T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKUMA KUMAŞ VE CAM ELYAF TAKVİYELİ MATRİS YAPIDAKİ DOKUMA OLMAYAN KUMAŞ (NONWOVEN) ESASLI KOMPOZİT KUMAŞLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mustafa Sabri ÖZEN
(Teknik Öğretmen)

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof.Dr. Mehmet AKALIN

İSTANBUL 2006

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKUMA KUMAŞ VE CAM ELYAF TAKVİYELİ MATRİS YAPIDAKİ DOKUMA OLMAYAN KUMAŞ (NONWOVEN) ESASLI KOMPOZİT KUMAŞLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Mustafa Sabri ÖZEN
(Teknik Öğretmen)
(141202820010232)

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof.Dr. Mehmet AKALIN

İSTANBUL 2006

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

Dokuma Kumaş ve Cam Elyaf Takviyeli Matris Yapıdaki Dokuma Olmayan Kumaş (Nonwoven) Esaslı Kompozit Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi

Mustafa Sabri ÖZEN'in "Dokuma Kumaş ve Cam Elyaf Takviyeli Matris Yapıdaki Dokuma Olmayan Kumaş (Nonwoven) Esaslı Kompozit Kumaşların Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi" isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 27.06.2006 tarih ve 1935 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı Doktora Programında Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman	: Prof.Dr.Mehmet AKALIN	Marmara Üniversitesi
Üye	: Prof.Dr.Serdar SALMAN	Marmara Üniversitesi
Üye	: Y.Doç.Dr.Erkan İŞGÖREN	Marmara Üniversitesi
Üye	: Prof.Dr.Yusuf İNANICI	Marmara Üniversitesi
Üye	: Doç.Dr.Mustafa ÖKSÜZ	Marmara Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Ekim 2006

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile Mustafa Sabri ÖZEN' in Tekstil Eğitimi Anabilim Dalı Doktora Programında (Dr, PhD.) derecesi alması onanmıştır.

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışmada tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki üretim teknolojileriyle cam elyafı esaslı ve dokuma kumaş takviyeli kompozit kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşlara çeşitli testler uygulanarak kumaşların fiziksel özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Tezde temel olarak doğrudan polyester ve iki bileşenli liflerden tülbent esaslı kumaş üretilmiştir. Üretilen bu kumaşların bir grubuna sadece polipropilen dokuma kumaş, diğer grubuna sadece cam leno dokuma kumaş ve son olarak üçüncü gruba hem polipropilen dokuma kumaş hem de cam elyaflı tülbent kumaş ilave edilmiştir. Üretimin son aşamasında iki bileşenli bağlayıcı lifler eritilerek kompozit yapı üretilmiştir.

Bu çalışmada tezimi yönlendiren ve iyi bir çalışma ortamı sağlayan başta Bölüm Başkanım ve danışmanım Sayın Prof.Dr.Mehmet AKALIN'a ve deneysel çalışma sonuçlarının yorumlanmasında Bölüm Başkan Yardımcım Sayın Yard.Doç.Dr.İsmail USTA'ya, tezimin izleme komitesinde bulunan Sayın Prof.Dr. Serdar SALMAN'a ve Sayın Hocam Yard.Doç.Dr. Erkan İŞGÖREN'e, tezimin üretim çalışmasını yapma iznini veren Hassan Tekstil San. ve Tic. A.Ş. firmasının genel müdürü Sayın İsmail ŞİŞMAN'a, üretim müdürü Sayın Bozkurt BARLAS'a, üretim çalışmalarımda destek ve yardımcı olan Sayın Kazım ÇELEBİ'ye, Sayın Sebahattin ŞENTÜRK'e, Sayın Ali ÖZ'e, Sayın Yaşar ÇELİK'e, üretim çalışmalarının diğer bölümünü yaptığım Teknik Emprime San. Ve Tic.A.Ş. firmasının baskı dairesi şefi Sayın Deniz CEYLAN'a ve makine ustası Sayın Ali SÖNMEZ'e, hammaddelerimi tedarik eden Cam Elyaf San.ve Tic. A.Ş. firmasından Sayın Ahmet ÖZKAYMAK'a ve Advansa Sasa Polyester Sanayi A.Ş. firmasından Sayın Selahattin BİLGİN'e, sertlik testleri yapmama izin veren Fakültemizin Metal Eğitimi Bölüm Başkanı Sayın Prof.Dr.Serdar SALMAN'a ve testleri yapan değerli arkadaşım Sayın Arş.Gör.Oğuzhan GÜNDÜZ'e, ısı transfer testlerini yapabilmem için gerekli izni veren Fakültemizin Enerji Ana Bilim Dalı Başkanı Sayın Prof.Dr.A.Korhan BİNARK'a, testlerde ilgi ve alaka gösteren Sayın Arş.Gör.Baki KÖSE'ye ve Sayın Arş.Gör. Abdulcelil BUĞUTEKİN'e, ses yutum katsayısının tespiti için gerekli izni

veren Mekatronik Bölümü Başkanı Sayın Nihat AKKUŞ'a, testleri yapan değerli hocam Sayın Yard.Doç.Dr.Metin GÜMÜŞ'e ve Sayın Yard.Doç.Dr.Haluk KÜÇÜK'e, hava geçirgenliği ve patlatma testleri için yardımcı olan Primer laboratuvarına ve KOSGEB kurumuna ve testleri yapan Sayın Şule ALKIŞ'a, testlerin çoğununda yardımcı ve destek olan Sayın Necla DEVECİ'ye, mukavemet test grafiklerinin hazırlanmasında Üniversitemizin Meslek Yüksek Okulu Matbaa Eğitimi öğretim elemanı Sayın Arş.Gör. Lütfü ÖZDEMİR'e, bana verdikleri manevi ve moral destekleri için başta Sayın Ali BEYİT'e, Sayın Ahmet ÖZBEK'e, Sayın A.Özgür AĞIRGAN'a, Sayın Arş.Gör. Metin YÜKSEK'e, Sayın Y.Doç.Dr.Dilara KOÇAK'a, Sayın Arş.Gör.Mahmut KAYAR'a, Sayın Nuray TÜRE'ye ve diğer tüm çalışma arkadaşlarıma ve Teksis San. Ve Tic. A.Ş. firmasından Sayın Cihan ŞEKEROĞLU'na, bana sabır gösterdikleri için ailem Sayın Aysun ÖZEN'e ve kardeşim Sayın Niyazi ÖZEN'e, Sayın Derya ÖZEN'e ve Sayın Dilek ÖZEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Ekim 2006 **Mustafa Sabri Özen**

İÇİNDEKİLER

SAYFA NO

ÖZET……V

ABSTRACT……VI

YENİLİK BEYANI……VII

SEMBOL LİSTESİ……VIII

KISALTMALAR LİSTESİ……IX

ŞEKİL LİSTESİ……X

TABLO LİSTESİ……XXIII

BÖLÜM I GİRİŞ VE AMAÇ ……1

I.1. GİRİŞ ……1
I.2. AMAÇ……2

BÖLÜM II TÜLBENT ESASLI KUMAŞLAR (NONWOVEN)……3

II.1. TÜLBENT ESASLI KUMAŞ (NONWOVEN) TANIMI ……3
II.2. TÜLBENT ESASLI KUMAŞLARIN TARİHİ GELİŞİMİ……4
II.3. TÜLBENT ESASLI KUMAŞLARIN KULLANIM ALANLARI……6
II.4. TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN LİFLER ……8
II.5. TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ENDÜSTRİSİ PAZAR ANALİZİ……14

BÖLÜM III TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ÜRETİMİ……22

III.1. TÜLBENT DOKU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ ve MAKİNELERİ….26
III.1.1. Kuru Serme Teknolojileri……28
III.I.I.I. Tarak Makinesi……28
III.I.I.2 Serme Makinesi……31
III.I.I.3. Hava ile Serme Teknolojisi……33
III.1.2. Islak Serme Teknolojisi……36
III.1.3. Filament Serme Teknolojileri……39

III.1.3.1. Filament Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Tekniği (Spunbonded)…….....40
III.1.3.2. Eriyikten Püskürtme Teknolojisi……...43

III.2. TÜLBENT DOKU BAĞLAMA YÖNTEMLERİ……...46
III.2.1 Kimyasal Bağlama……..47
III.2.1.1 Kimyasal Bağlama Yönteminde Kullanılan Maddeler……..48
III.2.1.2 Kimyasal Doku Bağlama Yönteminde Kullanılan Teknikler……50
III.2.2 Mekanik Bağlama……56
III.2.2.1 İğneleme Teknolojisi (Needle Punching)……56
III.2.2.2 Su Jeti ile Bağlama (Spunlace)……..66
III.2.2.3 Dikerek Bağlama Teknolojisi (Stitch Bonding)…… 70
III.2.3 Isı ile Bağlama……72

BÖLÜM IV. DENEYSEL ÇALIŞMA……...79

IV.1 MATERYAL……..79
IV.2 METOD……..101
IV.3 KOMPOZİT KUMAŞLARA UYGULANAN TESTLER……..118
IV.3.1 Birim Kütle Tayini……..118
IV.3.2 Mukavemet Testi……120
IV.3.3 Hava Geçirgenliği Testi……..124
IV.3.4 Kalınlık Testi……126
IV.3.5 Sertlik Testi……128
IV.3.6 Patlatma Mukavemeti Testi……..129
IV.3.7 Ses Yutum Katsayısının Tespiti……136
IV.3.7.1 Sesin Oluşumu ve Yayılma Hızı..……136
IV.3.7.2 Ses Şiddeti……140
IV.3.7.3 Ses Basıncı Seviyesi-Desibel……141
IV.3.7.4 Desibel Değerleri……..142
IV.3.7.5 Ses Basıncı Seviyesi Değişimleri ile İnsanın Reaksiyonu Arasındaki İlişki……..145
IV.3.8 Isı İletimi Testi (Kondüksiyon Metodu)……153

BÖLÜM V. SONUÇ VE TARTIŞMA……158

V.1 Mukavemet Testi……159
V.2 Hava Geçirgenliği Testi ..……223
V.3 Kalınlık Testi……228
V.4 Sertlik Testi……..233
V.5 Patlatma Mukavemeti Testi……..238
V.6 Ses Yutum Katsayısının Tespiti (Absorption Coefficient)..243
V.7 Isı İletimi Testi (Kondüksiyon Metodu)……275
V.8 Genel Sonuçlar ve Tartışma……280

ÖZET

DOKUMA KUMAŞ VE CAM ELYAF TAKVİYELİ MATRİS YAPIDAKİ DOKUMA OLMAYAN KUMAŞ (NONWOVEN) ESASLI KOMPOZİT KUMAŞLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada tülbent esaslı kumaş endüstrisinde kullanılan makinelerle cam elyafı esaslı ve dokuma kumaş takviyeli kompozit kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir. Çeşitli testler uygulanarak kumaşların fiziksel özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Üretilen kumaşlara kopma mukavemeti, hava geçirgenliği, patlatma mukavemeti, ısı geçirgenliği, ses yutum katsayısı, kalınlık testi, sertlik testleri uygulanmıştır. Tezde temel olarak doğrudan polyester ve iki bileşenli liflerden tülbent esaslı kumaşlar üretilmiştir. İki bileşenli lifler %10-%70 oranlarında tülbent yapının içerisinde yer almıştır. Üretilen bu kumaşlara dokuma kumaşlar ve cam elyaflı tülbent ilave edilmiştir. Üretimin son aşamasında iki bileşenli lifler eritilerek yapı içerisindeki materyaller kompozit yapı haline getirilmiştir.

Birinci bölümde; giriş ve amaç kısımları yer almıştır.

İkinci aşamada; tülbent esaslı kumaş endüstrisinin tanımı ve sınıflandırılması yapılmıştır. Bu endüstride kullanılan lifler anlatılmıştır. Sonraki aşamada dünyadaki pazar durumu anlatılmıştır.

Üçüncü aşamada tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki üretim teknolojileri detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

Son aşama olan dördüncü aşamada kompozit kumaşların nasıl üretildiği anlatılmıştır ve bu kumaşların test sonuçları tablolar ve grafikler desteğinde verilmiştir.

3 farklı kompozit kumaş üretimi yapılmıştır. Birincisi polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kumaştır. İkincisi, cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kumaştır. Üçüncüsü ise, polipropilen dokuma ve cam tülbent takviyeli tülbent esaslı kumaştır. Bu kumaşlara 7 farklı fiziksel test uygulanmıştır. Bu testlerde kumaşların aldığı sonuçlar önce tablolar halinde sonra grafik halinde gösterilmiştir ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Ekim 2006 **Mustafa Sabri Özen**

ABSTRACT

“INVESTIGATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF WOVEN FABRIC AND GLASS WEB REINFORCED NONWOVEN COMPOSITE FABRICS WİTH MATRİX STRUCTURE”

In this study, polypropylene woven fabric and glass web reinforced composite fabric were produced by using nonwoven production technologies. Many physical tests were applied to composite fabrics. As a result, physical properties of composite fabrics were found. Breaking strength, air permeability, bursting strength, heat conductivity, sound absorption, thickness and hardness of the composite fabrics were tested.

Fundamentaly, nonwoven fabrics were produced directly by using polyester staple fibers and bicomponent staple fibres. Polypropylene and leno woven fabrics and glass web were added to nonwoven fabrics by using needle machine. At the last, bicomponents fibres were melted and composite fabric were produced.

At the first chapter, introduction and aim of the study were given.

At the second chapter, classification of the nonwoven fabrics and definition of nonwoven fabrics were given. Fibres used in the nonwoven industry were explained. Later, nonwoven market situation were shown.

At the third chapter, production technologies in the nonwoven industry were explained in detail.

At the last chapter, production of the nonwoven fabrics were described. Test results of the composite fabrics were given as a tables and graphics and results were discussed.

Three different composite fabrics were produced. First, polypropylene woven fabric reinforced nonwoven composite fabric; Second, glass leno woven fabric reinforced nonwoven composite fabric; Third, either polypropylen woven fabric or glass web reinforced nonwoven composite fabric.

Seven different test were applied to the composite fabrics. Test results were shown in tables and graphics

Ekim 2006 **Mustafa Sabri Özen**

YENİLİK BEYANI

“DOKUMA KUMAŞ VE CAM ELYAF TAKVİYELİ MATRİS YAPIDAKİ DOKUMA OLMAYAN KUMAŞ (NONWOVEN) ESASLI KOMPOZİT KUMAŞLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ”

Tülbent esaslı kumaş endüstrisi bir üretim teknolojisidir ve teknik tekstillere yönelik üretim yapmaktadır. Bu endüstride daha çok katma değeri düşük maliyeti az olan kumaşlar üretilmektedir. Genelde bu endüstride üretilen kumaşlar günlük yaşantımızda dokuma ve örme kumaşlarla yer değiştirmektedir. Bu çalışmada tülbent esaslı kumaş endüstrisinde katma değeri yüksek yalıtım alanına yönelik kumaş üretimi amaçlanmıştır.

Bu endüstride kompozit üretimi yaygın değildir. Ancak bu alan kompozit kumaş üretimine çok uygundur. Günümüzde yeni üretim teknolojilerinin ortaya çıkması beklenmediğinden, mevcut üretim teknolojileri tarafından üretilen kumaşlar bir araya getirilerek kompozit ürünler tasarlanmaktadır. Bu sayede kumaşların sahip olduğu farklı özellikler tek bir çatı altında toplanmaktadır. Örneğin çalışmamızda hem dokuma kumaş hem de cam lif içeren tülbent esaslı kompozit kumaş üretimi gerçekleştirilmiştir.

Cam elyafı bilindiği gibi anorganik bir liftir. Diğer liflerle karşılaştırıldığında özgül ağırlığı çok fazladır. (2.54 g/cm^3) Bu lif daha önce tülbent esaslı kumaş endüstrisinde kullanılmamaktaydı. Öncelikle bu lif bu endüstride kullanılmıştır. Bu lifi ihtiva eden kompozit yapı üretilmiştir. Buna ilaveten kompozit yapı içerisindeki farklı tabakaları bir arada tutması için kimyasal maddeden kaçınılmış ve iki bileşenli lifler farklı oranlarda yapı içerisine dahil edilerek matris yapı oluşturulmuştur. Matris yapı oluşturmak için kimyasal maddeler kullanılmaktaydı. Çalışmamızda matris yapı oluşturmak için ve dokuma kumaş, cam lifi ve tülbent esaslı yapıyı bir araya getirmek için değişen oranlarda iki bileşenli lifler kullanılmıştır.

Üretilen kumaşlara mekanik özelliklerini tespit eden testlere ilaveten, ses yutum katsayısı, ısı iletim katsayısı gibi özel testler uygulanmıştır. Bu tezle beraber cam elyafının endüstride kullanımı başlamıştır.

Ekim 2006 **Prof.Dr.Mehmet AKALIN** **Mustafa Sabri Özen**

SEMBOL LİSTESİ

dg **:** Derin Kanallı
VT : Tambur
VR : Random Silindiri
VaT : Hava Akımı-Tambur
VaR : Hava Akımı-Random Silindiri
µm : Mikron
Tg : Cam Geçiş Sıcaklığı
ZA : Düzeler
N : İğne Sayısı
F : İğneleme Devri
V : Materyal Çıkış Hızı
w : İğne Plakası Eni
R : Düzenli Çentik Aralığı
M : Orta Çentik Aralığı
C : Yakın Çentik Aralığı
F : Sık Çentik Aralığı
S : Tek Çentik
T : Periyot ve Sıcaklık
λ : Dalga Boyu
Po : Basıncın En Büyük Değeri “Genlik”
c : Ses Yayılma Hızı
f : Frekans
rho : Yoğunluk
W : Ses Gücü
z : Metre Cinsinden Derinlik
p : Ses Yayılma Hızı
dB : Desibel
SPL : Ses Basınç Seviyesi
pc : Karakteristik empedans
K : Isı İletim Katsayısı
Q : x Yönündeki Isı Akışı
A : Isı Akışının Meydana Geldiği Alan
ΔT : Sıcaklık Farkı
dx : Numunenin Kalınlığı

KISALTMALAR LİSTESİ

EDANA	: Avrupa Tek Kullanımlık Ürünler ve Tülbent Esaslı Kumaş Birliği
INDA	: Uluslararası Tülbent Esaslı Kumaş (Nonwoven) Endüstrisi Birliği
ANFA	: Asya Tülbent Esaslı Kumaş Birliği
CIRFS	: Uluslararası Rayon ve Sentetik Lif Komitesi
CNTA	: Çin Tülbent Esaslı Kumaş Teknik Birliği
CNIC	: Çin Tülbent Esaslı Kumaş Bilgi Merkezi
SMS	: Spun-Bonded&Melt-Blown&Spun-Bonded Filament Esaslı İşlem&Eriyikten Püskürtme&Filament Esaslı İşlem
K-C	: Kimberly-Clark
J&J	: Johnson&Johnson
P&G	: Procter&Gamble
PU	: Poliüretan
PVC	: Polivinilklorür
PFTE	: Politetrafloraetilen
FDA	: Yiyecek ve İlaç Yönetimi
ASTM	: Amerikan Test ve Materyal Kurumu
S/B	: Stiren Butadien
PBT	: Polibutilen Tereftalat
EVA	: Etilen Vinil Asetat
Dtex	: Desiteks
PET	: Polietilen Tereftalat
Kpa	: Kilopaskal
PP	: Polipropilen
PES	: Poliester

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil II.1 Derin Kanallı Lif……..13
Şekil II.2 Dünya Çapında Tahmini Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi…… 15
Şekil II.3 2004 Yılında Dünya Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi…… 16

Şekil III.1 Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Teknikleri……..……28
Şekil III.2 Tarak Makinesi……..…….29
Şekil III.3 Tarak Makinesinde Tülbent Oluşumu……30
Şekil III.4 Random Silindir Teknolojisi……30
Şekil III.5 Blamire Tülbent Katlama Sistemi……..31
Şekil III.6 Camel-Back Katlama Sistemi……31
Şekil III.7 Typ 350 Asselin Çapraz Serme Makinesi……...32
Şekil III.8 Hava ile Serme Teknolojisi (Aerodinamik Doku Oluşturma Tekniği)…….. 33
Şekil III.9 Hava ile Serme Teknolojisinde Çeşitli Doku Oluşturma Teknikleri. 35
Şekil III.10 PE/PP İki Bileşenli Liflerle Bağlanmış Hava ile Serilmiş Tülbent Esaslı Kumaş……36
Şekil III.11 Islak Serme Teknolojisi……..39
Şekil III.12 Islak Serme Teknolojisi……..39
Şekil III.13 1994-2009 Yılları Arası Dünyada Filament Serme Teknolojilerinin Üretimi……..……40
Şekil III.14 Filament Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Hattı……..42
Şekil III.15 Dünya Çapında Eriyikten Püskürtme Teknolojisi ile Tülbent Esaslı Doku Üretimi ……...43
Şekil III.16 Eriyikten Püskürtme Teknolojisiyle Doku Oluşturma……..45
Şekil III.17 Emdirme Tekniği ile Kimyasal Bağlama……51
Şekil III.18 Püskürtme Tekniği ile Kimyasal Bağlama.....52
Şekil III.19 Püskürtme ile Kimyasal Bağlama (Düze Sistemleri)……..52
Şekil III.20 Baskı Tekniği ile Kimyasal Bağlama…….. 53
Şekil III.21 Köpük Tekniği ile Kimyasal Madde Uygulama……54
Şekil III.22 Tek taraflı Rakle Sistemi……55
Şekil III.23 Üstten İğneleme Makinesi……..56
Şekil III.24 Ön İğneleme Makinesi……59
Şekil III.25 İkinci İğneleme Makinesi……59
Şekil III.26 Çift Taraflı İğneleme Makinesi (Üstten-Alttan)……60
Şekil III.27 Taç İğne……61
Şekil III.28 Velur İğneleme Makinesi……61
Şekil III.29 Pelüş Makinelerinde Kullanılan İğne Türü……62
Şekil III.30 Foster İğne Çentik Görünümü……62
Şekil III.31 Tek Redüksiyonlu Doku Bağlama İğnesi……...63
Şekil III.32 Çift Redüksiyonlu Doku Bağlama İğnesi……63
Şekil III.33 Çalışma Parçası Uzunluğu 27 mm olan Doku Bağlama İğnesi…..63

Şekil III.34 Doku Bağlama İğnesi Çentik Mesafesi……....64
Şekil III.35 Doku Bağlama İğnesi Çentik Tasarımı……...64
Şekil III.36 Yeni İğne Çentik Görünümü……65
Şekil III.37 200 Saatlik Bir Aşınmadan Sonra Çentik Görünümü……...65
Şekil III.38 İğne Çentiğinin 400 Saatlik Çalışma Saati Sonrası Görünümü……..66
Şekil III.39 İğne Çentiğinin 1250 Saatlik Çalışma Süresi Sonrası Görünümü…..66
Şekil III.40 1985-2005 Yılları Arası Dünya Çapında Su Jetli Kumaş Üretimi…...67
Şekil III.41 1991-2006 Yılları Arasında Dünyada Doku Bağlama Teknolojilerinin Kullanımı.....68
Şekil III.42 Su Jeti Tekniğiyle Tülbent Esaslı Kumaş (Nonwoven) Üretim Hattı..70
Şekil III.43 Arachne Tekniği……....71
Şekil III.44 Maliwatt Kumaş Oluşumu……...71
Şekil III.45 Yeni Tip Kalender Silindirleri……73
Şekil III.46 Noktasal Bağlama Tekniği……74
Şekil III.47 Noktasal Bağlama Tekniği ile Üretilen Kumaş Örneği……....75
Şekil III.48 Fırın Tekniği……76
Şekil III.49 Çocuk Bezi Enine Kesiti……78

Şekil IV.1 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Polyester Lifinin Kumaş Üretiminden Önce ve Sonra Mukavemetinin Karşılaştırılması……80
Şekil IV.2 6 denye 55 mm Uzunluğunda Polyester Lifinin Kuvvet/Uzama Grafiği……80
Şekil IV.3 6 denye 55 mm Uzunluğunda Polyester Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği……80
Şekil IV.4 İç/Dış (Core/Sheath) İki Bileşenli Lif Örnekleri……..82
Şekil IV.5 İç/Dış (Core/Sheath) İki Bileşenli Lif……82
Şekil IV.6 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği……82
Şekil IV.7 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği……83
Şekil IV.8 Cam Leno Dokuma Kumaş……..84
Şekil IV.9 Cam Leno Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları Mukavemet (kgf)……..84
Şekil IV.10 Cam Leno Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları-Uzama (%)……85
Şekil IV.11 Cam Leno Dokuma Kumaş Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği……85
Şekil IV.12 Cam Leno Dokuma Kumaş Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği……86
Şekil IV.13 Dokuma Makinelerinde Kenar Sistemleri……...86
Şekil IV.14 Leno Kenar Oluşumu 1.aşama……87
Şekil IV.15 Leno Kenar Oluşumu 2.aşama……87
Şekil IV.16 Leno Kenar Oluşumu 3.aşama……88
Şekil IV.17 Leno Kenar Oluşumu 4.aşama……88
Şekil IV.18 Leno Kenar Oluşumu 5.aşama……89
Şekil IV.19 Leno Dokuma Tekniğiyle Üretilmiş Kumaş……89
Şekil IV.20 Ağ Olarak Kullanılan Leno Dokuma Kumaş……..……...90
Şekil IV.21 Dünya Pazarında Lif Fiyatları……...90

Şekil IV.22 Propilenin Polimerleşme Reaksiyonu..……..91
Şekil IV.23 Polipropilen Esaslı Dokuma Kumaşın Kullanım Alanları…..……..91
Şekil IV.24 Starlinger Yuvarlak Dokuma Makinesi……92
Şekil IV.25 Polipropilen Esaslı Bezayağı Bağlantılı 70 g/m^2 Dokuma Kumaş…..93
Şekil IV.26 PP Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları Mukavemet (kgf)……94
Şekil IV.27 PP Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları Uzama (%)……..94
Şekil IV.28 Polipropilen Dokuma Kumaş Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi……..95
Şekil IV.29 Polipropilen Dokuma Kumaş Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi.. ..95
Şekil IV.30 Cam Tülbent……96
Şekil IV.31 Cam Elyafının Kullanıldığı Ürünler……..98
Şekil IV.32 Cam Elyaf Esaslı Çok Uçlu Fitil ve Tek Uçlu Fitil……..99
Şekil IV.33 Cam Fitille Dokunmuş Kumaş……..99
Şekil IV.34 Kırpılmış Cam Lifleri……100
Şekil IV.35 Öğütülmüş Cam Lifleri……101
Şekil IV.36 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması……..106
Şekil IV.37 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması……107
Şekil IV.38 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Doku Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması……108
Şekil IV.39 Tarak Makinesine Liflerin Beslenmesi……..109
Şekil IV.40 Tarak Makinesinde Liflerin Taranması……110
Şekil IV.41 Tarak Makinesinin Yandan Görünüşü……..111
Şekil IV.42 Automatex Ön İğneleme Makinesi……112
Şekil IV.43 Automatex Alttan Tahrikli İğneleme Makinesi……113
Şekil IV.44 Fehrer İğneleme Makinesi……..115
Şekil IV.45 Fehrer Makinesinde İğne Plakalarının Takıldığı Yerler……116
Şekil IV.46 İğne Plakası……..116
Şekil IV.47 Isı ile Bağlama Makinesi……117
Şekil IV.48 Instron 4411 Mukavemet Test Cihazı..……120
Şekil IV.49 Textest Instruments FX3300 Hava Geçirgenliği Test Cihazı……124
Şekil IV.50 James H.Heal Kumaş Kalınlık Ölçme Test Cihazı……126
Şekil IV.51 Zwick Sertlik Test Cihazı……128
Şekil IV.52 Autoburst Digital SDL-Atlas Patlatma Mukavemeti Test Cihazı…..130
Şekil IV.53 Helezonik Bir Yayda Sıkıştırma Dalgasının Meydana Gelişi ……..136
Şekil IV.54 Ses Dalgasının Sıkıştırma Dalgasıyla Temsili ……...137
Şekil IV.55 Ses Dalgası……...137
Şekil IV.56 Dalga Boyu……138
Şekil IV.57 Desibel Toplama / Çıkarma Eğrileri……143
Şekil IV.58 Düz Zemin Üzerinde Yayılan Ses…..……144
Şekil IV.59 Belli Gürültü Kaynaklarının Tipik Ses Basınç Seviyesi..……..146
Şekil IV.60 Normal Duyan İnsanlarda İşitme Eşiğinin Yaşla Değişimi……147
Şekil IV.61 Brüel&Kjaer Firmasının Empedance Tüpleri……..……148
Şekil IV.62 İki Mikrofonlu Büyük ve Küçük Boy Empedance Tüpleri……..…148
Şekil IV.63 Isı İletimi Test Cihazı (Kondüksiyon Metodu)……154

