

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ DİESEL MAKİNELERİNDE YANMA ODASI
ELEMANLARININ YAKIT EKONOMİSİNE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Cengiz EKREN

Anabilim Dalı: GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

Program: GEMİ MAKİNELERİ İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ

MAYIS 2004

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GEMİ DİESEL MAKİNELERİNDE YANMA ODASI
ELEMANLARININ YAKIT EKONOMİSİNE
ETKİLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet Cengiz EKREN
(512011007)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 26 Nisan 2004
Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Mayıs 2004**

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman Kamil SAĞ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Süreyya ÖNEY

Prof. Dr. Ahmet BAYÜLKEN

MAYIS 2004

ÖNSÖZ

Ge mi dizel makinelerinde yanma olayına ilişkin yanmanın nitelikleri ve etkisini inceleyen yayınlarda yakıt ekonomisine ilişkin nicelik olarak çok fazla bir bilgi bulama m nedeniyle bu çalışmayı yapmaya karar verdim. Böylelikle dizel makine elemanlarındaki aşınmaların yakıt ekonomisini olumsuz yönde etkilediği bilgisine ulaşan tüm ge mi makineleri ilgililerine bu olumsuzluğun ne miktarda olduğunu da teori de de olsa sunabil me fırsatını yakaladığı na inanıyorum.

Öncelikle , yoğun temposu içerisinde fakültemize si mül atör i nkam nı kazandıran dekanımız ve aynı zamanda tez danışmanım Prof. Dr. Osman Kamil SAĞ ‘ a bu i nkam yarat mış ol ması nedeni ile sonsuz saygı ve teşekkürleri ni ilet mek istiyorum. Bu binada bilimsel çalışma yapan ilklere den biri ol manın gururunu yaşıyorum. Sağol hocam.

Çalışma m esnasında benden yardım nı hiç esirge meyen sevgili kardeşi m A Atıl TALAY ‘ a dostluğu ve desteği için teşekkür ediyorum.

Ve eşi m. Yonca EKREN.. Seni Seviyorum.. Desteği n ol masaydı asla bit mezdi.

Işıktut nası temennisi ile.

Mayıs 2004

MCengiz EKREN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	xviii
SUMMARY	xi x
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı.....	1
2. DİZEL MAKİNELERDE YANMA	4
2.1. Dizel Makinelerde Yanma Süreci.....	4
2.2. Yanmanın Evreleri.....	4
2.3. Art Yanma Evresi.....	8
2.4. Tutuşma Gecikmesi	9
2.5. Silindirdaki Hava Hareketi.....	12
2.6. Yakıt Enjeksiyonu (Püskürtme).....	13
2.7. Yakıtın Buharlaşması.....	15
3. DENEYLERDE KULLANILAN SİSTEM VE YÖNTEMLER	17
3.1. Makine Dairesi Şemata örneği.....	17
3.2. Kullanılan Yöntem.....	18
4. DENEY SONUÇLARI	21
4.1. Enjektör Nozul u Aşınmalarının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	21
4.2. Enjektör Nozulunda Depozit Oluşumunun Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	22
4.3. Enjektör Nozul Açma Basıncındaki Düşmenin Yakıt Ekonomisine Etkileri	23
4.4. Enjektör Nozul Açma Basıncındaki Yükselmelerin Yakıt Ekon. Etkileri.....	24
4.5. Piston Segman Tutuşmasının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	25
4.6. Piston Tacı Aşınmalarının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	26
4.7. Piston Tacında Depozit Birikiminin Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	27
4.8. Egzoz Valfi Kaçırmasının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	28
4.9. Egzoz Valfinin Erken Açılmasının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	29
4.10. Egzoz Valfinin Geç Açılmasının Yakıt Ekonomisine Etkileri.....	30
4.11. Emme Hava Portunda Depozit Birikiminin Yakıt Ekonomisine Etkileri	31

5. TARTIŞ MA	32
KAYNAKLAR	38
EKLER	39
ÖZGEÇ MİŞ	159

KI SALT MALAR

ef. knp. or.	: E f e k t i f k o m p r e s y o n o r a n
GÜÇ ef.	: E f e k t i f g ü ç
GÜÇ end	: E n d i k e g ü ç
MP ef	: E f e k t i f o r t a l a m a b a s ı n ç
MP end	: E n d i k e o r t a l a m a b a s ı n ç
özg ykt. hrc.	: Ö z g ü l y a k ı t h a r c a m
P ko np	: K o m p r e s y o n b a s ı n c ı
P max	: M a k s i m u m b a s ı n ç
P t ut	: T u t u ş m a b a s ı n c ı
Q egz	: E g z o z g a z ı n a t r a n s f e r o l a r a k k a y b e d i l e n ısı
Q su	: S o ğ u t m a s u y u n a t r a n s f e r o l a r a k k a y b e d i l e n ısı
Q yağ	: Y a ğ l a m a y a ğ ı n a t r a n s f e r o l a r a k k a y b e d i l e n ısı
T eg çı k	: E g z o z ç ı k ı ş o r t a l a m a s ı c a k l ı ğ
T eg s n s.	: S l i n d i r e g z o z s ı c a k l ı ğ
T kv. nt	: K a v e r n e t a l s ı c a k l ı ğ
T p i s. o r t.	: P i s t o n n e t a l s ı c a k l ı ğ
T L a l t	: L a y n e r a l t k ı s ı m s ı c a k l ı ğ
T L ü s t	: L a y n e r ü s t k ı s ı m s ı c a k l ı ğ
T ko np	: K o m p r e s y o n s ı c a k l ı ğ
t ut g e c.	: T u t u ş m a g e c i k m e s i
top ykt. hrc.	: T o p l a m y a k ı t h a r c a m
Z p max	: M a k s i m u m b a s ı n ç z a m a n
Z t ut	: T u t u ş m a b a ş l a n ğ ı ç z a m a n

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Tablo 3.1 : SULZER RTA84C dizel makineye ait teknik bilgi	18
Tablo 3.2 : Kabul edilen alarmlar limitleri	19
Tablo 5.1 : Arıza modeline bağlı yakıt tüketimindeki değişim oranları.	34
Tablo 5.2 : Arızaların silindirdışına ısı transferine etki oranları.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 2.1 : Silindirdaki yanma sürecine etki eden faktörler.....	5
Şekil 2.2 : Dizel motorda yanmanın evreleri.....	6
Şekil 2.3 : Gerçek indikatör diyagram.....	7
Şekil 2.4 : Art yanma evresi.....	8
Şekil 2.5 : Hava sıcaklığı ve yoğunluğunun tutuşma gecikmesine etkisi....	11
Şekil 2.6 : Hava hareketlerinin yakıt deñet penetrasyonuna etkisi.....	13
Şekil 3.1 : Makine dairesi şemâatöründe 1 nolu silindir görüntüsü.....	17
Yanma Odası Elemanlarının Silindir Otalama Basıncına Etkileri	
Şekil A.1 : Enjektör nozul u aşınması nın etkisi.....	39
Şekil A.2 : Enjektör nozul unda tıkanma nın etkisi.....	39
Şekil A.3 : Enjektör nozul açma basıncı azalması nın etkisi.....	40
Şekil A.4 : Enjektör nozul açma basıncı artışı nın etkisi.....	40
Şekil A.5 : Piston segman tutması nın etkisi.....	41
Şekil A.6 : Piston tacı aşınması nın etkisi.....	41
Şekil A.7 : Piston tacı nda depozit birikiminin etkisi.....	42
Şekil A.8 : Egzoz valfi kaçırması nın etkisi.....	42
Şekil A.9 : Egzoz valfi erken açılması nın etkisi.....	43
Şekil A.10 : Egzoz valfi geç açılması nın etkisi.....	43
Şekil A.11 : Emme hava port unda depozit birikiminin etkisi.....	44

Yanma Odası Enerjilerinin
Silindir Ortalama Gücüne Etkileri

Şekil B1 :	Enjektör nozul u aşınması nın etkisi.....	45
Şekil B2 :	Enjektör nozul unda tıkanma nın etkisi.....	45
Şekil B3 :	Enjektör nozul açma basıncı azalması nın etkisi.....	46
Şekil B4 :	Enjektör nozul açma basıncı artışı nın etkisi.....	46
Şekil B5 :	Piston segman tutması nın etkisi.....	47
Şekil B6 :	Piston tacı aşınması nın etkisi.....	47
Şekil B7 :	Piston tacı nda depozit birikiminin etkisi.....	48
Şekil B8 :	Egzoz valfi kaçırması nın etkisi.....	48
Şekil B9 :	Egzoz valfi erken açılması nın etkisi.....	49
Şekil B10 :	Egzoz valfi geç açılması nın etkisi.....	49
Şekil B11 :	Emme hava portunda depozit birikiminin etkisi.....	50

Yanma Odası Enerjilerinin
Egzoz Sıcaklıklarına Etkileri

Şekil C1 :	Enjektör nozul u aşınması nın etkisi.....	51
Şekil C2 :	Enjektör nozul unda tıkanma nın etkisi.....	51
Şekil C3 :	Enjektör nozul açma basıncı azalması nın etkisi.....	52
Şekil C4 :	Enjektör nozul açma basıncı artışı nın etkisi.....	52
Şekil C5 :	Piston segman tutması nın etkisi.....	53
Şekil C6 :	Piston tacı aşınması nın etkisi.....	53
Şekil C7 :	Piston tacı nda depozit birikiminin etkisi.....	54
Şekil C8 :	Egzoz valfi kaçırması nın etkisi.....	54
Şekil C9 :	Egzoz valfi erken açılması nın etkisi.....	55
Şekil C10 :	Egzoz valfi geç açılması nın etkisi.....	55
Şekil C11 :	Emme hava portunda depozit birikiminin etkisi.....	56

Yan ma Odası H e n a n l a r ı n ı n
Layner A t K ı s ı m M e t a l S ı c a k l ı ğ ı n a E t k i l e r i

Şekil D1	: Enjektör nozul u aş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	57
Şekil D2	: Enjektör nozul unda t ı k a n m a n ı n e t k i s i.....	57
Şekil D3	: Enjektör nozul aç m a b a s ı n c ı a z a l m a s ı n ı n e t k i s i.....	58
Şekil D4	: Enjektör nozul aç m a b a s ı n c ı a r t ı ş ı n ı n e t k i s i.....	58
Şekil D5	: P i s t o n s e g m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	59
Şekil D6	: P i s t o n t a c ı aş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	59
Şekil D7	: P i s t o n t a c ı n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	60
Şekil D8	: E g z o z v a l f i k a ç ı r m a s ı n ı n e t k i s i.....	60
Şekil D9	: E g z o z v a l f i e r k e n a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	61
Şekil D10	: E g z o z v a l f i g e ç a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	61
Şekil D11	: E m m e h a v a p o r t u n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	62

Yan ma Odası H e n a n l a r ı n ı n
Layner Ü ş t K ı s ı m M e t a l S ı c a k l ı ğ ı n a E t k i l e r i

Şekil E1	: Enjektör nozul u aş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	63
Şekil E2	: Enjektör nozul unda t ı k a n m a n ı n e t k i s i.....	63
Şekil E3	: Enjektör nozul aç m a b a s ı n c ı a z a l m a s ı n ı n e t k i s i.....	64
Şekil E4	: Enjektör nozul aç m a b a s ı n c ı a r t ı ş ı n ı n e t k i s i.....	64
Şekil E5	: P i s t o n s e g m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	65
Şekil E6	: P i s t o n t a c ı aş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	65
Şekil E7	: P i s t o n t a c ı n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	66
Şekil E8	: E g z o z v a l f i k a ç ı r m a s ı n ı n e t k i s i.....	66
Şekil E9	: E g z o z v a l f i e r k e n a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	67
Şekil E10	: E g z o z v a l f i g e ç a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	67
Şekil E11	: E m m e h a v a p o r t u n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	68

Yan ma Odası He man ları nı n
Kaver M et al S cak lı ğ na E t k i l e r i

Şekil E 1 :	Enj ekt ör nozul u aş ın m a s ı n ı n e t k i s i.....	69
Şekil E 2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan m a n ı n e t k i s i.....	69
Şekil E 3 :	Enj ekt ör nozul aç m a bas ınc ı azal m a s ı n ı n e t k i s i.....	70
Şekil E 4 :	Enj ekt ör nozul aç m a bas ınc ı art ı ş ı n ı n e t k i s i.....	70
Şekil E 5 :	Pi st on seg m an t ut m a s ı n ı n e t k i s i.....	71
Şekil E 6 :	Pi st on tac ı aş ın m a s ı n ı n e t k i s i.....	71
Şekil E 7 :	Pi st on tac ı nda depozit bir i k i m i n i n e t k i s i.....	72
Şekil E 8 :	Egzoz val fi kaç ır m a s ı n ı n e t k i s i.....	72
Şekil E 9 :	Egzoz val fi erke n aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	73
Şekil E 10 :	Egzoz val fi ge ç aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	73
Şekil E 11 :	Emme hava port unda depozit bir i k i m i n i n e t k i s i.....	74

Yan ma Odası He man ları nı n
Pi st on M et al S cak lı ğ na E t k i l e r i

Şekil G1 :	Enj ekt ör nozul u aş ın m a s ı n ı n e t k i s i.....	75
Şekil G2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan m a n ı n e t k i s i.....	75
Şekil G3 :	Enj ekt ör nozul aç m a bas ınc ı azal m a s ı n ı n e t k i s i.....	76
Şekil G4 :	Enj ekt ör nozul aç m a bas ınc ı art ı ş ı n ı n e t k i s i.....	76
Şekil G5 :	Pi st on seg m an t ut m a s ı n ı n e t k i s i.....	77
Şekil G6 :	Pi st on tac ı aş ın m a s ı n ı n e t k i s i.....	77
Şekil G7 :	Pi st on tac ı nda depozit bir i k i m i n i n e t k i s i.....	78
Şekil G8 :	Egzoz val fi kaç ır m a s ı n ı n e t k i s i.....	78
Şekil G9 :	Egzoz val fi erke n aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	79
Şekil G10 :	Egzoz val fi ge ç aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	79
Şekil G11 :	Emme hava port unda depozit bir i k i m i n i n e t k i s i.....	80

Yan ma Odası He man ları nı n
Si lin dir Ko npre syon Ba sı ncı na E ki le ri

Şekil H1	: Enj ekt ör nozul u a şı n ma sı nı n e ti ki si.....	81
Şekil H2	: Enj ekt ör nozul unda t ı kan ma nı n e ti ki si.....	81
Şekil H3	: Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı azal ma sı nı n e ti ki si.....	82
Şekil H4	: Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı art ı ş ı nı n e ti ki si.....	82
Şekil H5	: Pi st on seg man t ut ma sı nı n e ti ki si.....	83
Şekil H6	: Pi st on ta cı a şı n ma sı nı n e ti ki si.....	83
Şekil H7	: Pi st on ta cı nda de po zit bi ri ki mi ni n e ti ki si.....	84
Şekil H8	: Egzoz val fi ka cı r ma sı nı n e ti ki si.....	84
Şekil H9	: Egzoz val fi er ken aç ı l ma sı nı n e ti ki si.....	85
Şekil H10	: Egzoz val fi ge ç aç ı l ma sı nı n e ti ki si.....	85
Şekil H11	: Em me ha va port unda de po zit bi ri ki mi ni n e ti ki si.....	86

Yan ma Odası He man ları nı n
Si lin dir Ko npre syon S ı cak lı ğ ı na E ki le ri

Şekil I.1	: Enj ekt ör nozul u a şı n ma sı nı n e ti ki si.....	87
Şekil I.2	: Enj ekt ör nozul unda t ı kan ma nı n e ti ki si.....	87
Şekil I.3	: Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı azal ma sı nı n e ti ki si.....	88
Şekil I.4	: Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı art ı ş ı nı n e ti ki si.....	88
Şekil I.5	: Pi st on seg man t ut ma sı nı n e ti ki si.....	89
Şekil I.6	: Pi st on ta cı a şı n ma sı nı n e ti ki si.....	89
Şekil I.7	: Pi st on ta cı nda de po zit bi ri ki mi ni n e ti ki si.....	90
Şekil I.8	: Egzoz val fi ka cı r ma sı nı n e ti ki si.....	90
Şekil I.9	: Egzoz val fi er ken aç ı l ma sı nı n e ti ki si.....	91
Şekil I.10	: Egzoz val fi ge ç aç ı l ma sı nı n e ti ki si.....	91
Şekil I.11	: Em me ha va port unda de po zit bi ri ki mi ni n e ti ki si.....	92

Yan ma Odası He man ları nı n
Ma k si mu m Ba sı ncı na E t ki le ri

Şekil J.1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n ma sı nı n e t ki si.....	93
Şekil J.2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan ma nı n e t ki si.....	93
Şekil J.3 :	Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı azal ma sı nı n e t ki si.....	94
Şekil J.4 :	Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı art ı ş ı nı n e t ki si.....	94
Şekil J.5 :	Pi st on seg man t ut ma sı nı n e t ki si.....	95
Şekil J.6 :	Pi st on ta cı a ş ı n ma sı nı n e t ki si.....	95
Şekil J.7 :	Pi st on ta cı nda de po zit bi ri ki mi ni n e t ki si.....	96
Şekil J.8 :	Egzoz val fi ka cı r ma sı nı n e t ki si.....	96
Şekil J.9 :	Egzoz val fi er ken aç ı l ma sı nı n e t ki si.....	97
Şekil J.10 :	Egzoz val fi ge ç aç ı l ma sı nı n e t ki si.....	97
Şekil J.11 :	Em me ha va port unda de po zit bi ri ki mi ni n e t ki si.....	98

Yan ma Odası He man ları nı n
Tu t u ş ma Ba sı ncı na E t ki le ri

Şekil K1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n ma sı nı n e t ki si.....	99
Şekil K2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan ma nı n e t ki si.....	99
Şekil K3 :	Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı azal ma sı nı n e t ki si.....	100
Şekil K4 :	Enj ekt ör nozul aç ma ba sı ncı art ı ş ı nı n e t ki si.....	100
Şekil K5 :	Pi st on seg man t ut ma sı nı n e t ki si.....	101
Şekil K6 :	Pi st on ta cı a ş ı n ma sı nı n e t ki si.....	101
Şekil K7 :	Pi st on ta cı nda de po zit bi ri ki mi ni n e t ki si.....	102
Şekil K8 :	Egzoz val fi ka cı r ma sı nı n e t ki si.....	102
Şekil K9 :	Egzoz val fi er ken aç ı l ma sı nı n e t ki si.....	103
Şekil K10 :	Egzoz val fi ge ç aç ı l ma sı nı n e t ki si.....	103
Şekil K11 :	Em me ha va port unda de po zit bi ri ki mi ni n e t ki si.....	104

Yan ma Odası He man ları nı n
Efektif Kompresyon Gra mı na E ki leri

Şekil L1 :	Enjektör nozul u aş ınması nı n et ki si.....	105
Şekil L2 :	Enjektör nozul unda t ı kanma nı n et ki si.....	105
Şekil L3 :	Enjektör nozul aç ma bas ınacı azal ması nı n et ki si.....	106
Şekil L4 :	Enjektör nozul aç ma bas ınacı art ışı nı n et ki si.....	106
Şekil L5 :	Piston seg man t ut ması nı n et ki si.....	107
Şekil L6 :	Piston tac ı aş ınması nı n et ki si.....	107
Şekil L7 :	Piston tac ı nda depozit bir i ki mi ni n et ki si.....	108
Şekil L8 :	Egzoz val fi kaç ır ması nı n et ki si.....	108
Şekil L9 :	Egzoz val fi erken aç ıl ması nı n et ki si.....	109
Şekil L10 :	Egzoz val fi geç aç ıl ması nı n et ki si.....	109
Şekil L11 :	Emme hava port unda depozit bir i ki mi ni n et ki si.....	110

Yan ma Odası He man ları nı n
Ma k si m u m Bas ı nç Za m ı na E ki leri

Şekil M1 :	Enjektör nozul u aş ınması nı n et ki si.....	111
Şekil M2 :	Enjektör nozul unda t ı kanma nı n et ki si.....	111
Şekil M3 :	Enjektör nozul aç ma bas ınacı azal ması nı n et ki si.....	112
Şekil M4 :	Enjektör nozul aç ma bas ınacı art ışı nı n et ki si.....	112
Şekil M5 :	Piston seg man t ut ması nı n et ki si.....	113
Şekil M6 :	Piston tac ı aş ınması nı n et ki si.....	113
Şekil M7 :	Piston tac ı nda depozit bir i ki mi ni n et ki si.....	114
Şekil M8 :	Egzoz val fi kaç ır ması nı n et ki si.....	114
Şekil M9 :	Egzoz val fi erken aç ıl ması nı n et ki si.....	115
Şekil M10 :	Egzoz val fi geç aç ıl ması nı n et ki si.....	115
Şekil M11 :	Emme hava port unda depozit bir i ki mi ni n et ki si.....	116

Yan ma Odası He man ları nı n

Tut u ş ma Za ma nı na E k i l e r i

Şekil N1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	117
Şekil N2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan m a n ı n e t k i s i.....	117
Şekil N3 :	Enj ekt ör nozul a ç m a b a s ı n c ı a z a l m a s ı n ı n e t k i s i.....	118
Şekil N4 :	Enj ekt ör nozul a ç m a b a s ı n c ı a r t ı ş ı n ı n e t k i s i.....	118
Şekil N5 :	P i s t o n s e g m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	119
Şekil N6 :	P i s t o n t a c ı a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	119
Şekil N7 :	P i s t o n t a c ı n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	120
Şekil N8 :	Egzoz v a l f i k a ç ı r m a s ı n ı n e t k i s i.....	120
Şekil N9 :	Egzoz v a l f i e r k e n a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	121
Şekil N10 :	Egzoz v a l f i g e ç a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	121
Şekil N11 :	E m m e h a v a p o r t u n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	122

Yan ma Odası He man ları nı n

Tut u ş ma G e c i k m e s i n e E k i l e r i

Şekil O1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	123
Şekil O2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kan m a n ı n e t k i s i.....	123
Şekil O3 :	Enj ekt ör nozul a ç m a b a s ı n c ı a z a l m a s ı n ı n e t k i s i.....	124
Şekil O4 :	Enj ekt ör nozul a ç m a b a s ı n c ı a r t ı ş ı n ı n e t k i s i.....	124
Şekil O5 :	P i s t o n s e g m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	125
Şekil O6 :	P i s t o n t a c ı a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	125
Şekil O7 :	P i s t o n t a c ı n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	126
Şekil O8 :	Egzoz v a l f i k a ç ı r m a s ı n ı n e t k i s i.....	126
Şekil O9 :	Egzoz v a l f i e r k e n a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	127
Şekil O10 :	Egzoz v a l f i g e ç a ç ı l m a s ı n ı n e t k i s i.....	127
Şekil O11 :	E m m e h a v a p o r t u n d a d e p o z i t b i r i k i m i n i n e t k i s i.....	128

Yan ma Odası He man ları nı n
Egzoza Verilen Isı Mı kt arı na Etk i ler i

Şekil P 1 :	Enjektör nozul u aş ın ması nı n etki si.....	129
Şekil P 2 :	Enjektör nozul unda tı kanma nı n etki si.....	129
Şekil P 3 :	Enjektör nozul aç ma bası ncı azal ması nı n etki si.....	130
Şekil P 4 :	Enjektör nozul aç ma bası ncı artışı nı n etki si.....	130
Şekil P 5 :	Piston segman tut ması nı n etki si.....	131
Şekil P 6 :	Piston tacı aş ın ması nı n etki si.....	131
Şekil P 7 :	Piston tacı nda depozit biriki mi ni n etki si.....	132
Şekil P 8 :	Egzoz valfi kaç ır ması nı n etki si.....	132
Şekil P 9 :	Egzoz valfi erken aç ıl ması nı n etki si.....	133
Şekil P 10 :	Egzoz valfi geç aç ıl ması nı n etki si.....	133
Şekil P 11 :	Emme hava port unda depozit biriki mi ni n etki si.....	134

Yan ma Odası He man ları nı n
Soğ ut ma Suyuna Verilen Isı Mı kt arı na Etk i ler i

Şekil R1 :	Enjektör nozul u aş ın ması nı n etki si.....	135
Şekil R2 :	Enjektör nozul unda tı kanma nı n etki si.....	135
Şekil R3 :	Enjektör nozul aç ma bası ncı azal ması nı n etki si.....	136
Şekil R4 :	Enjektör nozul aç ma bası ncı artışı nı n etki si.....	136
Şekil R5 :	Piston segman tut ması nı n etki si.....	137
Şekil R6 :	Piston tacı aş ın ması nı n etki si.....	137
Şekil R7 :	Piston tacı nda depozit biriki mi ni n etki si.....	138
Şekil R8 :	Egzoz valfi kaç ır ması nı n etki si.....	138
Şekil R9 :	Egzoz valfi erken aç ıl ması nı n etki si.....	139
Şekil R10 :	Egzoz valfi geç aç ıl ması nı n etki si.....	139
Şekil R11 :	Emme hava port unda depozit biriki mi ni n etki si.....	140

Yan ma Odası He man ları nı n
Ya ğ la ma Ya ğ na Verilen Isı Mı kt a rı na E t k i l e r i

Şekil S 1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	141
Şekil S 2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kanm a n ı n e t k i s i.....	141
Şekil S 3 :	Enj ekt ör nozul a ç m a bas ı nc ı azal m a s ı n ı n e t k i s i.....	142
Şekil S 4 :	Enj ekt ör nozul a ç m a bas ı nc ı art ı ş ı n ı n e t k i s i.....	142
Şekil S 5 :	Pi st on seg m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	143
Şekil S 6 :	Pi st on tac ı a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	143
Şekil S 7 :	Pi st on tac ı nda depozit bi ri ki m i n i n e t k i s i.....	144
Şekil S 8 :	Egzoz val fi kaç ır m a s ı n ı n e t k i s i.....	144
Şekil S 9 :	Egzoz val fi erke n aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	145
Şekil S 10 :	Egzoz val fi ge ç aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	145
Şekil S 11 :	Emme hava port unda depozit bi ri ki m i n i n e t k i s i.....	146

Yan ma Odası He man ları nı n
Ö z g ü l Ya kı t Har ca m na E t k i l e r i

Şekil T 1 :	Enj ekt ör nozul u a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	147
Şekil T 2 :	Enj ekt ör nozul unda t ı kanm a n ı n e t k i s i.....	147
Şekil T 3 :	Enj ekt ör nozul a ç m a bas ı nc ı azal m a s ı n ı n e t k i s i.....	148
Şekil T 4 :	Enj ekt ör nozul a ç m a bas ı nc ı art ı ş ı n ı n e t k i s i.....	148
Şekil T 5 :	Pi st on seg m a n t u t m a s ı n ı n e t k i s i.....	149
Şekil T 6 :	Pi st on tac ı a ş ı n m a s ı n ı n e t k i s i.....	149
Şekil T 7 :	Pi st on tac ı nda depozit bi ri ki m i n i n e t k i s i.....	150
Şekil T 8 :	Egzoz val fi kaç ır m a s ı n ı n e t k i s i.....	150
Şekil T 9 :	Egzoz val fi erke n aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	151
Şekil T 10 :	Egzoz val fi ge ç aç ıl m a s ı n ı n e t k i s i.....	151
Şekil T 11 :	Emme hava port unda depozit bi ri ki m i n i n e t k i s i.....	152

Yanma Odası Hemanlarnın
Saattteki Toplam Yakıt Harcamna Etkileri

Şekil U1	: Enjektör nozul u aşınması nın etkisi.....	153
Şekil U2	: Enjektör nozul unda tıkanma nın etkisi.....	153
Şekil U3	: Enjektör nozul açma basıncı azalması nın etkisi.....	154
Şekil U4	: Enjektör nozul açma basıncı artışı nın etkisi.....	154
Şekil U5	: Piston segman tutması nın etkisi.....	155
Şekil U6	: Piston tacı aşınması nın etkisi.....	155
Şekil U7	: Piston tacı nda depozit birikiminin etkisi.....	156
Şekil U8	: Egzoz valfi kaçırması nın etkisi.....	156
Şekil U9	: Egzoz valfi erken açılması nın etkisi.....	157
Şekil U10	: Egzoz valfi geç açılması nın etkisi.....	157
Şekil U11	: Emme hava portunda depozit birikiminin etkisi.....	158

GE Mİ Dİ ESEL MAKİ NELERİ NDE YANMA ODASI ELEMANLARININ ENERJİ EKONOMİ SİNE ETKİ LERİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, gemi dizel makinelerinde yanma odasını oluşturan makine parçalarındaki fiziksel durum değişikliklerinin, tüketilen yakıt miktarı üzerindeki etkilerini belirlemektir.

Yanma odası elemanlarında çeşitli nedenlerle oluşan aşınma, depozit birikimi, zamanla hataları gibi istenmeyen durumlar, silindirdaki yanma işlemini, tasarımı aşamasında öngörülen yanma şartlarından uzaklaştırılmaktadır. Bunun sonucu olarak silindirde elde edilen güce karşılık yakıt tüketiminin arttığı bilinmektedir. Bu çalışmada meydana gelen problemin türüne bağlı olarak yakıt tüketimindeki artışın hangi parça için ne seviyede olduğu deneysel olarak incelenmektedir.

Deneylere ait verilerin elde edilmesinde makine dairesi simülasyonu kullanılmıştır. Kullanılan simülatörde örnek makine olarak SULZER RTA84C model düşük devirli yüksek güçlü gemi dizel makinesi simüle edilmiştir. Yapılan deneylerde, yanma odası elemanlarında meydana gelebilecek materyal problemleri ve depozit birikimi belirli oranlarda simüle edilerek arıza modelleri oluşturulmuştur. Bu arıza modellerine karşılık silindirdaki yanma şartları değişimleri, yakıt tüketimindeki değişimler ile silindir dışına ısı kayıplarına ait veriler kullanılarak takip ettikleri fonksiyonlara ilişkin formaları gösteren grafikler elde edilmiştir. Simüle edilmiş arıza modellerinin yakıt tüketimindeki artışa etkilerine göre birbirleri ile karşılaştırılması yapılarak, bir kritiklik sıralaması yapılmıştır.

Sonuç olarak, yanma odası elemanlarındaki sorunların, arızanın tipine ve problemi parçadaki orana bağlı olarak, seçilen makine modeli için özgül yakıt harcaması saatte %0.011 ile %0.398 değerleri arasında arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca arızaları niş dönüşürülemeden egzoz gazları, soğutma suyu ve yağlama yağı yolu ile silindir dışına transfer olan ısı miktarı üzerindeki etkisi de yüzdesel oranlarla belirlenmiştir.

.

EFFECTS OF COMBUSTION CHAMBER ELEMENTS TO FUEL ECONOMY IN MARINE DIESEL ENGINES

SUMMARY

The purpose of this study is , determining the effects of the physical condition changes of the combustion chamber elements on the fuel consumption of the marine diesel engines.

Some unwanted situations on the combustion chamber elements due to the reasons such as wear, deposits formation, timing failures , bring about irregularities to the combustion process taking it away from designed conditions . It is known that any trouble in the combustion process causes an increase in the amount of the fuel consumption. In this study, the rise of the fuel consumption amount is determined dependent to the type and rate of the problems on the combustion chamber elements experimentally.

An engine room simulator is used to derive the datas . SULZER RTA84C model slow speed high powered marine diesel engine is simulated in the engine room simulator. Firstly, the deposit formation and material wear problems of the combustion chamber elements are simulated for some predetermined rates, each of which is called a trouble model in this study. Observing the response of the diesel engine operation values in return for these trouble model simulations; the changes in the combustion chamber conditions, fuel consumptions and the heat loss out of the cylinder are recorded. By using these recorded datas, the graphics of followed functions are formed. The simulated trouble models are compared with each other according to the rising effects to the specific fuel consumptions and listed in order from maximum to minimum.

As a result, it is determined that, the troubles of the combustion chamber elements cause the specific fuel consumption an increase of %0.011 to %0.398 according to the type and percentage of the problem. In addition , the effects of these trouble models to the heat loss by way of exhaust gases, cooling water and lubrication oil are determined as percentages.

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Gelişme sürecinin en krizli dönemini yaşamaya başlayan dizel makineler; hava kirlenmesi, dünyadaki mevcut petrol rezervlerinin azalması dolayısı ile şişmeden ciddi seviyelere ulaşacağı belli olan enerji sıkıntısı ve nihayet gelişmesinin üst noktalarına yaklaşması gibi büyük sorunların yanında, halen denizcilik sektöründe kullanılan ana tahrik ve enerji üretimi maksatlı makineler arasında ekonomik yakıt tüketimine sahip olma özelliği ile en ön sırada yer almaktadır. Buna rağmen hem işletmecilik açısından, hem de dizel makinelerin daha uzun yıllar kullanılabilmesi açısından, dünyada mevcut petrolden üretilen yakıtları çok daha ekonomik kullanma zorunluluğu vardır.

Esasen tüm içten yanmalı motorlar konusundaki tecrübeler, kayda değer ilerlemelerin artık mekanik yönde değil, esas olan ısı verilişi kanununun (yanma kanununun) iyileştirilerek silindirlere yakılan yakıttan elde edilen verinin artırılması yönünde olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda son yıllarda yaratmış olduğu ciddi yet ile üzerinde önemle durulan çevre ve hava kirlenmesinin önlenmesine yönelik kurallar da, özellikle verinin artırılmaya çalışılması esnasında göz önünde bulundurulması gereken çok önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gemidizel makinelerinde yakıt ekonomisinden bahsederken, konunun üç aşamadan meydana geldiği düşünülebilir. Bunlardan birincisi makinenin tasarımı aşamasında, tasarım mühendisleri tarafından öngörülmesi gereken yakıt ekonomisi ve yüksek verime yönelik iyileştirici yeni uygulamaların, gelişmiş model makinelerde kullanılmasıdır. İkincisi ise kullanılacak makinenin seçimi sırasında geminin bulunacağı çalışma şartlarının, ne kadar süre ile ne maksatla kullanılacağını, bakım ve idare masraflarının önceden belirlenmesiyle ilgili aşamadır. Son aşama ise, makinenin gemiye konulmasını müteakip işletmeye başlatılması ve sonrasını içeren, daha önceki iki aşamada öngörülen şartlara en yakın şartlarda işletiminin makine

verimi ve yakıt ekonomisi açısından gerçek anlamda ortaya koyan operasyonel aşamadır. Birinci aşama dizayn aşaması, ikinci ve üçüncü aşama ise işletmecilik aşaması olarak da kabul edilebilir.

Bu çalışmanın hedefi, işletmecilik aşamasında karşılaşılan, yanma odası elemanlarındaki hatalı işletim bakım planlarına uyulması veya uzun süre kullanımı nedeniyle oluşan mekanik hatalar, aşınma ve ayarsızlıkların, Makine Dairesi Sımulatörü kullanılarak simüle edilmesi vasıtasıyla makine çalışma şartlarına ve buna paralel olarak yakıt ekonomisine etkilerinin belirlenmesidir.

Dizel makinelerde yanma konusunda son zamanlarda yapılan çalışmalar, daha çok çevre korunmasına yönelik olarak yanma sonucu atmosfere verilen egzoz emisyonları muhteviyatında yer alan SO_x, NO_x ve PM miktarlarının, ulusal ve uluslararası kurallarla (MARPOL 73/78 Sözleşmesi Annex 6) belirlenen sınırlar dahilinde tutulması konusunda yoğunlaşmaktadır. Bu konuyu bu çalışmanın kapsamı dışında olmasına rağmen, tutuşma gecikmesi tabir edilen dizel makine silindiri içinde yanma ile ilgili olayın, bahse konu egzoz gazı emisyonlarının oluşumundaki etkisi nedeniyle; yanma odası elemanlarının fiziksel durumlarının tutuşma gecikmesine etkilerini gösteren eğriler daha sonra yapılabilecek egzoz gazı emisyonları ile ilgili çalışmalarda faydalı olabilecektir. Bu çalışmaya ait deneylerin yapıldığı makine simülatöründe, çalışma içerisinde incelenen arıza modellerine göre egzoz emisyonlarındaki değişimlerin de incelenmesi mümkündür.

Aşınma (wear) konusu, özellikle ticari gemilerde temel tahrik unsurunu oluşturan dizel makinelerin yanma odası elemanlarında karşılaşılan temel problemlerin başında gelir. Bunun yanı sıra diğer bir önemli sorun da depozit birikimidir. Bu iki sorun aynı zamanda birbirlerinin tetikleyicisi ve etkisini artırıcı özelliğe sahiptir.

Makine parçalarındaki aşınmalar şu üç farklı aşınma mekanizmasından kaynaklanmaktadır: abrasyon, adhezyon ve korozyon (silindiri de yoğunlaşan sülfürik asit nedeniyle oluşan soğuk korozyonu da içerir). Bu mekanizmaların meydana getirdiği aşınmayı minimuma indirmek amacıyla yapılan güncel araştırmalar; sürtünme yüzeylerini işlenmesi, sürtünen yüzeylere uygulanabilecek krom-seramik ve türevi kaplama uygulamaları, yağlama teknolojisi, kullanılan yakıtın özelliklerini iyileştirilmesi konusundaki çalışmalar ve entegre uygulamaları içermektedir. Buna örnek olarak SULZER RTA-T serisi gemi dizel makinelerinde tribo-pack teknoloji

uygulanması verilebilir. Tribopack uygulaması piston ve silindir tasarımında ve yağlama yağı uygulamasında overholler arası süreyi uzatmak maksadıyla geliştirilmiş bir uygulamalar paketidir.

Bunların yanında dizel makinelerde enerji ekonomisini artırılmasına yönelik olarak, silindir dışına işe dönüşümde transfer edilen ısınn da azaltılmasına yönelik, yüzey termal bariyer kaplamaları ve izolasyon konusundaki çalışmalar ile yanma olayını adyabatikleştirerek yakıt ekonomisini artırma konusundaki araştırma ve uygulamalar da yapılmaktadır. Termal izolasyon, termodinamiğin ikinci kanununa uygun olarak ısı verime katkıda bulunarak, yakıt tüketimini azaltmaktadır. Buna paralel olarak egzoz enerjisiindeki artış turboşarjda verime olumlu etki de bulunmakta ancak NO_x oluşumunu artırıcı etki de bulunmaktadır.

2. DİZEL MAKİNELERDE YANMA

2.1. Dizel Makinelerde Yanma Süreci

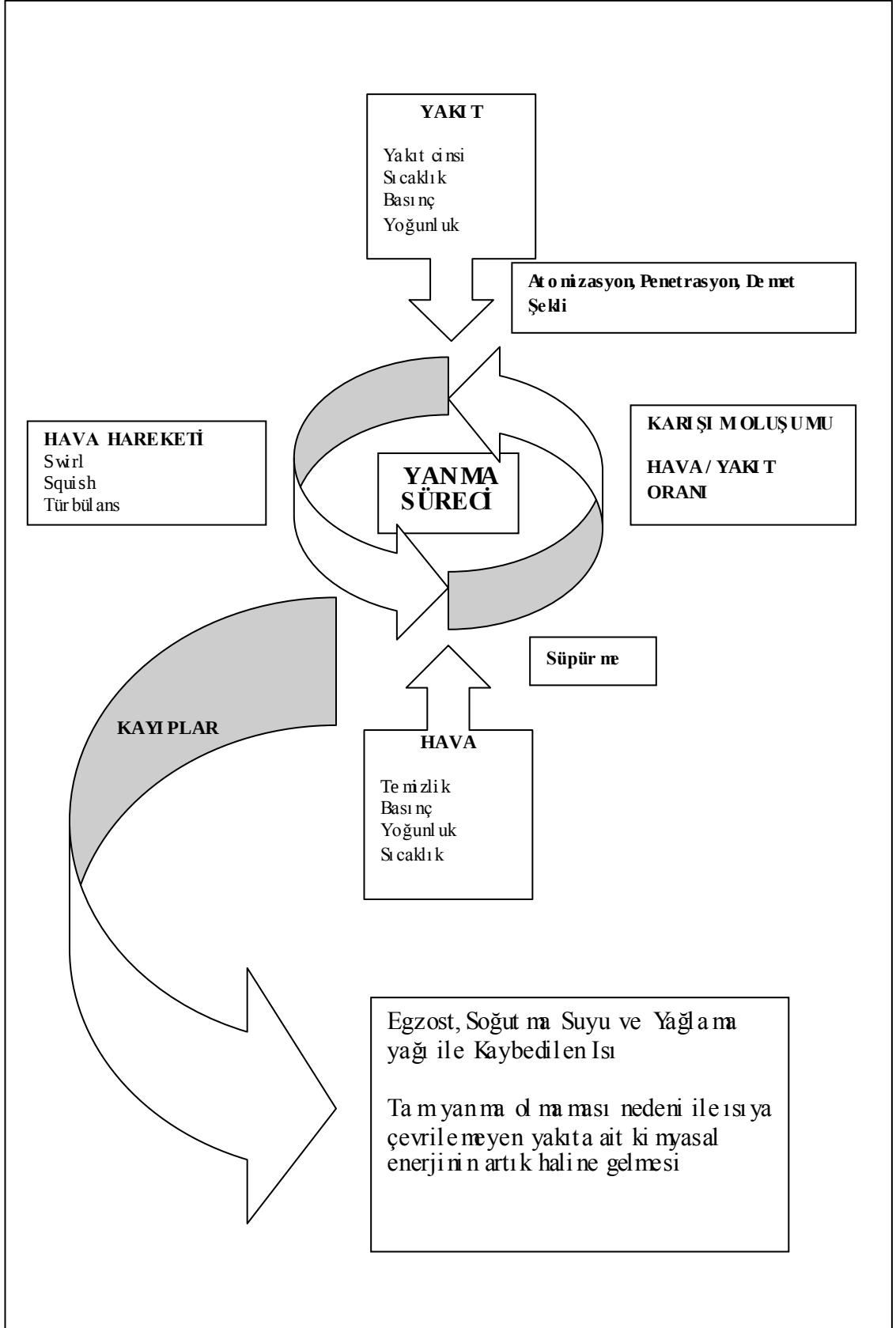
Dizel makinelerde yakıtın kimyasal enerjisi iş çevrim sırasında mekanik enerjiye dönüşür. Bu işlem fiziksel ve kimyasal karışık bir süreci oluşturur. Bu süreç motor silindirleri içerisinde periyodik olarak tekrarlanır. Motorun iş çevrimi esnasında yanma olayına bağlı olarak ortaya çıkan basınç gidişatı, motordan beklenen performans, ekonomikliği, termik ve dinamik yüklenmeyi kesin olarak belirler.

Dizel motorlarda, sabit hacim ve sabit basınçta yanmanın birleştirilmesi sonucu bir yanma gidişatı kabul edilmiştir. Bu değerlendirme modelinde, gerçek ve teorik indikatör diyagramları arasındaki fark bir “iyilik derecesi” olarak ele alınabilir. İyilik derecesi, hemısı verilisinin teorik gidişinin yanma hızlarının sonlu olarak ortaya çıkması nedeniyle gerçeğe nazaran sapmasını, hem de cıdarların ısıyı dış ortama sızdırması ile piston ve sızdırma zıkkımlarınınsı kışan maddeyi sızdırmasını içine alır.

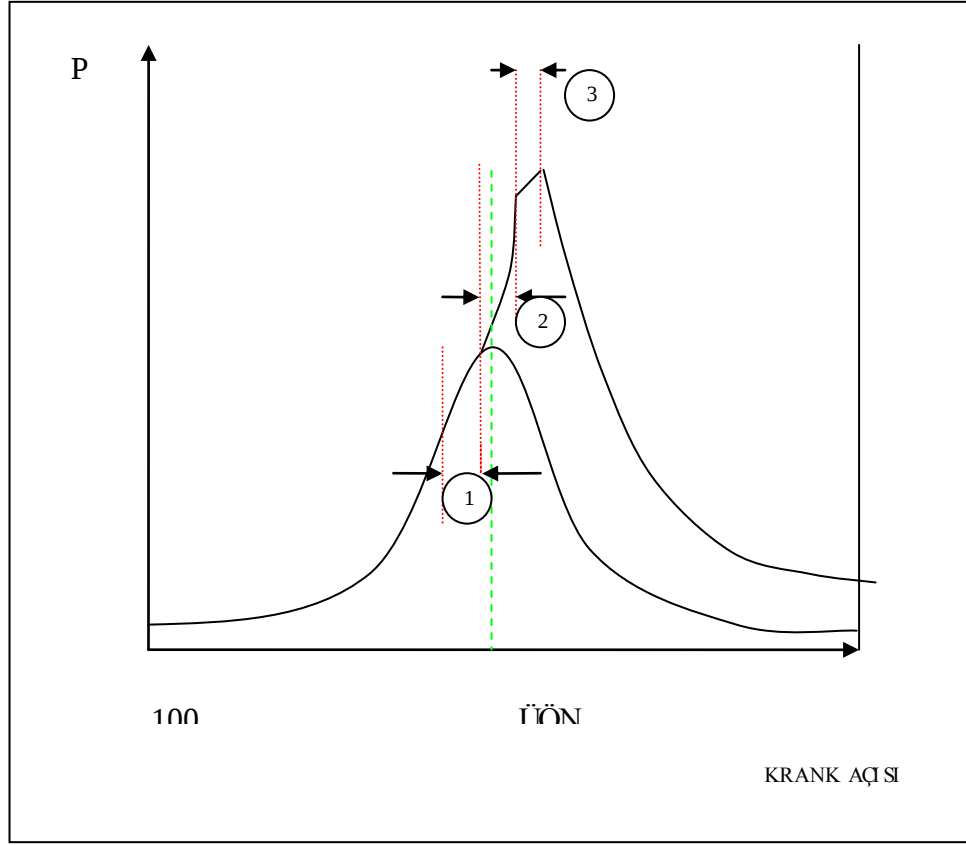
Motorun silindirlisinde meydana gelen yanma olayı bu bahsedilen iyilik derecesini ve yakıt ekonomisini negatif veya pozitif olarak etkileyen aynı zamanda bu etki den geri dönüşümü olarak etkilenen bir süreçtir. Yanma sürecini etkileyen faktörler şematik olarak Şekil 2’de görülmektedir.

2.2. Yanmanın Evreleri

H Ricardo’ya göre dizel makine silindirlilerindeki yanma sürecinin üç evrede meydana geldiği farz edilir. Bu sayede dizel makinede yakıtın tutuşması aşağıdaki şekilde tasvir edilebilir. Püskürtme esnasında sıcak hava ile karışan yakıt zerrecikleri ısınarak buharlaşır. Bu bakımdan en müsait şartlara püskürtülen yakıt de metinin kenarlarındaki zerrecikler sahip olmaktadır. de met çekirdeğindeki (ortasındaki) olaylar ise kenarlardakine nazaran daha yavaş olmaktadır. Tutuşma evresi de met kenarlarında, buharlar ile havanın karışımından başlar. Tutuşmanın ilk evresi indikatör diyagramına çok fazla tesir etmez. Çünkü hasıl olan ısı çekirdek tarafından absorbe edilmektedir.



Şekil 2.1 Silindirdaki yanma sürecine etki eden faktörler.



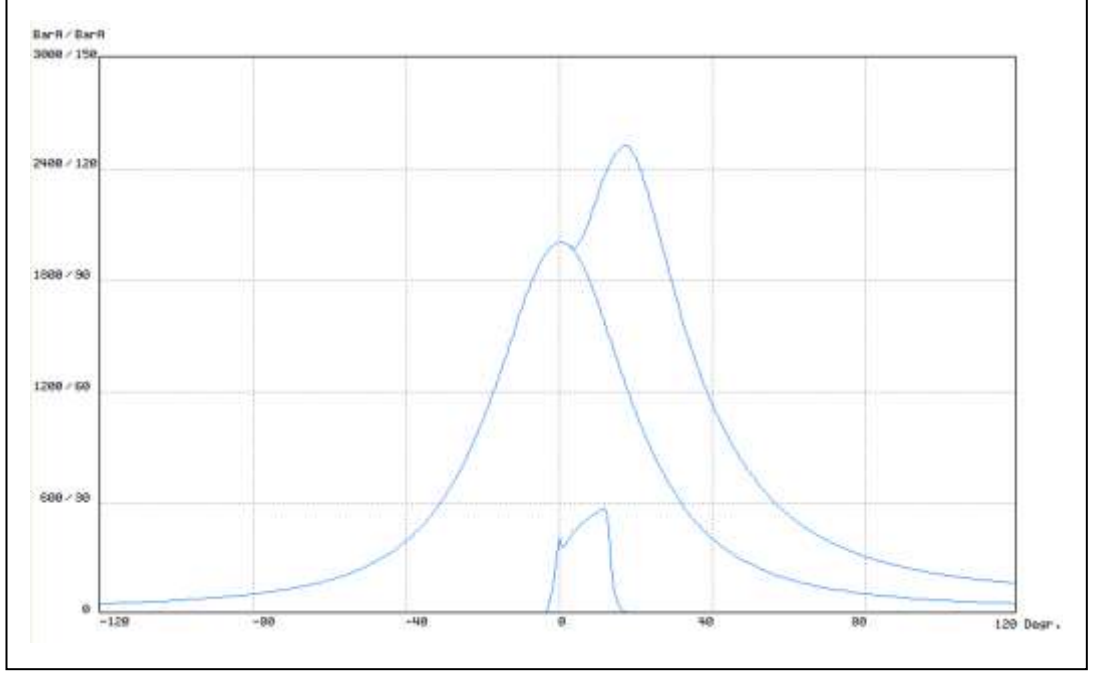
Şekil 2.2 Dizel motorda yanmanın evreleri

Birinci evre yakıt enjeksiyonunun başlangıcından kompresyon - basınç eğrisi üzerinde görülen basınçtaki ani artışın başlangıcına kadar süren bir gecikme periyodunu ifade eder. Yanma odasına giren küçük yakıt zerrecikleri, içerideki hava ve yakıt buharının etkisiyle buharlaşmaya başlar. Buhar haline gelen yakıtın hava ile karışarak tutuşabilecek bir karışım oluşturur ve yanma başlar. Bu esnasa nozuldan silindire yeni giriş yapan yakıt zerrecikleri yanma boşluğuna dağılmaya ve aynı şekilde buharlaşarak ve oksijenle karışarak tutuşmaya hazır hale gelmeye devam eder.

Tutuşmanın başlangıcından sonra, alev, buharlaşmış yakıt ve hava karışımı içerisinde hızla yayılarak basınçta ani bir yükselmeye sebep olur. Bu safha silindir içerisindeki yanmanın ikinci evresini oluşturur. Bu periyot alevin yayılması periyodu olarak da adlandırılır. Bu evrede yanmadan ziyade patlama mevcuttur.

Alevin yanma odasına hızla yayılmasından sonra basınç ve sıcaklık çok yüksek derecelere çıkar ki, yanma olayı yakıtın nozuldan çıkar çıkmaz gecikme olmaksızın

he men yanması nı sağ layacak bir h ıza erişir. Bu seviyede basınçtaki artış h ızı daha yavaştır ve enjeksiyonun h ız na bağıdır. Üçüncü evre yani silindirdaki yakıtın yanması na ait bu peri yot kontrollü yanma peri yodu olarak adlandırılır. İkinci evreden geriye kalan ve enjeksiyona devam eden yakıtın tamamının bu evrede yanması ideal olan durumdur.



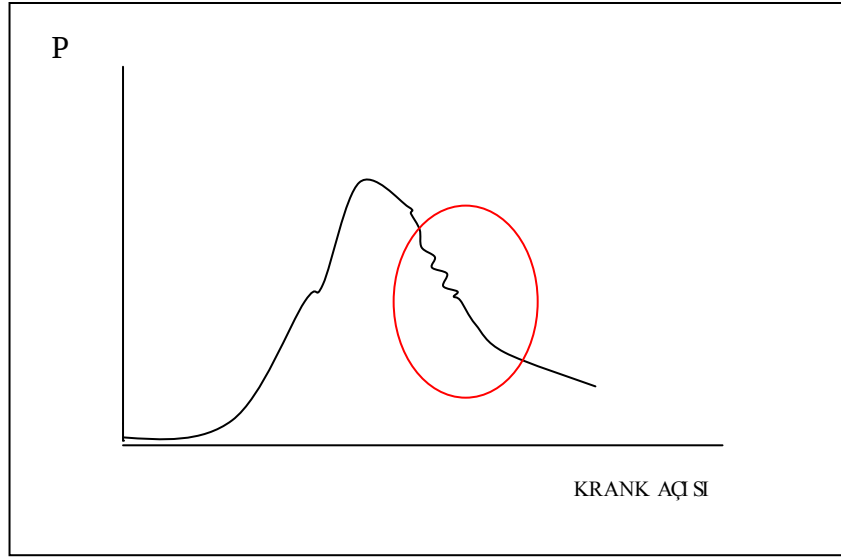
Şekil 2.3 Gerçek indikatör diyagramı

Yakıttan alınan toplam enerjinin %30-65 'i bu faz süresince sağlanır. Kontrollü yanma fazının başlangıcında piston Üst Ölü Noktası varındadır. Bu nedenle kontrollü yanma evresi çoğu zaman genişleme strokunun başlangıcında yanma odası hacminin artmaya başlaması sırasında gerçekleşir. Basıncın yükselmesi ve düşmesi ile oluşan dalgalanmaları nedeniyle pistonun Alt Ölü Noktasına inmesi ne neden olan kuvvetlerde basınca bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu yüzden kontrollü yanma fazındaki açığa çıkan ısı enerjisinin daha az olması istenir.

Şekil 2.2'deki teorik P0 indikatör diyagramı, bu üç fazı belirgin bir şekilde göstermektedir. Bu diyagram Şekil 2.3'teki gerçek diyagramla karşılaştırılırsa teorik P0 indikatör diyagramında fazların birleşmelerinin daha az belirginleştiği görülmektedir.

2.3 Art Yanma Evresi

Önceki bölümde bahsedilen yanma süreci konusunda, yanmanın ideal şartlarda üç evrede incelenebileceğinden söz edilmişti. Ancak yakıt enjeksiyonundaki problemler sonucu ortaya çıkan kötü püskürtme nedeniyle uygun olmayan bir yakıt dağılımı teşekkülü sonucu hatalı penetrasyon derinliği elde edilmesi, yakıt sıcaklığı ve püskürtme zamanlamasındaki hatalar, yetersiz hava girişi ve yetersiz hava hareketi



Şekil 2.4 Art yanma evresi

sonucu tasarımı öngörülen hava hareketlerinin silindir içerisinde meydana gelmesi, kompresyon kayıpları nedeniyle istenilen maksimum yanma basıncına çıkamaması, kullanılan yakıtın kimyasal içeriğindeki uygunsuzluklar (yüksek viskozite, yüksek karbon oranı) gibi nedenlerden dolayı gerçek şartlardaki yanma olayı farklılık göstererek ART YANMA tabir edilen istenmeyen bir başka evrenin ortaya çıkmasına neden olur. Art yanma olayının etkisi Şekil 2.4'te görülmektedir.

Art yanma sonucu silindirde yüksek egzoz sıcaklıkları oluşur. Art yanma süresinin uzaması, silindir layneri yüzeylerinde, piston tacında ve yanma odasını oluşturan kaver, valfler, valf sitleri gibi elemanlarda aşırı ısınmalar sonucu oluşan dengesi zıtlar nedeniyle deformasyonlara ve yanmalara neden olur. Piston segmanlarında ve segman yuvalarında hidrokarbon birikintilerinin artmasına ve bu elemanların istendiği şekilde çalışmasına engel olur. Yanma odası cidarlarında çeşitli

yerlerde biriken hidrokarbon artıkları, tasarımı aşamasında öngörülen hava akış şekillerini de engelleyerek yanmanın tamamlanmasını engelleyici etki de bulur. Aynı zamanda soğutma suyuna geçen ısı miktarı da artacağı için yakıt enerjisinden elde edilen iş miktarı azalarak yakıt giderlerini artırıcı etki de bulur. Bununla birlikte hareketli elemanlarda oluşan yapışkan özellikteki hidrokarbon birikintilerinin yanmanın şiddetli olduğu zamanlarda açığa çıkan ısıyı üzerlerinde depo etmeleri ile bu bölgelerde elemanlara önemli arızalara yol açacak ısıl gerilmeler yükler.

2.4 Tutuşma Gecikmesi

Bir yanıcı karışım belirli bir limit sıcaklık değerini geçtiğinde tutuşma olayı başlar. Bu sıcaklık tutuşma sıcaklığı “ignition temperature” olarak bilinir.

Dizel makinelerde yakıt sıvı halinde püskürtülür. Silindire giren yakıtın sıcaklığı silindirdeki sıkıştırılmış havanın sıcaklığına nazaran alçaktır (50-70 C derece). Yakıt zerrelere tutuşmadan önce kısa bir zaman aralığı esnasında oldukça yüksek bir sıcaklığa kadar ısınması icap eder. Böylece silindire püskürtülen yakıt ancak muayyen bir zaman sonra ateş alır. Tutuşma anına kadar geçen aralığa “Tutuşma Gecikmesi ” periyodu adı verilir.

Bir yakıtın tutuşma sıcaklığı ne kadar alçak olursa, tutuşma gecikmesi o kadar küçük olur. Daha doğrusu tutuşma gecikmesi bilhassa silindirdeki sıkıştırılmış havanın ve yakıtın tutuşma sıcaklıklarının farkına bağlıdır. Bu fark büyük ise, yakıt zerrelere süratle tutuşma sıcaklığına kadar ısınır ve dolayısı ile tutuşma gecikmesi kısa sürer. Bahse konu fark küçük ise, tutuşma gecikmesi periyodu uzayacaktır. Sınır halinde ise, yani sıkıştırılmış havanın ve yakıtın sıcaklıklarının eşit olduğu hallerde tutuşma gecikmesi periyodu sonsuz olur, yani yakıt tutuşmaz.

Tutuşma sıcaklığı, karışımın yoğunluğuna ve uygulanan basınç seviyesine göre değişir. Dizel makine silindiri içindeki yanma sürecinde, yakıtın tutuşmasındaki gecikme; kısnın karışım oluşturmak ve tutuşma sıcaklığına çıkmak için gerekli süreye (fiziksel süreç), kısnın de çeşitli hidrokarbon gruplarının yanması süresi ne izlenmiş olduğu reaksiyon zincirinin özelliğine (kimyasal süreç) bağlıdır. Bu süreçler zarfında silindir içerisinde şu olaylar meydana gelir:

FİZİKSEL SÜREÇ

- Yakıt spreyinin parçalanması ve damlacık oluşumu

- Sıvı haldeki yakıtın ısı olarak buharlaşması
- Buhar haline geçen yakıtın hava ile karışarak yanmaya hazır hale gelmesi

KİMYASAL SÜREÇ

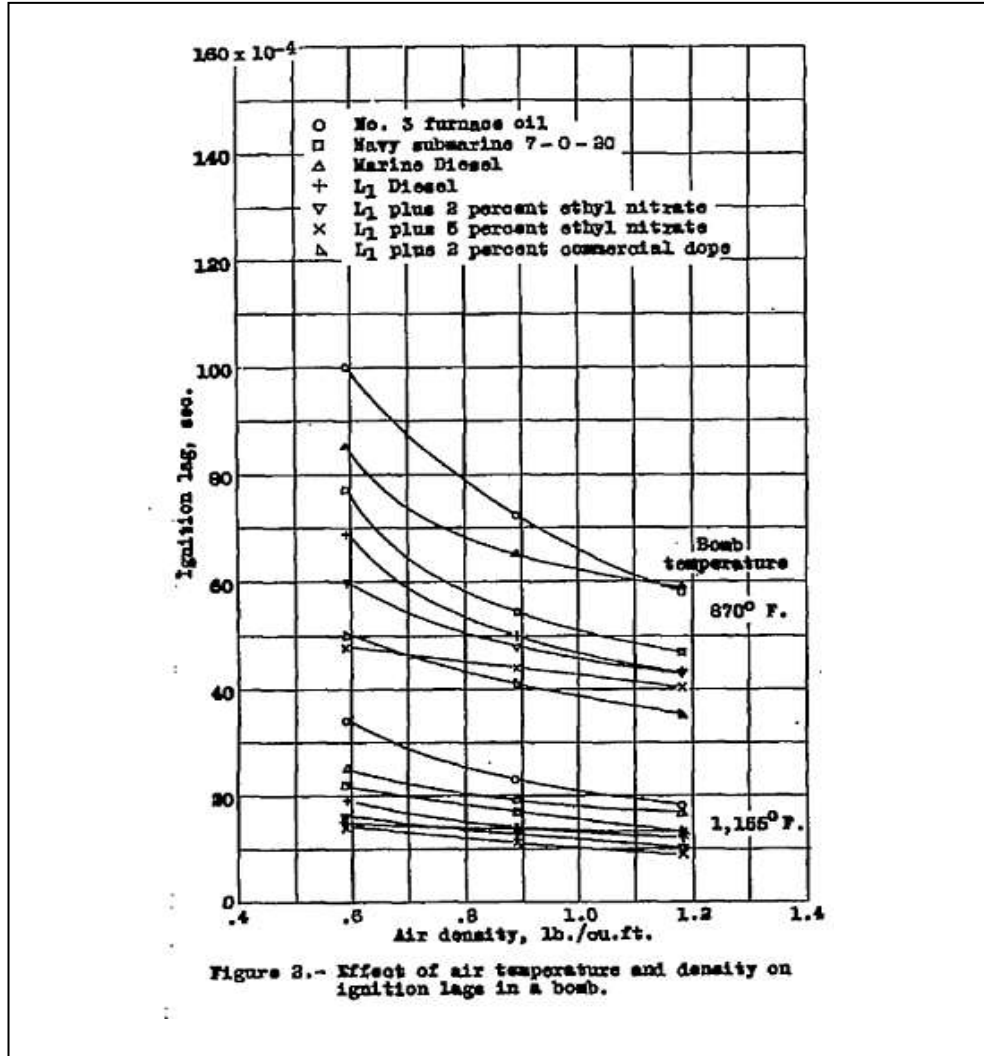
- Ağır hidrokarbonların daha hafif elemanlara bölünmesi
- Bölünen elemanlarla oksijen arasında kimyasal tepkimelerin oluşması

Tutuşma gecikmesi yakıt zerreciklerinin büyüklüğüne de bağlıdır. Yakıtın silindir içerisine iyi bir şekilde spray edilebilmesi ve atomizasyonu birim zamanda içerisinden silindir içerisine püskürtülen yakıt zerreciklerinin ısıyla karşılaşan toplam yüzey alanını artırarak tutuşma gecikmesini azaltıcı etki de bulunur. Bu sayede yakıtın sıcaklığının artırılması ve hava yakıt karışımı oluşumunun çabuklaşması sağlanır. Yanma odası içerisindeki havanın en etkin şekilde kullanılabilmesi için yakıt sprey demetinin yanma odası içerisine yeterli şekilde penetrasyonu da önemlidir.

Silindir içerisindeki hava hareketi, yanmanın üçüncü evresinde önemli bir rol oynarken, aynı zamanda tutuşma gecikmesi periyodunda da karışımın oluşmasını kolaylaştırır. NACA ‘da yapılan patlama deneylerinde durağan hava şartlarında sıcaklığın ve hava yoğunluğunun tesiri incelenmiştir. Yapılan bu deneylerde elde edilen değerlere göre sıcaklığın ve hava yoğunluğunun artmasıyla tutuşma gecikmesini kısıldığı Şekil 2.5 ‘de açıkça görülmektedir.

Özetle tutuşma gecikmesinin muhtelif deney ve araştırmalar neticesinde aşağıdaki faktörlere bağlı olduğu görülmüştür:

- Yakıtın cinsine
- Havanın Sıcaklığına
- Havanın Basıncına
- Silindirdeki hava girdaplarının teşekkülüne (Swirl and Squish)
- Hava çokluk kat sayısına
- Yakıt zerreciklerinin büyüklüğüne



Şekil 2.5 Hava sıcaklığı ve yoğunluğunun tutuşma gecikmesine etkisi

Dizel makinelerde (özellikle yüksek devirli makinelerde), tutuşma gecikmesi süresinde fazla zaman kaybına imkan yoktur. Zira bütün yanma periyodu içerisinde çok az zaman mevcuttur. Bunun için pratikte daha büyük basınçlar kullanılmaktadır. Yaklaşık 30 at'lik sıkıştırma basıncı tutuşma gecikmesini kabul edilebilir değerlere indirir ve böylece motorun normal çalışması sağlanır.

