

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İSTATİSTİK ANABİLİM DALI**



**PVC ÜRETİM SÜRECİNDE KESİRLİ FAKTÖRİYEL DENEY
TASARIMI KULLANIMI**

Yüksek Lisans Tezi

Çisem KARAMERT

Danışman

Prof. Dr. Yüksel TERZİ

SAMSUN
2021

TEZ KABUL VE ONAYI

Çisem KARAMERT tarafından, **Prof. Dr. Yüksel TERZİ** danışmanlığında hazırlanan “**PVC Üretim Sürecinde Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı Kullanımı**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 9.7.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Pelin Kasap Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Yüksel Terzi Ondokuz Mayıs Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Cengiz Gazeloğlu Süleyman Demirel Üniversitesi İstatistik Anabilim Dalı		<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

İmza
12/07/ 2021
Çisem KARAMERT

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : PVC Üretim Sürecinde Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı Kullanımı

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 12.07.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 21

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

İmza
21 /06 / 2021
Danışman
Prof. Dr. Yüksel Terzi

ÖZET

PVC ÜRETİM SÜRECİNDE KESİRLİ FAKTÖRİYEL DENEY TASARIMI KULLANIMI

Çisem KARAMERT

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İstatistik Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2021

Danışman: Prof. Dr. Yüksel TERZİ

Deney tasarımı yöntemleri ilaç sektöründen tekstil sektörüne, tarım sektöründen gıda sektörüne kadar birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda ise yeni üretim tasarımı, üretim süreç geliştirilmesi, iyileştirmesi gibi mühendislik alanlarında da sık kullanılmaktadır. Bu çalışmada deney tasarımı yöntemleri verilmiştir. Bu çalışmanın amacı PVC malzemesinin HAR standardı kapsamında gerekli şartları sağlayan en ucuz maliyetli PVC granül üretiminin formüle edilmesi için deney tasarımından yararlanılmıştır. HAR standardının ve ilave özel müşteri şartlarının karşılanması amacıyla uygulanan testler yaklaşık olarak 14 ile 21 gün arasında tamamlanmıştır ve uygulanan tüm testler firmanın kendi bünyesinde bulunan laboratuvarında test edilmiştir. En çok üretimi gerçekleştirilen kablo tipi seçilerek, H05VK kablo üretiminde kullanılan PVC granül formülü üzerinde deney tasarımı yöntemi kullanılmıştır. Ürüne uygulanan testler PVC granül üretimi sonrası malzemeye uygulanan ve kablo üretimi sonrası bitmiş ürün halindeki kabloya uygulanan testlerdir. PVC malzemesinin üretiminde kullanılan hammadde tiplerinin tanıtılmasının ardından, PVC granül ve kablo üretim süreçleri açıklanmıştır. Mevcut ürün maliyetleri ve test sonuçları ile deney tasarımı çalışması sonrası ürün maliyeti ve test sonuçları karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak deney tasarımı yöntemleri kullanılarak PVC üretiminde zaman ve maliyet yönünden tasarruf sağlanabilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Deney Tasarımı, PVC, H05VK

ABSTRACT

USING FACTIONAL FACTORIAL DESIGN OF EXPERIMENT (DOE) IN PVC PRODUCTION PROCESS

Çisem KARAMERT

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Statistics

Master, July/2021

Supervisor: Prof. Dr. Yüksel TERZİ

Experimental design techniques are widely used in many different fields from the pharmaceutical sector to the textile sector, from the agricultural sector to the food sector. In recent years, it has been used frequently in engineering fields such as new production design, production process development and improvement. In this study, design of experiment and design of analysis are introduced. As an application, the experimental design was used to formulate the production of PVC granules with the cheapest cost, which meets the necessary conditions within the scope of the HAR standard. The tests applied to meet the HAR standard and additional special customer requirements were completed in approximately 14 to 21 days and all applied tests have been tested in the company's own laboratory. By choosing the cable type most produced in the company, an experimental design study was carried out on the PVC granule formula used in the production of H05VK cable. The company has PVC granule and vein production lines. Tests applied to the product are tests applied to the material after PVC granule production and to finished cables. After introducing the PVC material and the raw material types used in the production of this material, the PVC granule and cable production processes in the company are explained. The current product costs and test results were compared with the product cost and test results after the experimental design study.

As a result, time and cost savings can be achieved in PVC production by using experimental design methods.

Keywords: DOE, PVC, H05VK

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. DENEY TASARIMI	4
2.1. Deney Tasarımının Amaçları	7
2.2. Deney Tasarımına İlişkin Kavramlar	9
2.2.1. Tekrarlama	9
2.2.2. Rassallık	9
2.2.3. Bloklama	10
2.3. Deney Tasarımı Yöntemleri	10
2.3.1. Geleneksel Yöntemlerle Deney Tasarımı	10
2.3.2. İstatistiksel Deney Tasarım Yöntemleri	12
3. PVC ÜRETİM SÜRECİ	21
3.1. Kablo Tanıtımı ve Çeşitleri	21
3.2. Harmonize Sistemde Kullanılan Semboller ve Açıklamaları	22
3.3. Hammadde	23
3.4. Ürüne Uygulanan Testler	29
3.5. Har Standardı	31
3.5.1. Kapsam	32
3.5.2. Atıf Yapılan Standard ve/veya Dokümanlar	33
3.5.3. İç Bağlantı için Kablolar – HO5V-K	33
4. BULGULAR	35
Tablo 4.2. Faktörlerin mevcuttaki seviyeleri ve birim fiyatları	35
Tablo 4.3. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri	36
Tablo 4.4. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri	36
Tablo 4.5. Deney sonrası olması istenen ölçüm değerleri	37
Tablo 4.6. Deney tasarımı özeti	37
Tablo 4.7. Deneme kombinasyonları	37
Tablo 4.8. Ölçüm sonuçları	38

Tablo 4.9. Yoğunluk için görev belirlenmediğinde girdi seviyeleri ve birim fiyatları ..	47
Tablo 4.10. Optimizasyon grafiğine göre değerler	47
Tablo 4.11. Yoğunluk için görev belirlendiğinde girdi değerleri ve fiyatları	49
Tablo 4.12. Optimizasyon grafiğine göre çıktı değerleri.....	49
5. SONUÇ	50
6. KAYNAKLAR	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

DOE	: Design of Experiment (Deney Tasarımı)
PVC	: Polivinil klorür
H05VK	: Uluslararası, 300/500V, polivinil klorür, ince çok telli iletken
μ	: Ortalama
$\tau_i, \beta_j, \gamma_l$: Değişken esas etkileri (genel ortalamadan sapma miktarı)
$(\tau\beta)_{ij}$: İkili bileşik etki
ε_{ijk}	: Deney hatası
y_{ijk}	: Herhangi bir deneme için elde edilen gözlem değeri
σ^2	: Varyans

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Bir sürecin genel modeli (Montgomery, 2001)	5
Şekil 2.2. İstatistiki olarak yapılan bilimsel deneylerde girdi düzeyi (Mason, vd., 2003).....	7
Şekil 2.3. Her bir deneyde bir parametre etkisinin gözlemlendiği bir deney	11
Şekil 2.4. Klasik yöntemde ölçüm ve tasarım	11
Şekil 2.5. Etkileşimin söz konusu olduğu faktöriyel deney tasarımı.....	13
Şekil 2.6. Etkileşimin söz konusu olmadığı faktöriyel deney tasarımı.....	14
Şekil 3.1. Tek damarlı kablo	21
Şekil 3.2. Çok damarlı kablo.....	22
Şekil 3.3. Firmanın üretim süreçleri.....	25
Şekil 3.4. Süreç akış şeması	25
Şekil 3.5. Üretim yapılan alan.....	25
Şekil 3.6. PVC ve kalsit için otomatik toz tartım sistemi.....	26
Şekil 3.7. Stabilizan, iç-dış kaydırıcı ve boyalar için manuel toz tartım sistemi.....	26
Şekil 3.8. Kablo üretim makinesi ve soğutucu	27
Şekil 3.9. Laboratuvar Tipi Mikser	27
Şekil 3.10. Laboratuvar tipi ekstrüder.....	28
Şekil 3.11. PVC granül üretimi kontrol edilemeyen parametreleri	28
Şekil 4.1. Maliyet için Pareto grafiği	39
Şekil 4.2. Maliyet için ana etkiler.....	40
Şekil 4.3. Sertlik için Pareto grafiği	41
Şekil 4.4. Sertlik için ana etkiler	41
Şekil 4.5. Uzama için Pareto grafiği.....	42
Şekil 4.6. Uzama için ana etkiler.....	43
Şekil 4.7. Kopma için Pareto grafiği	44
Şekil 4.8. Kopma için ana etkiler	44
Şekil 4.9. Yoğunluk için Pareto grafiği.....	45
Şekil 4.10. Yoğunluk için ana etkiler.....	46
Şekil 4.11. Yoğunluk için görev belirlenmediğinde optimizasyon grafiği	46
Şekil 4.12. Yoğunluk için görev belirlendiğinde optimizasyon grafiği	48

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Tam faktöriyel deney tasarımı	12
Tablo 3.1. Harmonize sistemde kullanılan semboller ve açıklamaları	23
Tablo 3.2. Ürüne uygulanan testler	30
Tablo 3.3. Atıfta bulunulan standartlar	32
Tablo 3.4. Standardın kapsamındaki kablolar için deneyler	34
Tablo 3.5. Bükülgen iletkenli kablolar (300/500 V)	34
Tablo 4.1. Girdi Hammaddeler	35
Tablo 4.2. Faktörlerin mevcuttaki seviyeleri ve birim fiyatları	35
Tablo 4.3. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri	36
Tablo 4.4. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri	36
Tablo 4.5. Deney sonrası olması istenen ölçüm değerleri	37
Tablo 4.6. Deney tasarımı özeti.....	37
Tablo 4.7. Deneme kombinasyonları	37
Tablo 4.8. Ölçüm sonuçları	38
Tablo 4.9. Yoğunluk için görev belirlenmediğinde girdi seviyeleri ve birim fiyatları	47
Tablo 4.10. Optimizasyon grafiğine göre değerler	47
Tablo 4.11. Yoğunluk için görev belirlendiğinde girdi değerleri ve fiyatları.....	49
Tablo 4.12. Optimizasyon grafiğine göre çıktı değerleri	49

1. GİRİŞ

Globalleşme ve teknolojinin her alanda hızlı ilerlemesiyle kalitenin rekabet açısından önem kazandığı günümüzde kazançlarını, faaliyetlerini sürdürmek isteyen firmalar; maliyeti düşürerek müşteri isteklerini karşılayabilecek kaliteli ürünler üretebilmeyi hedeflemektedirler.

Mühendislikte araştırma-geliştirme faaliyetlerinde hedeflenen, tasarlanan modelin, geliştirilmek istenen çıktının en yüksek performansa sahip olması gerekir. Bu noktada ürün tasarımı önem kazanmaktadır. Ürün modeli tasarlama sürecinde niteliği tasarlamak ve bunu gerçekleştirmek, üretilen çıktının kontrolü sonrasında uygun olması ya da uygun olmaması kararının verilmesinden ve yeniden üretim sürecine girilmesinden daha uyguna mal olacaktır. Geliştirilmek istenen ürün ve süreçlerde deneysel çalışmalar önemlidir. Araştırma ve bilim süreçlerinin vazgeçilmez unsuru olan deneysel çalışmalar uzun zaman ve çaba gerektirir. Aynı zamanda bir test olan deneyler, araştırma aşamasında bir süreç tanımlamak için kullanılır. Girdilerde değişiklik yapılarak üretim sonrası ortaya çıkan ürünlerin incelenmesi ve analiz edilmesi süreç olarak tanımlanır (Montgomery, 2001). Teknoloji ile istatistiksel yöntemlerin birlikte kullanılması daha düşük maliyet ile kaliteli çıktılar elde etme aşamasında fayda sağlayacaktır (Margavio ve Margavio, 1993). Geçmişten günümüze kalite attırma yöntemi bu amaçla kullanılmaktadır ve geliştirilmiştir. Bunlardan biri Deney Tasarımıdır (Lazic, 2004). Endüstrinin her alanında kullanılan deney tasarım yöntemleri dünyanın her yerinde kullanılmaktadır.

Girdilerin ve çıktının tam ve doğru olarak belirlenmesi doğru deney tasarımının belirlenmesini sağlayarak istenilen sonuca ulaşmayı sağlayacaktır. Ulaşılmak istenen sonuçların elde edileceği şartları belirlemek için,

- problemin genel amacının,
- girdi parametrelerinin ve düzeylerinin,
- performansı belirleyen özelliklerin,
- bu özelliği etkileyen faktörlerin,
- uygun analiz yönteminin,
- deneyin çıktı değişkenlerinin,

- girdilerin performansını belirleyen özellik üzerindeki etkilerinin,
- en uygun olasılığın,

belirlenmesi gerekir ve bunlar için testler yapılır. Yapılan testler neticesinde ortaya çıkan performans analiz edilerek en uygun şartlar belirlenir. Süreç için sorulan sorular ve test sonuçları sistemin verdiği cevaplar olarak tanımlanabilir. Özetle, en önemli nokta doğru sorunun sorulması ile doğru cevaba ulaşılmasını sağlamasıdır (Scheffler, 1997).

Uygulanan soru sorma yöntemi, her girdinin tek tek incelenmesi, her girdinin sistemdeki etkilerinin birbirinden bağımsız belirlenmesi anlamına gelir. Fakat girdiler arasındaki etkileşimler dikkate alınmamış olur ki bir girdinin etkisinin değerlendirilmesi aşamasında diğer girdilerin buldukları seviyelerin sonuçlar üzerinde yarattığı etkinin yanıltıcı olması mümkündür. Mümkün olan tüm olasılıkların denenmesi, zaman kaybına ve ciddi bir maliyete neden olur ve aynı zamanda uygulanması mümkün olmayan bir durumdur. İstatistiksel yöntemlerin kullanılması gerekli deneyleri gerçekleştirmeyi, sonuçları değerlendirmeyi sağlar (Scheffler, 1997).

Deney tasarımı uygulama sürecinin ilk adımı problemin tanımlanmasıdır ve deneyin nedeni deney ile ilgili tüm bilgiler toplanarak tanımlanır. Problemin anlaşılması ve sorunun çözümü, sorunun ortaya konması ile mümkündür. Sonrasında sürece etki eden parametreler, parametrelerin seviyeleri, parametrelerin nasıl kontrol edileceği ve nasıl ölçüleceği belirlenir. Süreç, ortaya çıkması istenen ürünün tespit edilmesiyle devam eder ve ortaya çıkması istenen ürün belirlenirken, ürünün araştırılan sürece ilişkin gerekli bilgiler verdiği için emin olunmalıdır. Çıktı değişkenine karar verilmesinin ardından uygulanacak deney tasarımına karar verilir. Deney tasarımı seçilirken göz önünde bulundurulmuş en önemli etken deneyin amacıdır. Tasarımın seçilmesinde ise tekrar sayısı, deneylerin yapılış sırası, bloklama hususları önemlidir. Ardından deney tasarımına göre deneyler yapılır ve deneyler yapıldıktan sonra deneylerden sonuçlar çıkarmak amacıyla istatistiksel metotlarla değerlendirilir. Verilerin analizi için kullanılan SAS, SPSS, MINITAB, vb paket programlar bulunmaktadır (Demir, 2004). Tüm bu proses süresince, deneyin öğrenme sürecinin bir parçası olduğu gözden çıkarılmamalıdır. Süreçle ilgili hipotezler oluşturulur ve hipotezlerin doğruluğu için deneyler yapılır. Deney

sonuçlarına göre yeni hipotezler oluşturulur, süreç bu şekilde devam eder (zkurt, 1999).

Tüm şartlar yerine getirildiğinde dahi doğru bir sonuca ulaşmak için aynı örneğin tekrarlanması ya da aynı deneyin yapılması gerekebilir. Bu durum zaman kaybına, maliyetin artmasına neden olur. Bu çalışmada deney tasarımlarına ilişkin bilgiler verilmiş ve PVC uygulaması yapılmıştır.

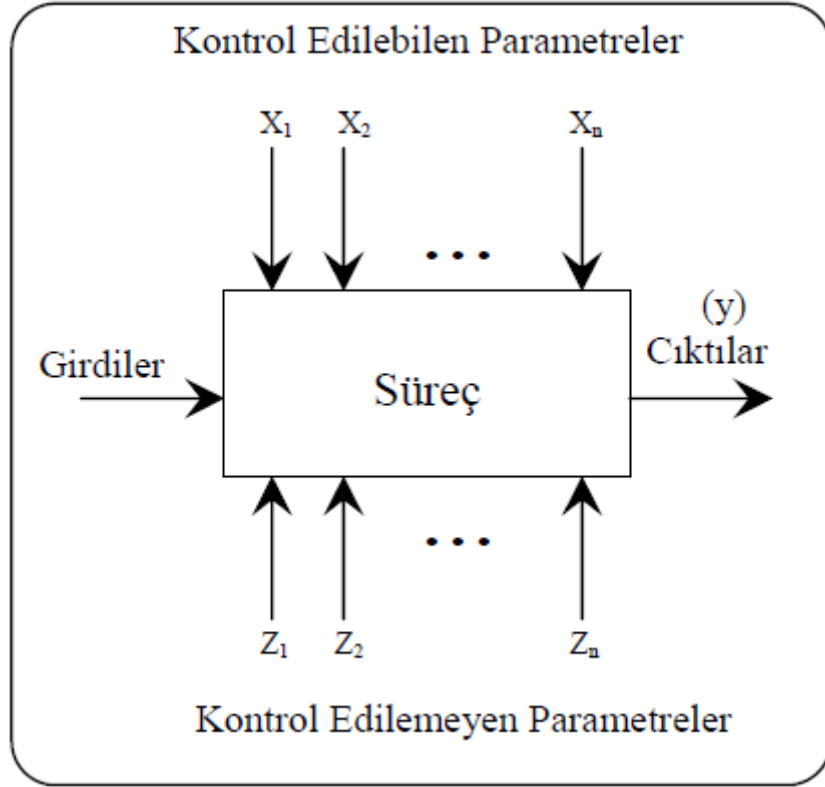
2. DENEY TASARIMI

İstatistiksel deney tasarımı yöntemleri tüm ar-ge faaliyetlerinde kullanılabilen, ürünün kalitesini artıran, maliyetleri azaltan, güvenilir sonuçlar elde etmeyi sağlayan, kaliteyi arttırmak için kullanılan diğer metotları destekleyen ve tamamlayan tekniklerdir. Deney tasarımı aynı zamanda toplanan deneme verilerinden bilginin elde edilmesi için yapılacak olan denemelerin planlanmasıdır. Farklı girdiler ile girdilerin etkilediği çıktılar arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan bir metottur (Demir, vd., 2017).

