

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAMAŞIR MAKİNASINDA JET SİSTEM TEKNOLOJİSİ İLE
DÜŞÜK SICAKLIKTA ETKİN YIKAMA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Berç ULUK
(503031102)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 3 Haziran 2005**

**Tez Danışmanları : Prof Dr. Abdurrahman KILIÇ
Yrd. Doç. Dr. Yeşim İRİDAĞ BECEREN**

**Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Feridun ÖZGÜÇ
Doç. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU
Doç. Dr. Hale CANBAZ KARAKAŞ**

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında, bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren, yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocalarım Sn. Prof. Dr. Abdurrahman KILIÇ'a ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Yeşim İRİDAĞ BECEREN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

“Endüstride Uygulama Destekli Tez Programı” kapsamında çalışmamın hayata geçirilmesini sağlayan ARÇELİK A.Ş. AR-GE Merkezi'ne, Sn. Şemsettin EKSERT'e, Sn. Dr. Yalçın TANES'e ve Sn. Gökhan ÖZGÜREL'e teşekkür ederim.

Değerli önerileriyle katkıda bulunan, yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen Sn. Dr. Aylin AKOVA ERSOY'a, Sn. Kim. Yük. Müh. Zehra ÜLGER'e, Sn. Dr. Deniz ŞEKER'e, Sn. Mak. Müh. Banu NALÇACI BABACAN'a, Sn. Kim. Müh. Ebru ŞENGÜL'e, Sn. Mak. Müh. Kemal Erdem YURTPINAR'a ve AR-GE Temizleme Teknolojisi Ailesi bünyesinde çalışan teknisyen arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, desteklerinden dolayı anneme ve nişanlıma teşekkür ederim.

Haziran 2005

Berç ULUK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. YIKAMA ESASLARI	9
3.1 Yıkama İşlemi	9
3.2 Yıkama Performansını Etkileyen Faktörler	9
3.2.1 Kir tipi	9
3.2.2 Su kalitesi	10
3.2.3 Deterjan bileşimi	11
3.2.4 Tekstil özellikleri	12
3.2.5 Yıkama tekniği	12
3.3 Çamaşır Makinası	13
3.3.1 Çamaşır makinası tipleri	13
3.3.2 Çamaşır makinalarında enerji etiketi uygulaması	17
4. JET SİSTEM	21
4.1 Çamaşır Makinalarında Yeni Teknolojiler	21
4.2 Çamaşır Makinalarında Jet Sistem Uygulaması	23
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	27
5.1 Deney Düzenegi	28
5.2 Deney Tasarımı	30
5.3 Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı	32
5.4 Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı	40
5.5 Optimizasyon Çalışması	50
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	53
KAYNAKLAR	58

EK A	60
EK B	64
EK C	68
EK D	72
EK E	74
EK F	76
ÖZGEÇMİŞ	78

KISALTMALAR

Adj SS	: Adjusted Sum of Square (Düzeltilmiş Kareler Toplamı)
Adj MS	: Adjusted Mean of Square (Düzeltilmiş Kareler Ortalaması)
CENELEC	: Comité Européen de Normalisation Electrotechnique (Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komisyonu)
DF	: Degree of Freedom (Serbestlik Derecesi)
DOE	: Design of Experiment (Deney Tasarımı)
SE	: Standart Error (Standart Hata)
VTs	: Veri Toplama Sistemi
YAM	: Yüzey Aktif Madde
YKEDT	: Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı
YCYDT	: Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1: Kirlerin Kimyasal Açıdan Sınıflandırılması	10
Tablo 3.2: Çamaşırlar İçin Kullanılan Deterjanların Bileşimi	12
Tablo 3.3: Performans Sınıfları	20
Tablo 5.1: Deney Tasarımı İçin Belirlenen Etmenler ve Etki Aralıkları	31
Tablo 5.2: Ölçüm Yapılacak Çıktılar	32
Tablo 5.3: Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı ile Belirlenen Deneyler ve Sonuçları	33
Tablo 5.4: Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nda Tanımlanan Bloklar	41
Tablo 5.5: Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı ile Belirlenen Deneyler ve Sonuçları	41
Tablo 5.6: Optimizasyon Sonrası Planlanan Deneyler ve Sonuçları	52
Tablo 6.1: En Yüksek Yıkama İndeksi Değerini Veren İlk On Profil	55
Tablo 6.2: Performans ve Süre Hedeflerinin Sağlandığı Profiller	56

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1 : Çalkayıcılı Çamaşır Makinası	13
Şekil 3.2 : Pervaneli Çamaşır Makinası.....	15
Şekil 3.3 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası	15
Şekil 3.4 : Çamaşır Makinası Enerji Etiketleri Örnekleri	18
Şekil 3.5 : Standart Leke Şeridi	19
Şekil 4.1 : Jet Sistemli Çamaşır Makinası	24
Şekil 4.2 : Devridaimsiz Jet Sistem	24
Şekil 4.3 : Farklı Nozül Konumları	25
Şekil 5.1 : Jet Sistemli Çamaşır Makinası Prototipi	28
Şekil 5.2 : Bilgi Transfer Programı Ara Yüzü.....	29
Şekil 5.3 : VTS Veri Okuma Ara Yüzü.....	30
Şekil 5.4 : Renk Ölçüm Cihazı	30
Şekil 5.5 : YKEDT - Enerji Tüketimi Etki Yüzdeleri Grafiği – A.....	36
Şekil 5.6 : YKEDT - Enerji Tüketimi Etki Yüzdeleri Grafiği – B.....	37
Şekil 5.7 : YKEDT - Enerji Tüketimi Ana Etkiler Grafiği	37
Şekil 5.8 : YKEDT - Program Süresi Etki Yüzdeleri Grafiği – A	38
Şekil 5.9 : YKEDT - Program Süresi Etki Yüzdeleri Grafiği – B.....	39
Şekil 5.10: YKEDT - Program Süresi'nin İlk Isıtma Sonrası Yıkama Süresine Bağlı Değişimi	39
Şekil 5.11: YKEDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği.....	40
Şekil 5.12: YCYDT - Enerji Tüketimi'nin Bloklara Göre Değişimi.....	45
Şekil 5.13: YCYDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği – A.....	46
Şekil 5.14: YCYDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği – B.....	47
Şekil 5.15: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Doğrusal Etkilere Bağlı Değişimi	47
Şekil 5.16: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin İlk Isıtma Sonrası Yıkama Süresine ve Bu Süre Boyunca Jet Sistem'in Uygulanma Süresine Göre Değişimi ...	49
Şekil 5.17: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Bloklara Göre Değişimi.....	49
Şekil 5.18: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Tamburun Dönme ve Bekleme Sürelerine Göre Değişimi	50
Şekil 5.19: Optimizasyon Diyagramı	51

SEMBOL LİSTESİ

F	: F İstatistiği
Histerezis ΔT	: Isıtıcının tekrar devreye gireceği sıcaklık farkı
Jet Soğuk	: Soğuk yıkama boyunca Jet Sistem'in uygulanma hali
Jet Isıtma	: İlk ısıtma boyunca Jet Sistem'in uygulanma hali
Jet T_{set} Sonrası	: İlk ısıtma sonrası Jet Sistem'in uygulanma süresi
P	: Risk
R^2	: Regresyon Katsayısı
R^2 (adj)	: Düzeltilmiş Regresyon Katsayısı
S	: Standart Sapma
T	: T İstatistiği
t_{moton}	: Tamburun dönme süresi
t_{motof}	: Tamburun bekleme süresi
$t_{soğuk}$	: Soğuk yıkama süresi
$t_{Tset sonrası}$	: İlk ısıtma sonrası yıkama süresi
T_{set}	: Yıkama sıcaklığı

ÇAMAŞIR MAKİNASINDA JET SİSTEM TEKNOLOJİSİ İLE DÜŞÜK SICAKLIKTA ETKİN YIKAMA

ÖZET

Bu çalışmada ele alınan problem, pamuklu çamaşırlar için 60°C Pamuklu Yıkama Programı'nda elde edilen A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın, Jet Sistem teknolojisine sahip bir çamaşır makinasında, 40°C'de elde edilebilirliğinin incelenmesi ve bu performans değerlerine ulaşılan, 150 dakikadan daha uzun sürmeyen 40°C Pamuklu Yıkama Programı profillerinin oluşturulmasıdır.

Öncelikle, deneysel çalışmaların yapıldığı, Jet Sistem teknolojisi adapte edilmiş bir çamaşır makinası prototipi hazırlanmıştır. Daha sonra çamaşır makinasının optimum yıkama koşullarının belirlenmesi amacıyla; Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi'ne etki eden etmenler ve etki aralıkları (alt, orta ve üst seviyeler) belirlenmiştir:

- Tamburun dönme süresi : 8 sn.-16 sn.-24 sn.
- Tamburun bekleme süresi : 4 sn.-6 sn.-8 sn.
- Soğuk yıkama süresi : 10 dk.-12.5 dk.-15 dk.
- İlk ısıtma sonrası yıkama süresi : 50 dk.-75 dk.-100 dk.
- Soğuk yıkama boyunca Jet Sistem'in uygulanması : var-yok
- İlk ısıtma boyunca Jet Sistem'in uygulanması : var-yok
- İlk ısıtma sonrası Jet Sistem'in uygulanma süresi : 0 dk.-20 dk.-40 dk.
- Isıtıcının tekrar devreye gireceği sıcaklık farkı : 2°C-4°C-6°C

Belirlenen bu etmenler ve etki aralıkları ile, MINITAB istatistik programı kullanılarak, deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı ile belirlenen deneylerin tamamlanmasının ardından elde edilen deney sonuçları, yine aynı program kullanılarak, analiz edilmiş ve etmenlerin çıktılar üzerindeki etkileri belirlenmiştir:

- Etmenlerin Enerji Tüketimi üzerindeki etkileri
 - Enerji Tüketimi üzerinde en fazla etkiye sahip etmenler, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi ve ısıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkıdır.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.
 - Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkı arttıkça Enerji Tüketimi azalmaktadır.
 - Tamburun dönme süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmakta, bekleme süresi arttıkça azalmaktadır.

- İlk ısıtma sonrası yıkama süresi zarfında Jet Sistem'in uygulanma süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.
- Soğuk yıkama süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.
- Soğuk yıkama adımı ve ilk ısıtma adımı Jet Sistem'in uygulanması Enerji Tüketimi'ni arttırmaktadır.
- Etmenlerin Program Süresi üzerindeki etkileri
 - Program Süresi'ni belirleyici ana etmen, ilk ısıtma sonrası yıkama süresidir. Bu süre arttıkça Program Süresi de artmaktadır.
 - Soğuk yıkama süresi arttıkça Program Süresi artmaktadır.
 - Diğer etmenler Program Süresi üzerinde etkili değildir.
- Etmenlerin Yıkama İndeksi üzerindeki etkileri
 - Yıkama İndeksi üzerinde en fazla etkiye sahip etmen, ilk ısıtma sonrası yıkama süresidir. Bu süre arttıkça Yıkama İndeksi de artmaktadır.
 - Jet Sistem uygulaması da Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi boyunca Jet Sistem'in uygulanma süresinin artması, Yıkama İndeksi'ni belirgin bir şekilde arttırmaktadır.
 - Soğuk yıkama adımı ve ilk ısıtma adımı Jet Sistem'in uygulanması, diğer kombinasyonlara göre, Yıkama İndeksi için en iyi sonucu vermektedir.
 - Tamburun dönme süresi arttıkça Yıkama İndeksi artmakta, bekleme süresi arttıkça azalmaktadır.
 - Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkının ve soğuk yıkama süresinin çalışılan koşullar için Yıkama İndeksi üzerinde etkisiz olduğu belirlenmiştir.

Daha sonra, veri analizi ile oluşturulan modeller kullanılarak, MINITAB programı ile optimizasyon çalışması yapılmıştır. Bu çalışma sonrasında ulaşılan sonuçlar doğrultusunda, A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın elde edildiği ve 150 dakikayı aşmayan 40°C Pamuklu Yıkama Programı profilleri oluşturulmuştur.

Tablo Ö.1: Performans ve Süre Hedeflerinin Sağlandığı Profiller

Profil No	tmot on (sn.)	tmot of (sn.)	t soğuk (dk.)	Tset (°C)	t Tset sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet Tset Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
1	16	4	10	42	75	var	yok	50	2	0.17	A+	150	1.051	A	15
2	16	4	10	40	75	var	yok	75	2	0.15	A+	148	1.039	A	14

Üniversite-Sanayi işbirliği çerçevesinde ARÇELİK A.Ş. AR-GE Merkezi'nin desteği ile yapılan bu çalışmanın, İTÜ kütüphanelerinde yer alan kopyalarından, deneysel çalışmalar ve sonuçlar bölümleri, ARÇELİK için ticari sırlar içermesi nedeniyle, tamamıyla çıkarılmıştır.

WASHING EFFICIENTLY IN WASHING MACHINE WITH JET SYSTEM TECHNOLOGY AT LOW TEMPERATURE

SUMMARY

The subject of the thesis is observing possibility of obtaining A Washing Performance Class and A+ Energy Performance Class for cotton textiles, which are obtained at 60°C Cotton Washing Program, with a washing machine equipped with Jet System technology at 40°C and creating 40°C Cotton Washing Program profiles which achieve these performance classes and don't last longer than 150 minutes.

First of all, a washing machine prototype equipped with Jet System technology was prepared. Secondly, for the purpose of determining optimum washing conditions, factors and factor levels (lower, medium and upper levels) that are effective on Energy Consumption, Washing Index and Program Period were selected:

- The rotation period of the drum: 8 sec.- 16 sec.-24 sec.
- The waiting period of the drum: 4 sec.-6 sec.-8 sec.
- The cold washing period: 10min.-12.5min.-15 min.
- The washing period after first heating: 50min.-75min.-100min.
- The application of the Jet System during cold washing: yes-no
- The application of the Jet System during first heating: yes-no
- The application period of the Jet System after first heating: 0min.-20min.-40min.
- The temperature difference for reactivation of the heater: 2°C-4°C-6°C

Design of Experiment (DOE) was done with these selected factors and factor levels by using MINITAB program for statistics. After the completion of designed experiments, results were analyzed and thus the effects of factors on outputs were ascertained by using the same program:

- Effects of factors on Energy Consumption
 - The most effective factors on Energy Consumption are the washing period after first heating and the temperature difference for reactivation of the heater.
 - An increase in the washing period after first heating causes Energy Consumption to increase.
 - An increase in the temperature difference for reactivation of the heater causes Energy Consumption to decrease.
 - An increase in the rotation period of the drum causes Energy Consumption to increase and an increase in the waiting period of the drum causes Energy Consumption to decrease.
 - An increase in the application period of the Jet System after first heating causes Energy Consumption to increase.

- An increase in the cold washing period causes Energy Consumption to increase.
- The application of the Jet System during cold washing and first heating steps causes Energy Consumption to increase.
- Effects of factors on Program Period
 - The most effective factor on Program Period is the washing period after first heating. An increase in this period causes Program Period to increase.
 - An increase in the cold washing period causes Program Period to increase.
 - Other factors don't have any effect on Program Period.
- Effects of factors on Washing Index
 - The most effective factor on Washing Index is the washing period after first heating. An increase in this period causes Washing Index to increase.
 - Jet System has an important affect on Washing Index, too.
 - An increase in the application period of the Jet System after first heating causes Washing Index to increase.
 - The application of the Jet System during cold washing and first heating steps gives better results than other combinations.
 - An increase in the rotation period of the drum causes Washing Index to increase and an increase in the waiting period of the drum causes Washing Index to decrease.
 - Temperature difference for reactivation of the heater and the cold washing period do not affect Washing Index in valid factor levels.

Optimization was done with the models that were created by data analysis by using MINITAB program. By considering outcome of optimization, 40°C Cotton Washing Program profiles which achieve obtaining A Washing Performance Class and A+ Energy Performance Class and don't last longer than 150 minutes were created.

Table S.1: Profiles That Achieve Obtaining Performance and Period Targets

Profile Num.	t _{mot} on (sec.)	t _{mot} of (sec.)	t cold (min.)	T _{set} (°C)	t after T _{set} (min.)	Jet cold	Jet heating	Jet after T _{set} (min.)	His ΔT	Energy Cons. (kWh/kg)	Energy Perf. Class	Prog. Period (min.)	Wash. Ind.	Wash. Perf. Class	His. Num.
1	16	4	10	42	75	yes	no	50	2	0.17	A+	150	1.051	A	15
2	16	4	10	40	75	yes	no	75	2	0.15	A+	148	1.039	A	14

The parts of experimental studies and results of the thesis, that was made by the aid of ARÇELİK A.Ş. R&D Center based on University-Industry cooperation, was completely removed from the copies located in the libraries of ITU because these parts contain trade secrets for ARÇELİK.

1. GİRİŞ

Ulusal ve uluslararası kuruluşlar tarafından, gün geçtikçe yaygınlaşan çevre bilincinin bir sonucu olarak, enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanılması amacıyla çeşitli önlemler alınmaktadır. Bu önlemlerden birisi, Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komisyonu (CENELEC - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) tarafından geliştirilen “Enerji Etiketi” uygulamasıdır. Bu uygulama, Avrupa Birliği ülkelerinde ev tipi elektrikli cihazlarda enerji kullanımının en aza indirilmesini temin etmek amacıyla, 2000 yılında yürürlüğe girmiştir. Ülkemizde ise 2003 yılından beri yürürlükte dir. Enerji Etiketi üzerinde A'dan G'ye kadar kodlanmış renkli bloklar bulunmaktadır. A en düşük enerji tüketimini, G ise en yüksek enerji tüketimini göstermektedir. Cihazlar üzerinde yer alan bu etiket sayesinde tüketiciler, cihazların tüketim ve performans değerleri konusunda doğru bilgiler edinebilmekte ve enerjiyi daha verimli kullanan cihazları tercih edebilmektedirler.

Bu gelişmeleri göz önüne alan ev tipi elektrikli cihaz üreticileri, AR-GE çalışmalarında, cihazların enerji tüketim değerlerini, onların performans değerlerini düşürmeden ve hatta daha da iyileştirerek, en aza indirmeyi hedeflemektedirler.

Çamaşır makinası, yaygın olarak kullanılan ev tipi elektrikli cihazlardan birisidir. Bu cihaza ait Enerji Etiketi'nde, cihazın enerji tüketiminin yanı sıra, yıkama performansı, sıkma performansı, yıkama kapasitesi, su tüketimi ve gürültü seviyesi bilgileri de yer almaktadır. Çamaşır makinası Enerji Etiketi testleri, “EN 60456 Çamaşır Makinası Performans Ölçüm Metotları” standardına uygun olarak “Ön Yıkamasız Pamuklu 60°C Programı”nda yapılmaktadır.

Çamaşır makinasının enerji tüketiminde en etkili parametre yıkama sıcaklığıdır. Son yıllarda, çamaşır makinalarının enerji tüketim değerlerini daha da azaltmak amacıyla; değişen kullanıcı alışkanlıkları, deterjan ve tekstil teknolojisindeki gelişmeler de göz önünde bulundurularak; Enerji Etiketlemesi'nin 40°C Pamuklu Yıkama Programı ile

yapılması gerekliliği gündeme gelmiştir. Ancak yeni değerlendirme standartları henüz belirli değildir. Geçici bir düzenleme olarak, en düşük enerji tüketimi seviyesi olan A Enerji Performansı'ndan %10 daha az enerji tüketen cihazlar için A+ Enerji Performansı tanımlanmıştır. Üreticiler, yeni uygulamaya geçildiğinde, 40°C yıkama sıcaklığında A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'na sahip çamaşır makineleri ile, şimdiden rekabet avantajı sağlamayı hedeflemektedirler.

Yıkama sıcaklığı, enerji tüketimi için olduğu gibi, yıkama performansı için de temel parametrelerden birisidir. Yıkama sıcaklığının düşürülmesi enerji tüketiminin yanı sıra yıkama performansı da azaltacaktır. Çamaşır makinasının yıkama performansı, mevcut konstrüksiyon değiştirilmeden, belirlenen yıkama parametreleri optimize edilerek, çok uzun yıkama süreleriyle iyileştirilebilir. Ancak yıkama süresinin uzun olması nedeniyle kullanıcı memnuniyetsizlikleri ortaya çıkacak ve yıkanan tekstillerde meydana gelen hasarlar oldukça artacaktır. Bu nedenle yıkama süresinin kısa olması, en az performans hedefleri, kadar önemlidir. Düşük sıcaklıktaki yıkama programlarının süreleri, yüksek sıcaklıktakilere mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Çamaşır makinasında Jet Sistem teknolojisinin kullanımı ile yıkama performansı artırılarak yıkama süreleri kısaltılabilmektedir. Bu teknoloji ile, yıkama profillerinin belirli aşamalarında ve belirli sürelerde, kazan içerisindeki yıkama suyu devridaim edilerek körük üzerindeki bir nozul aracılığıyla tekrar çamaşırların üzerine püskürtülmekte ve bu sayede çamaşır makinasının yıkama performansı artırılmaktadır.

Bu çalışmada, pamuklu çamaşırlar için 60°C Pamuklu Yıkama Programı'nda elde edilen A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın, Jet Sistem teknolojisine sahip bir çamaşır makinasında, 40°C'de elde edilebilirliği incelenmiş ve bu performans değerlerinin elde edildiği ve 150 dakikadan daha uzun sürmeyen 40°C Pamuklu Yıkama Programı profillerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle, deneysel çalışmaların yapıldığı, Jet Sistem teknolojisi adapte edilmiş bir çamaşır makinası prototipi hazırlanmıştır. Daha sonra çamaşır makinasının optimum yıkama koşullarının belirlenmesi amacıyla; Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi'ne etki eden etmenler ve etki aralıkları belirlenerek deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı ile belirlenen deneyler tamamlanarak deney sonuçları analiz edilmiş ve etmenlerin çıktılar üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen bilgilerle optimizasyon çalışması yapılmış ve ulaşılan sonuçlar değerlendirilerek, A

Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın elde edildiği ve 150 dakikanın altında 40°C Pamuklu Yıkama Programı profilleri oluşturulmuştur. Deney tasarımları, analizler ve optimizasyon çalışması için MINITAB istatistik programı kullanılmıştır.

Üniversite-Sanayi işbirliği çerçevesinde ARÇELİK A.Ş. AR-GE Merkezi'nin desteği ile yapılan bu çalışmanın, İTÜ kütüphanelerinde yer alan kopyalarından, deneysel çalışmalar ve sonuçlar bölümleri, ARÇELİK için ticari sırlar içermesi nedeniyle, tamamıyla çıkarılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Firmaların AR-GE çalışmaları sonucunda elde ettikleri bilgi birikimi, “ticari sır” niteliği taşımakta ve rakip firmalara karşı avantaj sağlamak amacıyla paylaşılmamaktadır. Ticari sırların rakip firmalarla paylaşımı, ancak varılan ticari anlaşmalarla mümkün olmaktadır. Firmalar, bilgi birikimlerini patentlerle koruma altına almakta ve diğer firmaların elde ettikleri bilgileri izinsiz kullanmalarına engel olmaktadır.

Çamaşır makinalarında Jet Sistem’in kullanımı da ticari sır niteliği taşımakta ve bu alanda elde edilen bilgiler paylaşılmamaktadır. Bu nedenle, Jet Sistem’in çamaşır makinalarında kullanımı ile ilgili yapılan kaynak araştırması sonucunda, sadece firmaların aldığı patentlere ulaşılabilmektedir.

Young ve arkadaşları [1], Jet Sistem ile püskürtülen suyun çamaşırlar üzerine birörnek dağıtılmasını sağlayan bir enjeksiyon ünitesi geliştirmişlerdir. Çamaşır makinasının devridaim hortumuna bağlı enjeksiyon ünitesi, bir bağlayıcı ve bir nozülден oluşmaktadır. Nozül çamaşır makinasının körüğü altında yer almaktadır. Bağlayıcı, suyun sızmasını engellemek amacıyla körüğü delmek için kullanılmaktadır. Bağlayıcı üzerindeki çıkıntı, bağlayıcının körüğün altına düşmesine engel olmaktadır. Devridaim hortumundan gelen su, bağlayıcıdan aşağı kısıma akmakta ve nozül tarafından kazan içine dağıtılmaktadır. Bağlayıcı ve nozül tek bir parça olabildiği gibi ayrı parçalar halinde de olabilmektedir. Tek bir parçadan oluşan enjeksiyon ünitesinde, nozül şu kısımlardan oluşmaktadır: üst yatay kısım, düşey kısım ve alt yatay kısım. İki ayrı parçadan oluşan enjeksiyon ünitesinde ise, nozül körüğün bir uzantısı olduğundan, üst yatay kısım bulunmamaktadır. Düşey kısım kazana doğru açılan konveks şeklinde bir orta kısma sahiptir. Alt yatay kısım ise, yukarı doğru açılan konveks şeklinde bir orta kısma, sol ve sağ yönlerde uzanan bir oluğa ve oluktan kazana doğru eğimli bir üst yüzeye sahiptir.

Jet Sistem uygulamasında meydana gelen köpük probleminin giderilmesi ve yıkama performansının artırılması amacıyla, sprej çıkışının belirli bir açıda ve genişlikte sağlanması ile ilgili bir çalışma Neusser [2] tarafından yapılmıştır. Devridaim sisteminin sonunda yer alan ve akışa rehberlik eden eleman, istenilen özellikte bir akışı sağlayacak şekilde karakterize edilmiştir. Rehber eleman, çember yayı şeklinde bir yansıtıcı olarak tasarlanmıştır ve 20-60 derece arasında bir çevresel açıya sahiptir. Rehber elemandan çıkan akış, çıkış noktasında düşeyle 90 derecelik bir açı yapmaktadır ve yelpaze gibi açılmaktadır. Yıkama jeti, kısmen eksenel ve çevresel yönde olmakla birlikte, büyük oranda radyal yönde oluşmaktadır. Bu şekilde yaratılan bir akış, hem çamaşırların daha iyi ıslanmasını sağlayarak yıkama performansını arttırmakta hem de aşırı miktarda oluşan köpüğü patlatarak imha etmektedir.

Namkung ve Ryu [3] tarafından geliştirilen bir devridaim sistemi ile su, alışılmış olandan farklı olarak körük üzerinden değil, tamburun arka panelinin ortasından püskürtülmektedir. Devridaim sistemi bir saklama tertibatından ve bir sprej tertibatından meydana gelmektedir. Saklama tertibatı, pompalanan suyun geçici olarak tutulduğu bir yer olup kazan ile tamburun arasında yer almaktadır. Saklama tertibatının pompa çıkışı ile bağlantısı, kazanın arka panelinin dışında yer alan bir boru ile sağlamaktadır. Sprej tertibatı ise tamburun arka panelinde yer almaktadır ve saklama tertibatı içerisindeki yıkama suyunu tambur içine püskürtmektedir. Yıkama suyu, önce saklama tertibatı ile tamburun arka paneline yönlendirilmekte daha sonra sprej tertibatına ait bir yönlendirici kısımdan ve tamburun arkasındaki açıklıktan geçerek, tamburun arka yüzeyine monte edilmiş bir nozül aracılığıyla çamaşırlar üzerine yollanmaktadır.

Czyzewski ve Schulze [4], Jet Sistemli bir çamaşır makinasının su alma işlemi ile ilgili bir metot geliştirmişlerdir. Jet Sistem ile çamaşırlar üzerine, tambur içerisinde devridaim edilen yıkama suyu değil, dışarıdan alınan taze su püskürtülmektedir. Geliştirilen metotta, su alma işlemi üç aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada deterjansız yıkama suyu, bir nozül aracılığıyla, hareketsiz halde duran tambur içerisindeki çamaşırların üzerine direkt olarak püskürtülmektedir. Bu sayede yıkama işlemi yeterli su alınmadan da başlatılabilmektedir. İkinci aşamada ise deterjan çözeltisi, tambur hareket ederken, kazan ile tambur arasına gönderilmekte ve bu esnada mekanik hareket başlamaktadır. Bu sayede çamaşırların yüksek yoğunluklu

deterjan çözeltisiyle teması engellenmektedir. Deterjanın, su içinde çözünmeden, çamaşırla temas etmesi durumunda çamaşır üzerinde beyaz lekeler oluşabilmektedir. Üçüncü aşamada ise, yine tambur hareket halindeyken, deterjansız su tamamen ıslatma gerçekleşinceye kadar nozül içerisinden çamaşırlar üzerine gönderilmektedir. Çamaşır makinasına beslenen su miktarı, su seviyesinin bir kontrol tertibatı ile denetlenmesiyle ayarlanmaktadır.

Suyun çamaşırlar üzerine farklı noktalardan püskürtülmesiyle ilgili bir çalışma ise Peeter ve arkadaşları [5] tarafından yapılmıştır. Suyun püskürtülmesi amacıyla yağmurlama nozülleri kullanılmaktadır. Bu nozüller kazanın dışında, ön kapağın üstünde, tamburun arka yüzeyinde veya tambur yüzeyindeki kanatlar üzerinde bulunmaktadır. Nozüllerin tamburun arka yüzeyinde veya kanatlar üzerinde bulunması durumunda su beslemesi, şaft içindeki bir su hortumu vasıtasıyla yapılmaktadır. Devridaim hortumu, şaft içindeki hortuma dönen bir kavrama ile bağlanmaktadır.