Tutuşma gecikmesinin dizel makinelerde cereyan eden yanma sürecine olan etkisi çevrim şartlarını belirleyecek şekilde büyük öneme sahiptir. Tutuşma gecikmesi ne kadar büyük ise veya aynı tutuşma gecikmesi için motorun devri ne kadar büyük ise, yakıtın verilmesi o kadar erken başlanmalıdır. Bu takdirde motordaki çevrim Otto çevrimine yaklaşmaktadır. Tam tersi durumda ise yani küçük tutuşma gecikmesi ve

aynı tutuşma gecikmesi için düşük devir sayılarında çevrim Diesel Çevrimi'ne yaklaşır. Sınır halinde ise yani tutuşma gecikmesinin sıfır olduğu durumda çevrim Sabathe Çevrimi halini alır.

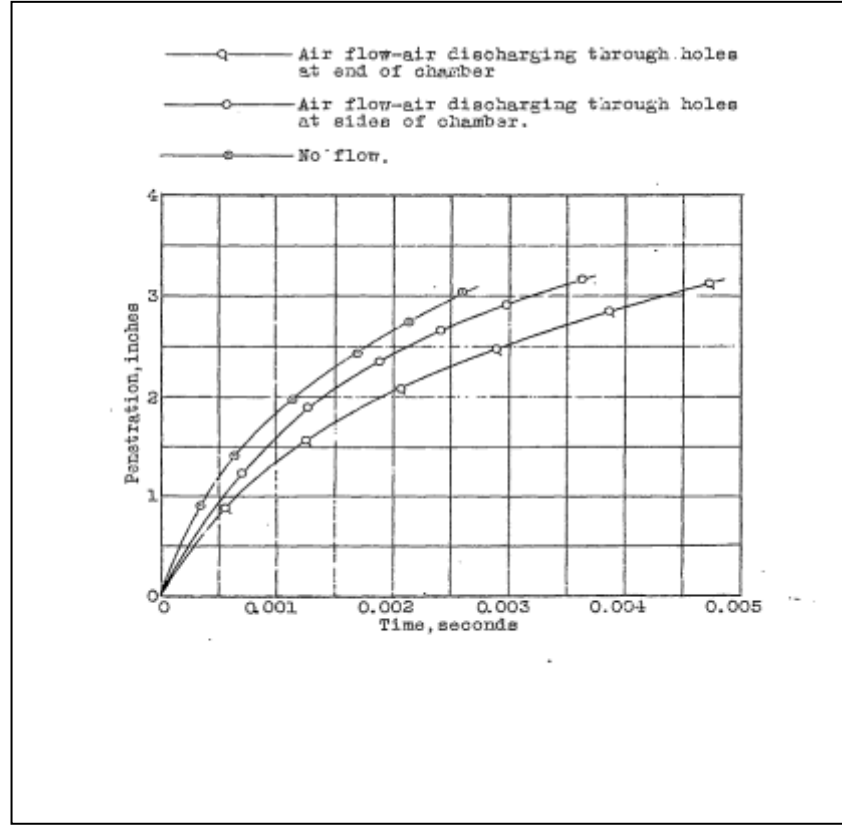
Gecikme süresinin nispeten daha uzun olacağı durumlarda, bu süre zarfında silindire enjekte edilen yakıt miktarı da fazla olacaktır. Bunun sonucu olarak yanmanın ikinci evresinde alevin hızla yayılması neticesinde hasıl olan ani basınç artışı sırasında yanma odası içerisinde kontrolsüz bir yanma olayı meydana gelecektir. Basıncıta meydana gelen bu çok hızlı yükselme sonucu oluşan kontrolsüz yanma kendisini vuruntu tabir edilen bir gürültü ile belli eder. Vuruntu esnasındaki gürültü, yanma odası içerisinde meydana gelen heterojen dengesizlik sonucu oluşan lokal ayrık zayıf karışımlarının bu ani basınç ve sıcaklık artışı sırasında tutuşma şartlarına erişmeleri sonucu erken patlamaları (detonasyon) şeklinde kendini gösterir.

Yanmanın ikinci evresini oluşturan hızlı yanma (alevin yayılması) fazına ait eğrinin dikliği ve yükselme miktarına büyük ölçüde tutuşma gecikmesi süresi etki eder. İdeal bir yanma olması için ikinci evrede elde edilen eğrinin çok dik veya çok yatık bir şekilde olması gereklidir. Eğrinin çok dik olması gaz vuruntuşuna neden olur. Çok yatık olması ise, hem maksimum yanma basıncının düşüğünü hem de meydana gelen yanmanın tamolmadığını gösterir.

2.5 Silindirdaki Hava Hareketi

Yanmanın ikinci evresi süresince meydana gelen ani basınç artışının hızı temel olarak tutuşma gecikmesi süresinin uzunluğundan etkilenir. Bununla birlikte hava hareketi basınç yükselişinin çok yüksek hızlara ulaşmasını frenler. Hava hareketi olmadığında aşırı zengin veya aşırı fakir durgun karışımlar paketlenmiş olup, basınç ve sıcaklıkla birlikte detonasyona neden olabilirler. İyi bir hava hareketinin sağlanması ile homojenlik metrik olarak iyi bir yakıt-hava karışımı elde edilir, hem de durgun ve homojen olmayan yakıt paketçiklerinin oluşumu azaltılır.

Hava hareketi yanmanın üçüncü fazında büyük önem arz eder. Çünkü bu evrede silindir içerisinde hasıl olan basınç ve sıcaklık yakıtın nozuldan çıkarılmaması yanmasına sebep olacak seviyededir ancak yakıt hava içerisindeki oksijenle etameen karşılaşmazsa yanmaz.



Şekil 2.6 Hava hareketlerinin yakıt de meti penetrasyonuna etkisi

Hava hareketi, yan ma ürünlerinin atıl masını ve temiz hava ile yer de ğiştir mesi ni sağlar. Buna ek olarak kısm i olarak yan mış bulunan yakıt ve yan ma ürünlerini silindir i çerisinde da ğıtarak, yan maların ta ma nı a ma yı te nın edecek olan oksijen le bul uş malarını sağlar. Hava hareketi sistemli anaforlar (s wirl ve squish) şekli nde veya yüksek türbülanslı şekilde olabilir. Bu hareket emme esnasında kompresyon esnasında ve yan ma süresince yaratılabilir. Silindir i çerisindeki hava hareketlerinin yakıt de meti penetrasyonuna etkisi Şekil 2.6' da gör ü l m ektedir.

2.6 Yakıt Enjeksiyonu (Püs kürt ne)

Silindir i çerisine verilecek yakıt, basınç ı artırıl mış şekilde enjektör nozul deliklerinden yan ma odası i çerisine püs kürt ü l ü r. Di zel yakıt enjeksiyon sistemleri iki sebepten dolayı yüksek basınçlı sistemlerdir. Bunlar :

1. Yakıt basınç ının i çerideki kompresyon basınç ını uygun za m anda yenerek i çeri ye g ir mesi,

2. İçeri deki havaya nazaran yüksek yakıt hızı elde ederek, giren yakıtın hava ile sürtünmesi nin artırılması ile kolayca buharlaşabileceği daha küçük zerreciklere ayrılması nı kolaylaştır maktadır.

Bu sayede daha iyi bir yanma elde edilecek ve tutuşma gecikmesinin uzaması da engellenecektir.

Nozul dan çıkan basınçlı yakıt de meti oda içerisinde ilerleyerek i kısımlara nüfuz eder. Bu arada hava ile karışır. Yakıt de metinin nozul dan çıktıktan sonra yanma odası içerisinde ulaşabil diği mesafeye de met uzunluğu (penetrasyon uzunluğu) denir. De met uzunluğu yanma odasının şekline bağlıdır. Yakıt hiçbir şekilde yanma odasını oluşturan elemanlara temas etmeyecek şekilde ayarlanır.

Yapılan araştırmalara göre silindir içerisine giren yakıtın yanma odasına nüfuz derinliği (penetrasyon derinliği) şu faktörlere bağlıdır:

- Püskürtülen yakıtın basıncına
- Yanma odasındaki basınca
- Yakıt de meti konisinin açısına
- Enjektör me mesi deliğinin aşınmaya bağlı olarak değişebilen kanal uzunluğuna karşılık gelen çapına
- Yakıtın zgl ağırlığına

Ta myanma olabilmesi için iyi bir yakıt hava karışımının oluşması gereklidir. İdeal karışı myanma odasındaki sıkıştırılan hava ile yakıtın ta ma mın te masa geçmesiyle sağlanır. De met oluşumu ve yakıt penetrasyonunun burada çok önemli bir etkisi vardır. Bunun sonucunda yanma öncesi hazırlık reaksiyonları hızlanarak tutuşma gecikmesi süresinin motorda di zayn aşamasında belirlenen değerde gerçekleşmesi sağlanır.

Enjektör me me delik çapının da daml a çapı üzerinde etkisi vardır. Me me delik çaplarının artmasıyla damla çapları da büyür. Me me delik çapının herhangi bir nedenle aşınmasıyla yanma bozulur ve yakıt sarfiyatı da artar.

Pskrt me basıncının artması ve yakıtın st yüzey gerili minin azalmasıyla damla yarıçapı kl mektedir. Ayrıca yanma odası içerisindeki havanın yoğunluğunun

artmasıyla yine damlacık yarıçapı küçülür. Çünkü yoğunluğun artmasıyla sıkışan hava ile yakıtın sürtünmesi daha fazla olmaktadır.

Damlaların %50 si nin çaplarının 15 mikronu geçmesi ve geri kalanın da 50 mikrondan büyük çapta bulunması halinde bir dizel makinesinin verimli bir yanma oluşturduğu deneylerle tespit edilmiştir.

Ancak enjektörlerde yanma sonucu oluşan hidrokarbon birikintileri yukarıda bahsedilen faktörlere etki eder. Bunun neticesinde yakıt enjeksiyonunda başlayan problemlerle birlikte kullanılan yakıta göre elde edilecek verimde azalma silindirlere aşırı yüklenme ve yakıt harcamında artış, hem de hatalı yanma ve enjektör sızıntıları nedeniyle yanma odasını oluşturan elemanlarda oluşan ısıl gerilme farkları ile ciddi hasarlar meydana gelebilir. Bunun önlenmesi için silindirlerdeki yanma iyi bir şekilde ve devamlı olarak gözlenmelidir. Enjektör test ve bakımları bakımplanlarına göre zamanında uygulanmalıdır.

2.7. Yakıtın Buharlaşması

Sıkıştırılan hava ile silindire süratle enjekte edilen yakıt damlacıklarının birbirine sürtünmesi sonucu ve havanın sıcaklığından etkilenerek damlacık sıcaklığının artması ile buharlaşma olur. Yanma odasına püskürtülerek zerreciklere ayrılan yakıt, hava ile karışmadan ve yanmadan önce buharlaşmak zorundadır. Isı transferi nedeniyle damlacık sıcaklığı hızlı bir şekilde yükselir. Sıcaklık artışı giderek yavaşlar. Sıkıştırılan havadan damlacığa geçen ısı miktarının ilk anki yüksek değeri düşüş gösterir. Buna bağlı olarak buharlaşma oranı önce yükselirken ısı transferinin azalması ile düşer. Damlacık çapı da giderek küçülür. 25 mikron çapında bir damlanın buharlaşması için geçen zaman 1 milisaniyedir. Yakıt damlalarının buharlaşması damlacık çaplarının büyüklüklerine, dağılım ve hızlarına, yanma odasının basınç ve sıcaklığına, yakıtın uçuculuğuna bağlıdır.

Damlacık çapları ne kadar küçük ise, ısınmaları ve buharlaşmaları o kadar hızlı olur. Çünkü çapların küçülmesiyle havayla temas eden yüzey miktarı artar. Yüzeyin büyümesi ile, yakıt ve hava arasındaki ısı transfer yüzeyi artarak buharlaşma ve yanmayı kolaylaştırır.

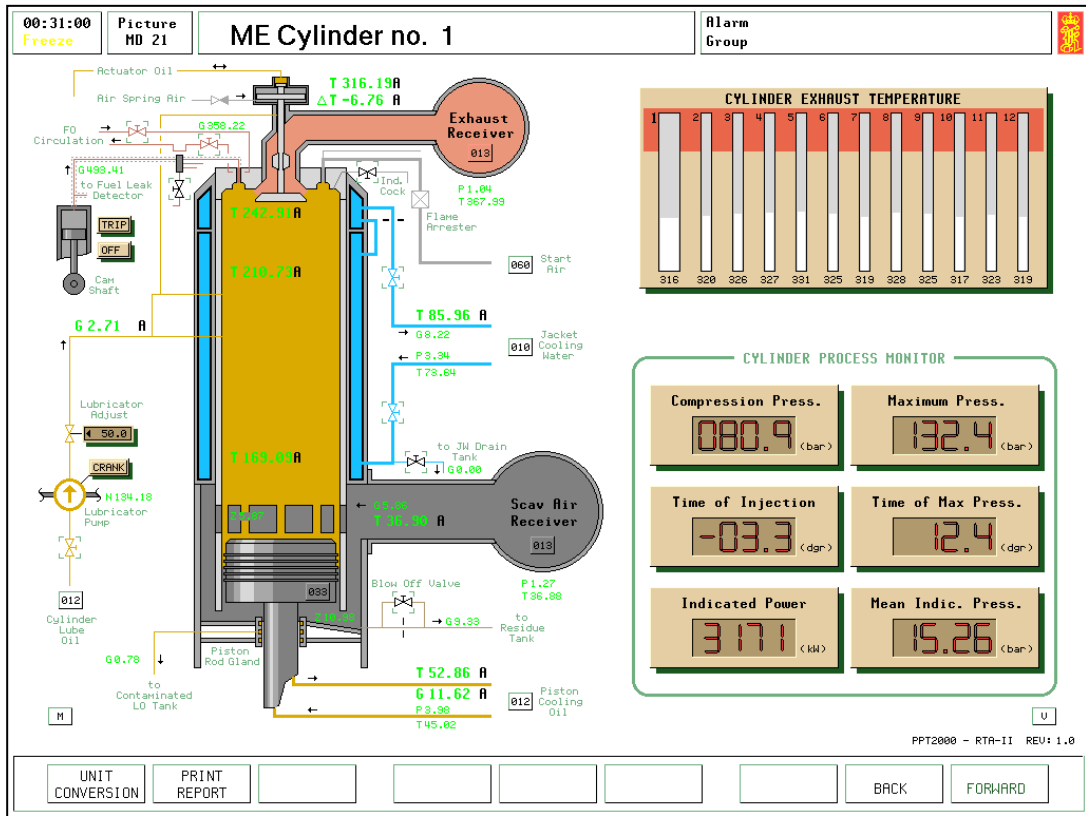
Damlacıkların ilk hızları da buharlaşmayı etkiler. İlk hızın artması, püskürtme basıncının artmasına bağlıdır.

Buharlaşmanın abuk olması, tutuşma gecikmesi süresini olumlu yönde etkiler. Buharlaşma süresi kısaldıkça, buna bağlı olarak tutuşma gecikmesi süresi kısalacağından yanmanın tamamlanması kolaylaşır. Yakıtın ısı enerjisinden daha fazla iş elde edilerek, motor verimi yükselir ve yakıt giderleri azalır, yakıt ekonomisi sağlanır.

3. DENEYLERDE KULLANILAN SİSTEM VE YÖNTEMLER

3.1. Makine Dairesi Similatörü

Deney sonuçlarının elde edilmesi amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi'nde yer alan, yazılım Kongsberg firması'na üretilmiş, ana tahrik unsuru olarak SULZER marka RTA84C modeli iki zamanlı düşük devirli geniş hacimli ve yaygın kullanılan deniz tipi dizel makinenin yer aldığı bir makine dairesinin tüm özellikleri ile simüle edildiği Makine Dairesi Similatörü'nden faydalanılmıştır.



Şekil 3.1 Makine dairesi similatöründe 1 nolu silindir görüntüsü

Makine dairesi similatöründe, tam otomasyonlu bir ticari gemi makine dairesi simüle edilmiştir. Similatör yazılım, makineye ait çalışma şartlarından bir veya daha fazlasının deney operatörü tarafından seçilebilecek seviyelere göre değiştirilmesine ve bu değişikliğe karşılık olarak makinenin vereceği cevabın

gözlenerak kayıt altına alınmasına imkan tanınmaktadır. Buna ek olarak makine dairelerinde karşılaşılabilen problemlerin önceden senaryolar haline getirilerek incelenmesi de mümkündür. Yukarıdaki resimde ana makineye ait 1 nolu silindir çalışın değerleri sayfası görülmektedir. Gerçek makineye ait üretici firma tarafından yayınlanan teknik bilgiler Tablo 3.1’de görülmektedir:

Tablo 3.1 SULZER RTA84C dizel makineye ait teknik bilgiler

Main data RTA84C								
Cylinder bore	840 mm							
Piston stroke	2 400 mm							
Speed	82 - 102 rpm							
Mean effective pressure at R1	17.9 bar							
Piston speed	8.2 m/s							
Fuel specification:	730 cSt/50°C							
Fuel oil	7 200 sR1/100°F							
ISO 8217, category ISO-F-RMK 55								
Rated power: Propulsion Engines								
Cyl.	Output in kW/bhp at							
	102 rpm				82 rpm			
	R1		R2		R3		R4	
	kW	bhp	kW	bhp	kW	bhp	kW	bhp
6	24 300	33 060	17 040	23 160	19 500	26 520	17 040	23 160
7	28 350	38 570	19 880	27 020	22 750	30 940	19 880	27 020
8	32 400	44 080	22 720	30 880	26 000	35 360	22 720	30 880
9	36 450	49 590	25 560	34 740	29 250	39 780	25 560	34 740
10	40 500	55 100	28 400	38 600	32 500	44 200	28 400	38 600
11	44 550	60 610	31 240	42 460	35 750	48 620	31 240	42 460
12	48 600	66 120	34 080	46 320	39 000	53 040	34 080	46 320
Brake specific fuel consumption (BSFC)								
	g/kWh	g/bhph	g/kWh	g/bhph	g/kWh	g/bhph	g/kWh	g/bhph
Load 85 %	169	124	162	119	169	124	165	121
Load 100 %	171	126	163	120	172	127	167	123
BMEP, bar	17.9		12.6		17.9		15.6	

3.2 Kullanılan Yöntem

Dizel makine yanına odasıyla ilgili olarak, yazılımın parametre değişikliğine müsaade etmiş olduğu senaryo ve bu senaryolar için sistem tarafından kabul edilebilir farz edilen alarm indikasyonu verne değerleri yüzdesel olarak Tablo 3.2’de verilmiştir.

Öncelikli olarak yanına odasına etki eden makine elemanları problemiiz konumunda iken, yüklü ve tam yol konumunda çalıştırılan makineye ait 1 nolu silindir çalışın

değerleri kayıt altına alınmış ve normal çalışma şartlarına ait ilk referans değerler elde edilmiştir.

Tablo 3.2 Kabul edilen alarmlı limitleri

Sİ MÜLATÖR KODU	ARIZA TANIMI	KABUL EDİLEREK SORUN YÜZDESİ (ALARM ALT LİMİTİ)
M 2110	ENJEKTÖR NOZULU AŞINMASI (ZAYIF ATOMİZASYON)	% 20
M 2111	ENJEKTÖR NOZULUNDA DEPOZİT OLUŞUMU (TİKANMA)	% 30
M 2116	ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINCI NDA DÜŞME	% 40
M 2117	ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINCI NDA ARTIŞ	% 50
M 2141	PİSTON SEGMANLARI NDA TUTMA (GENEL)	% 40
M 2120	PİSTON TACI NDA AŞINMA	% 30
M 2121	PİSTON TACI NDA DEPOZİT BİRLİKİ	% 30
M 2124	EGZOZ VALFİ NDE KAÇIRMA	% 30
M 2126	EGZOZ VALFİ NDE ERKEN AÇILMA	% 30
M 2127	EGZOZ VALFİ NDE GEÇ AÇILMA	% 30
M 2130	SKAVENÇ HAVA PORTUNDA DEPOZİT BİRLİKİ	% 30

Mit eakiben, tabloda belirtilen her bir senaryo için, sistem tarafından kabul edilebilir farz edilen arıza, aşınma, ayarsızlık oranlarının sonunda alarmlı kasyonu gelene kadar ki bu limitler %100 kabul edilerek, 1 nolu silindir yanma odasına etki eden parçalara ait çalışma sorunlarında % 0'dan itibaren %10'luk artışlar yapılarak çalıştırılan makineye ait on adet ayrı deney sonucu kayıt altına alınmış ve bu veriler

ile MS Excel ortamında verilerin arıza oranlarına göre değişimini gösteren eğriler oluşturulmuştur. Toplam olarak Tablo 3.2 ‘de belirtilen onbir adet probleme ilişkin 110 adet deney yapılmış olup, bir deney ortalama olarak 15 dakika sürmüştür.

Deney sonuçlarını gösteren şekillerin çok sayıda olması nedeni ile elde edilen eğrilere ait şekiller ekler bölümünde verilmiştir.

4. DENEY SONUÇLARI

4.1. Enjektör Nozul u Aşınmaları nın Yakıt Ekonomisi ne Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 1 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örnekle: Şekil A1, Şekil B1, Şekil C1,.....)

Enjektör nozulunda %20 seviyesine kadar meydana gelen aşınma neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 1 barlık düşme; endike güç ve efektif güçte, lineer bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 200 kW azalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında 14 C derecelik bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karakterde lineere yakın bir eğri çizicek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 5, 4 ve 9 C derecelik artışlar vuku bulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında %14 aşınma seviyesine kadar lineer bir eğriyi takip eden 11, 1 C derecelik bir azalma görülüp bu azalma aşınma seviyesi %14' ün üzerine çıktığında yaklaşık olarak sabit bir değer izlemiştir. Bu durum silindir içerisindeki yanma merkezinin kaverden uzaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 114, 11.7, 5.5 kW değerlerinde lineer formda artışlar sözkonusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında ihmal edilebilir seviyede düzensiz azalma ve artışlar, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 4 C dereceye kadar bir azalma, ateşleme basıncında 1.5 bar'a kadar azalma, maksimum basınçta 25.5 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 1.7'lik lineer bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuş gecikmesinin lineer şekilde yaklaşık 2.5 derece ileriye uzadığı ve buna paralel olarak ateşleme zamanının ve maksimum basınç zamanının da yine lineer olarak 2.5 derece ileriye kaydığı görülebilir.

Silindir içerisindeki yanma evrelerinin ideal konumdan uzaklaşması nedeni ile yanma gidişatı bozulmuş ve art yanma olayı sonucunda yakıtın hatalı zamanlama ile yanması ısı enerjisinin bir kısmının kinetik enerjiye dönüşümünden yanma odasını çevreleyen metallere geçerek buradan soğutma suyu, yağlama yağına transferi ve egzoz gazı sıcaklığını artırarak silindiri terk etmesi neticesinde kaybedilmesi nedeniyle olmuştur.

Enjektör nozulundaki %20 seviyesine kadar aşınma oranları, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineer olarak 0,72 g/kWh değerine; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da 0,03 ton (30kg) 'a kadar artırmıştır.

4.2 Enjektör Nozulunda Depozit Oluşumunun Yakıt Ekonomisi ne Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 2 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örneğ: Şekil A2, Şekil B2, Şekil C2.....)

Enjektör nozulunda %30 seviyesine kadar meydana gelen depozit birikimi neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 2 barlık düşme; endike güç ve efektif güçte, lineer bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 460 kW azalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 36 C derecelik bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısmı ve piston ortalama ve kaver metal sıcaklıklarında birbirine benzer karakterde lineere yakın bir eğri çizecek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 6.5, 5, 22.5 ve 21.5 C derecelik artışlar vuku bulmuştur. Burada önceki deney sonucuna göre dikkat çeken durum vardır ki, bir önceki deneyde kaver metal sıcaklığında azalma söz konusu iken bu deneyde kaver metal sıcaklığında artış meydana gelmiştir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 295, 31, 15.2 kW değerlerinde lineer formda azalmalar mevcuttur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında yaklaşık 0.18 bar'lık bir artış, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 0.2 C derecelik bir artış, ateşleme basıncında 0.15 bara kadar artış, maksimum basınçta 8.9 bar 'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0,13 'lük lineere yakın bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinin lineer şekilde yaklaşık 0,15 derece ileriye uzadığı ve buna paralel olarak ateşleme zamanının 0,18 derece ileri kaydığı, ancak maksimum basıncın zamanın ilk etabında (%0 arıza seviyesine kadar) 0,02 derece ileri kaydığı ancak bu seviyeden sonra sabit olarak devam ettiği görülmektedir.

Enjektör nozulundaki %30 seviyesine kadar ki depozit birikimi oranları, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineer olarak 0,16 g/kWh değerine; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da ortalama olarak 0,005 ton (5 kg) 'a kadar artırmıştır.

4.3. Enjektör Nozul Açma Basıncındaki Düşmenin Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 3 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örneğin: Şekil A3, Şekil B3, Şekil C3,.....)

Enjektör nozulu açma basıncında %40 seviyesine kadar meydana gelen azalmalar neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basıncı ve efektif ortalama basıncı 0,17 barlık düşme; endike güç ve efektif güçte, eğimi düşük lineer bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 39 kW azalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 19 C derecelik lineer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karelerde lineer olarak yakın bir eğri çizilecek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 2,7, 3,6 ve 12 C derecelik artışlar vuku bulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında 7 C derecelik bir azalma görülmüştür. Bu durum silindir içerisiindeki yanma merkezinin kaverden uzaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 160, 17, 8,2 kW değerlerinde lineer formda artışlar görülmektedir.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında 0,18 bar'lık artış, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 0,6 C dereceye kadar bir azalma, ateşleme basıncında 0,47 bar'lık azalma, maksimum basıncı 13 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0,84'lük lineer bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde, tutuşma gecikmesinin lineer şekilde yaklaşık 1.84 derece ileriye uzadığı ve buna paralel olarak ateşleme zamanının 1.42 ve maksimum basınç zamanında yine lineer olarak 1.64 derece ileriye kaydığı görülebilir.

Enjektör nozulu açma basıncındaki %40 seviyesine kadar ki azalma oranları, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineer olarak 0,3 g/kWh değerine ; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da ortalama %20 seviyesine kadar 0,005 ton (5 kg) 'a ; %20 seviyesinden sonra %40'a kadar 0,01 (100 kg) kadar artırmıştır.

4.4 Enjektör Nozul Açma Basıncındaki Yükselmenin Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 4 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örnekle: Şekil A4, Şekil B4, Şekil C4,.....)

Enjektör nozulu açma basıncında %50 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 1.25 bar'lık düşme ; endikegüç ve efektif güçte, eğimi düşük lineer bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 282 kW azalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 21 C derecelikli neer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım, piston ortalama ve kaver metal sıcaklıklarında birbirine benzer karakterde lineere yakın bir eğri çizicek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 2.5, 2.3, 12 ve 11.3 C derecelik artışlar vuku bulmuştur.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 170.5, 16.6, 8.3 kW değerlerinde lineer formda azalmalar söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında basamak fonksiyonu görüntüsünde 0.17 bar'lık artış, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 0.13 C dereceye kadar bir artış, ateşleme basıncında 0.3 bar'lık azalma, maksimum basınçta 5.6 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0,14'lük lineer bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışır zamanları eğrileri incelendiğinde tutuş gecikmesini sabit kaldığı ateşleme zamanının 0.92 ve maksimum basınç zamanı da yine lineer olarak 0.13 derece ileriye kaydı görülebilir.

Enjektör nozulu açma basıncındaki %50 seviyesine kadar artma oranları, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcaması lineer olarak 0,12 g/kWh değerine ; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da ortalama %25 seviyesine kadar sabit tutarken ; %25 seviyesinden sonra %50' ye kadar ortalama 0,01 (100 kg) kadar artmıştır.

4.5 Piston Segman Tutması nın Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 5 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örnek: Şekil A5, Şekil B5, Şekil C5,.....)

Piston segmanlarının tutması arızasında %40 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.15 barlık düşme ; endikegüç ve efektif güçte, eğimi düşük lineer bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 33 kW azalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 4.2 C derecelik lineer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karelerde lineere yakın bir eğri çezecek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 8.8, 5.2 ve 6.4 C derecelik artışlar vuku bulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında 1.3 C derecelik bir azalma görülmüştür. Bu durum silindir içerisiindeki yanma merkezinin kaverden uzaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 22.5, 3, 1.8 kW değerlerinde artışlar söz konusudur. Egzoza verilen ısı eğrisi basamak fonksiyonu görünümündedir. Suya verilen ısı eğrisi artma meyili gösteren düzensiz bir formdadır. Yağlama yağına verilen ısı eğrisi parabolik bir eğrinin artan kısmına benzerdir.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında lineer fonksiyon görüntüsünde 1.58 bar'lık azalma, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 11.3 C dereceye kadar bir azalma, ateşleme basıncında 1.61 bar'lık azalma, maksimum basınçta lineer formda 2.4 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon

oranında 0,03 'lük basamak fonksiyonu görüntüsünde bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinde 0,04 derecelik basamak fonksiyonu görüntüsünde ileriye doğru bir kayma; ateşleme zamanında 0,92 ve maksimum basınç zamanında yine lineer olarak 0,13 derece ileriye doğru kayma görülmektedir.

Piston segmanlarının tutması arızasında %40 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineer olarak 0,12 g/kWh değerine; maki neye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da ortalama %28 seviyesine kadar sabit tutarken; %28 seviyesinden sonra %40'a kadar ortalama 0,01 (100 kg) kadar artırmıştır.

4.6 Histon Tacı Aşınmalarının Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 6 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örneğ: Şekil A6, Şekil B6, Şekil C6,.....)

Piston tacında aşınma arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endi ke ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0,26 barlık düşme; endi ke güç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 59,5 kWazalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 5,8 C derecelik lineer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karelerde parabol e yakın bir eğri çizecek şekilde yaklaşık olarak sırası ile 0,8, 1 ve 3,4 C derecelik artışlar vuku bulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında 7,1 C derecelik bir azalma görülmüştür. Bu durumsilindir içerisindeki yanma merkezinin kaverden uzaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 47, 4,9, 2,4 kWdeğerlerinde; egzoz ve yağlama yağı için lineere yakın for mda, soğutma suyu için parabolik for mda artışlar söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında lineer fonksiyon görüntüsünde 7,1 bar'lık azalma, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 17,8

C dereceye kadar bir azalma, ateşleme basıncında 7.1 bar'lık azalma, maksimum basınçta lineer formda 8.57 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0.6'lık lineer fonksiyon görüntüsünde bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinde 0.18 derecelik lineere yakın ileriye doğru bir kayma; ateşleme zamanında 0.18 ve maksimum basınç zamanında yine lineer olarak 0,46 derece ileriye doğru kayma görülmektedir.

Piston tacında aşınma arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineere yakın bir fonksiyonu takip edecek şekilde 0,22 g/kWh değerine ; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da basamak fonksiyonu görüntüsünde ortalama %15 seviyesine kadar sabit tutarken ; %15 seviyesinden sonra %30 a kadar ortalama 0,01t ona (100 kg) kadar artırmıştır.

4.7. Piston Tacında Depozit Birikiminin Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 7 nolu şekil olarak verilmiştir. (Önek: Şekil A7, Şekil B7, Şekil C7,.....)

Piston tacında depozit birikimi arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.11 barlık yükselme ; endikegeç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 23.5 kW artış meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 3 C derecelik lineer bir azalma olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karelerde yaklaşık olarak sırası ile 0.4, 0.52 ve 1.87 C derecelik azalmalar vuku bulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında 3.17 C derecelik bir yükselme görülmüştür. Bu durum silindir içerisindeki yanma merkezini kavere yaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 27.5 , 3 , 1.27 kW değerlerinde lineere yakın formda azalmalar söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında lineer fonksiyon görüntüsünde 4.7 bar'lık artış, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 11.5 C dereceye kadar bir artış, ateşleme basıncında 4.7 bar'lık yükselme, maksimum basınçta lineer formda 3.95 bar'lık bir yükselme, efektif kompresyon oranında 0,3 'lük lineer fonksiyon görüntüsünde bir artış meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinde 0.04 derecelik basamak fonksiyonu görünümünde ileriye doğru bir kayma; ateşleme zamanında 0.03 derecelik basamak fonksiyonu görüntüsünde bir kayma ve maksimum basınç zamanında 0,14 derecelik geriye doğru bir kayma görülmektedir.

Pistontacında depozit birikimi arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını ortalama olarak 0,11 g/kWh değerine indirmektedir; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarında bir artış görülecek şekilde sabit tutulmaktadır.

4.8 Egzoz Valfi Kaçırması nın Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 8 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örneğin: Şekil A8, Şekil B8, Şekil C8,.....)

Egzoz valfi kaçırması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.76 barlık düşme; endikegüç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 171 kWazalına meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 18.5 C derecelik lineer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısım ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karelerde yaklaşık olarak sırası ile 2.75, 3.6 ve 11.87 C derecelik artışlar vukubulmuştur. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında 11.86 C derecelik bir azalmagörülmüştür. Bu durum silindir içerisindeki yanma merkezinin kaverden uzaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde, sırası ile 158.5, 17.2, 8.2 kWdeğerlerinde lineer ve lineere yakın formda artışlar söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında lineer fonksiyon görüntüsünde 5.47 bar'lık azalma, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 42.3 C dereceye kadar bir azalma, ateşleme basıncında 5.6 bar'lık azalma, maksimum basınçta lineer formda 18.5 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0.78'lik lineer fonksiyon görüntüsünde bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinde 0.13 derecelik ileriye doğru bir kayma; ateşleme zamanında 0.16 ve maksimum basınç zamanında lineer olarak 0.56 derece ileriye doğru kayma görülmektedir.

Egzoz valfi kaçırması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını lineere yakın bir fonksiyonu takip edecek şekilde 0.69 g/kWh değerine; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da basamak fonksiyonu görüntüsünde kademe li artışları takip ederek saatte 0.03 ton (300 kg) 'a kadar arttırmaktadır.

4.9. Egzoz Valfinin Erken Açılması nın Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 9 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örneğ: Şekil A9, Şekil B9, Şekil C9,.....)

Egzoz valfinin erken açılması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.35 bar'lık düşme; endike güç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 79.6 kWazalma meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 252 C derecelik bir azalma olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısmı ve piston ortalama metal sıcaklıklarında daha önceki deney sonuçlarından farklı olarak arıza başlangıcından %15-18 seviyelerine kadar bir azalma, daha sonra da tekrardan artma eğilimi belirgin olarak görülmektedir. Buna karşılık kaver ortalama metal sıcaklığında düzensiz salınımlar gösteren bir eğri elde edilmesine rağmen nispeten diğer metal sıcaklıklarının tam tersi bir eğilim görülmektedir. Bu durum silindir içerisindeki yanma merkezinin %15-18 arıza oranı seviyesine kadar kaverden uzaklaşacak, bu orandan sonra yön değiştirerek tekrardan kaver e yaklaşacak şekilde kaydığını işaret etmektedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde; egzoz verile ısı da 87 k W lık lineer bir artış olurken, sırası ile 0.83 , 0.27 k W değerlerindeki soğutma suyu ve yağlama yağına geçen ısı da az miktarda azalma olduğu görülmektedir.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında 0.31 bar'lık artış , kompresyon sıcaklığında yaklaşık 0.22 C dereceye kadar bir artış, ateşleme basıncında 0.31 bar'lık yükselme, maksimum basınçta lineer formda 0.23 bar'lık bir artış, efektif kompresyon oranında 0.72'lik lineer fonksiyon görüntüsünde bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışmaz zamanları eğrileri incelendiğinde tutuş gecikmesinin %21 arıza oranına kadar sabit kaldığı, bunun üzerine çıkıldığında basamak fonksiyonu şeklinde de 0.01 derecelik geriye doğru bir kayma yaptığı ; ateşleme zamanının sabit kaldığı ve maksimum basınç zamanında lineer olarak 0.02 derece ileriye doğru basamak fonksiyonu görüntüsünde bir kayma görülmektedir.

Egzoz valfinin erken açılması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcaması lineere yakın bir fonksiyonu takip edecek şekilde 0.33 g/k Wh değerine ; makineye ait saatteki harcanan yakıt miktarını da basamak fonksiyonu görüntüsünde kademeli artışları takip ederek ortalama olarak saatte 0.01 ton (100 kg) 'a kadar arttırmaktadır. En son arıza kademesinde bu miktar 200 kg 'a çıkmaktadır.

4.10. Egzoz Valfinin Geç Açılması nın Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 10 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örne: Şekil A10, Şekil B10, Şekil C10,.....)

Egzoz valfinin geç açılması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.07 barlık yükselme ; endikegüç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 16.4 k W artış meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığının %9 arıza oranına kadar çok az bir artış gösterdiği, %9 arıza oranından itibaren hızla artan şekilde ortalama 59 C derecelik bir artış gösterdiği görülmektedir.

Layner alt kısmı üst kısmı piston ve kaver ortalama metal sıcaklıklarında daha önceki deney sonuçlarından farklı olarak parabolik eğrileri takip edecek şekilde artışlar görülmektedir. Ölçülen maksimum artış farkları sırası ile: 7.7, 10, 14.3, 35 C derecedir.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde; sırası ile, 129.5 kW'lık logaritmik bir azalma, 47.3 ve 24.1 kW değerlerinde artan parabolik formda yükselmeler söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında 0.36 bar'lık azalma, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 101 C dereceye kadar %0 luk arıza oranından sonra hız kazanan bir artış, ateşleme basıncında 0.36 bar'lık azalma, maksimum basınçta lineer formda 0.58 bar'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0.36'lık bir artış meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuş gecikmesinin %18 arıza oranına kadar sabit kaldığı, bunun üzerine çıkıldığında basamak fonksiyonu şeklinde de 0.01 derecelik ileriye doğru bir kayma yaptığı; ateşleme zamanının %12 lik arıza oranına kadar 0.01 derece geri kaldığı, müteakip değerlerde ilk değerini aldığı ve maksimum basınç zamanında %15-24 arası arıza oranında 0,01 derece geriye doğru basamak fonksiyonu görüntüsünde bir kayma olduğu, bu oran haricinde sabit kaldığı görülmektedir.

Egzoz valfinin geç açılması arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcamasını %12'lik arıza oranına kadar ki değerlerde daha hızlı olmak üzere 0.15 g/kWh değerine kadar azaltmaktadır. Saatteki toplam yakıt harcaması eğrisi düzensiz bir eğri olup ortalama azalmanın 0.004 ton (4 kg) olduğu değerlendirilmektedir.

4.11. Emme Hava Portunda Depozit Birikiminin Yakıt Ekonomisine Etkileri

Bu deneye ait eğriler, eklerde, her bir ek bölümünde ek harfini takiben 11 nolu şekil olarak verilmiştir. (Örnek: Şekil A11, Şekil B11, Şekil C11,.....)

Süpürme hava portunda depozit birikimi arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış neticesinde, arızalı silindir olan 1 nolu silindirde birbirine paralel olarak endike ortalama basınç ve efektif ortalama basınçta 0.08 barlık düşme; endike güç ve efektif güçte, lineere yakın bir eğriyi oluşturacak şekilde yaklaşık 16.6 kW azalma

meydana gelmiştir. Silindir egzoz sıcaklığında yaklaşık 41.1 C derecelik lineer bir artış olmuştur.

Layner alt kısmı üst kısmı kaver ve piston ortalama metal sıcaklıklarında birbirine benzer karakterde yaklaşık olarak sırası ile 4.67 , 6.1 , 5.64 ve 21.63 C derecelik artışlar vuku bulmuştur.

Egzoz, soğutma suyu ve yağlama yağına geçerek kaybedilen ısı eğrileri incelendiğinde; sırası ile, 46.4 k W'lık lineer formda bir azalma , 28.5 ve 14.9 k W değerlerinde lineere yakın formda artışlar söz konusudur.

Silindire ait çalışma şartları eğrileri incelendiğinde, kompresyon basıncında lineer fonksiyon görüntüsünde 2.85 bar'lık azalma, kompresyon sıcaklığında yaklaşık 3 C dereceye kadar lineer bir azalma, ateşleme basıncında 2.85 bar'lık lineer azalma, maksimum basınçta lineer formda 3 bar 'lık bir azalma, efektif kompresyon oranında 0,05'lik basamak fonksiyonu görüntüsünde bir azalma meydana geldiği görülmektedir.

Silindir çalışma zamanları eğrileri incelendiğinde tutuşma gecikmesinde 0.07 derecelik ileriye doğru bir kayma; ateşleme zamanında 0.06 ve maksimum basınç zamanında 0,13 derece ileriye doğru kayma görülmektedir.

Süpürme hava portunda depozit birikimi arızasında %30 seviyesine kadar meydana gelen artış oranı, normal çalışma şartlarına göre özgül yakıt harcaması %0,1 luk arıza oranından itibaren artış gösteren bir basamak fonksiyonunu takip edecek şekilde 0.02 g/k Wh değerine kadar arttırmaktadır.

5 TARTIŞMA

Ge mi dizel maki nelerinde , yan ma odası ndaki yan ma olayı, yan ma nın fi zi ksel ve ki nyasal sü re çle ri ni n ol uş ma sı nda de ğ i ş ti ri ci et ki ye sa hip ol an yan ma odası ele man ları nın fi zi ksel du ru nu ları n dan çe ş it li se vi ye ler de et ki len mek te dir.

Yan ma odası ele man ları nın ta sa rı me snası nda bel ir len en or jinal hal le ri ma ki ne ni n iş le ti mi es na sı nda kaçı nıl ma z ol arak ne ga ti f yön de bozul ma la ra uğ ra maktadı r. Bu bozul ma lar ın ka bul ed i le bi li ri li ri tler da hi li nde ol ma sı; il gi li par çanı n sö kü le rek de ğ i ş i mi, te mi zli ğ i veya ye ni den ayar lan ma sı nı ge re kti ri me se bile ma ki ne ye ait yakıt har ca m ları nda art ı ş yön ün de de ğ i ş me le re ne den ol maktadı r. Bu art ı ş, de ney ler de ki ör nek ma ki ne i ç in ar ı za nı ntı pi ne ve il gi li par çada ki aş ı n ma lar ın or a nı na gö re, sa at te 5 ile 300 ki lo gram arası nda de ğ i ş mek te dir. Bu art ı ş ı n yüz de sel ifa de si ş u du r ki yan ma odası ele man ları nda ki pro ble mler ma ki ne ni n sa at te ki yakıt har ca ma sı nı % 0.064 ile %3,861 de ğ er le ri arası nda art ı r maktadı r.

Ya pı lan de ney ler de ki si mü le di len ar ı za mo de l le ri ne ba ğ lı ol arak öz gü l yakıt har ca m ve sa at te ki to pl am yakıt har ca ma sı nda ki de ğ i ş i k li kler yüz de sel ol arak Ta bl o 5.1’ de ve ri l mi ş tir.

Öz gü l yakıt har ca m e ğ ri le ri in ce len di ğ in de em me ha va po ru nda de po zit bi ri ki ni e ğ ri si ha ri ci nde el de di len tü m e ğ ri le rin li ne re ya k ı n bir fo r mda ol du kları gö rü l mek te dir. Bu ra dan ha re ke tle, si li n di r de ki yan ma odası ele man ları na ba ğ lı ol arak öz gü l yakıt har ca m na ait de ğ i ş i k li k le rin li ne er art ı ş veya azal ma gö ş te r di k le ri ge ne lle ne si ya pı la bi li r. Ma ki ne ye ait to pl am yakıt har ca ma ları na ait e ğ ri ler ise ge ne l de ba sa mak fonk si yo nu gö rü nt ü sü nde dir. An cak bu e ğ ri le rin ge ne l e ğ li m le ri öz gü l yakıt har ca m nda ki art ı ş la ra pa ra le l ol arak art ma nı ye yi li gö ş te r me si ne kar ş ı lık ma ki ne dai re si si mü la t ö r ya zı lı m na ba ğ lı ol arak ba zı nok ta lar da öz gü l yakıt har ca m dan ba ğ lı nı z ve dü zen si z art ı ş ve azal ma p i k le ri ya p maktadı r. Bu ne den le to pl am yakıt har ca ma ları na ili ş ki n yüz de sel art ı ş ve azal ma lar ı n ha sa pl an ma sı nda

Tablo 5.1 Arıza modeline bağlı yakıt tüketimindeki değişim oranları

Arıza Tanımı	Özgül Yakıt Harcamasındaki Değişim	Saatteki Toplam Yakıt Harcamasındaki Değişim
ENJEKTÖR NOZULU AŞINMASI (ZAYIF ATOMİZASYON)	% 0.398 ARTIŞ	% 0.386 ARTIŞ
ENJEKTÖR NOZULUNDA DEPOZİT OLUŞUMU (TİKANMA)	% 0.088 ARTIŞ	% 0.064 ARTIŞ
ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINÇINDA DÜŞME	% 0.050 ARTIŞ	% 0.064 ARTIŞ (%20 A O) % 1.287 ARTIŞ (%20 A O ÜZERİ)
ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINÇINDA ARTIŞ	% 0.066 ARTIŞ	SABİT (%25 A O) % 1.287 ARTIŞ (%25 A O ÜZERİ)
PİSTON SEGMANLARINDA TUTMA (GENEL)	% 0.066 ARTIŞ	SABİT (%28 A O) % 1.287 ARTIŞ (%28 A O ÜZERİ)
PİSTON TACINDA AŞINMA	% 0.121 ARTIŞ	SABİT (%45 A O) % 1.287 ARTIŞ (%45 A O ÜZERİ)
PİSTON TACINDA DEPOZİT BİRLİKİ	% 0.060 AZALMA	SABİT
EGZOZ VALFİNDE KAÇIRMA	% 0.382 ARTIŞ	% 3.861 ARTIŞ
EGZOZ VALFİNDE ERKEN AÇILMA	% 0.183 ARTIŞ	% 0.064 ARTIŞ (%27 A O KADAR) % 1.287 ARTIŞ (%30 A O)
EGZOZ VALFİNDE GEÇ AÇILMA	% 0.083 AZALMA	% 0.051 AZALMA
SKAVENÇ HAVA PORTUNDA DEPOZİT BİRLİKİ	% 0.011 ARTIŞ	% 0.013 ARTIŞ

aritmetik ortalamalar kullanılmış olup, yakıt harcaması ile ilgili en sağlıklı gözlemin özgül yakıt harcamalarının değerlendirilmesi ile yapılabileceği ortaya çıkmaktadır.

Yapılan deneylere ait arıza simülasyonları, özgül yakıt harcamana etkileri açısından birbirleri ile karşılaştırılırsa, en yüksek harcamadan aza doğru şöyle bir sıralanma elde edilmektedir:

1. Enjektör nozulunda aşınma
2. Egzoz valfinde kaçırma
3. Egzoz valfinin erken açılması
4. Piston tacında aşınma
5. Enjektör nozulunda depozit oluşumu
6. Enjektör nozulu açma basıncının artışı
7. Piston segmanlarında tutma
8. Enjektör nozul açma basıncının düşmesi
9. Emme hava portunda depozit birikimi

Piston tacında depozit birikimi ve egzoz valfinin geç açılması durumlarında özgül yakıt tüketiminde normal çalışma şartlarına göre bir azalma söz konusu olmaktadır. Bu duruma ilgili olarak iki arıza simülasyonunda da dikkat çeken nokta, bunların dışındaki arıza modellerinde silindir ortalama basıncı, silindir gücü ve efektif kompresyon oranında azalma mevcut iken piston tacında depozit birikimi ve egzoz valfinin geç açılması durumlarında bu değerlerde yükselme görülmektedir.

Layiner alt, üst ve piston metal sıcaklıkları genel olarak yanmadaki bozulma ile artmaktadır. Kover metal sıcaklıklarında ise diğer metal sıcaklıklarında bu artış olmasına rağmen azalmalar da görülmektedir. Bu durum silindir içerisindeki yanma merkezinin arızaya bağlı olarak yer değiştirdiğini işaret etmektedir.

Enerji ekonomisine etkileri açısından, egzoz gazı, soğutma suyu ve yağlama yağı vasıtası ile yer değiştiren ısı miktarındaki arıza modellerine göre artış ve azalmaların yüzdesel olarak Tablo 5.2’de verilmiştir. Bu tabloda dikkat çeken nokta, egzoz valfi ile ilgili arızalarda ısı transferindeki artma ve azalmaların her üç yolla da diğerler arızalarda olduğu gibi paralellik arz etmediğidir.

Tablo 5.2 Arızaların silindirin dışına ısı transferine etki oranları

Arıza Tanımı	Egzoz gazına verilen ısı değişimi yüzdesi	Soğutma suyuna verilen ısı değişimi yüzdesi	Yağlama yağına verilen ısı değişimi yüzdesi
ENJEKTÖR NOZULU AŞINMASI (ZAYIF ATOMİZASYON)	% 4.06 artış	% 2.13 artış	% 2.50 artış
ENJEKTÖR NOZULUNDA DEPOZİT OLUŞUMU (TİKANMA)	% 10.51 azalma	% 5.65 azalma	% 6.9 azalma
ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINÇINDA DÜŞME	% 5.7 artış	% 3.09 artış	% 3.72 artış
ENJEKTÖR NOZULU AÇMA BASINÇINDA ARTIŞ	% 6 azalma	% 3.02 azalma	% 3.77 azalma
PİSTON SEGMANLARINDA TUTMA (GENEL)	% 0.8 artış	% 0.54 artış	% 0.81 artış
PİSTON TACINDA AŞINMA	% 1.6 artış	% 0.89 artış	% 1.09 artış
PİSTON TACINDA DEPOZİT BİRLİKİMİ	% 0.98 azalma	% 0.54 azalma	% 0.57 azalma
EGZOZ VALFİNDE KAÇIRMA	% 5.65 artış	% 3.13 artış	% 3.72 artış
EGZOZ VALFİNDE ERKEN AÇILMA	% 3.1 artış	% 0.15 azalma	% 0.12 azalma
EGZOZ VALFİNDE GEÇ AÇILMA	% 4.6 azalma	% 8.61 artış	% 10.9 artış
SKAVENÇ HAVA PORTUNDA DEPOZİT BİRLİKİMİ	% 1.65 azalma	% 5.19 artış	% 6.77 artış

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar makine dairesi simülasyonu kullanılması nedeniyle teorik sonuçlar olarak değerlendirilmiştir. Simülasyondaki makine modellemesini oluşturan sayısal şartlarla gerçek makinede oluşan şartlar arasındaki hata oranını içinde bulundurmaktadır. Bu nedenle elde edilen sayısal oranlar bir yaklaşımlar olarak düşünülmelidir.

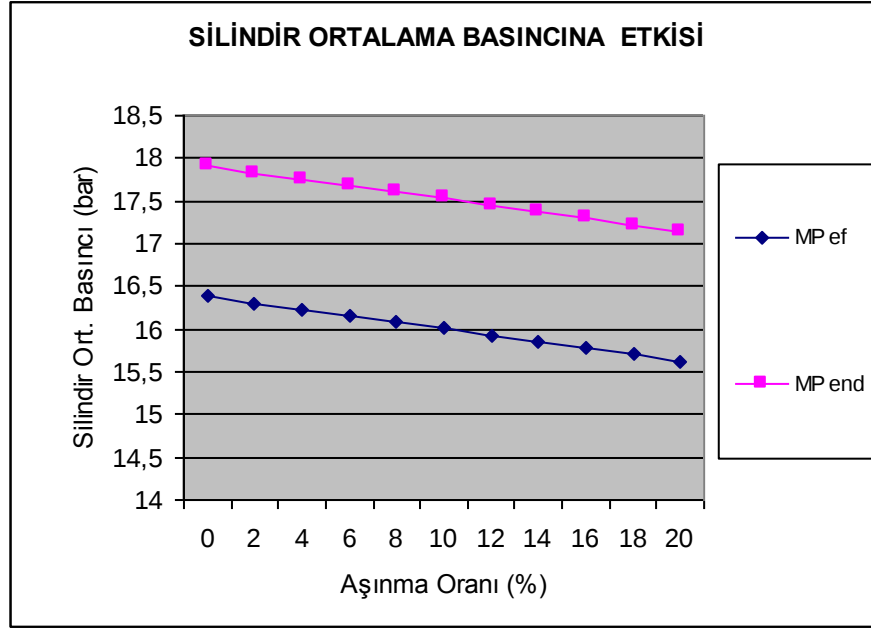
Gemilerin işletiminde yanma odası elemanlarında tespit edilen sorunlar, ilgili parçanın değişimi veya ilgili ayarların yapılması ile en kısa sürede giderilmelidir. Aksi takdirde arızanın ilerleyerek yol açacağı diğer sorunlara ek olarak çalışmada belirtilen değerlere yakın oranlarda yakıt ve enerji kaybına neden olacaktır. Günümüzde tüm dünyadaki dizel makineleri ile tahrik edilen gemilerin sayısı dikkate alındığında, yanma odası elemanlarındaki arızalar nedeniyle ortaya çıkabilecek enerji kaybının dikkat çekecek boyutlara ulaşacağı aşırıdır.

KAYNAKLAR

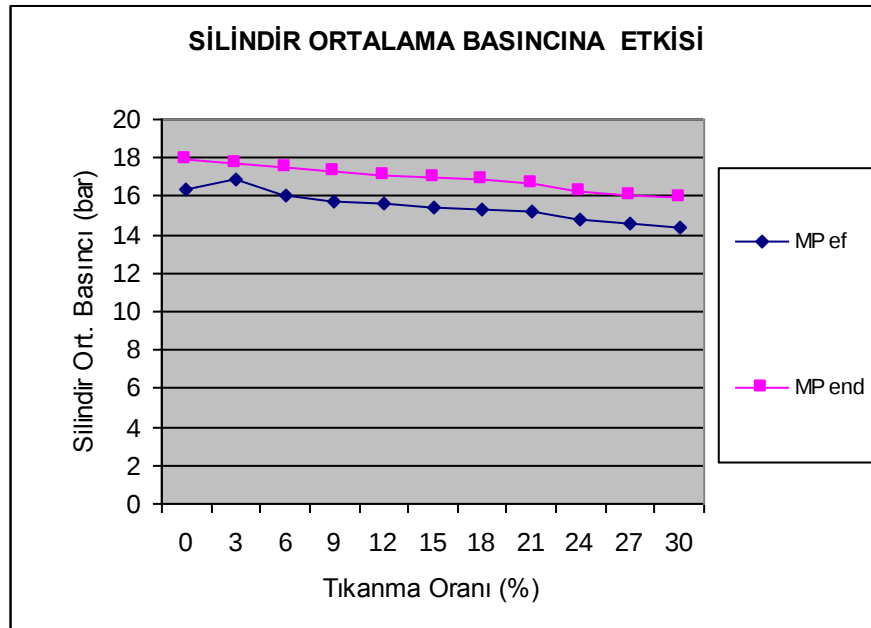
- Christensen, Stanley G.** , 1992. Lamb's Questions and Answers on the Marine Diesel Engines, London, Edward Arnold
- Behrens, R.** , 1990. Fuel related wear mechanisms in heavy oil-fuelled diesel engines, as exemplified by the piston ring, *Maritime Systems Integrity*, The University of Newcastle upon Tyne, Great Britain, 16-18 September
- Deniz, C.** , 2000. Gemi Makinelerinde Enerji Ekonomisi, *Doktora Tezi*, İÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gerrish ve diğ.** , 1932. Influence of several factors on ignition lag in a compression-ignition engine , NACA Langley Memorial Aeronautical Laboratory (Langley Field Va, United States) Report , NACA TN-434, 18 pp.
- Henshall, S H.** , 1991. Medium and High Speed Diesel Engines For Marine Use, The Institute of Marine Engineers.
- Kayıhan, Y.** , 1985. Gemi Diesel Motorları Püskürtme Yöntemi ve Yanma Modelleri, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Küçükşahin, E.** , 1999. Dizel Motorları Gemi Dizel Makinelerinin Yapıları ve Çalışma İlkeleri, İstanbul, Güven.
- Küçükşahin, E.** , 1985. Dizel Motorları, İstanbul.
- Palavan, S.** , 1950-1952. Gemi Diesel Motorları, İstanbul , İTÜ
- Pounder, C C.** , 2004. Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines, 2004, Oxford, Elsevier.
- Purday, Herbert E.** , 1962. Diesel Engine Designing, London, Princeton, NJ. Van Nostrand
- Pyykönen, J. Ve diğ.** , 1995. Modelling deposition on diesel engine exhaust valves, *J. Aerosol sci.* Vol.26. Suppl. 1. pp S677- S678
- Taymaz, I. ve diğ.** , 2003. Experimental investigation of heat losses in a ceramic coated diesel engine, *Surface and Coatings Technology*, 168-870, Elsevier Sci.
- Wharton, A.J.** , 1991. Diesel Engines, Oxford, BH Neminer.
- Wharton, A.J.** , 1975. Diesel Engines Questions and Answers, London, Stanford Maritime.
- Wartsila Technology Review** SULZER RTA-T Series .

