

65851

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

10.2700.0000.112

(DOKTORA TEZİ)

**DOKUMA KUMAŞLARIN GERİLME ALTINDA
KALICI DEFORMASYONU**

Gönül Şengöz

1997 - İZMİR

Kabul ve Onay Sayfası

III

Gönül ŞENGÖZ'ün DOKTORA TEZİ olarak hazırladığı 'DOKUMA KUMAŞLARIN GERİLME ALTINDA KALICI DEFORMASYONU' adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy birliği ile kabul edilmiştir.

18 / 11 / 1997

	Adı soyadı
Başkan;	Prof.Dr.Güngör BAŞER
Üye ;	Prof.Dr.M.Fikri ŞENOL
Üye ;	Prof.Dr.Arif KURBAK

İmza

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24/11/1997
gün ve / 45 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof.Dr.Aydın ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

IV

ÖZET

DOKUMA KUMAŞLARIN GERİLME ALTINDA

KALICI DEFORMASYONU

ŞENGÖZ, Gönül

Doktora Tezi, Tekstil Mühendisliği Bölümü

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Güngör BAŞER

Ekim 1997, 274 sayfa

Deformasyon, sözlük anlamındaki en basit haliyle, şekil değişimi olarak tanımlanmaktadır. Tekstil materyallerinde yapılan deformasyon araştırmaları, son kullanım olan giysi halini de kapsayacak şekilde, üretim aşamalarında yer alan lif, iplik, kumaş ve bunların yarı mamul formlarında, uzun zamandır yapılmaktadır. Temel teorilerin geliştirilmesi ile problemlerin tanımlanması ve özellikle bilgisayar teknolojisinin gelişmesi ile karmaşık problemlerin çözülmesi hızlandığı için, araştırmalar da hızlı bir gelişme göstermektedir.

Dokuma kumaş, günlük yaşantımızda çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalır. Bu kuvvetler basınç, gerilme, çarpma, v.b. şeklinde olabilir. Dokuma kumaş, bir yere kadar bu kuvvetleri bünyesinde absorbe eder ve kuvvet etkisi kalkınca kumaş geriye dönüp eski halini alabilir. Dokuma kumaşın,viskoelastik özelliklere sahip olması ve krip-relaksasyon özellikleri göstermesi, bazı durumlarda, oluşan deformasyonu yenerek geriye dönüp kendi eski halini almasını önler ve kumaşta kalıcı deformasyon meydana gelir. Giysilerde, diz çıkması, dirsek çıkması, cep çıkması, topuk çıkması, kalça (basen) çıkması olarak rastlanan bu durum, dokuma kumaşlarda gerilme altında kalıcı deformasyona birer örnektir. Giysinin görüntüsü bozulduğu ve giysinin günlük kullanımı açısından önem taşıdığı için, bu konu bir kalite faktörü içermektedir ve incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın ilgilendiği deformasyon çeşidi, mamul dokuma kumaşın kullanımı sırasındaki etkileri temsil edecek şekilde, kendi düzlemine dik yönde kuvvete maruz kalan kumaşın, uzaysal deformasyon davranışdır. Bu davranış, model deneylerle analitik olarak incelenmiştir. Dokuma kumaş ile yüzey teması yapan, eğri bir yüzey olan yarım küre, yayılı yük uygulayacak şekilde kumaş düzlemine bastırılmış ve bu etki altında ortaya çıkan gerilmelere karşı kumaşın gösterdiği direnç ve kalıcı deformasyon sonuçları deneysel olarak incelenmiştir.

%100 Pamuk, bezayağı ve mamul haldeki tek bir kumaş çeşidi ile farklı deney cihazı parametreleri denenmiştir. Bu parametreler, kalıp şekli, kalıp boyutu, küre boyutu, bastırma mesafesi, bastırma hızı, bekletme süresi, tekrarlılık, dinlendirme süresi ve tekrerrür olmak üzere dokuz çeşittir. Kalıcı deformasyonu en iyi belirleyen parametreler kombinasyonu, istatistiksel ve grafiksel incelemeler sonucunda belirlenmiştir. Böylece, en uygun test metodunun geliştirilmesi ve standart laboratuvar deneyi haline getirilmesi amaçlanmıştır. Farklı parametrelerin birbirleri ile ilişkileri, regresyon denklemleri ile ortaya konmuş, böylece bir parametrenin diğeri cinsinden ifade edilebilmesi ve hesaplanması güç olan insanın kumaşa uyguladığı kuvvetin belirlenmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma, değişik deformasyon çeşitlerinde viskoelastik özelliklerin kalıcı deformasyona etkilerinin ve bu etkilerin zamana ve basınca bağlı oluşumlarının ve değişimlerinin incelenmesi, kalıcı deformasyon geometrisinin ve mekaniğinin geliştirilerek uygun kullanım performansları sağlayan kumaşın tasarlanmasına veya bir dokuma kumaşın uygun kullanım koşullarının belirlenmesine ışık tutacak pratik bulgular sağlaması açılarından önem taşımaktadır.

Anahtar sözcükler : deformasyon, kalıcı deformasyon, kumaş deformasyonu, deformasyon mekaniği, uzaysal kuvvet, basınç, viskoelastiklik, elastiklik, kalite, deney metodu.

VI

ABSTRACT

PERMENANT DEFORMATION OF WOVEN FABRICS

UNDER STRESS

ŞENGÖZ, Gönül

Ph. D. in Textile Engineering

Super visor : Prof. Dr. Güngör BAŞER

October 1997, 274 pages

Deformation is defined, in its simple meaning in the dictionaries, as a change of form. Researches on the deformation of textile materials have been being carried out for a long time at the stages of the production of fibre, yarn fabric and in their semi-finished forms to include the garment form which is their final use. As progress has been achieved in the definition of problems by development of basic theories and in the solution of complex problems especially by the development of computer technology, researches also show a rapid development.

Woven fabric is subjected to various forces in daily life. These forces may be in the form of pressure, stress, impact, etc. The woven fabric absorbs these forces to some extend and when the action of the force is lifted, the fabric recovers and returns to its old shape. As the woven fabric has the viscoelastic behavior and show creep-relaxation properties, this sometimes prevents the fabric from recovering and taking its original shape by overcoming the deformation occurred and permanent deformation of fabric occurs. This situation encountered in garments as bagging at knees, elbows, pockets, heels, and hips are examples to permanent deformation in woven fabrics under stress. Because the appearance of the garment is affected and also because it is important from the point of view of its daily use, this subject carries a quality factor and thus should be studied.

The type of deformation that this thesis is concerned with is the spatial deformation behavior of the fabric which has been subjected to a force perpendicular to its plane in a way which would simulate the effects during the use of the finished woven fabric. This behavior is studied by the model experiments. A semi-sphere having a curved surface has been pressed against woven fabric surface in contact with it in a manner to apply distributed load, and resistance and permanent deformation in reaction to stresses under this effect have been studied experimentally.

Different test apparatus parameters are tried with only one kind of finished fabric which is 100% cotton, plain weave. These are 9 parameters, namely, shape of the test piece, dimensions of the test piece, dimensions of the sphere, pressing distance, pressing velocity, waiting time, type of test cycle, repeatability, resting time and number of repeats. The combination of parameters which best specifies the permanent deformation is determined by statistical and graphical analyses. By this way, the development of the best responding test method and its conversion to a standard laboratory test were aimed at. The relations between different parameters were derived by the regression equations, thus it was achieved to calculate one parameter in terms of others and the force exerted to the fabric by the human body which is very difficult to calculate.

This work is important from the points of studying the effects of viscoelastic properties upon permanent deformation in different kinds of deformation and how these effects change according to time and pressure, of providing practical findings throwing light upon the design of a fabric achieving suitable performance in use or to the determination of conditions of right use of a woven fabric, by developing a permanent deformation geometry and mechanics.

Key words : deformation, permanent deformation, fabric deformation, deformation mechanics, spatial loading, pressure, viscoelasticity, elasticity, quality, test method.

VIII

TEŞEKKÜR

Tez konumun seçimi ve tezimin yürütülmesini sağlayan danışmanım Sayın Prof.Dr.Güngör BAŞER'e (Dokuz Eylül Üniversitesi), çalışmalarım sırasında birçok yardımlarını gördüğüm Sayın Prof.Dr.M.Fikri ŞENOL'a (Afyon Kocatepe Üniversitesi), deney kumaşımı dokuyan Birteks A.Ş. yöneticilerine, deney kumaşımı mamul hale getiren Ağaoğlu Tekstil A.Ş. yöneticilerine, projemi maddi olarak destekleyen Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Yönetim Kurulu'na ve babam Sayın Ragıp ŞENGÖZ'e teşekkür ederim.

Gönül ŞENGÖZ

İzmir, Ekim 1997

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	XVII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Dokuma Kumaşta Deformasyonun Tanımı	1
1.2. Deformasyon Çeşitleri	2
1.3. Deformasyon Çeşitleri Arasındaki Farklar	5
1.4. Tekstil Materyallerinin Fiziksel Yapısının Deformasyona Etkisi ...	5
1.5. Çalışmanın Önceki Deformasyon Çalışmaları İçindeki Yeri ve Amacı ...	8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	10
2.1. Temel Kavramlar ve Teoriler	10
2.1.1. Temel kavramlar	10

2.1.2. Temel teoriler	26
2.2. Deformasyon Yaklaşımı ile Yapılmış Çalışmalar	34
2.2.1. Hidrostatik kuvvetler etkisindeki deformasyonlar ...	34
2.2.1.1. Patlama mukavemeti cihazında yapılan çalışmalar	34
2.2.1.2. Paraşütlerde yapılan çalışmalar	36
2.2.2. Noktasal kuvvetler etkisindeki deformasyonlar	38
2.2.2.1. Ağlarda yapılan çalışmalar	38
2.2.2.2. Balistik çalışmaları	38
2.2.3. Dökümlülük araştırmalarında kıvrılma başlamazdan önceki bölgenin deformasyonu ..	44
2.2.4. Kumaşın giyimdeki davranışını modelleyen çalışmalar ..	49
2.3. Yüzeysel Uyum Yaklaşımı ile Yapılmış Çalışmalar	59
2.3.1. Oturtma kavramına göre yapılan çalışmalar	59
2.3.2. Bilgisayarda hareketli görüntü elde etmek için yapılan çalışmalar ..	64
2.4. Geometrik Serbestlik	65
2.5. Elastika	65
2.6. Başer'in Yaklaşık Çözümü	69
3. MATERYAL - METOD	76
3.1. Materyal	76
3.1.1. Deney kumaşının tanıtılması	76
3.1.2. Deney cihazının tanıtılması	77

3.2. Metod	78
3.2.1. Deney parametrelerinin seçimi	78
3.2.1.1. Kalıp şekli ve boyutlarının seçimi	78
3.2.1.2. Küre boyutları, küre yüzey yapısı ve merkezlemenin seçimi ..	81
3.2.1.3. Ön deneylerle karar verilmesi gereken parametreler ..	83
3.2.1.3.1. Ön deneyler	83
3.2.1.4. Basturma mesafesinin seçimi	84
3.2.1.5. Hızın seçimi	85
3.2.1.6. Bekletme süresinin seçimi	86
3.2.1.7. Tekrarlılık faktörünün seçimi	86
3.2.1.8. Dinlendirme süresinin seçimi	87
3.2.1.9. Tekerrür sayısının seçimi	87
3.2.2. Deney planı	88
3.2.2.1. I. Grup deneyler	89
3.2.2.2. II. Grup deneyler	90
3.2.2.3. III. Grup deneyler	94
3.2.2.4. IV. Grup deneyler	95
4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ	96
4.1. Deney sonuçları	96
4.1.1. I. Grup deneylerin sonuçları	96
4.1.2. II. Grup deneylerin sonuçları	97
4.1.3. III. Grup deneylerin sonuçları	99
4.1.4. IV. Grup deneylerin sonuçları	100
4.2. Değerlendirme	101
4.2.1. I. Grup deneylerin değerlendirmesi	101
4.2.1.1. İstatistiksel inceleme	101
4.2.1.2. Grafiksel inceleme	132

4.2.2. II. Grup deneylerin değerdendirmesi	153
4.2.2.1. İstatistiksel inceleme	153
4.2.2.2. Grafiksel inceleme	175
4.2.3. III. Grup deneylerin değerdendirmesi	200
4.2.3.1. İstatistiksel inceleme	200
4.2.3.2. Grafiksel inceleme	220
4.2.4. IV. Grup deneylerin değerdendirmesi	238
4.2.4.1. İstatistiksel inceleme	238
4.2.4.2. Grafiksel inceleme	249
4.3. Sonuçların Önceki alışma Sonuçları ile Karşılaştırılması	261
5. GENEL TARTIşMA VE SONUÇ	264
5.1. Genel Tartışma	264
5.2 Genel Sonuç	268
6. ÖNERİLER	273

KAYNAKLAR DİZİNİ

EKLER

- Ek 1 Deney Kumaşının Üretildiği Tezgahın Özellikleri
- Ek 2 Kumaş Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi
- Ek 3 İplik Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi
- Ek 4 Cıvata-Somun ifti Arasındaki Kuvvetin Hesaplanması
- Ek 5 emberdeki Ortalama Basıncın Hesaplanması
- Ek 6 Kalıptaki 3 mm.'lik Hat Üzerindeki Kuvvetin Hesaplanması
- Ek 7 Tekerrürün Belirlenmesi için t-testleri

[illegible]

4.2.2. II. Grup deneylerin değeriendirmesi	153
4.2.2.1. İstatistiksel inceleme	153
4.2.2.2. Grafiksel inceleme	175
4.2.3. III. Grup deneylerin değeriendirmesi	200
4.2.3.1. İstatistiksel inceleme	200
4.2.3.2. Grafiksel inceleme	220
4.2.4. IV. Grup deneylerin değeriendirmesi	238
4.2.4.1. İstatistiksel inceleme	238
4.2.4.2. Grafiksel inceleme	249
4.3. Sonuçların Önceki alışma Sonuçları ile Karşılaştırılması	261
5. GENEL TARTIşMA VE SONUÇ	264
5.1. Genel Tartışma	264
5.2 Genel Sonuç	268
6. ÖNERİLER	273

KAYNAKLAR DİZİNİ

EKLER

- Ek 1 Deney Kumaşının Üretildiği Tezgahın Özellikleri
- Ek 2 Kumaş Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi
- Ek 3 İplik Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi
- Ek 4 Cıvata-Somun ifti Arasındaki Kuvvetin Hesaplanması
- Ek 5 emberdeki Ortalama Basıncın Hesaplanması
- Ek 6 Kalıptaki 3 mm.'lik Hat Üzerindeki Kuvvetin Hesaplanması
- Ek 7 Tekerrürün Belirlenmesi için t-testleri

- Ek 8 I. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları
- Ek 9 II. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları
- Ek 10 III. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları
- Ek 11 IV. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları
- Ek 12 Bastırma Mesafesi Farkları
- Ek 13 Başer'in Uzama Varsayımına Dayalı Bilgisayar Programı
- Ek 14 Başer'in Eğilme Varsayımına Dayalı Bilgisayar Programı
- Ek 15 Başer'in Uzama+Eğilme Varsayımına Dayalı Bilgisayar Programı (Kısıt : %50 İplik Yassılması)

ÖZGEÇMİŞ



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>SAYFA</u>
1.1 : Kumaşın Farklı Kuvvet Algılayış Tarzları.....	
(Amirbayat and Hearle, 1989).....	3
1.2 : (a) Tek Bir Lifin Doğal Kıvrımları ;	
(b) Her Lifin İplik İçinde Bir Helis Eğrisini Takip Edişi ;	
(c) Dokuma Kumaş Halinde İpliğin Kendisinin Aldığı Kıvrım ;	
(d) Kumaşın Çapraz Olarak Bir Silindire Sarılması	
(Chapman ve Hearle, 1972).....	7
2.1 : Histerisis eğrileri.....	12
2.2 : Elastika teorisinin yüzeyde temsili (Lloyd, 1980).....	19
2.3 : Bir yüzey elemanına etki eden kuvvet ve momentler	
(Lloyd, 1980).....	20
2.4 : Bezayağı Örgüde Toplam Kayma Deformasyonu.....	
(Kawabata et al., 1973).....	21
2.5 : (a) Sadece kayma ; (b) Basit kayma ; (c) Kaymanın genel gösterilişi	
(Hearle et al., 1969).....	21
2.6 : (a) Kuvvet uygulaması sonucunda kaymanın basit gösterilişi	
(b) Kumaş kaymasındaki kuvvetlerin şematik gösterilişi	
(Hearle et al., 1969).....	22
2.7 : Atkı ve çözgü ipliklerinin sembolik kayma deformasyonları	
(a) Deforme olmamış durum ; (b) Deforme olmuş durum.....	
(Kawabata et al., 1973).....	23
2.8 : Tek bir kesişme birimine etki eden kuvvetler	
(Kawabata et al., 1973).....	23
2.9 : Verev yöndeki %15 limit uzamaya denk gelen 19 ⁰ 'lik kayma	
(Postle and Norton, 1988)	25
2.10 : İki boyutlu sürekli yapının sonlu eleman modeli (Lloyd, 1980)	25
2.11 : Peirce'ın Eğilebilen İplik Modeline Göre İdeal Kumaş Geometrisi	
(Peirce, 1937).....	27
2.12 : Eğri bir kumaş yüzeyi (Womersley, 1937).....	28

2.13 : Kumaşta Oluşan Kuvvetler (Womersley, 1937)	30
2.14 : Euclid uzayında eğimli koordinat sistemi (Postle and Norton, 1988)	33
2.15 : Model ile Çizdirilen İpliklerin Gidiş Yolu Eğrilerinin Küreyi Saran Kumaşın Üzerindeki Görüntü ile Karşılaştırılması (Van West et al., 1990)	34
2.16 : Schopper cihazının kabul tarzı (Sommer, 1941)	35
2.17 : Patlatma mukavemeti ölçüm cihazında deformasyon modeli (DIN 53861, 1970)	35
2.18 : Patlama Deneyi Sonrasında : (a) Üç-eksenli kumaş, (b) İki-eksenli kumaş (Scardino and Ko, 1981)	36
2.19 : Kumaş geometrisi ve iplik kesitlerinin değişimi (Ericksen et al., 1992)	37
2.20 : Ağın Sembolik Darbe Noktası (Shanks, 1979)	39
2.21 : Ağın Sembolik Darbe Noktası (Leech, 1980)	39
2.22 : (a) Naylon Bir Kumaşa Mermi Vurduğu Zaman Oluşan Uzama Diyagramı (b) Naylon Bir Kumaşa Mermi Vurduğu Zaman Oluşan Enerji Diyagramı (Roylance et al., 1973)	40
2.23 : Kesişimlerdeki dalga yayılması (Leech, 1980)	41
2.24 : Merminin Saplanması ile Kumaşın Çamur Üzerinde Oluşturduğu Şekil (Montgomery et al., 1982)	42
2.25 : Merminin Kumaşta Oluşturduğu Deformasyonun Şekli (Cunniff, 1992)	43
2.26 : Sonlu Eleman Analizi için mermi saplandığı zaman oluşan konik şekil (Lloyd, 1980)	44
2.27 : Üç yönlü eğilmesi olan kumaşın tepe kısımları (Amirbayat ve Hearl, 1986) (Fleissig, 1968) ..	46
2.28 : Kumaşın kuvvet haritası (Amirbayat ve Hearl, 1986)	47
2.29 : Üç yönlü eğilmiş bir yüzeyin geometrisi (Amirbayat ve Hearl, 1986)	48
2.30 : Çalışma prensibi (Wegener and Scoulidis, 1967)	50
2.31 : Eğrilik testi deney düzeneği (Wegener ve Scoulidis, 1967)	50
2.32 : Unateks aleti (Fleissig, 1968)	50
2.33 : Kürenin Herhangi Bir Bastırma Anındaki Durumu (Fleissig, 1968)	52
2.34 : Teorik İnceleme (Fleissig, 1968)	53
2.35 : Kolda deformasyon oluşturan aparat (Grünwald and Zöll, 1973)	54
2.36 : Moire Topografi sistemi (Yokura et al., 1986)	55

2.37 : Çubuk Elemanlar Arasında Kayma Deformasyonuna Göre Ortaya Çıkan Kuvvet Çiftleri (Bassett and Postle, 1990).....	56
2.38 : Kürenin Dörtte Birine Sarılı Olan Kumaş (Bassett and Postle, 1990)	58
2.39 : Trellis cihazında kumaşın kayma davranışının şematik görünüşü (Postle and Norton, 1991)	61
2.40 : Çözgü ve Atkı Kesişmelerinin Değişimi..... (Mack ve Taylor, 1956).....	61
2.41 : Kumaşın Saracağı Yüzey (Mack and Taylor, 1956).....	62
2.42 : Farklı Matematiksel İlişkilere Göre Döner Yüzeye Oturtulan Kumaş (Mack ve Taylor, 1956).....	62
2.43 : a) Kürenin Sarılışı ; b) Kalıbın Açık Görünüşü ; c) Kalıbın Birleştirilmiş Hali (Heisey et al., 1990)	64
2.44 : Kumaş İçindeki İplik Kıvrımlarının Elastika Eğrisi..... (Başer, 1982)	66
2.45 : Elastika Eğrisinin Kumaşın Eğilmesi ile Değişmesi (Skelton and Schopee, 1976).....	66
2.46 : Eğilmiş Kumaş Kesiti (Skelton and Schopee, 1976)	67
2.47 : Eğilmiş Kumaş Kesiti (Amirbayat and Hearle, 1989)	67
2.48 : Model Bir Monofilament Kumaşa : (a) Eğilmeden önce ; (b) Eğilmeden sonraki Kumaş Yapısı (Skelton and Schopee, 1976)	68
2.49 : İplik Yüzeyindeki Bir Lifin Helisi (Skelton and Schopee, 1976) ..	68
2.50 : Kumaş İçindeki İplik Kıvrımından Dolayı İplik Yüzeyindeki Lif Helisinin Durumu (Skelton and Schopee, 1976).....	69
2.51 : Deforme edilecek kare kumaş kalıbının üstten görünüşü.....	70
2.52 : Bilgisayar programının esasını teşkil eden geometrik yaklaşımlar (a) : Bastırma kuvvetinin dağılışı..... (b) : Deformasyondan sonra dik kesitteki durum (c) : Deformasyondan önce ve sonra arasında karşılaştırma (üstten görünüş)	71
2.53 : Peirce (1937) yaklaşımı ile kumaş geometrisi	73
2.54 : Geometrik kabul.....	73
2.55 : Başer'in (1989) yaklaşık teorisine göre geometrik kabul.....	74
3.1 : Deneylerde kullanılan kalıplar	82
3.2 : Deneylerde kullanılan küreler.....	83
3.3 : Bekletmede yük düşüşü (Ön deneylerde)	87
3.4 : Bir deneyin yapılışı	89

4.1 : Bastırma yükü-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi	106
4.2 : 1 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi	109
4.3 : 48 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi	112
4.4 : Bastırma yükü-1 saat sonra kalıcı deformasyon ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	121
4.5 : Bastırma yükü-48 saat sonra kalıcı deformasyon ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	122
4.6 : Bastırma yükü-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	125
4.7 : 1 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	128
4.8 : 48 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	130
4.9 : Ortalama fark değeri ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre diyagramı	131
4.10 : %fark değeri-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi	132
4.11 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 20 mm/d'da incelenmesi	133
4.12: Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 30 mm/d'da incelenmesi	134
4.13 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 60 mm/d'da incelenmesi	135
4.14 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 120 mm/d'da incelenmesi	136
4.15 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 180 mm/d'da incelenmesi	137
4.16 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 20 mm/d'da incelenmesi	138
4.17 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 30 mm/d'da incelenmesi	139
4.18 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 60 mm/d'da incelenmesi	140
4.19 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim	

katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 120 mm/d'da incelenmesi.....	141
4.20 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 180 mm/d'da incelenmesi.....	142
4.21 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hızı göre bastırma mesafesi 2.3 mm.'de incelenmesi.....	143
4.22 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hızı göre bastırma mesafesi 3.6 mm.'de incelenmesi.....	144
4.23 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hızı göre bastırma mesafesi 4.9 mm.'de incelenmesi.....	145
4.24 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hızı göre bastırma mesafesi 6.2 mm.'de incelenmesi.....	146
4.25 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hızı göre bastırma mesafesi 7.5 mm.'de incelenmesi.....	147
4.26 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 2.3 mm.'de incelenmesi.....	148
4.27 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 3.6 mm.'de incelenmesi.....	149
4.28 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 4.9 mm.'de incelenmesi.....	150
4.29 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 6.2 mm.'de incelenmesi.....	151
4.30 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 7.5 mm.'de incelenmesi.....	152
4.31 : Bastırma yükü ile kalıcı deformasyon arasındaki ilişkinin nonlineer regresyon eğrisi.....	173
4.32 : Bastırma yükü ile toplam deformasyon arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi.....	174
4.33 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre diyagramı.....	176
4.34 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre diyagramı.....	177
4.35 : Bastırma yükü - bastırma mesafesi - bastırma yöntemi grafiği	178

4.36 : Bastırma yükü - bastırma yöntemi - bastırma mesafesi grafiği	178
4.37 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği.....	180
4.38 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre grafiği.....	181
4.39 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bekletme yöntemine göre grafiği.....	182
4.40 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının dinlendirme süresine göre grafiği.....	183
4.41 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - bastırma yöntemi grafiği	184
4.42 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - bekletme çeşidi grafiği	184
4.43 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - dinlendirme süresi grafiği	185
4.44 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - bastırma mesafesi grafiği	186
4.45 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - bekletme çeşidi grafiği	186
4.46 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - dinlendirme süresi grafiği	187
4.47 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma mesafesi grafiği	187
4.48 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma yöntemi grafiği	188
4.49 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - dinlendirme süresi grafiği	188
4.50 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma mesafesi grafiği	189
4.51 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma yöntemi grafiği	190
4.52 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bekletme çeşidi grafiği	190
4.53 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre grafiği.....	191
4.54 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının bekletme çeşidine göre grafiği.....	192
4.55 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının dinlendirme süresine göre grafiği.....	193
4.56 : Toplam deformasyon - bastırma yöntemi - bekletme çeşidi grafiği	194
4.57 : Toplam deformasyon - bastırma yöntemi - dinlendirme süresi grafiği.....	194
4.58 : Toplam deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma yöntemi grafiği	195
4.59 : Toplam deformasyon - bekletme çeşidi - dinlendirme süresi grafiği	195
4.60 : Toplam deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma yöntemi grafiği.....	196
4.61 : Toplam deformasyon - dinlendirme süresi - bekletme çeşidi grafiği	197

4.62 : Bastırma yükü ile üç dakika sonraki yükün grafiği.....	197
4.63 : Bastırma yükü ile üç dakika sonra yükün ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre grafiği	198
4.64 : Bastırma yükü ve üç dakika sonra yükün ve değişim katsayılarının bastırma yöntemine göre grafiği.....	199
4.66 : Bastırma yükü ile kalıcı deformasyon arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi	220
4.67 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği.....	221
4.68 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının şekile göre grafiği	222
4.69 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği	223
4.70 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği	224
4.71 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği.....	225
4.72 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının kalıp şekline göre grafiği.....	226
4.73 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği.....	227
4.74 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği.....	228
4.75 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve şekile göre değişimi	239
4.76 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve kalıp boyutuna göre değişimi.....	230
4.77 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve küre boyutuna göre değişimi.....	230
4.78 : Kalıcı deformasyonun şekil ve bastırma mesafesine göre değişimi	231
4.79 : Kalıcı deformasyonun şekil ve kalıp boyutuna göre grafiği	232
4.80 : Kalıcı deformasyonun şekil ve küre boyutuna göre grafiği.....	232
4.81 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve bastırma mesafesine göre grafiği.....	233
4.82 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve şekle göre grafiği	234
4.83 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği	234
4.84 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve bastırma mesafesine göre grafiği.....	235
4.85 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve şekile göre grafiği.....	236
4.86 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve kalıp boyutuna göre grafiği.....	237
4.87 : Delme yükü ile maksimum bastırma mesafesi arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi	249
4.88 : Delme yükü ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği ..	250

4.89 : Delme yükü ve değişim katsayısının şekle göre grafiği	251
4.90 : Delme yükü ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği.	252
4.91 : Delme mesafesi ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği	253
4.92 : Delme mesafesi ve değişim katsayısının şekle göre grafiği.....	254
4.93 : Delme mesafesi ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği	255
4.94 : Delme yükünün kalıp boyutu ve şekle göre grafiği.....	256
4.95 : Delme yükünün kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği	256
4.96 : Delme yükünün şekil ve kalıp boyutuna göre grafiği.....	257
4.97 : Delme yükünün şekil ve küre boyutuna göre grafiği	257
4.98 : Delme yükünün küre boyutu ve kalıp boyutuna göre grafiği	258
4.99 : Delme yükünün küre boyutu ve şekle göre grafiği	258
4.100 : Delme mesafesinin kalıp boyutu ve şekle göre grafiği	259
4.101 : Delme mesafesinin kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği	259
4.102 : Delme mesafesinin şekle ve kalıp boyutuna göre grafiği.....	260
4.103 : Delme mesafesinin şekle ve küre boyutuna göre grafiği	260
4.104 : Delme mesafesinin küre boyutu ve kalıp boyutuna göre grafiği	261
4.105 : Delme mesafesinin küre boyutu ve şekle göre grafiği	261

XVII

TABLolar DİZİNİ

<u>TABLO</u>	<u>SAYFA</u>
1.1 : Deformasyon çeşitleri (Konopasek, 1980).....	4
3.1 : Kullanılan Kumaşın Teknik Özellikleri.....	77
3.2 : Kumaşta Kullanılan İpliğin Teknik Özellikleri.....	77
3.3 : Daire Çapına Göre Kumaş Alanı.....	80
3.4 : Kare Kenarına Göre Kumaş Alanı.....	81
3.5 : II. Grup Deneylerin Tablosu.....	93
4.1 : Dinlendirme Süresi Faktörünün Ardışık Rakamları.....	97
4.2 : Zaman Faktörünün Ardışık Rakamları.....	97
4.3 : Tekrarlılık Faktörünün Değişik Yöntemlerini Gösteren Sıra Numaraları.....	98
4.4 : Bastırma Mesafesi Faktörünün Ardışık Rakamları.....	98
4.5 : Küre Faktörünün Ardışık Rakamları.....	99
4.6 : Boyut faktörünün ardışık rakamları.....	100
4.7 : Şekil Faktörünün Ardışık Rakamları.....	100
4.8 : Hız Faktörünün Ardışık Rakamları.....	101
4.9 : Bastırma Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi.....	102
4.10 : 1 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi	102
4.11 : 48 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi	102
4.12 : Çoklu Varyans Analizlerinin Sonuçlarının Toplu Tablosu.....	103
4.13 : Bastırma Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	105
4.14 : 1 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	108
4.15 : 48 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	110
4.16 : Analiz Sonuçlarının Toplu İncelenmesi.....	113
4.17 : Bastırma Yüğü İçin Yapılan Varyans Analizi.....	113
4.18 : 1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Yapılan Varyans Analizi	114

4.19 :	48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Yapılan Varyans Analizi	114
4.20 :	Analiz Sonuçların Toplu Tablosu	114
4.21 :	Bastırma Yüğü İçin Bastırma Hızına Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	115
4.22 :	1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Hızına Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	116
4.23 :	48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Hızına Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	118
4.24 :	Bağımlı Değişkenlerin Korelasyon Katsayıları	119
4.25 :	Bastırma Yüğü-1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İlişkisinin Tek Değişkenli Varyans Analizi	120
4.26 :	Bastırma Yüğü-1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	120
4.27 :	Bastırma Yüğü-48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İlişkisinin Tek Değişkenli Varyans Analizi	121
4.28 :	Bastırma Yüğü-48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	122
4.29 :	Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	123
4.30 :	Bastırma Yüğü-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	125
4.31 :	1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	126
4.32 :	1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	127
4.33 :	48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesi Açısından Tek Değişkenli Varyans Analizi	128
4.34 :	48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	129
4.35 :	Bastırma Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi	154
4.36 :	Bastırma Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi	154
4.37 :	Bastırma Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi	156
4.38 :	Bastırma Yüğü İçin Bastırma Yönteme Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	156
4.39 :	Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	157
4.40 :	Bastırma Yüğü-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer Regresyon Analizi	157

4.41 : Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi.....	159
4.42 : Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	160
4.43 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	160
4.44 : Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesine İlişkisinin Nonlinear Regresyon Analizi.....	161
4.45 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	161
4.46 : Kalıcı Deformasyon İçin Bekletme Çeşidine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	162
4.47 : Bekletme Çeşidi İçin t-testi.....	162
4.48 : Bekletme Çeşitleri İçin Korelasyon Analizi.....	162
4.49 : Kalıcı Deformasyon İçin Dinlendirme Süresine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	162
4.50 : Dinlendirme Süresi Çeşitleri İçin t-testi.....	163
4.51 : Dinlendirme Süresi Çeşitleri İçin Korelasyon Analizi.....	163
4.52 : Toplam Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi.....	165
4.53 : Toplam Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	165
4.54 : Toplam Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	166
4.55 : Toplam Deformasyon İçin Bekletme Yöntemine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	166
4.56 : Bekletme Yöntemi İçin t-testi.....	167
4.57 : Bekletme Yöntemi İçin Korelasyon Analizi.....	167
4.58 : Toplam Deformasyon İçin Dinlendirme Süresine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	167
4.59 : Dinlendirme Süresi İçin t-testi.....	167
4.60 : Dinlendirme Süreleri İçin Korelasyon Katsayıları.....	168
4.61 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 3.6 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	169
4.62 : Bastırma Mesafesi 3.6 mm. İçin t-testi.....	169
4.63 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 4.9 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	169
4.64 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 6.2 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	170
4.65 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 7.5 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	170

4.66 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	172
4.67 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Nonlinear Regresyon Analizi	172
4.68 : Bastırma Yüğü İçin Toplam Deformasyona Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	173
4.69 : Bastırma Yüğü İçin Toplam Deformasyona Göre Nonlinear Regresyon Analizi	173
4.70 : Bastırma Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi	201
4.71 : Bastırma Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi	202
4.72 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	202
4.73 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Nonlinear Regresyon Analizi	203
4.74 : Bastırma Yüğü İçin Şekle Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	203
4.75 : Şekil İçin t-testi	203
4.76 : Şekil İçin Korelasyon Analizi	203
4.77 : Bastırma Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	204
4.78 : Bastırma Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlinear Regresyon Analizi	204
4.79 : Bastırma Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	204
4.80 : Bastırma Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Nonlinear Regresyon Analizi	205
4.81 : Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi	207
4.82 : Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi	207
4.83 : Kalıcı Deformasyon İçin Şekil Uzaklaştırıldıktan Sonra Çoklu Varyans Analizi	208
4.84 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	209
4.85 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Nonlinear Regresyon Analizi	209
4.86 : Kalıcı Deformasyon İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	209
4.87 : Kalıp Boyutları İçin Korelasyon Analizi	210
4.88 : Kalıcı Deformasyon İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlinear Regresyon	

Analizi.....	210
4.89: Kalıcı Deformasyon İçin Küre Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	210
4.90 : Kalıcı Deformasyon İçin Küre Boyutuna Göre Nonlineer Regresyon Analizi.....	211
4.91 : İptallerden Sonra Oluşan Yeni Kombinasyonlar.....	213
4.92 : Bastırma Yüğü İçin Yeni Sıralamaya Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	214
4.93 : Kalıcı Deformasyon İçin Yeni Sıralamaya Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	214
4.94 : Yeni Sıralama İçin Yüğe Göre Korelasyon Analizi.....	215
4.95 : Yeni Sıralama İçin Kalıcı Deformasyona Göre Korelasyon Analizi	216
4.96 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	217
4.97 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	218
4.98 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	219
4.99 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Nonlineer Regresyon Analizi.....	219
4.100 : Delme Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi.....	239
4.101 : Delme Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	239
4.102 : Delme Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi.....	240
4.103 : Delme Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	240
4.104 : Delme Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer Regresyon Analizi.....	241
4.105 : Delme Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	241
4.106 : Delme Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Nonlineer Regresyon Analizi.....	241
4.107 : Delinme Mesafesine Göre Çoklu Varyans Analizi.....	243
4.108 : Delinme Mesafesi İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi.....	243
4.109 : Delinme Mesafesi İçin Çoklu Varyans Analizi.....	244
4.110 : Delinme Mesafesi İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi.....	244
4.111 : Delinme Mesafesi İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer Regresyon	

Analizi.....	245
4.112 : Delinme Mesafesi İçin Şekle Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	245
4.113 : Şekil İçin t-testi.....	246
4.114 : Şekil İçin Korelasyon Analizi.....	246
4.115 : Delme Yüğü İçin Delinme Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi	247
4.116 : Delme Yüğü İçin Delinme Mesafesine Göre Tek Değişkenli Regresyon Analizi.....	248
4.117 : Deney Sonuçlarının Bilgisayar Programı İle Elde Edilen Sonuçlar İle Karşılaştırılması.....	263



1. GİRİŞ

Deformasyon, sözlük anlamındaki en basit haliyle, şekil değişimi olarak tanımlanmaktadır. Şekil değişiminin ne kadar olduğu, nereye kadar gidebildiği, hangi noktaya kadar gidip geri döndüğünde eski halini alabildiği, hangi noktaya kadar gidip geri dönemeyip belli bir uzama gösterdiği, o noktaya gidinceye kadar materyal yapısında değişiklik olup olmadığı, v.b. temel mühendislik çalışmalarının hep ana konuları olmuştur. Bu konular üzerinde birçok araştırmalar yapılmış ve halen de bu araştırmalar devam etmektedir. Deformasyonu incelenen materyal, günlük yaşantıda insan ihtiyaçlarına hizmet eden her çeşit madde olabilir ki bu amaçla uzay araştırmalarından gıda araştırmalarına kadar çok geniş bir yelpaze, temel mühendislik çalışmalarının uygulama alanına girmektedir.

Tekstil materyallerinde yapılan deformasyon araştırmaları, son kullanım olan giysi halini de kapsayacak şekilde, üretim aşamalarında yer alan lif, iplik, kumaş ve bunların yarı mamul formlarında, uzun zamandır yapılmaktadır. Birçok önemli nokta aydınlatıldığı halde, daha üzerinde çalışılması gereken birçok noktalar vardır. Temel teorilerin geliştirilmesi ile problemlerin tanımlanması ve özellikle bilgisayar teknolojisinin geliştirilmesi ile karmaşık problemlerin çözülmesi hızlandığı için, araştırmalar da hızlı bir gelişme göstermektedir.

1.1 Dokuma Kumaşta Deformasyonun Tanımı

Dokuma kumaş, günlük yaşamımızda çeşitli kuvvetlerin etkisi altında kalır. Bu kuvvetler basınç, gerilme, çarpma, v.b. şeklinde olabilir. Dokuma kumaş, bir yere kadar bu kuvvetleri bünyesinde absorbe eder ve kuvvet etkisi kalkınca kumaş geriye dönüp eski halini alabilir. Dokuma kumaşın, daha sonra detaylı olarak görüleceği üzere, viskoelastik özelliklere sahip olması ve krip-relaksasyon özellikleri göstermesi, bazı durumlarda, oluşan deformasyonu yenerek geriye dönüp eski halini almasını önler, kumaşta kalıcı deformasyon oluşur.

Giysilerde, en çok, diz çıkması, dirsek çıkması, cep çıkması, topuk çıkması, kalça (basen) çıkması olarak rastlanan bu durum, dokuma kumaşlarda gerilme altında kalıcı deformasyona en güzel örneklerdir. Kuvvet uygulandıktan sonra kumaş, boyutsal sabitliğini kaybetmekte ve geriye dönemeyerek bombe şeklinde kalıcı deformasyon meydana gelmektedir. Giysinin görüntüsü bozulduğu ve bu giysinin günlük kullanımı açısından önem taşıdığı için, bu konu bir kalite faktörü

içermektedir ve incelenmesi gerekmektedir. Dokuma kumaşın kalıcı deformasyon davranışı, materyalin lif özelliklerine bağlı olduğu kadar iplik çapı, kumaşın sıklığı ve örgüsü gibi kumaşın konstrüksiyon özelliklerine de bağlıdır.

1.2 Deformasyon Çeşitleri

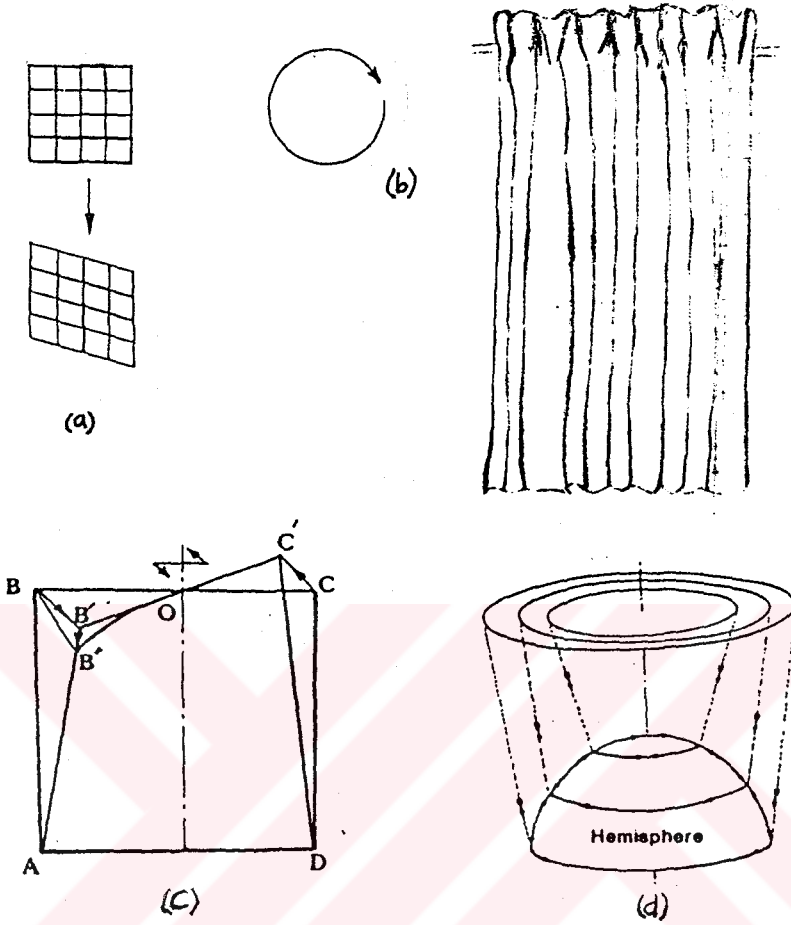
Kumaş günlük kullanımda farklı deformasyonlara uğrayabilir. Şekil 1'de kumaşın farklı kuvvet algılayış tarzları aşağıdaki sıralama ile gösterilmiştir :

a) Düzlemsel deformasyonlar, başlangıçta düz olan bir kumaşın kendi düzleminde deforme olması şeklindedir. Kuvvet etki edince kumaşın her noktası, kuvveti aynı tarzda algılamakta, aynı tarzda şekil değiştirmekte ve basit kaymadan sonra her noktanın geriye dönüşü aynı miktarda olmaktadır. Kumaş düzlemine dik herhangi bir yer değiştirmenin görülmediği durumdur (Şekil 1.1(a)).

b) Kumaş, kendi düzlemine dik yönde yer değiştirmekte ve tek eğrilik (curvature) alacak şekilde kıvrılmaktadır. Kıvrılma (buckling), döküm (drape), giysi halinde iken kumaşın aldığı ve kaybettiği şekiller, bir perdenin aldığı ve kaybettiği şekiller, kumaşın rulo yapılması ve açılması bu tarz incelemelere en güzel örnekleri teşkil etmektedirler (Şekil 1.1(b)).

c) Kuvvet çiftinin etkisi ile (moment) kumaşın burkulması çeşidindeki deformasyonda, (a) ve (b) şıklarına göre farklı bir durum vardır, çünkü onlarda inceleme alanındaki kumaşın her noktası aynı kuvveti algılayıp aynı yer değiştirmeyi gösterirken, burada kumaşın her noktası farklı kuvvet algılayıp farklı yer değiştirme göstermektedir, geri dönüş tam olmaktadır (Şekil 1.1(c)).

d) Kumaşın kendi düzlemine dik bir kuvvet altında zorlanması ve geri dönüşünün tam olmadığı deformasyon çeşidinde ise, bir miktar kalıcı uzama gözlenmektedir. Bu çeşitte de, inceleme alanındaki kumaşın her noktası farklı kuvvet algılayıp farklı yer değiştirme göstermektedir. Hidrostatik ve noktasal kuvvetler etkisindeki, dökümlülük araştırmalarında kıvrılma başlamazdan önceki bölgedeki, giysinin diz, dirsek, kalça, cep, topuk, basen bölgelerindeki deformasyonlar bu çeşide en güzel örneklerdir. İleriki bölümlerde bu örnekler üzerinde detaylı olarak durulacaktır (Şekil 1.1(d)) (Amirbayat ve Hearle, 1989; Lloyd, 1980).



Şekil 1.1 : Kumaşın Farklı Kuvvet Algılayış Tarzları
(Amirbayat and Hearle, 1989)

Konopasek'e (1980) göre, sürekli yapı modellerinde deformasyon çeşitleri altı tanedir (Tablo 1.1). Bağımlı geometrik değişken sayısı ile bağımsız geometrik değişken sayısı, sırası ile, yatayda ve dikeyde belirtilmiştir. Bunların meydana getirdiği kesişmelerde deformasyon çeşitleri ortaya çıkmaktadır.

Başka araştırmacılar dokuma kumaşlardaki deformasyonu, oturtma kavramı içinde ele almışlardır. Oturtma kavramı (fit), bir küreyi, atkı ve çözgü ipliklerinin nasıl sarabileceğinin belirlenmesi için ipliklerin farklı hareketlerinin matematiksel olarak tanımlanmasıdır (Mack and Taylor, 1956). Oturtma kavramı, daha sonraları, en çok giysi kalıpcılığı alanında kullanılmıştır, çünkü vücut yapısındaki, kürenin belli bir kısmı gibi olan çift eğrilikli yüzeyleri, düzlemsel bir yapıya sahip olan kumaşın,

Tablo 1.1 : Deformasyon çeşitleri (Konopasek, 1980)

Bağımlı Geometrik Değişken Sayısı					
1	2	3			
1.1 Lif ve ipliklerin gerilme uzamaları	1.2 Lif ve ipliklerin düzlemsel eğilme deformasyonları	1.3 Liflerin ve ipliklerin uzaysal eğilme ve dönme deformasyonları	1	B a ğ ı m s ı z	G e o m e t r i k
	2.2 Kumaşların düzlemsel gerilme ve kayma deformasyonları	2.3 Kumaşların uzaysal gerilme, kayma ve eğilme deformasyonları	2	D e ğ i ş k e n	
		3.3 Lif ve lif topluluklarının uzaysal karmaşık deformasyonları	3	S a y ı s ı	

gerilimsiz ve tam sarabilmesi için nasıl bir yaklaşım yapılacağının belirlenmesi giysi kalıpcılığının konusudur. Ayrıca, bu yaklaşım bilgisayarda hareketli görüntüler elde edip bir eteğin veya bir bayrağın uçuşması olaylarının ekranda gerçekleştirilmesi konularında kullanılmıştır. Bu farklı yaklaşım daha ileride detaylı olarak anlatılacaktır.

1.3 Deformasyon Çeşitleri Arasındaki Farklar

Değişik deformasyon kavramları, mekanğin mukavemet dalı açısından farklılıklar göstermektedirler. Düzlemsel haldeki deformasyonların incelendiği Şekil 1.1(a)'da, materyalin elastik bölgesinde bulunmaktadır. Şekil 1.1(b)'nin, bundan farkı, kumaşın kendi kendine bir şekil alması, ona belli bir şeklin serbestçe verilmesidir. Belli şekil verilirken kumaş elastik bölgede bulunmaktadır, çünkü zorlanma söz konusu değildir. Şekil 1.1(c)'de, bir kuvvet çifti uygulanmaktadır, fakat kumaşa oluşturduğu deformasyon etkisi yine elastik bölgede oluşan tarzıdır. Şekil 1.1(d)'de ise, kumaşın serbest bir davranışı söz konusu değildir. Kumaş, düzlemine dik bir kuvvet tarafından zorlanmaktadır. Bu çeşit, materyalin kalıcı deformasyon bölgesinde yer almaktadır.

(a), (b) ve (c) şıklarında kumaşın geri dönüşü tam olduğu halde, (d) şıkında geri dönüş tam olmayıp belli bir kalıcı uzama söz konusudur. (d) şıkında, materyalin sürtünme ve viskoelastik özelliklerinin kendilerini göstermeye başladığı gözlenmektedir.

Dokuma kumaş, onu meydana getiren çözgü ve atkı iplikleri birbirlerine dik olacak şekilde üretilmektedir. Deformasyonun dört çeşidinde de, çözgü ve atkı iplikleri arasındaki açı 90^0 'den farklı bir değeri almaktadır; çünkü daha sonra üzerinde durulacağı gibi, kayma kuvvetleri etki etmektedir.

Her deformasyon çeşidinde çözgü ve atkı iplikleri birbirlerine göre paralel konumlarını korudukları halde, oturtma kavramı içinde, çözgü ve atkı iplikleri, üzerinde bulundukları çift eğrilikli yüzeyi saracak şekilde yön değiştirirler; yani çift eğrilikli yüzeyi sarabilmesi için bir ipliğin gitmesi gereken yol matematiksel olarak tanımlanmıştır. İpliğin, kumaş içinde böyle bir eğri çizerek şekilde yol katetmesi veya bu şekilde üretilmesi olanaksızdır; bu kavramsal bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, ileri uygulamalarda, tanım ve simülasyon için gereklidir.

1.4 Tekstil Materyallerinin Fiziksel Yapısının Deformasyona Etkisi

Temel mühendislik çalışmaları genelde, sürekli yapılar (continua, continuum) için yapılmaktadır, fakat tekstil materyalleri kesikli yapıdadırlar. Bir iplik tek tek liflerden, bir kumaş tek tek ipliklerden ve iplik kesişmelerinden meydana gelmektedir; bunların her biri farklı karakterdedir. Ancak, teorilerin yetersiz kalmasından dolayı, iplik ve

kumaş, sürekli yapılar olarak kabul edilip incelenmektedirler. Araştırmalar sonucunda gerçeğe yakın matematiksel tanımlamalar yapılabilmektedir; fakat tekstil materyali gibi kesikli yapılara uygulanabilecek teorilerin geliştirilmesine şiddetle ihtiyaç olduğunu belirtmektedirler (Shanahan et al., 1978).

Tekstil materyalinin fiziksel yapı varsayımları şu şekilde açıklanabilir:

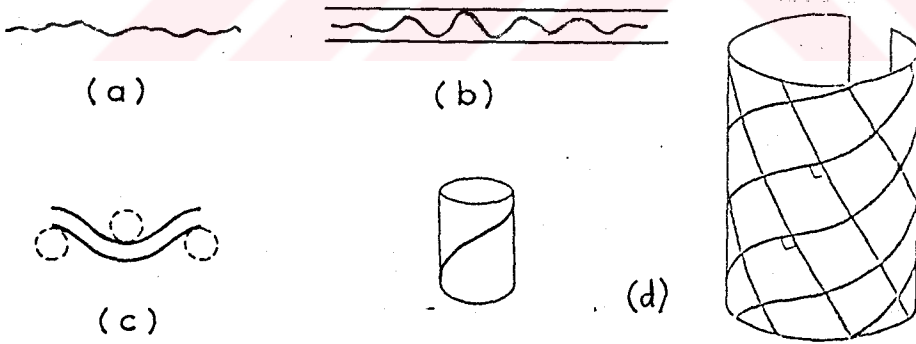
Gerek doğal gerekse sentetik liflerin kuvvet altında gösterdiği davranış birçok araştırmaya konu olmuştur. Mikro yapılarında oldukça karmaşık deformasyon davranışı gösteren lifler, iplik halini alınca makro yapıya (Lloyd, 1980) geçerler ve olay biraz daha karmaşılaşmaya başlar, çünkü kesikli yapıda bulunan lifler bir araya gelerek doğrusal sürekli bir yapı oluştururlar. Herhangi bir sürekli yapıda da moleküler yapıyı oluşturan küçük partiküller vardır; fakat tekstil materyallerinde, bunların çok büyük katları kadar makro yapılar bulunmaktadır. Bu da sürekli yapı kavramının kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin, uzama oranının ölçümü için iki nokta arasındaki mesafe, sürekli yapılarda oldukça küçük alınabildiği halde, tekstil materyalinin makro yapısından dolayı, alınabilecek en küçük yapıda bile gene birkaç makro yapı bulunabilmektedir, bu da materyaldeki uzama oranının sabit yayıldığı konusunda şüphe uyandırmaktadır. Burada önemli olan, hangi büyüklüğe kadar tekstil materyalinin sürekli yapı olarak kabul edileceği, hangi büyüklükten sonra kesikli yapı olarak kabul edip farklı model uygulanması gerektiğidir. Kesikli halden doğrusal sürekli yapıya geçiş, lifleri bir arada tutan büküm olayının eklediği iç basınçlar, lifler arasında oluşan sürtünme kuvvetleri, iplikteki deformasyon olayını karmaşılaştıran faktörlerin başlıcalarıdır.

İplikler, kumaş halini alınca, olay biraz daha karmaşılaşır; çünkü iplikler, makro yapının gereği, başka iplikler ile kesişir. Kesişme, ipliklerin birbiri üzerinden ve altından geçmesi şeklindedir ki, bu hareket yatay ve dikey yönde devamlı tekrar şeklinde olur; böylece düzlemsel sürekli bir yapı meydana getirilir. Doğrusal sürekli yapıdan düzlemsel sürekli yapıya geçiş, kesişme olayının eklediği iç gerilimler, kumaştaki deformasyon olayını biraz daha karmaşılaştıran faktörlerin başında gelir ki burada iplikte etkili olan faktörlerin hepsi mevcuttur; kumaşınkiler onların üzerine eklenmiştir.

Kumaşlar giysi halini alınca, olay daha da karmaşıklaşır, çünkü düzlemsel olan bir bütün, kesilerek bozulmuş fakat dikiş işlemi ile yeniden birleştirilmiş ve uzaysal kesikli yapı niteliği kazanmıştır. Düzlemsel sürekli yapıdan uzaysal kesikli yapıya geçiş, kesilip yeniden dikilme, içinde hareketli bir insan bulunduğu için kumaşın devamlı içten gelen farklı kuvvetlere ve harekete maruz kalması giysideki deformasyon olayını daha da karmaşıklaştıran faktörlerden bazılarıdır. Burada da, kumaşa etkili olan faktörlerin hepsi mevcuttur, giysinininkiler onların üzerine eklenmiştir.

Liften ipliğe, iplikten kumaşa, kumaştan giysiye geçme aşamalarında, kesikli yapıdan doğrusal sürekli yapıya, doğrusal sürekli yapıdan düzlemsel sürekli yapıya, düzlemsel sürekli yapıdan uzaysal kesikli yapıya geçme aşamaları gerçekleşir. Her aşama, bir öncekinden daha karmaşık deformasyon davranışı gösterir, böylece her safhada deformasyonun incelenmesi daha da zorlaşmıştır.

Tekstil materyalinin üretim safhaları içinde aldığı şekiller ve deformasyon olayının karmaşıklaşması Şekil 1.2'de görülmektedir. (a)'da, tek bir lifin ele alınması ve onun doğal kıvrımları görülmektedir. (b)'de, her lifin iplik içinde yaklaşık bir helis eğrisini takip edişi gösterilmiştir. (c)'de, dokuma kumaş halinde zaten ipliğin kendisinin aldığı kıvrım görülmektedir. (d)'de ise bir kıvrım aldığı hal görülmektedir. Bu çalışmada, bütün bunlara ilaveten bir de dışarıdan kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 1.2 : (a) Tek Bir Lifin Doğal Kıvrımları ; (b) Her Lifin İplik İçinde Bir Helis Eğrisini Takip Edişi ; (c) Dokuma Kumaş Halinde İpliğin Kendisinin Aldığı Kıvrım ; (d) Kumaşın Çapraz Olarak Bir Silindire Sarılması (Chapman ve Hearle, 1972)

1.5 Çalışmanın Önceki Deformasyon Çalışmaları İçindeki Yeri ve Amacı

Bu çalışmanın ilgilendiği deformasyon Bölüm 1.2. (d) şikkında açıklanan tarzdadır. Mamul dokuma kumaş safhasında iken, düzlemine dik yönde kuvvete maruz kalan kumaşın uzaysal deformasyon davranışı incelenmiştir. Diğer bir deyişle, düzlemsel sürekli yapıda uzaysal bir kuvvet altındaki davranış söz konusudur. Materyalin başka, kuvvetin başka yapılardan olması, bu konuyu zorlaştıran birinci noktadır.

Deformasyonlar ya tam olarak geri döner veya dönemez karakterdedirler. Teoriler, geri dönüşün tam olduğu durumlar için kesinlik taşıdıkları halde, geri dönüşün tam olmadığı durumlar için daha geliştirilmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Bu çalışmada geri dönüşün tam olmadığı kalıcı deformasyon safhası hedeflenmiştir ki, bu, konuyu zorlaştıran ikinci noktadır.

İncelemelerde, kesikli yapıdaki tekstil materyali için sürekli yapı varsayımı yapılarak, sürekli yapılarda kullanılan teoriler uygulandığı için, işin esasında birbirine uyumsuz görünen bir nokta mevcuttur. Kesikli ve sürekli kavramlarının çelişkisi de, konuyu zorlaştıran üçüncü noktadır. Bu çalışmada da, kumaş sürekli yapı olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışmadaki amaç, uzaysal etki eden kuvvet olduğu zaman kalıcı deformasyonu bir kalite faktörü olarak ele almak ve giysi yapılacak kumaşa ne derecede kalıcı deformasyonun meydana gelebileceğini, kumaş daha düzlemsel safhada iken ortaya koymaktır. Dokuma kumaştaki kalıcı deformasyon davranışı model deneylerle analitik olarak incelenecektir. Dokuma kumaş ile yüzey teması yapan bir eğri yüzey olan yarım küre, yayılı yük uygulayacak şekilde bastırılacak ve bu etki altında ortaya çıkan gerilmelere karşı kumaşın gösterdiği direnç ve kalıcı deformasyon koşulları deneysel olarak incelenecektir. Bir kumaş çeşidi ile çalışıp, farklı deney cihazı parametrelerini deneyip, kalıcı deformasyonu en iyi tanımlayan parametre kombinasyonunu belirlemek hedeflenmiştir. Böylece, en uygun test metodunun geliştirilmesi ve standart laboratuvar deneyi haline getirilmesi amaçlanmıştır. Farklı parametrelerin birbirleri ile ilişkisinin regresyon deklemleri ile ortaya konulması, böylece bir parametrenin diğeri cinsinden ifade edilebilmesi, hesaplanması güç olan insanın kumaşa uyguladığı kuvvetin dahi belirlenmesi açısından çok kolaylık sağlayacaktır. Çalışma, değişik deformasyon çeşitlerinde

viskoelastik özelliklerin kalıcı deformasyona etkilerinin ve bu etkilerin zamana ve basınca bağlı oluşumlarının ve değişimlerinin incelenmesi, kalıcı deformasyon geometrisinin ve mekaniğinin geliştirilerek uygun kullanım performansları sağlayan kumaşın tasarlanması veya bir dokuma kumaşın uygun kullanım koşullarının belirlenmesine ışık tutacak pratik bulgular sağlaması açılarından önem taşımaktadır.

Kullanım sırasında kumaş çeşitli kuvvetlere maruz kaldığı için bu kuvvetler laboratuvarlarda temsil edilerek, deneyler yapılmaktadır. Örneğin, sarkan kumaşa noktasal bir yükün uygulanması, kumaşın çeneler arasına tutturularak çekilmesi, çenelerin kavrama (grab) şeklinde tutturulması, ağırlık asılı olarak bekletilmesi şeklinde çeşitli deneyler yapılmaktadır. Bunların hepsi, kumaş içinde kuvvetin yayılması açısından önemlidir, fakat kumaş belli bir yüzeyin şeklini almaya zorlandığı zaman, içindeki kuvvet dağılımının nasıl olduğunun araştırılması da önemlidir.

2.2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Temel Kavramlar ve Teoriler

Önceki çalışmaların bir değerlendirilmesini yapmadan önce, literatürde rastlanan temel kavramlara ve teorilere değinmekte fayda vardır.

2.1.1 Temel kavramlar

Kuvvet Analizi Metodu : Küçük uzama ve uzama oranlarının ele alındığı en basit yaklaşımdır (Lloyd, 1980).

Jeodesik : Yüzey üzerinde bulunan, hızı her yerde yüzeye ortogonal olan, parametrikleştirilmiş, yüzey üzerinde daima dosdoğru giden bir eğri şeklindedir. Sabit eğriliği olan bir yüzey için jeodesikler, yüzey ile ona dik düzlemin kesişimi boyunca bulunurlar (Heisey and Haller, 1988).

Tensör : Skalerler sıfıncı dereceden, vektörler birinci dereceden ve matrisler ikinci dereceden tensörlerdir. Tanımlama için detaylandırıcı bir faktördür (Popov, 1976). Tensör formülasyonu, matematiksel olarak uzayda her şeyin yazılmasını mümkün kılar.

Diferansiyel Geometri : Diferansiyel denklemler vasıtası ile uzay eğrilerinin ve eğrisel yüzeylerin tanımlanma aracıdır.

İsotropik : Her doğrultudaki ve noktadaki özelliklerin aynı olup deformasyondan önceki ve sonraki bütün özelliklerin her yönüyle aynı olmasıdır (Popov, 1976; Birkan, 1958).

Plak : Gerilimsiz halde iken düzlemsel duran ince bir tabakadır. Eğilme rijitliği vardır, yani eğilme kuvvetlerine ve momentlerine karşı koymaktadır (Bassett, 1988).

Kabuk : Gerilimsiz halde iken eğri duran ince bir tabakadır. Doğal olarak plağın eğilmiş şeklindedir. (Bassett, 1988).

Membran : Tam olarak eğilebilen bir plakdır. Eğilme rijitliği yoktur. (Bassett, 1988).

Membran Uzamaları : Plak veya kabukların kendi düzlemi içindeki uzamalarıdır (Lloyd, 1980).

Süperpozisyon Prensipleri : “Kuvvetler sisteminin sonucu olarak ortaya çıkan gerilme ve şekil değiştirme, bu kuvvetlerin tek tek etki etmesi

halinde meydana gelecek gerilme ve şekil değiştirmelerin cebrik toplamına eşittir” şeklinde ifade edilen prensiptir (Popov, 1976).

Ortotrop : Maddenin üç dik doğrultudaki materyal özelliklerinin birbirinden farklı olduğu iç yapıya sahip olduğu durumlardır (Popov, 1976).

Poisson Oranı : Yanal şekil değiştirmenin mutlak değerinin aksel şekil değiştirmeye oranıdır (Popov, 1976).

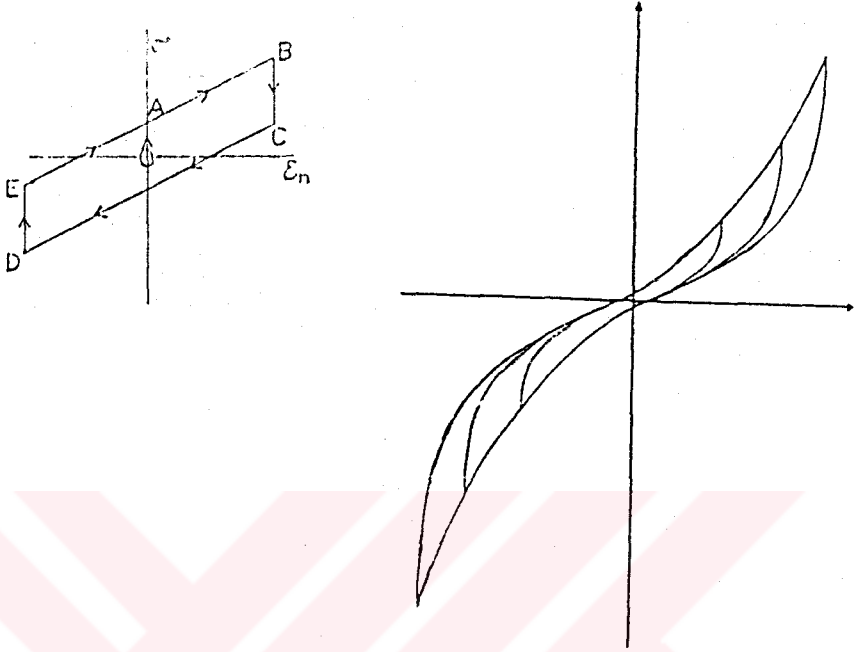
Euclid Uzayı : Eksenleri düz çizgilerden oluşan koordinat sistemidir.

Reimmann Uzayı : Eksenleri eğri çizgilerden oluşan koordinat sistemidir.

Histerisis : Cisim elastik olmayan bölgede periyodik olarak yüklendiği zaman her peryod için harcanan enerji miktarının, gerilme-şekil değiştirme diagramında üst üste düşmeyen eğrisel parçalar arasında kalan alana eşit olmasıdır. Bu şekilde elde edilen halkaya histerisis halkası denmektedir (Popov, 1976). Histerisis, geri dönüşü tam olan, önemli derecede kuvvete bağımlı olan ve kumaş için, içindeki sürtünme kuvvetlerine dayalı olan deformasyon şeklidir. Histerisis, tekstil materyallerinin önemli bir özelliğidir, fakat elastik modellerde pek dikkate alınmamaktadır. Şekil 2.1’de değişik histerisis eğrileri görülmektedir.

Enerji Metodu : Enerji metodları tekstilde deformasyon araştırmalarında önemli derecede kullanılmaktadır. Yapının her noktasında oluşan deformasyon, deformasyon enerji yoğunluğu ile tanımlanmaya çalışılmaktadır. Deformasyon enerji yoğunluğunun elde edilmesi, belli iplik ve kumaş özelliklerinin gözardı edilmesi, belli bir deformasyon geometrisinin kabul edilmesi ve belli enerji metodlarının kullanılması ile mümkün olmaktadır. Postle ve Norton, geliştirdikleri formüller ile, zamana bağlı geri dönüş davranışını tanımlayabilmişlerdir. Her hangi bir zamanda, geri dönüş eğrisi, her yöndeki ve her lifteki eğilme, dönme ve uzama elastik enerjilerinin bir dengesi ile belirlenmektedir ki, bu da o eğriye ulaşmaya çalışan sürtünme enerjileri ile biraz değişir. Sistemdeki herhangi bir lif için, eğilme enerjisinin geri dönüşü yardımcı yönde etki yaptığı, fakat dönme enerjisinin geri dönüşü engel olmaya çalıştığı görülmektedir. Ancak, sistemdeki başka lifler veya başka yönler için bunun tersi de olabilmektedir (Postle and Norton, 1988, 1991).

Nümerik Analiz : Bir çeşit matematiksel inceleme metodudur. Nümerik analizin de değişik çeşitleri vardır ve daha sonra üzerinde durulacak olan Sonlu Eleman Analizi bunlardan bir tanesidir.



Şekil 2.1 : Histerisis eğrileri

Yüklemenin üç kademesi : Yükleme olayı üç kademeye ayrılabilir:

- 1) Elastik davranış bölgesi,
- 2) Yapının bir parçasında plastik akma başladığı halde, geri kalan parçasında elastik davranışın devam ettiği, yani plastik akmanın kontrol altında olduğu bölge (Viskoelastik bölge),
- 3) Yük hiç artmadığı halde, akmanın devam ettiği, plastik deformasyonun sınırsız bir hal aldığı bölge (Plastik bölge) (Popov, 1976).

Elastikiyet : Materyale kuvvet uygulandıktan sonra, bu kuvvet kaldırılınca, materyalin geri dönüşü tam ise, bu materyal elastiktir. Elastik davranış, kalıcı deformasyonun olmaması demektir. Elastik cisimlerde gerilme, sadece şekil değiştirmenin bir fonksiyonudur. Bu tür davranış gösteren tekstil materyali de elastik olur (Olofsson, 1967). Lineer elastik ve lineer olmayan elastik madde çeşitleri vardır (Popov, 1976). Lineer elastik ilişki, Denklem (1) şeklinde yazılabilir :

$$\sigma = E \epsilon \quad \text{veya diferansiyel halde} \quad d\sigma = E d\epsilon \quad (1)$$

Burada,

σ = Gerilme

E = Elastiklik modülü

ε = Deformasyon (uzama oranı) = dl/l

olmaktadır. Ayrıca,

l = İlk uzunluk

A = Alan

P = A alanına etki eden yük

ise,

$$d\sigma = dP / A$$

gerçekleşir. A alanı l 'ye Poisson oranı ile ilişkili olduğuna göre ve sabit hacim varsayımına göre, Denklem (2) gerçekleşeceği için,

$$A l = A_i l_i \quad (2)$$

olur ve herhangi bir P_i basıncındaki boyutlar A_i ve l_i ile gösterilebilir. Bu ifade, Denklem (1)'de yerine konulup integrali alınınca, P ve l arasındaki klasik ilişki yerine, P ile $1/l$ arasındaki lineer ilişki elde edilmektedir.

Viskoelastiklik : Eğer geri dönüş tam değilse elastik olmayan bir davranış söz konusu olmaktadır ve gerilme, hem şekil değiştirmeye hem de onun zamana göre türevine bağlı olmaktadır (Popov, 1976). Bu durumda Young Modülü değişmeye başlamakta ve gerilme özellikleri de süperpozisyon prensibine uymaktadır (Birkan, 1958). Bazı materyal elastik katı cisim olarak davrandığı halde, bazıları akıcı sıvı gibi davranabilmektedir ki, bu bazen çok küçük uzamalar için de geçerli olmaktadır. Bu tip materyal sabit kuvvet altında sabit deformasyon göstermemektedir. Sabit bir deformasyona zorlanırsa, onu bu halde tutacak kuvvet azalmaktadır. Bu tip materyale viskoelastik materyal denmektedir. Tekstil materyalleri için genelde Denklem (3)'te gösterilen viskoelastik davranış söz konusudur (Olofsson, 1967)(Morton ve Hearle, 1975).

$$\sigma = \eta (d\varepsilon / dt) \quad (3)$$

Burada,

η = Viskozite sabiti

t = Zaman

olarak belirtilmektedir. Krip-relaksasyon çalışmaları, kuvvet (veya uzamanın) $\ln t$ 'ye lineer bağımlılık gösterdiğini ortaya koyduğu için, araştırmalarda, formülün, $\sigma - \ln t$ veya $\sigma + \ln t$ dahil olacak şekilde alınması önerilmektedir (Nachane ve Sundaram, 1995).

Lineer Viskoelastiklik : Ardışık relaksasyon deneylerinde, $\sigma(t) / \varepsilon_0 = E(t)$ relaksasyon modülü hep aynı elde edilmekteyse, buna lineer viskoelastiklik denir (Popov, 1976). Eğer, uzama ve uzama hızı çok küçük ve zamana bağlı kuvvet-uzama ilişkileri lineer diferansiyel denklemler ve sabit katsayılar ile tanımlanabiliyorsa, o zaman materyal lineer viskoelastiktir denmektedir (Nachane and Sundaram, 1995).

Plastiklik : Kuvvet uygulaması sonucunda, normal bir kristal yapıda oluşan deformasyon olarak tanımlanabilir. Deforme olmuş tekstil materyalinin davranışları üzerinde plastikliğin önemli etkileri olmaktadır. Deformasyon şartları Denklem (4)'teki gibi yazılabilir.

$$\left. \begin{array}{ll} d\varepsilon = 0 & \text{için} \quad -\sigma_f < \sigma < \sigma_f \\ d\varepsilon > 0 & \text{için} \quad \sigma \geq \sigma_f \\ d\varepsilon < 0 & \text{için} \quad \sigma \leq -\sigma_f \end{array} \right\} \quad (4)$$

Şekil 3'te görülen histerisisin bütün eğrilerinde önce lineer bir kısım görülmekte ve bu çok az bir derecede uzama hızına bağlı olmaktadır. Bu da elastik nitelikten kaynaklanmaktadır. Sonra bir düşüş olmakta ve uzama sonrası geriye dönüş eğimi başlamaktadır. Bu da plastik mekanizmadan beklenendir. Geri dönüş eğiminde bir azalma vardır. Bu da vizkozluktan kaynaklanan uzama hızındaki azalmayı gösterir. Ayrıca, ulaşılan sonuç durumda oldukça fazla düşük seviyeler görülmektedir. Bu, temel plastoelastik mekanizmada viskoelastik etkilerin de bulunduğu anlamına gelmektedir. Yapılan birçok araştırmada, amorf yapıya sahip olan materyalde (cam, deri, lastik, tekstil, v.b.) visko-elastik davranışa daha çok rastlanılmaktadır ve plastoelastik mekanizmanın viskoelastik mekanizmaya dönüştüğü yolunda bulgular da elde edilmiştir (Nachane and Sundaram, 1995).

Krip : Sabit yük altında uzama artışının incelenmesi (Birkan, 1958) ve ayrıca, sabit yük altında plastik bir akmaya maruz kalma olarak tanımlanmaktadır (Popov, 1976).

Relaksasyon : Sabit uzamada yük azalışının incelenmesidir (Birkan, 1958). Nachane ve Sundaram (1995) relaksasyon olayını incelemişler ve kuvvet relaksasyonu konusunda araştırma yapmışlardır.

Eğer kayma uzaması Γ belli bir süre bir örneğe uygulanır ve sonra örnek bu uzamada kalmaya zorlanırsa, onun içinde gelişen kuvvet σ , elastik bir katı durumunda sabit kalmaya devam etmekte, viskoz bir sıvı durumunda ise kuvvet uygulaması bittiği anda sıfıra düşmektedir. Fakat, viskoelastik materyal durumunda, kuvvet zamanla azalmaktadır. Herhangi bir t zamanındaki kuvvet $\sigma(t)$, Denklem (5) ile verilmektedir :

$$\sigma(t) = \Gamma G(t) \quad (5)$$

Burada, Γ : Uzama ve $G(t)$: Kuvvet-relaksasyon modülü; yani sabit deformasyondaki kuvvet/uzama oranıdır. "Relaxation Spectra $H(\tau)$ " teorisine göre, herhangi bir t zamanındaki $G(t)$ kuvvet relaksasyon modülü şöyle tanımlanmaktadır :

$$G(t) = G_r + \int_0^{\infty} f(\tau) \exp(-t/\tau) d\tau \quad (6)$$

Burada G_r sabittir. Lineer viskoelastiklik sözkonusu olduğu için, sabit uzama hızı durumunda, herhangi bir t uzama anındaki modül,

$$G(t) = G_r + 1/t \int_0^{\infty} \varphi(\tau) \{1 - \exp(-t/\tau)\} d\tau \quad (7)$$

olur. Burada $\varphi(\tau)$ ağırlık fonksiyonudur; yani relaksasyon zamanı τ 'ya denk gelen relaksasyondur. Bu Denklem (6)'daki $f(\tau)$ 'ya benzerdir. Belli bir t_1 zamanı sonrasında uzama durdurulmakta ve sistem bu e_1 uzamasında durmaya zorlanmaktadır. Bu durumda, sistemdeki gerilme zaman geçtikçe azalmaktadır. Herhangi bir $t > t_1$ zamanında, $e_1 = \alpha t_1$ uzamasında,

modül,

$$G(t) = G_r + \int_0^{\infty} (\varphi(\tau)/t_1) \{1 - \exp(-t_1/\tau)\} \exp\{-(t-t_1)/\tau\} d\tau \quad (8)$$

olarak yazılabilir. Burada, α = Uzama hızıdır. Teorinin devamında ağırlık fonksiyonu,

$$\varphi(\tau) = G(t) - G_r + t dG(t)/dt \quad (9)$$

şeklinde tanımlanarak 0'dan ∞ 'a kadar herhangi bir t zamanı için belirlenmiş olur.

Nachane ve Sundaram (1995) bu çalışmalarının devamında, bir de zıt relaksasyon olayını incelemişlerdir. Belli bir miktar uzamadan sonra, biraz çekmeye müsaade edilir, fakat materyal yine de bir miktar kuvvet algılsa, kuvvette zamanla artış olur. Önce hızlı bir artış, sonra biraz azalış ve uzun bir zaman sonra da belli bir değerde sabitletme görülür. Bu tür bir gecikmiş kendini toplama mekanizması gösteren materyalde, zıt relaksasyon olayı gerçekleşmektedir.

Elastikiyet Teorisi : Mühendislikte, mekaniğin mukavemet dalının çözemediği problemler olmaktadır. O zaman, farklı bir yaklaşım olan elastikiyet teorisine ve hatta elastikiyet teorisinin daha derin çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Temel uygulama alanı, üç boyutu da aynı dereceden önemli olan cisimlerin deformasyonunu incelemek olan bu teoride örneğin, silindirlerdeki kuvvetler veya yataklardaki bilyalara etki eden kuvvetler sadece elastikiyet teorisi ile bulunabilir. Çubuk veya millerin ani kuvvet değişimi olan bölgelerine elastikiyet teorisi açıklama getirememektedir. Postle ve Norton'un (1988, 1991) belirttiklerine göre matematiksel elastikiyet teorisi birçok gelişmelerden geçmiştir ki, bunlar tensör notasyonu, geometrik ve materyal olarak lineerlikten sapma ve nümerik analiz metodları olmaktadır.

Mekanik özelliklerin en basit ele alınışı elastikiyet teorisi iledir. Lineer elastiklik, gerçek tekstil davranışındaki karmaşık durumların daha kolay anlaşılmasını sağlar. Fakat, bu teorideki isotropik varsayım yetersiz kalmakta ve isotropik olmayan bir formülasyon gerekmektedir. Bu formülasyon, lineer olmayan elastikliği, viskoelastik modelleri ve hem zamana hem de geçmişe bağlı elastik olmayan davranışları tanımlamak için gereklidir (Lloyd, 1980).

Plak ve Kabuklar Teorisi : Plak ve kabuklar teorisi de deformasyon konusunu inceler, fakat elastikiyet teorisinden farkı, deformasyonu, cismin bir boyutunun farklı önem derecesinde olduğu durumlarda incelemesidir. Cisim o zaman, plak veya kabuk tarzını almaktadır ki, kalınlık boyutu diğer boyutlarına nazaran çok küçük olur. Kabuk kalınlığı en küçük eğilme yarıçapı ile karşılaştırıldığı zaman çok küçük kabul edilmektedir (Timoshenko, Çev. M.İnan, 1950). Küçük deformasyon (deflection) teorisine göre, gerilmeden dolayı meydana gelen membran uzamaları normal uzamalar kabul edilirler. Bunlar ihmal edilebilirler ve kalınlığa nazaran çok küçük olmaktadır (Love, Callidine, 1988). Büyük

çökmelerde ise, kalınlık kadar yer değiştirmeler veren küçük-gerilme teorisi kullanılmaktadır. Yer değiştirmeler plak boyutlarına göre küçük kabul edilmektedir. Gerçek büyük-deformasyon teorisinde, çift eğrilikler, yüzeyde uzamalara yol açmakta ve bir yerde son bulan membran uzamaları meydana getirmektedirler. Deformasyon olduğu zaman, plak veya kabuğa dik yöndeki elemanların deforme olmadığı, ilk hallerini korudukları varsayılmaktadır. Kuvvetin dik bileşenlerinin, diğer uzamalar ile kıyaslayınca ihmal edilebilir uzamalar meydana getirdiği kabul edilmektedir (Shanahan et al., 1978). İnce kabuk teorisi havacılık, denizcilik (gemiler, denizaltılar, vb.), basınçlı borular, su depoları, kazanlar, lokomotifler, buhar kazanları, enerji üretim yerleri, uzay çalışmaları (füzeler), petrol üretimi, paraşütler, inşaat (beton ve betonarme döşemeler), v.b. konularında lateral yük ve hidrostatik yaklaşımlı kuvvet olduğu için uygulama alanı bulmaktadır. Dairesel, konik ve küresel kabukların eğilmesi problemi bu şekilde çözülebilmektedir.

İnce elastik kabuk teorisinde genelde kullanılan eğilme ölçüsü, yüzeyin deformasyonundan önce ve sonraki, eğimli tensörlerin ayrı ayrı farkının alınması ile elde edilen tensör olmaktadır (Postle and Norton, 1988, 1991). İnce elastik kabuk yapıların teorisi, eğilmeyi, plastikliği, kripti, kırılmayı, sandviç yapı ve lif ile güçlendirilmiş yapıları içine alacak şekilde geliştirilmiştir. Postle ve Norton'un belirttiklerine göre, Love(1888) zamanından beri bu teoride eğilme ve uzama etkilerinin nasıl birleştirileceği konusunda çalışılmakta, her problem yeniden araştırmakta ve çözülmektedir. Kumaşın mekanik modeli yapılırken, modelin matematiği ile olayın fiziğinin uyum içinde olmasına çalışılmaktadır. Kısıt şartları için bu çok önemli olmaktadır; çünkü modelden modele kısıt şartı farklı olabilmektedir. Postle ve Norton, serbest (gerilmemiş) halde iken kumaş deformasyonunu incelemişler ve Riemann uzayında denge hallerini serbestçe seçmişlerdir. Kurdukları modelle, herhangi bir elastik kumaşa olabilecek bütün mekanik tepkilerin tanımlanması mümkün olabilmektedir. Eğer materyal özelliğini belirten tensörün bileşenleri çevresel faktörlere dayandırılabilirse, o zaman yaşlanma, nemlilik, ısı etkileri, v.b. modellenenebilecektir.

Gerek elastikiyet teorisi gerekse plak ve kabuklar teorisi materyalin elastik bölgesindeki davranışlarını incelemektedirler. Materyalin viskoelastik bölgesindeki davranışları ile ilgili, büyük uzama ve büyük uzama oranları için, tekstil yapılarına uygun olan kabuk teorisi araştırmacıların belirttiği kadarıyla yoktur. Teorilerinin tam olmamasına

rağmen, bezayağı dokumalarda gerilme ve kayma deformasyonunun yeterli hassasiyet ile hesaplanması sağlanmıştır (Lloyd,1988).

Postle ve Postle (1995) geliştirilen 'İnce Kabuk Teorisi'nin (Thin Shell Theory) mühendislik uygulamalarında birçok karmaşık probleme çözüm getirdiğini, fakat bunların gerilme altındaki tekstil materyallerine uyarlanmasının tam modellenmediğini belirtmişlerdir. Tekstil materyallerinde çok küçük bir kuvvet, çok büyük uzamalara sebep olabilir ve deformasyonlar da yüksek nonlinear karakterde olabilirler. Çalışmalarında kumaşın kıvrılması, katlanması ve kırışması problemlerine yönelik elastik ve elastik olmayan kumaş davranışları için nonlinear matematiksel metod geliştirmişlerdir. Kumaşın elastik olmayan mekanizmaları, lifin viskoelastikliği ve lifler arası sürtünmeleri de içerir ki, bu özellikler kumaşın kıvrıldıktan, katlandıktan ve kırıştıktan sonra geriye dönme kabiliyetlerini de belirler. Kumaşın geriye dönüş süresi, giysi halinde kullanılırken göstereceği performans açısından önemlidir.

Elastika : Çok ince bir elastik tabakanın veya çok ince bir çubuğun matematiksel eğri modeli olup Euler'in tanımına göre, deformasyonu sadece eğilme ile sağlamakta ve oluşan kavis oluşan moment ile orantılı olmaktadır (Wang,1986). Bu konunun daha sonra da üzerinde durulacaktır.

Elastika Teorisi : Büyük uzamalar ile küçük uzama oranlarını inceleyen teoridir. Bazı kumaş deformasyonları için küçük deformasyon teorisi uygun görünmektedir fakat genelde tekstil materyalleri için büyük uzama ve uzama oranı yaklaşımı gerekmektedir (Lloyd,1980).

Tek boyuttaki elastika teorisi şu noktaları içermektedir :

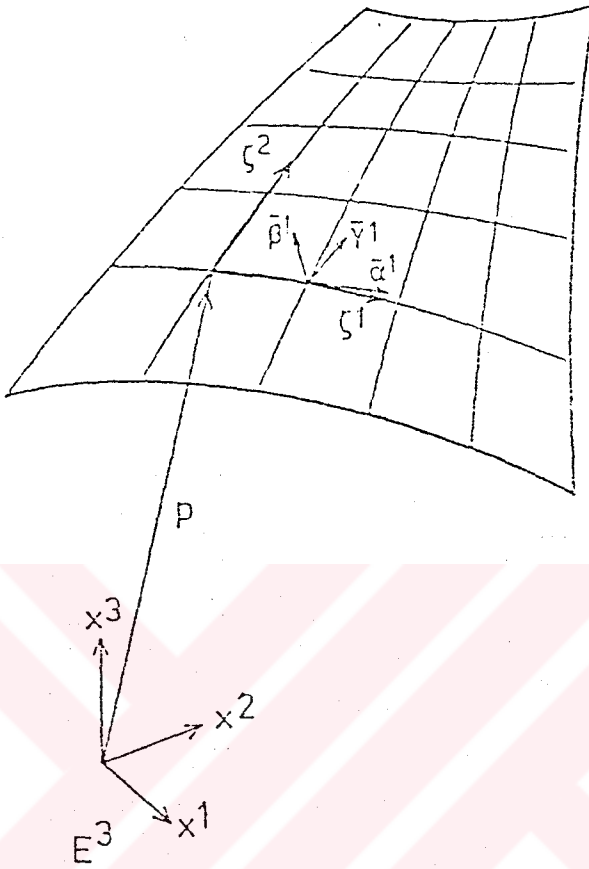
1) Uzaydaki eğrilerin diferansiyel geometrisi ve bunlardan çıkarılan deformasyon ölçüleri,

2) Eğrinin diferansiyel elemanı üzerinde etki eden kuvvet ve momentlerin denge denklemleri,

3) Kuvvet ve momentlerin, deformasyon ölçüleri ile ilgisini kuran denklemler,

4) Nümerik çözüm metodları.

Elastika teorisinde, kumaş uzayda bir yüzey olarak temsil edilmekte ve tek boyuttaki aynı dört noktayı içermektedir. Şekil 2.2'de kumaşın elastika teorisinde temsil edilişi görülmektedir (notasyon burada açıklanmamıştır.). Her koordinatta tanımlama yapılırken, yüzeye ve koordinat çizgilerine tanjant olan birim vektörlerden, yüzeye tanjant fakat koordinat çizgilerine

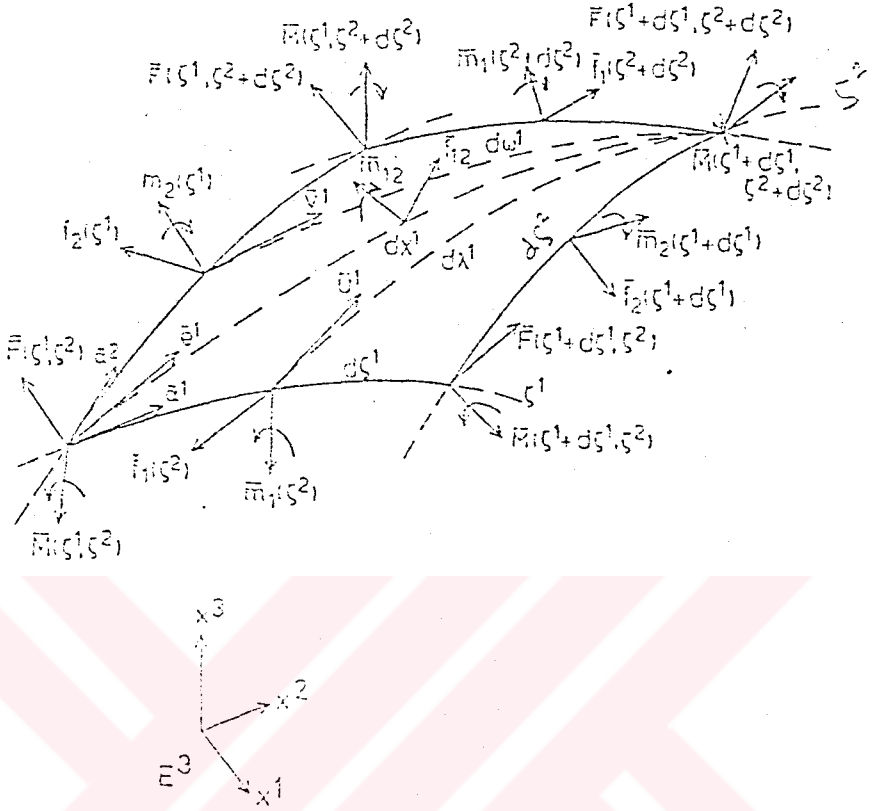


Şekil 2.2 : Elastika teorisinin yüzeyde temsili (Lloyd, 1980)

dik birim vektörlerden ve yüzeye ve koordinat çizgilerine dik olan birim vektörlerden oluşan vektör alanı elde edilmektedir. Buradan da yüzeyin metrik tensörü elde edilir. Araştırmacılar, jeodesikler ile, çalışmalarını detaylandırmakta olduklarını belirtmektedirler (Postle, Postle, 1995) Şekil 2.3'de elastika teorisinde bir yüzey elemanına etki eden kuvvet ve momentlerin ele alınışı görülmektedir.

Kayma Mukavemeti : Dokuma kumaş, belli uzamaları, iplik yönünde uzama yaparak değil, kesişme yerlerinde nispi dönme yaparak karşılamaktadır. Buna kayma denir ve kumaşın, çift eğrilikli yüzeyleri kayma özelliği ile sardığı görüşü hakimdir (Chapman and Hearle, 1972).

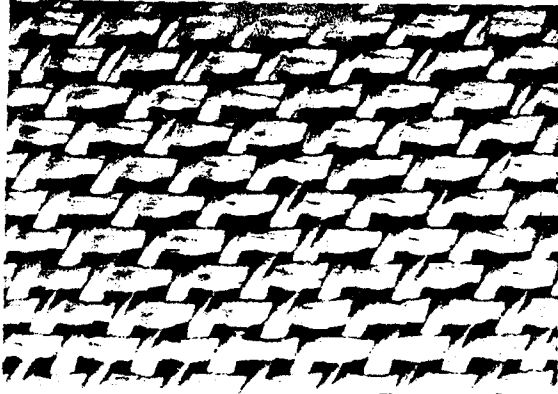
Hearle, Grosberg ve Backer (1969) kıvrılmanın daha karmaşık durumlarının tanımlanmasının çok daha zor olduğunu belirtmişlerdir. Gerek plak, gerekse kabuk kıvrılmalarında, kayma mukavemeti özelliği en



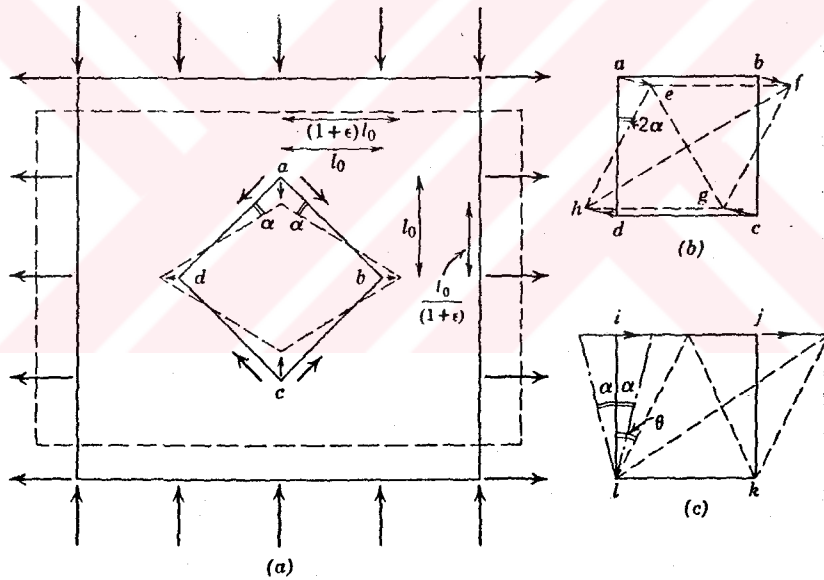
Şekil 2.3 : Bir yüzey elemanına etki eden kuvvet ve momentler
(Lloyd, 1980)

önemli rolü oynamaktadır. Nitekim, Hearle ve arkadaşlarının belirttiğine göre, Treloar, Cusick, Skelton gibi birçok araştırmacı kayma mukavemeti konusunda çok detaylı çalışmalar yapmışlar ve kumaş deformasyonunda en büyük rolü kayma davranışının oynadığını ortaya koymuşlardır.

Kumaşın kayma davranışı birçok farklı durumlarda, örneğin hava ile çalışan yapılarda (paraşüt, yelkenler, v.b.), konveyör kayışlarında, jeotekstillerde, giysinin dikiminde, tutumunda ve dökümünde, çift eğrilikli yüzeylerin sarılmasında incelenir. Kawabata, Niwa ve Kawai (1973) toplam kayma deformasyonunu, çift yönlü gerilme ve kayma deformasyonlarının birleşimi olarak ifade etmişlerdir (Şekil 2.4). Kayma uzaması, belli bir yönde düzgün uzama sonucu, buna dik olan yöndeki kısalmadır. Böylece alan ve materyalin kalınlığı sabit kalır. Şekil 2.5(a)'da bu durum gösterilmiştir.