Jet Sistemli bir çamaşır makinasında su ve deterjan miktarlarının azaltılması ile ilgili bir çalışma Zinkann [6] tarafından yapılmıştır. Çamaşır makinasında Jet Sistem'in kullanılması, su ve deterjan ihtiyacını azaltmaktadır ancak ilave bazı önlemlerle ihtiyaç duyulan miktarlar daha da azaltılabilmektedir. Çamaşır makinasında tambur üstünde yer alan deliklerin sayısı azaltılarak ve çapları küçültülerek, yıkama suyunun neredeyse tamamının yıkamaya katılması ve tambur altında yıkamaya dahil olmayan suyun azalması sağlanmaktadır. Bu sayede çamaşır makinasında kullanılan su ve deterjan miktarı azaltılabilmektedir. Tamburun ön veya arka duvarı üzerinde bulunan açıklıklarla da devridaim hattının susuz kalması önlenmektedir. Devridaim performansı, devridaim hattı içinden taşınan su miktarının, tambur yüzeyindeki delikler içinden gelen su miktarından daha çok olması ile ifade edilmektedir. Yıkama suyu, devridaim hattı üzerinde yer alan bir ani su ısıtıcısı ile ısıtılmaktadır.

Fumagalli [7], Jet Sistemli bir çamaşır makinasında, su miktarının azalması nedeniyle, pompada meydana gelebilecek kavitasyonun önlenmesiyle ilgili bir çalışma yapmıştır. Çamaşır makinasında Jet Sistem'in kullanılması hem yıkama performansını arttırmakta hem de su tüketimini azaltmaktadır. Ancak su miktarının azalması, enerji tüketimlerini azaltmakla birlikte, pompada kavitasyon problemlerine neden olabilmektedir. Fumagalli tarafından geliştirilen yıkama ve durulama

metodunda devridaim esnasında tambur, çamaşırların yzeeye yapışmasını sağlayacak kadar yüksek bir devirde (100-150rpm) döndürülerek kavitasyon problemi önlenmektedir. Tamburun sürekli olarak yüksek devirde döndürülmesi, köpük problemine neden olduğundan, devridaim adımları kısa tutulmuş ve en iyi yıkamayı sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Yıkama metodu iki aşamadan oluşmaktadır. Yıkama metodunun birinci aşamasında su 2 dk. boyunca devridaim edilmektedir ve bu esnada tambur yüksek devirde döndürülmektedir. Devridaim edilen suyun bir kısmı kazanın orta noktasından tambur içine püskürtülmekte, bir kısmı ise deterjan kutusundan geçirildikten sonra tekrar tambura yollanmaktadır. Birinci aşamanın süresi, dağıtıcıdaki deterjanın tamamıyla uzaklaştırılmasına yetecek şekilde ayarlanmıştır. Suyun devridaim edilmediği ikinci aşamada ise tambur, normal bir hızda döndürülmektedir. Durulama metodu da, yıkama metoduna benzer şekilde, iki aşamalı olarak yerine getirilmektedir.

Tanigawa ve arkadaşları [8], geliştirdikleri Jet Sistemli amaşır makinasında, çamaşırlar üzerine püskürtülen yıkama suyuna hava karıştırarak temizleme etkisini arttırmaktadırlar. Hava karışımı ile çamaşır üzerindeki darbe etkisi arttığından temizleme etkisi artmaktadır. Genellikle 1:1 karışım oranı tercih edilmektedir. Bu oran ayar vanası ile değiştirilebilmektedir. Karışım oranı ayarlanarak en iyi temizleme etkisi elde edilmektedir. Püskürtülen sıvı basıncı değiştikçe çamaşırlar üzerindeki darbe etkisi artmaktadır. Bu sayede yıkama sıvısı çamaşırın içine daha iyi nüfuz etmekte ve deterjan etkisi artmaktadır. Ayrıca oluşan basınç farklılıkları nedeniyle yıkama sıvısı içindeki köpüklerin snmesi de temizleme etkisini arttırmaktadır. Nozüller tambur yüzeyinde bulunan kanatlara veya dönme eksenini yönünde sıralanacak şekilde tamburun dışına yerleştirilmektedir. Suyun kanatlar üzerinde bulunan nozllerden püskürtülmesi durumunda, mesafenin kısa olması nedeniyle, çamaşırlar üzerine büyük bir darbe etkisi uygulanmakta ve suyun çamaşırlara çok iyi şekilde nüfuz etmesi sağlanarak deterjan etkisi arttırılmaktadır. Tambur dışındaki sıralı nozllerle ise su, çamaşırlar üzerine birörnek ve etkili bir şekilde dağıtılabilmekte ve bu sayede yıkama etkisi arttırılmaktadır.

Tambur üzerinde yer alan bir dairesel devridaim borusuyla ilgili bir alışma, Poehler ve Schuele [9] tarafından yapılmıştır. Dairesel devridaim borusu, tamburun dış yüzeyinin bir parçası olarak da tasarlanabilmektedir. Bu boru U şeklinde bir kesite sahiptir. Kazana bağlı en azından bir adet besleme hattı içerisinden, dairesel

devridaim borusuna su beslenmektedir. Dairesel boru suyu, kanatlara ve tamburun arka duvarında yer alan kanallara aktarmaktadır. Söz konusu kanatlar ve kanallar boşaltma delikleriyle donatılmıştır. Aktarılan su, bu delikler aracılığıyla, çamaşırlar üzerine eksenel ve radyal su jeti şekline yollanmaktadır.

3. YIKAMA ESASLARI

3.1 Yıkama İşlemi

Yıkama, fiziksel ve kimyasal pek çok etkinin ortak etkileşimini içeren karmaşık bir işlemdir. Yıkama en geniş anlamıyla, suda çözünemeyen kalıntıların su veya yüzey aktif madde çözeltileri ile yüzeyden uzaklaştırılması ve çözünabilen türde kirlerin ise suda çözünmesidir.

Yıkama işleminin birinci adımında kir yüzey üzerinden uzaklaştırılmakta, ikinci adımda ise dağılmış veya moleküler olarak çözünmüş olan kirin yıkama sıvısı içerisinde durağan hale gelmesi sağlanmaktadır. Bu sayede kirin uzaklaştırılmış olduğu lifler üzerine tekrar yerleşmesine engel olunmaktadır.

3.2 Yıkama Performansını Etkileyen Faktörler

Yıkama prosesinin bileşenleri; kir, su, deterjan, tekstil ve yıkama ekipmanıdır [10]. Bu bileşenlerin sahip olduğu özellikler, yıkama işleminin performansını belirlemektedir. Kir tipi, su kalitesi, deterjan bileşimi, tekstil özellikleri ve kullanılan yıkama ekipmanı ile uygulanan yıkama tekniği, yıkama performansını etkileyen faktörlerdir [10].

3.2.1 Kir tipi

Yıkama işlemi esnasında kirin çıkarılmasını sağlayan etmenler; mekanik girdi, yıkama zamanı, yıkama sıcaklığı ve deterjandır. Deterjanın performansı; tekstil yüzeyi, kir ve deterjan bileşenleri arasındaki etkileşimlere bağlıdır [11]. Bu nedenle yıkama işleminde, farklı kir tipleri ile olan etkileşimler göz önünde bulundurulmaktadır. Kir tipi, yıkama performansını etkileyen faktörlerden birisidir.

Kirlerin kimyasal açıdan sınıflandırılması ve her bir kir tipi için örnekler Tablo 3.1’de verilmektedir.

Tablo 3.1: Kirlerin Kimyasal Açıdan Sınıflandırılması [10]

Kir Tipi	Kir Tipi Örneği
Suda çözünen kirler	İnorganik tuzlar, şeker, üre ve ter
Pigmentler	Metal oksitler, karbonatlar, silikat, humus, is ve kurum
Yağlar	Hayvansal yağlar, bitkisel yağlar, vücut yağı, mineral yağlar ve mum
Proteinler	Kan, yumurta, süt ve derideki kalıntılar
Karbonhidratlar	Nişasta
Ağartılabilir boyalar	Meyve, sebze, şarap, kahve ve çay

Tekstilden çıkması en zor olan kirler pigmentlerdir. Yağların, doğal niteliklerini kaybetmiş proteinlerin ve bazı ağartılabilir boyaların çıkarılması da oldukça zordur [12].

3.2.2 Su kalitesi

Yıkama prosesi, kirli çamaşırların ıslatılması ve suyun çamaşırlara nüfuz etmesi ile başlamaktadır. Su hem deterjan için hem de kir içerisindeki çözünebilir tuzlar için bir çözücü vazifesi görmektedir, bununla beraber çözünmüş ve koloit haldeki kir bileşenleri için taşıyıcı bir ortamdır.

Su kalitesi, hem yıkama prosesi ve hem de kullanılan yıkama ekipmanı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düşük kalitedeki su, yıkama prosesini zayıflatmakta ve çamaşır makinalarına zarar vermektedir. Su içerisinde bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonlarının miktarı, suyun sertlik derecesini belirlemektedir. 1mmol/l kalsiyum sertliği, litre başına 40,08mg kalsiyum iyonuna denk gelmektedir [10]. Yüksek sertlik dereceleri, pigment kirlerinin temizlenmesini engellemektedir. Su içindeki kalsiyum ve magnezyum iyonları, karbonatlar şeklinde veya deterjan içerisindeki maddelerle oluşturulan çözülmeyen bileşikler şeklinde çökelmeye meyillidirler. Bu çökeltiler, çamaşırlar üzerinde tortular oluşturabildiği gibi, çamaşır

makinası komponentleri üzerinde de birikebilmekte ve onların işleyişini engelleyebilmektedir [13]. Su içinde bulunan demir, bakır ve manganez iyonları da beyazlatıcıların bozulmasını hızlandırarak yıkamayı kötüleştirmektedir [10].

Suyun yüzey gerilimi çok yüksektir (72mN/m) [10]. Yıkanaacak tekstillerin ıslatılma işlemi, ancak suyun yüzey geriliminin yüzey aktif maddeler (YAM) ile düşürülmesiyle hızlı ve efektif bir şekilde gerçekleşmektedir [11]. Yüzey aktif maddeler, deterjanların temel bileşenleridir.

3.2.3 Deterjan bileşimi

Yıkama işleminde merkezi bir role sahip olan deterjanlar, farklı yapılardaki kimyasal maddelerden oluşan kompleks bir formüle sahiptir. Bu maddeler 4 ana başlık altında incelenebilir: Yüzey aktif maddeler, Yapıcı maddeler, Ağartıcı maddeler ve Yardımcı maddeler [11].

Yüzey aktif maddeler, en önemli deterjan bileşenidir. Bu maddeler bulundukları ortamın yüzey ve ara yüzey gerilimlerini düşürerek kiri yüzeyden uzaklaştırmakta ve kirin yapısına bağlı olarak yıkama çözeltisi içerisinde emülsiyon veya kolloidler oluşturmaktadır. Yüzey aktif maddelerden; çok iyi kir çıkarma, kirin yüzeyde tekrar birikmesini önleme, su sertliğine düşük duyarlılık, yüksek çözünürlük, uygun köpük karakteristiği ve yeterli ıslanma gücü gibi özellikler beklenmektedir.

Yapıcı maddeler ise deterjan aktivitesini desteklemektedir ve su, kir veya tekstilden gelen sertlik iyonlarını yok ederek yıkama suyunu yumuşatmaktadır. Ağartıcı maddeler, doğal ve sentetik pigmentleri; kimyasal, mekanik veya fiziksel yolla parçalayarak ağartılabilir kirleri temizlemektedir. Tekstil yıkama prosesinde oksijen ve klor bazlı olmak üzere iki tip ağartıcı kullanılmaktadır. Oksijen bazlı ağartıcılar toz deterjanların bileşenidir. Klor bazlı ağartıcılar ise kimyasal yapıları gereği toz deterjanların bileşeni olamazlar; yıkama veya durulama adımı deterjandan ayrı olarak kullanılabilirler.

Bu üç bileşen dışında deterjan içerisinde; enzimler, kirin tekrar birikmesini önleyen katkıları, köpük düzenleyiciler, korozyon engelleyiciler, flüoresan beyazlatıcı katkıları, esanslar, boyalar, dolgu malzemeleri vb. gibi yardımcı bileşenler de bulunmaktadır.

Tablo 3.2’de çamaşırlar için kullanılan deterjanlar için, bileşenlerin yüzdesel dağılımı verilmektedir.

Tablo 3.2: Çamaşırlar İçin Kullanılan Deterjanların Bileşimi [14]

Bileşen	Otomatik amaşır Makinası Deterjanı (%)	amaşır Deterjanı (%)
Anyonik - Yüzey Aktif Maddeler	8-12	15-25
Noniyonik - Yüzey Aktif Maddeler	5-11	0-5
Yapıcı Maddeler	30-45	25-40
Ağartıcılar	15-25	0-5
Dolgu Malzemeleri	5-10	15-30
Yardımcı Maddeler	3-8	0-3

3.2.4 Tekstil özellikleri

Tekstil ürünleri içerisindeki lif tipi, tekstilin ıslanabilirliği ve kirin temizlenme miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Lif tipi, deterjanın kiri yüzeyden uzaklaştırma kabiliyetini etkilemektedir [10].

Tekstil ürünleri, yüksek sıcaklık ve etkin mekanik harekete karşı eşit miktarda dayanıklı değildir. Bu nedenle uygun yıkama koşulları her tekstil ürünü için değişmektedir. Kullanılan boya türü ve tekstile uygulanan sonlandırıcı işlemler de optimum yıkama koşullarının belirlenmesinde göz önünde bulundurulmaktadır.

3.2.5 Yıkama tekniğı

Yıkama ekipmanı tarafından uygulanan yıkama tekniğı; mekanik girdinin türü ve miktarı, yıkama zamanı ve yıkama sıcaklığı bileşenlerinden oluşmaktadır. Mekanik girdi ile tekstil ürünleri üzerinde itileme etkisi yaratılmaktadır. Yıkama süresi, yıkama işlemi üzerinde etkili tüm parametrelerin uygulanma süresini belirlemektedir. Yıkama sıcaklığı ise, temizleme reaksiyonunun hızını ve deterjan bileşenlerinin aktivasyonunu etkilemektedir.

3.3 Çamaşır Makinası

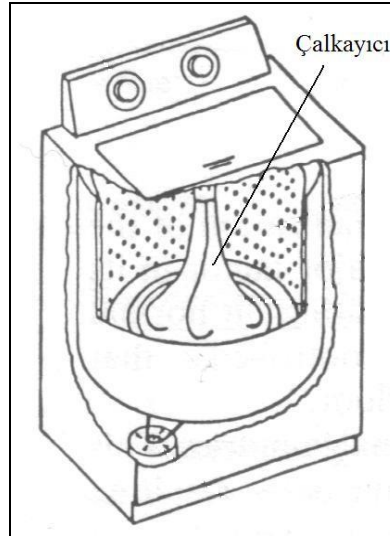
Yıkama ekipmanı olarak da adlandırılan çamaşır makinaları, tekstillerin su ile yıkama ve durulama işlemlerini gerçekleştiren, tercihen sıkma işlemi de yapabilen cihazlardır. Aşağıda farklı tipteki çamaşır makinaları için detaylı bilgiler verilmektedir, ayrıca çamaşır makinalarında Enerji Etiketı uygulaması ile ilgili hususlar aktarılmaktadır.

3.3.1 Çamaşır makinası tipleri

Çamaşır makinaları; alkayıcılı, Pervaneli ve Yatay Tamburlu olmak üzere üç tiptir. ABD’de, Güney Amerika’da ve Asya’da Çalkayıcılı veya aynı türden olan Pervaneli amaşır makinaları; Avrupa’da ise Yatay Tamburlu amaşır makinaları yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.3.1.1 alkayıcılı amaşır makinaları

alkayıcılı amaşır makinalarında çamaşırlar, düşey eksenli metal bir kazan içerisinde yer alan bir tambur içerisinde yıkanmaktadır ve yıkama suyu içerisine tamamen batırılmaktadır. Bu makinalarda mekanik girdi, Şekil 3.1’de de görölen düşey olarak yerleştirilmiş bir alkayıcının kendi eksenı etrafında dönmesiyle sağlanmaktadır.



Şekil 3.1: alkayıcılı amaşır Makinası [10]

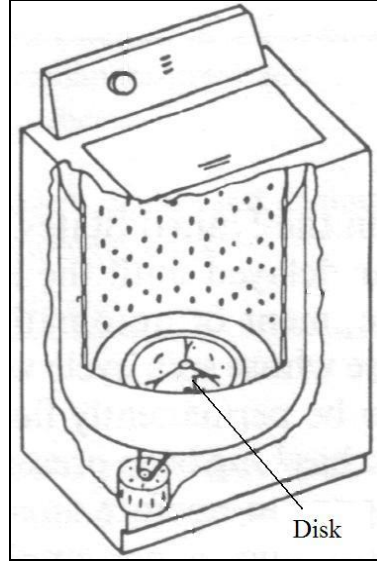
Çalkayıcılı çamaşır makinaları, biri sıcak diğeri soğuk olmak üzere iki adet su girişine sahiptir. Bu makinalarda ısıtıcı bulunmamaktadır. Seçilen sıcaklık değeri, sıcak ve soğuk suyun otomatik olarak karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Yıkama suyunun seviyesi, yıkanacak çamaşırların tipine ve miktarına göre ayarlanmaktadır.

Makina üreticileri, deterjan ve çamaşırların sepet içerisine suyun beslenmesinden önce birörnek yerleştirilmesini önermektedir. Çamaşır makinasına su beslendikten sonra çalkayıcı devreye girmekte ve çamaşırlar çalkayıcının kollarının ritmik hareketi ile yıkanmaktadır. Uygulanan mekanik etki, çalkayıcı hızı ve yıkama süresinin değiştirilmesiyle ayarlanmaktadır.

Yıkama çevriminin sona ermesi ile yıkama sıvısı tahliye edilmektedir. Daha sonra bir seri sıkma işlemi ve sprej durulama işlemi yerine getirilmektedir. Sprej sıkma işlemi esnasında, deterjanı uzaklaştırmak amacıyla çamaşırlar üzerine soğuk su püskürtülmektedir. Kısa bir durulama işlemi için kazan tekrar suyla doldurulmaktadır. Bu suyun tahliye edilmesinin ardından yapılan son sıkma işlemi ile proses sona ermektedir.

3.3.1.2 Pervaneli çamaşır makinaları

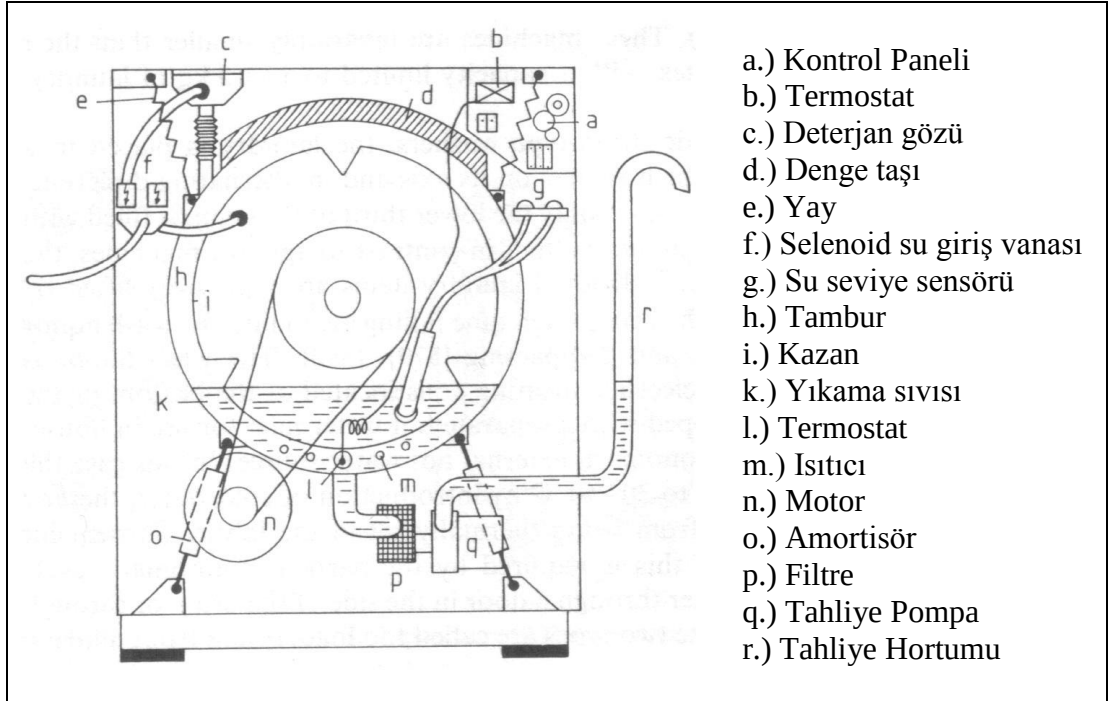
Pervaneli çamaşır makinalarında çamaşırlar, Çalkayıcılı çamaşır makinalarındaki gibi, düşey eksenli metal bir kazan içerisinde yer alan bir tambur içerisinde yıkanmaktadır ve yıkama suyu içerisine tamamen batırılmaktadır. Bu makinalarda da ısıtıcı bulunmamaktadır. Yıkama işlemi musluk suyu sıcaklığında yapılmaktadır. Yıkama çevrimleri, yıkama suyunun birden fazla kullanımına izin verecek şekilde ayarlanmıştır. Bu makinalarda mekanik girdi, Şekil 3.2’de de görülen tabana yerleştirilmiş dönen bir disk ile sağlanmaktadır. Pervaneli çamaşır makinalarında en önemli değişkenler, su seviyesi ve mekanik etkinin boyutudur. Yıkama zamanı, çamaşırların kirlilik derecesine göre ayarlanmaktadır.



Şekil 3.2: Pervaneli Çamaşır Makinası [10]

3.3.1.3 Yatay tamburlu çamaşır makinaları

Yatay Tamburlu çamaşır makinalarında çamaşırlar, yatay olarak yerleştirilmiş delikli bir tambur içerisine yıkanmaktadır ve yıkama suyu içerisine kısmen batırılmaktadır. Şekil 3.3’de bir yatay tamburlu çamaşır makinasının komponentleri görülmektedir.



Şekil 3.3: Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası [10]

Bu makinalarda yıkama sıvısı bir ısıtıcı aracılığı ile ısıtılmaktadır. Bazı makinalarda sıcak su ihtiyacı ayrı bir sıcak su girişiyle ekonomik olarak sağlanabilmektedir.

Mekanik girdi ise tambur kendi ekseninde farklı yönlerde dönmesiyle sağlanmaktadır. Çamaşırlar, tambur içerisinde yer alan kollar ile tambur içerisinde tekrar tekrar yukarı çıkarılmakta ve yıkama sıvısı içerisinde düşürülmektedir. Bu sayede çamaşırlar suya bastırılmakta ve çamaşırlar üzerinde çitileme etkisi yaratılmaktadır.

Yatay Tamburlu çamaşır makinalarında farklı tekstil türlerine uygun birçok yıkama programı bulunmaktadır. Yıkama öncesinde ilk başta ön yıkama yapıp yapılmayacağına karar verilmektedir. Deterjan dağıtıcıdaki özel bir bölme sayesinde son durulama esnasında yıkama ortamına yumuşatıcı madde eklenebilmektedir. Ayrıca bazı makinalarda yer alan dördüncü bir bölme sayesinde, ikinci durulama esnasında beyazlatıcı madde eklenmektedir.

Çamaşırların yıkanması için uygun bir yıkama programının seçimi önemlidir. Bazı makinalarda programın seçimi ve yıkama sıcaklığının seçimi ayrı ayrı yapılmaktadır, bazılarında ise ikisi aynı anda seçilmektedir. Kontrol panellerindeki ekran aracılığıyla, kullanıcı ile iletişim halinde olan makinalar da mevcuttur. Bu ekran sayesinde yıkanacak çamaşırların miktarı ve türü, kirlilik dereceleri ve kullanıcının özel istekleri makinalara aktarılmaktadır. Makinalara bütün parametrelerin girilmesiyle, kontrol sisteminin su ve elektrik tüketimini minimize etmesi sağlanmaktadır.

Yatay Tamburlu çamaşır makinalarının büyük çoğunluğu, çok düşük fiyat kategorisinde olanlar dışında, zaman değil sıcaklığa dayalı bir anahtar sistemine sahiptirler. Bu sayede istenen sıcaklık değerine ulaşılması garanti edilmiştir. Isıtma süresi, dolayısıyla program süresi; su miktarına, giriş suyu sıcaklığına ve çevre sıcaklığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Zaman esaslı anahtar mekanizmasında bu faktörler göz önünde bulundurulmadığından su sıcaklığı düzgün bir şekilde ayarlanamayabilmektedir.

Çamaşırlar makinanın tipine göre, makinalara kazanın ön kısmındaki açıklıktan (önden yüklemeli çamaşır makinaları) veya yan tarafındaki bir kapıdan (üstten yüklemeli çamaşır makinaları) yüklenebilmektedir.

Yatay Tamburlu çamaşır makinalarında deterjan için bir dağıtıcı bulunmaktadır. Önden yüklemeli çamaşır makinalarında dağıtıcı makinanın ön tarafında bulunmaktadır ve bir çekmece olarak tasarlanmıştır. Üstten yüklemeli çamaşır

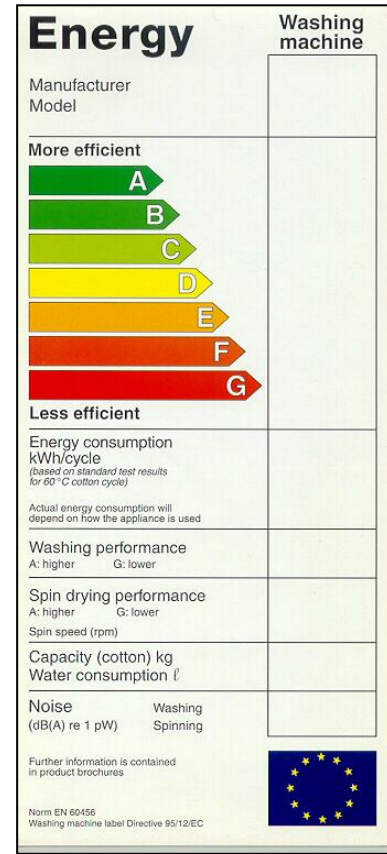
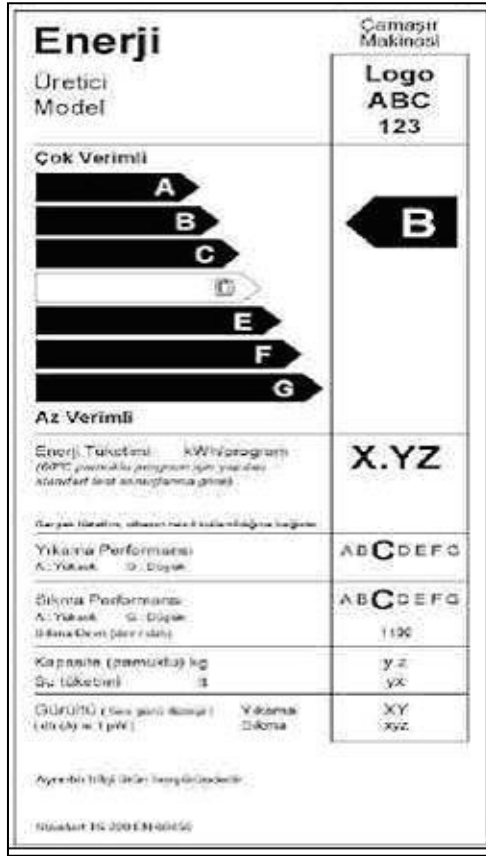
makinalarında ise dağıtıcı, makinanın üstünde bulunan kapağın altına yerleştirilmiştir.

3.3.2 Çamaşır makinalarında enerji etiketi uygulaması

Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komisyonu (CENELEC - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) tarafından geliştirilen Enerji Etiketi, Avrupa Birliği ülkelerinde ev tipi cihazlarda enerji tasarrufunu sağlamak ve çevre kirliliğini en aza indirmek amacıyla, 2000 yılından beri yürürlükte olan bir uygulamadır. Bu uygulama, ülkemizde ise 2003 yılında yürürlüğe girmiştir [12].

Enerji Etiketi üzerinde cihazın enerji tüketim seviyelerini gösteren A 'dan (en düşük) G 'ye (en yüksek) kadar kodlanmış renkli bloklar bulunmaktadır. Cihazlar üzerinde yer alan bu etiket sayesinde tüketiciler, cihazların tüketim ve performans değerleri konusunda doğru bilgiler edinebilmekte ve enerjiyi daha verimli kullanan cihazları tercih edebilmektedirler.