EK A

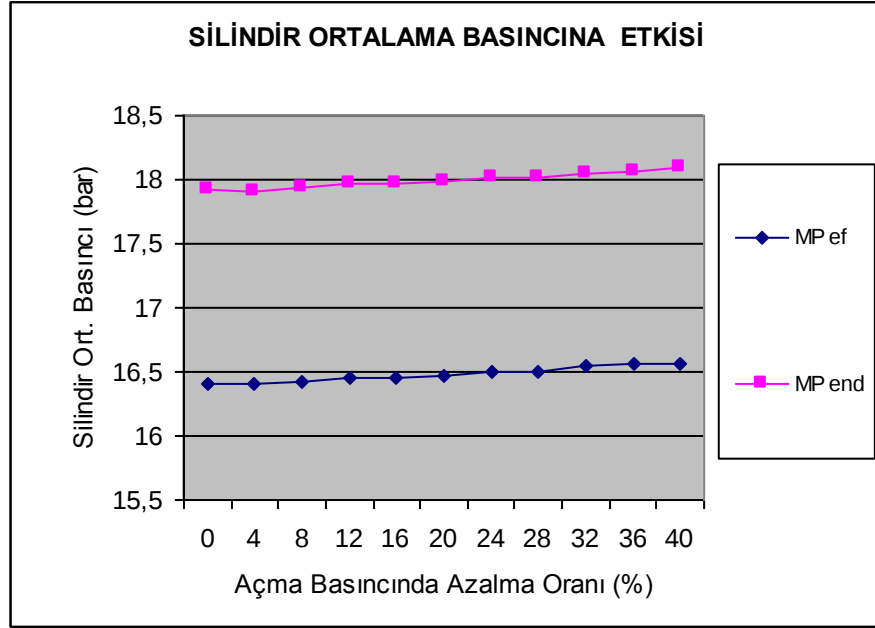
YANMA ODASI ELEMANLARININ SİLİNDİR ORTALAMA BASINCI NA ETKİLERİ



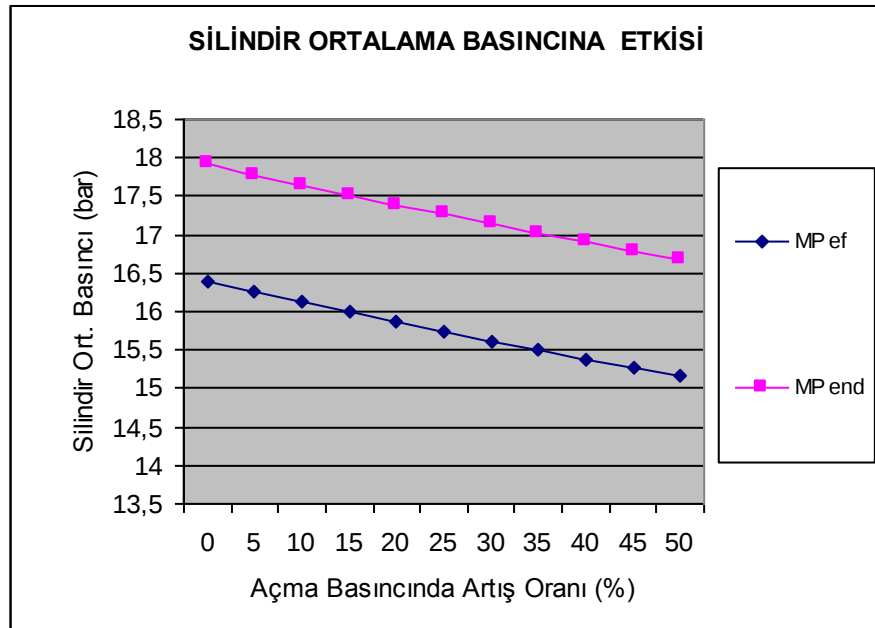
Şekil A1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



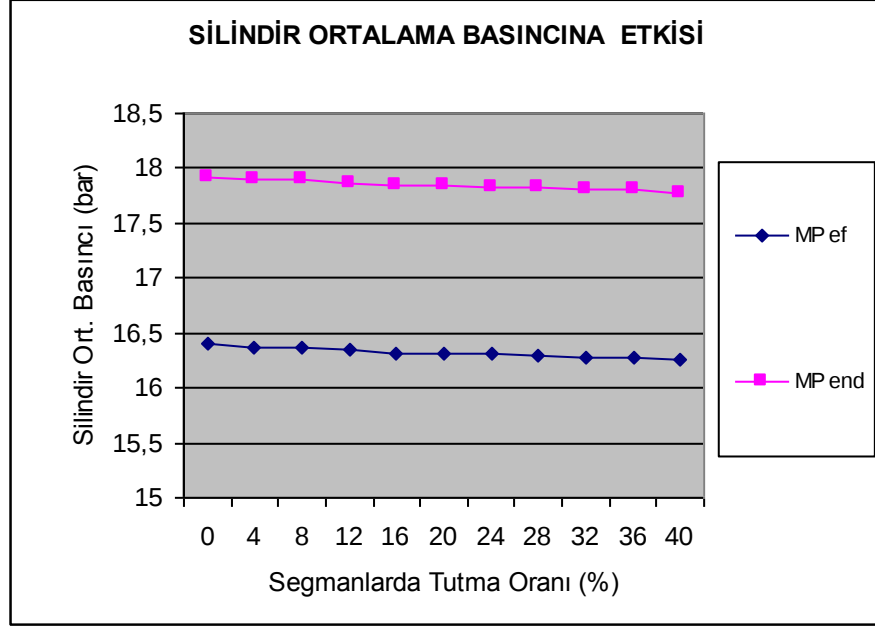
Şekil A2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



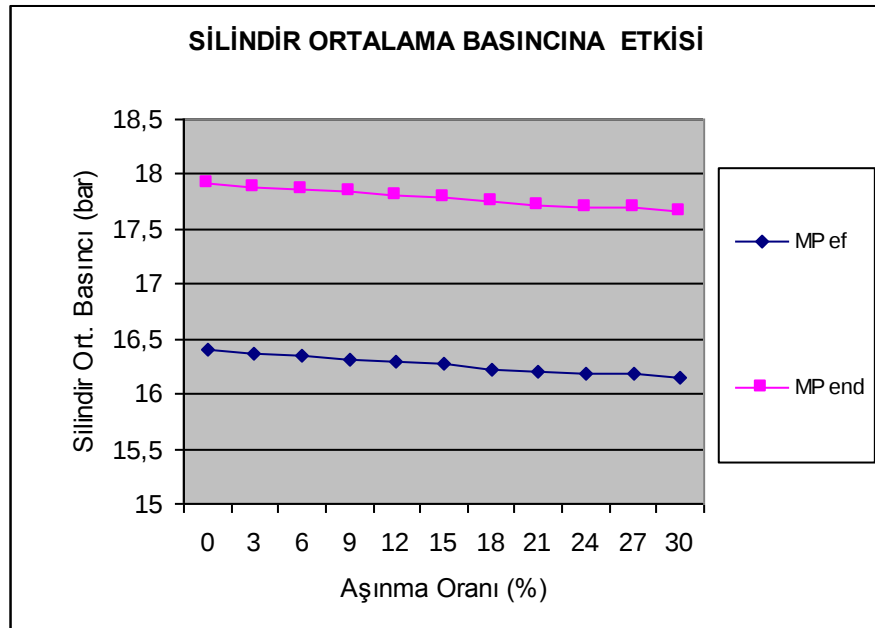
Şekil A3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



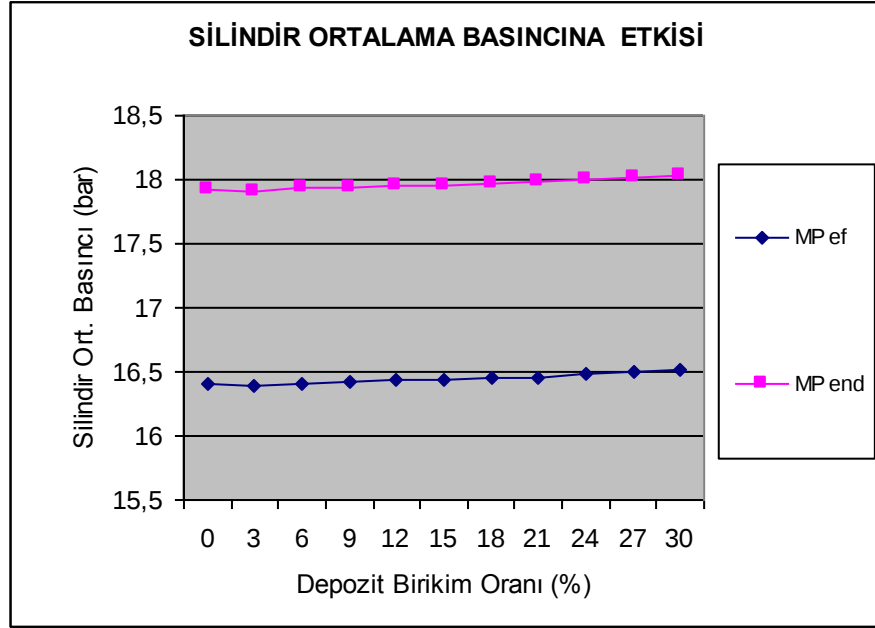
Şekil A4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



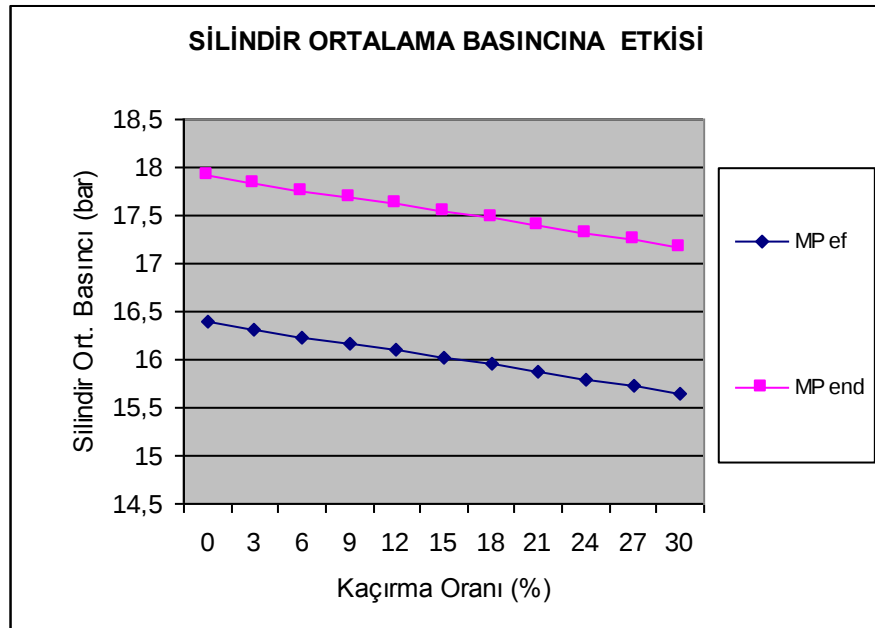
Şekil A5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



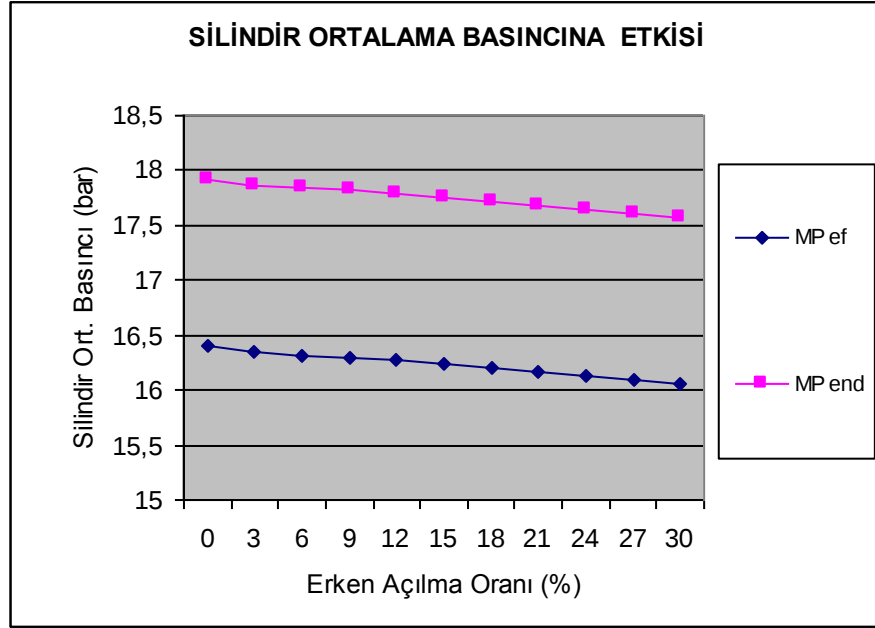
Şekil A6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



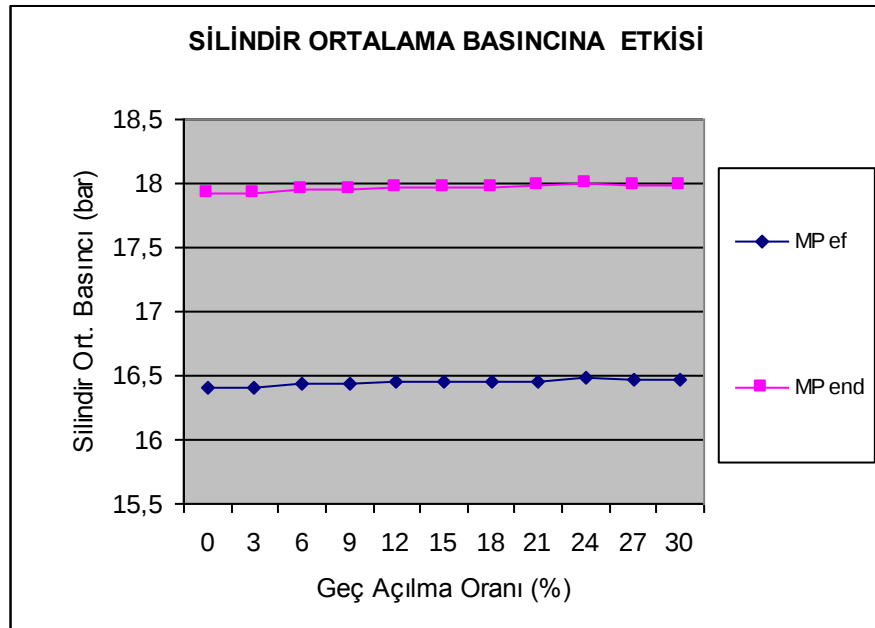
Şekil A7 Fıstıçıkta depozit birikiminin etkileri



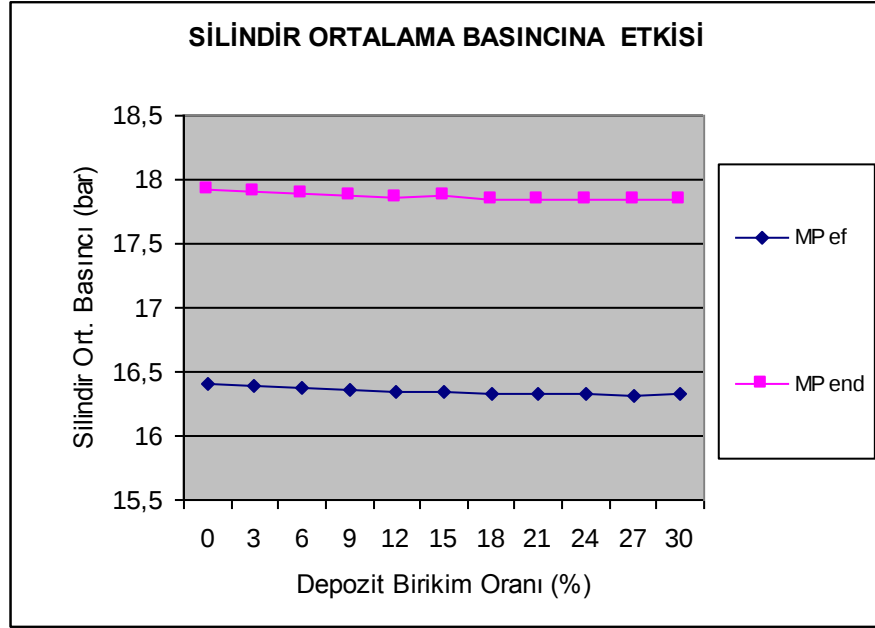
Şekil A8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil A9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



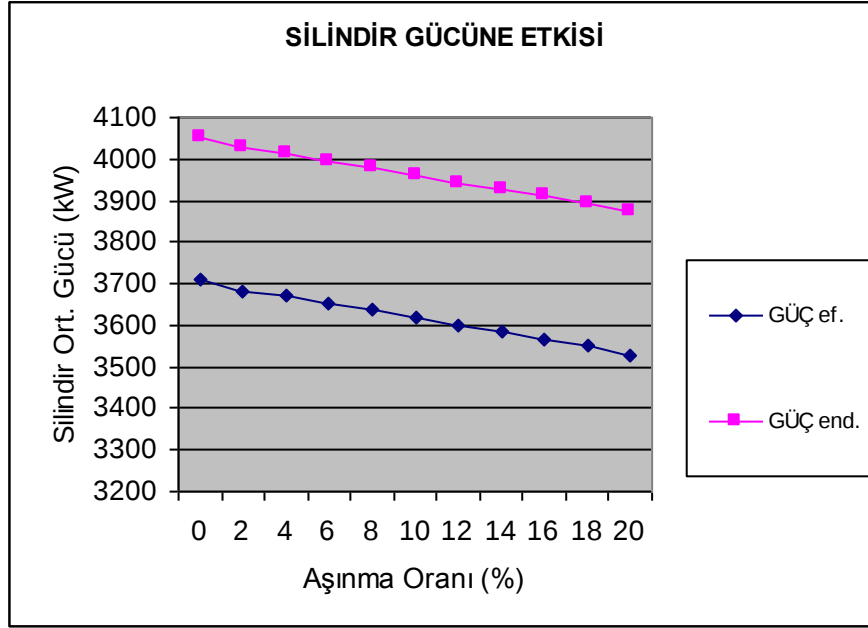
Şekil A10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



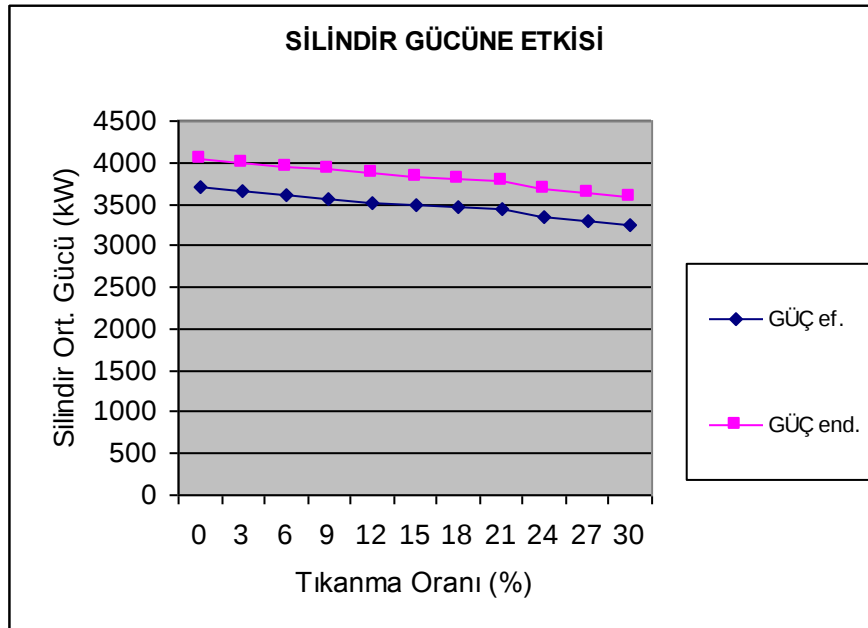
Şekil A11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri.

EK B

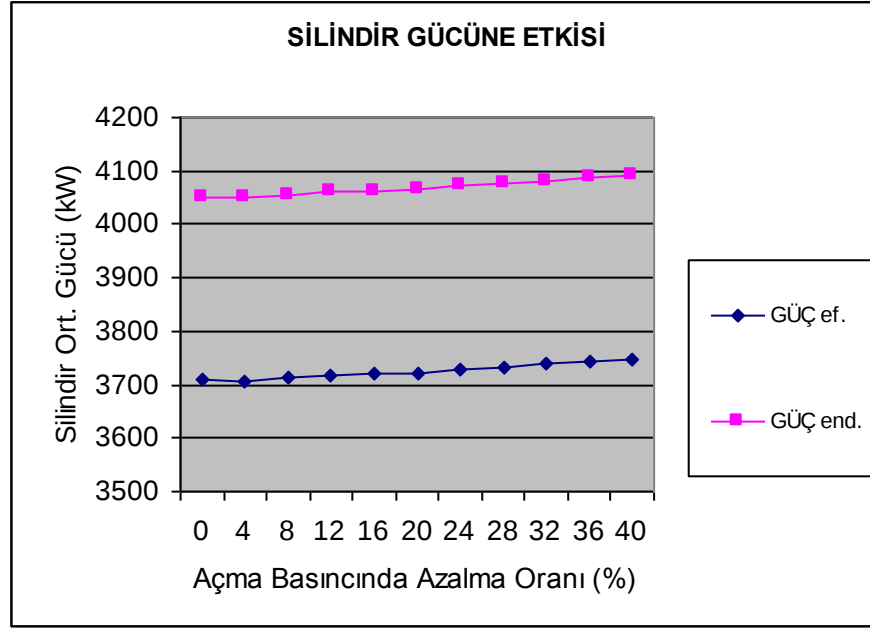
YANMA ODASI ELEMANLARININ SİLİNDİR ORTALAMA GÜCÜNE ETKİLERİ



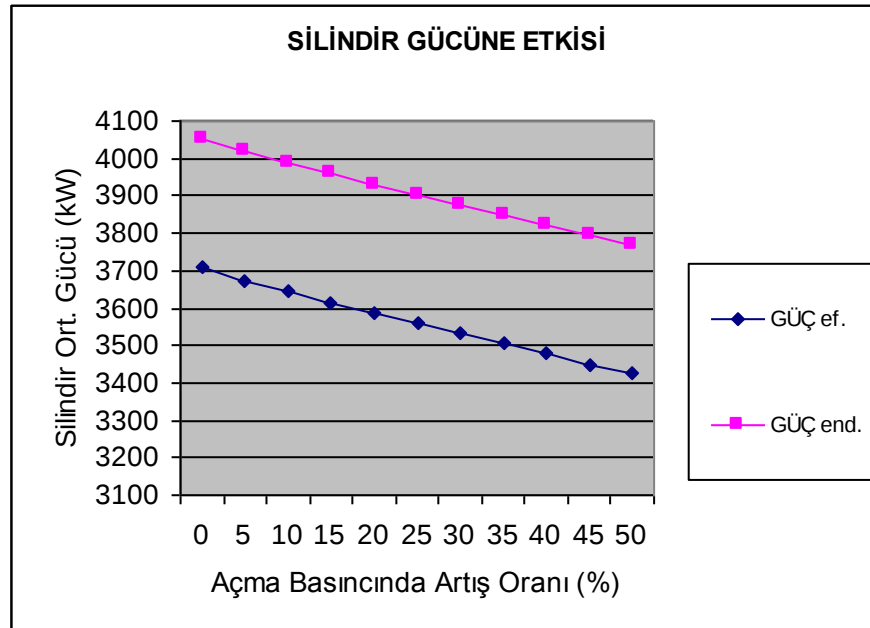
Şekil B1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



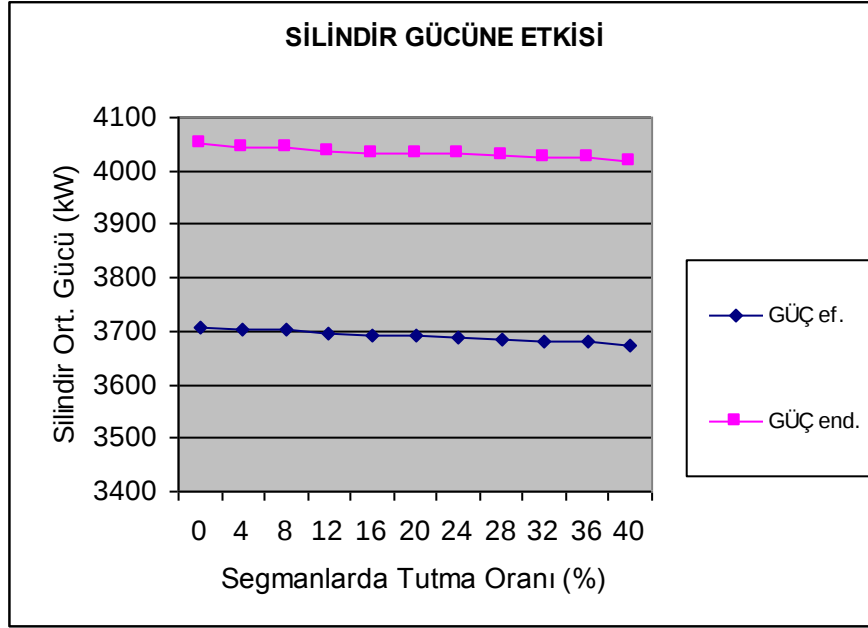
Şekil B2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



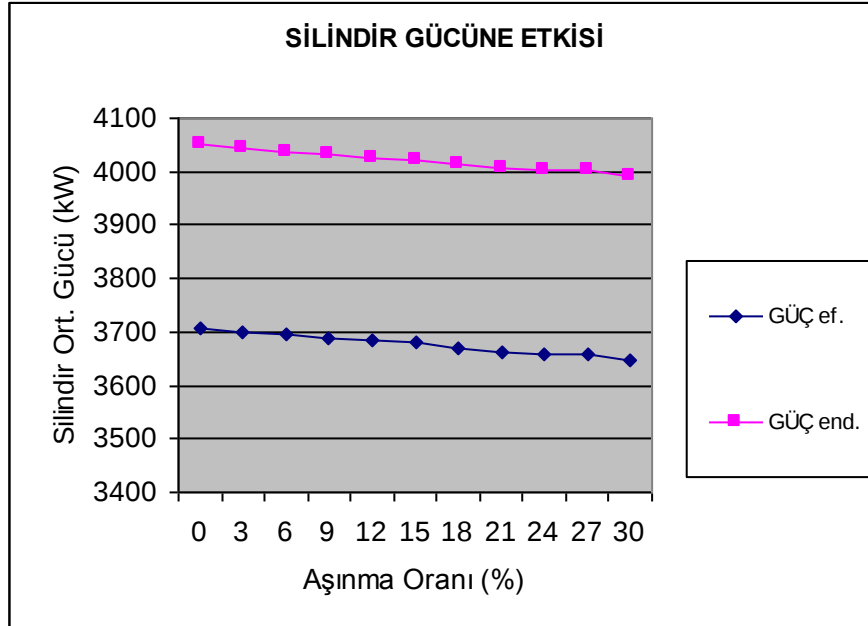
Şekil B3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



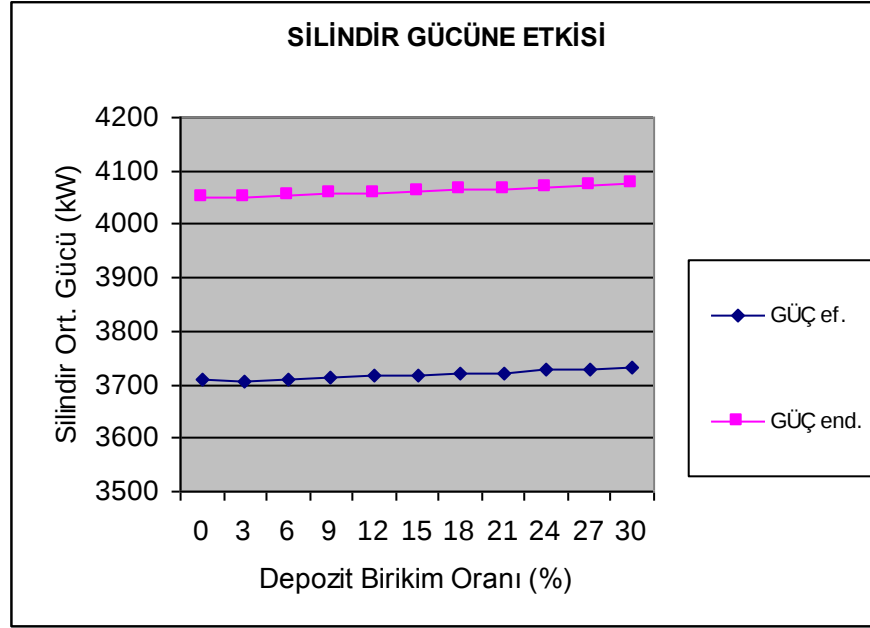
Şekil B4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



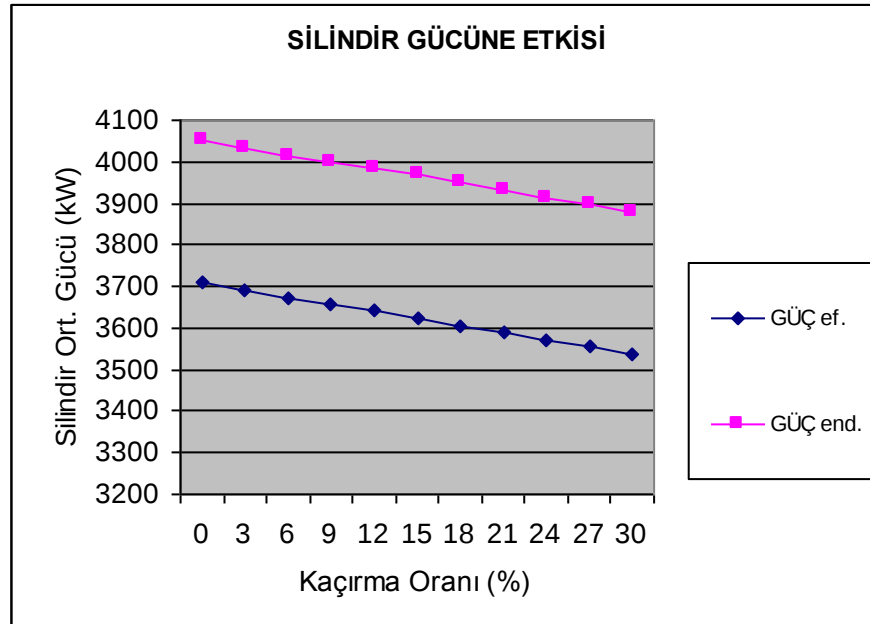
Şekil B5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



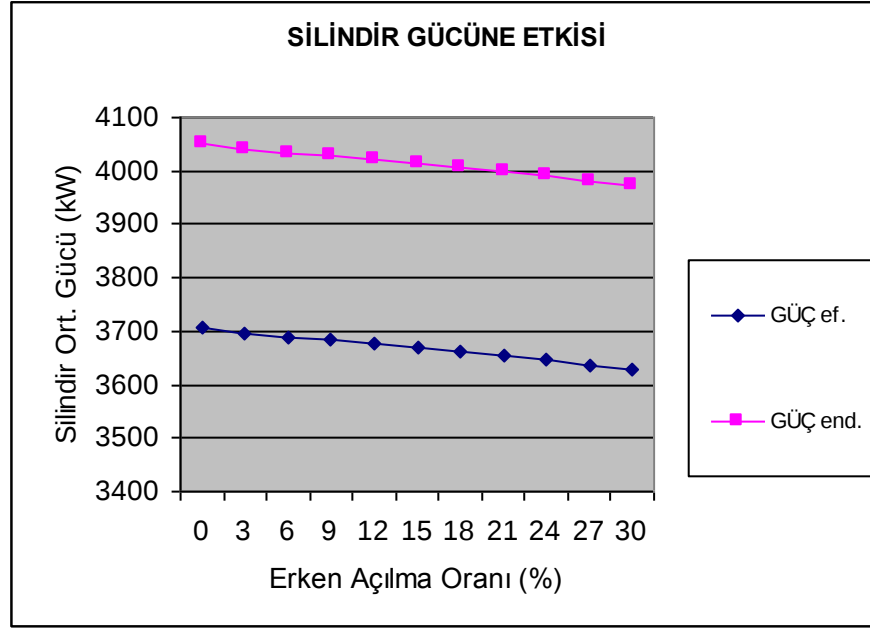
Şekil B6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



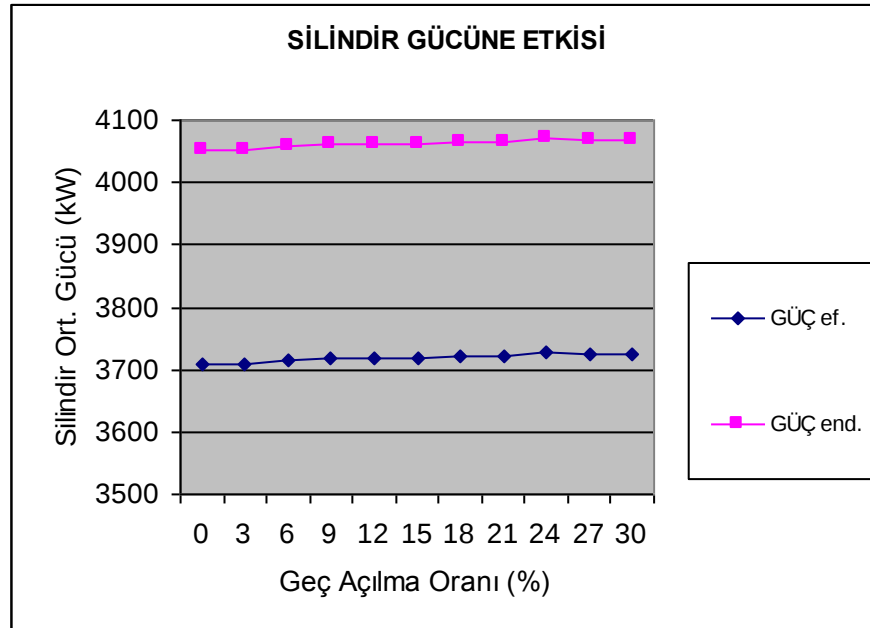
Şekil B7 Histon tacı nda depozit birikiminin etkileri



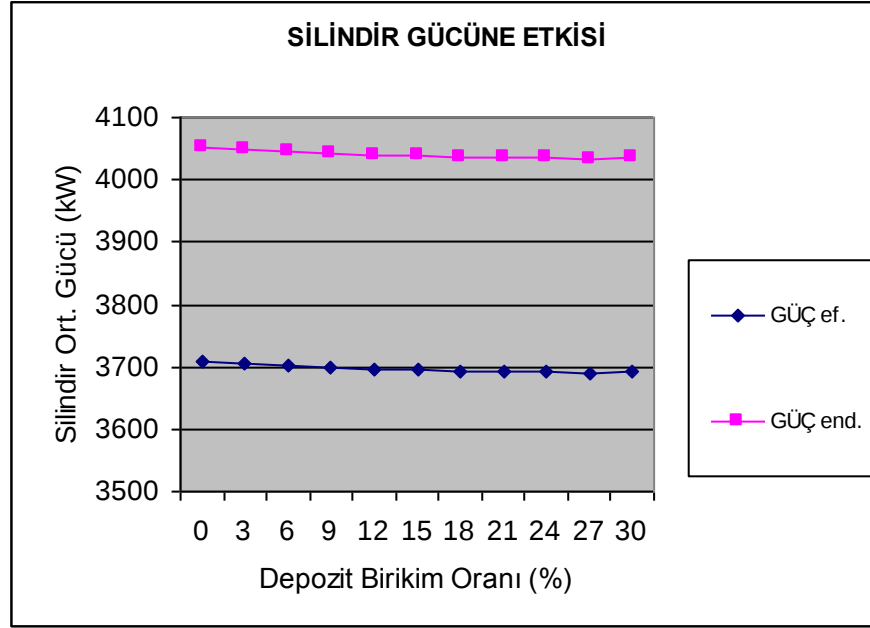
Şekil B8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil B9 Egzoz valfinin erken açılması n n etkileri



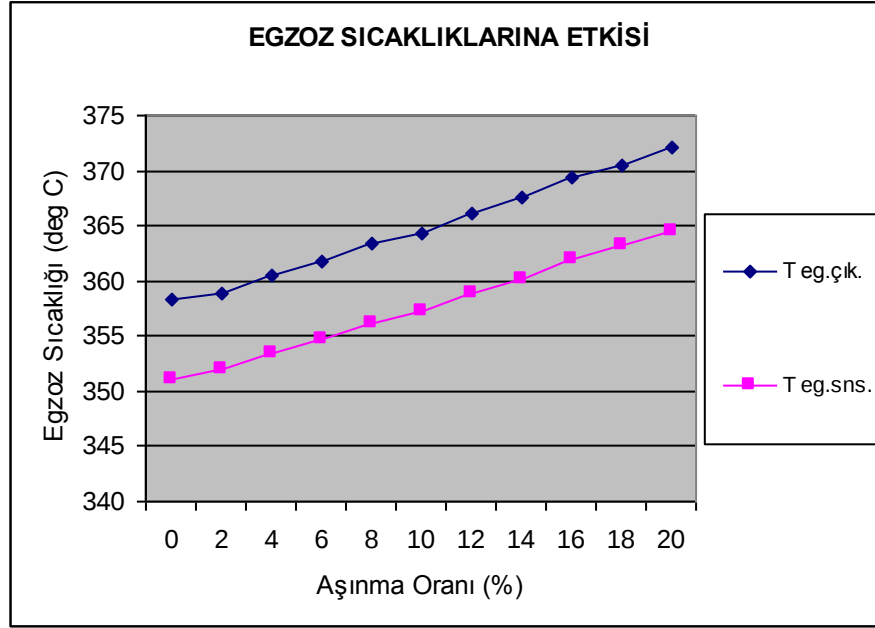
Şekil B10 Egzoz valfinin geç açılması n n etkileri



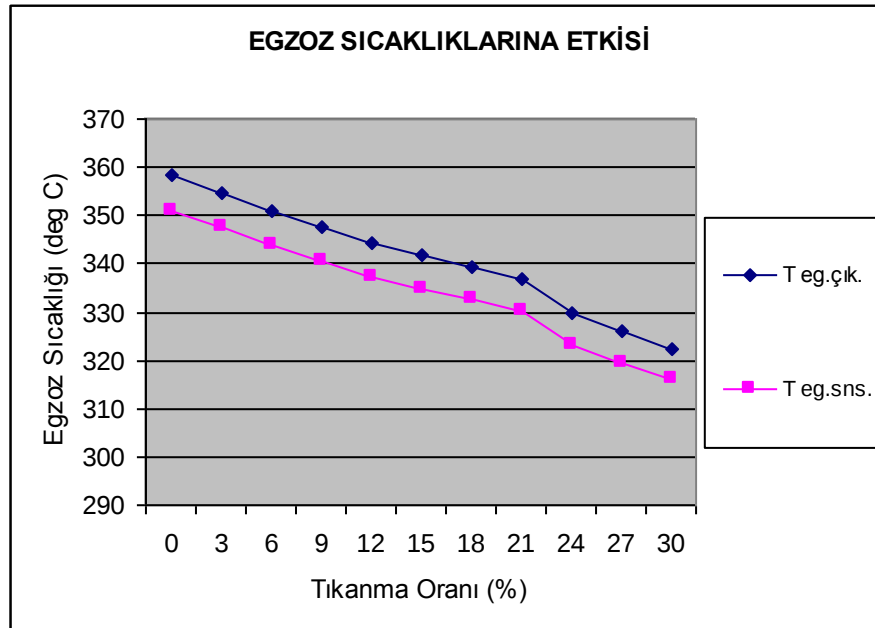
Şekil B 11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri.

EK C

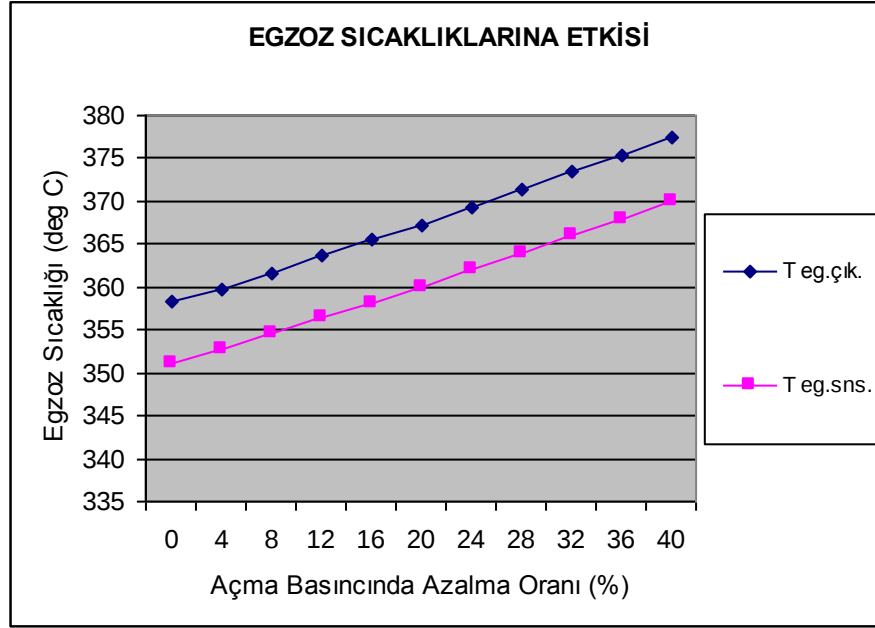
YANMA ODASI ELEMANLARININ SİLİNDİR EGZOZ SICAKLIKLARINA ETKİLERİ



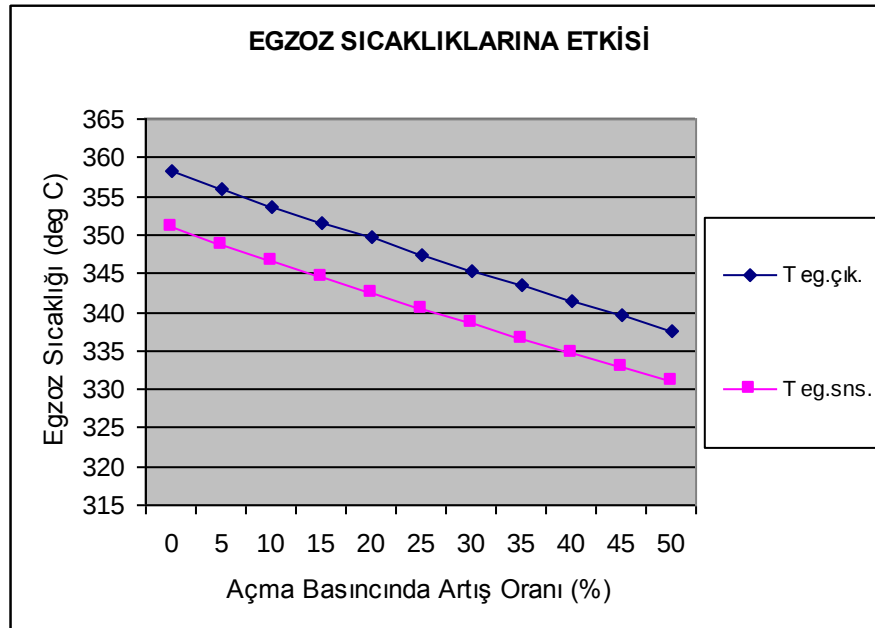
Şekil C1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



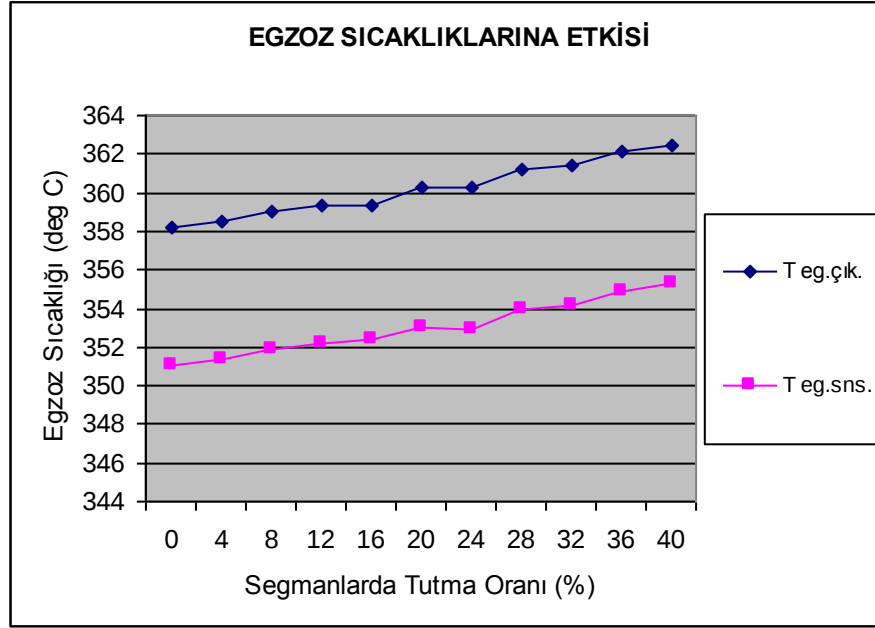
Şekil C2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



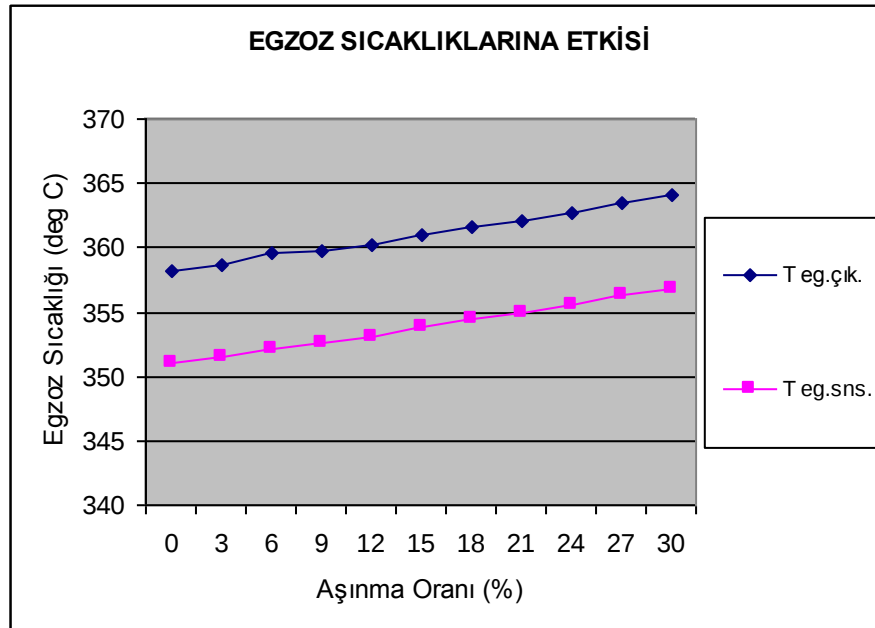
Şekil C3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



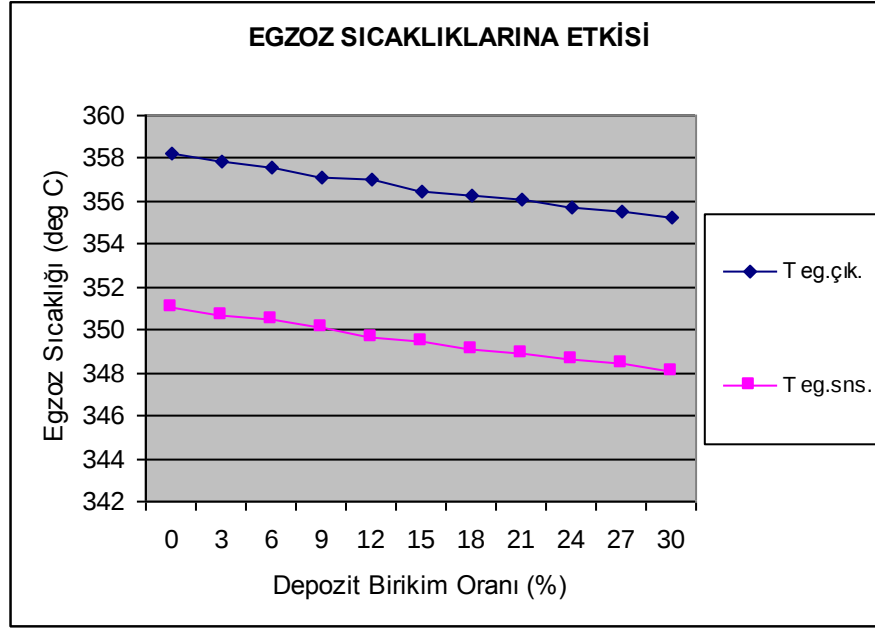
Şekil C4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



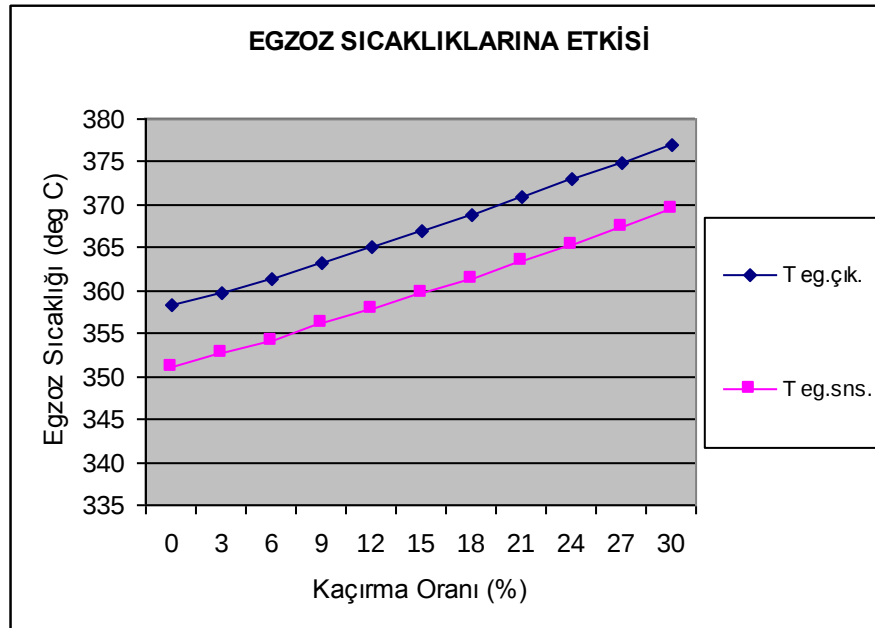
Şekil C5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



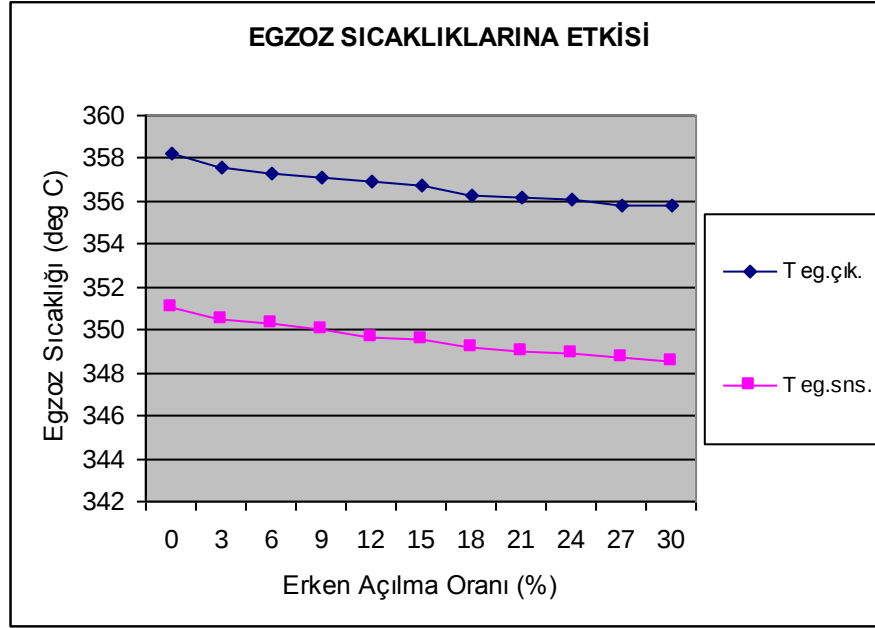
Şekil C6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



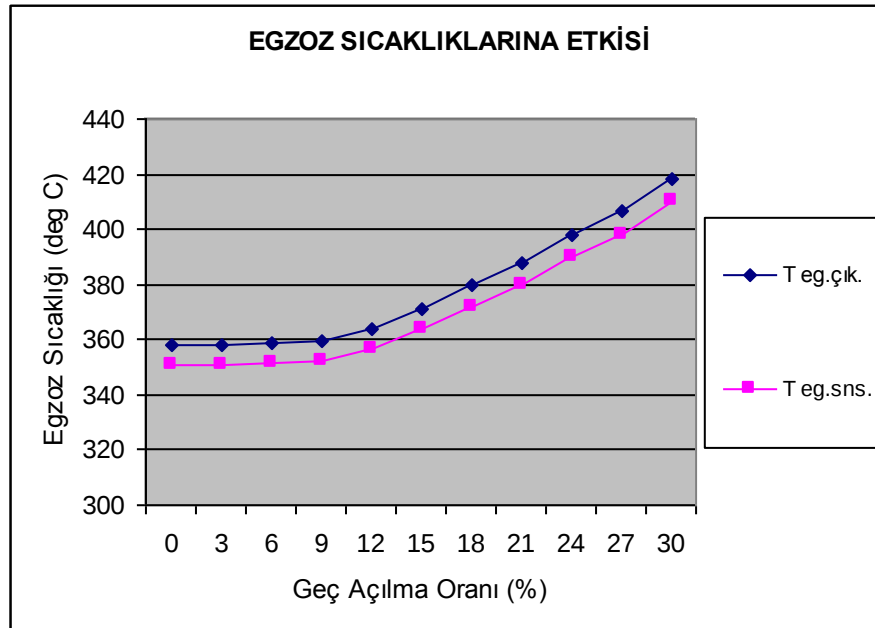
Şekil C7 Histon taci nda depozit birikiminin etkileri



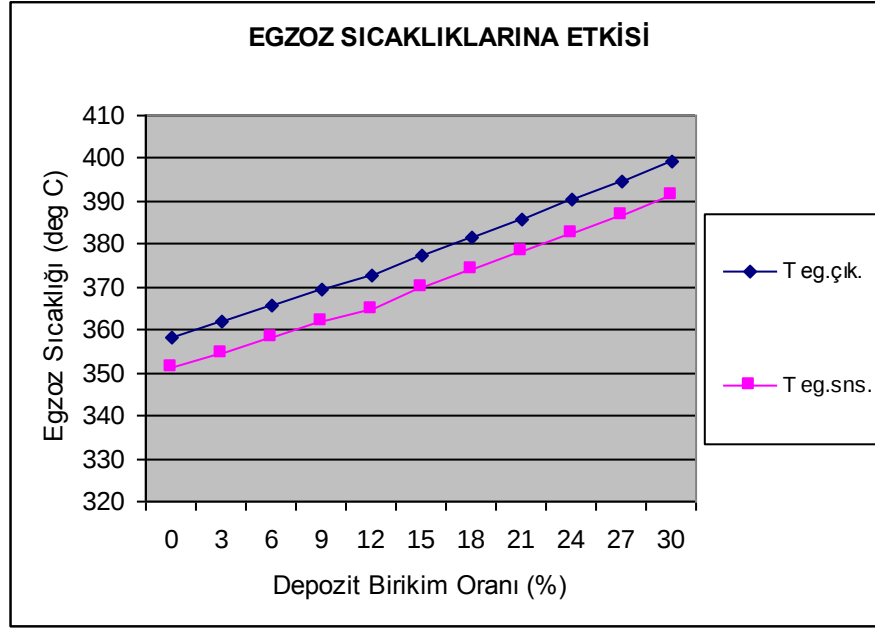
Şekil C8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil C9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri



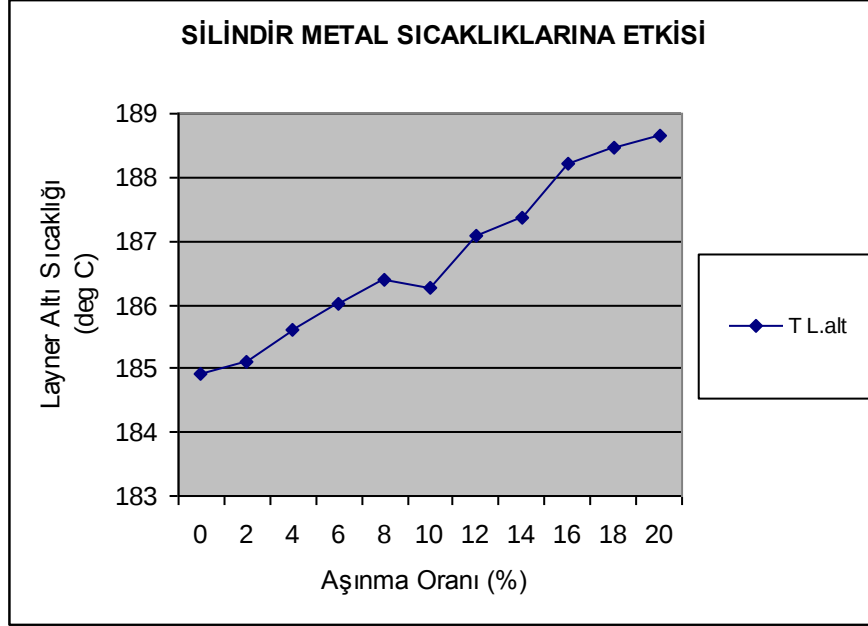
Şekil C10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri



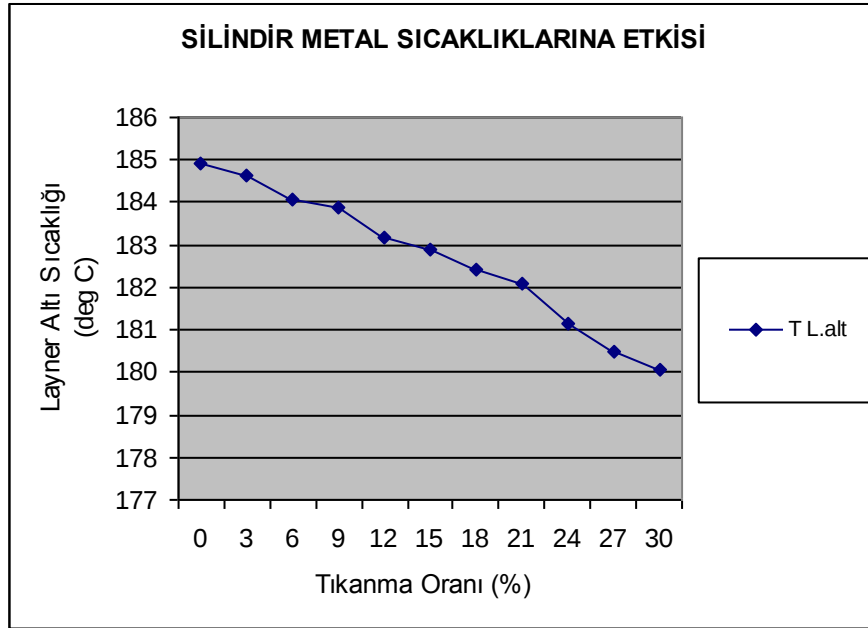
Şekil C 11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK D

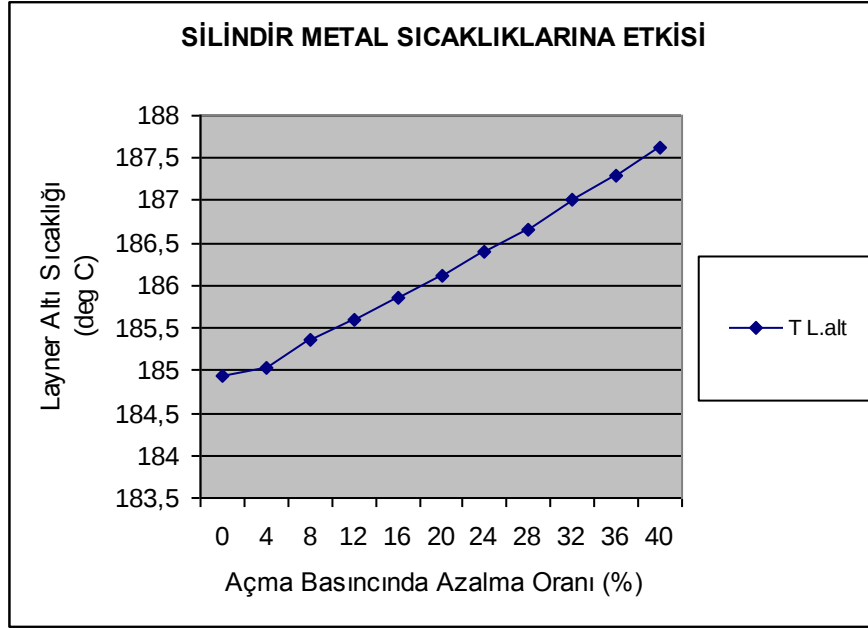
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
LAYNER ALT KISIMMETAL SICAKLIĞINA ETKİLERİ**



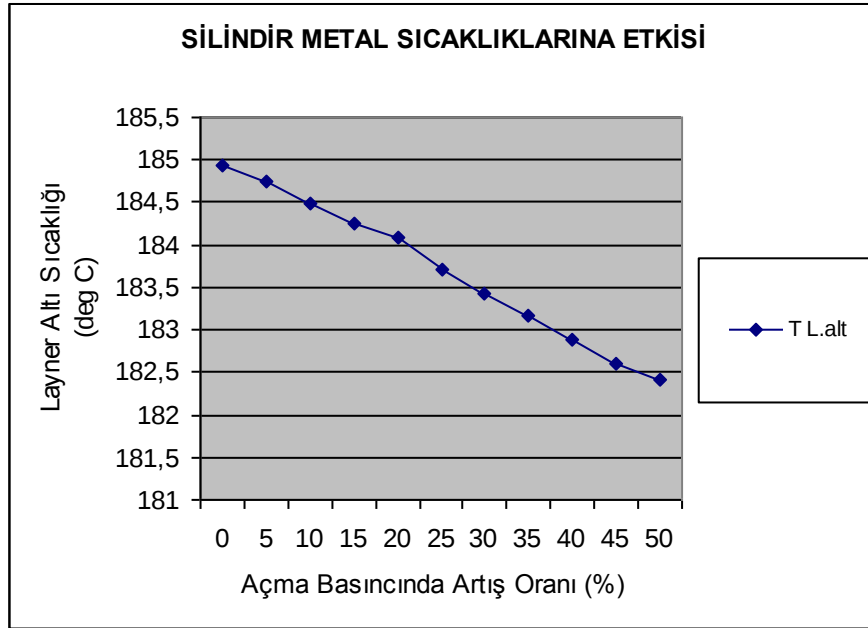
Şekil D1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



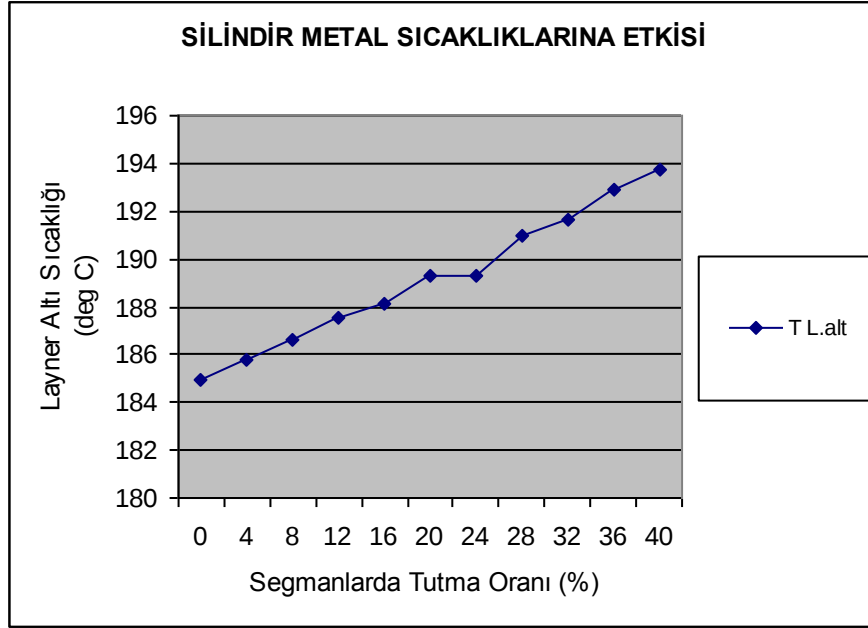
Şekil D2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



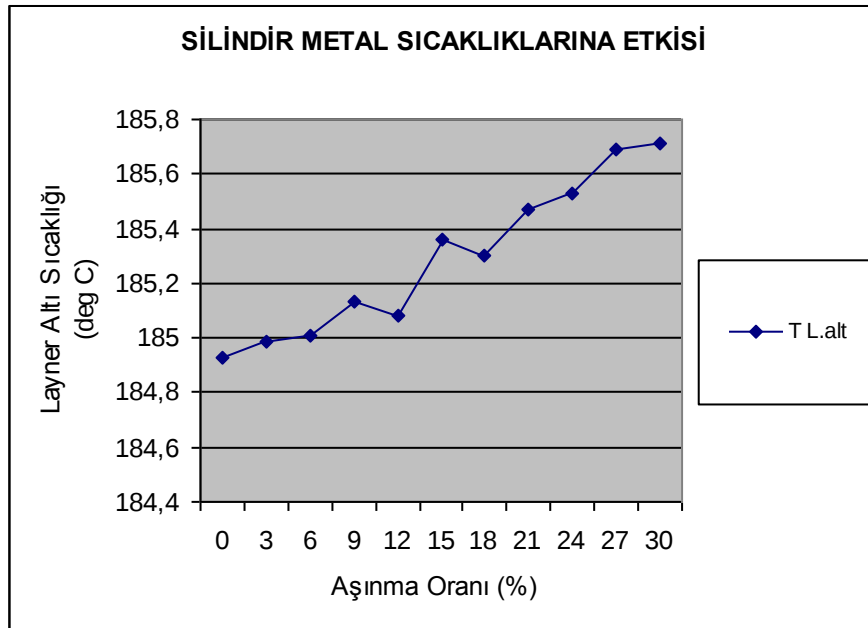
Şekil D3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



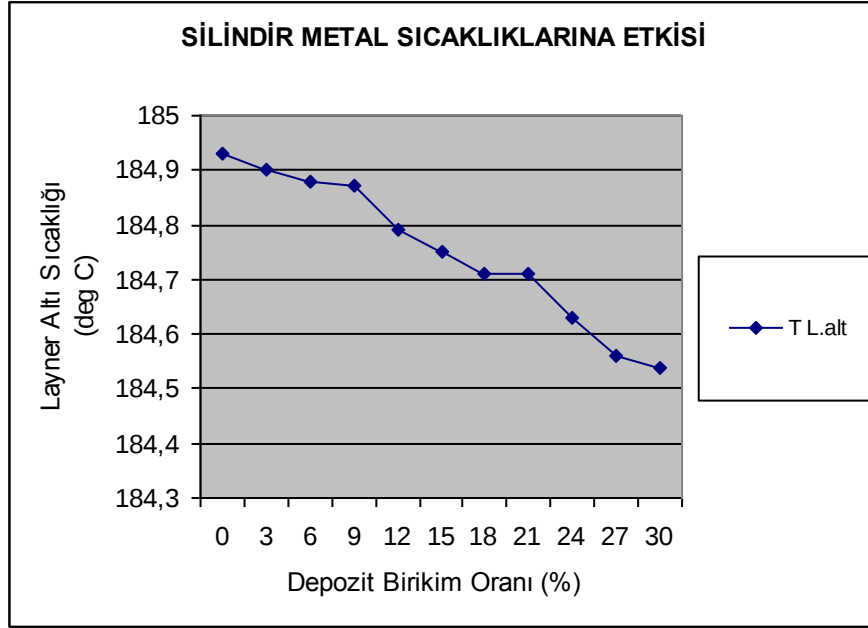
Şekil D4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



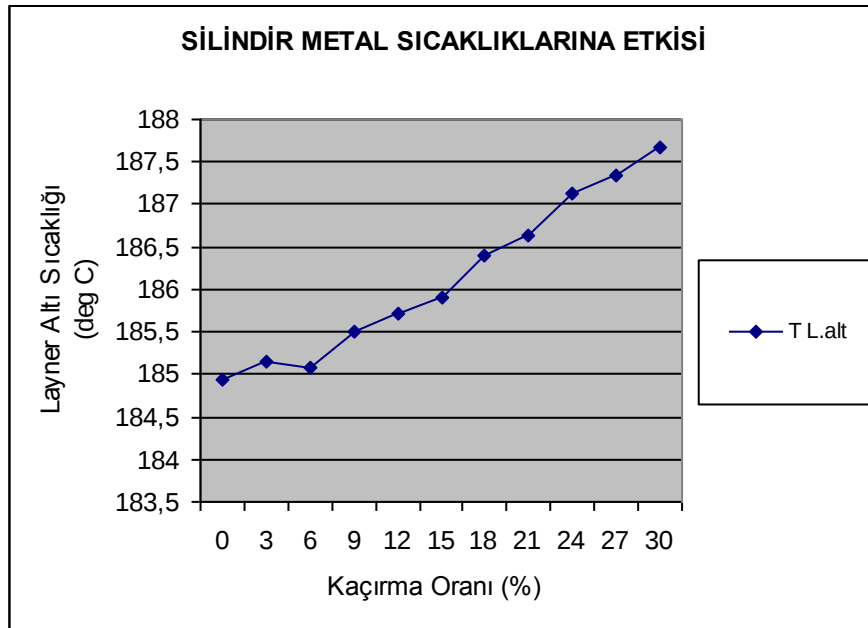
Şekil D5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