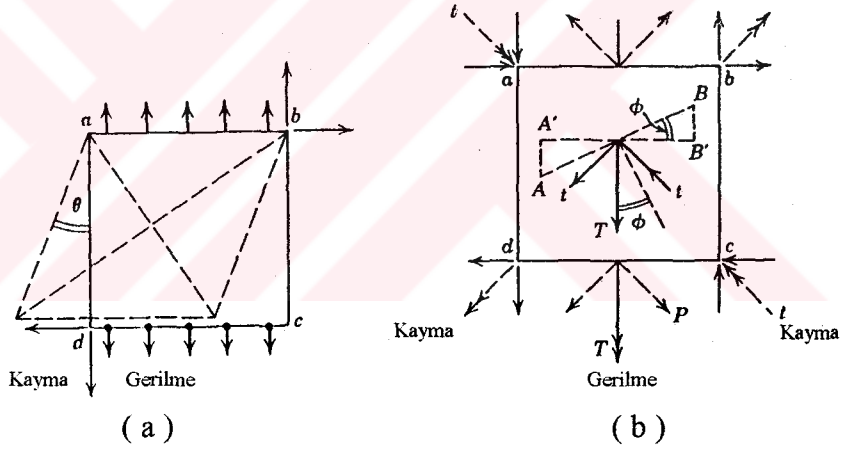
Şekil 2.4 : Bezayağı Örgüde Toplam Kayma Deformasyonu
(Kawabata et al., 1973)



- ε : Uzatma yönündeki uzama miktarı
 l_0 : Uzatma yönüne paralel çizgi
 $(1 + \varepsilon) l_0$: l_0 'daki uzama miktarı
 $l_0 / (1 + \varepsilon)$: l_0 'a dik yöndeki kısalma miktarı (alanı sabit tutmak için)

Şekil 2.5 : (a) Sadece kayma ; (b) Basit kayma ; (c) Kaymanın genel gösterilişi (Hearle et al., 1969)

Bu formülasyon küçük uzamalar için $(1 - \varepsilon) l_0$ şeklinde alınmaktadır. $abcd$ karesi göz önüne alındığında, şekil değişmekte fakat alan değişmemektedir ve kenarlar önceki halleri ile α açısı yapmaktadır. Köşelerde ise bu 2α şeklinde görülür. $abcd$ karesi, iki kenarı önceki hali ile paralel hale gelecek kadar döndürülürse, Şekil 2.5(b)'de görülen basit kayma elde edilmektedir. Köşelerdeki gerçek yer değiştirme, yani kayma, ae , bf , cg ve dh yönündedir ve bunlar birbirlerine paralel durumdadırlar. Yeni şeklin üzerine bir kare oturtacak olunursa, Şekil 2.5(c) elde edilir. θ açısı, başlangıçta, kayma yönüne dik olan kenarlar tarafından gerçekleştirilen açı değişikliği olmaktadır. $\tan \theta$, kayma uzamasıdır ve $2\tan\alpha$ 'ya eşittir. Kesme kuvveti ise, kumaşa bir iplik grubu boyunca dik olarak uygulanan kuvvet olmaktadır. Tabii ki, bu zıt yönde eşit bir kuvvet ile dengelenmeli ve oluşacak momenti dengelemek için bir kuvvet çifti meydana gelmelidir. Şekil 2.6'da kuvvetin uygulanışı gösterilmiştir.



T : Germe kuvveti

P : Germe kuvvetinin bileşeni (ac'ye paralel)

t : Bastırma kuvveti (ac boyunca kıvrılma olmasın diye)

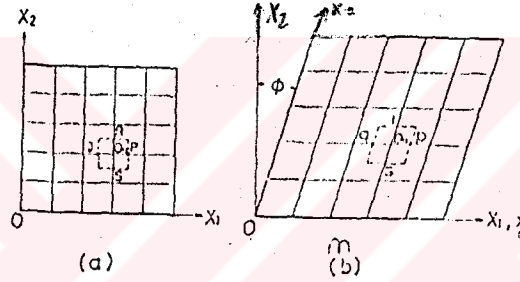
Şekil 2.6 : (a) Kuvvet uygulaması sonucunda kaymanın basit gösterilişi

(b) Kumaş kaymasındaki kuvvetlerin şematik gösterilişi

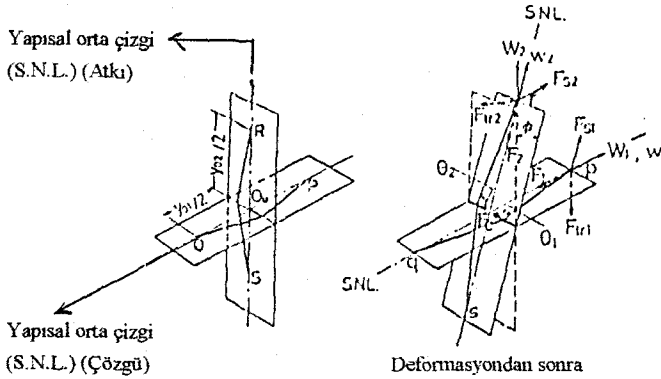
(Hearle et al., 1969)

Pratikte yapılan deneylerde, kayma kuvveti yavaş yavaş artırılırken kumaş sabit gerilim altında tutulmaktadır. Sıkıştırma kuvveti çok daha yavaş oluşmakta ve sonuçta kıvrılmaya sebep olmaktadır. Kawabata, Niwa ve

Kawai, gerilme deformasyonu ile karşılaştırıldığında, kayma deformasyonuna karşı kumaşın çok düşük mukavemet gösterdiğini ve eğrilikli bir yüzeyi serbest olarak sararken, kumaşın tepe bölgesini yani kıvrım oluşturmazdan önceki bölgeyi rahatlıkla kavradığını belirtmişlerdir. Genelde kumaşlar daha büyük deformasyonlara maruz kalırlar ki bu durumlarda gerilme ve kayma deformasyonlarının kombine etkisi görülmektedir. Örneğin, bacak kıvrıldığı zaman dizdeki kumaşın deformasyonu çift eğrilikli gerilme ve kaymadan oluşur. Ayrıca deformasyonlar da sonlu uzunluktadırlar. Şekil 2.7'de atkı ve çözgü ipliklerinin sembolik kayma deformasyonları, Şekil 2.8'de ise, tek bir kesişme birimindeki kuvvetler gösterilmiştir. Burada, nokta ile çizilen kuvvetler, uygulanan kuvvetlere tepki olarak oluşan kuvvetlerdir.



Şekil 2.7 : Atkı ve çözgü ipliklerinin sembolik kayma deformasyonları (a) Deforme olmamış durum ; (b) Deforme olmuş durum
(Kawabata et al., 1973)



Şekil 2.8 : Tek bir kesişme birimine etki eden kuvvetler
(Kawabata et al., 1973)

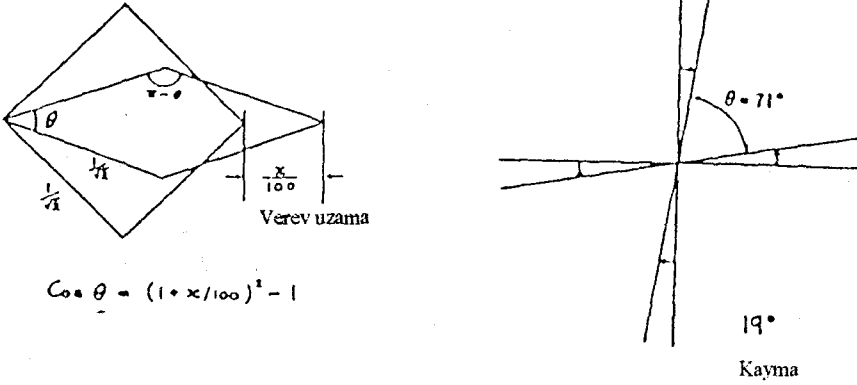
Kayma deformasyonundan sonra, X_2 eksen ϕ kadar kaymıştır. Buradaki varsayımlar şöyledir :

- 1) Kaymadan önce ve sonra yapısal çizgiler düzdür,
- 2) Şekil 2.8'deki, dokuma açıları (θ_1 ve θ_2) kayma ile değişmemişlerdir, yani x_1 ve x_2 eksenleri boyunca gerilme kuvvetleri değişmemiştir.

Bir alüminyum folye üç boyutlu bir cismi sarmadığı için, kendi düzleminde deforme olamayışa güzel bir örnektir. Dokuma kumaşlar ise kayma özellikleri ile bu deformasyona güzel örnek olurlar, hatta örme kumaşlar farklı karakterdeki uzamaları ile üç boyutlu cisimleri iyi bir şekilde sararlar.

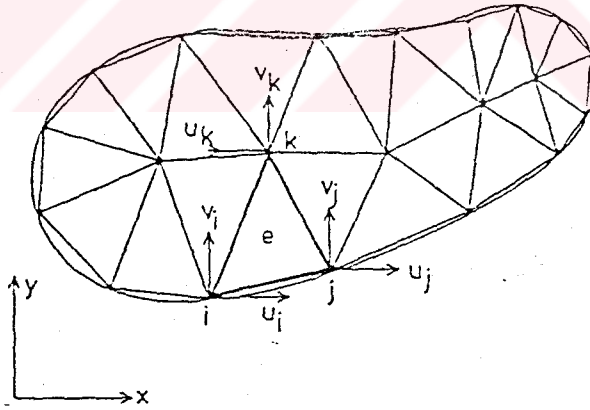
Asvadi ve Postle (1994) lineer viskoelastiklik teorisine dayalı olarak büyük uzamalarda kayma deformasyonu gösteren dokunmuş yünlü kumaşlardaki viskoelastik tepkilerin ve sürtünme kuvvetlerinin sayısal bir çalışmasını yapmışlardır. Belirttiklerine göre, tahminlenmesine ihtiyaç duyulan önemli özellikler, giysi dikilirken kumaşın şekil alabilme kabiliyeti, aldığı şekli koruyabilmesi ve buruştuktan sonra geriye dönebilirliği olmaktadır. Bu özellikler, eğilme ve kayma deformasyonlarının daha ileri safhalarında kumaşın mekanik davranışının belirlenmesi ile tanımlanmaktadır. Bu gibi deformasyonlarda bütün kumaşlar, bir miktar elastik olmayan davranışlar gösterirler ki bunlar lif viskoelastikliği ve lifler arası sürtünme olmaktadır. Tekstildeki deformasyonun mekaniği, kayma özelliklerinden çok fazla etkilenmektedir. Giysilerin dikilmesi sırasında, kumaşlar kayma uzamaları göstererek üç boyutlu yüzeylere sarma sağladıkları için, özellikle erkek yünlü ceketlerinde, omuz ile yaka arasındaki bölgede, 13^0 'ye kadar kayma açılarına rastlanmaktadır. Verev yöndeki %15 limit uzama, 19^0 'lik kaymaya denk gelmektedir ve bu durum Şekil 2.9'da görülmektedir.

Sonlu Eleman Analizi (Finite Element Analysis) : Büyük bir sürekli yapı olan kumaşa serbestlik derecesi sonsuz olmaktadır. Fakat, sistemin ve onun deformasyonlarının incelenmesi serbestlik derecesinin belli bir miktarda olmasını gerektirmektedir. Sonlu Eleman Metodu, her biri kısıtlı sayıda serbestlik derecesine sahip olan, sistemi temsil edebilen, küçük birimlerde gerekli denklemlerin formüle edilmesi ve sonra küçük parçaların denklemlerinin biraraya getirilerek bütün sistemin tanımlanması işlemidir. Matrisler ile çalışılmakta ve çözümler bu amaç için geliştirilmiş bilgisayar programlarında çözülmektedir (Lloyd, 1980).



Şekil 2.9 : Verev yöndeki %15 limit uzamaya denk gelen 19° 'lik kayma (Postle and Norton, 1988)

Sonlu Eleman Analizi'nin 'uzama' metodu olan çeşidi, küçük uzama oranları ve lineer elastikiyet için kullanılmaya uygun olmaktadır. Kumaş, iki-boyutlu sürekli yapı olarak ele alınmakta ve düğüm diye adlandırılan uç noktalara sahip olan küçük parçalara bölünmektedir. Her düğümün belli bir serbestlik derecesi bulunmaktadır. Şekil 2.10'daki gösterilişe göre, e elemanı x y düzleminde bulunmakta, i, j, k düğümlerine sahip olmakta, ayrıca, u ve v, x ve y yönlerindeki uzamalar olmaktadır. u ve v uzamalarına, membran deformasyonu denir.



Şekil 2.10 : İki boyutlu sürekli yapının sonlu eleman modeli (Lloyd, 1980)

Ayrıca, şekil fonksiyonu da eklenerek, bilinen bir fonksiyondan bilinmeyen uzamaların dağılımı yaklaşık olarak hesaplanabilmektedir. Genelde kumaş deformasyonunda görülen lineer olmayan davranışlar - ki bunlar lineer olmayan materyal özellikleri, büyük uzama ve uzama oranlarıdır - temel teoride değişiklikler gerektirmektedirler. Viskoelastik

materyal için, Sonlu Eleman Analizinin 'basamak basamak artış' metodu çeşidinde zaman aralıkları kullanılmaktadır.

Sonlu Eleman Analizi, tekstilde farklı uygulama alanları bulmaktadır. İplik mekaniği, kumaş yapısı ve mekaniğinde kullanılmasının yanısıra, ısı yalıtımı problemlerinde, kimyasal ayrıştırmalarda, boyamada, v.b. uygulanabilmekte; yelkenlerin, şişen diğer tekstil yapılarının şeklinin bulunmasında, balistik deneylerde kullanılabilmektedir (Lloyd, 1988).

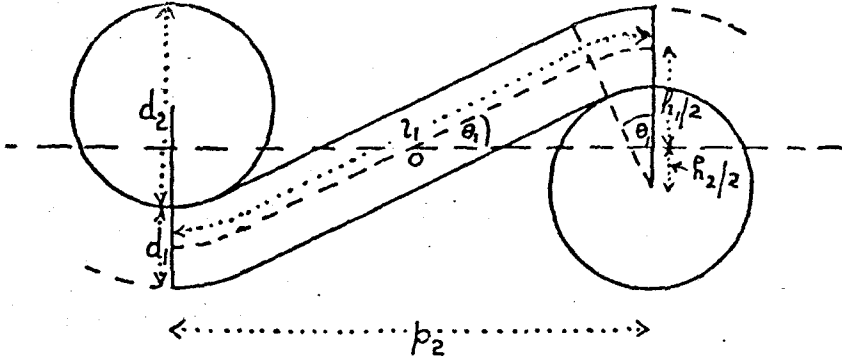
2.1.2 Temel teoriler

Kumaşın kuvvet-uzama ilişkilerinin genel bir değerlendirilmesi açısından ilk adım niteliğinde olan çalışmada Womersley (1937), kuvvet altındaki kumaşın deformasyonunun incelenmesinde diferansiyel geometriyi ilk olarak uygulamıştır. Kumaşın ideal durumunda, çözgü ve atkı iplikleri birbirlerine paraleldirler, fakat kuvvet etkisi ile eğilirler ve deforme olmuş durumları eğrisel-koordinat sisteminde tanımlanabilecek hale gelir. Womersley, kenarlarında gerdirilen ve kumaş yüzeyine dik yönde hidrostatik yaklaşımlı basınç altında olan bir kumaş için genel denge denklemlerini şu varsayımlar ışığında vermiştir :

- 1) Kumaş ince bir kabuktur,
- 2) İplikler düzgün, tam eğilebilen ve uzamayan özellikte, dairesel kesitlidir,
- 3) Kumaş yapısı çok yavaş değişmektedir, yani kuvvete bağlı olarak kumaş yapısında meydana gelen değişimler çok küçüktür ve birbirini izleyen birimler boyunca hep aynıdır,
- 4) Kumaş kayma kuvvetlerine karşı koyamaz, bu durumda sadece iplik içindeki gerilmeler dikkate alınacak kuvvetlerdir,
- 5) Kesişmeler sabittir, kaymazlar; bu durumda birim alanın büyüklüğü ile, eksenlerdeki değişim sonucu yüzeyin şeklinde meydana gelen değişim kıyaslandığında, miktar çok küçük kalmaktadır.

Bu varsayımlardaki bir kumaş yapısı ile gerçek kumaş yapısı çok farklıdır, çünkü bu yaklaşım, basit bir model için teori geliştirmek amacı ile yapılmıştır ve kumaşın olayı karmaşıklaştıran elastikiyet, viskoelastikiyet, sürtünme, ipliklerin sıkıştırılabilirliği gibi, birçok önemli özelliği, dikkate alınmamıştır.

Womersley, teorisinde Peirce'in (1937) kumaş geometrisini esas almıştır. Şekil 2.11'de Peirce'in eğilebilen iplik modeline göre ideal kumaş geometrisi görülmektedir.



Şekil 2.11 : Peirce'in Eğilebilen İplik Modeline Göre İdeal Kumaş Geometrisi (Peirce, 1937)

Burada,

d_1 : Çözümlü ipliğinin çapı

d_2 : Atkı ipliğinin çapı

$D = d_1 + d_2$: Kumaş kalınlığı

p_1 : İki çözgü ipliğinin merkezleri arasındaki uzaklık

p_2 : İki atkı ipliğinin merkezleri arasındaki uzaklık

$h_1/2$: Çözgü ipliğinin merkezi ile kumaş eksenine arasındaki uzaklık

$h_2/2$: Atkı ipliğinin merkezi ile kumaş eksenine arasındaki uzaklık

θ_1 : Çözgü ipliklerinin kumaş eksenine göre eğim açısı

θ_2 : Atkı ipliklerinin kumaş eksenine göre eğim açısı

l_1 : İki atkı ipliği arasındaki çözgü ipliği uzunluğu

l_2 : İki çözgü ipliği arasındaki atkı ipliği uzunluğu

$c_1 = l_1/p_2 - 1$: Çözgü ipliğinin kıvrımı

$c_2 = l_2/p_1 - 1$: Atkı ipliğinin kıvrımı

olmaktadır. Birer kesişme yana gidildiğinde ve kumaş eksenine dik olarak incelendiğinde,

$$h_1 = \{ l_1 - (d_1 + d_2) \theta_1 \} \sin \theta_1 + (1 - \cos \theta_1) (d_1 + d_2) \quad (10)$$

$$p_2 = \{ l_1 - (d_1 + d_2) \theta_1 \} \cos \theta_1 + \sin \theta_1 \quad (11)$$

elde edilmektedir ki bunlar h_2 ve p_1 için benzerdir. $D = d_1 + d_2 = 1$ olunca, kumaş kalınlığı da birim ölçü olmaktadır. O zaman;

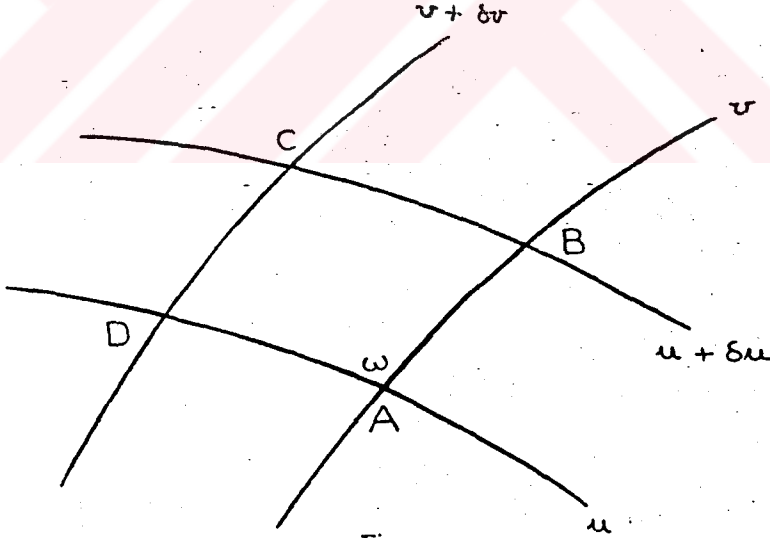
$$h_1 = \{ l_1 - \theta_1 \} \sin \theta_1 + (1 - \cos \theta_1) \quad (10a)$$

$$p_2 = \{ l_1 - \theta_1 \} \cos \theta_1 + \sin \theta_1 \quad (11a)$$

olur. Ayrıca, Şekil 2.11'den, kumaşın sabitleri arasındaki temel bağlantılar olan $h_1 + h_2 = D = d_1 + d_2 = 1$ görülmektedir. p_1 ve p_2 uzunlukları, deformasyondan sonra değiştiği halde, l_1 ve l_2 uzunlukları, ipliklerin uzamadığı kabul edildiği için, değişmemektedir.

Kumaş deforme olmuş durumda iken iplikler eğrisel-koordinat sisteminin eğrileri olarak alınmaktadır. Çözümlü iplikleri $v = \text{sabit}$ eğrilerini, atkı iplikleri de $u = \text{sabit}$ eğrilerini oluşturmaktadır, böylece u çözgü iplikleri boyunca değişmekte, v de atkı iplikleri boyunca değişmektedir. Şekil 2.12'de eğri bir kumaş yüzeyi görülmektedir :

$u = \text{sabit}$	A noktası : (u, v)
$u + du = \text{sabit}$	B noktası : $(u + du, v)$
$v = \text{sabit}$	C noktası : $(u + du, v + dv)$
$v + dv = \text{sabit}$	D noktası : $(u, v + dv)$
	ω : İki eğri grubu arasındaki açı



Şekil 2.12 : Eğri bir kumaş yüzeyi (Womersley, 1937)

AB ve DC eğrileri çözgü ipliklerine denk gelmektedir; dv , AB ve DC arasındaki çözgü ipliklerinin sayısı ile orantılı olmakta ve $u = \text{sabit eğrisi}$ boyunca ardışık gelen çözgü iplikleri arasındaki mesafe p_1 olduğu için, deformasyondan sonra,

$$ds = p_1 dv \quad (12)$$

ve benzer şekilde $v = \text{sabit eğrisi}$ boyunca,

$$ds = p_2 du \quad (13)$$

olmaktadır. Bu durumda birim kumaş yüzeyinin alanı şu şekilde tanımlanmaktadır :

$$ds^2 = p_2^2 du^2 + 2 p_1 p_2 \cos\omega du dv + p_1^2 dv^2 \quad (14)$$

p_1 ve p_2 bağımlı değişkenler olduğu için herhangi bir kumaş yüzeyi,

$$ABCD (\text{alan}) = p_1 p_2 \sin\omega du dv \quad (15)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Çözgü ve atkı iplikleri kesişerek aralarında gerilme meydana getirirler ve bu bağıntı, Şekil 14'den görüleceği üzere, iplikler tam eğilebilir olduğu için,

$$T_1 \sin\theta_1 = T_2 \sin\theta_2$$

T_1 : Çözgü ipliğindeki gerilim

T_2 : Atkı ipliğindeki gerilim

T_1 ve T_2 'nin kumaş düzlemindeki bileşenleri F_1 ve F_2 olduğu için,

$$F_1 \tan\theta_1 = F_2 \tan\theta_2$$

$$F_1 \tan\theta_1 / \tan\theta_2 = F_2$$

$$F_2 = \chi F_1, \quad \chi = \tan\theta_1 / \tan\theta_2$$

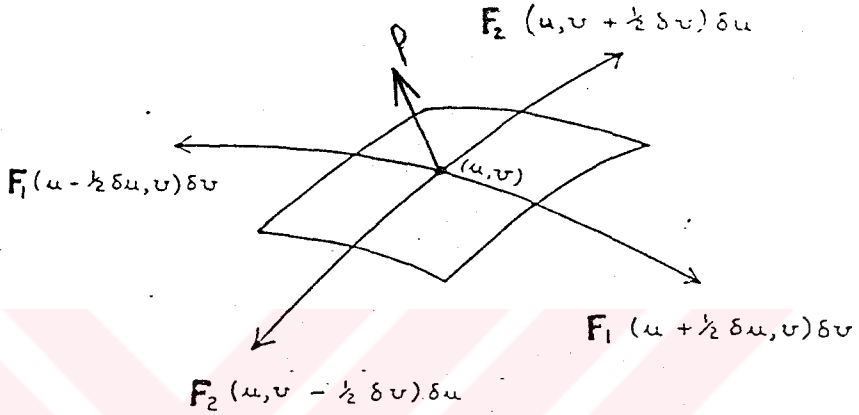
yazılabilir ve $\chi = \chi(p_1, l_1, l_2)$ yazılabildiği takdirde ve p_1 , u ve v cinsinden biliniyorsa, bu oran her yerde hesaplanabilir. Kumaşa dik yönde kuvvet uygulandığı zaman, kumaşın denge denklemleri yazıldığında, bunların, ipliklerin uzamaması ve tam eğilebilir olması varsayımlarına bağlı olmadıkları, fakat kayma kuvvetlerinin olmadığı ve yapının küçüklüğüne bağlı oldukları görülmektedir.

$$u - 1/2\delta u; \quad u + 1/2\delta u; \quad v - 1/2\delta v; \quad v + 1/2\delta v$$

eğrileri ile sınırlandırılmış olan bir kumaş parçası üzerinde oluşan kuvvetler Şekil 2.13’de görülmektedir. Burada,

$F_1(u, v) = (u, v)$ noktasında çözgü ipliklerindeki gerilme,

$F_2(u, v) = (u, v)$ noktasında atkı ipliklerinde bu gerilmeye denk gelen gerilmedir.



P : Kumaşa dik yönde uygulanan basınç

δS : Parçanın alanı

$P \delta S$: Parçaya uygulanan kuvvet

Şekil 2.13 : Kumaşta Oluşan Kuvvetler (Womersley, 1937)

Bu kumaş parçasındaki statik denge ele alındığında P kuvveti ipliklerdeki gerilme ile dengelendiği için şu denge denkleminin gerçekleşmesi gerekir :

$$F_1(u + 1/2\delta u, v) \delta v - F_1(u - 1/2\delta u, v) \delta v + F_2(u, v + 1/2\delta v) \delta u - F_2(u, v - 1/2\delta v) \delta u = P\delta S \quad (16)$$

Eğer n , (u, v) noktasında yüzeye dik olan birim vektör ise (Lass, 1950),

$$P = P n \quad (17)$$

olur. Denklem (15) ve (17), Denklem (16)’de yerine konulunca,

$$F_1(u + 1/2\delta u, v) \delta v - F_1(u - 1/2\delta u, v) \delta v + F_2(u, v + 1/2\delta v) \delta u - F_2(u, v - 1/2\delta v) \delta u - P n_{p1} p_2 \sin\omega \delta u \delta v = 0 \quad (18)$$

F_1 ve F_2 kısmi türevler olarak ifade edilirlse,

$$F_1(u + 1/2\delta u, v) \delta v - F_1(u - 1/2\delta u, v) \delta v = \partial F_1 / \partial u \delta u \quad (19)$$

$$F_2(u, v + 1/2\delta v) \delta u - F_2(u, v - 1/2\delta v) \delta u = \partial F_2 / \partial v \delta v \quad (20)$$

yazılabilir. O zaman,

$$\partial F_1 / \partial u \delta u + \partial F_2 / \partial v \delta v - P n p_1 p_2 \sin \omega = 0 \quad (21)$$

elde edilmektedir. a, çözgü yönündeki birim vektör ve b, atkı yönündeki birim vektör ise, a, b ve n üçlü koordinat sistemi oluştururlar. Dengenin vektör denklemi a, b ve n skalar denklemleri ile çarpılınca problem çözülebilir.

$$F_1 = F_1 a; F_2 = F_2 b \quad (22)$$

yazılabilir. O zaman denklemler şu şekli alır :

$$\partial F_1 / \partial u + a b \partial F_2 / \partial v + F_2 a \partial b / \partial v = 0 \quad (23)$$

$$\partial F_2 / \partial v + a b \partial F_1 / \partial u + F_1 b \partial a / \partial u = 0 \quad (24)$$

$$F_2 n \partial b / \partial v + F_1 n \partial a / \partial u = P p_1 p_2 \sin \omega \quad (25)$$

$\kappa_1, v =$ sabit eğrisinin tanjantı yönündeki eğrilik,

$\kappa_2, u =$ sabit eğrisi için bunun benzeri ise,

$$n \partial a / \partial u = p_2 \kappa_1; n \partial b / \partial v = p_1 \kappa_2 \quad (26)$$

yazılabilir. O zaman denklem,

$$F_2 p_1 \kappa_2 + F_1 p_2 \kappa_1 = P p_1 p_2 \sin \omega \quad (27)$$

şeklini alır ki bu denklemin sabun köpüğünün denge denklemi ile benzerliği açıkça görülmektedir (Timoshenko and Goodier, 1950).

Yüzey bir düzlem olsaydı, b $\partial a / \partial u$ ve a $\partial b / \partial v$ büyüklükleri, u ve v eğrilerinin eğriliklerine şu bağlantılar ile bağlanacaklardı :

$$b \partial a / \partial u = p_2 / \rho_1 \sin \omega \quad (28)$$

$$a \partial b / \partial v = - p_1 / \rho_2 \sin \omega \quad (29)$$

Burada,

$\rho_1 =$ u eğrisinin eğrilik yarıçapı

$\rho_2 =$ v eğrisinin eğrilik yarıçapı

olmaktadır. Yüzey bir düzlem olmadığı zaman, ρ_1 ve ρ_2 , tanjant düzlemine dik eğrilik yarıçapları olurlar ki bu da jeodesik yayın yarıçapı

olmaktadır. Jeodesik eğrilikler, genelde, γ ve γ' ile gösterildiği için, denge denklemleri şu şekli alır :

$$\partial F_1 / \partial u + \cos \omega \partial / \partial v (\chi F_1) - \chi F_1 \gamma' p_1 \sin \omega = 0 \quad (30)$$

$$\cos \omega \partial F_1 / \partial u + \partial / \partial v (\chi F_1) + F_1 \gamma p_2 \sin \omega = 0 \quad (31)$$

$$F_1 (\kappa_1 / p_1 + \chi \kappa_2 / p_2) = P \sin \omega \quad (32)$$

Bu denklemlerde, χ ve p_2 , p_1 'in bilinen fonksiyonları olup dengenin üç denklemi üç bilinmeyen içerir ki bunlar F_1 , p_1 ve ω 'dır. Bu durumda, κ_1 , κ_2 ve γ , γ' ; p_1 , p_2 ve ω 'ya bağımlıdır. Belli bir deformasyon ile kumaşa oluşan kuvvetler ve sistemi dengede tutacak normal yöndeki basınç Denklem (32)'den hesaplanmaktadır.

Kumaş deformasyonunda diferansiyel geometri uygulamaları daha sonraları Postle ve Norton (1988, 1991) tarafından tekrar ele alınmıştır. Bu araştırmacılar, dokuma kumaşın sonlu deformasyonunu tanımlamak için tensör analizlerini kullanmışlar, böylece şu dört tensör alanını tanımlamışlardır :

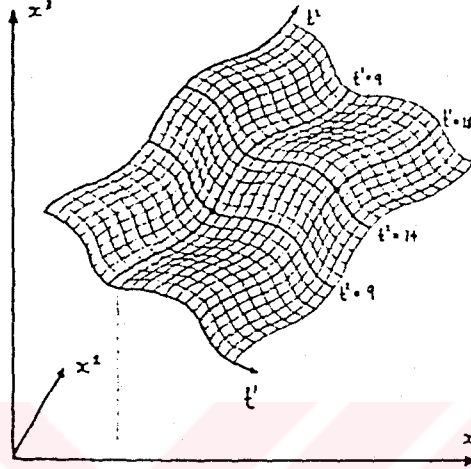
- 1) Kumaşın uzama oranı için tensör alanı,
- 2) Kumaş yüzeyinin normal eğriliği için tensör alanı,
- 3) Kumaş yüzeyi içinde ipliklerin eğilmesi için tensör alanı,
- 4) Kumaş yüzeyi içinde ipliklerin bükümü için tensör alanı.

Eğimli koordinatların, üç boyutlu Euclid uzayının kartezyen koordinatlarına (x^1 , x^2 , x^3) göre çizilen şekli, Şekil 2.14'de görülmektedir. Bu uzay içinde yer alan bir yüzey parametrik olarak şöyle gösterilmektedir:

$$\left. \begin{aligned} x^1 &= f^1(t^1, t^2) \\ x^2 &= f^2(t^1, t^2) \\ x^3 &= f^3(t^1, t^2) \end{aligned} \right\} \quad (33)$$

t^1 ve t^2 parametreleri kumaş yüzeyinde bir koordinat sistemi sağlamaktadırlar ve koordinat çizgileri olarak sabit olmaktadır. t^{α} 'a kadar kumaşın noktaları işaretlenirse, bir tek sistem ile kumaşın bütün noktaları tanımlanmış olmaktadır. Bunlara eğrilmiş (convected) koordinatlar denmekte ve çözgü veya atkı yönü eksen olarak alınırsa, bunlara da 'dokuma koordinatları' denmektedir. Bu çalışmada, kumaşın ilk ve son şekilleri, basitçe, iki farklı uzaya yerleştirilme olarak

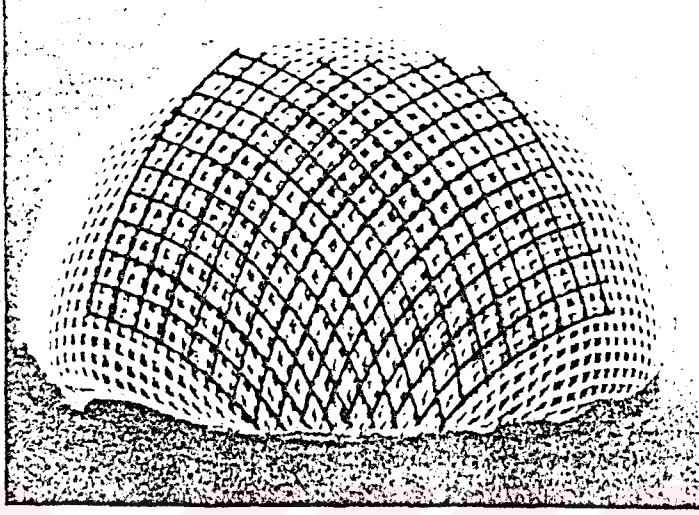
değerlendirilmektedir. İki konumun tensörleri arasındaki farklar, oluşan deformasyonu tanımlamaktadırlar.



Şekil 2.14 : Euclid uzayında eğimli koordinat sistemi
(Postle and Norton, 1988)

Postle ve Norton'un çalışması, kumaşın kıvrılması ve dökümü ile ilgili olup, büyük kuvvetler ve kalıcı deformasyonlar çalışmalarına dahil değildir. Bunu özellikle belirtmektedirler. Burada bu konuya yer verilmesinin sebebi, diferansiyel geometri olarak olayı tekrar ele aldıkları içindir.

Van West, Pipes ve Keefe (1990), bir yarım kürenin gerek teorik gerekse deneysel çalışmalar için iyi bir zemin oluşturduğunu belirtip, diferansiyel geometriyi başarılı bir şekilde uygulamışlardır. Şekil 2.15'de, kendi modelleri ile çizdirdikleri ipliklerin gidiş yolu eğrilerini, küreyi saran kumaşın üzerindeki görüntü ile karşılaştırmaları görülmektedir. Her iki durumda, ipliklerin yerleşimi arasında iyi bir korelasyon vardır, fakat iplikler arası mesafeler birbirlerini tutmamaktadırlar. İplik yerleşimi karşılaştırılabilmekte, ipliklerin bulundukları noktalar ise karşılaştırılamamaktadır.



Şekil 2.15 : Model ile Çizdirilen İpliklerin Gidiş Yolu Eğrilerinin Küreyi Saran Kumaşın Üzerindeki Görüntü ile Karşılaştırılması
(Van West et al., 1990)

2.2 Deformasyon Yaklaşımı ile Yapılmış Çalışmalar

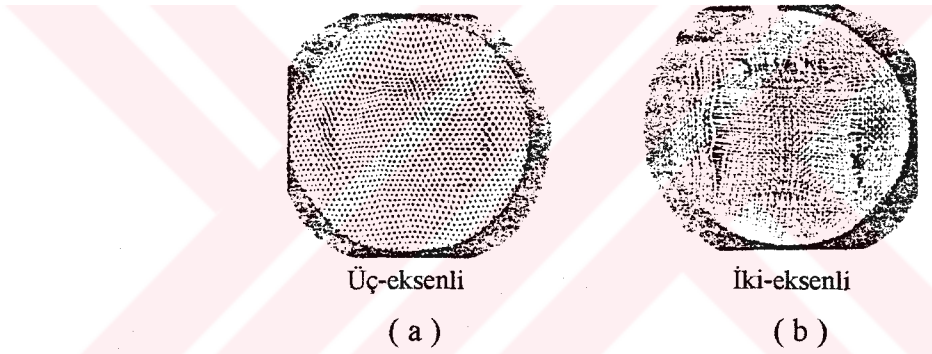
Bölüm 1.2.'nin (d) şikkında, dokuma kumaşlardaki deformasyonun diğer bir ele alınış tarzının, kumaşın kendi düzlemine dik bir kuvvet altında zorlanması ve geri dönüşünün tam olmadığı şekil değiştirmeleri olduğu belirtilmişti. Hidrostatik ve noktasal kuvvetler etkisindeki, dökümlülük araştırmalarında kıvrılma başlamazdan önceki bölgedeki, giysinin diz, dirsek, kalça, cep, topuk bölgelerindeki, deformasyonların güzel örnekler olduklarından söz edilip, ileriki bölümlerde bu örnekler üzerinde detaylı olarak durulacağı belirtilmişti. Burada her deformasyon türü tek tek ele alınıp incelenecektir.

2.2.1 Hidrostatik kuvvetler etkisindeki deformasyonlar

2.2.1.1. Patlama mukavemeti ölçüm cihazı kullanılarak yapılmış çalışmalar

Sommer (1941) çalışmasında patlama mukavemeti ölçüm cihazı olan Schopper'i kullanmış ve farklı örgüler ve farklı karışımlardaki (lastik dahil) dokuma ve örme kumaşlar için gerekli patlatma basıncı ile işlem yapmıştır. Schopper cihazının kabul tarzı Şekil 2.16'da görülmektedir.

ASTM Standart D231-62'den (1980) değişik D3887 ve D3787'ye ve TS 7126'ya göre (ball-penetration), patlama mukavemeti, kumaş düzlemine dik yönde kuvvet uygulayıp kumaşı eğmek suretiyle delinceye kadar gereken kuvvettir. Bu, örme kumaşlar için tasarlanmış olan bir standarttır. 12.5 cm. çapında bir örme kumaşa, 2.54 cm. çapında bir cilalı çelik küre ile kumaş delinene kadar bastırılır, bastırma hızı, 305 mm/d olacak şekilde sabittir. Scardino ve Ko (1981) yaptıkları çalışmalarında, iplikleri 60^0 'de kesişen üç-eksenli kumaşların uzama, kayma ve patlama deformasyonu özelliklerini, iki-eksenli kumaşlarınkilerle, bu cihazda karşılaştırmışlardır. Üç-eksenli kumaşların, kumaş deforme olurken çok daha düzgün bir yük dağılımı gösterdikleri ortaya konulmuştur. Şekil 2.18'de patlama deneyi sonrasında, (a)'da üç-eksenli kumaş, (b)'de iki-eksenli kumaş görülmektedir. İki-eksenli kumaş aynı şartlarda yırtıldığı halde, üç-eksenli kumaşta sadece kalıcı deformasyon tespit edilmiştir.



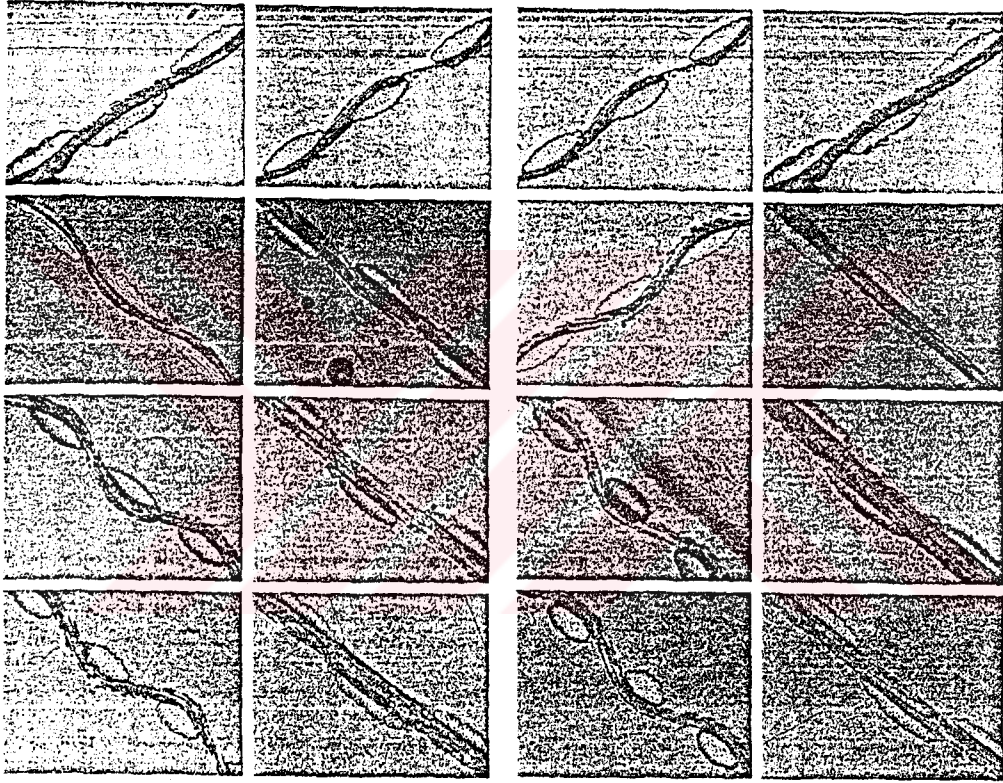
Şekil 2.18 : Patlama Deneyi Sonrasında : (a) Üç-eksenli kumaş, (b) İki-eksenli kumaş (Scardino and Ko, 1981)

2.2.1.2. Paraşütlerde yapılan çalışmalar

Williams (1984), paraşütlerde yaptığı çalışmasında, paraşüt kumaşındaki uzamalardan dolayı iç hacmin çok az bir miktarda arttığını belirlemiştir. Çalışmalarında kullandığı kumaşı membran ve uzamasını da lineer olarak kabul etmiştir.

Ericksen, Davis ve Warren (1992), Kevlar 29® sentetik lifinden, tek kat iplikten yapılmış bezayağı paraşüt kumaşında, eksenel kuvvet uygulayarak uzama ölçümleri ile kumaş geometrisinde meydana gelen değişiklikler konusunda gözlemler yapmışlardır. Kumaşı belli bir uzamaya getirdikten sonra, uygulanan kuvveti kaldırmışlar, kumaşı kesmişler ve kesit fotoğraflarını çekmişlerdir. Fotoğraflardan, kumaş geometrisindeki

ve iplik kesitindeki değişiklikler görölmektedir. Kuvvet ilk uygulandığında, kumaşın elastik tepkisinin ipliğin eğilmesinden kaynaklandığını, uygulanan kuvvet arttıkça tepkinin eğilmeden uzamaya doğru kaydığını ve fazla kuvvetlerde iplik uzamasının ön plana çıktığını belirtmişlerdir. Eğilme ve uzama etkileri arasındaki fark önemli olmakta ve iplik kesitinden takip edilebilmektedir. Şekil 2.19’da kumaş geometrisinin ve iplik kesitinin değişimi hem çözgü hem de atkı iplikleri için görölmektedir.



(a grubu)

(b grubu)

(c grubu)

(d grubu)

a grubu : Çözgü yönünde gerilmeye çözgü ipliklerine dik kesit

b grubu : Çözgü yönünde gerilmeye çözgü ipliklerine paralel kesit

c grubu : Atkı yönünde gerilmeye atkı ipliklerine dik kesit

d grubu : Atkı yönünde gerilmeye atkı ipliklerine paralel kesit

Şekil 2.19 : Kumaş geometrisi ve iplik kesitlerinin değişimi
(Ericksen et al., 1992)

Bu çalışmadaki paraşüt kumaşının atkı sıklığı çözgü sıklığına nazaran çok yüksek seçilmiştir. Ericksen, Davis, Warren'in elde ettikleri sonuçlar buraya sadece fikir vermesi açısından konulmuştur.

2.2.2 Noktasal kuvvetler etkisindeki deformasyonlar

2.2.2.1. Ağlarda yapılan çalışmalar

Shanks (1979) güçlendirilmiş kaba ağların dinamiğini Sonlu Eleman Analizi kullanarak incelemiştir. Ele alınan ağlarda birim alan, kumaşinkine nazaran çok büyük olmaktadır. Bu tip ağlar uçaklardaki can yelekleri veya dönen makina parçalarının etrafı gibi yerlerde koruyucu yapılar olarak kullanılmaktadır. Bu durumlarda ağlar enerji absorbe etmekte ve enerjiyi bünyesi içinde yayan mekanizmalar olarak görev yapmaktadır. Kullanma anında ağın yapısı, maksimum dinamik etkiyi çok hızlı bir şekilde minimuma indirebilmeli ve ağ yapı olarak zarar görmemelidir. Ayrıca, tenis veya "squash" raketi gibi çok yüksek düzeyde gerilen ağlarda, ağ ile ona kuvvet uygulayan madde arasında kısa temas zamanı olmalı; ağ tarafından absorbe edilen enerji düşük olmalıdır.

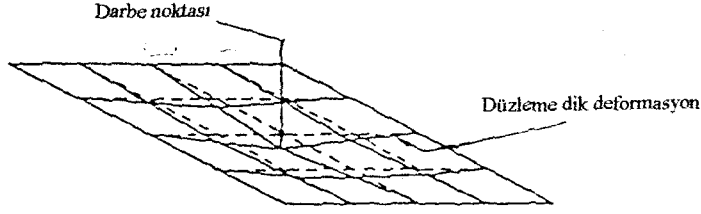
Shanks, yaptığı çalışmada şu varsayımlarda bulunmuştur :

- 1) Elemanların eğilme rijitliği yoktur ve bükümsüzdürler, yani gerilme altında iken herhangi bir büküm açma çabası yoktur,
- 2) Darbe almadan önce ağa bir ön gerilme verilmiştir. Bunun sebebi hem oluşabilecek kıvrımları önlemiş olmak hem de deneye her seferinde belli bir gerilme altında başlanıldığını garanti etmektir.
- 3) Kesişme noktaları sabit olarak bağlıdır, yani hiçbir kayma olmaz. Tekstil yapıları için bu söz konusu olamaz.
- 4) Çeperler sıkı bir şekilde bağlıdır, buralarda da kayma meydana gelmez.
- 5) Kullanılan materyal lineer elastiktir ve bütün ağ boyunca homojendir; fakat büyük uzamalar dikkate alınınca geometrik düzgünsüzlük söz konusu olabilir.

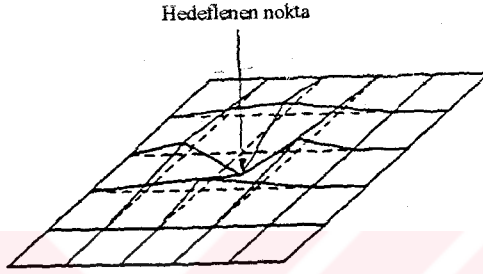
Şekil 2.20 ve Şekil 2.21'de ağın sembolik darbe noktaları görülmektedir:

2.2.2.2. Balistik çalışmaları

Konunun, noktasal kuvvetler altındaki deformasyon şeklinde, bir başka yaklaşım ile ele alınışı da balistik incelemeler kapsamındadır. Roylance, Wilde ve Tocci (1973) yaptıkları çalışmada, tek lifler için daha



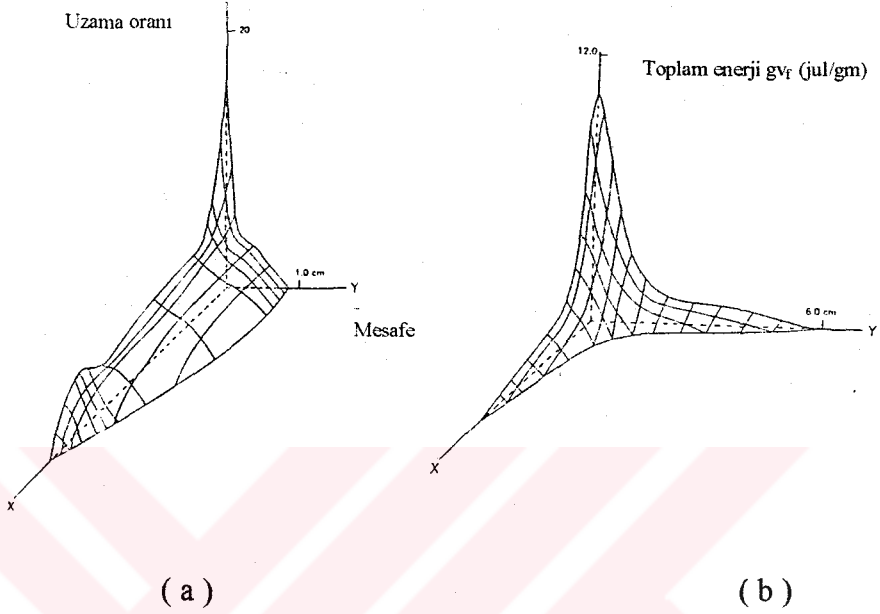
Şekil 2.20 : Ağın Sembolik Darbe Noktası (Shanks, 1979)



Şekil 2.21 : Ağın Sembolik Darbe Noktası (Leech, 1980)

önceden geliştirilmiş olan bir dinamik sonlu eleman tekniğini, dokunmuş yüzeyleri modellemek için uyarlamışlardır. Buradaki esas amaçları, kurşun geçirmez yeleklerin performansını artırmaktır. Araştırmanın sonucunda, balistik olayını yapısal tepkiden ayrı tutamayacaklarını ve lifin balistik mukavemeti ile o liften dokunmuş kumaşın balistik mukavemeti arasında yüksek korelasyon olduğunu bulmuşlardır. Lif olarak olay ilk ele alındığında, mermi çarptığı anda, çarpma hızından bağımsız olan eksenel uzama dalgaları, darbe noktasından uzaklaşmaktadır. Bu dalgaları takiben, lif materyali darbe noktasına doğru akma göstermektedir. Bir de, bu eksenel dalgalara zıt dalgalar gene darbe noktasından yayılmaya başlamakta, daha yavaş ilerlerlemekte ve materyalin akma hızını frenlemektedir. Materyalin hareketi engellendiği için her dalga gelişinde titreşim görülür. Kumaş ile lif arasındaki en önemli fark, kumaşta lif kesişimleri olduğu için, eksenel uzama dalgaları ile zıt dalgalar arasında girişimler olmaktadır. Her kesişimde bir zıt dalga yansıtılmakta, esas dalganın şiddeti azaltılmakta, dalganın arkasındaki materyaldeki uzama artmaktadır. Tabii ki bu noktada kumaşın geometrisi önemli bir yer tutmaktadır. Şekil 2.22’de, bir mermi naylon bir kumaşa vurduğu zaman oluşan uzama ve enerji diyagramları görülmektedir. Balistik enerjinin

büyük bir kısmını, darbeyi alan liflerin topladığı bu diyagramlardan açıkça görülmektedir.



Şekil 2.22 : (a) Naylon Bir Kumaşa Mermi Vurduğu Zaman Oluşan Uzama Diyagramı (b) Naylon Bir Kumaşa Mermi Vurduğu Zaman Oluşan Enerji Diyagramı (Roylance et al., 1973)

Leech (1980) yaptığı çalışmasında kesişimlerdeki dalga yayılması üzerinde durmaktadır. Şekil 2.23’de görüleceği üzere Leech kapalı bir sisteme uygulanan ve değişkenlik gösteren bir enerji prensibi geliştirmiştir. Halbuki, Hamilton Prensibi “Mümkün olan bütün hareketlerde, dinamik sistemin gerçek hareketi”ni şöyle tanımlamaktadır :

$$\delta \int_{t_1}^{t_2} (T - U) dt + \int_{t_1}^{t_2} \delta W dt = 0 \quad (38)$$

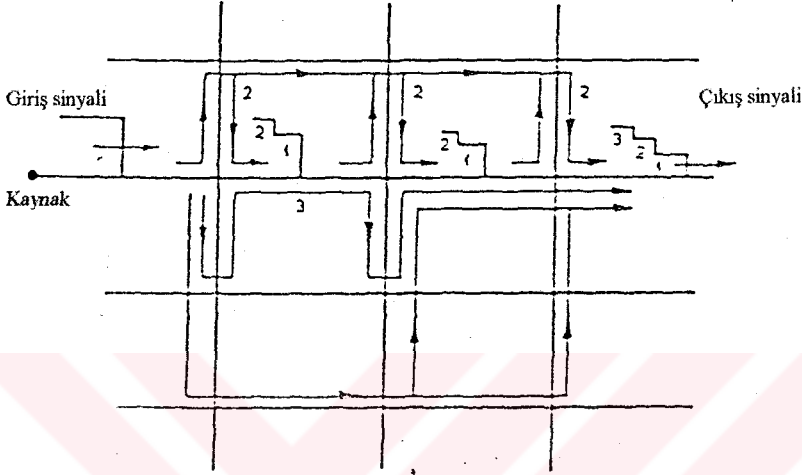
Burada,

T = Sistemin kinetik ko-enerjisi

U = Potansiyel veya uzama oranı enerjisi

δW = Yapılan iş (kayma veya iç sürtünme ile koruyucu olmayan elemanlar tarafından)

1. Esas rota
2. İkincil rota
3. Üçüncül rota



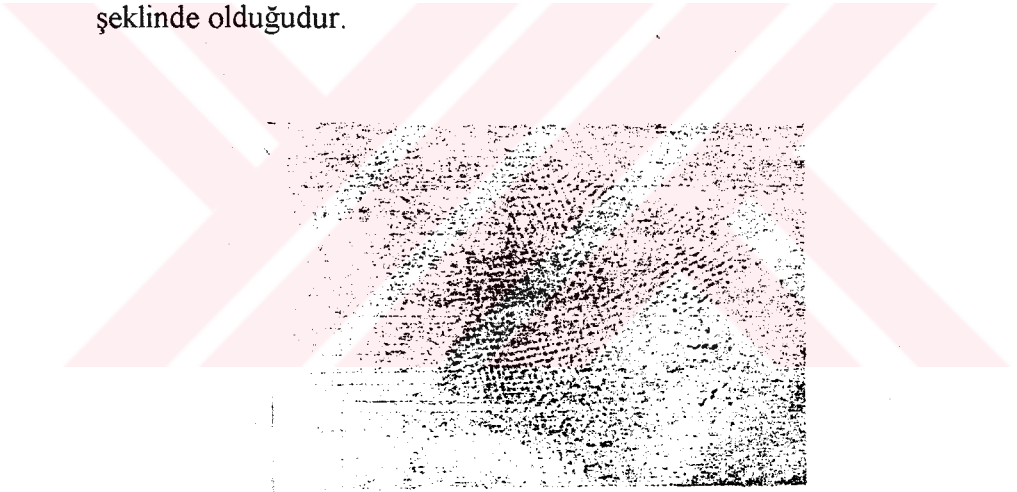
Şekil 2.23 : Kesişimlerdeki dalga yayılması (Leech, 1980)

Bu durumda, herhangi bir t_1 ve t_2 zamanında kinematik değişkenlerdeki düzensizlikler yok olmaktadır. Leech, prensibini sisteme bir bütün olarak uygulamakta ve denkleme uygun gelen anlamlı ve çözülebilen bütün gerçek hareketler için tarama yapmaktadır; fakat daha net bir sonuca ulaşılmadığını da belirtmektedir.

Düzleme dik yönde bir sinyal dikkate alınırsa, bir kesişmeye etki eden kuvvetin sadece bir kısmı kesişmeden sonraya aktarılmış olmaktadır. Bu noktada, kesikli yapı ile sürekli yapı arasındaki fark ortaya çıkmaktadır. Sürekli yapılarda, toplam enerji bütün noktalardan aynı şekilde geçmekte, yani aktarım tam olmakta, fakat kesikli yapılarda, bir sinyal noktalar arasında ileri-geri gidip gelmeler yapıp azalmaktadır. Başlangıçta tek bir noktada etkili olan sinyal, dalga şeklindeki yayılmalarla geniş bir alana dağılmaktadır. Enerjinin yansınması ve başka enerji türlerine dönüşmesi faktörleri dikkate alınmazsa, enerji yoğunluğu ve buna bağlı uzama oranları kesikli yapılarda azalmaktadır. Kesikli yapı ile sürekli yapı arasındaki başka bir fark da budur : Kesikli yapıda bir sinyalin yayılması uzun süre almakta ve sönümlü karakterde olmakta iken, sürekli yapılarda

bir sinyal her noktada kaynağından çıktığı zamanki özelliklerini korur (Roylance et al., 1973).

Montgomery, Grady ve Tomasino (1982) yaptıkları araştırmada, mermi geometrisinin, kumaşın balistik performansına etkisini incelemişlerdir. Farklı mermi uç sivrilikleri kullanıldığı halde, her çeşitte kullanılan metali ve metal sertliğini hep aynı seçmişlerdir. Mermi ne kadar küt olursa, kumaş ile o kadar daha çok temas noktası olmakta, böylece kumaşın enerji absorbe etme yeteneği de o kadar fazla olmaktadır. Aynı çalışmada, yapılan bir başka inceleme de, merminin kumaşı delmeyip merminin kumaşa oluşturduğu bombe ile kumaşın hemen arkasına konulan çamura saplanması şeklindedir. Bombenin izi olduğu gibi çamura çıkmıştır. Burada ilginç olan nokta, merminin kumaşı bir sivrilik meydana getirerek deforme ettiği düşünülse dahi, çamurda çıkan izin bir koni olmadığı, Şekil 2.24'den de görüleceği üzere, bir piramit veya prizma şeklinde olduğudur.

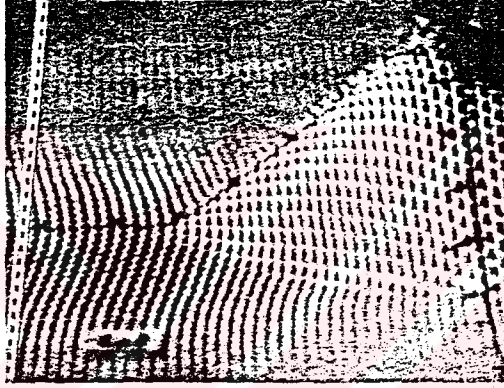


Şekil 2.24 : Merminin Saplanması ile Kumaşın Çamur Üzerinde Oluşturduğu Şekil (Montgomery et al., 1982)

Burada, kraterin çapraz uzunluğu ve tepe yüksekliği değerleri ölçülerek istatistiksel incelemeler yapılmıştır. Her farklı mermi geometrisi için hız artışı ile krater boyutlarının lineer olarak arttığı gözlenmiştir.

Cunniff (1992) yaptığı çalışmasında balistik darbe altındaki kumaşlarda oluşan yapısal değişiklikleri incelemiştir. Kumaş düzlemine dik yönde deformasyon olduğu zaman, sivri bir gerilme yamacı oluşmakta; komşu iplikler de bu harekete karşı koymaktadırlar. Böylece kuvveti en

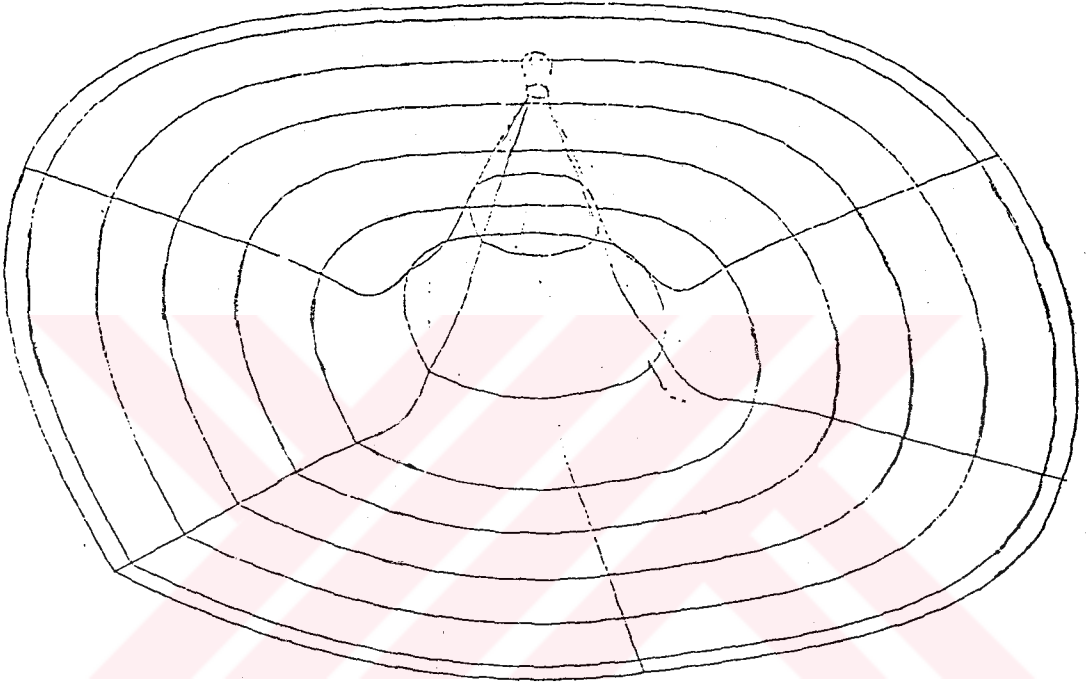
çok algılayan ipliklerde gerilme oldukça yükselmektedir. Cunniff'in belirttiğine göre, Vinson ve Zukas konik kabuk yaklaşımı yaparak model geliştirmeye çalışmışlardır; fakat bunun doğru olmadığı daha sonraki çalışmalardan anlaşılmıştır. Ayrıca, Dent ve Donovan enerji aktarma mekanizmasının mermi ile kumaş arasındaki sürtünme kuvveti olduğunu düşünmüşler, fakat daha sonraları Dent esas enerji aktarma mekanizmasının, iplikteki kıvrım değişimleri yolu ile olduğunu ispatlamıştır. Şekil 2.25'de merminin kumaşa yarattığı deformasyonun şekli görülmektedir.



Şekil 2.25 : Merminin Kumaşa Oluşturduğu Deformasyonun Şekli
(Cunniff, 1992)

Fotoğrafın yan kısmındaki ölçekten görüleceği üzere, deforme olan kumaş bölgesine doğru bir kısım kumaş akmakta, tepe noktasında da maksimum deformasyon olmakta, ayrıca eksenel ve zıt dalgalar söz konusu olmaktadır. Bu çalışma sonucunda, kumaşın yırtılma mekanizmasında mermi geometrisinin etkisinin, kumaş düzlemindeki ve buna dik yöndeki dalga yayılma özellikleri ile bunların kumaş yapısı ile olan ilişkilerinin ve kumaşların dik yöndeki deformasyon davranışlarının çok daha detaylı incelenmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. Cunniff (1996) yaptığı çalışmada ise, kayma deformasyonunu da dahil ederek, enerji absorpsiyon metodlarını ve regresyon analizlerini kullanarak merminin kumaşa saplanması olayını daha detaylı olarak modellemeye çalışmıştır.

Lloyd (1980), kumaş deformasyonunda Sonlu Eleman Analizi yapmış ve balistik deneylerinde de bunu kullanmıştır. Ancak, Lloyd mermi saplandığı zaman oluşan şekli koni olarak almıştır. (Şekil 2.26)

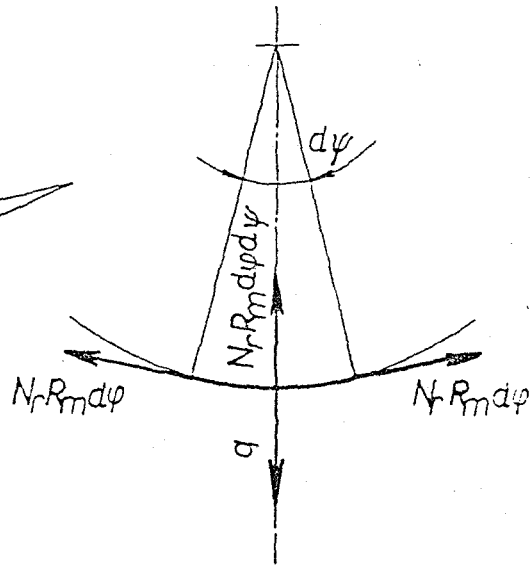
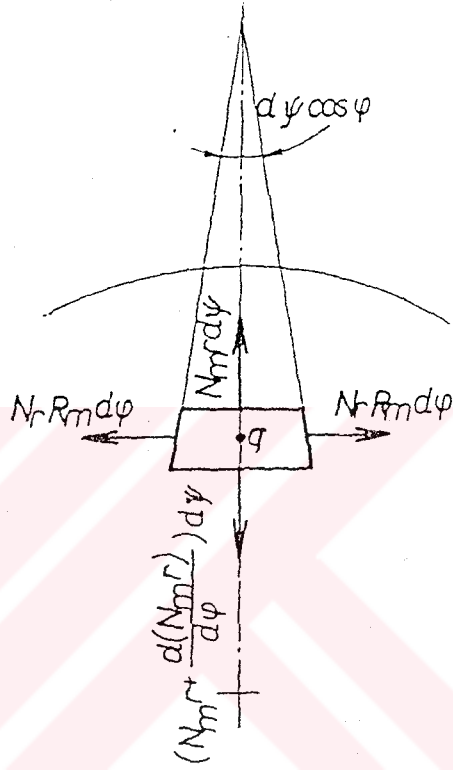
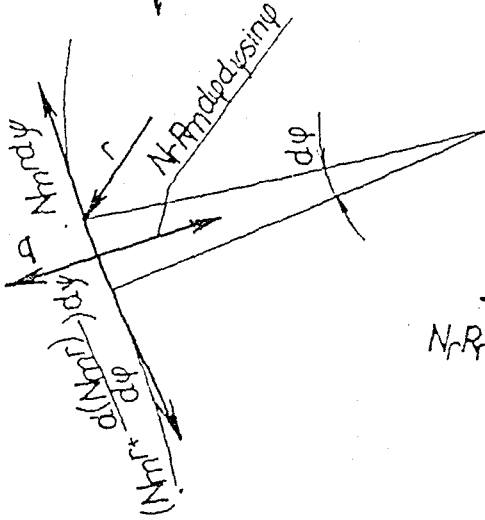
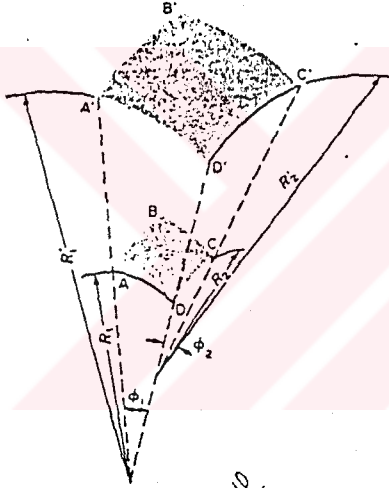
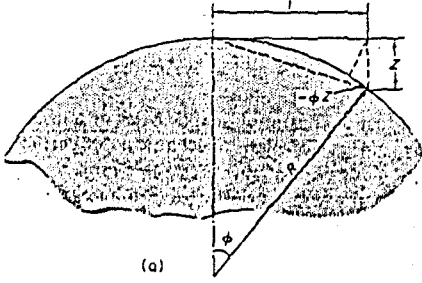


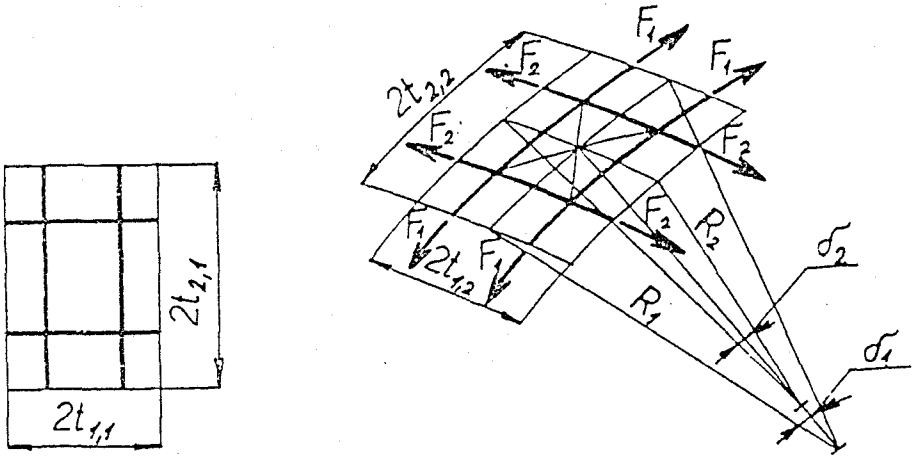
Şekil 2.26 : Sonlu Eleman Analizi için mermi saplandığı zaman oluşan konik şekil (Lloyd, 1980)

2.2.3 Dökümlülük araştırmalarında kıvrılma başlamazdan önceki bölgenin deformasyonu

Dökümlülük konusunu inceleyen birçok araştırmacı, ilgi sahasının kesinlikle, dökümün bulunmadığı ve kumaşın üzerinde bulunduğu çift eğrilikli yüzeyi tam olarak sarmakta olan bölge olmadığını veya kumaş serbest atıldığında oluşan bir tepe olmadığını açıkça belirtmişlerdir (Shanahan et al., 1978; Kawabata et al., 1973; Postle and Norton, 1988,1991).

Kumaş serbest halde atıldığında oluşan durum, tepe ve ayağı şeklindeki üç yönlü eğilme (three-fold buckling) olarak ifade edilmektedir ve Şekil 2.27'de üç yönlü eğilmesi olan kumaşın tepe kısımları görülmektedir.





Şekil 2.27 : Üç yönlü eğilmesi olan kumaşın tepe kısımları (Amirbayat ve Hearl, 1986) (Fleissig, 1968)

Amirbayat ve Hearle (1989) çalışmalarında, bu tepe bölgesi ile ilgilenmediklerini özellikle belirtmişlerdir. Çalışmalarının devamında, üç yönlü eğilmesi olan kumaşın enerjisini modellemişler ve kontür çizgileri şeklinde kumaşın kuvvet haritasını çıkarmışlardır. Bu görüntü Moire Topografisindeki gibi olmaktadır (Şekil 2.28) (Bkz. Şekil 2.36).

Amirbayat ve Hearle (1989) kumaşların, dökümlülük ve şekil alma özelliklerinin, onları diğer tabaka yapılı materyalden ayıran özellikler olduklarını belirtmişlerdir. Plak ve kabuk teorilerinin sınırlayıcı varsayımları, gerek terimler olarak gerekse metod olarak kumaşların üç yönlü eğilmesini (kıvrılmasını) (three-fold buckling) incelemeye yeterli gelmediğini belirtmektedirler. Calladine (1988), eğilme ve uzama arasındaki girişimi vurgulayarak bir yaklaşım yapmıştır; fakat bu yaklaşımın eğilebilen tekstil materyaline uygulanması gene de tam değildir, çünkü küçük uzama-küçük yer değiştirmeye dayalı elastik teori ve büyük deformasyona dayalı plastik teori üzerinde durmaktadır. Calladine (1988) büyük uzama-büyük yer değiştirmelerden sonra geriye dönebilen karmaşık kıvrılma ile ilgilenmemektedir. Düzlem içindeki membran deformasyonu ile düzlem dışındaki eğilme deformasyonu arasındaki fark budur. Tek eğrilikte birçok tabaka materyali benzer davranır, fakat çift eğrilikte çok farklı davranırlar. Bunlarda kıvrılma şekilleri çok farklı olur; çünkü çift eğrilik düzlem içi uzamalar gerektirir. Düzlemsel bir tabakanın çift eğrilikli

bir yüzeye sarılması, dünyanın haritasının kağıt üzerine çizilmesi şeklindedir. Dışarıdan bir kuvvet uygulaması söz konusu değildir. Halbuki, tekstil materyalleri ve lastik, membran uzamalarına uyum gösterebilirler ve dışarıdan gelen kuvvet varsa ona göre şekil alabilirler.

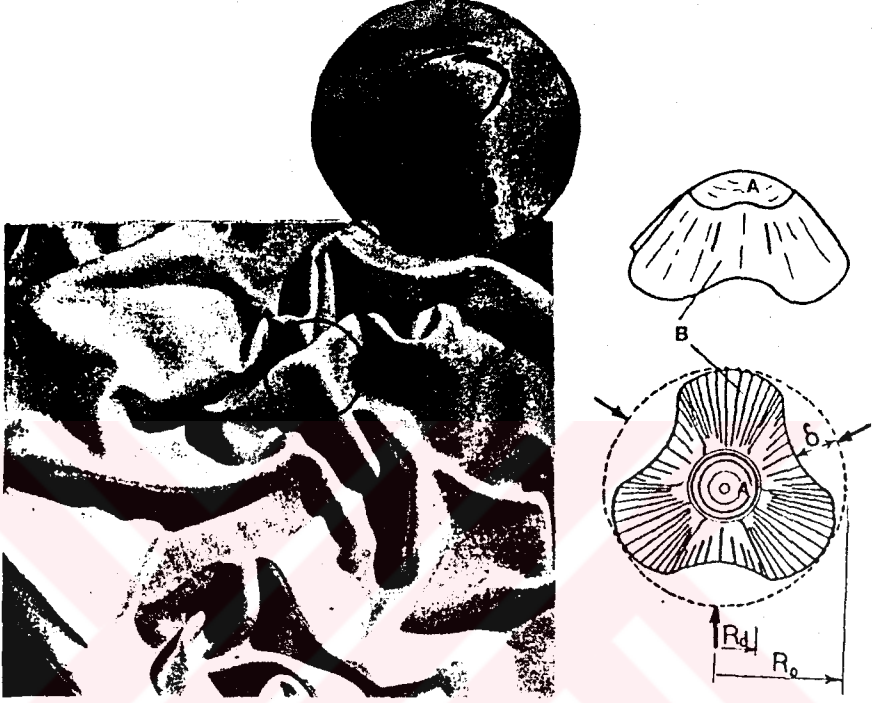


Şekil 2.28 : Kumaşın kuvvet haritası (Amirbayat ve Hearl, 1986)

Bir giysi dikimi sırasında, omuzlardaki gibi, çift eğrilikli bir yüzeyin sarılması, kumaşın kayma mukavemeti doğrultusunda gerçekleşmektedir. Lindberg, Skelton, Chu, Cusick, Hearle, yaptıkları çalışmalarla dökümlülük katsayısı ile eğilme rijitliği arasındaki ilişkinin kayma mukavemetinin dikkate alınması ile geliştiğini ortaya koymuşlardır. Amirbayat ve Hearl (1986) eğilebilen kumaşların küçük kuvvetler altında geriye dönüşlü eğilmesini incelemişler, rijit materyalin büyük kuvvetler altında geriye dönemeyen çökmesini incelememişlerdir..

Amirbayat ve Hearl (1986) üç yönlü eğilmede (three-fold bucling), iki katın orta kısmında bir katın da yanda oluşan eğilme olduğunu söylemektedirler. Birinden öbürüne tatlı bir geçiş olduğu düşünülmüştür; fakat aralarında kesin bir ayrılma vardır, çünkü enerji yayılmasından bunu

görmüşlerdir. Şekil 2.29'da üç yönlü eğilmiş bir yüzeyin geometrisi görülmektedir.



Şekil 2.29 : Üç yönlü eğilmiş bir yüzeyin geometrisi (Amirbayat ve Hearle, 1986)

Amirbayat ve Hearle'ün (1989) belirttiklerine göre, tepe kısmında, kumaşın viskoelastik özellikleri ve krimp-relaksasyon özellikleri sözkonusu olmaktadır; olay çok karmaşık bir hal almaktadır ve esas olarak kumaş bu noktada farklı bir yüzeyin şeklini almaya zorlanmaktadır.

Amirbayat ve Hearle (1989), uygulamalı mekaniğin kabul ettiği bazı varsayımlar ile tekstil materyallerinin bunlara uymayışının, bu konunun geç incelemeye alınmasına sebep olduğunu belirtmişlerdir. Tekstil yapıları sürekli yapıda değildir, kesikli yapıdadırlar. Verdikleri tepkilerde, isotropik ve lineer değildirler, histerisise uygundur ve zamana bağımlıdır. Genelde, viskoelastik özellikleri dikkate bile alınmaz. Karmaşık kıvrılmalarda (buckling), büyük uzamalar ve yer değiştirmeler sonucu oluşan çok karmaşık deformasyonlar meydana getirirler. Bu konunun neden şimdi üzerinde durulduğunun sebebi ise, son elli yıldır, yapma

tekstil lif çeşitlerinde ve tekstil üretim yöntemlerinde artış olmuştur. Bunların sonucunda, önceden geçerli olan tecrübe ve deneme-yanılma yöntemleri artık geçersiz ve çok pahalı, ayrıca zaman alıcı olmuşlardır. Ayrıca, tekstilin, jeotekstiller, airotekstiller, v.b. gibi farklı kullanım alanları çıkmıştır. Böylece kumaştan farklı bir performans beklenilmiştir. Bilgisayar teknolojisinin çok gelişmesi ve tekstilde kullanım alanının genişlemesi sonucu, kumaş daha tasarım safhasında iken onun kullanılırkenki davranışlarını sembolize etmek için yapılan çalışmalar artmıştır.

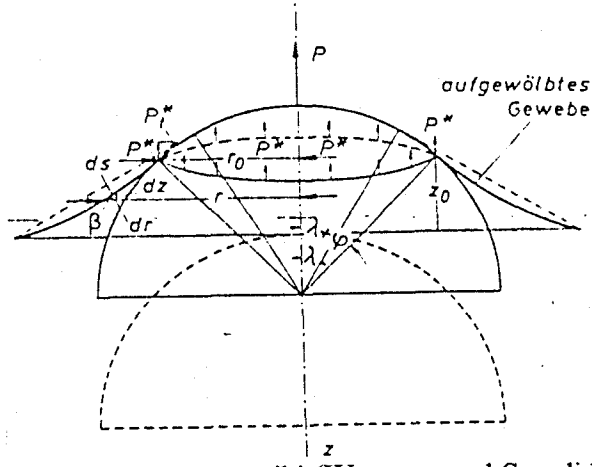
2.2.4 Kumaşın giyimdeki davranışını modelleyen çalışmalar

Egg-Olofsson (1966) kumaşların ve benzer materyalin şekil alması ve şekil alma yeteneğini (shaping ability, comfortability) tanımlanması konusunda çalışmalar yapmıştır. Silindirlerin, konilerin ve kürelerin kumaş tarafından sıkıca sarılması için gerekli şartlar üzerinde durmuştur. Küresel bir yapıyı, dikdörtgen biçimli bir yapının sarabilme yeteneği kavramını ortaya atmış, lastik kumaşlar ile deneyler yapmış ve şekil alma kabiliyetini, uygulanan kuvvetlerden ve kumaşın kopma mukavemetinden hesaplama yoluna gitmiştir.

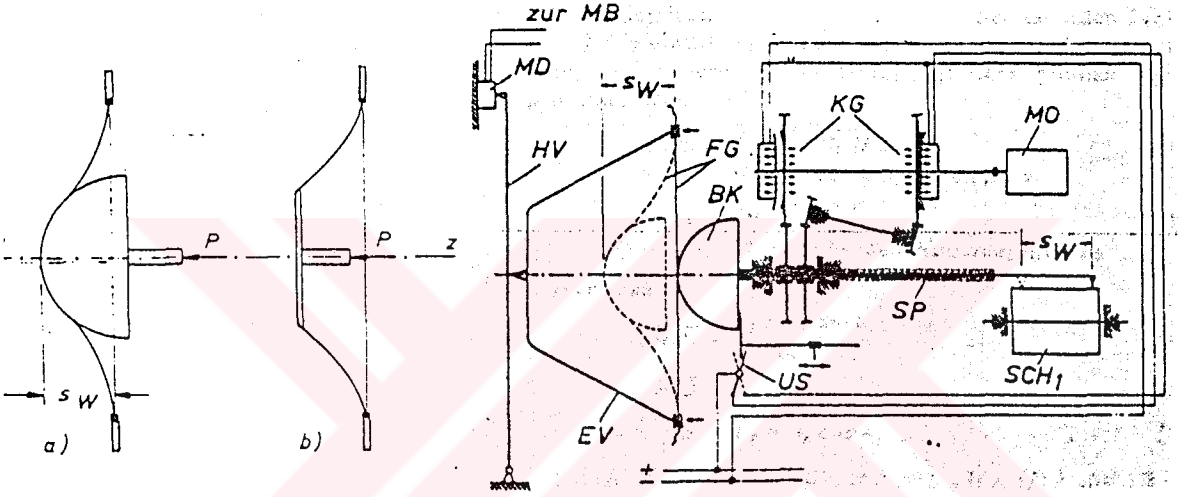
Wegener ve Scoulidis (1967) yaptıkları çalışmada, eğilme elastikliğinin belirlenmesi için geliştirdikleri bir cihaz ile günlük yaşantıda çok karşılaşılan bazı durumları sembolize etmişlerdir. Eğriliğin oluşması için gerekli kuvveti ve dikey olarak katedilen yolu ölçmüşler, fakat bu değerleri analiz amaçlı kullanmamışlardır. Sommer tarafından patlatma mukavemetleri deneylerinde yapıldığı gibi, kısaç arasına yerleştirilen kumaşın oluşturduğu şekilden göreceli olarak farklı değerler hesaplamışlardır (Şekil 2.30).

Bu değerler 'lineer eğilme kuvveti' ve 'eğilme uzaması'dır. Wegener ve Scoulidis çalışmalarında örme ve lastik konstrüksiyonlu kumaşlar kullanmışlardır. Eğrilik (curvature) testi diye isimlendirdikleri deney düzeneği Şekil 2.31'de görülmektedir.

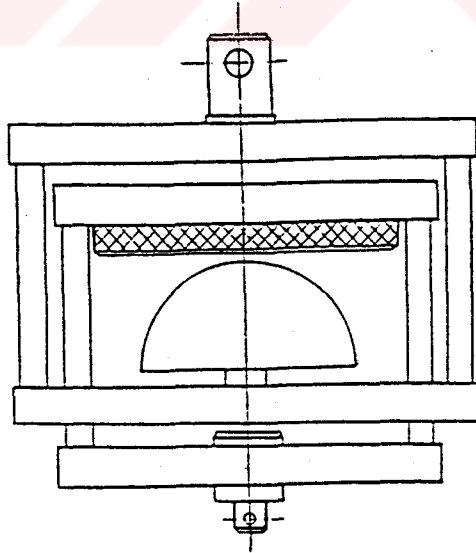
Fleissig (1968) yaptığı çalışmasında dizlerde, dirseklerde, ve kalçada oluşan kalıcı deformasyonu ölçebilmek için Unatex adını verdiği cihazı geliştirmiştir (Şekil 2.32).



Şekil 2.30 : Çalışma prensibi (Wegener and Scoulidis, 1967)



Şekil 2.31 : Eğrilik testi deney düzeneği (Wegener ve Scoulidis, 1967)



Şekil 2.32 : Unateks aleti (Fleissig, 1968)

Bu cihazda, dairesel olarak sıkıştırılmış bir kumaş parçası gene daire ile aynı çapa sahip bir küre ile bastırılmaktadır. Küresel bir yüzey ile bastırılan kumaştaki çözgü ve atkı gerilmelerini membran teorisine göre incelemiştir. Burada da Womersley'nin yaptığı gibi aşağıda verilen bazı varsayımlar yapılmıştır :

1) Kumaş, ihmal edilebilir sabit kalınlıkta bir homojen isotropik membrandır.

2) Küre ile bastırıldığında oluşan bombe çok büyüktür, neredeyse kıskaç dairesinin yarıçapına yakındır.

3) Eğilme momentleri ve kayma kuvvetleri membranın her noktasında ihmal edilebilir.

4) Membranın kıskaç dairesine takılışı geçme şeklindedir.

5) Küresel kısmın uyguladığı dış kuvvet, sürekli, sabit ve küre yüzeyinin her noktasında kumaşa diktir. Diğer bir değiş ile, hidrostatik yaklaşım varsayımıyla yük uygulandığını gözönüne almışlardır.

6) Membran ile küresel yüzey arasındaki sürtünme kuvvetleri ihmal edilebilir.

Buradaki amaç, kumaşın kıskaç ile sınırlı o bölgesindeki davranışını incelemek için kumaşı hem çözgü hem atkı yönlerinde deforme etmektir. Kumaşın kopma mukavemetinin incelenmesinde sadece çözgü veya sadece atkı yönünde yükleme yapıldığı halde, bu tarz çalışmada, her ikisi yönünde, tüm küreyi saracak şekilde inceleme yapılmıştır. Şekil 2.33'de, kürenin herhangi bir bastırma anındaki durumu gösterilmiştir. Burada,

R : Kıskaç ve küre yarıçapı

w : Dik eksen

B, B' : Kumaş üzerinde kürenin basmakta olduğu çap üzerindeki noktalar

C : Merkezi nokta

A : Kıskaç sınırı noktası

H : Deformasyonun tepe noktası

r : Koordinat

b : Kürenin basmakta olduğu çap üzerindeki noktanın yarıçapı

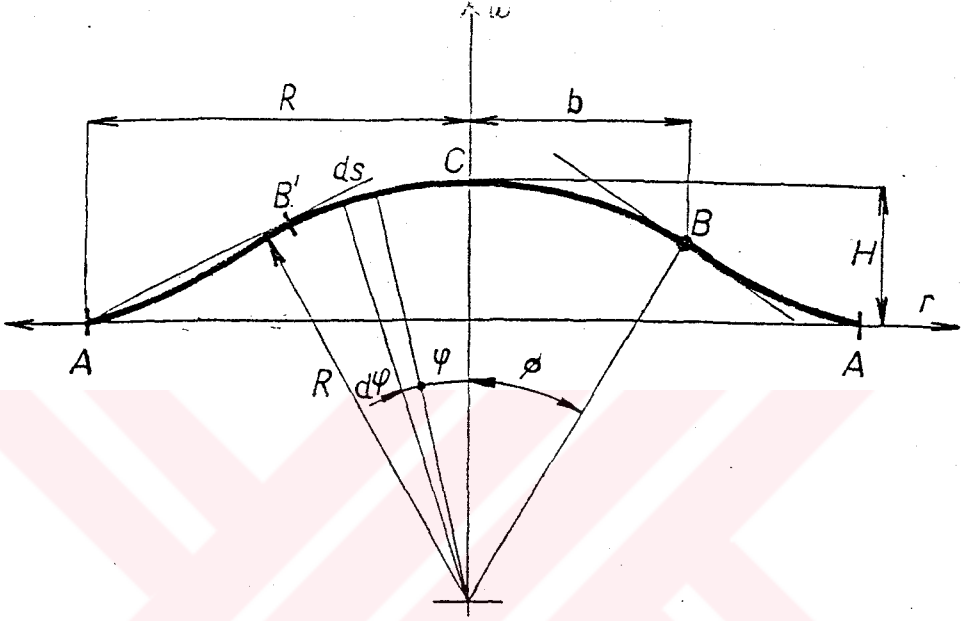
ds : Kesişme noktaları arasındaki iplik uzunluğu değişimi

ϕ : Dönme yüzeyinin normali ile dönme eksenini ile arasındaki açı

d ϕ : Dönme yüzeyinin normali ile dönme eksenini ile arasındaki açının değişimi

θ : Kumaş üzerinde kürenin basmakta olduğu çap üzerindeki nokta ile merkezi eksen arasındaki açı

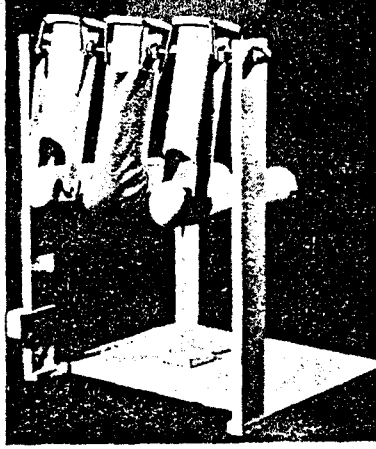
olmaktadır.



Şekil 2.33 : Kürenin Herhangi Bir Bastırma Anındaki Durumu
(Fleissig, 1968)

Şekil 2.34'de, Womersley'in teorisine göre inceleme yapılmış ve benzer formüller elde edilmiştir. Fleissig, çalışmalarında Hooke Kanunu'na uyduğunu varsaydığı deformasyonları da eklemiştir. Womersley de bu tepe noktası için ipliklerin uzamadığını varsaymaktadır. Böylece, kürenin en tepe noktasında gerilimin maksimum olduğu, ipliğin elastikiyetinin çok önemli olduğu bu çalışma sonucunda ispatlanmıştır. İpliğin maksimum gerilmesine göre, maksimum bombe şeklindeki deformasyon oluştuğu görülmüştür.

Grünwald ve Zöll (1973) yaptıkları çalışmada, insan koluna benzer bir test aparatı geliştirmişlerdir. Silindir şeklinde dikilmiş kumaşı, belli bir süre, uygun tarzda kıvrıdıkları kol şeklinde tuttuktan sonra, bir süre dinlendirip, oluşan bombeyi başka bir düz kolda ölçmüşlerdir. Aynı kumaşlardan dikilen giysiler, kullanıcılara giydirilmiş ve belli süre kullanımdan sonra, burada oluşan bombeler aynı şekilde ölçülmüştür.

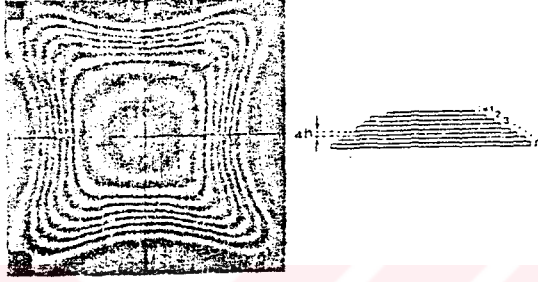


Şekil 2.35 : Kolda deformasyon oluşturan aparat
(Grünwald and Zöll, 1973)

Bilen (1996) de, Grünwald and Zöll'ün deneyine benzer bir deneyle, dış giysilik dokuma kumaşlarda çalışma yapmıştır. Elde ettiği sonuçları, TSE 6071'de (Kumaşların Giyim Sebebiyle Torbalanma veya Uzamaya Karşı Mukavemetleri Tayini Metodu) açıklanan metod ile elde ettiği deney sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Onların çalışmaları giyim olayınındaki durumları temsil ettiği halde, bu çalışmaya benzerliği açısından burada bahsedilmiştir.

Yokura, Nagae ve Niwa (1986) yaptıkları çalışmada kumaşın bombeleşmeye yatkınlığı üzerinde durmuşlardır. Belirttikleri üzere bombeleşme, giysideki diz veya dirsek tarafından kuvvet uygulandıktan sonra kumaşın boyutsal dayanımını kaybetmesi ve geriye dönememesi sonucunda oluşmaktadır. Bu konunun incelenmesi giysinin kullanımı açısından önemlidir, çünkü giysinin görüntüsünü bozmaktadır. Araştırmacılar bombeleşme yatkınlığı olarak, kuvvet sonucunda oluşan bombenin hacmini esas almışlardır. Sabit kuvvet altında tekrarlı kayma deformasyonu oluşturularak meydana getirilen hacmi incelemişlerdir. Elastik özellikleri geliştirilmiş olan kumaşları bir grup altında streç kumaşlar diye isimlendirerek ve elastik özellikleri geliştirilmemiş olan kumaşları bir grup altında klasik kumaşlar diye isimlendirerek, iki grup kumaş ile çalışmışlardır. Streç kumaşlar için, bombeleşme hacmi, kopma mukavemeti, eğilme mukavemeti ve düşük açıdaki kayma deformasyonu özellikleri ile çok yüksek korelasyon vermiştir. Klasik kumaşlar için, bombeleşme hacmi, uzama değeri ve kıvrım deneyleri ile yüksek korelasyon vermiştir. Bombeleşme hacmi ve kumaşın mekanik özellikleri

arasındaki korelasyonlar istatistiksel olarak incelemiş ve bombeleşmenin tahminlenmesinde kullanmışlardır. Kumaşın mekanik özellikleri, Kawabata'nın geliştirdiği KESF-FB sistemi ile ölçülmüş, bombeleşme hacminin bulunmasında ise, Moire Topografi sistemi kullanılmıştır. Şekil 2.36'da görülen bu sistem, haritaların çizimi temeline dayanmaktadır. Hacim tepe dalgaları şeklindeki çizimden hesaplanmaktadır.



Şekil 2.36 : Moire Topografi sistemi (Yokura et al., 1986)

Streç kumaşlardaki bombeleşmenin, klasik kumaşlara nazaran, daha çok lifler arası ve iplikler arası sürtünmeden kaynaklandığı, klasik kumaşlardaki bombeleşmenin de, streç kumaşlara nazaran, daha çok zamana dayalı deformasyondan kaynaklandığı göz önüne alınmıştır.

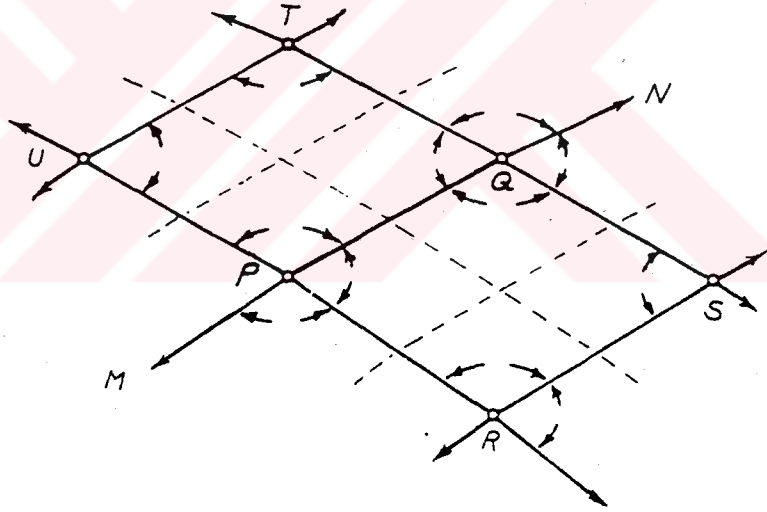
Bassett ve Postle (1990) yaptıkları çalışmada, üç boyutlu bir yüzeye kumaşın sarılması olayını farklı bir şekilde ele almışlar ve çözgü ile atkı ipliklerine kuvvet uygulandığında birbirlerine göre paralel konumlarını koruyarak yüzeyi nasıl sarabileceklerini incelemişlerdir. Birçok yazar kopma uzaması, kayma rijitliği, kayma histerisisi, eğilme rijitliği ve eğilme histerisisi gibi kumaş özelliklerini; kumaşın dikilebilirliği, giysi görüntüsü, kumaş tutumu ve kumaşın dökümlülüğü konularıyla bağdaştıracak çalışmalar yapmışlardır. Kumaşın uzaması, kayması ve eğilmesi özellikleri ile kumaşın dikilirken ve kullanırken deforme olduğu durumlardaki davranışları arasındaki ilişkileri kurmaya çalışmışlardır.

