarının çoğunlukta olduğu görülmektedir. Ayrıca havacılık sektöründe kullanılabilecek biyojet yakıt araştırmalarına hız veren ülkelerin başında ABD gelmektedir. ABD'nin biyojet test çalışmalarının yanında Avrupa Birliği ülkeleri de direkt biyojet yakıtıyla ticari uçuş denemeleri gerçekleştirmişlerdir (Tablo 1.3).

Günümüzdeki ticari uçuşlarda, testleri gerçekleştirilmiş mevcut alternatif yakıtlar kullanılmış mıdır?

Gutiérrez-Antonio vd., (2017) yenilenebilir jet yakıtlarının üretim yöntemlerinin bilimsel ve teknolojik ilerlemeleriyle birlikte karşılaştırmalarını literatüre sunmuşlardır. Makalede, ticari uçuşlarda kullanılan biyojet yakıtlarından bahsetmişlerdir. Ticari uçuşların düzenlenmiş ve tablolştırılmış hali Tablo 1.3’de görölmektedir.

Tablo 1.3 ticari uçuşların güzergâhını, hangi havayolu şirketi ile gerçekleştirildiğini, uçak tipi ve modelini, kullanılan biyojet yakıtını ve karışımın oranını sunmaktadır. Ayrıca Tablo 1.3 artık günümüzde teorik ve test aşamalarından başarıyla geçmiş birçok biyoyakıtın ticari uçaklarda kullanıldığını gözler önüne sermektedir. Birçok farklı havayolu şirketi ticari uçuşlarını yüksek miktarlarda biyojet yakıt karışımı ile gerçekleştirmiştir. Gutiérrez-Antonio vd., (2017) ticari uçuşlarda alternatif yakıtların gittikçe artan seviyelerde kullanılacağını ve önemli bir ekonomik unsur haline geleceğini belirtmişlerdir.

Tablo 1.3. *Ticari uçuşlarda kullanılan biyojet yakıtları (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Wang ve Tao, 2016; Gutiérrez-Antonio vd., 2017)*

Güzergâh	Havayolu Şirketi	Uçak tipi ve modeli	Biyojet yakıt türü	% karışım
Şangay-Hong Kong	Dragonair	Airbus A330-300	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Şangay-Pekin	Hainan Havayolları	Boeing 747-800	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Bergen-Oslo	Norwegian	Boeing 737-800	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Trondheim-Oslo	İskandinav Havayolları	Boeing 737-800	Kullanılmış yemeklik yağ	48
Stockholm- Östersund	İskandinav Havayolları	Boeing 737-800	Kullanılmış yemeklik yağ	10
Helsinki-New York	Finnair	Airbus A330	Kullanılmış yemeklik yağ	10
Frankfurt-Berlin	Lufthansa	Airbus A320	Farnesan şeker	10

Tablo 1.3. (Devam) Ticari uçuşlarda kullanılan biyojet yakıtları (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Wang ve Tao, 2016; Gutiérrez-Antonio vd., 2017)

Amsterdam-Aruba	KLM	Airbus 330-200	Kullanılmış yemeklik yağ	20
Bogota-Cali	LAN	Airbus A320	Keten yağı	30
New York-Amsterdam	KLM	Boeing 777-206ER	Kullanılmış yemeklik yağ	25
Georgia-Orlando	Gulfstream Aerospace	G150, G280, G450, G550, G650	Keten yağı	50
Montreal-London	Air Canada	Airbus A330	Yemeklik yağ	50
Amsterdam-Rio de Janeiro	KLM	Boeing 777-200	Kullanılmış yemeklik yağ	-
Toronto-Mexico City	Air Canada	Airbus A319	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Mexico-City Sao Paulo	Aeromexico	Boeing 777-200	%44 kullanılmış yağ, %1 jatropha, %5 keten yağı %49 keten	50
Montreal-Toronto	Porter Havayolları	Bombardier Q400	yağı, %1 brassica carinata	50
Melbourne-Hobart	Jetstar Havayolları	Airbus A320	Rafine yemeklik yağ	50
New York-Amsterdam	KLM	Boeing 777-200	Kullanılmış yemeklik yağ	-
Frankfurt-Washington DC	Lufthansa	Boeing 747	Kullanılmış yemeklik yağ	-
Bangkok-Chiang Mai	Thai Havayolları	Boeing 777-200	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Houston-Chicago	United Havayolları	Boeing 737-800	Alg-jatropha	40

Tablo 1.3. (Devam) Ticari uçuşlarda kullanılan biyojet yakıtları (EADS, 2010; Cleveland ve Morris, 2013; Su vd., 2015; Wang ve Tao, 2016; Gutiérrez-Antonio vd., 2017)

Seattle-Washington	Alaska Havayolları	Bombardier Q400	Kullanılmış yemeklik yağ	20
Toulouse-Paris	AirFrance	Airbus A321	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Birmingham- Arrecife	Thomson Havayolları	Boeing 757-200	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Madrid-Barcelona	Iberia	Airbus A320	Keten yağı	25
Mexico City-San Jose	AeroMexico	Boeing 737-700	Keten yağı	25
Mexico City-Madrid	AeroMexico	Boeing 777-200	Jatropha yağı	25
Mexico City-Tuxtla Gutierrez	Interjet Havayolları	Airbus A320	Jatropha yağı	27
Amsterdam-Helsinki	Finnair	Airbus A319	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Amsterdam-Helsinki	Finnair	Airbus A321	Kullanılmış yemeklik yağ	50
Hamburg-Frankfurt	Lufthansa	Airbus A321	Jatropha, keten, hayvansal yağ	25
Amsterdam-Paris	KLM	Boeing 737-800	Kullanılmış yemeklik yağ	50

Ayrıca ticari uçuşların biyoyakıtlar ile gerçekleştirilmesini öngören başka bir makalede Avrupa Komisyonu tarafından literatüre kazandırılmıştır. Birçok farklı havayolu şirketi, biyoyakıt üreticisi ve gaz türbinli motor üretim şirketi yazının kaleme alınmasına destek vermiştir (European Commission, 2013-Update).

Avrupa Komisyonunun kaleme aldığı biyoyakıt üreticileri ve havacılık sektörü adlı raporda 2016 yılında 300,000 ton biyoyakıt üretildiğini ve 3 yeni tesisin işletmeye alınarak 1,300,000,000 euro sermayenin yatırım ve üretim için harcandığını

belirtmişlerdir. Tüm üretilen yakıtın rutin şekilde ticari uçuşlarda kullanılmasını sağlamışlardır (European Commission, 2013-Update).

Test standına sahip laboratuvar ve/veya üniversiteler, test standı sensör grubu, veri toplama sistemi, motor performans kriterleri, belirsizlik analizleri ve tahminlemenin varlığı araştırması

Açık literatürde turbojet motor test standına sahip laboratuvar ve/veya üniversitelerin yaptıkları motor performans analizleri taranmıştır. Benzerlik gösteren makalelerin; test standı sensör grubu, veri toplama sistemleri, belirledikleri motor performans kriterleri, elde ettikleri verilerin belirsizlik analiz sonuçları ve performans özelliklerine bakılan motorun fonksiyon tahminlemesinin olup olmadığı veya neler olduğu araştırılmıştır.

French (2003); Turbine Technologies Ltd şirketinin ürünü olan MiniLab gaz türbin test sistemini, çeşitli sınıflardaki mühendislik öğrencilerinin eğitim deneyimini genişletmek için biyodizel yakıtla test etmiştir. MiniLab test sisteminde kullanılan motorun SR-30 turbojet motor olduğunu belirtmiştir. Test standında kullanılan biyodizelin, doğrudan üniversitenin yemekhanesinden temin edilen kanola yağı ile hazırlandığını belirtmiştir. Tüm motor hızlarında, biyodizel yakıtlardan elde edilen itki değerlerinin Jet A yakıtından daha düşük olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Lupandin vd., (2005); 2.5 MW'lık GT2500 endüstriyel gaz türbinli motorunda BioOil'den türetilmiş biyokütle, etanol, biyodizel ve bitümlü ham yağ gibi alternatif yakıtların kullanımının teknik fizibilitesini belirlemeye yönelik geliştirme programının sonuçlarını paylaşmışlardır.

Testlerde kullanılan GT2500 motorunun, Ukrayna'da "Zorya-Mashproekt" tarafından tasarlanıp üretildiğini ve "Zorya-Mashproekt" ile Kanada'daki Orenda Aerospace Corporation arasındaki bir birleşme geliştirme programı aracılığıyla alternatif yakıt uygulamaları için daha fazla modifiye edildiğini belirtmişlerdir. Makalede GT2500 gaz türbinli motorun sıvı alternatif yakıtlarda çalışabilecek yanma sistemi ve sıcak bölge modifikasyonu açıklanmaktadır. Ayrıca yakıt ön ısıtma ve ön işleme prosedürünü gerçekleştiren yakıt taşıma modülünün özellikleri ve motor sıcak bölge temizle sistemi tarif edilmiştir (Lupandin vd., 2005).

Değiştirilmiş GT2500 gaz türbinli motorunu farklı alternatif yakıtlarda (tam güç ve hız) test etmek için test ekipmanı tasarladıklarını ve ürettiklerini belirtmişlerdir. Motorun çalıştırma sonuçlarıyla birlikte emisyon verilerini sunmuşlardır. Testler sonucunda GT2500'ün biyokütle, etanol, biyodizel ve bitümlü ham yağ ile kullanılmasının teknik olarak mümkün olduğunu kanıtladıklarını bildirmişlerdir. Ek olarak, elde ettikleri sonuçlara dayanarak motorlu ve yakıt işleme modüllü bir güç üretim sisteminin West Lorne, Ontario Kanada'da yapım aşamasında olan bir pilot tesiste ticari işleme kabul edildiğini belirtmişlerdir (Lupandin vd., 2005).

Krishna (2007); Capstone C30 mikro türbini, farklı biyodizel karışımlarıyla çalıştırarak performansını incelemiştir. Karışımlar %0 ile %100 arasında değişmektedir. Biyodizelin, üretici firmadan alınan bilgilere göre soya yağından yapıldığını belirtmiştir. Karışımları hacimsel olarak gerçekleştirmiştir.

Hazır test standının kullanıldığını ve test standının Brookhaven Ulusal laboratuvarında olduğunu ve türbin parametrelerinden elde ettiği verilerden ayrı olarak egzozda ölçümler yaptığını belirtmiştir. Makalede test standından elde edilebilen diğer verilerden bahsedilmemiştir. Testo 350 gaz analizörü kullanımından başka test standı hakkında ayrıntılı bilgi vermemiştir. Türbinde biyodizel yakıt kullanımının SO₂ salınımını düşürdüğünü belirtmiştir. Ayrıca yakıtı biyodizel eklemenin daha düşük karbon monoksit salınımına sebebiyet verdiği sonucuna ulaşmıştır (Krishna, 2007).

Tan ve Liou (2011), biyoyakıt kullanımının mikro gaz türbinli motor üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deney setlerinde bir adet MW54 mikrojet motoru, bir adet egzoz gaz sıcaklığı termokuplı (EGT) ve bir adet yük hücresi ve akış ölçer kullanmışlardır.

Test sisteminde biyoyakıtı %0'dan %100'e kadar 10'arlık aralıklarda test etmişlerdir. Biyodizel miktarının artışıyla birlikte daha verimli yanma gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Motorun devir sayısı artışı ile birlikte 100000 rpm'e kadar egzoz çıkış sıcaklığının düştüğünü, 100000 rpm'den sonra ise artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca her yakıt karışımında motorun tutarlı bir şekilde çalıştığını literatüre kazandırmışlardır (Tan ve Liou, 2011).

Rehman vd., (2011) IS/60 Rovers gaz türbininde esterlenmiş jatropha yağı – dizel kullanımının teknik fizibilitesini belirlemeye yönelik devam eden bir geliştirme programının sonuçlarını açıklamışlardır.

Test rigini, tek motorlu, yakıt tüketimini ölçmek için akış ölçer, türbin yükünü belirleyebilmek için dinamometre ve emisyonları kaydetmek için AVL egzoz gazı analizörü ile donattıklarını belirtmişlerdir. %15 biyodizel (b1) - %85 dizel ve %25 biyodizel (b2) - %75 dizel olmak üzere testlerinde iki farklı karışım kullanmışlardır. Testleri 28 °C ile 35 °C arasında gerçekleştirmişlerdir (Rehman vd., 2011).

Literatürdeki diğer deneysel makalelerden farklı olarak Rahman vd., (2011) cihazların doğruluğuna bağlı olarak bazı hataların söz konusu olabileceğini belirtmişlerdir. Deneydeki hataları en aza indirmek için belirsizlik analizi uygulamışlardır. Sonuç olarak motorun b1 ve b2 karışımlarıyla çalıştırılması durumunda yakıt tüketiminin dizelden fazla olduğunu fakat CO salınımının dizel yakıttan az olduğunu belirtmişlerdir.

Khalil ve Gupta (2013) daha temiz ve verimli gaz türbinli motorlar için farklı yakıtlarla yanma odası testleri gerçekleştirmişlerdir. Yanma odasında gaz yakıt olarak; metan, seyreltilmiş metan, hidrojenle zenginleştirilmiş metan ve propan, sıvı yakıt olarak; geleneksel kerozen ve alternatif yakıt olarak ethanol kullanmışlardır. Böylelikle çok çeşitli kalorifik değerlere sahip olan yakıtların emisyonlarını ve yanma performanslarını inceleyebilmişlerdir. Faz, kalorifik değer fark etmeksizin tüm alternatif yakıtlarda NO'in 8 PPM, daha az salındığını göstermişlerdir.

Mendez vd., (2014) bütanol – Jet A yakıt karışımının gaz türbinli motor performans ve emisyon karakteristiğini incelemişlerdir. Saf Jet A, bütanol ve bunların hacimce % 25 ila %75 arasında değişen farklı konsantrasyonlarda karışımlarını yakıt olarak kullanılmışlardır.

Test standı olarak, Habib vd., (2010) kullandığı, ABD Enerji Bakanlığının destek verdiği Oklahoma Üniversitesi İtki Laboratuvarındaki gaz türbinli test standını kullanmışlardır. Performans özellikleri olarak; itki, birim itki başına yakıt tüketimi, türbin giriş sıcaklığı ve egzoz gaz sıcaklığını analiz etmişlerdir. Ayrıca emisyon karakteristiği olarak NO_x ve CO'nun birim itki başına özgül emisyon indekslerini farklı gaz keleşği ayarlarında ölçmüşlerdir. Kompresör giriş – çıkış, türbin giriş – çıkış

sıcaklık ve basınçlarını ayrıca yakıt debisi, itki, devir sayısı ve çevre şartlarını ölçtüklerini belirtmişlerdir. Habib vd., (2010) çalışmasında olduğu gibi tek motor, tek yakıt hattı, üç yakıt tankı ile çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir (Mendez vd., 2014).

Geleneksel yakıttaki alkol konsantrasyonu arttıkça elde edilen itkinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır. Belirli bir motor devir sayısında, karışımlar, özellikle B25'in Jet A'dan daha yüksek itki ürettiğini makalede belirtmişlerdir. Ayrıca NO_x ve CO emisyon endekslerinin bütanol ve bütanol karışımları için Jet A ya kıyasla daha düşük olduğunu analiz etmişlerdir (Mendez vd., 2014).

Habib vd., (2010), küçük ölçekli bir gaz türbinli motoru farklı biyoyakıtlarla çalıştırarak performans ve emisyon karakteristiklerini incelemişlerdir. Deneysel olarak yapılan çalışmada kullanılan biyoyakıtlar şunlardır; soya metil ester, kanola metil ester, geri dönüştürülmüş kolza metil ester ve hayvansal madde bazlı bir biyoyakıt tipi olan domuz yağıdır. Geleneksel yakıt olarak Jet A kullanmışlardır.

Gaz türbinli motor performans parametresi olarak motorun itkisini, birim itki başına yakıt kütle debisini, ısı verimini ve NO, CO egzoz konsantrasyonlarını kabul etmişlerdir ve sınadıkları yakıtların ve karışımlarının sonuçlarını bu parametrelere bağlı olarak literatüre sunmuşlardır (Habib vd., 2010).

Soya metil ester, kanola metil ester ve geri dönüştürülmüş kolza metil ester biyoyakıtlarını saf olarak ve %50 hacimsel oranla Jet A yakıtına karıştırarak sonuçları elde etmişlerdir. Ayrıca hayvansal ürünlerden elde edilmiş biyoyakıt olan domuz yağını %50 hacimsel oran ile Jet A yakıtına katarak test etmişlerdir. Her karışımı beş farklı gaz ayarında (50000'den 70000 rpm'e kadar) gaz türbinli motorda test etmişler ve saf Jet A ile elde edilen verilerle karşılaştırmışlardır (Habib vd., 2010).

Test standında bir adet gaz türbinli motor, 3 adet yakıt tankı (jet, test yakıtı, atık yakıt) ve tek yakıt hattı, O₂, CO₂, CO ve NO analizörü ve veri toplama sistemi kullanmışlardır. Kompresör giriş – çıkış, türbin giriş – çıkışında sıcaklık ve basınç sensörleri mevcuttur. Yakıt debisi, itki, devir sayısı verilerini de elde etmişlerdir. Birim itki başına yakıt kütle debisini ve ısı verimi hesap yoluyla elde etmişlerdir (Habib vd., 2010).

Yakıt karışımlarını, oda sıcaklığında sıratılarak karıştırma yöntemiyle karıştırmışlardır. Veri setlerinin ortalamaları alınarak sonuçlara ulaşmışlardır. Başka bir

veri seti değerlendirme yöntemi kullanmamışlardır. Gerçekleştirdikleri testlerde ortam koşullarının farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Veri toplama günlerinde ortam koşulları değişiminin kompresör giriş sıcaklığında 7 °C'lık değişime sebebiyet verdiği ve bu değişim ile itkiyi, birim itki başına yakıt kütle debisini ve ısı verimi %10'dan az etkilediğini belirtmişlerdir. %10'luk hatayı kabul etmişler ve testleri tekrarlamışlardır. Ölçümlerdeki belirsizlikleri nasıl hesapladıklarına dair herhangi bir yöntem belirtmemişlerdir. İtkinin tüm yakıtlar için motor devriyle lineer olarak arttığı sonucuna ulaşmışlardır. B100 olarak kullanılan yakıtların termal verimlerinin arttığını gözlemlemişlerdir. Biyoyakıtların kimyasal formüllerinde oksijen bulundurmalarından dolayı yanma reaksiyonunun daha tam yanmaya yakın olduğunu belirtmişlerdir (Habib vd., 2010).

Doktora tez içeriğinde bulgular ve sonuçlar bölümlerinin ayrıntılı şekilde sunulmasından dolayı (tez basım ve ciltleme problemi) literatür taramasının yazım kısmı burada sonlandırılmıştır. Tezin sonunda yer alan yayınlar bölümündeki alternatif yakıt ve motor performanslarını konu edinmiş motor performans derleme (review) ve alternatif yakıt derleme (review) ve diğer orijinal araştırma makalelerimden daha ayrıntılı literatür taramasına ulaşabilirsiniz.

2. TURBOJET MOTOR TEST STANDI TASARIMI, ÜRETİMİ, MONTAJI ve TANITIMI

Tezin bu bölümünde; alternatif yakıtla doldurulmuş turbojet motorun, geleneksel yakıt ile doldurulmuş turbojet motora referanslı şekilde performans verilerini elde edebilmek için hazırlanan turbojet motor test standının birleştirilme evresindeki ekipmanlarının tasarımı, üretimi, montajı ve tanıtımı sunulmuştur. Test standını oluşturan her bir donanım ilk aşamada tek başına düşünülerek anlatılmıştır. Daha sonra test standındaki görevinden ve diğer donanımlarla olan ilişkilerinden bahsedilmiştir.

Turbojet motor test standı montaj ekipmanlarının bazılarının tasarımı ve üretimi tarafımda yapılmış ve bu bölümde ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Tasarım ve üretim aşamalarından geçen ekipmanların montaj ve tanıtımından da bahsedilmiştir. Ayrıca tasarım ve üretim aşaması gerçekleştirilmemiş ekipmanların ise tanıtımı yapıp, montaj aşamaları ayrıntılı şekilde anlatılmıştır.

Ana hatları ile sınıflandırılmış, test standının hazırlanma evresinde tasarlanan – üretilen ve/veya satın alınan ekipmanların listesi Tablo 2.1’de verilmiştir. Sınıflandırma, ekipmanın kullanıldığı yere göre (tabla ve karkas, turbojet motor, veri toplama) ve montaj aşamasına göre gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2.1’deki sınıflandırma aynı zamanda bölümün içerik sınıflandırmasını da oluşturmuştur. Bölüm ana başlıklarıyla; tabla ve karkas sistemi, turbojet motorlar ve ekipmanları, veri toplama sistemi ve ekipmanları olmak üzere üç ana başlıkta yazılmıştır. Ana başlıklardaki donanımları oluşturan bileşenlerden, alt başlıklar halinde bahsedilmiştir. Ayrıca ana başlıkta ismi geçen donanımın bileşenlerinin, birbirleriyle etkileşimleri ve test düzeneği üzerindeki görevleri anlatılmıştır.

Bölüm sonunda kalibre edilebilir tüm stand ekipmanlarının kalibrasyon süreci ve iki turbojet motorun birbirine referanslı şekilde hata analiz ve ölçümleme sapma değerleri belirlenmesi hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 2.1. *Turbojet motor test standını oluşturan ekipmanlar*

Turbojet Motor Test Standı Ekipmanları	
Stand: Tabla ve Karkas Sistemi	
	Karkas sistemi Tabla Lineer hareket sistemli kızaklı ray sistemi Platform tipi itki ölçer (Yük hücresi/Loadcell) Akış ölçer L Braket
Turbojet Motorlar ve Ekipmanları	
	Turbojet motorlar Alüminyum plakalar Alüminyum takozlar Turbojet motor montaj kelepçesi Basınç tüpleri Dişi başlıklı pin girişine monte edilmiş K-tipi termokupl proplar Yakıt pompası Yakıt ve propan için kapatma valfi Led devre kartı (LED-I / O board) Turbojet motor taşınabilir kontrol ünitesi (GSU) Turbojet motor elektronik kontrol ünitesi (ECU) LiPo batarya Elektronik kontrol ünitesi alıcı – verici donanımı (ECU transceiver) Düz boru nipel – rakor
Veri Toplama Sistemi ve Ekipmanları	
	Yüksek sıcaklık termokupl jag paneli Basınç sensörü Güç kaynağı Yük hücresi transmitter Kompakt veri toplayıcı (cDAQ) Veri toplama kartları (Sıcaklık, basınç, itki ve akış)

Tablo 2.1. (Devam) *Turbojet motor test standını oluşturan ekipmanları*

Veri Toplama Sistemi ve Ekipmanları (Devam)	
	Çift katlı klemens Klemens durdurucu
Diğer Ekipmanlar	
	Yakıt tankları Tüp Basınç regülatörü Bağlantı elemanları Cıvata – somun Pul – rondela Plastik kelepçeler Mezür Hassas terazi Bilgisayar bağlantı kablosu Helezon spiral Yüksek mukavemetli vida gevşemezlilik ürünü Çeşitli başlıklara sahip vidalar Markalama etiketleri Tank yakıt filtresi Akış ölçer yakıt filtresi Gaz filtresi 3 mm – 4 mm, 3 mm – 3 mm, 4 mm – 6 mm çift taraflı konnektör Termokupl konnektör Termokupl kablosu Erkek başlıklı pinli konnektör (pin header connector) 4 mm x 2.5 mm saydam yakıt boru sistemi 3 mm x 0.5 mm gaz boru sistemi Basınç tüpü boru sistemi Sızdırmazlık elemanları Buji Elektrik kablosu seti

2.1. Stand: Tabla ve Karkas Sistemi

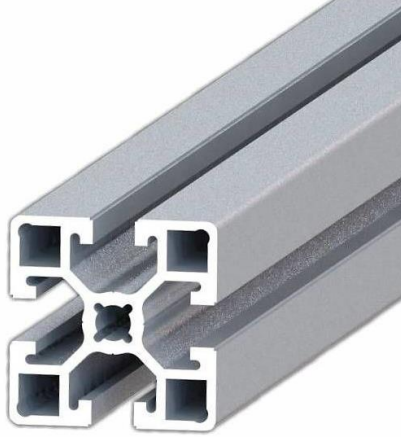
2.1.1. Karkas sistemi

Turbojet motor test standının karkas sisteminin ana malzemesi alüminyum profildir. Karkas sisteminin boyutları;

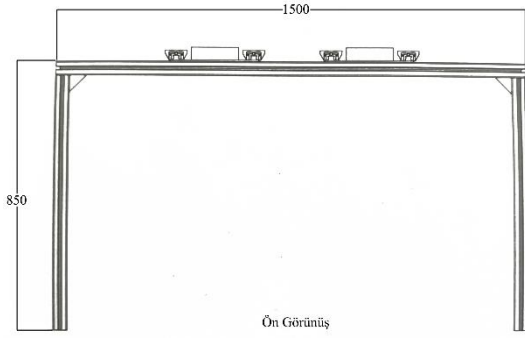
- ✓ Karkasın yerden yüksekliği, 850 mm (Şekil 2.2)
- ✓ Karkasın genişliği, 1500 mm (Şekil 2.4)
- ✓ Karkasın derinliği, 1000 mm (Şekil 2.3)

'dir. Standın kolay hareket edip, taşınabilir olması için ayrı tekerlekli bir konteynır içerisine konmuştur. Ayrıca standın, turbojet motorların etkisinden etkilenmemesi ve sabit kalarak titreşim oluşturmaması için sabit yere yapışabilen vakumlu altlıklar kullanılmıştır.

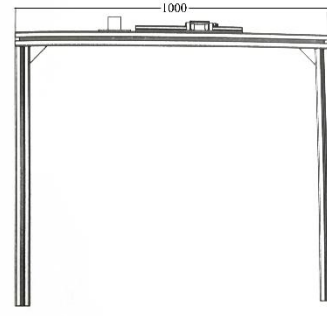
Karkasın konstrüksiyon malzemesi 45x45 mm sigma profil olarak adlandırılan NAND (köşegen kanallı) alüminyum profildir (Şekil 2.1). Sigma profilin tercih edilme sebepleri; montajının kolay yapılabilmesi olması, kanallar aracılığıyla bağlantı elemanlarının ve montajlanacak olan turbojet motor ekipmanlarının kolay monte edilebilir olmasından dolayıdır.



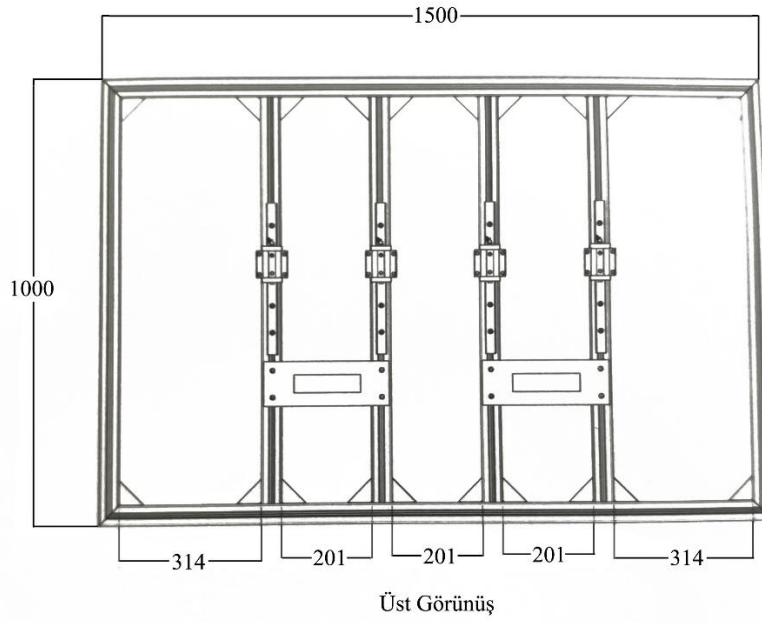
Şekil 2.1. Karkas sisteminde kullanılan 45x45 mm alüminyum sigma profil



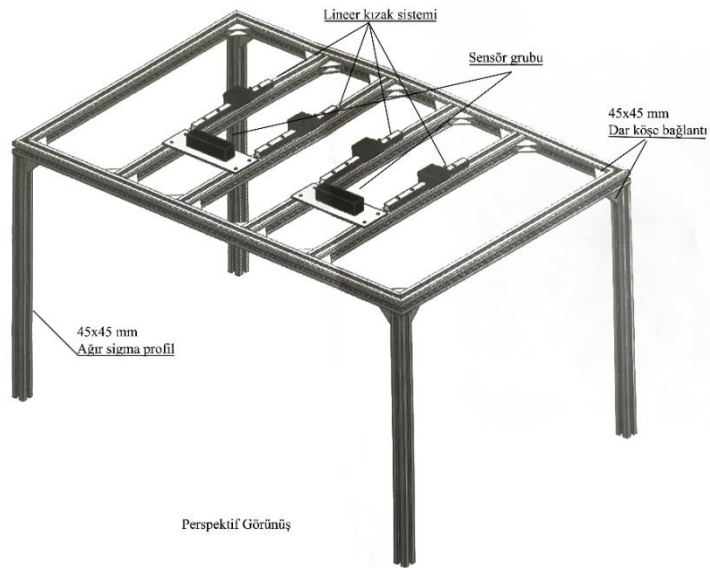
Şekil 2.2. Karkas sistemi ön görünüş



Şekil 2.3. Karkas sistemi yan görünüş



Şekil 2.4. Karkas sistemi üst görünüş



Şekil 2.5. Karkas sistemi perspektif görünüş

Şekil 2.4’de karkasın üstten görünüşünün teknik resmi mevcuttur. Karkas tabla yan alüminyum profil ile lineer hareket sistemli kızaklı ray sistemi arasındaki mesafe 314 mm’dir. Kızak sistemleri arasındaki mesafe ise 201 mm’dir. İki adet platform tipi itki ölçer sensörler arası mesafe de 201 mm olarak tasarlanmıştır.

45x45 mm sigma profillerin düzeni, profilleri birbirine montajlamak ve dayanımı arttırmak için kullanılan 45x45 mm köşe bağlantıları, sensör grubu ve lineer ray – kızak sistemi Şekil 2.5’de karkasın perspektif görünüşünün teknik resminde ayrıntılı bir şekilde görülmektedir.



Şekil 2.6. Turbojet motor test standı: Karkas sistemi

Şekil 2.6’da, Şekil 2.5’de teknik resimleri verilen test standı karkas sisteminin montajlanmış hali görülmektedir. Karkas sisteminin yer ile temas eden bacaklarına, titreşimi önlemek için plastikten imal edilmiş kaymaz ve vakumla tabanı tutabilen ayaklık monte edilmiştir (Şekil 2.7).

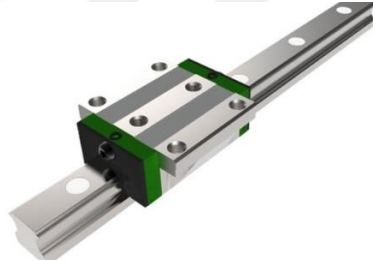


Şekil 2.7. Karkas sistemi krom kaplı ayak

2.1.2. Lineer hareket sistemli kızaklı ray sistemi

Turbojet motor test standı tablası üzerinde toplam dört adet lineer hareket edebilen kızaklı ray sistemi bulunmaktadır (Şekil 2.8). Ayrıca kızak – ray sisteminin araba bölmesi, turbojet motorun geri çekilme sürecinde kızaktan ayrılmaması için kızığın arka kısmına L braket yerleştirilmiştir. Tablada toplam dört kızak için dört adet L braket kullanılmıştır. Test standında, lineer kızaklı ray sistemi kullanılmasının nedenleri şunlardır;

- ✓ Dört adet lineer kızaklı ray sisteminin bulunmasının nedeni; her bir turbojet motor için (toplam iki adet turbojet motor) iki adet kızak – ray sisteminin bulunmasındandır. Böylelikle motor montaj kelepçesi, motorun gövdesinden kızak – ray sistemine kolaylıkla monte edilebilmiştir.
- ✓ Lineer hareket etmesinin nedeni, turbojet motorların kızak – ray sistemine montajlandığında masanın tablasına paralel şekilde hareket ederek kompresör önündeki itki ölçere rahat bir şekilde temas edebilmesi içindir.
- ✓ Kızak ve ray sisteminin bulunmasının nedeni, tablanın üzerindeki motorların her bir test sürecinde geriye çekilerek, itki ölçerin değerinin sıfırlanabilmesi içindir.



(a)



(b)

Şekil 2.8. Lineer hareket sistemli kızak ray sistemi (a) ve L braket (b)

2.1.3. Platform tipi itki ölçer (Yük hücresi/Loadcell)

Motor performans parametrelerinden biri olan itki parametresinin, turbojet motorlardan elde edilebilmesi için turbojet motor test standına iki adet platform tipi itki ölçer monte edilmiştir (Şekil 2.9). Montaj, turbojet motorların itki üretmeye başladığı andan itibaren verilerin sağlıklı okunabilmesi için motor gövdesinin rahatlıkla dokunabileceği kızak – ray sisteminin ön tarafına yapılmıştır. Platform tipi itki ölçer;

- ✓ Malzemesi, alüminyum
- ✓ Kapasitesi, 1 N – 100 N
- ✓ Maksimum güvenli yükleme kapasitesi, %150
- ✓ Besleme voltajı, 5 ~ 12 V
- ✓ Sıcaklık bölgesi, (-10 °C) ~ (40 °C)
- ✓ Toplam hata %, ≤ 0.02

özelliklerine sahiptir.



(a)



(b)

Şekil 2.9. Platform tipi itki ölçer (a) ve tablaya montajı (b)

2.1.4. Akış ölçer

Motor performans parametrelerinden biri olan yakıt debisinin, turbojet motorlardan elde edilebilmesi için turbojet motor test standına iki adet akış ölçer (flowmeter) yerleştirilmiştir (Şekil 2.10). Böylelikle alternatif yakıtın kullanıldığı turbojet motor ile geleneksel yakıtın kullanıldığı turbojet motorun arasındaki yakıt sarfiyat fark verisi elde edilebilmiştir. Akış ölçer;

- ✓ Islak bölge malzemesi, alüminyum
- ✓ Ölçme aralığı, 50 – 1500 mL/dk
- ✓ Sıcaklık bölgesi, (-10 °C) ~ (80 °C)
- ✓ Maksimum basınç, 16 bar
- ✓ Hassasiyet, $< \pm 1\%$
- ✓ Besleme voltajı, 12 ~ 24 V
- ✓ Çıkış, 4 – 20 mA, 0 – 10 V

özelliklerine sahiptir.



(a)



(b)

Şekil 2.10. Akış ölçer (a) ve tablaya montajı (b)

2.2. Turbojet Motorlar ve Ekipmanları

2.2.1. Turbojet motorlar

Test standında iki adet turbojet motor kullanılmıştır. Motorlar JetCat firmasının P80 SE olarak piyasaya sürdüğü motorlardır (Şekil 2.11). Turbojet motor;

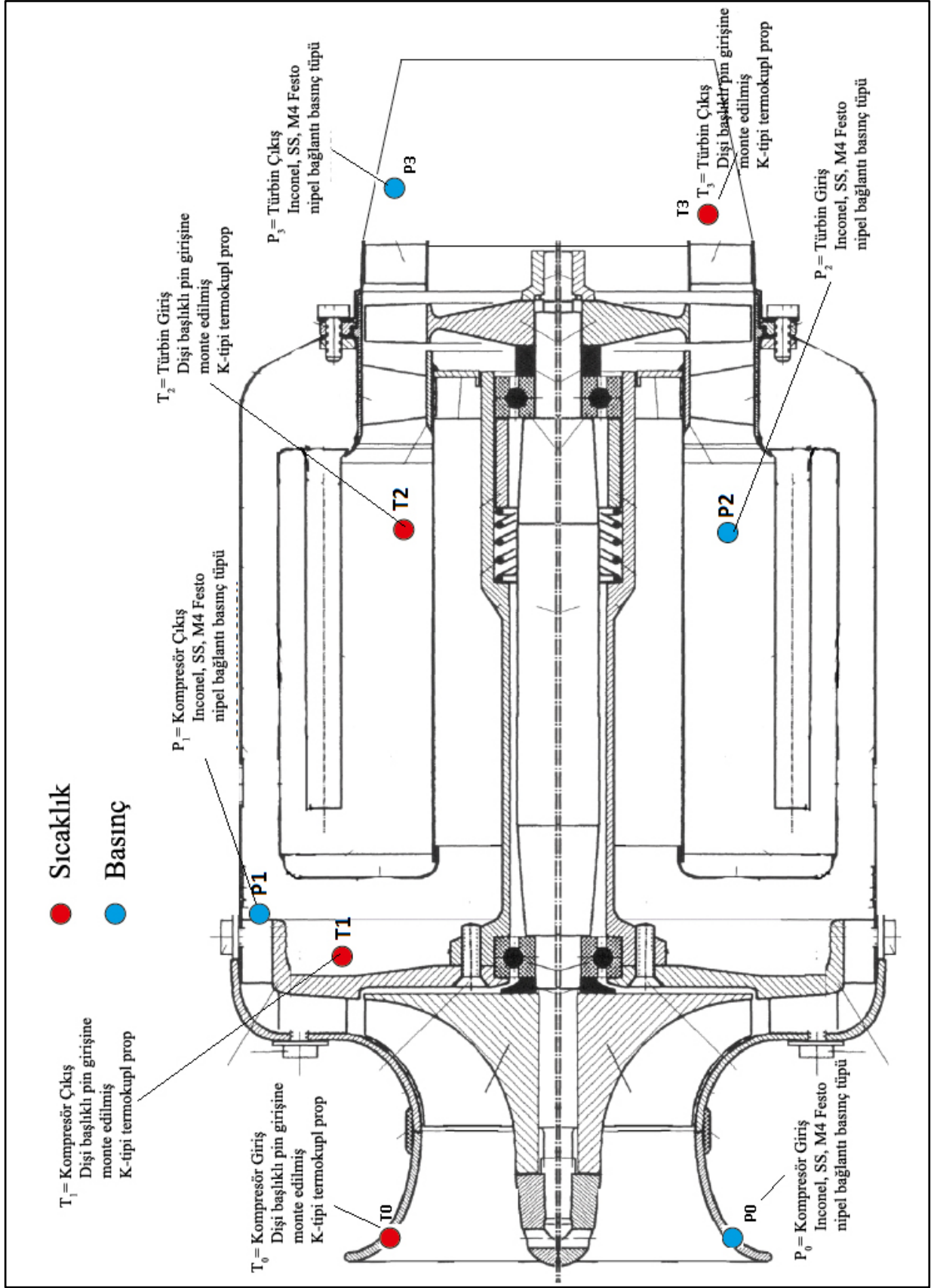
- ✓ Rölanti Rpm, 35000 d/dk
- ✓ Maksimum Rpm, 125000 d/dk
- ✓ Maksimum itki, 97 N @ 125000 RPM
- ✓ Maksimum egzoz gaz sıcaklığı, 710 °C
- ✓ Egzoz gaz hızı, 1397 km/h
- ✓ Güç, 18.8 kW
- ✓ Maksimum yakıt tüketimi, 275 mL/dk
- ✓ Ağırlık, 1446 g (Otostart ünitesi dâhil)
- ✓ Çap, 112 mm
- ✓ Motor boyu, 315 mm

özelliklerine sahiptir.



Şekil 2.11. JetCat P80 SE turbojet motor

Turbojet motorun kompresör, yanma odası, türbin ve lüle komponentleri aşağıda bulunan teknik resimdeki detaylara sahiptir. Modifiye ve enstrümante özellikleri teknik resim ile birlikte aşağıda verilmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Turbojet motor enstrümantasyon teknik resmi

Termokuplların turbojet motor üzerindeki yerleri, işlevleri ve montajları hakkında genel bilgi aşağıdadır;

- ✓ Şekil 2.12’de T_0 olarak gösterilen yere K-tipi termokupl daldırılmıştır. Böylelikle yüksek sıcaklık aralığında bile hassas veri edinimi gerçekleştirilebilmiştir. Kompresör giriş sıcaklığı verileri bu termokupldan elde edilmiştir. Daldırılan termokupldan direkt olarak veri toplama cihazına bağlantının yapılabilmesi için dişi başlıklı pin giriş montajı yapılmıştır. Ayrıca daldırılmış termokupl, turbojet motor montaj kelepçesinin motora rahatlıkla geçebileceği bölgededir. Termokupl kompresör girişine daldırıldığı yerde hava akışını bozmadan veri elde edinimi sağlayabilmektedir. Bağlantı kompresörün çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.
- ✓ Şekil 2.12’de T_1 olarak gösterilen yere K-tipi termokupl daldırılmıştır. Böylelikle yüksek sıcaklık aralığında bile hassas veri edinimi gerçekleştirilebilmiştir. Kompresör çıkış (yanma odası giriş) sıcaklığı verileri bu termokupldan elde edilmiştir. Daldırılan termokupldan direkt olarak veri toplama cihazına bağlantının yapılabilmesi için dişi başlıklı pin giriş montajı yapılmıştır. Ayrıca daldırılmış termokupl, turbojet motor montaj kelepçesinin motora rahatlıkla geçebileceği bölgededir. Termokupl kompresör çıkışına daldırıldığı yerde hava akışını bozmadan veri elde edinimi sağlayabilmektedir. Bağlantı kompresörün çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.
- ✓ Şekil 2.12’de T_2 olarak gösterilen yere K-tipi termokupl daldırılmıştır. Türbin girişinde termokupl yüksek sıcaklıklara maruz kalacağı için termokupl seçimi bu bölgede çok önemlidir. K-tipi termokupl seçilerek yüksek sıcaklık aralığında bile hassas veri edinimi gerçekleştirilebilmiştir. Türbin giriş (yanma odası çıkış) sıcaklığı verileri bu termokupldan elde edilmiştir. Daldırılan termokupldan direkt olarak veri toplama cihazına bağlantının yapılabilmesi için dişi başlıklı pin giriş montajı yapılmıştır. Ayrıca daldırılmış termokupl, turbojet motor montaj kelepçesinin motora rahatlıkla geçebileceği bölgededir. Termokupl türbin girişine daldırıldığı yerde yanma ürünlerinin akışını bozmadan veri elde edinimi sağlayabilmektedir. Bağlantı türbinin çalışmasını engellemeyecek,

sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.

- ✓ Şekil 2.12’de T_3 olarak gösterilen yere K-tipi termokupl daldırılmıştır. K-tipi termokupl seçilerek yüksek sıcaklık aralığında bile hassas veri edinimi gerçekleştirilebilmiştir. Türbin çıkış sıcaklığı verileri bu termokupldan elde edilmiştir. Daldırılan termokupldan direkt olarak veri toplama cihazına bağlantının yapılabilmesi için termokupl konnektör ve kablo sistemi kullanılmıştır. Ayrıca daldırılmış termokupl, turbojet motor montaj kelepçesinin motora rahatlıkla geçebileceği bölgededir. Termokupl türbin çıkışına daldırıldığı yerde yanma ürünlerinin akışını bozmadan veri elde edinimi sağlayabilmektedir. Bağlantı sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.

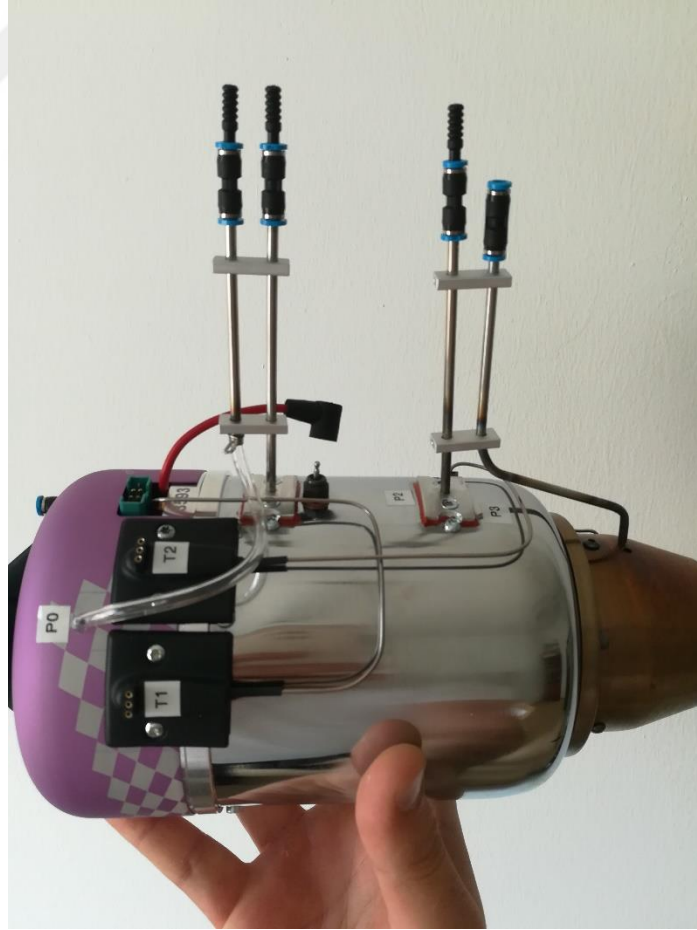
Şekil 2.13’de T_0 ve T_3 numaralı termokuplların motor üzerindeki yerleşimleri görülmektedir. T_0 kompresör girişine, T_3 türbin çıkışına daldırılmıştır. Her iki termokuplada dişi başlıklı pin konnektör bağlanmıştır. Böylelikle bir ucu erkek başlı termokupl kablosu direkt olarak veri toplama sistemine, termokupl konnektör ve jag paneli aracılığıyla bağlanabilmektedir.



Şekil 2.13. T_0 ve T_3 termokupllarının turbojet motor üzerindeki yerleşimi



Şekil 2.14. P_1 ve P_2 basınç tüplerinin turbojet motor üzerindeki yerleşimi



Şekil 2.15. T_1 , T_2 , P_0 ve P_3 sırasıyla termokupllar ve basınç tüplerinin turbojet motor üzerindeki yerleşimi

Şekil 2.15’de T_1 ve T_2 numaralı termokuplların motor üzerindeki yerleşimleri görülmektedir. T_1 kompresör çıkışına (yanma odası girişi), T_2 türbin girişine (yanma odası çıkışı) daldırılmıştır. Her iki termokuplada dişi başlıklı pin konnektör bağlanmıştır. Böylelikle bir ucu erkek başlı termokupl kablo su direkt olarak veri toplama sistemine, termokupl konnektör ve jag paneli aracılığıyla bağlanabilmektedir.

Basınç tüplerinin turbojet motor üzerindeki yerleri, işlevleri ve montajları hakkında genel bilgi aşağıdadır;

- ✓ Kompresör giriş basıncı verilerini elde edebilmek için Şekil 2.12’de P_0 olarak gösterilen yere, iç yüzeyi Inconel dış yüzeyi paslanmaz çelik olan M4 Festo nipel bağlantısının gerçekleştirilebileceği, basınç tüpü daldırılmıştır. Böylelikle basınç tüpü hem yüksek sıcaklık farklarına dayanabilmekte hem de direkt olarak festo konnektör ile veri toplama sistemindeki basınç sensörü girişine 4 mm boru ile bağlanabilmektedir. Ayrıca daldırılmış basınç tüpü motorun kelepçe ile stand a bağlanmasına engel olmamakta ve kompresöre daldırıldığı yerde hava akışını bozmadan veri elde edimini sağlayabilmektedir. Bağlantı, kompresörün çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.
- ✓ Kompresör çıkış basıncı verilerini elde edebilmek için Şekil 2.12’de P_1 olarak gösterilen yere, iç yüzeyi Inconel dış yüzeyi paslanmaz çelik olan M4 Festo nipel bağlantısının gerçekleştirilebileceği, basınç tüpü daldırılmıştır. Böylelikle basınç tüpü hem yüksek sıcaklık farklarına dayanabilmekte hem de direkt olarak festo konnektör ile veri toplama sistemindeki basınç sensörü girişine 4 mm boru ile bağlanabilmektedir. Ayrıca daldırılmış basınç tüpü motorun kelepçe ile stand a bağlanmasına engel olmamakta ve kompresöre daldırıldığı yerde hava akışını bozmadan veri elde edimini sağlayabilmektedir. Bağlantı, kompresörün çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.
- ✓ Türbin giriş basıncı verilerini elde edebilmek için Şekil 2.12’de P_2 olarak gösterilen yere, iç yüzeyi Inconel dış yüzeyi paslanmaz çelik olan M4 Festo nipel bağlantısının gerçekleştirilebileceği, basınç tüpü daldırılmıştır. Böylelikle basınç tüpü hem yüksek sıcaklık farklarına dayanabilmekte hem de direkt olarak festo konnektör ile veri toplama sistemindeki basınç sensörü girişine 4 mm boru

ile bağlanabilmektedir. Ayrıca daldırılmış basınç tüpü motorun kelepçe ile standa bağlanmasına engel olmamakta ve türbine daldırıldığı yerde yanma ürünlerinin akışını bozmadan veri elde edinimini sağlayabilmektedir. Bağlantı, türbinin çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.

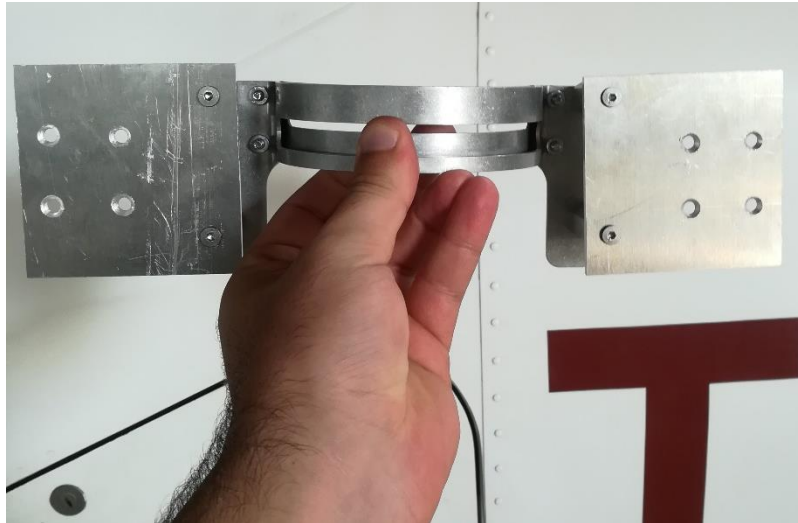
- ✓ Türbin giriş basıncı verilerini elde edebilmek için Şekil 2.12’de P_3 olarak gösterilen yere, iç yüzeyi Inconel dış yüzeyi paslanmaz çelik olan M4 Festo nipel bağlantısının gerçekleştirilebileceği, basınç tüpü daldırılmıştır. Böylelikle basınç tüpü hem yüksek sıcaklık farklarına dayanabilmekte hem de direkt olarak festo konnektör ile veri toplama sistemindeki basınç sensörü girişine 4 mm boru ile bağlanabilmektedir. Ayrıca daldırılmış basınç tüpü motorun kelepçe ile standa bağlanmasına engel olmamakta ve türbine daldırıldığı yerde yanma ürünlerinin akışını bozmadan veri elde edinimini sağlayabilmektedir. Bağlantı, türbinin çalışmasını engellemeyecek, sızdırmazlık problemi çözülmüş ve verileri hassas bir şekilde temin edebilecek durumda yapılandırılmıştır.

Şekil 2.14 ve Şekil 2.15’de sırasıyla P_1 , P_2 , P_0 ve P_3 numaralı basınç tüplerinin motor üzerinde yerleşimleri görülmektedir. P_0 kompresör girişine, P_1 kompresör çıkışı (yanma odası girişine), P_2 türbin girişi (yanma odası çıkışına) ve P_3 ise türbin çıkışına daldırılmıştır. Basınç tüplerinin uç kısımlarında boru hattının kolay bağlanabilmesi için Festo bağlantı nipelı mevcuttur. Böylelikle veri toplama sistemindeki basınç sensörlerine bağlantı kolaylıkla yapılabilmiştir.

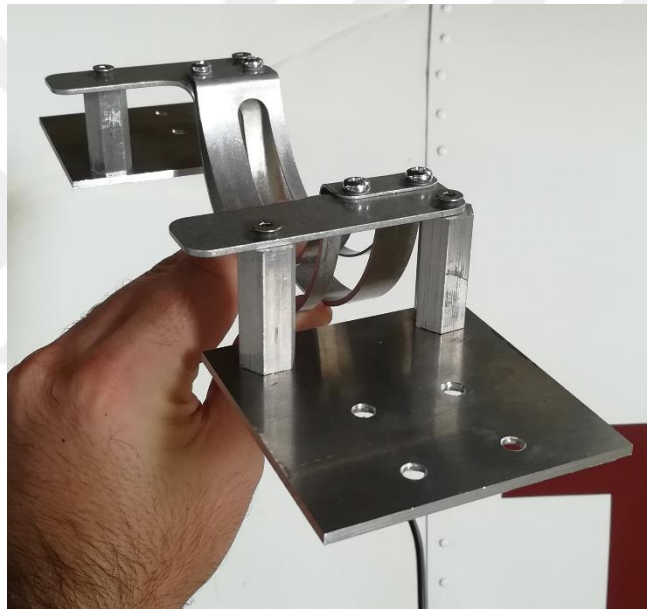
Turbojet motorların karkas sistemine bağlantısı; alüminyum plakalar, alüminyum takozlar ve motor montaj kelepçesi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Montaj işlem sırası aşağıdaki gibidir (Şekil 2.16);

- ✓ Alüminyum plakalar üzerine alüminyum takozlar monte edilmiştir.
- ✓ Alüminyum takoz üzerine turbojet motor montaj kelepçesi monte edilmiştir.
- ✓ Plaka, takoz ve montaj kelepçesinin birleştirilmiş hali, lineer hareket edebilen kızaklı ray sistemine monte edilmiştir.

Alüminyum takozların yüksekliği, turbojet motorun lineer hareketi ile itki ölçere dokunabileceği şekilde ayarlanmıştır (Şekil 2.16).



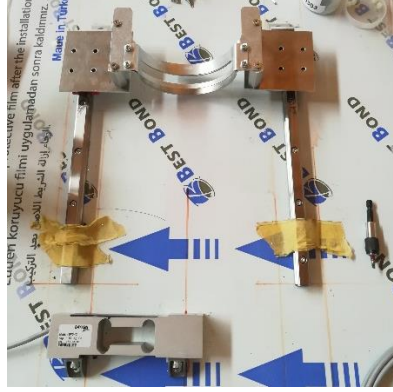
(a)



(b)



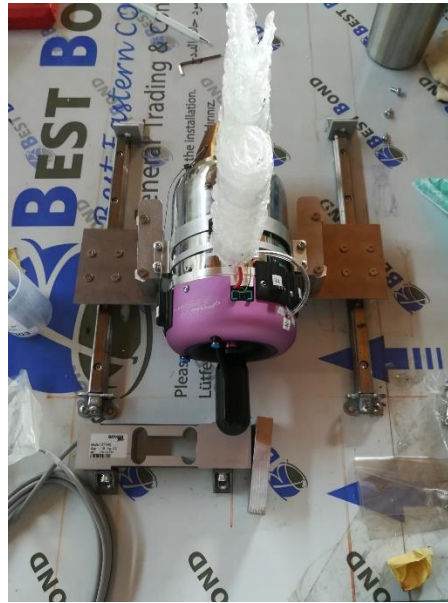
(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 2.16. Plaka (a), plaka-takoz (b), montaj kelepçesi (c), kızak ray – kelepçe (d), turbojet motor – kızak ray sistemi (e), turbojet motor – itki ölçer (f) montajı

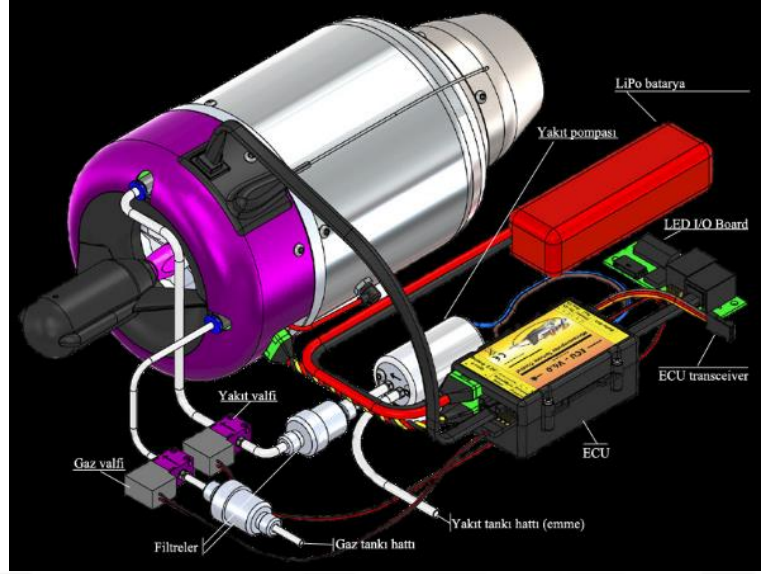
2.2.2. Turbojet motor ekipmanları

Test standındaki turbojet motorların, standı montajı gerçekleştirildikten sonra motorların çalışması için gerekli olan yardımcı ekipmanların bağlantıları gerçekleştirilmiştir.

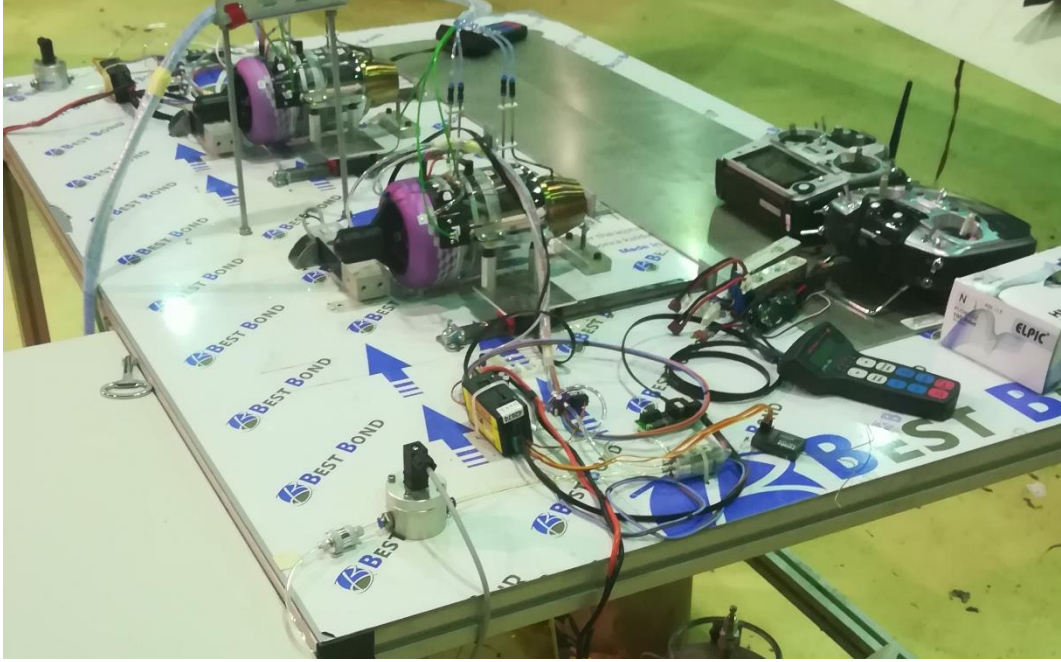
Tablo 2.2’de turbojet motorun yardımcı ekipmanlarının listesi görülmektedir. Ekipmanlar Şekil 2.17’deki gibi tablaya monte edilmiştir. Turbojet motorun elektronik kontrol ünitesine; led kart, LiPo batarya, yakıt pompası, yakıt ve propan valfi ve elektronik kontrol ünitesi alıcı-verici donanımı bağlanmıştır. Yakıt pompasının emme hattı ile akış ölçerin arasına yakıt filtresi, propan tankı ile propan valfi arasına gaz filtresi bağlantısı yapılmıştır. Bataryanın boşalması durumu göz önünde bulundurularak veri toplama sistemine dâhili besleme eklenmiştir.

Tablo 2.2. *Turbojet motor yardımcı ekipmanları*

	Led devre kartı (LED-I/O board)
	Turbojet motor taşınabilir kontrol ünitesi (GSU)
	Turbojet motor elektronik kontrol ünitesi (ECU)
	Yakıt pompası
	LiPo batarya
	Yakıt / Gaz filtresi
	Yakıt tankı filtresi
	Yakıt / Gaz valfi
	4 mm x 2.5 mm saydam yakıt boru sistemi
	3 mm x 0.5 mm gaz boru sistemi
	Elektronik kontrol ünitesi alıcı – verici donanımı (ECU transceiver)
	Nipel – rakor



(a)



(b)

Şekil 2.17. *Turbojet motor yardımcı ekipmanların elektronik kontrol ünitesine (ECU) bağlantısı (a) ve tüm ekipmanların tablaya bağlantı konumları*

Turbojet motorların, taşınabilir kontrol ünitesi egzoz gaz sıcaklığı göstergesi haricinde, verilerin direkt olarak bilgisayar ortamına aktarılabilmesi için motor lüle komponentine ilave termokupllar yerleştirilmiştir. Termokupllar, alüminyum bir plakaya yüksekliği ayarlanabilecek ve polar eksen hareketi yapılabilecek şekilde monte

edilmiştir. Böylelikle veriler hazırlanan yazılım aracılığıyla bilgisayar ortamına rahatlıkla aktarılabilmektedir.

Turbojet motor test standında iki adet turbojet motorun montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.17). Test ünitesinde iki adet turbojet motorun bulunmasının nedenleri şunlardır;

- ✓ Tek motorlu test ünitelerinde alternatif yakıtın geleneksel yakıtla göre avantajlarının ve dezavantajlarının belirlenebilmesi için aynı çevre şartlarında (sıcaklık ve basınç) önce geleneksel yakıt ile daha sonra alternatif-geleneksel yakıt karışımı ile motorun çalıştırılması gerekmektedir. Dolayısıyla aynı test koşullarının oluşmasını beklemek hem zor hem de çok vakit olan bir süreçtir. Özellikle farklı motor performans hallerinde (çoklu rpm temelli analiz, çoklu itki temelli analiz, çoklu sıcaklık/basınç temelli analiz, çoklu debi temelli analiz vb.) testler gerçekleştirilecek ise, tek motor için çevre sıcaklığını ve basıncını, hem alternatif yakıt karışımı için hem de geleneksel yakıt karışımı için, aynı değerde yakalayabilmek imkânsız hale gelmektedir. İlk olarak akla gelen, kapalı bir ortamı aynı sıcaklık ve basınçta tutarak testlerin gerçekleştirilebileceğidir. Fakat test düzeneğinin ana elemanı turbojet motor olduğu düşünüldüğünde, kapalı bir mekânda çalıştırma imkânı olmadığı için açık alanda testler gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla çevre sıcaklık ve basınç değişikliğinin önemi ortadan kaldırılmış, çoklu motor performans hallerini test etme zorluğu, zaman problemi ve hassas veri elde edilememesi problemi iki motor kullanılarak çözülmüştür.
- ✓ Tek motora sahip test ünitelerinde, denenecek olan alternatif yakıt karışımının oluşturacağı bir diğer problem kontaminasyondur. Çoklu motor performans testleri yapılacak ise her bir geleneksel yakıttan sonra motora beslenen yeni alternatif yakıt karışımı bir sonraki testte motorun içerisinde birikim sağlayabilmekte ve motor besleme hattında önceki testten kalan yakıt ile karışabilmektedir. Termodinamik çevrim, enerji, ekserji ve benzeri analizleri gerçekleştirmek için İHA (insansız hava aracı) motoru ile kurulmuş stantlarda özellikle motorun mini sınıfa dâhil olması kontaminasyon etkisini arttırmaktadır. Mini sınıfı motorlarda yakıt debisinin dakikada ortalama 150 ~ 250 ml arası olduğu düşünüldüğünde az bir miktar alternatif yakıt geleneksel yakıtla kontamine olduğunda hassas bir şekilde veri elde edilememektedir. Dolayısıyla

test düzeneğinde iki motor kullanılarak kontaminasyon problemi ortadan kaldırılmıştır. E1 (engine1) olarak adlandırılan turbojet motorda sadece geleneksel yakıt, E2 (engine2) olarak adlandırılan turbojet motorda ise alternatif yakıt karışımı kullanılmıştır. Ayrıca ileri düzey test standı için aidiyetli motor kullanımından dolayı her bir yakıtın yağlama etkileri ortaya koyulabilecektir.

- ✓ Tek motorlu ve mini sınıf test düzeneklerinin bir diğer problemi kalibrasyondur. İtki ölçer ve benzeri sensörlerin referans olarak kalibre edilebilmesi, her çoklu motor performans analizinin gerçekleştirilmesinde hassas veri elde edilebilmesi için gerekmektedir. Kalibrasyon gerçekleştirilemez ise hatalı ve anlamsız veriler elde edilecektir. İki motorlu mini sınıf test düzeneğinde ise motor ve veri toplama ekipmanları kalibrasyonu diğer motor referans alınarak yapılabildiğinden hassas veri elde edinimi sağlanabilmektedir.
- ✓ Motorun spesifikasyonları göz önünde bulundurulduğunda, motorların bakım ömürlerinden dolayı iki motorlu sistemlerde testlerin devamlılığı sağlanabilmektedir. Ayrıca yakıt hattını, yakıt ve depo filtrelerini (tank clunk) sürekli olarak değiştirmek gerekmemektedir (Şekil 2.18).

İki motorlu test düzeneklerinin dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir;

- ✓ Motorların, yardımcı ekipmanların ve veri toplama sisteminin kurulum maliyeti tek motorlu sistemlere göre yüksektir.
- ✓ Tek motorlu düzeneklere göre iki motorlu stand ağırlığı fazladır. Dolayısıyla taşınabilir olma özelliği tek motorlu sisteme göre daha hantaldır.



Şekil 2.18. Yakıt hattı, hızlı konnektör/nipel, yakıt ve yakıt deposu filtreleri (tank clunk)

2.3. Veri Toplama Sistemi ve Ekipmanları

Bu bölümde, test düzeneğinin tabla ekipmanlarının (karkas, turbojet motor, motor yardımcı elemanları) montajı gerçekleştirildikten sonraki aşaması olan, veri toplama sistemi ve ekipmanlarının tanıtımı ve montajı anlatılmıştır.

Veri toplama işlemi (Data Acquisition /DAQ); voltaj, akım, sıcaklık, itki, debi, basınç, ses ve benzeri elektriksel veya fiziksel/mekaniksel bir olayı bilgisayar aracılığıyla işleme sürecidir (Tablo 2.3). Bir veri toplama sistemi; sensörler, veri toplama ölçüm donanımı ve programlanabilir bir yazılıma sahip bir bilgisayardan oluşur. Geleneksel ölçüm sistemlerine kıyasla bilgisayar tabanlı veri toplama sistemleri, standardizasyonlara uygun, bilgisayarın işlem gücüyle daha hassas veri elde edinimi sağlayan, kolay uygulanabilirlik ile esneklik üreten ve maliyeti uygun çözümler sunar (Mihura, 2001; Beyon, 2000; NI, 2019).

Tablo 2.3. Veri toplama sistemi parçaları

Sensör		Veri toplama cihazı		Bilgisayar	
					
		Sinyal iyileştirme	Analog-dijital çevirici	Sürücü yazılımı	Uygulama yazılımı
					
Fiziksel sistem	Dönüştürücü sensör	Sinyal koşullandırma	A/D Dönüştürücü		

Fiziksel değişkenlere sahip bir ortamın (sıcaklık, basınç, akış, itki ve benzeri), ölçölmek istenen değişkeni, sensörler aracılığı ile güröltölü elektrik sinyallerine dönüştürölür. Dönüştürölen güröltölü elektriksel sinyaller bir sinyal düzenleyici/iyileştirici (filtrelendirilmiş ve yükseltilmiş sinyal) cihaza yönlendirilir. Filtrelendirilmiş ve yükseltilmiş sinyal, analog dijital dönüştürüşünün yakalayabileceği uygun çıkış sinyali haline gelir. Dönüştürücü sinyali bilgisayarın algılayabileceği formata çevirir (Tablo 2.3).

Tablo 2.3'deki veri toplama sistemi elemanlarının işlevleri (NI, 2019);

- ✓ Bir kompresör girişinin sıcaklığı, havanın yoğunluğu veya bir nesneye uygulanan kuvvet gibi fiziksel bir olgunun ölçümü bir sensörle başlar. Dönüştürücü (transducer) olarak da adlandırılan bir sensör, fiziksel bir olguyu ölçölebilir bir elektrik sinyaline dönüştürür. Sensör tipine bağlı olarak, elektrik çıkışı bir voltaj, akım, direnç veya zaman içinde değişen başka bir elektrik özelliği olabilir. Bazı sensörler bir veri toplama (DAQ) cihazı tarafından, doğru ve güvenli bir şekilde okunabilen bir sinyal üretmek için ek bileşenlere ve devre sistemlerine ihtiyaç duyabilir.
- ✓ Veri toplama donanımı (DAQ) dış dünyadan gelen sinyaller ile bilgisayar arasındaki arayüz görevini görür. Veri toplama kartı/ okuma modölü, gelen analog sinyalleri sayısallaştırarak bir bilgisayarın sayısallaştırılmış sinyalleri yorumlayabilmesini sağlayan bir cihaz olarak işlev görür. Sinyalleri ölçmek için kullanılan veri toplama cihazının üç ana komponenti; sinyal koşullandırma devresi, analog-dijital dönüştürücü ve bilgisayar veri yoludur.
- ✓ Programlanabilir yazılıma sahip bir bilgisayar veri toplama (DAQ) cihazının çalışmasını kontrol eder ve ölçüm verilerinin işlenmesi, görselleştirilmesi ve saklanması için kullanılır. Farklı uygulama türlerinde farklı bilgisayar türleri ve tipleri kullanılır.
- ✓ Sürücü yazılımı, uygulama yazılımına bir DAQ cihazıyla etkileşime girme yeteneği sağlar. Düşük seviye donanım komutlarını ve kayıt seviyesi programlamayı soyutlayarak DAQ cihazıyla iletişimi kolaylaştırır. Genellikle, DAQ sürücü yazılımı, uygulama yazılımı oluşturmak için bir programlama ortamında kullanılan bir uygulama programlama arabirimini (API) sunar.

- ✓ Uygulama yazılımı, ölçüm verilerini elde etmek, analiz etmek ve sunmak için bilgisayar ve kullanıcı arasındaki etkileşimi kolaylaştırır. Önceden tanımlanmış işlevselliğe sahip önceden oluşturulmuş bir uygulama veya özel işlevselliğe sahip uygulamalar oluşturmak için bir programlama ortamıdır. Özel uygulamalar genellikle bir DAQ cihazının birden fazla işlevini otomatikleştirmek, sinyal işleme algoritmaları gerçekleştirmek ve özel kullanıcı arayüzlerini görüntülemek için kullanılır.

Tablo 2.4’de veri toplama sisteminin elemanlarının listesi görülmektedir. Listelenmiş elemanların hepsi veri toplama panosu içerisinde yer almaktadır. Basınç sensör grubu, okuma modülleri, termokuplların bağlantıları veri toplama sistemi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Sensörlerden elde edilen veriler böylelikle veri toplama ünitesi aracılığıyla bilgisayar ortamına anlamlı şekilde aktırılabilmiştir.

Tablo 2.4. Veri toplama ünitesi elemanları

	Veri toplama panosu
	Yüksek sıcaklık termokupl jag paneli
	Basınç sensörleri
	Güç kaynağı
	Yük hücresi transmitterları
	Veri toplama kartları
	Kompakt veri toplayıcı (cDAQ)
	Çift katlı klemens

2.3.1. Veri toplama panosu

Veri toplama panosu Eskişehir Teknik Üniversitesi bünyesinde bulunan parçacık görüntülemeli akış ölçüm cihazı (PIV, Particle image velocimetry) laboratuvarından temin edilmiştir.

Turbojet motor test standında kullanılan veri toplama panosunun özellikleri aşağıda listelenmiştir (Şekil 2.19);

- ✓ Veri toplama panosu, iç bölmesine montajı yapılan sensör grubu ve diğer elemanların dışarıdan görünmesine izin vermeyecek şekilde tasarlanmıştır.
- ✓ Herhangi bir görüntüleme bölmesine sahip değildir.
- ✓ Pano tek taraflı açılabilen kapıya sahiptir.
- ✓ Veri toplama elemanlarının montajı için kendinden delikli bir yapıya sahiptir.
- ✓ Dâhili kilidi mevcuttur.
- ✓ İklim koşullarına dayanıklıdır.
- ✓ Alüminyum sigma profile montajlanabilecek dış kasaya sahiptir.



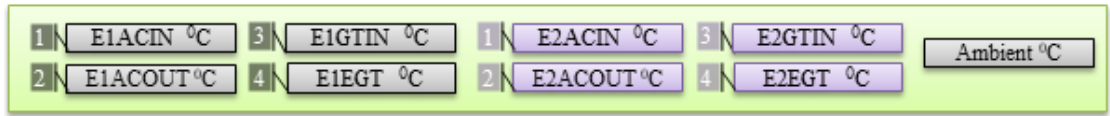
Şekil 2.19. Veri toplama panosunun dış kasası

Veri toplama panosunun karkas sistemine montajı T kanallı somunlar aracılığıyla yapılmıştır. Böylelikle, T kanal somunlarının mukavemetinden faydalanılmış ve sigma profil kanalına, somunun geniş oturma alanı sayesinde, sağlam bir bağlantı gerçekleştirilmiştir.

Veri toplama panosunun yan panelleri, Şekil 2.20'deki sıralamayla termokupllar ve basınç sensörlerinin montajına tahsis edilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2.20. Veri toplama panosu termokupllar (a) ve basınç sensörlerinin yerleşimi (c) ve şematik gösterimi (b, d)

E1; kerozen ile çalışan birinci motoru, E2; alternatif-geleneksel yakıt karışımı ile çalışan ikinci motoru, AC; kompresörü, GT; gaz türbinini, EGT; egzoz gaz sıcaklığını, IN; girişi, OUT; çıkışı, Ambient; çevreyi sembolize etmektedir. Bundan sonraki bölümlerde bu sembolizasyon ve pano yerleşim planı kullanılacaktır.

Basınç sensörlerinin pano yerleşim yerinde, ikinci motorun basınç sensörleri ile çevre basınç sensörünün arasında güç kaynağı açma/kapama düğmesi bulunmaktadır.

2.3.2. Yüksek sıcaklık termokupl jag paneli

Veri toplama sistemi içerisinde on kanallı termokupl jag paneli mevcuttur. Turbojet motorlardan gelen termokupl kablolarının bağlandığı paneldir. Termokupl kabloları, minyatür boyutlu termokupl konnektörlerle panele bağlanmaktadır (Şekil 2.21). Panelde toplam dokuz adet termokupl vardır. Her bir motorun; kompresör giriş sıcaklığı, kompresör çıkış (yanma odası giriş) sıcaklığı, türbin giriş (yanma odası çıkış) sıcaklığı ve türbin çıkış sıcaklığı verilerini elde edebilmek için sekiz adet ayrıca çevre sıcaklığını ölçebilmek içinde bir adet termokupl mevcuttur.



Şekil 2.21. Termokupl panel ve konnektör bağlantısı

2.3.3. Basınç sensörleri

Veri toplama sistemi içerisine toplam dokuz adet basınç sensörü montajı gerçekleştirilmiştir. Basınç sensörleri her bir motorun, kompresör giriş basıncı, kompresör çıkış (yanma odası giriş) basıncı, türbin giriş (yanma odası çıkış) basıncı ve türbin çıkış basıncı verilerini veri toplama kartlarına aktarmaktadır. Turbojet

motorlardan gelen hat sistemi, veri toplama panosundaki dokuz adet basınç sensörüne hızlı konnektörler (nipel) ile bağlanmıştır (Şekil 2.22).

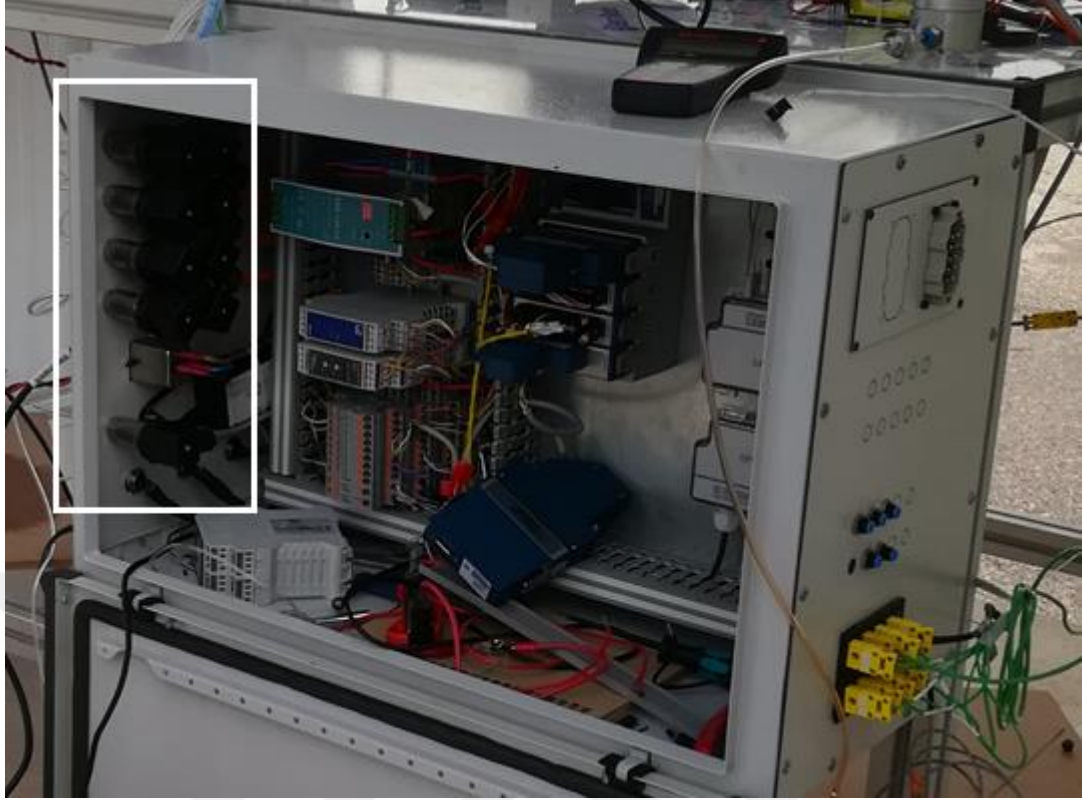


Şekil 2.22. Basınç sensörleri ve hat sistemi bağlantısı

Veri toplama sistemine üç farklı özellikte basınç sensörü montajı gerçekleştirilmiştir. Basınç sensörlerinin farklılıkları aşağıda sıralanmıştır;

- ✓ Çevre basıncını ölçmek için 0 ~ 2 bar aralığında basınç sensörü kullanılmıştır. Beslemesi 24VDC, çıkış 0 ~ 10 VDC ve hassasiyeti %0.5'dir. Veri toplama panosunda toplamda bir adet bulunmaktadır.
- ✓ Her bir motorun; kompresör giriş ve türbin çıkış basınçları ölçmek için 0 ~ 4 bar aralığında basınç sensörü kullanılmıştır. Beslemesi, 24VDC, çıkış 4 – 20mA ve hassasiyeti %0.5'dir. Veri toplama panosunda toplamda dört adet bulunmaktadır.
- ✓ Her bir motorun; kompresör çıkış (yanma odası giriş) ve türbin giriş (yanma odası çıkış) basınçları ölçmek için 0 ~ 6 bar aralığında basınç sensörü kullanılmıştır. Beslemesi, 24VDC, çıkış 4 – 20mA ve hassasiyeti %0.5'dir. Veri toplama panosunda toplamda dört adet bulunmaktadır.

Tüm basınç sensörleri veri toplama panosundaki yerlerine, yukarıdaki özellikleri göz önünde bulundurularak yerleştirilmiştir. Kod numaralarına göre; E1ACIN, E1GTOUT, E2ACIN ve E2GTOUT girişlerine 0 ~ 4 bar'lık sensörlerin; E1ACOUT, E1GTIN, E2ACOUT ve E2GTIN girişlerine 0 ~ 6 bar'lık sensörlerin montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Veri toplama sistemi içerisinde basınç sensörlerinin görüntüsü

2.3.4. Güç kaynağı

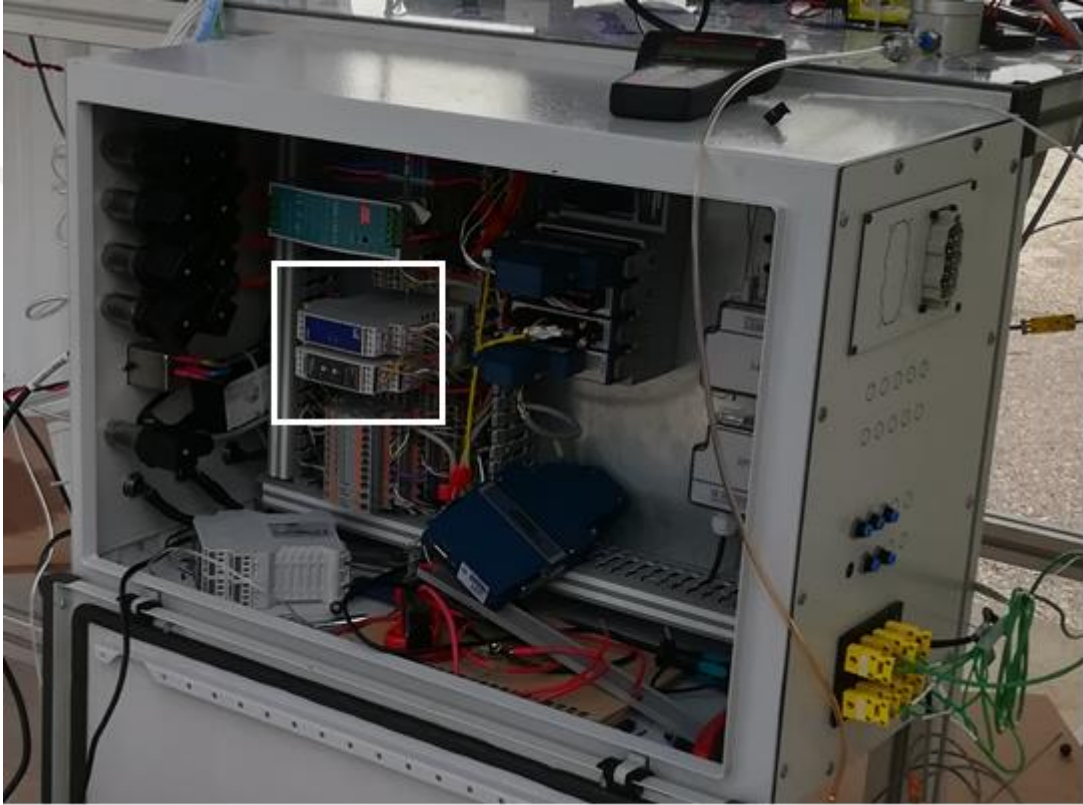
Veri toplama sisteminde, metal bir kasaya sahip AC / DC raylı güç kaynağı kullanılmıştır. Çalışma verimi %88.5'in üzerindedir. Güç kaynağı, hava taşınımının -20 ile 60°C arasında olduğu çevre sıcaklığında çalışabilmektedir. Aşırı yük koruması için sabit akım modu ile donatılmıştır. DC gerilimi 12V, anma akımı 10A, akım seviyesi 0 ~ 10A, anma gücü 120W ve gerilim ayar aralığı 12 ~ 14V'dur (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Veri toplama sistemi güç kaynağı

2.3.5. Yük hücresi transmitteri

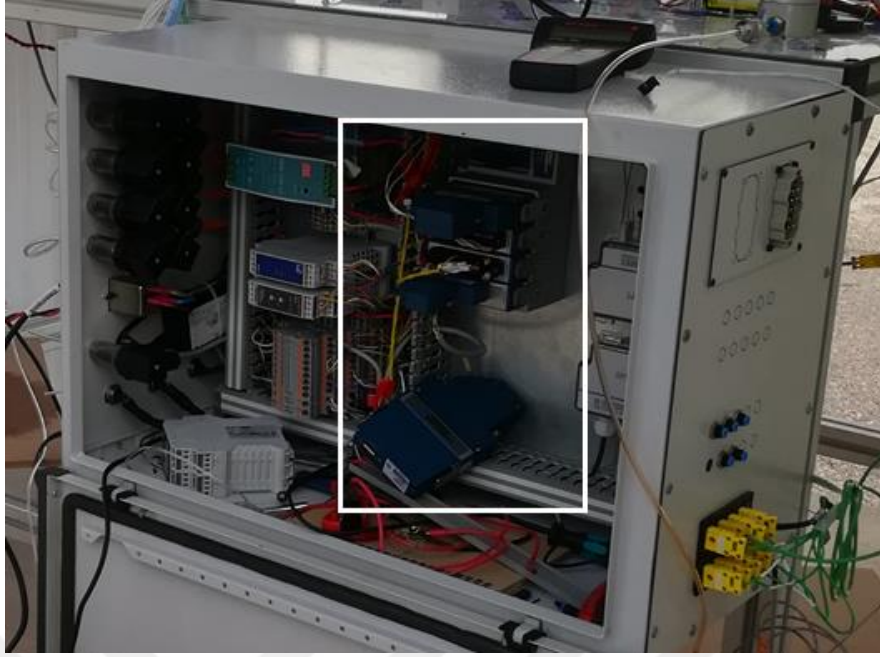
Veri toplama sisteminde her bir itki ölçer/yk hücresi (Loadcell) için bir adet yk hücresi transmitteri kullanılmıştır. Sistemde toplam iki adet transmittir vardır. Analog ıkış 4 – 20mA, 0 – 10V; 16 bit yüksek çözünürlüğe ve uzun zaman kararlılığa sahip analog çıkış, hassasiyet < %0.01, yk hücresi beslemesi 5VDC ve cihaz üzerinde bulunan polar olarak hareket eden anahtar ile kalibre edilebilir bir cihazdır (şekil 2.25).



şekil 2.25. Veri toplama sistemi içerisinden yk hücresi transmittirlerinin görünümü

2.3.6. Veri toplama kartları (Okuma modülleri - DAQ)

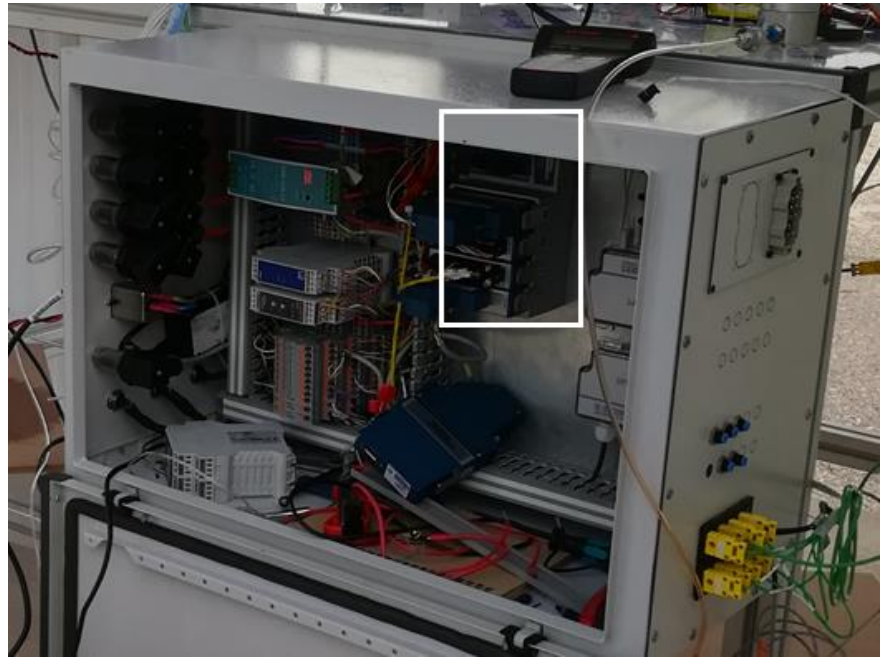
Veri toplama sisteminde, fiziksel ölçümleri (sıcaklık, basınç, itki ve debi) anlamlandırabilmek için tasarlanmış veri toplama kartları mevcuttur. Veri toplama kartları, tüm fiziksel eylemleri ölçmek için gereken tüm sinyal koşullandırmalarına sahiptir. Yüksek kanal sayısına ve kanallar arasında izolasyona sahiptir. Hava taşımının -40 ile 70°C arasında olduğu evre sıcaklığında çalışabilmektedirler. Tüm veri toplama kartları programlanabilir şekildedir (şekil 2.26).



Şekil 2.26. Veri toplama sistemi içerisinde okuma modüllerinin görünümü

2.3.7. Kompakt veri toplayıcı (cDAQ)

Veri toplama sisteminde, bir adet kompakt veri toplayıcı vardır. Kompakt veri toplayıcı (cDAQ) aracılığıyla turbojet motor test standından LabVIEW'i kullanarak ölçüm verilerini elde etme, analiz etme, görselleştirme ve yönetme işlemleri yapılmaktadır (Şekil 2.27).



Şekil 2.27. Veri toplama sistemi içerisinde kompakt veri toplayıcısının görünümü

2.4. Turbojet Motor Test Standı Diğer Ekipmanları

Turbojet motor test standında iki adet yakıt deposu bulunmaktadır. E1 olarak sembolize edilen motor için geleneksel yakıtın depolandığı ve E2 olarak sembolize edilen motor içinse yakıt karışımının depolandığı tanklardır. Şekil 2.28’de yakıt depoları görülmektedir.



Şekil 2.28. Test standında kullanılan yakıt depolarının görünümü

Yakıt depoları 12L’lik hazneye sahiptir. Testler sürecinde E1 motorunu besleyen yakıt deposu ve hattı sabit kalmış, E2 motorunu besleyen yakıt deposu ise karışımın oranlarıyla birlikte değişmiştir.

Test standındaki turbojet motorların ilk tahriki %60 propan - %40 bütan ile yapılması gerekmektedir. Fakat sistemde piknik tüpü olarak adlandırılan %70 bütan - %30 propan kullanılmıştır (Şekil 2.29). Ayrıca gazın motora giderken belli bir basınçta gitmesini sağlamak amacıyla tüpün ağzına bir regülatör yerleştirilmiştir.



Şekil 2.29. Test standında kullanılan gaz hattı

Ayrıca turbojet motor test standında farklı bağlantı elemanları, plastik kelepçeler, birçok çift taraflı konnektör, yakıt/gaz ve basınç sensörleri için çeşitli çaplarda hatlar kullanılmıştır.



3. TURBOJET MOTOR TEST STANDI YAZILIMI, ARAYÜZÜ, KALİBRASYONU ve GRAFİK İŞLEME

3.1. LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments for Engineering Workbench)

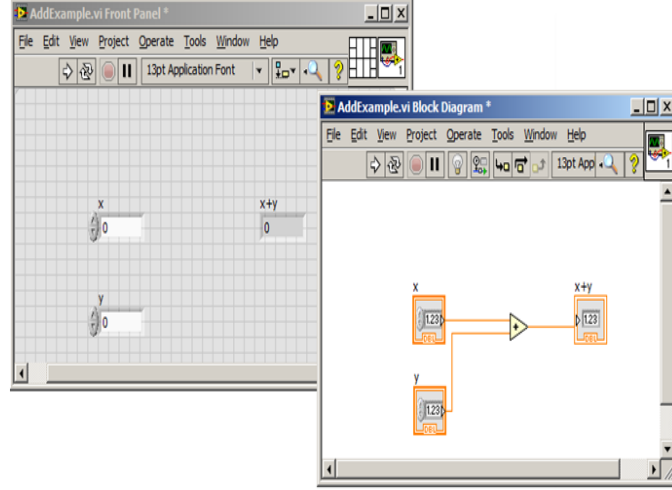
National Instruments (NI) firması tarafından ölçümleme ve enstrümantasyon temelli olarak geliştirilen LabVIEW bir yazılım üretme platformudur. LabVIEW, analog ve dijital verilerin esnek bir şekilde elde edilmesini ve işlenmesini sağlayan bir veri toplama ve programlama ortamıdır. Mevcut nesnel ve yapısal tabanlı programlama dillerinin tüm özelliklerine sahiptir. Şablon yapıdaki birçok ürün ağacına ve “Express VIs” adı altında programlama sürecini hızlandıran ve kolaylaştıran bir yapısı vardır. “Express VI” adı altında sunduğu özellik, bir iletişim kutusu aracılığıyla etkileşimli olarak yapılandırabileceğiniz bir arayüzdür (Ünsaçar ve Eşme, 2009).

LabVIEW tamamen sembolleştirilmiş bir komut arayüzüne sahiptir. Böylelikle komutları ezberlemek yerine, sembollerini tanımak yeterli olacaktır. Kullanıcı paletlerden fonksiyonları seçerek rahatlıkla bir akış şeması oluşturabilir veya Express VI'ları kullanarak sadece girişleri ve çıkışları tanımlayarak (bağlayarak) istediği programı üretebilir. Blok diyagramda, mavi alanla çevrili simgeleri olan genişletilebilir düğümler olarak görünür. Ayrıca iletişim kutusundaki seçenekleri ayarlayarak Express VI'lar yapılandırılabilir (Beyon, 2000).

LabVIEW ana ekranı iki ana bölümden oluşmaktadır. Blok diyagram olarak adlandırılan, fonksiyon paletinin bulunduğu ve programlama dillerinde kod yazma bölümü olarak bilinen ekran ve ön panel olarak adlandırılan, kontrol paletinin bulunduğu ve programlama dillerinde kullanıcı arayüzünün hazırlandığı bölüm olarak bilinen ekrandır (Ünsaçar ve Eşme, 2009) (Şekil 3.1).

LabVIEW birçok avantaja sahiptir. En gözle görülür avantajları, grafiksel programlanabilir olması, kodların esnek, yeniden kullanılabilir olması, kütüphaneye kaydedilebilir ve diğer programlarda kullanılabilir olmasıdır (Kalkman, 1995).

Tez kapsamında hazırlanan turbojet motor test standının yazılımı, LabVIEW aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Böylelikle turbojet motor test standının ürettiği sıcaklık, basınç, debi ve itki verileri LabVIEW programında hazırlanan yazılım ile değerlendirilebilmiştir.



Şekil 3.1. Örnek LabVIEW blok diyagram ve ön panel görünümü

3.2. Turbojet Motor Test Standı Yazılımı

Turbojet motor test standı yazılımı, LabVIEW aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.3’de yazılımın navigasyon olarak tam ekran blok diyagramı görülmektedir. Blok diyagramını anlamlandırabilmek için aşağıdaki sembolizasyon kullanılmıştır (Tablo 3.1);

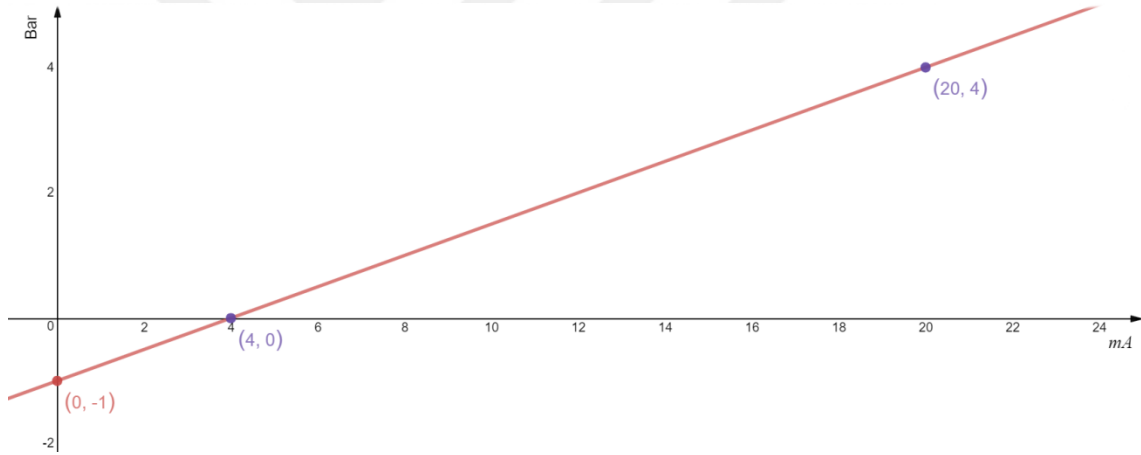
Tablo 3.1. Turbojet motor test standı yazılımı blok diyagram sembolizasyonu

E1ACIN	Birinci motor kompresör giriş
E1ACOUT	Birinci motor kompresör çıkış
E1GTIN	Birinci motor türbin giriş
E1GTOUT	Birinci motor türbin çıkış
E2ACIN	İkinci motor kompresör giriş
E2ACOUT	İkinci motor kompresör çıkış
E2GTIN	İkinci motor türbin giriş
E2GTOUT	İkinci motor türbin çıkış
E1EGT	Birinci motor egzoz gaz sıcaklığı
E2EGT	İkinci motor egzoz gaz sıcaklığı
E1Thrust	Birinci motor itki
E2Thrust	İkinci motor itki
E1FM	Birinci motor yakıt debisi
E2FM	İkinci motor yakıt debisi
(E1ACIN) – (E2ACIN)	Motorların kompresör girişlerinin sıcaklık/basınç farkları

Tablo 3.1. (Devam) Turbojet motor test standı yazılımı blok diyagram sembolizasyonu

(E1ACOUT) – (E2ACOUT)	Motorların kompresör çıkışlarının sıcaklık/basınç farkları
(E1GTIN) – (E2GTIN)	Motorların türbin girişlerinin sıcaklık/basınç farkları
(E1GTOUT) – (E2GTOUT)	Motorların türbin çıkışlarının basınç farkları
(E1EGT) – (E2EGT)	Motorların egzoz gaz sıcaklıklarının farkları

Yazılımın arayüzünde dijital veri elde edilebilmesi için her bir sensörün çıkış voltaj (0 – 10V) veya akım (4 – 20mA) aralığına göre eğimi hesaplanarak yazılıma eklenmiştir (Şekil 3.2).



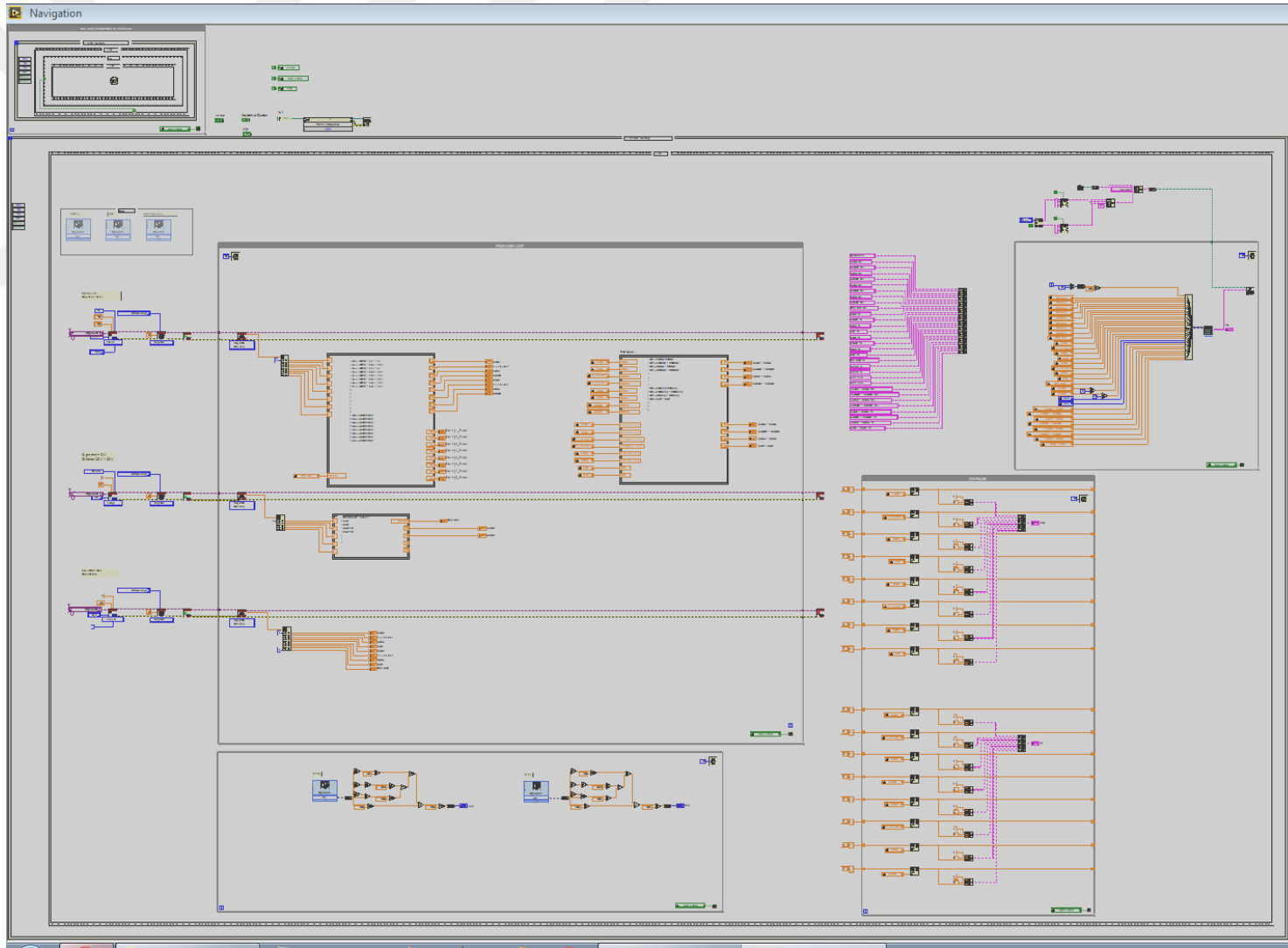
Şekil 3.2. 4 bar'lık basınç sensörünün eğimi

Yazılımın çevrim şemasında basınç sensörlerinin, termokuplların, akış ölçerlerin, itki ölçerlerin çıkışları ayrıca veri kaydı tutulacak excel sayfasının sütun belirleme ekranı ve test sırasında bilgisayar ekranından görünecek olan panelin (ön panel) arayüzü mevcuttur (Şekil 3.3 - 10).

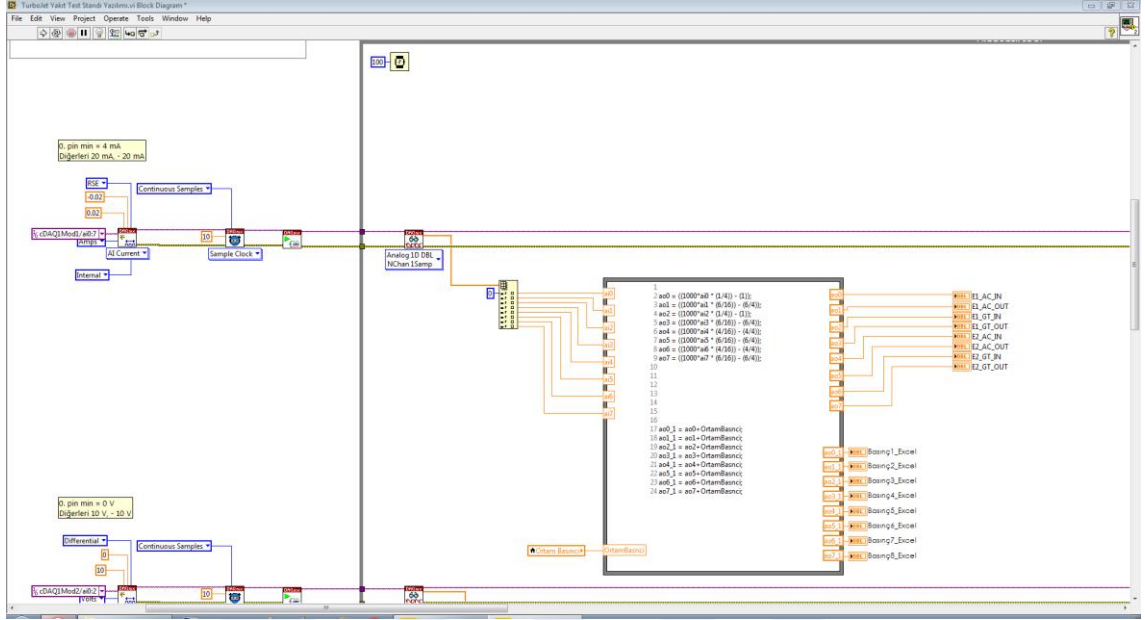
Ayrıca Şekil 3.10'da turbojet motorların komponent verileri farklarının, yazılım arayüzünde (ön panelde) grafiksel olarak çizildiği ve excel kayıt dosyasının sütunlarında fark verileri olarak kaydedildiği programlama görülmektedir. Farkları alınan veriler; sıcaklıklardan, basınçlardan, itkilerden ve debilerden oluşmaktadır. Böylelikle, test sırasında bilgisayar ekranından direkt olarak grafiksel şekilde fark

verileri okunabilmekte ayrıca kaydedilen ortamda otomatik olarak hesaplanmaktadır.
Ayrıntılı anlatım Bölüm 3.3’dedir.

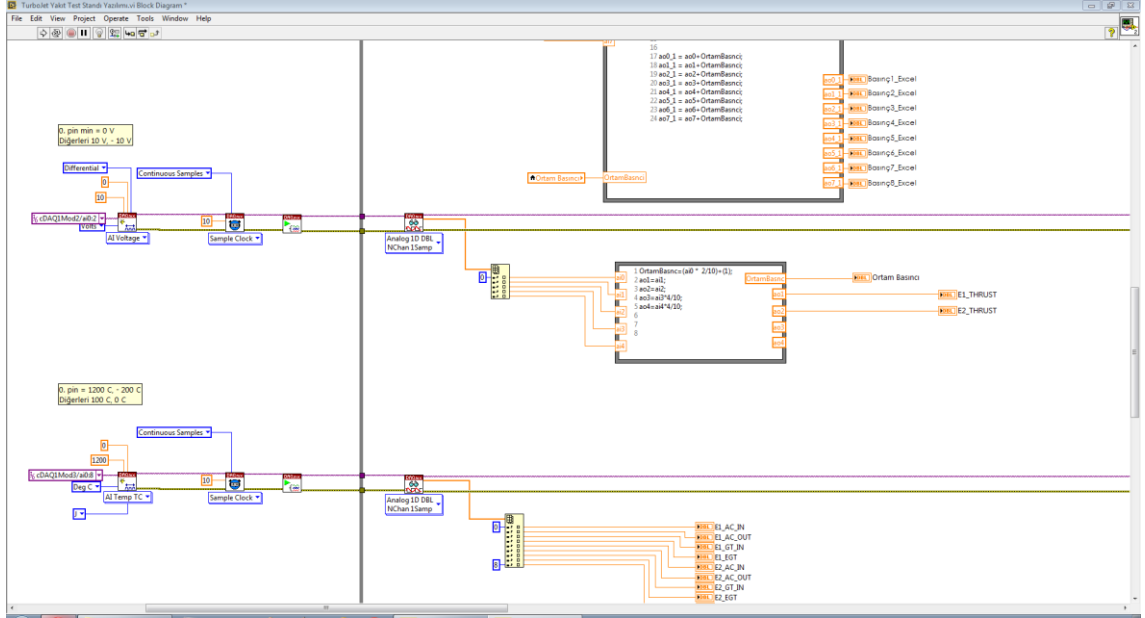




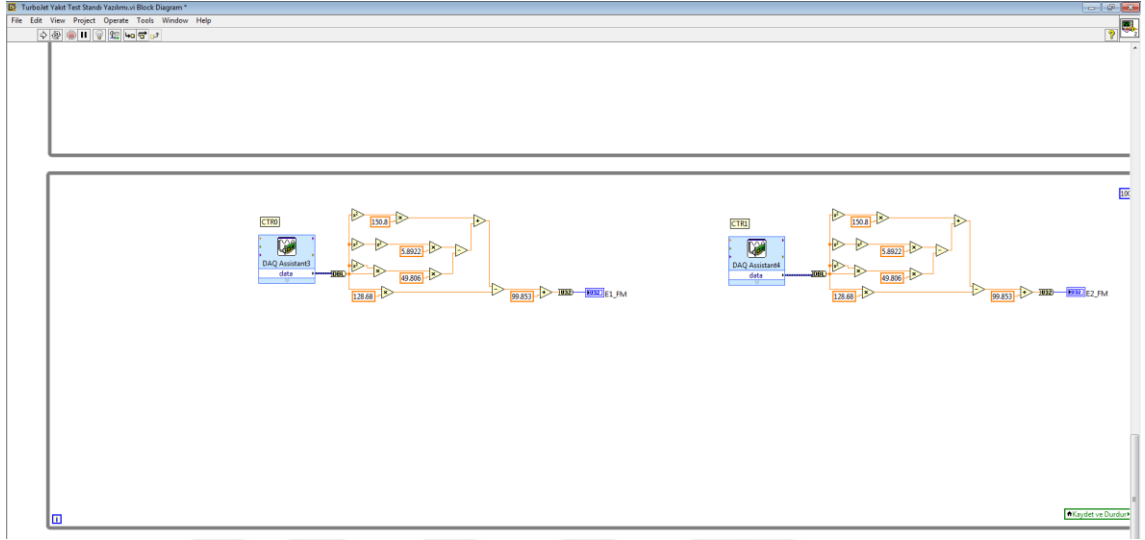
Şekil 3.3. Yazılımın tam ekran blok diyagramı



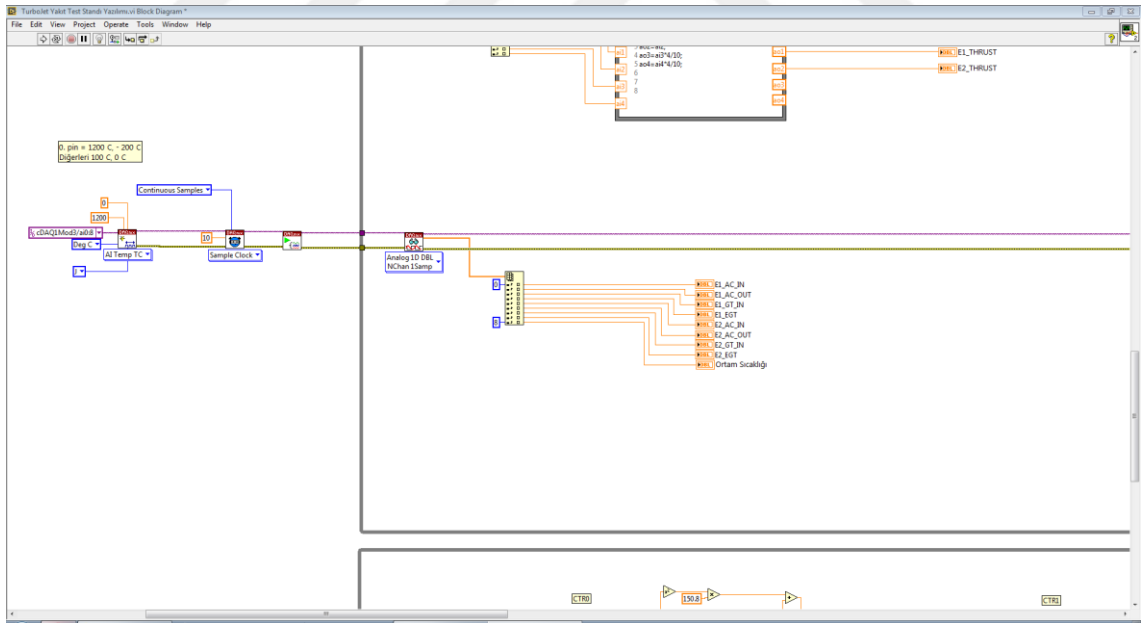
Şekil 3.4. Blok diyagram – basınçlar



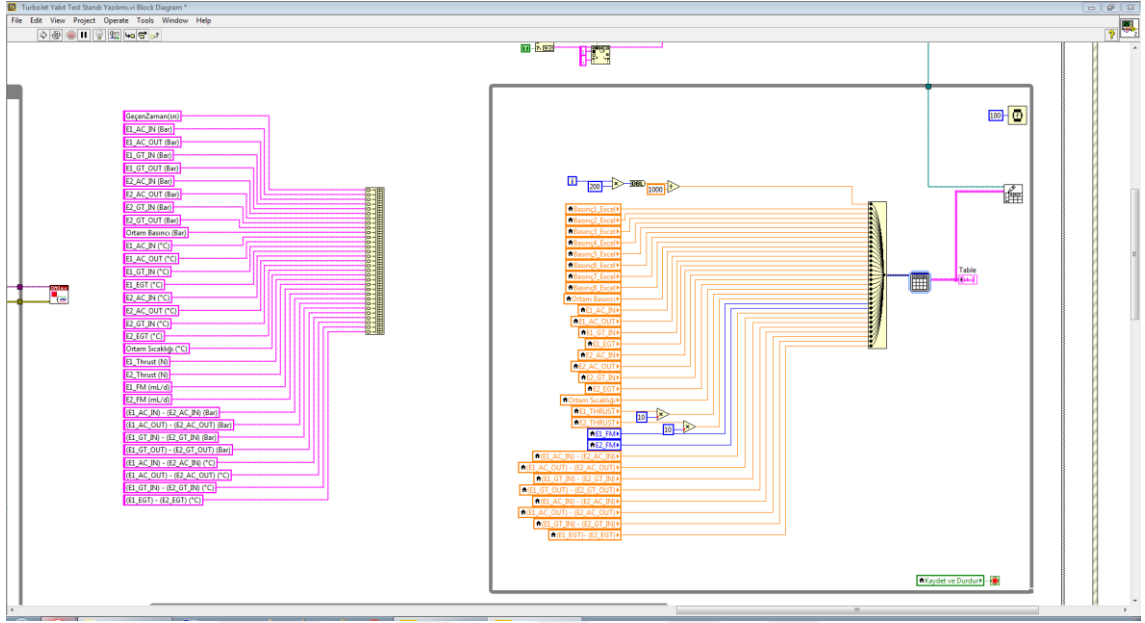
Şekil 3.5. Blok diyagram – itkiler



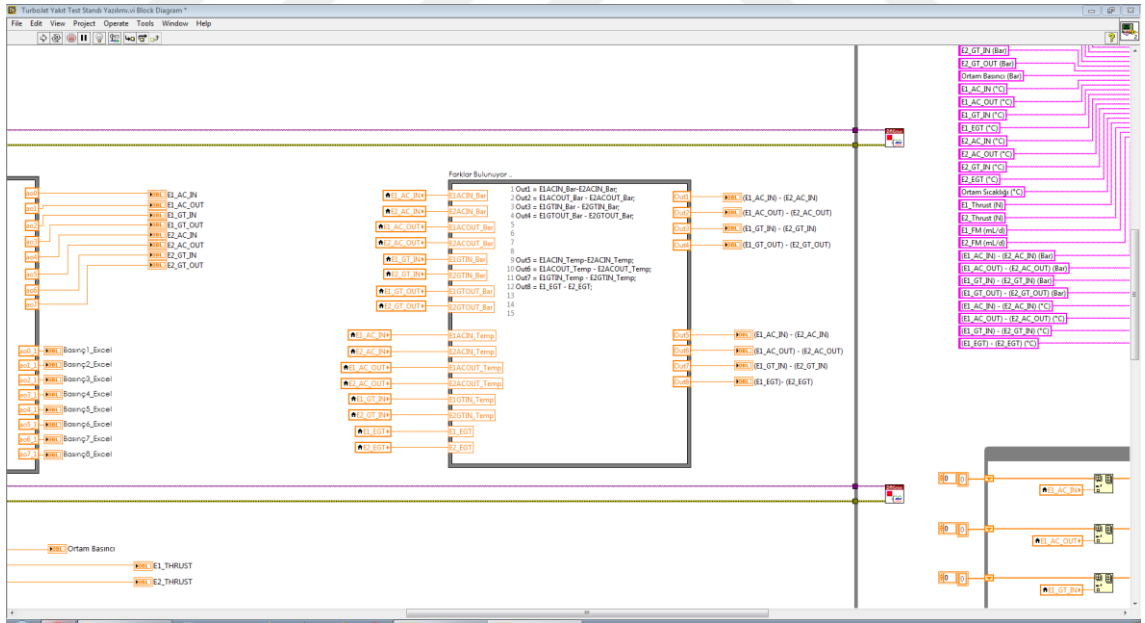
Şekil 3.6. Blok diyagram – debiler



Şekil 3.7. Blok diyagram – sıcaklıklar



Şekil 3.8. Blok diyagram – excel kayıt



Şekil 3.9. Blok diyagram – farklar

3.3. Turbojet Motor Test Standı Yazılım Arayüzü

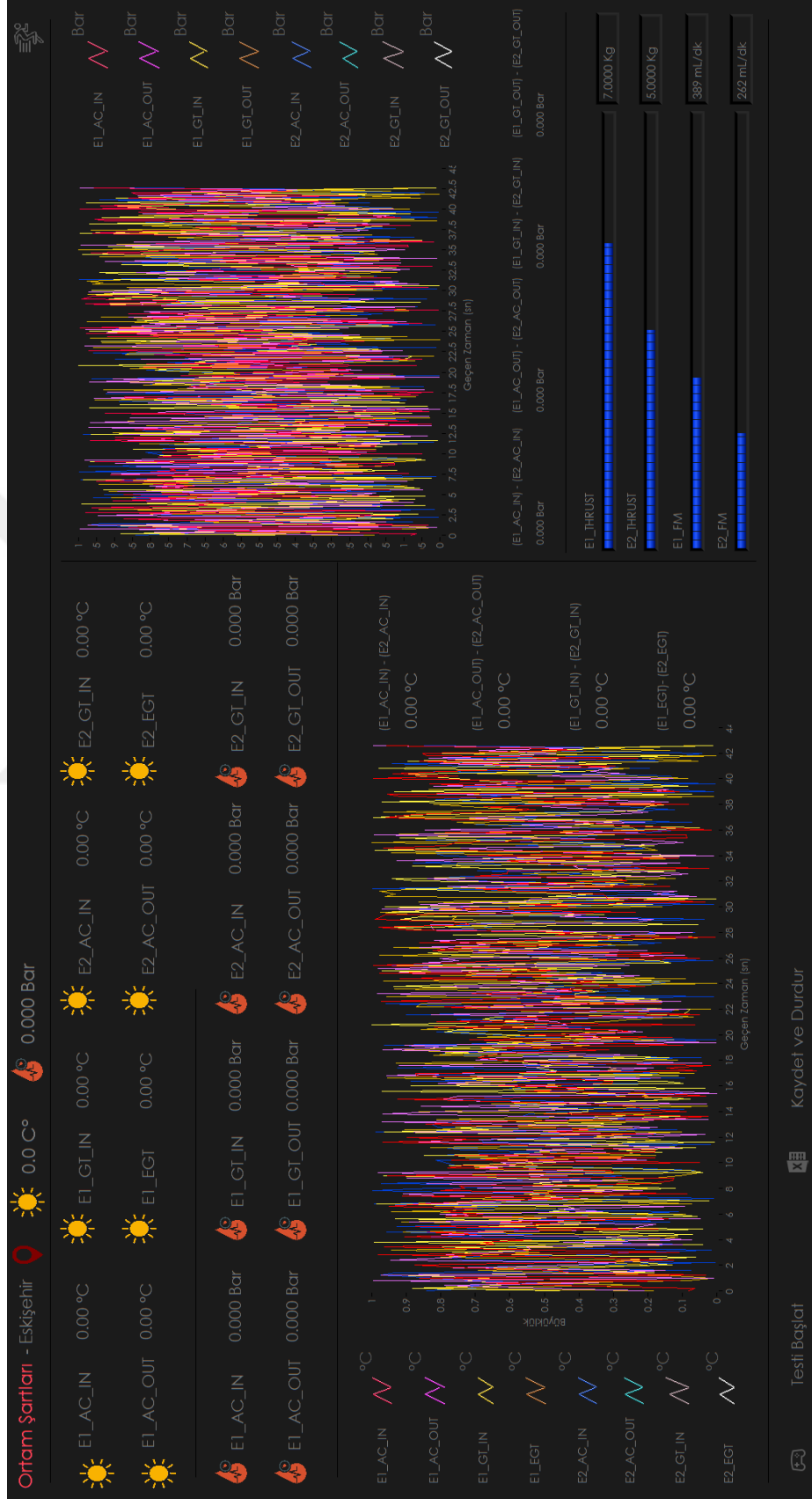
Turbojet motor test stand yazılım arayüzü verilerin test esnasında ekranda dijital olarak görünmesini sağlar. Böylelikle turbojet motorların enstrümantasyonundan gelen veriler tek bir ekrandan rahatlıkla okunabilmektedir.

Şekil 3.10’da turbojet motor test stand yazılımının arayüz ekranı görülmektedir. Tek bir ekranda aşağıdaki veriler okunabilmektedir;

- ✓ Çevre sıcaklığı ve çevre basıncı değerleri
- ✓ Birinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış sıcaklıkları değerleri
- ✓ İkinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış sıcaklıkları değerleri
- ✓ Birinci motorun itki değeri
- ✓ İkinci motorun itki değeri
- ✓ Birinci motorun yakıt debisi değeri
- ✓ İkinci motorun yakıt debisi değeri
- ✓ Birinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış sıcaklık grafikleri (farklı renklerde)
- ✓ İkinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış sıcaklık grafikleri (farklı renklerde)
- ✓ Birinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış basınç grafikleri (farklı renklerde)
- ✓ İkinci motorun kompresör giriş, kompresör çıkış (yanma odası giriş), türbin giriş (yanma odası çıkış), türbin çıkış basınç grafikleri (farklı renklerde)
- ✓ Turbojet motorların komponentlerinin birbirlerine göre izafi sıcaklık fark değerleri
- ✓ Turbojet motorların komponentlerinin birbirlerine göre izafi basınç fark değerleri

Ayrıca ekranda testi başlatma, kaydet ve durdur butonları ile birlikte bir acil çıkış butonu mevcuttur.

Arayüzde, itki verileri onbinde 1, sıcaklık ve sıcaklık fark verileri yüzde 1, basınç ve basınç fark verileri binde 1 hassasiyette görülmektedir.



Şekil 3.10. Turbojet motor test standı yazılım arayüzü

Yazılım ayrıca excel dosyası halinde, saniyede beş veri alacak şekilde kayıt yapmaktadır. Excel dosyasının sütunları, test sırasında arayüzde görülen ekrandaki verilerle aynı sembolizasyona sahiptir (Şekil 3.11). Excelde her bir veri sütunu onbinde 1 hassasiyetle kaydedilmektedir.

	A	B	C
1	GeçenZaman(sn)	E1_AC_IN(Bar)	E2_AC_IN(Bar)
173	34.2	0.9534	0.9555
174	34.4	0.9538	0.956
175	34.6	0.9566	0.9572
176	34.8	0.9562	0.9568
177	35	0.9573	0.9579
178	35.2	0.9565	0.9571
179	35.4	0.9563	0.957
180	35.6	0.9528	0.9571
181	35.8	0.9523	0.9566
182	36	0.9526	0.9569
183	36.2	0.9523	0.9566
184	36.4	0.9532	0.9561
185	36.6	0.9532	0.9561
186	36.8	0.9538	0.9567
187	37	0.9528	0.9557
188	37.2	0.9536	0.9565
189	37.4	0.9552	0.9575
190	37.6	0.9548	0.9571
191	37.8	0.9543	0.9566
192	38	0.9549	0.9572

Şekil 3.11. Gerçek zamanlı test kaydı

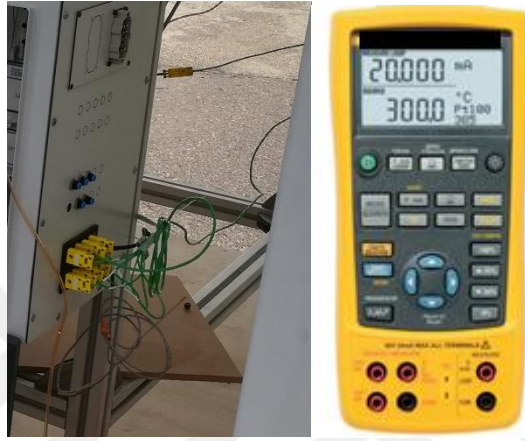
3.4. Turbojet Motor Test Standı Kalibrasyonu

Turbojet motor test standının kalibrasyonu üç aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada test standında bulunan termokuplların, basınç sensörlerinin, akış ölçerlerin ve itki ölçerlerin çalışabilirlik testleri yapılmıştır. İkinci aşamada sensörler, kalibrasyon cihazları aracılığıyla kalibre edilip, belirli yükler altında hangi değerlere ulaştıkları kaydedilmiştir. Son aşamada ise turbojet motorlar birbirlerine referanslı hale gelecek şekilde veri toplama ünitesi transmitterlarından ve stand yazılım blok diyagramından kalibre edilmiştir.

Termokupllar;

Veri toplama panosu termokupl konnektör paneline, kod numarası (sembolizasyon numarası) ile bağlantıları gerçekleştirilmiş termokuplların, turbojet motorlar üzerindeki bağlantı numaralarının doğruluğu Şekil 3.12'deki cihaz aracılığıyla

kontrol edilmiştir. Başlangıçta cihazdan üretilen sıcaklık sinyali ile termokupl konnektör sembolizasyonunun doğruluğu teyit edilmiştir. Daha sonra sembolizasyon aracılığıyla turbojet motorlara montajı gerçekleştirilmiş ve cihaz ile sıcaklık sinyali gönderilerek hazırlanan yazılımda veri kontrolü sağlanmıştır. Cihazdan üretilen sıcaklık sinyali ile turbojet motorlar üzerindeki termokupllar, çalışacakları sıcaklık aralığı boyunca test edilmiştir.



Şekil 3.12. Termokupl konnektör paneli bağlantıları ve kalibratörü

Basınç sensörleri;

Veri toplama panosuna kod numarası (sembolizasyon numarası) ile bağlantıları gerçekleştirilmiş basınç sensörlerinin bağlantı numaralarının doğruluğu Şekil 3.13.'deki cihaz ile kontrol edilmiştir. Doğruluğu kontrol edilmiş basınç sensörlerine, basınç kalibratörü aracılığıyla basınç sinyali gönderip, yazılım arayüzünde verilerin hesaplanan eğim üzerinde hareket edip etmediği kontrol edilmiştir. Kontrolü sağlanmış basınç sensörleri, basınç boru hatları aracılığıyla sembolizasyonlar doğrultusunda turbojet motorlar üzerindeki yerlerine monte edilmiştir.



Şekil 3.13. Basınç sensörleri boru hattı ve kalibratörü

Akış ölçerler;

Tablaya bağlantıları gerçekleştirilmiş debimetreler, kapalı sistem yakıt-pompa hattı ile çalışabilirlikleri kontrol edildikten sonra akış diyagramı çıkartılmıştır. Veri toplama panosu içerisindeki kartlar aracılığıyla her iki debimetrenin de birbirine referanslı olacak şekilde kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Kalibre edilmiş akış ölçerler tekrar kapalı sistem yakıt-pompa hattına bağlanarak, birbirine referanslı şekilde veri elde edilip edilmediği yazılımın arayüzündeki akış diyagramından kontrol edilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Akış ölçerler için örnek kapalı devre yakıt hattı

İtki ölçerler;

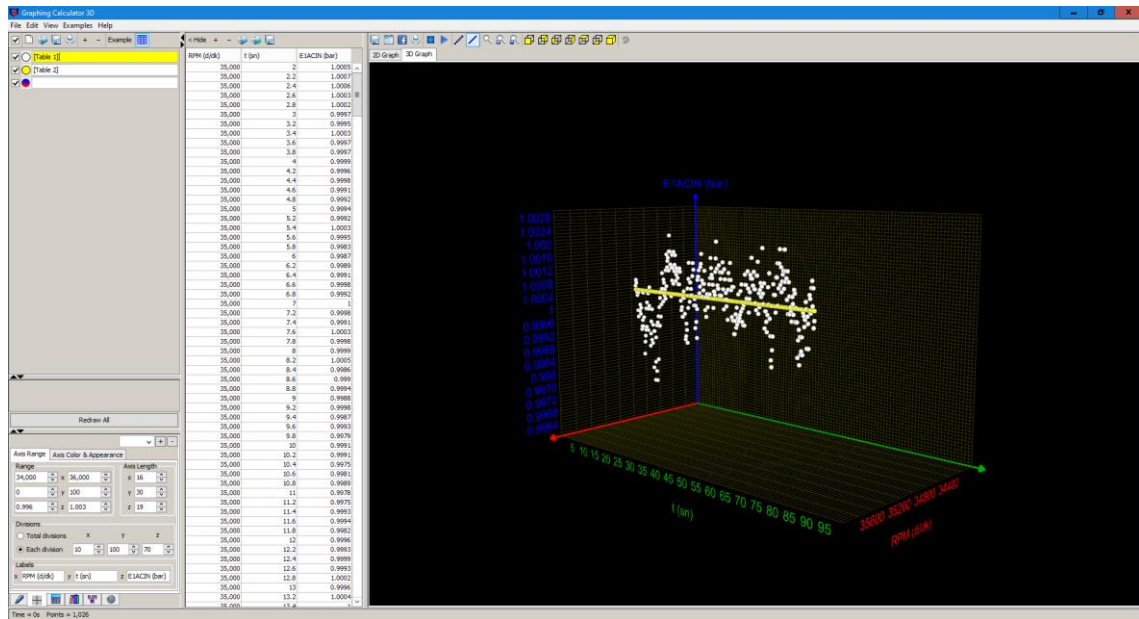
Tablaya bağlantıları gerçekleştirilmiş yük hücrelerine (Loadcell), 1N'dan 100N'a kadar ağırlıklar bağlanarak, veri toplama panosu içerisindeki transmitterlar aracılığıyla kalibre edilmiştir. Daha sonra kalibre edilmiş itki ölçerlere aynı anda eşdeğerde ağırlıklar bağlanarak, yazılımın arayüzünden değerler kontrol edilmiş ve referanslı hale getirilmiştir.

Turbojet motor test standı ekipmanlarının kalibrasyonu bittikten sonra tabla üzerinde bulunan her bir motora ait ekipmana markalama işlemi yapılmıştır. Böylelikle motorlar üzerindeki hatlar ve masa üzerindeki elemanlar sembolizasyona tabi tutularak,

herhangi olası bir karışıklık durumunun önlemi alınmış ve test standı kolay sökülebilir, portatif bir hale getirilmiştir.

3.5. Grafik İşleme

Tezin bulgular ve sonuçlar bölümündeki grafikler “Graphing Calculator 3D” kullanılarak çizilmiştir. Şekil 3.15’de Graphing Calculator 3D programının kullanıcı arayüzü görülmektedir.



Şekil 3.15. Graphing Calculator 3D programı kullanıcı arayüzü

Programın kullanıcı arayüzünde ana ürün ağacı olarak mühendislik, kimya, finans, matematik, istatistik ve fizik dallarının fonksiyonları otomatik olarak tanınmıştır. Böylelikle kullanıcıya hazır fonksiyonlar aracılığıyla kolaylık sağlanmıştır. Ayrıca programın bir tahminleme bölümü bulunmaktadır. Matematik kütüphanesinden sayıların bilimsel formlarda yazımını kolaylaştırmaktadır.

Program iki-boyutlu ve üç-boyutlu çizime müsaade etmektedir. Kartezyen, silindirik ve küresel koordinatlarda nokta, çizgi, vektör, düzlem, yüzey, kontur veya kesişim şeklinde grafikler oluşturulabilmekte ve grafikler animasyonlar haline getirilerek dışa aktarım sağlanabilmektedir.

Bu tez kapsamında Graphing Calculator 3D programının seçilme nedenleri; eksenlerin tanımlanabilir ve hassasiyet oranlarıyla birlikte ayarlanabilir olması, tablolar

halinde verilerin kolay işlenebilir olması, görsellik bakımından üstün özelliklere sahip olması ve dışa aktarılan resimlerin çözünürlüklerinin ayarlanabilir olmasındandır.



4. YAKITLARIN TANITIMI, TEST PROSEDÜRÜ ve VERİLERİN ANALİZİ

4.1. Yakıtların Tanıtımı

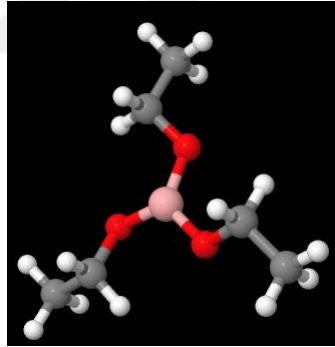
Turbojet motor test standında kullanılan geleneksel yakıt; danışmanım olan Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç'un sorumlu olduğu ve Eskişehir Teknik Üniversitesi bünyesinde bulunan PT-6 turboprop test donanımında kullanılan, kerozen jet yakıtıdır.

Turbojet motor test standında karışım olarak kullanılan alternatif yakıt; eş danışmanım olan Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Mürkerrem Şahin tarafından geliştirilmiştir. Alternatif yakıt karışımının içeriği;

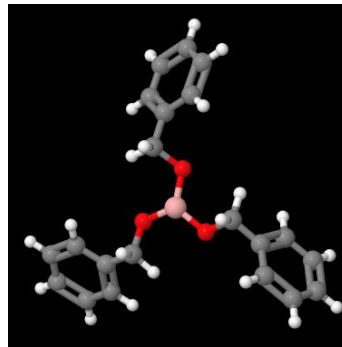
- ✓ Triethyl borate ($C_6H_{15}BO_3$)
- ✓ Tribenzyl borate ($C_{21}H_{21}BO_3$) (Wohlfarth vd., 2001; Benedet, 2012)

oluşmaktadır. Karışım hacimsel olarak %50 triethyl borate ve %50 tribenzyl borate içermektedir.

Şekil 4.1'de triethyl borate ve tribenzyl borate 3 boyutlu yapıları görülmektedir.



(a)



(b)

Şekil 4.1. Triethyl borate (a) ve tribenzyl borate (b) 3 boyutlu yapıları

Turbojet motor test standında Engine2 (E2) olarak adlandırılan motorda kullanılan yakıtın içerisindeki alternatif yakıt miktar oranları, hacimsel olarak sırasıyla; %1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9 ve %10'dur. Her bir yakıt karışımına, toplam yakıt karışım miktarının %5'i kadar türbin yağı eklenmiştir.

Şekil 4.2'de geleneksel – alternatif yakıt karışımları görülmektedir. Karışımlar litrelik mezür ve dereceli şiringalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Türbin yağı için ölçülü şişe kullanılmıştır. Yakıt karışımları 1.5 litrelik pet şişelerde muhafaza edilmiştir. Böylelikle her bir yakıt karışımı test öncesi kolay bir şekilde tekrar karıştırılabilmiş ve teste tabi tutulabilmıştır.



Şekil 4.2. Geleneksel – alternatif yakıt karışımları

4.2. Test Prosedürü

Doktora tezi kapsamında turbojet motor test standında her bir yakıt karışımı için motorun belirlenen devir sayılarında testler gerçekleştirilmiştir. Her iki turbojet motorda 35000, 50000, 60000, 70000 ve 80000 rpm'de test edilmiştir. Diğer test prosedürleri aşağıda maddeler halinde sunulmuştur (Şekil 4.3);

- ✓ Engine1 olarak adlandırılan E1 motoru sadece kerozen ile çalıştırılmıştır.
- ✓ Engine2 olarak adlandırılan E2 motoru ilk kalibrasyon testi haricinde alternatif yakıt karışımı ile çalıştırılmıştır.
- ✓ Her iki motorda aynı anda çalıştırılmıştır. Böylelikle ortam koşullarının değişiminden etkilenmeden, birbirine göreceli olarak elde edilen veriler aynı şartlar altında elde edilebilmiştir.
- ✓ Her iki motor içinde veriler, tek tip yakıtla 35000 – 50000 – 60000 – 70000 – 80000 rpm sıralamasında elde edilip bir sonraki teste geçilmiştir.

- ✓ Her çalıştırmada turbojet motorların düzgün akışlı dengeli yüksek dereceden rejime ulaşmıca kadar izlediği devir sayısı yolu şu şekildedir; propan/bütan karışımı ilk tahrik 50000 rpm ve sonrasında yakıt ile birlikte 35000 rpm'dir.
- ✓ Motorlar 35000 rpm stabilizasyonu sağlandığında yazılım arayüzü çalıştırılmıştır.
- ✓ Her devir sayısı aralığında düzgün akışlı dengeli yüksek dereceden rejim oluştuktan sonra kronometre tutularak bir dakika boyunca veri alınmıştır.
- ✓ Yazılım saniyede 5 veri alabilecek şekilde tasarlanmış ve her devir sayısında ortalama 300 veri elde edilmiştir.
- ✓ Devir sayısı serisi halinde gerçekleşen her testten sonra turbojet motorlar, 5000 rpm'de, türbin çıkış sıcaklığı (EGT) 100°C'nin altına düşünceye kadar soğutulmaya tabi tutulmuştur.
- ✓ Devir sayısı serisi halinde gerçekleşen her testten sonra, soğutma prosedürü sonlandığında motor içinde biriken yakıtın temizlenebilmesi için stand, yerden belli bir açıda kaldırılarak içinde biriken yakıtın boşalması sağlanmıştır.
- ✓ Her test başlangıcında, o testte kullanılacak olan geleneksel – alternatif yakıt karışımı, tekrar karıştırılarak yakıt hattına bağlanmıştır.
- ✓ Her test başlangıcında her iki turbojet motorda, lineer kızaklı ray sistemi üzerinde geriye alınarak test konumuna getirilmiştir.
- ✓ Her test başlangıcında yazılım arayüzü çalıştırılarak itki ölçerlerin kalibrasyonu kontrol edilmiştir. Kontrolü sağlanan süreç uygun ise yazılım sonlandırılarak test aşaması yazılım çalıştırma prosedürüne geçilmiştir.
- ✓ Yaklaşık 15 saat ve her iki motor için 110 test gerçekleştirilmiştir. Toplam test sayısında, test standından elde edilen veri yığını sayısı yaklaşık 1,000,000'dir.



Şekil 4.3. Örnek test görüntüsü

4.3. Verilerin Analizi

Turbojet motor test standından elde edilen verilerin doğruluğunu teyit edebilmek için Bölüm 3.4’de anlatılan üç aşamalı kalibrasyon sürecinden harici olarak, tüm testler sonucunda elde edilmiş verilere dağılım analizi uygulanmıştır. Böylelikle elde edilen verilerin dağılımlarının stabil rejime uygunluğu doğrulanarak, ileriki bölümlerde karşılaşılabilecek grafik çizimlerinde ve fonksiyon tahminlemesinde kullanılacak olan yığının alt yapısı oluşturulmuştur.

Örnek bir veri yığını için dağılım analizi Tablo 4.1’de sunulmuştur. Örneklem büyüklüğü; o veri yığınının sayısını (*Örnek; KTEST-ACIN basınç veri yığını*), ortalama; veri yığınının aritmetik ortalama değerini, en düşük değer; veri yığınınındaki en düşük değeri, en yüksek değer; veri yığınınındaki en yüksek değeri, 1. kartil; veri yığınının çeyreklere ayrıldığında ilk çeyrek değeri, medyan; ortalama değer ile eşdeğerliliğine göre simetrik – sol – sağ dağılımını, ortalama mutlak sapma; her bir veri ile ortalama arasındaki ortalama uzaklıkla verilerin ne kadar yayılmış olduğunu, standart sapma; tüm değerlerin ortalama değerden farklarını, varyans ise o farkların ölçülerini vermektedir.

Tablo 4.1. *Veri yığıını dağılım analizi*

Dağılım Analizi	
Örneklem büyüklüğü	332
Ortalama	0.9547827795
En düşük değer	0.9522
En yüksek değer	0.9574
1. Kartil	0.954
Medyan	0.9548
3.Kartil	0.9556
Çeyrekler arası mesafe	0.0016
Aralık	0.0052
Ortalama mutlak sapma	0.000899064537
Standart sapma	0.001095516602
Varyans	0.000001200156
Tahmini ortalamanın standart hatası	0.000601242845
Tahmini varyansın standart hatası	0.000000093290
Tahmini standart sapmanın standart hatası	0.000042514289

5. BULGULAR ve SONUÇLAR

Tezin bu bölümünde her iki motordan da elde edilen veriler ve motorların birbirlerine göre kapsamlı karşılaştırmaları sunulmuştur.

Test sürecinin karışık ve kapsamlı olması, (iki adet turbojet motor – iki farklı yakıt – karışım oranları; %1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10 – rpm; 35000, 50000, 60000, 70000, 80000) bulguların daha anlaşılabilir bir şekilde sunulmasını gerektirmiştir. Anlatımda izlenen yol şu şekildedir;

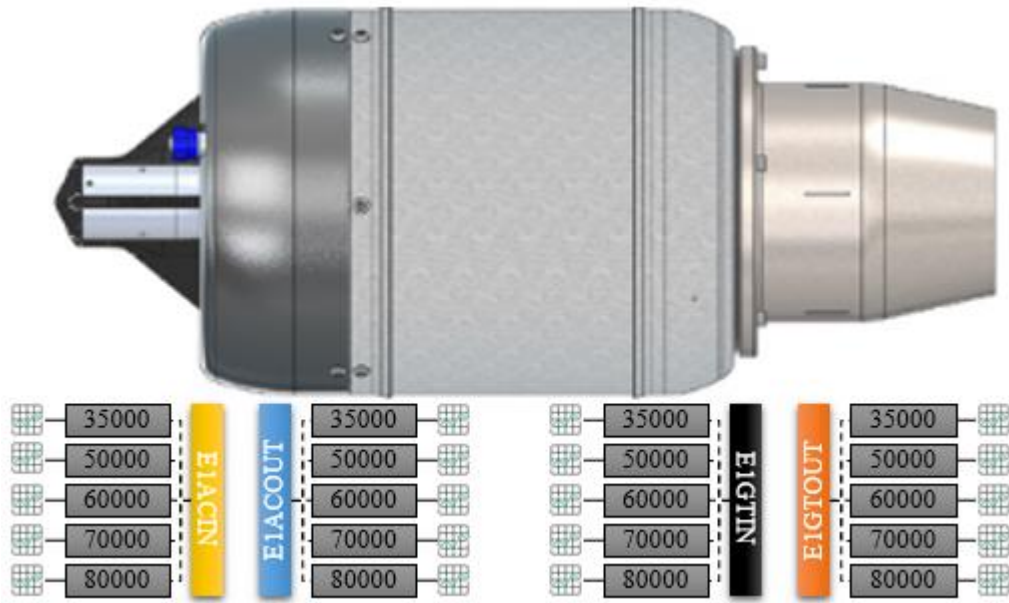
- ✓ Birinci turbojet motorun (E1) kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ Birinci turbojet motorun (E1) kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırmalı grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırmalı grafikleri
- ✓ Kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılan turbojet motorların (E1- E2) karşılaştırılmasından elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%1- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%2- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%3- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%4- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri

- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%5- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%6- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%7- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%8- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%9- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ İkinci turbojet motorun (E2) kerosen – alternatif yakıt karışımı -%10- ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin grafikleri
- ✓ E2’nin %1 alternatif yakıt, E1’in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2’nin %2 alternatif yakıt, E1’in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2’nin %3 alternatif yakıt, E1’in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri

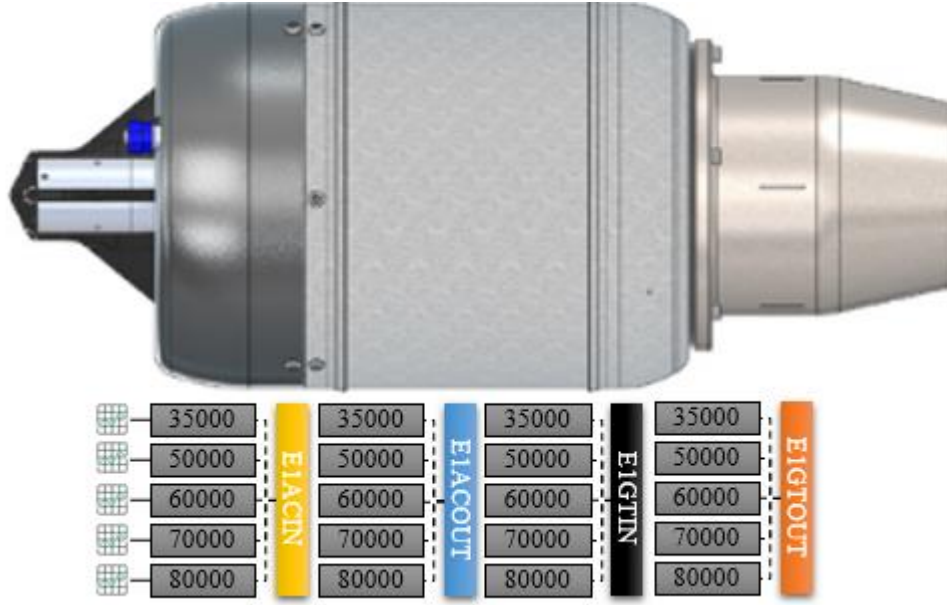
- ✓ E2'nin %4 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %5 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %6 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %7 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %8 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %9 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ E2'nin %10 alternatif yakıt, E1'in kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm'de çalıştırılması sonucu elde edilen verilerin karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ 35000 rpm için kerozen ve kerozen-alternatif yakıt karışımının (%1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10) karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ 50000 rpm için kerozen ve kerozen-alternatif yakıt karışımının (%1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10) karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ 60000 rpm için kerozen ve kerozen-alternatif yakıt karışımının (%1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10) karşılaştırılmış grafikleri
- ✓ 70000 rpm için kerozen ve kerozen-alternatif yakıt karışımının (%1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10) karşılaştırılmış grafikleri

- ✓ 80000 rpm için kerozen ve kerozen-alternatif yakıt karışımının (%1, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9, %10) karşılaştırılmış grafikleri

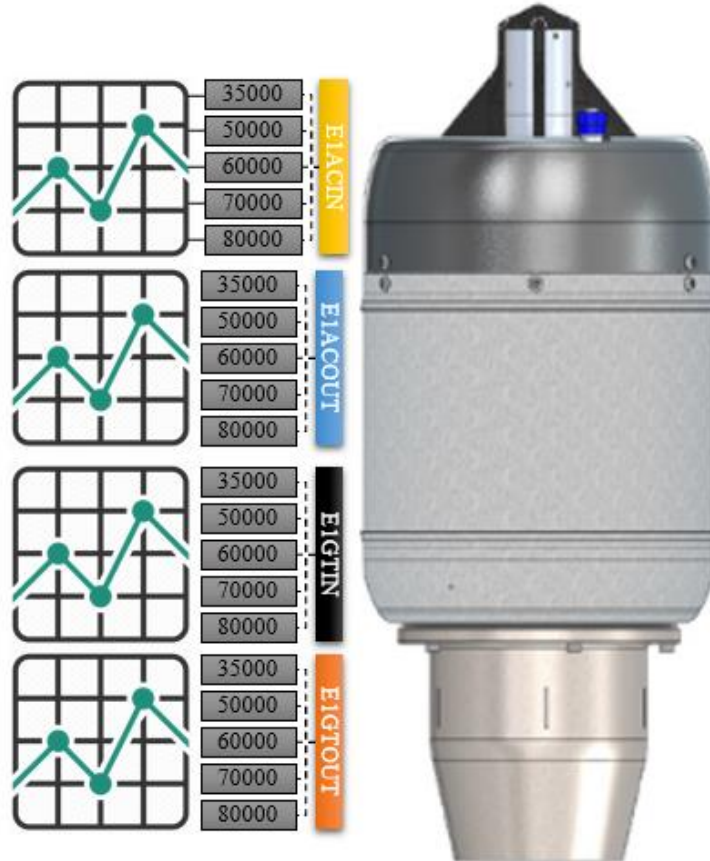
İlerleyen alt bölümlerde, yukarıdaki bölüm ana fikirlerinin ayrıntılı anlatımını bulacaksınız. Ayrıca yukarıdaki özet maddelerin, daha anlaşılır hale gelmesi için Şekil 5.1 örnek olarak çizilmiştir. Şekil 5.1’de birinci turbojet motorun (E1) kerozen ile 35000, 50000, 60000, 70000, 80000 rpm’de çalıştırılması sonucu elde edilen veri yığınının neden bu kadar çok grafik çizildiğini gösteren örnek bir resimdir. Kısaca, bu tezin amacı olan alternatif yakıt kullanımının turbojet motor performansı üzerine etkilerini belirleyebilmek için test standındaki her bir motorun tüm komponent giriş ve çıkışlarının farklı devir sayısı ve yakıt karışımlarındaki performansları bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle tüm karşılaştırmalar kombinasyon halinde bir çok grafikten oluşmaktadır.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.1. Birinci turbojet motorun kerozen ile test edilmesi sonucunda ortaya çıkan grafikler; (a) her bir komponentin, belirlenen rpm'deki grafiği, (b) her rpm'deki tüm motorun grafiği, (c) her bir komponentin, zamanla değişen rpm grafiği

Bulgular bölümünde, grafiklerin yoğun olmasından dolayı çizimler sade yapılmaya çalışılmıştır. Her bir motorun spesifik grafiklerinde, sembolizasyon eksen takımında gösterilmiştir. Ayrıca grafiğin altında ayrıntılı bir anlatım yapılmıştır.

Karşılaştırmalı grafiklerde ise, eksen takımında rpm ve zaman haricinde sadece o komponente ait sıcaklık veya basınç gösterimi tercih edilerek, sembolizasyon ayrı bir şekilde grafiğin üzerinde belirtilmiştir. Böylelikle sembolizasyon ve renk tanımları yapılarak grafik en ayrıntılı şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

5.1. Bulgular

5.1.1. Geleneksel yakıt ile performans testi

5.1.1.1. KTEST-E1

KTEST-E1, birinci turbojet motorun geleneksel yakıt olan kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

Birinci turbojet motorla, ikinci turbojet motor aynı anda çalıştırılmış dolayısıyla her iki motorunda performans testleri aynı hava sıcaklığı ve basınçta gerçekleştirilmiştir. Her iki motorunda ilk testte kerozen ile çalıştırılmasının nedenleri şunlardır;

- ✓ Bölüm 3’de anlatılan kalibrasyon aşamalarının ve motorların kalibrasyonlarının doğruluğunu teyit etmek,
- ✓ Her iki motorunda aynı şartlarda performans verilerini elde etmek
- ✓ Verilerin yakınlığını ve/veya sapma değerlerini belirlemektir.

35000 rpm bulguları;

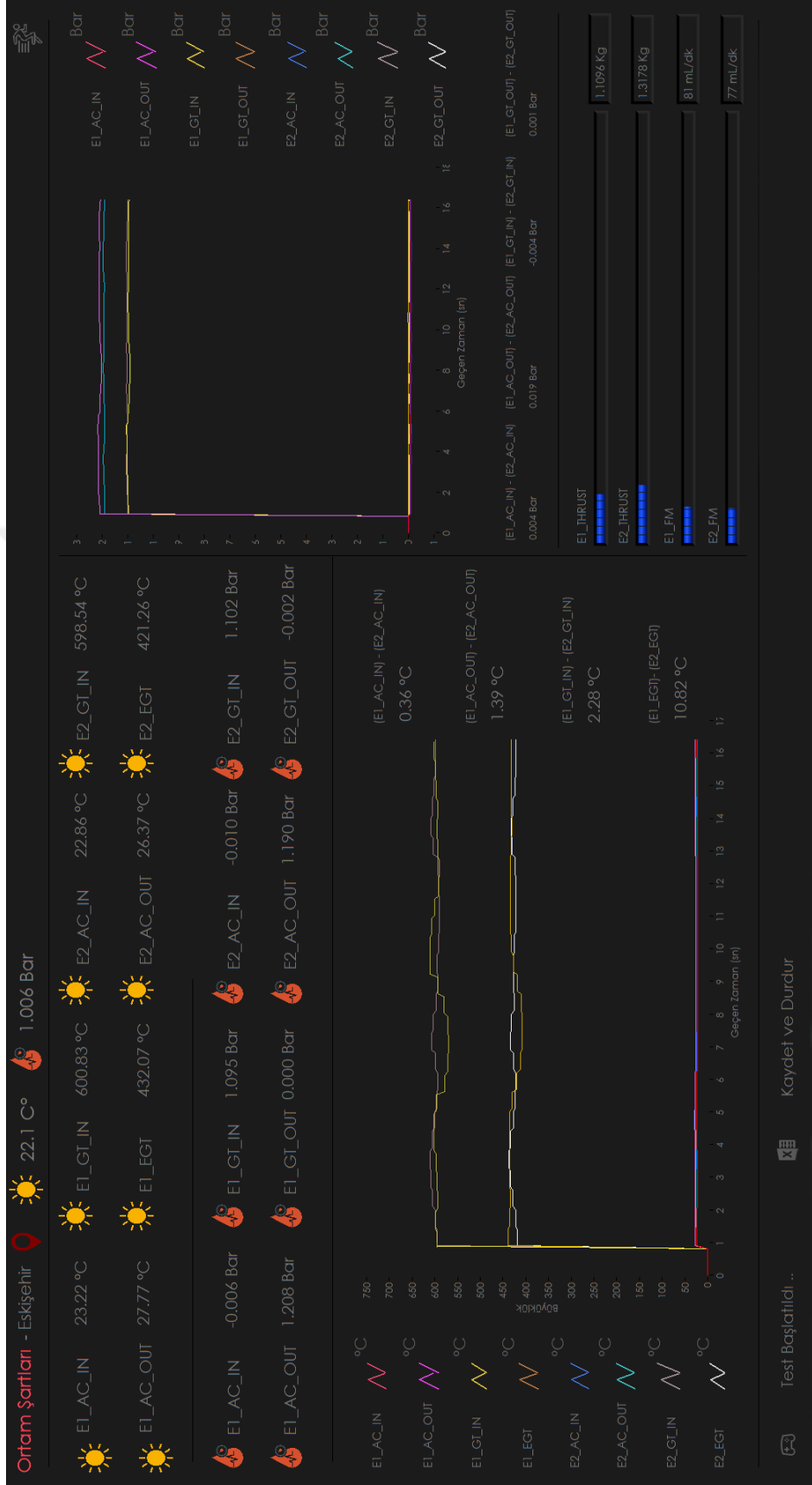
Şekil 5.2’de 35000 rpm için turbojet motor test standı yazılımı, ön panel alıntısı görülmektedir. Test süresince ön panelden, turbojet motorların stabilizasyonu ve acil durum ekranı sürekli olarak gözlenmiştir. Böylelikle herhangi bir acil durumda müdahale edilebilmiştir.

Ön panel ekranında satır sırasıyla; çevre sıcaklığı – basıncı, E1ACIN ($^{\circ}\text{C}$), E1GTIN ($^{\circ}\text{C}$), E2ACIN ($^{\circ}\text{C}$), E2GTIN ($^{\circ}\text{C}$), E1ACOUT ($^{\circ}\text{C}$), E1EGT ($^{\circ}\text{C}$), E2ACOUT

(⁰C), E2EGT (⁰C), E1ACIN (bar), E1GTIN (bar), E2ACIN (bar), E2GTIN (bar), E1ACOUT (bar), E1GTOUT (bar), E2ACOUT (bar), E2GTOUT (bar) ayrıca her iki motorun sıcaklıklarının ve basınçlarının farklarının yanında itkileri ve yakıt debileri görülmektedir.

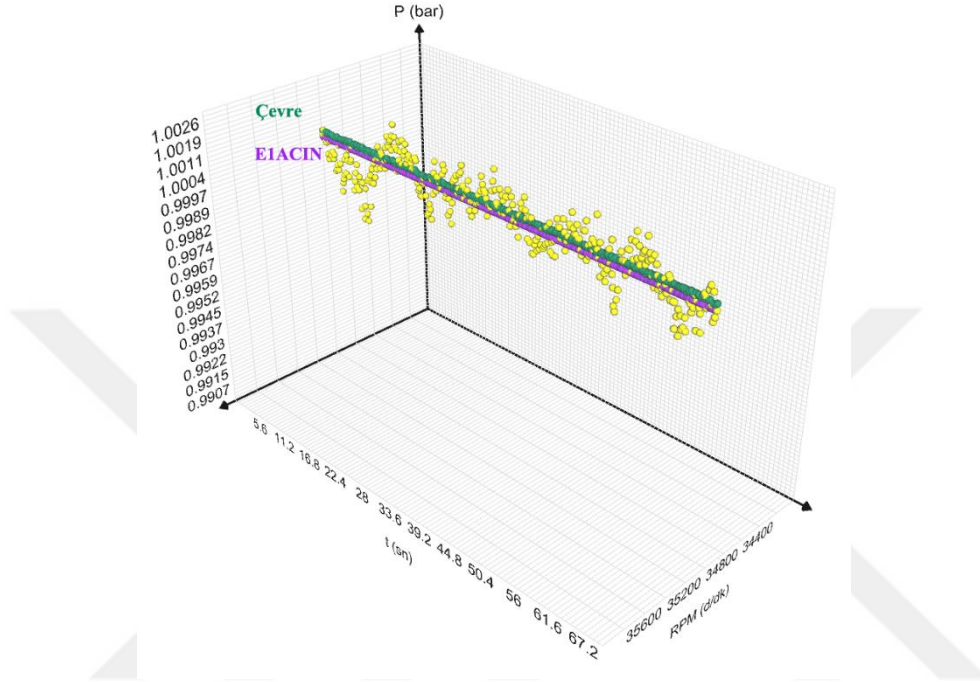
Bulgular bölümü boyunca, test standı ön panel ekranı görüntülerinden örnek olması amacıyla birkaç tane tez kapsamında paylaşılmıştır.



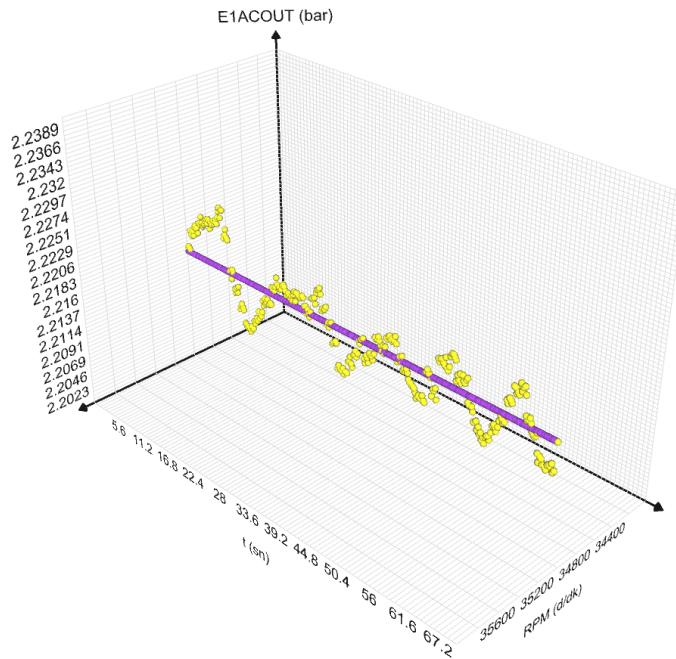


Şekil 5.2. KTEST-E1, 35000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü

KTEST-E1, 35000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00038 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.21631 bar elde edilmiştir.

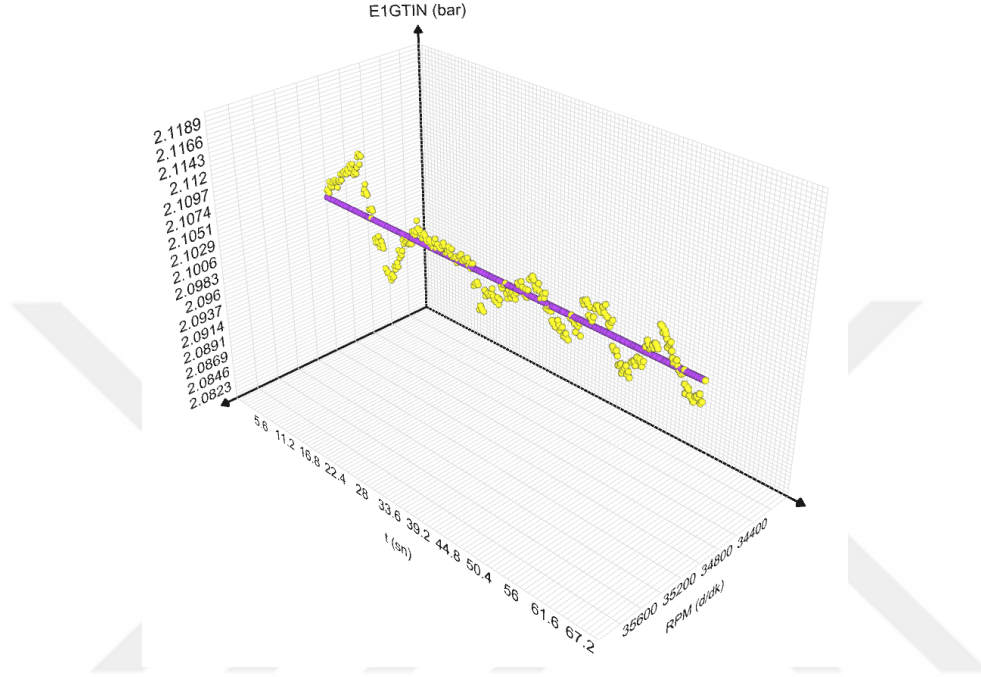


Şekil 5.3. KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı

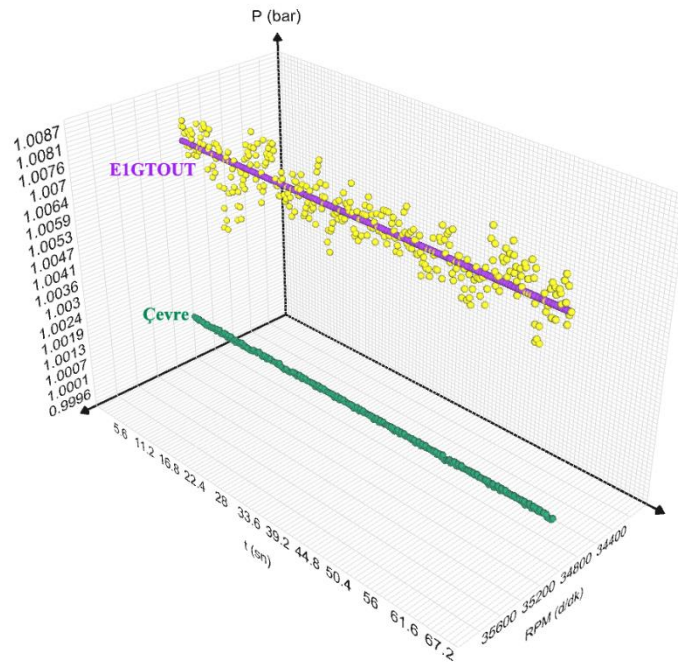


Şekil 5.4. KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10342 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00711 bar elde edilmiştir.