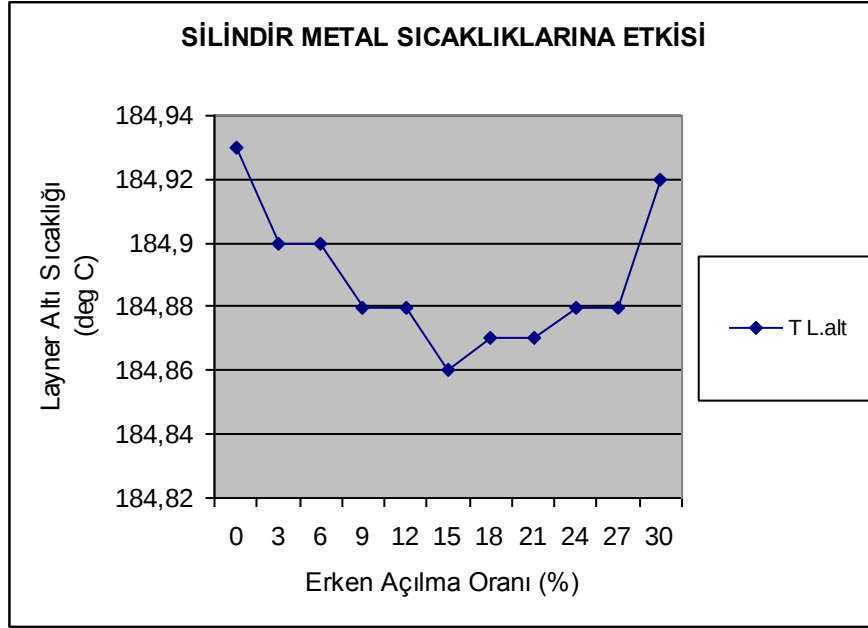
Şekil D6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



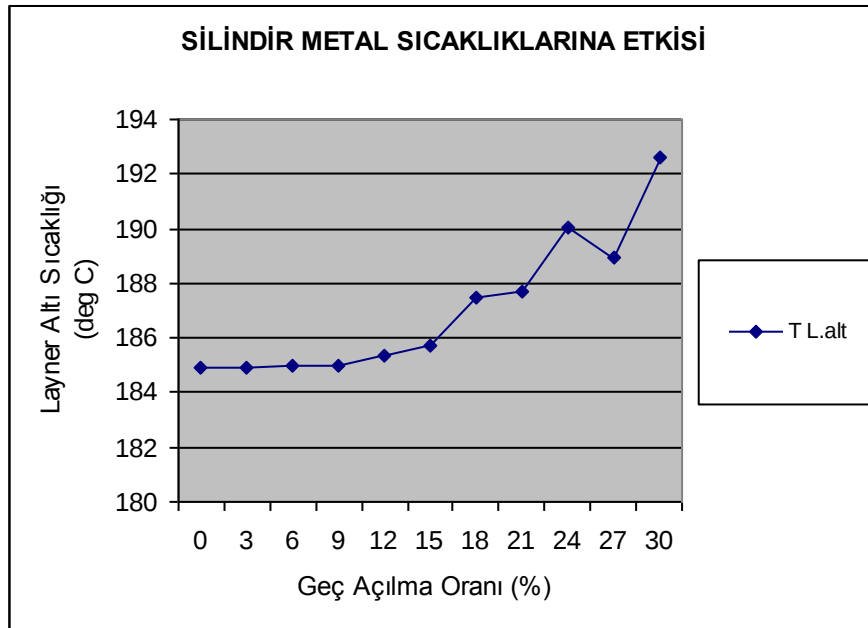
Şekil D7 Histon tacında depozit birikiminin etkileri



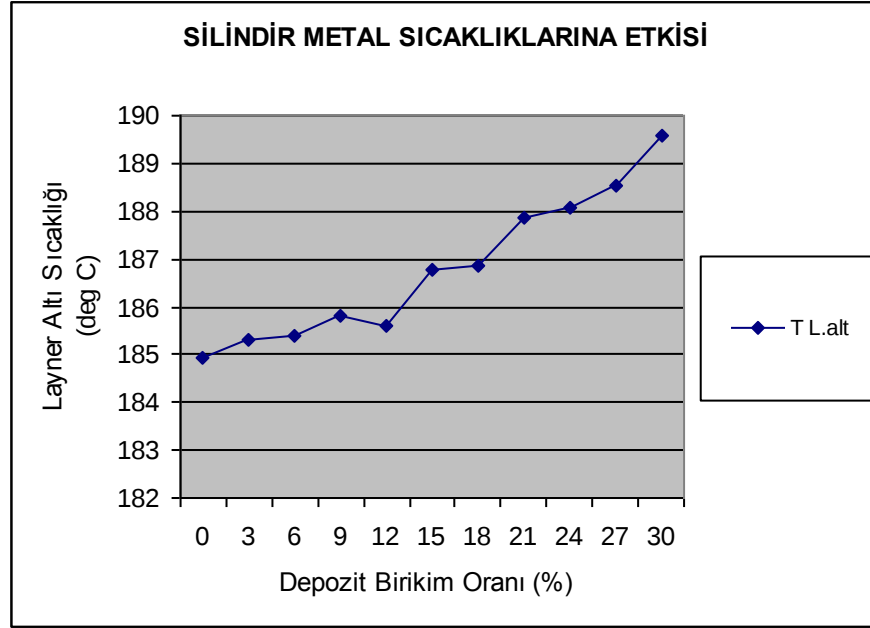
Şekil D8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil D9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri



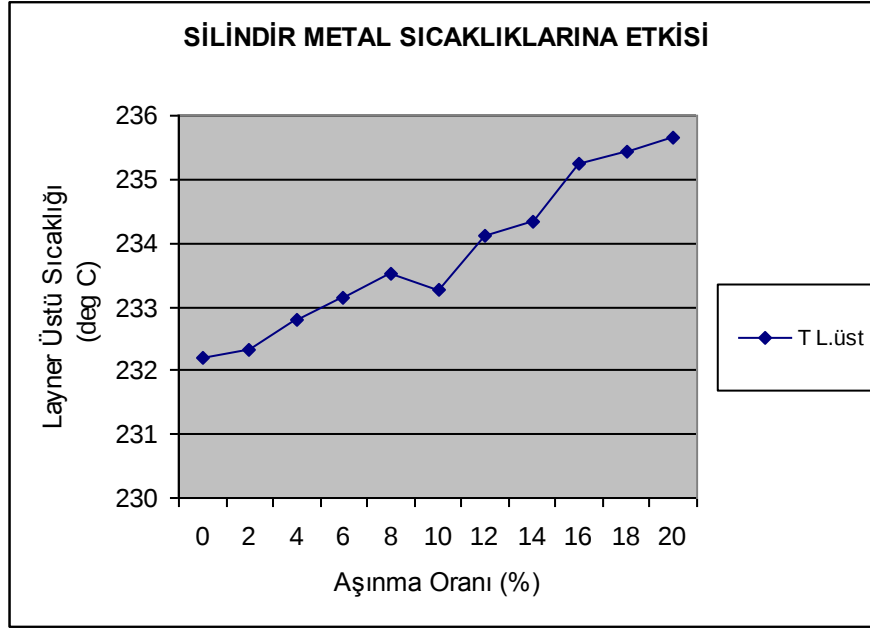
Şekil D10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri



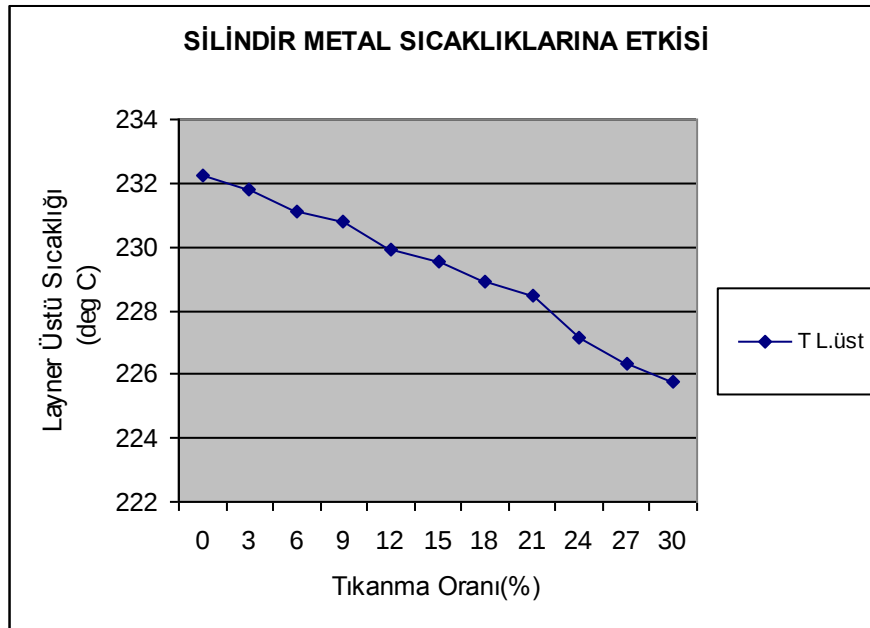
Şekil D11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK E

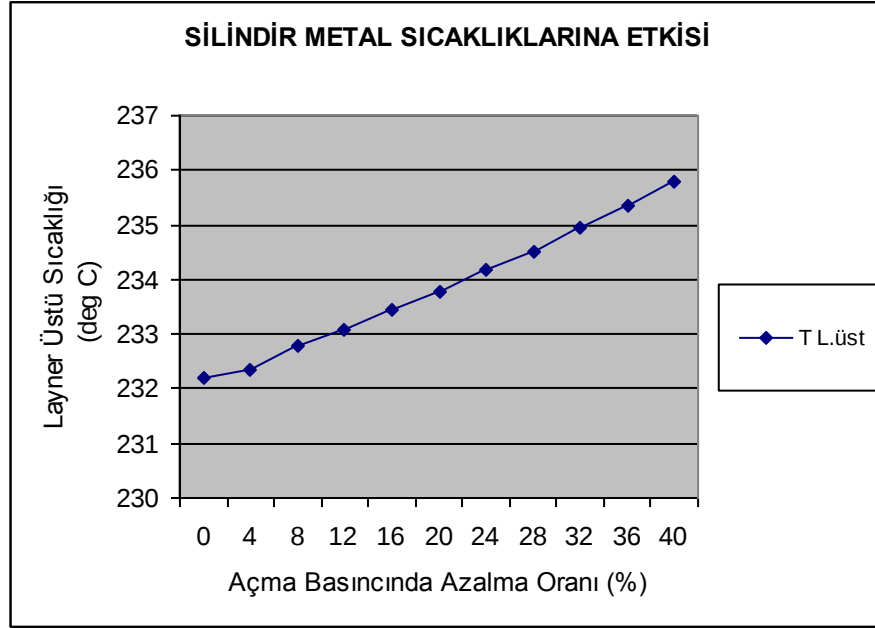
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
LAYNER ÜST KISIMMETAL SICAKLIĞINA ETKİLERİ**



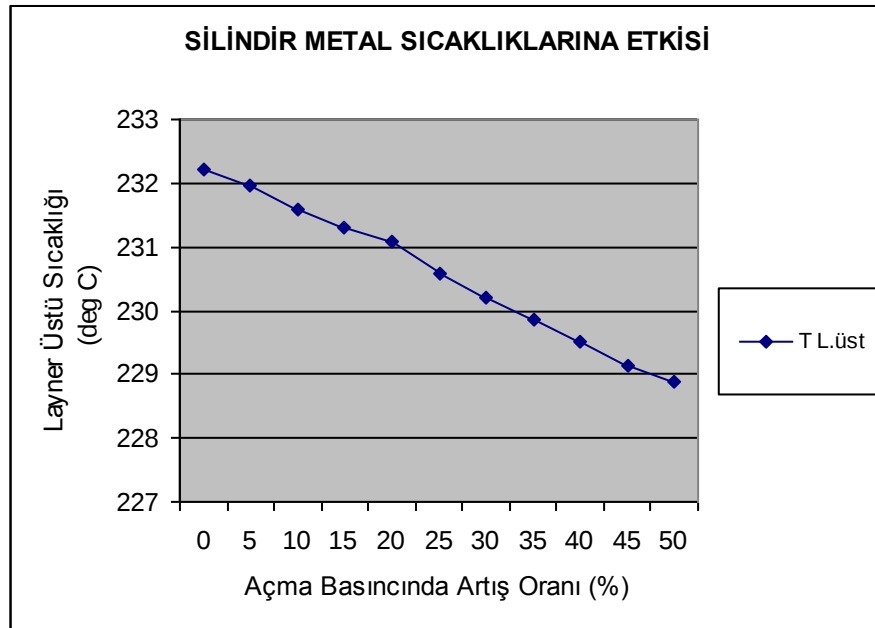
Şekil E1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



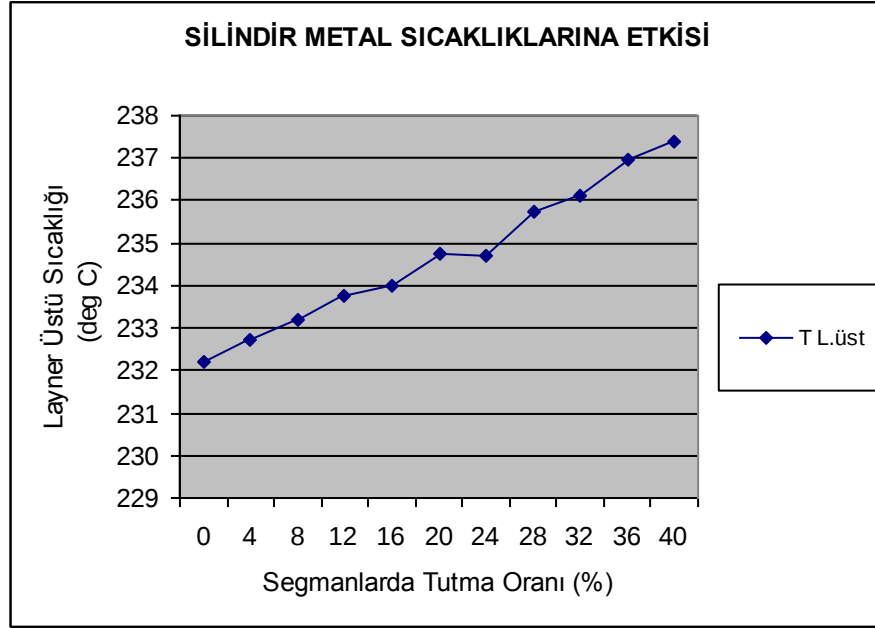
Şekil E2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



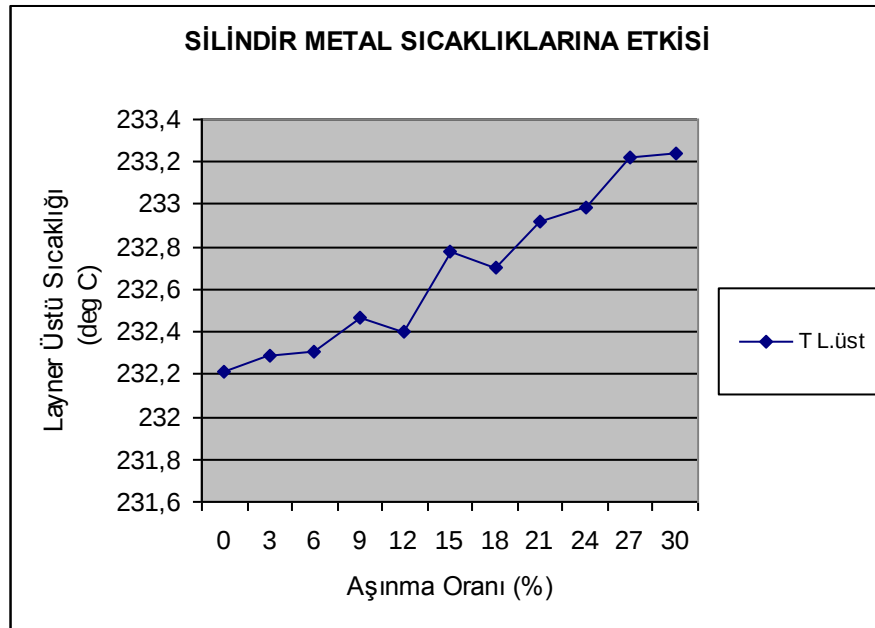
Şekil E 3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



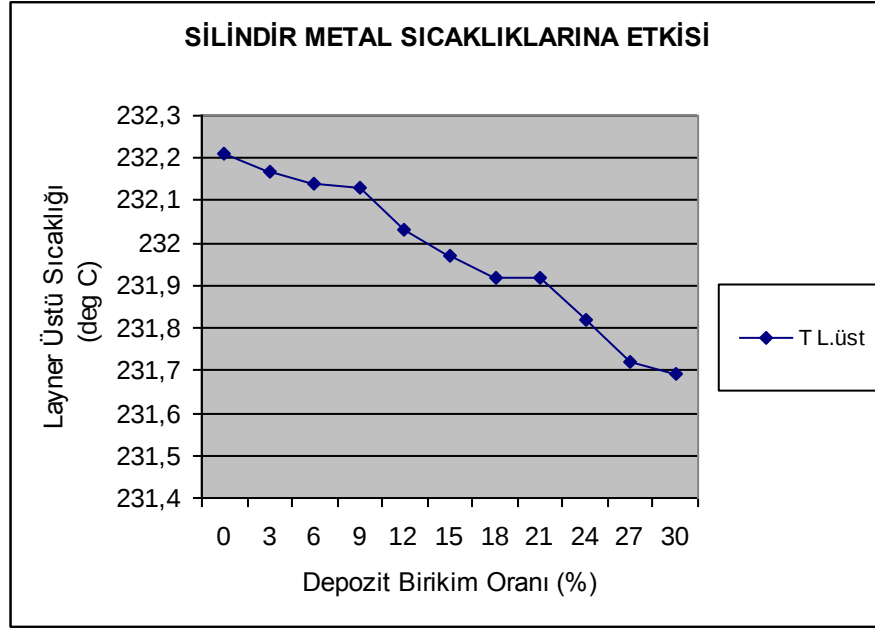
Şekil E 4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



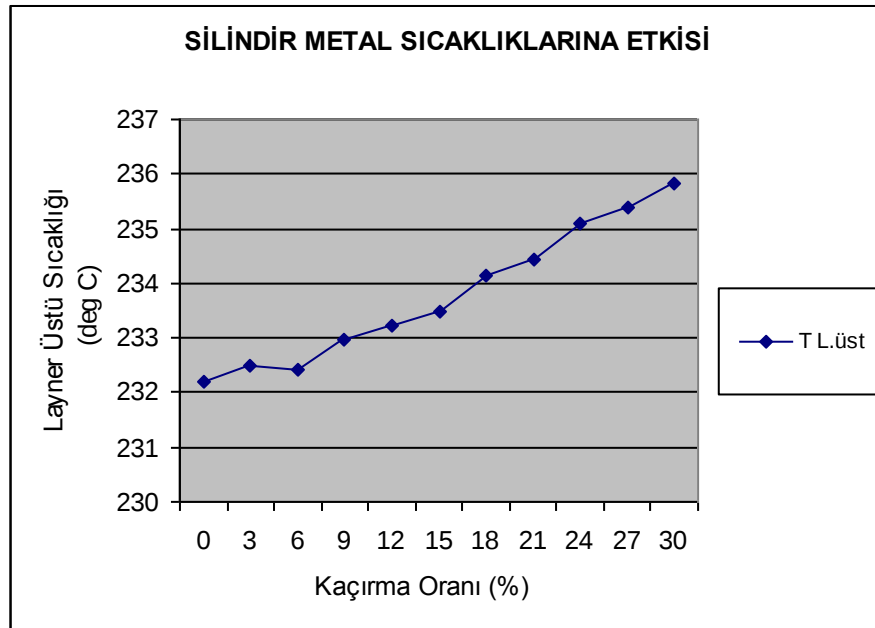
Şekil E 5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



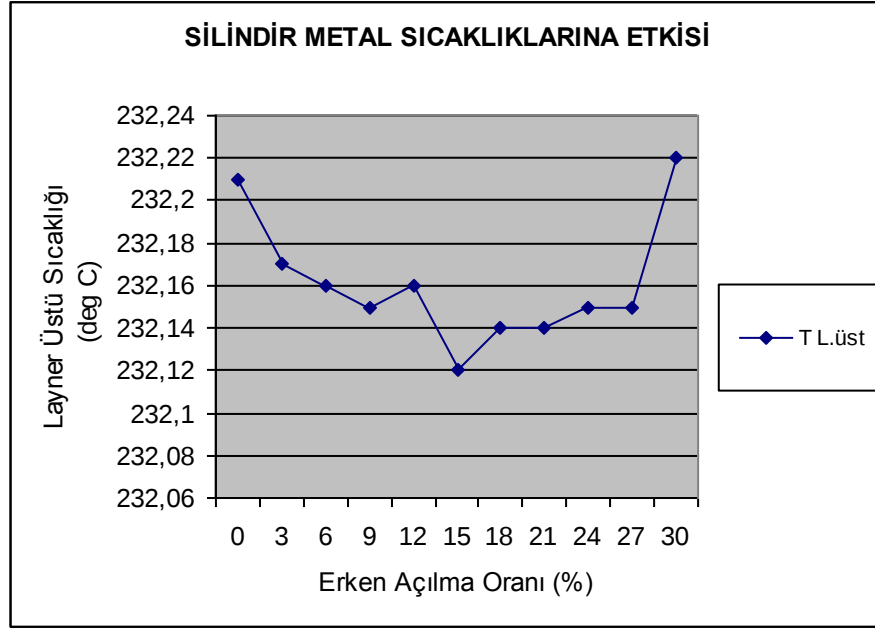
Şekil E 6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



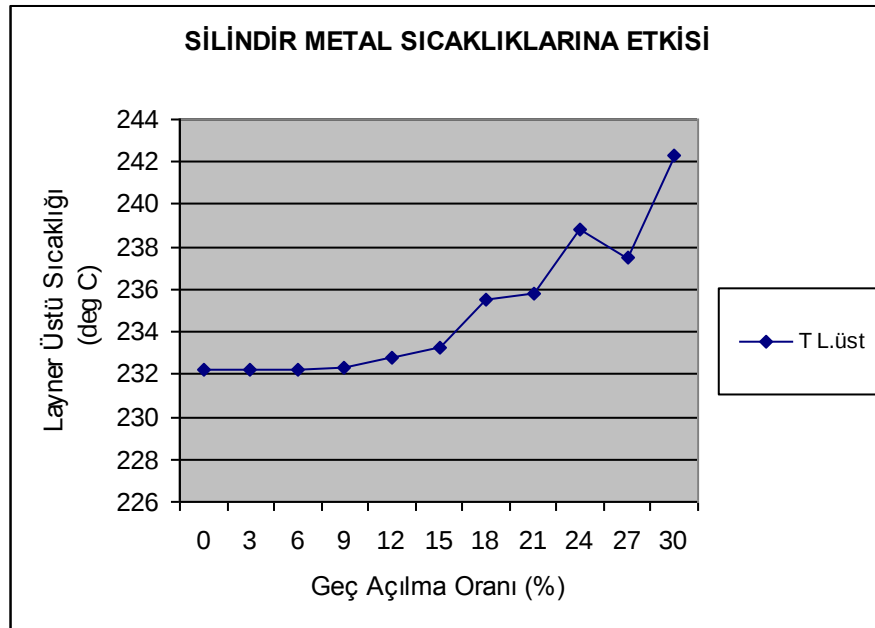
Şekil E 7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



Şekil E 8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil E 9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri

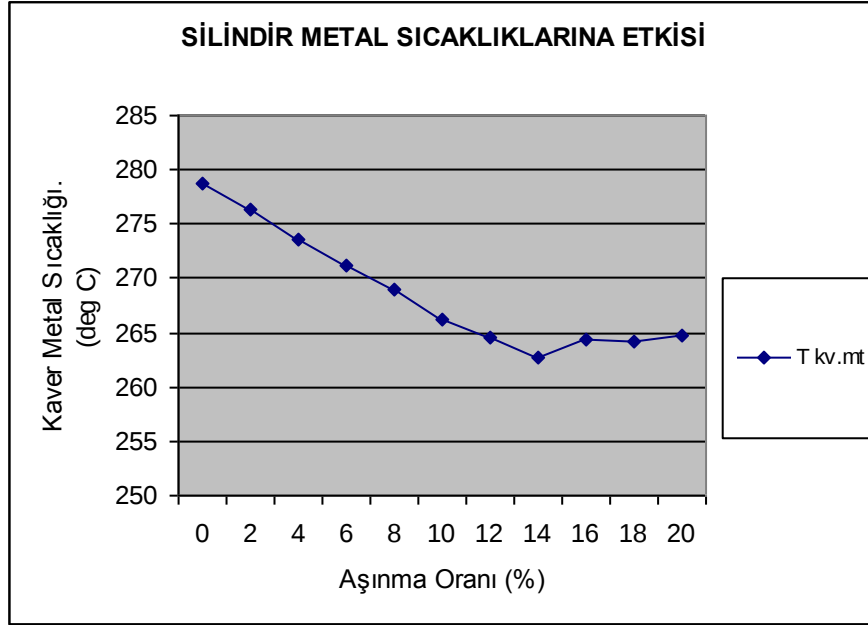


Şekil E 10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri

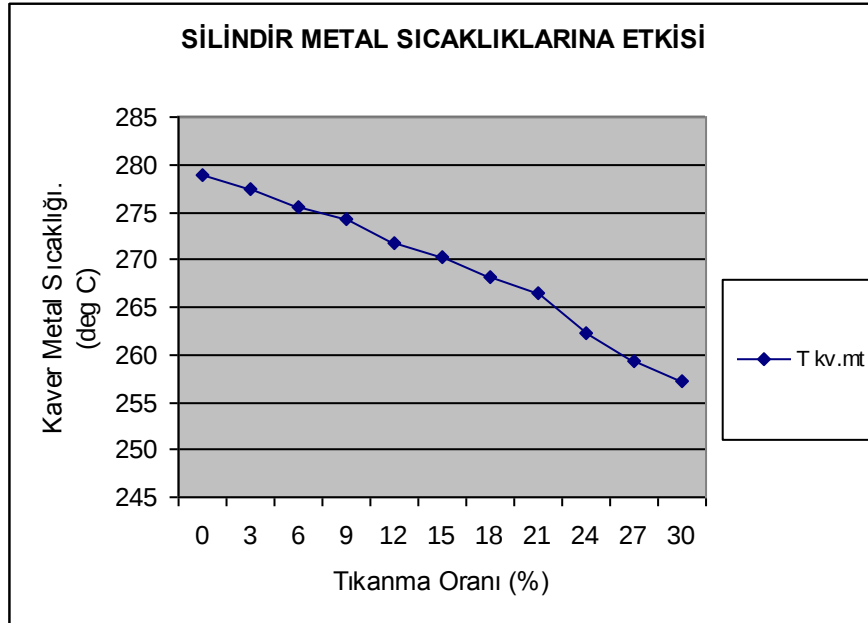


Şekil E 11 Emne hava portunda depozit birikiminin etkileri

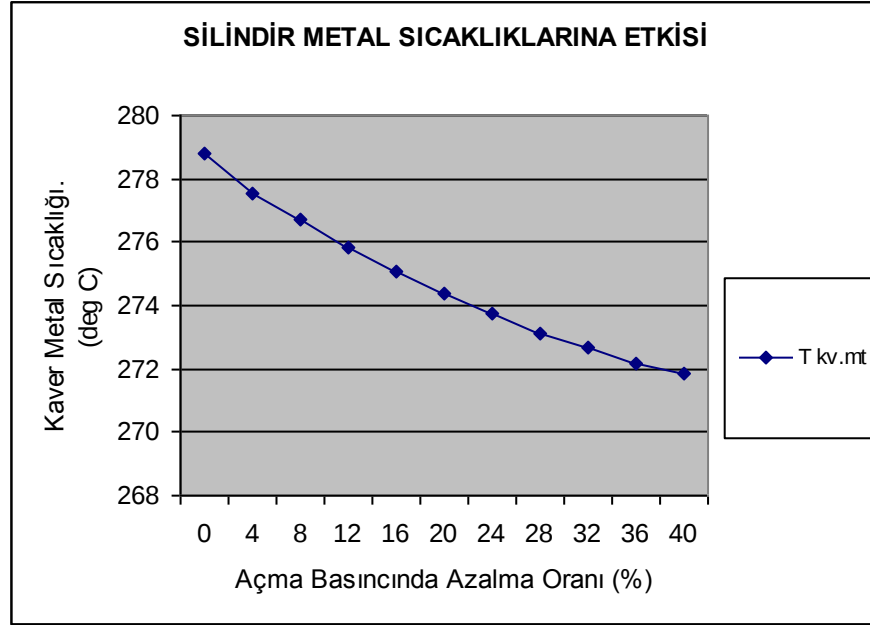
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
KAVER METAL SICAKLIĞINA ETKİLERİ**



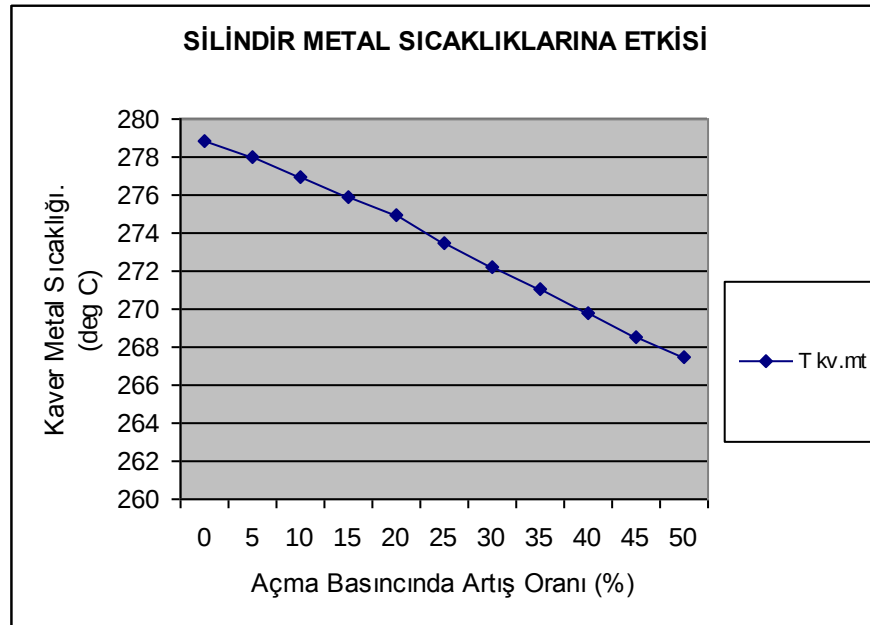
Şekil F.1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



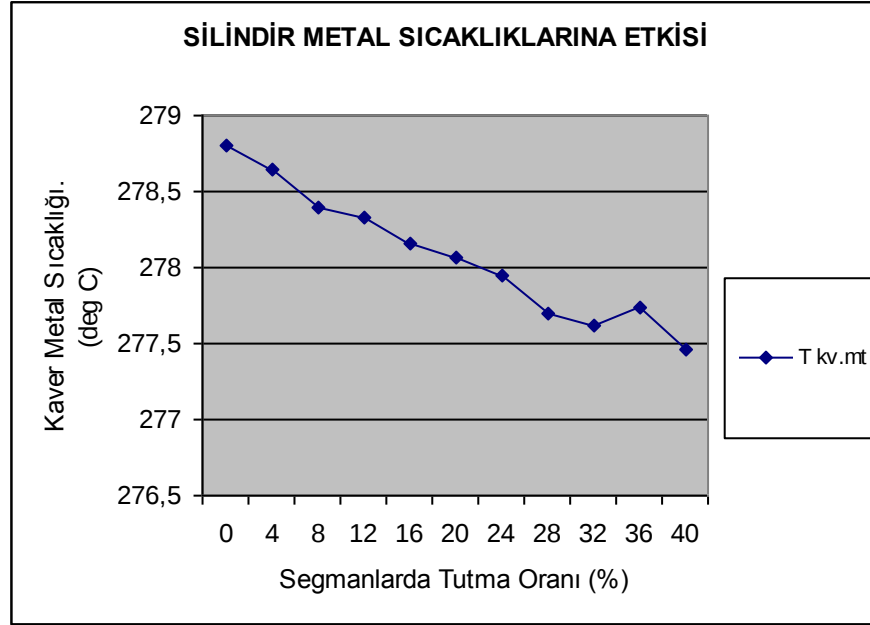
Şekil F.2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



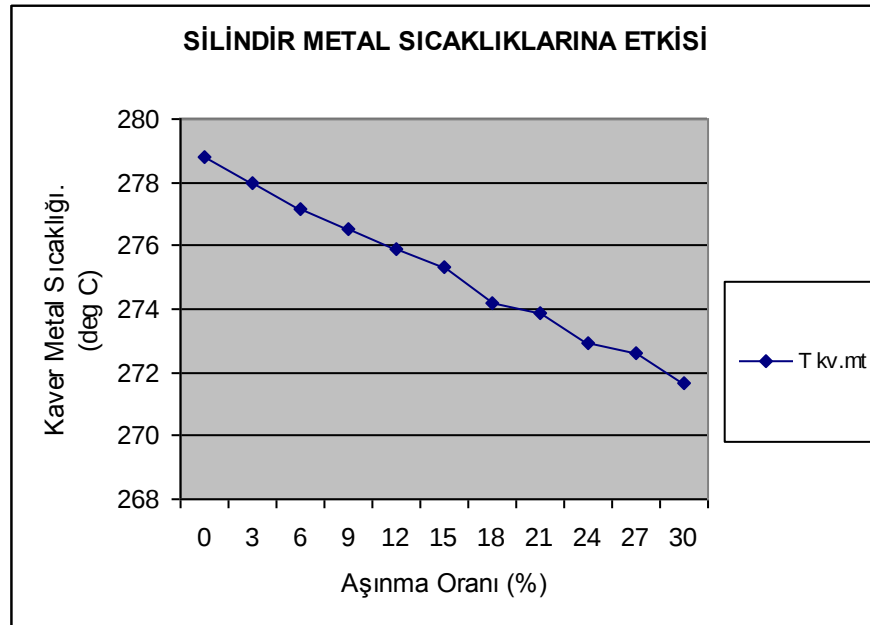
Şekil F.3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



Şekil F.4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



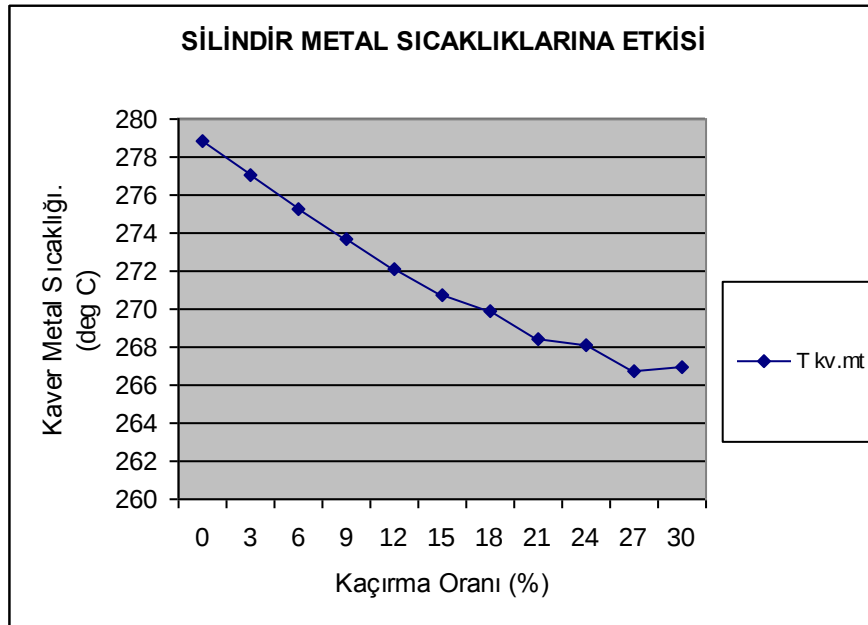
Şekil F.5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



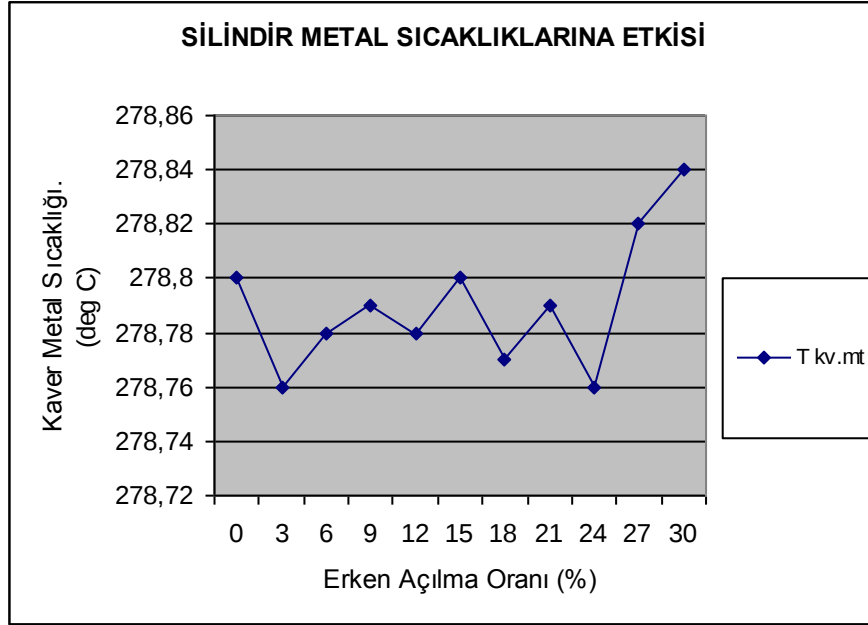
Şekil F.6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



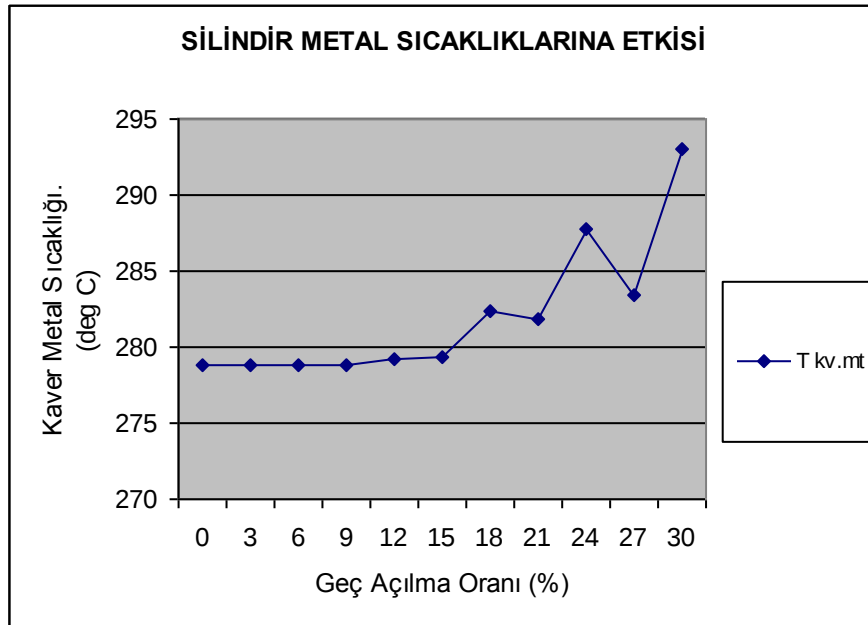
Şekil F.7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



Şekil F.8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil F.9 Egzoz valfinin erken açılması n n etkileri



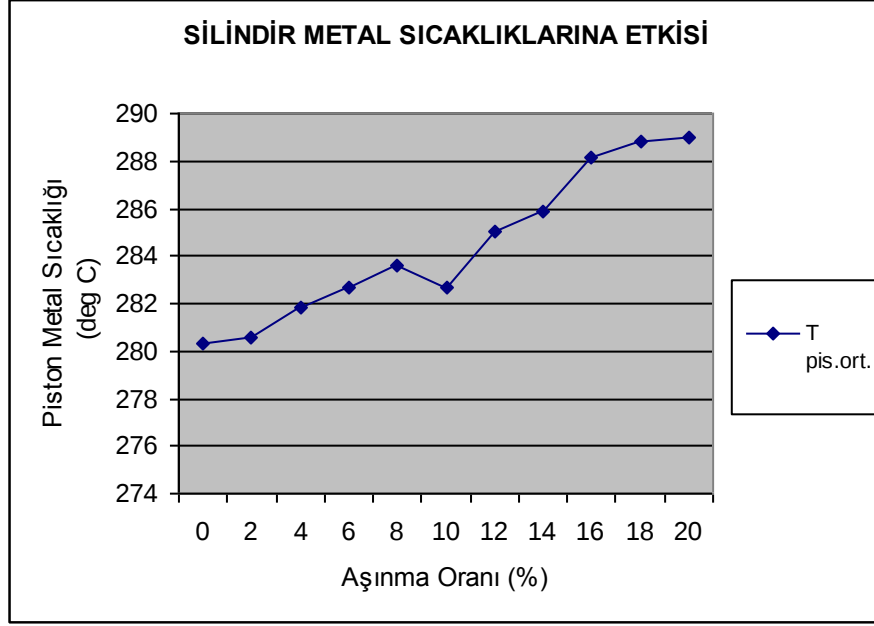
Şekil F.10 Egzoz valfinin geç açılması n n etkileri



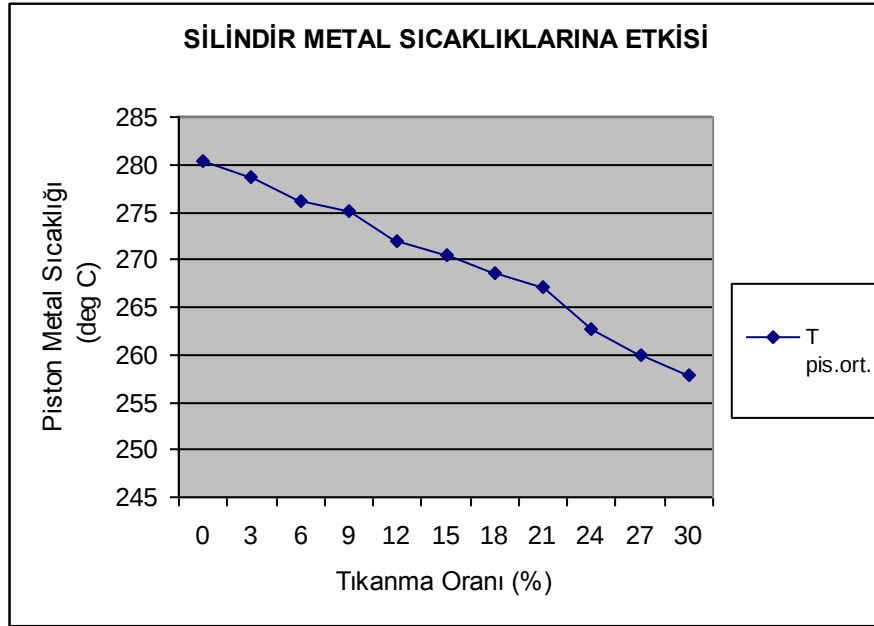
Şekil E.11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK G

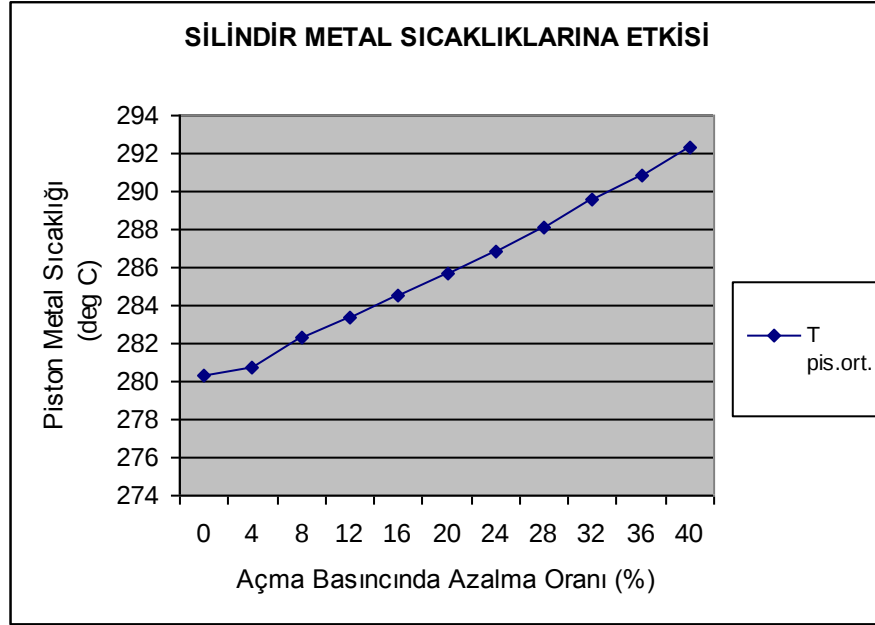
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
PİSTON METAL SICAKLIĞINA ETKİLERİ**



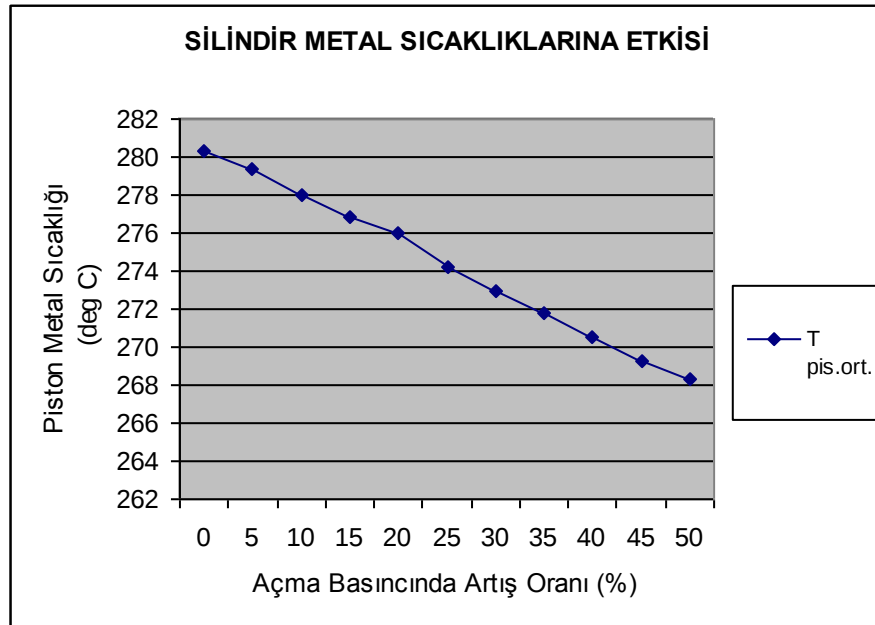
Şekil G1 Enjektör nozul u aşınması nın etkileri



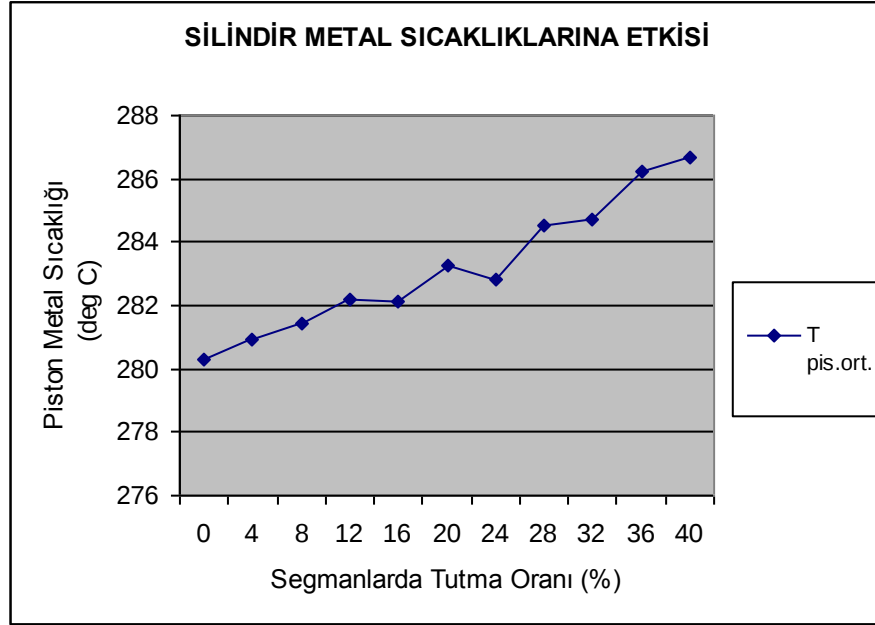
Şekil G2 Enjektör nozul unda tıkanma nın etkileri



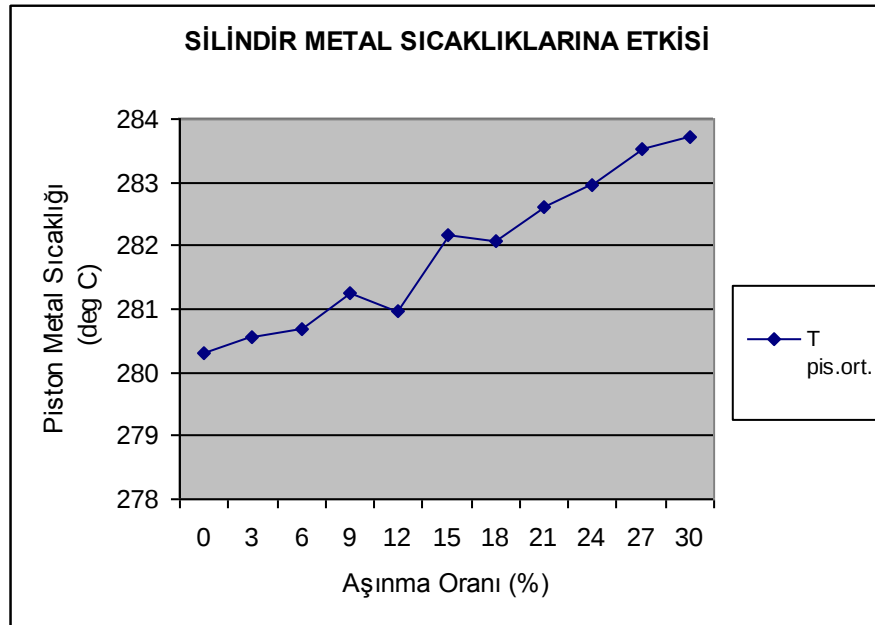
Şekil G3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



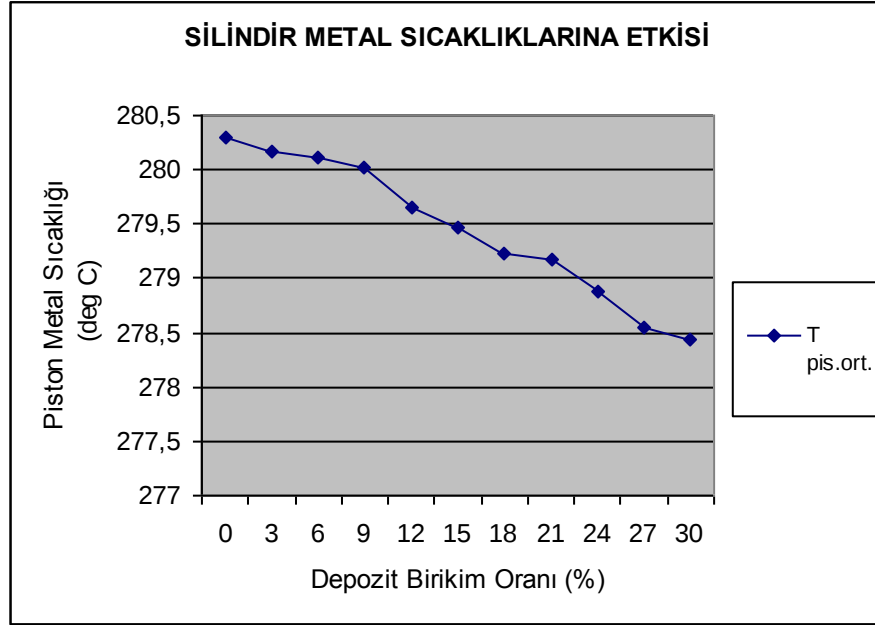
Şekil G4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



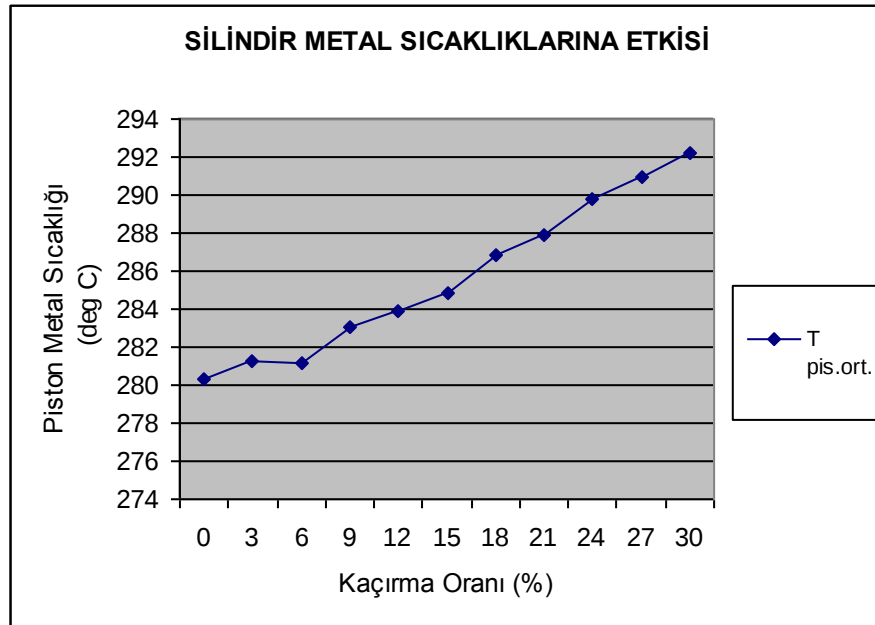
Şekil G5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



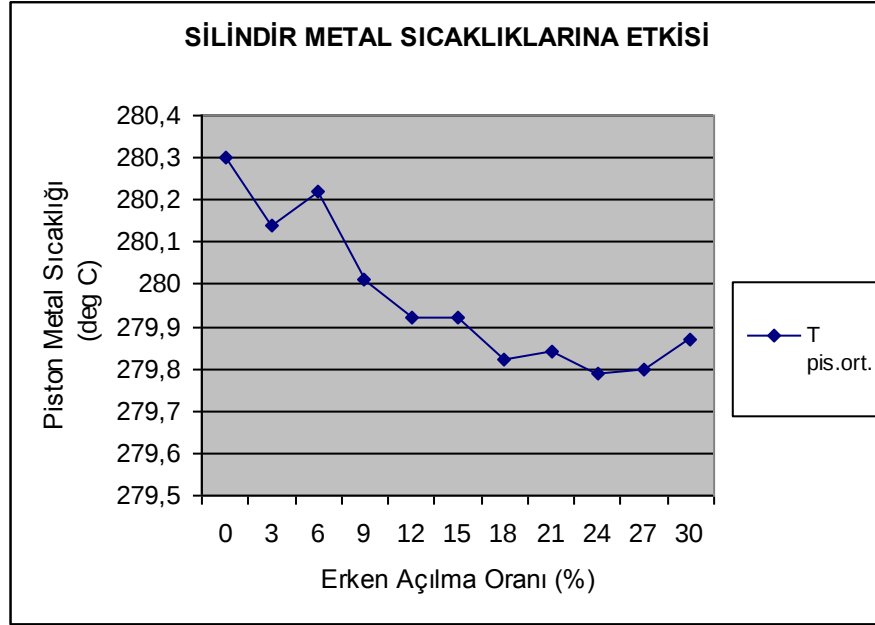
Şekil G6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



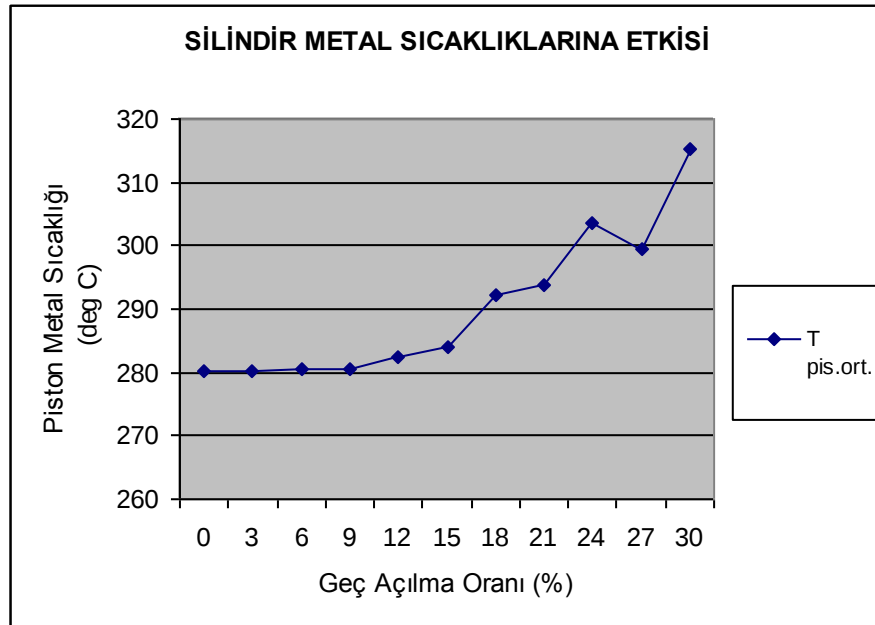
Şekil G7 Piston tacı nda depozit birikiminin etkileri



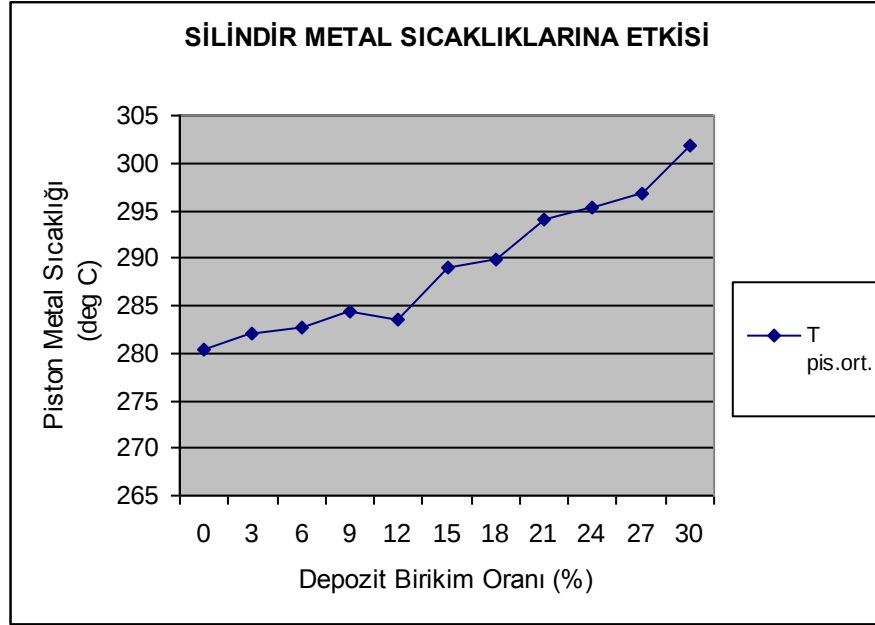
Şekil G8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil G9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri



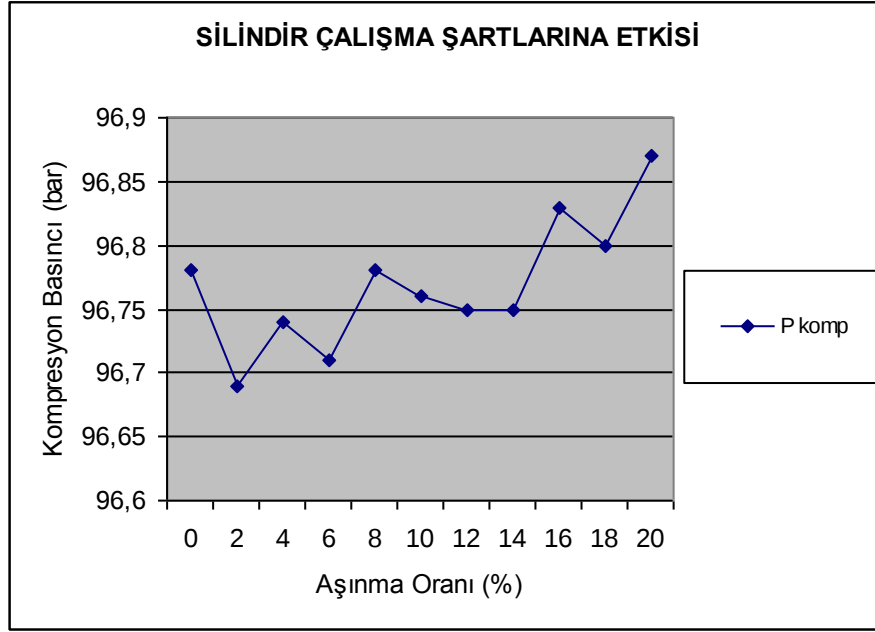
Şekil G10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri



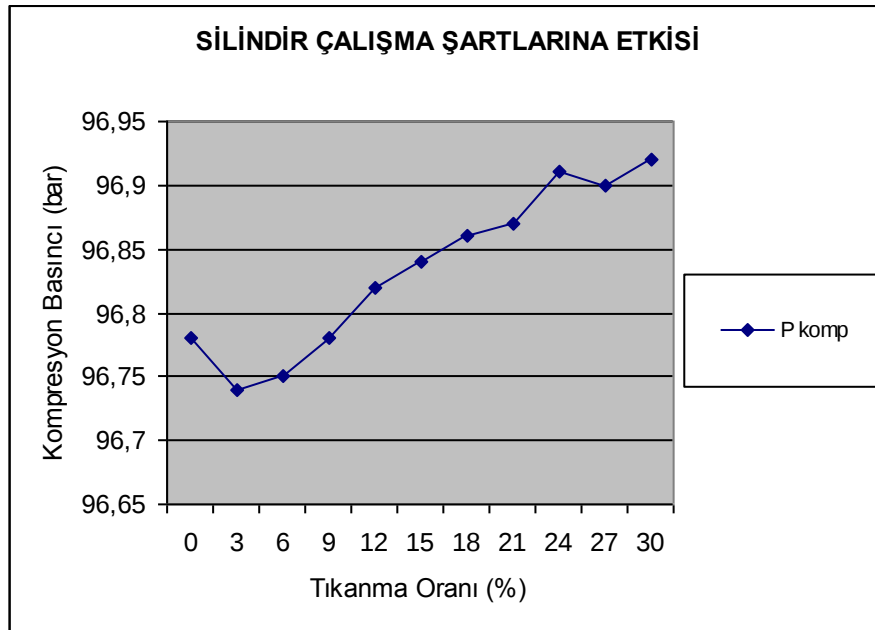
Şekil G11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK H