Deforme olmuş durum diye, kumaş düzlemindeki kuvvetleri ve kumaş düzlemi dışındaki eğilmeyi kastetmektedirler. Kumaş gibi membran bir yapının, deforme olmadan sarabileceği tek yüzeyin bir koni olduğunu belirtmektedirler (silindirik tepe noktası sonsuzda olan bir konidir). Böyle bir durumdaki kumaşın davranışı, kumaşın eğilme parametrelerinden, değişik çapraz açıları için hesaplanabilmektedir; fakat giysinin değişik kısımlarında kumaş, çift eğrilikli yüzeylere de uyum sağlamak zorunda olduğu için, ya

kendi düzleminde deforme olacak, ya katlanacak (crease) yada kıvrılacaktır (buckle).

Bassett ve Postle'in (1983) teorik yaklaşımlarına göre, bir yanda Elastikiyet Teorisi vardır (Timoshenko and Goodier, 1951) ki, burada uzama ve uzama oranları küçük ve materyal lineer isotropiktir. Diğer yanda ise, Sonlu Eleman Analizi vardır (Grandin, 1986). Bu metod bilgisayarın gelişmesi ile paralel gelişme göstermiş; Lloyd (1980, 1984) tarafından tekstil teknolojisindeki bazı problemlere de başarı ile uygulanmıştır.

Bassett ve Postle (1990) çalışmalarında, kumaşı çubuk elemanlardan oluşan bir ağ olarak kabul etmişler ve kumaşı sanki küçük kare alanlara bölünmüş gibi değerlendirmişlerdir. Şekil 2.37'de düz çizgiler temsili çubuk elemanları gösterir. Uygulanan kuvvete bağlı olarak oluşan kuvvet çiftleri de burada görülmektedir.



Şekil 2.37 : Çubuk Elemanlar Arasında Kayma Deformasyonuna Göre Ortaya Çıkan Kuvvet Çiftleri (Bassett and Postle, 1990)

Normalde çubuklar birbirlerine dik oldukları zaman, birbirini dengeleyen bu kuvvet çiftleri, çubuklar arasında açı olduğunda varlıklarını göstermektedirler. Dışarıdan kumaşa dik yönde etki eden, kumaşı deforme eden kuvvet Şekil 40'da gösterilmemiştir; fakat onun etkisi ile şekilde görülen kuvvet çiftleri oluşmaktadır. Shanahan, Lloyd ve Hearle (1978)

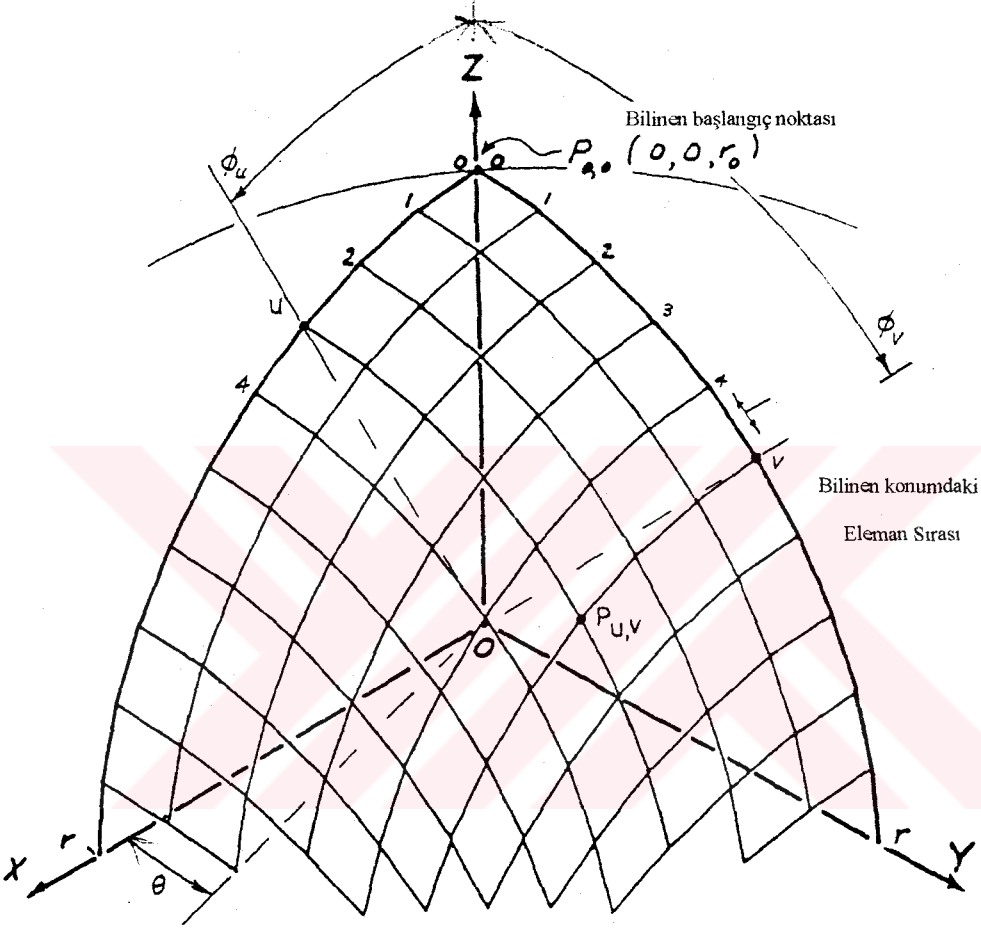
yaptıkları çalışmada kumaşın eğilme, kayma ve kopma parametreleri arasında dikkati çeker derecede etkileşimler olduğunu belirtmişler ve eğer bunların katsayıları tespit edilebilirse birbirlerini etkileme derecelerinin hesaplanabileceğini belirtmişlerdir. Bassett ve Postle (1990) ise, çalışmalarında uzama, kayma ve eğilme özelliklerini birbirlerinden bağımsız kabul etmişlerdir.

Shanahan ve arkadaşlarının inceleme konusu, karmaşık deformasyonlarda kumaşların elastik davranışı üzerinedir. Dökümlülük üzerinde yoğunlaşan bu çalışmada, kumaşı iki-boyutlu bir sürekli yapı, yani plak olarak ele almışlardır. Sürekli olmayan materyal için, üç boyutlu basit elastikiyet teorisi olmadığı için, bu varsayım ile çalışmışlardır; materyalin davranışını lineer elastik bölgede incelemişlerdir. Shanahan ve arkadaşları, tekstil materyallerinde büyük-uzama büyük-yer değiştirme durumları olduğunu vurgulayarak, isotropik ve elastik materyaller için dahi elastik olmayan, nonlinear ve zamana bağlı ilişkiler olduğunu belirtmişlerdir. Küçük gerilimlerde bile tekstil materyali, viskoelastikiyet ve sürtünme kaymaları gösterebilmektedir. Bu sebeple oluşan deformasyon da nonlinear, tam olarak geri dönemeyen ve zamana bağlı karakterde olacaktır. Ayrıca, Shanahan ve arkadaşları, kumaş kalınlığının da dahil edilerek kumaşın üç-boyutlu tam bir analizinin yapılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Büyük uzamalarda, kuvvet-uzama ilişkilerinin elastik olmadığı, nonlinear olduğu, zamana bağlı değişimler gösterdiği ve geri dönüşlerin düzgünsüz olduğu, vurgulanmaktadır.

Bassett ve Postle (1990) yaptıkları deneyin başında, dairesel bir kumaş parçasını bir yarım küre üzerine serbest olarak koymuşlardır. Burada, kumaş ile sardığı yüzey arasındaki sürtünme kuvveti ihmal edilmektedir. Parçanın en tepe kısmı düzgünce tepelyi sarmış, daha alt kısımlarında ise kıvrımlar oluşmuştur. Kumaşın uçlarına eşit ağırlıklar takılmış ve ağırlıklar takıldıkça, küreyi tam olarak saran kumaş yüzeyi artmıştır. Şekil 2.38'de kürenin simetrikliğinden dolayı sadece dörtte birlik kısmı görülmektedir. Bu çalışmada, çubuk elemanların uzamadığı, fakat ağ yapısının kayma kuvvetine göre şekil değiştirebildiği olduğu kabul edilmiştir.

$P_{u,0}$ ve $P_{0,v}$ noktaları koordinat sisteminin yanal düzlemi üzerinde yer almaktadırlar. $P_{1,1}$ noktası, $P_{1,0}$ ile $P_{0,1}$ 'in kesiştiği yer olup bir kesişme uzaklıktaki nokta durumundadır. Diğer bütün $P_{u,v}$ noktaları bu şekilde

bulunabilmektedir. Ağ yapısındaki elemanlar arasındaki kayma açıları hesaplanırken, uzama olmadığı kabul edilmektedir.



$(0, 0, r)$: Kumaş parçasının merkezi
 $P_{u,v}$: Çözü ve atkısı belirli herhangi bir nokta
 $\phi - r - \theta$: Küresel koordinat sistemi
 r : Küre yarıçapı

Şekil 2.38 : Kürenin Dörtte Birine Sarılı Olan Kumaş
 (Bassett and Postle, 1990)

$P_{u,v}$ noktasındaki kayma açısı, $e_{uv} - \phi_u \phi_v$ (radyan cinsinden) olarak hesaplanabilir. Burada, ϕ_u , $P_{u,0}$ 'ın ϕ -koordinatı ve ϕ_v , $P_{0,v}$ 'nin ϕ -

koordinatıdır. Her elemandaki kayma kuvveti çiftleri, eğer sadece kayma açısının bir fonksiyonu olarak alınır, hesaplanabilmektedir. Eğer bunlar kayma, kopma ve eğilme özelliklerinin etkileşimi olarak alınır, o zaman çok karmaşık bir durum ortaya çıkmaktadır. En alttaki kesişmeler boyunca ağırlık asıldığı için, her elemana etki eden kuvvet hesaplanabilir. Kısıt şartları dikkate alındığı zaman, kenardaki kesişmelerde bilinmeyen kuvvetler, denge denklemleri çözülerek bulunabilmektedir. En dıştaki sıraya ait tüm çözümler yapıldığında, bir sıra içeriye geçilebilmekte, bu gidiş ile $P_{0,0}$ noktasına kadar gelinebilmekte, böylece kuvvet dağılımı tam olarak bulunabilmektedir. Eğer ipliklerin uzaması önemli ise, önce çalışılan kumaşın kuvvet-uzama karakteristikleri hesaplanmakta, sonra en uçtaki kesişmelerden başlayarak yeniden hesap yapılmamaktadır. Uzamalar sonucunda sistemin geometrisi değişik bulunursa, kuvvet dağılımında da değişiklikler olmaktadır.

Uçlarda asılı ağırlıklar ile, küreyi tepede tam olarak saran yüzey arasında ϕ açısı cinsinden ilişki araştırılmış, fakat önemli bir ilişki bulunamamıştır. Bulunan en önemli sonuç şudur : Kürenin üzerine kumaş ilk bırakıldığında, uçlardaki kıvrılmayı önlemek açısından iplik uzamasının katkısı sadece %1 olmakta ve belli bir ϕ açısında kıvrılmayı önleyecek yük miktarı, uzama ihmal edilirse, direkt olarak kumaşın kayma mukavemeti ile orantılı çıkmaktadır. Bu sonuç, kumaşın üç boyutlu şekilleri, kayma dayanımına göre aldığı yaklaşımını doğrular. Şimdiye kadarki bulgular, çift eğrilik kazanan kumaşlarda, yüksek sıkıştırma kuvvetleri oluştuğunu göstermektedir. Halbuki incelemeler düşük yüklenmelerde yapılmıştır. Tezat gibi görünse dahi, elde edilen sonuçlar gerçeği yansıtmaktadır.

2.3 Yüzeysel Uyum Yaklaşımı ile Yapılmış Çalışmalar

2.3.1. Oturtma kavramına göre yapılan çalışmalar

Bölüm 1.2.'de bahsedildiği üzere, deformasyonun oturtma kavramına dayalı uygulamaları da vardır. Bu sayede, üç boyutlu bir yapı, iki boyutta matematiksel olarak en iyi biçimde tanımlanmış olur ve giysi kalıpcılığı açısından insan vücuduna oturtma maksimum düzeyde gerçekleştirilmiş olur. Üç boyutlu yüzeyi tam olarak sararken kumaş iki boyuta yatırılırsa, iki boyutlu yüzeye de tam olarak yapışır. Giysinin omuzda, belde, göğüste oturtulması buna en güzel örneklerdir. Bu kavramın kullanıldığı diğer bir yer de bilgisayar uygulamalarında olmaktadır. Kumaş iki boyutta matematiksel tanımlanma ile, bilgisayar

ekranının iki boyutunda en iyi şekilde simüle edilmekte ve daha tasarım safhasında olan bir dokuma, örme veya dokunmamış kumaşın, insan üzerinde nasıl duracağı, insan hareketleri ile nasıl hareket edeceği, belli bir yüzeyi nasıl sarabileceği, rüzgar etkisi ile nasıl uçacağı, v.b. davranışlarının kumaşın mekanik özelliklerinden yola çıkarak önceden belirlenmesi başarılmaktadır (Terzopoulos et al., 1987; Van West et al., 1990; Postle and Norton, 1991; Aono et al., 1994; Ascough et al., 1996). Düzlemsel bir tabakanın çift eğimli bir yüzeye sarılması, dünyanın haritasının kağıt üzerine çizilmesi gibidir; yani dışarıdan bir kuvvet uygulaması söz konusu olmamaktadır.

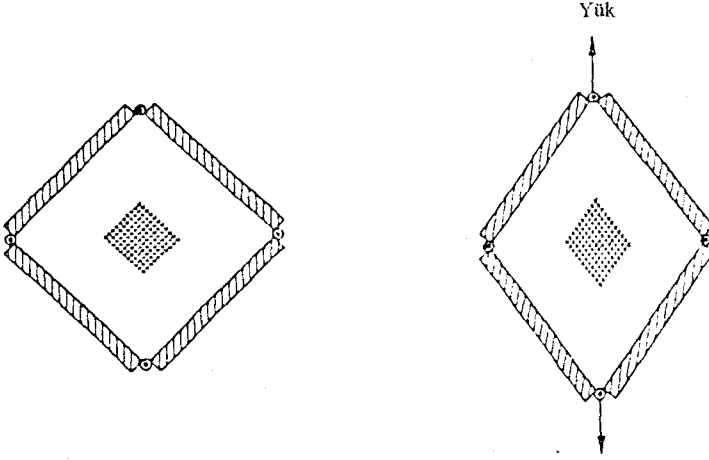
Mack ve Taylor (1956) yaptıkları çalışmada dokuma kumaşın bir yüzeye tam olarak oturtulması üzerinde durmuşlardır. Örme kumaşlar bir yüzeyi, boyuna ve enine kolaylıkla uzatarak, derhal sardıkları halde, dokuma kumaşlar uzamaya karşı daha mukavimdirler. Böyle bir sarma durumunda çözgü ve atkı iplikleri arasındaki 90^0 'lik açıda değişme meydana gelmektedir. Bu çalışmada yapılan varsayımlar şunlardır :

- 1) İplikler uzamamaktadırlar,
- 2) Çözgü ve atkının kesişme yerleri menteşe gibi hareket edebilmektedir,
- 3) En küçük eğrilik yarıçapı dahi, yan yana iki çözgü veya atkı ipliğinin uzaklığından çok daha büyüktür; sanki bu mesafe düz bir çizgi gibi kabul edilmektedir.

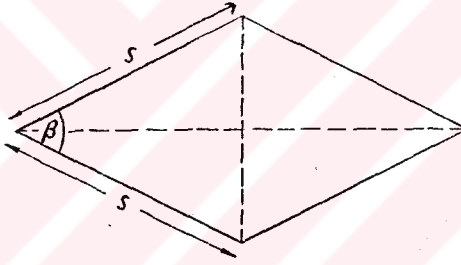
Bu yazıda oturtma ile, kumaşın her noktada yüzey ile temasta olduğu kastedilmektedir ve oturtma şekli ile, kumaşın düzlemsel durumdaki herhangi bir noktasının koordinatları ile bir yüzeyin şeklini aldıktan sonraki koordinatları arasındaki matematiksel ilişki göz önüne alınmaktadır.

Başka araştırmacılar çalışmalarında, bu varsayımları ve açıklamaları aynen kabul etmişler, fakat kesişme noktalarını sürtünmesiz diyerek detaylandırmışlardır (Van West et al., 1990; Postle and Norton, 1991). Şekil 2.39'da, Trellis cihazında kumaşın kayma davranışının şematik görünüşü verilmiştir.

Şekil 2.40'da, dokuma kumaş bir yüzeye sarılacak olursa dik olan çözgü ve atkı kesişmelerinin kayma sonucunda nasıl değişeceği, Şekil 2.41'de teorik olarak sarılacak yüzeyin nasıl kabul edildiği gösterilmiştir.

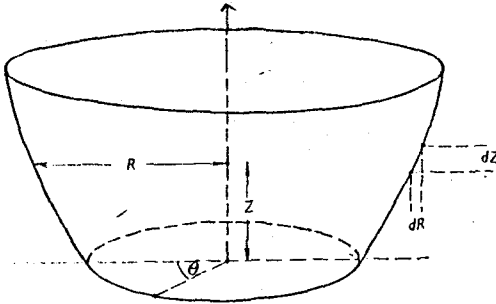


Şekil 2.39 : Trellis cihazında kumaşın kayma davranışının şematik görünüşü (Postle and Norton, 1991)



S : Çözü ve atkı iplikleri arasındaki uzunluk
 β : Değişen kesişme açısı

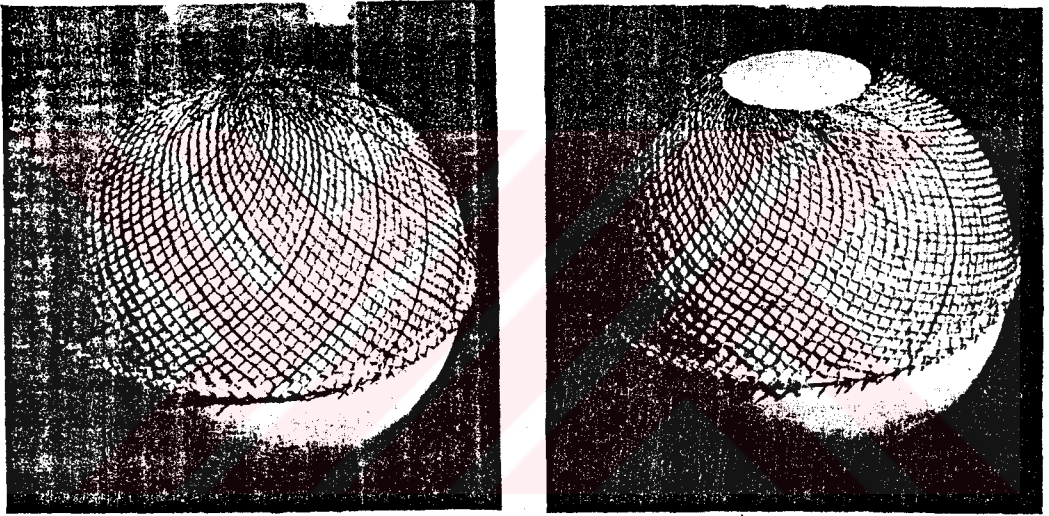
Şekil 2.40 : Çözü ve Atkı Kesişmelerinin Değişimi (Mack ve Taylor, 1956)



- R : Döner yüzeyin yarıçapı
 Z : Ölçülen yükseklik
 dR : Çaptaki değişim miktarı
 dZ : Yükseklikteki değişim miktarı
 θ : Dönme açısı

Şekil 2.41 : Kumaşın Saracağı Yüzey (Mack and Taylor, 1956)

Bu kabullere ve farklı matematiksel ilişkilere göre, döner yüzeye oturtulan kumaş Şekil 2.42’de gösterilmiştir.



Şekil 2.42 : Farklı Matematiksel İlişkilere Göre Döner Yüzeye Oturtulan Kumaş (Mack ve Taylor, 1956)

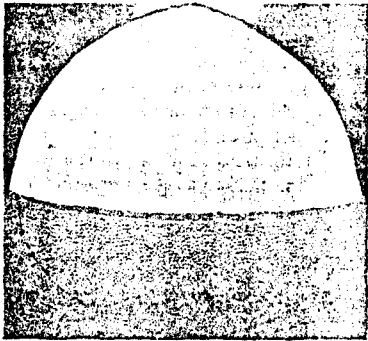
Bu çalışmada, kumaşa herhangi bir dış yükün etki etmediği kabul edilmiştir. Onun için bu çalışma daha sonraları, kalıp geliştirme çalışmalarında detaylı olarak kullanılmıştır.

Van West, Pipes ve Keefe (1990); Mack ve Taylor’un oturtma için kullandıkları diferansiyel denklemlerin, kumaşın kayma deformasyonuna dayalı olduğunu belirtmişlerdir. En küçük kesişim birimi, Şekil 2.40’daki gibi değişmektedir. Kumaşın bir diagonal yönünde uzama olurken, diğeri boyunca kısalma olmakta, kenarlar her zaman birbirine paralel kalmakta ve bu durum jeodesikler ile tanımlanabilmektedir.

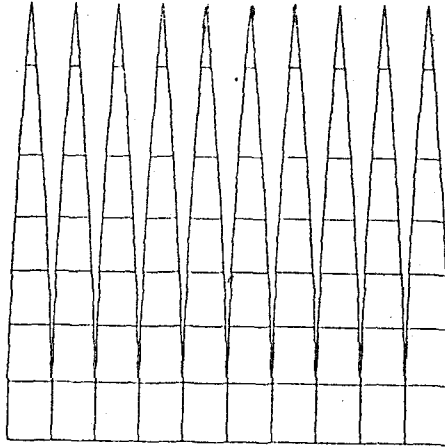
Heisey ve Haller (1988) yaptıkları çalışmada, Mack ve Taylor'un çalışmasını bilgisayara uyarlamışlar ve bu çalışmayı matematiksel tanımı zor olan yüzeylere dahi uyarlanabilecek biçime, nümerik analiz teknikleri kullanarak getirmişlerdir. Kumaş koordinatları, oturtulacak yüzeye harita şeklinde kodlanır ve yüzeyin şekli hakkında hiçbir kısıtlama yapılmaz. Kumaş konusunda ise, Mack ve Taylor'un varsayımları geçerlidir. Bu çalışmalar da, kumaşın kayma davranışına dayanmaktadır. Çift yönlü eğrilik içeren yüzey üzerine haritalandırma, kumaş düzlemi içinde deformasyon meydana getirmektedir. Bunun, kumaşın kayma ve eğilme karakteristikleri ile gerçekleştiğine karar verilmiştir.

Heisey, Brown ve Johnson'ın (1990) yaptıkları çalışma, kumaşın yüzeye oturtulmasının kalıpcılık konusunda kullanılmasına güzel bir temel oluşturmaktadır. Kullanılan algoritma, küresel bir yüzeyin kaplanmasına yöneliktir ve hiçbir yırtılma veya uzama söz konusu olmamaktadır. Karşılaşılan tek sorun, kumaşın fiziksel özellikleri olmaktadır. Şekil 2.43(a)'daki küreyi sarmak için oluşturulan kalıp Şekil 2.43(b)'de görülmektedir ve Şekil 2.43(c)'de bunun birleştirilmiş hali yer almaktadır.

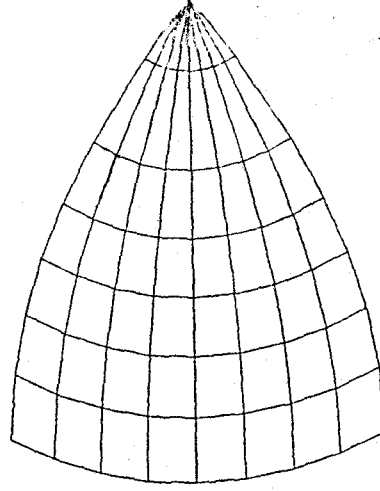
Burada dikkati çeken en önemli nokta, çözgü ipliklerinin artık birbirlerine paralel durmadıkları, fakat dünya üzerindeki meridyenlerin kutuplarda birleştiği gibi kürenin tepe noktasında birleştikleridir. Ayrıca, burada çözgü iplikleri hiçbir kuvvet algılamamaktadırlar.



(a)



(b)



(c)

Şekil 2.43 : a) Kürenin Sarılışı ; b) Kalıbın Açık Görünüşü ; c) Kalıbın Birleştirilmiş Hali (Heisey et al., 1990)

Aono, Breen ve Wozny'nin (1994) çalışması da, gene kalıp çıkarmaya yöneliktir. Bu araştırmacıların varsayımları, önceden yapılmış varsayımlar ile aynıdır. Bu açıdan bakıldığında teoriye yeni birşey eklememektedir; fakat bu çalışma matematiksel tanımlamaların daha kesin yapılması, nümerik analiz metodlarının daha kapsamlı kullanılmış olması, oturtma yapılacak yüzeyin düzensiz dalgalanmalar gösteriyor olması, bilgisayar uyarlamasının kolaylığı ve hesaplanmamış hiçbir yüzey noktasının kalmamış olması açılarından önemli görünmektedir. Bu çalışmada da çözgü ipliklerinin duruşu meridyenler gibidir.

2.3.2. Bilgisayarda hareketli görüntü elde etmek için yapılan çalışmalar

Terzopoulos, Platt, Barr ve Fleischer (1987) elastik olarak deforme edilebilen modeller üzerinde çalışmışlardır. Amaçları bilgisayar ekranında, bu hareketi olduğu gibi yansıtabilmektir. Bunun için, eğrileri, yüzeyleri ve cisimleri diferansiyel geometri ile tanımlayıp, tensör analizleri yaparak katı cisim etrafında tekstil materyalini hareketlendirmektedirler. Ascough, Bez ve Bricis (1996) benzer çalışmalarında insan üzerindeki giysinin bilgisayarda hareketini modellemişlerdir. Bu çalışmalar, bu tezin konusuna yakın görülümüşse de, modellemede bir gerilim sonucu uzama olayı olmadığı için, detaylara girilmemiştir, konudan, farklı bir inceleme açısı olarak burada bahsedilmiştir.

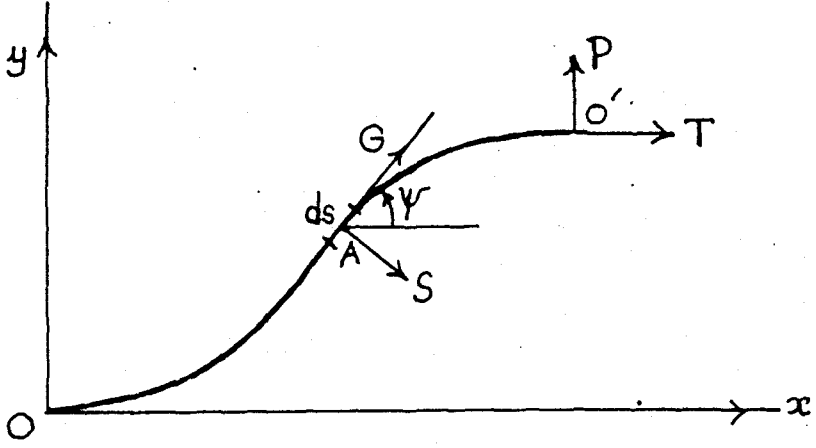
2.4 Geometrik Serbestlik

Skelton ve Schopee (1976) eğilerek kıvrım almış iplik ve kumaşlardaki geometrik serbestliği incelemişlerdir. Kumaş kıvrıldığı zaman, kesişme noktalarında oluşan karşı kuvvetleri, kumaş içinde iplik kıvrımının basit dalga formunun modelini analiz ederek bulmuşlardır. Bezayağı dokuma kumaş kıvrıldığı zaman, kıvrımların tepe noktalarında daima yükselme görülmekte, bu da bazı kumaşlarda kesişme noktalarındaki karşı kuvvetlerin azalmasına sebep olmaktadır. Aynı çalışma kapsamında yapılan çok filamentli bükümlü ipliklerin kıvrılması sonucunda, kıvrılma ekseninde iplik çapının arttığı ve iplik içindeki filamentlerin birbirleri ile temas noktalarında azalma olduğu görülmüştür. İplik çapındaki büyümenin ve kumaş içindeki artan boşlukların birleşik etkileri incelenmiştir. Dokuma kumaşların eğilme davranışına etki eden sürtünme kuvvetleri, kesişme noktalarındaki iplik içi basınçlardan ve ipliğin bükümünden kaynaklanan basınçlardan ortaya çıkmaktadır. Bu kuvvetler ipliğin veya kumaşın oluşumundan hemen sonra en yüksek değerine çıkmaktadır, fakat zamanla ve gördüğü işlemlerle azalmaktadır. Deforme olmamış kumaş durumunda iken, iplikler arası kuvvetler, ipliğin elastikiyet özelliği de dahil edilerek hesaplanmaya çalışılmıştır.

Kumaşın eğilmesi sırasında, bu iplikler arasındaki kuvvetlerin değişmedikleri kabul edilmiştir, küçük eğilmelerde bu doğru olmaktadır fakat büyük eğilmeler için tutmamaktadır. Yaptıkları çalışmada, değişen kuvvetleri dikkate alınca geometrik serbestlikte artış olmuştur. Düşük kıvrılma kavislerinde iplik çapı büyüyerek bu serbestliği doldurmakta fakat yüksek kıvrılma kavislerinde çap büyümesi serbestlikten daha az olmakta ve geometrik karşı koyma kuvvetleri yok olmaktadır, yani iplikler arası sürtünme kuvvetleri azalmaktadır.

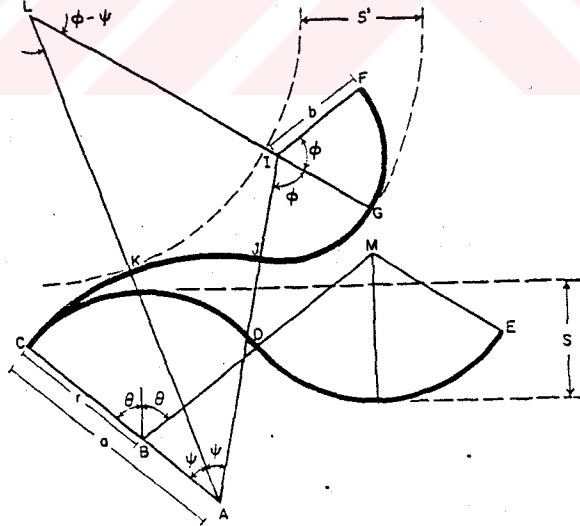
2.5 Elastika

Elastika, Bölüm 2.1.1.'de tanımlanmıştı. Kuvvet etkisi altında elastikanın deforme olması birçok araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Başer (1982) tezgahta gergin durumdaki kumaş içindeki iplik kıvrımlarının elastika eğrisini, Şekil 2.44'deki gibi göstermiştir (Notasyon burada incelenmemiştir). Burada, kumaş düzlemine paralel germe kuvveti sıfır olduğunda, kumaşın serbest haldeki geometrisini belirleyen ve Peirce (1937) tarafından tanımlanan elastika eğrisi oluşmaktadır.



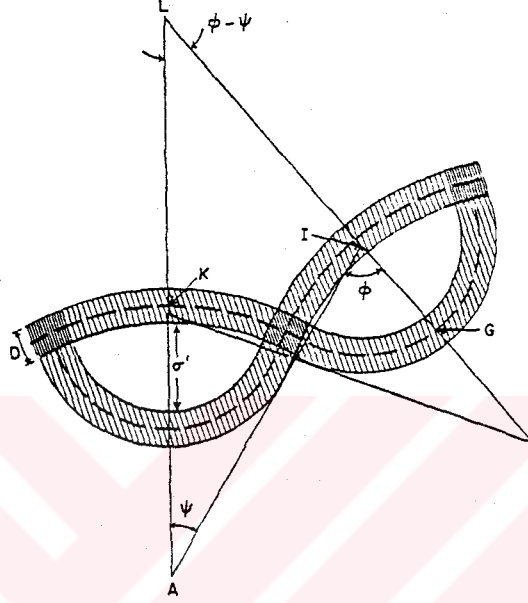
Şekil 2.44 : Kumaş İçindeki İplik Kıvrımlarının Elastika Eğrisi
(Başer, 1982)

Şekil 2.45'de, kumaş içindeki iplik kıvrımlarının elastika eğrisinin kumaşın eğilmesi ile değişimi görülmektedir. Şekil 2.46'da, eğilmiş bir dokuma kumaşın sembolik bir kesiti görülmektedir. Amırbayat ve Hearle (1989) eğilmiş kumaş kesitini Şekil 2.47'deki gibi göstermişlerdir. Burada da geometrik serbestlik olarak incelendiği zaman, A noktasında gerilme vardır ve B noktasındaki sıkıştırmalar ile A'ya doğru materyal akması meydana gelmektedir. Şekil 2.48'de eğilmeden önce ve sonraki kumaş

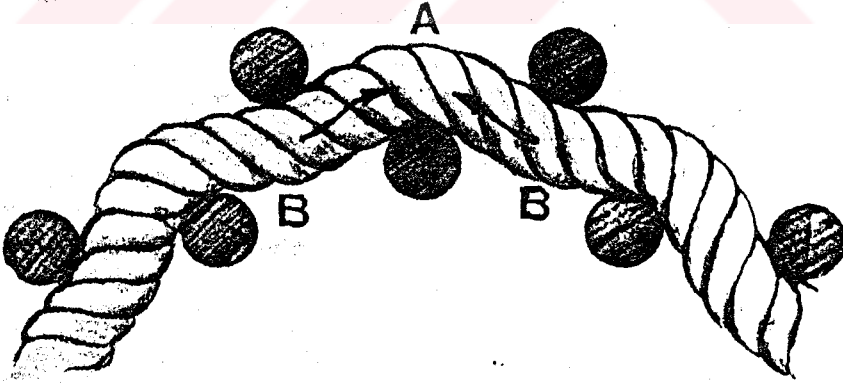


Şekil 2.45 : Elastika Eğrisinin Kumaşın Eğilmesi ile Değişmesi
(Skelton and Schopee, 1976)

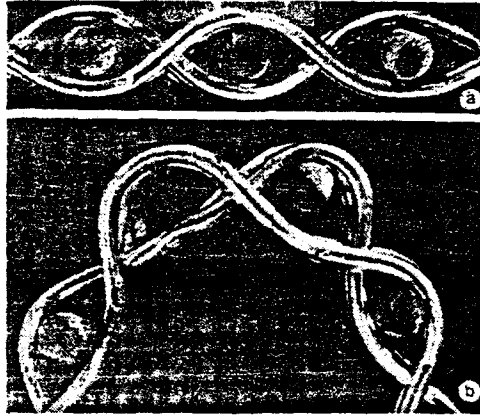
yapısı model bir monofilament kumaşta gösterilmiştir. Şekillerdeki notasyon, Skelton ve Schopee'nin geliştirdikleri teorik modelleme ile ilgilidir, burada o konunun detaylarına girilmeyeceği için, notasyon açıklanmamıştır.



Şekil 2.46 : Eğilmiş Kumaş Kesiti (Skelton and Schopee, 1976)

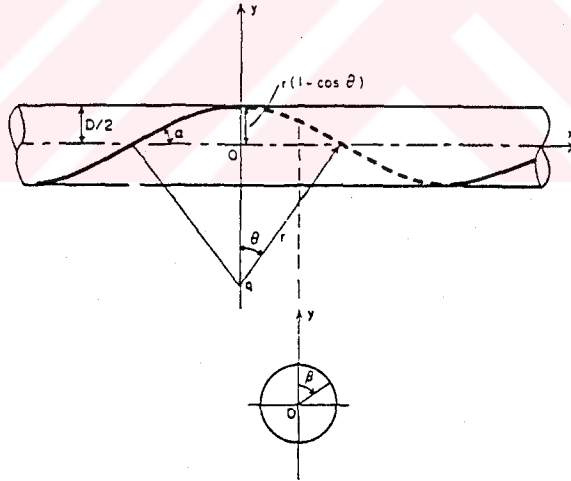


Şekil 2.47 : Eğilmiş Kumaş Kesiti (Amirbayat and Hearle, 1989)

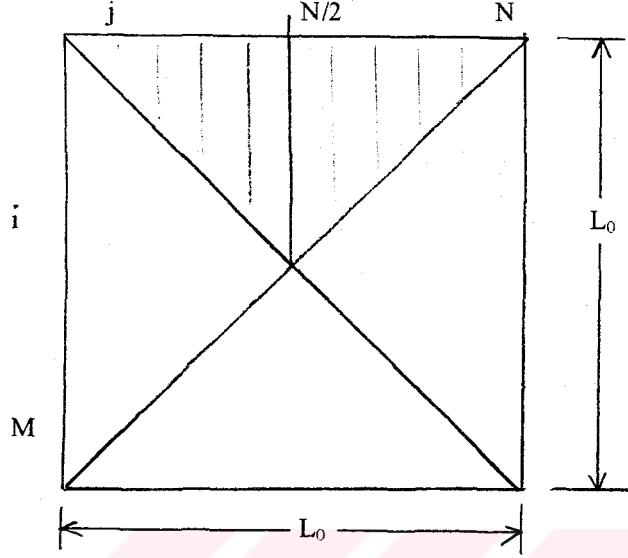


Şekil 2.48 : Model Bir Monofilament Kumaşta : (a) Eğilmeden önce ; (b) Eğilmeden sonraki Kumaş Yapısı (Skelton and Schopee, 1976)

Şekil 2.49 ve 2.50’de, sırası ile, ipliğin yüzeyindeki bir lifin helisi ve bu helisin eğilmemiş kumaş halinde iken kumaş içindeki iplik kıvrımından dolayı aldığı durum gösterilmektedir.

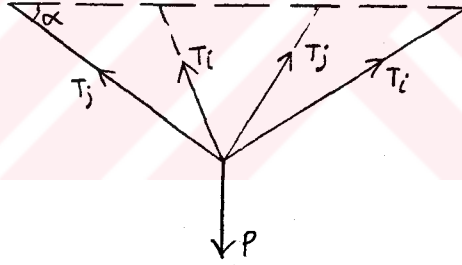


Şekil 2.49 : İplik Yüzeyindeki Bir Lifin Helisi (Skelton and Schopee, 1976)

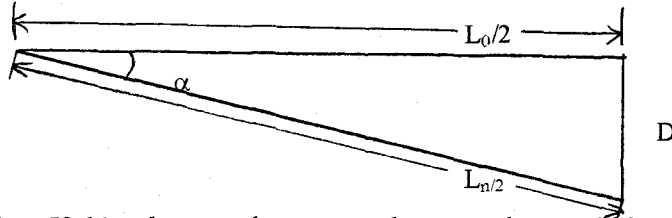


Şekil 2.51 : Deforme edilecek kare kumaş kalıbının üstten görünüşü

Bilgisayar programının esasını teşkil eden geometrik yaklaşımlar Şekil 2.52 (a)-(b)-(c)'de gösterilmiştir.



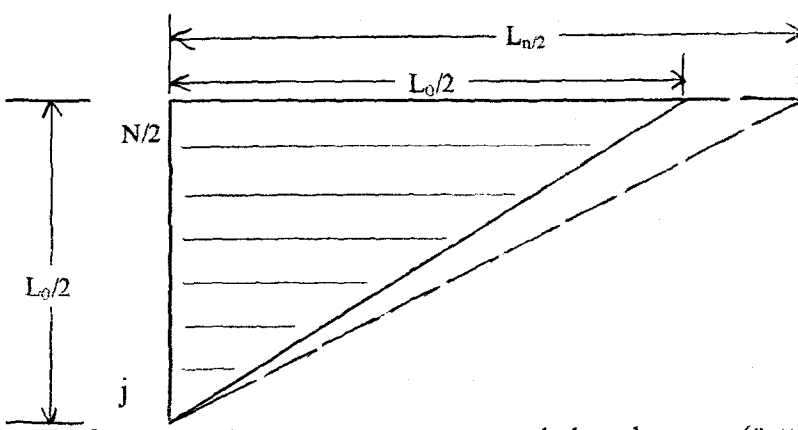
(a) : Bastırma kuvvetinin dağılışı



$L_0/2$: Kalıbın kenarından orta noktasına olan uzaklık

$L_n/2$: Kalıbın kenarından deforme olduktan sonraki orta noktaya olan iplik uzunluğu

(b) : Deformasyondan sonra dik kesitteki durum



(c) : Deformasyondan önce ve sonra arasında karşılaştırma (üstten görünüş)

Şekil 2.52 : Bilgisayar programının esasını teşkil eden geometrik yaklaşımlar

Şekil 2.52(b)'den görüleceği gibi, $L_{n/2} = \sqrt{L_0/2^2 + D^2}$ ve $\sin \alpha = D/L_{n/2}$ tanımlanabilmektedir. Böylece,

$$\frac{j}{N/2} = \frac{l_{0j}}{L_0/2}$$

$$l_{0j} = \frac{j}{N} \times L_0$$

$$l_j = \frac{2j}{N} \times L_{n/2}$$

j : Herhangi bir çözgü ipliğinin sıra sayısı

l_{0j} : Çözgü ipliklerinin herhangi birinin ilk uzunluğu

l_j : Herhangi bir çözgü ipliğinin deformasyon sonrası uzunluğu

yazılabildiğine göre, kalıbın köşesinden orta noktasına kadar tüm çözgü iplikleri tanımlanmış olur.

Atkı iplikleri için de i indisleri yardımıyla benzer formüller elde edilebilir. Eğer,

P : Toplam bastırma kuvveti

P_j : Çözgü ipliklerinde oluşan kuvvet

P_i : Atkı ipliklerinde oluşan kuvvet

T_j : Çözü ipliklerinde oluşan gerilme

T_i : Atkı ipliklerinde oluşan gerilme

olarak gösterilirse, Şekil 2.52(a)'dan,

$$T_j = \lambda (l_j - l_{0j}) / l_{0j} = \lambda (l_j / l_{0j} - 1)$$

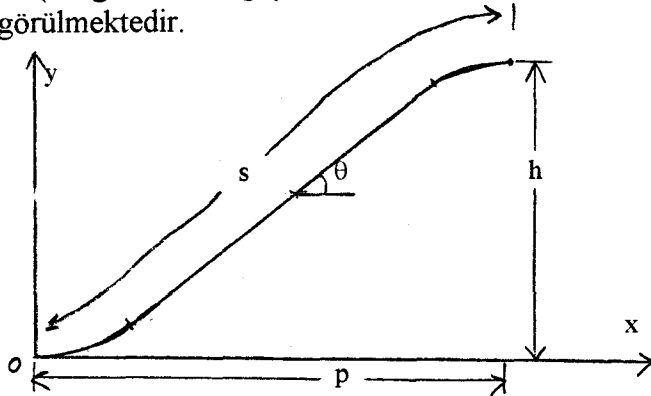
$$P_j = \sum_{j=1}^{N/2} T_j \sin \alpha = \left(\sum_{j=1}^{N/2} \lambda_j (l_j / l_{0j} - 1) \right) \sin \alpha$$

$$P_i = \sum_{i=1}^{M/2} T_i \sin \alpha = \left(\sum_{i=1}^{M/2} \lambda_i (l_i / l_{0i} - 1) \right) \sin \alpha$$

$$P = 4 (P_j + P_i)$$

eşitlikleri kurulabilmektedir. gnyn01.b bilgisayar programında bu uzama yaklaşımının uygulaması yapılmış ve hesaplanan P kuvveti program tarafından yazdırılmıştır. Daha sonra, sürtünme katsayısı $\mu = 0.3$ olacak şekilde, Coulomb sürtünmesi uygulanmış ve sürtünme kuvveti de dahil olacak şekilde, kuvvet tekrar yazdırılmıştır.

gnyn10.b programında ise, ipliklerin kıvrımlı oldukları da dikkate alınarak Peirce (1937) yaklaşımı ile kumaş geometrisi, eğilme varsayımı ile uygulanmıştır (Program adı : gnyn10.b) (Bkz.Ek-14). Bu yaklaşım Şekil 2.53'de de görülmektedir.



c : Kumaşın uzama oranı

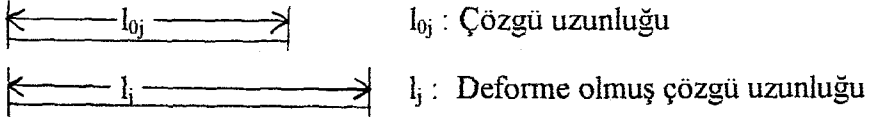
l : Son uzunluk

l_0 : İlk uzunluk

$$c = (1 - l_0) / l_0 = (1 / l_0) - 1$$

Şekil 2.53 : Peirce (1937) yaklaşımı ile kumaş geometrisi

Burada,

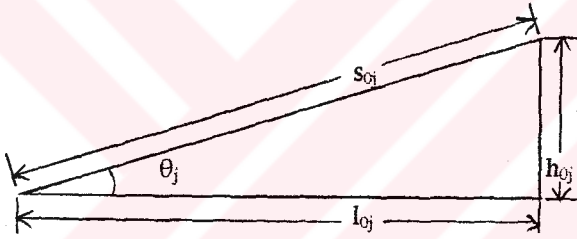


olduğuna göre,

$l_{0j} / (M/2)$: Birim çözümlü uzunluğu (Peirce geometrisinde görülen kısım)

$l_j / (M/2)$: Birim deforme olmuş çözümlü uzunluğu

şeklinde tanımlama yapılabilir. Şekil 2.54'de yapılan geometrik kabul gösterilmiştir.



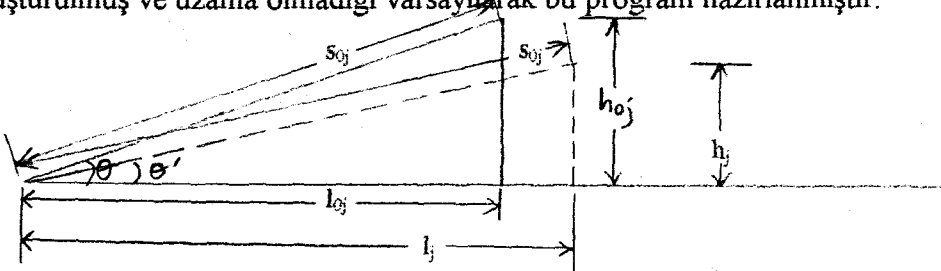
Şekil 2.54 : Geometrik kabul

Burada,

$$s_{0j} = l_{0j} / \cos \theta_j$$

$$h_{0j} = \sqrt{s_{0j}^2 - l_{0j}^2}$$

yazılabilir. Peirce teorisine göre, yaklaşık olarak, $\theta_j = \sqrt{2 c_j}$ olduğu için, deformasyon durumunda Şekil 2.55 elde edilmiş olur. Böylece, olay Başer'in (1989) yaklaşık teorisi uygulanarak bir eğilme problemine dönüştürülmüş ve uzama olmadığı varsayılarak bu program hazırlanmıştır.



Şekil 2.55 : Başer'in (1989) yaklaşık teorisine göre geometrik kabul

Burada, uzama olmadığından $s_{0j} = \text{sabit}$ kabul edilerek,

$$h_j = \sqrt{s_{0j}^2 - l_j^2}$$

$$h_{0j} - h_j = \text{Eğilme miktarı}$$

eşitlikleri yazılabilir. Eğilmedeki kuvvet, yüksekliklerin farkından (Başer, 1989) birim iplik uzunluğu üzerindeki basınç,

$$P_0 = P_{01} - P_{02} = 12 (EI)_j (h_{0j} - h_j) / l_{0j}^3$$

biçiminde yazılabilir. Bu kuvvetin kumaşa oluşturduğu gerilme kuvveti deforme olmuş kumaş düzlemi içinde,

$$T_j = P_{0j} / 2 * \sin\theta_j \cos\theta_j$$

olacaktır. Hem çözgü hem de atkı iplikleri boyunca, bu işlem yapıp uygulanan toplam kuvvet hesaplanmakta, daha sonra sürtünme etkisi de dahil edilerek toplam kuvvet yeniden hesaplanmaktadır.

Birim iplik uzunluklarının yol açtığı basınç kuvvetleri yukarıda açıklandığı gibi nümerik integrasyon yöntemi ile toplanarak,

$$F_j = \sum_{j=1}^{N/2} T_j$$

$$F_i = \sum_{i=1}^{M/2} T_i$$

elde edilir. Buradan, toplam basınç,

$$P = 4 \sin\alpha (F_j + F_i)$$

olarak hesaplanır.

gnyn20.b programında ise (Bkz.Ek-15), olay bir uzama+eğilme problemi olarak ele alınmıştır. Maksimum iplik yassılması %50 kabul edilerek bu noktadan sonra uzama olacağı varsayımı ile, $h_j < 0.5 h_{0j}$ olduğu zaman $h_j = 0.5 h_{0j}$ alınmıştır.

İndislerde, her seferinde çözgü ve atkı için ayrı ayrı gösterilmemiştir, fakat her durum için her ikisi için de geçerlidir.

Bu bilgisayar programları, bu çalışmanın deneysel verilerine uygulanmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.117’de görülmektedir.



3. MATERYAL - METOD

3.1 Materyal

3.1.1. Deney kumaşının tanıtılması

Kumaşın, düzlemine dik yöndeki kuvvetler altındaki deformasyonu ile zamana bağlı kalıcı deformasyonunu tesbit edebilmek için bir deney yöntemi tasarısı yapılmıştır. Burada etkin olan çok sayıda bağımsız değişken olduğu için, bütün bu değişkenlerin denenip kumaşın çeşitli davranışlarının incelenmesi ve standart bir test için en uygun kombinasyonun 'standart deney metodu' olarak, grafikler ve istatistiksel analizler yardımıyla belirlenmesi hedeflenmiştir.

Deney yönteminin tespitinde çok bağımsız değişken olduğu için, değişken sayısını azaltmak amacıyla, çalışılacak kumaş tek çeşit seçilmiştir. Bu tek çeşit, üretimi yaygın olan, piyasada 'Ne 30/1, 52 tel' olarak isimlendirilen %100 Pamuk, bezayağı, beyaz kumaştır. Bu kumaş, simetri özelliği önemli olduğu için konstrüksüyon açısından kare kumaş olacak şekilde özel olarak Birteks A.Ş.-Uşak'ta üretilmiş, terbiye işlemleri de Ağaoğlu Tekstil A.Ş.-Uşak'ta yaptırılmıştır.

Deney kumaşının üretildiği tezgahın özellikleri Ek-1'de verilmiştir. Kumaşın gördüğü terbiye işlemleri ise kasarılama, yumuşak apre ve sanforlama şeklinde standart bir uygulamadır, ayrıca özel bir işlem uygulanmamıştır. Kumaş mamul hale gelince, konstrüksüyon olarak kareyi tutup tutmadığı kontrol edilmiş ve ilk seferinde tutmadığı tespit edilince, 85°C'da kontinü yıkama yapılmış ve değer tutturulmuştur.

Kullanılan kumaşın teknik özellikleri TSE'de belirtilen uygun deney metodlarına göre tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 3.1'de verilmiştir. Uygulanan TSE Standartları listesi Ek-2'de verilmiştir.

Kumaşta, çözgü ve atkıda aynı iplik kullanılmıştır. Bu ipliğin teknik özellikleri TSE'de belirtilen uygun deney metodlarına göre tespit edilmiş ve sonuçlar Tablo 3.2'de verilmiştir. Uygulanan TSE Standartları listesi Ek-3'de verilmiştir. Eğilme rijitliğinin ölçümünde Peierce (1930; Okur'dan, 1990) alınmıştır.

Tablo 3.1 : Kullanılan Kumaşın Teknik Özellikleri

<u>ÖZELLİK</u>		<u>DEĞER</u>
Sıklık	Çözü	26.37 tel/cm.
	Atkı	26.13 tel/cm.
Gramaj		105.5 g/m ²
Kalınlık		0.319 mm.
Kopma Mukavemeti	Çözü	325.68 N
	Atkı	342.85 N
Kopma Uzaması	Çözü	% 6.39
	Atkı	%22.07
Yırtılma Mukavemeti	Çözü	14.877 N
	Atkı	18.667 N
Eğilme Dayanımı	Çözü	59.93 mg.cm.
	Atkı	13.72 mg.cm.
	Toplam	28.67 mg. cm.
Kumaş içindeki iplik no.	Çözü	Ne 31.98
	Atkı	Ne 31.73
Kumaş içinde iplik kısalma oranı	Çözü	% 1.55
	Atkı	% 14.62
Kumaş Örtme Faktörü		0.6762
Terbiyede Ağırlık Kaybı		% 4.77

Tablo 3.2 : Kumaşa Kullanılan İpliğin Teknik Özellikleri

<u>ÖZELLİK</u>	<u>DEĞER</u>
Numara	Ne 30.34
Büküm	929.55 T/m
Kopma Mukavemeti	2.50 N
Kopma Uzaması	% 4.14
Eğilme Rijitliği	0.00502 g. cm ² .
Uster Düzgünsüzlük	% 17.89
Metale Sürtünme Katsayısı	0.32

3.1.2. Deney cihazının tanıtılması

Çalışılan cihaz, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde bulunan LLOYD Marka LR5KN Model Mukavemet Ölçüm Cihazı'dır (Universal Tensile Testing Machine). Gerdirmeye deneylerini iplik ve kumaş için farklı ölçüm kafaları ile yapabilen

bu cihaz, bastırma deneyleri de yapabilmektedir. Bu çalışmanın amacı olan kalıcı deformasyonun tespitinde, bastırma seçeneğinde çalışılmıştır. Cihazın kapasitesi, iplik koparma deneyleri için 500 N'luk kafa takılarak, kumaş koparma deneyleri için 5000 N'luk kafa takılarak değiştirilmektedir. Bastırma deneyleri için, kalıcı deformasyon amacına uygun yaptırılan başlıklar, aynı kafalara takılarak çalışılmıştır. Cihaz bilgisayar kumandalıdır. Deney çeşidinin seçilmesi, cihaza tanımlanmış parametrelerden o deney için uygun olanlarının seçilmesi, deney sınırlarının ve hassasiyetinin belirlenmesi, deney tekrar sayısının belirtilmesi ile deney programı hafızaya alınabilir ve deney bilgisayardan başlatılabilir. Elle çalışma tarzı da vardır. Programlanan deney yapılırken cihaz, gelişen yük-deformasyon eğrisini otomatik olarak ekranda çizer, sonuçları ekranda gösterir, ayrıca, sonuçları açılan dosyaya otomatik olarak kaydeder. Deneyler bitince, o dosyaya ait sonuçlar tek tek veya toplu olarak yazıcıdan yazdırılabilir. Kayıt yapılan dosyalar hem deney programı olarak hem de sonuçlar olarak ayrı ayrı hafızada durur.

Kullanılan cihazın fotoğrafı ve deneyin yapılış şekli Şekil 3.4'de gösterilmiştir.

3.2 Metod

3.2.1. Deney parametrelerinin seçimi

Kumaşın günlük kullanımda, bir bombe veya bir kubbe oluşturacak şekilde deforme olurken uzaysal bir davranış sergilediği giriş ve literatür kısımlarında belirtilmişti. Bu davranış düzlemselden farklı olarak üçüncü boyut 'z' yönündedir. Eğer biz kumaşı 'z' eksenini yönünde deforme edebilir, sonra bir süre dinlendirir ve tekrar deformasyon miktarını ölçüp kalıcı deformasyonu tespit edebilirsek, amacımıza uygun bir düzenek sağlamış oluruz. Deneylerde bu amacın sağlanması için, deney kumaşlarının 'z' eksenini yönünde bir bombe oluşturacak şekilde deforme edilebilme şartını yerine getiren durumun, kumaşın kenarlarından tutulup ortasından bir küresel yüzey vasıtası ile bastırılması şeklinde olacağı düşünülmüştür. Böylece, hem 'z' eksenini yönünde deformasyon, hem de kumaş yüzeyinde bombesal bir deformasyon oluşturulabilecektir.

3.2.1.1. Kalıp şekli ve boyutlarının seçimi

Uzaysal bastırılma ancak içi boş olan, fakat kenarlarından kumaşı tutmaya imkan sağlayan bir kalıp ile elde edilebilir. İçi boş bir silindirik

veya prizmatik kalıbın üst kısmına denenecek kumaş parçası yerleştirilip, üstten aynı çapta bir çember parçası ile sıkıştırılırsa, kumaşın uzaysal olarak deforme edilebilme imkanı sağlanmış olur. Boşlukta sabit tutulması sağlanan kumaş rahatlıkla bir küre ile bastırılabilir. Fakat, üstten bir kuvvete maruz kalan kumaş bölümü, aşağıya doğru hareket ederken, çevresinde serbest halde bulunan diğer bölümleri de kendi hareketi yönünde çekecektir. Bu durum, kumaşın günlük kullanımına hem uygundur hem de çelişkilidir; çünkü kumaş diz veya dirsek bölgesinde serbest görünüyorsa da, bacağı veya kolu çevrelemesi ve ortamdaki dikiş ile bütünsel yapısının bozulmuş olmasından dolayı aslında sınırlı bir davranış sergilemektedir. Kumaşın gerçekteki durumunu daha belirgin olarak deneylerde temsil etmek ve elde edilecek olan kalıcı deformasyonların büyüklüğünü artırabilmek için, deney kumaşlarının sınırlı bir alanında çalışılması tercih edilmiştir. Silindir olarak tasarlanan kalıbın üzerine konulan çemberin ağırlığı, bastırma esnasında kumaşı hareketsiz tutamayacağı için, kumaşın silindir ile çember arasında iyice sıkıştırılması planlanmıştır. Değişik sıkıştırma yöntemleri incelendiğinde, başlangıç olarak, cıvata-somun sıkıştırmasının amaca en uygun olduğu görülmüştür. Bu tarz bir sıkıştırmada, bir tek cıvata-somun çifti arasında 9.6 kN kuvvet oluşmaktadır (Bkz.Ek-4) ve bir kalıp üzerinde ortalama 10 adet cıvata-somun çifti olacaktır. Böylece kumaş 12 mm. genişliğinde bir çember tarafından yaklaşık 2.769 kN/cm^2 basınç ile bastırılmaktadır (Bkz.Ek-5). Bu ölçekteki bir tutma gücü, ortadan bastırarak olan kürenin uygulayacağı kuvvetten daha yüksektir, böylece kumaşın bastırılırken etrafındaki diğer parçaları da sürüklemeye ihtimali ortadan kaldırılmış olacaktır. Kumaş o bölge ile sınırlıdır ve değişik bağımsız değişkenlere bağlı olarak, maksimum kalıcı deformasyon gerçekleştirilecektir. Bir başka tercih sebebi de, kalıcı deformasyonun ölçümü için, deneyi yapılan kumaşın ikinci defa kalıba yerleştirilmesi sırasında deneyin ilk yapıldığı aynı kumaş noktasında (orta noktada) ölçüm yapılması şarttır. Bu şartı gerçekleştirmek, ancak kumaşı her keresinde aynı cıvatalardan geçirerek mümkün olabilir. Deneyin ilk yapıldığı ve tekrar kalıcı deformasyonun ölçüldüğü noktaların farklı olabilme ihtimali ortadan kalkmıştır.

Cıvata-somun çiftinin kullanılması, kumaşın bünyesinde bir delik açılmasını gerektirir. Cıvatanın ucundan çemberin iç kısmına kadar 3 mm.'lik mesafe vardır ve 2.769 kN/cm^2 basınç altında, bu hat üzerinde 21.651 kN'luk kuvvet oluşmaktadır (Bkz.Ek-6). Görülüyor ki bu kuvvet de, üstten kürenin uygulayacağı bastırma kuvvetinden fazladır ve silindirin

iç çeperi boyunca kumaş üniform bir gerilim ile tutulmaktadır. Cıvataya geçirmek için kumaş yapısının bir delik ile bozulması, deneyin sağlıklı olarak yapılmasına engel oluşturmamış ve deney bölgesinde kumaşın bütünselliği korunmuştur.

Diğer bir sıkıştırma metodu olan klips ile çalışma tarzında ise, 2.651 kN/cm^2 basınca ulaşılmasının zorluğu, sıkıştırma noktalarının her kalıpta ortalama 10 adete ulaşamaması, ikinci ölçümlerde deneyin yapıldığı aynı noktanın bulunmasının tahmini olacağı (işaret konularak veya göz kararı alınarak), klipslerin kalıp üzerine montajının getirdiği aksaklıklar gibi sebeplerden dolayı tercih edilmemiştir. Cıvataya geçecek olan deliklerin açılması da pratikte çok zaman alan bir işlemdir.

Kumaşın, silindirik kalıpta uzaysal deformasyonunu gerçekleştir -mek için, çember vasıtası ile cıvata-somun çifti kullanılarak sıkıştırılmasına karar verildikten sonra, bu silindirlerin hangi çaplarda olacağı araştırılmıştır. Yine kumaşın günlük kullanımını temsilen ortalama 8 cm.'lik çapın uygun olduğu, bir diz bölgesini ölçerek tespit edilmiştir fakat bir dirsek bölgesinde bu ölçü 4 cm.'ye kadar düşmektedir. Bu iki rakamın birbirinin yarısı olması, daha büyük bedenleri ve giysinin deforme olabileceği başka bölgelerini sembolize etmek bakımından 8'in iki katı olan 16 cm.'lik bir çapa da ihtiyaç duyulduğunu ortaya çıkarmıştır. Alan olarak incelendiğinde ise, bu çaplardaki alanların yaklaşık dört katı artışlar yaptıkları ortadadır. Alan artışlarını yaklaşık iki katı aralıklarda tutabilmek ve kalıcı deformasyonun seyrini daha dar bir aralıkta takip edebilmek buna karşın deney sayısını sınırlı tutmak için 6 cm. ve 12 cm. çaplardaki ara kalıpların da oluşturulmasına karar verilmiştir. Çap - alan değerleri Tablo 3.3'de gösterilmiştir :

Tablo 3.3 : Daire Çapına Göre Kumaş Alanı

<u>ÇAP (cm .)</u>	<u>ALAN (cm.²)</u>
4	12.566
6	28.274
8	50.266
12	133.098
16	201.062

Silindirik kalıp için yapılan bu seçimlerden sonra, kumaşın günlük kullanımdaki durumunu daha gerçekçi sembolize etmek ve bir

karşılaştırma zemini oluşturmak için, aynı çap ölçülerinin bir karenin kenarı olarak kullanıldığı başka kalıplar yapılmıştır. Kumaş, giysi halinde küresel deformasyon oluşturabilecek kuvvetlerin etkisi altına girdiği zaman, yukarıda da bahsedildiği gibi hem sınırlı hem de sınırsız olan yapısı içinde bu kuvvetlerin dağılımı, daire çevresinde veya kare kenarlarında son bulabilir. Literatürde bile henüz bu hususun tartışılması sınırlı bir safhadadır; çünkü deformasyon konusu teorik olarak geri dönüşü mümkün olan bölgede ele alınmakta olup, kalıcı deformasyonun teorisine daha tam olarak girilmemiştir. Bu halen kumaşın sırrını koruyan bir davranışı olma özelliğini taşımaktadır. Hem daire hem de kare şeklindeki kalıplardan elde edilecek sonuçların istatistik değerlendirilmesi, şekil farkının önemli olup olmadığını, önemli ise bunun ölçüsünü deneysel olarak ortaya koyacaktır.

Kare kalıplarda, kenar uzunluğuna göre deney alanı değişimi Tablo 3.4’de gösterilmiştir. Burada da alan birbirini yaklaşık iki katı olacak şekilde, dairedeki özelliği tutmaktadır. Daire ile farkı, kuvvet dağılımının çeperlerde homojen olmaması ve köşe noktalarına doğru kuvvetin kumaş içerisinde daha fazla yol katetmesinden dolayı, kumaştaki kuvvet dağılımı değişmektedir. Bu farklılığın ne derece etkin olduğu istatistik analiz sonucunda ortaya çıkacaktır.

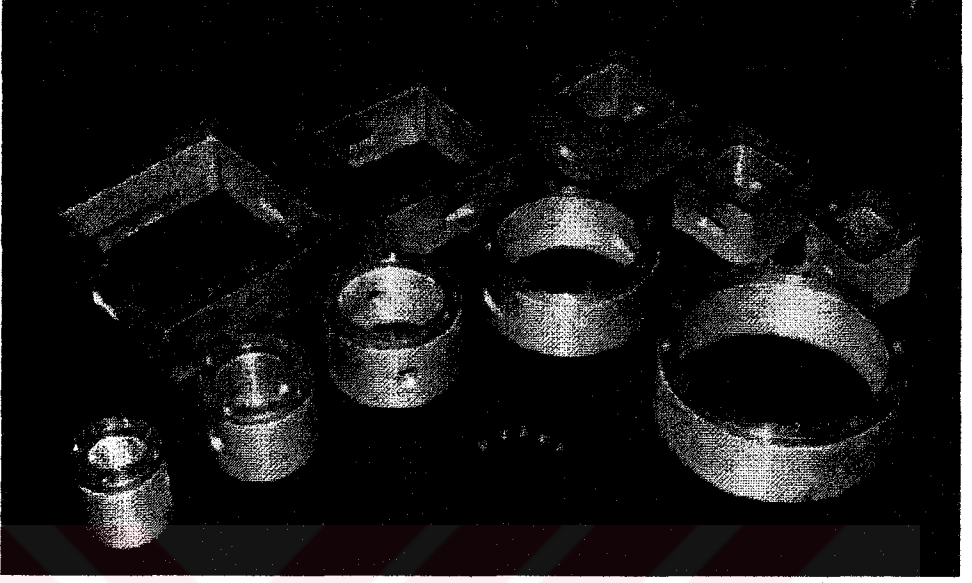
Tablo 3.4 : Kare Kenarına Göre Kumaş Alanı

<u>KARE KENARI (cm.)</u>	<u>ALAN (cm²)</u>
4	16
6	36
8	64
12	144
16	256

Kullanılan kalıpların fotoğrafı Şekil 3.1’de görülmektedir.

3.2.1.2. Küre boyutları, küre yüzey yapısı ve merkezlemenin seçimi

Kumaşın boşlukta sıkıca tutulması sağlandıktan sonra, uzaysal deformasyonu sağlamak amacı ile üstten küre ile bastırılacağı belirtilmişti. Kürenin sadece alt yarısı kumaş ile temasta olacağı için, yarım küreler tasarlanmış ve üst yarı, bastırma deneyinin yapılacağı cihazın kafasına takılması için uygun vida ile donatılmıştır. Küre çaplarının seçiminde yine



Şekil 3.1 : Deneylerde kullanılan kalıplar

diz ve dirsek bölgelerinde yapılan ölçümlerden faydalanılmıştır. Diz bölgesinde ölçülen 8 cm. ve dirsek bölgesinden ölçülen 4 cm. aynen kullanıldığı halde, hem bu ölçülerin dörtte biri ve yarısı gibi faktör özelliği taşıması hem de daha sivri bir yapıya sahip olup kalıcı deformasyonu daha belirgin hale getireceği ve noktasal deformasyonun da temsil edileceği düşüncesi ile 2 cm. çapında küre de tercih edilmiştir. Böylece üç değişik küre çapı ile çalışılmıştır. Küre çapı önemli bir bağımsız değişkendir. Küre ile ilgili bir diğer önemli özellik de kürenin yüzey yapısıdır. Kumaşın giysi halinde kullanıldığını düşündüğümüz zaman, insan derisi ile kumaş arasındaki sürtünme katsayısı oldukça düşüktür, ayrıca kumaş deri üzerinde kısıtlı da olsa hareketlidir. Tasarlanan deneyde ise kumaşın hiçbir hareket şansı yoktur ve üstten kuvvetlice bastırılacaktır. Kuvvetin etkisi ile kumaşın içindeki iplikler hareket edecek ve uzayarak kalıcı deformasyonu meydana getirecektir. İpliklerin bu hareketine imkan sağlayabilmek ve nispeten insan derisini temsil edebilmek için, küreler pirinç malzemeden ve yüzeyleri oldukça düzgün yaptırılmıştır. Küreler, deney cihazının hareketli kafası ile kumaşa bastırılacağı için, bu deneyde küre ağırlıkları önemli değildir.

Deney cihazının hareketli kafasına yarım küreler takıldıktan sonra, tam alt hizasına, kumaşın takıldığı kalıbın orta noktasının denk gelmesi gerekmektedir. Kumaşın tam orta noktadan deforme edilmesi amaçlanmıştır, çünkü simetri oluşturulması hedeflenmiştir. Kürenin merkezi ile kalıbın merkezinin aynı eksen üzerinde olmasını sağlamak için, ayrıca bir merkezleme kalıbı yapılmış ve kalıplar deney esnasında bu merkezleme kalıbının üzerine oturtulmuştur.

Kullanılan kürelerin fotoğrafı Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2 : Deneylerde kullanılan küreler

3.2.1.3. Ön deneyle karar verilmesi gereken parametreler

Kalıcı deformasyon deneylerini gerçekleştirmek için düzenek bu şekilde hazırdır, fakat karar verilmesi gereken başka önemli birkaç nokta daha vardır. Bunlardan bir tanesi, küre kumaşa kuvvet uygularken yani küre ile kumaş bastırılırken belli bir yük değerine ulaşınca kadar mı bastırmaya devam etmeli, yoksa belli bir çökme noktasına kadar mı bastırmaya devam etmelidir? Yük sabit veya bastırma mesafesi sabit olacak şekilde bir dizi ön deney yapılmıştır.

3.2.1.3.1. *Ön deneyler*

Cihazda ilk uygulamaların yapıldığı ön deneylerde, tasarı halindeki deneylerin sorunsuz bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Cıvatalara uygun olarak, kumaşlar delinip hazırlanmış ve farklı kalıp boyut ve şekillerinde farklı kürelerle değişik denemeler yapılmıştır.

Cihaz ile çalışmaya başlayınca, dikkate alınması gereken başka hususlar olduğu ortaya çıkmıştır. Birincisi, daha sonraları, ‘yükü ilk algıladığı an’ diye söz edilen bir verinin toplanma ihtiyacı olduğu anlaşılmıştır; çünkü kürenin kumaş yüzeyine temas ettiği gözlemle saptanan an ile cihazın yükü algılamaya başladığı an arasında mesafe farkı vardır. Bu demektir ki bu süre içinde küre bastırmaya devam etmiş ve kumaş çökmeye başlamıştır. Kumaşın bünyesindeki farklılıklardan dolayı, yükü ilk algıladığı an, numuneden numuneye farklıdır. Bu farklılığı telafi etmek amacıyla bu bir ön gerilim olarak değerlendirilerek bütün deneyler boyunca aynen devam edilmesine karar verilmiş ve hedeflenen bastırma mesafesine ulaşılmasının daha sağlıklı olacağı düşünülmüştür. Cihazda ayarlanabilen en düşük yük 0.1N olduğu için ön gerilim de aynı seçilmiş ve bu yükü algıladığı mesafeler milimetre cinsinden not alınmıştır. Tespit edilen bastırma mesafesine ulaşıldıktan ve kumaş çıkarılıp bekletildikten sonra kalıcı deformasyonu ölçmek için tekrar takıldığında gene aynı ön gerilimi algılayana kadar yük uygulanmıştır. Tam o anda cihaz otomatik durmaya ayarlanmış ve okunan bastırma mesafesinden başlangıçta yükü ilk algıladığı mesafe çıkarılarak kalıcı deformasyon hesaplanmıştır. İkincisi, bilgisayarda ayarlanan bastırma mesafesi ile cihazın yan panel göstergesindeki bastırma mesafesi değerleri farklı olmaktadır. Bu farklılığın nasıl bir ilişkide seyrettiği takip edilmiş, fakat kesin bir sonuca varılamadığı için, ‘yan gösterge mesafesi’ diye hitap edilen bir başka verinin de kaydedilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Farklar nispeten düşük olduğu için, deneyin anlamına zarar verecek bir etkisi olmadığı gözlenmiştir. Bu farklılığın, cihazın ‘response time’ (tepki zamanı) özelliğinden kaynaklandığı kararı verilmiştir.

3.2.1.4. Bastırma mesafesinin seçimi

Parametre seçiminde güçlüğe yol açan noktayı açıklığa kavuşturmak için, ön deneyler bu konuya yoğunlaştırılmıştır. Kumaş yırtılıncaya kadar bastırılıp gerek yük gerekse yırtılma mesafesi hakkında bilgi edinilmiştir. Bu nokta, bastırma yükünün veya bastırma mesafesinin sabit tutularak bağımsız değişken olarak işlem yapılacağına karar noktasıdır. Burada bastırma yükünün bağımlı değişken olmasına, bastırma

mesafesinin de bağımsız değişken olmasına karar verilmiştir; çünkü bastırma yükü bağımlı değişken olarak alınınca istatistiksel analizler sonucunda elde edilecek regresyon denklemleri ile insanın giysiye uyguladığı yükün hesaplanmasına da olanak sağlanmış olacaktır. Şu an itibariyle insanın giysiye uyguladığı kuvvetin hesaplanması hemen hemen olanaksızdır. Bastırma mesafesi bağımsız değişken olacaktır; çünkü kalıcı deformasyon yırtılma olmadan önceki bölgede yer aldığından muhakkak deneydeki mesafelerin içine denk gelecektir.

Bu bilgiler doğrultusunda kumaşın yırtılma noktasının yaklaşık 9 - 10 mm. arasında olduğu ve bu deneyler kapsamında yırtılma noktasına ulaşılmayacak en güvenli bastırma mesafesinin 7.5 mm. olduğu tespit edilmiştir.

Bastırma mesafesinin hangi aralıklarda seçileceği konusunda da bir dizi ön deney yapılmıştır. Yükü ilk algıladığı mesafeden sonra anlamlı yük artışının görüldüğü en düşük sınır 2.3 mm.'dir. Güvenli bölge bu şekilde tespit edildikten sonra, deneme deseninde değişim aralıklarının beş seviyesinde çalışılması hedeflenerek 2.3 - 7.5 aralığı eşit olarak bölünmüş ve sırası ile 3.6 - 4.9 - 6.2 mm. mesafeler belirlenmiştir.

3.2.1.5. Hızın seçimi

Bütün fiziksel olaylardan bilinmektedir ki ani oluşturulan bir etki ile, yavaş yavaş oluşturulan bir etkinin yarattığı sonuçlar genellikle farklıdır. Tasarlanan deney açısından düşünüldüğünde, böyle bir etki ancak bastırma hızının yüksek veya düşük olması ile sağlanabilir. Bastırma hızı da önemli bir bağımsız değişken olarak karşımıza çıkmış bulunmaktadır. Bastırma hızları olarak hangilerinin seçilebileceği araştırılırken, bir insanın çömelme hızı incelenmiştir. Çömelme olayı incelenirken, bir insanın çömelmiş vaziyette uzun süre durabileceği, yani kumaşa uzun süre kuvvet uygulayabileceği, bunun yanı sıra tekrar tekrar çömelip kalkarak kumaşa tekrarlı olarak kuvvet uygulayabileceği gözlenmiştir. Ayak ayak üzerine atılması olayında ve dirseğin kıvrılması olayında, kumaşın etkilenmesi açısından da aynı durum söz konusudur. O zaman, kuvvetin uygulandığı süre ve kuvvet uygulanmasının tekrarı olmak üzere, kuvvetin uygulanma hızının yanı sıra iki önemli bağımsız değişkenin de incelenmesi gereği ortaya çıkmıştır.

Bir insanın çömelme hızı yaklaşık 1 m/s'dir. Bu hız oldukça yüksektir. Bu hız deneylerde kullanılsa kumaşın derhal yırtılacağı ve

deneyin amacına ulaşamayacağı görülmektedir. Giysi halindeki bir kumaşın bu hıza nasıl dayandığı düşünüldüğünde, kumaşın nispeten serbest durumda hareketli olmasının ve her doğal olayda olduğu gibi kuvveti az algıladığı yere doğru kaymasının, kumaşa bu ölçüdeki bir yüke karşı koyabilme gücü verdiği sonucuna varılmıştır. Deney ortamında kumaş bu hareketi sağlanamayacağı için ve yapısal olarak deney cihazı bu hıza ulaşamayacağı için, deney hızı çok daha düşük seçilmiştir. Yapılan ön deneyler ile, 20 - 180 mm/d'lık hız aralığı çalışmaya uygunluk açısından iyi sonuçlar vermiştir. 1 m/s hızın binde biri olan 1 mm/s'lik hızın 60 mm/d'ya eşit olduğu hesaplanmış, bunun da üçte bir ve üç katı olan hız aralığının ortasına denk geldiği görülmüştür. Böylece, yine 60 mm/d'lık hızın yarısı ve iki katı olarak, sırasıyla, 30 mm/d ve 120 mm/d hızlarla beraber beş farklı hızın denenmesine karar verilmiştir.

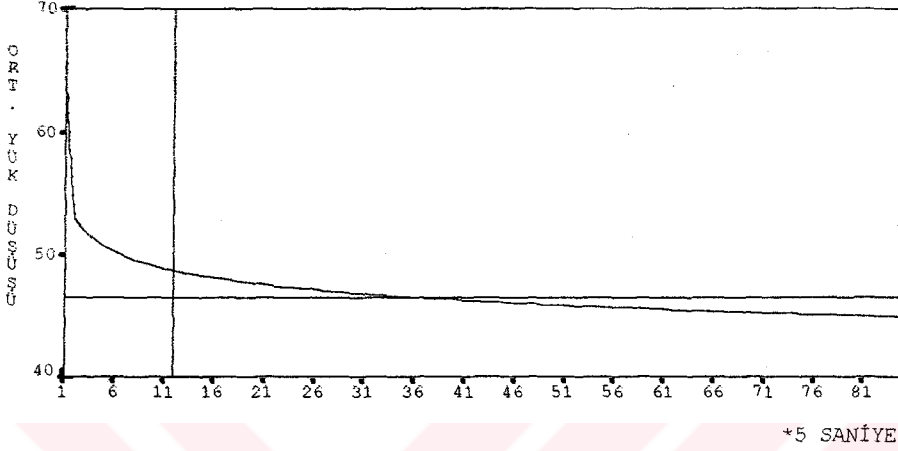
3.2.1.6. Bekletme süresinin seçimi

Hız araştırmasının ortaya çıkardığı, kuvvetin uygulanma süresi konusunda ise, deneylerin iki grupta yapılmasına karar verilmiştir. Birinci grupta, küre kumaşa bastırıldıktan sonra hemen çekilmiş, ikinci grupta ise, küre kumaşa bastırılıp bir süre bekletilmiştir. Bekleme süresinin ne kadar olacağına da gene ön deneyler ile karar verilmiştir. Yapılan ön deneylerde, küre kumaşa basılı vaziyette bekletilmiş ve başlarda hızla azalan bastırma yükünün yedi dakika sonra artık sabit bir değere ulaştığı gözlenmiştir. Şekil 3.3'de görüleceği üzere, dikey ekseninde ortalama yük düşüşü, yatay ekseninde de beş saniyede bir kayıt sırası yer almaktadır. Çizilen azalma diyagramında, dikey referans çizgisi ilk bir dakikayı, yatay referans çizgisi de ilk üç dakikayı göstermektedir.

Birinci dakika sonunda, ortalama yük değeri ilk değerinin %76.74'üne düşerken, yedinci dakika sonunda %70.72'sine düşmüştür. Bu iki yüzdesel değerlerin orta noktası 2.67'inci dakikaya denk gelmektedir fakat uygulamada kolaylık olması ve yük değerinin daha iyi sabitlenmesi faktörleri göz önüne alınarak 3 dakika bekletme süresinin amaca uygun olduğuna karar verilmiştir.

3.2.1.7. Tekrarlılık faktörünün seçimi

Hız araştırmasını ortaya çıkardığı bir diğer özellik olan tekrarlanma konusunun da, günlük kullanıma uygunluğu açısından, deneylere dahil edilmesine karar verilmiştir. Tekrar yapılırken, en düşük bastırma mesafesinden başlayıp her seferinde bir fazlasına kadar olacak şekilde



Şekil 3.3 : Bekletmede yük düşüşü (Ön deneylerde)

deneyin tekrar tekrar yapılması düşünülmüştür. Böylece her artan bastırma mesafesi ile, önceden deforme edilmiş bir kumaşın, daha da deforme edilerek, oluşan kalıcı deformasyon etkisinin artırılması hedeflenmiştir. Her bastırma mesafesinde başlanması da ayrı bir yöntem olarak değerlendirilmiştir.

3.2.1.8. Dinlendirme süresinin seçimi

Birinci deneyde bastırılıp deforme edilen bir kumaş, çıkarılıp ters çevrilip dinlendirildikten sonra tekrar kalıplara takılıp gene aynı orta noktadan kalıcı deformasyonu ölçülecektir. Dinlendirme süresinin tespiti için, bir saat sonra ölçüm ve kırk sekiz saat sonra ölçümün denenmesinin iyi sonuç vereceğine, bu iki sürenin kumaşın geri dönüş davranışında (relaksasyon), histerisis eğrisinin son noktasını dahi temsil edeceği düşünülmüştür.

3.2.1.9. Tekerrür sayısının seçimi

Deney sayısının tekerrürü için, ön deneylerden elde edilen bilgilerden faydalanılmıştır. Beş, on ve onbeş tekerrürlü ön deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçlar, istatistiksel olarak t-testi ile kıyaslanmıştır (Bkz.Ek-7). Beş ve on tekerrür karşılaştırması, ortalamalar arasında istatistiksel önemli farkın bulunduğunu göstermiştir. On ve onbeş

tekerrürün karşılaştırılması, aralarında önemli fark olmadığını ortaya çıkarmıştır. Beş ve onbeş tekerrür de t-testi ile karşılaştırılmış ve aralarında istatistiksel önemli fark olduğu görülmüştür. Böylece, beş tekerrürün, sağlıklı olmadığına karar verilmiş ve on tekerrürün, hem onbeş tekerrür ile arasında fark olmaması hem de deney süresini daha kısa tutması göz önüne alınarak, çalışılmasına karar verilmiştir.

3.2.2. Deney planı

Burada, kalıcı deformasyona etki eden, bağımsız değişkenler olarak incelemeye alınan şekil, kalıp boyutu, küre boyutu, bastırma mesafesi, hız, zaman, tekrarlılık, dinlendirme süresi ve tekerrür açıklanmıştır. İncelemeye alınmamış diğer başka faktörlerin varlığı muhtemeldir, fakat farklı deney amaçları taşıyabilecekleri için şu andaki yaklaşıma dahil edilmemişlerdir. Buradaki amaç, bu kadar farklı faktör arasından kalıcı deformasyonu en iyi tanımlayan kombinasyonun tespit edilerek, standart deney metodunun geliştirilmesidir.

Her faktörün çeşitleri sıralandığında şöyle bir durum ortaya çıkmaktadır :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>	<u>Çeşit Sayısı</u>
ŞEKİL	Daire, Kare	2
BOYUT	4 - 6 - 8 - 12 - 16 cm.	5
KÜRE	2 - 4 - 8 cm.	3
BASTIRMA MESAFESİ	2.3 - 3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5 mm.	5
HIZ	20 - 30 - 60 - 120 - 180 mm/d	5
ZAMAN	Hemen, Bekletmeli	2
TEKRARLILIK	Her mesafeden başlayıp tekrarlanarak (Beş farklı yöntem)	5
DİNLENDİRME SÜRESİ	İlk yapılan deney, 1 saat, 48 saat	3
TEKERRÜR	10 kez	10

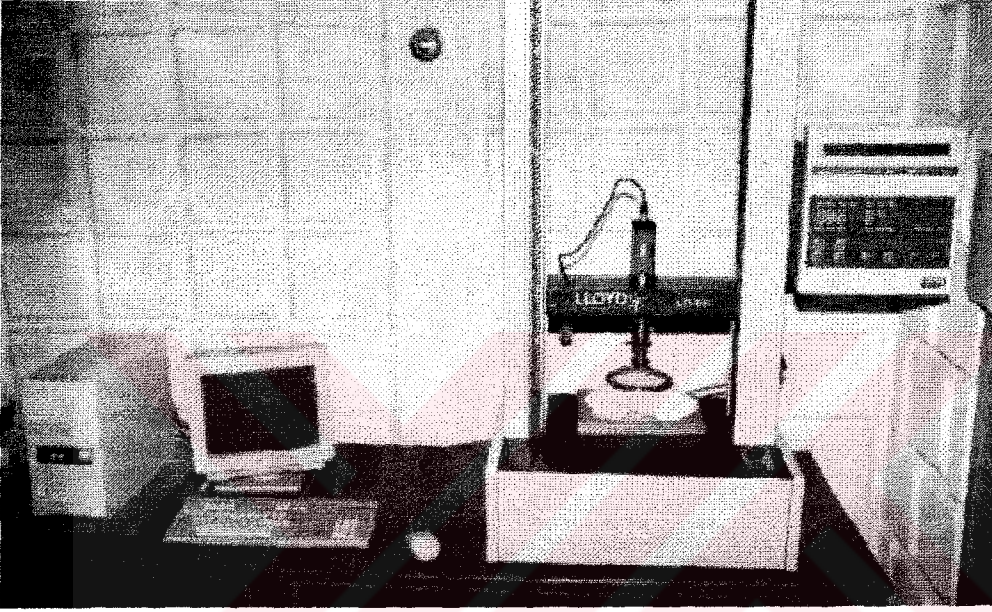
Bu incelemeden de görüleceği üzere, tek tek yapılması gereken deney sayısı

$$2 * 5 * 3 * 5 * 5 * 2 * 5 * 3 * 10 = 225,000 \text{ adettir.}$$

Bu rakam oldukça yüksektir. Deneylerin bütünselliğini bozmadan ve deneyin amacını saptırmadan deney adedini azaltma gereği ortaya çıkmıştır. Ön deneylerden elde edilen bilgiler doğrultusunda deneyler

gruplandırılmış ve birinden diğerine geçerken önceki gruptan elde edilen bilgiler doğrultusunda devam edilmiştir.

Deney cihazı ve bir deneyin yapılışı Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 : Bir deneyin yapılışı

3.2.2.1. I.Grup Deneyler

Ön deneylerden elde edilen bilgiler doğrultusunda hız veya bastırma mesafesi faktörlerinden birinin sabit tutulabileceği görülmüştür. Hangisinin sabit tutulabileceği ve hangi değerde sabit tutulabileceği, I. grup deneylerin araştırma konusudur. İstatistiksel ve grafiksel olarak yapılacak incelemeden sonra elde edilecek bulgu, bundan sonraki deney gruplarında hep sabit tutulacaktır. Böylece hem deneylerin bütünselliği bozulmadan deney adedi azaltılmış olacak, hem de deneyler amacından sapmamış olacaktır.

Temel nitelik taşıyan şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu faktörleri birer sabit olarak alınmışlardır. Şekilden daire olan, kalıp boyutundan 8 cm.’lik olan ve küre boyutundan 4 cm.’lik olan tercih edilmiştir. Bu tercihlerdeki sebepler dairede, deney kumaşının çeperlerinde kuvvet

dağılımının homojen olması, kalıp boyutu ve küre boyutunun ise orta değerleri temsil ediyor olmalarıdır. Zaman faktöründe ‘hemen’ seçeneği uygulanmıştır, yani kumaş belli mesafeye kadar bastırılıp yük hemen kaldırılmıştır. Bunun tercih sebebi, ‘bekletme’ seçeneğinin ‘tekrarlılık’ faktörü ile kombine etkisini incelemek amacı ile bir sonraki gruba bırakılmasıdır. Bastırma mesafesi, hız, dinlendirme süresi ve tekerrür aynı seçenekleri ile uygulanmıştır.

I. grup deneyler için her faktörün çeşitleri sıralandığında oluşan durum şöyledir :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>	<u>Çeşit Sayısı</u>
ŞEKİL	Daire	1
BOYUT	8 cm.	1
KÜRE	4 cm.	1
BASTIRMA MESAFESİ	2.3 - 3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5 mm.	5
HIZ	20 - 30 - 60 - 120 - 180 mm/d	5
ZAMAN	Hemen	1
TEKRARLILIK	(Deney gereği seçilmemiştir.)	
DİNLENDİRME SÜRESİ	İlk yapılan deney, 1 saat, 48 saat	3
TEKERRÜR	10 kez	10

Bu incelemeden de görüleceği gibi, tek tek yapılması gereken deney sayısı :

$$1 * 1 * 1 * 5 * 5 * 1 * 3 * 10 = 750 \text{ adettir.}$$

I. grup deney amacına yönelik olarak, 225,000 deney içinde 45,000 deney vardır, fakat belli faktörlerin sabit tutulması ile bu rakam 750 adet ile sistematik olarak örneklenmiştir.

3.2.2.2. II. Grup Deneyler

II. grup deneylerde de I. gruptakine benzer amaçlar vardır. Tekrarlanan mesafeler arasında oluşan kalıcı deformasyonun tespit edilmesi, bu mesafeler arasında oluşan kalıcı deformasyonun farklı ‘dinlendirme süreleri’ne ve ‘hemen veya bekletmeli’ yük uygulamasına göre nasıl değiştiğinin tespit edilmesi, oluşan toplam kalıcı deformasyonun farklı tekrarlılık yöntemlerine göre nasıl etkilendiğinin tespit edilmesidir. Böylece, ‘tekrarlılık’ faktörünün incelemesi bitmiş olacak ve ‘zaman’ ve ‘dinlendirme süresi’ faktörlerinin hangi seçeneği sabit tutularak diğer deneylere devam edileceği ortaya çıkacaktır.

Burada da, temel nitelik taşıyan şekil, boy ve küre değişkenleri, hız veya bastırma mesafesi tespiti deneylerindeki gibi sabit tutulmuştur. Tercih

sebepleri aynıdır. Bir önceki deney grubu sonucunda uygun olarak tespit edilen hız, bu deneylerde sabit alınmıştır. Bastırma mesafesi, zaman, tekrarlılık, dinlendirme süresi ve tekerrür aynı seçenekleri ile uygulanmıştır. Bu grup deneylerde tekrarlılık, zaman ve dinlenme süresi değişkenlerinin uygulanış tarzları nedeniyle şu alt deney grubu ortaya çıkmıştır :

A) Bir grup kumaş, kalıba takılmış, ön gerilim yükünü ilk algıladığı mesafeye kadar bastırılmış, bu mesafe not edilmiş, bu mesafeden itibaren 2.3 mm.'ye kadar bastırılmış, yük hemen çekilmiş ve bir saat dinlendirildikten sonra tekrar kalıba takılmış, ön gerilim yükünü ilk algıladığı mesafeye kadar bastırılmış, bu mesafe not edilmiş, bu mesafeden itibaren 3.6 mm.'ye kadar bastırılmış, yük hemen çekilmiş ve bir saat dinlendirildikten sonra tekrar kalıba takılmış, ön gerilim yükünü ilk algıladığı mesafeye kadar bastırılmış, daha sonra bu işlem 4.9, 6.2 ve 7.5 mm. bastırma mesafeleri için aynen tekrarlanmıştır.

B) Bir grup kumaş, 'A' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylere 3.6 mm.'den başlanarak tekrar edilmesi şeklinde çalışılmıştır.

C) Bir grup kumaş, 'A' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneyler 4.9 mm.'den başlanarak tekrar edilmesi şeklinde çalışılmıştır.

Ç) Bir grup kumaş, 'A' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylere 6.2 mm.'den başlanarak tekrar edilmesi şeklinde çalışılmıştır.

D) Bir grup kumaş, 'A' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneyler 7.5 mm.'den başlanarak tekrar edilmesi şeklinde çalışılmıştır. Bu grupta tek bir bastırma mesafesinde çalışılması söz konusudur, fakat deney tarzının tekrarlılık gidişinin bozulmaması için bu grup ayrılmamıştır. Yöntem belirleme analizlerinde bu grup da ayrı bir yöntem olarak ele alınacaktır.

E) Bir grup kumaş, 'A' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerden sonraki dinlendirme süresi 48 saat olacak şekilde çalışılmıştır.

F) Bir grup kumaş, 'B' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerden sonraki dinlendirme süresi 48 saat olacak şekilde çalışılmıştır.

G) Bir grup kumaş, 'C' şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerden sonraki dinlendirme süresi 48 saat olacak şekilde çalışılmıştır.

H) Bir grup kumaş, ‘Ç’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerden sonraki dinlendirme süresi 48 saat olacak şekilde çalışılmıştır.

I) Bir grup kumaş, ‘D’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerden sonraki dinlendirme süresi 48 saat olacak şekilde çalışılmıştır.

İ) Bir grup kumaş, ‘A’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

J) Bir grup kumaş, ‘B’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

K) Bir grup kumaş, ‘C’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

L) Bir grup kumaş, ‘Ç’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

M) Bir grup kumaş, ‘D’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

N) Bir grup kumaş, ‘E’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

O) Bir grup kumaş, ‘F’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

Ö) Bir grup kumaş, ‘G’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

P) Bir grup kumaş, ‘H’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

R) Bir grup kumaş, ‘I’ şıkkındaki çalışma tarzı ile aynı, fakat deneylerde yükün üç dakika süre ile uygulanması ve sonra çekilmesi şeklinde çalışılmıştır.

II. grup deneyler tablo halinde Tablo 3.5’de görülmektedir.

Bu incelemeden de görüleceği gibi, tek tek yapılması gereken deney sayısı,

$$150 \text{ deney/grup} * 4 \text{ grup} * 2 \text{ (Dinlendirdikten sonra)} = 1,200 \text{ adettir.}$$

II. grup deneylerin amacına yönelik olarak, I. grubun 45,000 olan deney sayısı 225,000 deneyden çıkarıldıktan sonra kalan 180,000 deney içinde 36,000 adetlik bir grup oluşturmaktadır. Belli faktörlerin sabit tutulması ile bu rakam 1200 adet ile sistematik olarak örneklenmiştir.