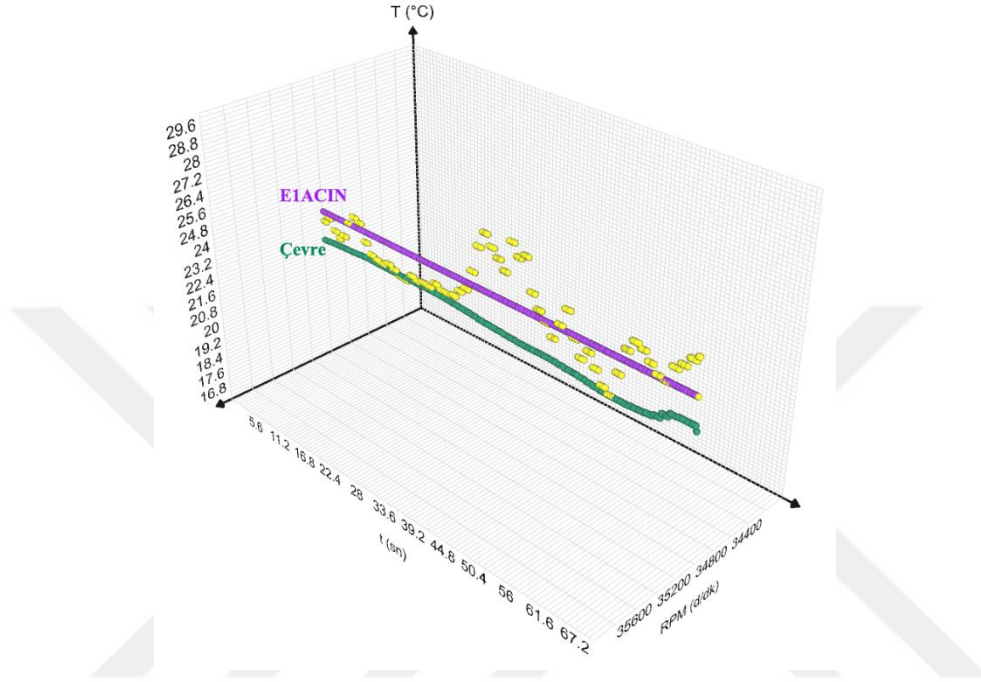


Şekil 5.5. KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı

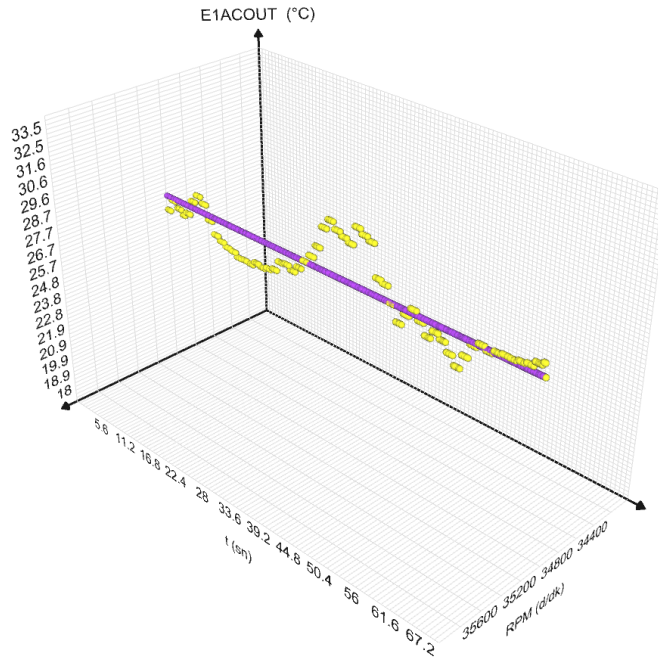


Şekil 5.6. KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.7 ve Şekil 5.8’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.55 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 27.2791 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

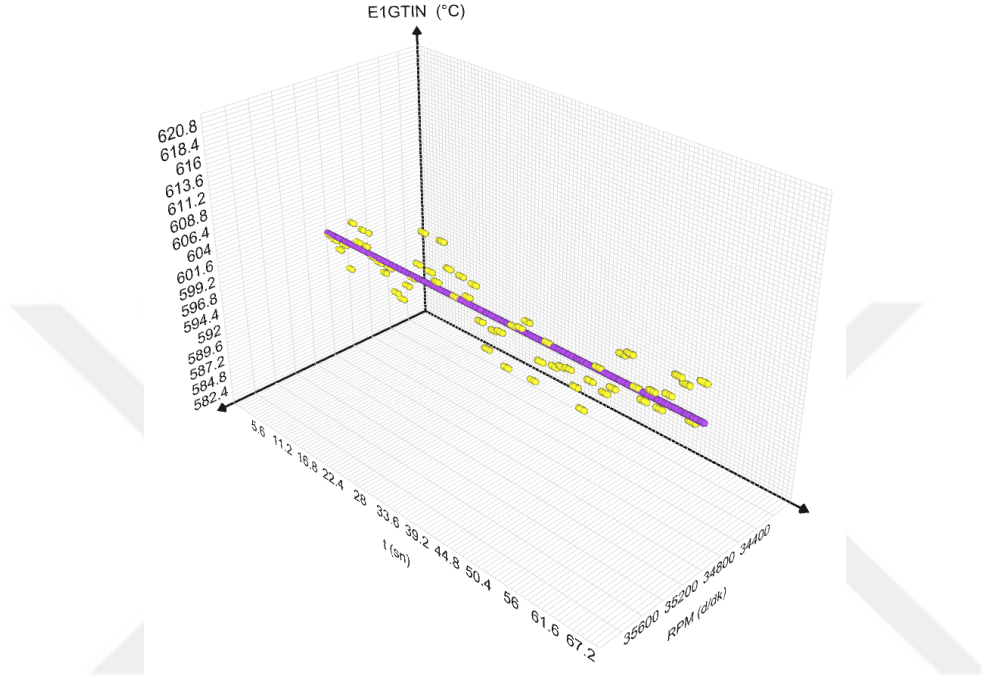


Şekil 5.7. KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

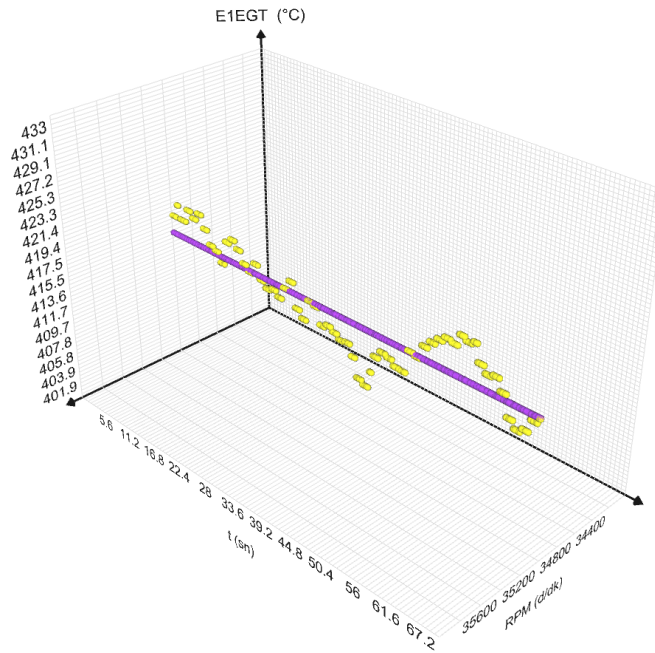


Şekil 5.8. KTEST-E1, 35000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 599.74 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 415.819 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

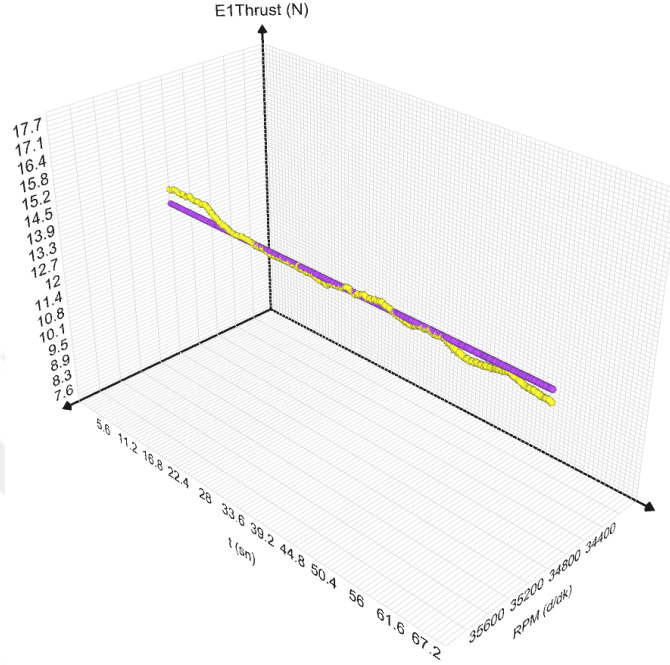


Şekil 5.9. KTEST-E1, 35000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

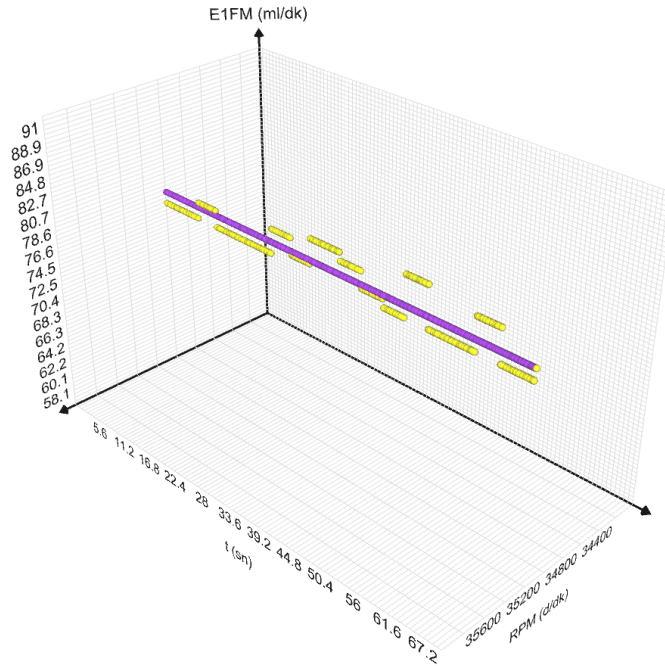


Şekil 5.10. KTEST-E1, 35000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 13.2543 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 78.4139 ml/dk elde edilmiştir.



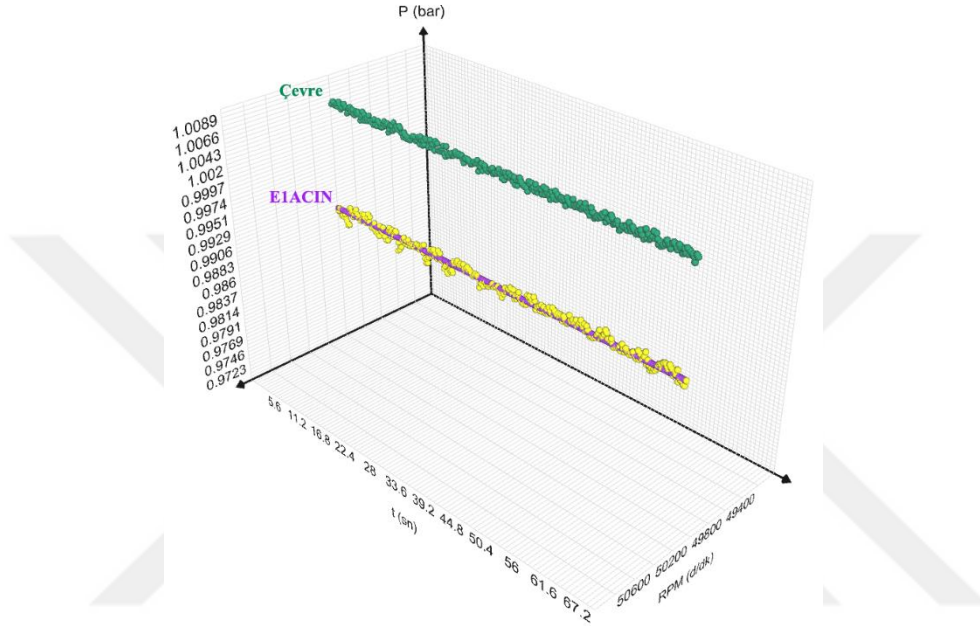
Şekil 5.11. KTEST-E1, 35000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı



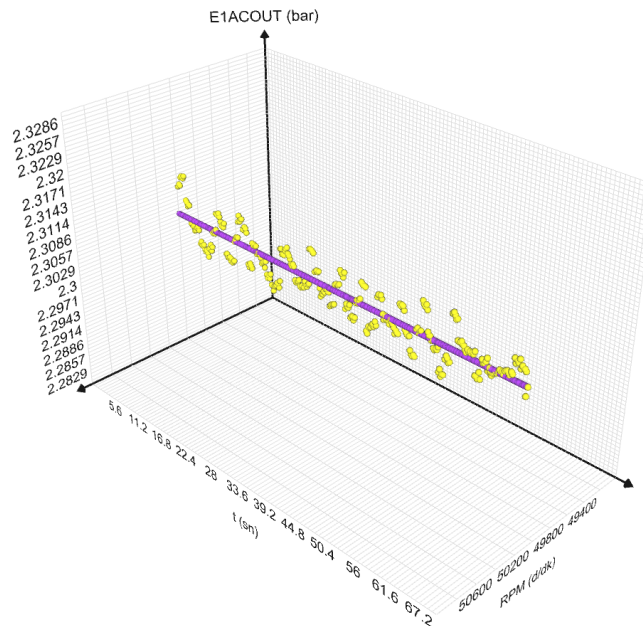
Şekil 5.12. KTEST-E1, 35000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

KTEST-E1, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9907 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.30546 bar elde edilmiştir.

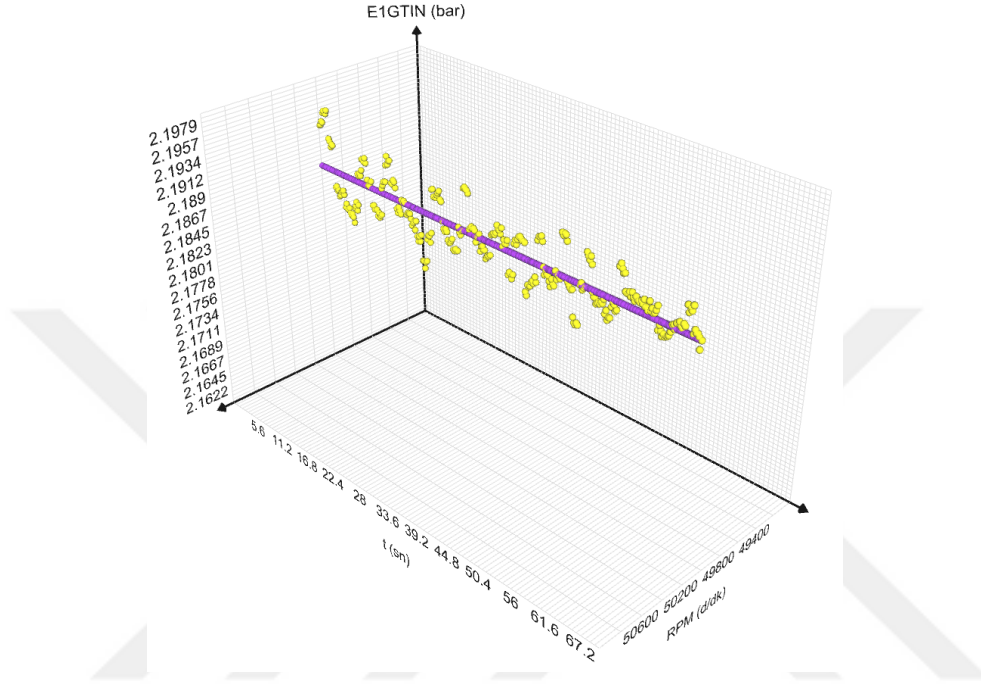


Şekil 5.13. KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı

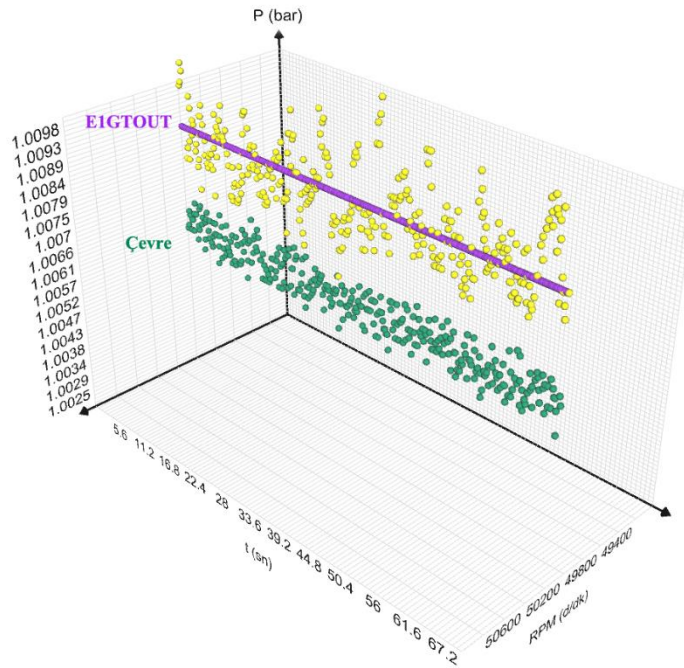


Şekil 5.14. KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.18755 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00882 bar elde edilmiştir.

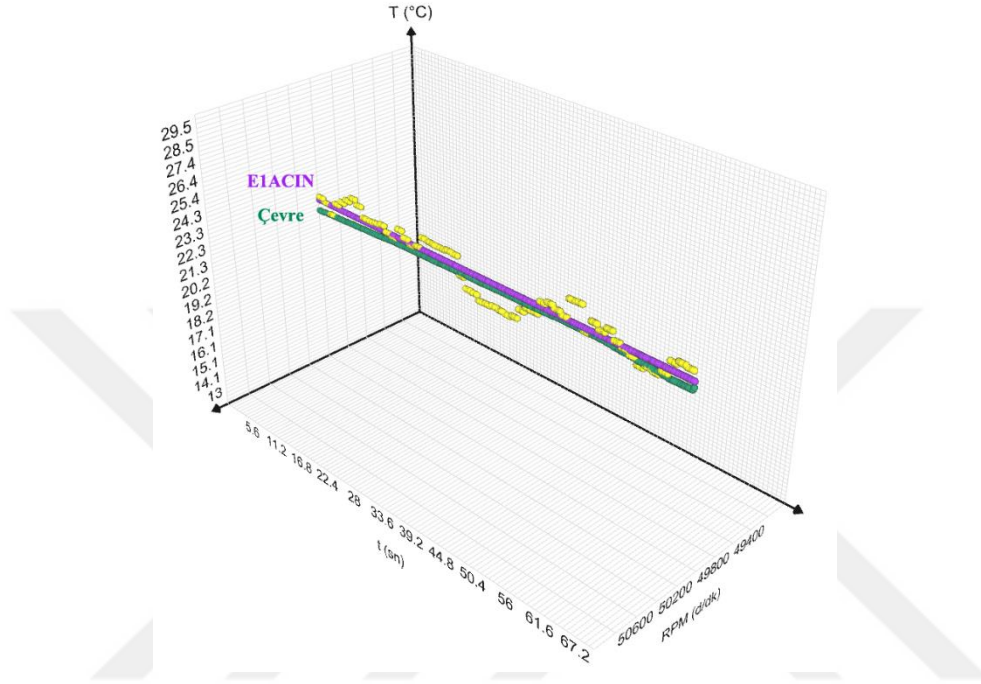


Şekil 5.15. KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı

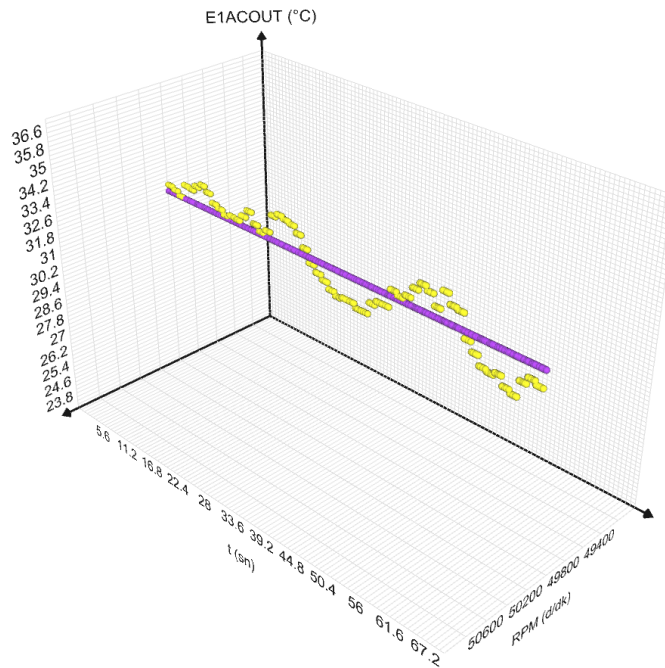


Şekil 5.16. KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.17 ve Şekil 5.18’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.6235 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 31.9176 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

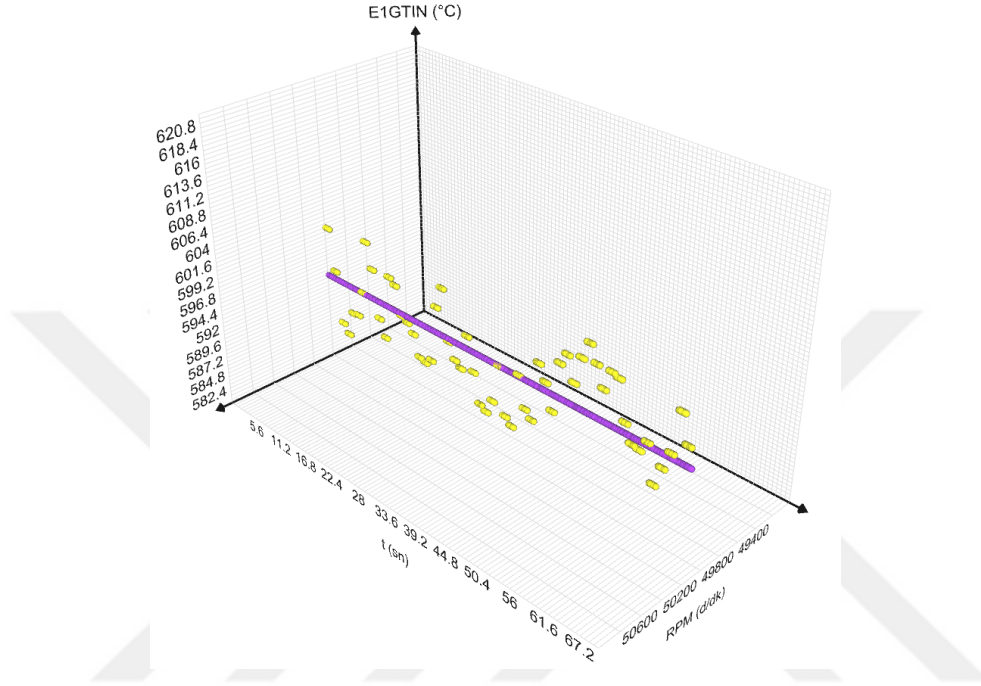


Şekil 5.17. KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

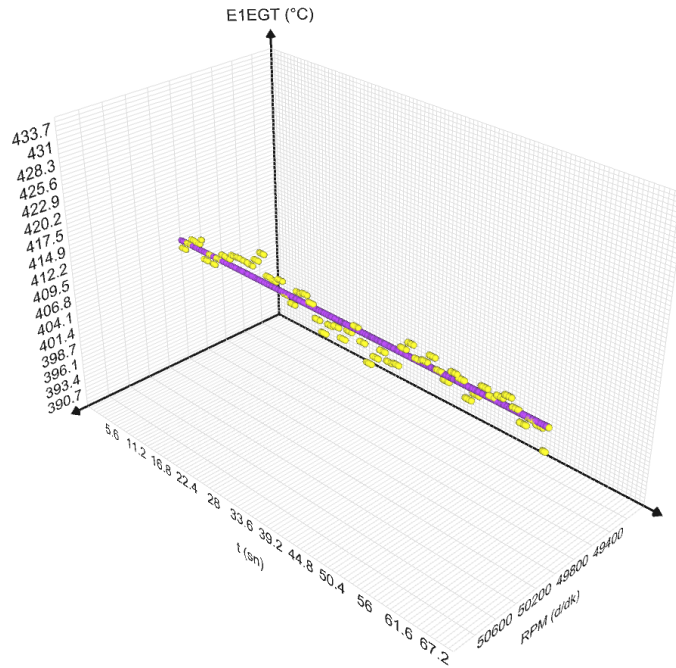


Şekil 5.18. KTEST-E1, 50000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.19 ve Şekil 5.20'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 593.107°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 409.282°C elde edilmiştir.

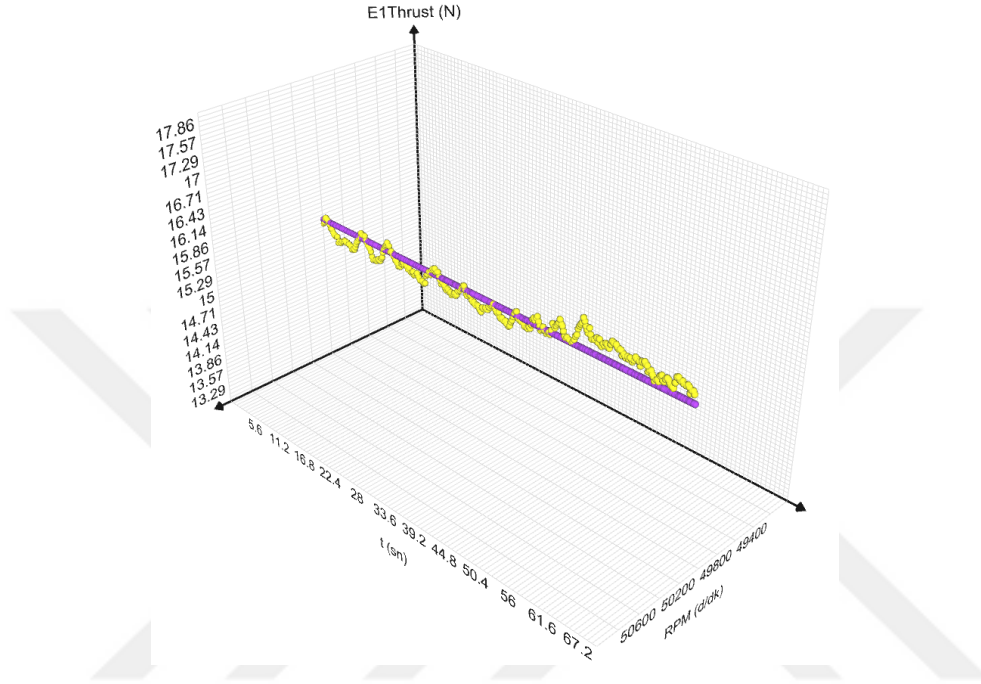


Şekil 5.19. KTEST-E1, 50000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

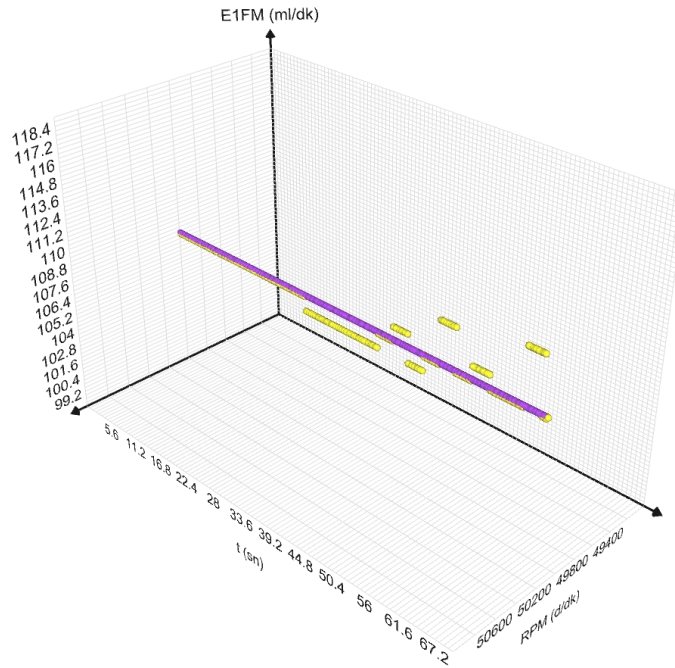


Şekil 5.20. KTEST-E1, 50000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı

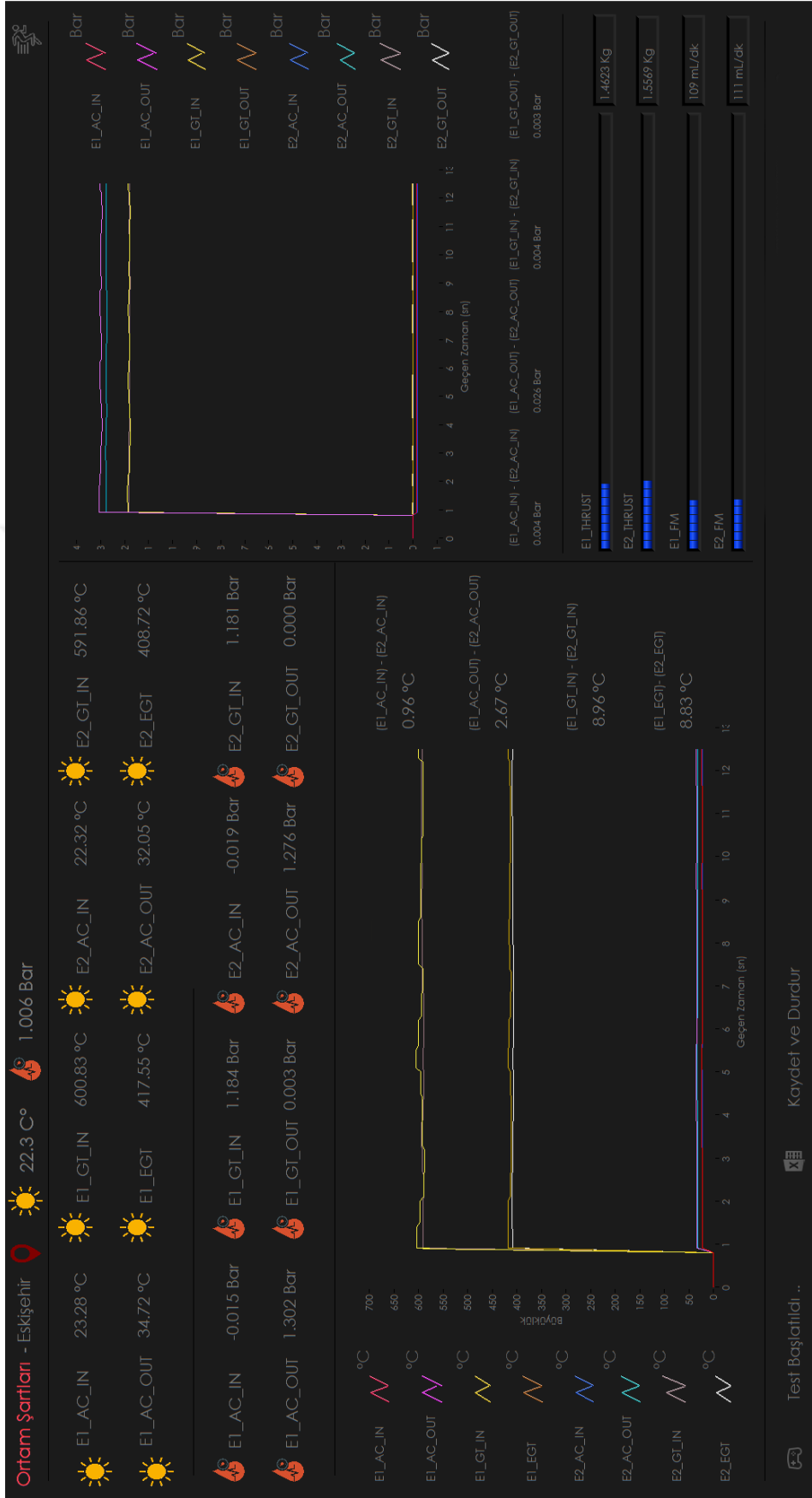
KTEST-E1, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.5632 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 108.114 ml/dk elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 5.23’de bu test için ön panel örnek görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.21. KTEST-E1, 50000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı



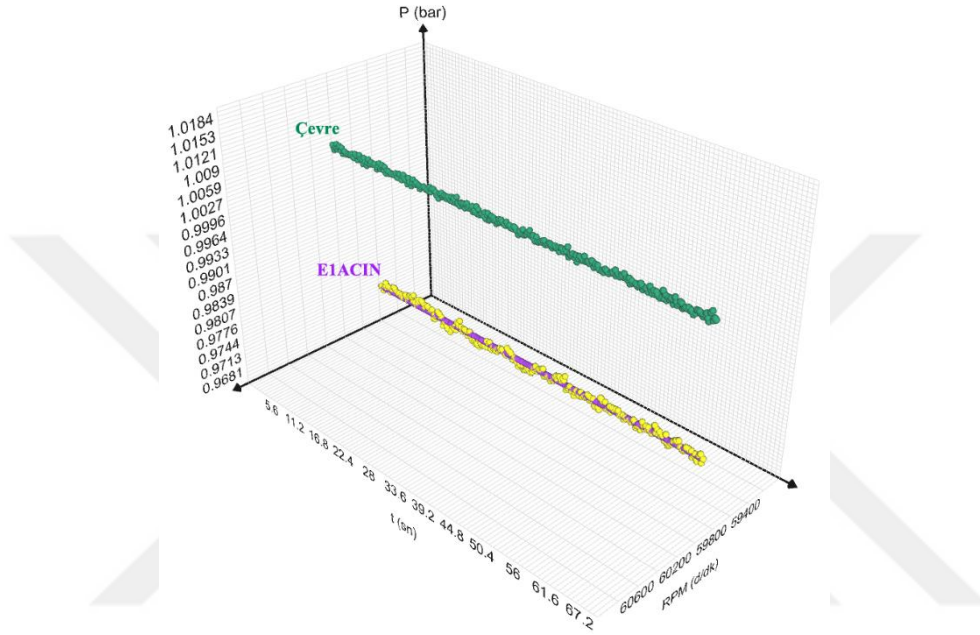
Şekil 5.22. KTEST-E1, 50000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı



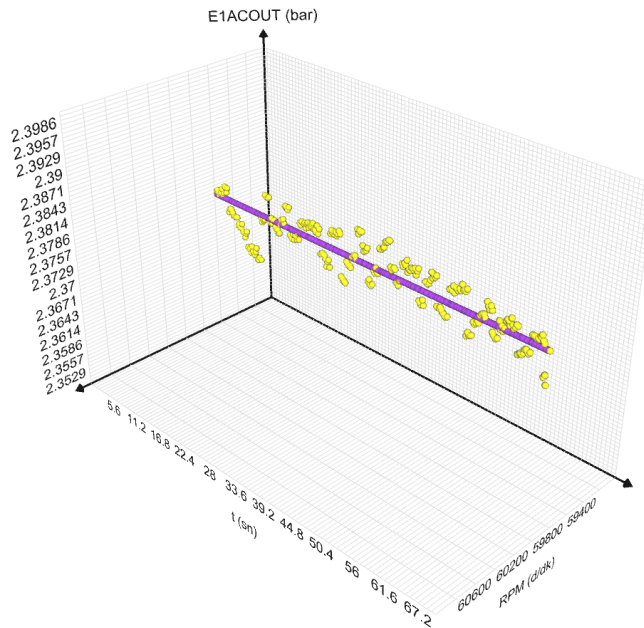
Şekil 5.23. KTEST-E1, 50000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü

60000 rpm bulguları;

KTEST-E1, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.24 ve Şekil 5.25’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97822 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.3827 bar elde edilmiştir.

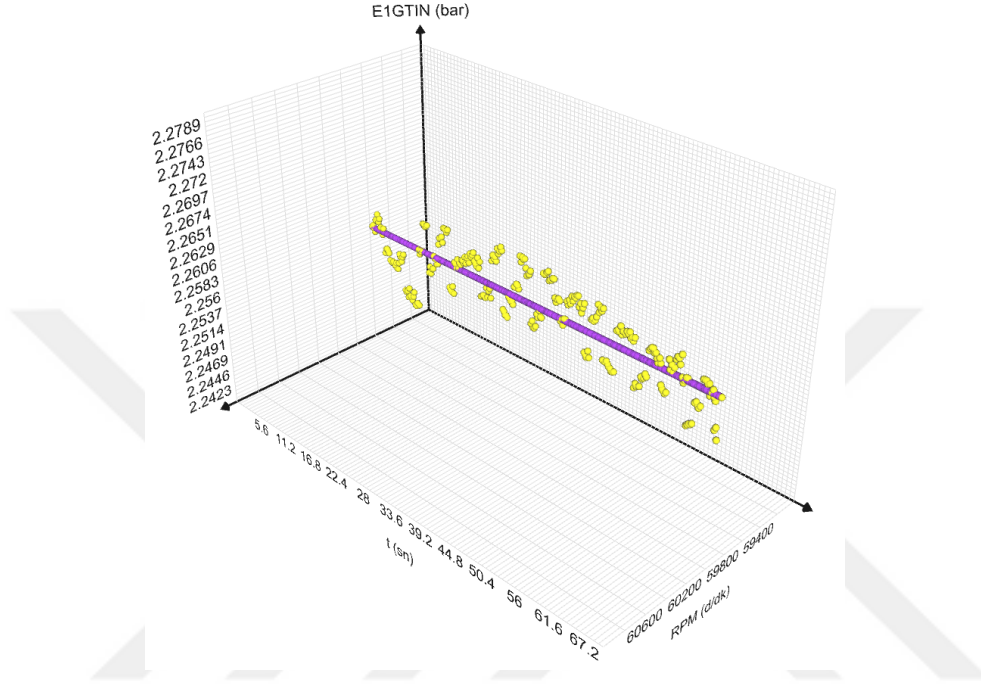


Şekil 5.24. KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı

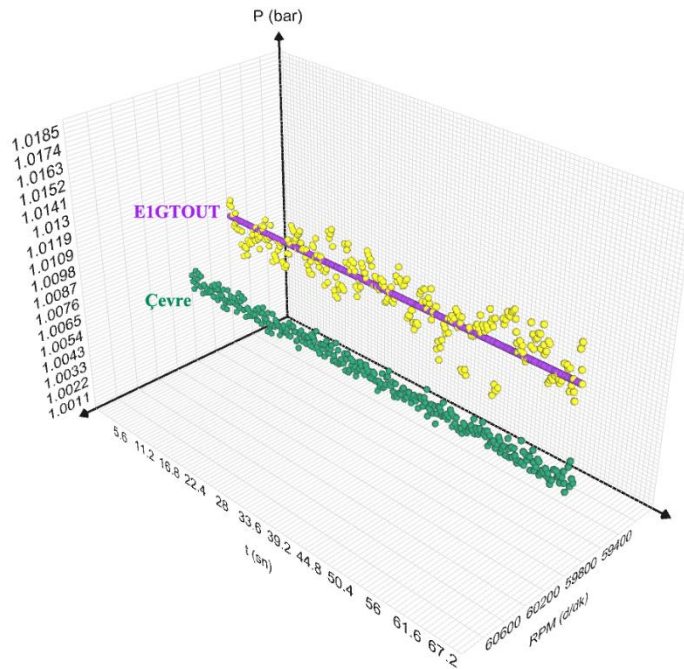


Şekil 5.25. KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.26 ve Şekil 5.27’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.2625 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01184 bar elde edilmiştir.

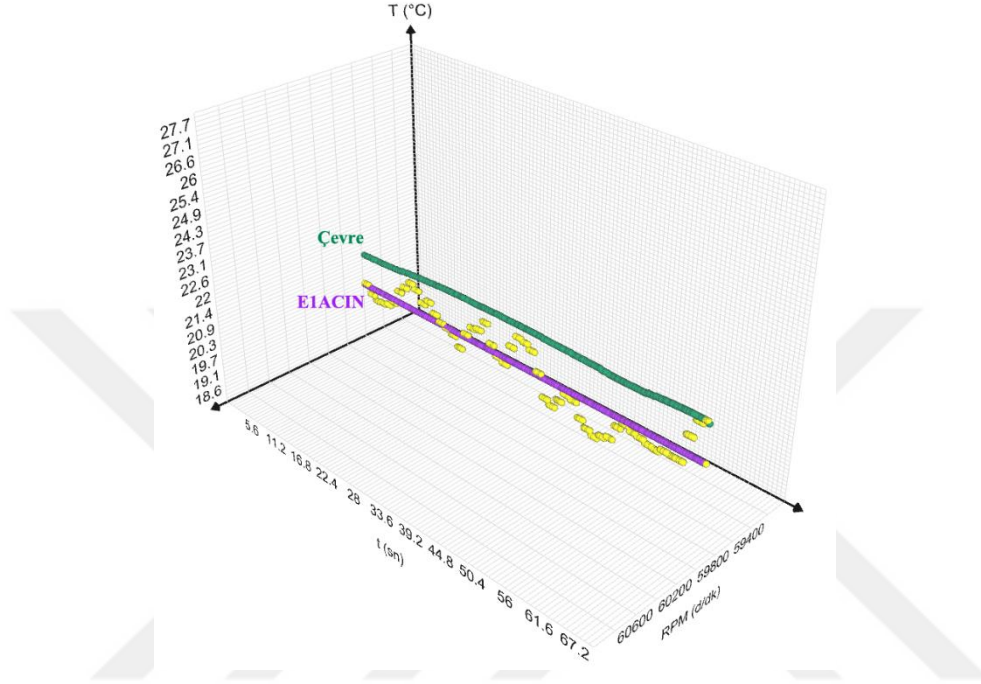


Şekil 5.26. KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı

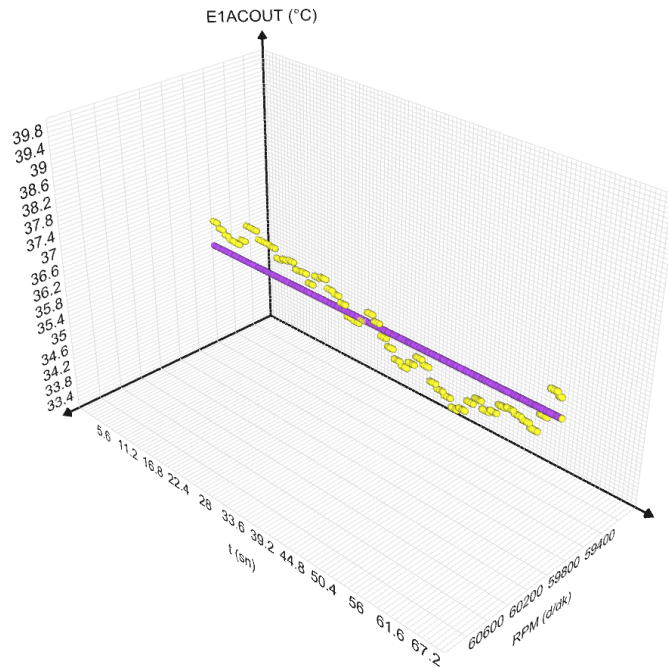


Şekil 5.27. KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.28 ve Şekil 5.29’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.5581°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 36.6105°C elde edilmiştir.

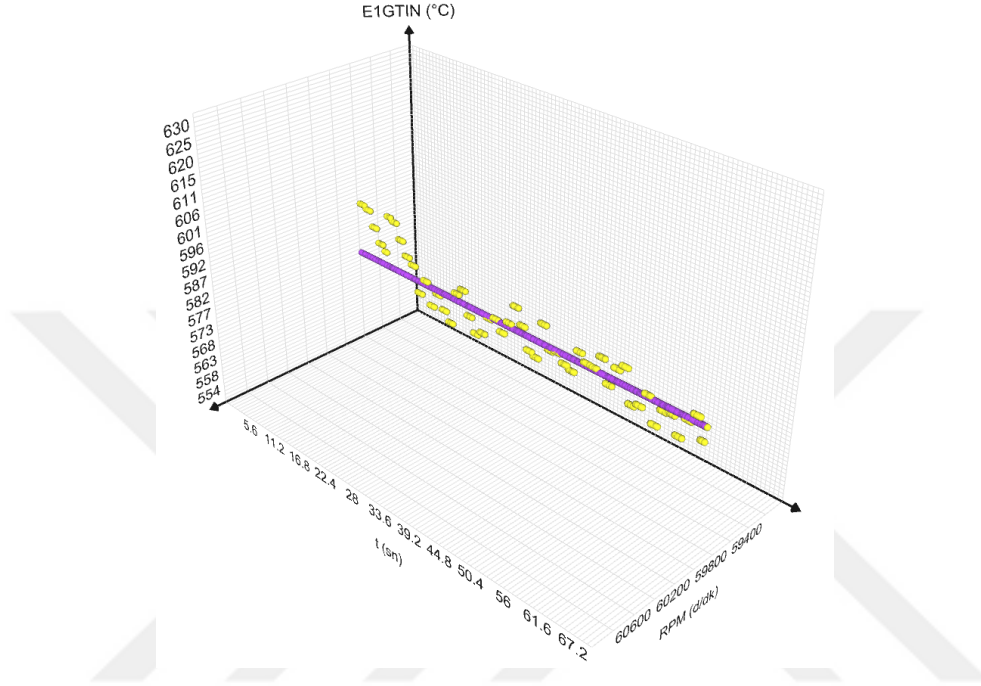


Şekil 5.28. KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

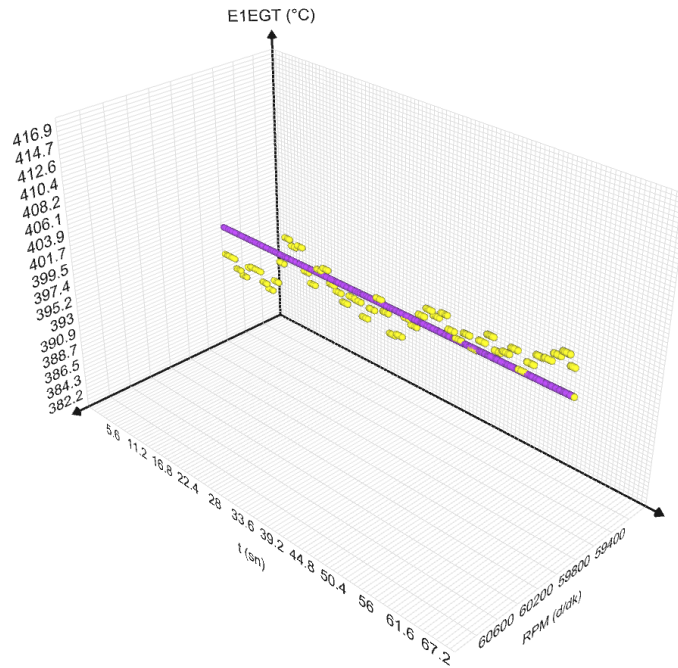


Şekil 5.29. KTEST-E1, 60000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.30 ve Şekil 5.31'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 588.225°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 401.988°C elde edilmiştir.

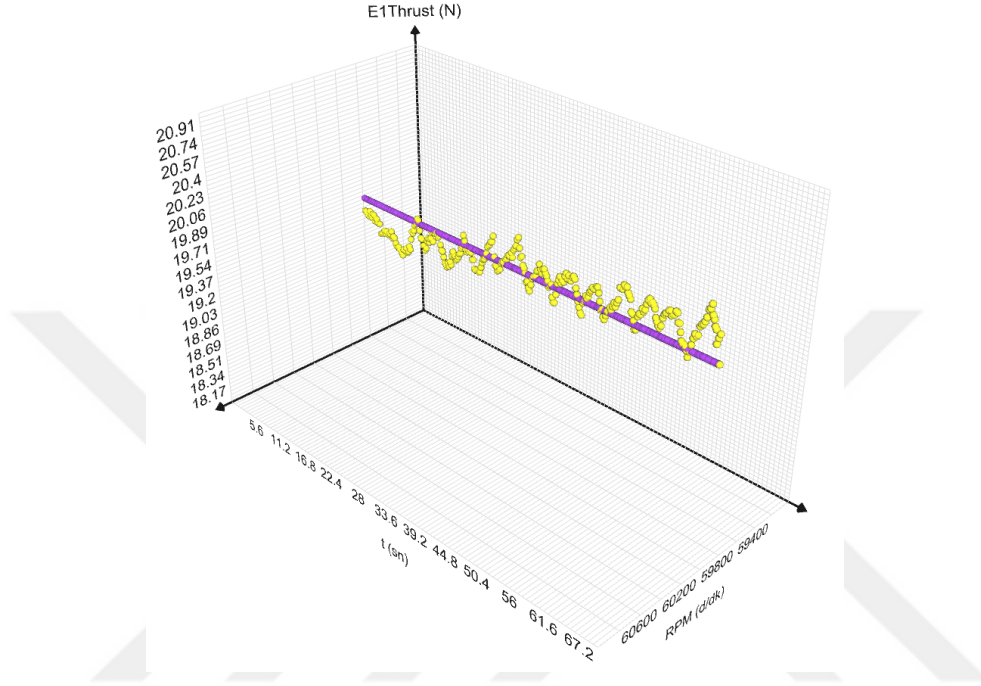


Şekil 5.30. KTEST-E1, 60000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

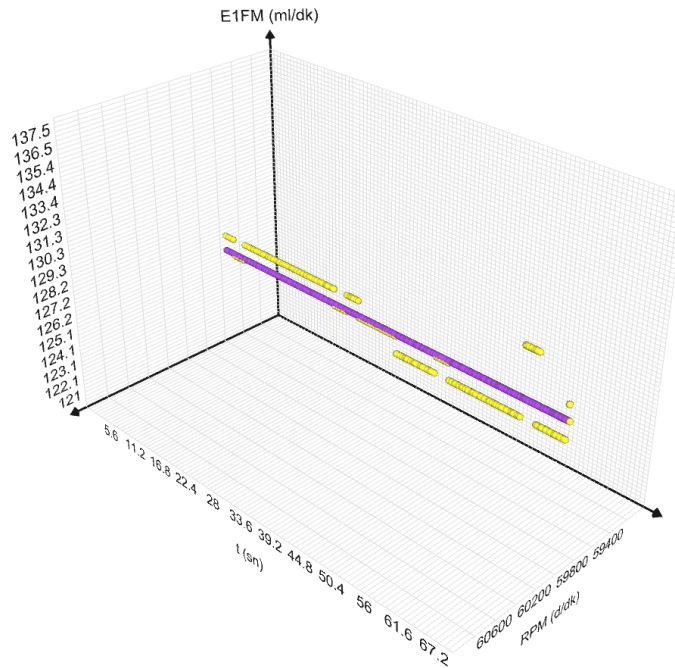


Şekil 5.31. KTEST-E1, 60000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı

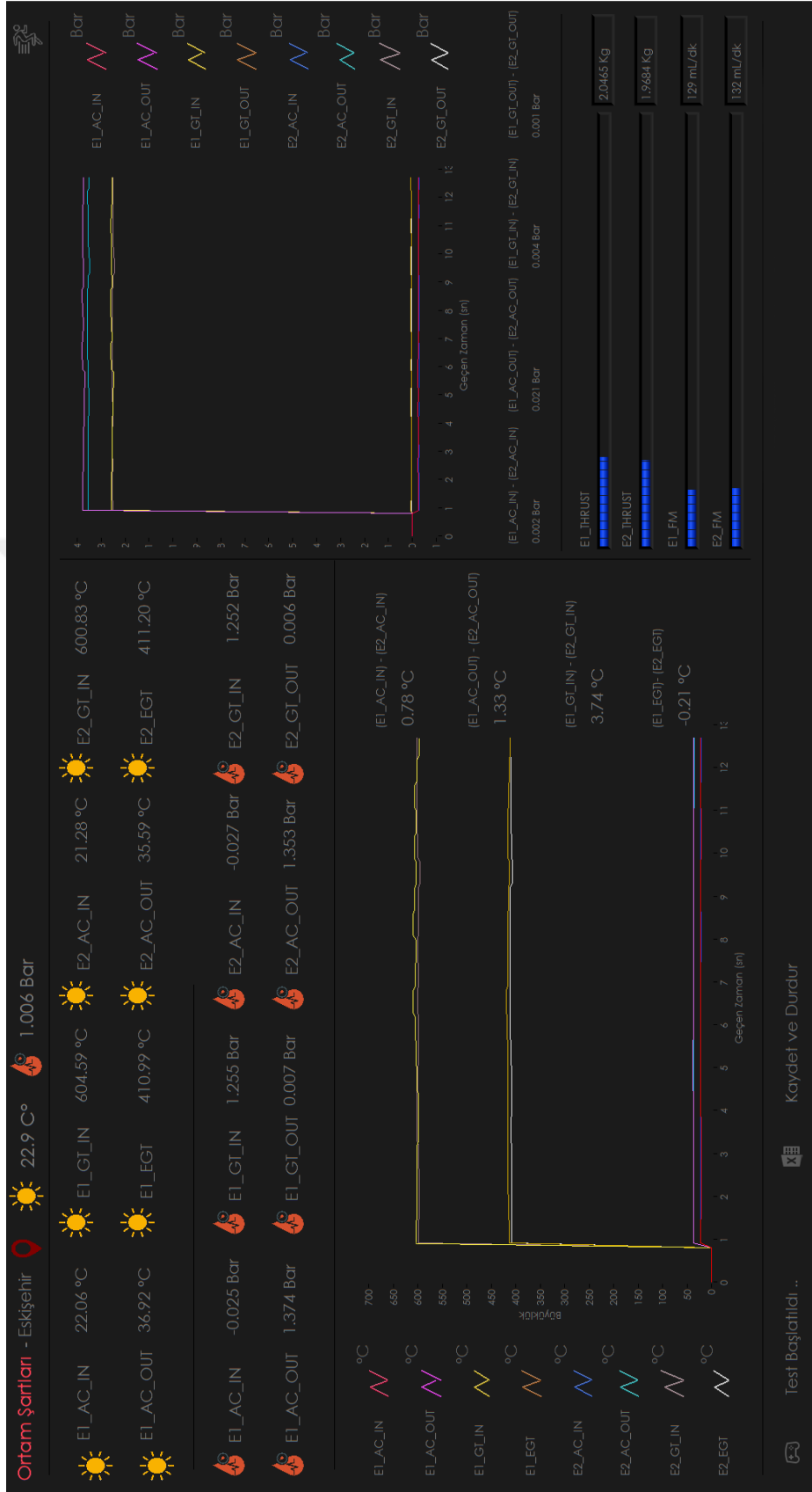
KTEST-E1, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.32 ve Şekil 5.33’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 19.9856 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 129.104 ml/dk elde edilmiştir. Ayrıca Şekil 5.34’de bu test için ön panel örnek görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.32. KTEST-E1, 60000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı



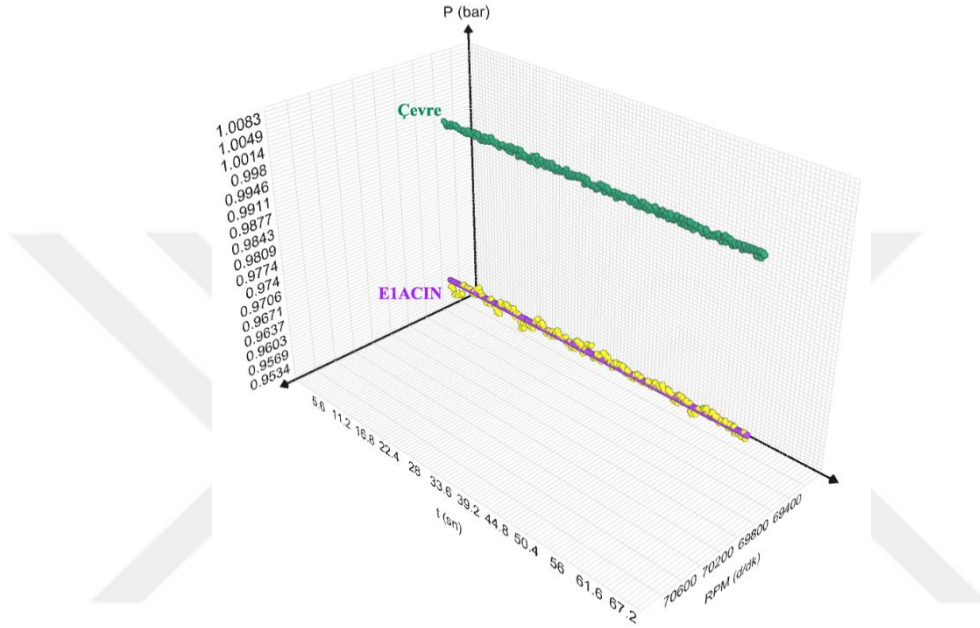
Şekil 5.33. KTEST-E1, 60000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı



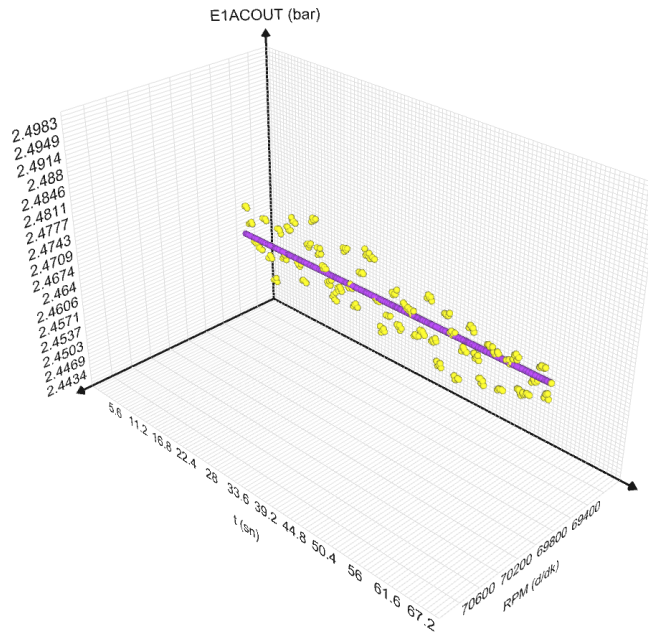
Şekil 5.34. KTEST-E1, 60000 rpm, yazılım ön panel görüntüsü

70000 rpm bulguları;

KTEST-E1, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.35 ve Şekil 5.36’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97191 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46447 bar elde edilmiştir.

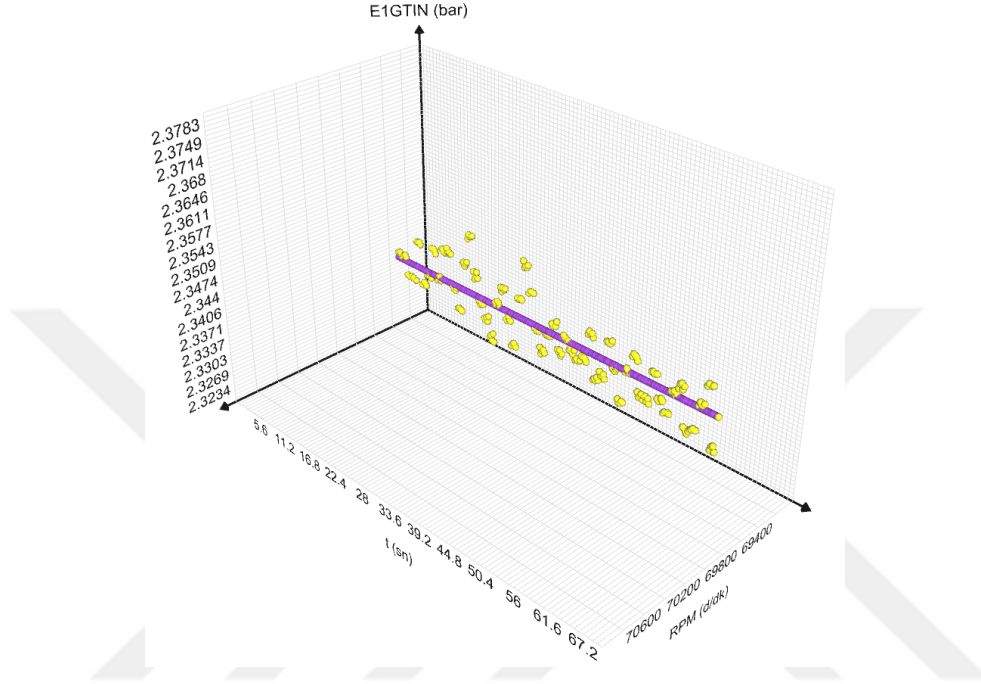


Şekil 5.35. KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı

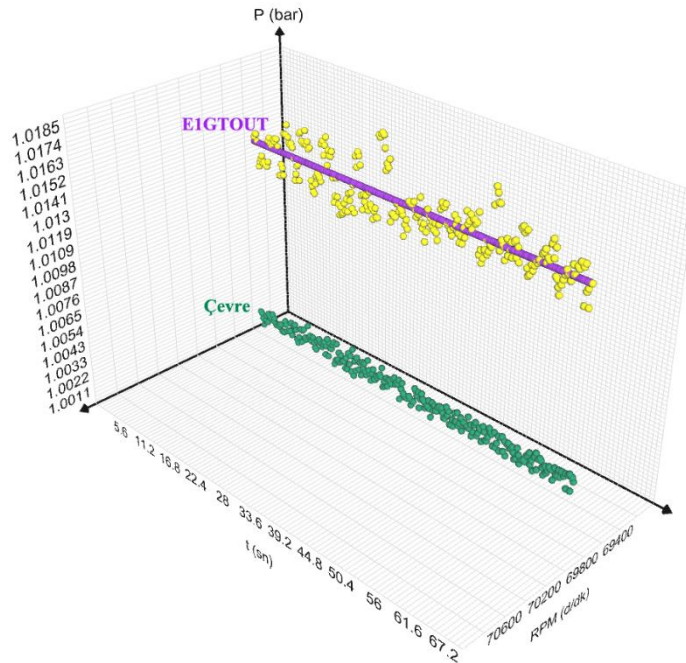


Şekil 5.36. KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.37 ve Şekil 5.38'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35017 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01704 bar elde edilmiştir.

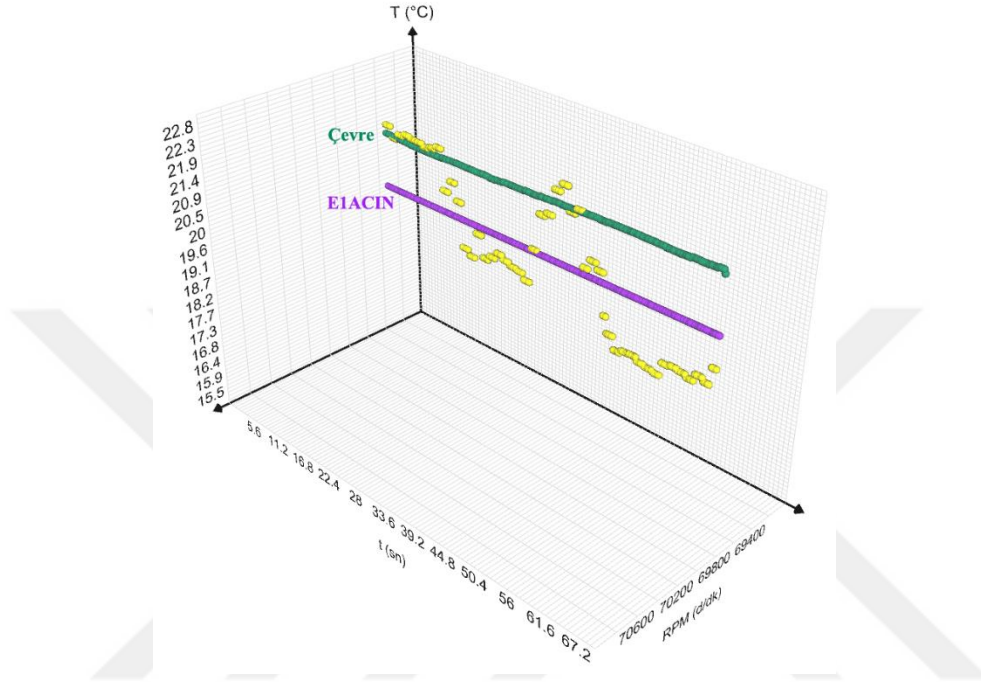


Şekil 5.37. KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı

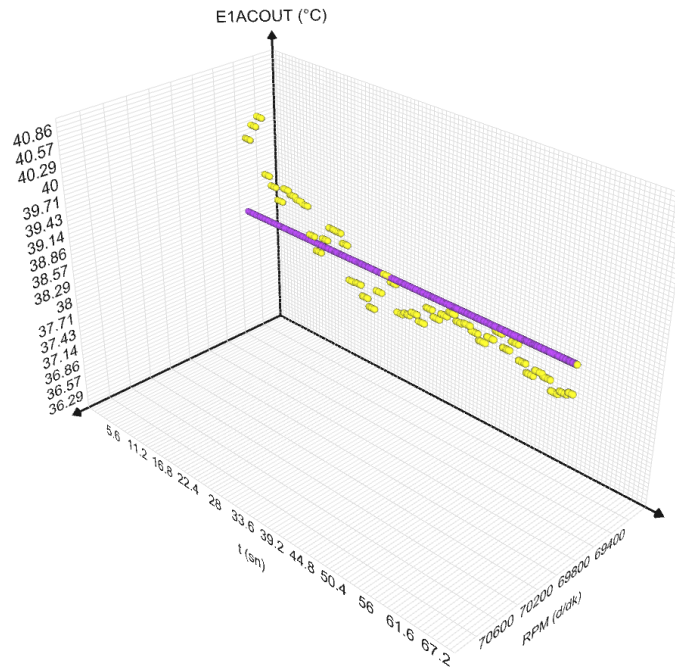


Şekil 5.38. KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.39 ve Şekil 5.40’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.9913 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 39.3862 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

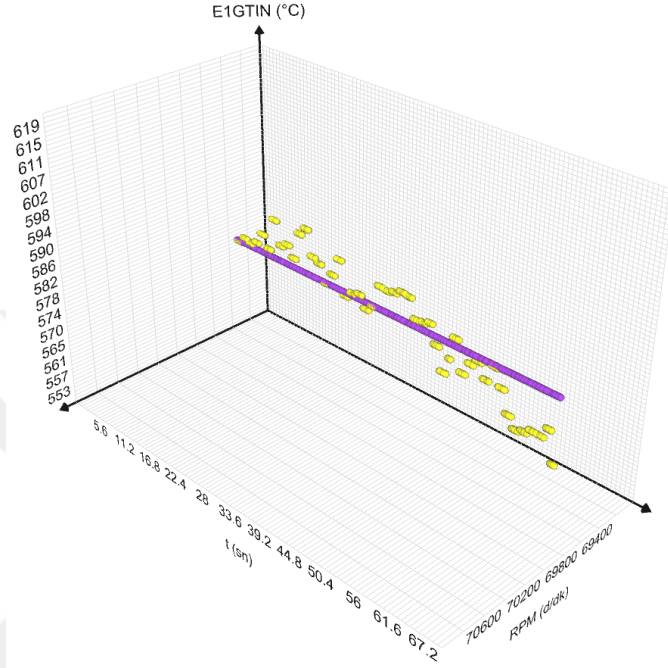


Şekil 5.39. KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

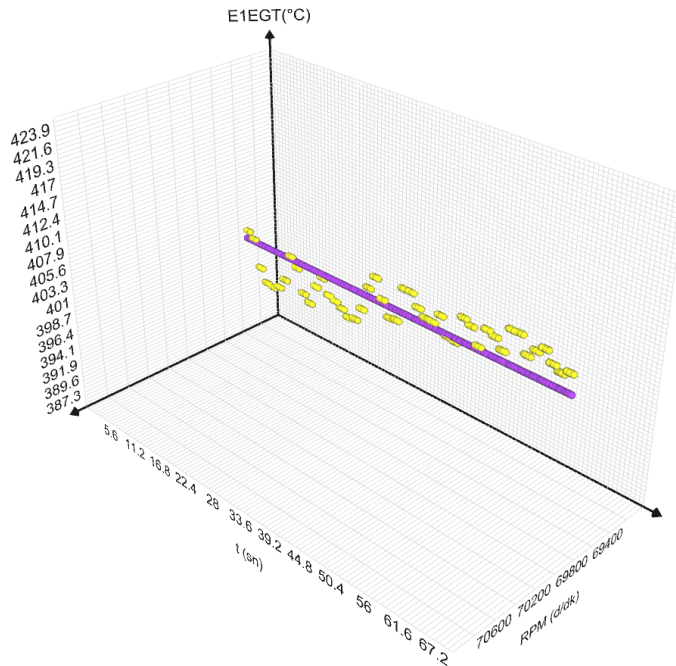


Şekil 5.40. KTEST-E1, 70000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.41 ve Şekil 5.42'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.658 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 408.41 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

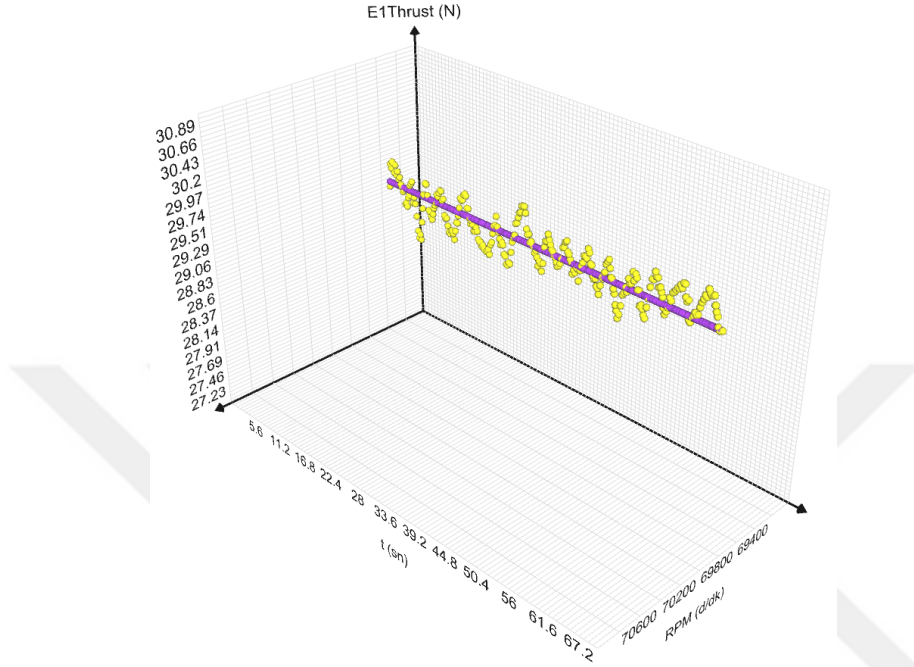


Şekil 5.41. KTEST-E1, 70000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

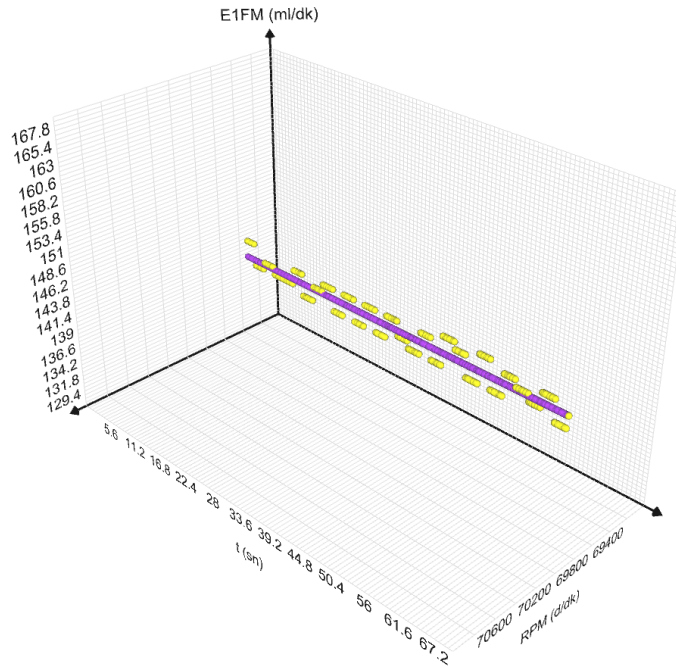


Şekil 5.42. KTEST-E1, 70000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.43 ve Şekil 5.44’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 30.0459 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 148.722 ml/dk elde edilmiştir.



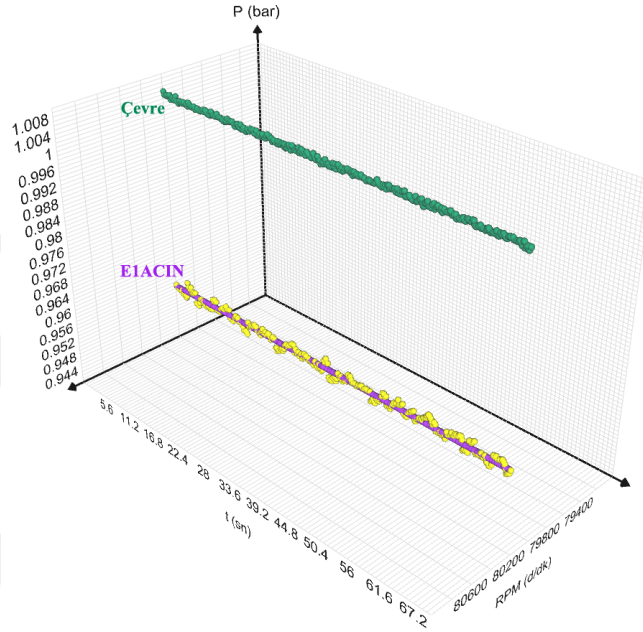
Şekil 5.43. KTEST-E1, 70000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı



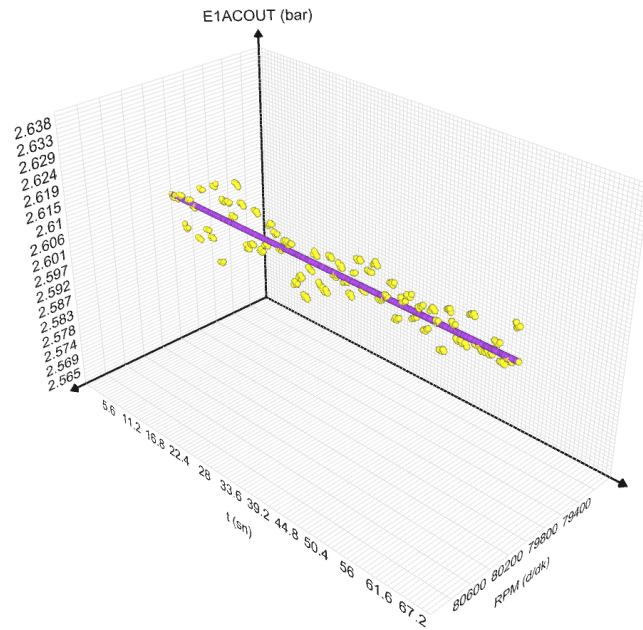
Şekil 5.44. KTEST-E1, 70000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

KTEST-E1, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.45 ve Şekil 5.46’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95478 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.60655 bar elde edilmiştir.

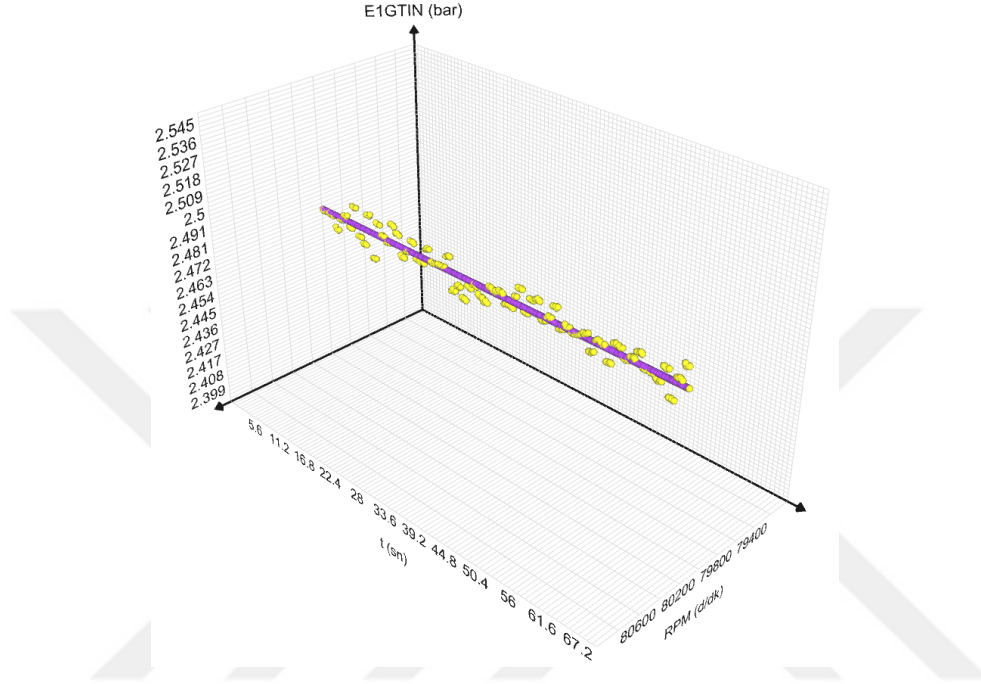


Şekil 5.45. KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACIN basınç verileri dağılımı

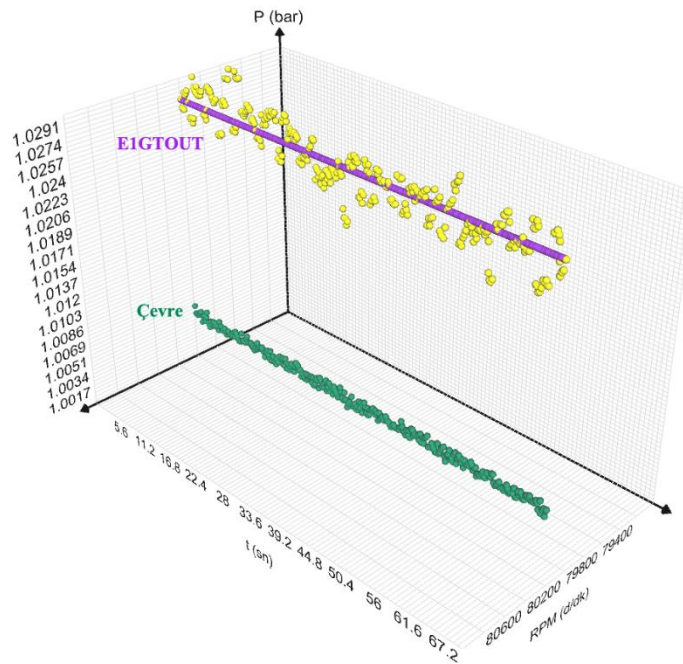


Şekil 5.46. KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.47 ve Şekil 5.48'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.47822 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.02796 bar elde edilmiştir.

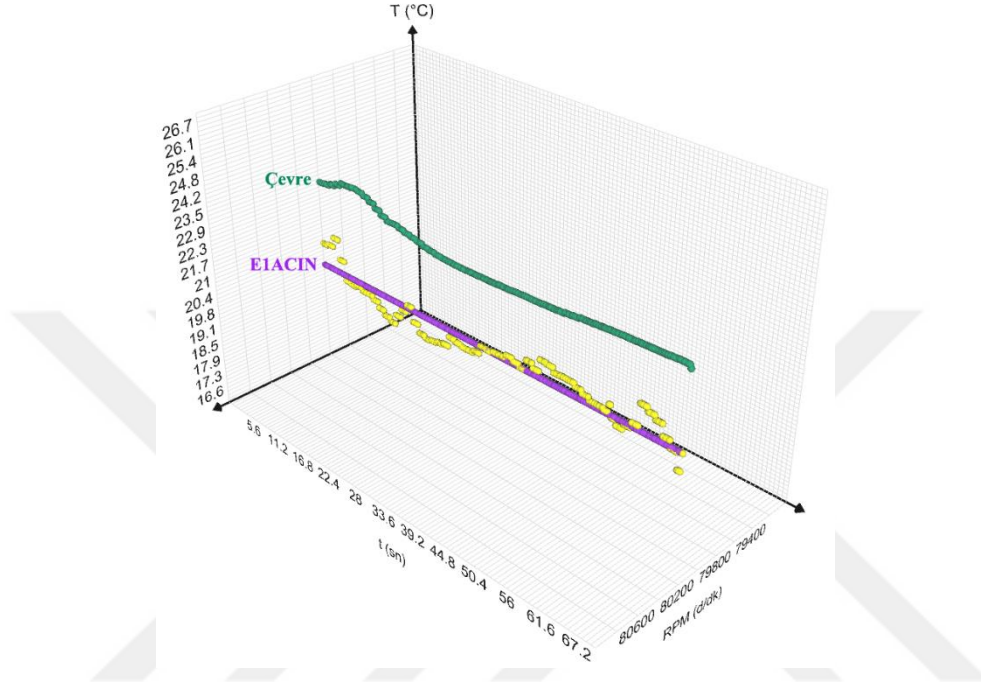


Şekil 5.47. KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTIN basınç verileri dağılımı

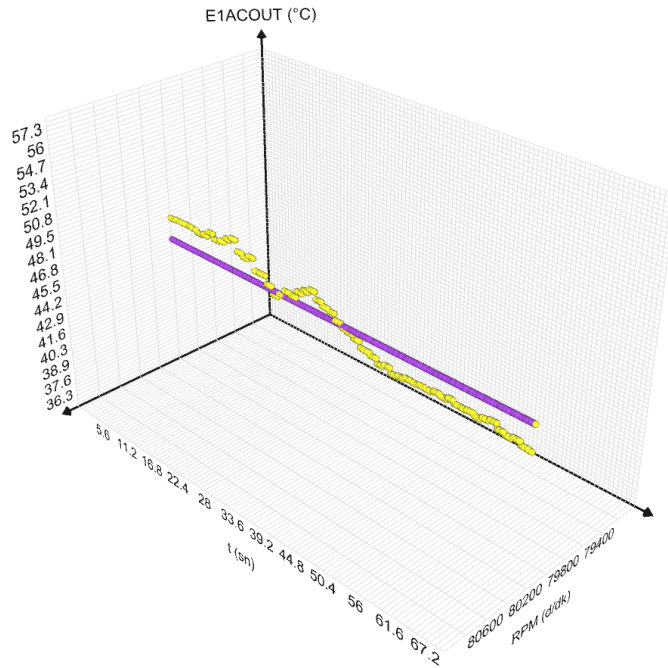


Şekil 5.48. KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E1, 80000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E1ACIN) ve kompresör çıkış (E1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.49 ve Şekil 5.50'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.8402°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 45.5325°C elde edilmiştir.

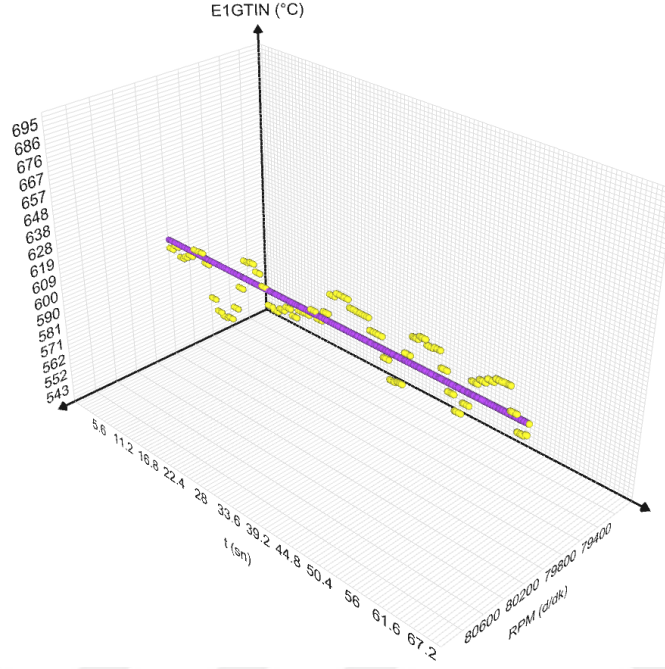


Şekil 5.49. KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

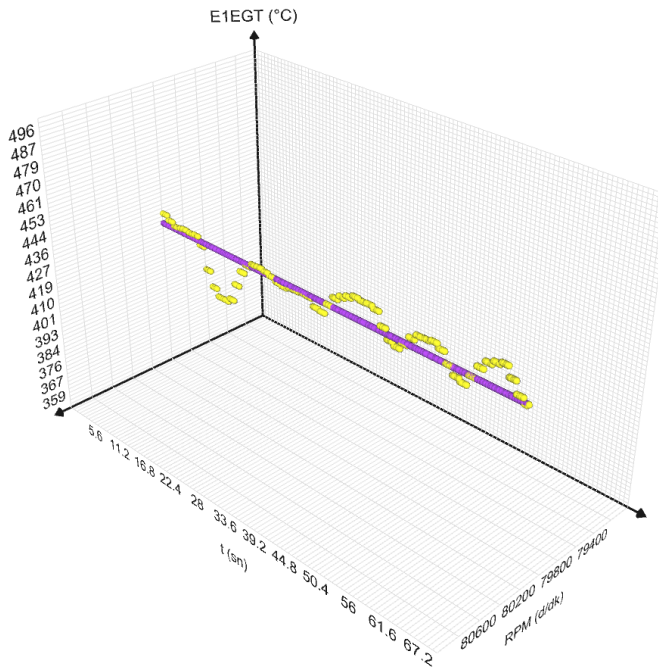


Şekil 5.50. KTEST-E1, 80000 rpm, E1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E1GTIN) ve türbin çıkış (E1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.51 ve Şekil 5.52'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 606.154°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 427.925°C elde edilmiştir.

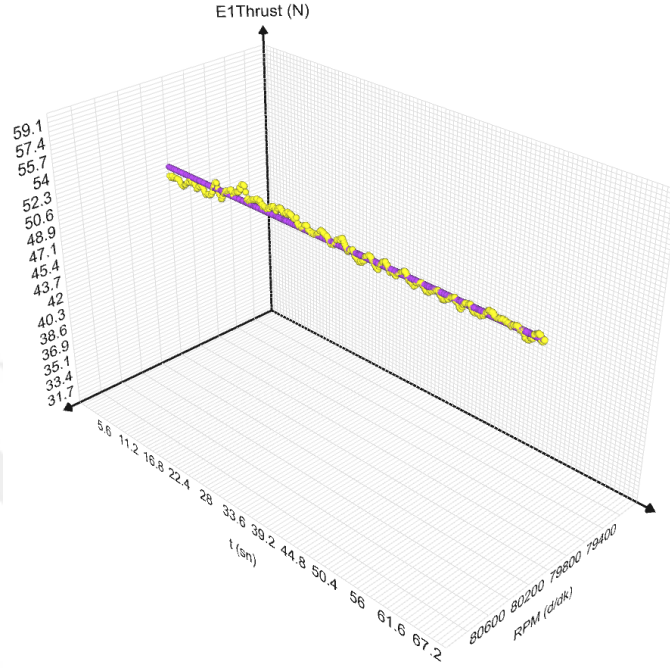


Şekil 5.51. KTEST-E1, 80000 rpm, E1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

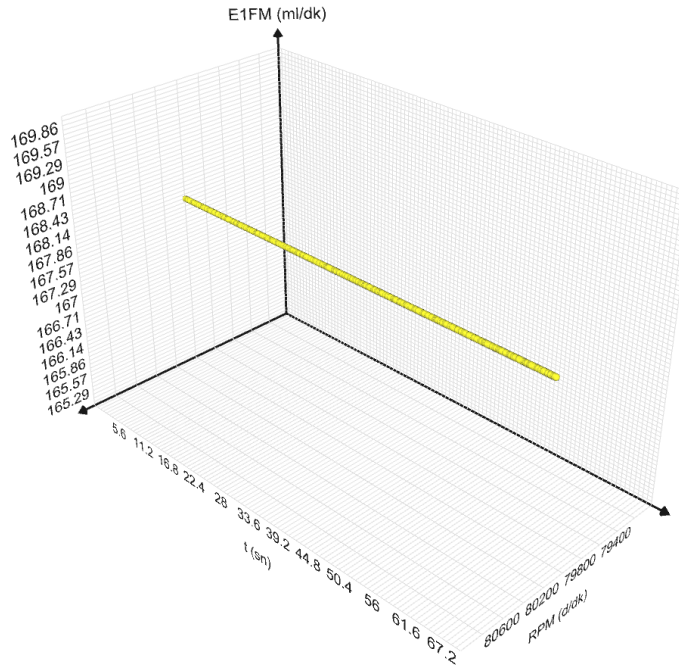


Şekil 5.52. KTEST-E1, 80000 rpm, E1EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E1, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı sırasıyla Şekil 5.53 ve Şekil 5.54’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 51.0317 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 168 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.53. KTEST-E1, 80000 rpm, E1Thrust itki verileri dağılımı



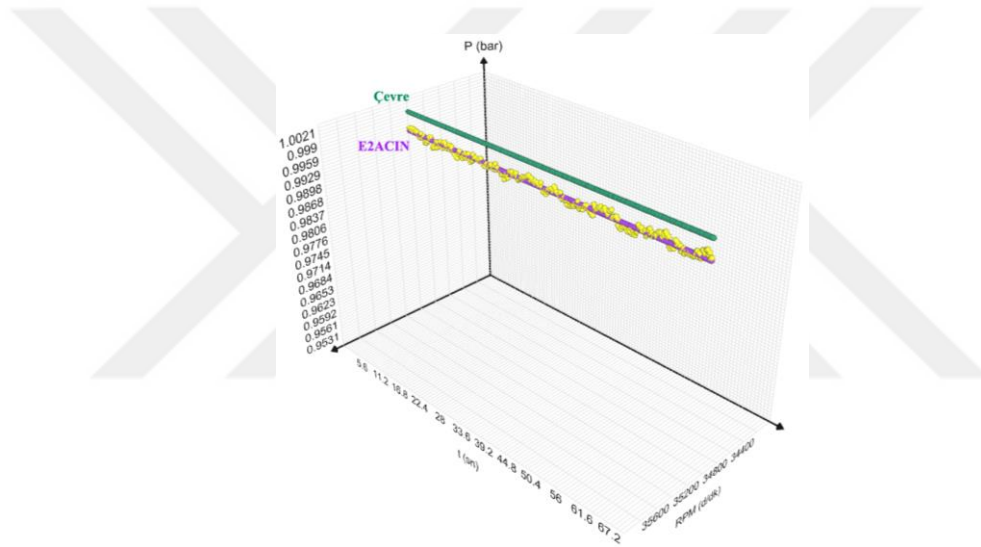
Şekil 5.54. KTEST-E1, 80000 rpm, E1FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.1.2. KTEST-E2

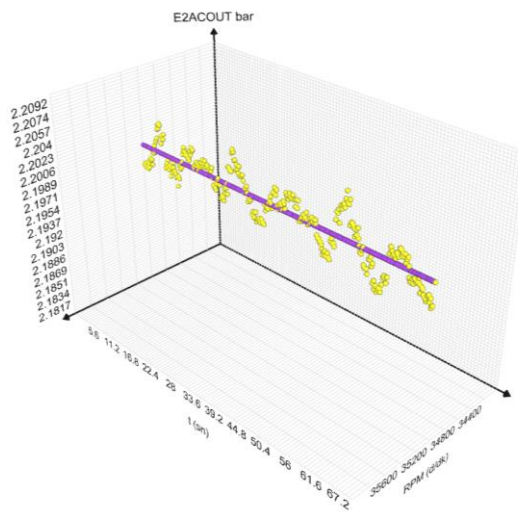
KTEST-E2, ikinci turbojet motorun geleneksel yakıt olan kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

KTEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.55 ve Şekil 5.56’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9958 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19969 bar elde edilmiştir.

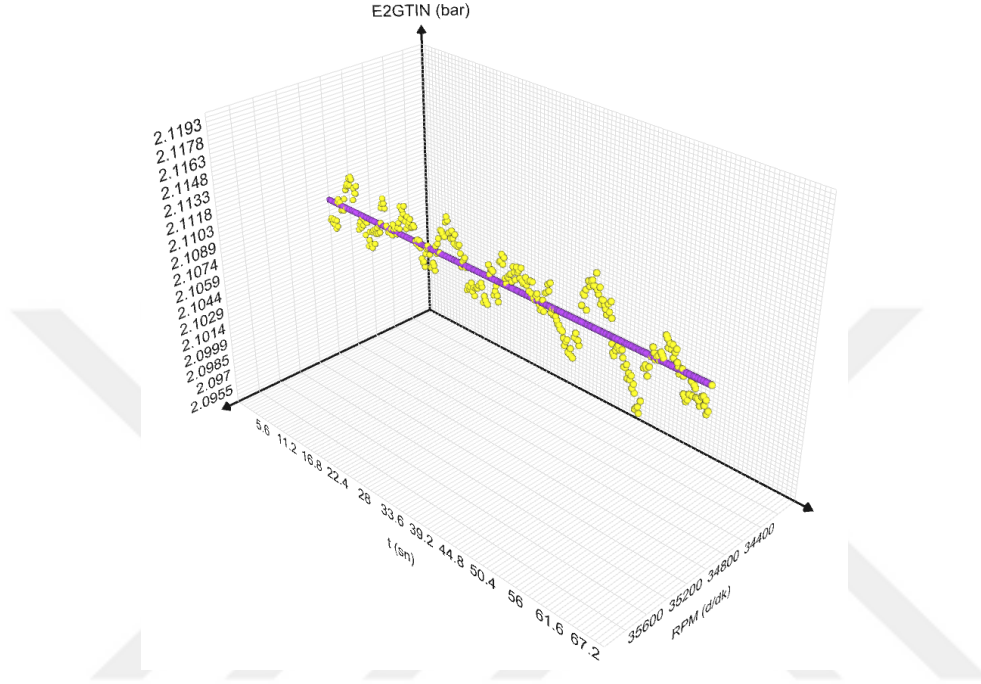


Şekil 5.55. KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı

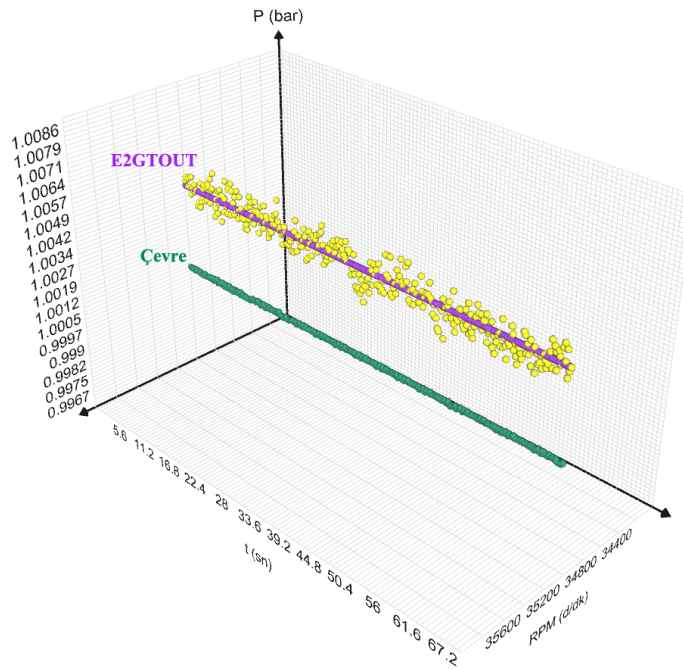


Şekil 5.56. KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.57 ve Şekil 5.58'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10915 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00448 bar elde edilmiştir.

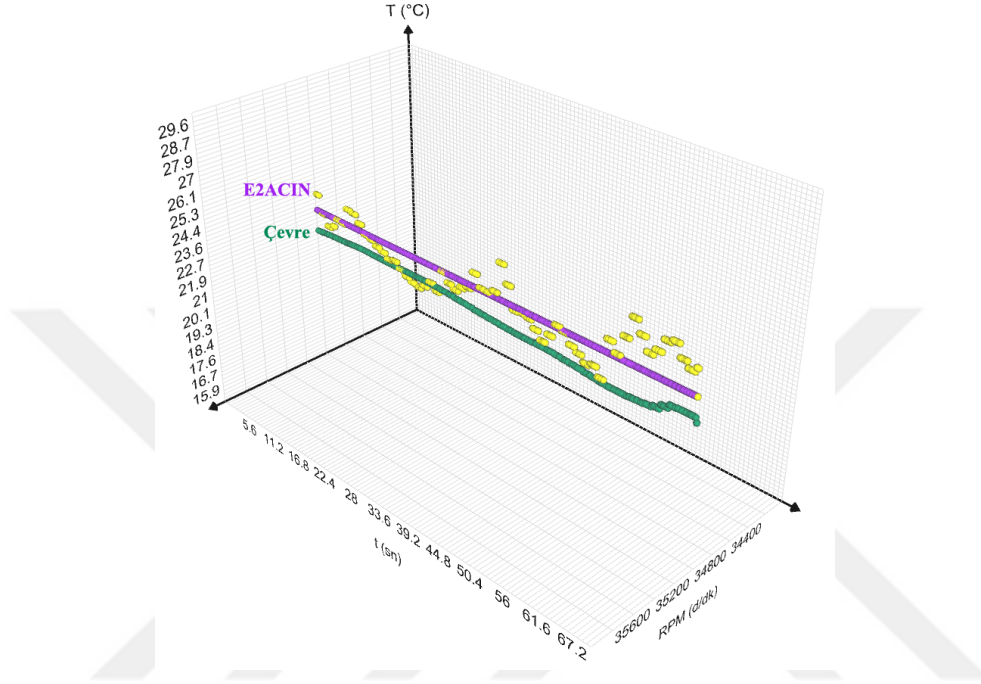


Şekil 5.57. KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı

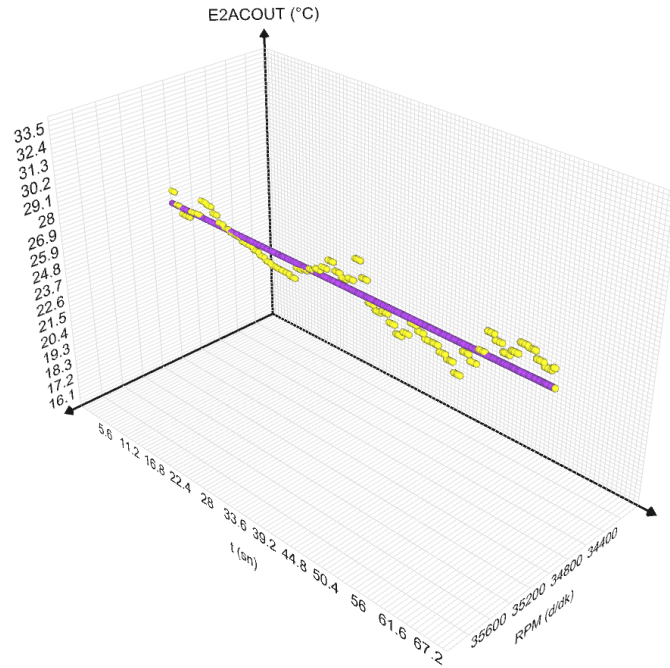


Şekil 5.58. KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.59 ve Şekil 5.60’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.2057 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 26.1293 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

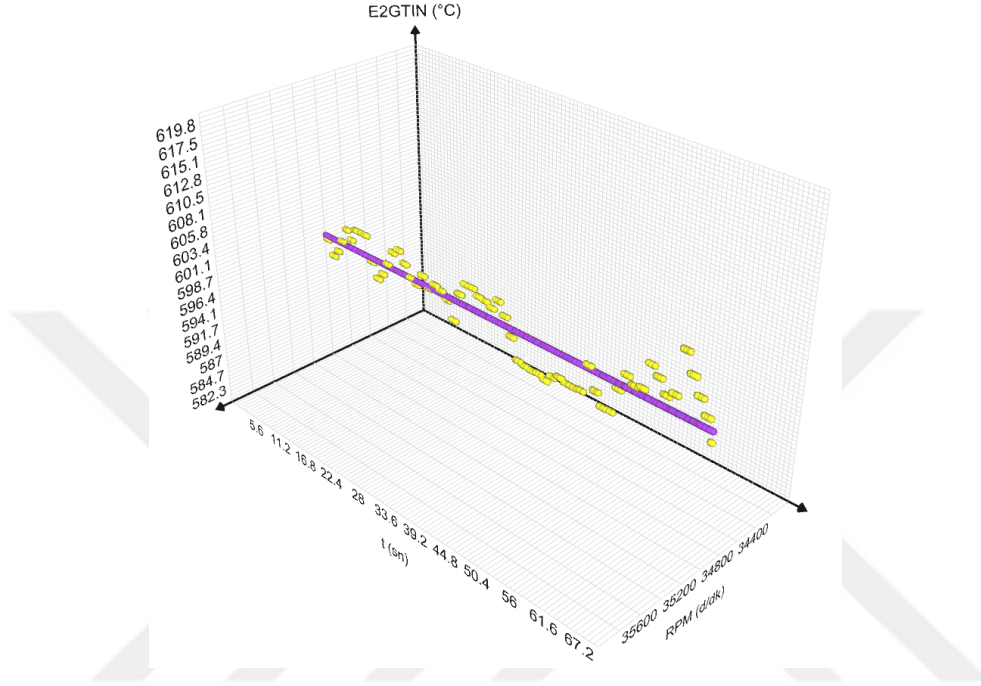


Şekil 5.59. KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

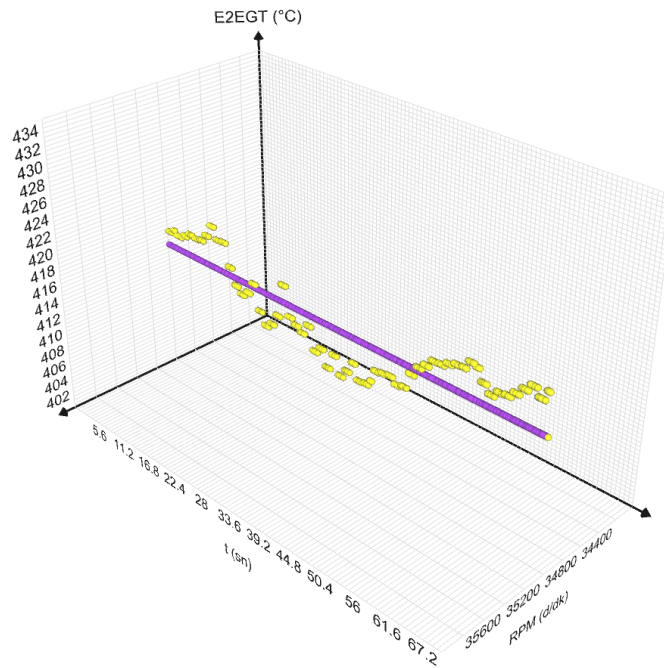


Şekil 5.60. KTEST-E2, 35000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.61 ve Şekil 5.62’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 598.784°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 415.523°C elde edilmiştir.

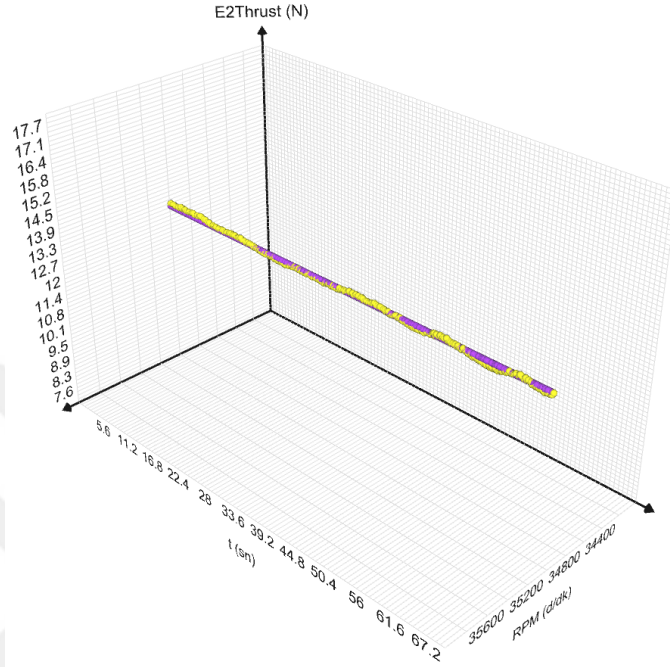


Şekil 5.61. KTEST-E2, 35000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

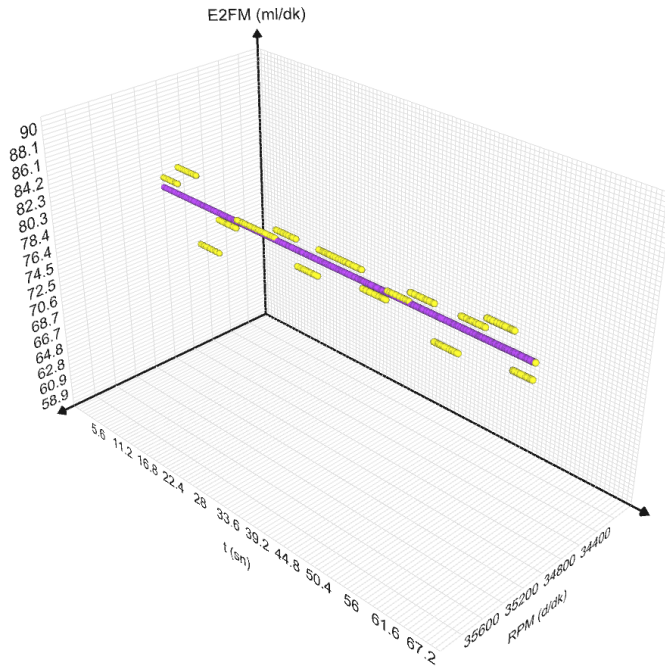


Şekil 5.62. KTEST-E2, 35000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.63 ve Şekil 5.64’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 13.2041 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 78.8338 ml/dk elde edilmiştir.



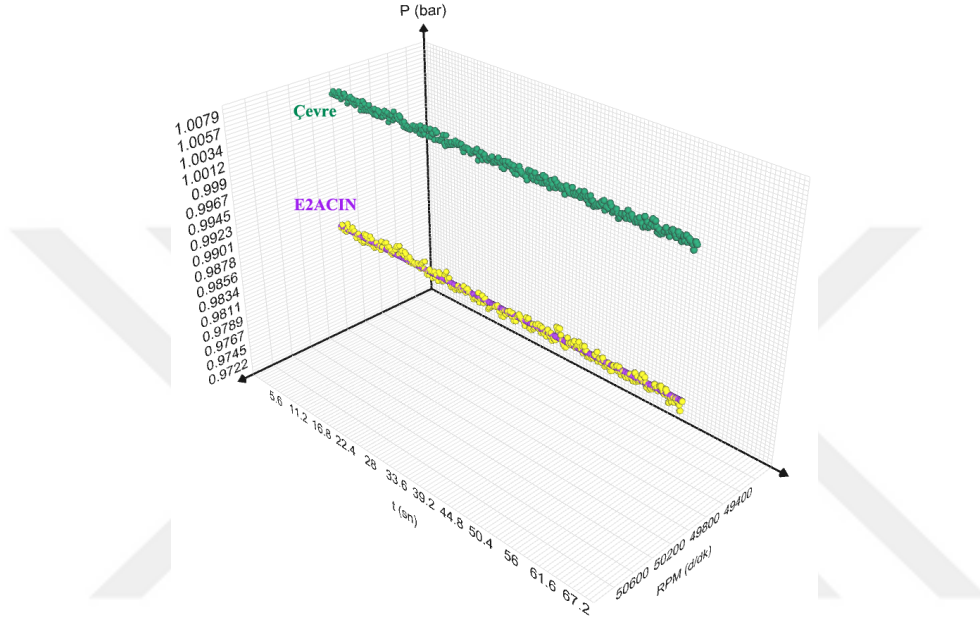
Şekil 5.63. KTEST-E2, 35000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı



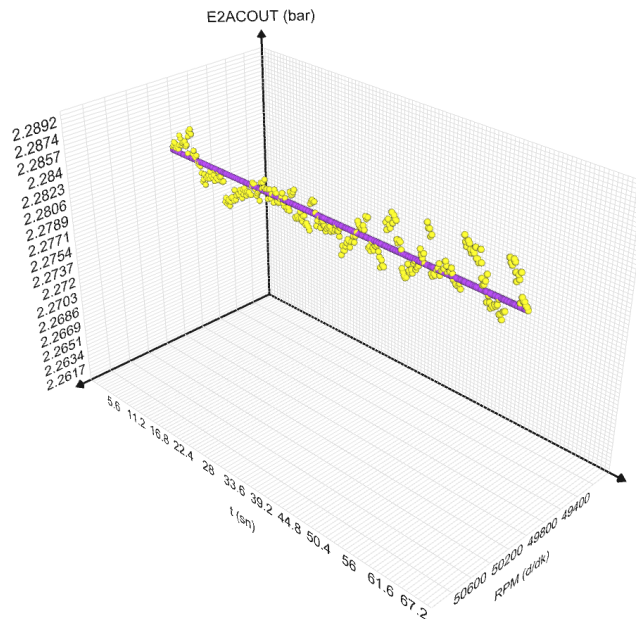
Şekil 5.64. KTEST-E2, 35000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

KTEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.65 ve Şekil 5.66’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98673 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28226 bar elde edilmiştir.

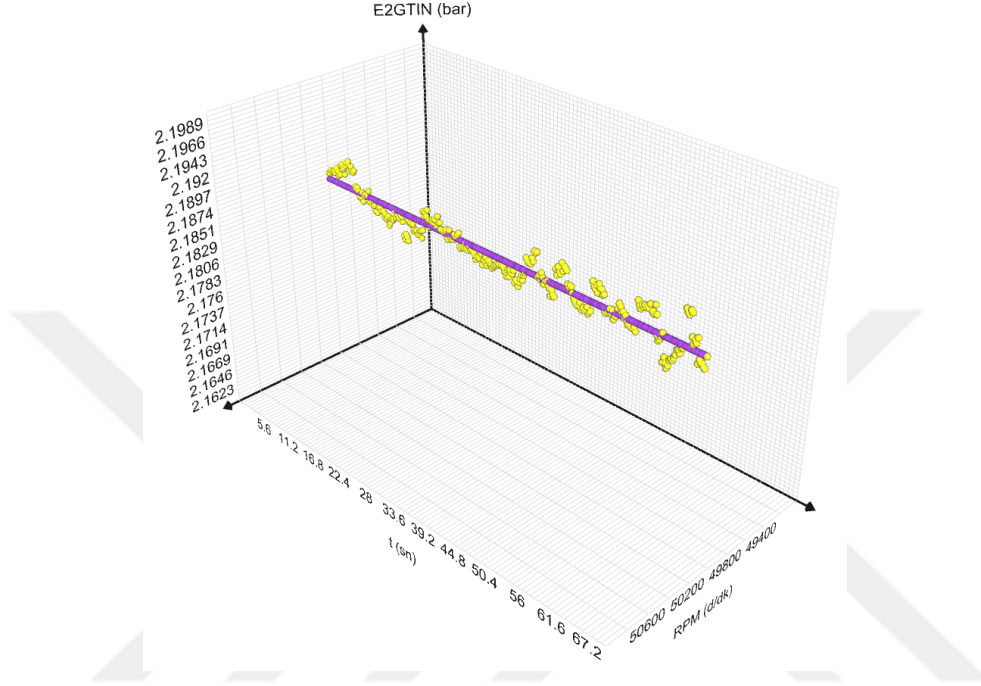


Şekil 5.65. KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı

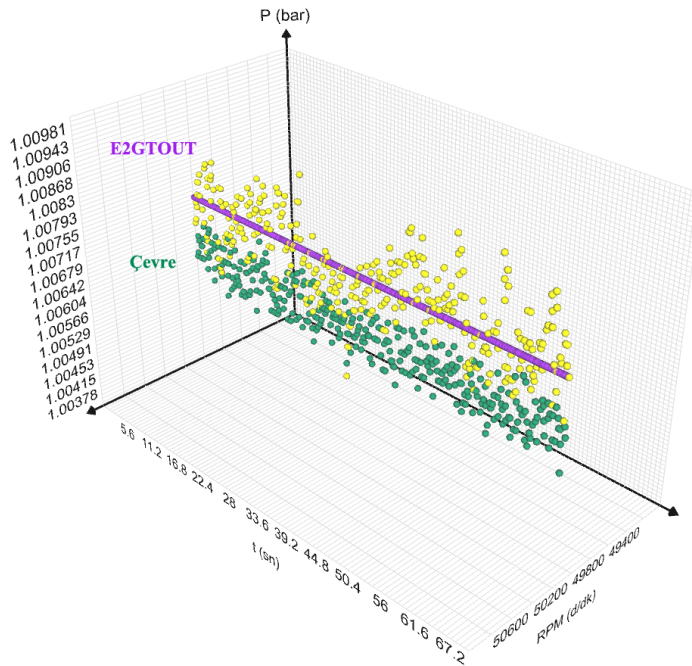


Şekil 5.66. KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.67 ve Şekil 5.68’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.18618 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0074 bar elde edilmiştir.

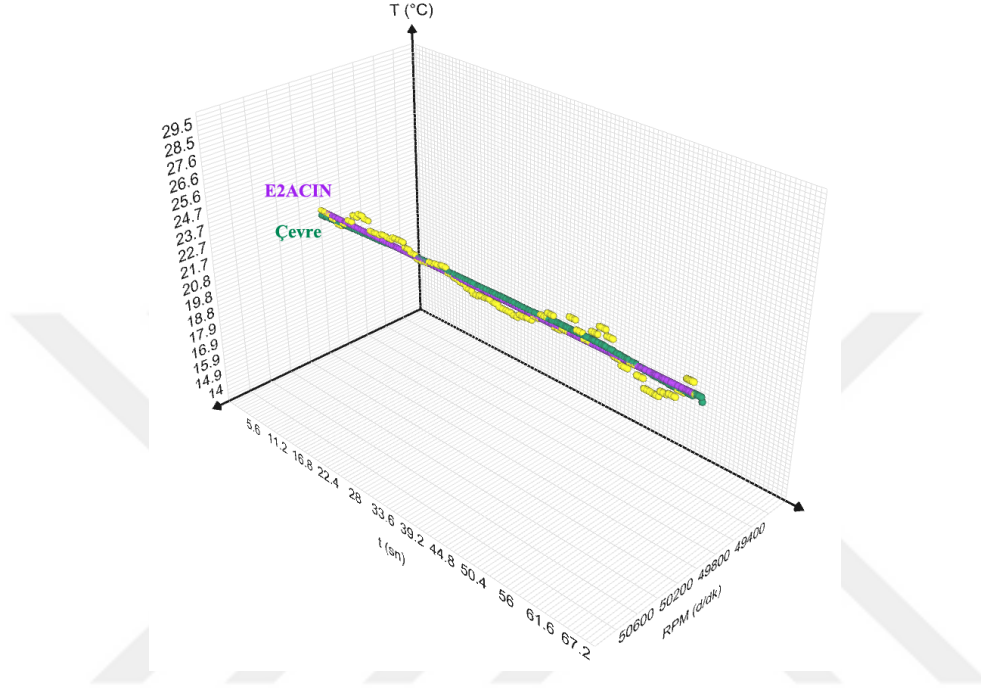


Şekil 5.67. KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı

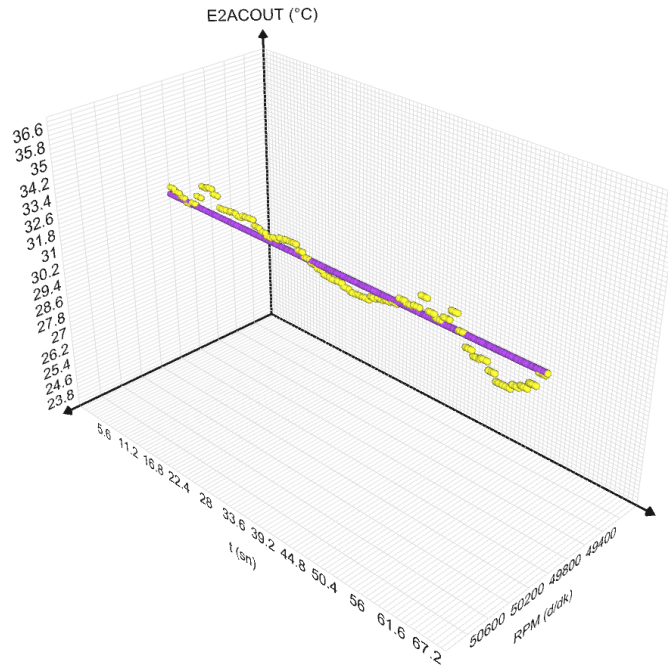


Şekil 5.68. KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.69 ve Şekil 5.70’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.2448 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 31.6747 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

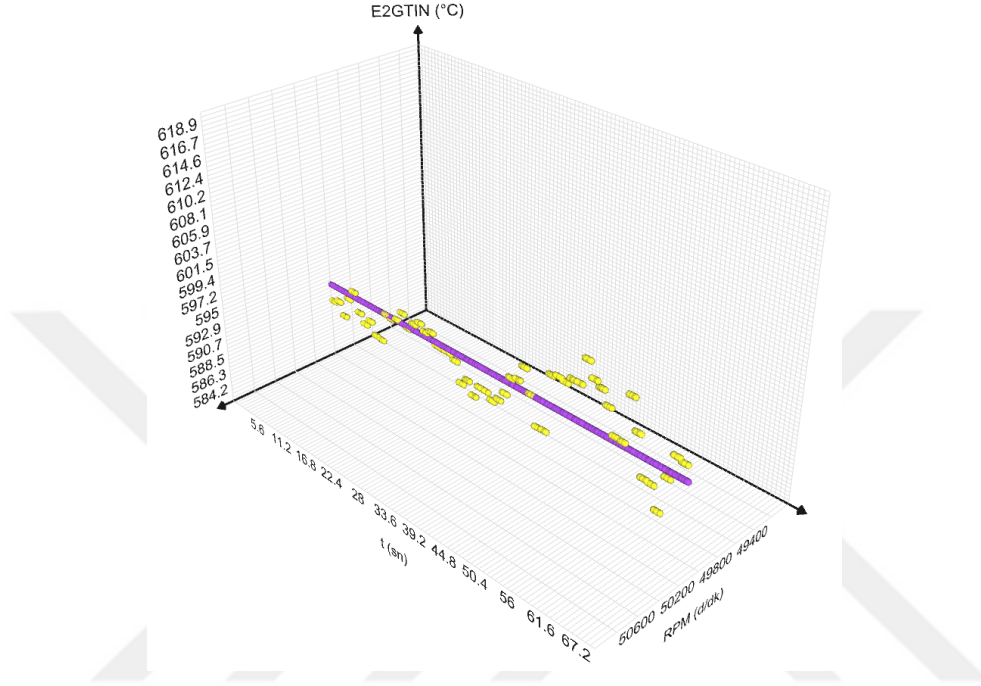


Şekil 5.69. KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

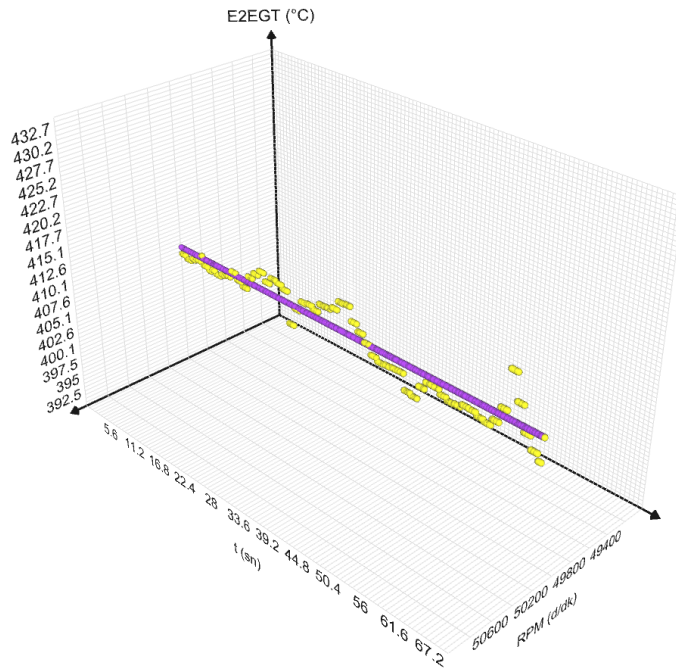


Şekil 5.70. KTEST-E2, 50000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.71 ve Şekil 5.72'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 592.307°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 408.859°C elde edilmiştir.

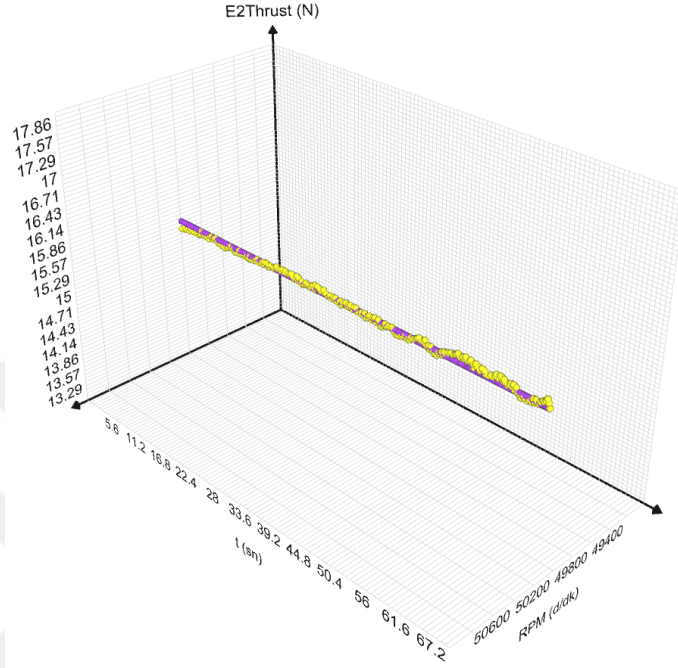


Şekil 5.71. KTEST-E2, 50000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

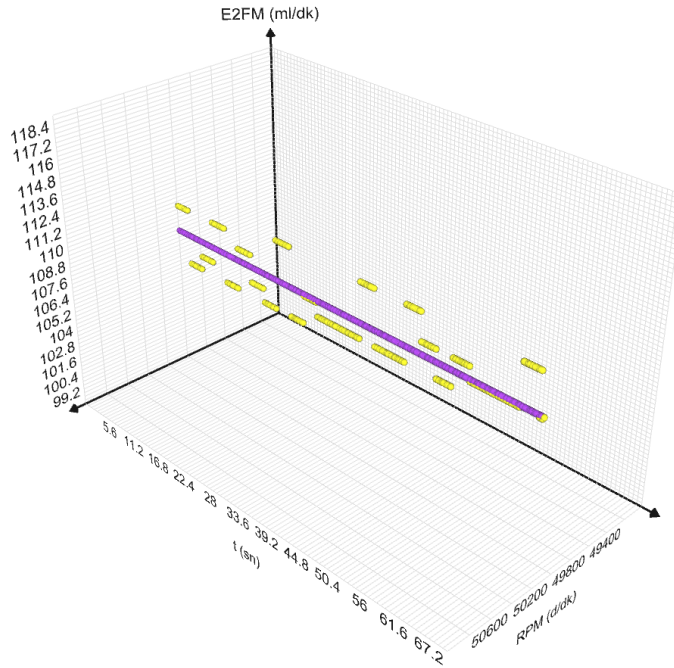


Şekil 5.72. KTEST-E2, 50000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.73 ve Şekil 5.74’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.5258 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 108.135 ml/dk elde edilmiştir.



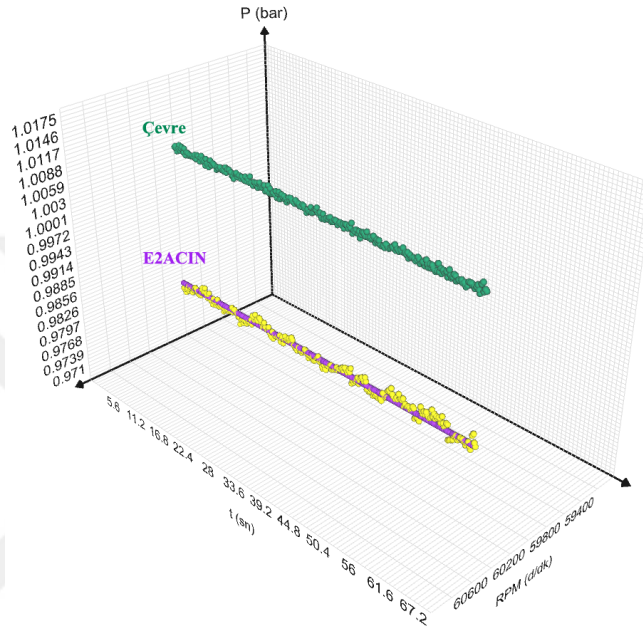
Şekil 5.73. KTEST-E2, 50000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı



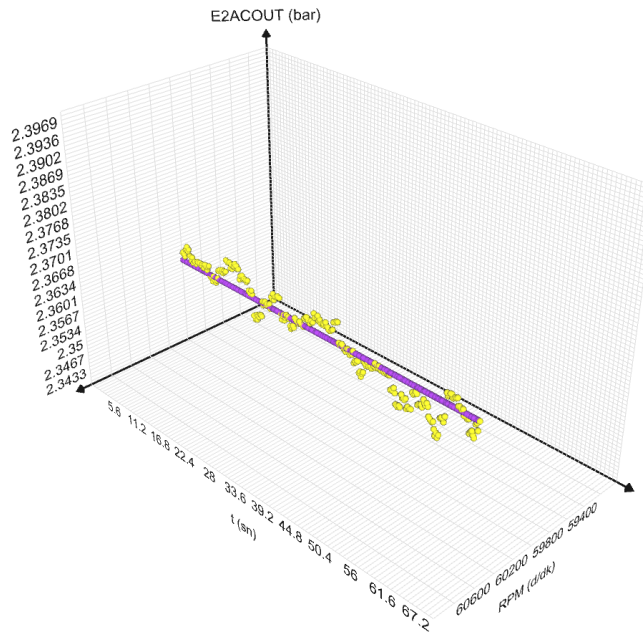
Şekil 5.74. KTEST-E2, 50000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

KTEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.75 ve Şekil 5.76’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97932 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35922 bar elde edilmiştir.

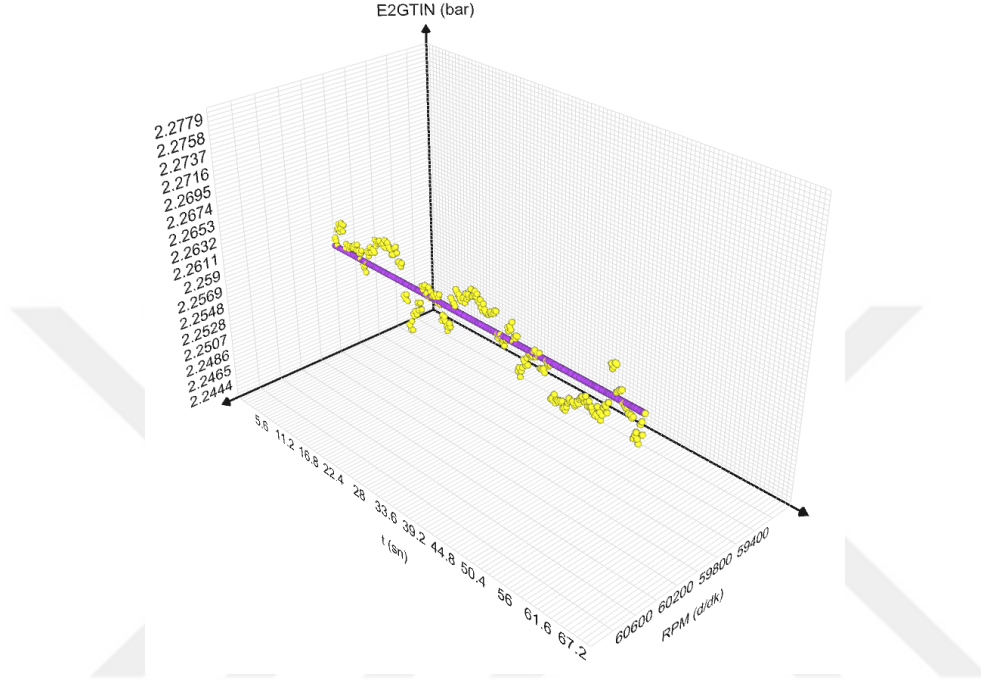


Şekil 5.75. KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı

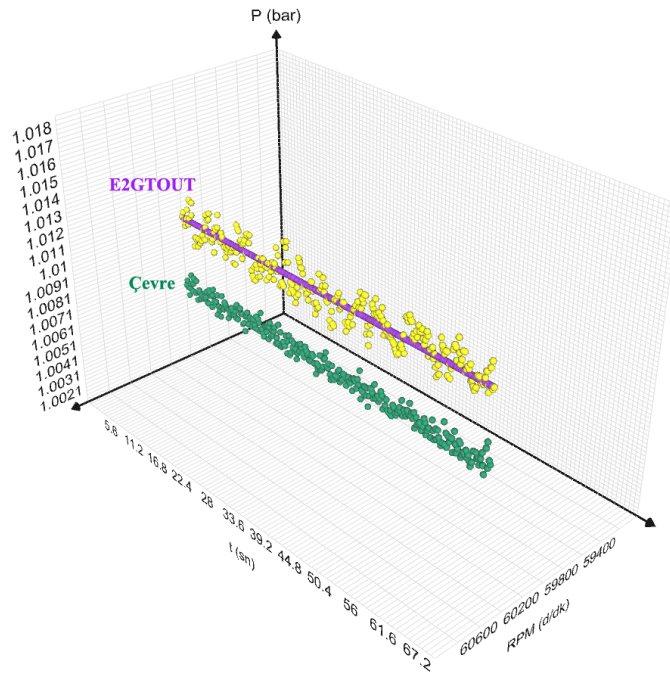


Şekil 5.76. KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.77 ve Şekil 5.78’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25725 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01035 bar elde edilmiştir.

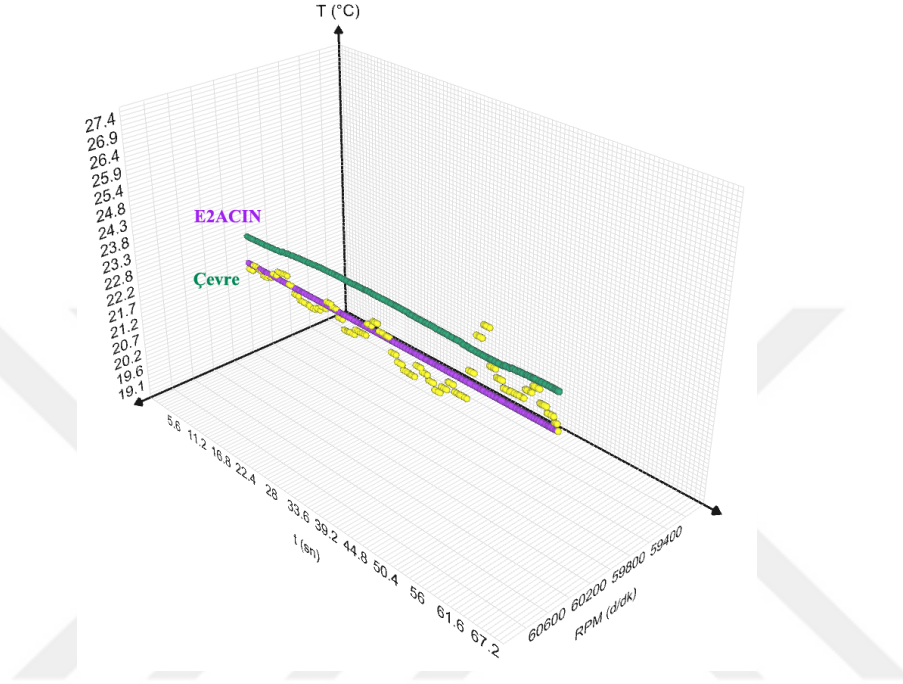


Şekil 5.77. KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı

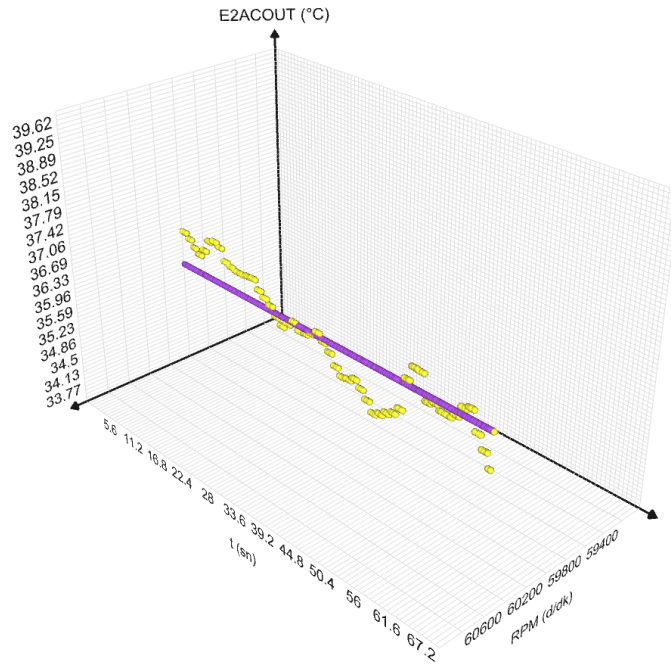


Şekil 5.78. KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.79 ve Şekil 5.80’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.7479 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.6812 °C elde edilmiştir.

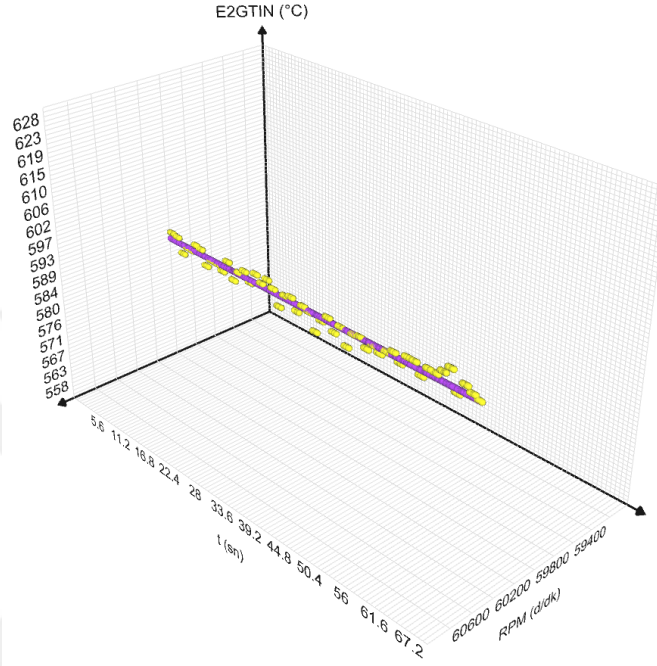


Şekil 5.79. KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

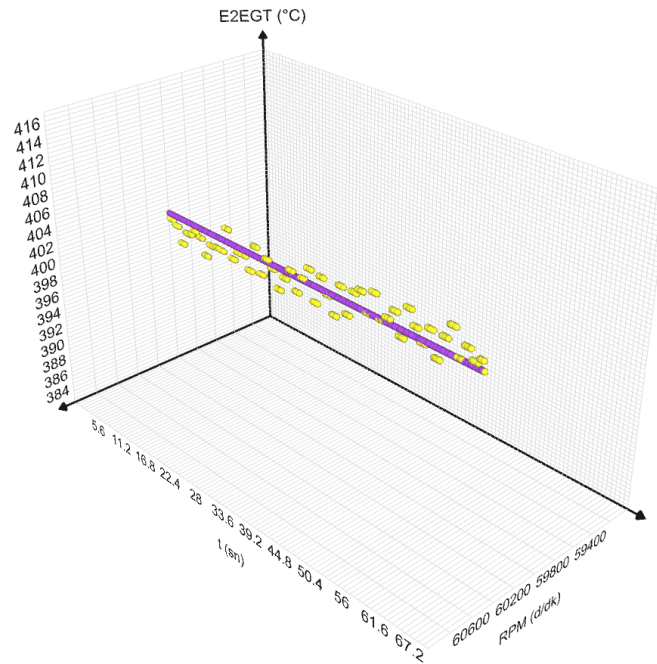


Şekil 5.80. KTEST-E2, 60000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.81 ve Şekil 5.82'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 587.266°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 401.103°C elde edilmiştir.

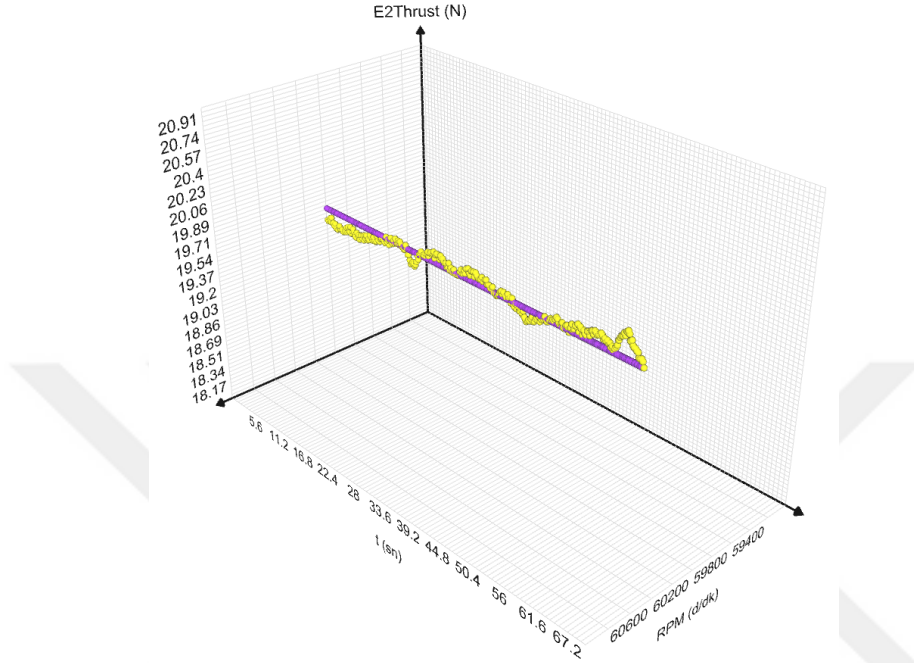


Şekil 5.81. KTEST-E2, 60000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

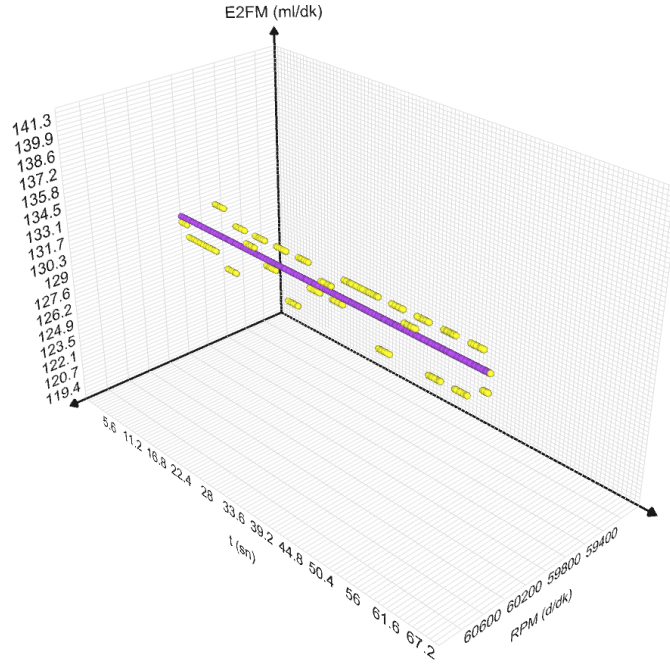


Şekil 5.82. KTEST-E2, 60000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.83 ve Şekil 5.84’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 19.6419 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 130.529 ml/dk elde edilmiştir.



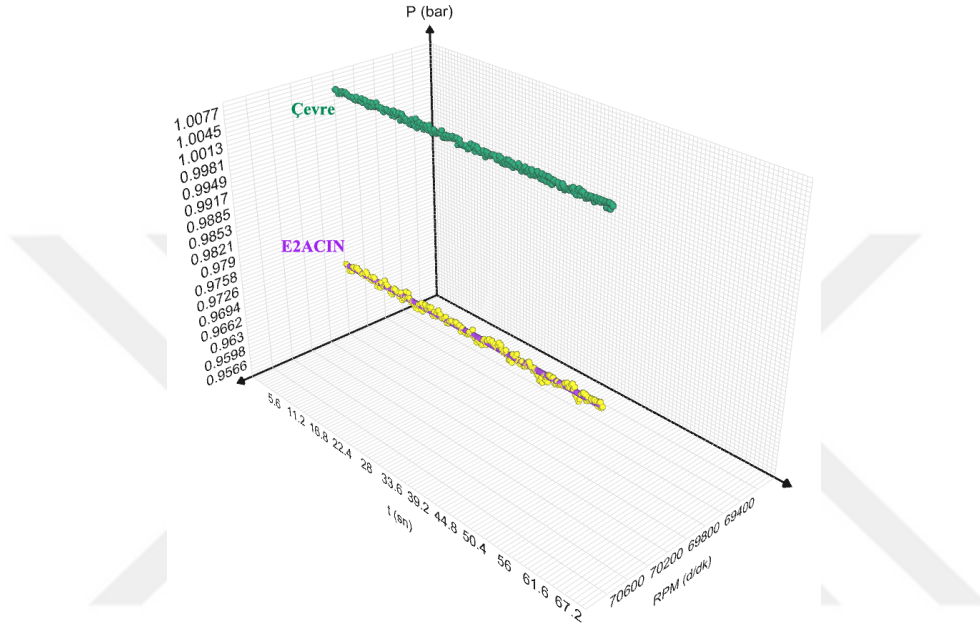
Şekil 5.83. KTEST-E2, 60000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı



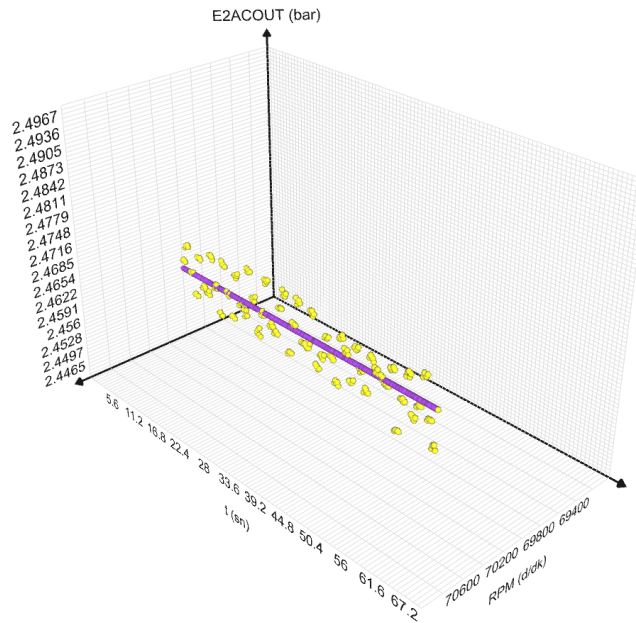
Şekil 5.84. KTEST-E2, 60000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

KTEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.85 ve Şekil 5.86’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96946 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.44972 bar elde edilmiştir.

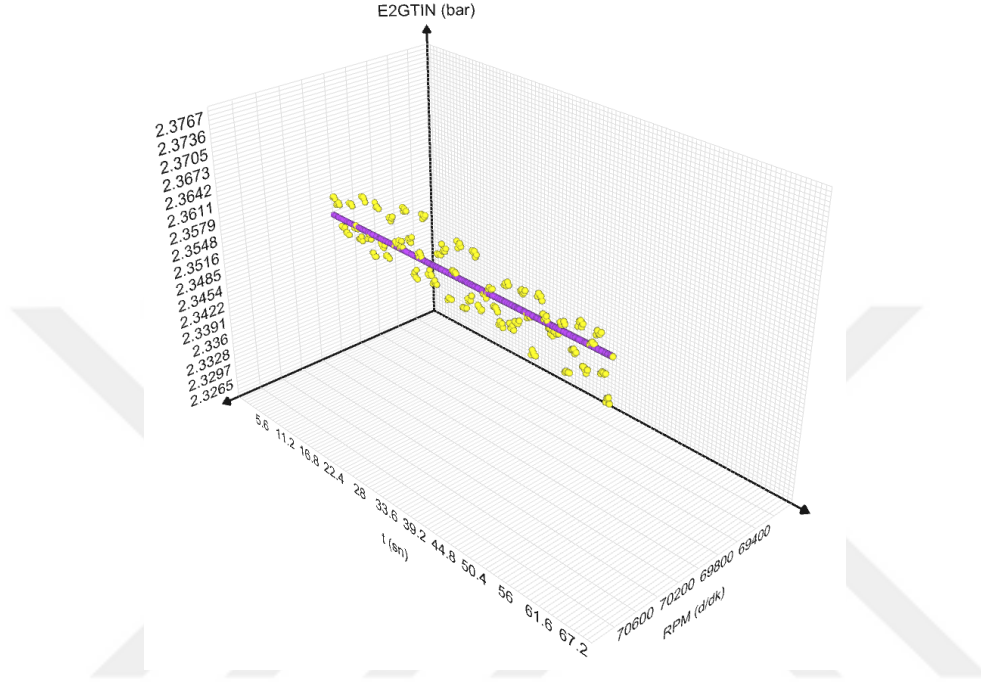


Şekil 5.85. KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı

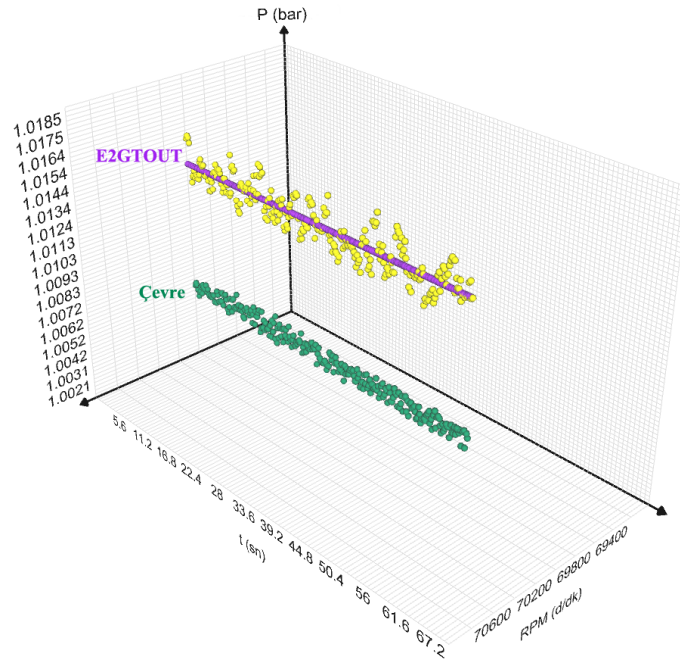


Şekil 5.86. KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.87 ve Şekil 5.88’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35193 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01365 bar elde edilmiştir.

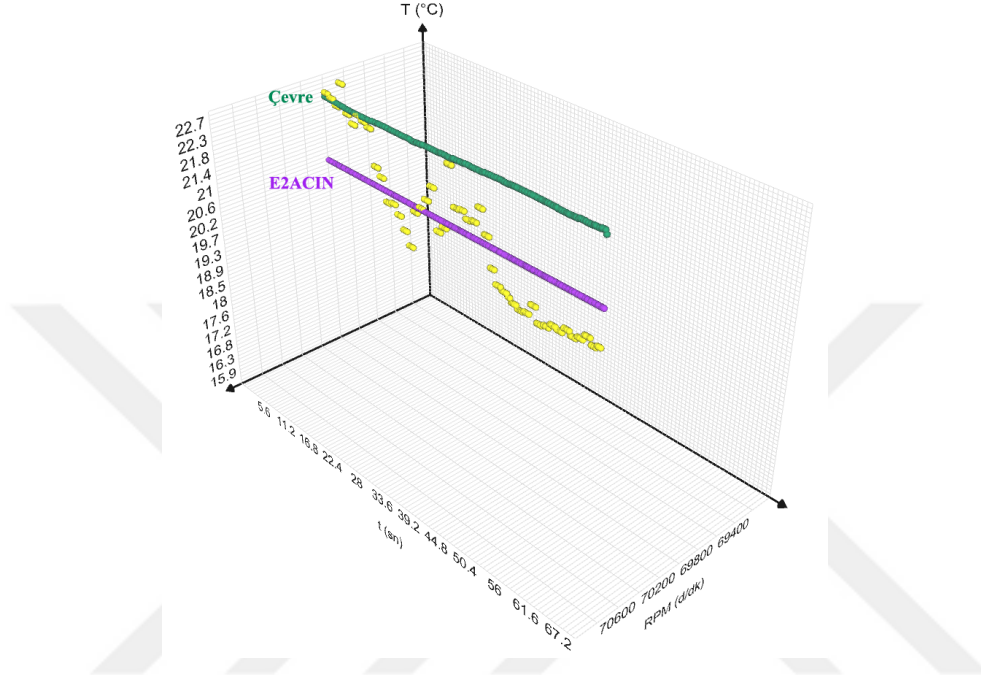


Şekil 5.87. KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı

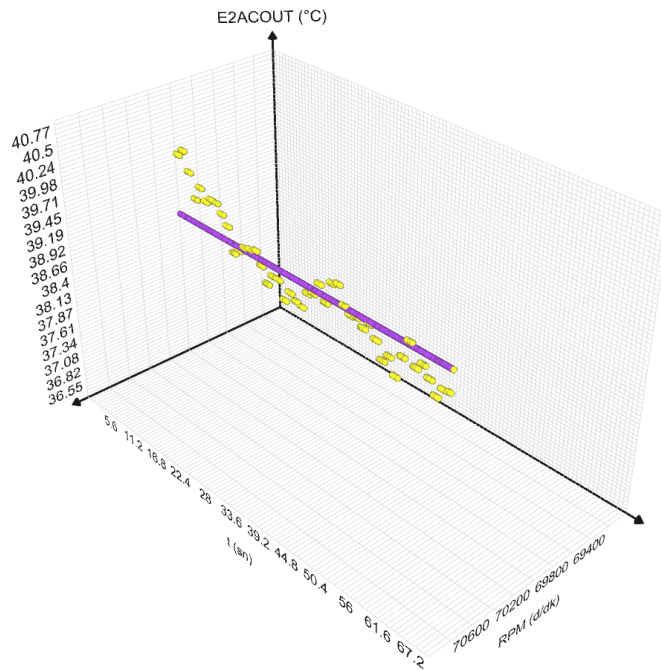


Şekil 5.88. KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 70000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.89 ve Şekil 5.90'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.6941 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 38.7895 °C elde edilmiştir.

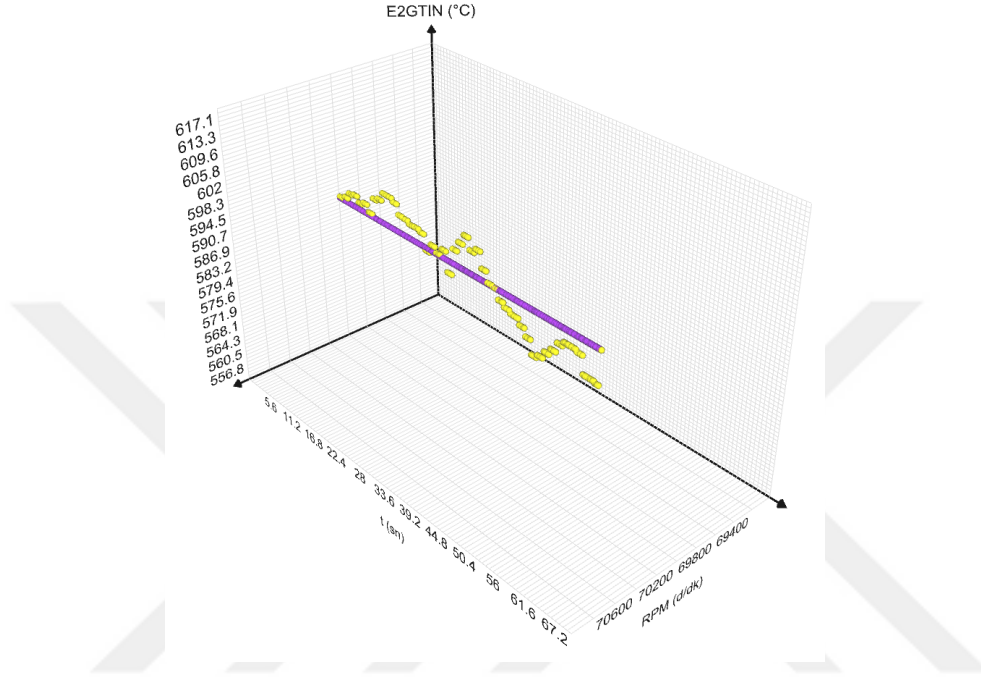


Şekil 5.89. KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

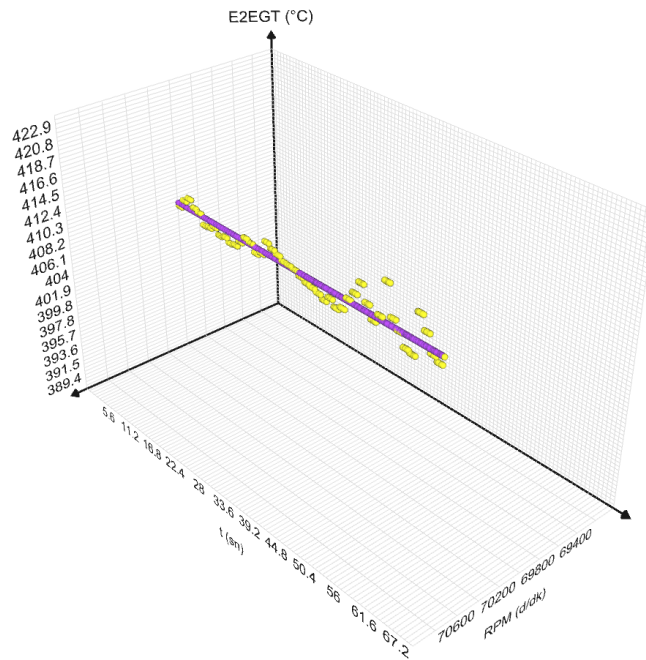


Şekil 5.90. KTEST-E2, 70000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.91 ve Şekil 5.92'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.721 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 408.028 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

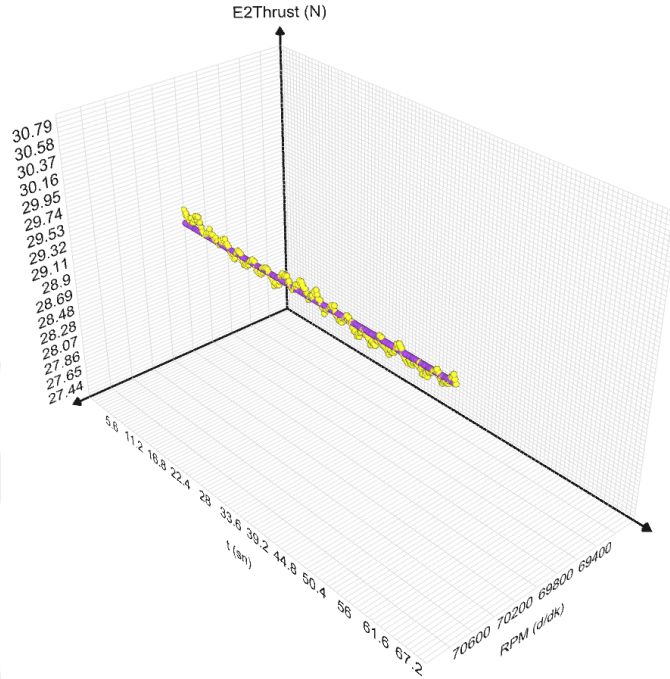


Şekil 5.91. KTEST-E2, 70000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

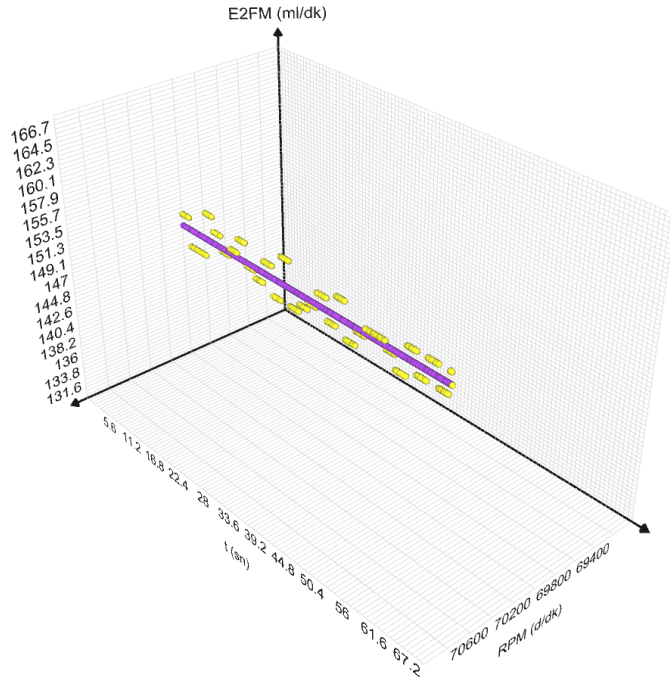


Şekil 5.92. KTEST-E2, 70000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.93 ve Şekil 5.94’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 29.0537 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 148.407 ml/dk elde edilmiştir.



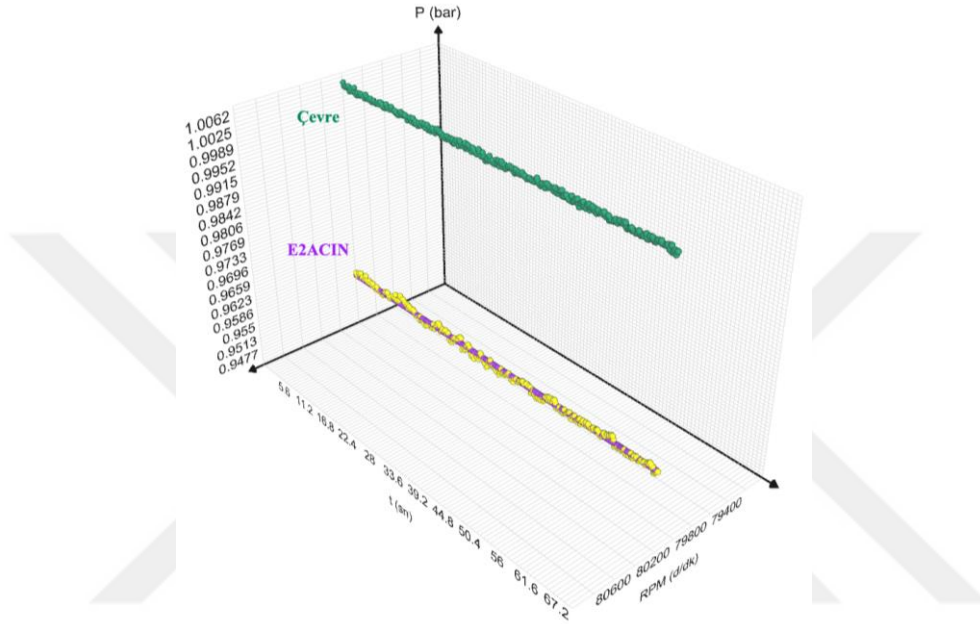
Şekil 5.93. KTEST-E2, 70000 rpm, E2Thrust itki verileri dağılımı



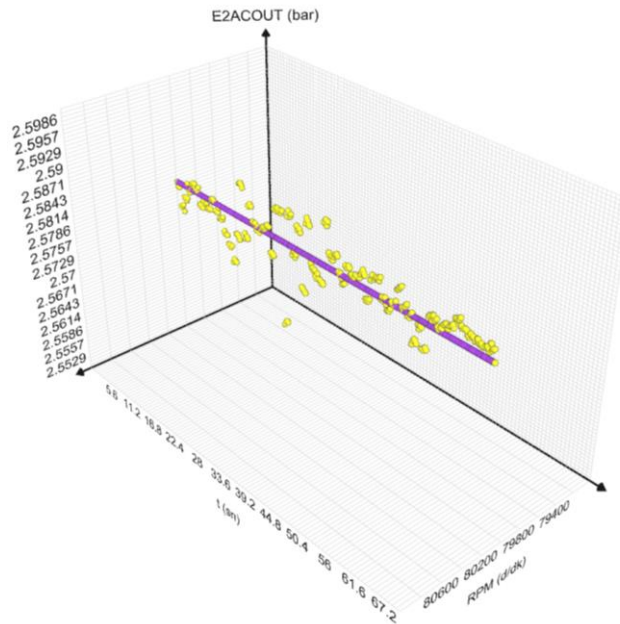
Şekil 5.94. KTEST-E2, 70000 rpm, E2FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

KTEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.95 ve Şekil 5.96’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95734 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.58033 bar elde edilmiştir.