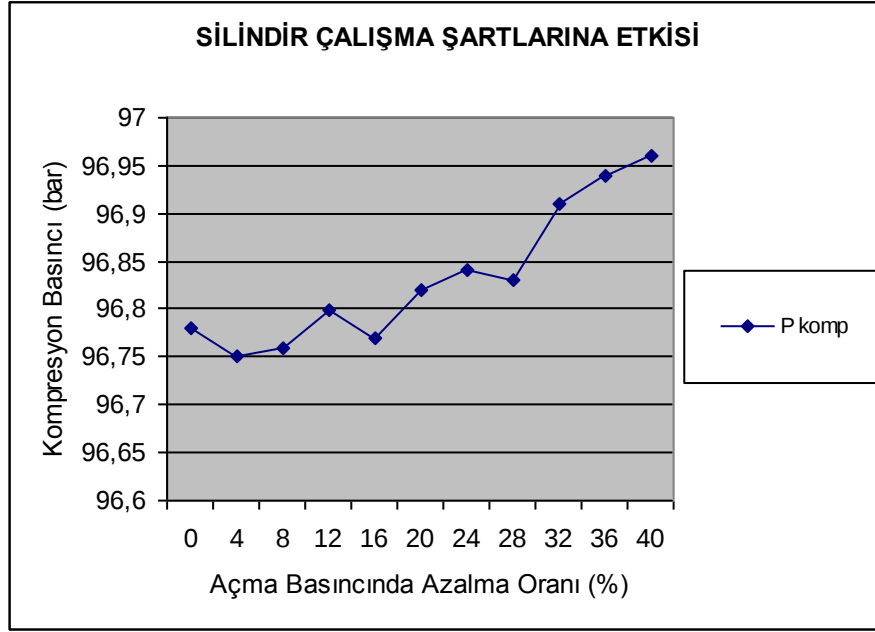
YANMA ODASI ELEMANLARININ SİLİNDİR KOMPRESYON BASINCI NA ETKİLERİ



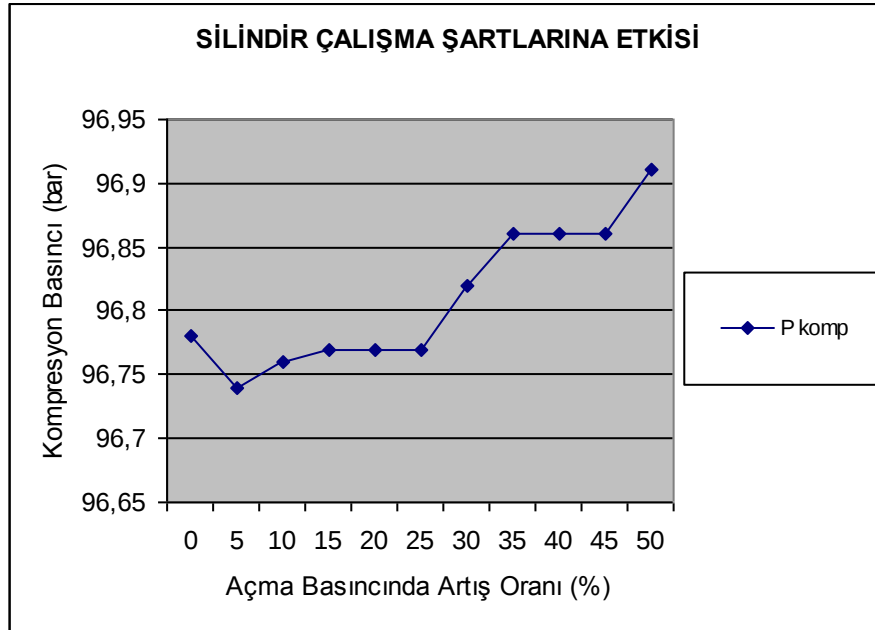
Şekil H1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



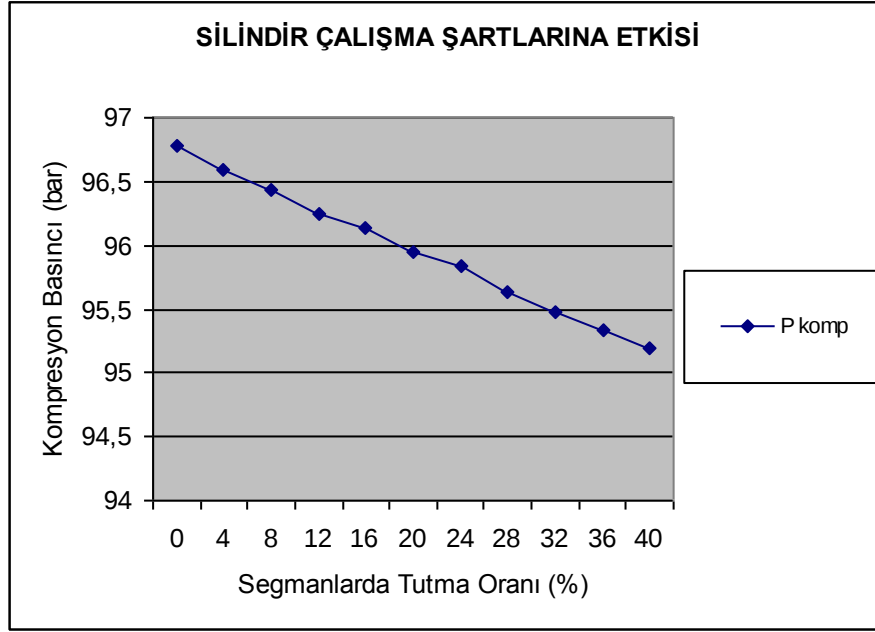
Şekil H2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



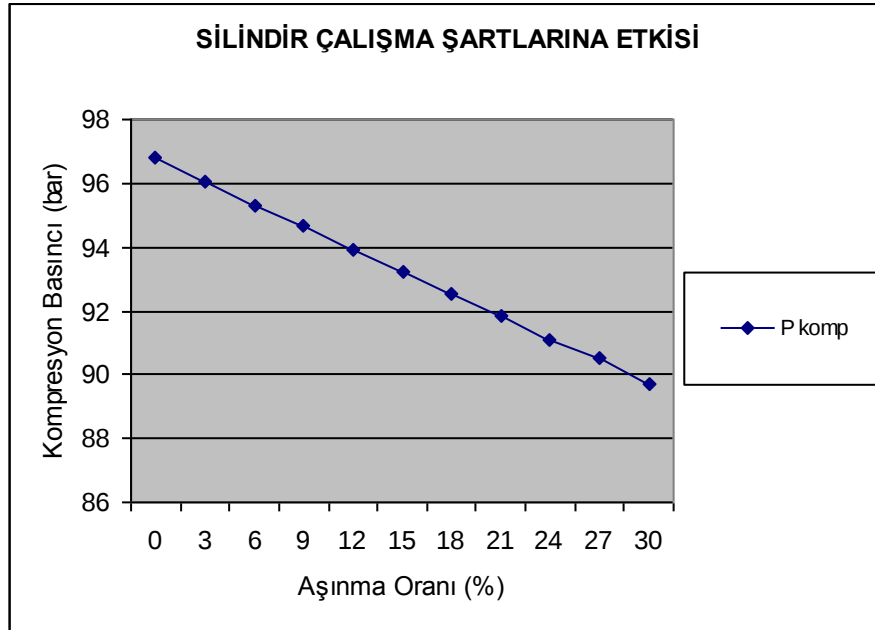
Şekil H3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



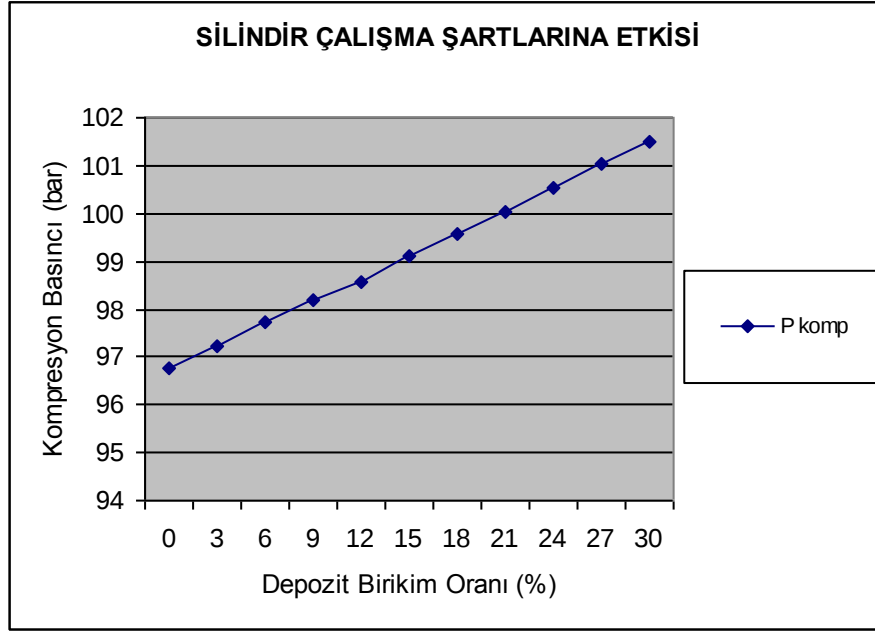
Şekil H4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



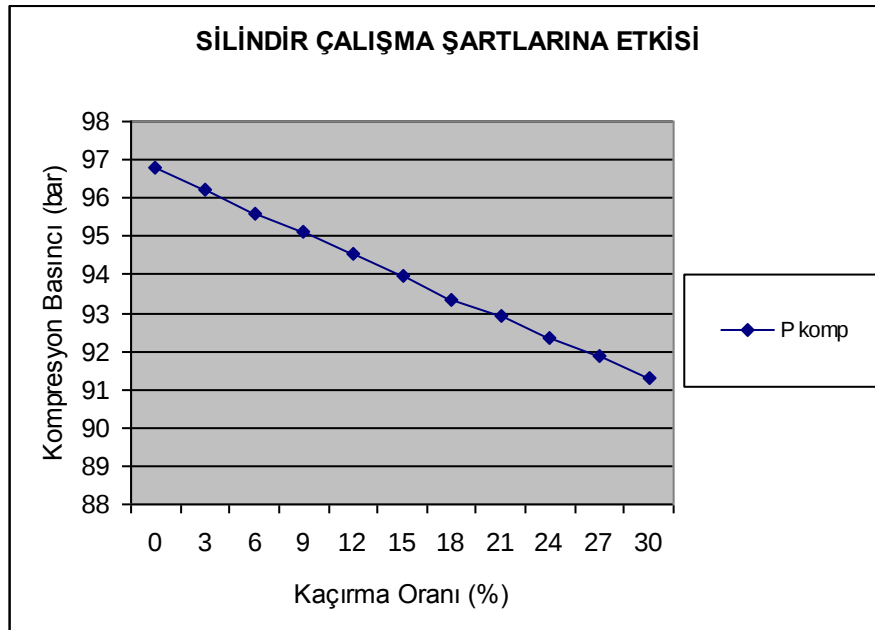
Şekil H5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



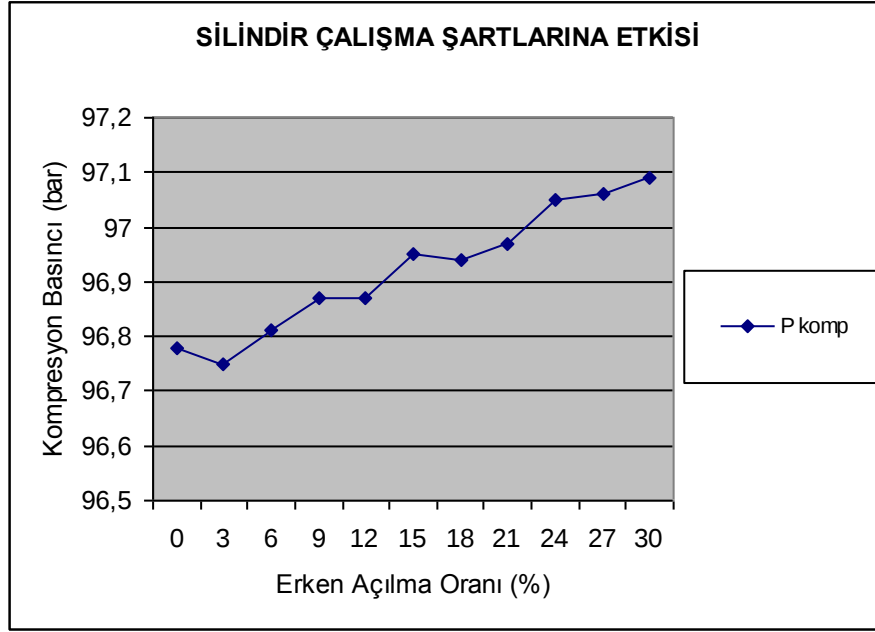
Şekil H6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



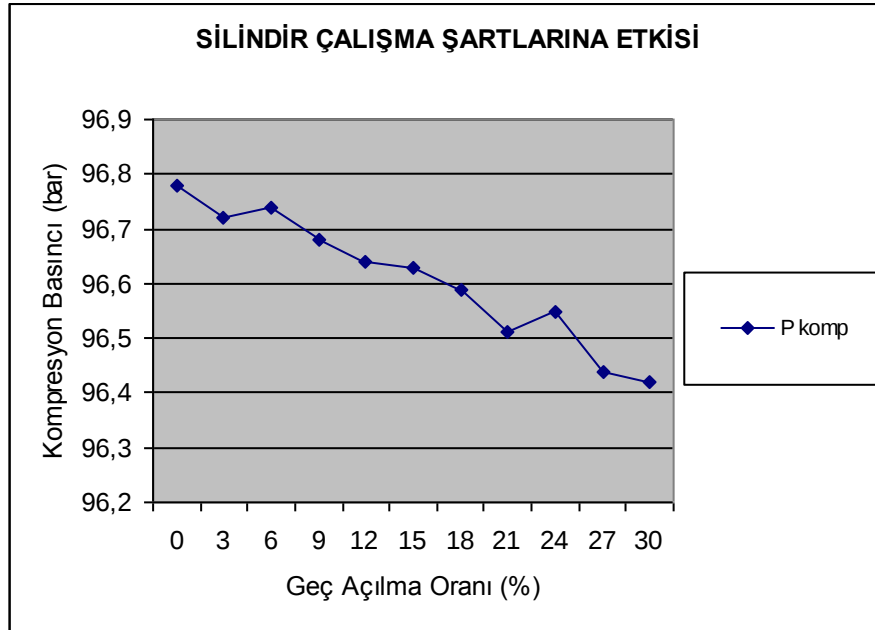
Şekil H7 Histon tacı nda depozit birikiminin etkileri



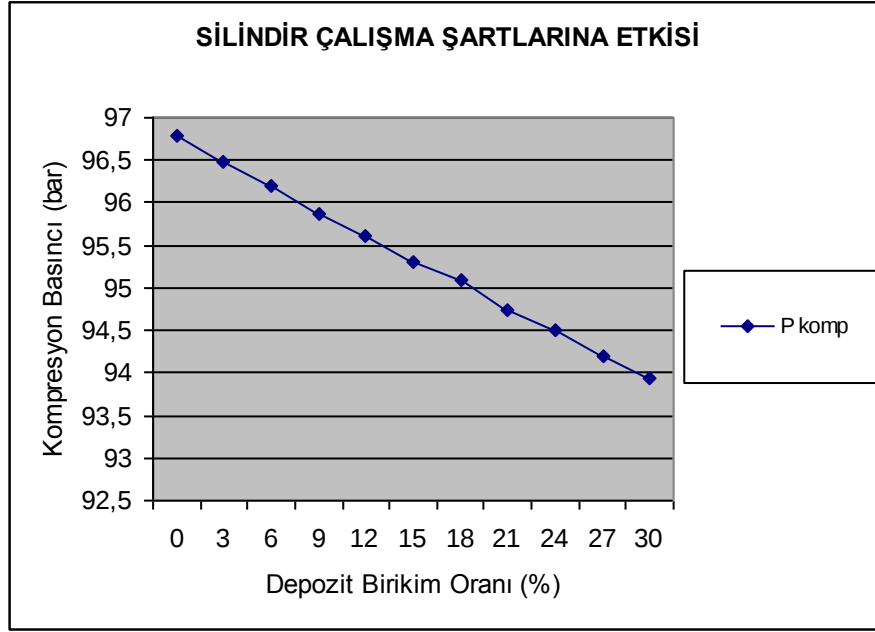
Şekil H8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil H9 Egzoz valfi nin erken açılması nın etkileri

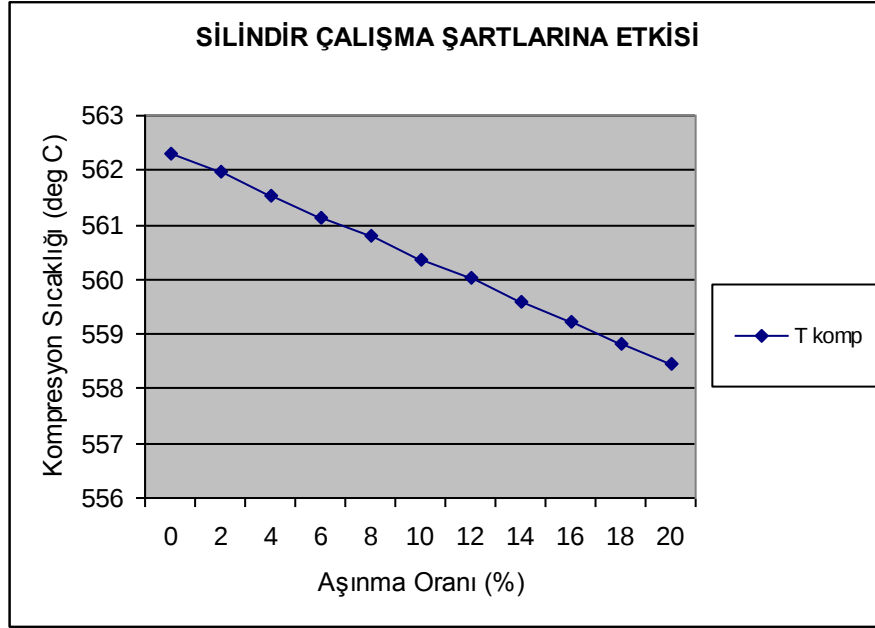


Şekil H10 Egzoz valfi nin geç açılması nın etkileri

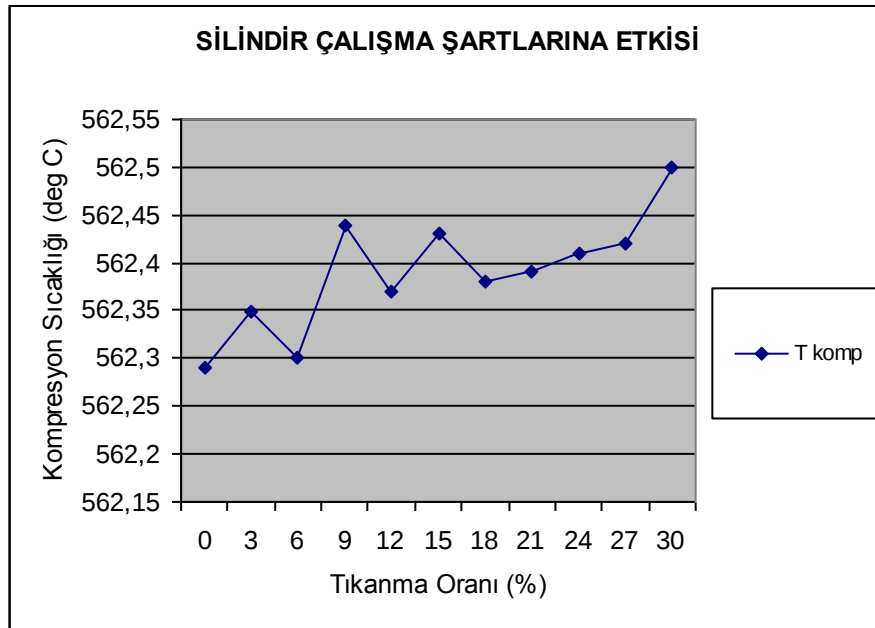


Şekil H11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

**YANMA ODASI ELEMANLARININ
SİLİNDİR KOMPRESYON SICAKLIĞINA ETKİLERİ**



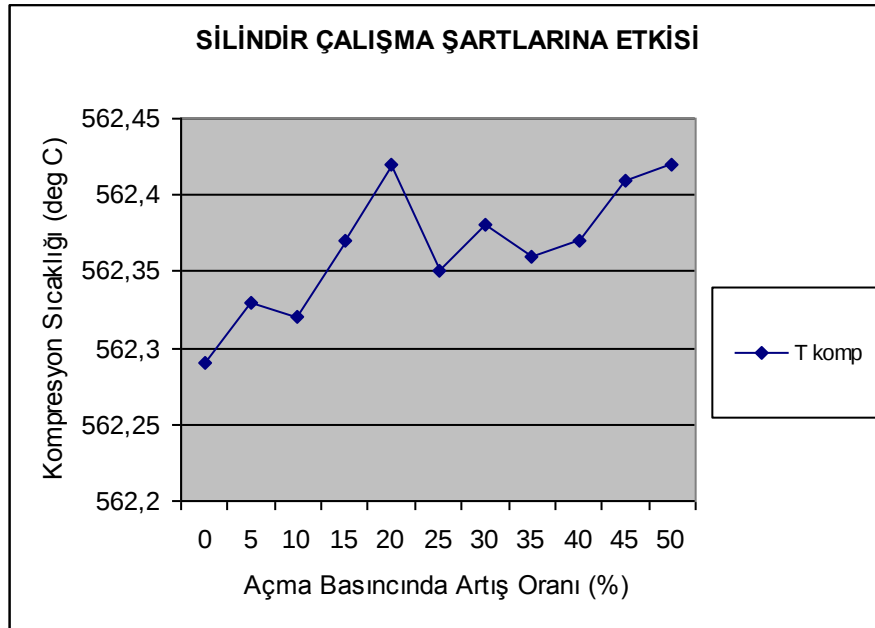
Şekil I.1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



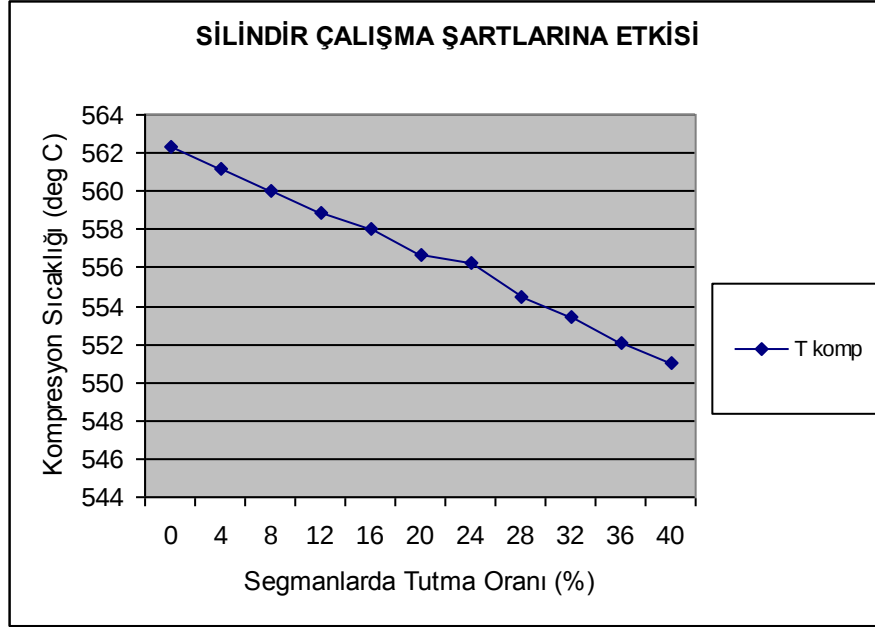
Şekil I.2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



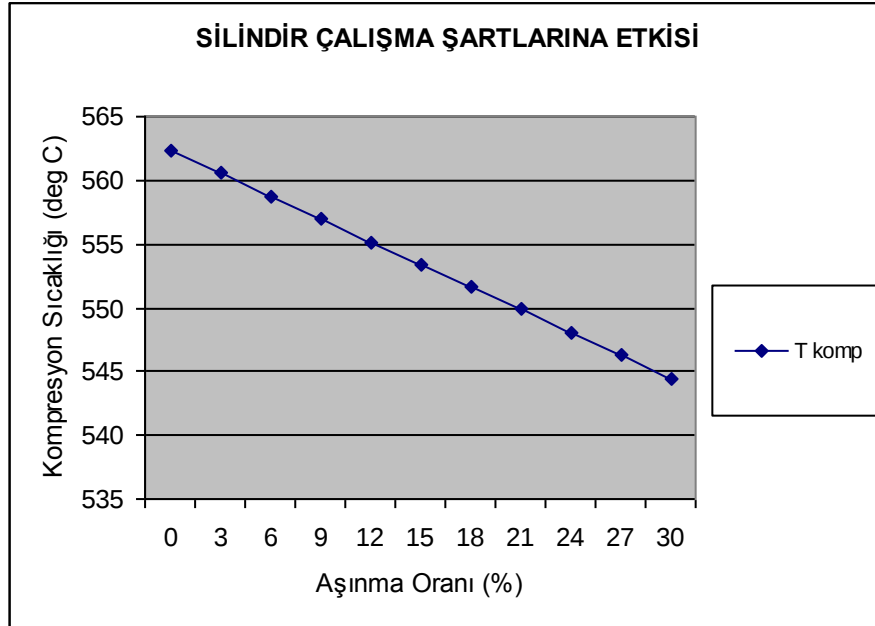
Şekil I.3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



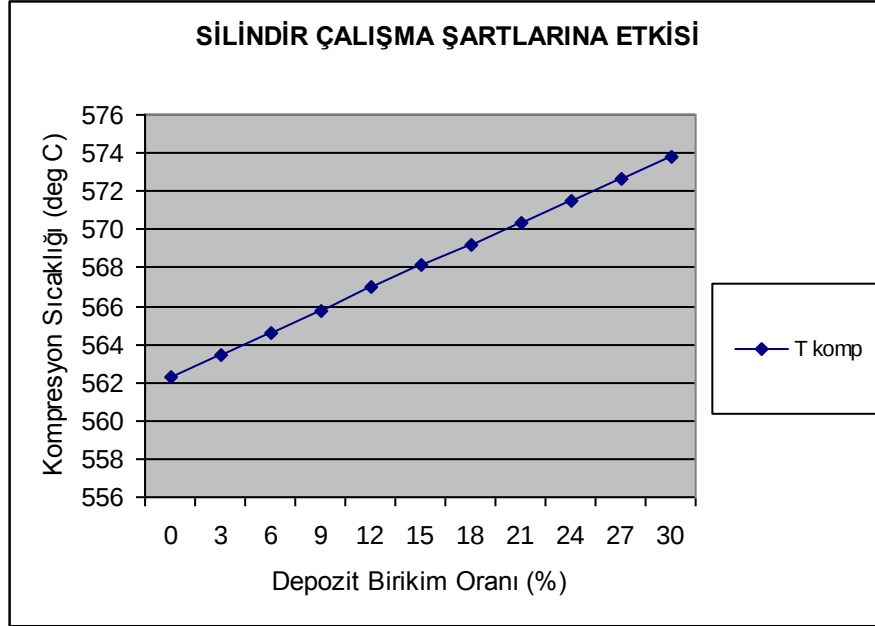
Şekil I.4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



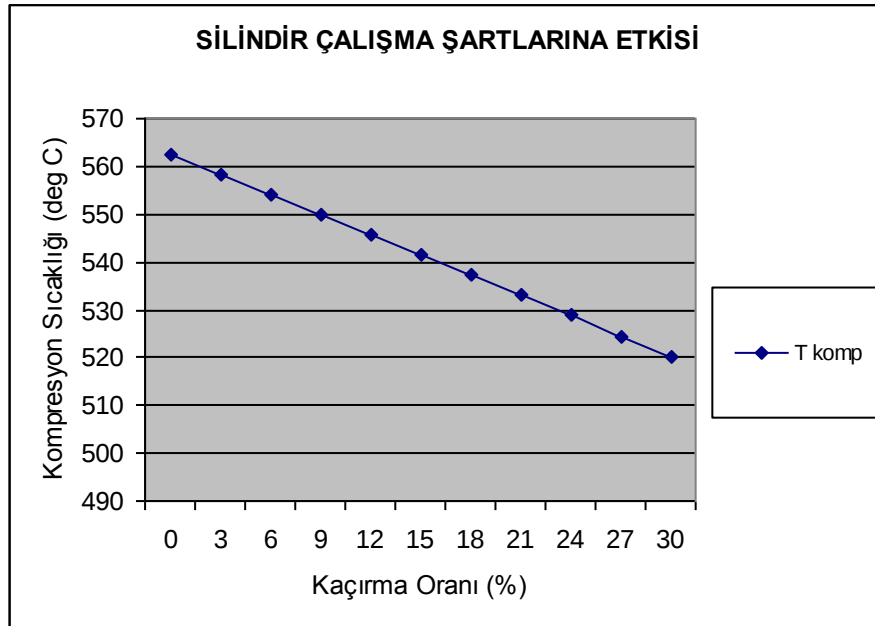
Şekil I.5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



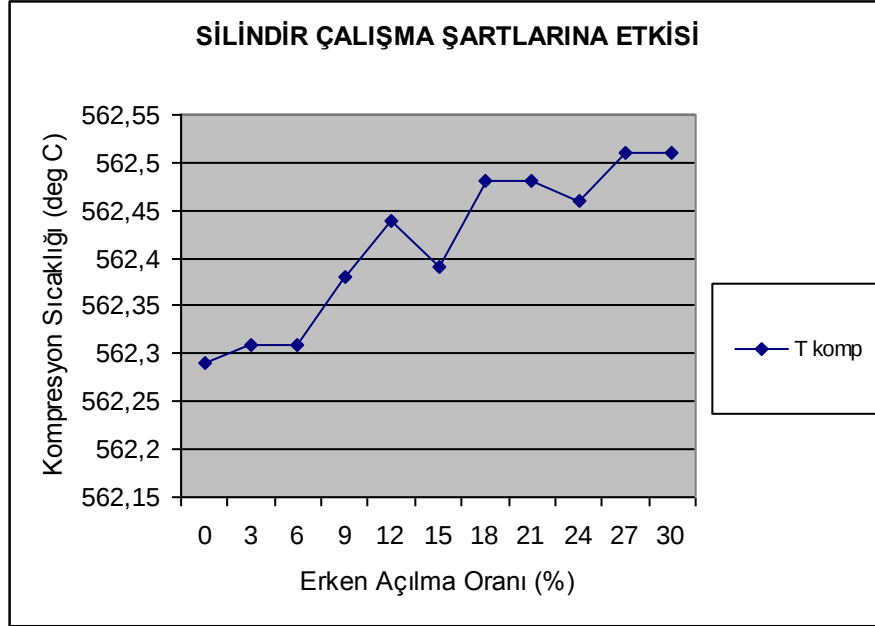
Şekil I.6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



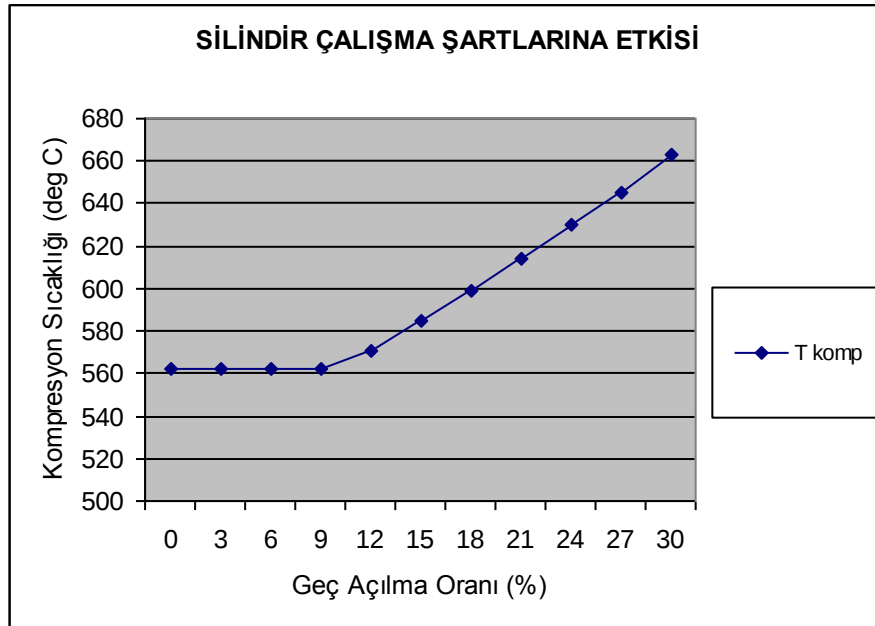
Şekil I.7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



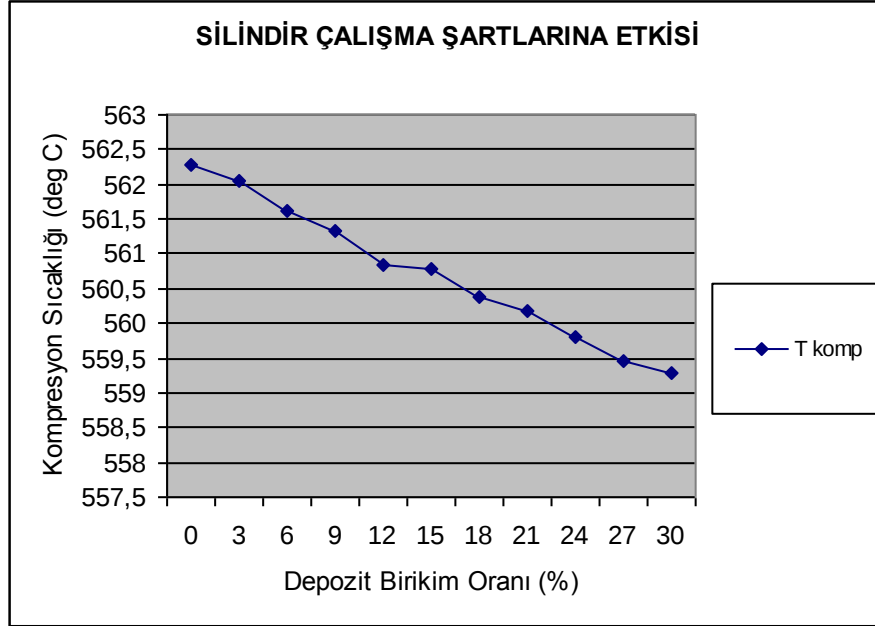
Şekil I.8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil I.9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri

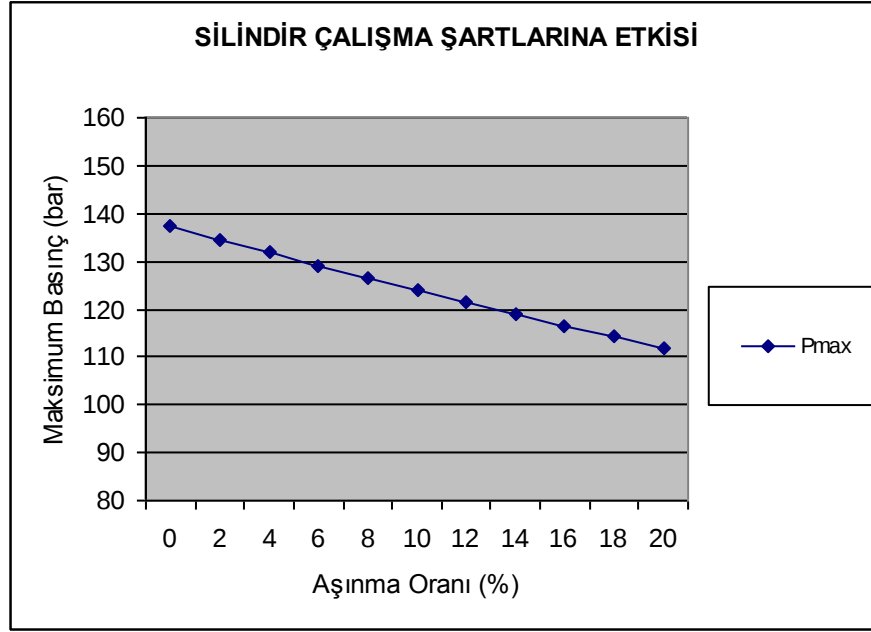


Şekil I.10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri

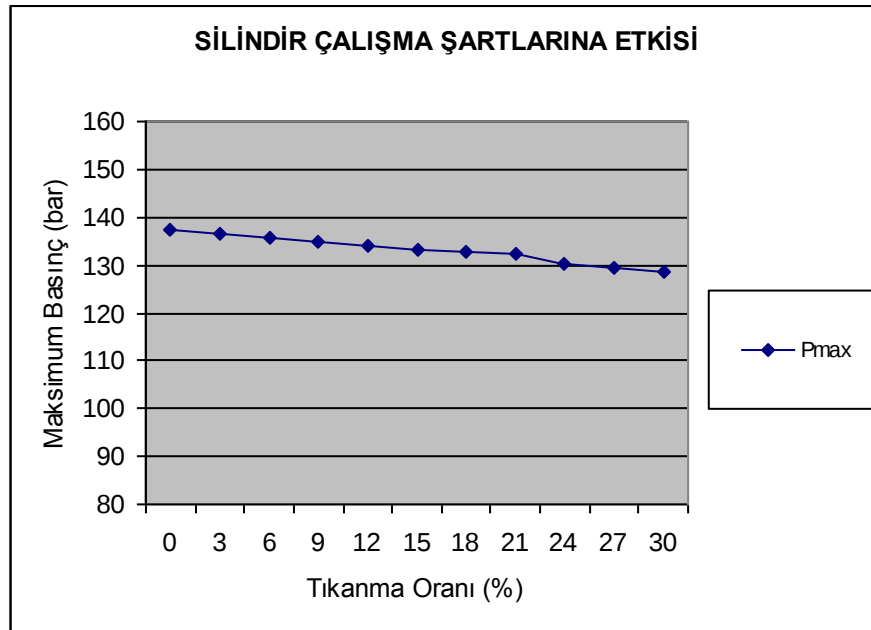


Şekil I. 11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

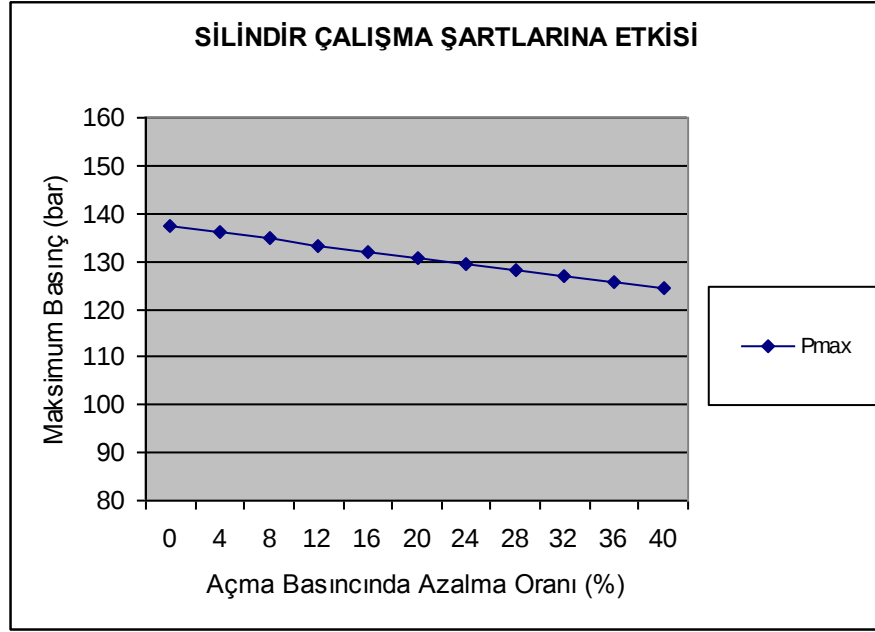
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
MAKSİMUM BASINÇ DEĞERİNE ETKİLERİ**



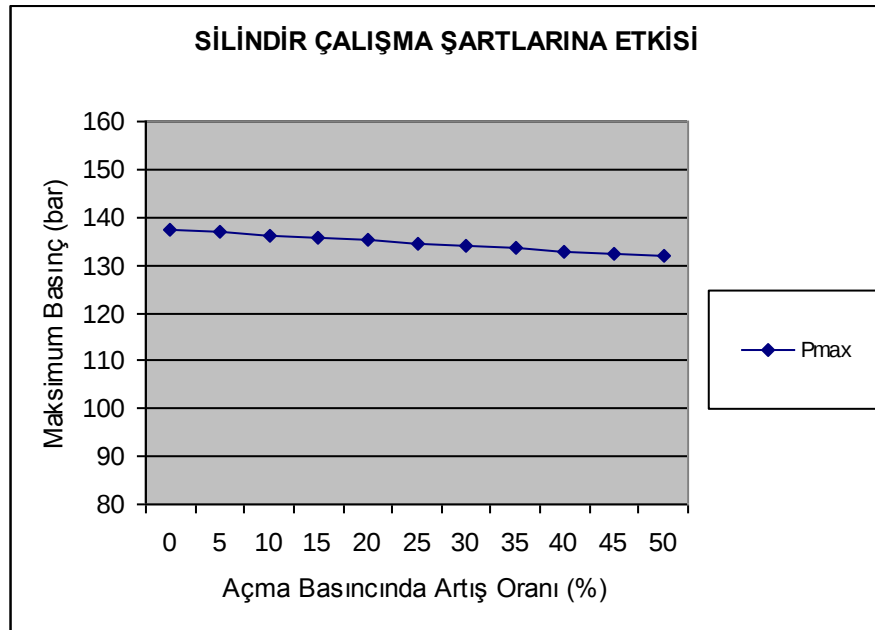
Şekil J.1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



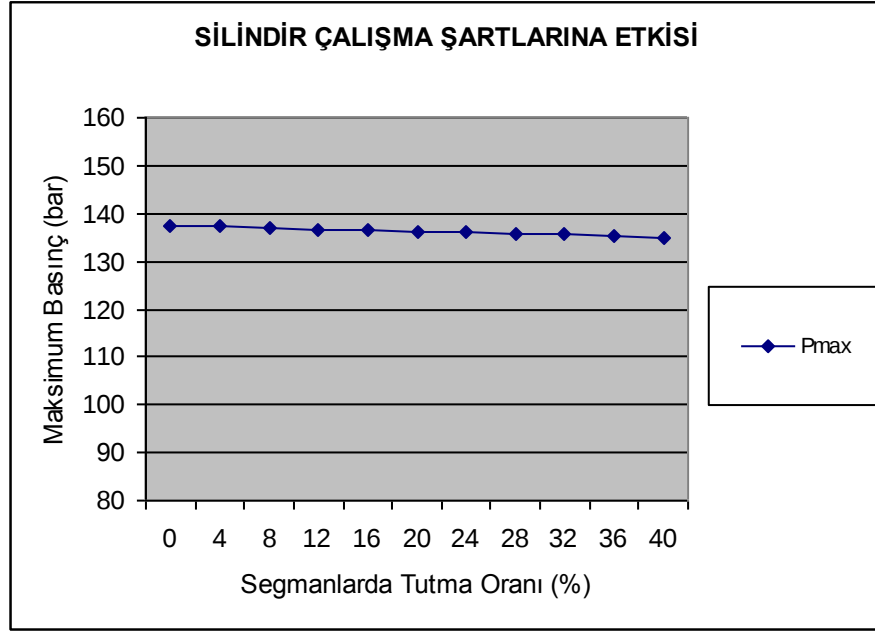
Şekil J.2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



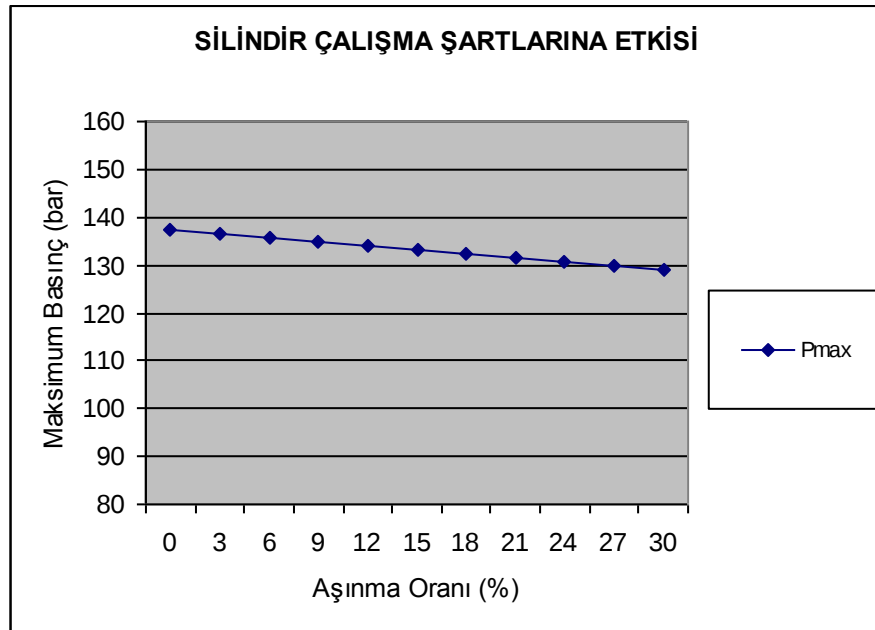
Şekil J.3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



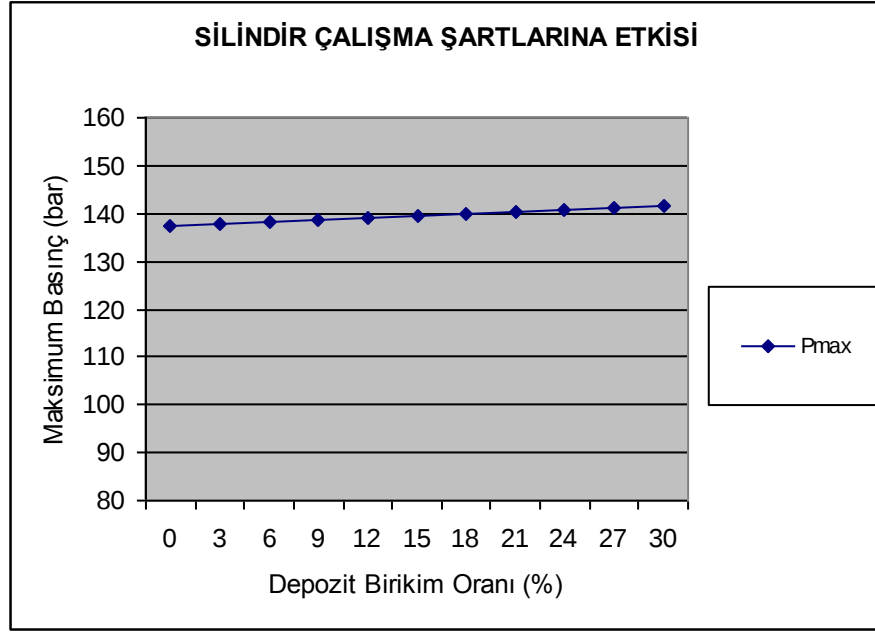
Şekil J.4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



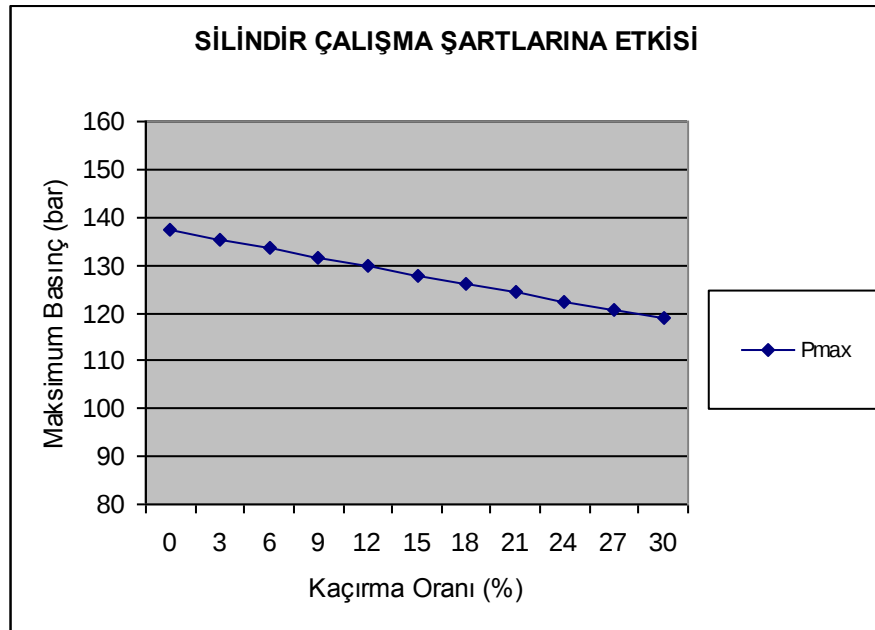
Şekil J.5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



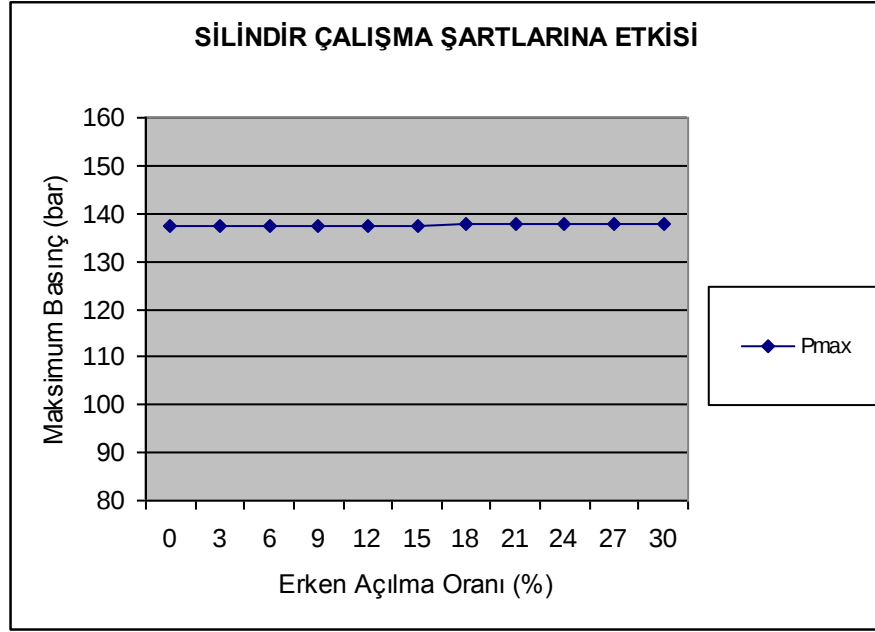
Şekil J.6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



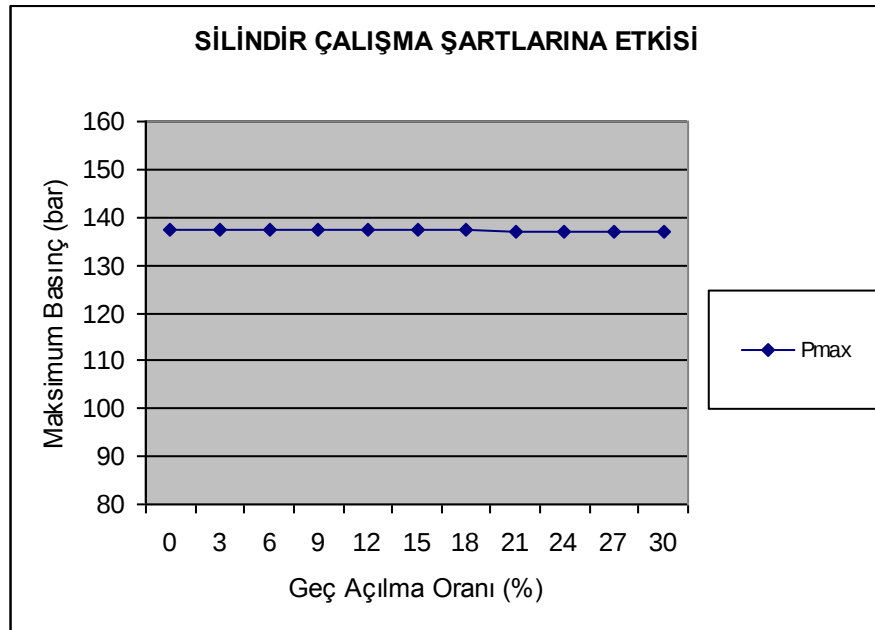
Şekil J.7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



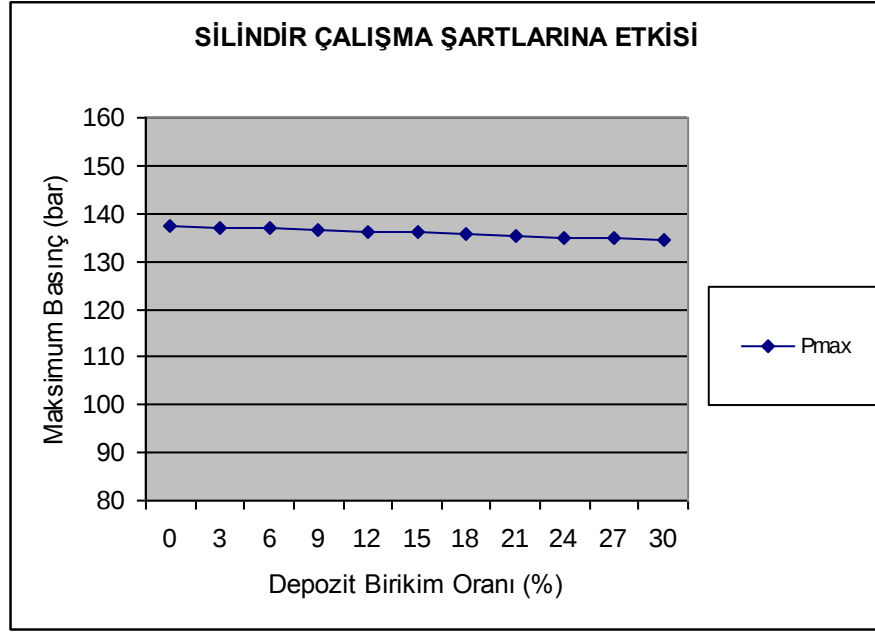
Şekil J.8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil J.9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



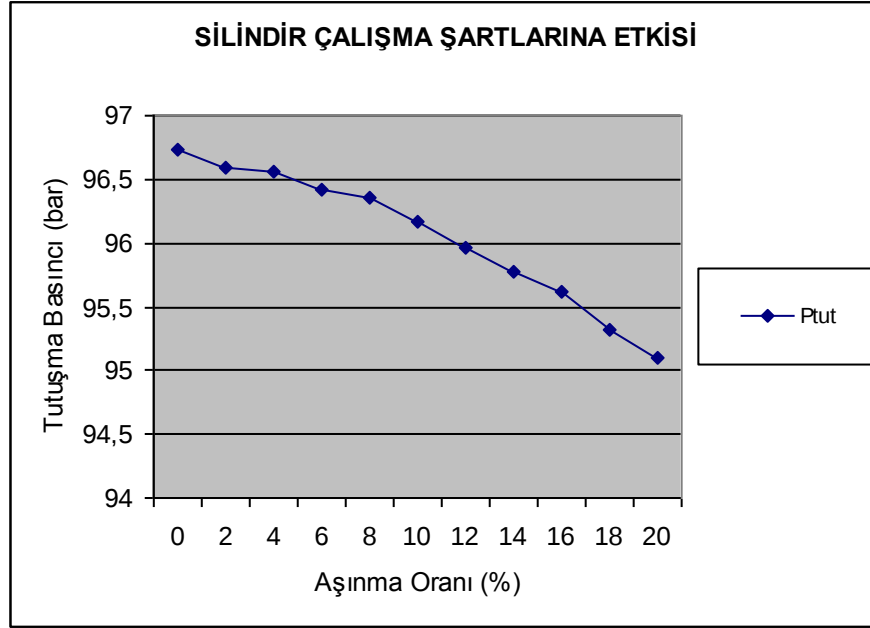
Şekil J.10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



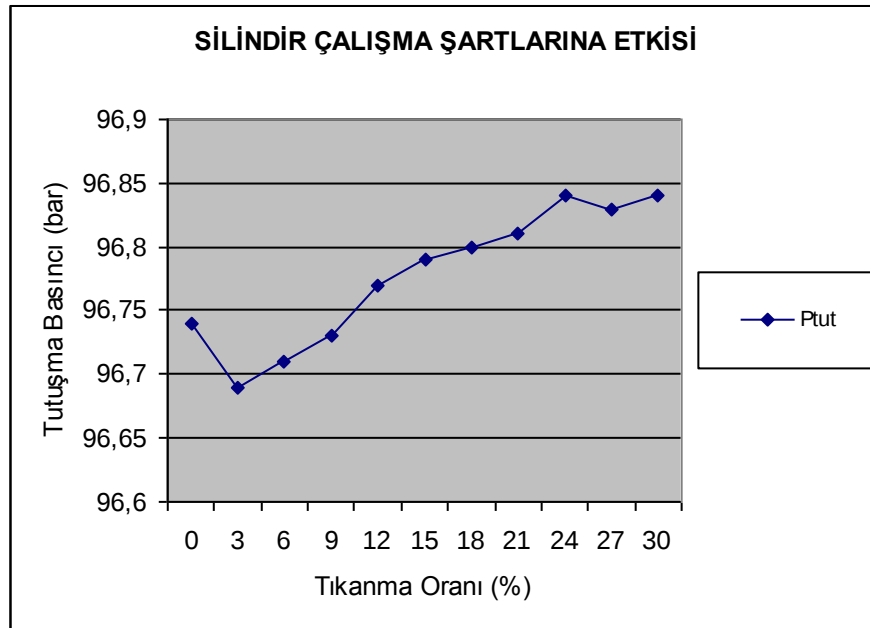
Şekil J.11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK K

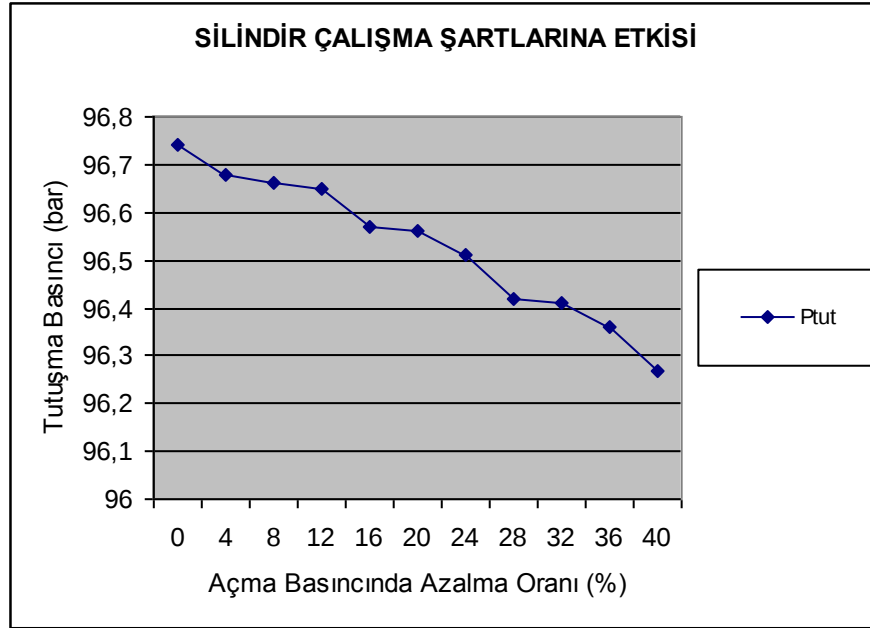
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
TUTUŞMA BASINCI DEĞERİNE ETKİLERİ**



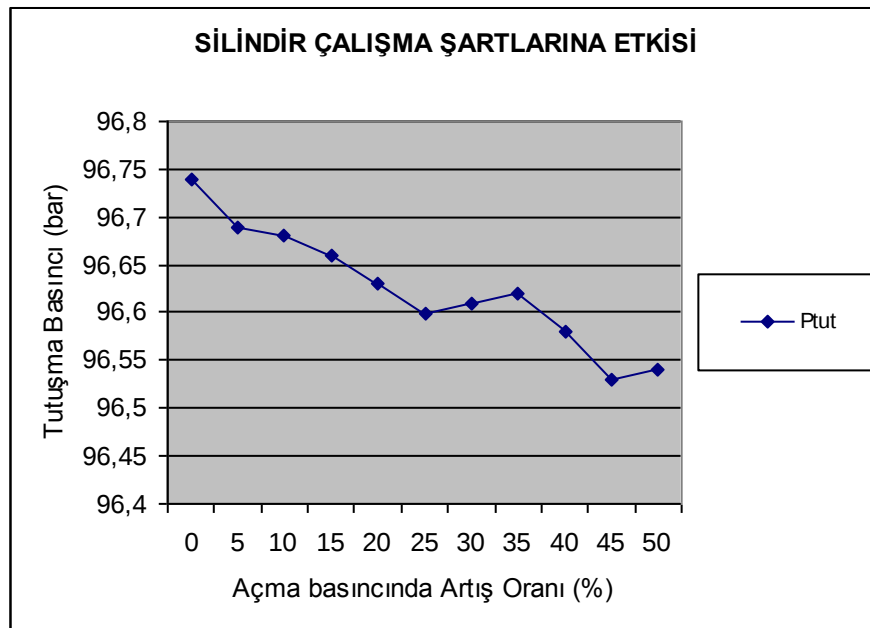
Şekil K1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



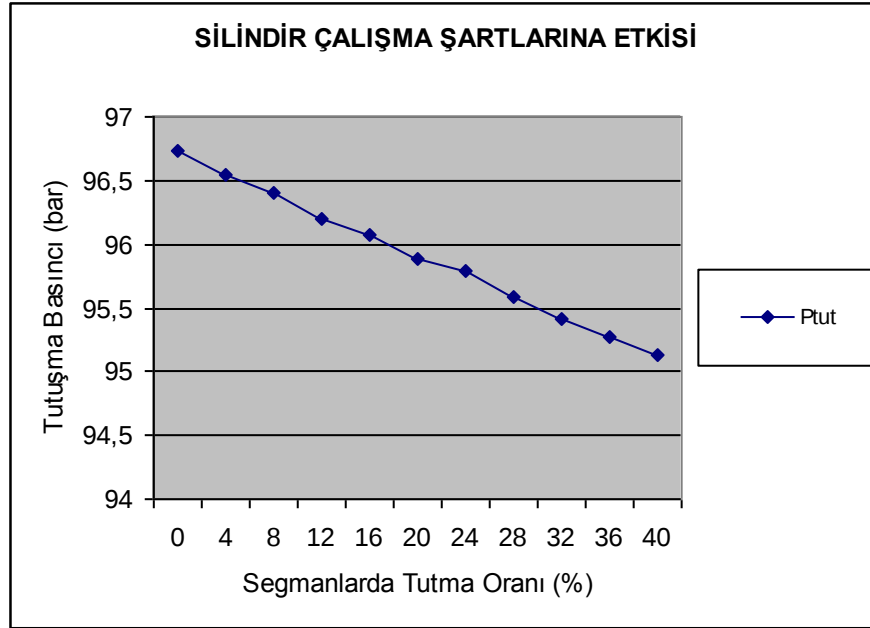
Şekil K2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



