

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EV TİPİ FIRINLARIN TASARIM PARAMETRELERİNİN
TAGUCHİ YÖNETİMİYLE OPTİMİZASYONU**

**Hazırlayan
Sevinç KORKMAZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Esra AKGÜL**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisan 2024
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**EV TİPİ FIRINLARIN TASARIM PARAMETRELERİNİN
TAGUCHİ YÖNETİMİYLE OPTİMİZASYONU
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Sevinç KORKMAZ**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Esra AKGÜL**

**Nisan 2024
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Adı-Soyadı: Sevinç KORKMAZ



“Ev Tipi Fırınların Tasarım Parametrelerinin Taguchi Yönetimiyle Optimizasyonu” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Sevinç KORKMAZ

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Esra AKGÜL

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, ABD Başkanı

Prof. Dr. Cem SİNANOĞLU

TEŞEKKÜR

Bana çalıőmalarım süresince her türlü yardımını ve fedakârlığı sağlayan, danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi Esra AKGÜL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalıőmalarımı gerçekleştirmem için ve çalıőmalarım sırasında karşılaőtığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı FEMAŞ METAL SAN. TİC. A.Ő. ve Ar-Ge Bölümü alıőma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca; çalıőmalarım süresince beni daima destekleyen annem Gülizar GÜLDOĞAN, babam Sefer GÜLDOĞAN, kız kardeőim Sevgi GÜLDOĞAN ve sevgili eőim Furkan KORKMAZ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Sevinç KORKMAZ

Mart 2024, KAYSERİ

EV TİPİ FIRINLARIN TASARIM PARAMETRELERİNİN TAGUCHİ YÖNETİMİYLE OPTİMİZASYONU

Sevinç KORKMAZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2024
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Esra AKGÜL

ÖZET

Ev aletlerinde verimlilik, sürdürülebilirlik ve güvenlik günümüzün en dikkat çekici konularındandır. Elektrikli ankastre fırınlarda kapı yüzey sıcaklığının beklenenden yüksek olması fırın kapağında yüzey güvenliğinin düşük olmasına neden olur. Ayrıca elektrikli fırınlarda fırın kapağı, fırının enerji verimliliğini, hava akışını, havalandırmanın verimli çalışmasını da etkilemektedir. Fırınlarda yüzey sıcaklığını, hava akış hızını ve enerji tüketimini etkileyen, birbirine bağımlı ancak diğer faktörlerden en az etkilenen üç faktör belirlenmiş ve enerji tüketimini azaltmak, kapak yüzey sıcaklığını ve hava akış hızını arttırmak amacıyla bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Taguchi yöntemi ile yapılan tasarıma standartlara uygun yüzey, hava debisi ve enerji verimliliği testleri uygulanarak fırın için optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir.

Taguchi metodu ile tasarımda istenen her özelliğin optimize edilebilmesi için deney seti kurulmuştur. Tasarıma etki eden en önemli parametreler ayrı ayrı ele alınmış, en etkili parametreler tespit edilmiştir. Her bir parametre için doğrulama deneyleri yapılmış ve optimum tasarım parametreleri ortaya çıkartılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ürün tasarımı, Taguchi metodu, optimizasyon, ev aletleri.

OPTIMIZATION OF DESIGN PARAMETERS FOR HOUSEHOLD OVENS USING TAGUCHI METHOD

Sevinç KORKMAZ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, April 2024
Supervisor: Asst. Prof. Dr. Esra AKGÜL

ABSTRACT

Efficiency, sustainability, and safety are among the most prominent issues in modern household appliances. In electric built-in ovens, having a higher-than-expected surface temperature of the door leads to lower surface safety. Additionally, in electric ovens, the oven door affects energy efficiency, airflow, and efficient ventilation of the oven. Three factors that affect surface temperature, airflow velocity, and energy consumption, while being interdependent and least affected by other factors, have been identified, and an optimization study has been conducted to reduce energy consumption, increase door surface temperature, and airflow velocity. Optimization work for the oven has been carried out by applying standard surface, airflow, and energy efficiency tests using the Taguchi method. A test set was established for each desired feature in the design using the Taguchi method to optimize every feature. The most important parameters affecting the design were individually examined, and the most effective parameters were identified. Verification experiments were conducted for each parameter, and optimum design parameters were determined.

Keywords: Product design, Taguchi method, optimization, household appliances.

İÇİNDEKİLER

EV TİPİ FIRINLARIN TASARIM PARAMETRELERİNİN TAGUCHİ YÖNETİMİYLE OPTİMİZASYONU

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL ve ONAY SAYFASI.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT.....	vii
KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu	2
1.2. Araştırmanın Amacı	2
1.3. Araştırmanın Önemi.....	2
1.4. Fırınlar	3
1.4.1. Fırın Kapakları	5
1.4.2. Fırın Kapaklarının Mekanik Yapısı.....	6
1.4.3. Fırın Kapak Camları	6
1.5. Literatür Çalışması.....	7
1.6. Kalite ve Kalite iyileştirme	11
1.6.1. Deneysel Tasarım	14
1.6.2. Deneysel Tasarımın Aşamaları	16
1.6.3. Deneysel Tasarım Türleri	17
1.6.4. Taguchi Deneysel Tasarım Metodu	18
1.6.5. Sinyal/Gürültü Oranı	22
1.6.6. Varyans Analizi-ANOVA (Analysis of Variance)	23

2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Materyal.....	24
--------------------	----

2.1.1. Deney İçin Kullanılan Ankastre Fırın	24
2.1.2. Deney Test Kabini	25
2.1.3. Hipor Tuğla	26
2.1.4. Testo 405i - Sıcak Telli Anemometre Kablosuz Akıllı Prob	27
2.1.5. Testo 405i Hava Akış Hızı Ölçüm Probu	27
2.1.6. Testlerde Kullanılan Standartlar	28
2.2. Yöntem	29
2.3. Taguchi Metodu ile Tasarım Sonuç Tahminlerinin Yapılması	32

3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Yüzey Sıcaklığı Optimizasyonu	37
3.2. Harcanan Enerji Optimizasyonu.....	38
3.3. Hava Akış Debisi Optimizasyonu	39
3.4. Doğrulama Deneylerinin Yapılması ve Sonuçların Analiz Edilmesi	41
3.4.1. Yüzey Sıcaklığı için Doğrulama Deneyi Yapılması	41
3.4.2. Harcanan Enerji için Doğrulama Deneyi Yapılması	42
3.4.3. Hava Akış Debisi için Doğrulama Deneyi Yapılması	43
3.5. Tasarım Doğrulama Deneyleri	45

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç.....	47
KAYNAKÇA	49
ÖZGEÇMİŞ.....	54

KISALTMALAR

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
Low-e	Low emissivity (düşük yayınım)	U
%	Yüzde	-
S/N	Sinyal/Gürültü	-
W/m ² K	Isı Geçirgenliği	-
m	Metre	-
mm	Milimetre	-
°C	Derece Celsius	-
s	Saniye	-
m ³ /s	Debi	-
KWh	Kilovat-Saat	-
m ²	Metrekare	-
DF	Derece özgürlüğü	-
Seq SS	Sıralı Kareler Toplamı	-
Adj SS	Düzeltilmiş Kareler Toplamı	-
Adj MS	Düzeltilmiş Ortalama Kareler	-
R-sq	R-Kare Değeri	-
CENELEC	International Electrotechnical Commission Uluslararası Elektroteknik Komisyon	-

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1.	Fırın kapakları ile ilgili alınan bazı patentler	10
Tablo 1.2.	Örnek ortogonal dizi matrisi	21
Tablo 1.3.	Faktör ve seviyelerine göre uygun ortogonal diziler [37, 59].....	21
Tablo 2.1.	Testlerde kullanılan standartları gösteren tablo.	28
Tablo 2.2.	Deney seti faktör ve seviyeleri tablosu.	32
Tablo 2.3.	L ₉ ortogonal dizisi ile oluşturulmuş deney tablosu.....	33
Tablo 3.1.	Yüzey sıcaklığı için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri....	37
Tablo 3.2.	Harcanan enerji miktarı için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri.	39
Tablo 3.3.	Hava akış debisi için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri. .	40
Tablo 3.4.	Yüzey Sıcaklığının Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi.....	41
Tablo 3.5.	Yüzey sıcaklığı varyans analizi özeti.....	41
Tablo 3.6.	Harcanan enerji miktarının Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi	42
Tablo 3.7.	Harcanan enerji miktarı varyans analizi özeti.....	42
Tablo 3.8.	Hava Akış Debisinin Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi.....	43
Tablo 3.9.	Hava akış debisi miktarı varyans analizi özeti.....	43
Tablo 3.10.	Doğrulama deney planı.....	45
Tablo 3.11.	Doğrulama deney sonuçları.	46

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1.	Cam yüzeyinde kaplama görseli	6
Şekil 1.2.	Low-e kaplamasına sahip cam görselleri.....	7
Şekil 1.3.	PUKÖ (Deming) Çevrimi	13
Şekil 1.4.	Bhote ABD ve Japonya arasındaki kalite gelişimlerini karşılaştırmasına ait grafik.....	14
Şekil 1.5.	Taguchi Metodu akış şeması görseli.....	19
Şekil 2.1.	Ankastre fırının şematik gösterimi.	24
Şekil 2.2.	Tuğla ile sıcaklık ölçümü deneyleri yapılan test kabini ve deney yapılan fırın görseli.....	26
Şekil 2.3.	Merkez sıcaklık ölçümü deneyleri yapılan test kabini ve deney yapılan fırın görseli.....	26
Şekil 2.4.	Islak hipor tuğla tartım görseli.....	27
Şekil 2.5.	Testo 405i - sıcak telli Anemometre kablosuz akıllı prob ile yüzey sıcaklık ölçümü yapılırken görseli.....	27
Şekil 2.6.	Testo 405i hava akış hızı ölçüm probu görseli.....	28
Şekil 2.7.	Balık kılçığı şablonu	30
Şekil 2.8.	Taguchi metodu ankastre fırın optimizasyon çalışması adımları.	31
Şekil 2.9.	Fırınlarda kapak yüzey sıcaklığını etkileyen faktörler için bir pareto grafiği.....	33
Şekil 2.10.	Yüzey sıcaklık testi ölçüm bölgeleri.....	34
Şekil 2.11.	Enerji deneyinin yapılması.	34
Şekil 2.12.	Fırınlarda enerji tüketimini etkileyen faktörler için bir pareto grafiği.....	35
Şekil 2.13.	Fırınlarda hava debisi çıkışını etkileyen faktörler için bir pareto grafiği. .	35
Şekil 3.1.	Yüzey sıcaklığı sinyal/gürültü oranı için grafik.	38
Şekil 3.2.	Harcanan enerji miktarı sinyal/gürültü oranı için grafik	39
Şekil 3.3.	Hava akış debisi sinyal/gürültü oranı için grafik.....	40
Şekil 3.4.	Hava yönlendirme plastiği	44
Şekil 3.5.	Fırın kapağında hava debisinin çıkışına ait görsel.....	44
Şekil 3.6.	Analiz programında fırın kapağı-havalandırması arasında hava debisi çıkışı gözlemi	45

GİRİŞ

Günümüzde azalan enerji kaynakları ve çevre kirliliğine yönelik alınan önlemlere karşı artan bilinç ile kullanılan tüm eşyalarda enerji verimliliği, temiz enerji, sürdürülebilir enerji konuları üzerine yoğunlaşmaktadır. Geçmişten günümüze pişirme için kullanılan enerji çeşitleri; ateş, kömür, doğal gaz, mikrodalga (elektromanyetik radyasyon) vb. şeklindedir [1]. Buna bağlı olarak günümüzde beyaz eşya ürünlerinde düşük enerji sınıfı uygulama çalışmaları başlamıştır. Ek olarak Avrupa standartlarında beyaz eşyalarda güvenlik konusu da ön plana çıkmaktadır. Enerji verimliliği ürün tasarımları ile artırılabilir. Mevcut ürünler incelenerek; tasarım parametreleri üzerinde yapılacak değişikliklerin belirlenmesi önemlidir.

Ankastre fırınlarda enerji tüketim miktarını azaltmak ve güvenliği sağlamak ve sürdürülebilirliğe katkı sağlamak amacıyla standartlar içinde de yer alan soğuk kapak ve bu soğuk kapağın etkinliğinin artmasında etkili olan parametrelerin (yüzey sıcaklığı, hava akış debisi ve harcanan enerji miktarı) ile ilgili kalite iyileştirme metotlarından biri olan Taguchi metodu kullanılarak testler yapılmış ve bu testlere bağlı olarak en uygun fırın tasarım parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problem Durumu

Elektrikli ankastre fırında, kapak yüzey sıcaklığının beklenenden yüksek olması, fırın kapağında yüzey güvenliğinin düşük olmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca elektrikli fırınlarda fırın kapağı; fırın enerji verimliliğini, hava akışı, havalandırmanın verimli çalışması gibi durumları da etkilemektedir. Bahsedilen durumlardan dolayı fırınların yüzey sıcaklığını, hava akış debisini ve enerji tüketimini etkileyen; birbirleriyle bağımlı ancak diğer faktörlerinden en az etkilenen faktörler tespit edilip, enerji tüketimini azaltmak, kapak yüzey sıcaklığını, hava akış debisini artırmak amacıyla optimizasyon çalışması yapılmıştır.

1.2. Araştırmanın Amacı

Yapılan bu araştırmanın amacı; öncelikle fırın kapak yüzey sıcaklığını düşürerek kapak yüzey güvenliğinin sağlanması ardından bu sıcaklık düşüşünün katkısı olarak fırın havalandırma ve enerji durumlarının da ayrı ayrı incelenerek; tasarımın optimize edilmesidir. Böylelikle enerjinin daha verimli olarak sürdürülebilirliği amaçlanmıştır.

1.3. Araştırmanın Önemi

Elektrikli ankastre bir fırın için; fırın kapak yüzey sıcaklığını düşürüp, aynı zamanda yüzey sıcaklığı düşerken enerji verimliliğini ve kapakta hava akış hızını da artırıp, tasarım çeşitliliği ile geliştirilmesi planlanmıştır. Taguchi metodu ile yapılan tasarımda standartlara uygun yüzey sıcaklığı, hava debisi, enerji verimliliği testlerini uygulayarak fırın için bir optimizasyon çalışması gerçekleştirilecektir.

1.4. Fırımlar

Fırımlar, farklı yemek türlerini pişirmek için kullanılabilir. Bunlar arasında pasta, ekmek, pizza, kurabiyeler, kekler, tavuk, balık, sebzeler ve daha pek çok yiyecek bulunur. Fırımlar, ayrıca kızartma, ızgara yapma veya yemekleri ısıtma, buz çözme gibi çeşitli işlemler için de kullanılabilir. Genellikle bir iç bölme veya hazne, ısıtma elemanları, kontrol paneli ve pişirme tepsileri veya rafları gibi bileşenlere sahiptir. İç bölme, yiyeceklerin pişirildiği veya ısıtıldığı alanı temsil eder. Bu bölme genellikle metal bir yapıya sahiptir ve yalıtımlıdır. Kontrol panelleri, fırının çalışma mod-fonksiyonlarını, sıcaklık ayarını ve zamanlayıcıyı kontrol etmek için kullanılır. Bu paneller aracılığıyla kullanıcılar fırının sıcaklık ayarlarını belirleyebilir, pişirme sürelerini ayarlayabilir veya farklı pişirme modları arasında geçiş yapabilirler. Pişirme tepsileri veya rafları, yiyeceklerin fırın içinde yerleştirildiği ve pişirme işleminin gerçekleştiği platformlardır. Bu tepsiler veya raflar, kullanıcıların yiyecekleri düzgün bir şekilde yerleştirmesini ve fırın içindeki sıcaklık dağılımını optimize etmesini sağlar. Fırımlar, elektrik veya gaz ile çalışabilirler ve işlevlerine, tasarımlarına ve kullanılan enerji kaynaklarına göre farklı tiplerde fırınlar bulunmaktadır.

Enerji kaynaklarına göre fırınlar; elektrikli, gazlı, konveksiyonlu ve mikrodalga fırınlar olmak üzere sıralanabilmektedir. Elektrik enerjisi kullanarak çalışan ve yiyecekleri elektrik enerjisiyle pişiren veya ısıtan fırın tipleri elektrikli fırınlardır. Elektrik enerjisi, ısıtma elemanları aracılığıyla fırın içindeki havayı veya yüzeyleri ısıtarak pişirme işleminin gerçekleşmesini sağlar. Doğalgaz veya propan gibi yanıcı gazları yakarak ısı üreten fırınlar doğalgazlı fırınlardır. Yanıcı gazlar, yanma işlemi sırasında ısı oluşturur ve bu ısı, fırın içindeki havayı veya yüzeyleri ısıtmak için kullanılır. Gazlı fırınlar, genellikle gaz yakıcıları veya brülörleri ile donatılmıştır ve sıcaklık ayarlarını kontrol etmek için gaz akışını düzenleyen vanalar kullanılır. Isıyı daha homojen bir şekilde dağıtmak için bir fan ile sirkülasyon sistemi kullanan fırınlar konveksiyonlu fırınlar olarak adlandırılmaktadır. Fan, fırın içindeki sıcak havayı dolaştırarak yiyeceklerin daha hızlı ve eşit şekilde pişmesini sağlar.