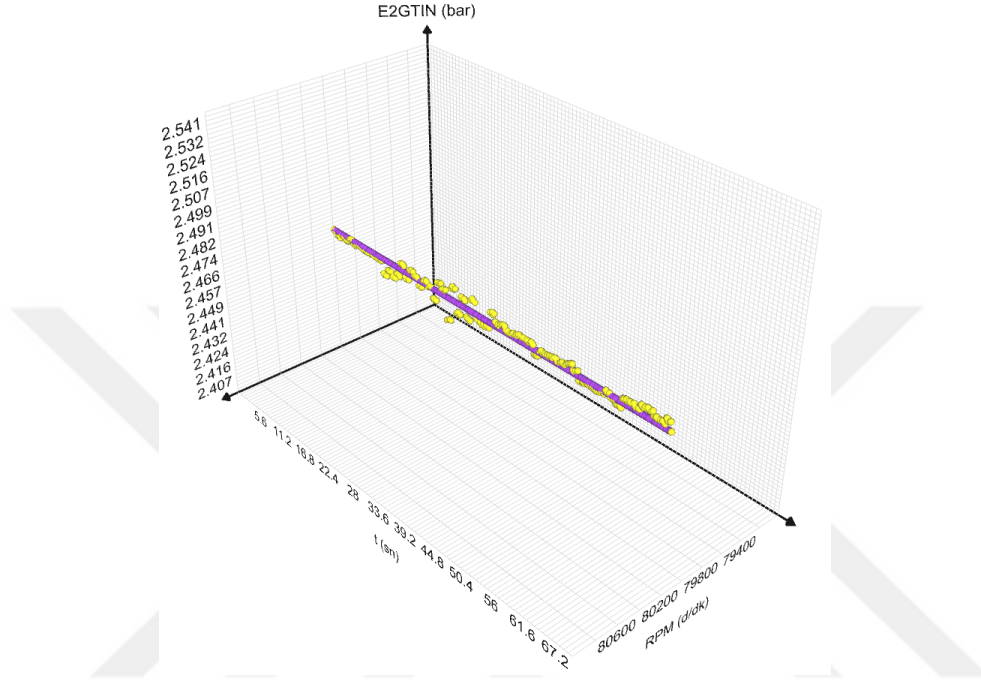


Şekil 5.95. KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACIN basınç verileri dağılımı

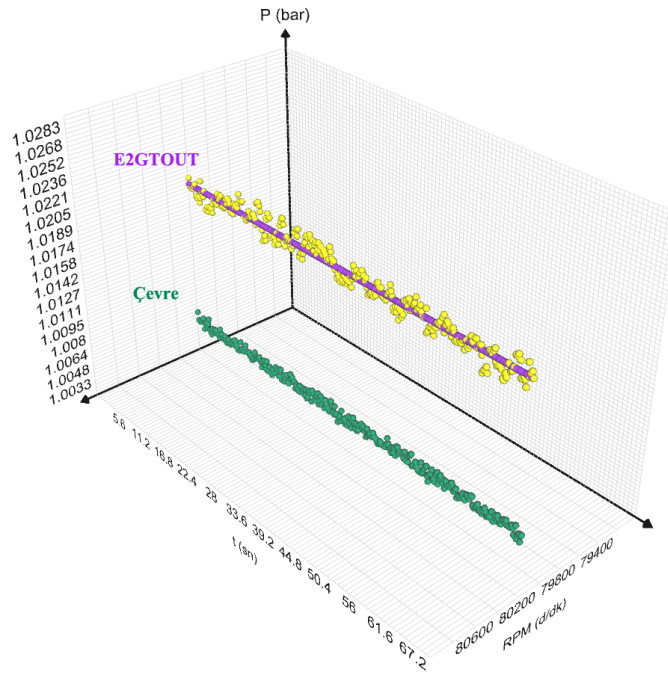


Şekil 5.96. KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.97 ve Şekil 5.98’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46679 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01928 bar elde edilmiştir.

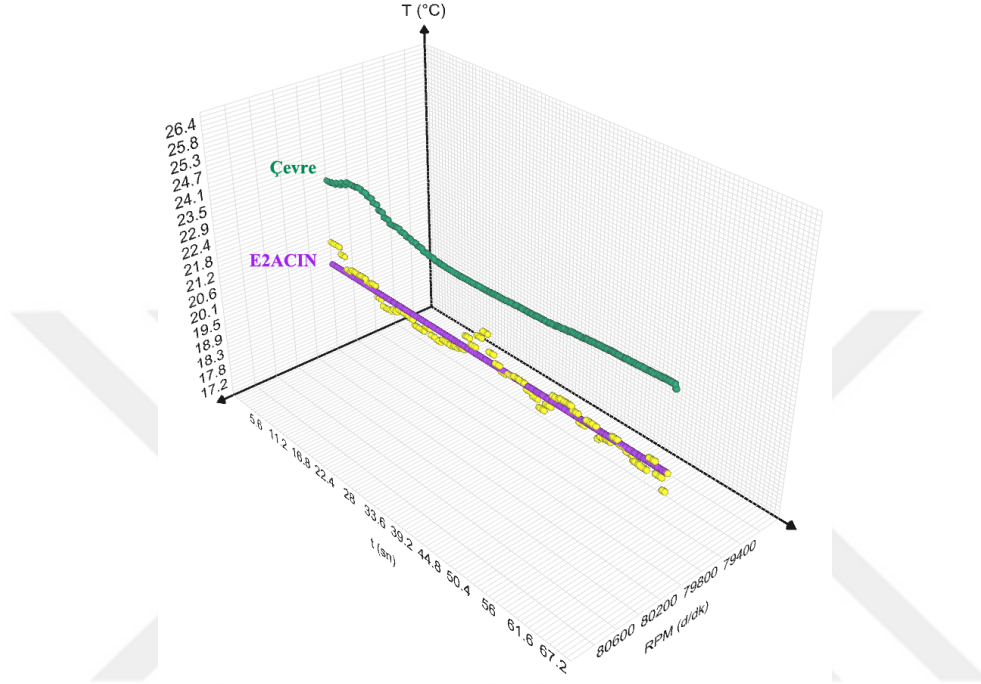


Şekil 5.97. KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTIN basınç verileri dağılımı

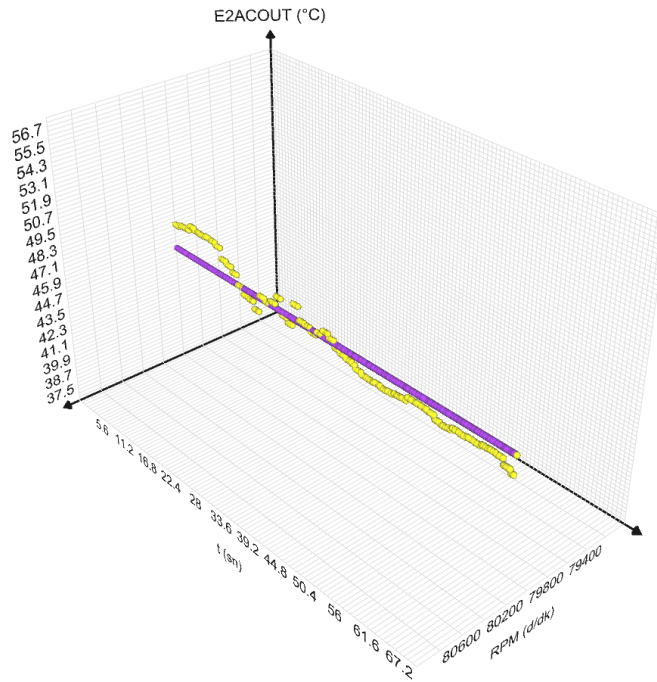


Şekil 5.98. KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTOUT basınç verileri dağılımı

KTEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (E2ACIN) ve kompresör çıkış (E2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.99 ve Şekil 5.100’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.014 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 45.1019 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

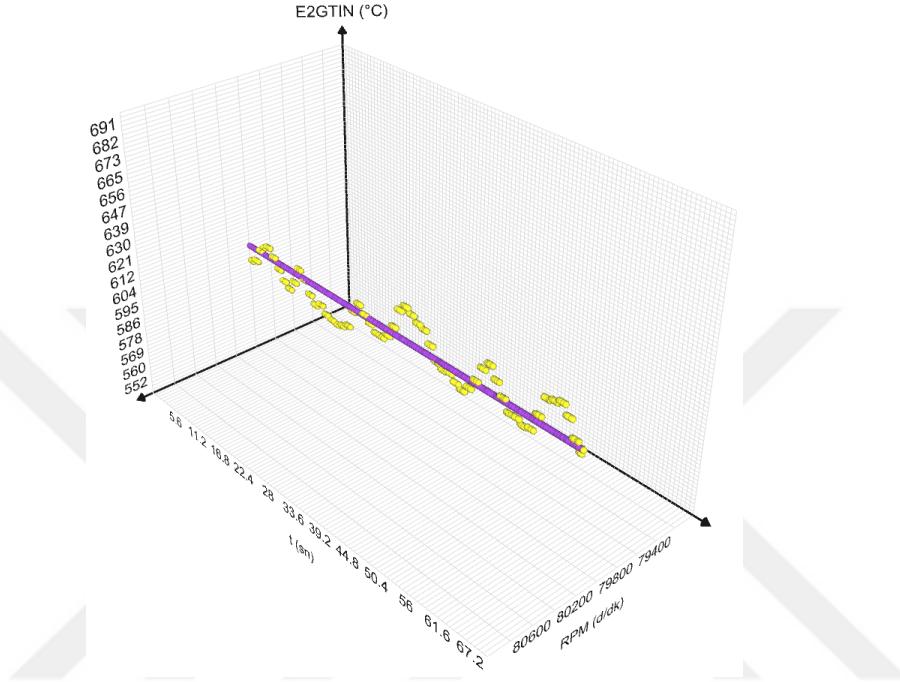


Şekil 5.99. KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

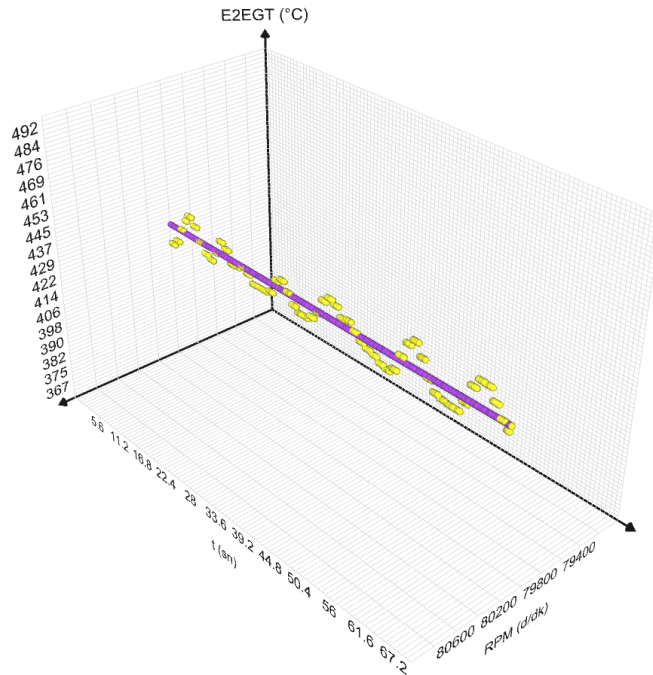


Şekil 5.100. KTEST-E2, 80000 rpm, E2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (E2GTIN) ve türbin çıkış (E2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.101 ve Şekil 5.102'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 604.384 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 427.502 °C elde edilmiştir.

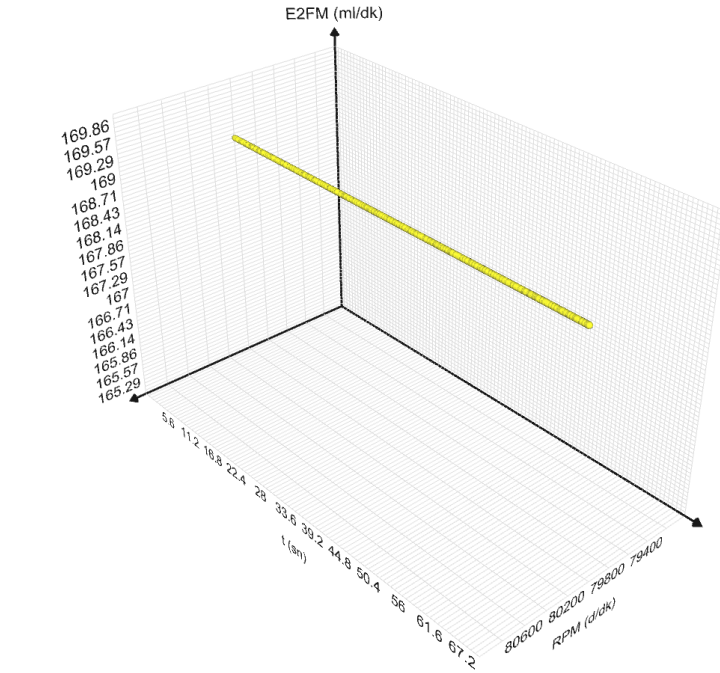
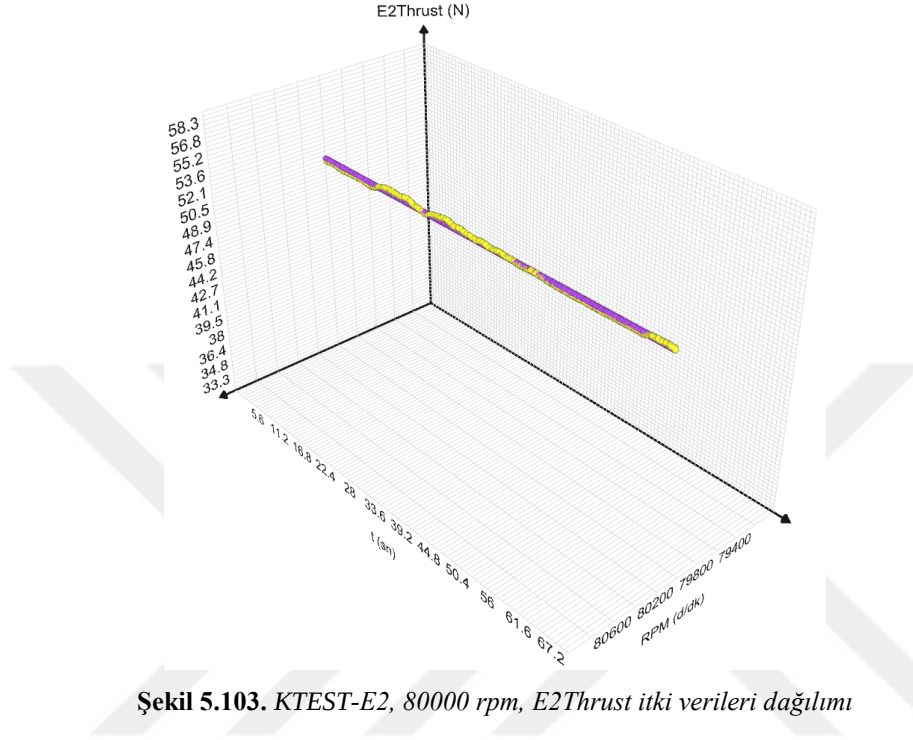


Şekil 5.101. KTEST-E2, 80000 rpm, E2GTIN sıcaklık verileri dağılımı



Şekil 5.102. KTEST-E2, 80000 rpm, E2EGT sıcaklık verileri dağılımı

KTEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.103 ve Şekil 5.104’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 51.3694 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 169 ml/dk elde edilmiştir.



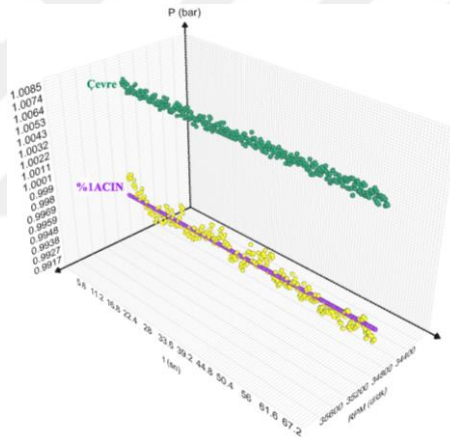
5.1.2. Alternatif – geleneksel yakıt karışımı ile performans testi

5.1.2.1. %1TEST-E2

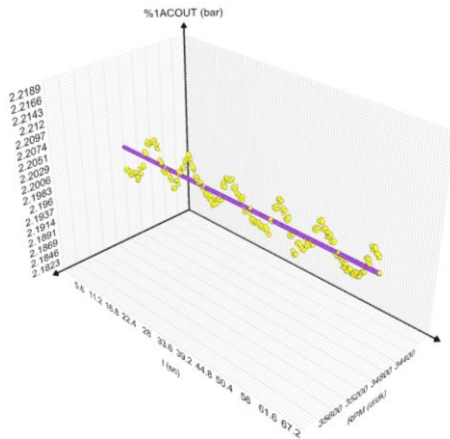
%1TEST-E2, geleneksel yakıta %1 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%1TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.105 ve Şekil 5.106’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99515 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.20119 bar elde edilmiştir.

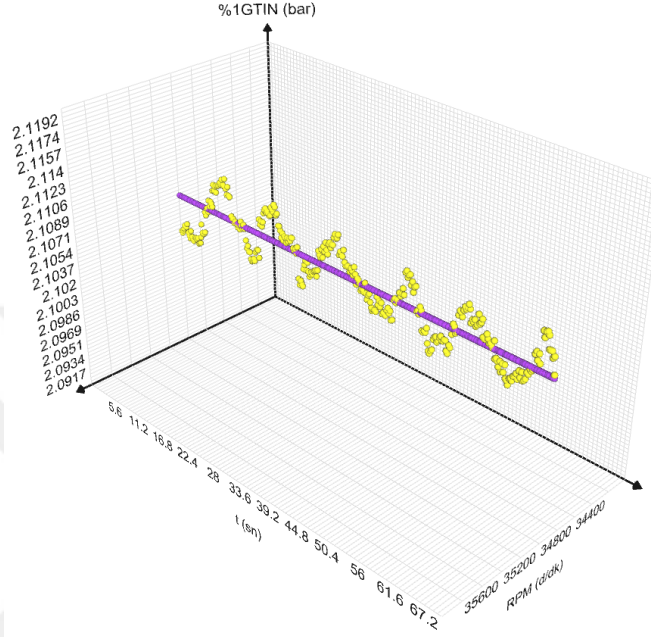


Şekil 5.105. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı

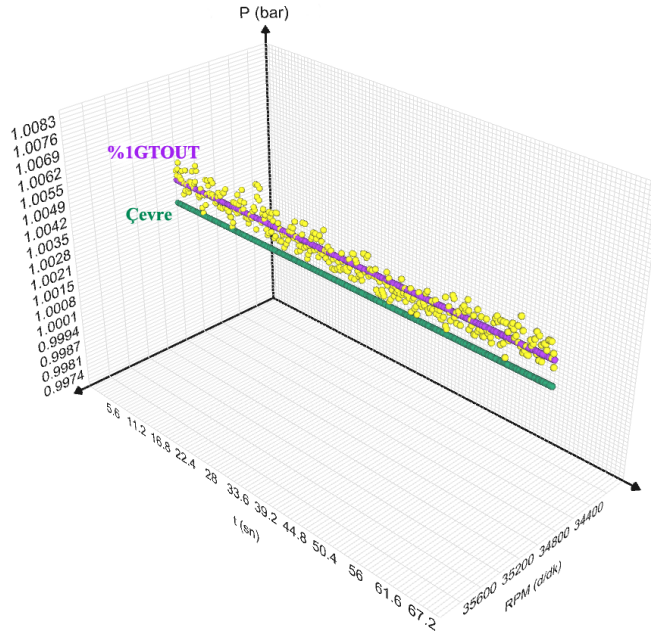


Şekil 5.106. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.107 ve Şekil 5.108'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10701 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00419 bar elde edilmiştir.

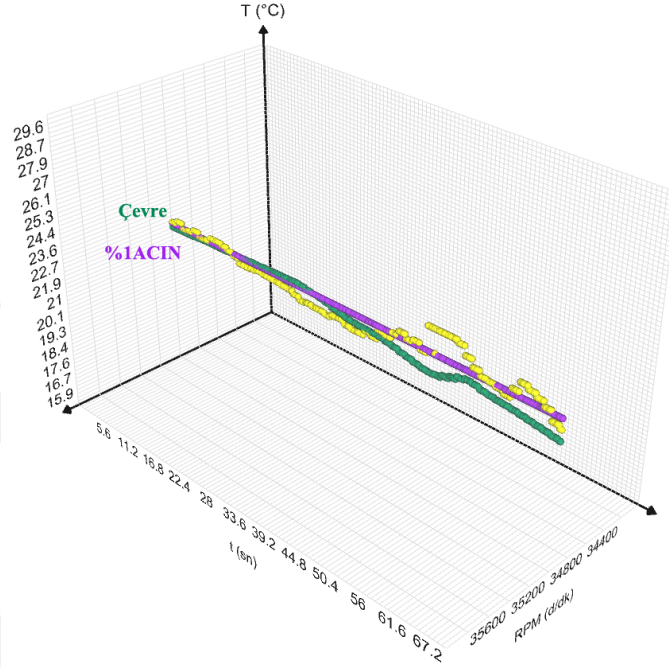


Şekil 5.107. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı

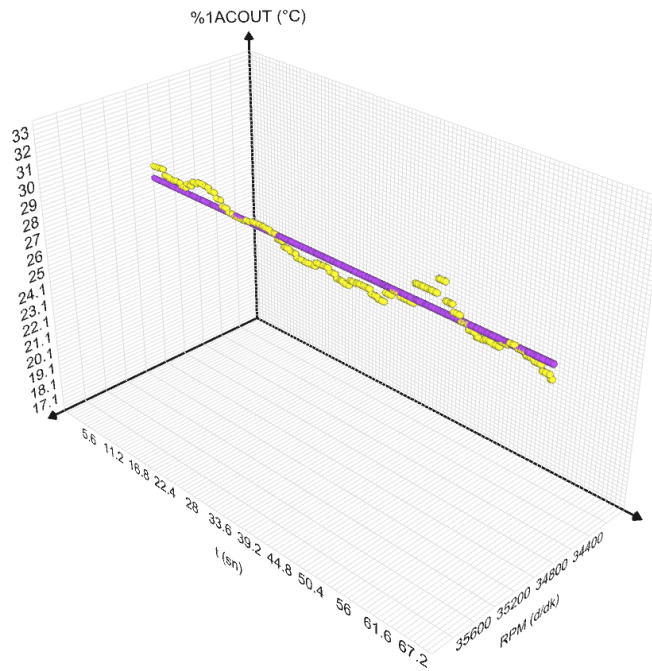


Şekil 5.108. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.109 ve Şekil 5.110’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.57433 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 28.03513 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

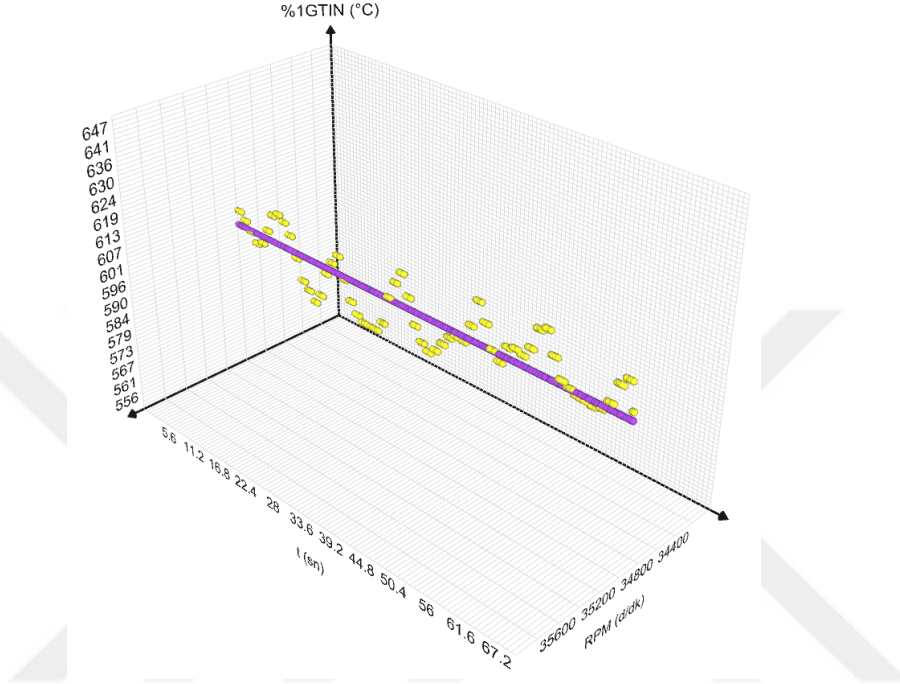


Şekil 5.109. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

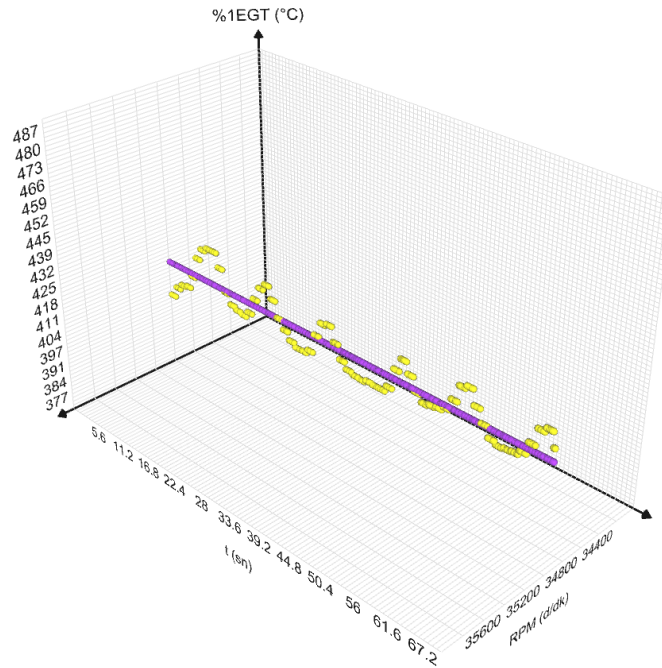


Şekil 5.110. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.111 ve Şekil 5.112’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 600.9347 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 415.5713 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

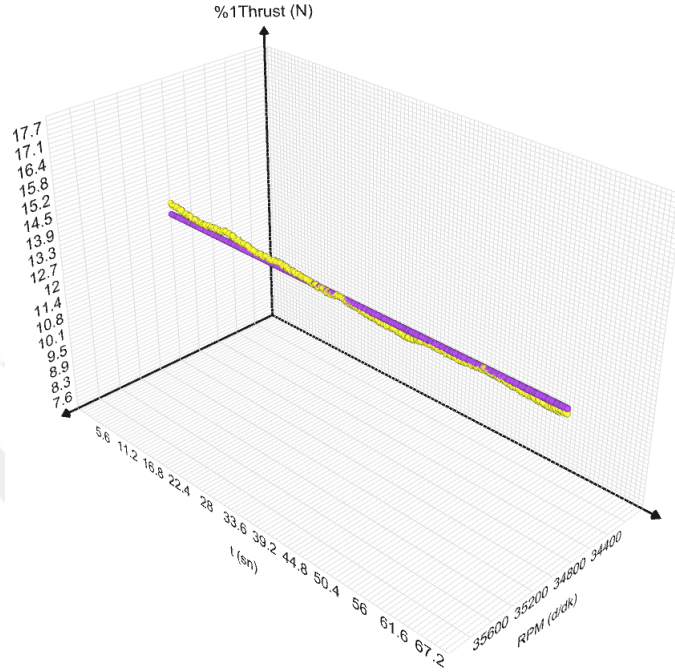


Şekil 5.111. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

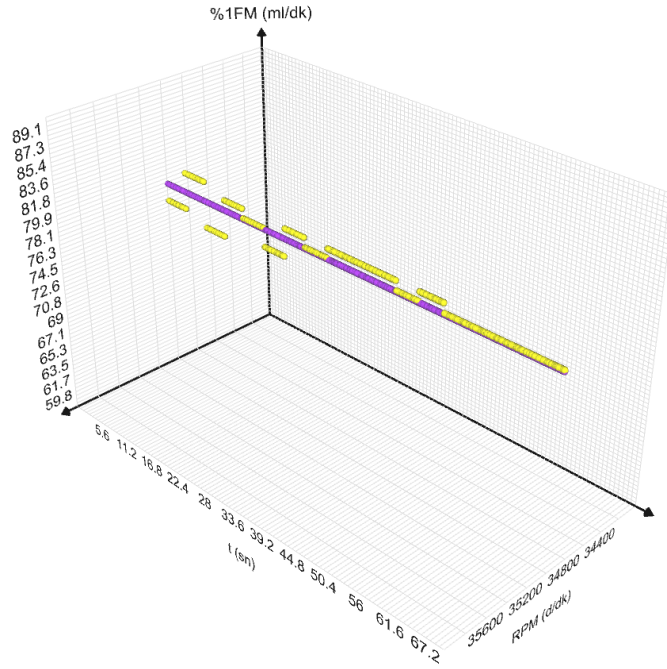


Şekil 5.112. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.113 ve Şekil 5.114’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 13.0057 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 78.89443 ml/dk elde edilmiştir.



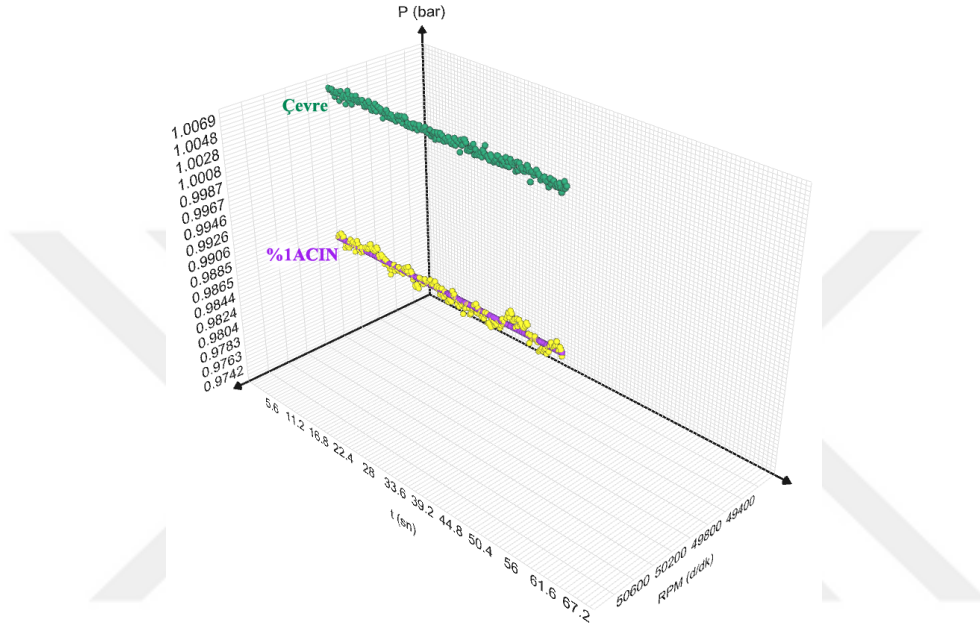
Şekil 5.113. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı



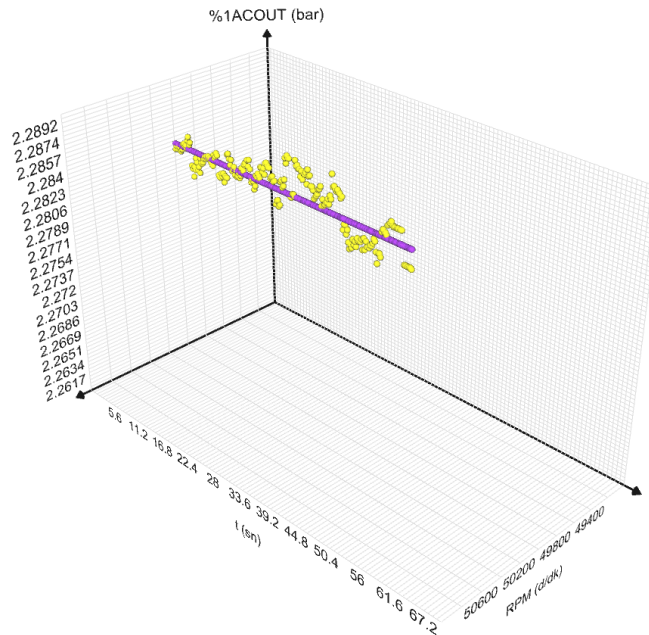
Şekil 5.114. %1TEST-E2, 35000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%1TEST-E2, 50000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.115 ve Şekil 5.116'de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98664 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28332 bar elde edilmiştir.

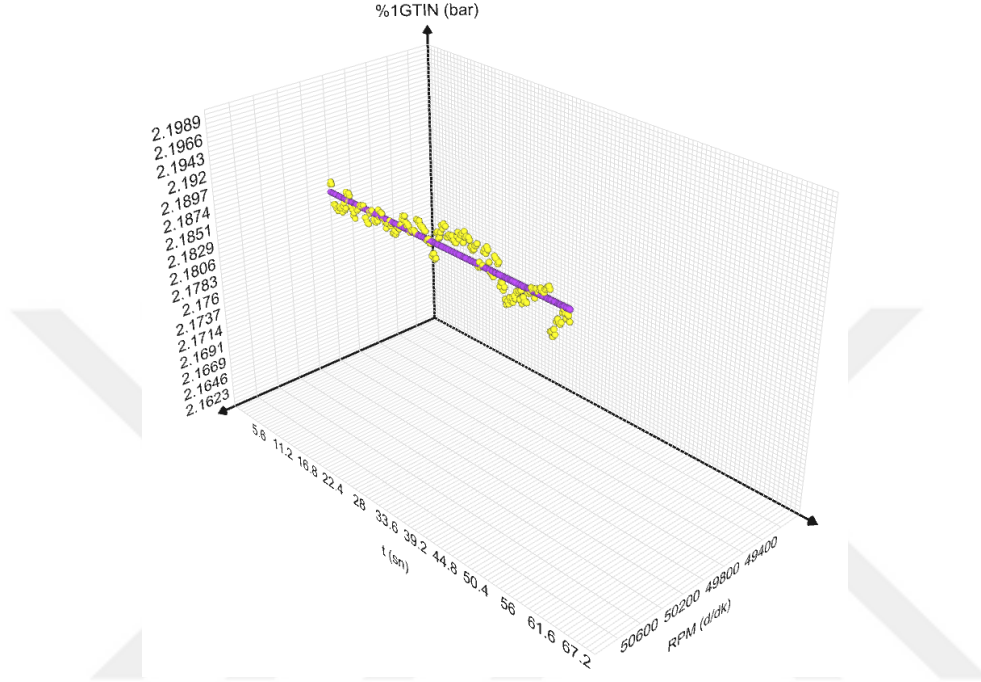


Şekil 5.115. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı

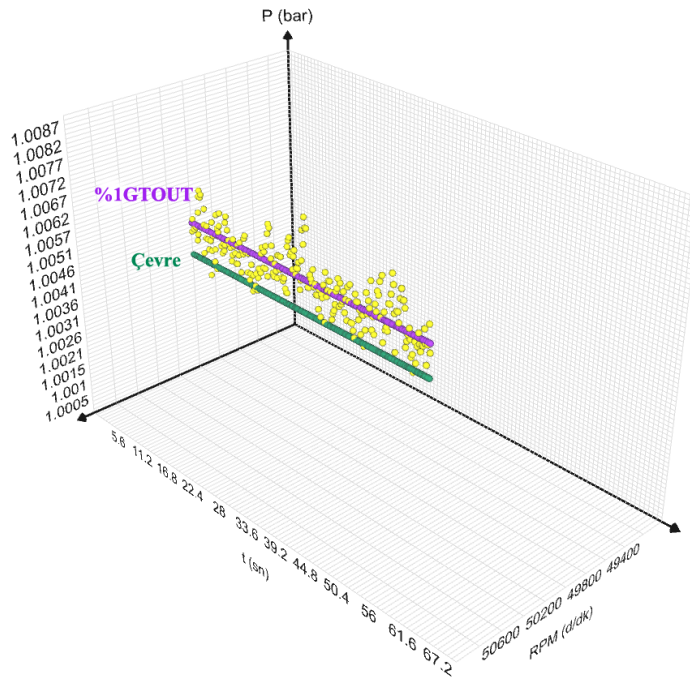


Şekil 5.116. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.117 ve Şekil 5.118'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.18464 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00477 bar elde edilmiştir.

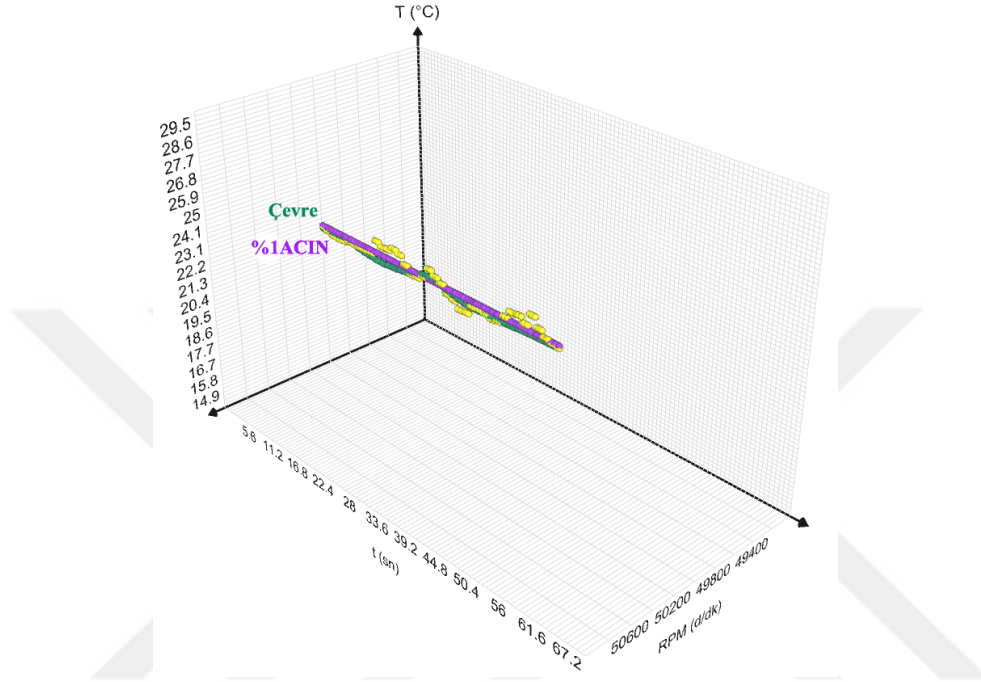


Şekil 5.117. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı

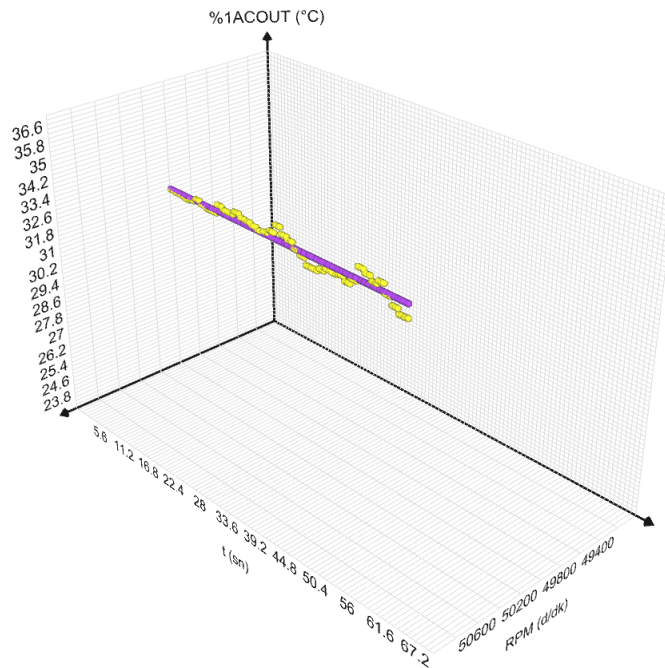


Şekil 5.118. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.119 ve Şekil 5.120’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.0967 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 32.0064 °C elde edilmiştir.

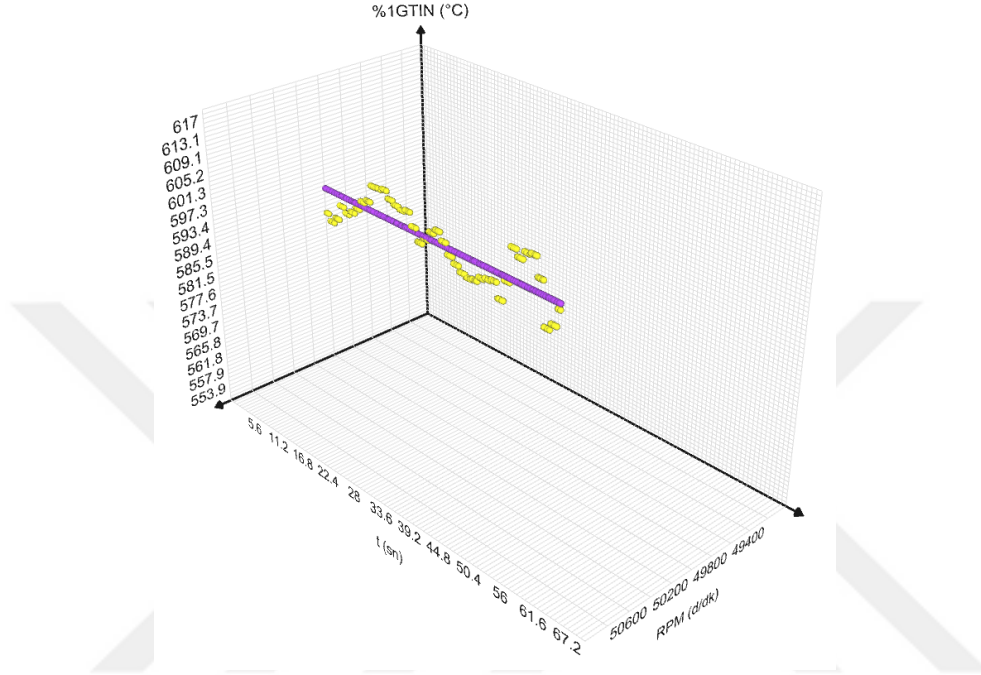


Şekil 5.119. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

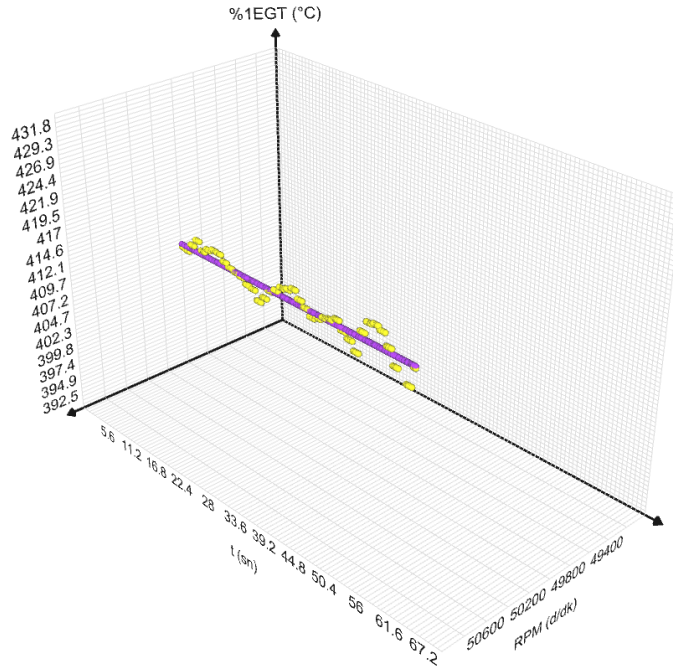


Şekil 5.120. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.121 ve Şekil 5.122'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 592.839 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 408.986 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

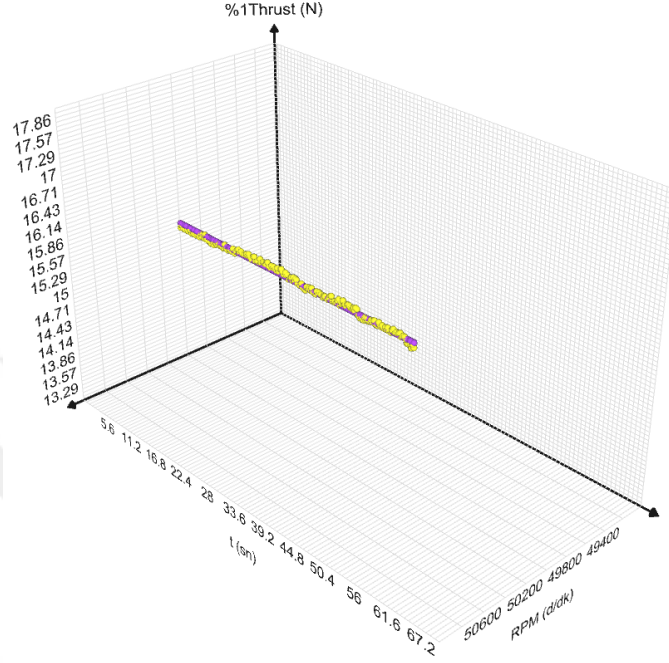


Şekil 5.121. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

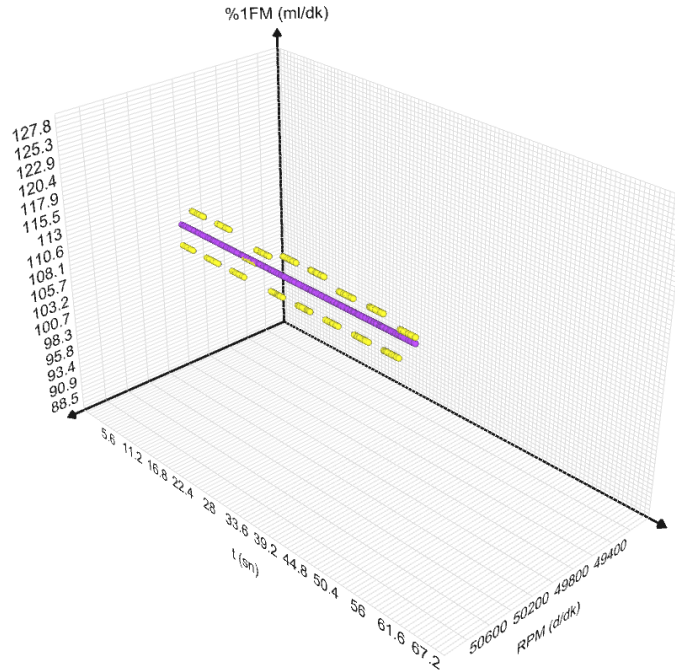


Şekil 5.122. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.123 ve Şekil 5.124’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.4758 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 108.154 ml/dk elde edilmiştir.



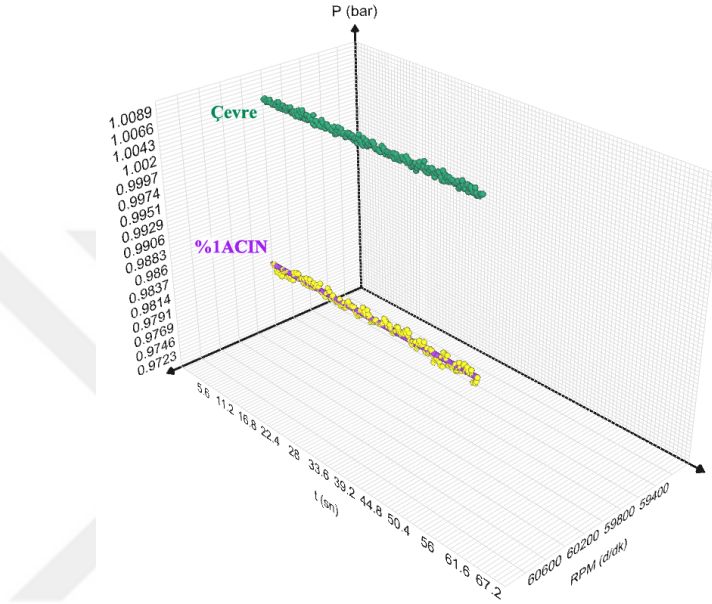
Şekil 5.123. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı



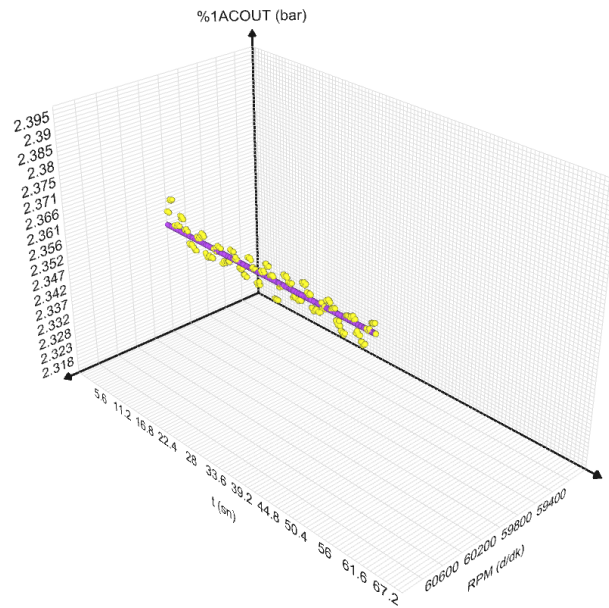
Şekil 5.124. %1TEST-E2, 50000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%1TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.125 ve Şekil 5.126’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98038 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35007 bar elde edilmiştir.

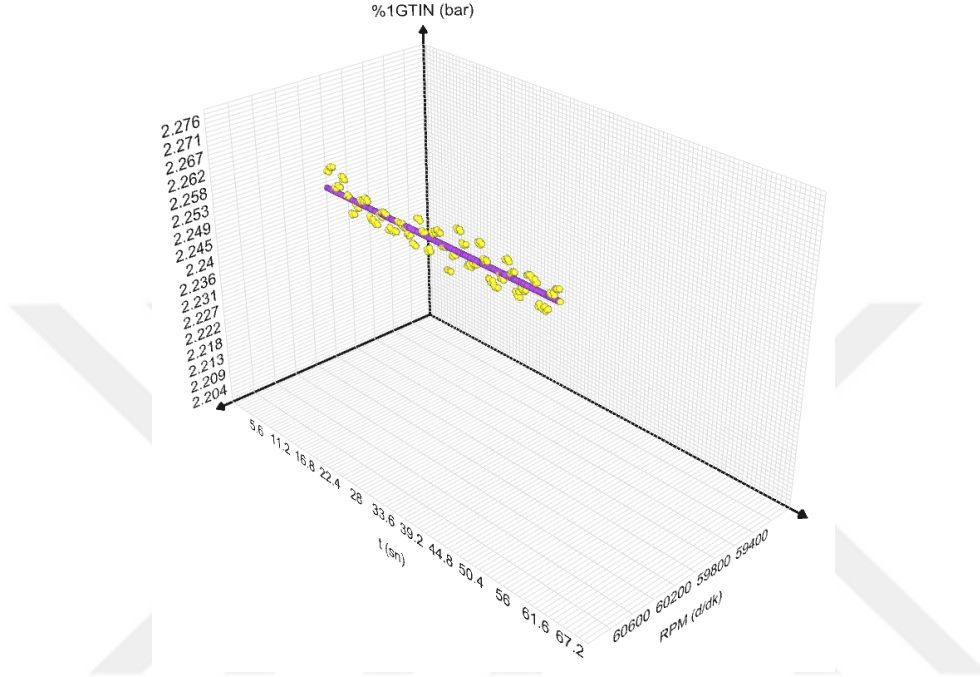


Şekil 5.125. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı

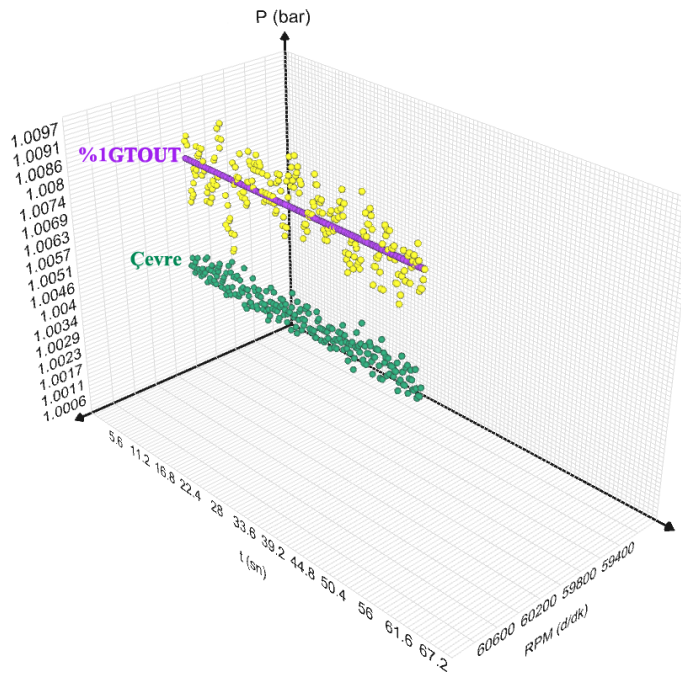


Şekil 5.126. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.127 ve Şekil 5.128'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.24863 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00753 bar elde edilmiştir.

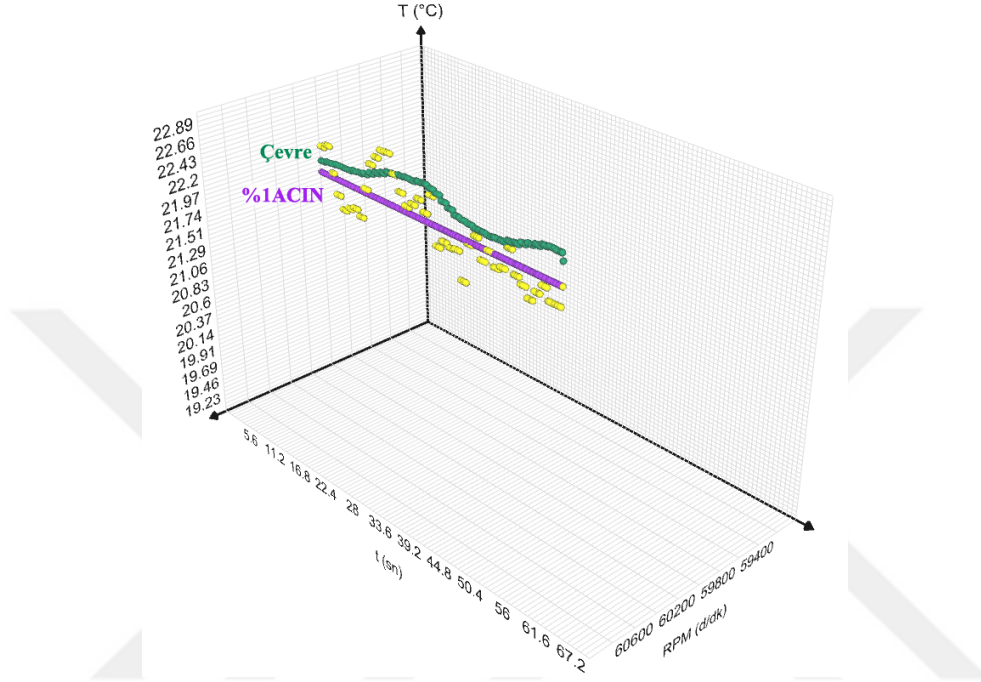


Şekil 5.127. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı

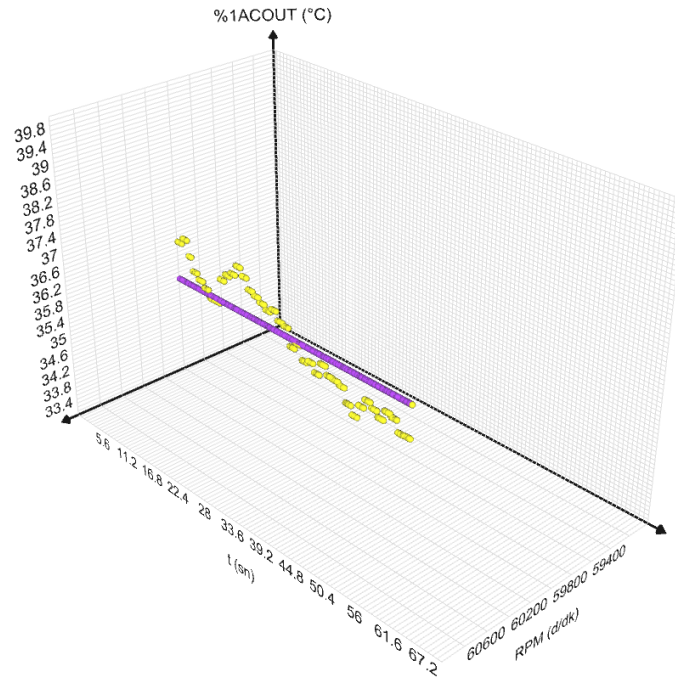


Şekil 5.128. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.129 ve Şekil 5.130’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.7701 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.3452 °C elde edilmiştir.

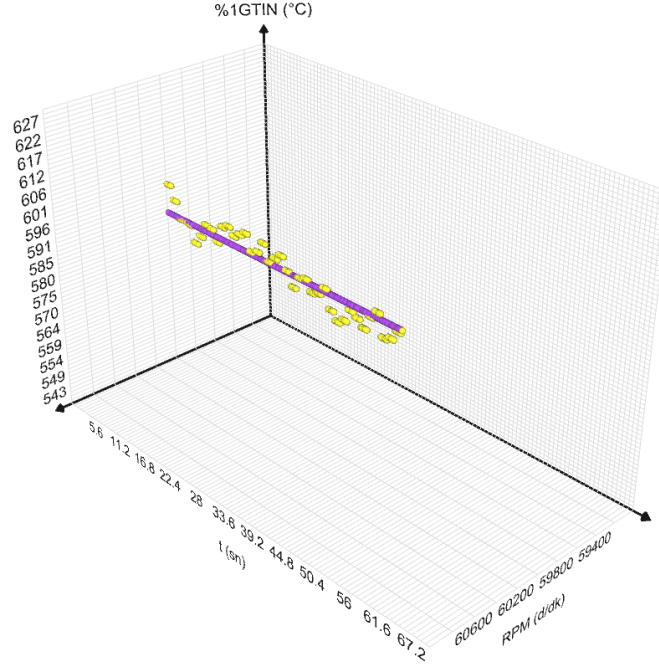


Şekil 5.129. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

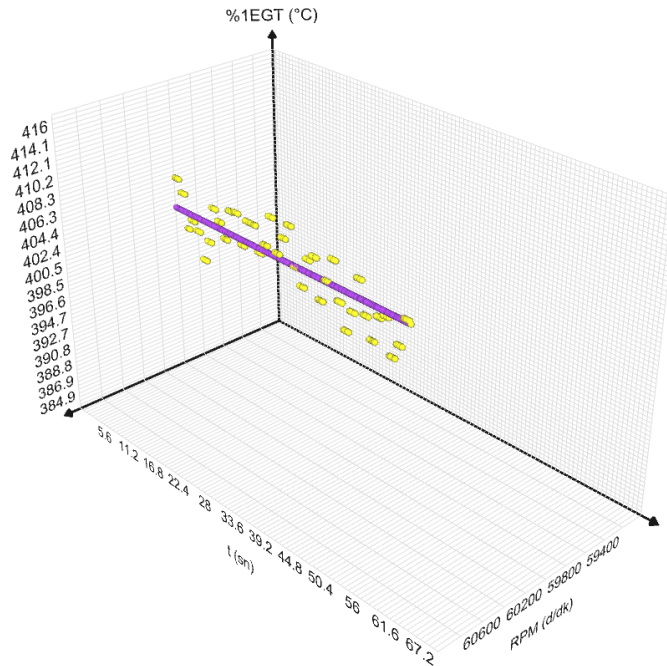


Şekil 5.130. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.131 ve Şekil 5.132'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 587.594 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 402.565 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

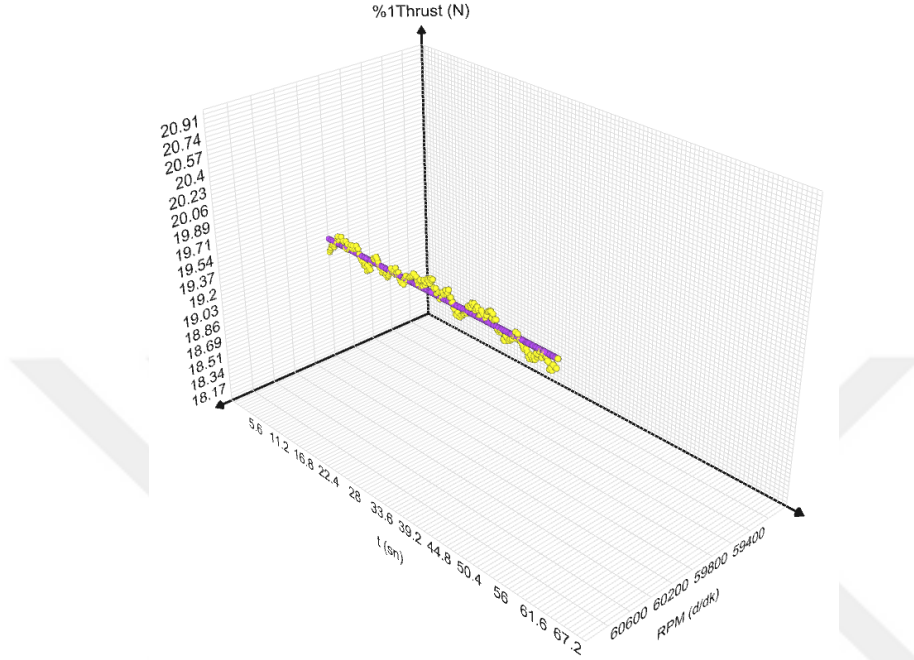


Şekil 5.131. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

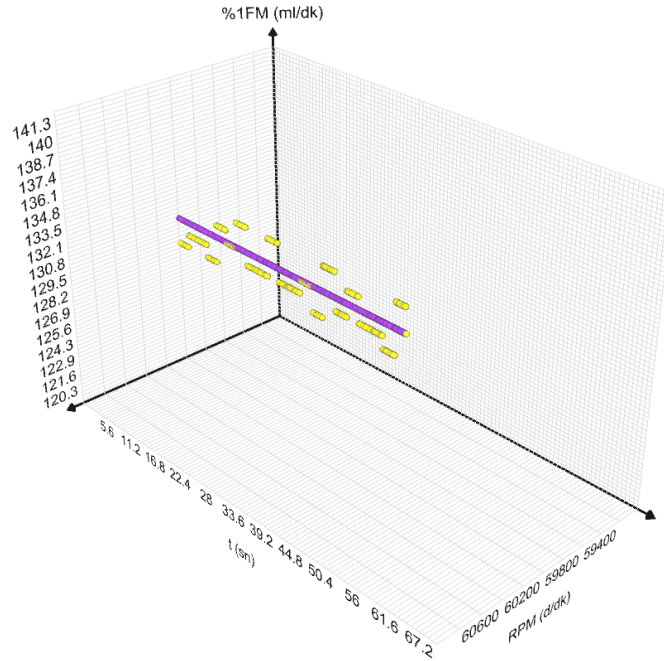


Şekil 5.132. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.133 ve Şekil 5.134’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 19.3227 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 131.043 ml/dk elde edilmiştir.



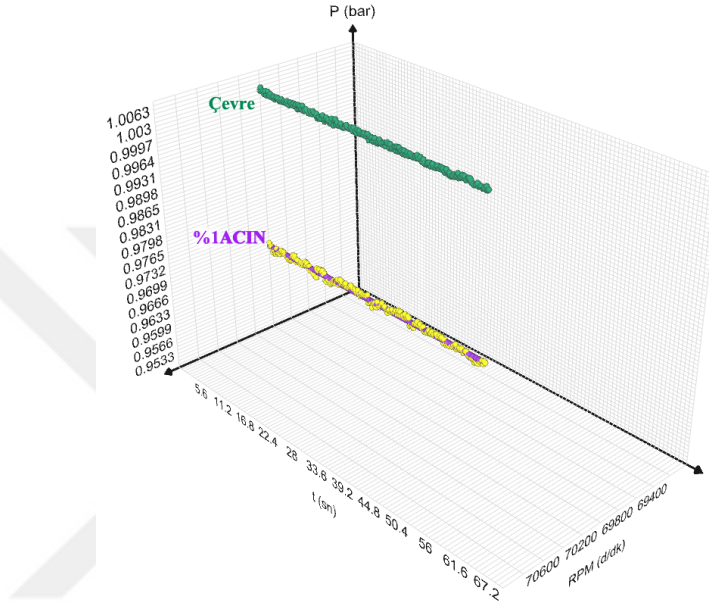
Şekil 5.133. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı



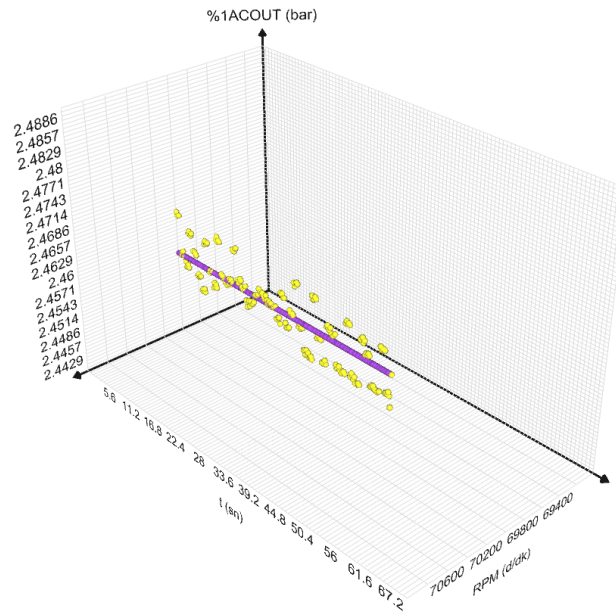
Şekil 5.134. %1TEST-E2, 60000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%1TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.135 ve Şekil 5.136’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96948 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45618 bar elde edilmiştir.

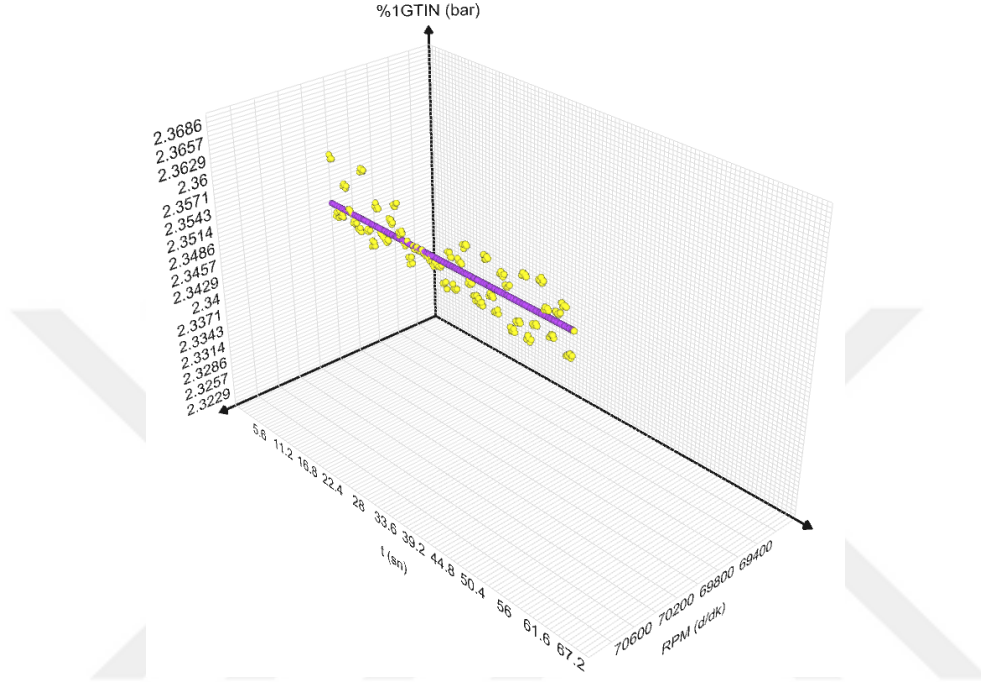


Şekil 5.135. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı

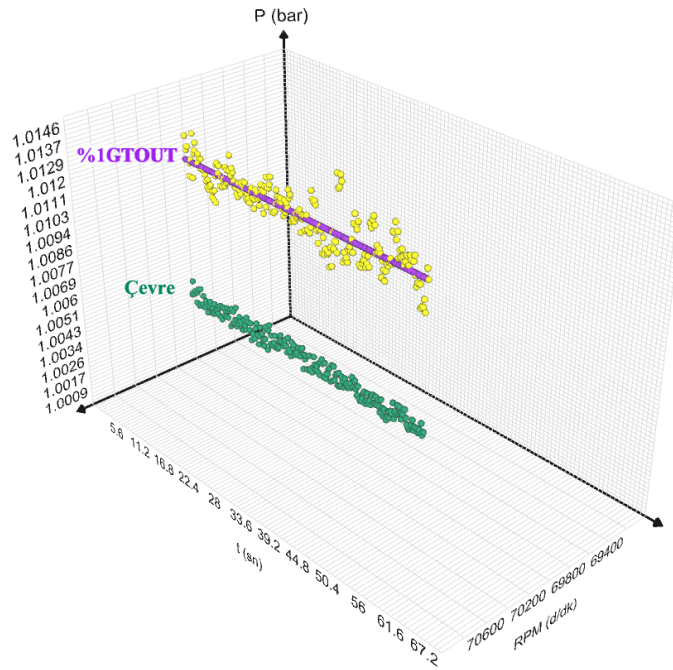


Şekil 5.136. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.137 ve Şekil 5.138'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.34895 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01111 bar elde edilmiştir.

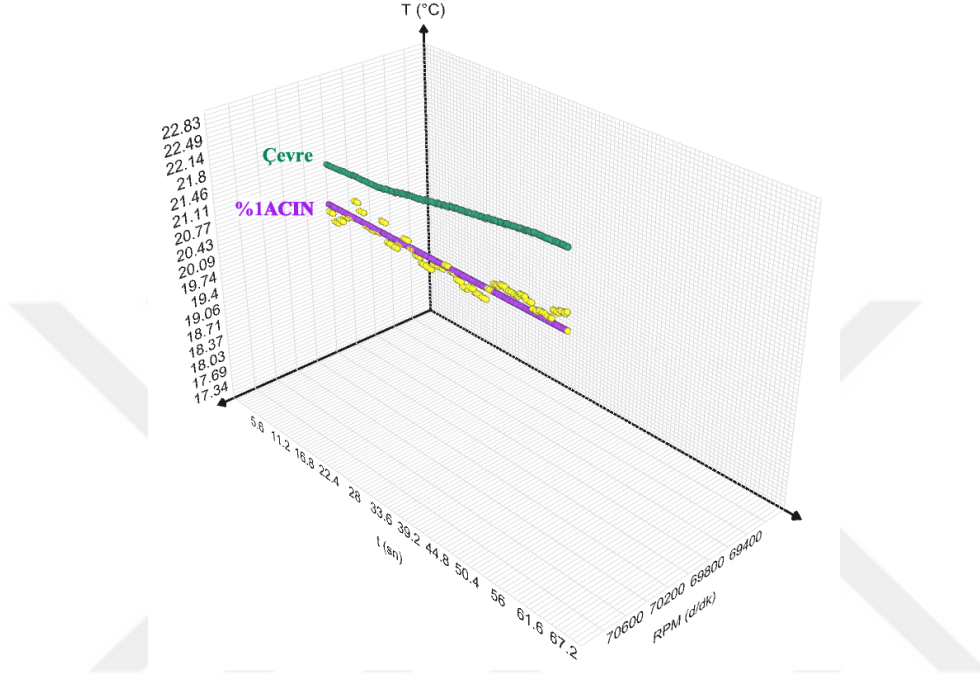


Şekil 5.137. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı

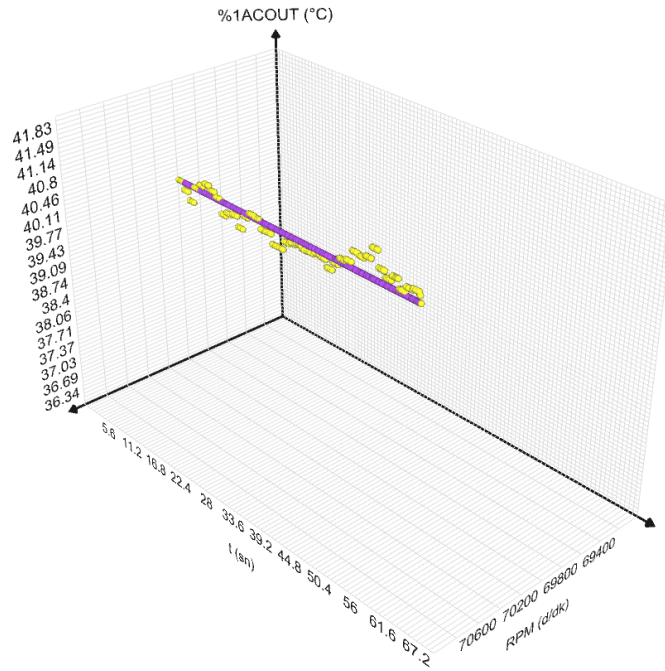


Şekil 5.138. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.139 ve Şekil 5.140’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.3651 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 40.0075 °C elde edilmiştir.

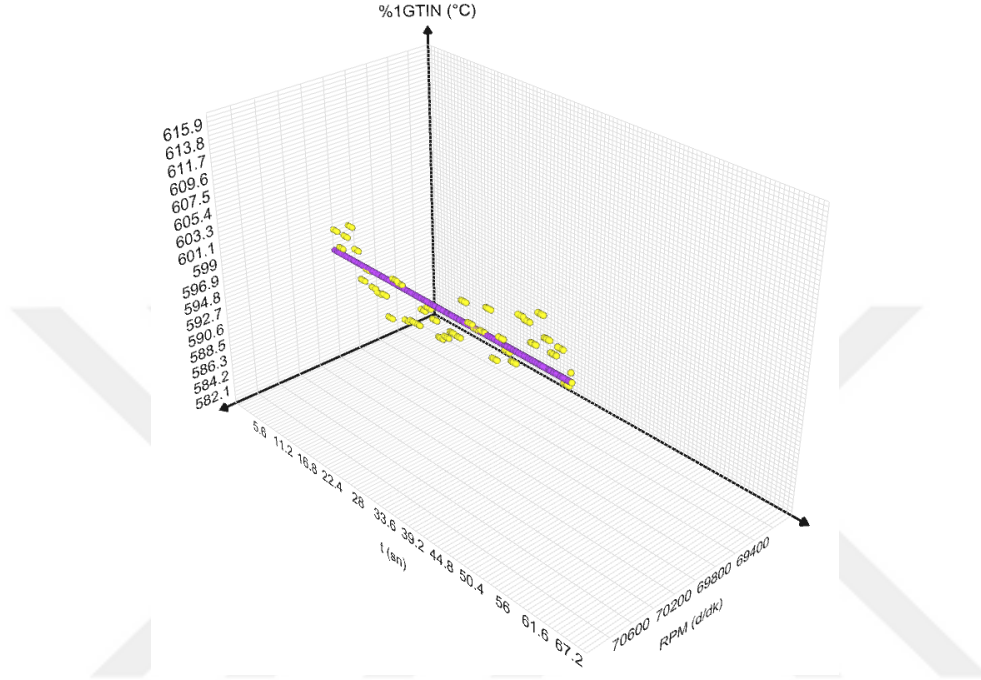


Şekil 5.139. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

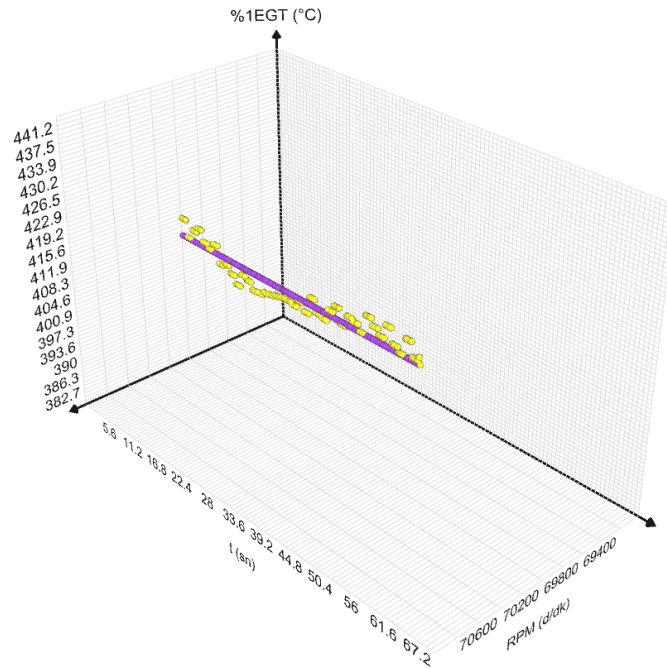


Şekil 5.140. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.141 ve Şekil 5.142'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 595.058 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 409.153 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

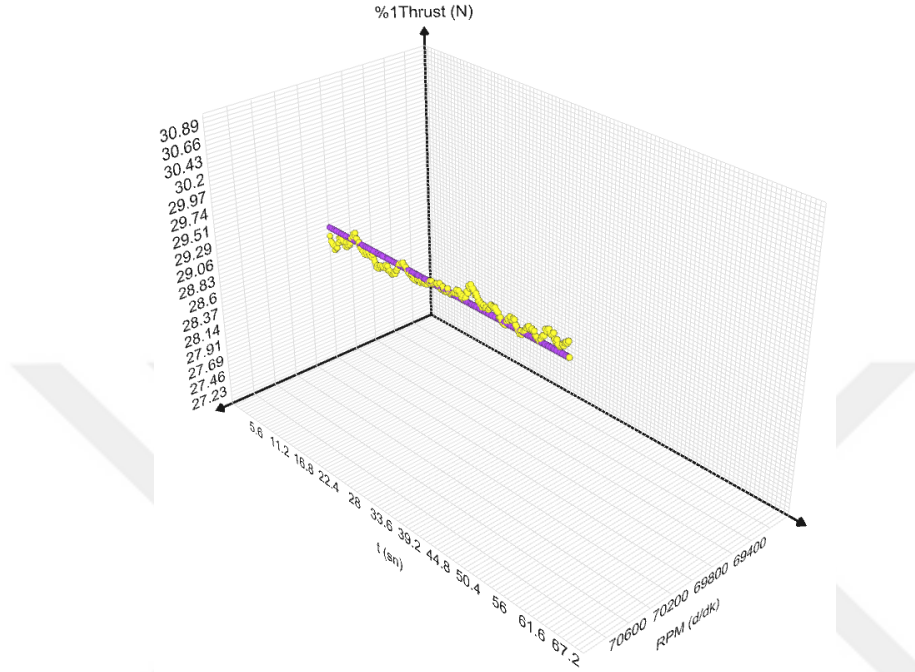


Şekil 5.141. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

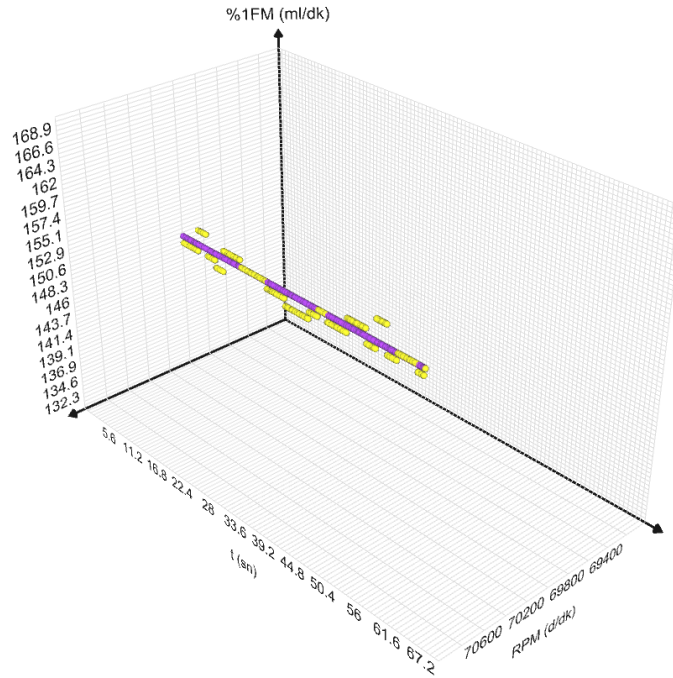


Şekil 5.142. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.143 ve Şekil 5.144’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 28.966 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 148.983 ml/dk elde edilmiştir.



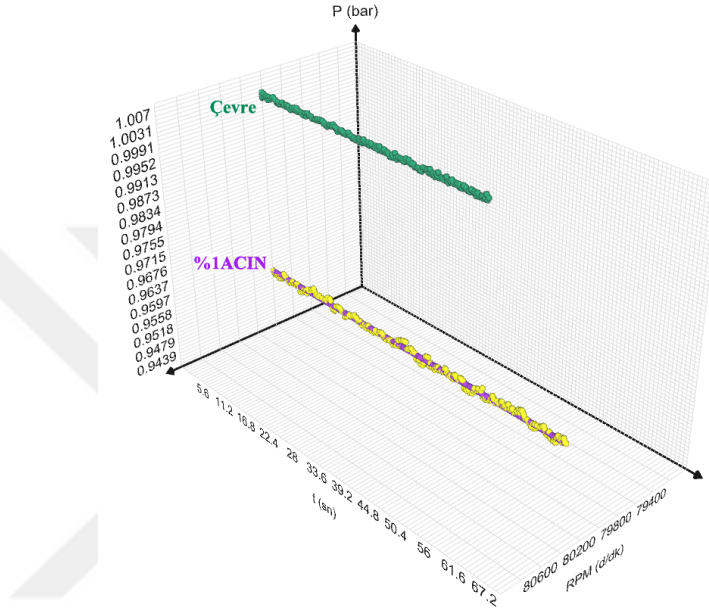
Şekil 5.143. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı



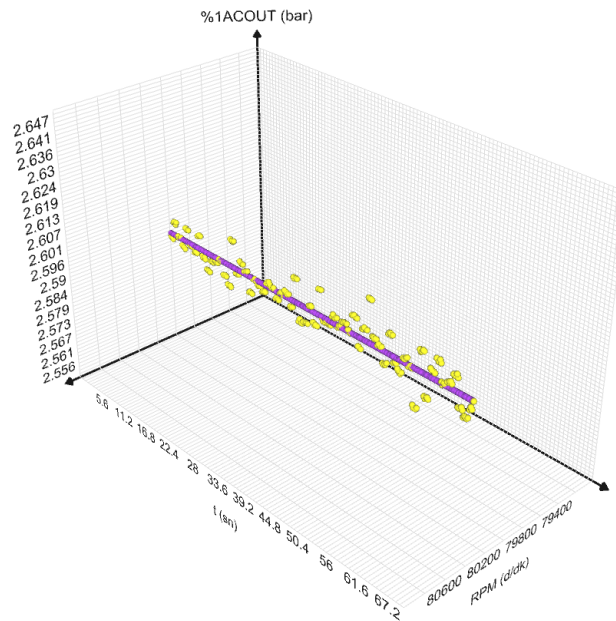
Şekil 5.144. %1TEST-E2, 70000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%1TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.145 ve Şekil 5.146’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95599 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.5921 bar elde edilmiştir.

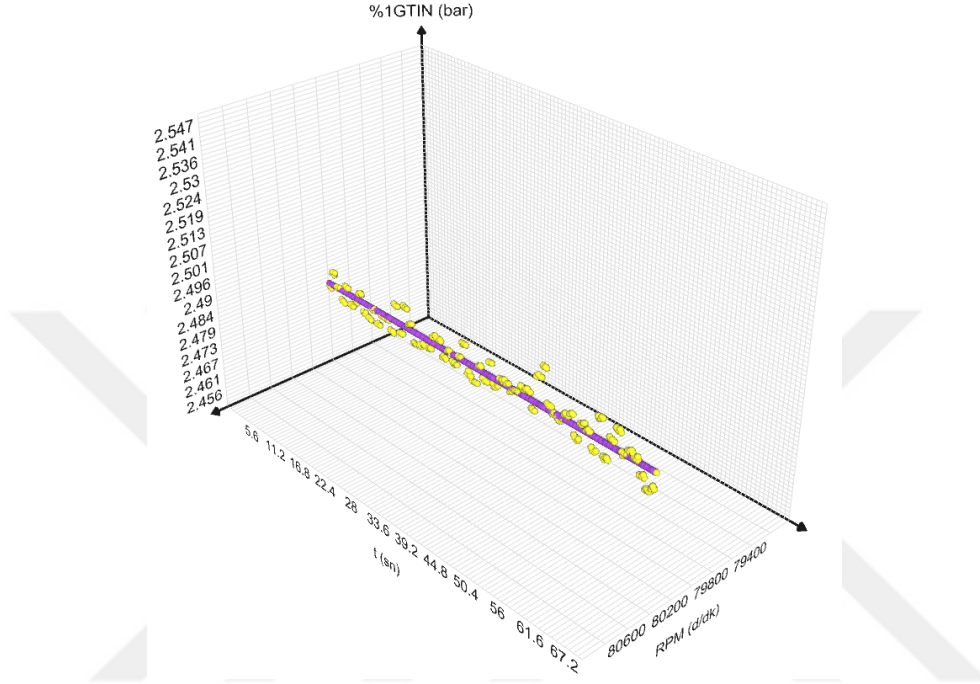


Şekil 5.145. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACIN basınç verileri dağılımı

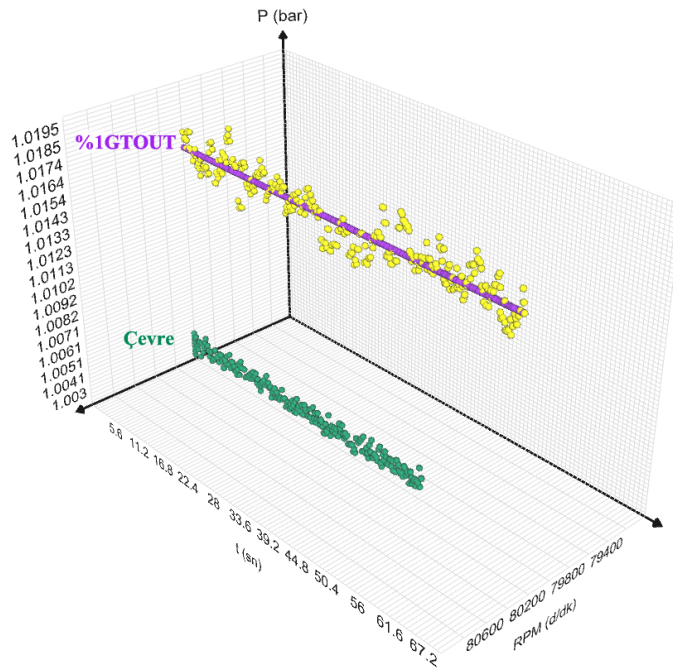


Şekil 5.146. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.147 ve Şekil 5.148’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.47948 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01607 bar elde edilmiştir.

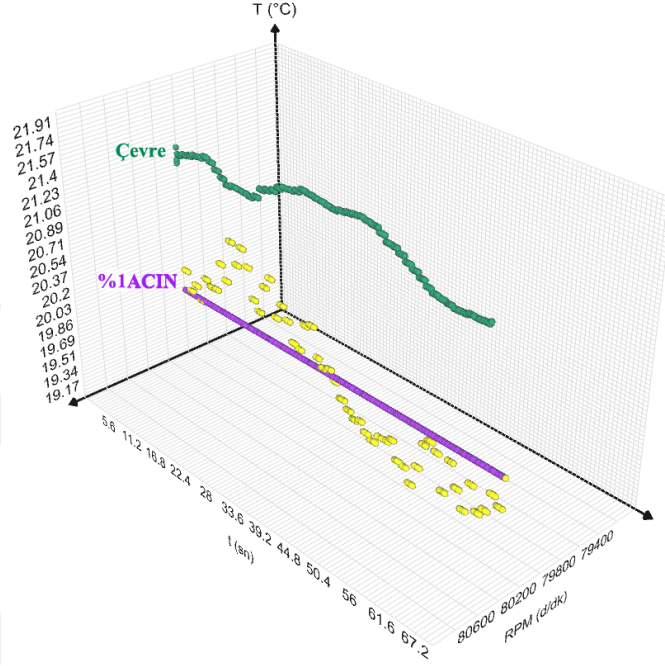


Şekil 5.147. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTIN basınç verileri dağılımı

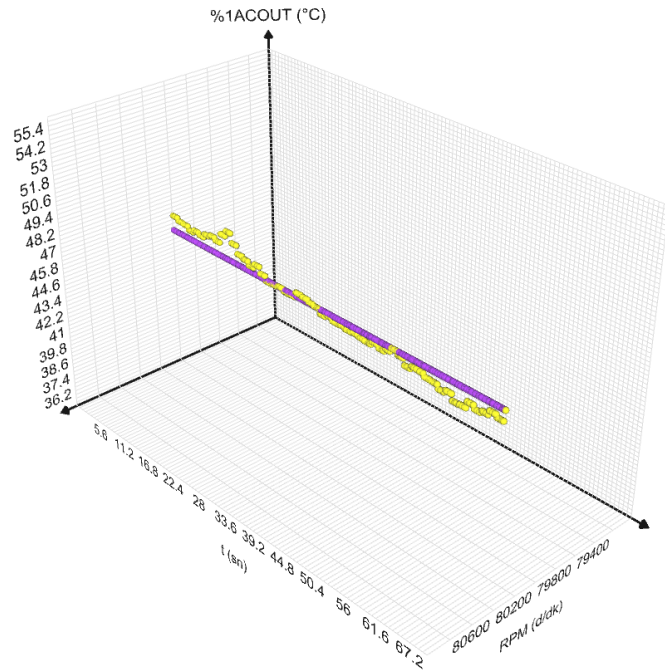


Şekil 5.148. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTOUT basınç verileri dağılımı

%1TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%1ACIN) ve kompresör çıkış (%1ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.149 ve Şekil 5.150’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.7299 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 43.3312 °C elde edilmiştir.

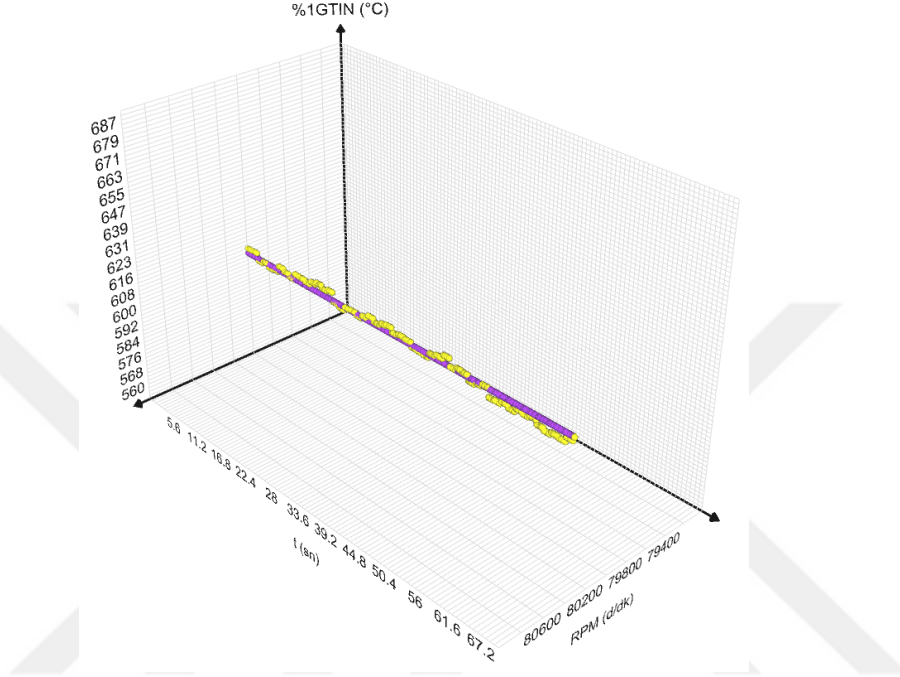


Şekil 5.149. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACIN sıcaklık verileri dağılımı

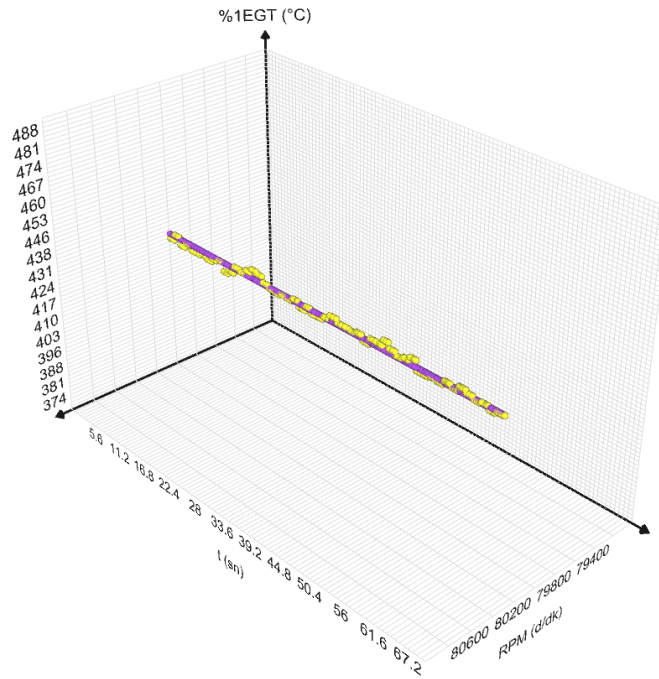


Şekil 5.150. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%1GTIN) ve türbin çıkış (%1GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.151 ve Şekil 5.152’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 605.5 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 427.959 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

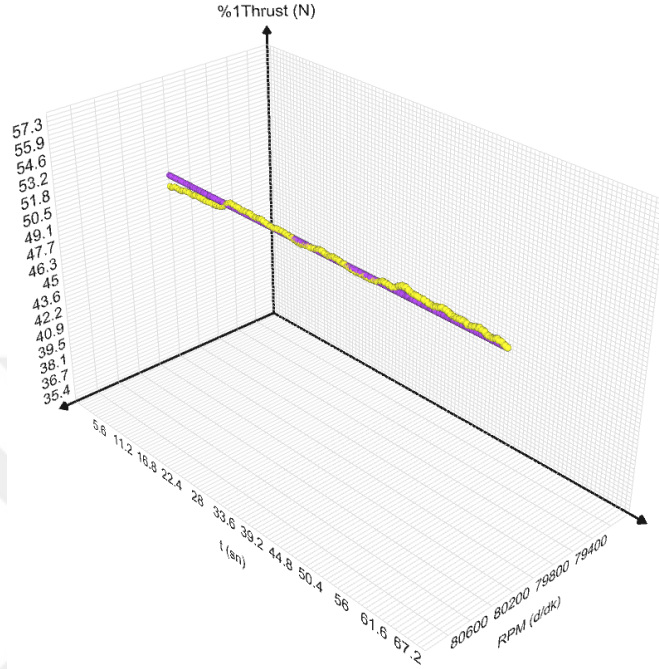


Şekil 5.151. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1GTIN sıcaklık verileri dağılımı

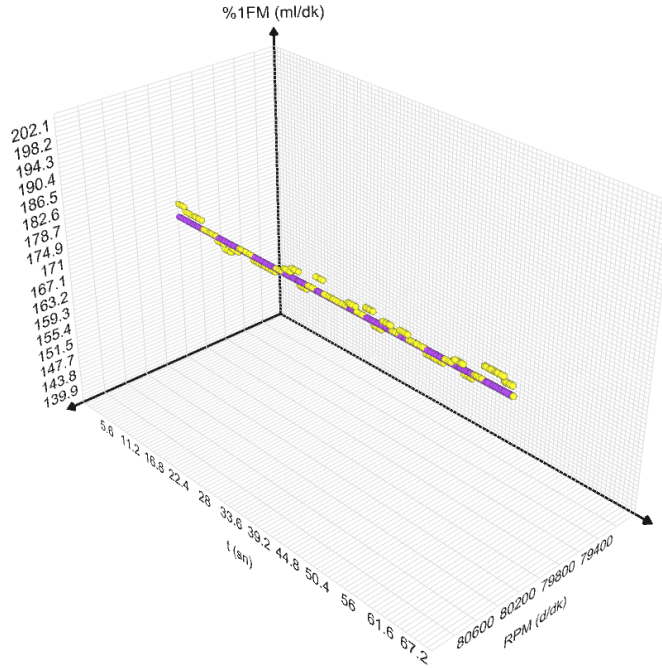


Şekil 5.152. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1EGT sıcaklık verileri dağılımı

%1TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.153 ve Şekil 5.154’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 50.0981 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 171.907 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.153. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1Thrust itki verileri dağılımı



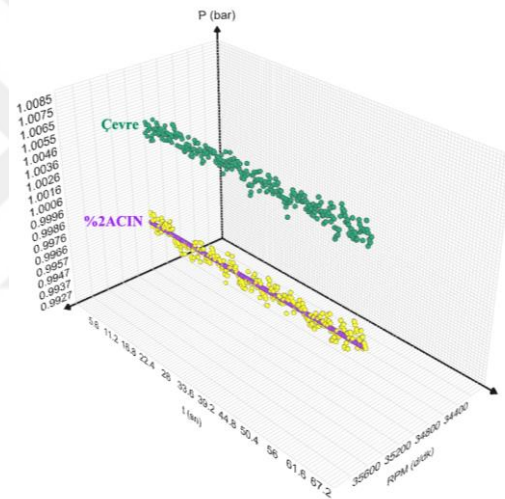
Şekil 5.154. %1TEST-E2, 80000 rpm, %1FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.2. %2TEST-E2

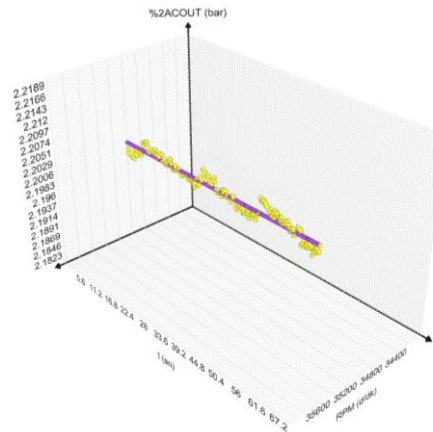
%2TEST-E2, geleneksel yakıtta %2 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%2TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.155 ve Şekil 5.156’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99604 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.20153 bar elde edilmiştir.

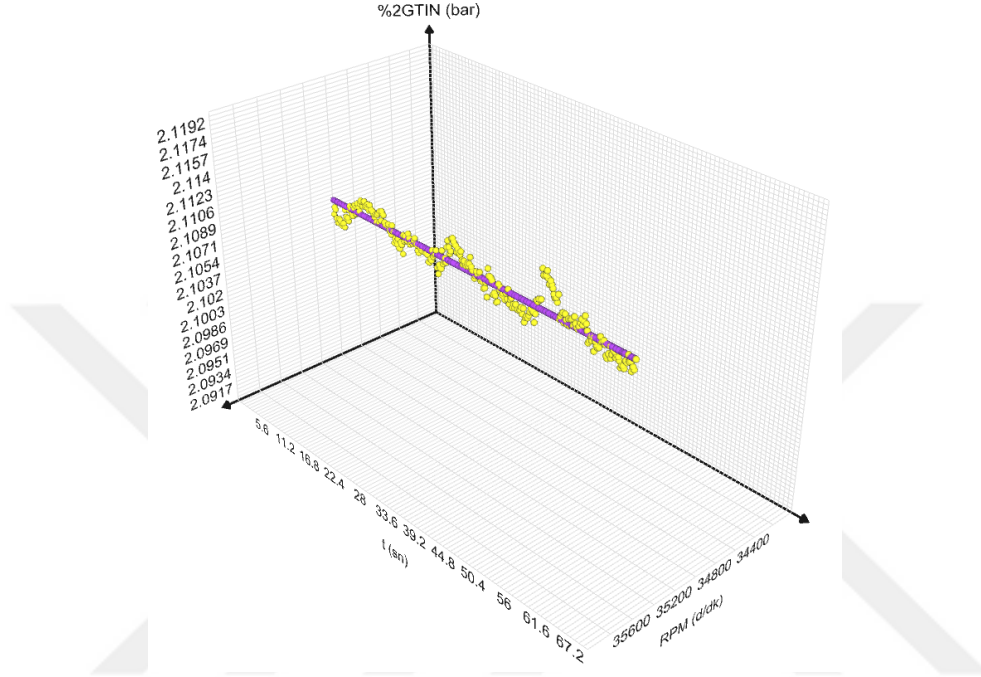


Şekil 5.155. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı

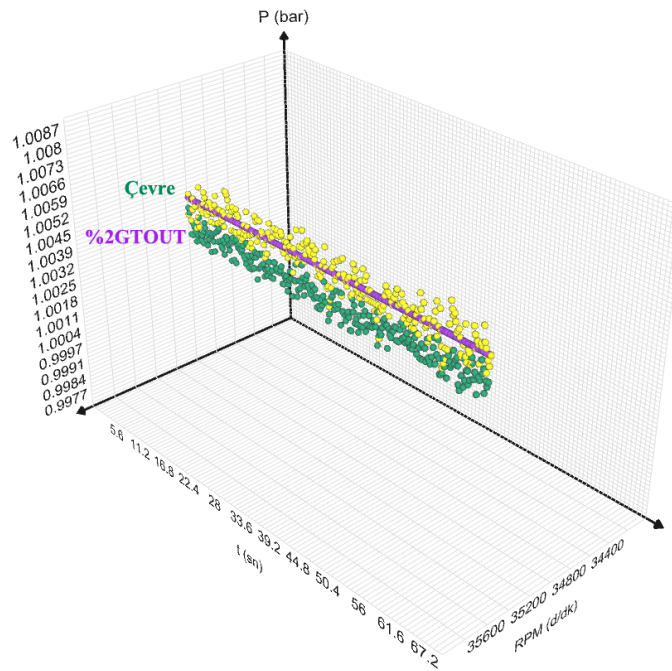


Şekil 5.156. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.157 ve Şekil 5.158'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10744 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00434 bar elde edilmiştir.

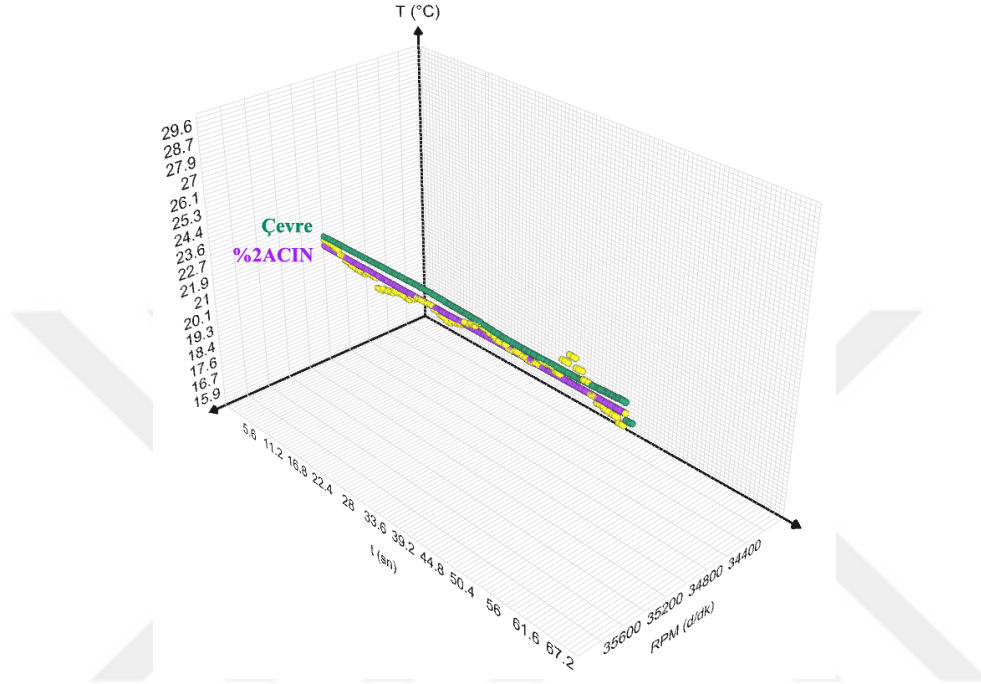


Şekil 5.157. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı

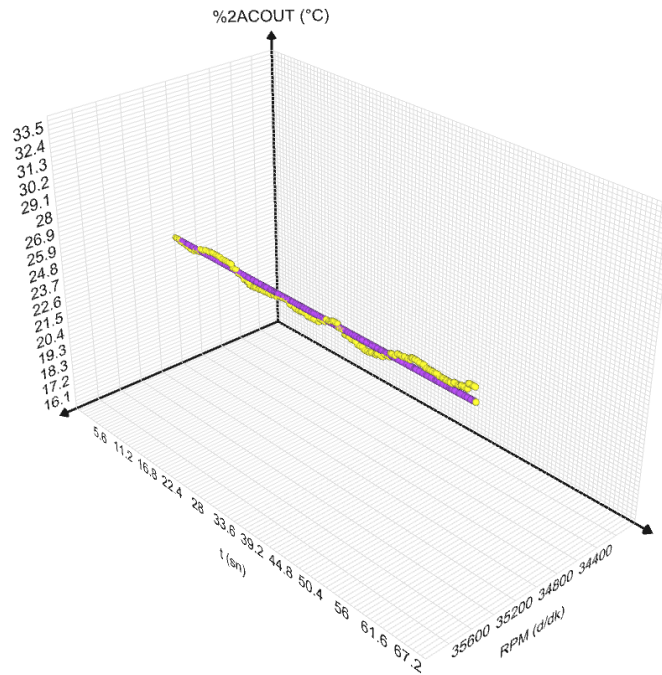


Şekil 5.158. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.159 ve Şekil 5.160’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4011 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.953 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

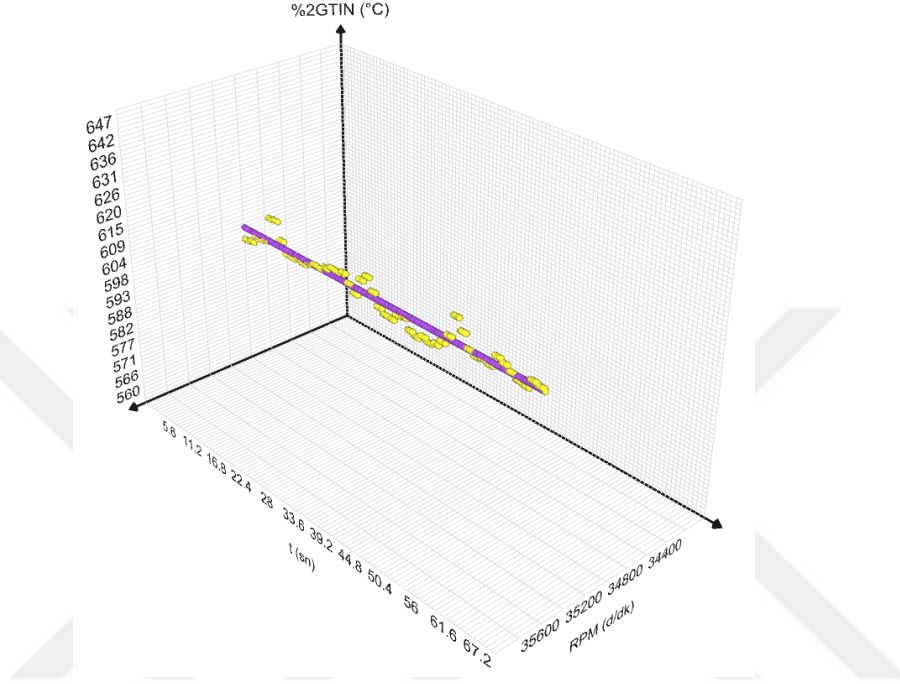


Şekil 5.159. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

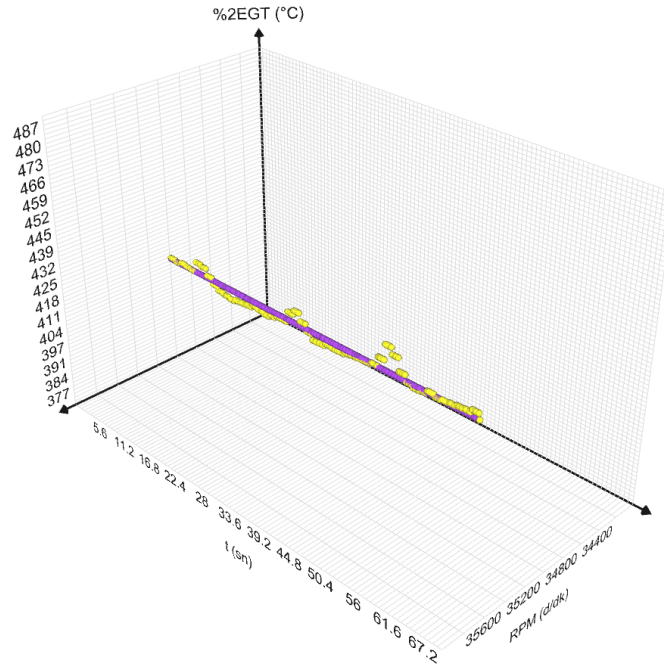


Şekil 5.160. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.161 ve Şekil 5.162’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 601.239 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 415.633 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

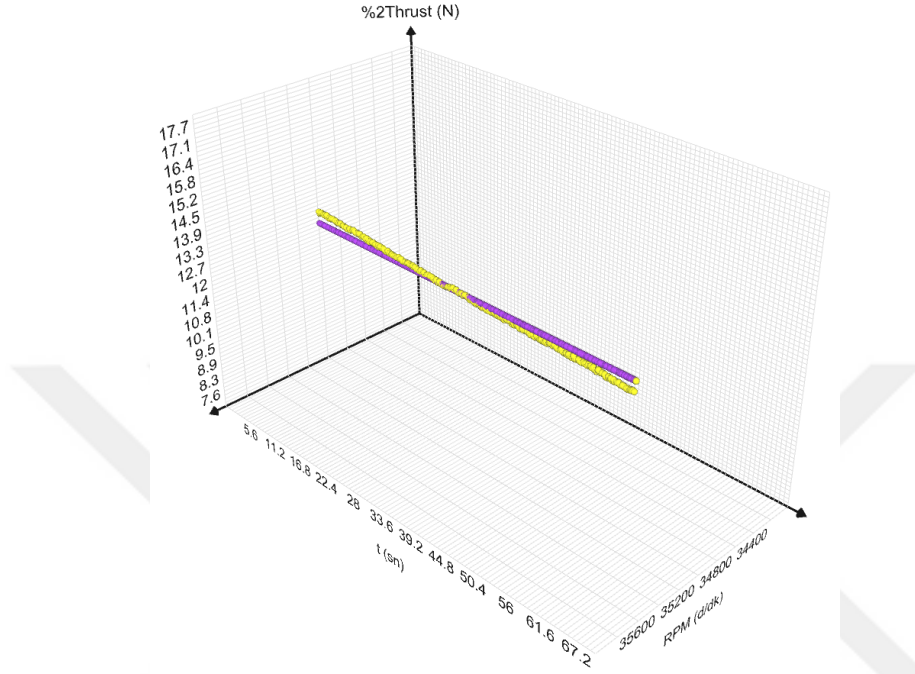


Şekil 5.161. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

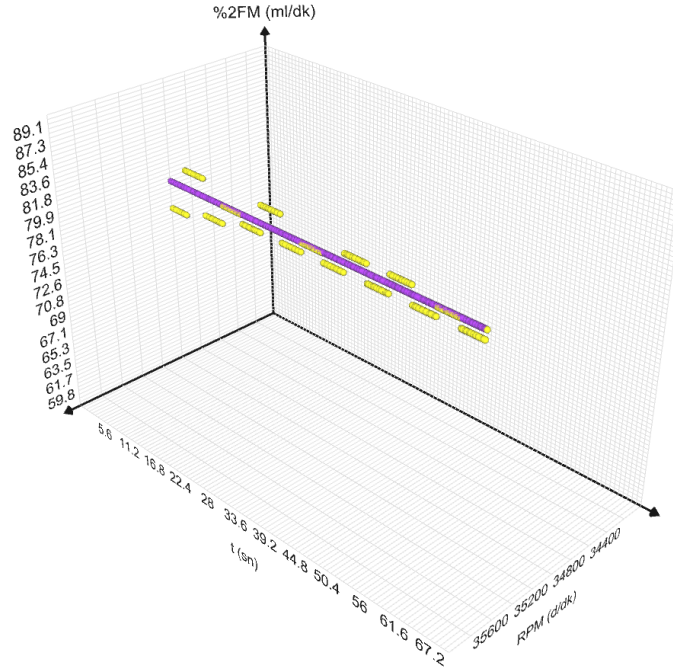


Şekil 5.162. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.163 ve Şekil 5.164’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 12.6102 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 79.0486 ml/dk elde edilmiştir.



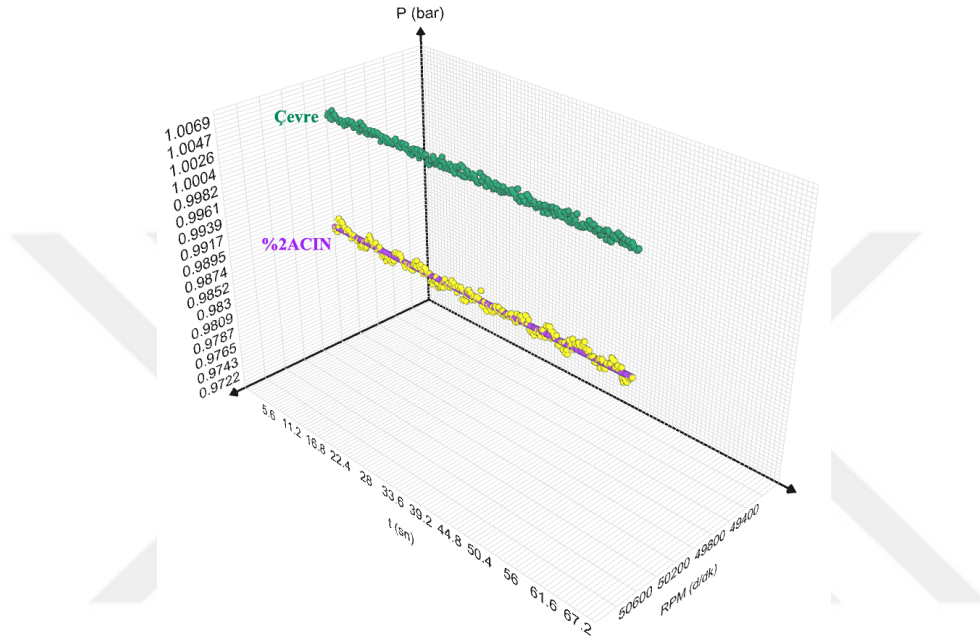
Şekil 5.163. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı



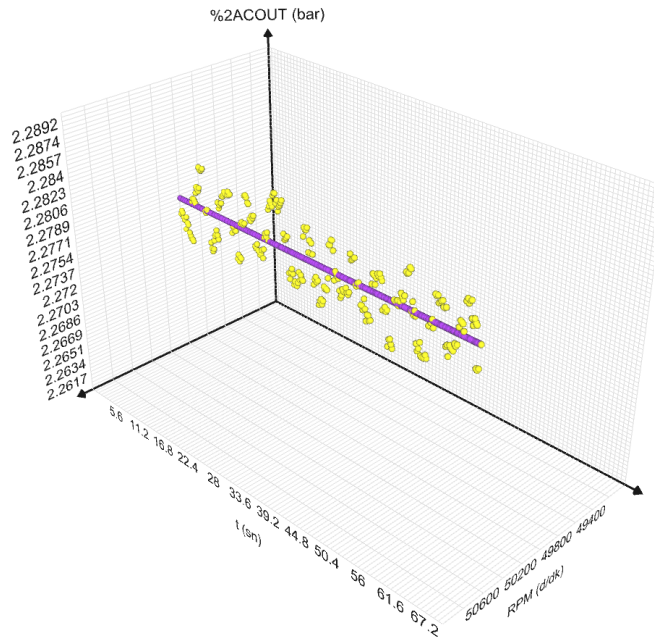
Şekil 5.164. %2TEST-E2, 35000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%2TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.165 ve Şekil 5.166’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98754 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.27726 bar elde edilmiştir.

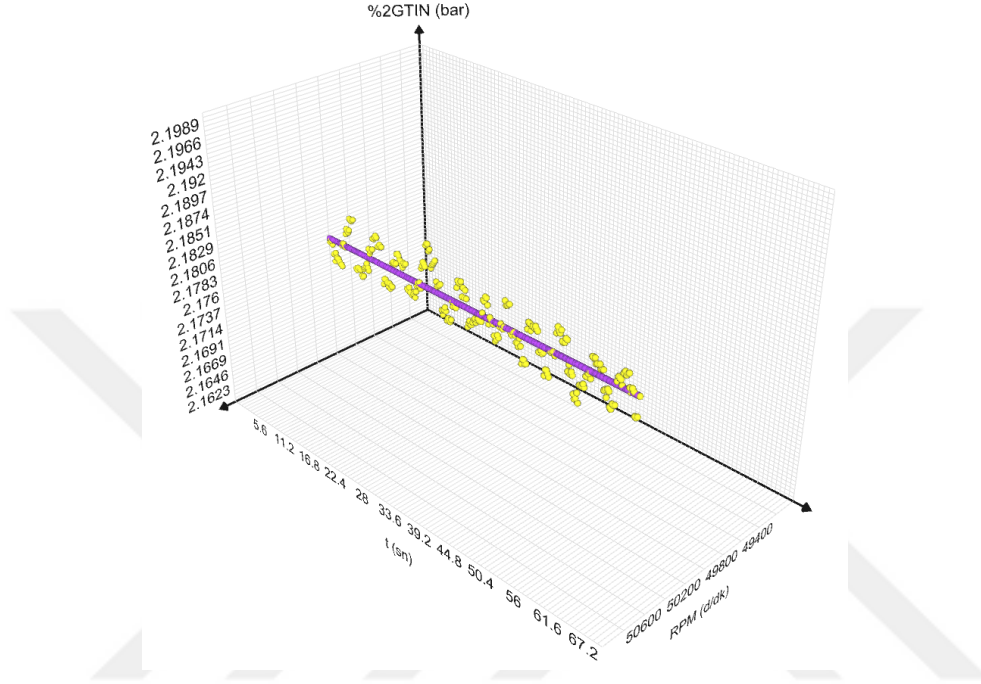


Şekil 5.165. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı

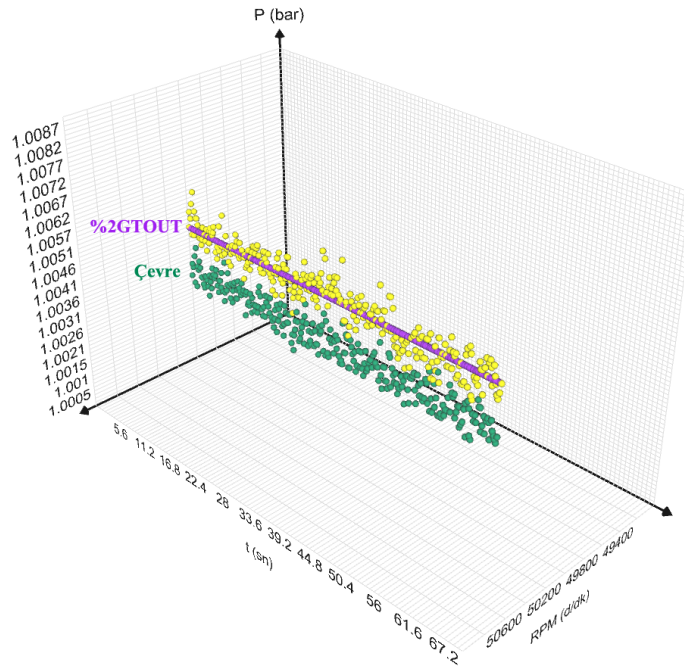


Şekil 5.166. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.167 ve Şekil 5.168'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.17779 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00449 bar elde edilmiştir.

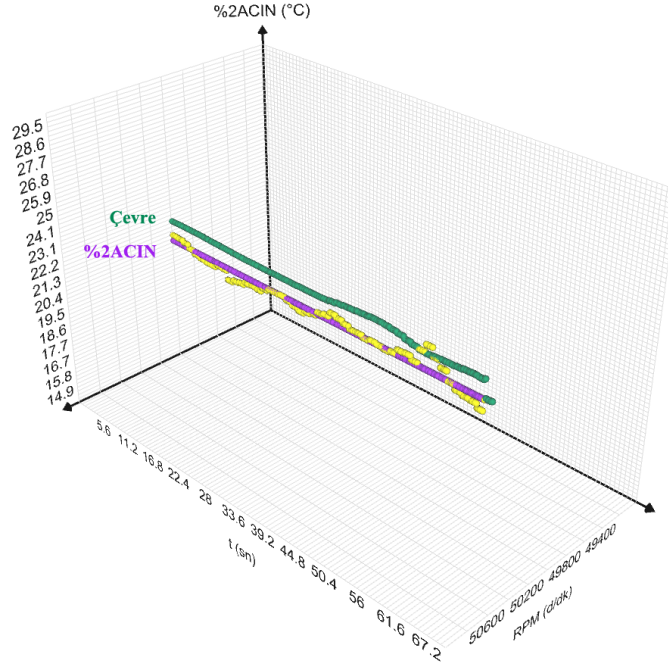


Şekil 5.167. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı

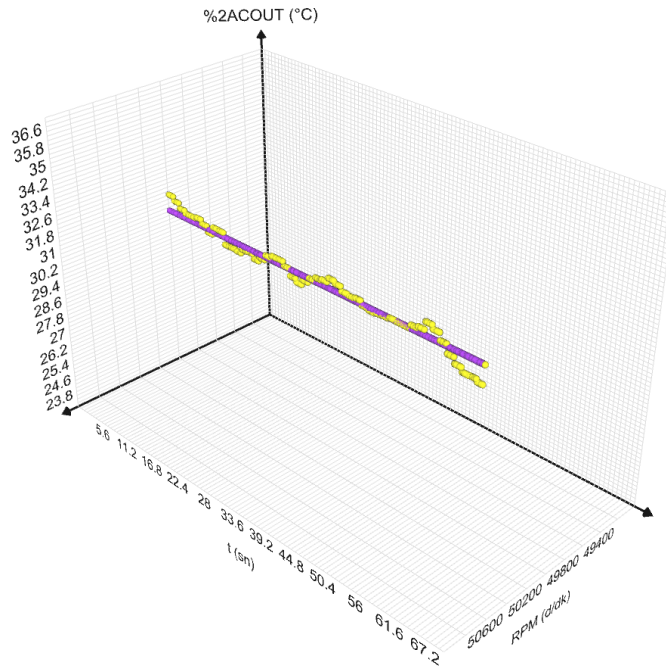


Şekil 5.168. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.169 ve Şekil 5.170’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.0022 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.8698 °C elde edilmiştir.

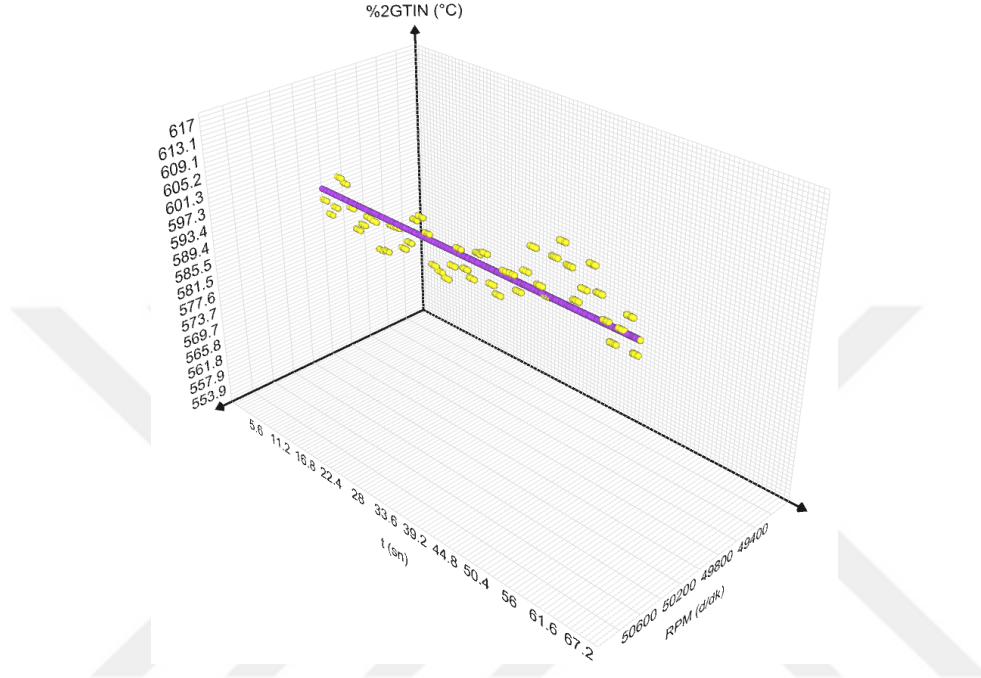


Şekil 5.169. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

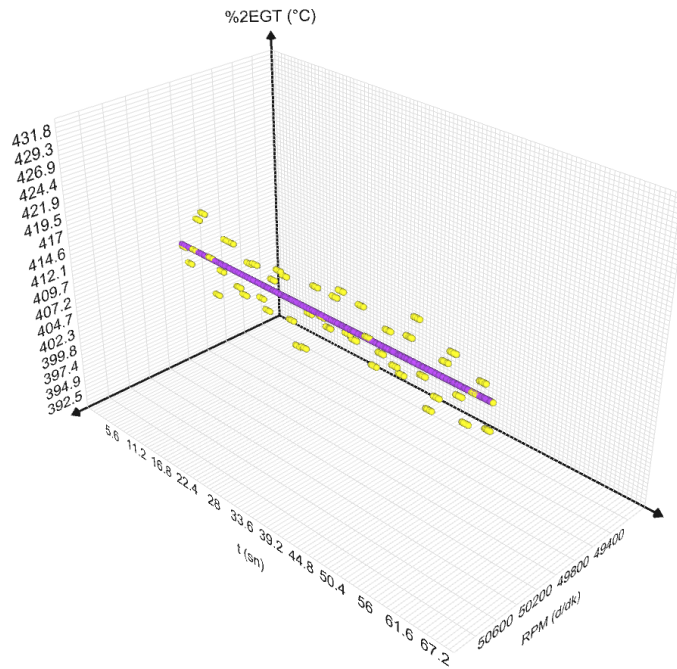


Şekil 5.170. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.171 ve Şekil 5.172'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 593.007 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 409.124 °C elde edilmiştir.

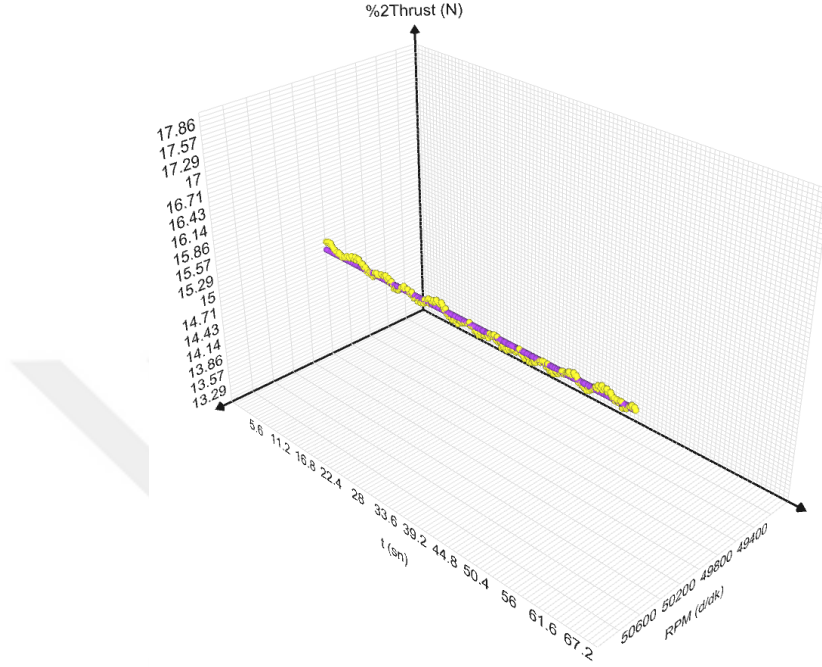


Şekil 5.171. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

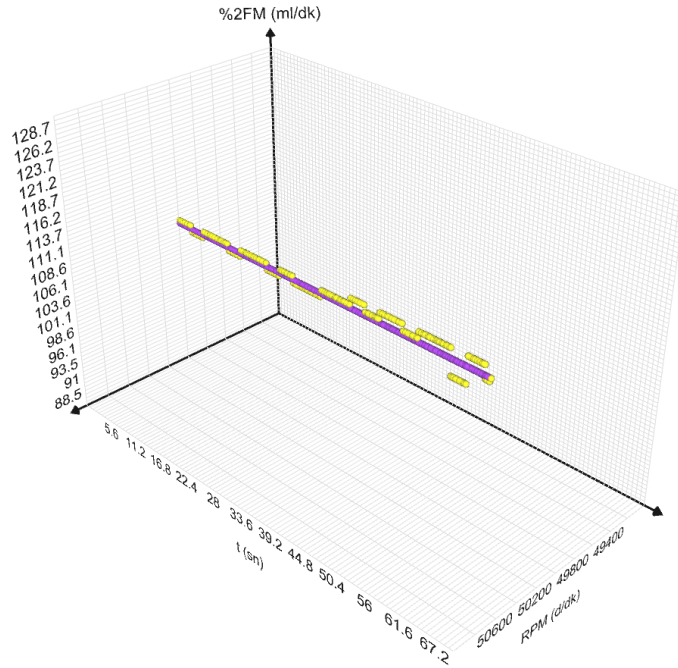


Şekil 5.172. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.173 ve Şekil 5.174’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.0117 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 108.496 ml/dk elde edilmiştir.



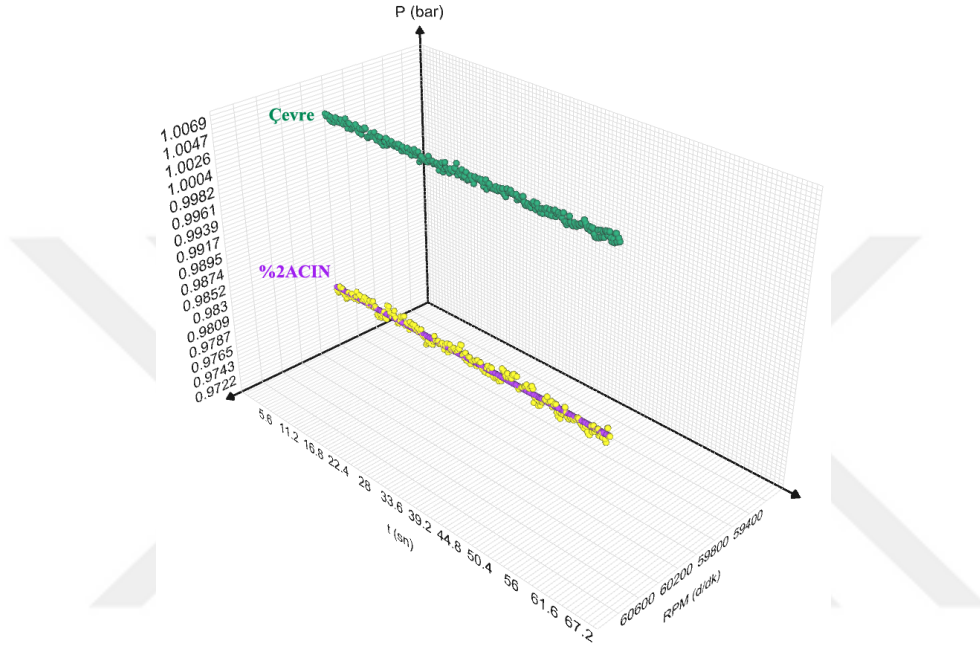
Şekil 5.173. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı



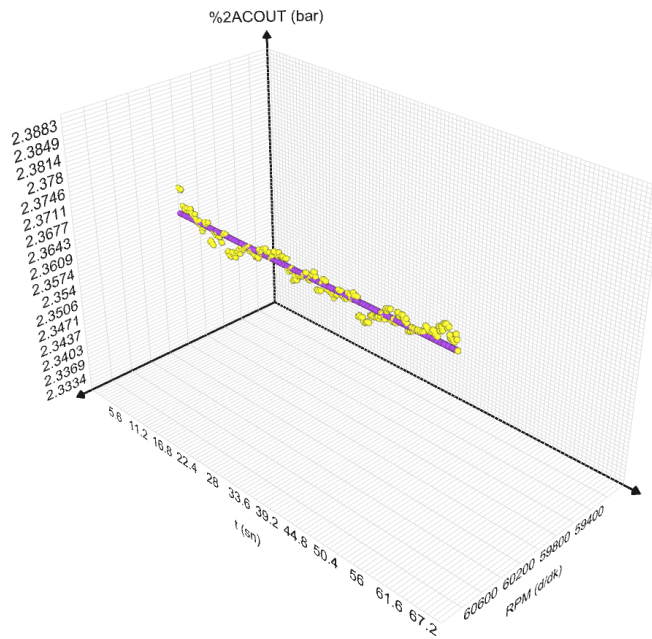
Şekil 5.174. %2TEST-E2, 50000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%2TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.175 ve Şekil 5.176’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97898 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36138 bar elde edilmiştir.

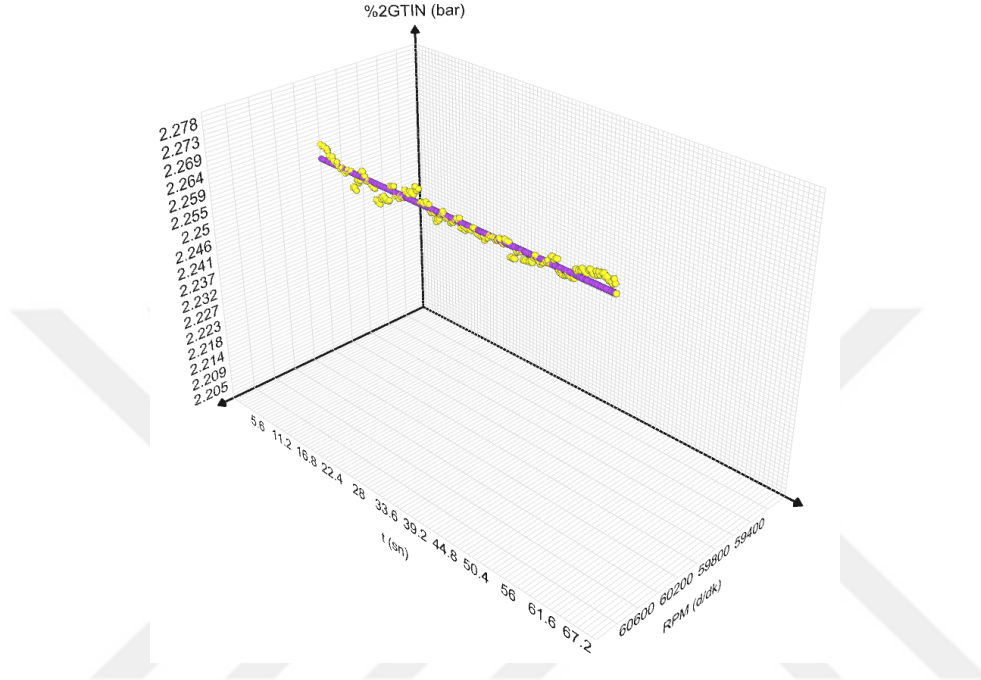


Şekil 5.175. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı

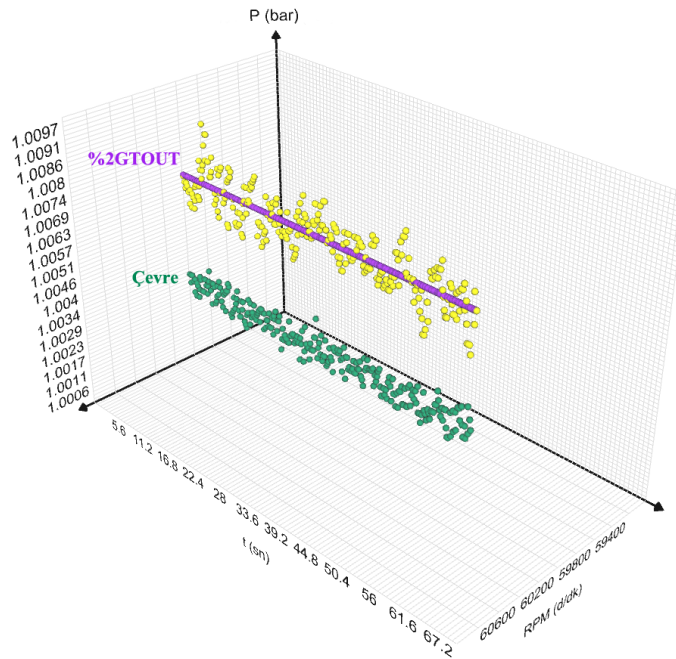


Şekil 5.176. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.177 ve Şekil 5.178'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25779 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00685 bar elde edilmiştir.

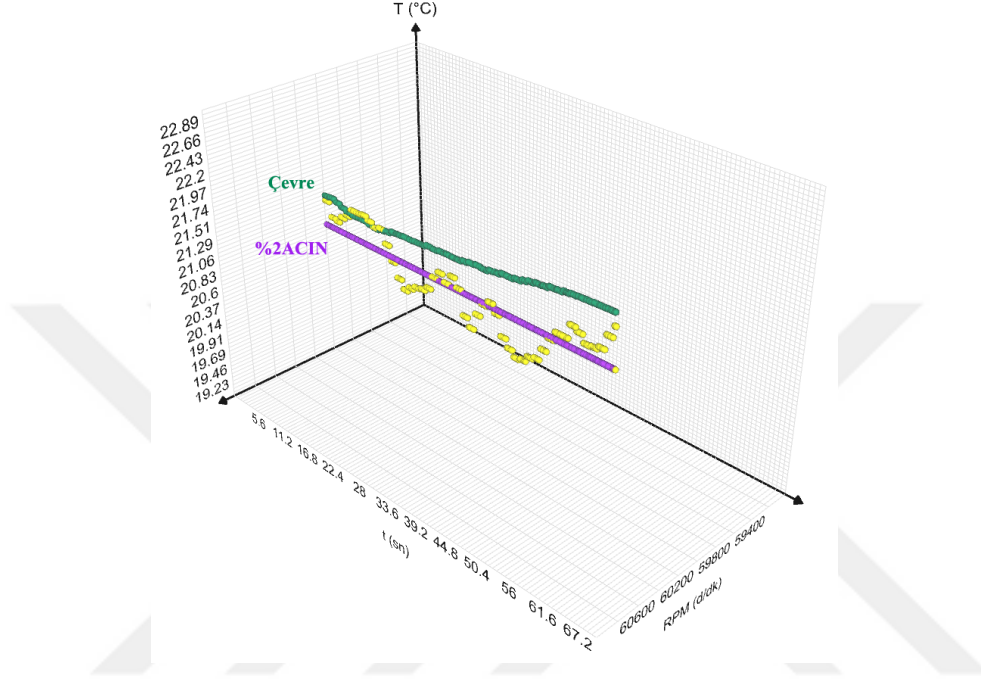


Şekil 5.177. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı

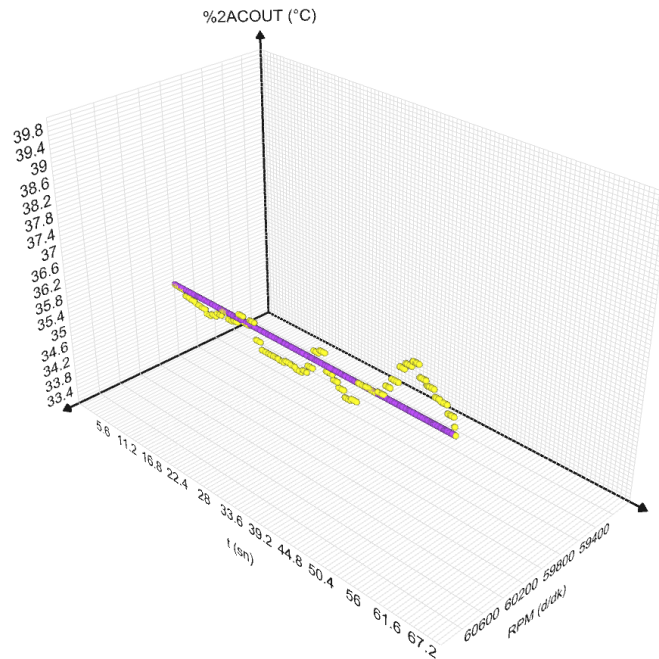


Şekil 5.178. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.179 ve Şekil 5.180’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.9203 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 34.9834 °C elde edilmiştir.

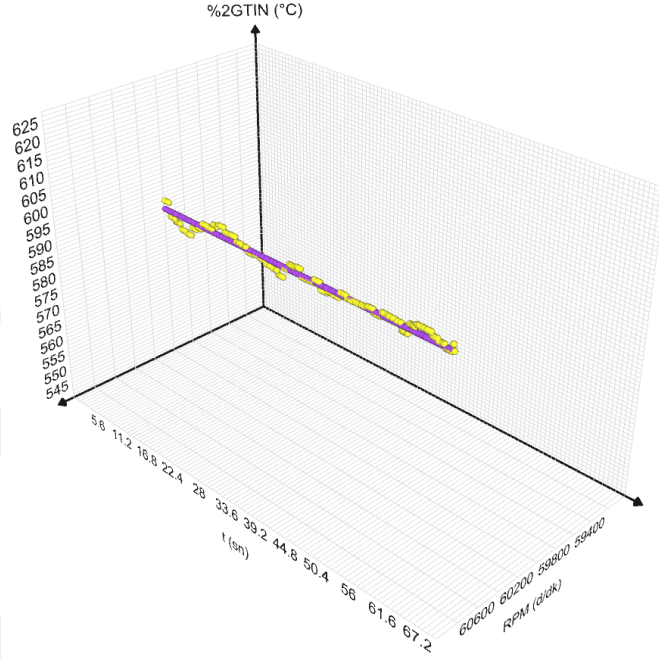


Şekil 5.179. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

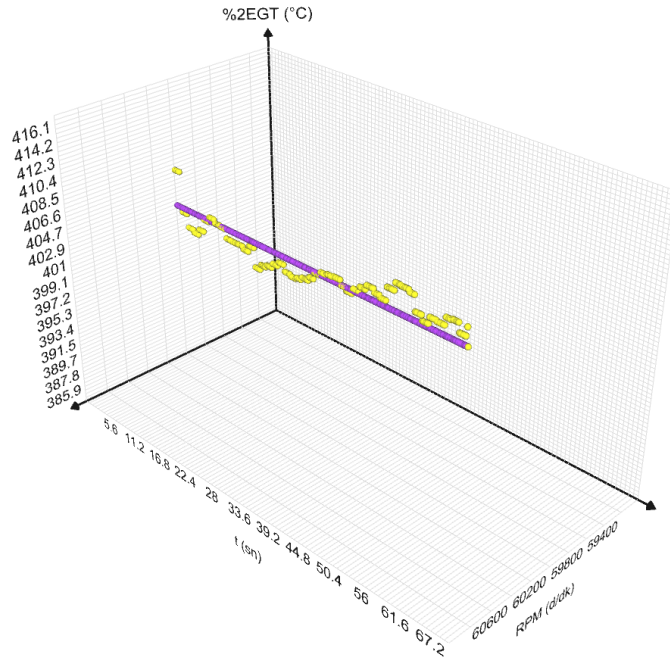


Şekil 5.180. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.181 ve Şekil 5.182'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 587.782 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 402.782 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

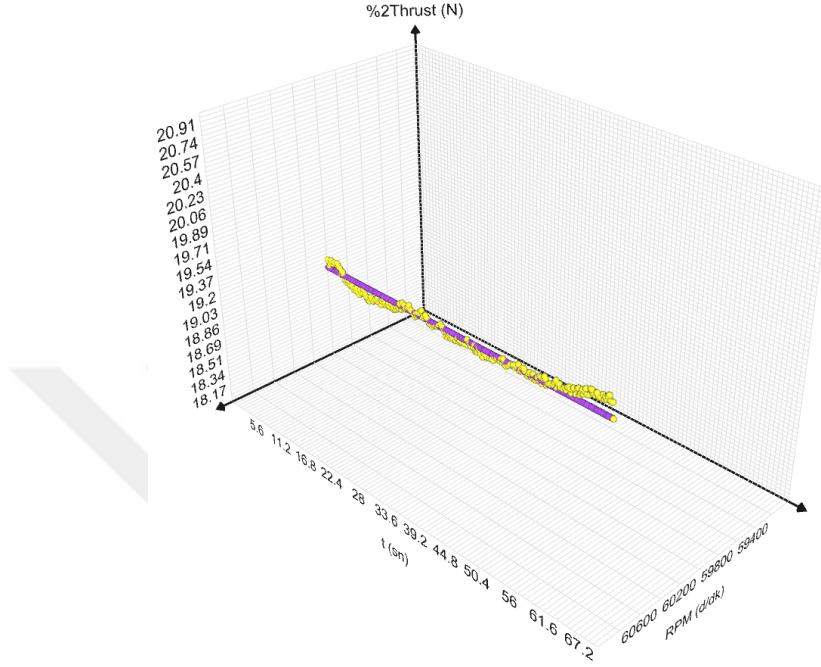


Şekil 5.181. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

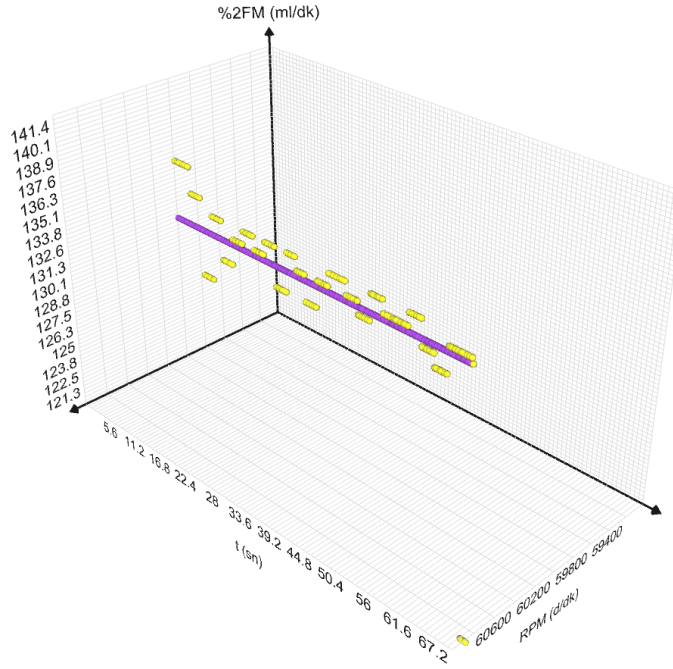


Şekil 5.182. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.183 ve Şekil 5.184’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 19.0102 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 131.59 ml/dk elde edilmiştir.



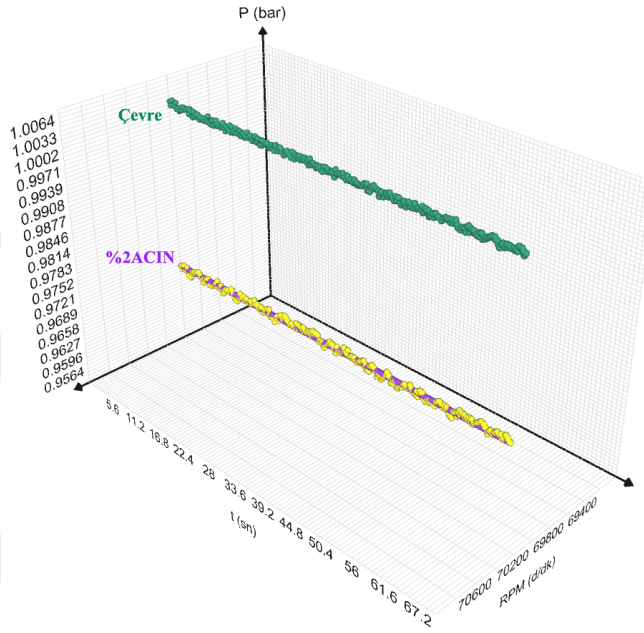
Şekil 5.183. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı



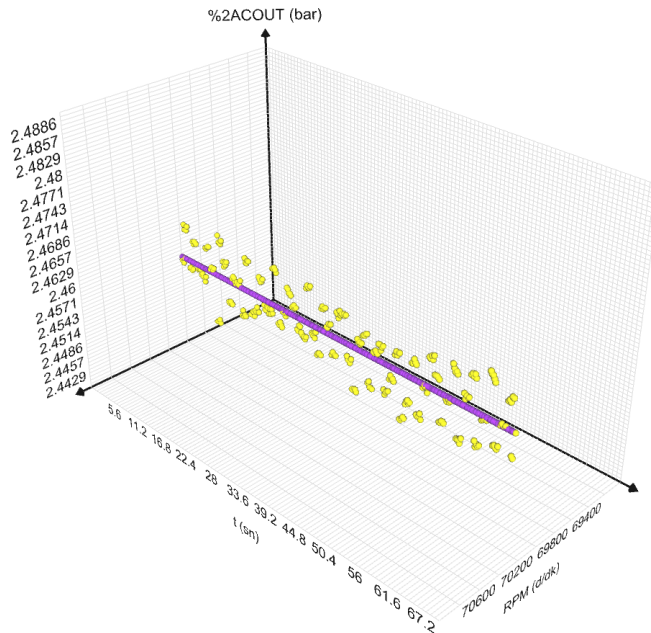
Şekil 5.184. %2TEST-E2, 60000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%2TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.185 ve Şekil 5.186’da görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96948 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45737 bar elde edilmiştir.

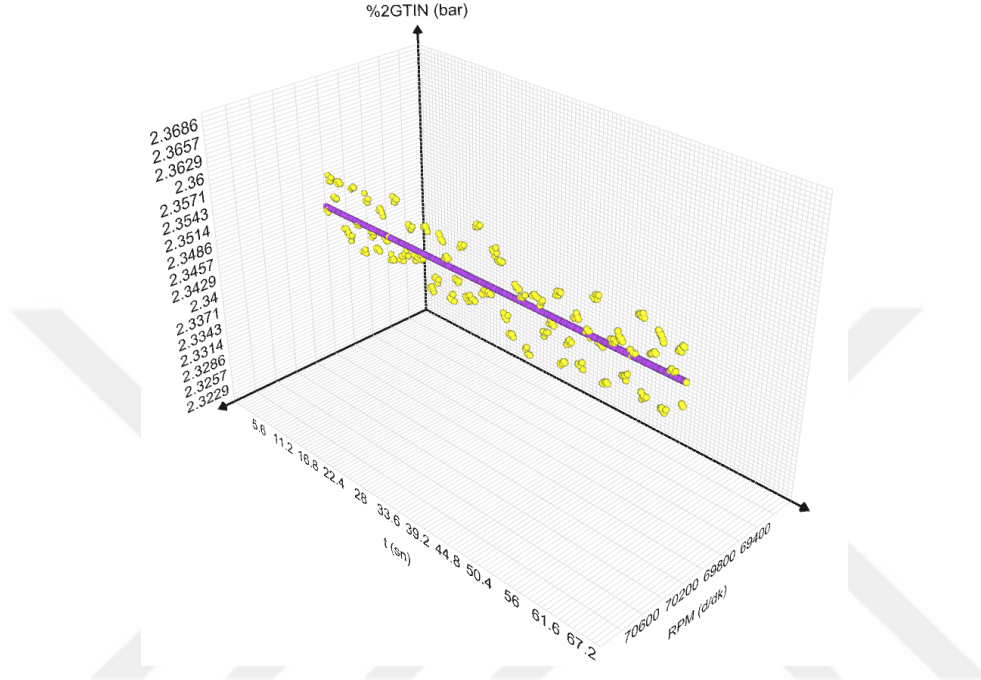


Şekil 5.185. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı

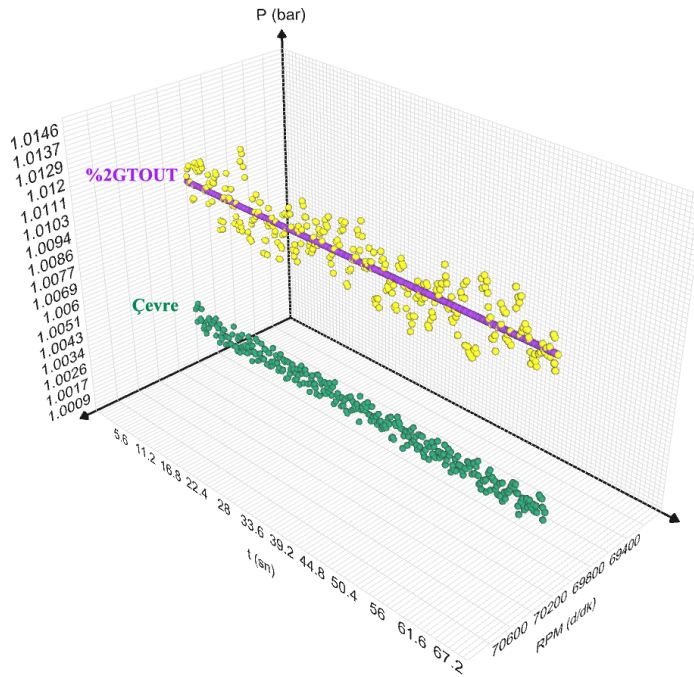


Şekil 5.186. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.187 ve Şekil 5.188'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.34798 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01004 bar elde edilmiştir.

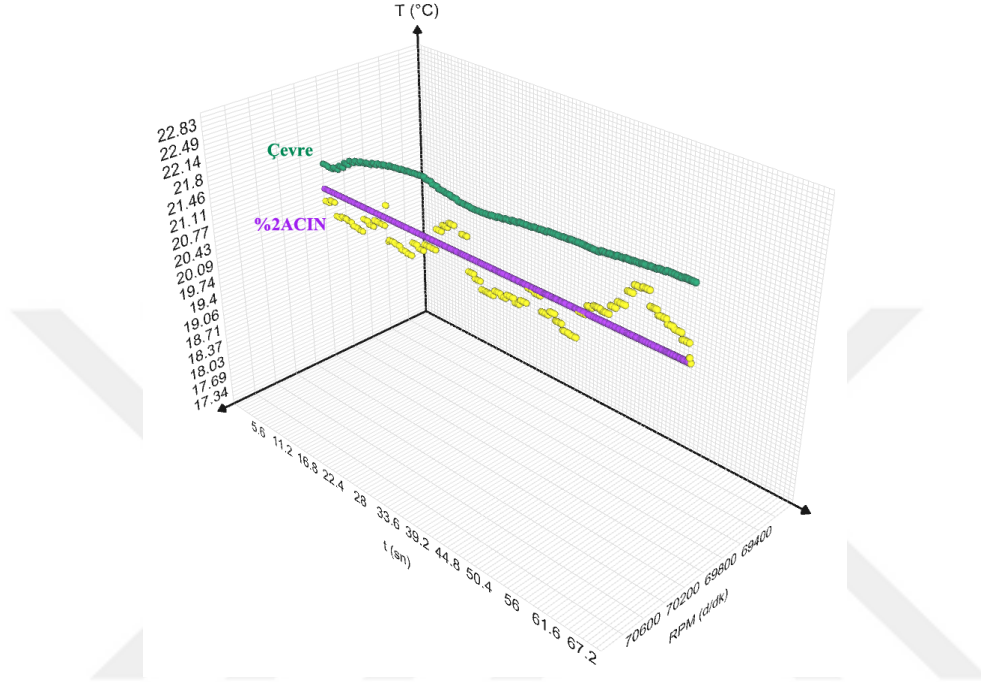


Şekil 5.187. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı

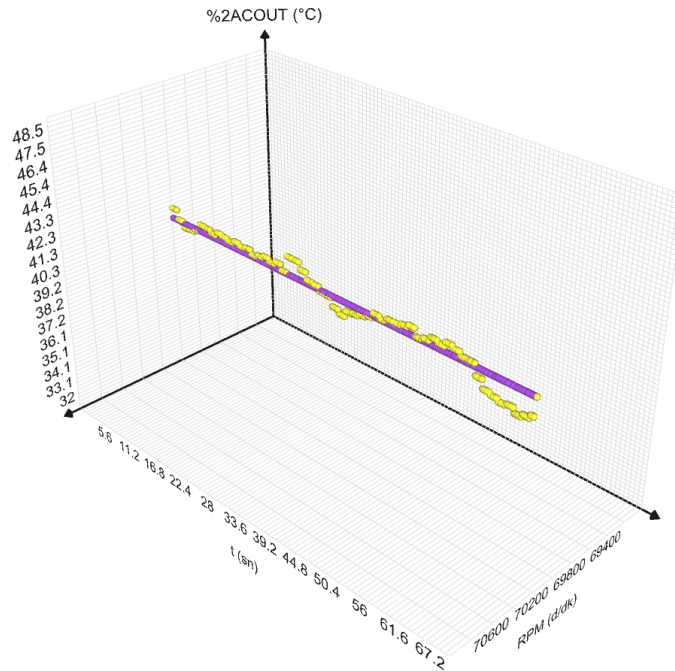


Şekil 5.188. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.189 ve Şekil 5.190’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.7513 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 40.7101 °C elde edilmiştir.