Deney tasarımı, elde edilmek istenen ürünün kalitesini etkileyen kontrol edilebilir girdi parametrelerinin değerlerini sistematik bir şekilde değiştirerek; süreç başarısını etkileyecek girdi değerleri belirlenerek (Montgomery, 2005), süreç girdiler üzerinde değişiklikler yapılarak çıktıda ortaya çıkan değişkenliğin gözlenmesi, analiz edilmesi olarak tanımlanır (Besterfield vd., 1995).

Genel olarak sistemin ya da sürecin performansının ölçülmesinde, gerçekleştirilmesi aşamasında girdiler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olarak ikiye ayrılır. Süreci etkilediği düşünülen girdilere istenildiği gibi değer verilebilir ya da süreç boyunca sabit olarak tutulabilir. Bunlar kontrol edilebilen faktörlerdir. Kontrol edilebilen parametrelere malzemelerin çeşitleri, sıcaklık farklılıkları örnek verilebilir. Ölçülebildiği düşünülen çevresel faktörlerin sabit tutulması oldukça zordur ve kontrol edilemeyen faktörler olarak adlandırılırlar (Demir, 2004).

Çıktı ve süreçlerin geliştirilmesi için oluşturulan deneyde amaç, kontrol edilmesi mümkün ve kontrol edilmesi mümkün olmayan parametrelerin etkisine karar vermektir. Fakat parametreleri kontrol edilebilir ve kontrol edilemeyen olarak iki kategoriye bölmek için mevcut bir sistem bulunmamaktadır (Kolarik, 1995). Şekil 2.1'de sürecin genel modeli yer almaktadır (Montgomery, 2001).



Şekil 2.1. Bir sürecin genel modeli (Montgomery, 2001)

Şekil 2.1’de X_1 , X_2 ve X_n kontrol edilmesi mümkün girdiler, Z_1, Z_2 ve Z_n ise kontrol edilmesi mümkün olmayan girdilerdir. Deney sonucunda ortaya çıkan ürün aşağıdaki sorulara cevap vermelidir (Lunani vd., 1997):

- i. y ’yi en fazla hangi girdi etkilemektedir?
- ii. y ’nin en düşük veya en yüksek değerde olması istendiğinde, X ’lerin değerleri ne olmalıdır?
- iii. Z_1, Z_2 ve Z_n kontrol edilmesi mümkün girdileri minimum seviyeye getirmek için kontrol edilmesi mümkün (X) girdilerinin değerleri ne olmalıdır?

Burada kontrol edilemeyen girdilerin karmaşık yapılarından dolayı çıktılar üzerindeki etkileri çoğu zaman bilinmemektedir (Anderson, 1997). Ürün tasarımı için yapılacak deneyin amaçları:

- y üzerinde en çok etkisi olan girdinin belirlenmesi,
- En çok etkisi olan X girdilerinin tespitiyle y ’nin istenilen değere ulaşması,
- En çok etkisi olan X girdilerinin tespitiyle y ’nin değişkenliğinin düşürülmesi,

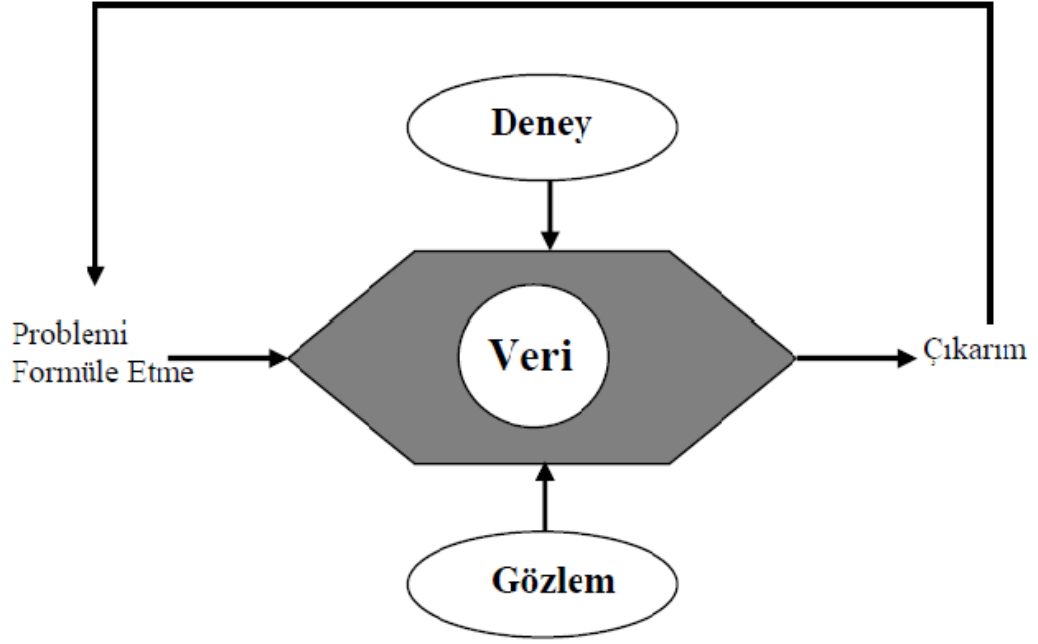
- En çok etkisi olan X girdilerinin tespitiyle kontrol edilmesi mümkün olmayan Z_1, Z_2 ve Z_n girdilerinin etkisinin azaltılması,

dır (Montgomery, 2001).

İstenilen sonuç için verilerin doğru şekilde toplanması deney tasarımının belirlenmesiyle mümkündür. Bu sebeple deney tasarımı aşağıda yer alan sorulara cevap verebilmelidir (Lazic, 2004):

- i. Çıktılar ve girdiler arasındaki etkinin tespit edilmesi mümkün mü?
- ii. Çıktıyı kaç adet girdi etkiliyor?
- iii. Aynı anda kaç adet girdi sürece dahil edilmeli?
- iv. Deney tekrarı yapılması gerekiyor mu?
- v. Hangi analiz kullanılmalı?
- vi. Parametre değerleri ne kadar önemlidir?

Hem deneysel hem de gözlemsel çalışmaların merkezinde olan veriler ve çıkarımların formüle edilmesi oldukça önemlidir. Verilerin deneysel ve gözlemsel çalışmaların kesişim noktasında olması gerektiği Şekil 2.2’de görülmektedir. Deneysel çalışmalarda girdilerin kaynağının kontrol edilmesi mümkünken, gözlemsel çalışmalarda girdilerin kontrol edilmesi mümkün olmayıp, girdiler yalnızca veri olarak kaydedilebilirler (Mason vd., 2003).



Şekil 2.2. İstatistiki olarak yapılan bilimsel deneylerde girdi düzeyi (Mason, vd., 2003)

2.1. Deney Tasarımının Amaçları

Geleneksel yöntemlerden farklı araştırmalara yeni yaklaşım getiren deney tasarım yöntemlerinin en temel amacı en az zaman ve en düşük maliyet ile en anlamlı verileri toplamaktır. Yüksek maliyet ve uzun zaman gerektiren geleneksel deney tasarım yöntemlerinde, girdilerden bir tanesinin deneye etkisini incelemek için diğer tüm girdiler sabit tutularak her defasında tek bir girdi denenir. Örneğin 4 parametrelili çalışmada her girdi 4 seviyeye sahipse toplam $4^4=256$ olasılığın denenmesi gerekir ve deneysel hataları minimize etmek için deneyler minimum 4 defa tekrarlanırsa toplam $256 \times 4 = 1024$ deney yapılması anlamına gelir. Özetle geleneksel yöntemlerde eş zamanlı analiz mümkün değildir ve istatistiksel deney tasarımı yöntemleriyle daha az sayıda deney ile istenilen sonuca ulaşılabilir (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).

Deney tasarımındaki en önemli nokta; planlanmış bir denemede ilgili girdilerin tümünün aynı zamanda değiştirilmesi ve değiştirilen girdilerle elde edilen çıktılar arasındaki ilişkiyi ortaya koyan matematiksel model elde edilmesidir. Ortaya konan matematiksel modellerle çıktılar hakkında çıkarımlar yapılabilir ve optimizasyon ile tasarım aralığı oluşturulabilir. Tasarım aralığı, kritik madde özellikleri ve kritik süreç parametrelerinin en uygun aralıktaki seviyelerinden oluşur.

Tasarım aralığına karar verilmiş bir girdide, parametreler karar verilen tasarım aralıklarında olduğu sürece, çıktılar her daim arzu edilen aralıkta olacaktır (Demir, vd., 2017). Çalışmanın başında büyük ölçekli, çok kapsamlı ve tek bir deney yapmanın doğru yaklaşım olmaması nedeniyle başarılı bir deney için önemli parametrelerin değişeceği aralığı belirlemek gerekir (Özkurt, 1999).

Süreç iyileştirmelerinde ve mevcut bir süreç başarısını arttırmada önemli rol alan deney tasarımlarının diğer bir amacı ise süreçler hakkında bilgi toplayarak; süreci etkileyen girdileri belirlemek ve ürünün kalitesini arttırabilmek için girdilerin seviyelerinin tespit edilmesidir. Böylece süreç için en uygun girdi seviyeleri belirlenmiş ve sürecin başarısı arttırılmış olur.

Deney tasarımı amaçları (Montgomery, 1991):

- i. çıktı üzerindeki en önemli girdiyi belirlemek,
- ii. çıktıyı istenen değere en çok yaklaştıran girdileri belirlemek,
- iii. çıktıdaki değişkenliği azaltacak girdiler kümesini belirlemek,
- iv. kontrol edilemeyen girdilerin etkisini azaltacak girdiler kümesini belirlemek.

Deney tasarımının amaçlarından bir diğeri de deney hatalarını minimize etmektir (Hinkelmann ve Kempthorne, 2005). Deneyin planlaması sırasında birbirinden bağımsız olması mümkün olmayan kontrol listesi oluşturulmalıdır. Deney tasarımı için kontrol listesi.

Çalışmanın hedeflerinin belirlenmesi

1. Değişken özelliğine sahip kaynakların tanımlanması
 - a. Deney üniteleri
 - b. Kontrol edilmesi mümkün girdiler
 - c. Kontrol edilmesi mümkün olmayan girdiler
 - d. Bloklama işlemleri
2. Deneyi ünitelere ayırmak amacıyla kural belirlenmesi
3. Çalışmanın ölçü birimlerinin tespiti

4. Mini bir uygulama yapılması
5. Mini uygulama sonrası model oluşturulması
6. Analiz için ana hatların oluşturulması
7. Gözlem sayısının belirlenmesi
8. Analiz etme ve tekrarlama

2.2. Deney Tasarımına İlişkin Kavramlar

Bağımsız ve yorumlanabilir olması gereken verilerin ne şekilde toplanacağı, kaç gözlem yapılacağı gibi bilgilerin tasarım aşamasında belirlenmesi verilerin doğru şekilde toplanmasını sağlar ve istatistiksel deney tasarımının başarısını artırır. Bilimsel olarak, deney tekrarı, deneyin rasgele yapılması, deneyin bloklanması olmak üzere 3 prensiple işleyen deney tasarımı (Hinkelmann, vd., 2005) homojen, doğru ve tutarlı biçimde oluşturulmalıdır (Ervural, 2020).

2.2.1. Tekrarlama

Çalışma için iki veya daha fazla deney yapılması tekrarlama olarak tanımlanmakta olup, iki kritik özelliğe sahiptir ve bunların ilki deneysel hata oranını engellenmesi, ikincisi örnek ortalamasının bir faktörün etkisinin tahmininde kullanılması durumunda; tekrarlama deneyi yapan kişinin bu etkiyi tam anlamıyla ve doğru olarak elde etmesini sağlamasıdır. Tekrar sayısının artması ile deney tasarımı sonuçlarının doğruluğu artar (Demir, 2004).

2.2.2. Rassallık

Rassallık, hata oranını azaltılmak için kullanılır ve verilerin birbirinden bağımsız olmasını sağlar. Hata oranının azaltılması yapılacak deneylerin rasgele birbirinden bağımsız olması ile mümkündür. Burada istenen, incelenen girdiler dışında sürece etki eden başka girdilerin olması durumunda bu girdilerin etkisinin azaltılmasıdır. Örnek vermek gerekirse, deney sürecinde kullanılan teçhizatın ısınması nedeniyle toplanan verilerde değişkenlik olursa, deneyler rasgele yapılarak, etkinin her olasılık için aynı olması sağlanır (Demir, 2004).

2.2.3. Bloklama

Deneyin doğruluğunu ve hassasiyetini arttırmak için kullanılan bir yöntem olan bloklamadaki blokların her birindeki deneyler kendi içinde analiz edilerek etkili süreçte farklı girdiler var ise etkisinin azaltılması hedeflenmekte yalnızca araştırılan girdinin etkisi belirlenmektedir. Genel olarak bloklamada kullanılan makine, makineyi kullanan çalışan gibi sürece etkisi olan parametreler kullanılmaktadır. Örnek vermek gerekirse, dört farklı makinenin çalışma performansı ölçülmek istendiğinde, makineleri kullanan çalışanlar farklı olduğunda, deney tasarlama sürecinde çalışanlar bloklama parametresi olarak ele alınırsa çalışanlar arasındaki farklılığın deneyin sonucunu etkilemesi minimize edilmiş olacaktır (Demir,2004).

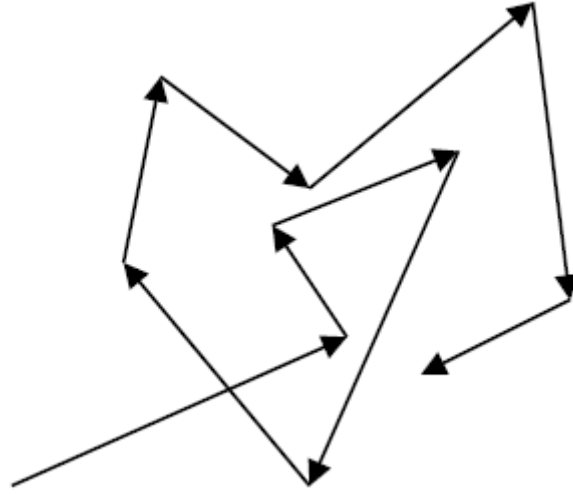
Tam bloklama tam faktöriyel deney tasarımında bilinmeyen, kontrol edilemeyen hataların çalışma üzerindeki etkilerinin azaltılması amacıyla kullanılır (Ervural, 2020).

2.3. Deney Tasarımı Yöntemleri

2.3.1. Geleneksel Yöntemlerle Deney Tasarımı

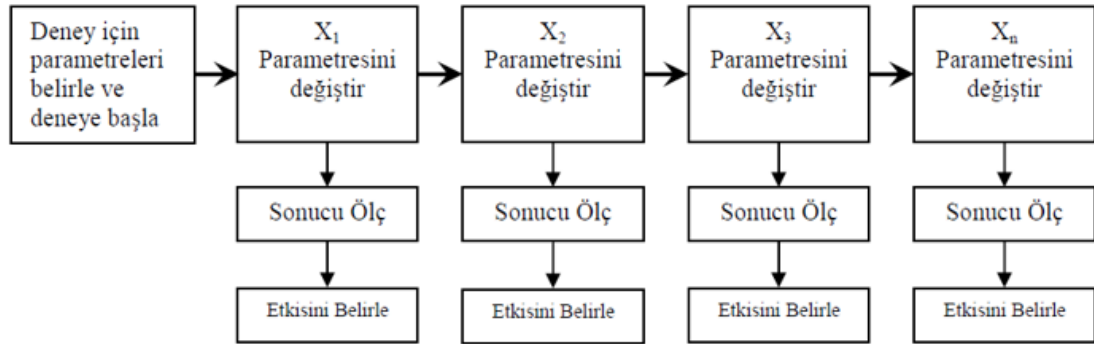
Geleneksel yöntemde, parametrelerden biri değiştirilir, diğerleri sabit tutulur ve her bir parametre için bu döngü devam ettirilir. Böylelikle sistemin parametreleri arasında değiştirilen parametrelerin sisteme etkisi araştırılır (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).

Her bir parametre için bir başlangıç noktası seçilmesiyle başlayan bu yöntemde seçilen parametre haricindeki parametreler kendi temel seviyelerinde tutulur. Her seçilen parametre kendi aralığı içerisinde değiştirilerek çalışmaya etkisi incelenir (Güngör, 2003). Ancak genel olarak bunun uygulanması rassallık kısıtı ve diğer parametreler nedeniyle oldukça zordur. Bunun nedeni seviyesinde değişiklik yapılan ikinci parametrenin birinci parametre için ulaşılan en uygun sonuçtan uzaklaşmasıdır. Parametreler arasında ilişki varsa ikinci parametre seviyesinin değiştirilmesi ilk parametrenin çıktıya olan etkisini değiştirecektir. Parametre seviyelerinde yapılan her bir değişiklik deneyi yapan kişinin bütün parametre seviyelerinde değişiklikler yapmasına neden olacaktır. Çalışma sonucunda istenene ulaşılmasında yol katedilmiş olsa dahi süreci tam anlamıyla anlamak mümkün olmayacaktır (Demir, 2004).