Konveksiyonlu fırınlar, pişirme süresini kısaltabilir. Mikrodalga enerjisi kullanarak yiyecekleri ısıtan ya da pişiren fırınlar mikrodalga fırınlardır. Bu tür fırınlar, mikrodalga enerjisinin su molekülleriyle etkileşime girerek yiyecekleri ısıttığı veya pişirdiği bir

mikrodalga kavitesine sahiptir. Mikrodalga fırınlar, hızlı ve pratik bir şekilde yiyecekleri ısıtmak veya bazı yiyecekleri pişirmek için yaygın olarak kullanılır. Fırınlar işlev ve tasarımlarına göre ise midi, ocaklı, solo ve ankastre fırın şeklinde sıralanabilmektedir. Midi fırınlar normal fırın boyutlarına göre daha küçük boyutlara sahip fırınlardır. Ocak ve fırın olma özelliğini bir arada bulunduran pişiriciler ise ocaklı fırın olarak adlandırılır. Ocaklı fırın ile benzer bir yapıya sahip olan fakat boyut olarak daha büyük olan fırınlar ise solo fırınlar olarak adlandırılmaktadır. Mutfak tezgâhı veya dolaplarına entegre edilen ve genellikle bir ocak üstü ile birlikte kullanılan bir başka fırın tipi ise ankastre fırındır.

Ankastre fırınlar, yerleştirildikleri mutfağın tasarımına uyum sağlamak ve yerden tasarruf etmek için tercih edilir. Bu çalışmada ev tipi ankastre fırınlar ile ilgili bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Ankastre fırınlar, standart fırınlar ile aynı işlevlere sahiptir. Bunlar arasında üst ve alt ısıtma, fanlı pişirme, ızgara, eşanjörlü pişirme gibi farklı pişirme modları bulunabilir. Kontrol panelleri, sıcaklık ayarları, zamanlayıcılar ve programlanabilir işlevler gibi özelliklerle donatılmışlardır. Ankastre fırınlar, elektrikli veya gazlı olarak çalışabilir. Elektrikli ankastre fırınlar, elektrik enerjisi kullanarak çalışır ve ısıtma elemanlarıyla ısı oluşturur. Gazlı ankastre fırınlar ise doğalgaz ve propan gibi yanıcı gazlar kullanarak ısıtma işlemini gerçekleştirir. Ankastre genellikle standart fırınlara benzer boyutlarda gelir ve geniş bir iç hacme sahiptir. Bu, birçok yiyeceğin aynı anda pişirilmesine de olanak tanır. Farklı boyutlarda ankastre fırınlar bulunabilir, bu da kullanıcının mutfak alanına ve ihtiyaçlarına uygun seçim yapmasını sağlamaktadır. Temizlik ve bakım açısından kullanıcıya kolaylık sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Çıkarılabilir cam paneller, emaye yüzeyler ve pişirme tepsilerinin kolaylıkla temizlenebilir olması gibi özellikler, temizlik sürecini basitleştirir. Güvenli bir şekilde monte edildiği için düzenli sürdürülebilir bir yapı sunar. Bu durum fırının kullanımında güvenliği artırır ve olası kazaları önler.

Ankastre fırınlar, ev aletlerinin gelişimi ve mutfak tasarımındaki değişikliklerle birlikte şekillenmiştir. 19. yüzyılın sonlarından itibaren ankastre fırınların kullanıldığı bilinmektedir. Bu dönemde, ev aletleri üretiminde ve kullanımında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. İlk başlarda, fırınlar genellikle serbest duran veya taşınabilir olup, mutfaklarda yerleşik bir yapıları yoktu. Ancak, 20. yüzyılın başlarından itibaren, mutfaklarda daha düzenli bir görünüm sağlamak için sabit ankastre fırınlar geliştirilmeye başlandı. Bu dönemde, mutfak tasarımında dikkate değer değişiklikler meydana geldi ve

mutfak dolapları ve tezgâhları gibi entegre yapılar ortaya çıktı.1930-1940'larda ankastre fırınların kullanımı daha da yaygınlaştı. Ankastre fırınlar, mutfaklarda daha düzenli bir görünüm ve daha işlevsel bir kullanımından dolayı tercih edilen bir seçenek haline geldi. 1960'lar ve sonrası ankastre fırınların popülaritesi daha da arttı. Yeni modeller, stiller ve işlevler gibi yeniliklerle ankastre fırınlar daha kullanıcı ve doğa dostu hale geldi. 20. yüzyılın ortalarından itibaren evlerin ve mutfakların daha işlevsel ve estetik olarak tasarlanması ile birlikte, ankastre fırınlar da mutfaklarda daha çok tercih edilen bir seçenek haline geldi. Bu dönemde, ankastre fırınlar daha geniş bir ürün yelpazesıyla sunulmaya başlandı ve farklı boyutlarda ve şekillerde modeller piyasaya sürüldü. Günümüzde, ilerleyen teknoloji ile birlikte, ankastre fırınlar daha da gelişmiş özelliklere ve fonksiyonlara sahip olmuştur. Enerji verimliliği, dijital kontroller, dokunmatik ekranlar, programlanabilir pişirme fonksiyonları ve temizlik kolaylığı gibi özellikler, ankastre fırınların tercih edilmesinde büyük rol oynamaktadır. Her geçen yıl, yeni tasarımlar ve teknolojik yeniliklerle birlikte ankastre fırınlar daha da gelişmeye devam etmektedir [2].

1.4.1. Fırın Kapakları

Elektrikli ev tipi fırın kapakları genellikle fırın cihazının ön kısmını kaplayan ve içerideki pişirme işlemlerini kontrol etmeye ve düzenlemeye yardımcı olan bir parçadır. Ev tipi fırın kapakları, fırının içine baktığınızda görebileceğiniz cam panellere sahiptir. Bu cam paneller, kullanıcılara pişirme işlemi sırasında yiyeceklerin durumunu gözlemlene imkânı da sağlar. Fırın kapakları genellikle dayanıklı malzemelerden yapılır, çünkü yüksek sıcaklıklara ve ağır kullanıma maruz kalabilirler. Temizlik ve bakım açısından, cam panelleri ve dış yüzeyleri kolayca temizlenebilir olabilir. Kapakların fırın içi ve dış ortamla bağlantıyı kesmesi, iki ortamı birbirinden ayırması yüksek sıcaklığın dışarı çıkmasını engeller, bu sebeple de güvenlik yönünden de büyük paya sahiptir hem de bu kapaklar enerji-ısı kayıplarını engellemiş olur. Fırın kapaklarının özellikleri ve tasarımları marka ve modeline bağlı olarak değişebilmektedir.

Fırın kapakları genellikle paslanmaz çelik, alüminyum, emaye kaplı çelik ya da temperli cam gibi dayanıklı malzemelerden yapılır. Kapak iç kısmında genellikle ısı yalıtımı ve görsellik için cam paneller kullanılır. Ayrıca pişirme işlemlerini görmek için cam panellerle donatılmıştır. Dışardaki ve içerideki yüksek sıcaklıklara karşı dirençli olacak şekilde tasarlanır. Temizlik ve bakım açısından kullanıcı dostu olacak şekilde tasarlanır.

Cam paneller genellikle çıkarılabilir ve kolayca temizlenebilir. Dış yüzeyler genellikle dayanıklı ve leke tutmayan malzemelerden yapılır.

1.4.2. Fırın Kapaklarının Mekanik Yapısı

Fırın kapakları, genellikle menteşe sistemleri ile donatılmıştır. Menteşe sistemi, kapak açıldığında ve kapatıldığında düzenli bir hareket sağlar. Kapaklarda genellikle içeriye bakabilmek için cam paneller bulunur. Bu cam paneller genellikle temperli camdır ve sıcaklık değişimlerine karşı dayanıklıdır. Ek olarak genellikle içerideki yüksek sıcaklıkları dışarıya izole etmek için ısı yalıtım malzemeleri içerir. Bu, kapak etrafında sıcaklık kontrolünü optimize eder. Kapılar açma ve kapatma işlevini gerçekleştiren bir kol veya düğmeyi içerir. Bu kapaklar sıkı bir şekilde kapatılmak üzere tasarlanmıştır. Bu, fırın içindeki sıcaklığın dışarı çıkmasını engelleyerek enerji tasarrufuna katkıda bulunur. Bunu sağlayan en önemli eleman da kapak contasıdır. Bazı fırın modelleri, kapakları kilitlemiş bir konumda tutan güvenlik kilidine sahip olabilir. Bu, çocukların veya evdeki diğer kullanıcıların yanlışlıkla kapakları açılmasını engellemeye yardımcı olabilir. Bazı modeller, kapalı kapak durumunda dahi sıcaklık ve pişirme kontrolüne erişim sağlayan özelliklere sahiptir.

1.4.3. Fırın Kapak Camları

Günümüzde fırın camlarında kullanılan teknolojiler oldukça fazladır. Kullanılan teknolojiler ile yüksek termal şok direnci, çok renkli baskı, hassas işleme ile en ince toleransa sahip ölçülerin eldesi ve ısı yansıtma özellikleri sağlanabilmektedir. Bu özellikler camlara yapılan bir tür kaplamalar ile sağlanabilmektedir (Şekil 1.1) [3]. Cam kaplama enerji tasarrufuna ve karbon emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olabilir. Cam kaplama uzun ömürlü, dayanıklı koruma, çizilme direnci, su, kir, buz ve kar iticiliği sağlar. Ek olarak güneşten koruma, korozyon direnci ve kendi kendini temizleme özellikleri de sağlarlar.



Şekil 1.1. Cam yüzeyinde kaplama görseli

Cam kaplamalar iki ana formdadır; nano kaplama ve sıvı cam kaplama. Nano kaplamalar, kir parçacıklarının camla temasını azaltmak için kullanılan yapışmaz kaplamalardır. Nano kaplamalar iyi bir kalıcılığa ve uzun ömre sahiptir ve iyi bir UV stabilitesine sahiptir. Ayrıca alt tabaka ile mükemmel aşınma direncine sahiptirler [4]. Bu kaplamalı camlara sağladıkları ısı yalıtımından dolayı Low emissivity (düşük ısı yayılımı) (U) camlar da denilmektedir (Şekil 1.2). Low-e camlar pasif Low-e ve güneş kontrollü Low-e camlar olarak iki farklı tiptedir. Pasif low-e kaplamalar; ısıtma etkisi oluşturmak, ısısal kayıpları azaltmayı sağlarken, güneş kontrollü low-e kaplamalar; gelen ısıyı engelleyip, serinlik sağlamayı ve güneş ısı miktarını sınırlamayı sağlamaktadır. Fırın camlarında ısı kayıplarını engellemek amacıyla pasif low-e denilen kaplamalar kullanılmaktadır [5].



Şekil 1.2. Low-e kaplamasına sahip cam görselleri.

1.5. Literatür Çalışması

Literatürde dünyada artan enerji tüketimi, değişen standartlar ve bu standartların teşvikleri beyaz eşya ürünlerinde enerji için birçok çalışma yapılmasını desteklemiştir.

Literatür incelendiğinde beyaz eşyalarda enerji tüketimi, enerji kaçağı, yalıtım, kapak, fırın ısı direnci gibi konular için birçok çalışma yapılmıştır.

Hancılar, bir üretici firmanın elektrikli fırın gamında enerji tüketimini azaltmaya yönelik bir çalışma yapmıştır. Seçmiş olduğu ürünlerde kapak yapısı ve infiltrasyon kayıplarını incelemiş ve C enerji sınıfı bir fırının enerji sınıfını A enerji sınıfına yükseltme amaçlamıştır. Yaptığı çalışma sonucunda %20 enerji verimliliği elde etmiş, Fırını A enerji sınıfına getirmiştir [2].

Altun ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ankastre elektrikli fırınların ön kapağına bir levha yerleştirerek fırının enerji seviyesini yükseltmeye çalışmış, bu şekilde deneyler gerçekleştirmiştir. Sonuçta A enerji sınıfının bir üst seviyesi olan A+ enerji sınıfına kadar bir iyileştirme yapmıştır [3].

Medapati ve Monde yaptıkları çalışmada ev tipi bir elektrikli fırının sonlu elemanlar modeli kullanarak akış-yapı etkileşimini, konveksiyon sorunlarını incelemiştir. Özellikle fırın şasi, kapak ve havalandırma üzerinde durulan bu çalışmanın büyük kısmını güvenlik ve yüksek sıcaklık gradyanı üretmesi sebebi ile kapı ve kapı alt sistemleri oluşturmuştur. Deneysel Tasarım ve akış analizi modellenmesinden elde edilen sonuçlar ile yapılabilecek iyileştirmeler üzerinde durulmuştur. Ayrıca elde ettikleri deneysel veriler ile gerçek deney sonuçları %85 uyumlu olmuştur [4].

Kayıhan, fırınların ısı performansını deneysel olarak incelemiş, üç farklı durum için fırın ısı kayıplarının sebeplerini ortaya koymuştur. Deneylerin sonucunda fırın ısı kayıplarını azaltmıştır [5].

Gürlek, fırınlarda ısı kayıplarının olduğu bölümleri incelemiş ve en çok kaybın olduğu bölgenin fırınların kapaklarının olduğundan bahsetmiştir. Buradan yola çıkarak fırın kapaklarının ısı transfer mekanizmalarını modellemiş ve kapak ısı kayıplarına bağlı kapak sıcaklığını hesaplayabilen bir program yazmıştır. Bu programda farklı cam özellikleri, farklı cam sayıları ve hava geçiş hız varyasyonlarına bağlı kapak sıcakları sonuçları elde edilmiştir [6].

Kantaş, fırınların ısı performansını inceleyerek fırın pişirme performansını arttırmak üzerinde durmuştur. Bu performansı arttırmak için de fırın hava kanallarının tasarımına odaklanmıştır. Bilgisayar destekli modellerde akış analizleri ve tasarladığı prototip

üzerinde fırın içi sıcaklık ve hava kanallarından çıkan debi değerlerini birlikte karşılaştırarak değerlendirmiştir [7].

Scarisbrick ve arkadaşları çeşitli fırınlarda çeşitli ısıtma elemanı konfigürasyonları, düşük emisyonlu fırın iç kaplaması, fırın içi ısı yalıtım sistemlerini deneyler ile incelemiş, piyasadaki fırınlara göre %26 daha fazla verimliliğin elde edilebileceğini vurgulamışlardır [8].

Ramirez-Laboreo ve arkadaşları yaptıkları çalışmada elektrikli bir fırında ısı ve kütle transferi ile enerji kayıplarını saptayan deneyler yapılarak yeni bir model oluşturulmuş ve bu model ile ilgili çalışmalar akış analizleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca oluşturulduğu modele göre enerji verimliliği açısından farklı fırın tasarımları oluşturabileceğinden bahsetmiştir [9].

Burlon, yaptığı çalışmasında profesyonel fırınlarda enerji tüketimini incelemiştir. Bu incelemeleri 3 farklı standarda bağlı olarak yapmıştır. Yaptığı çalışmalar sonucunda enerji verimliliği sağlamada 12 adet tasarım seçeneği saptamıştır, bunlar; Isı yalıtım iyileştirme, kavite için ısı yalıtımı iyileştirme, fırın yapı-kütlesini azaltma, optimize edilmiş camlı kapı tasarımı, camlı kapı için pasif soğutma, optimize edilmiş havalandırma akışı, kavite duvarlarına yansıtıcı eleman uygulama, kavite hacmini azaltma, kavite açıklığına erişimi azaltma, daha küçük salınım ile kontrol sağlama, ara enerjiyi azaltma gibi faktörlerdir [10].

Slavova ve Marinova çalışmalarında ev tipi elektrikli fırınlarda fırının termal alanı ve termal kayıplarının belirlenmesi üzerine sonlu elemanlar yöntemine dayalı 3 boyutlu bir model geliştirerek model üzerinde deneysel çalışmalar yaparak bu çalışmalardan çıkan sonuçları değerlendirmiştir [11].

Slavova ev tipi fırınların en yüksek enerji tüketimine sahip olduğu ızgaralı ısıtma modunda çalışmasını ele almış ve bu çalışmada üç boyutlu matematiksel bir model oluşturarak fırın enerji parametrelerini hesaplamıştır [12].

Mayıl, Ugurelli ve arkadaşları karbon ayak izini düşürmek, enerji verimliliğini sağlamak amacıyla 3 farklı fırın ısıtıcı modunda testler yapmış ve bu fonksiyonların fırın üzerindeki enerji tüketim etkilerini göstermiştir [13].