Şekil V.1 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……..159
Şekil V.2 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……..159
Şekil V.3 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……160
Şekil V.4 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……160
Şekil V.5 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %100 Taşıyıcı-%0 Bağlayıcı Lif……163
Şekil V.6 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %90 Taşıyıcı-%10 Bağlayıcı Lif……163
Şekil V.7 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %80 Taşıyıcı-%20 Bağlayıcı Lif……164
Şekil V.8 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %70 Taşıyıcı-%30 Bağlayıcı Lif……164
Şekil V.9 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %60 Taşıyıcı-%40 Bağlayıcı Lif……165
Şekil V.10 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %50 Taşıyıcı-%50 Bağlayıcı Lif……165
Şekil V.11 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %40 Taşıyıcı-%60 Bağlayıcı Lif……166
Şekil V.12 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi %30 Taşıyıcı-%70 Bağlayıcı Lif……166
Şekil V.13 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Kuvvet/Uzama Eğrileri……167
Şekil V.14 Bağlayıcı Lif Oranı %0 ile %40 Arasında Olduğunda Makine Yönünde Polipropilen Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)……169
Şekil V.15 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……..170
Şekil V.16 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……170

Şekil V.17 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%).171
Şekil V.18 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%).171
Şekil V.19 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %100 Taşıyıcı Lif-%0 Bağlayıcı Lif……173
Şekil V.20 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %90 Taşıyıcı Lif-%10 Bağlayıcı Lif……173
Şekil V.21 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %80 Taşıyıcı Lif-%20 Bağlayıcı Lif……174
Şekil V.22 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %70 Taşıyıcı Lif-%30 Bağlayıcı Lif……174
Şekil V.23 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %60 Taşıyıcı Lif-%40 Bağlayıcı Lif……175
Şekil V.24 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %50 Taşıyıcı Lif-%50 Bağlayıcı Lif……175
Şekil V.25 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %40 Taşıyıcı Lif-%60 Bağlayıcı Lif……176
Şekil V.26 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi %30 Taşıyıcı Lif-%70 Bağlayıcı Lif……176
Şekil V.27 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Kuvvet/Uzama Eğrileri……177
Şekil V.28 Enine Yönde Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)……179
Şekil V.29 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……..180
Şekil V.30 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……..180
Şekil V.31 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……181
Şekil V.32 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……181
Şekil V.33 Makine Yönünde Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)……184
Şekil V.34 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %100 Taşıyıcı Lif-%0 Bağlayıcı Lif……186

Şekil V.35 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %90 Taşıyıcı Lif-%10 Bağlayıcı Lif……186
Şekil V.36 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %80 Taşıyıcı Lif-%20 Bağlayıcı Lif……187
Şekil V.37 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %70 Taşıyıcı Lif-%30 Bağlayıcı Lif……187
Şekil V.38 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %60 Taşıyıcı Lif-%40 Bağlayıcı Lif……188
Şekil V.39 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %50 Taşıyıcı Lif-%50 Bağlayıcı Lif……188
Şekil V.40 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %40 Taşıyıcı Lif-%60 Bağlayıcı Lif……189
Şekil V.41 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği %30 Taşıyıcı Lif-%70 Bağlayıcı Lif……189
Şekil V.42 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Kuvvet/Uzama Grafikleri…….190
Şekil V.43 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……...192
Şekil V.44 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları Kuvvet (kgf/50mm)……...192
Şekil V.45 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……193
Şekil V.46 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları Uzama (%)……193
Şekil V.47 Enine Yönde Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)……196
Şekil V.48 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %100 Taşıyıcı Lif-%0 Bağlayıcı Lif……198
Şekil V.49 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %90 Taşıyıcı Lif-%10 Bağlayıcı Lif……198
Şekil V.50 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %80 Taşıyıcı Lif-%20 Bağlayıcı Lif……199
Şekil V.51 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %70 Taşıyıcı Lif-%30 Bağlayıcı Lif……199

Şekil V.52 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %60 Taşıyıcı Lif-%40 Bağlayıcı Lif……200
Şekil V.53 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %50 Taşıyıcı Lif-%50 Bağlayıcı Lif……200
Şekil V.54 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %40 Taşıyıcı Lif-%60 Bağlayıcı Lif……201
Şekil V.55 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %30 Taşıyıcı Lif-%70 Bağlayıcı Lif……201
Şekil V.56 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Kuvvet/Uzama Grafikleri……202
Şekil V.57 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……...204
Şekil V.58 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……...204
Şekil V.59 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)……205
Şekil V.60 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)……205
Şekil V.61 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%100 Taşıyıcı Lif-%0 Bağlayıcı Lif……..206
Şekil V.62 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%90 Taşıyıcı Lif-%10 Bağlayıcı Lif……..206
Şekil V.63 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%80 Taşıyıcı Lif-%20 Bağlayıcı Lif……..207
Şekil V.64 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%70 Taşıyıcı Lif-%30 Bağlayıcı Lif……..207
Şekil V.65 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%60 Taşıyıcı Lif-%40 Bağlayıcı Lif……..208
Şekil V.66 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%50 Taşıyıcı Lif-%50 Bağlayıcı Lif……..208
Şekil V.67 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%40 Taşıyıcı Lif-%60 Bağlayıcı Lif……..209

Şekil V.68 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%30 Taşıyıcı Lif-%70 Bağlayıcı Lif……..209
Şekil V.69 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Mukavemet Grafikleri……210
Şekil V.70 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……...213
Şekil V.71 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……213
Şekil V.72 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)……...214
Şekil V.73 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)……214
Şekil V.74 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %100 Taşıyıcı Lif-%0 Bağlayıcı Lif……215
Şekil V.75 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %90 Taşıyıcı Lif-%10 Bağlayıcı Lif……215
Şekil V.76 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %80 Taşıyıcı Lif-%20 Bağlayıcı Lif……216
Şekil V.77 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %70 Taşıyıcı Lif-%30 Bağlayıcı Lif……216
Şekil V.78 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %60 Taşıyıcı Lif-%40 Bağlayıcı Lif……217
Şekil V.79 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %50 Taşıyıcı Lif-%50 Bağlayıcı Lif……217
Şekil V.80 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %40 Taşıyıcı Lif-%60 Bağlayıcı Lif……218
Şekil V.81 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği %30 Taşıyıcı Lif-%70 Bağlayıcı Lif……218
Şekil V.82 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Mukavemet Grafikleri……219
Şekil V.83 Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……...221
Şekil V.84 Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)……221

Şekil V.85 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)……...223
Şekil V.86 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)……...223
Şekil V.87 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)……...224
Şekil V.88 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)……..224
Şekil V.89 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları…..225
Şekil V.90 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları….225
Şekil V.91 Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği (l/m^2/s) Toplu Test Sonuçları……..226
Şekil V.92 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...228
Şekil V.93 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...228
Şekil V.94 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……229
Şekil V.95 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...230
Şekil V.96 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...231
Şekil V.97 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...231
Şekil V.98 Kompozit Kumaşların Toplu Kalınlık Test Sonuçları……..232
Şekil V.99 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)……233
Şekil V.100 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (ShoreA) ..……...233
Şekil V.101 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)……...234
Şekil V.102 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)……...234
Şekil V.103 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)…….235
Şekil V.104 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)…….235
Şekil V.105 Kompozit Kumaşların Toplu Sertlik Test Sonuçları (Shore A)…….236
Şekil V.106 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……..238
Şekil V.107 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……. 238
Şekil V.108 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……. 239
Şekil V.109 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……. 239

Şekil V.110 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……..240
Şekil V.111 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)……240
Şekil V.112 Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Değerlerinin Karşılaştırılması……..241
Şekil V.113 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %0……...243
Şekil V.114 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %0……243
Şekil V.115 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %10 ……244
Şekil V.116 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %10……244
Şekil V.117 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %20……245
Şekil V.118 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %20……245
Şekil V.119 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %30……246
Şekil V.120 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %30……246
Şekil V.121 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %40……247
Şekil V.122 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %40……247
Şekil V.123 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %50……248
Şekil V.124 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %50……248
Şekil V.125 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %60……249

Şekil V.126 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %60……249
Şekil V.127 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %70……250
Şekil V.128 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %70……250
Şekil V.129 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %0……252
Şekil V.130 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %0……252
Şekil V.131 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %10……253
Şekil V.132 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %10……253
Şekil V.133 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %20……254
Şekil V.134 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %20……254
Şekil V.135 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %30……255
Şekil V.136 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %30……255
Şekil V.137 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %40……256
Şekil V.138 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %40……256
Şekil V.139 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %50……257
Şekil V.140 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %50……257
Şekil V.141 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %60……258

Şekil V.142 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %60……..258
Şekil V.143 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %70……259
Şekil V.144 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı, Bağlayıcı Lif %70……..259
Şekil V.145 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %0……..261
Şekil V.146 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %0……261
Şekil V.147 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %10……262
Şekil V.148 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %10……262
Şekil V.149 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %20……263
Şekil V.150 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti,Bağlayıcı Lif %20……..263
Şekil V.151 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %30……264
Şekil V.152 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %30……..264
Şekil V.153 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %40……265
Şekil V.154 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti,Bağlayıcı Lif %40……..265
Şekil V.155 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %50……266
Şekil V.156 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti,Bağlayıcı Lif %50……..266
Şekil V.157 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %60……267

Şekil V.158 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %60……267
Şekil V.159 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %70……268
Şekil V.160 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısının Tespiti, Bağlayıcı Lif %70…....268
Şekil V.161 Bağlayıcı Lif Oranı %0 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...269
Şekil V.162 Bağlayıcı Lif Oranı %10 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...270
Şekil V.163 Bağlayıcı Lif Oranı %20 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...270
Şekil V.164 Bağlayıcı Lif Oranı %30 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...271
Şekil V.165 Bağlayıcı Lif Oranı %40 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...271
Şekil V.166 Bağlayıcı Lif Oranı %50 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……..…272
Şekil V.167 Bağlayıcı Lif Oranı %60 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...272
Şekil V.168 Bağlayıcı Lif Oranı %70 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması……...273
Şekil V.169 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)……275
Şekil V.170 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları w/mºC)……275
Şekil V.171 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)……276
Şekil V.172 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)……276
Şekil V.173 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)…..277
Şekil V.174 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)…..277
Şekil V.175 Kompozit Kumaşların Toplu Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)…...278

TABLO LİSTESİ

SAYFA NO

Tablo II.1 Tekstil ve Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Yapay Lif Tüketimi…… 9
Tablo II.2 1998-2007 Yılları Arasında Dünya Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Yapay Lif Tüketim Yüzdeleri…… 10
Tablo II.3 Dünyada Tülbent Esaslı Kumaş Üretiminde Kullanılan Lifler…….. 11
Tablo II.4 Life Göre Üretilen Tülbent Esaslı Kumaşın Negatif ve Pozitif Özellikleri…….. 11
Tablo II.5 Dünya Çapında Tahmini Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi……..15
Tablo II.6 1991-2006 Yılları Arasında Asya Pasifik Bölgesinde Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi……18

Tablo III.1 Tekstil Endüstrisindeki Üretim Teknolojileri Arasındaki İlişkiler…....23
Tablo III.2 Dokusuz Tekstil Yüzeyleri Üretim Teknikleri ……...24
Tablo III.3 Tülbent Esaslı Kumaş (Nonwoven) Üretimi……...25
Tablo III.4 Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Hatlarında Kullanılan Lifler ve Teknolojiler……27
Tablo III.5 Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Teknikleri……27
Tablo III.6 Islak Serme Teknolojisi……27
Tablo III.7 Kuru Serme Teknolojileri…… ...27
Tablo III.8 Filament Serme Teknolojileri……28

Tablo IV.1 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Ham Lifin Özellikleri……...79
Tablo IV.2 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Ham Lifin Mukavemet Değerleri ve Diğer Özellikleri……79
Tablo IV.3 Kumaştan Çıkarılan 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Lifin Mukavemet Değerleri……80
Tablo IV.4 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Mukavemet Değerleri……81
Tablo IV.5 Cam Leno Dokuma Kumaşın Özellikleri……83
Tablo IV.6 Cam Leno Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Makine Yönünde)……..84
Tablo IV.7 Cam Leno Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Enine Yönde)……84
Tablo IV.8 Polipropilen Dokuma Kumaşın Özellikleri……..93
Tablo IV.9 Polipropilen Dokuma Kumaşın Özellikleri……..93
Tablo IV.10 Polipropilen Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Makine Yönünde)……..93
Tablo IV.11 PP Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Enine Yönde)……93
Tablo IV.12 Cam Elyaf Türleri……97
Tablo IV.13 Kompozit Takviye Ürünlerinin Karşılaştırılması……98

Tablo IV.14 Automatex Ön İğneleme Makinesinin Özellikleri……112
Tablo IV.15 Automatex Alttan Tahrikli İğneleme Makinesinin Özellikleri……..114
Tablo IV.16 Fehrer İğneleme Makinesinin Özellikleri……..114
Tablo IV.17 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini……119
Tablo IV.18 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini……..119
Tablo IV.19 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini……..119
Tablo IV.20 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları……121
Tablo IV.21 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları……121
Tablo IV.22 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları……122
Tablo IV.23 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları……122
Tablo IV.24 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları……123
Tablo IV.25 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları……123
Tablo IV.26 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s).. 125
Tablo IV.27 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s).. 125
Tablo IV.28 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)……..125
Tablo IV.29 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……..……127
Tablo IV.30 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……..……127
Tablo IV.31 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)……...127
Tablo IV.32 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)……128
Tablo IV.33 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)……128
Tablo IV.34 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)…….129
Tablo IV.35 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları……130
Tablo IV.36 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları……132
Tablo IV.37 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları……..134

Tablo IV.38 Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Değerlerinin Karşılaştırılması……135
Tablo IV.39 Çeşitli Gürültü Kaynaklarının Ses Güçleri ve Ses Gücü Düzeyleri..142
Tablo IV.40 Ses Basınç Seviyesindeki değişimler ile insanın reaksiyonu arasındaki yaklaşık ilişki……..145
Tablo IV.41 Empedance Tüplerinin Çeşitleri ve Boyutları……..149
Tablo IV.42 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları……150
Tablo IV.43 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları……151
Tablo IV.44 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları……..……152
Tablo IV.45 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları.....……155
Tablo IV.46 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları……..156
Tablo IV.47 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları……..157

Tablo V.1 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerinde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar……168
Tablo V.2 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerindeki Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar……178
Tablo V.3 Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri……..183
Tablo V.4 Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın Ayrı Ayrı En Yüksek Kuvvet Değerleri ve Aralarındaki Farklar……183
Tablo V.5 Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri……..185
Tablo V.6 Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri……..195
Tablo V.7 Cam Dokuma Kumaş Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerindeki Cam Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar……195
Tablo V.8 Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri.....197
Tablo V.9 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönündeki Kuvvet/Uzama Grafiklerinde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar……..……..211
Tablo V.10 Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiklerinde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar……220

BÖLÜM I

I.1. GİRİŞ

Tülbent esaslı kumaşlar (nonwoven), dokuma ve örme dışındaki tekniklerle, doğrudan liflerden (filament veya kesikli) çeşitli doku oluşturma teknikleriyle tülbent olarak üretilen sonrasında çeşitli mekanik, kimyasal ve ısı gibi doku bağlama teknikleriyle sabit hale getirilen materyallerdir. Günümüzde tülbent esaslı kumaşlar geleneksel tekstil endüstrisinden ayrı olarak kabul edilmektedir. Tülbent esaslı kumaş endüstrisinin dünyanın çeşitli bölgelerinde yıllık büyüme oranı %5-15 arasında değişmektedir.

Endüstrileşme ve teknolojinin gelişmesinin getirdiği insan ihtiyaçlarındaki artış, diğer tekniklerle üretilen materyallere nazaran daha ucuz olan tülbent esaslı kumaşlara olan talebin artmasına neden olmuştur. Günümüzde birçok kumaş, tülbent esaslı kumaşlarla yer değiştirmektedir.

1990'lı yılların ortalarında Dünyada tülbent esaslı kumaş üretim ve ticareti başlıca olarak 3 bölgede Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya'da yapılmaktaydı. Bu yıllardan sonra, Latin Amerika ülkeleri (Brezilya, Arjantin, Kolombiya, Şili, Meksika, Venezüella), Uzak Doğu ülkeleri (Çin, Hindistan), Doğu Avrupa ülkeleri (Türkiye vb.) ve Orta Asya ülkeleri (İsrail vb.) bu endüstriye katıldı.

Tülbent esaslı kumaşlar doğrudan liflerden meydana gelmektedir. Bu endüstride liflerin özelliğinden çok daha fazla yararlanılmaktadır. Müşterinin kullanım alanında istediği özelliklere göre polimer maddeler, lifler, üretim teknolojileri, bitim işlemleri seçilmektedir. Filament veya kesikli lifler önce iyice karıştırılmakta, sonrasında doku oluşturma aşamasında çeşitli makinelerle tülbent doku haline getirilmektedir. Oluşturulan bu tülbent doku ister tek kat ister çok katlı olarak doku bağlama aşamasına sevk edilmektedir. Bu aşamada çeşitli mekanik, kimyasal, ısı gibi üretim yöntemleriyle tülbent doku bağlanmaktadır. Bazı tülbent dokular bir defa bazıları birden fazla ve farklı doku bağlama aşamasından geçer. Son aşamada kullanım alanında müşterinin ihtiyaçlarına göre kumaşlara güç tutuşurluk, kir iticilik, anti bakteriyel, su ve yağ iticilik, vb. gibi bitim işlemleri uygulanabilir. Tülbent esaslı kumaşlar ayrıca ipliklerle, kumaşlarla takviye edilerek mukavemeti artırılabilir.

Günümüzde çevre korumaya yönelik, geri dönüşüm yapılabilen, hafif, insan sağlığına zararlı olmayan maddeler içeren kumaşlara doğru bir yönelim vardır.

Araştırma kurumları aynı özellikte ancak birim metre kare ağırlığı düşük, yüksek performanslı kumaşlar üretmek için çalışmaktadır. Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde bu alana yönelik, doğal liflerin, polimerlerin kullanılması gibi örnekler vardır. Tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki teknolojilerle katma değeri yüksek kumaşların üretimi de mümkündür. Özellikle otomotiv ve yapı sektörüne ses ve ısı yalıtım özelliğine sahip kumaşlar, tıbbi tekstil alanına filtre kumaşları, yüksek mukavemette kompozit kumaşlar, koruyucu giysi alanına yönelik kumaşlar üretilebilir.

Kompozit kumaşlar son yıllarda önemi gittikçe artan kumaşlardır. Farklı tekniklerle üretilen materyaller (lif, polimer, iplik, kumaş) tek bir yapı içerisinde bir araya getirilmektedir. Materyallerin sahip olduğu özellikler birleştirilmekte, bu sayede değişik özelliklere sahip kompozit yapıların üretimi mümkün olmaktadır.

I.2. AMAÇ

Bu çalışmada amaç, kimyasal madde kullanmadan tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki üretim teknolojileriyle, polyester ve değişen oranlarda iki bileşenli liflerden oluşturulan tülbent esaslı kumaşın, dokuma kumaş ve cam lifi tülbent ile takviye edildiği kompozit kumaşlar üretmektir. Bu kompozit kumaşı, cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşla ve polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşla karşılaştırmaktır.

Özgül ağırlığı yüksek olduğundan cam liflerinin tülbent esaslı kumaş endüstrisinde kullanılıp kullanılamayacağı araştırılmıştır. Cam liflerinin ve iki bileşenli liflerin kullanım oranının değişmesinin kompozit yapıya etkisi incelenmiştir. Değişen oranlarda tülbent yapı içerisine katılan iki bileşenli lifler ile dokuma kumaşın ve cam lifi esaslı tülbendin mukavemet, hava geçirgenliği, patlatma mukavemeti, ses geçirgenliği, ısı geçirgenliği, kalınlık, sertlik gibi testler sonucunda kompozit yapıya nasıl bir etki yaptığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Kompozit kumaşlar birbirleriyle karşılaştırılacağı için aynı ham maddelerle, aynı makine ve makine parametrelerinde ve birim metre kare ağırlığında olacak şekilde üretilmeye çalışılmıştır. Laboratuvar tipi makinelerde sonuçların çok farklı çıkması sebebiyle, kompozit kumaşların üretimi fabrikada kullanılan büyük kapasiteli makinelerde ve üretim hatlarında gerçekleştirilmiştir.

Üretilen kumaşlara kopma mukavemeti, hava geçirgenliği, patlatma mukavemeti, ses geçirgenliği, ısı transfer, kalınlık, sertlik testleri yapılmıştır. Test sonuçları tablo ve grafik haline getirilmiştir. İstatistiksel olarak değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır.

BÖLÜM II

TÜLBENT ESASLI KUMAŞLAR (NONWOVEN)

II.I. TÜLBENT ESASLI KUMAŞ (NONWOVEN) TANIMI

Tülbent esaslı kumaşlar Türk Standartlarında dokunmamış ürünler şeklinde ifade edilmektedir. Endüstride, tülbent esaslı kumaşlar, dokusuz yüzeyler, dokuma olmayan kumaşlar veya nonwoven kumaşlar şeklinde isimlendirilmektedir. Bu çalışmada tülbent esaslı kumaşlar (nonwoven) şeklinde isimlendirilecektir.

Tülbent esaslı kumaşlar, dokuma ve örme dışındaki tekniklerle, doğrudan liflerden (filament veya kesikli) çeşitli doku oluşturma teknikleriyle tülbent olarak üretilen sonrasında çeşitli mekanik, kimyasal ve ısı gibi doku bağlama teknikleriyle sabit hale getirilen materyallerdir.

Tülbent esaslı kumaşlar, tülbent tabaka haline getirilmiş kesikli veya filament halindeki liflerin mekanik, kimyasal, ısı gibi yöntemlerle uygun bir bağlama işlemi sonucunda birbirine tutturulması ile elde edilen tekstil yüzeyleridir. [1]

ASTM standardına göre tülbent esaslı kumaşlar, mekanik, ısı, kimyasal yöntemlerle veya bunların birkaçının birlikte kullanılmasıyla, kesikli ve filament liflerin birbirine kenetlenmesi ve bağlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Kağıt, dokuma kumaş, örme kumaş, tafting tekniğiyle üretilmiş kumaşlar ve geleneksel keçeler tülbent esaslı kumaş teriminin kapsamı dışında yer almaktadır. [2]

Tülbent esaslı kumaşlar, tarak tülbendi, elyaf tülbendi, gelişi güzel yayılmış veya yönlendirilmiş filament elyaf kullanılarak yapılabilen, bilinen tekstil kumaşları, plastik filmler, köpük tabakaları, metal folyalar gibi tekstil veya tekstil olmayan malzemelerle birleştirilebilen ve onlarla birlikte mekanik, ısı ya da kimyasal tekniklerle bağlanılan veya birleştirilen tekstil yüzeyleri şeklinde de tanımlanabilir.

Tülbent esaslı kumaş; kesikli veya filament halde, doğal yada yapay liflerden oluşturulmuş, kağıdı kapsam dışına alan ipliğe dönüştürülmemiş ve bir çok bağlama tekniklerinin herhangi birisi ile bağlanmış kumaş olarak da tanımlanabilir.

1. Kağıt ile tülbent esaslı kumaş arasındaki farkı görüp anlamak için materyalin tanımlanması gereklidir. Materyal aşağıdaki özelliklere sahipse tülbent esaslı kumaş olarak tanımlanır. Bu tanım EDANA (Avrupa Tek Kullanımlık Ürünler ve Tülbent Esaslı Kumaş Birliği) ve INDA (Uluslararası Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi Birliği) tarafından yapılmıştır.
    - Lifli miktar dokunun %50'den daha fazlasını meydana getiriyorsa uzunluğun çapa oranı 300'den daha büyük olan lifler kullanılıyorsa bu kumaşlar tülbent esaslı kumaş olarak isimlendirilir. (kimyasal olarak düzenlenmiş bitkisel lifler hariç)
    - Dokunun lifli miktarı toplam kütlenin %30'undan daha fazlaysa ve aşağıdaki kriterlerden birini veya ikisini yerine getiriyorsa bu kumaşlar tülbent esaslı kumaşlar olarak isimlendirilir.
        - Uzunluğun çapa oranı 600'den fazla ise
        - Dokunun yoğunluğu 0.4 g/cl değerinden az ise [3,4]

II.2. TÜLBENT ESASLI KUMAŞLARIN TARİHİ GELİŞİMİ

Eski zamanlardan beri bilinen hayvansal elyaflar (yün v.b.) çeşitli işlemlerle keçe haline getirilirdi. Konuyla ilgili uzmanların birçoğu tülbent esaslı kumaşların yeni bir sektör olmadığını dokumacılıktan da daha önceden başladığını vurgulamaktadırlar. Örnek olarak bitkisel gövdeden çıkarılan uzun lifler ağ şeklinde sarılmış ve doku haline dönüştürülmüştür.

1854 yılında August Belford ürettiği pamuk keçesini 114 ingiliz patent numarası olarak almıştır. Patent, doldurulmuş ve vatkalanarak yapılıp geliştirilen ürünler şeklinde tanımlanmıştır. Bu şekilde çağdaş tülbent esaslı kumaş endüstrisi doğmuştur. August Belford tarak altından çıkan döküntü ve kısa pamuk liflerini nişasta ile bağlayıp doku haline getirmiştir.

Bu sanayinin geçmişi ve geleceği üzerinde bir inceleme yapıldığında; önde gelen 30 dolayındaki kuruluştan çoğunun önceleri kağıt yada tekstil sanayinde, sentetik elyaf üretim alanında veya sağlık mamulleri üretiminde faaliyet göstermiş oldukları ve daha önemlisi öncelikli ilgi alanları olan geleneksel faaliyet konularında oldukça küçük ölçekli firmalar oldukları görülmektedir.