Şekil 2.3. Her bir deneyde bir parametre etkisinin gözlemlendiği bir deney

Klasik yöntem ile yapılan çalışmada çalışmayı etkileyen dış kontrol edilemeyen girdiler hesaba katılmaz (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).



Şekil 2.4. Klasik yöntemde ölçüm ve tasarım

Çalışmada, parametrelerin niceliksel olması durumunda deneyin seviye skalası içinde yer almayan bir değerın çalışmaya olan etkisi hesaplanabilirken, parametrelerin niteliksel olması durumunda parametreye ait seviye skalası içinde yer almayan bir değeri tahmin etmek mümkün değildir (Taşgetiren ve Gökçe,2009).

Geleneksel yöntemler için çok zaman ve maliyet gerekir ve parametreler arasındaki etkileşim göz ardı edilir (Breyfogle 2003).

2.3.2. İstatistiksel Deney Tasarım Yöntemleri

2.3.2.1. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı

Faktöryel tasarımların her denemede tek bir parametrenin etkisinin incelendiği deneylerden daha etkin olduğu söylenebilir ve bunun iki nedeninden biri daha az deney yapılması, ikincisi ise faktörler arasında ilişki olduğunda yanıltıcı sonuçlara ulaşmayı engellemesidir. Bunun yanında faktöriyel tasarımlar değişkenlerden birinin etkisinin diğer parametrelerin diğer seviyelerinde tahmin edilebilmesine imkan sağlar (Demir, 2004).

Birden fazla faktörün etkisinin incelemesinde aktif olarak kullanılan tam faktöriyel tasarımlar, çıktıya etki eden tüm parametre olasılıkları için deneme yapılarak oluşabilecek tüm etkiler araştırılır (Demir, 2004). Örnek deney modeli Tablo 2.1.'de görülebilir. Deney modelinde 3 adet parametre ve her parametrenin 2 adet seviyesi bulunması durumunda toplam 8 adet deney, 4 parametrelilik ve her bir parametrenin 3 seviyeye sahip olması durumunda $3^4=81$ adet deney yapılması gerekmektedir (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).

P_1 , P_2 ve P_3 parametreleri, 1-2 parametrelere ait seviyeleri Tablo 2.1.'de göstermektedir. Tüm deneylerin ayrı ayrı sonucu S_n olarak deney satırı sonuna yerleştirilmiştir (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).

Tablo 2.1. Tam faktöriyel deney tasarımı

Deney Sayısı	Parametre ve seviyeleri			Sonuç
	P_1	P_2	P_3	
1	1	1	1	S_1
2	1	1	2	S_2
3	1	2	2	S_3
4	1	2	1	S_4
5	2	1	1	S_5
6	2	1	2	S_6
7	2	2	1	S_7
8	2	2	2	S_8

$$EX_1=(S_1+S_2+S_3+S_4)/4-(S_5+S_6+S_7+S_8)/4$$

$$EX_2=(S_1+S_2+S_5+S_6)/4-(S_3+S_4+S_7+S_8)/4$$

$$EX_3=(S_1+S_4+S_5+S_7)/4-(S_2+S_3+S_6+S_8)/4$$

$$EX_1EX_2=(S_1+S_2+S_7+S_8)/4-(S_3+S_4+S_5+S_6)/4$$

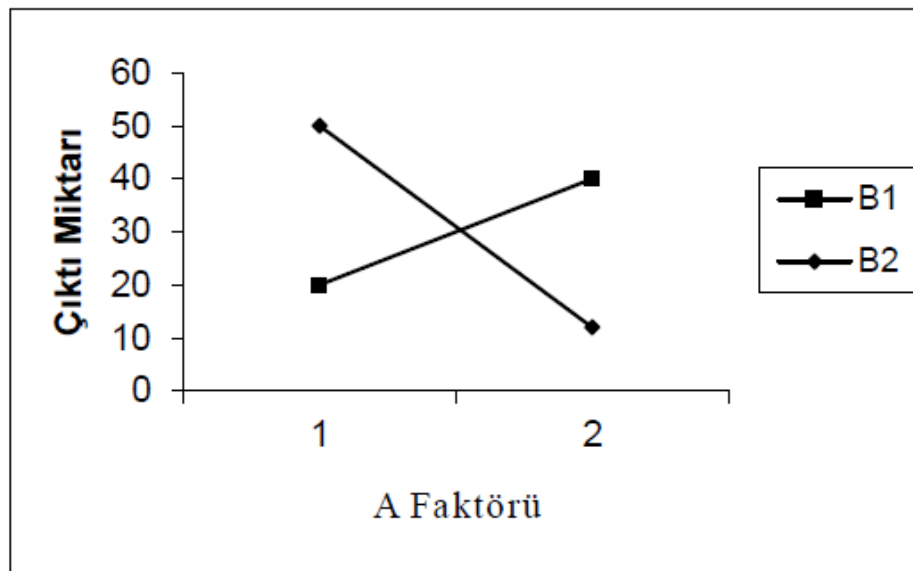
$$EX_1EX_3=(S_1+S_4+S_6+S_8)/4-(S_2+S_3+S_5+S_7)/4$$

$$EX_2EX_3=(S_1+S_3+S_5+S_8)/4-(S_2+S_4+S_6+S_7)/4$$

$$EX_1EX_2EX_3=(S_2+S_4+S_5+S_8)/4-(S_1+S_3+S_6+S_7)/4$$

İncelenen parametreler çıktıyı farklı iki şekilde etkiler. İlki, herhangi bir parametrenin diğer herhangi bir parametreden bağımsız bir şekilde çıktıya etki etmesi olup, bu etkiye parametrenin ana etkisi denir. Diğeri ise herhangi bir parametrenin etkisinin diğer tüm parametrelere bağılı olarak değişebilmesidir ve buna bileşik etki denir (Demir, 2004).

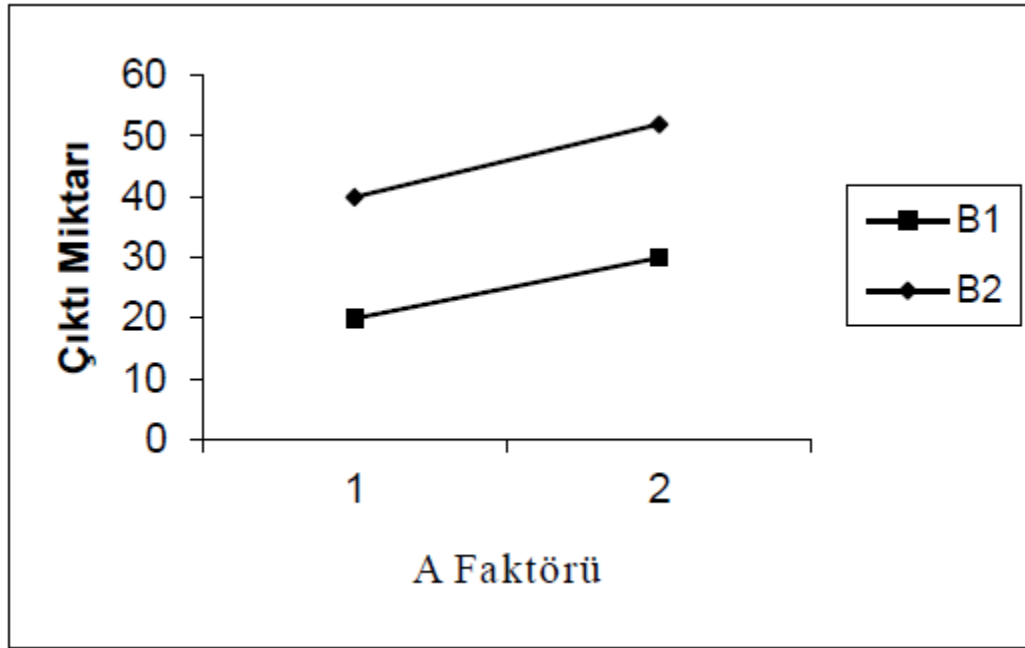
Etkileşimin söz konusu olduğu bir deney tasarımı Şekil 2.5.'de gösterilmiştir. Parametrelerden birinin çıktıda oluşturduğu etki diğer parametre seviyesine bağılı olarak değişmektedir (Demir, 2004).



Şekil 2.5. Etkileşimin söz konusu olduğu faktöriyel deney tasarımı

Aşağıda yer alan şekilde etkileşimin söz konusu olmadığı faktöriyel deney tasarımı gösterilmek istenmiş olup, bir parametre seviyesindeki değişimin çıktıda yarattığı değişikliğin diğer parametrenin seviyesine bağılı olmadığı Şekil 2.6.'da

görülmektedir. Parametredeki etkiyi gösteren doğruların paralel olması bunu ifade etmektedir (Demir,2004).



Şekil 2.6. Etkileşimin söz konusu olmadığı faktöriyel deney tasarımı

Rassal tam bloklamalar tam faktöriyel deney tasarımında kullanılır. Bloklama bilinmeyen ve kontrol edilmesi mümkün olmayan hataların çalışmayı etkilemesini engeller. Deney sırasında oluşabilecek hataların, sapmaların engellenmesi için kullanılan iki yöntemden ilki deneylerin rastgele yapılması, ikincisi geriye dönük inceleme yapılarak düzeltmenin sağlanmasıdır (Cox ve Reid, 2000). Varyasyon analizinin yapılmasının ve deneyin istatistiksel olarak yorumlanmasının sağlanabilmesi için çalışma sonrasında deneyin minimum üç defa tekrar edilmesi gerekmektedir (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).

Tam faktöriyel deney tasarımı analizinde parametrelerin deney üzerindeki etkisini hesaplayabilen, işlem sırasında değişiklik yapmaksızın farklılıkların sebebinin tespitinde yardımcı olan Varyans Analizi ve regresyon analizi kullanılmaktadır (Breyfogle 2003).

Varyans analizi sonrası parametre seviyeleri arasında farklılık söz konusu ise bunun hangi faktör seviyesinden kaynaklandığının tespiti amacıyla çoklu karşılaştırma yapılır. Ancak parametre farklılığının hangi seviyeye ilişkin olduğunun tespiti etkileşim nedeniyle oldukça zordur. Bunu belirlenmenin yollarından biri

parametrelerden herhangi birini sabit tutarak diğer parametreye ait seviyeler arasında çoklu karşılaştırma testi yapmaktır. Etkileşimin dikkat çekici olması durumunda çalışmayı yapanın hücrelerin tümünü karşılaştırarak hücrelerden hangisinin farklı olduğunu keşfetmesi gerekmektedir. Analizde hücreler arasındaki fark ana etkileri ve etkileşimi içerecektir (Montgomery, 1991).

Bu tip deney tasarımlarında modelin uygunluğu varyans analizi varsayımlarının geçerliliğinin kontrol edilmesiyle yapılmaktadır. İki temel varsayımı varyans analizinin,

- i. Hataların normal dağılıma sahip olması,
 - ii. Hataların varyanslarının eşit olması
- dır.

Tam faktöriyel deney tasarımlarında mümkün olduğunca test yapmak testin gücünü artırır ve aynı zamanda ortalama hataların belirlenmesi amacıyla denemelerin her biri için minimum iki deney yapılması gerekliliğinden dolayı oldukça önemlidir. Tek deneyin yapıldığı durumlarda hata varyansı tespit edilememekle birlikte parametre etkilerinin belirlenmesi amacıyla faktörler arasında etkileşim olmaması gerekir.

Tam faktöriyel tasarımlar, deneyde incelenen faktörlerin özelliğine göre 3 grupta toplanır (Demir,2004).

i. Sabit etki modeli:

Parametre seviyesinin az olduğu ancak seviyelerinin hepsinin araştırıldığı ya da değişken seviyesinin fazla olduğu ancak belirli seviyelerin araştırıldığı bir deneyde deneylerin analizi için oluşturulan modeller sabit etkiler modelidir (Demir, 2004).

Parametreler arasındaki ilişkinin doğrusal olduğu varsayılan iki faktörlü deney tasarımında çıktı değişkeni aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$\alpha = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n)$$

μ ortalama

τ_i A parametresine ait deneme ortalamaları

β_j B parametresine ait deneme ortalamaları

$(\tau\beta)_{ij}$ A ve B arasındaki etkileşim

ε_{ijk} deney hatası

Burada her iki parametre etkisi ve bileşik etkiler sabittir. Parametre etkileri genel ortalamalardan sapmalar olarak tanımlanır ve bu nedenle parametre etkilerinin toplamı sıfır olmak zorundadır.

$$\sum \tau_i = 0, \sum \beta_j = 0, \sum \tau\beta_{ij} = 0$$

n tekrarlı deneyde toplam gözlem sayısı abn ' dir.

Aşağıda yer alan hipotezler parametre etkilerinin sabit olup olmadığını belirlemek amacıyla test edilir. Çıktı üzerinde ilgilenilen parametrenin etkisi bulunmuyorsa hipotez kabul edilirken, çıktı üzerinde ilgilenilen parametrenin etkisi bulunuyorsa hipotez ret edilir (Demir,2004).

A parametresi için:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } \tau_i \neq 0$$

B parametresi için:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_b = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } \beta_j \neq 0$$

Parametreler arasındaki etkileşim için:

$$H_0: (\tau\beta)_{ij} = 0$$

$$H_1: \text{en az bir } (\tau\beta)_{ij} \neq 0$$

ii. Rassal etki modeli

Parametrelerin seviyelerinin fazla olması sebebiyle rassal seçilen deney seviyeleriyle yapılan deneyde çalışma sonucunda ortaya çıkan bulguların tüm parametre seviyelerini yansıttığı modele rassal etki modeli denir. İki parametrelili faktöryel tasarım için doğrusal model(Demir,2004):

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n)$$

$\tau_i, \beta_j, (\tau\beta)_{ij}, \varepsilon_{ijk}$ rassal parametrelerinin $N(0, \sigma_\tau^2), N(0, \sigma_\beta^2), N(0, \sigma_{\tau\beta}^2), N(0, \sigma^2)$ ile normal dağılıma sahip olduğu varsayılmaktadır. Gözlemlerden herhangi birinin varyansı;

$$V(y_{ijk}) = \sigma_\tau^2 + \sigma_\beta^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \sigma^2$$

gösterilir.

$\sigma_\tau^2, \sigma_\beta^2, \sigma_{\tau\beta}^2, \sigma^2$ varyans bileşenleridir ve deneme kombinasyonları arasında fark olmaması $\sigma_\tau^2, \sigma_\beta^2, \sigma_{\tau\beta}^2$ değerlerinin sıfır olması anlamına gelir. Hipotezler (Demir,2004):

A parametresi için:

$$H_0: \sigma_\tau^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\tau^2 \neq 0$$

B parametresi için:

$$H_0: \sigma_\beta^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\beta^2 \neq 0$$

Parametreler arasındaki etkileşim için:

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\tau\beta}^2 \neq 0$$

iii. Karma modeller

Bazı parametre seviyelerinin rassal bazı parametrelerin seviyelerinin sabit olduğu modellerdir. Bir parametrenin sabit, diğer parametrenin rassal etkiye sahip olduğu iki parametrenin etkisinin incelendiği karma modelde doğrusal istatistiksel model (Demir,2004):

$$y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad (i=1,2,\dots,a; j=1,2,\dots,b; k=1,2,\dots,n)$$

τ_i sabit etki

β_j rassal etki

$(\tau\beta)_{ij}$ rassal etkileşim

ε_{ijk} rassal hata

τ_i sabit etkiyi ifade ettiğinden $\sum \tau_i = 0$, β_j ' nin ortalaması 0, varyansının σ_β^2 olan normal dağılıma sahip olduğu varsayılır. Parametrelerde birinin rassal etkiye sahip olması nedeniyle $(\tau\beta)_{ij}$, rassal etkileşim, normal dağılmış rassal parametre olup, ortalaması 0, varyansı $[(a-1)/a]\sigma_{\tau\beta}^2$ ' dir. Sabit etken üzerinde etkileşim bileşeninin toplamı 0' dır ve aşağıdaki şekilde gösterilir (Taşgetiren ve Gökçe, 2009):

$$\sum(\tau\beta)_{ij} = (\tau\beta)_{.j} = 0 \quad (j=1,2,\dots,b)$$

Hipotezler:

A parametresi için:

$$H_0: \tau_i = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0$$

B parametresi için:

$$H_0: \sigma_\beta^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_\beta^2 \neq 0$$

Parametreler arasındaki etkileşim için:

$$H_0: \sigma_{\tau\beta}^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_{\tau\beta}^2 \neq 0$$

2.3.2.2. Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı

Maliyet ve zaman tasarrufu amacıyla orantılı bir şekilde deney sayısının azaltılması ile kesirli faktöriyel deney tasarımı ortaya çıkar. Örnek vermek gerekirse 6 parametrelili ve 2'şer seviyeli bir deney tam faktöriyel olarak yapıldığında $2^6 = 64$ deney yapılması gerekir. Bunun $1/2$ ' si 32, $1/4$ ' ü 16, $1/8$ ' i 8 deney demektir. Deney sayısının orantılı azaltmak tamamen araştırmacıların bağlıdır (Taşgetiren ve Gökçe, 2009).

Bu tip deney tasarımlarında tam faktöriyel tasarımlardaki gibi iki varsayımın geçerli olup olmadığı araştırılır.