Şekil 1.4'te de görüldüğü gibi çamaşır makinası Enerji Etiketi üzerinde cihazın enerji performansı, çevrim başına enerji tüketimi değeri, yıkama performansı, sıkma performansı, çamaşır kapasitesi, su tüketimi değeri ve gürültü seviyesi bilgileri yer almaktadır [16].



Şekil 3.4: Çamaşır Makinası Enerji Etiketleri [15,16]

Enerji Etiketleri üzerindeki tüketim ve performans değerleri, “EN 60456 Çamaşır Makinası Performans Ölçüm Metotları” standardına uygun olarak yapılmış testler sonucunda belirlenmektedir. Bu testler, ön yıkamasız pamuklu 60°C programında; özel hazırlanmış leke şeritleri ve yaşı, cinsi ve yükleme şekli standartta belirlenmiş olan pamuklu yük ile; IEC-A tipi standart deterjan kullanılarak yapılmaktadır [17]. Pamuklu yük; çarşaf, yastık kılıfı ve el havlusundan oluşmaktadır. Leke şeritleri, standartta belirtilen üreticilerden (EMPA, WFK) temin edilmektedirler ve Şekil 1.5’te görüldüğü gibi dört farklı leke tipi (kan, şarap, kakao ve karbon siyahı/mineral yağ) içermektedirler [17].



Şekil 3.5: Standart Leke Şeridi

Yıkama performansı sınıfının tespit edilebilmesi için, renk ölçüm cihazı ile, leke şeritleri üzerindeki farklı tipteki lekelerin yansıtma değerleri ölçülmektedir. Bu işlem, yıkama işleminde kullanılan her bir leke şeridi için yapılarak her bir leke tipinin ortalama yansıtma değerleri hesaplanmaktadır. Ortalama yansıtma değerleri toplanarak da çamaşır makinasının o çevrim için yıkama performansı değeri hesaplanmaktadır. Beş çevrim sonunda hesaplanan yıkama performanslarının ortalaması ise, çamaşır makinasının yıkama performansı değerini vermektedir. Yıkama performansı değeri referans makinanınkiyle oranlanarak yıkama performansı indeksi belirlenmektedir [17]. Bu indeksin aldığı değere göre de makinanın yıkama performansı sınıfı tespit edilmektedir.

Çamaşır makinasının enerji performansı sınıfı ise, cihazın birim çamaşır yükü başına harcadığı toplam enerjiye göre belirlenmektedir. Sıkma işlemi sonunda çamaşır üzerinde kalan suyun ağırlığının, çamaşırların kuru yük ağırlığına oranı ile de çamaşır makinasının sıkma performansı tespit edilmektedir [17]. Her bir performans sınıfı için değer aralıkları Tablo 1.3'te verilmiştir.

Referans makina olarak Wascator ticari çamaşır makinası kullanılmaktadır. Bu makina 5kg. yıkama kapasitesine sahiptir, tambur hacmi 65 lt.dir, 100 lt. su tüketmektedir ve enerji tüketimi 1.8 kW-saat'tır.

Testlerde kullanılan su 15°C sıcaklığa, 2.5 mmol/lt sertliğe ve 7.5 pH derecesine sahiptir. Testlerin yapıldığı ortamın havası ise 23 °C ve %55 bağıl neme sahip olacak şekilde şartlandırılmaktadır [17].

Tablo 3.3: Performans Sınıfları [16]

Performans Sınıfı	Özgöl Enerji Tüketimi [kW-saat/kg]	Yıkama Performansı İndeksi	Sıkma Verimi
A	$C \leq 0.19$	$P > 1.03$	$D < \%45$
B	$0.19 < C \leq 0.23$	$1.03 \geq P > 1.00$	$\%45 \leq D < \%54$
C	$0.23 < C \leq 0.27$	$1.00 \geq P > 0.97$	$\%54 \leq D < \%63$
D	$0.27 < C \leq 0.31$	$0.97 \geq P > 0.94$	$\%63 \leq D < \%72$
E	$0.31 < C \leq 0.35$	$0.94 \geq P > 0.91$	$\%72 \leq D < \%81$
F	$0.35 < C \leq 0.39$	$0.91 \geq P > 0.88$	$\%81 \leq D < \%90$
G	$0.39 < C$	$P < 0.88$	$\%90 \leq D$

Günümüzde Enerji Etiketlemesi'nin; değişen kullanıcı alışkanlıkları, deterjan ve tekstil teknolojisindeki gelişmeler göz önünde bulundurularak; 60°C yerine 40°C Pamuklu Yıkama Programı ile yapılması gündeme gelmektedir. Bu sayede çamaşır makinalarının enerji tüketim değerleri daha da azaltılabilecektir. Yeni değerlendirme standartları henüz belirli değildir. Geçici bir düzenleme olarak, A Enerji Performansı'ndan %10 daha az enerji tüketen, yani özgöl enerji tüketimi 0,17 kW-saat/kg'ın altında olan, cihazlar için A+ Enerji Performansı sınıfı tanımlanmıştır [12].

4. JET SİSTEM

4.1 Çamaşır Makinalarında Yeni Teknolojiler

Çamaşır makinası üreticileri, AR-GE çalışmalarında, cihazların performans değeriinin iyileştirilmesi ve tüketim değeriinin azaltılması amacıyla yeni teknolojilerin geliştirilmesini hedeflemektedir. Bu teknolojik gelişmeler, çamaşır makinalarında geleneksel yıkama yöntemlerinden farklı olarak alternatif yıkama yöntemlerinin kullanılmasıyla ilgili olabildiğı gibi, geleneksel yıkama yönteminin kullanıldığı makinalarda yıkama profilleri veya yapısal esaslı yeniliklerin ve iyileştirmelerin yapılmasıyla da ilgili olabilmektedir.

Çamaşır makinalarında alternatif yıkama metotlarının kullanılması, üreticilerin uzun vadeli hedefleri arasındadır. Alternatif yıkama metotları kullanılarak çamaşır makinalarında yıkama kimyası, mekanik girdi ve yıkama sıcaklığı gibi temel yıkama parametrelerinin yerini alacak veya bunların kullanımını azaltacak alternatif özümleler aranmaktadır [18]. Elektrolizle yıkama, elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkama, ozonla yıkama, karbondioksitle yıkama, buharla yıkama, ultrasonik yıkama, vakumlu yıkama ve seramik toplanla yıkama, çamaşır makinalarında kullanılması hedeflenen belli başlı alternatif yıkama metotları arasındadır.

Geleneksel yıkama yönteminin kullanıldığı makinalar için yıkama profili veya yapısal esaslı yenilikler ve iyileştirmelerin yapılması ise üreticilerin AR-GE çalışmalarının kısa vadeli ve birincil hedefini oluşturmaktadır.

Yeni yıkama profillerinin oluşturulması veya mevcut profillerin iyileştirilmesi amacıyla; çamaşır makinasının yıkama, durulama ve sıkma performansı ve enerji tüketimi üzerinde etkili yıkama parametreleri ve bunların seviyeleri belirlenerek deney tasarımları yapılmaktadır. Deney tasarımları ile belirlenen deneylerin tamamlanmasıyla elde edilen sonuçlar analiz edilerek optimum yıkama profilleri oluşturulmaktadır. İncelenen yıkm parametreleri arasında, çamaşır makinasıyla ilgili

olan temel yıkama parametrelerinin (mekanik girdi, yıkama sıcaklığı ve yıkama zamanı) yanı sıra, Jet Sistem gibi, makinaya adapte edilen yeni bir uygulamanın kullanımı ile ilgili koşullar da yer almaktadır. Bu sayede söz konusu yeni uygulamanın yıkama profili içerisindeki kullanımı, diğer parametrelerle birlikte, optimum sonuçlara ulaşılmasını sağlayacak şekilde ayarlanmaktadır.

Köpük oluşumunu engelleyici ve köpük giderici yıkama profillerinin oluşturulması da profili esaslı çalışmalar arasında sıralanabilmektedir. Yıkama adımı aşırı köpük varlığı yıkama etkinliğini azaltmaktadır [19]. Sıkma adımı köpüğün artmasıyla motorda ilave yük oluşmaktadır [19]. Bunun sonucunda aşırı ısınma meydana gelmekte ve motorun ömrü kısalmaktadır. Köpük deterjanın çamaşırdan uzaklaştırılmasını zorlaştırmakta ve bu nedenle durulama sayısında artışa neden olmaktadır. Üreticiler köpüğün bu olumsuz etkisini göz önüne alarak, köpük oluşmayan yıkama profilinin oluşturulması veya yıkama adımı oluşan köpüğün profil içerisinde yok edilmesi amacıyla profil çalışmaları yapmaktadır.

Geleneksel yıkama yönteminin kullanıldığı makinalar için geliştirilen belli başlı yapısal yenilikler ve iyileştirmeler arasında ise şunlar sıralanabilir: çamaşır makinasının akıllı kontrolü, ısı transferinin iyileştirilmesi ve ısı kayıplarının azaltılması, top vana sistemi, klape sistemi ve jet sistem.

Akıllı kontrol ile, yıkama prosesi için gerekli bilgiler, kullanıcı tarafından tanımlanmasına gerek kalmadan, cihaz tarafından algılanarak en uygun yıkama programı otomatik olarak belirlenmekte ve programın işleyişi esnasında değişen koşullara bağlı olarak yıkama işlemine müdahale edilmektedir [20]. Çamaşır makinalarının akıllı kontrolü sensörler aracılığıyla yapılmaktadır. Örneğin, ağırlık sensörü ile çamaşır ağırlığı ve türü tespit edilerek kullanılacak su miktarı ve yıkama programı belirlenmektedir; yıkama prosesi esnasında optik sensör ile kir ve köpük seviyeleri belirlenerek de yıkama profili ve durulama profili değiştirilmektedir.

Çamaşır makinasında ısı transferinin iyileştirilmesi için, ısıtıcının tipinin ve yerinin değiştirilmesiyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Isıtıcıların alışılan aksine kazan dışına yerleştirilmesiyle, ısı geçiş yüzeylerinin iplik vb. gibi kalıntılarla kaplanmaması nedeniyle, ısı transferinin iyileşeceği iddia edilmektedir [21]. Kazandan çevre ortama olan ısı kayıplarının azaltılması için ise kazanın dış

yüzeyinin yalıtılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Çamaşır makinalarında, ısı değiştiricilerinin kullanımıyla, tahliye edilen suyun atık ısısından yararlanılarak enerji tüketimi azaltılabileceği ifade edilmektedir [21]. Bunun yanı sıra, motor ısısının suyun ön ısıtması için kullanılması gibi, yardımcı ısıtma yöntemleri ile de çamaşır makinasında ısıtma için harcanan toplam enerji miktarı azaltılabildiği öne sürülmektedir [21].

Top vana veya klape sistemi, enerji tüketiminin en aza indirilmesi amacıyla, kazan ile pompa haznesindeki suyun temasını kesmektedir. Bu sayede, yıkamaya katılmayan su miktarının azaltıldığı ve bu hacimdeki suyun gereksiz yere ısıtılmasının önüne geçildiği ifade edilmektedir [12]. Bu sistemler ile deterjanın bir kısmının, yıkama işleminin başlangıcında, pompa haznesine kaçmasının engellenmesiyle de yıkama performansının artırıldığı iddia edilmektedir [12].

Jet Sistem olarak adlandırılan uygulamada ise yıkama veya durulama suyu, bir nozül aracılığıyla, direkt olarak çamaşırlar üzerine püskürtülmektedir. Bu sistem sayesinde yıkama ve durulama performansı artırıldığı öne sürülmektedir [22]. Bu sistemle ilgili kaynak araştırması sonucunda elde edilen detaylı bilgiler sonraki bölümde verilmektedir.

4.2 Çamaşır Makinalarında Jet Sistem Uygulaması

Çamaşır makinalarıyla ilgili bilgi birikimi, çoğunlukla üretici firmaların AR-GE çalışmaları sonucunda elde edilmiştir ve “ticari sır” niteliği taşımaktadır. Oluşturulan bilgi birikimi, rakip firmalara karşı avantaj sağlamak amacıyla paylaşılmamaktadır ve patentlerle koruma altına alınmaktadır. Jet Sistem’in çamaşır makinalarında kullanımı da ticari sır niteliği taşımakta ve paylaşılmamaktadır. Bu nedenle, Jet Sistem ile ilgili yapılan kaynak araştırması sonucunda elde edilen bilgilere çoğunlukla patentlerden ulaşılmıştır.

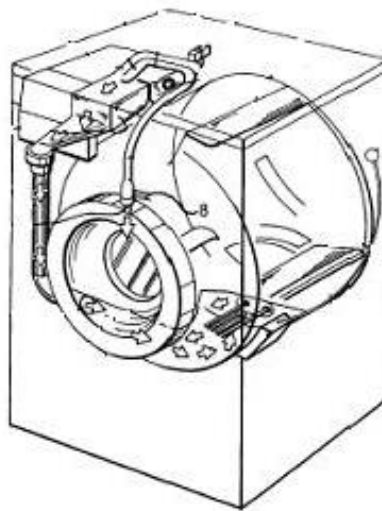
Bu çalışma kapsamında yapılan deneysel çalışma sonucunda, Yatay Tamburlu çamaşır makinaları için optimum yıkama profilleri oluşturulmuştur. Bu nedenle bu kısımda, Jet Sistem’in Yatay Tamburlu çamaşır makinalarındaki kullanımı ile ilgili patentlerden elde edilen bilgilere yer verilmiştir.

Jet Sistem, amaşır makinasında kazan içerisinde yer alan yıkama veya durulama suyunun bir kısmının devridaim edilerek, bir nozül aracılığıyla, çamaşırların üstüne doğru püskürtülmesini sağlayan bir teknolojidir [22]. şekil 1.1’de bu teknolojinin kullanıldığı bir çamaşır makinası görülmektedir. Yıkama profilinin istenilen adımlarında uygulanılabilen bu sistem sayesinde çamaşır makinasının yıkama ve durulama performansı arttırıldığı ne sürülmektedir [22].



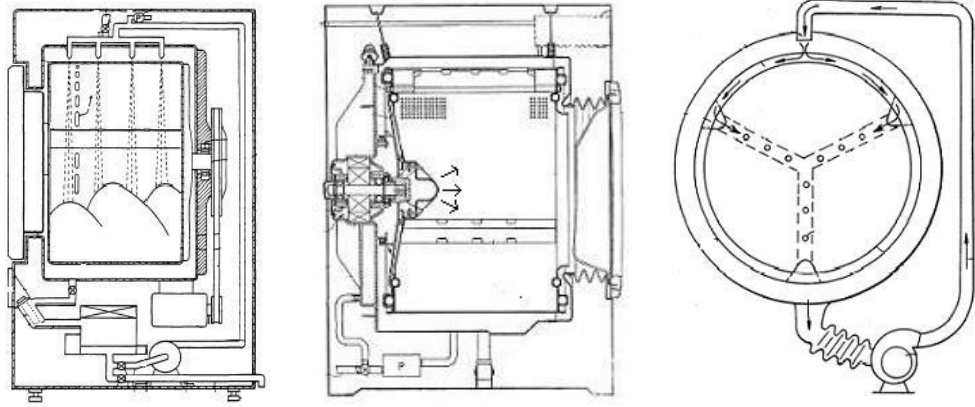
şekil 4.1: Jet Sistemli amaşır Makinası

şekil 1.2’de de görüldüğü gibi, devridaim edilen su yerine, dışarıdan alınan taze su da direkt olarak pskrtlebilmektedir.



şekil 4.2: Devridaimsiz Jet Sistem [4]

Püskürtme işlemi genellikle körük üzerindeki bir nozülde yapılmaktadır. Ancak Şekil 1.3'te de görüldüğü gibi bu işlem, tamburun dışından, tamburun arka yüzeyinden veya tamburun yan yüzeyinde yer alan kanatlar üzerinden, bir veya daha çok noktadan da yapılabilir.



Şekil 4.3: Farklı Nozül Konumları [3, 8, 9]

Jet Sistem, çamaşır makinasında su akımından kaynaklanan sürtünme etkisini artmaktadır [1]. Devridaim edilen suyun çamaşırlar üzerine yüksek basınçta yollanması, çamaşırlar üzerindeki mekanik etkiyi arttırmaktadır [5]. Yatay tamburlu çamaşır makinalarında, çamaşırların tambur içerisinde yukarıdan aşağıya düşüşüyle meydana gelen darbe etkisi ve tamburun dönmesiyle meydana gelen su akımından kaynaklanan sürtünme etkisi ile, çamaşırlar üzerinde mekanik etki yaratılmakta ve bu sayede kirlerin yüzeyden uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Jet Sistem, çamaşırlar üzerindeki mekanik etkiyi artırması nedeniyle, Yıkama Performansı'nı arttırmaktadır. Püskürtülen suyun basıncı arttıkça çamaşır üzerindeki mekanik etki artmakta ve su çamaşırlara daha da iyi nüfuz etmektedir. Böylece deterjan etkisi arttırılmaktadır [8]. Jet Sistem, yıkama performansının yanı sıra, durulama performansını da arttırmaktadır. Çamaşırlar üzerine püskürtülen durulama suyu, lifler arasına çok iyi nüfuz ederek deterjan kalıntılarını etkili bir şekilde uzaklaştırmaktadır [7].

Jet Sistem sayesinde çamaşırlar daha hızlı ıslanmaktadır ve dolayısıyla makina daha hızlı su almaktadır. Bu nedenle, yıkama profiline bağlı olarak, su alma işlemi yıkama için belirlenen süre içerisinde gerçekleşiyorsa, fiili olarak yıkama yapılan süre arttığından, yıkama performansı da artmaktadır [1]. Ancak yıkama için

belirlenen süre su alma işlemini kapsamıyorsa, fiili olarak yıkama yapılan süre değişmemekte, toplam program süresi kısalmaktadır [4].

Suyun devridaim edilerek çamaşırların üzerine püskürtülmesiyle çamaşırların iyi bir şekilde ıslanması sağlanmaktadır. Bu sayede yıkama için gerekli su miktarı ve dolayısıyla ısıtma için harcanan enerji miktarı azalmaktadır [23]. Bu sistem ile durulama işleminde ihtiyaç duyulan su miktarı da azaltılmaktadır [7]. Çamaşır makinası su tüketim değerlerinin düşmesi, çamaşır makinasının çevre üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılması açısından önem taşımaktadır [2]. Jet Sistem'in kullanılmasıyla suyun çamaşırlara daha iyi nüfuz etmesi, ihtiyaç duyulan su miktarının yanı sıra deterjan miktarını da azaltmaktadır [6].

Yıkama suyunun devridaim edilmesi, deterjanın çözünürlüğü arttırdığından çamaşır makinasının yıkama performansını da arttırmaktadır [3]. Öte yandan devridaim işlemi, çamaşır makinasında tahliye çıkışına ve pompa haznesine çöken ve bu nedenle yıkamaya dahil olamayan deterjanın yeniden yıkamaya dahil edilmesini sağlamaktadır.

Jet Sistem ile suyun devridaim edilmesi köpük oluşumunu arttırmaktadır. Aşırı köpük yıkama performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Devridaim sistemi tasarımlarında köpük oluşumunu engelleyici tedbirler alınmalıdır. Devridaim edilen suyun çamaşırlar üzerine yelpaze gibi açılarak püskürtülmesi, hem çamaşırların daha iyi ıslanarak yıkama performansının arttırılmasını sağlamaktadır hem de oluşan köpüklerin imha edilmesini sağlamaktadır [2].

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Günümüzde çamaşır makinalarının enerji tüketimini daha da azaltmak amacıyla, Enerji Etiket testlerinin 60° yerine 40°C Pamuklu Yıkama Programı ile yapılması eğilimi söz konusudur. Değişen kullanıcı alışkanlıkları ile deterjan ve tekstil teknolojisindeki gelişmeler bu eğilimin ortaya çıkmasına ön ayak olmuşlardır.

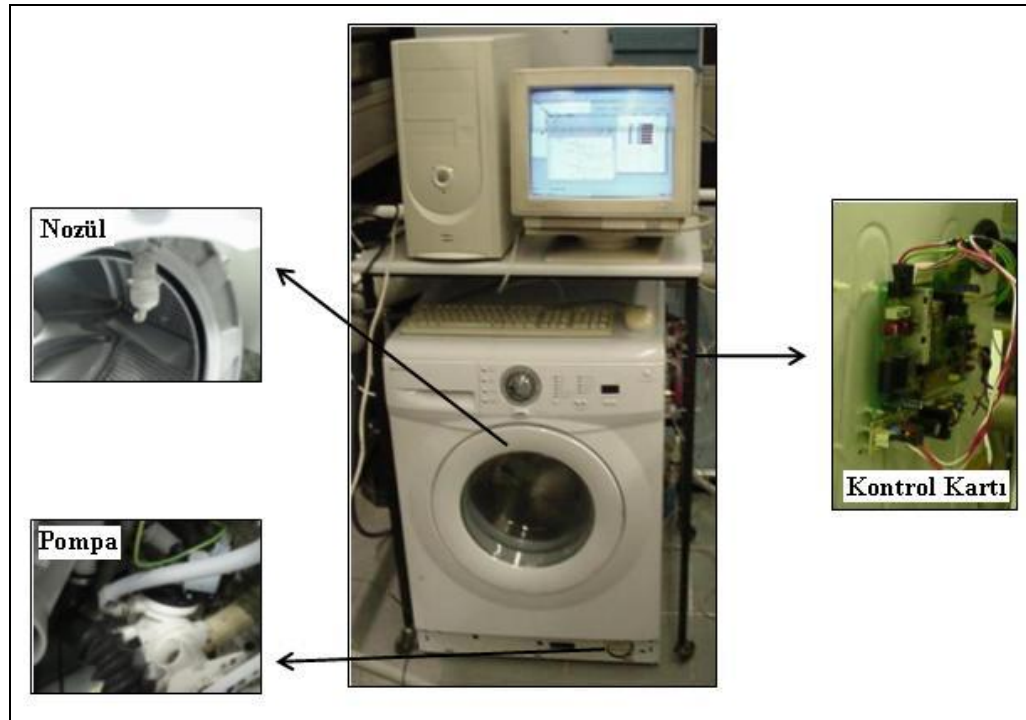
Yıkama sıcaklığı, hem enerji tüketimi için hem de yıkama performansı için temel parametrelerden birisidir. Yıkama sıcaklığının düşürülmesi, enerji tüketiminin yanı sıra, yıkama performansını da düşürmektedir. Çamaşır makinasının düşük sıcaklıktaki yıkama performansı, mevcut konstrüksiyon değiştirilmeden, yıkama üzerinde etkili olan parametreler optimize edilerek, çok uzun yıkama süreleriyle arttırılabilmektedir. Ancak, çok uzun yıkama süreleri nedeniyle hem kullanıcı memnuniyetsizlikleri ortaya çıkmakta hem de tekstillerde meydana gelen hasarlar oldukça artmaktadır. Çamaşır makinasında düşük yıkama sıcaklıklarında, Jet Sistem teknolojisinin kullanımı ile, kısa yıkama sürelerinde de, yüksek yıkama performansı elde edilebilmektedir. Jet Sistem teknolojisinde kazan içerisindeki yıkama suyu, yıkama profillerinin belirli aşamalarında ve belirli sürelerde, devridaim edilerek körük üzerindeki bir nozül aracılığıyla çamaşırların üzerine püskürtülmekte ve bu sayede çamaşır makinasının yıkama performansı arttırılmaktadır.

Bu çalışmada, pamuklu çamaşırlar için 60°C yıkama sıcaklığında elde edilen A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın, Jet Sistem teknolojisine sahip bir çamaşır makinasında, 40°C'de elde edilebilirliği incelenmiş ve bu performans değerlerine ulaşılan ve 150 dakikadan daha kısa süren 40°C Pamuklu Yıkama Programı profilleri oluşturulmuştur. Bu amaçla ilk başta, Jet Sistem teknolojisi adapte edilmiş bir çamaşır makinası prototipi hazırlanmıştır. Ardından çamaşır makinasının optimum yıkama koşullarının belirlenmesi amacıyla; Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi'ne etki eden etmenler ve etki aralıkları belirlenerek deney tasarımı yapılmıştır. Deney tasarımı ile belirlenen deneyler tamamlanarak deney sonuçları analiz edilmiş ve girdilerin (etmenler) çıktıları

üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Elde edilen bilgilerle optimizasyon çalışması yapılmıştır. Optimizasyon sonrasında ulaşılan sonuçlar doğrultusunda, A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın elde edildiği ve 150 dakikanın altında, 40°C Pamuklu Yıkama Programı profilleri oluşturulmuştur. Deney tasarımları, analizler ve optimizasyon çalışması için MINITAB istatistik programı kullanılmıştır.

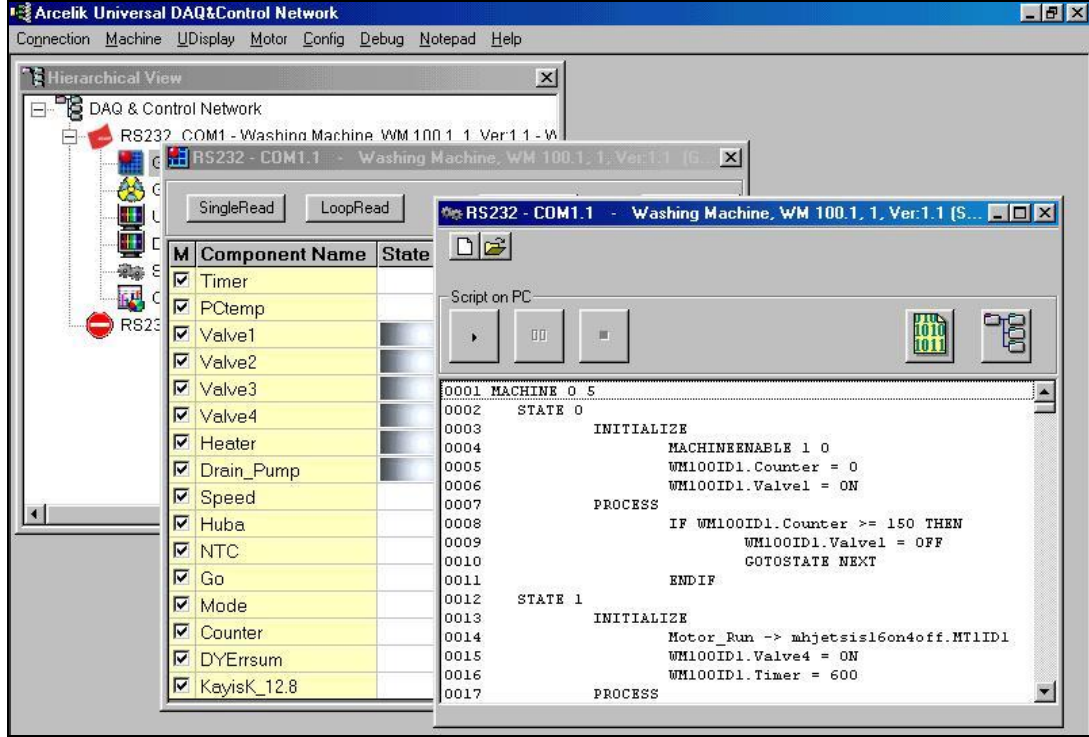
5.1 Deney Düzeneği

Çalışmanın birinci aşamasında, deneysel çalışmaların yapılacağı, Jet Sistem teknolojisi adapte edilmiş bir çamaşır makinası prototipi hazırlanmış ve deney düzeneği kurulmuştur. Şekil 5.1'de de görüldüğü çamaşır makinasına, bir devridaim pompası, bir devridaim hortumu ve bir nozül monte edilmiştir. Nozül, körük üzerinde bulunmaktadır. Jet Sistem ile kazan içerisindeki yıkama suyu devridaim edilerek çamaşırların üzerine püskürtülmektedir. Jet Sistem ile püskürtülen suyun debisi, ısıtma adımlarında ısıtıcının yeterli miktarda su ile temas edebilmesi amacıyla, mevcut kazan-tambur tasarımı ve ısıtıcının konumu göz önünde bulundurularak, 3 lt/dk ile sınırlandırılmıştır.