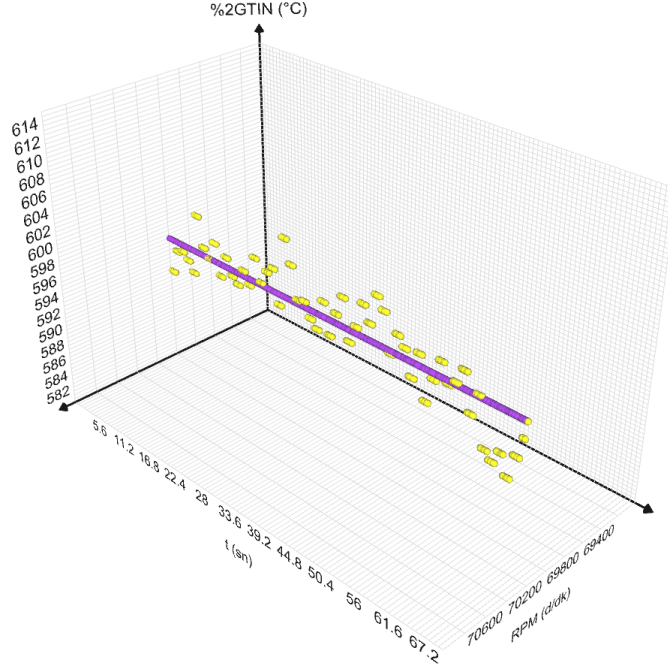


Şekil 5.189. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

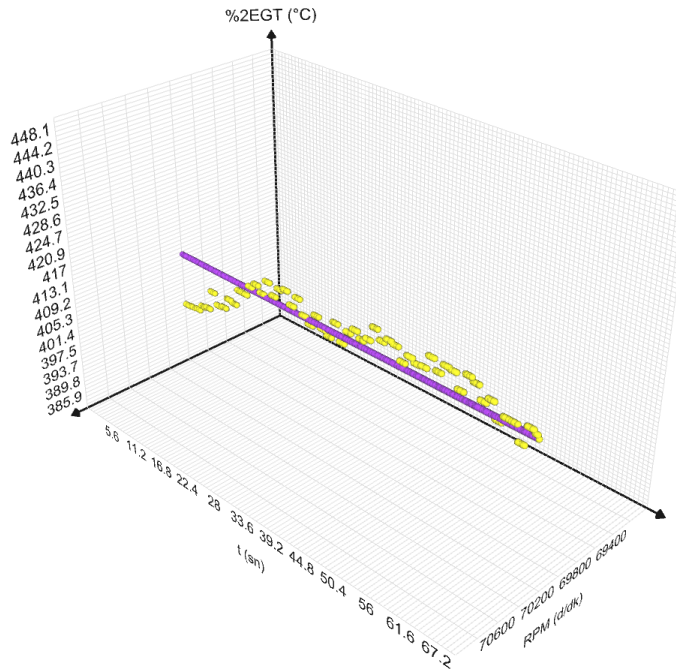


Şekil 5.190. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.191 ve Şekil 5.192'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 595.523 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 409.576 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

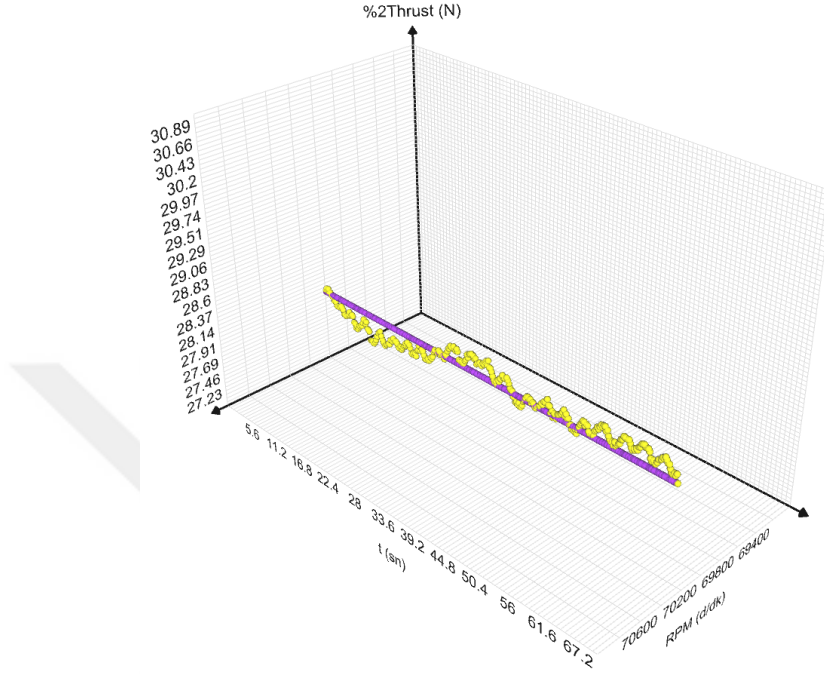


Şekil 5.191. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

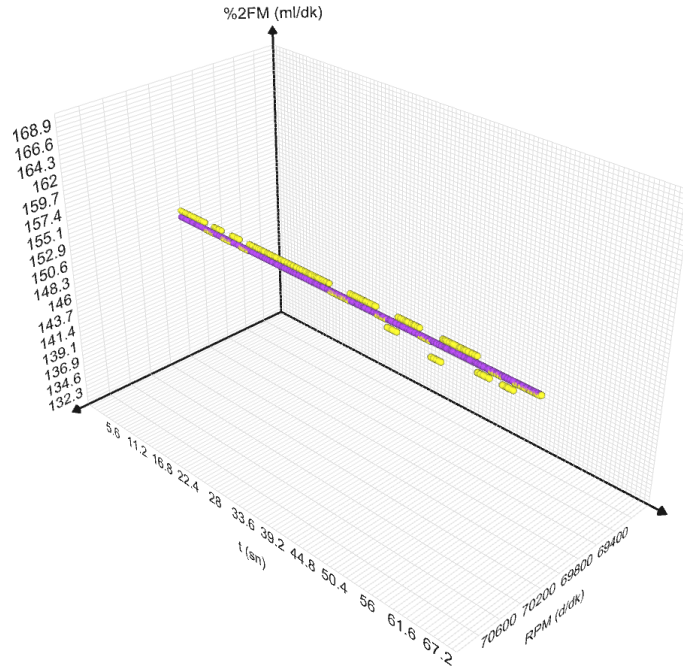


Şekil 5.192. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.193 ve Şekil 5.194’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 28.0223 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 151.088 ml/dk elde edilmiştir.



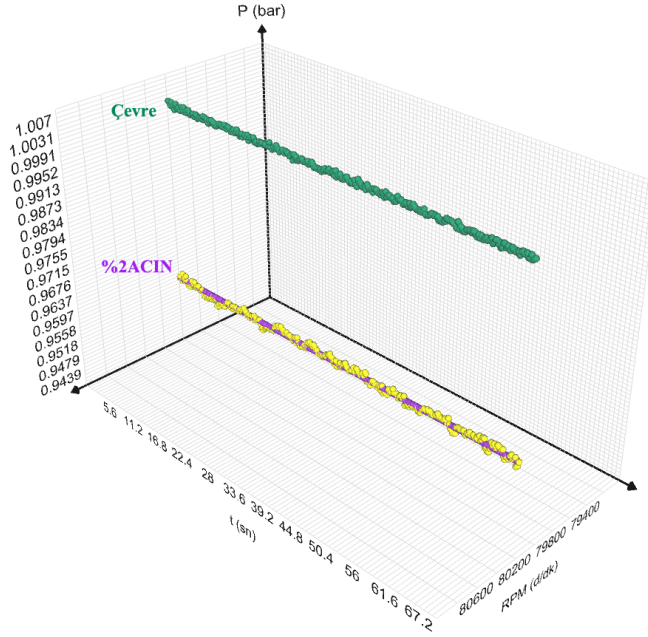
Şekil 5.193. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı



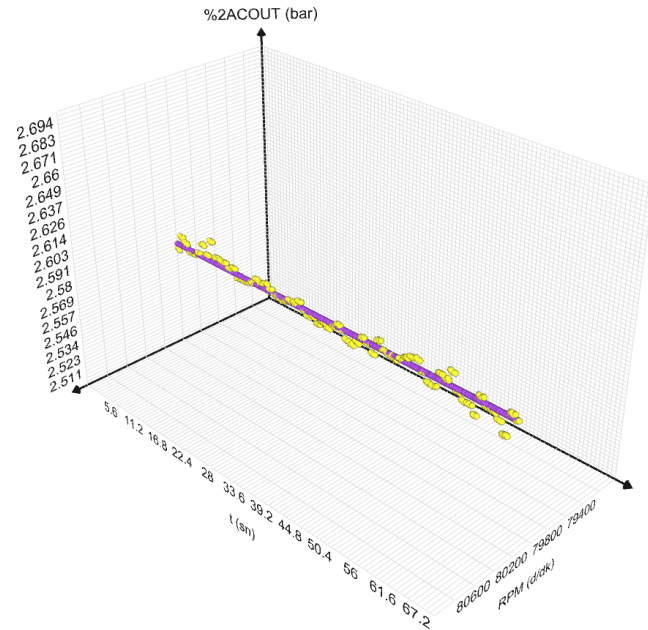
Şekil 5.194. %2TEST-E2, 70000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%2TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.195 ve Şekil 5.196’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95746 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57836 bar elde edilmiştir.

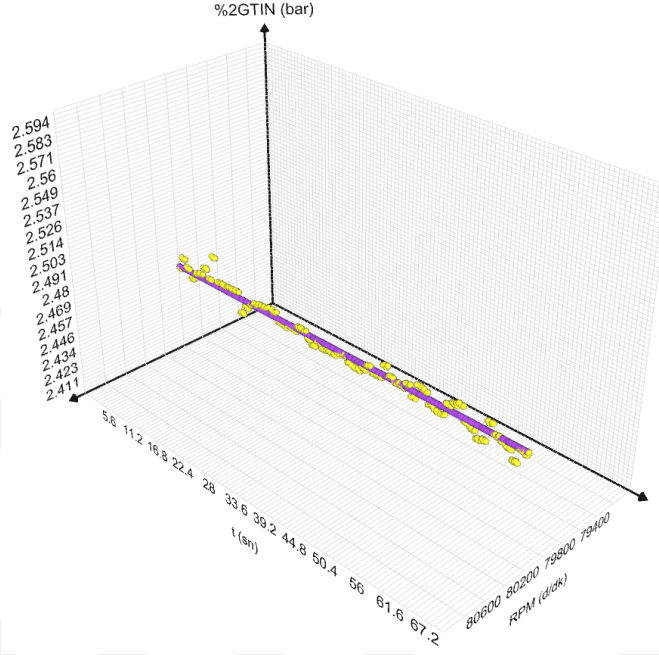


Şekil 5.195. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACIN basınç verileri dağılımı

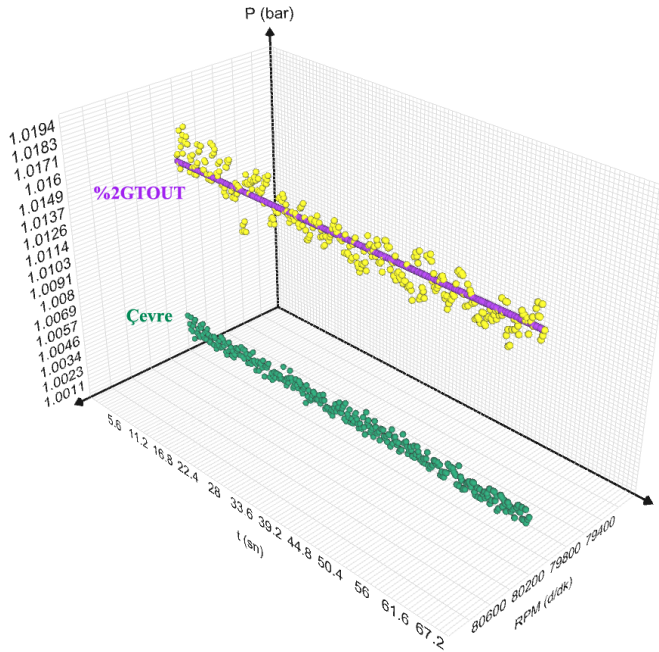


Şekil 5.196. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.197 ve Şekil 5.198'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46374 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01436 bar elde edilmiştir.

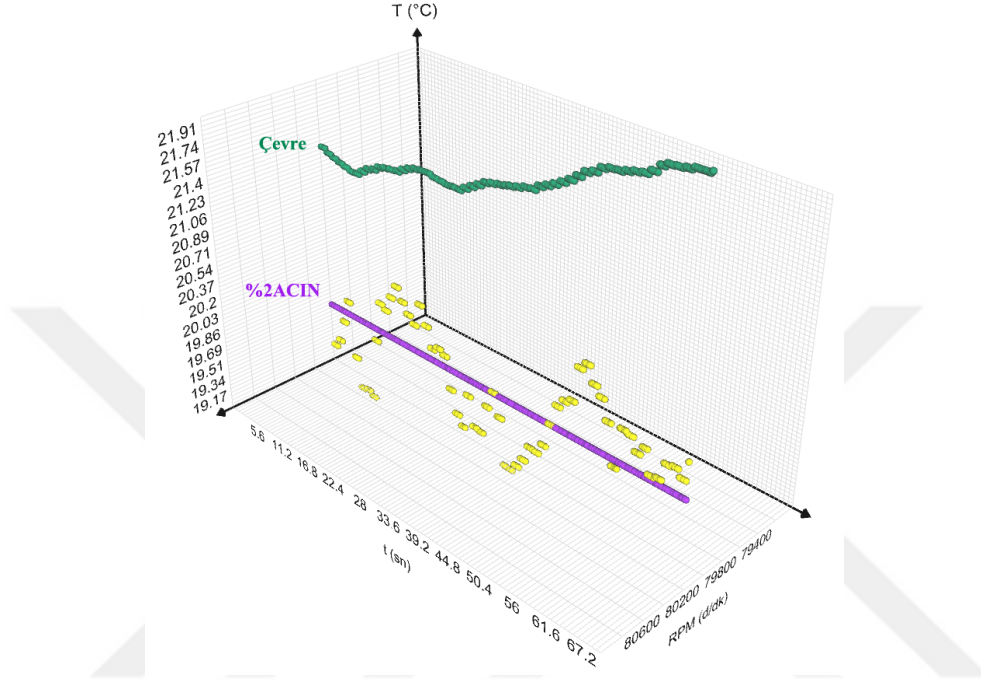


Şekil 5.197. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTIN basınç verileri dağılımı

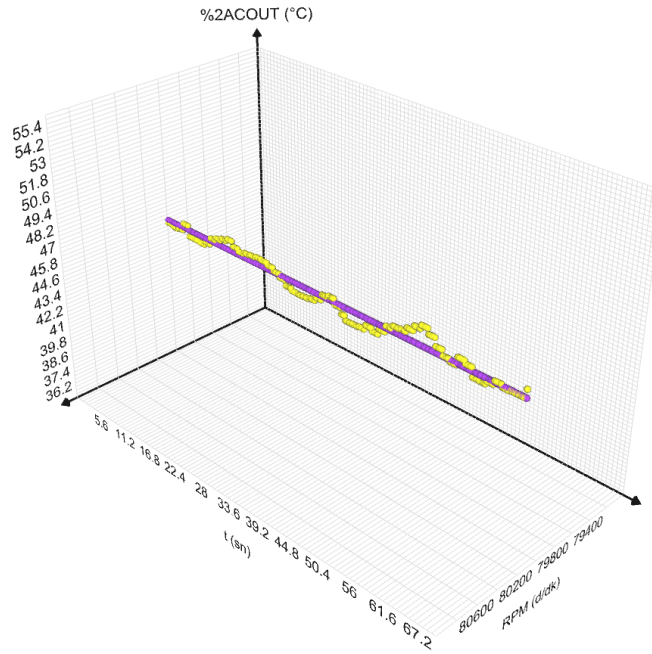


Şekil 5.198. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTOUT basınç verileri dağılımı

%2TEST-E2, 80000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%2ACIN) ve kompresör çıkış (%2ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.199 ve Şekil 5.200'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.6443 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 45.7045 °C elde edilmiştir.

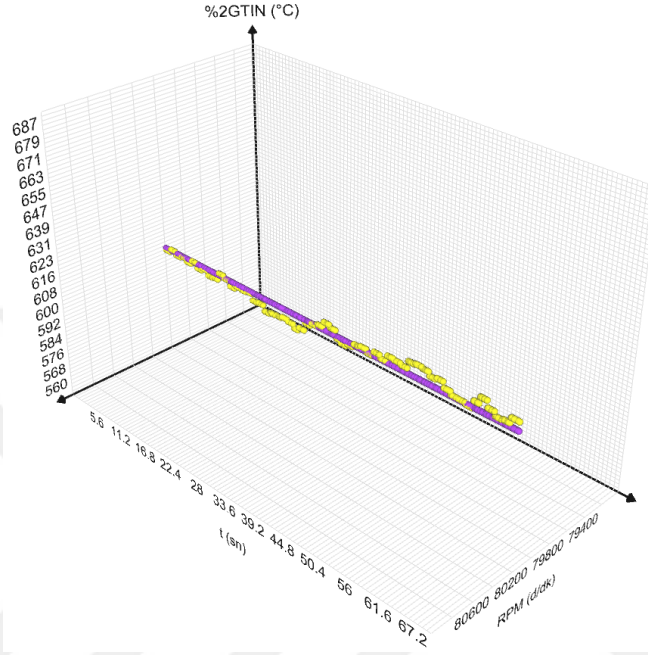


Şekil 5.199. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACIN sıcaklık verileri dağılımı

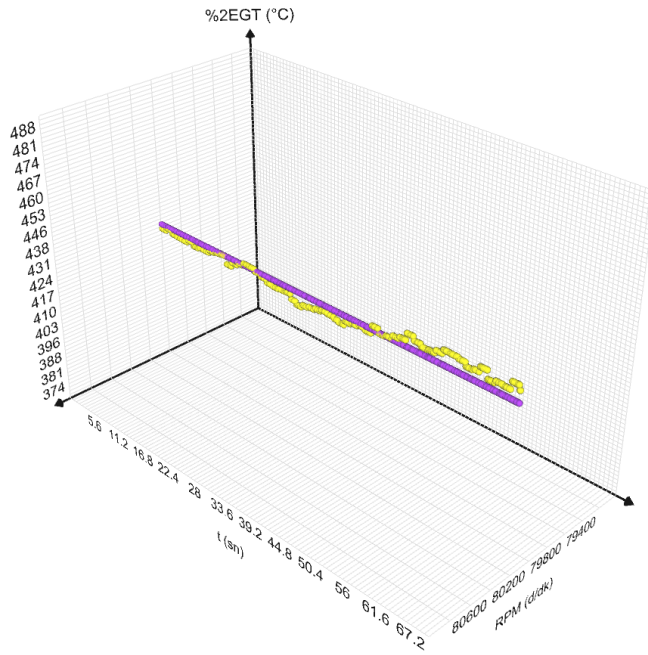


Şekil 5.200. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%2GTIN) ve türbin çıkış (%2GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.201 ve Şekil 5.202’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 606.762 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 429 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

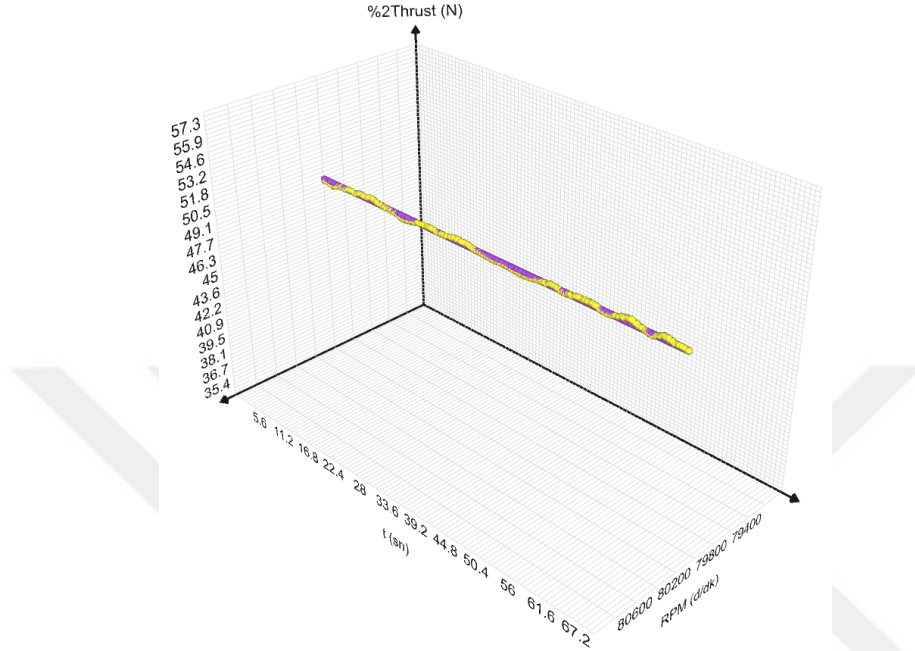


Şekil 5.201. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2GTIN sıcaklık verileri dağılımı

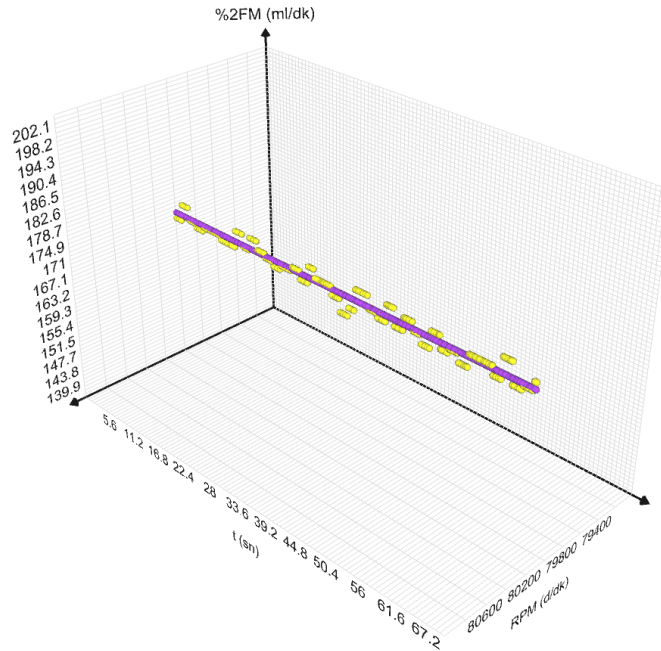


Şekil 5.202. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2EGT sıcaklık verileri dağılımı

%2TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.203 ve Şekil 5.204’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 49.5664 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 172.448 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.203. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2Thrust itki verileri dağılımı



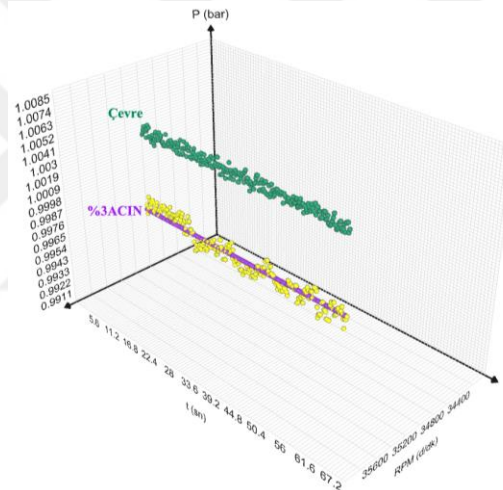
Şekil 5.204. %2TEST-E2, 80000 rpm, %2FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.3. %3TEST-E2

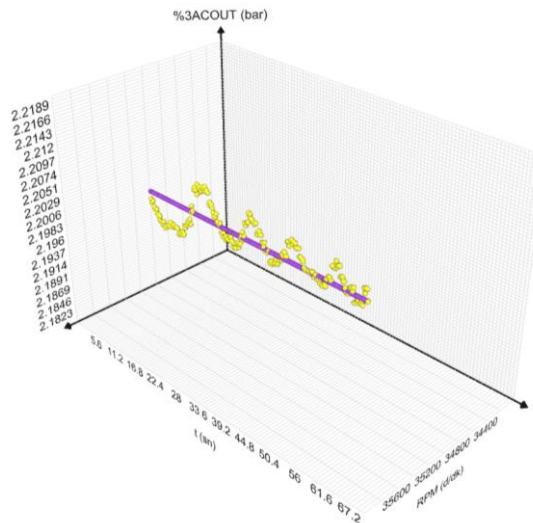
%3TEST-E2, geleneksel yakıtta %3 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%3TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.205 ve Şekil 5.206’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99578 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19828 bar elde edilmiştir.

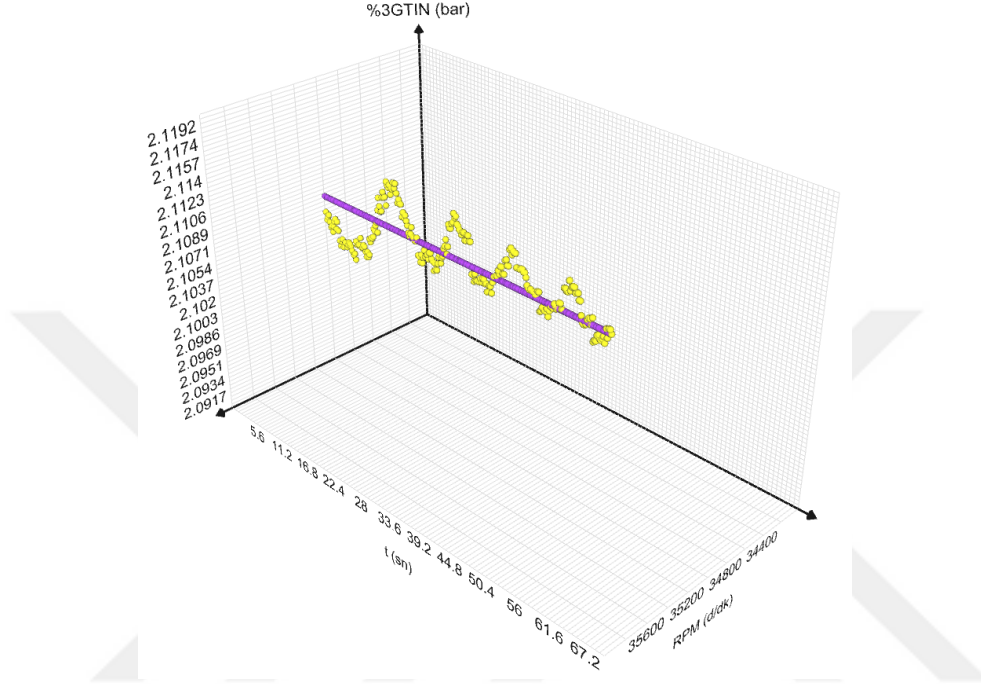


Şekil 5.205. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı

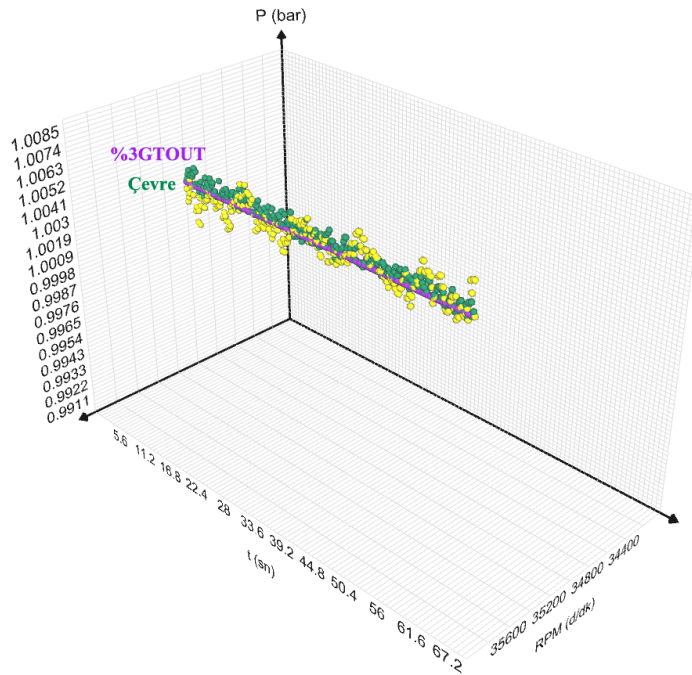


Şekil 5.206. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.207 ve Şekil 5.208'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10814 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00276 bar elde edilmiştir.

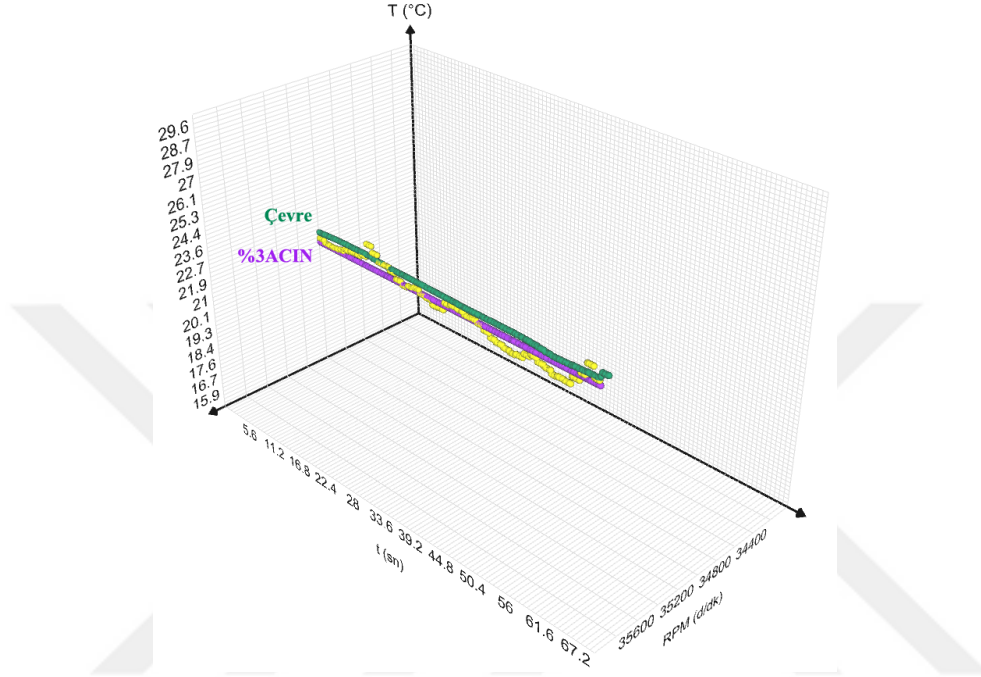


Şekil 5.207. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı

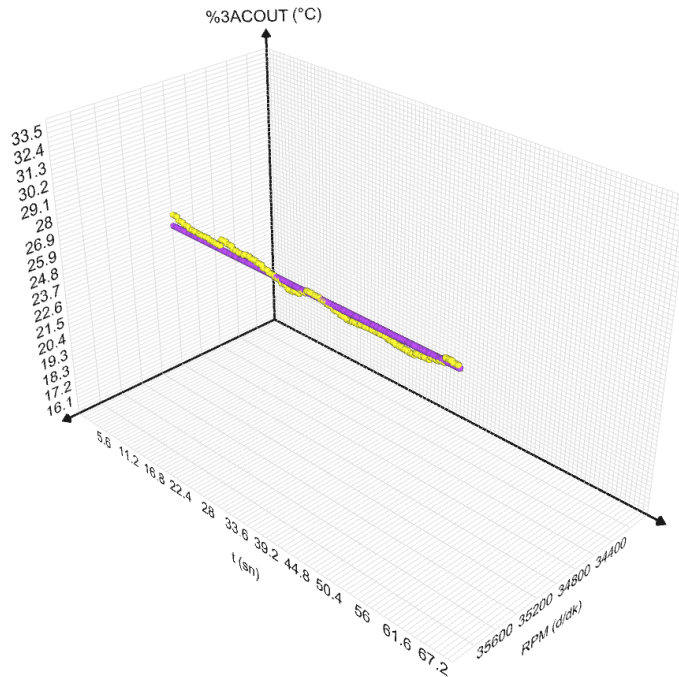


Şekil 5.208. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.209 ve Şekil 5.210’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.6036 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 24.8344 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

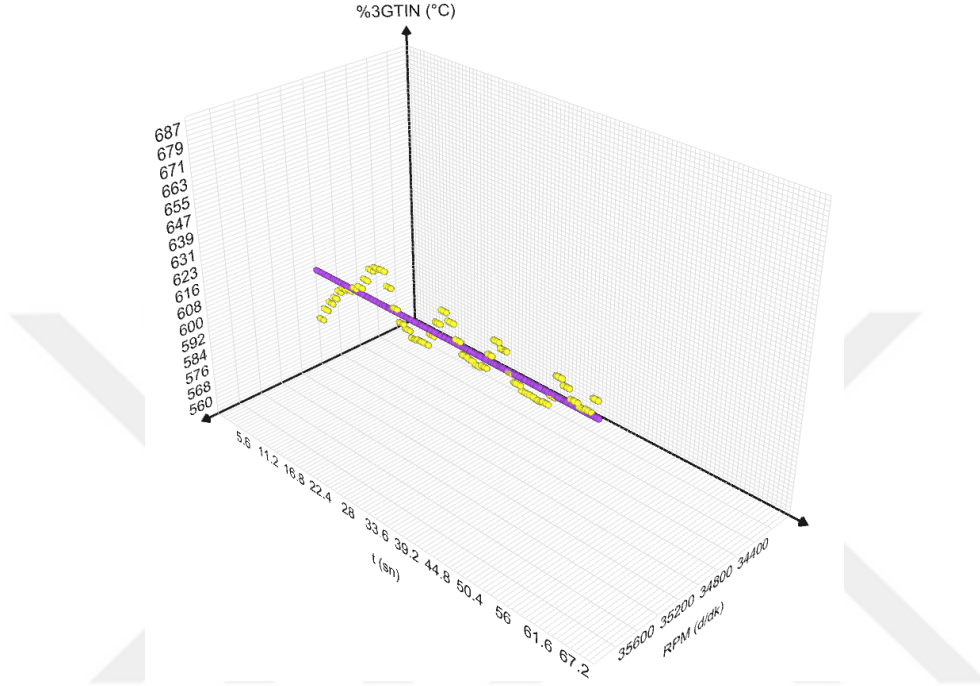


Şekil 5.209. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı

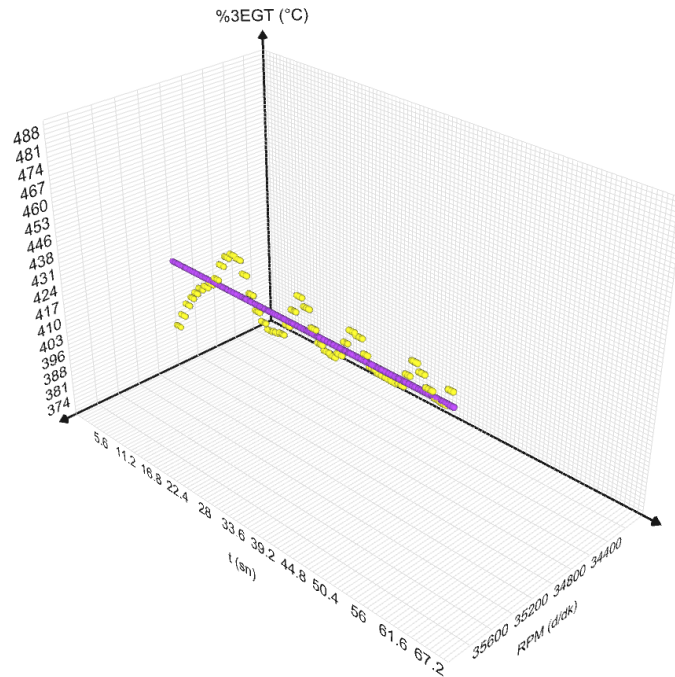


Şekil 5.210. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.211 ve Şekil 5.212’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 601.329 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 416.311 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

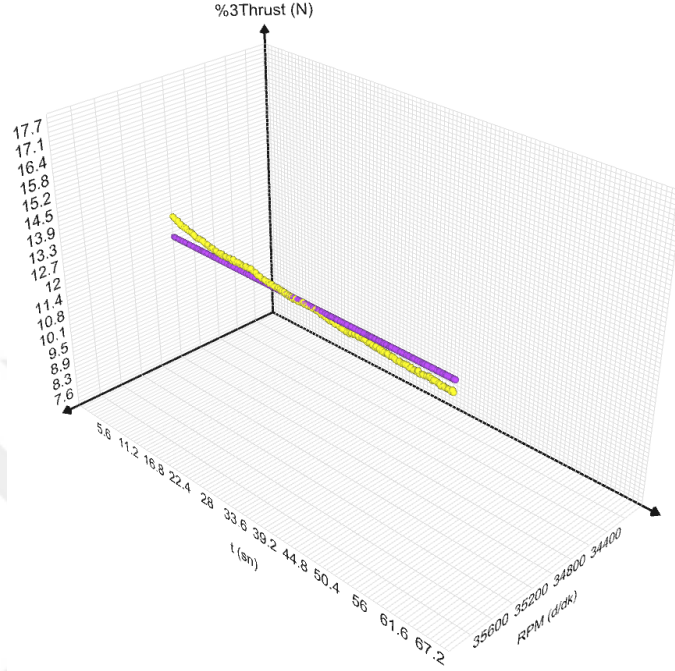


Şekil 5.211. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı

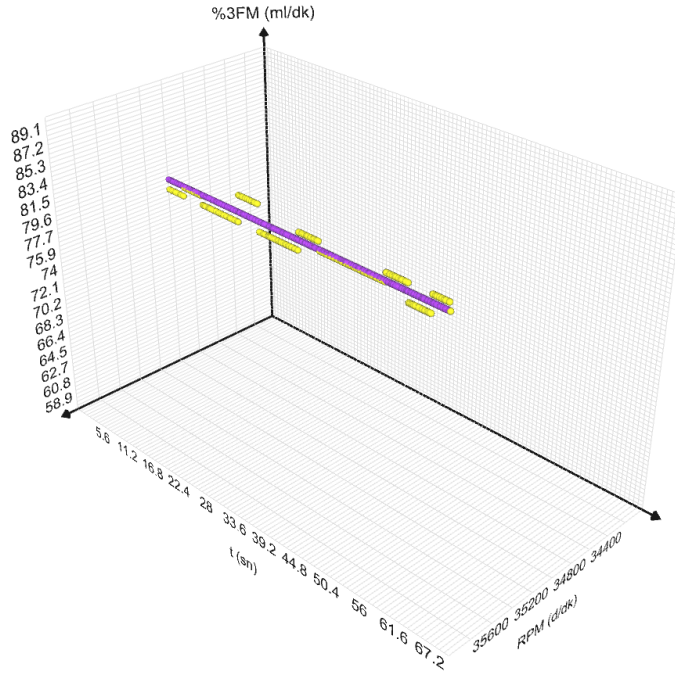


Şekil 5.212. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.213 ve Şekil 5.214’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 12.0119 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 79.1244 ml/dk elde edilmiştir.



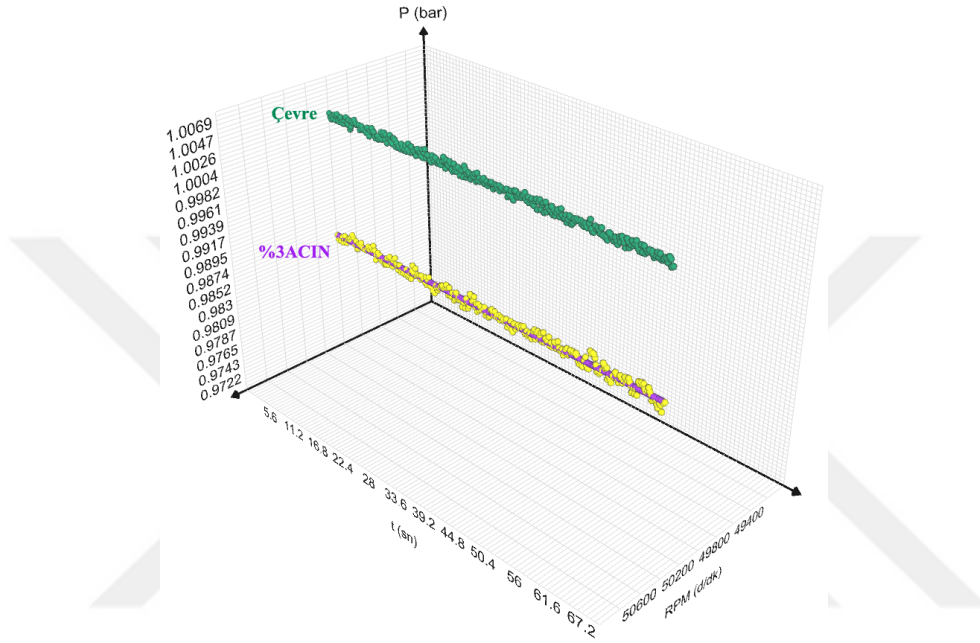
Şekil 5.213. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı



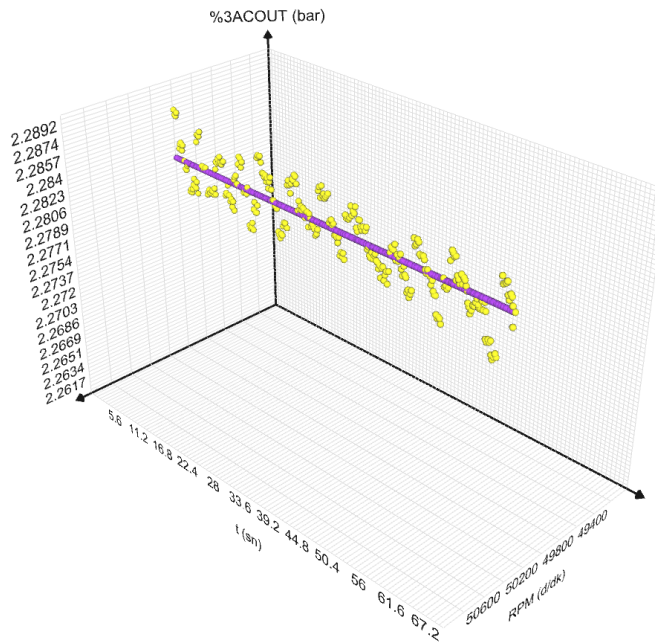
Şekil 5.214. %3TEST-E2, 35000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%3TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.215 ve Şekil 5.216’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98651 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28196 bar elde edilmiştir.

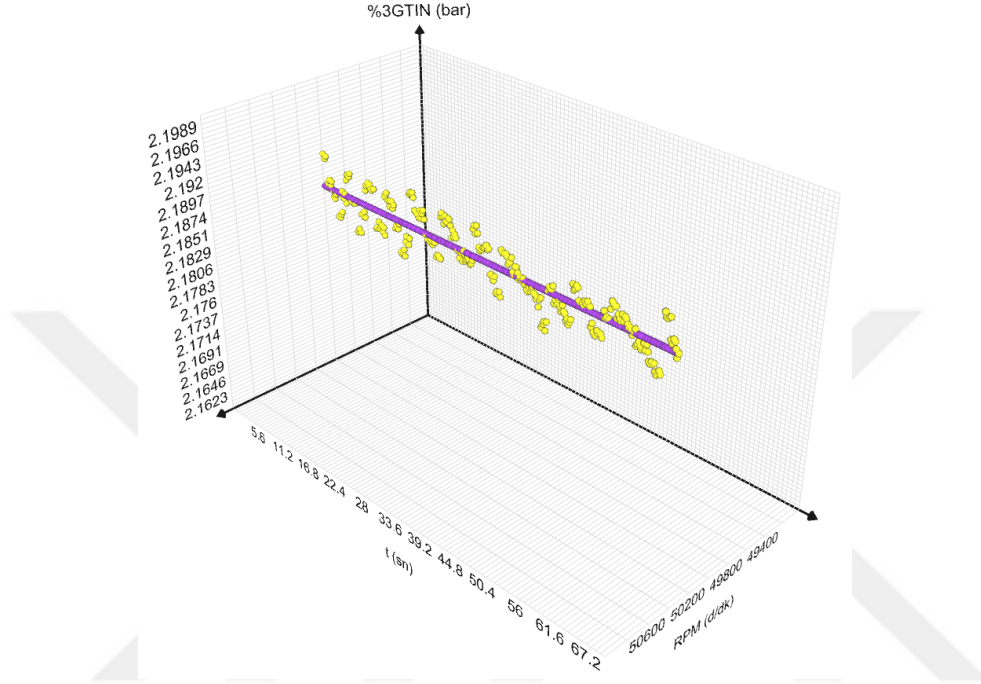


Şekil 5.215. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı

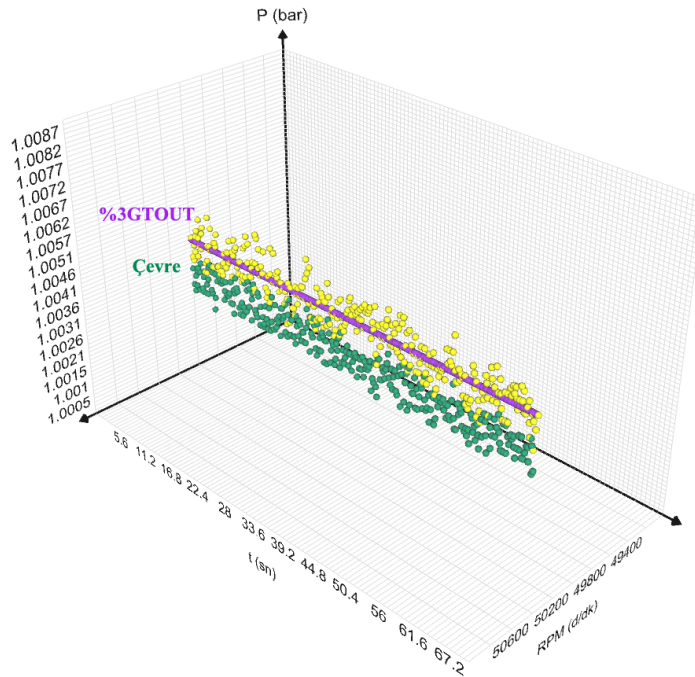


Şekil 5.216. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.217 ve Şekil 5.218'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.18572 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00423 bar elde edilmiştir.

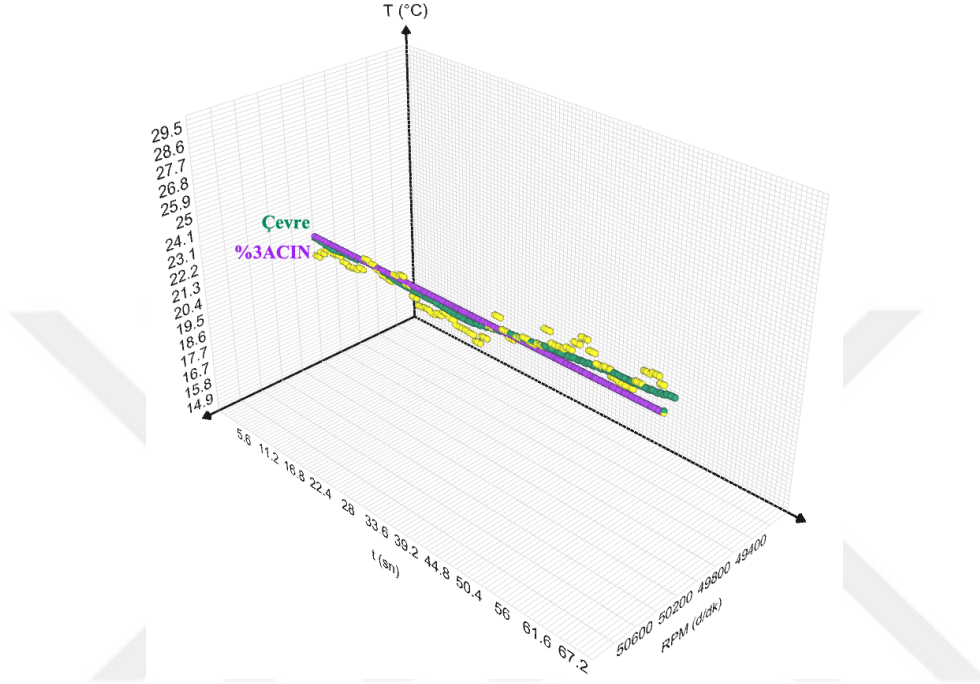


Şekil 5.217. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı

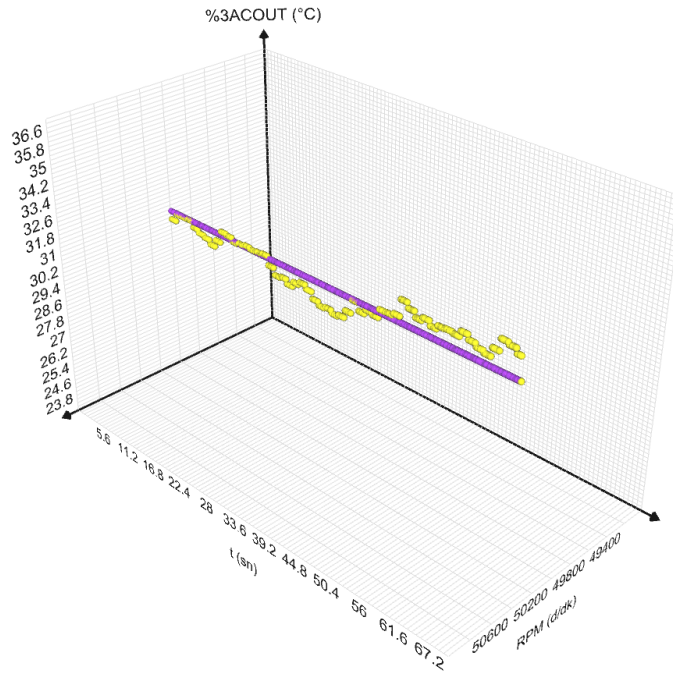


Şekil 5.218. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.219 ve Şekil 5.220’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.5274 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.9316 °C elde edilmiştir.

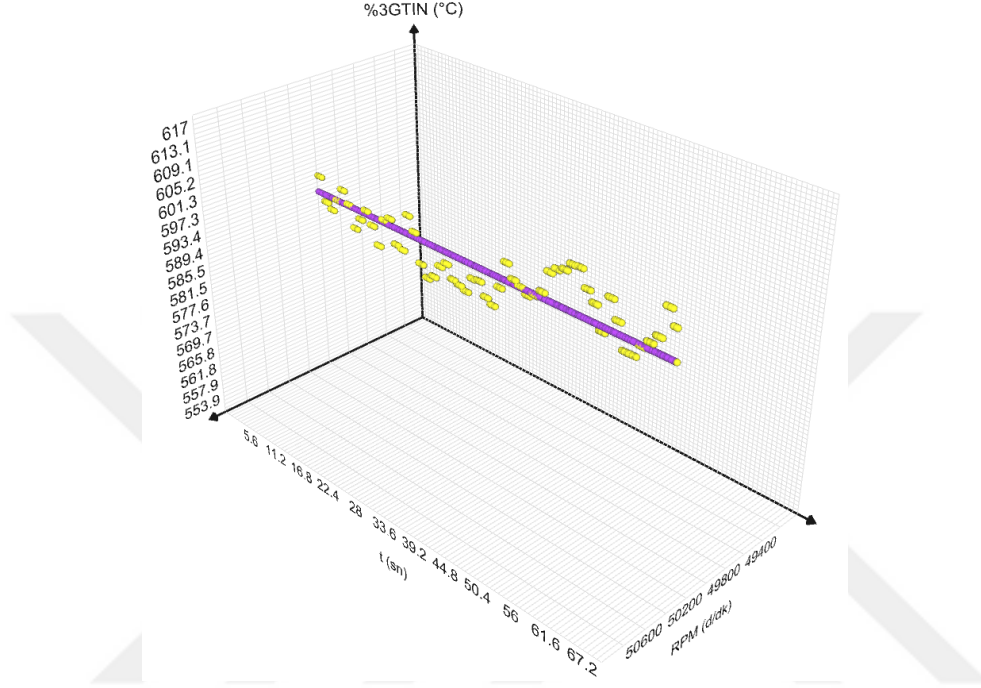


Şekil 5.219. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı

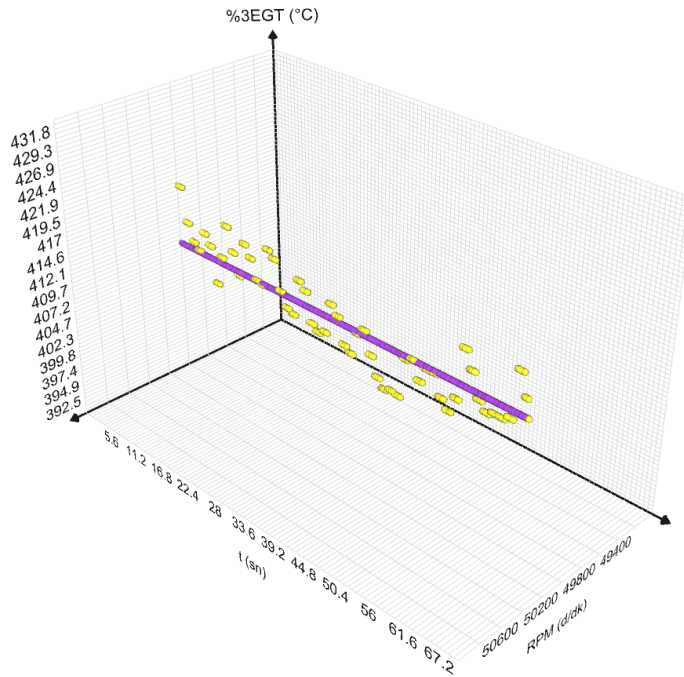


Şekil 5.220. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.221 ve Şekil 5.222'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 593.245 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 409.714 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

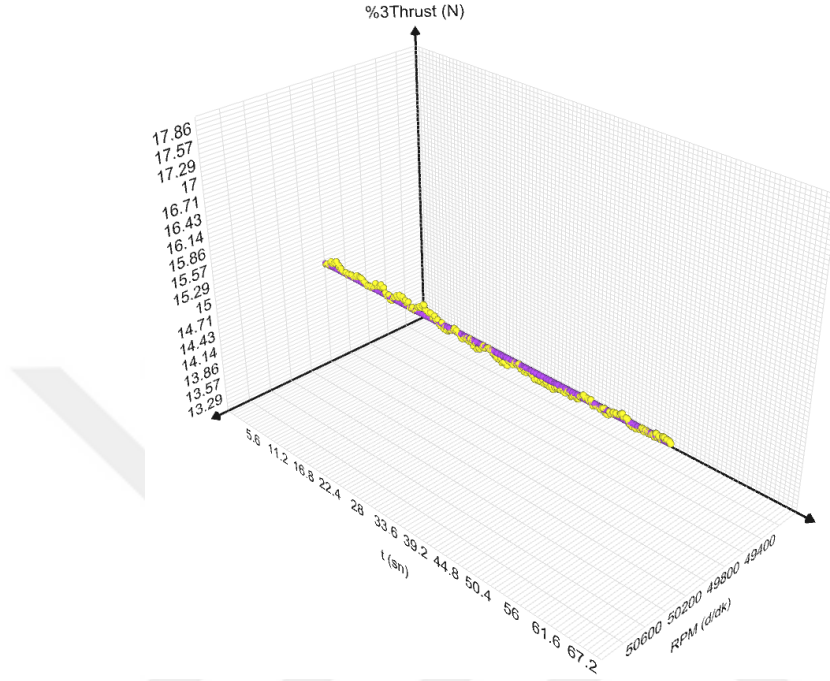


Şekil 5.221. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı

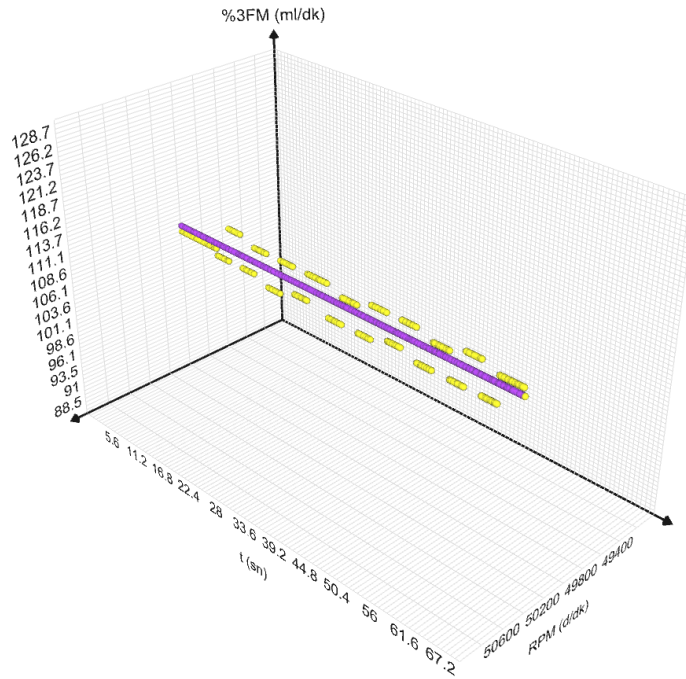


Şekil 5.222. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.223 ve Şekil 5.224’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 14.8742 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 108.872 ml/dk elde edilmiştir.



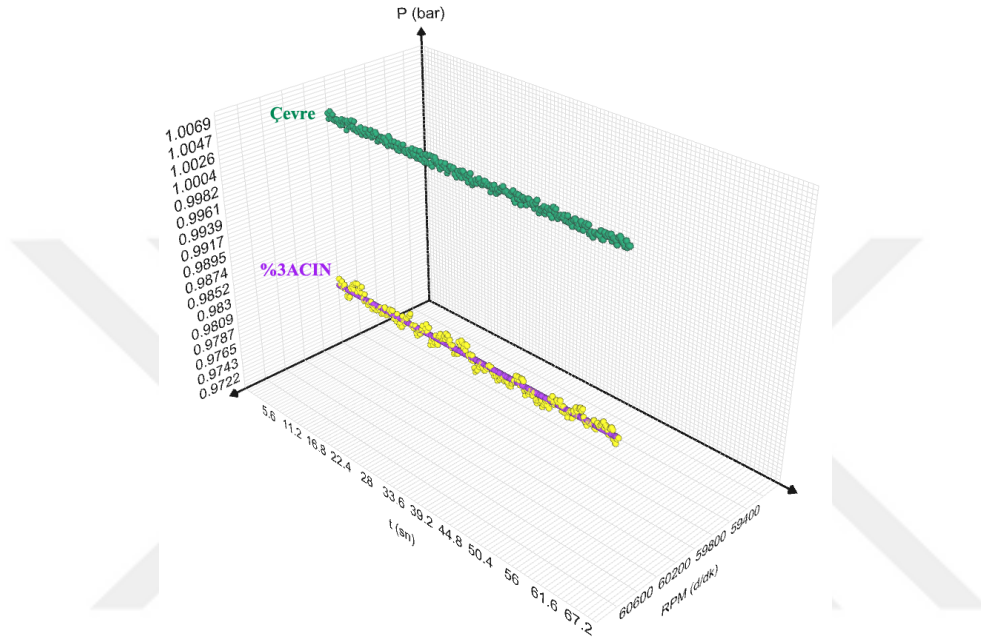
Şekil 5.223. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı



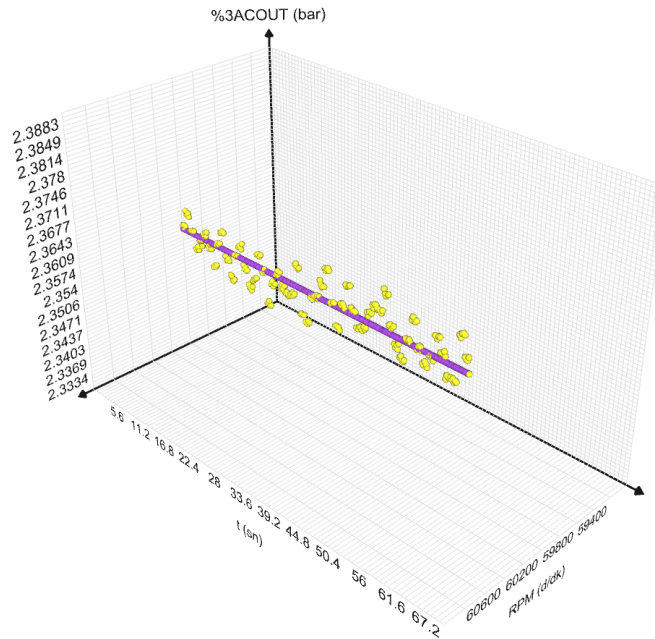
Şekil 5.224. %3TEST-E2, 50000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%3TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.225 ve Şekil 5.226’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97894 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.3576 bar elde edilmiştir.

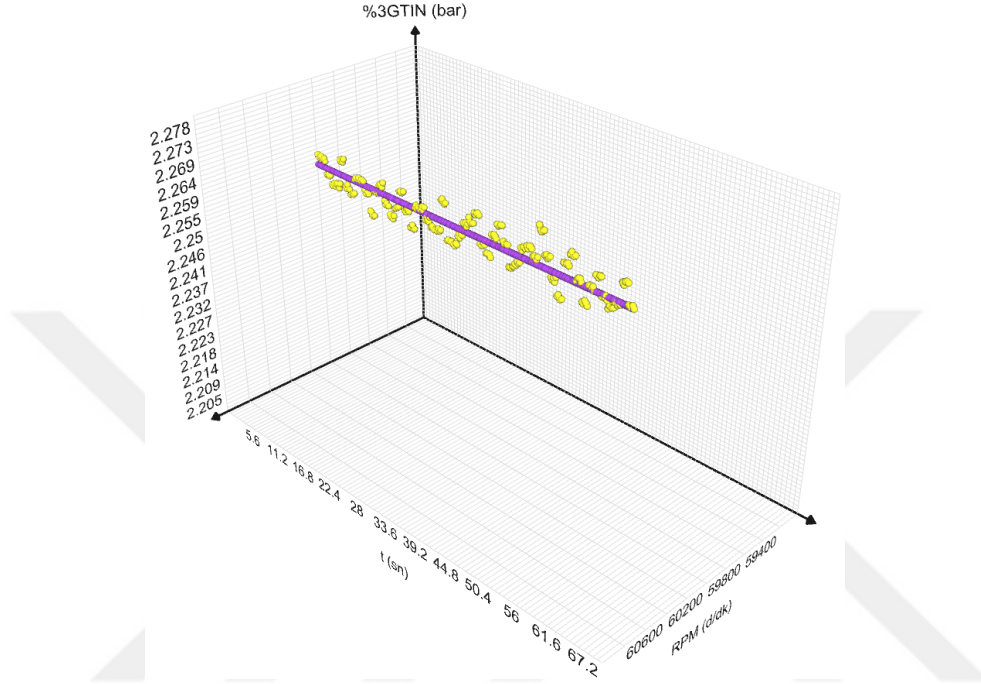


Şekil 5.225. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı

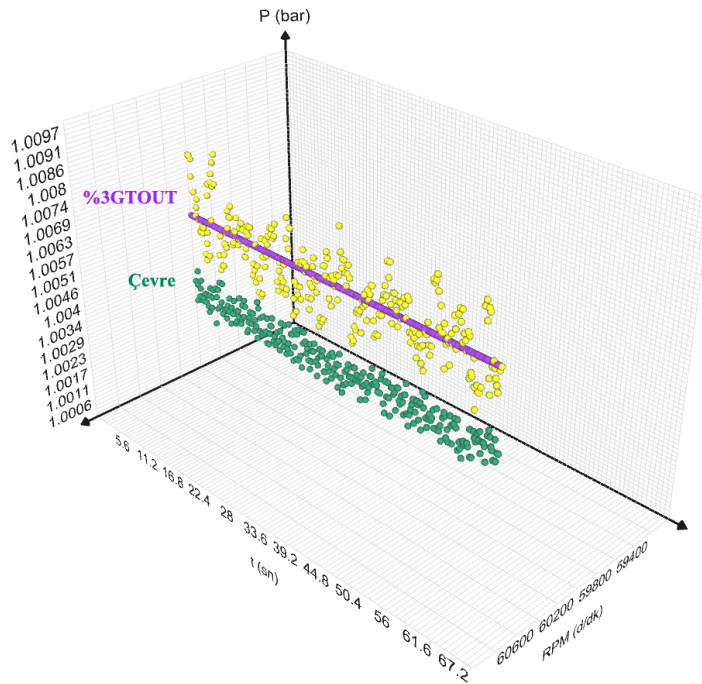


Şekil 5.226. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.227 ve Şekil 5.228'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25769 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00564 bar elde edilmiştir.

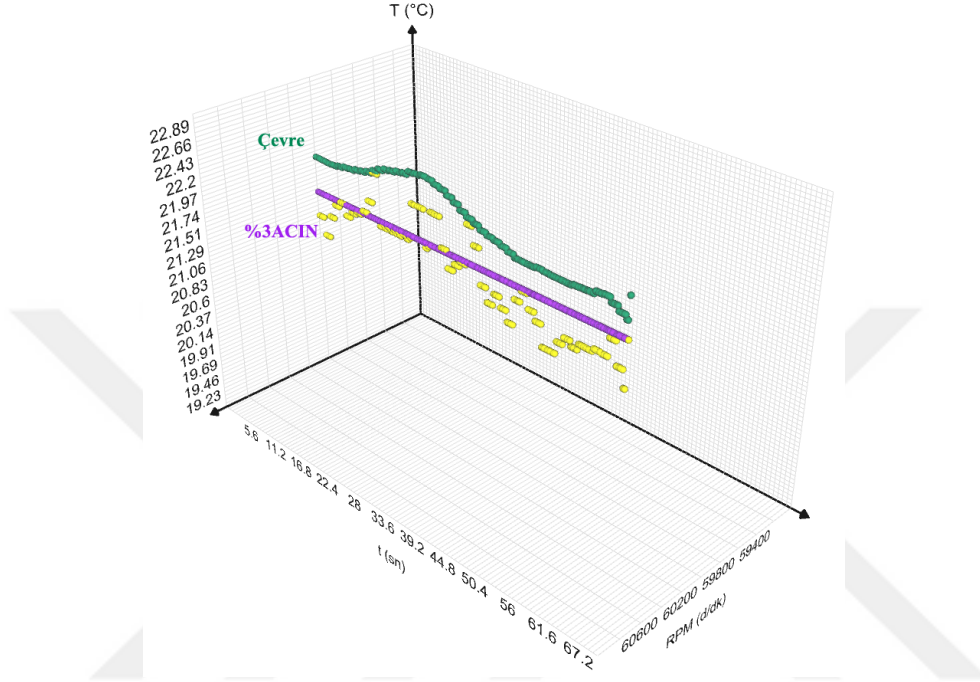


Şekil 5.227. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı

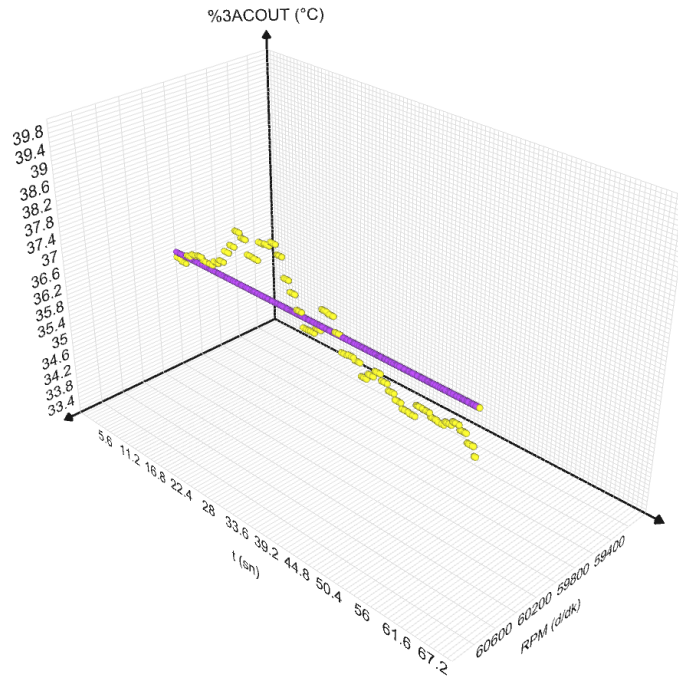


Şekil 5.228. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 60000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.229 ve Şekil 5.230'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4781°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.9719°C elde edilmiştir.

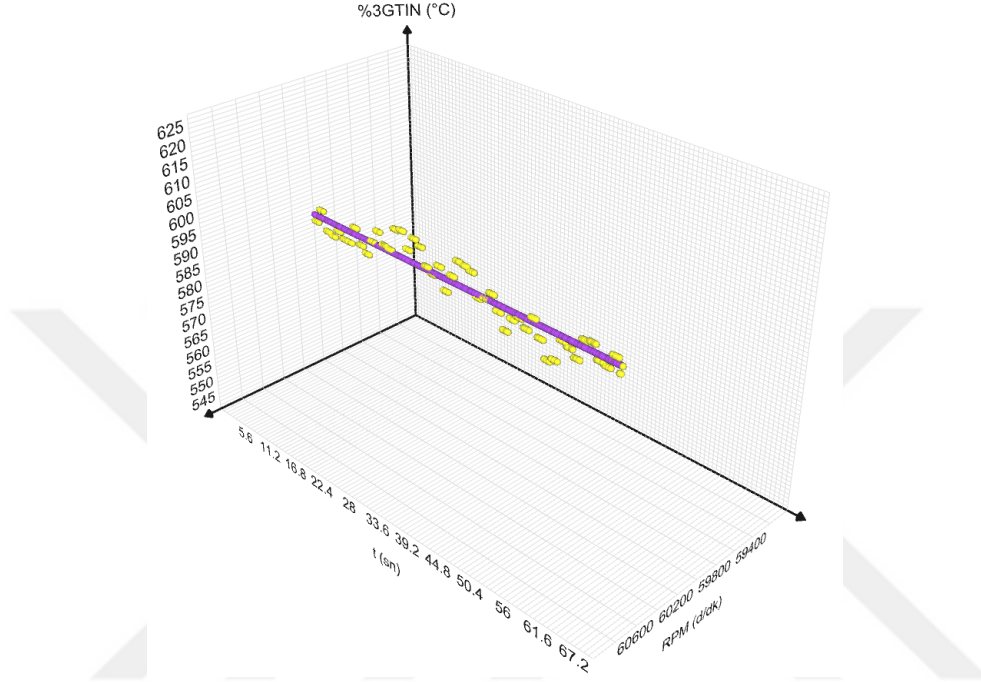


Şekil 5.229. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı

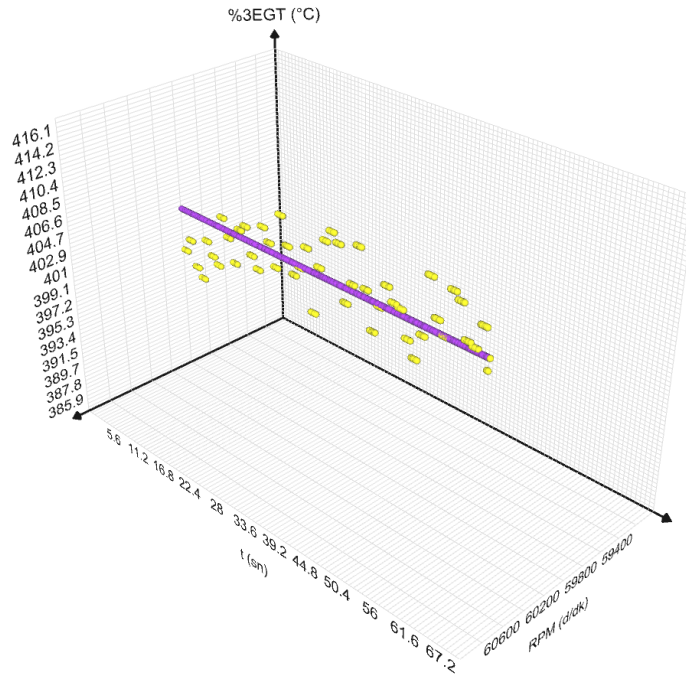


Şekil 5.230. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.231 ve Şekil 5.232’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 587.86 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 402.986 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

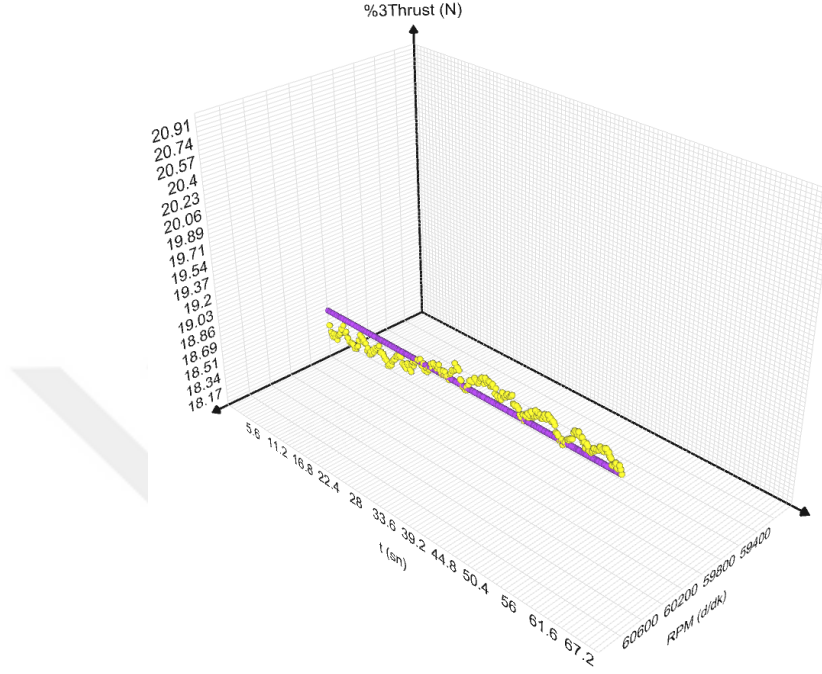


Şekil 5.231. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı

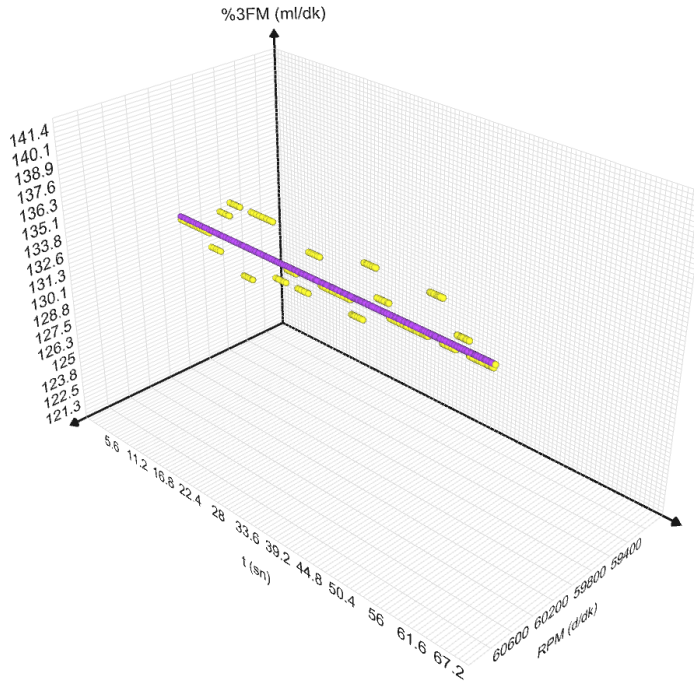


Şekil 5.232. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.233 ve Şekil 5.234’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 18.5395 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 132.245 ml/dk elde edilmiştir.



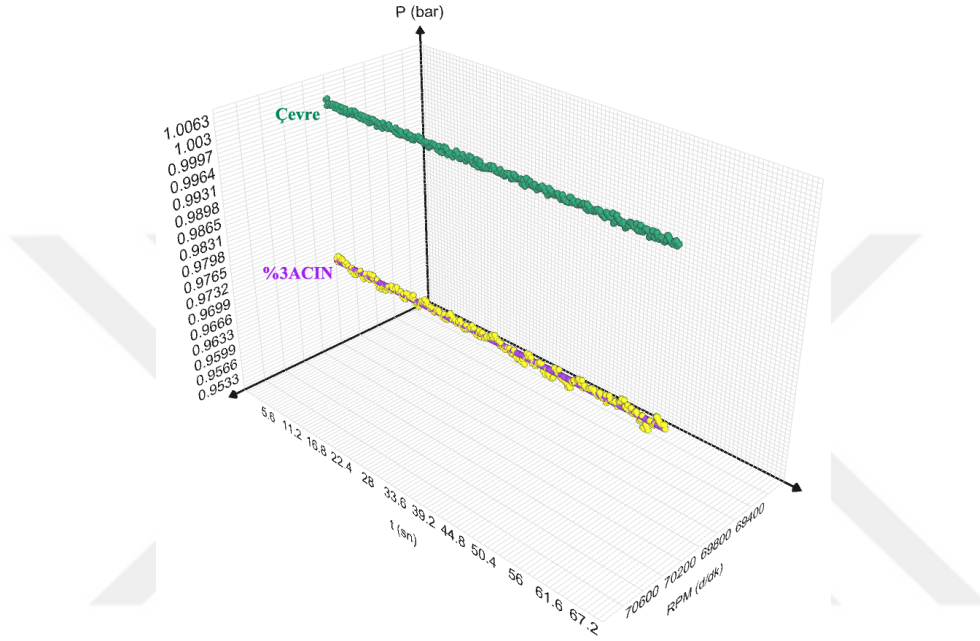
Şekil 5.233. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı



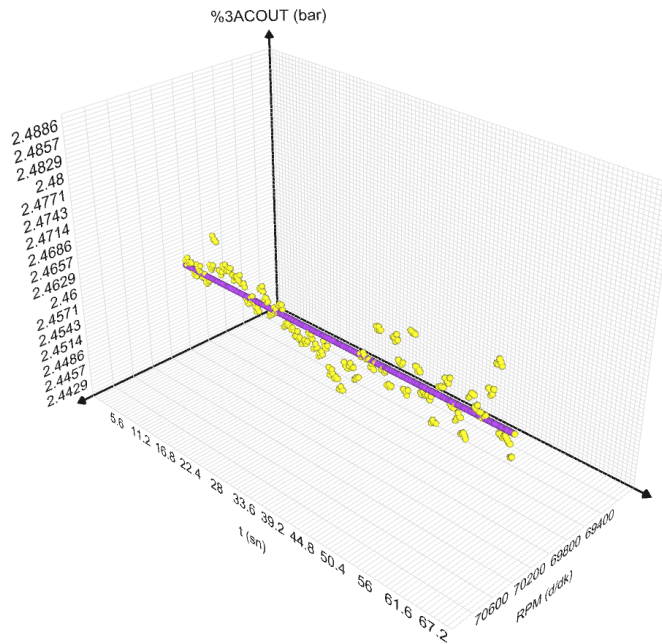
Şekil 5.234. %3TEST-E2, 60000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%3TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.235 ve Şekil 5.236’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96933 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45682 bar elde edilmiştir.

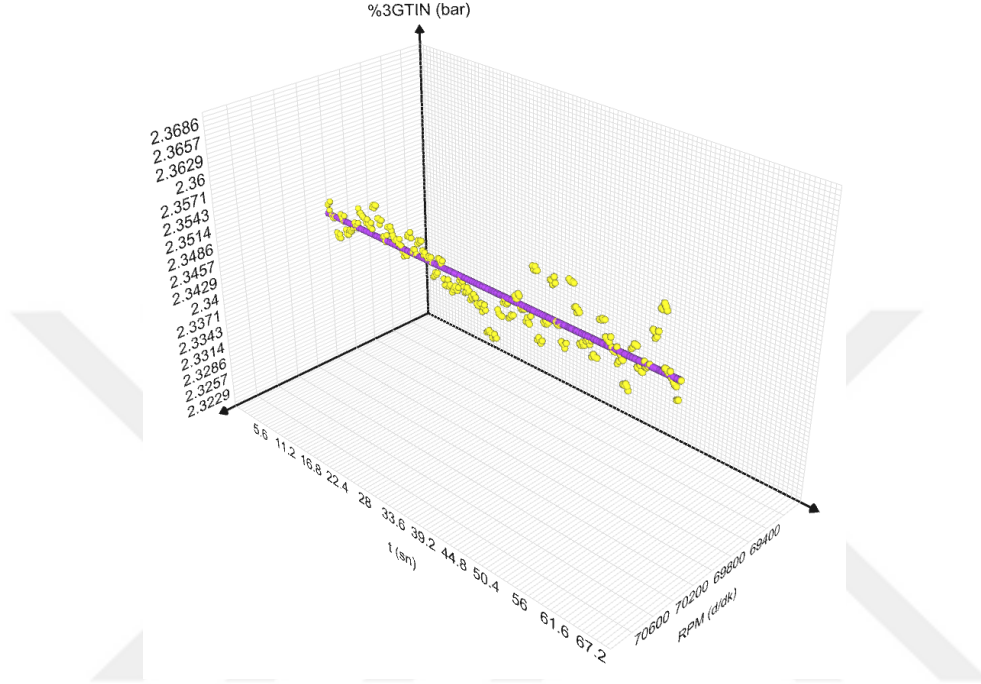


Şekil 5.235. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı

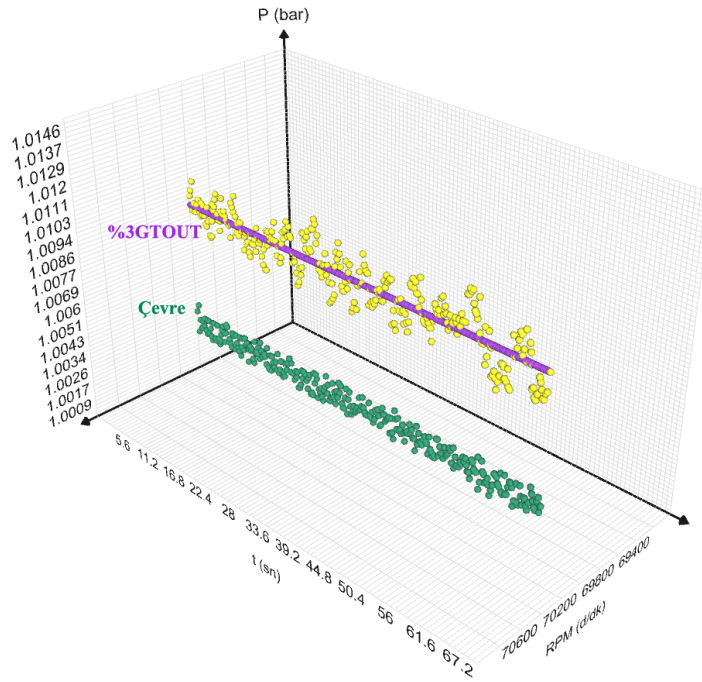


Şekil 5.236. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.237 ve Şekil 5.238'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.34701 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00894 bar elde edilmiştir.

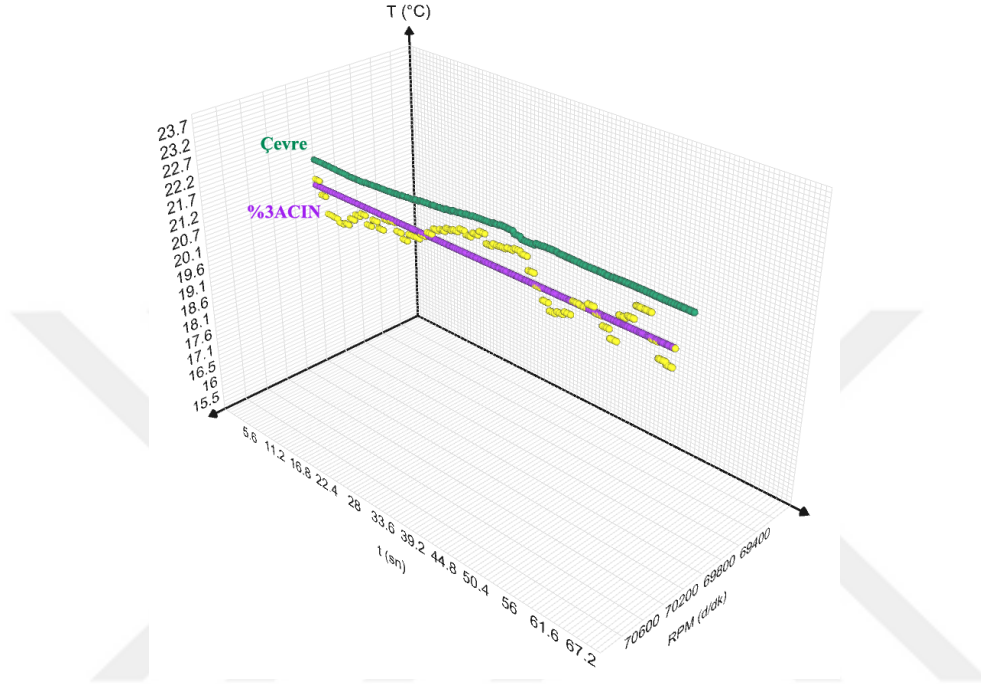


Şekil 5.237. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı

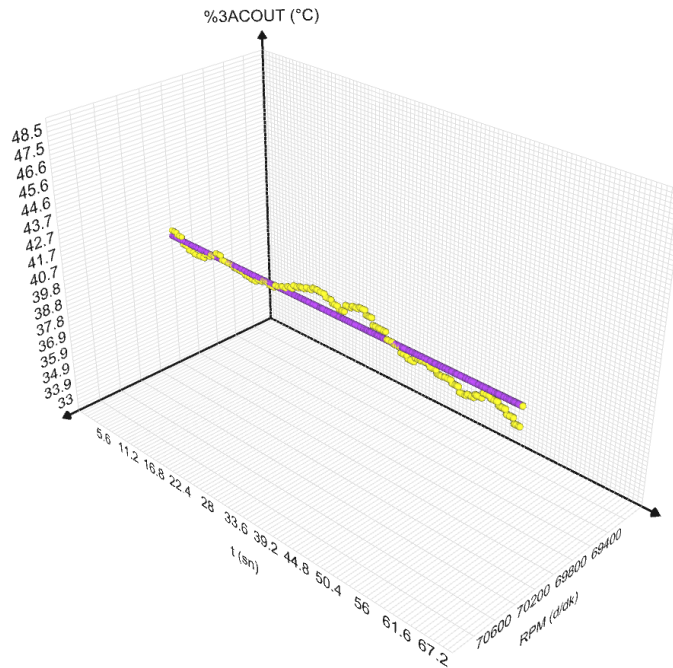


Şekil 5.238. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.239 ve Şekil 5.240’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.823 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 40.133 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

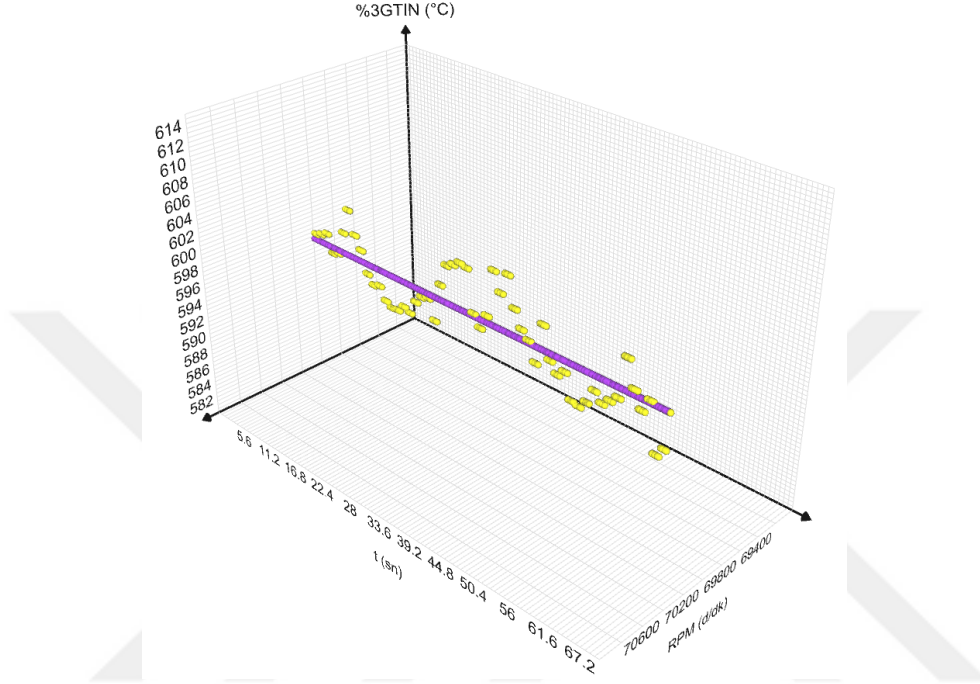


Şekil 5.239. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı

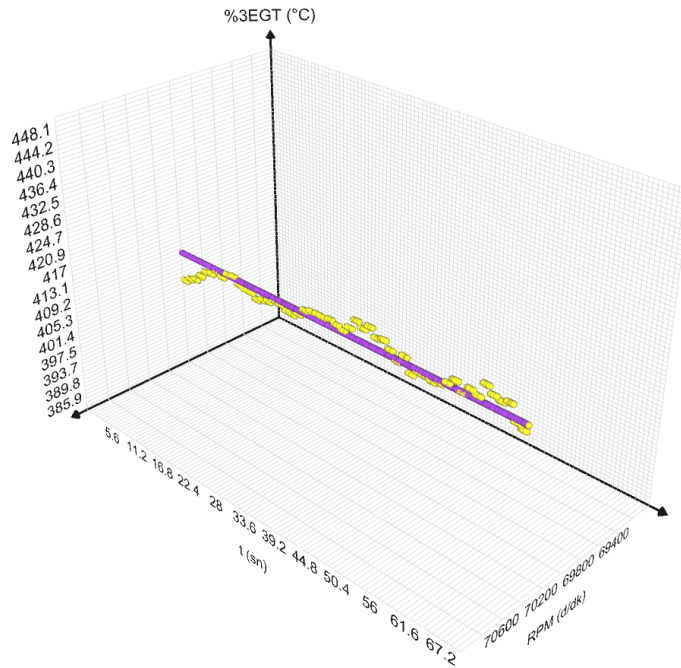


Şekil 5.240. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.241 ve Şekil 5.242’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 596.237 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 410.248 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

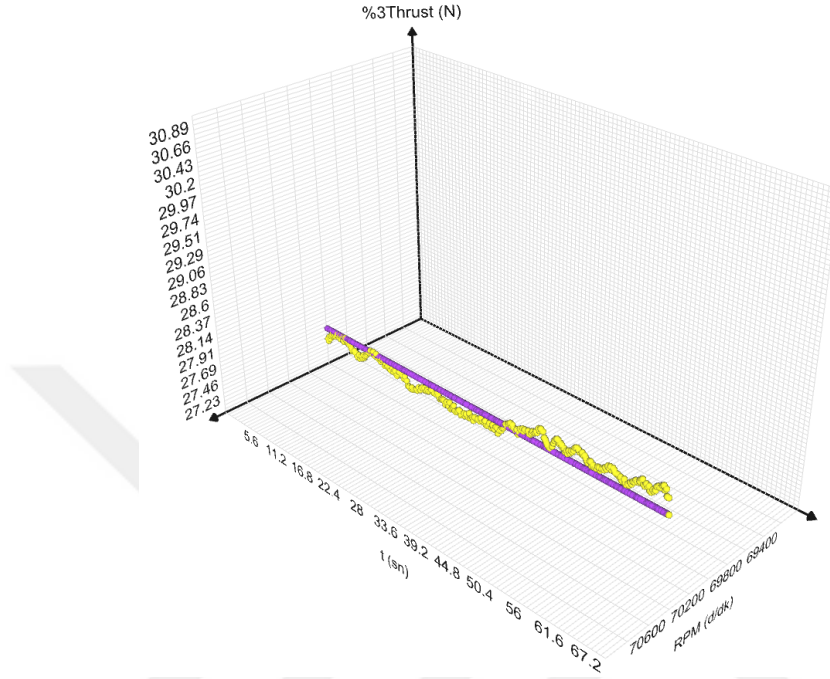


Şekil 5.241. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı

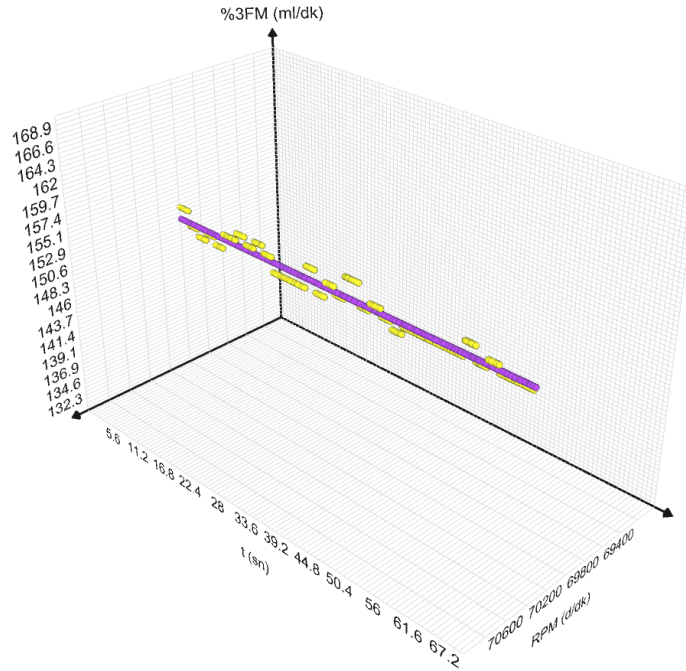


Şekil 5.242. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.243 ve Şekil 5.244’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 27.5451 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 151.384 ml/dk elde edilmiştir.



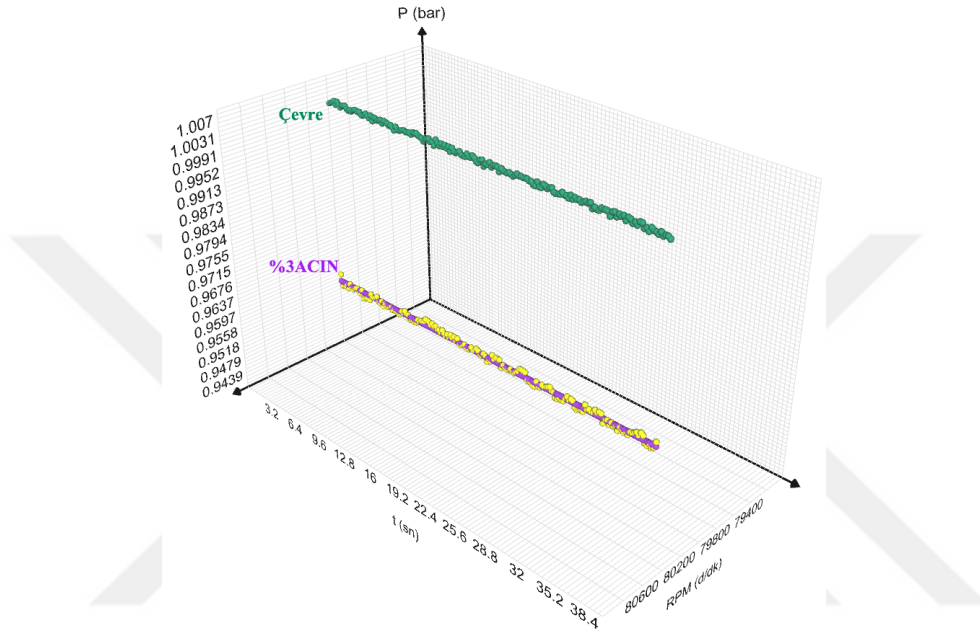
Şekil 5.243. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı



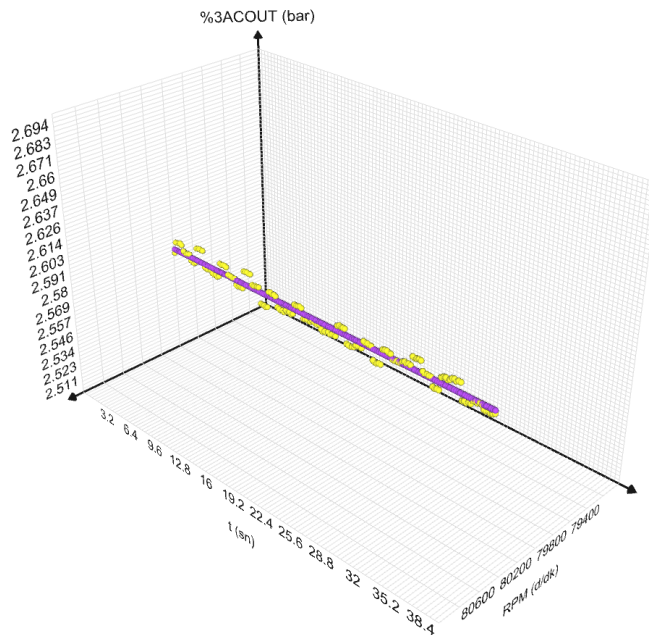
Şekil 5.244. %3TEST-E2, 70000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%3TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.245 ve Şekil 5.246’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95715 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57812 bar elde edilmiştir.

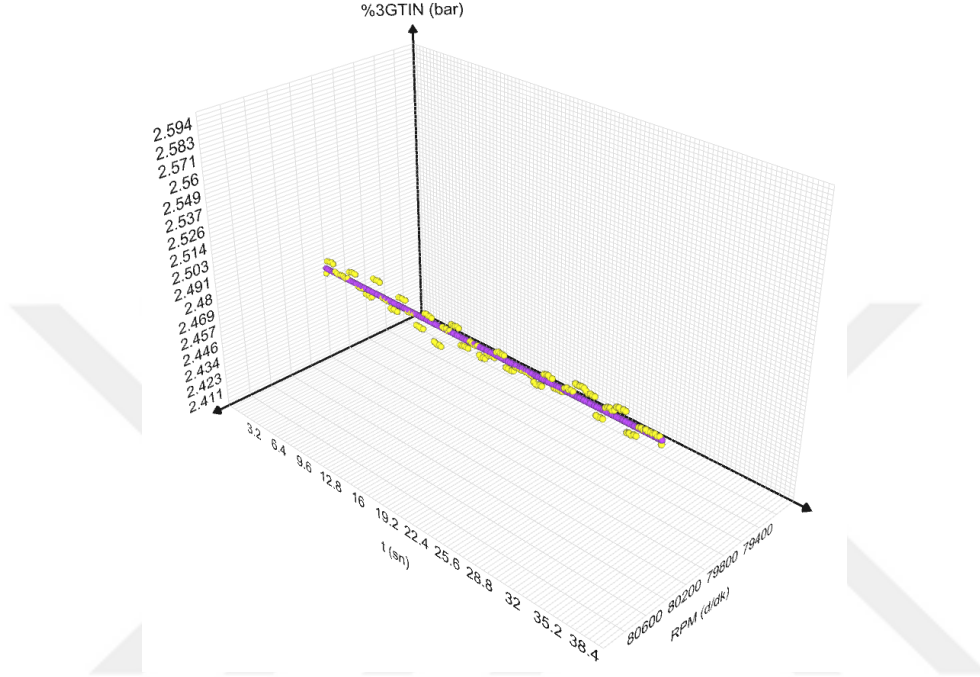


Şekil 5.245. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACIN basınç verileri dağılımı

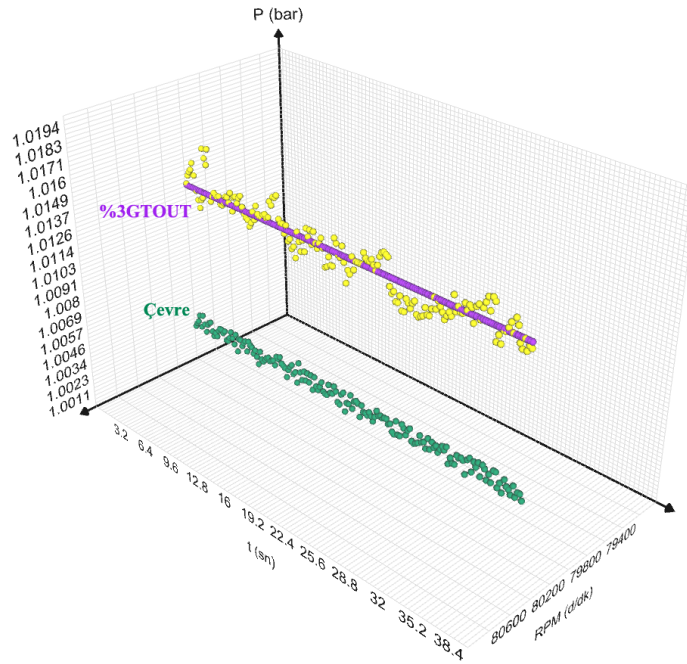


Şekil 5.246. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.247 ve Şekil 5.248'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46817 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01299 bar elde edilmiştir.

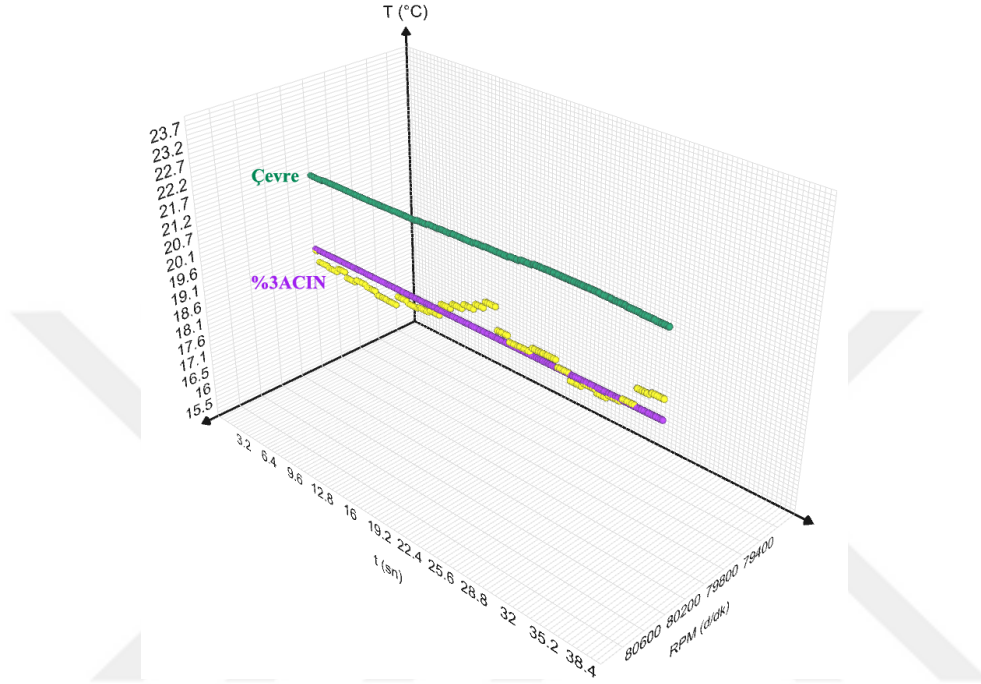


Şekil 5.247. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTIN basınç verileri dağılımı

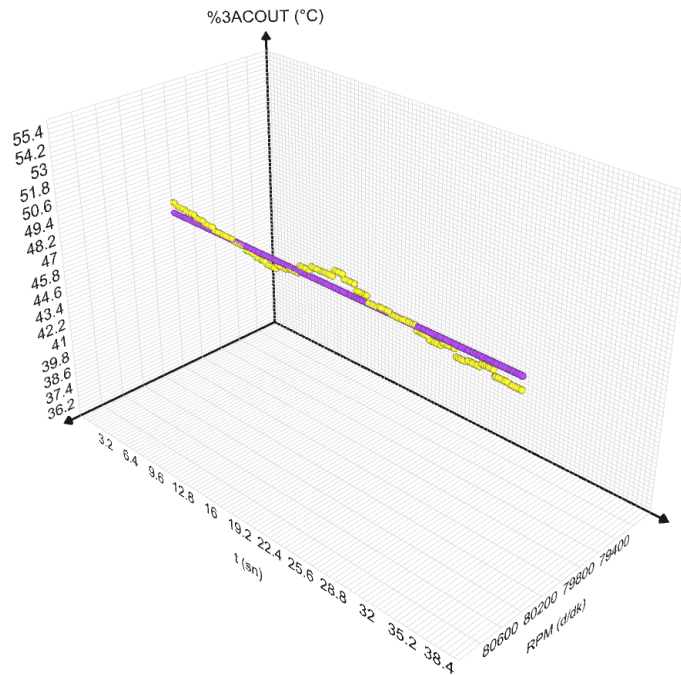


Şekil 5.248. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTOUT basınç verileri dağılımı

%3TEST-E2, 80000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%3ACIN) ve kompresör çıkış (%3ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.249 ve Şekil 5.250'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 18.9414 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 47.007 °C elde edilmiştir.

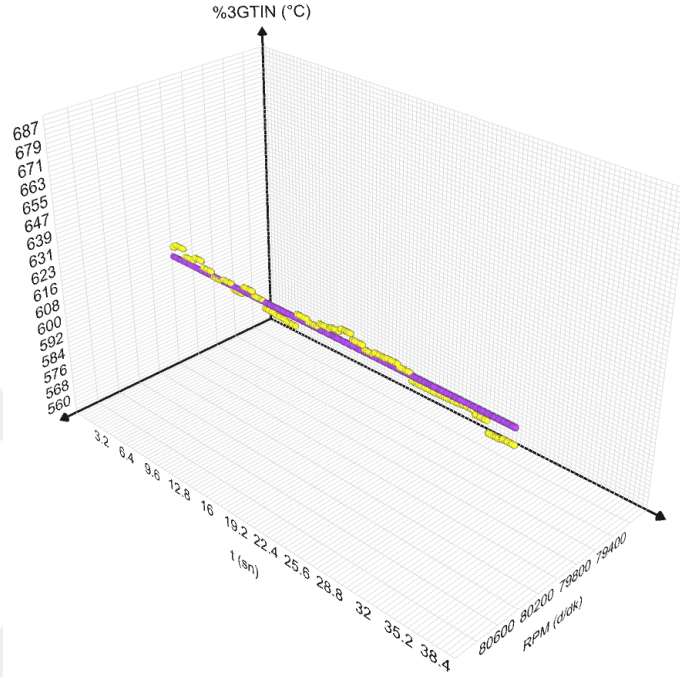


Şekil 5.249. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACIN sıcaklık verileri dağılımı

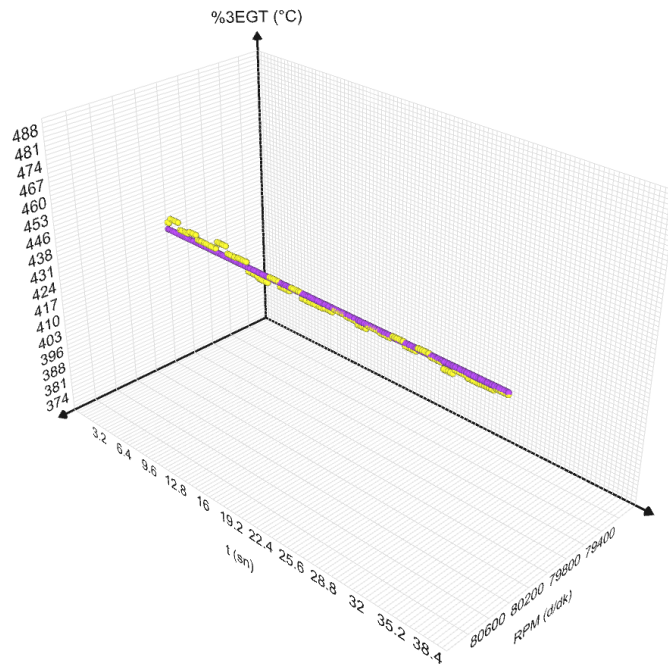


Şekil 5.250. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%3GTIN) ve türbin çıkış (%3GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.251 ve Şekil 5.252’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 608.143 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 430.011 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

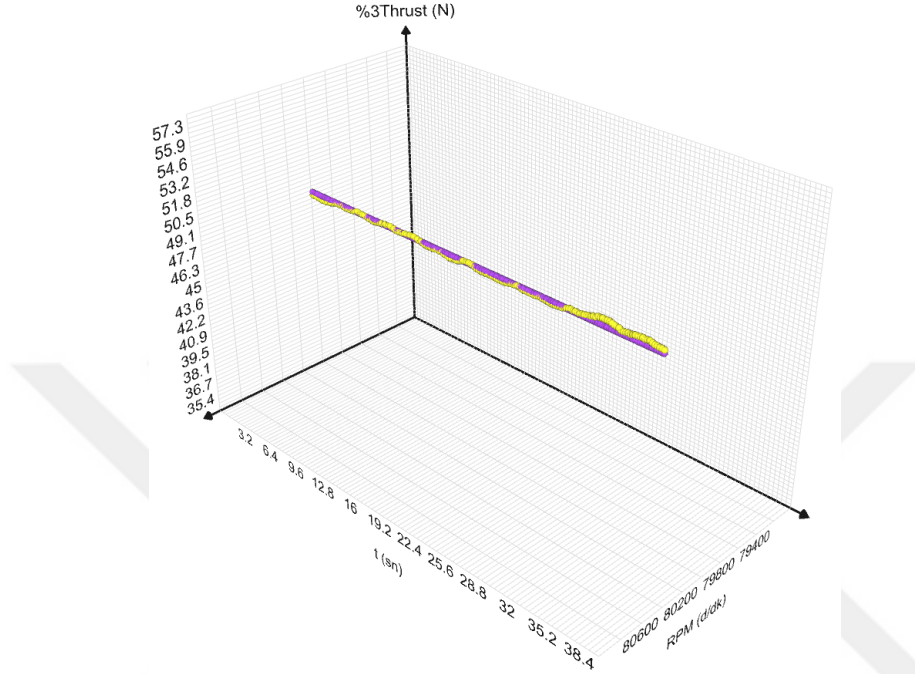


Şekil 5.251. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3GTIN sıcaklık verileri dağılımı

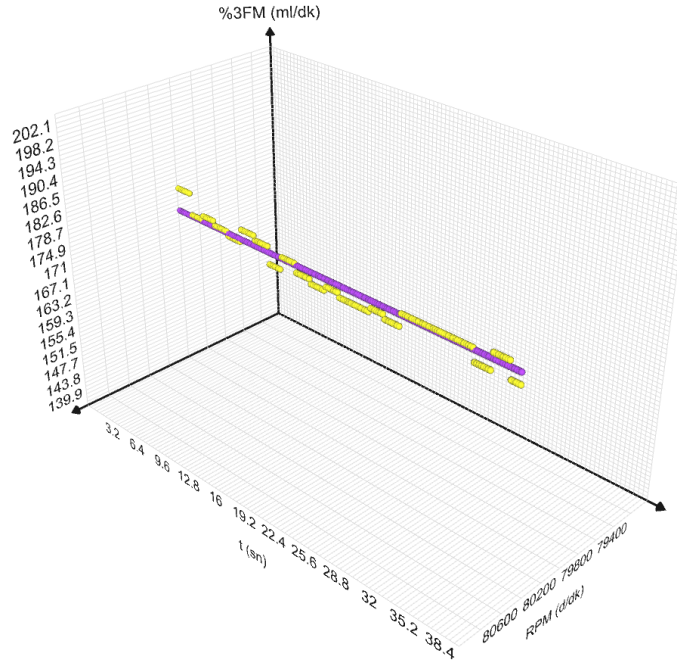


Şekil 5.252. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3EGT sıcaklık verileri dağılımı

%3TEST-E2, 80000 rpm'de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.253 ve Şekil 5.254'de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 49.0124 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 173.69 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.253. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3Thrust itki verileri dağılımı



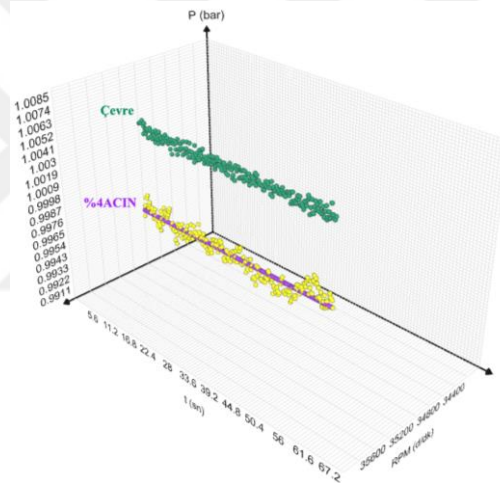
Şekil 5.254. %3TEST-E2, 80000 rpm, %3FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.4. %4TEST-E2

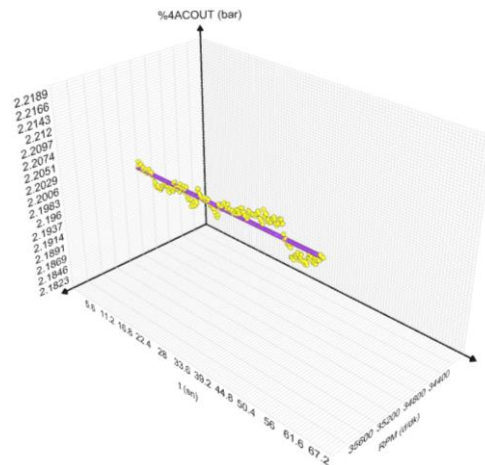
%4TEST-E2, geleneksel yakıtta %4 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%4TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.255 ve Şekil 5.256’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99548 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19903 bar elde edilmiştir.

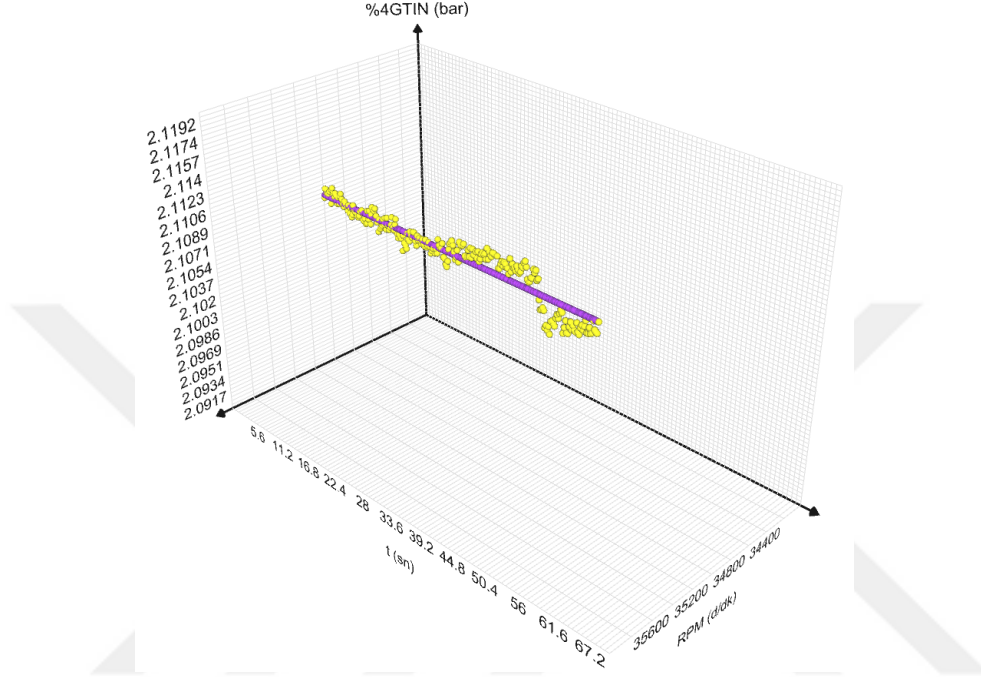


Şekil 5.255. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı

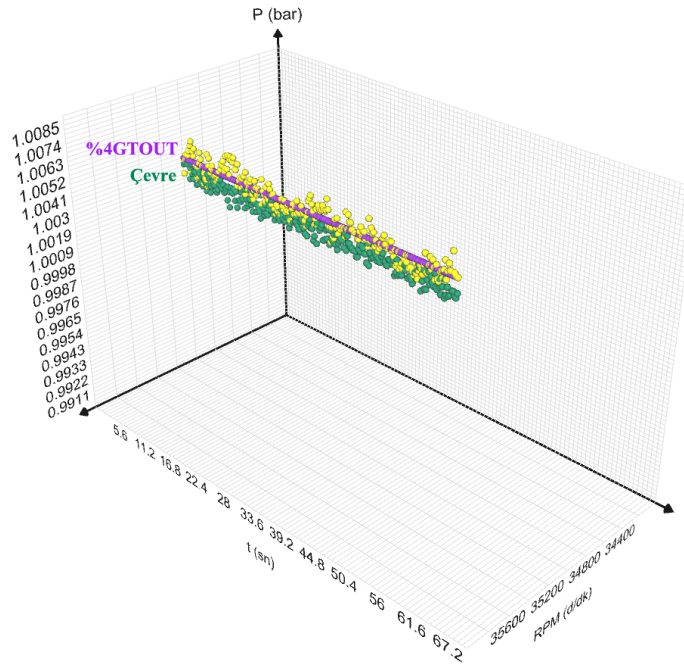


Şekil 5.256. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.257 ve Şekil 5.258’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10821 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00111 bar elde edilmiştir.

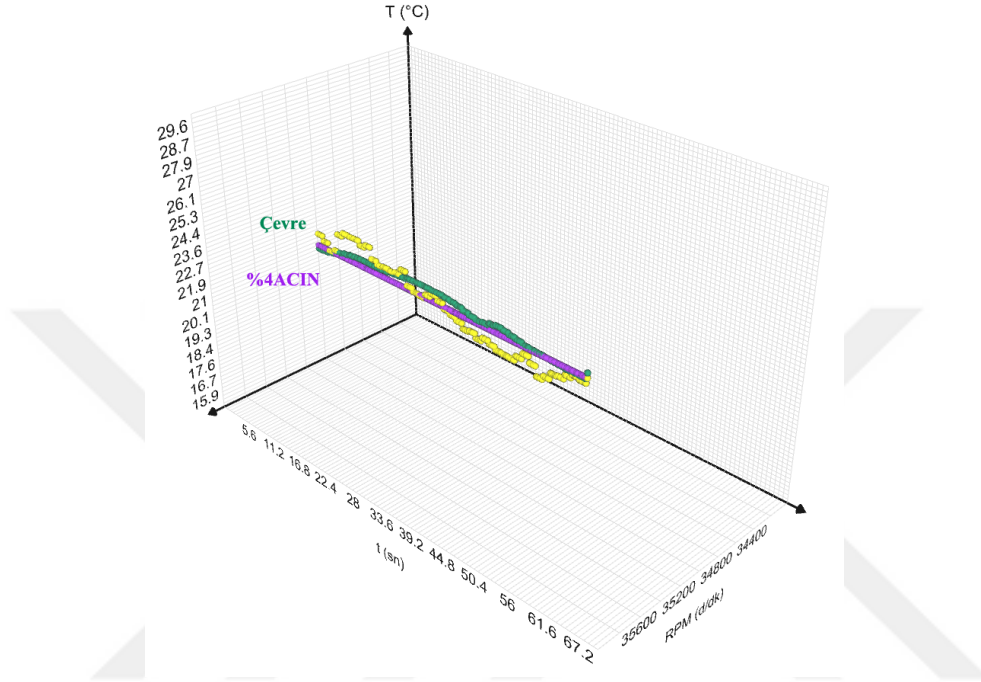


Şekil 5.257. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı

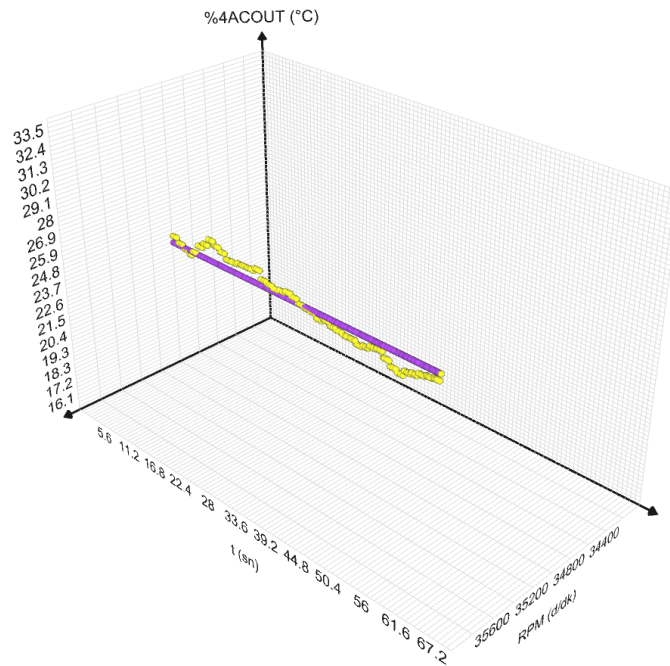


Şekil 5.258. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.259 ve Şekil 5.260’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4599 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.6351 °C elde edilmiştir.

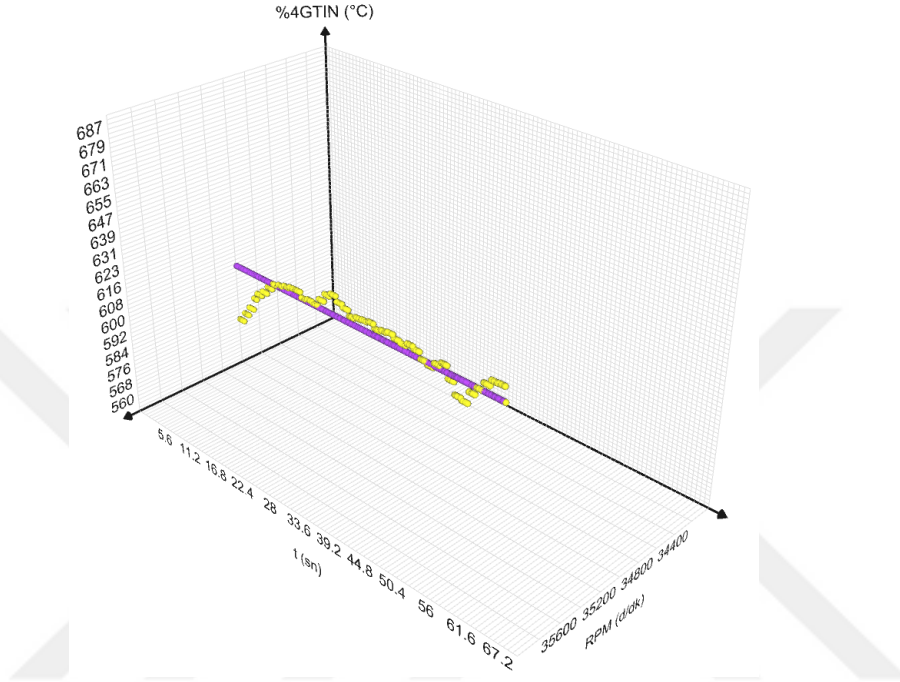


Şekil 5.259. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı

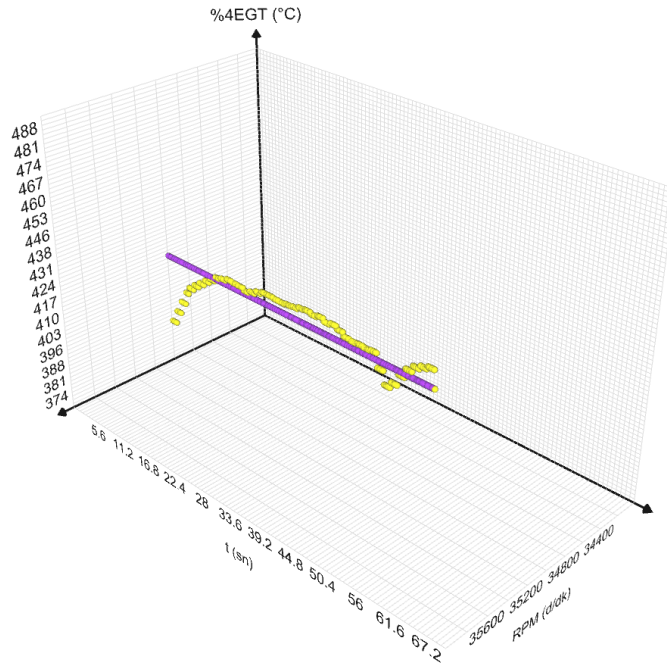


Şekil 5.260. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.261 ve Şekil 5.262’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 602.771 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 416.643 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

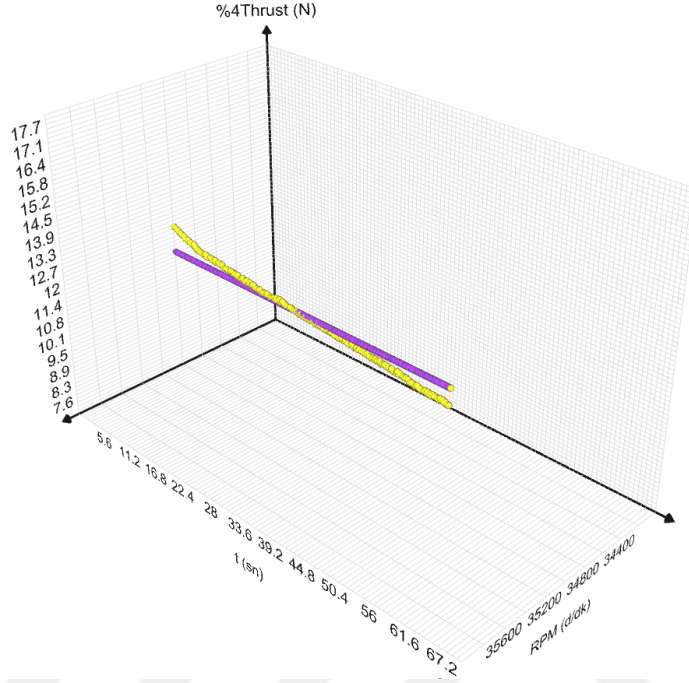


Şekil 5.261. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı

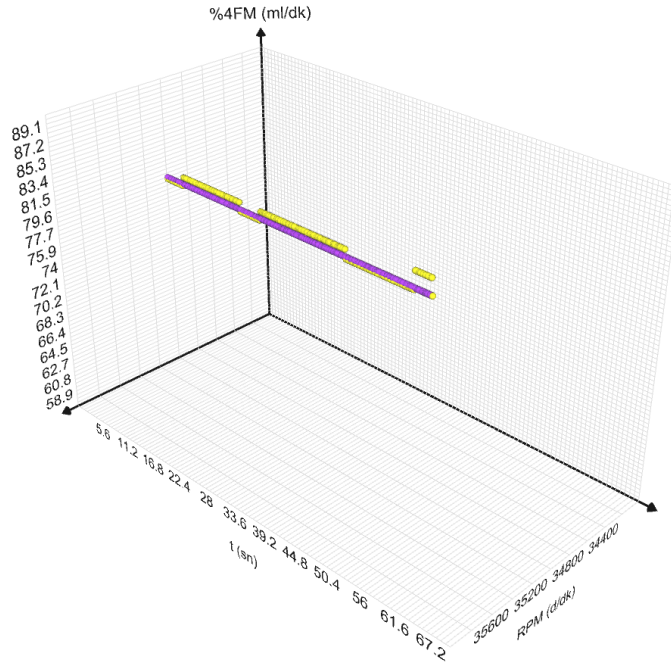


Şekil 5.262. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.263 ve Şekil 5.264’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 11.6224 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 79.2107 ml/dk elde edilmiştir.



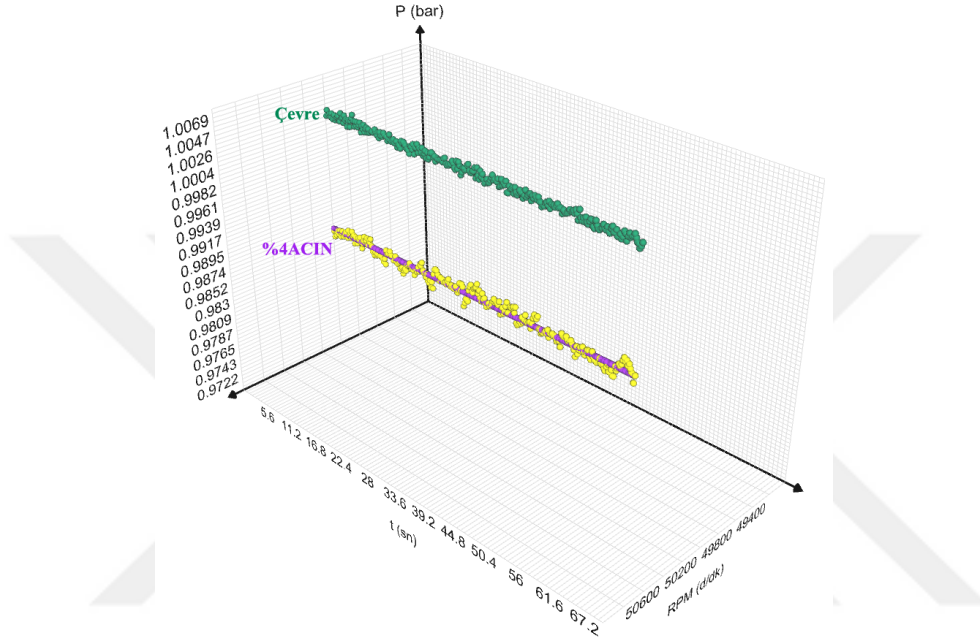
Şekil 5.263. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı



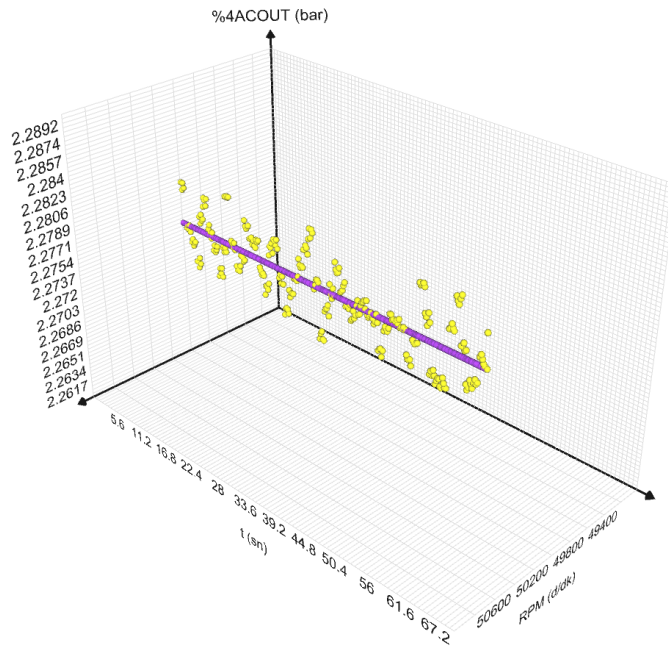
Şekil 5.264. %4TEST-E2, 35000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%4TEST-E2, 50000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.265 ve Şekil 5.266'de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98731 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.27496 bar elde edilmiştir.

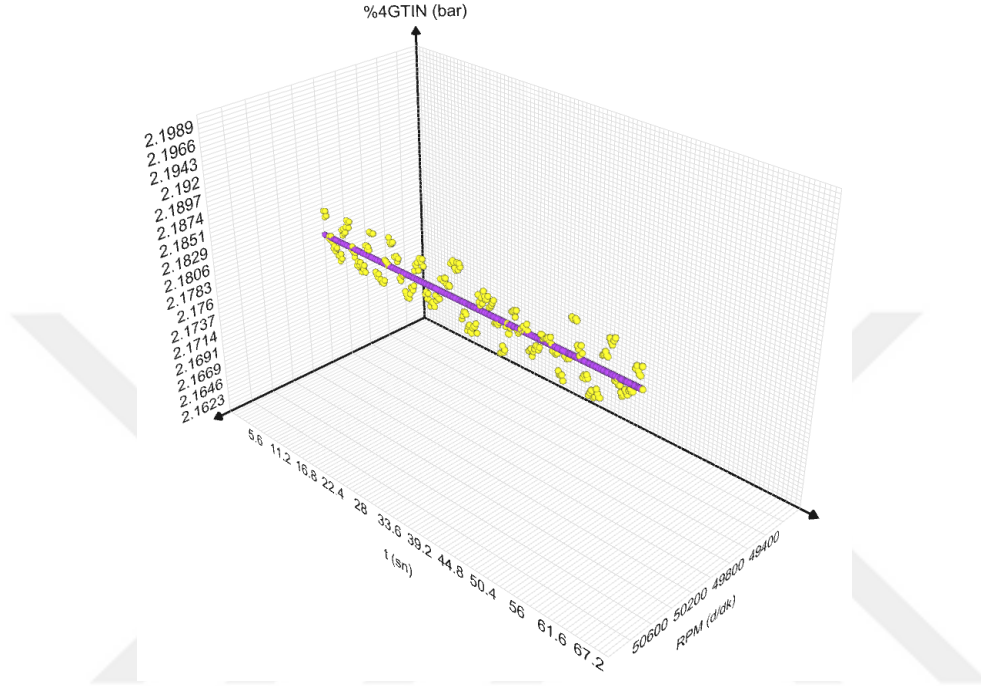


Şekil 5.265. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı

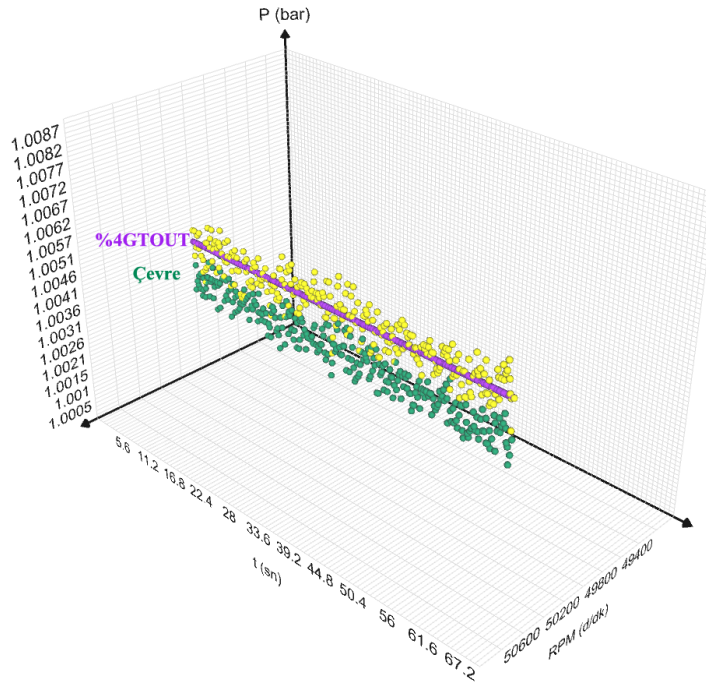


Şekil 5.266. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.267 ve Şekil 5.268'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.17906 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00424 bar elde edilmiştir.

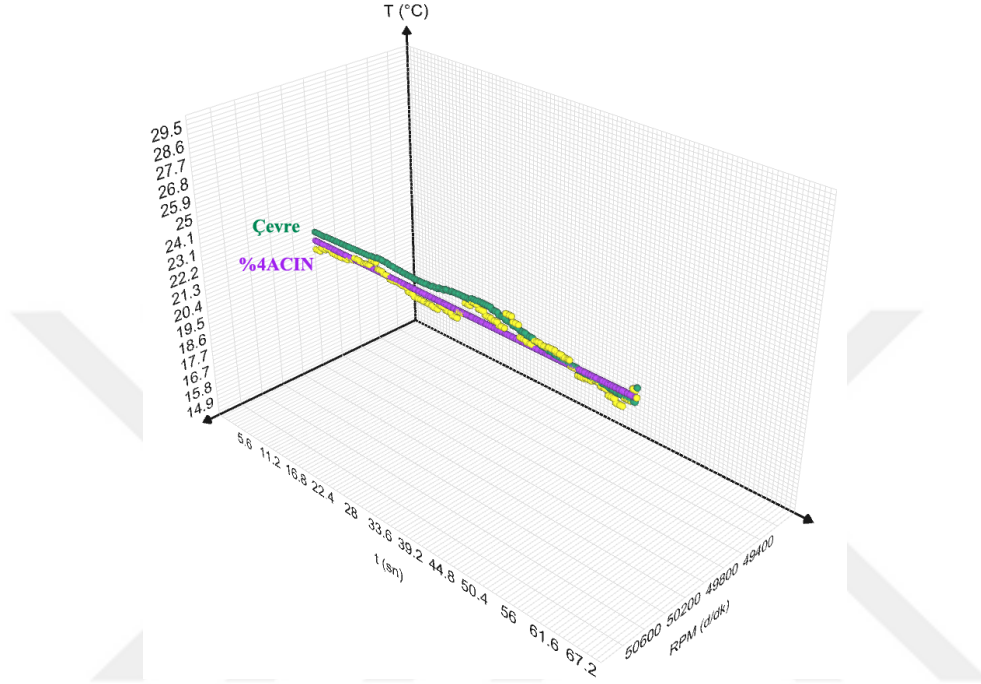


Şekil 5.267. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı

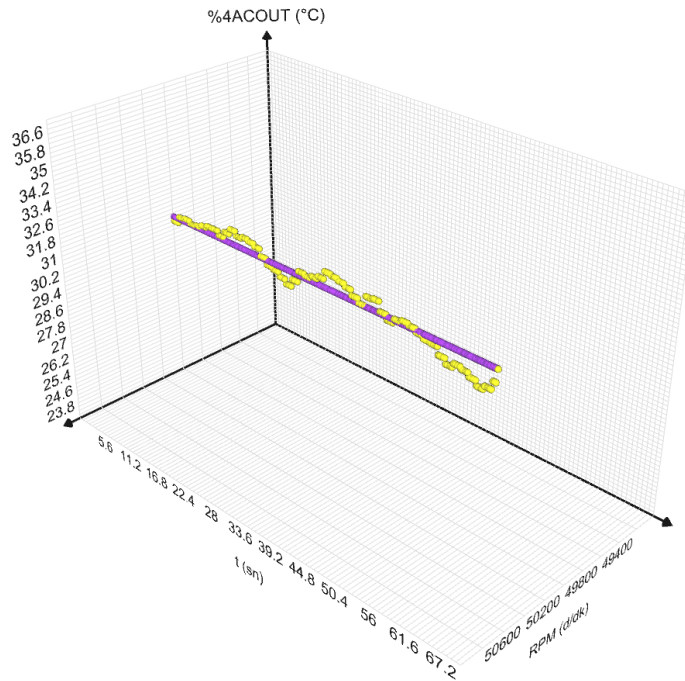


Şekil 5.268. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.269 ve Şekil 5.270’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.3953 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.8533 °C elde edilmiştir.

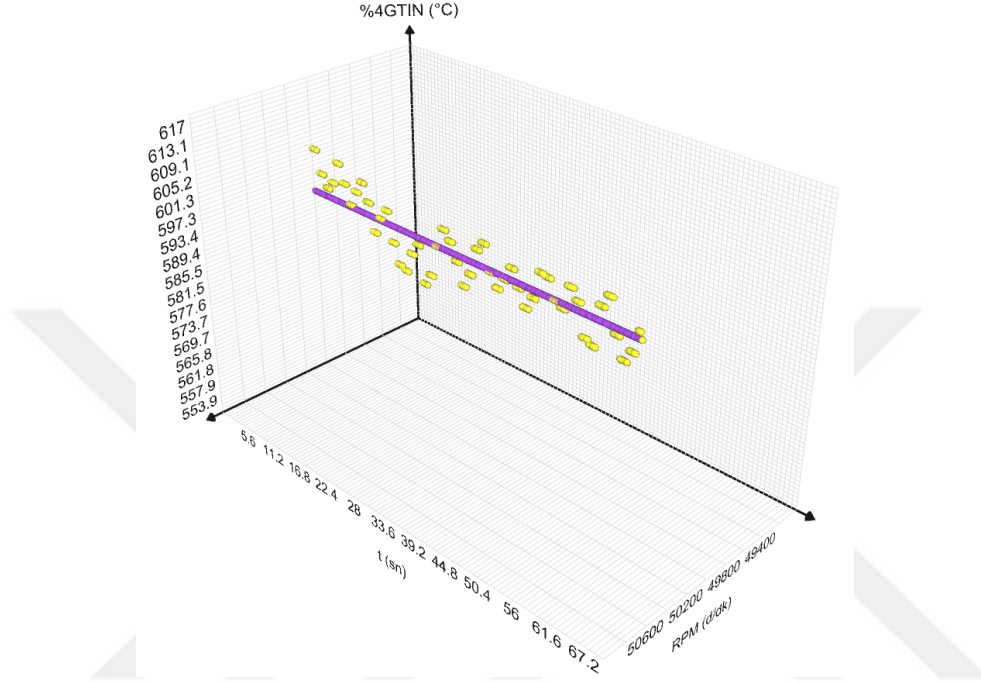


Şekil 5.269. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı

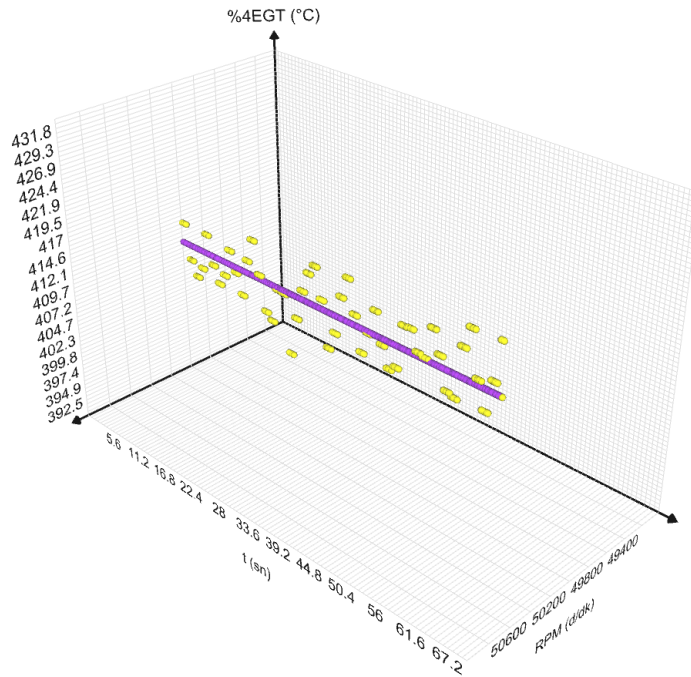


Şekil 5.270. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.271 ve Şekil 5.272’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 593.523 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 410.053 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

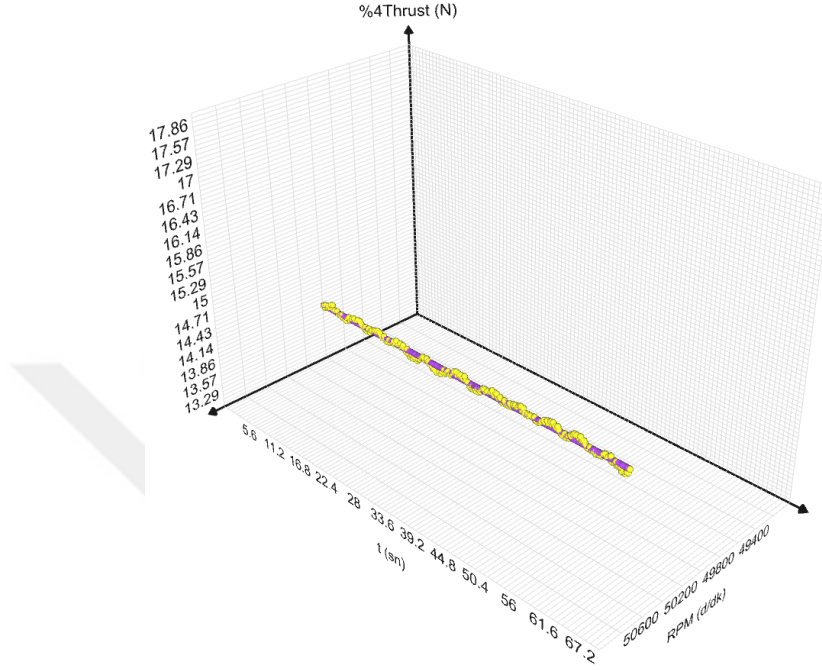


Şekil 5.271. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı

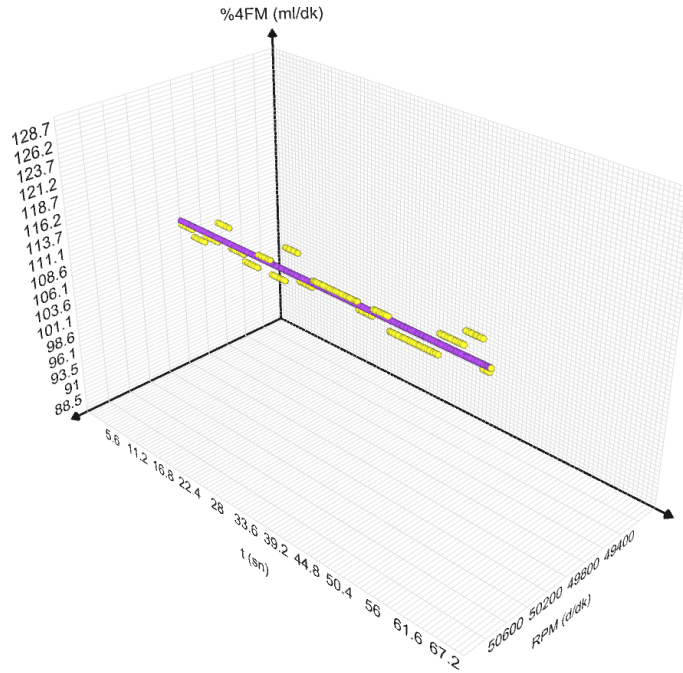


Şekil 5.272. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.273 ve Şekil 5.274’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 14.0276 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 109.376 ml/dk elde edilmiştir.



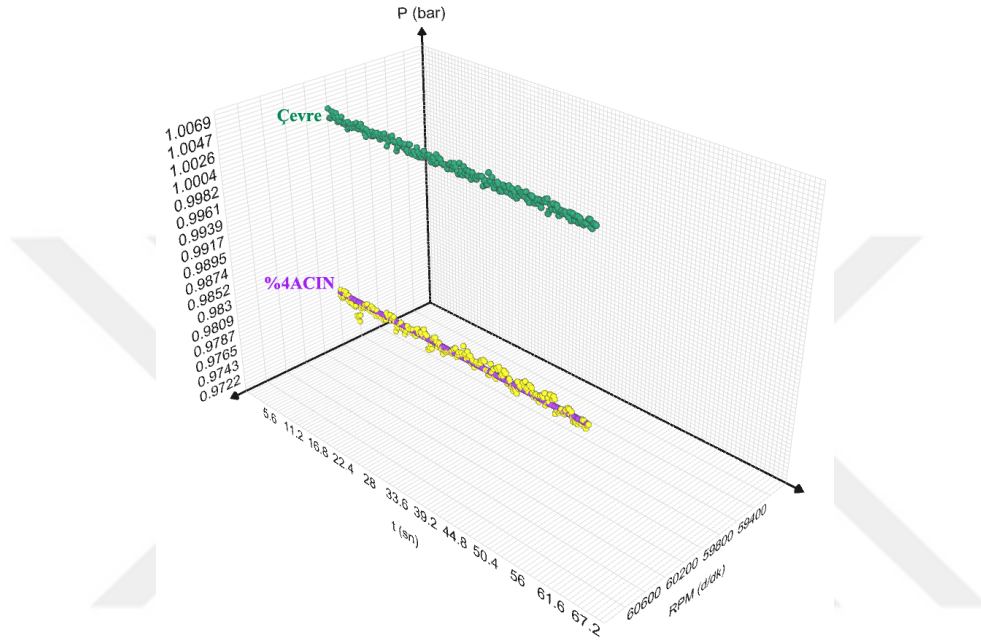
Şekil 5.273. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı



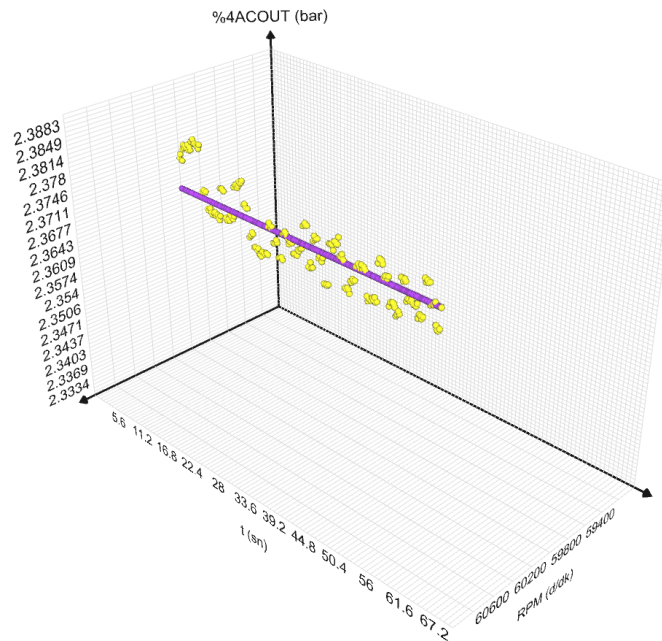
Şekil 5.274. %4TEST-E2, 50000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%4TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.275 ve Şekil 5.276’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97811 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36739 bar elde edilmiştir.

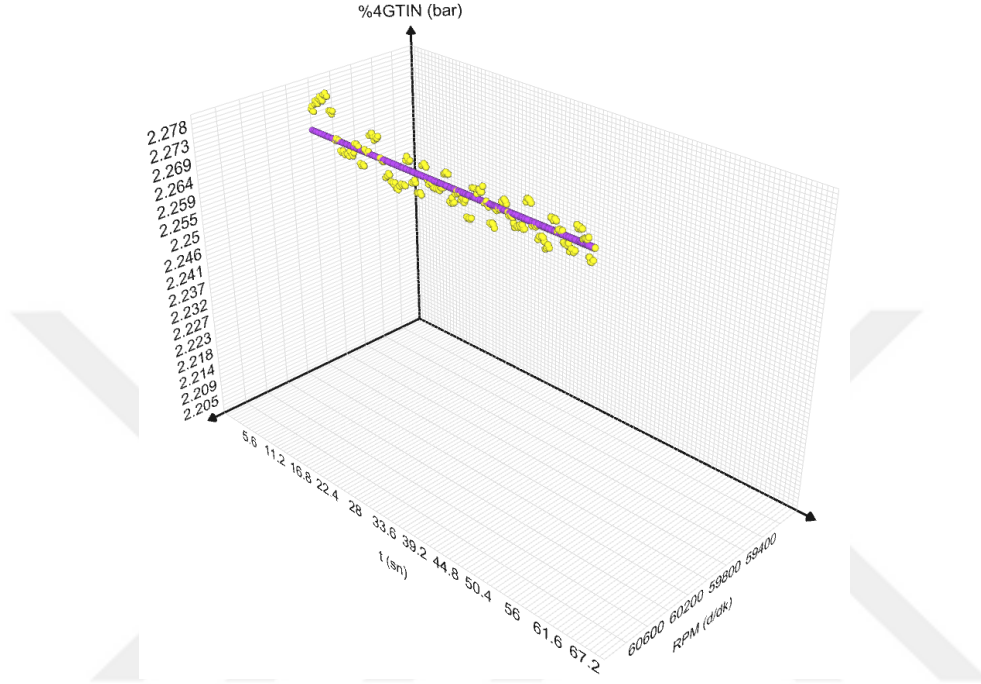


Şekil 5.275. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı

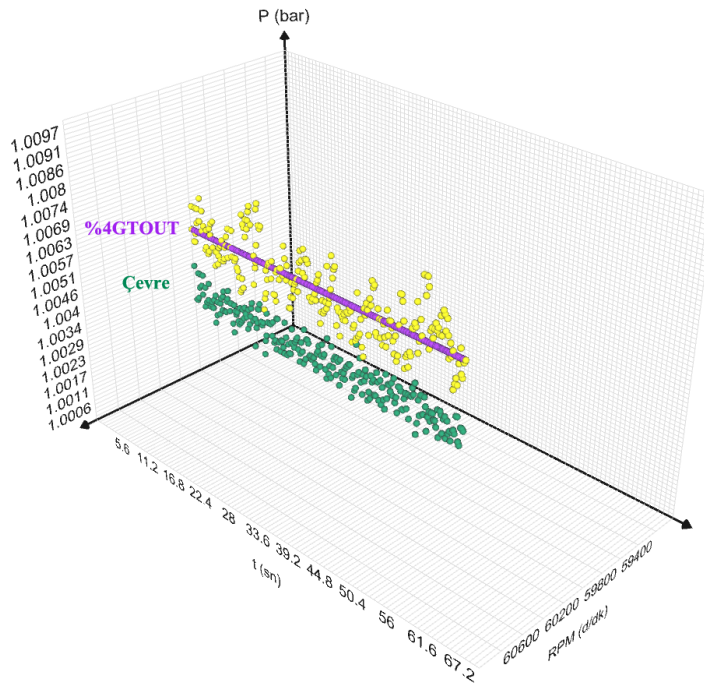


Şekil 5.276. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.277 ve Şekil 5.278’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.26674 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0052 bar elde edilmiştir.

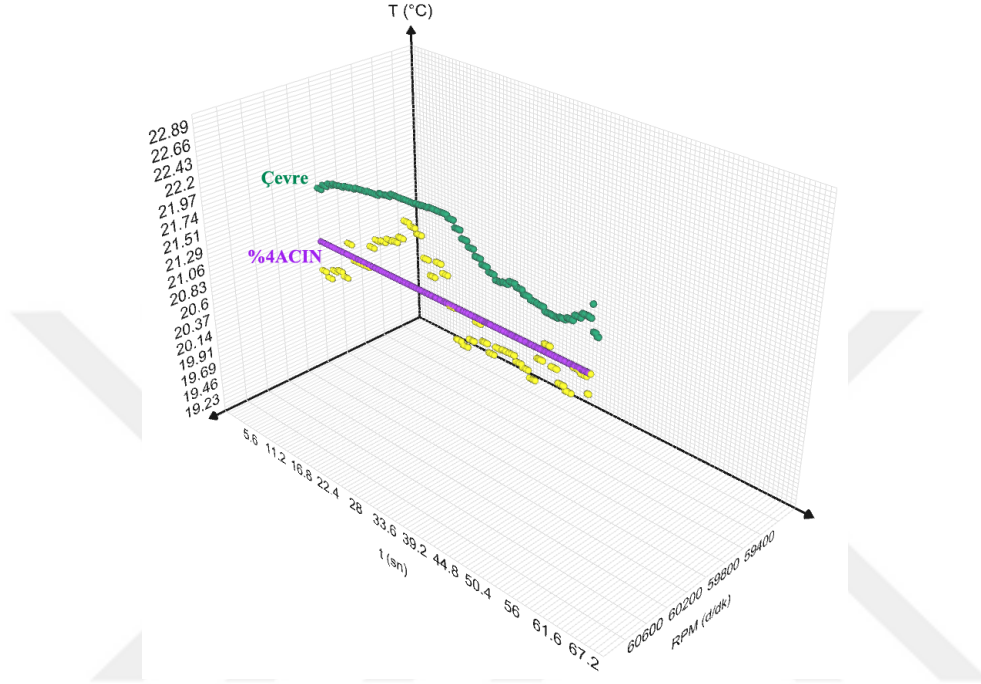


Şekil 5.277. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı

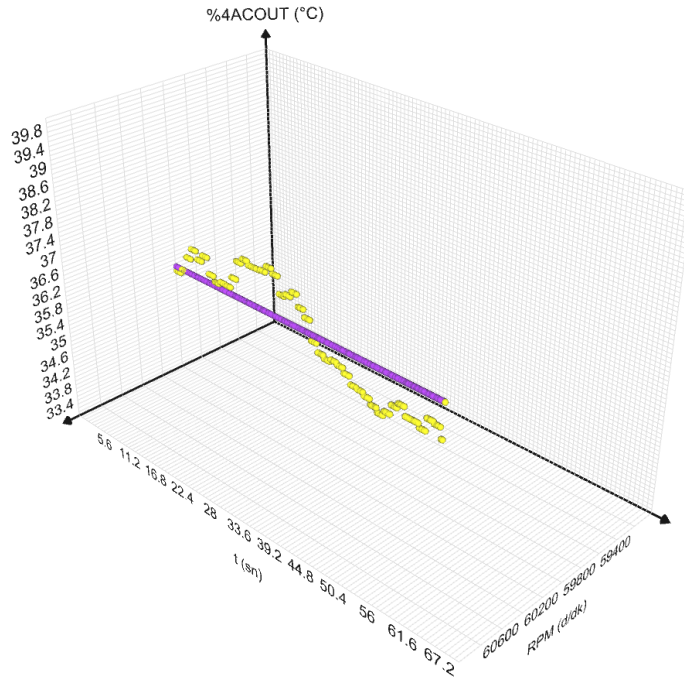


Şekil 5.278. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.279 ve Şekil 5.280’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.8077 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.6361 °C elde edilmiştir.

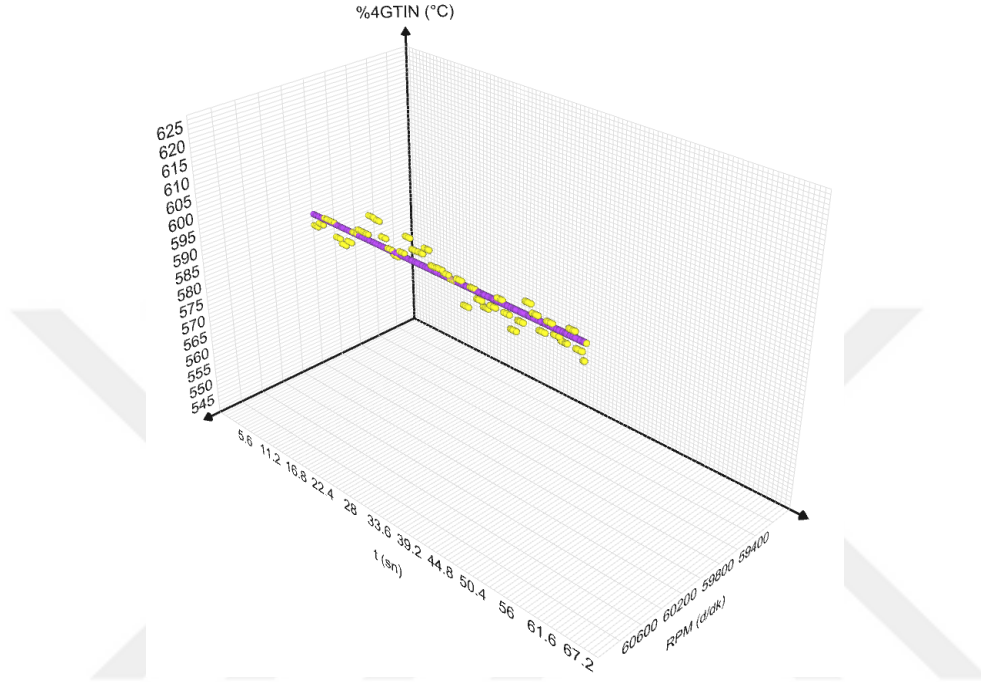


Şekil 5.279. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı

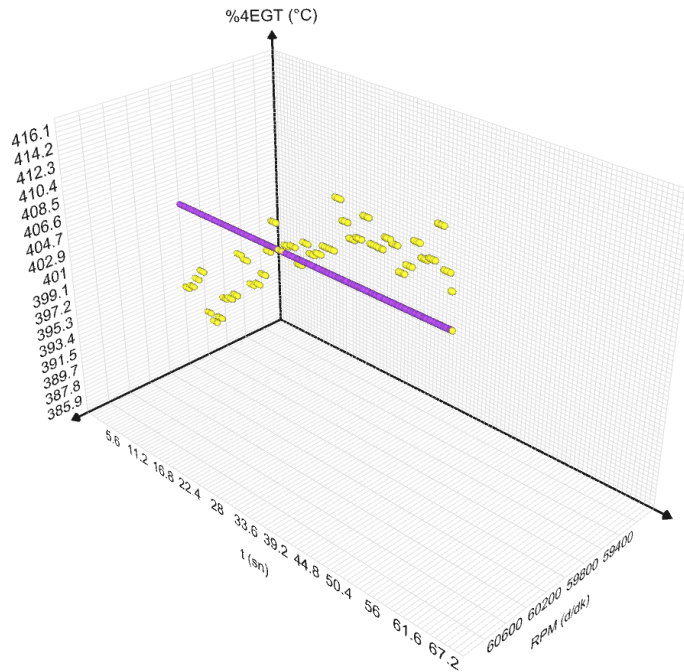


Şekil 5.280. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.281 ve Şekil 5.282’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 588.567 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 403.602 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

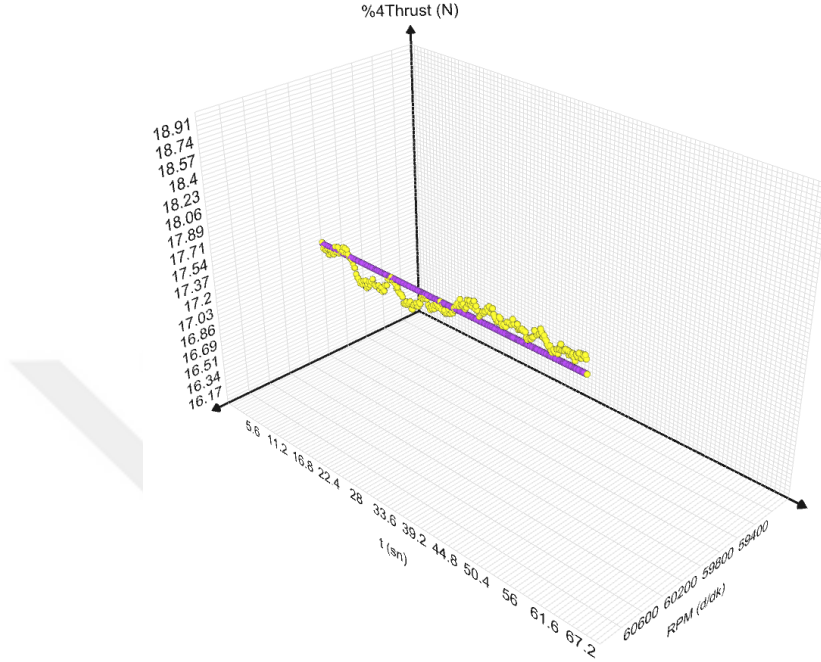


Şekil 5.281. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı

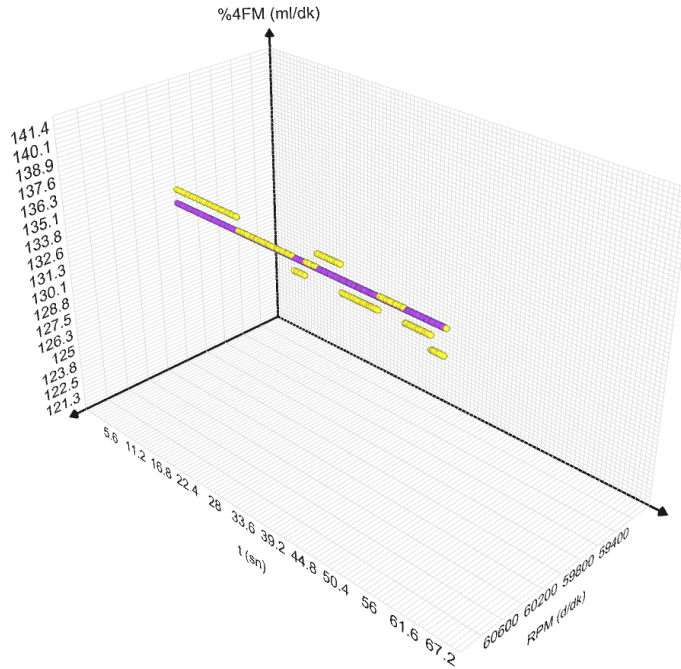


Şekil 5.282. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.283 ve Şekil 5.284’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 17.2844 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 132.945 ml/dk elde edilmiştir.