Lucchi ve arkadaşları fırın enerji tüketimi için standartlara bağlı zorlu ve doğal konveksiyon ile testler yaptı. Deneyle sonuç elde edilen sonuçlar kontrol tasarımı için fırın dinamik modelinin oluşturulması amacı gütmekteydi [14].

Sezer, ortamına uygun camın seçimi için optimal özellikleri sağlamak amacıyla çift cam, reflekte cam, low-e kaplamalı camlarda ışık geçirgenliği, renk ve ışık yansımaları gibi konular üzerinde durmuştur. Low-e kaplamalı camların ısı geçirgenlik kat sayısı düşük olduğundan en verimli cam olduğu üzerine vurgu yapmıştır [15].

Literatürde fırın kapaklarına yönelik alınan birçok patent mevcuttur. Bu patentlerden bazıları Tablo 1.1’de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Fırın kapakları ile ilgili alınan bazı patentler

Tarih	Patentin Ait Olduğu Firma	Patentin Amacı
1965	General Electric	Düşük maliyetli alüminyum plakalar fırın kapak camlarında kullanılarak fırın içi sıcaklık kaybının azaltılması hedeflenmiş, kapaktaki tam sızdırmazlığı sağlamak amacıyla da cam elyaf contalar kullanılmıştır [16].
1969	Kelvinator	Fırın kapağında bir panjur kullanımı ile fırın kapağındaki ısı kaçışlarının düşürülmesi hedeflenmiştir [17].
1976	General Electric	Patentte fırın kapağında iki cam kullanarak fırın enerji kaybını azaltmak hedeflenmiştir [18].
1989	Zanussi	Fırın kapağı içinde hava dolaşımı sağlanmasıyla kapağın ön camının soğutulması hedeflenmiştir [19].
1995	Whirpool	Fanlı bir fırın kapağında birçok cam kullanılarak bu camlar arasında zorlanmış hava sirkülasyonu sağlanması amaçlanmıştır ayrıca

		menteşelerde de yansıtıcı plakalar kullanılmıştır [20].
1998	BSH (Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH)	Patentte fırın kapısı ve bağlantı elemanlarını içermekte olup, bu bağlantı elemanlarının sabitlenmesi için yapıştırma yöntemi kullanımı öngörülmüştür [2, 21].
2000	Candy	Kapaktaki camların teması tamamen birbiriyle kesilmiş, camlar metal plakalarla sabitlenmiş ve bu plakalara hava akışını sağlamak için kanallar açılmıştır [22].
2000	Engineered Glass Products LLC (US)	Patentte fırın ön camının yüzey sıcaklığını düşürmek hedeflenmiştir. Ön camın yüzeyi kızılötesi yansıtıcı bir madde ile kaplanmıştır. Ek olarak iç ve ön cam arasındaki boşluk sayesinde fırın havalandırılarak ön camın soğuması sağlanacaktır [23].
2002	AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft)	3 cam içeren bir fırın kapağında zorlanmış hava akışı sağlanarak fırın ön camı soğutulmaktadır [24].

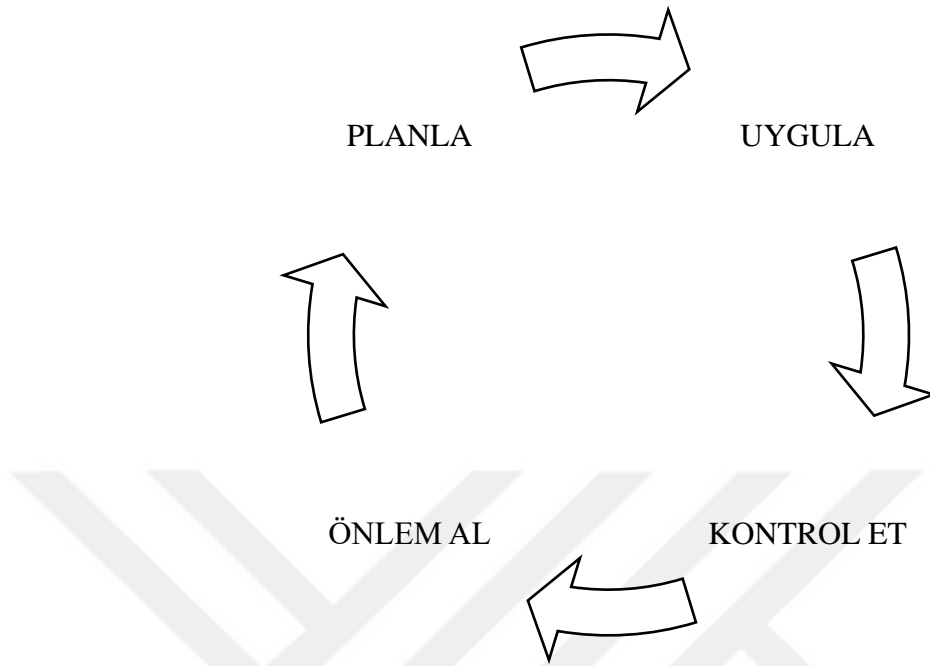
1.6. Kalite ve Kalite iyileştirme

Son yıllarda özellikle kalite; işletme, firma veya üreticiler için rekabet aracı olmuştur. Pazarda kalıcı olmanın en büyük anahtarlarından birisi kalitedir. Kalite, Türk Dil Kurumu'na göre “nitelik” ya da “herhangi bir bakımdan üstünlük” olarak tanımlanmaktadır. Öyle ki kalite çok geniş bir anlam kapsamına sahiptir. Kalite kelimesi bir nesnenin doğasını vurgulayan Eski Fransızca 'da “qualite” ve Latince'de “qualitas” kelimelerinden gelen bir özellik, nitelik, tür veya sahip olunması gereken özellik olarak da tanımlanabilmektedir [25]. Kalitenin tanımı işletmeler açısından da kısaca “istenilen veya üretilen ihtiyaçların karşılanması yeteneğine sahip ürün veya hizmetin özelliği” şeklinde açıklanabilmektedir [26].

Kaliteyi sürekli güncel tutabilmek, standartlara uygunluğunu sağlamak, müşteri beklentilerini karşılamak tasarım, geliştirme, üretim ve hizmet süreçlerinde kalite mühendisleri yer almaktadır. Kalite mühendisliği, bir organizasyonun kalite yönetimi sistemini oluşturarak, kalite standartlarını karşılamak, müşteri memnuniyetini artırmak ve iyileştirmeyi teşvik etmek için çalışır.

Kalitede iyileştirme; işletme, firma ya da üreticilerin ürünleri, hizmetleri veya süreçleri üzerinde sürekli bir şekilde düzeltmeler ve geliştirmeler yaparak kalite seviyelerini artırmayı amaçlayan bir süreçtir. Bu, iş süreçlerini optimize etmek, hata oranlarını düşürmek, müşteri memnuniyetini artırmak ve genel olarak organizasyonun kalite kültürünü güçlendirmek için gerçekleştirilen çeşitli çabaları içerir. Kalite süreç iyileştirmede bazı istatistiksel metotlar kullanılabilir. 2. Dünya Savaşı'nda Japonya'da yaşanan kalite krizi ile kalite iyileştirme yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemler yalın üretim, kaizen, tam zamanında üretim (JIT), toplam kalite kontrol (TKK) yöntemleridir. Yalın üretim; yapısında hiçbir gereksiz unsur taşımayan ve hata, maliyet, stok işçilik, geliştirme süreci, üretim alanı, fire, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurların en aza indirildiği üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır [27-29]. Kaizen, Japoncada kai (değişim) ve zen (daha iyi) sözcüklerinin birleşimidir. Birleştirilmiş haliyle “daha iyiye değişim” diğer bir ifadeyle “Sürekli iyileştirme” anlamına gelmektedir [30]. Tam zamanında üretim, üretimi ve verimliliği artırmak için tasarlanmış bir stratejidir. Bu üretim türü aynı zamanda tüm üretim süreçlerini ve ilgili düşük maliyetleri en aza indirmek için zaman standardını da dikkate alır [31]. Toplam Kalite Yönetimi ise firmalara dünya pazarlarında rekabet edebilme imkânını sağlayan, sistem ve tekniğin yanında insan faktörüne de önem veren, temelini kalite unsurunun oluşturduğu bu çağdaş yönetim tarzına denilmektedir. Toplam Kalite Yönetimi'nin tam anlamıyla uygulanmasıyla, iç ve dış müşteri tatmini, pazar payı, maliyetler, çalışanların tatmini, verimlilik, birimler arası iş birliği konularında iyileştirme sağlanmaktadır [32].

Kalite için sürekli iyileştirme faaliyetleri Şekil 1.3'de gösterilen Deming ya da PUKÖ çevrimi adı verilen çevrim ile gerçekleştirilir. Bu çevrim; bir sistematik dizisi olup, süreçlerin iletilmesi, müşteri beklentisi ve ihtiyaçlarına göre yapılan planlamaların gerçekleştirilmesini, sonuçlarının kontrol edilip, bu sonuçlara bağlı olarak gerekli önlemlerin alınmasını böylece süreçlerin sürekli gözden geçirilmesi ve iyileştirilmesini sağlar [33].

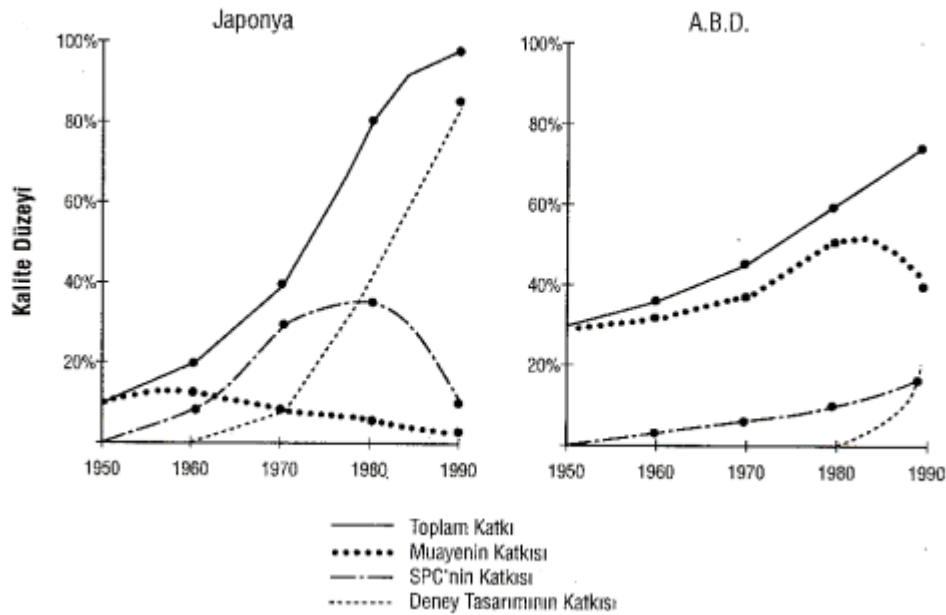


Şekil 1.3. PUKÖ (Deming) Çevrimi

Çemberin ilk iki basamağına bakıldığında (planla ve uygula) bir ya da birçok değişken ile ilgili bir plan yapılıp bunun uygulanmasından özetle “deney” yapılması kastedilmektedir. Buna göre değişken ya da değişkenler ile şartlar değiştirilerek ürün ya da sistem üzerindeki farklılıklar incelenir ve en uygun durum saptanır. Eğer yapılan deneyler çok fazla değişken içermiyor ve bu değişkenler bağımsız değişkenlerden de etkilenmiyorsa deneyler için pareto analizi, histogram, balık kılıçığı yöntemi, çetele tablosu gibi kontrol çizelgeleri kullanılarak bu deneyler gerçekleştirilebilir fakat sistemin süreci karmaşıktıkça bu yöntemler yeterli gelmediğinden istatistiksel deneysel tasarım yöntemlerinden faydalanılması gerekecektir [34].

1950-1990 yılları için, Motorola firmasının kalite grubunda çalışan Bhote ABD ve Japonya arasındaki kalite gelişimlerine yardımcı olan yöntemler ile ilgili “Word Class Quality” isimli kitabında “geleneksel muayene”, “istatistiksel proses kontrol (Statistical Process Control-SPC)” ve “deney tasarımı” için karşılaştırma yapmıştır. Şekil 1.4’te Japonya’da kalite ilerlemesine en büyük katkısı, 1970’den sonra deney tasarımı sağlamıştır. Japonya’da, yılda bir milyondan fazla istatistiksel olarak tasarlanmış deneyin uygulandığı söylenmektedir. 1980’lerin başında Prof. Genichi Taguchi’nin Amerika’da verdiği seminerlerden sonra, deney tasarımının eğitimi ve uygulaması

Amerika’da da hızla yaygınlaşmıştır. Bugün dünyanın hemen hemen her ülkesinde deney tasarımı eğitimleri verilmekte ve yöntem üretimde uygulanmaktadır [34, 35].



Şekil 1.4. Bhote ABD ve Japonya arasındaki kalite gelişimlerini karşılaştırmaya ait grafik [34].

1.6.1. Deneysel Tasarım

Araştırmacılar tarafından belli bir sistemi anlamak ve tanımlamak amacıyla deneyler kullanılmaktadır. Deneyler aynı zamanda birer testtir. Her deneyden elde edilen sonuçlar deneyim ve tecrübe içermektedir. Deneylerde girdi-çıkıtları değiştirilerek analizler yapılır ve yeni veriler elde edilir [36].

1920’lerde R.A. Fisher -ünlü istatistikçi- ve arkadaşları tarım gübreleri ve dozları, sulama miktarı, iklim koşulları gibi faktörlerin ürünler üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelerken “Deney Tasarımı Yöntemi” adı verilen metodu bulmuş ve bu yöntem Amerika’da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [37].

1980’lerde üretim sektöründe kullanılmaya başlanan deneysel tasarım ilk olarak kimya ve ilaç sanayide öne çıkmıştır. Bununla birlikte Japon kalite sistemini güçlendiren, Deneysel Tasarımı Japonya’da uygulayan Profesör Genichi Taguchi Deney Tasarımı’nın gelişiminde ve üretim sektörlerinde kabulünde büyük role sahiptir [38].

Deneysel Tasarım, bir sistem ya da sürece ait girdi parametrelerinin belli amaçlara sahip bazı değişikliklerin uygulanması ve bu değişikliklerle elde edilen çıktılardaki değişimlerin sebeplerinin belirlenmesini sağlamaya çalışılan bir yöntemdir. Özetle bağımlı faktörler üzerindeki oluşan bazı değişikliklerin olmasına sebep olan bağımsız faktörlerin bu süreç üzerindeki değişimi oluşturma nedenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan denemeler toplamı Deneysel Tasarım olarak tanımlanabilir. Deneysel Tasarım yöntemi bir ürün ya da sürecin henüz üretime geçmeden önceki aşaması olan tasarım aşamasında kullanılarak kalitenin iyileştirilmesinde üretim öncesi önleyici bir yöntemdir [39].

Deneysel tasarım, değişkenliğe sebep olan faktörleri tespit edilip, bu değişkenliklerin minimize edilerek kararlılığının artırılması yöntemine dayandığı için kalite mühendisliğinin de en temel görevlerinden birisi sistem değişkenliklerini azaltmak ve iyileştirme sağlamak olduğu için, bu yöntem kalitenin gelişmesini-iyileşmesini sağlamaktır. Deneysel Tasarım sürecini etkileyen her türlü sebep-kaynak ya da nedene faktör denilmektedir. Bu faktörlerin kategorisi, süreç içindeki baskınlığı-derecesi ise seviye olarak adlandırılmaktadır. Deneysel Tasarımlar birçok seviye ve faktörden oluşabilir [40, 41].

Deneysel Tasarım için önemli esaslar vardır bunlar; rassallaştırma, tekrarlama ve bloklamadır. Rassallaştırma, R.A. Fisher tarafından ortaya sürülmüş olup, bir kurala bağlı olmadan tamamen rastlantısal-gelişigüzel olarak demektir. Deneysel Tasarım yönteminde istatistiksel olarak deneyler kullanılacak olan tüm nesnelerin (insan, makine, ekipman vb.) gelişigüzel olarak seçilmesi anlamına gelmektedir. Bu kavram deneysel hataları azaltan bir kavramdır. Deneylerin analizinde rassalık, istatistiksel açıdan deneysel hataların ve taraflı bakış açılarının giderilmesi için de önemli paya sahiptir [39, 42, 43].

Tekrarlama, deneylerin gelişigüzel olarak birçok kez yapılması demektir. Birden çok yapılan deneyler ile deneyi yapanın hatayı gidermesi ve deney araştırmasını yapanın faktör etkilerini daha net şekilde değerlendirebilmesini sağlayabilmektedir. Fakat deneyin tekrarlanması maliyeti artıracaktır. Yine de istatistiksel olarak bir deneyden gerçekçi, anlamlı çıktılar elde etmek için deney tekrarlanmalıdır [39, 42, 43].