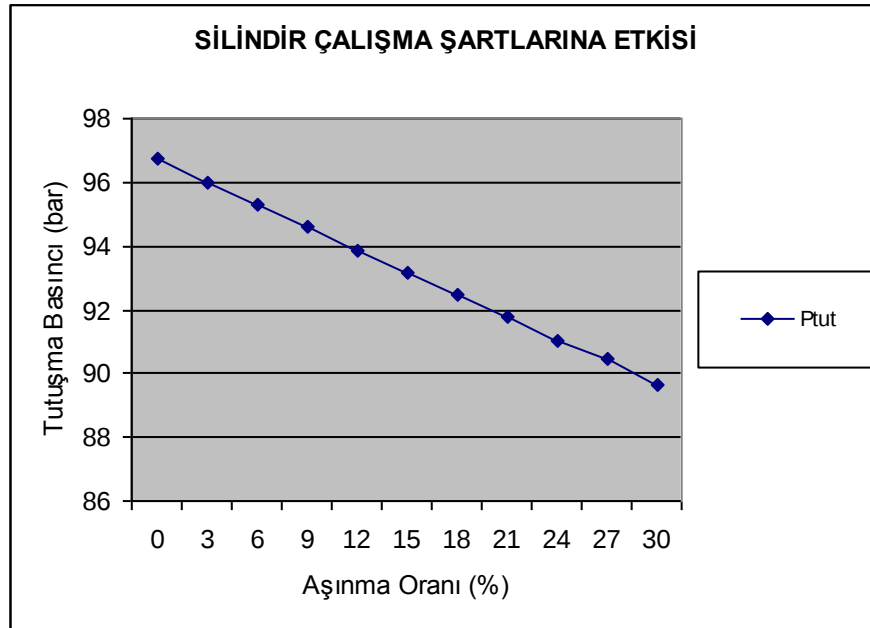
Şekil K3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



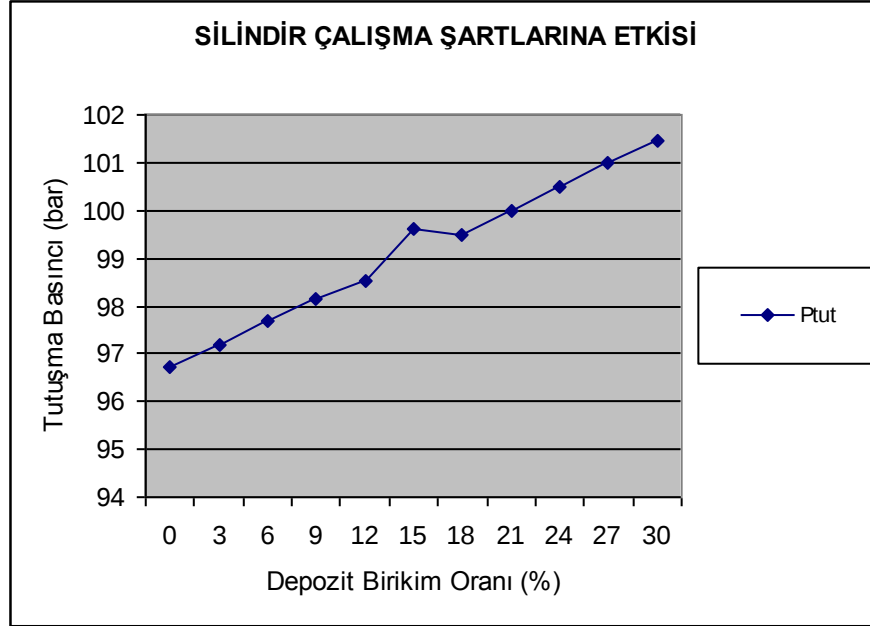
Şekil K4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



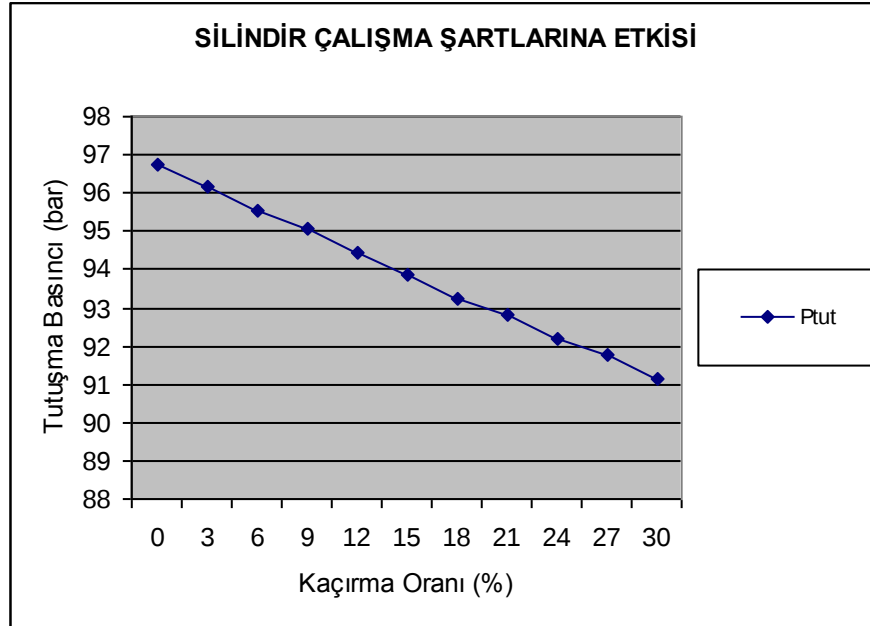
Şekil K.5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



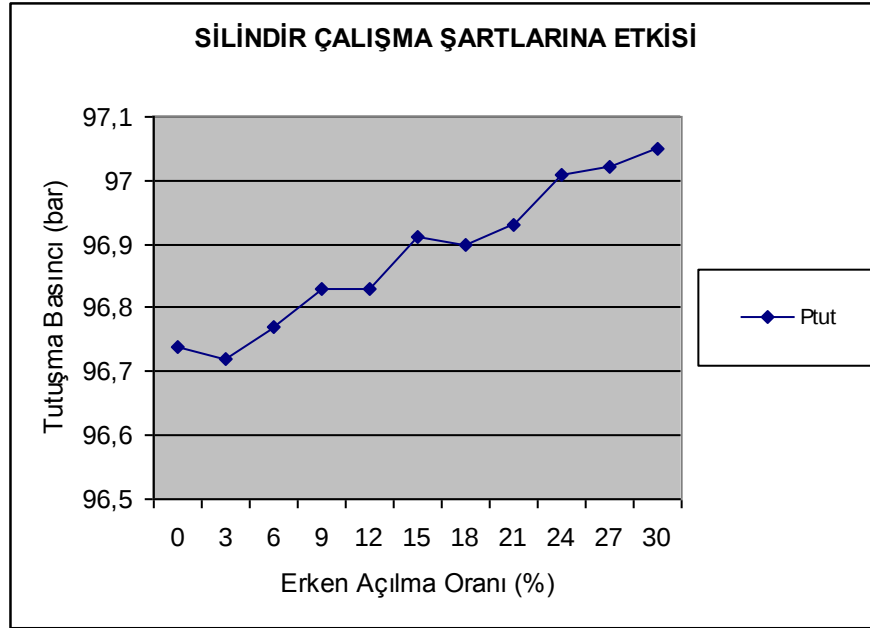
Şekil K.6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



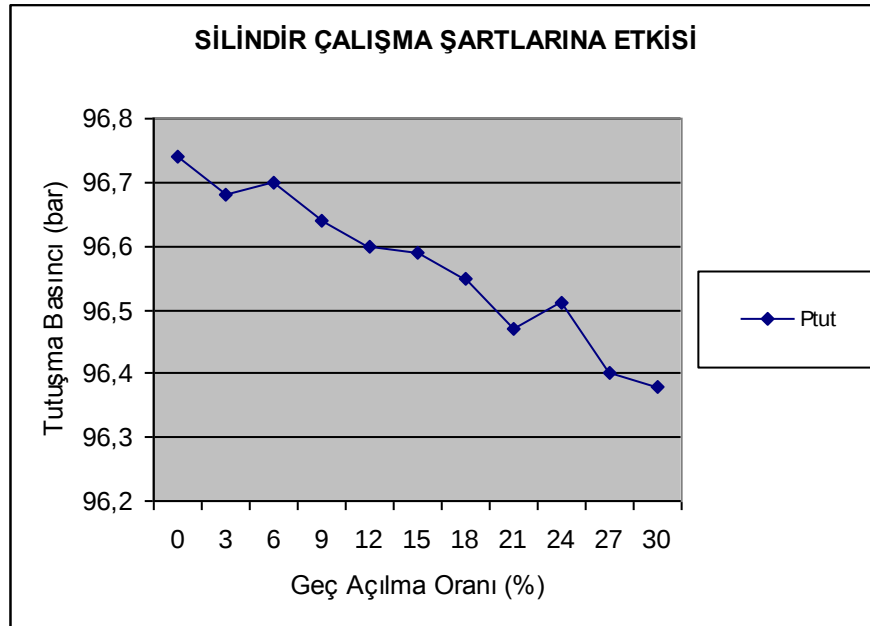
Şekil K7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



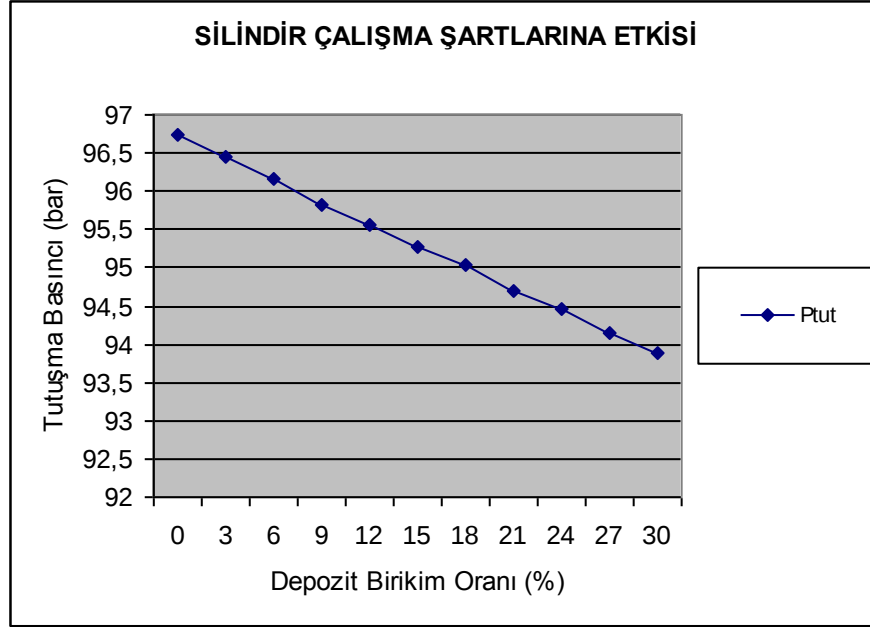
Şekil K8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil K9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri



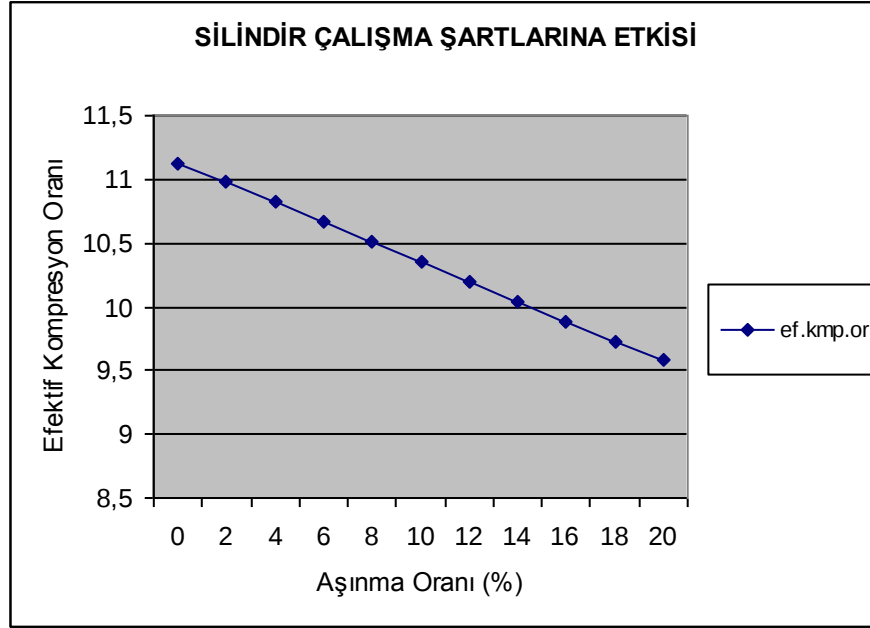
Şekil K10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri



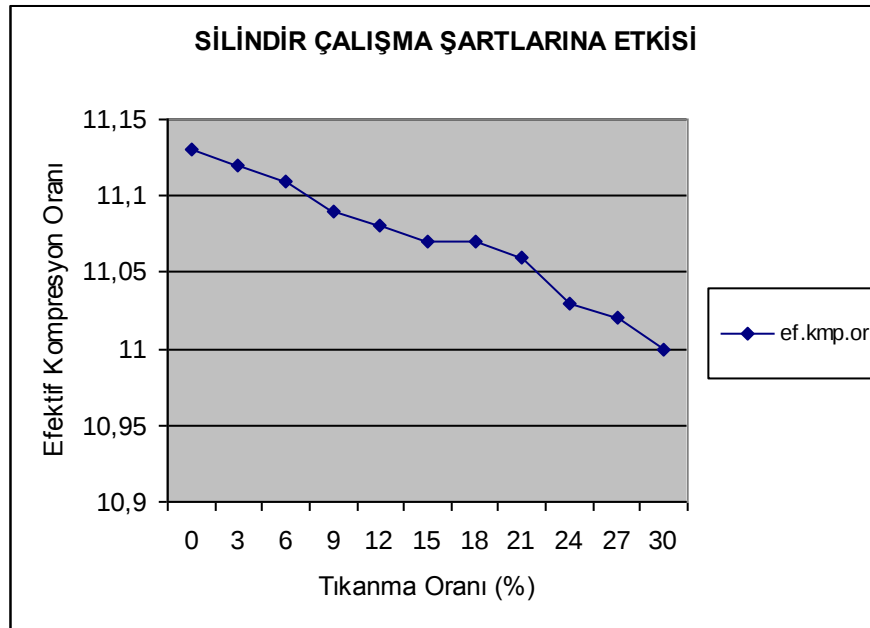
Şekil K11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK L

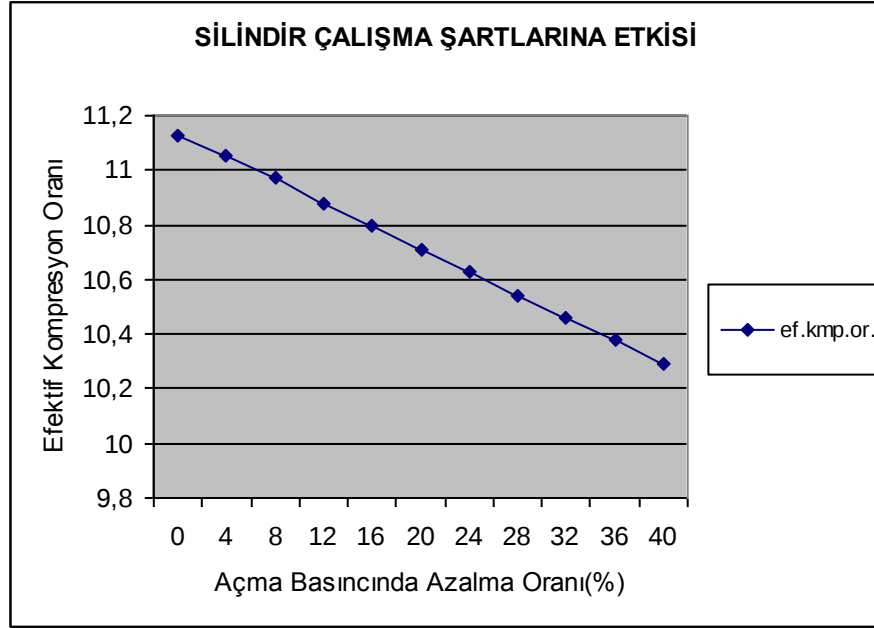
YANMA ODASI ELEMANLARININ EFEKTİF KOMPRESYON ORANINA ETKİLERİ



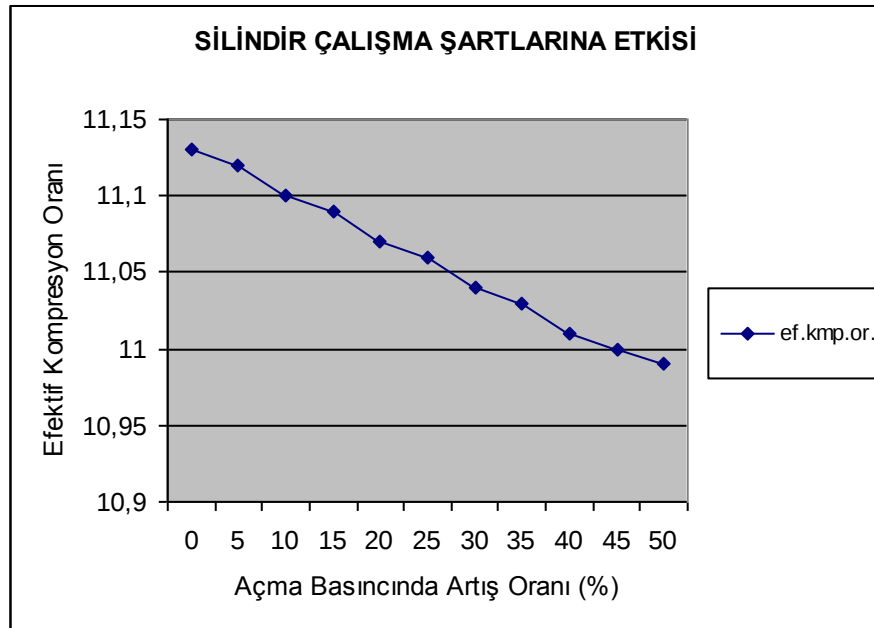
Şekil L 1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



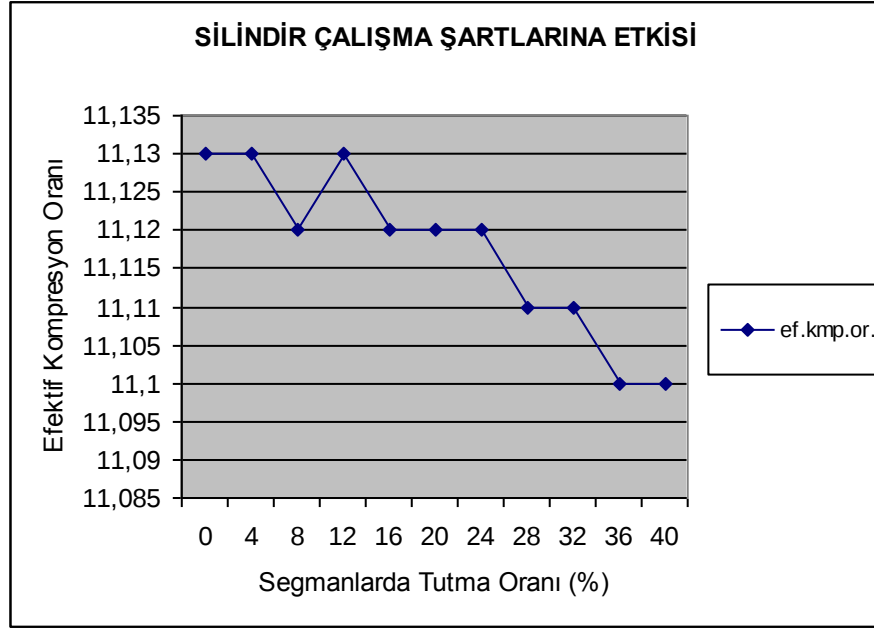
Şekil L 2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



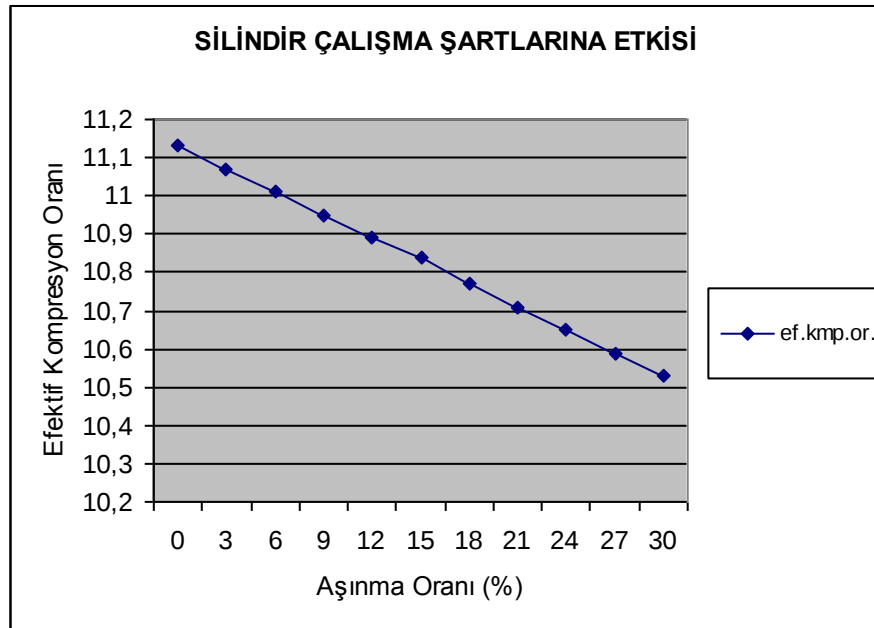
Şekil L 3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



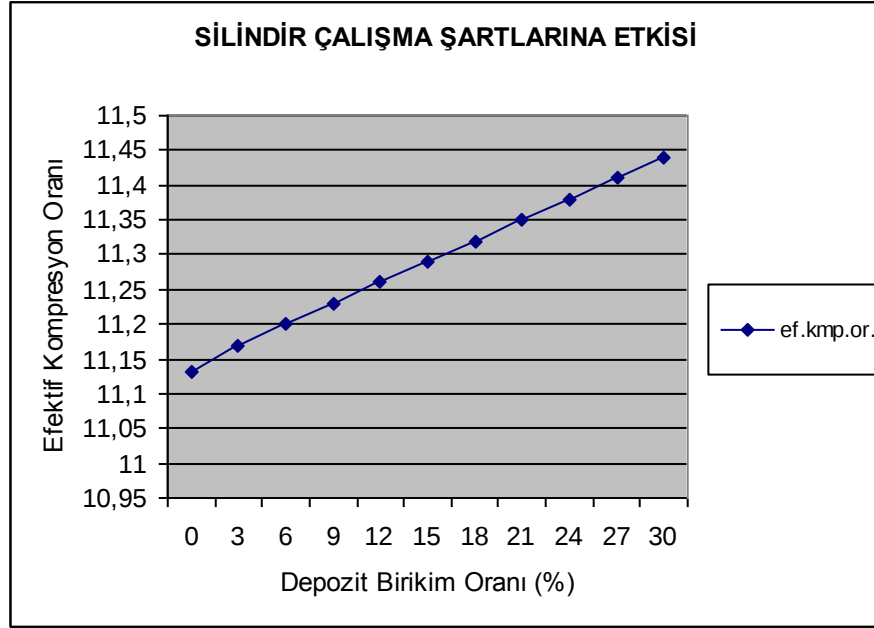
Şekil L 4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



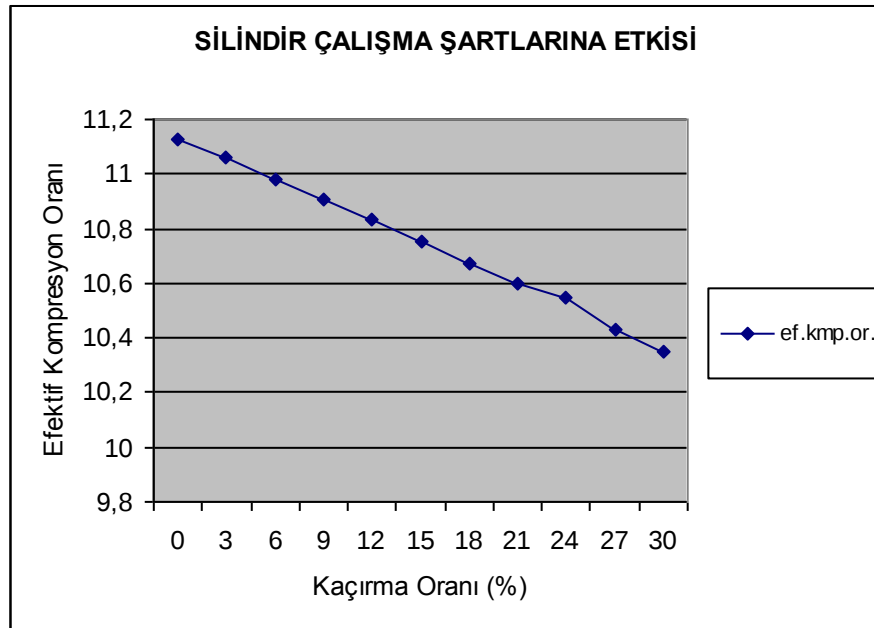
Şekil L 5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



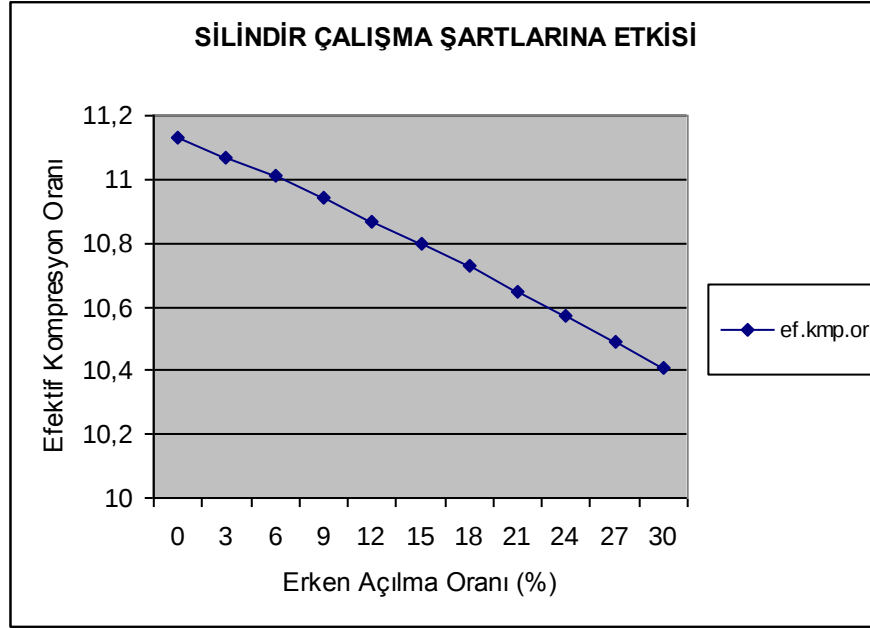
Şekil L 6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



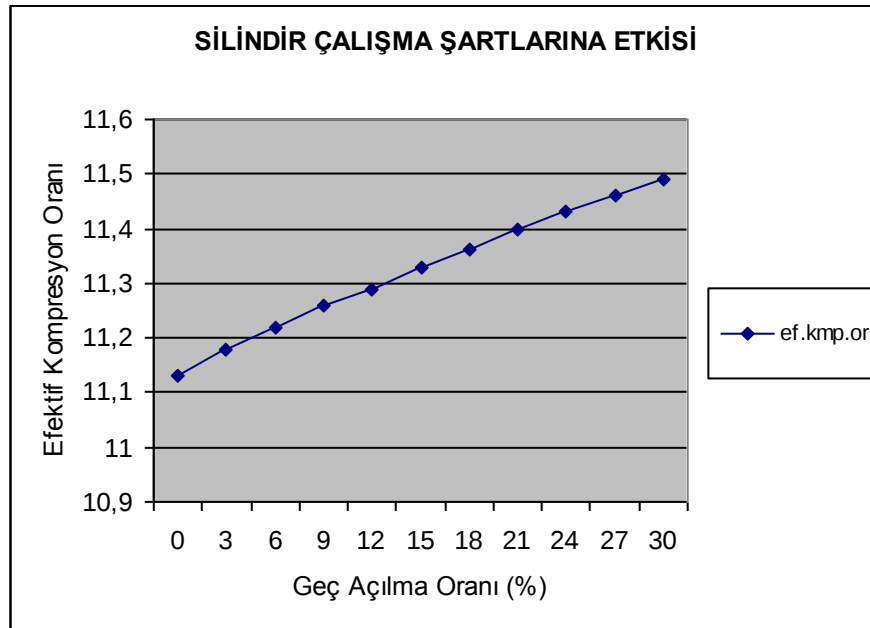
Şekil L 7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



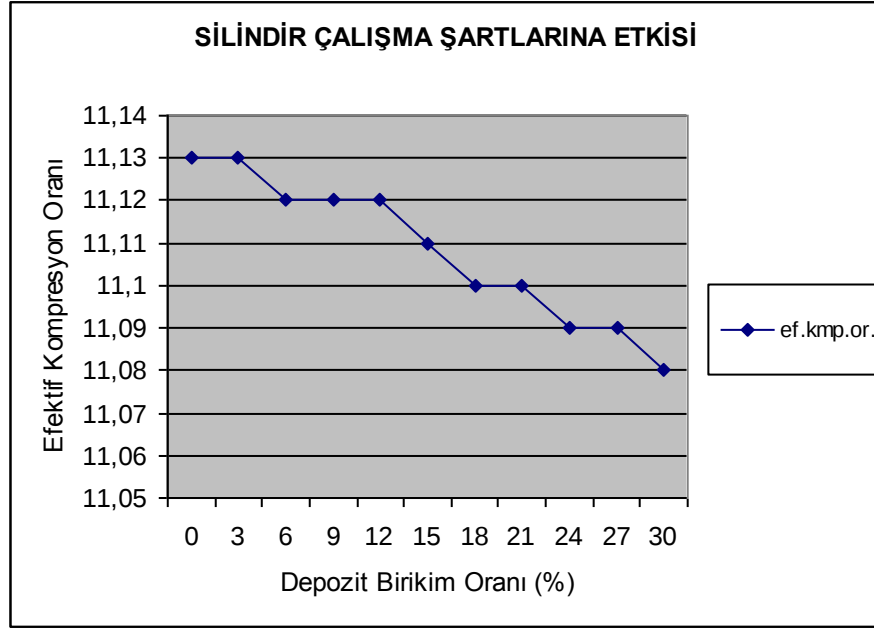
Şekil L 8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil L 9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



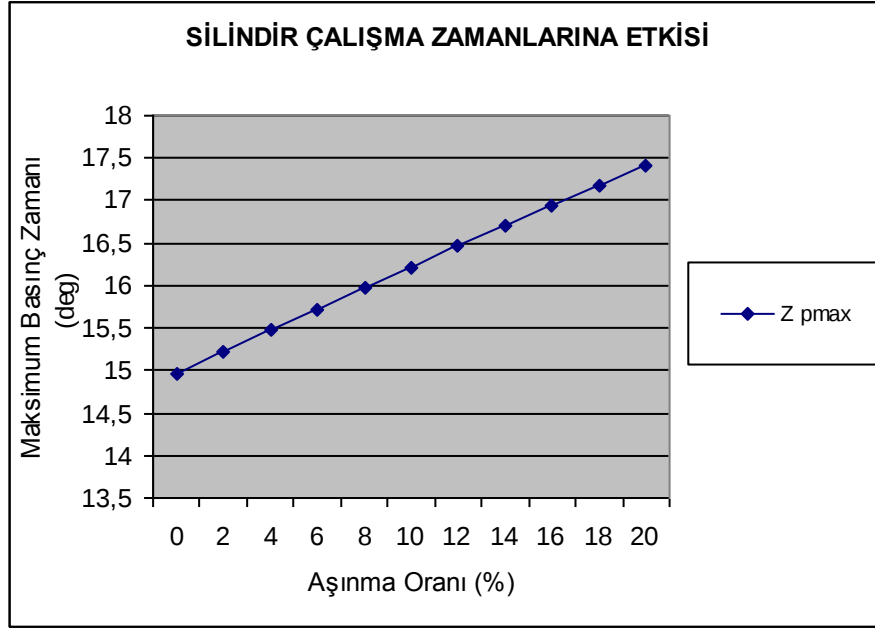
Şekil L 10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



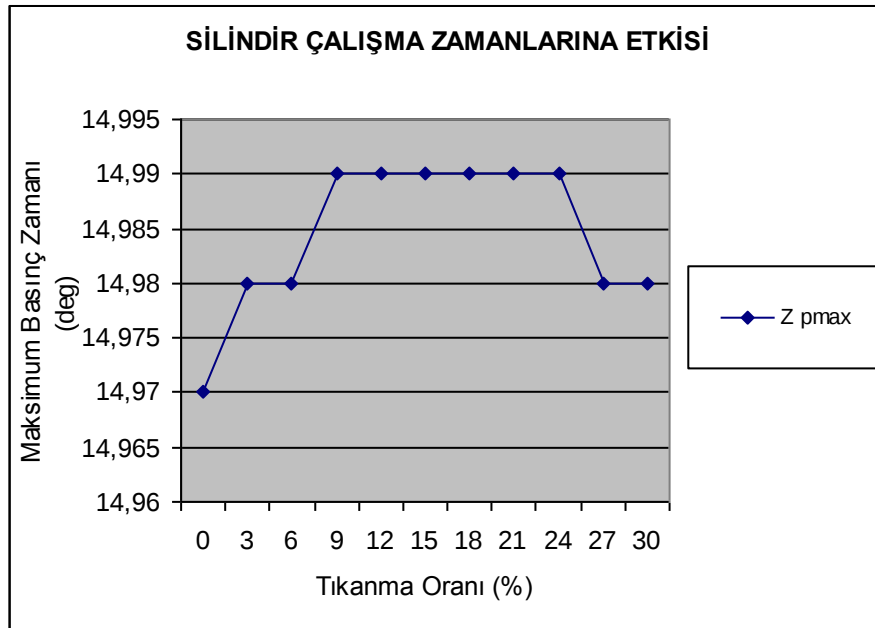
Şekil L.11 Emne hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK M

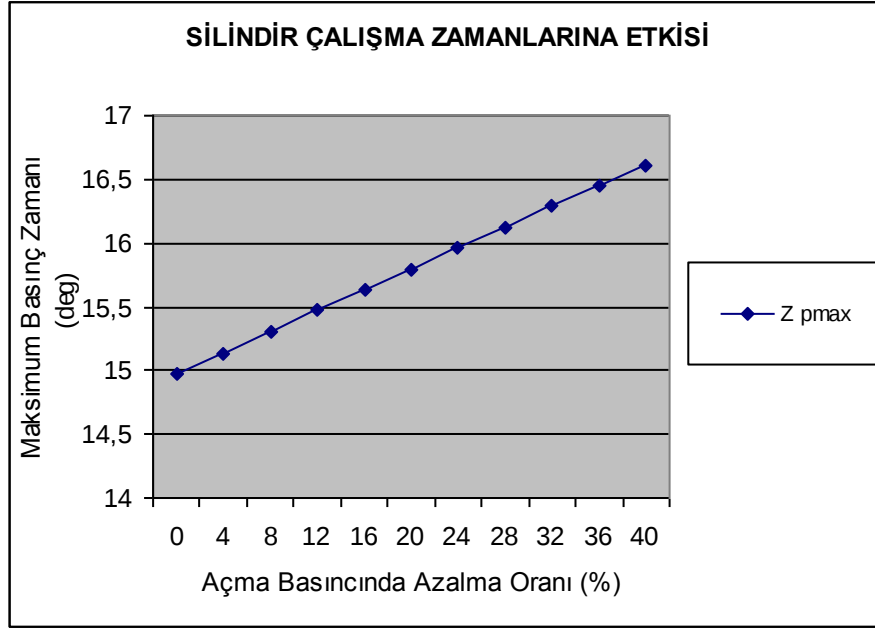
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
MAKSİMUM BASINÇ ZAMANI NA ETKİLERİ**



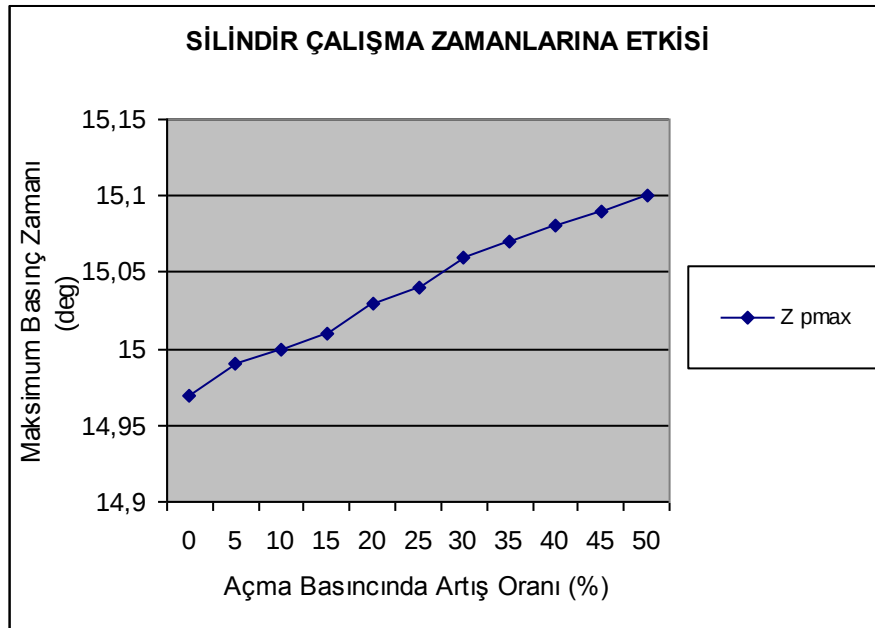
Şekil M1 Enjektör nozul u aşınması nın etkileri



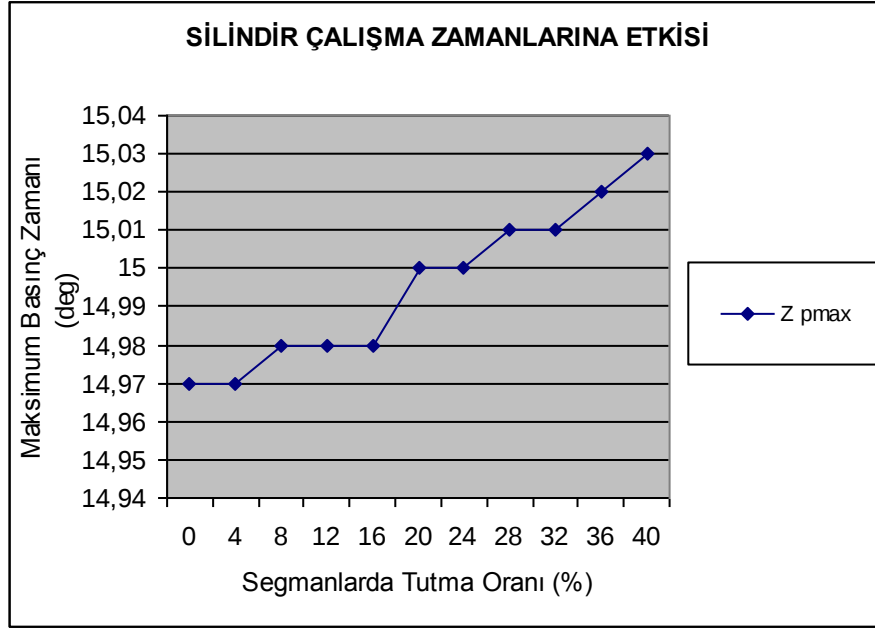
Şekil M2 Enjektör nozul unda tıkanmanın etkileri



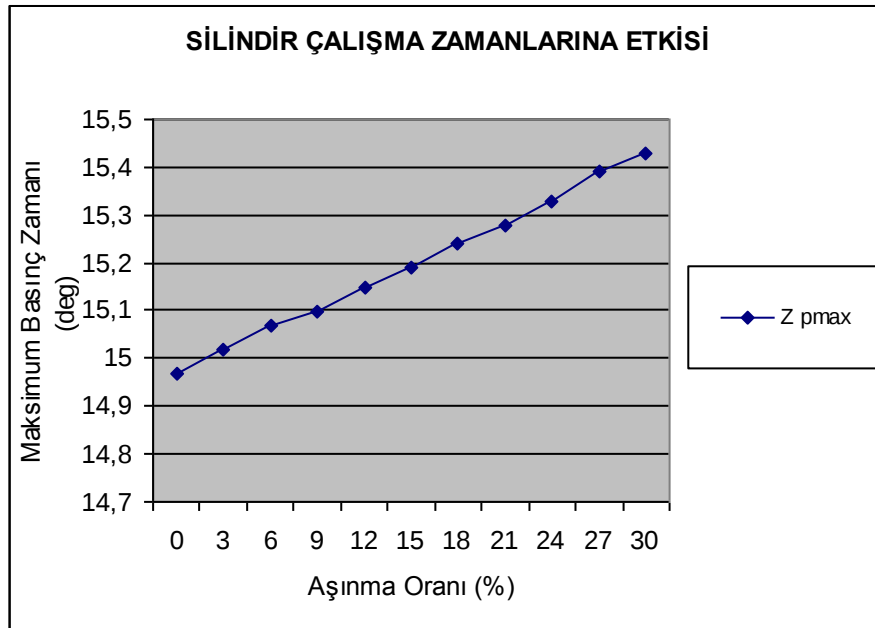
Şekil M3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



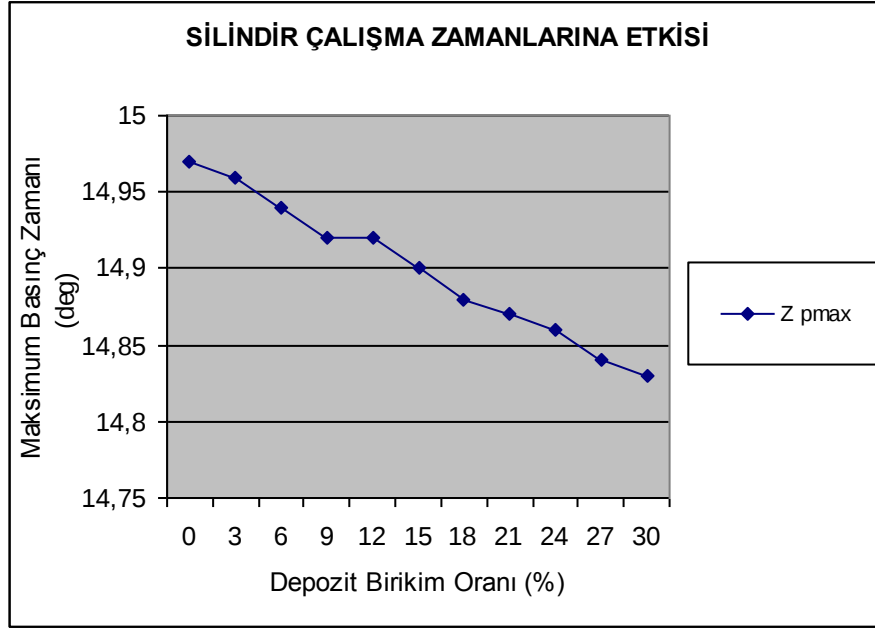
Şekil M4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



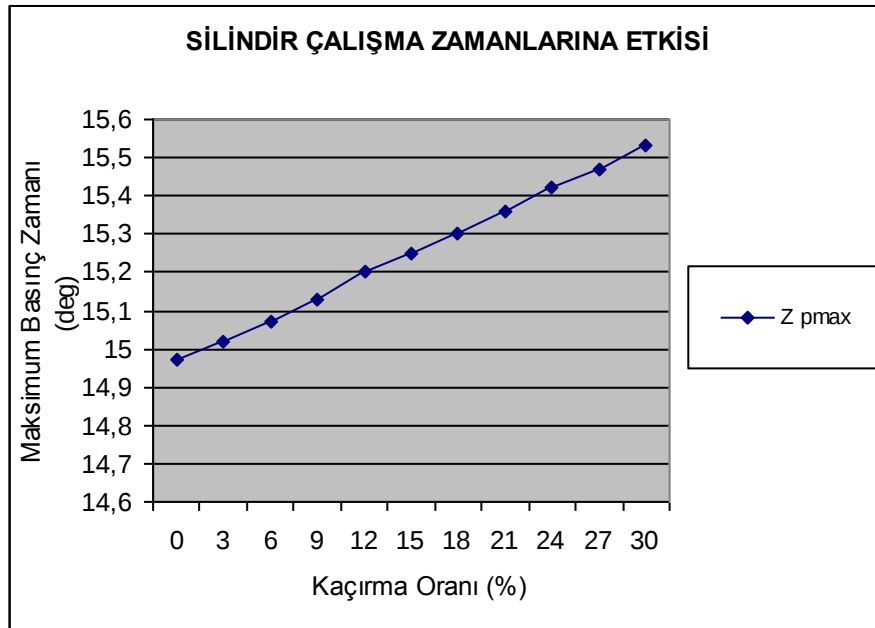
Şekil M5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



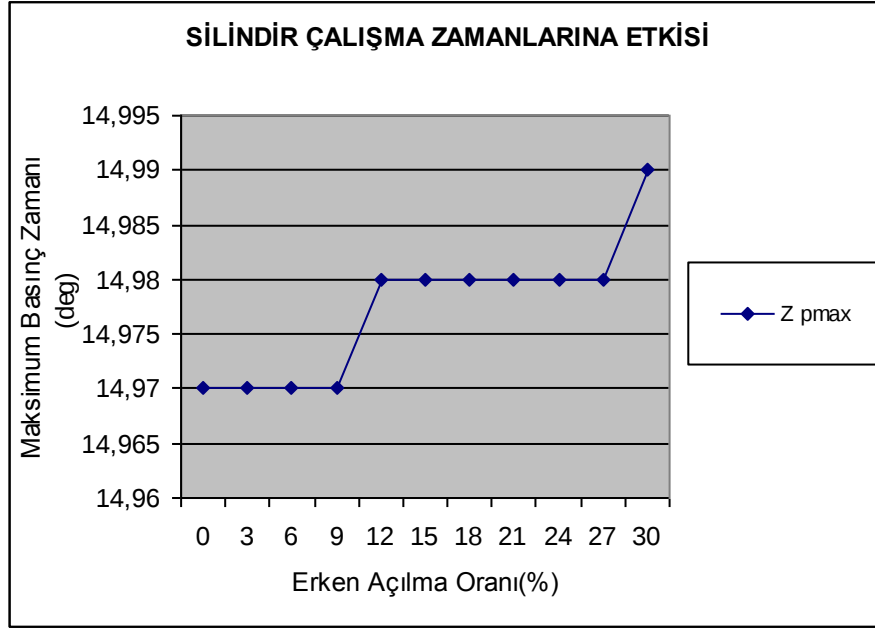
Şekil M6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



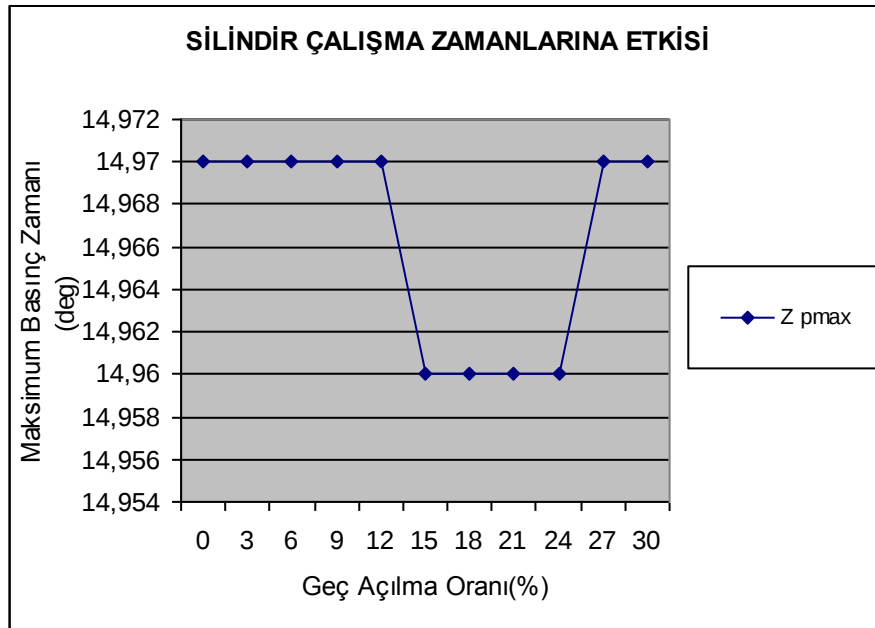
Şekil M7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



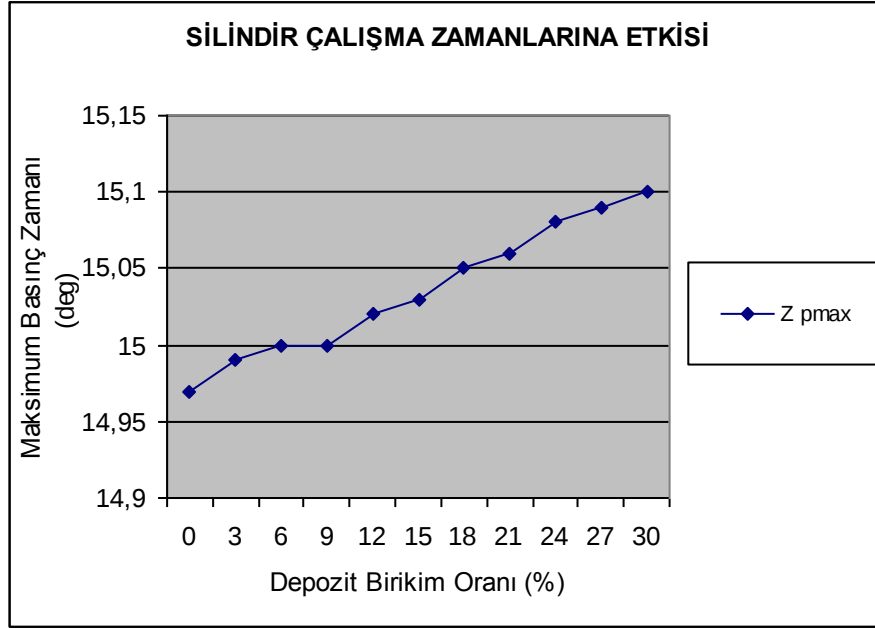
Şekil M8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil M9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



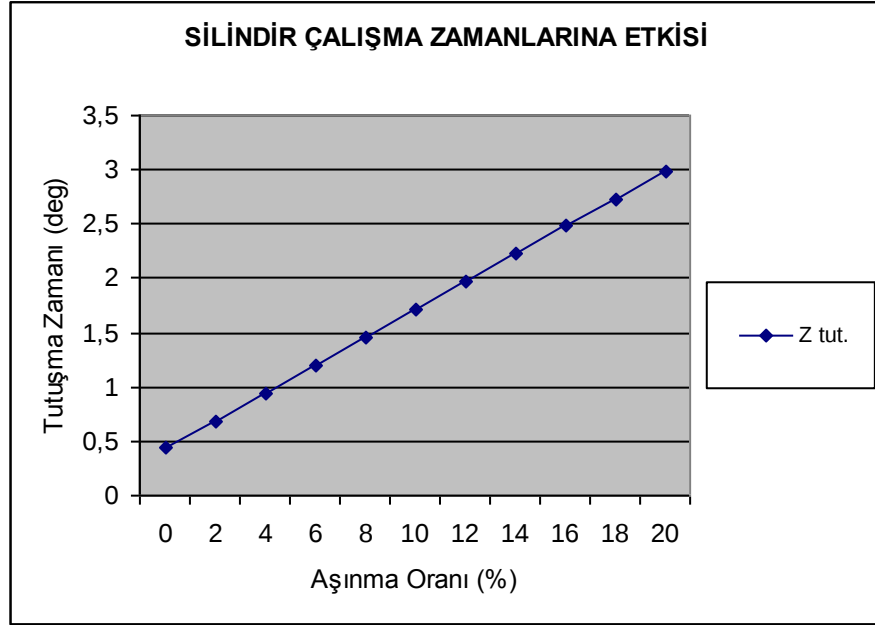
Şekil M10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



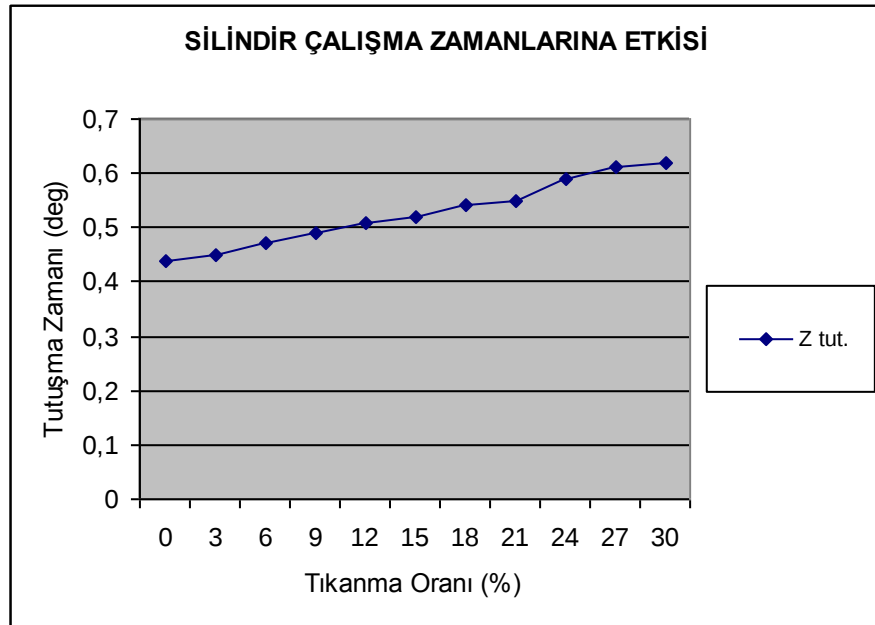
Şekil M11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK N

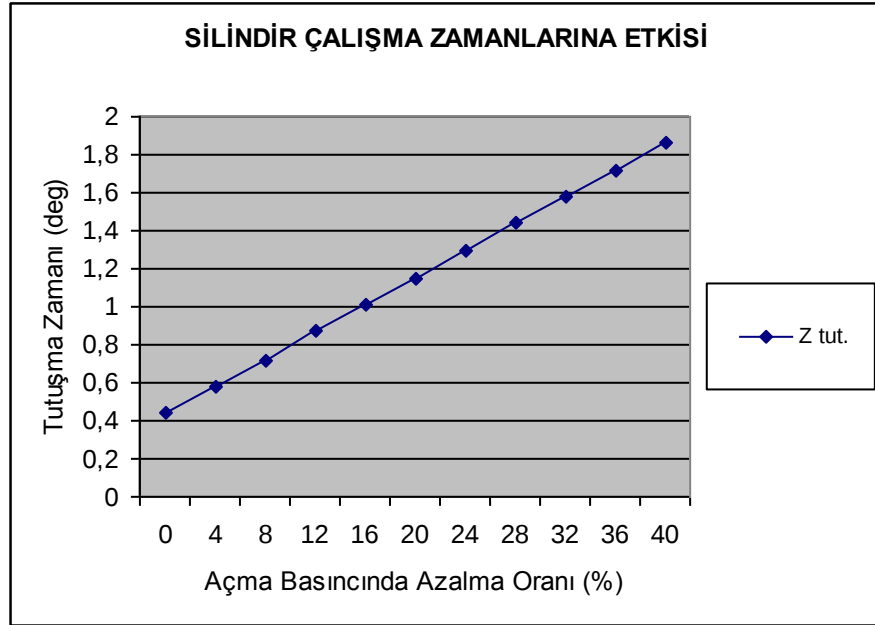
YANMA ODASI ELEMANLARININ TUTUŞMA ZAMANINA ETKİLERİ



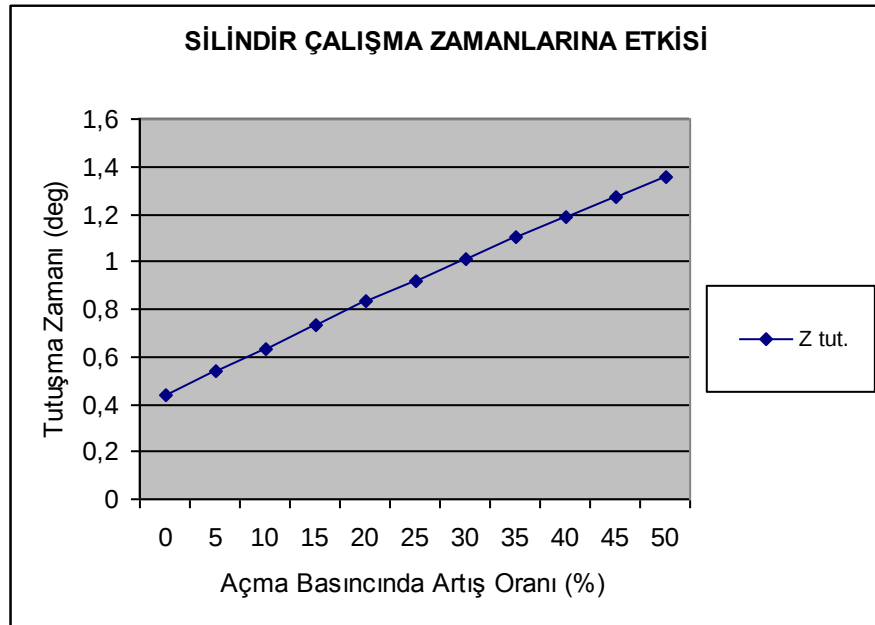
Şekil N1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



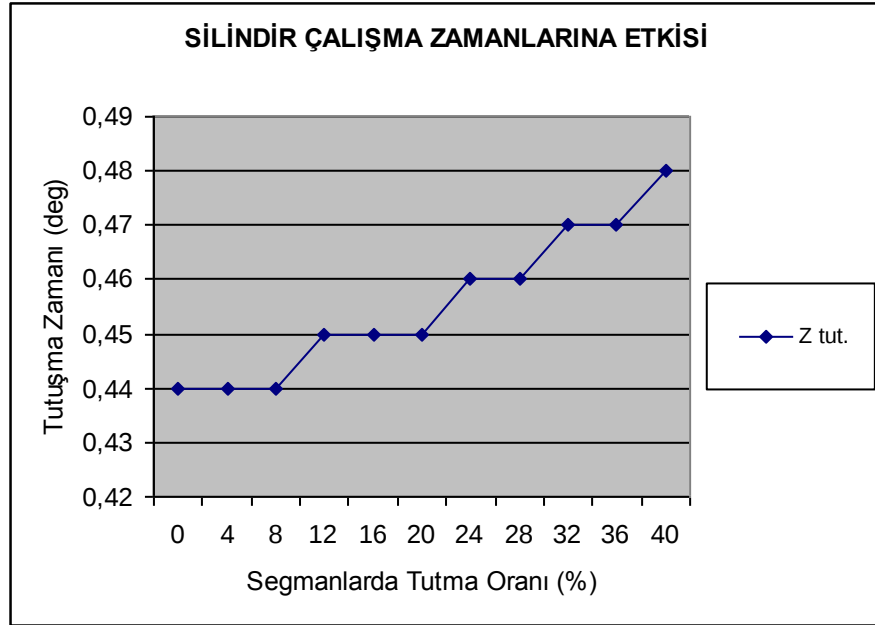
Şekil N2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



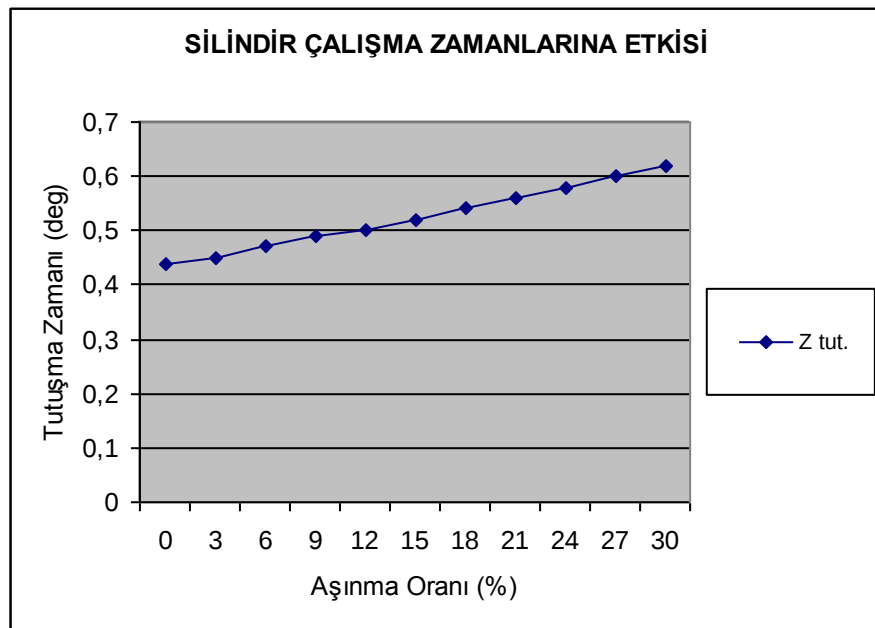
Şekil N3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



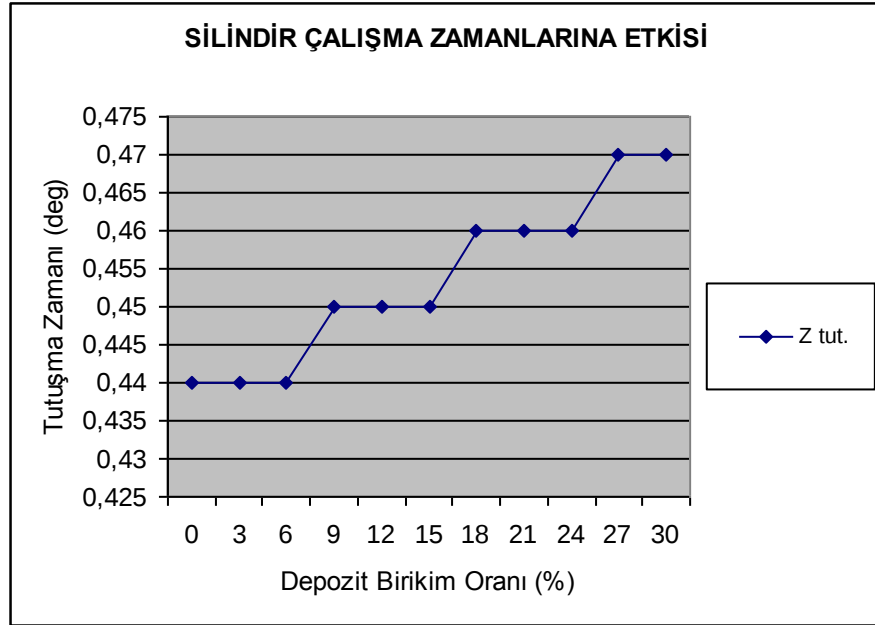
Şekil N4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



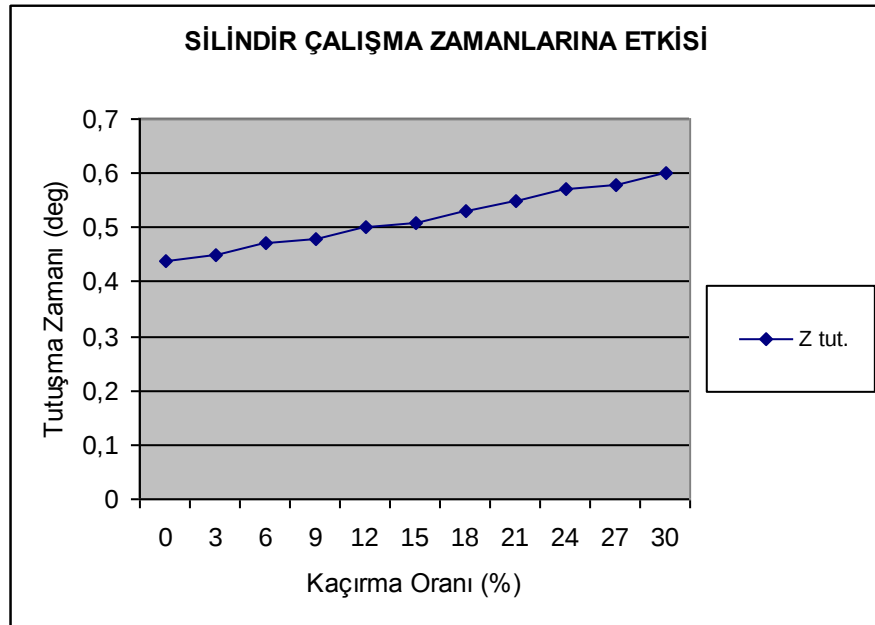
Şekil N5 Piston segmanlarında (genel) tutma oranının etkileri