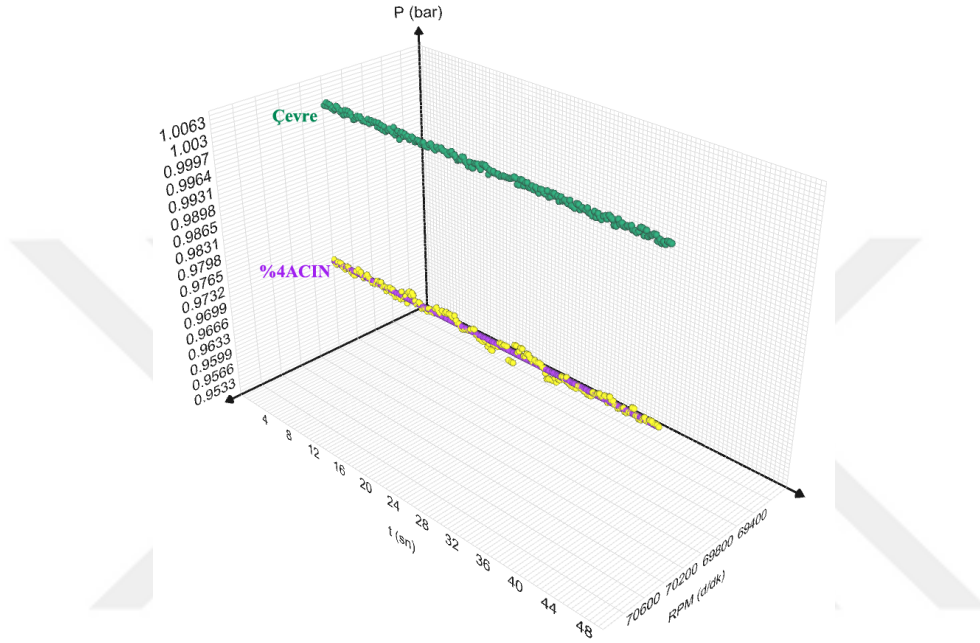
Şekil 5.283. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı



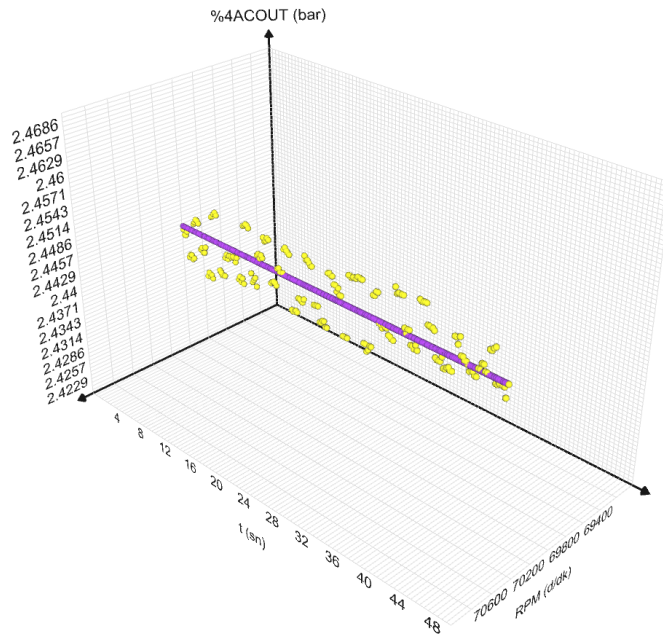
Şekil 5.284. %4TEST-E2, 60000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%4TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.285 ve Şekil 5.286’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96994 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.44393 bar elde edilmiştir.

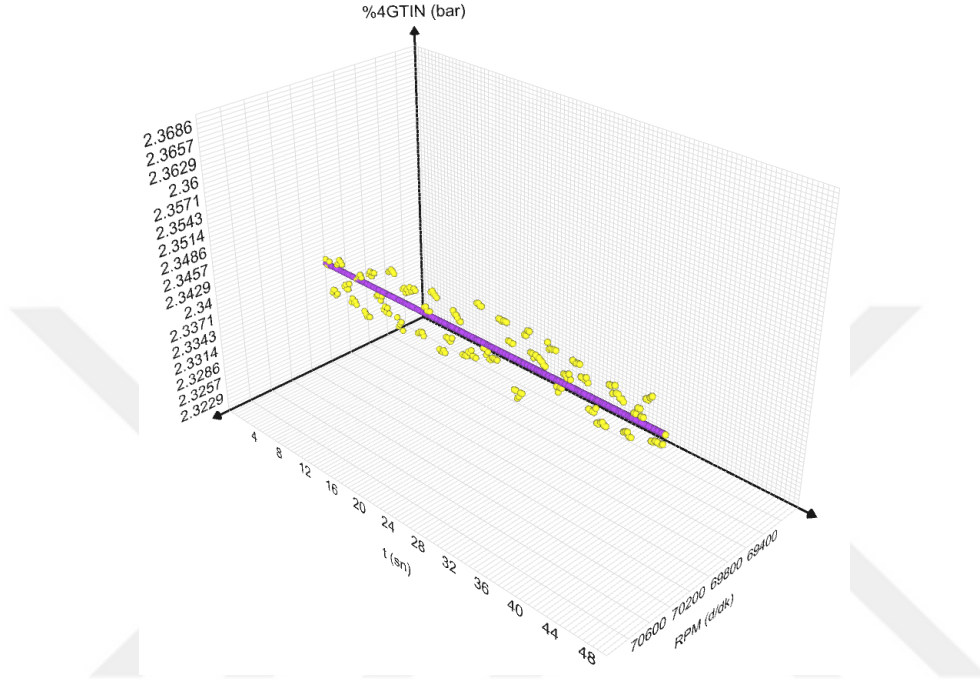


Şekil 5.285. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı

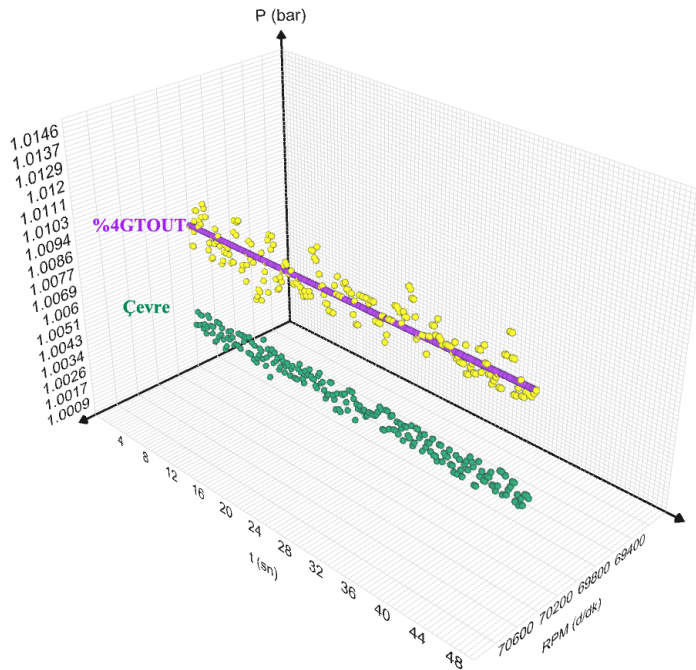


Şekil 5.286. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.287 ve Şekil 5.288'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.33867 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00787 bar elde edilmiştir.

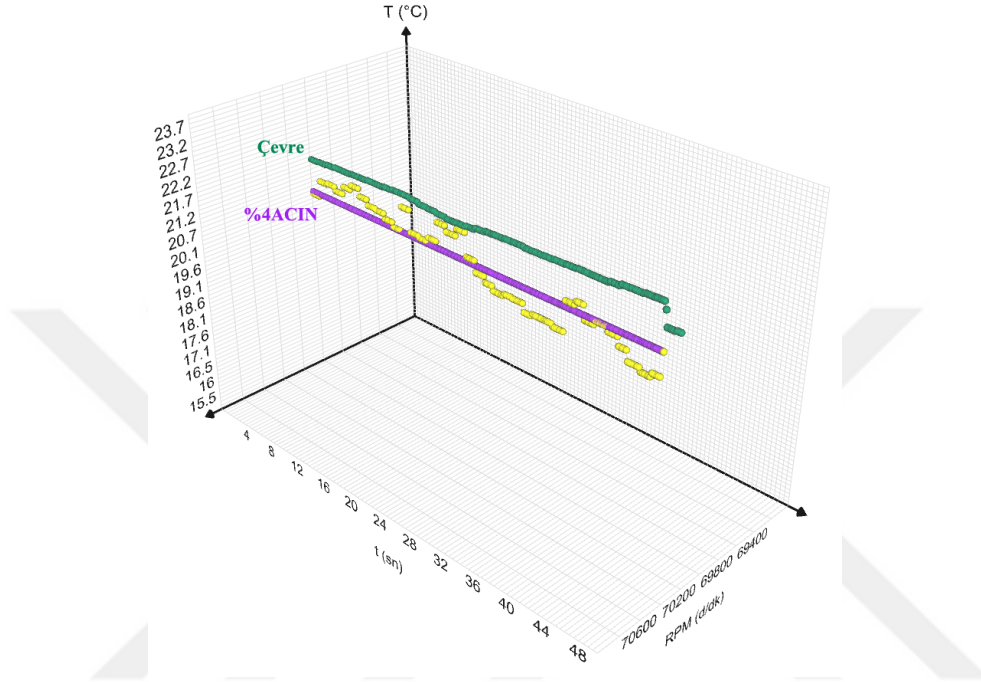


Şekil 5.287. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı

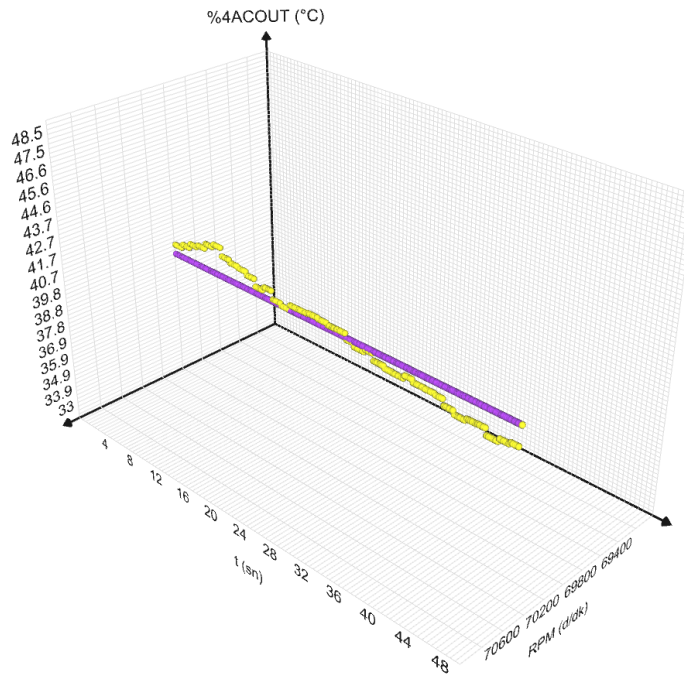


Şekil 5.288. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 70000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.289 ve Şekil 5.290'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.6411 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 39.3166 °C elde edilmiştir.

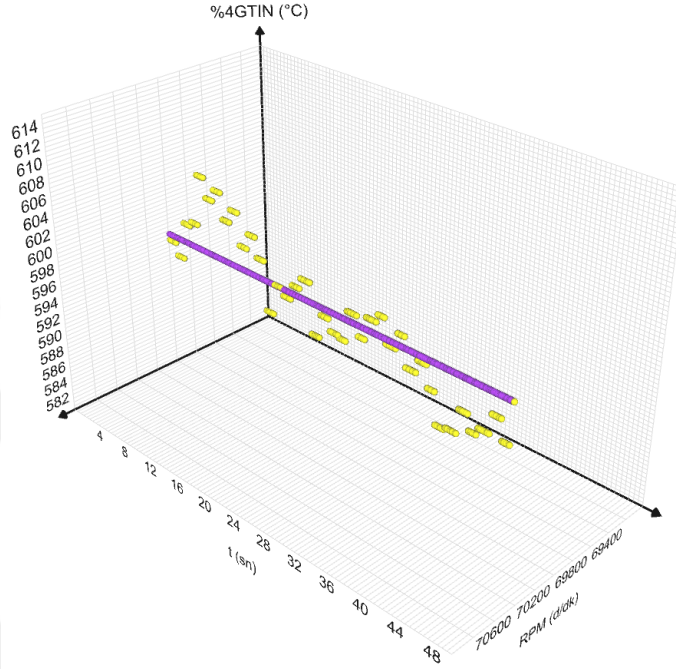


Şekil 5.289. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı

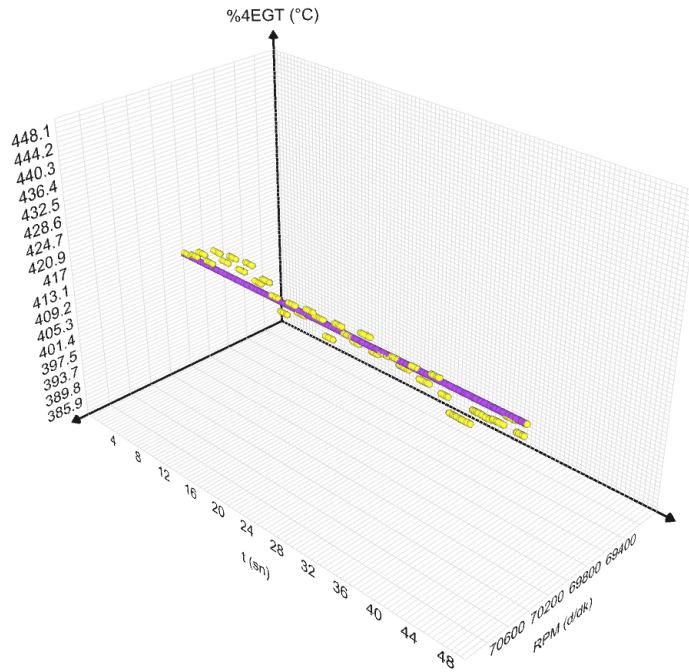


Şekil 5.290. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.291 ve Şekil 5.292’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 596.684 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 410.709 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

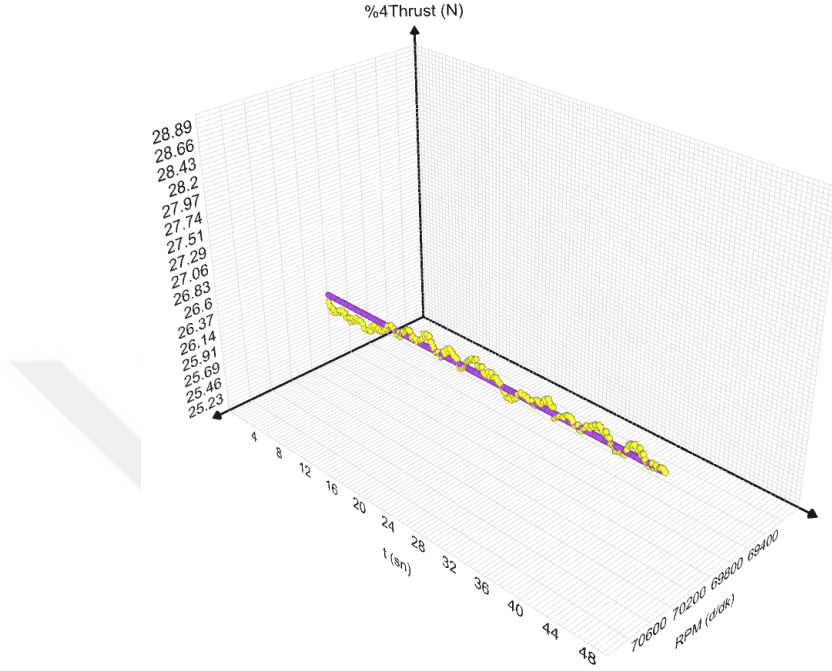


Şekil 5.291. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı

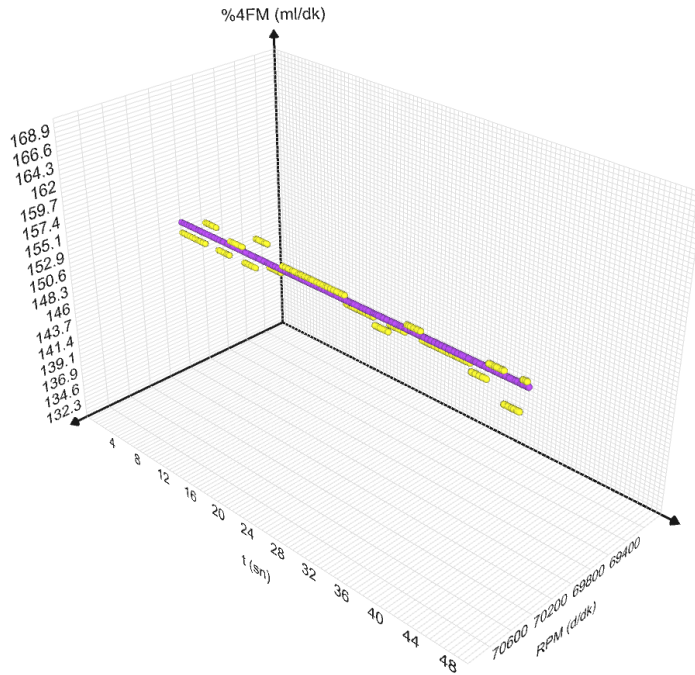


Şekil 5.292. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.293 ve Şekil 5.294’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 26.023 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 151.462 ml/dk elde edilmiştir.



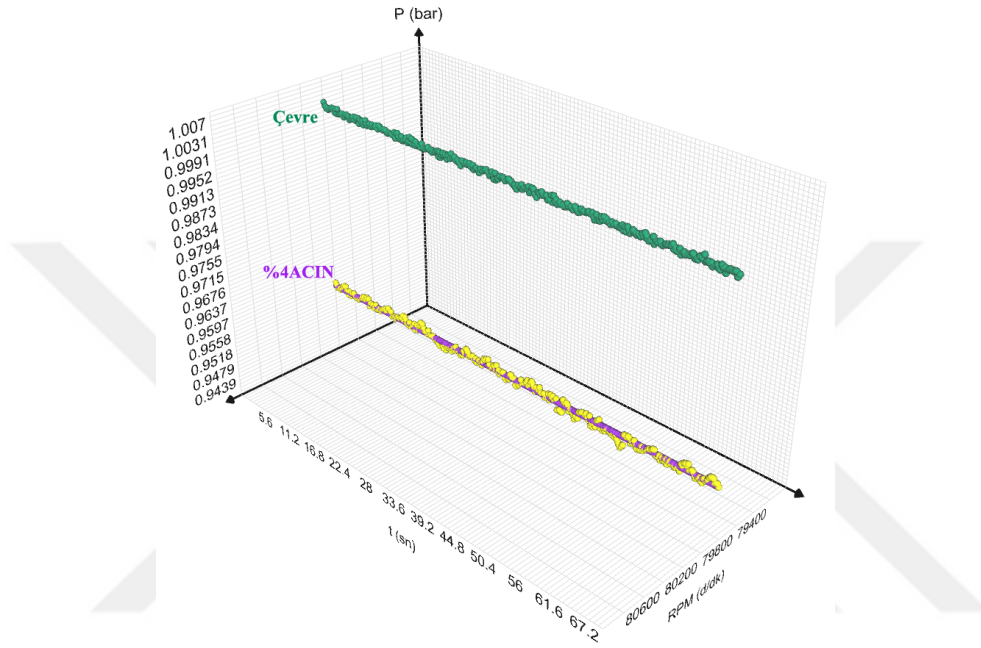
Şekil 5.293. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı



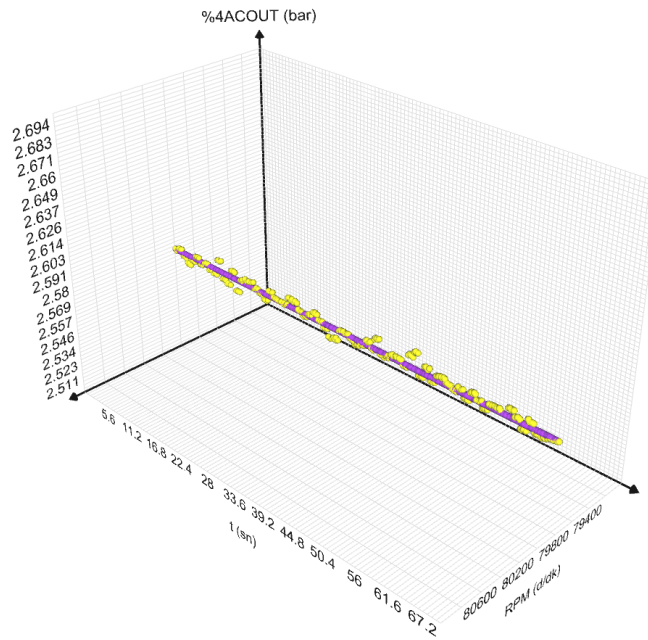
Şekil 5.294. %4TEST-E2, 70000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%4TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.295 ve Şekil 5.296’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95731 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57789 bar elde edilmiştir.

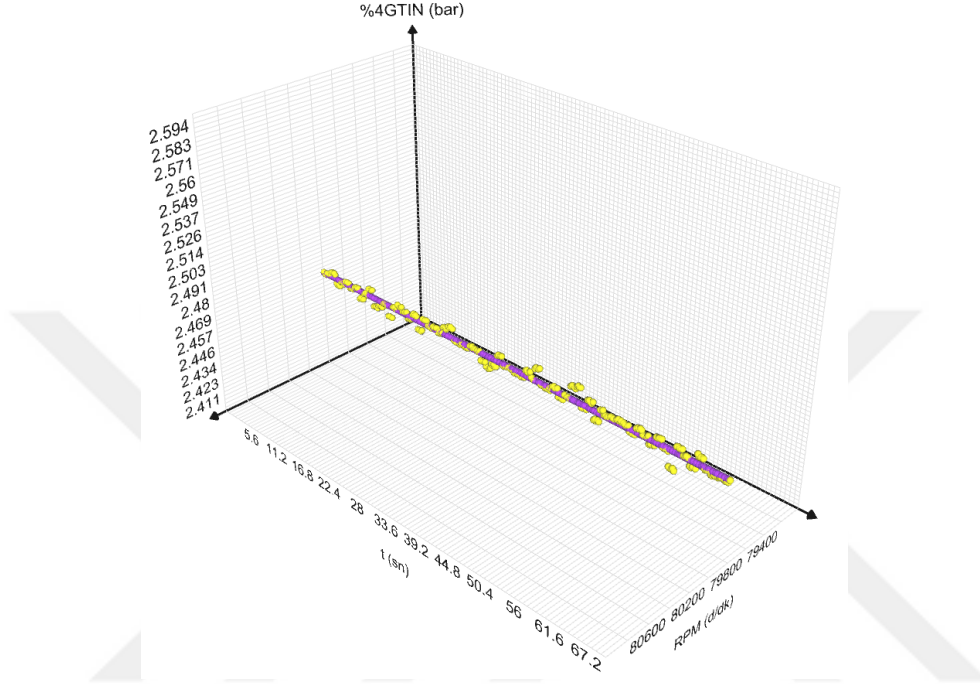


Şekil 5.295. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACIN basınç verileri dağılımı

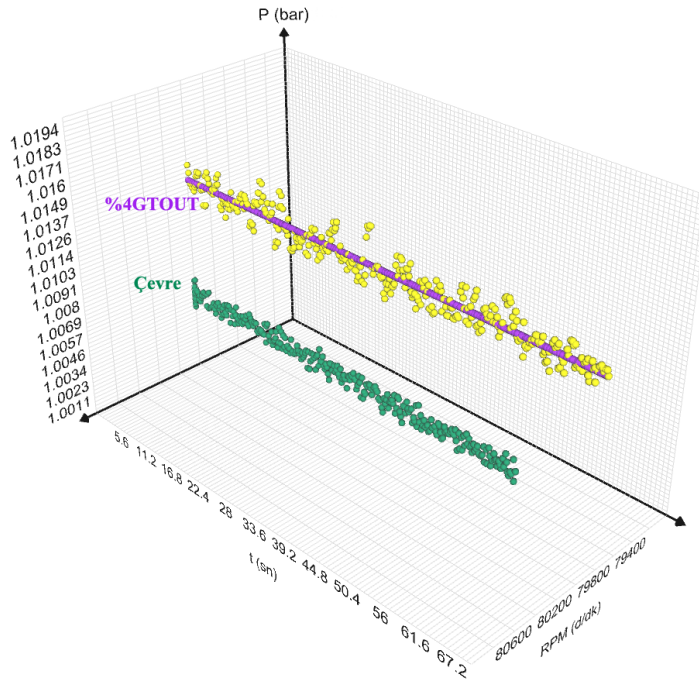


Şekil 5.296. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.297 ve Şekil 5.298'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.4677 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01349 bar elde edilmiştir.

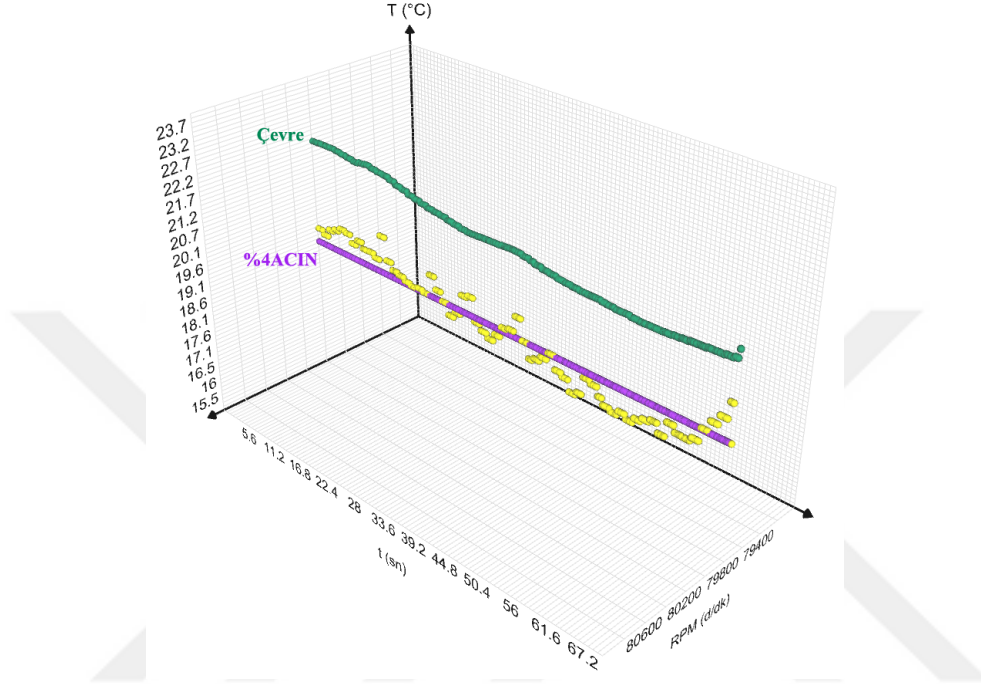


Şekil 5.297. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTIN basınç verileri dağılımı

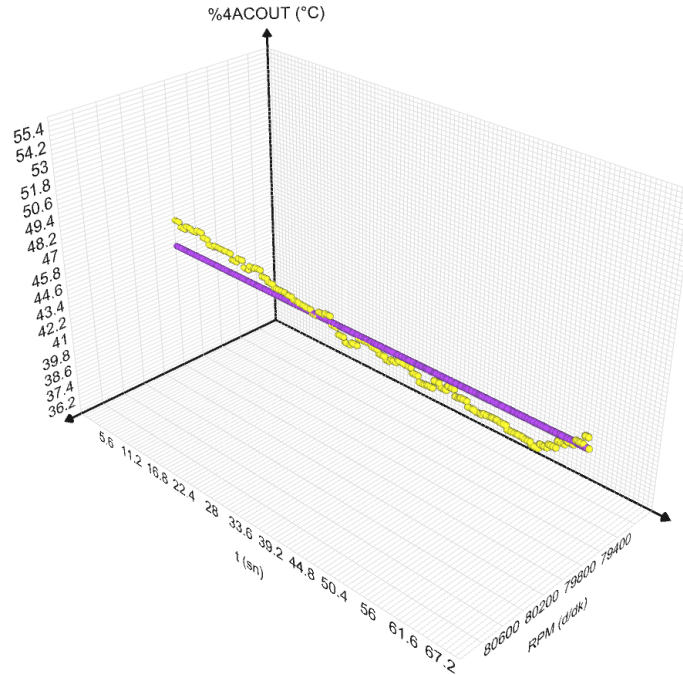


Şekil 5.298. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTOUT basınç verileri dağılımı

%4TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%4ACIN) ve kompresör çıkış (%4ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.299 ve Şekil 5.300’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.0418 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 44.3438 °C elde edilmiştir.

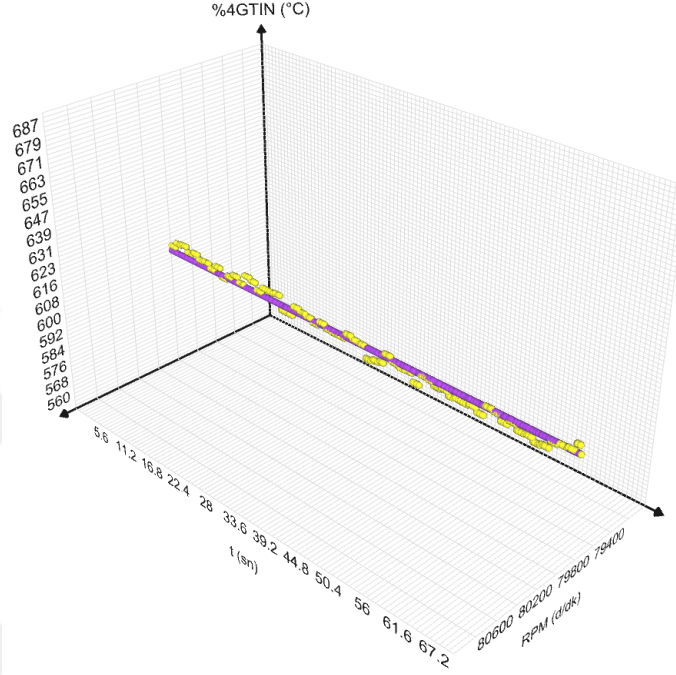


Şekil 5.299. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACIN sıcaklık verileri dağılımı

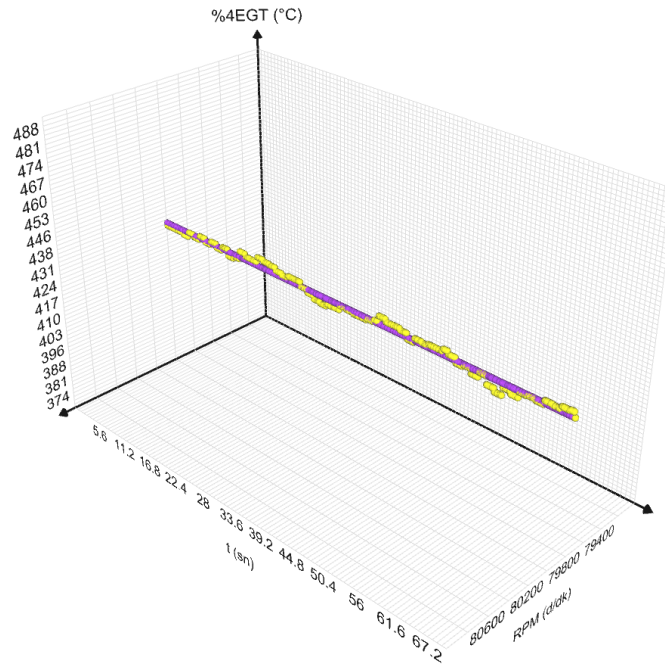


Şekil 5.300. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%4GTIN) ve türbin çıkış (%4GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.301 ve Şekil 5.302'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 609.359 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 431.997 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

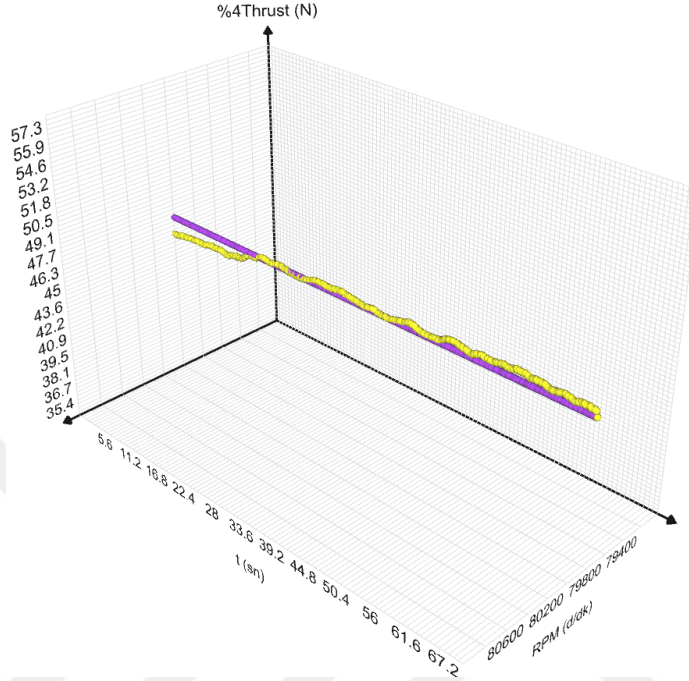


Şekil 5.301. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4GTIN sıcaklık verileri dağılımı

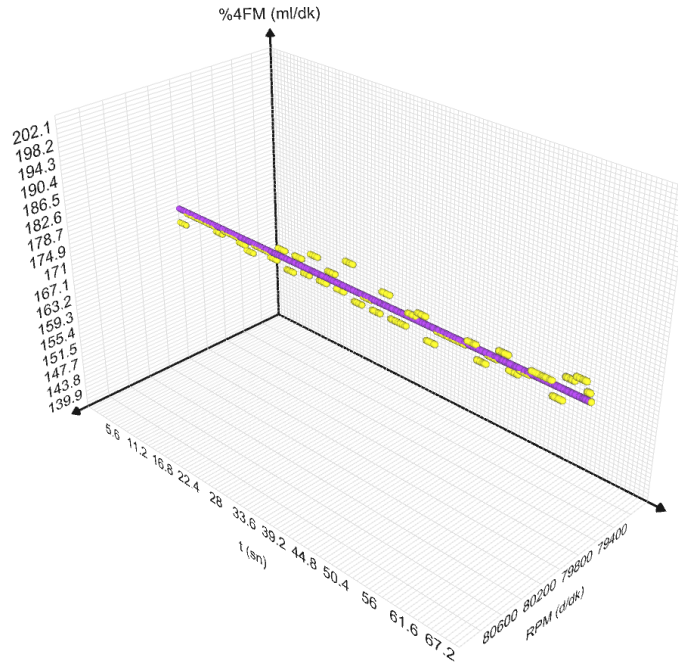


Şekil 5.302. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4EGT sıcaklık verileri dağılımı

%4TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.303 ve Şekil 5.304’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 47.0585 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 174.37 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.303. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4Thrust itki verileri dağılımı



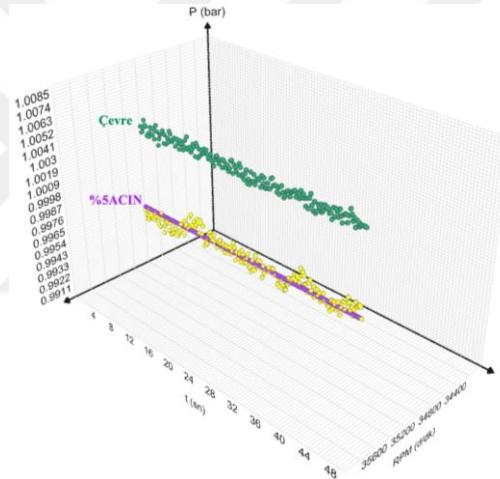
Şekil 5.304. %4TEST-E2, 80000 rpm, %4FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.5. %5TEST-E2

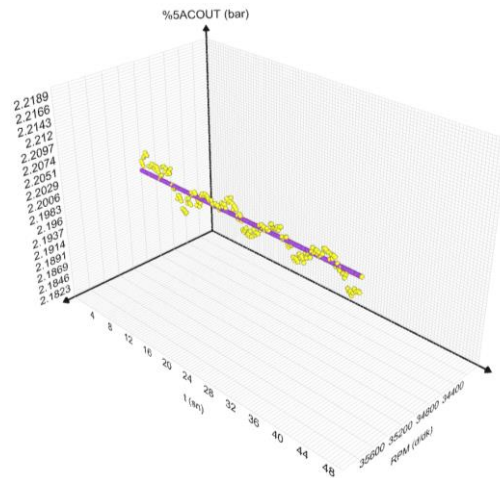
%5TEST-E2, geleneksel yakıtta %5 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%5TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.305 ve Şekil 5.306’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99564 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19944 bar elde edilmiştir.

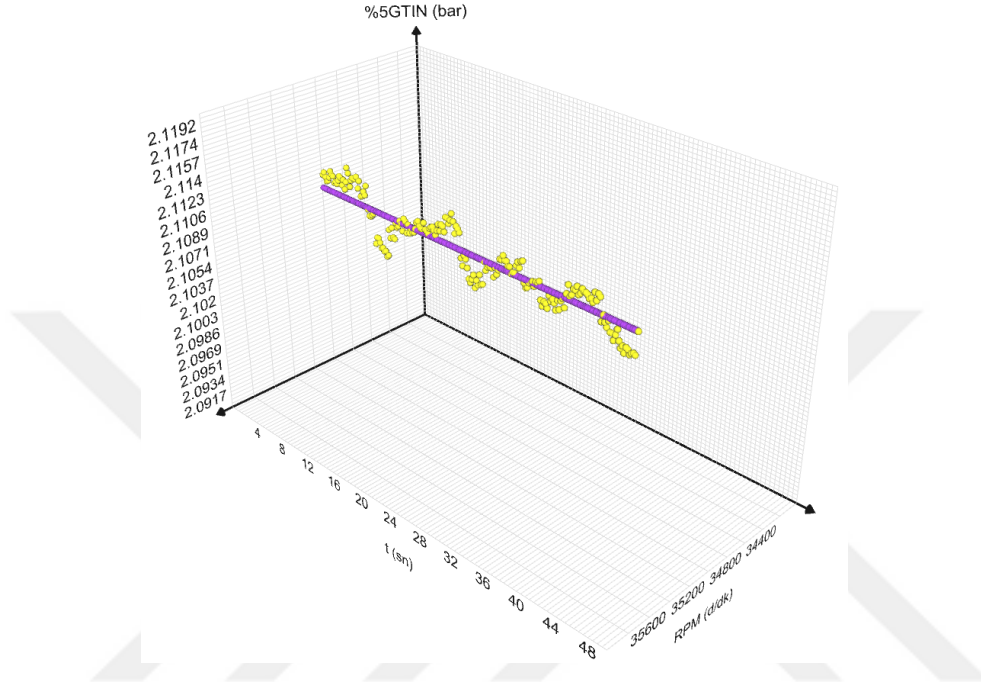


Şekil 5.305. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı

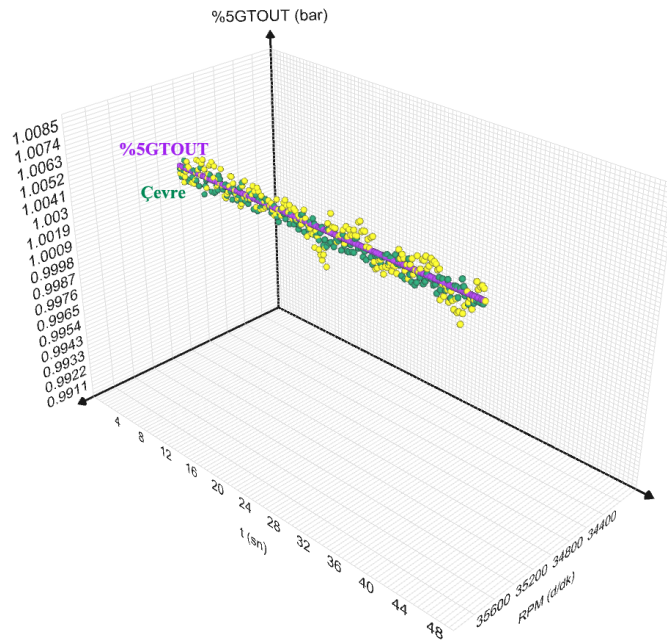


Şekil 5.306. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.307 ve Şekil 5.308’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10906 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00341 bar elde edilmiştir.

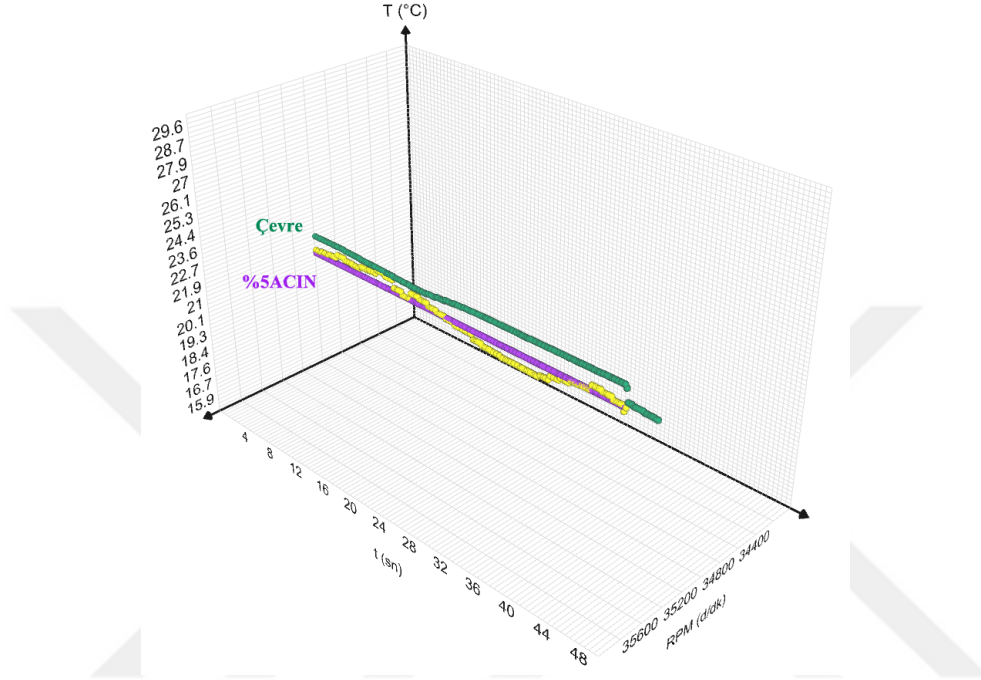


Şekil 5.307. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı

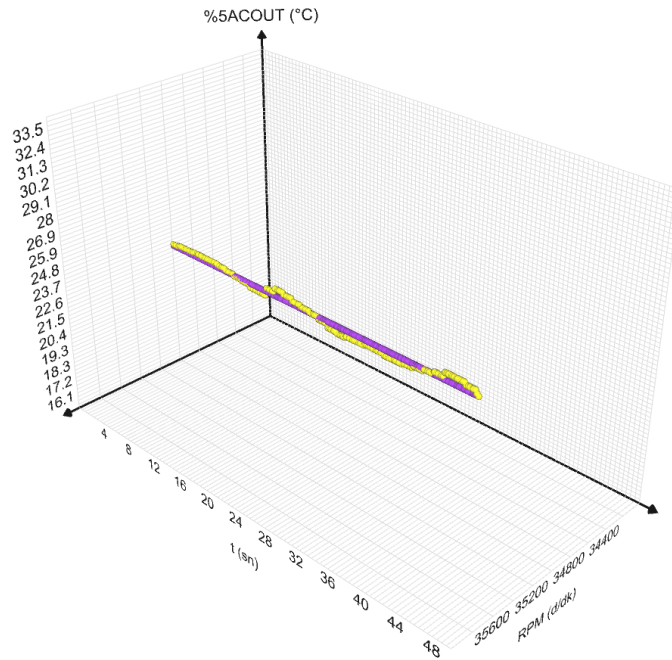


Şekil 5.308. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.309 ve Şekil 5.310’da görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.146 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.3081 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

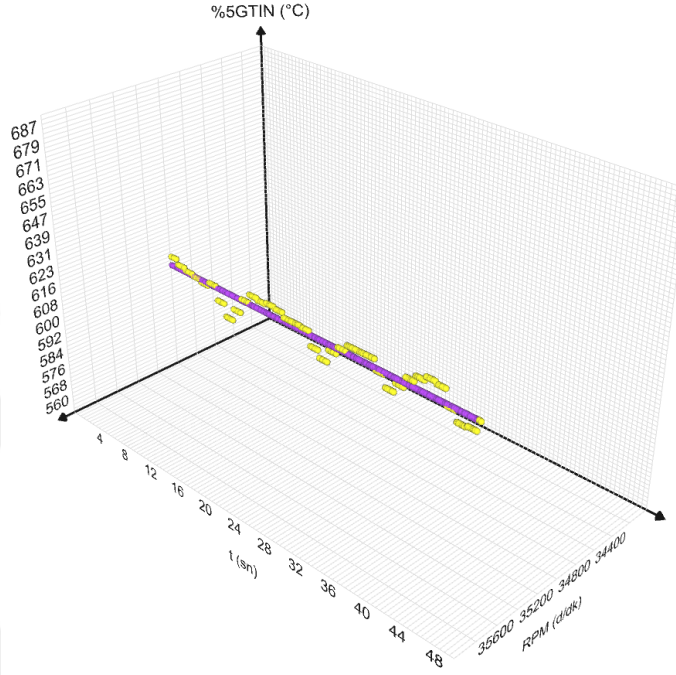


Şekil 5.309. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı

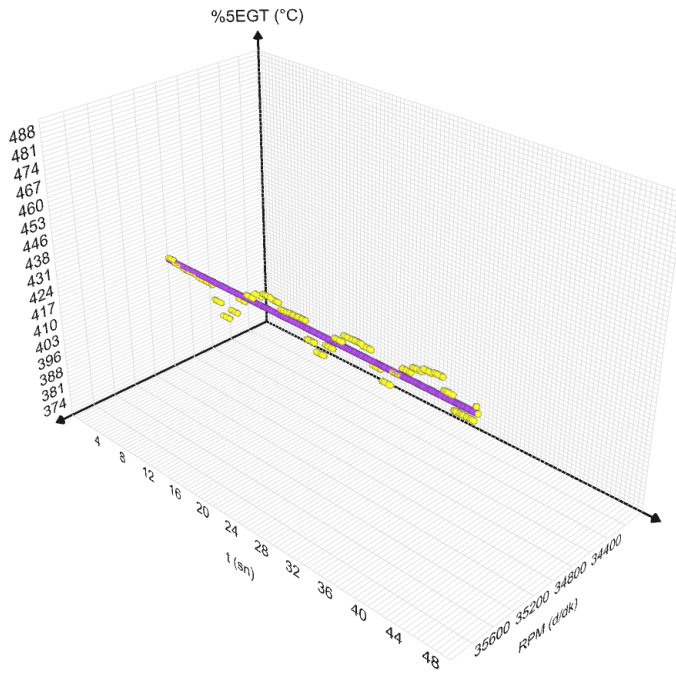


Şekil 5.310. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.311 ve Şekil 5.312’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 603.466 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 417.381 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

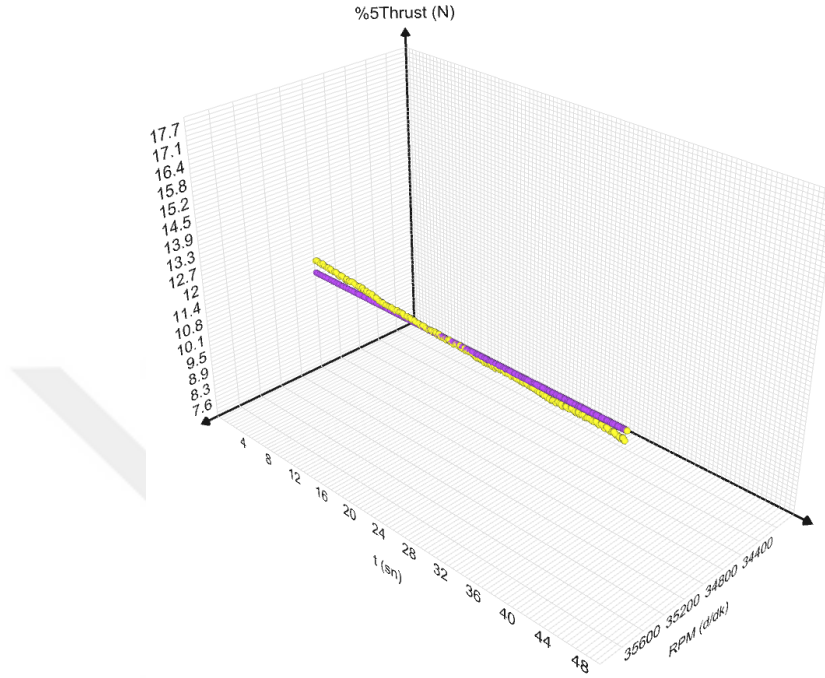


Şekil 5.311. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı

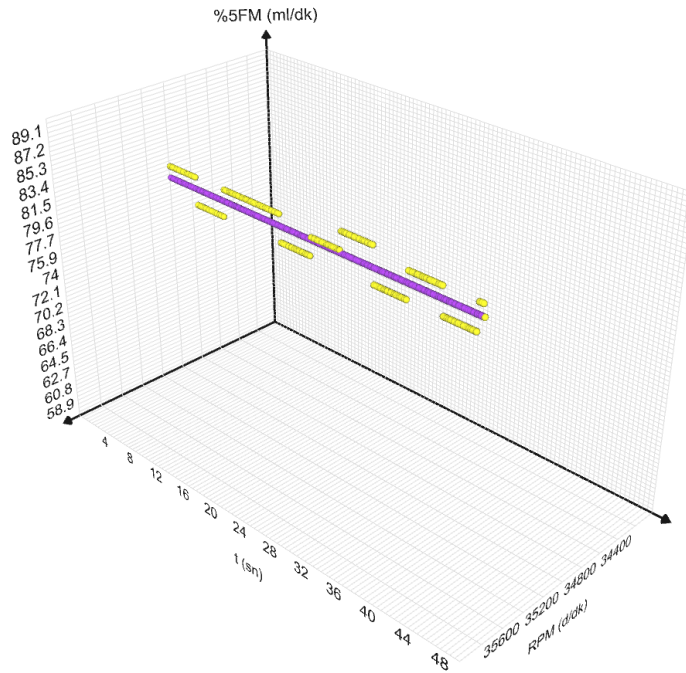


Şekil 5.312. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.313 ve Şekil 5.314’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 10.8974 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 79.7387 ml/dk elde edilmiştir.



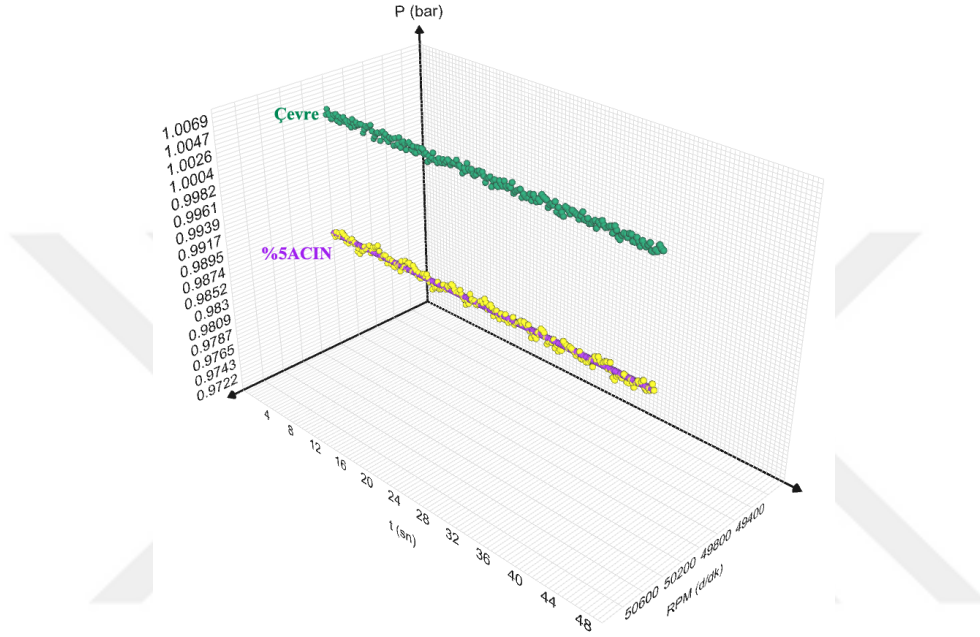
Şekil 5.313. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı



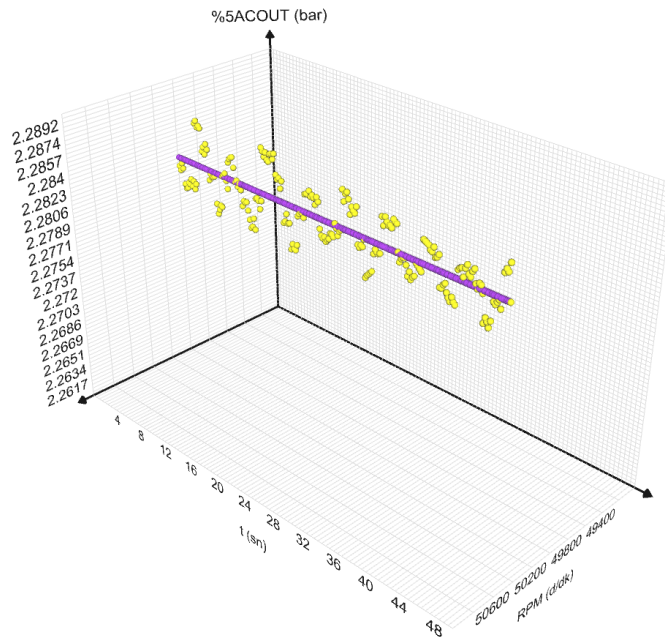
Şekil 5.314. %5TEST-E2, 35000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%5TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.315 ve Şekil 5.316’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98673 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28201 bar elde edilmiştir.

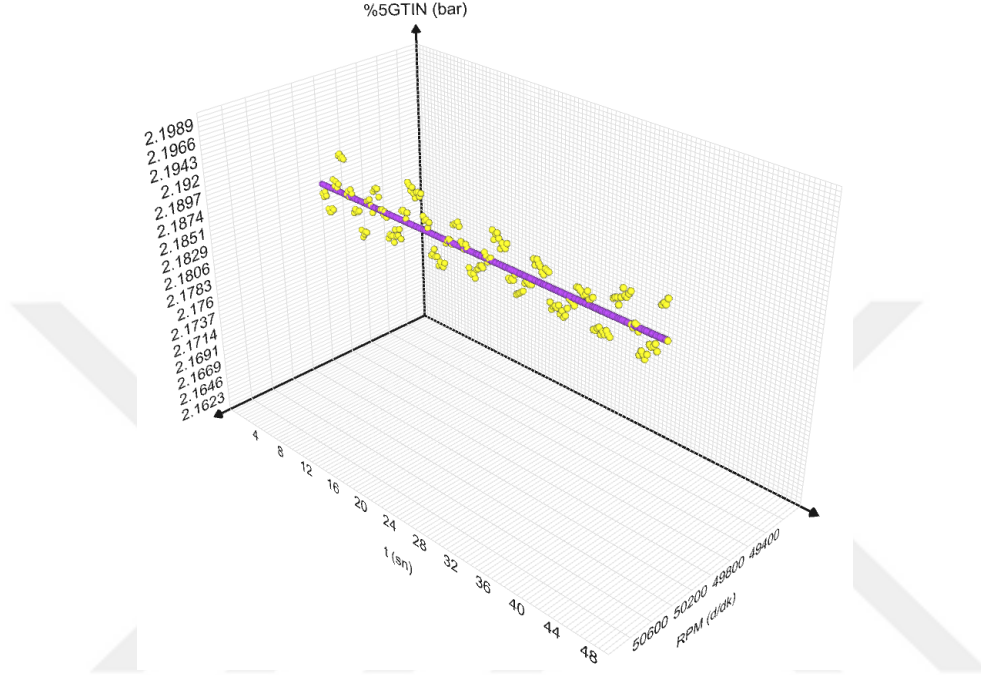


Şekil 5.315. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı

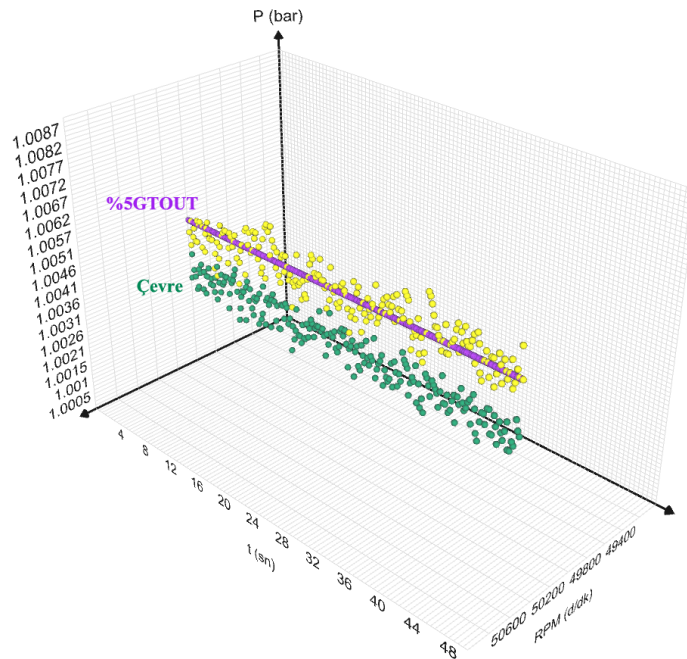


Şekil 5.316. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.317 ve Şekil 5.318’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.1859 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00479 bar elde edilmiştir.

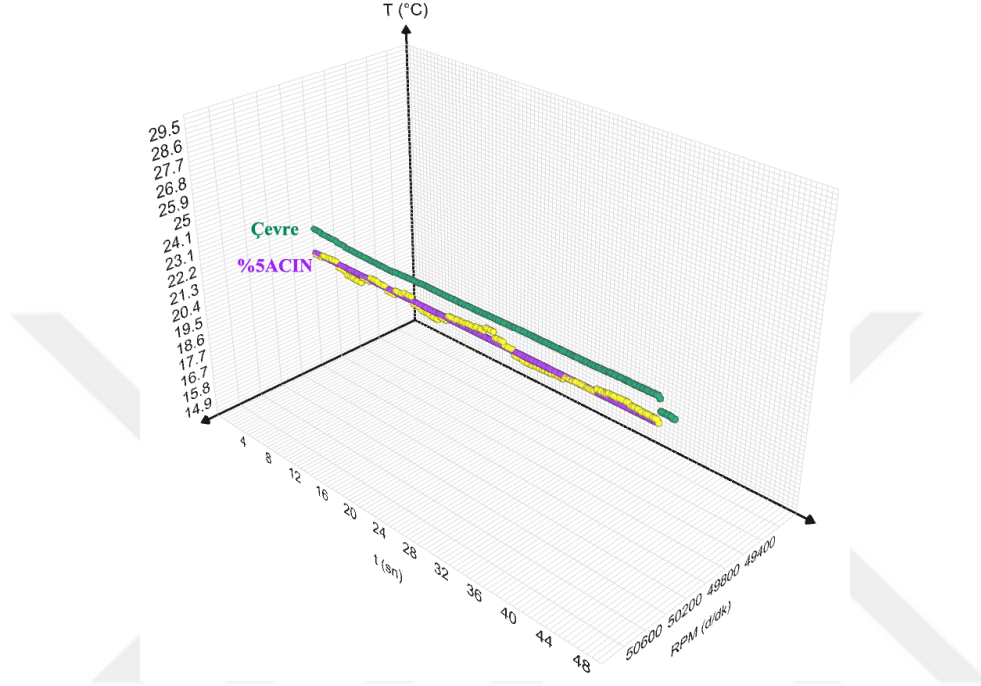


Şekil 5.317. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı

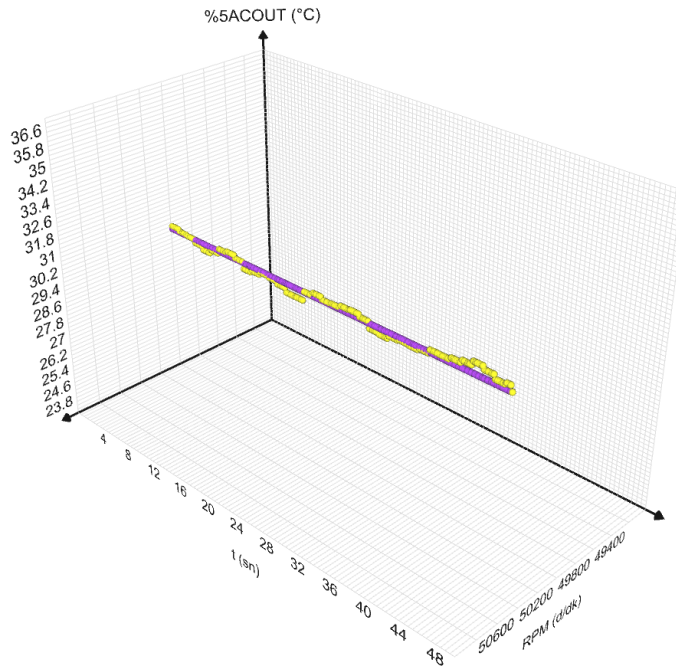


Şekil 5.318. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.319 ve Şekil 5.320’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.7005 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.1081 °C elde edilmiştir.

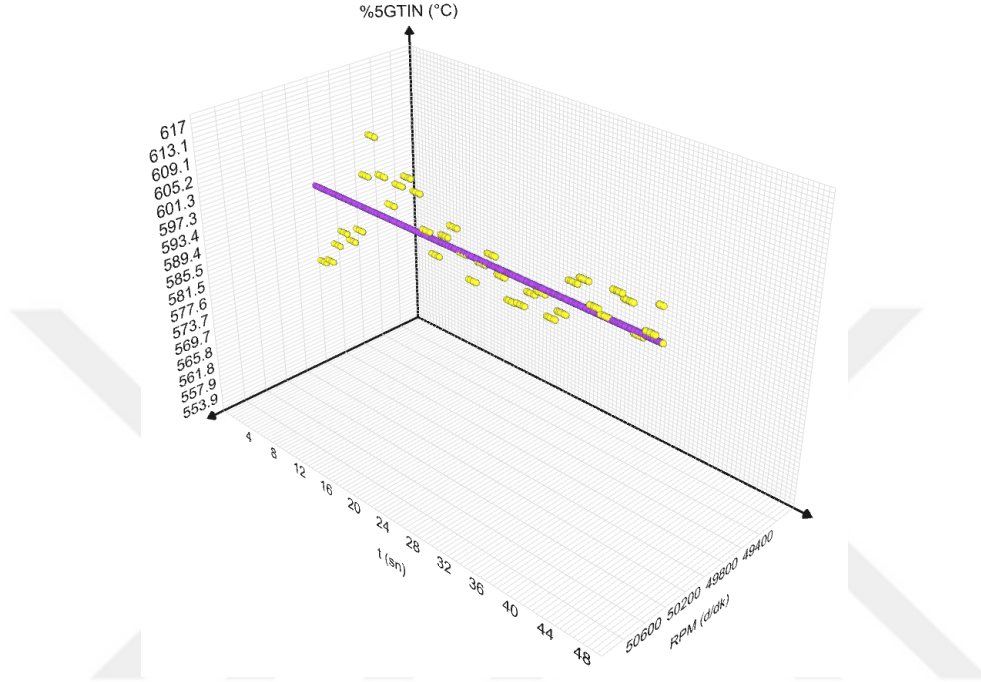


Şekil 5.319. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı

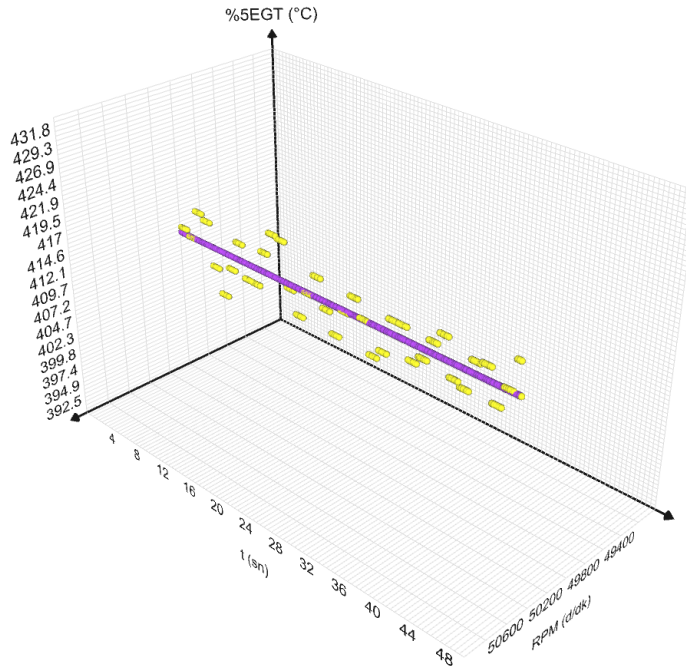


Şekil 5.320. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.321 ve Şekil 5.322’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 594.652 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.23 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

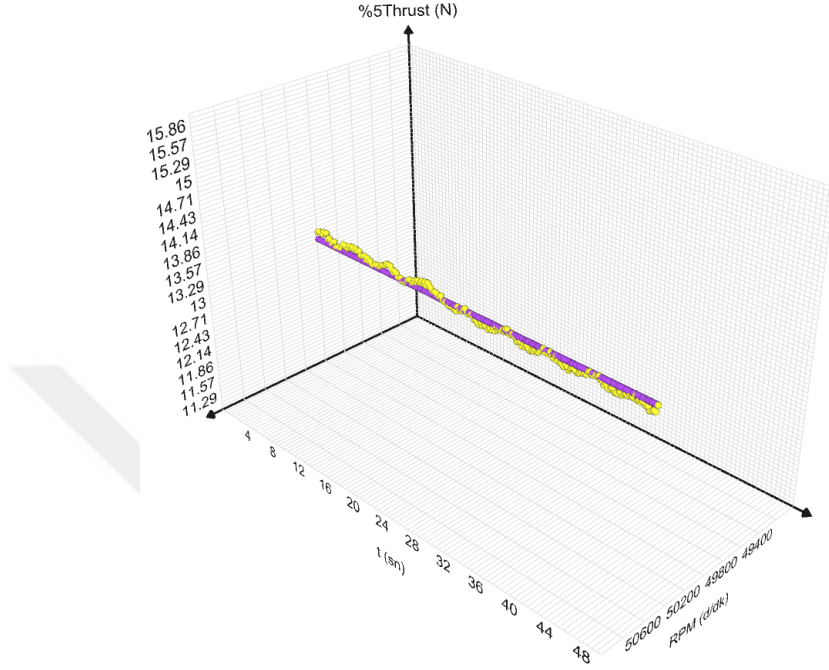


Şekil 5.321. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı

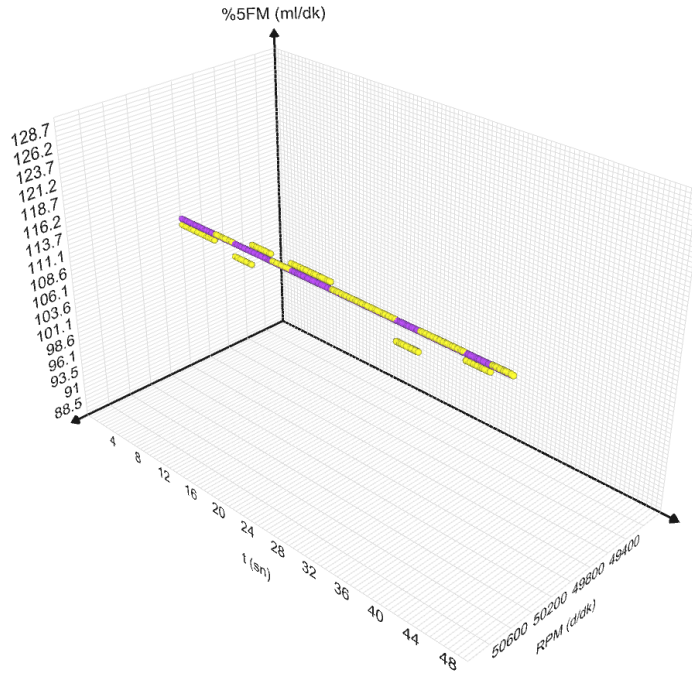


Şekil 5.322. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.323 ve Şekil 5.324’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 13.2877 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 109.947 ml/dk elde edilmiştir.



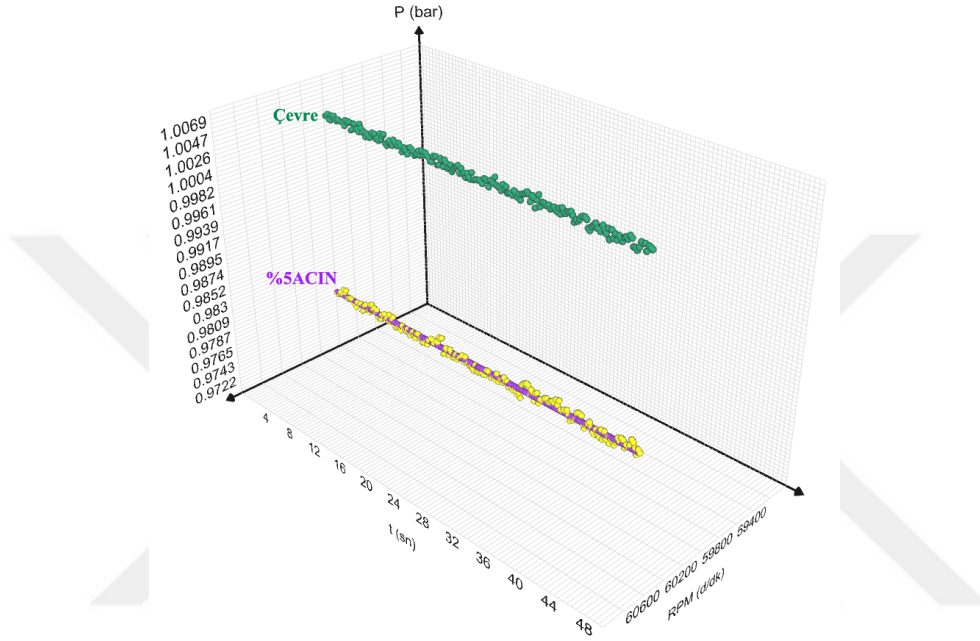
Şekil 5.323. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı



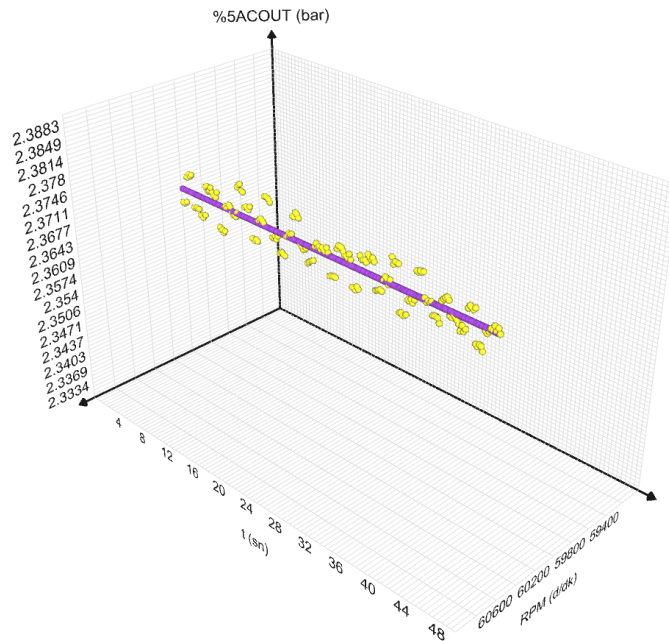
Şekil 5.324. %5TEST-E2, 50000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%5TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.325 ve Şekil 5.326’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97836 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36757 bar elde edilmiştir.

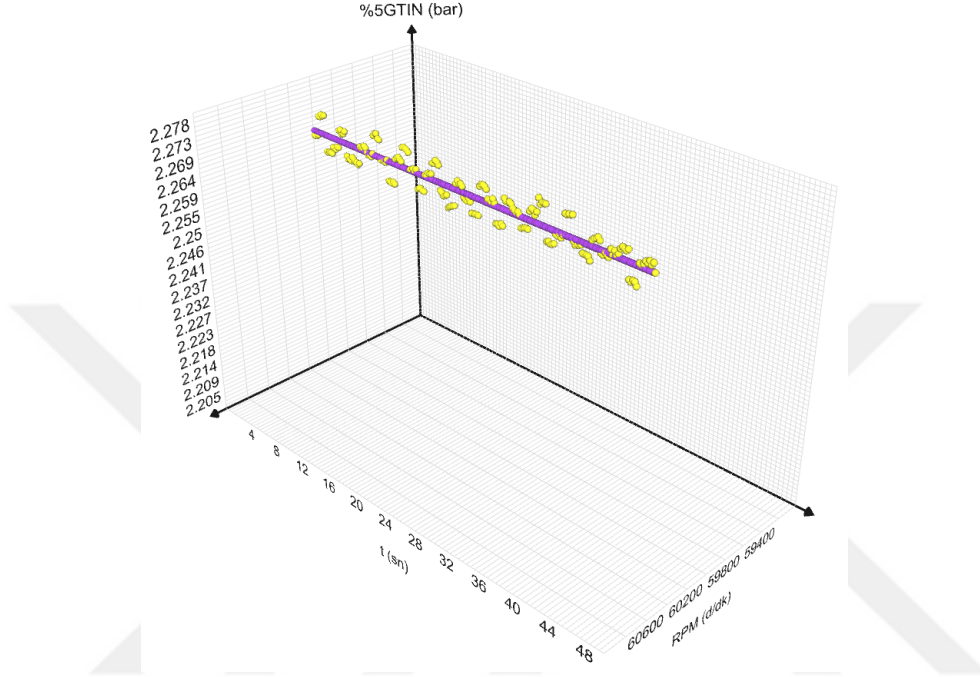


Şekil 5.325. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı

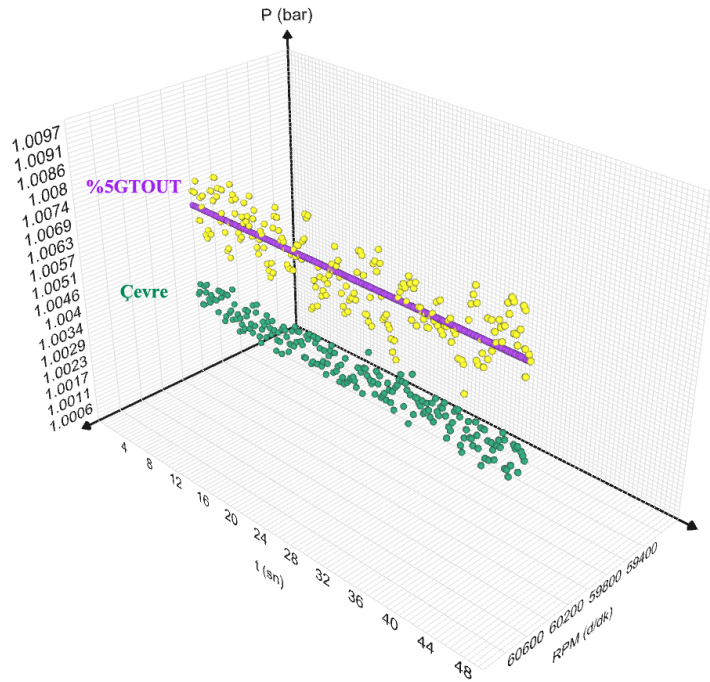


Şekil 5.326. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.327 ve Şekil 5.328'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.2662 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00603 bar elde edilmiştir.

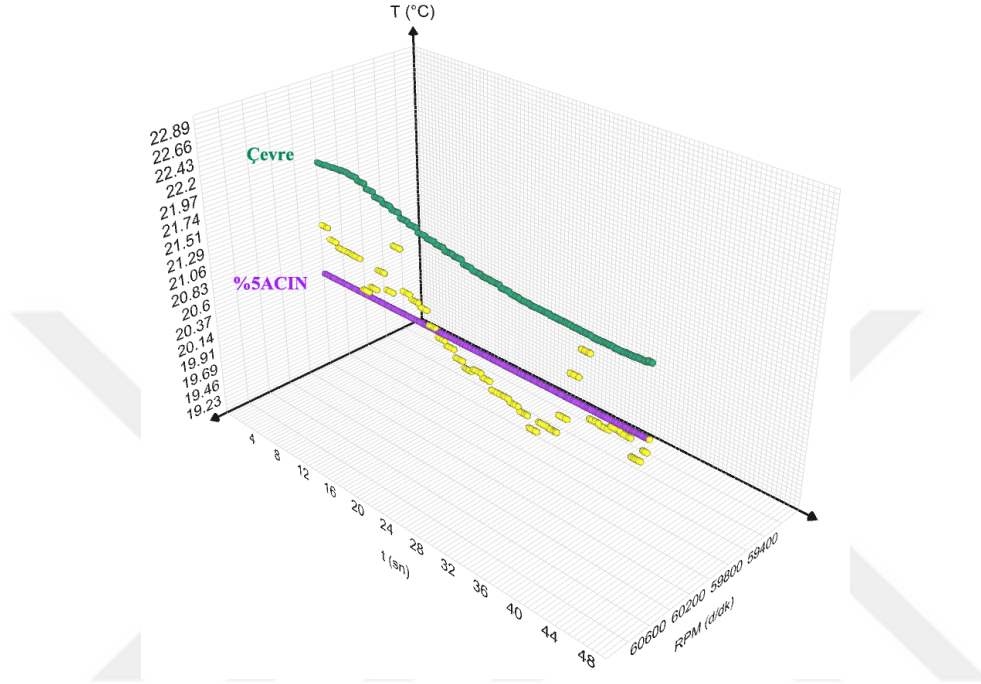


Şekil 5.327. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı

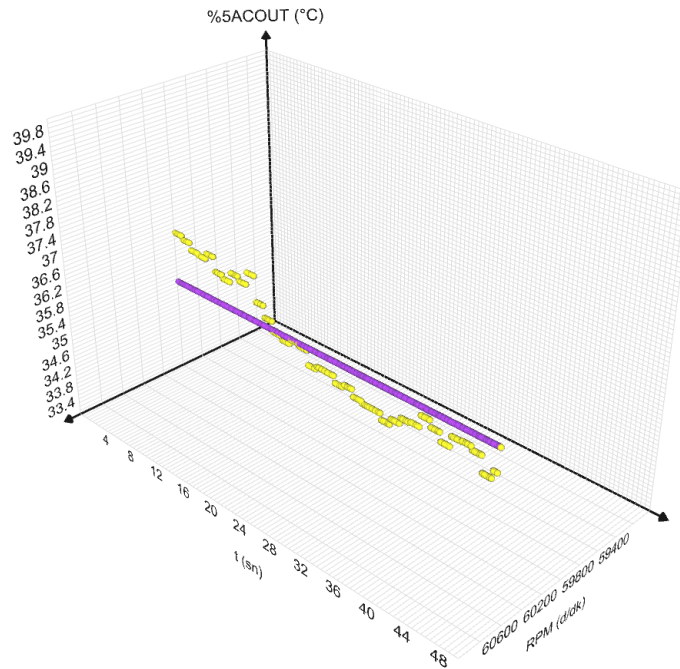


Şekil 5.328. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.329 ve Şekil 5.330’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.3633°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.2396°C elde edilmiştir.

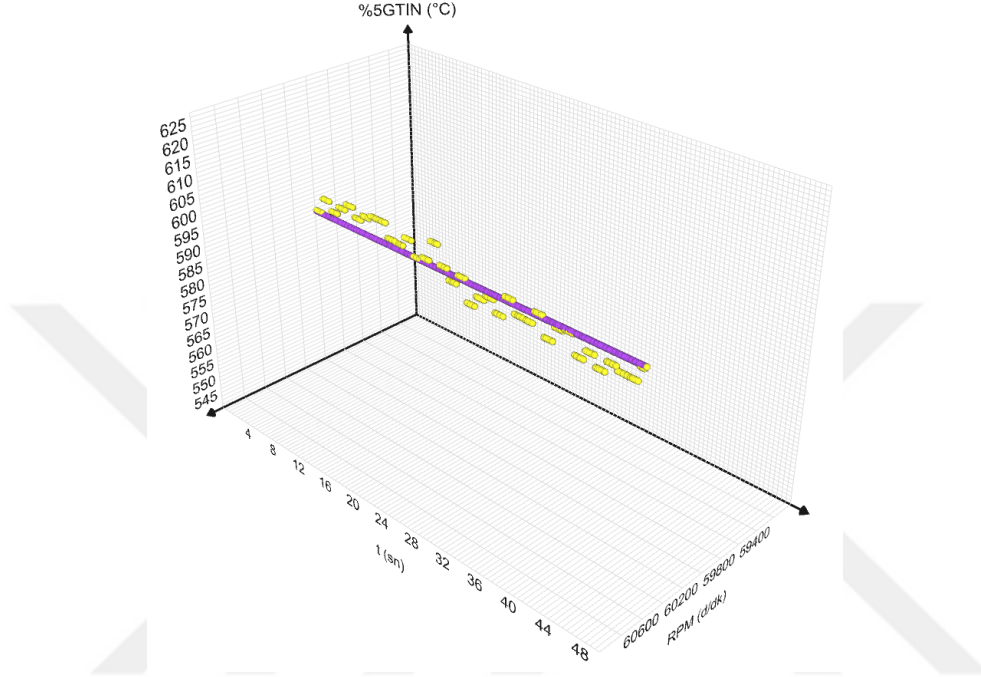


Şekil 5.329. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı

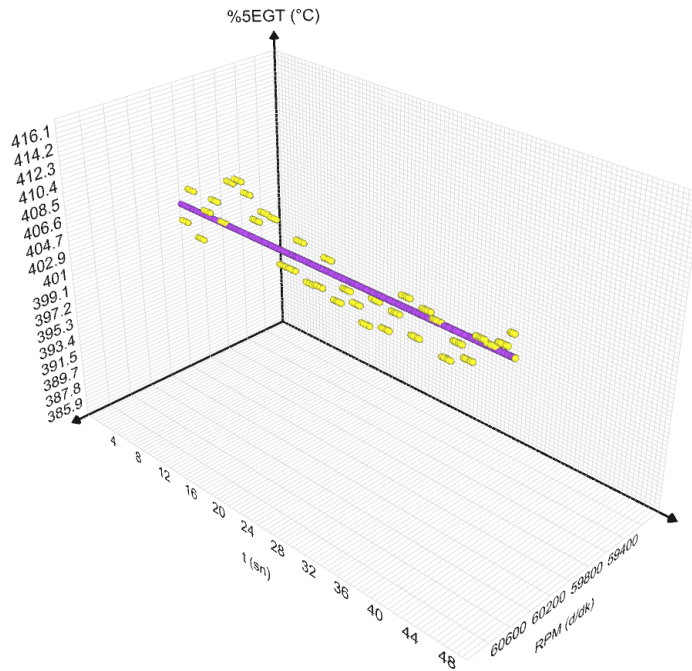


Şekil 5.330. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.331 ve Şekil 5.332'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 588.579 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 403.794 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

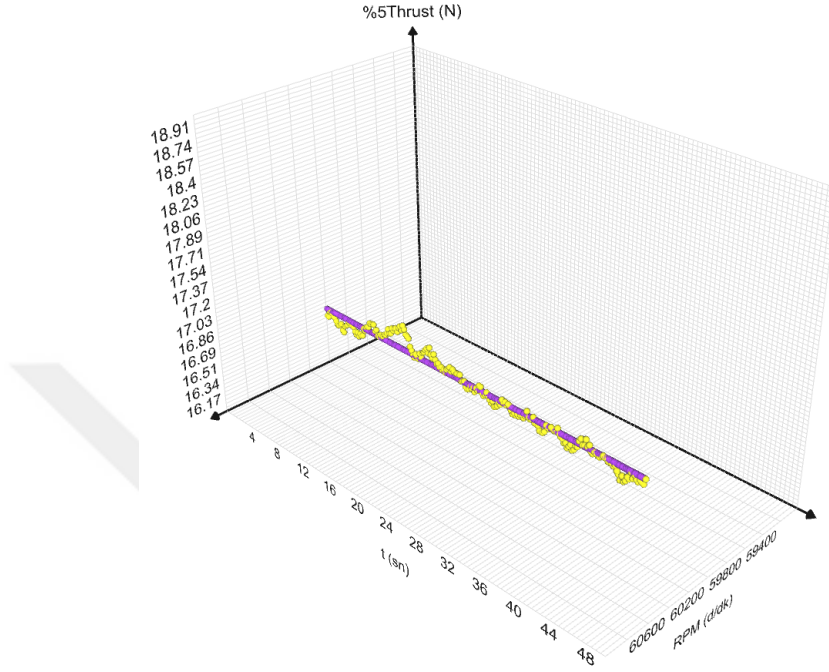


Şekil 5.331. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı

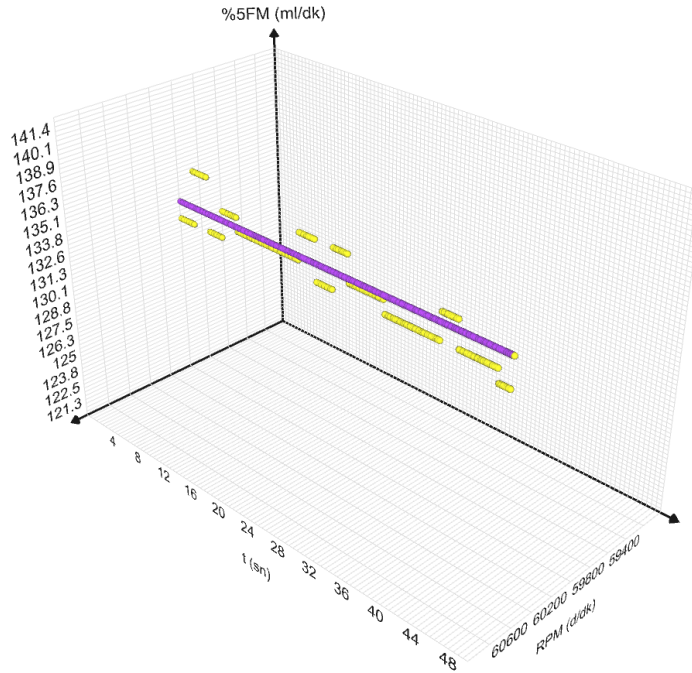


Şekil 5.332. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.333 ve Şekil 5.334’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 16.6193 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 133.287 ml/dk elde edilmiştir.



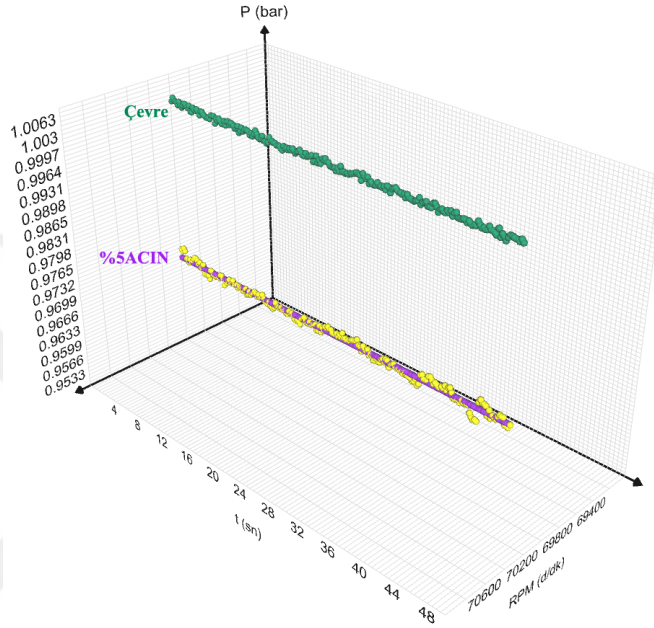
Şekil 5.333. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı



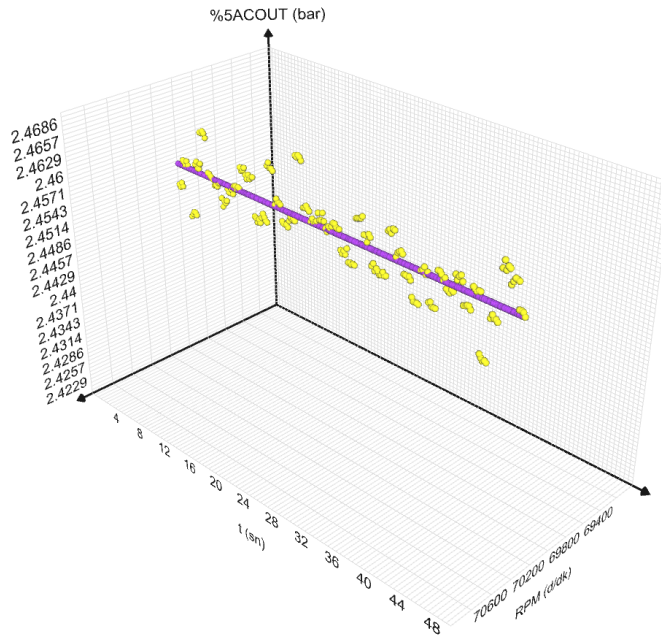
Şekil 5.334. %5TEST-E2, 60000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%5TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.335 ve Şekil 5.336’da görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96942 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45532 bar elde edilmiştir.

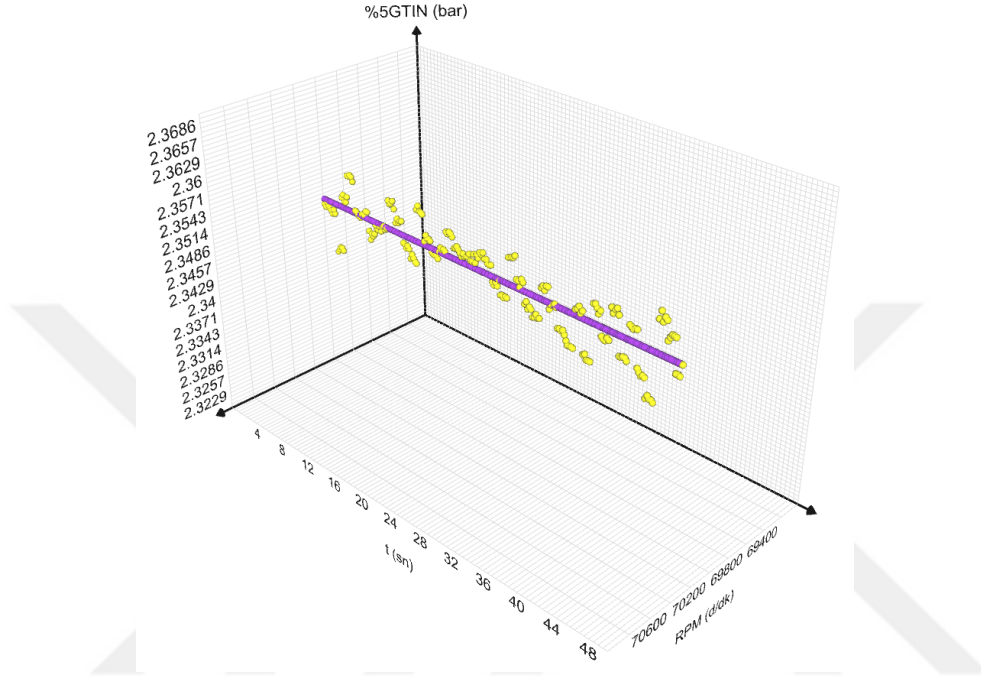


Şekil 5.335. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı

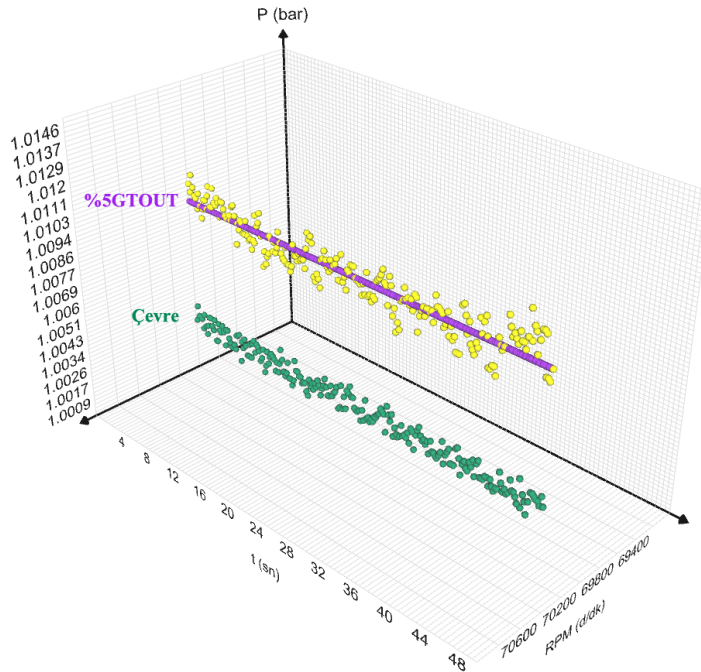


Şekil 5.336. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.337 ve Şekil 5.338'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.34988 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0091 bar elde edilmiştir.

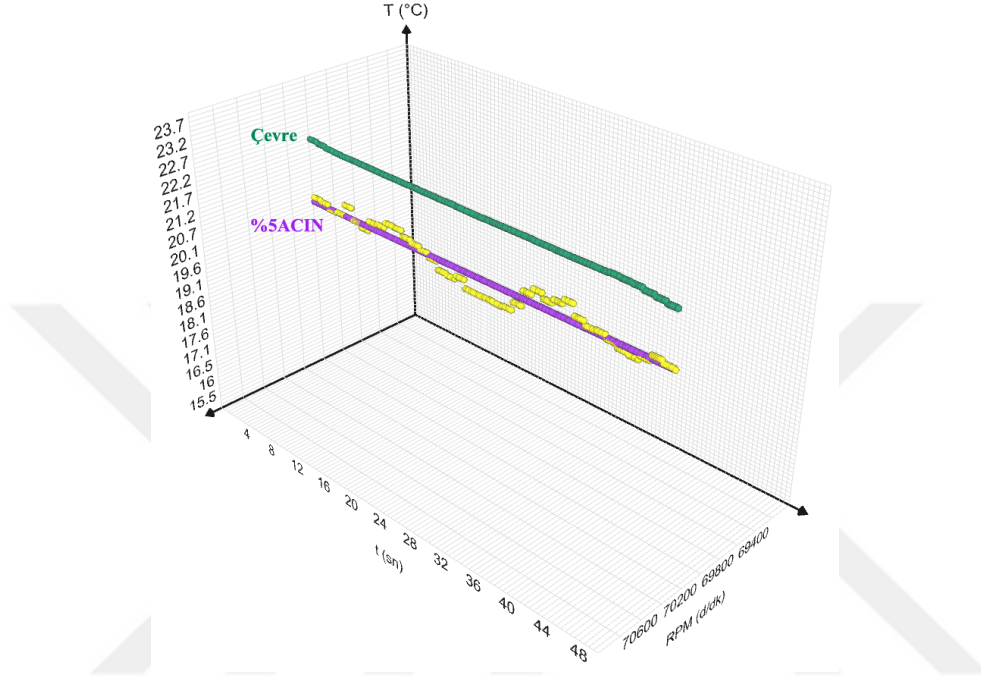


Şekil 5.337. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı

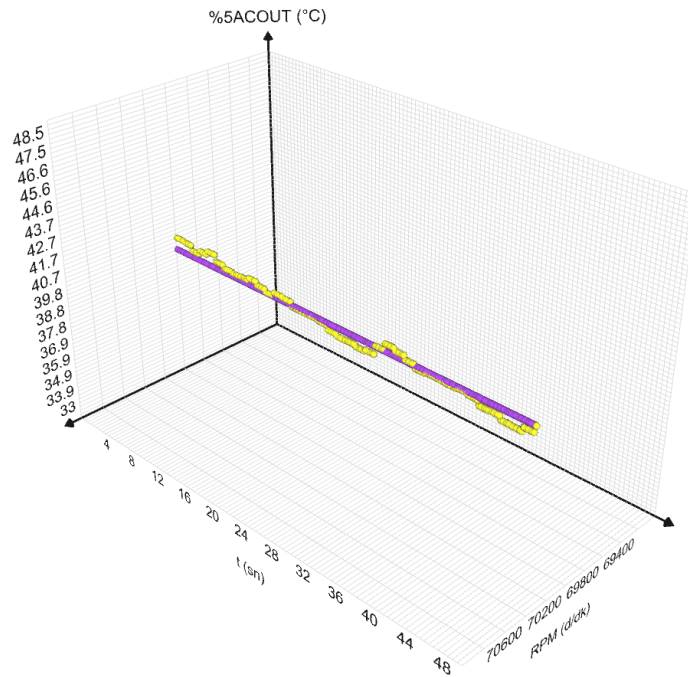


Şekil 5.338. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 70000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.339 ve Şekil 5.340'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.2696 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 39.6031 °C elde edilmiştir.

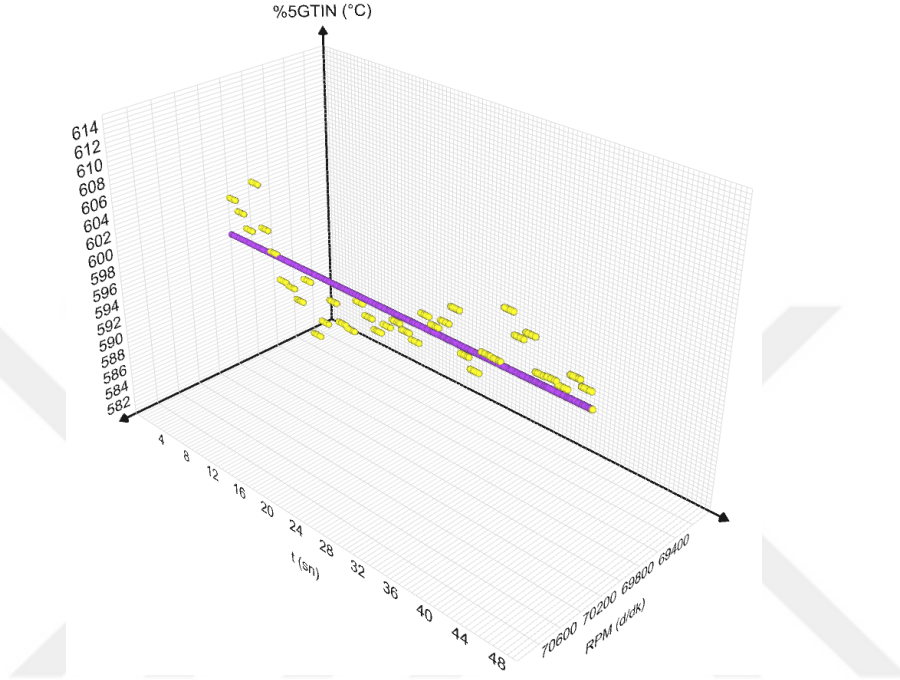


Şekil 5.339. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı

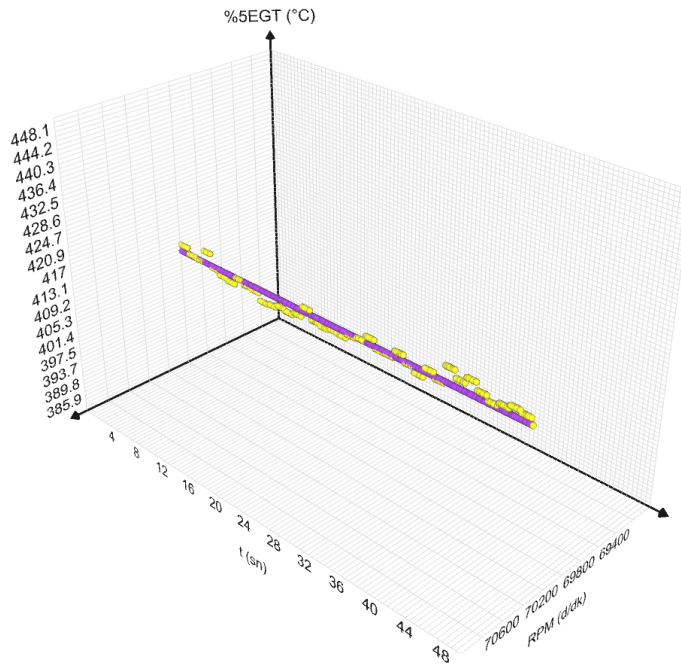


Şekil 5.340. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.341 ve Şekil 5.342’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 596.875 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 410.887 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

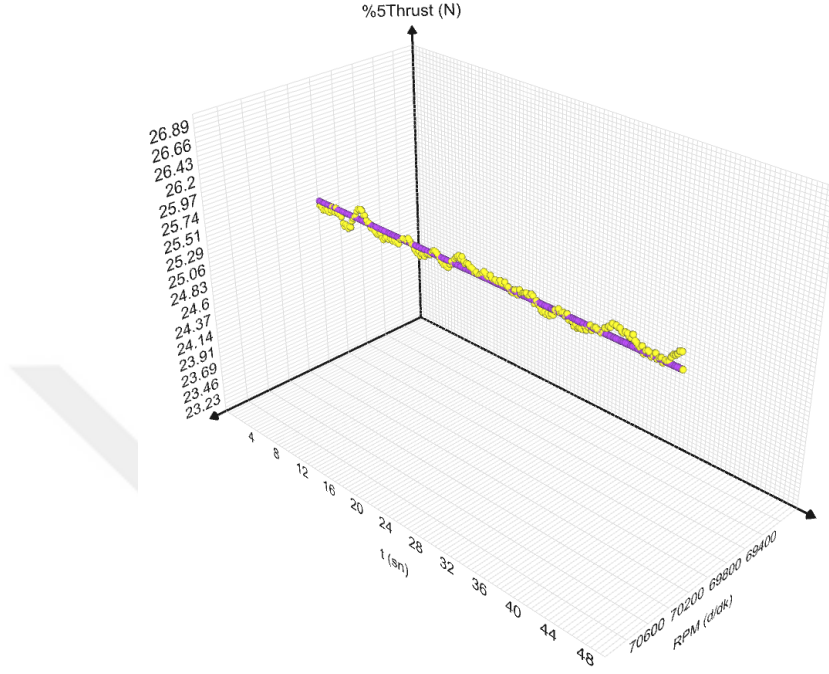


Şekil 5.341. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı

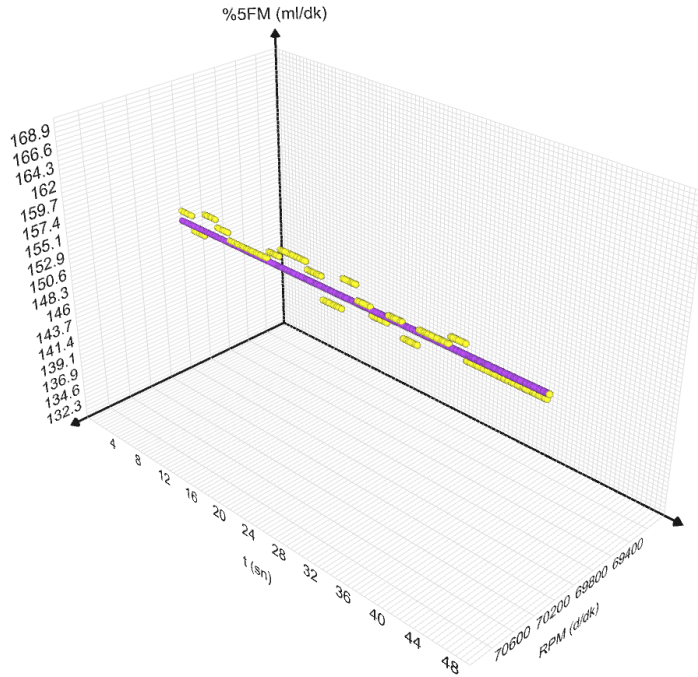


Şekil 5.342. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.343 ve Şekil 5.344’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 25.3777 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 151.688 ml/dk elde edilmiştir.



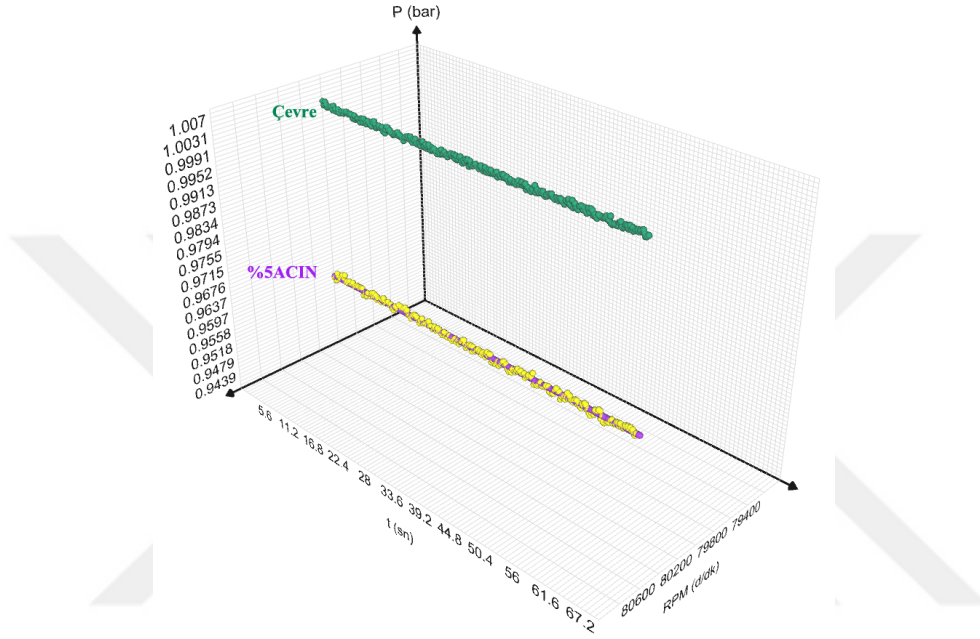
Şekil 5.343. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı



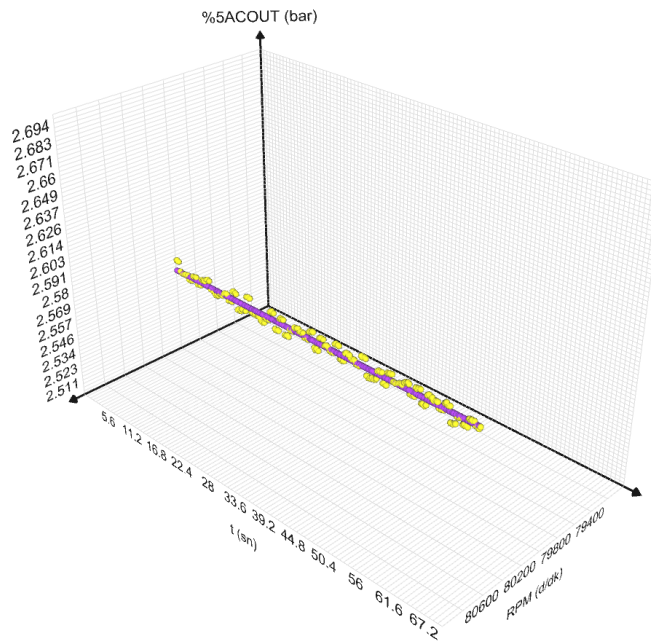
Şekil 5.344. %5TEST-E2, 70000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%5TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.345 ve Şekil 5.346’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95862 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.56265 bar elde edilmiştir.

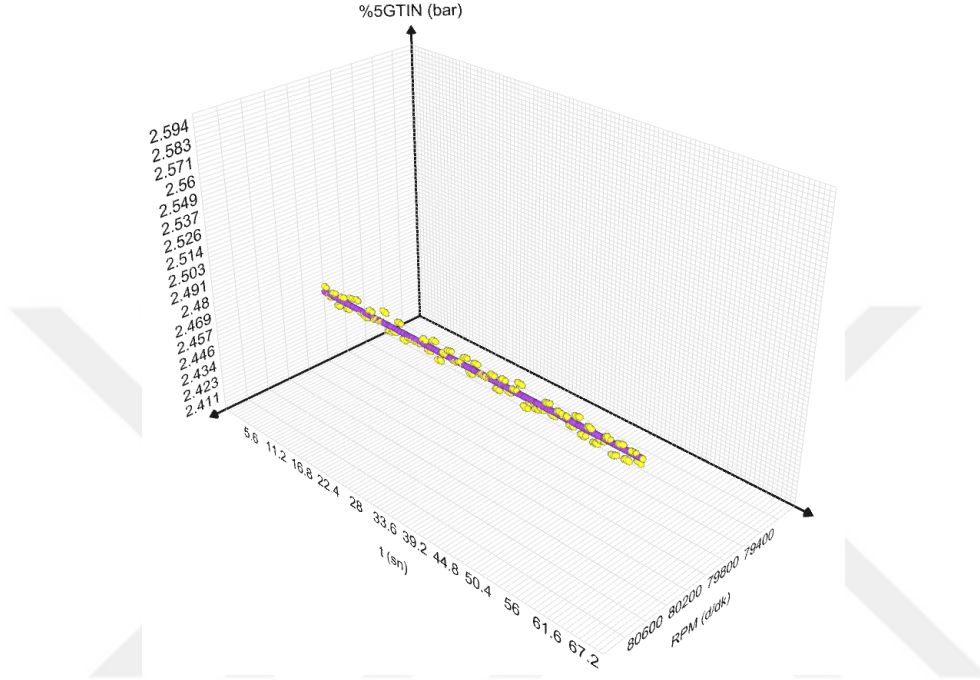


Şekil 5.345. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACIN basınç verileri dağılımı

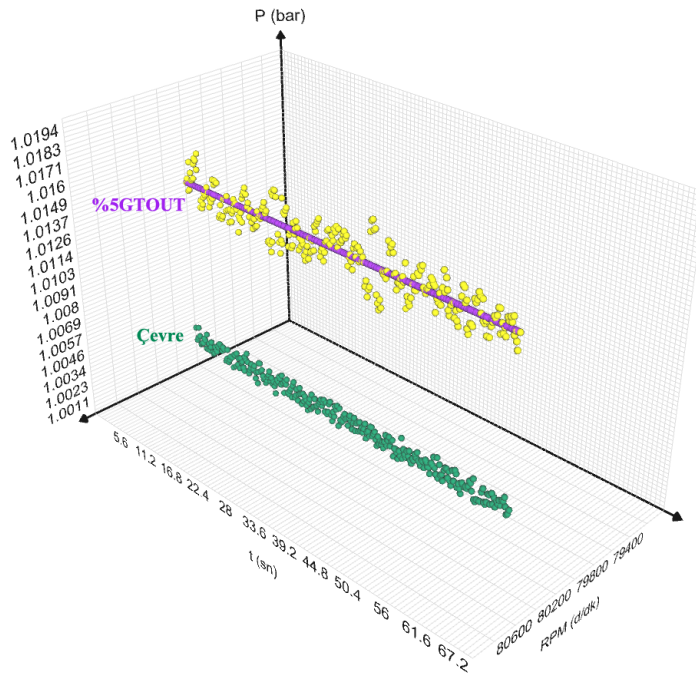


Şekil 5.346. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.347 ve Şekil 5.348'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.4527 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01342 bar elde edilmiştir.

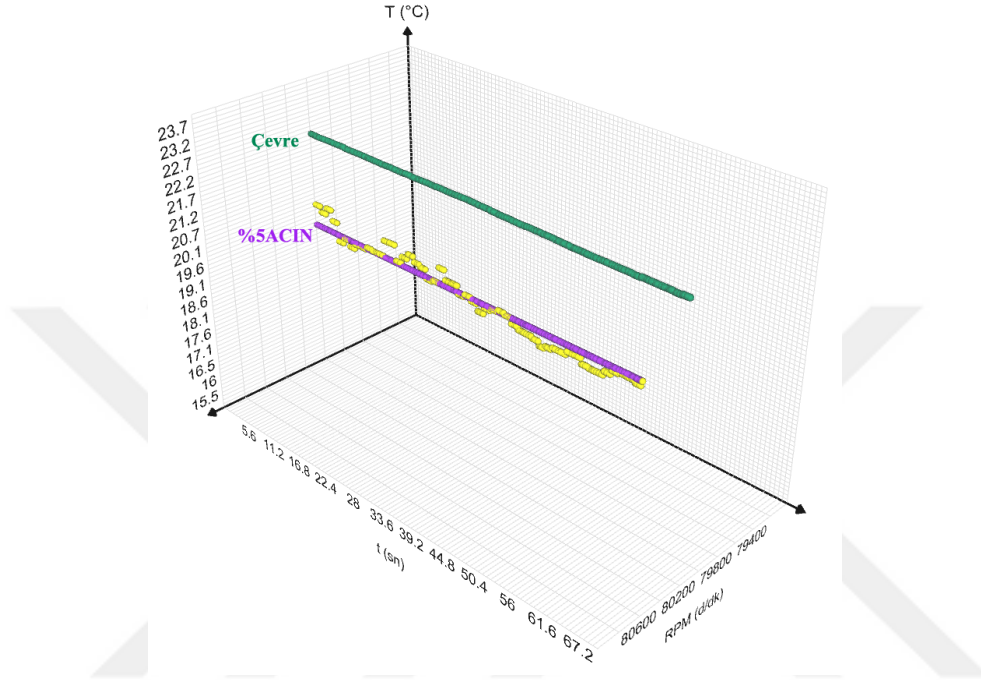


Şekil 5.347. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTIN basınç verileri dağılımı

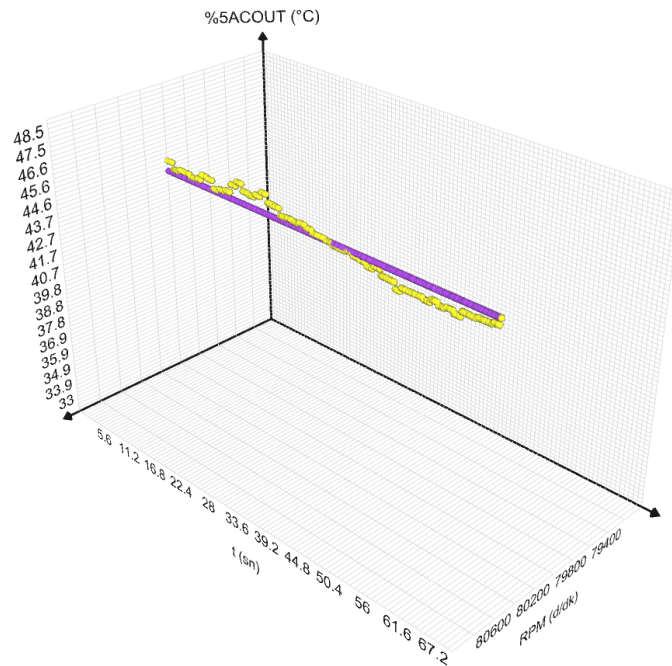


Şekil 5.348. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTOUT basınç verileri dağılımı

%5TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%5ACIN) ve kompresör çıkış (%5ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.349 ve Şekil 5.350’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.5547 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 44.0684 °C elde edilmiştir.

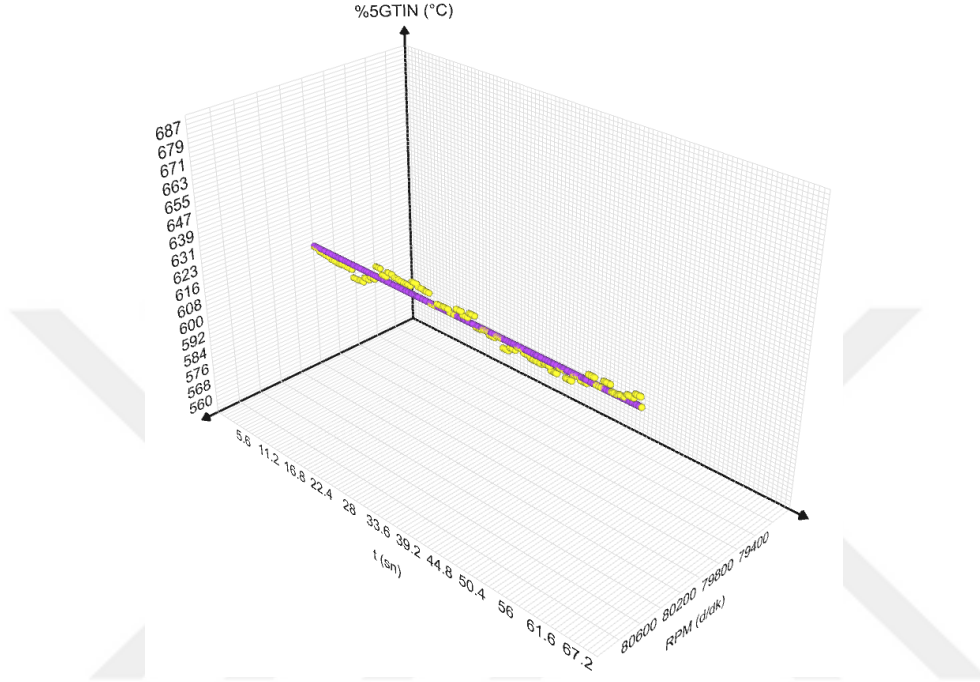


Şekil 5.349. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACIN sıcaklık verileri dağılımı

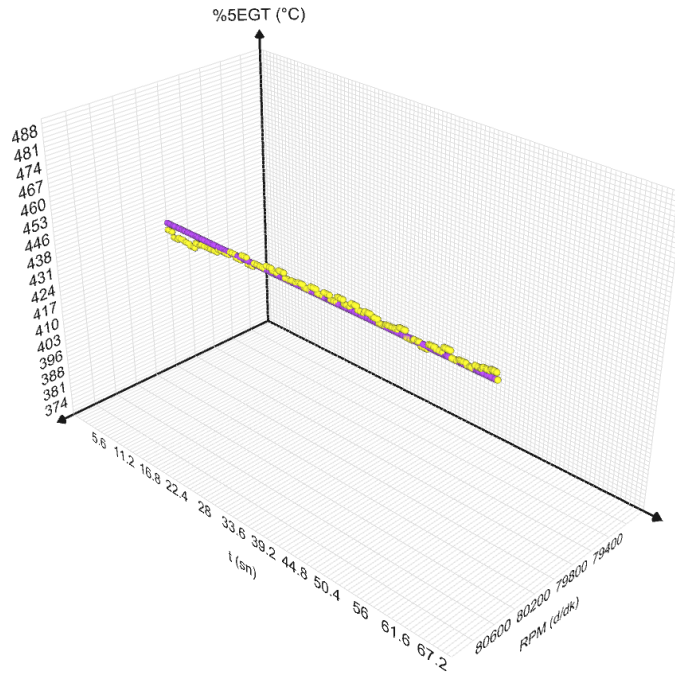


Şekil 5.350. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%5GTIN) ve türbin çıkış (%5GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.351 ve Şekil 5.352’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 612.988 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 433.277 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

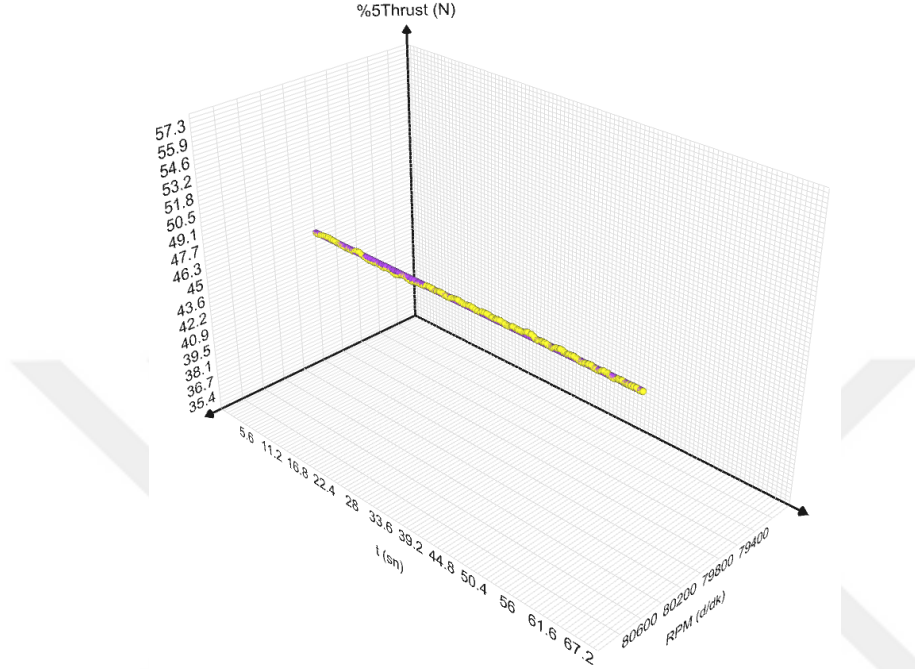


Şekil 5.351. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5GTIN sıcaklık verileri dağılımı

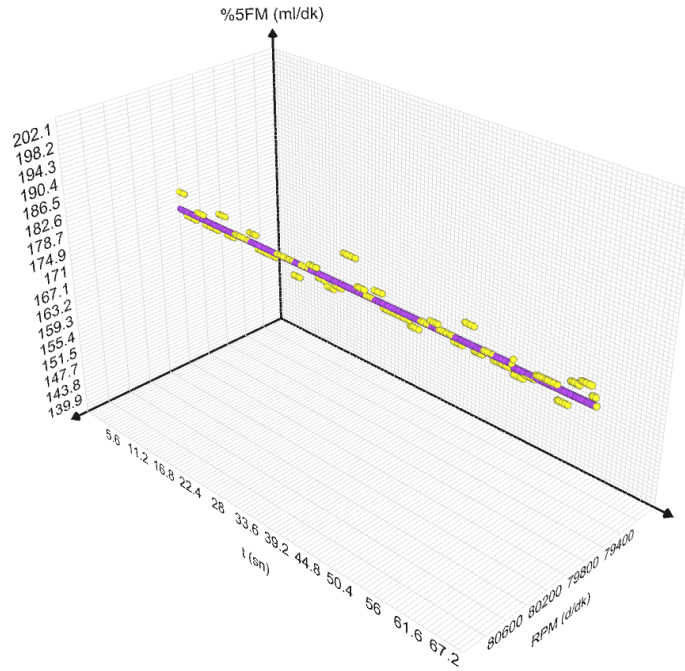


Şekil 5.352. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5EGT sıcaklık verileri dağılımı

%5TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.353 ve Şekil 5.354’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 45.4723 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 174.936 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.353. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5Thrust itki verileri dağılımı



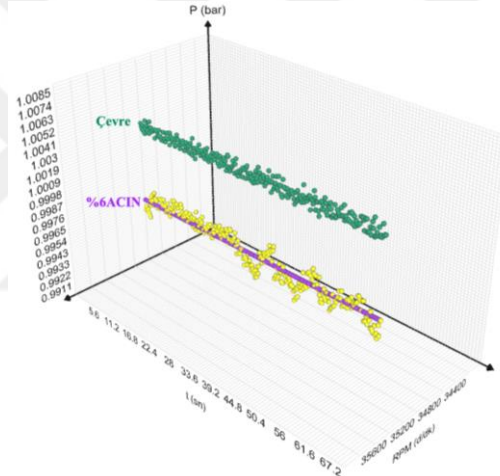
Şekil 5.354. %5TEST-E2, 80000 rpm, %5FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.6. %6TEST-E2

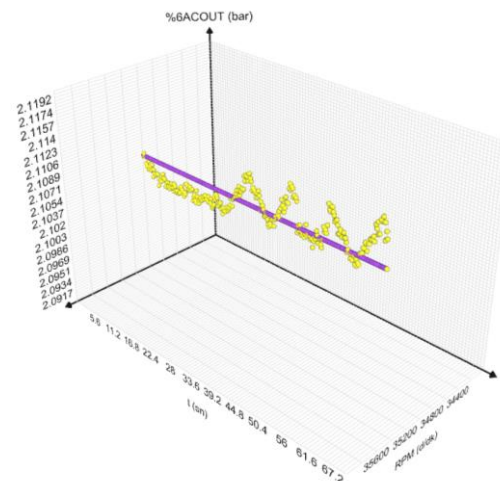
%6TEST-E2, geleneksel yakıtta %6 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%6TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.355 ve Şekil 5.356’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99609 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19697 bar elde edilmiştir.

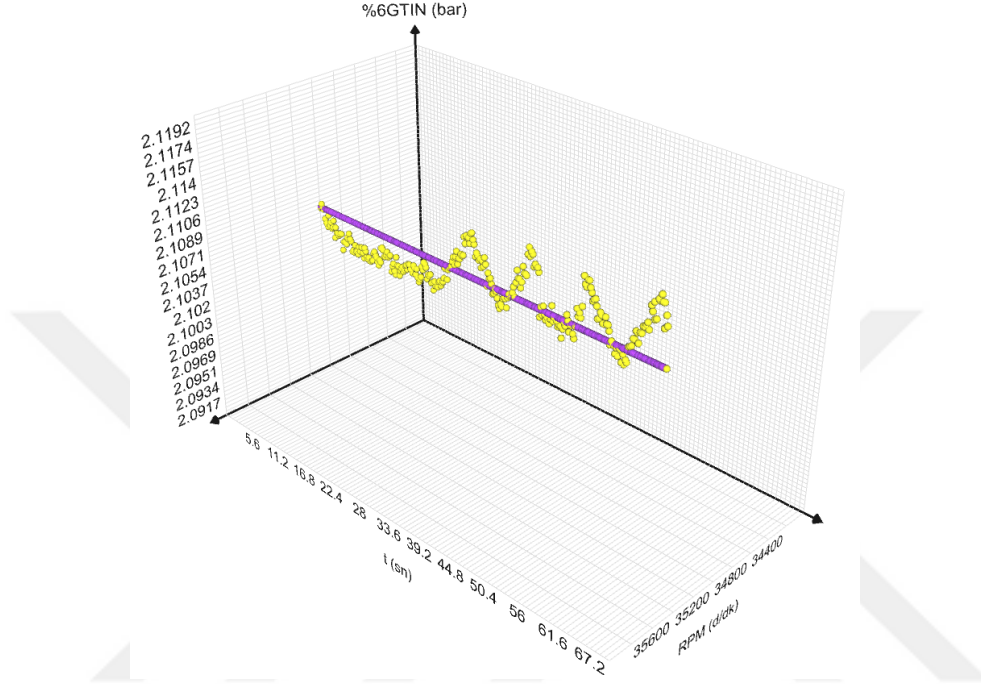


Şekil 5.355. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı

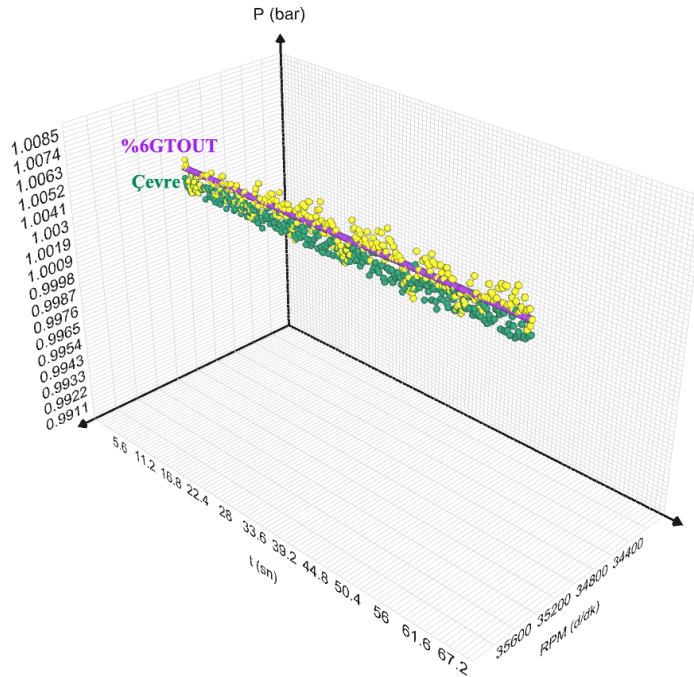


Şekil 5.356. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.357 ve Şekil 5.358’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10733 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00398 bar elde edilmiştir.

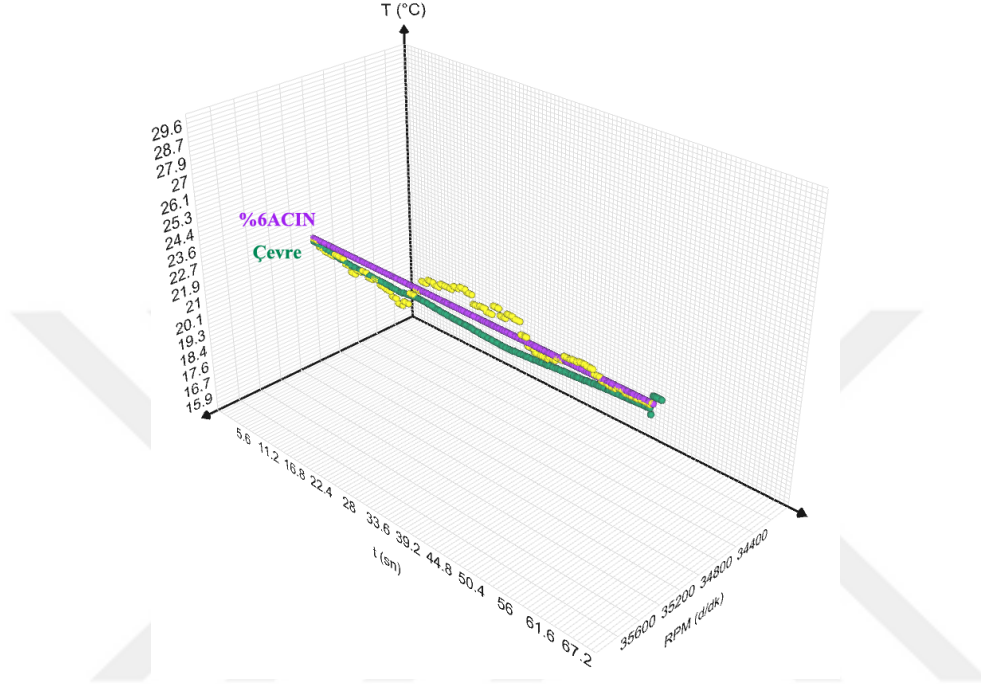


Şekil 5.357. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı

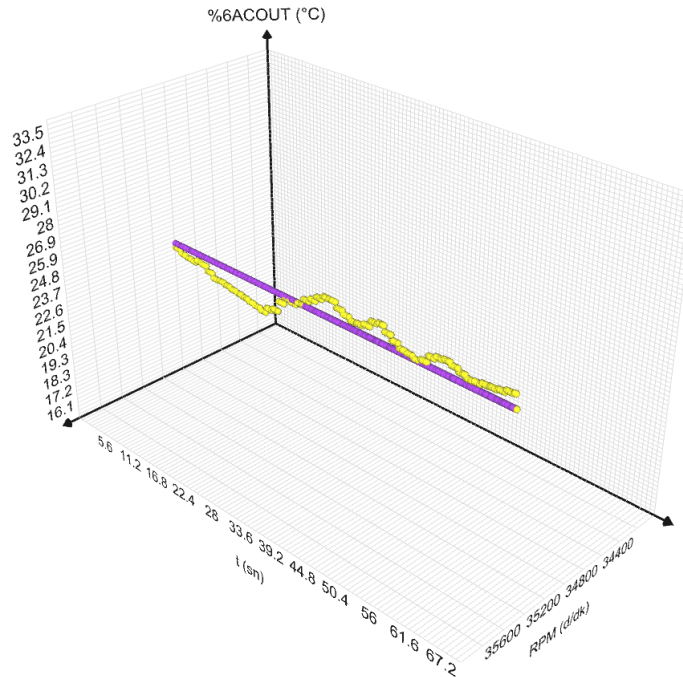


Şekil 5.358. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.359 ve Şekil 5.360’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.9145 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 23.848 °C elde edilmiştir.

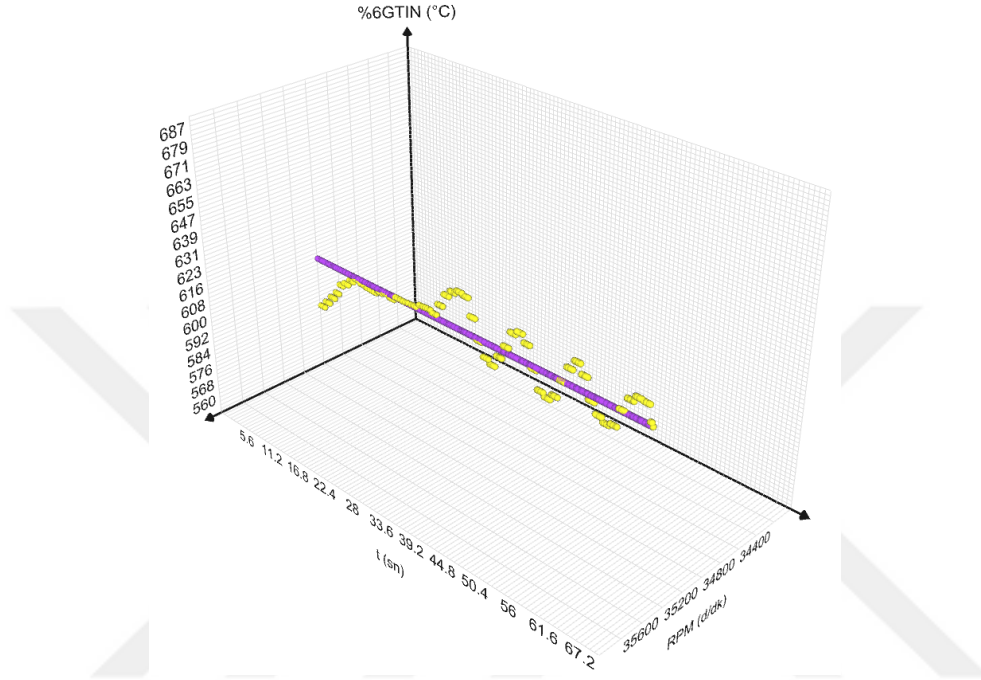


Şekil 5.359. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı

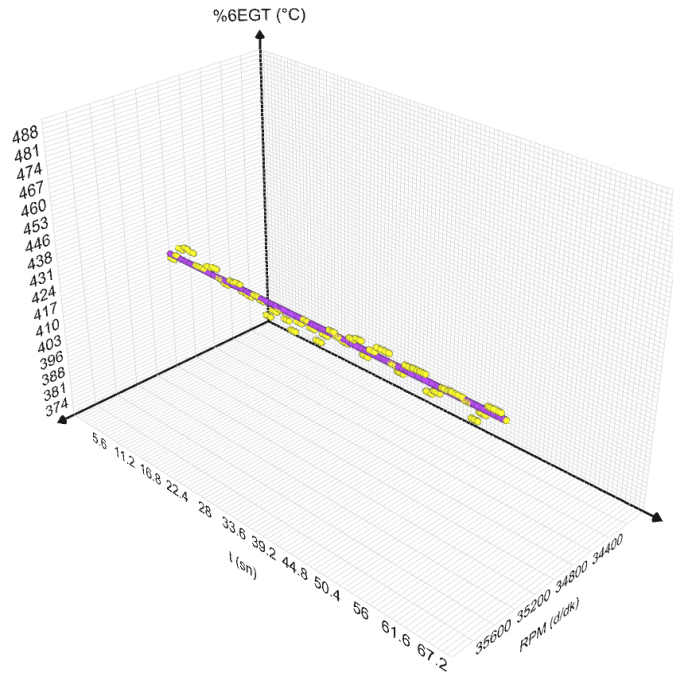


Şekil 5.360. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.361 ve Şekil 5.362’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 606.872 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 419.772 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

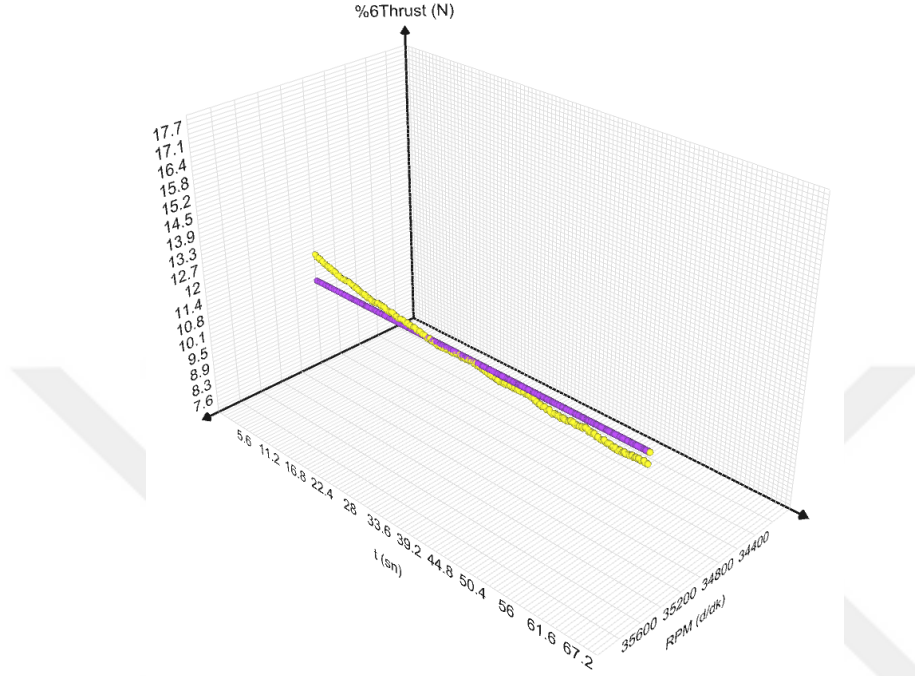


Şekil 5.361. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı

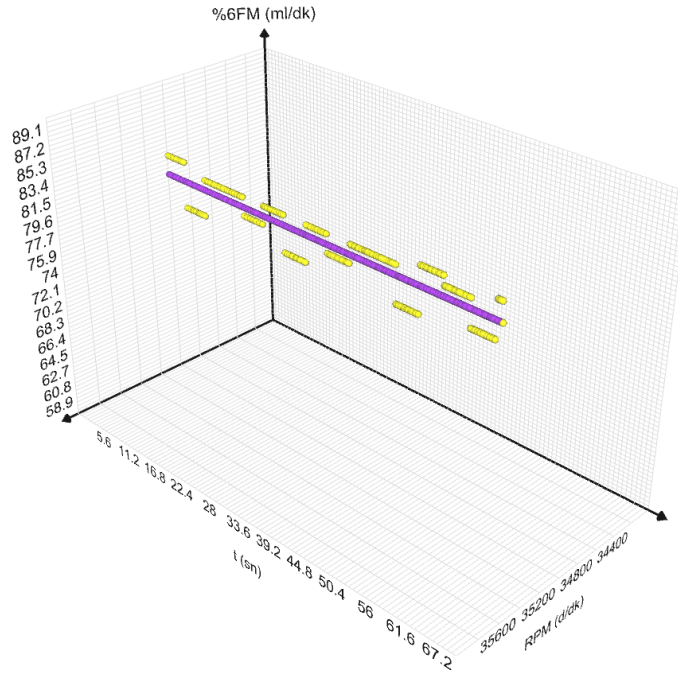


Şekil 5.362. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.363 ve Şekil 5.364’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 10.4303 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 79.9234 ml/dk elde edilmiştir.



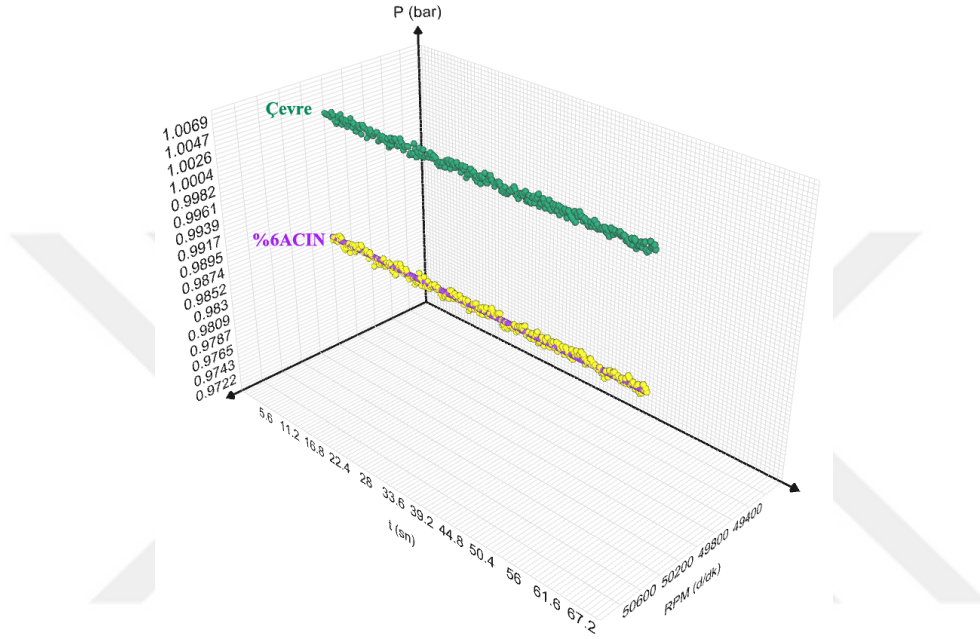
Şekil 5.363. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı



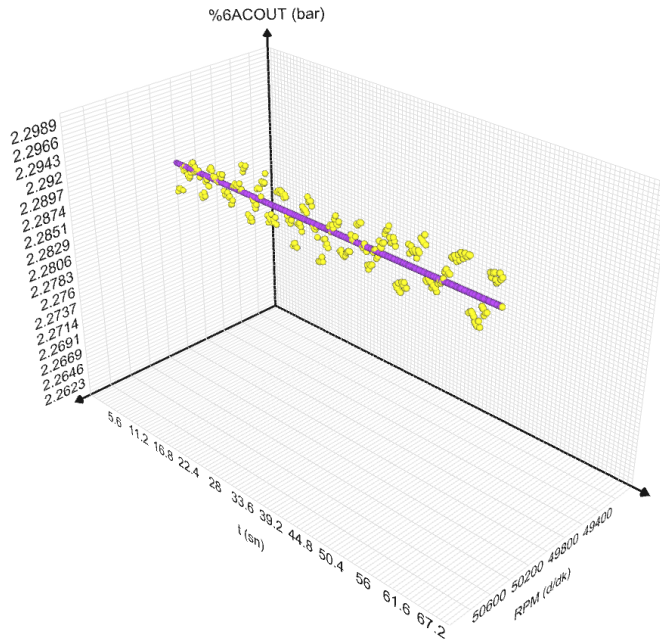
Şekil 5.364. %6TEST-E2, 35000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%6TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.365 ve Şekil 5.366’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98622 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28842 bar elde edilmiştir.

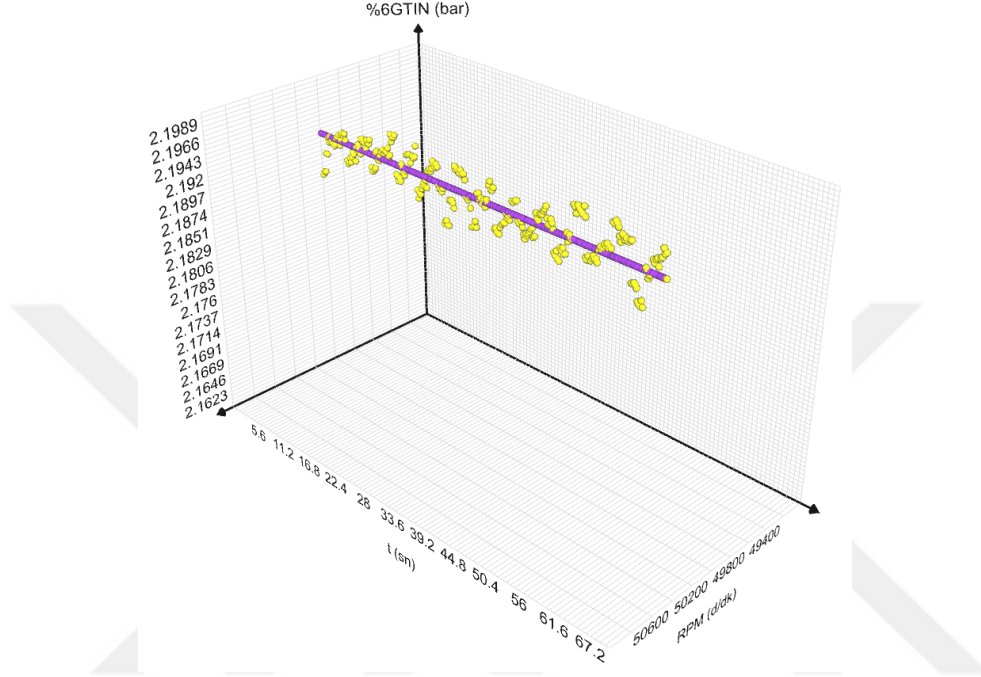


Şekil 5.365. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı

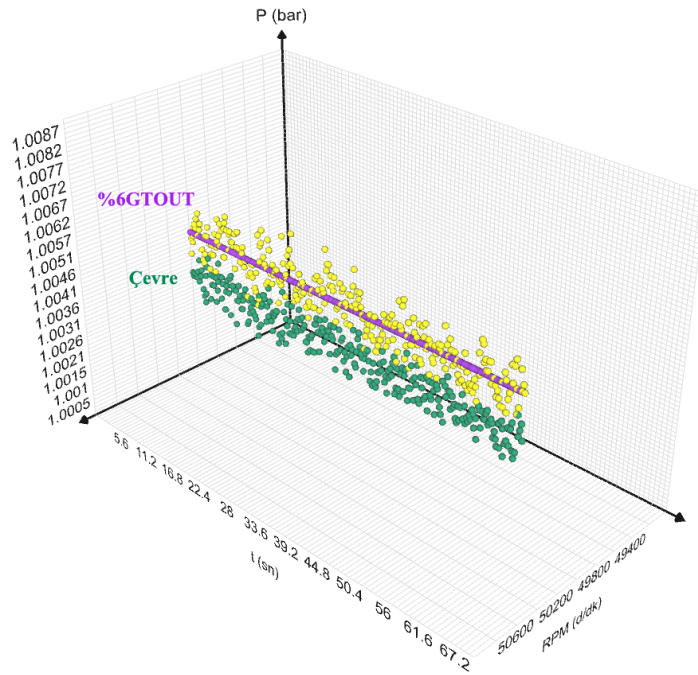


Şekil 5.366. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.367 ve Şekil 5.368'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19259 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00449 bar elde edilmiştir.

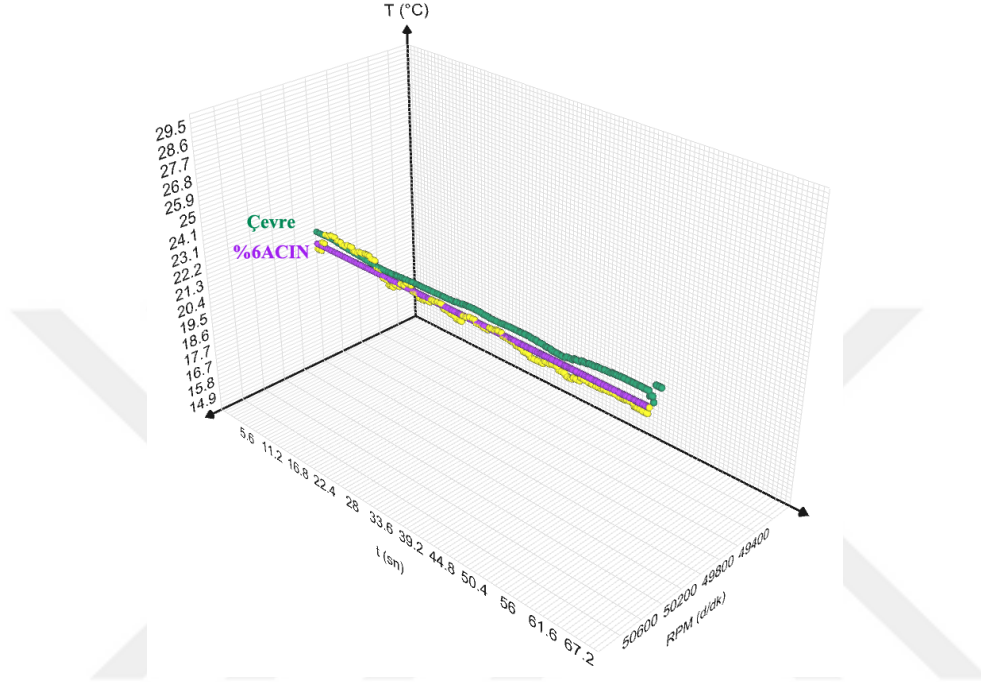


Şekil 5.367. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı

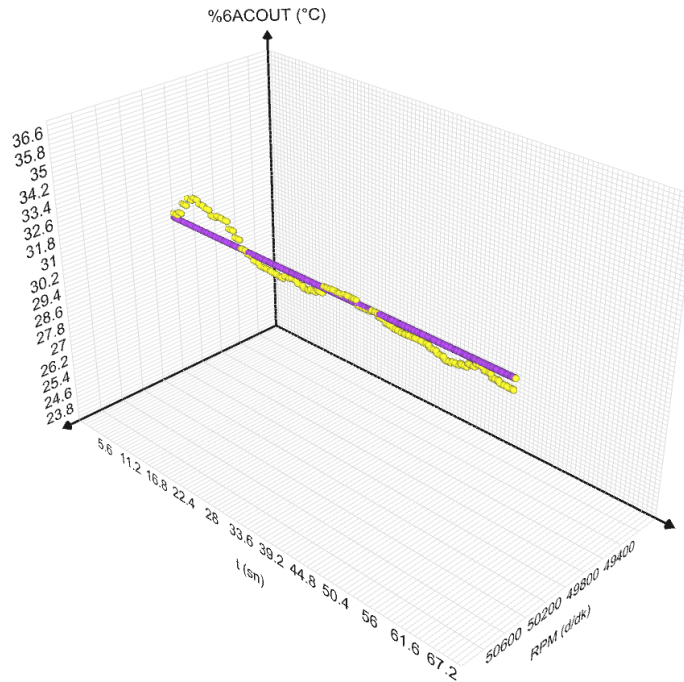


Şekil 5.368. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.369 ve Şekil 5.370’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.0344 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.856 °C elde edilmiştir.

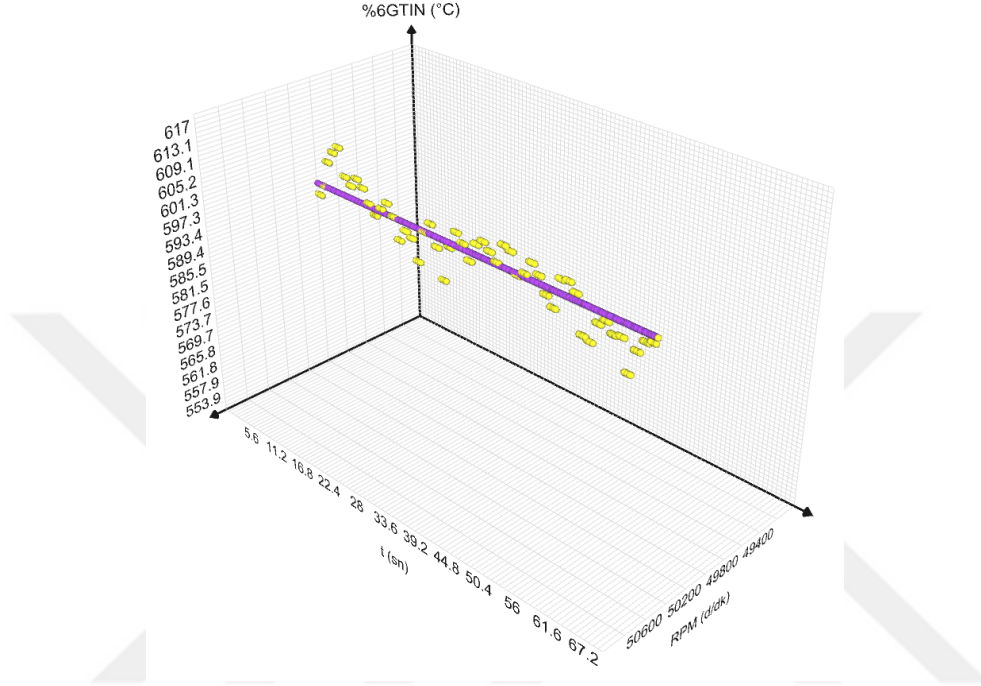


Şekil 5.369. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı

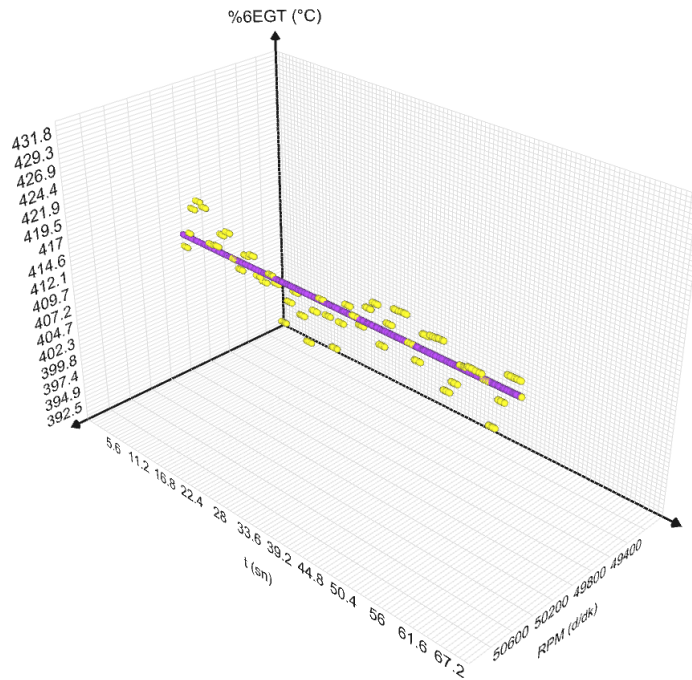


Şekil 5.370. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.371 ve Şekil 5.372’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 595.004 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.557 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

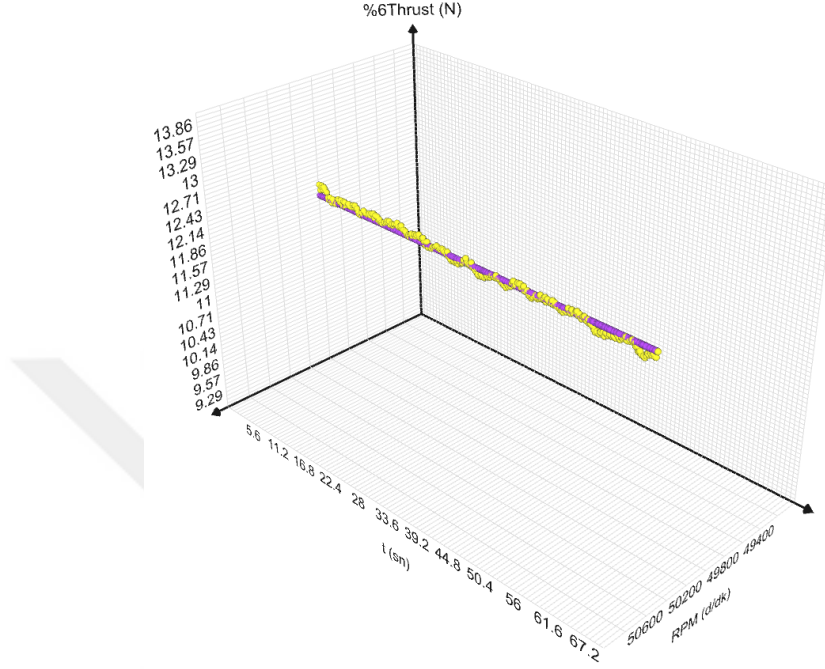


Şekil 5.371. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı

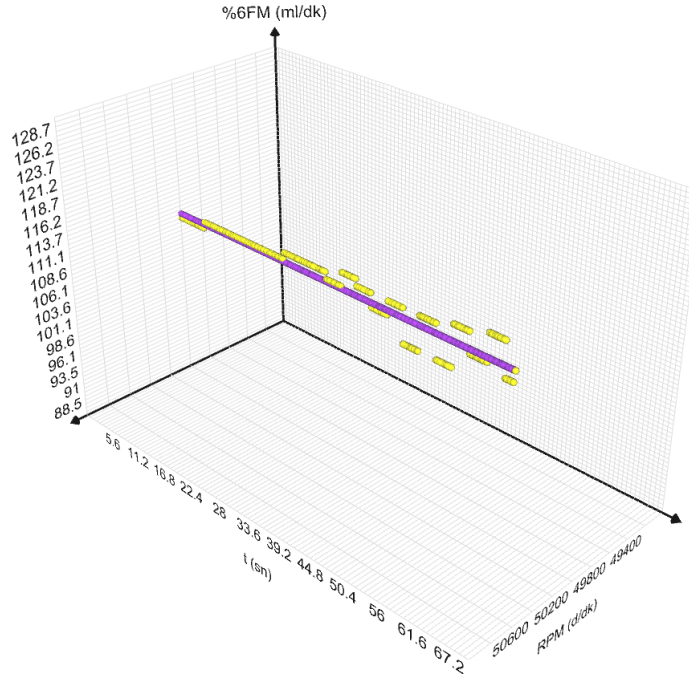


Şekil 5.372. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.373 ve Şekil 5.374’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 12.0215 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 110.637 ml/dk elde edilmiştir.



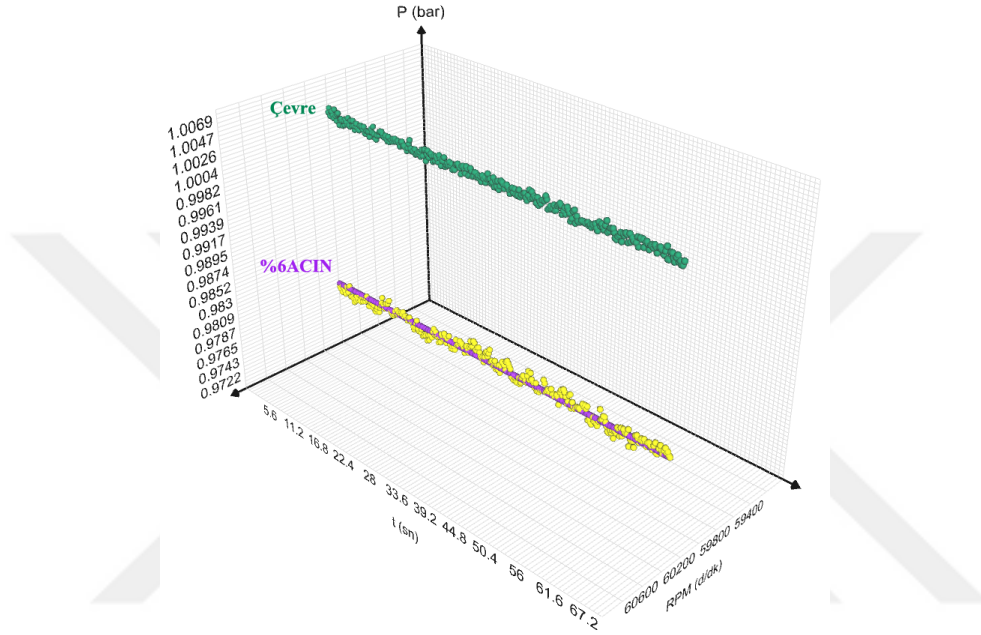
Şekil 5.373. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı



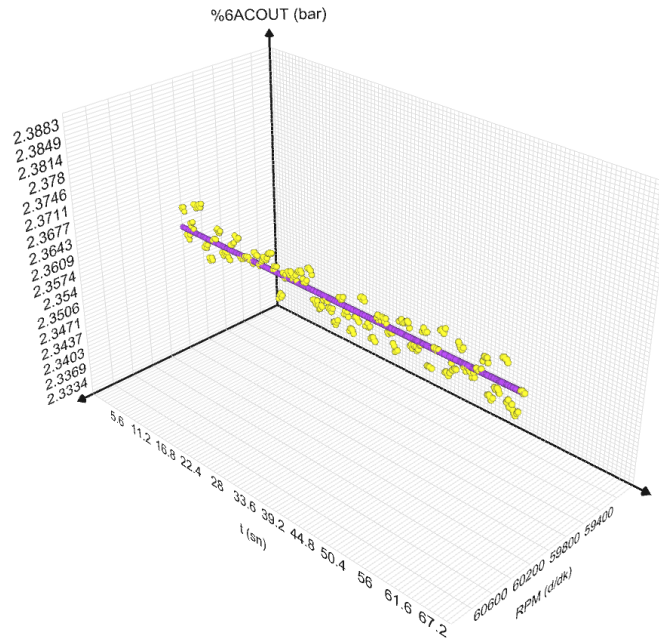
Şekil 5.374. %6TEST-E2, 50000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%6TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.375 ve Şekil 5.376’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97912 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35848 bar elde edilmiştir.