Bloklama, deneylerin daha hassas olarak yapılabilmesi için uygulanan işlemlerin bölümlere ayrılması işlemidir. Bu esasın amacı da deney hata oranlarını en aza indirmektir [44]. Benzer deney öğelerinin gruplandırılmasıyla faktör ve faktör seviyelerinin deneyi etkileme derecelerinin belirlenmesinde bu yöntem etkin şekilde kullanılabilir [39].

1.6.2. Deneysel Tasarımın Aşamaları

Deneysel tasarım sistematik bir yöntem olduğu için belirli aşamalardan oluşmaktadır. Deneysel tasarımda deneylerden elde edilen sonuçlar ve deneyleri etkileyen faktörlerin farklı kombinasyonları ile sistematik olarak veriler elde edilmektedir. Bir problemin çözümüne yönelik deneysel tasarımın aşamaları altı basamaktan oluşmaktadır bunlar;

1. Problemin tanımı,
2. Faktör ve seviye seçimi,
3. Sonuç için elde edilecek değişkenlerin seçimi,
4. Deneysel tasarım yönteminin seçimi,
5. Deneylerin yürütülmesi,
6. Verilerin analizi şeklindedir [45, 46].

Problemin tanımlanması: Araştırılacak konunun ve sorunun ne olduğunun belirlenmesi, hedeflenen bilgi ve çözüm alanının belirlenmesidir.

Faktörlerin Belirlenmesi: Araştırmanın amacına uygun incelenmesi amaçlanan faktörlerin tanımlanması durumudur. Faktörler genel olarak bağımsız değişkenler olup, değişiklik yapıp, kontrol edilebilir.

Faktör Seviyelerinin Belirlenmesi: Seçilen her bir faktör için özel değerler belirlenmelidir. Bu değerlere faktör seviyesi denilmektedir.

Sonuçlar İçin Uygun Değişken Seçimi: Araştırma soruları ve hedeflerine en iyi yanıtları verecek temel değişkenlerin belirlenmesidir.

Deneysel tasarım için en önemli olan şey sonuçların değişkenlerinin belirlenmesidir bu sonuç değişkenleri bir bakımdan da sistem ya da ürünün kalite karakteristiğidir. Kalite karakteristiği için en iyi sonuçlara ulaşabilmek için deneysel tasarım için maliyet, zaman ve incelenen sistem ya da ürün için en uygun deneysel tasarım yöntemi belirlenmelidir.

1.6.3. Deneysel Tasarım Türleri

Deneysel tasarım türleri yapılacak olan deneyin faktör sayısı, türü ve faktörlerin seviyesine göre değişebilmektedir. Deney türü, faktör sayısı, faktör seviyeleri ve deneyi yapanın hedeflediği sonuç çıktılarına bağlı olarak farklı deney tasarım türleri seçilip kullanılabilir. Bunlar; bölünmüş parseller, rassal bloklar, Latin karesi, tam faktöriyel ve kesirli faktöriyel deneysel tasarım olarak sayılabilir.

Bölünmüş Parseller ile Deneysel Tasarımı: Bu yöntemin ilk kullanıldığı alan tarım parselleridir. İki farklı faktörün etkileşiminin aynı anda ölçülmesinde kullanılır. Bu yöntemde rassallaşma kullanılır.

Rassal Blokları ile Deneysel Tasarım: Bu yöntem tarımda gübre çeşitleri için kullanılmıştır. Deney öğelerinin hepsi homojen olduğunda bu yöntemden faydalanılabilir.

Latin Karesi ile Deneysel Tasarım: Bu yöntem bloklama yöntemine benzemektedir fakat deneydeki her birim arasındaki heterojenlik bir tane blok elemanı ile sağlanamıyorsa iki farklı bloklama elemanı ile bu yöntem gerçekleştirilir. Bu yöntemde satır, sütun ve deney sayısı eşittir ve her bir deneme her satır ve sütunda bir kez yer alır.

Tam Faktöriyel ile Deneysel Tasarım: Bu yöntemde birden fazla seviye ve birden fazla sayıdaki faktör ele alınabilmektedir. Yöntem tüm faktörlerin tüm seviyelerinin birleşimlerini içerir. Bu yöntem Fisher ve Yates tarafından kullanıma önerilmiştir. Amaç faktörlerin ana etkilerini ve etkileşimlerini aynı anda inceleyebilmektir. Fakat bu durum yapılacak deney sayısını oldukça artırmaktadır.

Kesirli Faktöriyel ile Deneysel Tasarım: Bu yöntem tam faktöriyel yöntemindeki deney sayısını buna bağlı olarak da zaman ve maliyet kayıplarını azaltmak amacı güden bir yöntemdir. Bu deney sayısını azaltmak için ortogonal dizi denilen diziler

kullanılmaktadır. Bu yöntemde faktörler arasındaki etkileşim sayısı bir azaltılır ve deney sayısı da buna göre azalır [39].

1.6.4. Taguchi Deneysel Tasarım Metodu

Bir işletmede üretilen bir ürün ya da hizmetin kalitesi bazı karakteristikler ile ilgilidir. Bu karakteristikler ürünün işlevi, özellikleri, zaman, kirlilik-gürültü şeklinde olabilmektedir. Bu karakteristikler ile ürün ya da hizmetin kalitesi ölçülebilmektedir. Bu karakteristikler açısından oluşan kayıplar kalitenin düşmesine sebep olacaktır. Belirtilen bu kayıpların engellenmesi ya da en aza indirilmesi amacıyla kalite kontrol kalite için gerekli faaliyetleri firma ya da işletmenin kalite hedeflerine ulaşabilmesi için gerçekleştirmektedir [47, 48]. Bir ürün veya hizmetin kalite kontrolünde saptanan kalite ile ilgili sorunlar tasarım kalitesi ve üretim/uygunluk kalitesi olmak üzere iki şekilde ayrılmaktadır. Tasarım kalitesi; ürün ya da hizmetin belirlenen özelliklere sahip olmasını sağlayan kalitedir. Uygunluk kalitesi; tasarlanan ürünlerin tasarım kalitesi ve üretilebilirliğe uygunluğudur. Tasarım kalitesi ve üretim/uygunluk kalitelerinin sağlanması için uygulanan tüm maliyetlere kalite maliyetleri denilmektedir. Yani kalitenin sağlanması için ortaya çıkan maliyetlere kalite maliyetleri adı verilmektedir. Kalite maliyetlerini en çok artıran durum bir ürünü hatalı üretmektir. Bunun için önleyicilik kavramı önem kazanmaktadır bu durum da Taguchi metodunun çıkış noktasıdır [49]. Taguchi ürün süreçlerinde performans niteliklerindeki değişikliklerin kalite kayıplarını artırdığını öne sürmüştü ve aslında performans niteliklerindeki değişiklikleri ele alıp onlar üzerinde çabalamak yerine ürünün tasarım aşamasında değişikliklerden etkilenmeyecek şekilde tasarlanması gerektiğini söylemiştir. Taguchi bu kalite kayıplarını engellemek üzere oluşturduğu yöntemle imalat öncesinde kalite fonksiyonlarını geliştirmeyi amaçlamış, böylelikle kalite maliyetlerini ve kayıplarını da en aza indirmeyi sağlamıştır [50]. Ayrıca bu yöntemde kontrol edilebilen faktörler üzerinde durulup, kontrol edilemeyen faktörlere karşı da güç elde edilmektedir [51].

Taguchi metodu en çok kalite güvence tarafından elde edilen verilerin istatistiksel analizinde kullanılmaktadır. Farklı parametrelerin farklı seviyelerinde optimizasyonun sağlanması olanağını verir [52].

Taguchi metodu literatürde en çok kullanılan istatistiksel veri analizi metotlarından biridir.

Taguchi'nin uygulanma adımları:

1. Parametrelerin belirlenmesi,
2. Parametrelerin seviyelerinin ve diğer parametrelerle etkileşiminin belirlenmesi,
3. Parametrelerin kontrol edilebilen-edilemeyenlerinin birbirinden ayrılması,
4. Uygun olan ortogonal dizinin belirlenmesi,
5. Ortogonal diziye uygun şekilde parametrelerin yerleştirilmesi,
6. Performans istatistiklerinin hesaplanması,
7. Varyans analizi ile performans analizinin birlikte karşılaştırılıp-kontrol edilmesi,
8. Sonuca bağlı uygun değer seviyelerin seçilmesi,
9. Sonuçların gerçekleştirme değerleri ile doğrulanması

Şeklindedir [53, 54].

Şekil 1.5'te Taguchi Metodu adımları bir akış şeması ile gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Taguchi Metodu akış şeması görseli.

Ortogonal dizi, matematik ve mühendislik alanlarında kullanılan bir terimdir. Bir dizi, genellikle bir koleksiyonun veya dizinin elemanlarını tanımlar. Özellikle vektörler veya fonksiyonlar arasındaki ilişkileri incelediğinizde, "ortogonal" terimi öne çıkar [55].

Temel olarak kesirli faktöriyel tasarım yöntemi olan Taguchi metodunda faktörler için tüm birleşimlerinin denenmesi maliyet artışı, zaman kaybı, bağımsız değişkenlerin fazlalığı ve faktörlerin çokluğuna bağlı olarak süreçte kayıplara neden olacağından

faktörlerin birleşimlerinin küçük bir kesri alınıp, ortogonal dizi adı verilen özel tablolar kullanılır [56].

Ortogonal diziler, deneysel tasarım çalışmalarında kullanılmak amacıyla oluşturulmuştur. Deneylede hangi faktörün hangi seviyede kullanılacağını belirler. Ortogonal diziler ile az sayıda deney ile buna bağlı olarak daha kısa süre ve daha az maliyet kullanarak deney tasarım çalışmaları yapılabilmektedir. Probleme göre ortogonal diziler iki, üç ve daha fazla seviyelerden oluşabilmektedir [57].

Tablo 1.2'deki gibi ortogonal diziyeye ait matriste satırlar; seçilen faktörlerin seviyelerini, sütunlar ise; deneydeki faktörleri göstermektedir. Ortogonal diziler "Latin karesi" deneysel tasarım türünden türetildiği için gösteriminde "L" harfi kullanılmaktadır [58]. Ortogonal dizilerin seçimi; kademe sayısı ve toplam serbestlik derecesi ile yapılır [59]. Serbestlik derecesi; istatistiğin hesaplanacak değişken sayısını belirlemektedir. Serbestlik derecesi iki duruma bağlıdır ve bu durumlar deney serbestlik derecesini belirler, bunlar:

- Faktör ve bu faktörün etkileşim sayısı,
- Faktörlerin seviye sayısıdır.

Serbestlik derecesi etkileşimli faktör için 1.1 ve etkileşimi olan faktör için 1.2'deki denklemler ile hesaplanmaktadır.

$$v_A = k_A - 1 \quad (1.1)$$

$$v_{AXB} = (v_A) \times (v_B) \quad (1.2)$$

v_A : A faktörünün serbestlik derecesi

k_A : A faktörünün seviye sayısı

v_{AXB} : AB etkileşiminin serbestlik derecesi

v_B : B faktörünün serbestlik derecesi

Faktör grubu için serbestlik derecesi tüm faktörler ve bu faktörlerin etkileşimlerinin serbestlik derecesi toplamına eşittir ve 1.3'teki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$v_T = N - 1 \quad (1.3)$$

v_T : Dizinin toplam serbestlik derecesi

N : Dizinin toplam veri sayısı

Faktör ve seviyelerin bulunmasından sonra Tablo 1.3'e göre ortogonal dizi seçimi yapılabilir. Ortogonal diziler $L_a(b^c)$ şeklinde ifade edilmektedir. Bu gösterime göre "a" deney sayısı, "b" seviye sayısı ve "c" faktör sayısını göstermektedir [60].

Tablo 1.2. Örnek ortogonal dizi matrisi

Deney Numarası	Faktör Numarası						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

Tablo 1.3. Faktör ve seviyelerine göre uygun ortogonal diziler [37, 59].

2		3		4		5					
P=2	S=2	L4	P=2	S=3	L9	P=2	S=4	L16	P=2	S=5	L25
P=3	S=2		P=3	S=3		P=3	S=4		P=3	S=5	
P=4	S=2	L8	P=4	S=3	L18	P=4	S=4	L32	P=4	S=5	L50
P=5	S=2		P=5	S=3		P=5	S=4		P=5	S=5	
P=6	S=2	L11	P=6	S=3	L27	P=6	S=4	L36	P=6	S=5	L32
P=7	S=2		P=7	S=3		P=7	S=4		P=7	S=5	
P=8	S=2	L16	P=8	S=3	L36	P=8	S=4	L36	P=8	S=5	L32
P=9	S=2		P=9	S=3		P=9	S=4		P=9	S=5	
P=10	S=2	L16	P=10	S=3	L36	P=10	S=4	L36	P=10	S=5	L32
P=11	S=2		P=11	S=3		P=11	S=4		P=11	S=5	
P=12	S=2	L16	P=12	S=3	L36	L36	L36	L36	P=12	S=5	L32
P=13	S=2		P=13	S=3					P=12	S=5	
P=14	S=2	L16	P=14	S=3	L36	L36	L36	L36	P=14	S=5	L32
P=15	S=2		P=15	S=3					P=14	S=5	
P=16	S=2	L16	P=16	S=3	L36	L36	L36	L36	P=16	S=5	L32
P=17	S=2		P=17	S=3					P=16	S=5	
P=18	S=2	L16	P=18	S=3	L36	L36	L36	L36	P=18	S=5	L32
P=19	S=2		P=19	S=3					P=18	S=5	
P=20	S=2	L16	P=20	S=3	L36	L36	L36	L36	P=20	S=5	L32
P=21	S=2		P=21	S=3					P=20	S=5	
P=22	S=2	L16	P=22	S=3	L36	L36	L36	L36	P=22	S=5	L32
P=23	S=2		P=23	S=3					P=22	S=5	
P=24	S=2	L16	L32	L36	L36	L36	L36	L36	P=24	S=5	L32
P=25	S=2								P=24	S=5	
P=26	S=2	L16	L32	L36	L36	L36	L36	L36	P=26	S=5	L32
P=27	S=2								P=26	S=5	
P=28	S=2	L16	L32	L36	L36	L36	L36	L36	P=28	S=5	L32
P=29	S=2								P=28	S=5	
P=30	S=2	L16	L32	L36	L36	L36	L36	L36	P=30	S=5	L32
P=31	S=2								P=30	S=5	

P: Faktör sayısı

S: Seviye sayısı

L: Ortogonal dizi

1.6.5. Sinyal/Gürültü Oranı

Taguchi tarafından ortaya konan, sinyal/gürültü oranı, kalite iyileştirme çalışmalarında kullanılan bir ölçüdür ve temel olarak bir ürün veya süreç performansının, istenilen sinyale (pozitif etki veya hedef) göre gürültüye (istenmeyen değişkenler veya varyasyonlar) oranını ifade eder [51, 55]. Sinyal; sistemde ölçülmek istenen değer, gürültü; ölçülen değer içindeki istenmeyen faktörlerin oranını temsil etmektedir [58].

Sinyal(S)/Gürültü(N (Noise)) oranı üç farklı kategoriye ayrılmaktadır ve Denklem 1.4, 1.5 ve 1.6'daki şekillerde hesaplanmaktadır.

- S/N en küçük en iyi olduğunda;

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i:1}^n y_i^2 \right) \quad (1.4)$$

- S/N en büyük en iyi olduğunda;

$$\frac{S}{N} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i:1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (1.5)$$

- S/N oranı nominal en iyi olduğunda;

$$\frac{S}{N} = 10 \log \left(\frac{\bar{y}}{s_y^2} \right) \quad (1.6)$$

Şeklinde formüle edilebilmektedir [61].

n: Deney sayısıdır.

y_i : Her bir deneyde gözlemin ölçülen değeridir.

\bar{y} : Performans karakteristiklerinin ortalamasıdır.

s: y değerinin standart sapmasıdır.

S/N oranı için en küçük en iyi, en büyük en iyi ya da nominal en iyi formüllerinden hangisi kullanılırsa kullanılsın, deneysel tasarım faktör seviyelerinden en yüksek S/N oranına sahip değer en iyi sonucu sağlayan değer olacaktır [58].

1.6.6. Varyans Analizi-ANOVA (Analysis of Variance)

İstatistiksel veri analizi alanında kullanılan bir yöntemdir. ANOVA, farklı gruplar arasındaki varyansların karşılaştırılmasına dayalı olarak gruplar arasındaki anlamlı farkları değerlendirmek ve istatistiksel olarak çeşitli sonuçlar çıkarmak için kullanılır [61]. Diğer bir deyişle deneyler sonucunda elde edilmek istenen değerler ile elde edilen değerlerin arasındaki sapmayı hesaplamak amacıyla bir kayıp fonksiyonunun kullanımıdır [62].