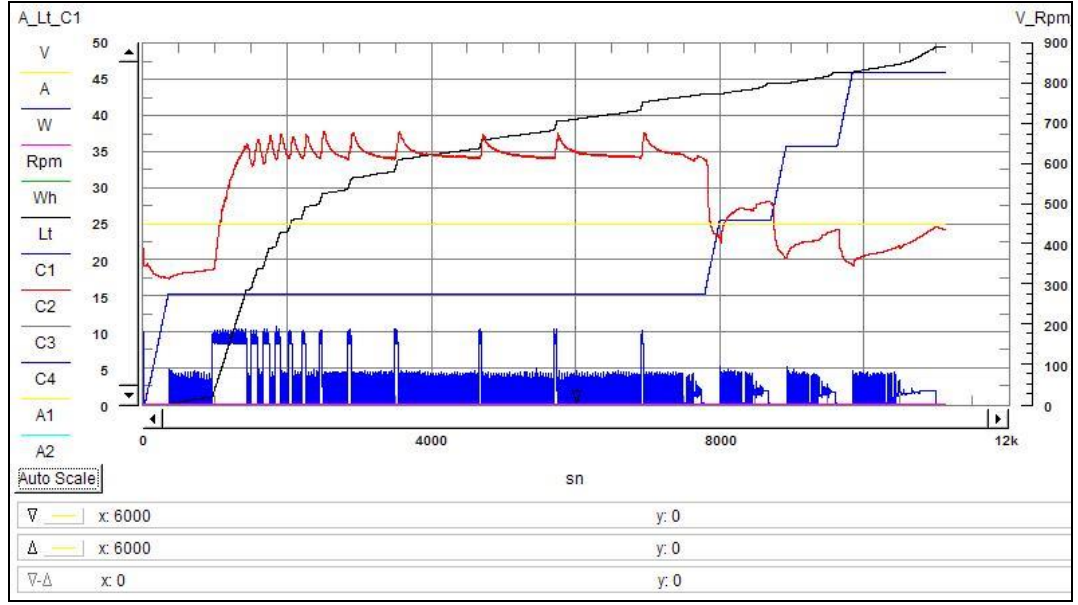
Şekil 5.1: Jet Sistemli Çamaşır Makinası Prototipi

Çamaşır makinasının kontrolü ise, makina üzerinde yer alan bir kontrol kartı aracılığıyla ve bir bilgi transfer programı kullanılarak yapılmaktadır. Deney tasarımı ile belirlenen yıkama profilleri, bilgi transferi programında bir programlama dili tabanında yazılmakta ve kontrol kartı ile çamaşır makinasına aktararak makinanın profile uygun bir yıkama yapması sağlanmaktadır. Şekil 5.2’de söz konusu bilgi transfer programının ara yüzü görülmektedir.



Şekil 5.2: Bilgi Transfer Programı Ara Yüzü

Deneyler esnasında çamaşır makinasının enerji tüketimi, su tüketimi ve su sıcaklığının ölçülmesi için laboratuvarında bulunan Veri Toplama Sistemi (VTS) kullanılmıştır. VTS’ye bağlı; debi ölçer aracılığıyla su tüketimi, kazan içerisindeki termoeleman ile su sıcaklığı ölçülmektedir. Makinanın enerji tüketimi ise, makina tarafından çekilen akım esas alınarak, VTS panosu aracılığıyla belirlenmektedir. VTS ile verilerin toplanıp veri dosyalarının oluşturulması ve oluşturulan bu dosyaların okunması için Hp Vee programında oluşturulan ara yüzler kullanılmaktadır. Şekil 5.3’te veri dosyalarının okunup değerlendirildiği ara yüz görülmektedir.



Şekil 5.3: VTS Veri Okuma Ara Yüzü

Çamaşır makinasının yıkama performansının ölçülmesi için ise Şekil 5.4'te görülen DATA COLOR marka bir renk ölçüm cihazı kullanılmıştır.



Şekil 5.4: Renk Ölçüm Cihazı

5.2 Deney Tasarımı

Deney tasarımı, en önemli etmenler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi tanımlamak, tasarımları eniyilemek ve çıktıların en uygun değerleri sağladığı koşullara ulaşmak amacıyla yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmanın ikinci aşamasında, performans ve süre hedeflerine ulaşılan optimum yıkama koşullarının belirlenmesi amacıyla MINITAB istatistik programı kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır.

Öncelikle Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi üzerinde etkili olan etmenler ve etki aralıkları belirlenmiştir. Temel yıkama parametreleri sıcaklık, deterjan, süre, ve mekanik harekettir. Bu parametrelerden hangilerinin bir etmen

olarak inceleneceği belirlenmiştir. Bu çalışmada yıkama sıcaklığı (T_{set}), 40°C olarak önceden belirlenmiş olduğundan, bir etmen olarak incelenmemiştir. Ancak ısıtıcının, klasik yıkama profillerindeki gibi bir defa devreye girip çıkması yerine, belirli bir sıcaklık farkı ile kontrol edilerek birçok defa devreye girip çıkması sağlanmıştır ve ısıtıcının tekrar devreye gireceği sıcaklık farkı bir etmen olarak incelenmiştir. Kullanılacak deterjan tipi ve miktarı da, standartta önceden belirli olduğu için, bir etmen olarak incelenmemiştir. Soğuk yıkama süresi ve ilk ısıtma sonrası yıkama süresi ise birer etmen olarak ele alınmıştır. Toplam yıkama süresinin 150 dakikayı geçmemesi, analiz aşamasında göz önünde bulundurulmuştur. Çamaşır makinasında mekanik hareket, tamburun kendi eksenini etrafında farklı yönlerde dönmesiyle sağlanmaktadır. Bu çalışmada tamburun dönme ve bekleme süreleri de, birer etmen olarak ele incelenmektedir. Bu etmenler dışında, Jet Sistem'in yıkama profillerinin soğuk yıkama adımı ve ilk ısıtma adımı uygulanması ve ilk ısıtma sonrası ana yıkama adımı uygulanma süresi birer etmen olarak ele dikkate alınmıştır. Su tüketimi ve sıkma devri değişken olarak incelenmemiştir. Tablo 5.1'de deney tasarımı için belirlenen etmenler ve etki aralıkları verilmiştir.

Tablo 5.1: Deney Tasarımı İçin Belirlenen Etmenler ve Etki Aralıkları

Etmen	Simge	Alt Seviye	Orta Seviye	Üst Seviye
Tamburun dönme süresi	t_{moton}	8 sn.	16 sn.	24 sn.
Tamburun bekleme süresi	t_{motof}	4 sn.	6 sn.	8 sn.
Soğuk yıkama süresi	$t_{soğuk}$	10 dk.	12.5 dk.	15 dk.
İlk ısıtma sonrası yıkama süresi	$t_{Tset \text{ sonrası}}$	50 dk.	75 dk.	100 dk.
Soğuk yıkama boyunca Jet Sistem'in uygulanması	Jet Soğuk	Var	-	yok
İlk ısıtma boyunca Jet Sistem'in uygulanması	Jet Isıtma	Var	-	yok
İlk ısıtma sonrası Jet Sistem'in uygulanma süresi	Jet T_{set} Sonrası	0 dk.	20 dk.	40 dk.
Isıtıcının tekrar devreye gireceği sıcaklık farkı	Histerezis ΔT	2°C	4°C	6°C

Isıtıcının devreye giriş sayısı (Histerezis Sayısı), deney sırasında kontrol edilip ayarlanması mümkün olmayan bir değişkendir. Bu değişken ölçülmüş ve bir etmen olarak analizlere dahil edilmiştir. Deneylerin tamamlanmasıyla ölçüm yapılacak çıktılar ise Tablo 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2: Ölçüm Yapılacak Çıktılar

Çıktı
Birim Çamaşır Yüğü Başına Enerji Tüketimi [kW-saat/kg] (<i>Enerji Tüketimi</i>)
Program Süresi [dk.] (<i>Program Süresi</i>)
Yıkama Performansı İndeksi [-] (<i>Yıkama İndeksi</i>)
Isıtıcının Devreye Giriş Sayısı (<i>Histerezis Sayısı</i>)

Deney tasarımları ile belirlenen tüm deneyler EN60456 standardında belirtilen koşullarda, 6 kg. standart pamuklu çamaşır, EMPA leke bezleri ve IEC-A tipi standart deterjan kullanılarak yapılmıştır.

5.3 Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı

Çıktılar üzerinde, ana etkilerin ve çoklu etkileşimlerin tümünün etkilerinin incelenmesi için Tam Etmenli Deney Tasarımı yapılması gerekmektedir. Belirlenen 8 etmen esas olarak iki seviyede incelenmiştir. Bu durumda yapılacak deney sayısı $2^8=256$ olmaktadır. Ancak bütçe ve zaman kısıtları nedeniyle deney sayısının azaltılması gerekmiştir.

Deney sayısının azaltılması ancak yüksek dereceli etkileşimlerden alınacak bilginin feda edilmesiyle, yani Tam Etmenli Deney Tasarımı yerine Kesirli Etmenli Deney Tasarımı yapılmasıyla, mümkün olmaktadır. Yüksek dereceli etkileşimler, dereceleri arttıkça daha az bilgi vermektedirler ve ihmal edilebilmeleri mümkündür. Kesirli Etmenli Deney Tasarımı'nda, istenilen çözünürlük seviyesine göre, yapılacak deneyler doğru kombinasyonlarla seçilerek, daha az deney sayısı ile, ana etkiler ve düşük dereceli etkileşimler hakkında tüm bilgiler elde edilebilmektedir. Bu tasarımda yüksek dereceli etkileşimler hakkındaki bilgiler, ana etki ve düşük dereceli etkileşimlerin bilgileriyle çakışmaktadır. Deney tasarımında istenen çözünürlük arttıkça yapılması gereken deney sayısı artacak ancak örtüşme azalacaktır. Çözünürlüğün düşük olduğu ve daha az sayıda denemelerin yapıldığı tasarımlarda ise önemli etkiler örtüşmektedir.

Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı (YKEDT) genellikle Tam Etmenli Deney Tasarımı ile aynı bilgiyi vermektedir. Deney sayısının azalması para ve zaman tasarrufu sağlamaktadır ancak analiz zorlaşmaktadır. Bu çalışmada MINITAB

istatistik programı kullanılarak, öncelikle Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı yapılmıştır. Deney sayısı 256'dan, 16 orta nokta deneyi ile birlikte, 144'e düşürülmüştür. Bu deney tasarımında ana etkilerle yedili etkileşimler, ikili etkileşimlerle altılı etkileşimler, üçlü etkileşimlerle beşli etkileşimler çakışmaktadır; dolayısıyla veri analizinde dördü etkileşimlere kadar inceleme yapılacaktır. Zaten pratik olarak çoklu etkileşimlerin tamamının kontrol edildiği bir profilin oluşturulması mümkün değildir.

Orta nokta deneyleri, girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkinin doğrusallığı kontrol edilmektedir. Etmenler için orta seviyelerin de belirlenmesinin nedeni budur. Girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkinin lineer çıkmaması durumunda, etmenlerin etkisinin görülebilmesi için, birinci mertebeden model yani Etmenli Deney Tasarımı yeterli olmayacak, yüksek mertebeden model yani Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'na ihtiyaç duyulacaktır.

Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı ile belirlenen 144 deney (profil) ve elde edilen sonuçlar Tablo5.3'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı ile Belirlenen Deneyler ve Sonuçları

Deney No	t _{mot} on (sn.)	t _{mot} of (sn.)	t soğuk (dk.)	t Tset sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet Tset Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
1	8	4	10	50	var	var	0	2	0.12	A+	126	0.967	D	8
2	24	4	10	50	var	var	0	6	0.11	A+	126	0.974	D	2
3	8	8	10	50	var	var	0	6	0.11	A+	126	0.949	D	3
4	24	8	10	50	var	var	0	2	0.13	A+	126	0.985	C	6
5	8	4	15	50	var	var	0	6	0.10	A+	125	0.937	E	4
6	24	4	15	50	var	var	0	2	0.13	A+	131	0.980	C	6
7	8	8	15	50	var	var	0	2	0.12	A+	131	0.958	D	8
8	24	8	15	50	var	var	0	6	0.09	A+	125	0.939	E	3
9	8	4	10	100	var	var	0	6	0.12	A+	173	0.993	C	5
10	24	4	10	100	var	var	0	2	0.15	A+	175	1.026	B	9
11	8	8	10	100	var	var	0	2	0.14	A+	177	1.019	B	11
12	24	8	10	100	var	var	0	6	0.13	A+	171	0.988	C	4
13	8	4	15	100	var	var	0	2	0.15	A+	183	1.029	B	12
14	24	4	15	100	var	var	0	6	0.14	A+	183	1.029	B	3
15	8	8	15	100	var	var	0	6	0.12	A+	182	0.999	C	4
16	24	8	15	100	var	var	0	2	0.15	A+	182	1.037	A	10
17	8	4	10	50	yok	var	0	6	0.11	A+	125	0.951	D	3
18	24	4	10	50	yok	var	0	2	0.12	A+	125	0.971	D	7
19	8	8	10	50	yok	var	0	2	0.13	A+	129	0.946	D	9
20	24	8	10	50	yok	var	0	6	0.11	A+	127	0.970	D	2
21	8	4	15	50	yok	var	0	2	0.11	A+	126	0.921	E	10
22	24	4	15	50	yok	var	0	6	0.11	A+	131	0.942	E	2
23	8	8	15	50	yok	var	0	6	0.10	A+	130	0.943	E	3
24	24	8	15	50	yok	var	0	2	0.12	A+	129	0.966	D	7
25	8	4	10	100	yok	var	0	2	0.15	A+	175	1.008	B	12
26	24	4	10	100	yok	var	0	6	0.13	A+	178	1.006	B	3
27	8	8	10	100	yok	var	0	6	0.12	A+	176	0.974	D	5

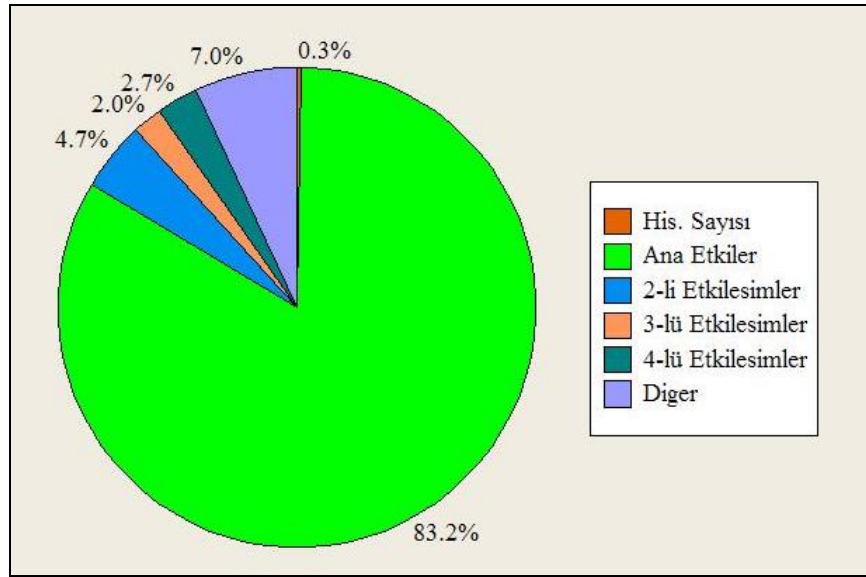
28	24	8	10	100	yok	var	0	2	0.15	A+	177	1.024	B	9
29	8	4	15	100	yok	var	0	6	0.13	A+	181	0.996	C	4
30	24	4	15	100	yok	var	0	2	0.15	A+	182	1.028	B	8
31	8	8	15	100	yok	var	0	2	0.15	A+	182	0.997	C	11
32	24	8	15	100	yok	var	0	6	0.13	A+	181	1.000	C	3
33	8	4	10	50	var	yok	0	6	0.11	A+	126	0.953	D	3
34	24	4	10	50	var	yok	0	2	0.12	A+	126	0.987	C	6
35	8	8	10	50	var	yok	0	2	0.12	A+	125	0.948	D	10
36	24	8	10	50	var	yok	0	6	0.11	A+	128	0.962	D	2
37	8	4	15	50	var	yok	0	2	0.12	A+	130	0.966	D	9
38	24	4	15	50	var	yok	0	6	0.10	A+	130	0.978	C	2
39	8	8	15	50	var	yok	0	6	0.10	A+	129	0.934	E	4
40	24	8	15	50	var	yok	0	2	0.12	A+	129	0.976	C	8
41	8	4	10	100	var	yok	0	2	0.14	A+	175	1.003	C	14
42	24	4	10	100	var	yok	0	6	0.13	A+	176	0.996	C	3
43	8	8	10	100	var	yok	0	6	0.12	A+	175	0.971	D	5
44	24	8	10	100	var	yok	0	2	0.15	A+	176	1.017	B	10
45	8	4	15	100	var	yok	0	6	0.12	A+	181	0.999	C	3
46	24	4	15	100	var	yok	0	2	0.15	A+	181	1.018	B	8
47	8	8	15	100	var	yok	0	2	0.14	A+	180	0.993	C	13
48	24	8	15	100	var	yok	0	6	0.13	A+	183	0.991	C	3
49	8	4	10	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	124	0.900	E	11
50	24	4	10	50	yok	yok	0	6	0.11	A+	126	0.940	E	2
51	8	8	10	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	126	0.890	F	3
52	24	8	10	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	126	0.907	F	7
53	8	4	15	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	130	0.923	E	3
54	24	4	15	50	yok	yok	0	2	0.13	A+	132	0.938	E	7
55	8	8	15	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	130	0.903	F	10
56	24	8	15	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	130	0.916	E	2
57	8	4	10	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	175	0.959	D	4
58	24	4	10	100	yok	yok	0	2	0.15	A+	177	0.982	C	8
59	8	8	10	100	yok	yok	0	2	0.14	A+	176	0.949	D	12
60	24	8	10	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	176	0.969	D	3
61	8	4	15	100	yok	yok	0	2	0.14	A+	180	0.953	D	12
62	24	4	15	100	yok	yok	0	6	0.13	A+	182	0.950	D	2
63	8	8	15	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	181	0.926	E	4
64	24	8	15	100	yok	yok	0	2	0.15	A+	182	0.966	D	8
65	8	4	10	50	var	var	40	6	0.11	A+	126	0.971	D	3
66	24	4	10	50	var	var	40	2	0.13	A+	127	0.992	C	7
67	8	8	10	50	var	var	40	2	0.13	A+	130	0.963	D	9
68	24	8	10	50	var	var	40	6	0.11	A+	127	0.978	C	2
69	8	4	15	50	var	var	40	2	0.13	A+	131	0.986	C	9
70	24	4	15	50	var	var	40	6	0.12	A+	125	0.935	E	3
71	8	8	15	50	var	var	40	6	0.11	A+	125	0.892	F	3
72	24	8	15	50	var	var	40	2	0.13	A+	132	0.996	C	7
73	8	4	10	100	var	var	40	2	0.15	A+	178	1.020	B	11
74	24	4	10	100	var	var	40	6	0.13	A+	171	1.001	C	3
75	8	8	10	100	var	var	40	6	0.13	A+	172	0.988	C	4
76	24	8	10	100	var	var	40	2	0.15	A+	178	1.017	B	9
77	8	4	15	100	var	var	40	6	0.13	A+	182	1.018	B	4
78	24	4	15	100	var	var	40	2	0.16	A+	183	1.002	C	8
79	8	8	15	100	var	var	40	2	0.15	A+	182	0.994	C	11
80	24	8	15	100	var	var	40	6	0.14	A+	181	1.020	B	4
81	8	4	10	50	yok	var	40	2	0.13	A+	126	0.994	C	8
82	24	4	10	50	yok	var	40	6	0.11	A+	121	0.929	E	3
83	8	8	10	50	yok	var	40	6	0.10	A+	121	0.916	E	3
84	24	8	10	50	yok	var	40	2	0.12	A+	127	0.996	C	7
85	8	4	15	50	yok	var	40	6	0.11	A+	127	0.949	D	3
86	24	4	15	50	yok	var	40	2	0.13	A+	131	0.987	C	7
87	8	8	15	50	yok	var	40	2	0.13	A+	131	0.959	D	9
88	24	8	15	50	yok	var	40	6	0.11	A+	126	0.951	D	3
89	8	4	10	100	yok	var	40	6	0.12	A+	170	1.037	A	4
90	24	4	10	100	yok	var	40	2	0.16	A+	176	0.952	D	9
91	8	8	10	100	yok	var	40	2	0.15	A+	177	0.987	C	11
92	24	8	10	100	yok	var	40	6	0.12	A+	172	1.034	B	3
93	8	4	15	100	yok	var	40	2	0.14	A+	179	1.027	B	17

94	24	4	15	100	yok	var	40	6	0.13	A+	178	0.979	C	3
95	8	8	15	100	yok	var	40	6	0.12	A+	177	0.960	D	4
96	24	8	15	100	yok	var	40	2	0.16	A+	183	1.038	A	10
97	8	4	10	50	var	yok	40	2	0.12	A+	125	0.984	C	8
98	24	4	10	50	var	yok	40	6	0.11	A+	126	0.952	D	2
99	8	8	10	50	var	yok	40	6	0.10	A+	124	0.918	E	3
100	24	8	10	50	var	yok	40	2	0.13	A+	127	0.998	C	6
101	8	4	15	50	var	yok	40	6	0.11	A+	127	0.916	E	3
102	24	4	15	50	var	yok	40	2	0.13	A+	126	0.980	C	7
103	8	8	15	50	var	yok	40	2	0.13	A+	126	0.976	C	9
104	24	8	15	50	var	yok	40	6	0.11	A+	128	0.943	E	2
105	8	4	10	100	var	yok	40	6	0.12	A+	170	0.976	C	4
106	24	4	10	100	var	yok	40	2	0.16	A+	173	1.020	B	9
107	8	8	10	100	var	yok	40	2	0.14	A+	171	0.984	C	12
108	24	8	10	100	var	yok	40	6	0.12	A+	171	0.976	C	3
109	8	4	15	100	var	yok	40	2	0.14	A+	180	1.023	B	10
110	24	4	15	100	var	yok	40	6	0.13	A+	177	0.982	C	3
111	8	8	15	100	var	yok	40	6	0.12	A+	176	0.992	C	4
112	24	8	15	100	var	yok	40	2	0.15	A+	182	1.046	A	10
113	8	4	10	50	yok	yok	40	6	0.10	A+	124	0.963	D	3
114	24	4	10	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	124	0.968	D	8
115	8	8	10	50	yok	yok	40	2	0.12	A+	122	0.943	E	9
116	24	8	10	50	yok	yok	40	6	0.12	A+	127	0.985	C	3
117	8	4	15	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	127	0.958	D	9
118	24	4	15	50	yok	yok	40	6	0.11	A+	126	0.960	D	3
119	8	8	15	50	yok	yok	40	6	0.11	A+	125	0.941	E	3
120	24	8	15	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	127	0.973	D	8
121	8	4	10	100	yok	yok	40	2	0.14	A+	172	1.004	C	11
122	24	4	10	100	yok	yok	40	6	0.13	A+	171	1.018	B	3
123	8	8	10	100	yok	yok	40	6	0.12	A+	170	0.987	C	5
124	24	8	10	100	yok	yok	40	2	0.15	A+	174	1.001	C	9
125	8	4	15	100	yok	yok	40	6	0.13	A+	180	1.013	B	4
126	24	4	15	100	yok	yok	40	2	0.15	A+	179	1.013	B	8
127	8	8	15	100	yok	yok	40	2	0.14	A+	178	0.984	C	12
128	24	8	15	100	yok	yok	40	6	0.14	A+	180	1.010	B	6
129	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	154	0.986	C	7
130	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	151	0.991	C	10
131	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	153	0.999	C	7
132	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	154	1.001	C	6
133	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.12	A+	148	0.989	C	11
134	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	149	0.999	C	9
135	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.12	A+	152	1.008	B	8
136	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	153	0.999	C	6
137	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	154	1.006	B	5
138	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	154	1.012	B	5
139	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.12	A+	152	1.006	B	8
140	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	155	1.004	C	6
141	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.12	A+	153	1.010	B	5
142	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	153	1.002	C	5
143	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	153	1.013	B	6
144	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	153	1.005	B	5

Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı ile belirlenen deneylerin tamamlanmasından sonra Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi üzerinde etkili olan ana etkilerin ve etkileşimlerin belirlenmesi ve bunların etki yüzdelerinin tespit edilmesi amacıyla, MINITAB programı ile veri analizi yapılmıştır. Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizlerinde, MINITAB programı ile ilgili kısıtlamalar nedeniyle, etmenlerden birisinin analize dahil edilmemesi gerekmiştir. Bu nedenle, mekanik hareket bileşenlerinden, tamburun dönme ve bekleme süreleri bir bütün

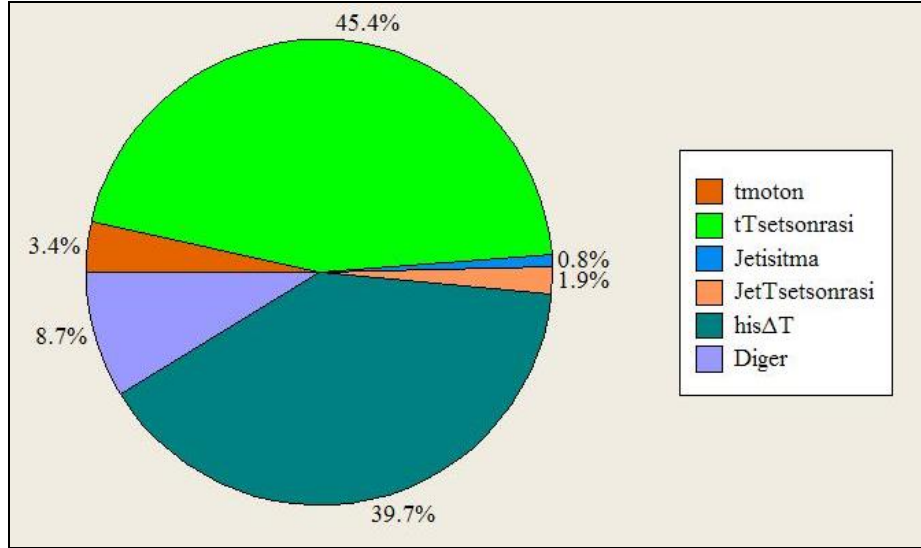
olarak göz önünde bulundurulmuş ve sadece tamburun dönme sürelerinin analize katılması yeterli görülmüştür. Veri analizi sonucunda her bir çıktı için elde edilen modeller incelenerek, T dağılımı üzerinden yapılan T testi sonuçlarına göre 0,05 risk (P) esas alınarak, çıktı üzerinde etkisi olmayan ana etki ve etkileşimler belirlenmiş ve bunlar elimine edilerek indirgenmiş modeller elde edilmiştir. İndirgenmiş modeller ile her bir çıktı üzerinde etkili olan ana etki ve etkileşimler ve bunların etki yüzdeleri belirlenmiştir. İndirgenmiş modellerden faydalananarak çizilen grafiklerle sonuçlar görsel olarak ifade edilmiştir.

Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK A'da verilmiştir. İndirgenmiş modelden faydalananarak çizilen etki yüzdeleri grafiği Şekil 5.5'te verilmiştir. Oluşturulan bu model ile Enerji Tüketimi %93 oranında açıklanabilmektedir.



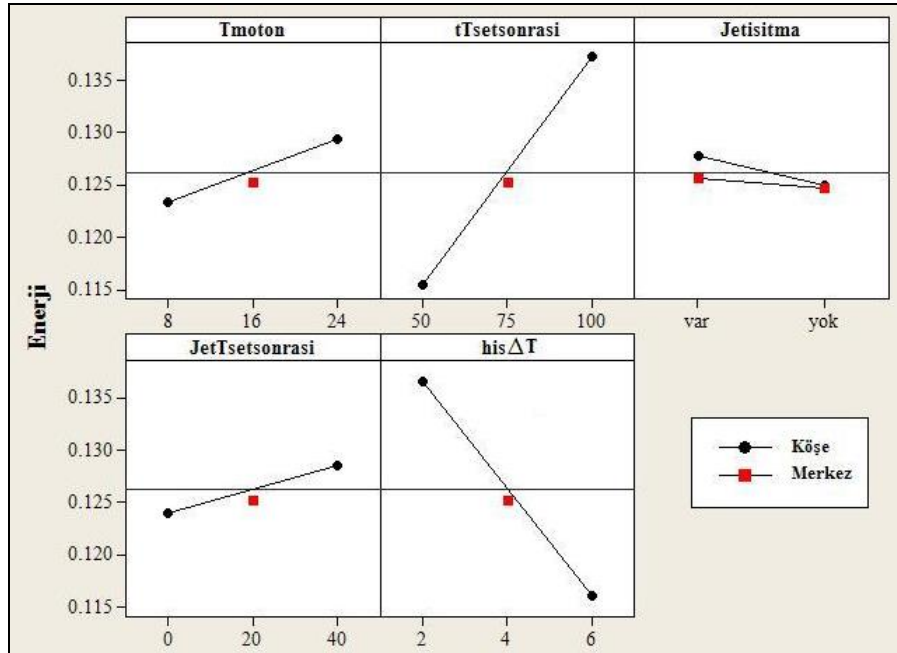
Şekil 5.5: YKEDT - Enerji Tüketimi Etki Yüzdeleri Grafiği – A

Burada görüldüğü gibi Enerji Tüketimi üzerinde en fazla etkiye ana etkiler sahiptir. Ana etkilerin Enerji Tüketimi üzerindeki etki yüzdeleri ise Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6: YKEDT - Enerji Tüketimi Etki Yüzdeleri Grafiği – B

Enerji Tüketimi üzerinde en fazla etkiye sahip parametrelerin, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi ve ısıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkı olduğu belirlenmiştir. Enerji Tüketimi'nin ana etkilere bağlı olarak değişimi Şekil 5.7'de görülmektedir.