Lifleri işleyen meslekler ve sonradan bu konuda oluşan sanayi, insanlık tarihinin en eski ve önemli faaliyet dalıdır. Bu sanayi geleneksel tekstil sanayinin de en eski alanı olup, 1770-1780'lerde ilk iplik eğirme makineleri işletmeye alınmış ve bunu on yıl kadar sonra dokuma makineleri izlemiştir. 1789'da ilk uzun, elekli kağıt makinesi bulunmuş ve 1825'ten itibaren sanayi üretimine geçilmiştir.

Kimyasal elyaf alanında ilk patentler 1883–1884 yılları arasında alınmıştır. Sanayi üretimine ise 1890'da Fransa'da başlanmıştır. Bugünkü anlamda sentetik elyaf sanayi ise İkinci Dünya Savaşı'nın bir ürünü olmakla beraber 1930-1940 arasında sanayi anlamında üretime geçmiş bulunmaktadır. [5]

Tülbent esaslı kumaş endüstrisinin gelişmesine, temel sanayilerden hepsinin belirli bir katkısı olmuştur. Özel kağıt üretimi konusunda 1936 yılında Dexter Amerika Birleşik Devletlerinde ıslak üretim tekniğini ortaya koymuştur. 1995 yılı itibariyle ıslak serme tekniği ile üretilmiş cam lifi esaslı tülbent esaslı kumaşların Amerika pazarı 267000 tonun üzerindeydi. Aynı sene Freudenberg firması iplik eğirmede kullanılan taraklama tekniğinden esinlenerek kuru serme sisteminde araştırmalara başlamış ve yöntem 1948' de ticari olarak uygulanmıştır. 1965'de Dupont ve Freudenberg firmaları sentetik liflerden iplik üretiminde kullanılan eğirme teknolojisini esas alarak, birbirlerinden ayrı olarak ve farklı teknikler ile şu anki filament esaslı tülbent üretim tekniğini geliştirmişlerdir.

Edana, (Edana-the European Disposables and Nonwovens Association) Avrupa Tek Kullanımlık Ürünler ve Tülbent Esaslı Kumaş Birliği, Avrupa tülbent esaslı kumaş endüstrisi hakkında ve INDA (Association of The Nonwoven Fabrics Industry) Uluslar arası tülbent esaslı kumaş endüstrisi birliği, dünyadaki tülbent esaslı ürünler ve endüstri hakkında bilgiler vermektedir.

Tülbent esaslı kumaş üretiminde önemli temel teknolojilerin ve tespit yöntemlerinin uzun zamandan beri geliştirilmiş olduğu dikkate alınırsa, üretim teknolojilerinde kısa zamanda yeni tekniklerin geliştirileceği tahmin edilmemektedir. Mevcut yöntemler daha hızlı tempolarda iyileştirilecek ve daha yüksek sermaye yoğun tesislere veya üretim birimi başına daha yüksek üretime doğru yönlenecektir.

Tülbent esaslı kumaş endüstrisi ticari amaçlı olarak Avrupa' da 1920 yıllarında Amerika' da ise 1930 yıllarında başlamışlardır. Fakat iğneleme ile yapılan bağlama tekniğinin başlangıcı 1890 yıllarına kadar uzanmaktadır. Japonların yıllar önce duttan elde edilen lifleri ıslak işlem tekniği kullanılarak tekstil dokusu haline dönüştürmesi, Japonya' da tülbent esaslı kumaş endüstrisinin başlangıç tarihi olarak kabul edilmektedir. Amerika, Avrupa ve Japonya gibi ülkeler arasında bu işin ticari geçerliliği 1960 yılında başlamıştır. Sonuç olarak bu 3 bölge günümüzde tülbent esaslı kumaş üretim ve tüketiminin büyük miktarını elinde tutmaktadır. 1991 yılında, dünya çapında top halinde üretilen tülbent esaslı kumaş ürünlerinin yaklaşık %90'ı Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya'da üretilmekteydi. Bu 6-10 milyar $ değerindeydi. Amerikan Pazar Araştırma Bürosu Visionquest' in hesaplamalarına göre 1994' te dünya çapında tülbent esaslı kumaş üretiminin %45'ten fazlasını 1.8 milyon tonluk üretimi ile Kuzey Amerika, %27' sinide Batı Avrupa yapmaktaydı.

Bunlar birlikte toplamın %70' ten fazlasını kapsamaktaydı. 2000 yılına kadar dünya çapında 2.6 milyon tonluk bir üretim beklenmektedir. Artış oranının endüstriyel bölgelerde % 5-7, diğer bölgelerde de % 7-15 arasında olacağı tahmin ediliyor. Bu ülkelerde tülbent esaslı kumaş endüstrisinin gelişmesinde en önemli itici güç bu ülkelerin endüstrileşmiş ekonomileri, artan yaşam ve gelir standartları, daha katı çevre kuralları ve tülbent esaslı kumaşların geleneksel kullanımdaki örme ve dokuma ürünleri ile yer değiştirmesidir. [5]

II.3. TÜLBENT ESASLI KUMAŞLARIN KULLANIM ALANLARI

Tülbent esaslı kumaşlar, ömürlerine göre, tek kullanımlık ve uzun süreli kullanımlık şeklinde ikiye ayrılır.

Tülbent esaslı kumaşların kullanım alanları aşağıda ana başlıklar altında toplanmıştır. [6]

- Konfeksiyon
  - Konfeksiyon yardımcı ürünleri (telalar)
  - Sıcak tutan ürünler (vatkalar)
  - Sütyen ve kol askısı
- Yatak Takımları
  - Battaniyeler - Çarşaflar
  - Yatak örtüleri - Yastık yüzleri
  - Minderler, toz koruma kumaşları, dekorasyon kumaşları, yatağın etek kısmı telaları.
- Mobilya
  - Halı tabanı - Perdeler
  - Duvar kağıdı kumaşı
  - Mobilya dolgu malzemeleri
- Ayakkabı, Çanta ürünleri
  - Üst deri - Süet
  - İç astarlar
  - Çizme astarları
  - Yağmurluk malzemeleri
  - Çanta astarlıkları, suni deri kumaşı

• Endüstri Malzemeleri	Klima malzemeleri, sıvı filtreler hava filtreleri toz tutucu filtreler Mendiller (çeşitli temizleme malzemeleri) Elektronik malzemeler, izolasyon malzemeleri,bantlar, akü ayırıcı kumaşları, kablo kaplamaları ve disket içerisindeki astar kumaşlar)
• İnşaat Mühendisliği	Asfalt kaplamalar, toprak stabilize ürünleri, filtre malzemeleri, erozyon önleme malzemeleri, takviye malzemeleri, plan kartonları, suni çim takviye kumaşı
• Yapı malzemeleri	Çatı kaplamaları, yer döşemeleri, ses geçirmez ürünler ve paketleme malzemeleri, akustik tavanlar, yalıtım kumaşları, ev ve boru yalıtım kumaşları
• Ziraat ve Bahçe Malzemeleri	Isıya dayanıklı ürünler, rüzgar çiti malzemeleri, güneş perdesi, meyve koruma kumaşları, zararlı böceklere karşı koruyucu kumaşlar, fidanlık malzemeleri, çeşitli kaplama malzemeleri
• Günlük Yaşam	Paketleme malzemeleri, mutfak eşyaları, kozmetik mendiller, çeşitli su emici kumaşlar, çadırlar, yırtılmaz ve su geçirmez zarflar, haritalar, kitap ciltleri, paspaslar, zarf.
• Tıbbi Koruma Malzemeleri	Tıbbi malzemeler (yara bantları,

	nezle maskeleri) Yapışkan bantlar, cerrahi başlık, maske, galoş, sünger, ortopedik padler, bandajlar ve bantlar, önlük, steril paketleme, tek kullanımlık cerrahi giysi, yetişkinler için idrar tutucu bez kumaşları, elektrotlar, ultraviole çözeltisi filtresi, ameliyat masası örtüsü.
• Hijyenik Ürün ve ve Temizlik Malzemeleri	Çocuk bezi, kadın bağı, tampon, temizlik bezi Elektrik süpürgesi torbası, parlatma bezi. ürünleri, kuru ve ıslak temizlik [6]

II.4 TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN LİFLER

Lifler, tülbent esaslı kumaşların temel elemanıdır. Tülbent esaslı kumaş üretiminde liflerden maksimum oranda yararlanılmaktadır. Seçilen lif büyük oranda üretilecek ürünün özelliklerini belirler. Lifler, müşteri gereksinimleri, maliyet, işlenebilirlik ve son ürün özelliklerine göre seçilir.

Tülbent esaslı ürünlerde çok büyük oranda yapay lifler kullanılmasına rağmen, ağaç hamuru olarak tabir edilen, normal liflerden çok kısa olan selüloz esaslı materyalde tülbent esaslı ürünlerde kullanılmaktadır. Ağaç hamuru, düşük maliyeti, emici özelliği ve hacimlilik özelliği sebebiyle tercih edilmektedir. Pamuk doğal yapısından kaynaklanan çok üstün özelliklere sahiptir. Viskon ve rayon ise, tek kullanımlık ve hijyenik alanda kullanılacak tülbent esaslı kumaşların üretiminde kullanılmaktadır. Pamuk, rayon, asetat gibi selüloz esaslı materyallerin tümü hidrofil özelliktedir. Mikrop türü maddeleri taşıyıcı olarak kullanılır. Rayon lifinden üretilen tülbent esaslı kumaşlardan, tıbbi/cerrahi/hijyenik ürünlerde ve temizlik bezi olarak yararlanılır. Sentetik lifler içerisinde en çok polipropilen tercih edilmektedir. En önemli özelliği ucuzdur, erime ısısı düşüktür, hidrofobiktir, hacimlidir ve termoplastiktir. Polyester lifleri ise mukavemetin ve üstün mekanik özellik istenen yerlerde kullanılır. Nylon liflerinin en önemli özelliği ise elastikiyetidir.

Farklı tür iç/dış yapılara sahip iki bileşenli liflerde, ısı ile bağlama tekniğiyle tülbent esaslı kumaş üretiminde bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır.

Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde, başlıca polipropilen, polietilen, polyester ve viskon/rayon kullanılmaktadır. 1985 yılına kadar tülbent esaslı kumaş endüstrisinde en çok kullanılan lif rayon idi. 10 yıllık zaman içerisinde, lifin fiyatının artması sebebiyle Amerika ve Batı Avrupa'da kullanımı azaldı. 1970-1980 yılları

arasında viskon ve polyester lifleri ön plandaydı. 1985-1995 yılları arasında Batı Avrupa' da ve Kuzey Amerika' da viskon' un payı %28'ten %10' a düşmüştür. Günümüzde temizlik bezi alanında en çok kesikli viskon lifi kullanılmaktadır. Ancak bu lifler ıslandığında mukavemeti azaldığından temizlik bezi uygulamaları için ideal bir lif değildir. Lyocell lifleri ise hem viskon gibi hidrofil özelliğe hem de polyester lifine yakın mukavemete sahiptir. Ancak bu liflerde fiyatı sebebiyle tülbent esaslı kumaş endüstrisinde fazla kullanılmamaktadır.

2005 yılı itibariyle tülbent esaslı kumaş üretiminde yaklaşık olarak %63 polipropilen, %23 polyester, %7 viskon/rayon, %3 akrilik, %1.5 poliamid, %3 diğer yapay lifler kullanılmaktadır. [7]

Tablo II.1 Tekstil ve Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Yapay Lif Tüketimi [7]

Yıllar	Tekstil Endüstrisinde (milyon ton)	Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde (milyon ton)	Tülbent Esaslı Kumaş Üretiminde Kullanılan Yapay Liflerin Tekstil Endüstrisi İçerisindeki Payı (%)
1970	10.8	0.4	3.7
1975	13.0	0.6	4.6
1983	16.9	0.8	4.7
1988	20.4	1.4	6.8
1990	23.0	1.6	6.9
1995	27.5	1.9	7.8
1998	30.4	2.4	8.1
1999	32.0	3.7	8.8
2005	37.0	3.7	10.0
2007	38.3	4.0	10.4

Tekstil endüstrisinde kullanılan yapay liflerin toplam tüketimi 1983 yılında 16.9 milyon ton idi. Bu rakam, 1988 yılında 20.4 milyon tona, 1988 yılında 30.4 milyon tona ve 2005 yılında 37 milyon tona yükselmiştir. 2007 yılında 38.3 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Tülbent esaslı kumaş üretiminde kullanılan yapay liflerin, tekstil endüstrisi içindeki payı, 1970 yılında %3.7'den 1998 yılında %8.1'e ve 2005 yılında %10'a yükselmiştir. 2007 yılında da, %10.4'e ulaşacağı tahmin edilmektedir. [7]

Tablo II.2 1998-2007 Yılları Arasında Dünya Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Yapay Lif Tüketim Yüzdeleri [7]

Lif Türü	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2005**	**2007**
Polyester Lifleri	24.0	22.5	22.5	23.0	23.0	23.0
Poliamid Lifleri	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Akrilik Lifleri	1.5	2.0	2.0	3.0	3.0	3.0
Polipropilen Lifleri	62.0	63.0	63.0	62.7	62.7	62.7
Viskon Rayon Lifleri	8.0	8.0	8.0	7.0	7.0	7.0
Diğer Sentetik Lifler	3.0	3.0	3.0	2.8	2.8	2.8
(%)	100	100	100	100	100	100
Toplam Tüketim (milyon ton)	**2.4**	**2.6**	**3.3**	**2.5**	**3.7**	**4.0**

1998-2007 yılları arasında, kullanılan liflerin oranlarında çok önemli değişiklik olmadığı görülmektedir. Bu yıllar arasında polyester lifinin kullanımı biraz azalırken, akrilik ve polipropilen liflerinin payı artmıştır.

2004 ve 2008 yılları arasında dünyada polipropilen arz, talep ve fiyatını etkileyen önemli noktalar şunlardır;

- Ucuz ham madde kaynaklarına kolay ulaşabilir konumdaki Orta Doğu bölgesindeki ülkelerde kapasite artırımı olması,
- Özellikle Çin'de polimer talebinde hızlı artış olması,
- Asya bölgesinde mevcut ham madde kapasitesini aşar seviyede kapasite artırımı olması,
- Amerika Birleşik Devletlerinde özellikle polipropilen lifinden filament tülbent esaslı işlem tekniğiyle (spunbond) kumaş üretiminde artış olmasıdır. [8]

Tülbent esaslı kumaşların kullanım alanları incelendiğinde, çocuk bezinin en üst tabakası kaplama kumaşı olarak isimlendirilir. Bu alanda ısı ile bağlama teknolojisi ile üretilmiş polipropilen esaslı kumaşlar kullanılmaktadır. Otomotiv alanında birçok tülbent esaslı kumaş kullanılmaktadır. Özellikle halılarda (bagaj halısı, yer halısı) aşınmaya dirençli kesikli polipropilen liflerinden iğneleme tekniği ile üretilmiş kumaşlar kullanılmaktadır. Mobilya gibi eşyaların görünmeyen alanlarında polipropilen lifinden hava ile serme tekniği ile üretilmiş hacimli yapılar tercih edilmektedir. Bu alanlarda polipropilen lifinin tercih edilmesinin sebebi özgül ağırlığı düşük olduğundan diğer liflerle karşılaştırıldığında metre kare alan başına daha fazla lif düşmektedir. Temizlik uygulamalarında hidrofil lifler olan rayon, viskon ve pamuk lifleri kullanılır. Çatı uygulamalarında kullanılan membranların içerisinde filament tülbent esaslı kumaşlar (spunbond) kullanılmaktadır. Bu kumaşların üzerine zift gibi çeşitli maddeler dökülerek kaplama yapıldığından, bu kumaşların

kalınlıklarının her noktada eşit, ve mukavemetli olması istenir. Polyester mekanik özellikleri çok iyi olan bir lif olduğundan bu alanda çok fazla tercih edilmektedir.

Tablo II.3 Dünyada Tülbent Esaslı Kumaş Üretiminde Kullanılan Lifler [9]

Tek Kullanımlık Ürünler	**Polipropilen**	**Polyester**	**Rayon**	**Polietilen**	**Poliamid**	**Pamuk**
Çocuk Bezi	++	0	-			
Bayan/Hijyenik Ürünler	++		+			
Tıbbi / Cerrahi	+	++	++			+
Temizlik Bezi-Havlu	0	+	++			++
Filtrasyon	++	++	0			0
Tek Kullanımlık Giysi	+			++	0	
Hacimli Dokular	0	0	++			
Uzun Ömürlü Ürünl.	**Polipropilen**	**Polyester**	**Rayon**	**Polietilen**	**Poliamid**	**Pamuk**
Astar	0	++	+		0	-
Mobilya İç Kısmında	++	+			0	-
Taşıma Dokuları	0	++			+	
Geotekstil	++	+				
Çatı Ürünleri	-	++				
Otomotiv Dokuları	++	+			+	
Tarım	++	++				
İğnelenmiş Halılar Halı Destek Ürünleri	++	+			+	

++ sık kullanım + orta kullanım 0 az kullanım - seyrek kullanım

Geotekstil alanında da geri dönüşüm yapılarak elde edilmiş polipropilen ve polyester lifleri tercih edilmektedir. Tülbent esaslı kumaşlar geotekstil alanında başlıca olarak toprak ve yer katmanlarını ayırıcı ve drenaj görevi yapmaktadır. Tarım alanında, polipropilen ve polyester liflerinden üretilen tülbent esaslı kumaşlar, mahsulü zararlı otlardan koruyucu kumaş olarak kullanılmaktadır.

Tülbent esaslı kumaşların özelliklerinde bazı liflerin pozitif ve negatif etkileri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo II.4 Life Göre Üretilen Tülbent Esaslı Kumaşın Negatif ve Pozitif Özellikleri

Lif Tipi	**Pozitif Özelliği**	**Negatif Özelliği**
Polyester	İyi derecede eski haline dönme özelliği Isı ile fikse olma Yüksek elastikiyet İyi dökümlülük özelliği Islak halde yüksek mukavemet	Tüylenmeye eğilimli
Asetat (filament)	İyi tutum Tüylenme problemi yok	Islak halde düşük mukavemet Aşınmaya karşı düşük direnç

Tablo II.4 Devamı	İyi derecede eski haline dönme özelliği İyi derecede dökümlülük Kolay bağlanma Düşük fiyat	Düşük yumuşama noktası
Poliamid	Islak halde iyi mukavemet Kirlenmeye karşı iyi direnç Çabuk kuruma Kimyasal maddelere iyi direnç İyi elastiklik özelliği İyi derecede ısı ile işlenebilirlik	Kötü derecede tutum özelliği , Işık haslığı değeri düşük Tüylenmeye karşı direnci düşük Yüksek fiyat
Viskon (filament)	İyi mukavemet Yüksek hacim İyi dökümlülük özelliği Tüylenme problemi yok Kolay temizlenme, düşük fiyat	Islak halde düşük mukavemet Yavaş kuruma Sert tutum Aşınmaya karşı düşük direnç
Poliakrilonitril	İyi derecede eski haline dönme özelliği İyi dökümlülük özelliği Kimyasal maddelere mükemmel derecede direnç Yumuşak tutum Yüksek hacim Neme karşı iyi derecede direnç Mükemmel güneş ışığı haslığı	Aşınmaya karşı düşük direnç Tüylenme problemi var Yüksek fiyat
Pamuk	Aşınmaya karşı iyi direnç İyi derecede hacimlilik Islak halde yüksek mukavemet Yumuşak tutum Kolay bağlanma Mükemmel nem alma gücü Düşük fiyat	Kirlenmeye karşı düşük direnç Yüksek kırışma özelliği Düşük seviyede lif düzgünlüğü
Yün	Yüksek hacimlilik özelliği Yüksek elastikiyet Yumuşak tutum ve sıcak tutma Çabuk eski haline dönme özelliği İyi nem alma gücü	Tüylenme problemi var. Aşınmaya karşı düşük direnç Yüksek seviyede boyutsal çekme özelliği Düşük mukavemet Değişken fiyat

Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde yeni lifler de kullanılmaktadır. Bu liflere örnek olarak,

a) Kanallı lifler b) Nanolifler c) Biyolifler d) İki Bileşenli Lifler

a) Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Kanallı Lifler

Kanallı liflerin üretimi için gerekli teknolojiyi, Eastman Chemical şirketinin kılcal yüzey materyal çalışma grubu geliştirmiştir. 2000 yılının ocak ayında Eastman Chemical bu teknolojiyi Clemson Üniversitesi araştırma vakfına verdi. 4dg lifleri üretmek ve pazarlamak için Fiber Innovation Technology, Inc.'ye izin verildi. Derin kanalı lifler özel kılcal yüzey alanına sahiptir.

Şekil II.1– Derin Kanallı Lif

Enine kesit biçim faktörü, aynı incelikte ya da aynı denye numarasında herhangi bir lifin çevresinin enine kesiti dairesel olan lifin çevresine oranı ile bulunmaktadır. Enine kesiti dairesel olan liflerde biçim faktörü 1'dir. Dairesel enine kesitli lifin çevresi $2\pi r$, alanı da πr^2 formülleri kullanarak hesaplandığında, dairesel enine kesitli lifin, enine kesit biçim faktörü olan α değeri 1 çıkmaktadır. Ancak kanallı lif olarak bilinen 4dg liflerin ise α değeri 2.5 ile 3 arasındadır. Enine kesiti bu şekilde kanallı olan liflerin yüzey alanı, enine kesiti dairesel olan liflere kıyasla %250-300 daha fazladır. 4dg tür liflerin boyuna görünümünde derin kanallar ve yarıklar bulunmaktadır. Bu kanallar içerisinde sıvı maddeler birbirlerinden bağımsız hareket etmektedir. [10]

b) Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Nanolifler

Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde ayrıca nanolifler kullanılmaktadır. Nanoteknoloji kelimesi günümüzde çok popüler bir kelimedir. Nanoteknoloji, boyutları 1000 nanometreden daha düşük olan birçok araştırma ve ürünü anlatmak için kullanılmaktadır. [11]

Nanoteknoloji ile üretilen ürünler atomlardan meydana gelmektedir. Bu ürünlerin özelliği atomların nasıl düzenlendiğine bağlıdır. Şayet kum içerisinde atomları düzenlersek diğer başka elementlerin eklenmesiyle bilgisayar çipleri yapılabilir. [11]

c) Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde Biyolif Kullanımı

Dünyada sentetik lif kullanımının ve petrol fiyatının artması, ekolojik önlemler, tüketici tercihleri gibi sebepler sentetik liflerin kullanımını sınırlamaktadır.

Dünyada şu andaki petrol rezervinin 1 trilyon varilden biraz daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. Yeni petrol kaynaklarının bulunması oranı azalmaktadır. Bazı raporlara göre dünyada yaklaşık olarak yıllık 28 milyar varil petrol tüketilmektedir. Bu rakama göre petrol kaynağının 2040 yılında tükeneceği ortaya çıkmaktadır. M.King Hubert's analizi, bilinen petrol kaynağının 80 yılda tükeneceğini öne sürmektedir. Buna benzer analizler doğal gaz rezervinin 70 yılda kömürün 700 yılda biteceğini öne sürmektedir. [12]

Petrol sebebiyle sentetik lif fiyatlarının yükselmesinin yanında çevre korumaya yönelik faaliyetlerin artması tülbent esaslı kumaş endüstrisinde bitkisel lif kullanımını artırmıştır.

Avrupa tarımından biyolif örnekleri keten, kenevir, çam ve ladin ağacı lifleridir. Ağaç lifleri biyolif, selüloz hamuru, kağıt, lif esaslı plaka, tahta üretiminde kullanılmaktadır. Özellikle İskandinavya ülkelerinde ve diğer Avrupa ülkelerinde yapı, mobilya, ulaştırma ve paketleme endüstrilerinde biyolif kullanımına gösterilen ilgi sayesinde biyolif esaslı birçok ürün geliştirilmekte ve üretilmektedir. [13]

d) Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisinde İki Bileşenli Lif Kullanımı

Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde, iki bileşenli lifler değişik oranlarda diğer liflerle karıştırılarak kullanılmaktadır. En çok kullanılan iki bileşenli lifler yan/yana, iç/dış, dilimli ve deniz/ada tipi olanlardır. Bu lifler farklı iki bileşenden meydana gelmektedir. Bileşenlerin oranı kullanım alanına göre değişmektedir.

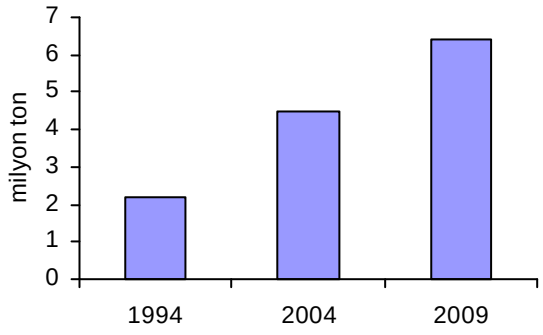
II.5. TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ENDÜSTRİSİ PAZAR ANALİZİ

Tülbent esaslı kumaş endüstrisi 1920 ve 1930'lu yıllarda Avrupa ve Amerika' da başladı. 1960'lı yıllarda sentetik elyafın varlığı ve uygunluğu, geleneksel tekstil ürünlerine karşı düşük fiyatıyla alternatif oluşturması, tülbent esaslı kumaş ürünlerinin gelişimini hızlandırdı. İğneleme tekniği ile liflerin bağlanması ilk olarak geliştirilen teknikti. 1995'li yıllarda dünyada Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya tülbent esaslı kumaş ürünlerinin üretim ve tüketiminde yaklaşık olarak % 90' lık paya sahip idi.