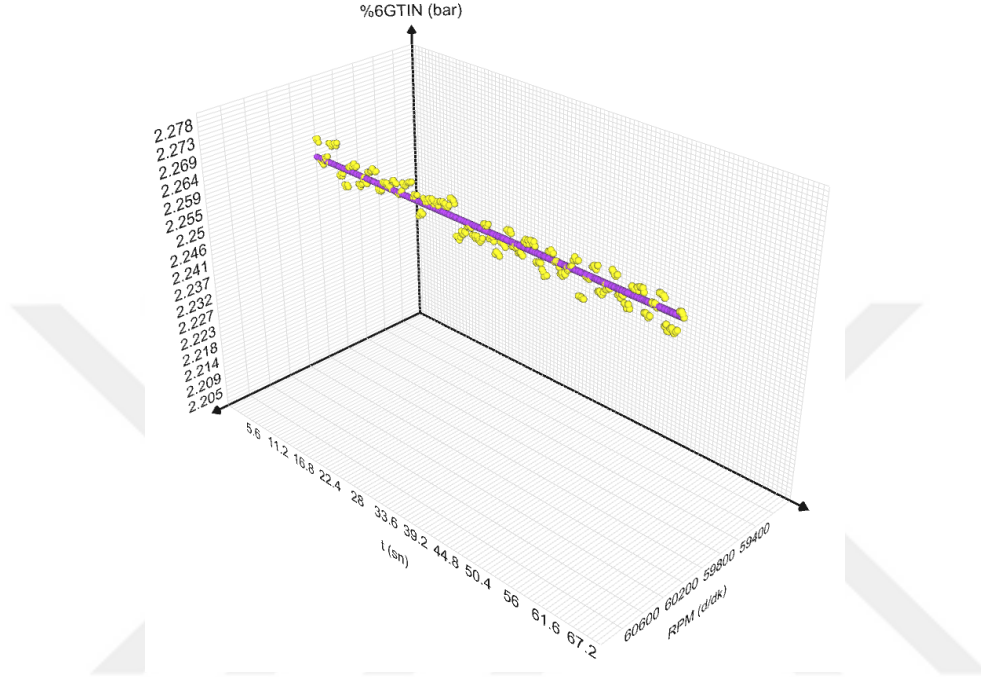


Şekil 5.375. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı

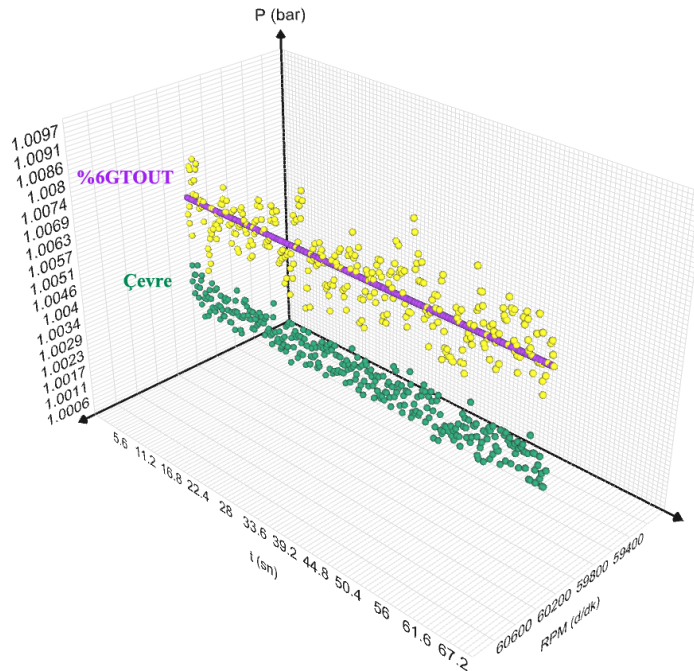


Şekil 5.376. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.377 ve Şekil 5.378'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25891 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00618 bar elde edilmiştir.

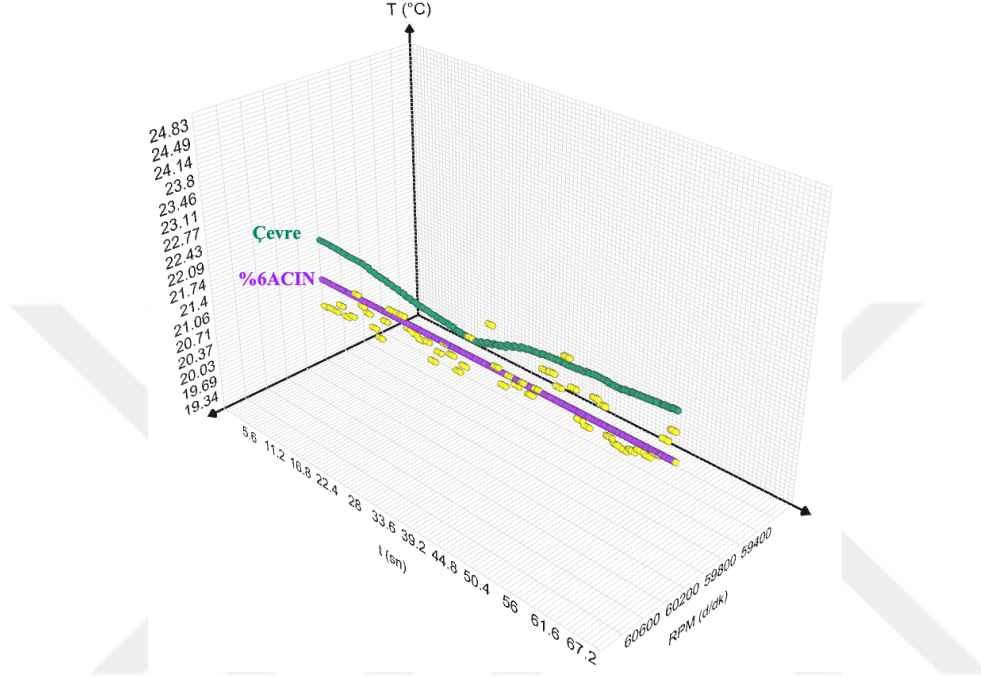


Şekil 5.377. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı

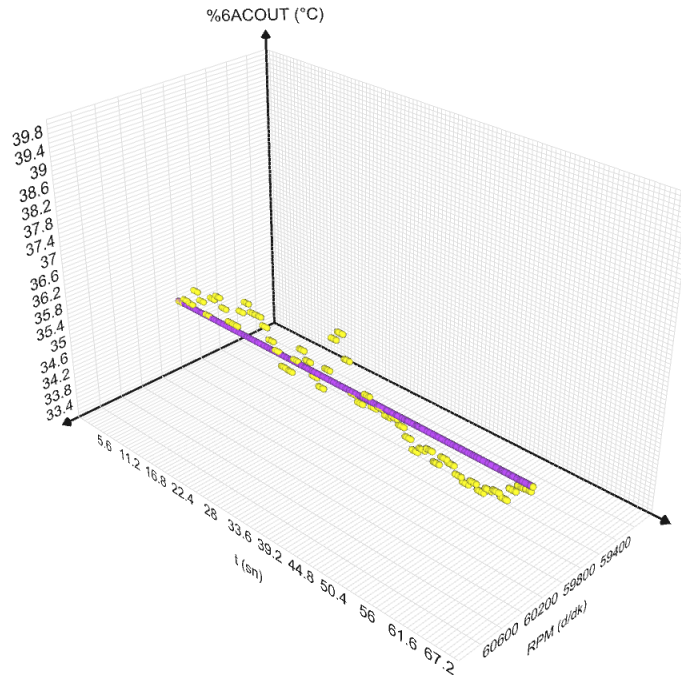


Şekil 5.378. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.379 ve Şekil 5.380’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.8332 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 34.7838 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

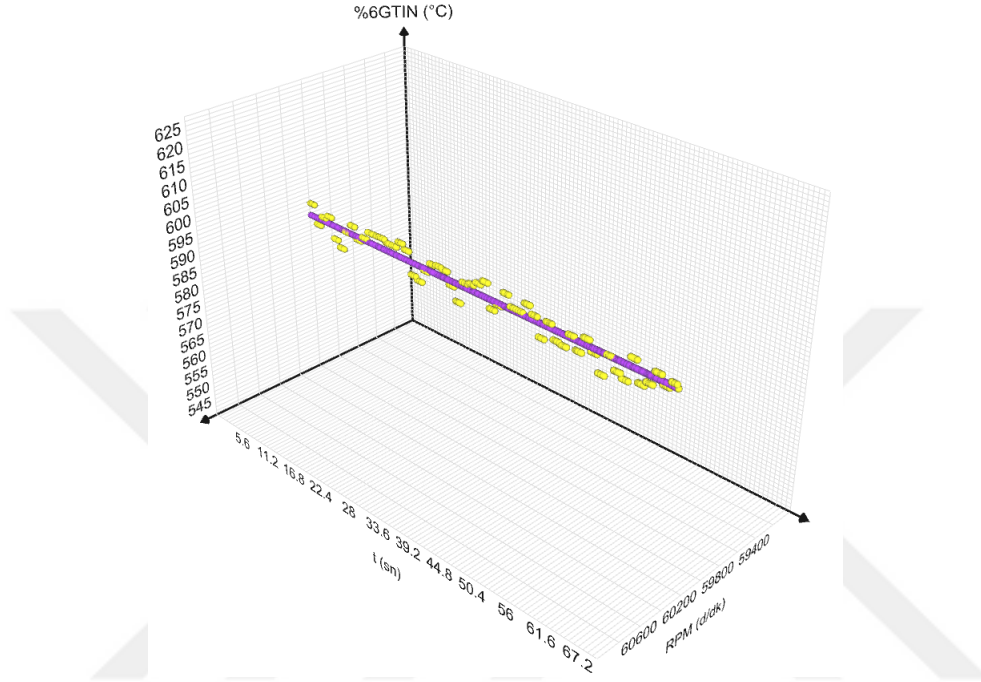


Şekil 5.379. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı

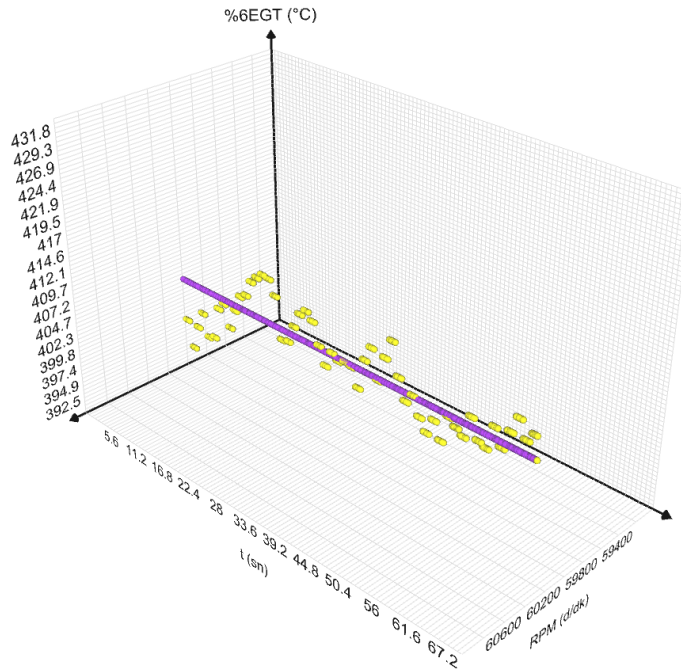


Şekil 5.380. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.381 ve Şekil 5.382'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 588.679 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 403.978 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

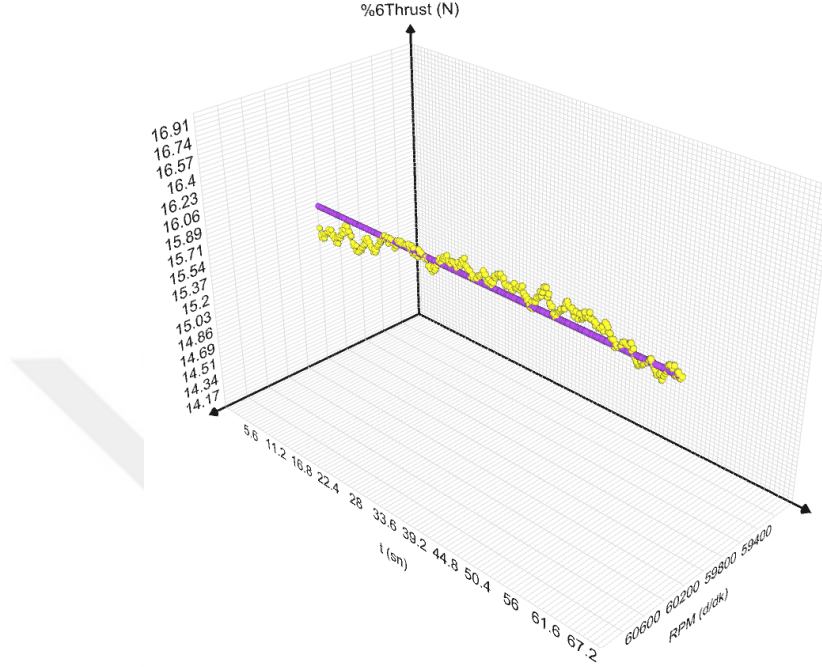


Şekil 5.381. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı

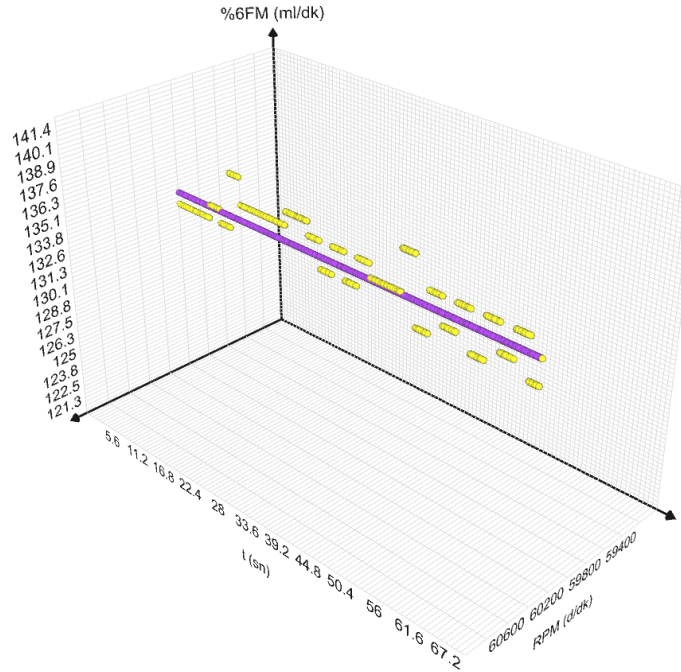


Şekil 5.382. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.383 ve Şekil 5.384’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.7002 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 133.874 ml/dk elde edilmiştir.



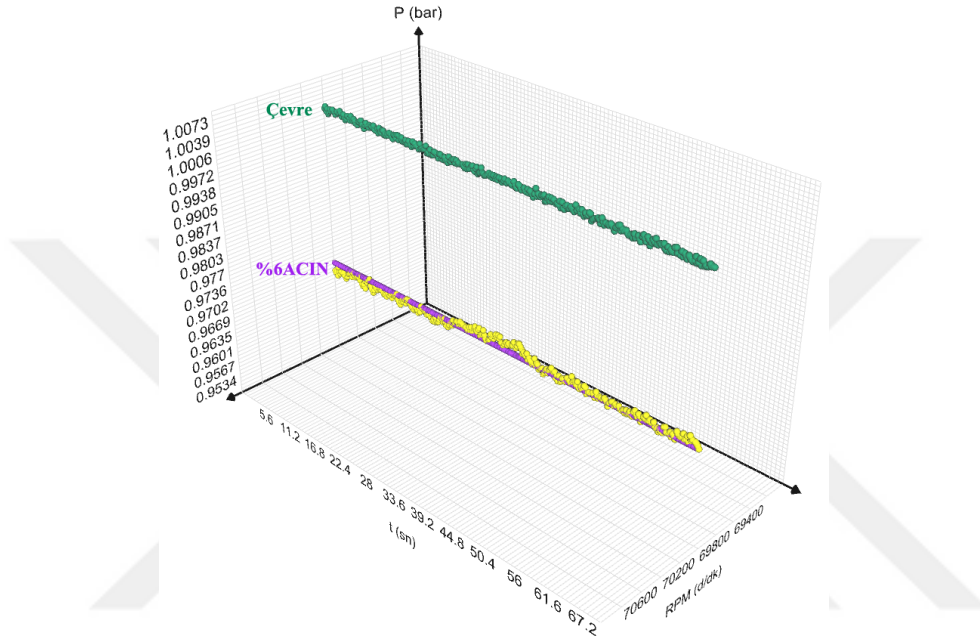
Şekil 5.383. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı



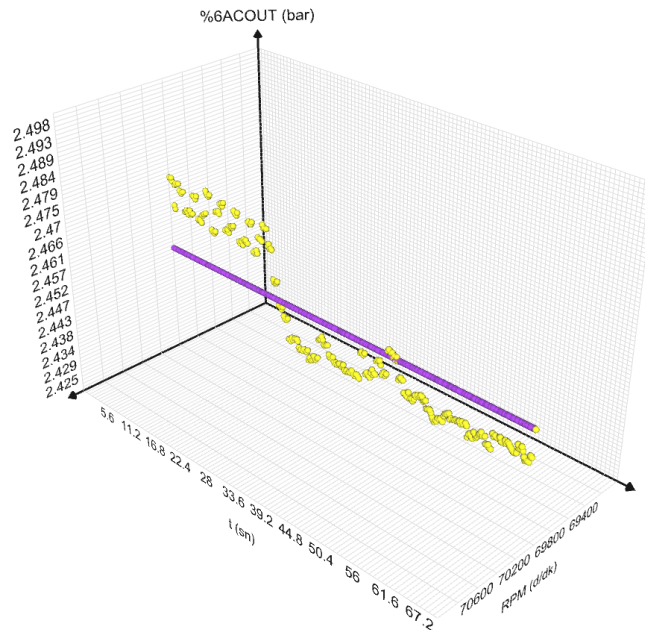
Şekil 5.384. %6TEST-E2, 60000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%6TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.385 ve Şekil 5.386’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96959 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45117 bar elde edilmiştir.

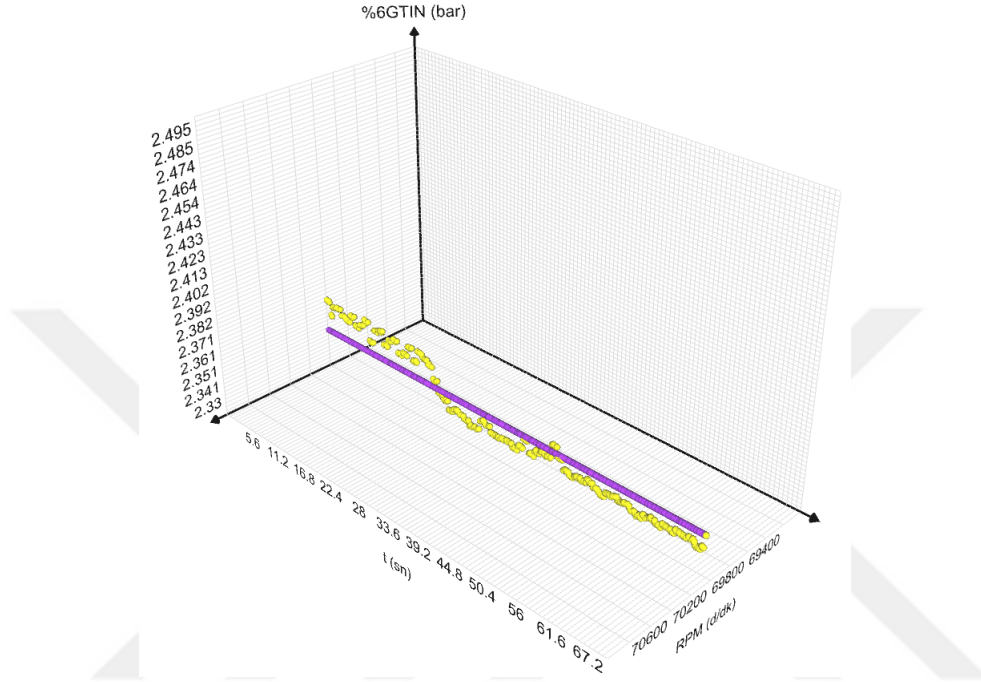


Şekil 5.385. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı

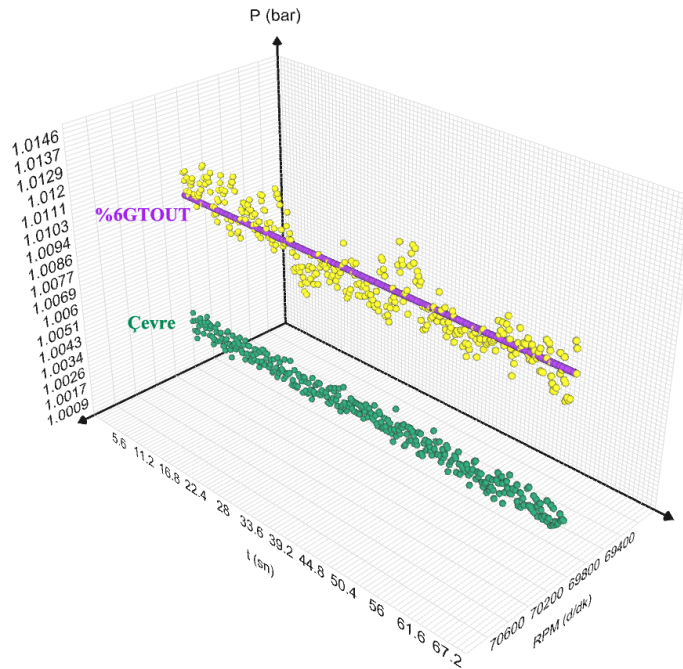


Şekil 5.386. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.387 ve Şekil 5.388'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.34452 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00962 bar elde edilmiştir.

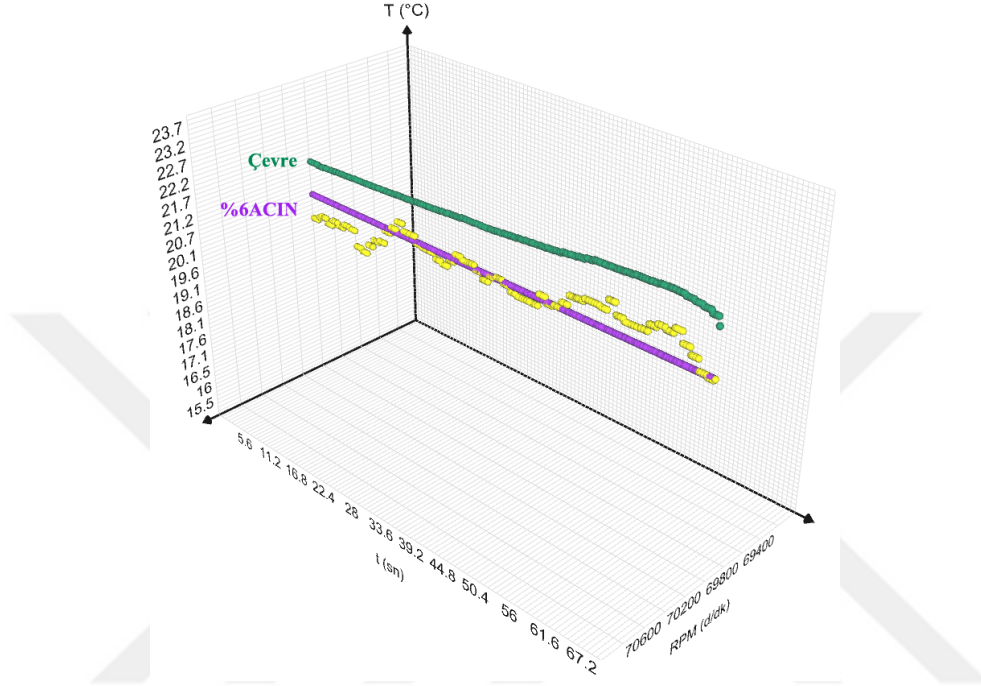


Şekil 5.387. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı

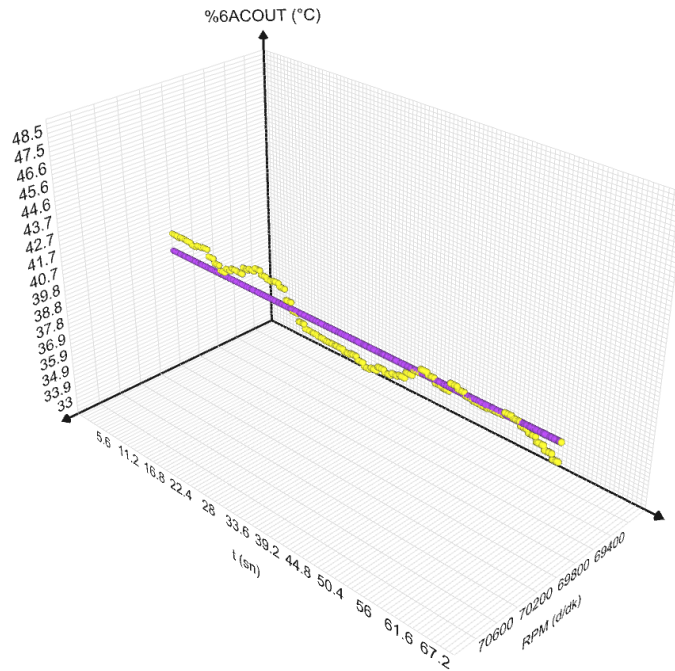


Şekil 5.388. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.389 ve Şekil 5.390’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.6012 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 39.3285 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

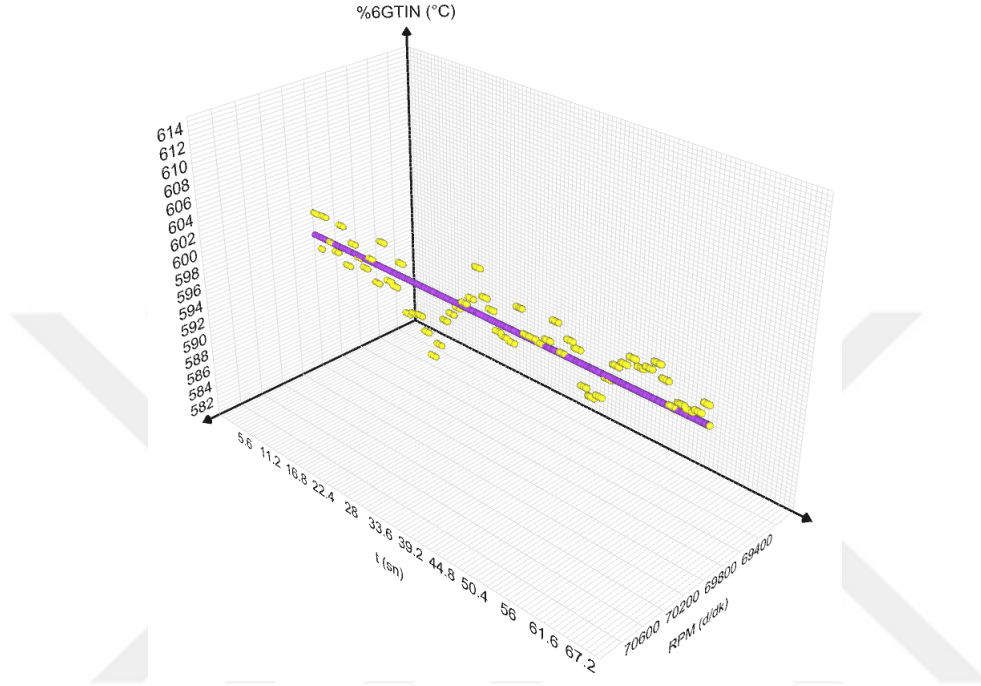


Şekil 5.389. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı

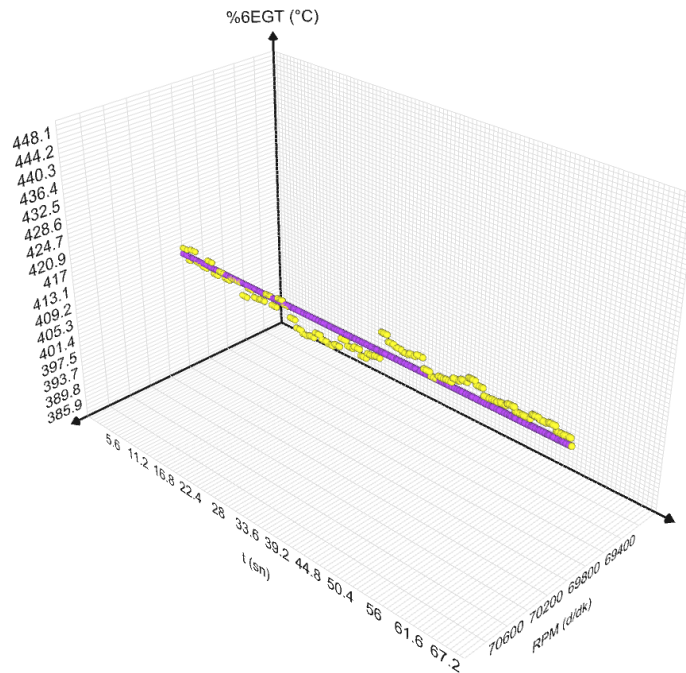


Şekil 5.390. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.391 ve Şekil 5.392’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 596.966 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.028 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

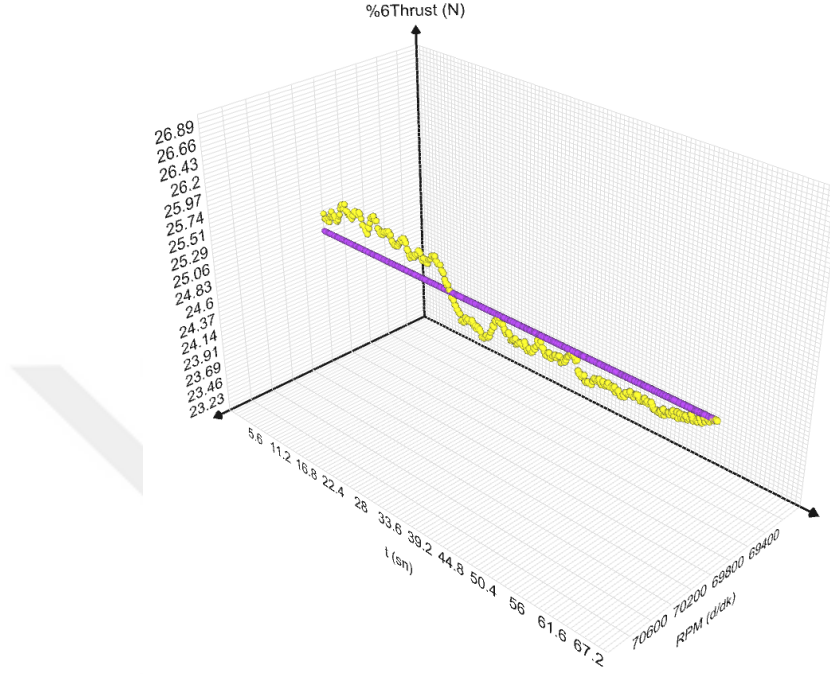


Şekil 5.391. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı

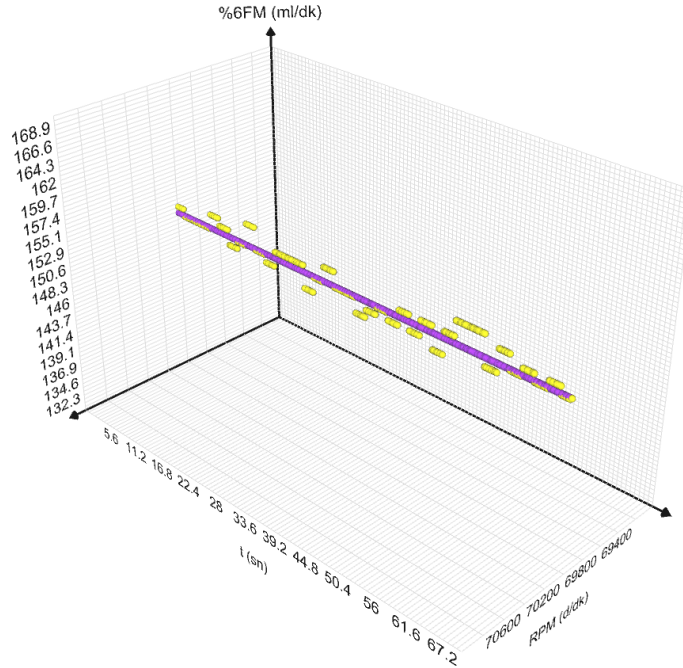


Şekil 5.392. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.393 ve Şekil 5.394’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 24.9435 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 152.146 ml/dk elde edilmiştir.



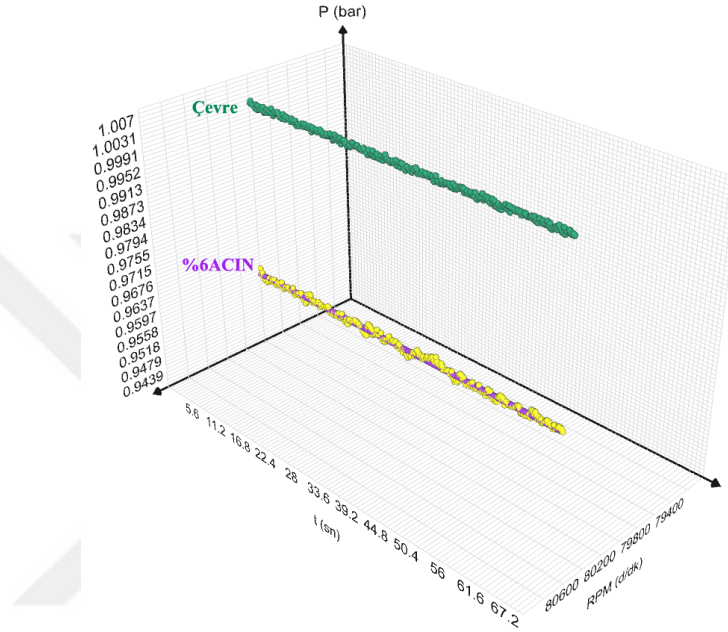
Şekil 5.393. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı



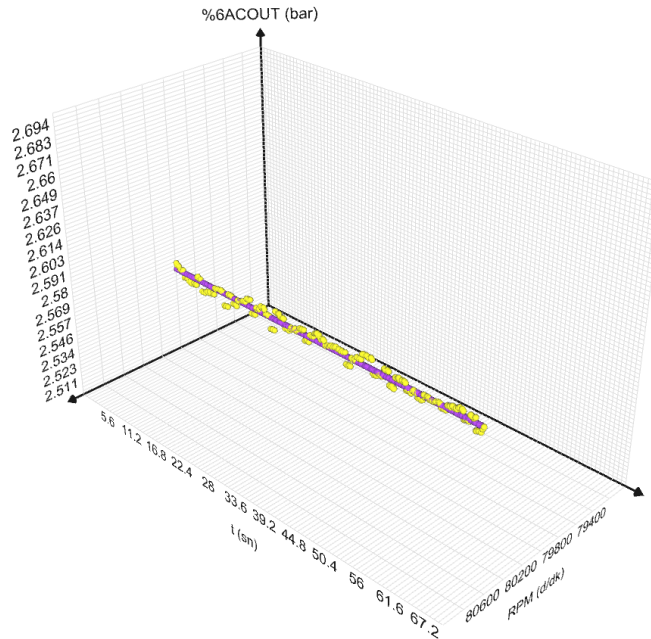
Şekil 5.394. %6TEST-E2, 70000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%6TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.395 ve Şekil 5.396’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95869 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.56304 bar elde edilmiştir.

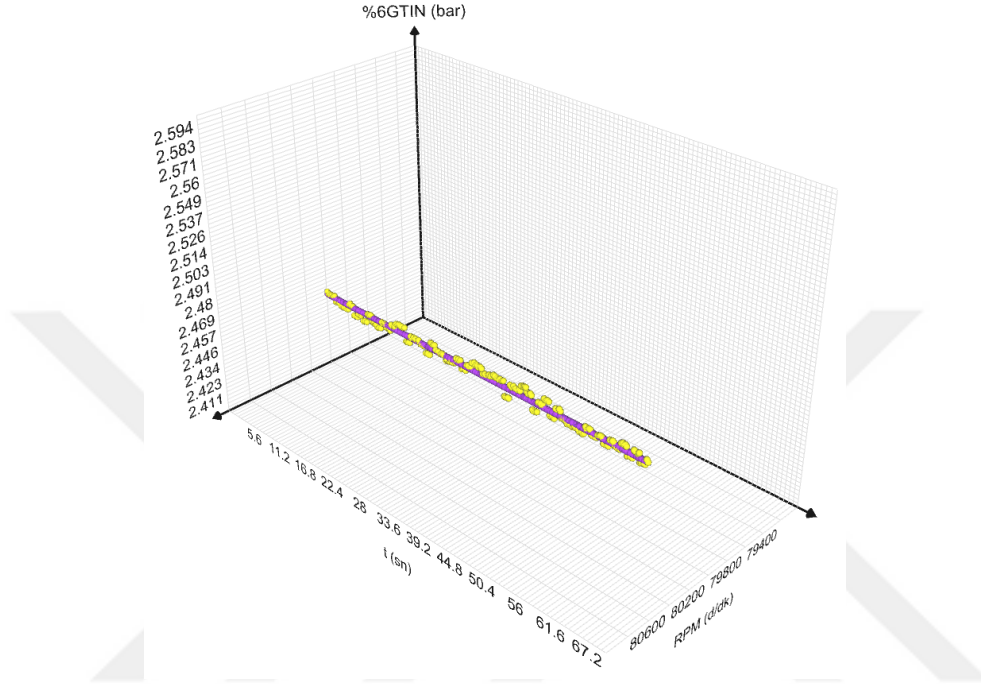


Şekil 5.395. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACIN basınç verileri dağılımı

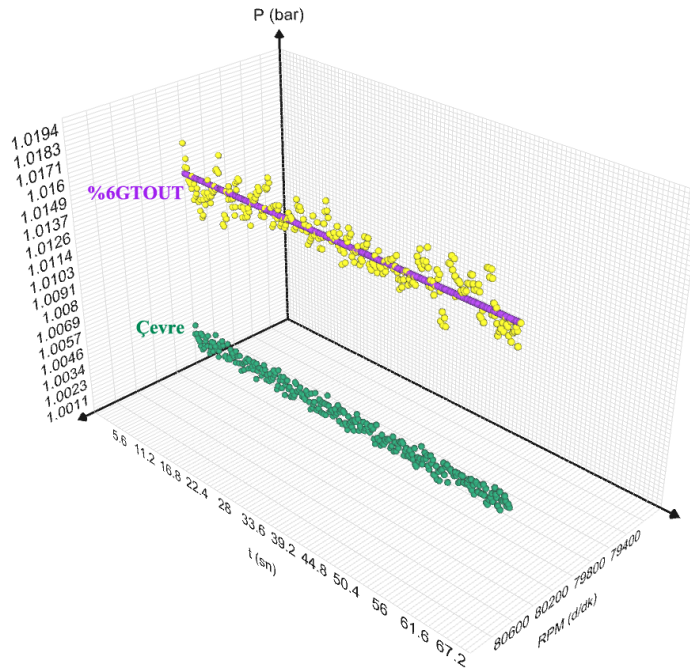


Şekil 5.396. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.397 ve Şekil 5.398'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.45175 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01395 bar elde edilmiştir.

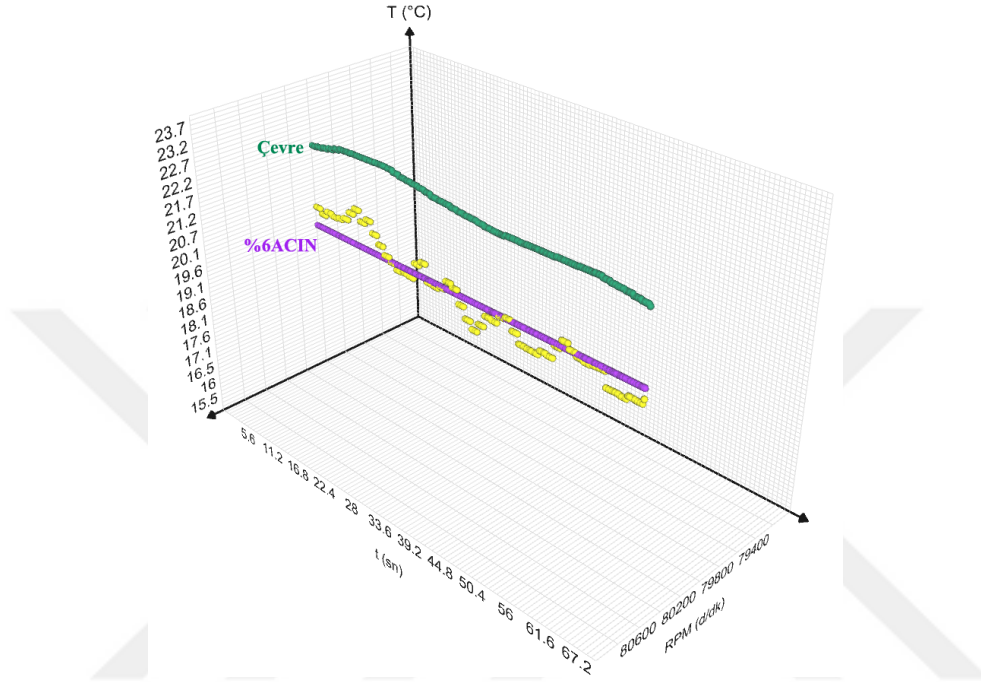


Şekil 5.397. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTIN basınç verileri dağılımı

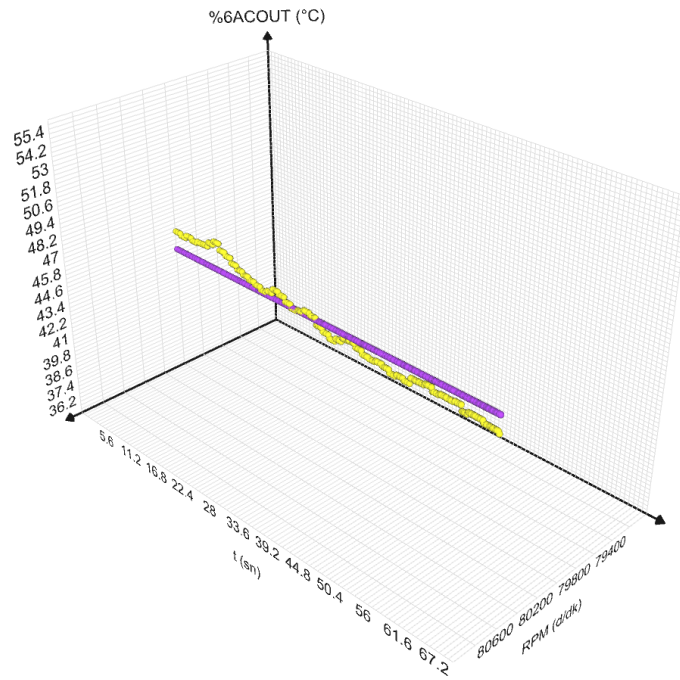


Şekil 5.398. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTOUT basınç verileri dağılımı

%6TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%6ACIN) ve kompresör çıkış (%6ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.399 ve Şekil 5.400’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.6027 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 44.177 °C elde edilmiştir.

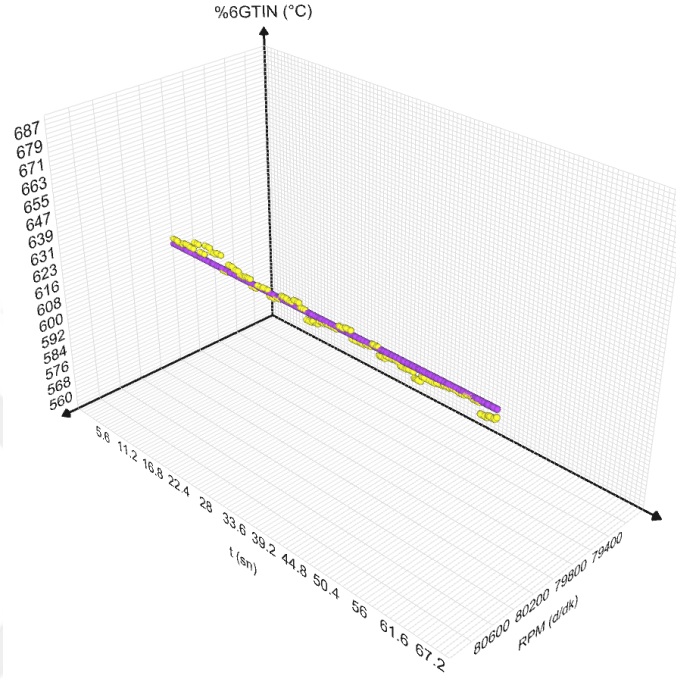


Şekil 5.399. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACIN sıcaklık verileri dağılımı

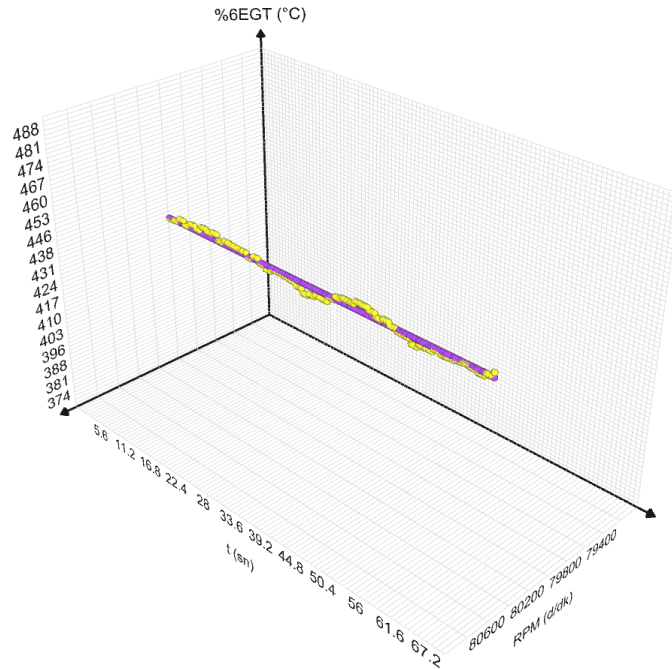


Şekil 5.400. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%6GTIN) ve türbin çıkış (%6GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.401 ve Şekil 5.402’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 613.273 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 433.997 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

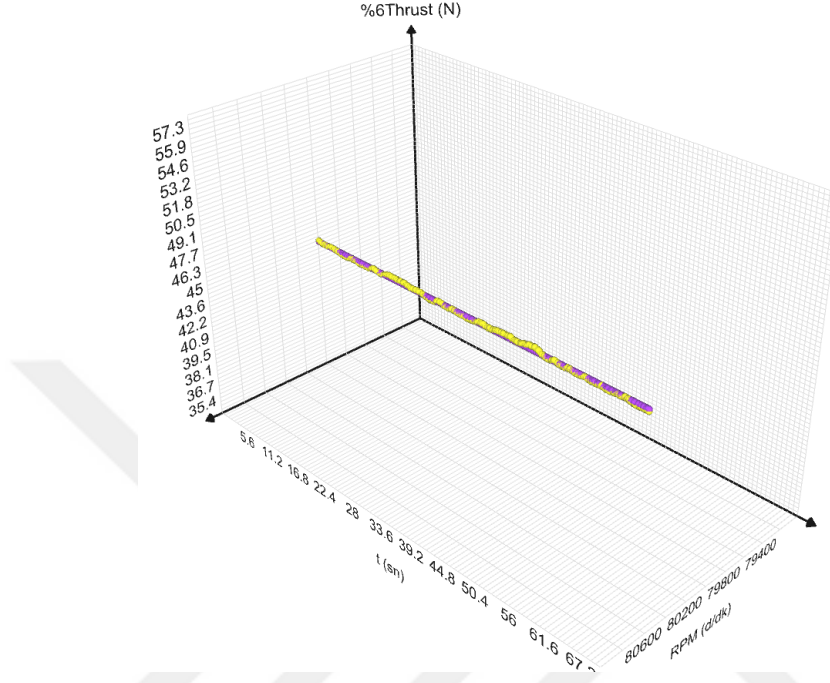


Şekil 5.401. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6GTIN sıcaklık verileri dağılımı

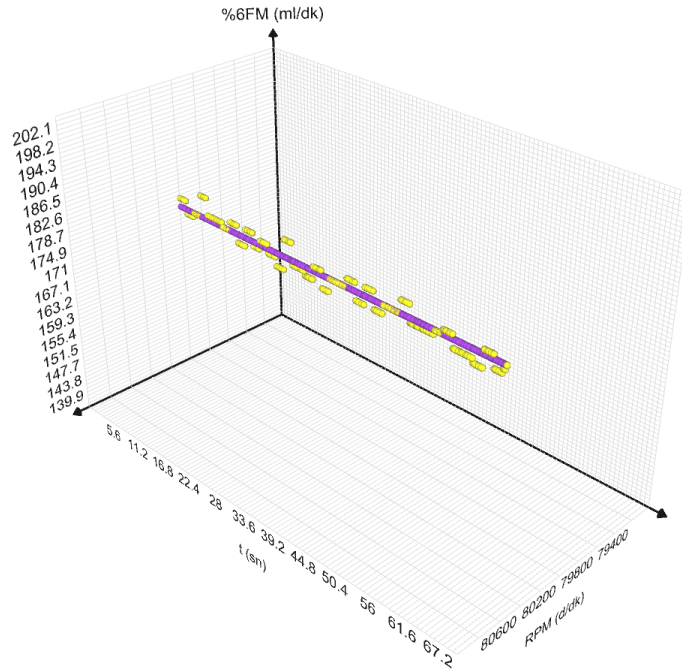


Şekil 5.402. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6EGT sıcaklık verileri dağılımı

%6TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.403 ve Şekil 5.404’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 44.9232 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 175.022 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.403. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6Thrust itki verileri dağılımı



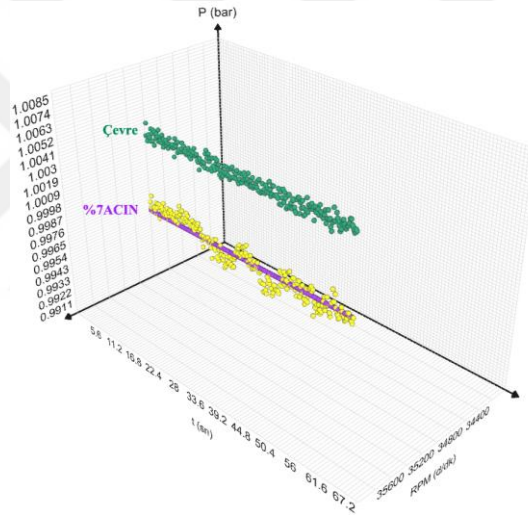
Şekil 5.404. %6TEST-E2, 80000 rpm, %6FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.7. %7TEST-E2

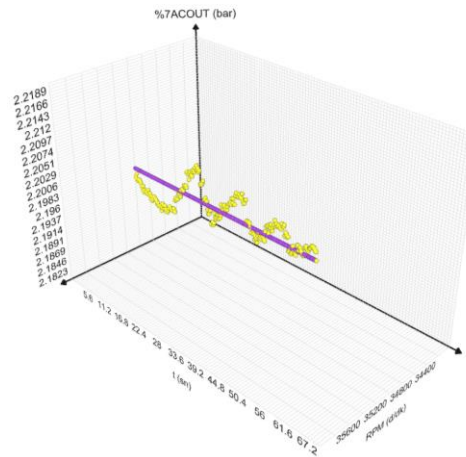
%7TEST-E2, geleneksel yakıtta %7 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%7TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.405 ve Şekil 5.406’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99634 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19777 bar elde edilmiştir.

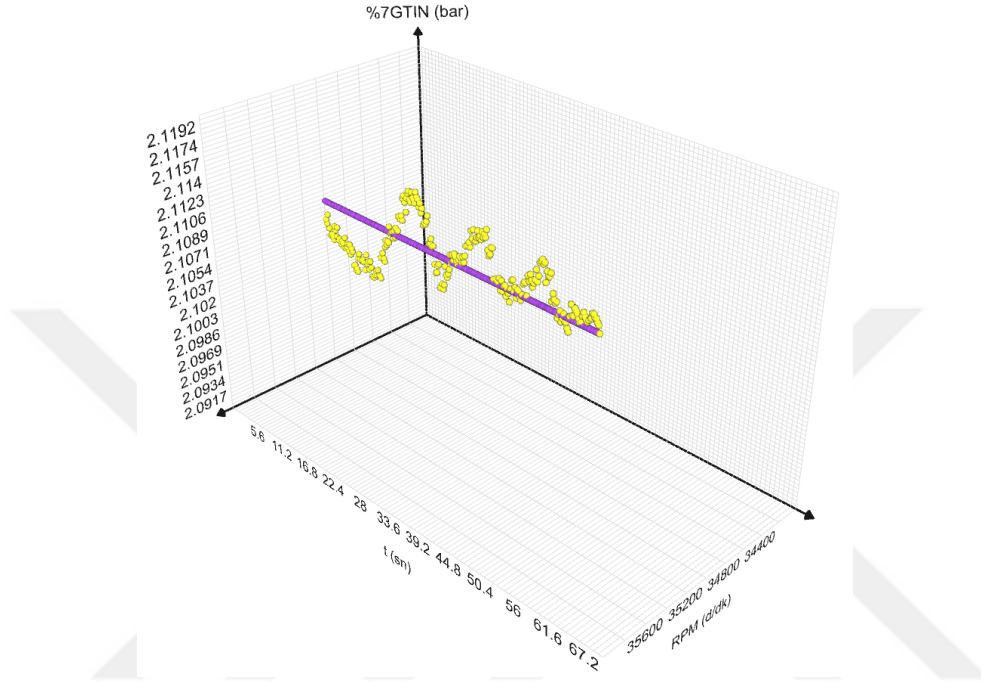


Şekil 5.405. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı

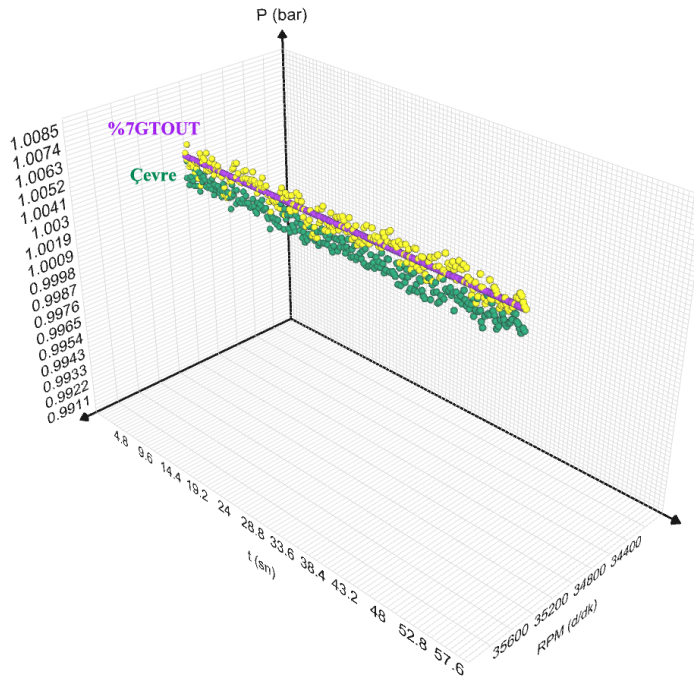


Şekil 5.406. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 35000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.407 ve Şekil 5.408'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10777 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0044 bar elde edilmiştir.

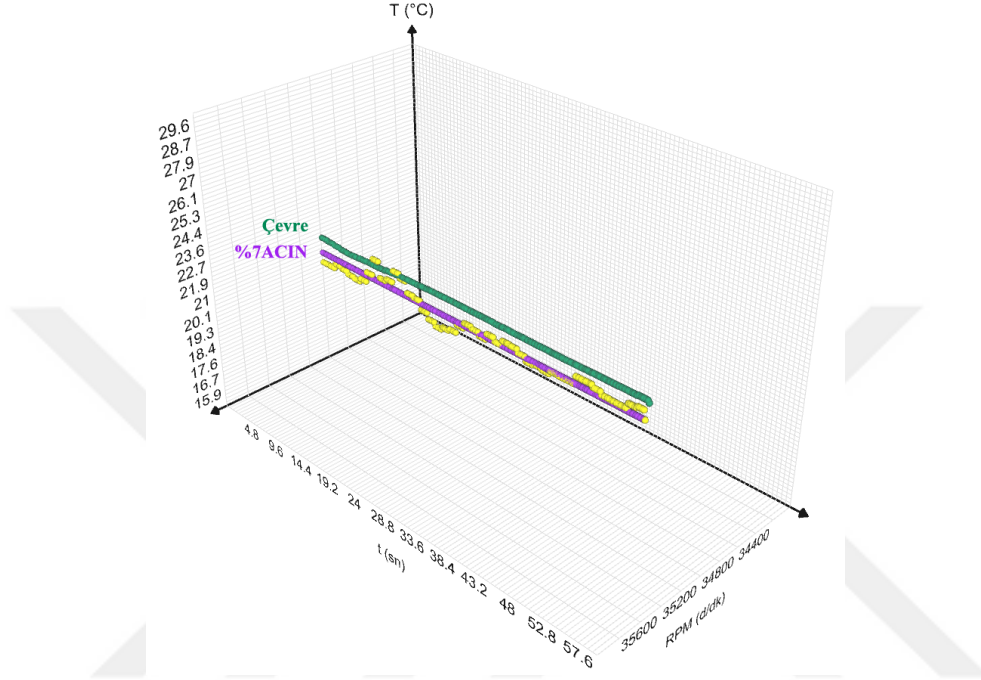


Şekil 5.407. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı

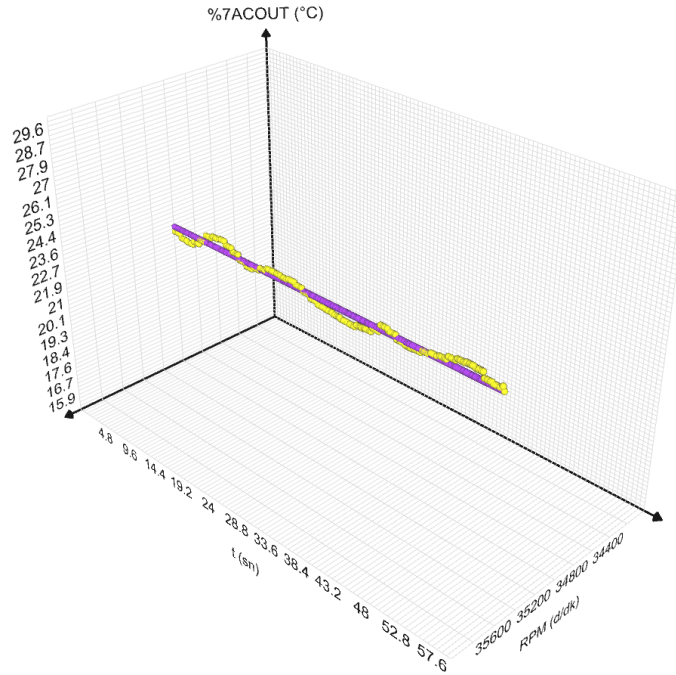


Şekil 5.408. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.409 ve Şekil 5.410’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4011 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.6067 °C elde edilmiştir.

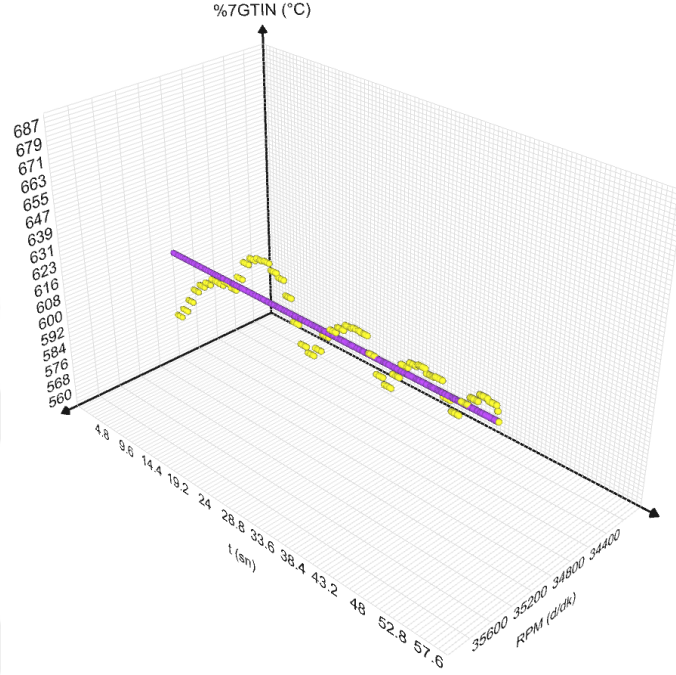


Şekil 5.409. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı

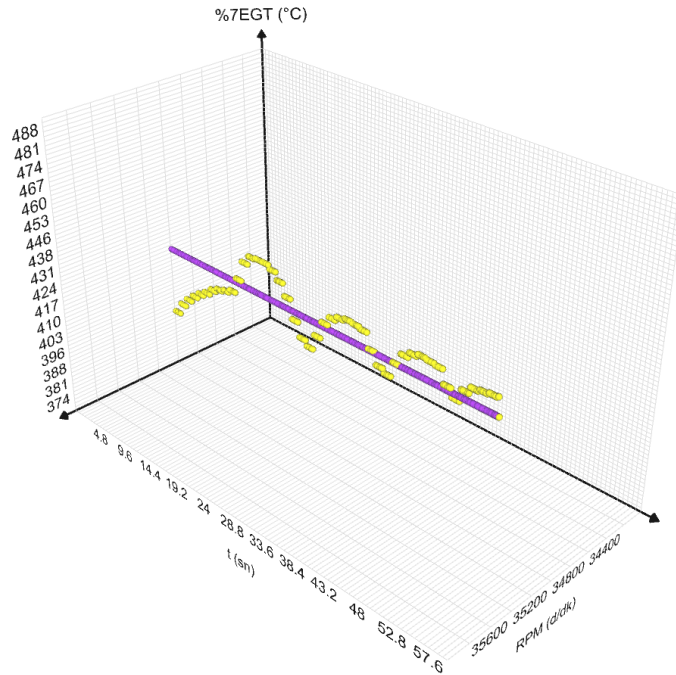


Şekil 5.410. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.411 ve Şekil 5.412’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 607.478 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 420.763 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

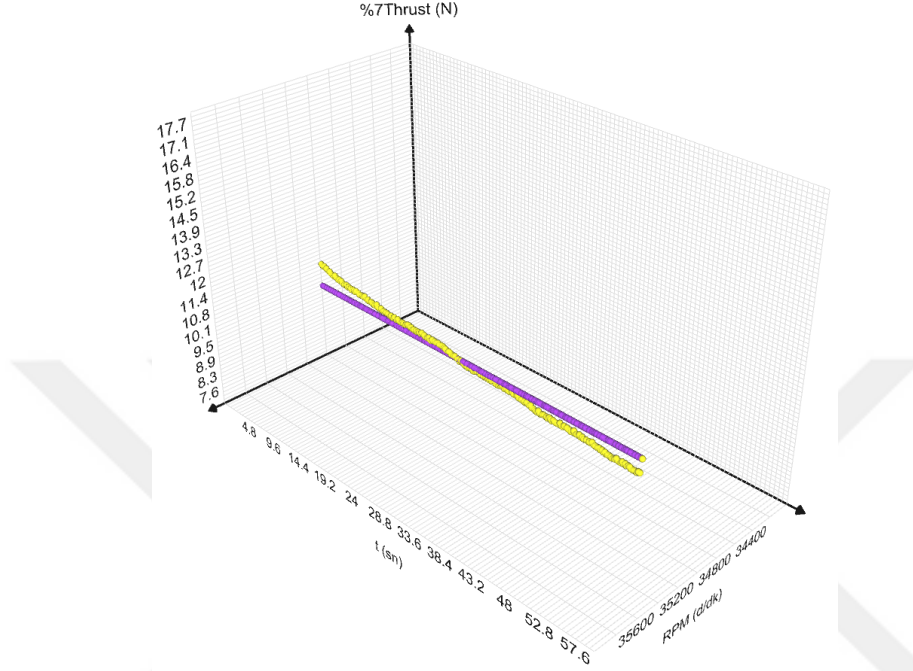


Şekil 5.411. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı

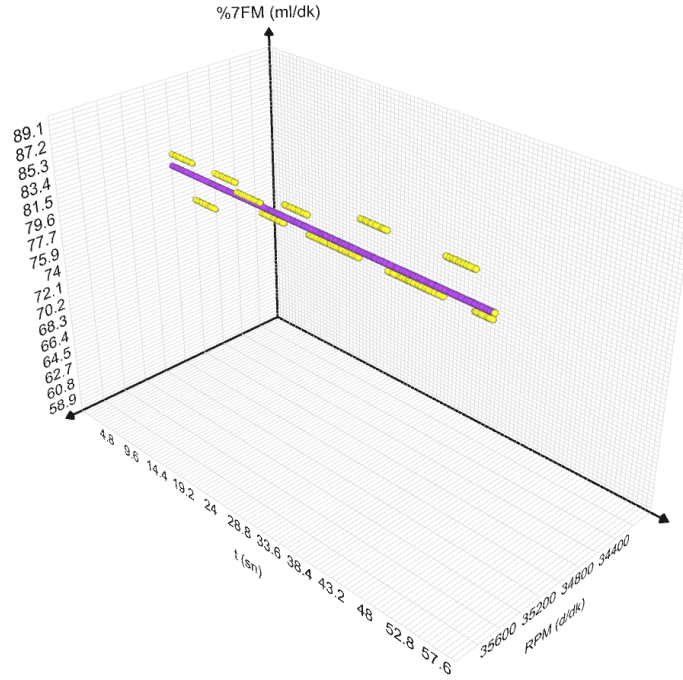


Şekil 5.412. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.413 ve Şekil 5.414’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 9.97365 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 80.687 ml/dk elde edilmiştir.



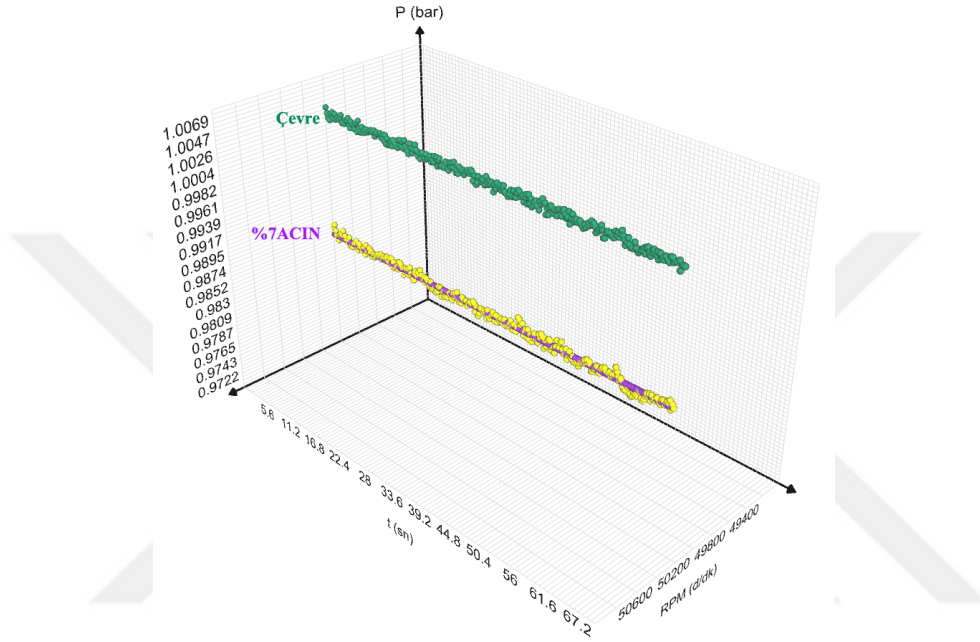
Şekil 5.413. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı



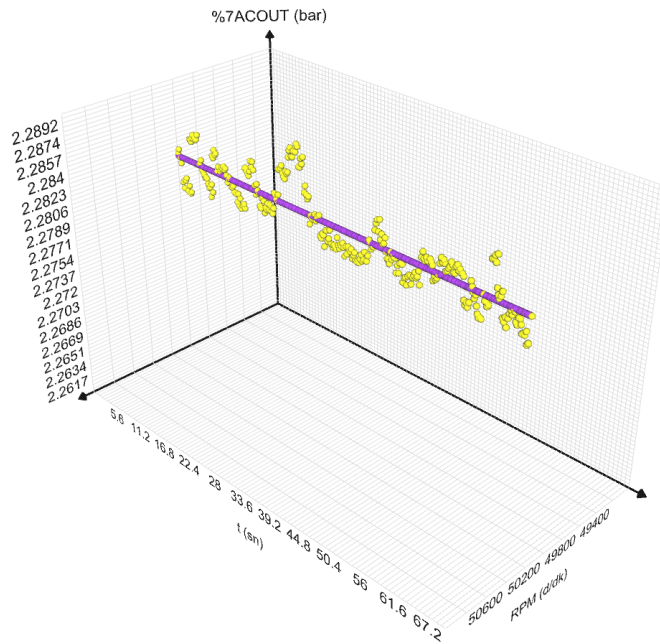
Şekil 5.414. %7TEST-E2, 35000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%7TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.415 ve Şekil 5.416’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98636 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28208 bar elde edilmiştir.

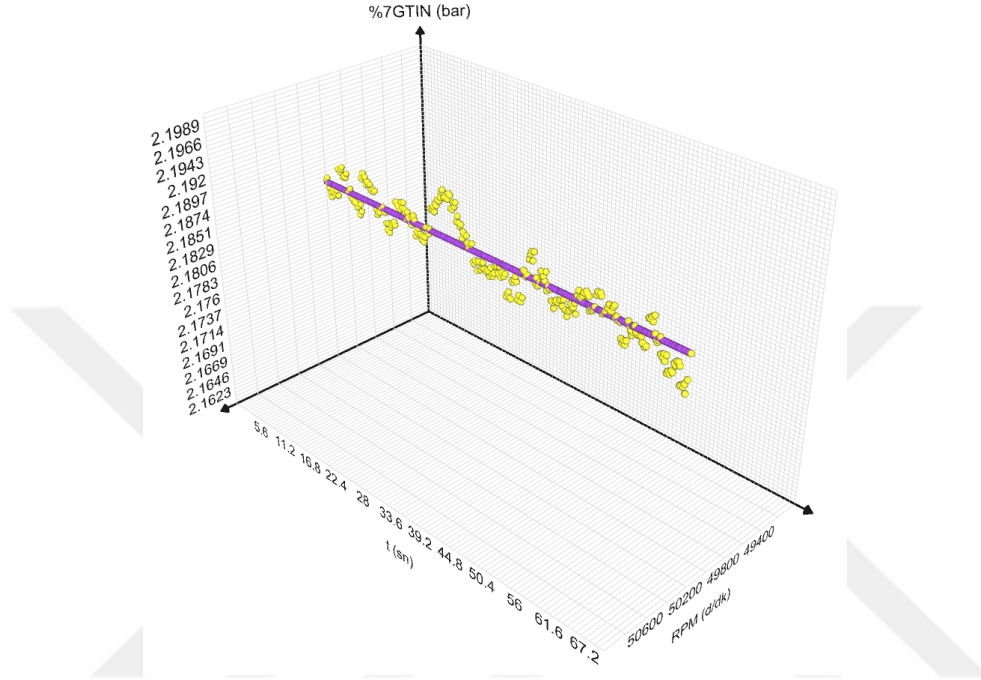


Şekil 5.415. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı

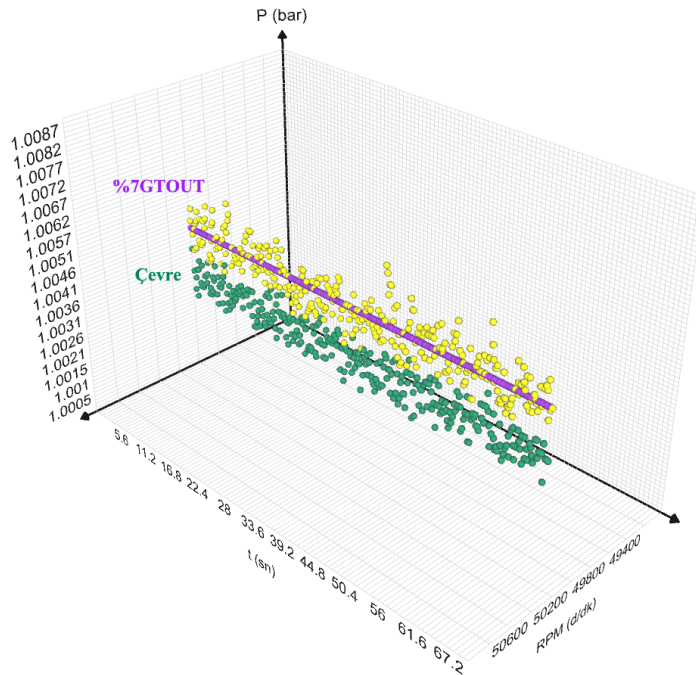


Şekil 5.416. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.417 ve Şekil 5.418'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.18607 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00458 bar elde edilmiştir.

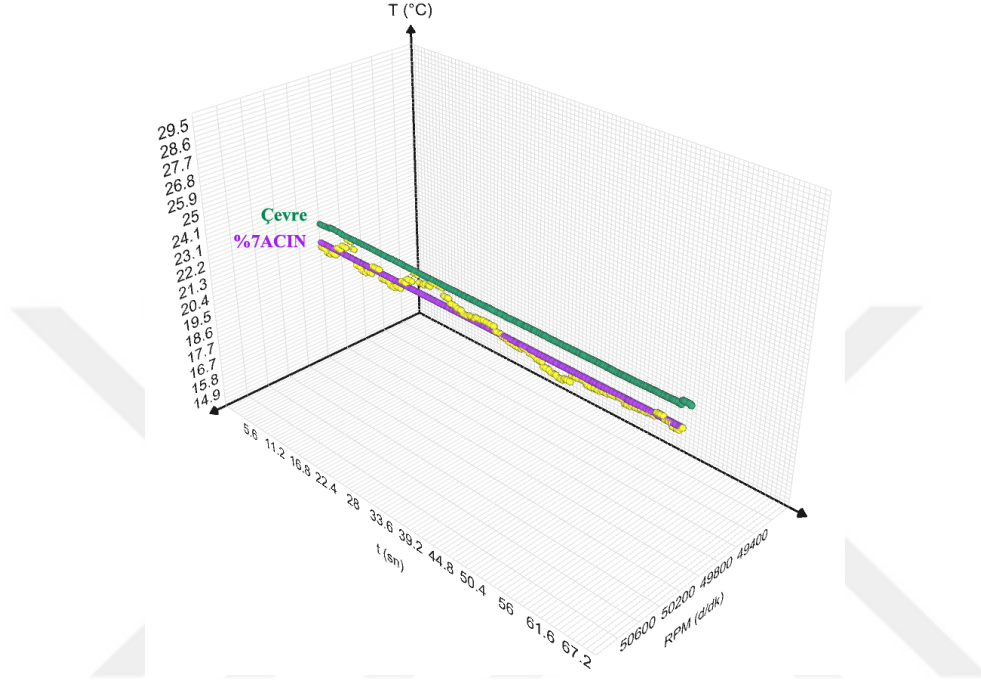


Şekil 5.417. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı

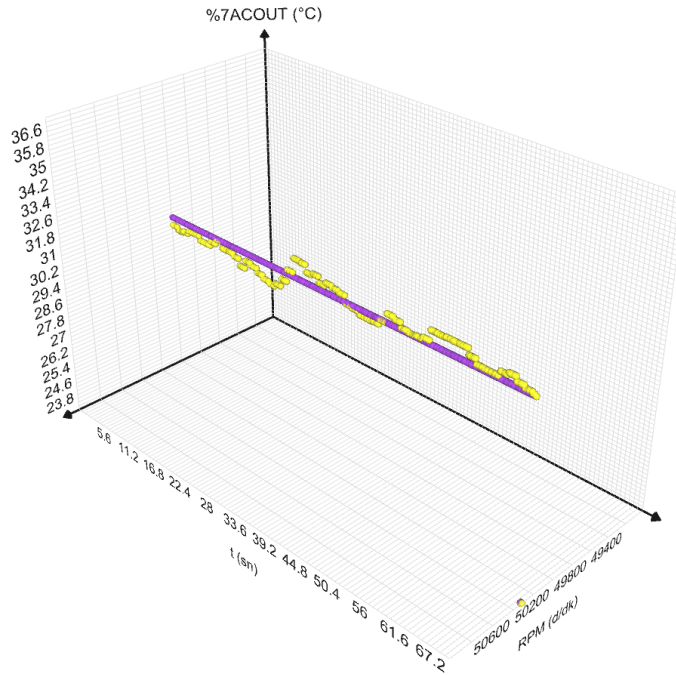


Şekil 5.418. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.419 ve Şekil 5.420’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.9965 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 30.5928 °C elde edilmiştir.

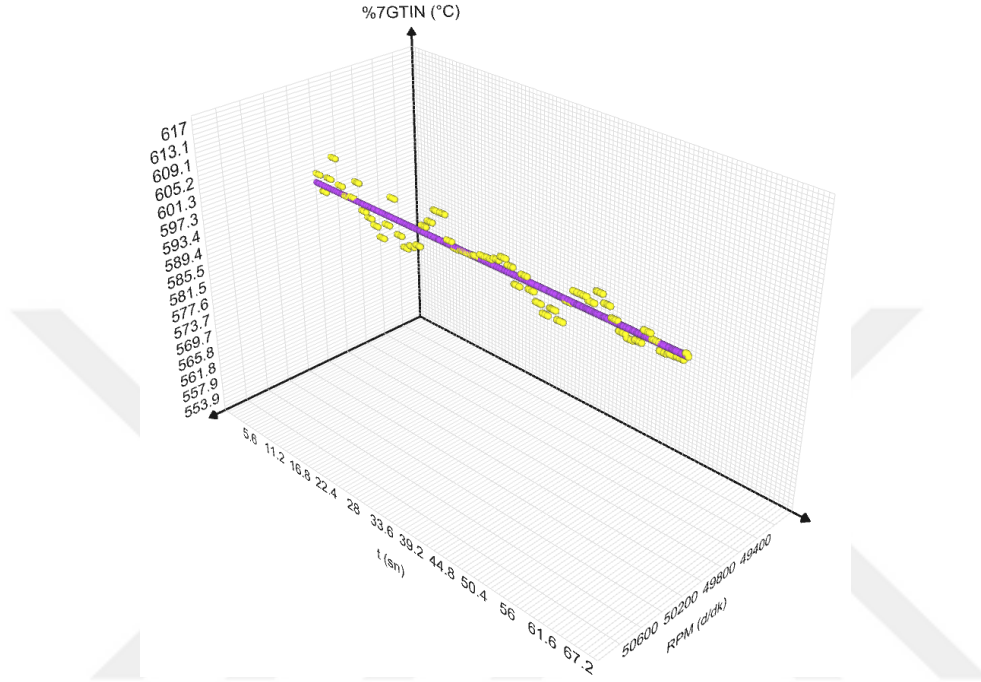


Şekil 5.419. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı

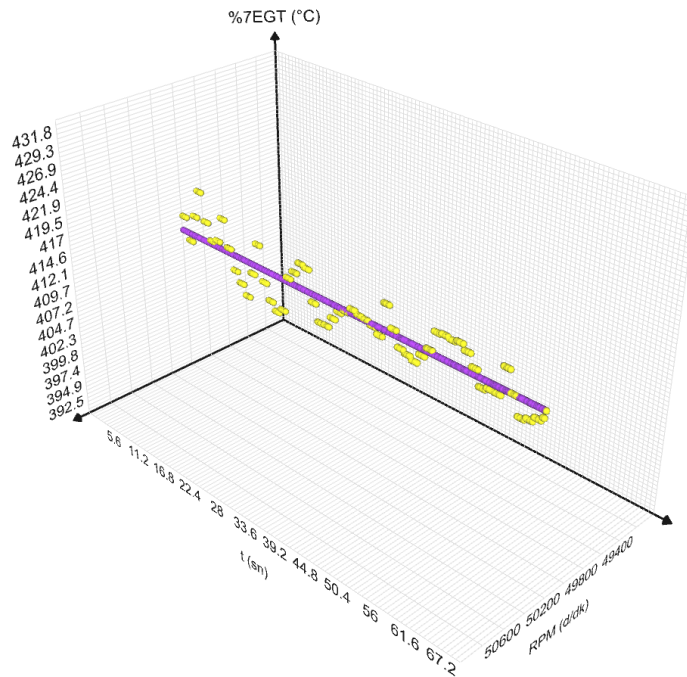


Şekil 5.420. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.421 ve Şekil 5.422’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 595.582 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.817 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

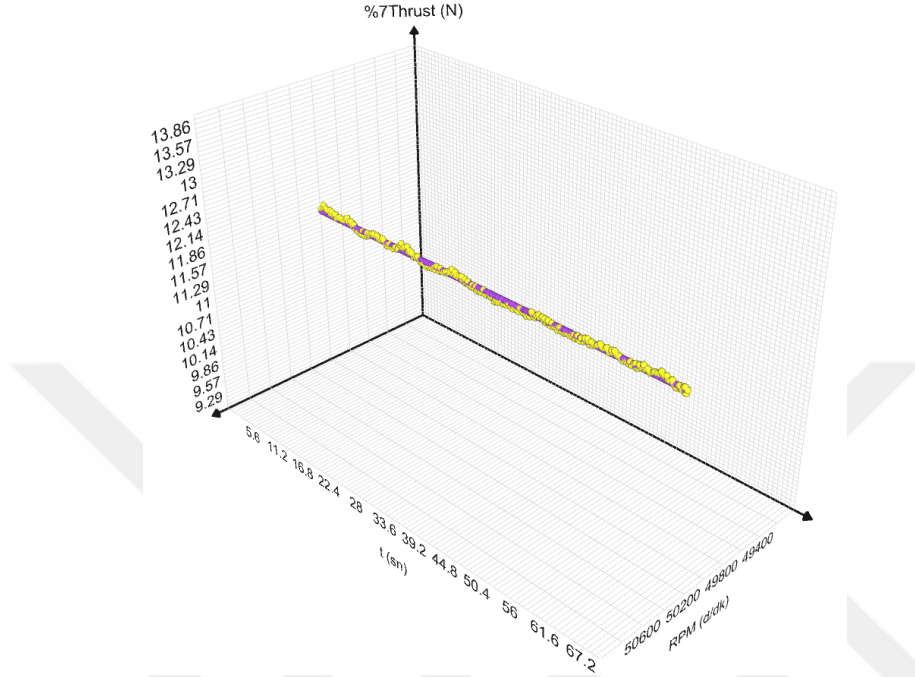


Şekil 5.421. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı

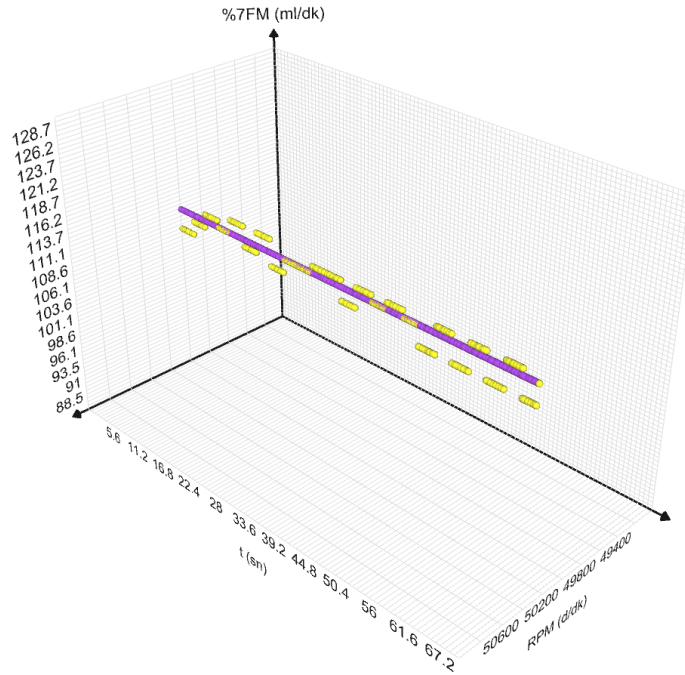


Şekil 5.422. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.423 ve Şekil 5.424’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 11.7814 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 111.036 ml/dk elde edilmiştir.



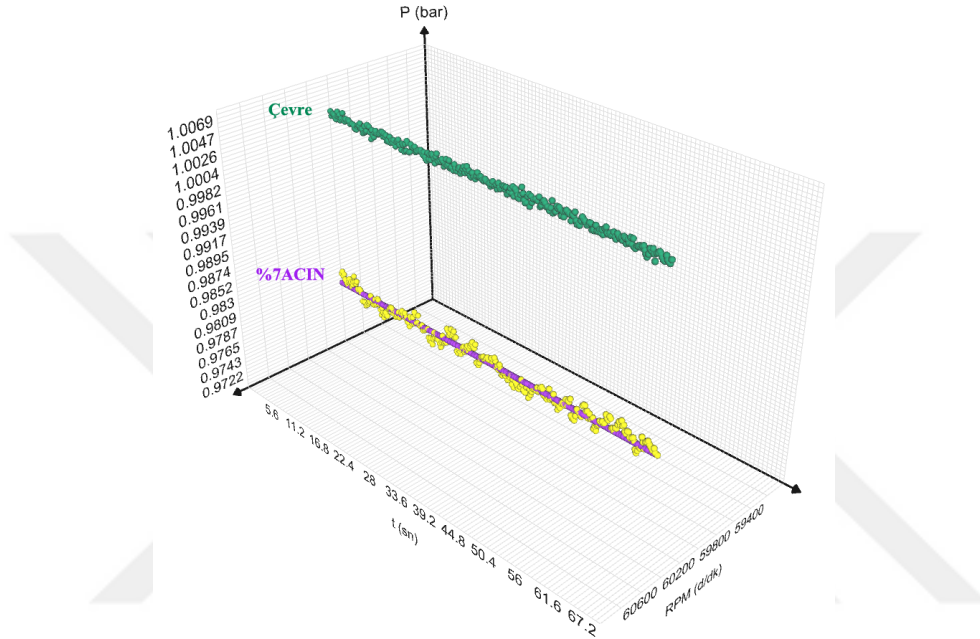
Şekil 5.423. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı



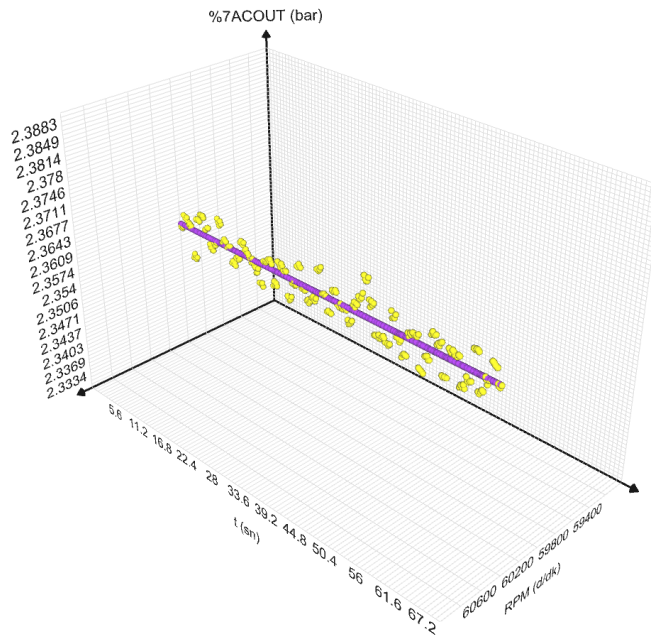
Şekil 5.424. %7TEST-E2, 50000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%7TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.425 ve Şekil 5.426’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97915 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35869 bar elde edilmiştir.

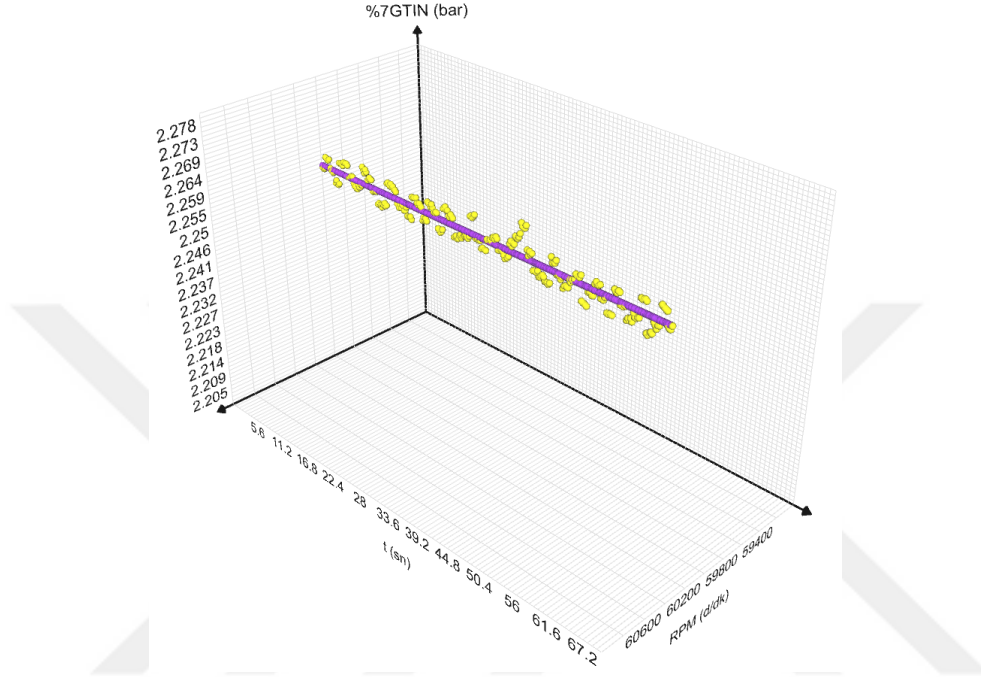


Şekil 5.425. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı

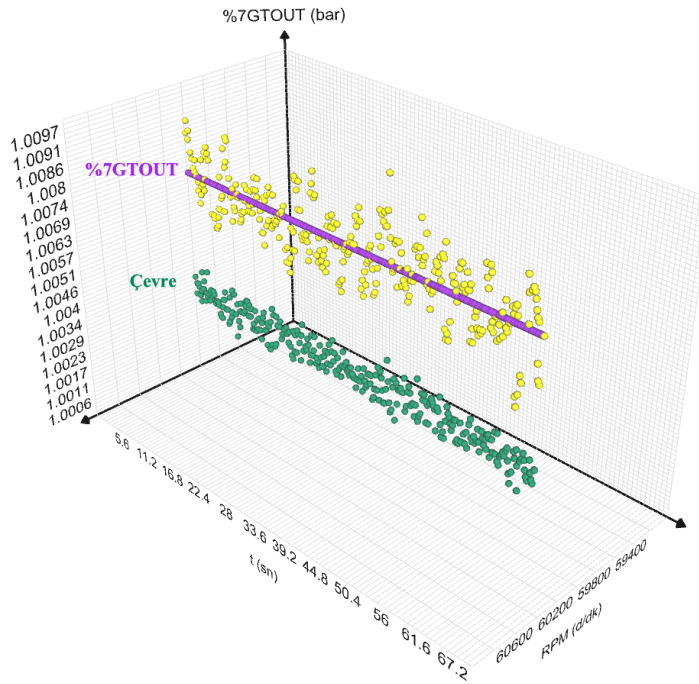


Şekil 5.426. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.427 ve Şekil 5.428'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25667 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00707 bar elde edilmiştir.

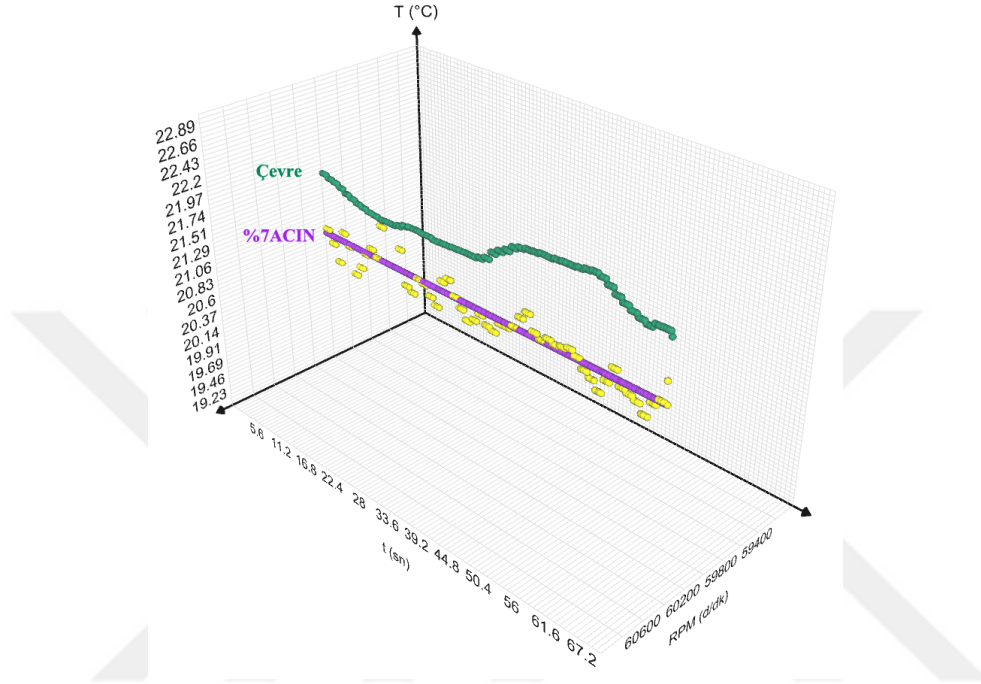


Şekil 5.427. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı

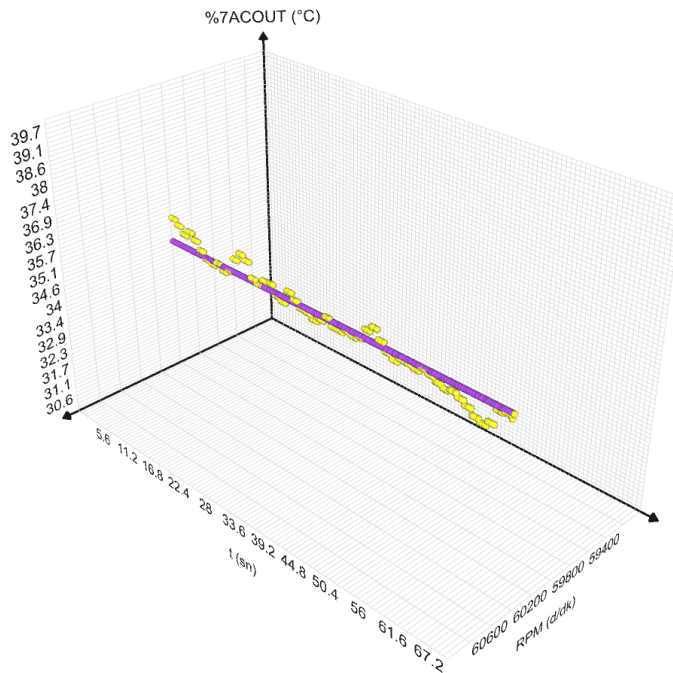


Şekil 5.428. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.429 ve Şekil 5.430’da görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.8951 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 34.6293 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

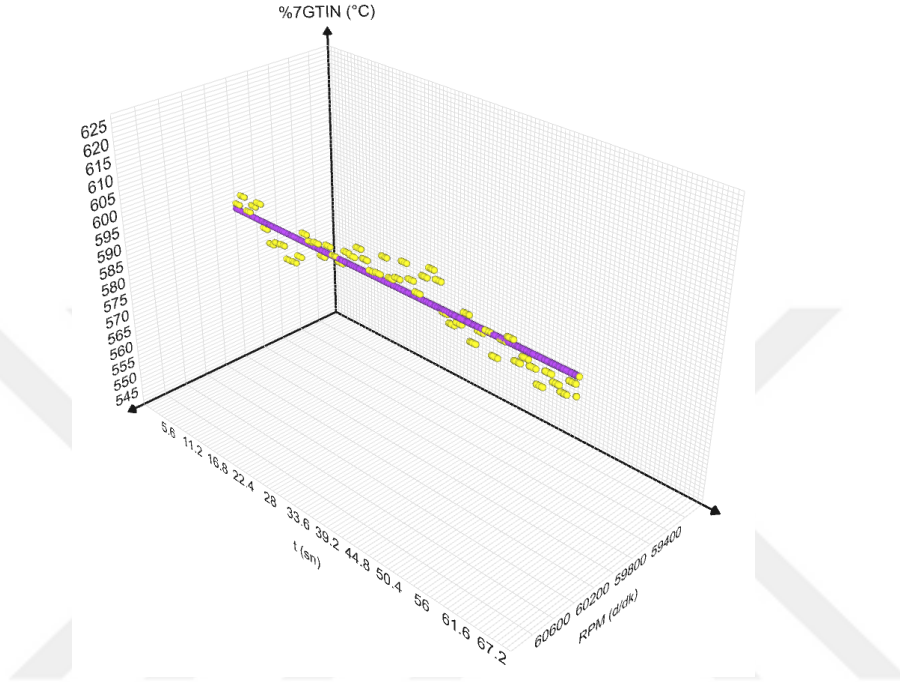


Şekil 5.429. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı

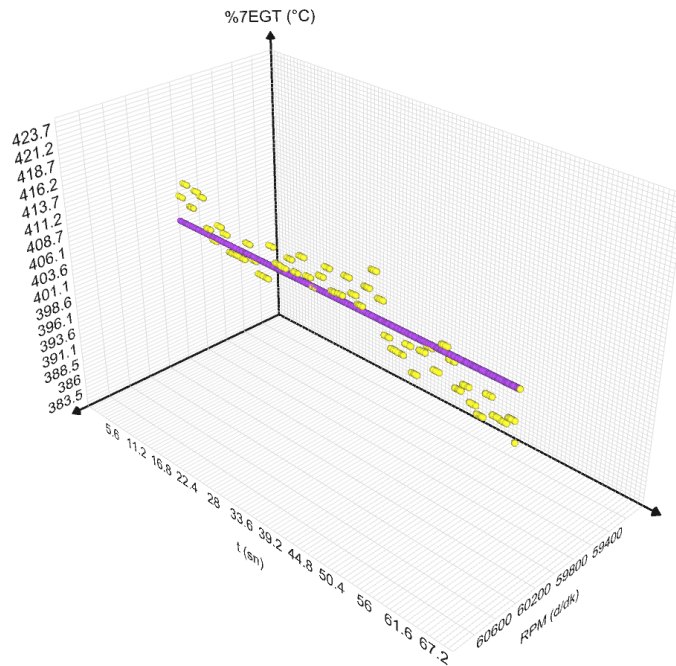


Şekil 5.430. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.431 ve Şekil 5.432'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.171 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 404.171 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

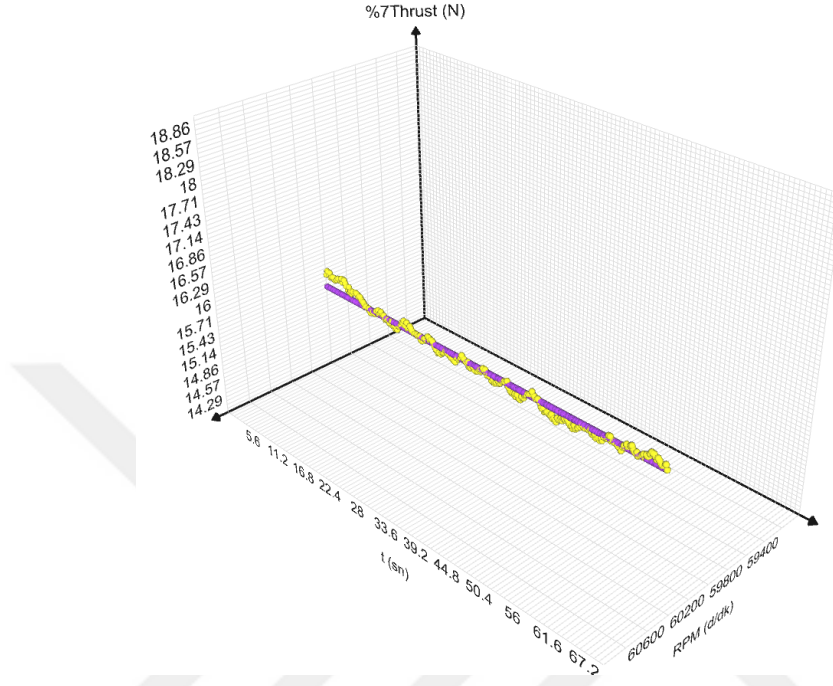


Şekil 5.431. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı

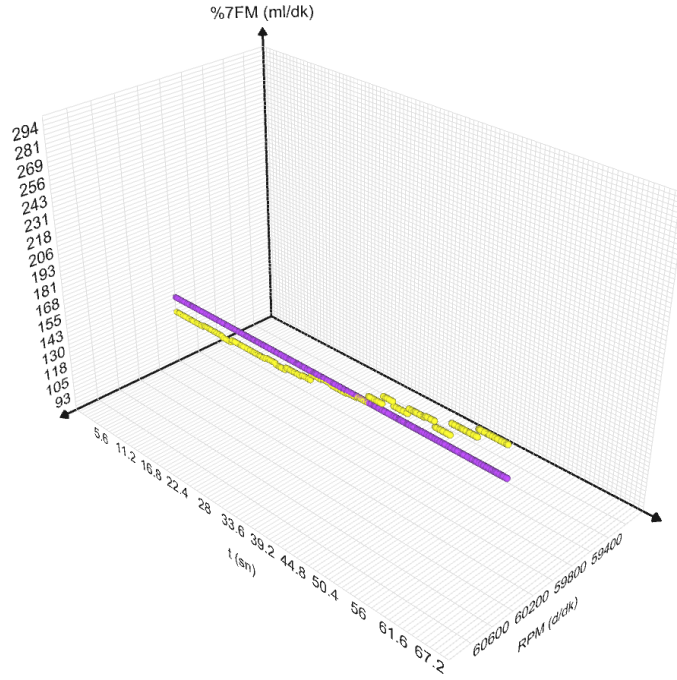


Şekil 5.432. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.433 ve Şekil 5.434’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 15.4593 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 134.212 ml/dk elde edilmiştir.



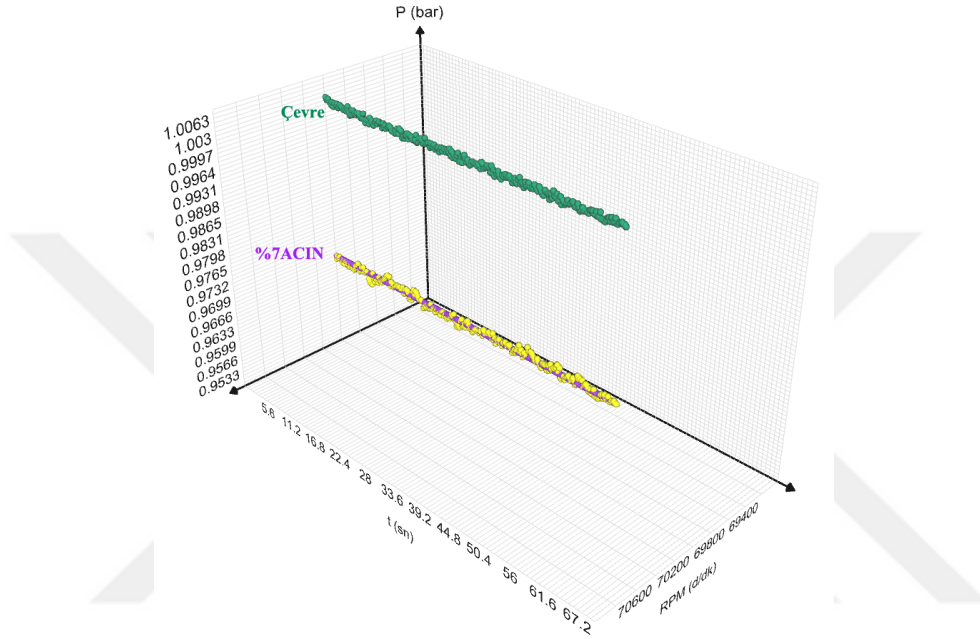
Şekil 5.433. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı



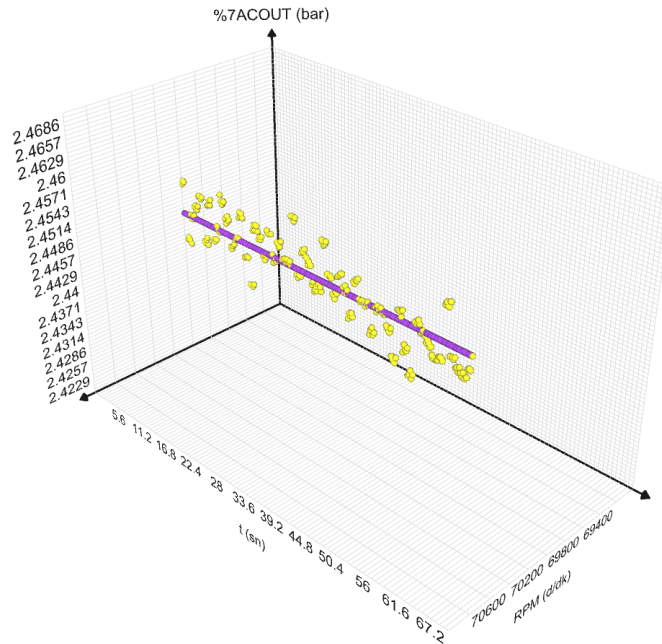
Şekil 5.434. %7TEST-E2, 60000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%7TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.435 ve Şekil 5.436’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9699 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.44629 bar elde edilmiştir.

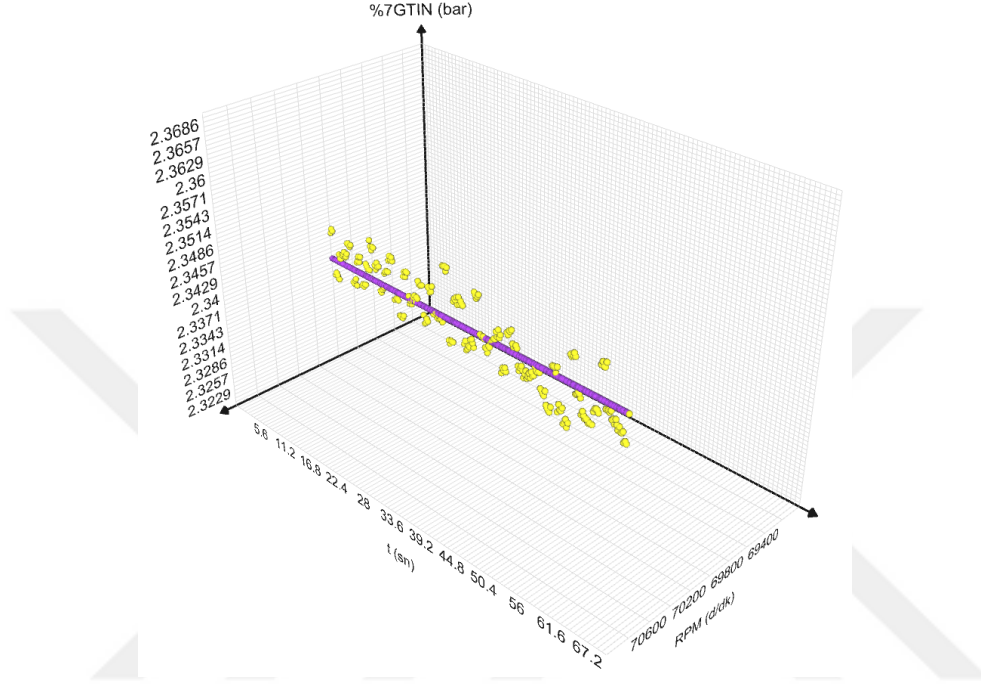


Şekil 5.435. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı

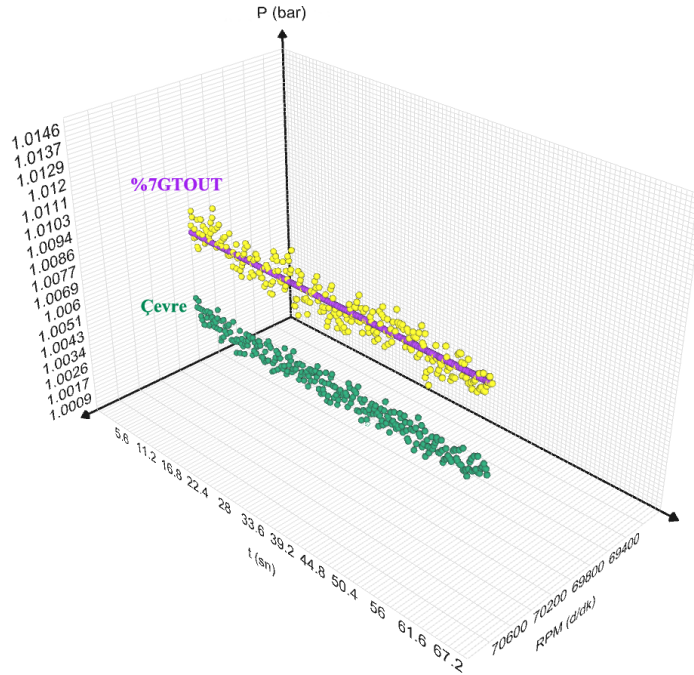


Şekil 5.436. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.437 ve Şekil 5.438'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.33888 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00733 bar elde edilmiştir.

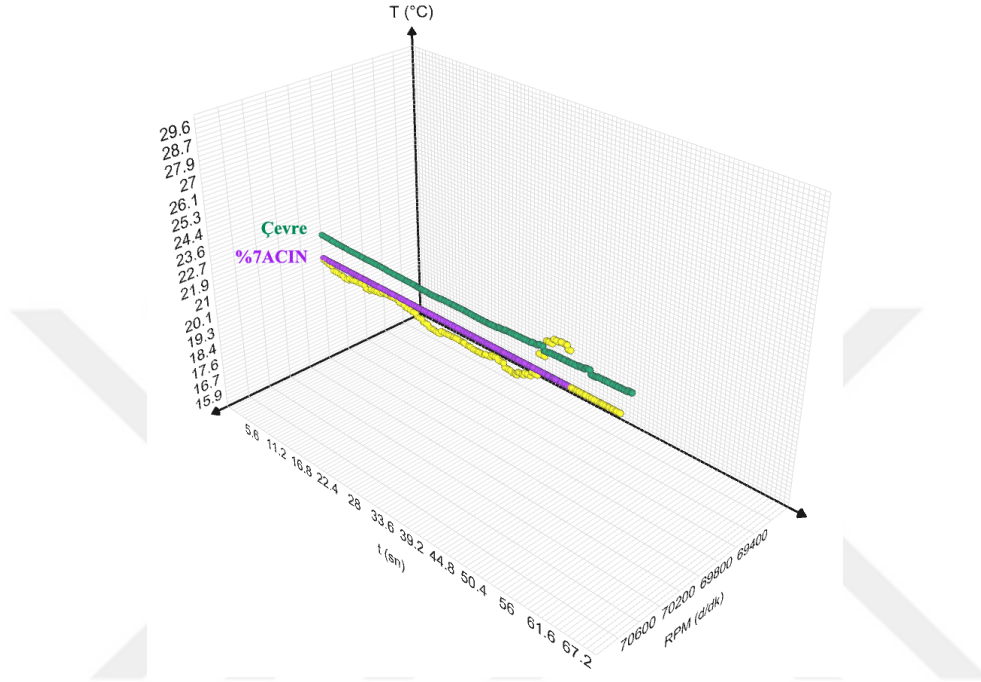


Şekil 5.437. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı

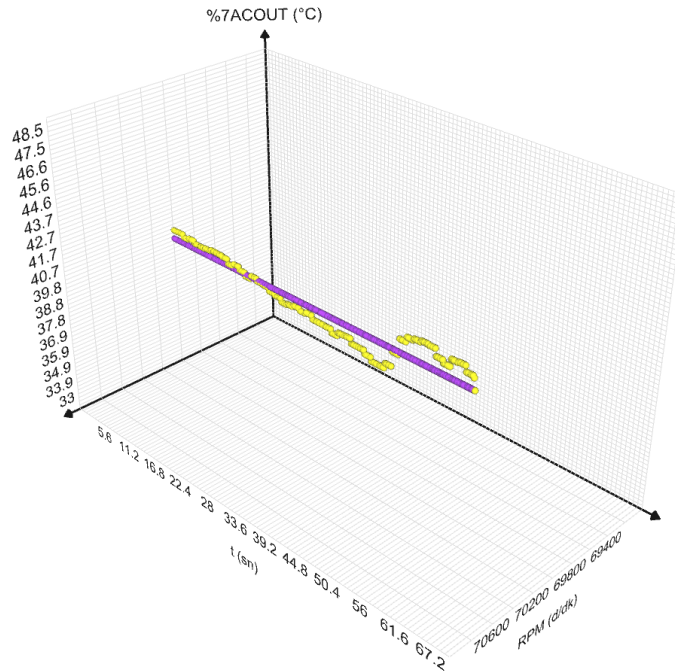


Şekil 5.438. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 70000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.439 ve Şekil 5.440'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.7639 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 39.9062 °C elde edilmiştir.

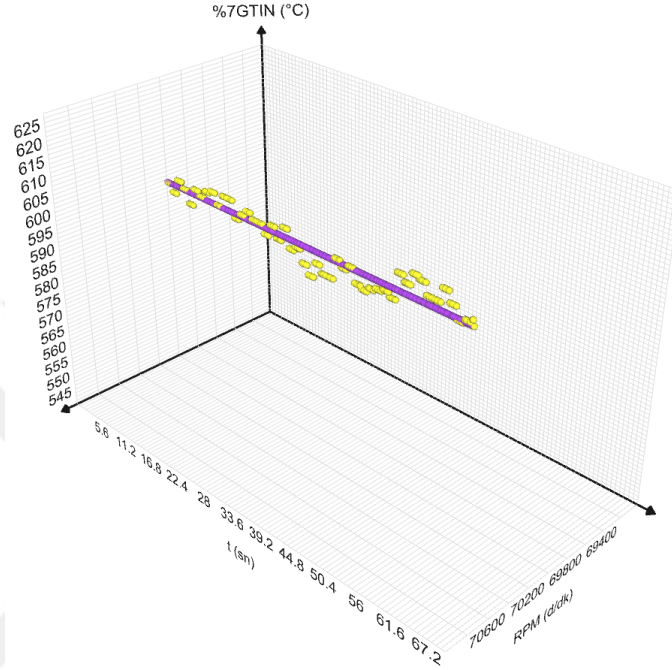


Şekil 5.439. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı

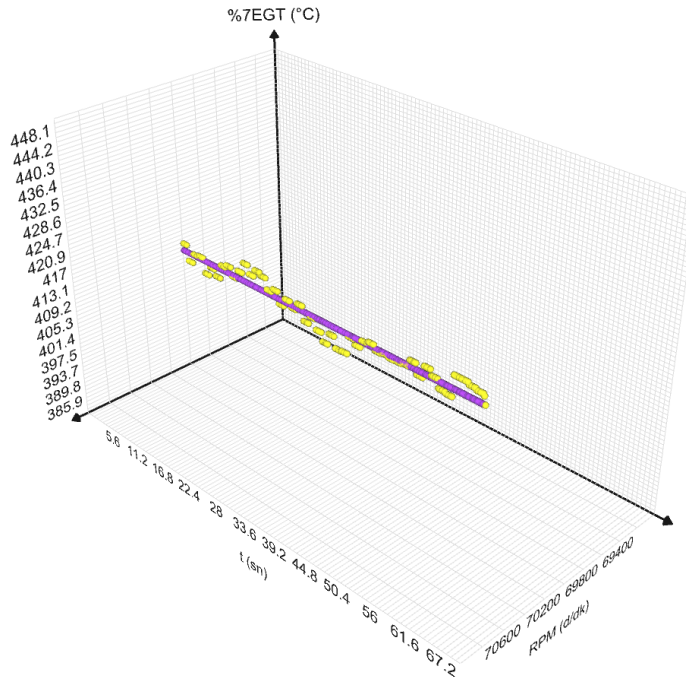


Şekil 5.440. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.441 ve Şekil 5.442'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 597.228 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.309 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

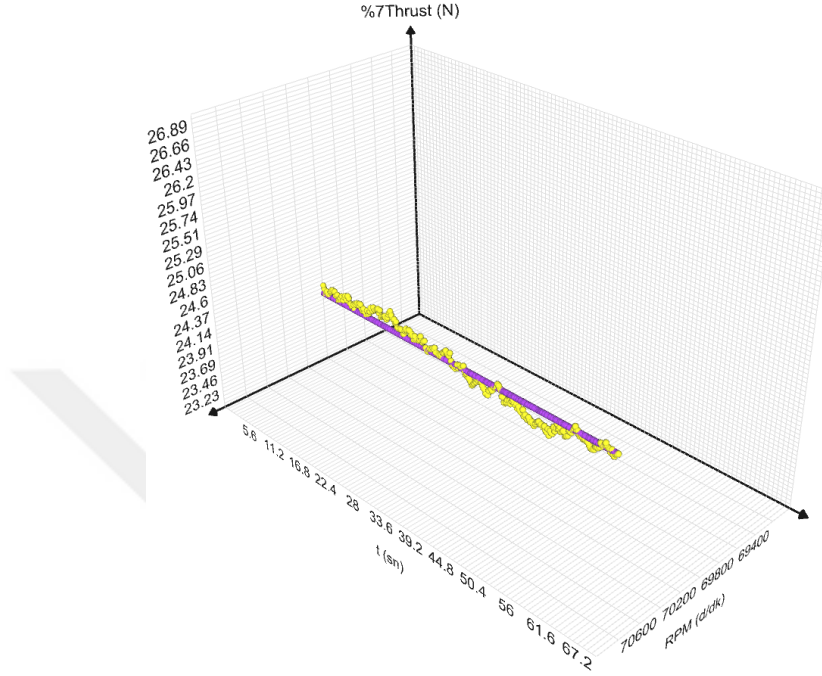


Şekil 5.441. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı

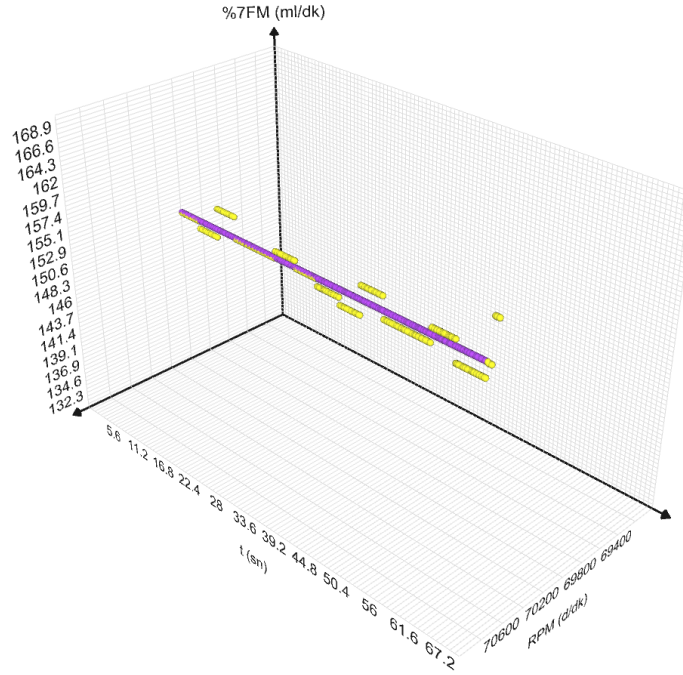


Şekil 5.442. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.443 ve Şekil 5.444’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 24.0115 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 152.117 ml/dk elde edilmiştir.



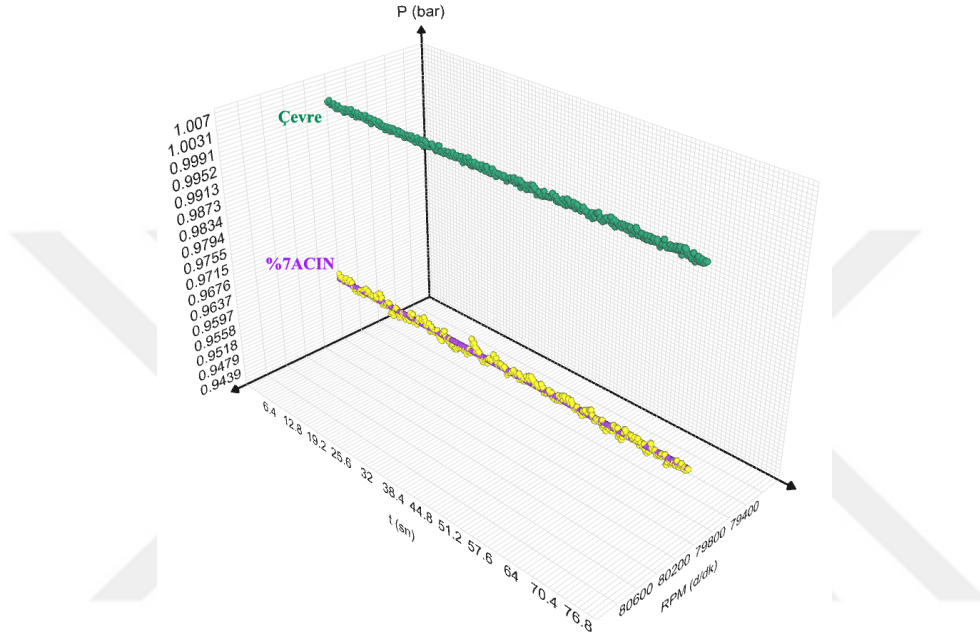
Şekil 5.443. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı



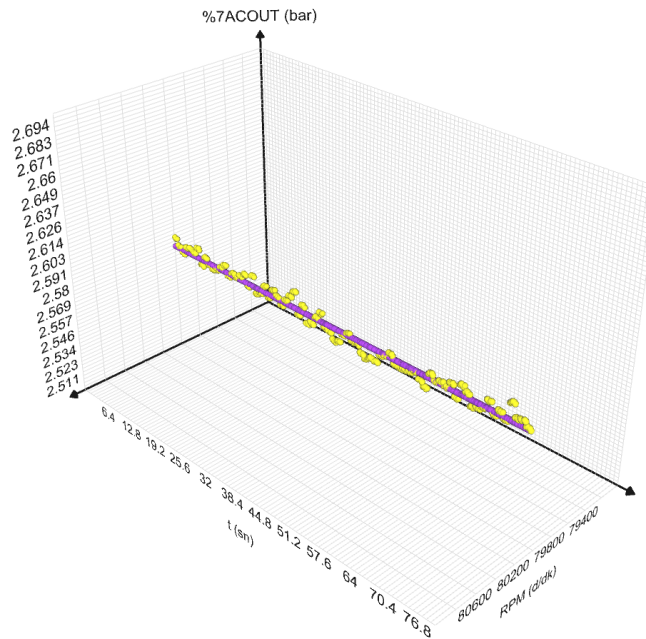
Şekil 5.444. %7TEST-E2, 70000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%7TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.445 ve Şekil 5.446’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9571 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57917 bar elde edilmiştir.

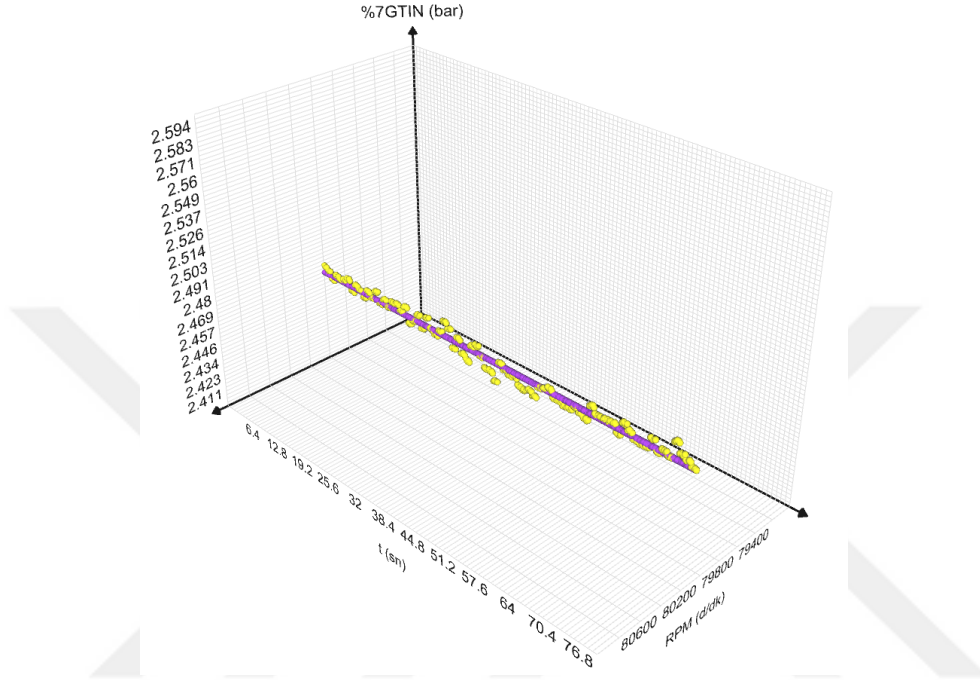


Şekil 5.445. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACIN basınç verileri dağılımı

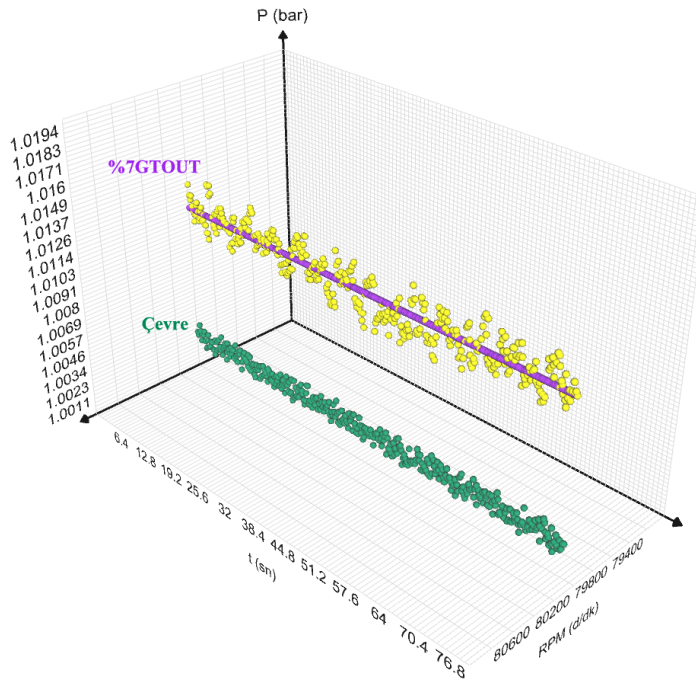


Şekil 5.446. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.447 ve Şekil 5.448'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46587 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0117 bar elde edilmiştir.

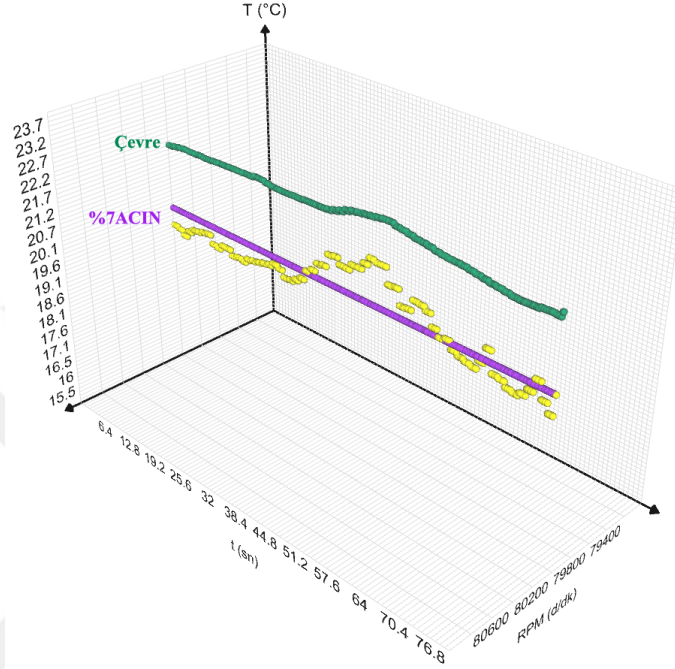


Şekil 5.447. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTIN basınç verileri dağılımı

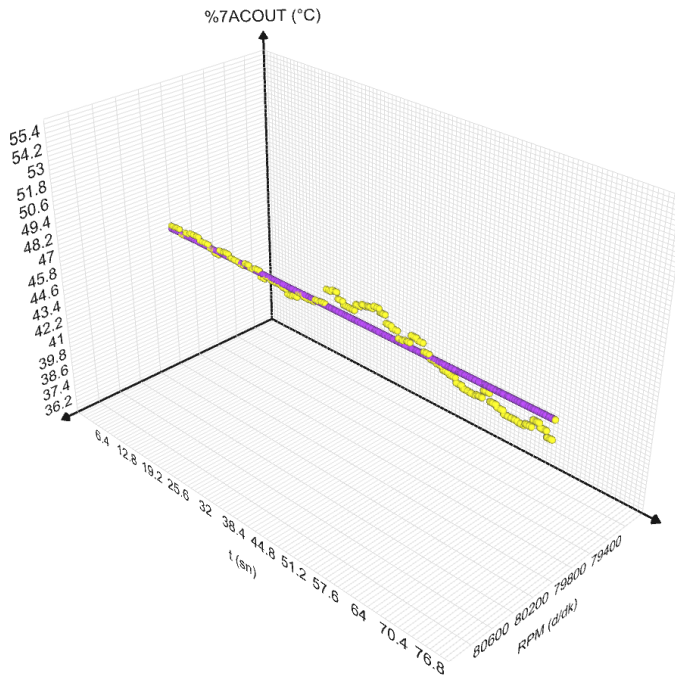


Şekil 5.448. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTOUT basınç verileri dağılımı

%7TEST-E2, 80000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%7ACIN) ve kompresör çıkış (%7ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.449 ve Şekil 5.450'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.0085 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 45.6711 °C elde edilmiştir.

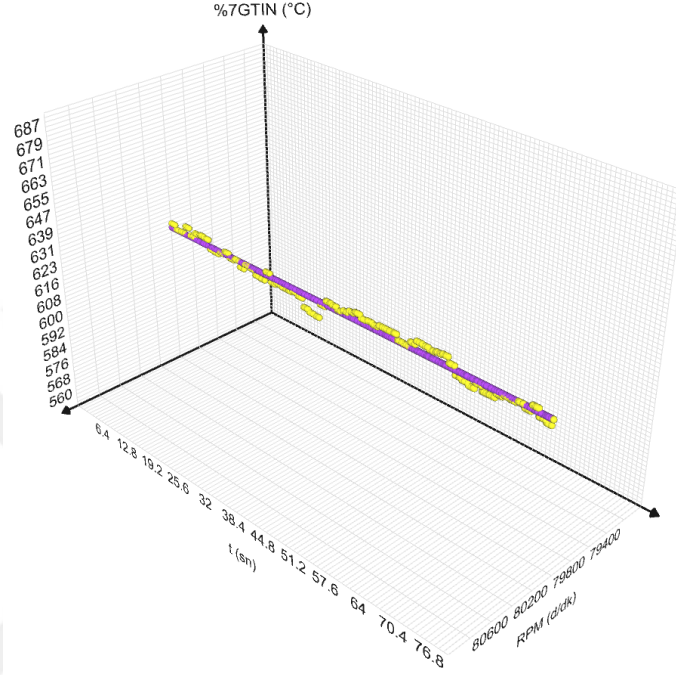


Şekil 5.449. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACIN sıcaklık verileri dağılımı

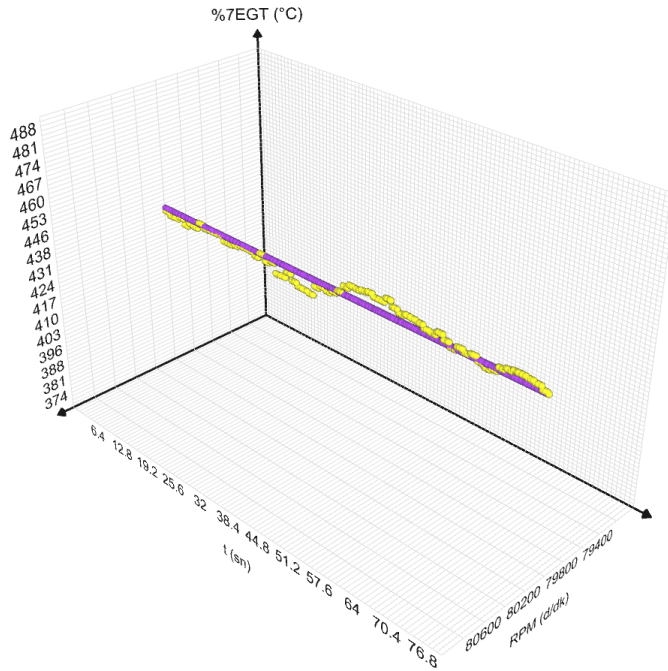


Şekil 5.450. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%7GTIN) ve türbin çıkış (%7GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.451 ve Şekil 5.452'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 620.061 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 438.526 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

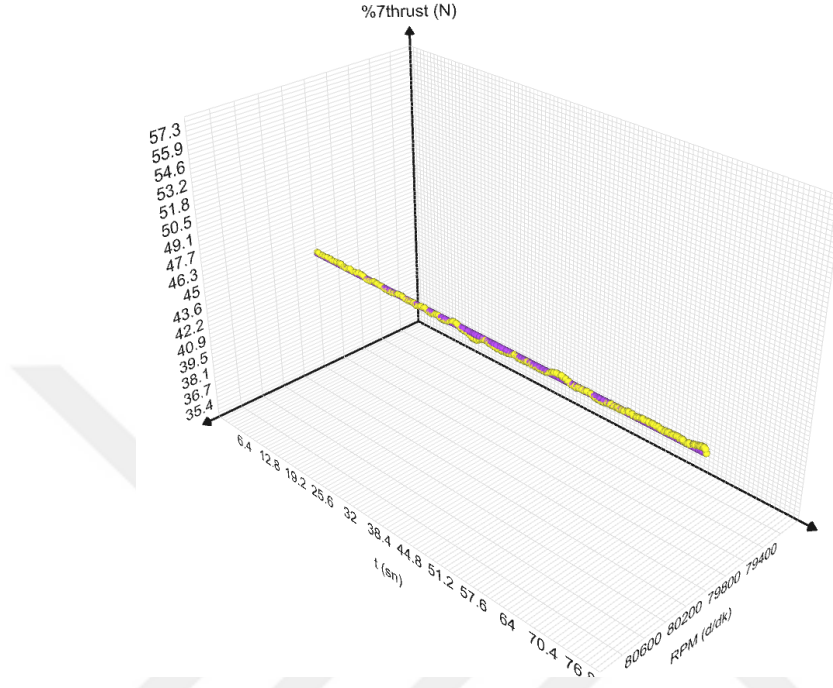


Şekil 5.451. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7GTIN sıcaklık verileri dağılımı

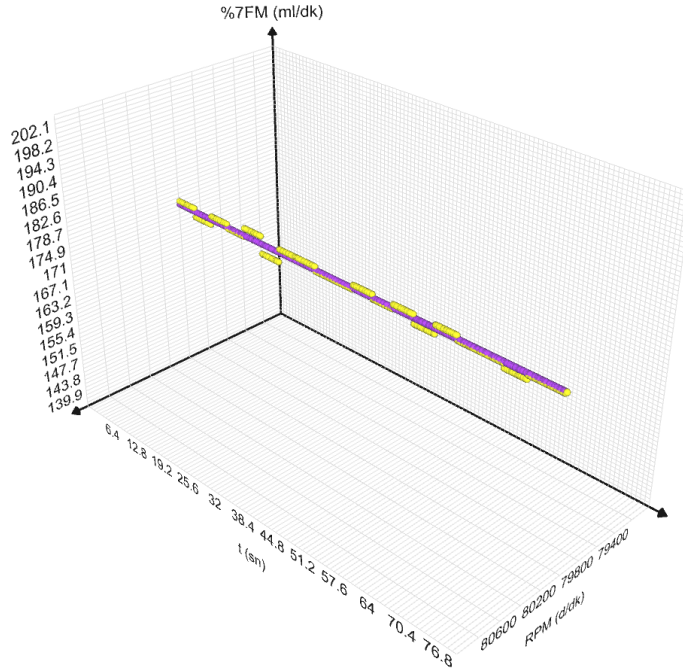


Şekil 5.452. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7EGT sıcaklık verileri dağılımı

%7TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.453 ve Şekil 5.454’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 44.1323 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 175.257 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.453. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7Thrust itki verileri dağılımı



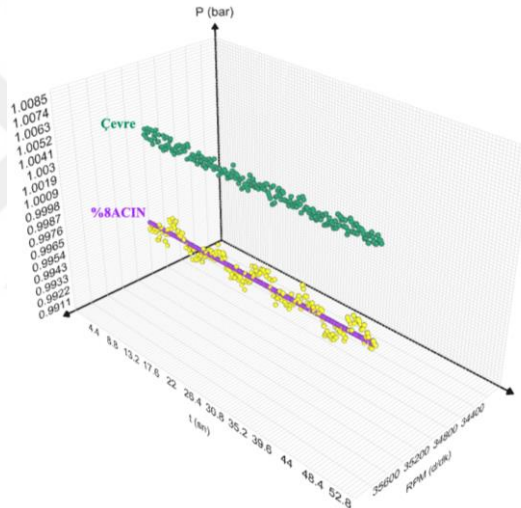
Şekil 5.454. %7TEST-E2, 80000 rpm, %7FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.8. %8TEST-E2

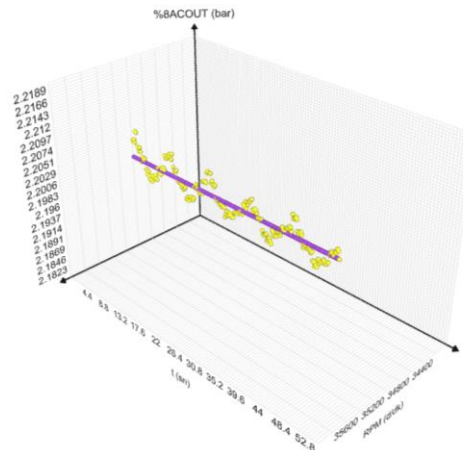
%8TEST-E2, geleneksel yakıtta %8 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%8TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.455 ve Şekil 5.456’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99504 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.20007 bar elde edilmiştir.

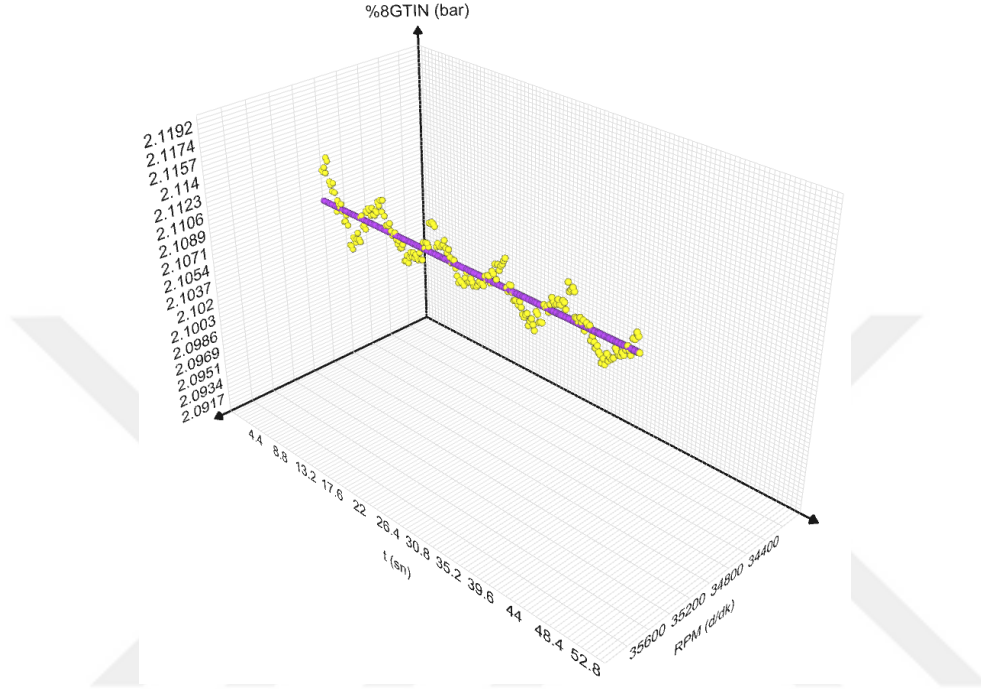


Şekil 5.455. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı

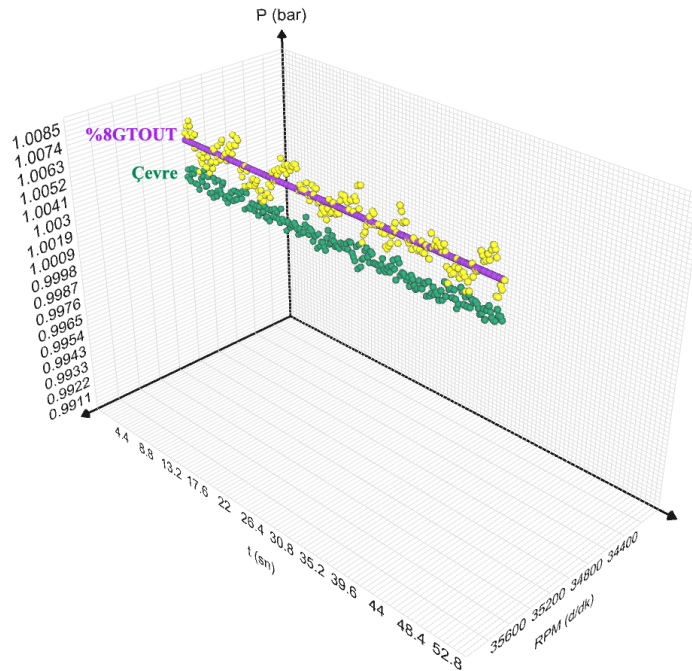


Şekil 5.456. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.457 ve Şekil 5.458’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.1079 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00137 bar elde edilmiştir.

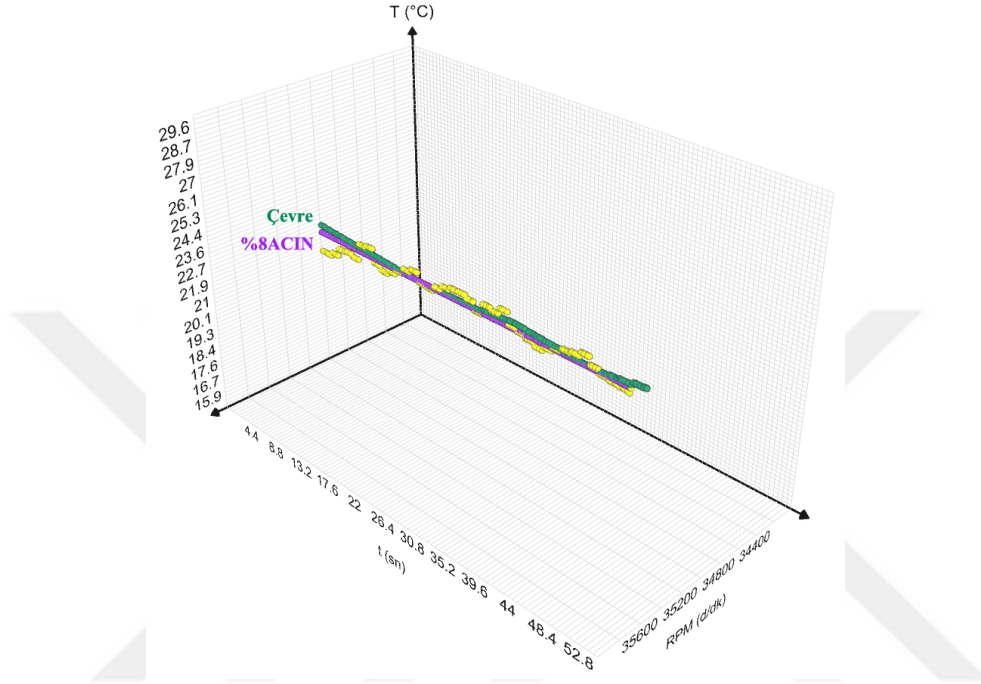


Şekil 5.457. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı

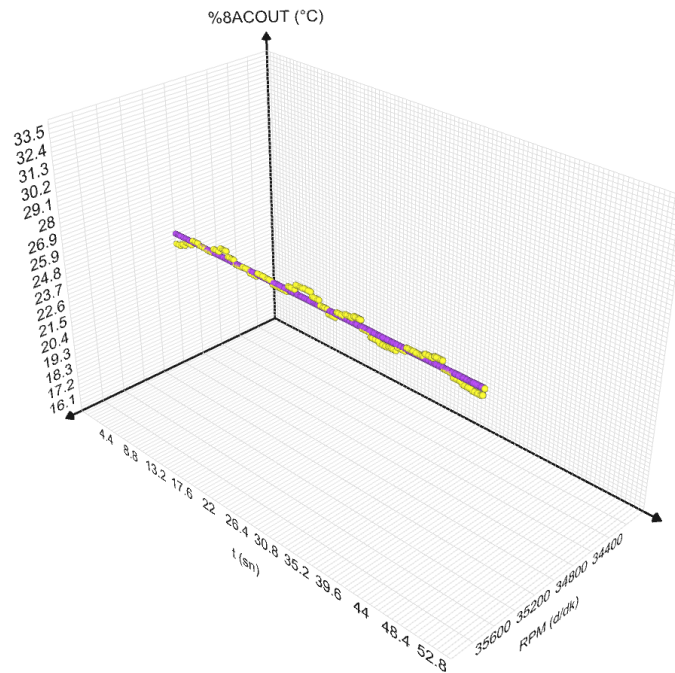


Şekil 5.458. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.459 ve Şekil 5.460’da görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.2166 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 24.3128 °C elde edilmiştir.

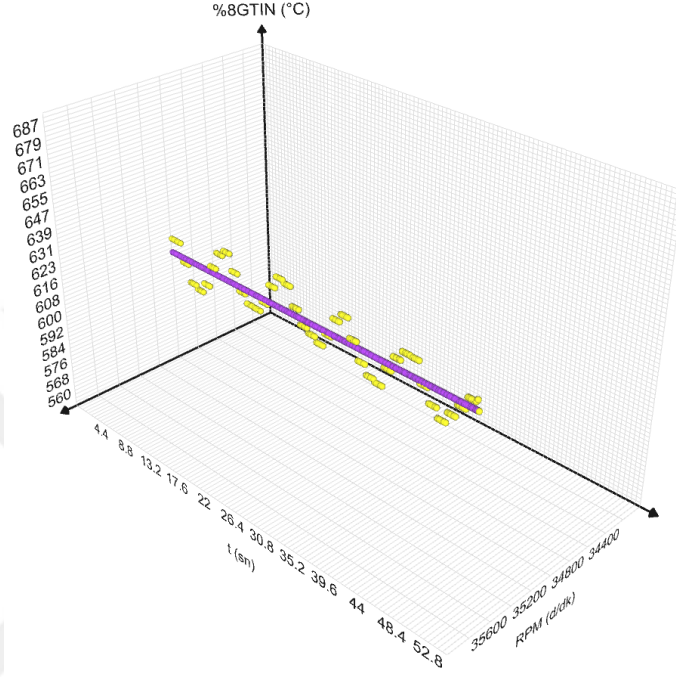


Şekil 5.459. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı

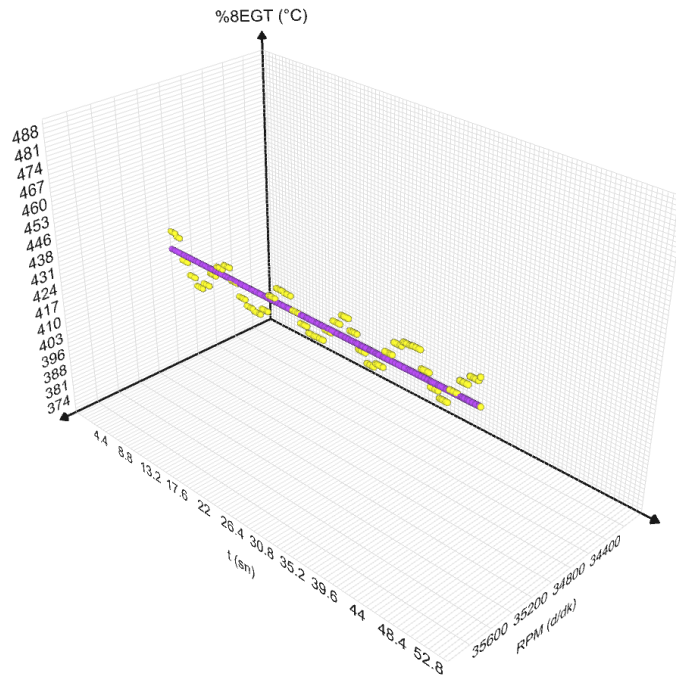


Şekil 5.460. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.461 ve Şekil 5.462’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 607.731 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 421.524 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

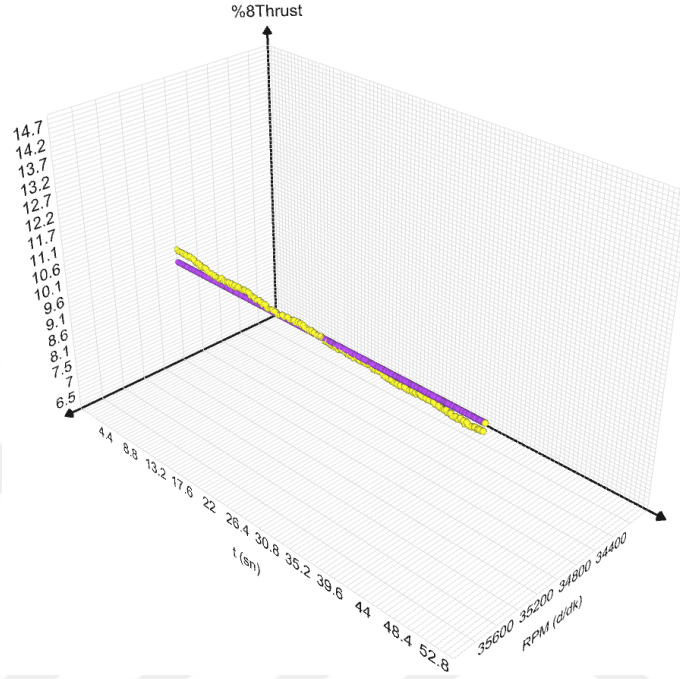


Şekil 5.461. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı

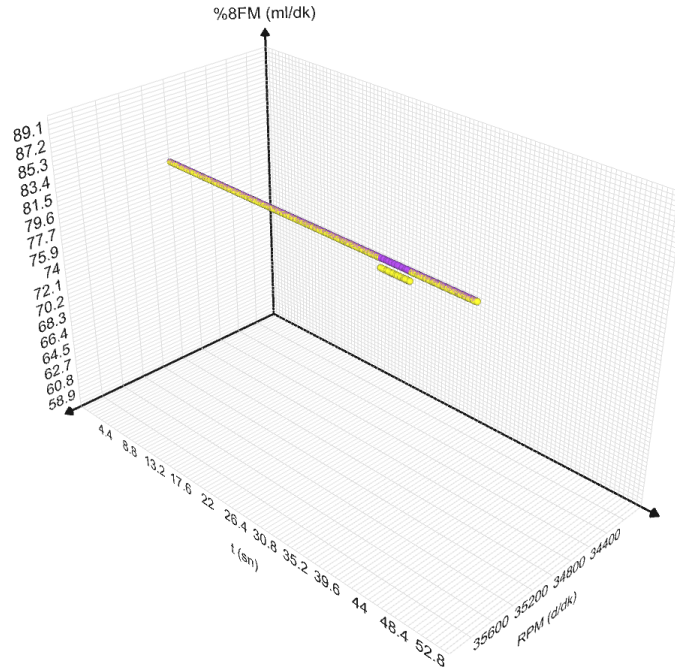


Şekil 5.462. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.463 ve Şekil 5.464’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 9.35387 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 81.0287 ml/dk elde edilmiştir.



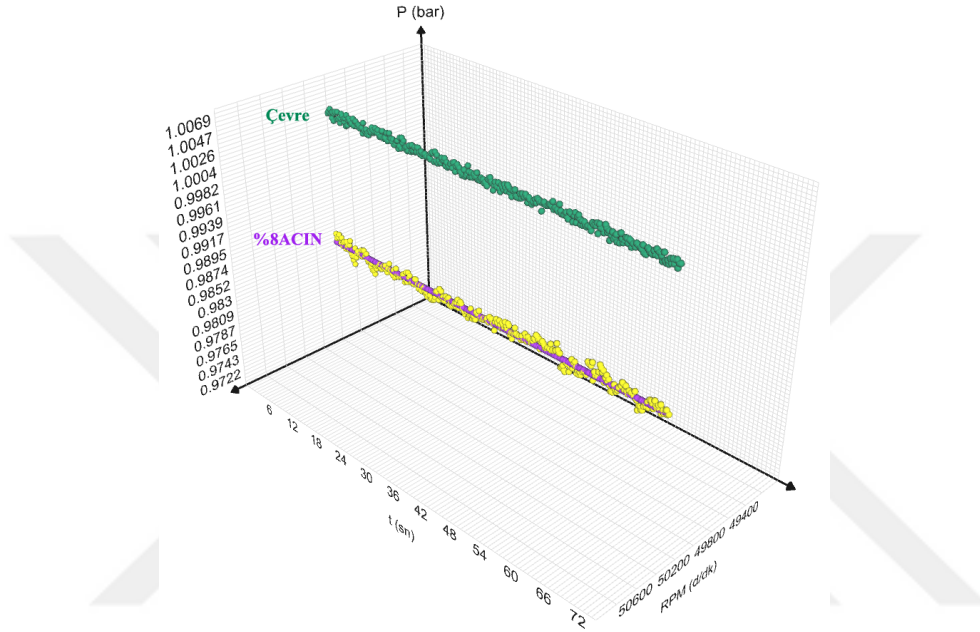
Şekil 5.463. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı



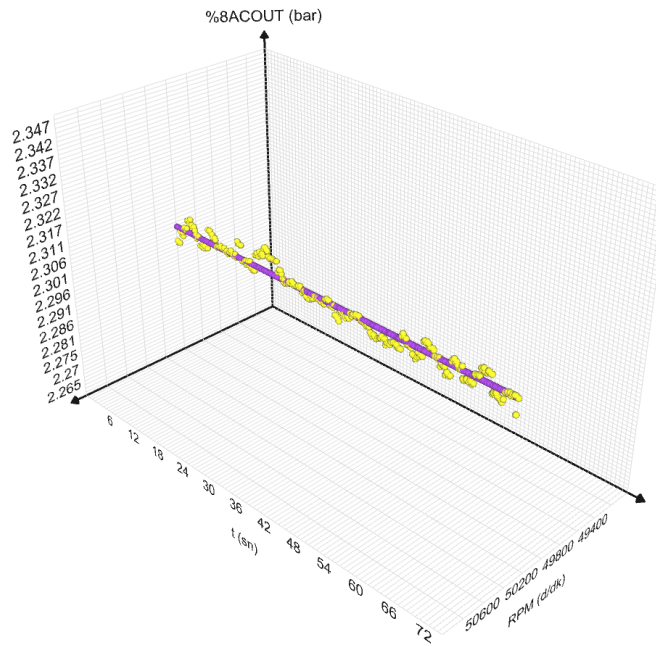
Şekil 5.464. %8TEST-E2, 35000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%8TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.465 ve Şekil 5.466’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98501 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.30356 bar elde edilmiştir.

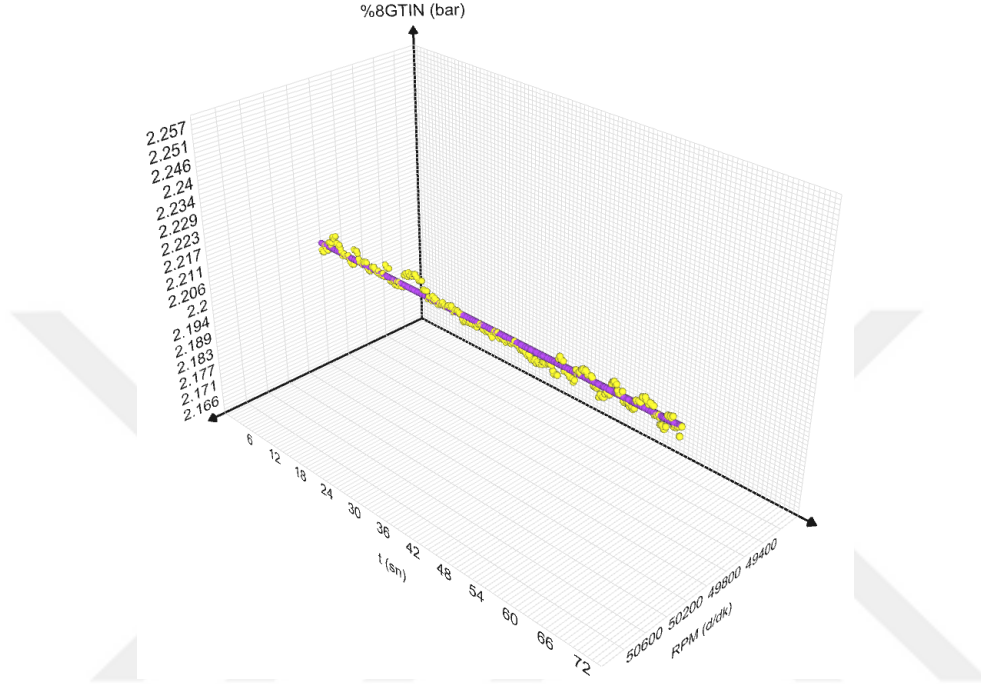


Şekil 5.465. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı

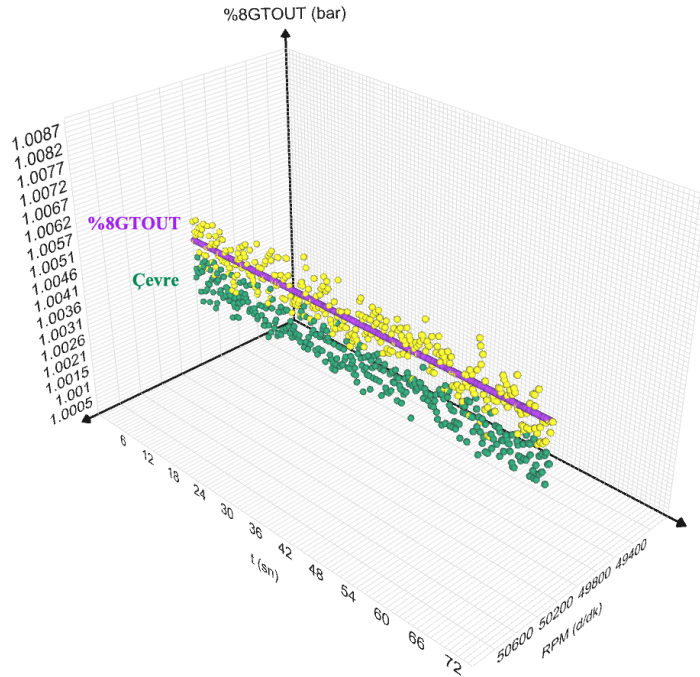


Şekil 5.466. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.467 ve Şekil 5.468'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.20508 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00422 bar elde edilmiştir.