2. BÖLÜM

MATERYAL ve YÖNTEM

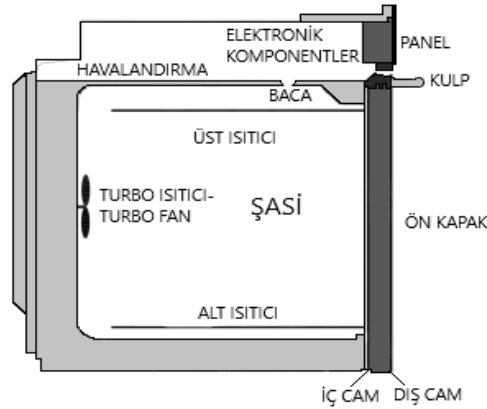
Yapılan çalışma üç adımdan oluşmaktadır. İlk aşama araştırma için deney planının kurulması, ikinci aşama deneylerin yapılması ve bu deneylerden verilerin elde edilmesi, üçüncü aşama ise hem araştırmalarda elde edilen verilerin hem de deney sonuçlarının düzenlenerek optimize edilmesidir.

Bu çalışmada, CENELEC standartlarına uygun olarak yüzey, enerji ve akış testleri yapılmıştır. Yapılan testlerde kullanılan standartlara uygun malzeme ve ölçüm cihazları verilmiştir.

2.1. Materyal

2.1.1. Deney İçin Kullanılan Ankastre Fırın

Çalışmada 0+10 fonksiyonlu, FryArt teknolojisine sahip, eco havalandırmalı buna bağlı olarak elektroturbo + statik termostatlı, eco good dijital ekranlı üst sınıf bir fırın kullanılmıştır. Fırının temel yapısı Şekil 2.1’de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Ankastre fırının şematik gösterimi.

2.1.2. Deney Test Kabini

Ankastre fırınların testlerinde kullanılan kabinler, farklı özelliklere sahip olabilir. Bu kabinler, fırınların performansını ve güvenlik özelliklerini değerlendirmek için kullanılır. Test kabinleri genellikle aşağıdaki özelliklere sahip olabilir:

1. İzolasyon: Kabinler, dışarıdaki ortamdan bağımsız bir şekilde fırının iç ortamını oluşturacak şekilde tasarlanır. Bu izolasyon, test sonuçlarının dış etkenlerden etkilenmesini önler ve doğru sonuçlar elde edilmesini sağlar.
2. Termal Kontrol: Kabinlerin sıcaklık ve nem seviyelerini kontrol etmek için termal yönetim sistemleri bulunur. Bu, farklı pişirme koşullarını simüle etmek ve fırının performansını çeşitli senaryolarda test etmek için önemlidir.
3. Veri Toplama ve Analiz Sistemi: Test kabinleri, fırının performansını değerlendirmek için gerekli olan verileri toplayan sensörler ve veri analiz sistemleriyle donatılmıştır. Bu sayede, fırının enerji verimliliği, ısı dağılımı ve pişirme süreçleri gibi önemli parametreler ölçülebilir.
4. Emniyet Özellikleri: Kabinler, test sırasında kullanıcıların güvenliğini sağlamak için gerekli emniyet önlemlerine sahiptir. Yanma, aşırı ısınma veya kaçak gibi durumları tespit edebilen güvenlik mekanizmaları mevcuttur.
5. Uygunluk Standartları: Test kabinleri, fırınların belirli güvenlik ve performans standartlarına uygun olup olmadığını belirlemek için uluslararası ve yerel uygunluk standartlarına göre tasarlanır ve test edilir.
6. Modüler Tasarım: Bazı test kabinleri, farklı fırın modellerini test etmek için ayarlanabilir veya değiştirilebilir özelliklere sahip olabilir. Bu, farklı fırın tipleri için uygun bir test ortamının oluşturulmasına olanak tanır.

Ankastre fırınların test kabinleri, fırın üreticileri, bağımsız test laboratuvarları veya uluslararası standartları belirleyen kuruluşlar tarafından kullanılabilir. Bu kabinler, yeni bir fırın modelinin tasarım ve üretim aşamasında veya mevcut bir fırının kalite kontrol süreçlerinde kullanılabilir. İki farklı test için kullanılan test kabinleri Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tuğla ile sıcaklık ölçümü deneyleri yapılan test kabini ve deney yapılan fırın görseli.



Şekil 2.3. Merkez sıcaklık ölçümü deneyleri yapılan test kabini ve deney yapılan fırın görseli.

2.1.3. Hipor Tuğla

Ankastre fırınların testleri, performans, enerji verimliliği, güvenlik, ısı dağılımı ve diğer önemli özellikleri değerlendirmeye yöneliktir. Bu testler genellikle uluslararası ve yerel uygunluk standartlarına uygun olarak gerçekleştirilir. Yüksek gözenekli tuğlalar, düşük yoğunluğa ve yüksek gözenekliliğe sahip olup, ısı yalıtımı ve yüksek sıcaklık dayanımı sağlama özelliğine sahiptirler. Bu malzeme, fırınların performansının ve enerji verimliliğinin değerlendirilmesine yardımcı olabilir.

Hipor tuğlalar (Şekil 2.4) yüksek su emme kapasitesine sahiptir, bu tuğlalar fırının içine yerleştirilir ve fırın ısıtılır. Bu sırada belli noktalara termal eleman koyularak fırın içinde ısının dağılımı, nem ve kütle kaybı gözlemlenir. Bu test enerji verimliliği için önemlidir.



Şekil 2.4. Islak hipor tuğla tartım görseli.

2.1.4. Testo 405i - Sıcak Telli Anemometre Kablosuz Akıllı Prob

Testo 405i (Şekil 2.5), Testo AG şirketi tarafından üretilen bir sıcak telli anemometre kablosuz akıllı probudur. Bu cihaz, hava akım hızını ve sıcaklık değerini kablosuz olarak ölçme ve akıllı cihazlarla (akıllı telefonlar, tabletler, vb.) iletişim kurma yeteneğine sahiptir. Fırınlarda dış yüzeylerin sıcaklığını ölçmek için kullanılır.



Şekil 2.5. Testo 405i - sıcak telli Anemometre kablosuz akıllı prob ile yüzey sıcaklık ölçümü yapılırken görseli.

2.1.5. Testo 405i Hava Akış Hızı Ölçüm Probu

Testo 405i (Şekil 2.6) , bir hava akış hızı ölçüm probudur ve Testo AG tarafından üretilen bir cihazdır. Bu prob, kablosuz olarak çalışan ve akıllı telefon veya tablet gibi cihazlarla entegre edilebilen bir hava akış hızı ölçüm cihazıdır. Testo 405i, HVAC (Isıtma, Havalandırma ve Klima) sistemlerinin bakımı ve performans analizleri için kullanılmaktadır. Fırınlarda hava akışının ölçülmesinde kullanılabilir.



Şekil 2.6. Testı 405i hava akış hızı ölçüm probu görseli.

2.1.6. Testlerde Kullanılan Standartlar

Çalışmada CENELEC standartları kullanılmıştır. Testlerde kullanılan bu standartlar Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Testlerde kullanılan standartları gösteren tablo.

Standart Adı	Standartın Tanımı
<i>TS EN 60335-2-102 Mart 2016: Güvenlik Kuralları - Ev Ve Benzeri Yerlerde Kullanılan Elektrikli Cihazlar İçin Bölüm 2-102: Elektriksel Bağlantıları Olan Gaz, Yağ Ve Katı Yakıt Yakan Cihazlar İçin Özel Kurallar</i>	Bu standart ev aletleri ve benzeri elektrikli cihazlar için güvenlik gereksinimlerini belirleyen bir standarttır. Standart, ev tipi elektrikli cihazların elektrik güvenliği, mekanik güvenlik, yangın güvenliği ve kimyasal güvenlik gibi konuları içeren bir dizi test ve gereksinimi belirler. Ayrıca, üreticilerin bu cihazları tasarlarken ve üretirken dikkate almaları gereken teknik özellikleri ve önlemleri de tanımlar. Üreticilerin ürünlerini test etmeleri ve güvenlik gereksinimlerine uymalarını sağlamaları için bir rehber sunar. Ayrıca, yetkilendirilmiş test laboratuvarları tarafından bu standartlara göre yapılan

	testlerle ürünlerin uygunluğu doğrulanır [63].
<i>TS EN 50304-TS En 60350: Evlerde Kullanılan Elektrikli Ocaklı Fırınlar, Ocaklar, Fırınlar ve Izgaralar Ölçme Yöntemleri</i>	"Evlerde Kullanılan Elektrikli Ocaklı Fırınlar, Ocaklar, Fırınlar ve Izgaralar- Ölçme Yöntemleri" standardını tanımlar. Bu standard, evlerde yaygın olarak kullanılan elektrikli ocaklı fırınlar, ocaklar, fırınlar ve ızgaraların belirli özelliklerini ölçmek ve test etmek için kullanılan yöntemleri ayrıntılı bir şekilde açıklar [64].
<i>TS EN 60350</i>	"Evlerde Kullanılan Elektrikli Ocaklar, Fırınlar ve Izgaralar" standardını tanımlar. Bu standardın amacı, evlerde kullanılan elektrikli ocaklar, fırınlar ve ızgaraların güvenli ve etkili bir şekilde çalışmasını sağlamak için genel gereksinimleri belirlemektir. Bu standard, ürünlerin tasarımı, elektriksel güvenlik, ısıtma performansı, enerji verimliliği ve kullanım kolaylığı gibi konuları ele alır.

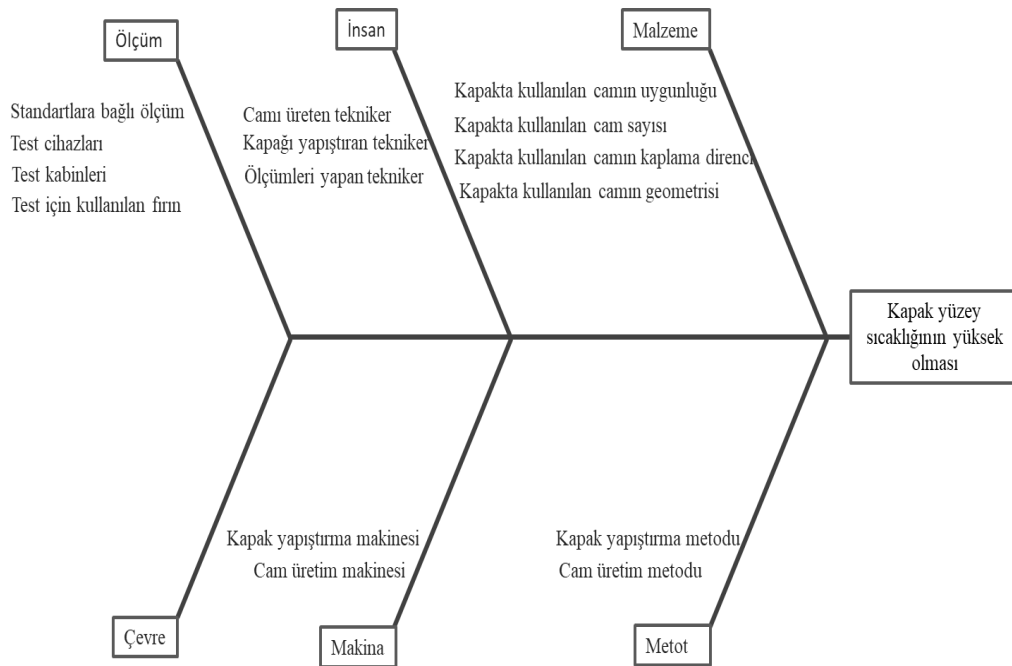
2.2. Yöntem

Bu çalışmada, elektrikli ankastre fırınlarda tasarım parametrelerinde fırın verimlilik optimizasyonu için Taguchi yöntemi kullanılmıştır.

Problemi tanımlamak için firmanın ankastre fırın laboratuvarında standart testler uygulanırken bazı gözlemler yapılmıştır. Laboratuvar testlerinde fırının enerji sınıfının büyük önem taşıdığı fark edilmiştir. Bunun üzerine literatür içinde ve firma testlerinde enerji sınıfı için yapılan araştırmalarda bu durumu en çok etkileyen parametrelerin; izolasyon-yalıtım, kapak tasarımı, enerji tüketimi, ısıtma elemanları, fan sistemi,

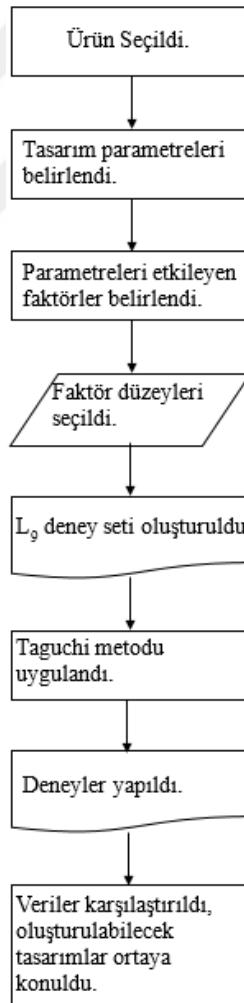
havalandırma sistemi olduğu kanısına varılmıştır [3]. İzolasyon-yalıtım, enerji tüketimi, ısıtma elemanları, fan sistemi, havalandırma sistemi gibi parametrelerin birden çok bağımsız-kontrol edilemeyen değişkenle de birlikte enerji sınıfına etkisi olduğu literatür incelemesinde görülmüştür. Fakat fırın kapak tasarımının bahsedilen bu diğer parametrelerle de bağlantısı olması ve fırın kapak yüzey sıcaklığından kaynaklı fırın güvenliğini de etkilemesi fırın kapakları üzerinde çalışılmasına ana sebebi oluşturmuştur.

Kapak yüzey sıcaklığının yüksek olması ve bu durumu etkileyecek problemler tespit edilmiş ve bu durumu etkileyebilecek nedenler (ölçüm, insan, malzeme, çevre, makine, metot) Şekil 2.7'deki balık kılıcı şablonunda kategoriler halinde gösterilmiştir. Şablondaki insan faktörü ve kontrol edilemeyen faktörler çıkarıldığında malzeme kategorisinin bu çalışmada etkili ve kontrol edilebilen değişkenlerden olduğu saptanmıştır. Fırın kapakları incelenmiş, inceleme sonucunda kapak camı, kullanılan cam sayısı, camda kullanılan kaplamalar, camın geometrisi gibi durumların hem kapak yüzey sıcaklığı ve bununla birlikte hem harcanan enerji miktarı hem de fırın havalandırma sistemi için büyük bir role sahip olduğu fark edilmiştir. Fırın kapak yüzeyi sıcaklığını düşürmek amaçlanarak diğer yandan da enerji verimliliğini de beraberinde etkileyen harcanan enerji miktarı ve hava akış parametreleri çerçevesinde deney tasarımı yapılmıştır.



Şekil 2.7. Balık kılıcı şablonu

Çalışmada üç parametreye; yani kapak yüzey sıcaklığı, harcanan enerji miktarı ve hava akış debisi faktörlerine odaklanılmıştır. Bu faktörle kapakta kullanılan cam ile doğrudan bağlantılıdır. Her bir faktör için de en fazla üç seviye belirlenmiştir. Bu seviye çıktıları sırasıyla cam kapak sayısı 2 adet, 3 adet ve 4 adet olarak, low-e direnci 0 W/m²K, 14 W/m²K ve 18 W/m²K olarak, kapak geometrisi için ise 0 mm, 4 mm ve 8 mm olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu verilere göre 3 faktör ve 3 seviyeden oluşan bir deney düzeneğinin oluşacağı gözlemlenmiştir. Tam faktöriyel deney tasarımında 27 deney içeren bir deney yapısı oluşur. Fakat 27 deney; ele alınan fırınların üretilmesi durumu gözetildiğinde; hem zaman hem de maliyet açısından uygun olmadığı için; L₉ (3³) ortogonal dizi şeklinde deney tasarım planı seçilmiştir. Şekil 2.8’de uygulanan Taguchi metodu adımlarını gösteren akış şeması görülmektedir.



Şekil 2.8 Taguchi metodu ankastre fırın optimizasyon çalışması adımları.

2.3. Taguchi Metodu ile Tasarım Sonuç Tahminlerinin Yapılması

Bu çalışmada üç adet faktör ve her faktörün üç seviyesi bulunmaktadır. Bu nedenle L_9 ortogonal dizisi ile deneysel tasarım yapılmıştır. Faktör; cam kapak sayısı ve 2-3-4 adet cam olmak üzere üç seviye, Low-e direnci ve 0-14-18 W/m²K, kapak geometrisi ve 0-4-8 mm seviyeleri şeklindedir. Tablo 2.2’de deney seti için oluşturulan bu çalışmada fırın tasarımı için faktör ve seviyeleri gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Deney seti faktör ve seviyeleri tablosu.

Faktör	Birimi	Seviye		
		1	2	3
Cam Sayısı	Adet	2	3	4
Low-e Direnci	U	0	14	18
Ön Kapak Geometrisi	mm	0	4	8

Low-e direnci için kullanılan $U=W/m^2K$ şeklinde denklemlenilebilir:

$$\frac{W}{m^2K} \quad (2.1)$$

- W; Watt’ı temsil eder, metrekare başına düşen ısı akışını ifade eder.
- m²K; malzemenin ısı geçirgenliğini ifade eder ve genellikle birim alan başına düşen ısı akışını gösterir.