Tülbent esaslı kumaş endüstrisi birliği INDA, 2004 yılının sonuna doğru, 2004-2009 yılları arasında tülbent esaslı kumaş endüstrisinin dünyadaki durumu ile ilgili bir rapor yayınladı. Bu çalışmada, Kuzey Amerika, Avrupa, Japonya, Latin Amerika, Orta Doğu, Asya Pasifik ve dünyanın diğer bölgelerinde tahmini olarak tülbent esaslı kumaş üretimindeki büyüme artışı gösterilmiştir. Bu çalışmada Çin'deki tülbent esaslı kumaş endüstrisinin 1994 ile 2004 yılları arasında çok hızlı büyüme gösterdiğine dikkat çekilmiştir. Kuzey Amerika'nın tülbent esaslı kumaş endüstrisi ile ilgilenen ticari kuruluşu INDA ile Avrupa tülbent esaslı kumaş endüstrisini inceleyen EDANA kuruluşu, dünya çapında tülbent esaslı kumaş endüstrisi ile ilgili bir rapor hazırlamak için birlikte çalışmaktadır. Aşağıdaki tablo'da da görüleceği gibi INDA tarafından 2004 yılında dünya çapında 4.5 milyon ton diğer bir deyişle 110 milyar metre kare tülbent esaslı kumaş üretildiği tahmin edilmektedir. Bu tülbent esaslı materyallerin kabaca maddi değeri 16 milyar $'dır. 1994 ile 2004 yılları arasındaki 10 yıllık zaman dilimi içerisinde dünya çapında tülbent esaslı kumaş sektörünün ortalama yıllık %7.5 oranında büyüdüğü tahmin edilmektedir. INDA ve EDANA, dünya çapındaki tülbent esaslı kumaş endüstrisinin gelecek 5 yılda da aynı oranda büyüyeceğini ve 2009 yılında 6.4 milyon ton rakamına ve 23 milyar $ maddi değere ulaşacağını tahmin etmektedir. Tahmini olarak kumaşların ağırlıktan ziyade metre kare olarak biraz daha fazla büyüyecek olması, daha hafif kumaşlara ağırlık verileceğine işaret etmektedir. [14]

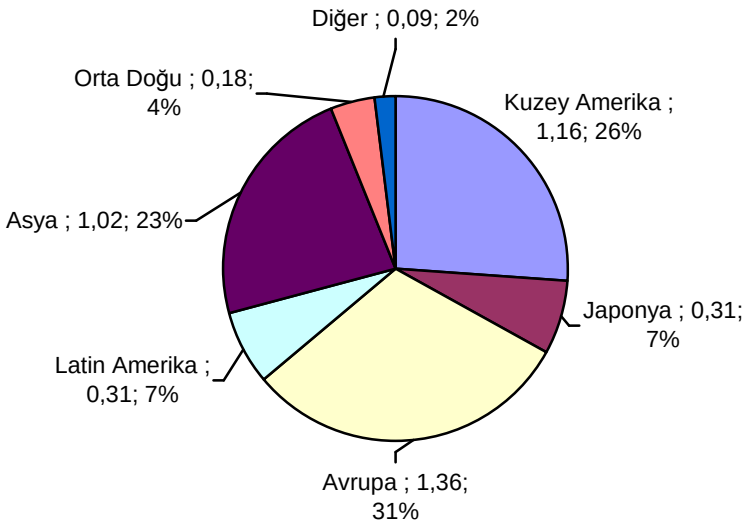
Tablo II.5 Dünya Çapında Tahmini Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi [14]

Kaynak INDA	1994	2004	2009	1994-2004 Büyüme Oranı (%/Yıl)	2004-2009 Büyüme Oranı (%/Yıl)
Dolar $ (milyar)	9.1	16.4	23.3	6.2	7.3
Metre Kare (milyar)	49	110	163	8.4	8.2
Ton (milyon)	2.2	4.5	6.4	7.5	7.4



Şekil II.2 Dünya Çapında Tahmini Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi (ton) [14]

Kuzey Amerika, Avrupa ve Japonya 10 yıl önce dünyanın tülbent esaslı kumaş üretiminin yaklaşık dörtte üçünü oluşturmaktaydı. Bu üç bölgenin toplam tülbent esaslı kumaş üretimi 1994-2004 arasında geçen 10 yıllık zaman süresi içerisinde yıllık %7 oranda büyüme göstermesine rağmen, 2004 yılında bu üç bölgenin toplam tülbent esaslı kumaş üretimi %65'den daha az bir orana geriledi. Bunun sebebi, Asya/Pasifik bölgesinde özellikle Çin'de, Orta Doğu ve Latin Amerika gibi dünyanın diğer bölge ve ülkelerinde tülbent esaslı kumaş endüstrilerinin yüksek büyüme göstermesidir. [14]



Şekil II.3 2004 Yılında Dünya Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi (milyon ton)

Kaynak-Inda/Edana [3]

Dünya tülbent esaslı kumaş endüstrisi 2004 yılında yaklaşık 4.5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2004 yılında Avrupa 1360000 ton, Kuzey Amerika 1160000 ton, Asya 1020000 ton, Japonya 310000 ton, Latin Amerika 310000 ton, Orta Doğu 180000 ton, dünyadaki diğer bölgeler 90000 ton tülbent esaslı kumaş üretimi yapmıştır. Avrupa %31 ile dünyada en çok tülbent esaslı kumaş üretimi yapan bölgedir. Onu sırasıyla Kuzey Amerika ve Asya bölgesi takip etmektedir. [3]

a) Kuzey Amerika Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi

2004 yılında Kuzey Amerika'da tülbent esaslı kumaş üretiminin yaklaşık olarak 1.3 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Inda tarafından 2005 yılında Amerika Birleşik Devletlerinde tülbent esaslı kumaş üretimi %4.5 büyüme ile 1247000 ton olarak tahmin edilmektedir. Amerika Kuzey Amerika'da İç piyasaya ve ihracata yönelik tülbent esaslı kumaş üretiminin 2007 yılına kadar 1.6 milyon ton rakamına yaklaşması beklenmektedir. Karşılaştırma yapmak gerekirse, 1998 yılında iç piyasaya ve ihracata yönelik kumaş üretimi 900000 ton idi.

2002 yılında Kuzey Amerika tülbent esaslı kumaş üretiminde üretim teknolojilerinin kullanımı incelendiğinde, %48 filament serme teknolojileri, %25 tarak makinesi ve iğneleme teknolojileri, %14 hava ile serme teknolojileri, %8 su jet teknolojisi, %5 ıslak serme teknolojisi kullanılmıştır. [15]

Kuzey Amerika'da uzun süre kullanımlık ürünler pazarında birçok sayısız mamul ürün bulunmaktadır. En büyük paya sahip olan ürün, giysi içerisinde kullanılan telalardır. Sonra sırasıyla kaplanmış ve laminasyon işlemi görmüş kumaş destek tabakaları, yatak ve ev mobilyası kumaşları, otomotiv kumaşları, geotekstiller, halı ve elektronik ürünlerde kullanılan kumaşlar, uzun ömürlü kağıtlar, tarım ve arazi kumaşları gelmektedir. [16]

Amerika'da tek kullanımlık tülbent esaslı kumaşların içerisinde en fazla tüketim payına sahip ürün, sıvı emici ürünlerin yüzünde kullanılan kumaşlardır. Bu kumaşlara kaplama kumaşları ismi verilmektedir. Sonra sırasıyla tıbbi alandaki tek kullanımlık ürünler, temizlik bezleri, endüstriyel silme/temizleme ürünleri, endüstriyel koruyucu giysiler ve filtrasyon alanında kullanılan kumaşlar gelmektedir. [16]

b) Avrupa Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi

Edana tarafından yayınlanan rakamlara göre, 2005 yılında Avrupa'da tülbent esaslı kumaş üretimi 2004 yılına göre, %5'in biraz üzerinde bir artışla 1403400 ton olarak gerçekleşmiştir. 2004 yılında üretim artışı bir önceki yılın yaklaşık %3.7 üzerindeydi. 2003 yılındaki üretim artışı ise, bir önceki yılın yaklaşık %6 üzerindeydi. Üretimde artış olmasına rağmen satışlarda artış olmadı. 2004 ve 2005 yıllarında 42 şirketten alınan aynı örneğe dayanarak yapılan karşılaştırmada, kg başına tülbent esaslı kumaş fiyatı bu sefer azalmadı aksine %2 oranında artarak 3.220 Euro'dan 3.285 Euro'ya çıktı. 2004 yılında ise kg başına tülbent esaslı kumaş fiyatı %0.9 azalarak 3.25 Euro'dan 3.22 Euro'ya düşmüştü. [17]

2004 yılında Avrupa'da bulunan tülbent esaslı kumaş üretici firma sayısında biraz artış oldu. Özellikle İspanya ve Türkiye'de yeni fabrikalar açıldı. Avrupa'da tülbent esaslı kumaş endüstrisine yönelik üretim yapan en büyük 10 firma alfabetik sıralama ile Ahlstrom, BBA Fiberweb, Buckeye, Fibertex, Freudenberg, Johns Manville, PEGAS, Suominen, Tenotex ve Tesalca/Texnovo'dır. 2004 yılı itibariyle bu firmalar toplamda 550000 ton ile, Avrupa'daki tülbent esaslı kumaş üretiminin yaklaşık %41'ini üretmekte idi. Avrupa'da tülbent esaslı kumaş endüstrisinin toplam ticareti, 2004 yılında 4.3 milyar Euro, 2005 yılında 4.6 milyar Euro olarak tahmin edilmektedir. [17]

c) Japonya Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi

Japonya'daki tülbent esaslı kumaş endüstrisinin 30 yıllık geçmişi olduğu söylenirken endüstri ile ilgili istatistiksel bilgiler 1982 yılından itibaren mevcuttur. Japonya'daki tülbent esaslı kumaş üretimi 1982 yılında yaklaşık olarak 92000 ton iken 1989 yılında yaklaşık 193000 ton' a çıkmıştır. Bu da yıllık olarak % 9-10' luk büyüme oranı olduğunu göstermektedir. 1999 yılında Japonya tülbent esaslı kumaş üretimi 310000 tona ulaşmıştır. Gelişimin ilk yıllarında Amerika ve Avrupa' dan ithal edilen üretim sistemleri mevcutken, son zamanlarda yeni sistemler ve teknolojiler endüstriye katılmıştır. 1992 yılında Japonya endüstrisi diğer ülkelerin sahip olmadığı bütün modern üretim sistemlere sahipti. [18]

2005 yılında Japonya'da tülbent esaslı kumaş üretimi değişik kaynaklar göre 300000 ton ile 350000 ton arasında gösterilmektedir. Japonya tülbent esaslı kumaş endüstrisi, dünya tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki üretimin yaklaşık %7-8'ini temsil etmektedir.

d) Asya Pasifik Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi

Asya bölgesinde tülbent esaslı kumaş üretimi ve ticareti Çin, Hindistan ve Tayvan'da yapılmaktadır.

ANFA (Asya Tülbent Esaslı Kumaş Birliği) tarafından açıklanan rakamlarda 2005 yılı itibariyle Japonya, Kore, Tayvan ve Çin'de tülbent esaslı kumaş üretimi 1498400 ton olarak açıklanmıştır. Tülbent esaslı kumaş üretiminde Asya Bölgesi İlk olarak Avrupa Bölgesinin üzerine çıkmıştır.

Tablo II.6 - 1991-2006 Yılları Arasında Asya Pasifik Bölgesinde Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi (milyon ton) [19]

Bölgeler	1991	1996	2001	2006	Büyüme Oranı (1991-2001) (%/Yıl)	Büyüme Oranı (2001-2006) (%/Yıl)
Asya Pasifik	0.22	0.46	0.64	1.08	11.2	10.7

Çin' deki tülbent esaslı kumaş fabrikaları 1965 yılında üretime başladı. 1978–1988 yılları arasında ortalama yıllık büyüme %30 idi. 1991 yılındaki üretim 70000 ton olarak tahmin edilmektedir. [20]

Çin'deki tülbent esaslı kumaş hacmi toplam olarak 1997 yılında 1.4 milyar m^2 idi. Tek kullanımlık ürünler 930 milyon m^2, uzun süreli kullanımlık ürünler 480 milyon m^2 hacmindeydi. Bu rakamlar düşük olarak görülebilir. Ancak 2000'li yıllara gelindiğinde Çin'de tülbent esaslı kumaş üretim miktarı önemli oranda artmıştır. [21]

CNTA (Çin Tülbent Esaslı Kumaş Teknik Birliği) ve CNIC (Çin Tülbent Esaslı Kumaş Bilgi Merkezi) tarafından yayınlanan istatistiklere göre Çin'de 2002 yılında 497000 ton 2003 yılında ise 615000 ton tülbent esaslı kumaş üretimi yapılmıştır. Bu rakamlar 2002 ile 2003 yılları arasında %23.7'lik bir büyümeyi göstermektedir. [22]

INDA tarafından yayınlanan Asya Pasifik raporunda 2004 yılında Çin'de 650000 ton tülbent esaslı kumaş üretimi yapıldığı ifade edilmiştir. 2009 yılında bu rakamın 1131000 tona ulaşacağı tahmin edilmektedir. [22]

1.05 milyar nüfusu ile Hindistan'da tülbent esaslı kumaş kullanma potansiyeli büyüktür. Tülbent esaslı kumaş endüstrisinin ilerde Hindistan'da önemli bir sektör olacağının bir çok sebebi vardır. Hindistan'da tülbent esaslı kumaş tüketimi hızlı bir şekilde artmaktadır. 2002 yılında Hindistan'da tüketilen tülbent esaslı kumaşların maddi boyutu 200 milyon $ olarak tahmin edilmektedir. Hindistan'da tek kullanımlık ve uzun süreli kullanımlık tülbent esaslı kumaş üretimi ile ilgili tam doğru bilgiler mevcut değildir. Bunun yanı sıra çeşitli üreticiler ve kullanıcılar arasındaki müzakerelerle, Hindistan'da uzun süre kullanımlık tülbent esaslı kumaşların toplam tüketiminin 60000 ton, tek kullanımlık tülbent esaslı kumaş tüketiminin 38000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Tek kullanımlık tülbent esaslı kumaşların önemli bir miktarı ithalat yoluyla karşılanmaktadır. [23]

e) Güney Amerika Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrisi

Latin Amerika bölgesindeki tülbent esaslı kumaş üretimi değişik kaynaklara göre 2006 yılında 250000 ton ile 350000 ton arasında değişiklik göstermektedir.

Latin Amerika'daki tülbent esaslı kumaş üretiminin yaklaşık olarak %90'ı Arjantin, Brezilya, Şili, Kolombiya, Meksika ve Venezüella ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Brezilya bu bölgedeki en büyük tülbent esaslı kumaş üreticisi ülkedir. Güney Amerika'daki üretimin yarısından fazlasını Brezilya tek başına yapmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ve diğer endüstrileşmiş ülkelerde, tülbent esaslı kumaşların üçte ikisi tek kullanımlık uygulamalarda tüketilirken, Latin Amerika bölgesinde farklı olarak, tülbent esaslı kumaşların yaklaşık üçte ikisi uzun süreli kullanım uygulamalarında kullanılmaktadır**.** [24]

f) *Diğer Tülbent Esaslı Kumaş Endüstrileri*

Orta Doğu bölgesinde tülbent esaslı kumaş üretimi birkaç bin ton düzeyinde idi. 2004 yılında 200000 ton rakamına yaklaştı. Orta doğu bölgesinde başlıca tülbent esaslı kumaş üretimi yapan ülkeler İsrail, Suudi Arabistan ve Türkiye'dir. Son zamanlarda Mısır, İran ve Kuveyt'te de tülbent esaslı kumaş üretimine yönelik yatırımlar yapılmıştır. [14]

İsrail ülkesinin nüfusu 7 milyon ‘dan daha az olduğundan, bu ülkede üretilen tülbent esaslı kumaşlar çoğunlukla ihraç edilmektedir. İsrail’deki en büyük tülbent esaslı kumaş üreticisi Avgol’dur. Bu firma ürettiği malların çoğunu top halinde Avrupa ve Kuzey Amerika’ya ihraç etmektedir. İsrail’deki birkaç firma su jetli kumaş üretimi yapmaktadır. Bu su jetli kumaşların çoğu temizlik bezi, tıbbi tekstil ve bununla ilgili ürün şekline dönüştürülerek, Güney Amerika, Avrupa ve Kuzey Amerika’ya ihraç edilmektedir. [14]

Suudi Arabistan tülbent esaslı kumaş endüstrisi hala gelişmemiş durumdadır. Bu ülkenin 2004 yılındaki kumaş üretiminin yaklaşık 20000 ton olduğu tahmin edilmektedir. Bu tülbent esaslı kumaşların çoğunu üreten iki büyük firma vardır. Birincisi Saudi Arabian Advanced Fabrics ve ikincisi Saudi German Company’dir. Bu her iki firma da modern makine ve cihazlarla filament tülbent esaslı kumaş ve eriyikten püskürtme kumaş üretimi yapmaktadır. Bu firmalar bölgede büyüyen emici hijyenik endüstrisine kaplama üst kumaşı tedarik etmektedir. [14]

Türkiye’deki tülbent esaslı kumaş endüstrisinin 2004 yılında 65000 ton olduğu tahmin edilmektedir. 1999 ile 2004 yılları arasında üretim iki katına çıkmıştır. Türkiye’deki tekstil endüstrisi tarihinin çok eski yıllara dayanması ve tekstil endüstrisinin ülke için önemli bir endüstri dalı olması sebebiyle, bu büyüme sürpriz sayılmamalıdır. 2004 yılı itibariyle ülkede filament esaslı kumaş üretimi yapabilecek birçok firma vardır. Mogul Textiles firması bir adet polyester lifinden ve iki tane de polipropilen lifinden filament tülbent esaslı kumaş üretimi yapabilecek üretim hattına sahiptir. Buna ilaveten Türkiye’de iğnelenmiş, su jeti ve ısı ile bağlanmış kumaş üretimi yapan birçok firma vardır. [14]

CIRFS Brussels/Belçika tarafından yayınlanan istatistiklerde ise, 2005 yılında Türkiye’de tülbent esaslı kumaş üretimi 100000 ton olarak gösterilmektedir.

Türkiye’de tülbent esaslı kumaş üretimi yapan birçok firma bulunmaktadır. Bu firmaların içerisinde en köklü firma Hassan Group’tur. Hassan Group bünyesinde sırasıyla Şiteks, Hassan, Telasis, Teksis, Haspaş, Catsis, Mors, firmaları bulunmaktadır. Hassan Group kesikli liflerden tülbent esaslı kumaş (nonwoven) üretiminde Türkiye’deki en büyük kumaş üretici firmadır. Hassan Group hem uzun süre kullanıma yönelik hem de tek kullanımlık alana yönelik kumaş üretimi gerçekleştirmektedir. Filament tülbent esaslı kumaş ve eriyikten püskürtme teknolojisiyle kumaş üretiminde Türkiye’de Mogul firması bulunmaktadır. Mogul aynı zamanda SMS (filament tülbent esaslı kumaş/eriyikten püskürtme kumaşı/ filament tülbent esaslı kumaş) ve SMMS kompozit kumaş üretimi de gerçekleştirmektedir. Salteks, Baybond, Vizoteks, PGI-Vateks, Çiçek Tekstil ise, Türkiye’de tülbent esaslı kumaş üretimi gerçekleştiren diğer firmalardır. Salteks Çorlu’da sahip olduğu su jet

teknolojisiyle temizlik ve suni deri pazarına yönelik kumaş üretimi gerçekleştirmektedir. Son 5 yılda Kahramanmaraş ve Gaziantep'te filament serme teknolojileriyle kumaş üretimi yapan firmalar açılmıştır.

BÖLÜM III
TÜLBENT ESASLI KUMAŞ ÜRETİMİ

Tülbent esaslı kumaşlar doğrudan filament veya kesikli liflerden 3 aşamada üretilmektedir. Bu aşamalar;

1. Doku oluşturma aşaması
2. Doku bağlama aşaması ve
3. Bitim işlemleri aşamasıdır.

Tülbent esaslı kumaş üretmeden önce kullanım alanında, kumaştan beklenen özellikler tam olarak tespit edilir. Bu beklenen özelliklere göre öncelikle lifler, sonrasında doku oluşturma ve doku bağlama aşamasındaki makineler seçilir. Son aşamada ise, kumaş üzerine istenen bitim işlemi uygulanarak mamul tülbent esaslı kumaş üretimi tamamlanır. Örneğin otomotiv sektörüne halı üretiminde üründen beklenen özellikler şunlardır;

- aşınmaya karşı dirençli olması,
- mukavemetli
- hacimli olması,
- gözenekli yapıda ve
- güç tutuşur olmasıdır.

Bu istenen özelliklere göre, aşınmaya dirençli olması için polipropilen lifi tercih edilir. Hacimli bir yapı için kesikli lifler kullanılması gereklidir. Mukavemetli ve gözenekli bir kumaş için doku oluşturma makinesi olarak tarak makinesi ve doku bağlama makinesi olarak iğneleme makinesi seçilerek üretim hattı tamamlanır. Son aşamada püskürtme yöntemi ile kumaş üzerine güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanır ve kumaş üretimi tamamlanır.

Son kullanım alanında istenen özellikler, kullanacak lif cinsine, üretim teknolojisine ve kullanacak bağlama tekniğine karar vermektedir. Örneğin tıbbi alandaki filtrasyon uygulamaları için en önemli ihtiyaç yaklaşık bir mikron ölçüsündeki bakterilerin ortadan kaldırılması çalışmasıdır. Bu amaçla tülbent esaslı kumaş üretmek için mikrolif kullanılmalı ve bağlama tekniği olarak da filament serme teknolojilerinden biri olan eriyikten püskürtme (Melt-Blown) tekniği tercih edilmelidir.

Bir başka örnekte tülbent esaslı kumaştan yüksek sıvı alma özelliği istendiğinde yüksek hidrofil özellikte lifler kullanılmalı ve doku bağlama tekniği olarak da, tarak makinesi yada hava ile serme tekniği seçilmelidir. Bu işlemler sayesinde yüksek hacimli yapı üretilebilmesi mümkündür.

Günümüzde teknik tekstil alanında dokuma ve örme kumaşların yerini tülbent esaslı kumaşlar almaktadır. Bunun sebepleri, tülbent esaslı kumaşlar doğrudan liflerden meydana geldiğinden üretim hattının çok daha kısa ve üretimin hızlı olmasıdır. Liflerden çok daha fazla yararlanılmaktadır. Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde lif, doku oluşturma ve doku bağlama makinelerinin doğru seçimi ile yumuşak, sert, ince, kalın, hacimli, hacimsiz, ağır, hafif, esnek, bükülebilir, vb. birçok özellikte kumaşların üretimi mümkündür.

Tablo III.1 Tekstil Endüstrisindeki Üretim Teknolojileri Arasındaki İlişkiler [25], [26]

Teknoloji	**Makine**	**İlgili Üretim Oranı**
Dokuma	Mekikli Dokuma Makinesi (*)	1
	Mekiksiz Dokuma Makinesi	2
Örme ve Çorap	Yuvarlak Örme Makinesi (geniş)	4
	Çözgülü Örme Makinesi	16
Nonwoven		
Kuru İşlem	Dikerek Bağlama Makinesi	38
	Tarak Makinesi (İnce Lif)	120
	Tarak Makinesi (Kalın Lif)	400
	Islak Serme	2300
	Sonsuz Elyaflı İşlem	200-2000
	Tafting Makinesi	500
	İğneleme	30-500
	Kalender Silindirleri	2000
	Havalı Serme Makinesi	600
	Sıcak Hava ile Bağlama	5000
	Su Jeti ile Bağlama Makinesi	200 – 2000
Islak İşlem Tekniği	Kağıt Üretim Makinesi (Yüksek Güçlü Tipi)	40000 – 100000

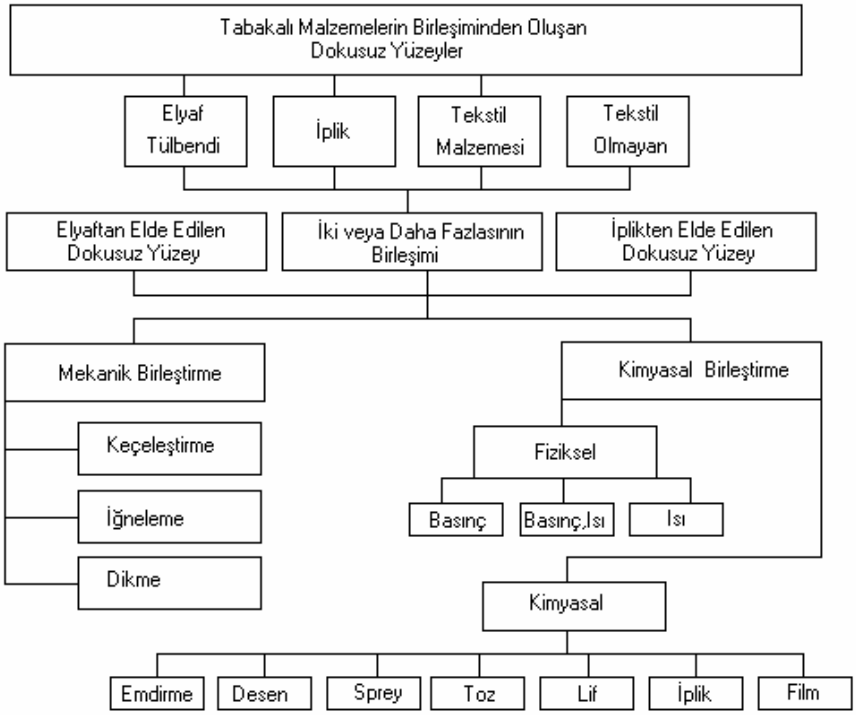
(*) Yukarıdaki tablo için ortalama çıkış $5m^2/h$ olarak alınmıştır.

Liflerin birbirine bağlanmasıyla oluşturulan tülbent esaslı kumaşların ilk başarısı 1950-1960 yıllarında meydana geldi. Tülbent esaslı kumaşlar, bu başarı ile o yıllarda son kullanım ürünü olarak çocuk bezlerinde, temizleme bezlerinde, sıhhi yerlerde, tıbbi uygulamalarda kullanılmaya başlandı. Ürün tiplerinden dolayı ilk çıkan tülbent esaslı kumaşlara tek kullanımlık kavramı yerleştirildi. Bu alanda olan gelişmeler giyim alanına giremedi. Dolayısıyla tülbent esaslı kumaşların erken

yayılması özelliklerinin azlığı ya da istenen seviyede olmaması sebebiyle kısıtlandı. O yıllardaki ürünlerin işe yararlılığı, geçerliliği, teknoloji eksikliği bağlama tekniklerinin gelişmesini geciktirdi. [25]

Dünyanın her tarafında, hacimli tülbent esaslı kumaş istendiğinde, kesikli lifler kullanılır. Eğer mukavemetli ve ince kumaşlar istendiğinde filament lifler tercih edilmektedir. İkinci geniş kategoride, filament serme teknolojileri olan filament tülbent esaslı işlem (spunbond) ve eriyikten püskürtme (melt-blown) tekniklerdir.

Tablo III.2 Dokusuz Tekstil Yüzey Üretim Teknikleri [27]



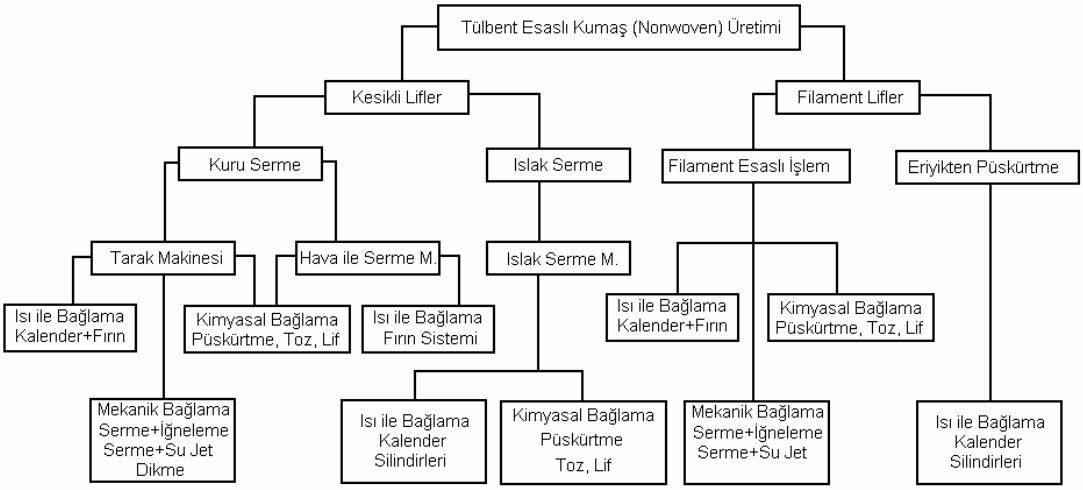
Teknik tekstiller kullanım alanına yönelik kumaş üreten, dokuma ve örmenin dışında birçok farklı üretim teknolojisi bulunmaktadır. Bu teknolojiler çeşitli kaynaklarda dokusuz tekstil yüzeyleri olarak isimlendirilmektedir. Dokusuz tekstil yüzeyleri başlığı altında yer kaplamaları alanında kullanılan tafting kumaşları, ipliklerden meydana gelen mali teknikleri (malimo, maliwatt, malivlies vb.), yapıştırma ve kaplama yüzeyler ve bunun dışında tülbent esaslı kumaşlar (nonwoven) bulunmaktadır. Yukarıdaki tablo'da elyaftan elde edilen dokusuz yüzeyler ile tülbent esaslı yüzeyler; iplikten elde edilen dokusuz yüzeyler ile, mali teknikleri anlaşılmaktadır. Buna ilaveten tablo'nun orta kısmında çeşitli ürünlerin bir araya getirilmesiyle kompozit kumaşların üretimi de mümkündür.