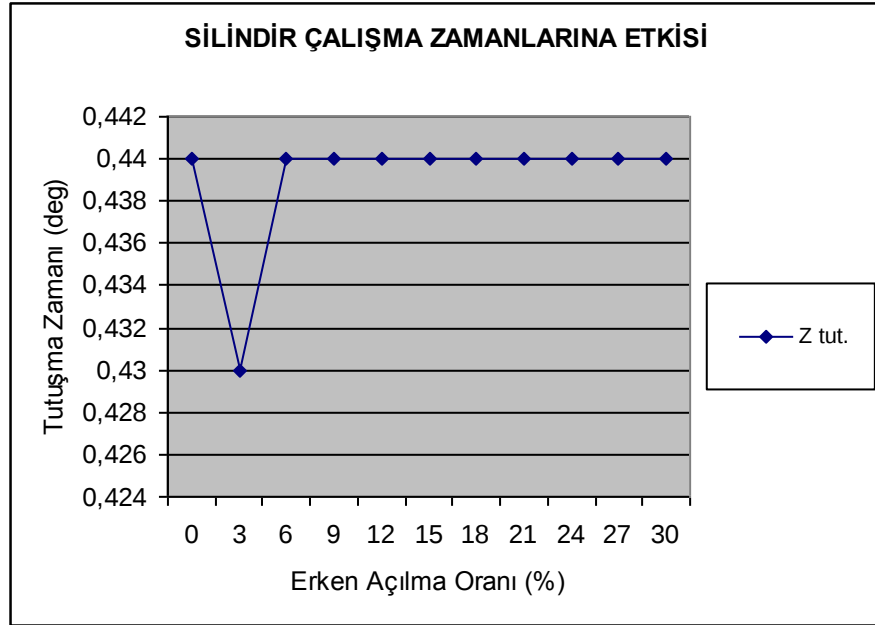
Şekil N6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



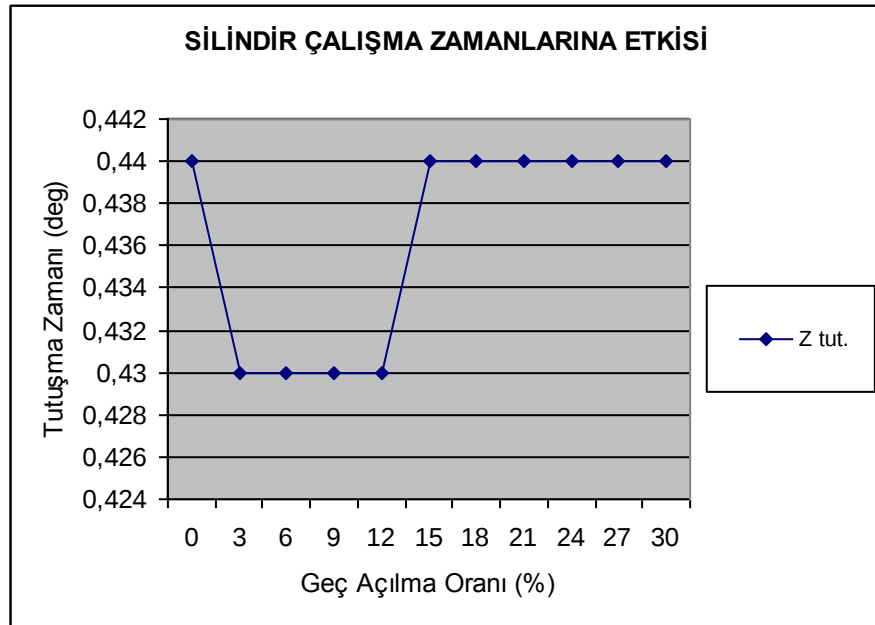
Şekil N7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



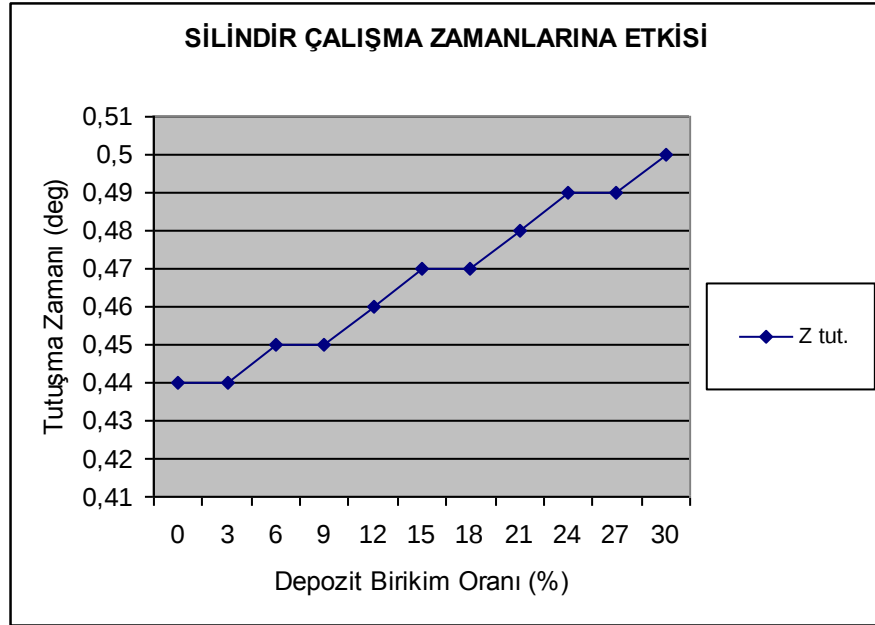
Şekil N8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil N9 Egzoz valfi nin erken açılma oranının etkileri



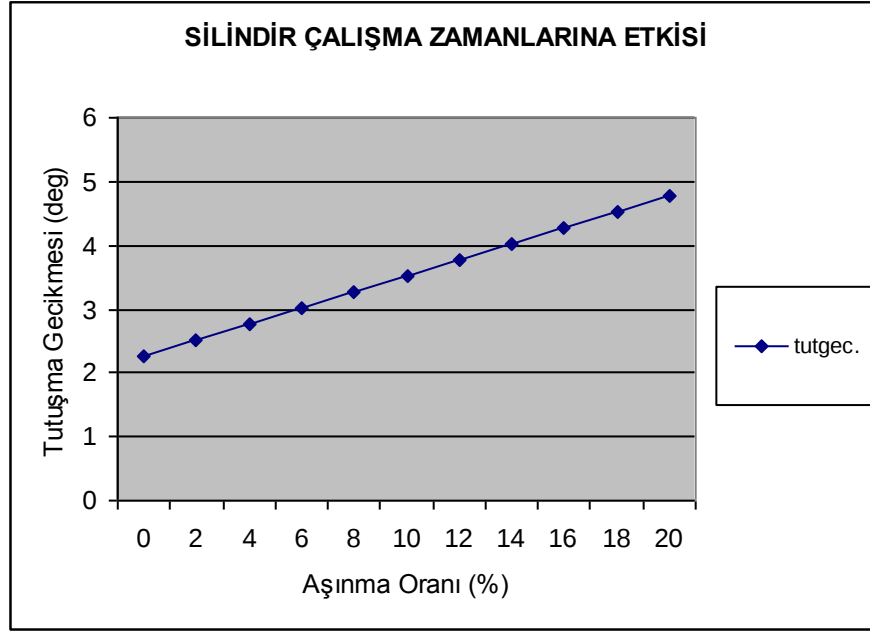
Şekil N10 Egzoz valfi nin geç açılma oranının etkileri



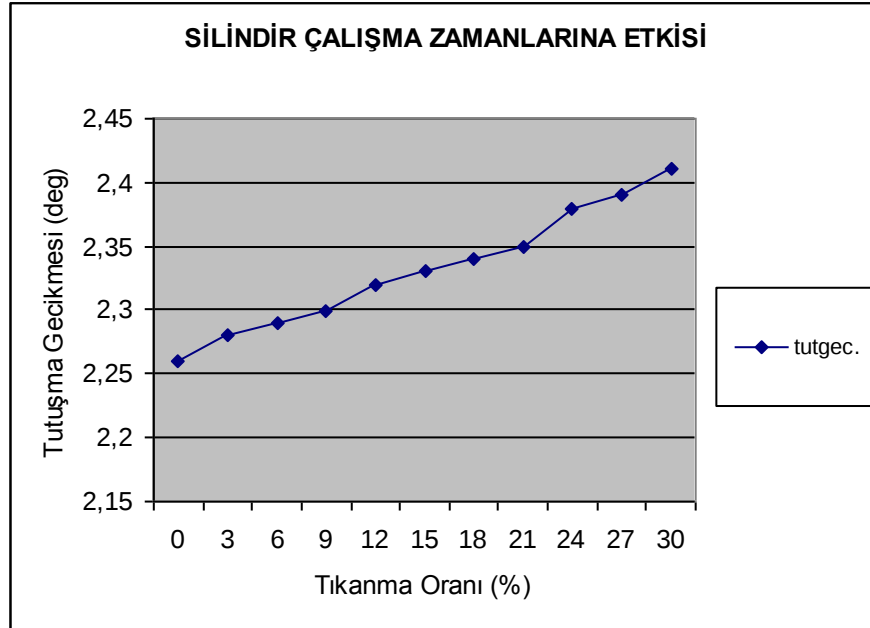
Şekil N11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK O

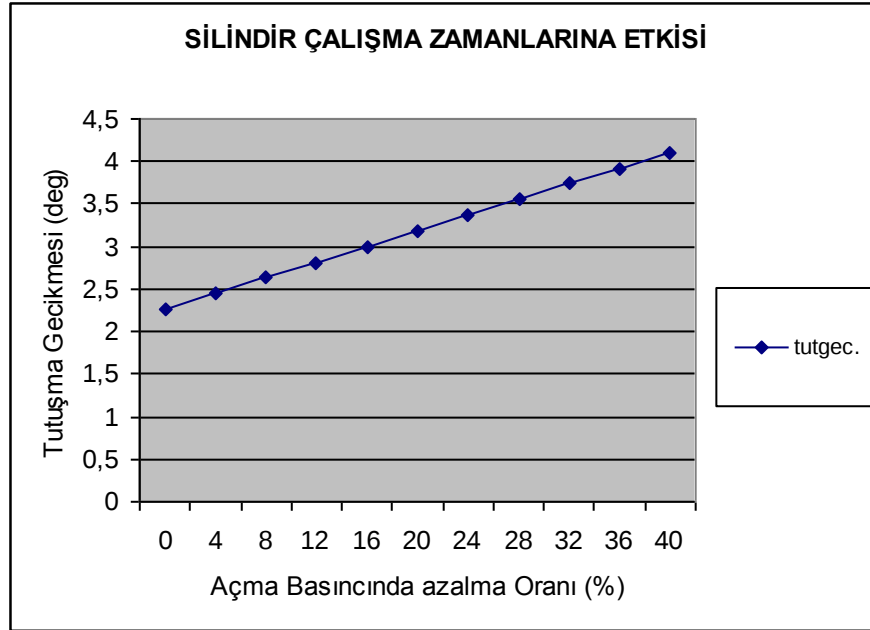
YANMA ODASI ELEMANLARININ TUTUŞMA GECİKMESİNE ETKİLERİ



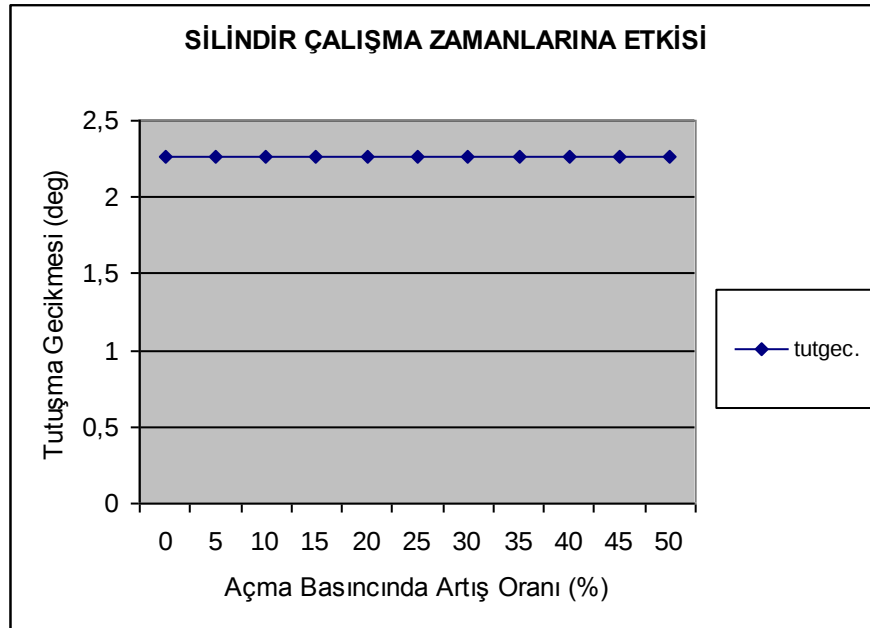
Şekil O1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



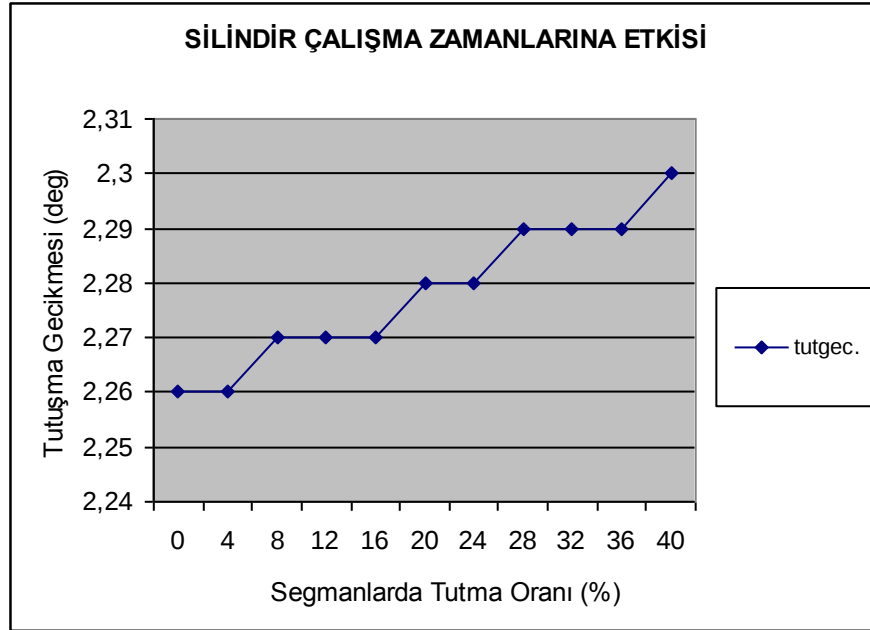
Şekil O2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



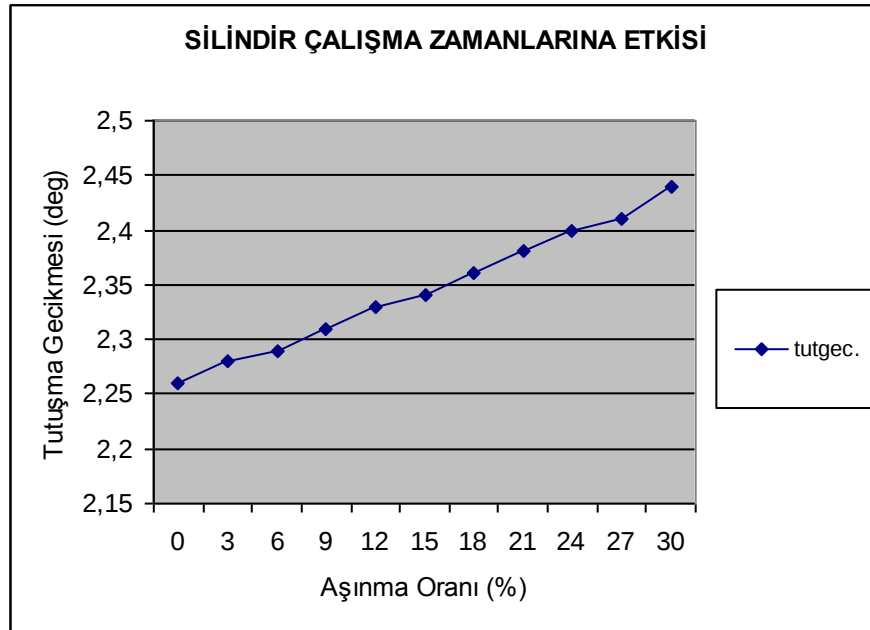
Şekil O3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



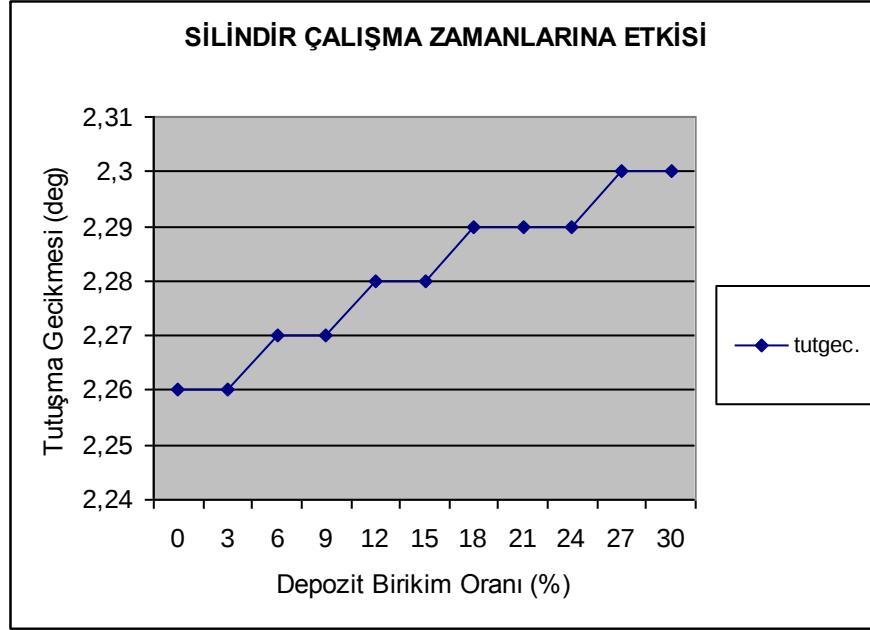
Şekil O4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



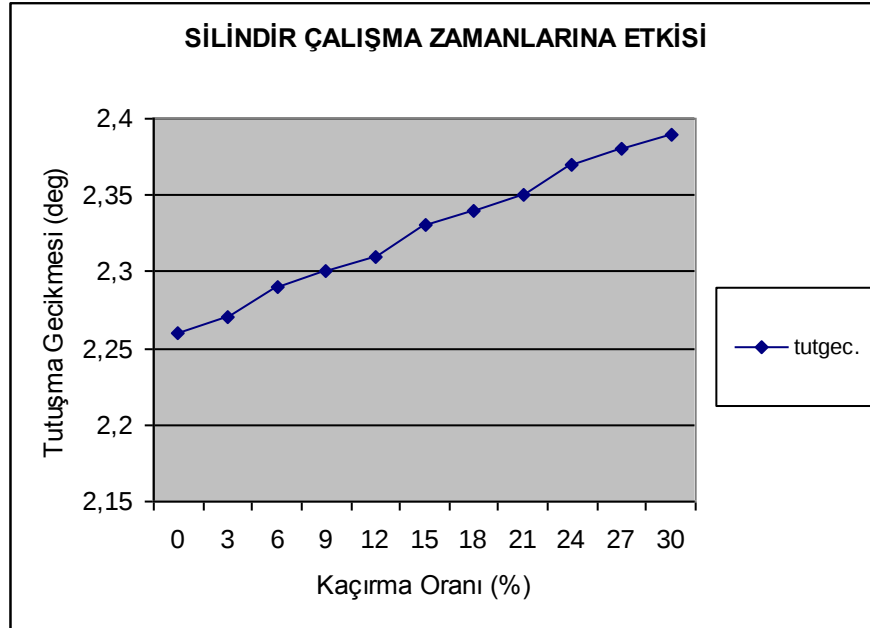
Şekil O5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



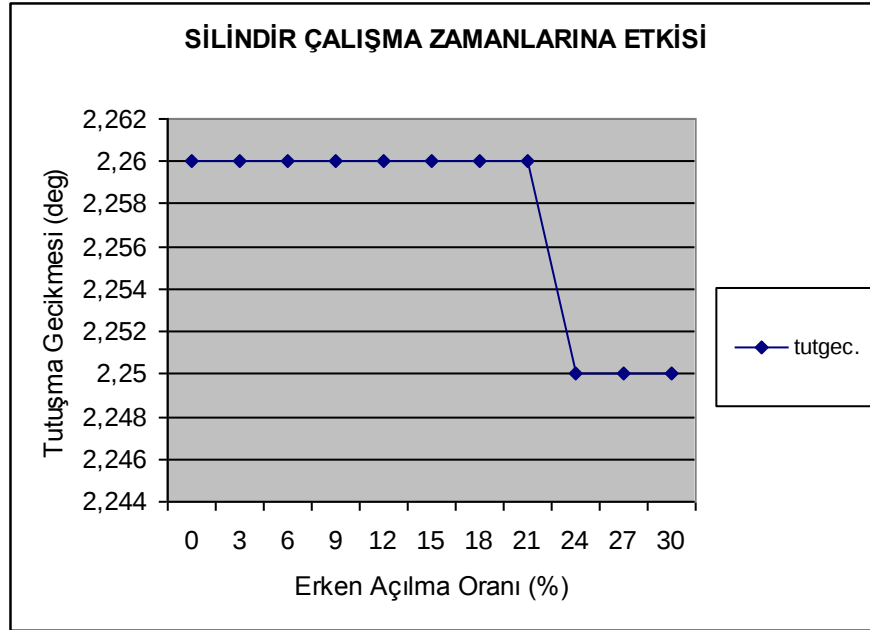
Şekil O6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



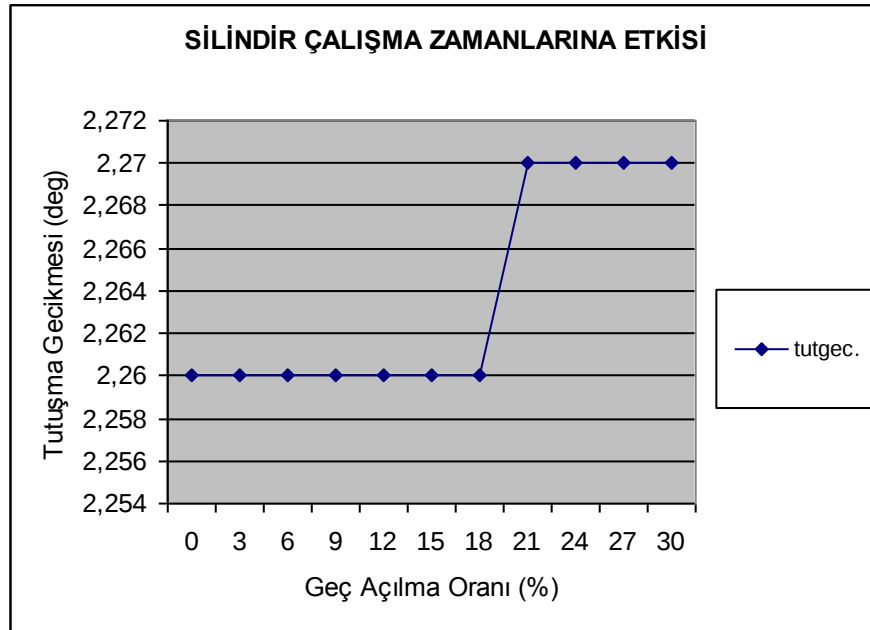
Şekil O7 Histon tacında depozit birikiminin etkileri



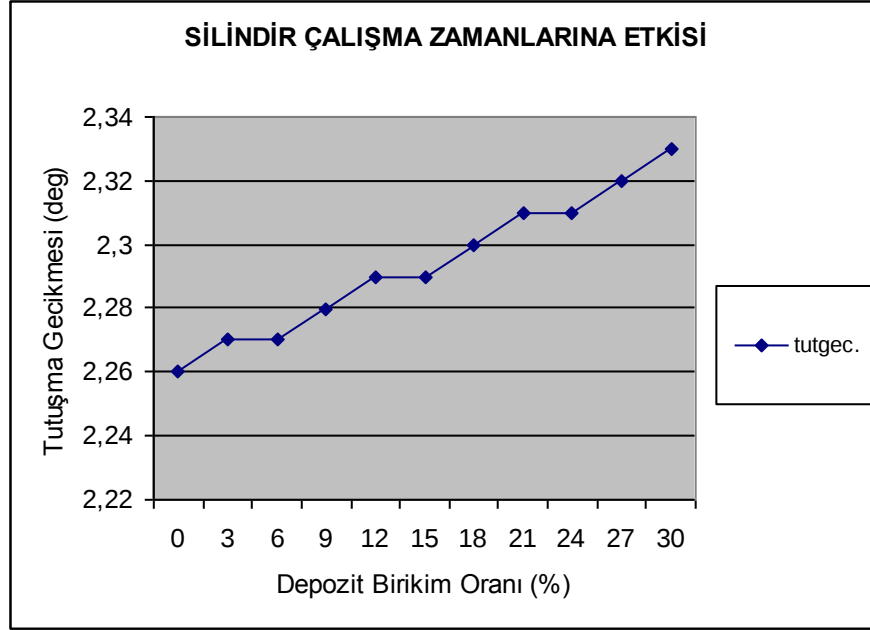
Şekil O8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil O9 Egzoz valfinin erken açılması n n etkileri



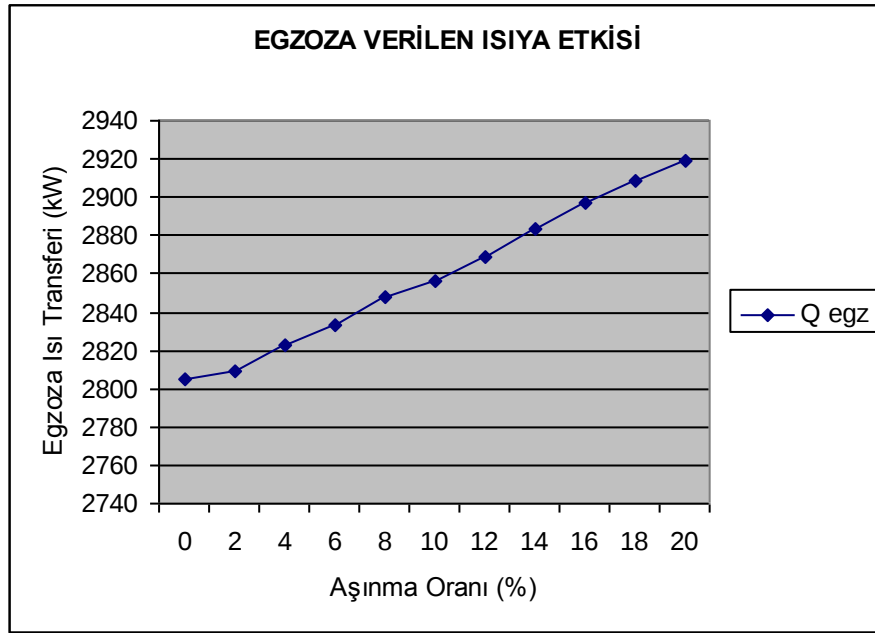
Şekil O10 Egzoz valfinin geç açılması n n etkileri



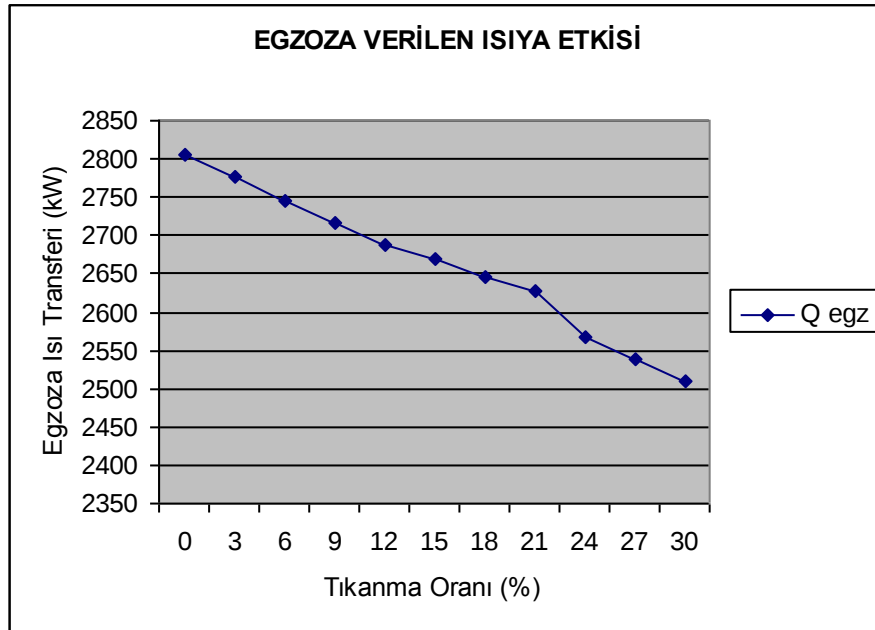
Şekil O11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK P

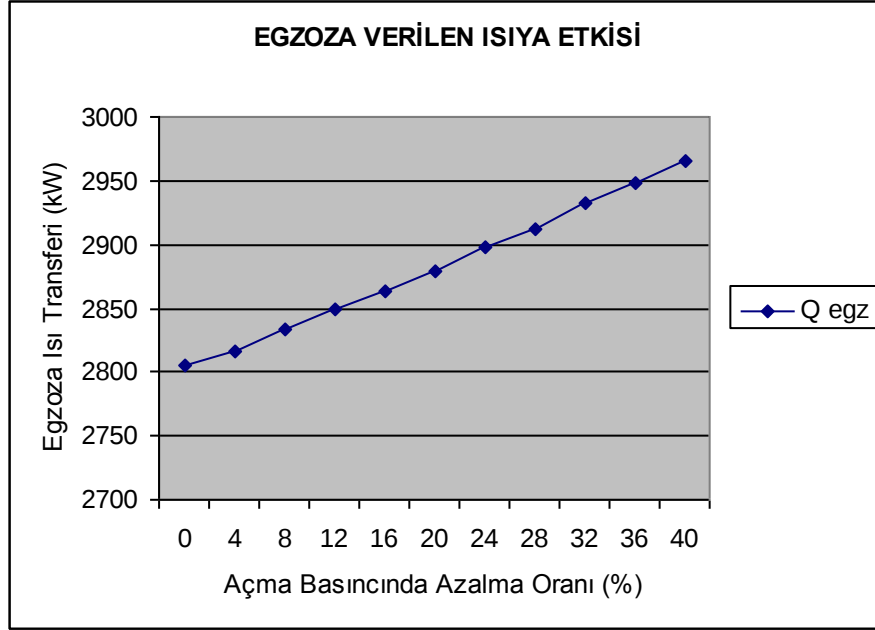
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
EGZOZ İLE KAYBEDİLEN ISIYA ETKİLERİ**



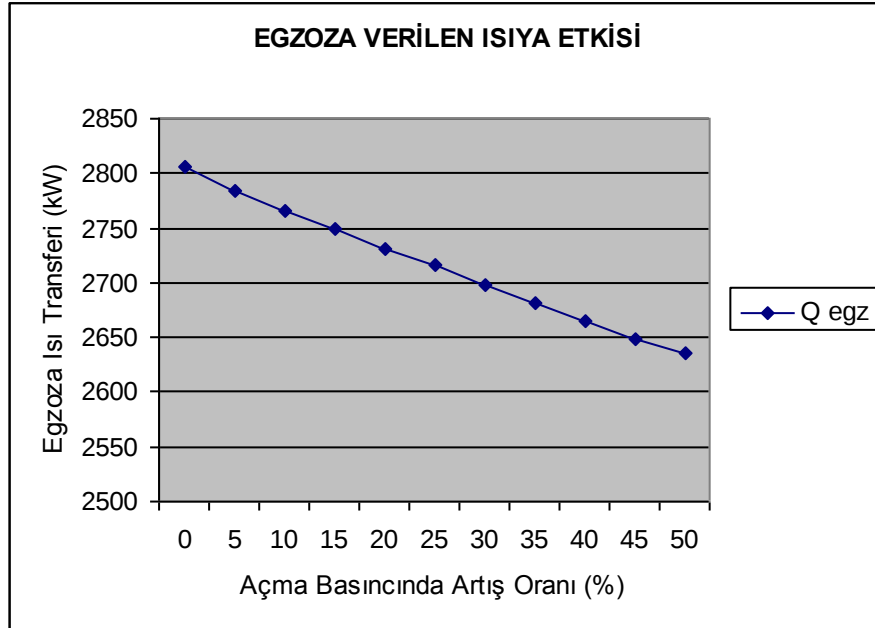
Şekil P.1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



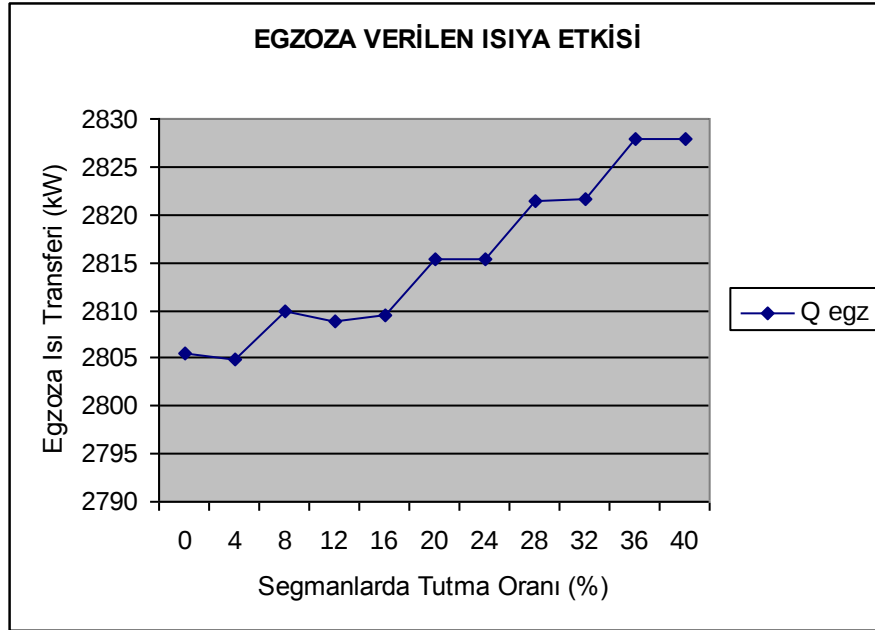
Şekil P.2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



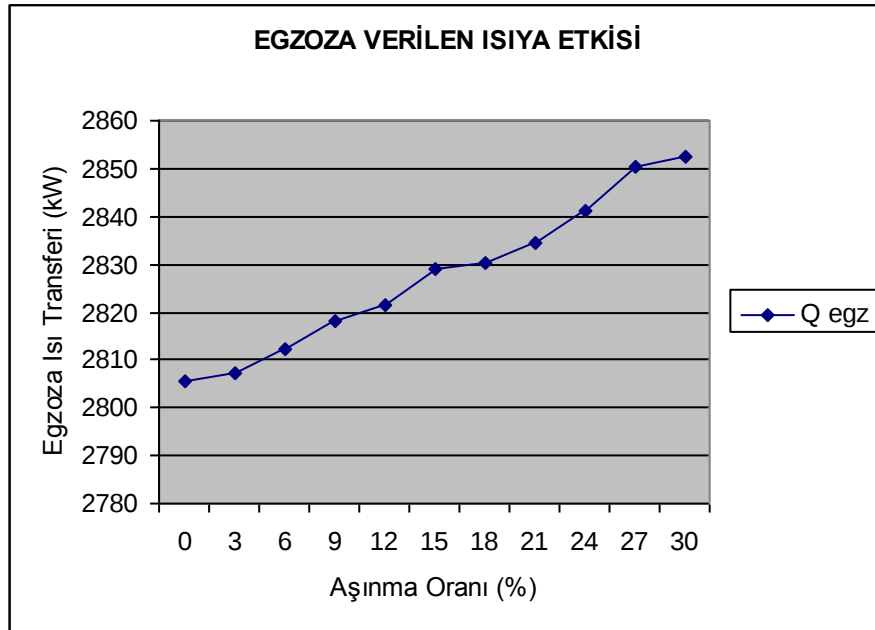
Şekil P.3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



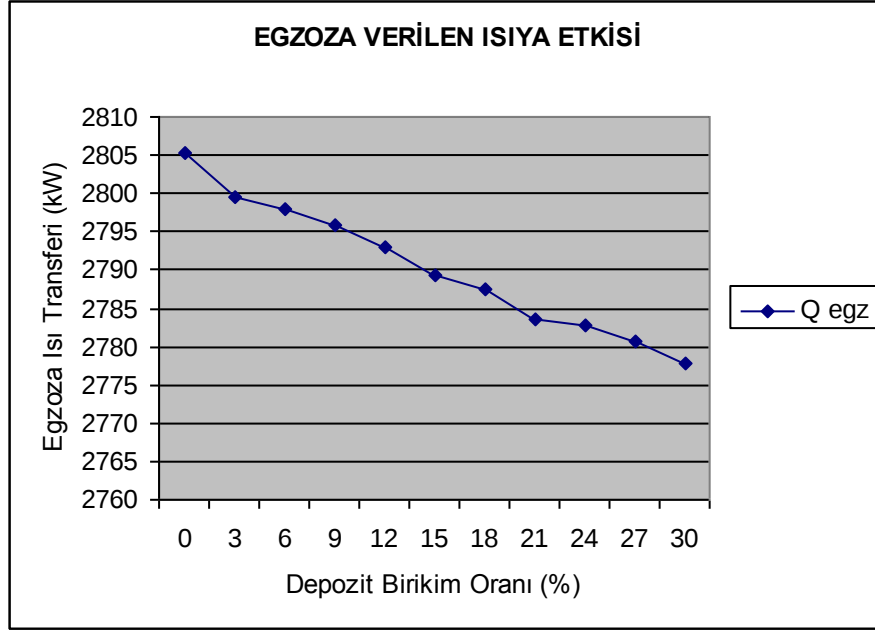
Şekil P.4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



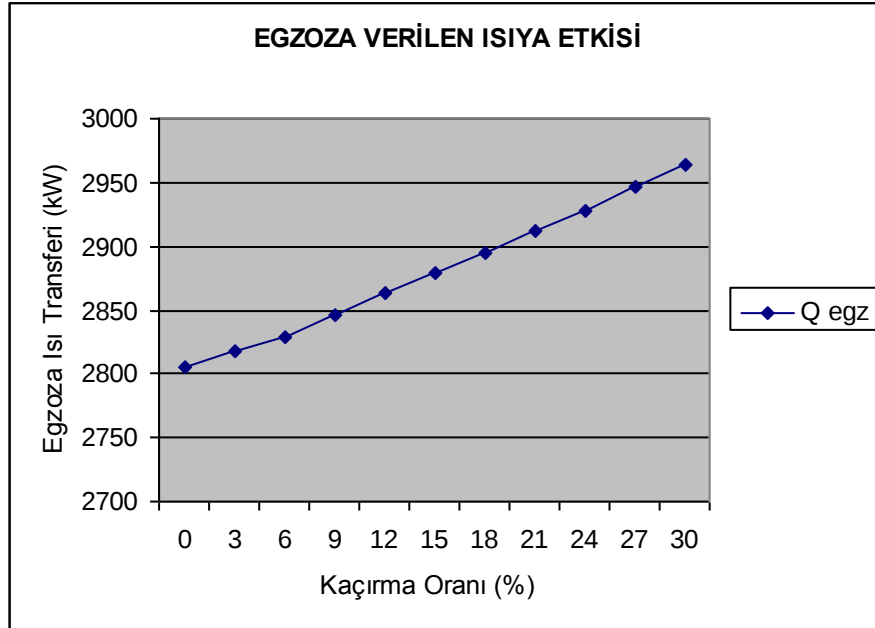
Şekil P.5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



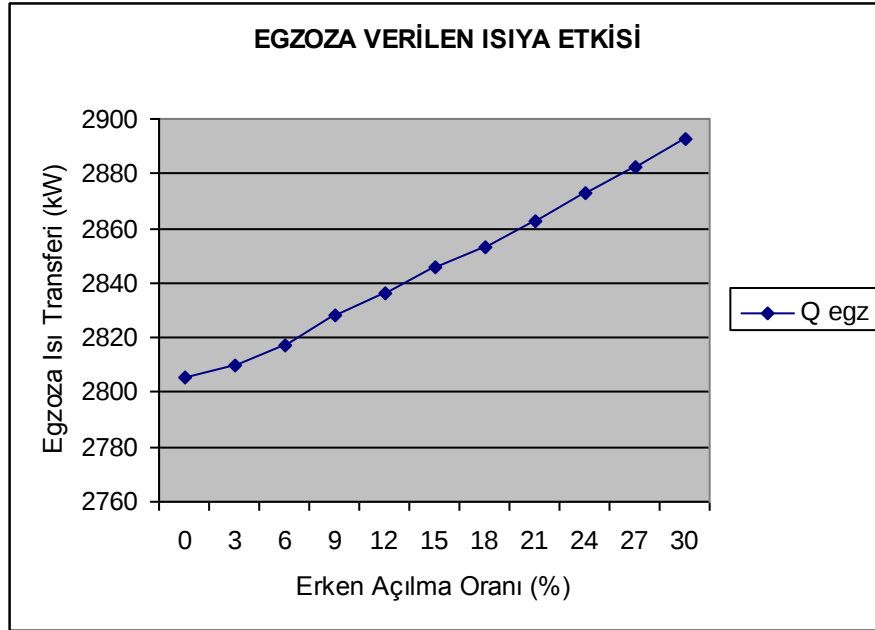
Şekil P.6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



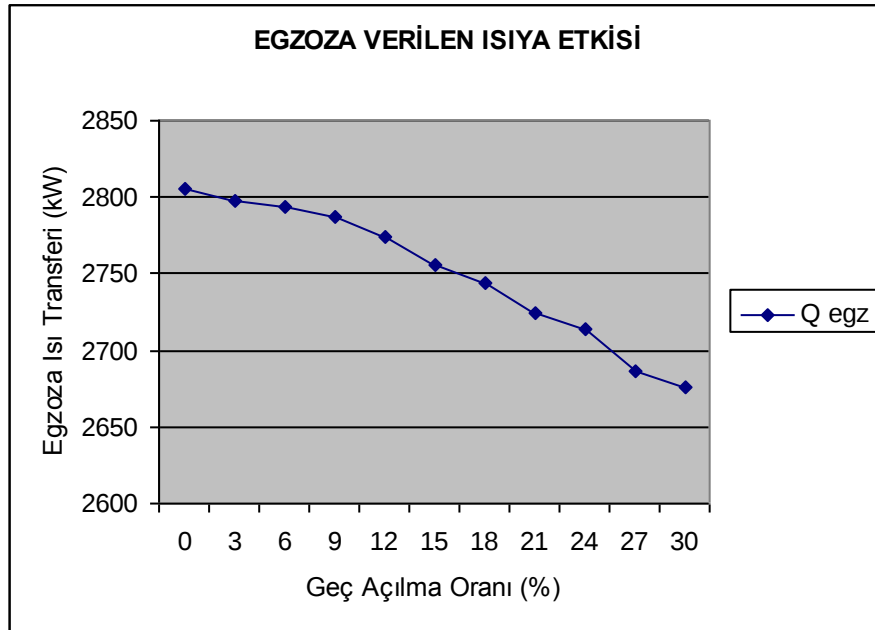
Şekil P.7 Histon tacı nda depozit birikiminin etkileri



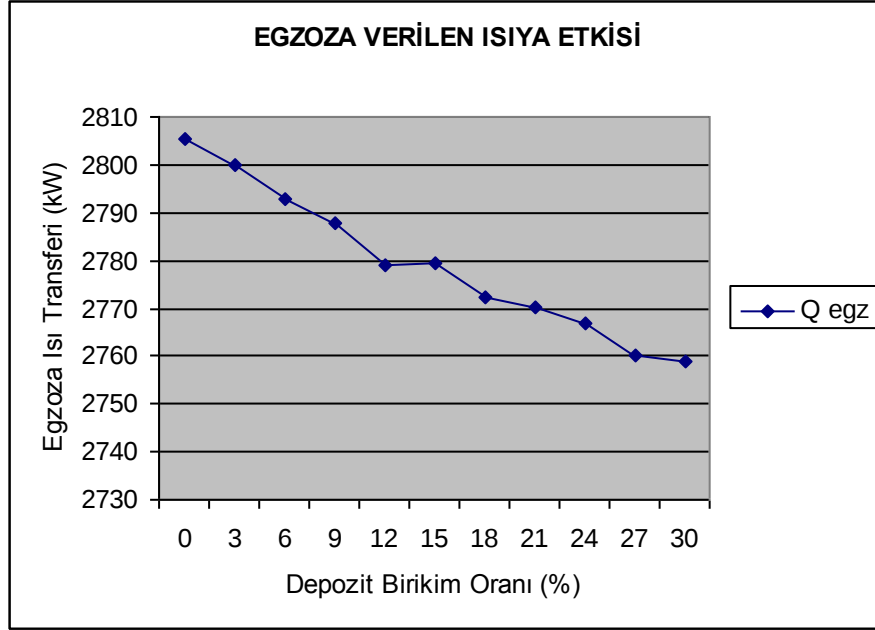
Şekil P.8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil P.9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



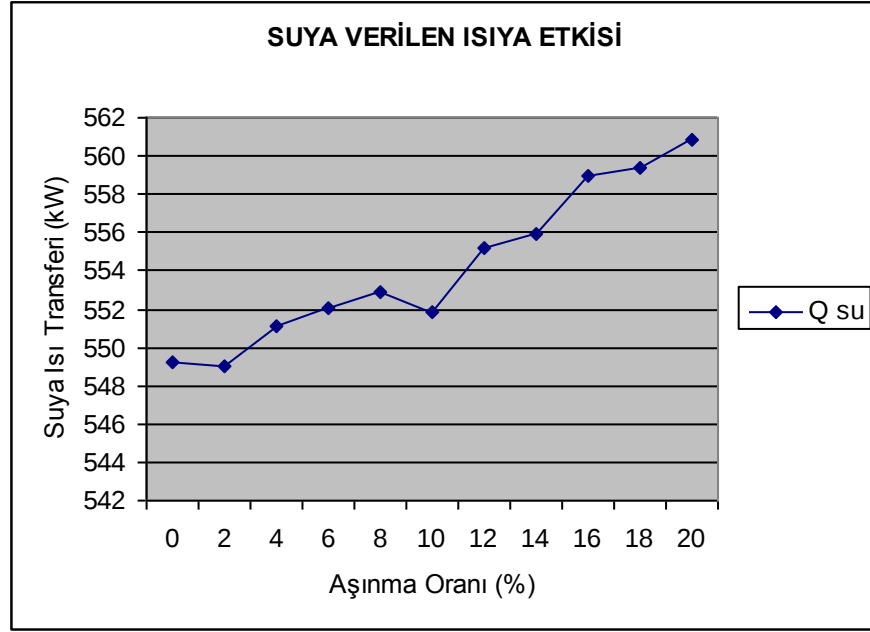
Şekil P.10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



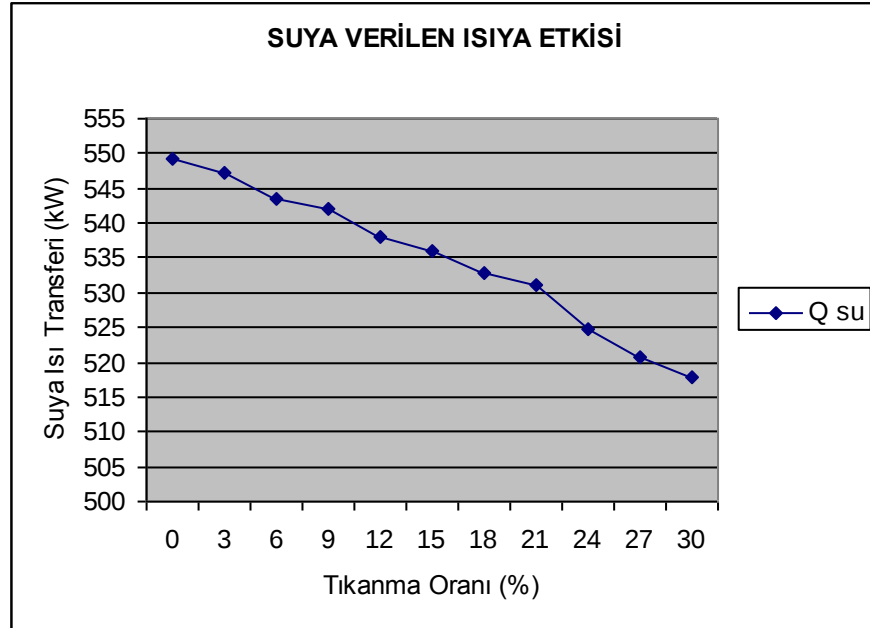
Şekil P.11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK R

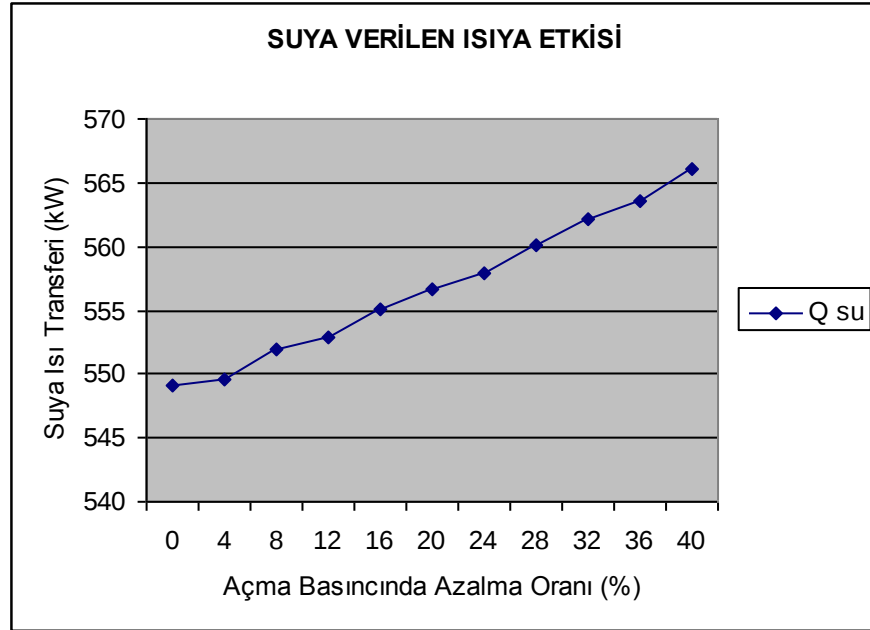
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
SOĞUTMA SUYU İLE KAYBEDİLEN ISIYA ETKİLERİ**



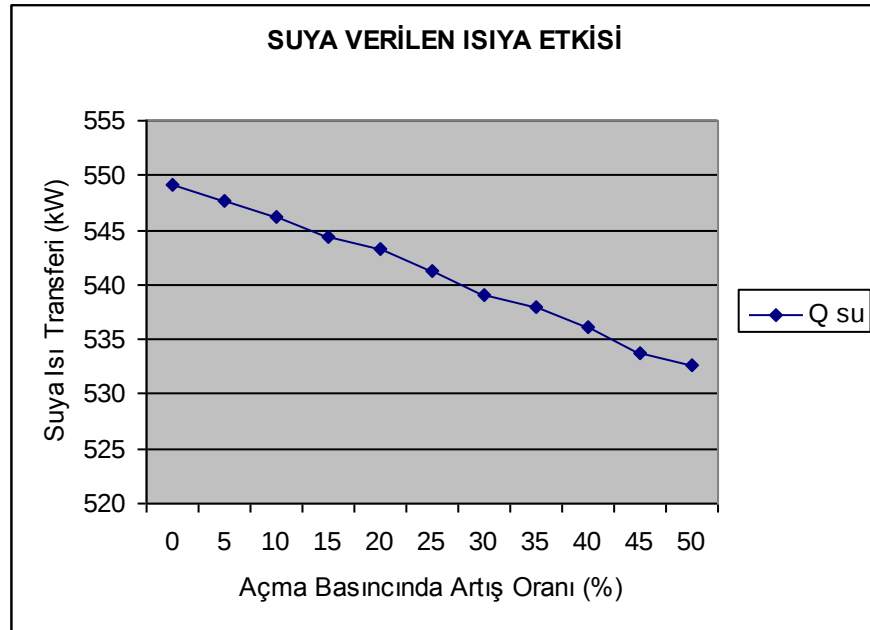
Şekil R1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



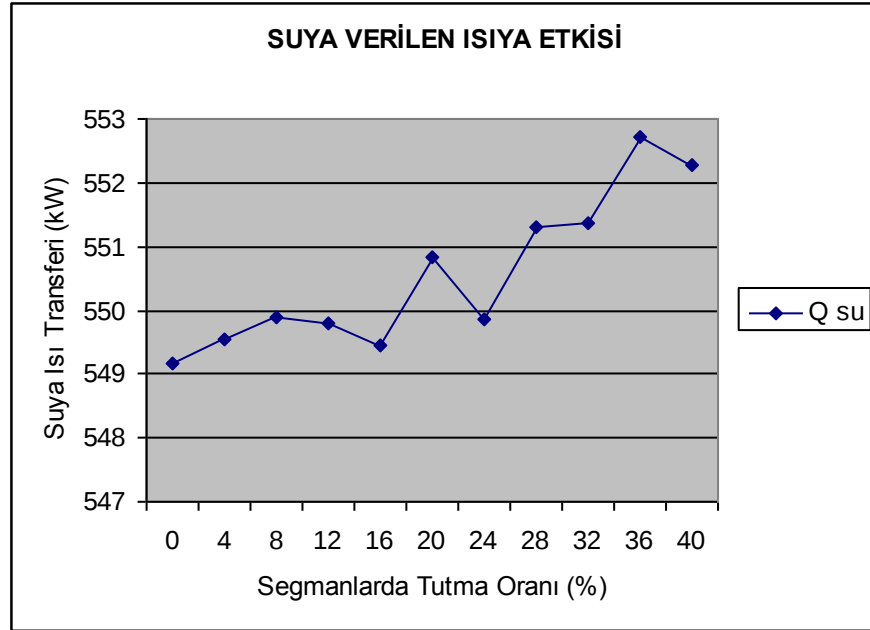
Şekil R2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



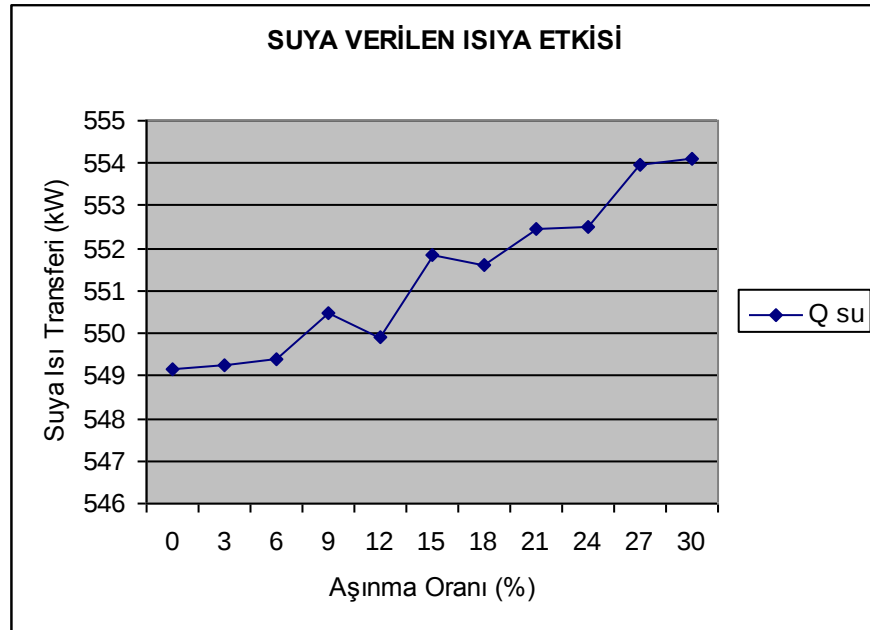
Şekil R3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



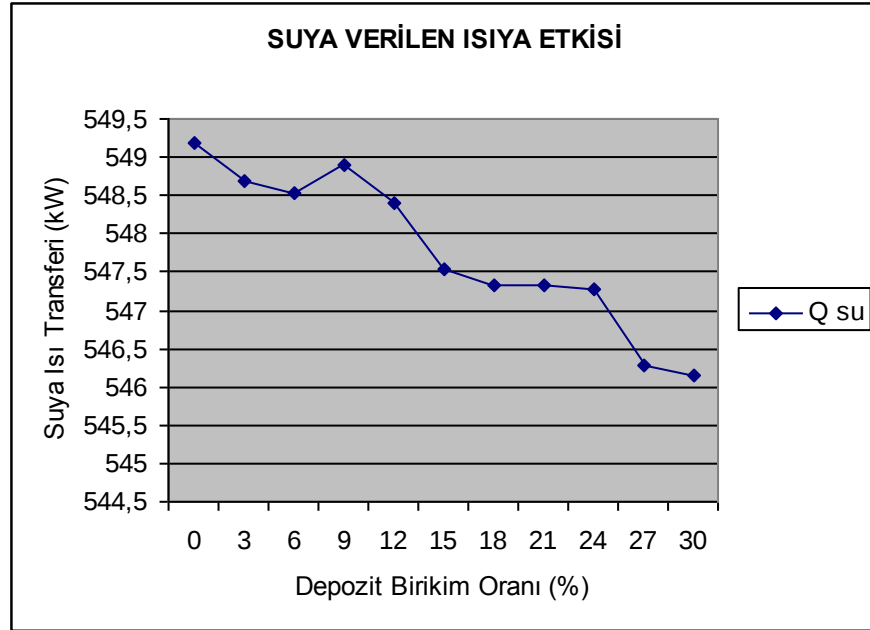
Şekil R4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



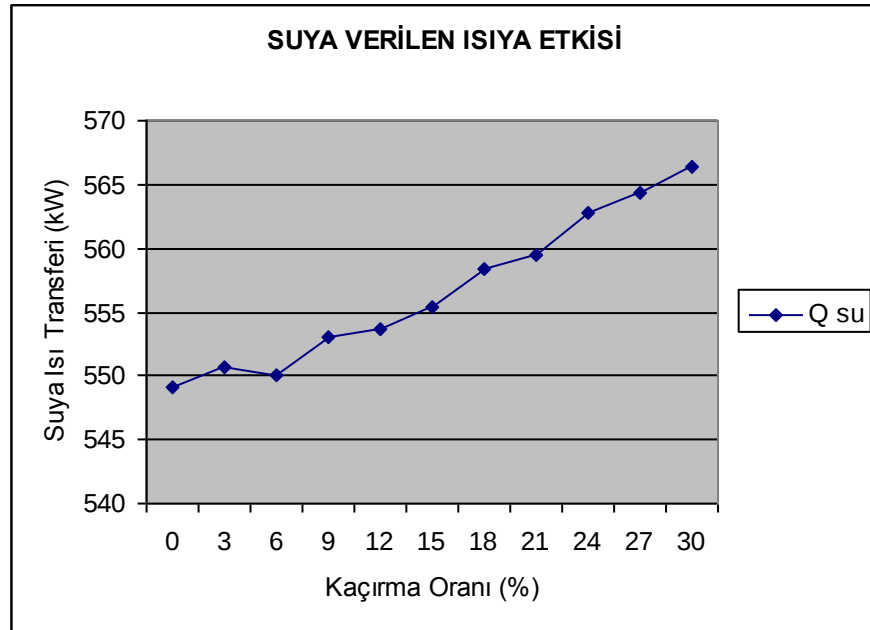
Şekil R 5 Fıstık segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



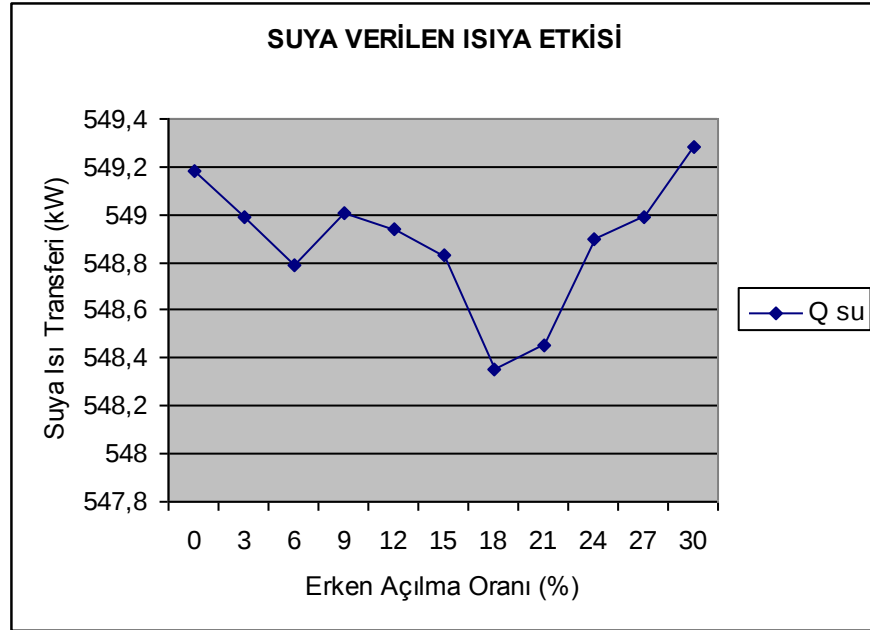
Şekil R 6 Fıstık tacı nda meydana gelen aşınmaların etkileri



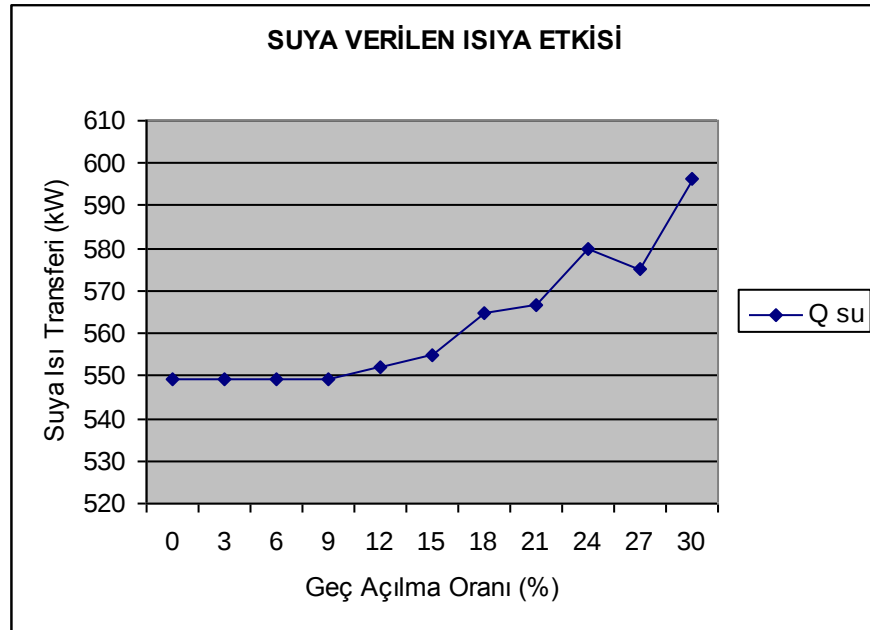
Şekil R7 Histon tacı nda depozit birikiminin etkileri