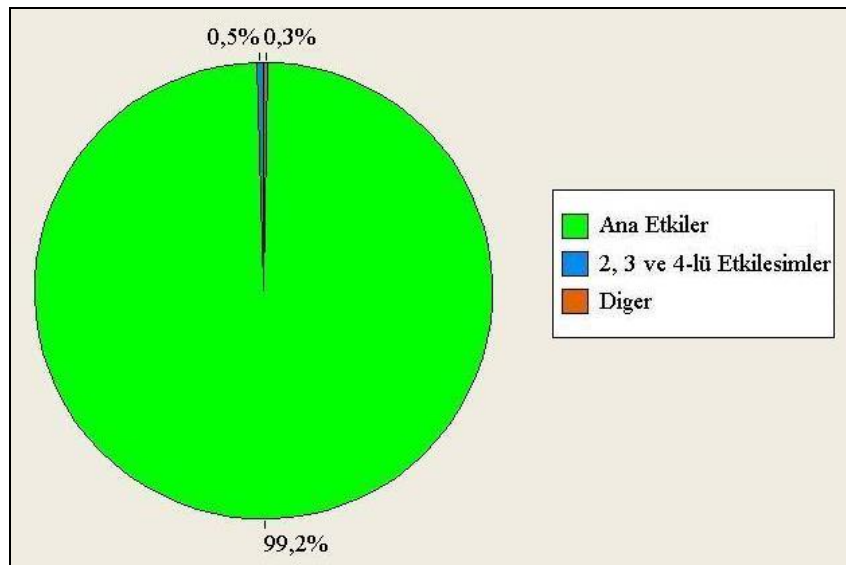
Şekil 5.7: YKEDT - Enerji Tüketimi Ana Etkiler Grafiği

Buna göre, Enerji Tüketimi için ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- İlk ısıtma sonrası yıkama süresi Enerji Tüketimi üzerinde en fazla etkiye sahip etmendir. Bu süre arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.

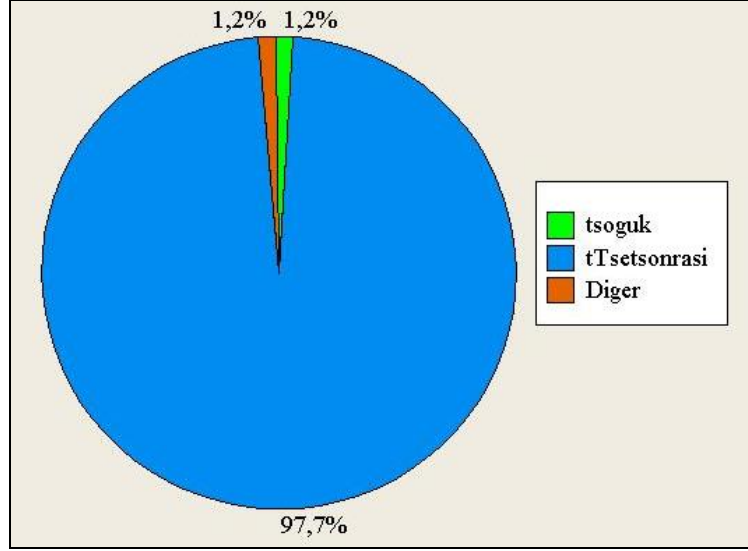
- Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkı da Enerji Tüketimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu değer arttıkça ısıtıcı daha az sayıda devreye gireceğinden Enerji Tüketimi azalmaktadır.
- Tamburun dönme süresi, ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanıp uygulanmaması ve ilk ısıtma sonrası yıkama süresi zarfında Jet Sistem'in uygulanma süresi Enerji Tüketimi üzerinde daha az etkilidir. Tamburun dönme süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır. İlk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanmaması Enerji Tüketimi üzerinde azaltıcı bir etkiye sahiptir. İlk ısıtma sonrası yıkama süresi zarfında Jet Sistem'in uygulanma süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.

Program Süresi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK B'de verilmiştir. İndirgenmiş modelden faydalanarak çizilen etki yüzdeleri grafiği Şekil 5.8'de görülmektedir. Oluşturulan bu model ile Program Süresi %99,7 oranında açıklanabilmektedir.



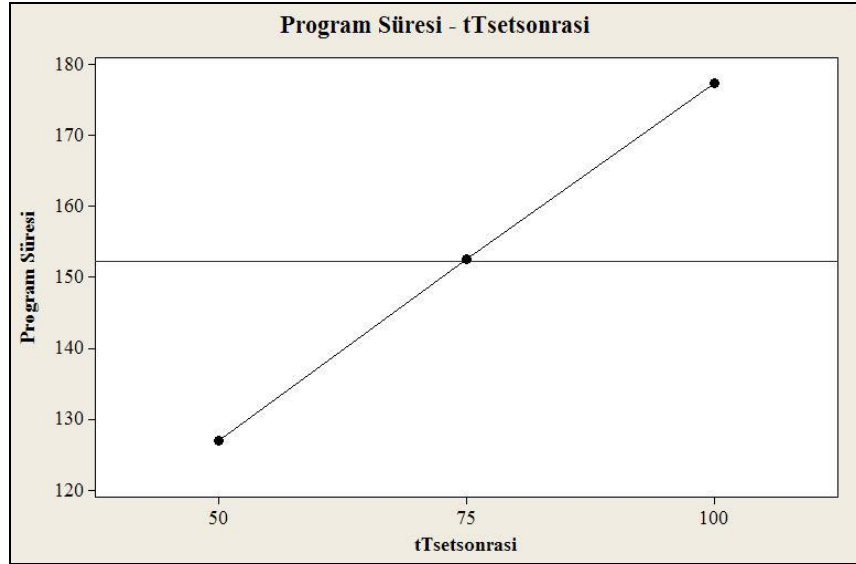
Şekil 5.8: YKEDT - Program Süresi Etki Yüzdeleri Grafiği – A

Burada da görüldüğü gibi Program Süresi üzerinde en fazla etkiye ana etkiler sahiptir. Ana etkilerin Program Süresi üzerindeki etki yüzdeleri ise Şekil 5.9'da verilmiştir.



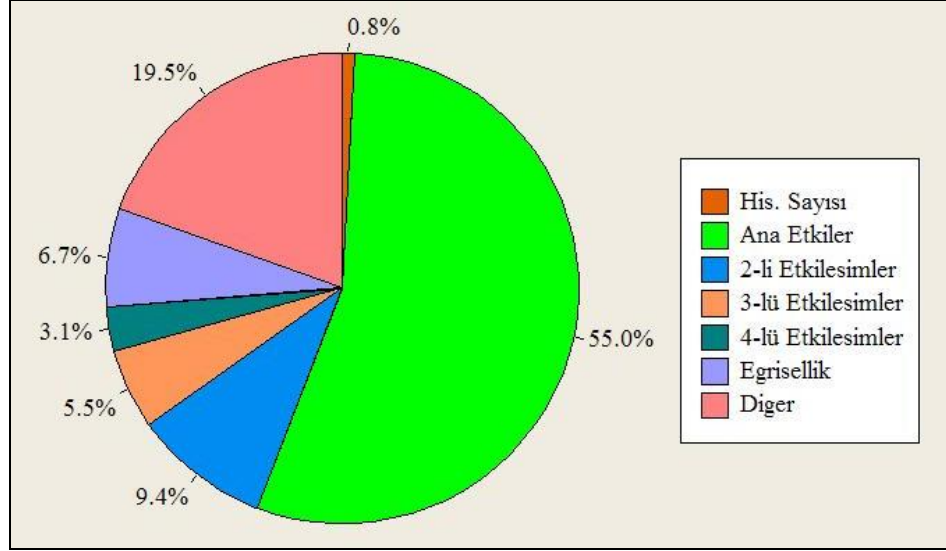
Şekil 5.9: YKEDT - Program Süresi Etki Yüzdeleri Grafiği – B

Program Süresi üzerinde en fazla etkiye sahip parametrenin, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi olduğu belirlenmiştir. Bu süre arttıkça Program Süresi artmaktadır. Program Süresi'nin ilk ısıtma sonrası yıkama süresine bağlı olarak değişimi Şekil 5.10'da görülmektedir. Ayrıca soğuk yıkama süresinin de Program Süresi üzerinde çok az da olsa bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.10: YKEDT - Program Süresi'nin İlk Isıtma Sonrası Yıkama Süresine Bağlı Değişimi

Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK C'de verilmiştir. İndirgenmiş modelden faydalanarak çizilen etki yüzdeleri grafiği Şekil 5.11'de görülmektedir.



Şekil 5.11: YKEDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği

Yıkama İndeksi için, Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı analizi sonucunda elde edilen indirgenmiş modelde, etki yüzdeleri grafiğinden de görüldüğü gibi, Yıkama İndeksi ile etmenler arasında eğrisellik olduğu tespit edilmiştir. Yıkama İndeksi ile etmenler arasındaki lineer olmayan ilişkinin açıklanması için Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'na ihtiyaç duyulmuştur.

5.4 Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı

Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nın Etmenli Deney Tasarımı devamında yapılması durumunda, karesel etkilerin test edilebilmesi için, deney bölgesi yeni deneyler eklenerek genişletilmektedir. Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı ile belirlenen deneyler üçe ayrılmaktadır: tamamlanan Tam veya Kesirli Etmenli deneyler, yeni deneyler ve orta nokta deneylerinin tekrarı. Orta noktaların tekrarı, deney koşullarında bir değişiklik olup olmadığını tespit etmek amacıyla yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nda daha önce belirlenmiş olan etmenler kullanılmıştır. Ancak Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nda etmen sayısının yediden küçük olması gerekmektedir. Bu sebeple, soğuk yıkama adımı ve ilk ısıtma adımı Jet Sistem'in uygulanması ile ilgili kombinasyonlar blok olarak tanımlanarak etmen sayısı azaltılmıştır. Tanımlanan bloklar Tablo 1.4'te görülmektedir.

İlk deney tasarımı analizlerine dahil edilemeyen tamburun bekleme süresi, Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı analizlerine dahil edilmiştir. Ayrıca ısıtıcının devreye giriş sayısı, ilk deney tasarımı analizlerinde çıktılar üzerinde etkisiz çıktığı için, yeni tasarımı analizlerine dahil edilmemiştir.

Tablo 5.4: Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nda Tanımlanan Bloklar

	Jet soğuk	Jet ısıtma
Blok 1	var	var
Blok 2	var	yok
Blok 3	yok	var
Blok 4	yok	yok

Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı'nda da Etmenli Deney Tasarımı'nda olduğu gibi bütçe ve zaman kısıtları nedeniyle deney sayısının azaltılması gerekmiştir. Bu nedenle Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı (YCYDT) yapılmıştır ve deney sayısı 360'tan 212'ye indirilmiştir. Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı ile belirlenen 212 deney (profil) ve elde edilen sonuçlar Tablo5.5'te verilmiştir. Bu deneylerden 36 adeti orta nokta deneyidir.

Tablo 5.5: Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı ile Belirlenen Deneyler ve Sonuçları

Deney No	t _{mot} on (sn.)	t _{mot} of (sn.)	t soğuk (dk.)	t Tset sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet Tset Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
1	8	4	10	50	var	var	0	2	0.12	A+	126	0.967	D	8
2	24	4	10	50	var	var	0	6	0.11	A+	126	0.974	D	2
3	8	8	10	50	var	var	0	6	0.11	A+	126	0.949	D	3
4	24	8	10	50	var	var	0	2	0.13	A+	126	0.985	C	6
5	8	4	15	50	var	var	0	6	0.10	A+	125	0.937	E	4
6	24	4	15	50	var	var	0	2	0.13	A+	131	0.980	C	6
7	8	8	15	50	var	var	0	2	0.12	A+	131	0.958	D	8
8	24	8	15	50	var	var	0	6	0.09	A+	125	0.939	E	3
9	8	4	10	100	var	var	0	6	0.12	A+	173	0.993	C	5
10	24	4	10	100	var	var	0	2	0.15	A+	175	1.026	B	9
11	8	8	10	100	var	var	0	2	0.14	A+	177	1.019	B	11
12	24	8	10	100	var	var	0	6	0.13	A+	171	0.988	C	4
13	8	4	15	100	var	var	0	2	0.15	A+	183	1.029	B	12
14	24	4	15	100	var	var	0	6	0.14	A+	183	1.029	B	3
15	8	8	15	100	var	var	0	6	0.12	A+	182	0.999	C	4
16	24	8	15	100	var	var	0	2	0.15	A+	182	1.037	A	10
17	8	4	10	50	var	var	40	6	0.11	A+	126	0.971	D	3
18	24	4	10	50	var	var	40	2	0.13	A+	127	0.992	C	7
19	8	8	10	50	var	var	40	2	0.13	A+	130	0.963	D	9
20	24	8	10	50	var	var	40	6	0.11	A+	127	0.978	C	2
21	8	4	15	50	var	var	40	2	0.13	A+	131	0.986	C	9
22	24	4	15	50	var	var	40	6	0.12	A+	125	0.935	E	3
23	8	8	15	50	var	var	40	6	0.11	A+	125	0.892	F	3
24	24	8	15	50	var	var	40	2	0.13	A+	132	0.996	C	7
25	8	4	10	100	var	var	40	2	0.15	A+	178	1.020	B	11
26	24	4	10	100	var	var	40	6	0.13	A+	171	1.001	C	3
27	8	8	10	100	var	var	40	6	0.13	A+	172	0.988	C	4
28	24	8	10	100	var	var	40	2	0.15	A+	178	1.017	B	9

29	8	4	15	100	var	var	40	6	0.13	A+	182	1.018	B	4
30	24	4	15	100	var	var	40	2	0.16	A+	183	1.002	C	8
31	8	8	15	100	var	var	40	2	0.15	A+	182	0.994	C	11
32	24	8	15	100	var	var	40	6	0.14	A+	181	1.020	B	4
33	8	6	12.5	75	var	var	20	4	0.12	A+	148	0.967	D	6
34	24	6	12.5	75	var	var	20	4	0.14	A+	150	0.963	D	6
35	16	4	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	148	0.980	C	6
36	16	8	12.5	75	var	var	20	4	0.14	A+	148	0.985	C	7
37	16	6	10	75	var	var	20	4	0.13	A+	147	0.987	C	5
38	16	6	15	75	var	var	20	4	0.13	A+	151	0.985	C	7
39	16	6	12.5	50	var	var	20	4	0.12	A+	123	0.948	D	5
40	16	6	12.5	100	var	var	20	4	0.15	A+	174	1.001	C	7
41	16	6	12.5	75	var	var	0	4	0.13	A+	148	0.979	C	5
42	16	6	12.5	75	var	var	40	4	0.14	A+	148	0.987	C	7
43	16	6	12.5	75	var	var	20	2	0.15	A+	149	0.977	C	10
44	16	6	12.5	75	var	var	20	6	0.12	A+	149	0.985	C	4
45	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	154	0.986	C	7
46	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.12	A+	148	0.989	C	11
47	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	154	1.006	B	5
48	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.12	A+	153	1.010	B	5
49	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.14	A+	149	0.980	C	6
50	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	147	1.009	C	6
51	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	148	1.004	C	6
52	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.13	A+	150	0.992	C	7
53	16	6	12.5	75	var	var	20	4	0.14	A+	149	0.999	C	6
54	8	4	10	50	var	yok	0	2	0.12	A+	120	0.939	E	10
55	24	4	10	50	var	yok	0	6	0.11	A+	126	0.975	D	2
56	8	8	10	50	var	yok	0	6	0.10	A+	124	0.939	E	4
57	24	8	10	50	var	yok	0	2	0.12	A+	120	0.946	D	7
58	8	4	15	50	var	yok	0	6	0.11	A+	125	0.951	D	4
59	24	4	15	50	var	yok	0	2	0.12	A+	126	0.967	D	6
60	8	8	15	50	var	yok	0	2	0.12	A+	125	0.919	E	10
61	24	8	15	50	var	yok	0	6	0.12	A+	126	0.943	E	3
62	8	4	10	100	var	yok	0	6	0.13	A+	172	0.986	C	4
63	24	4	10	100	var	yok	0	2	0.15	A+	171	0.986	C	9
64	8	8	10	100	var	yok	0	2	0.14	A+	170	0.981	C	13
65	24	8	10	100	var	yok	0	6	0.13	A+	172	0.994	C	3
66	8	4	15	100	var	yok	0	2	0.15	A+	177	0.993	C	12
67	24	4	15	100	var	yok	0	6	0.12	A+	181	1.010	B	2
68	8	8	15	100	var	yok	0	6	0.11	A+	180	0.998	C	4
69	24	8	15	100	var	yok	0	2	0.14	A+	178	1.002	C	8
70	8	4	10	50	var	yok	40	6	0.11	A+	121	0.934	E	4
71	24	4	10	50	var	yok	40	2	0.13	A+	121	0.950	D	7
72	8	8	10	50	var	yok	40	2	0.12	A+	120	0.929	E	9
73	24	8	10	50	var	yok	40	6	0.11	A+	121	0.934	E	3
74	8	4	15	50	var	yok	40	2	0.13	A+	127	0.922	E	9
75	24	4	15	50	var	yok	40	6	0.12	A+	131	0.986	C	7
76	8	8	15	50	var	yok	40	6	0.11	A+	130	0.964	D	8
77	24	8	15	50	var	yok	40	2	0.14	A+	128	0.971	D	8
78	8	4	10	100	var	yok	40	2	0.15	A+	171	1.008	B	11
79	24	4	10	100	var	yok	40	6	0.13	A+	177	1.026	B	4
80	8	8	10	100	var	yok	40	6	0.12	A+	175	1.011	B	5
81	24	8	10	100	var	yok	40	2	0.15	A+	172	1.017	B	9
82	8	4	15	100	var	yok	40	6	0.13	A+	175	0.991	C	4
83	24	4	15	100	var	yok	40	2	0.14	A+	177	0.997	C	3
84	8	8	15	100	var	yok	40	2	0.15	A+	176	1.006	B	11
85	24	8	15	100	var	yok	40	6	0.13	A+	176	0.985	C	3
86	8	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	148	0.966	D	6
87	24	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	150	0.995	C	5
88	16	4	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	149	0.968	D	6
89	16	8	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	149	0.978	C	5
90	16	6	10	75	var	yok	20	4	0.12	A+	146	0.975	D	5
91	16	6	15	75	var	yok	20	4	0.13	A+	151	0.966	D	5
92	16	6	12.5	50	var	yok	20	4	0.12	A+	125	0.924	E	5
93	16	6	12.5	100	var	yok	20	4	0.15	A+	175	0.997	C	7
94	16	6	12.5	75	var	yok	0	4	0.13	A+	149	0.953	D	6

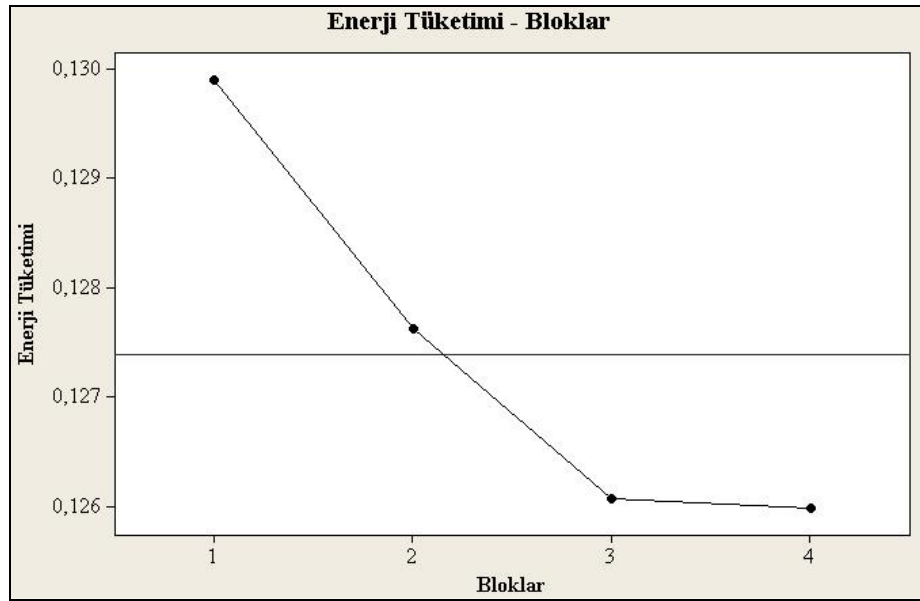
95	16	6	12.5	75	var	yok	40	4	0.12	A+	147	0.982	C	6
96	16	6	12.5	75	var	yok	20	2	0.14	A+	148	0.982	C	9
97	16	6	12.5	75	var	yok	20	6	0.13	A+	150	0.989	C	4
98	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	153	0.999	C	7
99	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.12	A+	152	1.008	B	8
100	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.12	A+	152	1.006	B	8
101	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	153	1.013	B	6
102	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	151	0.990	C	6
103	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	150	0.989	C	6
104	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	150	0.975	C	7
105	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	150	0.988	C	6
106	16	6	12.5	75	var	yok	20	4	0.13	A+	151	0.991	C	5
107	8	4	10	50	yok	var	0	2	0.11	A+	122	0.910	F	9
108	24	4	10	50	yok	var	0	6	0.11	A+	122	0.964	D	3
109	8	8	10	50	yok	var	0	6	0.11	A+	128	0.965	D	2
110	24	8	10	50	yok	var	0	2	0.12	A+	124	0.952	D	8
111	8	4	15	50	yok	var	0	6	0.11	A+	128	0.945	D	3
112	24	4	15	50	yok	var	0	2	0.13	A+	129	0.966	D	7
113	8	8	15	50	yok	var	0	2	0.11	A+	129	0.923	E	9
114	24	8	15	50	yok	var	0	6	0.11	A+	128	0.923	E	3
115	8	4	10	100	yok	var	0	6	0.12	A+	174	0.974	D	4
116	24	4	10	100	yok	var	0	2	0.15	A+	172	0.996	C	10
117	8	8	10	100	yok	var	0	2	0.14	A+	172	0.972	D	13
118	24	8	10	100	yok	var	0	6	0.12	A+	173	0.955	D	3
119	8	4	15	100	yok	var	0	2	0.14	A+	178	0.977	C	11
120	24	4	15	100	yok	var	0	6	0.13	A+	178	1.009	B	4
121	8	8	15	100	yok	var	0	6	0.11	A+	178	0.986	C	5
122	24	8	15	100	yok	var	0	2	0.15	A+	180	0.978	C	9
123	8	4	10	50	yok	var	40	6	0.10	A+	123	0.921	E	3
124	24	4	10	50	yok	var	40	2	0.14	A+	126	0.933	E	8
125	8	8	10	50	yok	var	40	2	0.12	A+	124	0.939	E	9
126	24	8	10	50	yok	var	40	6	0.11	A+	124	0.941	E	3
127	8	4	15	50	yok	var	40	2	0.13	A+	130	0.955	D	9
128	24	4	15	50	yok	var	40	6	0.12	A+	132	0.989	C	2
129	8	8	15	50	yok	var	40	6	0.10	A+	127	0.954	D	9
130	24	8	15	50	yok	var	40	2	0.13	A+	132	0.959	D	7
131	8	4	10	100	yok	var	40	2	0.15	A+	176	1.016	B	11
132	24	4	10	100	yok	var	40	6	0.13	A+	177	1.033	B	2
133	8	8	10	100	yok	var	40	6	0.11	A+	177	1.012	B	3
134	24	8	10	100	yok	var	40	2	0.15	A+	173	1.009	B	9
135	8	4	15	100	yok	var	40	6	0.13	A+	181	0.951	D	4
136	24	4	15	100	yok	var	40	2	0.15	A+	180	1.020	B	9
137	8	8	15	100	yok	var	40	2	0.14	A+	182	0.999	C	11
138	24	8	15	100	yok	var	40	6	0.14	A+	182	0.986	C	4
139	8	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	155	0.974	D	6
140	24	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	153	1.002	C	5
141	16	4	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	151	0.967	D	5
142	16	8	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	148	0.950	D	9
143	16	6	10	75	yok	var	20	4	0.12	A+	149	0.965	D	5
144	16	6	15	75	yok	var	20	4	0.13	A+	168	0.974	D	5
145	16	6	12.5	50	yok	var	20	4	0.12	A+	124	0.939	E	5
146	16	6	12.5	100	yok	var	20	4	0.14	A+	175	1.006	B	6
147	16	6	12.5	75	yok	var	0	4	0.13	A+	149	0.967	D	5
148	16	6	12.5	75	yok	var	40	4	0.13	A+	150	0.989	C	6
149	16	6	12.5	75	yok	var	20	2	0.14	A+	150	0.981	C	9
150	16	6	12.5	75	yok	var	20	6	0.12	A+	150	0.968	D	3
151	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	151	0.991	C	10
152	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	149	0.999	C	9
153	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	154	1.012	B	5
154	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	153	1.002	C	5
155	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	151	0.978	C	5
156	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	150	0.982	C	5
157	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	150	0.975	D	6
158	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.13	A+	151	0.986	C	5
159	16	6	12.5	75	yok	var	20	4	0.12	A+	150	0.982	C	5
160	8	4	10	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	124	0.900	E	11

161	24	4	10	50	yok	yok	0	6	0.11	A+	126	0.940	E	2
162	8	8	10	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	126	0.890	F	3
163	24	8	10	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	126	0.907	F	7
164	8	4	15	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	130	0.923	E	3
165	24	4	15	50	yok	yok	0	2	0.13	A+	132	0.938	E	7
166	8	8	15	50	yok	yok	0	2	0.12	A+	130	0.903	F	10
167	24	8	15	50	yok	yok	0	6	0.10	A+	130	0.916	E	2
168	8	4	10	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	175	0.959	D	4
169	24	4	10	100	yok	yok	0	2	0.15	A+	177	0.982	C	8
170	8	8	10	100	yok	yok	0	2	0.14	A+	176	0.949	D	12
171	24	8	10	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	176	0.969	D	3
172	8	4	15	100	yok	yok	0	2	0.14	A+	180	0.953	D	12
173	24	4	15	100	yok	yok	0	6	0.13	A+	182	0.950	D	2
174	8	8	15	100	yok	yok	0	6	0.12	A+	181	0.926	E	4
175	24	8	15	100	yok	yok	0	2	0.15	A+	182	0.966	D	8
176	8	4	10	50	yok	yok	40	6	0.10	A+	124	0.963	D	3
177	24	4	10	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	124	0.968	D	8
178	8	8	10	50	yok	yok	40	2	0.12	A+	122	0.943	E	9
179	24	8	10	50	yok	yok	40	6	0.12	A+	127	0.985	C	3
180	8	4	15	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	127	0.958	D	9
181	24	4	15	50	yok	yok	40	6	0.11	A+	126	0.960	D	3
182	8	8	15	50	yok	yok	40	6	0.11	A+	125	0.941	E	3
183	24	8	15	50	yok	yok	40	2	0.13	A+	127	0.973	D	8
184	8	4	10	100	yok	yok	40	2	0.14	A+	172	1.004	C	11
185	24	4	10	100	yok	yok	40	6	0.13	A+	171	1.018	B	3
186	8	8	10	100	yok	yok	40	6	0.12	A+	170	0.987	C	5
187	24	8	10	100	yok	yok	40	2	0.15	A+	174	1.001	C	9
188	8	4	15	100	yok	yok	40	6	0.13	A+	180	1.013	B	4
189	24	4	15	100	yok	yok	40	2	0.15	A+	179	1.013	B	8
190	8	8	15	100	yok	yok	40	2	0.14	A+	178	0.984	C	12
191	24	8	15	100	yok	yok	40	6	0.14	A+	180	1.010	B	6
192	8	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	150	0.978	C	6
193	24	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	151	0.980	C	5
194	16	4	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	151	0.983	C	5
195	16	8	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	151	0.974	D	6
196	16	6	10	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	148	0.986	C	6
197	16	6	15	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	154	0.986	C	5
198	16	6	12.5	50	yok	yok	20	4	0.12	A+	126	0.955	D	5
199	16	6	12.5	100	yok	yok	20	4	0.14	A+	176	0.982	C	6
200	16	6	12.5	75	yok	yok	0	4	0.13	A+	151	0.929	E	5
201	16	6	12.5	75	yok	yok	40	4	0.13	A+	151	0.969	D	6
202	16	6	12.5	75	yok	yok	20	2	0.14	A+	150	0.976	C	10
203	16	6	12.5	75	yok	yok	20	6	0.12	A+	152	0.968	D	3
204	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	154	1.001	C	6
205	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	153	0.999	C	6
206	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	155	1.004	C	6
207	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	153	1.005	B	5
208	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.14	A+	151	0.974	D	6
209	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	152	0.994	C	6
210	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	151	1.006	B	5
211	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.12	A+	152	0.968	D	5
212	16	6	12.5	75	yok	yok	20	4	0.13	A+	152	0.971	D	5

Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı ile belirlenen deneylerin tamamlanmasından sonra, Yarı Etmenli Deney Tasarımı analizine benzer şekilde, veri analizi yapılmış ve indirgenmiş modeller elde edilmiştir.

Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK D’de verilmiştir. Enerji Tüketimi için ulaşılan sonuçlar ilk tasarımdakiler ile uygunluk göstermektedir.