Tülbent esaslı kumaşlar (nonwoven), doğrudan kesikli ve filamentler liflerden çeşitli üretim teknolojileriyle, önce tülbent üretimine sonradan tülbendin bağlanması ve sağlamlaştırılması esasına dayanan bir üretim yöntemidir. Bu üretim yöntemi ile,

giyim alanı dışında teknik tekstil endüstrisinin her alanına yönelik kumaş üretimi gerçekleştirilmektedir. Günümüzde tülbent esaslı kumaşların giyim alanında kullanılmasına yönelik araştırma geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Her türlü lifin ve hammaddenin kullanımına sınır getirmemesi, maliyetinin düşük olması, daha az eleman ve makineyle üretim yapabilmesi ve tek kullanımlık alana da yönelik üretim yapması bu endüstrinin en önemli avantajıdır. Günümüzde dünyadaki tülbent esaslı kumaş endüstrisi incelendiğinde, sentetik liflerin kullanımının artmasının yanında çevre korumaya yönelik faaliyetlerden dolayı doğal liflerin de tüketimi artmıştır. Doku oluşturma makineleri içerisinde filament serme teknolojileri, doku bağlama makineleri içerisinde su jet teknolojisi çok fazla tercih edilmektedir.

Araştırma geliştirme çalışmaları yeni lifler ve kompozit yapılar geliştirmek ve üretmek üzerinde yoğunlaşmıştır. Yeni geliştirilen lifler özellikleri çok iyi olmasına rağmen maliyetinin yüksek olması sebebiyle kumaş üreticileri tarafından hemen kabul görmemektedir. Buna örnek olarak “lyocell” liflerini verebiliriz. Kompozit yapılar geliştirmek için dünyada birçok doku oluşturma ve doku bağlama makine üreticisi firma, ortak projeler geliştirmekte ve birlikte sinerji oluşturarak yeni üretim hatları tasarlamaktadır.

Tablo III.3– Tülbent Esaslı Kumaş (Nonwoven) Üretimi



Yukarıdaki tablo’da tülbent esaslı kumaş üretim makineleri ve üretim hatları gösterilmektedir. Temelde tülbent esaslı kumaşlar kesikli ve filament liflerden üretilenler olarak ikiye ayrılmaktadır. Çeşitli doku oluşturma ve doku bağlama makineleriyle üretim hattı tamamlanmaktadır. Kesikli lifler, kuru serme ve ıslak serme teknolojileriyle tülbent haline getirilmektedir. Filament lifler ise filament esaslı işlem (spunbonded) ve eriyikten püskürtme (melt-blown) teknolojileriyle tülbent haline getirilmektedir. Özellikle kuru serme teknolojileriyle üretilen tülbent dokulara her türlü doku bağlama yöntemi uygulanabilmektedir.

III.1. TÜLBENT DOKU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ ve MAKİNELERİ

Tülbent esaslı kumaş üretiminde birinci aşama kesikli veya filamet liflerin tülbent haline getirilmesidir. Bu aşamada kullanılan makinelere tülbent doku oluşturma makineleri adı verilmektedir.

Liflerin tülbent doku haline gelebilmesi için ilk olarak lifin boyu, inceliği, kıvrımı, kimyasal yapısı ve diğer özellikleri göz önüne alınarak harman yapılmalıdır. Burada unutulmaması gereken en önemli nokta son üründe istenen özelliklerdir.

Tülbent esaslı kumaş üretiminde temelde 3 tane doku oluşturma teknolojisi mevcuttur. Bunlar;

a) ***Kuru Serme Teknolojileri***
   - Tarak Makinesi
   - Hava ile Serme Makinesi

b) ***Islak Serme Teknolojisi***
   - Islak Serme (Kağıt üretiminde kullanılan yönteme benzer)

c) ***Filament Serme Teknolojileri***
   - Polimer esaslı maddelerin eriyik haline getirildikten sonra düzelerden püskürtülmesi esasına dayanan doku oluşturma teknikleridir. Filament serme teknolojileri başlığı altında, filament tülbent esaslı işlem (spunbond) ve eriyikten püskürtme (melt-blown) tülbent doku üretim yöntemi yer almaktadır.

Tablo III.4'te; tülbent esaslı kumaş üretim hatlarında kullanılan lifler, doku oluşturma ve doku bağlama teknikleri görülmektedir.

Tablo III.4 Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Hatlarında Kullanılan Lifler ve Teknolojiler [25]

Üretim Teknolojileri	**Lifler**	**Doku Oluşturma**	**Doku Bağlama**
Tarak Makinesi	Tüm lifler	Tarak Makinesi	Kimyasal Bağlama
Isı İle Bağlama (Thermal Bonding)	Rayon, Polyester Polipropilen, sentetik esaslı lifler	Kuru Serme Islak Serme Filament Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi Eriyikten Püskürtme	Düşük Erime Sıcaklığına Sahip Lifler, Tozlar, İki Bileşenli Lifler
Su Jeti İle Bağlama	Rayon ve Selüloz, Viskon Pamuk Polyester	Tarak Makinesi Islak Serme Kuru Serme	Yok. Çok Az Oranda Kimyasal Madde İle Kaplama, Püskürtme
İğneleme (Needle-Punched)	Tüm Elyaflar	Tüm Elyaflar	Kimyasal Bağlama Isı İle Bağlama
Filament Tülbent Esaslı Kumaş Üretimi (Spun-Bonding)	Polipropilen Polyester Poliamid	Filament Tülbent Esaslı Doku Üretim Tekniği	Sıcak Silindirlerle Bağlama
Eriyikten Püskürtme (Melt-Blown)	Polipropilen Polietilen, polyester	Eriyikten Püskürtme Tekniği	Sıcak Hava İle Bağlama
Islak Serme (Wet-Formed)	Selüloz Kısa Rayon Kısa Polyester	Islak Serme Tekniği	Kimyasal Bağlama
Hava ile Serme (Air-Laid)	Selüloz, Cam Lifi Sentetik Lifler Köpük, Doğal Lifler	Hava İle Serme	Kimyasal Bağlama (Püskürtme Tekniği)

Tablo III.5 Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Teknikleri

Islak Serme Teknolojisi
Kuru Serme Teknolojisi (Hava ile Serme-Tarak Makinesi)
Filament Serme Teknolojisi

Tablo III.6 Islak Serme Teknolojisi

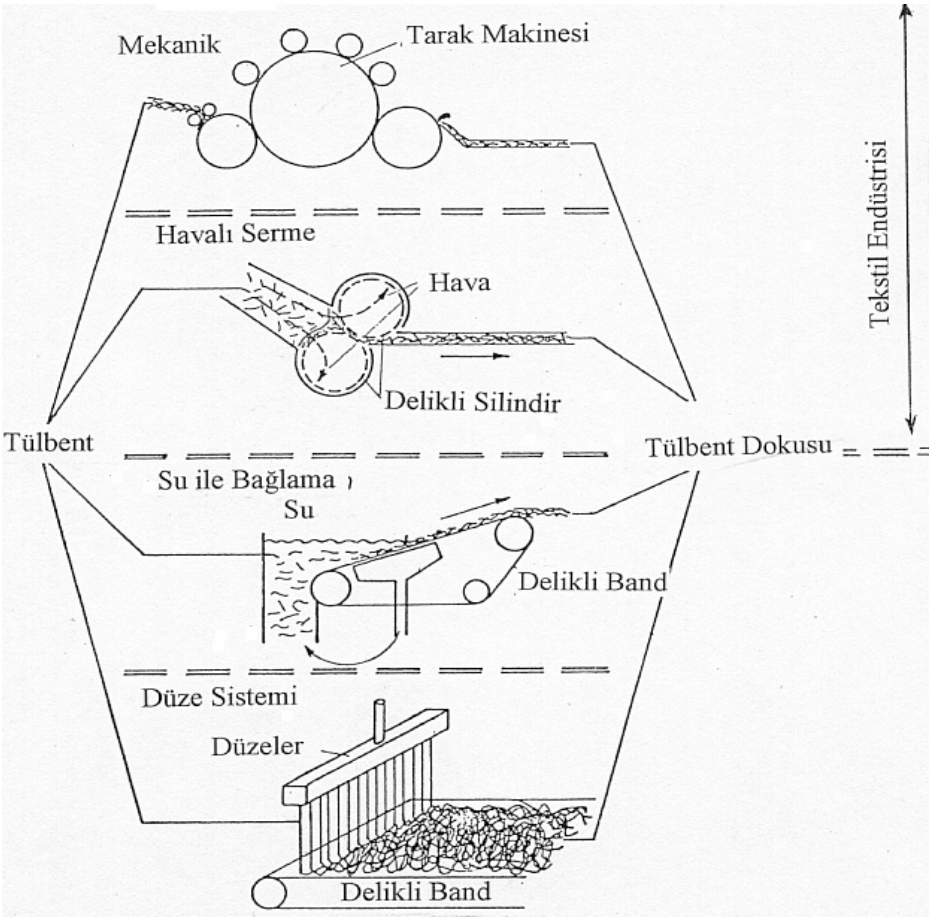
Üretim Teknolojisi	Su ile Bağlama
Maksimum Lif Uzunluğu	6-12 mm
Serme Tipi	Karışık
Bitim İşlemi	Kimyasal, Isı

Tablo III.7 Kuru Serme Teknolojileri

Üretim Teknolojisi	**Hava ile Serme**	**Tarak Makinesi**
Maksimum Lif Uzunluğu	80 mm	150 mm
Serme Tipi	Karışık	Paralel, Karışık
Bitim İşlemi	Mekanik, Isı, Kimyasal	Mekanik, Isı, Kimyasal

Tablo III.8 Filament Serme Teknolojileri

Üretim Teknolojisi	**Düze Sistemi**
Maksimum Lif Uzunluğu	Sonsuz Elyaf
Serme Tipi	Karışık
Bitim İşlemi	Mekanik, Isı, Kimyasal



Şekil III.1 Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Teknikleri [28]

III.I.I. Kuru Serme Teknolojileri

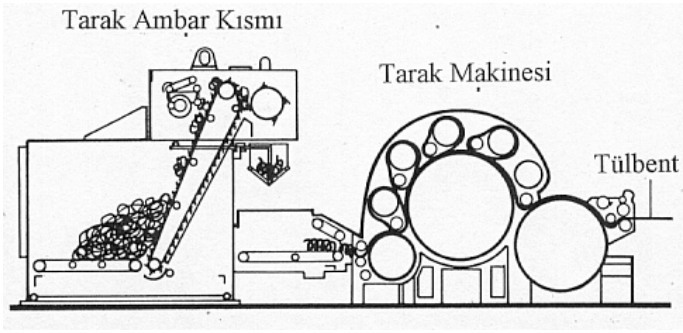
Kuru serme teknolojileri başlığı altında başlıca iki makine vardır. Bunlar;

a) Tarak Makinesi (Card) ve Serme makinesi (Cross-lapper)
b) Hava ile Serme Makinesi (Air-Laid)

III.I.I.I. Tarak Makinesi

Tarak makinesi doku oluşturmada çok kullanılan bir teknolojidir. Tarak makinesinin görevi, elyafı mümkün olduğunca açmak, paralelliği sağlamak ve nispeten ince bir tülbent oluşturmaktadır.

Tülbent kelimesi doğal yapışkanlıklarıyla bir arada tutulan az çok yönlenmiş ince saydam elyaf tabakası olarak tarif edilmektedir.



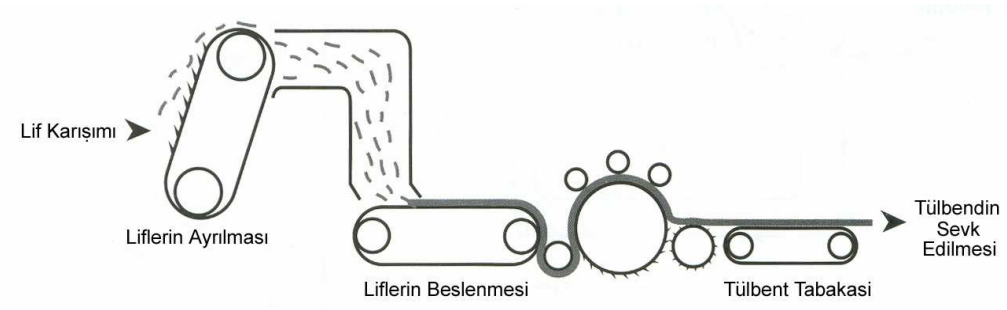
Şekil III.2 Tarak Makinesi

Garnet prosesi dahil taraklama işlemi lifleri tülbent doku haline dönüştürmek için kullanılan ve çok tercih edilen yöntemdir. Tarak makinesinde tülbent üretimi yün sistemindeki gibi yapılır. Yün tipi tarak makinesi kullanılır. Yün tarak makinesinin pamuk tarağından farkı;

- Paralel yada karışık tarzda tercihli lif yönlendirmesi yapılabilmesidir.
- Makinenin eni daha geniştir.
- Makinenin hızı daha yüksektir.
- Bunların sonucunda yün tipi tarak makinesinin pamuk tipine oranla üretimi daha yüksektir ve daha verimlidir.

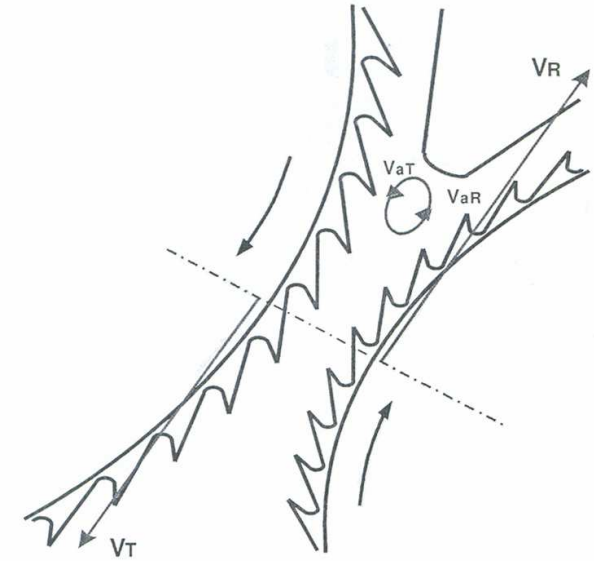
Yün tipi tarak makinesinde şapka tertibatı yerine tambur silindirinin üzerinde çalışıcı alıcı silindir çiftleri vardır. Ayrıca tarak makinesinde iki tambur kullanmak, yüksek ürün kalitesi ile birlikte yüksek üretim hızlarında çalışmayı mümkün kılar.

Tekstil sektöründe, geleneksel pamuk endüstrisinde kullanılan tarak makineleri doku oluşturmak için uygundur fakat bu taraklarda lif yönlenmesi, doku ağırlığı ve verimlilik bakımından sınırlamalar mevcuttur. Pamuk iplikçiliğinde kullanılan klasik şapkalı tarak makineleri, pamuk ve 50 mm uzunluk ve 0.25 tex inceliğindeki sentetik liflerden tülbent üretiminde kullanılabilir. Bu tarak makinelerinin üretim miktarı 15-30 kg/h arasındadır. Yeni pamuk tarak makineleri bile saatte maksimum 50-75 kg'lık üretim miktarı gerçekleştirebilirler. Bu da 7-10g/m^2'lik tülbent ağırlığı demektir. Yün işletmelerinde kullanılan tarak makineleri ise pamuk taraklarından en olarak daha geniştir. Bu sebeple 5-7 kat daha fazla üretim gerçekleştirilebilir. Bunun yanı sıra yün tarakları tercihli lif yönlenmesini gerçekleştirebilir. Tülbent esaslı yüzeyler için elyaf yönlenmesi iplik üretiminde olduğundan daha farklı değerlendirilir ve çok daha önemlidir. [25]



Şekil III.3 Tarak Makinesinde Tülbent Oluşumu [10]

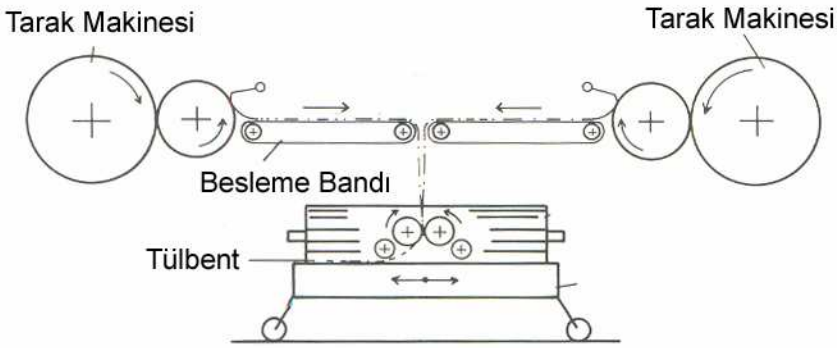
Yönlenme olmamış tülbentlerde ise lifler, tülbent dokusu içinde gelişigüzel (karışık) olarak dağılmış durumdadır. Tülbent esaslı kumaşların içerisinde lif yönlenmesinin karışık olması her yönde eşit bir şekilde dağılması istenir. Bu tip tülbent esaslı yüzeyler (nonwoven) "izotropik" olarak isimlendirilmektedir. İzotrop bir noktadaki özellikleri doğrultuya bağlı olmayan bir ortam için kullanılır. İzotrop cisimlerde yada ortamlarda herhangi bir nokta çevresindeki farklı doğrultular hiçbir şekilde ayırt edilemez. Bu tip tülbentlerde lifler, bütün yönlerde eşit olarak dağılmıştır ve bu sayede her doğrultuda eşit mukavemet ve istenen özellik sağlanır. Liflerin tülbent doku içinde karışık olarak bulunmasını sağlamak için yün taraklarına “random” silindirinin eklenmesi gerekir. “Random” kelime anlamı olarak gelişigüzel, tesadüfi, rastgele anlamına gelmektedir. Random silindirinin çapı, yönü, tarak makinesi tiplerine göre değişiklik gösterir. Bu silindir, elyafın birbirine paralelliğini bozarak karışık bir şekilde her yöne dağılmasını sağlar. [26]



Şekil III.4 - Random Silindir Teknolojisi [29]

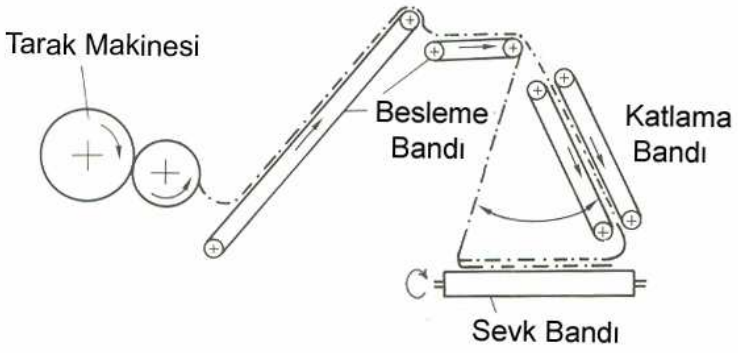
III.I.I.2 Serme Makinesi

Serme makinesinin başlıca görevi, doku oluşturma makinesinden gelen tülbent tabakalarını istenen ende ve birim metre kare ağırlığında üst üste katlamaktır. Tülbent tabakaları başlıca olarak enine ve boyuna yönde katlanabilmektedir. Boyuna yönde katlanması için tarak makineleri arka arkaya yerleştirilmektedir. Bu çok fazla kullanılan bir yöntem değildir. Bu sistemde üretim hattı çok fazla uzamaktadır. Günümüzde tülbent tabakaları daha çok enine yönde katlanmaktadır. Enine yönde katlama yapan ve en bilinen sistemler “Blamiere” ve “Camel-Back”’tir. [1]



Şekil III.5 – Blamire Tülbent Katlama Sistemi [26]

Blamire sisteminde iki ayrı tarak makinesinden gelen tülbent tabakaları birleştirilerek silindir çifti tarafından sevk bandı üzerine serilir. Bu sistem için çok fazla yere gereksinim vardır.



Şekil III.6 – Camel-Back Katlama Sistemi [26]

Bu sistemde tarak makinesinden gelen tülbent tabakası dikey konumdaki besleme bandı üzerinden ileri doğru sevk edilir. Sonrasında dikey konumda bulunan katlama bantlarının arasından geçerek sevk bandı üzerinde enine yönde serilerek toplanır.

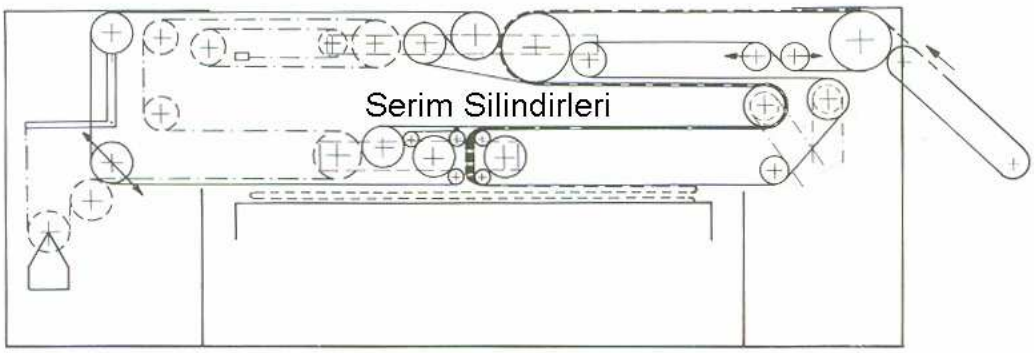
Serme makinesi, en çok iğneleme teknolojisiyle kumaş üretimi gerçekleştiren üretim hatlarında yer alır. Serme makinesi tarak makinesinin çıkışına konmaktadır. Temel olarak görevi, tek veya iki tabaka halinde tarak makinesinden çıkan tülbent tabakalarını istenen ende üst üste katlamak ve iğneleme makinesine sevk etmektir.

Çapraz serme makinesinde bulunan ve içinden tülbent dokusu geçen silindir çifti istenen doku genişliğine göre sağa ve sola hareket ederek tülbent dokusunu hareketli bandın üzerine serer. Tülbent dokusu bu serilme esnasında makine yönünde çekilmeye devam eder ve tülbent dokusu enine yönde çapraz olarak serilmiş olur. Böylece hem makine yönünde hem de çapraz yönde lif yönlenmesi sağlanır.

Tülbent dokusunun tarak makinesi çıkışında serme makinesi tarafından üstü üste katlanması sonucunda kat sayısına göre tülbent dokusu belirli bir kalınlığa, genişliğe ve birim metre kare ağırlığına (10-400 g/m^2) sahip olur. Serici bir çok banda sahip olan bir makinedir. “Cross-Lapper” olarak da isimlendirilen serme makinesinin 5 temel görevi vardır. Bunlar;

- Metre kare başına istenen doku ağırlığını gerçekleştirmektedir.
- Tülbent dokunun her noktasında eşit gramajı sağlamaktadır.
- Tülbent dokunun gerilimini ve çekimini kontrol altında tutmaktadır.
- İstenen eni sağlamaktadır.
- Lifleri eninde yönde yönlendirmektedir.