- i. Hatalar ortalaması 0, varyansı σ^2 olan olan dağılıma uygun olarak dağılmaktadır.
- ii. Parametrenin her bir seviyesine ait varyanslar birbirine eşittir.

Her gözlem değerine karşılık gelen hata değerlerinin bulunması bu varsayımın test edilmesi için ilk adımdır. Regresyon modeli tahmin edilen ve gerçekleşen değerler arasındaki farkı hesaplamak için kullanılır. Veri analizi sonrası araştırılan çıktı değişkeni regresyon modeliyle tanımlanarak, herhangi bir parametre kombinasyonunda y'nin alacağı tahmin değerleri ortaya çıkarılmaktadır.

Regresyon modeli:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon$$

x_1 ve x_2 kodlanmış parametreler

β ' lar regresyon katsayıları

Hatalar, denklemdeki formüller kullanılarak bulunan tahmin değerleri ve deneme ortalamaları arasındaki farklar alınarak tespit edilmektedir (Demir, 2004).

Faktör etkilerinin belirlenmesinde varyans analizi dışında kullanılan yöntemlerden ilki bir etkinin standart hatasının hesaplanması ve etkilerin büyüklüğü ile bu etkilere ait standart hataların karşılaştırılmasıdır. Diğeri ise etkilerin büyüklüğünü hesaplamak için normal olasılık dağılım grafiğinin kullanılmasıdır (Demir, 2004).

Tek tekrarlı kesirli deney tasarımlarında hata tahmini yapılamamaktadır ve hata tahmini yapabilmek için deneydeki büyük etkileşimlerin ihmal edilmesiyle etkileşimlerden kaynaklanan değişkenlik ortalama hatasının hesaplanması sağlanır. Çoğu sistemde ana ve düşük seviyedeki etkiler dikkate alınarak yüksek seviyedeki etkileşimler ihmal edilebilir (Montgomery, 1991). Öte yandan yüksek seviyedeki etkilerin test yapılmaksızın göz ardı edilmesinin hatalara sebep olacak olması sebebiyle parametrelerden herhangi birine ait etkiyi göz ardı etmeden önce, deneyde parametrelerin ve parametre etkileşimlerinin varlığının normal olasılık grafiğiyle test edilmesi gerekir.

2.3.2.3. Taguchi Metodu

Kesirli faktöriyel tasarımlardan biri olan Taguchi metodu, tüm deney olasılıklarının denenmesi yerine ortogonal dizinler yardımıyla yalnızca bir kısmının yapılmasını sağlamakla kalmayıp, yüksek başarıda süreç ve ürün geliştirilmesini her açıdan sağlar. Buna sürecin veya ürünün üretim şartlarına ve kontrol edilemeyen parametrelere karşı düşük hassasiyeti göstermesi, gerekli toleransların en az maliyetle sağlanması ve Taguchi kayıp fonksiyonu sayesinde ürünün toplumda yol açtığı kaybı minimum hale getirerek yeni bir kalite maliyeti anlayışı çerçevesinde değerlendirilmesi de dahildir. Deney sayısındaki azalma, parametreler arasındaki etkileşimlerin belirli ölçüde göz ardı edilmesi deney sayısındaki azalmayı sağlar (Savaşkan, vd., 2010).

Parametrelerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirebilmesi ve parametrelerin farklı seviyeleri için eşit sayıda örnekleme yapılması Taguchi deney tasarımının önemli noktalarındandır (Ross, 1989).

Taguchi Deney Tasarımı işlem adımları (Yang vd., 1998):

- i. Girdilerin seçilmesi,
- ii. Girdiler aralarındaki ilişkinin değerlendirilmesi
- iii. Girdi seviyelerinin tespiti
- iv. Dengeli tasarımın seçimi
- v. Parametrelerin ve/veya aralarındaki ilişkinlerin dengeli deney düzenindeki kolonlarla eşleştirilmesi
- vi. Deneylerin daha önceki adımlarda planlanan şekilde gerçekleştirilmesi
- vii. Sonuçların analizi
- viii. Onama deneylerinin yapılması

Yukarıdaki adımların uygulanması neticesinde süreç veya ürün için maksimum başarının elde edileceği deney parametreleri belirlenecek, deneydeki girdilerin kalite değeri üzerindeki etkisi tahmin edilebilecek ve maximum deney parametreleri sonucunda elde edilebilecek kalite değeri tahmin edilebilecektir (Savaşkan, vd., 2010).

3. PVC ÜRETİM SÜRECİ

Üretim sektörlerinin çok farklı alanlarında termoplastik türevi olan PVC (Polivinilklorür) kullanımı mevcuttur. PVC granül üretimi kullanım ihtiyacına ve şartlarına uygun olarak farklı şekillerde formüle edilebilir. Bu nedenle tezde ilk amaç fişli kablo üreticisi olan firmada tek damar ve kılıflı kablolarda kullanılan granül formundaki PVC malzemesinin HAR standardına uygun en ucuz maliyetli PVC granül üretiminin formüle edilmesini sağlamaktır. HAR standardının sağlanması ve ilave özel müşteri şartlarının karşılanmasını sağlayabilmek için çeşitli testler mevcuttur ve tüm bu testler firmanın kendi bünyesinde bulunan laboratuvarında test edilebilmektedir. Yaklaşık olarak 14 ile 21 gün arasında tamamlanan ve ürüne uygulanacak olan testler PVC granül üretimi sonrası malzemeye uygulanan ve kablo üretimi sonrası bitmiş ürün halindeki kabloya uygulanan testlerdir.

PVC granül ve damar üretim hatları olan firmada en çok üretimi gerçekleştirilen kablo tipi olan H05VK üretiminde kullanılan PVC granül formülü üzerinde Deney Tasarımı (Design of Experiment, DOE) çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle PVC malzemesi, bu malzemenin üretiminde kullanılan hammadde tipleri tanıtılmış olup, firmadaki PVC granül ve kablo üretim süreçleri verilmiştir. Çıktı olarak mevcut ürün maliyetleri ve test sonuçları ile DOE çalışması sonrası ürün maliyeti ve test sonuçları karşılaştırılmıştır.

3.1. Kablo Tanıtımı ve Çeşitleri

Tek ve çok damarlı olmak üzere ikiye ayrılan kablolar; elektrikselsel olarak yalıtılmış olmakla birlikte elektiriği ileten, iki elektronik cihazı birbirine elektrikselsel şekilde bağlayan araçtır.



Şekil 3.1. Tek damarlı kablo

- i. Bakır iletken
- ii. PVC izolasyon



Şekil 3.2. Çok damarlı kablo

3.2. Harmonize Sistemde Kullanılan Semboller ve Açıklamaları

1.kısım ulusal olup olmadığını (uluslararası (H) veya ulusal (A)), 2.kısım yapı elemanlarını, 3.kısım damar sayısını, topraklama damarını ve iletken kesidini gösterir.

Tablo 3.1. Harmonize sistemde kullanılan semboller ve açıklamaları

Tip	Açıklama	1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
H	Harmoniza tip	√		
A	Ulusal tip	√		
Anma Gerilimi Uo/U		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
03	300/300V	√		
05	300/500V	√		
07	450/750V	√		
Yalıtkan		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
V	Polivinil klorür (PVC)		√	
R	Doğal veya sentetik kauçuk		√	
S	Silikon kauçuk		√	
Dış Kılıf		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
V	Polivinil klorür (PVC)		√	
R	Doğal veya sentetik kauçuk		√	
N	Poliklorppren kauçuk		√	
J	Cam elyaflı çorap örgü		√	
T	Beyaz çorap örgü		√	
Özel Konstrüksiyon		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
H	Yassı, ayrılabilen iletken		√	
H2	Yassı, ayrılabilen iletken		√	
D5	Öz dolgusu		√	
İletken		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
U	Tek telli iletken		√	
R	Çok telli iletken		√	
K	İnce çok telli iletken		√	
F	Fleksibl ince çok telli iletken		√	
H	Fleksibl ince çok telli iletken		√	
Y	Burulu iletken demedi		√	
Damar Sayısı		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
Koruyucu İletken		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım
X	Sarı/Yeşil damarsız kablo			√
G	Sarı/Yeşil damarlı kablo			√
İletken Kesidi		1.Kısım	2.Kısım	3.Kısım

İhtiyaca göre formüle edilebilen, firmada en çok üretilen ve çalışmada incelenen H05VK aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. kısım, H05, uluslararası 300/500V
2. kısım, V, polivinil klorür
3. kısım, K, ince çok telli iletken

3.3. Hammadde

PVC üretimi aşağıdaki yer alan hammaddelerin fiziksel işlemlerden geçerek granül formunu elde etmesi ile gerçekleşir.

PVC: Plastik üretiminde kullanılan bu ürün, korozyon, kimyasal kararlılık, suya dayanıklılık, iletkenlik, çözünürlük özelliklerine sahiptir.

Kalsit: Kimyasal formülü CaCO_3 olan kristalleşmiş kalsiyum karbonat. Saydam, beyaz, sarı, rustik yeşil ve mavimsi renkte olabilir. Sertliği 3, özgül ağırlığı 2.71'dir. Soğuk ve seyreltik hidroklorik asitte şiddetli bir köpürme ile ayrışır. Çakı ile çizilir. CO_2 'li sularda çözünerek $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ yapar. Dolgu malzemesidir. Malzemenin hacim kazanmasını sağlamakla birlikte maliyeti de düşürmektedir ucuz olması sebebiyle.

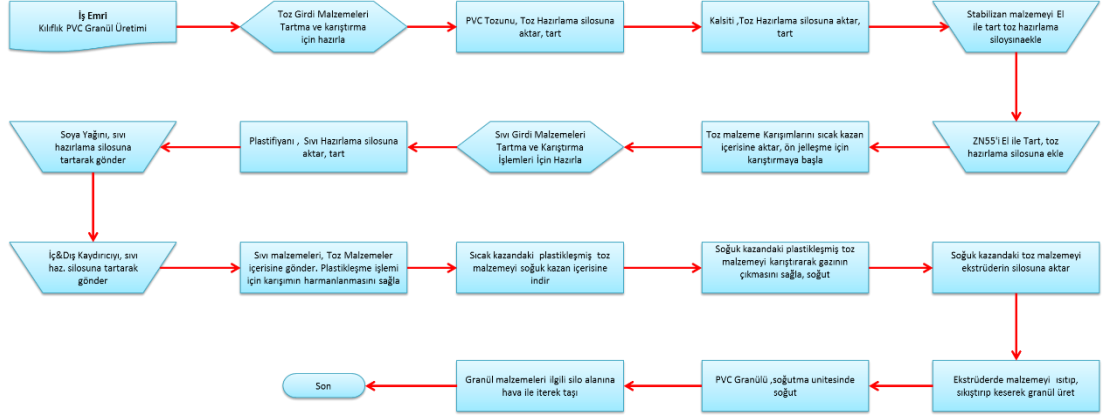
Stabilizan: Plastik ve benzeri maddelerin üretiminde sürtünme, güneş ışığı, darbe, ısı gibi etkilere dayanıklılığı arttıran maddedir.

Plastifiyan: PVC ile etkileşime girerek üretilen ürünün elastikliğini sağlayarak şekillendirir.

Soya yağı: Üretilen malzemenin dayanıklılığını önemli ölçüde artırma özelliğine sahiptir. Soya yağı çevre dostu bir maddedir. Kullanıldığı malzemeye parlaklık verir. Hidrokarbon ve suya karşıda yüksek ölçüde direnç gösterir. Ayrıca soya yağı düşük maliyete sahip bir maddedir. Soya yağı zararlı olmadığı için özellikle pvc gıda ambalajlarının yapımının hemen hemen hepsinde kullanılır. PVC'ye şekil vermek ya da dayanıklılığını, esnekliğini sağlayabilmek için birçoğunda soya yağı kullanılır. Yani PVC ile üretilmiş maddelerin birçoğunda soya yağı kullanılır. Üretilen malzemelerin maliyetini düşürmek soya yağının tercih edilmesinin en büyük sebeplerinden biridir.

PVC Granül üretim sürecinde 3 ana süreç yer almaktadır. Hammaddelerin ilki dozajlanarak karıştırılması ve pişirilmesi, diğerleri malzemelerin soğutulması ve granül formunda kesilmesidir.

PVC granül; ara süreçlerimizde girdi malzeme olarak kullanılan, HAR standardının kılıf ve izole için belirlemiş olduğu başta çekme ve kopma değerleri olmak üzere yaklaşık 10 farklı test standardını karşılaması, müşteri beklentisine uygun görsel kusurları barındırmaması ve sürece dahil edilebilirliği kolay olması beklenen bir yarı mamuldür.



Şekil 3.3. Firmannın üretim süreçleri



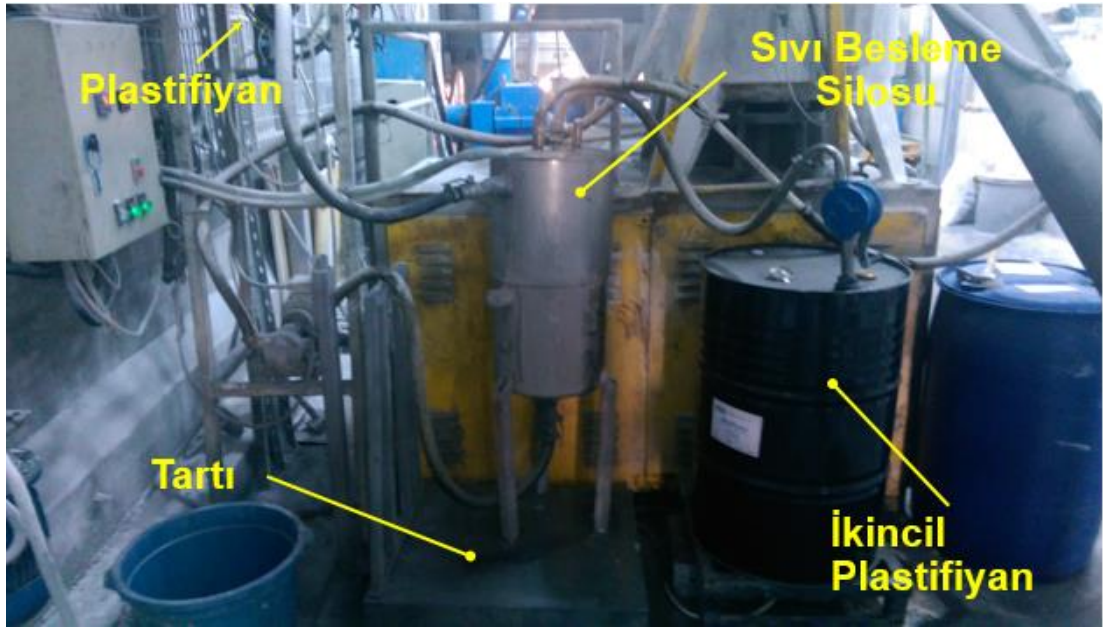
Şekil 3.4. Süreç akış şeması



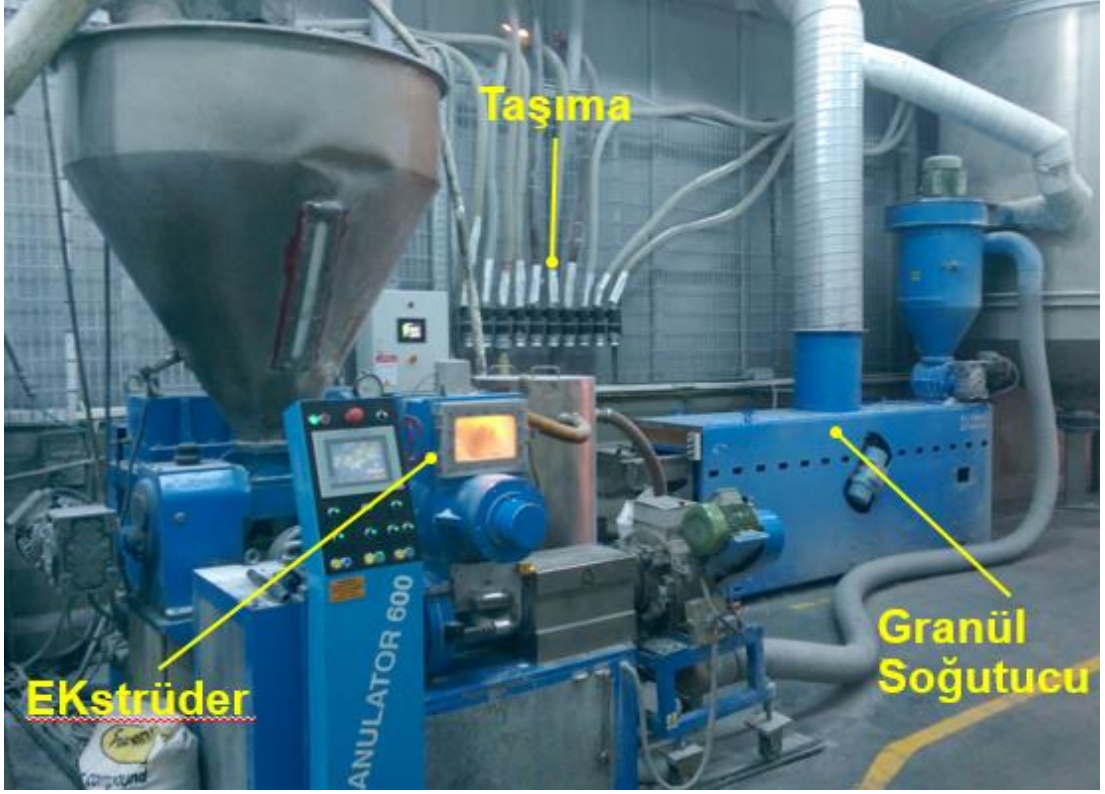
Şekil 3.5. Üretim yapılan alan



Şekil 3.6. PVC ve kalsit için otomatik toz tartım sistemi



Şekil 3.7. Stabilizan, iç-dış kaydırıcı ve boyalar için manuel toz tartım sistemi



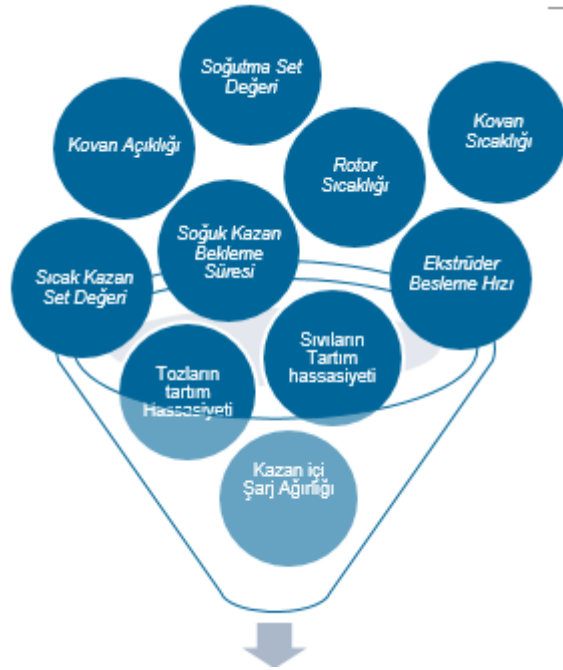
Şekil 3.8. Kablo üretim makinesi ve soğutucu



Şekil 3.9. Laboratuar Tipi Mikser



Şekil 3.10. Laboratuvar tipi ekstrüder



Şekil 3.11. PVC granül üretimi kontrol edilemeyen parametreleri

3.4. Ürüne Uygulanan Testler

PVC Granüle uygulanan testler aşağıdaki gibidir.