Farklı olarak, soğuk yıkama süresinin de Enerji Tüketimi üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Soğuk yıkama süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır. Ayrıca ilk analizlere dahil edilmeyen tamburun bekleme süresinin artmasıyla Enerji Tüketimi'nin azaldığı tespit edilmiştir. Tanımlanan blokların Enerji Tüketimi üzerindeki etki yüzdesi çok küçüktür (%1,5). Şekil 5.12'de Enerji Tüketimi'nin bloklara göre değişimi verilmiştir. Buna göre soğuk yıkama adımında ve ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanması Enerji Tüketimi'ni arttırmaktadır. Soğuk yıkama adımında Jet Sistem'in uygulanması, Enerji Tüketimi üzerinde ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanması haline göre daha fazla etkiye sahiptir.

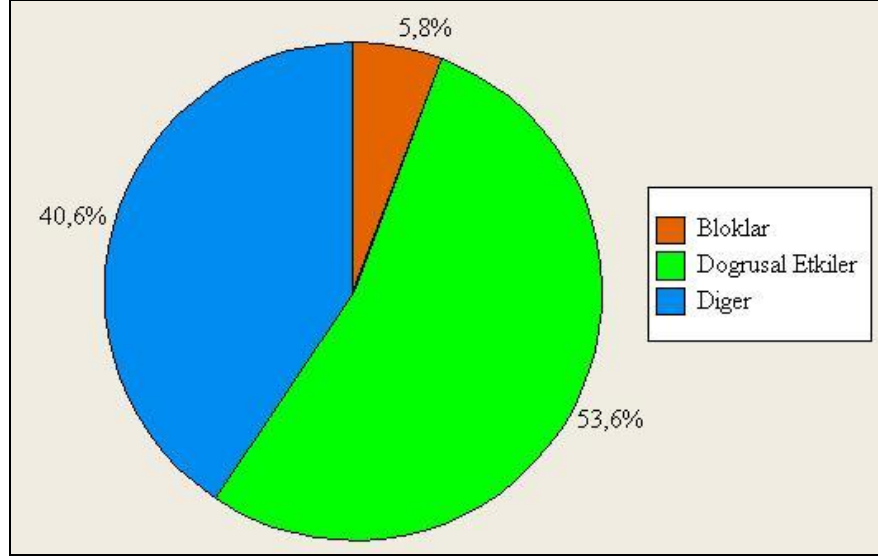


Şekil 5.12: YCYDT - Enerji Tüketimi'nin Bloklara Göre Değişimi

Program Süresi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK E'de verilmiştir. Buna göre, ilk deney tasarımının sonuçlarına uygun olarak, Program Süresi üzerinde en etkili parametrenin ilk ısıtma sonrası yıkama süresi olduğu belirlenmiştir. İlk ısıtma sonrası yıkama süresi arttıkça Program Süresi de artmaktadır. Soğuk yıkama süresinin de Program Süresi üzerinde çok az da olsa etkili olduğu ve bu sürenin artmasıyla Program Süresi'nin de arttığı tespit edilmiştir. Tanımlanan bloklar Program Süresi üzerinde etkisizdir.

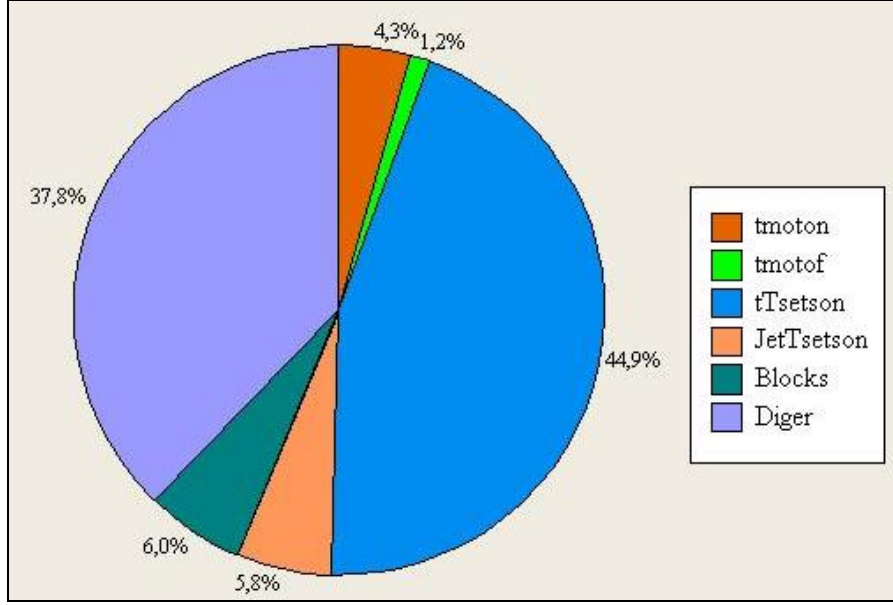
Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali ve indirgenmiş hali EK F'de verilmiştir. İndirgenmiş model incelendiğinde etmenler ile Yıkama İndeksi arasındaki ilişkini

doğrusal olduğu ve eğriselliğin önemli bir mertebede olmadığı belirlenmiştir. İndirgenmiş modelden faydalanarak çizilen etki yüzdeleri grafiği Şekil 5.13'te verilmiştir. Oluşturulan bu model ile Yıkama İndeksi %59,4 oranında açıklanabilmektedir. Yıkama karmaşık bir prosestir ve bu prosesin tam olarak modellenmesi oldukça güçtür.



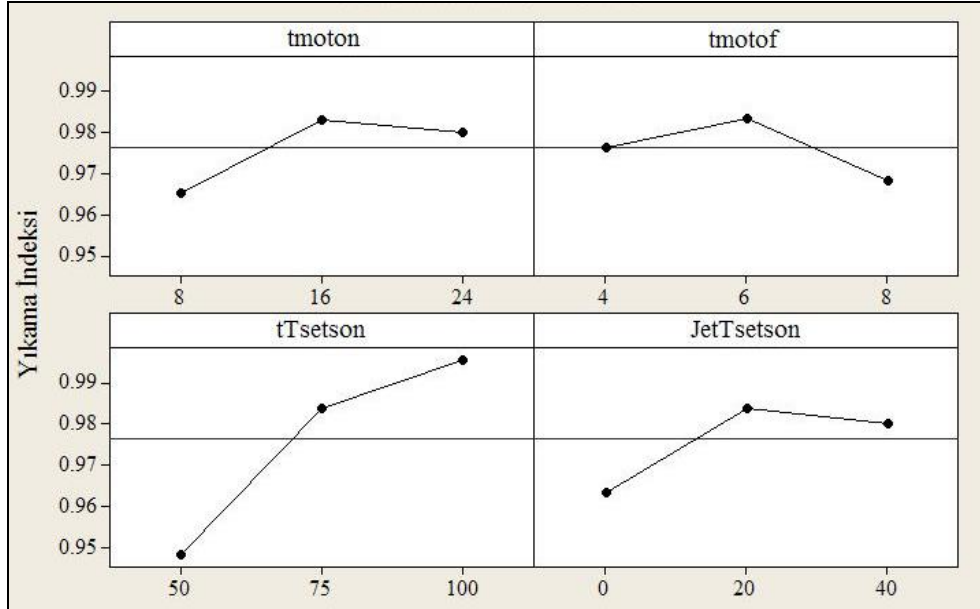
Şekil 5.13: YCYDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği – A

Her bir doğrusal etkinin Yıkama İndeksi üzerindeki yüzdeleri ise Şekil 5.14'te verilmiştir.



Şekil 5.14: YCYDT - Yıkama İndeksi Etki Yüzdeleri Grafiği – B

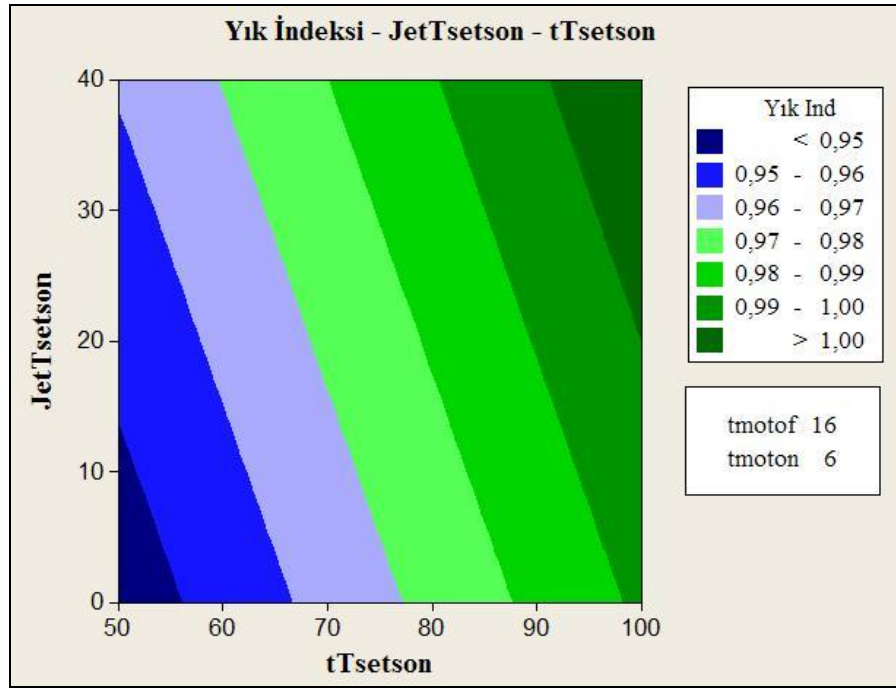
Yıkama İndeksi üzerinde en fazla etkiye sahip parametrenin, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, ilk ısıtma sonrası Jet Sistem'in uygulanma süresinin ve blokların etki yüzdeleri göz önünde bulundurulduğunda, Jet Sistem'in uygulanmasının da Yıkama İndeksi'ni belirgin bir şekilde arttırdığı tespit edilmiştir. Yıkama İndeksi'nin doğrusal etkilere bağlı olarak değişimi Şekil 5.15'te görülmektedir.



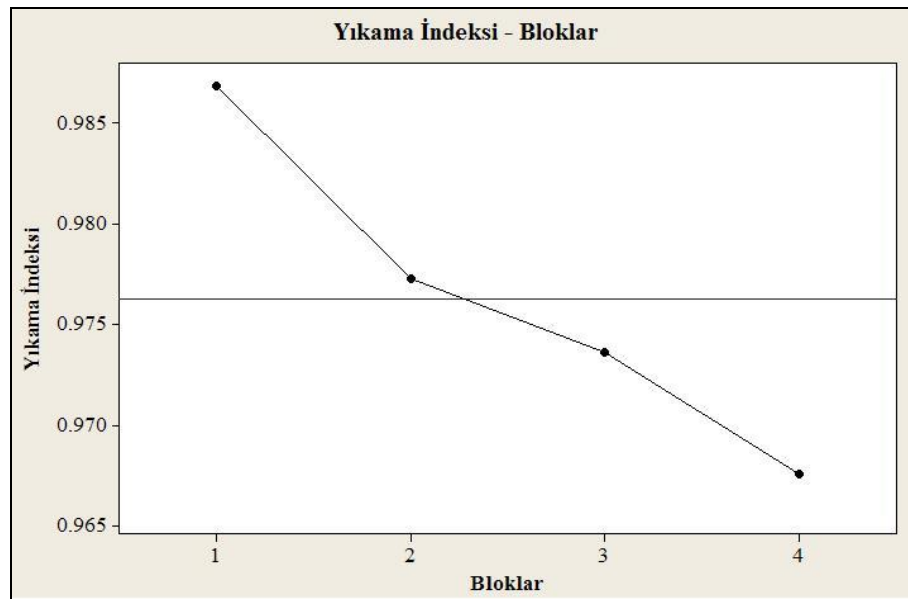
Şekil 5.15: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Doğrusal Etkilere Bağlı Değişimi

Eğriselliğin önemli bir mertebede olmadığı burada da görülmektedir. Buna göre, Yıkama İndeksi için elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

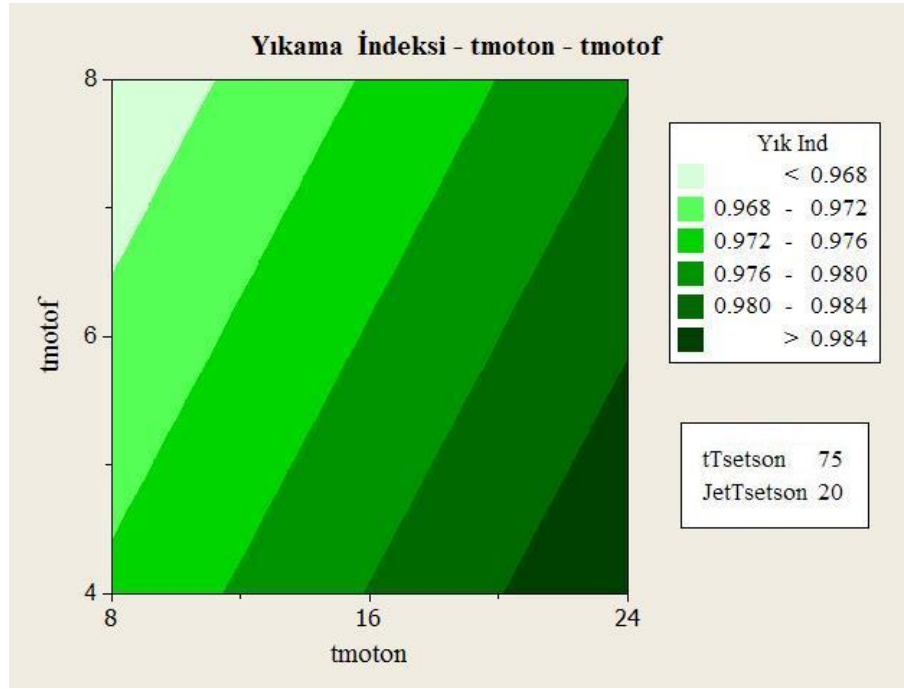
- İlk ısıtma sonrası yıkama süresi Yıkama İndeksi üzerinde en fazla etkiye sahip etmendır. Bu süre arttıkça Yıkama İndeksi de artmaktadır.
- Jet Sistem uygulaması Yıkama İndeksi'ni belirgin bir şekilde arttırmaktadır.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi boyunca Jet Sistem'in uygulanma süresi arttıkça Yıkama İndeksi artmaktadır. Tambur dönme süresinin 16 saniye ve bekleme süresinin 6 saniye olması durumunda, Yıkama İndeksi'nin ilk ısıtma sonrası yıkama süresi ve bu süre boyunca Jet Sistem'in uygulanma süresine göre değişimi Şekil 5.16'da görölmektedir.
 - Soğuk yıkama adımı ve ısıtma adımı Jet Sistem'in uygulanması hali (Blok 1), diğer koşullara göre (Blok 2,3 ve 4) Yıkama İndeksi üzerinde farklılık göstermektedir. Şekil 5.17'de de göröldüğü gibi Blok 1 durumunda Yıkma İndeksi için en iyi sonuç elde edilmektedir.
- Tamburun dönme ve bekleme süreleri, Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Tamburun dönme süresi arttıkça Yıkama İndeksi artmakta, bekleme süresi arttıkça azalmaktadır. İlk ısıtma sonrası yıkama süresinin 75 dakika ve bu süre zarfında Jet Sistem'in uygulanma süresinin 20 dakika olması durumunda Yıkama İndeksi'nin tamburun dönme ve bekleme sürelerine göre değişimi Şekil 5.18'de verilmiştir.
- Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkı ve soğuk yıkama süresi çalışılan koşullar için Yıkama İndeksi üzerinde etkisizdir. Aslında soğuk yıkama adımı Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Soğuk yıkama adımı, enzime duyarlı lekelerin çıkarılması açısından büyük önem taşımaktadır. Soğuk yıkama yapmadan, ısıtma adımına hemen geçilmesi durumunda, bu lekeler polimerleşmekte ve kumaş üzerinde pıhtılaşmaktadır. Burada tespit edilen, soğuk yıkama adımının süresinin, bu deney tasarımında incelenen seviyeler için, Yıkama İndeksi üzerinde bir fark yaratmadığıdır.



Şekil 5.16: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin İlk Isıtma Sonrası Yıkama Süresine ve Bu Süre Boyunca Jet Sistem'in Uygulanma Süresine Göre Değişimi



Şekil 5.17: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Bloklara Göre Değişimi



Şekil 5.18: YCYDT - Yıkama İndeksi'nin Tamburun Dönme ve Bekleme Sürelerine Göre Değişimi

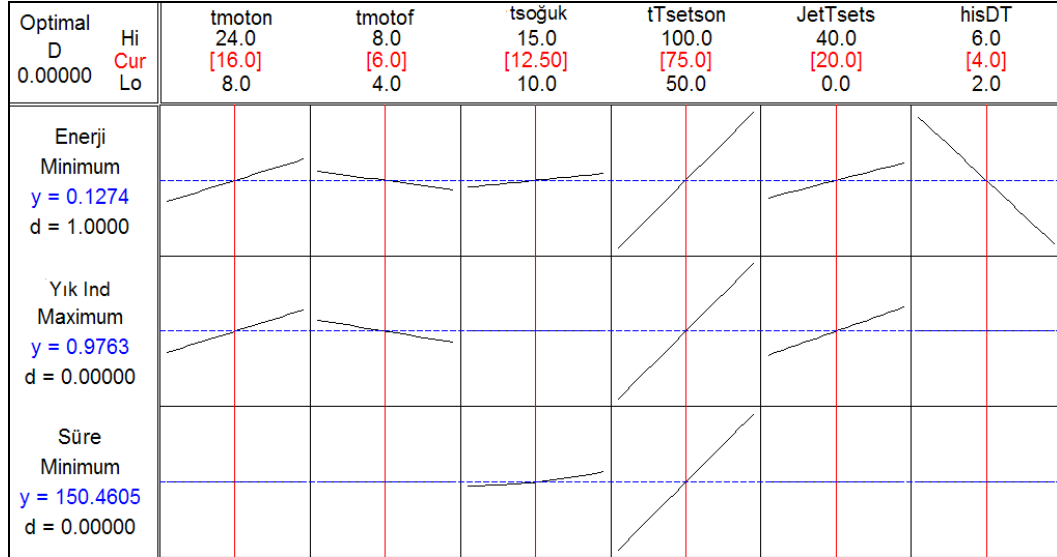
Enerji Tüketimi, Program Süresi ve Yıkama İndeksi'nin bağlı olduğu etmenler ve bu etmenlere göre değişimleri, analiz sonrasında yapılan optimizasyon çalışması ile oluşturulan, optimizasyon diyagramında da açıkça görülmektedir (Şekil 5.16).

5.5 Optimizasyon Çalışması

MINITAB programı ile yapılan deney tasarımı veri analizleri sonrasında, oluşturulan modeller kullanılarak, yine aynı program aracılığıyla sayısal optimizasyon çalışması yapılmıştır. Sayısal optimizasyon temelde istenirlik denilen bir amaç fonksiyona dayanmaktadır. Önce her bir çıktı için bağımsız istenirlikler elde edilmektedir. Bağımsız istenirlik (d_i), "0" ile "1" arasında değişmektedir ve optimum çözümün çıktı için belirlenen hedefi ne kadar gerçekleştirdiğini göstermektedir. Çıktı hedefe yaklaştıkça istenirlik 1'e yaklaşmaktadır. Bileşik istenirlik ise bağımsız istenirliklerin geometrik ortalaması alınarak belirlenmektedir. Sayısal optimizasyon ile bileşik istenirliğin en büyük değerini veren etmen ayarlarının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Tüm çıktılar için hedefe göre kabul edilebilir değerlerin sağlandığı en uygun etmen ayarlarına ulaşılması durumunda, yani bağımsız istenirliklerin 1'e yakın olması durumunda, bileşik istenirlik en yüksek değerde olmaktadır. Çıktılardan herhangi biri

istenirlik aralığının dışına düşerse ($d_i=0$) bileşik istenirlik de istenirlik aralığının dışına düşecektir.

Optimizasyon çalışması ile, optimum durumda etmenlerin aldığı değerler şu şekilde belirlenmiştir: tamburun dönme süresi 16sn, bekleme süresi 6sn, soğuk yıkama süresi 12,5dk, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi 75dk, ilk ısıtma sonrası Jet Sistem uygulanma süresi 20dk ve ısıtıcının tekrar devreye gireceği sıcaklık farkı 4°C. Ancak bunlar, Şekil 5.19’da da görüldüğü gibi, tüm çıktılar için beklentilerimizi aynı anda karşılayabilecek uygun etmen ayarları değildir. Bileşik istenirlik “0” değerini almıştır yani optimizasyon çalışmasında çıktıların en iyi değere ulaşmasında uzlaşma sağlanamamıştır.



Şekil 5.19: Optimizasyon Diyagramı

Ancak optimizasyon çalışması ile, en iyi koşulların belirlenmesinin yanı sıra, önemli sonuçlara ulaşılmıştır. İncelenen etmenler ve seviyeleri için, hedeflenenden çok daha az bir Enerji Tüketimi gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu nedenle yıkama sıcaklığının bir miktar arttırılarak, enerji hedefi aşılmadan, Yıkama İndeksi’nin arttırılabileceği düşünülmüş ve sıcaklığın etkisinin parametrik olarak incelenmesine karar verilmiştir. Fakat 40°C hedefi nedeniyle, mevcut toleranslar içerisinde, sadece 2°C’lık bir artışın etkisinin incelenmesi uygun görülmüştür. Bunun dışında, ilk ısıtma sonrası Jet Sistem’in uygulanma süresinin Yıkama İndeksi’ni belirgin düzeyde arttırması nedeniyle bu sürenin de uzatılarak, üst seviyenin de üstünde bir uygulama süresiyle, Yıkama İndeksi’nin arttırılabileceği kanısına varılmıştır. Program Süresi’nin 150 dakikanın altında olması hedeflendiğinden, Yıkama İndeksi’nin arttırılması için ilk

ısıtma sonrası yıkama süresinin uzatılması uygun olmayacaktır. Yıkama İndeksi üzerinde tamburun dönme ve bekleme sürelerinin etkisi de göz önünde bulundurularak, mekanik hareket yüzdesi artırılarak Yıkama İndeksi'nin iyileştirilebileceği düşünülmüştür. Bütün bu varılan sonuçlar ışığında, performans ve süre hedeflerinin sağlandığı profiller oluşturulmak amacıyla, bir dizi yeni deney planlanmıştır. Planlanan deneyler tekrarlanarak, tekrarlanan deneyler arasındaki değişkenlik göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 5.6: Optimizasyon Sonrası Planlanan Deneyler ve Sonuçları

Deney No	t _{mot} on (sn.)	t _{mot} of (sn.)	t soğuk (dk.)	T _{set} (°C)	t T _{set} sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet T _{set} Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
1	16	4	10	40	75	var	yok	50	2	0.15	A+	149	1.019	B	13
2	16	4	10	42	75	var	yok	50	2	0.17	A+	150	1.051	A	15
3	16	4	10	40	75	var	yok	75	2	0.15	A+	148	1.039	A	14
4	16	4	10	40	75	var	var	75	2	0.15	A+	141	1.005	B	22
5	24	4	10	40	75	var	var	75	2	0.15	A+	141	1.011	B	20
6	16	4	10	42	75	var	var	75	2	0.16	A+	143	1.028	B	19
7	24	4	10	42	75	var	var	75	2	0.16	A+	140	1.024	B	23

Tablo 5.6'da da görüldüğü gibi planlanan bu deneyler içerisinde performans ve süre hedeflerinin sağlandığı iki profil elde edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deney tasarımları ile belirlenen deneylerin tamamlanarak elde edilen sonuçların analiz edilmesiyle, etmenlerin Enerji Tüketimi, Yıkama İndeksi ve Program Süresi üzerindeki etkileri şu şekilde belirlenmiştir:

- Etmenlerin Enerji Tüketimi üzerindeki etkileri
 - Enerji Tüketimi üzerinde en fazla etkiye sahip etmenler, ilk ısıtma sonrası yıkama süresi ve ısıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkıdır.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır. Bu durum, bu süre zarfında ısıtıcının belirli bir sıcaklık farkı esas alınarak defalarca devreye girmesi nedeniyle meydana gelmektedir. Çamaşır makinasının enerji tüketiminin büyük bir bölümü, ısıtma için harcanan enerjiden oluşmaktadır.
 - Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkı arttıkça, ısıtıcının devreye girme sayısı azaldığından ve bu nedenle ısıtma işlemi için daha az enerji harcanacağından, makinanın toplam Enerji Tüketimi azalmaktadır.
 - Tamburun dönme ve bekleme sürelerinin Enerji Tüketimi üzerinde az da olsa bir etkisi vardır. Tamburun dönme süresi arttıkça Enerji Tüketimi artmakta, bekleme süresi arttıkça azalmaktadır.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi zarfında Jet Sistem'in uygulanma süresindeki artış Enerji Tüketimi'nde az da olsa bir artışa neden olmaktadır.

- Soğuk yıkama süresi Enerji Tüketimi üzerinde küçük bir etkiye sahiptir. Bu süre arttıkça Enerji Tüketimi artmaktadır.
- Soğuk yıkama adımında ve ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanma halleri Enerji Tüketimi üzerinde çok az miktarda bir etkiye sahiptir. Bu adımlarda Jet Sistem'in uygulanması Enerji Tüketimini arttırmaktadır. Soğuk yıkama adımında Jet Sistem'in uygulanması, Enerji Tüketimi üzerinde ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanması haline göre daha fazla etkiye sahiptir.
- Etmenlerin Program Süresi üzerindeki etkileri
 - Program Süresi'ni belirleyici ana etmen, beklendiği gibi ilk ısıtma sonrası yıkama süresidir. Bu süre arttıkça Program Süresi de artacaktır.
 - Soğuk yıkama süresinin de Program Süresi üzerinde az da olsa bir etkisi vardır. Soğuk yıkama süresinin artışı da Program Süresi'ni arttırmaktadır.
- Etmenlerin Yıkama İndeksi üzerindeki etkileri
 - Yıkama İndeksi üzerinde en fazla etkiye sahip etmen, ilk ısıtma sonrası yıkama süresidir. Bu süre arttıkça Yıkama İndeksi de artmaktadır.
 - Jet Sistem uygulaması Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.
 - İlk ısıtma sonrası yıkama süresi boyunca Jet Sistem'in uygulanma süresinin artması, Yıkama İndeksi'ni belirgin bir şekilde arttırmaktadır.
 - Soğuk yıkama adımında ve ilk ısıtma adımında Jet Sistem'in uygulanması, diğer kombinasyonlara göre, Yıkama İndeksi için en iyi sonucu vermektedir.

- Tamburun dönme ve bekleme sürelerinin de Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Tamburun dönme süresi arttıkça Yıkama İndeksi artmakta, bekleme süresi arttıkça azalmaktadır.
- Isıtıcının tekrar devreye girdiği sıcaklık farkının ve soğuk yıkama süresinin çalışılan koşullar için Yıkama İndeksi üzerinde etkisiz olduğu belirlenmiştir. Aslında soğuk yıkama adımı Yıkama İndeksi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Soğuk yıkama adımı, enzime duyarlı lekelerin çıkarılması açısından büyük önem taşımaktadır. Soğuk yıkama yapmadan, ısıtma adımına hemen geçilmesi durumunda, bu lekeler polimerleşmekte ve kumaş üzerinde pıhtılaşmaktadır. Burada tespit edilen, soğuk yıkama adımının süresinin, bu deney tasarımıyla incelenen seviyeler için, Yıkama İndeksi üzerinde bir fark yaratmadığıdır.

Tablo 6.'da deney tasarımı ile belirlenen deneylerin, Yıkama İndeksi sonuçlarına göre sıralanması durumunda, en yüksek değeri veren ilk on profil verilmiştir. İlk ısıtma sonrası yıkama süresinin Yıkama İndeksi üzerindeki belirgin etkisi burada da görülmektedir.

Tablo 6.1: En Yüksek Yıkama İndeksi Değerini Veren İlk On Profil

tmot on (sn.)	tmot of (sn.)	t soğuk (dk.)	t Tset sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet Tset Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
24	8	15	100	var	yok	40	2	0,154	A+	182	1,046	A	10
24	8	15	100	yok	var	40	2	0,158	A+	183	1,038	A	10
24	8	15	100	var	var	0	2	0,147	A+	182	1,037	A	10
8	4	10	100	yok	var	40	6	0,121	A+	170	1,037	A	4
24	8	10	100	yok	var	40	6	0,124	A+	172	1,034	B	3
24	4	15	100	var	var	0	6	0,137	A+	183	1,029	B	3
8	4	15	100	var	var	0	2	0,153	A+	183	1,029	B	12
24	4	15	100	yok	var	0	2	0,154	A+	182	1,028	B	8
8	4	15	100	yok	var	40	2	0,145	A+	179	1,027	B	17
24	4	10	100	var	var	0	2	0,154	A+	175	1,026	B	9

Deney tasarımlarıyla belirlenen deneylerin tamamlanarak elde edilen sonuçların analiz edilmesinden sonra, optimizasyon çalışması ile A Yıkama Performansı Sınıfı ve A+ Enerji Performansı Sınıfı'nın elde edildiği, 150 dakikanın altında, 40°C Pamuklu Yıkama Programı profilleri oluşturulmaya çalışılmıştır. Ancak tüm çıktılar için beklentilerimizi aynı anda karşılayabilecek uygun etmen ayarları belirlenememiştir ve çıktıların en iyi değere ulaşmasında uzlaşma sağlanamamıştır.