İlk olarak üretilen çapraz serme makinesinde birçok dezavantaj oluşturan eksiklikler vardı. Kontrol edilemeyen tülbent doku uzaması problemi, doku çapraz serme makinesine girdiğinde, dokuya çektirme yada çekim hareketi uygulanmayarak çözülmüştür. Tülbent dokusu iki taşıyıcı bant arasında sandviç şeklinde taşınmaktadır. [26]



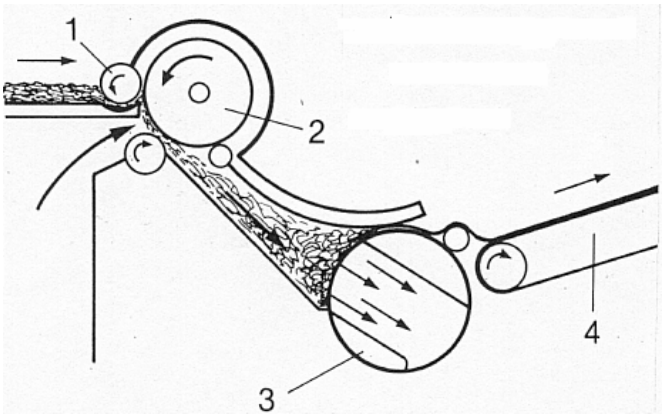
Şekil III.7 TYP 350 Asselin Çapraz Serme Makinesi [26]

Bu bantların üzeri tülbent dokunun yapışmasını önlemek için karbon ile kaplanmıştır. Doku pozitif olarak çıkış bandı üzerine serilir. Travers hareketini bir

çift silindir yapmaktadır. Üretilebilecek minimum doku ağırlığı 20 g/m^2'dir. Çapraz serme makinesinin performansının ölçülmesinde, son çıkan tülbent dokunun her bölgesindeki gramaj miktarı esas alınmaktadır. Asselin firmasına ait makinelerle yapılan ölçümlerde tülbendin farklı noktalarında ±%2'lik gramaj farklılığı tespit edilmiştir. [30]

III.I.I.3. Hava ile Serme Teknolojisi (Aerodinamik Doku Oluşturma)

Hava ile serme bir doku oluşturma teknolojisidir. Bu teknolojide, lifler kontrollü bir hava akımı ile taşınarak, delikli bir bant yada silindir üzerinde toplanmakta ve sonuçta tek tabaka halinde tülbent doku oluşturulmaktadır. Delikli bant yada silindir altından vakum ile oluşturulan hava akımı ile emiş sağlanarak liflerin silindir veya bant üzerinde birbirine tutunması ve tülbent doku oluşturulması sağlanır. Elde edilecek dokunun ağırlığı ve kalınlığı elekli tamburun yada bandın hızı ayarlanmak suretiyle değiştirilebilir. Hava ile serme teknolojisine sahip üretim hattında, tarak makinesi ile başlayan üretim hattına göre daha kısa elyaflar kullanılır. Maksimum elyaf uzunluğu 75-80 mm arasındadır. [31]



Şekil III.8 - Hava ile Serme Teknolojisi (Aerodinamik Doku Oluşturma Tekniği)

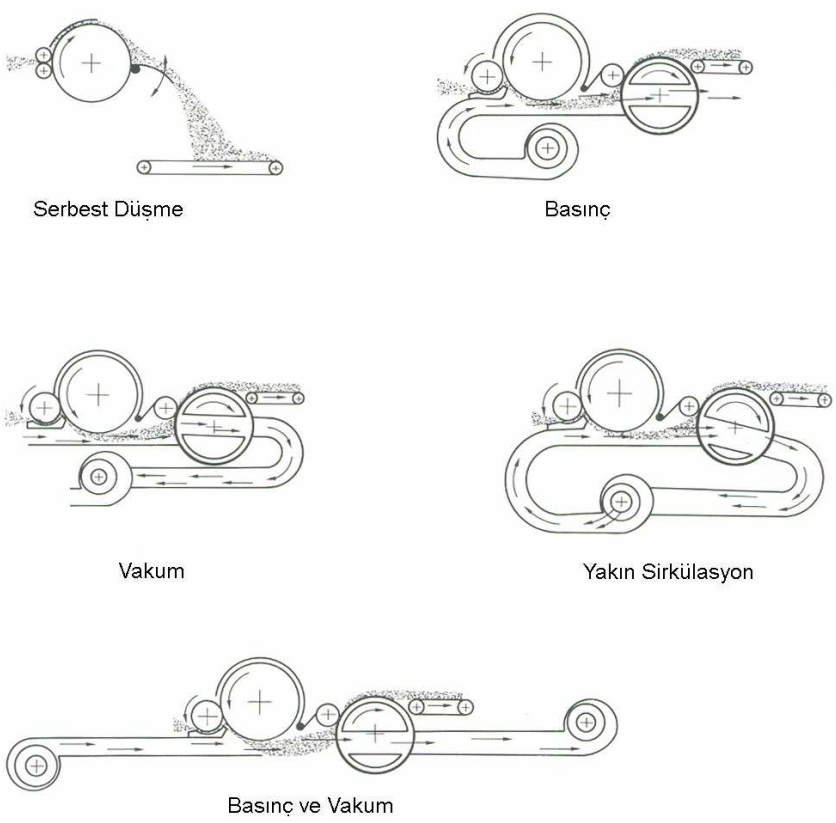
1. Liflerin Yoğunlaştırılması
2. Ana Açıcı Silindir
3. İçten Hava Emiş Sistemli Delikli Silindir
4. Çıkış Bandı

Hava ile serme makineleri 1940'lı yıllardan itibaren çeşitli şekillerde tasarlanıp üretilmektedir. Hava ile serme prensibiyle, tülbent doku üretimi yapan ilk prototip makine, Rando Machine Corporation tarafından 1946 yılında geliştirilmiştir. Bu firma hava ile serme tekniğine ilişkin problemleri çözen ilk firma olarak bilinmektedir. Bu makinede üretilen tülbent doku içerisinde lifler karışık bir şekilde her yönde eşit şekilde bulunmaktaydı. Polyester, cam, çelik, karbon, pamuk ve diğer sentetik ve doğal lifler bu makinede tülbent haline getirilebilmekteydi. Bu makine hala Washington DC' deki The Smithsonian Institution'de korunmaktadır. [2]

1960'lı yılların sonunda Japonya'dan Honshu ve Amerika Birleşik Devletlerinden Kimberly-Clark hava ile serme teknolojisiyle üretilmiş endüstriyel ürünleri piyasaya sunmuştur. Bunu takip eden 10 yılda Danimarka'dan Karl Kroyer tarafından geliştirilen öncü teknoloji sayesinde kağıt ve tekstil arasında yer alabilecek bir ürünün geliştirilmesine başlandı. Bu zamanlarda hava ile serilmiş tülbent esaslı kumaşlar, temizlik bezi ve bununla ilgili alanlarda kullanılmaktaydı. Bu teknolojiyi kullanan American Can Company ürettiği ürünleri o zamanda ev temizlik bezi olarak piyasaya sundu. Hacimli olmaları sebebiyle daha fazla sıvı alabilme kapasitesine sahip hava ile serme tekniğiyle üretilmiş tülbent dokuların üzerine ilaveten kimyasal madde uygulanarak mukavemetli bir yapı oluşturuldu. Bu materyal sahip olduğu özellikle kağıt türü kumaşlarla rekabet edilebildi. [32]

Yüksek üretim hızı, daha az döküntü oranı, makinenin az yer kaplaması, izotrop doku elde edilebilmesi, tek işlemde m^2 ağırlığı fazla doku üretme özelliği hava ile serme teknolojisinin avantajları, yüksek enerji tüketimi, kısa lif kullanma zorunluluğu, lif açma derecesinin az olması, 50 mm'den daha uzun lif kullanıldığında enine yönlenmiş lif sayısında artış olması ve doku eninin artması ile m^2 ağırlık düzgünsüzlüklerinin de artması, hava ile serme teknolojisinin dezavantajıdır. [1]

Havalı ile serme teknolojisi ile tülbent esaslı doku üretim tekniğinde açıcı, karıştırıcı, besleyici, doku oluşturucu gibi donanımlar mevcuttur. Bu tip üretim yapan makinelerin çoğunda tülbent dokunun ağırlığını, doku kalınlığını, doku düzgünlüğünü ve homojenliğini düzenleyen kontrol eden cihazlar mevcuttur.



Şekil III.9 - Hava ile Serme Teknolojisinde Çeşitli Doku Oluşturma Teknikleri [26]

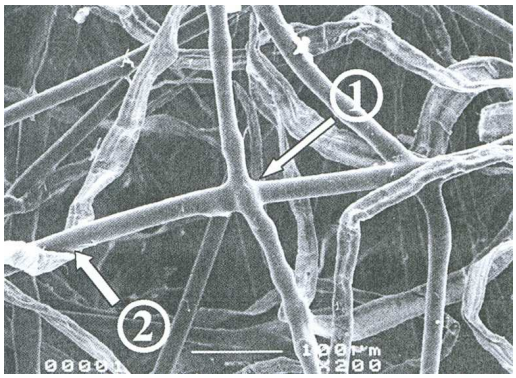
Bütün hava ile serme teknolojisi ile çalışan makinelerin çalışma prensibi yukarıdaki şekilde gösterilmiştir. Kesikli haldeki lifler büyük bir tambura beslenir. Emme yada üfleme olabilecek bir hava akımı ve santrifüj gücünün bir sonucu olarak, lifler silindir yüzeyinden serbest bırakılır ve delikli bir yüzey üzerinde toplanır. Bu delikli yüzey bir bant yada delikli silindir olabilir.

Hava ile serme teknolojisiyle çalışan üretim hatlarında polyester, poliamid, polipropilen, cam lifleri, aramid lifleri, iki bileşenli lifler, düşük erime noktasına sahip lifler, yün, pamuk lifleri, köpük ve çeşitli tüyler, rejenere selüloz lifleri ve kağıt, ağaç lifleri, keten, kenevir, jüt, sisal, kenaf lifleri kullanılabilir. Pamuk/polyester, sentetik ağırlıklı ve selüloz ağırlıklı geri kazanılmış liflere ilaveten çırçırlama işleminden kalan atık pamuk lifleri de bu teknolojide kullanılabilir. [31]

Örneğin 16 parçalı ayrılabilir iki bileşenli lifler Rando ve Fehrer gibi uzun kesikli lif çalışan hava ile serme üretim hatlarında ve Dan-Web gibi kısa lif çalışan üretim hatlarında taşıyıcı lif ile birlikte istenen oranda karıştırılarak tülbent haline getirilebilir. Sonrasında çeşitli mekanik veya kimyasal etkilerle lifler mikrolif haline dönüştürülür. [33]

Selüloz lifleri kullanılarak üretilen hava ile serilmiş dokular masa üstü, emici yüzeylerde, temizlik bezi olarak ve filtrasayonda kullanılmaktadır. [34]

Hava ile serilmiş tülbent dokuların bağlanmasında iki bileşenli lifler bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. İki bileşenli liflerin dış bölgesinde bulunan polimer madde düşük, iç bölgesinde bulunan polimer madde yüksek erime sıcaklığına sahiptir. Isı ile bağlama aşamasında dış kısımda bulunan polimer madde eriyerek yapıyı bağlamaktadır. Aşağıdaki şekilde PE/PP tip iki bileşenli lifler ile bağlanmış hava ile serilmiş tülbent esaslı kumaş görülmektedir.



Şekil III.10 - PE/PP İki Bileşenli Liflerle Bağlanmış Hava ile Serilmiş Tülbent Esaslı Kumaş [35]

Hava ile serme teknolojisiyle çalışan üretim hatları arasında M&J Fibretech, Dan-Web, Laroche ve Rando sayılabilir. [36]

Avrupa kıtasında hava ile serme teknolojisiyle çalışan üretim hatlarında üretilen kumaşlar başlıca olarak hijyenik, temizlik, tıp ve filtrasyon alanlarında kullanılmaktadır. [37]

III.1.2. Islak Serme Teknolojisi (Wet-Laid)

Islak serme, kısa kesikli liflerden tülbent esaslı doku oluşturma teknolojisidir. Bu teknoloji kağıt üretim sistemine dayanmaktadır. Islak serme tekniğiyle tülbent doku üretimi, çeşitli değişiklikler yapılmış kağıt üretim hattında yapılmaktadır. [2]

Islak serme teknolojisinde temelde 3 aşamada tülbent doku oluşturulur. Bu aşamalar;

- Su ile lif karışımının hazırlanması ve homojenleştirilmesidir.
- Sürekli bir doku oluşturabilmek için karışımın delikli ve hareketli bandın üzerinde toplanmasıdır. Bunun için suyun süzülüp alınması gereklidir.
- Ayrıca liflerin suyun içinde süspansiyon halinde olması gerekmektedir.
- Son aşama dokunun kurutulması ve bağlanması aşamasıdır.

Islak serme teknolojisiyle tülbent dokunun üretildiği özel kağıt makinesinde, su ile lifler karıştırılmakta ve lifler su içerisinde asılı durumda bulunmaktadır. Daha sonra tülbent yapı oluşturabilmek için lifler ile su ayrılmakta, tülbent kurutulmakta ve

lifler birbirine bağlanmaktadır. Burada da kimyasal yada ısı ile bağlama teknikleri kullanılarak doku bağlanmaktadır.

Islak serme teknolojisiyle üretilen tülbent esaslı kumaşlar özel tasarım kağıt makinesinde üretildiğinden, kağıt üretimi, yüksek üretim hızlarında çalışma ve farklı liflerin harmanlama gibi avantajlara, buna ilaveten de uzun liflerin kullanılamaması, yumuşaklık, dökümlülük gibi eksikliklere sahiptir. Bu gibi eksikliklerin giderilmesi için ham madde olarak sentetik lifler kullanıldı ve oluşturulan tülbent doku kimyasal teknikle bağlandı. Bu stratejiler bir dereceye kadar başarılı oldu.

Islak işlem teknolojisinde 6-12 mm arasında lifler tercih edilir ve bu lifler doku içinde karışık bir şekilde yönlenmiş durumdadır. 30 mm'den daha uzun lifler suyun içinde birbirlerine dolanacağından tercih edilmez. Bu teknolojide, uzun lifler kullanıldığında pürüzlü yüzeye sahip tülbent dokular meydana gelir.

Teoride her doğal ve sentetik esaslı lif ıslak serme teknolojisiyle özel tasarım kağıt makinesinde tülbent doku haline getirilebilir. Hemen her ıslak serme teknolojisi ile tülbent doku üretiminde çeşitli türde kısa selüloz lifleri kullanılmaktadır. Bu liflerin üretim hattında kullanımı kolaydır, fiyatı düşüktür, saydam değildir. Selüloz lifleri kimyasal olarak reaksiyona girme kabiliyeti dolayısıyla tercih edilmektedir. Kısa selüloz lifleri dışındaki pamuk, sisal ve kenevir lifleri de sahip olduğu özellikler sebebiyle, bazı özel kumaşların üretiminde tercih edilmektedir. İklim şartları dolayısıyla doğal liflerin dünya çapındaki üretimi ve fiyatı çok sık değişmektedir. Sentetik liflerin tedarik edilmesi doğal liflere göre daha kolaydır. Ancak ıslak serme teknolojisiyle tülbent doku üretiminde kullanılacak sentetik lifler doğal liflere göre daha pahalıdır. Bunun nedeni ıslak serme pazarı küçük olduğundan tekstil endüstrine yönelik hazırlanan sentetik liflerin ıslak serme makinesinde kullanılacak boyutlarda kesilmesi hazırlanması gereklidir. Bu ilave maliyet oluşturur. Sentetik lifler ise daha uzundur, mukavemetlidir, daha homojen yapıdadır. Buna karşın selüloz lifleri ile karşılaştırıldığında su ile daha az uyumludur.

Islak serme üretiminde su ile lif karışım oranı çok önemlidir. Islak serme teknolojisiyle tülbent üretimi genellikle % 0.01 ile % 0.05 lif/su konsantrasyonunda hazırlanır. Örneğin çocuk bezi kaplama kumaşı olarak kullanılacak 34 g/m^2 birim ağırlıkta rayon ve selüloz lif karışımdan oluşan kumaş için örnek makine özellikleri ve gerekli su ve lif miktarı hesaplamaları aşağıda gösterilmiştir.

- Özel kağıt makinesinin üretim hızı 175 m/min
- Kağıt makinesinin çalışma eni 2.54 metre
- En uygun su ve lif karışım oranı % 0.025
- Gerekli su miktarı 3628800 lt/saat
- Gerekli tülbent esaslı lif miktarı 907 kg/saat [2]

Kağıt üretimi ile ıslak serme teknolojisiyle tülbent doku üretimi arasında şu farklılıklar bulunmaktadır.

Kağıt Üretimi

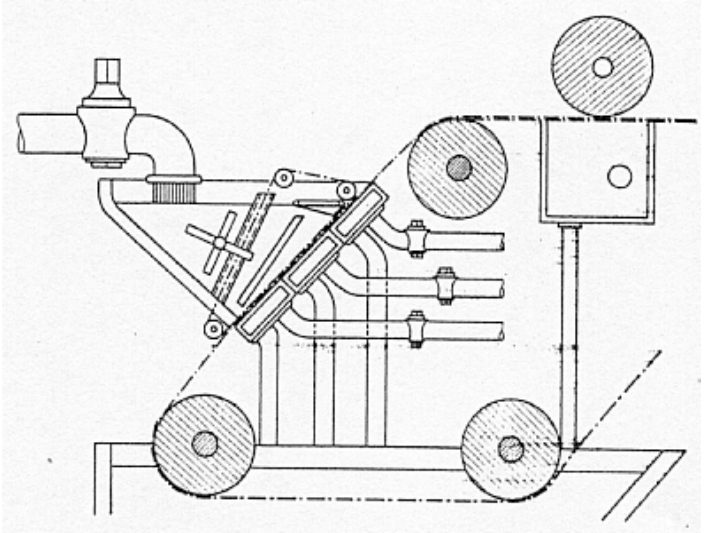
- Kısa elyaf kullanımı
- Süspansiyon tehlikesi yok
- Öğütülme olanağı var
- Sınırsız karıştırma olanağı
- Normal Süspansiyon
- Bağlayıcı madde ilavesine gerek yok

Islak Serme Teknolojisi

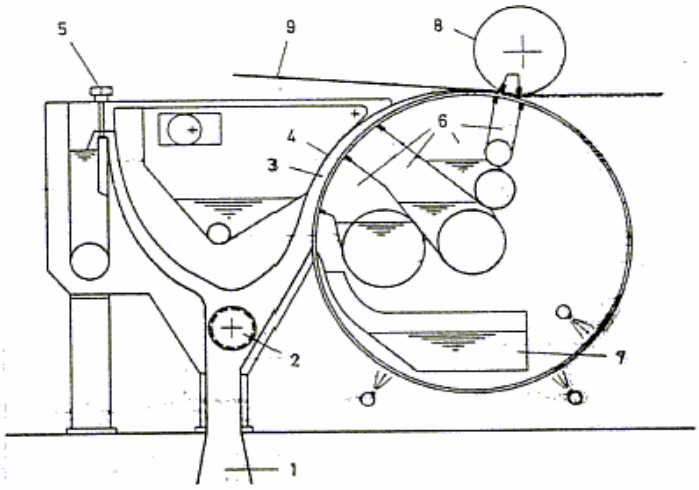
- Daha uzun elyaf
- Süspansiyon tehlikesi var
- Öğütülme olanaksız
- Sınırlı karıştırma olanağı
- İnce süspansiyon
- Bağlayıcı madde gereklidir. [1]

Bu teknik kullanılarak üretilen ürünler, tıbbi alanda, filtre kağıdı, çay poşetlerinde, suya dayanıklı tabakalarda, yanma geciktirici koruyucu örtü, filtre, sigara ağızlığı, tela olarak kullanılır.

Islak işlem teknolojisiyle tülbent doku üretimi çok büyük yatırım gerektirir. Tarak hattının maliyetinden 10 kat daha fazladır. Buna karşın hattın verimi çok yüksektir.



Şekil III.11 Islak Serme Teknolojisi [26]



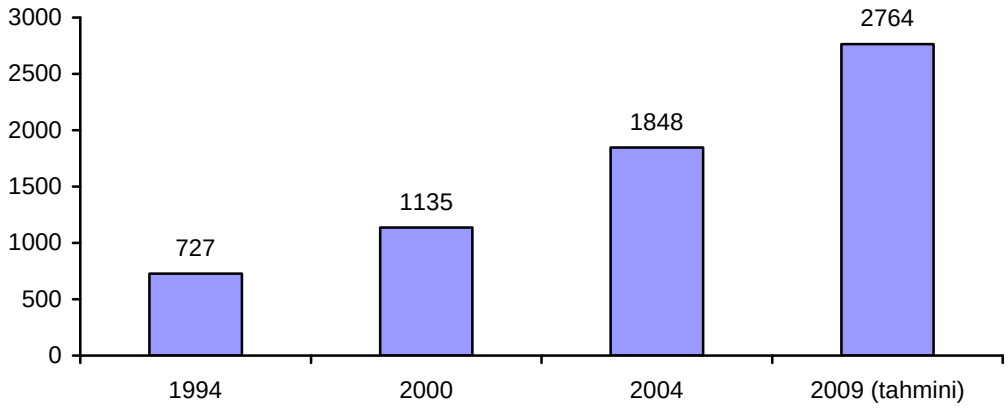
Şekil III.12 - Islak Serme Teknolojisi [26]

1 – Malzeme Dağıtıcı
2 – Dağıtıcı Silindir
3 – Kumaş Oluşturma Alanı
4 – Ayarlanabilir Ön Duvar
5 - Ayarlanabilir Üst Akış
6 – Emiş Kutusu
7 – Süzülmüş Su Vanası
8 – Emiş Silindiri
9 – Refakat Kumaşı

III.1.3. Filament Serme Teknolojileri

Bu başlık altında, filament tülbent esaslı doku oluşturma tekniği (spunbond) ve eriyikten püskürtme doku oluşturma tekniği (melt-blown) bulunmaktadır. Bu doku oluşturma tekniklerinin her biri son 50 yılda %10-15 gibi çok hızlı büyüme göstermiştir. Filament tülbent esaslı işlem teknolojisiyle üretilen tülbent dokular herhangi bir bağlama işlemi olmadan kullanılamaz. Doku bağlama aşamasından

geçmiş filament tülbent esaslı dokular, filament tülbent esaslı kumaşlar şeklinde isimlendirilmektedir. Buna karşın eriyikten püskürtme teknolojisiyle üretilen tülbent dokular ise, bağlama işlemine gerek olmadan kullanılabilmektedir. Mukavemeti artırılmak istendiği taktirde doku bağlama işlemi uygulanmaktadır.



Şekil III.13 - 1994-2009 Yılları Arası Dünyada Filament Serme Teknolojilerinin Üretimi (1000 ton) Kaynak-INDA

1994-2009 yılları arasında dünyada filament serme teknolojileri ile yapılan üretimler incelendiğinde sürekli bir artış dikkat çekmektedir. Dünyada filament serme teknolojileri ile 1994 yılında 727000 ton, 2000 yılında 1135000 ton, 2004 yılında 1848000 ton üretim gerçekleştirilmiştir. 2009 yılında filament serme teknolojileri ile 2764000 ton tülbent esaslı doku ve kumaş üretilmesi beklenmektedir. 2004 yılında dünyada tüm doku oluşturma teknolojileri arasında filament serme teknolojisi %42, tarak makinesi %46, hava ile serme teknolojisi %7.5 ve son olarak ıslak serme teknolojisi %4.5 paya sahipti. 2009 yılında ise, filament serme teknolojilerinin %43, tarak makinesinin %44, hava ile serme teknolojisinin %9.6 ve ıslak serme teknolojisinin %3.9 paya sahip olacağı tahmin edilmektedir. 5 yıllık zaman süresince filament serme teknolojileri ile tarak makinesi arasındaki mesafenin kapanması beklenmektedir.

III.1.3.1. Filament Tülbent Esaslı Doku Oluşturma Tekniği (Spun-Bonded)

Filament tülbent esaslı doku oluşturma tekniğinde, doğrudan filament liflerden tülbent doku üretilmektedir. Filament tülbent esaslı doku oluşturma kavramı 1950'li yılların sonlarında eş zamanlı olarak Avrupa'da ve Amerika Birleşik Devletlerinde geliştirilmiştir. Ancak bu doku oluşturma teknolojisinin ticari uygulamalarda kabul görmesi 1960'lı yılların ortalarında ve 1970'li yılların başlarında olmuştur. Bu zaman süresince, filament tülbent esaslı üretim hattı konusunda birçok patent alınmıştır. Bu patentler ticari uygulamalarda kullanılmıştır. Filament tülbent esaslı dokular,

üretim hattının sonraki aşamasında genellikle ısı ile bağlandığından, filament tülbent esaslı kumaş üretimi gerçekleştirilmektedir.

Amerika Birleşik Devletlerinde, DuPont 1950'li yılların sonlarında ilk filament tülbent esaslı üretim hattını geliştirmiştir. DuPont tarafından yürütülen araştırma geliştirme çalışmaları sonucunda, 1965 yılında Reemay isimli polyester lifinden filament tülbent esaslı kumaş üretilmiştir. Sonrasında polipropilen esaslı Typar ve ani eğirme teknolojisiyle polietilen Tyvek materyalinin üretimi gerçekleştirilmiştir. 1986 Aralık ayında DuPont, Reemay ve Typar teknolojilerini Reemay Inc. Of Nashville, Tenesse firmasına satmıştır. DuPont hala Tyvek ürünü ile filament tülbent esaslı kumaş pazarında faaliyet göstermektedir.

Avrupa'da ise Freudenberg Co.of Germany, 1959 yılında filament tülbent esaslı üretim hattı konusunda birçok patent almıştır. 6 yıl sonra, Freudenberg poliamid karışımından oluşan Viledon isimli ürün ile birlikte Lutravil isimli ilk filament tülbent esaslı üretim hattını faaliyete geçirmiştir. Böylece Avrupa'da ilk filament tülbent esaslı kumaş üreticisi ünvanına sahip olmuştur. 1970 yılında Freudenberg tüm filament tülbent esaslı faaliyetlerini Kaiserslauten'de bulunan Carl Freudenberg Spunbond Division altında toplamıştır. Sonrasında bu fabrikada polyester, nylon ve polipropilen liflerinden filament tülbent esaslı kumaş üretimine başlamıştır. 1970 yılında aynı zaman süresi içerisinde, Almanya'da Lurgi Kohle&Mineraloltechnik GmbH firması, Docan isimli filament tülbent esaslı üretim hattını piyasaya çıkardı. Amerika Birleşik Devletlerinde ve Avrupa'da birçok filament tülbent esaslı kumaş üreticileri, kendi bünyelerinde yaptıkları bazı değişikliklerle Docan üretim hattını kullanmaktadır.

1971 yılından 1980'li yılların başına kadar filament tülbent esaslı üretim hattında yeni büyük gelişmeler olmadı. 1984 yılında Almanya'da Feifenhauser GmbH, Reicofil isimli ilk filament tülbent esaslı kumaş üretim hattını piyasaya çıkardı. Bu proses piyasaya sunulmadan birkaç yıl önce Feifenhauser, nylon filament tülbent esaslı doku üretimi için Doğu Alman patent haklarını satın almıştı. Orijinal Doğu Alman üretim hattı üzerinde büyük oranda araştırma geliştirme çalışmaları yapılarak, başlıca polipropilen esaslı tülbent yapı üretecek Reicofil üretim hattı oluşturulmuştur.

Son zamanlarda iki yeni filament tülbent esaslı üretim hattı piyasaya sunulmuştur. Amoco Fibers and Fabrics of USA , RFX filament tülbent esaslı üretim hattını, Sodoca of France, S-TEX filament tülbent esaslı üretim hattını endüstriye kazandırmıştır. Bu yeni üretim hatları ile düşük gramajlarda her noktası aynı özellikte kumaş üretimi yapılabildiği iddia edilmektedir. [2]

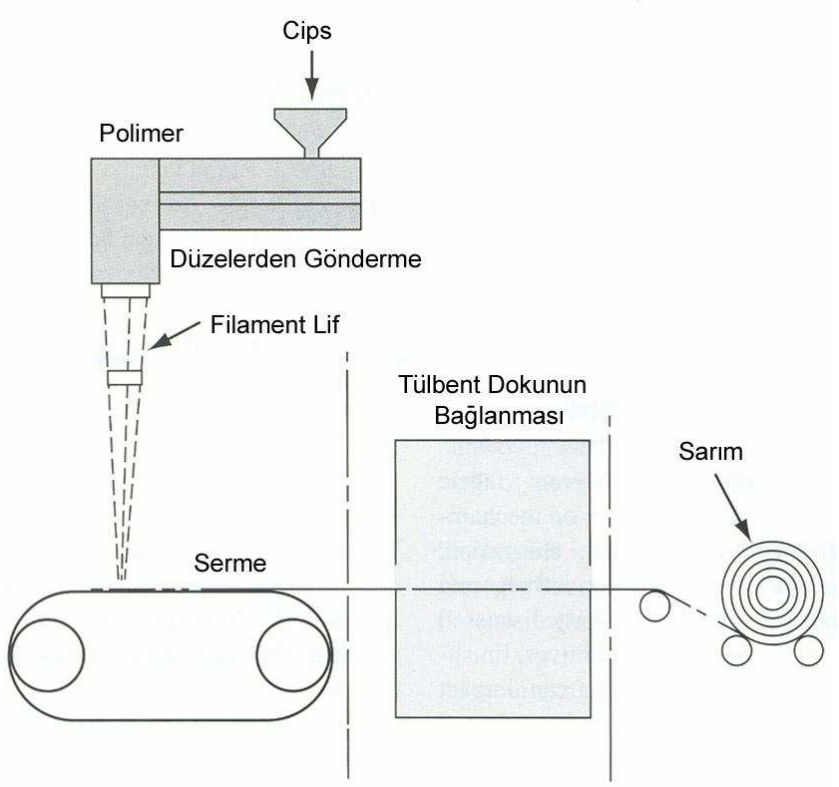
Tüm filament serme teknolojileriyle tülbent esaslı kumaş üretim hatlarında iki husus benzerdir. Bunlar;

- Hepsinde polimer esaslı madde kullanılır. Sonuçta kumaş üretilir.
- Tüm filament tülbent esaslı kumaşlar sürekli bir üretim hattında imal edilir.