- i. Yoğunluk
- ii. Akışkanlık
- iii. Nem
- iv. ROHs

Kabloya uygulanan standart testleri:

- i. Çekme kopma değerleri
- ii. Yaşlandırma testleri
- iii. Yalıtım direnci
- iv. Bükülgenlik
- v. Kütle kaybı deneyi

Sürece dahil edilebilirliği:

- i. Hurda miktarını arttıracak bir etkenin olmaması (Granül, kablo ve FK üretim süreçleri)
- ii. Makine parametrelerini etkilememesi (Granül, kablo ve FK üretim süreçleri)
- iii. Yüzey (görsel) kusurlarına sebep olmaması (Kablo ve FK üretim süreçleri)

Müşteri beklentisini karşılaması:

- i. Shore, renk vb.

Tablo 3.2. Ürüne uygulanan testler

Kontrol Noktası	Muayene ve Deneysel Tanımı	Muayene ve Deneysel Metodunun		Kablo Tipleri				
		Kategori	Standard numarası	Yalıtım			Kılıf	
				LIY 70°	H05V-K H07V-K	S05V2-K S07V2-K H05V2-K H07V2-K LIYW90°10 5°	H03VV-F H03VVH2-F H05VV-F H05VVH2-F	H03V2V2-F H03V2V2H 2-F H05V2V2-F H05V2V2H 2-F
K01	Genel Görünüş Kontrolü	S,T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K02	Markalama Kontrolü	S,T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K03	Markalama Aralık Kontrolü	S,T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K04	Sarı-Yeşil Renk Oran Tayini	S,T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K05	Yapılış Şartlarına Uygunluğunun Kontrolü	S,T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K06	İletken Tel Çapı Muayene ve Deneyi	S,T	TS EN 60228	✓	✓	✓	✓	✓
K07	İletken Tel Kontrolü (Çıplak/Kalaylı)	S,T	TS 9756, TS EN	✓	✓	✓	✓	✓
K08	Kablo Ovallığının ölçülmesi	S,T	TS EN				✓	✓
K09	İzolenin yaşlandırmadan önceki Kopma	S,T	TS 7201	✓	✓	✓	✓	✓
K10	İzolenin yaşlandırmadan önceki Kopma	S,T	TS 7201	✓	✓	✓	✓	✓
K11	Kılıfın Yaşlandırmadan önceki Kopma	S,T	TS 7201				✓	✓
K12	Kılıfın Yaşlandırmadan önceki Kopma	S,T	TS 7201				✓	✓
K13	İletken Direnci Ölçüm Deneyi	S,T	TS EN 60228	✓	✓	✓	✓	✓
K14	Yalıtımın Et Kalınlığının Ölçülmesi Deneyi	S,T	TS EN 50396,	✓	✓	✓	✓	✓
K15	Yalıtımın Dış Çapının Ölçülmesi Deneyi	S,T	TS EN 50396,	✓	✓	✓	✓	✓
K16	Kılıfın Et Kalınlığının Ölçülmesi Deneyi	S,T	TS 9760, TS				✓	✓
K17	Kılıfın Dış Çapının Ölçülmesi Deneyi	S,T	TS EN 50396,				✓	✓
K18	İmalatı Tamamlanmış Ürüne uygulanan	S,T	TS EN 50395	✓	✓	✓	✓	✓
K19	Yalıtım Kalınlığına Göre Damarlara	T	TS EN 50395	✓	✓	✓	✓	✓
K20	70°C de Yalıtım Direnci Deneyi	S,T	TS EN 50395	✓	✓	✓	✓	✓
K21	Yalıtımın DA'ya karşı uzun süreli	T	TS EN 50395	✓	✓	✓	✓	✓
K22	İzolenin yaşlandırmadan sonraki Kopma	T	TS 7202	✓	✓	✓	✓	✓
K23	İzolenin yaşlandırmadan sonraki Kopma	T	TS 7202	✓	✓	✓	✓	✓
K24	Yaşlandırma Öncesi ve Sonrası izolenin	T	TS 9756	✓	✓	✓	✓	✓
K25	Kılıfın yaşlandırmadan sonraki Kopma	T	TS 7202				✓	✓
K26	Kılıfın yaşlandırmadan sonraki Kopma	T	TS 7202				✓	✓
K27	Yaşlandırma Öncesi ve Sonrası Kılıfın	T	TS 9756				✓	✓
K28	İzolenin Kütle Kaybı Deneyi	T	TS 7201	✓	✓	✓	✓	✓
K29	Kılıfın Kütle Kaybı Deneyi	T	TS 7201				✓	✓
K30	Yüksek Sıcaklıkta Basınç Deneyi – İzole	T	TS 7422	✓	✓	✓	✓	✓
K31	Yüksek Sıcaklıkta Basınç Deneyi – Kılıf	T	TS 7422				✓	✓
K32	Isıl Kararlılık Deneyi – İzole	T	TS 9756			✓		✓
K33	Isıl Kararlılık Deneyi – Kılıf	T	TS 9756					✓
K34	Düşük Sıcaklıkta Yalıtımın Bükme Deneyi	T	TS 7204	✓	✓	✓	✓	✓
K35	Düşük Sıcaklıkta Kılıfın Bükme Deneyi	T	TS 7204				✓	✓
K36	Soğukta Darbe Deneyi – İzole	T	TS 7204	✓	✓	✓	✓	✓
K37	Soğukta Darbe Deneyi – Kılıf	T	TS 7204				✓	✓
K38	Isı Şoku Deneyi – İzole	T	TS 7422	✓	✓	✓	✓	✓
K39	Isı Şoku Deneyi – Kılıf	T	TS7422				✓	✓
K40	Yangın Şartları Altındaki Deney	T	TS EN60332-1-				✓	✓
K41	Kablonun Bükülgenlik Testi	T	EN 50395, EN				✓	✓

R: Rutin Deneyler Olup, Kablonun imalatı tamamlanmış bütün uzunluklarında, bütünlüklerini göstermek için yapılan deneyler. Yalıtımdaki kusurların yokluğunun kontrolü muayene ve deneyi yukarıdaki tabloda belirtilmemiş olup, üretim esnasında spark test cihazı ile bu kontrol %100 yapılmaktadır.

T: Tip Deneyleri olup, imalatı tamamlanmış Tek Damar Kablonun ilgili standartlarının tüm şartlarını karşıladığını gösteren Tasarım Doğrulama Muayene ve

Deneyleridir. Tasarım Doğrulama Muayene ve Deneyleleri Numune Alma Talimatına göre üretimden numune alınarak gerçekleştirilir.

S: Numune Deneyleleri olup, İmalâtı tamamlanmış kablodan veya imalâtı tamamlanmış kablo bileşenlerinden alınan numuneler üzerinde, bitmiş ürünün tasarım şartlarını yeterince karşıladığını doğrulamak için yapılan deneyleler.

3.5. Har Standardı

Fişli kablo üretimlerinin HAR standardına göre üretilmesi gerekmekte olup, TSE tarafından sertifikalandırılmaktadır.

Bu standardın yayımına Kasım 2011 tarihinde, CELENEC tarafından onaylanan, TS EN 50525-2-31:2011 numaralı Türk standardı olarak kabul edilen EN 50525-2-31:2011 standardı esas alınarak, Türk Standardları Enstitüsü Elektrik İhtisas Grubu' na bağlı Elektroteknik Güvenlik ve Aydınlatma Özel Daimi Komitesi marifetiyle Türkçeye tercüme edilmiş, TSE Teknik Kurulu'nun 05.06.2012 tarihli toplantısında kabul edilerek karar verilmiştir.

Bu standarda atıf yapılan standartların milli karşılıkları aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.3. Atıfta bulunulan standartlar

EN, ISO, IEC, vb. No	İngilizce Adı	TS No	Türkçe Adı
EN 50363-3	Insulating, sheathing and covering materials for low voltage energy cables - Part 3: PVC insulating compounds	TS EN 50363-3	Kablolar - Yalıtım, kılıf ve örtü malzemeleri - Alçak gerilim enerji kabloları için - Bölüm 3: PVC yalıtım bileşikleri
EN 50395	Electrical test methods for low voltage energy cables	TS EN 50395	Kablolar – Elektriksel deney metotları – Alçak gerilim enerji kabloları için
EN 50396	Non electrical test methods for low voltage energy cables	TS EN 50396	Kablolar – Elektriksel olmayan deney metotları - Alçak gerilim enerji kabloları için
EN 50525-1	Electric cables - Low voltage energy cables of rated voltages up to and including 450/750 V (U ₀ /U) - Part 1: General requirements	TS EN 50525-1	Elektrik Kabloları – Beyan gerilimi en çok 450 / 750 V dahil olan düşük gerilimli enerji kabloları- Bölüm 1: Genel özellikler
EN 60228	Conductors of insulated cables (IEC 60228)	TS EN 60228	Kablolar – Yalıtılmış kabloların iletkenleri
EN 60332-1-2	Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions - Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable - Procedure for 1 kW pre-mixed flame (IEC 60332-1-2)	TS EN 60332-1-2	Kablolar - Yangın şartları altında elektrik ve fiber optik kablolardaki deneyler - Bölüm 1-2: Yalıtılmış tek bir tel veya kablo için düşey alev yayılma deneyi - 1 kW ön karışımli alev için işlem
EN 60811-1-4	Insulating and sheathing materials of electric and optical cables – Common test methods - Part 1-4: General application - Tests at low temperature (IEC 60811-1-4:1985 + A1: 1993 + corr. May 1986)	TS 7204 EN 60811-1-4: 1986	Elektrik Kablolarının Yalıtım ve Kılıf Malzemeleri Ortak Deney Metotları BL.1 Genel Uygulama Kısım 4 Düşük Sıcaklıktaki Deneyler

3.5.1. Kapsam

Bu standart, termoplastik (PVC) yalıtımlı, kılıfsız tek damarlı kabloları kapsar.

Bu kabloların beyan gerilimleri U₀/U en çok 450/750 V' dur. Bu kablolar sabit bağlantılı uygulamalar için amaçlanmıştır.

Not 1 - Beyan gerilimi 450/750 V olan kablolar, anahtarlama ve kontrol düzenlerinde mekanik koruma ile sabit tesislerde kullanıldıklarında 600/1000 V'da kullanılabilir. HD 516'ya bakılmalıdır.

Bu standarttaki kablolar için en yüksek iletken çalışma sıcaklıkları 70 0C (V tipler) ve 90 0C (V2 tipler)'dur.

Not 2 - HD 516 bu standardın kapsamındaki kabloların güvenli kullanımı ile ilgili ayrıntılı bir kılavuz ihtiva eder.

Bu standart, genel özellikleri kapsayan EN 50525-1 ile birlikte uygulanmalıdır.

3.5.2. Atıf Yapılan Standard ve/veya Dokümanlar

Aşağıdaki atıf dokümanları, bu dokümanın uygulanması için zaruridir. Tarih belirtilen atıflarda, belirtilmiş olan baskı geçerlidir. Tarih belirtilmemiş atıflarda, atıf yapılan dokümanın en son baskısı (tadiller dahil) kullanılır.

EN 50363-3 Insulating, sheathing and covering materials for low voltage energy cables - Part 3: PVC insulating compounds

EN 50395 Electrical test methods for low voltage energy cables

EN 50396 Non electrical test methods for low voltage energy cables

EN 50525-1 Electric cables - Low voltage energy cables of rated voltages up to and including 450/750 V (U0/U) - Part 1: General requirements

EN 60228 Conductors of insulated cables (IEC 60228)

EN 60332-1-2 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions -Part 1-2: Test for vertical flame propagation for a single insulated wire or cable - Procedure for 1 kW pre-mixed flame(IEC 60332-1-2)

EN 60811-1-4 Insulating and sheathing materials of electric and optical cables - Common test methods - Part 1-4: General application - Tests at low temperature (IEC 60811-1-4:1985 + A1: 1993 + corr. May 1986)

3.5.3. İç Bağlantı için Kablolar – HO5V-K

- İletken EN 60228'e göre Sınıf 5 olmalıdır.

- Kabloların kesit alanı 0,5 mm² ile 1 mm² olmalıdır.
- Yalıtım, iletkenin etrafına uygulanan, EN 50363-3'e göre TI 1 tipi polivinil klorür bileşiği olmalıdır.
- Kablo CENELEC kodu H05V-K ile işaretlenmelidir. İşaretleme EN 50525-1 Madde 6'ya uygun olmalıdır.
- Her bir kablo EN 50525-1'deki ilgili özellikleri ve bu standarddaki özelliklere uygun olmalıdır.

Deney işlemi Tablo 3.4 ve sütun 9'da belirtilen ilgili deneylere uygun olmalıdır.

Kabloların boyutları ilgili kesit alanı için Tablo 3.5.'ye uygun olmalıdır.

Tablo 3.4. Standardın kapsamındaki kablolar için deneyler

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13													
													Sıra no	Deneyler ^a	Deney kategorisi	Deney metodunun açıklandığı		Deneyin uygulanabilirliği – Madde							
																EN	Madde	4.1	4.2	4.3	4.4	5.1	5.2	5.3	5.4
					H07V-U H07V-R	H07V-K	H05V-U H05V-R	H05V-K	H07V2-U H07V2-R	H07V2-K	H05V2-U H05V2-R	H05V2-K													
1	Elektriksel deneyler^b																								
1.1	İletkenlerin direnci	T, S	50395	5	X	X	X	X	X	X	X	X													
1.2.1	2500 V'da gerilim deneyi	T, S	50395	6	X	X	-	-	X	X	-	-													
1.2.2	2000 V'da gerilim deneyi	T, S	50395	6	-	-	X	X	-	-	X	X													
1.3	Yalıtım direnci	T, S	50395	8.1																					
	- 70 °C'da				X	X	X	X	-	-	-	-													
	- 90 °C'da				-	-	-	-	X	X	X	X													
1.4	Yalıtımın d.a.'ya uzun süreli dayanıklılığı	T	50395	9	X	X	X	X	X	X	X	X													
1.5	Yalıtımdaki kusurların yokluğu	R	50395	10	X	X	X	X	X	X	X	X													
2	Yapılış ve boyut deneyleri																								
	Yapılış şartlarına uygunluğun kontrolü	T, S	50525-1	Elle ve gözle muayene deneyleri	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Yalıtım kalınlığının ölçülmesi	T, S	50396	4.1	X	X	X	X	X	X	X	X													
	Dış çapın ölçülmesi	T, S	50396	4.4	X	X	X	X	X	X	X	X													
3	Yalıtım malzemesi deneyleri	T	50363-3 ^c	-	X	X	X	X	X	X	X	X													
4	Darbe deneyi - 5 °C'da	T	60811-1-4	8.5	X	X	X	X	X	X	X	X													
5	Yangın şartları altındaki deney	T	60332-1-2	-	X	X	X	X	X	X	X	X													

^a Verilen sıra deney işleminin sırasını belirtmez.

^b İlgili deney şartları ve özellikleri EN 50525-1 Çizelge 1'de verilmiştir.

^c Bu standard malzeme için bütün deney metodlarını ve özelliklerini kapsar. Deneyden geçirilecek malzeme imalatı tamamlanmış kablodan alınır.

Tablo 3.5. Bükülgen iletkenli kablolar (300/500 V)

1	2	3	4	5		
					Ortalama dış çap	
					Alt sınır	Üst sınır
İletkenlerin anma kesit alanı (Sınıf 5)	Yalıtım kalınlığı Belirtilen değer			Beyan sıcaklığında en küçük yalıtım direnci		
mm ²	mm	mm	mm	MΩ.km		
0,5	0,6	2,1	2,5	0,013		
0,75	0,6	2,2	2,7	0,011		
1	0,6	2,4	2,8	0,010		

4. BULGULAR

Doğru ve objektif sonuçlara varabilmek amacıyla deneylerin planlanması, yürütülmesi ve elde edilen verilerin analizi temel amaçtır.