Bununla beraber, optimizasyon çalışmasıyla, en iyi koşulların belirlenmesinin yanı sıra, şu önemli sonuçlara ulaşılmıştır:

- İncelenen etmenler ve seviyeleri için, hedef değerin çok altında bir Enerji Tüketimi gerçekleşmiştir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yıkama sıcaklığının bir miktar arttırılıp, enerji hedefi aşılmadan, Yıkama İndeksi'nin arttırılabileceği düşünülmüştür ve sıcaklığın etkisinin parametrik olarak incelenmesine karar verilmiştir. Fakat 40°C hedefi nedeniyle, mevcut toleranslar içerisinde, sadece 2°C'lik bir artışın etkisinin incelenmesi uygun görülmüştür.
- İlk ısıtma sonrası Jet Sistem'in uygulanma süresinin Yıkama İndeksi'ni belirgin düzeyde arttırması nedeniyle bu sürenin de uzatılarak, üst seviyenin de üstünde bir uygulama süresiyle, Yıkama İndeksi'nin arttırılabileceği düşünülmüştür.
- Program Süresi hedefi nedeniyle, Yıkama İndeksi'nin arttırılması için ilk ısıtma sonrası yıkama süresinin 75 dakika üzerine çıkarılması uygun görülmemektedir.
- Yıkama İndeksi üzerinde tamburun dönme ve bekleme sürelerinin de önemli bir etkiye sahip olması nedeniyle yüksek mekanik hareket yüzdesi ile Yıkama İndeksi'nin arttırılabileceği düşünülmüştür.

Optimizasyon sonrasında varılan bu sonuçlar ışığında, bir dizi yeni deney planlanmış ve bu deneyler tamamlanarak, Tablo 6.2'de görülen, performans ve süre hedeflerinin sağlandığı iki adet profil elde edilmiştir.

Tablo 6.2: Performans ve Süre Hedeflerinin Sağlandığı Profiller

Profil No	tmot on (sn.)	tmot of (sn.)	t soğuk (dk.)	Tset (°C)	t Tset sonrası (dk.)	Jet soğuk	Jet ısıtma	Jet Tset Sonrası (dk.)	His ΔT	Enerji Tük. (kWh/kg)	Enerji Perf. Sınıfı	Prog. Süresi (dk.)	Yık. İnd.	Yık. Perf. Sınıfı	His. Say.
1	16	4	10	42	75	var	yok	50	2	0.17	A+	150	1.051	A	15
2	16	4	10	40	75	var	yok	75	2	0.15	A+	148	1.039	A	14

Bu çalışmanın devamında, bu çalışmada yapılan analizler ve optimizasyon çalışması ile elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurularak, incelenecek etmenlerin ve etki aralıklarının yeniden belirlendiği, yeni bir deney tasarımının yapılması faydalı

olacaktır. Bu sayede, oluşturulacak yeni modellerle yapılacak yeni bir optimizasyon çalışmasıyla, performans ve süre hedeflerinin sağlandığı çok sayıda profilin elde edilebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Young, H., Kim, J. S., Cho, H. K., Jung, Y. S., Kang, J. H., No Y. H. and Park, M. S.,** 2004. Washing Machine, *European Patent*, No: EP1386996 dated 04.02.2004.
- [2] **Neusser, H.,** 2004. Washing Machine, *European Patent*, No: EP1375727 dated 02.01.2004.
- [3] **Namkung, K.S. and Ryu, D.Y.,** 2003. Drum Type Washing Machine, *United States Patent*, No: US2003061842 dated 03.04.2003.
- [4] **Czyzewski, G. and Schulze, I.,** 2003. Operation of Program-Controlled Washing Machine, Includes Three Filling Stages Comprising Water Surface-Wetting, Detergent Delivery And Water-Filling, *World Patent*, No: WO03014453 dated 20.02.2003.
- [5] **Peeters, T., Peeters, W., Peeters, H. and Peeters M.,** 1997. Washing Machine, *World Patent*, No: WO9715709 dated 01.05.1997.
- [6] **Zinkann, P.,** 1996. Washing Machine Providing Improved Moistening, *Deutsch Patent*, No: DE19514204 dated 17.10.1996.
- [7] **Fumagalli, S.,** 1996. Method of Washing For Washing Machine, *European Patent*, No: EP0726349 dated 14.08.1996.
- [8] **Tanigawa, M., Tanaka, H. and Matsumoto, T.,** 1996. Drum Type Washing Machine And Drier, *European Patent*, No: EP0716178 dated 12.06.1996
- [9] **Poehler, R. and Schuele, K.,** 1995. Front Loading Drum Type Washing Machine, *Deutsch Patent*, No: DE4413613 dated 18.05.1995.
- [10] **Jakobi, G. and Löhr, A.,** 1987. Detergents and Textile Washing, Henkel KgaA, Düsseldorf.
- [11] **Ülger, Z.,** 2002. Bulaşık Makinası Yıkama Ortamının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **Şengül, E.,** 2004. Kişisel görüşme.
- [13] **Akova, A. ve Ülger, Z.,** 2001. Su İçeriğinin Yıkama Ekipmana Etkisi ve Su Özelliklerini Değiştirme Yöntemleri, Arçelik ARGE Araştırma Notu, ANN298, İstanbul.

- [14] **Adami, I., Moretti, G. F. and Groot, W. H.**, 1995. The Manufacture of Modern Detergent Powders, Herman De Groot Academic Publisher, The Netherlands.
- [15] European Committee for Electrotechnical Standardization, Energy Management, <http://www.cenelec.org>
- [16] T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Ev Tipi amaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ, <http://www.sanayi.gov.tr/>
- [17] **EN 60456**, 1999. Clothes Washing Machines for Household Use - Methods for Measuring the Performance, British Standard.
- [18] **Yurtpınar, K.E.**, 2004. Çamaşır Makinası Alternatif Yıkama Metodları, Arçelik ARGE Araştırma Notu, ANN549, İstanbul.
- [19] **Uluk, B.**, 2005. Çamaşır Makinasında Köpük Algılama ve Giderme Metodları Patent Araştırması, Arçelik ARGE Araştırma Notu, ANN685, İstanbul.
- [20] **Dinmen, E.**, 2003. Çamaşır Makinalarının Akıllı Kontrolü İçin Gerekli Parametre ve Değişkenlerin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [21] **Bozkurt, M.**, 2004. Çamaşır Makinasında Isıl Yöntemler Kullanılarak Enerji Kazanımı ile İlgili Patent Araştırması, Arçelik ARGE Araştırma Notu, ANN602, İstanbul.
- [22] **Uluk, B.**, 2004. 40°C Pamuklu Yıkama Programı Optimizasyonu, Arçelik ARGE Araştırma Raporu, ARN245, İstanbul.
- [23] **Zinkann, P.**, 1999. Front Loading Washing Machine, *Deutsch Patent*, No: DE19902911 dated 23.09.1999.

EK A

MINITAB programı ile, Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Enerji versus tmoton; tsoguk; ...

Estimated Effects and Coefficients for Enerji (coded units)					
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.13256	0.002794	47.44	0.000
His Say		-0.00100	0.000445	-2.24	0.030
tmoton	0.00430	0.00215	0.000517	4.15	0.000
tsoguk	0.00033	0.00016	0.000345	0.47	0.637
tTsetson	0.02358	0.01179	0.000512	23.01	0.000
Jetsoguk	-0.00063	-0.00031	0.000325	-0.96	0.342
Jetisitm	-0.00265	-0.00133	0.000325	-4.08	0.000
JetTsets	0.00458	0.00229	0.000345	6.64	0.000
hisDT	-0.02644	-0.01322	0.001376	-9.61	0.000
tmoton*tsoguk	-0.00008	-0.00004	0.000345	-0.11	0.910
tmoton*tTsetson	0.00205	0.00102	0.000351	2.92	0.006
tmoton*Jetsoguk	0.00080	0.00040	0.000345	1.16	0.254
tmoton*Jetisitm	0.00098	0.00049	0.000345	1.43	0.161
tmoton*JetTsets	0.00111	0.00055	0.000354	1.57	0.124
tmoton*hisDT	0.00076	0.00038	0.000397	0.96	0.342
tsoguk*tTsetson	0.00058	0.00029	0.000346	0.84	0.408
tsoguk*Jetsoguk	-0.00005	-0.00002	0.000345	-0.07	0.946
tsoguk*Jetisitm	0.00020	0.00010	0.000347	0.29	0.771
tsoguk*JetTsets	0.00233	0.00116	0.000350	3.33	0.002
tsoguk*hisDT	0.00017	0.00009	0.000345	0.25	0.804
tTsetson*Jetsoguk	-0.00048	-0.00024	0.000346	-0.70	0.488
tTsetson*Jetisitm	-0.00186	-0.00093	0.000346	-2.69	0.010
tTsetson*JetTsets	-0.00217	-0.00109	0.000345	-3.15	0.003
tTsetson*hisDT	-0.00276	-0.00138	0.000381	-3.62	0.001
Jetsoguk*Jetisitm	0.00126	0.00063	0.000326	1.94	0.059
Jetsoguk*JetTsets	-0.00005	-0.00002	0.000352	-0.07	0.947
Jetsoguk*hisDT	0.00030	0.00015	0.000346	0.43	0.670
Jetisitm*JetTsets	0.00002	0.00001	0.000345	0.02	0.982
Jetisitm*hisDT	0.00061	0.00030	0.000346	0.88	0.383
JetTsets*hisDT	-0.00170	-0.00085	0.000345	-2.47	0.018
tmoton*tsoguk*tTsetson	0.00086	0.00043	0.000344	1.25	0.219
tmoton*tsoguk*Jetsoguk	-0.00077	-0.00038	0.000347	-1.10	0.276
tmoton*tsoguk*Jetisitm	-0.00033	-0.00016	0.000347	-0.47	0.639
tmoton*tsoguk*JetTsets	0.00005	0.00002	0.000345	0.07	0.946
tmoton*tsoguk*hisDT	-0.00030	-0.00015	0.000347	-0.43	0.670
tmoton*tTsetson*Jetsoguk	-0.00020	-0.00010	0.000347	-0.29	0.772
tmoton*tTsetson*Jetisitm	0.00036	0.00018	0.000345	0.52	0.605
tmoton*tTsetson*JetTsets	-0.00045	-0.00023	0.000345	-0.66	0.515
tmoton*tTsetson*hisDT	-0.00111	-0.00055	0.000347	-1.60	0.118
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm	0.00036	0.00018	0.000346	0.52	0.606
tmoton*Jetsoguk*JetTsets	0.00005	0.00002	0.000345	0.07	0.946
tmoton*Jetsoguk*hisDT	-0.00005	-0.00002	0.000347	-0.07	0.946
tmoton*Jetisitm*JetTsets	0.00092	0.00046	0.000350	1.32	0.194
tmoton*Jetisitm*hisDT	-0.00042	-0.00021	0.000345	-0.61	0.544
tmoton*JetTsets*hisDT	0.00014	0.00007	0.000344	0.20	0.839
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk	0.00033	0.00016	0.000350	0.47	0.642
tsoguk*tTsetson*Jetisitm	-0.00155	-0.00077	0.000345	-2.24	0.030
tsoguk*tTsetson*JetTsets	-0.00173	-0.00087	0.000350	-2.48	0.017

tsoguk*tTsetson*hisDT	0.00117	0.00059	0.000345	1.70	0.097
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm	0.00120	0.00060	0.000344	1.75	0.088
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets	-0.00011	-0.00005	0.000347	-0.16	0.875
tsoguk*Jetsoguk*hisDT	0.00048	0.00024	0.000345	0.70	0.487
tsoguk*Jetisitm*JetTsets	-0.00067	-0.00034	0.000344	-0.98	0.335
tsoguk*Jetisitm*hisDT	-0.00058	-0.00029	0.000346	-0.84	0.408
tsoguk*JetTsets*hisDT	0.00036	0.00018	0.000345	0.52	0.605
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm	0.00008	0.00004	0.000347	0.11	0.910
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets	0.00020	0.00010	0.000350	0.29	0.773
tTsetson*Jetsoguk*hisDT	0.00011	0.00005	0.000347	0.16	0.876
tTsetson*Jetisitm*JetTsets	0.00039	0.00020	0.000345	0.57	0.574
tTsetson*Jetisitm*hisDT	0.00080	0.00040	0.000347	1.15	0.257
tTsetson*JetTsets*hisDT	0.00005	0.00002	0.000344	0.07	0.946
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.00202	0.00101	0.000345	2.92	0.006
Jetsoguk*Jetisitm*hisDT	0.00073	0.00037	0.000350	1.05	0.300
Jetsoguk*JetTsets*hisDT	0.00073	0.00037	0.000344	1.07	0.292
Jetisitm*JetTsets*hisDT	0.00048	0.00024	0.000352	0.69	0.496
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetsoguk	-0.00033	-0.00016	0.000345	-0.48	0.637
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetisitm	0.00123	0.00062	0.000345	1.79	0.081
tmoton*tsoguk*tTsetson* JetTsets	0.00080	0.00040	0.000344	1.16	0.254
tmoton*tsoguk*tTsetson* hisDT	0.00152	0.00076	0.000348	2.17	0.035
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* Jetisitm	-0.00014	-0.00007	0.000345	-0.20	0.839
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* JetTsets	-0.00133	-0.00066	0.000345	-1.93	0.061
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* hisDT	-0.00030	-0.00015	0.000347	-0.43	0.671
tmoton*tsoguk*Jetisitm* JetTsets	-0.00133	-0.00066	0.000345	-1.92	0.061
tmoton*tsoguk*Jetisitm* hisDT	0.00020	0.00010	0.000347	0.29	0.771
tmoton*tsoguk*JetTsets* hisDT	0.00027	0.00013	0.000347	0.38	0.705
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	-0.00064	-0.00032	0.000345	-0.93	0.358
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	0.00011	0.00005	0.000347	0.16	0.875
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	-0.00042	-0.00021	0.000345	-0.61	0.544
tmoton*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	-0.00064	-0.00032	0.000346	-0.93	0.359
tmoton*tTsetson*Jetisitm* hisDT	-0.00042	-0.00021	0.000345	-0.61	0.544
tmoton*tTsetson*JetTsets* hisDT	-0.00105	-0.00052	0.000345	-1.52	0.136
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* JetTsets	0.00073	0.00037	0.000345	1.07	0.293
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* hisDT	0.00064	0.00032	0.000344	0.93	0.358
tmoton*Jetsoguk*JetTsets* hisDT	0.00039	0.00020	0.000345	0.57	0.574
tmoton*Jetisitm*JetTsets* hisDT	-0.00042	-0.00021	0.000348	-0.60	0.548
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	0.00095	0.00048	0.000345	1.38	0.175
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	0.00008	0.00004	0.000345	0.11	0.911
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	-0.00114	-0.00057	0.000345	-1.65	0.105
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	0.00064	0.00032	0.000345	0.93	0.358
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* hisDT	0.00042	0.00021	0.000347	0.61	0.547
tsoguk*tTsetson*JetTsets*					

hisDT	0.00030	0.00015	0.000345	0.43	0.669
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm* JetTsets	-0.00098	-0.00049	0.000347	-1.42	0.163
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm* hisDT	0.00036	0.00018	0.000347	0.52	0.607
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets* hisDT	-0.00052	-0.00026	0.000346	-0.75	0.460
tsoguk*Jetisitm*JetTsets* hisDT	0.00023	0.00012	0.000345	0.34	0.736
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm *JetTsets	0.00127	0.00063	0.000346	1.83	0.074
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm *hisDT	0.00217	0.00109	0.000350	3.11	0.003
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets *hisDT	-0.00027	-0.00013	0.000351	-0.38	0.707
tTsetson*Jetisitm*JetTsets *hisDT	0.00011	0.00005	0.000346	0.16	0.875
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets *hisDT	0.00230	0.00115	0.000345	3.33	0.002
Ct Pt		-0.00057	0.001066	-0.54	0.595

Analysis of Variance for Enerji (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Covariates	1	0.0146249	0.0000763	0.00007632	5.02	0.030
Main Effects	7	0.0161991	0.0151858	0.00216940	142.84	0.000
2-Way Interactions	21	0.0010348	0.0010610	0.00005053	3.33	0.000
3-Way Interactions	35	0.0006332	0.0006386	0.00001825	1.20	0.281
4-Way Interactions	35	0.0008748	0.0008694	0.00002484	1.64	0.062
Curvature	1	0.0000044	0.0000044	0.00000436	0.29	0.595
Residual Error	43	0.0006531	0.0006531	0.00001519		
Lack of Fit	38	0.0005739	0.0005739	0.00001510	0.95	0.596
Pure Error	5	0.0000792	0.0000792	0.00001583		
Total	143	0.0340243				

MINITAB programı ile, Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Enerji versus tmoton; tsoguk; ... Estimated Effects and Coefficients for Enerji (coded units)

Term	Effect	Coef	SECoef	T	P
Constant		0.13017	0.001714	75.93	0.000
HisSay		-0.00063	0.000269	-2.34	0.021
tmoton	0.00494	0.00247	0.000381	6.48	0.000
tsoguk	0.00029	0.00014	0.000302	0.48	0.635
tTsetson	0.02294	0.01147	0.000379	30.30	0.000
Jetsoguk	-0.00066	-0.00033	0.000285	-1.15	0.251
Jetisitm	-0.00264	-0.00132	0.000284	-4.65	0.000
JetTsets	0.00456	0.00228	0.000302	7.56	0.000
hisDT	-0.02423	-0.01211	0.000859	-14.11	0.000
tmoton*tTsetson	0.00216	0.00108	0.000304	3.55	0.001
tsoguk*JetTsets	0.00223	0.00111	0.000304	3.67	0.000
tTsetson*Jetisitm	-0.00181	-0.00090	0.000302	-2.99	0.003
tTsetson*JetTsets	-0.00219	-0.00109	0.000302	-3.63	0.000
tTsetson*hisDT	-0.00249	-0.00125	0.000317	-3.93	0.000
Jetsoguk*Jetisitm	0.00132	0.00066	0.000285	2.31	0.023
JetTsets*hisDT	-0.00174	-0.00087	0.000302	-2.89	0.005
tsoguk*tTsetson*Jetisitm	-0.00151	-0.00075	0.000302	-2.49	0.014
tsoguk*tTsetson*JetTsets	-0.00183	-0.00092	0.000304	-3.02	0.003
tsoguk*tTsetson*hisDT	0.00120	0.00060	0.000302	1.99	0.049
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm	0.00121	0.00060	0.000302	2.00	0.047
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.00197	0.00099	0.000302	3.27	0.001
tmoton*tsoguk*tTsetson* hisDT	0.00143	0.00071	0.000303	2.36	0.020

tmoton*tsoguk*Jetsoguk*					
JetTsets	-0.00130	-0.00065	0.000302	-2.15	0.033
tmoton*tsoguk*Jetisitm*					
JetTsets	-0.00137	-0.00068	0.000302	-2.27	0.025
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*JetTsets	0.00132	0.00066	0.000302	2.18	0.031
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*hisDT	0.00207	0.00104	0.000304	3.41	0.001
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets					
*hisDT	0.00228	0.00114	0.000302	3.78	0.000

Analysis of Variance for Enerji (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Covariates	1	0.0146249	0.0000636	0.00006361	5.46	0.021
Main Effects	7	0.0161991	0.0162171	0.00231673	198.96	0.000
2-Way Interactions	7	0.0009032	0.0009112	0.00013017	11.18	0.000
3-Way Interactions	5	0.0003996	0.0003976	0.00007951	6.83	0.000
4-Way Interactions	6	0.0005351	0.0005351	0.00008918	7.66	0.000
Residual Error	117	0.0013623	0.0013623	0.00001164		
Curvature	1	0.0000091	0.0000091	0.00000911	0.78	0.379
Lack of Fit	111	0.0012741	0.0012741	0.00001148	0.72	0.763
Pure Error	5	0.0000792	0.0000792	0.00001583		
Total	143	0.0340243				

EK B

MINITAB programı ile, Program Süresi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Süre versus tmoton; tsoguk; ...

Estimated Effects and Coefficients for Süre (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		156.842	1.1338	138.34	0.000
His Say		-0.740	0.1807	-4.10	0.000
tmoton	-0.596	-0.298	0.2100	-1.42	0.163
tsoguk	4.706	2.353	0.1401	16.79	0.000
tTsetson	51.698	25.849	0.2079	124.34	0.000
Jetsoguk	-0.119	-0.059	0.1320	-0.45	0.655
Jetisitm	-0.590	-0.295	0.1318	-2.24	0.030
JetTsets	-1.715	-0.858	0.1398	-6.13	0.000
hisDT	-5.866	-2.933	0.5585	-5.25	0.000
tmoton*tsoguk	0.066	0.033	0.1398	0.24	0.815
tmoton*tTsetson	-0.126	-0.063	0.1423	-0.44	0.660
tmoton*Jetsoguk	0.223	0.112	0.1400	0.80	0.429
tmoton*Jetisitm	0.442	0.221	0.1400	1.58	0.121
tmoton*JetTsets	0.360	0.180	0.1435	1.25	0.217
tmoton*hisDT	0.690	0.345	0.1613	2.14	0.038
tsoguk*tTsetson	1.802	0.901	0.1404	6.42	0.000
tsoguk*Jetsoguk	0.152	0.076	0.1400	0.54	0.591
tsoguk*Jetisitm	-0.065	-0.032	0.1406	-0.23	0.819
tsoguk*JetTsets	0.165	0.083	0.1418	0.58	0.563
tsoguk*hisDT	0.036	0.018	0.1400	0.13	0.898
tTsetson*Jetsoguk	0.052	0.026	0.1404	0.19	0.853
tTsetson*Jetisitm	-0.479	-0.240	0.1404	-1.71	0.095
tTsetson*JetTsets	-0.434	-0.217	0.1398	-1.55	0.128
tTsetson*hisDT	-0.762	-0.381	0.1547	-2.46	0.018
Jetsoguk*Jetisitm	0.217	0.108	0.1324	0.82	0.418
Jetsoguk*JetTsets	-0.476	-0.238	0.1429	-1.67	0.103
Jetsoguk*hisDT	0.240	0.120	0.1404	0.85	0.398
Jetisitm*JetTsets	-1.081	-0.540	0.1401	-3.86	0.000
Jetisitm*hisDT	1.146	0.573	0.1404	4.08	0.000
JetTsets*hisDT	-1.013	-0.506	0.1401	-3.61	0.001
tmoton*tsoguk*tTsetson	0.113	0.057	0.1398	0.41	0.687
tmoton*tsoguk*Jetsoguk	-0.190	-0.095	0.1406	-0.67	0.504
tmoton*tsoguk*Jetisitm	-0.193	-0.097	0.1410	-0.69	0.496
tmoton*tsoguk*JetTsets	-0.160	-0.080	0.1398	-0.57	0.571
tmoton*tsoguk*hisDT	-0.123	-0.061	0.1406	-0.44	0.665
tmoton*tTsetson*Jetsoguk	-0.025	-0.013	0.1410	-0.09	0.929
tmoton*tTsetson*Jetisitm	0.003	0.002	0.1398	0.01	0.990
tmoton*tTsetson*JetTsets	0.005	0.002	0.1400	0.02	0.987
tmoton*tTsetson*hisDT	-0.037	-0.019	0.1410	-0.13	0.896
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm	-0.177	-0.089	0.1404	-0.63	0.531
tmoton*Jetsoguk*JetTsets	-0.005	-0.002	0.1400	-0.02	0.987
tmoton*Jetsoguk*hisDT	0.002	0.001	0.1406	0.01	0.994
tmoton*Jetisitm*JetTsets	0.228	0.114	0.1418	0.80	0.426
tmoton*Jetisitm*hisDT	-0.059	-0.030	0.1398	-0.21	0.834
tmoton*JetTsets*hisDT	-0.137	-0.068	0.1398	-0.49	0.628
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk	-0.616	-0.308	0.1418	-2.17	0.035
tsoguk*tTsetson*Jetisitm	-0.175	-0.087	0.1401	-0.62	0.536

tsoguk*tTsetson*JetTsets	0.634	0.317	0.1418	2.24	0.031
tsoguk*tTsetson*hisDT	0.692	0.346	0.1400	2.47	0.017
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm	0.145	0.072	0.1398	0.52	0.607
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets	0.440	0.220	0.1406	1.56	0.125
tsoguk*Jetsoguk*hisDT	0.107	0.053	0.1401	0.38	0.706
tsoguk*Jetisitm*JetTsets	-0.105	-0.053	0.1398	-0.38	0.708
tsoguk*Jetisitm*hisDT	-0.052	-0.026	0.1404	-0.19	0.853
tsoguk*JetTsets*hisDT	0.090	0.045	0.1398	0.32	0.748
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm	0.092	0.046	0.1406	0.33	0.746
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets	0.322	0.161	0.1418	1.13	0.263
tTsetson*Jetsoguk*hisDT	0.127	0.064	0.1406	0.45	0.653
tTsetson*Jetisitm*JetTsets	0.027	0.013	0.1400	0.09	0.925
tTsetson*Jetisitm*hisDT	-0.217	-0.108	0.1406	-0.77	0.446
tTsetson*JetTsets*hisDT	-0.199	-0.100	0.1398	-0.71	0.480
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.612	0.306	0.1401	2.18	0.034
Jetsoguk*Jetisitm*hisDT	-0.022	-0.011	0.1418	-0.08	0.938
Jetsoguk*JetTsets*hisDT	-0.176	-0.088	0.1398	-0.63	0.532
Jetisitm*JetTsets*hisDT	0.837	0.418	0.1429	2.93	0.005
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetsoguk	-0.191	-0.095	0.1398	-0.68	0.498
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetisitm	0.245	0.123	0.1400	0.88	0.386
tmoton*tsoguk*tTsetson* JetTsets	0.168	0.084	0.1398	0.60	0.551
tmoton*tsoguk*tTsetson* hisDT	0.267	0.134	0.1414	0.95	0.350
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* Jetisitm	0.097	0.049	0.1398	0.35	0.730
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* JetTsets	-0.152	-0.076	0.1400	-0.54	0.591
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* hisDT	-0.068	-0.034	0.1410	-0.24	0.809
tmoton*tsoguk*Jetisitm* JetTsets	-0.044	-0.022	0.1401	-0.16	0.876
tmoton*tsoguk*Jetisitm* hisDT	0.185	0.093	0.1406	0.66	0.514
tmoton*tsoguk*JetTsets* hisDT	0.057	0.028	0.1410	0.20	0.842
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	-0.192	-0.096	0.1400	-0.69	0.496
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	-0.158	-0.079	0.1406	-0.56	0.576
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	0.128	0.064	0.1398	0.46	0.648
tmoton*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	-0.083	-0.042	0.1404	-0.30	0.768
tmoton*tTsetson*Jetisitm* hisDT	0.035	0.017	0.1398	0.12	0.902
tmoton*tTsetson*JetTsets* hisDT	-0.122	-0.061	0.1398	-0.43	0.666
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* JetTsets	0.035	0.017	0.1398	0.12	0.902
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* hisDT	-0.113	-0.057	0.1398	-0.41	0.687
tmoton*Jetsoguk*JetTsets* hisDT	0.152	0.076	0.1400	0.54	0.591
tmoton*Jetisitm*JetTsets* hisDT	-0.048	-0.024	0.1414	-0.17	0.865
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	0.518	0.259	0.1401	1.85	0.071
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	0.050	0.025	0.1401	0.18	0.860
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	-0.378	-0.189	0.1398	-1.35	0.183
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	0.630	0.315	0.1400	2.25	0.030
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* hisDT	-0.037	-0.019	0.1410	-0.13	0.896

tsoguk*tTsetson*JetTsets*					
hisDT	0.152	0.076	0.1400	0.54	0.591
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm*					
JetTsets	-0.502	-0.251	0.1406	-1.79	0.081
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm*					
hisDT	-0.060	-0.030	0.1406	-0.21	0.831
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets*					
hisDT	-0.135	-0.068	0.1404	-0.48	0.632
tsoguk*Jetisitm*JetTsets*					
hisDT	-0.090	-0.045	0.1398	-0.32	0.748
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*JetTsets	0.083	0.042	0.1404	0.30	0.768
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*hisDT	0.447	0.223	0.1418	1.57	0.123
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets					
*hisDT	0.062	0.031	0.1423	0.22	0.830
tTsetson*Jetisitm*JetTsets					
*hisDT	-0.208	-0.104	0.1404	-0.74	0.462
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets					
*hisDT	0.785	0.392	0.1398	2.81	0.008
Ct Pt		0.762	0.4325	1.76	0.085

Analysis of Variance for Süre (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Covariates	1	5538.0	41.9	41.9	16.77	0.000
Main Effects	7	76785.5	76192.9	10884.7	4E+03	0.000
2-Way Interactions	21	280.2	284.3	13.5	5.41	0.000
3-Way Interactions	35	94.8	97.3	2.8	1.11	0.368
4-Way Interactions	35	74.7	75.8	2.2	0.87	0.667
Curvature	1	7.8	7.8	7.8	3.10	0.085
Residual Error	43	107.5	107.5	2.5		
Lack of Fit	38	104.5	104.5	2.8	4.58	0.047
Pure Error	5	3.0	3.0	0.6		
Total	143	82888.4				

MINITAB programı ile, Program Süresi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Süre versus tmoton; tsoguk; ...