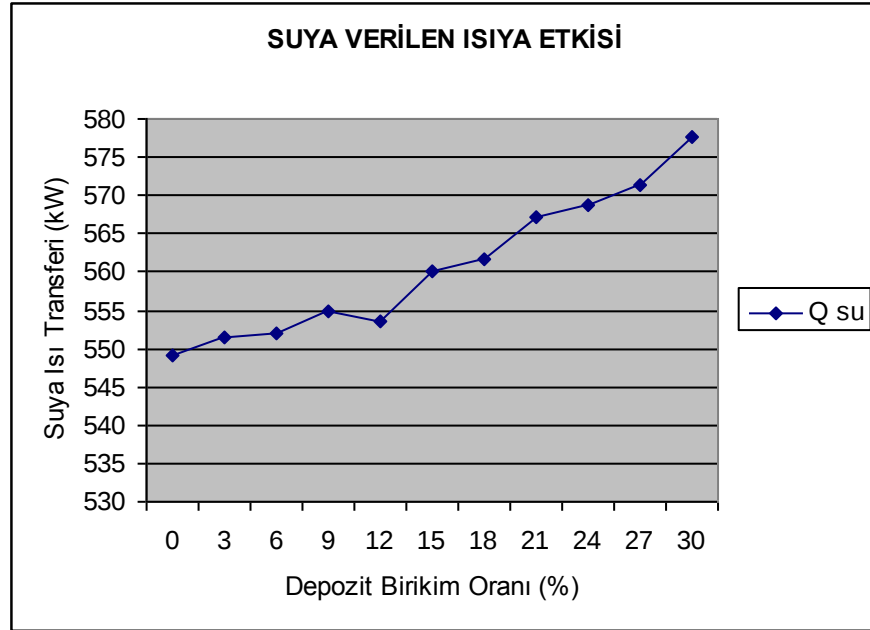
Şekil R8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil R9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



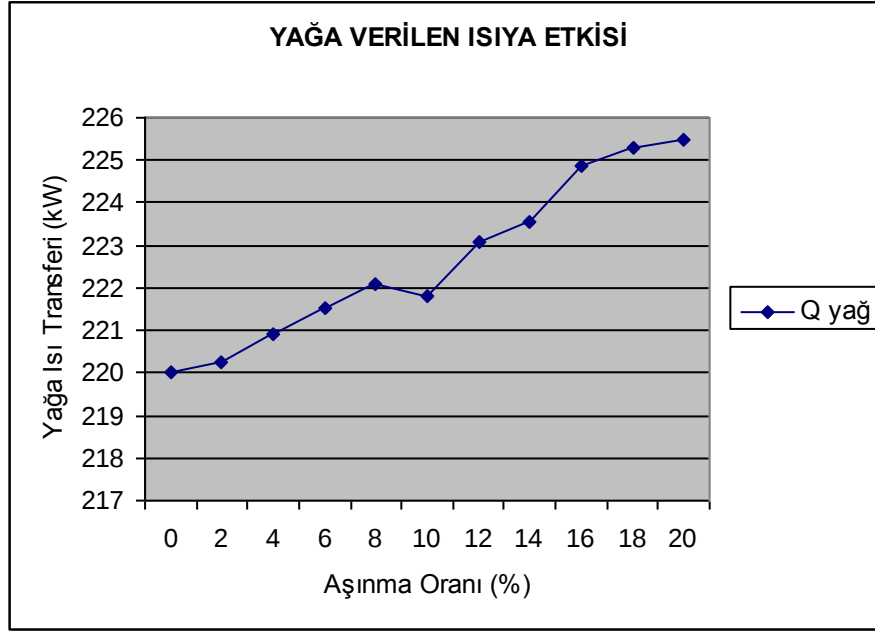
Şekil R10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



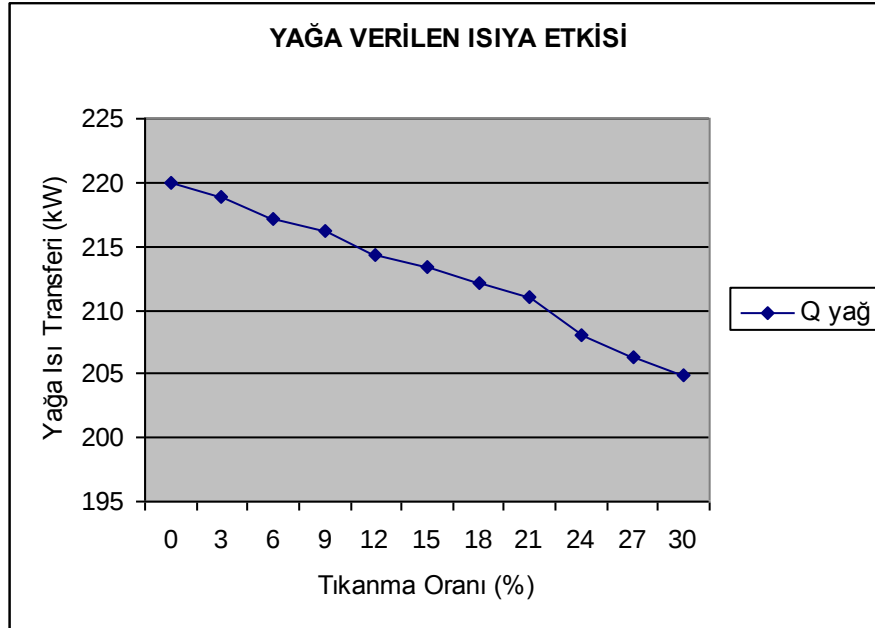
Şekil R.11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK S

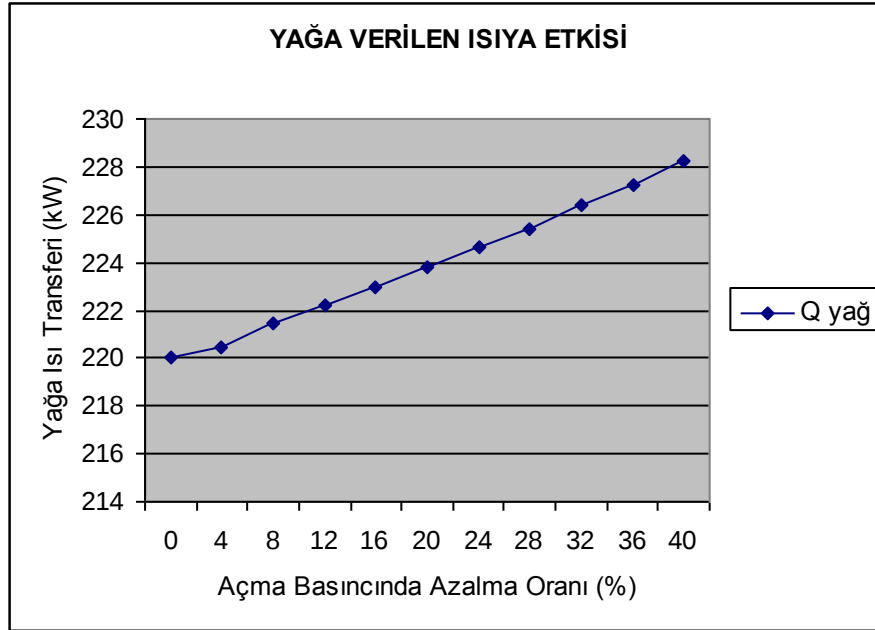
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
YAĞLAMA YAĞI İLE KAYBEDİLEN ISIYA ETKİLERİ**



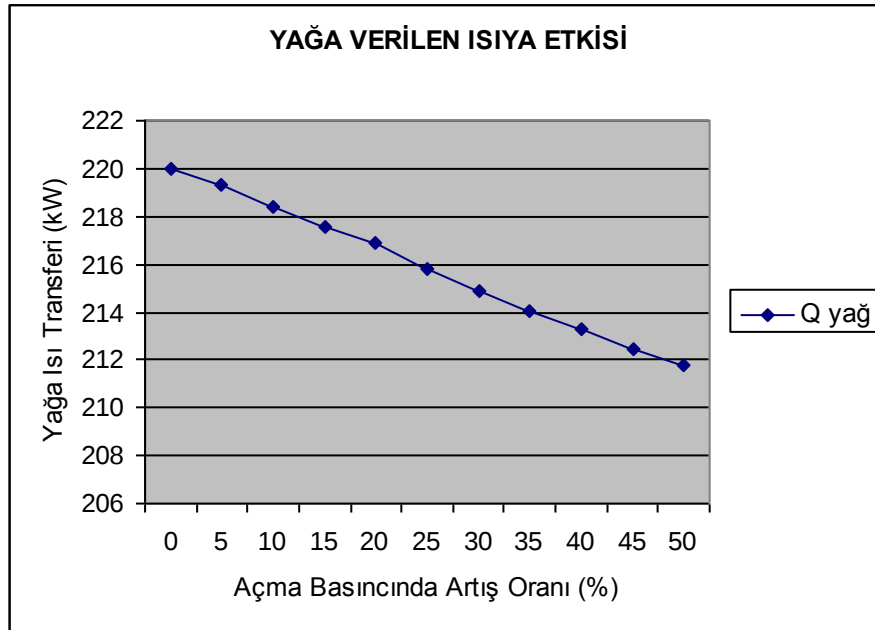
Şekil S 1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



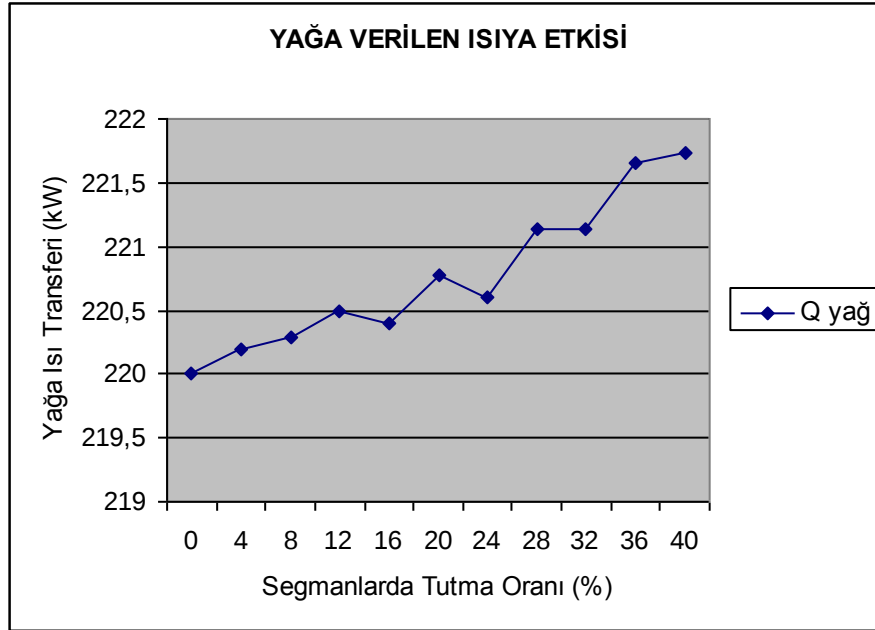
Şekil S 2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



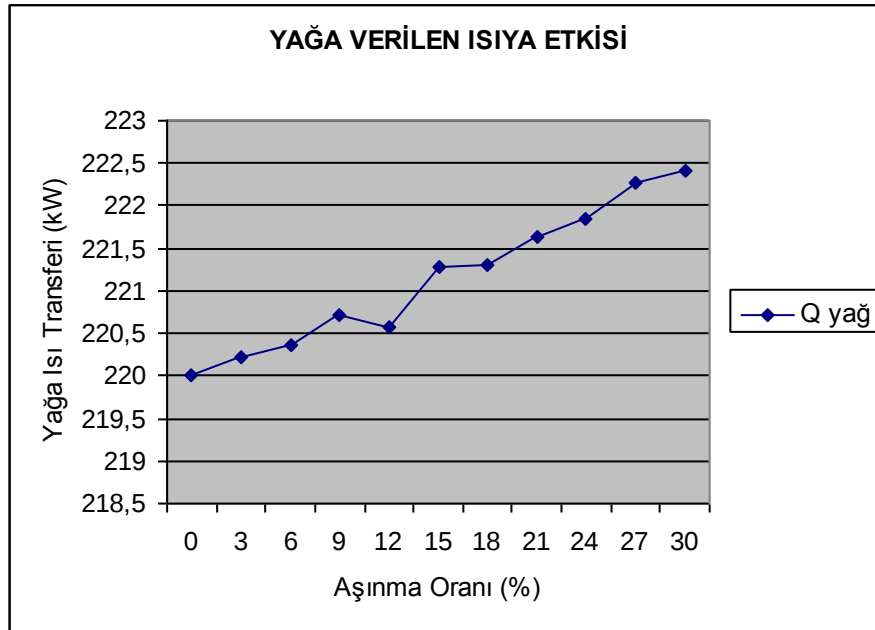
Şekil S 3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



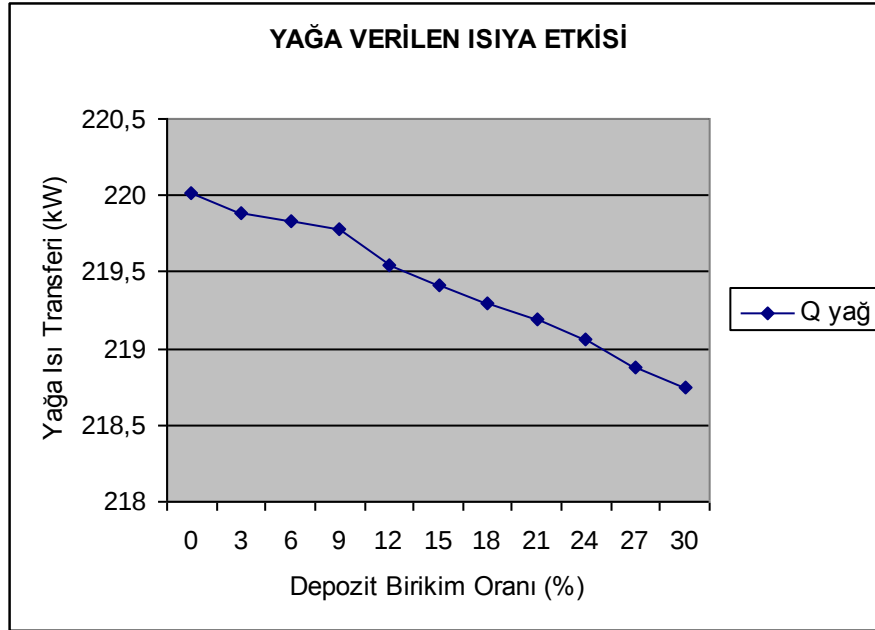
Şekil S 4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



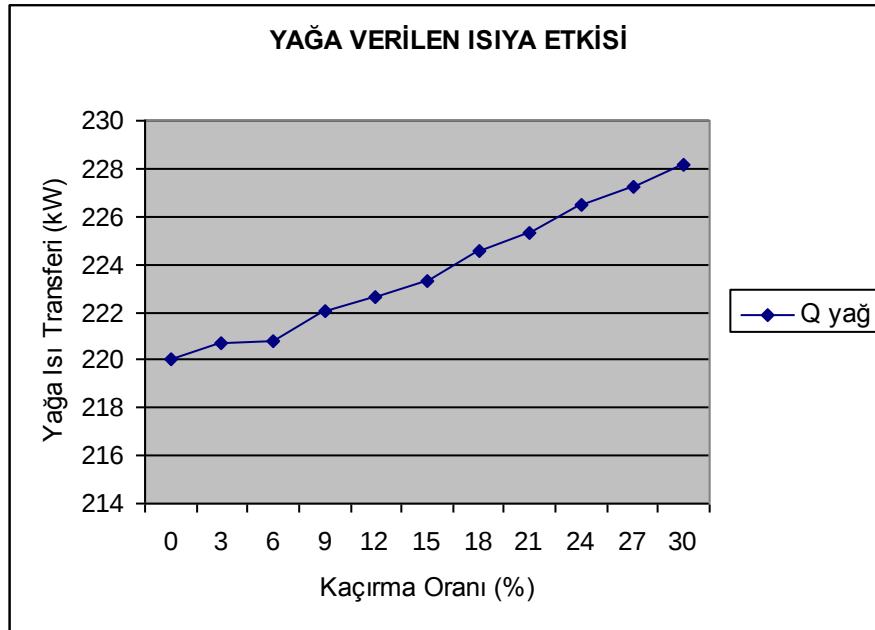
Şekil S 5 Histon segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



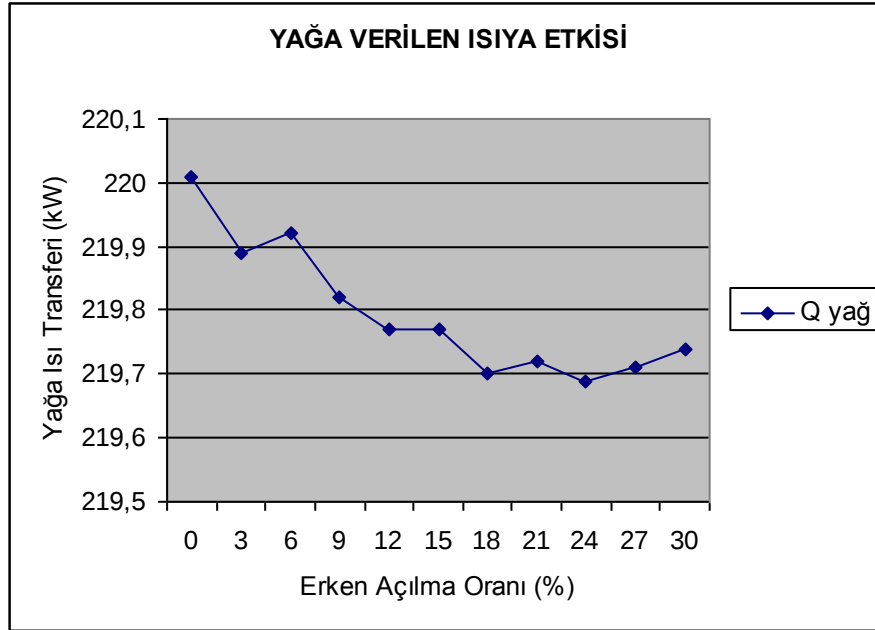
Şekil S 6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



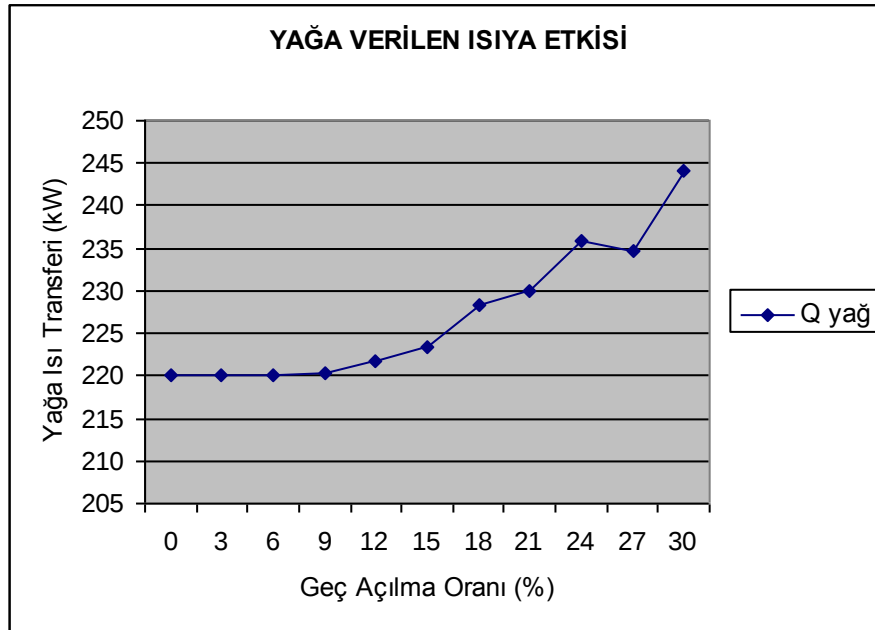
Şekil S 7 Piston tacında depozit birikiminin etkileri



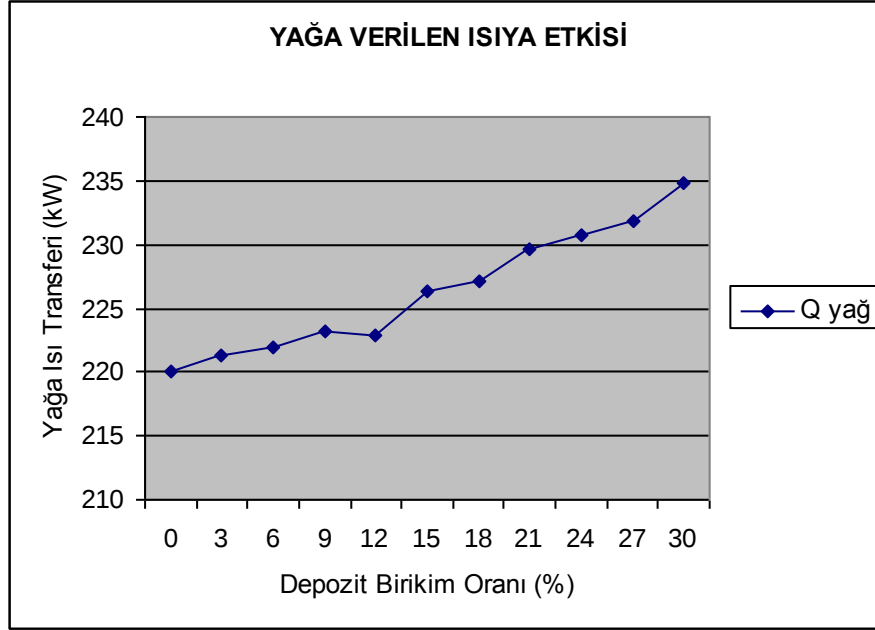
Şekil S 8 Egzoz valfi kaçırmasının etkileri



Şekil S 9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



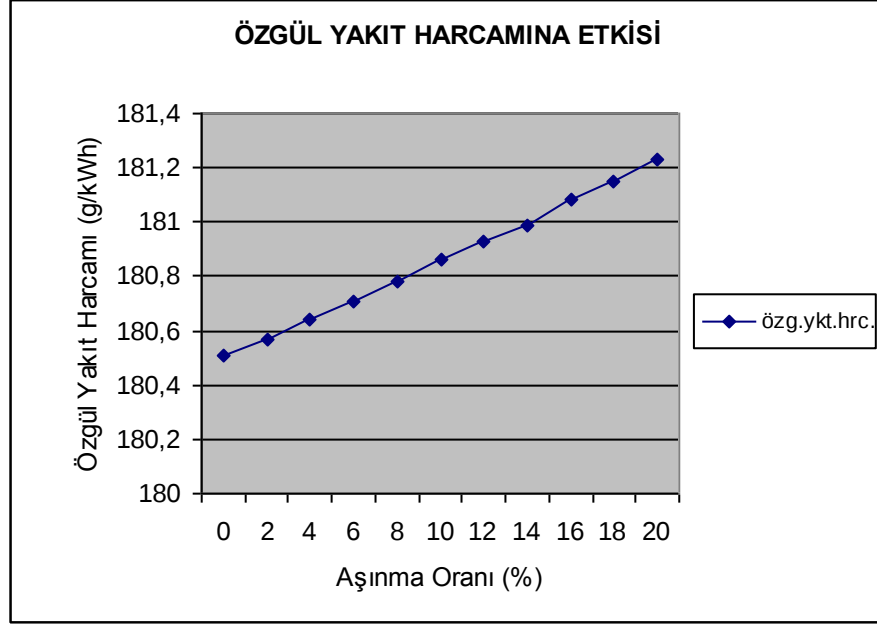
Şekil S 10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



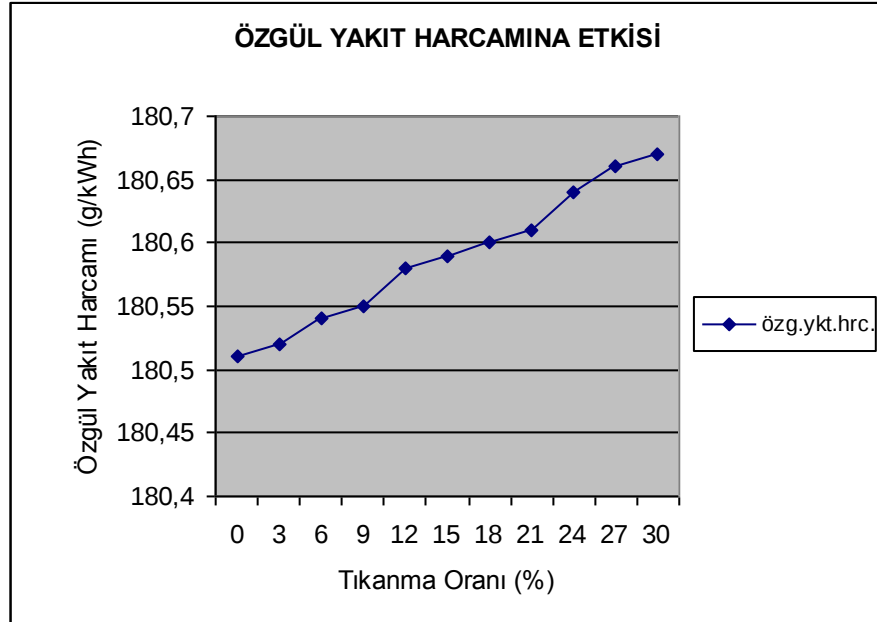
Şekil S 11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK T

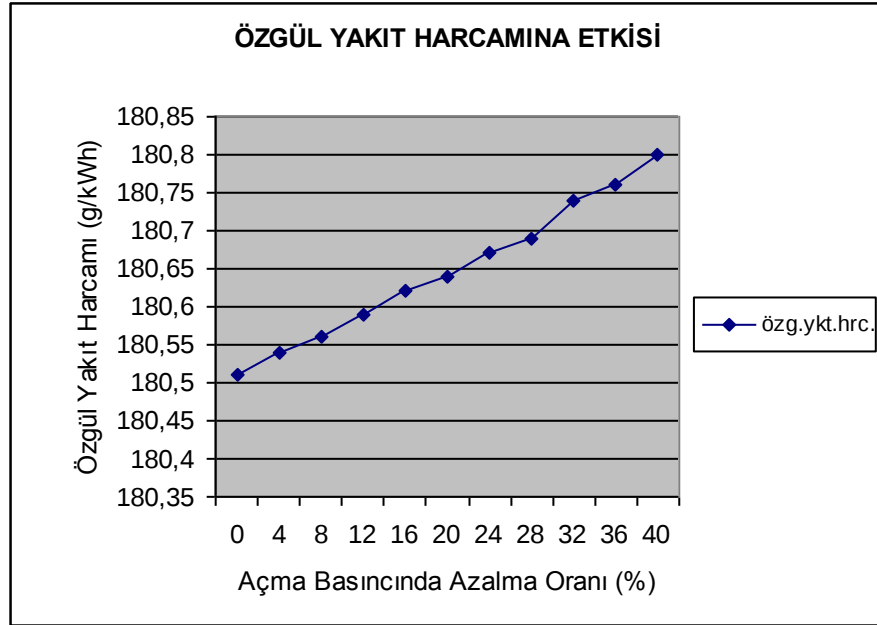
YANMA ODASI ELEMANLARININ ÖZGÜL YAKIT HARCAMANA ETKİLERİ



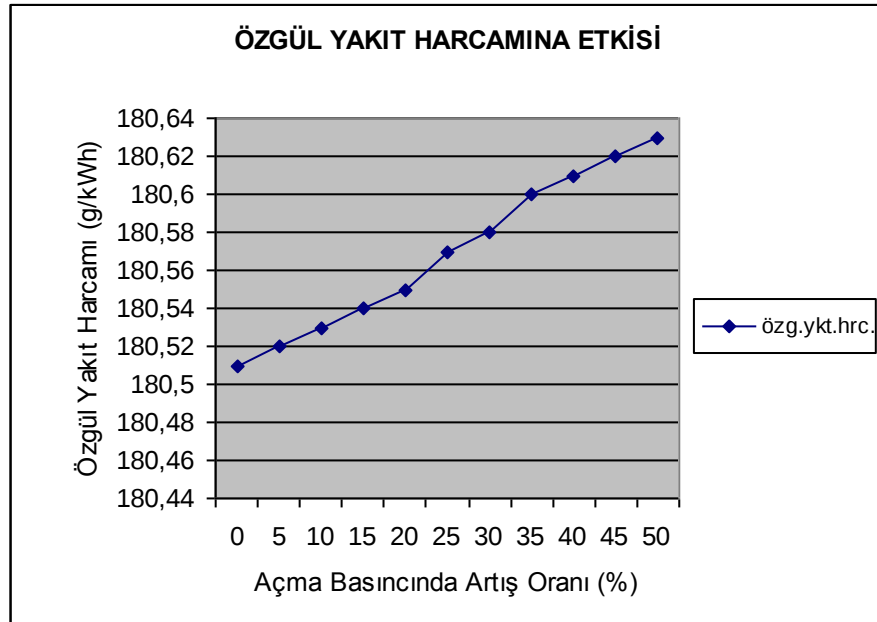
Şekil T 1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



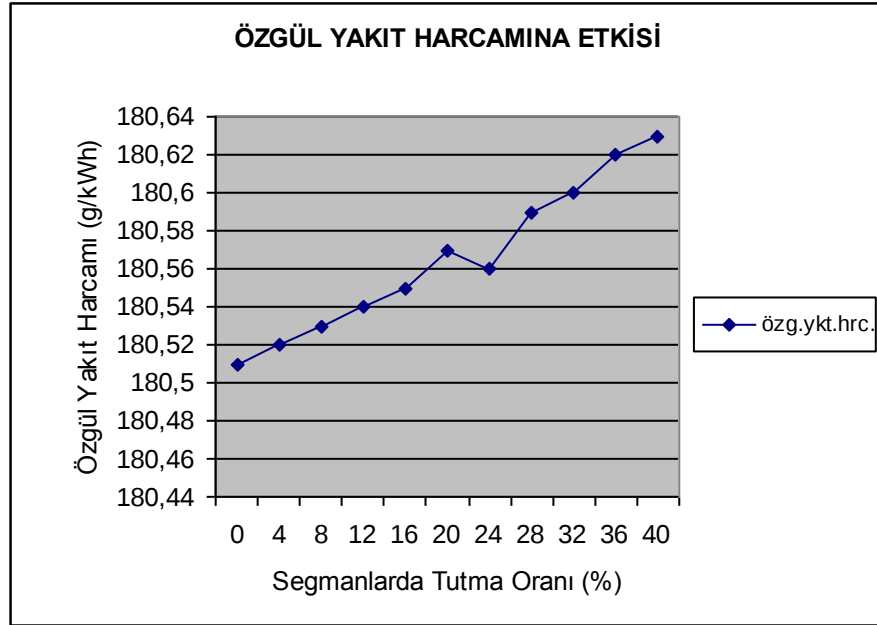
Şekil T 2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



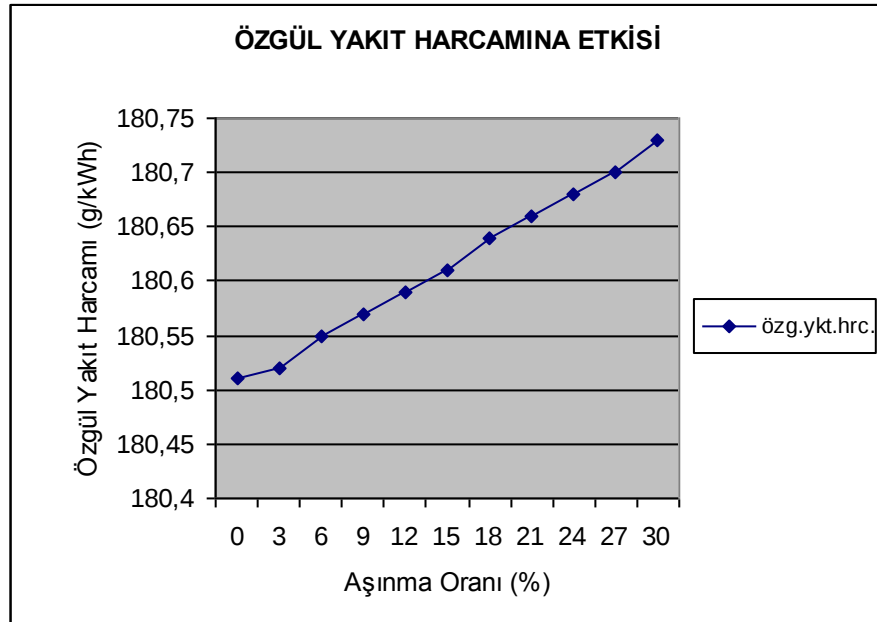
Şekil T.3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



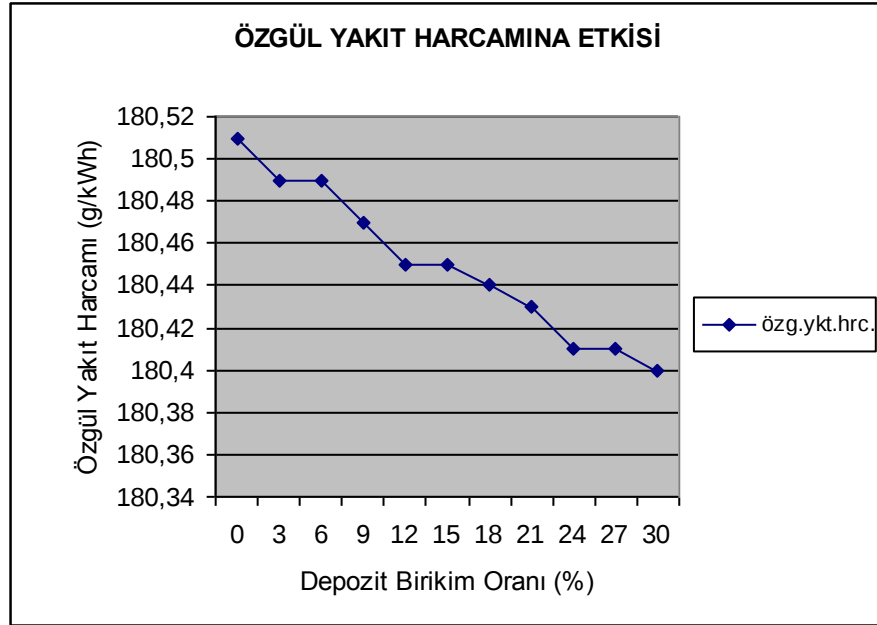
Şekil T.4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



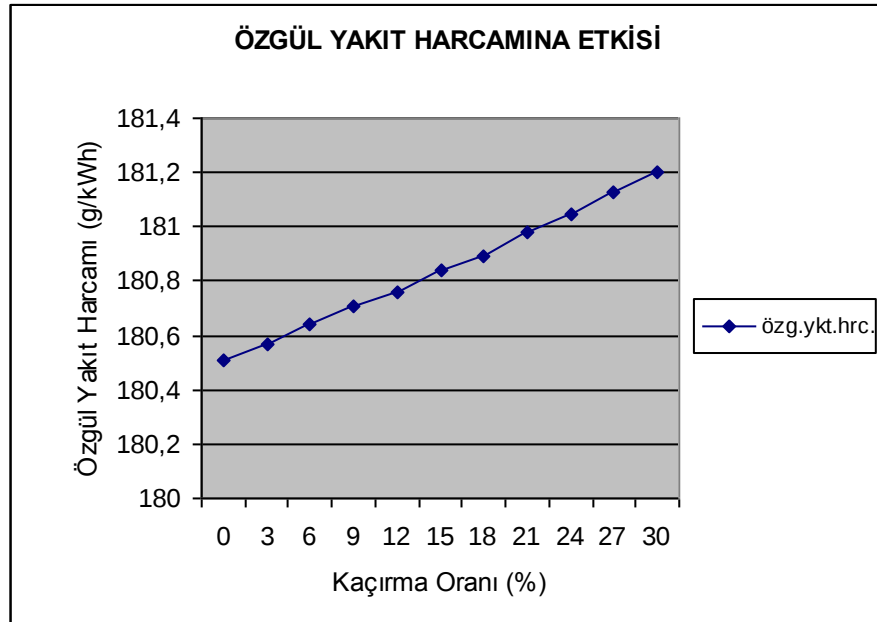
Şekil T.5 Piston segmanlarında (genel) tutmanın etkileri



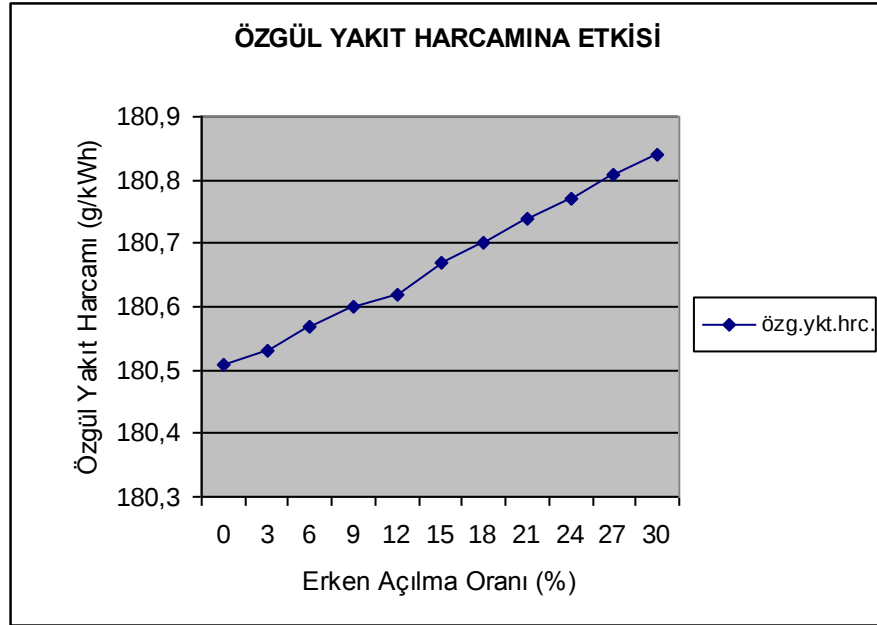
Şekil T.6 Piston tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



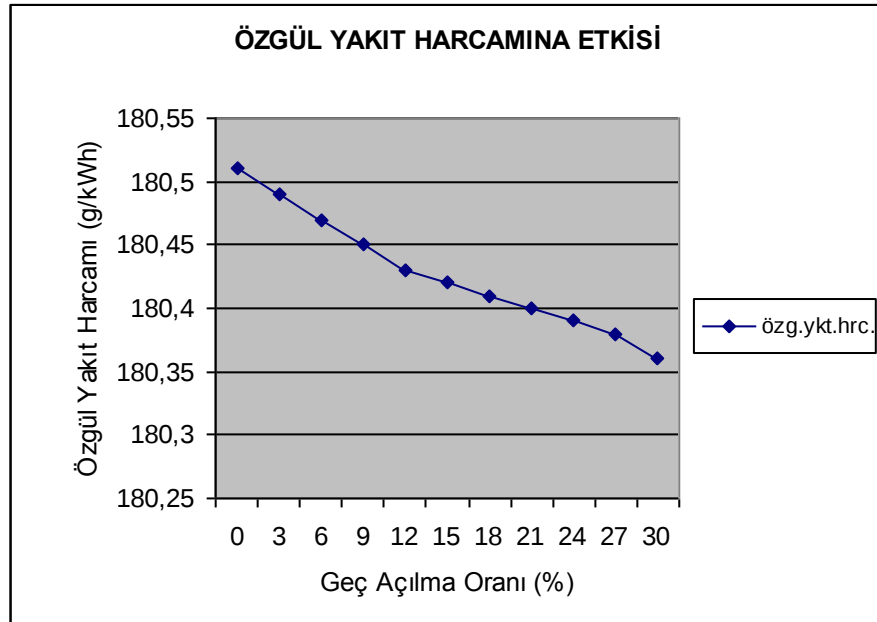
Şekil T 7 Piston taci nda depozit biriki mi ni n etkileri



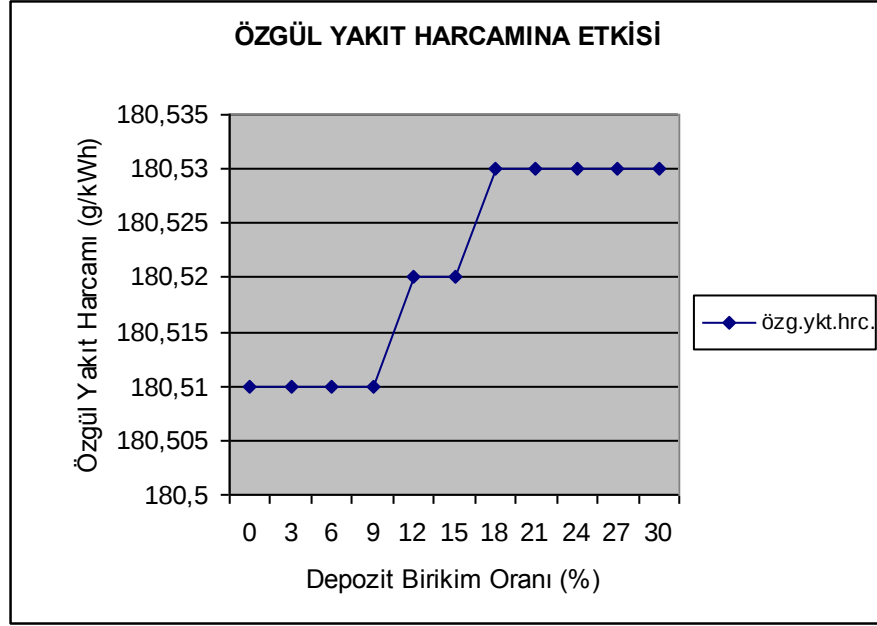
Şekil T 8 Egzoz valfi kaçı rması nı n etkileri



Şekil T 9 Egzoz valfinin erken açılmasının etkileri



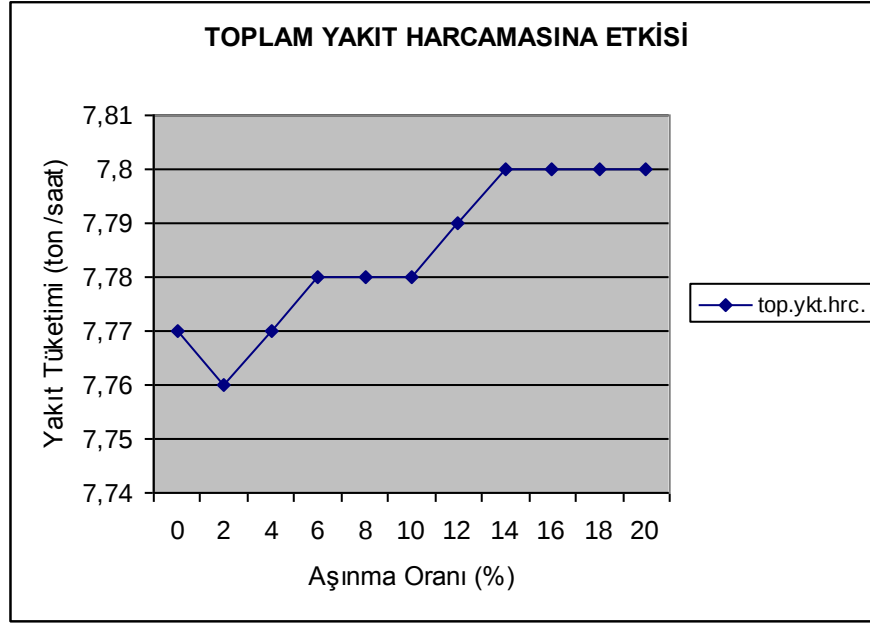
Şekil T 10 Egzoz valfinin geç açılmasının etkileri



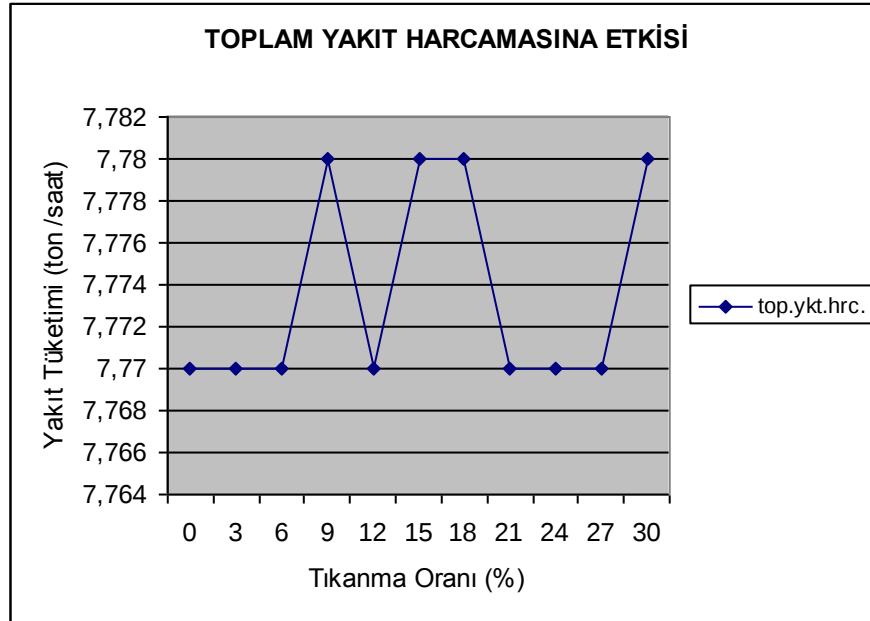
Şekil T.11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

EK U

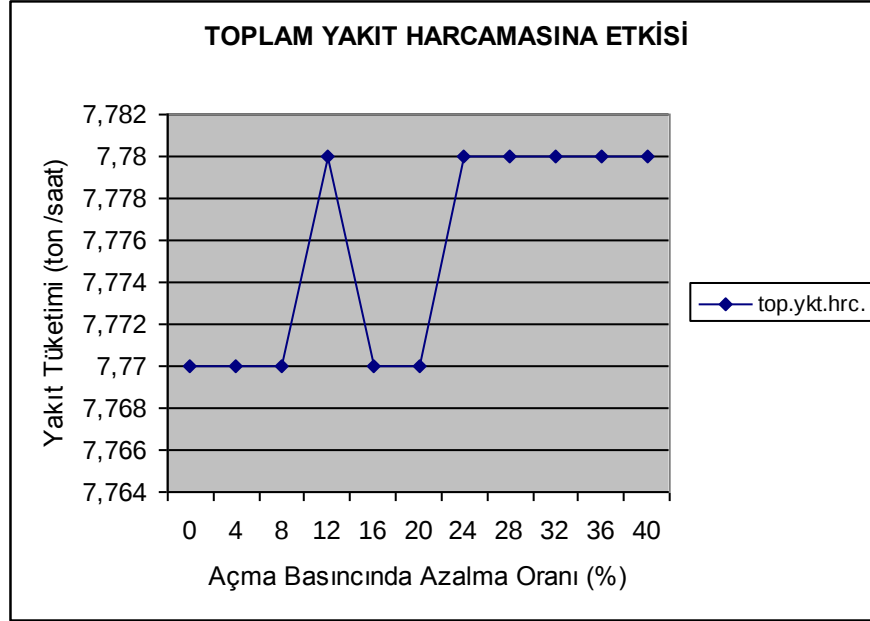
**YANMA ODASI ELEMANLARININ
SAATTEKİ TOPLAM YAKIT HARCAMASINA ETKİLERİ**



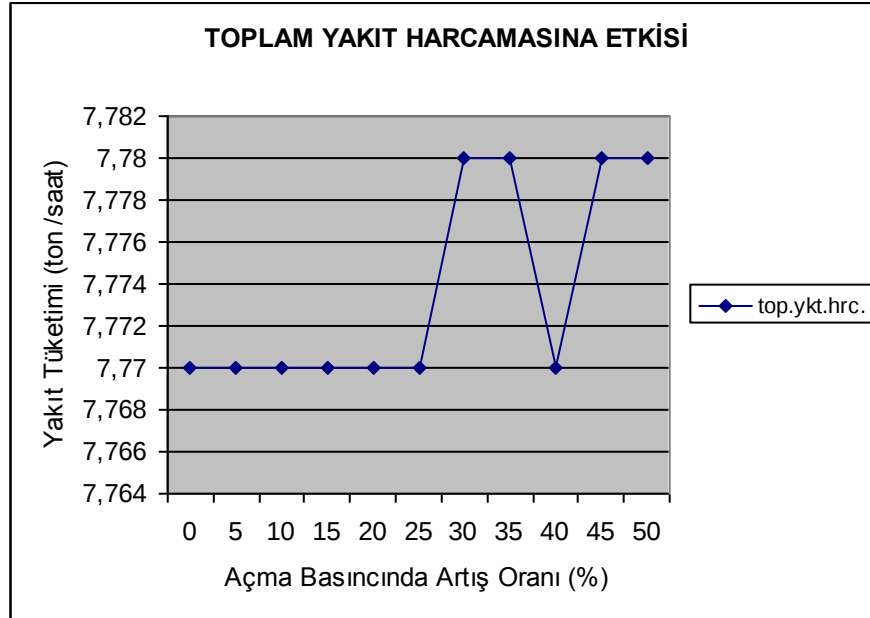
Şekil U1 Enjektör nozulu aşınmasının etkileri



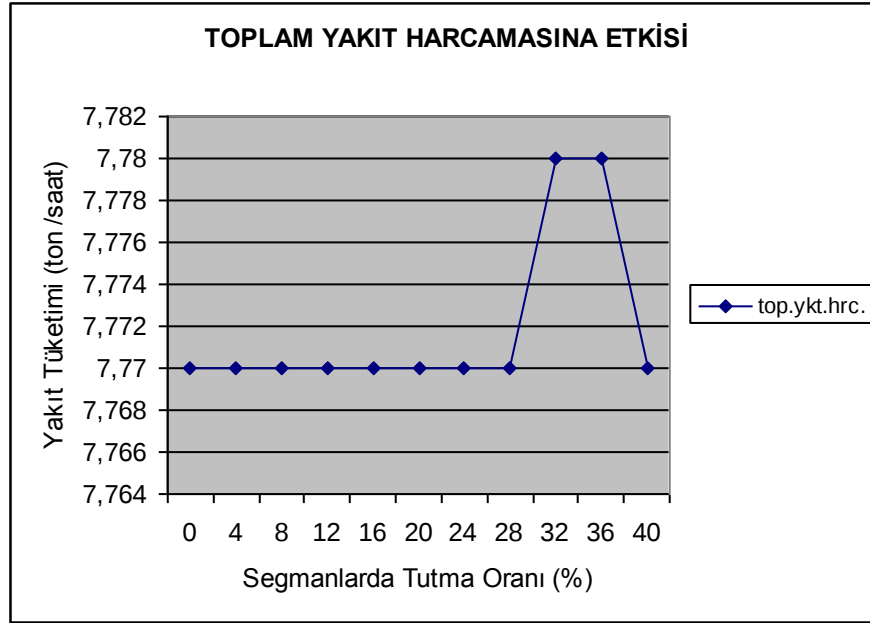
Şekil U2 Enjektör nozulunda tıkanmanın etkileri



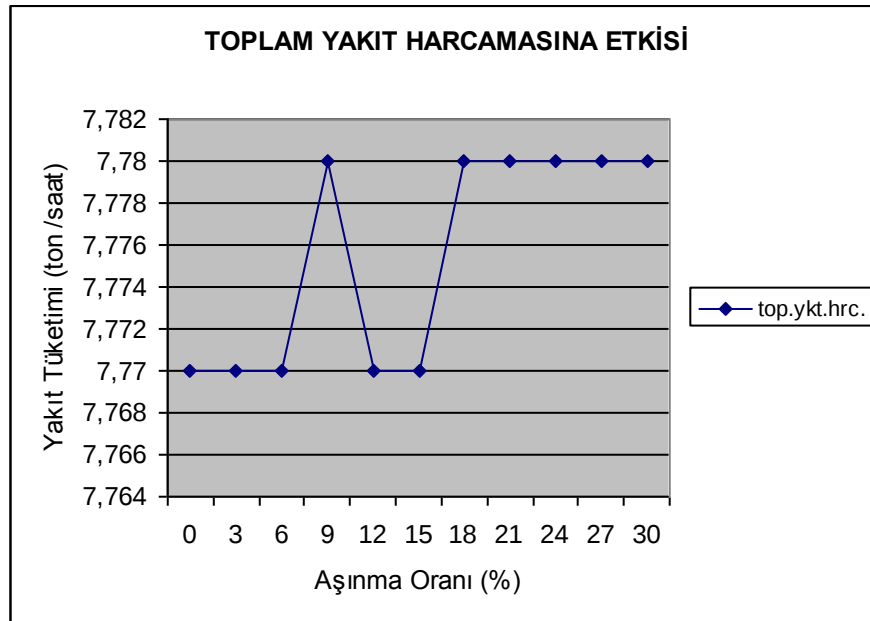
Şekil U3 Enjektör nozul açma basıncındaki azalmaların etkileri



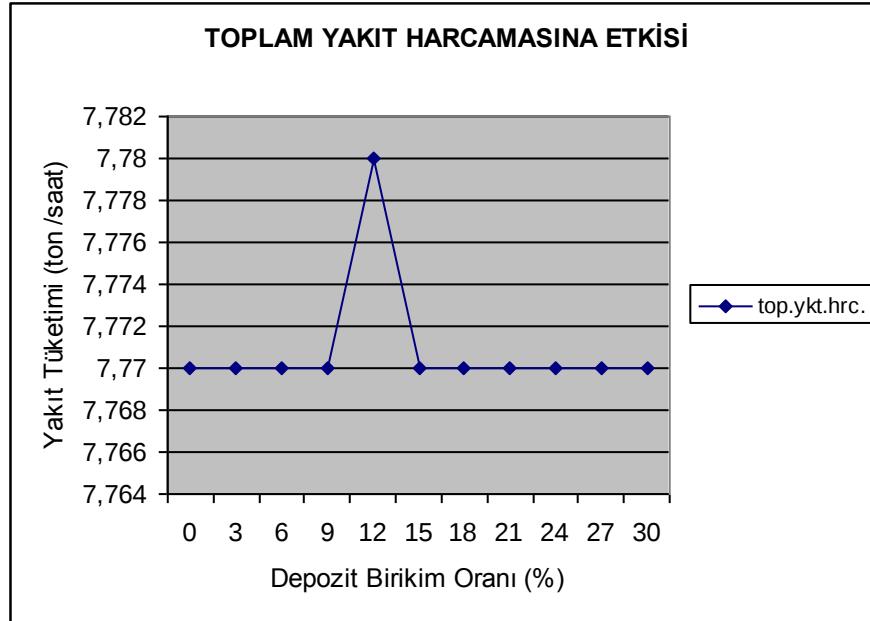
Şekil U4 Enjektör nozulu açma basıncındaki yükselmelerin etkileri



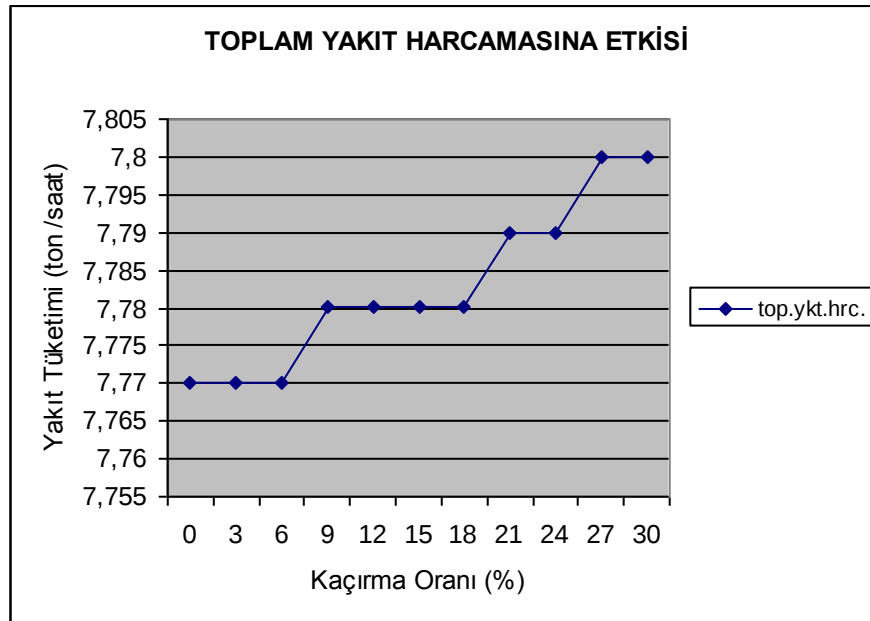
Şekil U5 Histon segmanlarında (genel) tutma oranının etkileri



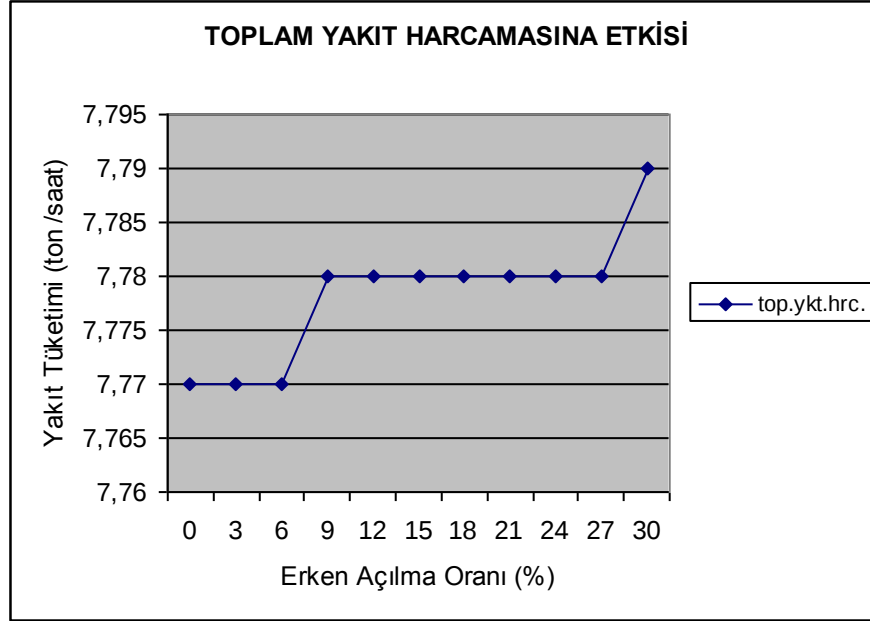
Şekil U6 Histon tacında meydana gelen aşınmaların etkileri



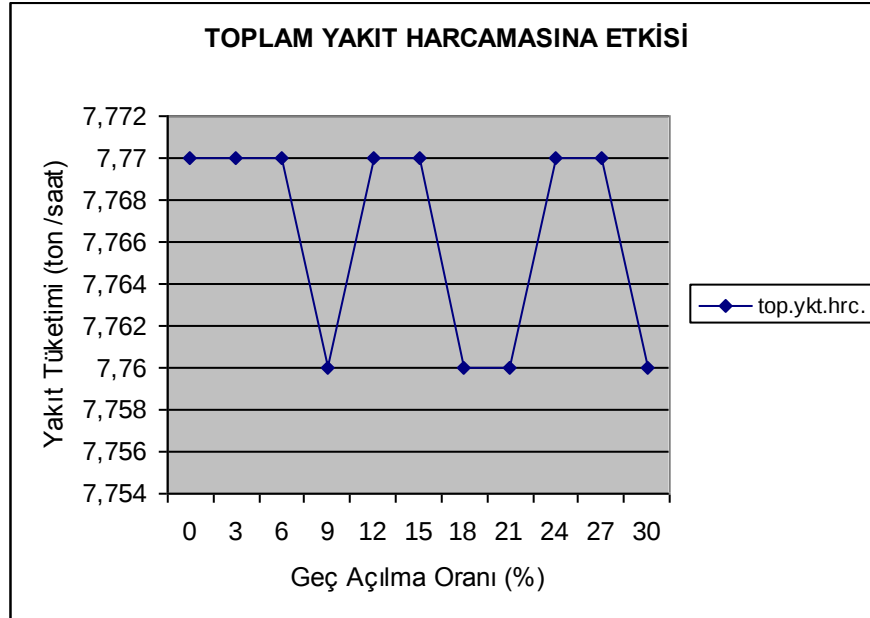
Şekil U7 Histon tacı nda depozit birikiminin etkileri



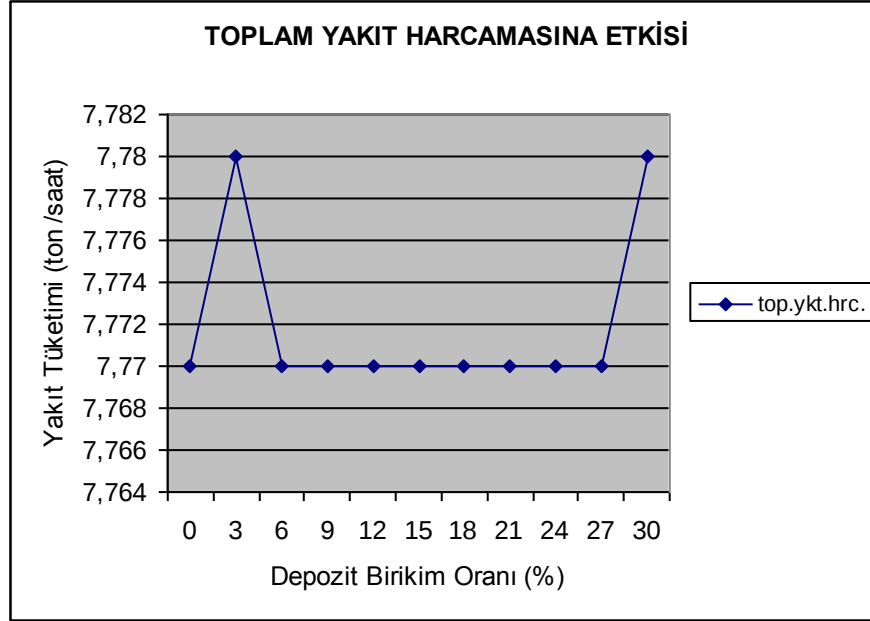
Şekil U8 Egzoz valfi kaçırmalarının etkileri



Şekil U9 Egzoz valfinin erken açılması nın etkileri



Şekil U10 Egzoz valfinin geç açılması nın etkileri



Şekil U11 Emme hava portunda depozit birikiminin etkileri

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Cengiz EKREN 1973 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırası ile Demetevler İlkokulu (Ankara), Halide Edip Lisesi (Ankara), Deniz Lisesi (Heybeliada) ‘da tamamladıktan sonra, 1991 yılında girdiği Deniz Harp Okulu ‘nun Makine Mühendisliği bölümünden 1995 yılında mezun olarak Teğmen rütbesi ile Deniz Kuvvetlerine katıldı.

Deniz Kuvvetlerinin muhtelif gemilerinde 8 yıl süreyle II. Çarkçı ve müteakiben Başçarkçılık görevlerini yapan Ekren, 2001 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Denizcilik Fakültesi’nde Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği dalında yüksek lisans eğitime başladı.

Hal en TCG KALKAN Hücumbot unda Başçarkçılık görevini sürdürmektedir. Evlidir.