PVC granül hattında, 2020 yılında 1.382.100 kg ($1.382.100/1,49=927.583,893 \text{ cm}^3$) Kılıflık PVC granül üretimleri gerçekleşmiştir. 2021 yılında üretim bir önceki yıla oranla %30 luk artış ile 1.796.730 kg hedeflenmektedir.

Bu çalışmada amacımız kılıflık PVC üretimlerinde kullanılacak olan PVC granül formülasyonlarını bularak, granül maliyetini azaltmaktır.

Kablo üretiminde kullanılmak amacıyla üretilen kılıflık PVC granül üretimlerine ait süreçler ve bu üretimlerin muayene ve deney süreçleri dikkate alınmıştır.

PVC üretimi Tablo 4.1'de verilen hammaddelerin fiziksel işlemlerden geçerek, granül formunu elde etmesi ile sağlanır.

Tablo 4.1. Girdi Hammaddeler

PVC
Kalsit
Stabilizan
Plastifiyan
Soya Yağı

Tablo 4.2. Faktörlerin mevcuttaki seviyeleri ve birim fiyatları

Stok Adı	Mevcut Seviyeler	Fiyat(Usd/Kg)
PVC	166	0,914000
Kalsit	145	0,052454
Plastifiyan	75	0,900000
Soya Yağı	4,15	1,250000
Stabilizan	5,6	1,649999
Toplam	395,75	

Tablo 4.3. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri

PVC Granül Fırlık	Seviyeler
Yoğunluk	1,49
Sertlik	92
Uzama	180
Kopma	11
Maliyet	0,40914

Maliyet hesabı girilen değerlerin cm^3 cinsinden olması sebebiyle USD/cm^3 cinsinden hesaplanmıştır. Bunu da maliyetin yoğunluğa bölünmesi ile sağlanmıştır.

$$\text{maliyet (USD/cm}^3) = \frac{\sum (X_{\text{Miktar}} \times X_{\text{Maliyet}})}{\sum X_{\text{Miktar}}} \times \frac{1}{\text{yoğunluk}}$$

$$\text{maliyet} = \frac{166 \times 0,914 + 145 \times 0,052454 + 75 \times 0,90 + 4,15 \times 1,25 + 5,6 \times 1,649999}{166 + 145 + 75 + 4,15 + 5,6} \times \frac{1}{1,49}$$

$$\text{maliyet (USD/cm}^3) = 0,40914$$

2020 yılında 1.382.100 kg kılıflık PVC nin (927.583,893) cm^3 birim cinsinden maliyeti 379.511,674. USD dir.

$$\text{maliyet} = 927.583,893 \times 0,40914 = 379.511,674$$

PVC granül parametrelerinin araştırmamızdaki tüm girdiler için aynı olduğu varsayımıyla deneyler gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.4. Ölçüm sonrası mevcut üretimin ortalama değerleri

PVC Granül Fırlık	Min	Max
PVC	150	200
Kalsit	110	160
Plastifiyan	55	115
Soya Yağı	3,5	8,5
Stabilizan	4,5	6

Tablo 4.5. Deney sonrası olması istenen ölçüm değerleri

PVC Granül Fıslık	Min	Ortalama Değerler	Max
Yoğunluk	-	1,49	-
Sertlik	89	92	95
Uzama	150	180	-
Kopma	10	11	

Araştırmanın amacının minimum maliyete erişmek olması nedeniyle herhangi bir değer girilmemiştir.

Deneyde incelenecek girdiler, bu girdilerin seviyeleri ve ölçülecek çıktı değişkeni belirlenmiştir. PVC, kalsit, plastifiyan, soya yağı, stabilizan olmak üzere 5 faktör için min ve max değerler (Tablo 4.4) Minitab 17.0 programına girilmiş ve analiz edilmiştir. Tablo 4.6.'da görüleceği üzere tekrarlı yapılmaksızın kesirli faktöriyel deney tasarımı kullanılmıştır. Deneme sayısı 16 dır.

Tablo 4.6. Deney tasarımı özeti

Fractional Factorial Design		
Factors:5	Base Design:5;16	Resolution:V
Runs:16	Replicates:1	Fraction:1/2
Blocks:1	Center pts (total):0	

Minitab 17.0 programına gözlem sonucu belirlenen 5 girdiden PVC için min 150, max 200, kalsit için min 110, max 160, plastifiyan için min 55, max 115, soya yağı için min 3.5, max 8.5, stabilizan için min 4.5, max 6 değer aralıkları girilmiştir ve Minitab 17.0 16 adet üretim yapılması gereken deney değerlerini vermiştir; Tablo 4.7'de değerler yer almaktadır.

Tablo 4.7. Deneme kombinasyonları

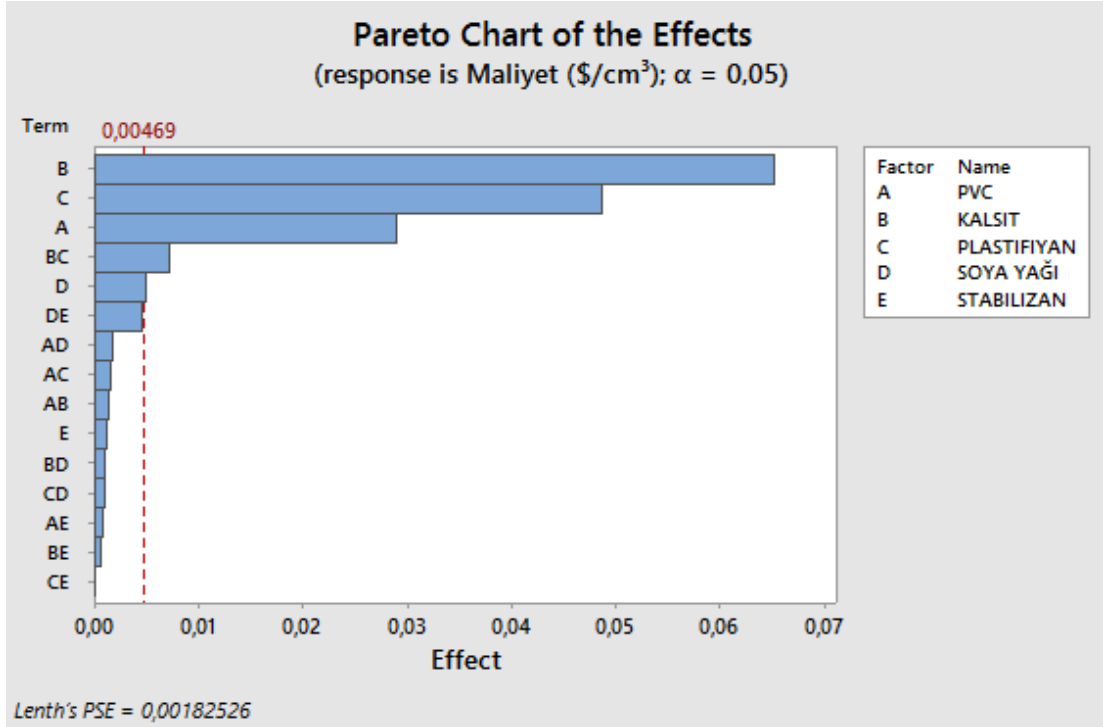
	PVC	Kalsit	Plastifiyan	Soya Yağı	Stabilizan
Deneme 1	150	110	55	3,5	6
Deneme 2	200	110	55	3,5	4,5
Deneme 3	150	160	55	3,5	4,5
Deneme 4	200	160	55	3,5	6
Deneme 5	150	110	115	3,5	4,5
Deneme 6	200	110	115	3,5	6
Deneme 7	150	160	115	3,5	6
Deneme 8	200	160	115	3,5	4,5
Deneme 9	150	110	55	8,5	4,5
Deneme 10	200	110	55	8,5	6
Deneme 11	150	160	55	8,5	6
Deneme 12	200	160	55	8,5	4,5
Deneme 13	150	110	115	8,5	6
Deneme 14	200	110	115	8,5	4,5
Deneme 15	150	160	115	8,5	4,5
Deneme 16	200	160	115	8,5	6

Tablo 4.8. Ölçüm sonuçları

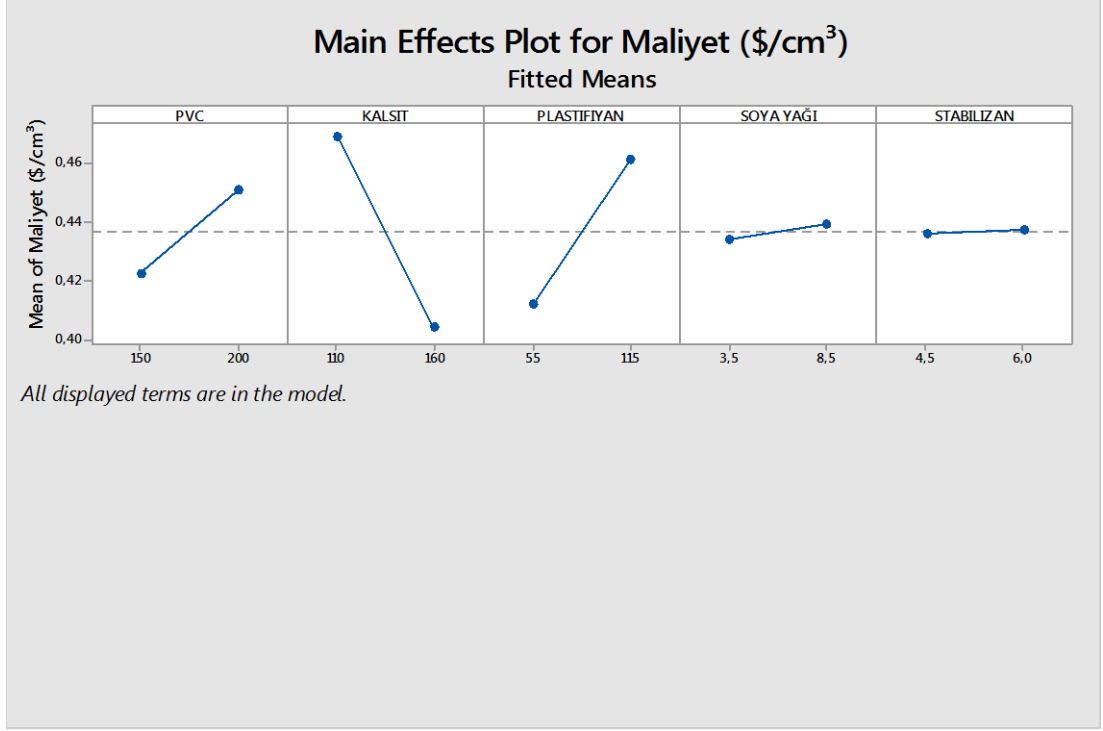
Yoğunluk (Gr/cm ³)	Kopma (Min 10N)	Uzama (Min %150)	Sertlik (92±3 Shore A)	Maliyet (\$/cm ³)
1,51596	15,12	100	98	0,420071
1,46405	15,91	17	100	0,457561
1,51263	12,49	160	99	0,366516
1,52279	8,84	20	100	0,394428
1,39563	10,27	237	79	0,482988
1,38278	14,71	177	83	0,50988
1,48888	8,84	203	80	0,406956
1,45051	13,63	160	88	0,437474
1,50329	15,22	130	96	0,426747
1,47523	18,32	137	99	0,461901
1,5109	12,38	193	97	0,375868
1,52311	14,91	130	99	0,396911
1,40505	10,4	257	76	0,487687
1,38951	14,15	200	85	0,509558
1,47797	8,26	237	78	0,412516
1,45292	13,12	210	87	0,443217

Pareto grafiği analizinde eşik çizgisini geçen parametreler sistemi en çok etkileyen parametrelerdir. Şekil 4.1.'de 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik değeri 0,00469'dur ve 4 faktör eşik değerini geçmiştir. **Maliyeti** sırasıyla en çok etkileyen

faktörler kalsit, plastifiyan, PVC, soya yağıdır. Kalsit ve plastifiyan etkileşimi de maliyeti etkilemektedir. Stabilizan ise eşik değerinin altında kalmıştır ve maliyet üzerinde en az etkisi olan faktördür.



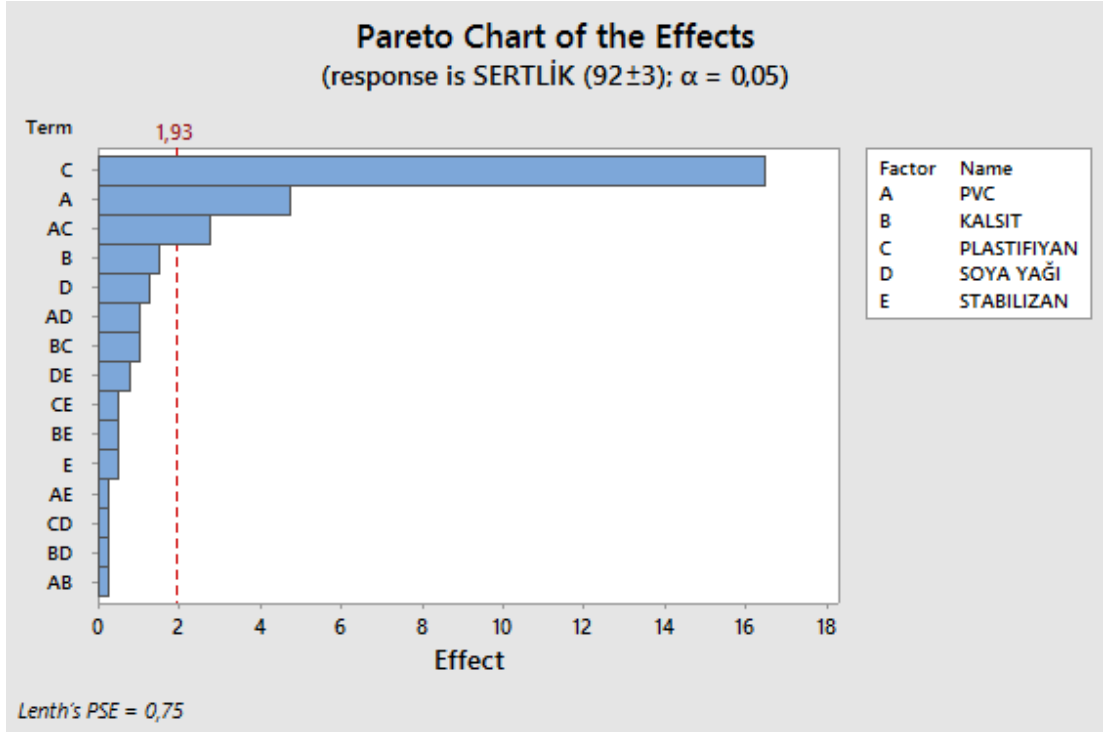
Şekil 4.1. Maliyet için Pareto grafiği



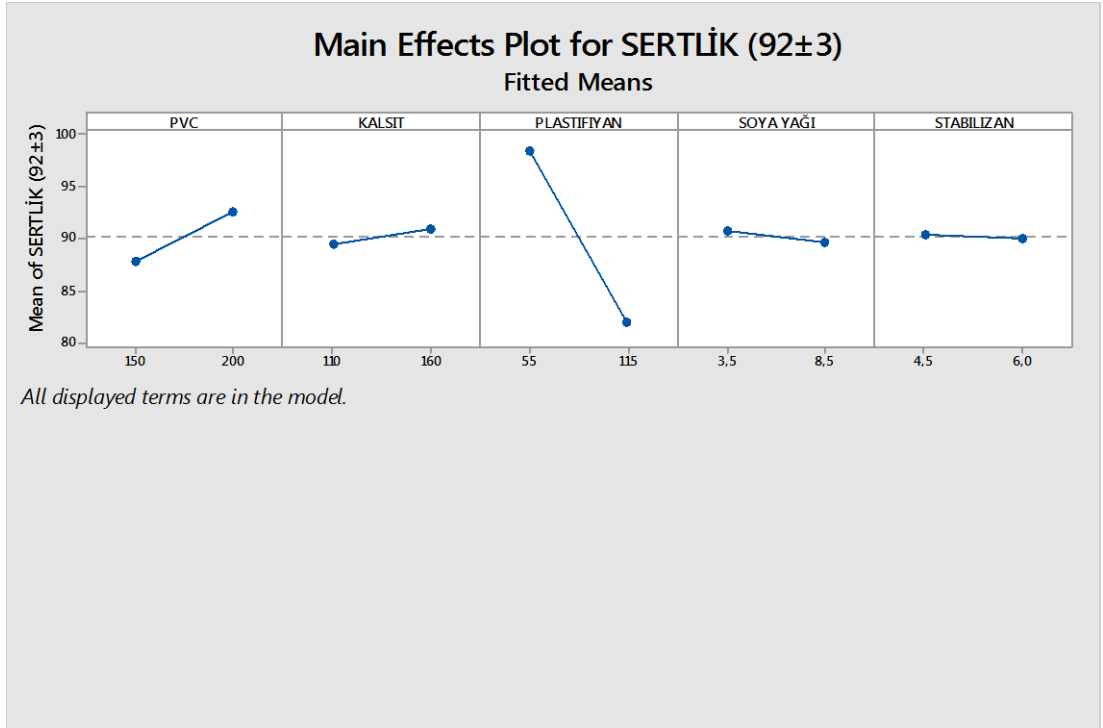
Şekil 4.2. Maliyet için ana etkiler

Şekil 4.2.'de PVC, plastifiyan, soya yağı, stabilizan miktarları arttıkça maliyetin arttığını, kalsit miktarı arttıkça maliyetin azaldığını görülmektedir. PVC, plastifiyan, soya yağı ve stabilizan ile maliyet arasında doğru orantı, kalsit ile maliyet arasında ise ters bir orantı olduğunu söyleyebiliriz.