Estimated Effects and Coefficients for Süre (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		155.942	0.6760	230.69	0.000
His Say		-0.584	0.1062	-5.50	0.000
tmoton	-0.325	-0.162	0.1427	-1.14	0.258
tsoguk	4.689	2.344	0.1091	21.48	0.000
tTsetson	51.431	25.716	0.1416	181.60	0.000
Jetsoguk	-0.132	-0.066	0.1028	-0.64	0.522
Jetisitm	-0.586	-0.293	0.1028	-2.85	0.005
JetTsets	-1.723	-0.861	0.1090	-7.90	0.000
hisDT	-4.930	-2.465	0.3359	-7.34	0.000
tmoton*Jetisitm	0.454	0.227	0.1091	2.08	0.039
tmoton*hisDT	0.551	0.275	0.1188	2.32	0.022
tsoguk*tTsetson	1.824	0.912	0.1092	8.35	0.000
tTsetson*Jetisitm	-0.457	-0.229	0.1092	-2.09	0.039
tTsetson*JetTsets	-0.441	-0.221	0.1090	-2.02	0.045
tTsetson*hisDT	-0.647	-0.324	0.1157	-2.80	0.006
Jetsoguk*JetTsets	-0.527	-0.264	0.1104	-2.39	0.019
Jetisitm*JetTsets	-1.064	-0.532	0.1091	-4.87	0.000
Jetisitm*hisDT	1.168	0.584	0.1092	5.35	0.000
JetTsets*hisDT	-1.030	-0.515	0.1091	-4.72	0.000
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk	-0.657	-0.329	0.1099	-2.99	0.003
tsoguk*tTsetson*JetTsets	0.593	0.296	0.1099	2.70	0.008

tsoguk*tTsetson*hisDT	0.704	0.352	0.1091	3.23	0.002
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.595	0.298	0.1091	2.73	0.007
Jetisitm*JetTsets*hisDT	0.785	0.393	0.1104	3.56	0.001
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	0.501	0.251	0.1091	2.30	0.023
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	0.642	0.321	0.1091	2.94	0.004
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm* JetTsets	-0.475	-0.238	0.1094	-2.17	0.032
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets *hisDT	0.777	0.389	0.1090	3.57	0.001

Analysis of Variance for Süre (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Covariates	1	5538.0	45.9	45.9	30.20	0.000
Main Effects	7	76785.5	76527.1	10932.4	7E+03	0.000
2-Way Interactions	10	269.8	271.0	27.1	17.83	0.000
3-Way Interactions	5	71.1	71.6	14.3	9.42	0.000
4-Way Interactions	4	47.7	47.7	11.9	7.84	0.000
Residual Error	116	176.3	176.3	1.5		
Curvature	1	6.6	6.6	6.6	4.49	0.036
Lack of Fit	110	166.7	166.7	1.5	2.53	0.149
Pure Error	5	3.0	3.0	0.6		
Total	143	82888.4				

EK C

MINITAB programı ile, Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Yık Ind versus tmoton; tsoguk; ...

Estimated Effects and Coefficients for Yık (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.99015	0.013877	71.35	0.000
His Say		-0.00222	0.002212	-1.00	0.321
tmoton	0.01193	0.00597	0.002570	2.32	0.025
tsoguk	-0.00135	-0.00068	0.001715	-0.39	0.696
tTsetson	0.04794	0.02397	0.002544	9.42	0.000
Jetsoguk	-0.01251	-0.00625	0.001616	-3.87	0.000
Jetisitm	-0.01159	-0.00579	0.001613	-3.59	0.001
JetTsets	0.01167	0.00583	0.001712	3.41	0.001
hisDT	-0.03040	-0.01520	0.006835	-2.22	0.031
tmoton*tsoguk	0.00007	0.00004	0.001712	0.02	0.983
tmoton*tTsetson	-0.00475	-0.00238	0.001742	-1.36	0.180
tmoton*Jetsoguk	-0.00008	-0.00004	0.001713	-0.02	0.982
tmoton*Jetisitm	0.00236	0.00118	0.001713	0.69	0.495
tmoton*JetTsets	-0.00220	-0.00110	0.001756	-0.63	0.534
tmoton*hisDT	0.00085	0.00043	0.001974	0.22	0.830
tsoguk*tTsetson	0.00522	0.00261	0.001718	1.52	0.136
tsoguk*Jetsoguk	-0.00105	-0.00052	0.001713	-0.31	0.762
tsoguk*Jetisitm	0.00215	0.00107	0.001721	0.62	0.536
tsoguk*JetTsets	0.00065	0.00033	0.001736	0.19	0.852
tsoguk*hisDT	-0.00517	-0.00259	0.001713	-1.51	0.138
tTsetson*Jetsoguk	0.00028	0.00014	0.001718	0.08	0.935
tTsetson*Jetisitm	-0.00409	-0.00205	0.001718	-1.19	0.240
tTsetson*JetTsets	-0.00183	-0.00092	0.001712	-0.54	0.595
tTsetson*hisDT	0.00225	0.00112	0.001894	0.59	0.556
Jetsoguk*Jetisitm	-0.00659	-0.00329	0.001620	-2.03	0.048
Jetsoguk*JetTsets	0.01423	0.00711	0.001749	4.07	0.000
Jetsoguk*hisDT	0.00881	0.00441	0.001718	2.57	0.014
Jetisitm*JetTsets	0.01082	0.00541	0.001715	3.15	0.003
Jetisitm*hisDT	0.00206	0.00103	0.001718	0.60	0.551
JetTsets*hisDT	-0.00373	-0.00186	0.001715	-1.09	0.283
tmoton*tsoguk*tTsetson	0.00118	0.00059	0.001711	0.35	0.731
tmoton*tsoguk*Jetsoguk	0.00027	0.00014	0.001721	0.08	0.937
tmoton*tsoguk*Jetisitm	-0.00283	-0.00142	0.001725	-0.82	0.417
tmoton*tsoguk*JetTsets	0.00133	0.00067	0.001712	0.39	0.699
tmoton*tsoguk*hisDT	-0.00256	-0.00128	0.001721	-0.74	0.462
tmoton*tTsetson*Jetsoguk	0.00083	0.00042	0.001725	0.24	0.811
tmoton*tTsetson*Jetisitm	0.00082	0.00041	0.001712	0.24	0.811
tmoton*tTsetson*JetTsets	-0.00167	-0.00084	0.001713	-0.49	0.628
tmoton*tTsetson*hisDT	-0.00005	-0.00002	0.001725	-0.01	0.989
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm	0.00066	0.00033	0.001718	0.19	0.850
tmoton*Jetsoguk*JetTsets	-0.00195	-0.00098	0.001713	-0.57	0.572
tmoton*Jetsoguk*hisDT	0.00007	0.00003	0.001721	0.02	0.984
tmoton*Jetisitm*JetTsets	0.00171	0.00086	0.001736	0.49	0.624
tmoton*Jetisitm*hisDT	-0.00040	-0.00020	0.001712	-0.12	0.908
tmoton*JetTsets*hisDT	0.00181	0.00090	0.001711	0.53	0.600
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk	-0.00532	-0.00266	0.001736	-1.53	0.133
tsoguk*tTsetson*Jetisitm	-0.00377	-0.00189	0.001715	-1.10	0.277

tsoguk*tTsetson*JetTsets	0.00278	0.00139	0.001736	0.80	0.428
tsoguk*tTsetson*hisDT	0.00033	0.00016	0.001713	0.10	0.924
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm	-0.00213	-0.00106	0.001711	-0.62	0.537
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets	0.00238	0.00119	0.001721	0.69	0.493
tsoguk*Jetsoguk*hisDT	-0.00299	-0.00150	0.001715	-0.87	0.388
tsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.00103	0.00051	0.001711	0.30	0.765
tsoguk*Jetisitm*hisDT	0.00181	0.00091	0.001718	0.53	0.601
tsoguk*JetTsets*hisDT	-0.00407	-0.00204	0.001712	-1.19	0.241
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm	0.00090	0.00045	0.001721	0.26	0.795
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets	-0.00022	-0.00011	0.001736	-0.06	0.949
tTsetson*Jetsoguk*hisDT	-0.00143	-0.00072	0.001721	-0.42	0.680
tTsetson*Jetisitm*JetTsets	0.00367	0.00184	0.001713	1.07	0.290
tTsetson*Jetisitm*hisDT	-0.00381	-0.00190	0.001721	-1.11	0.275
tTsetson*JetTsets*hisDT	0.00962	0.00481	0.001711	2.81	0.007
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.01099	0.00550	0.001715	3.20	0.003
Jetsoguk*Jetisitm*hisDT	0.00671	0.00336	0.001736	1.93	0.060
Jetsoguk*JetTsets*hisDT	0.00250	0.00125	0.001711	0.73	0.468
Jetisitm*JetTsets*hisDT	-0.00074	-0.00037	0.001749	-0.21	0.833
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetsoguk	0.00099	0.00049	0.001712	0.29	0.774
tmoton*tsoguk*tTsetson* Jetisitm	-0.00105	-0.00052	0.001713	-0.31	0.762
tmoton*tsoguk*tTsetson* JetTsets	0.00010	0.00005	0.001711	0.03	0.977
tmoton*tsoguk*tTsetson* hisDT	-0.00054	-0.00027	0.001730	-0.16	0.876
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* Jetisitm	-0.00036	-0.00018	0.001712	-0.11	0.916
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* JetTsets	0.00201	0.00101	0.001713	0.59	0.560
tmoton*tsoguk*Jetsoguk* hisDT	-0.00455	-0.00227	0.001725	-1.32	0.194
tmoton*tsoguk*Jetisitm* JetTsets	-0.00132	-0.00066	0.001715	-0.38	0.702
tmoton*tsoguk*Jetisitm* hisDT	-0.00007	-0.00003	0.001721	-0.02	0.984
tmoton*tsoguk*JetTsets* hisDT	0.00086	0.00043	0.001725	0.25	0.805
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	0.00027	0.00013	0.001713	0.08	0.938
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	-0.00107	-0.00053	0.001721	-0.31	0.758
tmoton*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	0.00323	0.00161	0.001712	0.94	0.351
tmoton*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	0.00162	0.00081	0.001718	0.47	0.639
tmoton*tTsetson*Jetisitm* hisDT	-0.00408	-0.00204	0.001712	-1.19	0.239
tmoton*tTsetson*JetTsets* hisDT	-0.00118	-0.00059	0.001712	-0.34	0.733
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* JetTsets	0.00223	0.00111	0.001712	0.65	0.518
tmoton*Jetsoguk*Jetisitm* hisDT	0.00147	0.00074	0.001711	0.43	0.669
tmoton*Jetsoguk*JetTsets* hisDT	0.00152	0.00076	0.001713	0.44	0.660
tmoton*Jetisitm*JetTsets* hisDT	-0.00218	-0.00109	0.001730	-0.63	0.533
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* Jetisitm	-0.00023	-0.00011	0.001715	-0.07	0.948
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* JetTsets	-0.00032	-0.00016	0.001715	-0.09	0.926
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk* hisDT	-0.00842	-0.00421	0.001712	-2.46	0.018
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* JetTsets	0.00570	0.00285	0.001713	1.66	0.103
tsoguk*tTsetson*Jetisitm* hisDT	0.00189	0.00094	0.001725	0.55	0.587

tsoguk*tTsetson*JetTsets*					
hisDT	-0.00292	-0.00146	0.001713	-0.85	0.399
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm*					
JetTsets	-0.00326	-0.00163	0.001721	-0.95	0.349
tsoguk*Jetsoguk*Jetisitm*					
hisDT	0.00001	0.00000	0.001721	0.00	0.999
tsoguk*Jetsoguk*JetTsets*					
hisDT	-0.00109	-0.00055	0.001718	-0.32	0.752
tsoguk*Jetisitm*JetTsets*					
hisDT	0.00326	0.00163	0.001712	0.95	0.346
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*JetTsets	-0.00094	-0.00047	0.001718	-0.27	0.786
tTsetson*Jetsoguk*Jetisitm					
*hisDT	-0.00029	-0.00014	0.001736	-0.08	0.935
tTsetson*Jetsoguk*JetTsets					
*hisDT	0.00112	0.00056	0.001742	0.32	0.749
tTsetson*Jetisitm*JetTsets					
*hisDT	-0.00397	-0.00198	0.001718	-1.16	0.254
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets					
*hisDT	0.00670	0.00335	0.001712	1.96	0.057
Ct Pt		0.02685	0.005293	5.07	0.000

Analysis of Variance for Yık (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Covariates	1	0.014557	0.0003771	0.0003771	1.01	0.321
Main Effects	7	0.080164	0.0799217	0.0114174	30.48	0.000
2-Way Interactions	21	0.018657	0.0186344	0.0008874	2.37	0.008
3-Way Interactions	35	0.013283	0.0133784	0.0003822	1.02	0.471
4-Way Interactions	35	0.008973	0.0088673	0.0002534	0.68	0.882
Curvature	1	0.009637	0.0096366	0.0096366	25.72	0.000
Residual Error	43	0.016109	0.0161086	0.0003746		
Lack of Fit	38	0.016036	0.0160359	0.0004220	29.04	0.001
Pure Error	5	0.000073	0.0000727	0.0000145		
Total	143	0.161380				

MINITAB programı ile, Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Kesirli Etmenli Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Fractional Factorial Fit: Yık Ind versus tmoton; tsoguk; ...

Estimated Effects and Coefficients for Yık (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		0.99268	0.007299	136.01	0.000
His Say		-0.00263	0.001151	-2.28	0.024
tmoton	0.01123	0.00561	0.001694	3.31	0.001
tsoguk	-0.00131	-0.00065	0.001370	-0.48	0.634
tTsetson	0.04863	0.02431	0.001684	14.44	0.000
Jetsoguk	-0.01248	-0.00624	0.001291	-4.83	0.000
Jetisitm	-0.01160	-0.00580	0.001291	-4.49	0.000
JetTsets	0.01169	0.00584	0.001369	4.27	0.000
hisDT	-0.03284	-0.01642	0.003707	-4.43	0.000
Jetsoguk*Jetisitm	-0.00664	-0.00332	0.001293	-2.57	0.011
Jetsoguk*JetTsets	0.01436	0.00718	0.001382	5.20	0.000
Jetsoguk*hisDT	0.00876	0.00438	0.001371	3.19	0.002
Jetisitm*JetTsets	0.01078	0.00539	0.001370	3.93	0.000
tTsetson*JetTsets*hisDT	0.00962	0.00481	0.001369	3.51	0.001
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets	0.01104	0.00552	0.001370	4.03	0.000
Jetsoguk*Jetisitm*hisDT	0.00682	0.00341	0.001377	2.48	0.015
tsoguk*tTsetson*Jetsoguk*					
hisDT	-0.00844	-0.00422	0.001369	-3.08	0.003
tsoguk*tTsetson*Jetisitm*					
JetTsets	0.00567	0.00283	0.001370	2.07	0.041
Jetsoguk*Jetisitm*JetTsets					

*hisDT	0.00672	0.00336	0.001369	2.45	0.016
Ct Pt		0.02709	0.004161	6.51	0.000

Analysis of Variance for Yık (coded units)

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Covariates	1	0.014557	0.0012476	0.0012476	5.20	0.024
MainEffects	7	0.080164	0.0836336	0.0119477	49.82	0.000
2-WayInteractions	4	0.013954	0.0142959	0.0035740	14.90	0.000
3-WayInteractions	3	0.008078	0.0083003	0.0027668	11.54	0.000
4-WayInteractions	3	0.004729	0.0047491	0.0015830	6.60	0.000
Curvature	1	0.010160	0.0101596	0.0101596	42.36	0.000
ResidualError	124	0.029738	0.0297382	0.0002398		
Lack of Fit	119	0.029666	0.0296655	0.0002493	17.15	0.002
Pure Error	5	0.000073	0.0000727	0.0000145		
Total	143	0.161380				

EK D

MINITAB programı ile, Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Enerji versus tmoton; tmotof; ...

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Enerji

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.128294	0.000581	220.909	0.000
Block 1	0.002509	0.000574	4.373	0.000
Block 2	0.000226	0.000574	0.395	0.694
Block 3	-0.001321	0.000574	-2.302	0.022
tmoton	0.003235	0.000414	7.822	0.000
tmotof	-0.001382	0.000414	-3.342	0.001
tsoğuk	0.001015	0.000414	2.453	0.015
tTsetson	0.010412	0.000414	25.172	0.000
JetTsets	0.002669	0.000414	6.453	0.000
hisDT	-0.009699	0.000414	-23.447	0.000
tmoton*tmoton	-0.001608	0.001562	-1.030	0.305
tmotof*tmotof	-0.001108	0.001562	-0.710	0.479
tsoğuk*tsoğuk	-0.001858	0.001562	-1.190	0.236
tTsetson*tTsetson	0.001392	0.001562	0.891	0.374
JetTsets*JetTsets	0.000517	0.001562	0.331	0.741
hisDT*hisDT	0.001267	0.001562	0.811	0.418
tmoton*tmotof	0.000523	0.000426	1.228	0.221
tmoton*tsoğuk	0.000102	0.000426	0.238	0.812
tmoton*tTsetson	0.000164	0.000426	0.385	0.701
tmoton*JetTsets	0.000539	0.000426	1.264	0.208
tmoton*hisDT	0.000508	0.000426	1.191	0.235
tmotof*tsoğuk	-0.000430	0.000426	-1.008	0.315
tmotof*tTsetson	-0.000367	0.000426	-0.861	0.390
tmotof*JetTsets	0.000664	0.000426	1.558	0.121
tmotof*hisDT	-0.000242	0.000426	-0.568	0.571
tsoğuk*tTsetson	-0.000195	0.000426	-0.458	0.647
tsoğuk*JetTsets	0.000648	0.000426	1.521	0.130
tsoğuk*hisDT	0.000492	0.000426	1.154	0.250
tTsetson*JetTsets	-0.000477	0.000426	-1.118	0.265
tTsetson*hisDT	-0.000758	0.000426	-1.777	0.077
JetTsets*hisDT	-0.000383	0.000426	-0.898	0.370

S = 0.004824 R-Sq = 88.2% R-Sq(adj) = 86.2%

Analysis of Variance for Enerji

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	0.000535	0.000535	0.000178	7.66	0.000
Regression	27	0.030922	0.030922	0.001145	49.22	0.000
Linear	6	0.030328	0.030328	0.005055	217.23	0.000
Square	6	0.000168	0.000168	0.000028	1.21	0.305
Interaction	15	0.000426	0.000426	0.000028	1.22	0.260
Residual Error	181	0.004212	0.004212	0.000023		
Lack-of-Fit	149	0.003392	0.003392	0.000023	0.89	0.688
Pure Error	32	0.000819	0.000819	0.000026		
Total	211	0.035669				

MINITAB programı ile, Enerji Tüketimi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Enerji versus tmoton; tmotof; ...

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Enerji

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.127396	0.000335	380.288	0.000
Block 1	0.002509	0.000580	4.325	0.000
Block 2	0.000226	0.000580	0.390	0.697
Block 3	-0.001321	0.000580	-2.276	0.024
tmoton	0.003235	0.000418	7.735	0.000
tmotof	-0.001382	0.000418	-3.305	0.001
tsoğuk	0.001015	0.000418	2.426	0.016
tTsetson	0.010412	0.000418	24.893	0.000
JetTsets	0.002669	0.000418	6.382	0.000
hisDT	-0.009699	0.000418	-23.188	0.000

S = 0.004878 R-Sq = 86.5% R-Sq(adj) = 85.9%

Analysis of Variance for Enerji

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	0.000535	0.000535	0.000178	7.50	0.000
Regression	6	0.030328	0.030328	0.005055	212.45	0.000
Linear	6	0.030328	0.030328	0.005055	212.45	0.000
Residual Error	202	0.004806	0.004806	0.000024		
Lack-of-Fit	170	0.003987	0.003987	0.000023	0.92	0.651
Pure Error	32	0.000819	0.000819	0.000026		
Total	211	0.035669				

EK E

MINITAB programı ile, Program Süresi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Süre versus tmoton; tmotof; ...

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Süre

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	150.551	0.2925	514.712	0.000
Block 1	0.264	0.2890	0.914	0.362
Block 2	-1.377	0.2890	-4.766	0.000
Block 3	0.547	0.2890	1.893	0.060
tmoton	0.250	0.2083	1.200	0.232
tmotof	0.000	0.2083	0.000	1.000
tsoğuk	2.640	0.2083	12.671	0.000
tTsetson	25.272	0.2083	121.311	0.000
JetTsets	-0.029	0.2083	-0.141	0.888
hisDT	-0.096	0.2083	-0.459	0.647
tmoton*tmoton	0.728	0.7866	0.926	0.356
tmotof*tmotof	-0.522	0.7866	-0.663	0.508
tsoğuk*tsoğuk	1.853	0.7866	2.356	0.020
tTsetson*tTsetson	-0.147	0.7866	-0.187	0.852
JetTsets*JetTsets	-0.772	0.7866	-0.981	0.328
hisDT*hisDT	-0.147	0.7866	-0.187	0.852
tmoton*tmotof	-0.195	0.2147	-0.910	0.364
tmoton*tsoğuk	0.133	0.2147	0.618	0.537
tmoton*tTsetson	-0.102	0.2147	-0.473	0.637
tmoton*JetTsets	0.102	0.2147	0.473	0.637
tmoton*hisDT	-0.039	0.2147	-0.182	0.856
tmotof*tsoğuk	-0.086	0.2147	-0.400	0.689
tmotof*tTsetson	-0.070	0.2147	-0.327	0.744
tmotof*JetTsets	-0.055	0.2147	-0.255	0.799
tmotof*hisDT	-0.070	0.2147	-0.327	0.744
tsoğuk*tTsetson	0.570	0.2147	2.656	0.009
tsoğuk*JetTsets	-0.070	0.2147	-0.327	0.744
tsoğuk*hisDT	-0.242	0.2147	-1.128	0.261
tTsetson*JetTsets	-0.023	0.2147	-0.109	0.913
tTsetson*hisDT	0.086	0.2147	0.400	0.689
JetTsets*hisDT	-0.148	0.2147	-0.691	0.490

S = 2.429 R-Sq = 98.8% R-Sq(adj) = 98.6%

Analysis of Variance for Süre

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	137.1	137.1	45.7	7.74	0.000
Regression	27	87963.0	87963.0	3257.9	551.97	0.000
Linear	6	87817.6	87817.6	14636.3	2E+03	0.000
Square	6	79.3	79.3	13.2	2.24	0.041
Interaction	15	66.2	66.2	4.4	0.75	0.734
Residual Error	181	1068.3	1068.3	5.9		
Lack-of-Fit	149	962.5	962.5	6.5	1.95	0.014
Pure Error	32	105.8	105.8	3.3		
Total	211	89168.5				

MINITAB programı ile, Program Süresi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Süre versus tsoğuk; tTsetson

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Süre

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	150.461	0.2687	560.006	0.000
Block 1	0.264	0.2786	0.948	0.344
Block 2	-1.377	0.2786	-4.943	0.000
Block 3	0.547	0.2786	1.964	0.051
tsoğuk	2.640	0.2008	13.143	0.000
tTsetson	25.272	0.2008	125.827	0.000
tsoğuk*tsoğuk	1.135	0.3355	3.384	0.001
tsoğuk*tTsetson	0.570	0.2070	2.755	0.006

S = 2.342 R-Sq = 98.7% R-Sq(adj) = 98.7%

Analysis of Variance for Süre

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	137.1	137.1	45.7	8.33	0.000
Regression	4	87912.2	87912.2	21978.0	4E+03	0.000
Linear	2	87807.7	87807.7	43903.9	8E+03	0.000
Square	1	62.8	62.8	62.8	11.45	0.001
Interaction	1	41.6	41.6	41.6	7.59	0.006
Residual Error	204	1119.2	1119.2	5.5		
Lack-of-Fit	28	387.1	387.1	13.8	3.32	0.000
Pure Error	176	732.1	732.1	4.2		
Total	211	89168.5				

EK F

MINITAB programı ile, Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin ilk hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Yık Ind versus tmoton; tmotof; ...

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Yık Ind

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.984480	0.002229	441.761	0.000
Block 1	0.010509	0.002202	4.773	0.000
Block 2	0.000943	0.002202	0.428	0.669
Block 3	-0.002698	0.002202	-1.225	0.222
tmoton	0.007375	0.001587	4.646	0.000
tmotof	-0.003890	0.001587	-2.451	0.015
tsoğuk	-0.000309	0.001587	-0.195	0.846
tTsetson	0.023750	0.001587	14.963	0.000
JetTsets	0.008360	0.001587	5.267	0.000
hisDT	-0.001912	0.001587	-1.204	0.230
tmoton*tmoton	0.001688	0.005993	0.282	0.779
tmotof*tmotof	-0.003312	0.005993	-0.553	0.581
tsoğuk*tsoğuk	0.001563	0.005993	0.261	0.795
tTsetson*tTsetson	-0.007437	0.005993	-1.241	0.216
JetTsets*JetTsets	-0.007062	0.005993	-1.178	0.240
hisDT*hisDT	0.001813	0.005993	0.302	0.763
tmoton*tmotof	-0.001156	0.001636	-0.707	0.481
tmoton*tsoğuk	0.000516	0.001636	0.315	0.753
tmoton*tTsetson	-0.002156	0.001636	-1.318	0.189
tmoton*JetTsets	-0.000094	0.001636	-0.057	0.954
tmoton*hisDT	-0.000625	0.001636	-0.382	0.703
tmotof*tsoğuk	-0.000687	0.001636	-0.420	0.675
tmotof*tTsetson	0.000328	0.001636	0.201	0.841
tmotof*JetTsets	0.001453	0.001636	0.888	0.376
tmotof*hisDT	-0.001609	0.001636	-0.984	0.327
tsoğuk*tTsetson	-0.000719	0.001636	-0.439	0.661
tsoğuk*JetTsets	-0.000969	0.001636	-0.592	0.555
tsoğuk*hisDT	-0.001844	0.001636	-1.127	0.261
tTsetson*JetTsets	0.001047	0.001636	0.640	0.523
tTsetson*hisDT	-0.000797	0.001636	-0.487	0.627
JetTsets*hisDT	-0.000297	0.001636	-0.181	0.856

S = 0.01851 R-Sq = 65.3% R-Sq(adj) = 59.5%

Analysis of Variance for Yık Ind

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	0.010349	0.010349	0.003450	10.07	0.000
Regression	27	0.106186	0.106186	0.003933	11.48	0.000
Linear	6	0.096183	0.096183	0.016030	46.79	0.000
Square	6	0.007621	0.007621	0.001270	3.71	0.002
Interaction	15	0.002382	0.002382	0.000159	0.46	0.956
Residual Error	181	0.062016	0.062016	0.000343		
Lack-of-Fit	149	0.056714	0.056714	0.000381	2.30	0.004
Pure Error	32	0.005302	0.005302	0.000166		
Total	211	0.178551				

MINITAB programı ile, Yıkama İndeksi için yapılan Yarı Cevap Yüzeyi Deney Tasarımı veri analizi sonucunda elde edilen modelin indirgenmiş hali aşağıda verilmiştir.

Response Surface Regression: Yık Ind versus tmoton; tmotof; ...

The analysis was done using coded units.

Estimated Regression Coefficients for Yık Ind

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.976302	0.001295	753.897	0.000
Block 1	0.010509	0.002243	4.685	0.000
Block 2	0.000943	0.002243	0.421	0.674
Block 3	-0.002698	0.002243	-1.203	0.230
tmoton	0.007375	0.001617	4.561	0.000
tmotof	-0.003890	0.001617	-2.406	0.017
tTsetson	0.023750	0.001617	14.689	0.000
JetTsets	0.008360	0.001617	5.171	0.000

S = 0.01886 R-Sq = 59.4% R-Sq(adj) = 58.0%

Analysis of Variance for Yık Ind

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Blocks	3	0.01035	0.01035	0.003450	9.70	0.000
Regression	4	0.09567	0.09567	0.023918	67.27	0.000
Linear	4	0.09567	0.09567	0.023918	67.27	0.000
Residual Error	204	0.07253	0.07253	0.000356		
Lack-of-Fit	92	0.04314	0.04314	0.000469	1.79	0.002
Pure Error	112	0.02939	0.02939	0.000262		
Total	211	0.17855				

ÖZGEÇMİŞ

Berç ULUK, 1980 yılında İstanbul'da doğdu. 1991 yılında Özel Karagözyan İlkokulu'nu, 1997 yılında Özel Surp Haç Lisesi'ni bitirdi. 2003 yılında İTÜ, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı-Akışan Programı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.