Tablo 3.5 : II. Grup Deneylerin Tablosu

	Hemen	Deney Sayısı	Bekletmeli	Deney Sayısı
1 saat	A 2.3-3.6-4.9-6.2-7.5 mm.	50	I 2.3-3.6-4.9-6.2-7.5 mm.	50
	B 3.6-4.9-6.2-7.5 mm.	40	J 3.6-4.9-6.2-7.5 mm.	40
	C 4.9-6.2-7.5 mm.	30	K 4.9-6.2-7.5 mm.	30
	Ç 6.2-7.5 mm.	20	L 6.2-7.5 mm.	20
	D 7.5 mm.	10	M 7.5 mm.	10
		150		150
48saat	E 2.3-3.6-4.9-6.2-7.5mm.	50	N 2.3-3.6-4.9-6.2-7.5mm.	50
	F 3.6-4.9-6.2-7.5mm.	40	O 3.6-4.9-6.2-7.5mm.	40
	G 4.9-6.2-7.5mm.	30	Ö 4.9-6.2-7.5mm.	30
	H 6.2-7.5mm.	20	P 6.2-7.5mm.	20
	I 7.5mm.	10	R 7.5mm.	10
		150		150

Her faktörün çeşitleri sıralandığında oluşan durum şöyledir :

Bağımsız Değişken	Çeşit	Çeşit Sayısı
ŞEKİL	Daire	1
BOYUT	8 cm.	1
KÜRE	4 cm.	1
BASTIRMA MESAFESİ	2.3 - 3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5 mm.	5
HIZ	60 mm/d	1
ZAMAN	Hemen, Bekletmeli	2
TEKRARLILIK	Her mesafeden başlayıp tekrarlanarak	

	(Beş farklı yöntem)	5
DİNLENDİRME SÜRESİ	İlk yapılan deney, 1 saat,	
	48 saat (Ayrı ayrı)	3
TEKERRÜR	10 kez	10

3.2.2.3. III. Grup deneyler

III. grup deneylerdeki amaç, artık, kalan faktörlerin seçiminin yapıp standart deney metodunun belirlenmesidir. Yapılan iki grup deneylerde şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu değişkenleri sabit tutulmuş, kalan değişkenler tespit edilmiştir. Bu grupta, diğer deney gruplarından elde edilen sonuçlar sabit tutulup şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu faktörleri değiştirilecektir. Bunların içinden kalıcı deformasyonu en iyi şekilde belirleyen en uygun kombinasyon bulunup, kalıcı deformasyonun standart deney metodu tespit edilmiş olacaktır. II. grup deneylerin sonucuna göre her faktörün çeşitleri sıralandığında şöyle bir durum ortaya çıkmaktadır :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>	<u>Çeşit Sayısı</u>
ŞEKİL	Daire, Kare	2
BOYUT	4 - 6 - 8 - 12 - 16 cm.	5
KÜRE	2 - 4 - 8 cm.	3
BASTIRMA MESAFESİ	3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5 mm.	4
HIZ	60 mm/d	1
ZAMAN	Hemen	1
TEKRARLILIK	Hedeflenen mm.ye kadar bir seferde bastırma	1
DİNLENME SÜRESİ	İlk yapılan deney, 48 saat	2
TEKERRÜR	10 kez	10

Bu incelemeden de görüleceği üzere, tek tek yapılması gereken deney sayısı,

$$2 * 5 * 3 * 4 * 1 * 1 * 1 * 2 * 10 = 2,400 \text{ adetdir.}$$

Deneyler yapılırken 16 cm.lik daire ve kare kalıplarda küçük küre çaplarında çalışırken hassas ölçüm yapılamadığı gözlenmiş ve 2 ve 4 cm. çaplı küreler için bu kalıp iptal edilmiştir. Böylece deney sayısı 2,160 adete düşmüştür.

III. grup deneylerin amacına yönelik olarak, I. grubun 45,000 olan deney sayısı ve II. grubun 36,000 olan deney sayısı 225,000 deneyden

çıkarıldıktan sonra kalan 144,000 deney bulunmaktadır. Önceki deney gruplarının uygulanması ile belirlenen faktörler sayesinde bu rakam 2400 adet ile sistematik olarak örneklenmiş bulunmaktadır.

3.2.2.4. IV. Grup deneyler

Ön deneyler yapılırken, yük sabit tutularak kumaş bastırıldığı zaman, kumaştaki yapısal farklılıklardan dolayı bazı denemelerde kumaşın güvenli alt sınıra yakın, bazılarında ise daha uzakta yırtıldığı görülmüştür. Yırtılma olayı, incelenmek istenilen kalıcı deformasyon sınırlarının ötesinde bir noktadadır; fakat deney yapılan kumaşın yırtılma sınırı hakkında bilgi edinmek amacı ile bu deney grubu düşünülmüştür. Burada herhangi bir bağımsız değişken tespiti için arayış yoktur. Kalıcı deformasyona maruz bırakılan kumaşların aynı şartlar altında delinme noktasına varıncaya kadar gösterdiği davranışın ortaya çıkarılması açısından veri toplanacağı düşünülerek bu grup deneyler önemli görülerek yapılmalarına karar verilmiştir.

Her faktörün çeşitleri sıralandığında şöyle bir durum ortaya çıkmaktadır :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>	<u>Çeşit Sayısı</u>
ŞEKİL	Daire, Kare	2
BOYUT	4 - 6 - 8 - 12 - 16 cm.	5
KÜRE	2 - 4 - 8 cm.	3
BASTIRMA MESAFESİ	(Deney gereği seçilmemiştir.)	
HIZ	60 mm/d	1
ZAMAN	(Deney gereği seçilmemiştir.)	
TEKRARLILIK	(Deney gereği seçilmemiştir.)	
DİNLENDİRME SÜRESİ	(Deney gereği seçilmemiştir.)	
TEKERRÜR	10 kez	10

Bu incelemeden de görüleceği üzere, yapılması gereken tek tek deney sayısı

$$2 * 5 * 3 * 1 * 10 = 300 \text{ adettir.}$$

Burada açıklanan deney gruplarından elde edilen veriler, bilgisayarda istatistiksel ve grafiksel olarak incelenerek sonuca varılmıştır (Püskülcü ve İkiz, 1982; Ergün, 1995).

4. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Deney Sonuçları

4.1.1. I. Grup deneylerin sonuçları

I. grup deneylerin sonuçları, ortalama değerler olarak Ek-8’de verilmiştir. Bu tabloda, her farklı hız değerine karşılık her farklı bastırma mesafesi ve her bastırma mesafesine karşılık on tekrardan oluşan deney sonuçlarının ortalamaları görülmektedir. Birinci sütunda ‘hız’, ikinci sütunda ‘m’ ile gösterilen bastırma mesafesi değerleridir. Üçüncü sütundaki ‘yuilh_1’ kısaltması, yükü ilk algıladığı milimetre anlamına gelmekte olup, kalıba takılan kumaşın ön gerilimi ilk algıladığı anda cihazın otomatik durmaya ayarlanması sonucu elde edilen bastırma mesafesi anlamına gelmektedir. Her bir kutu, on tane değerlerin ortalamasıdır.

Dördüncü sütundaki ‘yagosm_1’ kısaltması yan gösterge milimetrelerinin ortalamasıdır. Beşinci sütundaki ‘yuk_1’ kısaltması, o bastırma mesafesine kadar algılanan yüklerin ortalamasıdır. Altıncı ve yedinci sütunlardaki ‘ssyuk’ ve ‘cvyuk’ kısaltmaları, sırası ile, onar tane yük değerlerinin standart sapmaları ve değişim katsayılarıdır.

Sekizinci ve dokuzuncu sütunlarda ‘yilhs’ ve ‘yih48s’ kısaltmaları ise, sırası ile, bir saat sonraki ve kırk sekiz saat sonraki ölçümlerde kumaşın yükü ilk algıladığı mesafelerin ortalamalarıdır. Önceden de bahsedildiği üzere, belli bir hızda belli bir mesafeye kadar kumaş numunesi bastırılmış, sonra çıkarılıp ters çevrilerek bir saat veya kırk sekiz saat dinlendirilmiş, sonra tekrar aynı kalıba aynı bastırma noktasına denk gelecek şekilde konulmuş ve ön gerilim yükünü ilk algıladığı mesafeye kadar tekrar bastırılmış ve bu anda cihaz otomatik durmaya ayarlanarak yükü ilk algıladığı mesafe tespit edilmiştir. Bu sütunlarda, bir saat ve 48 saat dinlendirildikten sonra ölçülen numunelerdeki deformasyon miktarı milimetre cinsinden ortalama olarak verilmiştir.

Onuncu sütundaki ‘def1’, sekizinci sütun olan ‘yilh1s’den üçüncü sütun olan ‘yuilh_1’ nin çıkarılması sonucunda hesap yolu ile bulunan 1 saat sonraki kalıcı deformasyon miktarının milimetre cinsinden ortalamalarıdır. Onbirinci sütundaki ‘ssdef1’ bu değerlerin standart sapmaları ve onikinci sütundaki ‘cvdef1’ de bu değerlerin değişim katsayılarıdır. Aynı şekilde, sırası ile, on üçüncü, on dördüncü ve on

beşinci sütunlarda görülen ‘def48’, ‘ssdf48’ ve ‘cvdef48’ kısaltmaları da 48 saat sonraki ölçümlerden hesaplanan (9.sütun - 3. sütun = 13. sütun) kalıcı deformasyon değerlerinin ortalama, standart sapma ve değişim katsayılarıdır.

4.1.2. II. Grup deneylerin sonuçları

II. grup deneylerin sonuçları, ortalama değerler olarak Ek-9’da verilmiştir. Bu grup deneylerde, bastırma mesafesi, tekrarlılık, zaman ve dinlendirme süresi değişkenlerinin bütün seçenekleri uygulanmıştır.

1.-4. sütunlar arasında ‘sıra....’ tarzında kısaltmalar görülmektedir. ‘sıra’ ön ifadesi, istatistik programının bir gereği olarak ortaya çıkmıştır. Bazı analizlerde atlamalı değerler ile program çalışmamış, ara değerlere ihtiyaç göstermiştir. Örneğin, 20 mm/d hızdan sonra derhal 30 mm/d hıza geçilince, istatistik programı yirmiden otuza kadar olan ara değerleri istemiştir. Atlamalı özellik taşıyan değişken ayarları için bir sıra numarası verilmiştir. Sıra numaralarının anlamları şu şekildedir :

‘sırasaat’ - Birinci sütun :

Dinlendirme süresi faktörünün ardışık rakamlar ile gösterilen ‘sırasaat’ ifadesinin anlamları, Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1 : Dinlendirme Süresi Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>SIRASAAT</u>	<u>DİNLENDİRME SÜRESİ (saat)</u>
1	1
2	48

‘sırabek’ - İkinci sütun :

Zaman bağımsız değişkeninin ardışık rakamlar ile gösterilen ‘sırabek’ ifadesinin anlamları, Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

Tablo 4.2 : Zaman Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>SIRABEK</u>	<u>YÜKÜN BEKLEME SÜRESİ</u>
1	Hemen
2	3 dk.

‘sırabas’ - Üçüncü sütun :

Tekrarlılık faktörünün ardışık rakamlar ile gösterilen ‘sırabas’ ifadesinin anlamları Tablo 4.3’de verilmiştir. Her sıra numarası değişik tekrarlama yöntemini göstermektedir.

Tablo 4.3 : Tekrarlılık Faktörünün Değişik Yöntemlerini Gösteren Sıra Numaraları

<u>SIRABAS</u>	<u>BAŞLANGIÇ VE BİTİŞ MESAFELERİ (mm.)</u>
1	2.3 - 3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5
2	3.6 - 4.9 - 6.2 - 7.5
3	4.9 - 6.2 - 7.5
4	6.2 - 7.5
5	7.5

‘sıramm’ - Dördüncü sütun :

Bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin ardışık rakamlar ile gösterilen ‘sıramm’ ifadesinin anlamları Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4 : Bastırma Mesafesi Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>SIRAMM</u>	<u>BASTIRMA MESAFESİ (mm.)</u>
1	2.3
2	3.6
3	4.9
4	6.2
5	7.5

Beşinci sütunda görülen ‘mm’ kısaltması, bastırma mesafesinin milimetre olarak ifade edilmesidir. ‘sıramm’ sütunu ile anlamları aynıdır fakat burada her mesafenin değerinin görülmesi açısından ikisi de konulmuştur. Verileri bilgisayara girerken kolaylık olması için ondalık yazım kullanılmamıştır.

Altıncı, yedinci ve sekizinci sütunlarda, sırası ile, ‘yük’ değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları görülmektedir. Ortalamalar için, her bir kutu, bir önceki gruptan bilindiği üzere on tane değere karşılık gelmektedir.

Dokuzuncu, onuncu ve on birinci sütunlarda, sırası ile, ‘ucdkso_’ değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir. Bu kısaltma, ‘üç dakika sonraki yük’ değeri anlamına

gelmektedir. Böylece, üç dakika süre ile kuvvete maruz kalan kumaşın yükün ne kadarının bünyesine absorbe ettiğinin de incelenmesine olanak sağlanmıştır.

On ikinci, on üçüncü ve on dördüncü sütunlarda, sırası ile, 'defr-1' değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir. Bu kısaltma ile, her bağımsız değişkene karşılık gelen kalıcı deformasyon değeri belirtilmiştir. On beşinci sütunda, 'fayuk-1' değişkeninin ortalama değerleri görülmektedir. Bu kısaltma ile, kumaşın ilk bastırıldığı andaki yük değeri ile üç dakika sonraki yük değeri arasındaki fark kastedilmiştir, diğer bir deyişle, kumaşın fiili olarak bünyesinde dağıttığı kuvveti ifade etmektedir. On altıncı, on yedinci ve on sekizinci sütunlarda, sırası ile, 'tdef-1' değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir. Bu kısaltma ile, yükü ilk algıladığı mesafe ile, çalışılan yöntemle göre, tekrarlı tekrarlı bastırılarak son bastırıldığı 7.5 mm.'den sonra oluşan son deformasyon ile arasındaki fark kastedilmiştir.

4.1.3. III. Grup deneylerin sonuçları

III. grup deneylerin sonuçları, ortalama değerler olarak Ek-10'da verilmiştir. Bastırma mesafesi, şekil, boyut ve küre boyutu değişkenlerinin bütün seçenekleri uygulanmıştır. Sadece, bastırma mesafelerinden 2.3 mm. ile 3.6 mm.'nin, önceki grup deneyler sonucu birbirlerini temsil ettikleri saptandığı için, III.grup deneylerde 2.3 mm. iptal edilmiş, 3.6 mm. ile devam edilmiştir. Böylece bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin çeşidi bu deney grubunda dörde düşmüştür.

'sıra....' tarzı ifade ihtiyacı bu grup deneylerde vardır. Ne anlamlara geldikleri aşağıda açıklanmıştır :

'sıraküre' - Birinci sütun :

Küre faktörünün ardışık rakamlar ile gösterilen 'sıraküre' ifadesinin anlamları Tablo 4.5'de gösterilmiştir.

Tablo 4.5 : Küre Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>SIRAKÜRE</u>	<u>KÜRE BOYUTU (ϕ cm.)</u>
1	2
2	4
3	8

‘sıraboy’ - İkinci sütun :

Boyut bağımsız değişkeninin ardışık rakamlar ile gösterilen ‘sıraboy’ ifadesinin anlamları Tablo 4.6’da gösterilmiştir. Her kalıbın farklı boyutlarının gösteren sıra numarasıdır.

Tablo 4.6 : Boyut faktörünün ardışık rakamları

<u>SIRABOY</u>	<u>KALIP BOYUTLARI (cm.)</u>
1	4
2	6
3	8
4	12
5	16

‘şekil’ - Üçüncü sütun :

Şekil bağımsız değişkeninin ardışık rakamlar ile gösterilen ‘şekil’ ifadesinin anlamları Tablo 4.7’de gösterilmiştir :

Tablo 4.7 : Şekil Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>ŞEKİL</u>	<u>ŞEKİL ADI</u>
1	Daire
2	Kare

Dördüncü sütunda bulunan ‘sıramm’ ifadesi önceden açıklandığı anlamı ile aynıdır. Beşinci, altıncı ve yedinci sütunlarda, sırası ile, ‘yükort’ değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir. Ortalamalar için, her bir kutu, bir önceki gruptan bilindiği üzere on tane değere karşılık gelmektedir. Sekizinci, dokuzuncu ve onuncu sütunlarda, sırası ile, ‘deforort’ değişkeninin ortalama, standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir.

4.1.4. IV. Grup deneylerin sonuçları

IV. grup deneylerin ortalama sonuçları Ek-11’de verilmiştir. Bu deney grubunda küre boyutu, kalıp boyutu ve şekil değişkenlerinin bütün seçenekleri kumaş küre ile delininceye kadar çalışılmıştır. Bastırma mesafesi, zaman, dinlendirme süresi ve deney yöntemi değişkenlerine bu deney grubunda ihtiyaç olmadığı önceden açıklanmıştır.

Ek-11’de, her farklı küre boyutuna karşılık her farklı şekil, her farklı şekile karşılık her farklı kalıp boyutuna denk gelen ve on tekerrürün ortalaması olan deney sonuçları görülmektedir. 1.-6. sütunlardaki kısaltmaların anlamları önceden açıklanmıştır. Yedinci sütunda bulunan ‘ortmaxm’ kısaltması ile belirtilen maksimum mesafe, delinme mesafelerinin ortalamasıdır. Bu noktada artık kumaş, deformasyon sınırlarını aşmış ve kürenin bastırma yükü ile delinmiştir. Dokuzuncu ve onuncu sütunlarda, sırası ile, ‘maxmm’ değişkeninin standart sapma ve değişim katsayıları değerleri görülmektedir.

Hız araştırması için kullanılan ‘sırahız’ ardışık rakamları vardır ki bu tablolarda geçmemiş, fakat istatistiksel analizlerde kullanılmıştır. ‘sırahız’ın anlamları Tablo 4.8’de açıklanmıştır.

Tablo 4.8 : Hız Faktörünün Ardışık Rakamları

<u>SIRAHIZ</u>	<u>HIZ (mm/d)</u>
1	20
2	30
3	60
4	120
5	180

4.2 Değerlendirme

Bu bölümde yapılacak incelemelerle, her deney grubu için sırayla, deney sonuçlarına göre somut kararlara varılacak ve basamak basamak standart test metodunun tespiti sağlanacaktır.

4.2.1. I.Grup deneylerin değerlendirilmesi

4.2.1.1. İstatistiksel inceleme

I. grup deneyler kapsamında, iki çeşit bağımsız değişken, hız ve bastırma mesafesi ile çalışılmıştır. Ek-8’de belirtilen ‘yük’, ‘defor1’ ve ‘defor48’, sırası ile bastırma yükü, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon, ise bağımlı değişkenlerdir. Deney tasarlanırken bu değişkenler için hiçbir ön seçim yapılmamıştır. Önceden bahsedildiği üzere, ara değerlere ihtiyaç duyulması gibi bir sorun ortaya çıktığı için bu bağımsız değişkenlere sıra numarası verilmiştir. İstatistik analizlerde de bağımsız değişken olarak, sıra ile, hız ve bastırma mesafesinin kısaltmaları olan, ‘sırahız’ ve ‘sıramm’ kullanılmıştır.

I.grup deneylerdeki amaçlar, öncelikle, hız değişkeninin mi, yoksa bastırma mesafesi değişkeninin mi deney sonuçlarında daha önemli bir etkisi olduğunun saptanması, sabit tutulacak olan ve daha az önemli diye tespit edilen değişkenin hangi çeşidi ile diğer grup deneylere devam edileceğinin kararının verilmesidir.

Hız değişkeninin mi bastırma mesafesi değişkeninin mi deney sonuçlarında daha önemli bir etkisi olduğunun saptanması için, her üç bağımlı değişken için, bu iki bağımsız değişkene göre çoklu varyans analizleri yapılmıştır. Bastırma yükü için, 1 saat sonra kalıcı deformasyon için ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon için yapılan çoklu varyans analizleri, sırası ile Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de gösterilmiştir. Bu analizlerde, analiz çeşitlerinden ardışık metod seçilmiştir, çünkü teksele metoda göre daha belirleyici sonuçlar verdiği görülmüştür.

Tablo 4.9 : Bastırma Yükü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	202.20	225	0.90		
SIRAMM	135719.23	4	3929.81	37754.88	0.000
SIRAHIZ	223.52	4	55.88	62.18	0.000
SIRAMM-SIRAHIZ İnteraksiyonu	131.75	16	8.23	9.16	0.000
Model Toplamı	136074.49	24	5669.77	6308.95	0.000
Genel Toplam	136276.70	249	547.30		
$R^2 = 0.999$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.998$					

Tablo 4.10 : 1 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans

<u>Analizi</u>					
Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	5.57	225	0.02		
SIRAMM	60.79	4	15.20	613.66	0.000
SIRAHIZ	4.99	4	1.25	50.34	0.000
SIRAMM-SIRAHIZ İnteraksiyonu	3.65	16	0.23	9.22	0.000
Model Toplamı	69.42	24	2.89	116.81	0.000
Genel Toplam	75.00	249	0.30		
$R^2 = 0.926$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.918$					

Tablo 4.11 : 48 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans

<u>Analizi</u>					
Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	5.20	225	0.02		

SIRAMM	38.74	4	9.68	419.14	0.000
SİRAHIZ	1.91	4	0.48	20.62	0.000
SIRAMM-SİRAHIZ					
İnteraksiyonu	2.23	16	0.14	6.03	0.000
Model Toplamı	42.87	24	1.79	77.32	0.000
Genel Toplam	48.07	249	0.19		
$R^2 = 0.892$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.880$					

Analiz sonuçları, Tablo 4.12’de toplu olarak görülmektedir.

Tablo 4.12 : Çoklu Varyans Analizlerinin Sonuçlarının Toplu Tablosu

-----	‘yük’	‘defor1’	‘defor48’
‘sıramm’ ana etkisi	Önemli	Önemli	Önemli
‘sırahız’ ana etkisi	Önemli	Önemli	Önemli
İnteraksiyon	Önemli	Önemli	Önemli
‘sıramm’ kareler toplamı	135719.23	60.79	38.74
‘sırahız’ kareler toplamı	223.52	4.99	1.91
İntrks. kareler toplamı	131.75	3.65	2.23
r^2	0.999	0.926	0.892
Düzeltilmiş r^2	0.998	0.918	0.880

Her üç bağımlı değişkende, bastırma mesafesinin ana etkisi, hızın ana etkisi ve bu ikisinin interaksiyon etkisi, F-testi ile bakıldığında istatistiksel olarak önemli bulunmaktadır. Kareler toplamı olarak incelendiğinde, bastırma mesafesinin ana etkisinin, hızın ana etkisinin ve bu ikisinin interaksiyon etkisinin, aynı bu sıra ile etkili oldukları görülmektedir. Buradan derhal, bastırma mesafesi değişkeninin daha önemli olduğu, hız değişkeninin daha önemsiz olduğu tahminini yapabiliriz, fakat bunun için henüz erkendir; çünkü bunların interaksiyonu da istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. Doğru karar ancak regresyon analizinden sonra verilebilir; çünkü regresyon analizi ile ana etkenlerden biri elenmeye çalışılacaktır. r^2 ve düzeltilmiş r^2 değerleri, her üç bağımlı değişkende de yüksektir. Bu demektir ki, her üç bağımlı değişken de olayı oldukça yüksek bir seviyede modelleyebilmiştir. En iyi regresyon modelinin seçiminde, mümkün olan tüm kombinasyonların denenmesi, geriye doğru eliminasyon, ileriye doğru

seçim ve adım adım seçim metodları denenmiştir. Mümkün olan tüm kombinasyonların denenmesi metodunda, analiz yapılmakta, fakat metod gereği herhangi bir ana etki elimine edilememektedir. Diğer üç metotta ise, eliminasyon yapılmaktadır. Bunların arasından da geriye doğru eliminasyon tercih edilmiştir; çünkü her üç metod da aynı sonuçları vermiş, fakat geriye doğru eliminasyon metodu en kısa şekilde sonuca ulaşmıştır. Bu araştırma kapsamında en çabuk ve aynı sonuca ulaşması açısından geriye doğru eliminasyon metodu ile çalışılmıştır. Ayrıca, regresyon analizlerinde, bağımsız değişkenlerin sıra numaraları ile çalışılmamıştır. Sonuçların daha sağlıklı olması açısından, bağımsız değişkenlerin gerçek değerleri kullanılmıştır. Onun için, bağımsız değişkenlerin başında bulunan 'sıra...' ifadesi çıkarılmıştır.

Bastırma yükü için bastırma mesafesine ve hıza göre yapılan ve Tablo 4.13'de görülen geriye doğru eliminasyon metoduna göre regresyon analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Analiz gereği, ilk önce her iki bağımsız değişken de modele konularak bir varyans analizi yapılmıştır. Burada, varyasyon kaynakları, regresyon ve hata diye ikiye ayrılmıştır. Yapılan F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2) $r^2 = 0.86857$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.86751$ olarak bulunmuştur. İlk yapılan varyans analizinde bu değerler $r^2 = 0.999$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.998$ iken, burada daha düşüktürler. Bu azalmanın, etkenler arasındaki interaksiyon etkisinin incelenmemesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

3) Varyans-kovaryans matrisinden, hız ile bastırma mesafesinin varyanslarının, sırası ile, $8.021E-05$ ve 0.08581 oldukları ve bunların arasındaki korelasyonun 0 olduğu görülmektedir (diyagonalin üst kısmı); yani aralarında hiçbir ilişki yoktur.

4) İlk etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{yük} = -34.842 + 0.014 \cdot \text{hız} + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

5) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.13'de görülmektedir.

6) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin istatistiksel önem taşıdıkları fakat hızın önem taşımadığı görülmektedir. Geriye doğru

eliminasyon yönteminde, ikinci etapta hızın elimine edileceği tahmin edilebilir.

7) İkinci etapta, hız bağımsız değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır; tahmin doğru çıkmıştır. Tekrar yapılan varyans analizinin sonucundaki F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

8) İkinci etapta çıkan $r^2 = 0.86726$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.86672$ değerleri 2. şıkta elde edilenlere nazaran biraz düşüktür. Burada fazla bir düşüşün olmaması, hız değişkeninin modele pek bir etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

9) İkinci etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{yük} = -33.687 + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

10) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.13'de görülmektedir.

11) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin istatistiksel önem taşıdıkları görülmektedir.

12) Denkleme konulmayan değişken olarak hız belirtilmiştir ve t-testi incelendiğinde istatistiksel önem taşımadığı görülmektedir.

Tablo 4.13 : Bastırma Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. YÜK

Blok No 1. Metod : Hepsı beraber

Girilen değişkenler Basamak No 1.. HIZ

2.. BASMM

		Varyans Analizi		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.86857$	Regresyon	2	118366.10015	59183.05007
Düzeltilmiş $R^2 = 0.86751$	Hata	247	17910.59783	72.51254
Standart Hata = 8.51543			F = 816.17674	FÖ = 0.0000

Regresyon katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	HIZ	BASMM
HIZ	8.021E-05	0.00000
BASMM	0.00000	0.08581

Değişken	B	S H B	95% Güven aralığı B	T	TÖ
HIZ	.014080	.008956	-.003560 .031720	1.572	.1172
BASMM	11.826502	.292940	11.249523 12.403480	40.372	.0000
Sabit	-34.841888	1.699938	-38.190110 -31.493665	-20.496	.0000

Blok No 2. Metod: Geriye doğru eliminasyon

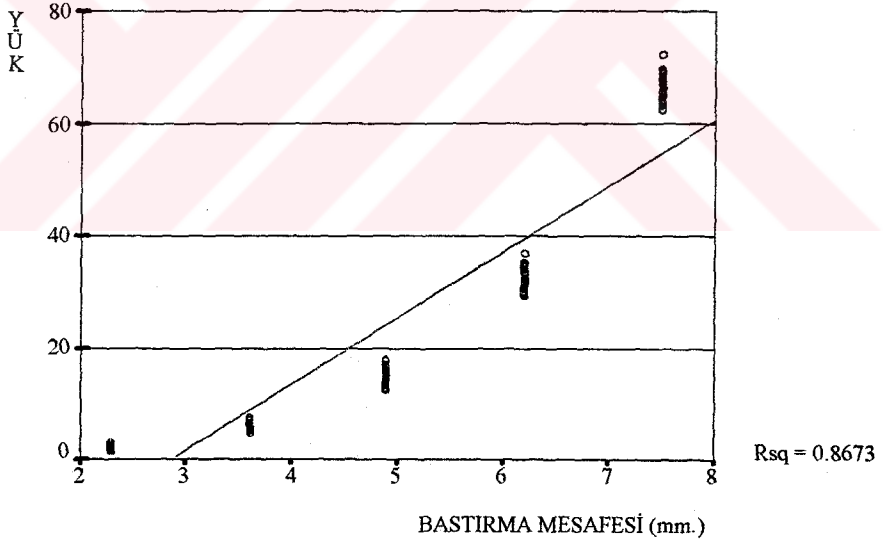
Uzaklaştırılan değişkenler Basamak No 3.. HIZ

		Varvans Analizi		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.86726$		Regresyon	1	118186.88715
Düzeltilmiş $R^2 = 0.86672$		Hata	248	18089.81083
Standart Hata	8.54065	F =	1620.26835	FÖ = 0.0000

Değişken	B	S H B	95% Güven aralığı B		T	TÖ
BASMM	11.826502	.293807	11.247826	12.405178	40.253	.0000
Sabit	-33.687334	1.537655	-36.715861	-30.658806	-21.908	.0000

Denklemden olmayan değişken	T	TÖ
HIZ	1.572	.1172

Regresyon analizinde, hız bağımlı değişkeni iptal edildikten sonra bastırma mesafesi bağımlı değişkeni kalmıştır ve 'yük'-'basmm' ilişkisinin regresyon denklemi lineer olarak saptanmıştır. Bu eğri ve eğrinin modele uyma derecesi Şekil 4.1'de görülmektedir. Fakat, bu denklemin gerçekten lineer olup olmadığının araştırması daha sonra yapılmıştır (Tablo 4.29, Tablo 4.30 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.1 : Bastırma yükü-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi

1 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için bastırma mesafesi ve hıza göre yapılan ve Tablo 4.14'de görülen geriye doğru

eliminasyon metoduna göre regresyon analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Varyasyon kaynakları, regresyon ve hata diye ikiye ayrılmıştır ve yapılan F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2) $r^2 = 0.63775$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.63482$ olarak bulunmuştur. İlk yapılan varyans analizinde bu değerler $r^2 = 0.926$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.918$ iken, burada değerler daha düşüktür. Bu azalmanın, etkenler arasındaki interaksiyon etkisinin incelenmemesinden kaynaklandığı ve 'defor1'in tek başına olayı pek iyi modelleyemediği sonuçlarına varılmıştır.

3) Varyans-kovaryans matrisinden, hız ile bastırma mesafesi varyanslarının sırası ile, $1.217E-07$ ve $1.302E-04$ oldukları görülmektedir ve aralarındaki korelasyon 0 çıkmıştır, yani aralarında hiçbir ilişki yoktur.

4) İlk etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{defor1} = -0.671 + 4.150E-04 * \text{hız} + 0.238 * \text{basmm}$$

5) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.14'de görülmektedir.

6) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkenlerinin istatistiksel önem taşıdıkları fakat hızın önem taşımadığı görülmektedir. Geriye doğru eliminasyon yönteminde, ikinci etapta hızın elimine edileceği tahmin edilebilir.

7) İkinci etapta, hız bağımsız değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır; tahmin doğru çıkmıştır. Tekrar yapılan varyans analizinin sonucundaki F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

8) İkinci etapta çıkan $r^2 = 0.63568$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.63421$ değerleri 2. şıkta elde edilenlere nazaran biraz düşüktür. Burada fazla bir düşüşün olmaması, hız değişkeninin modele pek bir etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanmıştır.

9) İkinci etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{defor1} = -0.637 + 0.238 * \text{basmm}$$

10) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.14'de görülmektedir.

11) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin istatistiksel önem taşıdıkları görülmektedir.

12) Denkleme konulmayan değişken olarak hız belirtilmiştir ve t-testi incelendiğinde istatistiksel önem taşımadığı görülmektedir.

Tablo 4.14 : 1 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklemler No. 1 Bağımlı değişken.. DEFOR1

Blok No. 1. Metod : Hepsini beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. HIZ

2.. BASMM

		<u>Varyans Analizi</u>		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.63775$				
Düzeltilmiş $R^2 = 0.63482$	Regresyon	2	47.82884	23.91442
Standart Hata 0.33164	Hata	247	27.16707	.10999
		F = 217.42726 FÖ = 0.0000		

Regresyon katsayılarının (B) Var-Kovar Matrisi

	HIZ	BASMM
HIZ	1.217E-07	0.00000
BASMM	0.00000	1.302E-04

Değişken	B	SE B	95% Güven Aralığı B		T	TÖ
HIZ	4.14978E-04	3.4881E-04	-2.72043E-04	.001102	1.190	.2353
BASMM	.237525	.011409	.215053	.259996	20.819	.0000
Sabit	-.671139	.066206	-.801540	-.540738	-10.137	.0000

Uzaklaştırılan Değişken Basamak No. 3 HIZ

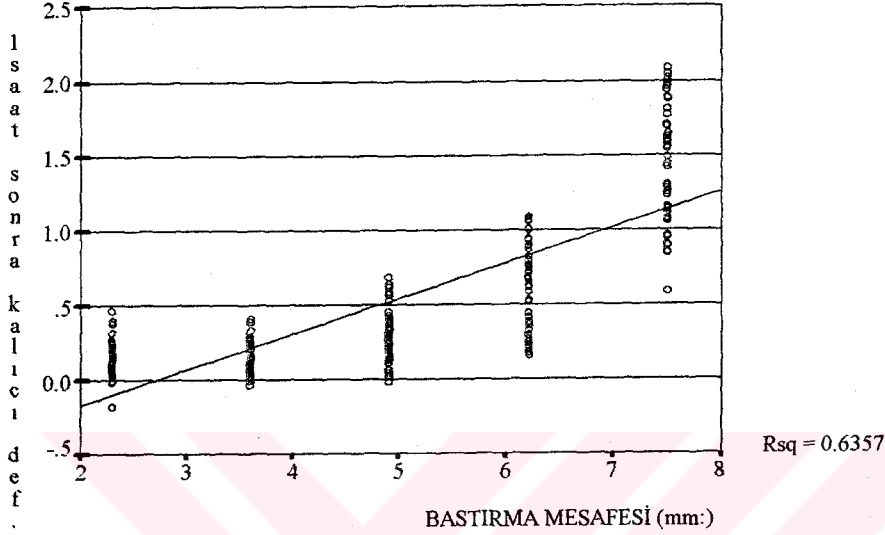
		<u>Varyans Analizi</u>		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.63568$				
Düzeltilmiş $R^2 = 0.63421$	Regresyon	1	47.67316	47.67316
Standart Hata 0.33192	Hata	248	27.32274	.11017
		F = 432.71438 FÖ = 0.0000		

Değişken	B	SE B	95% Güven Aralığı B		T	TÖ
BASMM	.237525	.011418	.215035	.260014	20.802	.0000
Sabit	-.637111	.059759	-.754811	-.519411	-10.661	.0000

Denklemden olmayan değişken	T	TÖ
HIZ	1.190	.2353

Regresyon analizinde, hız bağımlı değişkeni iptal edildikten sonra bastırma mesafesi bağımlı değişkeni kalmıştır ve 'defor1'-'basmm' ilişkisinin belirlenen regresyon denklemi lineerdir. Bu eğri ve eğrinin modele uyma derecesi Şekil 4.2'de görülmektedir. Fakat, bu denklemin

gerçekten lineer olup olmadığının araştırması daha sonra yapılmıştır (Tablo 4.31, Tablo 4.32 ve Şekil 4.7).



Şekil 4.2 : 1 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi

48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için bastırma mesafesi ve hıza göre yapılan ve Tablo 4.15’de görülen geriye doğru eliminasyon metoduna göre regresyon analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Varyasyon kaynakları regresyon ve hata diye ikiye ayrılmıştır ve yapılan F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

2) $r^2 = 0.56603$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.56522$ olarak bulunmuştur. İlk yapılan varyans analizinde bu değerler $r^2 = 0.892$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.880$ iken, burada daha düşüktür. Bu azalmanın, etkenler arasındaki interaksiyon etkisinin incelenmemesinden kaynaklandığı ve ‘defor48’in tek başına olayı daha az tanımladığı sonucuna varılmıştır.

3) Varyans-kovaryans matrisinden hız ile bastırma mesafesinin varyanslarının sırası ile, $9.343E-08$ ve $9.996E-05$ olduğu ve aralarındaki korelasyonun 0 olduğu ortaya çıkmıştır.

4) İlk etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{defor48} = -0.538 + 3.288\text{E-}06 \cdot \text{hız} + 0.179 \cdot \text{basmm}$$

5) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.15’de görülmektedir.

6) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin istatistiksel önem taşıdıkları, fakat hızın önem taşımadığı görülmektedir. Geriye doğru eliminasyon yönteminde, ikinci etapta hızın elimine edileceği tahmin edilebilir.

7) İkinci etapta, hız bağımsız değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır. Tahmin doğru çıkmıştır. Tekrar yapılan varyans analizinin sonucundaki F testinde, regresyon varyasyon kaynağı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

8) İkinci etapta çıkan $r^2 = 0.56603$ ve düzeltilmiş $r^2 = 0.56428$ değerleri 2.şıkta elde edilenlere nazaran biraz düşüktür. Burada fazla bir düşüşün olmaması, hız değişkeninin modele pek bir etkisinin olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

9) İkinci etapta yapılan analiz sonucunda çıkan regresyon katsayılarına göre yazılan denklem şu şekildedir :

$$\text{defor48} = -0.538 + 0.179 \cdot \text{basmm}$$

10) Regresyon katsayılarının standart hataları ile %95 güven aralıkları da Tablo 4.15’de görülmektedir.

11) Regresyon katsayılarının t-testleri incelendiğinde, regresyon sabitinin ve bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin istatistiksel önem taşıdıkları görülmektedir.

12) Denkleme konulmayan değişken olarak hız belirtilmiştir ve t-testi incelendiğinde istatistiksel önem taşımadığı görülmüştür.

Tablo 4.15 : 48 Saat Sonraki Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. DEFOR48

Blok No. 1. Metod : Hepsi beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. HIZ

2.. BASMM

		Varvans Analizi		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.56603$		2	27.21119	13.60559
Düzeltilmiş $R^2 = 0.56522$	Regresyon	247	20.86234	.08446
Standart Hata 0.29063	Hata			
		F = 161.08365	FÖ = 0.0000	

Regresyon katsayılarının (B) Var-Kovar Matrisi

	HIZ	BASMM
HIZ	9.343E-08	0.00000
BASMM	0.00000	9.996E-05

Değişken	B	SHB	95% Güven Aralığı B	T	TÖ
HIZ	3.28761E-06	3.0567E-04	-5.98759E-04	6.05334E-04	.011 .9914
BASMM	.179451	.009998	.159759	.199143	17.949 .0000
Sabit	-.538362	.058018	-.652635	-.424090	-9.279 .0000

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. DEFOR48

Blok No 2. Metod: Geriye doğru eliminasyon

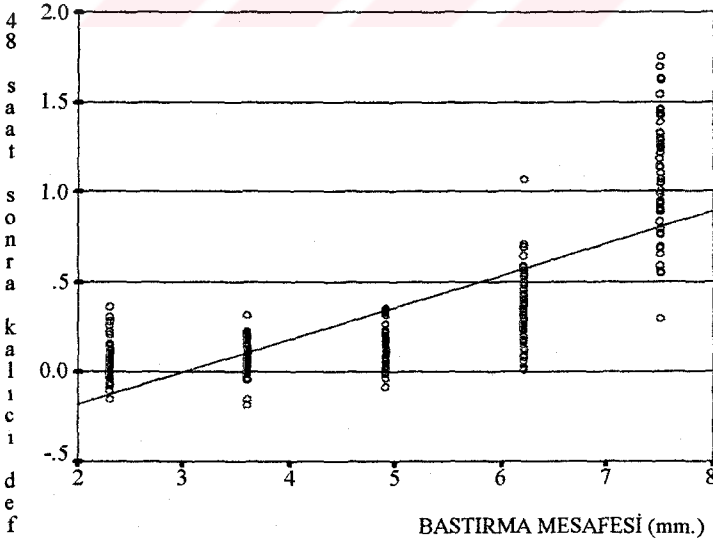
Uzaklaştırılan değişkenler Basamak No. 3.. HIZ

		Varyans Analizi		
$R^2 = 0.56603$		SD	KT	KO
Düzeltilmiş $R^2 = 0.56428$		Regresyon	1	27.21118
Standart Hata 0.29004		Hata	248	20.86235
		F =	323.47135	FÖ = 0.0000

Değişken	B	SH B	95% Güven Aralığı B	T	TÖ
BASMM	.179451	.009978	.159799	.199102	17.985 .0000
Sabit	-.538093	.052218	-.640941	-.435245	-10.305 .0000

Denklemden olmayan değişken	T	TÖ
HIZ	.011	.9914

Regresyon analizinde, hız bağımlı değişkeni iptal edildikten sonra bastırma mesafesi bağımlı değişkeni kalmıştır ve 'defor48'-'basmm' ilişkisinin regresyon denklemi lineer olarak saptanmıştır. Bu eğri ve eğrinin modele uyma derecesi Şekil 4.3'de görülmektedir. Fakat, bu



Şekil 4.3 : 48 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin lineer regresyon eğrisi

denklemin gerçekten lineer olup olmadığının araştırması daha sonra yapılmıştır (Tablo 4.33, Tablo 4.34 ve Şekil 4.8).

Özetlenecek olursa, bastırma yükü için her iki bağımsız değişken modelin içinde iken elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{yük} = -34.842 + 0.014 \cdot \text{hız} + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

iken, hız bağımsız değişkeni modelden çıkarılınca, denklem,

$$\text{yük} = -33.687 + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

şekline dönüşmüştür. Bu model de, olayı halen iyi bir şekilde tanımlamaktadır çünkü r^2 yüksektir (düzeltilmiş $r^2 = 0.8667$). Denklemler arasındaki fark, regresyon sabitinin bir miktar yükselmiş olmasıdır. 1 saat sonra kalıcı deformasyon için her iki bağımsız değişken de modelin içinde iken elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{defor1} = -0.671 + 4.150\text{E-}04 \cdot \text{hız} + 0.238 \cdot \text{basmm}$$

iken, hız modelden çıkarılınca, denklem,

$$\text{defor1} = -0.637 + 0.238 \cdot \text{basmm}$$

şekline dönüşmüştür. 48 saat sonra kalıcı deformasyon için her iki bağımsız değişken modelin içinde iken elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{defor48} = -0.538 + 3.288\text{E-}06 \cdot \text{hız} + 0.179 \cdot \text{basmm}$$

iken; hız bağımsız değişkeni modelden çıkarılınca, denklem,

$$\text{defor48} = -0.538 + 0.179 \cdot \text{basmm}$$

şekline dönüşmüştür.

Tablo 4.13, 4.14 ve 4.15’de yer alan regresyon analizleri içindeki varyans analizlerindeki r^2 , düzeltilmiş r^2 ve standart hata değerleri Tablo 4.16’da incelenmiştir.

Bastırma yükü için standart hata, diğerlerine göre yüksek çıkarken, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon için düşük çıkmıştır. Her üç bağımlı değişkenin de olayı iyi bir derecede açıkladığı görülmektedir.

Tablo 4.16 : Analiz Sonuçlarının Toplu İncelenmesi

		'sırahız' dahil	'sırahız' çıktıktan sonra
'yük' bağımlı değişkeni için	r^2	0.86857	0.86726
	Düzeltilmiş r^2	0.86751	0.86672
	Standart hata	8.51543	8.54065
'defor1' bağımlı değişkeni için	r^2	0.63775	0.63568
	Düzeltilmiş r^2	0.63482	0.63421
	Standart hata	0.33164	0.33192
'defor48' bağımlı değişkeni için	r^2	0.56603	0.56603
	Düzeltilmiş r^2	0.56252	0.56428
	Standart hata	0.29063	0.29004

Bu yaklaşım doğrultusunda, bastırma yükü, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkenleri için çoklu varyans analizleri ve geriye doğru eliminasyon metoduna göre regresyon analizleri sonucunda elde edilen hız iptal edilebilir bilgisi ile diğer grup deneylere devam edilmiştir. Yine de sonuçları kontrol etmek amacı ile, hız değişkeni çıkarıldıktan sonra bastırma yükü, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon değişkenlerinde tekrar çoklu varyans analizi tek değişken ile yapılmıştır. Ana etkenlerden biri çıkarılmış ve dolayısı ile interaksiyon etkisi de ortadan kalkmış olarak durum, otokontrol amacıyla tekrar incelenmiştir. Tablo 4.17, 4.18 ve 4.19 bu varyans analizlerini göstermektedir.

Tablo 4.17 : Bastırma Yükü İçin Yapılan Varyans Analizi

Varyasyon kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	557.47	245	2.28		
SIRAMM	135719.23	4	33929.81	14911.70	0.000
Model toplamı	135719.23	4	33929.81	14911.70	0.000
Genel toplam	136276.70	249	547.30		
$R^2 = 0.996$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.996$					

Tablo 4.18 : 1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Yapılan Varyans

Varyasyon kaynağı	KT	SD	Analizi		
			KO	F	FÖ
Hata	14.21	245	0.06		
SIRAMM	60.79	4	15.20	261.99	0.000
Model Toplamı	60.79	4	15.20	261.99	0.000
Genel Toplam	75.00	249	0.30		
$R^2 = 0.811$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.807$					

Tablo 4.19 : 48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Yapılan Varyans

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	Analizi		
			KO	F	FÖ
Hata	9.34	245	0.04		
SIRAMM	38.74	4	9.68	254.17	0.000
Model Toplamı	38.74	4	9.68	254.17	0.000
Genel Toplam	48.07	249	0.19		
$R^2 = 0.806$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.803$					

Varyans analizi sonuçları, Tablo 4.20’de toplu olarak gösterilmiştir.

Tablo 4.20 : Analiz Sonuçlarının Toplu Tablosu

-----	‘yük’	‘defor1’	‘defor48’
‘sıramm’ ana etkisi	Önemli	Önemli	Önemli
‘sıramm’ kareler toplamı	135,719.23	60.79	38.74
r^2	0.996	0.811	0.806
Düzeltilmiş r^2	0.996	0.807	0.803

Hız değişkeni iptal edildikten sonra, yeniden yapılan varyans analizlerine göre, yeniden regresyon analizi yapıp yeni denklemler yazıldığında, öncekiler ile aynı oldukları görülmüştür. Onun için tekrar burada bahsedilmemiştir.

Yapılan geriye doğru eliminasyon metoduna göre regresyon analizleri ile, iptal edilebilir etki derecesine sahip olan bağımlı değişkenin hız olduğu ortaya çıkmıştır. Bu bilginin ışığı altında, hız değişkeninin beş çeşidinden hangisinin en uygun olduğunun kararının verilip ona göre diğer grup deneylere devam edilmesi gerekmektedir. Beş çeşitten birinin

uygunluğunun kararı için her farklı bağımlı değişken için, hıza göre tek yönlü varyans analizleri yapılmıştır. Buradaki amaç, beş çeşidin birbirleri ile kıyaslanması ve içlerinden, benzer olanların ve olmayanların istatistik programı gereği alt gruplarda toplanıp, tek bir çeşit üzerinde karar verilebilmesidir.

Bastırma yükü, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon için hızla göre yapılan tek değişkenli varyans analizleri, sırası ile, Tablo 4.21, Tablo 4.22 ve Tablo 4.23'de verilmiştir. Bu analizlerde varyasyon kaynağı gruplar arası ve grup içi olacak şeklindedir. Analiz sonucunda, iki ortalama arasındaki farkın önemli olması için gerekli formül verilmiş ve bunun da değişim aralığı belirtilmiştir. İstatistik programı bu formüle göre, gruplar arasında kıyaslama yapmaktadır ve değişken çeşitlerini değişik alt gruplarda toplamaktadır.

Bastırma yükü için hızla göre yapılan ve Tablo 4.21'de görülen tek değişkenli varyans analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Gruplar arası varyasyon kaynağının F testi istatistiksel olarak önemsiz çıkmaktadır. Buradan da hızın, bastırma yükü üzerinde hiçbir etkisi olmadığı tekrar görülmektedir.

2) En küçük kareler yöntemine göre, 0.05 anlamlılık seviyesine göre, 2.79 değişim aralığına göre, iki grup ortalaması arasındaki farkın anlamlı olması için uygulanması gereken formül program tarafından şu şekilde bulunmuştur :

$$ORT(J) - ORT(I) \geq 16.663 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$$

3) Bu formüle göre incelediği zaman, istatistik programı, hiçbir alt grup oluşturamamıştır. Yani, beş çeşitten birini seçebilmek için yapılan bu incelemede, grup ortalamaları arasında fark gözlenmediği için yöntem bize herhangi bir alt grup ayırımı yapamamıştır.

Tablo 4.21 : Bastırma Yükü İçin Bastırma Hızına Göre Tek Değişkenli

Varyans Analizi					
Var.kaynağı	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	223.5157	55.8789	0.1006	0.9822
Grup içi	245	136053.1822	555.3191		
Toplam	249	136276.6980			
<u>Hız grubu ortalamaları</u>					
Grup :	Grup 2	Grup 3	Grup 1	Grup 4	Grup 5
Ortalama :	23.4285	23.6684	23.9137	24.2234	26.0787

1 saat sonra kalıcı deformasyon için hıza göre yapılan ve Tablo 4.22'de görülen tek değişkenli varyans analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Gruplar arası varyasyon kaynağının F testi istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. Buradan hızın, 1 saat sonra kalıcı deformasyon üzerinde biraz etkili olduğu söylenebilir, fakat aslında Tablo 4.14'deki regresyon analizinde, hız değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır.

2) En küçük kareler yöntemine göre, 0.05 anlamlılık seviyesine göre, 2.79 değişim aralığına göre, iki ortalama arasındaki farkın anlamlı olması için uygulanması gereken formül program tarafından şu şekilde bulunmuştur :

$$ORT(J) - ORT(I) \geq 0.378 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$$

Bu formülde, bastırma yükünde gerçekleşene göre, katsayının oldukça düşük olduğu dikkati çekmektedir. Bastırma yükü için incelenirken bu katsayı 16.663 çıkmıştır.

3) Bu formüle göre grup ortalamaları incelendiği zaman iki alt grup oluşmuştur. Birinci alt grup, hız çeşitlerinden, sırası ile, 1. - 5. - 2. 'yi; ikinci alt grup ise, 2. - 3. - 4.'ü içermektedir. Bunlar da sırası ile, 20 - 180 - 30 ve 30 - 60 - 120 mm/d'lık hızlara denk gelmektedirler.

Tablo 4.22 : 1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Hızına

<u>Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi</u>					
Var. Kay.	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	4.9868	1.2467	4.3629	0.0020
Grup içi	245	70.0091	0.2858		
Total	249	74.9959			

<u>Ort. SIRAHIZ</u>		1	5	2	3	4
0.3289	Grup 1					
0.4253	Grup 5					
0.5186	Grup 2					
0.6422	Grup 3		*	*		
0.7188	Grup 4		*	*		

Homojen Alt Gruplar (en yüksek ve en alçak ortalamalar arasındaki fark istatistiksel önemli olmayınca)

<u>Alt grup 1 :</u>	<u>Grup 1</u>	<u>Grup 5</u>	<u>Grup 2</u>
	0.3289	0.4253	0.5186
<u>Alt grup 2 :</u>	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 3</u>	<u>Grup 4</u>
	0.5186	0.6422	0.7188

1 saat sonra kalıcı deformasyona göre yapılan inceleme bize fikir vermeye başlamıştır, fakat 1 saat sonra alınan bu veriler bizi yanıltabilir, çünkü bu sürede kumaş geri dönüşünü (kendini toplama) daha tamamlamamıştır. Geri dönüş devam etmektedir. Histerisis eğrisinin yarı yollarındadır. 48 saat sonra yapılan ölçümde ise kumaş kendini tam olarak toplamıştır, histerisis eğrisinde en uç noktaya ulaşmıştır. Bir saat sonra yapılan ölçümlerde kumaş halen bir değişim içindedir, dinamik bir safhadadır ve bu değişim anında veriler alınmıştır. Bu demektir ki birkaç saat sonra yapılan ölçümler daha da farklı çıkacaktır. Böylece, 48 saat sonra yapılan ölçümlerin güvenilirliği artar, çünkü kumaş stabil yapısına ulaşır. Bu grup veriler belli bir tarzda bilgi vermeye başlamışlardır, fakat kesin kararın verilmesi 48 saat sonra kalıcı deformasyon grubu verilerin de incelenmesinden sonra olacaktır.

48 saat sonra kalıcı deformasyon için hıza göre yapılan ve Tablo 4.23'de görülen tek değişkenli varyans analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Gruplar arası varyasyon kaynağının F testi istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. Buradan da hızın, 48 saat sonra kalıcı deformasyon üzerinde 1 saat sonra kalıcı deformasyondaki gibi biraz etkili olduğu söylenebilir, fakat aslında Tablo 4.15'deki regresyon analizinde, hız değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır.

2) En küçük kareler yöntemine göre, 0.05 anlamlılık seviyesine göre, 2.79 değişim aralığına göre, iki ortalama arasındaki farkın anlamlı olması için uygulanması gereken formül program tarafından şu şekilde bulunmuştur :

$$ORT(J) - ORT(I) \geq 0.3070 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$$

Bu formülde, bastırma yükünde gerçekleşene göre, katsayının oldukça düşük olduğu, 1 saat sonra kalıcı deformasyonda gerçekleşene göre ise, oldukça yakın olduğu dikkati çekmektedir (bastırma yükünde 16.663 iken, 1 saat sonra kalıcı deformasyonda 0.378).

3) Bu formüle göre incelendiği zaman, üç alt grup oluşmuştur. Birinci alt grup, hız sıralarından, sırası ile, 1. - 5. - 2.'yi; ikinci alt grup 5. - 2. - 3.'ü; üçüncü alt grup ise 2. - 3. - 4.'ü içermektedir. Bunlar da sırası ile, 20 - 180 - 30; 180 - 30 - 60 ve 30 - 60 - 120 mm/d'lık hızlara denk gelmektedirler.

Tablo 4.23 : 48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Hızına Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi

Var. Kay.	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	1.9057	0.4764	2.5282	0.0413
Grup içi	245	46.1678	0.1884		
Toplam	249	48.0735			
<u>Ort. SIRAHIZ</u>		1 5 2 3 4			
0.2242	Grup 1				
0.2555	Grup 5				
0.3660	Grup 2				
0.4124	Grup 3	*			
0.4480	Grup 4	**			

Homojen Alt gruplar :

<u>Alt grup 1 :</u>	<u>Grup 1</u>	<u>Grup 5</u>	<u>Grup 2</u>
	0.2242	0.2555	0.3660
<u>Alt grup 2 :</u>	<u>Grup 5</u>	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 3</u>
	0.2555	0.3660	0.4124
<u>Alt grup 3 :</u>	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 3</u>	<u>Grup 4</u>
	0.3660	0.4124	0.4480

Beş çeşit hızdan birini seçebilmek için yapılan incelemede, 48 saat sonra kalıcı deformasyonda çıkan birinci alt grup ile 1 saat sonra kalıcı deformasyonda çıkan birinci alt grubun aynı oldukları görülmektedir. Ayrıca, son gruplarına bakıldığında, bunların da aynı oldukları görülmektedir, fakat 1 saat sonra kalıcı deformasyonda son grup diye bahsedilen ikinci olduğu halde 48 saat sonra kalıcı deformasyonda son grup diye bahsedilen üçüncü gruptur. Yani, 48 saat sonra kalıcı deformasyonda bir ara grup oluşmuştur. Kumaş son stabil halini aldığı anda ilk ve son safhalardaki sonuçları tutan, fakat buna ek olarak arada da bir grup vererek olayı daha iyi tanımlamış, ara safha itibari ile yapılamayan bir ayırtırmayı başarmış, yani sonuçlar oldukça sağlıklı çıkmıştır. Çıkan son gruplar maksimum kalıcı deformasyonu belirtir şeklindedir. Her iki grup sonuçta da son gruplar aynı olduğuna göre bunlarda bir tanesinin seçilmesi doğru olacaktır. Bu noktada da, son alt grup üç çeşit hızı gösterdiği için bu üçünden hangisinin seçilmesi gerektiği sorusu karşımıza çıkar. Seçim yapılırken Bölüm 4.2.1.2.'deki grafiksel incelemeler göz önüne alınmış ve en düşük değişim katsayısı (%CV) 60 mm/d bastırma hızında elde edildiği için, diğer deney gruplarının bu hızda çalışılmasına karar verilmiştir. Bu hız, (3) sıra numarası ile gösterilmektedir. Diğer grup deneylere 60 mm/d bastırma hızı ile devam edilecektir.

Bağımlı değişkenlerin birbirleri ile korelasyonu incelenmeye değer görülmüş ve korelasyon katsayıları Tablo 4.24’de belirtilmiştir.

Tablo 4.24 : Bağımlı Değişkenlerin Korelasyon Katsayıları

	YÜK	DEFOR1	DEFOR48
YÜK	1.0000 (250) P= .	0.8868 (250) P= 0.000	0.8672 (250) P= 0.000
DEFOR1	0.8868 (250) P= 0.000	1.0000 (250) P= .	0.9278 (250) P= 0.000
DEFOR48	0.8672 (250) P= 0.000	0.9278 (250) P= 0.000	1.0000 (250) P= .

Tablo 4.24’e göre, bastırma yükü ile 1 saat sonra kalıcı deformasyon arasında 0.8868’lik bir korelasyon olduğu halde, bastırma yükü ile 48 saat sonra kalıcı deformasyon arasında 0.8672’lik bir korelasyon vardır. Kalıcı deformasyon açısından aralarında pozitif yönde yüksek bir benzerlik olduğu halde, 48 saat sonra kumaş tam stabil pozisyonuna ulaştığı zaman korelasyon katsayısında çok az da olsa bir azalma görülmektedir. Bu durum gene kumaşın 1 saat sonra halen dinamik yapı içinde olması ile açıklanabilir. 1 saatlik ve 48 saatlik kalıcı deformasyonlar arasında 0.9278 gibi pozitif yönlü ve gayet yüksek bir korelasyon vardır. Bu durum, kumaş deforme edildikten 1 saat sonra alınan ölçüm ile 48 saat sonra alınan ölçümün birbirini çok yüksek derecede temsil ettiğini fakat aralarında çok az bir farkın olduğunu da göstermektedir. Bu iki farklı dinlendirme zamanından bir tanesi II. grup deneylerde seçilecektir. Şu anda bunun için bir karar verilmek istenmemektedir, çünkü I.grup deneyler bağımsız değişken açısından sadece bastırma mesafesi ve hızı kapsamaktadır. Dinlendirme süresi, diğer bağımsız değişkenler açısından da incelenmek istenmektedir. II.grup deneylerde, dinlendirme süresinin seçimine bir ön bilgi olması açısından, şu an itibari ile, 1 saat sonra ölçüm ile 48 saat sonra ölçüm arasında pek fark olmadığı, birinden birinin başka faktörler gözönüne alınarak seçilebileceği söylenebilir. Aralarındaki fark, hız değişkeninin tek yönlü varyans analizinde ara bir alt grup oluşturması ile görülmüştür; fakat bu ara alt grup hız seçimi kararının desteklenmesi yönünde fonksiyon göstermiştir. Aralarındaki yüksek korelasyon katsayısı birbirleri yerine kullanılabileceklerini çok iyi vurgulamaktadır.

Tablo 4.24’de parantez içinde görülen rakamlar, korelasyon katsayısının hesaplandığı veri sayısıdır. Bir alt satırında görülen (P) ifadesi korelasyon katsayısının önemliliğini göstermektedir, nokta ise, (P)’yi hesaplayamadığını gösterir.

Bağımlı değişkenlerin birbirleri ile ilişkilerini belirlemek amacı ile, ‘yük’-‘defor1’ ve ‘yük’-‘defor48’ ilişkileri için tek değişkenli varyans analizleri yapılmış, bunlardan elde edilen bilgilerle regresyon denklemleri yazılmış ve sonra da regresyon eğrileri çizdirilmiştir.

‘yük’-‘defor1’ ilişkisi için tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.25’de gösterilmiştir :

Tablo 4.25 : Bastırma Yüğü-1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon
İlişkinin Tek Değişkenli Varyans Analizi

Varyans Analizi	SD	KT	KO	F	FÖ
Grup içi	2	83372.1522	41686.0761	194.6234	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	12210.4597	12210.4597	57.0080	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	77507.0321	77507.0321	361.8637	.0000
Lineerden sapma	1	5865.1201	5865.1201	27.3830	.0000
Ağırlıksız 2. derece Terim	1	5865.1216	5865.1216	27.3830	.0000
Ağırlıklı 2. derece Terim	1	5865.1201	5865.1201	27.3830	.0000
Grup içi	247	52904.5458	214.1884		
Toplam	249	136276.6980			

Buradan, ‘yük’-‘defor1’ ilişkisinin 3. dereceden olduğu görülmektedir. Regresyon denklemini yazabilmek için, 8+1 büyük iterasyondan sonra, Tablo 4.26’dan görüleceği üzere, regresyon katsayıları istatistik programı tarafından tespit edilmiştir.

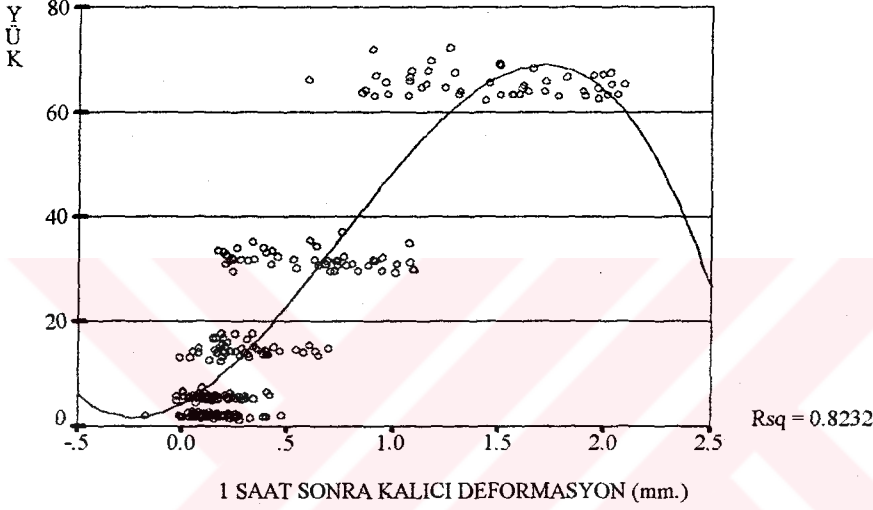
Tablo 4.26 : Bastırma Yüğü-1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon
İlişkinin Nonlineer Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	4	259357.23220	64839.30805
Hata	246	24086.98349	97.91457
Düzeltilmemiş Toplam	250	283444.21569	
Düzeltilmiş Toplam	249	136276.69798	
$R^2 = 0.82325$			
Parametre	Katsayı	SH	%95 Güv. Ara.
B0	4.518294181	1.456965458	1.648576083 7.388012279
B1	21.689765608	8.748026721	4.459178243 38.920352972
B2	40.998877535	11.483956658	18.379454345 63.618300726
B3	-18.45159122	3.963504576	-26.25832456 -10.64485787

Bu inceleme sonunda elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir:

$$\text{yük} = 4.518 + 21.690 \cdot \text{defor1} + 40.999 \cdot \text{defor1}^2 - 18.452 \cdot \text{defor1}^3$$

Regresyon eğrisinin çizimi ve belirleme katsayısı Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Aynı denklem, 'defor1' bağımlı, 'yük' bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, cebirsel olarak bu dönüşüm yapılabilir.



Şekil 4.4 : Bastırma yükü-1 saat sonra kalıcı deformasyon ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

'yük'-'defor48' ilişkisi için tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.27'de gösterilmiştir :

Tablo 4.27 : Bastırma Yükü-48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon

İlişkinin Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	56764.6349	56764.6349	177.0502	0.0000
Ağırlıksız Lineer terim	1	56764.6349	56764.6349	177.0502	0.0000
Ağırlıklı lineer terim	1	56764.6349	56764.6349	177.0502	0.0000
Grup içi	248	79512.0631	320.6132		
Toplam	249	136276.6980			

Buradan, 'yük'-'defor48' ilişkisinin 2.dereceden olduğu görülmektedir. Regresyon denklemini yazabilmek için, 8+1 büyük

iterasyondan sonra, Tablo 4.28’de görüleceği gibi, regresyon katsayıları istatistik programı tarafından tespit edilmiştir.

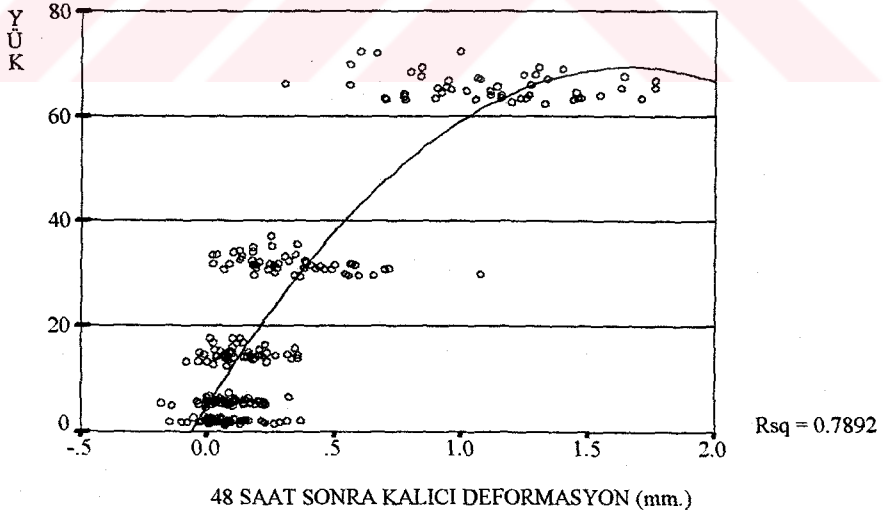
Tablo 4.28 : Bastırma Yüğü-48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon

İlişkinin Nonlinear Regresyon Analizi				
Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	3	254718.75023	84906.25008	
Hata	247	28725.46546	116.29743	
Düzeltilmemiş toplam	250	283444.21569		
Düzeltilmiş toplam	249	136276.69798		
$R^2 = 0.78921$				
Parametre	Katsayı	SH	%95 Güv. Ara.	
B0	4.968547889	1.016883073	2.965679985	6.971415794
B1	77.692711340	5.019172770	67.806874594	87.578548086
B2	-23.37381056	3.538465062	-30.34322356	-16.40439756

Bu inceleme sonunda elde edilen nonlinear regresyon denklemi şu şekildedir:

$$\text{yük} = 4.968 + 77.693 \cdot \text{defor48} - 23.374 \cdot \text{defor48}^2$$

Regresyon eğrisinin çizimi Şekil 4.5’de gösterilmiştir. Aynı denklem, ‘defor48’ bağımlı, ‘yük’ bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, cebirsel olarak bu dönüşüm yapılabilir.



Şekil 4.5 : Bastırma yüğü-48 saat sonra kalıcı deformasyon ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

Bastırma mesafesi bağımsız değişkeninin olay üzerinde çok etkili olduğu bu incelemeler sonucunda görülmüştür. Onun için, her bir bağımlı değişken ile bastırma mesafesi arasındaki ilişkinin detaylı tanımlanmasında fayda olacağı düşünülmüştür.

Bastırma yükü için bastırma mesafesine göre yapılan ve Tablo 4.29'da görülen tek değişkenli varyans analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Gruplar arası varyasyon kaynağının F testi istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. Bu zaten beklenen bir sonuçtur, fakat bunun ötesinde bu analiz ile diğer şıklarda açıklanan daha birçok bilgiler elde edilmektedir.

2) Gruplar arasındaki varyasyon kaynağı, regresyon analizine ışık tutacak şekilde, farklı terimler açısından da aşağıdaki gibi incelenmektedir:

a) Lineer terimin F testi sonucunda çıkan değer istatistiksel olarak önemli olduğu gibi, lineer terimden sapmaların da F testi istatistiksel olarak önemlidir,

b) İkinci, üçüncü ve dördüncü dereceden terimlerin F testleri sonucunda çıkan değerleri istatistiksel olarak önemli olduğu gibi, bu terimlerden sapmaların da F testleri istatistiksel olarak önemlidir,

c) Ancak, istatistik programının yapısı gereği serbestlik derecesi dört olduğu için daha sonraki terimlere geçememiştir.

Buradan anlaşılmaktadır ki regresyon denklemi beşinci dereceye kadar kurulabilirse, olay oldukça iyi tanımlanacaktır.

3) Varyansların homojenliği iki kuyrukta da önemlidir ve normal dağılıma uygundur.

4) En küçük kareler yöntemine göre, 0.05 anlamlılık seviyesine göre, 2.79 değişim aralığına göre, iki ortalama arasındaki farkın anlamlı olması için uygulanması gereken formül şudur :

$$ORT(J) - ORT(I) \geq 1.0666 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$$

5) Bu formüle göre incelendiği zaman, her farklı bastırma mesafesi farklı birer alt grubu temsil edecek şekilde beş ayrı alt grubun olduğu görülmektedir; yani bastırma yükü için bastırma mesafeleri benzerlik göstermemektedir.

Tablo 4.29 : Bastırma Yükü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	FÖ
-------------------	----	----	----	---	----

Gruplar arası	4	135719.2294	33929.8073	14911.6964	0.0000
Lineer Terim	1	118186.8872	118186.8872	51941.5556	0.0000
Lineer Terimden sapma	3	17532.3422	5844.1141	2568.4099	0.0000
2. dereceden Terim	1	16862.8868	16862.8868	7411.0131	0.0000
2. derece terimden sapma	2	669.4554	334.7277	147.1084	0.0000
3. dereceden Terim	1	645.0958	645.0958	283.5110	0.0000
3. derece terimden sapma	1	24.3596	24.3596	10.7057	0.0012
4. dereceden Terim	1	24.3596	24.3596	10.7057	0.0012
Grup içi	245	557.4686	2.2754		
Toplam	249	136276.6980			

Varansların homojenliği için Levene Testi :

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
32.2319	4	245	0.000

Ortalama SİRAMM

	1	2	3	4	5
2.2775	Grup 1				
5.9180	Grup 2	*			
14.9468	Grup 3	**			
32.1234	Grup 4	***			
66.0470	Grup 5	****			

Homojen altgruplar :

<u>Alt grup 1 :</u>	<u>Grup 1</u>
	2.2775
<u>Alt grup 2 :</u>	<u>Grup 2</u>
	5.9180
<u>Alt grup 3 :</u>	<u>Grup 3</u>
	14.9468
<u>Alt grup 4 :</u>	<u>Grup 4</u>
	32.1234
<u>Alt grup 5 :</u>	<u>Grup 5</u>
	66.0470

Bu varyans analizinden elde edilen bilgilere göre, 'yük'-'basmm' ilişkisinin nonlinear regresyon denklemi beşinci dereceden olacak şekilde istatistik programına tanımlanmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.30'da gösterilmiştir. Dikkati çeken noktalar şu şekildedir :

1) İlk etapta yapılan varyans analizinde, $r^2 = 0.99591$ olacak şekilde model olayı tanımlamıştır. Hatırlanacağı üzere, Tablo 4.16'da bu tanımlama $r^2 = 0.996$ seviyesindedir.

2) 8+1 büyük iterasyondan sonra elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir :

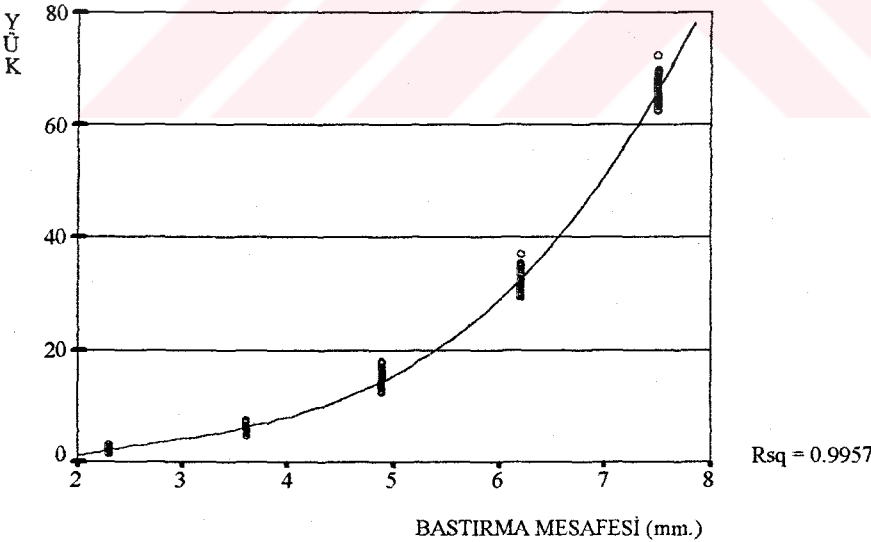
$$\text{yük} = -0.455 + 5.247 \cdot \text{basmm} - 4.304 \cdot \text{basmm}^2 + 1.515 \cdot \text{basmm}^3 - 0.206 \cdot \text{basmm}^4 + 0.012 \cdot \text{basmm}^5$$

3) Regresyon katsayılarının standart hataları ve %95 güven aralıkları da Tablo 4.30'dan görülmektedir.

Tablo 4.30 : Bastırma Yüğü-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer

Kaynak	SD	Regresyon Analizi	
		KT	KO
Regresyon	6	282886.74707	47147.79118
Hata	244	557.46862	2.28471
Düzeltilmemiş toplam	250	283444.21569	
Düzeltilmiş toplam	249	136276.69798	
$R^2 = 0.99591$			
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	-.455297183	5.99733E+12	-1.18132E+13 1.18132E+13
B1	5.246841556	7.26441E+12	-1.43090E+13 1.43090E+13
B2	-4.303719889	3.34514E+12	-6.58903E+12 6.58903E+12
B3	1.515033528	736411317343	-1.45053E+12 1.45053E+12
B4	-.206078128	77885682258	-1.53414E+11 153414075854
B5	.011888705	3179032726.0	-6261848823 6261848823.0

'yük'-'basmm' ilişkisinin nonlinear regresyon denkleminin eğrisi, 5.dereceden çıktığı halde, Şekil 4.6'da 3.dereceden görülmektedir. İstatistik programı gereği daha yüksek dereceler çizdirilememektedir. Aynı ilişkinin linear regresyon eğrisi, Şekil 4.1'de çizilmiştir.



Şekil 4.6 : Bastırma yüğü-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

1 saat sonra kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine göre yapılan ve Tablo 4.31'de görülen tek değişkenli varyans analizi şu noktalara dikkati çekmektedir :

1) Gruplar arası varyasyon kaynağının F testi istatistiksel olarak önemli çıkmaktadır. Bu sonuç, bastırma yükü değişkenindeki gibi beklenen bir sonuçtur.

2) Gruplar arasındaki varyasyon kaynağı, regresyon analizine ışık tutacak şekilde, farklı terimler açısından daha önce açıklanan yöntemle incelendiğinde, nonlinear regresyon denklemi üçüncü dereceye kadar kurulabilirse, olayın oldukça iyi tanımlanacağı görülmüştür.

3) Varyansların homojenliği iki kuyrukta da önemli olup normal dağılıma uygundur.

4) En küçük kareler yöntemine göre, 0.05 anlamlılık seviyesine göre, 2.79 değişim aralığına göre, grup ortalamaları arasındaki farkın anlamlı olması için uygulanması gereken formül şudur :

$$ORT(J) - ORT(I) \geq 0.1703 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$$

5) Bu formüle göre incelendiği zaman, 1. ve 2. bastırma mesafesi grupları benzer sonuçlar verdiği halde, 3., 4. ve 5. gruplar herbiri farklı alt gruplar oluşturmuşlardır. Yani, 2.3 mm. ve 3.6 mm. deney grupları aynı kabul edilebilir. Böylece bastırma mesafesi çeşitlerinde sayı dörde düşecektir, fakat bu iptal kararı şimdi verilmemiştir; çünkü daha 48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımsız değişkeni incelenecek ve diğer deney gruplarında bu küçük bastırma mesafelerinin davranışı gözlenerek ona göre kesin bir karar verilecektir.

Tablo 4.31 : 1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	60.7853	15.1963	261.9937	0.0000
Lineer Terim	1	47.6732	47.6732	821.9143	0.0000
Lineer Terimden sapma	3	13.1121	4.3707	75.3536	0.0000
2. dereceden Terim	1	12.4278	12.4278	214.2633	0.0000
2. derece terimden sapma	2	0.6843	0.3421	5.8987	0.0031
3. dereceden Terim	1	0.6371	0.6371	10.9840	0.0011
3. derece terimden sapma	1	0.0472	0.0472	0.8134	0.3680
4. dereceden Terim	1	0.0472	0.0472	0.8134	0.3680
Grup içi	245	14.2106	0.0580		
Toplam	249	74.9959			

Varyansların homojenliği için Levene Testi :

	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
	38.3430	4	245	0.000
<u>Ortalama SİRAMM</u>	2 1 3 4 5			
0.1414	Grup 2			
0.1437	Grup 1			
0.2823	Grup 3	**		
0.6162	Grup 4	***		
1.4502	Grup 5	****		
<u>Alt grup 1 :</u>	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 1</u>		
	0.1414	.1437		
<u>Altgrup 2 :</u>	<u>Grup 3</u>			
	0.2823			
<u>Altgrup 3 :</u>	<u>Grup 4</u>			
	0.6162			
<u>Altgrup 4 :</u>	<u>Grup 5</u>			
	1.4502			

Bu varyans analizinden elde edilen bilgilere göre, 'defor1'- 'basmm' ilişkisinin nonlinear regresyon denklemi üçüncü dereceden olacak şekilde istatistik programına tanımlanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.32'de gösterilmiştir. Dikkati çeken noktalar şu şekildedir :

1) İlk etapta yapılan varyans analizinde, $r^2 = 0.80989$ olacak şekilde model olayı tanımlamıştır. Hatırlanacağı üzere, Tablo 4.17'de de bu tanımlama $r^2 = 0.811$ seviyesindedir.

2) 6+1 büyük iterasyondan sonra elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir :

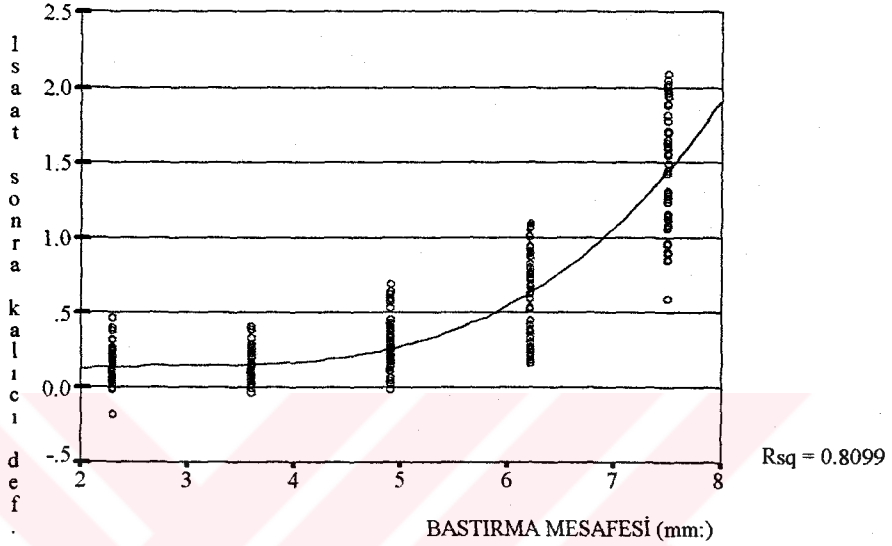
$$\text{defor1} = -0.222 + 0.362 \cdot \text{basmm} - 0.120 \cdot \text{basmm}^2 + 0.014 \cdot \text{basmm}^3$$

3) Regresyon katsayılarının standart hataları ve %95 güven aralıkları da Tablo 4.32'de görülmektedir.

Tablo 4.32 : 1 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesi

<u>İlişkinin Nonlinear Regresyon Analizi</u>				
Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	4	130.10712	32.52678	
Hata	246	14.25781	0.05796	
Düzeltilmemiş toplam	250	144.36493		
Düzeltilmiş toplam	249	74.99591		
$R^2 = 0.80989$				
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.	
B0	-.222298291	.384430602	-.979493632	.534897050
B1	.362329129	.275908723	-.181115639	.905773898
B2	-.120190421	.060272604	-.238906608	-.001474234
B3	.013539673	.004083785	.005496030	.021583317

'defor1'-'basmm' ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi Şekil 4.7'de görülmektedir. Aynı ilişkinin linear regresyon eğrisi, Şekil 4.2'de çizilmiştir.



Şekil 4.7 : 1 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

48 saat sonra kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine göre yapılan ve Tablo 4.33'de görülen tek değişkenli varyans analizi sonucunda regresyon denklemi üçüncü dereceye kadar kurulabilirse, olayın oldukça iyi tanımlanacağı ortaya çıkmıştır. $ORT(J) - ORT(I) \geq 0.1380 * \text{Değişim aralığı} * \text{Karekök}(1/N(I) + 1/N(J))$ formülüne göre incelendiği zaman, 1., 2. ve 3. bastırma mesafesi grupları benzer sonuçlar vermektedir, 4. ve 5. gruplar ise ayrı ayrı sonuçlar vermektedir. Buradan, bastırma mesafesi çeşidi azaltılabilir görülmektedir, fakat 1 saat sonra kalıcı deformasyon incelemesinde de bahsedildiği gibi daha bu karar için erkendir.

Tablo 4.33 : 48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesi Açısından Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kavnak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	38.7384	9.6846	254.1714	0.0000
Lineer Terim	1	27.2112	27.2112	714.1550	0.0000
Lineer Terimden sapma	3	11.5272	3.8424	100.8435	0.0000
2. dereceden terim	1	10.1442	10.1442	266.2332	0.0000
2. dereceden sapma	2	1.3830	0.6915	18.1487	0.0000

3. dereceden terim	1	1.3152	1.3152	34.5181	0.0000
3. dereceden sapma	1	0.0678	0.0678	1.7793	0.1835
4. dereceden terim	1	0.0678	0.0678	1.7793	0.1835
Gruplar içi	245	9.3351	0.0381		
Toplam	249	48.0735			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
28.8514	4	245	0.000

Ortalama SİRMM		1	2	3	4	5
0.0685	Grup 1					
0.0725	Grup 2					
0.1269	Grup 3					
0.3339	Grup 4	*	*	*		
1.1042	Grup 5	*	*	*	*	*

Homojen Altgruplar :

Altgrup 1 :	Grup 1	Grup 2	Grup 3
	0.0685	0.0725	0.1269
Altgrup 2 :	Grup 4		
	0.3339		
Altgrup 3 :	Grup 5		
	1.1042		

Bu varyans analizinden elde edilen bilgilere göre, 'defor48'- 'basmm' ilişkisinin nonlinear regresyon denklemi üçüncü dereceden olacak şekilde istatistik programına tanımlanmıştır ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.34'de verilmiştir. Dikkati çeken noktalar şu şekildedir :

1) İlk etapta yapılan varyans analizinde, $r^2 = 0.80441$ olacak şekilde model olayı tanımlamıştır. Hatırlanacağı üzere, Tablo 4.18'de bu tanımlama $r^2 = 0.806$ seviyesindedir.

2) 6+1 büyük iterasyondan sonra elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir :

$$\text{defor48} = -0.810 + 0.771 \cdot \text{basmm} - 0.215 \cdot \text{basmm}^2 + 0.019 \cdot \text{basmm}^3$$

3) Regresyon katsayılarının standart hataları ve %95 güven aralıkları da Tablo 4.34'de görülmektedir.

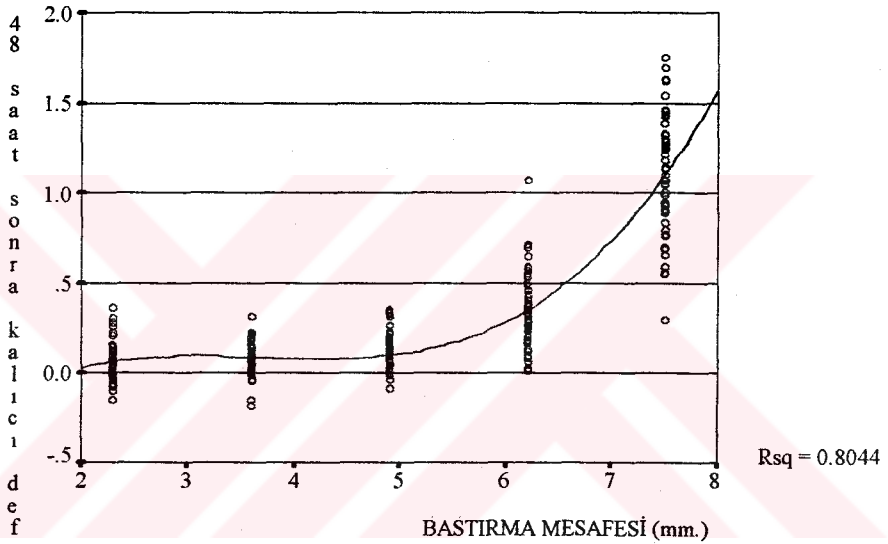
Tablo 4.34 : 48 Saat Sonra Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesi

İlişkisinin Nonlinear Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	4	67.77768	16.94442
Hata	246	9.40294	0.03822
Düzeltilmemiş toplam	250	77.18062	
Düzeltilmiş toplam	249	48.07353	
$R^2 = 0.80441$			

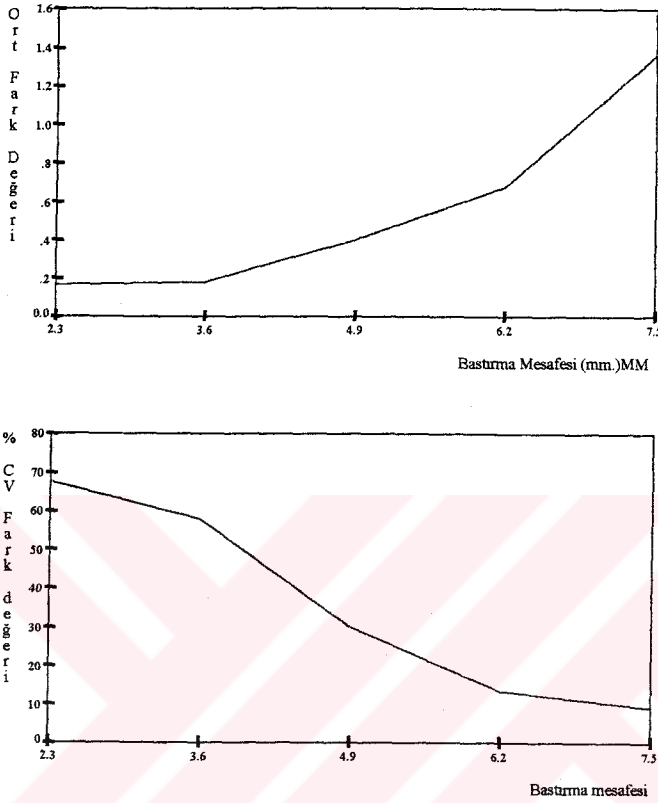
Parametre	Katsayı	SH	%95 Gv. Ara.	
B0	-.809575358	.312192867	-1.424487343	-.194663374
B1	.770856774	.224063155	.329529844	1.212183704
B2	-.214739278	.048946876	-.311147697	-.118330859
B3	.019453802	.003316407	.012921627	.025985977

‘defor’-‘basmm’ ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi Şekil 4.8’de görülmektedir. Burada da, en iyi tanımlamanın 3.dereceden olduğu sonucuna analiz yolu ile ulaşılmıştır. Aynı ilişkinin lineer regresyon eğrisi, Şekil 4.3’te çizilmiştir.



Şekil 4.8 : 48 saat sonra kalıcı deformasyon-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

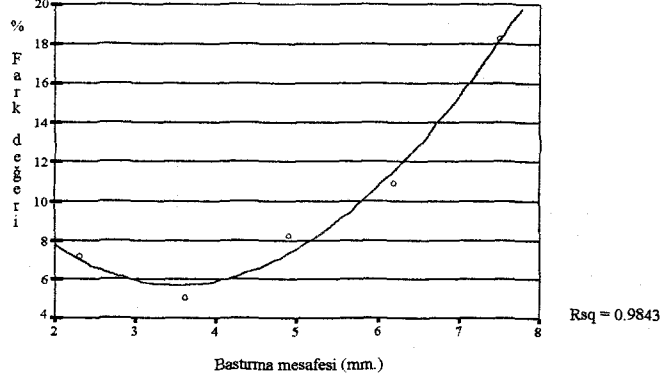
Deney cihazında ayarlanan bastırma mesafesi ile gerçekleşen bastırma mesafesi arasındaki farkların incelemesi de yapılmıştır. Ek-12’de birinci sütunda görülen ‘mm’ kısaltması, bastırma mesafesi anlamına gelmektedir. İkinci sütundaki ‘famm_1’ kısaltması, yan gösterge mesafesi sütunundan bastırma mesafesi sütununun çıkarılması ile elde edilen farkların (her mesafe grubu için elli veri) ortalama değerleridir. Üçüncü sütunda ise, bu elli verinin standart sapmaları, dördüncü sütun da bunların değişim katsayılarıdır. Beşinci sütun ise, fark ortalamasının bastırma mesafesine oranıdır ve yüzde olarak ifade edilmiştir. Şekil 4.9’da görüldüğü üzere, bastırma mesafesi arttıkça, ayarlanandan oluşan farkların miktarları da nonlinear bir şekilde artmaktadır.



Şekil 4.9 : Ortalama fark değeri ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre diyagramı

Değişim katsayısı değerleri incelendiğinde ise, fark eğrisinin tam tersi olarak, bastırma mesafesi arttıkça %CV değerlerinin düştüğü görülmektedir. Ortalama fark değerleri, ayarlanan bastırma mesafesi değerlerine oranlandığı zaman, küçük mesafelerde oranların da küçük, büyük mesafelerde ise oranların da büyük olduğu görülmektedir. Bu yüzde değerlerinin bastırma mesafesine göre bir grafiği çizildiğinde Şekil 4.10'daki diyagram ortaya çıkar. Burada 3.6 mm. mesafede en düşük orana ulaşılmaktadır. Bu diyagrama üçüncü dereceden regresyon uygulanıp eğri çizdirildiğinde yine Şekil 4.10'daki regresyon eğrisi elde edilmektedir. Bu eğride $r^2 = 0.9843$ 'dür yani üçüncü dereceden regresyon denklemi cihazın davranışını oldukça yüksek bir seviyede modellemektedir. Cihazın böyle davranmasının sebebinin, önceden

bahsedildiği gibi ‘response time’ (tepki zamanı) ile ilgili olduğu tahmin edilmektedir.



Şekil 4.10 : %fark değeri-bastırma mesafesi ilişkisinin nonlinear regresyon eğrisi

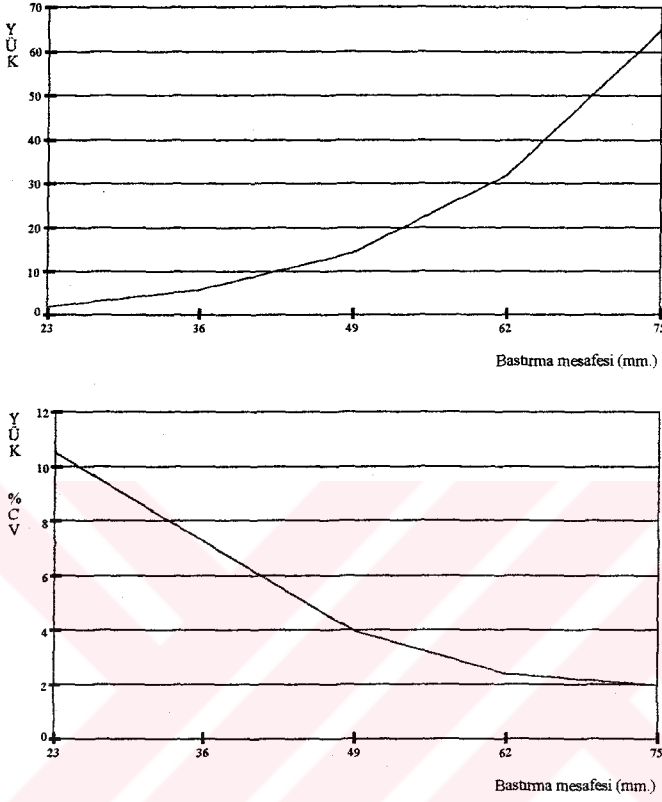
4.2.1.2. Grafiksel inceleme

Ek-8'ye göre, eldeki verilerin ortalamalarına göre grafiksel incelemeler yapılırken şu noktalar dikkati çekmektedir :

A) Bastırma hızı açısından incelenince :

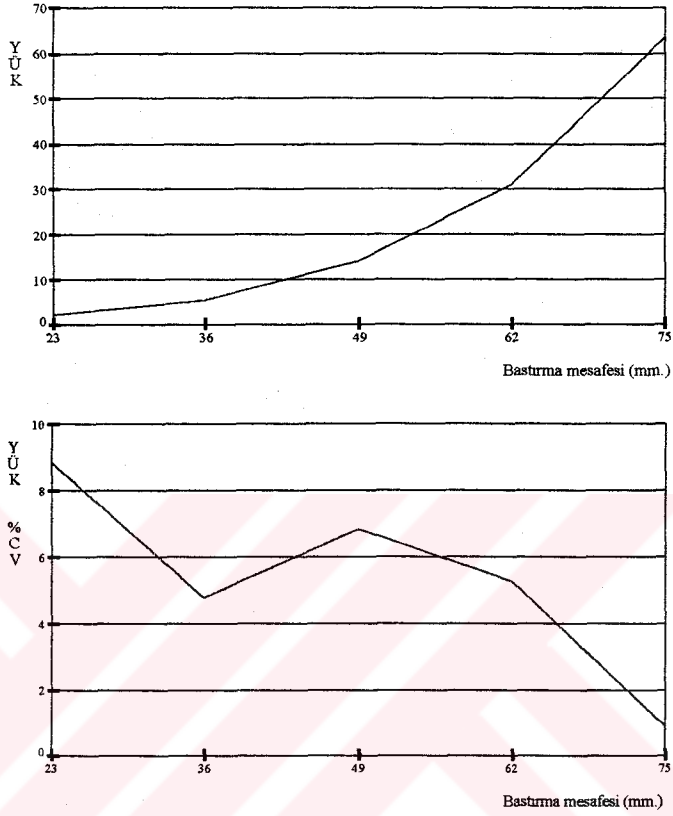
1) Bastırma yükü bağımlı değişkeni için :

a)Bastırma hızı 20 mm/d için, Şekil 4.11 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça yükün de nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, tam tersi olarak, bastırma mesafesi arttıkça %CV değeri nonlineer bir eğri şeklinde azalmaktadır. 2.3 mm. için, yük ortalaması en düşük değer olan 2.1669 N iken, %CV en yüksek değer olan %10.53'tür. 7.5 mm.de ise, yük en yüksek ortalama olan 65.212 N iken, %CV en düşük olan %2.00'dir.