En basit şekilde filament tülbent esaslı üretim hattının akışı şu şekildedir;

- Polimer maddenin düzelerden gönderilmesi
- Soğutma ve filtre işlemleri
- Eğirme
- Çekim
- Filamentlerin doku oluşturma bandı üzerine serilmesi
- Tülbent dokunun bağlanması

Tülbent dokunun sarılması



Şekil III.14 - Filament Tülbent Esaslı Kumaş Üretim Hattı [10]

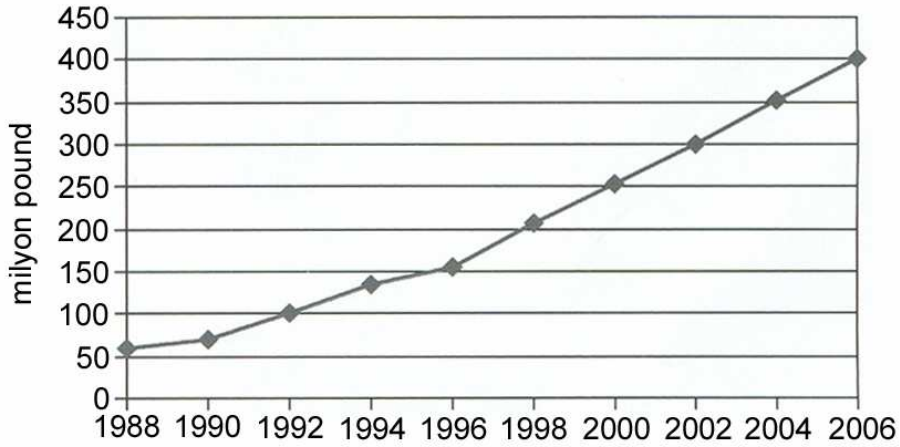
Filament tülbent esaslı kumaşların üretiminde başlıca olarak polipropilen, polyester lifleri tercih edilmektedir. Filament tülbent esaslı kumaşlar geotekstil alanında kullanılır. Polipropilen esaslı geotekstil olarak kullanılacak kumaşlar 4 haftadan daha uzun süre güneş ışığına maruz kaldığında ultraviole ışınlar ile bozunma gibi ciddi bir problem ortaya çıkmaktadır. Mukavemette de ciddi problem meydana gelmektedir. Geotekstil alanında kullanılacak materyaller normal olarak

4.5-5.5 metre enlerinde mevcuttur. Bu kumaşların birleştirilmesi gerektiğinde birbiri üzerine katlama, dikme, çivileme yada yapıştırma teknikleri kullanılır. [30]

Polyester elyaf kullanılarak üretilen filament tülbent esaslı kumaşlar en çok çatı kaplamalarında yalıtım amacıyla kullanılır. Üretimin yaklaşık olarak %50'si koruyucu örtü olarak kullanılır. Filament tülbent esaslı kumaşlar çocuk bezi astarlıklarında, inşaat mühendisliğinde, halı destek uygulamalarında, koruyucu giysilerde, paketlemede ve filtre alanında kullanılır. Diğer kullanım yerleri mobilya, filtre, giysi, paketlemede, tarım, elektronik, astarlık ve tıbbi alandır. [30]

III.1.3.2. Eriyikten Püskürtme Teknolojisi (Melt - Blown)

Eriyikten püskürtme, tülbent esaslı kumaş endüstrisinde kullanılan tülbent doku oluşturma teknolojisidir. Eriyikten püskürtme doğrudan polimerlerden veya granüllerden bir tülbent dokusu üretme teknolojisidir. Bu yöntemde eritilen polimer esaslı madde düzelerden gönderilmekte ve sonraki aşamada yüksek hızlı sıcak hava ile taşınmakta ve bu sayede inceltilmekte ve bir yüzey üzerinde toplanmaktadır. Eriyikten püskürtme, tülbent esaslı kumaş endüstrisinde yeni geliştirilen doku oluşturma teknolojilerinden birisidir. Bu teknoloji ile ince mikro liflerden tülbent esaslı dokular üretilmektedir. Bu yöntem tarafından üretilen mikro liflerin çapları genellikle 2-4 µm arasındadır. Ancak 0.1 µm kadar küçük 10-15 µm kadar büyük çapa sahip liflerin üretimi de mümkündür. Bu teknolojiyle üretilen tülbent dokular diğer yöntemlerle üretilenlere göre daha yumuşak, yüzeyi daha sık ve yoğun, gözenekleri daha küçüktür. Bunun sebebi üretilen lif çaplarının daha küçük olmasıdır. [38]

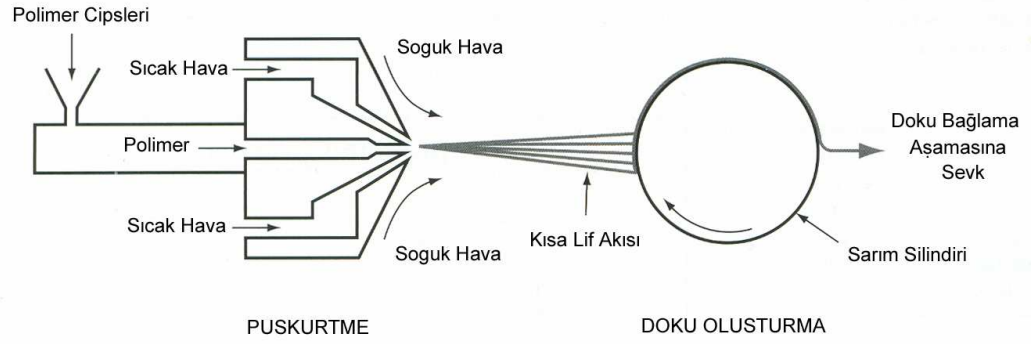


Şekil III.15 - Dünya Çapında Eriyikten Püskürtme Teknolojisi ile Tülbent Esaslı Doku Üretimi [39]

Bu yöntem 1950'li yılların başında mikro incelikte elyaf üretmek amacıyla Dr.V.A.Vente tarafından Amerikan hükümetinin sponsorluğunda Amerikan Deniz Kuvvetlerinin laboratuvarında geliştirilmiştir. Amerikan Deniz Kuvvetleri laboratuvarı, üst atmosferdeki radyoaktif maddelerin toplanması amacıyla, mikro gözenekli filtreler üretmek için bu çalışmaya başlamıştır. İlk olarak çalışmanın önemi Exxon araştırma ve mühendislik firması tarafından anlaşılmıştır ve 1960'lı yılların ortasında araştırma ve geliştirme programı başlatılmıştır. Beş yıl sonra mikrolif üretebilecek ilk patentli prototip makinenin yapımı tamamlanmıştır ve sergilenmiştir. Günümüzde Exxon, mikrolif esaslı tülbent doku ve makinesini üretmek için gerekli lisansları almıştır. Geçen 20 yıl süresince, Exxon teknolojisinin dışında bazı girişimler oldu ve 3M gibi şirketler de bu alanda patentler aldılar. 3M şirketi de, Exxon patentlerinin dışında, tekstilde kullanılan incelikteki liflerle, mikrolifleri karıştıran ve mikrolif üreten prosesler geliştirdi. Exxon güçlü ve sağlam bir şekilde yıllar boyunca araştırma ve geliştirme faaliyetlerine devam etti. Günümüzde de Tennesse Üniversitesi tarafından araştırma geliştirme çalışmaları sürdürülmektedir. Kuzey Amerika'daki eriyikten püskürtme üreticileri arasında Hollingsworth and Vose, Kimberly-Clark, 3M, Fleetguard Fitler, PGI Nonwovens, BBA Nonwovens, First Quality Nonwovens ve Johns Manville sayılabilir. [38]

Eriyikten püskürtme teknolojisiyle çalışan makinede şu sistemler ve bölümler bulunmaktadır.

1. Polimer besleme sistemi. Genellikle kasalı besleme ve vidalı ekstrüder kullanılmaktadır. Ancak iki bileşenli lif esaslı eriyikten püskürtme tülbent dokusu üretimi için iki adet vidalı ekstrüdere ihtiyaç vardır.
2. Polimer üretimini ve sevkini ayarlayan ölçüm pompası
3. Die bölümü. Die içerisinde spinneret delikleri, hava çıkışları ve polimer dağıtım sistemi bulunmaktadır. Die içerisinde eşit polimer akışı ve polimerin kalış süresi ayarlanmaktadır.
4. Farklı sıcaklık ve hızda hava akımı sağlayan hava tedarik sistemi
5. Hava yardımıyla inceltilen mikroliflerin toplandığı ve tülbent dokunun oluşturulduğu bant veya silindirik yüzey
6. Oluşturulan tülbent dokuyu silindirik şekilde saran sarım mekanizması [40]



Şekil III.16 - Eriyikten Püskürtme Teknolojisiyle Doku Oluşturma [10]

Bu teknolojide başlıca olarak polipropilen, polietilen, PBT ve Nylon 6 kullanılmaktadır. Polipropilen, yüksek eriyik akış oranına sahip olan ve bu teknolojide en fazla kullanılan polimer maddedir. Düşük viskoziteli polipropilen düşük erime noktasına sahiptir ve lif halinde çekilmesi daha kolaydır. Kuzey Amerika üretiminin %70-80'inde polipropilen kullanılmaktadır. [38], [41]

Eriyikten püskürtme teknolojisiyle üretilen liflerin çapları 0.5 ile 30 µm arasındadır. Bu yöntemde mikro lifler üretilmektedir. Eriyikten püskürtme teknolojisiyle üretilen dokular filtrasyon, tıp, hijyen, emici ürünler, giyim ve aksesuar ve elektronik alanlarında kullanılmaktadır. [38]

III.2. TÜLBENT DOKU BAĞLAMA YÖNTEMLERİ

Tülbent esaslı kumaşların üretiminde ikinci aşama doku bağlama aşamasıdır. Doku oluşturma aşamasından çıkan tülbent dokunun mukavemeti çok düşüktür. Bu sebepten tülbent esaslı dokulara, bağlama işlemi uygulamak gereklidir. Kullanım alanında istenen özelliklere göre tülbent dokulara doku bağlama işlemi uygulanıp uygulanmayacağı belirlenir. Örneğin hijyen, filtre gibi alanlarda tülbent esaslı yapının mukavemetli olmasına gerek yoktur. Eriyikten püskürtme teknolojisi ile üretilen tülbent esaslı dokular filtre gibi alanlarda kullanıldığından, doku bağlama işlemi çok nadir uygulanır. Selüloz liflerinden ıslak serme teknolojileriyle üretilen tülbent esaslı dokuların mukavemeti hidrojen grubunun bağlama gücü kullanılarak sağlanmaktadır. Doku bağlamada temelde 3 teknik kullanılır. Bunlar;

a) *Kimyasal Bağlama (Chemical Bonding)*

- Püskürtme Sistemi
- Emdirme Sistemi
- Rakle Sistemi
- Köpük Sistemi
- Baskı Sistemi

b) Mekanik Bağlama (Mechanical Bonding)

- İğneleme (Needle Punching)
- Su Jeti ile Bağlama (Spun-lace)
- Dikerek Bağlama (Stitch Bonding)

c) *Isı ile Bağlama* (*Thermal Bonding)*

- Silindirler ile bağlama (Kalenderleme Tekniği)
- Fırın Sistemi

Liflerin uzunluk, incelik, kıvrım, lif yüzeyi, enine kesiti gibi özelliklerinin yanında, doku oluşturma ve doku bağlama yöntemleri, tülbent esaslı dokunun mukavemet, uzama, esneklik, sertlik gibi mekanik özellikleri ile yumuşaklık, hacimlilik, aşınma, dökümlülük, tutum gibi fiziksel özelliklerinde önemli ve büyük etkiye sahiptir.

III.2.1 Kimyasal Bağlama (Chemical Bonding)

Tülbent esaslı dokuların yapısal bütünlüğünde eksiklikler mevcuttur. Gerekli boyut sabitliğini ve mukavemetinin sağlanması için, tülbent doku içerisindeki liflerin bağlanması gereklidir. Bu doku bağlama tekniğinde, farklı teknolojiler kullanılarak, liflere kimyasal madde uygulanmaktadır. Bu sayede, liflerin bir arada tutularak bağlanması gerçekleştirilmektedir. Günümüzde tülbent esaslı dokuları sağlamlaştırmak için kimyasal bağlayıcı maddeler kullanılmaktadır. Bu bağlayıcı maddeler, polivinilasetat, polivinilklorit, stiren/butadien reçineleri, butadien, poliakrilik, ya da bu maddelerin kombinasyonundan üretilmiştir.

Emülsiyon polimerleri ekonomik, çok yünlü, kolay uygulanabilme, etkili yapıştırma gibi özelliklere sahip olduğundan, tülbent esaslı dokulara bağlayıcı madde olarak uygulanmaktadır. Eskiden tülbent esaslı dokuların bağlanmasında, kimyasal madde olarak doğal reçineler ve yapıştırıcılar kullanılmaktaydı. Bu maddeler, tülbent esaslı kumaşın özelliklerini ve performansını kısıtlamaktaydı. İstenmeyen özellikler şunlardı;

- Kumaşın yeterli mukavemette olmaması
- Kumaşın çok sert olması
- Kumaşın yeterli emici özellikte olmaması
- Kumaşın yıkanabilirlik özelliği göstermemesi
- Kumaşın az oranda kuru temizlenebilirlik özelliğine sahip olması
- Kumaşın tekstil yapısı hissi vermemesi

Kimyasal maddelerin özelliklerinin geliştirilmesinde ve iyileştirilmesinde birçok çalışma yapıldı. Sonuçta, sentetik esaslı kimyasal bağlayıcı maddeler (binder) geliştirildi. Polivinil asetat önemli oranda kullanılan ilk sentetik bağlayıcı madde idi. Bu madde, doğal yapıştırıcılarla karşılaştırıldığında, üstün yapıştırma ve mukavemet özelliğine sahipti. Aynı zamanda hazırlanmasında da, önemli esnekliğe sahipti. Baskıda dahil birçok uygulama prosesinde tülbent dokuya kolayca uygulanabildi. Ancak, kumaşı mukavemetli hale getirmek için kullanılan kimyasal madde miktarını da artırmak gerekliydi. Sonuçta kumaşın sertliği artmaktaydı. Yumuşak kumaş yapısı istendiğinde ise, mukavemette olan azalmayı göze almak gerekiyordu. 1950'li ve 1960'lı yıllarda biraz daha pahalı olan akrilik esaslı latex bağlayıcı maddelerin kullanımı ile bu sorun çözüldü. Uygun monomerler seçilerek istenen mukavemette ve yumuşaklıkta tülbent esaslı kumaşların üretimi sağlandı.

Sentetik bağlayıcı maddelerin üretiminde polimer teknolojisinin geliştirilmesiyle, bağlayıcı madde mukavemeti, dayanıklılığı ve diğer özellikleri bakımından çok çeşitli kimyasal yapıya sahip maddeler üretildi.

Lif ve kendi arasında çapraz bağ yapabilen bağlayıcı maddelerin geliştirilmesiyle yeni kumaş özellikleri geliştirildi. Bu özelliğe sahip bağlayıcı maddeler özellikle uzun süreli kullanıma yönelik tülbent esaslı kumaşların üretiminde kullanılmaktadır.

III.2.1.1 Kimyasal Bağlama Yönteminde Kullanılan Maddeler

Son yıllarda tülbent esaslı kumaş endüstrisinde emülsiyon polimerleri latex, binder, bağlayıcı, adhesive ya da polimer kelimeleriyle ifade edilmektedir. Tüm bu terimler doğrudur ancak bu çeşitlilik sektöre yeni katılanlar arasında karışıklığa neden olmaktadır. Tülbent esaslı kumaş sektöründe kullanılan bağlayıcı maddeler (binder) emülsiyon olarak üretilir. Bunun anlamı sıvı bir ortam içerisinde polimer taneciklerinin dağıtılması ve asılı konumda bulunmasıdır. Ürünün raf ömrünü ya da dağılımın homojenliğini ve kalıcı olmasını sağlamak için kolloidal stabilizatörler ve yüzey aktif maddelerin katılımıyla polimer tanecikleri süspansiyon halinde korunurlar. Bağlayıcı maddeler aynı zamanda çözelti formunda da bulunabilir. (polimer madde sıvı ortam içerisinde çözündürülür) Endüstride başlıca olarak su ile emülsiyon halindeki polimerlerden yararlanılmaktadır. Bu ürünler süt beyazı rengindedir. Viskozitesi su kadar incedir. Tülbent esaslı kumaş endüstrisinde kullanılan emülsiyon polimerleri yapı taşlarına benzer. Polimer esaslı bir yapı inşa etmek için monomer adı verilen taşlar kullanılmaktadır. İstenen bir polimer yapısı elde etmek için de bu monomer blokları çeşitli şekillerde düzenlenmektedir. Bu monomer bloklarına verilebilecek örnekler şunlardır;[42]

- Vinil asetat
- Etilen
- Akrilik Esaslı monomerler (etil akrilat, butil akrilat)
- Akrilonitril
- Vinil kloride
- Stiren

Uzun polimer yapısı oluşturmak için monomerler polimerizasyon prosesi içerisinde diğer monomerler ile veya kendisiyle birleştirilir. Bu yapıların en bilinen örnekleri şunlardır;[42]

- EVA kopolimerler (etilen+vinil asetat)
- Vinil asetat homopolimer (vinil asetat)
- Akrilik kopolimer (etil akrilat+butil akrilat)

Kullanılan monomer sayısı, monomer bloklarının türü ve polimer omurgası üzerinde bulunan farklı monomerlerin oranı değiştirilerek, tülbent esaslı kumaşların

performansına doğrudan katkı sağlayacak çeşitli fonksiyonel özellikler oluşturulur. Bu özelliklerden bazıları şunlardır;

- Çekmeye karşı mukavemet
- Çözücü maddelere karşı direnç
- Yumuşaklık
- Sertlik
- Boncuklanmaya karşı direnç
- Kuru temizlemeye dayanıklılık
- Nem alma özelliği
- Elastikiyet
- Toz kontrol
- Isıyla mühürlenebilme
- Su iticilik
- Ovalama ve fırçalanabilirlik [42]

Polimer esaslı maddelerin aynı zamanda çapraz bağ oluşturabilme ve belirli bir sıcaklık altında sabitlenebilme (fikse) gibi özellikler ihtiva edebildiğini bilmek önemlidir. Bu özellikler polimerlerin mukavemetini ve direncini artırmakta, çözünmemesini sağlamaktadır. [42]

Başlıca iki adet Butadien kopolimeri vardır. Bunlar; Stiren Butadien ve Butadien/Akrilonitril'dir. Butadien polimeri polisülfidlerle çapraz bağlanmıştır. Stiren monomeri kopma mukavemeti, akrilonitril monomeri de, yağ ve çözücü maddelere karşı direnç gösterirken, butadien monomeri yapının elastikiyetini sağlar. Bu maddelerin dezavantajları, polimer zincir üzerinde kalan çift bağlar sebebiyle oksidasyon ve renk bozulmasıdır.

Akrilik esaslı bağlayıcı maddeler ise, piyasada çok kullanılan maddelerdir. Akrilik esaslı bağlayıcı maddelerin özellikleri türevlerine ve kopolimerlerine göre farklılık gösterir. Akrilik asitler istenen özelliklere göre, stiren, akrilonitril, vinilklorit yada vinil asetat maddeleriyle kopolimer olarak üretilebilir ve kullanılabilir. Stiren monomerinden sertlik, akrilonitril'den çözücü maddelere direnç, vinil kloritten güç tutuşurluk ve vinil asetat'tan ucuz olması dolayısıyla yararlanılır.

Vinil kopolimerleri ise iki tanedir. Bunlar vinil klorit ve vinil asetattır. Vinil bağlayıcı maddeleri serttir. Düşük Tg değeri sebebiyle vinil asetat sert değildir. Avantajı ucuz olmasıdır. Klorit maddesi ise sararma problemlerine sebep olur.

III.2.1.2 Kimyasal Doku Bağlama Yönteminde Kullanılan Teknikler

Kimyasal bağlama yöntemi doku oluşturma aşamasından sonra uygulanır. Tülbent dokuların fiziksel ya da kimyasal özelliklerini geliştirmek için birden fazla bağlama yöntemi uygulanabilir. Tülbent esaslı dokuya uygulanan kimyasal madde miktarı %5 ile %60'a kadar değişen oranlarda olabilir. Diğer ilave maddelerin kullanımı ile de tülbent dokunun ağırlığına yaklaşılabilir ya da geçilebilir. Kimyasal bağlama yöntemleri şunlardır;

a) Emdirme tekniği ile kimyasal bağlama
b) Püskürtme tekniği ile kimyasal bağlama
c) Baskı tekniği ile kimyasal bağlama
d) Köpük tekniği ile kimyasal bağlama
e) Silindir ve rakle tekniği ile kimyasal bağlama

Kimyasal madde, yukarıdaki yöntemler kullanılarak tülbent dokuya transfer edildikten sonra ikinci adım kimyasal madde içerisindeki taşıyıcı kısım olan suyun buharlaştırarak uçurulması işlemidir. Son kısımda kimyasal maddenin yapısının tamamlanması (Polimerize) ve bu bağların sabitlenmesi yani fikse olma işlemi gerçekleştirilir.

a) Emdirme Tekniği ile Kimyasal Bağlama

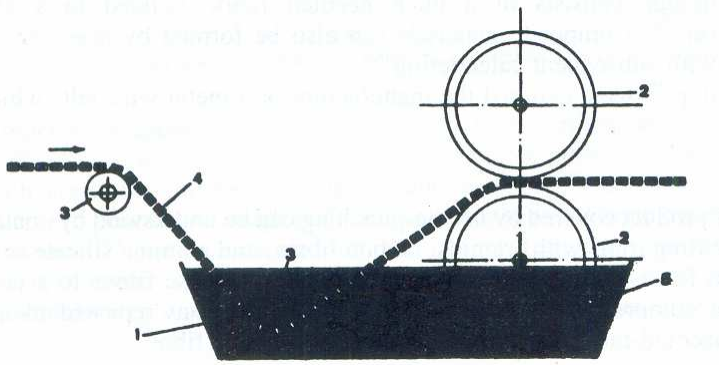
Emdirme tekniği tülbent esaslı dokuya değil tülbent esaslı kumaşa uygulanan ikinci bir doku bağlama yöntemidir. Tülbent esaslı kumaş bir tekne içinde olan bağlayıcı madde binder+su karışımının içine daldırılır. Liflerin yüzeyi bağlayıcı maddeyle kaplanır. Çıkışta sıkma silindirlerinin basıncı ayarlanarak kumaş içindeki yaş transfer miktarı ayarlanır. İkinci kısımda kumaş fırından geçirilerek su buharlaştırılır. Bağlayıcı maddenin sahip olduğu katı madde miktarına göre kumaş üzerindeki kuru madde miktarı tespit edilir. Bu yöntemde, kumaşın flotte içerisinde kalma süresinin uzatılması, bağlayıcı maddenin kumaş tarafından alımında etkili değildir. Bu yüzden işlem kısa sürede tamamlanabilir. Bu yöntemin avantajı basit olmasıdır. Çok yüksek miktarda bağlayıcı madde tek seferde doku üzerine uygulanabilir. Kurutma ve fikse işlemi, buharla ısıtılmış fanlı kurutma fırını içerisinde ya da delikli silindirli kurutucularda gerçekleştirilir.

Emdirme (empregnasyon) sırasında kumaş üzerinde kalan yaş transfer miktarı temelde 3 etkene bağlıdır. Bunlar;

Sıkma Basıncı-Yüzey tarafından alınan flotte miktarı sıkma basıncı ile ters orantılıdır.

Lif Cinsi-Hidrofil karakterdeki lifler hidrofob liflere göre daha fazla flotte alırlar.

Flotte Sıcaklığı-Sıcaklığın artmasıyla kumaşın flotte alma kabiliyeti az da olsa artar.



Şekil III.17 - Emdirme Tekniği ile Kimyasal Bağlama [30]

Kimyasal maddenin uygulanması sırasında bağlayıcı maddelerin koagülasyonuna dikkat edilmelidir. Koagülasyon, yapıştırıcı maddenin pıhtılaşmasıdır. Kimyasal flotte içerisinde emdirilen tülbentlerin kurutulması için ilk planda konveksiyon kurutucular akla gelir. Yerine göre kontakt ve IR kurutucular da kullanılabilir.

b) Püskürtme Tekniği ile Kimyasal Bağlama

Püskürtme ile kimyasal bağlama yöntemi, kimyasal madde püskürtme tabancasıyla bir veya birden fazla düze başlıkları tarafından hem tülbent esaslı dokulara hem de tülbent esaslı kumaşlara uygulanmaktadır. Bu yöntemde, tülbent esaslı doku veya kumaşın üzerine tek taraflı yada çift taraflı olarak, düzelerden bağlayıcı madde+su karışımı kimyasal madde püskürtülür. Bağlayıcı madde hava basıncı, hidrolik basınç ya da santrifüj gücü ile atomlara ayrılır. İkinci aşama ise karışımdaki suyun fırında buharlaştırılması ve kumaşın/tülbent dokunun kurutulması aşamasıdır. Suyun uçurulup kimyasal maddenin life bağlanması için oldukça fazla enerjiye ihtiyaç vardır. Püskürtme sırasında bağlayıcı madde (binder) viskozitesinin aynı olmasına dikkat edilmelidir. Aksi halde kumaş üzerine uygulanan kimyasal madde miktarında değişim meydana gelir. Ayrıca düze deliklerinin zamanla tıkanma problemi ile karşılaşılmaktadır. Tülbent dokunun her tarafına eşit kimyasal bağlayıcı madde verilmesi için düzeler özel olarak tasarlanmalıdır. Bunların açılması için makinenin durdurulması verimlilik kaybına neden olmaktadır. Doku ters çevrilerek diğer yüzeyine de kimyasal maddenin uygulanması sağlanır. [1]

Hacimli yapılar istendiğinde bu teknik tercih edilir. Genellikle kışlık giysilerin içerisinde kullanılan vatka üretiminde tarak makinesi ve hava ile serme makinesinden çıkmış tülbent esaslı dokuya ya da herhangi bir doku bağlama yöntemi ile üretilmiş tülbent esaslı kumaşa kimyasal madde püskürtülebilir.

Bu yöntem iğneleme ve su jet tekniğiyle üretilen kumaşlara ilaveten, hava ile serme ve tarak makinesinden çıkan hacimli tülbent esaslı dokuların bağlanmasında tercih edilmektedir. [42]

Püskürtme yöntemleri şunlardır;

- *Hava ile Püskürtme;*

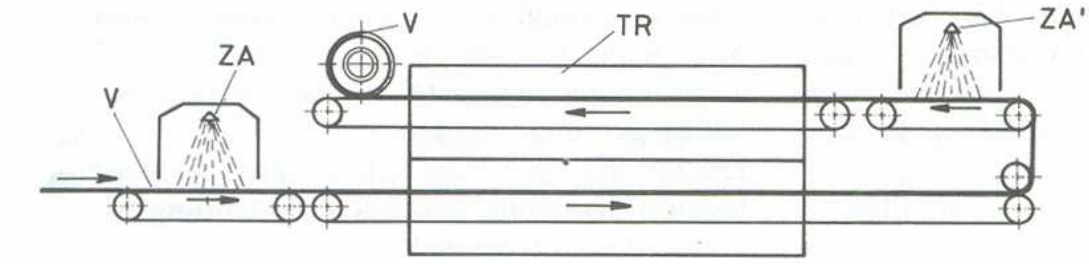
Bu sistemde bağlayıcı madde püskürtme tabancasından basınçlı hava yardımıyla püskürtülür. Tabancaların sayısı ürünün genişliğine ve geçiş hızına bağlıdır.