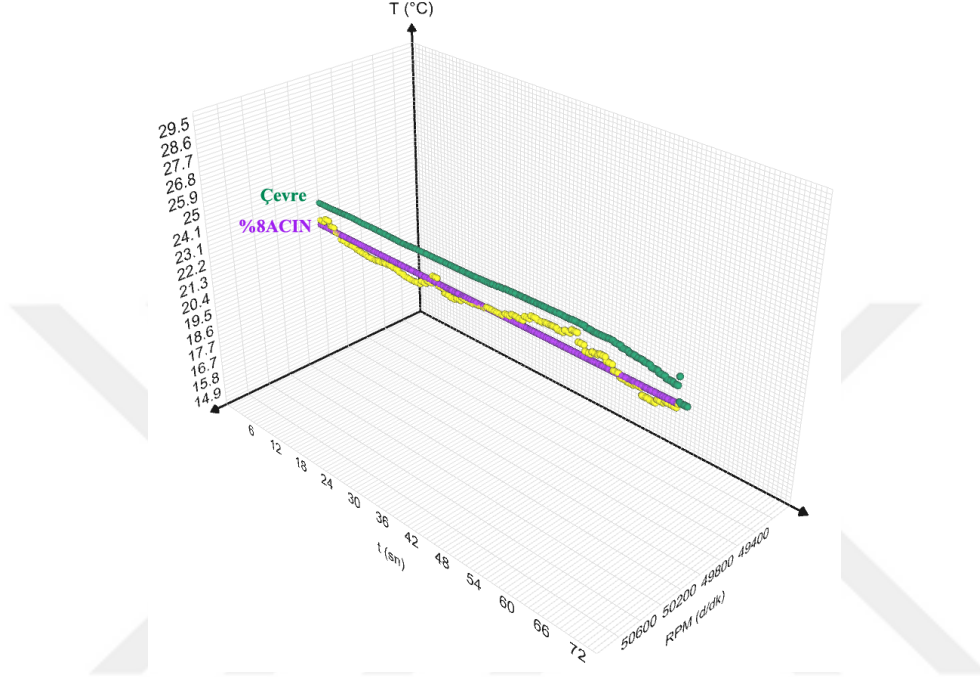


Şekil 5.467. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı

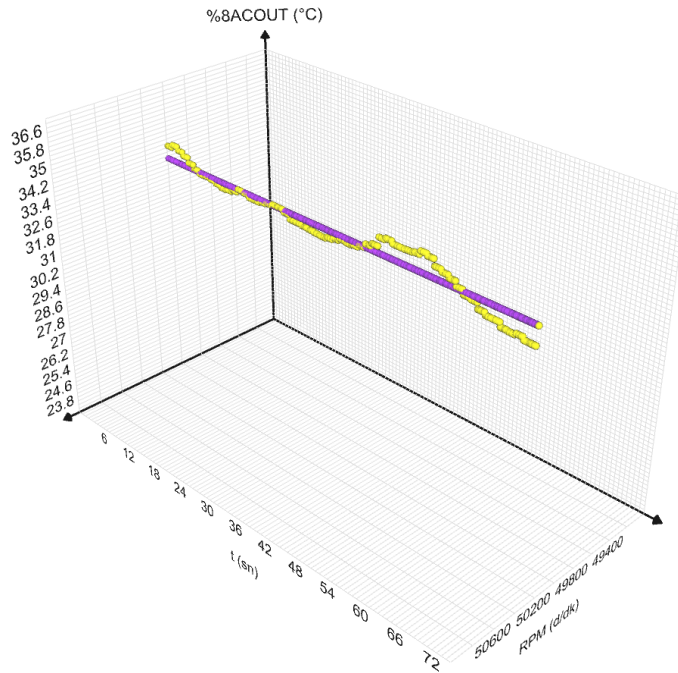


Şekil 5.468. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.469 ve Şekil 5.470’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.9303 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 33.517 °C elde edilmiştir.

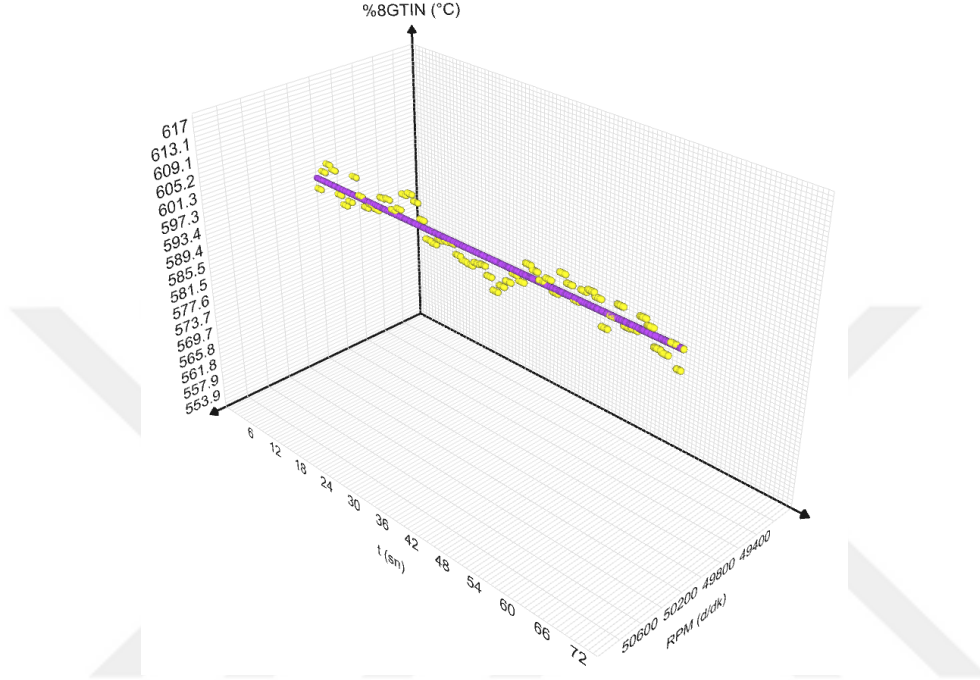


Şekil 5.469. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı

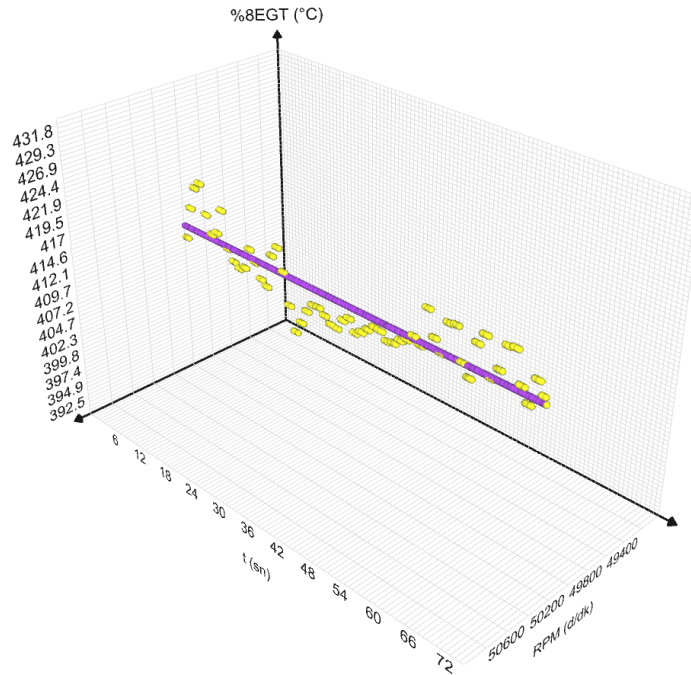


Şekil 5.470. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 50000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.471 ve Şekil 5.472'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 596.012 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 412.412 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

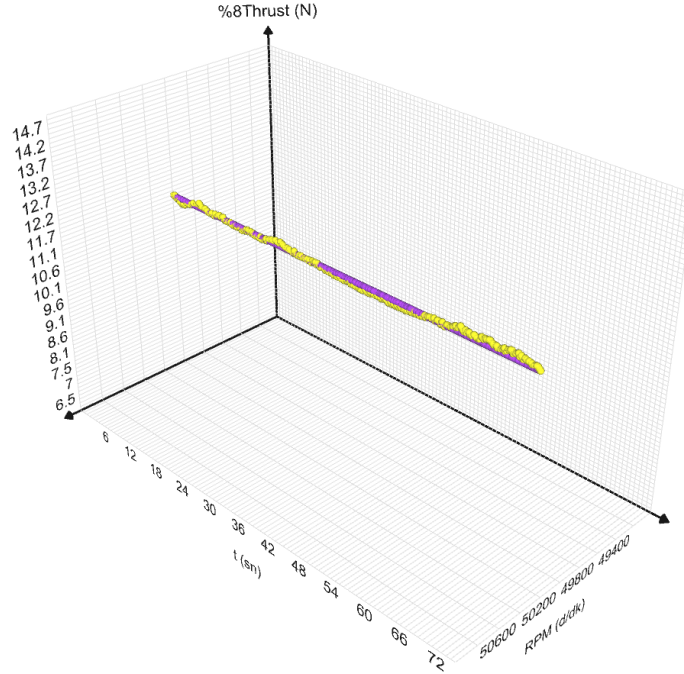


Şekil 5.471. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı

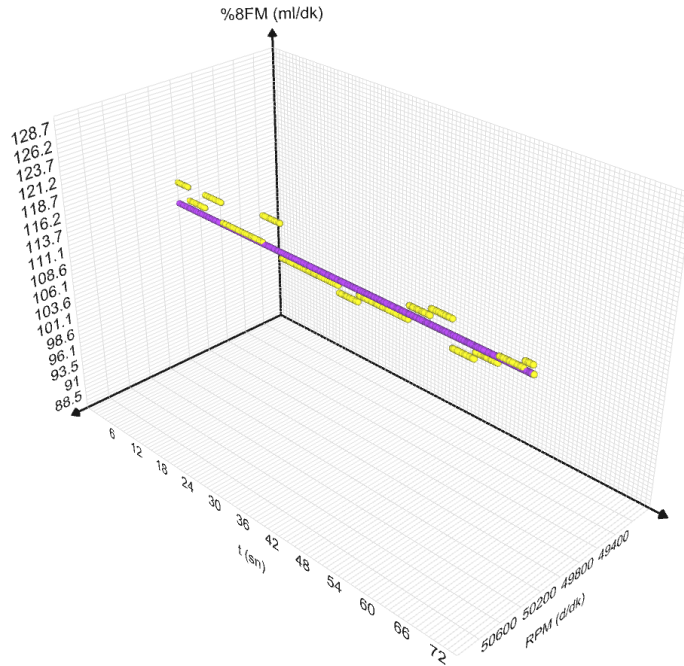


Şekil 5.472. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.473 ve Şekil 5.474’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 11.5226 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 111.796 ml/dk elde edilmiştir.



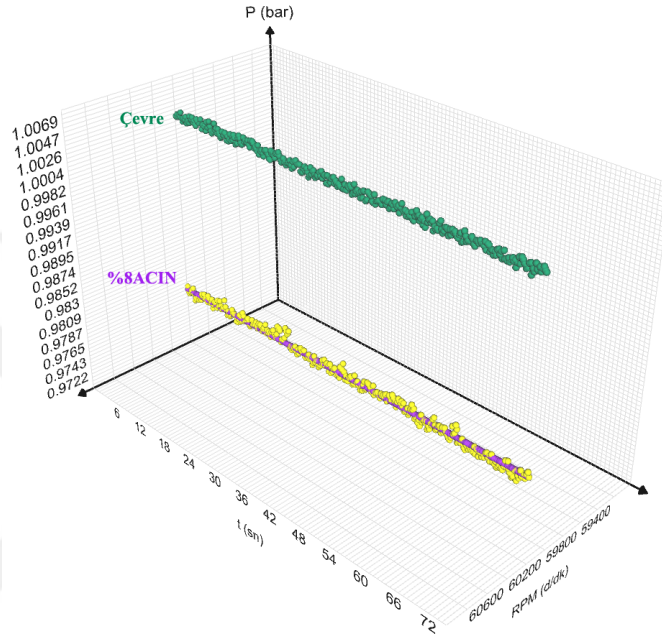
Şekil 5.473. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı



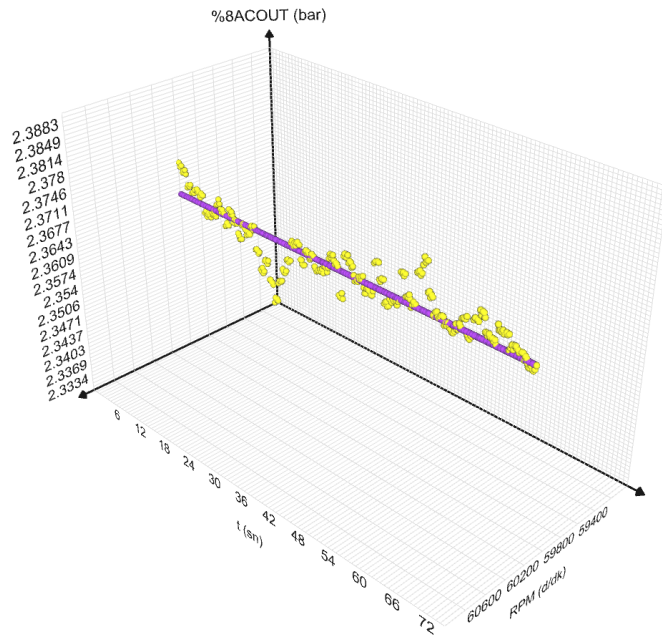
Şekil 5.474. %8TEST-E2, 50000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%8TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.475 ve Şekil 5.476’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97823 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36559 bar elde edilmiştir.

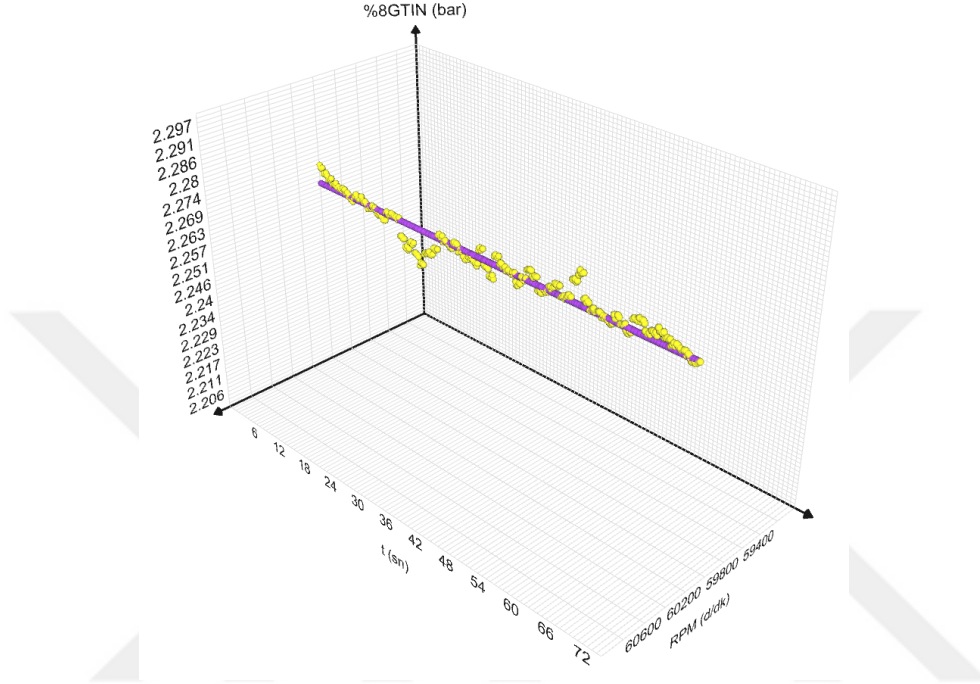


Şekil 5.475. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı

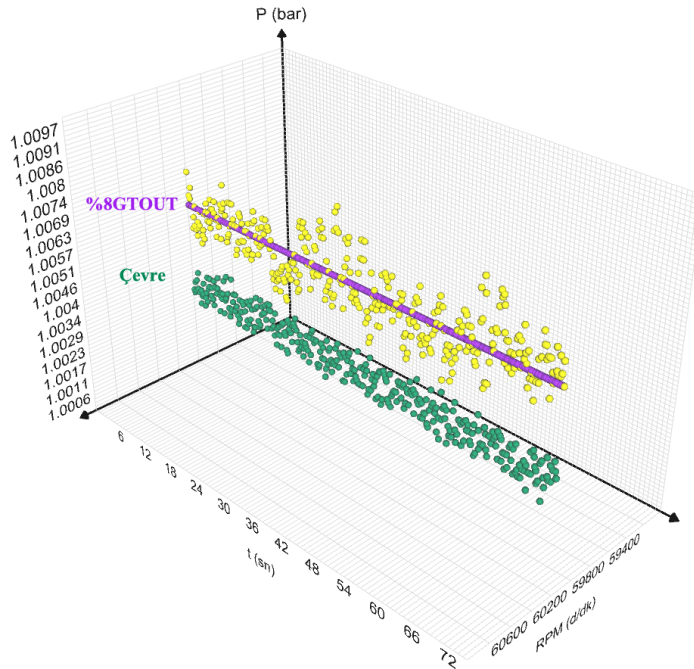


Şekil 5.476. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.477 ve Şekil 5.478'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.26485 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00586 bar elde edilmiştir.

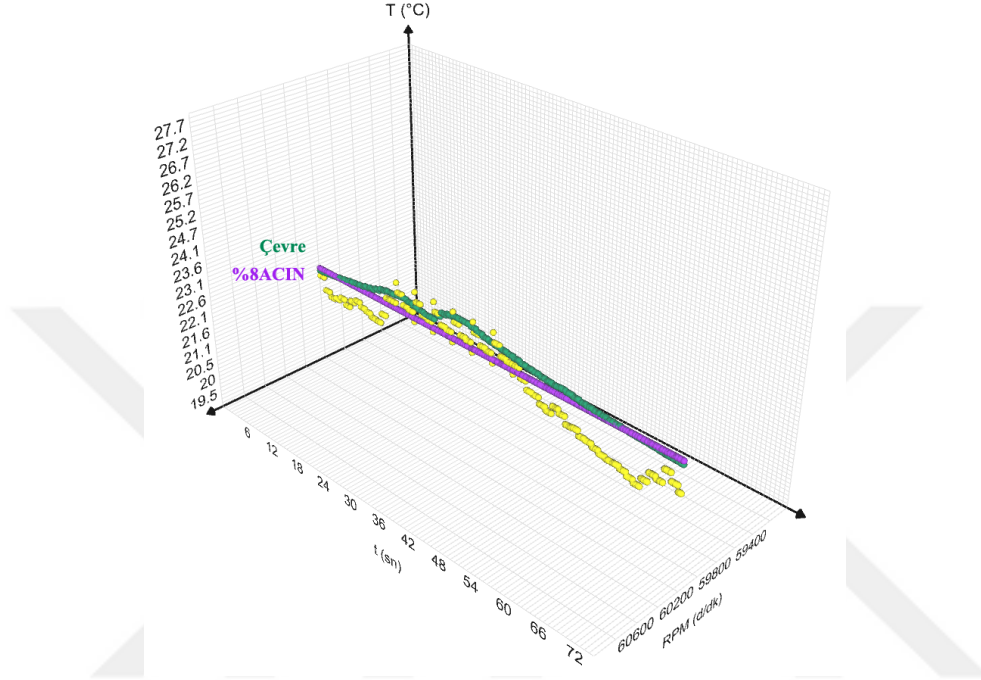


Şekil 5.477. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı

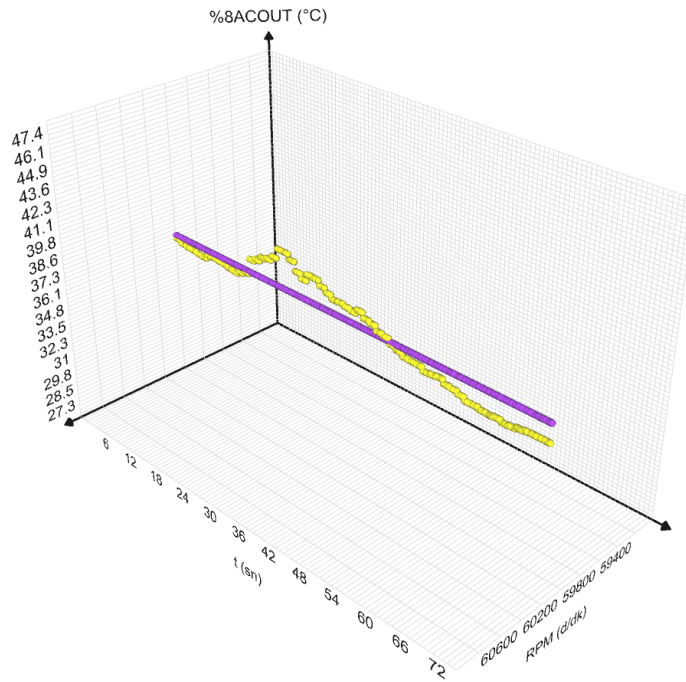


Şekil 5.478. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 60000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.479 ve Şekil 5.480'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.1025 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 36.9297 °C elde edilmiştir.

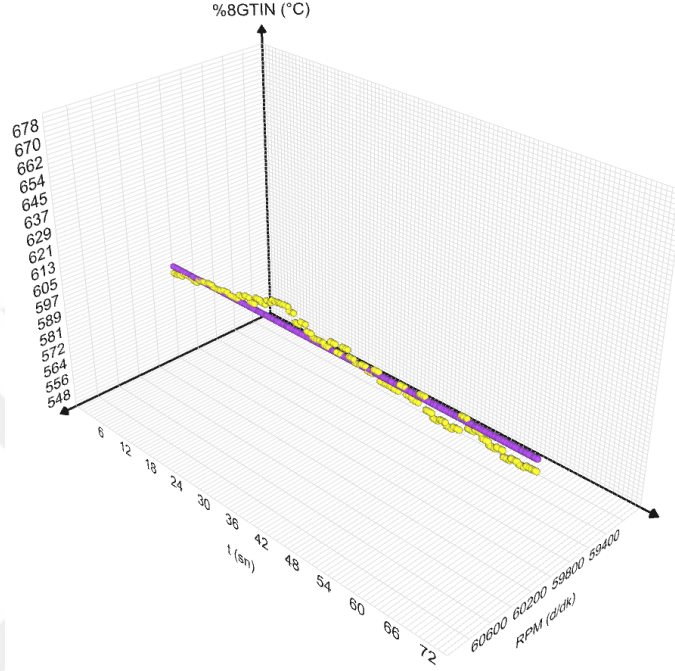


Şekil 5.479. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı

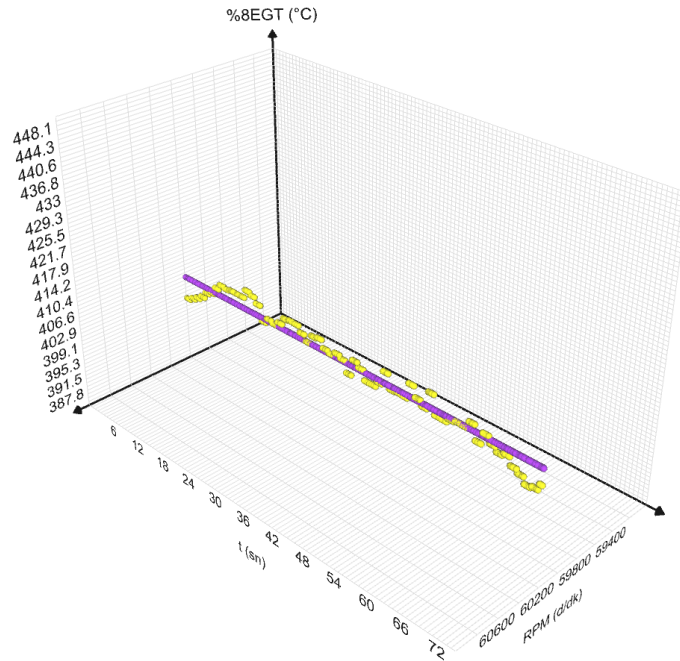


Şekil 5.480. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.481 ve Şekil 5.482'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.674 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 404.697 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

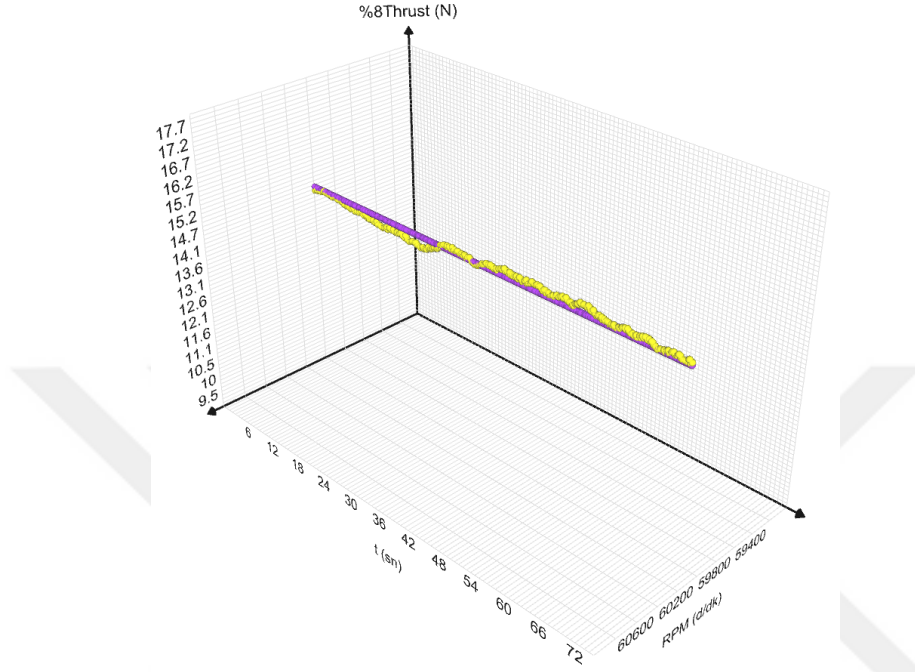


Şekil 5.481. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı

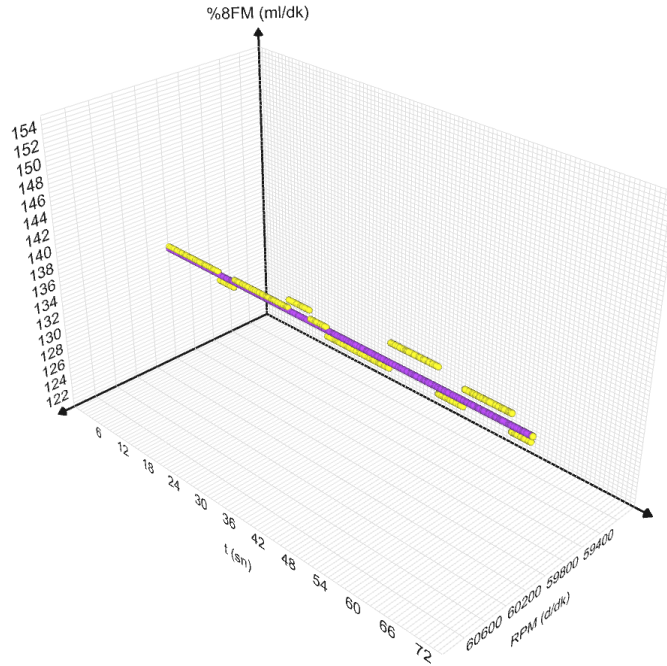


Şekil 5.482. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.483 ve Şekil 5.484’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 14.7455 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 134.691 ml/dk elde edilmiştir.



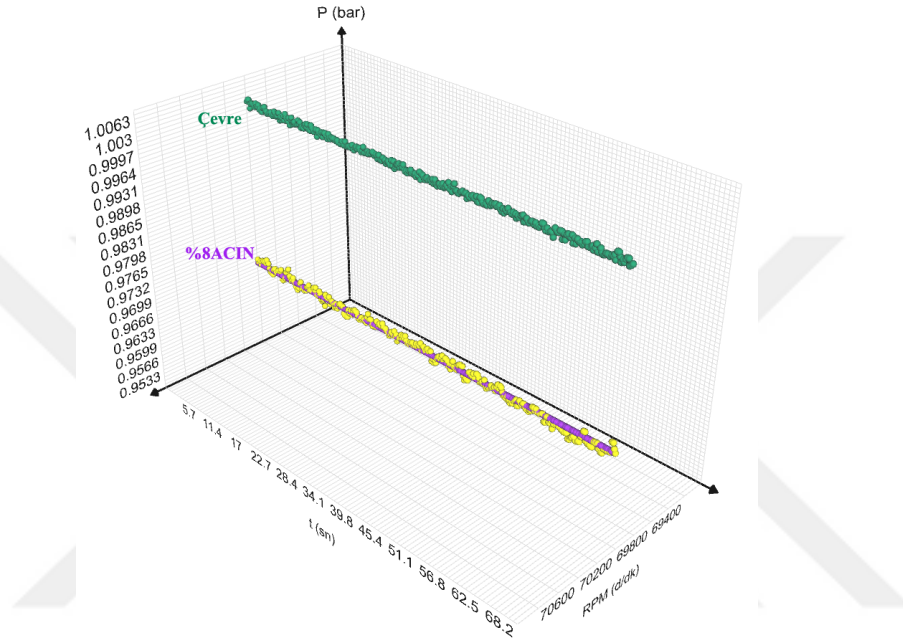
Şekil 5.483. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı



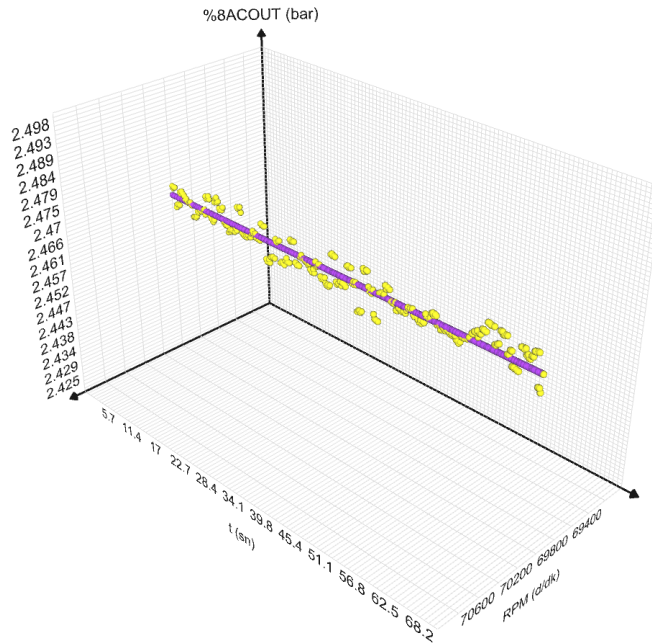
Şekil 5.484. %8TEST-E2, 60000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%8TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.485 ve Şekil 5.486’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9686 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46724 bar elde edilmiştir.

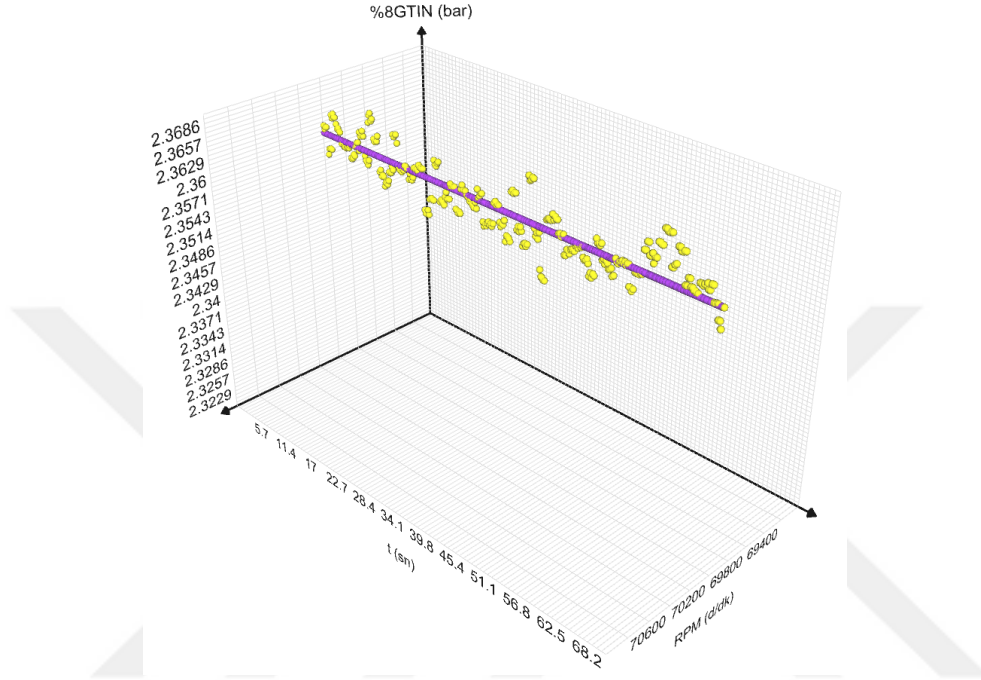


Şekil 5.485. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı

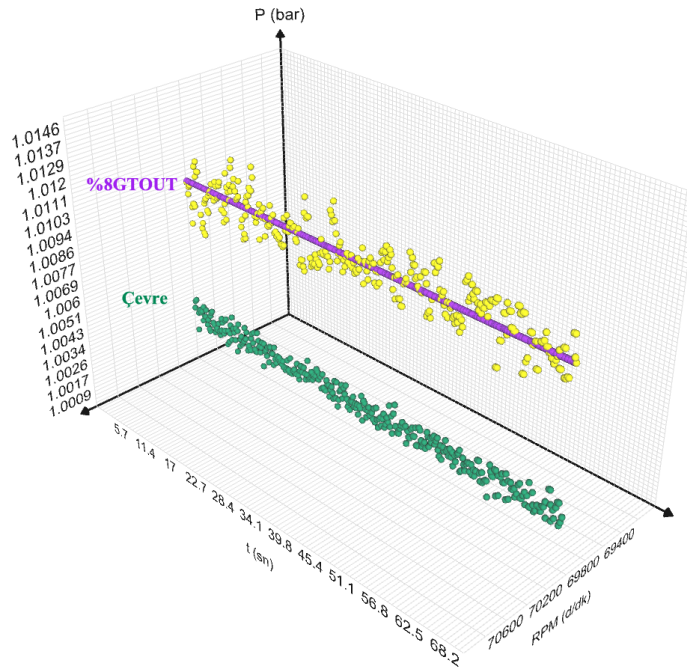


Şekil 5.486. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.487 ve Şekil 5.488'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36107 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00999 bar elde edilmiştir.

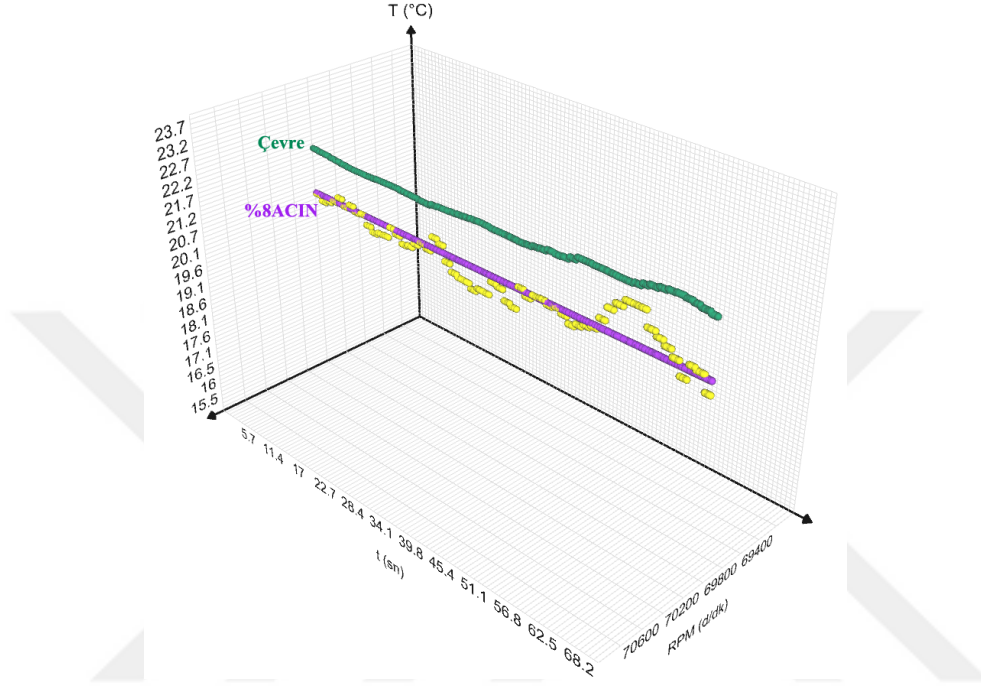


Şekil 5.487. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı

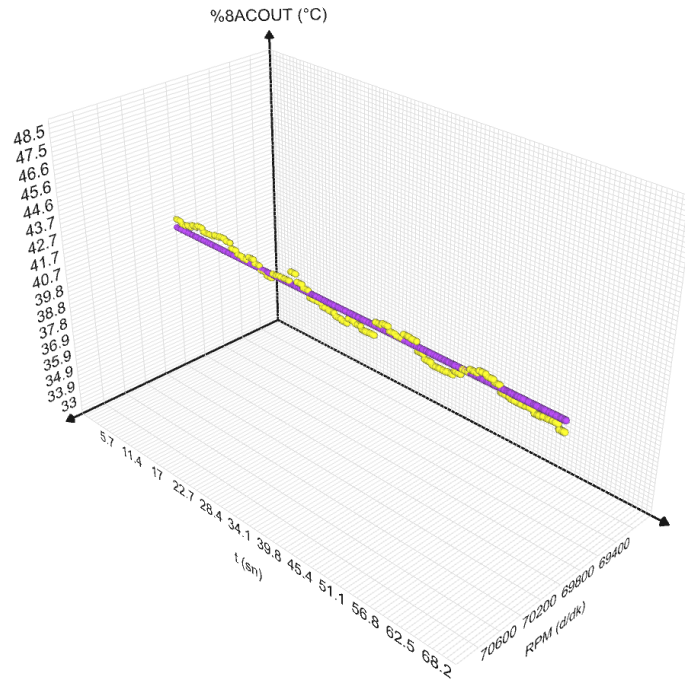


Şekil 5.488. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.489 ve Şekil 5.490’da görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.6066 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 40.7589 °C elde edilmiştir.

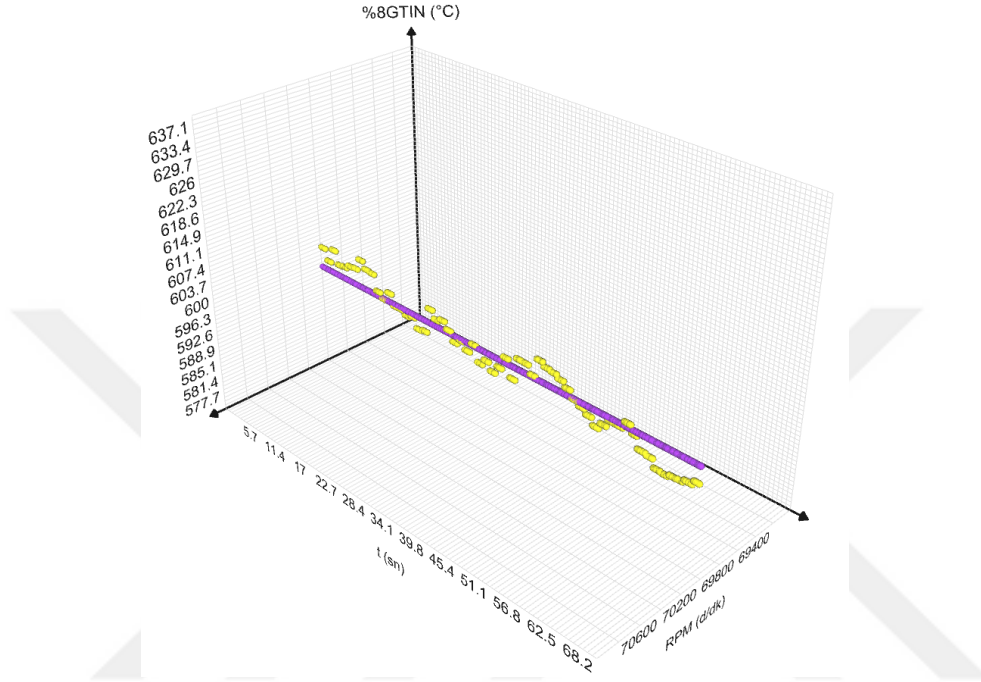


Şekil 5.489. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı

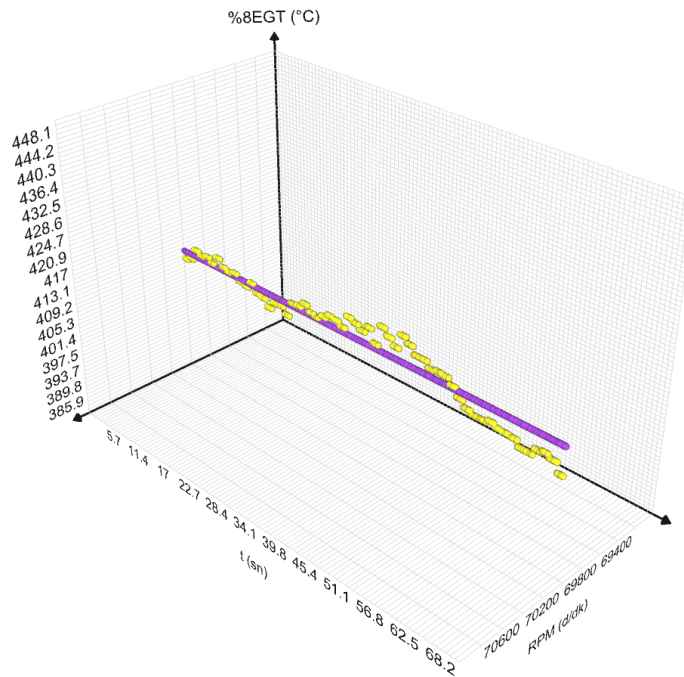


Şekil 5.490. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.491 ve Şekil 5.492'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 597.277 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 411.418 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

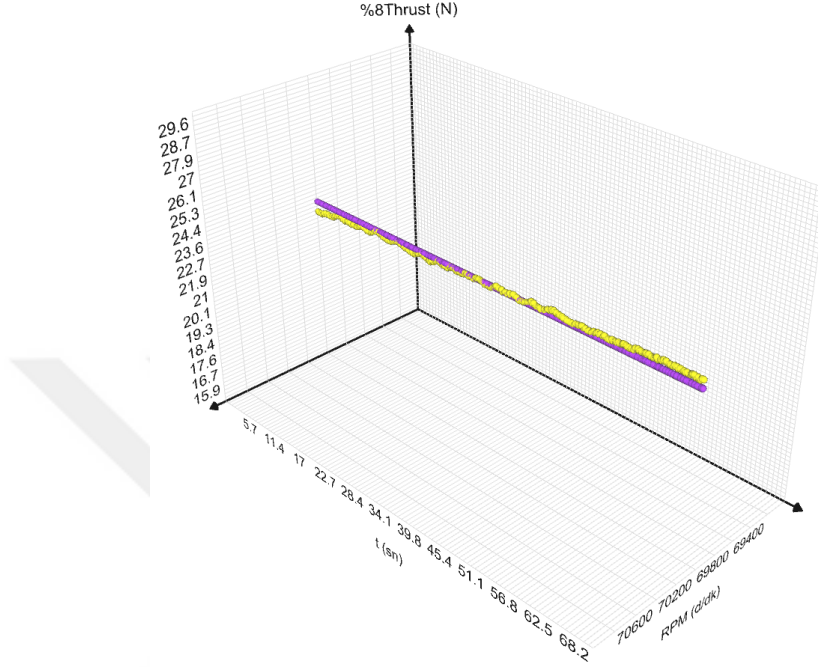


Şekil 5.491. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı

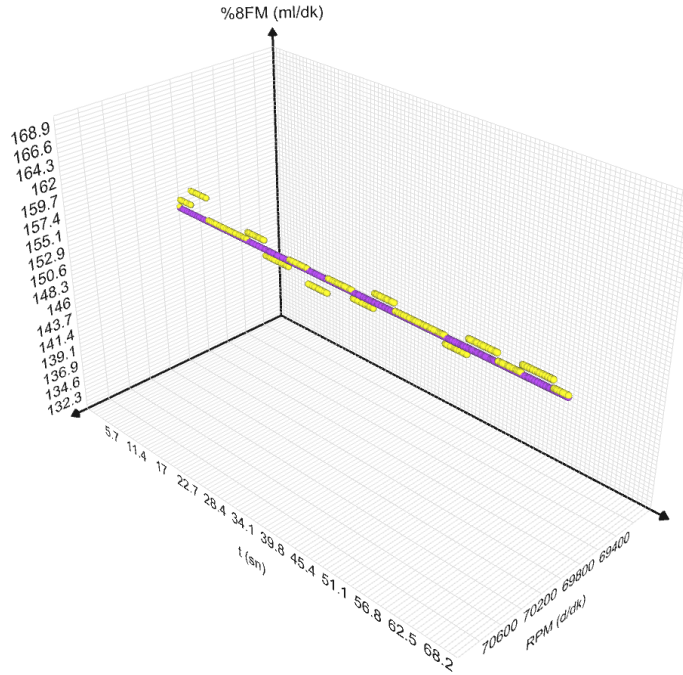


Şekil 5.492. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.493 ve Şekil 5.494’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 23.6162 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 152.812 ml/dk elde edilmiştir.



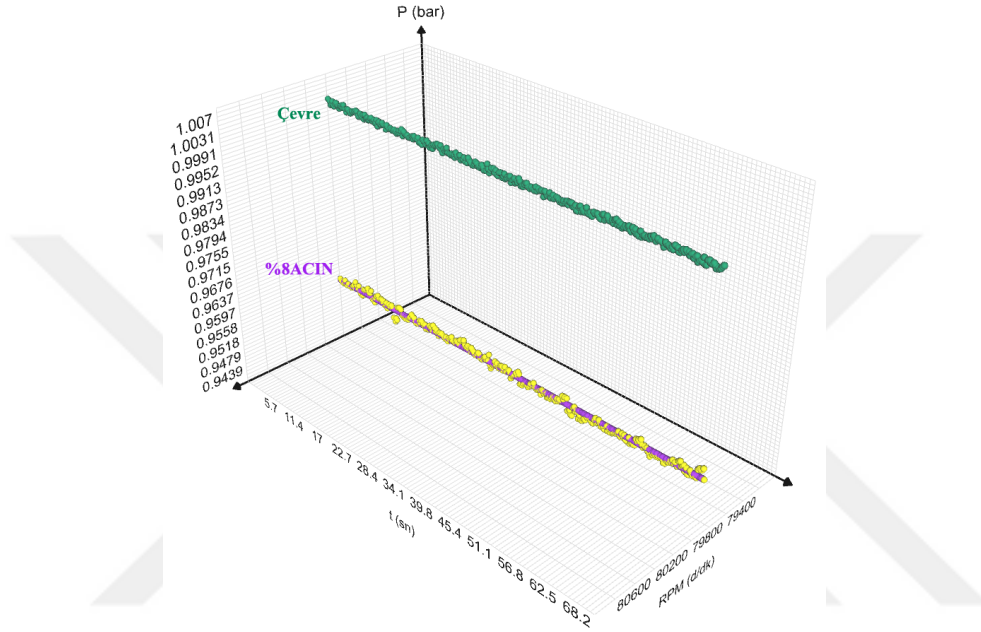
Şekil 5.493. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı



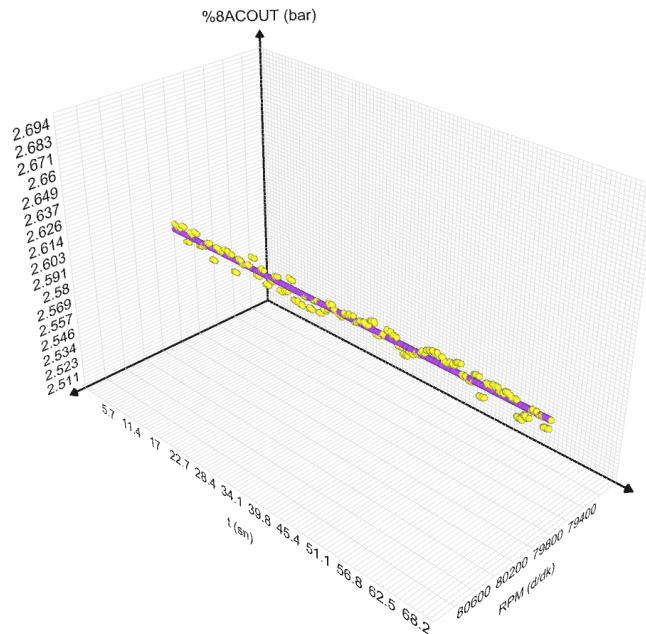
Şekil 5.494. %8TEST-E2, 70000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%8TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.495 ve Şekil 5.496’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95614 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.59132 bar elde edilmiştir.

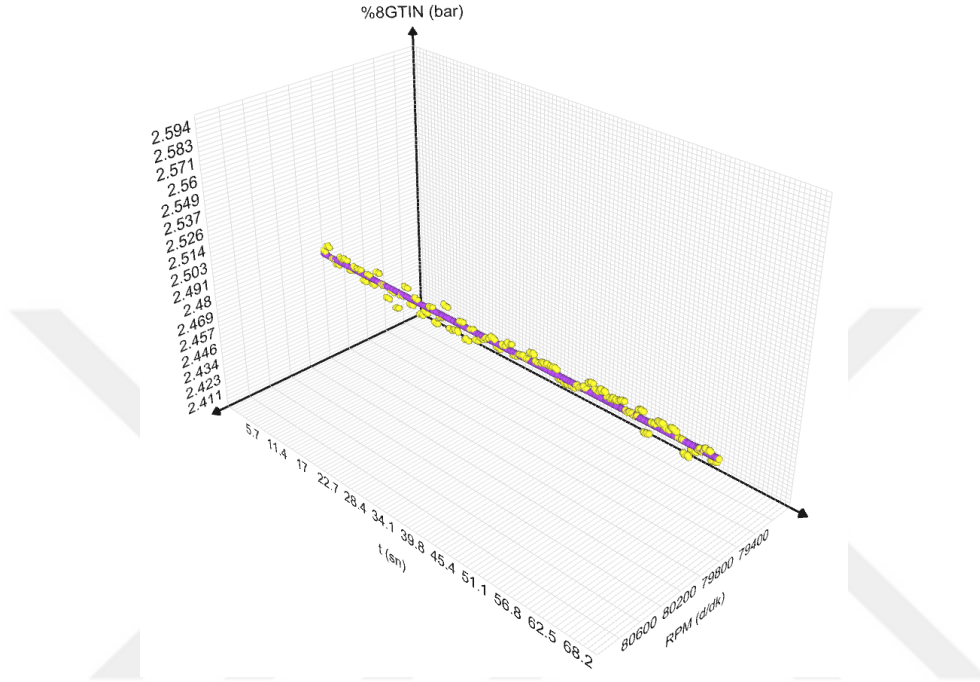


Şekil 5.495. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACIN basınç verileri dağılımı

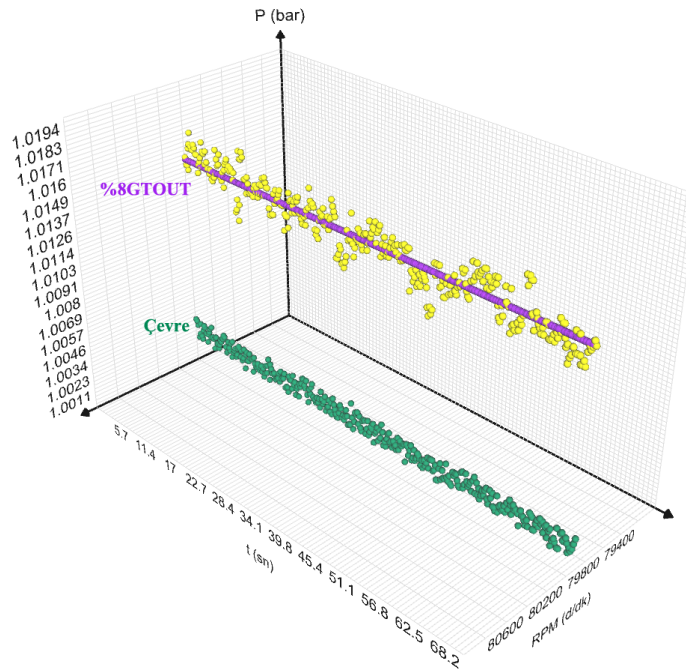


Şekil 5.496. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.497 ve Şekil 5.498'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.48001 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01484 bar elde edilmiştir.

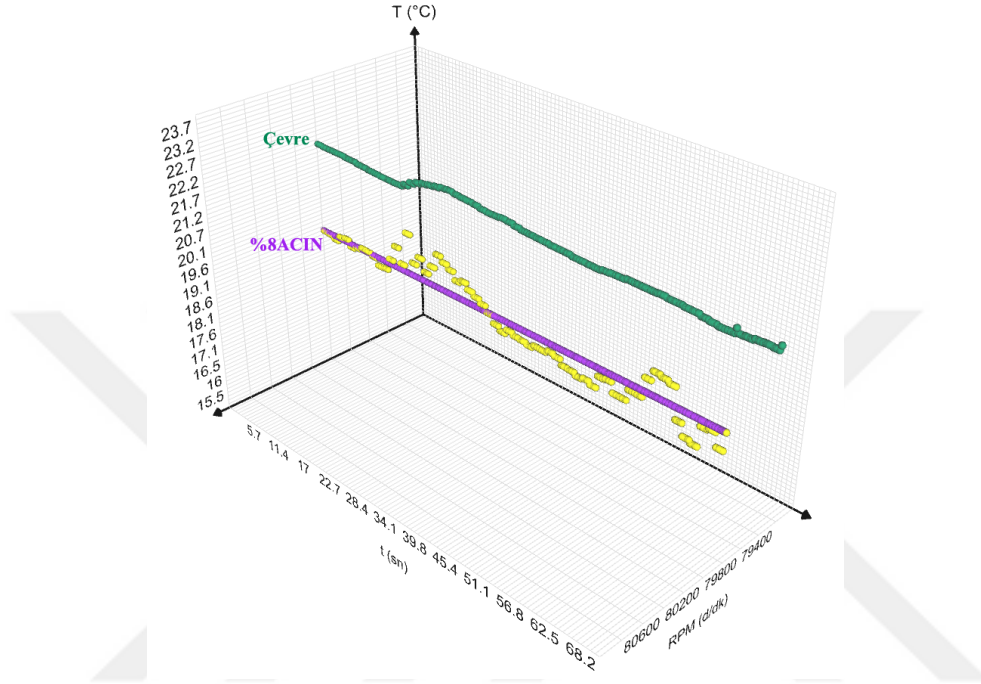


Şekil 5.497. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTIN basınç verileri dağılımı

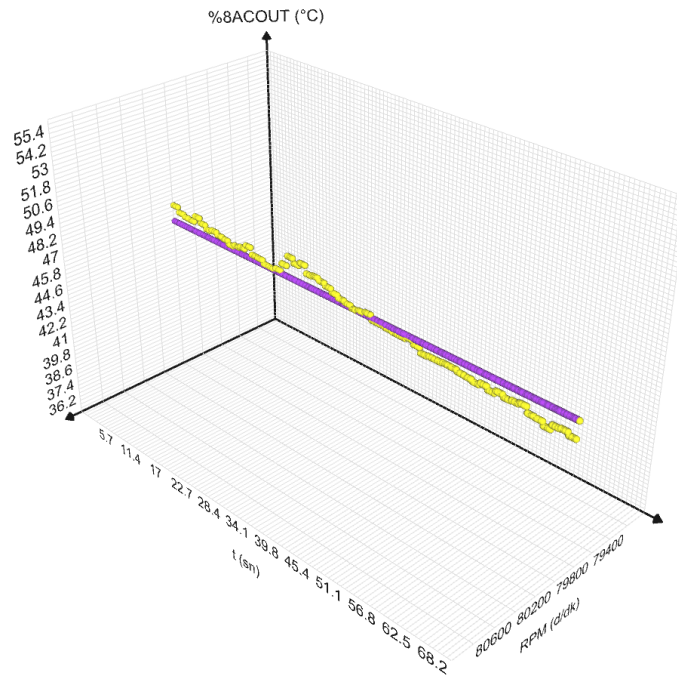


Şekil 5.498. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTOUT basınç verileri dağılımı

%8TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%8ACIN) ve kompresör çıkış (%8ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.499 ve Şekil 5.500’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.3886 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 46.2635 °C elde edilmiştir.

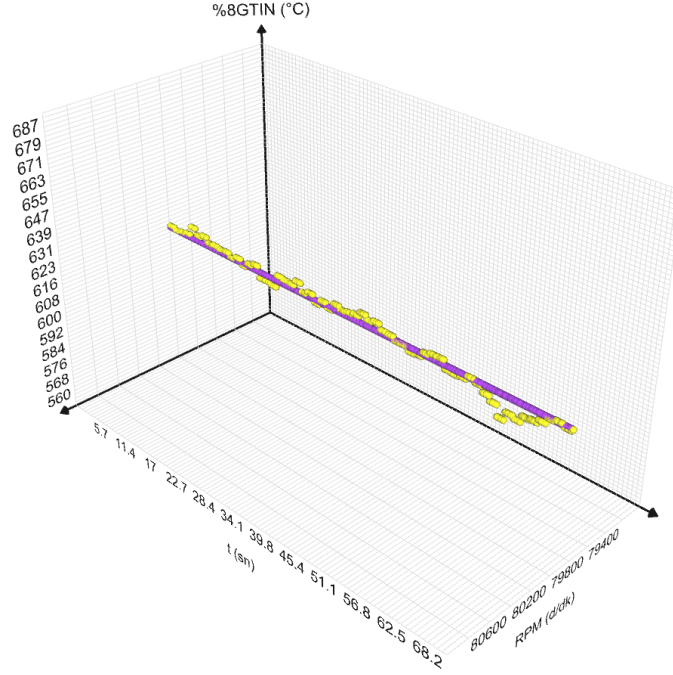


Şekil 5.499. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACIN sıcaklık verileri dağılımı

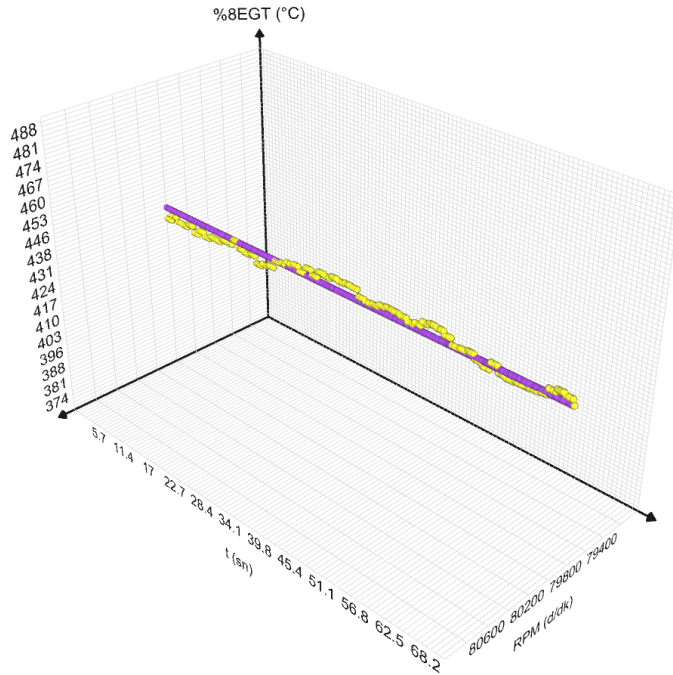


Şekil 5.500. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%8GTIN) ve türbin çıkış (%8GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.501 ve Şekil 5.502’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 620.204 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 438.976 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

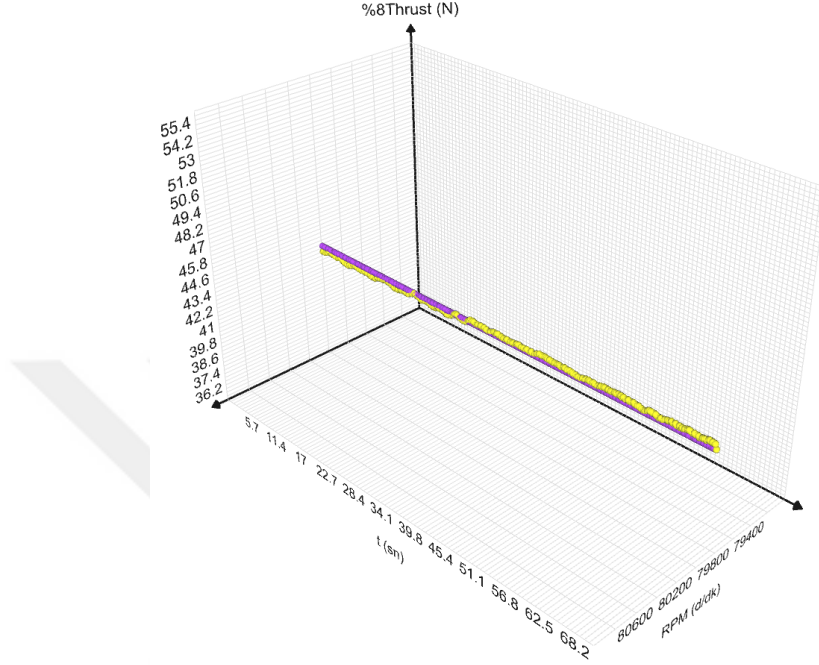


Şekil 5.501. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8GTIN sıcaklık verileri dağılımı

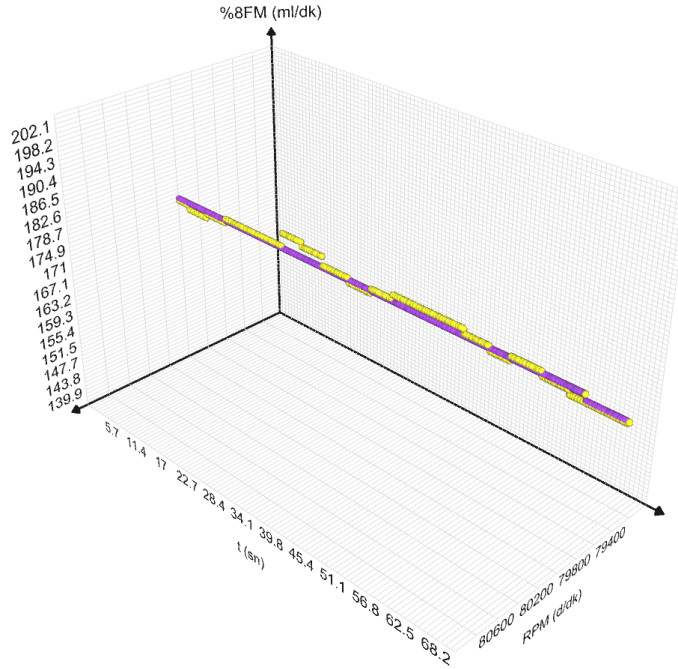


Şekil 5.502. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8EGT sıcaklık verileri dağılımı

%8TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.503 ve Şekil 5.504’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 43.6148 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 176.585 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.503. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8Thrust itki verileri dağılımı



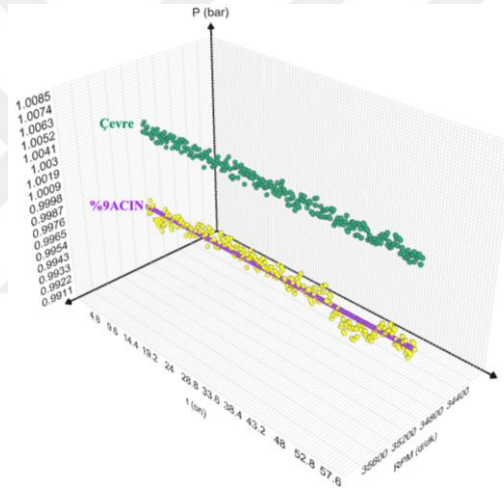
Şekil 5.504. %8TEST-E2, 80000 rpm, %8FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.9. %9TEST-E2

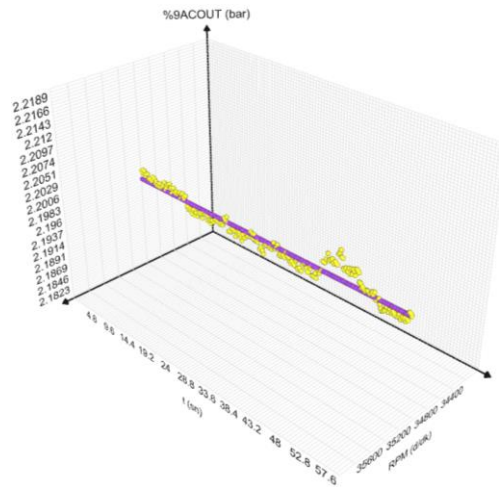
%9TEST-E2, geleneksel yakıtta %9 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%9TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.505 ve Şekil 5.506’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99576 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19791 bar elde edilmiştir.

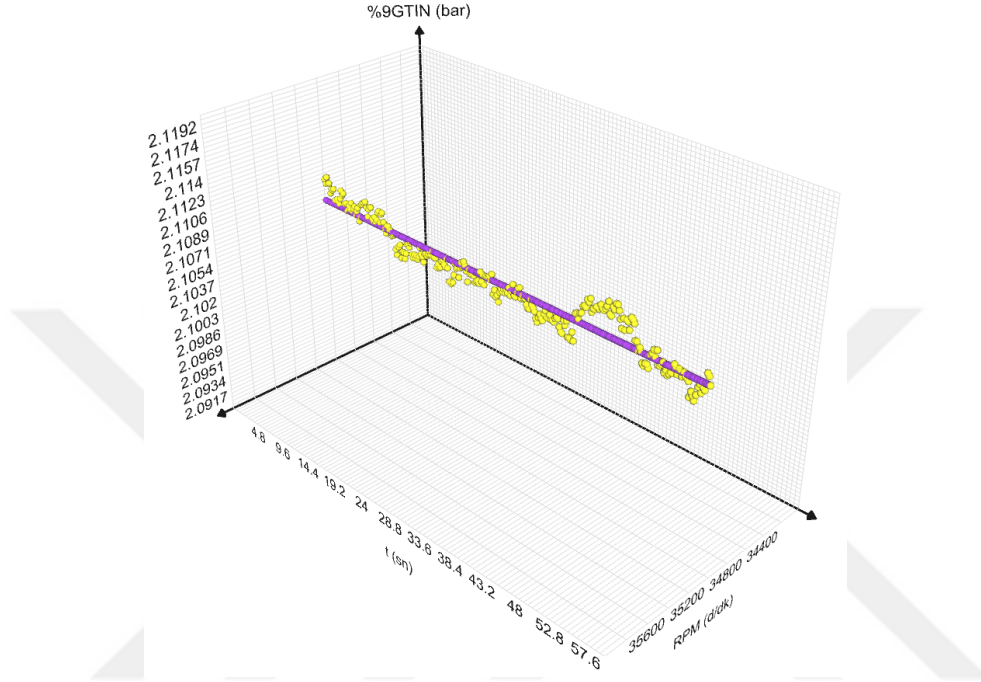


Şekil 5.505. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı

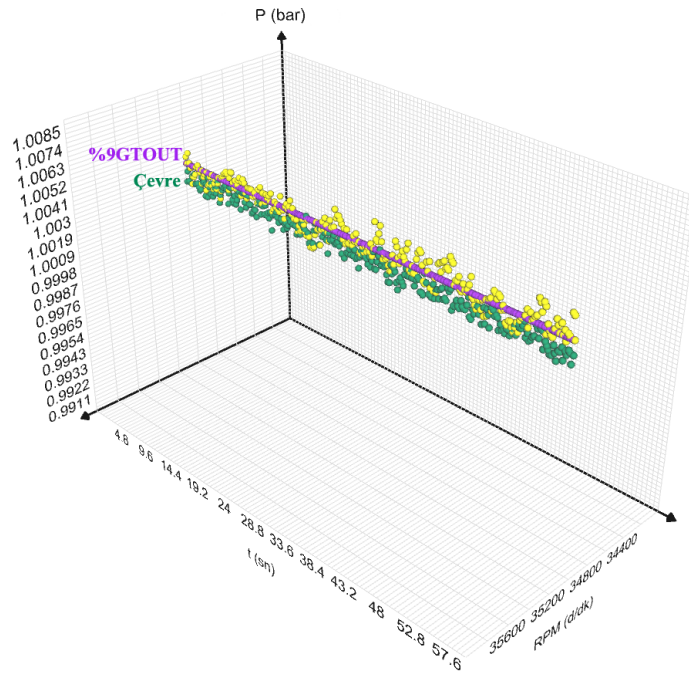


Şekil 5.506. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.507 ve Şekil 5.508’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10784 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00399 bar elde edilmiştir.

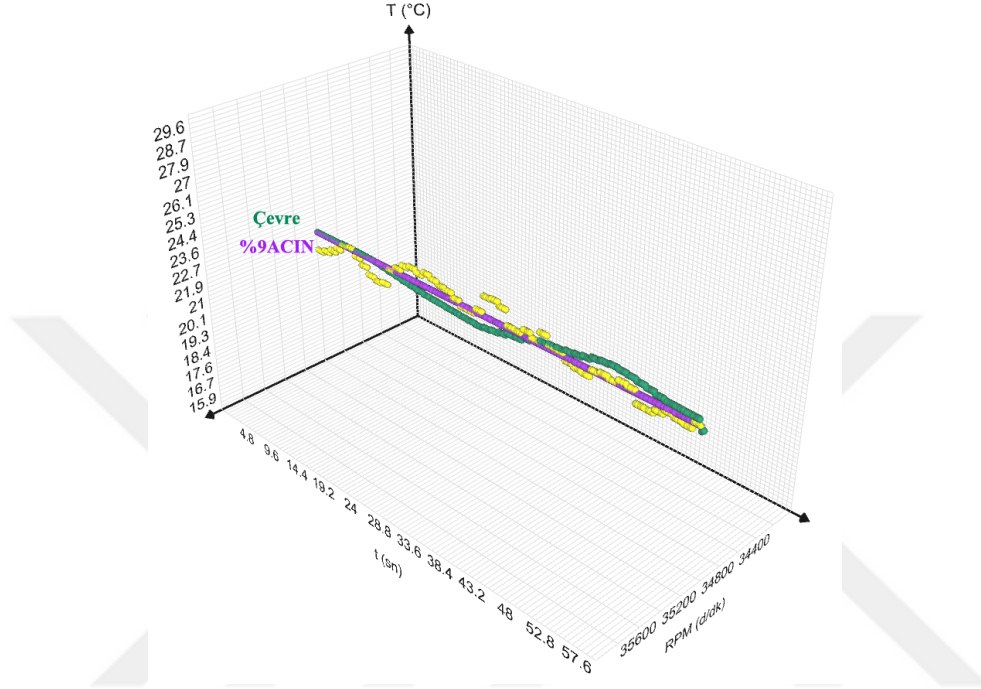


Şekil 5.507. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı

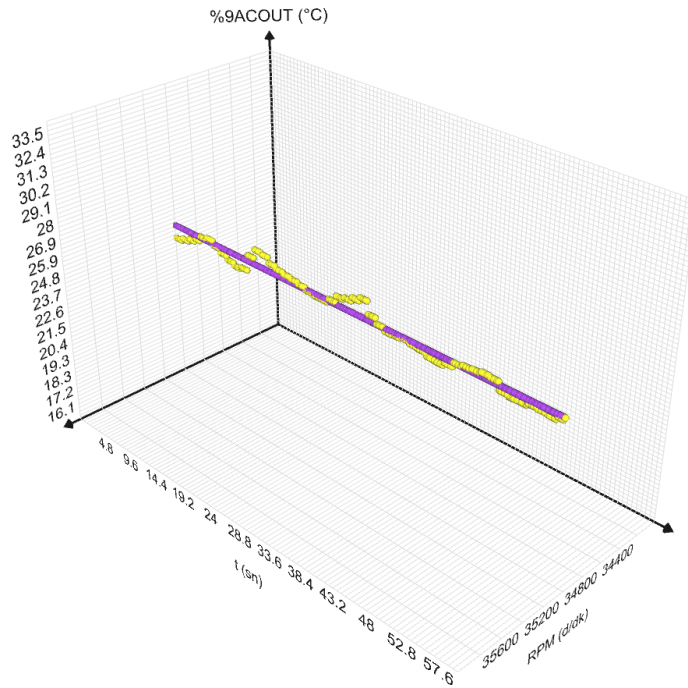


Şekil 5.508. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.509 ve Şekil 5.510’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.2289 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 25.1263 °C elde edilmiştir.

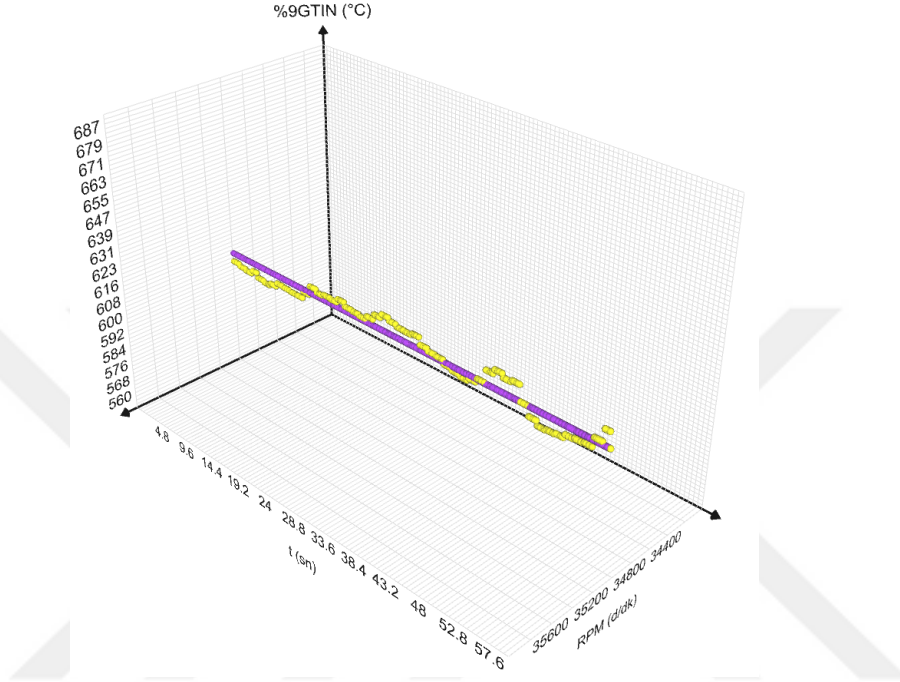


Şekil 5.509. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı

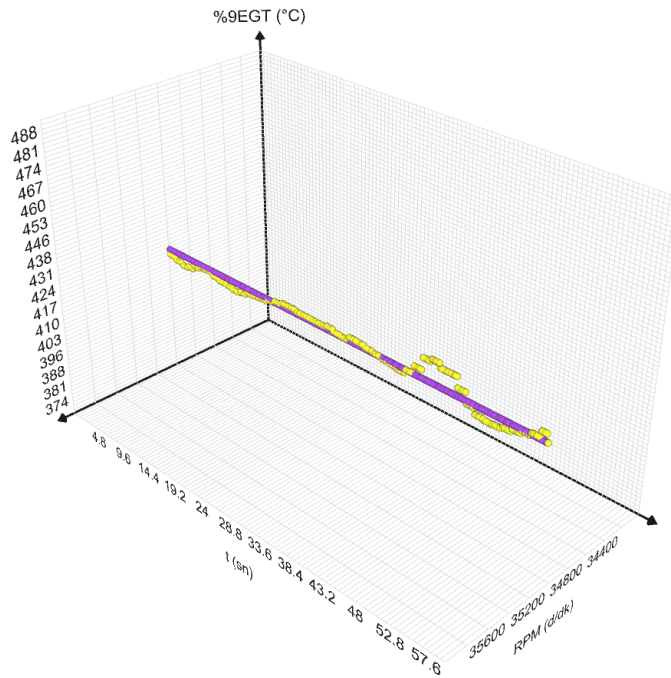


Şekil 5.510. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.511 ve Şekil 5.512’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 608.09 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 421.778 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

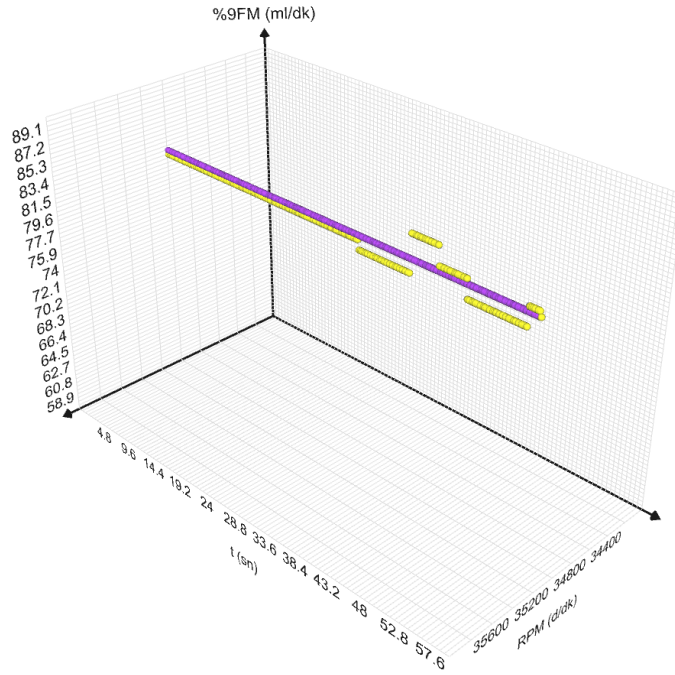
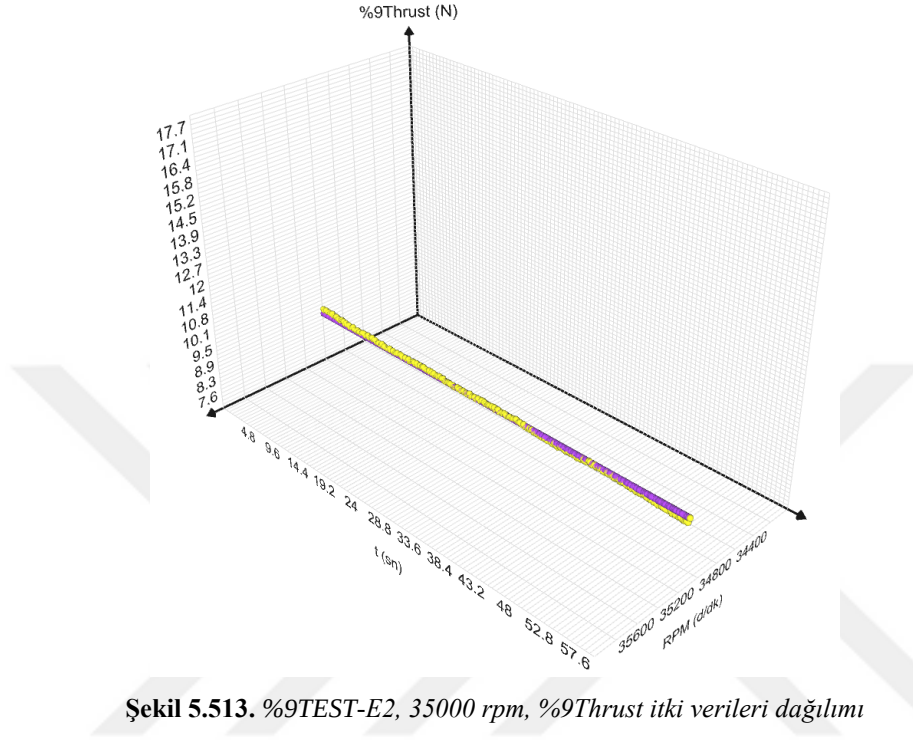


Şekil 5.511. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı



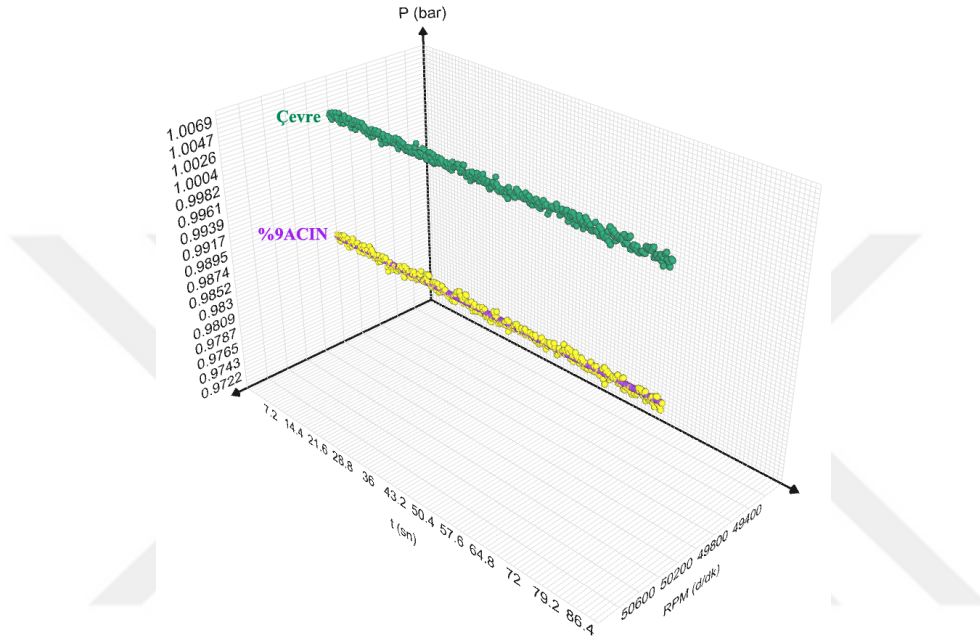
Şekil 5.512. %9TEST-E2, 35000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.513 ve Şekil 5.514’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 8.97685 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 82.4763 ml/dk elde edilmiştir.

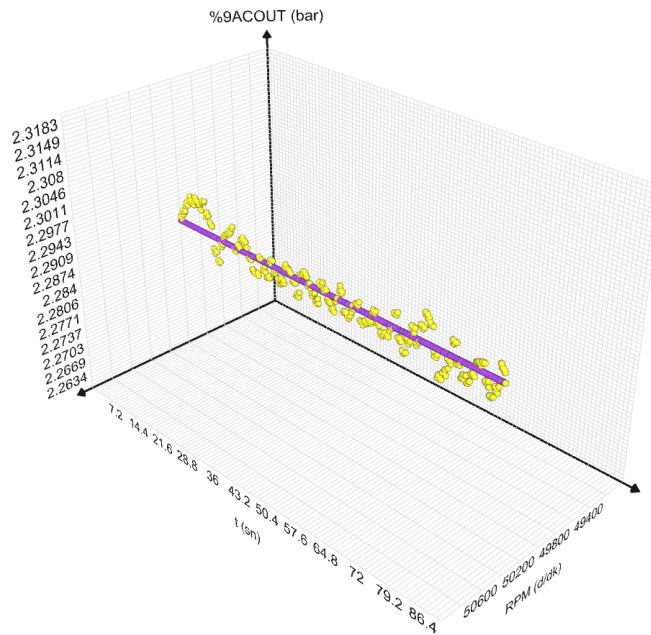


50000 rpm bulguları;

%9TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.515 ve Şekil 5.516’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98613 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.28944 bar elde edilmiştir.

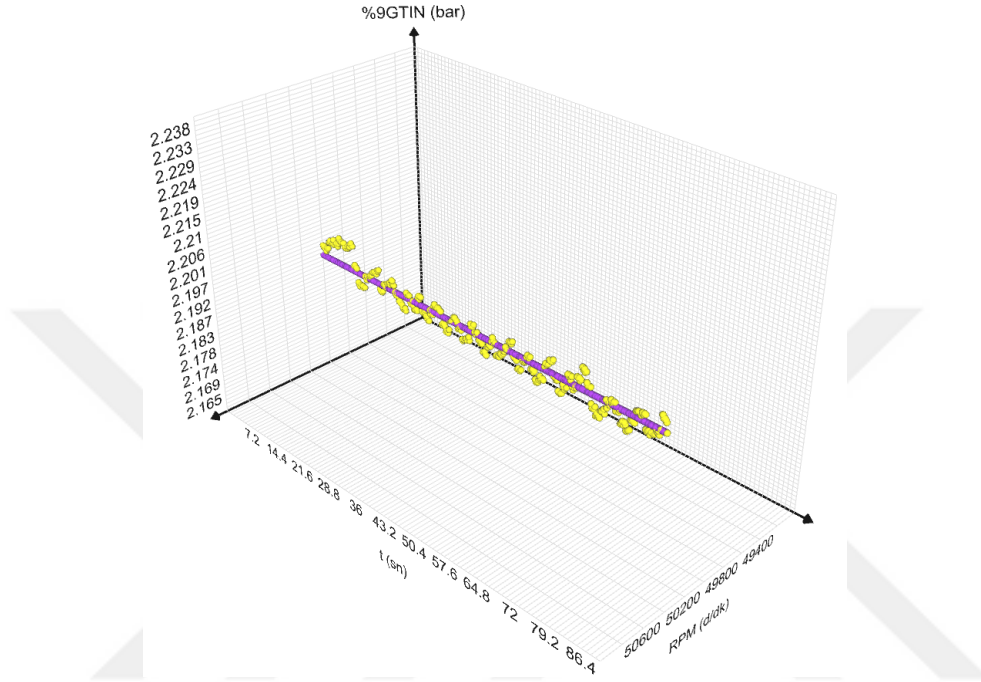


Şekil 5.515. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı

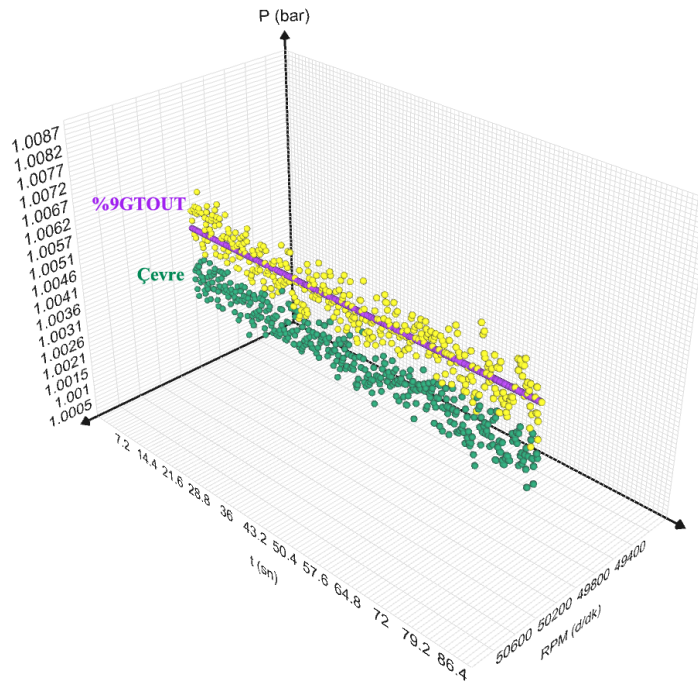


Şekil 5.516. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.517 ve Şekil 5.518’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19247 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00466 bar elde edilmiştir.

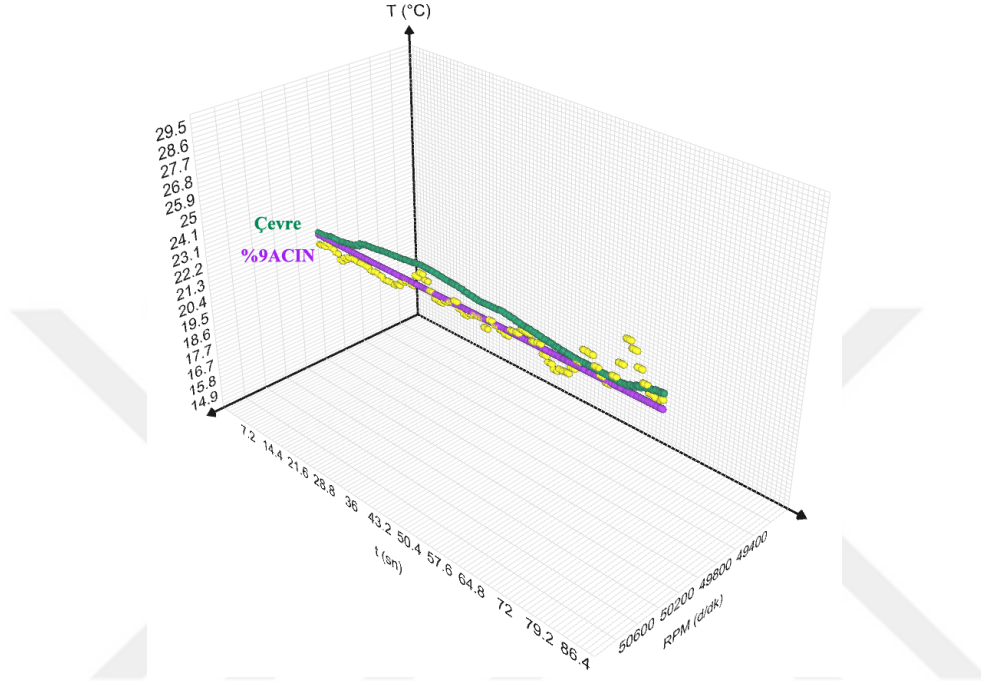


Şekil 5.517. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı

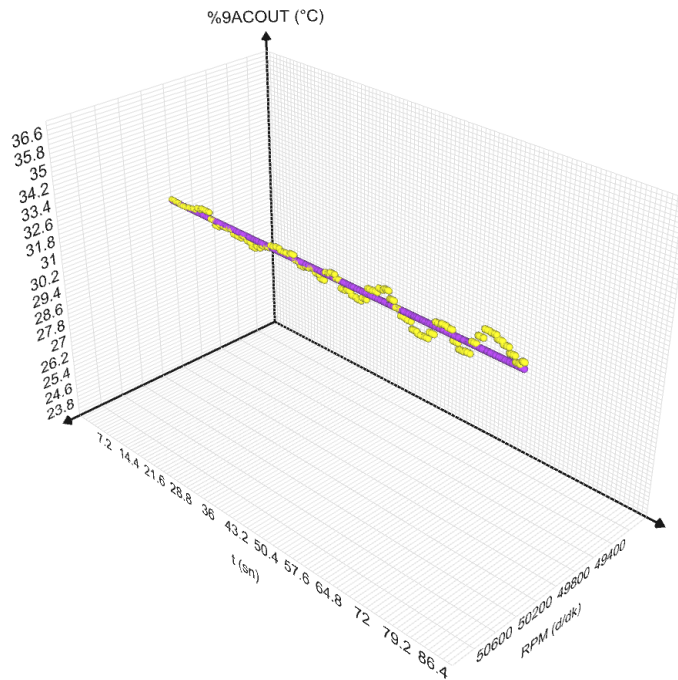


Şekil 5.518. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.519 ve Şekil 5.520’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.5149 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 31.6176 °C elde edilmiştir.

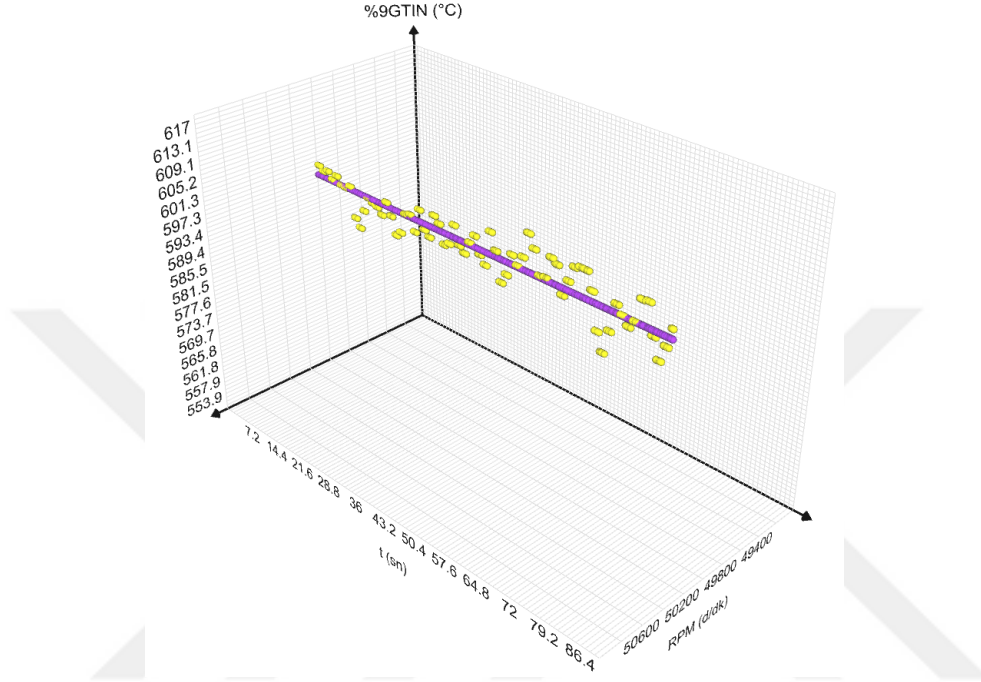


Şekil 5.519. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı

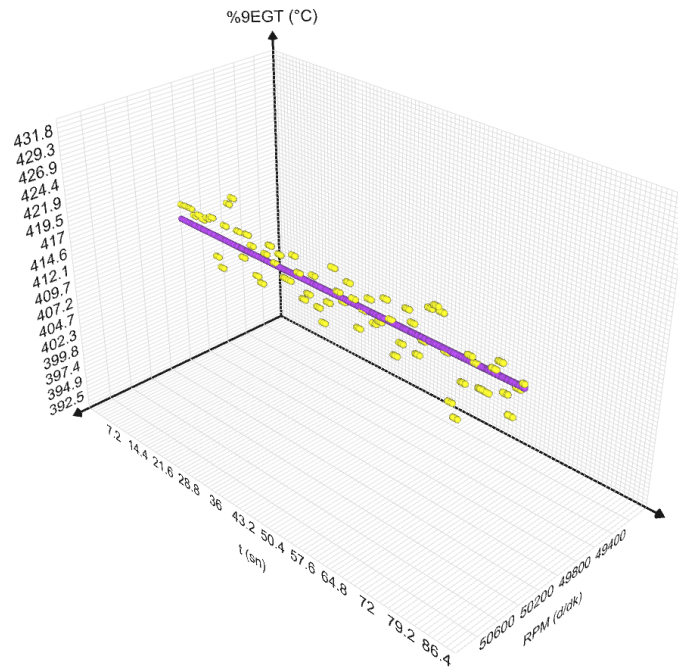


Şekil 5.520. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.521 ve Şekil 5.522’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 597.107 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 413.079 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

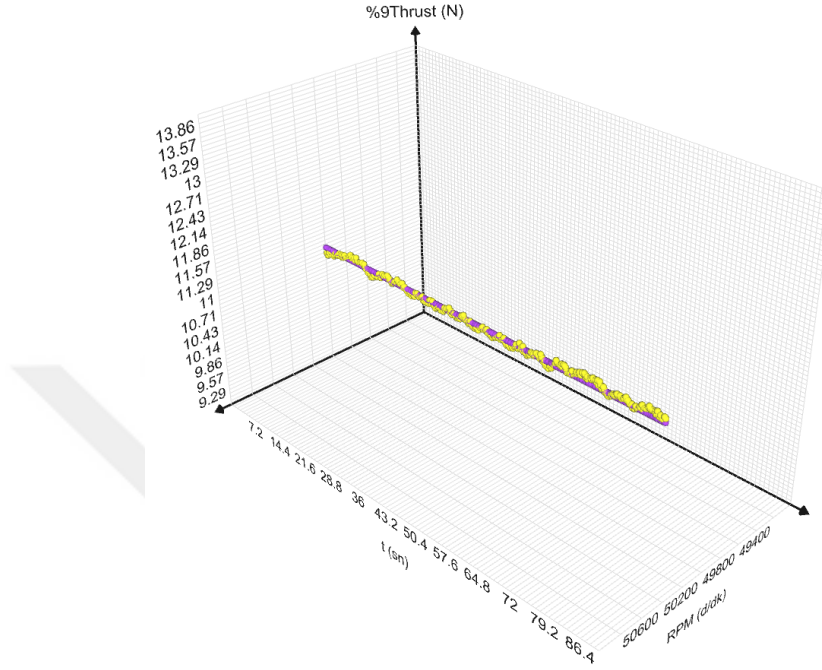


Şekil 5.521. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı

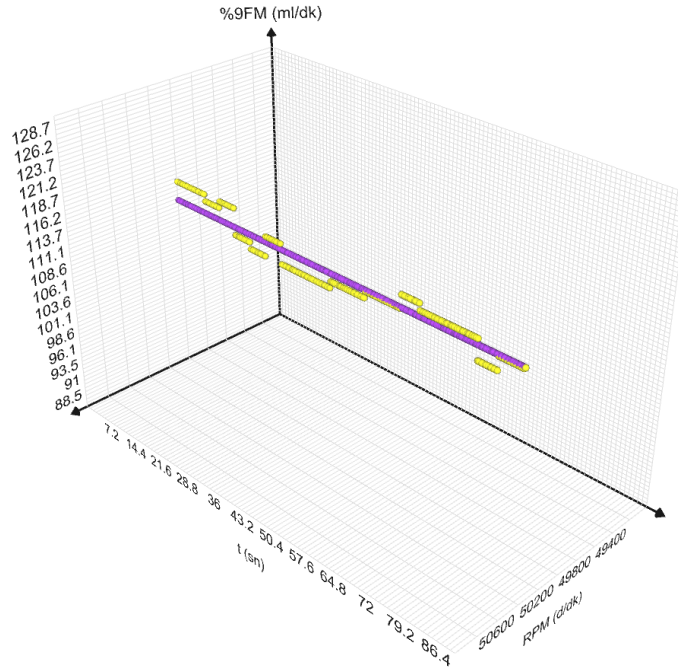


Şekil 5.522. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.523 ve Şekil 5.524’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 11.0887 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 112.164 ml/dk elde edilmiştir.



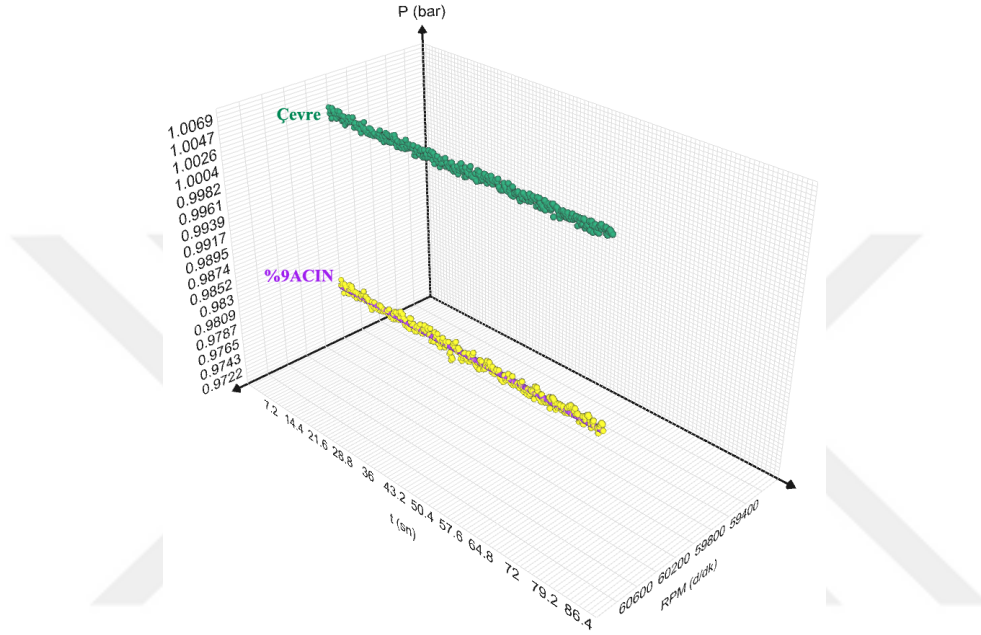
Şekil 5.523. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı



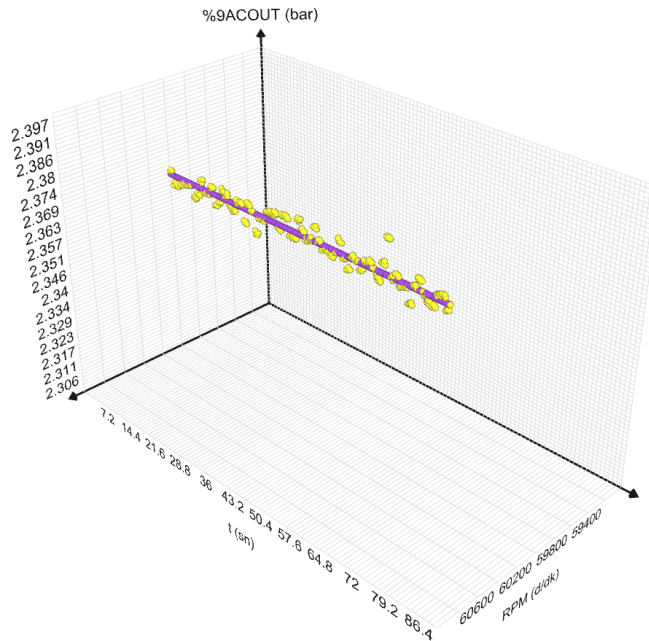
Şekil 5.524. %9TEST-E2, 50000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%9TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.525 ve Şekil 5.526’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.97818 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.36678 bar elde edilmiştir.

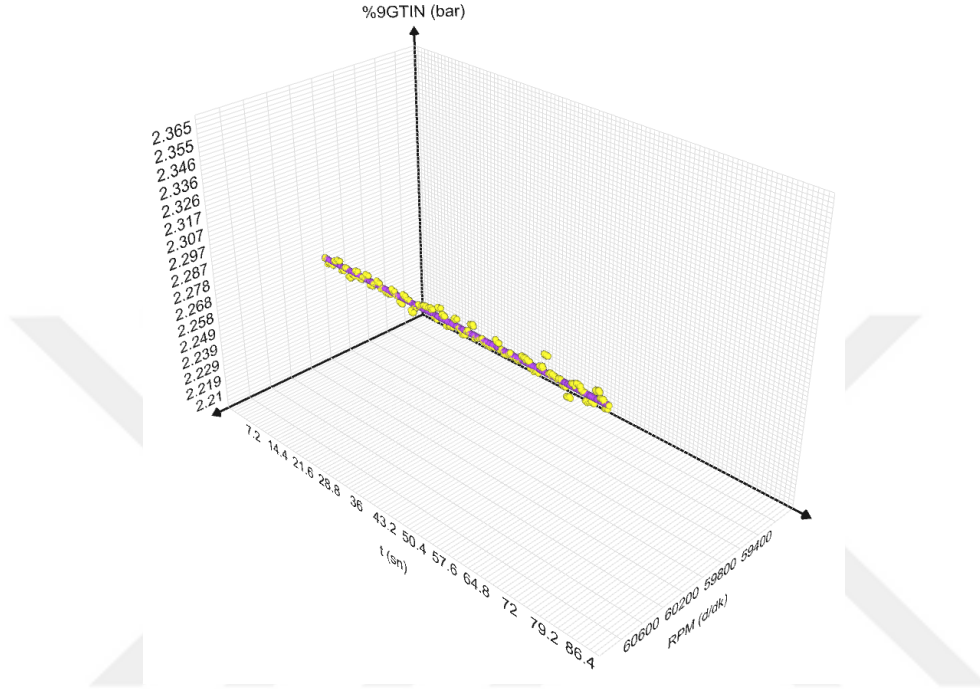


Şekil 5.525. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı

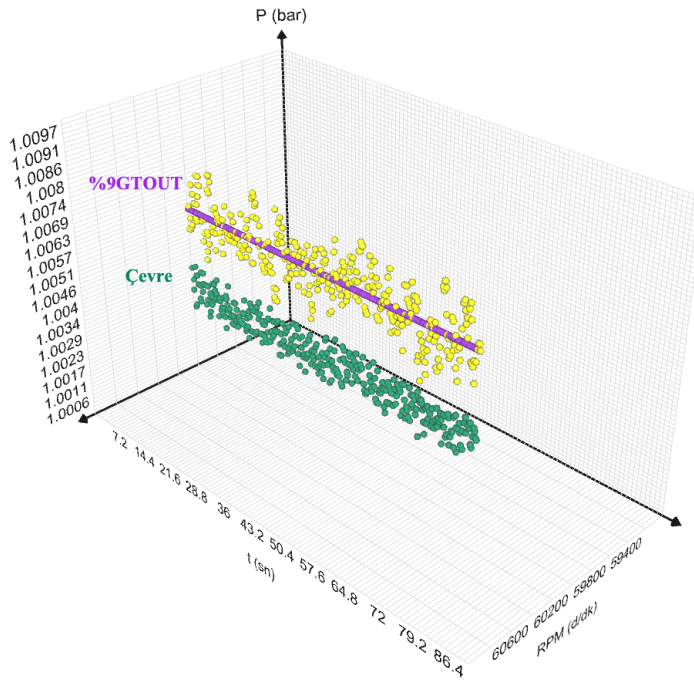


Şekil 5.526. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 60000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.527 ve Şekil 5.528'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.26594 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.0058 bar elde edilmiştir.

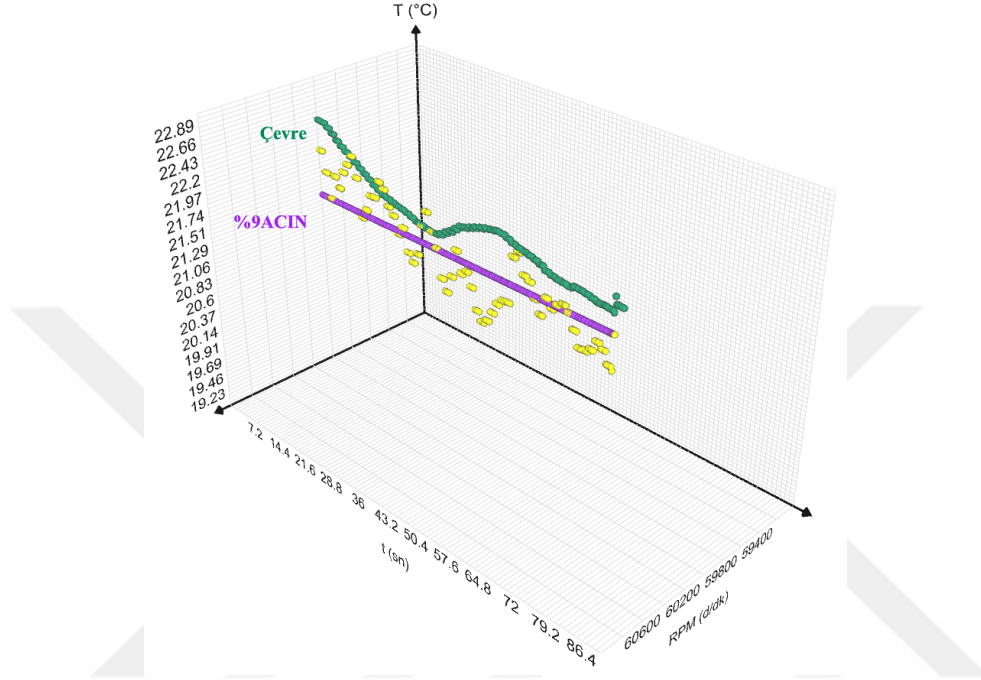


Şekil 5.527. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı

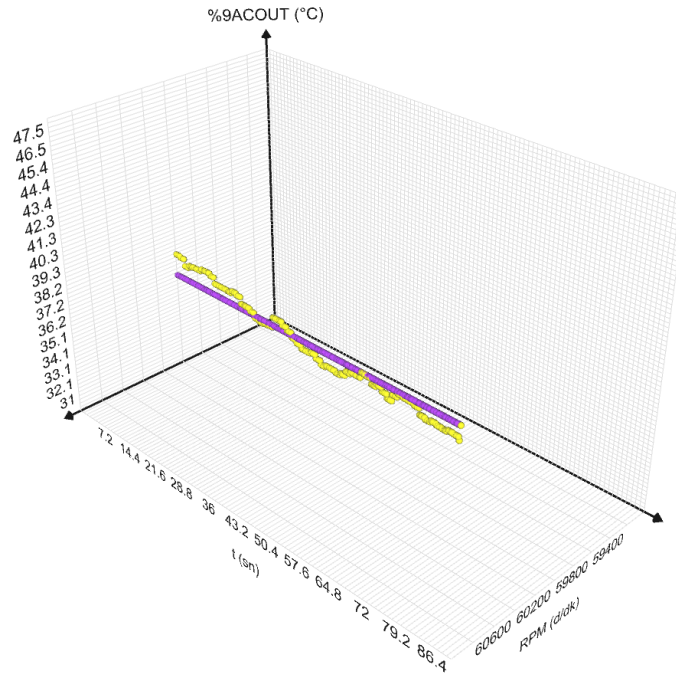


Şekil 5.528. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 60000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.529 ve Şekil 5.530’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4273 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 36.0315 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

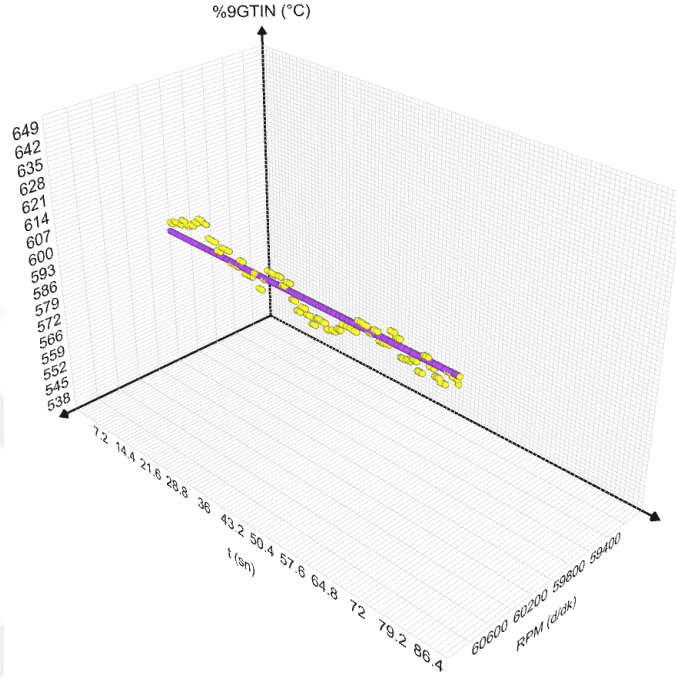


Şekil 5.529. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı

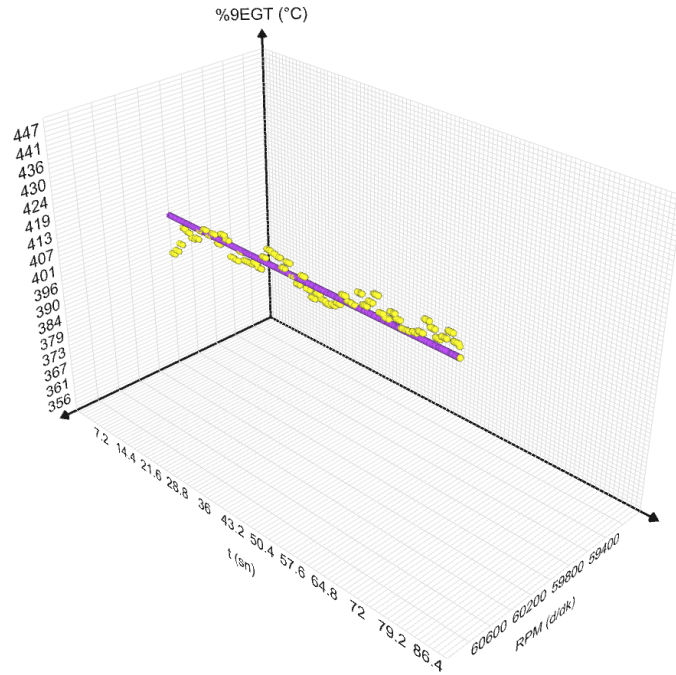


Şekil 5.530. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.531 ve Şekil 5.532’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.857 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 404.991 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

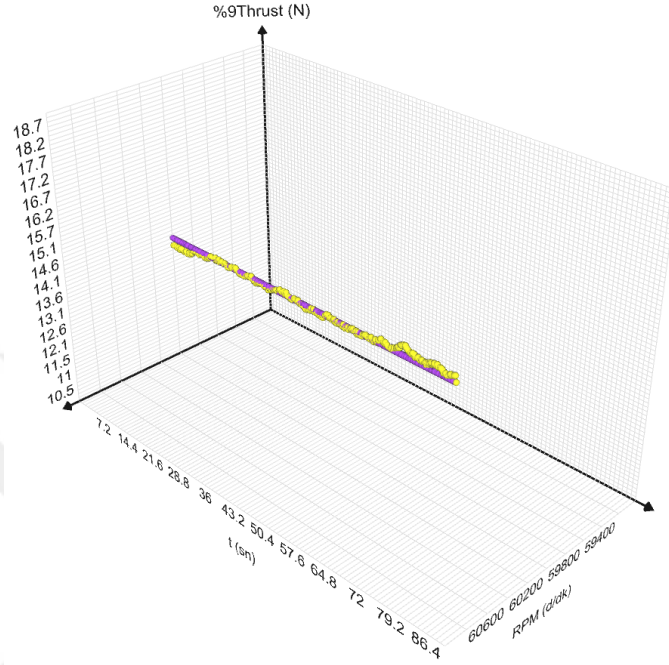


Şekil 5.531. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı

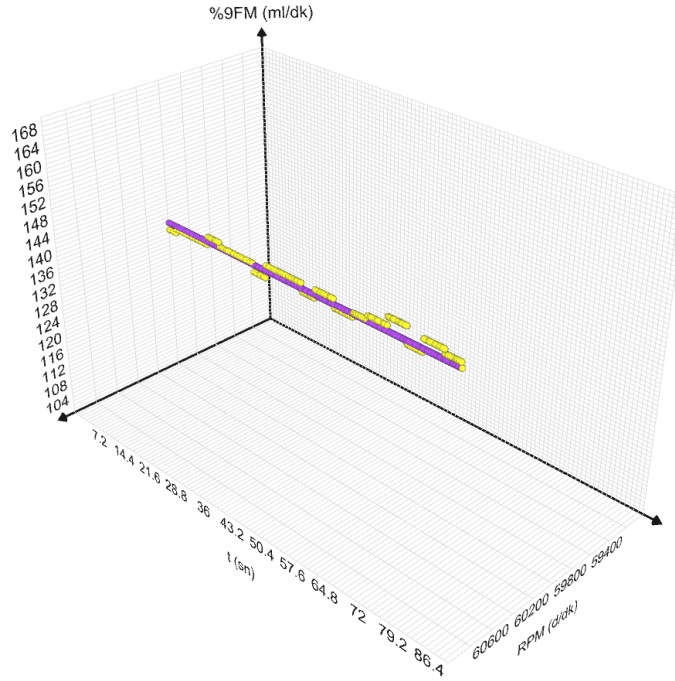


Şekil 5.532. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.533 ve Şekil 5.534’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 14.0063 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 136.745 ml/dk elde edilmiştir.



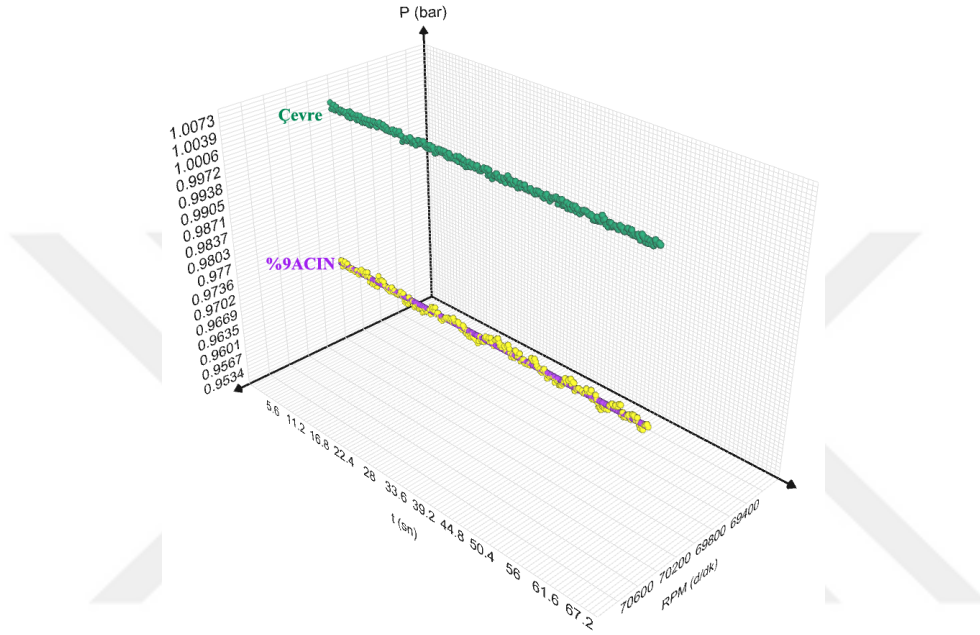
Şekil 5.533. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı



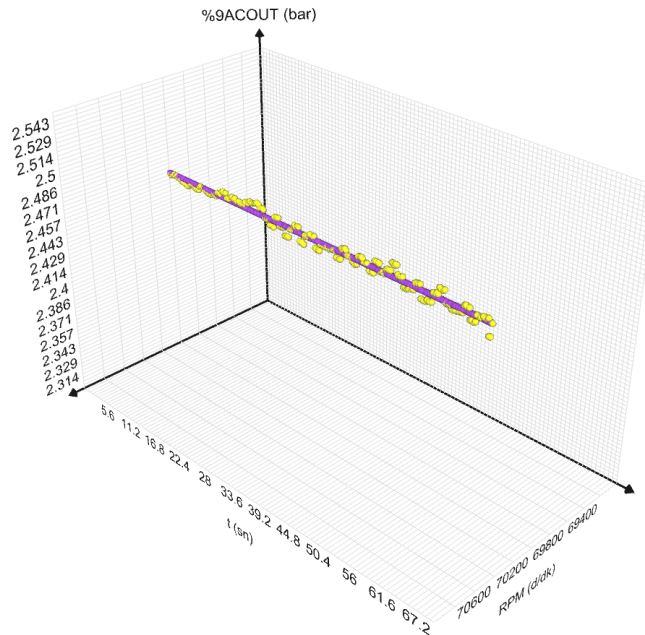
Şekil 5.534. %9TEST-E2, 60000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%9TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.535 ve Şekil 5.536’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96833 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46695 bar elde edilmiştir.

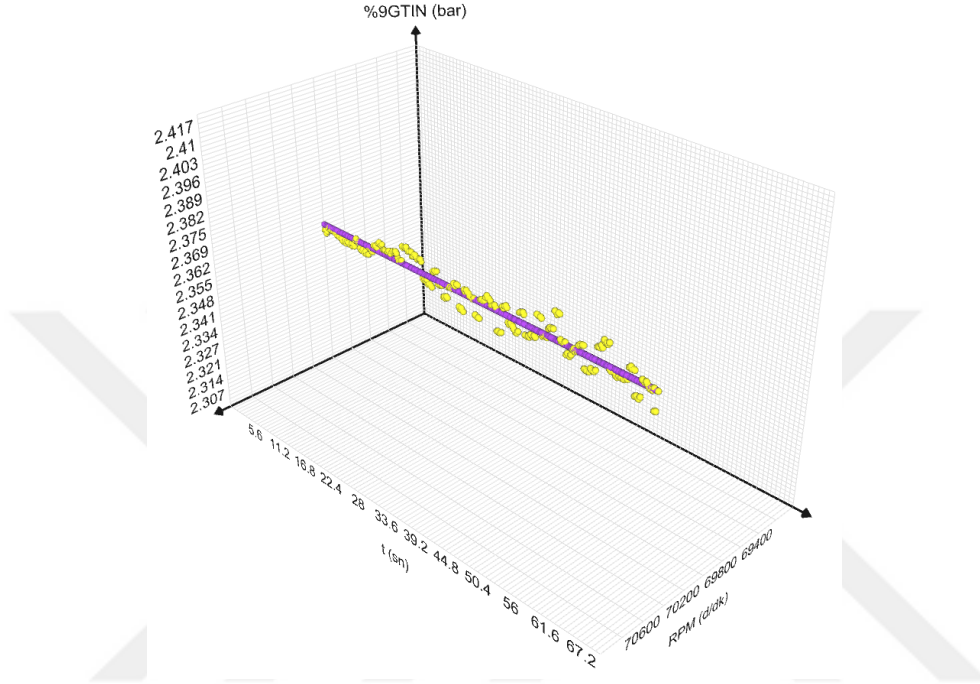


Şekil 5.535. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı

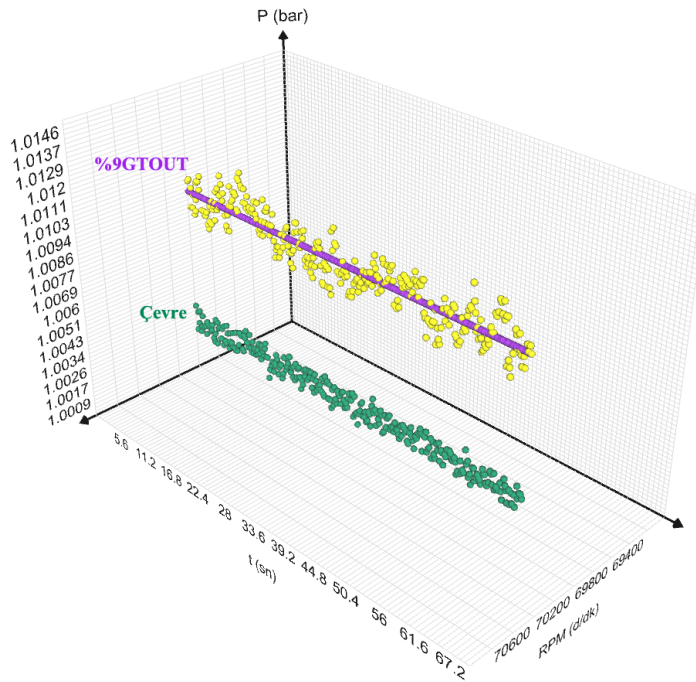


Şekil 5.536. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.537 ve Şekil 5.538'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.3606 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00967 bar elde edilmiştir.

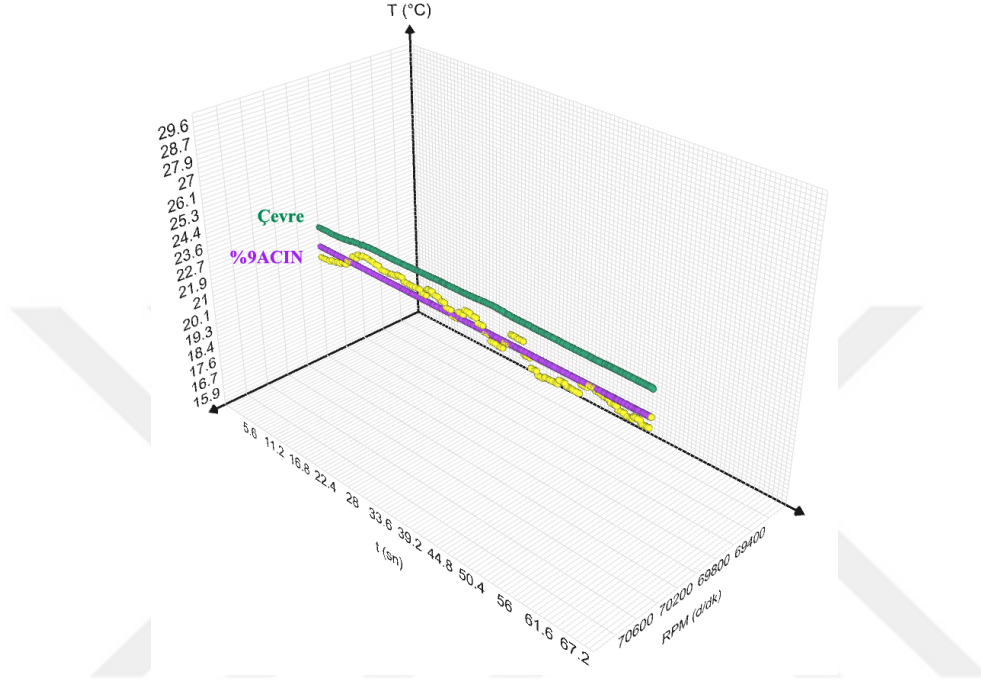


Şekil 5.537. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı

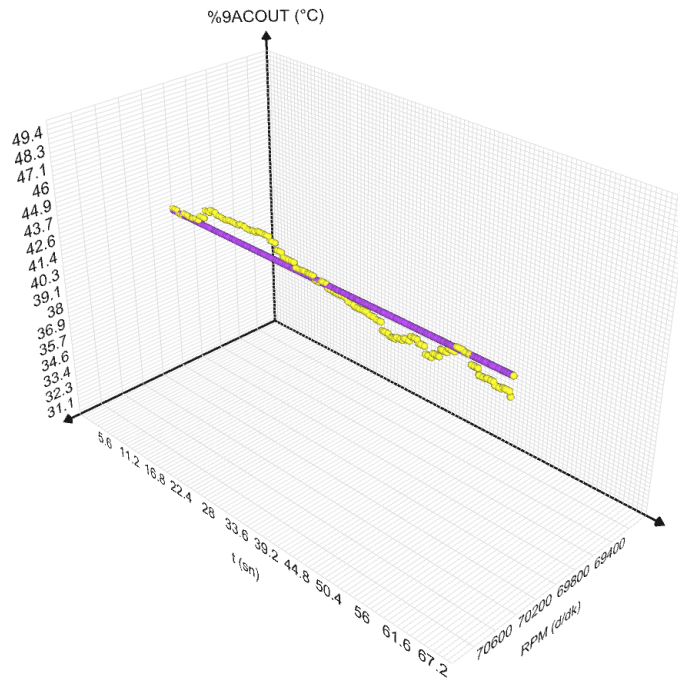


Şekil 5.538. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.539 ve Şekil 5.540’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.2881 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 41.5575 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

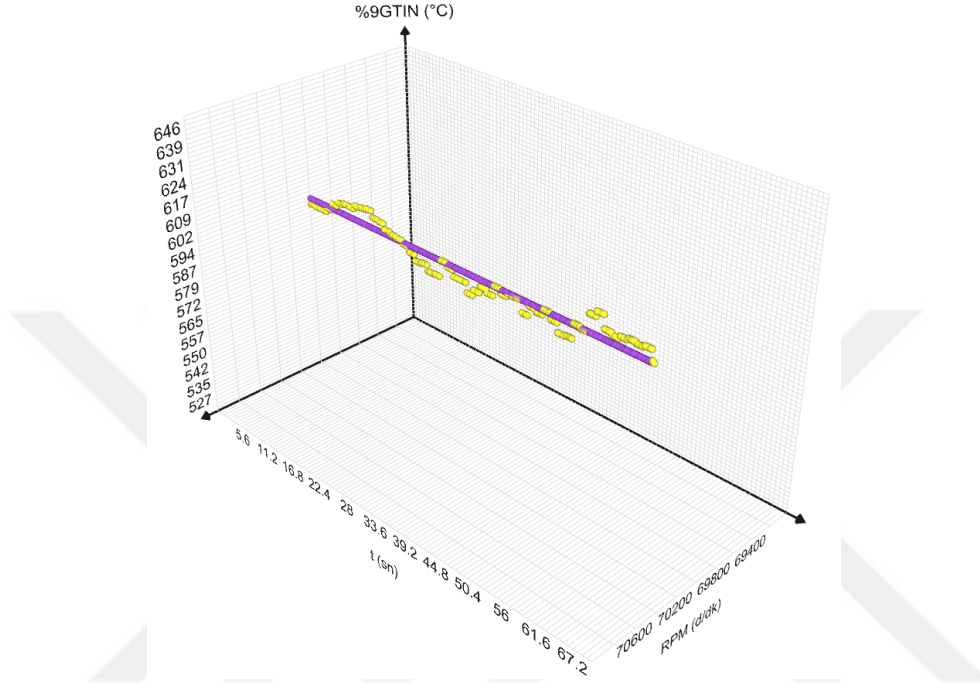


Şekil 5.539. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı

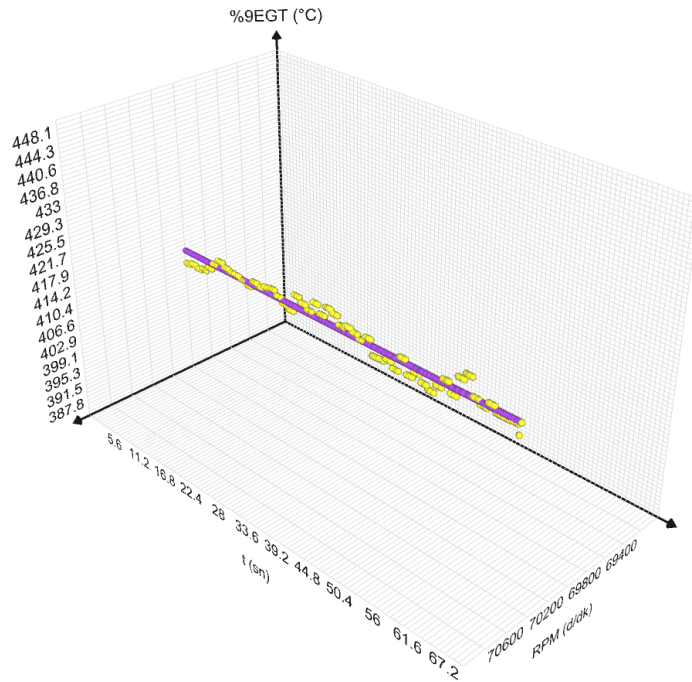


Şekil 5.540. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 70000 rpm'de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.541 ve Şekil 5.542'de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 598.665 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 412.821 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

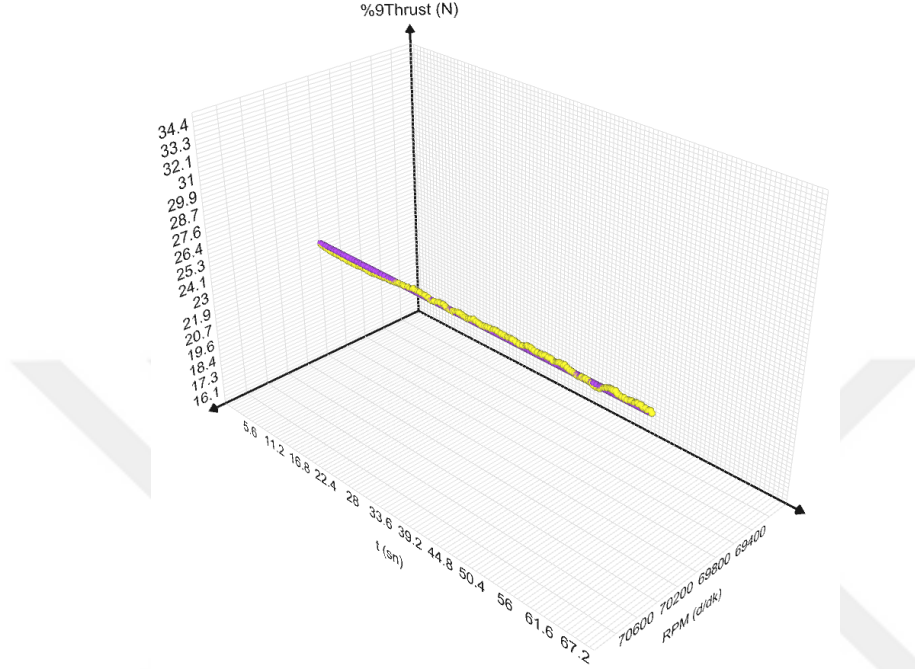


Şekil 5.541. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı

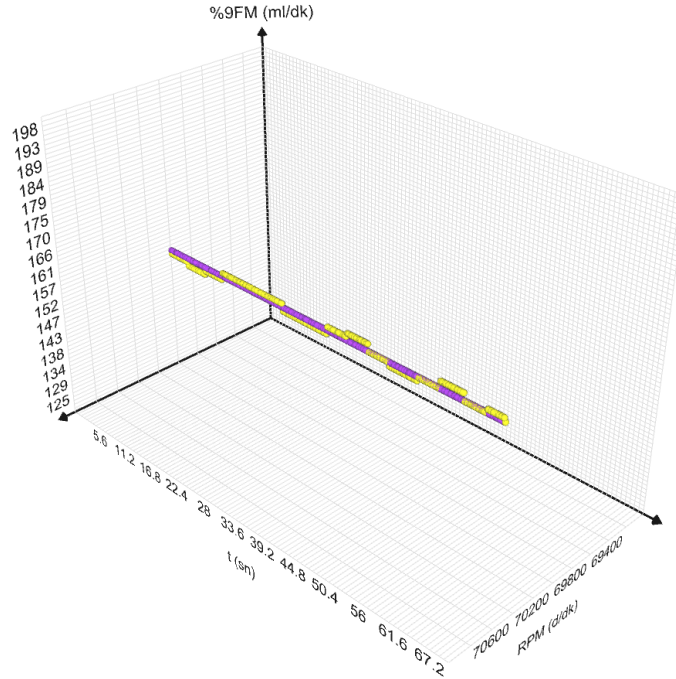


Şekil 5.542. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.543 ve Şekil 5.544’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 23.5818 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 154.048 ml/dk elde edilmiştir.



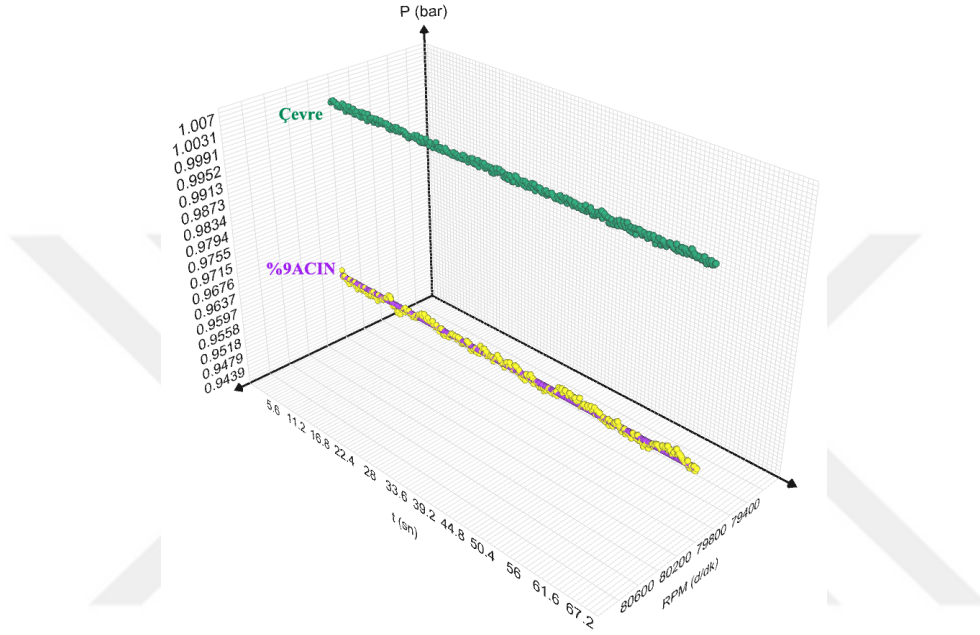
Şekil 5.543. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı



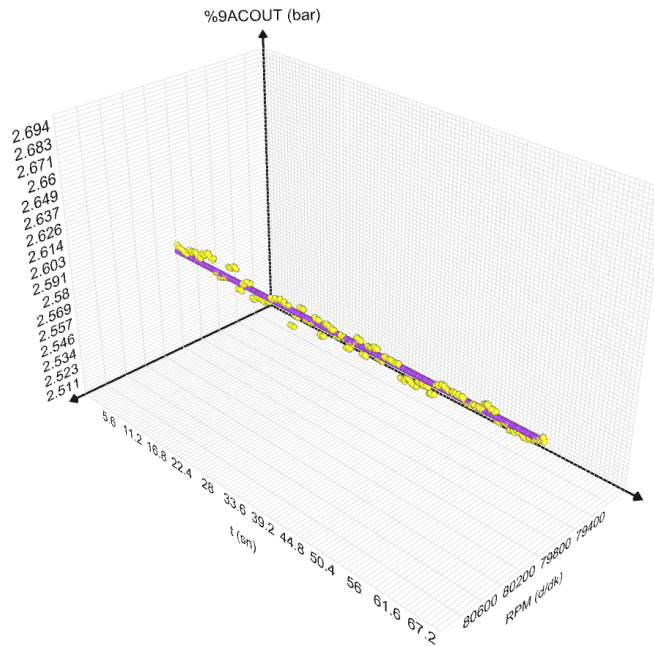
Şekil 5.544. %9TEST-E2, 70000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%9TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.545 ve Şekil 5.546’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.95758 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57749 bar elde edilmiştir.

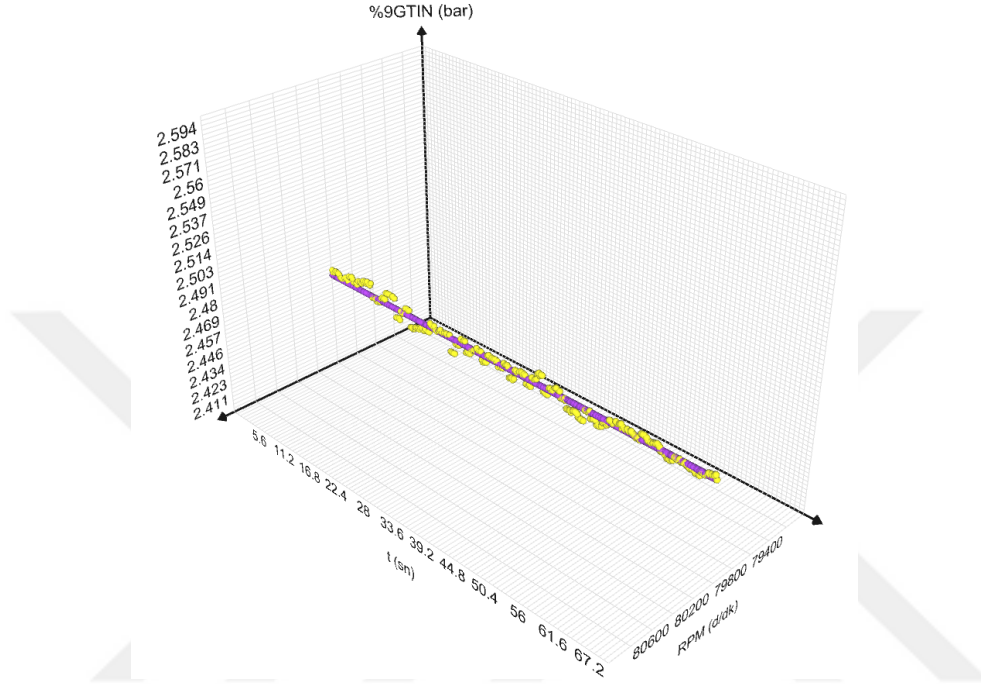


Şekil 5.545. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACIN basınç verileri dağılımı

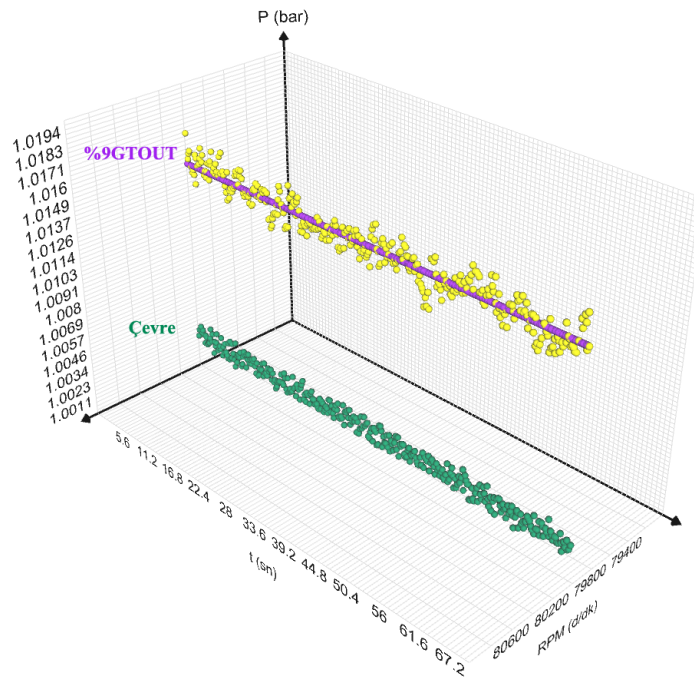


Şekil 5.546. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 80000 rpm'de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.547 ve Şekil 5.548'de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46665 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01476 bar elde edilmiştir.

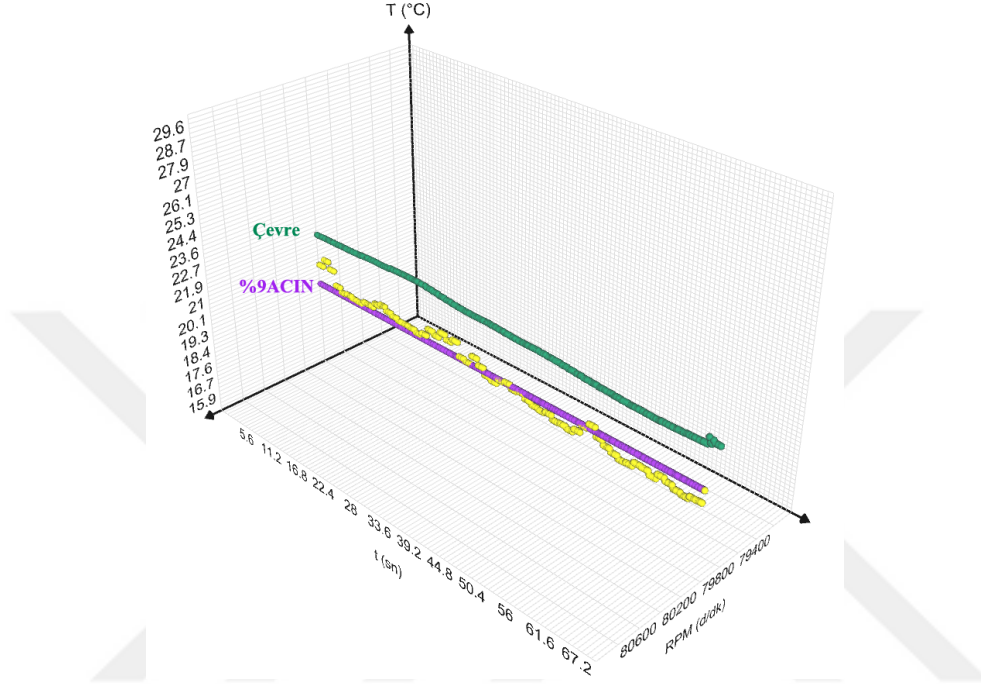


Şekil 5.547. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTIN basınç verileri dağılımı

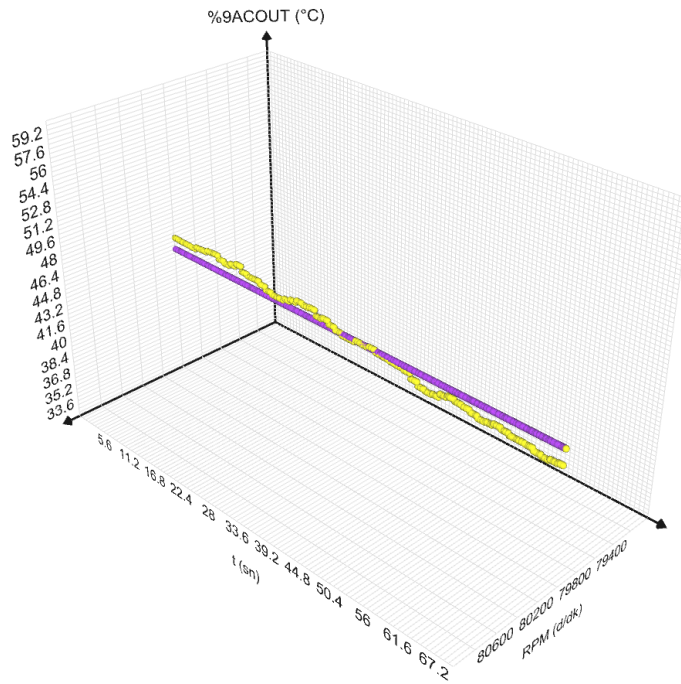


Şekil 5.548. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTOUT basınç verileri dağılımı

%9TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%9ACIN) ve kompresör çıkış (%9ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.549 ve Şekil 5.550’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.445 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 44.4365 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

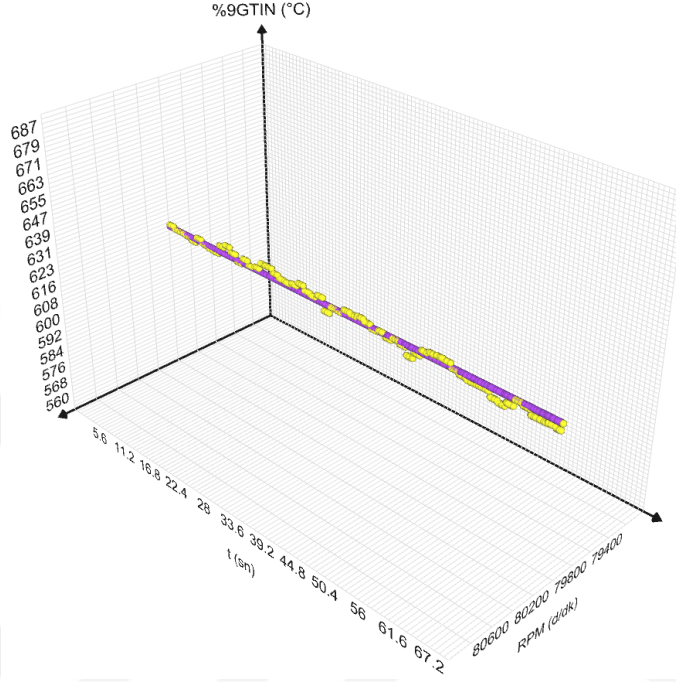


Şekil 5.549. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACIN sıcaklık verileri dağılımı

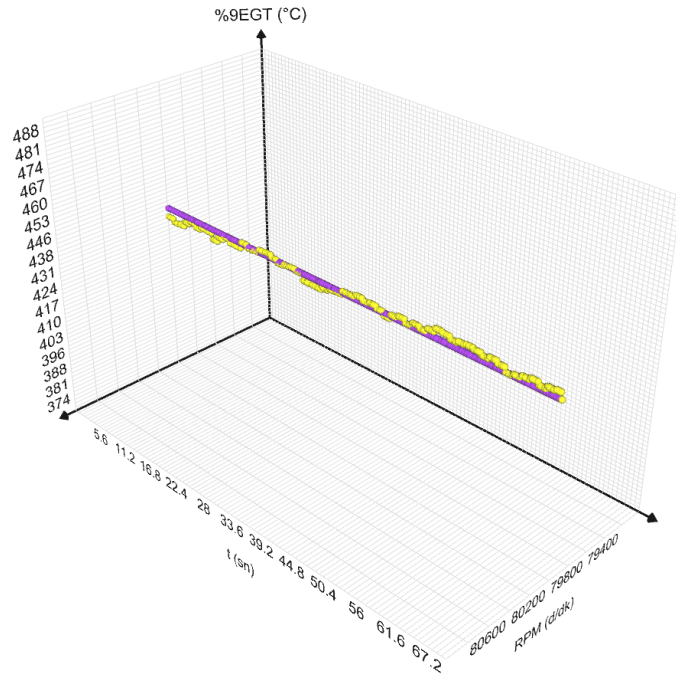


Şekil 5.550. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%9GTIN) ve türbin çıkış (%9GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.551 ve Şekil 5.552’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 621.669 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 439.124 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

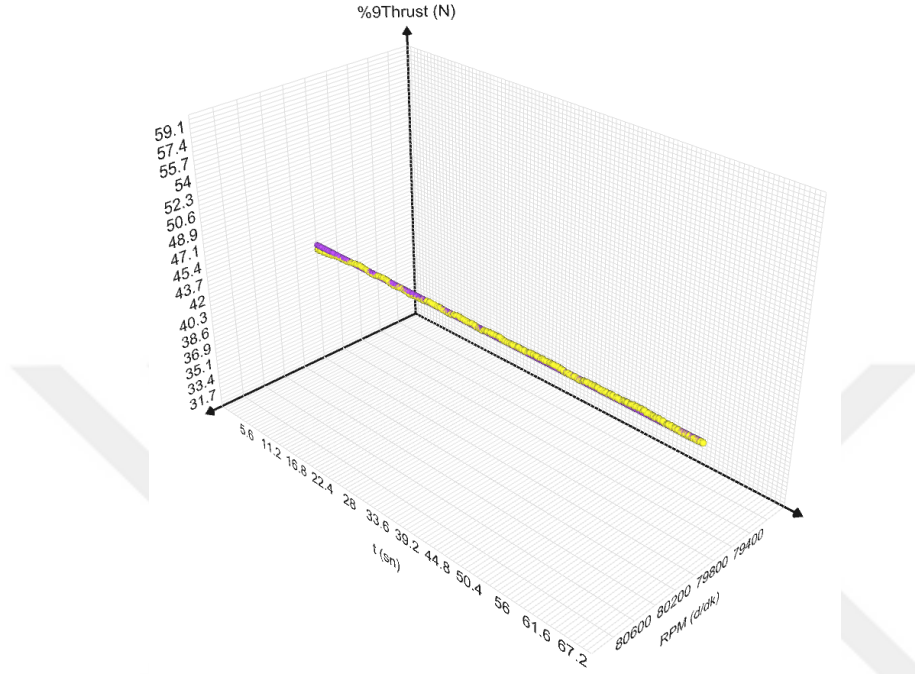


Şekil 5.551. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9GTIN sıcaklık verileri dağılımı

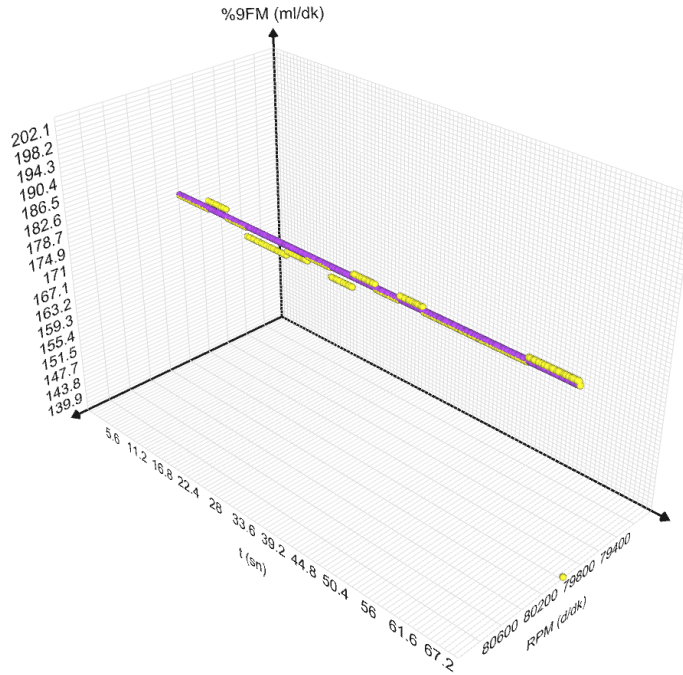


Şekil 5.552. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9EGT sıcaklık verileri dağılımı

%9TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.553 ve Şekil 5.554’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 42.9323 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 178.296 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.553. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9Thrust itki verileri dağılımı



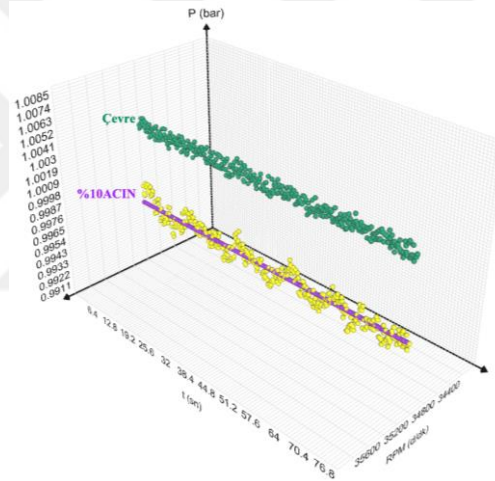
Şekil 5.554. %9TEST-E2, 80000 rpm, %9FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.1.2.10. %10TEST-E2

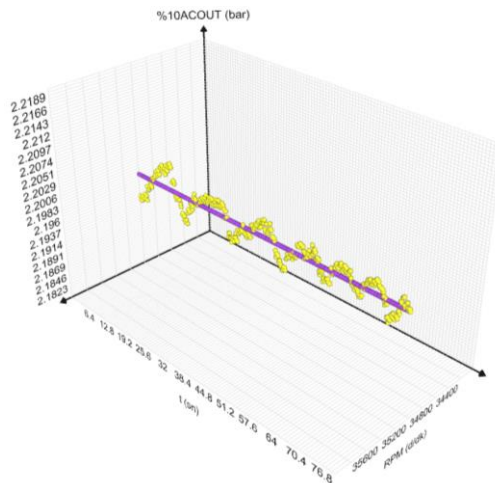
%10TEST-E2, geleneksel yakıta %10 alternatif yakıt karıştırılması ile ikinci turbojet motorun çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayanmaktadır. Veriler, Bölüm 4.2’de anlatılan “Test Prosedürü” başlığı altındaki maddeler gerçekleştirilerek elde edilmiştir.

35000 rpm bulguları;

%10TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.555 ve Şekil 5.556’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.99591 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.19881 bar elde edilmiştir.

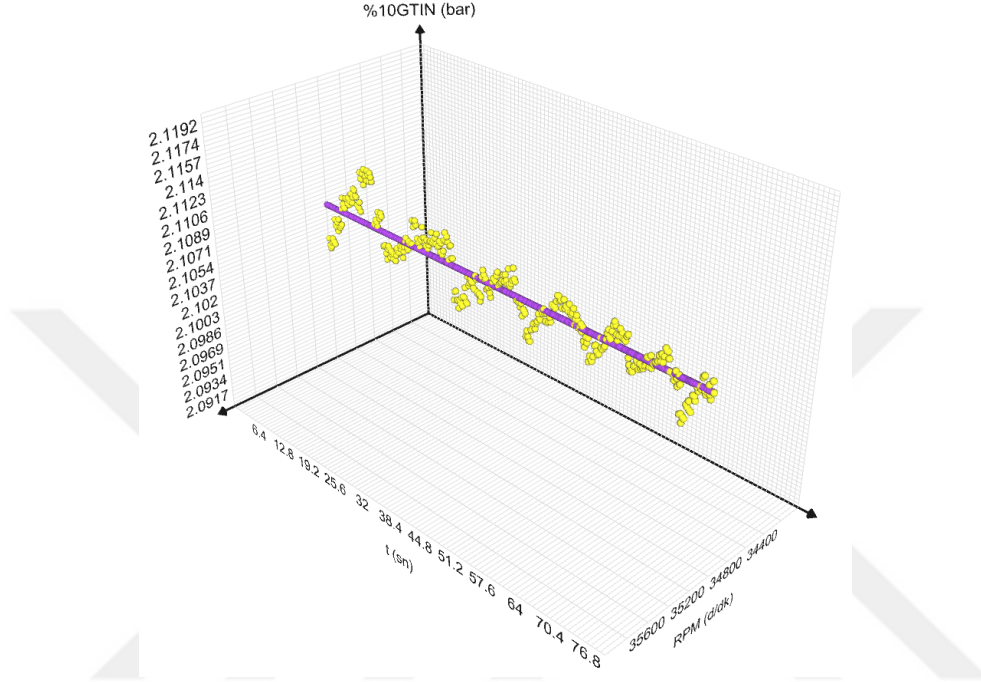


Şekil 5.555. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı

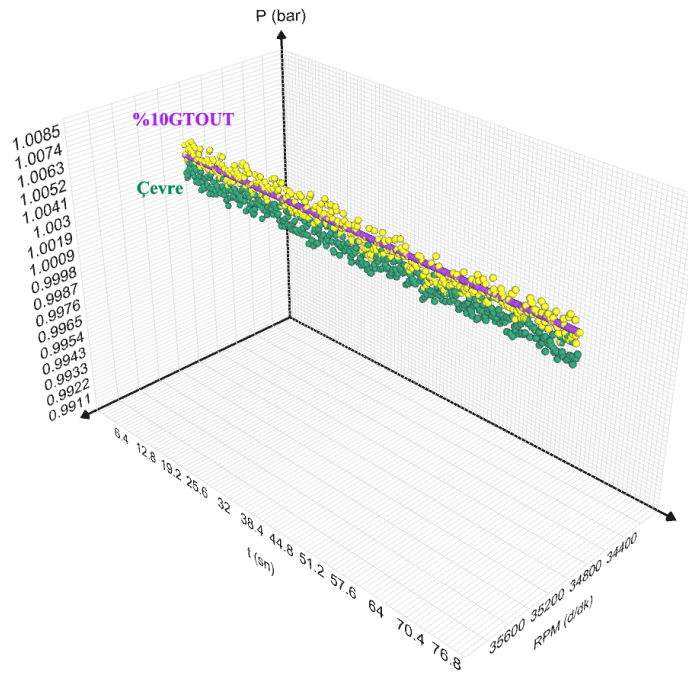


Şekil 5.556. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.557 ve Şekil 5.558’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.10721 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00445 bar elde edilmiştir.