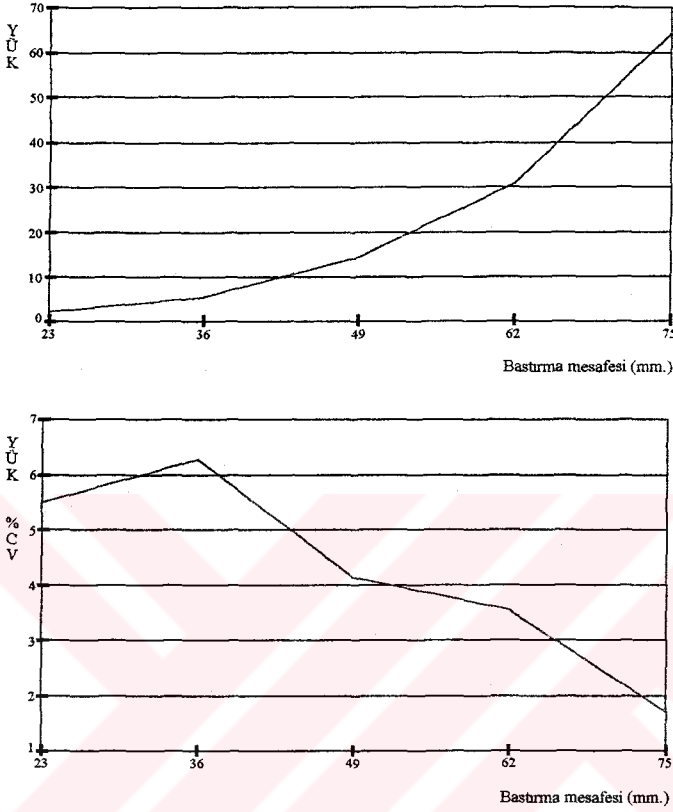
Şekil 4.11 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 20 mm/d’da incelenmesi

b) Bastırma hızı 30 mm/d için, Şekil 4.12 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça yükün de nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, düzensiz bir seyir takip ettiği görülmektedir. 2.3 mm. için, yük ortalaması en düşük değer olan 2.1743 N iken, %CV en yüksek değer olan %8.87’dir. Yük düzgün nonlineer artışına devam edip 7.5 mm.’de en yüksek değeri olan 63.8050 N’a ulaşır, fakat %CV değeri 3.6 mm.’de %4.77’ye düştükten sonra, dalgalanmalar gösterip 7.5 mm.’de en düşük değeri olan %0.93’e gelir.



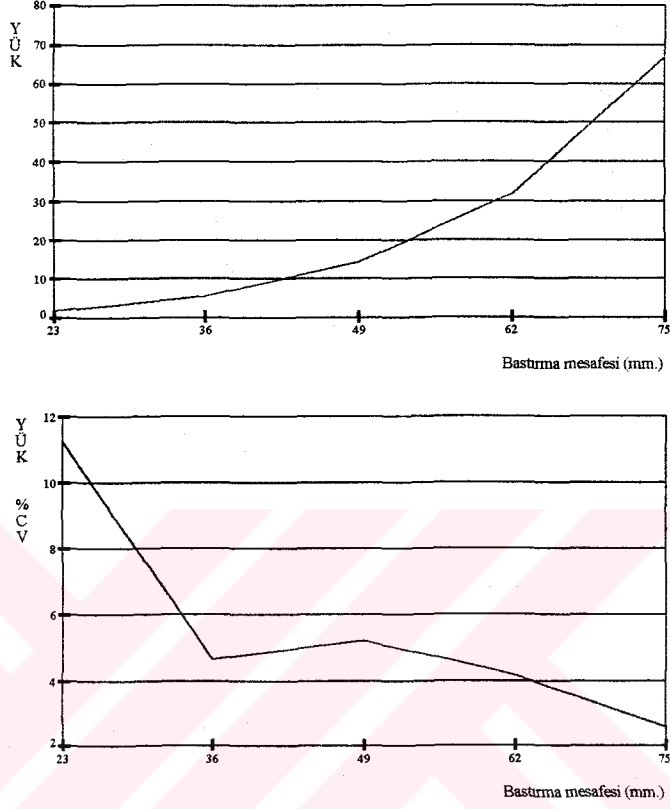
Şekil 4.12: Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 30 mm/d'da incelenmesi

c) Bastırma hızı 60 mm/d için, Şekil 4.13 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça yükün nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, düzensiz bir seyir takip ettiği görülmektedir. 2.3 mm. için, yük ortalaması en düşük değer olan 2.2356 N iken, %CV %5.52'dir. Yük düzgün nonlineer artışına devam edip 7.5 mm.'de en yüksek değeri olan 64.4900N'a ulaşır, fakat %CV değeri 3.6 mm.'de %6.29'a yükseldikten sonra, dalgalanmalar gösterir ve 7.5 mm.'de en düşük değeri olan %1.72'ye geriler. 3.6 mm. haricinde genelde, değişim katsayısının da azalma eğilimi vardır.



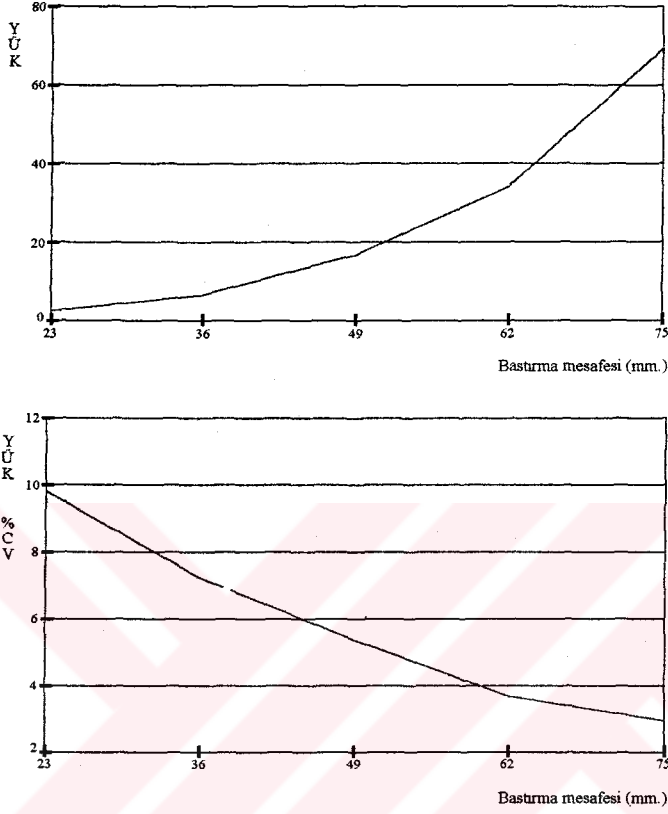
Şekil 4.13 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 60 mm/d’da incelenmesi

d) Bastırma hızı 120 mm/d için, Şekil 4.14 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça yükün nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, düzensiz bir seyir takip ettiği görülmektedir. 2.3 mm. için, yük ortalaması en düşük değer olan 2.0944 N iken, %CV en yüksek değer olan %11.27’dir. Yük düzgün nonlineer artışına devam edip 7.5 mm.’de en yüksek değeri olan 66.9630 N’a ulaşır, fakat %CV değeri 3.6 mm.’de %4.68’e düştükten sonra, dalgalanmalar göstererek 7.5 mm.’de en düşük değeri olan %2.59’a gelir. 4.9 mm. haricinde genelde, değişim katsayısının da azalma eğilimi vardır.



Şekil 4.14 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 120 mm/d'da incelenmesi

e) Bastırma hızı 180 mm/d için, Şekil 4.15 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça yükün de nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, tam tersi olarak, bastırma mesafesi arttıkça %CV değeri nonlineer bir eğri şeklinde azalmaktadır. 2.3 mm. için, yük ortalaması en düşük değer olan 2.7161 N iken, %CV en yüksek değer olan %9.84'tür. 7.5 mm.'de ise, yük en yüksek ortalama olan 69.7650 N iken, %CV en düşük olan %2.95'dir.



Şekil 4.15 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 180 mm/d'da incelenmesi

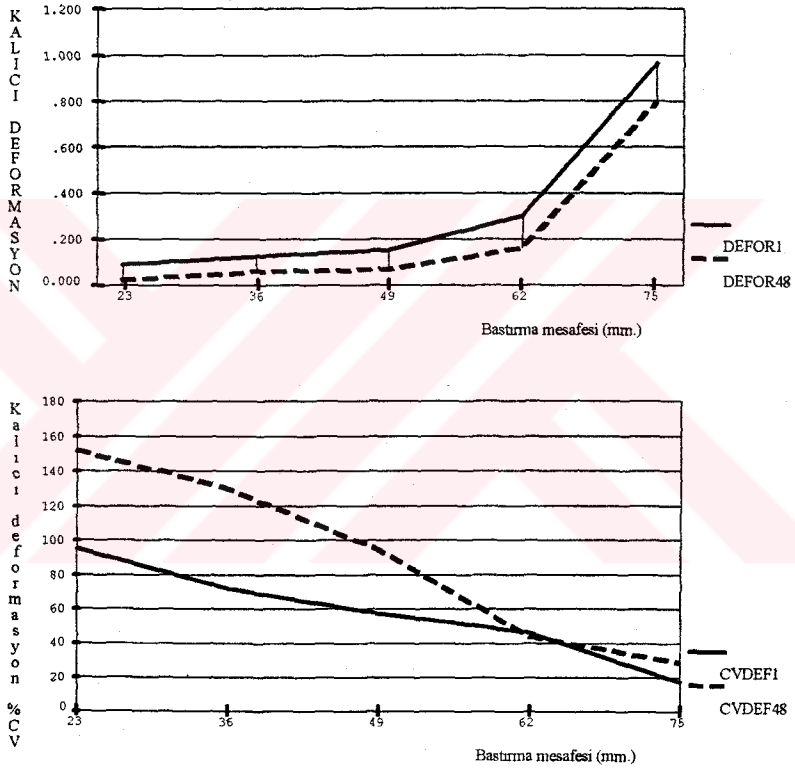
Bastırma yükü bağımsız değişkeninin her hız seviyesi için gösterdiği genel davranış şekli diyagramlardan görüleceği üzere benzerdir.

2) 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkenleri için :

Bu iki değişken aynı diagrama çizilebildiği için beraber incelenmeleri uygun görülmüştür. Aynı zamanda, iki ölçüm arasında geçen sürede kumaşın kendini ne kadar topladığı da görülebilmektedir.

a) Bastırma hızı 20 mm/d için, Şekil 4.16 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonun nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. 3.6 mm. ile 4.9 mm.

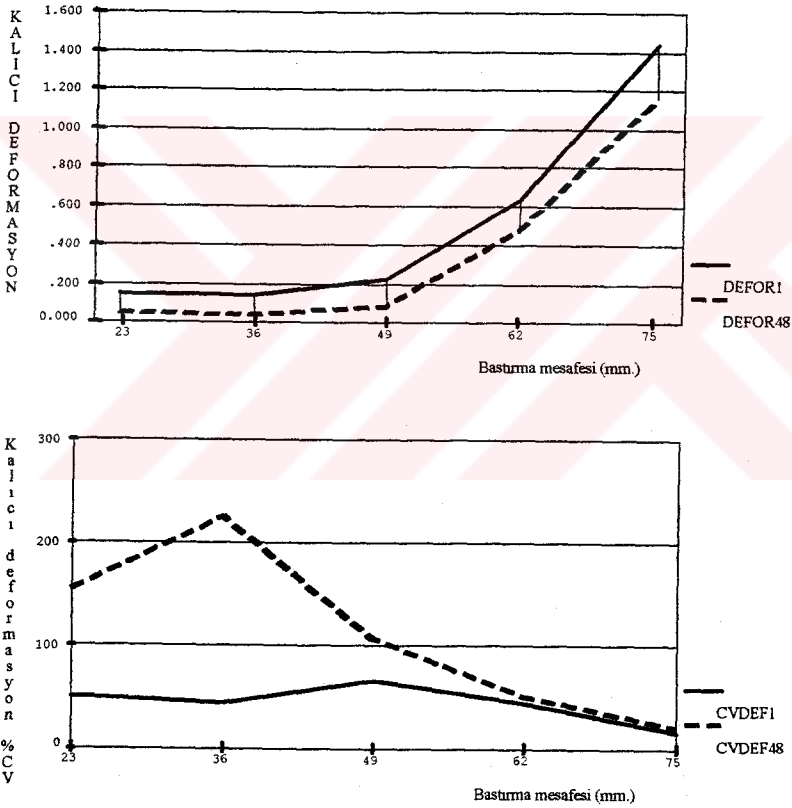
bastırma mesafeleri arasında çok az bir kalıcı deformasyon farkı görüldüğü halde, 6.2 mm. ile 7.5 mm. bastırma mesafeleri arasında oldukça yüksek kalıcı deformasyon farkı vardır. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, tam tersi olarak, bastırma mesafesi arttıkça %CV değerleri lineere yakın bir eğri şeklinde azalmaktadır. 6.2 mm.'de değişim katsayılarının 'defor1' ve 'defor48' için, sırası ile, %45.87 ve %44.32 değerlerini alarak kesişmeleri güzel bir tesadüftür.



Şekil 4.16 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 20 mm/d'da incelenmesi

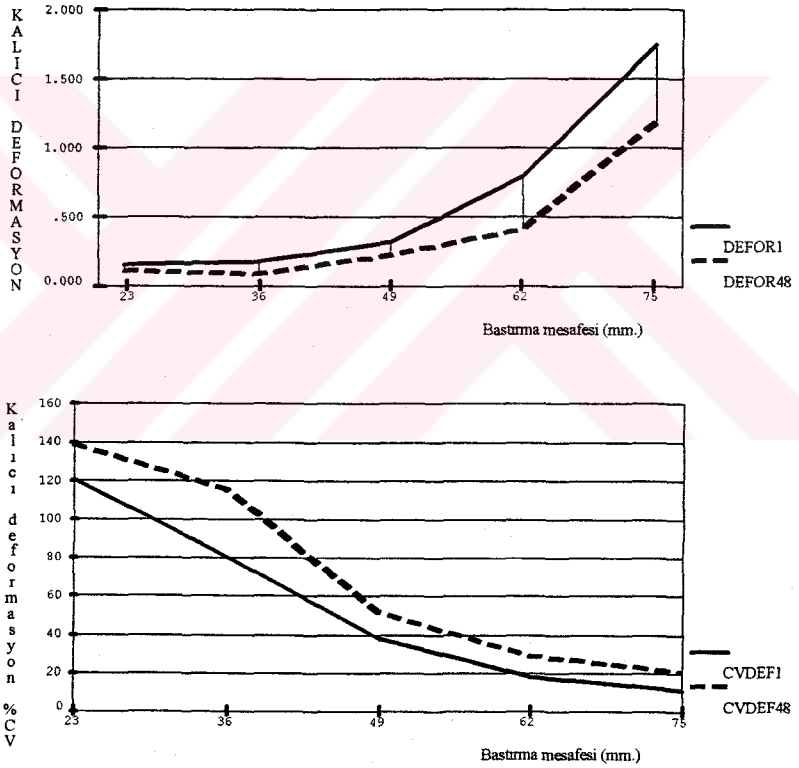
b) Bastırma hızı 30 mm/d için, Şekil 4.17 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonların nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir. 2.3 mm. bastırma mesafesinden 3.6 mm.'ye hem 1 saat hem de 48 saat için sırası ile, 0.0047

ve 0.0039 mm.'lik kalıcı deformasyon azalması vardır. Bu düşüş çok azdır, fakat önemli olduğu istatistiksel incelemelerde ortaya çıkmıştır. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, bastırma mesafesi arttıkça %CV değerleri 1 saat sonra için için dar bir değişim aralığında seyrettiği halde, 48 saat için 3.6 mm.'de oldukça yüksek bir değere çıkıp sonra tekrar düşüşe geçtikleri görülmektedir. Bu farklılık, kumaş, 48 saat süresince kendini toplarken, küçük bastırma mesafeleri için kararsız bir davranış gösteriyor şeklinde yorumlanabilir. Daha yüksek olan 6.2 mm. ve 7.5 mm. mesafelerde ise, değişim katsayısı eğrisi nispeten paralel gitmektedir.



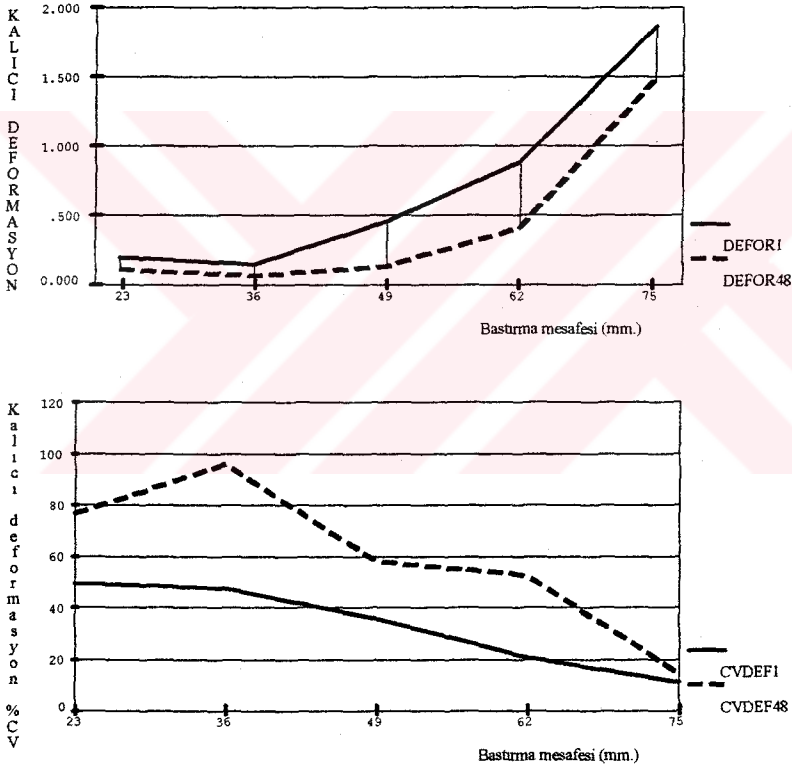
Şekil 4.17 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 30 mm/d'da incelenmesi

c) Bastırma hızı 60 mm/d için, Şekil 4.18 incelendiği zaman, bastırma mesafesi arttıkça 1 saat sonra kalıcı deformasyon eğrisinin nonlineer bir eğri şeklinde arttığı görülmektedir, fakat 48 saat için olanda 3.6 mm.'de yaklaşık 0.02 mm.'lik bir azalma vardır. Önceden 3.6 mm.'de oluşan kararsızlık burada da görülmektedir. Ayrıca, yüksek bastırma mesafelerinde, her ikisinin arasındaki kalıcı deformasyon farkı daha yüksektir. Değişim katsayısı diagramını incelendiğinde ise, bastırma mesafesi arttıkça %CV değerleri nispeten paralel olacak şekilde nonlineer bir eğri şeklinde azalma göstermektedirler. 3.6 mm.'de görülen kararsız davranış burada da dikkati çekmektedir.



Şekil 4.18 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 60 mm/d'da incelenmesi

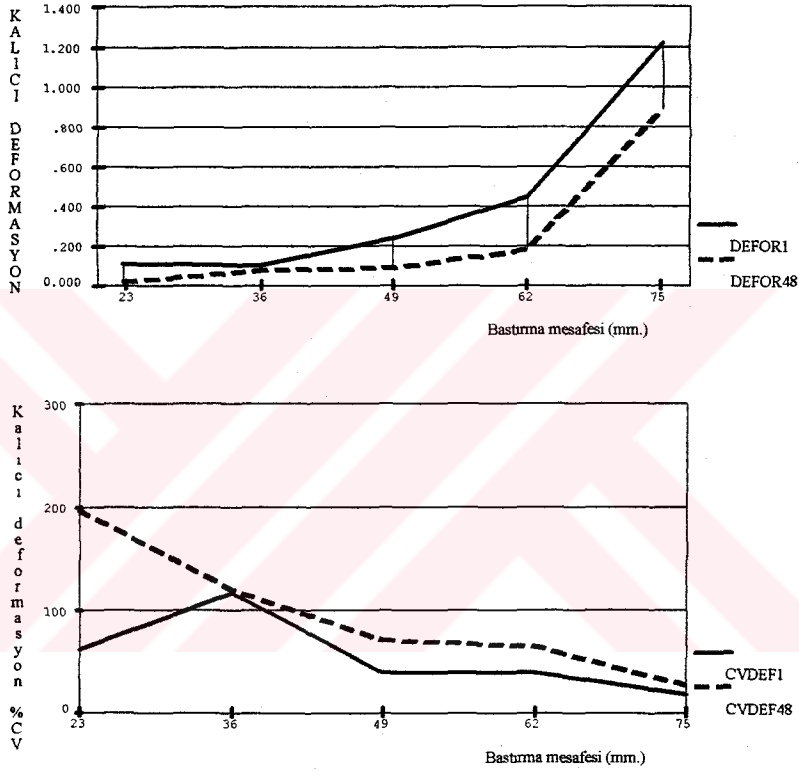
d) Bastırma hızı 120 mm/d için, Şekil 4.19 incelendiği zaman, genel davranış olarak, bastırma mesafesi arttıkça kalıcı deformasyonun da arttığı gözlenmektedir, fakat 3.6 mm.'de gene önceden bahsi geçen kararsızlık vardır. Ayrıca bu hız seviyesinde, en yüksek bastırma mesafesinden ziyade, ara mesafeler olan 4.9 mm. ve 6.2 mm.'lerde her ikisinde de daha yüksek kalıcı deformasyonlar oluşmuştur. Değişim katsayısı eğrisi incelendiğinde ise, 1 saat sonra için düzenli bir azalma takip edilebildiği halde, 48 saat sonra için gene 3.6 mm.'de kararsızlık kendini göstermektedir.



Şekil 4.19 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 120 mm/d'da incelenmesi

e) Bastırma hızı 180 mm/d için, Şekil 4.20 incelendiği zaman, genel davranış olarak, bastırma mesafesi arttıkça kalıcı deformasyonun da

arttığı gözlenmektedir, fakat 3.6 mm.'de önceden bahsi geçen kararsızlık vardır. Değişim katsayısı eğrisi incelendiğinde ise, bu sefer 48 saat sonrada düzenli bir azalma görüldüğü halde, 1 saat sonrada 3.6 mm.'de artış vardır.



Şekil 4.20 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre bastırma hızı 180 mm/d'da incelenmesi

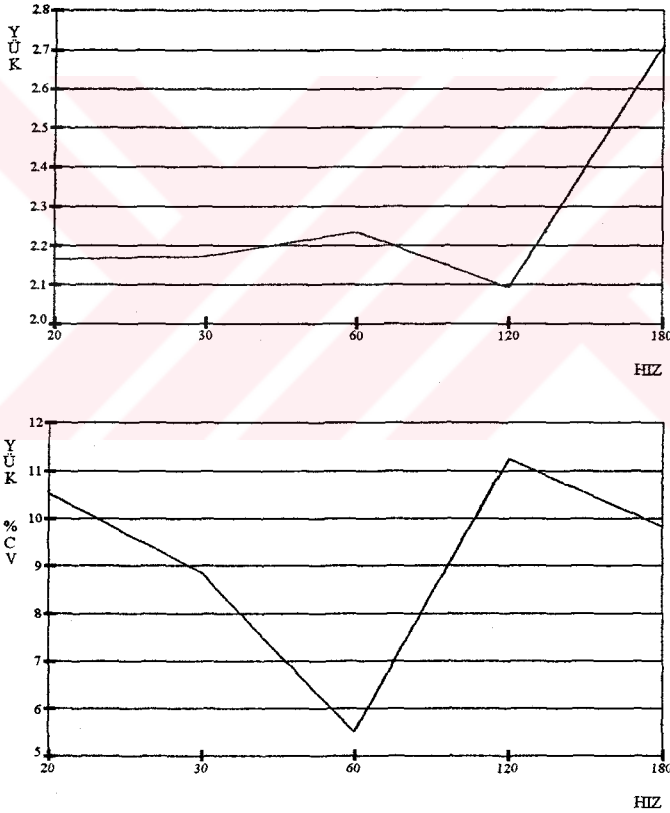
Hepsinde genel olarak, düşük bastırma mesafelerinde yüksek değişim katsayısı, yüksek bastırma mesafelerinde ise düşük değişim katsayısı şeklinde ters orantı gözlenmektedir. Yük değeri bütün eğrilerde maksimum 70-80N arasındadır. Bu oldukça düzgün bir seyirdir. İstatistiksel incelemeden bilindiği üzere, yük üzerinde hızın etkisi olmadığı burada da görülmüştür. %CV değerleri, %12 maksimumda iken, 60 mm/d

hız için %7'ye düşmüştür. İstatistiksel inceleme sonucunda da hız için grafiksel olarak karar verilmesi gereği ortaya çıkmıştı.

B) Bastırma mesafesi açısından incelenince :

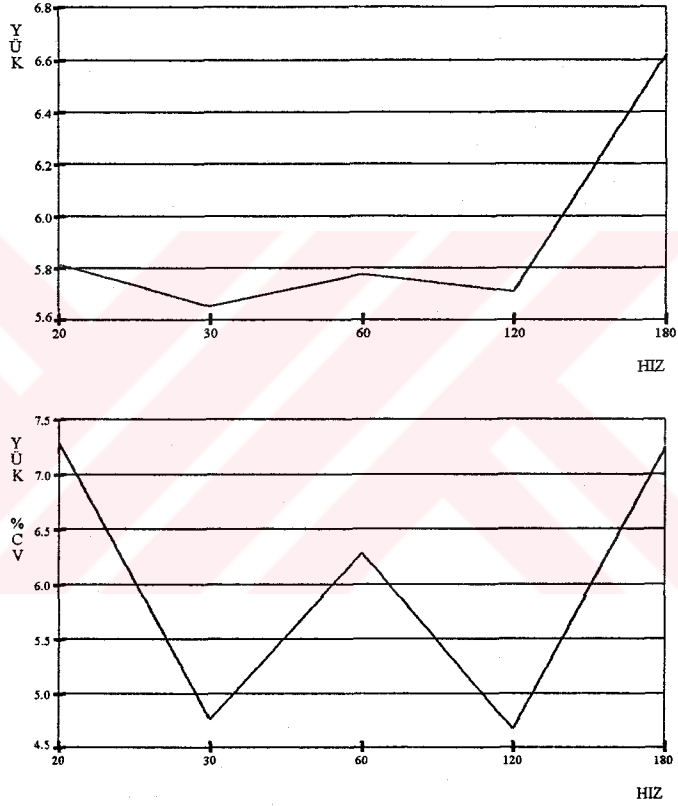
1) Bastırma yükü bağımlı değişkeni için :

a) Bastırma mesafesi 2.3 mm. için, Şekil 4.21 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça, yükün 120 mm/d'ya kadar dar bir değişim aralığında seyrettiği, fakat 180 mm/d'da diğerlerine oranla daha yükseldiği görülmektedir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, çok düzensiz bir davranış görülmektedir. %CV değeri, 60 mm/d'da en düşüğe ulaştığı halde, 120 mm/d'da en yükseğe ulaşmaktadır.



Şekil 4.21 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hıza göre bastırma mesafesi 2.3 mm.'de incelenmesi

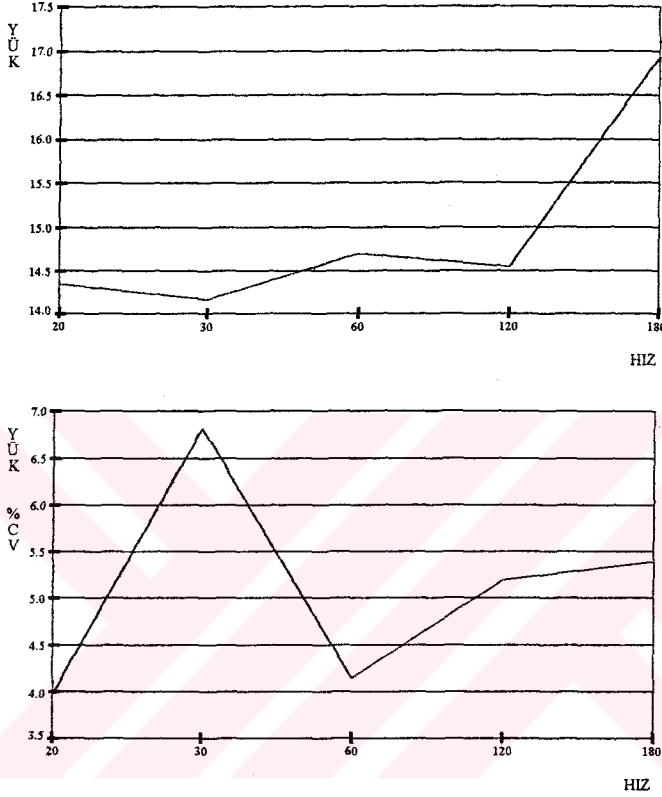
b) Bastırma mesafesi 3.6 mm. için, Şekil 4.22 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça yükün 120 mm/d'ya kadar dar bir değişim aralığında seyrettiği, fakat 180 mm/d'da diğerlerine oranla daha yükseldiği görülmektedir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, yine düzensiz bir davranış görülmektedir. %CV değeri, 30 ve 120 mm/d'larda en düşüğe ulaştığı halde, 60 mm/d'da diğerlerine nazaran yüksek sayılabilecek bir değere ulaşmaktadır.



Şekil 4.22 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hıza göre bastırma mesafesi 3.6 mm.'de incelenmesi

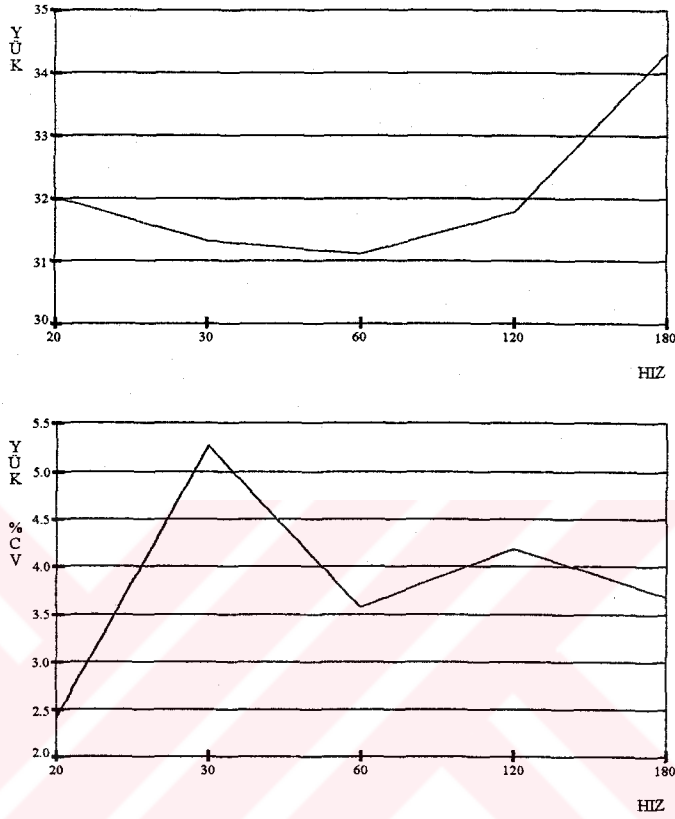
c) Bastırma mesafesi 4.9 mm. için, Şekil 4.23 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça yükün 120 mm/d'ya kadar dar bir değişim aralığında seyrettiği, fakat 180 mm/d'da diğerlerine oranla daha yükseldiği görülmektedir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, yine düzensiz bir davranış görülmektedir. %CV değeri, 30 mm/d'da en yüksek

seviyesine ulaştığı halde, ilginç olarak, 20 mm/d'da en düşük seviyesindedir. 60 mm/d'da da buna yakın bir değerdedir.



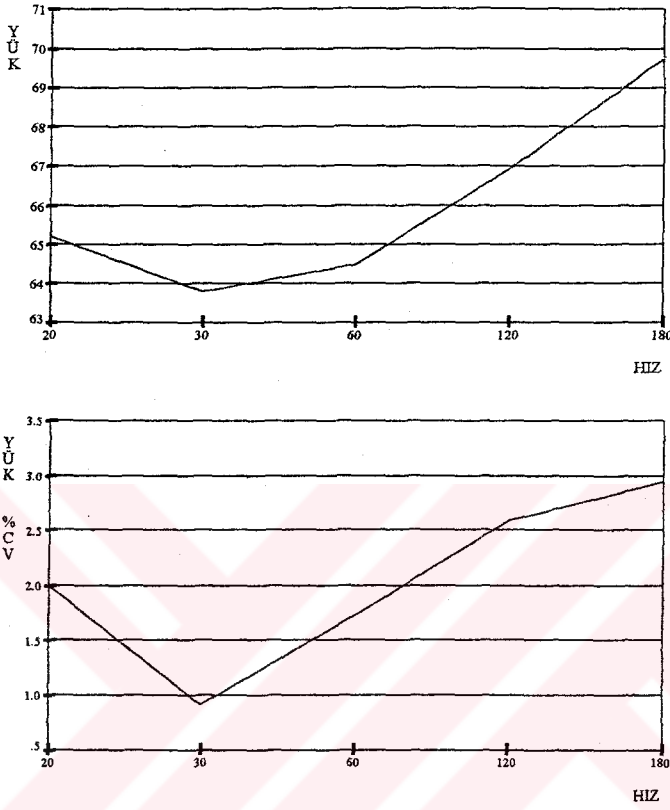
Şekil 4.23 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hıza göre bastırma mesafesi 4.9 mm.'de incelenmesi

d) Bastırma mesafesi 6.2 mm. için, Şekil 4.24 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça yük diagramı, en düşük değer 60 mm/d'da olacak şekilde nonlinear bir eğri çizer. Bu ilginç bir durumdur. 180 mm/d'da en yüksek değerine ulaşır. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, en düşük değişimin 20 mm/d'da, en yüksek değişimin ise 30 mm/d'da olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hıza göre bastırma mesafesi 6.2 mm.'de incelenmesi

e) Bastırma mesafesi 7.5 mm. için, Şekil 4.25 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça yük diagramı, en düşük değer 30 mm/d'da olacak şekilde nonlineer bir eğri çizer. Burada da ilginç durum karşımıza çıkmıştır. 180 mm/d'da en yüksek değerine ulaşır. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, en düşük değişimin 30 mm/d'da, en yüksek değişimin ise 180 mm/d'da olduğu görülmektedir.



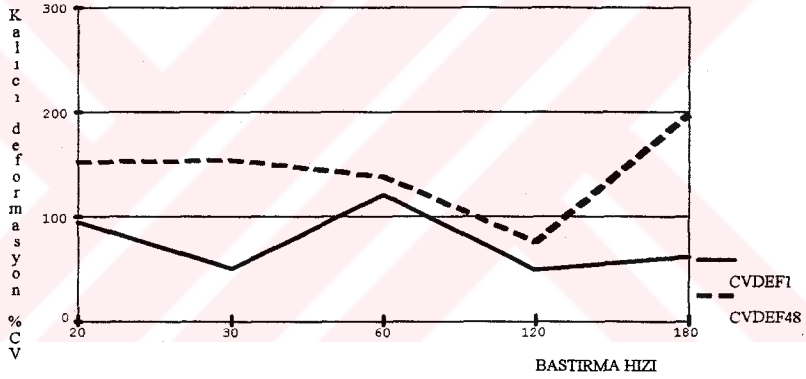
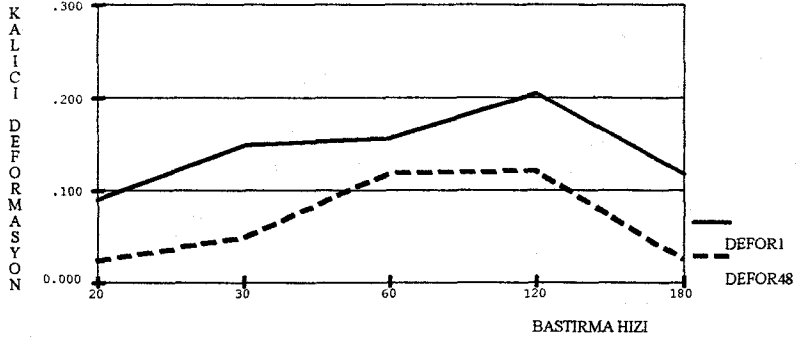
Şekil 4.25 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının hıza göre bastırma mesafesi 7.5 mm.'de incelenmesi

2) 1 saat sonra ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkenleri için :

Bu iki değişken aynı diğrama çizilebildiği için burada da beraber incelenmeleri uygun görülmüştür. Aynı zamanda, iki ölçüm arasında geçen sürede kumaşın kendini ne kadar topladığı da görülebilmektedir.

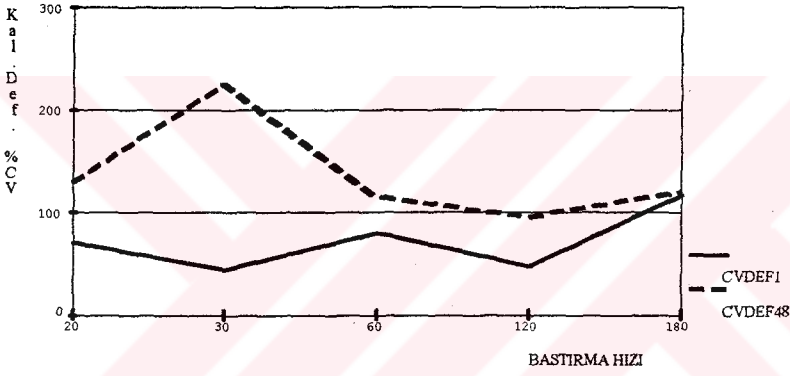
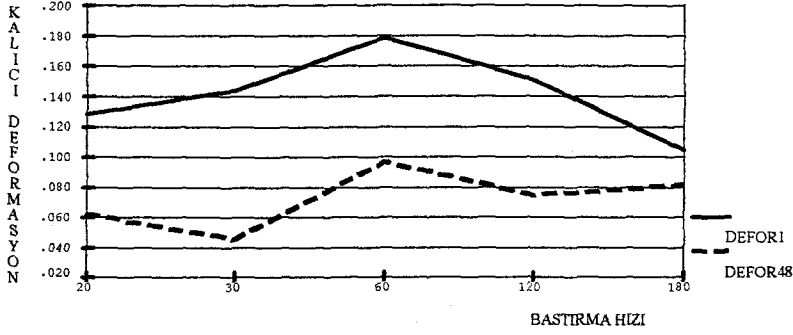
a) Bastırma mesafesi 2.3 mm. için, Şekil 4.26 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon eğrilerinin nonlineer aşağı doğru oldukları görülmektedir. 120 mm/d'da her ikisinde de en yüksek kalıcı deformasyon değerleri görülmektedir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, 60 mm/d ve 120 mm/d'lar arasında

bir paralellik farkedilse bile, diğer hızlar arasında oldukça yüksek farklılıklar vardır.



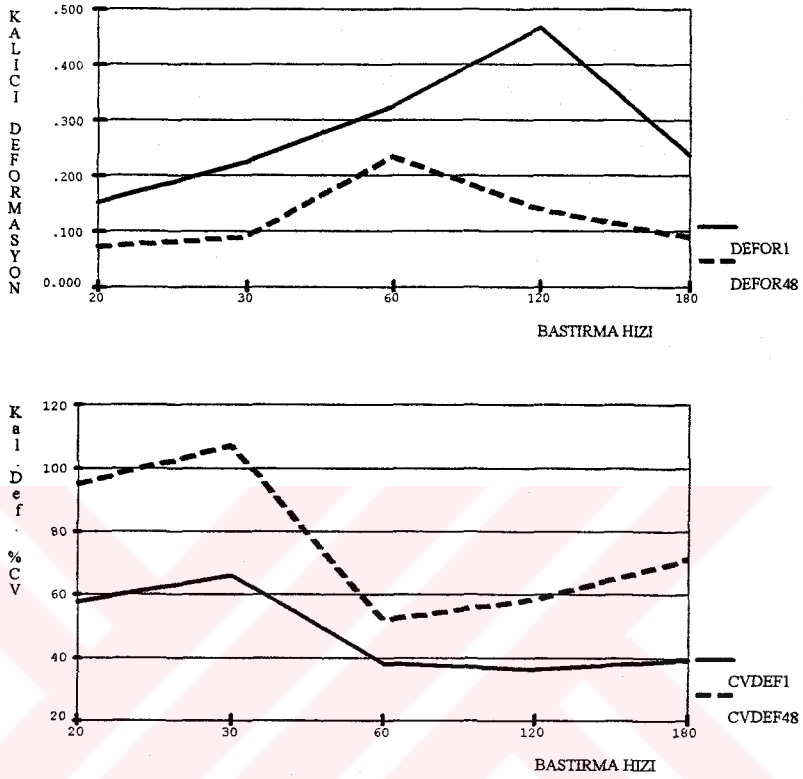
Şekil 4.26 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 2.3 mm.'de incelenmesi

b) Bastırma mesafesi 3.6 mm. için, Şekil 4.27 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça 1 saat sonra kalıcı deformasyon eğrisi nonlineer aşağı doğru olduğu, 48 saat sonra kalıcı deformasyonun ise bir miktar artış gösterdiği görülmektedir. 60 mm/d'da her ikisinde de en yüksek kalıcı deformasyon değerleri görülmektedir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, 60 ve 120 mm/d'lar arasında bir paralellik farkedilse bile, küçük hızlar arasında oldukça yüksek farklılıklar varken, en yüksek hızda çok küçük bir fark vardır.



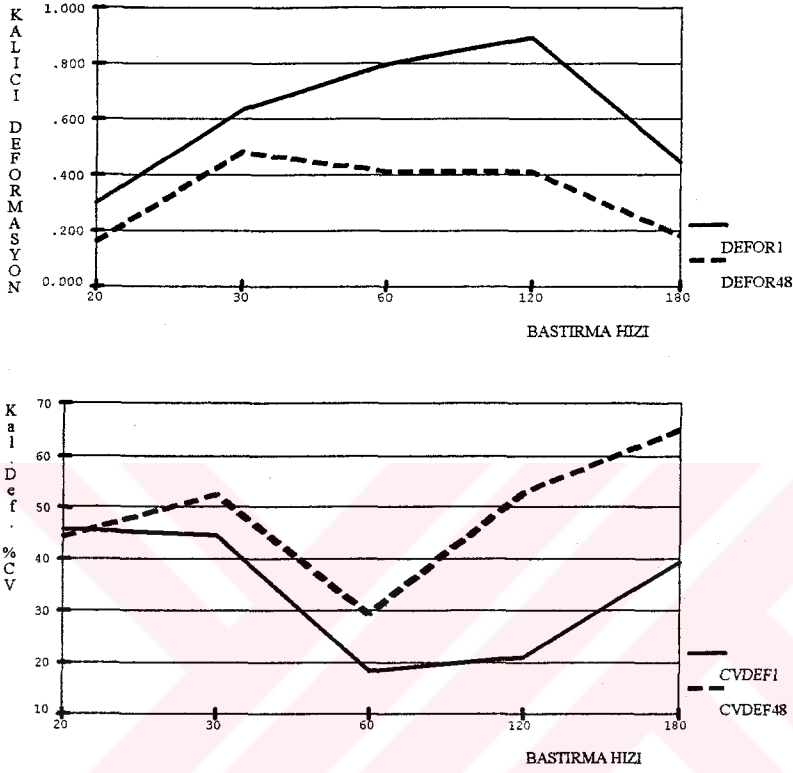
Şekil 4.27 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 3.6 mm.'de incelenmesi

c) Bastırma mesafesi 4.9 mm. için, Şekil 4.28 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça her ikisinin de nonlineer, aşağı doğru bir eğri şeklinde oldukları görülmektedir. 1 saat sonra kalıcı deformasyon en yüksek değerini 120 mm/d'da gösterirken, 48 saat sonra kalıcı deformasyon en yüksek değerini 60 mm/d'da göstermiştir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, bu sefer 30 ve 60 mm/d'lar arasında bir paralellik farkedilse bile, gene de bütün hızlar arasındaki farklar yüksektir.



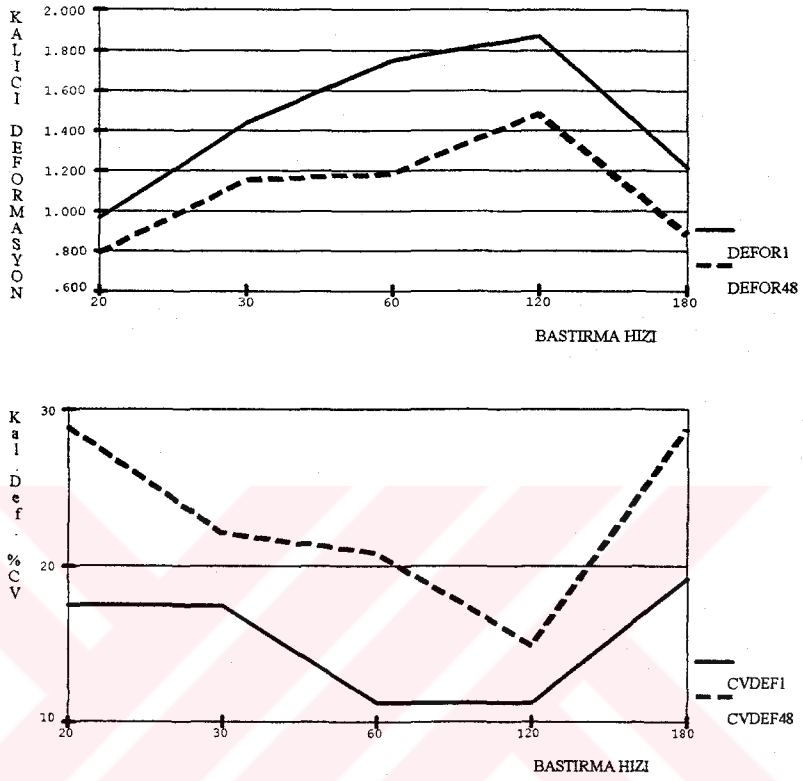
Şekil 4.28 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 4.9 mm.'de incelenmesi

d) Bastırma mesafesi 6.2 mm. için, Şekil 4.29 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça her ikisinin de nonlineer aşağı doğru bir eğri şeklinde oldukları görülmektedir. 1 saat sonraki, en yüksek kalıcı deformasyonunu yine 120 mm/d'da gösterirken, 48 saat sonraki en yüksek kalıcı deformasyonunu 30 mm/d'da göstermiştir. 48 saat sonra için, 30 - 60 - 120 mm/d'lardaki kalıcı deformasyon çok küçük aralıkta değişmiştir. Değişim katsayısı diyagramı incelendiğinde ise, %CV değerlerinin 20 mm/d'ya doğru kesiştiği, diğer hızlarda ise benzer şekilde davrandığı gözlenmektedir.



Şekil 4.29 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 6.2 mm.'de incelenmesi

e) Bastırma mesafesi 7.5 mm. için, Şekil 4.30 incelendiği zaman, bastırma hızı arttıkça her ikisinin de nonlineer aşağı doğru bir eğri şeklinde oldukları görülmektedir. 1 saat sonra ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar en yüksek değerlerini 120 mm/d'da göstermişlerdir. Değişim katsayısı diagramı incelendiğinde ise, %CV değerinin 1 saat sonra için 60 ve 120 mm/d'larda çok yakın ve en düşük değerde oldukları, 48 saat sonra için ise en düşük değer 120 mm/d'da olduğu gözlenmektedir.



Şekil 4.30 : 1 saat ve 48 saat sonra kalıcı deformasyonlar ve değişim katsayılarının bastırma hızına göre bastırma mesafesi 7.5 mm.'de incelenmesi

Hepsinde genel olarak, en düşük ve en yüksek bastırma hızlarında az kalıcı deformasyon, orta hızlarda ise yüksek kalıcı deformasyon oluşmaktadır. %CV değerleri ise çok kararsız davranışlar göstermektedirler. Bastırma yükü, 1 saat sonra kalıcı deformasyon ve 48 saat sonra kalıcı deformasyon bağımlı değişkenlerinin değişim katsayılarının diyagramları, bir derece düzensiz diye nitelenebilirse de, bunun, deneylerin yapılması esnasında olabilen insan hatasından kaynaklandığı varsayılabilir.

4.2.2. II. Grup deneylerin değerlendirmesi

4.2.2.1. İstatistiksel inceleme

Elde edilen veriler üzerinde istatistik incelemeler yapılmıştır. Bu grup deneylerde yük, deformasyon ve toplam deformasyon üç çeşit bağımlı değişken; bastırma mesafesi, tekrarlılık, zaman ve dinlendirme süresi ise dört çeşit bağımsız değişkendir. II.grup deneylerdeki amaç, dört bağımsız değişkenden hangilerinin, deney sonuçlarında daha önemli bir etkisi olduğunun saptanması ve daha az önemli olarak tespit edilen değişkenin hangi çeşidi sabit sečilerek diğer grup deneylere devam edileceğinin kararının verilmesidir. Bunun yanı sıra, II.grup deneyler, daha sonra açıklanacağı üzere, başka ilave bilgiler de vermiştir.

Üç dakika sonra yük bağımlı değişkeni, bastırma yükü ile paralel özellikler gösterdiği için, ayrı bir bağımlı değişken olarak incelenmemiştir. Üç dakika sonra yükün nasıl bir düşüş gösterdiği, esas bastırma yükü değişkeni ile ilişkisi karşılaştırmalı olarak grafiksel incelemede ele alınmıştır.

I.grup deneylerde, bir çeşit istatistiksel analiz her üç bağımsız değişken için yapılıp sonra diğer çeşit istatistiksel analize gečilme tarzında çalışılmıştı. II.grup deneylerde ise, bu sıra izlenmemiştir; çünkü deney tarzı ve amaç için bu sıra uygun değildir. Bağımlı değişkenlerin incelenmesinde ayrı ayrı istatistiksel analizlere ihtiyaç duyulduğu için de bu yol tercih edilmiştir. II.grup deneylerde, bir bağımlı değişken için gerekli istatistiksel analizler yapılmış, o değişken için, analizler sonunda bir sonuca varılmış, ondan sonra öbür bağımlı değişkenin incelenmesine gečilmiřtir. I.grup deneylerde, her çeşit istatistik analiz maddeler halinde açıklanmıştır. II.grup deneylerde ise, bu tür açıklamalara tek tek yer verilmemiştir; çünkü incelemenin ne derecede detaylı yapıldığı artık I.grup deneylerden bilinmektedir.

II.grup deneylerdeki bastırma yükü bağımlı değişkeni için bastırma mesafesi, bastırma yöntemi, bekletme çeşidi ve dinlendirme süresine göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.35’de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görölmektedir. Bastırma yükü için bastırma mesafesine, bastırma yöntemine, bekletme çeşidine ve dinlendirme süresine göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.36’da gösterilmiştir. Bu analizde, önce dinlendirme süresi sonra bekletme çeşidi bağımsız

değişkenleri modelden uzaklaştırılmıştır. İki tane bağımsız değişken uzaklaştırılınca, kalan diğer ikisinin olayı ne derecede tanımladığının görülmesi amacı ile Tablo 4.37’de gösterilen çoklu varyans analizi yapılmıştır. Modelde kalan bağımsız değişkenlerin tek tek olayı ne derecede tanımlayabildiğinin bulunması için, önce tek değişkenli varyans analizi, buradan elde edilen bilgilerle de nonlinear regresyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.38’de, bastırma yükü için bastırma yöntemine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.39’da, bastırma yükü için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.40’da da aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir.

Tablo 4.35 : Bastırma Yükü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	2307.88	540	4.27		
SIRAMM	557754.33	4	139438.58	32625.98	.000
SIRABAS	15130.85	4	3782.71	885.08	.000
SIRABEK	313.34	1	313.34	73.31	.000
SIRASAAT	286.17	1	286.17	66.96	.000
SIRAMM-SIRABAS İntrk.	20.46	6	3.41	.80	.572
SIRAMM-SIRABEK İntrk.	500.05	4	125.01	29.25	.000
SIRAMM-SIRASAAT İntrk.	363.21	4	90.80	21.25	.000
SIRABAS-SIRABEK İntrk.	145.69	4	36.42	8.52	.000
SIRABAS-SIRASAAT İntrk.	218.62	4	54.66	12.79	.000
SIRABEK-SIRASAAT İntrk.	40.12	1	40.12	9.39	.002
SIRAMM-SIRABAS-SIRABEK İntrk.	14.47	6	2.41	.56	.759
SIRAMM-SIRABAS-SIRASAAT İntrk.	230.33	6	38.39	8.98	.000
SIRAMM-SIRABEK-SIRASAAT İntrk.	21.16	4	5.29	1.24	.294
SIRABAS-SIRABEK-SIRASAAT İntrk.	80.87	4	20.22	4.73	.001
SIRAMM-SIRABAS-SIRABEK-SIRASAAT İntrk.	11.90	6	1.98	.46	.835
Model Toplamı	575131.5	59	9747.99	2280.85	.000
Genel Toplam	577439.45	599	964.01		
$R^2 = 0.996$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.996$					

Tablo 4.36 : Bastırma Yükü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. : 1 Bağımlı değişken.. YÜK
 Blok No. 1. Metod: Hepsi beraber
 Girilen değişkenler Basamak No. : 1.. SAAT
 2.. BEKLE
 3.. BASYON
 4.. BASMM

Varyans Analizi

$R^2 = 0.84330$		SD	KT	KO
Düzeltilmiş $R^2 = 0.84225$	Regresyon	4	486957.43317	121739.35829
Standart Hata 12.33169	Hata	595	90482.02163	152.07062
	F =	800.54487	FÖ =	0.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	BEKLE	SAAT	BASYÖN
BASMM	.12855	.00000	.00000	-.50000
BEKLE	.00000	1.01380	.00000	.00000
SAAT	.00000	.00000	4.589E-04	.00000
BASYÖN	-.08356	.00000	.00000	.21724

Denklemdaki Değiş.	B	SH B	95% Güven aralığı B	T	TÖ
BASMM	18.762108	.358534	18.057962	19.466254	52.330 .0000
BEKLE	1.445303	1.006878	-.532165	3.422771	1.435 .1517
SAAT	-.029388	.021423	-.071462	.012686	-1.372 .1706
BASYÖN	-3.539931	.466094	-4.455320	-2.624541	-7.595 .0000
Sabit	-61.213266	2.453353	-66.031552	-56.394981	-24.951 .0000

Blok No. 2. Metod: Geriye doğru eliminasyon

Uzaklaştırılan değişkenler Basamak No. 5.. SAAT

			<u>Varvans Analizi</u>	
$R^2 = 0.84281$		SD	KT	KO
Düzeltilmiş $R^2 = 0.84202$	Regresyon	3	486671.26096	162223.75365
Standart Hata 12.34081	Hata	596	90768.19384	152.29563
	F =	1065.18983	FÖ =	0.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	BEKLE	BASYÖN
BASMM	.12874	.00000	-.50000
BEKLE	.00000	1.01530	.00000
BASYÖN	-.08368	.00000	.21757

Denklemdaki Değiş.	B	SH B	95% Güven aralığı B	T	TÖ
BEKLE	1.445303	1.007623	-.533620	3.424227	1.434 .1520
BASYÖN	-3.539931	.466439	-4.455994	-2.623867	-7.589 .0000
BASMM	18.762108	.358799	18.057443	19.466772	52.291 .0000
Sabit	-61.933273	2.398324	-66.643467	-57.223078	-25.824 .0000

Denklemden olmayan değişken	T	TÖ
SAAT	-1.372	.1706

Uzaklaştırılan Değişkenler Basamak No. 6.. SIRABEKL

			<u>Varvans Analizi</u>	
$R^2 = 0.84227$		SD	KT	KO
Düzeltilmiş $R^2 = 0.84174$	Regresyon	2	486357.92570	243178.96285
Standart Hata 12.35174	Hata	597	91081.52910	152.56538
	F =	1593.93285	F =	0.0000

Regresyon Katsayıları (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

BASMM	BASYÖN
-------	--------

BASMM	.12896	-.50000
BASYÖN	-.08383	.21795

Denklemdaki Değiş.	B	SH B	95% Güven aralığı B		T	TÖ
BASMM	18.762108	.359117	18.056822	19.467393	52.245	.0000
BASYÖN	-3.539931	.466852	-4.456802	-2.623059	-7.583	.0000
Sabit	-59.765318	1.863778	-63.425676	-56.104960	-32.067	.0000

Denklemden olmayan değişkenler	T	TÖ
BEKLE	1.434	.1520
SAAT	-1.371	.1710

Tablo 4.37 : Bastırma Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	4533.81	585	7.75		
SIRAMM	557754.33	4	139438.58	17991.82	.000
SIRABAST	15130.85	4	3782.71	488.09	.000
SIRAMM-SIRABAS İnterak.	20.46	6	3.41	.44	.852
Model Toplamı	572905.64	14	40921.83	5280.16	.000
Genel Toplam	577439.45	599	964.01		

$R^2 = 0.992$

Düzeltilmiş $R^2 = 0.992$

Tablo 4.38 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Yönteme Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi					
Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	70663.5668	17665.8917	20.7413	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	57480.9203	57480.9203	67.4877	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	69922.1873	69922.1873	82.0949	.0000
Lineerden sapma	3	741.3795	247.1265	.2901	.8325
Ağırlıksız 2.dereceden terim	1	239.4635	239.4635	.2812	.5961
Ağırlıklı 2.dereceden terim	1	526.5236	526.5236	.6182	.4320
2.dereceden terimden sapma	2	214.8559	107.4279	.1261	.8815
Ağırlıksız 3.dereceden terim	1	209.1949	209.1949	.2456	.6204
Ağırlıklı 3.dereceden terim	1	176.0939	176.0939	.2067	.6495
3.dereceden terimden sapma	1	38.7620	38.7620	.0455	.8311
Ağırlıksız 4.dereceden terim	1	38.7620	38.7620	.0455	.8311
Ağırlıklı 4.dereceden terim	1	38.7620	38.7620	.0455	.8311
Gruplar içi	595	506775.8880	851.7242		
Toplam	599	577439.4548			

Varyansların homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
25.1109	4	595	0.000

Ort. SIRABAST	1	2	3	4	5
29.5774	Grup 1				
36.0793	Grup 2	*			
44.7828	Grup 3	**			

55.8151 Grup 4 * * *
64.3623 Grup 5 * * *

Tablo 4.39 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

<u>Değişkenli Varyans Analizi</u>						
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ	
Gruplar arası		4	557754.3331	139438.5833	4214.6530	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	248889.3513	248889.3513	7522.8981	.0000	
Ağırlıklı Lineer Terim	1	477586.1491	477586.1491	14435.4586	.0000	
Lineer Terimden sapma	3	80168.1840	26722.7280	807.7178	.0000	
Ağırlıksız 2. derece terim	1	51577.9038	51577.9038	1558.9872	.0000	
Ağırlıklı 2. derece terim	1	74953.4364	74953.4364	2265.5331	.0000	
2. derece terimden sapma	2	5214.7477	2607.3738	78.8102	.0000	
Ağırlıksız 3. derece terim	1	4072.2775	4072.2775	123.0881	.0000	
Ağırlıklı 3. derece terim	1	4985.0301	4985.0301	150.6769	.0000	
3. derece terimden sapma	1	229.7176	229.7176	6.9434	.0086	
Ağırlıksız 4. derece terim	1	229.7172	229.7172	6.9434	.0086	
Ağırlıklı 4. derece terim	1	229.7176	229.7176	6.9434	.0086	
Gruplar arası		595	19685.1217	33.0842		
Toplam		599	577439.4548			

Varyansların homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
114.7058	4	595	.000

Ort.SIRAMM

	1	2	3	4	5
2.1773	Grup 1				
5.9166	Grup 2	*			
15.3533	Grup 3	**			
34.8116	Grup 4	***			
80.6456	Grup 5	****			

Tablo 4.40 : Bastırma Yüğü-Bastırma Mesafesi İlişkisinin Nonlineer

<u>Regresyon Analizi</u>				
Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	6	1525915.52485	254319.25414	
Hata	594	19685.12168	33.13994	
Düzeltilmemiş Toplam	600	1545600.64653		
Düzeltilmiş Toplam	599	577439.45480		
$R^2 = 0.96591$				
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.	
B0	.095258941	4.92352E+12	-9.66962E+12	9.66962E+12
B1	6.310610222	5.96303E+12	-1.17112E+13	1.17112E+13
B2	-6.034978431	2.74550E+12	-5.39207E+12	5.39207E+12
B3	2.288103496	604309982978	-1.18684E+12	1.18684E+12
B4	-.347349147	63903037029	-1.25503E+11	125503374052
B5	.021340879	2607816450.0	-5121662109	5121662108.9

Bastırma yükü bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, dört bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.35'e göre düzeltilmiş $r^2 = 0.996$ olmaktadır. Bastırma mesafesi, bastırma yöntemi, bekletme çeşidi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, bastırma yükü bağımlı değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.36'ya göre,

$$\text{yük} = -61.213 + 18.762 \cdot \text{basmm} - 3.540 \cdot \text{basyön} + 1.445 \cdot \text{bekle} - 0.030 \cdot \text{saat}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.8423$ 'tür. Aynı tabloda regresyon analizi devam ederken, analiz dinlendirme süresi değişkenini ortamdaki uzaklaştırınca, üç değişken ile olayı tanımlayan denklem,

$$\text{yük} = -61.933 + 18.762 \cdot \text{basmm} - 3.540 \cdot \text{basyön} + 1.445 \cdot \text{bekle}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.8420$ 'dir. Yine aynı tabloda regresyon analizi devam ederken, analiz 'bekle' değişkenini ortamdaki uzaklaştırınca, iki değişken ile olayı tanımlayan denklem,

$$\text{yük} = -59.765 + 18.762 \cdot \text{basmm} - 3.540 \cdot \text{basyön}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.8417$ 'dir. Tablo 4.37'ye göre düzeltilmiş $r^2 = 0.992$ 'dir, çünkü interaksiyon etkisi de incelenmektedir. Dört değişkenlideki belirleme katsayısına göre biraz düşüktür. Tablo 4.38'e göre, 4. veya 5. bastırma yönteminden biri ile çalışılabileceği görülür, fakat hangisinin seçileceği kararı daha sonra kesinleşecektir. Bastırma yöntemi bağımsız değişkenine göre regresyon analizi yapılmamıştır, çünkü bunun bir anlamı yoktur. Bastırma yöntemleri çeşitleri için yapılan tek değişkenli varyans analizi bize yeterli bilgi vermektedir. Tablo 4.39'a göre, 'sıramm' çeşitlerinden her biri ayrı ayrı grup oluşturmaktadır. Aynı tablodan, 'yük'- 'basmm' ilişkisinin 5.dereceden olduğu görülmektedir. Tablo 4.40'da nonlinear regresyon analizi ile elde edilen denklem,

$$\text{yük} = 0.095 + 6.311 \cdot \text{basmm} - 6.035 \cdot \text{basmm}^2 + 2.288 \cdot \text{basmm}^3 - 0.347 \cdot \text{basmm}^4 + 0.021 \cdot \text{basmm}^5$$

ve $r^2 = 0.9659$ 'dur. Bastırma mesafesinin, bastırma yöntemine göre, olayı tanımlamada ne kadar etkili olduğu, belirleme katsayısının yüksek çıkmasından anlaşılmaktadır.

Kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için bastırma mesafesine, bastırma yöntemine, bekletme çeşidine ve dinlendirme süresine göre

yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.41'de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine, bastırma yöntemine, bekletme çeşidine ve dinlendirme süresine göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.42'de gösterilmiştir. Hiçbir bağımsız değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.43'de, kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.44'de da aynı ilişkinin nonlineer regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.45'de kalıcı deformasyon için bastırma yöntemine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.46'da, kalıcı deformasyon için bekletme çeşidine göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Bu tabloda, varyansların eşitliği için Levene Testi iki kuyrukta önemsiz çıktığı için, bekletme çeşidi için Tablo 4.47'de görülen t-testi ve Tablo 4.48'de görülen korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.49'da kalıcı deformasyon için dinlendirme süresine göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Bu tabloda da, varyansların homojenliği için Levene Testi iki kuyrukta önemsiz çıktığı için, Tablo 4.50'deki t-testi ve Tablo 4.51'deki korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.49'dan bu ilişki için regresyon analizine gerek olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.41 : Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	20.63	540	.04		
SIRAMM	145.08	4	36.27	949.47	.000
SIRABAS	2.37	4	.59	15.51	.000
SIRASAAT	.44	1	.44	11.46	.001
SIRABEK	1.80	1	1.80	47.01	.000
SIRAMM-SIRABAS İntrk.	2.28	6	.38	9.94	.000
SIRAMM-SIRASAAT İntrk.	1.17	4	.29	7.66	.000
SIRAMM-SIRABEK İntrk.	.30	4	.07	1.95	.100
SIRABAS-SIRASAAT İntrk.	1.48	4	.37	9.69	.000
SIRABAS-SIRABEK İntrk.	.33	4	.08	2.13	.076
SIRASAAT-SIRABEK İntrk.	.10	1	.10	2.54	.111
SIRAMM-SIRABAS-SIRASAAT İntrk.	2.14	6	.36	9.35	.000
SIRAMM-SIRABAS-SIRABEK İntrk.	1.59	6	.27	6.95	.000
SIRAMM-SIRASAAT-SIRABEK İntrk.	1.33	4	.33	8.72	.000
SIRABAS-SIRASAAT-SIRABEK İntrk.	.28	4	.07	1.82	.124
SIRAMM-SIRABAS-SIRASAAT-SIRABEK İntrk.	1.92	6	.32	8.36	.000
Model Toplamı	162.59	59	2.76	72.14	.000
Genel Toplam	183.22	599	.31		
$R^2 = 0.887$					

Düzeltilmiş $R^2 = 0.875$

**Tablo 4.42 : Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon
Metoduna Göre Regresyon Analizi**

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. DEFOR

Blok No. 1. Metod: Hepsi beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. BASMM

2.. BEKLE

3.. SAAT

4.. BASYÖN

$R^2 = 0.72961$

Düzeltilmiş $R^2 = 0.72779$

Standart Hata .28855

Regresyon

Hata

Varyans Analizi

SD KT KO

4 133.67983 33.41996

595 49.54188 .08326

F = 401.37506 FÖ = 0.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	BEKLE	SAAT	BASYÖN
BASMM	7.038E-05	.00000	.00000	-.50000
BEKLE	.00000	5.551E-04	.00000	.00000
SAAT	.00000	.00000	2.513E-07	.00000
BASYÖN	-4.575E-05	.00000	.00000	1.189E-04

Kaynak	B	S H B	95% Güven aralığı B		T	TÖ
BASMM	.274500	.008389	.258023	.290977	32.720	.0000
BEKLE	.109420	.023560	.063148	.155692	4.644	.0000
SAAT	-.001150	5.0128E-04	-.002134	-1.65143E-04	-2.293	.0222
BASYÖN	.034480	.010906	.013060	.055900	3.161	.0016
Sabit	-1.072064	.057407	-1.184809	-.959319	-18.675	.0000

Tablo 4.43 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	145.0762	36.2690	565.7301	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	69.9582	69.9582	1091.2185	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	130.6138	130.6138	2037.3336	.0000
Lineer terimden sapma	3	14.4624	4.8208	75.1956	.0000
Ağırlıksız 2.derece terim	1	12.3723	12.3723	192.9851	.0000
Ağırlıklı 2.derece terim	1	14.3943	14.3943	224.5242	.0000
2.derece terimden sapma	2	.0681	.0341	.5312	.5882
Ağırlıksız 3.derece terim	1	.0040	.0040	.0628	.8022
Ağırlıklı 3.derece terim	1	.0001	.0001	.0010	.9753
3.derece terimden sapma	1	.0681	.0681	1.0615	.3033
Ağırlıksız 4.derece terim	1	.0681	.0681	1.0615	.3033
Ağırlıklı 4.derece terim	1	.0681	.0681	1.0615	.3033
Gruplar arası	595	38.1455	.0641		
Toplam	599	183.2217			

Varyansların homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
15.1173	4	595	.000

Ort. SİRMM

2 1 3 4 5

.0879	Grup 2
.1100	Grup 1
.3289	Grup 3 **
.7192	Grup 4 ***
1.3521	Grup 5 ****

Tablo 4.44 : Kalıcı Deformasyon-Bastırma Mesafesine İlişkinin

Nonlinear Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	3	462.39014	154.13005
Hata	597	38.21366	.06401
Düzeltilmemiş Toplam	600	500.60380	
Düzeltilmiş Toplam	599	183.22171	

 $R^2 = 0.79143$

Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	.606623295	.109476856	.391616710 .821629881
B1	-.360118131	.043670870	-.445885342 -.274350921
B2	.061236264	.004083530	.053216433 .069256095

Tablo 4.45 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	47.7619	11.9405	52.4479	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	46.4207	46.4207	203.9003	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	42.3066	42.3066	185.8297	.0000
Lineer Terimden sapma	3	5.4553	1.8184	7.9873	.0000
Ağırlıksız 2.derece terim	1	5.2883	5.2883	23.2284	.0000
Ağırlıklı 2.derece terim	1	5.0309	5.0309	22.0981	.0000
2.derece terimden sapma	2	.4243	.2122	.9320	.3944
Ağırlıksız 3.derece terim	1	.3614	.3614	1.5875	.2082
Ağırlıklı 3.derece terim	1	.4183	.4183	1.8373	.1758
3.derece terimden sapma	1	.0061	.0061	.0266	.8706
Ağırlıksız 4.derece terim	1	.0061	.0061	.0266	.8706
Ağırlıklı 4.derece terim	1	.0061	.0061	.0266	.8706
Gruplar içi	595	135.4598	.2277		
Toplam	599	183.2217			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
5.6868	4	595	.000

Ort. SİRABAST

1 2 3 4 5

.5048	Grup 1
-------	--------

.6171	Grup 2	*
.7549	Grup 3	**
1.0467	Grup 4	***
1.5590	Grup 5	****

Tablo 4.46 : Kalıcı Deformasyon İçin Bekletme Çeşidine Göre Tek

<u>Değişkenli Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	1.7959	1.7959	5.9195	.0153
Lineer Terim	1	1.7959	1.7959	5.9195	.0153
Grup içi	598	181.4258	.3034		
Toplam	599	183.2217			
<u>Varyansların Homojenliği için Levene Testi</u>					
İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik		
.5798	1	598	.447		

Tablo 4.47 : Bekletme Çeşidi İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan. Sap.	Ort.Stan.Hatası
'defor' açısından				
SIRABEK 1	300	.6726	.535	.031
SIRABEK 2	300	.7820	.566	.033
Ortalamalar Farkı = -0.1094				
Varyansların Eşitliği için Levene Testi: F = 0.580 P = 0.447				
Ortalamaların Eşitliği için t-testi				
Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyl.Önem.	Fark için %95 Güv. Ar.
Eşit	-2.43	598	.015	.045 (-.198, -.021)
Eşit değil	-2.43	596.09	.015	.045 (-.198, -.021)

Tablo 4.48 : Bekletme Çeşitleri İçin Korelasyon Analizi

	SIRABEK1	SIRABEK2
SIRABEK1	1.0000 (300) P= .	.8099 (300) P= .000
SIRABEK2	.8099 (300) P= .000	1.0000 (300) P= .

Tablo 4.49 : Kalıcı Deformasyon İçin Dinlendirme Süresine Göre Tek

<u>Değişkenli Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	.4379	.4379	1.4328	.2318
Lineer Terim	1	.4379	.4379	1.4328	.2318
Grup içi	598	182.7838	.3057		
Toplam	599	183.2217			
<u>Varyansların Homojenliği için Levene Testi</u>					

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
2.3136	1	598	.129

Tablo 4.50 : Dinlendirme Süresi Çeşitleri İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası	
'defor' çeşitleri için :					
SIRASAAT 1	300	.7543	.568	.033	
SIRASAAT 2	300	.7003	.537	.031	
Ortalamalar Farkı = 0.0540					
Varyansların Eşitliği için Levene Testi: F= 2.314 P= 0.129					
Ortalamaların Eşitliği için t-testi					
				Fark için	
Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyr.Önem.	Farkın SH	%95 Güv.Ar.
Eşit	1.20	598	.232	.045	(-.035, .143)
Eşit değil	1.20	596.14	.232	.045	(-.035, .143)

Tablo 4.51 : Dinlendirme Süresi Çeşitleri İçin Korelasyon Analizi

	SIRASAAT1	SIRASAAT2
SIRASAAT1	1.0000 (300) P= .	.8086 (300) P= .000
SIRASAAT2	.8086 (300) P= .000	1.0000 (300) P= .

Kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, dört bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.41'e göre düzeltilmiş $r^2 = 0.875$ olmaktadır. Bastırma mesafesi, bastırma yöntemi, bekletme çeşidi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, kalıcı deformasyon bağımlı değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.42'ye göre,

$$\text{defor} = -1.072 + 0.274 \cdot \text{basmm} + 0.109 \cdot \text{bekle} - 0.001 \cdot \text{saat} + 0.034 \cdot \text{basyön}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.7278$ 'dir. Hiçbir değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.43'e göre, 2.3 mm. ve 3.6 mm. bastırma mesafeleri benzerdir, herhangi biri ile deneylere devam edilebilir, fakat bu karar daha sonra kesinleşecektir. Aynı tablodan, 'defor'-'basmm' ilişkisinin 2.dereceden olduğu görülmektedir. Tablo 4.44'de nonlineer regresyon analizi ile elde edilen denklem,

$$\text{defor} = 0.607 - 0.360 \cdot \text{basmm} + 0.061 \cdot \text{basmm}^2$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.7913$ 'tür. Tablo 4.45'e göre, bastırma yöntemi çeşitlerinden her biri ayrı ayrı grup oluşturmaktadır. Bastırma yöntemi bağımsız değişkenine göre regresyon analizi yapılmamıştır, çünkü yük bağımlı değişkeninde olduğu gibi bunun bir anlamı yoktur. Bastırma yöntemleri çeşitleri için yapılan tek değişkenli varyans analizi bize yeterli bilgi vermektedir. Tablo 4.46'ya göre, bekletme çeşitleri Levene Testi'nde önemsizlik vermiştir, bu durum 'hemen' ve '3 dk. bekletmeli' çeşitlerinin birbirlerinden farklı olduklarını vurgular, fakat bu çalışma açısından bakılınca her ikisi de kumaşta kalıcı deformasyon oluşturdıkları için, ortalamalarının eşit olup olmadığının tartışılması gerektiği düşünülerek Tablo 4.47'deki t-testi yapılmıştır. t-testinin sonucu iki kuyrukta önemli çıkmıştır ki bu da ortalamalarının farklı olduğunu gösterir. Bunun üzerine, Tablo 4.48'deki korelasyon analizinde, iki çeşidin birbirini 0.8099 ile temsil edebildiği, yani birbiri yerine kullanılabileceği görülmüştür. Tablo 4.49'a göre, dinlendirme süresi çeşitleri istatistiksel önem taşımamaktadır, bu durum regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı şeklinde yorumlanmıştır, çünkü Tablo 4.42'ye göre de modelden uzaklaştırılamamıştır. Bu farklı sonuçların sebebi, şu anda tek tek ve küçük bastırma mesafeleri arasındaki farkı incelememizden kaynaklanmaktadır, yani her küçük bastırma mesafesi arasında oluşan kalıcı deformasyon 1 veya 48 saat sonra ölçülse de bir fark yaratmamaktadır; çünkü I.grup deneylerde açıklandığı gibi, kalıcı deformasyon küçük artışlar gösterdiği için histeris eğrisinin uç noktasına çabuk ulaşıldığı yorumunu yapabiliriz. Bu durumda, ortalamalarının eşit olup olmadığının görmek için Tablo 4.50'deki t-testi yapılmıştır. t-testinin sonucu iki kuyrukta önemsiz çıkmıştır ki bu da ortalamalarının farksız olduğunu gösterir. Daha iyi tanımlayabilmek için, Tablo 4.51'deki korelasyon analizi sonucunda, iki çeşidin birbirini 0.8086 ile temsil edebildiğini, yani birbiri yerine kullanılabileceği görülmüştür.

Toplam deformasyonun incelenmesinde, tekrarlılık, zaman ve dinlendirme süresi değişkenleri bütün seçenekleri ile uygulandığı halde, bastırma mesafesi seçenekleri bu incelemede yer almayacaktır. Hedef, toplam deformasyon olduğu için aradaki küçük mesafelerin incelenmesi burada söz konusu değildir. İncelemeler üç bağımsız değişken üzerinden yapılacaktır.

Toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için bastırma yöntemine, bekletme çeşidine ve dinlendirme süresine göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.52'de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve

interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Toplam kalıcı deformasyon için bastırma yöntemine, bekletme çeşidine ve dinlendirme süresine göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.53'de gösterilmiştir. Hiçbir bağımsız değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.54'de, toplam kalıcı deformasyon için bastırma yöntemine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.55'de, toplam kalıcı deformasyon için bekletme çeşidine göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Bu tabloda, varyansların eşitliği için Levene Testi iki kuyrukta önemsiz çıktığı için, bekletme çeşidi için Tablo 4.56'da görülen t-testi ve Tablo 4.57'de görülen korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.58'de, toplam kalıcı deformasyon için dinlendirme süresine göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Bu tabloda, varyansların eşitliği için Levene Testi iki kuyrukta önemsiz çıktığı için, dinlendirme süresi için Tablo 4.59'da görülen t-testi ve Tablo 4.60'da görülen korelasyon analizi yapılmıştır.

Tablo 4.52 : Toplam Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi

Kaynak	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	8.34	180	.05		
SIRABAS	24.49	4	6.12	132.22	.000
SIRABEK	5.19	1	5.19	112.15	.000
SIRASAAT	1.26	1	1.26	27.20	.000
SIRABAST-SIRABEK İtrak.	.84	4	.21	4.53	.002
SIRABAS-SIRASAAT İtrak.	2.05	4	.51	11.09	.000
SIRABEK-SIRASAAT İtrak.	.27	1	.27	5.75	.018
SIRABAS-SIRABEK-SIRASAAT İnt.	.62	4	.15	3.34	.011
Model Toplamı	34.73	19	1.83	39.46	.000
Genel Toplam	43.06	199	.22		
$R^2 = 0.806$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.786$					

**Tablo 4.53 : Toplam Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon
Metoduna Göre Regresyon Analizi**

Denklemler No. 1 Bağımlı değişken.. TDEF

Blok No. 1. Metod: Hepsini beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. SAAT
2.. BEKLE
3.. BASYÖN

$R^2 = 0.65647$

Düzeltilmiş $R^2 = 0.65121$

Standart Hata .27473

		Varyans Analizi		
		SD	KT	KO
Regresyon		3	28.26844	9.42281
Hata		196	14.79289	.07547
F =	124.84856		FÖ =	.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	SAAT	BEKLE	BASYÖN
SAAT	6.833E-07	.00000	.00000
BEKLE	.00000	.00151	.00000
BASYÖN	.00000	.00000	1.887E-04

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv. Ara. B	T	TÖ
BASYÖN	-.233533	.013736	-.260622	-.206443	-17.001 .0000
BEKLE	.322300	.038852	.245678	.398922	8.296 .0000
SAAT	-.003377	8.2664E-04	-.005007	-.001747	-4.085 .0001
Sabit	2.484775	.076694	2.333522	2.636027	32.398 .0000

Tablo 4.54 : Toplam Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre Tek

<u>Değişkenli Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	24.4925	6.1231	64.3020	.0000
Lineer Terim	1	21.8150	21.8150	229.0896	.0000
Lineer Terimden Sapma	3	2.6776	.8925	9.3728	.0000
2.dereceden terim	1	2.2852	2.2852	23.9979	.0000
2.derece terimden sapma	2	.3924	.1962	2.0602	.1302
3.dereceden terim	1	.2141	.2141	2.2483	.1354
3.derece terimden sapma	1	.1783	.1783	1.8721	.1728
4.dereceden terim	1	.1783	.1783	1.8721	.1728
Gruplar içi	195	18.5688	.0952		
Toplam	199	43.0613			
<u>Ort. SIRABAST</u>		5 4 3 2 1			
1.5590	Grup 5				
2.0934	Grup 4	*			
2.2648	Grup 3	**			
2.4680	Grup 2	***			
2.5394	Grup 1	***			

Homojen AltgruplarAltgrup 1 : Grup 5 Ortalama 1.5590Altgrup 2 : Grup 4 Ortalama 2.0934Altgrup 3 : Grup 3 Ortalama 2.2648Altgrup 4 : Grup 2 Ort. 2.4680 ve Grup 1 Ort. 2.5394**Tablo 4.55 : Toplam Deformasyon İçin Bekletme Yöntemine Göre Tek**

<u>Değişkenli Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Grular arası	1	5.1939	5.1939	27.1575	.0000
Lineer Terim	1	5.1939	5.1939	27.1575	.0000
Grup içi	198	37.8675	.1912		
Toplam	199	43.0613			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik sd1 sd2 2-kuyrukta önemlilik

.0716 1 198 .789

Tablo 4.56 : Bekletme Yöntemi İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'tdef' çeşitleri için :				
SIRABEK 1	100	2.0237	.429	.043
SIRABEK 2	100	2.3460	.445	.045

Ort. Fark = -0.3223

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 0.072 P= 0.789

Ortalamaların eşitliği için t-testi

Değişkenler	t-değeri	sd	2-kuyr. önem.	Ort. Stan. Hatası	Fark için %95 Güv. Ara.
Eşit	-5.21	198	.000	.062	(-.444, -.200)
Eşit değil	-5.21	197.73	.000	.062	(-.444, -.200)

Tablo 4.57 : Bekletme Yöntemi İçin Korelasyon Analizi

	SIRABEK1	SIRABEK2
SIRABEK1	1.0000 (100) P= .	.7070 (100) P= .000
SIRABEK2	.7070 (100) P= .000	1.0000 (100) P= .

Tablo 4.58 : Toplam Deformasyon İçin Dinlendirme Süresine Göre Tek

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	1.2596	1.2596	5.9663	.0155
Lineer Terim	1	1.2596	1.2596	5.9663	.0155
Grup içi	198	41.8017	.2111		
Toplam	199	43.0613			

Varyansların homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
.6837	1	198	.409

Tablo 4.59 : Dinlendirme Süresi İçin t-testi

Değişken	Veri sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'tdef' için :				
SIRASAAT 1	100	2.2642	.440	.044
SIRASAAT 2	100	2.1055	.478	.048

Ort. Fark = 0.1587

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 0.684 P= 0.409

Ortalamaların eşitliği için t-testi

Değişkenler	t-değeri	sd	2-kuyr. önem.	Fark. Stan. Hatası	Fark için %95 Güv. Ara.
Eşit	2.44	198	.015	.065	(.031, .287)
Eşit değil	2.44	196.61	.015	.065	(.031, .287)

Tablo 4.60 : Dinlendirme Süreleri İçin Korelasyon Katsayıları

	SIRASAAT1	SIRASAAT2
SIRASAAT1	1.0000 (100) P= .	.7052 (100) P= .000
SIRASAAT2	.7052 (100) P= .000	1.0000 (100) P= .

Toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, üç bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.52'ye göre düzeltilmiş $r^2 = 0.786$ olmaktadır. Bastırma yöntemi, bekletme çeşidi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, toplam kalıcı deformasyon bağımsız değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.53'e göre,

$$t_{def} = 2.485 - 0.003 * \text{saat} - 0.322 * \text{bekle} - 0.234 * \text{basyön}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.6512$ 'dir. Hiçbir değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.54'e göre, dört homojen altgrup oluşmuş ve 1. ve 2. bastırma yöntemleri en yüksek değer ile aynı gruba girmişlerdir. Bastırma yöntemi bağımsız değişkenine göre regresyon analizi, yük ve deformasyon bağımlı değişkenlerindeki sebepten dolayı yapılmamıştır. Bastırma yöntemleri çeşitleri için yapılan tek değişkenli varyans analizi bize yeterli bilgi vermektedir. Tablo 4.55'e göre, bekletme çeşidi Levene Testi'nde önemsizlik vermiştir, kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninde olduğu gibi, Tablo 4.56'daki t-testi ve Tablo 4.57'deki korelasyon analizi yapılmış ve iki çeşidin birbirini 0.707 ile temsil edebildiği, yani birbiri yerine kullanılabileceği görülmüştür. Bekletme çeşidi bağımsız değişkenine göre regresyon analizi yapılmamıştır, çünkü bunun bir anlamı yoktur. Tablo 4.58'e göre, dinlendirme süresi Levene Testi'nde önemsizlik vermiştir, bekletme çeşidinde olduğu gibi, Tablo 4.59'daki t-testi ve Tablo 4.66'daki korelasyon analizi yapılmış ve iki çeşidin birbirini 0.7052 ile temsil edebildiği, yani birbiri yerine kullanılabileceği görülmüştür.

İncelenen bağımlı değişkenler II.grup deneyler kapsamında bulunan hepsi için ele alınmıştır. Farklı bir bakış açısı olarak, şimdi incelenmek istenilen ise, bastırma yöntemi ile gösterilen tekrarlılık yöntemleri arasındaki tek tek bastırma mesafelerinin birbirleri arasındaki farklardır. Örneğin, bastırma yöntemi çeşitlerinden 1.'si, 2.3 mm.'den

başlayıp her ara bastırma mesafesi için tekrar edilerek 7.5 mm.'ye kadar olan yöntemi göstermektedir. 2.'si ise, 3.6 mm.'den başlayarak bunların tekrarıdır. Şimdi incelenecek olan, 1. yöntemdeki 3.6 mm.'de elde edilen kalıcı deformasyon ile, 2. yöntemde ilk bastırılıştaki elde edilen kalıcı deformasyonun ne kadar farklı olduklarının araştırılmasıdır. Her bastırma mesafesi için tekrar edilmiştir.

Kalıcı deformasyon için bastırma yöntemine göre 3.6 mm. açısından yapılan tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.61'de ve t-testi Tablo 4.62'de, 4.9 mm. açısından yapılan tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.63'de, 6.2 mm. açısından yapılan tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.64'de, 7.5 mm. açısından yapılan tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.65'de gösterilmiştir.

Tablo 4.61 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 3.6 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	.3414	.3414	12.5443	.0007
Lineer Terim	1	.3414	.3414	12.5443	.0007
Grup içi	78	2.1227	.0272		
Toplam	79	2.4641			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
1.6058	1	78	.209

Tablo 4.62 : Bastırma Mesafesi 3.6 mm. İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Orta. Stan. Hatası
----------	-------------	----------	-----------	--------------------

'deform1' için :

SIRABAS 1	40	.0226	.186	.029
-----------	----	-------	------	------

SIRABAS 2	40	.1532	.140	.022
-----------	----	-------	------	------

Ort. Fark = -0.1306

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 1.606 P= 0.209

Ortalamaların eşitliği için t-testi

Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyr. önem.	Farkın Stan. Hatası	Fark için %95 Güv. Ara.
Eşit	-3.54	78	.001	.037	(-.204, -.057)
Eşit değil	-3.54	72.50	.001	.037	(-.204, -.057)

Tablo 4.63 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 4.9 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	2	.1451	.0726	2.1134	.1254
Lineer Terim	1	.0012	.0012	.0357	.8505
Lineer Terimden sapma	1	.1439	.1439	4.1912	.0429

2.derece terim	1	.1439	.1439	4.1912	.0429
Grup içi	117	4.0174	.0343		
Toplam	119	4.1625			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
.8897	2	117	.414

Homojen altgruplar

<u>Altgrup 1</u> :	<u>Grp 2</u>	<u>Grp 3</u>	<u>Grp 1</u>
	.2799	.3495	.3573

Tablo 4.64 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 6.2 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	1.1067	.3689	4.7084	.0036
Lineer Terim	1	.7033	.7033	8.9762	.0032
Lineer Terimden Sapma	2	.4034	.2017	2.5745	.0794
2.derece terim	1	.2953	.2953	3.7692	.0540
2.dereceden sapma	1	.1081	.1081	1.3798	.2419
3.derece terim	1	.1081	.1081	1.3798	.2419
Grup içi	156	12.2229	.0784		
Toplam	159	13.3296			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
3.1654	3	156	.026

<u>Ort. SIRABAST</u>	3 4 2 1
.6117	Grup 3
.6848	Grup 4
.7408	Grup 2 *
.8395	Grup 1 **

Homojen Altgruplar

<u>Altgrup 1</u> :	<u>Grup 3</u>	<u>Grup 4</u>
	.6117	.6848
<u>Altgrup 2</u> :	<u>Grup 4</u>	<u>Grup 2</u>
	.6848	.7408
<u>Altgrup 3</u> :	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 1</u>
	.7408	.8395

Tablo 4.65 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Yöntemine Göre 7.5 mm. Açısından Yapılan Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	3.0555	.7639	10.5063	.0000
Lineer Terim	1	2.8386	2.8386	39.0407	.0000
Lineer Terimden Sapma	3	.2170	.0723	.9948	.3964
2.derece terim	1	.1116	.1116	1.5344	.2169
2.derece terimden sapma	2	.1054	.0527	.7251	.4856

3.derece terim	1	.0735	.0735	1.0112	.3159
3.dereceden sapma	1	.0319	.0319	.4389	.5084
4.derece terim	1	.0319	.0319	.4389	.5084
Grup içi	195	14.1780	.0727		
Toplam	199	17.2335			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik	
	1.7119	4	195	.149	
<u>Ort. SIRABAST</u>	1	2	3	4	5

1.1949	Grup 1				
1.2943	Grup 2				
1.3036	Grup 3				
1.4086	Grup 4	*			
1.5590	Grup 5	* * * *			

Homojen Altgruplar

<u>Altgrup 1</u> :	<u>Grup 1</u>	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 3</u>
	1.1949	1.2943	1.3036
<u>Altgrup 2</u> :	<u>Grup 2</u>	<u>Grup 3</u>	<u>Grup 4</u>
	1.2943	1.3036	1.4086
<u>Altgrup 3</u> :	<u>Grup 5</u>		
	1.5590		

Değişik bastırma yöntemlerindeki aynı bastırma mesafeleri arasındaki farklar incelendiğinde, Tablo 4.61’de varyansların homojenliği Levene Testi’nde önemsiz çıkınca Tablo 4.62’deki t-testi yapılmış ve iki kuyrukta önemli çıkınca, iki yöntemin aynı bastırma mesafesinin farklı kalıcı deformasyonlar verdiği sonucuna varılmıştır. Tablo 4.63’de, üç farklı bastırma yönteminin aynı bastırma mesafesinde aynı kalıcı deformasyonları verdiği görülmektedir. Bu durum, 4.9 mm.’nin kalıcı deformasyonun oluşumunda, elastik bölgeden plastik bölgeye geçişte kritik bir noktayı temsil ediyor olabileceği ve viskoelastik davranışın başladığını göstermekte olduğu şeklinde açıklanabilir. Tablo 4.64’de ise, üç farklı altgrup oluşmuştur ve olay kararsız bir davranış sergilemektedir. Tablo 4.65’de de, varyansların homojenliği önemsiz çıkmıştır ve programın yaptığı t-testleri sonucunda 5. bastırma yöntemini tek ve en yüksek kalıcı deformasyonu veren yöntem olarak ayırmıştır.

Bağımlı değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkilerini belirlemek amacı ile ‘yük’-‘defor’ ve ‘yük’-‘tdef’ arasında tek değişkenli varyans analizleri yapılmış, buradan elde edilen bilgiler doğrultusunda regresyon denklemleri yazılmış ve regresyon eğrileri çizdirilmiştir.

‘yük’-‘defor’ arasındaki tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.66’da gösterilmiştir. Tablo 4.67’de bu ilişkinin nonlinear regresyon analizi gösterilmiştir.