Şekil 4.3.'de 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik değeri 1,93'tür ve 2 faktör eşik değerini geçmiştir. **Sertliği** sırasıyla en çok etkileyen faktörler plastifiyan ve PVC dir. Aynı zamanda PVC ve plastifiyan etkileşimi de sertliği etkilemektedir. Kalsit, soya yağı, stabilizan eşik değerinin altında kalmıştır ve sertlik üzerinde etkileri bulunmamaktadır.



Şekil 4.3. Sertlik için Pareto grafiği

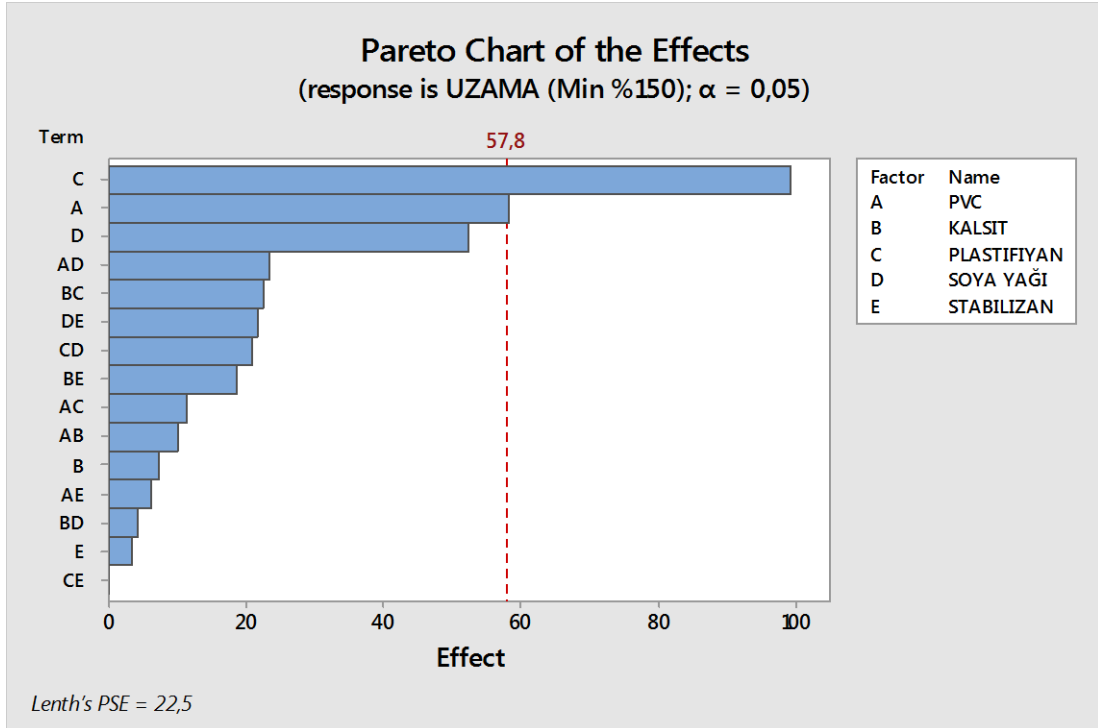


Şekil 4.4. Sertlik için ana etkiler

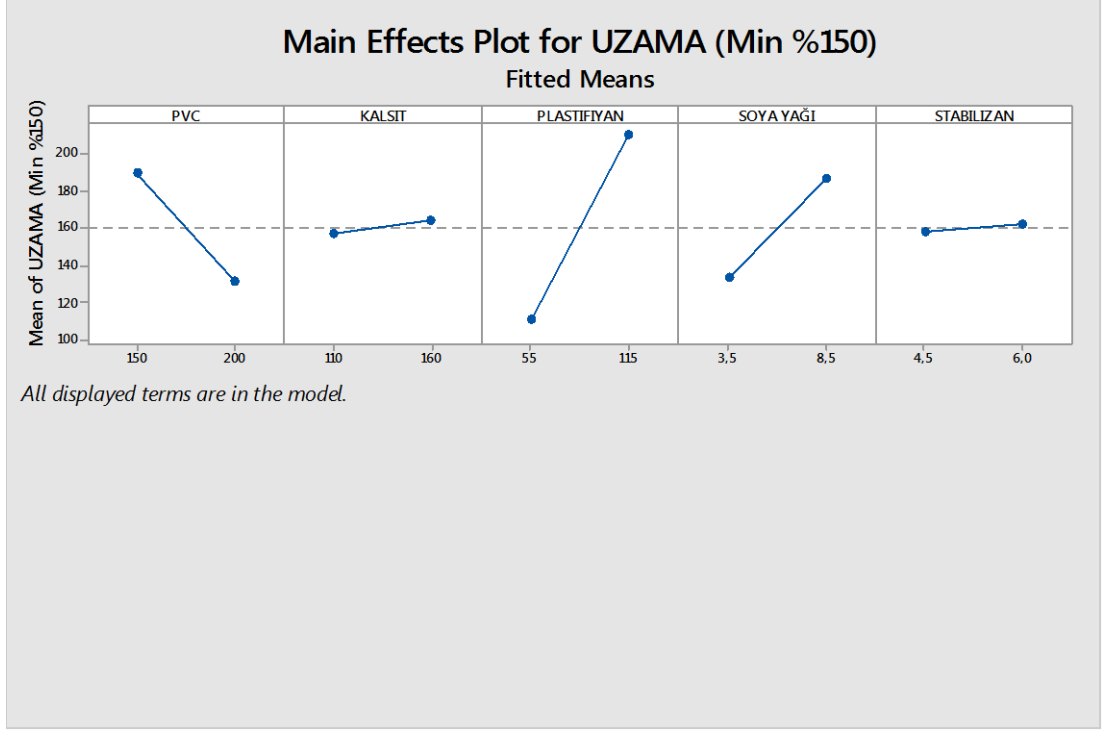
Şekil 4.4'de PVC ile kalsit sertlik oranı üzerinde doğru orantılıdır yani PVC ve kalsit miktarı arttıkça sertlik oranı da artmaktadır. Plastifiyan, soya yağı ve

stabilizan miktarı arttıkça sertlik oranı azalmaktadır yani aralarında ters bir orantı söz konusudur.

Şekil 4.5.'de 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik değeri 57,8'dir ve **uzamayı** etkileyen en önemli faktör plastifiyandır.



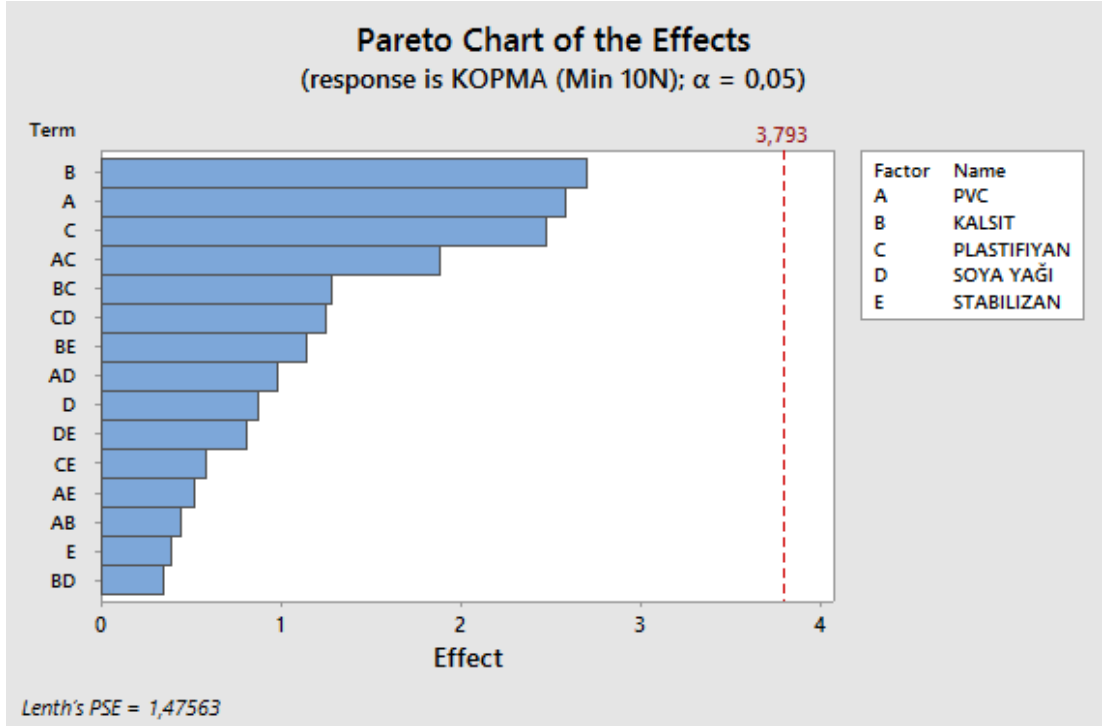
Şekil 4.5. Uzama için Pareto grafiği



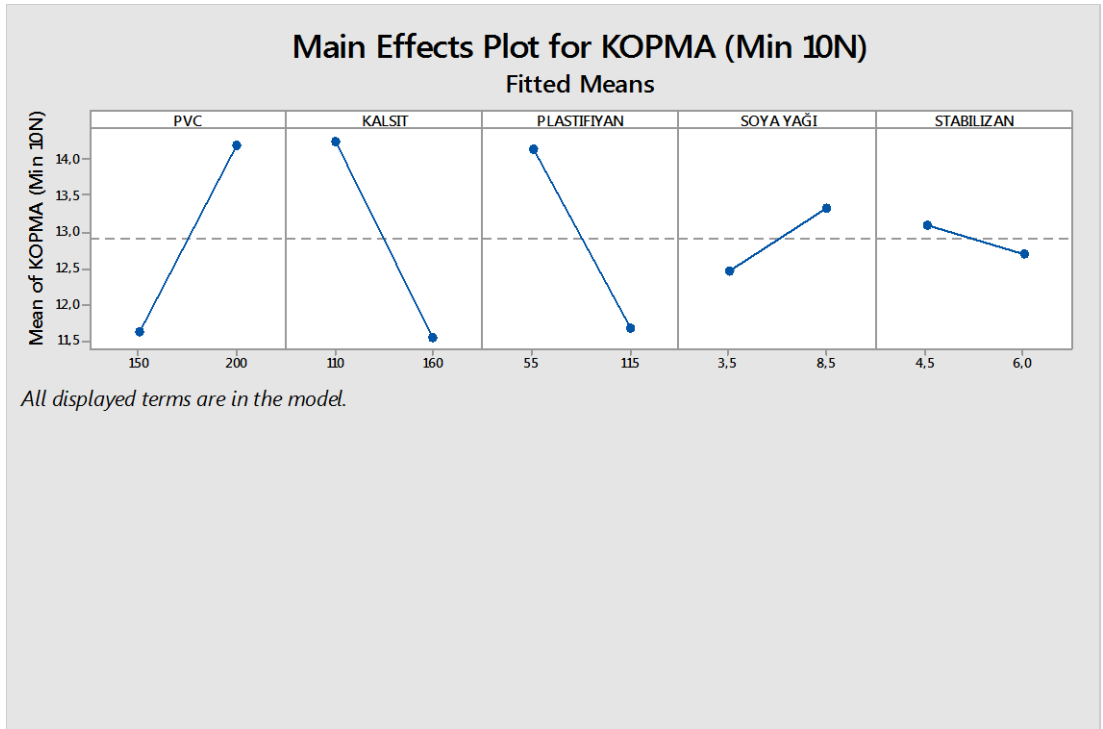
Şekil 4.6. Uzama için ana etkiler

Uzama üzerinde sadece plastifiyan önemli bulunmuştur. Diğer faktörler ise önemsizdir. PVC miktarı artarsa uzama oranı da azalır ancak kalsit, plastifiyan, soya yağı, stabilizan artarsa uzama miktarı da artar.

Şekil 4.7.'de 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik değeri 3,793 dür ve faktörlerin **kopma** üzerinde etkisi bulunmamaktadır.



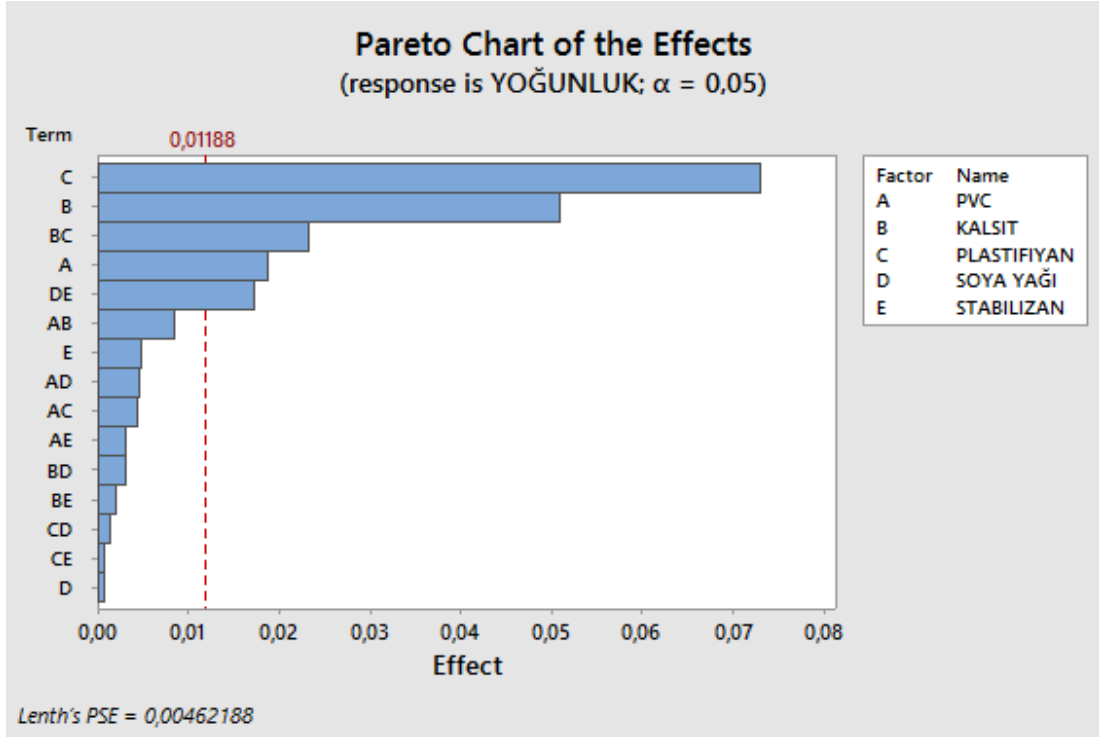
Şekil 4.7. Kopma için Pareto grafiği



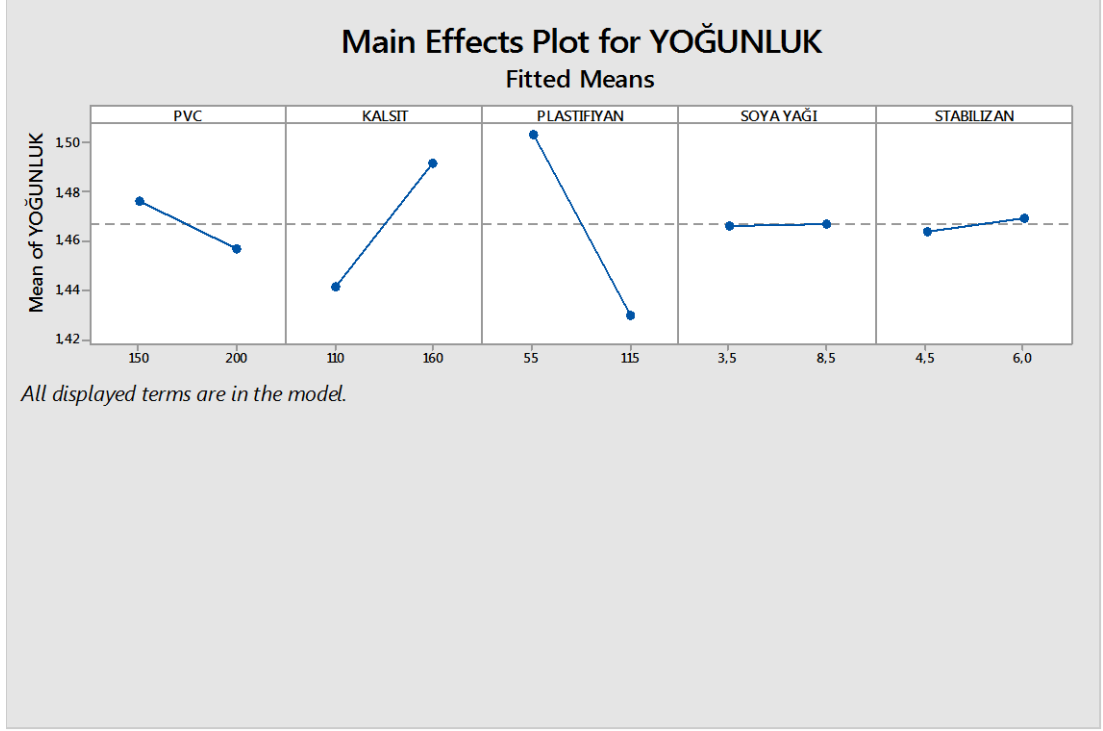
Şekil 4.8. Kopma için ana etkiler

Kopmanın PVC ve soya yağı ile arasında doğru orantı varken; kalsit, plastifiyan ve stabilizan ile kpm a arasında ters orantı vardır.