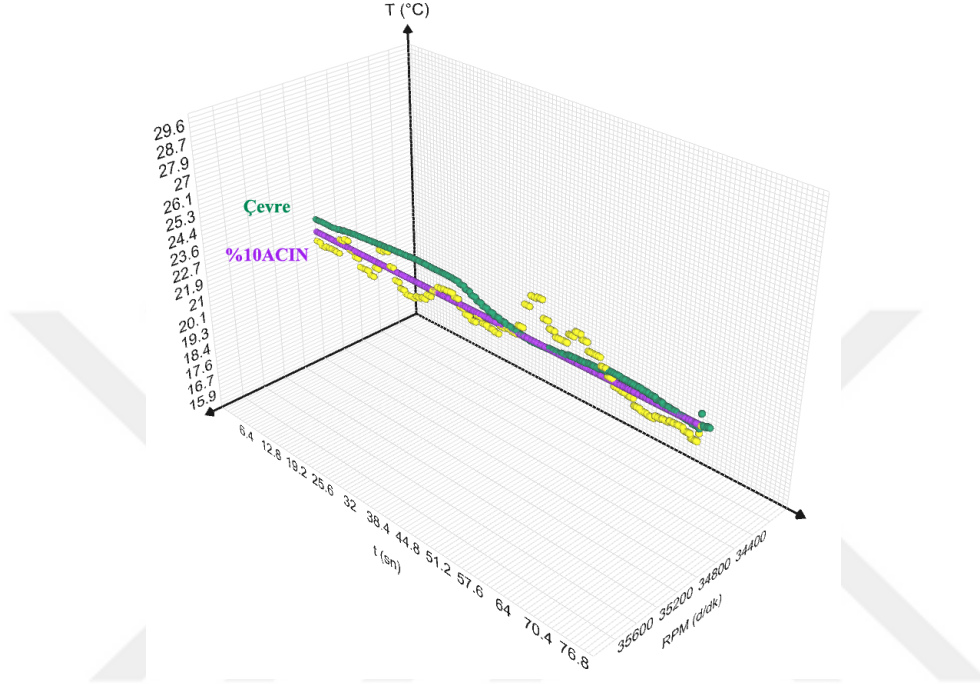


Şekil 5.557. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı

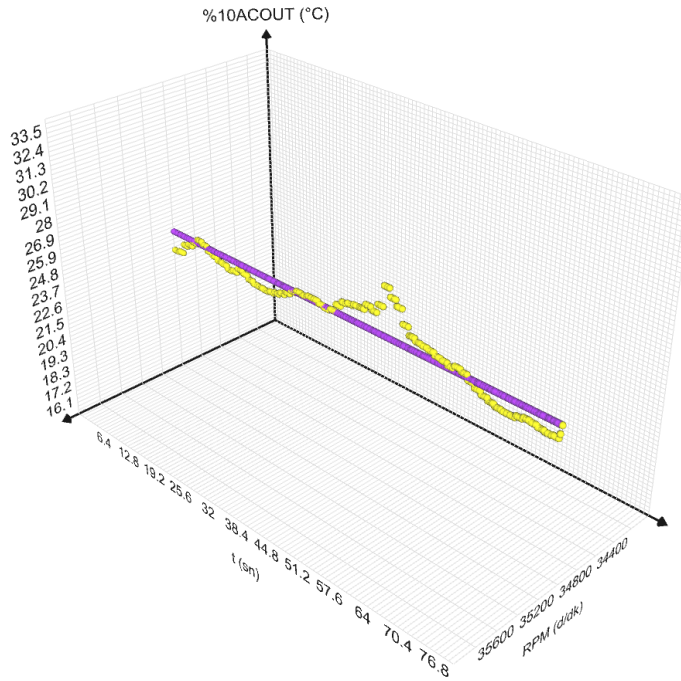


Şekil 5.558. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 35000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.559 ve Şekil 5.560’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 22.1663 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 24.5016 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

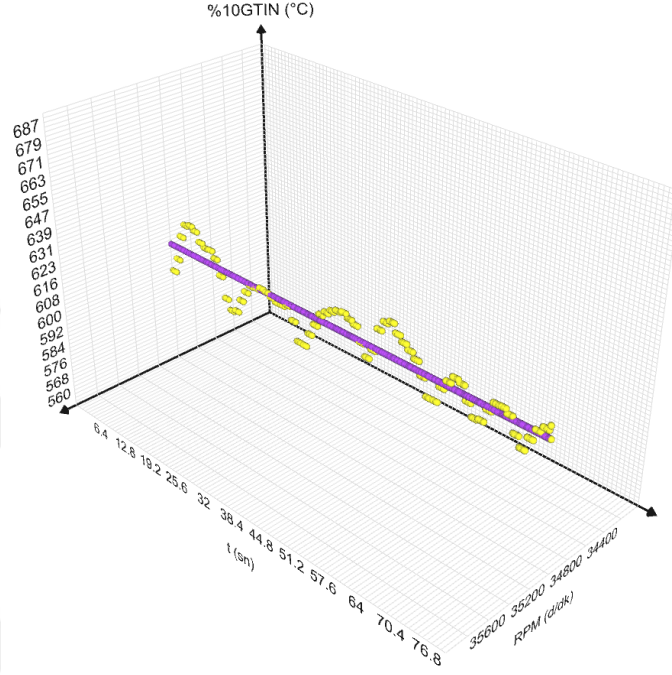


Şekil 5.559. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı

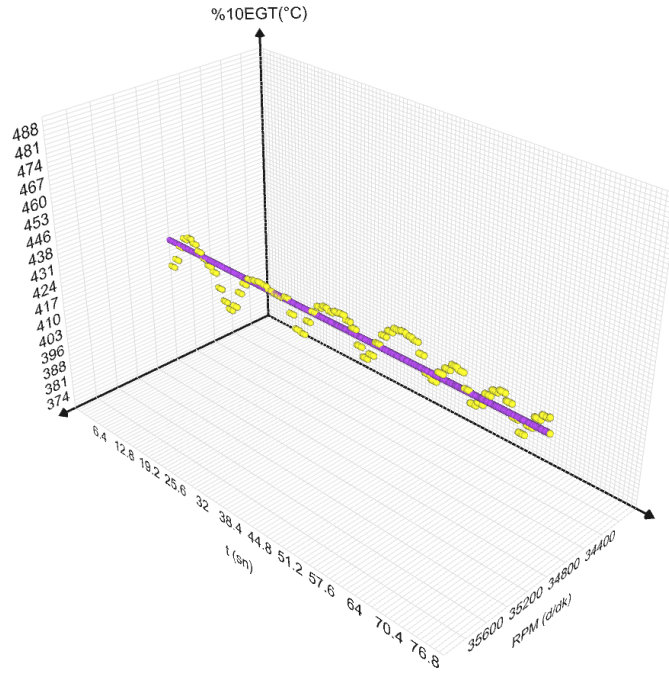


Şekil 5.560. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 35000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.561 ve Şekil 5.562’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 611.697 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 423.997 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

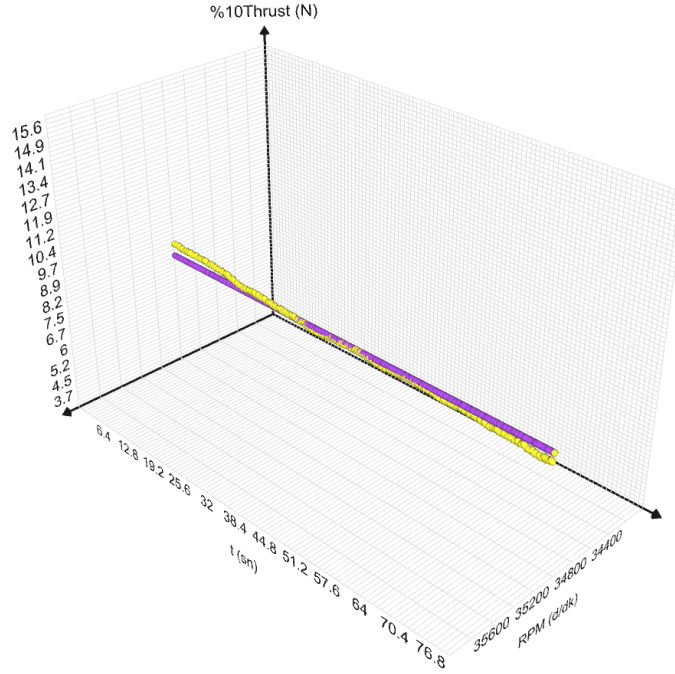


Şekil 5.561. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı

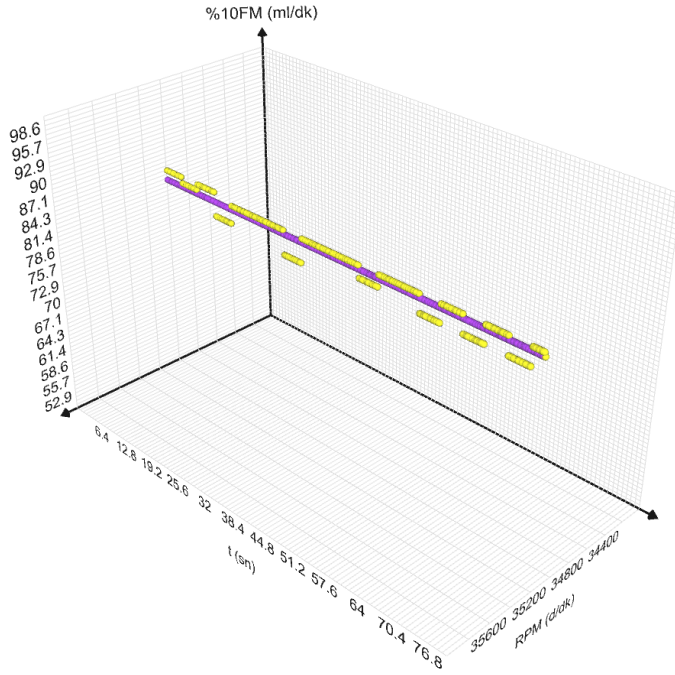


Şekil 5.562. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 35000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.563 ve Şekil 5.564’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 8.121 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 83.3986 ml/dk elde edilmiştir.



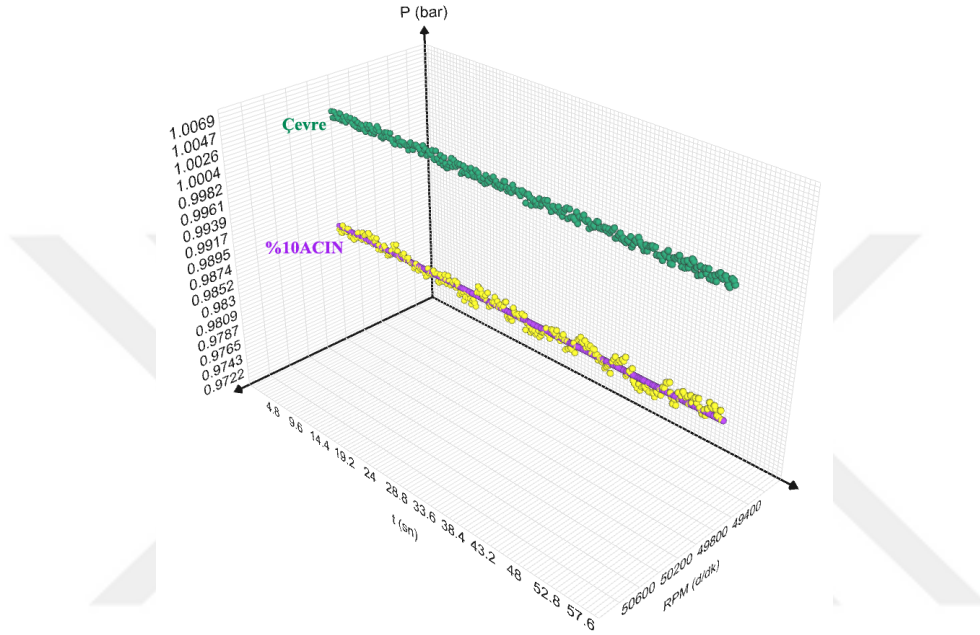
Şekil 5.563. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı



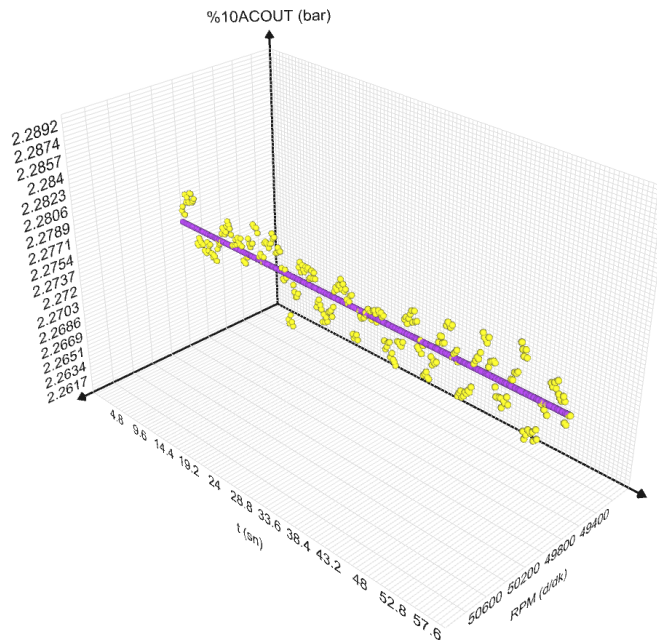
Şekil 5.564. %10TEST-E2, 35000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı

50000 rpm bulguları;

%10TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.565 ve Şekil 5.566’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.98736 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.27485 bar elde edilmiştir.

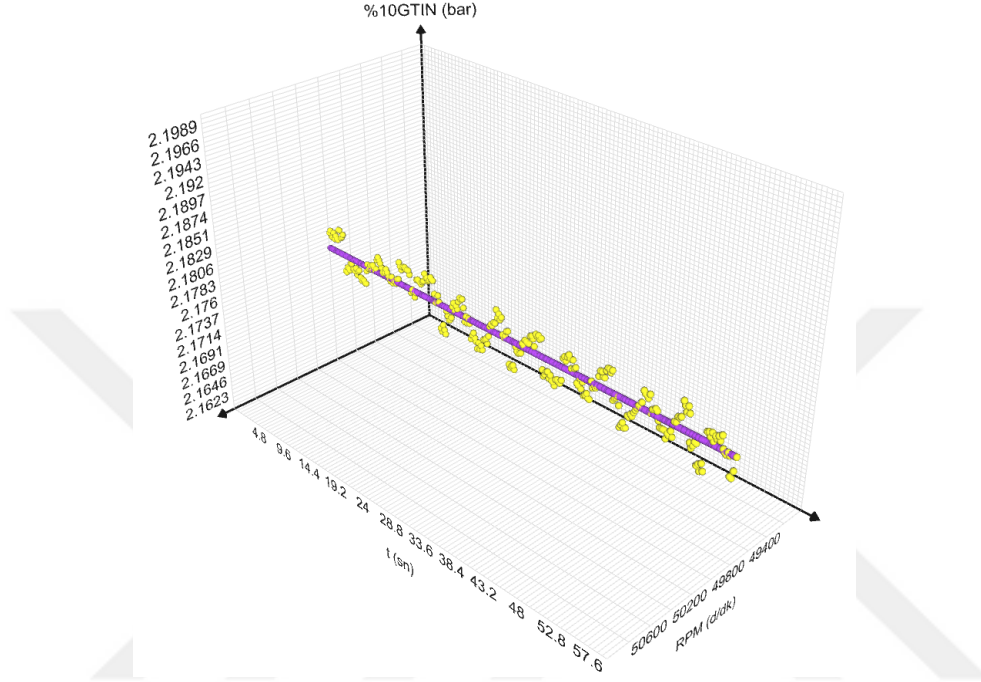


Şekil 5.565. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı

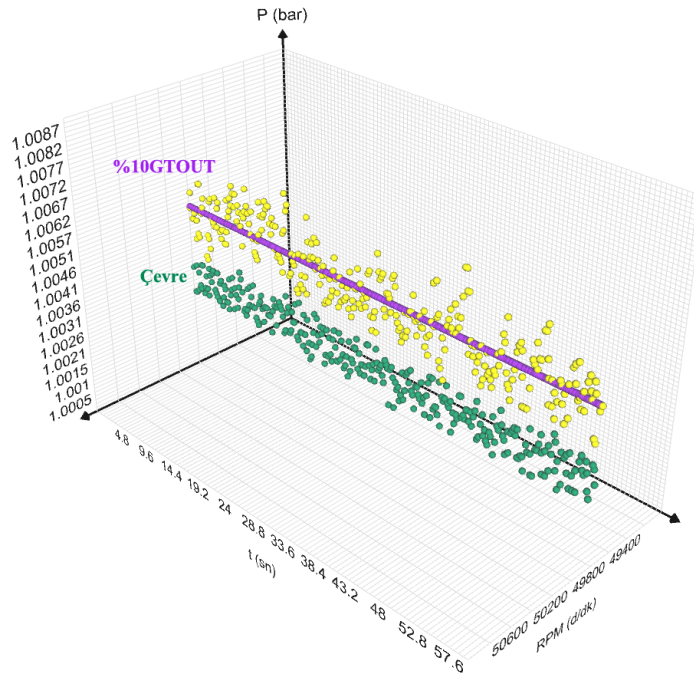


Şekil 5.566. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.567 ve Şekil 5.568’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.17696 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00526 bar elde edilmiştir.

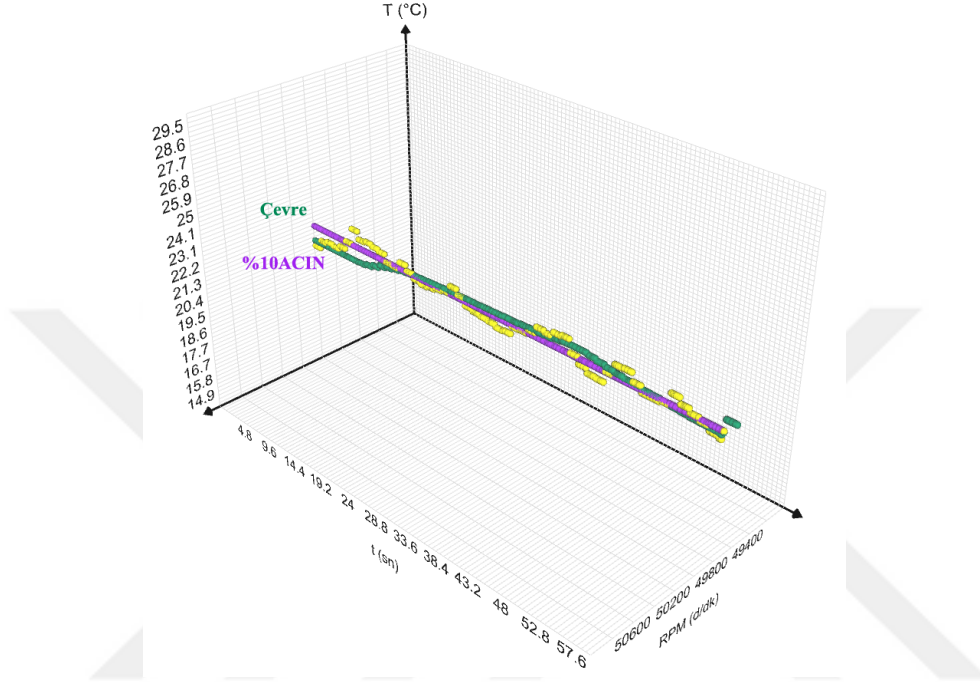


Şekil 5.567. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı

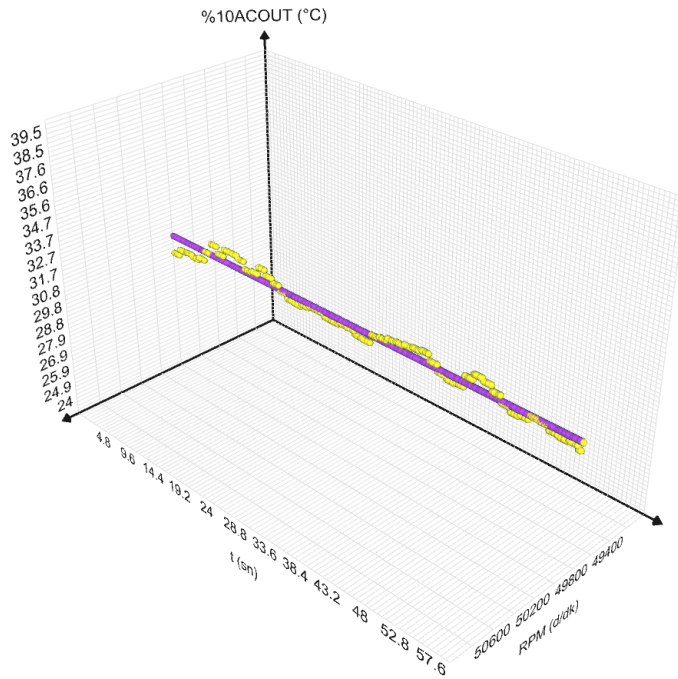


Şekil 5.568. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 50000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.569 ve Şekil 5.570’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.968 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 31.2466 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

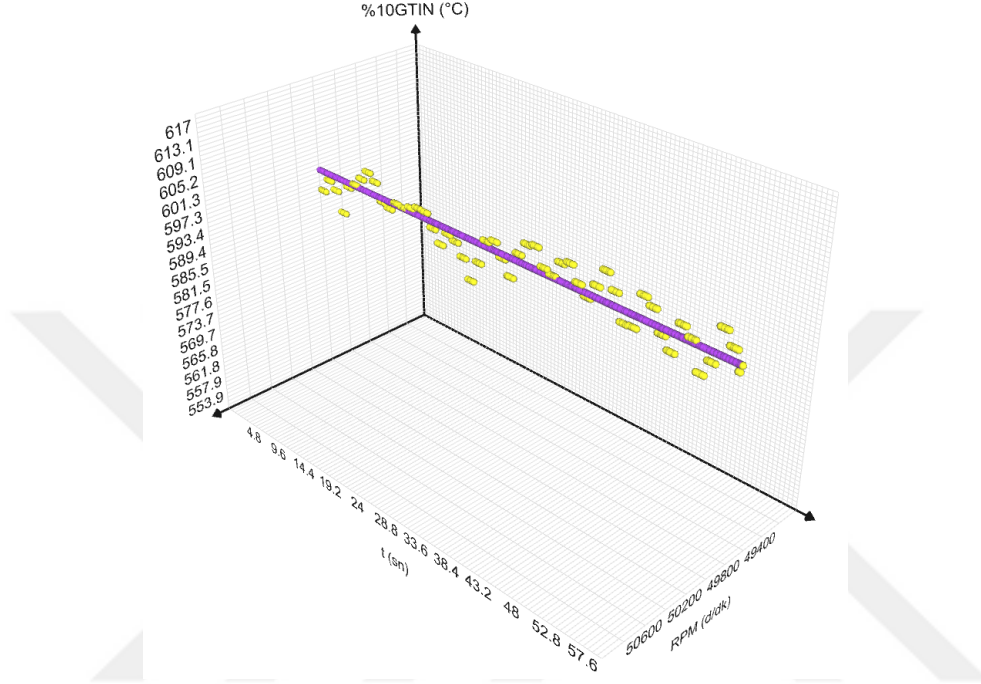


Şekil 5.569. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı

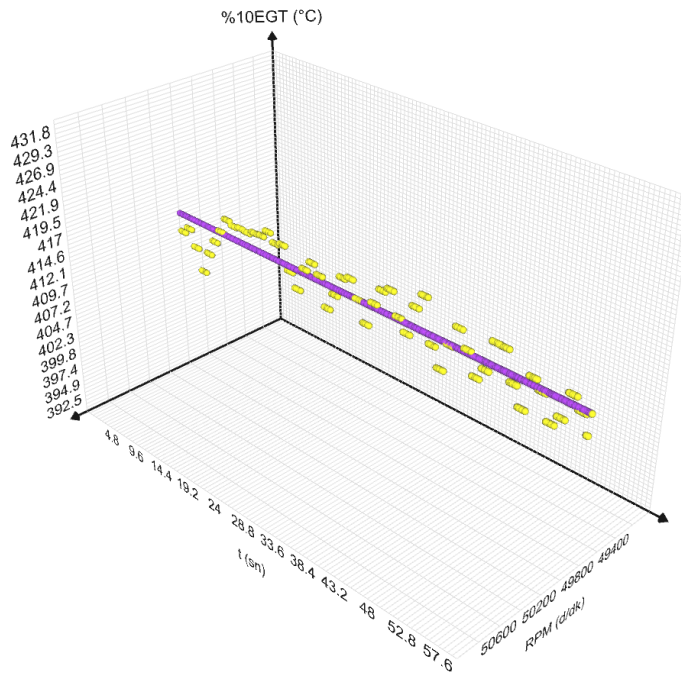


Şekil 5.570. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 50000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.571 ve Şekil 5.572’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 598.04 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 414.272 °C elde edilmiştir.

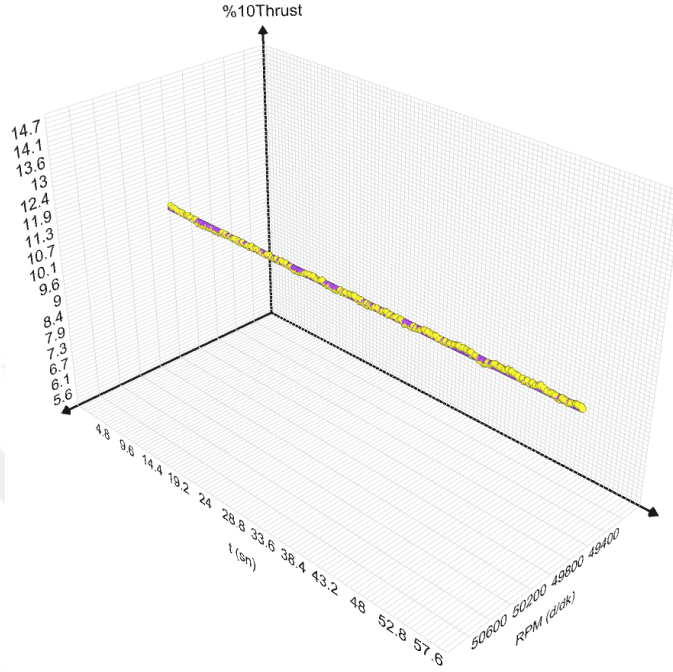


Şekil 5.571. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı

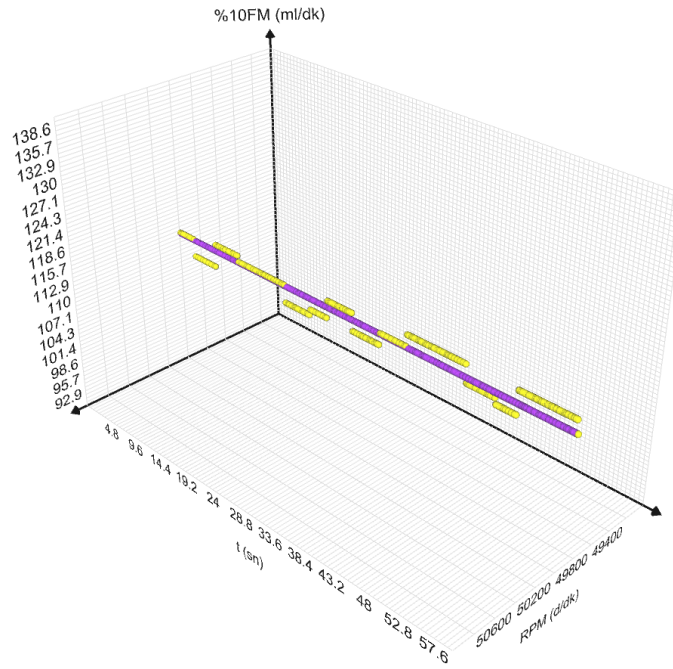


Şekil 5.572. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 50000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.573 ve Şekil 5.574’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 10.6222 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 113.868 ml/dk elde edilmiştir.



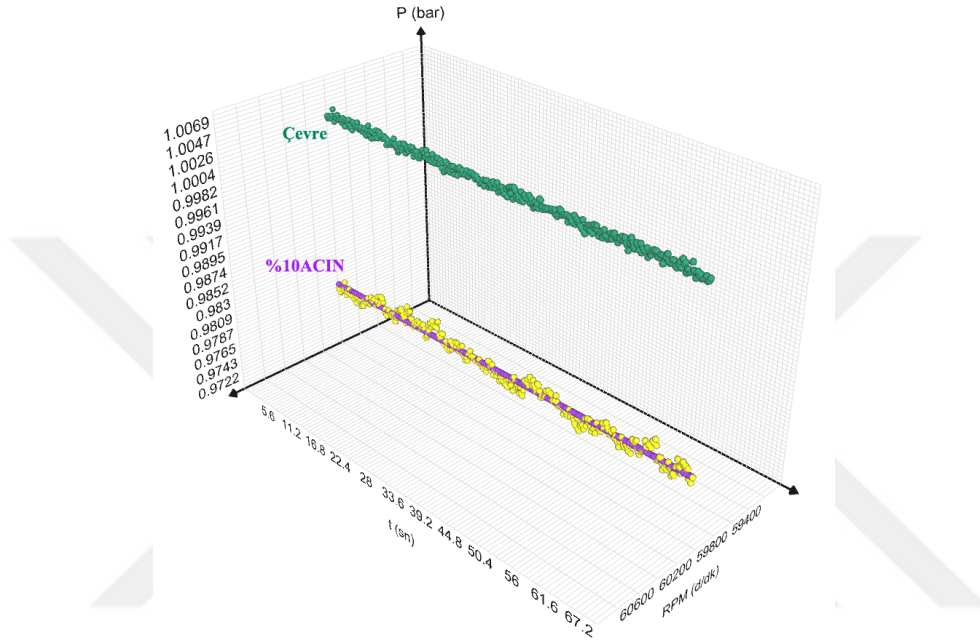
Şekil 5.573. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı



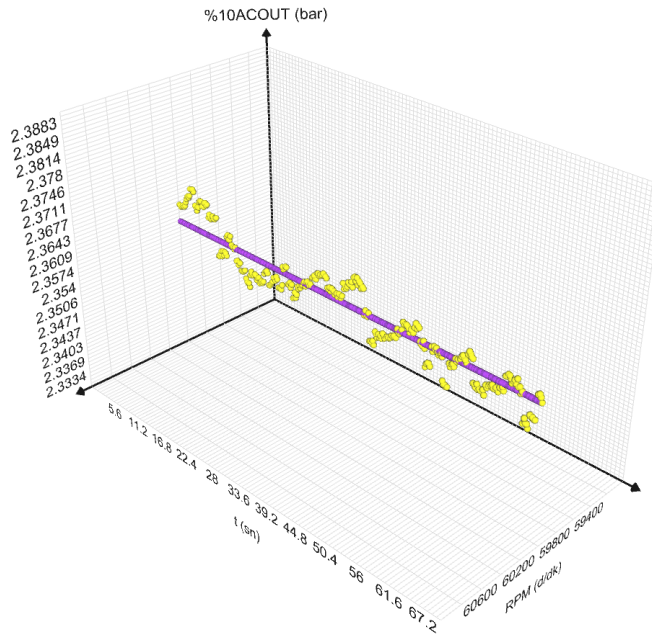
Şekil 5.574. %10TEST-E2, 50000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı

60000 rpm bulguları;

%10TEST-E2, 60000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.575 ve Şekil 5.576'de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9791 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35897 bar elde edilmiştir.

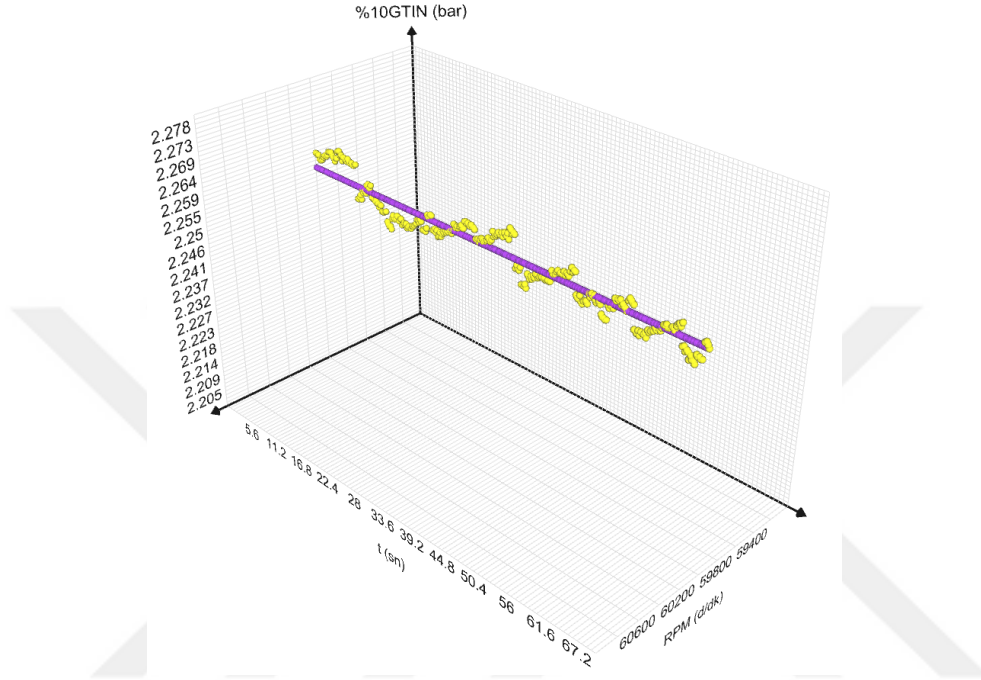


Şekil 5.575. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı

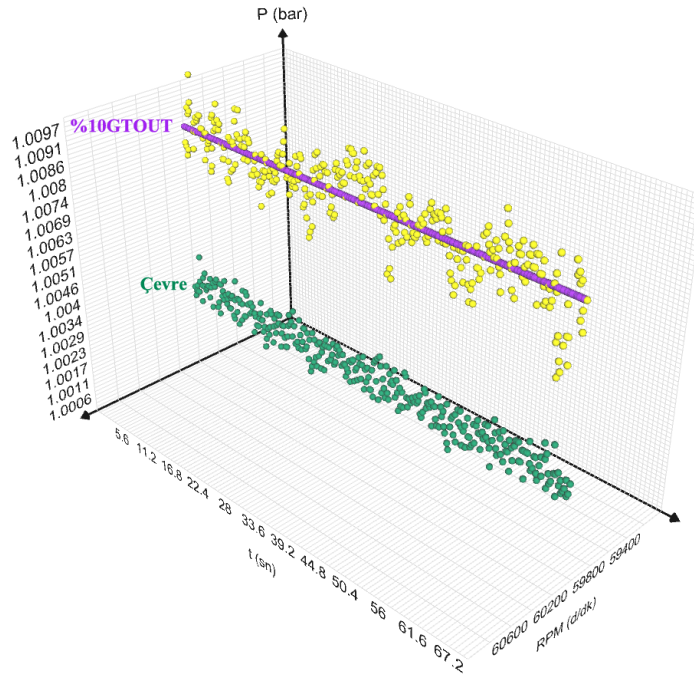


Şekil 5.576. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.577 ve Şekil 5.578’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.25638 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.00853 bar elde edilmiştir.

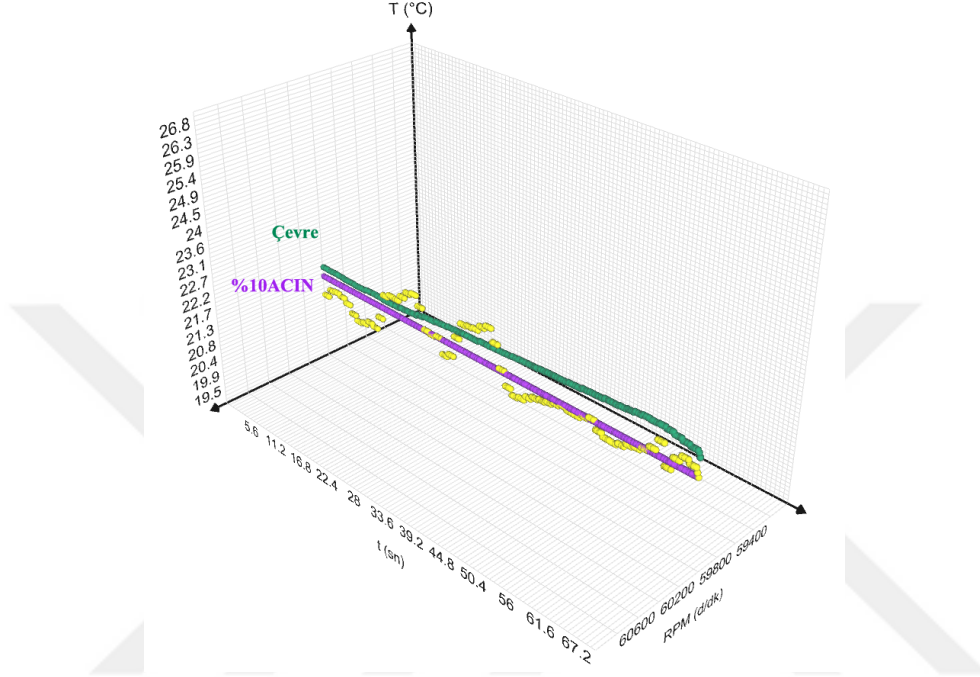


Şekil 5.577. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı

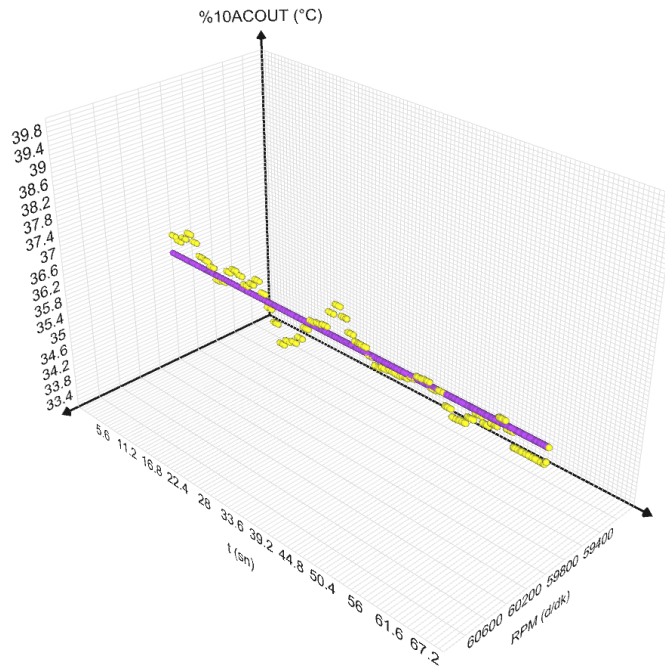


Şekil 5.578. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 60000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.579 ve Şekil 5.580'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 21.4276°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 35.8697°C elde edilmiştir.

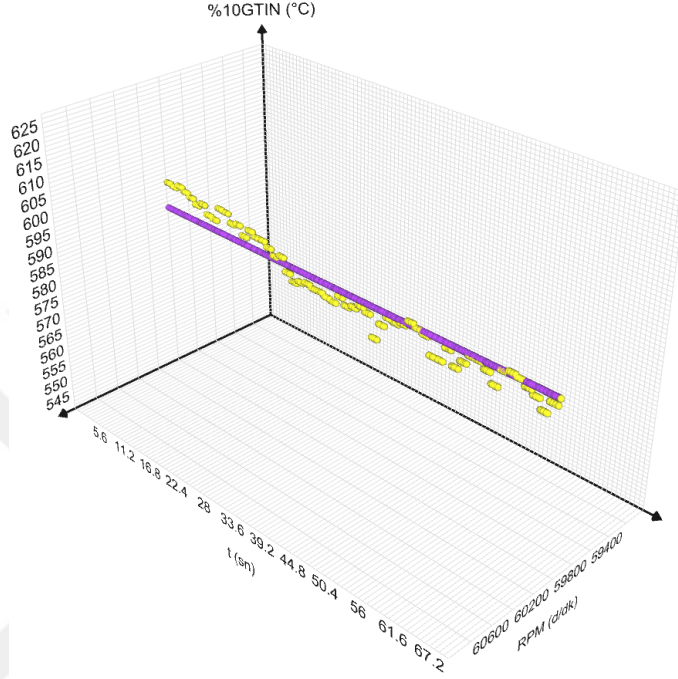


Şekil 5.579. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı

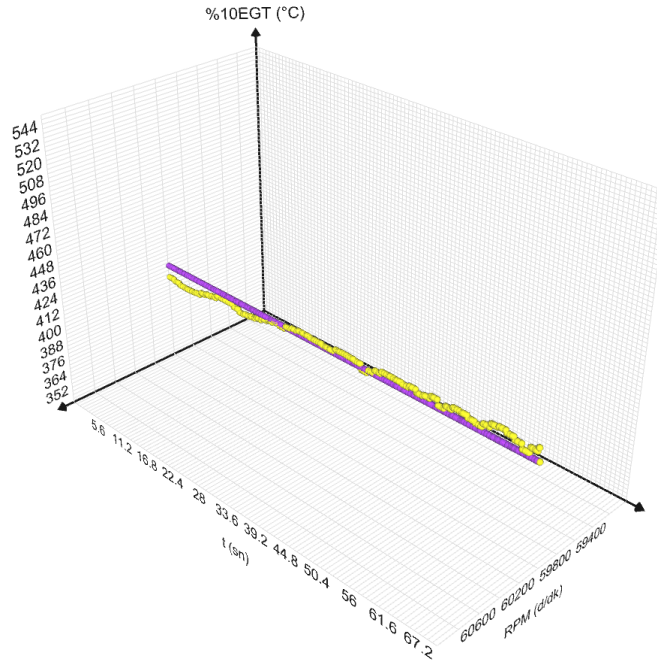


Şekil 5.580. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 60000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.581 ve Şekil 5.582’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 589.864 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 404.95 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

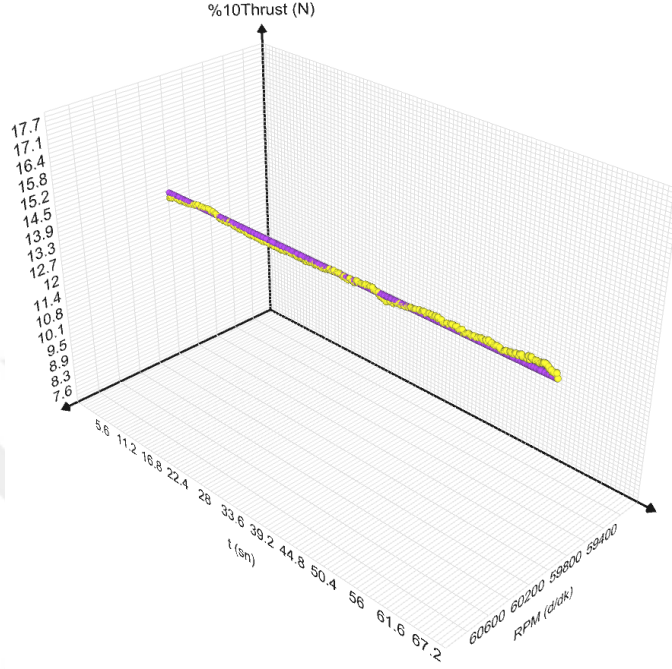


Şekil 5.581. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı

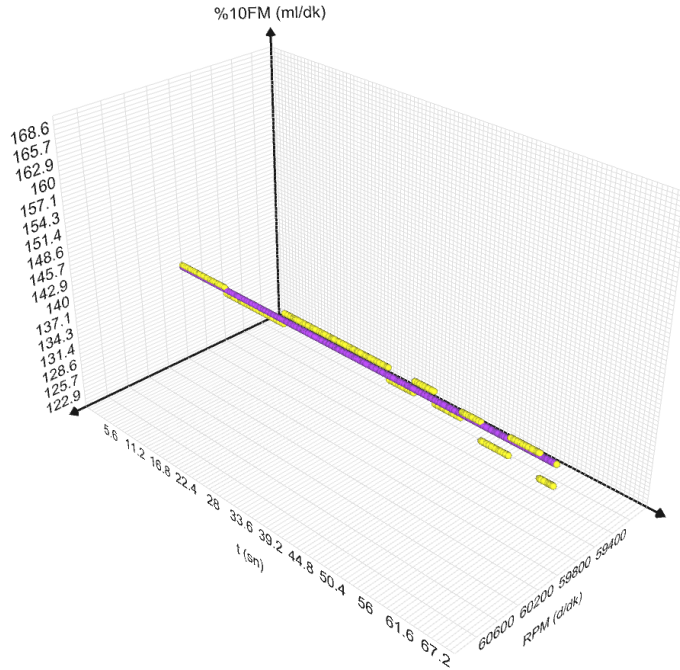


Şekil 5.582. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 60000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.583 ve Şekil 5.584’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 13.6869 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 137.648 ml/dk elde edilmiştir.



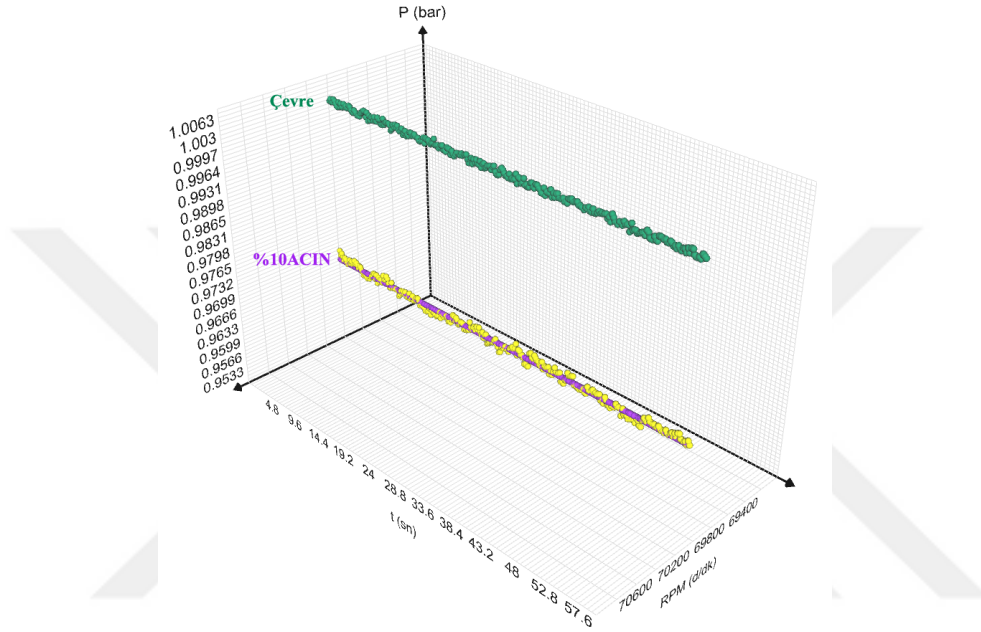
Şekil 5.583. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı



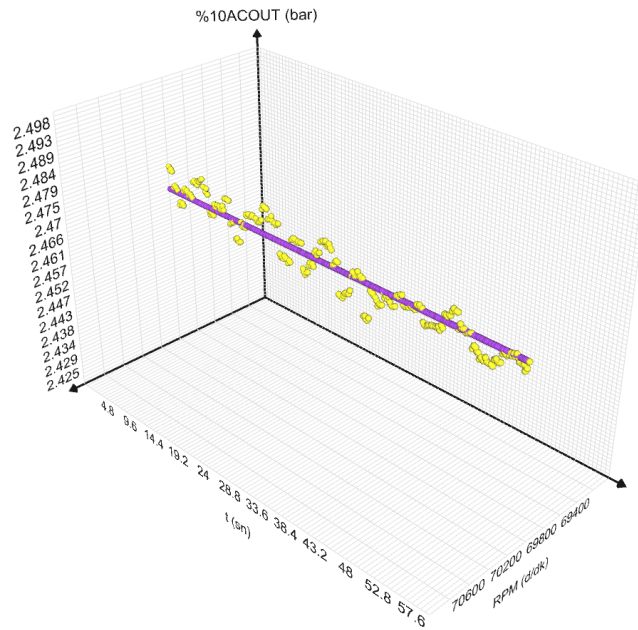
Şekil 5.584. %10TEST-E2, 60000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı

70000 rpm bulguları;

%10TEST-E2, 70000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.585 ve Şekil 5.586'de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.96861 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46811 bar elde edilmiştir.

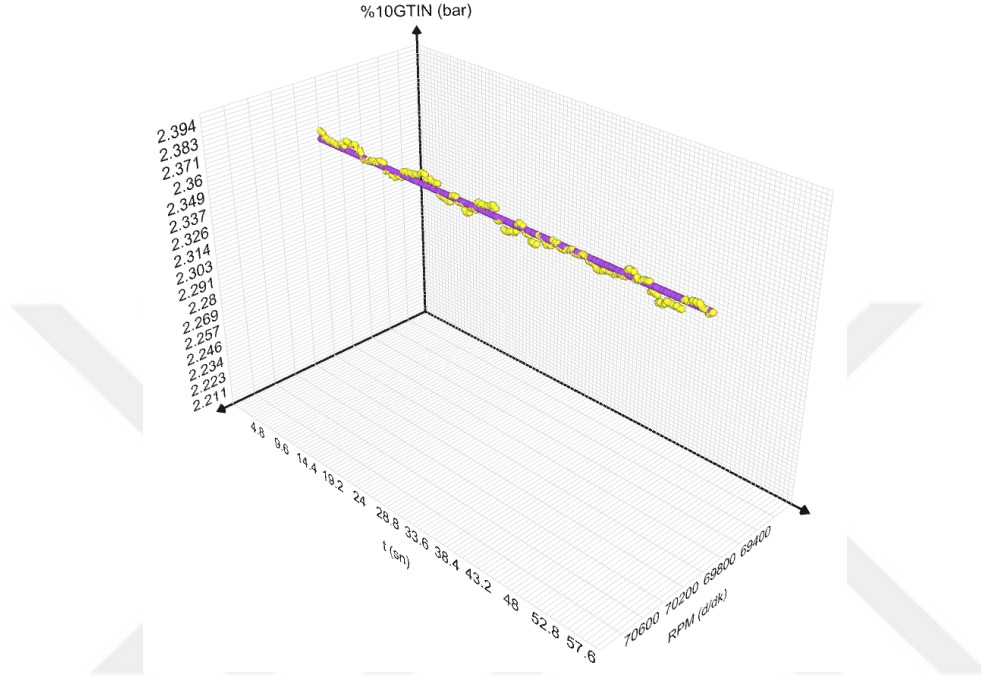


Şekil 5.585. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı

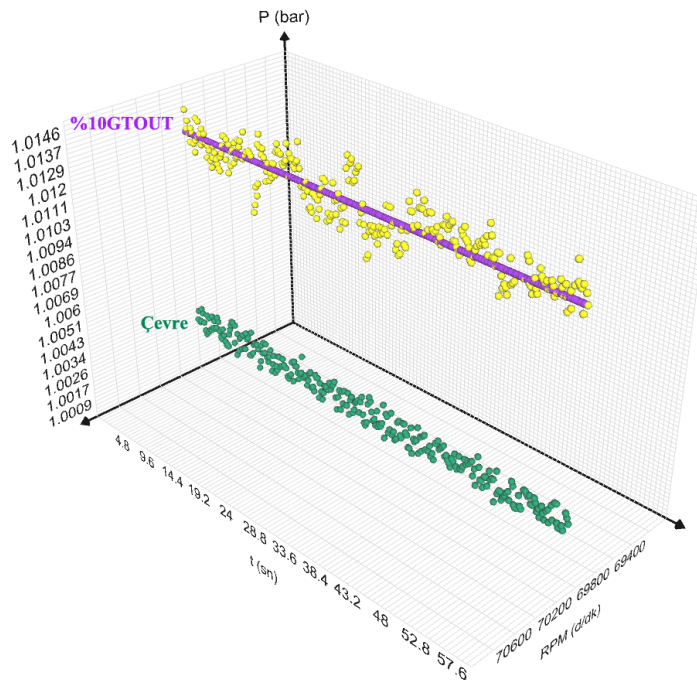


Şekil 5.586. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.587 ve Şekil 5.588’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.35966 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01273 bar elde edilmiştir.

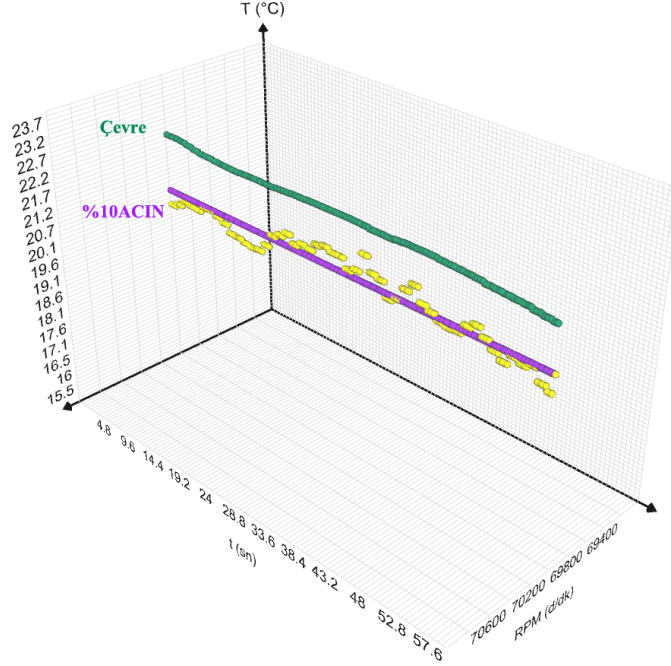


Şekil 5.587. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı

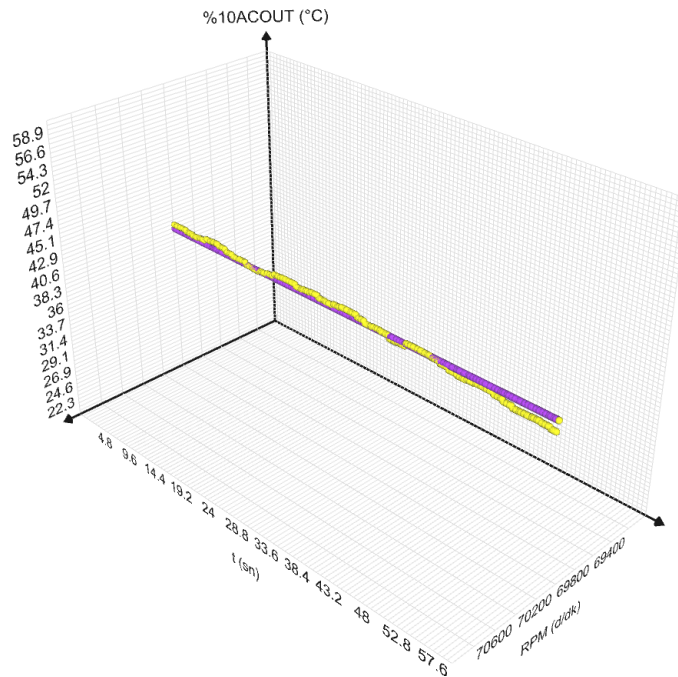


Şekil 5.588. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 70000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.589 ve Şekil 5.590’de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 20.5269 °C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 40.5259 °C elde edilmiştir.

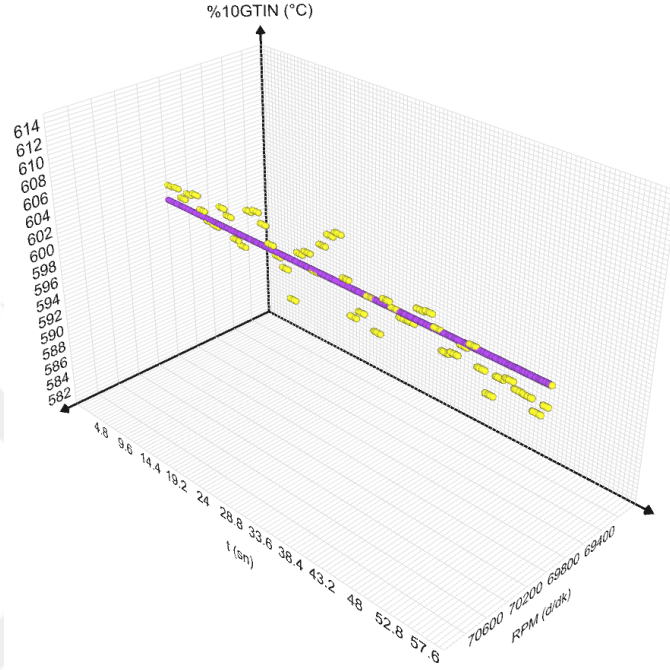


Şekil 5.589. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı

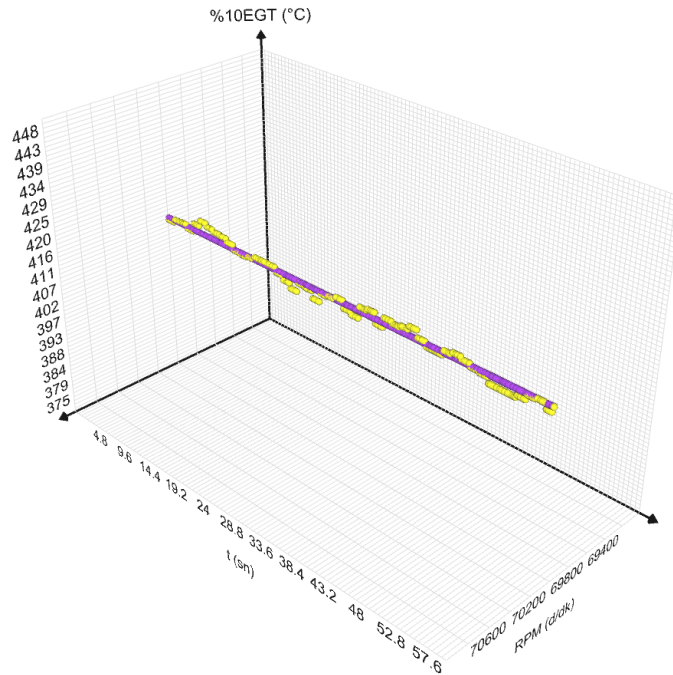


Şekil 5.590. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 70000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.591 ve Şekil 5.592’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 600.581 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 413.756 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

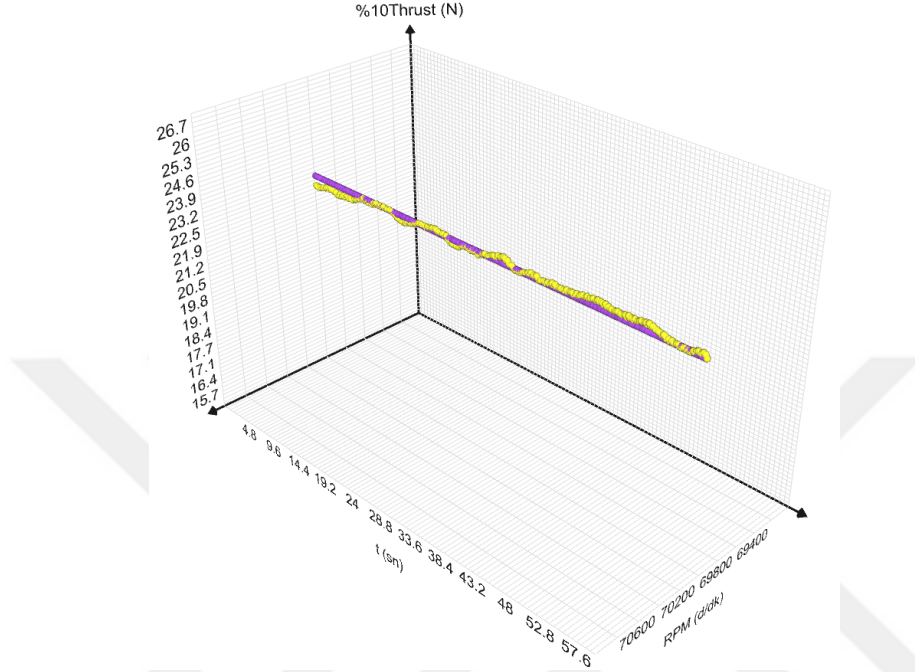


Şekil 5.591. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı

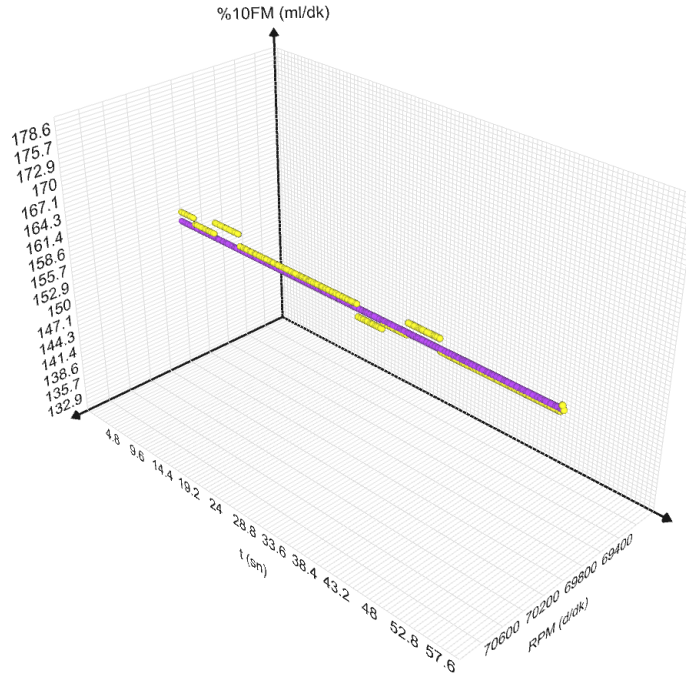


Şekil 5.592. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 70000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.593 ve Şekil 5.594’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 23.082 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 156.383 ml/dk elde edilmiştir.



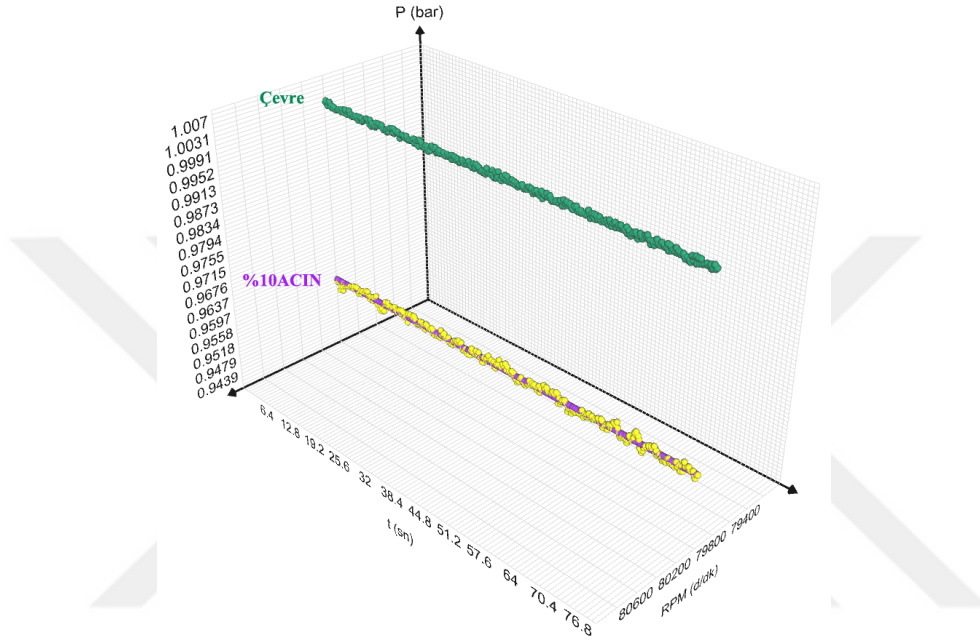
Şekil 5.593. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı



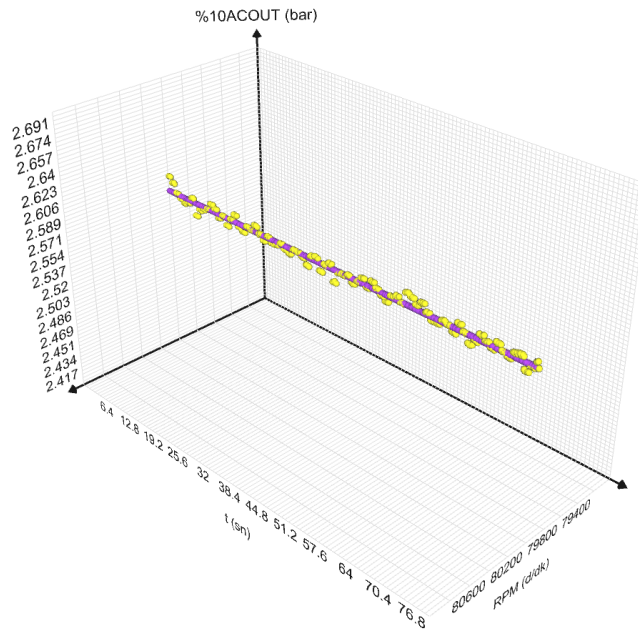
Şekil 5.594. %10TEST-E2, 70000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı

80000 rpm bulguları;

%10TEST-E2, 80000 rpm’de kompresör komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.595 ve Şekil 5.596’de görülmektedir. Kompresör giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 0.9577 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 2.57881 bar elde edilmiştir.

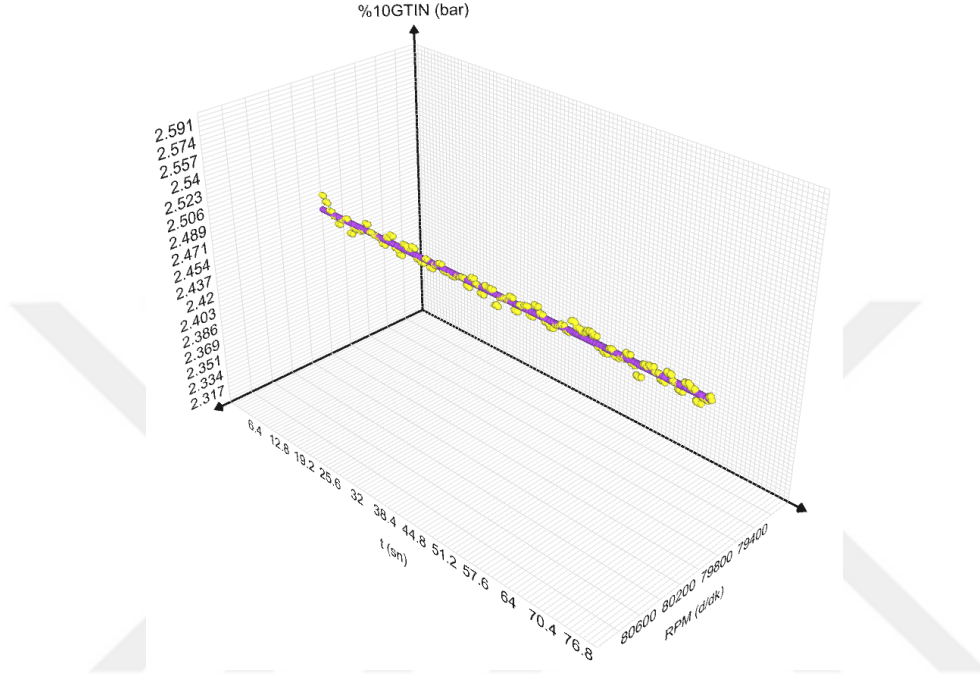


Şekil 5.595. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACIN basınç verileri dağılımı

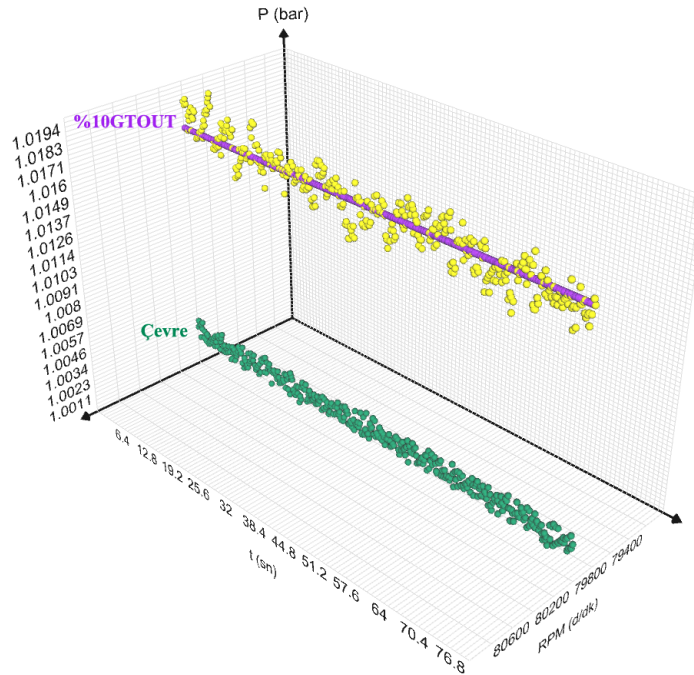


Şekil 5.596. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden basınç tüpleri aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) basınç verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.597 ve Şekil 5.598’de görülmektedir. Türbin giriş basınç verilerinin ortalaması olarak 2.46483 bar ve çıkış basınç verilerinin ortalaması olarak 1.01698 bar elde edilmiştir.

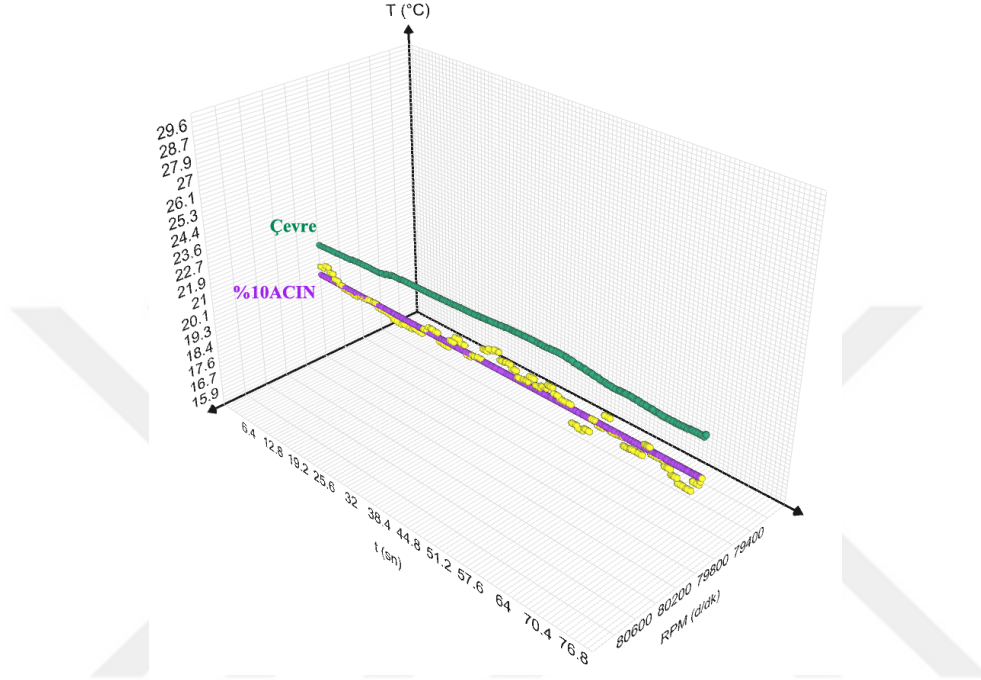


Şekil 5.597. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTIN basınç verileri dağılımı

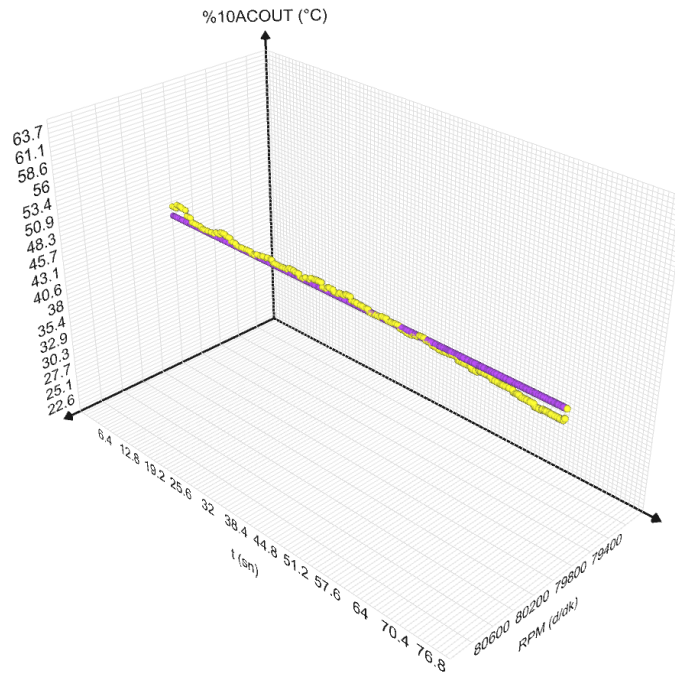


Şekil 5.598. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTOUT basınç verileri dağılımı

%10TEST-E2, 80000 rpm'de kompresör komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen kompresör giriş (%10ACIN) ve kompresör çıkış (%10ACOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.599 ve Şekil 5.600'de görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 19.7242°C ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 44.9076°C elde edilmiştir.

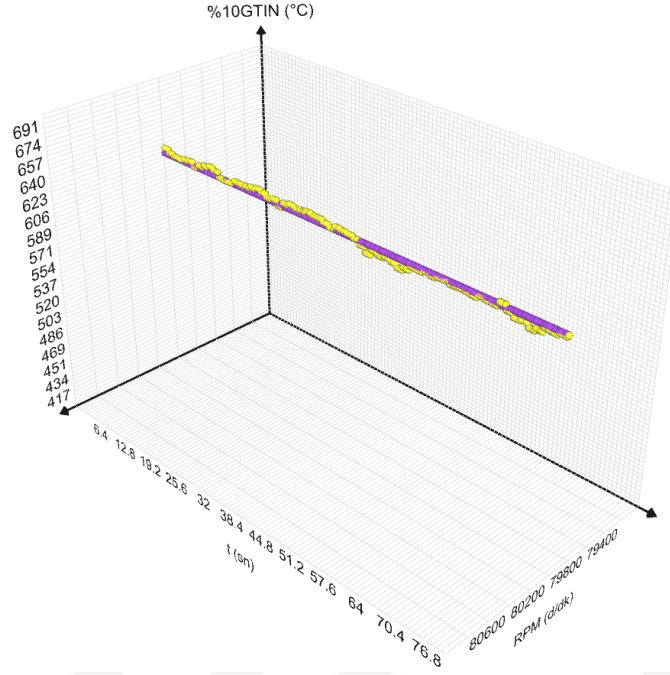


Şekil 5.599. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACIN sıcaklık verileri dağılımı

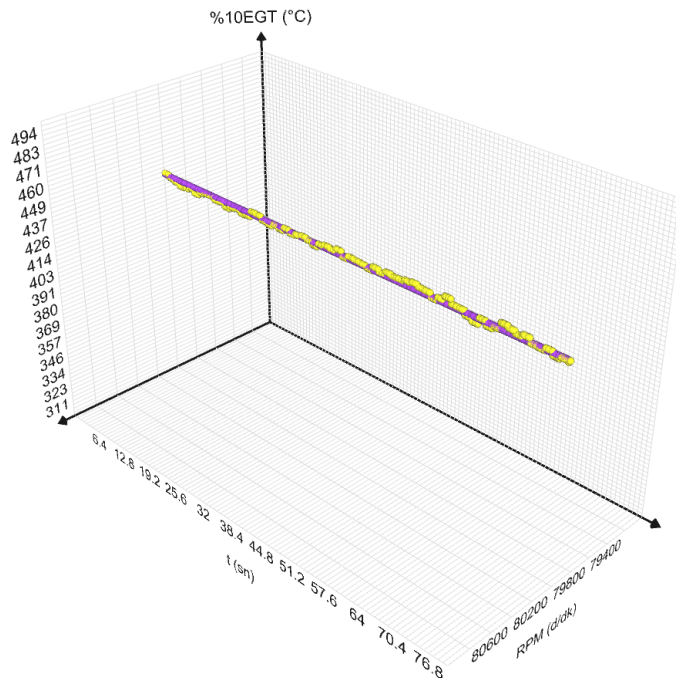


Şekil 5.600. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10ACOUT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 80000 rpm’de türbin komponenti üzerinden termokupllar aracılığıyla elde edilen türbin giriş (%10GTIN) ve türbin çıkış (%10GTOUT) sıcaklık verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.601 ve Şekil 5.602’de görülmektedir. Türbin giriş sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 625.916 $^{\circ}\text{C}$ ve çıkış sıcaklık verilerinin ortalaması olarak 441.223 $^{\circ}\text{C}$ elde edilmiştir.

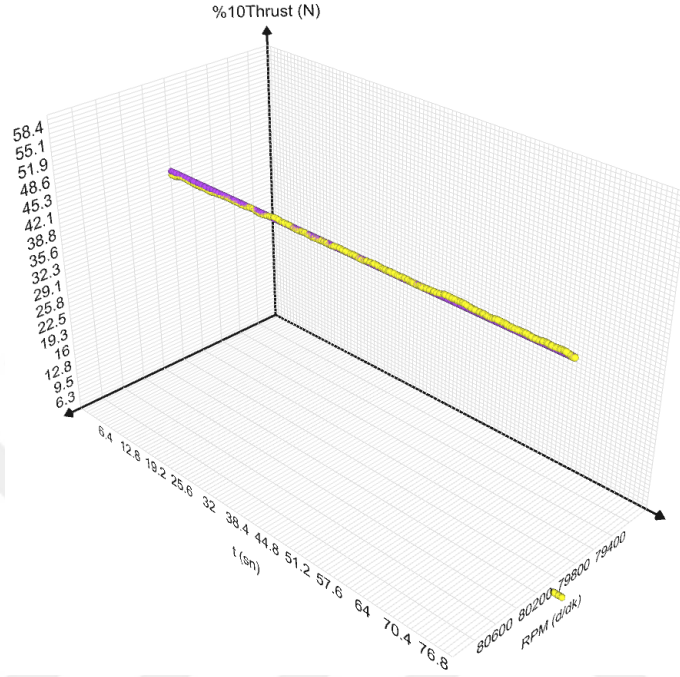


Şekil 5.601. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10GTIN sıcaklık verileri dağılımı

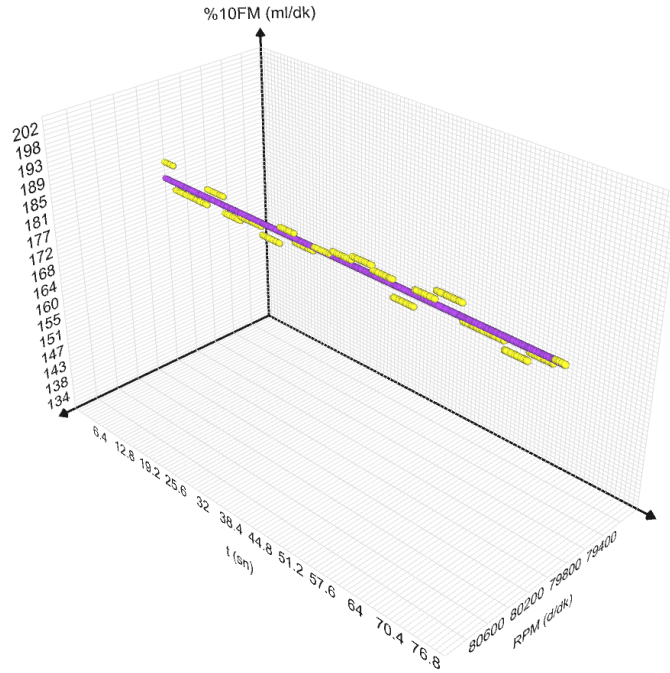


Şekil 5.602. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10EGT sıcaklık verileri dağılımı

%10TEST-E2, 80000 rpm’de itki (Loadcell) ve akış ölçer (flowmeter) üzerinden elde edilen itki ve akış verileri ortalamaları ve dağılımı Şekil 5.603 ve Şekil 5.604’de görülmektedir. İtki verilerinin ortalaması olarak 42.5729 N ve akış verilerinin ortalaması olarak 179.894 ml/dk elde edilmiştir.



Şekil 5.603. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10Thrust itki verileri dağılımı



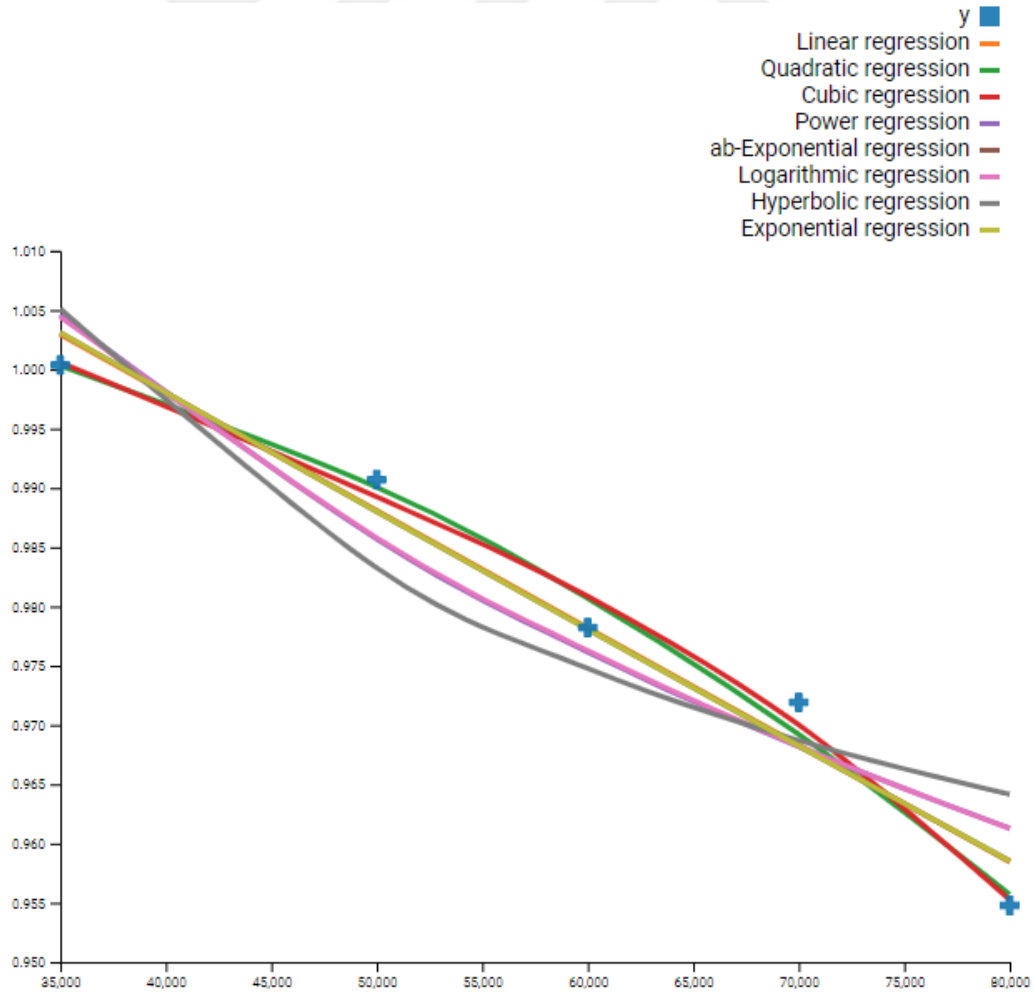
Şekil 5.604. %10TEST-E2, 80000 rpm, %10FM yakıt debisi verileri dağılımı

5.2. Sonuçlar

5.2.1. KTEST–motor performans sonuçları

Şekil 5.605’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, kompresör komponenti giriş basınçlarının (ACIN) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, kompresör giriş basıncı modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken ACIN basıncı, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor kompresör giriş basınç tahminlemesi Şekil 5.605 ve Tablo 5.1’de sunulmuştur. Kompresör giriş basınç davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.1).



Şekil 5.605. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN basınç değişimi

Tablo 5.1. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN basınç fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = -9.8837^{-7}x + 1.03751$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
-0.98383	0.96792	% 0.25406
İkinci Dereceden		
$y = -1.0267^{-11}x^2 + 1.8985^{-7}x + 1.00624$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99408	0.98820	% 0.13929
Üçüncü Dereceden		
$y = -2.5356^{-16}x^3 + 3.3507^{-11}x^2 - 2.2174^{-6}x + 1.04803$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99476	0.98955	% 0.13653
Güç		
$y = 1.75538x^{-0.053337}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.95692	0.91571	% 0.44162
ab-Üstel		
$y = (1.03918)0.9999^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98279	0.96589	% 0.26497
Logaritmik		
$y = 1.03919 + 0.99999\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.95868	0.91908	% 0.43099
Hiperbolik		
$y = 0.9323 + \frac{2547.90768}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.92065	0.84759	% 0.57743
Üstel		
$y = e^{0.03844-1.01^{-5}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98280	0.96589	% 0.26498

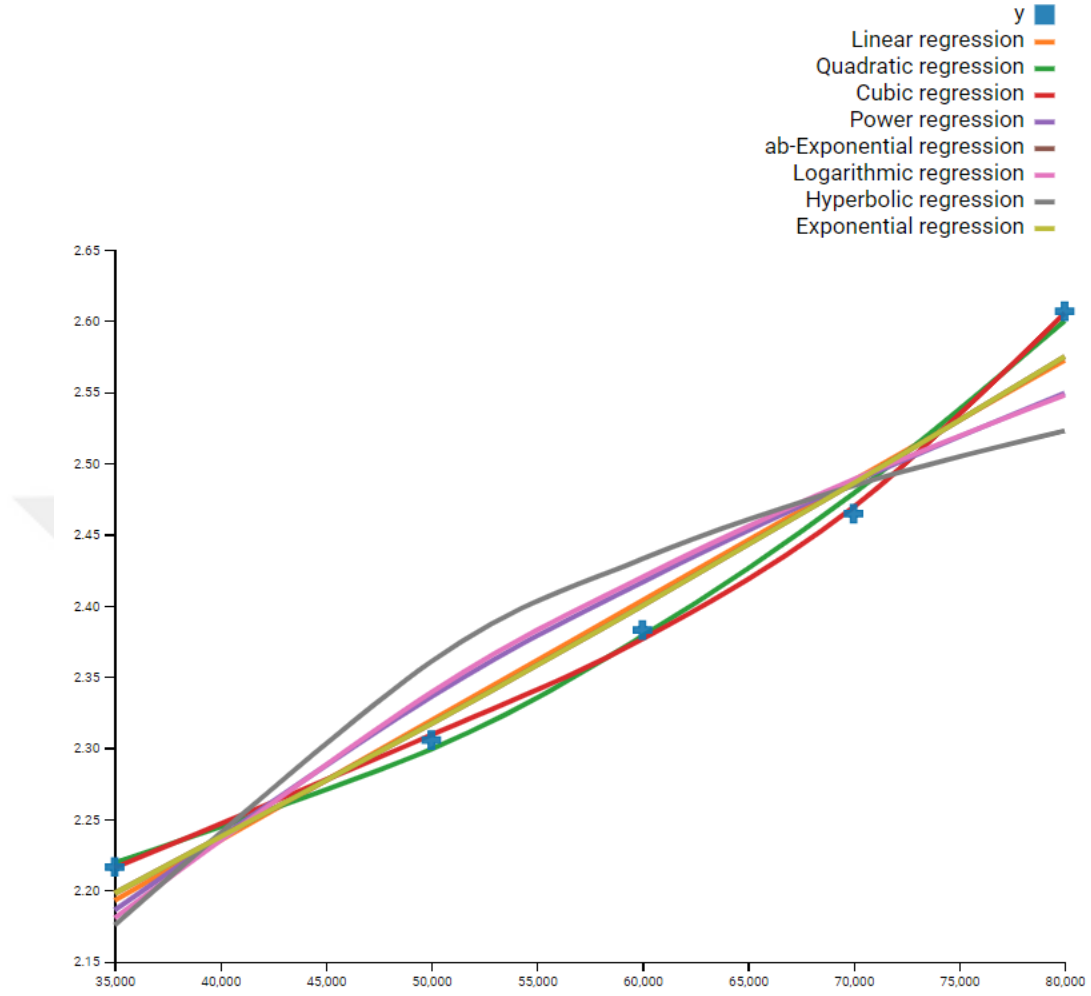
Şekil 5.605’de kerozen ile çalıştırılmış motorların kompresör giriş basınçlarının, artan dakikadaki devir sayısı ile azaldığı görülmektedir. Dolayısıyla, çevreye bağlı olarak kompresör giriş basıncı, motorun devir sayısının artışı ile birlikte daha fazla azaldığı görülmektedir. Artan itki değeri üretmek için sağlanan, devir sayısı artışı, motora giren havanın hızını ve birim saniyedeki debisini arttırmasından dolayı kompresör girişinde basıncın giderek daha fazla düşmeye başladığı gözlemlenmiştir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.1’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.1’de turbojet motorun, kompresör giriş basınç model yaklaşımı sunulmuştur. Kompresör giriş basıncı için; iki değişkenin arasındaki ilişkinin istenilen düzeyde güçlü olduğunu gösteren tüm fonksiyon yaklaşımlarının korelasyon katsayıları 0.9 değerinin üzerindedir. Bağımsız değişkenin, bağımlı değişkeni ne kadar tanımlayabildiğinin bir göstergesi olan determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda hiperbolik yaklaşım hariç diğer tüm yaklaşımların değeri 0.9 değerinin üzerindedir. Yapılan ölçümlerin, oluşturulan modellerden ne kadar uzakta olduğunu tanımlayan fonksiyonların ortalama bağıl hata değerleri ise % 0.13 ile % 0.57 arasında değişmektedir.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun kompresör giriş basınç modeli olarak sunulmaktadır.

Şekil 5.606’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, kompresör komponenti çıkış basınçlarının (ACOUT) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, kompresör çıkış basıncı modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken ACOUT basıncı, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor kompresör çıkış basınç tahminlemesi Şekil 5.606 ve Tablo 5.2’de sunulmuştur. Kompresör çıkış basınç davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.2).



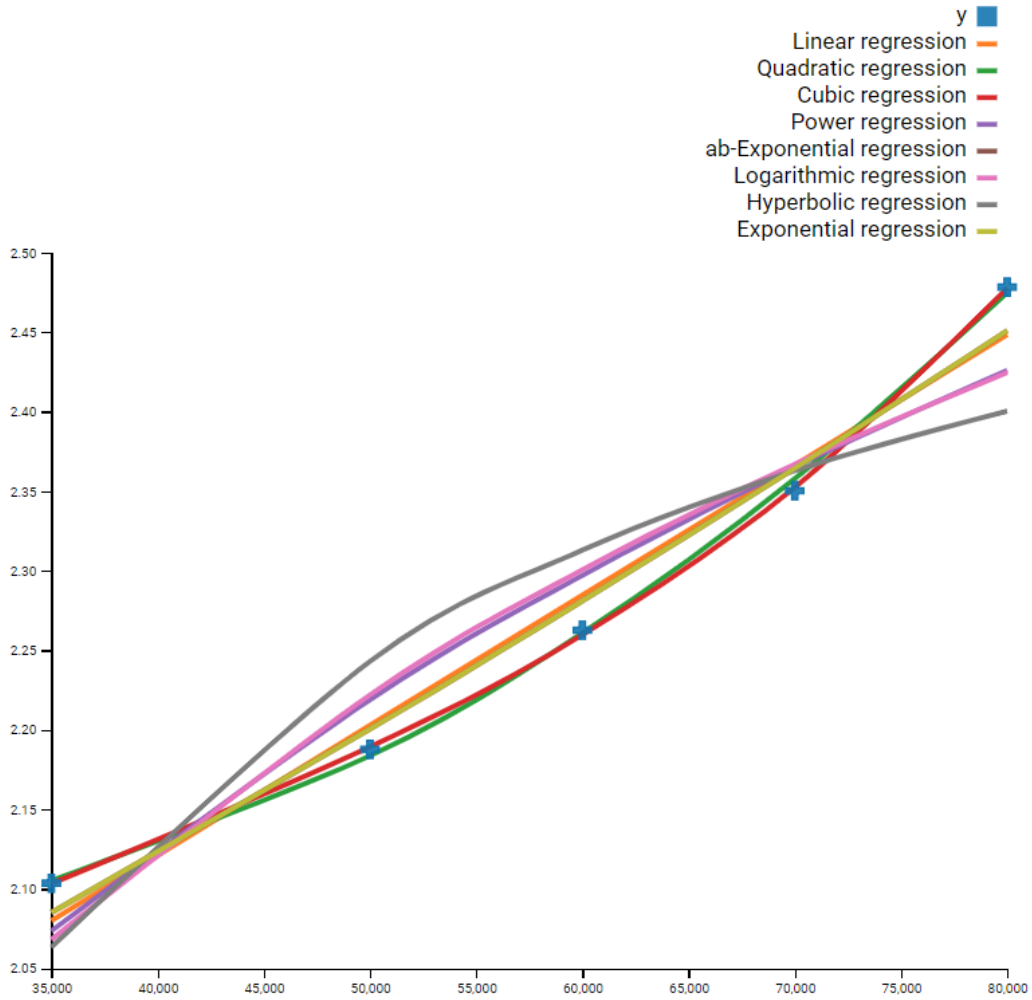
Şekil 5.606. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT basınç değişimi

Şekil 5.606’de kerozen ile çalıştırılmış motorların kompresör çıkış basınçlarının, artan dakikadaki devir sayısı ile arttığı görülmektedir. Kompresör çıkış basıncı artışı, motorun devir sayısının artışı ile birlikte giderek daha fazla artmaktadır. Artan itki değeri üretmek için sağlanan, devir sayısı artışıyla birlikte kompresör sıkıştırma oranının artmasından dolayı kompresör çıkışındaki basıncın giderek daha fazla artmaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.2’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.2’de turbojet motorun, kompresör çıkış basınç model yaklaşımı sunulmuştur. Kompresör çıkış basıncı için; tüm fonksiyon yaklaşımlarının korelasyon katsayıları 0.9 değerinin üzerindedir. Determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda hiperbolik yaklaşım hariç diğer tüm yaklaşımların değeri 0.9

değerinin üzerindedir. Ortalama bağıl hata değerleri ise % 0.13 ile % 2.06 arasında değişmektedir.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun kompresör çıkış basınç modeli olarak sunulmaktadır.



Şekil 5.607. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN basınç değişimi

Şekil 5.607’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, türbin komponenti giriş basınçlarının (GTIN) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Tablo 5.2. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT basınç fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 8.43347^{-6}x + 1.89752$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98365	0.96757	% 0.96055
İkinci Dereceden		
$y = 1.0461^{-10}x^2 - 3.5714^{-5}x + 2.2161$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99824	0.99649	% 0.28419
Üçüncü Dereceden		
$y = 3.03886^{-15}x^3 - 4.20^{-10}x^2 + 2.5278^{-5}x + 1.7152$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99957	0.99915	% 0.13525
Güç		
$y = 0.3126x^{0.185879}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.96153	0.92455	% 1.44
ab-Üstel		
$y = (1.94326)1.000003^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98748	0.97512	% 0.82638
Logaritmik		
$y = 1.94326 + 1.000003\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.95538	0.91276	% 1.57195
Hiperbolik		
$y = 2.79275 - \frac{21606.439}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.9148	0.83686	% 2.0695
Üstel		
$y = e^{0.66436+3.5^{-6}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98748	0.97511	% 0.8263

Tablo 5.3. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN basınç fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 8.1860^{-6}x + 1.79339$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98546	0.97114	% 0.9369
İkinci Dereceden		
$y = 9.933^{-11}x^2 - 3.2117^{-6}x + 2.09588$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99945	0.9989	% 0.16155
Üçüncü Dereceden		
$y = 1.7116^{-15}x^3 - 1.9617^{-10}x^2 + 1.3038^{-5}x + 1.81375$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.9999	0.9998	% 0.0659
Güç		
$y = 0.2842x^{0.18992}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.96359	0.9285	% 1.4247
ab-Üstel		
$y = (1.83854)1.000003^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98927	0.97867	% 0.7972
Logaritmik		
$y = 1.83854 + 1.000003\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.9573	0.91644	% 1.562
Hiperbolik		
$y = 2.6623 - \frac{20973.97475}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.91655	0.84	% 2.0707
Üstel		
$y = e^{0.60897+3.59^{-6}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98927	0.9786	% 0.7972

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, türbin giriş basıncı modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken GTIN basıncı, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor türbin giriş basınç tahminlemesi Şekil 5.607 ve Tablo 5.3’de sunulmuştur. Türbin giriş basınç davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.3).

Şekil 5.607’de kerozen ile çalıştırılmış motorların türbin giriş basınçlarının, artan dakikadaki devir sayısı ile arttığı görülmektedir. Türbin giriş basıncı artışı, motorun devir sayısının artışı ile birlikte giderek daha fazla artmaktadır. Artan itki değeri üretmek için sağlanan, devir sayısı artışıyla birlikte kompresör sıkıştırma oranının artmasından dolayı türbin girişindeki basıncın giderek daha fazla artmaya başladığı gözlemlenmiştir. Fakat bu artış, kompresör çıkış basınç artışı kadar değildir. Yanma odasındaki mevcut basınç kaybı; türbin giriş basıncının, kompresör çıkış basıncından daha düşük olmasına sebebiyet vermiştir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.3’de gerçekleştirilmiştir.

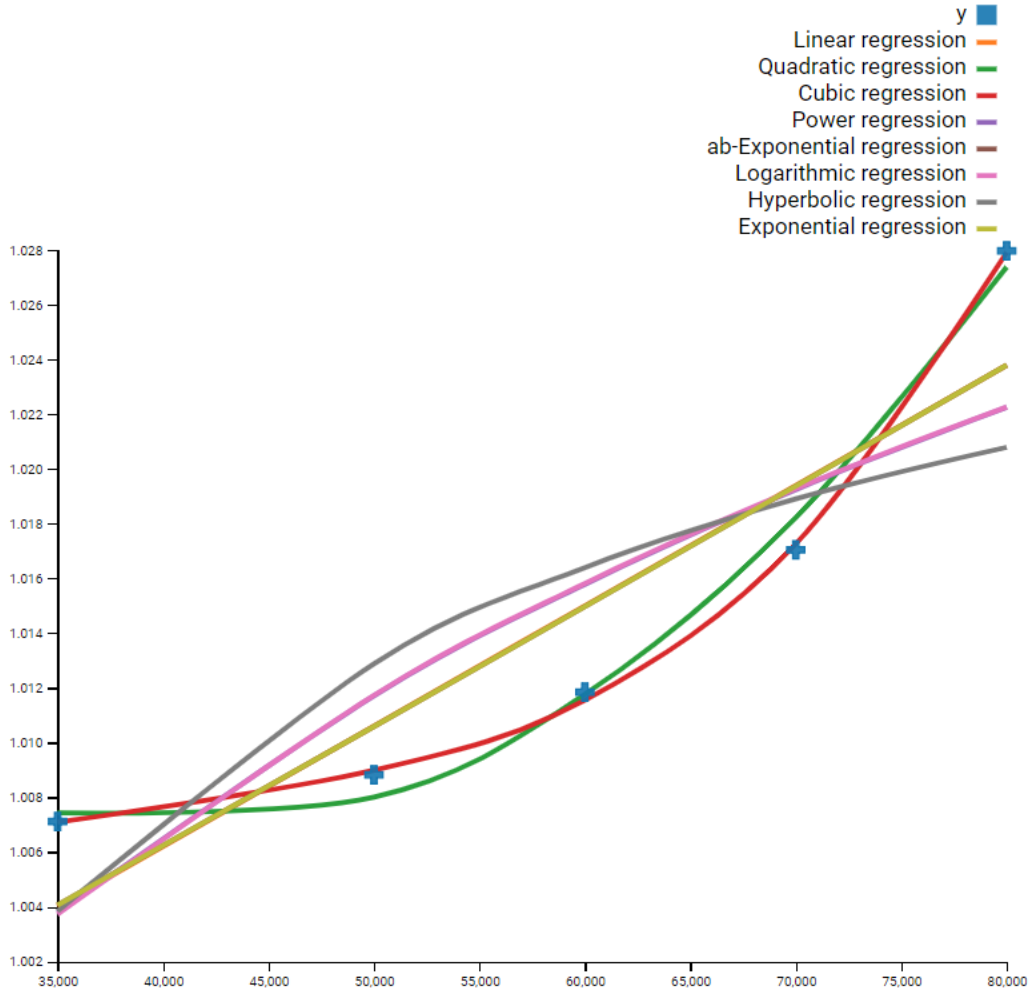
Tablo 5.3’de turbojet motorun, türbin giriş basınç model yaklaşımı sunulmuştur. Türbin giriş basıncı için; tüm fonksiyon yaklaşımlarının korelasyon katsayıları 0.9 değerinin üzerindedir. Determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda hiperbolik yaklaşım hariç diğer tüm yaklaşımların değeri 0.9 değerinin üzerindedir. Ortalama bağıl hata değerleri ise % 0.06 ile % 2.07 arasında değişmektedir.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun türbin giriş basınç modeli olarak sunulmaktadır.

Şekil 5.608’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, türbin komponenti çıkış basınçlarının (GTOUT) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Tablo 5.4. KTEST-E1/E2 RPM-GTOUT basınç fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 4.3968^{-7}x + 0.98861$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.91525	0.83768	% 0.28669
İkinci Dereceden		
$y = 1.35025^{-11}x^2 - 1.10978^{-6}x + 1.02973$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99554	0.9911	% 0.0588
Üçüncü Dereceden		
$y = 3.0101^{-16}x^3 - 3.8462^{-11}x^2 + 1.7479^{-6}x + 0.98011$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9997	0.9994	% 0.01476
Güç		
$y = 0.79685x^{0.02206}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.8618	0.7427	% 0.3556
ab-Üstel		
$y = (0.988965)1.0000004^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.91642	0.83982	% 0.2845
Logaritmik		
$y = 0.988965 + 1.000004\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.8604	0.7404	% 0.35785
Hiperbolik		
$y = 1.03396 - \frac{1054.42986}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.79674	0.6348	% 0.4114
Üstel		
$y = e^{-0.011096+4.32511^{-7}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.91642	0.83982	% 0.2845



Şekil 5.608. KTEST-E1/E2 RPM-GTOUT basınç değişimi

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, türbin çıkış basıncı modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken GTOUT basıncı, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor türbin çıkış basınç tahminlemesi Şekil 5.608 ve Tablo 5.4’de sunulmuştur. Türbin çıkış basınç davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.4).

Şekil 5.608’de kerozen ile çalıştırılmış motorların türbin çıkış basınçlarının, artan dakikadaki devir sayısı ile arttığı görülmektedir. Türbin çıkış basıncı artışı, motorun devir sayısının artışı ile birlikte giderek daha fazla artmaktadır. Artan itki değeri üretmek için sağlanan, devir sayısı artışıyla birlikte kompresör sıkıştırma oranının artmasından dolayı türbin girişindeki basınç giderek daha fazla artmaktadır.

Türbin çıkışındaki basınç, bağıl çevre basıncına göre artmasına rağmen, türbin girişindeki basıncın artışından dolayı türbin genişleme oranı artmaktadır. Türbin çıkış basınç artışı, motor devir sayısının artışıyla birlikte daha fazla olmaktadır. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.4’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.4’de turbojet motorun, türbin çıkış basınç model yaklaşımı sunulmuştur. Türbin çıkış basıncı için; tüm fonksiyon yaklaşımlarının korelasyon katsayıları 0.79 ile 0.99 değerleri arasında değişmektedir. Determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda, üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun türbin çıkış basınç modeli olarak sunulmaktadır.

Şekil 5.609’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, kompresör komponenti giriş sıcaklıklarının (ACIN) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

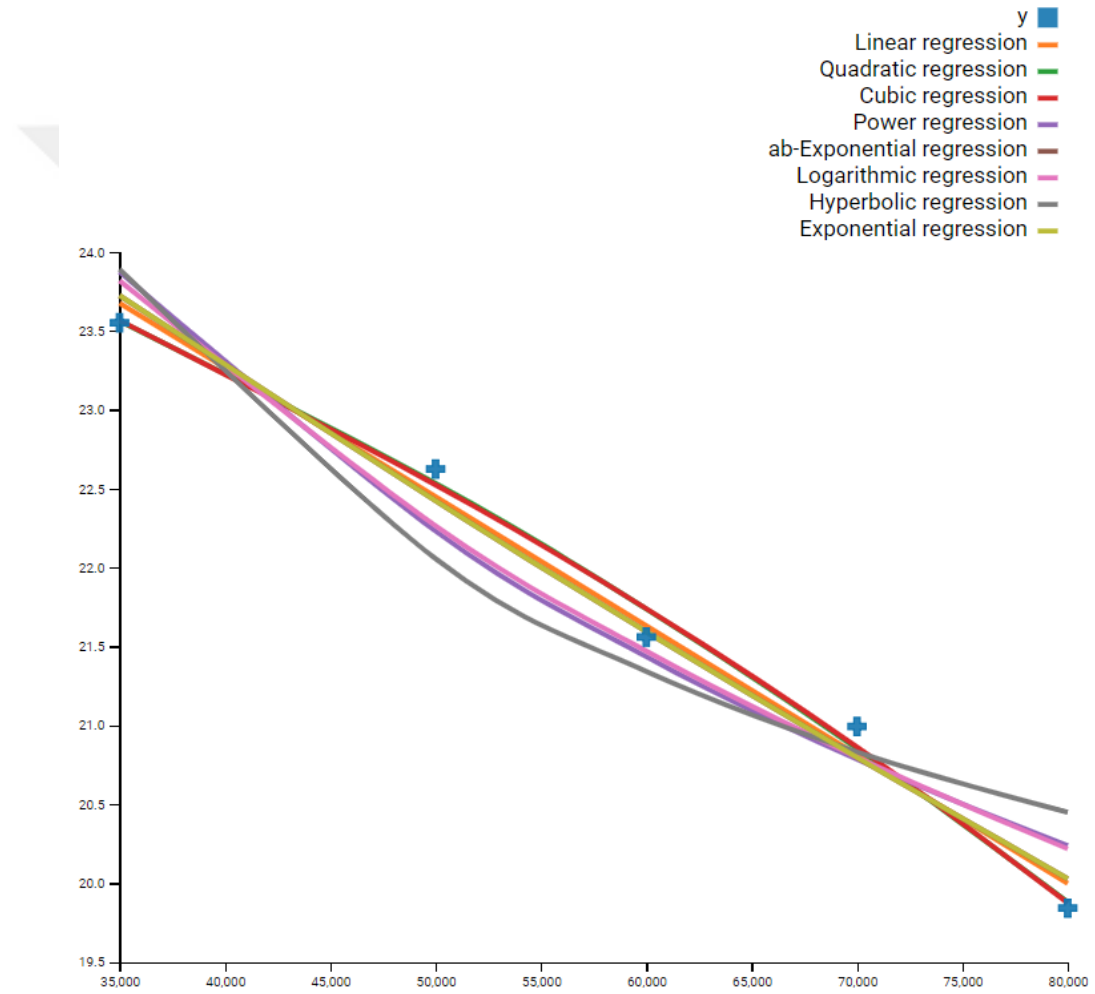
Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, kompresör giriş sıcaklık modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken ACIN sıcaklık, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor kompresör giriş sıcaklık tahminlemesi Şekil 5.609 ve Tablo 5.5’de sunulmuştur. Kompresör giriş sıcaklık davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.5).

Şekil 5.609’de kerozen ile çalıştırılmış motorların kompresör giriş sıcaklıklarının, artan dakikadaki devir sayısı ile azaldığı görülmektedir. Kompresör giriş sıcaklık düşüşü, bağıl çevre sıcaklığına göre, motorun devir sayısının artışı ile birlikte giderek daha fazla artmaktadır. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.5’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.5’de turbojet motorun, kompresör giriş sıcaklık model yaklaşımı sunulmuştur. Kompresör giriş sıcaklığı için; determinasyon katsayıları göz önünde

bulundurulduğunda, üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun kompresör giriş sıcaklık modeli olarak sunulmaktadır.



Şekil 5.609. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN sıcaklık değişimi

Şekil 5.610’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, kompresör komponenti çıkış sıcaklıklarının (ACOUT) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Tablo 5.5. KTEST-E1/E2 RPM-ACIN sıcaklık fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = -8.1723^{-5}x + 26.53438$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
-0.99347	0.98699	% 0.65462
İkinci Dereceden		
$y = -4.4185^{-10}x^2 - 3.10188^{-5}x + 25.18865$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99629	0.99259	% 0.42761
Üçüncü Dereceden		
$y = -3.08983^{-15}x^3 + 9.15687^{-11}x^2 + 6.0353^{-5}x + 25.69794$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99630	0.99262	% 0.4266
Güç		
$y = 193.44759x^{-0.19996}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.97083	0.9425	% 1.3348
ab-Üstel		
$y = (27.06409)0.99999^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99114	0.98236	% 0.73385
Logaritmik		
$y = 27.06409 + 0.99999\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.976239	0.95304	% 1.19099
Hiperbolik		
$y = 17.771067 + \frac{214159.907609}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.94505	0.89312	% 1.75984
Üstel		
$y = e^{3.298207 - 3.7639^{-6}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99114	0.98236	% 0.73384

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, kompresör çıkış sıcaklık modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken ACOUT sıcaklık, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor kompresör çıkış sıcaklık tahminlemesi Şekil 5.610 ve Tablo 5.6'da sunulmuştur. Kompresör çıkış sıcaklık davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.6).

Şekil 5.610'da kerozen ile çalıştırılmış motorların kompresör çıkış sıcaklıklarının, artan dakikadaki devir sayısı ile arttığı görülmektedir. Kompresör çıkış sıcaklık artışı, motorun devir sayısının artışı ile birlikte giderek daha fazla artmaktadır. Artışın nedeni, motorun daha fazla itki için kompresöre artan debide hava çekmesi ve artan itki ile birlikte sıkıştırma oranının artmasından dolayı havanın daha fazla basınçlandırılmasıdır. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.6'da gerçekleştirilmiştir.

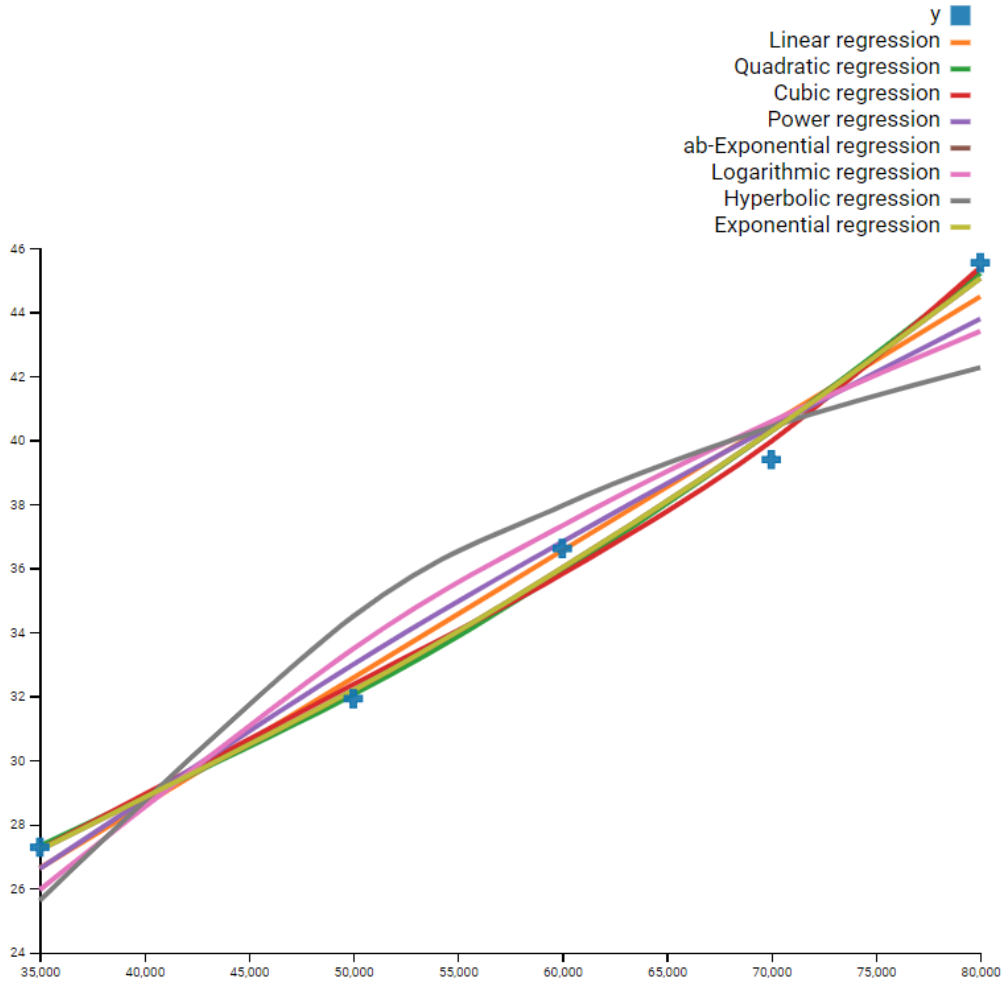
Tablo 5.6'da turbojet motorun, kompresör çıkış sıcaklık model yaklaşımı sunulmuştur. Kompresör çıkış sıcaklığı için; determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda, üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun kompresör çıkış sıcaklık modeli olarak sunulmaktadır.

Şekil 5.611'de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, türbin komponenti giriş sıcaklıklarının (GTIN) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, türbin giriş sıcaklık modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken GTIN sıcaklık, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor türbin giriş sıcaklık tahminlemesi Şekil 5.611 ve Tablo 5.7'de sunulmuştur. Türbin giriş sıcaklık davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü

dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.7).



Şekil 5.610. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT sıcaklık değişimi

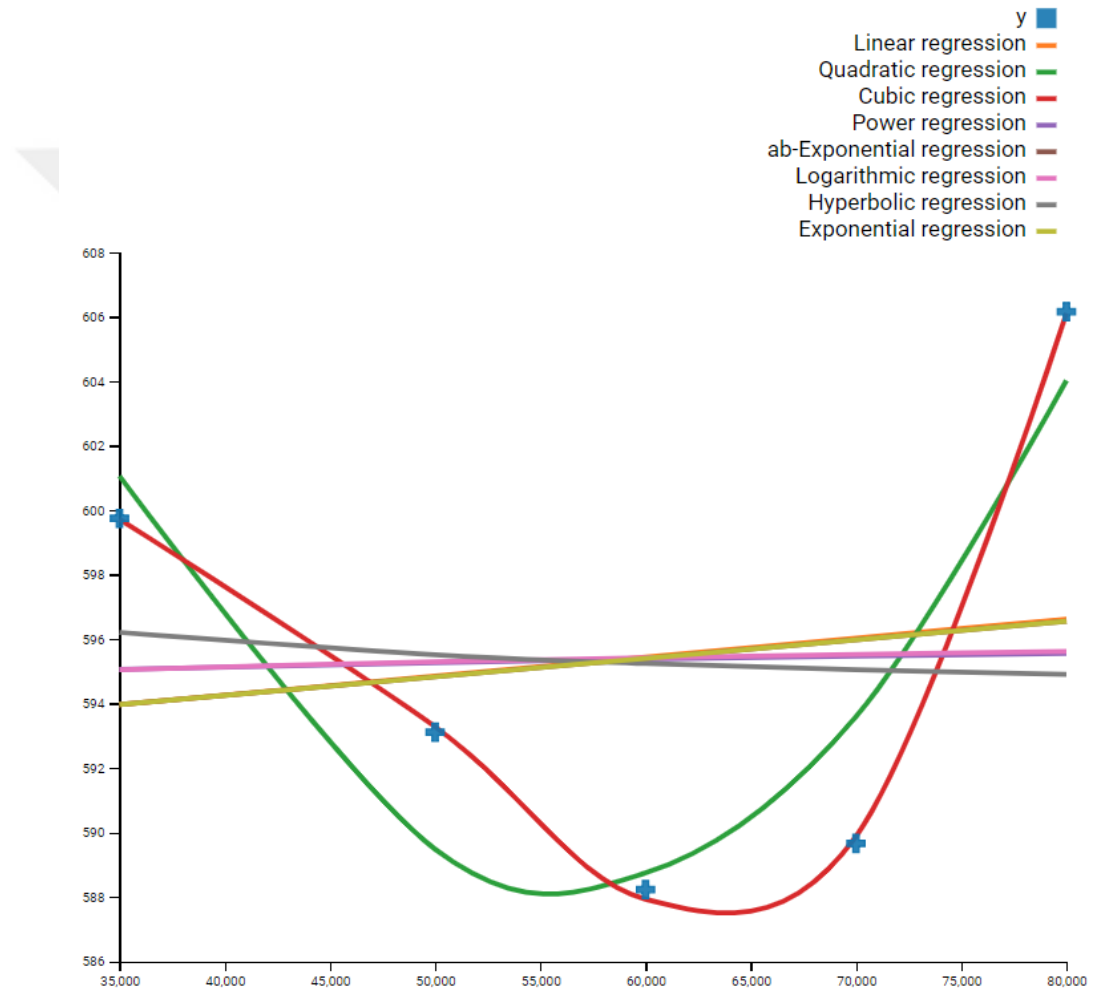
Şekil 5.611’de kerozen ile çalıştırılmış motorların türbin giriş sıcaklıklarının, 35000 rpm’den 60000 rpm’e kadar düştüğü daha sonra devir sayısı artışı ile birlikte arttığı görülmektedir. Motor ilk tahriki aldığı anda, çalışma prensibinden dolayı devir sayısı 50000 rpm’e kadar yükselir. Daha sonra stabil düzgün akış rejimine ulaşmak için 35000 rpm’e kadar devir sayısı düşer. Bu nedenle stabil rejimden başlayarak ilk tahrik aldığı rpm’e tekrar motorun devir sayısı arttırıldığında sıcaklığı bir miktar düşüş gösterir. İdle moddan yüksek itkili tam güç moduna geçtiğinde türbin giriş sıcaklığında artış başlar. Bu motor için tam itki moduna geçiş aşaması 60000 rpm’den sonra başlamaktadır. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.7’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.6. KTEST-E1/E2 RPM-ACOUT sıcaklık fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 3.9679^{-4}x + 12.73454$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.991665	0.9834	% 1.96423
İkinci Dereceden		
$y = 2.76213^{-9}x^2 + 7.98245^{-5}x + 21.146598$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99632	0.99265	% 1.13054
Üçüncü Dereceden		
$y = 9.75884^{-14}x^3 - 1.40854^{-8}x^2 + 0.00100631x + 5.0611349$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99695	0.99392	% 1.1192
Güç		
$y = 0.048758x^{0.6023245}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.98524	0.97069	% 2.55658
ab-Üstel		
$y = (18.37038)1.0000112128^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99624	0.99249	% 1.21895
Logaritmik		
$y = 18.37038 + 1.0000112128\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.972239	0.94525	% 3.88481
Hiperbolik		
$y = 55.20386 - \frac{1035528.8717116879}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.939452	0.882569	% 5.519
Üstel		
$y = e^{2.910739638+1.12127^{-5}x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.99624	0.99249	% 1.21895

Tablo 5.7’de turbojet motorun, türbin giriş sıcaklık model yaklaşımı sunulmuştur. Türbin giriş sıcaklığı için; determinasyon katsayıları göz önünde bulundurulduğunda, üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

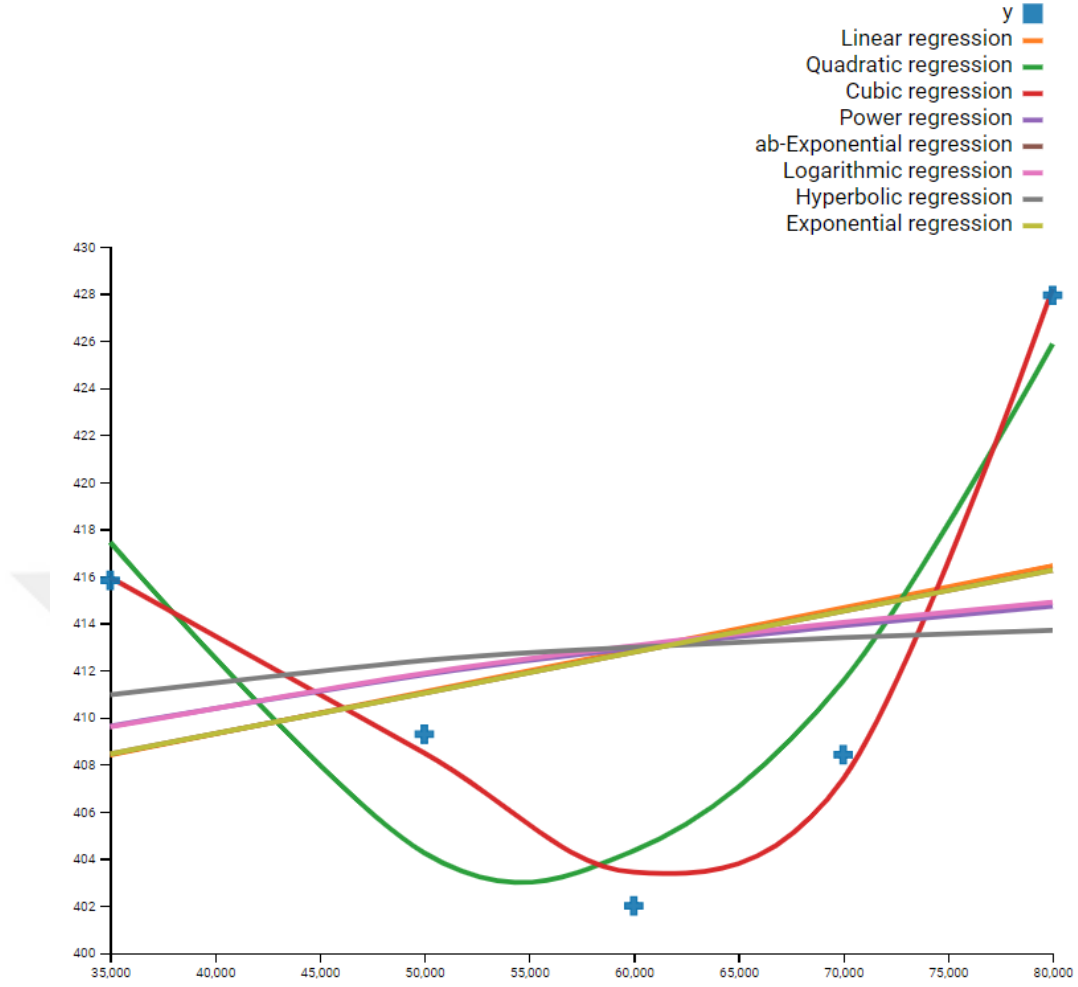
Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun türbin giriş sıcaklık modeli olarak sunulmaktadır.



Şekil 5.611. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN sıcaklık değişimi

Tablo 5.7. KTEST-E1/E2 RPM-GTIN sıcaklık fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 5.90146^{-5}x + 591.8949$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.13766	0.01895	% 1.0272
İkinci Dereceden		
$y = 2.79269^{-8}x^2 - 0.00314571669x + 676.94618$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.91824	0.843167	% 0.38747
Üçüncü Dereceden		
$y = 1.16317288^{-12}x^3 - 1.7288185^{-7}x^2 + 0.00789721315x + 485.220948$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.999625	0.99925	% 0.02581
Güç		
$y = 588.8222183x^{0.001005564}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.028527	0.00081	% 1.0191
ab-Üstel		
$y = (591.96155297)1.00000009^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.13809	0.019071	% 1.025487
Logaritmik		
$y = 591.96155297 + 1.00000009\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.029181	0.000851	% 1.0212388
Hiperbolik		
$y = 593.87927824 + \frac{81364.038648725}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.0688	0.004747	% 0.99123
Üstel		
$y = e^{6.383441+0.000000096x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağıl Hata</i>
0.13809	0.01907	% 1.02548



Şekil 5.612. KTEST-E1/E2 RPM-EGT sıcaklık değişimi

Şekil 5.612’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, türbin komponenti çıkış sıcaklıklarının (EGT) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

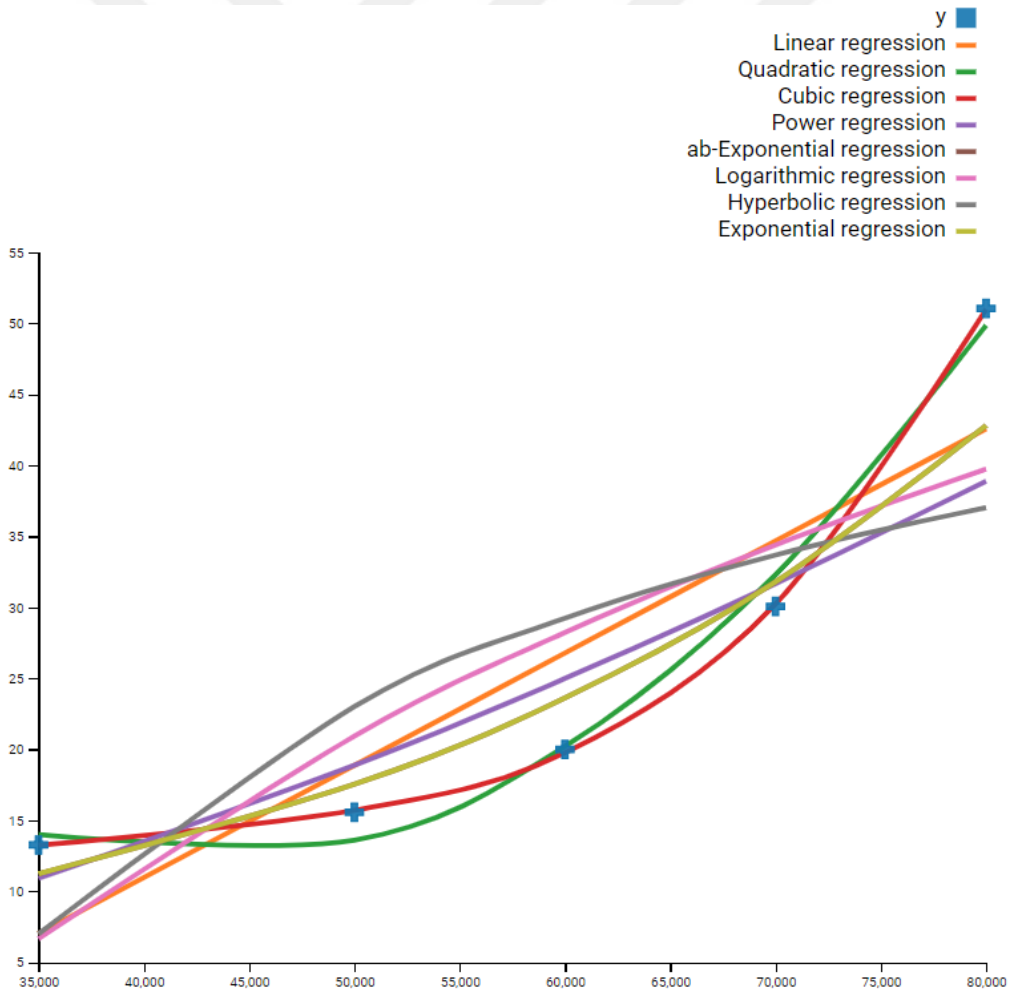
Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, türbin çıkış sıcaklık modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken EGT sıcaklık, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor türbin çıkış sıcaklık tahminlemesi Şekil 5.612 ve Tablo 5.8’de sunulmuştur. Türbin çıkış sıcaklık davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.8).

Şekil 5.612’de kerozen ile çalıştırılmış motorların türbin çıkış sıcaklıklarının, 35000 rpm’den 60000 rpm’e kadar düştüğü daha sonra devir sayısı artışı ile birlikte

arttığı görülmektedir. Türbin çıkışındaki yanma ürünlerinin sıcaklık davranışı, türbin girişindeki yanma ürünlerinin sıcaklık davranışına benzerlik göstermektedir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.8’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.8’de turbojet motorun, türbin çıkış sıcaklık model yaklaşımı sunulmuştur. Türbin çıkış sıcaklığı için; üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun türbin çıkış sıcaklık modeli olarak sunulmaktadır.



Şekil 5.613. KTEST-E1/E2 RPM-Thrust değişimi

Tablo 5.8. KTEST-E1/E2 RPM-EGT sıcaklık fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 0.000178477x + 402.154675$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.317147	0.10058	% 1.8282
İkinci Dereceden		
$y = 3.557845 \cdot 10^{-8}x^2 - 0.00390429x + 510.508562$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.936376	0.8768	% 0.69069
Üçüncü Dereceden		
$y = 1.30111277 \cdot 10^{-12}x^3 - 1.890441 \cdot 10^{-7}x^2 + 0.00844820x + 296.0467609$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.995049	0.99012	% 0.178471
Güç		
$y = 350.33211525x^{0.01494378}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.211	0.044521	% 1.8521
ab-Üstel		
$y = (402.4682226)1.00000004^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.31939	0.10201	% 1.8204
Logaritmik		
$y = 402.4682226 + 1.000000042 \ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.209889	0.04405	% 1.861
Hiperbolik		
$y = 415.816876 - \frac{170176.316242}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.10977	0.012049	% 1.8429
Üstel		
$y = e^{5.99761+0.000000421x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.31939	0.10201	% 1.8204

Şekil 5.613’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, itkilerinin (Thrust) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, itki modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken (Thrust) itki, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor itki tahminlemesi Şekil 5.613 ve Tablo 5.9’da sunulmuştur. İtki davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.9).

Şekil 5.613’de kerozen ile çalıştırılmış motorların itki değerlerinin, artan devir sayısı ile birlikte giderek artış gösterdiği görülmektedir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.9’de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.9’de turbojet motorun, itki model yaklaşımı sunulmuştur. İtki için; üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun itki modeli olarak sunulmaktadır.

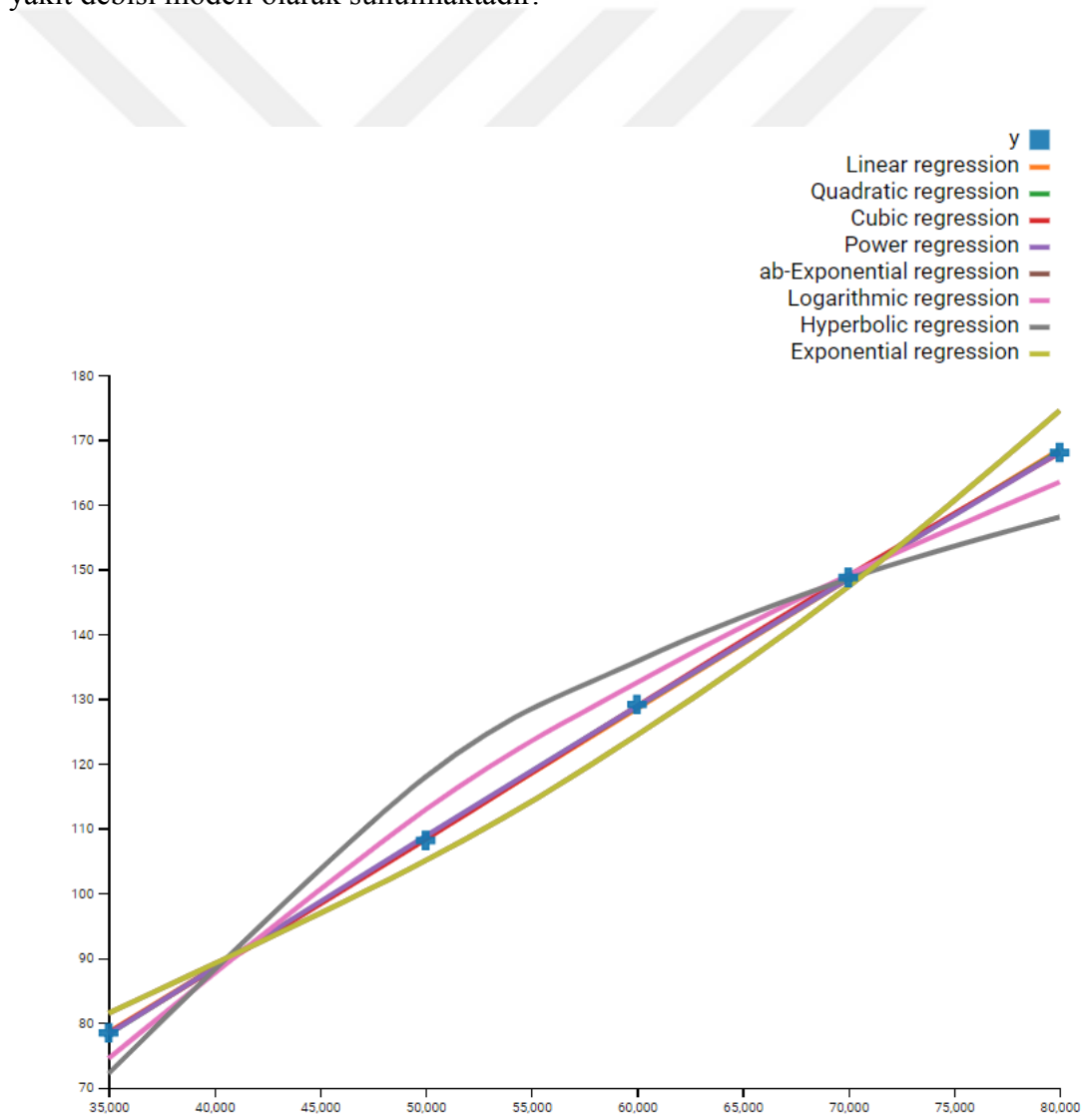
Şekil 5.614’de her iki turbojet motorun kerozen ile çalıştırılması sonucu elde edilen verilere dayalı olarak, yakıt debilerinin (FM) dakikadaki motor devir sayısı (rpm) ile değişimi görülmektedir.

Ayrıca her iki turbojet motordan da elde edilen veriler düzenlenerek, yakıt debisi modeli oluşturulmak üzere bağımlı/bağımsız değişkenler tanımlanmıştır. Bağımlı değişken (FM) yakıt debisi, bağımsız değişken motorun dakikadaki devir sayısıdır. Böylelikle turbojet motor yakıt debisi tahminlemesi Şekil 5.614 ve Tablo 5.10’da sunulmuştur. Yakıt debisi davranışı doğrusal, ikinci dereceden, üçüncü dereceden, güç, ab-üstel, logaritmik, hiperbolik ve üstel modeller kullanılarak tahminlenmiştir (Tablo 5.10).

Şekil 5.614’de kerozen ile çalıştırılmış motorların yakıt debilerinin, artan devir sayısı ile birlikte giderek artış gösterdiği görülmektedir. Bu gözlemin doğruluğu, ayrıca teorik olarak fonksiyon yaklaşım hesabı ile Tablo 5.10’da gerçekleştirilmiştir.

Tablo 5.10’da turbojet motorun, yakıt debisi model yaklaşımı sunulmuştur. Yakıt debisi için; üçüncü dereceden yaklaşım en yüksek katsayıya sahiptir. Aynı zamanda üçüncü dereceden yaklaşım, ortalama bağıl hata değeri en düşük olan yaklaşımdır.

Korelasyon, determinasyon katsayıları ve ortalama bağıl hata kriterleri temel alındığında, oluşturulan modellerden üçüncü derece fonksiyon modeli turbojet motorun yakıt debisi modeli olarak sunulmaktadır.



Şekil 5.614. KTEST-E1/E2 RPM-FM değişimi

Tablo 5.9. KTEST-E1/E2 RPM-Thrust fonksiyon yaklaşımı

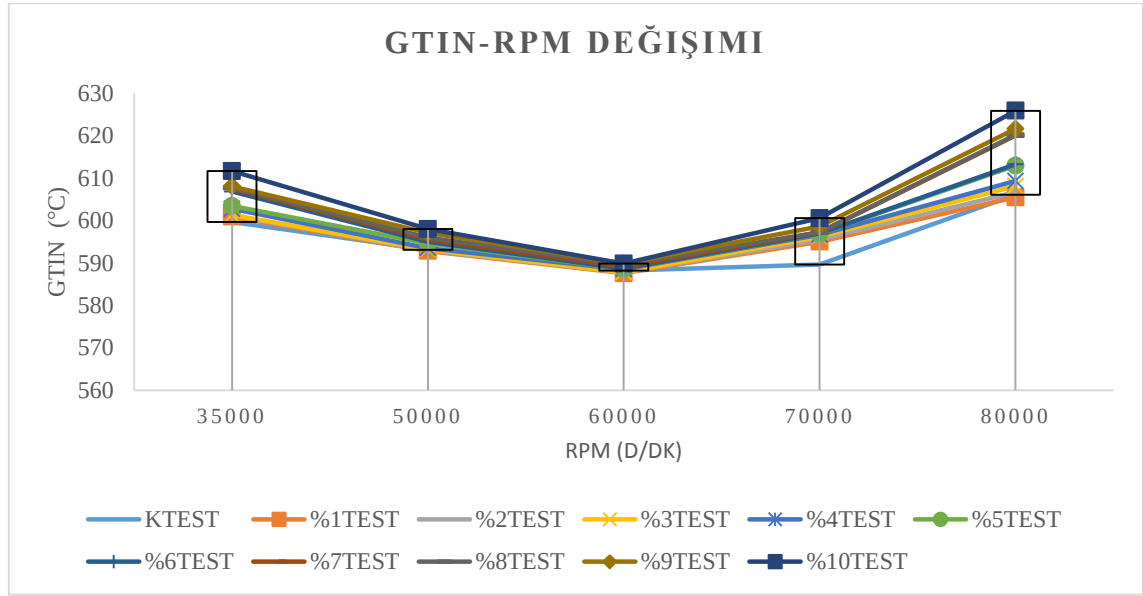
Doğrusal		
$y = 0.00079015x - 20.642718$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.89518	0.801356	% 26.839
İkinci Dereceden		
$y = 2.740813^{-8}x^2 - 0.00235504x + 62.828537$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.99428	0.9886	% 5.779
Üçüncü Dereceden		
$y = 6.43847^{-13}x^3 - 8.374488^{-8}x^2 + 0.0037575x - 43.29649$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.9999	0.9998	% 0.5787
Güç		
$y = 0.00000111869112289487x^{1.53799}$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.893449	0.79825	% 18.626
ab-Üstel		
$y = (3.96471759)1.000029737^x$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.95034	0.90315	% 13.608
Logaritmik		
$y = 3.96471759 + 1.000029737\ln x$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.83569	0.69838	% 32.40
Hiperbolik		
$y = 60.35041 - \frac{1867683.4707666}{x}$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.76809	0.5899	% 36.16
Üstel		
$y = e^{1.3774346+0.00002973x}$		
Korelasyon Katsayısı	Determinasyon Katsayısı	Ortalama Bağıl Hata
0.95034	0.903155	% 13.608

Tablo 5.10. KTEST-E1/E2 RPM-FM fonksiyon yaklaşımı

Doğrusal		
$y = 0.001998x + 8.563363$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9999	0.9998	% 0.2793
İkinci Dereceden		
$y = -1.0318376^{-9}x^2 + 0.0021168x + 5.4209107$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9999	0.9998	% 0.25167
Üçüncü Dereceden		
$y = -1.23172^{-13}x^3 + 2.023249^{-8}x^2 + 0.00094746x + 25.7233627$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9999	0.9999	% 0.11978
Güç		
$y = 0.00490516617x^{0.9248719}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9999	0.9998	% 0.2574
ab-Üstel		
$y = (45.0476574)1.00001692^x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9912	0.98249	% 3.0459
Logaritmik		
$y = 45.0476574 + 1.00001692\ln x$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.99275	0.98556	% 2.9962
Hiperbolik		
$y = 224.850097 - \frac{5345321.3060159}{x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.97086	0.94257	% 5.6712
Üstel		
$y = e^{3.8077209+0.000016926243x}$		
<i>Korelasyon Katsayısı</i>	<i>Determinasyon Katsayısı</i>	<i>Ortalama Bağlı Hata</i>
0.9912	0.98249	% 3.04595

5.2.2. %TEST–motor performans sonuçları

Şekil 5.615’de turbojet motor test standında yapılmış olan tüm testlerdeki (KTEST, %1TEST, %2TEST, %3TEST, %4TEST, %5TEST, %6TEST, %7TEST, %8TEST, %9TEST, %10TEST) türbin komponenti giriş sıcaklığının (GTIN), turbojet motor devir sayısı (35000, 50000, 60000, 70000, 80000) ile değişimi görülmektedir.



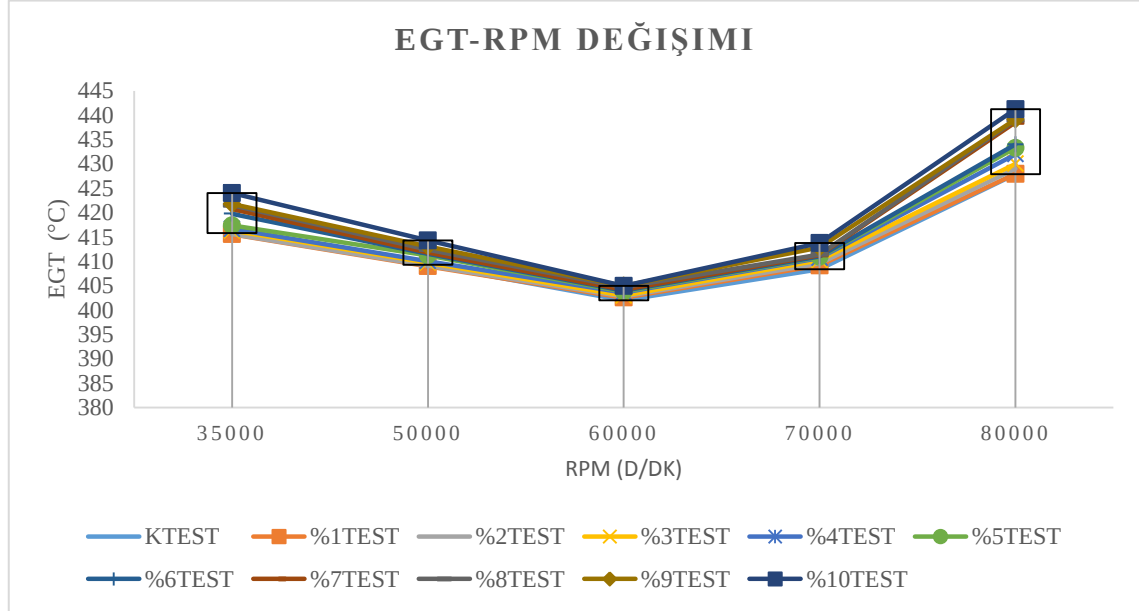
Şekil 5.615. Değişen devir sayılarında türbin giriş sıcaklığı değişimi

Tüm devirlerde türbin giriş sıcaklığı, artan alternatif yakıt miktarı ile artmaktadır. 80000 rpm’de alternatif yakıt miktarı artışı ile gerçekleşen türbin giriş sıcaklığı artışı diğer devir sayılarına göre daha fazladır. En az artış 60000 rpm’de gerçekleşmiştir.

Her devirdeki türbin giriş sıcaklığının geleneksel yakıtı göre, alternatif yakıt miktarı ile artmasının nedeni yakıtın içerisinde bor ve oksijen bulunmasıdır (Martel, 1987). Geleneksel yakıtta oksijen içeriğinin olmaması yanmaya bağlı olarak türbin giriş sıcaklığının, içerisinde bor ve oksijen içeren alternatif yakıtı göre düşük olmasını sağlamaktadır.

35000 rpm’den 60000 rpm’e kadar türbin giriş sıcaklığı artışının, alternatif yakıt miktarı artışı ile azalmasının nedeni test standında kullanılan turbojet motorların çalışma prensibinde yatmaktadır. İlk tahrikte 50000 rpm’den 35000 rpm rölanti moduna geçen test standı turbojet motorları stabil düzgün akış rejimine ulaşır. Tam itki moduna

geçiş 60000 rpm'den sonra başlamaktadır. Bu nedenle artan itki ve yakıt debisi miktarı ile birlikte türbin giriş sıcaklığı, geleneksel yakıt katılan alternatif yakıt miktarının artışı ile testlerin yapıldığı son devir sayısı olan 80000 rpm'de en yüksek artış değerine ulaşır. 80000 rpm'de türbin giriş sıcaklığı en yüksek değerine ulaşmaktadır.



Şekil 5.616. Değişen devir sayılarında türbin çıkış sıcaklığı değişimi

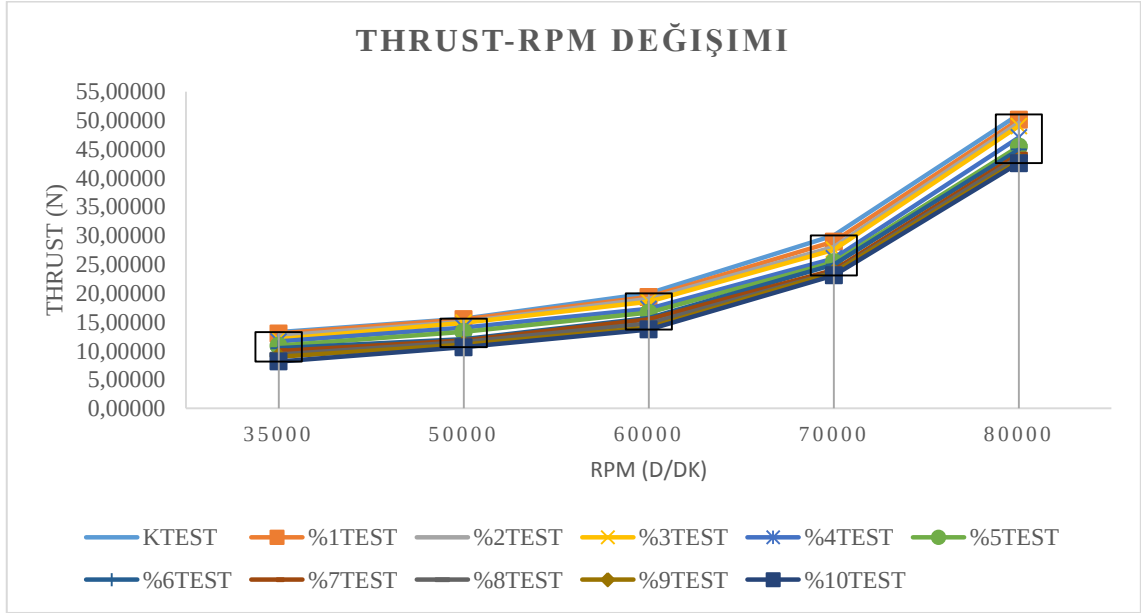
Şekil 5.616'de turbojet motor test standında yapılmış olan tüm testlerdeki (KTEST, %1TEST, %2TEST, %3TEST, %4TEST, %5TEST, %6TEST, %7TEST, %8TEST, %9TEST, %10TEST) türbin komponenti çıkış sıcaklığının (EGT), turbojet motor devir sayısı (35000, 50000, 60000, 70000, 80000) ile değişimi görülmektedir.

Türbin giriş sıcaklığına benzer bir davranışı türbin çıkış sıcaklığı da göstermektedir. Aynı devir için alternatif yakıt miktarı artışı türbin çıkış sıcaklığını arttırmaktadır. En yüksek artış 80000 rpm'de %10 alternatif yakıt karışımında görülmektedir. En az artış ise 60000 rpm'de meydana gelmiştir.

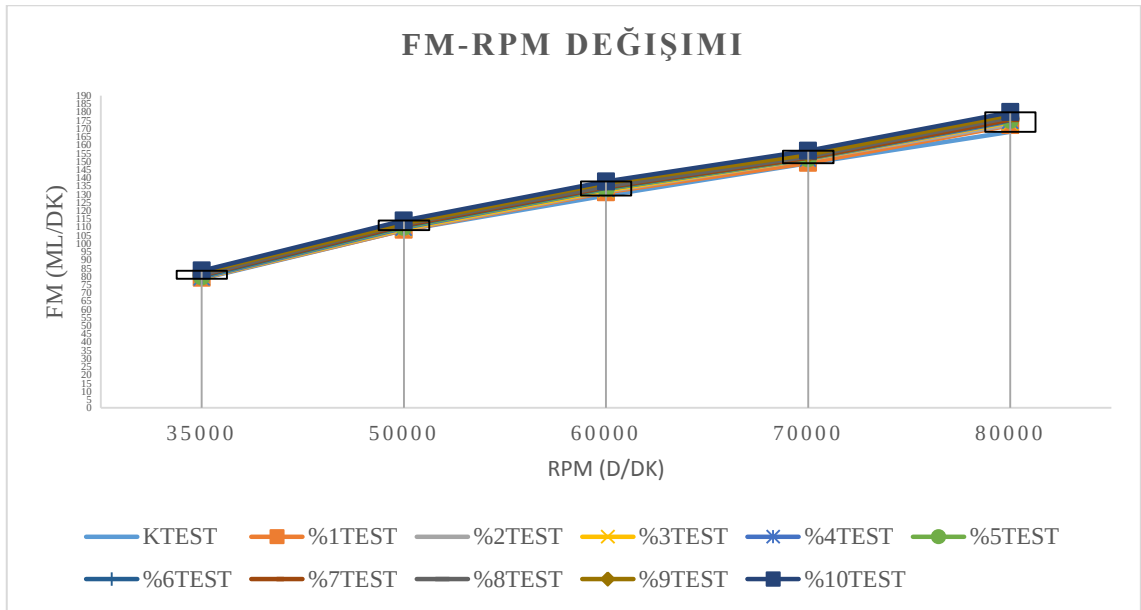
Şekil 5.617'de turbojet motor test standında yapılmış olan tüm testlerdeki (KTEST, %1TEST, %2TEST, %3TEST, %4TEST, %5TEST, %6TEST, %7TEST, %8TEST, %9TEST, %10TEST) itkilerin (Thrust), turbojet motor devir sayısı (35000, 50000, 60000, 70000, 80000) ile değişimi görülmektedir.

Motorların devir sayısı arttıkça itki değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Artış, 60000 rpm'den sonra, 60000 rpm öncesine göre daha fazla olmaktadır. Geleneksel yakıt

içerisindeki alternatif yakıt miktarı arttıkça, aynı rpm değerinde, itkinin azaldığı görülmektedir. En fazla itki azalma oranı 80000 rpm’de meydana gelmiştir. Sadece motorun itki değeri göz önünde bulundurulduğunda alternatif yakıtın %4’e kadar karıştırılması, küçük ölçekli turbojet motor kullanılan insansız hava araçları için uygun olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5.617. Değişen devir sayılarında itkilerin değişimi



Şekil 5.618. Değişen devir sayılarında yakıt debilerinin değişimi

Şekil 5.618’de turbojet motor test standında yapılmış olan tüm testlerdeki (KTEST, %1TEST, %2TEST, %3TEST, %4TEST, %5TEST, %6TEST, %7TEST, %8TEST, %9TEST, %10TEST) yakıt debilerinin (FM), turbojet motor devir sayısı (35000, 50000, 60000, 70000, 80000) ile değişimi görülmektedir.

Motorların devir sayısı arttıkça yakıt sarfıyatı miktarının arttığı gözlemlenmiştir. En düşük yakıt sarfıyatı motorun geleneksel yakıt ile çalıştırıldığı KTEST’inde gerçekleşmiştir. En yüksek yakıt sarfıyatı ise %10 alternatif yakıt karışımının olduğu %10TEST’de gerçekleşmiştir. Alternatif yakıt miktarı arttıkça yakıt sarfıyat miktarı artmakta ve motorun devir sayısı artışı ile birlikte yakıt sarfıyat miktarı daha fazla artmaktadır.

Doktora tezi kapsamında turbojet motor performans verilerini elde etmek için tasarlanan test standından elde edilen veriler, turbojet motor test standı üzerinde testleri gerçekleştirilen küçük ölçekli turbojet motorlarda kullanılacak olan geleneksel yakıt (kerozen), %4’e kadar alternatif yakıt (triethyl borate - tribenzyl borate) karıştırılabileceğini göstermektedir. %4’e kadar olan alternatif yakıt karışımı, küçük ölçekli turbojet motorun kompresör, yanma odası ve türbin parametrelerinde ayrıca yakıt debisi ve itkisinde gözardı edilebilecek kadar farklılık göstermektedir. %10 alternatif yakıt karışımı, tüm motor performans kriterlerinde %5’e kadar farklılık göstermektedir. Görev şartı gözlem ve benzeri olan İHA’lar için tez kapsamında kullanılan bor içerikli alternatif yakıt herhangi bir ek ekipman istemeden direkt olarak kullanılabilir.

KAYNAKÇA

- Airbus (2009), “The Global Market Forecast 2009-2028”.
https://www.faa.gov/news/conferences_events/aviation_forecast_2010/agenda/media/CF%20Oliver%20Von%20Tronchin.pdf (Erişim tarihi: 10.11.2018)
- Anderson, B. E., Beyersdorf, A. J., Hudgins, C. H., Plant, J. V., Thornhill, K. L., Winstead, E. L., Ziemba, L.D., Howard, R., Corporan, E., Miake-Lye, R.C. and Herndon, S.C. (2011). Alternative aviation fuel experiment (AAFEX).
- Bann, S. J., Malina, R., Staples, M. D., Suresh, P., Pearlson, M., Tyner, W. E., Hileman, J.I. and Barrett, S. (2017). The costs of production of alternative jet fuel: a harmonized stochastic assessment. *Bioresource technology*, 227, 179-187.
- Benedet, J. (2012). Low and zero SAPS antiwear additives for engine oils. Doctor of Philosophy and the Diploma of Imperial College. London: Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine.
- Beyon, J. Y. (2000). LabVIEW programming, data acquisition and analysis. Prentice Hall PTR.
- Blakey, S., Rye, L. and Wilson, C. W. (2011). Aviation gas turbine alternative fuels: A review. *Proceedings of the combustion institute*, 33(2), 2863-2885.
- Blakey, S., Rye, L. and Wilson, C.W., 2011. Aviation gas turbine alternative fuels: A review. *Proceedings of the combustion institute*, 33(2), pp.2863-2885.
- Bulzan, D., Anderson, B., Wey, C., Howard, R., Winstead, E., Beyersdorf, A., Corporan, E., DeWitt, M.J., Klingshirn, C., Herndon, S. and Miake-Lye, R. (2010, October). Gaseous and particulate emissions results of the NASA alternative aviation fuel experiment (AAFEX). In *ASME Turbo Expo 2010: Power for Land, Sea, and Air* (pp. 1195-1207). American Society of Mechanical Engineers.
- Chuck, C. J. and Donnelly, J. (2014). The compatibility of potential bioderived fuels with Jet A-1 aviation kerosene. *Applied Energy*, 118, 83-91.
- Cleveland, C. J. and Morris, C. G. (2013). *Handbook of energy: chronologies, top ten lists, and word clouds*. Elsevier.
- Contreras, A., Yiğit, S., Özay, K., and Veziroğlu, T. N. (1997). Hydrogen as aviation fuel: a comparison with hydrocarbon fuels. *International Journal of Hydrogen Energy*, 22(10-11), 1053-1060.

- Daggett, D., Hendricks, R. and Walther, R. (2006). Alternative fuels and their potential impact on aviation.
- Dincer, I. (2002), "The role of exergy in energy policy making," *Energy policy*, 30 (2), 137-149.
- EADS-Innovation Works (2010). First flights worldwide with pure biofuel from algae.
- Edwards, T. and Maurice, L. Q. (2001). Surrogate mixtures to represent complex aviation and rocket fuels. *Journal of Propulsion and Power*, 17(2), 461-466.
- Edwards, T., Moses, C. and Dryer, F. (2010, July). Evaluation of combustion performance of alternative aviation fuels. In 46th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit (p. 7155).
- EPA: United States Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/otaq/fuels/alternative-renewablefuels/> (Erişim tarihi: 05.07.2017)
- European Aviation Environmental Report (2016), <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/european-aviation-environmental-report-2016-72dpi.pdf> (Erişim tarihi: 10.11.2018)
- European Commission, (2013 Update). 2 million tons per year: A performing biofuels supply chain for EU aviation, Report, EU.
- French, K. (2003, June). Recycled fuel performance in the SR 30 gas turbine. In 2003 Annual Conference (pp. 8-977).
- Gutiérrez-Antonio, C., Gómez-Castro, F. I., de Lira-Flores, J. A. and Hernández, S. (2017). A review on the production processes of renewable jet fuel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 709-729.
- Habib, Z., Parthasarathy, R. and Gollahalli, S. (2010). Performance and emission characteristics of biofuel in a small-scale gas turbine engine. *Applied Energy*, 87(5), 1701-1709.
- Hileman, J., Wong, H. M., Ortiz, D., Brown, N., Maurice, L. and Rumizen, M. (2008, September). The feasibility and potential environmental benefits of alternative fuels for commercial aviation. In *Proceedings of the 26th International Congress of the Aeronautical Sciences* (pp. 5-8).
- Hui, X., Kumar, K., Sung, C. J., Edwards, T. and Gardner, D. (2012). Experimental studies on the combustion characteristics of alternative jet fuels. *Fuel*, 98, 176-182.

- Kalkman, C. J. (1995). LabVIEW: a software system for data acquisition, data analysis, and instrument control. *Journal of clinical monitoring*, 11(1), 51-58.
- Karabektaş, M. and Ergen, G. (2007). Soya yağı metil esterinin motor performans karakteristikleri ve NO_x emisyonları üzerindeki etkisinin incelenmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 21-26.
- Khalil, A. E., & Gupta, A. K. (2013). Fuel flexible distributed combustion for efficient and clean gas turbine engines. *Applied Energy*, 109, 267-274.
- Kim, D., Martz, J., Abdul-Nour, A., Yu, X., Jansons, M. and Violi, A. (2017). A six-component surrogate for emulating the physical and chemical characteristics of conventional and alternative jet fuels and their blends. *Combustion and Flame*, 179, 86-94.
- Korres, D. M., Karonis, D., Lois, E., Linck, M. B. and Gupta, A. K. (2008). Aviation fuel JP-5 and biodiesel on a diesel engine. *Fuel*, 87(1), 70-78.
- Krishna, C. R. (2007). Performance of the capstone C30 microturbine on biodiesel blends. Brookhaven National Laboratory.
- Lupandin, V., Thamburaj, R., and Nikolayev, A. (2005, January). Test results of the OGT2500 gas turbine engine running on alternative fuels: biooil, ethanol, biodiesel and crude oil. In *ASME Turbo Expo 2005: Power for Land, Sea, and Air* (pp. 421-426). American Society of Mechanical Engineers.
- Mahashabde, A., Wolfe, P., Ashok, A., Dorbian, C., He, Q., Fan, A., Lukachko, S., Mozdzanowska, A., Wollersheim, C., Barrett, S.R.H., Locke, M. and Waitz, I.A. (2011), "Assessing the environmental impacts of aircraft noise and emissions," *Progress in Aerospace Sciences*, 47 (1), 15-52.
- Marsh, G. (2008). Biofuels: aviation alternative?. *Renewable Energy Focus*, 9(4), 48-51.
- Martel, C. R. (1987). *Military Jet Fuels, 1944-1987*. AIR FORCE WRIGHT AERONAUTICAL LABS WRIGHT-PATTERSON AFB OH.
- Maurice, L. Q., Lander, H., Edwards, T. and Harrison Iii, W. E. (2001). Advanced aviation fuels: a look ahead via a historical perspective. *Fuel*, 80(5), 747-756.
- Mendez, C. J., Parthasarathy, R. N., & Gollahalli, S. R. (2014). Performance and emission characteristics of butanol/Jet A blends in a gas turbine engine. *Applied Energy*, 118, 135-140.
- Mihura, B. (2001). *LabVIEW for data acquisition*. Pearson Education.
- NI, National Instruments, <http://www.ni.com> (Erişim tarihi: 04.01.2019)

- Nygren, E., Aleklett, K. and Höök, M. (2009). Aviation fuel and future oil production scenarios. *Energy Policy*, 37(10), 4003-4010.
- Penner, J. E., and Lister, D. H. (1999). DJ (J riggs, DJ Dokken, and M. McFarland (Eds.), *Aviation and the Global Atmosphere*, 373 pp.
- Rehman, A., Phalke, D. R., and Pandey, R. (2011). Alternative fuel for gas turbine: Esterified jatropha oil–diesel blend. *Renewable energy*, 36(10), 2635-2640.
- Rye, L., Blakey, S. and Wilson, C. W. (2010). Sustainability of supply or the planet: a review of potential drop-in alternative aviation fuels. *Energy & Environmental Science*, 3(1), 17-27.
- Su, Y., Zhang, P. and Su, Y. (2015). An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 991-1003.
- Sugözü, D., Aksoy, F. and Baydır, A. (2009). The effects on engine performance and emissions usage of the sunflower methyl ester at a diesel engine. *Elec. J. Machine Technol*, 6, 49-56.
- Tan, E. I. H., and Liou, W. W. (2011). Microgas turbine engine characteristics using biofuel. *The Hilltop Review*, 5(1), 6.
- Trivedi, P., Olcay, H., Staples, M. D., Withers, M. R., Malina, R. and Barrett, S. R. (2015). Energy return on investment for alternative jet fuels. *Applied Energy*, 141, 167-174.
- U.S. Department of Energy, Energy Efficiency & Renewable Energy, <http://www.afdc.energy.gov/fuels/> (Erişim tarihi: 05.07.2017)
- Ünsaçar, F. and Eşme, E. (2009). Grafik programlama dili LabVIEW. Seçkin Yayıncılık.
- Wang, W. C. and Tao, L. (2016). Bio-jet fuel conversion technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 801-822.
- Wohlfarth, C., Wohlfarth, B., Landolt, H. and Börnstein, R. (2001). *Viscosity of pure organic liquids and binary liquid mixtures*. Berlin: Springer.
- Won, S. H., Veloo, P. S., Dooley, S., Santner, J., Haas, F. M., Ju, Y. and Dryer, F. L. (2016). Predicting the global combustion behaviors of petroleum-derived and alternative jet fuels by simple fuel property measurements. *Fuel*, 168, 34-46.
- Yücesu, H. S., Altın, R. and Çetinkaya, S. (2001). Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının deneysel incelenmesi. *Turk J. Engin. Environ. Sci*, 25, 39-49.

Zhang, C., Hui, X., Lin, Y. and Sung, C. J. (2016). Recent development in studies of alternative jet fuel combustion: Progress, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 120-138.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Selçuk Ekici
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Eskişehir, 1983
E-Posta : selcukekici@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2008, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makina Mühendisliği
- 2010, Önaysan A.Ş.
- 2010, Mercedes Hases Zimag A.Ş.
- 2012, Uşak Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği, Araştırma Görevlisi
- 2012, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği, Enerji-Termodinamik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans
- 2013, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı, Yüksek Lisans
- 2014, Dicle Üniversitesi (ÖYP), Anadolu Üniversitesi (50/D), Araştırma Görevlisi
- 2015, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uçak Gövde Motor Bakım Anabilim Dalı, Doktora

Projede Yaptığı Görevler:

- Turbojet Test Düzeneği, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı (2016 tamamlandı, Proje Sahibi)
- Uşak University Journal of Material Science hazırlanması, yayına çıkarılışı (TAMAMLANDI), (2012, Araştırmacı)

- İş Jetlerinde Kullanılan Bir Turboprop Motorun Deney Düzenekinin Kurularak Performans Modelinin Oluşturulması " Anadolu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, 1303F054 no, Hizmet Alımı (Araştırmacı)
- Mini Turbojet / Turboprop Motorun Performans Parametrelerinin Edinimi, Anadolu Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, no: 1407F357, Yüksek Lisans Tez Projesi.
- Alternatif Yakıt Kullanımının Turboprop Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi, no: 1707F452, Doktora Tez Projesi.

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Ekici, S., Orhan, İ., Karakoc, T.H., Hepbasli, A. (2019). Milestone of Greening the Flight Path: Alternative Fuels. Sustainable Aviation: Greening the Flight Path, Book Chapter (*In press*).
- Ekici, S., Orhan, İ., Şöhret, Y., Altuntas, O. and Karakoc, T.H. (2019). Endogenous and Exogenous Exergy Destruction Calculations for an Experimental Turbojet Engine. International Journal of Turbo and Jet Engine (*In press*).
- Şöhret, Y., Ekici, S., Altuntas, O. and Karakoc, T. H. (2019). LCA of the maintenance of a piston-prop engine. Aircraft Engineering and Aerospace Technology.
- Şöhret, Y., Ekici, S. and Karakoc, T. H. (2018). Using exergy for performance evaluation of a conceptual ramjet engine burning hydrogen fuel. International Journal of Hydrogen Energy, 43(23), 10842-10847.
- Ekici, S., Sohret, Y., Coban, K., Altuntas, O. and Karakoc, T. H. (2018). Sustainability metrics of a small scale turbojet engine. International Journal of Turbo & Jet-Engines, 35(2), 113-119.
- Ekici, S., Sohret, Y., Coban, K., Altuntas, O. and Karakoc, T. H. (2017). Performance evaluation of an experimental turbojet engine. International Journal of Turbo & Jet-Engines, 34(4), 365-375.

- Şöhret, Y., Ekici, S., Altuntaş, Ö., Hepbasli, A. and Karakoç, T. H. (2016). Exergy as a useful tool for the performance assessment of aircraft gas turbine engines: a key review. Progress in Aerospace Sciences, 83, 57-69.
- Ekici, S., Altuntas, O., Açikkalp, E., Sogut, M. Z. and Karakoc, T. H. (2016). Assessment of thermodynamic performance and exergetic sustainability of turboprop engine using mixture of kerosene and methanol. International Journal of Exergy, 19(3), 295-314.
- Altuntas, O., Selcuk, E., Yalin, G. and Karakoc, T. H. (2014). Comparison of Auxiliary Power Unit (APU) and Ground Power Unit (GPU) with Life Cycle Analysis in Ground Operations: A Case Study for Domestic Flight in Turkey. Applied Mechanics and Materials, 629, 219.
- Ekici, S., Yalin, G., Altuntas, O. and Karakoc, T. H. (2013). Calculation of HC, CO and NOx from civil aviation in Turkey in 2012. International Journal of Environment and Pollution, 53(3-4), 232-244.

Ödüller:

- TÜBİTAK Yayın teşvik ödülleri.
- Anadolu Üniversitesi Yayın teşvik ödülleri
- Akademik teşvik ödülleri