Tablo 4.66 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Tek

Kaynak	Değişkenli Varyans Analizi				
	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	2	384308.3272	192154.1636	593.9800	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	5335.8530	5335.8530	16.4940	.0001
Ağırlıklı Lineer Terim	1	372719.5153	372719.5153	1152.1372	.0000
Lineerden Sapma	1	11588.8119	11588.8119	35.8229	.0000
Ağırlıksız 2.derece Terim	1	11588.8141	11588.8141	35.8229	.0000
Ağırlıklı 2.derece Terim	1	11588.8119	11588.8119	35.8229	.0000
Grup içi	597	193131.1276	323.5027		
Toplam	599	577439.4548			

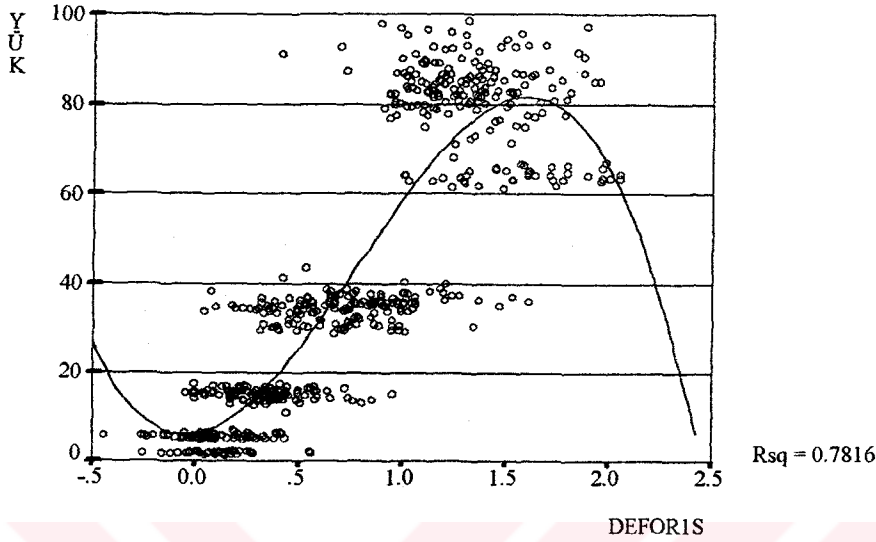
Tablo 4.67 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Nonlinear

Kaynak	Regresyon Analizi		
	SD	KT	KO
Regresyon	4	1419461.97609	354865.49402
Hata	596	126138.67043	211.64206
Düzeltilmemiş Toplam	600	1545600.64653	
Düzeltilmiş Toplam	599	577439.45480	
$R^2 = 0.78156$			
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	6.401459386	1.274904529	3.897607750 8.905311023
B1	7.439518618	6.088552266	-4.518107386 19.397144622
B2	78.932532285	8.254243262	62.721592548 95.143472023
B3	-33.83879629	3.083773873	-39.89518096 -27.78241161

‘yük’-‘defor’ ilişkisinin 3. dereceden olduğu Tablo 4.66’dan görülmektedir. Bu inceleme sonucunda Tablo 4.67’ye göre elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{yük} = 6.401 + 7.440 \cdot \text{defor} + 78.933 \cdot \text{defor}^2 - 33.839 \cdot \text{defor}^3$$

ve $r^2 = 0.78156$ ’dır. Regresyon eğrisinin çizimi Şekil 4.31’de görülmektedir. Aynı denklem, ‘defor’ bağımlı, ‘yük’ bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, bu dönüşüm cebirsel olarak yapılabilir.



Şekil 4.31 : Bastırma yükü ile kalıcı deformasyon arasındaki ilişkinin nonlinear regresyon eğrisi

‘yük’- ‘tdef’ arasındaki tek yönlü varyans analizi Tablo 4.68’de görülmektedir. Tablo 4.69’da bu ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir.

Tablo 4.68 : Bastırma Yükü İçin Toplam Deformasyona Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	2	47840.3185	23920.1593	84.9499	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	9816.3143	9816.3143	34.8616	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	45568.7673	45568.7673	161.8326	.0000
Lineerden Sapma	1	2271.5512	2271.5512	8.0672	.0050
Ağırlıksız 2.derece Terim	1	2271.5515	2271.5515	8.0672	.0050
Ağırlıklı 2.derece Terim	1	2271.5512	2271.5512	8.0672	.0050
Grup içi	197	55471.1879	281.5796		
Toplam	199	103311.5064			

Tablo 4.69 : Bastırma Yükü İçin Toplam Deformasyona Göre

Nonlinear Regresyon Analizi			
Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	4	173170.31476	43292.57869
Hata	196	41258.37419	210.50191
Düzeltilmemiş Toplam	200	214428.68894	

Düzeltilmiş Toplam 199 103311.50643

R2 = 0.60064

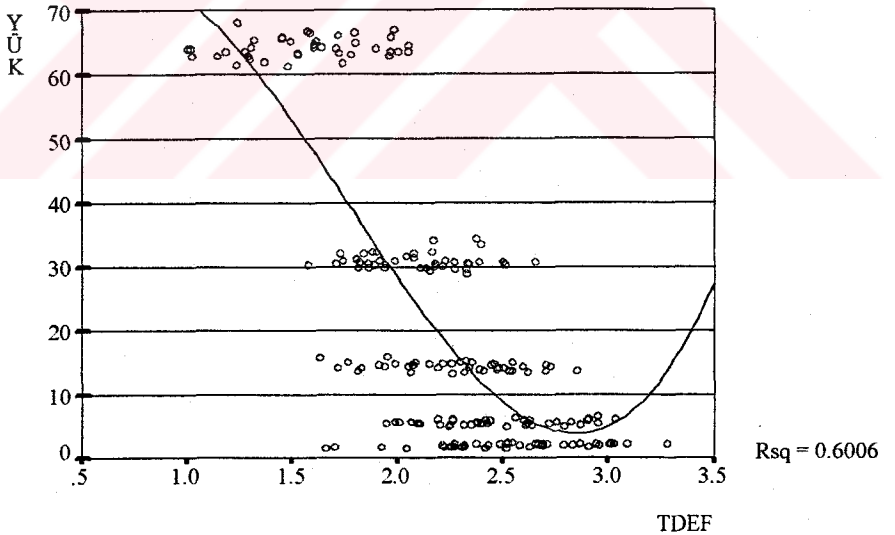
Parametre	Katsayı	S H	%95 Gv. Ara.
B0	47.773271144	53.083996212	-56.91586600 152.46240828
B1	86.262326345	80.945961844	-73.37454174 245.89919442
B2	-76.77776433	39.665816230	-155.0043556 1.448826947
B3	14.423823795	6.267763105	2.062909808 26.784737783

'yk'-'tdef' arasındaki ilişkinin 3. dereceden olduğu Tablo 4.68'den görülmektedir Bu inceleme sonunda Tablo 4.69'da elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{yük} = 47.773 + 86.262 \cdot \text{tdef} - 76.778 \cdot \text{tdef}^2 + 14.424 \cdot \text{tdef}^3$$

ve $r^2 = 0.60064$ 'dr. Regresyon eğrisinin çizimi şekil 4.32'de gösterilmiştir. Aynı denklem, 'tdef' bağımlı, 'yk' bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, bu dönüşüm cebirsel olarak yapılabilir.

Burada ilişkinin ters görünmesi, toplam kalıcı deformasyon hesaplanırken olduğu gibi yük de farklı bastırma yöntemleri üzerinden hesaplanmaktadır. Küçük bastırma mesafelerinin küçük yükleri genel yük değerinin düşürmektedir.



şekil 4.32 : Bastırma yükü ile toplam deformasyon arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi

İstatistiksel inceleme sonunda, her bağımsız değişkenin her bağımlı değişkene göre elde edilen sonuçları bir tablo halinde gösterilmiştir.

		'yük'	'defor'	'tdef'
sırabas (basyön)	Tekrarlılık	4. veya 5. yöntem	Hepsi ayrı grup	1. veya 2. yöntem
sırabek (bekle)	Zaman	Uzaklaştırıldı	Birinden biri	Birinden biri
sırasaat (saat)	Dinlendirme süresi	Uzaklaştırıldı	Birinden biri	Birinden biri
sıramm (basmm)	Bastırma mesafesi	Hepsi ayrı grup	2.3 veya 3.6 mm. hariç	----- -----

Burada, tekrarlılık bağımsız değişkeni için kesin bir karar verilememiştir, bu karar grafiklerin incelenmesinden sonra verilecektir. Zaman konusunda, 'hemen' çeşidi, dinlendirme süresinden '48 saat' çeşidi ve bastırma mesafelerinden 2.3 mm. hariç diğer hepsi ile çalışılmasına karar verilmiştir.

4.2.2.2. Grafiksel inceleme

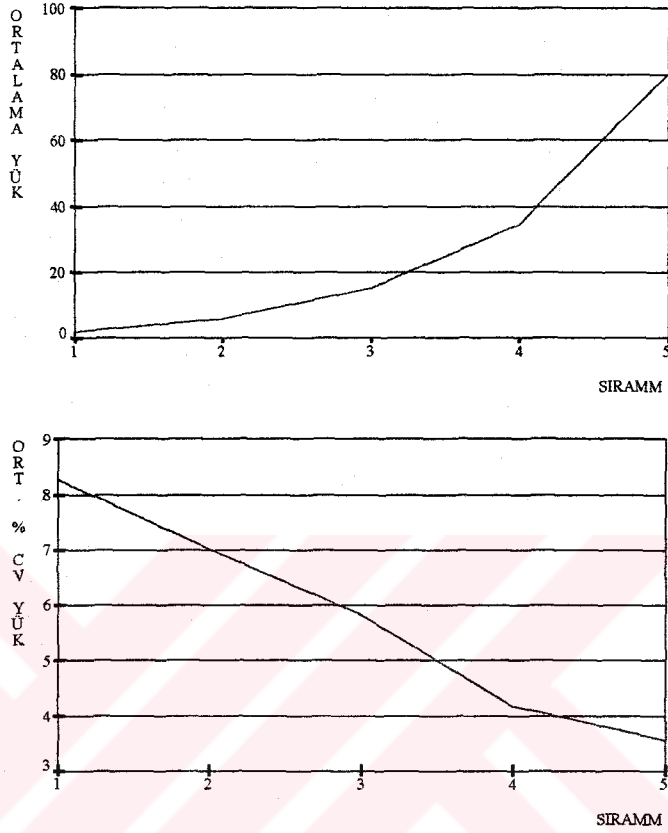
II. deney grubunda grafiksel incelemeler yapıldığında şu noktalar dikkati çekmektedir :

1) Bastırma yükü bağımlı değişkeni açısından ele alınınca :

a) Şekil 4.33'de, bastırma mesafesi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile bastırma yükü bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bastırma mesafesi arttıkça, ortalama yük değeri artmakta, fakat % CV yük ile belirtilen yükün değişim katsayısı değeri azalmaktadır. Bu durum, yüksek bastırma mesafelerinde daha hassas ve güvenilir çalışmalar yapıldığını gösterir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi Tablo 4.40'ın incelenmesi sonucu :

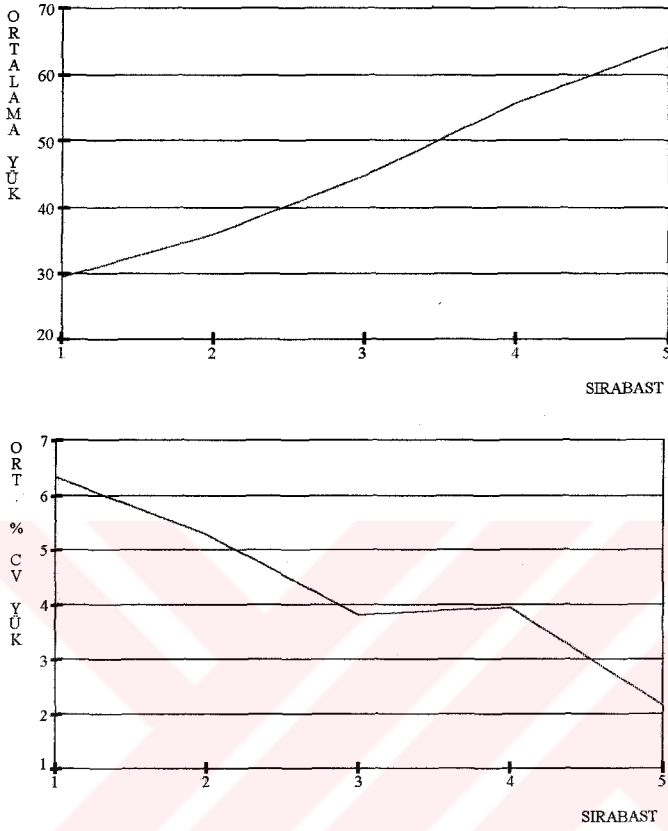
$$\text{yük} = 0.095 + 6.311 \cdot \text{basmm} - 6.035 \cdot \text{basmm}^2 + 2.288 \cdot \text{basmm}^3 - 0.347 \cdot \text{basmm}^4 + 0.021 \cdot \text{basmm}^5$$

şeklinde belirlenmiştir.



Şekil 4.33 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre diyagramı

b) Şekil 4.34'de, bastırma yöntemi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile bastırma yükü bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bastırma yöntemi arttıkça, ortalama yük değeri artmakta, fakat % CV yük ile belirtilen yükün değişim katsayısı değeri azalmaktadır. Bu durum, bir seferde istenilen mesafeye kadar bastırarak çalışmanın daha hassas ve güvenilir sonuçlar verdiğini göstermektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasının anlamsız olacağı Sayfa 158'de açıklanmıştır.



Şekil 4.34 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre diyagramı

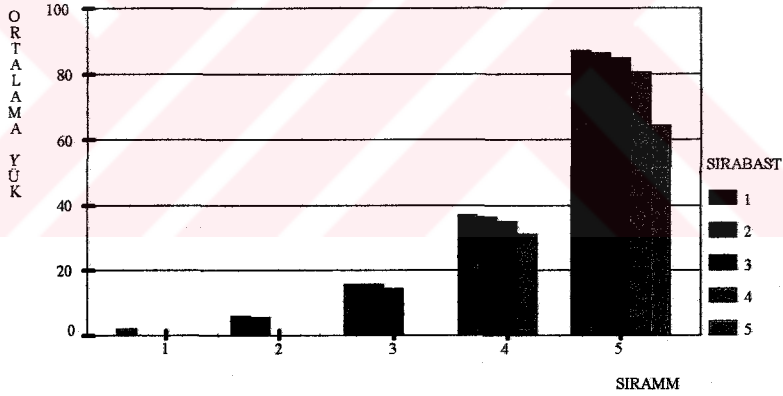
c) Bastırma yükü ile bekletme çeşidi ilişkisini grafik olarak çizmeye gerek yoktur; çünkü yük kumaştan hemen veya bekletilerek çekilse de yükün ulaşacağı en yüksek değer aynıdır. Bekletme çeşidi, yükün uygulanmasından daha sonraki bir safhayı temsil ettiği için bu açıdan önem taşımamaktadır. İstatistiksel incelemelerde de, bu safhada bekletme çeşidi, regresyon analizi tarafından çıkarılmıştır ve regresyon denklemini yazmaya değer bulmamıştır.

d) 'c' şikkında açıklanan aynı sebeplerden dolayı, bastırma yükü ile dinlendirme süresi ilişkisini grafik olarak çizmeye gerek yoktur.

Değişim katsayılarının grafikleri tekli grafiklerde çizilmiş ve genel bir bilgi edinilmiştir. Ayrıca, etkenlerin toplu ve tek tek etkilerinin

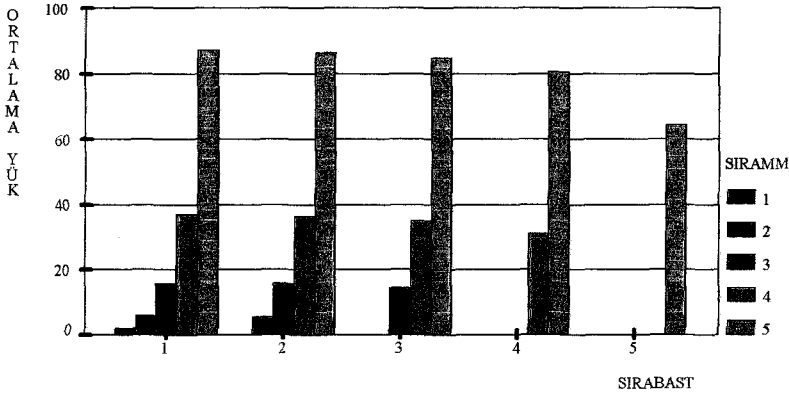
regresyon denklemleri yazılmıştır. Konunun belirginliğini bozmamak için ikili ilişkilerin incelenmesinde değişim katsayılarının grafikleri çizilmemiştir ve ikili etkenlerin denklemleri yazılmamış, sadece grafiksel inceleme ile yapılmıştır.

e) Şekil 4.35’de, bastırma mesafesi ve bastırma yöntemi bağımsız değişkenleri ile bastırma yükü bağımlı değişkeninin ikili ilişkisi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça, uygulanan yükün de arttığı görülmektedir. Bastırma yöntemleri ayrı ayrı renklerle gösterilmiştir ve her ardışık bastırma mesafesinde yeni bir renk grafiğe girmektedir. Her yeni yöntemdeki yük, bir önceki yük ile kıyaslandığında, yeni yöntemde uygulanan kuvvetin hep daha az olduğu görülmektedir. Birinci bastırmada, belli bir mesafeye kadar deforme edilen bir kumaş için daha az kuvvet harcanırken, önceden deforme edilmiş kumaşı aynı mesafeye kadar deforme etmek için daha fazla kuvvet harcanması gerekmektedir. Bu durum şöyle yorumlanabilir : Birinci deformasyondan sonra kumaş yeni bir geometriye sahip olmuştur; bu geometriyi bozup kumaşı tekrar deforme etmek için daha fazla kuvvet uygulanması gerekmektedir.



Şekil 4.35 : Bastırma yükü - bastırma mesafesi - bastırma yöntemi grafiği

f) Şekil 4.36’da, bastırma yöntemi ve bastırma mesafesi değişkenleri ile bastırma yükü bağımlı değişkeni arasındaki ikili ilişkisi görülmektedir. Şekil 4.3’e göre, yatay eksen ile çubukların yeri değişmişlerdir. Bastırma yöntemi arttıkça, bastırma yükü değerinde azalma vardır, yani tekrarlı bastırma ve doğrudan belli bir mesafeye kadar bastırma arasındaki yük farkı açıkça görülmektedir.



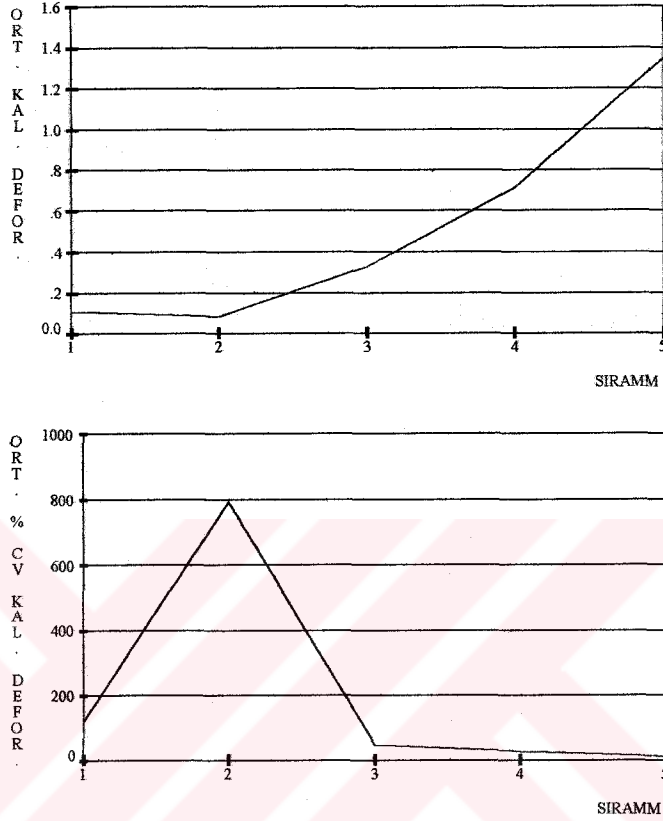
Şekil 4.36 : Bastırma yükü - bastırma yöntemi - bastırma mesafesi grafiği

2) Kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni açısından ele alınınca :

a) Şekil 4.37’de, bastırma mesafesi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bastırma mesafesi arttıkça, ortalama kalıcı deformasyon değeri artmakta, fakat % CV kalıcı deformasyon ile belirtilen kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri önce artış gösterip sonra azalmaktadır. Bu durum, yüksek bastırma mesafelerinde daha hassas ve güvenilir çalışmalar yapıldığını göstermektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.44’ün incelenmesi sonucu :

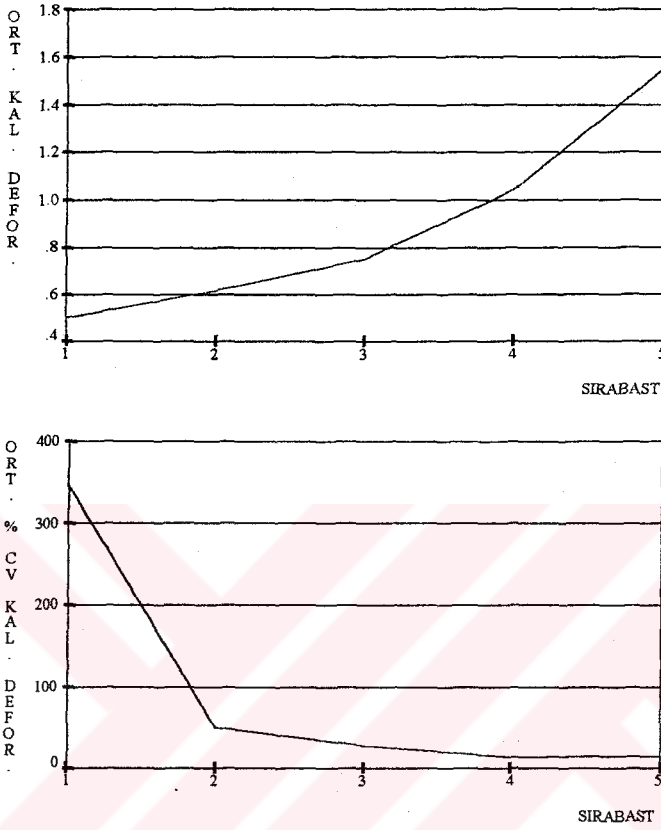
$$\text{defor} = 0.607 - 0.360 \cdot \text{basmm} + 0.061 \cdot \text{basmm}^2$$

şeklinde belirlenmiştir.



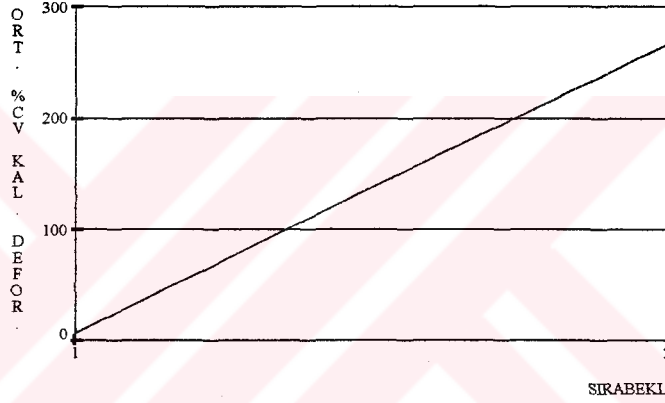
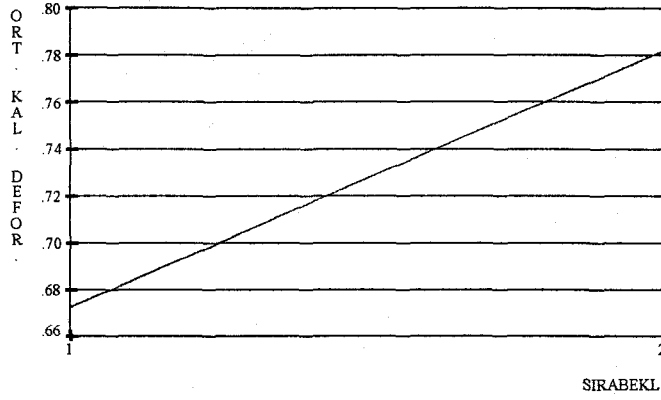
Şekil 4.37 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği

b) Şekil 4.38’de, bastırma yöntemi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bastırma yöntemi arttıkça, ortalama kalıcı deformasyon değeri artmakta, fakat % CV kalıcı deformasyon ile belirtilen kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri azalmaktadır. Bu durum, bir seferde istenilen mesafeye kadar bastırarak çalışmanın daha hassas ve güvenilir sonuçlar verdiğini gösterir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı Sayfa 164’de belirtilmişti.



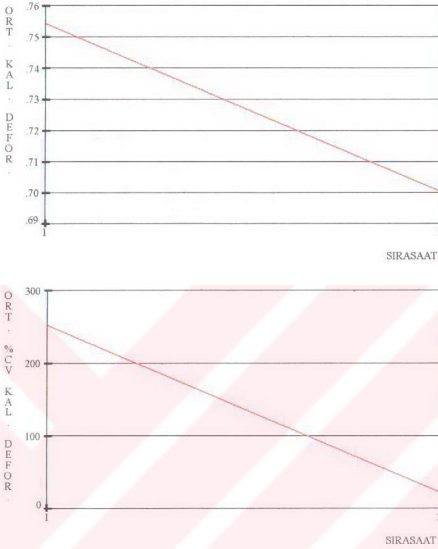
Şekil 4.38 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre grafiği

c) Şekil 4.39’da, bekletme çeşidi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bekletme çeşidi arttıkça, ortalama kalıcı deformasyon değeri ve % CV kalıcı deformasyon ile belirtilen kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri artmaktadır. Bu durum, yük belli bir süre kumaşa uygulandığı zaman, kumaşın yükü absorbe edişinin de farklılık gösterdiğini, viskoelastik davranışının farklılığını ve deneylerde bekletmesiz çalışmanın daha hassas ve güvenilir sonuçlar verdiğini gösterir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı Sayfa 164’de açıklanmıştır.



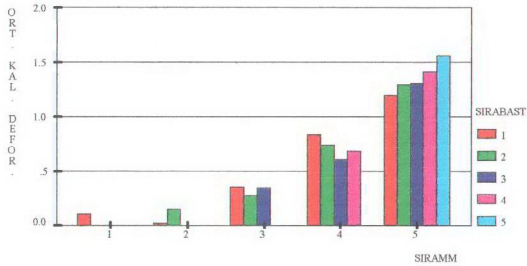
Şekil 4.39 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bekletme yöntemine göre grafiği

d) Şekil 4.40'da, dinlendirme süresi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Dinlendirme süresi arttıkça, ortalama kalıcı deformasyon değeri ve % CV kalıcı deformasyon ile belirtilen kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri azalmaktadır. Bu durum, kumaşın geriye dönüş histerisisini 48 saat dinlendirme süresi sonunda tamamladığını ve bu süre sonunda daha homojen sonuçlar verdiğini gösterir. 48 saat dinlendirme süresi ile çalışma daha hassas ve güvenilir sonuçlar vermektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.49'un incelenmesi sonucunda aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi yazılamamıştır.



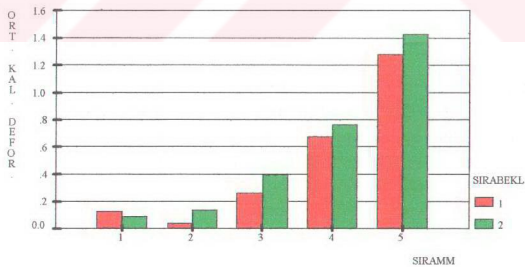
Şekil 4.40 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının dinlendirme süresine göre grafiği

e) Şekil 4.41’de, bastırma mesafesi ve bastırma yöntemi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ikili ilişkisi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça, deformasyon miktarında da genel bir artış vardır. Bastırma yöntemi ile beraber ele alınınca, 3. ve 4. bastırma mesafelerinde kararsızlık gözlemlendiği halde, 5. bastırma mesafesinde bastırma yöntemlerine göre kalıcı deformasyonda düzenli bir artış görülmektedir. Grafikten, 5. bastırma mesafesinde 5. yöntem ile çalışmanın en yüksek kalıcı deformasyonu verdiği görülmektedir.



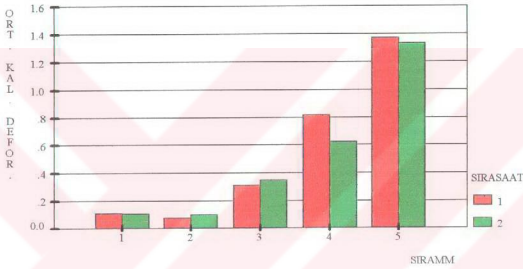
Şekil 4.41 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - bastırma yöntemi grafiği

f) Şekil 4.42’de, bastırma mesafesi bağımsız değişkeni ve bekletme çeşidi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça deformasyon miktarı da genel olarak artmıştır, fakat 2.3 mm’de, 3.6 mm’ye nazaran daha yüksek deformasyon elde edilmiştir. 2.-3.-4.-5. bastırma mesafelerinde bekletmeli çalışma daha yüksek kalıcı deformasyonlar verirken, 1. bastırma mesafesi olan 2.3 mm. bekletmesiz çalışma tarzında daha yüksek kalıcı deformasyon vermiştir. Bu durum, mesafenin küçük olmasından dolayı kumaşın kararsız bir davranışı olarak yorumlanmaktadır.



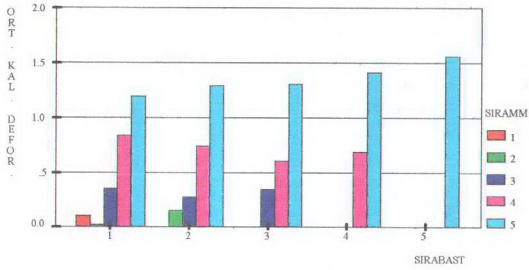
Şekil 4.42 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - bekletme çeşidi grafiği

g) Şekil 4.43’de, bastırma mesafesi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Dinlendirme süreleri arasında, 1. bastırma mesafesinde fark görülmezken, 2.-3. bastırma mesafelerinde 48 saat sonra ölçüm daha yüksek, 4.-5. bastırma mesafelerinde 1 saat sonra ölçüm daha yüksek kalıcı deformasyonlar vermiştir. 1.-2.-3.’deki küçük bastırma mesafelerindeki sonuçlar kumaşın kararsız davranışından kaynaklanmaktadır. Yüksek bastırma mesafelerinde elde edilen sonuçlar daha hassas ve güvenilirdir.



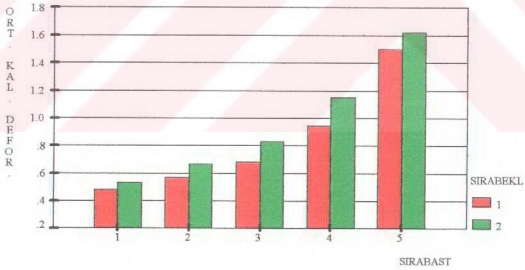
Şekil 4.43 : Kalıcı deformasyon - bastırma mesafesi - dinlendirme süresi grafiği

h) Şekil 4.44’de, bastırma yöntemi ve bastırma mesafesi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma yönteminin rakamı arttıkça, farklı renklerle gösterilen bastırma mesafesi çeşitleri azalmaktadır. Bu şekil, Şekil 4.41’in yatay eksen ile çubukların yer değiştirmiş halidir. Grafikten görüleceği üzere, 5. bastırma yönteminde diğerlerinden daha fazla kalıcı deformasyon elde edilmiştir. Bu yöntem, bir seferde istenilen bastırma mesafesine ulaşmak çeşididir. Şekil 4.36’da tekrarlı bastırmada aynı mesafeye ulaşmak için daha çok yük uygulandığı görülmüştür, fakat bu grafiğe göre daha çok yüke karşılık daha az kalıcı deformasyon elde edildiği görülmektedir.



Şekil 4.44 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - bastırma mesafesi grafiği

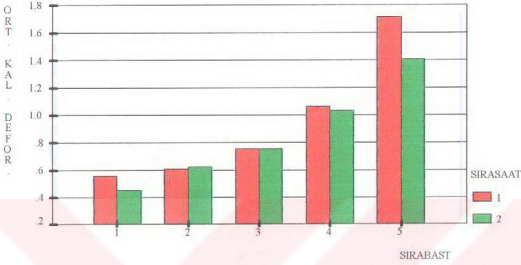
1) Şekil 4.45’de, bastırma yöntemi ve bekletme çeşidi bağımsız değişkenleri kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma yöntemi arttıkça genel olarak kalıcı deformasyon miktarında da artış vardır. Bekletme süresi ile beraber incelendiğinde, 5. yöntemde bekletmeli çalışmanın en yüksek kalıcı deformasyon değerini verdiği görülmektedir.



Şekil 4.45 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - bekletme çeşidi grafiği

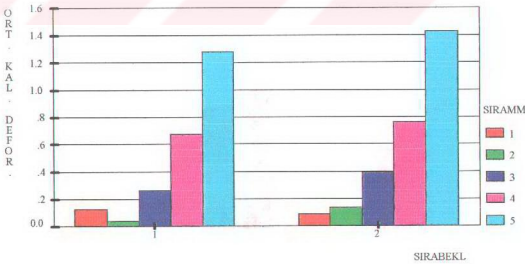
i) Şekil 4.46’da, bastırma yöntemi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma yönteminin rakamsal değeri arttıkça deformasyon

miktarı da artmaktadır fakat dinlenme süresi ile beraber ele alındığında 48 saat dinlendirildiğinde kalıcı deformasyonun azaldığı, yani kumaşın histerisisini tamamladığı görülmektedir.



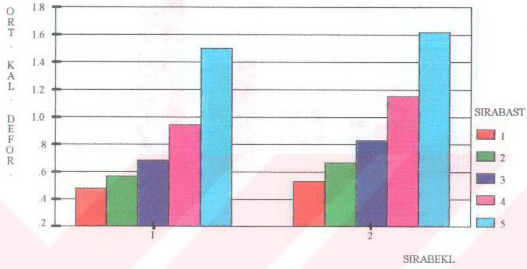
Şekil 4.46 : Kalıcı deformasyon - bastırma yöntemi - dinlendirme süresi grafiği

j) Şekil 4.47’de, bekletme çeşidi ve bastırma mesafesi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Gerek ‘hemen’ gerekse ‘üç dakika bastırma’ çeşitlerinde 1. ve 2. bastırma mesafeleri kararsızlık gösterebilir de 3., 4. ve 5. bastırma mesafeleri belirgin olarak birbirlerinden ayırdılar. ‘hemen’ ve ‘üçdkbastırma’ çeşitlerinde oluşan kalıcı deformasyon farkı beklenildiği kadar fazla değildir.



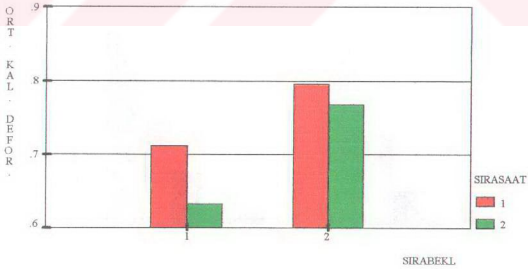
Şekil 4.47 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma mesafesi grafiği

k) Şekil 4.48’de, bekletme çeşidi ve bastırma yöntemi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. ‘hemen’ ile ‘üçdkbek’ çeşitleri arasında bastırma yöntemleri açısından incelenince yine beklenen deformasyon farkı görülememiştir.



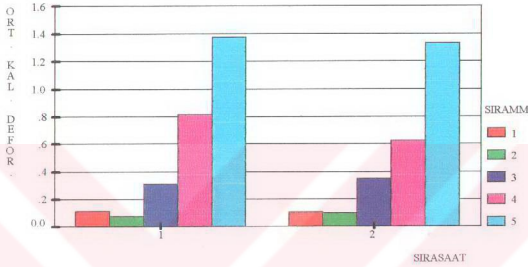
Şekil 4.48 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma yöntemi grafiği

l) Şekil 4.49’da, bekletme çeşidi ve dinlendirme süresi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. ‘hemen’ ile ‘üçdkbek’ çeşitleri dinlendirme süresi açısından incelendiğinde arasında belirgin deformasyon farkı görülmemektedir.



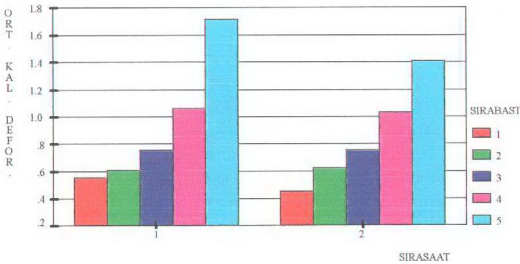
Şekil 4.49 : Kalıcı deformasyon - bekletme çeşidi - dinlendirme süresi grafiği

m) Şekil 4.50’de, dinlendirme süresi ve bastırma mesafesi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Dinlendirme süresi açısından deformasyonlar arasında fazla fark görülmemektedir. Bastırma mesafeleri ile beraber incelendiğinde, 1. ve 2. mesafelerin kararsız olup girişim gösterdiği belirdir.



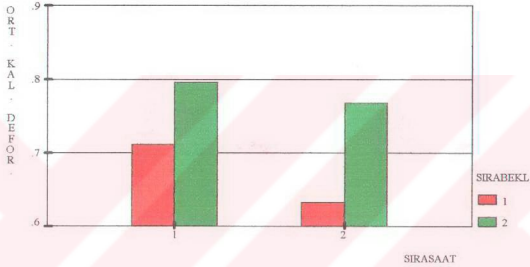
Şekil 4.50 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma mesafesi grafiği

n) Şekil 4.51’de, dinlendirme süresi ve bastırma yöntemi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Dinlendirme süresi açısından bastırma yöntemleri beraber incelendiğinde, her yöntem değişiminde kalıcı deformasyonun arttığı ve dinlendirme süresinin artması ile kalıcı deformasyonun düştüğü görülmektedir.



Şekil 4.51 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma yöntemi grafiği

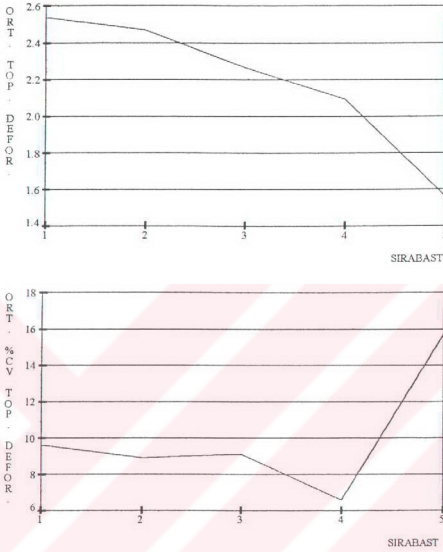
o) Şekil 4.52’de, dinlendirme süresi ve bekletme çeşidi bağımsız değişkenleri ile kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Dinlendirme süresi artınca bekletmeli yöntemde daha fazla kalıcı deformasyon beklenmektedir, fakat sonucun beklenen kadar fazla olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.52 : Kalıcı deformasyon - dinlendirme süresi - bekletme çeşidi grafiği

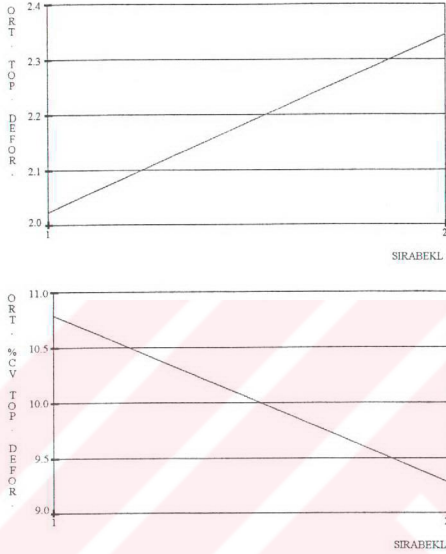
3) Toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni açısından ele alınınca :

a) Şekil 4.53’de, bastırma yöntemi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bastırma yöntemi arttıkça, ortalama toplam kalıcı deformasyon değeri artmakta, fakat % CV toplam kalıcı deformasyon ile belirtilen toplam kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri önce düşük seyretmekte sonra artış göstermektedir. Şekil 4.38’de tek tek bastırmalar arasındaki farklar değerlendirilirken burada ilk ve son arasındaki toplam fark değerlendirilmektedir. Bu durumda, bir seferde istenilen mesafeye kadar bastırma yöntemi ile çalışma en yüksek değişkenliği göstermektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı Sayfa 168’de açıklanmıştır.



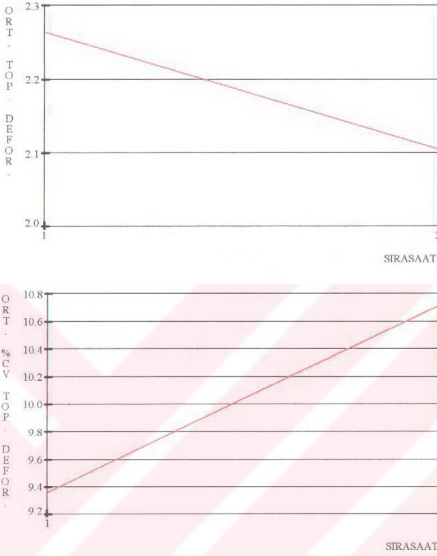
Şekil 4.53 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının bastırma yöntemine göre grafiği

b) Şekil 4.54, bekletme çeşidi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Bekletme çeşidi arttıkça, ortalama toplam kalıcı deformasyon değeri artmakta, fakat % CV toplam deformasyon ile belirtilen toplam kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri düşmektedir. Bu durumda, bekletmeli çalışmanın daha hassa sonuç vereceği görülmektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı Sayfa 168’de açıklanmıştır.



Şekil 4.54 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının bekletme çeşidine göre grafiği

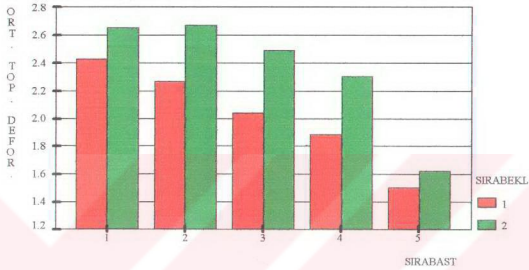
c) Şekil 4.55, dinlendirme süresi bağımsız değişkeni ve bunun değişim katsayısı ile toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi grafik olarak gösterilmiştir. Dinlendirme süresi arttıkça, ortalama toplam kalıcı deformasyon değeri azalmakta, fakat % CV toplam kalıcı deformasyon ile belirtilen toplam kalıcı deformasyonun değişim katsayısı değeri artmaktadır. 48 saat dinlendikten sonra kumaş tam olarak kendini toplayabilmiş, fakat toplama miktarları daha çok değişkenlik göstermiştir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denkleminin yazılmasına gerek olmadığı Sayfa 168’de açıklanmıştır.



Şekil 4.55 : Toplam deformasyon ve değişim katsayısının dinlendirme süresine göre grafiği

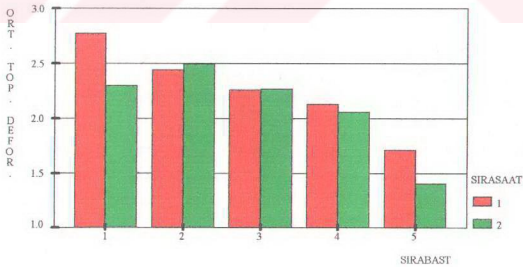
d) Şekil 4.56 bastırma yöntemi ve bekletme çeşidine göre toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma yönteminin rakamsal değeri arttıkça, toplam deformasyon azalmaktadır. Bekletme çeşidi ile beraber incelendiği zaman, 'hemen' ve 'üçdkson' çeşitleri arasında fark belirgin olarak görülmektedir. Kalıcı deformasyon incelemesinde bu fark her ne kadar az veya yok derecede görüldü ise de, toplam deformasyonda bu fark açıkça ortaya çıkmaktadır, çünkü kalıcı deformasyonda küçük küçük bastırma mesafeleri arasındaki deformasyonlar ile ilgileniyorduk, fakat şimdi toplam ile ilgilenmekteyiz; yani deformasyonun şiddeti artmış durumdadır, o zaman fark bariz olarak ortaya çıkmıştır. Kalıcı deformasyonda farklar küçük olduğu için gerek bekletme çeşidi gerekse dinlendirme süresi olarak bazı etkiler tam olarak

kendilerini açığa vuramamışlardır. Toplam deformasyon incelemesinde bunlar görülebilmektedir. Onun için zaten, tekrarlılık yönteminin önemi vardır, fakat deney zamanını kısaltma ve gene de benzer deformasyon sonucu elde etme açılarından, 5. bastırma yöntemi olan bir seferde belli mesafeye ulaşılması yöntemi ile çalışılmıştır.



Şekil 4.56 : Toplam deformasyon - bastırma yöntemi - bekletme çeşidi grafiği

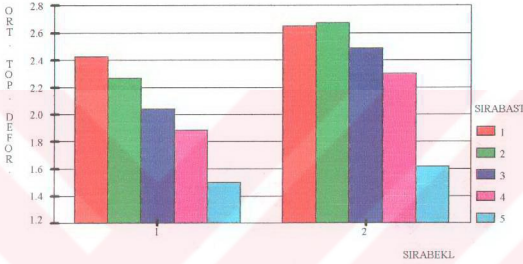
e) Şekil 4.57 bastırma çeşidi ve dinlendirme süresine göre toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Bastırma yönteminin rakamsal değeri arttıkça toplam deformasyon azalmaktadır, bu önceki tabloda da görülmüştür, ayrıca dinlendirme süresi ile beraber incelendiğinde, yeşil ile belirtilen 48 saat dinlendirmenin toplam



Şekil 4.57 : Toplam deformasyon - bastırma yöntemi - dinlendirme süresi grafiği

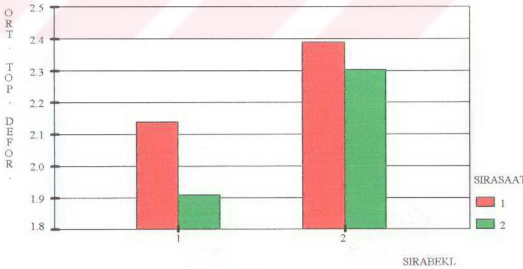
deformasyonu azalttığı görülmektedir. Böylece 48 saat sonra kumaşın histerisis eğrisini tamamladığı bir kez daha anlaşılr.

f) Şekil 4.58, bekletme çeşidi ve bastırma yöntemine göre toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. ‘hemen’ ve ‘üçdkson’ çeşitleri arasında toplam deformasyonlarda artış farkı açıkça gözlenmektedir. Bastırma yöntemi ile beraber incelenince, genel olarak yöntemden yöntemeye düşüş olduğu görülmektedir.



Şekil 4.58 : Toplam deformasyon - bekletme çeşidi - bastırma yöntemi grafiği

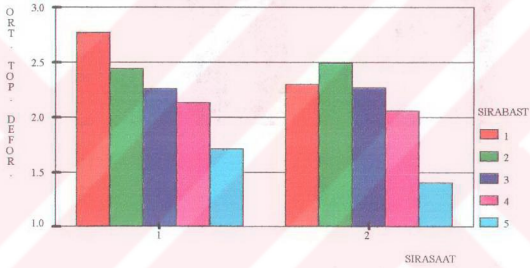
g) Şekil 4.59 bekletme çeşidi ve dinlendirme süresine göre toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. Toplam



Şekil 4.59 : Toplam deformasyon - bekletme çeşidi - dinlendirme süresi grafiği

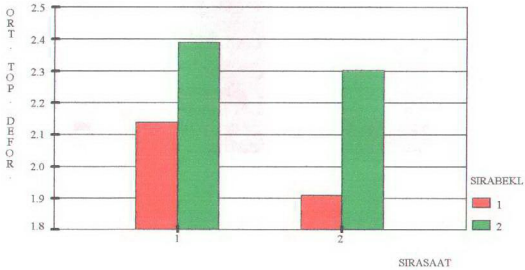
deformasyon miktarı açısından iki yöntem arasında fazla fark görülmesi bile, dinlendirme süreleri ile beraber incelendiğinde de aralarındaki fark görülmektedir.

h) Şekil 4.60 dinlendirme süresi ve bastırma yöntemine göre toplam kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. 1 saat sonraki ölçümlerde toplam deformasyon değerleri daha yüksek olduğu halde, 48 saat sonraki ölçümlerde değer daha düşüktür, ki bu da gene kumaşın histerisis eğrisinin ancak tamamladığını yineler. Bastırma yöntemi ile beraber incelendiğinde, yöntemler arasında bariz düşüş gözlenirken, 48 saat dinlendirme süresinde 2. bastırma yönteminde hafif bir artış görülmektedir.



Şekil 4.60 : Toplam deformasyon - dinlendirme süresi - bastırma yöntemi grafiği

ı) Şekil 4.61 dinlendirme süresi ve bekletme çeşidine göre toplam

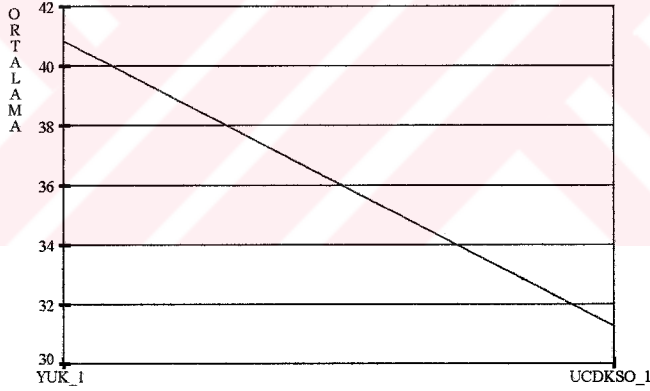


Şekil 4.61 : Toplam deformasyon - dinlendirme süresi - bekletme çeşidi grafiği

kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin ilişkisi görülmektedir. 48 saat sonra yapılan ölçümlerde genelde toplam deformasyon değeri daha düşük çıkmıştır.

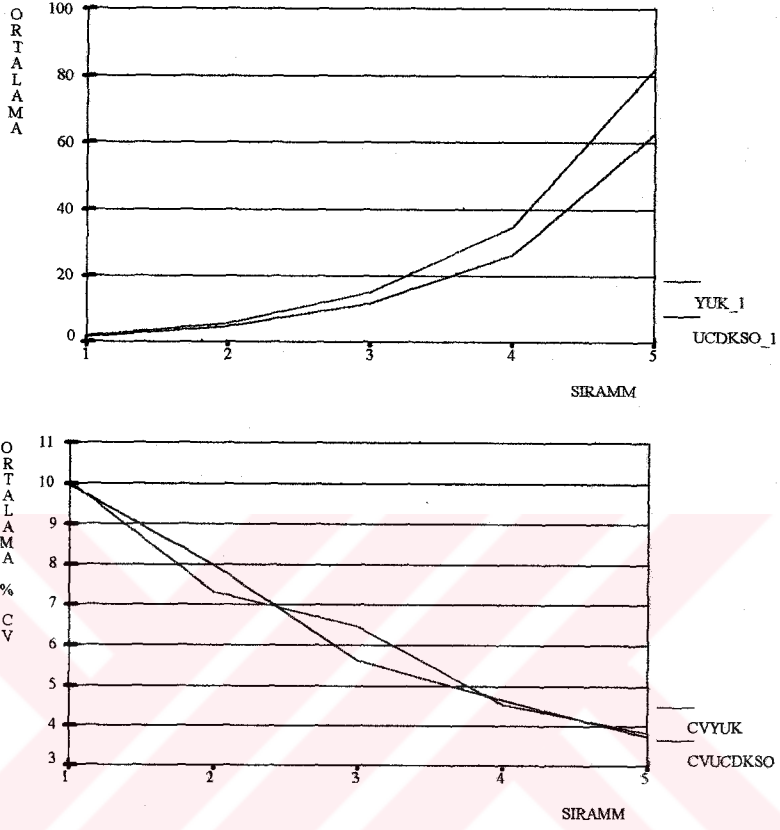
4) Üç dakika sonra yük bağımlı değişkeni açısından ele alınınca :

a) Şekil 4.62 bastırma yükü ve üç dakika sonra yük değişkenlerinin birbirlerine göre değişimi görülmektedir. Yükün uygulanmasına üç dakika süre ile devam edildiğinde ortalama olarak 41N'dan 31N'a yaklaşık %25'lik bir düşüş vardır. Bu kadarlık yükü kumaş bünyesinde dağıtır, bu yüke karşı koymak için geometrisini değiştirir ve iplikler uzar.



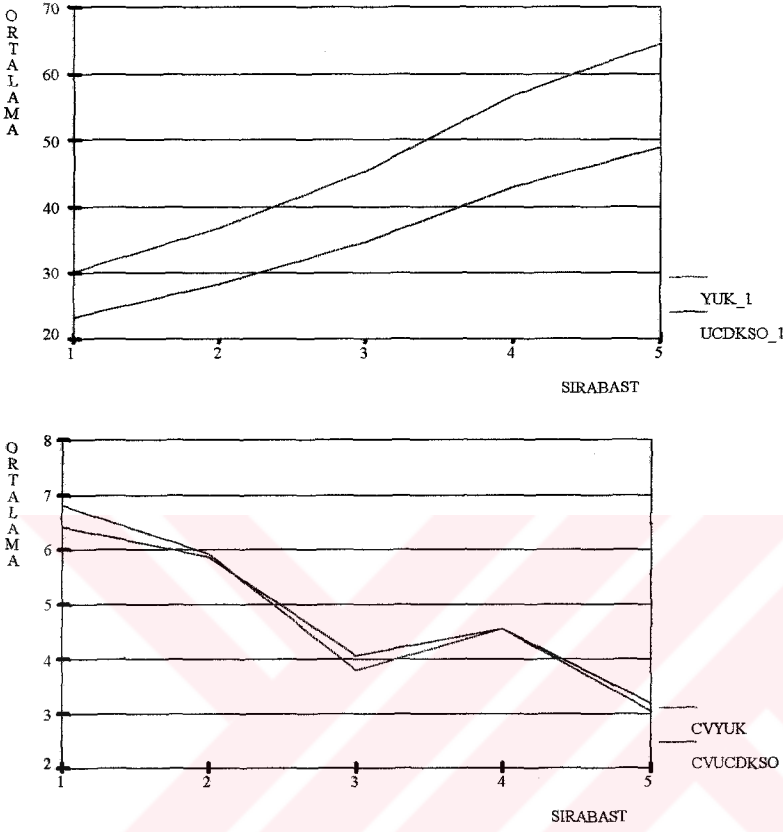
Şekil 4.62 : Bastırma yükü ile üç dakika sonraki yükün grafiği

b) Şekil 4.63 bastırma mesafesine göre bastırma yükü ve üç dakika sonra yük değişkenlerinin ilişkisi ve bunların değişim katsayılarının ilişkisi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça, üç dakika sonraki yük miktarında daha fazla düşüşler olmaktadır. Değişim katsayısının değeri de azalmaktadır.



Şekil 4.63 : Bastırma yükü ile üç dakika sonra yükün ve değişim katsayılarının bastırma mesafesine göre grafiği

c) Şekil 4.64, bastırma yöntemine göre bastırma yükü ve üç dakika sonra yük değişkenlerinin ilişkisi ve bunların değişim katsayılarının ilişkisi görülmektedir. Bastırma yöntemi rakamı arttıkça, üç dakika sonraki yük miktarında daha fazla düşüşler olmaktadır. Değişim katsayısının değeri de genel olarak azalmaktadır.



Şekil 4.64 : Bastırma yükü ve üç dakika sonra yükün ve değişim katsayılarının bastırma yöntemine göre grafiği

d) Bekletme çeşidi ve dinlendirme süresi değişkenleri, yük faktörünün incelenmesinde anlam taşımadıkları için, burada da ele alınmamıştır.

Grafiksel inceleme sonucunda, tekrarlılık yönteminin seçimi yapılmıştır. Şekil 4.34 ve 4.38'e göre, değişim katsayısı 5. yöntem için en düşük olmaktadır, fakat Şekil 4.53'e göre de en yüksektir. Ayrıca, Şekil 4.35 ve 4.38'de 5. yöntem için, diğerlerine yakın yük değerleri çıkmaktadır, yani 'yük' bağımlı değişkeni açısından kesin karar verilemez. 'defor' değişkeni açısından incelenince, Şekil 4.41, 4.44, 4.45, 4.46, 4.48 ve 4.51'e göre, en yüksek kalıcı deformasyonlar 5. yöntemde elde edilmiştir. Halbuki, toplam kalıcı deformasyon değişkeni açısından

incelenince, Şekil 4.56, 4.57, 4.58 ve 4.60'a göre, düşük kalıcı deformasyonlar görülmektedir. Bunlar arasında rakamsal karşılaştırmalar dikkate alınınca, hem farkların uygun olmasından hem de deneyin pratikliği açısından 5. yöntem ile çalışılmasına karar verilmiştir.

II. deney grubunun incelenmesi sonucunda, bir sonraki deney grubuna şu seçenekler ile geçilmesine karar verilmiştir :

Tekrarlılık : 5. yöntem

Zaman : Hemen

Dinlendirme süresi : 48 saat

Bastırma mesafesi : 2.3 mm.'nin anlamsız bir deformasyon noktası olduğu gerek istatistiki gerekse grafiksel incelemede ortaya çıkmıştır. Bu deney grubunun başında, karar verebilmek için göz önüne alınmış bir seçenek değildir, fakat incelemeler ilave bilgi olarak bunu vermiştir. 2.3 mm. deney planından çıkarılıp diğer dört çeşit ile devam edilmiştir.

4.2.34.2.3. III. Grup deneylerin değerlendirilmesi

4.2.3.1. İstatistiksel inceleme

Elde edilen veriler üzerinde istatistik incelemeler yapılmıştır. Bu grup deneylerde bastırma yükü ve kalıcı deformasyon bağımlı değişkenlerdir. III.grup deneyler kapsamında, dört çeşit bağımsız değişken, bastırma mesafesi, şekil, boyut ve küre boyutu ile çalışılmıştır. III.grup deneylerdeki amaçlar, bu dört değişkenin hangilerinin deney sonuçlarında daha önemli bir etkisi olduğunun saptanması ve böylece tüm bağımsız değişkenler hakkında kesin bir sonuca ulaşılmasıdır.

Bu dört değişkenden hangisinin deney sonuçlarında daha önemli bir etkisi olduğunun saptanması için, her iki bağımlı değişkene göre, bu dört bağımsız değişken göz önüne alınarak varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizlerinde, önceki deney gruplarının incelenmesinde olduğu gibi, ardışık metod seçilmiştir, çünkü teksel metoda göre daha belirleyici sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bastırma yükü bağımlı değişkeni için bastırma mesafesine, şekle, kalıp boyutuna ve küre boyutuna göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.70'de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Bastırma yükü için bastırma mesafesine, şekle, kalıp boyutuna ve küre boyutuna göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.71'de gösterilmiştir. Hiçbir bağımsız değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.72'de, bastırma yükü için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.73'de de aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.74'de bastırma yükü için şekle göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Bu tabloda, gruplar arası fark istatistiksel önemsiz çıktığı için, şekil için Tablo 4.75'de görülen t-testi ve Tablo 4.76'da görülen korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.77'de bastırma yükü için kalıp boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.78'de de aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.79'da bastırma yükü için küre boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.80'de de aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir.

Tablo 4.70 : Bastırma Yükü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	4988.25	792	6.30		
SIRAMM	301167.96	3	100389.32	15939.11	.000
SEKİL	2384.82	1	2384.82	378.64	.000
SIRABOY	359111.35	4	89777.84	14254.29	.000
SIRAKURE	44154.38	2	22077.19	3505.26	.000
SIRAMM-SEKİL İntrak.	1205.75	3	401.92	63.81	.000
SIRAMM-SIRABOY İntrak.	72506.13	12	6042.18	959.33	.000
SIRAMM-SIRAKURE İntrak.	12568.15	6	2094.69	332.58	.000
SEKİL-SIRABOY İntrak.	1050.76	4	262.69	41.71	.000
SEKİL-SIRAKURE İntrak.	1243.62	2	621.81	98.73	.000
SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	29450.51	4	7362.63	1168.99	.000
SIRAMM-SEKİL-SIRABOY İntrak.	972.95	12	81.08	12.87	.000
SIRAMM-SEKİL-SIRAKURE İntrak.	591.88	6	98.65	15.66	.000
SIRAMM-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	4994.16	12	416.18	66.08	.000
SEKİL-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	1338.98	4	334.75	53.15	.000
SIRAMM-SEKİL-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	713.62	12	59.47	9.44	.000
Model Toplamı	833455.01	87	9579.94	1521.04	.000
Genel Toplam	838443.27	879	953.86		
$R^2 = 0.994$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.993$					

Tablo 4.71 : Bastırma Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. YÜK

Blok No. 1. Metod: Hepsı beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. KURE

2.. SEKİL

3.. BASMM

4.. BOY

$R^2 = 0.79864$

Düzeltilmiş $R^2 = 0.79772$

Standart Hata = 13.89039

	SD	KT	KO
Regression	4	669618.24234	167404.56058
Hata	875	168825.02380	192.94288
F =	867.63791	FÖ =	.0000

Regresyon katsayılarının Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	SEKİL	BOY	KURE
BASMM	.10379	.00000	.00000	.00000
SEKİL	.00000	.87701	.00000	.00000
BOY	.00000	.00000	.02240	-.51340
KURE	.00000	.00000	-.01758	.05236

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv. Ara. B	T	TÖ
BASMM	12.628616	.322162	11.996315	13.260917	39.200 .0000
SEKİL	-3.292427	.936490	-5.130456	-1.454399	-3.516 .0005
BOY	-6.432574	.149679	-6.726345	-6.138803	-42.976 .0000
KURE	3.352075	.228828	2.902959	3.801190	14.649 .0000
Sabit	15.559902	2.598768	10.459355	20.660449	5.987 .0000

Tablo 4.72 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	301167.9620	100389.3207	163.6797	.0000
Lineer Terim	1	296476.9343	296476.9343	483.3905	.0000
Lineer Terimden sapma	2	4691.0278	2345.5139	3.8242	.0222
2.derece terim	1	4162.1757	4162.1757	6.7862	.0093
2.dereceden sapma	1	528.8520	528.8520	.8623	.3534
3.derece terim	1	528.8520	528.8520	.8623	.3534
Grup içi	876	537275.3041	613.3280		
Toplam	879	838443.2661			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
62.9936	3	876	.000

Ort. SİRMM

1 2 3 4

12.0512	Grup 1			
34.2048	Grup 2	*		
48.5418	Grup 3	**		
61.9962	Grup 4	***		

Homojen AltgruplarAltgrup 1 : Grup 1 Ortalama : 12.0512Altgrup 2 : Grup 2 Ortalama : 34.2048Altgrup 3 : Grup 3 Ortalama : 48.5418Altgrup 4 : Grup 4 Ortalama : 61.9962Tablo 4.73 : Bastırma Yüğü İçin Bastırma Mesafesine Göre NonlineerRegresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	3	1652778.04000	550926.01333
Hata	877	537804.15614	613.23165
Düzeltilmemiş Toplam	880	2190582.19614	
Düzeltilmiş Toplam)	879	838443.26613	
$R^2 = 0.35857$			

Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	-67.81042292	14.549506851	-96.36634198 -39.25450387
B1	26.912792531	5.512860282	16.092852473 37.732732588
B2	-1.286862808	.493951368	-2.256327644 -3.17397971

Tablo 4.74 : Bastırma Yüğü İçin Şekle Göre Tek Değişkenli VaryansAnalizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	2384.8170	2384.8170	2.5045	.1139
Lineer Terim	1	2384.8170	2384.8170	2.5045	.1139
Grup içi	878	836058.4491	952.2306		
Toplam	879	838443.2661			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
9.4641	1	878	.002

Tablo 4.75 : Şekil İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'yük' için :				
Daire	440	40.8447	32.939	1.570
Kare	440	37.5523	28.626	1.365

Ort. Fark = 3.2924

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 9.464 P= 0.002

Fark için

Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuivr. Önem.	Farkın Stan. Hatası	%95 Güv. Ara.
Eşit	1.58	878	.114	2.080	(-.792, 7.377)
Eşit değil	1.58	861.26	.114	2.080	(-.792, 7.377)

Tablo 4.76: Şekil İçin Korelasyon Analizi

	DAİRE	KARE
DAİRE	1.0000	.9875

	(440)	(440)
	P=.	P=.000
KARE	.9875	1.0000
	(440)	(440)
	P=.000	P=.

Tablo 4.77: Bastırma Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli

Varyans Analizi					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	359111.3543	89777.8386	163.8856	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	273515.3523	273515.3523	499.2906	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	352646.3889	352646.3889	643.7410	.0000
Lineer Terimden Sapma	3	6464.9655	2154.9885	3.9338	.0084
Ağırlıksız 2.derece terim	1	3882.1429	3882.1429	7.0867	.0079
Ağırlıklı 2.derece terim	1	2803.4516	2803.4516	5.1176	.0239
2.dereceden sapma	2	3661.5139	1830.7569	3.3420	.0358
Ağırlıksız 3.derece terim	1	2846.5434	2846.5434	5.1962	.0229
Ağırlıklı 3.derece terim	1	3057.9731	3057.9731	5.5822	.0184
3.dereceden sapma	1	603.5408	603.5408	1.1017	.2942
Ağırlıksız 4. derece terim	1	603.5409	603.5409	1.1017	.2942
Ağırlıklı 4. derece terim	1	603.5408	603.5408	1.1017	.2942
Grup içi	875	479331.9118	547.8079		
Toplam	879	838443.2661			

Varıansların Homojenliği için Levene Testi

	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
	63.1131	4	875	.000
Ort. SIRABOY	5	4	3	2
12.5833	Grup 5			
18.6518	Grup 4	*		
37.1701	Grup 3	**		
54.4672	Grup 2	***		
71.1000	Grup 1	****		

Tablo 4.78 : Bastırma Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer

Regresyon Analizi				
Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	4	1710706.33418	427676.58355	
Hata	876	479875.86196	547.80350	
Düzeltilmemiş Toplam	880	2190582.19614		
Düzeltilmiş Toplam	879	838443.26613		
R ² = 0.42766				
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.	
B0	118.59194428	12.530232101	93.999161734	143.18472682
B1	-13.43826922	4.531132028	-22.33141212	-4.545126317
B2	.415832544	.495306017	-.556292559	1.387957646

B3 .000665138 .016661187 -.032035369 .033365645

Tablo 4.79 : Bastırma Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Tek Değişkenli

<u>Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	2	60205.3348	30102.6674	33.9228	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	8939.8973	8939.8973	10.0744	.0016
Ağırlıklı Lineer Terim	1	5559.4786	5559.4786	6.2650	.0125
Lineer Terimden Sapma	1	54645.8562	54645.8562	61.5807	.0000
Ağırlıksız 2.derece terim	1	54645.8560	54645.8560	61.5807	.0000
Ağırlıklı 2.derece terim	1	54645.8562	54645.8562	61.5807	.0000
Grup içi	877	778237.9313	887.3865		
Toplam	879	838443.2661			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
60.9446	2	877	.000

Ort. SIRA KURE	3 1 2
28.8152	Grup 3
36.8890	Grup 1 *
49.2954	Grup 2 **

Tablo 4.80 : Bastırma Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Nonlineer

Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	4	1412344.26482	353086.06620	
Hata	876	778237.93133	888.39946	
Düzeltilmemiş Toplam	880	2190582.19614		
Düzeltilmiş Toplam	879	838443.26613		
R ² = 0.07181				
Parametre	Katsayı	S H	% 95 Güv. Ara.	
B0	8.388513738	2.02743E+14	-3.97918E+14	3.97918E+14
B1	18.398324342	1.77400E+14	-3.48178E+14	3.48178E+14
B2	-2.105173323	4.43500E+13	-8.70446E+13	8.70446E+13
B3	.015568695	3.16785E+12	-6.21747E+12	6.21747E+12

Bastırma yüğü bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, dört bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.70'e göre düzeltilmiş $r^2 = 0.993$ olmaktadır. Bastırma mesafesi, şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, bastırma yüğü bağımsız değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.71'e göre,

$$\text{yük} = 15.560 + 12.629 \cdot \text{basmm} - 6.433 \cdot \text{boy} + 3.352 \cdot \text{küre} - 3.292 \cdot \text{şekil}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.79772$ 'dir. Hiçbir değişken modelden uzaklaştırılmamıştır. Tablo 4.72'ye göre, her bastırma mesafesi ayrı grup oluşturmaktadır ve 'yük'-'basmm' ilişkisi 2.derecedendir. Tablo 4.73'de nonlinear regresyon analizinden elde edilen denklem,

$$\text{yük} = -67.810 + 26.913 \cdot \text{basmm} - 1.287 \cdot \text{basmm}^2$$

ve $r^2 = 0.35857$ 'dir. Tablo 4.74'e göre, şekil çeşitleri arasında fark yoktur. Tablo 4.75'deki t-testinden de, aynı sonuç elde edilir ve Tablo 4.76'ya göre 'kare' ve 'daire' şekilleri 0.9875 oranında birbirlerini temsil ederler, yani birbirleri yerine kullanılabilirler. Tablo 4.77'ye göre, kalıp boyutlarının her biri farklı gruplar oluşturmaktadır ve 'yük'-'boy' ilişkisinin 3.dereceden olduğu görülmektedir. Bu ilişkinin, Tablo 4.78'deki nonlinear regresyon analizi ile elde edilen denklemi,

$$\text{yük} = 118.592 - 13.438 \cdot \text{boy} + 0.416 \cdot \text{boy}^2 + 0.001 \cdot \text{boy}^3$$

ve $r^2 = 0.42759$ 'dur. Tablo 4.79'a göre, her küre çeşidi ayrı bir grup oluşturmaktadır ve 'yük'-'küre' ilişkisi 3.derecedendir. Tablo 4.80'de bu ilişkinin nonlinear regresyon analizine göre yazılan denklemi,

$$\text{yük} = 8.388 + 18.398 \cdot \text{küre} - 2.105 \cdot \text{küre}^2 + 0.016 \cdot \text{küre}^3$$

ve $r^2 = 0.0718$ 'dir. Küre boyutu bağımsız değişkeninin tek başına olayı tanımlamada ne kadar yetersiz kaldığı, belirleme katsayısından görülmektedir.

Kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için bastırma mesafesine, şekle, kalıp boyutuna ve küre boyutuna göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.81'de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine, şekle, kalıp boyutuna ve küre boyutuna göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.82'de gösterilmiştir. Burada şekil değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır. Tablo 4.83'de kalan üç değişkene göre çoklu varyans analizi görülmektedir. Tablo 4.84'de, kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.85'de de aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.86'da kalıcı deformasyon için kalıp boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Burada 4 ve 6 cm.lik kalıplar aynı gruba girdiği için Tablo 4.87'deki korelasyon analizi yapılmıştır. Tablo 4.88'de 'defor'-'boy' ilişkisinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.89'da

bastırma yükü için küre boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.90'da da aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir

Tablo 4.81 : Kalıcı Deformasyon İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	KO	F	FÖ
Hata	53.68	792	.07	
SIRAMM	289.96	3	96.65	1425.92 .000
SEKİL	.00	1	.00	.03 .872
SIRABOY	116.89	4	29.22	431.11 .000
SIRAKURE	13.98	2	6.99	103.09 .000
SIRAMM-SEKİL İntrak.	1.78	3	.59	8.77 .000
SIRAMM-SIRABOY İntrak.	65.19	12	5.43	80.15 .000
SIRAMM-SIRAKURE İntrak.	4.58	6	.76	11.26 .000
SEKİL-SIRABOY İntrak.	16.52	4	4.13	60.92 .000
SEKİL-SIRAKURE İntrak.	1.28	2	.64	9.41 .000
SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	4.06	4	1.01	14.96 .000
SIRAMM-SEKİL-SIRABOY İntrak.	4.88	12	.41	6.01 .000
SIRAMM-SEKİL-SIRAKURE İntrak.	1.44	6	.24	3.55 .002
SIRAMM-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	4.22	12	.35	5.19 .000
SEKİL-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	16.63	4	4.16	61.32 .000
SIRAMM-SEKİL-SIRABOY-SIRAKURE İntrak.	4.39	12	.37	5.40 .000
Model Toplamı	545.80	87	6.27	92.55 .000
Genel Toplam	599.49	879	.68	
$R^2 = 0.910$				
Düzeltilmiş $R^2 = 0.901$				

Tablo 4.82 : Kalıcı Deformasyon İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. 1 Bağımlı Değişken.. DEFOR48

Blok No. 1. Metod: Hepsi beraber

Girilen değişkenler Basamak No. 1.. KURE
2.. SEKİL
3.. BASMM
4.. BOY

$R^2 = 0.65527$		Varyans Analizi		
Düzeltilmiş $R^2 = 0.65369$		SD	KT	KO
Standart Hata 0.48599	Regression	4	392.82330	98.20583
	Hata	875	206.66406	0.23619
	F =	415.79603	FÖ =	.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	SEKİL	BOY	KURE
BASMM	1.271E-04	.00000	.00000	.00000
SEKİL	.00000	.00107	.00000	.00000
BOY	.00000	.00000	2.743E-05	-.51340

KURE .00000 .00000 -2.153E-05 6.410E-05

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv. Ara. B	T	TÖ
BASMM	.394791	.011272	.372668	.416914	35.025 .0000
SEKİL	.002836	.032766	-.061472	.067145	.087 .9310
BOY	-.087948	.005237	-.098226	-.077670	-16.794 .0000
KURE	-.016339	.008006	-.032052	-6.25389E-04	-2.041 .0416
Sabit	-.344472	.090925	-.522927	-.166016	-3.789 .0002

Blok No. 2. Metod: Geriye Doğru

Uzaklaştırılan Değişkenler Basamak No. 5.. ŞEKİL

		Varyans Analizi		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.65526$				
Düzeltilmemiş $R^2 = 0.65408$	Regression	3	392.82153	130.94051
Standart Hata 0.48572	Hata	876	206.66583	.23592
	F =	555.02105	FÖ =	.0000

Regresyon Katsayılarının Varyans-Kovaryans Matrisi

	BASMM	BOY	KURE
BASMM	1.269E-04	.00000	.00000
BOY	.00000	2.739E-05	-.51340
KURE	.00000	-2.150E-05	6.403E-05

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv. Ara. B	T	TÖ
BASMM	.394791	.011265	.372681	.416901	35.045 .0000
BOY	-.087948	.005234	-.098220	-.077675	-16.803 .0000
KURE	-.016339	.008002	-.032043	-6.34318E-04	-2.042 .0415
Sabit	-.340217	.076453	-.490270	-.190164	-4.450 .0000

Denkleimde Olmayan Değiş.	T	TÖ
SEKİL	.087	.9310

Tablo 4.83 : Kalıcı Deformasyon İçin Şekil Uzaklaştırıldıktan Sonra Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	100.61	836	.12		
SIRAMM	289.96	3	96.65	803.12	.000
SIRABOY	116.89	4	29.22	242.82	.000
SIRAKURE	13.98	2	6.99	58.06	.000
SIRAMM-SIRABOY İnttrak.	65.19	12	5.43	45.14	.000
SIRAMM-SIRAKURE İnttrak.	4.58	6	.76	6.34	.000
SIRABOY-SIRAKURE İnttrak.	4.06	4	1.01	8.43	.000
SIRAMM-SIRABOY-SIRAKURE İnttrak.	4.22	12	.35	2.93	.001
Model Toplamı	498.88	43	11.60	96.40	.000
Genel Toplam	599.49	879	.68		
$R^2 = 0.832$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.824$					

Tablo 4.84 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	289.9604	96.6535	273.5414	.0000
Lineer Terim	1	289.7435	289.7435	820.0103	.0000
Lineer Terimden Sapma	2	.2169	.1085	.3070	.7358
2.dereceden terim	1	.2165	.2165	.6128	.4339
2.dereceden sapma	1	.0004	.0004	.0011	.9738
3.dereceden terim	1	.0004	.0004	.0011	.9738
Grup içi	876	309.5270	.3533		
Toplam	879	599.4874			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
96.3632	3	876	.000

Ort. SİRMM	1	2	3	4
.2268	Grup 1			
.7702	Grup 2	*		
1.2852	Grup 3	**		
1.7659	Grup 4	***		

Homojen Altgruplar :

Altgrup 1 :	Grup 1 :	Ortalama	.2268
Altgrup 2 :	Grup 2 :	Ortalama	.7702
Altgrup 3 :	Grup 3 :	Ortalama	1.2852
Altgrup 4 :	Grup 4 :	Ortalama	1.7659

Tablo 4.85: Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre

Nonlineer Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	2	1191.04283	595.52141
Hata	878	309.74388	.35278
Düzeltilmemiş Toplam	880	1500.78671	
Düzeltilmiş Toplam	879	599.48736	

$R^2 = 0.48332$

Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	-1.179060000	.079033523	-1.334176688 -1.023943311
B1	.394790909	.013775723	.367753716 .421828102

Tablo 4.86: Kalıcı Deformasyon İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	116.8882	29.2221	52.9825	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	89.0377	89.0377	161.4341	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	108.9784	108.9784	197.5887	.0000
Lineer Terimden Sapma	3	7.9098	2.6366	4.7804	.0026
Ağırlıksız 2.derece terim	1	.0001	.0001	.0002	.9897

Ağırlıklı 2. derece terim	1	.0054	.0054	.0097	.9215
2.dereceden sapma	2	7.9044	3.9522	7.1657	.0008
Ağırlıksız 3. derece terim	1	4.7649	4.7649	8.6392	.0034
Ağırlıklı 3. derece terim	1	4.1916	4.1916	7.5998	.0060
3.dereceden sapma	1	3.7128	3.7128	6.7316	.0096
Ağırlıksız 4. derece terim	1	3.7128	3.7128	6.7316	.0096
Ağırlıklı 4. derece terim	1	3.7128	3.7128	6.7316	.0096
Grup içi	875	482.5992	.5515		
Toplam	879	599.4874			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
	44.4169	4	875	.000
Ort. SIRABOY			5 4 3 2 1	
.4897	Grup 5			
.6836	Grup 4	*		
.9071	Grup 3	**		
1.4498	Grup 2	***		
1.4855	Grup 1	***		

Tablo 4.87: Kalıp Boyutları İçin Korelasyon Analizi

	DEFOR4cm.	DEFOR6cm.
DEFOR4cm.	1.0000 (160) P= .	.7982 (160) P= .000
DEFOR6cm.	.7982 (160) P= .000	1.0000 (160) P= .

Tablo 4.88: Kalıcı Deformasyon İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer

<u>Regresyon Analizi</u>			
Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	5	1018.18755	203.63751
Hata	875	482.59916	.55154
Düzeltilmemiş Toplam	880	1500.78671	
Düzeltilmemiş Toplam	879	599.48736	
$R^2 = 0.19498$			
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	-1.405783679	.918909571	-3.209308051 .397740694
B1	1.068741713	.309128344	.462022053 1.675461373
B3	-.034525564	.008579520	-.051364407 -.017686721
B4	.003660084	.000899699	.001894265 .005425904
B5	-.000108390	.000026568	-.000160534 -.000056245

Tablo 4.89: Kalıcı Deformasyon İçin Küre Boyutuna Göre Tek
Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	2	38.9320	19.4660	30.4550	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	38.1853	38.1853	59.7416	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	38.8264	38.8264	60.7446	.0000
Lineer Terimden Sapma	1	.1057	.1057	.1653	.6844
Ağırlıksız 2.derece terim	1	.1057	.1057	.1653	.6844
Ağırlıklı 2.derece terim	1	.1057	.1057	.1653	.6844
Grup içi	877	560.5553	.6392		
Toplam	879	599.4874			
<u>Varyansların Homojenliği için Levene Testi</u>					
	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik	
	27.8243	2	877	.000	
Ort. SIRA KURE	3 2 1				
.7325	Grup 3				
.9735	Grup 2	*			
1.2602	Grup 1	**			

Tablo 4.90 : Kalıcı Deformasyon İçin Küre Boyutuna Göre Nonlineer

<u>Regresyon Analizi</u>				
Kaynak	SD	KT	KO	
Regresyon	2	937.76416	468.88208	
Hata	878	563.02255	.64126	
Düzeltilmemiş Toplam	880	1500.78671		
Düzeltilmiş Toplam	879	599.48736		
$R^2 = 0.06083$				
Parameter	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.	
B0	1.384543605	.056293839	1.274057401	1.495029808
B1	-.085367805	.011320686	-.107586572	-.063149039

Kalıcı deformasyon bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, dört bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.81'e göre düzeltilmiş $r^2 = 0.901$ olmaktadır. Bastırma mesafesi, şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, kalıcı deformasyon bağımsız değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.82'ye göre,

$$\text{defor} = -0.344 + 0.395 \cdot \text{basmm} - 0.088 \cdot \text{boy} - 0.016 \cdot \text{küre} + 0.003 \cdot \text{şekil}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.65369$ 'dur. Aynı tabloda analiz devam ederken, 'şekil' değişkeni modelden uzaklaştırılmış, böylece denklem,

$$\text{defor} = -0.340 + 0.395 \cdot \text{basmm} - 0.088 \cdot \text{boy} - 0.016 \cdot \text{küre}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.6408$ haline gelmiştir. Tablo 4.83'e göre, şekil çıktıktan sonra yapılan çoklu varyans analizinde $r^2 = 0.824$ 'dür. Tablo

4.84'e göre, her bastırma mesafesi ayrı grup oluşturmaktadır ve 'yük'- 'basmm' ilişkisi lineerdir. Tablo 4.85'de nonlinear regresyon analizinden elde edilen denklem,

$$\text{defor} = - 1.179 + 0.395 * \text{basmm}$$

ve $r^2 = 0.48332$ 'dir. Burada, nonlinear programda lineer tarzda çalışılmıştır. Lineer program ile de çalışılıp aynı sonuç alınmıştır; çalışmalardaki bütünlüğü bozmamak için, sonuçlar lineer olacak şekilde görünse de nonlinear programda çalışılmaya devam edilmiştir. Tablo 4.86'ya göre, kalıp boyutlarından 4 ve 6 cm.'lik olanlar aynı gruba girmişlerdir. Tablo 4.87'deki korelasyon analizine göre, bu iki kalıp birbirini 0.7982 oranında temsil eder, yani birbirleri yerine kullanılabilirler. Ayrıca, Tablo 4.86'dan, 'yük'- 'boy' ilişkisinin 2.derece hariç 5.dereceden olduğu görülmektedir. Bu ilişkinin, Tablo 4.88'deki nonlinear regresyon analizi ile elde edilen denklemi,

$$\text{defor} = -1.406 + 1.069 * \text{boy} - 0.034 * \text{boy}^3 + 0.004 * \text{boy}^4 - 0.0001 * \text{boy}^5$$

ve $r^2 = 0.19498$ 'dir. 3., 4. ve 5. dereceden terimler çok küçük oldukları halde, Tablo 4.86'dan istatistiksel önem taşıdıkları görüldüğü için denkleme dahil edilmişlerdir. Tablo 4.89'a göre, her küre çeşidi ayrı bir grup oluşturmaktadır ve 'yük'- 'küre' ilişkisi lineerdir. Tablo 4.90'da bu ilişkinin nonlinear regresyon analizine göre yazılan denklemi,

$$\text{defor} = 1.384 - 0.085 * \text{küre}$$

ve $r^2 = 0.06083$ 'dür. 'küre' bağımsız değişkeninin tek başına olayı tanımlamada ne kadar yetersiz kaldığı, belirleme katsayısından görülmektedir.

İstatistiksel inceleme sonunda, her bağımsız değişkenin her bağımlı değişkene göre elde edilen sonuçları bir tablo halinde gösterilmiştir.

Bu tablodan da görüleceği gibi, şekil değişkeni tek bir çeşit altında birleştirilebilir, aynı şekilde, 4 cm.'lik kalıp boyutu ve 6 cm.'lik kalıp boyutu ile birleştirilmiştir. Küreler ayrı ayrı tutulmuş ve oluşan yeni kombinasyonlar Tablo 4.91'de gösterilmiştir.

		'yük'	'defor'
şekil	Şekil	Birinden biri	Uzaklaştırıldı
sıraboy (boy)	Kalıp boyutu	Hepsi ayrı grup	4 cm.'lik ve 6 cm.'lik aynı
sıraküre (küre)	Küre boyutu	Hepsi ayrı grup	Hepsi ayrı grup
sıramm (basmm)	Bastırma mesafesi	Hepsi ayrı grup	Hepsi ayrı grup

Tablo 4.91 : İptallerden Sonra Oluşan Yeni Kombinasyonlar

<u>SIRA</u>	<u>KOMBİNASYON</u>
1	Küre : 2 Kalıp boyutu : (4 ve 6)
2	Küre : 2 Kalıp boyutu : 8
3	Küre : 2 Kalıp boyutu : 12
4	Küre : 4 Kalıp boyutu : (4 ve 6)
5	Küre : 4 Kalıp boyutu : 8
6	Küre : 4 Kalıp boyutu : 12
7	Küre : 8 Kalıp boyutu : 8
8	Küre : 8 Kalıp boyutu : 12
9	Küre : 8 Kalıp boyutu : 16

Bu kombinasyonlara 'sıra' adı verilerek yeni bir bağımsız değişken oluşturulmuştur. Amaç bu kombinasyonlardan birine karar vermek olduğu için, 'sıra'ya göre bastırma yükü ve kalıcı deformasyona göre tek değişkenli varyans analizleri yapılmıştır. Önceden, varyans analizi yapıp sonra regresyon denklemini tespit edip ondan sonra tek değişkenli varyans analizine geçilmişti. Şimdi bu yol izlenmemiştir, çünkü araştırılmakta olan fiili gerçek bir bağımsız değişken değildir, amaca uygun olarak bizim tarafımızdan yaratılmıştır. Böyle bir faktörün olayı ne derece tanımladığının bulunması ve modele nasıl bir denklem ile girdiğinin belirlenmesi anlamsız olacaktır. Tek değişkenli varyans analizi yapılmasının sebebi ise, bu kombinasyonlardan hangilerinin benzer hangilerinin farklı olduğunun tespiti içindir.

Bastırma yükü için 'sıra'ya göre yapılan tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.92'de, kalıcı deformasyon için 'sıra'ya göre yapılan tek

değişkenli varyans analizi de Tablo 4.93’de görülmektedir. Tablo 4.94’de bastırma yükü için yapılan korelasyon analizi, Tablo 4.95’de de kalıcı deformasyon için yapılan korelasyon analizi gösterilmiştir.

Tablo 4.92 : Bastırma Yükü İçin Yeni Sıralamaya Göre Tek Değişkenli

Kaynak	Varyans Analizi				
	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	8	407028.8952	50878.6119	102.7209	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	40800.7543	40800.7543	82.3743	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	63630.8829	63630.8829	128.4670	.0000
Lineer Terimden Sapma	7	343398.0123	49056.8589	99.0429	.0000
Ağırlıksız 2.derece terim	1	10061.3142	10061.3142	20.3132	.0000
Ağırlıklı 2.derece terim	1	26330.5138	26330.5138	53.1597	.0000
2.dereceden sapma	6	317067.4984	52844.5831	106.6901	.0000
Ağırlıksız 3.derece terim	1	16787.7395	16787.7395	33.8934	.0000
Ağırlıklı 3.derece terim	1	4665.2510	4665.2510	9.4189	.0022
3.dereceden sapma	5	312402.2474	62480.4495	126.1443	.0000
Ağırlıksız 4.derece terim	1	6426.4420	6426.4420	12.9746	.0003
Ağırlıklı 4.derece terim	1	19217.7774	19217.7774	38.7996	.0000
4.dereceden sapma	4	293184.4700	73296.1175	147.9805	.0000
Ağırlıksız 5.derece terim	1	37843.1350	37843.1350	76.4030	.0000
Ağırlıklı 5.derece terim	1	73139.3755	73139.3755	147.6641	.0000
5.dereceden sapma	3	220045.0945	73348.3648	148.0860	.0000
Grup içi	871	431414.3709	495.3093		
Toplam	879	838443.2661			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
66.4608	8	871	.000

Ort. SIRA	
12.5833	Grup 9
14.7731	Grup 3
17.3870	Grup 6
23.7953	Grup 8 **
30.0977	Grup 5 ***
31.3456	Grup 2 ****
50.0670	Grup 7 *****
50.7187	Grup 1 *****
74.8485	Grup 4 *****

Tablo 4.93 : Kalıcı Deformasyon İçin Yeni Sıralamaya Göre Tek

Kaynak	Değişkenli Varyans Analizi				
	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	8	134.6527	16.8316	31.5388	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	53.2647	53.2647	99.8066	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	77.4820	77.4820	145.1846	.0000

Lineer Terimden Sapma	7	57.1707	8.1672	15.3036	.0000
Ağırlıksız 2.dereceden terim	1	6.2694	6.2694	11.7475	.0006
Ağırlıklı 2.dereceden terim	1	3.9745	3.9745	7.4473	.0065
2.dereceden sapma	6	53.1962	8.8660	16.6130	.0000
Ağırlıksız 3.dereceden terim	1	7.7906	7.7906	14.5980	.0001
Ağırlıklı 3.dereceden terim	1	3.7106	3.7106	6.9528	.0085
3.dereceden sapma	5	49.4856	9.8971	18.5451	.0000
Ağırlıksız 4.derece terim	1	.0189	.0189	.0354	.8508
Ağırlıklı 4.derece terim	1	.4116	.4116	.7713	.3801
4.dereceden sapma	4	49.0740	12.2685	22.9885	.0000
Ağırlıksız 5.derece terim	1	6.4919	6.4919	12.1644	.0005
Ağırlıklı 5.derece terim	1	12.8458	12.8458	24.0704	.0000
5.dereceden sapma	3	36.2282	12.0761	22.6279	.0000
Grup içi	871	464.8347	.5337		
Toplam	879	599.4874			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
23.0288	8	871	.000

Ort. SIRA	
.4897	Grup 9
.5906	Grup 6
.6171	Grup 5
.7026	Grup 3
.7577	Grup 8 *
.9502	Grup 7 * * * *
1.1538	Grup 2 * * * * *
1.3431	Grup 4 * * * * * *
1.5922	Grup 1 * * * * * * *

Tablo 4.94 : Yeni Sıralama İçin Yüke Göre Korelasyon Analizi

	YUK	YUK2	YUK3	YUK4	YUK5	YUK6	YUK7	YUK8	YUK9
YUK	1.000 (880) P=.	.710 (80) P=.00	.735 (80) P=.00	.974 (160) P=.00	.624 (80) P=.00	.734 (80) P=.00	.700 (80) P=.00	.708 (80) P=.00	.750 (80) P=.00
YUK2	.710 (80) P=.00	1.000 (80) P=.	.995 (80) P=.00	.747 (80) P=.00	.985 (80) P=.00	.994 (80) P=.00	.970 (80) P=.00	.994 (80) P=.00	.993 (80) P=.00
YUK3	.735 (80) P=.00	.995 (80) P=.00	1.000 (80) P=.	.772 (80) P=.00	.975 (80) P=.00	.998 (80) P=.00	.983 (80) P=.00	.996 (80) P=.00	.992 (80) P=.00
YUK4	.974 (160) P=.00	.747 (80) P=.00	.772 (80) P=.00	1.000 (160) P=.	.658 (80) P=.00	.771 (80) P=.00	.735 (80) P=.00	.746 (80) P=.00	.787 (80) P=.00
YUK5	.624 (80) P=.00	.985 (80) P=.00	.975 (80) P=.00	.658 (80) P=.00	1.000 (80) P=.	.972 (80) P=.00	.956 (80) P=.00	.981 (80) P=.00	.969 (80) P=.00

	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00
YUK6	.734	.994	.998	.771	.972	1.000	.984	.996	.991
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00
YUK7	.700	.970	.983	.735	.956	.984	1.000	.982	.966
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00
YUK8	.708	.994	.996	.746	.981	.996	.982	1.000	.988
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00
YUK9	.751	.993	.992	.787	.969	.991	.966	.988	1.000
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .

Tablo 4.95 : Yeni Sıralama İçin Kalıcı Deformasyona Göre Korelasyon Analizi

	DFR1	DFR2	DFR3	DFR4	DFR5	DFR6	DFR7	DFR8	DFR9
DEFR1	1.000	.752	.748	.883	.758	.714	.848	.7645	.010
	(160)	(80)	(80)	(160)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .93
DEFR2	.752	1.000	.614	.903	.573	.722	.706	.696	-.2662
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .02
DEFR3	.748	.614	1.000	.700	.823	.580	.813	.659	-.014
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .91
DEFR4	.883	.903	.700	1.000	.704	.789	.820	.792	-.148
	(160)	(80)	(80)	(160)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .19
DEFR5	.758	.573	.823	.704	1.000	.569	.860	.658	.085
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .00	P= .45
DEFR6	.714	.722	.580	.789	.569	1.000	.704	.708	-.129
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .00	P= .26
DEFR7	.848	.706	.813	.820	.860	.704	1.000	.778	.013
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .00	P= .	P= .00	P= .91
DEFR8	.765	.696	.659	.792	.658	.708	.778	1.000	-.019

	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P=.00	P=.00	P=.00	P=.00	P=.00	P=.00	P=.000	P=.00	P=.87
DEFR9	.010	-.266	-.014	-.148	.085	-.129	.013	.019	1.000
	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)	(80)
	P=.93	P=.02	P=.91	P=.19	P=.45	P=.26	P=.91	P=.87	P=.00

Tablo 4.92'ye göre, 4. kombinasyon en yüksek yük değeri ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Tablo 4.93'e göre, 1. kombinasyon en yüksek kalıcı deformasyon değeri ile ayrı bir grup oluşturmuştur. Tablo 4.94'deki bastırma yükü korelasyon katsayıları hepsinde yüksektir. Tablo 4.95'deki kalıcı deformasyon korelasyon katsayıları, 9. kombinasyon hariç hepsinde yüksektir.

Şimdi değerlendirme için elimizde üç seçenek vardır :

- 1) 'yük' incelemesinden çıkan 4. kombinasyon,
- 2) 'defor' incelemesinden çıkan 1. kombinasyon,
- 3) Korelasyon katsayılarının incelemesinden çıkan 9. kombinasyon.