Tablo 2.3’te bulunan değerler, faktörlerin Taguchi metodu deney tasarımı ile ortaya konan kombinasyon değerlerini ve bu deneylerin uygulanması sonrası elde edilen sonuç tablosunu göstermektedir. Tablo 2.3’teki veriler; her deney için yüzey sıcaklığı, hava akış hızı ve enerji tüketimi faktörlerini içerir. Bu veriler laboratuvar koşulları altında test standartlarına uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yapılan her bir deney 3 kez tekrar edilmiştir. Bu deney sonuçları ile Taguchi yöntemi kullanarak en iyi sonuçların analizi için tahminler yapıp daha sonra bu en iyi sonuçlar ANOVA analizi ile değerlendirilecektir, ANOVA ile giriş parametrelerinin (cam kapak sayısı, low-e direnci ve kapıdaki kesme) önemini belirlenecek ve istenen performans (örneğin, düşük yüzey sıcaklığı, yüksek enerji verimliliği vb.) ulaşılan optimal seviyelerin ortaya çıkarılması kolaylaşacaktır. Ayrıca, elde edilen sonuçları önceden belirlenmiş performans hedefleri

veya spesifikasyonlarla karşılaştırılarak da elde edilen sonuçların istenen gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı da değerlendirilecektir.

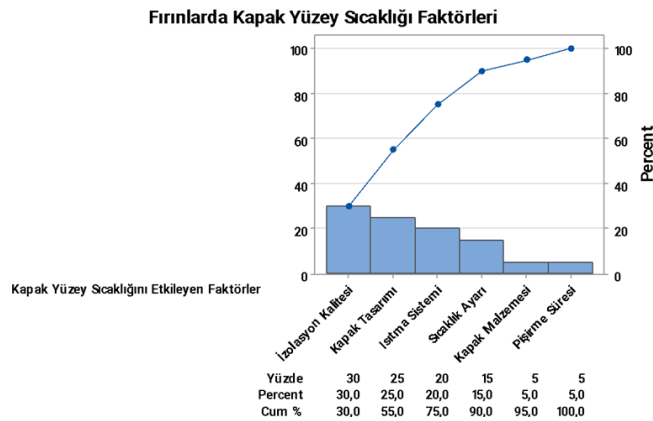
Tablo 2.3. L₉ ortogonal dizisi ile oluşturulmuş deney tablosu.

Deney No	Parametreler			Deney Sonuçları*		
	Cam Sayısı (Adet)	Low-e Direnci (W/m ² K)	Ön Kapak Geometrisi (mm)	Kapak Yüzey Sıcaklığı (°C)	Harcanan Enerji Miktarı (KWh)	Hava Akış Debisi (m ³ /s)
1.	2	0	0	88,3	1,04	1,09
2.	2	14	4	88,8	1,05	0,97
3.	2	18	8	74,3	1,02	0,59
4.	3	0	4	71,7	1,037	1,40
5.	3	14	8	65,6	0,991	1,43
6.	3	18	0	65,65	1,07	1,36
7.	4	0	8	60,4	1,01	1,24
8.	4	14	0	59,7	1	1,29
9.	4	18	4	60,7	1,01	1,16

*ortalama sonuçlar

İlk olarak parametreler ve seviyeleri çalışma sayfasına yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu parametreler ile bir Taguchi tasarımı oluşturulmuştur. Bu oluşturulan Taguchi deney planı laboratuvar şartları altında uygulanmıştır.

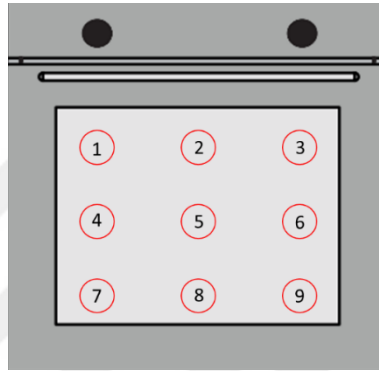
Fırınlarda yüzey sıcaklık deneyleri, farklı malzemelerin ve fırın tasarımlarının yüzey sıcaklıklarını belirlemek veya optimize etmek amacıyla gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarıdır. Bu deneylerde deneyler; kapı-kapı kolu, kontrol panelleri, dış gövde testleri olarak dış yüzeylerde standartlara uygun şekilde yapılmaktadır.



Şekil 2.9. Fırınlarda kapak yüzey sıcaklığını etkileyen faktörler için bir pareto grafiği.

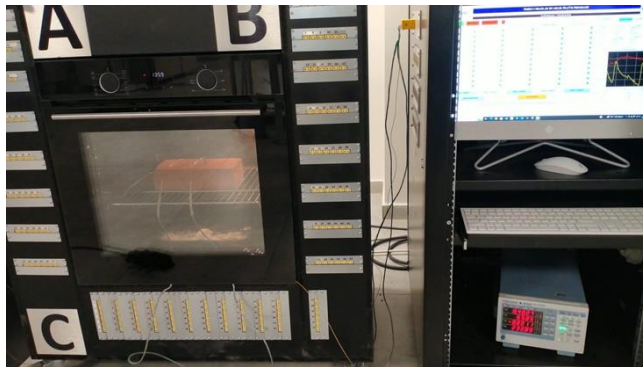
Şekil 2.9’da kapak yüzey sıcaklığını etkileyen faktörler izolasyon kalitesi, kapak tasarımı, ısıtma sistemi, sıcaklık ayarı, kapak malzemesi ve pişirme süresi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada, yüzey sıcaklığı üzerinde etkisi olan kapak tasarımı üzerine odaklanılmaktadır. Bu yüzden kapak yüzeyi ile ilgili sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Kullanılan prob ile kapak yüzeyinde belirlenen bölgelerden sıcaklık ölçümü yapılmıştır, bu ölçümler için kapak camında toplam 9 bölge belirlenmiş ve sıcaklığın en yüksek çıktığı noktadaki veri kullanılmıştır (şekil 2.10).



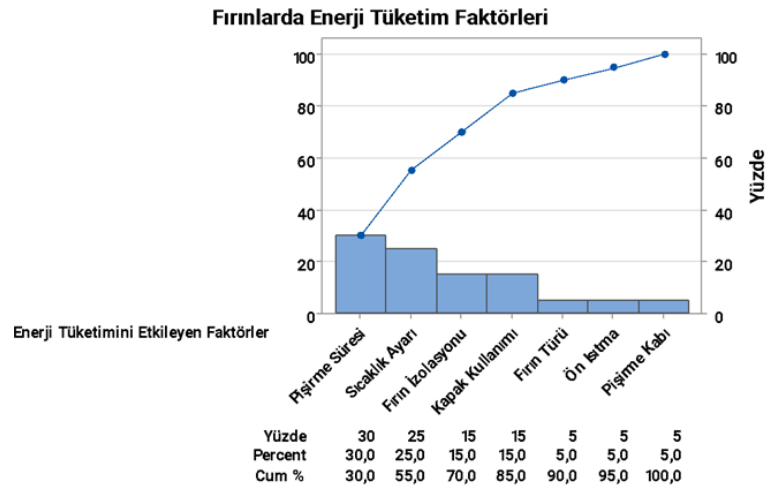
Şekil 2.10. Yüzey sıcaklık testi ölçüm bölgeleri.

Ankastre fırın enerji deneyleri (Şekil 2.11), fırınların enerji verimliliğini ve performansını değerlendirmek amacıyla yapılan laboratuvar çalışmalarıdır. Bu deneyler, fırınların enerji tüketimini belirlemek, enerji tasarrufu sağlayacak yöntemleri incelemek ve daha verimli fırın modelleri geliştirmek için kullanılır.



Şekil 2.11. Enerji deneyinin yapılması.

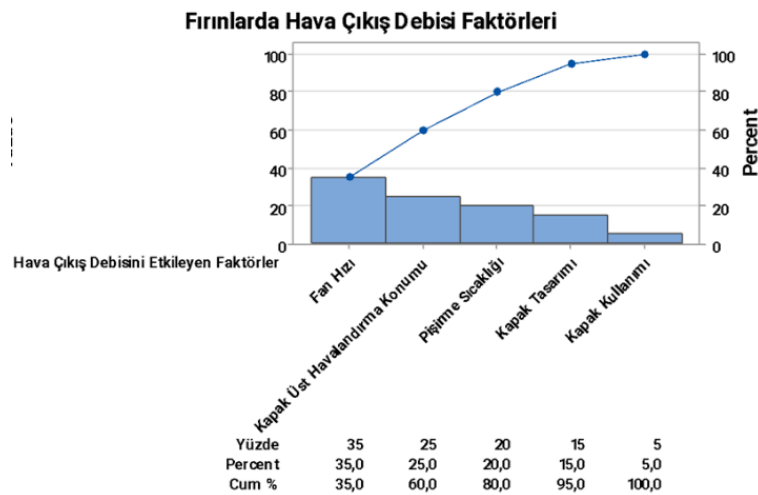
Şekil 2.12’deki pareto grafiği fırınların enerji tüketimini etkileyen faktörler ile ilgilidir. Buna göre enerji tüketimini sırasıyla pişirme süresi, sıcaklık ayarı, fırın izolasyonu, kapak kullanımı, fırın türü, ön ısıtma ve pişirme kabı faktörleri etkilemektedir.



Şekil 2.12. Fırınlarda enerji tüketimini etkileyen faktörler için bir pareto grafiği.

Ankastre fırınlarda hava akış debisi testi, fırının içindeki hava dolaşımını ve dağılımını değerlendirmek için gerçekleştirilen bir deneydir. Bu test, fırının performansını ve pişirme sonuçlarını etkileyen önemli bir faktör olan hava akışının verimliliğini belirlemeye yardımcı olur.

Şekil 2.13'deki pareto grafiğine göre hava akış debisini sırasıyla fan hızı, kapak üst havalandırma konumu (kapak üst geometrisi), pişirme sıcaklığı, kapak tasarımı ve kapak kullanımı faktörleri etkilemektedir.



Şekil 2.13. Fırınlarda hava debisi çıkışını etkileyen faktörler için bir pareto grafiği.

Bu çalışmada kapak tasarım parametreleri üzerine odaklanılmasından ve hava akış debisini de kapak tasarım parametrelerinin etkilemesinden dolayı hava akış debisi için de kapak camı sayısı, low-e direnci ve kapak geometrisi faktörleri ele alınmıştır.



3. BÖLÜM

BULGULAR

3.1. Yüzey Sıcaklığı Optimizasyonu

Taguchi deney tasarımlarında sinyal/gürültü oranlarında “daha küçük daha iyidir”, “daha büyük daha iyidir” ya da “nominal daha iyidir” durumlarından bağımsız olarak kontrol edilebilen gürültü faktörlerin etkisini minimize edip, kontrol edilemeyen gürültü faktörlerinin maksimize edilmesi hedeflenmektedir. Bu yüzden faktör seviyelerinin maksimum noktaları ele alınmalıdır. Fakat ortalama grafiklerinde seçilen “daha küçük daha iyidir”, “daha büyük daha iyidir” ya da “nominal daha iyidir” durumları göz önüne alınarak seçim yapılmalıdır [57, 65].

Taguchi analizi sonucunda elde edilen önemli çıktılardan birisi “derece” yani “delta” değeridir. Derece değeri faktör değişkenlerinin önem derecesi hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlamaktadır. Derece değeri S/N tablosuna göre yorumlandığında faktörün sürece etki eden değişkenliğini belirlemede önemli rol oynamaktadır.

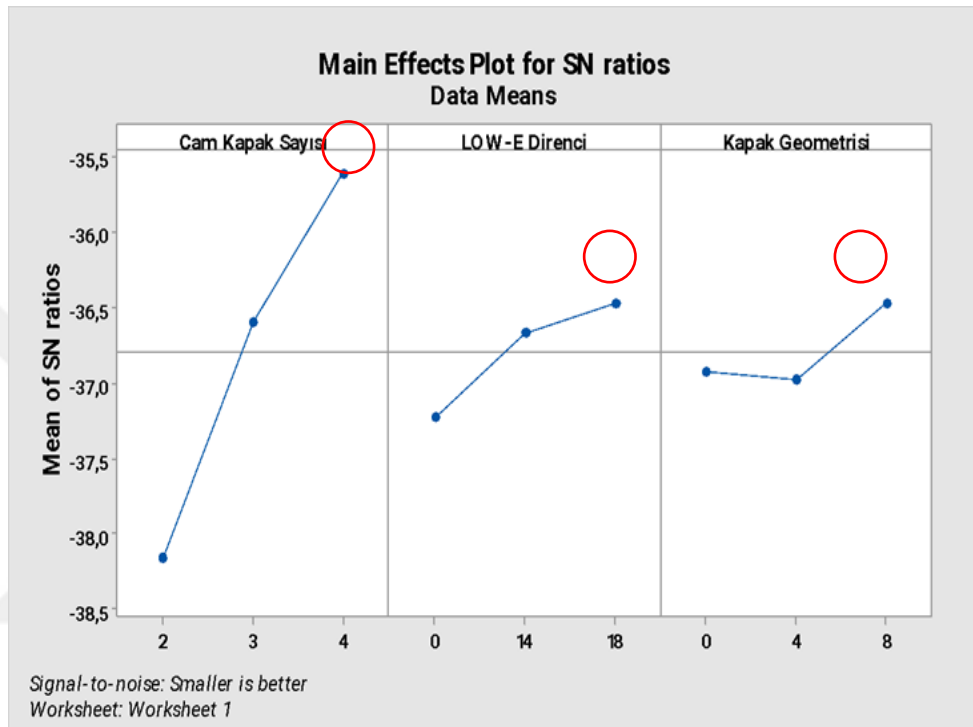
Tablo 3.1’de, S/N oranına göre kapak yüzey sıcaklığında cam kapak, low-e direnci ve kapak geometrisi faktörlerinin önem derecesi belirlenebilir. Buna göre kapak yüzey sıcaklığını en çok etkileyen faktör cam kapak sayısı olarak görülmektedir. Daha sonra sırası ile low-e direnci ve kapak geometrisi faktörleri takip etmektedir.

Tablo 3.1. Yüzey sıcaklığı için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri.

Seviye	Cam Kapak Sayısı	LOW-E Direnci	Kapak Geometrisi
1	-38,16	-37,23	-36,93
2	-36,60	-36,67	-36,97
3	-35,62	-36,48	-36,47
Delta	2,55	0,76	0,50
Derece	1	2	3

*Daha küçük daha iyidir.

Taguchi metodunda seçilen değer en küçük en iyi ya da en büyük en iyi olarak belirlenmiş olsa dahi S/N (gürültü/şiddet) grafiklerinde en büyük değerler seçilmelidir [66]. Buna göre Şekil 3.1’de sinyal/gürültü oranlarını gösteren grafik için cam kapak sayısı 4, Low-e 18 W/m²K ve kapak geometrisi 8 mm olarak seçildiğinde yüzey sıcaklığı için optimal sonuç elde edilebilecektir.



Şekil 3.1. Yüzey sıcaklığı sinyal/gürültü oranı için grafik.

3.2. Harcanan Enerji Optimizasyonu

Enerji tüketimi için Taguchi yönteminde en küçük en iyi denklemini kullanılmıştır çünkü enerji tüketiminin bir fırın için en düşük olması istenmektedir.

Tablo 3.2’de harcanan enerji miktarı için kapakta kullanılan cam sayısı, low-e direnci ve kapak geometrisinin S/N oranına göre önem derecesi şu şekilde ortaya çıkmıştır: birinci sırada cam kapak sayısı, ikinci sırada kapak geometrisi ve son olarak low-e direncidir. Fakat delta oranından da görüleceği üzere cam kapak sayısı ve kapak geometrisi neredeyse aynı derecede öneme sahiptir.

Tablo 3.2. Harcanan enerji miktarı için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri.

Seviye	Cam Kapak Sayısı	LOW-E Direnci	Kapak Geometrisi
1	-0,31215	-0,24756	-0,30945
2	-0,27491	-0,11509	-0,27526
3	-0,05762	-0,28204	-0,05997
Delta	0,25453	0,16695	0,24948
Derece	1	3	2

*Daha küçük daha iyidir.

Şekil 3.2’de Sinyal/gürültü oranlarını gösteren grafik için cam kapak sayısı 4, Low-e 14 W/m²K ve kapak geometrisi 8 mm olarak seçildiğinde harcanan enerji için optimal sonuç elde edilebilecektir.



Şekil 3.2. Harcanan enerji miktarı sinyal/gürültü oranı için grafik

3.3. Hava Akış Debisi Optimizasyonu

Hava akış debisi için fırın içindeki sıcak havanın kapakta birikip nem, yüksek sıcaklık gibi durumlara sebep olmaması için bu havanın yüksek oranda dışarı atılması en iyi sonucu vereceğinden Taguchi yönteminde en büyük en iyidir denklemi kullanılmıştır.