Şekil 4.9.'da 0,05 anlamlılık düzeyinde eşik değeri 0,001188' dir ve 3 faktör eşik değerini geçmiştir. **Yoğunluğu** sırasıyla en çok etkileyen faktörler plastifiyan, kalsit ve PVC dir. Aynı zamanda kalsit ve plastifiyan etkileşimi de yoğunluğu etkilemektedir. Bunun yanında soya yağı ve stabilizan eşik değerinin altında kalmasına rağmen etkileşimleri yoğunluğu etkilemektedir.

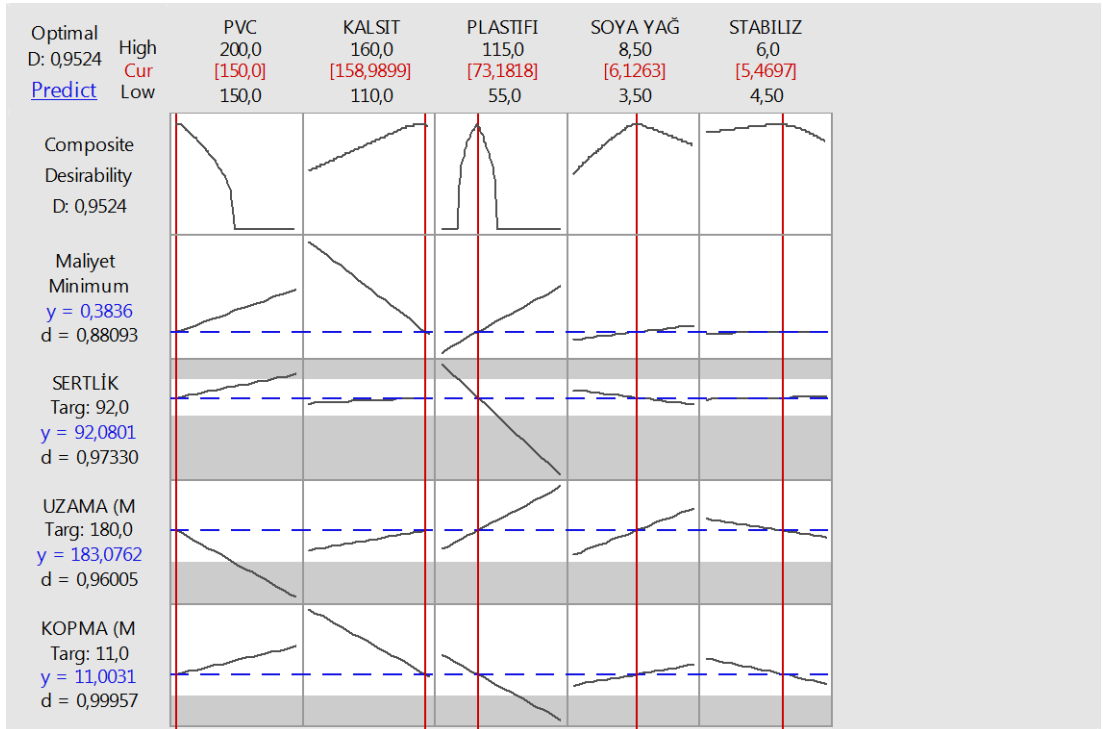


Şekil 4.9. Yoğunluk için Pareto grafiği



Şekil 4.10. Yoğunluk için ana etkiler

PVC, plastifiyan miktarı arttığında yoğunluk oranının azaldığını; kalsit, soya yağı ve stabilizan miktarı arttığında yoğunluk oranının da artmıştır.



Şekil 4.11. Yoğunluk için görev belirlenmediğinde optimizasyon grafiği

Şekil 4.11.'de yoğunluk için görev belirlenmediğinde optimizasyon grafiğinde maliyet 0,3836 olarak hesaplanmışken, Tablo 4.9.'da yer alan birim fiyatlar ile hesaplanan maliyet değeri 0,38858'dir. Buradaki yüzdesel fark %1,3'dür.

$$maliyet (USD/cm^3) = \frac{\sum(X_{Miktar} \times X_{Maliyet})}{\sum X_{Miktar}} \times \frac{1}{yoğunluk}$$

$$\frac{(150 \times 0,914 + 158,9899 \times 0,052454 + 73,1818 \times 0,9 + 6,1263 \times 1,25 + 5,4697 \times 1,649999)}{(150 + 158,9899 + 73,1818 + 6,1263 + 5,4697)} \times \frac{1}{1,49}$$

$$maliyet = 0,38858$$

$$yüzdesel fark = \frac{(0,38858 - 0,3836)}{0,3836} = \%1,3$$

2020 yılında 1.382.100 kg (927.583,893) cm³ kılıflık PVC, Deney Tasarımının verdiği değerler ile hesaplanmış olsaydı maliyeti 355.821,181 USD olur. Mevcut maliyet ve Deney Tasarımı sonrası formülasyonla üretilen kılıflık PVC maliyeti arasındaki fark 23.690,49 USD olup, değişim oranı %6,24' tür.

$$maliyet = 927.583,893 \times 0,3836 = 355.821,181$$

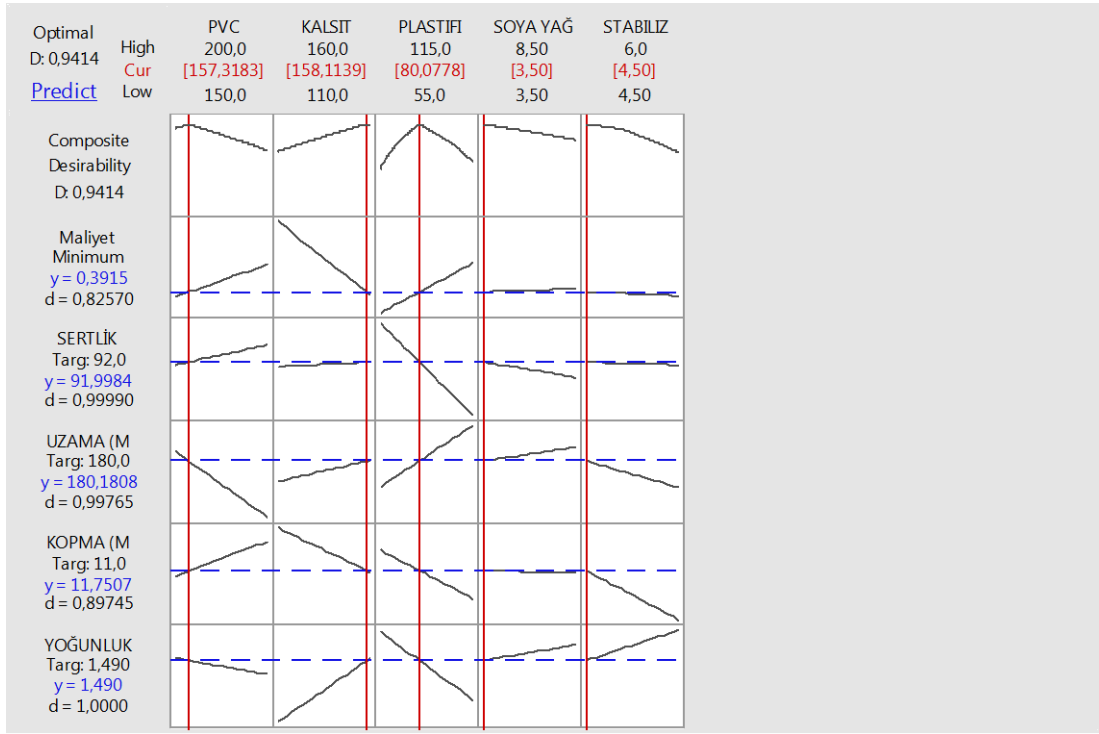
$$maliyet farkı = 379.511,674 - 355.821,181 = 23.690,49$$

Tablo 4.9. Yoğunluk için görev belirlenmediğinde girdi seviyeleri ve birim fiyatları

Stok Adı	Mevcut Seviyeler	Fiyat(Usd/Kg)
PVC	150	0,914000
Kalsit	158,9899	0,052454
Plastifiyan	73,1818	0,900000
Soya Yağı	6,1263	1,250000
Stabilizan	5,4697	1,649999
Toplam	393,77	

Tablo 4.10. Optimizasyon grafiğine göre değerler

Pvc Granül Fıslık	Seviyeler
Sertlik	92,0801
Uzama	183,0762
Kopma	11,0031



Şekil 4.12. Yoğunluk için görev belirlendiğinde optimizasyon grafiği

Şekil 4.12.'de yoğunluk için görev belirlendiğinde optimizasyon grafiğinde maliyet (USD/cm³) 0,3915 hesaplanmışken Tablo 4.11.'de yer alan birim maliyetler ile hesaplanan maliyet (USD/cm³) 0,39245. Burada değerler arasında %0,24'lük yüzdesel fark vardır.

$$maliyet (USD/cm^3) = \frac{\sum (X_{Miktar} \times X_{Maliyet})}{\sum X_{Miktar}} \times \frac{1}{yoğunluk}$$

$$= \frac{(157,3183 \times 0,914 + 158,1139 \times 0,052454 + 80,0778 \times 0,9 + 3,5 \times 1,25 + 4,5 \times 1,649999)}{(150 + 158,9899 + 73,1818 + 6,1263 + 5,4697)} \times \frac{1}{1,49}$$

$$maliyet = 0,39245$$

$$yüzdesel\ fark = \frac{(0,3915 - 0,39245)}{0,39245} = \%(-0,24)$$

2020 yılında 1.382.100 kg (927.583,893) cm³ kılıflık PVC, Deney Tasarımının verdiği değerler ile hesaplanmış olsaydı maliyeti 363.149,094. USD olur. Mevcut maliyet ve Deney Tasarımı sonrası formülasyonla üretilen kılıflık PVC maliyeti arasındaki fark 16.362,58 USD olup, değişim oranı %4,31' dir.

$$maliyet = 927.583,893 \times 0,3915 = 363.149,094$$

$$\text{maliyet farkı} = 379.511,674 - 363.149,094 = 16.362,58$$

Tablo 4.11. Yoğunluk için görev belirlendiğinde girdi değerleri ve fiyatları

Stok Adı	Mevcut Seviyeler	Fiyat (Usd/Kg)
PVC	157,3183	0,914000
Kalsit	158,1139	0,052454
Plastifiyan	80,0778	0,900000
Soya Yağı	3,5	1,250000
Stabilizan	4,5	1,649999
Toplam	403,51	

Tablo 4.12. Optimizasyon grafiğine göre çıktı değerleri

PVC Granül Fırlık	Seviyeler
Yoğunluk	1,49
Sertlik	91,9984
Uzama	180,1808
Kopma	11,7507

5. SONUÇ

Bu çalışmada fişli kablo üreticisi konumundaki bir firmada kılıflık PVC üretimlerinde kullanılan PVC granül maliyetini azaltmak için üretim süreçlerinin geliştirilmesi ve süreç iyileştirilmesi incelenmiştir.

İncelenecek parametreler, seviyeleri, ölçülecek çıktı değişkenleri belirlenerek maliyeti minimize etmek hedeflenmiştir. PVC, kalsit, plastifiyan, soya yağı, stabilizan olmak üzere 5 parametre için min ve max değerler ikişer seviye belirlenmiş ve $\frac{1}{2}$ kesirli faktöriyel deney tasarımı kullanılarak, deneme kombinasyonları oluşturulmuştur. Laboratuvar koşullarında numuneler elde edilerek granülün, standartları ve alıcı firma isteklerini karşılayabilecek düzeyde olup olmadığının tespiti için yoğunluk, sertlik, uzama, kopma testleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda PVC, kalsit ve plastifiyan maliyet için en etkin maddeler olarak tespit edilmiş ve bu üç hammadeden kalsit miktarı maliyeti etkileyen en önemli unsur olarak ortaya çıkmıştır. Kalsit miktarı arttıkça maliyet azalmakta, plastifiyan miktarı arttıkça maliyet de artmaktadır. PVC tozunun ise diğerlerine nazaran etkisi yok denecek kadar azdır.

Sertlik, uzama ve kopma değerleri belli aralıklar içerisinde olmak zorunda olduğundan Deney Tasarımında her biri için değer girilmiştir. Yoğunluk için belli bir değer söz konusu olmamakla birlikte mevcut üretimde 1,49 olduğu için yoğunluk değeri girildiğinde ve girilmediğinde olmak üzere en ucuz iki formül elde edilmiştir. Yoğunluk 1,49 olarak belirlendiğinde maliyet %4,31; yoğunluk için değer belirlenmediğinde ise maliyet %6,24 azalmıştır.

Bu çalışma sonrasında maliyetin daha da düşürülmesi istenirse yoğunluk ve maliyet arasındaki ilişkinin incelenerek yoğunluk değeri üzerinde değişiklikler yapılması gerecektir.

Ayrıca kesirli faktöriyel deney tasarımı kullanımının yanı sıra Taguchi yöntemi kullanımı yapılarak sonuçlar üzerindeki etkisi incelenebilir.

Bu çalışmanın firmaya maliyet dışında sağladığı diğer bir fayda, minitab paket programında Deney Tasarımı ile müşteri isteklerine göre üretim yapılmasına olanak sağlamasıdır. Detaylandırmak gerekirse üretim sonrası kopma, sertlik, uzama değerleri müşteri tarafından belirlenebilmektedir. Deney tasarımı sayesinde deneme

yanılma yapmadan üretim öncesi girdi miktarları tespit edilebilecek ve istenilen sonuca ulaşılabilecektir.

KAYNAKLAR

- Anderson, Peder (1997). *On Robust Design in the Conceptual Design Phase: A Qualitative Approach*, *Journal of Engineering Design*, Vol. 8, No. 1.
- Besterfield, D. H., Besterfield, C., Besterfield, G.H., Besterfield, M. (1995). *Total quality management*, New Jersey, Prentice Hall Inc.
- Breyfogle F., W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. Second Edition John Wiley and Sons, Inc. 549-570.
- Cox, D.R. Reid, N. 2000 “*The Theory of the Design of Experiments*” Chapman & Hall/CRC Pres 28-30.
- Demir, L. (2004). *İstatistiksel deney tasarımı yöntemi ve bir tekstil işletmesinde uygulanması* (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Demir, Ö., Aksu, B., ve Özsoy, Y. (2017). *İlaç formülasyonu geliştirilmesinde deney tasarımı (DOE) seçimi ve kullanımı*.
- Ervural, B. Ç. (2020). *Varyans Analizi (ANOVA) ve Kovaryans Analizi (ANCOVA) İle Deney Tasarımı: Bir Gıda İşletmesinin Tedarik Süresine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi*. Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 7(2).
- Güngör, B.V. (2003). *Genetik Algoritmalarla Optimizasyon ve Bir Örnek Uygulama*. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Hinkelmann, K., Kempthorne, O. (2005). *Design and Analysis of Experiments Volume 2 Advanced Experimental Design*. A John Wiley and Sons, Inc., Publication, New Jersey.
- Kolarik, William J. (1995). *Creating Quality, Concepts, Systems, Strategies and Tools*, McGraw-Hill Inc.
- Lazic, Z.,R. (2004). *Design of Experiments in Chemical Engineering A Practical Guide*. WILEY-VCH, 157-165
- Lunani, M., Nair, V. N., Wasserman, G. S. (1997). *Graphical methods for robust design with dynamic characteristics*. *Journal Of Quality Technology*, 29, 327-338. ss.
- Mason, R. L., Gunst, R., F., Hess J., L. (2003). *Statistical Design and Analysis of Experiments With Applications to Engineering and Science*. Second Edition Wiley & Sons, Inc. 549-26-27.
- Margavio, G.W., Margavio, T.M. (1993). *Quality improvement technology using the Taguchi method*, *Cpa Journal*, 63, 72. ss.
- Montgomery, D. C., “*Design and Analysis of Experiments*”, (3rd Ed.), John Wiley Sons, 649 s., 1991.
- Montgomery, D., C. (2001). *Design and Analysis of Experiments*. 5th Ed. John Wiley and Sons, Inc. Arizona.
- Montgomery, D. C., (2001). *Design and analysis of experiments*, 5th Edition, John Wiley, Wiley and Sons, New York, 1-19.
- Montgomery, D.C. (2005). *Design and analysis of experiments*, 6th ed., John Wiley
- Özkurt, Ö. (1999). *Deney tasarımları ve istatistiksel veri analizleri* (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Savaşkan, M., Taptık, Y., & Ürgen, M. (2010). *Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu*. İTÜDERGİSİ/d, 3(6).

- Scheffler, E., (1997). *Statistische Versuchsplanung und -auswertung, Eine Einführung in die Praxis der statistischen Versuchsplanung, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Stuttgart*, ISBN 3-342-00366-9, 1-50. Sons Inc. Newyork. 3-10.
- Ross, P. J., (1989). *Taguchi techniques for quality engineering, loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design*, McGraw-Hill International Book Company, ISBN 0-07-053866-2, 1-66, 167-202.
- Taşgetiren, S., Gökçe, (2009). *Kalite İçin Deney Tasarımı*. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(1), 71-83. Voss, A., D., D. 1999 “*Design and Analysis of Experiments*” Springer, 7-8 Ohio
- Yang W. H., Tarn Y. S., (1998). Design optimization of cutting parameters for turning operations based on the Taguchi method, *Journal of Materials Processing Technology*, 84, 122-129.

ÖZ GEÇMİŞ

Fotoğraf

Çisem Karamert, Artvin İli Hopa İlçesi' nde dünyaya geldi. İlkokul, ortaokul ve lise eğitimini Artvin İli Hopa İlçesi' nde tamamlayan Çisem Karamert Hopa Çok Programlı Lisesi'ni bitirdikten sonra Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi'nden 2010 yılında mezun oldu. Bankacı olarak görev yapan Çisem Karamert iyi derecede İngilizce bilmektedir. (01/08/2021).

İletişim Bilgileri

E mail : cisemkaramert@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2584-6064>