Bunların içinden 9. kombinasyon iptal edilecektir, çünkü hem korelasyon incelemelerinde sadece kalıcı deformasyon bağımlı değişkeni için ortaya çıkmıştır, bastırma yükünde yoktur; hem de varyans analizlerinde her iki bağımlı değişken için de düşük grupta yer almıştır. Geriye kalanların içinden de 1. kombinasyon seçilecektir, çünkü kalıcı deformasyon açısından incelenende çıkan sonuçtur, bizim amacımız da kalıcı deformasyonun incelenmesidir. Böylece, küre boyutu ve kalıp boyutu bağımsız değişkenleri açısından da olay, Küre : 2 cm.'lik Kalıp : 6 cm.'lik olarak sonuçlanmıştır. Sonuçlanmayanlar bastırma mesafesi ve şekildir.

Oluşturulan kombinasyonlara göre yapılan tablo düzenlemesi ile, bastırma yükü için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi yapıldığında Tablo 4.96 ve kalıcı deformasyon için bastırma mesafesine göre tek değişkenli varyans analizi yapıldığında Tablo 4.97 elde edilmiştir.

Tablo 4.96 : Bastırma Yükü İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

Kaynak	Değişkenli Varyans Analizi				
	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	59334.9817	19778.3272	246.5356	.0000
Lineer Terim	1	50765.5655	50765.5655	632.7897	.0000
Lineer Terimden Sapma	2	8569.4162	4284.7081	53.4086	.0000
2.derece Terim	1	8495.0389	8495.0389	105.8901	.0000
2.dereceden sapma	1	74.3773	74.3773	.9271	.3371

	3.derece terim	1	74.3773	74.3773	.9271	.3371
Grup içi		156	12515.1035	80.2250		
Toplam		159	71850.0852			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
83.5728	3	156	.000

Ort. SIRAMM 1 2 3 4

19.2293	Grup 1			
50.9540	Grup 2	*		
65.0565	Grup 3	**		
67.6350	Grup 4	**		

Homojen Altgruplar

Altgrup 1 : Grup 1 : Ortalama 19.2293

Altgrup 2 : Grup 2 : Ortalama 50.9540

Altgrup 3 : Grup 3 : Ortalama 65.0565 ve Grup 4 : Ortalama 67.6350

Tablo 4.97 : Kalıcı Deformasyon İçin Bastırma Mesafesine Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	127.1565	42.3855	444.6851	.0000
Lineer Terim	1	122.6358	122.6358	1286.6263	.0000
Lineerden sapma	2	4.5207	2.2604	23.7145	.0000
2.derece terim	1	4.0415	4.0415	42.4008	.0000
2.dereceden sapma	1	.4793	.4793	5.0282	.0263
3.derece terim	1	.4793	.4793	5.0282	.0263
Grup içi	156	14.8693	.0953		
Toplam	159	142.0258			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
4.9701	3	156	.003

Ort. SIRAMM 1 2 3 4

.2342	Grup 1			
1.4330	Grup 2	*		
2.0692	Grup 3	**		
2.6323	Grup 4	***		

Homojen Altgruplar

Altgrup 1 : Grup 1 : Ortalama .2342

Altgrup 2 : Grup 2 : Ortalama 1.4330

Altgrup 3 : Grup 3 : Ortalama 2.0692

Altgrup 4 : Grup 4 : Ortalama 2.6323

Bu inceleme sonunda, bastırma yükünde 3. ve 4. kombinasyonlar, kalıcı deformasyonda ise sadece 4. kombinasyon çıkmıştır. Kalıcı deformasyon bizim için daha önemli olduğu için, onun sonucunu esas alarak 7.5 mm. bastırma mesafesi ile çalışılması gerektiği kararı verilmiştir.

şekil için, grafiksel incelemeden sonra karar verilecektir.

III. gruptaki bağımlı değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkisinin incelenmesinde fayda görülmüştür. Bu, 'yük'-'def' ilişkisidir. Aralarındaki tek değişkenli varyans analizi Tablo 4.98'de, nonlinear regresyon analizi de Tablo 4.99'da gösterilmiştir :

Tablo 4.98 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Tek

Değişkenli Varyans Analizi					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	3	448840.1974	149613.3991	336.3971	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	55509.6513	55509.6513	124.8102	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	434492.8713	434492.8713	976.9321	.0000
Lineerden Sapma	2	14347.3261	7173.6630	16.1296	.0000
Ağırlıksız 2.derece Terim	1	9981.8727	9981.8727	22.4437	.0000
Ağırlıklı 2.derece Terim	1	13917.0013	13917.0013	31.2916	.0000
2.dereceden sapma	1	430.3248	430.3248	.9676	.3256
Ağırlıksız 3.derece Terim	1	430.3252	430.3252	.9676	.3256
Ağırlıklı 3.derece Terim	1	430.3248	430.3248	.9676	.3256
Gruplar arası	876	389603.0687	444.7524		
Toplam	879	838443.2661			

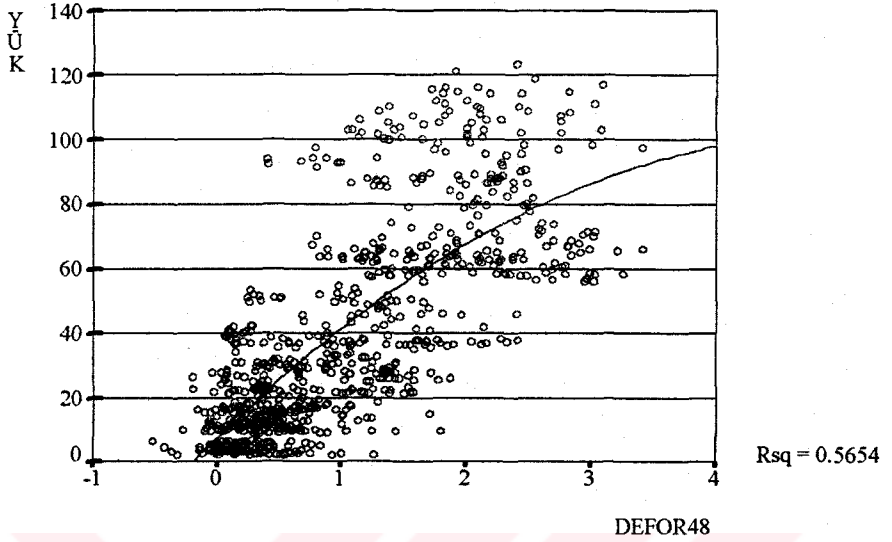
Tablo 4.99 : Bastırma Yüğü İçin Kalıcı Deformasyona Göre Nonlinear

Regresyon Analizi			
Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	3	1826186.15500	608728.71833
Hata	877	364396.04115	415.50290
Düzeltilmemiş Toplam	880	2190582.19614	
Düzeltilmiş Toplam	879	838443.26613	
$R^2 = 0.56539$			
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	7.588473695	1.396527620	4.847547142 10.329400248
B1	37.491336849	2.646295190	32.297525677 42.685148021
B2	-3.713017031	.976665525	-5.629891737 -1.796142325

Tablo 4.98'e göre, 'yük'-'defor' ilişkisi 2.derecedendir ve Tablo 4.99'a göre elde edilen regresyon denklemi,

$$\text{yük} = 7.588 + 37.491 \cdot \text{def} - 3.713 \cdot \text{def}^2$$

ve $r^2 = 0.56539$ 'dir. Regresyon eğrisinin çizimi Şekil 4.66'da gösterilmiştir. Aynı denklem, 'def' bağımlı, 'yük' bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, bu dönüşüm cebirsel olarak yapılabilir.



Şekil 4.66 : Bastırma yükü ile kalıcı deformasyon arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi

4.2.3.2. Grafiksel inceleme

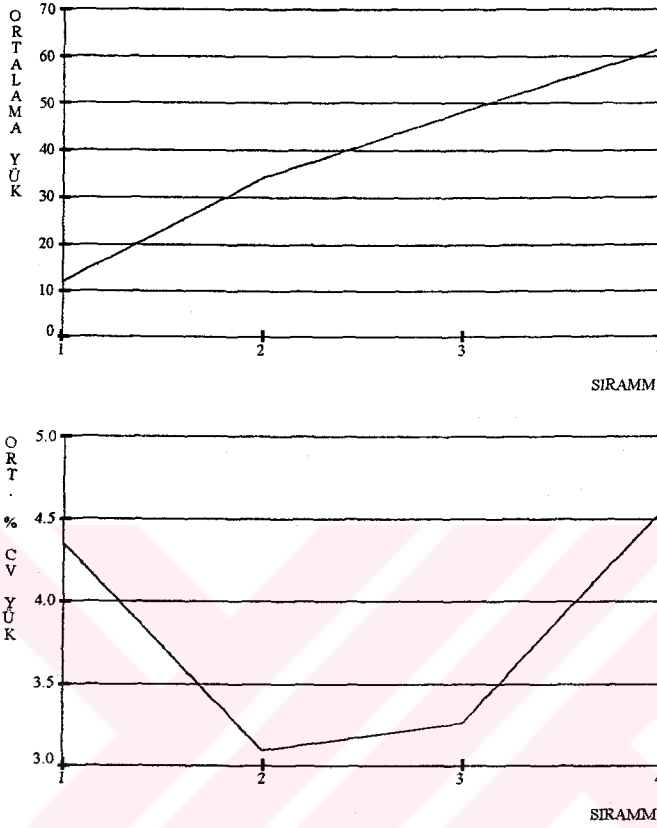
III.grup deneyler için grafiksel inceleme yapıldığında şu noktalar dikkati çekmektedir :

1) Bastırma yükü için incelendiğinde :

a) Şekil 4.67’de yük ve % CV yükün bastırma mesafesine göre değişimi görülmektedir. Ortalama yük, bastırma mesafesi arttıkça artmaktadır. 2. bastırma mesafesi olan 4.9 mm’ye kadar daha dik bir çıkış yapsa bile, 3. ve 4. bastırma mesafelerinde nispeten daha az meyilli bir artış göstermektedir. 4.9 mm. bastırma mesafesi, kumaşın kalıcı deformasyon davranışından kritik bir noktayı temsil ediyor şeklinde yorumlanmıştır. Değişim katsayısı, 4.9 mm.’de en az değişkenlik göstermektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.73’ün incelenmesi sonucunda :

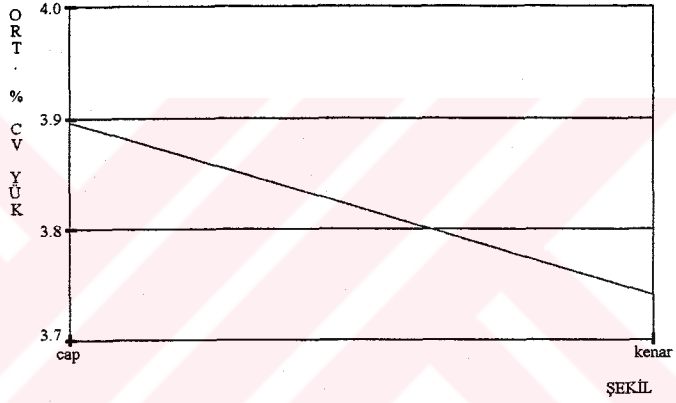
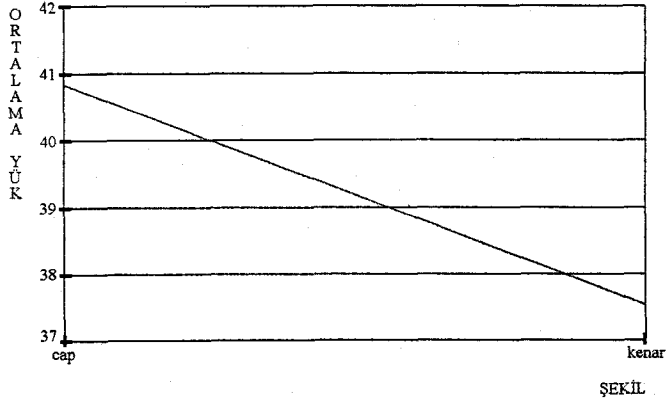
$$\text{yük} = -67.810 + 26.913 \cdot \text{basmm} - 1.287 \cdot \text{basmm}^2$$

şeklinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.67 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği

b) Şekil 4.68'de yük ve % CV yükün şekle göre değişimi görülmektedir. Ortalama yük, dairesel kalıp şeklinden kare kalıp şekline geçince azalmaktadır. Dairede 40.8N civarı iken, karede 36N civarına, yaklaşık %10 düşüş göstermiştir. Değişim katsayısı da çok az bir azalma göstermiştir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.74'ün incelenmesi sonucunda kurulamamıştır.

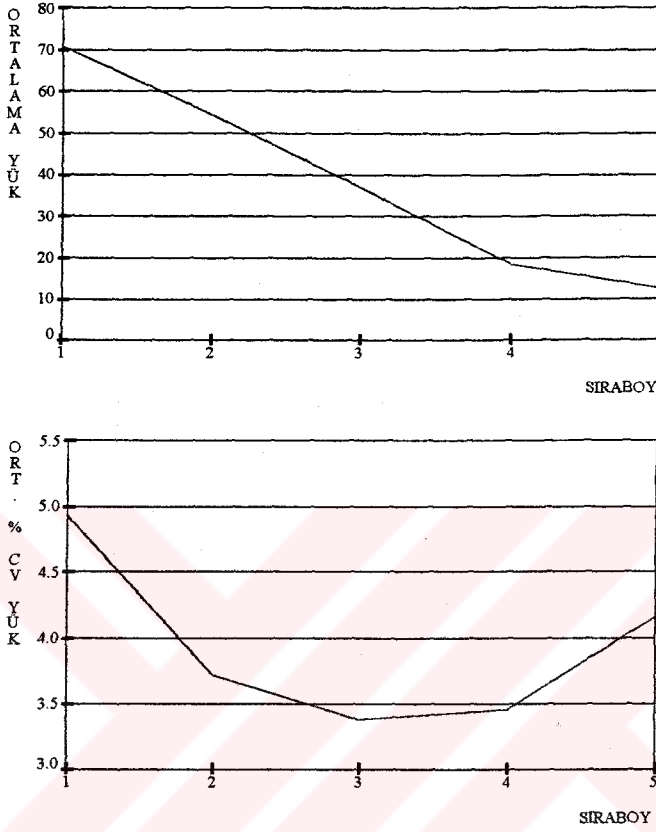


Şekil 4.68 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının şekile göre grafiği

c) Şekil 4.69'da yük ve % CV yükün kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Ortalama yük, kalıp boyutu büyüdükçe azalmaktadır. İlk dört kalıp boyutunda azalma düzgün bir şekilde olduğu halde, sonuncu kalıp olan 16 cm'lik çap veya kenardakinde azalma daha az olmaktadır. Bu durum, 4. kalıp boyutu ile 5. kalıp boyutu arasındaki fiziksel farkın fazla olmadığını gösterir. Genelde görülen azalma, kalıp boyutu büyüdükçe kumaş daha az mukavemet gösterir şeklinde yorumlanabilir. Değişim katsayısı en az 8 cm. boyutundaki kalıpta değişim göstermiştir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.78'in incelenmesi sonucunda :

$$\text{yük} = 118.592 - 13.439 \cdot \text{boy} + 0.416 \cdot \text{boy}^2 + 0.001 \cdot \text{boy}^3$$

şeklinde tespit edilmiştir.

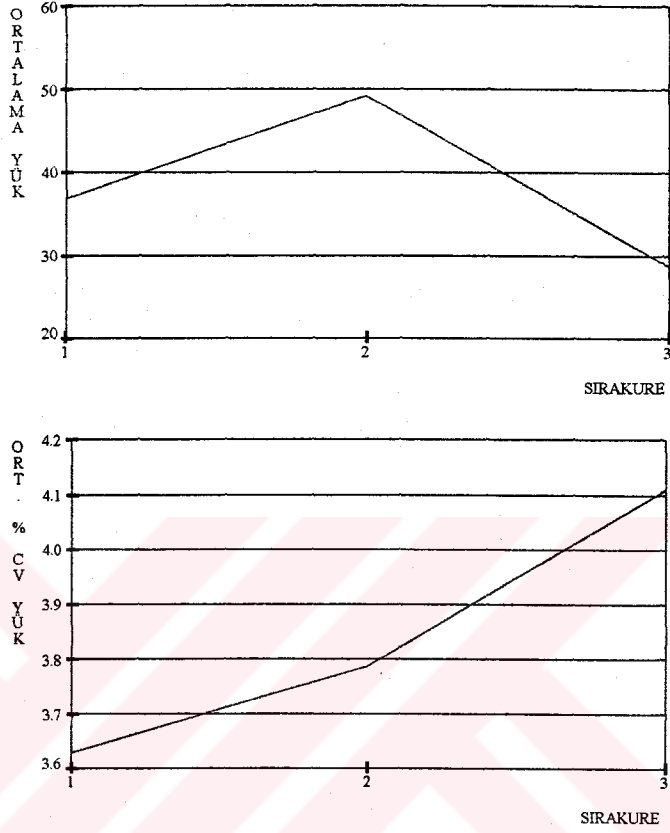


Şekil 4.69 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği

d) Şekil 4.70'de yük ve % CV yükün küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Ortalama yük, küre boyutu büyüdükçe önce artmakta sonra azalmaktadır. 3. küre boyutu olan 8 cm'lik çaptaki ortalama yük değeri, 1. küre boyutu olan 2cm'lik çaptakinden daha düşük bir değerdedir. Bu durum, daha az yük harcanarak gene aynı değerlere ulaşılabilirliğini gösterir ki, alanın geniş olması burada en büyük etkindir. Değişim katsayısı küçük çaplı kürede daha küçüktür. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.80'nin incelenmesi sonucunda :

$$\text{yük} = 8.388 + 18.398 \cdot \text{küre} - 2.105 \cdot \text{küre}^2 + 0.016 \cdot \text{küre}^3$$

şeklinde tespit edilmiştir.



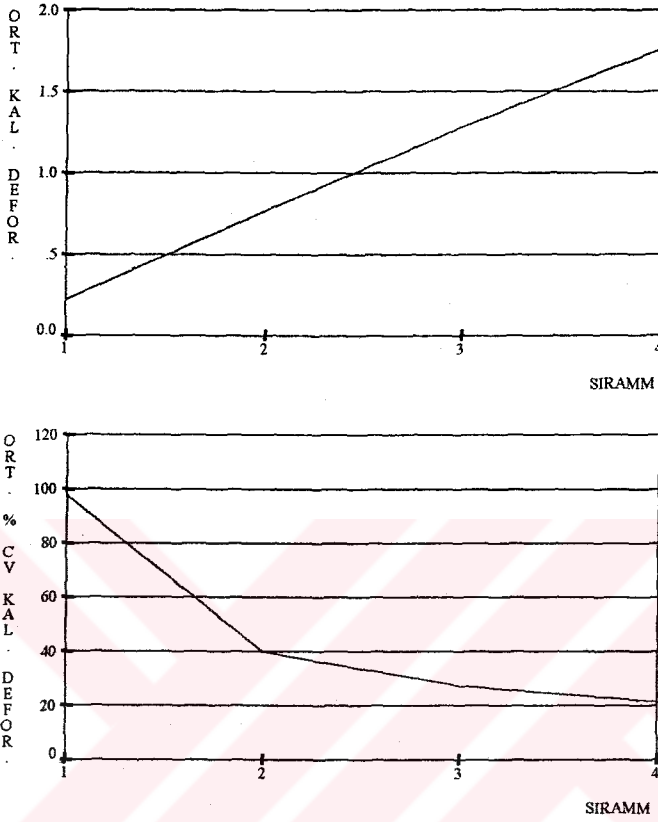
Şekil 4.70 : Bastırma yükü ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği

2) Kalıcı deformasyon için incelendiğinde :

a) Şekil 4.71'de kalıcı deformasyon ve % CV kalıcı deformasyonun bastırma mesafesine göre değişimi görülmektedir. Ortalama deformasyon, bastırma mesafesi arttıkça düzgün bir şekilde artmaktadır. İstatistiksel analizde bu davranış aynen formüle edilmiştir. Değişim katsayısı, bastırma mesafesi arttıkça artmakta ve en yüksek mesafe olan 7.5 mm.'de, en düşük değerine ulaşmaktadır. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.85'in incelenmesi sonucunda :

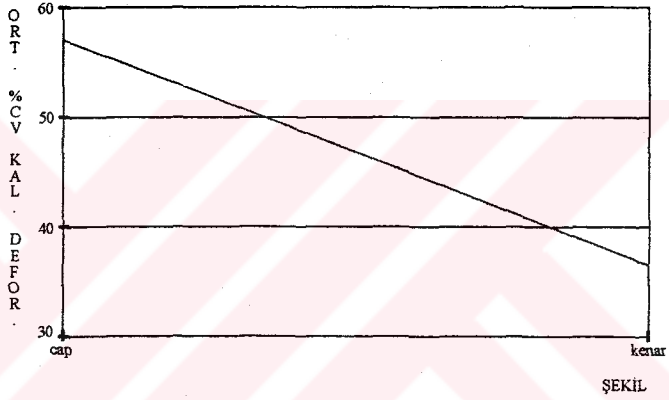
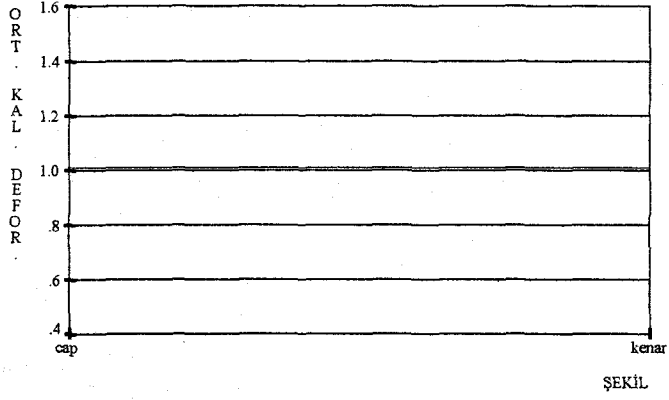
$$\text{defor} = - 1.179 + 0.395 \cdot \text{basmm}$$

şeklinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.71 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının bastırma mesafesine göre grafiği

b) Şekil 4.72'de kalıcı deformasyon ve % CV kalıcı deformasyonun şekle göre değişimi görülmektedir. Ortalama deformasyon, kalıp şeklinin daire veya kare olması ile hiçbir belirgin değişim göstermemiş ve yatay bir çizgi davranışını korumuştur. İstatistiksel analizde de bu davranış ortaya çıkarılmıştır. Değişim katsayısı ise, kare kalıplarda daha düşüktür. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.82'nin incelenmesi sonucu oluşturulamadığı görülmüştür, çünkü regresyon analizi şekil değişkenini iptal etmiştir.

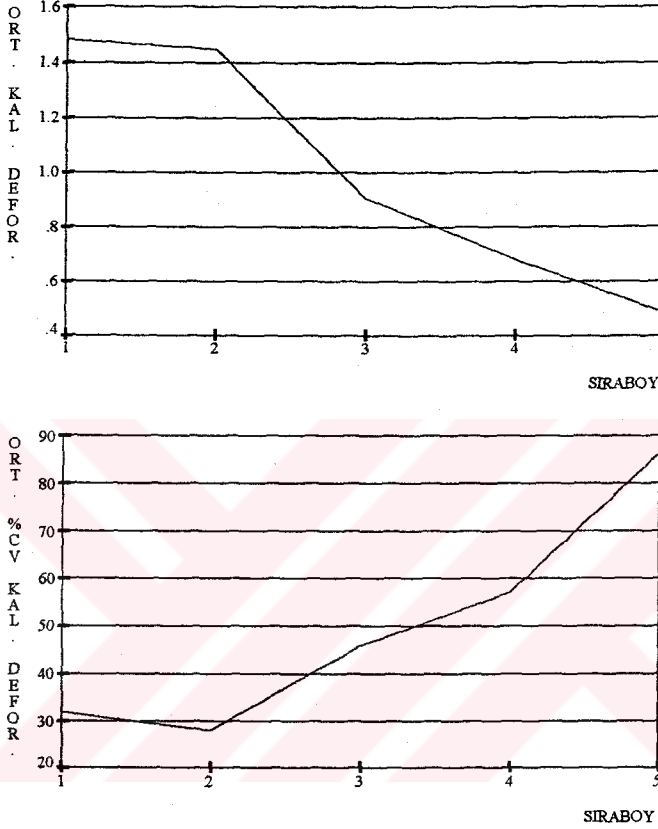


Şekil 4.72 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının kalıp şekline göre grafiği

c) Şekil 4.73'de kalıcı deformasyon ve % CV kalıcı deformasyonun kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Ortalama deformasyon, kalıp boyutu büyüdükçe azalmıştır. İlk iki kalıpta azalma daha az olduğu halde, 3. kalıp boyutu olan 8 cm'lik ölçüde ani bir azalma görülmektedir. 4. ve 5. kalıp boyutlarında da azalma daha az miktarda devam etmiştir. 6 cm'lik kalıplardan 8 cm'lik kalıplara geçişte büyüyen bu azalma ölçüsü , gerek çap veya kenar ölçüsü olarak gerekse alan olarak, kalıcı kumaş deformasyonunda kritik bir anı temsil etmektedir, bu ani düşüş bundan kaynaklanmaktadır. İstatistiksel incelemelerde de bu an yakalanmıştır. Değişim katsayısı ise, 8 cm.'lik kalıplarda bir miktar düşüş göstermiş sonra düzgün artmıştır. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.88'in incelenmesi sonucunda :

$$\text{deform} = - 1.406 + 1.069 \cdot \text{boy} - 0.034 \cdot \text{boy}^3 + 0.004 \cdot \text{boy}^4 - 0.0001 \cdot \text{boy}^5$$

şeklinde tespit edilmiştir.



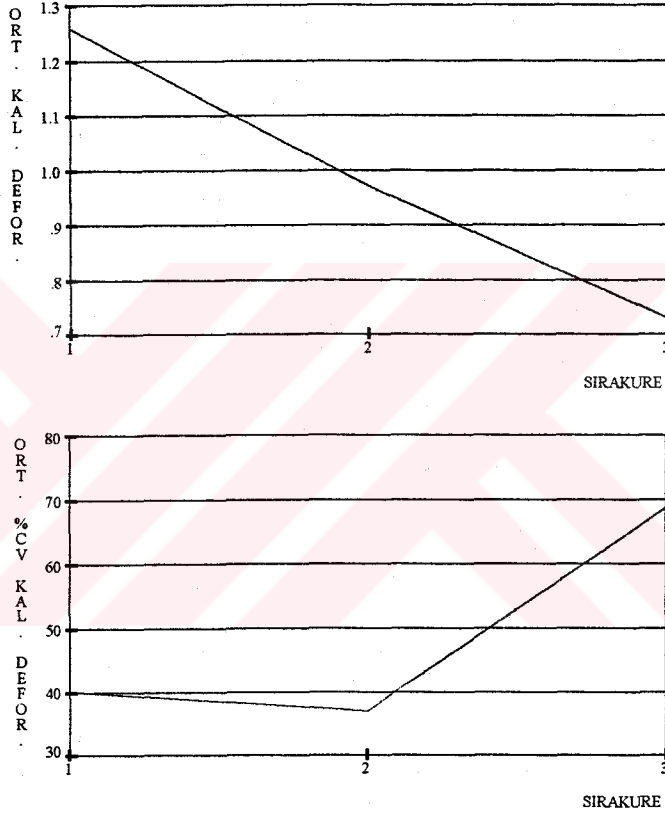
Şekil 4.73 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği

d) Şekil 4.74’de kalıcı deformasyon ve % CV kalıcı deformasyonun küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Ortalama deformasyon, küre boyutu büyüdükçe azalmıştır. 2 cm’lik çaplı küreden 4 cm’lik çaplı küreye olan azalma miktarı, 4 cm’lik küreden 8 cm’lik küreye olan azalma miktarından az daha fazladır. İstatistiksel analizlere göre de fark yok çıkmıştır. Şekil 4.70’deki ‘yük’-’küre’ diyagramı ile karşılaştırıldığında, 1. kürede daha az kuvvet harcandığı fakat daha çok kalıcı deformasyon elde edildiği görülmektedir; aynı şekilde 2. kürede maksimum kuvvet harcanmış fakat orta miktarda kalıcı deformasyon elde

edilmiştir; 3. kürede ise hem yükte hem de kalıcı deformasyon olarak minimum değerler elde edilmiştir. Değişim katsayısı, küre çapı büyüdükçe artmaktadır. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi, Tablo 4.90'nın incelenmesi sonucunda :

$$\text{defor} = 1.384 - 0.085 * \text{küre}$$

şeklinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.74 : Kalıcı deformasyon ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği

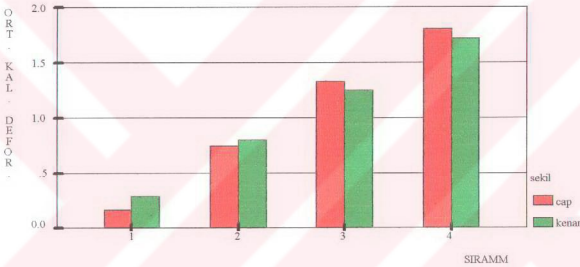
Genel olarak yük ve kalıcı deformasyon bağımlı değişkenleri bu tablolarla incelenmiştir. Bundan sonraki incelemeler kalıcı deformasyon üzerinde devam edecektir, çünkü çalışmanın esas konusu kalıcı deformasyondur. Önceki diagramlarda deformasyon ile bir tane bağımsız değişkenin davranışı ve değişim katsayısı ele alınmıştır, burada ise deformasyon ile diğer bağımsız değişkenlerin davranışı girişimli olarak ve

değişim katsayısı olmadan ele alınacaktır. Ortaya çıkan tablolar şu şekildedir :

A) İki değişken birarada ele alınınca :

a) Bastırma mesafesine göre incelenince :

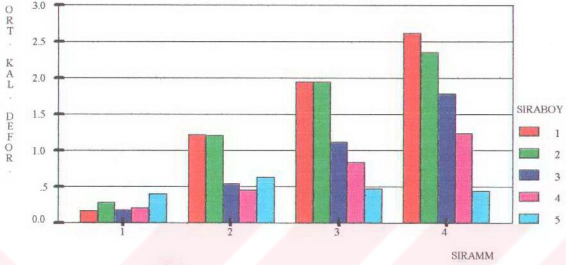
i) Şekil 4.75’de kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve şekle göre değişimi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça hem daire hem de kare kalıplardaki kalıcı deformasyon artmaktadır. Küçük bastırma mesafesinde yeşil ile gösterilen kare kalıplardaki kalıcı deformasyon biraz daha fazla iken, büyük bastırma mesafelerinde kırmızı ile gösterilen daire kalıplardaki kalıcı deformasyon biraz daha fazladır.



Şekil 4.75 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve şekile göre değişimi

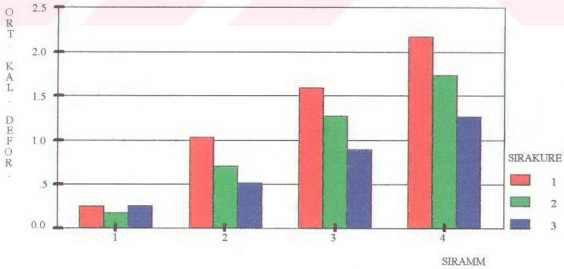
ii) Şekil 4.76’da kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça, farklı kalıp boylarındaki kalıcı deformasyon da artmaktadır. Sadece, 16 cm’lik kalıpta kalıcı deformasyon yataya yakın bir davranış göstermekte, yani bastırma mesafesi artsa bile kalıcı deformasyon 2. bastırma mesafesi olan 4.9 mm’de bir miktar artış gösterse bile hemen hemen aynı kalıyor kabul edilebilmektedir. En fazla bastırma mesafesi olan 5. sıradaki 7.5 mm. için incelendiğinde, kalıp boyları sırası ile kalıcı deformasyon miktarları aynı sırada çıkmıştır. Bu demektir ki, en küçük kalıpta en yüksek deformasyon en büyük kalıpta da en düşük deformasyon elde edilmektedir. Fakat istatistiki analiz sonuçları, 2. kalıp boyutu olan 6 cm’lik ölçüde genel

olarak en yüksek kalıcı deformasyon değerlerine ulaşıldığını göstermektedir.



Şekil 4.76 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve kalıp boyutuna göre değişimi

iii) Şekil 4.77’de kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Bastırma mesafesi arttıkça, farklı küre boylarındaki kalıcı deformasyon da artmaktadır. Diagram üzerinde bastırma mesafesi 3.6 mm’den 4.9 mm’ye geçerken oluşan bölgede, farklı küre boyutlarının meydana getirdiği kalıcı deformasyonlar biraz kesişimli olmaktadır. 2., 3. ve 4. bastırma mesafelerinde ise, farklı küre boyutlarının meydana getirdikleri deformasyon neredeyse paralele yakın bir davranış göstermekte ve doğrusal artış olmaktadır. Son bastırma mesafesi olan 7.5

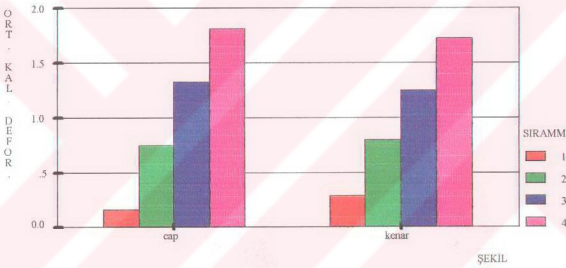


Şekil 4.77 : Kalıcı deformasyonun bastırma mesafesi ve küre boyutuna göre değişimi

mm'deki durum incelendiğinde ise, Tablo 4.84'de görülen davranış ile aynı olmaktadır, küçük küre boyutunda en yüksek deformasyon değeri, büyük küre boyutunda en düşük deformasyon değeri elde edilmektedir. Bu durum, uygulanan kuvvetin yayıldığı küre yüzeyi ile temas eden kumaş yüzeyi genişledikçe oluşan kalıcı deformasyonun azaldığı şeklinde açıklanabilir.

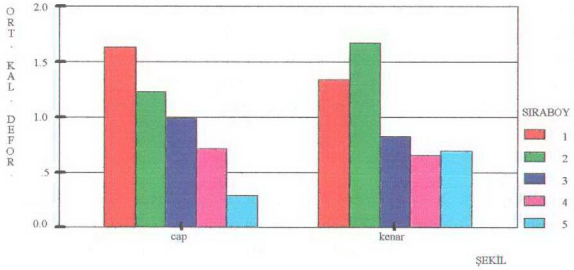
b) Şekle göre incelenince :

i) Şekil 4.78'de kalıcı deformasyonun şekil ve bastırma mesafesine göre değişimi görülmektedir. Şekil daireden kareye geçişince, 1. ve 2. bastırma mesafelerinde kalıcı deformasyonlarda biraz artış varken, 3. ve 4. bastırma mesafelerinde kalıcı deformasyonda biraz azalma vardır. Bundan dolayı ilk başta yapılan genel incelemede daireden kareye geçişte fark yok çıkmıştır, iki fark birbirini dengelemiştir. Fark burada gözlenmektedir.



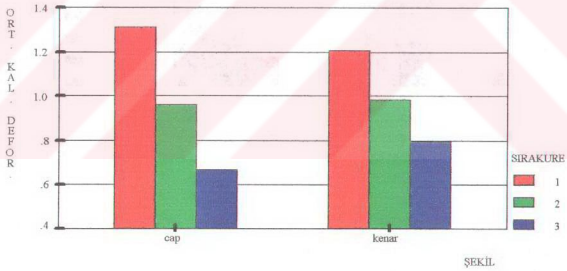
Şekil 4.78 : Kalıcı deformasyonun şekil ve bastırma mesafesine göre değişimi

ii) Şekil 4.79'da kalıcı deformasyonun şekil ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Şekil 'daire'den 'kare'ye geçişince, 2. ve 5. kalıp boyutlarında kalıcı deformasyonlarda büyük artış varken, 1., 3. ve 4. kalıp boyutlarında kalıcı deformasyonda biraz azalma vardır. Bundan dolayı ilk başta yapılan genel incelemede daireden kareye geçişte fark yok çıkmıştır, farklar birbirlerini dengelemiştir. Farklar burada gözlenmektedir.



Şekil 4.79 : Kalıcı deformasyonun şekil ve kalıp boyutuna göre grafiği

iii) Şekil 4.80’de kalıcı deformasyonun şekil ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Şekil ‘daire’den ‘kare’ye geçişince, 2. ve 3. küre boyutlarında kalıcı deformasyonlarda biraz artış varken, 1. küre boyutunda kalıcı deformasyonda biraz azalma vardır. Bundan dolayı ilk başta yapılan genel incelemede daireden kareye geçişte fark yok çıkmıştır, farklar birbirlerini dengelemiştir. Farklar burada gözlenmektedir.

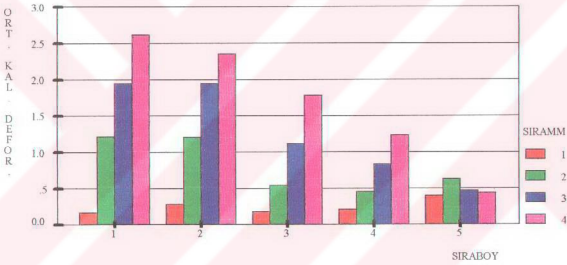


Şekil 4.80 : Kalıcı deformasyonun şekil ve küre boyutuna göre grafiği

c) Kalıp boyutuna göre incelenince :

i) Şekil 4.81’de kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve bastırma mesafesine göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu arttıkça, yani kalıp boyutu büyüdükçe, farklı bastırma mesafelerinde meydana gelen kalıcı deformasyonun azaldığı görülmektedir. 1. bastırma mesafesi olan 3.6

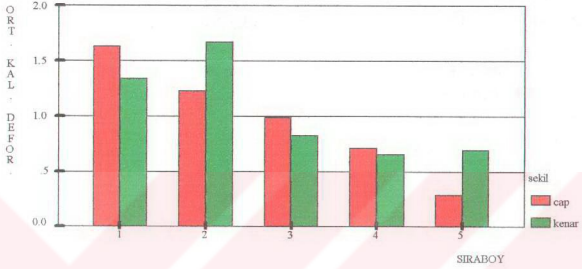
mm., kararsız bir davranış sergilemekte ve neredeyse yataya paralel bir eğri meydana getirerek değişim yokmuş gibi sonuç vermektedir. Bu durum, bu bastırma mesafesinin doğru sonuç vermediği tarzında yorumlanabilir. 2., 3. ve 4. bastırma mesafeleri ise azalan ve birbirine paralel bir davranış göstermektedirler. Ayrıca, 2. ve 3. bastırma mesafelerinde, 1. kalıp boyutundan 2. kalıp boyutuna hiç fark çıkmamıştır. 4. bastırma mesafesinde ise bu aralıkta azalma görülmektedir. İstatistiki analizlerde, 1. ve 2. kalıp boyutları arasında fark çıkmamış ve birinden biri iptal edilebilir çıkmıştır. Aralarındaki fark burada gözlenmektedir. 4. kalıp boyutundan 5. kalıp boyutuna geçerkenki bölgede kararsız davranışlar vardır, 1. ve 2. bastırma mesafelerinde artış eğilimi varken 3. ve 4. bastırma mesafeleri azalmaya devam etmişlerdir ve birbirleri ile kesişmeler meydana getirmişlerdir. Bu durum, büyük kalıp boylarında çalışılmaması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 4.81 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve bastırma mesafesine göre grafiği

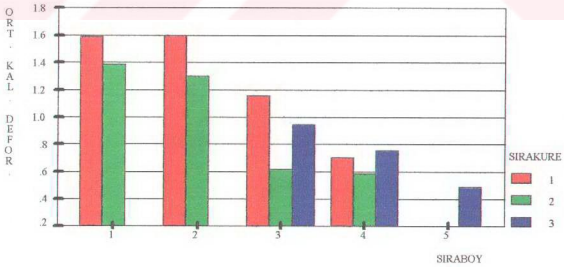
ii) Şekil 4.82’de kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu arttıkça, yani kalıp boyutu büyüdükçe, farklı kalıp şekillerinde meydana gelen kalıcı deformasyonun azaldığı görülmektedir. Kırmızı ile gösterilen daire şeklindeki kalıplarda, kalıp boyutu büyüdükçe kalıcı deformasyonda muntazam azalma görülmektedir. Yeşil ile gösterilen kare kalıplarda ise, genelde azalma vardır fakat 2. kalıp boyutu olan 6 cm’lik ölçüde belirgin bir artış görülmektedir. 5. kalıp boyutu olan 16 cm’lik ölçüde hafif bir artış vardır. Daire kalıplara ait olan değerler oldukça düzgün bir değişim gösterirken, kare kalıplara ait olan değerler daha düzensiz bir davranış göstermişlerdir.

Bunun sebebi, daire kalıplarda kuvvetin çeperde homojen yayılması, kare kalıplarda ise köşelere kadar kuvvetin kumaş içinde daha çok yol katetmesi ve kenar çizgisi boyunca sürekli farklı kuvvet değerinin olması olabilir.



Şekil 4.82 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve şekle göre grafiği

iii) Şekil 4.83’de kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu arttıkça, yani kalıp boyutu büyüdükçe, farklı küre boyutlarında meydana gelen kalıcı deformasyonun genel davranış olarak azaldığı görülmektedir. 5. kalıp boyutunda 1. ve 2. kürelerin ölçümleri yoktur, çünkü çok geniş olan bu kalıpta küçük kalıp boyutları ile deformasyon oluşturulması zor olmuştur ve bu seçenekler iptal edilmiştir. Elde sadece bilgi olması için yapılan

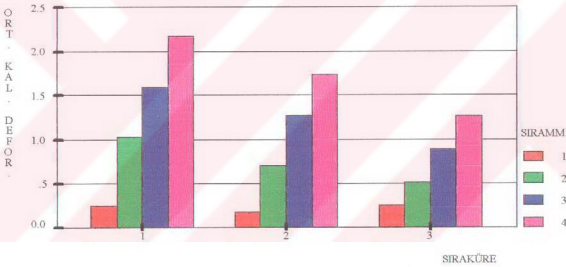


Şekil 4.83 : Kalıcı deformasyonun kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği

deneylerin sonuçları vardır ki onlar da istatistiki analizlere dahil edilmemişlerdir. Aynı şekilde, 1. ve 2. kalıp boyları için, 8 cm. çapındaki en büyük kürenin deney sonuçları yoktur, çünkü bu teknik olarak imkansızdır, 4 cm. ve 6 cm. ölçülerindeki kalıpların daha büyük bir küre ile bastırılmaları demektir ki bu olamaz.

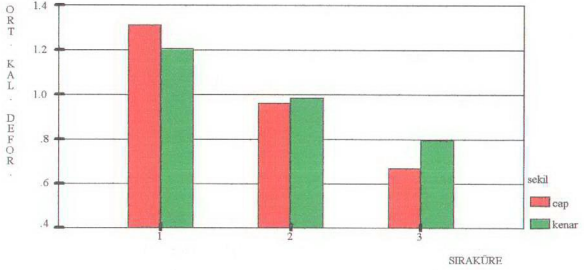
d) Küre boyutuna göre incelenince :

i) Şekil 4.84’de kalıcı deformasyonun küre boyutu ve bastırma mesafesine göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu arttıkça, yani küre boyutu büyüdükçe, farklı bastırma mesafelerinde meydana gelen kalıcı deformasyonun azaldığı görülmektedir. 1. bastırma mesafesi olan 3.6 mm., kararsız bir davranış sergilemekte ve neredeyse yataya paralel bir eğri meydana getirerek değişim yokmuş gibi sonuç vermektedir. Bu durum, bu bastırma mesafesinin doğru sonuç vermediği tarzında yorumlanabilir. 2., 3. ve 4. bastırma mesafeleri ise azalan ve birbirine paralel bir davranış göstermektedirler.



Şekil 4.84 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve bastırma mesafesine göre grafiği

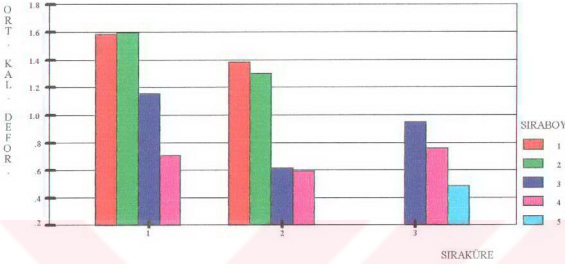
ii) Şekil 4.85’de kalıcı deformasyonun küre boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu arttıkça, yani küre boyutu büyüdükçe, farklı kalıp şekillerinde meydana gelen kalıcı deformasyonun azaldığı görülmektedir. Kırmızı ile gösterilen dairesel kalıp, küçük küre çapında daha yüksek kalıcı deformasyon verirken, büyük küre çapında daha düşük kalıcı deformasyon vermiştir. Aynı durum, Şekil 4.75’de bastırma mesafesi ile şekil arasında da görülmektedir.



Şekil 4.85 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve şekile göre grafiği

iii) Şekil 4.86’da kalıcı deformasyonun küre boyutu ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu arttıkça, yani küre boyutu büyüdükçe, farklı kalıp boylarında meydana gelen kalıcı deformasyon değişik davranmaktadır. Bu diagram nokta ile çizilmiştir, çünkü en büyük kalıp boyutu olan 5. kalıp tek bir nokta ile gösterilmektedir ve çizgi diagramda bu nokta kaybedilmektedir. En küçük kalıp boyutu kırmızı nokta ile belirtilmiştir ve 1. küreden 2. küreye geçerken kalıcı deofrmasyonda azalma eğilimi görülmektedir. Aynı durum, 2. kalıp boyutunda da geçerlidir ve oluşan kalıcı deformasyon 1. kalıp boyutundan daha azdır. Diğer kalıp boyutları ile kıyaslandığında, bu iki kalıp en yüksek kalıcı deformasyon değerlerini vermektedirler. İstatistiki analiz sonucunda, ikinci kalıp birinci küre değerinde en yüksek kalıcı deformasyonu verdiği için uygun çıkmıştır. 3. ve 4. kalıplarda ilginç bir durum vardır, 1. küreden 2. küreye kalıcı deformasyonda azalma olurken, 3. küreye geçişte kalıcı deformasyonda artış gözlenmektedir. 4 cm’lik küre boyutunda çalışılan her dört kalıpta da kalıcı deformasyon miktarı daha az çıkmıştır. Bu durum, küre yüzeyindeki kumaş ile temas alanı genişlediği için, kuvvet daha çok yayılma alanı bulduğu için, oluşturulan kalıcı deformasyon miktarı azalmıştır şeklinde yorumlanabilir. Beşinci kalıp boyutunda ise, en büyük küre boyutu ile çalışıldığı halde, açık mavi renkli nokta ile görüleceği üzere, en düşük kalıcı deformasyon miktarı elde edilmiştir. 2. ve 3. küre boyutlarında, kalıcı deformasyon miktarının büyüklük sırası kalıp boyutu sırası ile aynıdır, fakat 1. kürede 2. kalıp boyutundaki kalıcı deformasyon çok az daha fazladır, diğer sıra

aynıdır. Az önce de belirtildiği gibi, istatistiksel analizinin de 2. kalıbı seçme sebebi budur.



Şekil 4.86 : Kalıcı deformasyonun küre boyutu ve kalıp boyutuna göre grafiği

A. Henüz kararı verilmemiş olan şekil değişkeni için grafikler incelendiğinde, Şekil 4.68’de kare kalıbın yük değerinin düşük, fakat değişim katsayısı değerinin de düşük olduğu görülmektedir. Şekil 4.72’de kalıcı deformasyonlar arasında fark gözlenmeye de değişim katsayısının düşük olması iyidir. Şekil 4.75 ve 4.80’de kare kalıpların daha düşük değer verdikleri görülmektedir. Şekil 4.79 ve 4.85’de kare kalıplar daha yüksek değerler vermektedirler. Şekil 4.78’de ise, kare ve daire kalıpların değerleri birbirine yakındır. Şekil 4.82’de, kare kalıp 6 cm.’lik boyutunda en yüksek kalıcı deformasyon değerini vermiştir. Kalıp boyutu olarak seçilen 6 cm.’lidir, en yüksek değere de kare kalıpta rastlanıldığına göre, kare kalıplarla çalışılmasına karar verilmiştir.

III. deney grubunun incelenmesi sonucunda, karar verilecek bağımsız değişkenler hakkında şu sonuca varılmıştır :

Bastırma mesafesi : 7.5 mm.

Şekil : Kare

Kalıp boyutu : 6 cm.

Küre boyutu : 2 cm.

Böylece, bütün bağımsız değişkenler hakkında karar verilmiş ve bir tek kombinasyonun en belirleyici sonucu verdiğine karar verilmiştir. Bu kombinasyon şudur :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>
Şekil	Kare
Kalıp Boyutu	6 cm.
Küre boyutu	2 cm.
Bastırma mesafesi	7.5 mm.
Hız	60 mm/d
Zaman	Hemen
Tekrarlılık	5. yöntem
Dinlendirme süresi	48 saat
Tekerrür	10 kez

4.2.4. IV. Grup deneylerin değerlendirmesi

4.2.4.1. İstatistiksel inceleme

Elde edilen veriler üzerinde istatistik incelemeler yapılmıştır. Bu grup deneylerde delme yükü ve delinme mesafesi bağımlı değişkenlerdir. IV.grup deneyler kapsamında, üç çeşit bağımsız değişken, kalıp boyutu, şekil ve küre boyutu ile çalışılmıştır. IV.grup deneylerdeki amaçlar, bu üç değişkenin hangilerinin, kumaşın delinmesi olayında, bir diğerine nazaran daha önemli bir etkisi olduğunun saptanmasıdır.

Delme yükü bağımlı değişkeni için şekil, kalıp boyutu ve küre boyutuna göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.100'de gösterilmiştir. Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Delme yükü için şekil, kalıp boyutu ve küre boyutuna göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.101'de gösterilmiştir. Şekil değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır. Tablo 4.102'de, kalan iki değişkene göre çoklu varyans analizi görülmektedir. Tablo 4.103'de delme yükü için kalıp boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.104'de de aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.105'de delme yükü için küre

boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.106'da da aynı ilişkinin nonlinear regresyon analizi görülmektedir

Tablo 4.100 : Delme Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	758735.51	234	3242.46		
SIRABOY	1376327.87	4	344081.97	106.12	.000
SEKİL	2768.26	1	2768.26	.85	.356
SIRAKURE	2462972.98	2	1231486.5	379.80	.000
SIRABOY BY SEKİL	158010.84	4	39502.71	12.18	.000
SIRABOY BY SIRAKURE	630971.27	6	105161.88	32.43	.000
SEKİL BY SIRAKURE	13101.35	2	6550.67	2.02	.135
SIRABOY BY SEKİL BY SIRAKURE	13034.99	6	2172.50	.67	.674
Model Toplamı	4657187.56	25	186287.50	57.45	.000
Genel Toplamı	5415923.08	259	20910.90		
$R^2 = 0.860$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.845$					

Tablo 4.101 : Delme Yüğü İçin Geriye Doğru Eliminasyon Metoduna Göre Regresyon Analizi

Denklem No. 1 Bağımlı Değişken.. YÜK
 Blok No. 1. Metod: Hepsini beraber
 Girilen Değişkenler Basamak No. 1.. KURE
 2.. SEKİL
 3.. BOY

	SD	KT	KO
$R^2 = 0.66395$			
Düzeltilmiş $R^2 = 0.66001$	Regresyon	3	3595909.67042
Standart Hata 84.31742	Hata	256	1820013.40717
			F = 168.59819 FÖ = .0000

Regresyon Katsayılarının Varyans-Kovaryans Matrisi

	BOY	SEKİL	KURE
BOY	1.61378	.00000	-.25578
SEKİL	.00000	109.37581	.00000
KURE	-.77021	.00000	5.61888

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv. Ara: B	T	TÖ
BOY	10.719579	1.270346	8.217921	13.221238	8.438 .0000
SEKİL	6.526000	10.458289	-14.069235	27.121235	.624 .5332
KURE	42.634297	2.370418	37.966294	47.302300	17.986 .0000
Sabit	31.494137	21.536905	-10.917928	73.906203	1.462 .1449

Blok No. 2. Metod: Geriye Doğru
 Uzaklaştırılan Değişkenler Basamak No. 4.. ŞEKİL

Varyans Analizi

$$R^2 = 0.66344$$

$$\text{Düzeltilmiş } R^2 = 0.66082$$

$$\text{Standart Hata} = 84.21719$$

	SD	KT	KO
Regression	2	3593141.40648	1796570.70324
Hata	257	1822781.67111	7092.53569
F =	253.30443	FÖ =	.0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BOY	KURE
BOY	1.60994	-.25578
KURE	-.76838	5.60553

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv.Ara. B	T	TÖ
BOY	10.719579	1.268836	8.220940	13.218218	8.448 .0000
KURE	42.634297	2.367601	37.971929	47.296665	18.007 .0000
Sabit	41.283137	14.738567	12.259398	70.306877	2.801 .0055

Denklemden Olan Değiş.	T	TÖ
ŞEKİL	.624	.5332

Tablo 4.102 : Delme Yüğü İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	945650.95	247	3828.55		
SIRABOY	1376327.87	4	344081.97	89.87	.000
SIRAKURE	2462972.98	2	1231486.5	321.66	.000
SIRABOY BY SIRAKURE	630971.27	6	105161.88	27.47	.000
Model Toplamı	4470272.12	12	372522.68	97.30	.000
Genel Toplam	5415923.08	259	20910.90		
$R^2 = 0.825$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.817$					

Tablo 4.103 : Delme Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek Değişkenli

Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	1376327.872	344081.9681	21.7202	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	1297781.892	1297781.892	81.9227	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	1322790.443	1322790.443	83.5013	.0000
Lineerden Sapma	3	53537.4300	1 7845.8100	1.1265	.3388
Ağırlıksız 2.derece terim	1	13081.7471	13081.7471	.8258	.3644
Ağırlıklı 2.derece terim	1	7771.2327	7771.2327	.4906	.4843
2.dereceden sapma	2	45766.1973	22883.0986	1.4445	.2378
Ağırlıksız 3.derece terim	1	12537.3189	12537.3189	.7914	.3745
Ağırlıklı 3.derece terim	1	7160.9040	7160.9040	.4520	.5020
3.dereceden sapma	1	38605.2932	38605.2932	2.4370	.1197
Ağırlıksız 4.derece terim	1	38605.2850	38605.2850	2.4370	.1197
Ağırlıklı 4.derece terim	1	38605.2932	38605.2932	2.4370	.1197
Grup içi	255	4039595.205	15841.5498		
Toplam	259	5415923.078			

Varyansların Homojenliği İçin Levene Testi

İstatistik sd1 sd2 2-kuyrukta önemlilik

	38.0274	4	255	.000	
<u>Ort. SIRABOY</u>	1	2	3	4	5
224.0175	Grup 1				
231.7770	Grup 2				
321.8173	Grup 3	**			
356.2143	Grup 4	**			
421.7850	Grup 5	***	*		

Tablo 4.104 : Delme Yüğü İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer

<u>Regresyon Analizi</u>				
<u>Kaynak</u>	<u>SD</u>	<u>KT</u>	<u>KO</u>	
Regresyon	2	28574580.5580	14287290.2790	
Hata	258	4122649.38035	15979.26116	
Düzeltilmemiş Toplam	260	32697229.9384		
Düzeltilmiş Toplam	259	5415923.07760		
$R^2 = 0.23879$				
<u>Parametre</u>	<u>Katsayı</u>	<u>S H</u>	<u>%95 Güv. Ara.</u>	
B0	160.83727648	19.750803263	121.94396731	199.73058564
B1	16.563706290	1.841156238	12.938098875	20.189313706

Tablo 4.105 : Delme Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Tek Değişkenli

<u>Varyans Analizi</u>					
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar Arası	2	3244938.955	1622469.477	192.0671	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	3152940.227	3152940.227	373.2435	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	3244587.682	3244587.682	384.0926	.0000
Lineerden Sapma	1	351.2727	351.2727	.0416	.8386
Ağırlıksız 2.derece terim	1	351.2733	351.2733	.0416	.8386
Ağırlıklı 2.derece terim	1	351.2727	351.2727	.0416	.8386
Grup içi	257	2170984.123	8447.4090		
Toplam	259	5415923.078			
<u>Varyansların Homojenliği için Levene Testi</u>					
	İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik	
	23.4893	2	257	.000	

<u>Ort. SIRAKURE</u>	1	2	3
200.3189	Grup 1		
347.7199	Grup 2	*	
490.2817	Grup 3	**	

Tablo 4.106 : Delme Yüğü İçin Küre Boyutuna Göre Nonlineer

<u>Regresyon Analizi</u>			
Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	2	30368220.2111	15184110.1055
Hata	258	2329009.72731	9027.16949
Düzeltilmemiş Toplam	260	32697229.9384	

Düzeltilmiş Toplam 259 5415923.07760

$R^2 = 0.56997$

Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	125.57801187	12.238012439	101.47890081 149.67712293
B1	47.750460105	2.582207504	42.665573508 52.835346702

Delme deneylerinde, bir ana etkinin seçilmesi şeklinde bir araştırmamız yoktur. Onun için, ana etkinin çeşitleri incelendiğinde bir tanesinin seçimi diye bir yorum yapılmamıştır, sadece bu çeşitlerin nasıl davrandıkları belirtilmiştir. delme yükü bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, üç bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.100'e göre düzeltilmiş $r^2 = 0.845$ olmaktadır. Şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, delme yükü bağımsız değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.101'e göre,

$$\text{delme yükü} = 31.494 + 10.720 \cdot \text{boy} + 42.634 \cdot \text{küre} + 6.526 \cdot \text{şekil}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.66001$ 'dir. Aynı analiz devam ederken, şekil değişkenini modelden uzaklaştırmıştır. Böylece oluşan yeni denklem,

$$\text{delme yükü} = 41.283 + 10.720 \cdot \text{boy} + 42.634 \cdot \text{küre}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.66082$ 'dir. Tablo 4.102'de kalan değişkenlere göre yapılan çoklu varyans analizinde düzeltilmiş $r^2 = 0.817$ 'dir. Tablo 4.103'e göre, 1. ve 2. kalıp boyutları aynı gruba, 3. ve 4. kalıp boyutları aynı gruba girmektedir; 5. kalıp boyutu ayrı bir grup oluşturmaktadır. Bu durum, kumaşın delinme davranışında, kumaş alanının genişlemesinin etkilerini göstermekte olduğu şeklinde yorumlanabilir. Yine aynı tablodan 'yük'- 'boy' ilişkisinin lineer olduğu görülmektedir. Tablo 4.104'de nonlinear regresyon analizinden elde edilen denklem,

$$\text{delme yükü} = 160.837 + 16.564 \cdot \text{boy}$$

ve $r^2 = 0.24424$ 'dür. Tablo 4.105'e göre, küre boyutlarının her biri farklı gruplar oluşturmaktadırlar ve 'yük'- 'küre' ilişkisinin lineer olduğu görülmektedir. Bu ilişkinin, Tablo 4.106'daki nonlinear regresyon analizi ile elde edilen denklemi,

$$\text{delme yükü} = 125.578 + 47.750 \cdot \text{küre}$$

ve $r^2 = 0.59908$ 'dir.

Delinme mesafesi bağımlı değişkeni için şekil, kalıp boyutu ve küre boyutuna göre yapılan çoklu varyans analizi Tablo 4.107'de gösterilmiştir.

Burada, ana etkilerin ve interaksiyon etkilerinin istatistiksel önemleri ve belirleme katsayısı görülmektedir. Delinme mesafesi için şekil, kalıp boyutu ve küre boyutuna göre geriye doğru eliminasyon metodu ile regresyon analizi Tablo 4.108'de gösterilmiştir. Burada küre boyutu değişkeni modelden uzaklaştırılmıştır. Tablo 4.109'da, kalan iki değişkene göre çoklu varyans analizi görülmektedir. Tablo 4.110'da delinme mesafesi için kalıp boyutuna göre tek değişkenli varyans analizi, Tablo 4.111'de de aynı ilişkinin nonlineer regresyon analizi görülmektedir. Tablo 4.112'de delinme mesafesi için şekle göre tek değişkenli varyans analizi görülmektedir. Burada, gruplar arası fark istatistiksel önemsiz çıktığı için şekle göre regresyon denklemi yazılması gerekmeyeceği görülmüş ve Tablo 4.113'deki t-testi ve Tablo 4.114'deki korelasyon analizi yapılmıştır.

Tablo 4.107 : Delinme Mesafesine Göre Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	391.94	234	1.67		
SIRABOY	29294.11	4	7323.53	4372.39	.000
SIRAKURE	32.43	2	16.22	9.68	.000
SEKİL	268.35	1	268.35	160.21	.000
SIRABOY-SIRAKURE İnttrak.	253.44	6	42.24	25.22	.000
SIRABOY-SEKİL İnttrak.	126.27	4	31.57	18.85	.000
SIRAKURE-SEKİL İnttrak.	12.44	2	6.22	3.71	.026
SIRABOY-SIRAKURE-SEKİL İnttrak.	65.44	6	10.91	6.51	.000
Model Toplamı	30052.48	25	1202.10	717.69	.000
Genel Toplamı	30444.42	259	117.55		
$R^2 = 0.987$					
Düzeltilmiş $R^2 = 0.986$					

**Tablo 4.108 : Delinme Mesafesi İçin Geriye Doğru Eliminasyon
Metoduna Göre Regresyon Analizi**

Denklem No. 1 Bağımlı değişken.. MAXMM
Blok No. 1. Metod: Hepsi beraber
Girilen Değişkenler Basamak No. 1.. BOY
2.. ŞEKİL
3.. KURE

$R^2 = 0.97092$		<u>Varyans Analizi</u>		
		SD	KT	KO
Düzeltilmiş $R^2 = 0.97058$	Regression	3	29559.08043	9853.02681
Standart Hata 1.85967	Hata	256	885.33910	3.45836
		F = 2849.04942	FÖ = .0000	

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BOY	SEKIL	KURE
BOY	7.850E-04	.00000	-.25578
SEKIL	.00000	.05321	.00000
KURE	-3.747E-04	.00000	.00273

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv.Ara. B	T	TÖ
BOY	2.483539	.028018	2.428363	2.538714	88.640 .0000
SEKIL	2.031854	.230663	1.577615	2.486093	8.809 .0000
KURE	.065462	.052281	-.037494	.168417	1.252 .2117
Sabit	-2.860628	.475008	-3.796049	-1.925207	-6.022 .0000

Blok No. 2. Metod: Geriye doğru

Uzaklaştırılan değişkenler Basamak No. 4.. KURE

		Varyans Analizi		
		SD	KT	KO
$R^2 = 0.97074$				
Düzeltilmiş $R^2 = 0.97051$	Regression	2	29553.65843	14776.82922
Standart Hata 1.86172	Hata	257	890.76110	3.46600
		F = 4263.37106		FÖ = .0000

Regresyon Katsayılarının (B) Varyans-Kovaryans Matrisi

	BOY	SEKIL
BOY	7.353E-04	.00000
SEKIL	.00000	.05332

Denklemdaki Değiş.	B	S H B	95% Güv.Ara. B	T	TÖ
BOY	2.492512	.027116	2.439114	2.545910	91.920 .0000
SEKIL	2.031854	.230918	1.577122	2.486586	8.799 .0000
Sabit	-2.677062	.452317	-3.567781	-1.786342	-5.919 .0000

Denklemden Olmayan Değiş.	T	TÖ
SIRAKURE	1.252	.2117

Tablo 4.109 : Delinme Mesafesi İçin Çoklu Varyans Analizi

Varyasyon Kaynağı	KT	SD	KO	F	FÖ
Hata	755.69	250	3.02		
SIRABOY	29294.11	4	7323.53	2422.80	.000
SEKIL	268.35	1	268.35	88.78	.000
SIRABOY BY SEKIL	126.27	4	31.57	10.44	.000
Model Toplamı	29688.73	9	3298.75	1091.31	.000
Genel Toplam	30444.42	259	117.55		

$R^2 = 0.975$

Düzeltilmiş $R^2 = 0.974$

Tablo 4.110 : Delinme Mesafesi İçin Kalıp Boyutuna Göre Tek

	Değişkenli Varyans Analizi				
Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	4	29294.1107	7323.5277	1623.4766	.0000
Ağırlıksız Lineer Terim	1	26776.9028	26776.9028	5935.8928	.0000

Ağırlıklı Lineer Terim	1	28302.3053	28302.3053	6274.0434	.0000
Lineer Terimden Sapma	3	991.8054	330.6018	73.2877	.0000
Ağırlıksız 2.derece terim	1	841.1333	841.1333	186.4621	.0000
Ağırlıklı 2.derece terim	1	879.4193	879.4193	194.9493	.0000
2.dereceden sapma	2	112.3861	56.1930	12.4568	.0000
Ağırlıksız 3.derece terim	1	6.5450	6.5450	1.4509	.2295
Ağırlıklı 3.derece terim	1	16.0777	16.0777	3.5641	.0602
3.dereceden sapma	1	96.3084	96.3084	21.3496	.0000
Ağırlıksız 4.derece terim	1	96.3084	96.3084	21.3496	.0000
Ağırlıklı 4.derece terim	1	96.3084	96.3084	21.3496	.0000
Grup içi	255	1150.3089	4.5110		
Toplam	259	30444.4195			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
25.9275	4	255	.000

Ort. SIRABOY	1	2	3	4	5
10.4916	Grup 1				
15.1530	Grup 2	*			
20.1655	Grup 3	**			
30.5579	Grup 4	***			
40.1338	Grup 5	****			

Tablo 4.111 : Delinme Mesafesi İçin Kalıp Boyutuna Göre Nonlineer Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	5	190656.95706	38131.39141
Hata	255	1150.30888	4.51102
Düzeltilmemiş Toplam	260	191807.26594	
Düzeltilmiş Toplam	259	30444.41953	
$R^2 = 0.96222$			
Parametre	Katsayı	S H	%95 Güv. Ara.
B0	2.704817505	7.483843849	-12.03319529 17.442830299
B1	1.653992224	3.316457596	-4.877142775 8.185127223
B2	.075786672	.402330973	-.716527966 .868101310
B4	-.000174790	.002328447	-.004760226 .004410646
B5	2.87893E-06	.000090817	-.000175968 .000181726

Tablo 4.112 : Delinme Mesafesi İçin Şekle Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	1	268.3480	268.3480	2.2943	.1311
Lineer Terim	1	268.3480	268.3480	2.2943	.1311
Grup içi	258	30176.0716	116.9615		
Toplam	259	30444.4195			

Varyansların Homojenliği için Levene Testi

İstatistik	sd1	sd2	2-kuyrukta önemlilik
5.3683	1	258	.021

Tablo 4.113 : Şekil İçin t-testi

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'maxmm' için :				
SEKIL 1	130	23.8964	10.161	.891
SEKIL 2	130	25.9283	11.432	1.003

Ortalamalar Farkı = -2.0319

Varyansların Eşitliği için Levene Testi: F= 5.368 P= .021

Ortalamaların Eşitliği için t-testi

Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyr.Önem.	Farkın SH	Fark için %95 Güv.Ar.
Eşit	-1.51	258	.131	1.341	(-4.674, .610)
Eşit değil	-1.51	254.50	.131	1.341	(-4.674, .610)

Tablo 4.114 : Şekil İçin Korelasyon Analizi

	MAXM1	MAX2
MAXM1	1.0000 (130) P= .	.9796 (130) P= .000
MAX2	.9796 (130) P= .000	1.0000 (130) P= .

Delme deneylerinde, bir ana etkinin seçilmesi şeklinde bir araştırmamız yoktur. Onun için, ana etkinin çeşitleri incelendiğinde bir tanesinin seçimi diye bir yorum yapılmamıştır, sadece bu çeşitlerin nasıl davrandıkları belirtilmiştir. Delinme mesafesi bağımlı değişkeninin incelenmesi sonucu, üç bağımsız değişken de modelde olunca Tablo 4.107'ye göre düzeltilmiş $r^2 = 0.986$ olmaktadır. Şekil, kalıp boyutu ve küre boyutu bağımsız değişkenleri beraber olaya girdikleri zaman, 'maxmm' bağımsız değişkenini tanımlayan denklem, Tablo 4.108'e göre,

$$\text{maxmm} = -2.860 + 2.484 \cdot \text{boy} + 0.065 \cdot \text{küre} + 2.032 \cdot \text{şekil}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.97058$ 'dir. Aynı analiz devam ederken, küre boyutu değişkenini modelden uzaklaştırmıştır. Böylece oluşan yeni denklem,

$$\text{maxmm} = -2.677 + 2.492 \cdot \text{boy} + 2.032 \cdot \text{şekil}$$

ve düzeltilmiş $r^2 = 0.97051$ 'dir. Tablo 4.109'da kalan değişkenlere göre yapılan çoklu varyans analizinde düzeltilmiş $r^2 = 0.974$ 'dür. Tablo 4.110'a göre, her kalıp boyutu ayrı bir grup oluşturmaktadır ve 'maxmm'-'boy'

ilişkisinin 3.derece hariç 5.dereceden olduğu görülmektedir. Tablo 4.111'de nonlinear regresyon analizinden elde edilen denklem,

$$\text{maxmm} = 2.705 + 1.654 \cdot \text{boy} + 0.076 \cdot \text{boy}^2 - 0.0002 \cdot \text{boy}^4 + 2.879\text{E-}06 \cdot \text{boy}^5$$

ve $r^2 = 0.96222$ 'dir. Burada, 2., 4. ve 5. derece terimler çok küçüktür, fakat Tablo 4.110'a göre istatistiksel önem taşıdıkları için denkleme dahil edilmişlerdir. Tablo 4.112'ye göre, şekil çeşitleri arasındaki farklar istatistiksel önemsiz çıkmıştır ve regresyon denkleminin yazılmasının gerekmediği anlaşılmıştır. Delme deneyleri incelenirken, delme yükü açısından yapılan analizlerde şekil değişkeninin, delinme mesafesi açısından yapılan analizlerde ise küre boyutu değişkeninin iptal edildiği görülmüştür. Bir bağımlı değişken açısından iptal edilen bir bağımsız değişken, diğer bir bağımlı değişken tarafından kabul edilebilmektedir. Kabul edilince de etkisinin çok çok küçük olduğu göz ardı edilemez. Şekil değişkeni önceki incelemelerde de iptal edilebilir çıkmıştı, onun için iki çeşidi arasında benzerliği inceleme ihtiyacı ortaya çıkmıştır, çünkü çeşitlerden biri iptal edilecektir. Tablo 4.113'deki t-testi sonucunda, ortalamalar arasında fark olmadığı ve Tablo 4.114'deki korelasyon analizinde de iki şeklin birbirini 0.9796 oranında temsil edebildiği, yani birbirleri yerine kullanılabilirler.

İstatistiksel inceleme sonunda, her bağımsız değişkenin her bağımlı değişkene göre elde edilen sonuçları bir tablo halinde gösterilmiştir.

		'yük'	'maxmm'
şekil	Şekil	Uzaklaştırıldı	Birinden biri
sıraboy (boy)	Kalıp boyutu	1. ve 2. aynı, 3. ve 4. aynı, 5. farkı grup	Hepsi ayrı grup
sıraküre (küre)	Küre boyutu	Hepsi ayrı grup	Uzaklaştırıldı

Bu tablodan edinilen bilgiler, önceki incelemeler sonucunda elde edilenler ele uyum içindedir. Zaten IV. grup deneyler de karşılaştırma amacı ile yapılmışlardır, kıyaslamalar yapılırken deney grubunun amacına ulaştığı görülmektedir.

Bağımlı değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkisi de incelenmiştir, ki bu 'yük'-'maxmm' ilişkisidir. Aralarındaki tek yönlü varyans analizi Tablo 4.115'de ve nonlinear regresyon analizi Tablo 4.116'da gösterilmiştir.

Tablo 4.115 : Delme Yüğü İçin Delinme Mesafesine Göre Tek Değişkenli Varyans Analizi

Kaynak	SD	KT	KO	F	FÖ
Gruplar arası	11	516854.6588	46986.7872	10.7712	.0000
Ağırlıklı Lineer Terim	1	254073.8712	254073.8712	58.2435	.0000
Lineerden Sapma	10	262780.7876	26278.0788	6.0239	.0000
Ağırlıklı 2.derece Terim	1	32498.4992	32498.4992	7.4499	.0074
2.dereceden sapma	9	230282.2884	25586.9209	5.8655	.0000
Ağırlıklı 3. derece Terim	1	116159.8895	116159.8895	26.6283	.0000
3.dereceden sapma	8	114122.3989	14265.2999	3.2702	.0022
Ağırlıklı 4.derece Terim	1	28638.5026	28638.5026	6.5650	.0117
4.dereceden sapma	7	85483.8963	12211.9852	2.7995	.0100
Ağırlıklı 5.derece Terim	1	30931.4845	30931.4845	7.0907	.0089
5.dereceden sapma	6	54552.4118	9092.0686	2.0843	.0604
Grup içi	114	497299.0023	4362.2720		
Toplam	125	1014153.661			

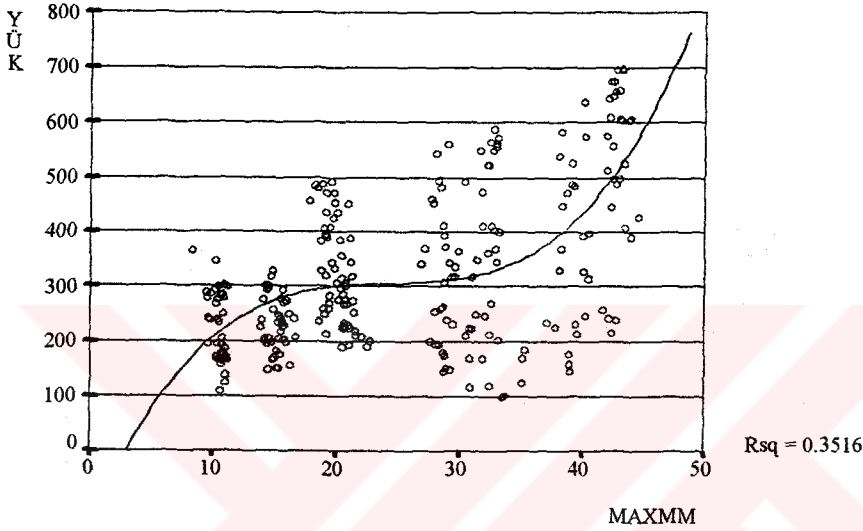
Tablo 4.116 : Delme Yüğü İçin Delinme Mesafesine Göre Tek Değişkenli Regresyon Analizi

Kaynak	SD	KT	KO
Regresyon	6	29249851.6186	4874975.26977
Hata	254	3447378.31978	13572.35559
Düzeltilmemiş Toplam	260	32697229.9384	
Düzeltilmiş Toplam	259	5415923.07760	
$R^2 = 0.36347$			
Parametre	Katsayı	S H	% 95 Güv. Ara.
B0	35.963530015	900.56679266	-1737.565468 1809.4925279
B1	28.382990373	211.04773019	-387.2433379 444.00931869
B2	-1.940489497	18.412157185	-38.20042596 34.319446966
B3	.116227534	.755330169	-1.371280075 1.603735144
B4	-.003666310	.014718528	-.032652207 .025319586
B5	.000041863	.000109860	-.000174489 .000258214

Bu inceleme sonucunda Tablo 4.115'den aralarındaki ilişkinin 5.dereceden olduğu görülür ve Tablo 4.116'ya göre elde edilen regresyon denklemi şu şekildedir :

$$\text{delme yükü} = 35.964 + 28.383 \cdot \text{maxmm} - 1.940 \cdot \text{maxmm}^2 + 0.116 \cdot \text{maxmm}^3 - 0.004 \cdot \text{maxmm}^4 + 0.00004 \cdot \text{maxmm}^5$$

ve $r^2 = 0.36347$ 'dir. Regresyon eğrisinin çizimi, Şekil 4.87'de gösterilmiştir. Bu eğri, program gereği 3. dereceden çizilmiştir, 5. dereceden değildir, fakat yine de bize fikir vermektedir. Aynı denklem, diğer incelemelerde olduğu gibi, 'maxmm' bağımlı, 'yük' bağımsız olacak şekilde tersten yazılmamıştır, bu dönüşüm cebirsel olarak yapılabilir.



Şekil 4.87 : Delme yükü ile maksimum bastırma mesafesi arasındaki ilişkinin regresyon eğrisi

4.2.4.2. Grafiksel inceleme

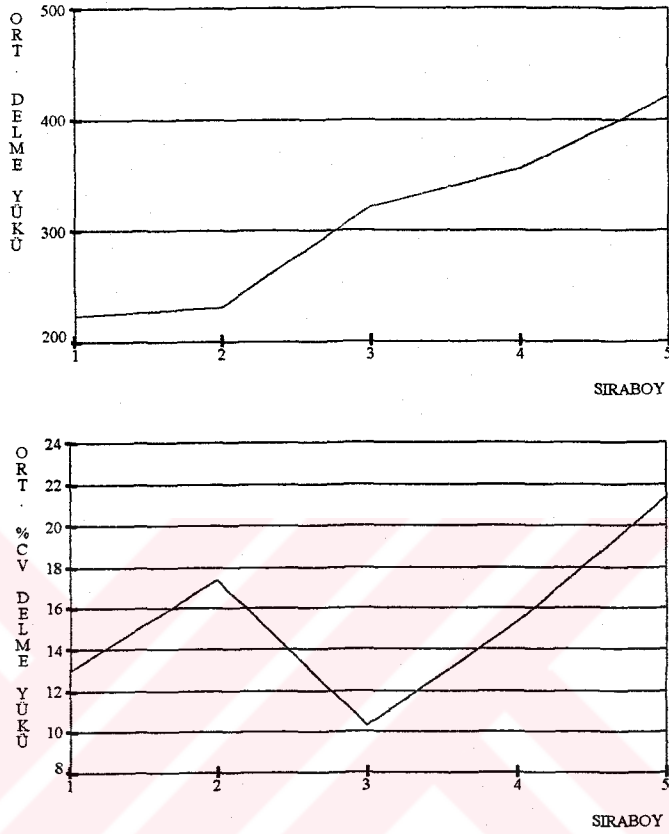
IV. grup için grafiksel incelemeler yapılırken şu noktalar dikkati çekmektedir :

1) Delme yükü için incelenince :

a) Şekil 4.88'de delme yükü ve %CV'sinin kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe delme yükü artmaktadır; değişim katsayısı 3. kalıp boyutu olan 12 cm.'likte en düşük değerine ulaşmakta sonra yükselmektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi Tablo 4.104'e göre :

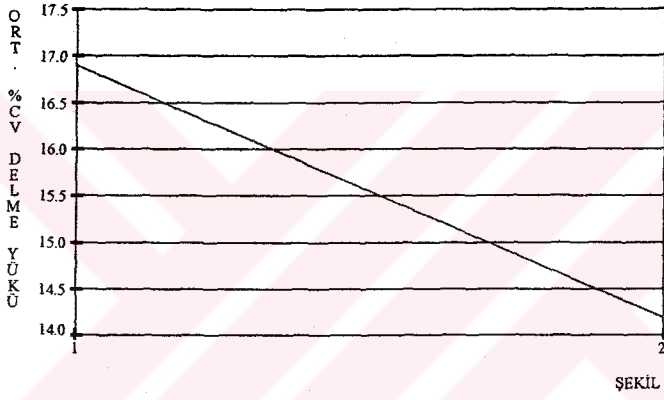
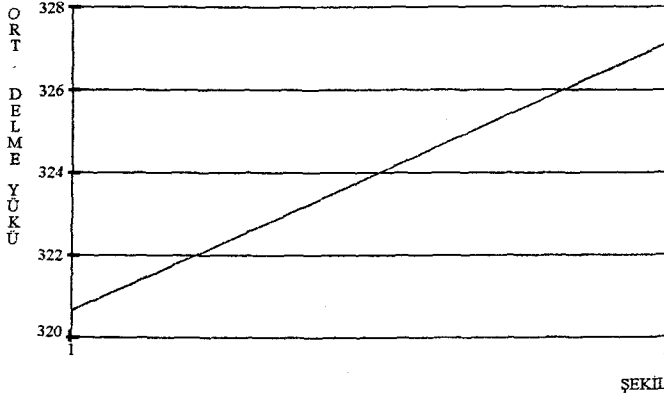
$$\text{delme yükü} = 160.837 + 16.564 \cdot \text{boy}$$

şeklinde çıkmıştır.



Şekil 4.88 : Delme yükü ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği

b) Şekil 4.89'da delme yükü ve %CV'sinin şekle göre değişimi görülmektedir. Şekil 'daire'den 'kare'ye geçince delme yükü artmaktadır; değişim katsayısı ise azalmaktadır. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi Tablo 4.101'e göre incelendiğinde, kurulamadığı görülmüştür, çünkü regresyon analizi tarafından uzaklaştırılmıştır.

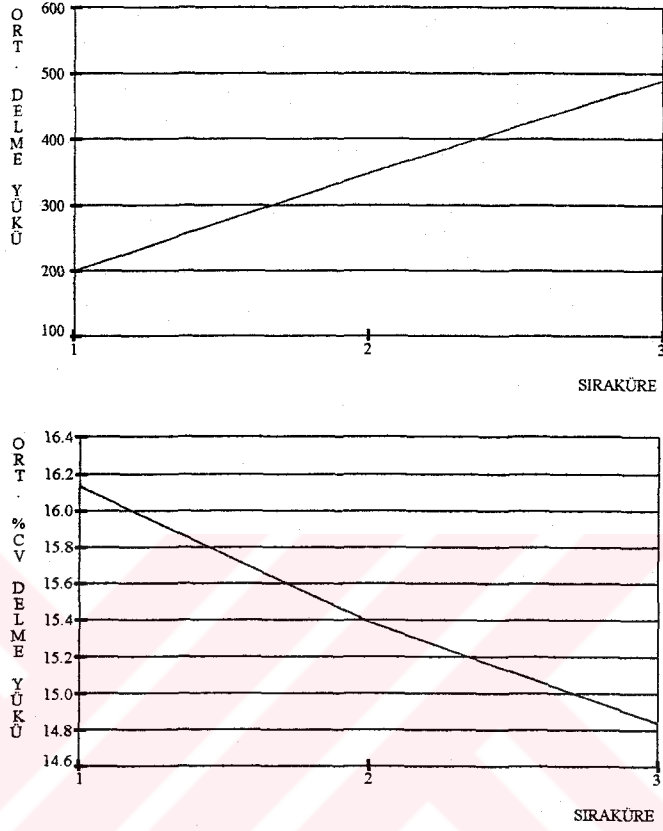


Şekil 4.89 : Delme yükü ve değişim katsayısının şekile göre grafiği

c) Şekil 4.90'da delme yükü ve %CV'sinin küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu büyüdükçe delme yükü artmaktadır; değişim katsayısı azalmaktadır. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi Tablo 4.106'ya göre incelenince :

$$\text{delme yükü} = 125.578 + 47.750 \cdot \text{küre}$$

olduğu görülmüştür.



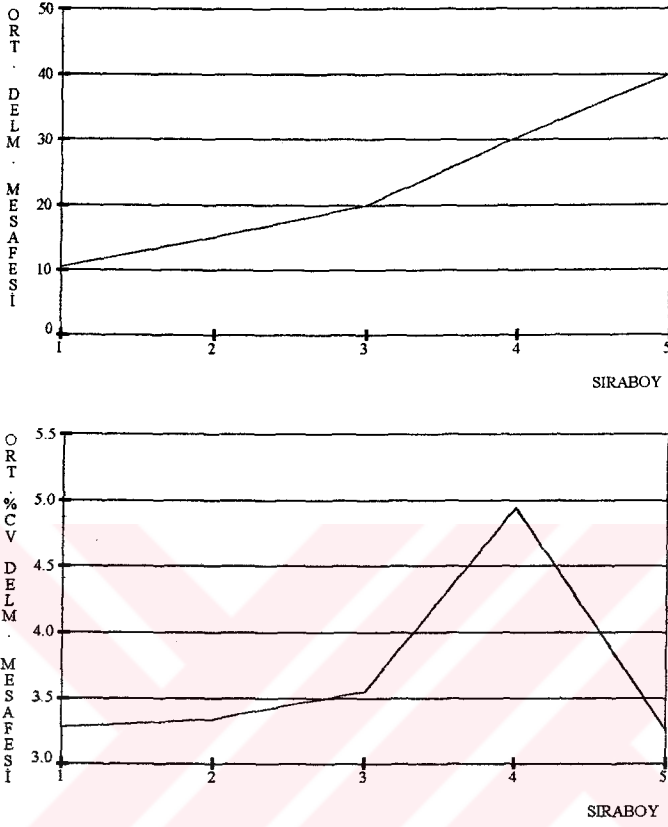
Şekil 4.90 : Delme yükü ve değişim katsayısının küre boyutuna göre grafiği

2) Delinme mesafesi açısından incelenince :

a) Şekil 4.91’de delinme mesafesi ve %CV’sinin kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe delinme mesafesi artmaktadır; değişim katsayısı 4. kalıp boyutu olan 12 cm.’likte en yüksek değerine ulaşmış sonra tekrar düşmektedir. Aralarındaki ilişkinin regresyon denklemi Tablo 4.111’e göre :

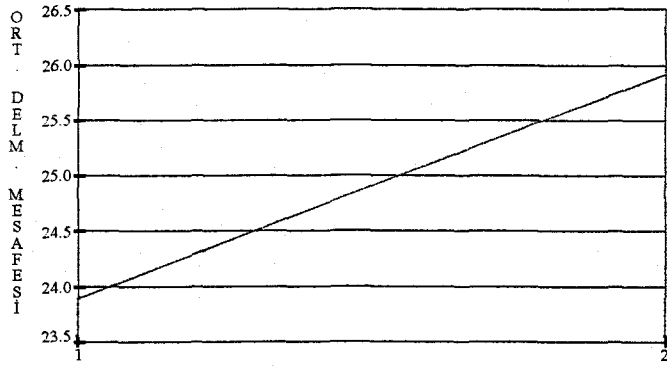
$$\text{maxmm} = 2.705 + 1.654 \cdot \text{boy} + 0.076 \cdot \text{boy}^2 - 0.0002 \cdot \text{boy}^4 + 2.879 \cdot 10^{-6} \cdot \text{boy}^5$$

şeklinde çıkmıştır.

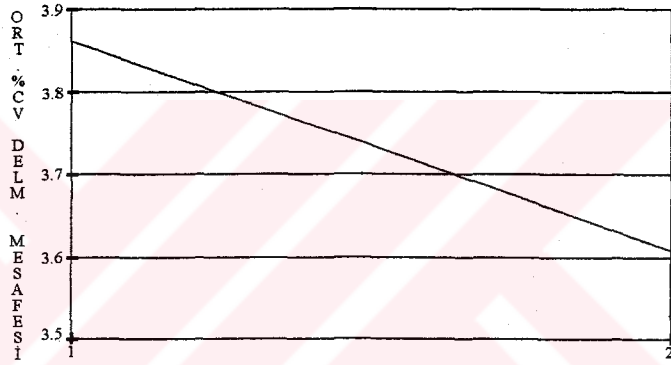


Şekil 4.91 : Delme mesafesi ve değişim katsayısının kalıp boyutuna göre grafiği

b) Şekil 4.92'de delinme mesafesi ve %CV'sinin şekle göre değişimi görülmektedir. Kalıp şekli daireden kareye geçince delinme mesafesi artmaktadır; değişim katsayısı azalmaktadır. Tablo 4.112'ye göre, regresyon denkleminin yazılmasına gerek yoktur.



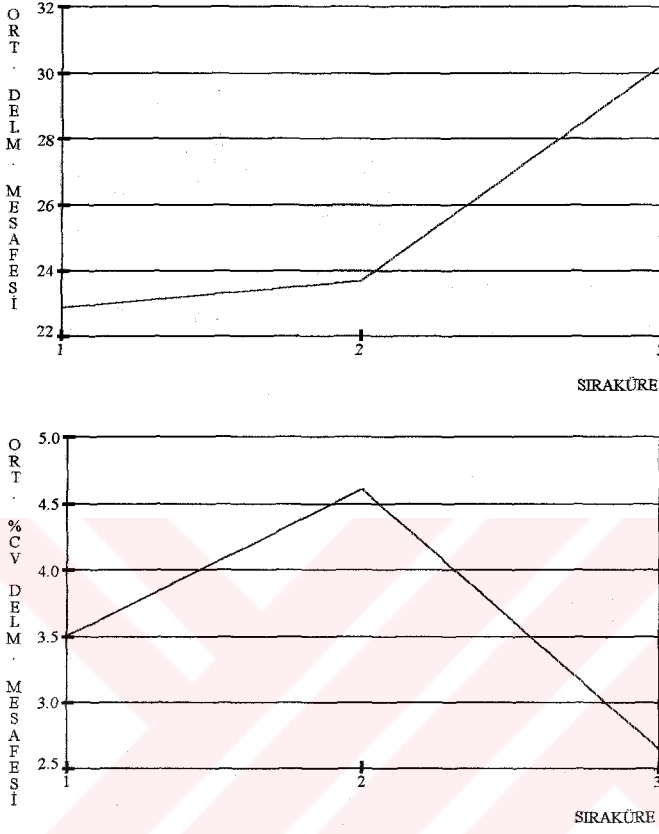
ŞEKİL



ŞEKİL

Şekil 4.92 : Delme mesafesi ve değişim katsayısının şekle göre grafiği

c) Şekil 4.93’de delinme mesafesi ve %CV’sinin küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu büyüdükçe delinme mesafesi artmaktadır; değişim katsayısı önce artıp sonra azalmaktadır. Tablo 4.108’deki regresyon analizinde modelden uzaklaştırıldığı için, regresyon denklemi yazılamamıştır.

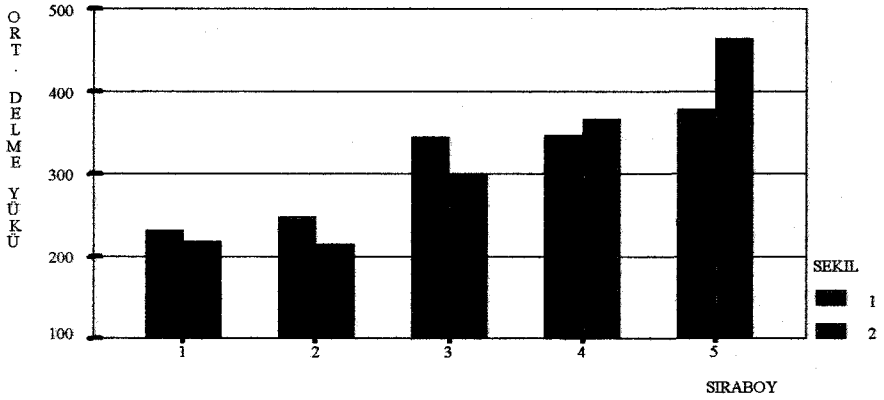


Şekil 4.93 : Delme mesafesi ve değişim katssayısının küre boyutuna göre grafiği

3) İkili değişkenler olarak incelenince :

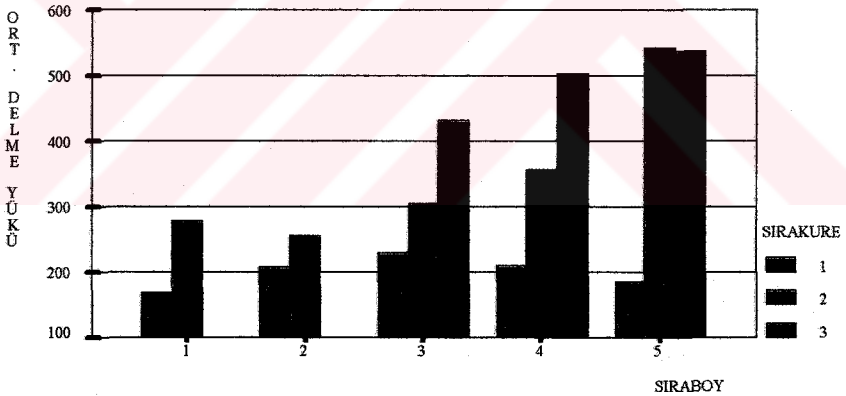
a) Delme yükü açısından incelenince :

1) Şekil 4.94'de kalıp boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe önce daire kalıplarda daha çok yük harcanmakta, sonra kare kalıplarda daha çok yük harcanmaktadır.



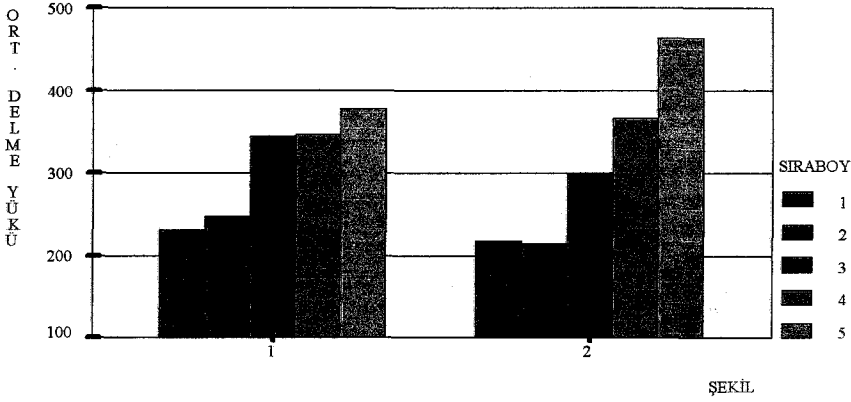
Şekil 4.94 : Delme yükünün kalıp boyutu ve şekile göre grafiği

ii) Şekil 4.95’de kalıp boyutu ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe büyüyen küre çapına göre daha çok yük harcanmaktadır.