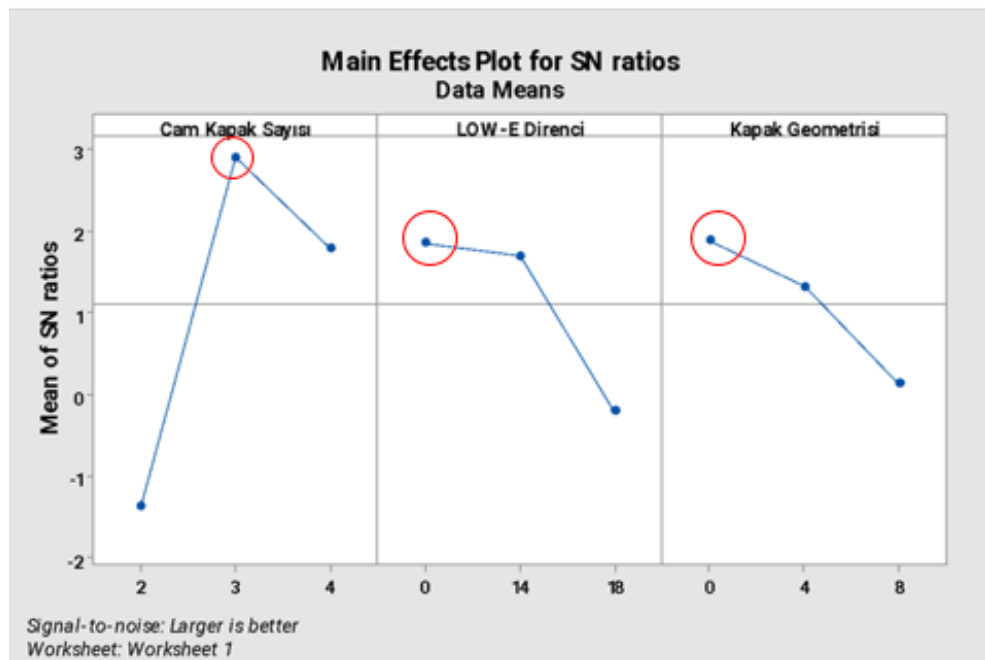
Tablo 3.3’de hava akış debisi için parametreler arasında sinyal/gürültü oranı ilişkisinde ilk sırada yine cam kapak sayısı, daha sonra low-e direnci ve kapak geometrisi yer almaktadır.

Tablo 3.3. Hava akış debisi için sinyal-gürültü oranı için delta ve derece değerleri.

Seviye	Cam Kapak Sayısı	LOW-E Direnci	Kapak Geometrisi
1	-1,3663	1,8465	1,8770
2	2,9000	1,6846	1,3157
3	1,7898	-0,2077	0,1307
Delta	4,2664	2,0542	1,7463
Derece	1	2	3

*Daha büyük daha iyidir.

Şekil 3.3’de hava akış debisi için çizilen pareto grafiğinde S/N (gürültü/şiddet) grafiğine göre hava akış debisini en çok etkileyen durum yine cam kapak sayısı olarak görülmektedir. Buna göre cam kapak sayısı 3, Low-e direnci 0 ve kapak geometrisi 0 seçildiğinde hava akış debisi için optimal sonuç elde edilebilecektir.



Şekil 3.3. Hava akış debisi sinyal/gürültü oranı için grafik.

3.4. Doğrulama Deneylerinin Yapılması ve Sonuçların Analiz Edilmesi

Belirlenen fırın parametreleri üzerinden yapılan Taguchi deney sonuçlarına göre yeni tasarımlar yapılmış ve yüzey sıcaklığı, hava akış debisi ve harcanan enerji üzerinde önerilen tasarım parametrelerinin doğrulama deneyleri gerçekleştirilmiştir.

3.4.1. Yüzey Sıcaklığı için Doğrulama Deneyi Yapılması

Yüzey sıcaklığı için yapılan deneylerin varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir Tablo 3.4'te analizin detayları yer almaktadır.

Tablo 3.4. Yüzey Sıcaklığının Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi

	Seq SS	Adj SS	Adj MS	Katkı
Cam Kapak Sayısı	666,10	666,10	333,051	84,37%
LOW-E Direnci	71,65	71,65	35,826	9,08%
Kapak Geometrisi	36,59	36,59	18,293	4,63%
Hata	15,20	15,20	7,601	1,93%
Toplam	789,54			100,00%

Seq SS: Sequential Sum of Squares (Sıralı Kareler Toplamı)

Adj SS: Adjusted Sum of Squares (Düzeltilmiş Kareler Toplamı)

Adj MS: Adjusted Mean Square (Düzeltilmiş Ortalama Kare)

Tablo 3.4'e göre yüzey sıcaklığı için ANOVA sonuçlarına göre cam kapak sayısı faktörü (84,37%) istatistiksel açıdan anlamlı bir etkiye sahiptir.

Tablo 3.5 Yüzey sıcaklığı varyans analizi özeti.

S	R-sq	R-sq(adj)	Tahmin Hatası Kareler Toplamı	R-sq(tahmin)
2,75696	98,07%	92,30%	307,834	61,01%

S: Standart sapma (σ)

R-sq: R-squared (R-kare)

R-sq(adj): Adjusted R-squared (R-kare düzeltilmiş)

Tablo 3.5'te göre yüzey sıcaklığı için yapılan doğrulama testi güvenilirliği ANOVA sonucuna göre 98,07% olarak görülmektedir.

3.4.2. Harcanan Enerji için Doğrulama Deneyi Yapılması

Harcanan Enerji için yapılan deneylerin varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir Tablo 3.6'da analizin detayları yer almaktadır.

Tablo 3.6. Harcanan enerji miktarının Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi

	Seq SS	Adj SS	Adj MS	Katkı
Cam Kapak Sayısı	0,001592	0,001592	0,000796	30,19%
LOW-E Direnci	0,000641	0,000641	0,000320	12,15%
Kapak Geometrisi	0,001541	0,001541	0,000770	29,21%
Hata	0,001501	0,001501	0,000750	28,45%
Toplam	0,005274			100,00%

Seq SS: Sequential Sum of Squares (Sıralı Kareler Toplamı)

Adj SS: Adjusted Sum of Squares (Düzeltilmiş Kareler Toplamı)

Adj MS: Adjusted Mean Square (Düzeltilmiş Ortalama Kare)

Tablo 3.6'e göre harcanan enerji için doğrulama testlerinde cam kapak sayısı faktörü (30,19%) istatistiksel açıdan anlamlı bir faktör olarak görülmesi ile birlikte kapak geometrisi (29,21%) de bir o kadar anlamlılığa sahiptir.

Tablo 3.7. Harcanan enerji miktarı varyans analizi özeti.

S	R-sq	R-sq(adj)	Tahmin Hatası Kareler Toplamı	R-sq(tahmin)
0,0273922	71,55%	0,00%	0,0303885	0,00%

S: Standart sapma (σ)

R-sq: R-squared (R-kare)

R-sq(adj): Adjusted R-squared (R-kare düzeltilmiş)

Tablo 3.7'ye göre harcanan enerji için yapılan doğrulama testi güvenilirliği Anova sonucuna göre %71,55 olarak görülmektedir.

3.4.3. Hava Akış Debisi için Doğrulama Deneyi Yapılaması

Hava akış debisi için yapılan deneylerin varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir Tablo 3.8'de analizin detayları yer almaktadır.

Tablo 3.8. Hava Akış Debisinin Taguchi tahminine bağlı (S/N) ANOVA ile varyans analizi.

	Seq SS	Adj SS	Adj MS	Katkı
Cam Kapak Sayısı	0,41147	0,41147	0,20573	73,63%
LOW-E Direnci	0,08027	0,08027	0,04013	14,36%
Kapak Geometrisi	0,03860	0,03860	0,01930	6,91%
Hata	0,02847	0,02847	0,01423	5,09%
Toplam	0,55880			100,00%

Seq SS: Sequential Sum of Squares (Sıralı Kareler Toplamı)

Adj SS: Adjusted Sum of Squares (Düzeltilmiş Kareler Toplamı)

Adj MS: Adjusted Mean Square (Düzeltilmiş Ortalama Kare)

Tablo 3.8'e göre hava akış debisi için doğrulama testlerinde cam kapak sayısı faktörü (73,63%) istatistiksel açıdan anlamlı bir olarak görülmektedir.

Tablo 3.9. Hava akış debisi miktarı varyans analizi özeti.

S	R-sq	R-sq(adj)	Tahmin Hatası Kareler Toplamı	R-sq(tahmin)
0,119304	94,91%	79,62%	0,57645	0,00%

S: Standart sapma (σ)

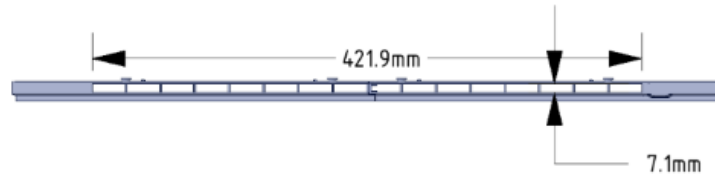
R-sq: R-squared (R-kare)

R-sq(adj): Adjusted R-squared (R-kare düzeltilmiş)

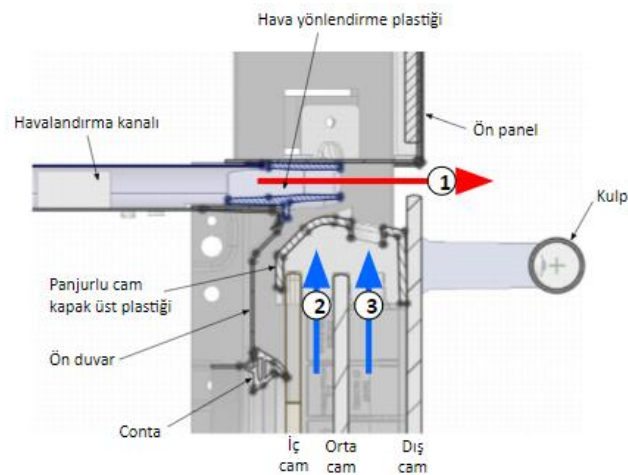
Tablo 3.9'a göre hava akış debisi için yapılan doğrulama testi güvenilirliği Anova sonucuna göre 94,91% olarak görülmektedir.

Taguchi metodu ile elde edilen bulgulara göre yapılan tasarımlarda, yüzey sıcaklığı %98,07 güvenilirlik oranı, enerji harcama miktarı için %71,55 güvenilirlik oranı ve hava akış debisi için %94,91 güvenilirlik oranı elde edilmiştir. ANOVA doğrusal regresyon analizlerinde R^2 %80 ve üzerinde olduğunda doğrusal bir ilişkinin olduğunu gösteren yüksek bir orandır [67]. ANOVA analizi sonuçlarında yüzey sıcaklık deney sonuçları %98,07 ve hava akış debisi için %94,91 oranları yüksek doğrusal bir ilişkinin olduğunu ifade etmektedir. Fakat enerji harcama miktarı için yapılan deneyler için %71,55 olarak bulunması doğrusal ilişkinin var olduğu fakat bu ilişkinin kuvvetli olmadığını göstermektedir. Bu durum enerji harcama miktarının diğer dış etkenlerden kaynaklı olduğu için olabilir.

İncelenen fırında bu durumu en çok etkileyen durumun fırın havalandırma konumu olduğu saptanmıştır. Bu konumu da etkileyen eleman hava yönlendirme plastiğidir (Şekil 3.4) Hava yönlendirme plastiği fırın içindeki hava akışının düzgün ve stabil olmasını sağlamaktadır (Şekil 3.5). Bu plastik için bir iyileştirme yapılması gerektiği saptanmış, bir analiz çalışmasında da bu durum netleştirilmiştir (Şekil 3.6).

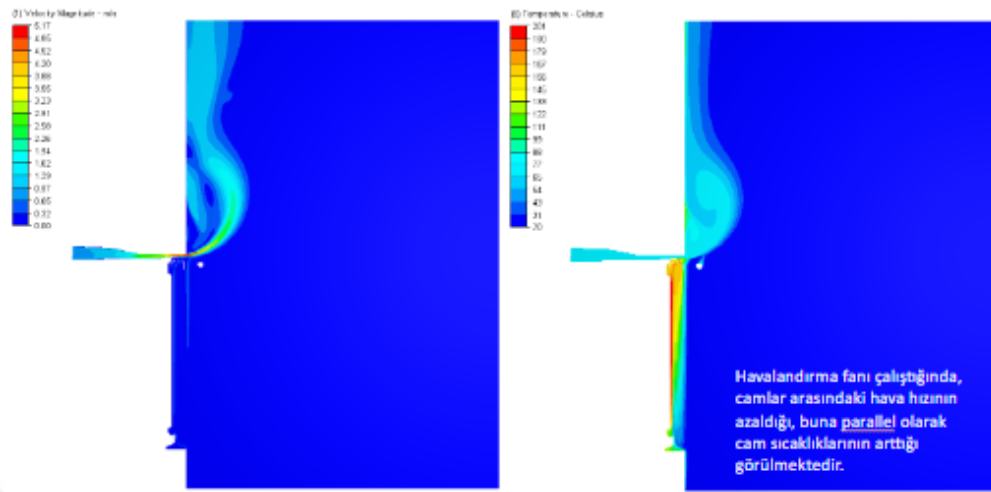


Şekil 3.4. Hava yönlendirme plastiği



Şekil 3.5. Fırın kapağında hava debisinin çıkışına ait görsel.

Analiz No	iteration	transmissivity	iç cam	orta cam	dış cam		
10	1000	CFD	0.2-0.85-1.0	186	125	63	fan on-light-h=3W/m2K-300mm extended-250C
10	1000	CFD	0.2-0.85-1.0	181	94	43	fan off-light-h=3W/m2K-300mm extended-250C



Şekil 3.6. Analiz programında fırın kapağı-havalandırması arasında hava debisi çıkışı gözlemi

Şekil 3.6’da gözlemlendiği üzere amaçlandığı şekilde, havalandırma kanalından üflenen hava ile kapak camları arasından çekilen hava debisinin artmadığı ve cam sıcaklıklarının beklenenin aksine arttığı görülmektedir. Bu yüzden fırının bu bölgesinde bir iyileştirme yapılması gerektiği saptanmıştır. Buna bağlı olarak hava akış debisinin birçok bağımsız faktörden de etkilendiğinden bahsedilebilir.

3.5. Tasarım Doğrulama Deneyleri

S/N grafiklerinde elde edilen; yüzey sıcaklığı, hava akış debisi ve harcanan enerji miktarı için Şekil 3.1, 3.2 ve 3.3’teki en iyi tasarım sonucu veren veriler ile her bir parametre için ayrı ayrı bir deney seti oluşturulmuştur. Bu doğrulama deney parametreleri *Tablo 3.10*’da verilmiştir. Bu parametrelere göre uygulanan tasarımların deney sonuçları da *Tablo 3.11*’de gösterilmektedir.

Tablo 3.10. Doğrulama deney planı.

Optimizasyon Sonucu	Cam Kapak Sayısı (adet)	Low-e Direnci (W/m ² K)	Kapak Geometrisi (mm)
Yüzey Sıcaklığı	4	18	8
Harcanan Enerji	4	14	8
Hava Akış Debisi	3	0	0

Tablo 3.11. Doğrulama deney sonuçları.

Yeni Deney Seti Sonuçları			
Optimizasyon Sonucu	Yüzey Sıcaklığı (°C)	Hava Akış Debisi (m³/s)	Harcanan Enerji (KWh)
Yüzey Sıcaklığı	56	1,03	1,01
Harcanan Enerji	53,7	0,92	1,03
Hava Akış Debisi	70,7	0,88	1,01

Yüzey sıcaklığı için yapılan ilk 9 deneyde en düşük $59,7^{\circ}\text{C}$ kapak yüzey sıcaklığı elde edilmiştir. Fakat Taguchi metodu ile belirlenen ve Tablo 3.10'da 4 adet kapak camı, $18 \text{ W/m}^2\text{K}$ Low-e direnci ve 8 mm kapak geometrisi tasarımı ile yüzey sıcaklığı için yapılan doğrulama deneyinde 56°C 'lik kapak yüzey sıcaklığı elde edilmiştir. Bu da istenilen düşük yüzey sıcaklığı sonucunu ortaya koymaktadır. Başlangıç tasarımındaki en düşük sıcaklıkla; yeni önerilen tasarım ile elde edilen sıcaklık arasında yaklaşık olarak %7 iyileştirme sağlandığını görülmüştür.

Harcanan enerji miktarı için Taguchi metoduyla yapılan 9 deneylerde en düşük 0,991 KWh değeri elde edilmiştir. Fakat doğrulama deneylerinde Tablo 3.11'de de görüldüğü gibi 4 adet kapak camı, $14 \text{ W/m}^2\text{K}$ Low-e direnci ve 8 mm kapak geometrisi tasarımı ile 1,03 KWh değeri elde edilebilmiştir bu değer Taguchi metodu uygulanan 9 deney içindeki 5. deneydeki değer ile benzerlik göstermiştir. Değer 9 deneyde elde edilen sonuçlarla benzer sınırlarda kalmıştır.

Hava akış debisi için 9 deney içinde en yüksek 5. Deneyde $1,43 \text{ m}^3/\text{s}$ değeri elde edilmiştir fakat Tablo 3.11'de 3 adet kapak camı, $0 \text{ W/m}^2\text{K}$ Low-e direnci ve 0 mm kapak geometrisi tasarımı ile $0,88 \text{ m}^3/\text{s}$ değeri elde edilmiştir. Bu değer 9 deneylik Taguchi metodu deney seti ortalamaları altında kalmıştır. Bunun sebebi Şekil 2.13'te verilen pareto grafiğinde hava akış debisini etkileyen etmenlerin değerlerinin birbirine yakın olması ve birçok bağımsız değişkenden (Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve 3.6) hava akış debisinin etkilenmesi olarak gözlemlenmiştir.

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

4.1. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada ev tipi ankstre fırınlar için Taguchi metodu ile enerji verimliliği için tasarım parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır. Çalışmada yapılan deneylerde 0+10 konumlu, piliç çevirme özellikli ve firma bazında Fryart olarak adlandırılan -air fry- sıcak hava sirkülasyonu ile kurutma ve kızartma sağlayan teknoloji içeren, multi (statik ve turbo fırınların özelliklerini birlikte içeren) fonksiyonlu, eko model havalandırmaya sahip bir fırın, hem deney şartlarını sağlamak hem de fırının sınır kullanım şartlarını gözlemleyebilmek adına yüksek enerji harcadığı bir mod olan alt-üst-fan fonksiyon modunda, 180-200°C sıcaklıklarda testlere tabi tutulmuştur. Yapılan bir testten toplamda 3 çıktı elde edilmiştir. Bunlar; yüzey sıcaklığı (°C), hava akış hızı-debi (m³/s), enerji verimliliği (KWh)'dir.

Günümüzde enerji verimliliği ve fırınlarda enerji sınıfı değişiklikleri için çalışmaların yürütülüyor olması da bu çalışmanın önemini ortaya çıkarmıştır. Üretilen birçok fırın örneğin; statik, elektroturbo, mutli vb. fonksiyonlu, 0+4, 0+6, 0+7, 0+8, 0+9, 0+10 konumlu, havalandırılmalı-havalandırmaz ürün arasından, multi fonksiyonlu, 0+10 konumlu ve havalandırılmalı olan ürün seçilmiştir. Bu seçimi etkileyen faktörlerden en önemlileri; bu ürün lüks model sınıfında, ürünün gelecekte kullanımının yaygın olacağı, üstün özelliklerinin geliştirilebilir olması, enerji sınıfı çalışmalarında kullanılıyor olması, kapak soğutma sistemini destekleyen bir havalandırma sisteminin olması olmuştur.

Taguchi metodu ile yapılan bu deney tasarımlarında kullanılabilecek girdiler; kapaktaki cam sayısı, kapak ön cam geometrisi, kapak ön camı geometrisindeki kesik ölçüsü, soğutma fanı RPM, kapak üst plastiği slot durumu, cam Low-e direnci durumu olarak belirlenmiştir. Çıktı olarak kullanılabilecek girdiler ise; hava akış hızı, enerji verimliliği, kapak ön cam sıcaklığı, pano yüzey sıcaklığı şeklinde belirlenmiştir. Bu değişkenlerden

3 tanesi seçilmiş ve 3³'lük bir Taguchi deney analizi oluşturulmuştur. Bu seçimler yapılırken bu tezin soğuk kapak ve enerji verimliliği üzerine yoğunlaşması amaçlandığından, girdiler olarak cam kapak sayısı, cam low-e direnci, ön kapak camı geometrisindeki kesik ölçüsü ve çıktılar olarak yüzey sıcaklığı, hava akış hızı ve enerji verimliliği seçilmiştir. Bu girdi ve çıktılardaki değişkenler birbiriyle bağımlı değişkenlerdir. Taguchi deney tasarımı sonucu aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Yüzey sıcaklığı, tasarım parametreleri 4 cam, 18 W/m²K low-e direnci ve 8 mm kesime sahip kapak geometrisi olarak tespit edilmiştir. Yüzey sıcaklığı doğrulama deneyi sonucunda 59,7°C olan kapak yüzey sıcaklığı 56°C'ye düşürülmüştür. %7 verimlilik yakalanmıştır.

Harcanan enerji miktarı deneylerde tasarım parametreleri 4 adet kapak camı, 14 W/m²K Low-e direnci ve 8 mm kapak geometrisi olan tasarımda ortalama olarak 1KWh civarlarında kalmıştır. Taguchi metodu ile yapılan 9 deney ve son yapılan 3 doğrulama deneylerinde ortalama olarak benzer harcama enerji miktarları -0,991KWh ve 1KWh- elde edilmiştir.

Hava akış debisinde doğrulama deneylerinde 3 adet kapak camı, 0 W/m²K Low-e direnci ve 0 mm kapak geometrisi tasarımı ile 0,88 m³/s değeri elde edilmiştir. Taguchi ile yapılan 9 deneyde ise 5. deneyde 1,43 m³/s'lik bir değer elde edilmiş ve yapılan son 3 doğrulama deneyi en büyük en iyidir denklemine göre 0,88 m³/s olduğu için bu değer altında kalmıştır. Bu durum için fırındaki hava yönlendirme plastiği ve kapak camları arası hava akışı incelenmiş ve hava yönlendirme plastiği tasarımının geliştirilmesi ile ilgili bir saptama yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlardan en optimal yapıya sahip fırın tasarımlarına ulaşmış, bu fırının enerji, güvenlik ve dışarı verdiği hava akışı açısından sonuçlarını karşılaştırarak tasarımında iyileştirme yapılması sağlanmıştır. Gelecek çalışmalarda ürün tasarımlarının belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemleri, tasarım parametrelerinin etkilerinin iyileştirilmesine yönelik bulanık mantık teknikleri ile geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

1. Myhrvold, N., 2023. Cooking, www.britannica.com/topic/cooking, Erişim Tarihi: Ağustos 2023. **Encyclopedia Britannica**, .
2. Hancılar, N., 2007. Elektrikli ankastre fırınlarda enerji tüketiminin deneysel ve teorik inceleme ile azaltılması. Fen Bilimleri Enstitüsü,
3. Altun, Ö., Yıldız, Ş., Tuba, A., 2019. Ankastre ev tipi fırınlarda fırın kapağının enerji tüketimi ve enerji seviyesine etkisinin deneysel olarak incelenmesi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **25**: (4): 403-409.
4. Medapati, S., Monde, A. D., 2023. Discretized low-order model of an electric oven: Transient thermal analysis of door sub-system. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, **142**: 106619.
5. Kayıhan, S. A., 2003. Elektrikli Fırınlarda Isıl Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,
6. Gürlek, M. Z., 2004. Fırın Ön Kapaklarında Isı Transfer Mekanizmasının Deneysel Ve Teorik İncelenmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,
7. Kantaş, M., 2007. Ev tipi elektrikli fırınların performansının sayısal ve deneysel incelenmesi.
8. Scarisbrick, C., Newborough, M., Probert, S., 1991. Improving the thermal performances of domestic electric ovens. **Applied energy**, **39**: (4): 263-300.
9. Ramirez-Laboreo, E., Sagues, C., Llorente, S., 2016. Dynamic heat and mass transfer model of an electric oven for energy analysis. **Applied Thermal Engineering**, **93**: 683-691.
10. Burlon, F., 2015. Energy efficiency of combined ovens. **Energy Procedia**, **82**: 986-993.
11. Slavova, Y., Marinova, M., 2019. On determining the energy efficiency of the electric oven. **2019 16th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)**, 1-6.
12. Slavova, Y., Marinova, M., 2021. Mathematical Modelling of the Impact of Operational Factors on the Energy Efficiency of an Induction Hob. **2021 17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)**, 1-4.
13. Mayıl, A. S., Ugurelli, C., Cengiz, A., Güzeltepe, B., Experimental Study Of Electrical Heater Working Function For Improving Energy Consumption In A Domestic Oven.

14. Lucchi, M., Lorenzini, M., Di Paola, V., 2019. Low-order dynamic model of a domestic electric oven Part I: Experimental characterization of the main heating functions. **Journal of Physics: Conference Series, 1224:** (1): 012019.
15. Sezer, F. Ş., 2005. Farklı Cam Türlerinin Performans Kriterlerinin İncelenmesi. **Cilt, 10:** (1):
16. Kinkle, R. A., 1965. Oven door window.
17. Huff, H. G., Shelly, D. J., 1969. Shutter for window in oven door.
18. Nuss, J. J., 1976. Simplified oven door window.
19. Bonaccorsi, L., Armani, P., Zanetti, G., 1987. Door for an oven particularly of the ventilated type. **Zanussi Elettrodomestici, EP0209115, European Patent Specification, Leamington Spa, England,**
20. Mikalauskas, I. G. A., Corson, D. N., Paul, G. J., 1995. Cool multi-sectioned oven door for a large window oven.
21. Kieslinger, M., 1996. Door for a cooking apparatus, EP0699871. **European Patent Office, Bosch Siemens Haugerate GmbH.**
22. Fumagalli, S., 2000. Door for pyrolytic oven. **Candy Spa., EP1022517, European Patent Specification, Milano Italy,**
23. Gerhardinger, P. F., 2000. Double sided heat barrier glass with clear CVD coating and method of making the same.
24. Stahlmann, R., Poerner, H., 2002. Cooler for cooking oven with oven muffle opening and door has outer and inner chambers and outer and inner door cavities, suction and blower openings. **AEG Hausgerate, DE10047016, European Patent Specification, Germany,**
25. Aydın, Ö. Ü. S., KALİTE DENETİMİ.
26. Anonim, T., 1994. 9000 Kalite Sözlüğü. **TSE Yayını, Ankara, Aralık,**
27. Çobanoğlu, S., 2011. Yalın üretim sisteminin otomotiv sektöründe uygulaması. Sakarya Üniversitesi (Turkey),
28. Kaya, K. İ. S. Y. Z., Engin, O., 2005. Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zek Tekniklerinin Kullanımı. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11:** (1): 103-114.
29. Öztürk, A., Arıkan, V., Öztürk, M., 2012. Süreç İyileştirme Yöntemleri Ve Yöneyim Araştırması. **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25:**

30. Kaizen Nedir, www.trex.com.tr/tr/bilgi-bankasi/operasyonel-mukemmellik-kaizen-program-vonetimi , Erişim Tarihi: Ocak 2023.
31. A., Y., Tam Zamanında, www.lojistikbilimi.com/tam-zamaninda , Erişim Tarihi: Ocak 2023.
32. Yeşilbayır, S., 2007. Toplam kalite yönetimi. Fen Bilimleri Enstitüsü,
33. Hündür, E. Y., 2019. İstatistiksel deney tasarımı yöntemi ile plastik kompozit üretiminde reçete ve proses tasarımına dair bir uygulama. Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,
34. Şirvancı, M., 1997. Kalite için deney tasarımı "Taguchi yaklaşımı". Literatür,
35. Demir, L., 2004. İstatistiksel deney tasarımı yöntemi ve bir tekstil işletmesinde uygulanması. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
36. Montgomery, D. C., 2017. Design and analysis of experiments. John Wiley & sons,
37. Yıldırım, S., Ürün tasarımı geliştirilmesi: Taguchi tasarımı. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- 38.
39. Karslıoğlu, Z., 2013. Fire analizinde deney tasarımı.
40. Caniyılmaz, E., 2001. Kalite geliştirmede Taguchi metodu ve bir uygulama. Fen Bilimleri Enstitüsü,
41. Bayrakdar, O. M., 2009. Hata türleri ve etkileri analizi (HTEA) ve Taguchi metodunun Bonfiglioli AŞ'de ortak uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,
42. Antony, J., 2023. Design of experiments for engineers and scientists. Elsevier,
43. Çömlekçi, N., 2003. Deney tasarımı ilke ve teknikleri. Alfa,
44. Şenoğlu, B., Acıtaş, Ş., 2011. İstatistiksel deney tasarımı: sabit etkili modeller. Nobel,
45. Baynal, K., Gencel, İ., 2015. Taguchi yönteminin gıda sektöründe çok yanıtlı problemin eniyilemesinde uygulanması. **Sakarya University Journal of Science**, **19**: (1): 107-121.
46. Krottmaier, J., 1993. Optimizing engineering designs. McGraw-Hill, Inc.,
47. Altınbilek, Y., 2001. Şanzıman Giriş Mili İmalatındaki Proses Parametrelerine Taguchi Metodunun Uygulanması. Marmara Üniversitesi (Turkey),

48. Kağncıoğlu, C. H., 2015. Üretim öncesi kalite kontrolünde Taguchi yöntemi ve kükürtdioksit giderici sitrat yöntemine uygulanması. Anadolu University (Turkey),
49. Hamzaçebi, C., Kutay, F., 2001. Kalite Maliyetlerine Genel Bir Bakış: Taguchi Kayıp Fonksiyonu. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 7: (2): 287-293.
50. Çelik, C., 2014. Kalite geliştirmede tasarım eniyileme problemine Taguchi yöntemlerinin uygulanmasında sistematik bir yaklaşım. Anadolu University (Turkey),
51. Taphasanoğlu, S., 2020. Çok yanıtli problemlere sürekli-sürekli kalite karakteristikleri için dinamik Taguchi yöntemi yaklaşımı.
52. Gural, G., 2003. Gazaltı kaynağında proses parametrelerinin optimizasyonu. Fen Bilimleri Enstitüsü,
53. Gökçe, B., Taşgetiren, S., 2009. Kalite İçin Deney Tasarımı. **Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 6: (1): 71-83.
54. Sulak, K., 2021. Taşıt Elemanlarını Form Punta İle Birleştirme ve Optimizasyonu. Bursa Uludag University (Turkey),
55. Aydın, M. E., 1994. Taguchi metodu ve bir uygulama. Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi,
56. Murat, D., 2013. Kalite Karakteristiğinin Modellenmesinde Tepki Yüzeyi Metodolojisi: Bir Uygulama Denemesi. Bursa Uludag University (Turkey),
57. Yalçındağ, Y., 2021. Gıda işletmelerinde Taguchi yöntemi ile süreç iyileştirme ve bir uygulama. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
58. Mezarciöz, S., Oğulata, R. T., 2010. Süprem kumaşlarda patlama mukavemeti değerinin Taguchi ortogonal dizayna göre optimizasyonu. **Tekstil ve Konfeksiyon**, 20: (4): 320-328.
59. Işık, F., Taguchi metodu ve bir uygulama. Sosyal Bilimler Enstitüsü,
60. Ross, P. J., 1988. Taguchi techniques for quality engineering: loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design.
61. Küçük, E. Ö., 2022. Organik rankine çevriminin termodinamik analizi ve termoekonomik optimizasyonu.
62. Tanyildizi, H., Coşkun, A., 2013. Varyans analizi (ANOVA) yöntemi ile silis dumanı katkılı hafif betonun mekanik özelliklerine deney parametrelerinin

etkilerinin belirlenmesi. **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi**, **29**: (3): 227-233.

63. TSEN60335-2-102, Güvenlik Kuralları-Ev Ve Benzeri Yerlerde Kullanılan Elektrikli Cihazlar İçin Bölüm 2-102: Elektriksel Bağlantıları Olan Gaz, Yağ Ve Katı Yakıt Yakan Cihazlar İçin Özel Kurallar, Mart 216.
64. 60350, T. E., Evlerde Kullanılan Elektrikli Ocaklı Fırınlr, Ocaklar, Fırınlr Ve Izgaralar Ölçme Yöntemleri, Haziran 2007.
65. Kapçak, E., 2022. Taguchi metodu kullanılarak kaynak proses parametrelerinin optimizasyonu: somun kaynak operasyonu için bir uygulama. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
66. Bağçeci, E. N., 2023. Plastik enjeksiyon ile üretilen otomobil aydınlatma parçalarının kalitesinin taguchi metodu ile iyileştirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
67. Yavuz, S., 2009. Regresyon analizinde doğrusala dönüştürme yöntemleri ve bir uygulama. **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, **23**: (1): 165-179.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Sevinç KORKMAZ

Uyruğu: Türkiye (T.C.)

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durum:

e-mail:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Müh.	
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Endüstriyel Tasarım Müh.	2021
Lise	Özel Keçiören Final Anadolu Lisesi	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2021-Halen	Femaş Metal San. ve Tic. A.Ş.	Ar-Ge Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce

YAYINLAR

Akgül E., Korkmaz S., (2024). Optimisation of design parameters of home type ovens. *EurasianSciEnTech* 2024 (5).