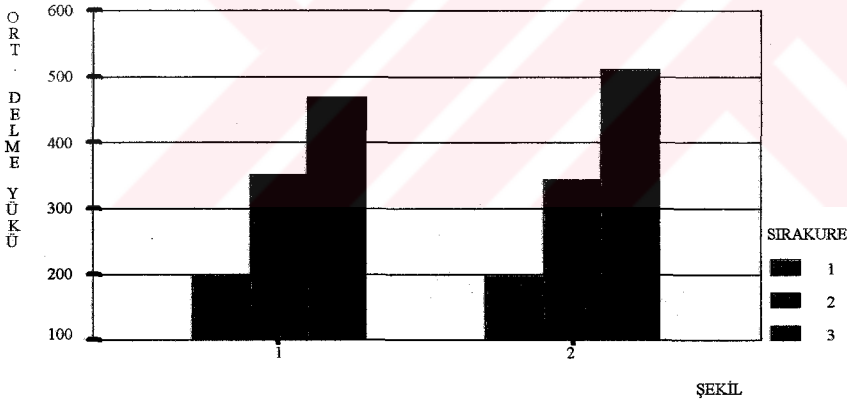
Şekil 4.95 : Delme yükünün kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği

iii) Şekil 4.96’da şekil ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Şekil ‘daire’den ‘kare’ye geçince ilk üç kalıp boyuyunda daha az diğer ikisinde daha çok yük harcanmaktadır.



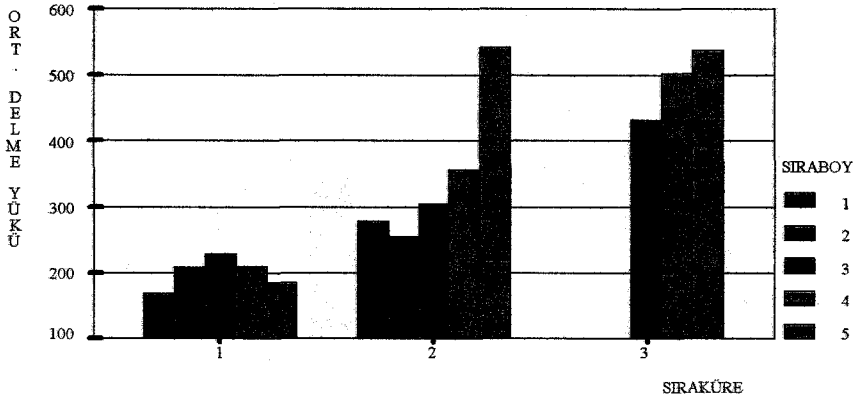
Şekil 4.96 : Delme yükünün şekil ve kalıp boyutuna göre grafiği

iv) Şekil 4.97’de şekil ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Şekil ‘daire’ veya ‘kare’ olsa bile, yük düzenli olarak artmaktadır.



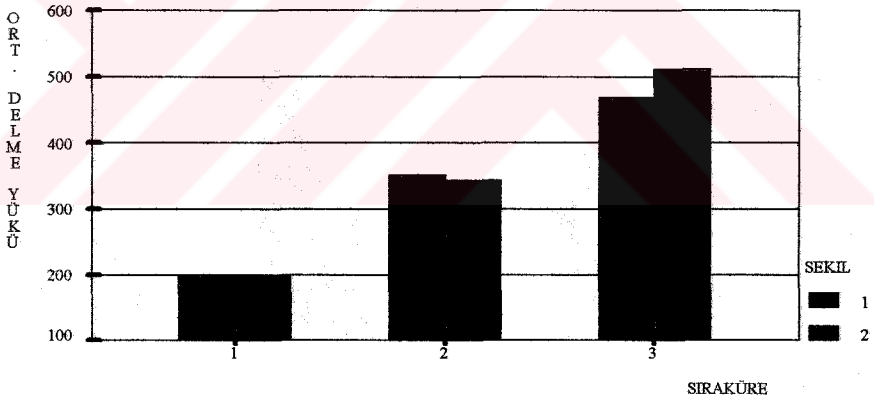
Şekil 4.97 : Delme yükünün şekil ve küre boyutuna göre grafiği

v) Şekil 4.98’de küre boyutu ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. 1. küre boyutunda en çok yük orta kalıpta harcanmıştır. 2. küre boyutunda, önce azalma sonra artma görülmektedir. 3. küre boyutunda ise, yüksek yük seviyesinde düzenli artış vardır.



Şekil 4.98 : Delme yükünün küre boyutu vokalip boyutuna göre grafiği

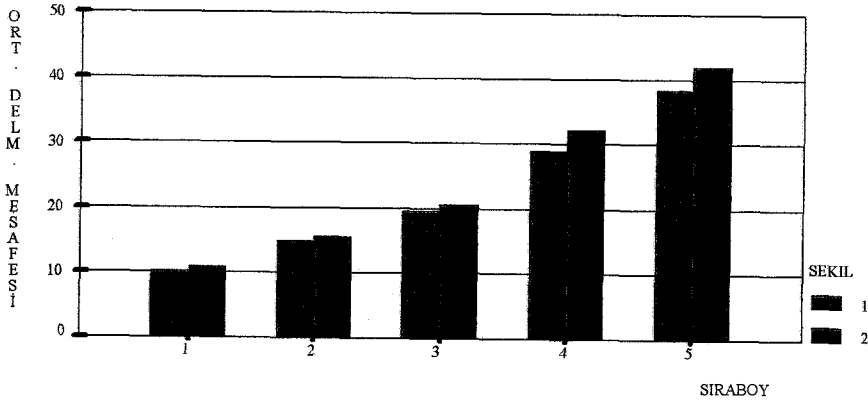
vı) Şekil 4.99'da küre boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Küçük küre boyutunda şekil farketmezken, küre boyutu büyüdükçe kare kalıpta daha çok yük harcanmıştır.



Şekil 4.99 : Delme yükünün küre boyutu ve şekle göre grafiği

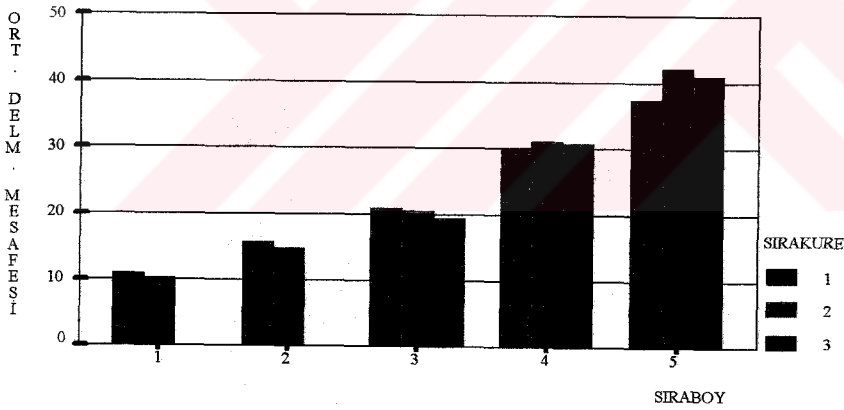
b) Delinme mesafesi açısından incelenince :

1) Şekil 4.100'de kalıp boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe kare kalıplarda hep daha yüksek delinme mesafesi elde edilmektedir.



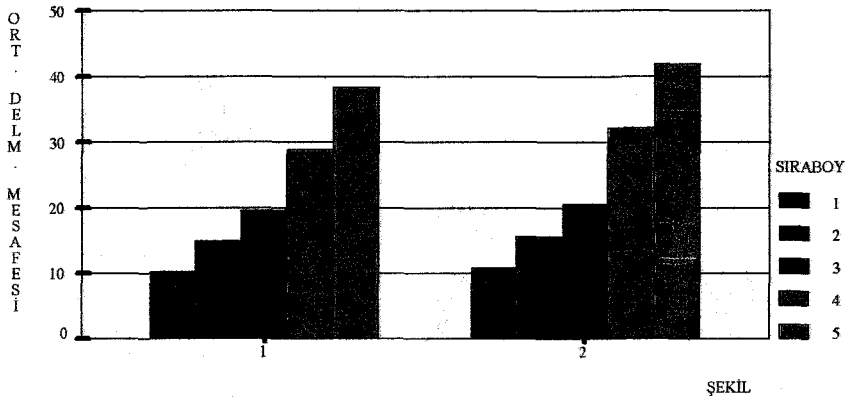
Şekil 4.100 : Delinme mesafesinin kalıp boyutu ve şekle göre grafiği

ii) Şekil 4.101’de kalıp boyutu ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Kalıp boyutu büyüdükçe 4 cm.’lik kürenin delinme mesafesi artmaktadır.



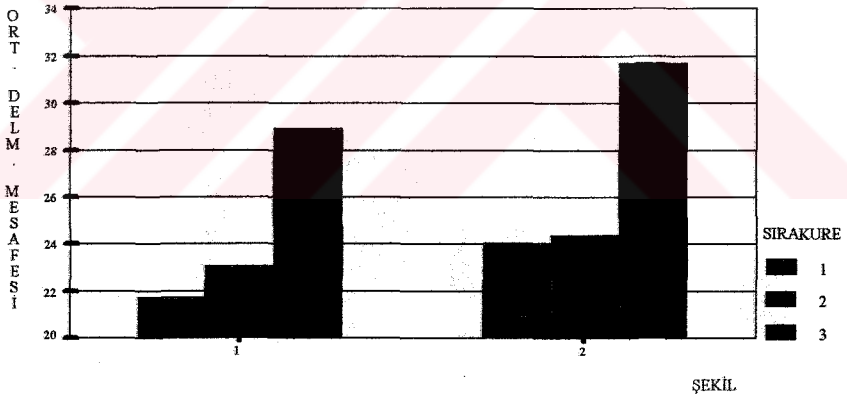
Şekil 4.101 : Delinme mesafesinin kalıp boyutu ve küre boyutuna göre grafiği

iii) Şekil 4.102’de şekil ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Şekil ‘daire’den ‘kare’ye geçince büyüyen kalıp boyutuna göre hep daha fazla delinme mesafesi gerçekleşmiştir.



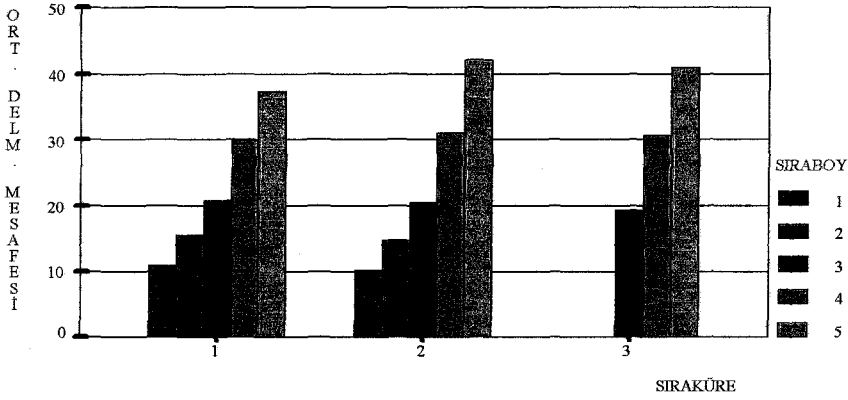
Şekil 4.102 : Delinme mesafesinin şekle ve kalıp boyutuna göre grafiği

iv) Şekil 4.103'de şekil ve küre boyutuna göre değişimi görülmektedir. Her iki şekilde de en büyük küre olan 8 cm.'lik en yüksek delinme mesafesini vermiştir.



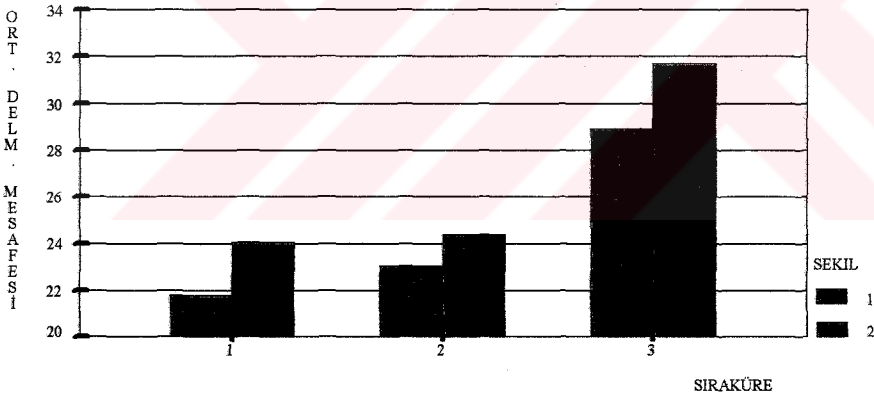
Şekil 4.103 : Delinme mesafesinin şekle ve küre boyutuna göre grafiği

v) Şekil 4.104'de küre boyutu ve kalıp boyutuna göre değişimi görülmektedir. Bütün küre çeşitlerinde kalıp boyları ile düzenli artış gösteren delinme mesafeleri çıkmıştır.



Şekil 4.104 : Delinme mesafesinin küre boyutu ve kalıp boyutuna göre grafiği

vı) Şekil 4.105’de küre boyutu ve şekle göre değişimi görülmektedir. Küre boyutu artıkcı hep kare kalıp daha yüksek delinme mesafeleri vermiştir.



Şekil 4.105 : Delinme mesafesinin küre boyutu ve şekle göre grafiği

4.3 Sonuçların Önceki Çalışma Sonuçları ile Karşılaştırılması

Başer’in (1996) geliştirdiği matematiksel modelin bilgisayar programına dönüştürülmesi ve bu çalışmada elde edilen sonuçlara uygulanması ile yapılan karşılaştırma aşağıda gösterilmiştir. Burada, kalıp boyutu ve bastırma mesafesi deneylerdeki ile aynı seçilmiştir. ‘gnyn01.b’ uzama varsayımı ile yapılan bilgisayar programı, ‘gnyn10.b’ eğilme varsayımı ile yapılan bilgisayar programı ve ‘gnyn20.b’ uzama+eğilme

varsayımı -kısıt %50 iplik yassılması- ile yapılan bilgisayar programıdır. Tablo 4.117’de, bu çalışmadaki III.grup deneylerin sonuçları, farklı küre boyutları, farklı bastırma mesafeleri ve farklı kalıp boyutları için Newton cinsinden verilmiştir. Ayrıca, bilgisayar programının verdiği sonuçlar, her üç çeşit için ayrı ayrı olarak aynı tablo üzerinde, yine Newton cinsinden belirtilmiştir.

Tablo 4.117 incelendiğinde, deney sonuçlarında, her kalıp boyutunda bastırma mesafesi arttıkça yük değeri de artmaktadır. Bu tarz bir artış, bilgisayar programlarında da elde edilmiştir. ‘gnyn01.b’ olarak belirtilen uzama varsayımına göre yapılan program çok yüksek sonuçlar vermiştir. gnyn10.b sütununda, daha düşük sonuçlar elde edilmiştir, çünkü olay sadece eğilme ile tanımlanmaya çalışılmıştır. gnyn20.b sütununda ise, orta boy kalıplar için deney sonuçlarına yakın değerler elde edilmiştir. Bu sütundaki sonuçların ne kadarını eğilmenin meydana getirdiği, gnyn10.b sütunundan görülmektedir. Buradan, programların mantığının doğru olduğu, fakat biraz daha düzeltmeler yapılması gerektiği görülmektedir.

Wegener ve Scoulidis, bu çalışmadakine nazaran daha büyük kalıp boyutlarında ve tek küre çeşidinde çalışmışlardır. Kullandıkları kumaşlar örme konstrüksüyondur ve içlerinde lastik ve lastik karışımı olanlar da vardır. Bu çalışma ile arasında gerek kalıp boyutu farkları, gerek konstrüksiyon ve karışım oranı olarak kumaş farkları, gerekse küre boyutu farkları olduğu halde, elde ettikleri regresyon denklemi ile burada elde edilen regresyon denklemleri karşılaştırılmıştır.

Araştırmacılar, $P_{Br} = 7.889 + 0.734 \cdot D_K$ regresyon denklemini elde etmişlerdir. P_{Br} , bu çalışmadaki yük bağımlı değişkenine denk gelirken, D_K , bastırma mesafesi bağımsız değişkenine denk gelmektedir. Bu çalışmada bu formülün eşdeğeri olan denklemler,

I.grup deneylerde, Tablo 4.13’e göre,

$$\text{yük} = -33.687 + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

Tablo 4.30’a göre,

$$\text{yük} = -0.455 + 5.247 \cdot \text{basmm} - 4.304 \cdot \text{basmm}^2 + 1.515 \cdot \text{basmm}^3 - 0.206 \cdot \text{basmm}^4 + 0.012 \cdot \text{basmm}^5$$

II.grup deneylerde, Tablo 4.42’ye göre,

$$\text{yük} = 0.095 + 6.311 \cdot \text{basmm} - 6.035 \cdot \text{basmm}^2 + 2.288 \cdot \text{basmm}^3 - 0.347 \cdot \text{basmm}^4 + 0.021 \cdot \text{basmm}^5$$

III.grup deneylerde, Tablo 4.80'e göre,

$$\text{yük} = -67.810 + 26.913 \cdot \text{basmm} - 1.287 \cdot \text{basmm}^2$$

olmaktadır. IV.grup deneylerde delinme gerçekleştirildiği için böyle bir ilişki elde edilmemiştir. I.grup deneylerde, Tablo 4.13'ten elde edilen yük = $-33.687 + 11.827 \cdot \text{basmm}$ denklemi ile Wegener ve Scoulidis'in elde ettiği denklem arasında yapısal benzerlik vardır, her ikisi de 1.derecedendir, fakat bu denklemde sabit negatif işaretli ve katsayılar ona göre oldukça yüksektir. Bu denklem, bu çalışmanın daha ilk başlarında elde edilmiştir, daha sonraki safhalarda daha detaylı formüllerin elde edildiği görülmektedir. Bu çalışma sonucunda, Wegener ve Scoulidis'in elde ettiği denklemden daha detaylı formüller elde edildiği için daha hassas bir çalışma yapıldığı sonucuna varılmıştır.

Tablo 4.117 : Deney Sonuçlarının Bilgisayar Programı İle Elde Edilen Sonuçlar İle Karşılaştırılması

		Deney Sonuçları (N)			Bilgisayar Programı Sonuçları (N)		
	mm	Küre2	Küre4	Küre8	gnvn01.b	gnvn10.b	gnvn20.b
L _o = 4	2.3	---	---	---	23.64	0.93	3.90
	3.6	24.8	38.42	---	89.39	2.04	21.12
	4.9	63.44	93.27	---	220.97	5.22	69.83
	6.2	63.36	98.24	---	436.47	8.72	152.62
	7.5	61.36	98.62	---	749.67	12.88	275.34
L _o = 6	2.3	---	---	---	10.64	0.64	2.48
	3.6	11.83	15.83	---	40.52	2.27	10.02
	4.9	36.71	48.46	---	101.26	4.73	28.93
	6.2	61.00	83.27	---	202.75	7.82	68.42
	7.5	67.09	91.44	---	353.84	11.85	128.67
L _o = 8	2.3	---	---	---	6.07	0.49	1.87
	3.6	6.60	7.28	9.84	23.20	1.80	7.36
	4.9	22.71	25.82	30.38	58.20	4.27	19.38
	6.2	37.91	42.71	52.13	117.11	7.64	42.95
	7.5	58.87	68.66	85.26	205.62	11.30	80.10
L _o =12	2.3	---	---	---	2.70	0.32	1.23
	3.6	3.32	3.54	5.00	10.34	1.21	4.76
	4.9	10.67	12.11	16.38	26.02	2.99	12.17
	6.2	16.97	19.88	27.55	52.56	5.86	25.21
	7.5	26.15	30.70	43.05	92.70	9.89	46.17
L _o =16	2.3	---	---	---	1.53	0.24	0.92
	3.6	---	---	2.59	5.85	0.92	3.56
	4.9	---	---	9.83	14.74	2.28	9.05
	6.2	---	---	14.98	29.81	4.55	18.53
	7.5	---	---	22.68	52.66	7.88	33.29

5. GENEL TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Genel Tartışma

Wegener ve Scoulidis'in (1967) çalışması ile bu çalışma benzerlik göstermektedir, fakat aralarında bazı büyük farklar vardır. Bu çalışmada 'bastırma mesafesi' bağımsız değişkeni ve 'yük' bağımlı değişkeni diye ele alınan verileri, araştırmacılar kendi çalışmalarında veri olarak toplamışlar, fakat bunları ilk kaydettikleri halleriyle kullanmamışlardır. Bu değerlerden ayrı kavramlar oluşturmuşlar, bunlara 'lineer eğilme kuvveti' ve 'eğilme uzaması' adını vermişler ve o değerlerle çalışmışlardır. Bu çalışmada ise 'bastırma mesafesi' ve 'yük' olarak değerler olduğu gibi kullanılmış, böylece günlük yaşantı ile ilişkileri de ortaya konulmuştur.

Fleissig (1968), Unatex adını verdiği cihazında, küre çapı ile kalıp çapı aynı olacak şekilde çalışmıştır. Bu durum, hep hidrostatik yaklaşımla basınç uyguluyor anlamına gelmektedir. Yaptığı teorik çalışma da hidrostatik yaklaşımlı yük esaslıdır. Fakat, burada yapılan çalışmada, çap ve kenar ölçüsü küre çapı ile eşit olan kalıpların yanı sıra daha büyük olan kalıplar da vardır. Böylece, sırf hidrostatik yaklaşımlı yüklerle sınırlı kalmamış, daha geniş bir alana yayılmıştır. Flessig de, Womersley ile aynı yolu izlemişler ve temel olarak $F_1 (\kappa_1/p_1 + \chi\kappa_2/p_2) = P \sin\omega$ formülünü uygulamışlardır. Bu her iki çalışmada da, bu çalışmadakinden temel fark, onların hidrostatik yaklaşımlı yük şekline inceleme yapıyor olmalarıdır. Önceden de belirtildiği üzere, bu çalışmada hem hidrostatik yaklaşımlı olanlar hem de daha geniş alana yayılanlar vardır. Bu çalışmada hidrostatik yaklaşımlı yükü temsil eden kombinasyonlar, küre ve kalıp boyutları eşit olup daire şeklinde olan kalıplardır. Onlar da, küre boyutu 4 ve 8 cm., daire kalıplardan 4 ve 8 cm. olanlardır. Bu çalışmada, diğer kombinasyonlar ile deney yelpazesi oldukça genişletilmiştir.

Kawabata ve ar. (1973), Shanahan ve ar. (1978), Postle ve Norton (1991) gibi birçok araştırmacı makalelerinde, diz, dirsek gibi giysi bölgelerinin araştırmalarının konusu olmadığını özellikle belirtmektedirler. Tekstil malzemesinin elastik davranışlarının araştırma konuları olduğunu belirtmektedirler. Burada ise, onların girmedikleri bu alanda çalışıldığı özellikle belirtilmektedir. Gene aynı kapsamdaki yazılarında, büyük uzamalarda, kuvvet-uzama ilişkilerinin

elastik olmadığı, nonlineer olduğu, zamana bağlı değişimler gösterdiği (viskoelastik davranışın başladığı) ve geri dönüşlerin düzgünsüz olduğu vurgulanmaktadır. Bu çalışmanın konusu ise, bu noktaları içermektedir. Ayrıca, bu araştırmacılar küçük yükleme seviyelerinde çalışmışlardır. Fakat, bu çalışmanın amacı gereği, burada yük seviyeleri onların çalışmasına nazaran çok yüksektir.

Standartlarda örme kumaşlar için "ball-penetration" olarak geçen deney, sistem olarak bu çalışmaya benzemektedir. Aralarındaki temel fark, o deneylerde örme kumaş yırtılıncaya kadar bastırılmaya devam edilmesidir. Bu sebepten dolayı bu deney delinme testi olarak bilinmektedir. Ayrıca piyasada, likralı kumaşlarda yapılan bir uygulama dikkati çekmiştir. Likralı kumaş, yumruk üzerine sarılmakta, bir süre tutulduktan sonra açılıp ne kadar bombe kaldığı göz ile değerlendirilmektedir. Bu uygulama, delinme deneyinin bir benzetmesi olarak düşünülse bile, aslında bu uygulama piyasada kalıcı deformasyonun tespitine duyulan ihtiyacı gösteriyor şeklinde yorumlanabilir.

Shanks (1979) ağlarda yaptığı çalışmasında, önceden bahsedilen varsayımlarda bulunmuştur. Bu varsayımlar, bu çalışma ve genelde tekstil materyalleri ile kıyaslandığı zaman aralarında uyanlar ve uymayanlar vardır. Birinci varsayım karşılaştırılınca, bir tekstil yapısı olan kumaşta, elemanların eğilme rijitlikleri ve bükümleri söz konusudur, 1. varsayım uymamaktadır. Deneyler sırasında, burada da ön gerilim verilmiştir, 2. varsayım uymaktadır; ön gerilim verilerek kişiden kaynaklanabilecek hatalar minimuma indirilmiş olmaktadır. 3. varsayıma göre kesişme noktaları arasında kayma olmadığı kabul edilmiştir, fakat tekstil yapılarında kayma olmaktadır. Zaten araştırmacı da bunu kendi koyduğu şıkta belirtmiştir. Çeperler burada da sıkı bir şekilde bağlıdır, kayma söz konusu değildir, 4. varsayım uymaktadır. Kumaş lineer elastik değildir, viskoelastik özellikler göstermektedir. Ayrıca kumaş kare yapıya sahiptir ve bu bütün kumaşta homojendir. 5. varsayım kısmen uymaktadır. Varsayımların karşılaştırılması yapılıncaya, bu çalışmanın sonuçlarının ne derecede tekstil yapılarına uygulanabileceği konusunda şüpheler uyanmış fakat yapılan yaklaşımın görülmesi açısından literatür kısmında yer verilmiştir.

Shanks'in çalışması ile ilgili olarak darbe noktası konusunda da bu çalışma ile aralarında fark vardır; şöyle ki ağı birim alanı çok

büyük alındığı için, darbenin bir kesişme noktası üzerinde yoğunlaşmış oradan yapıya dağılması ihtimali yüksektir. Bu çalışmada ise, kumaş yapısındaki birim alan çok küçük olduğu ve nispeten çok büyük bir küre alanı ile bastırma uygulandığı için, kuvvet birkaç kesişme alanı tarafından algılanır ve onlar üzerinden yapıya dağılır. Bu da çok büyük bir farklılıktır. Bu çalışmada, noktasal deformasyonu da temsil edilebilmek düşüncesi ile en küçük 2 cm. çapında küre ile çalışılmıştır.

I. grup deneylerde, kürenin kumaşa basış hızı arttıkça uygulanan yükün de arttığı görülmektedir. ‘bastırma mesafesi’, yani oluşturulan çökme aynı olduğu halde, harcanan kuvvet yükselmektedir. Bu durum, yüksek hız kumaşta balistik etki yapıyor şeklinde yorumlanabilir.

Leech (1980) çalışmasında mermi ile darbelenen bir kumaş yapısı içinde darbe dalgalarının yayılması üzerinde durmuştur. Bu çalışma kapsamında darbe mermiden gelmese bile, kumaşa pozitif bir bastırma olduğu için, dalga oluşumu söz konusu olabilir. Bastırma sürekli devam edip belli bir noktada durdurulduğu için, zıt dalgalar oluşuyorsa bile sürekli yenilmektedir, dalga yön değiştirmeye vakit bulamadan sürekli aşılmaktadır, diye varsayılabilir. Sadece, bekletmeli yapılan deneylerde, yük çekilmediği için, dalgalar sönene kadar yük uygulanmaya devam edilmiştir ki, bu da kalıcı deformasyonun daha fazla olmasına sebep oluyor olabilir; fakat bu çalışmada dalga olmadığına karar verilmiştir.

Cunniff (1992, 1996) çalışmalarında belirttiği üzere, kumaş mermi darbesi alınca, iplikler o noktaya doğru akmaktadırlar. Bu çalışmanın deneyleri yapılırken de, kumaşın, küreye doğru aktığı gözlenmiştir. Ayrıca Cunniff çalışmasının sonunda, ‘kumaşların, kumaş düzlemine dik yöndeki deformasyonlarının çok daha detaylı incelenmesi gerektiğine’ dikkati çekmekte ve bu konunun önemini belirtmektedir. Yapılan bu çalışma, bu değinme açısından önemlidir.

Montgomery ve ar. (1982) yaptıkları çalışmada, küçük küre çapı ve sivri ucu olan mermilerin daha fazla deformasyon, büyük küre çapı ve küt ucu olan mermilerin daha az deformasyon meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Bunun sebebi, daha fazla kumaş miktarının harekete geçirilmesinden dolayı, deformasyonun yayılması, böylece kumaşın enerji absorbe etme yeteneğinin artmasıdır. Bu çalışmadaki küre çapları ile bu nokta ilişkilendirilebilir. Deney sonuçlarında küçük küre çapında daha fazla deformasyon, büyük küre çapında daha az

deformasyon olduğu sonucu, ilginç olarak, burada da elde edilmiştir. Fakat büyük kalıp çapı-küçük küre çapı tarzındaki çalışmalar sağlıklı olmamış ve onlar iptal edilmiştir. Kalıp çapı ile küre çapı belli bir uyum içinde olmalıdır sonucuna varılmıştır.

Kumaşın şekil alma kabiliyetinin, onun kayma mukavemeti ile ilgili bir konu olduğuna birçok araştırmacı tarafından değinilmiştir. Bu çalışmada, kumaşa meydana gelen kalıcı deformasyon kürenin belli bir kısmı şeklindedir. Bu çalışmada da, şekil almanın kayma mukavemeti elverdiği sürece gerçekleştiği kabul edilmiştir.

Nachane ve Sundaram 'ın (1995) üzerinde durduğu kuvvet relaksasyonu konusu bu çalışma dahilinde oldukça önemlidir. II. grup deneylerde, 'bekletmeli' tarzındaki çalışmada, küre üç dakika süre ile kumaşa basılı vaziyette tutulmuştur. Bu süre içinde, kuvvetin önce hızlı, sonraları belli bir sabit değere doğru düştüğü gözlenmiştir. Bu durum tam bir viskoelastik davranıştır ve araştırmacıların önerdiği $\sigma(t) = \Gamma G(t)$ formülü uygulanabilir. Bu formül, Hooke Kanunu'nun viskoelastik materyal için benzeri şeklinde yorumlanabilir.

Bu konu ile ilgilenen bütün araştırmacılar, plak ve kabuklar teorisinin, materyalin lineer elastik davranışının gözönüne alındığı, sadece küçük deformasyonlara uygulanabilen bir teori olduğunu belirtmektedirler. Tekstil materyalinin davranışının incelenmesinde, materyal lineer kabul edilmektedir. Kumaşın davranışını tam olarak anlayabilmek için büyük deformasyonların, lineer olmayan elastikiyet ile, zaman etkisi ile ve sürtünme etkileri ile beraber ele alınması gerektiğini belirtmektedirler.

Skelton ve Schoppe (1976) gerilimsiz bir kumaşa, eğilme olduğu zaman, kumaşın bunu bünyesi içinde herhangi bir iplik deformasyonu olmadan nasıl telafi ettiğini 'geometrik serbestlik' ile açıklamışlardır. Bu çalışmada uygulanan kuvvetler, geometrik serbestlik kavramının çok ötesinde olan yüksek kuvvetlerdir. Geometrik serbestlik kapsamındaki gerilimsiz hal çoktan aşılmış, iplik deformasyonu başlamıştır.

Postle ve Norton (1991) ve Ericksen et al. (1992), kumaş başka bir yüzeyin şeklini almaya zorlandığında ki, bu şekil bir küre olduğu zaman, kuvveti en çok algılayan ipliklerin, tepe noktasında olan iplikler olduğunu belirtmişlerdir. Kuvvet etkisi ile ipliklerin uzama

gösterdiği ve kumaş geometrisinin de buna bağlı olarak değiştiği konusu üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada, kumaş küre ile bastırıldığı zaman, tam temas bölgesinde, ipliklerin uzadığı, kumaş geometrisinin değiştiği ve kumaşın inceldiği fark edilmiştir. Fakat, bu çalışma kapsamında konunun bu açısı incelenmediği için bununla ilgili herhangi bir veri toplanmamıştır. Kuvvet etkisi ile iplikler ve lifler arasındaki sürtünme kuvvetleri aşılmakta, iplikler ve lifler harekete geçince onları bastıran yüzeyin şekli doğrultusunda yönlenecek, kuvvet etkisi kalkınca kumaş bir miktar kendini toplamakta, iplikler ve lifler eski yerlerine kadar gidememekte çünkü yeni aldığı şekle göre aşmadığı yeni sürtünme kuvvetleri ile karşılaşmaktadır. Böylece, kalıcı deformasyon gerçekleşmektedir.

Başer'in (1996) geliştirdiği matematiksel modelin bilgisayar uygulaması ile, deneylerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapıldığında, programın küçük deformasyonlar için daha yakın sonuçlar verdiği, fakat büyük deformasyonlar için çok sapma gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni de, bu modellerde viskoelastik etkinin dikkate alınmamış olmasıdır.

5.2 Genel Sonuç

Bu çalışmada farklı parametreler ile değişik kombinasyonlarda çeşitli deneyler yapılmıştır. Gerek hidrostatik yaklaşımdaki basınçların, gerekse belli bir alanda yayılı yüklerin deneylerde sembolize edilmesine özellikle dikkat edilmiştir. Deney hacmi çok geniş olduğu için, deneyler gruplara bölünmüş ve bir deney grubundan elde edilen sonuçlar diğer deney grubunda kullanılarak deney planında sistematik bir örnekleme sağlanmıştır.

Karar verme yöntemi olarak, hem istatistiksel hem de grafiksel yöntemler kullanılmıştır. Varyans analizleri, regresyon analizleri, t-testleri ve korelasyon analizleri ile parametre çeşitlerinin olayı en iyi belirleyen kombinasyonu tespit edilmiş, ayrıca elde edilen regresyon denklemleri ile de parametreler arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Buna göre :

‘yük’ bağımlı değişkeni için elde edilen sonuçlar şu şekildedir :

I.grup deneylerde, Tablo 4.13’de ‘hız’ bağımsız değişkeni iptal edilince bastırma mesafesine göre :

$$\text{yük} = -33.687 + 11.827 \cdot \text{basmm}$$

elde edilmiş, fakat Tablo 4.30'un incelenmesi ile aralarındaki gerçek ilişkinin :

$$\text{yük} = -0.455 + 5.247 \cdot \text{basmm} - 4.304 \cdot \text{basmm}^2 + 1.515 \cdot \text{basmm}^3 - 0.206 \cdot \text{basmm}^4 + 0.012 \cdot \text{basmm}^5$$

olduğu saptanmıştır. II.grup deneylerde bu ilişki Tablo 4.40'a göre :

$$\text{yük} = 0.095 + 6.311 \cdot \text{basmm} - 6.035 \cdot \text{basmm}^2 + 2.288 \cdot \text{basmm}^3 - 0.347 \cdot \text{basmm}^4 + 0.021 \cdot \text{basmm}^5$$

ve III.grup deneylerde bu ilişki Tablo 4.73'e göre :

$$\text{yük} = -67.810 + 26.913 \cdot \text{basmm} - 1.287 \cdot \text{basmm}^2$$

şeklindedir. IV.grup deneylerde delinme gerçekleştirildiği için böyle bir ilişki yazılamamıştır. 'yük'-'basmm' ilişkisi sürekli nonlineerdir.

III.grup deneylerde, Tablo 4.78'de kalıp boyutuna göre :

$$\text{yük} = 118.592 - 13.438 \cdot \text{boy} + 0.416 \cdot \text{boy}^2 + 0.001 \cdot \text{boy}^3$$

denklemini elde edilirken, IV.grup deneylerde Tablo 4.104'e göre delinme olduğu için :

$$\text{delme yükü} = 160.837 + 16.564 \cdot \text{boy}$$

denklemini elde edilmektedir. Kalıp boyutu, deney çeşidine göre farklı davranabilmektedir.

III.grup deneylerde, Tablo 4.80'de küre boyutuna göre :

$$\text{yük} = 8.388 + 18.398 \cdot \text{küre} - 2.105 \cdot \text{küre}^2 + 0.016 \cdot \text{küre}^3$$

denklemini elde edilirken, IV.grup deneylerde, Tablo 4.106'ya göre delinme olduğu için :

$$\text{delme yükü} = 125.578 + 47.750 \cdot \text{küre}$$

denklemini elde edilmiştir. Küre boyutu da deney çeşidine göre farklı davranış göstermektedir.

'defor' (1 saat sonra kalıcı deformasyon) ve 'defor48' (48 saat sonra kalıcı deformasyon) bağımlı değişkenleri için elde edilen sonuçlar şu şekildedir :

I.grup deneylerde, Tablo 4.14 ve 4.15’de ‘hız’ bağımsız değişkeni iptal edilince bastırma mesafesine göre :

$$\text{defor} = -0.637 + 0.238*\text{basmm}$$

$$\text{defor48} = -0.538 + 0.179*\text{basmm}$$

elde edilmiş, fakat Tablo 4.32 ve 4.34’ün incelenmesi ile aralarındaki gerçek ilişkinin :

$$\text{defor} = -0.222 + 0.362*\text{basmm} - 0.120*\text{basmm}^2 + 0.014*\text{basmm}^3$$

$$\text{defor48} = -0.810 + 0.771*\text{basmm} - 0.215*\text{basmm}^2 + 0.019*\text{basmm}^3$$

olduğu saptanmıştır. II.grup deneylerde bu ilişki Tablo 4.44’e göre :

$$\text{defor} = 0.607 - 0.360*\text{basmm} + 0.061*\text{basmm}^2$$

şeklinde, fakat 48 saat sonra deformasyon da kavram olarak buraya dahildir; çünkü 48 saat dinlendirme süresi başka bir bağımsız değişken olarak ayrılmıştır ve Tablo 4.51’den de ‘sıraaat’ için denklem yazılamayacağı görülmüştür. III.grup deneyler 48 saat dinlendirme süresi ile yapılmıştır ve Tablo 4.85’e göre :

$$\text{defor} = -1.179 + 0.395*\text{basmm}$$

elde edilir. IV.grup deneylerde delinme gerçekleştirildiği için böyle bir ilişki yazılamamıştır. ‘defor’-‘basmm’ ilişkisi deney grubuna göre farklı davranış göstermektedir.

III.grup deneylerde, Tablo 4.88’de kalıp boyutuna göre :

$$\text{defor} = -1.406 + 1.069*\text{boy} - 0.034*\text{boy}^3 + 0.004*\text{boy}^4 - 0.0001*\text{boy}^5$$

denklemini elde edilirken, IV.grup deneylerde delinme olduğu için böyle bir ilişki yoktur. Kalıp boyutunun davranışı lineer kabul edilebilir, çünkü dereceli terimler çok küçüktür.

III.grup deneylerde, Tablo 4.90’da küre boyutuna göre :

$$\text{defor} = 1.384 - 0.085*\text{küre}$$

denklemini elde edilmiştir. IV.grup deneylerde delinme olduğu için böyle bir ilişki yoktur. Küre boyutunun davranışı da lineerdir.

‘tdef’ (toplam deformasyon) bağımlı değişkeni için elde edilen sonuçlar şu şekildedir :

I.grup deneylerde böyle bir değişken söz konusu değildir. II.grup deneylerde, bastırma mesafeleri ilkten sona alınınca, bu değişken zaten ortadan kalkmıştır. III.grup deneylerde, kalıcı deformasyon olarak bahsedilen, toplam deformasyon kavramı ile aynıdır. IV.grup deneylerde delinme gerçekleştirildiği için böyle bir ilişki yazılamamıştır.

‘maxmm’ (delinme mesafesi) bağımlı değişkeni için elde edilen denklem Tablo 4.111’e göre kalıp boyutu için şu şekildedir :

$$\text{maxmm} = 2.705 + 1.654 \cdot \text{boy} + 0.076 \cdot \text{boy}^2 - 0.0002 \cdot \text{boy}^4 + 2.879\text{E-}06 \cdot \text{boy}^5$$

Tablo 4.108’e göre küre değişkeni için denklem yazılması gerekmediği ortaya çıkmıştır.

Bağımlı değişkenlerin birbirleri ile ilişkileri :

I.grup deneyler için Tablo 4.26’ya göre :

$$\text{yük} = 4.518 + 21.690 \cdot \text{defor1} + 40.999 \cdot \text{defor1}^2 - 18.452 \cdot \text{defor1}^3$$

ve Tablo 4.28’e göre :

$$\text{yük} = 4.968 + 77.693 \cdot \text{defor48} - 23.374 \cdot \text{defor48}$$

elde edilmektedir. II.grup deneyler için Tablo 4.67’e göre :

$$\text{yük} = 6.401 + 7.440 \cdot \text{defor} + 78.933 \cdot \text{defor}^2 - 33.839 \cdot \text{defor}^3$$

ve Tablo 4.69’a göre :

$$\text{yük} = 47.773 + 86.262 \cdot \text{tdef} - 76.778 \cdot \text{tdef}^2 + 14.424 \cdot \text{tdef}^3$$

elde edilmiştir. III.grup deneylerde Tablo 4.99’a göre :

$$\text{yük} = 7.588 + 37.491 \cdot \text{def} - 3.713 \cdot \text{def}^2$$

ve IV.grup deneylerde Tablo 4.116’ya göre :

$$\text{delme yükü} = 35.964 + 28.383 \cdot \text{maxmm} - 1.940 \cdot \text{maxmm}^2 + 0.116 \cdot \text{maxmm}^3 - 0.004 \cdot \text{maxmm}^4 + 0.00004 \cdot \text{maxmm}^5$$

denklemleri elde edilmiştir. ‘yük’-‘defor’ ilişkisi, dinlendirme süresine ve deney çeşidine göre farklılık göstermektedir.

Grafikler, bağımlı değişkenlerin, birli ve ikili ilişkileri için çizilmiş ve birli ilişkiler regresyon denklemleri ile desteklenmiştir. Regresyon denkleminin yazılmasının anlamsız olacağı durumlarda, sonuçların nasıl bir seyir gösterdiği, grafiklerden takip edilebilmiş ve karara ulaşılmıştır.

İstatistiksel ve grafiksel incelemeler sonucunda, amacımıza en uygun olan, maksimum kalıcı deformasyonu veren kombinasyon olarak elde edilen standart test metodu şu şekildedir :

<u>Bağımsız Değişken</u>	<u>Çeşit</u>
Şekil	Kare
Kalıp Boyutu	6 cm.
Küre boyutu	2 cm.
Bastırma mesafesi	7.5 cm.
Hız	60 mm/d
Zaman	Hemen
Tekrarlılık	5. yöntem
Dinlendirme süresi	48 saat
Tekerrür	10 kez

Bu çalışmada, kalıcı deformasyon bir kalite faktörü olarak ele alınmış ve giysi haline gelecek kumaşa kalıcı deformasyonun önceden belirlenmesi için laboratuvarında sürekli uygulaması olabilecek bir standart deney metodu geliştirilmiştir. Ayrıca, istatistiksel analizlerde 'yük', özellikle bağımlı değişken olarak alınmıştır; çünkü diğer faktörler bilindiği zaman, bu bilinmeyene ulaşılmış olacaktır. Bu şekilde, çalışmanın günlük yaşantı ile ilişkilendirilmesi mümkün olmuştur. Herhangi bir kullanılmış giyside dahi, kalıcı deformasyon ölçüldüğünde, burada elde edilen regresyon denklemleri ile geriye dönüş imkanı olup, kullanıcının giysiye uyguladığı kuvvet hesaplanabilmektedir. Hesaplanması güç olan insan vücudunun kumaşa uyguladığı kuvvet, bu yaklaşım sonucunda hesaplanabilir hale gelmiştir.

6. ÖNERİLER

Bu çalışma, değişik cihaz parametrelerinin kalıcı deformasyonu en iyi belirleyen kombinasyonunun tespiti için, tek bir kumaş çeşidi ile yapılmıştır. Farklı kumaşların bu standart test metodunda nasıl kalıcı deformasyonlar vereceği, ayrı bir araştırma konusu olarak incelenmelidir. Böylece, sürekli laboratuvar uygulamalarına geçme imkanı sağlanmış olacaktır. Bir sonraki adım olarak da, kalıcı deformasyonun en aza indirilmesi için teknik ve pratik olarak neler yapılması gerektiğinin araştırılması önerilmektedir.

Bu çalışma sonucunda ortaya çıkan standart test metodu, sürekli laboratuvar uygulamasına aktarılırken, kumaşın kalıba yerleştirilmesi konusunda değişiklik yapılması faydalı olacaktır. Kumaşın kalıba yerleştirilmesi konusunda, bu çalışma kapsamındaki mantığı bozmadan, farklı bir yerleştirme tarzının iyi olacağı düşünülmektedir; çünkü, bu çalışmadaki yerleştirme tarzı hem hazırlık olarak hem de işlem olarak çok zaman almaktadır. Laboratuvar uygulamalarının pratik ve güvenilir olması gerektiği için, pratiklik unsurunu artıracak ve güvenilirlik unsurunu bozmayacak olan başka bir tarzın kullanılmasında fayda görülmektedir.

Bu çalışmada kumaşa kuvvet uygulandıktan sonra kumaşı dinlendirme süresi 1 saat ve 48 saat olacak şekilde iki seçenek denenmiştir. II. grup deneyler, ikisi arasında az bir fark olduğu, bunun da kumaşın daha histerisisini tamamlamakta olmasından kaynaklandığını ortaya koymuştur. Diğer grup deneyler, hassasiyet açısından 48 saat dinlendirme ile yapılmıştır. Ancak, sürekli laboratuvar uygulamasına geçildiği zaman, 1 saat dinlendirme süresinin yeterli olacağı görülmektedir. İstatistiksel inceleme, aralarında bir anlam farkı olmadığını, hassasiyet farkı olduğunu ispatlamıştır. Üretim ortamında, laboratuvar uygulaması yapınca, 1 saat dinlendirmenin amaca uygun, doğru ve güvenilir sonuç vereceği ortadadır. Bu nedenle 1 saat dinlendirme yapılması önerilmektedir.

Bu çalışmada, kürenin kumaşa bastırdığı tepe noktasında, ipliklerin deforme olduğunun, kumaş geometrisinin değiştiğinin ve kumaşın incelendiğinin gözlemlendiği, fakat araştırmanın konusu kapsamında olmadığı için onunla ilgili herhangi bir veri toplanmadığı önceden belirtilmiştir. Bu konuların incelenmesi amacıyla bu verilerin toplanmasına yönelik uygun deney düzeneği ile araştırmalar yapılması önerilmektedir.

Bu çalışma, farklı çaplardaki yarım kürelerin kumaşa farklı parametreler ile bastırması tarzında yapılmıştır. Böylece, küre ağırlıkları bir önem taşımamış, bastıran küre yüzeyinin büyüklüğü ve düzgünlüğü önem taşımıştır. Kürenin kumaş üzerinde serbestçe bekletilmesi farklı araştırmalara konu olabilir. O zaman, küre ağırlığı ve yüzey düzgünlüğü önem taşıyacaktır. Bu tarzda yapılacak araştırmaların, kumaşın viskoelastik davranışının belirlenmesi hususunda önemli bilgiler vereceği de düşünülmektedir.

Başer'in yaklaşık olarak geliştirdiği bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar, bu çalışma ile elde edilen 'yük' ve 'defor' ilişkileri ile karşılaştırılabilir. Böylece bilgisayar programının daha hassas sonuçlar vereceği ümit edilmektedir.

Bu çalışmanın, ileride geliştirilecek teoriler için bir ışık tutacağı ümit edilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akkurt, M.**, 1990, Makina Elemanları Cilt: I, Birsen Yayınevi, İstanbul, 437s.
- Amirbayat, J. and Hearle, J.W.S.**, 1986, The complex buckling of flexible sheet materials Part I : Theoretical approach, *International Journal of Mechanics and Science*, 28(6): 339-358 ; Part II : Experimental study of three-fold buckling, *International Journal of Mechanics and Science*, 28(6): 359-370.
- Amirbayat, J. and Hearle, J.W.S.**, 1989, The anatomy of buckling of textile fabrics : Drape and conformability, *Journal of the Textile Institute*, 80(1) : 51-70.
- Ascough, J., Bez, H.E. and Bricis, A.M.**, 1996, A simple beam element, large displacement model for the finite element simulation of cloth drape, *Journal of the Textile Institute*, 87(1): 152-165.
- ASTM Standart D231-62'den değişik D3887 ve D3787**, 1980, New York.
- Asvadi, S. and Postle, R.**, 1994, An analysis of fabric large strain shear behavior using linear viscoelasticity theory, *Textile Research Journal*, 64(4): 208-214.
- Aono, M.; Breen, D.E.; Wozny, M.J.**, 1994, Fitting a woven cloth model to a curved surface : Mapping algorithms, *Computer - Aided Design*, 26(4): 278-292.
- Bassett, R.J.**, 1988, The measurement of biaxial and shear properties of apparel fabrics, 417-428, The Application of Mathematics and Physics in the Wool Industry, Carnaby, G.A., Woo, E.J. and Story, L.F. (Eds.), WRONZ Special Publications, Yeni Zelanda, 625p.
- Bassett, R.J. and Postle, R.**, 1983, The fitting of woven fabrics to three-dimensional surfaces, Using a rod-element model, 379-386, Objective Evaluation of Apparel Fabrics, Postle, R., Kawabata, S. and Niwa, M. (Eds.), *Textile Machinery Society of Japan*, Osaka, 550p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Bassett, R.J. and Postle, R.**, 1990, Fabric mechanical and physical properties Part IV : The fitting of woven fabrics to a three-dimensional surface, *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2(1): 26-31.
- Başer, G.**, 1982, Tezgahta Oluşan Kumaş Yapısının Belirlenmesi ve Dokuma Sonrası Boyut Değişimlerinin Analitik Yöntemlerle İncelenmesi Üzerinde Araştırmalar, Doçentlik Tezi, E.Ü. Tekstil Fakültesi, 183s (yayınlanmamış).
- Başer, G.**, 1989, A mechanical approach to the determination of the geometry of a woven fabric and to the analysis of subsequent changes in its geometry Part I : A theory for the crimping of the weft yarn during weaving, *Journal of the Textile Institute*, 80(4): 507-520 ; Part II : The development of a geometry of plain-woven fabric in the loomstate and a theory of weaving contractions, *Journal of the Textile Institute*, 80(4): 521-536.
- Başer, G.**, 1996, Yayınlanmamış bir çalışma.
- Bilen, U.**, 1996, Giysilik Kumaşlarda Deformasyon Ölçümü ile İlgili Bazı Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Tekstil Müh. Böl., İzmir, 56s (yayınlanmamış).
- Birkan, I.**, 1958, Tekstil Elyaf ve Flamanlarında Elastik Histerezis ile Alakalı Problemler (Krip ve Relaksasyon), Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 82s.
- Calladine, C.R.**, 1988, LOVE : The theory of thin shell structures 1888-1988, *Proc. Instn. Mech. Engrs.*, 22(A3): 41-49.
- Chapman, B.M. and Hearle, J.W.S.**, 1972, The bending and creasing of multicomponent viscoelastic fibre assemblies Part I : General consideration of the problem, *Journal of the Textile Institute*, 63: 385-403.; Part II : The mechanics of a two-dimensional assembly of long straight fibres of different types, *Journal of the Textile Institute*, 63: 404-412.
- Cunniff, P.M.**, 1992, An analysis of the system effects in woven fabrics under ballistic impact, *Textile Research Journal*, 62 (9): 495-509.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Cunniff, P.M.**, 1996, A semiempirical model for the ballistic impact performance of textile-based personnel armor, *Textile Research Journal*, 66 (1): 45-60.
- DIN 53861**, 1970, Prüfung von Textilien Wölb-und Berstversuch Blatt 1,2,3, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin, 199-232.
- Eeg-Olofsson, T.**, 1966, The surface fit of textile fabrics and similar materials and a definition of their formability, *Faserforschung und Textiltechnik*, 17(9): 418-422.
- Ericksen, R.H., Davis, A.C. and Warren, W.E.**, 1992, Deflection-force measurements and observations on Kevlar 29® parachute fabrics, *Textile Research Journal*, 62(11): 628-637.
- Ergün M.**, 1995, Bilimsel Araştırmalarda Bilgisayarla İstatistik Uygulamaları, Ocak Yayınları, Ankara, 292s.
- Fleissing, J.**, 1968, ЭПАСТИЧНОСТЬ ТКАНЕЙ В РАДИАЛЬНОМ И ТАНГЕНЦИАЛЬНОМ НАПРАВЛЕНИИ ПРИ НАТЯЖЕНИИ НА ШАРОВУЮ ПОВЕРХНОСТЬ, *Veda A Vyzkum V Text. Prum.*, 9(5): 5-29.
- Grandin, H. Jr.**, 1986, Fundamentals of the Finite Element Method, Macmillan Publishing Company, New York, 528p.
- Grünewald, K.H. and Zöll, W.**, 1973, Practical methods for determining the 'bagging' tendency in textiles, *ITS Weaving*, 3: 273-275.
- Hearle, J.W.S., Grosberg, P. and Backer, S.**, 1969, Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabrics Vol :1, John Wiley & Sons, New York, 469p.
- Heisey, F.; Brown, P. and Johnson, R.F.**, 1990, Three-dimensional pattern drafting Part I : Projection, *Textile Research Journal*, 60(11): 690-696.
- Heisey, F.L. and Haller, K.D.**, 1988, Fitting of woven fabrics to surfaces in three dimensions, *Journal of the Textile Institute*, 79(2): 250-263.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Kawabata, S., Niwa, M. and Kawai, H.**, 1973, The finite-deformation theory of plain-weave fabrics Part I : The biaxial-deformation theory, *Journal of the Textile Institute*, 64(1): 21-46 ; Part II : The uniaxial-deformation theory, *Journal of the Textile Institute*, 64(2): 47-61 ; Part III : The shear-deformation theory, *Journal of the Textile Institute*, 64(2): 62-85.
- Konopasek, M.**, 1980, Classical elastica theory and its generalizations, 255-276, *Mechanics of Flexible Fibre Assemblies*, Hearle, J.W.S., Thwaites, J.J. and Amirbayat, J. (Eds.), Sijthoff & Noordhoff, Hollanda, 653p.
- Lass, H.**, 1950, *Vector And Tensor Analysis*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1950, 347p.
- Leech, C.M.**, 1980, The dynamics of flexible filament assemblies, 343-390, *Mechanics of Flexible Fibre Assemblies*, Hearle, J.W.S., Thwaites, J.J. and Amirbayat, J. (Eds.), Sijthoff & Noordhoff, Hollanda, 653p.
- Lloyd, D.W.**, 1988, An integrated approach to the mechanical modelling of one, two and three-dimensional textile structures, 21-42, *The Application of Mathematics and Physics in the Wool Industry*, Carnaby, G.A., Woo, E.J. and Story, L.F. (Eds.), WRONZ Special Publications, 625p.
- Lloyd, D.W.**, 1980, The analysis of complex fabric deformations, 311-342, *Mechanics of Flexible Fibre Assemblies*, Hearle, J.W.S., Thwaites, J.J. and Amirbayat, J. (Eds.), Sijthoff & Noordhoff, Hollanda, 653p.
- Lloyd, D.W.**, 1984, The mechanics of drape, 271-282, *Flexible Shells Theory and Applications*, Axelrad, E.L. and Emmerling F.A. (Eds.), Euromech-Colloquium 165, Springer-Verlag, 552p.
- Mack, C. and Taylor, H.M.**, 1956, The fitting of woven cloth to surfaces, *Journal of the Textile Institute*, 47 : T477-488.
- Montgomery, T.G.; Grady, P.L. and Tomasino, C.**; 1982, The effects of projectile geometry on the performance of ballistic fabrics, *Textile Research Journal*, 52(7): 442-450.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Morton, W.E. and Hearle, J. W. S.**, 1975, Physical Properties Of Textile Fibres, The Textile Institute, London.
- Nachane, R.P. and Sundaram, V.**, 1995, Analysis of relaxation phenomena in textile fibres Part I : Stress relaxation, *Journal of the Textile Institute*, 86(1): 10-19 ; Part II : Inverse relaxation', *Journal of the Textile Institute*, 86(1): 20-32.
- Olofsson, B.**, 1967, A study of inelastic deformations of textile fabrics, *Journal of the Textile Institute*, 58(6): 221-241.
- Okur, A. K.**, 1990, Çift Katlı İpliklerin Mekanik Özelliklerinin Tek Katlı İpliklerle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü, 177s (yayımlanmamış).
- Peirce, F.T.**, 1937, The geometry of cloth structure, *Journal of the Textile Institute*, 28(3): T45-96.
- Popov, E.P.**, 1976, Mukavemet Katı Cisimlerin Mekanikğine Giriş, (Çev. H. Demiray), Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 662.
- Postle, J.R. and Postle, R.**, 1995, Nonlinear mechanics and dynamics of fabric manipulation, 569-573, Proceedings of the 3. Asian Textile Conference, The Textile Institute, 1, 762p.
- Postle, R. and Norton, A.H.**, 1988, Physical and mathematical considerations for the modelling of fabric deformation, 63-73, The Application of Mathematics and Physics in the Wool Industry, Carnaby, G.A., Woo, E.J. and Story, L.F. (Eds.), WRONZ Special Publications, 625p.
- Postle, R. and Norton, A.H.**, 1991, Mechanics of complex fabric deformation and drape, *Journal of Applied Polymer Science : Applied Polymer Symposium*, 47, 323-340.
- Püskülcü, H. ve İkiz, F.**, 1982, İstatistiğe Giriş, E.Ü.Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları 1, İzmir, 364s.
- Roylance, D.; Wilde, A. and Tocci, G.**, 1973, Ballistic impact of textile structures, *Textile Research Journal*, 43(1): 34-41.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Scardino, F.L. and Ko, F.K.**, 1981, Triaxial woven fabrics Part I : Behavior under tensile shear, and burst deformation, *Textile Research Journal*, 51(2): 80-89.
- Shanahan, W.J., Lloyd, D.W. and Hearle, J.W.S.**, 1978, Characterizing the elastic behavior of textile fabrics in complex deformations, *Textile Research Journal*, 48(9) : 495-505.
- Shanks, J.M.**, 1979, The dynamics of reinforced coarse nets using a finite element analysis, *International Journal of Mechanics and Science*, 21: 131-138.
- Skelton, J. and Schoppee, M.M.**, 1976, Geometric freedom in bent yarns and fabrics, *Textile Research Journal*, 46(1), 44-51.
- Sommer, H.**, 1941, Grundlagen der berstfestigkeitsprüfung von gewebe. 1, *Melliand Textilber.*, 22: 414-462 ; II : 22: 462-468 ; III : 22: 516-564 ; IV : 22: 564-570.
- Terzopoulos, D.; Platt, J.; Barr, A. and Fleischer, K.**, 1987, Elastically deformable models, *Computer Graphics*, 21(4), 205-214.
- Timoshenko, S. and Goodier, J.N.**, 1951, Theory of Elasticity, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 506.
- Timoshenko, S.**, 1950, Plak ve Kabuklar Teorisi, (Çev. M. İnan, F. Sönmez), Üçler Basımevi, İstanbul, 468s.
- TS 244, 245, 247, 250, 251, 253, 254, 255, 395, 628, 1409, 6071, 7126, 7128, 7475**, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Van West, B.P., Pipes, R.B. and Keefe, M.**, 1990, A simulation of the draping of bidirectional fabrics over arbitrary surfaces, *Journal of the Textile Institute*, 81(4): 448-460.
- Wang, C.Y.**, 1986, A critical review of the heavy elastica, *International Journal of Mechanics and Science*, 28(8): 549-559.
- Wegener, W. and Scoulidis, K.**, 1967, Die ermittlung bezogener größen aus dem wölbversuch, *Textilindustrie*, 69(3): 168-173 ; 69(4): 263-265.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam ediyor)

- Williams, C.**, 1984, Methods of including the effect of the surrounding air in the dynamic analysis of air-supported structures, 175 - 189, *The Design of Air-Supported Structures*, Bristol.
- Womersley, J.R.**, 1937, The application of differential geometry to the study of the deformation of cloth under stress, *Journal of the Textile Institute*, 28(3): T97-112.
- Yokura, H.; Nagae, S. and Niwa, M.**, 1986, Prediction of fabric bagging from mechanical properties, *Textile Research Journal*, 56(12): 748-754.
- Zurek, W. and Bendkowska, W.**, 1983, Phenomena occurring in bursting tests of circular fabric samples Part I : Geometry of distended samples, *Textile Research Journal*, 53(1): 19-24.

EK - 1 : Deney Kumaşının Üretildiği Tezgahın Özellikleri

TEKNİK ÖZELLİKLER

Yapım Yılı	: 1989
Markası	: SULZER
Devri	: 240 d/d
Çerçeve Sayısı (maks.)	: 12
Atkı renk sayısı	: 1
Tezgah eni (maks.)	: 196 cm.
Atkı atma sistemi	: Mekikçikli

EK - 2 : Kumaş Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi

<u>ÖZELLİK</u>	<u>STANDART NO.</u>
Sıklık	TS 250
Gramaj	TS 251
Kalınlık	TS 7128
Kopma Mukavemeti	TS 253
Kopma Uzaması	TS 253
Yırtılma Mukavemeti	TS 395
Eğilme Dayanımı	TS 1409
Kumaştan çıkarılan iplik no.	TS 255
Kumaş içinde iplik kısalma oranı	TS 254
Kumaş Örtme Faktörü	(Hesaplanarak.)
Terbiyede Ağırlık Kaybı	(Hesaplanarak.)

EK - 3 : İplik Özelliklerinin Tespit Edilmesinde Uygulanan TSE Standartlarının Listesi

<u>ÖZELLİK</u>	<u>STANDART NO.</u>
Numara	TS 244
Büküm	TS 247
Kopma Mukavemeti	TS 245
Kopma Uzaması	TS 245
Eğilme Rijitliği	Peierce (1930; Okur'dan, 1990)
Uster Düzgünsüzlüğü	TS 628
Metale Sürtünme Katsayısı	TS 7475

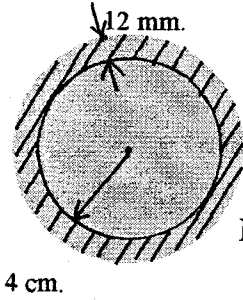
EK - 4 : Cıvata-Somun Çifti Arasındaki Kuvvetin Hesaplanması

$$\begin{aligned}M_{kişi} &\approx 0.2 * M_{cıvata} \\F_{kişi} * d_{anahtar} &= 0.2 * F_{cıvata} * d_{cıvata} \\(60 \text{ N}) (16 \text{ cm.}) &= 0.2 * F_{cıvata} * (0.5 \text{ cm.}) \\F_{cıvata} &= 9.6 \text{ kN}\end{aligned}$$

(Akkurt, 1990)

EK - 5 : Çemberdeki Ortalama Basıncın Hesaplanması

[Orta kalıp (3.) üzerinden]

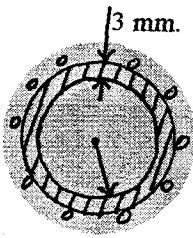


$$\begin{aligned}\text{Taralı çember alanı} &= \pi * 5.2^2 - \pi * 4^2 \\ &= 34.666 \text{ cm.}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Toplam kuvvet} &= (9.6 \text{ N}) (10 \text{ adet}) \\ &= 96 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Basınc} &= \text{Kuvvet} / \text{Alan} = 96 \text{ kN} / 34.666 \text{ cm.}^2 \\ &= 2.769 \text{ kN/cm.}^2\end{aligned}$$

EK - 6 : Kalıptaki 3 mm.'lik Hat Üzerindeki Kuvvetin Hesaplanması



$$\begin{aligned}\text{Taralı çember alanı} &= \pi * 4.3^2 - \pi * 4^2 \\ &= 7.819 \text{ cm.}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= \text{Basınc} / \text{Alan} \\ &= (2.769 \text{ kN/cm.}^2) (7.819 \text{ cm.}^2) \\ &= 21.651 \text{ kN}\end{aligned}$$

Ek - 7 : Tekerrürün Belirlenmesi için t-testleri

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'tekrr' için :				
tekrr 5	50	.5430	.685	.043
tekrr 10	100	.7003	.375	.031

Ortalamalar Farkı = 0.1573

Varyansların Eşitliği için Levene Testi: F= 3.314 P= 0.291

Ortalamaların Eşitliği için t-testi

Fark için

Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyr.Önem.	Farkın SH	%95 Güv. Ar.
Eşit	1.28	149	.322	.054	(-.016, .200)
Eşit değil	1.28	148.14	.322	.054	(-.016, .200)

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'tekrr' için :				
tekrr 10	100	.7003	.375	.031
tekrr 15	150	.7360	.354	.044

Ort. Fark = -0.0357

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 0.278 P= 0.0278

Ortalamaların eşitliği için t-testi

Fark için

Değişkenler	t-değeri	sd	2-kuyr. önem.	Ort. Stan. Hatası	%95 Güv. Ara.
Eşit	-6.21	249	.000	.062	(-.544, -.300)
Eşit değil	-6.21	247.73	.000	.062	(-.544, -.300)

Değişken	Veri Sayısı	Ortalama	Stan.Sap.	Ort. Stan. Hatası
'tekrr' için :				
tekrr 5	50	.5430	.685	.043
tekrr 15	150	.7360	.354	.044

Ort. Fark = 0.1930

Varyansların eşitliği için Levene Testi : F= 2.464 P= 0.3092

Fark için

Değişkenler	t-değeri	sd	2-Kuyr. Önem.	Farkın Stan. Hatası	%95 Güv. Ara.
Eşit	1.58	199	.114	0.2880	(-.126, 1.378)
Eşit değil	1.58	198.26	.114	0.2880	(-.126, 1.378)

	sirasaat	sirabek	sirabas	siramn	m	yuk_1	ssyuk	cvyuk	uodkso	ssuodks	cvuodk	defr1_1	ssdefr	cvdefr	fayuk_1	tdef_1	sstdef	cvdef	
1	1	1	1	1	23	2.2356	.1235	5.52				.1434	.2711	189.06		2.7547	.2716	9.86	
2	1	1	1	1	2	36	6.0158	.3655	6.08			-.0403	.2252	-558.9					
3	1	1	1	1	3	49	15.6530	.8771	5.60			.3234	.2570	79.47					
4	1	1	1	1	4	62	36.3310	1.3706	3.77			1.0103	.3747	37.08					
5	1	1	1	1	5	75	87.1430	1.7767	2.04			1.3050	.1773	13.58					
6	1	1	1	2	2	36	5.7792	.3634	6.29			.1790	.1442	80.56		2.1909	.1480	6.75	
7	1	1	1	2	3	49	15.9300	.7794	4.89			.1885	.1711	90.76					
8	1	1	1	2	4	62	35.3240	.9989	2.83			.4505	.2353	52.22					
9	1	1	1	2	5	75	83.4490	2.9369	3.52			1.3729	.2116	15.41					
10	1	1	1	3	3	49	14.7100	.6112	4.15			.3264	.1251	38.31		2.0879	.2199	10.53	
11	1	1	1	3	4	62	35.3410	.8966	2.54			.5626	.1876	33.35					
12	1	1	1	3	5	75	83.3440	1.7006	2.04			1.1989	.1517	12.66					
13	1	1	1	4	4	62	31.1270	1.1144	3.58			.7972	.1459	18.30		1.9122	.1839	9.62	
14	1	1	1	4	5	75	81.3130	1.9617	2.41			1.1150	.0964	8.64					
15	1	1	1	5	5	75	64.4900	1.1122	1.72			1.7522	.1977	11.28		1.7522	.1977	11.28	
16	1	1	2	1	1	23	2.3995	.1828	7.62	2.0260	.1564	7.72	.0818	.1015	124.11	.3735	2.8023	.2228	7.95
17	1	1	2	1	2	36	6.2104	.3123	5.03	5.3560	.3395	6.34	.0019	.1318	6935.1	.8544			
18	1	1	2	1	3	49	16.2430	.9305	5.73	12.6650	.7136	5.63	.4432	.2606	58.79	3.5780			
19	1	1	2	1	4	62	37.7050	1.5545	4.12	28.6700	1.1239	3.92	1.0718	.2856	26.64	9.0350			
20	1	1	2	1	5	75	95.3370	2.6421	2.77	72.4910	2.2109	3.05	1.2036	.3638	30.23	22.846			
21	1	1	2	2	2	36	5.6610	.3651	6.45	4.8420	.3462	7.15	.1557	.1193	76.62	.8190	2.6916	.2303	8.56
22	1	1	2	2	3	49	15.6250	.7371	4.72	12.2690	.5773	4.71	.3268	.1426	43.62	3.3560			
23	1	1	2	2	4	62	37.4800	1.7043	4.55	28.5760	1.2661	4.43	.9049	.2243	24.79	8.9040			
24	1	1	2	2	5	75	90.8590	4.4681	4.92	70.1740	2.3325	3.32	1.3042	.1973	15.13	20.685			
25	1	1	2	3	3	49	14.3740	.7197	5.01	11.2730	.5298	4.70	.2615	.0907	34.70	3.1010	2.4334	.1793	7.37
26	1	1	2	3	4	62	36.2350	1.4063	3.88	27.5160	1.1149	4.05	.8299	.1665	20.06	8.7190			
27	1	1	2	3	5	75	88.6920	3.8709	4.36	67.5930	2.9125	4.31	1.3420	.2378	17.72	21.099			
28	1	1	2	4	4	62	31.1400	1.1091	3.56	23.6130	.8883	3.76	.8966	.1863	20.78	7.5270	2.3435	.1460	6.23
29	1	1	2	4	5	75	85.1780	3.3911	3.98	64.7350	2.4240	3.74	1.4469	.2149	14.86	20.443			
30	1	1	2	5	5	75	64.4840	1.7321	2.69	49.0880	1.2494	2.55	1.6738	.2585	15.45	15.396	1.6738	.2585	15.45
31	1	2	1	1	1	23	1.9455	.1473	7.57			.1138	.1053	92.52		2.1025	.2574	12.24	
32	1	2	1	1	2	36	5.9929	.4946	8.25			-.0340	.1720	-505.7					
33	1	2	1	1	3	49	16.0570	.9865	6.14			.2264	.1330	58.73					
34	1	2	1	1	4	62	36.7880	2.7163	7.38			.5697	.2631	46.18					
35	1	2	1	1	5	75	80.9450	5.0876	6.29			1.1788	.1646	13.96					
36	1	2	1	2	2	36	5.6914	.3650	6.41			.0486	.0922	189.77		2.3402	.2678	11.44	
37	1	2	1	2	3	49	16.0500	.9164	5.71			.2614	.1165	44.56					
38	1	2	1	2	4	62	35.8480	.9212	2.57			.8429	.1625	19.27					
39	1	2	1	2	5	75	84.6370	4.1337	4.88			1.1884	.1505	12.67					
40	1	2	1	3	3	49	14.6300	.6947	4.75			.2494	.1313	52.65		1.9939	.2540	12.74	
41	1	2	1	3	4	62	34.5270	1.7256	5.00			.7328	.1841	25.12					
42	1	2	1	3	5	75	82.0230	3.7476	4.57			1.0117	.0773	7.64					
43	1	2	1	4	4	62	30.9450	.8473	2.74			.4165	.0848	20.37		1.8550	.0888	4.79	
44	1	2	1	4	5	75	75.7180	3.5986	4.75			1.4385	.1421	9.88					
45	1	2	1	5	5	75	63.4270	.5722	.90			1.2479	.2336	18.72		1.2479	.2336	18.72	
46	1	2	2	1	1	23	2.1286	.2653	12.47	1.7270	.2106	12.20	.1008	.0952	94.47	.4016	2.4979	.2154	8.62
47	1	2	2	1	2	36	6.1684	.5737	9.30	5.1390	.4778	9.30	.1626	.1502	92.35	1.0294			
48	1	2	2	1	3	49	14.9760	1.6612	11.09	11.8700	.6498	5.47	.4362	.1252	28.71	3.1060			
49	1	2	2	1	4	62	36.5030	2.3474	6.43	28.1790	1.8852	6.69	.7062	.2247	31.82	8.3240			
50	1	2	2	1	5	75	84.7700	3.1222	3.68	65.1940	2.5313	3.88	1.0921	.3296	30.18	19.576			
51	1	2	2	2	2	36	5.8136	.4916	8.46	4.8060	.4402	9.16	.2295	.1501	65.41	1.0076	2.6491	.2403	9.07
52	1	2	2	2	3	49	15.6870	1.3021	8.30	12.0960	1.0578	8.74	.3430	.1527	44.52	3.5910			
53	1	2	2	2	4	62	36.2160	1.4660	4.05	27.4630	1.0702	3.90	.7648	.1873	24.49	8.7530			
54	1	2	2	2	5	75	87.2190	5.2842	6.06	66.4450	3.7267	5.61	1.3118	.2474	18.86	13.259			
55	1	2	2	3	3	49	14.3050	.5716	4.00	10.9620	.5122	4.67	.5606	.1723	30.73	3.3430	2.5439	.1532	6.02
56	1	2	2	3	4	62	34.3930	1.3148	3.82	26.2500	1.2731	4.85	.3216	.1822	56.66	8.1430			
57	1	2	2	3	5	75	84.8190	1.5426	1.82	64.6700	1.2076	1.87	1.6617	.2513	15.12	20.149			
58	1	2	2	4	4	62	31.0830	1.8577	5.98	23.3180	1.3279	5.69	.6291	.1210	19.24	7.7650	2.2630	.1348	5.95
59	1	2	2	4	5	75	80.0170	3.7924	4.74	60.7850	3.0987	5.10	1.6339	.1813	11.09	19.232			
60	1	2	2	5	5	75	65.0480	2.2281	3.43	49.0520	1.8980	3.87	1.5619	.2752	17.62	15.996	1.5619	.2752	17.62

EK - 8 : I. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları

	hiz	m	yulhi	yagism	yuk_1	ssyuk	cvyu	yilh1s	yilh48s	defl	ssdefl	cvdefl	def48	ssdf48	cvdf48
1	20	23	.4715	2.3533	2.1669	.2282	10.5	.5625	.4968	.0910	.0869	95.49	.0253	.0386	152.77
2	20	36	.4495	3.6901	5.8175	.4243	7.29	.5781	.5120	.1286	.0927	72.12	.0625	.0815	130.47
3	20	49	.4916	5.2027	14.3510	.5709	3.98	.6447	.5647	.1531	.0883	57.69	.0731	.0695	95.07
4	20	62	.5177	6.8825	32.0210	.7761	2.42	.8215	.6827	.3038	.1394	45.87	.1650	.0731	44.32
5	20	75	.5313	8.8000	65.2120	1.3041	2.00	1.4993	1.3264	.9680	.1695	17.51	.7951	.2304	28.98
6	30	23	.4695	2.3877	2.1743	.1929	8.87	.6182	.5195	.1487	.0759	51.02	.0500	.0774	154.71
7	30	36	.4957	3.6874	5.6563	.2698	4.77	.6397	.5418	.1440	.0648	45.03	.0461	.1044	226.49
8	30	49	.4866	5.1970	14.1780	.9682	6.83	.7131	.5785	.2265	.1501	66.26	.0919	.0986	107.31
9	30	62	.4945	6.8598	31.3290	1.6523	5.27	1.1308	.9803	.6363	.2828	44.45	.4858	.2552	52.52
10	30	75	.5325	8.9030	63.8050	.5912	.93	1.9700	1.6887	1.4375	.2513	17.48	1.1562	.2559	22.13
11	60	23	.5848	2.4638	2.2356	.1235	5.52	.7411	.7044	.1563	.1890	120.92	.1196	.1670	139.59
12	60	36	.5083	3.7642	5.7792	.3634	6.29	.6873	.6056	.1790	.1442	80.56	.0973	.1125	115.61
13	60	49	.5571	5.2989	14.7100	.6112	4.15	.8835	.7936	.3264	.1251	38.31	.2365	.1234	52.19
14	60	62	.5898	6.8122	31.1270	1.1144	3.58	1.3870	1.0062	.7972	.1459	18.30	.4164	.1224	29.40
15	60	75	.6094	8.8920	64.4900	1.1122	1.72	2.3616	1.8015	1.7522	.1977	11.28	1.1921	.2491	20.90
16	120	23	.5885	2.4899	2.0944	.2361	11.2	.7929	.7097	.2044	.1015	49.65	.1212	.0932	76.94
17	120	36	.6351	3.8688	5.7144	.2672	4.68	.7862	.7099	.1511	.0721	47.69	.0748	.0720	96.32
18	120	49	.6495	5.3835	14.5490	.7580	5.21	1.1172	.7900	.4677	.1696	36.26	.1405	.0824	58.64
19	120	62	.6751	6.9535	31.7960	1.3340	4.20	1.5711	1.0913	.8960	.1876	20.94	.4162	.2206	52.99
20	120	75	.6968	8.9730	66.9630	1.7357	2.59	2.5717	2.1840	1.8749	.2108	11.24	1.4872	.2227	14.98
21	180	23	.6831	2.6351	2.7161	.2672	9.84	.8010	.7096	.1179	.0732	62.11	.0265	.0526	198.55
22	180	36	.6660	3.9152	6.6224	.4803	7.25	.7705	.7479	.1045	.1225	117.24	.0819	.0993	121.29
23	180	49	.6845	5.4416	16.9460	.9144	5.40	.9223	.7768	.2378	.0934	39.30	.0923	.0658	71.28
24	180	62	.6802	6.8869	34.3440	1.2702	3.70	1.1280	.8665	.4478	.1762	39.35	.1863	.1214	65.16
25	180	75	.6743	8.7980	69.7650	2.0577	2.95	1.8926	1.5649	1.2183	.2342	19.22	.8906	.2562	28.76

EK - 10 : III. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Sonuçları

	strakme	straboy	sekil	siyanm	ynkout	ssynk	evynk	deforout	ssdefor	evdefo
1	1	1	1	1	27.60	.765	2.77	.074	.138	186.07
2	1	1	1	2	65.69	2.604	3.96	1.405	.396	28.18
3	1	1	1	3	71.87	4.050	5.63	2.154	.462	21.46
4	1	1	1	4	67.50	6.134	9.09	2.761	.330	11.97
5	1	1	2	1	24.80	.554	2.23	.266	.144	54.19
6	1	1	2	2	63.44	3.650	5.75	1.445	.202	13.98
7	1	1	2	3	63.36	3.088	4.87	1.881	.141	7.48
8	1	1	2	4	61.36	3.907	6.37	2.713	.369	13.60
9	1	2	1	1	12.70	.395	3.11	.258	.167	64.71
10	1	2	1	2	37.97	1.015	2.67	1.295	.336	25.91
11	1	2	1	3	63.99	1.003	1.57	2.014	.252	12.52
12	1	2	1	4	74.59	7.123	9.55	2.221	.205	9.21
13	1	2	2	1	11.83	.358	3.03	.338	.316	93.50
14	1	2	2	2	36.71	.835	2.27	1.588	.237	11.90
15	1	2	2	3	61.00	1.775	2.91	2.228	.190	8.51
16	1	2	2	4	67.09	3.715	5.54	2.834	.262	9.26
17	1	3	1	1	6.325	.263	4.16	.309	.378	122.59
18	1	3	1	2	22.13	.426	1.92	1.309	.215	16.44
19	1	3	1	3	37.53	.608	1.62	2.038	.264	12.95
20	1	3	1	4	58.70	1.227	2.09	2.595	.417	16.06
21	1	3	2	1	6.595	.294	4.45	.205	.093	45.30
22	1	3	2	2	22.71	.555	2.44	.380	.159	41.75
23	1	3	2	3	37.91	1.236	3.26	.967	.233	24.09
24	1	3	2	4	58.87	1.639	2.78	1.428	.166	11.61
25	1	4	1	1	3.399	.210	6.18	.183	.259	141.86
26	1	4	1	2	11.53	.366	3.17	.391	.166	42.40
27	1	4	1	3	18.36	.387	2.11	.710	.362	50.96
28	1	4	1	4	27.80	.276	.99	1.319	.191	14.47
29	1	4	2	1	3.323	.141	4.24	.365	.230	63.04
30	1	4	2	2	10.67	.204	1.91	.408	.217	53.06
31	1	4	2	3	16.95	.338	1.99	.751	.290	38.60
32	1	4	2	4	26.15	.397	1.52	1.495	.209	13.99
33	2	1	1	1	41.06	1.221	2.97	.206	.113	54.83
34	2	1	1	2	104.8	3.234	3.08	1.243	.146	11.72
35	2	1	1	3	110.7	7.448	6.73	2.272	.255	11.23
36	2	1	1	4	106.9	6.605	6.18	2.952	.212	7.17
37	2	1	2	1	38.42	1.891	4.92	.127	.012	33.05
38	2	1	2	2	93.27	2.692	2.89	.776	.228	29.41
39	2	1	2	3	98.24	4.940	5.03	1.478	.202	13.64
40	2	1	2	4	98.62	6.328	6.42	2.016	.237	11.75
41	2	2	1	1	17.16	.479	2.79	.133	.103	77.99
42	2	2	1	2	51.28	1.182	2.31	.419	.213	50.93
43	2	2	1	3	87.39	1.290	1.48	1.423	.176	12.39
44	2	2	1	4	110.8	7.961	7.19	2.053	.214	10.14
45	2	2	2	1	15.83	.547	3.46	.440	.130	29.62
46	2	2	2	2	48.46	1.502	3.10	1.518	.190	12.52
47	2	2	2	3	83.27	3.185	3.83	2.140	.194	9.05
48	2	2	2	4	91.44	4.316	4.72	2.295	.197	8.60
49	2	3	1	1	5.691	.365	6.41	.048	.072	151.70
50	2	3	1	2	14.63	.695	4.75	.244	.129	52.80
51	2	3	1	3	30.95	.847	2.74	.417	.085	20.37
52	2	3	1	4	63.43	.572	.90	1.248	.234	18.72
53	2	3	2	1	6.595	.294	4.45	.205	.093	45.30
54	2	3	2	2	22.71	.555	2.44	.380	.159	41.75
55	2	3	2	3	37.91	1.236	3.26	.967	.233	24.09
56	2	3	2	4	58.87	1.639	2.78	1.428	.166	11.61
57	2	4	1	1	4.173	.182	4.36	.108	.182	169.38
58	2	4	1	2	13.47	.351	2.61	.705	.376	53.34
59	2	4	1	3	22.11	.588	2.66	.878	.334	38.03
60	2	4	1	4	33.11	.833	2.52	1.049	.135	12.87
61	2	4	2	1	3.540	.189	5.35	.161	.123	75.17
62	2	4	2	2	12.11	.327	2.70	.351	.110	31.39
63	2	4	2	3	19.88	.678	3.41	.603	.188	31.20
64	2	4	2	4	30.70	.859	2.80	.867	.205	23.69
65	3	3	1	1	10.95	.584	5.34	.061	.115	188.71
66	3	3	1	2	37.41	1.094	2.92	.478	.259	54.16
67	3	3	1	3	66.88	1.393	2.08	1.186	.297	25.01
68	3	3	1	4	107.7	7.185	6.67	1.935	.278	14.35
69	3	3	2	1	9.835	.321	3.26	.268	.198	73.67
70	3	3	2	2	30.38	1.151	3.79	.465	.220	47.31
71	3	3	2	3	52.13	1.464	2.81	1.152	.235	20.36
72	3	3	2	4	85.26	3.419	4.01	2.056	.371	18.05
73	3	4	1	1	4.948	.343	6.93	.153	.281	183.39
74	3	4	1	2	16.92	.787	4.65	.430	.188	43.81
75	3	4	1	3	29.60	.910	3.08	1.234	.360	29.21
76	3	4	1	4	46.92	1.757	3.74	1.407	.432	30.67
77	3	4	2	1	5.005	.193	3.86	.265	.270	101.83
78	3	4	2	2	16.38	.643	3.93	.452	.279	61.71
79	3	4	2	3	27.55	1.271	4.62	.832	.282	33.85
80	3	4	2	4	43.05	1.571	3.65	1.288	.465	36.11
81	3	5	1	1	2.766	.141	5.09	.266	.338	126.89
82	3	5	1	2	9.980	.236	2.36	.276	.322	116.93
83	3	5	1	3	15.44	.510	3.31	.234	.243	103.99
84	3	5	1	4	22.41	1.121	5.00	.378	.240	63.63
85	3	5	2	1	2.594	.167	6.44	.548	.405	74.01
86	3	5	2	2	9.826	.248	2.52	.988	.394	39.90
87	3	5	2	3	14.98	.427	2.85	.716	.430	60.12
88	3	5	2	4	22.68	1.310	5.77	.513	.544	106.07

EK - 11 : IV. Grup Deneylerin Ortalamalar Olarak Son

	sirakure	sekil	siraboy	ortyuk	ssyuk	cvyuk	ortmaxm	ssmaxm
1	1	1	1	173.340	25.909	14.95	10.650	.278
2	1	1	2	220.450	31.927	14.48	15.286	.517
3	1	1	3	252.093	22.744	9.02	20.029	.819
4	1	1	4	201.546	41.061	20.37	28.507	.419
5	1	1	5	156.270	49.553	31.71	34.267	2.209
6	1	2	1	164.600	18.183	11.05	10.891	.133
7	1	2	2	195.510	33.352	17.06	15.826	.627
8	1	2	3	207.330	15.120	7.29	21.595	.878
9	1	2	4	217.600	36.763	16.89	31.394	1.199
10	1	2	5	214.450	39.709	18.52	40.524	1.609
11	2	1	1	288.140	47.170	16.37	9.778	.574
12	2	1	2	276.570	47.744	17.26	14.365	.287
13	2	1	3	328.391	44.303	13.49	20.086	.903
14	2	1	4	367.120	33.325	9.08	29.395	1.361
15	2	1	5	498.880	119.054	23.86	41.603	1.977
16	2	2	1	269.990	26.164	9.69	10.647	.364
17	2	2	2	234.578	48.618	20.73	15.135	.610
18	2	2	3	281.100	33.260	11.83	20.766	.482
19	2	2	4	345.710	63.175	18.27	32.727	4.520
20	2	2	5	586.720	78.226	13.33	42.520	.350
21	3	1	3	453.480	38.403	8.47	18.960	.592
22	3	1	4	471.130	82.394	17.49	28.753	1.388
23	3	1	5	481.210	111.756	23.22	38.975	.978
24	3	2	3	408.510	48.395	11.85	19.557	.632
25	3	2	4	534.180	53.933	10.10	32.572	.366
26	3	2	5	593.180	106.464	17.95	42.914	.476

EK - 12 : Bastırma Mesafesi Farkları

	mm	famm_1	ssfamm	cvfamm	yuzde
1	2.3	.1660	.1124	67.72	7.22
2	3.6	.1851	.1074	58.01	5.14
3	4.9	.4047	.1221	30.17	8.26
4	6.2	.6790	.0929	13.69	10.95
5	7.5	1.3732	.1278	9.30	18.31

EK - 13 : Başer'in Uzama Varsayımına Dayalı Bilgisayar Programı

```
10 REM   adı:gonul00.bas  gnyn01.bas  guzama2.bas
20 REM   bu program kare çerçeveye gerilmiş kumaşa belirli bir çökmeye
30 REM   yol açan kuvveti uzama+sürtünme varsayımı yaparak hesaplar
40 PRINT
50 LO=4:D=.1:M=105:N=105:LAMJ=6038:LAMI=6038:SURT=.3
60 D=D+.13
70 LII=0:LJJ=0
80 LN2=SQR((LO/2)^2+D^2)
90 SINA=D/LN2
100 FOR J=1 TO N/2-1
110 LJO=2*J/N*LO/2
120 LJ=2*J*LN2/N
130 LJJ=LJJ+(LJ/LJO-1)
140 NEXT J
150 FJ=2*LAMJ*LJJ*(1+SURT)
160 FOR I=1 TO M/2-1
170 LIO=2*I/M*LO/2
180 LI=2*I/M*LN2
190 LII=LII+(LI/LIO-1)
200 NEXT I
210 FI=2*LAMI*LII*(1+SURT)
220 P=2*SINA*(FJ+FI)
230 PRINT P/102
240 PRINT
250 IF D<.74 GOTO 60
260 END
```

EK - 14 : Başer'in Eğilme Varsayımına Dayalı Bilgisayar Programı

```
10 REM adı:gny10.bas gonul666.bas gegilme.bas
20 REM bu program kare çerçeveye gerilmiş kumaşta belirli bir çökmeye
30 REM yol açan kuvveti eğilme+sürtünme varsayımı yaparak hesaplar
40 PRINT
50 LO=4:D=.1:M=105:N=105:CJ=.016:CI=.15
60 D=D+.13
70 TETC=SQR(2*CJ):TETA=SQR(2*CI)
80 SURT=.3:EIJ=5.02/1000:EII=5.02/1000
90 TOJ=0:TOI=0
100 LN2=SQR((LO/2)^2+D^2)
110 SINA=D/LN2
120 LJO=LO/M
130 FOR J=1 TO N/2-1
140 LJ=2*LN2/M
150 HOJ=LJO*SIN(TETC)/COS(TETC)
160 SOJ=SQR(LJO^2+HOJ^2)
170 IF LJ<SOJ THEN HJ=SQR(SOJ^2-LJ^2):GOTO 190
180 IF LJ>SOJ THEN HJ=HOJ/2
190 S1J=SQR(HJ^2+LJ^2)
200 TJ2=12*EIJ*(HOJ-HJ)/LJ^3*HJ/S1J
210 TOJ=TOJ+TJ2/(LJ/S1J)+J*SURT*TJ2
220 NEXT J
230 LIO=LO/N
240 FOR I=1 TO M/2-1
250 LI=2*LN2/N
260 HOI=LIO*SIN(TETA)/COS(TETA)
270 SOI=SQR(LIO^2+HOI^2)
280 IF LI<SOI THEN HI=SQR(SOI^2-LI^2):GOTO 300
290 IF LI>SOI THEN HI=HOI/2
300 S1I=SQR(HI^2+LI^2)
310 TI2=12*EII*(HOI-HI)/LI^3*HI/S1I
320 TOI=TOI+TI2/(LI/S1I)+I*SURT*TI2
330 NEXT I
340 P=4*SINA*(TOJ+TOI)
350 PRINT P/102
360 PRINT
370 IF D<.74 GOTO 60
380 END
```

**EK - 15 : Başer'in Uzama+Eğilme Varsayımına Dayalı Bilgisayar
Programı (Kısıt : %50 İplik Yassılması)**

```
10 REM adı:gryn20.bas gonul666.bas gegsuuz.bas
20 REM bu program kare çerçeveye gerilmiş kumaşta belirli bir çökmeye
30 REM yol açan kuvveti uzama+eğilme+sürtünme varsayımına göre hesaplar
50 PRINT
60 LO=4:D=.1:M=105:N=105:LAMJ=6038:LAMI=6038
70 D=D+.13
80 CJ=.016:CI=.15
90 TETC=SQR(2*CJ):TETA=SQR(2*CI)
100 SURT=.3:EIJ=5.02/1000:EII=5.02/1000
120 TOJ=0:TOI=0
130 LN2=SQR((LO/2)^2+D^2)
140 SINA=D/LN2
150 LJO=LO/M
160 FOR J=1 TO N/2-1
170 LJ=2*LN2/M
180 HOJ=LJO*SIN(TETC)/COS(TETC)
190 SOJ=SQR(LJO^2+HOJ^2)
200 IF LJ<SOJ THEN HJ=SQR(SOJ^2-LJ^2):GOTO 220
210 IF LJ>SOJ THEN HJ=HOJ/2
220 S1J=SQR(HJ^2+LJ^2)
230 TJ=LAMJ*(S1J/SOJ-1)
240 TJ2=12*EIJ*(HOJ-HJ)/LJ^3*HJ/S1J
250 TOJ=TOJ+(TJ2+TJ)/(LJ/S1J)+J*SURT*12*EIJ*(HOJ-HJ)/LJ^3
260 NEXT J
270 LIO=LO/N
280 FOR I=1 TO M/2-1
290 LI=2*LN2/N
300 HOI=LIO*SIN(TETA)/COS(TETA)
310 SOI=SQR(LIO^2+HOI^2)
320 IF LI<SOI THEN HI=SQR(SOI^2-LI^2):GOTO 340
330 IF LI>SOI THEN HI=HOI/2
340 S1I=SQR(HI^2+LI^2)
350 TI=LAMI*(S1I/SOI-1)
360 TI2=12*EII*(HOI-HI)/LI^3*HI/S1I
370 TOI=TOI+(TI2+TI)/(LI/S1I)+I*SURT*12*EII*(HOI-HI)/LI^3
380 NEXT I
390 P=4*SINA*(TOJ+TOI)
400 PRINT P/102
410 PRINT
420 IF D<.74 GOTO 70
430 END
```

GÖNÜL SENGÖZ

1961'de İzmir'de T.C. vatandaşı olarak doğdu. İzmir Özel Amerikan Kız Koleji'nden 1979 yılında mezun oldu. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nden 1983 yılında mezun oldu. Şubat 1983'de Yüksek Lisans'ını gene aynı fakültede tamamladı.

AKSU İplik, Dokuma, Boya ve Apre Fabrikaları Çerkezköy Tesisleri'nde Kalite Kontrol Şefi olarak, İstanbul'da BEYMEN Konfeksiyon Fabrikası'nda Kalite Kontrol Müdürü olarak, İzmir'de UZTEKS Giyim Sanayi A.Ş.'de Üretim Koordinatörü olarak çalıştı. İzmir'de çorap imalatı yapmak amacı ile, DİZAYN Tekstil Ürünleri San. ve Tic. Ltd. Şti.'ni ortak olarak kurdu, fakat kısa bir süre sonra kapatmak zorunda kaldı. Ağustos 1993'ten beri Afyon Kocatepe Üniversitesi Uşak Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

İzmir Amerikan Kız Koleji son sınıfta iken, 1979 yılı TÜBİTAK Yarışmaları'na katıldı ve Fizik Dalı Ege Bölgesi İkincilik Ödülü'nü aldı. Üniversite Lisans ve Yüksek Lisans eğitimleri boyunca TÜBİTAK'tan karşılıksız burs aldı. Tekstil Mühendisliği son sınıfta iken, 1983 yılı TÜBİTAK Proje Yarışması'na katıldı ve Mühendislik Dalı Türkiye İkincilik Ödülü'nü aldı.

1984 yılında İlkley-İngiltere'deki IWS (Uluslararası Yün Sekreterliği) Merkezi'ne AKSU Fabrikası tarafından iki haftalık kurs için gönderildi. Gerek üniversite eğitimi boyunca gerekse çalışma hayatında çeşitli konulardaki seminer, sempozyum, konferans ve panellere katıldı.