- *Airless Yöntemi;*

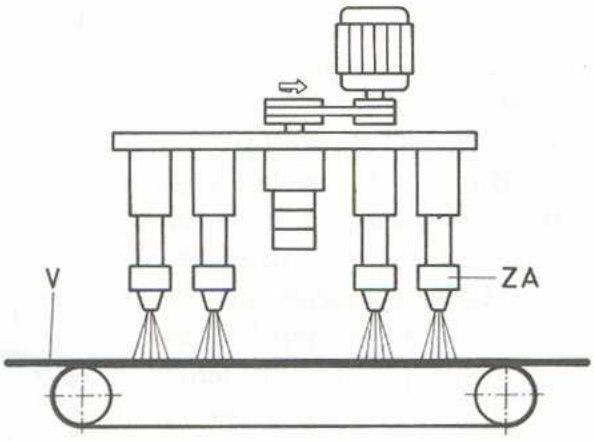
Bu yöntemde bağlayıcı madde, özel pompa yardımıyla 80-100 atülük basınçla püskürtülür. Bu sayede homojen dağılım sağlanmış olur.

- *Düze Yöntemi;*

Bu yöntemde bağlayıcı madde ince düzelerle belirli bölgeye lokal olarak püskürtülerek uygulanır. Bu yöntemde düze deliklerinin zamanla tıkanma problemi vardır. [1]



Şekil III.18 - Püskürtme Tekniği ile Kimyasal Bağlama [30]



V – Tülbent esaslı Kumaşı ZA,ZA[1] – Püskürtme Düzeleri

Şekil III.19 - Püskürtme ile Kimyasal Bağlama (Düze Sistemleri) [30]

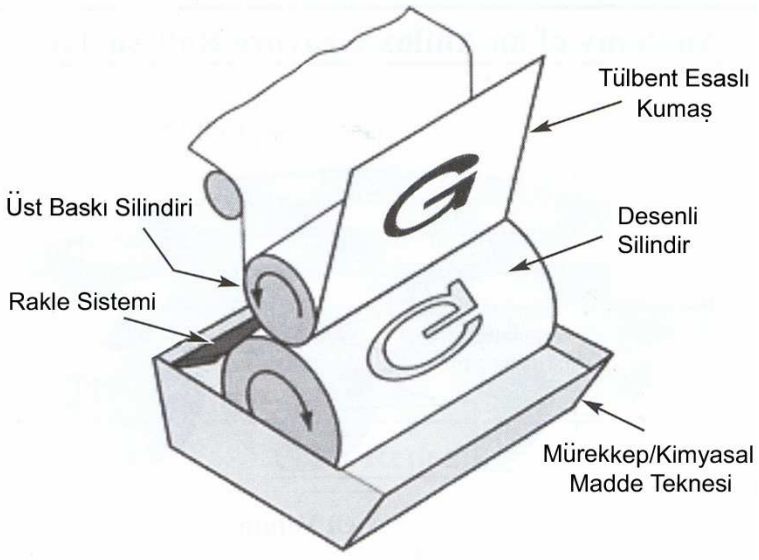
c) Baskı Tekniği ile Kimyasal Bağlama

Baskı ile bağlama, bağlayıcı maddenin baskı silindiri tarafından belirli bir desende tülbent esaslı kumaşa uygulanmasıdır. Bu yöntem sonucunda tülbent esaslı kumaşın bazı bölgeleri bağlanmış bazı bölgeleri de bağlanmamıştır. Kimyasal madde uygulanmayan alanlar kumaşın tutumunu ve emiciliğini sağlarken, kimyasal madde ile bağlanan alanlar, mukavemet, aşınmaya direnç ve yapısal bütünlük gibi özellikler sağlar. Bu sayede kumaşın hem estetik hem de fiziksel performansı en iyi seviyeye çıkartılır. Birçok çeşitli desenler ile bağlama yapılabilir. [42]

Birçok hafif tülbent esaslı kumaş baskı ile bağlanır. Baskı desenleri, mukavemeti, sıvı transferini, yumuşaklığı, tutumu, emici özelliği ve dökümlülüğü geliştirmek için tasarlanır. Baskı ile bağlama çoğunlukla gravürlü silindirlerle gerçekleştirilir. Gravürlü ya da şablonla yapılan baskı ile bağlama özellikle temizlik bezi üretiminde tercih edilmektedir. Dokuya verilen bağlayıcı madde miktarı, bağlayıcı maddenin katı madde miktarına ilave olarak silindir üzerindeki deliklerin sayısına, alanına bağlıdır. Kurutma ve fikse işlemleri sıcak silindirler ya da buharla ısıtılan fırın içerisinde gerçekleştirilir.

Bu yöntem, yumuşak yüzeyler istenildiğinde tercih edilmektedir. Elyaf tülbendi üzerine kıvamlaştırılmış bir bağlayıcı madde sürülür.

Basma işlemi rotasyon, filmdruk, kabartma basma, gravür silindirli basma, flexodruk basma makinesi gibi değişik makine ve tekniklerle yapılabilir. [1]

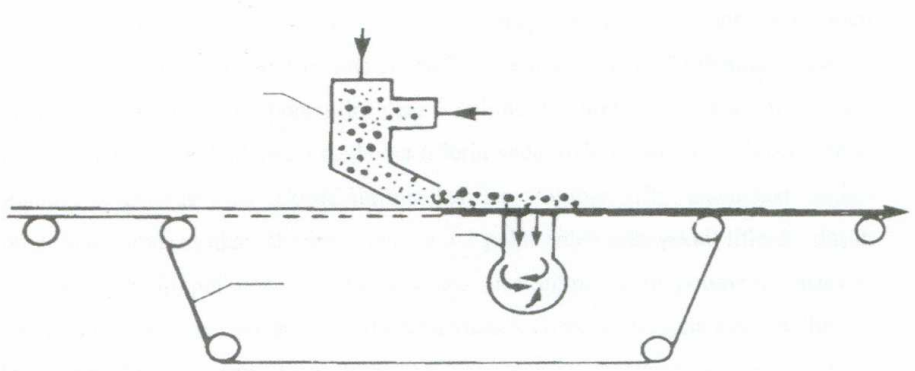


Şekil III.20 - Baskı Tekniği ile Kimyasal Bağlama [43]

d) Köpük Tekniği ile Kimyasal Bağlama

Köpükle yapılan bağlamada amaç, az su kullanarak yüksek konsantrasyonda, bağlayıcı maddenin life uygulanmasıdır. Yumuşak yüzey elde etmek istenildiğinde tercih edilen ikinci yöntemdir. Bağlayıcı madde hava ile karıştırılarak ince köpük haline getirilir. Sonra köpük kumaşa emdirilir. Vakum mekanizması ile yapının içerisine çekilebilir. Köpüğün oluşması özel köpük oluşturma jenaratörlerinde hava yardımıyla sağlanır. En basit köpük uygulama tesisi yatay tekneye sahip makinelerdir. Diğer kimyasal bağlama yöntemleriyle karşılaştırıldığında bağlayıcı madde su yerine hava ile karıştırılmaktadır.

Bu teknikte kimyasal madenin konsantrasyonunu düşürmek için su kullanılmamaktadır. Kimyasal maddenin arasına hava kabarcıkları yerleştirilmektedir. Sonuçta kurutma maliyeti düşmektedir. Kurutma işleminde kullanılan makinenin hızı artmaktadır. Verimi yüksek ve çevreye duyarlı bir teknolojidir.

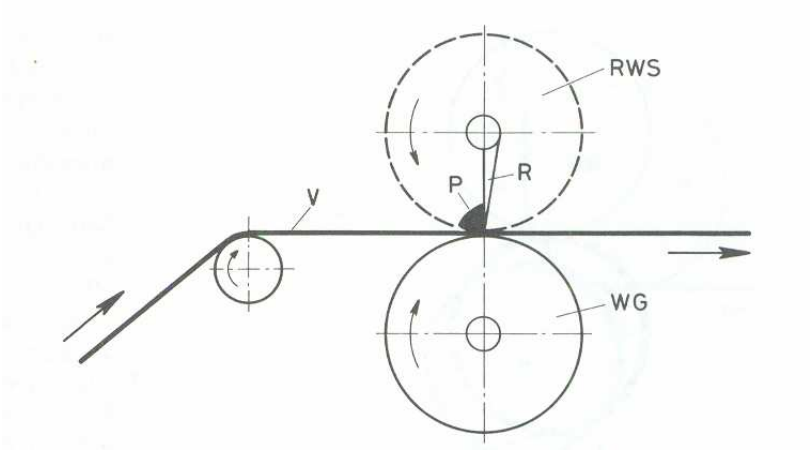


Şekil III.21 - Köpük Tekniği ile Kimyasal Madde Uygulama [16]

e) Silindir ve Rakle Tekniği ile Kimyasal Bağlama

Kimyasal bağlamada en çok kullanılan yöntemlerden biriside silindir+rakle ile kumaşın kimyasal madde ile kaplanmasıdır. (Coating) Bu sistemde karışımın içinde bağlayıcı madde ve suyun dışında, emülgatör, kıvamlaştırıcı, pH düzenleyici bulunmaktadır. Bazik ortamda, pH 8 – 9 civarında çalışma yapılır. Çift taraflı olarak kumaş kimyasal madde ile kaplanabilir.

Rakle ile kimyasal bağlama yöntemi çeşitli şekillerde gerçekleştirilmektedir. Bazı sistemlerde taşıma silindirinin yarısı bağlayıcı maddenin bulunduğu teknenin içindedir. Kumaş silindirin üzerinden geçmektedir. Silindir aldığı bağlayıcı maddeyi kumaşa sürer. Rakle ise taşıma silindirinin üzerinde bulunur ve flotte fazlasını tekrar tekneye gönderir. Bu yöntem yalnızca tek taraflı olarak kumaşa uygulanabilir. Aşağıda kimyasal maddenin kumaş tek taraflı olarak kaplanması görülmektedir.



RWS – Delikli Silindir WG – Çelik Silindir R – Rakle
P – Kimyasal Madde V – Tülbent esaslı Kumaşı

Şekil III.22 - Tek Taraflı Rakle Sistemi [26]

Diğer başka bir kimyasal bağlama yönteminde, üstteki silindir delikli ve içinde rakle sistemi bulunur. Kimyasal madde rakle içinden verilir. Silindir hareketli, rakle sistemi ise sabittir. Kimyasal madde rakleye pompalar vasıtasıyla basınçla gönderilir. Alttaki silindir ise çelik silindirdir. Eğer kumaş çift taraflı olarak kimyasal madde ile kaplanacak ise, alttaki silindir değiştirilir ve yerine delikli silindir ve rakle sistemi monte edilir.

Bağlayıcı maddelerin en büyük avantajlarından biri maliyetinin düşük olmasıdır. Çeşitli teknikler kullanılarak dokuya tatbik edilebilir.

Son zamanlarda kimyasal bağlamalı tülbent esaslı kumaşların üretiminde azalma olmaktadır. Bu kumaşların yerini ısı ile bağlama tekniğiyle ve su jet tekniğiyle üretilen kumaşlar almaktadır.

III.2.2. Mekanik Bağlama (Mechanical Bonding)

Bu başlık altında temelde 3 doku bağlama teknolojisi bulunmaktadır. Bunlar;

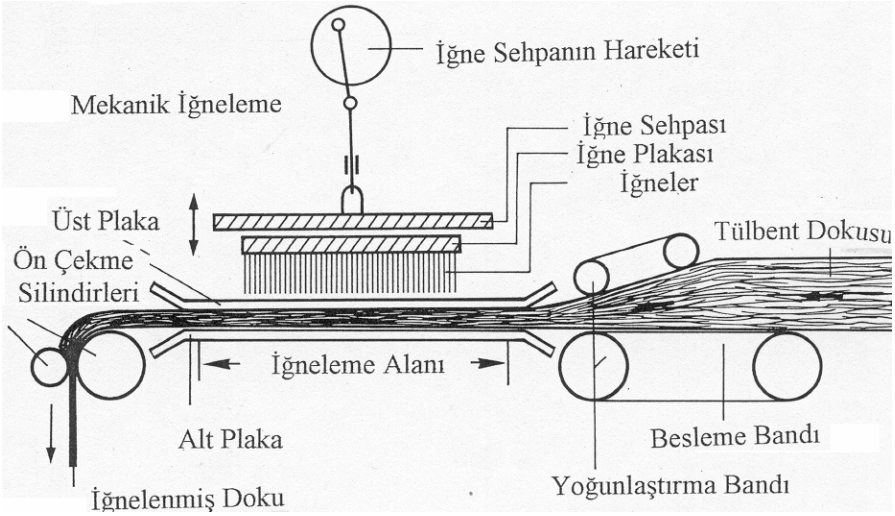
- İğneleme (Needle Punching)
- Su jeti ile Bağlama (Spun-Lace)
- Dikerek Bağlama (Stitch-Bonding)

III.2.2.1 İğneleme Teknolojisi (Needle Punching)

İğneleme bir doku bağlama teknolojisidir. İğneleme ile tülbent sabitleştirilmesinin esası, tülbendin, ucu çentikli iğneler ile dik veya açılı olarak, tek taraflı veya çift taraflı (üstten-alttan) seri şekilde iğnelenmesine dayanır. İğneleme tekniğinin prensibinde, iğneler uygun penetrasyon derinliğinde ve sıklığında tülbent dokusu içine nüfuz ederler. İğneleme makinesinin ana organı iğnedir. Görevi lifleri yakalamak ve birbirine bağlamaktır. İğneleme ile fiksaj denildiğinde tülbentlerin iğneler vasıtasıyla sabitleştirilmesi anlaşılır.

İlk üretilen iğnelenmiş kumaşlar hayvansal ve bitkisel lif esaslıydı. Bu kumaşlar, halıların alt tabakalarında, mobilya ve yatak alanında kullanılmaktaydı.

Aşağıda üstten tahrikli iğneleme makinesinin şekli görülmektedir.



Şekil III.23 - Üstten İğneleme Makinesi [26]

İğneleme makinesindeki başlıca parçalar şunlardır;

- İğne Plakası-İğne plakası iğnelerin başlıca olarak yerleştirildiği yerdir. Bu plaka iğnelerin sabit olarak durmasını sağlar.
- Besleme ve Çıkış Silindiri-Bu silindirler tülbent dokusunun belirli bir hızda ve kontrollü bir şekilde iğneleme makinesine girişini ve çıkışını sağlar.
- Alt ve Üst Plaka-Tülbent dokusu iki plaka arasında ilerler. Her bir plakada da birbirine karşılık gelen delikler bulunmaktadır. Bu deliklere iğneler girip

çıkmaktadır. Alt plaka tülbent dokusunun geçtiği yüzeydir. İğneler lif tutamlarını alt plakanın deliklerine taşımaktadır. [44]

Tülbent yüzeylerde yüksek mukavemet istendiğinde, ince, uzun ve kıvrımlı lifler tercih edilir. İğneleme sırasında uygun penetrasyon derinliğine dikkat etmek gerekir. Aksi halde liflerde kopuşlar ve kumaş üzerinde delikler meydana gelir. Bu da kumaşın mukavemetini olumsuz yönde etkileyen faktörlerden birisidir. Bunun dışında tülbent mukavemetine etki eden temel faktörler şunlardır;

- Tülbent kalınlığı ve birim alandaki ağırlığı
- Tülbent içerisindeki liflerin özellikleri ve konumları
- İğnenin penetrasyon derinliği, iğne sayısı ve makinenin devri
- İğnelerin diziliş durumları

Aşağıda tülbentlerin iğnelenmesinde etkili olan faktörler görülmektedir;

Lif ile ilgili olanlar

- Lif tipi
- Lif uzunluğu ve inceliği
- Lifin enine ve boyuna kesit ve yüzey yapısı
- Kıvrım sayısı
- Elastikiyet, büküm ve mukavemet
- Elektrostatik yüklenme

Uzun lifler kullanılarak iğneleme teknolojisiyle üretilen kumaşlar, kısa lifler kullanılarak üretilenlere oranla daha yüksek mukavemet, daha iyi iğneleme efekti, daha az döküntü, daha iyi form sabitliği ve daha yüksek hava geçirgenlik değeri sağlar.

İnce liflerin kullanılması daha yüksek iğneleme kuvveti gerektirir. Bu tip kumaşlar uzun lifler kullanılarak üretilenlere oranla daha az form sabitliği, daha yüksek mukavemet, daha az hava geçirgenliği sağlar.

Liflerin kıvrımlı yapıya sahip olması ile daha yüksek iğneleme etkinliği, daha yüksek form sabitliği, daha yüksek mukavemet, minimum hava geçirgenlik değeri sağlanır.

Tülbent ile ilgili olanlar

- Tülbent ağırlığı
- Tülbent yoğunluğu
- Tülbent içindeki liflerin konumu
- Tülbent düzgünlüğü

İğneleme mekanizması ile ilgili olanlar

- İğnelerin hareket yönü
- İğnelerin iğne plakasındaki düzeni
- İğne penetrasyon derinliği
- Birim alandaki penetrasyon sayısı
- Toplam iğne sayısı
- İğneleme devri
- İğneleme makinesinin çıkış hızı

İğne tipi ile ilgili olanlar

- İğne tipi
- İğne numarası (inceliği)
- İğne özellikleri (çentik sayısı, uzunluğu, çentik tipi ....)

a) İğneleme Teknolojisi ile Çalışan Üretim Hattı

İğneleme makinesinin ticari olarak ilk üretimi William Bywater tarafından 1870 yılında Leeds'te yapılmıştır. Bu makine Windson makinesi olarak biliniyordu. Bu makinede temel eleman 2 eksantrikti. Bu parçalar sayesinde iğne plakasının dikey yönde yukarı ve aşağı hareketi sağlanmaktaydı. Bu makine tasarımı 1940'lı yıllara kadar değişmemiştir. [45]

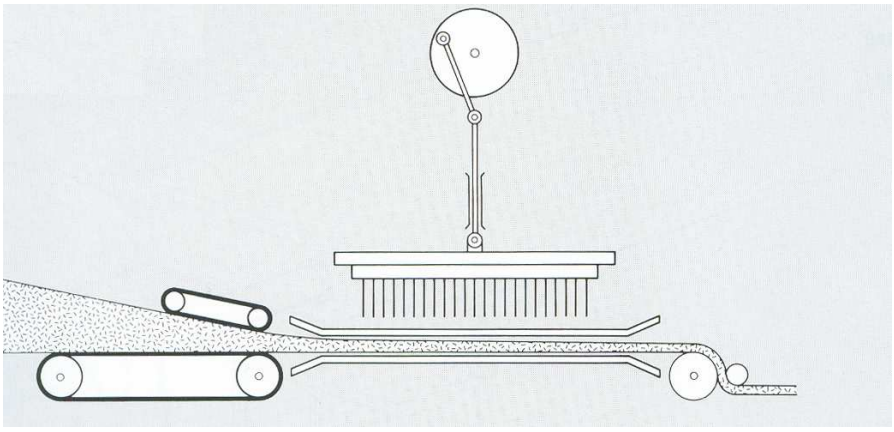
İğneleme teknolojisine sahip ve kesikli lif kullanan tipik bir üretim hattında sırasıyla açma karıştırma makineleri, tarak makinesi, serme makinesi, ön iğneleme makinesi ve ikinci bir iğneleme makinesi bulunmaktadır. Birinci aşamada tarak makinesinden çıkan tülbent tabakaları, serme makinesinde istenen doku eni genişliğinde, istenen kat sayısında serilerek ön iğneleme makinesine beslenmektedir. Ön iğneleme makinesinde kalınlığı azaltılan tülbent tabakaları ikinci bir iğneleme makinesinde iğnelenerek lifler birbirine bağlanır. Sonuçta iğneleme teknolojisiyle tülbent esaslı kumaş üretimi gerçekleştirilmiş olur.

İğneleme bir doku bağlama teknolojisidir. Genellikle bu teknolojiyle 50g/m^2'den 2000 g/m^2'ye kadar değişen birim metre kare ağırlıklarında kumaşlar üretilebilir. Bu üretim hattına katlanmış halde tülbent tabakaları girmekte, iğnelenmiş kumaş çıkmaktadır. Hem kesikli hem de filament esaslı tülbent tabakaları iğneleme teknolojisiyle bağlanabilir.

Ön İğneleme

Tarak makinesinden çıkan ve istenen doku gramajına göre ve ene göre sericide katlanan katlanmış tülbent tabakaları doğal olarak kabarık ve hacimli

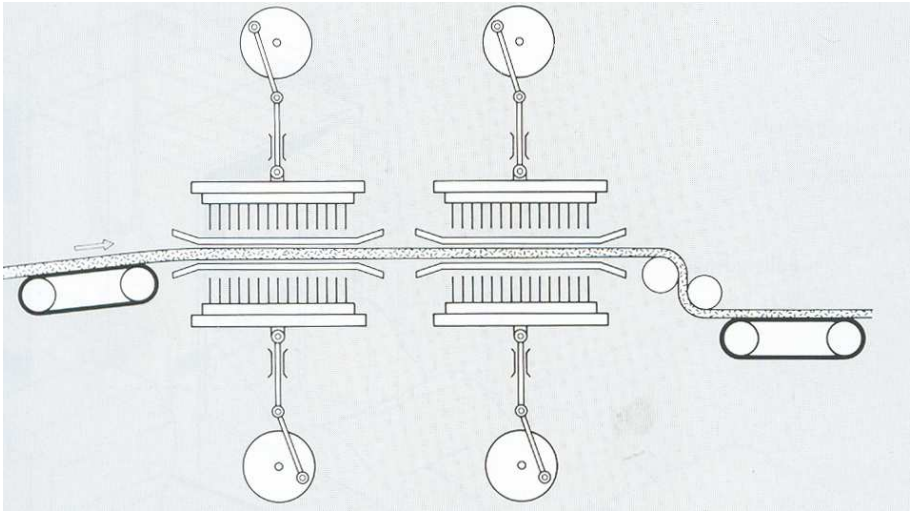
haldedir. Liflerin ilk olarak sıkıştırılma işlemi ön iğneleme makinesinde olmaktadır. Oldukça hacimli olan tülbent esaslı dokular vuruş yüksekliği 60 mm ile 90 mm arasında değişen ön iğneleme makinesinde iğnelenir. İğneleme makinesinin besleme kısmı sericiden çıkan tülbent dokusunu kırışmayacak, katlanmayacak ve bükülmeyecek şekilde makineye besler.



Şekil III.24 – Ön İğneleme Makinesi [46]

İkinci İğneleme

İğneleme üretim hattında bir sonraki adım ikinci iğnelemedir. İkinci iğnelemede kullanılacak makinelerdeki iğneleme yüksekliği yaklaşık 40 mm civarında azaltılmıştır. Bu sayede makine daha yüksek hızlarda çalışabilmektedir. İkinci iğnelemede cm^2 başına penetrasyon 100 ile 300 arasında değişmektedir. Penetrasyon derinliği de 4 mm ile 11 mm arasında seçilir. İğne penetrasyon derinliği temiz ve düzgün tülbent yüzey kalitesi için üretim hattı boyunca kademeli olarak azaltılır. Bu iğnelemede iğnenin her bir kanadında bulunan çentiklerin sayısı 2 ve 3 arasındadır [47]



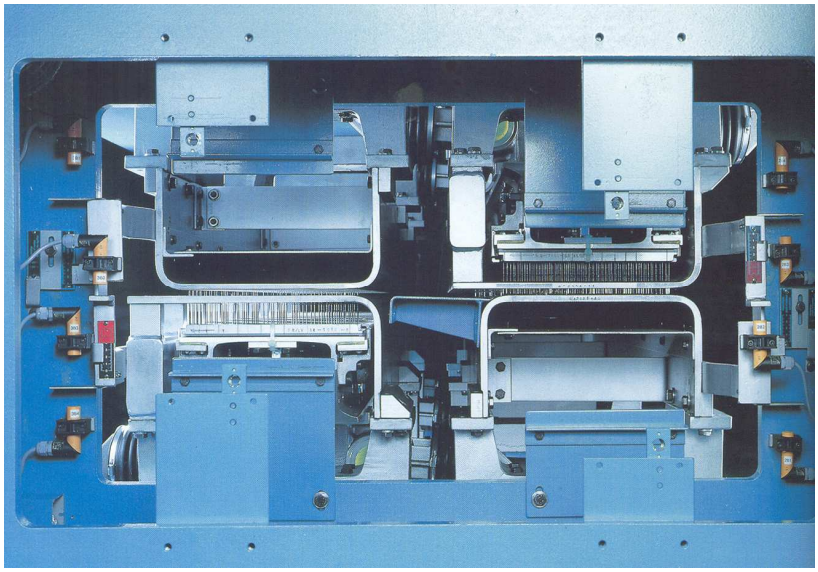
Şekil III.25 - İkinci İğneleme Makinesi [46]

İğneleme makinesindeki en önemli parametreler, iğneleme sıklığı ve penetrasyon derinliğidir. Penetrasyon derinliği arttığında, doku içerisine daha fazla iğne çentiği girdiğinden ötürü, liflerin birbirine bağlanması da artar. İğneleme sıklığı, tülbent dokunun içerisine giren iğnelerin sayısıdır ve aşağıdaki faktörlere bağlıdır;

- İğne plakasındaki iğne sayısı
- Çıkan materyal miktarı
- İğneleme devri
- İğne plakasının kullanılan eni
- Materyalin makineden geçme sayısı

Her bir pasaj başına iğneleme yoğunluğu = [n x F] / [V x w] formülüyle verilmektedir.

- n= İğne plakasındaki iğne sayısı
- F = İğneleme devri
- V= Çıkan materyal hızı
- w=İğne plakasının eni



Şekil III.26 - Çift Taraflı İğneleme Makinesi (Üstten-Alttan) [48]

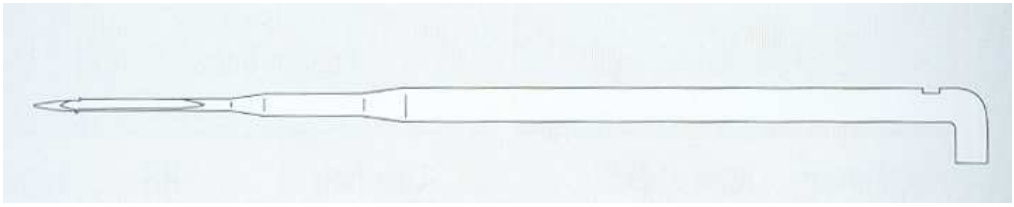
b) Velur İğneleme

Velur bir doku bağlama makinesi değildir. Bu makineye iğnelenmiş kumaşlar beslenir. Bu makinenin görevi iğneleme tekniği ile üretilmiş kumaşın üzerinde tüylü yüzey oluşturmaktır.

Bu makineler 1980 yılının ortasından itibaren üretime başlamıştır. Bu makinelerde tülbent esaslı velur yüzeyler üretilir. Pelüş makinelerinden farklı olarak bu makinelerde üretilen velur kumaşlar tamamıyla izotroptur. Kumaş üzerinde

makine yönü ile enine yönünü birbirinden ayırmak güçtür. Bu kumaşlar, Avrupa ve Japon otomotiv endüstrilerinde çok tercih edilir.

Bu tip makinelerde üstten aşağıya doğru hareket eden 2 iğne sehpası bulunmaktadır. Makinenin en önemli özelliği iğne sehpalarının altında fırçaları olan bandın mevcudiyetidir. Velur makinesine iğnelenmiş kumaş beslenir. İğneler kumaştan lifleri çıkararak fırçanın içine doğru sıkıştırır. Fırçalı bant iğneleme prosesi sırasında hareketlidir ve lifleri sıkıştırmakla beraber materyali sevk de eder. Daha ince lifler kullanıldığında taç (crown) tipi iğneler kullanılır.



Şekil III.27 - Taç İğne [46]

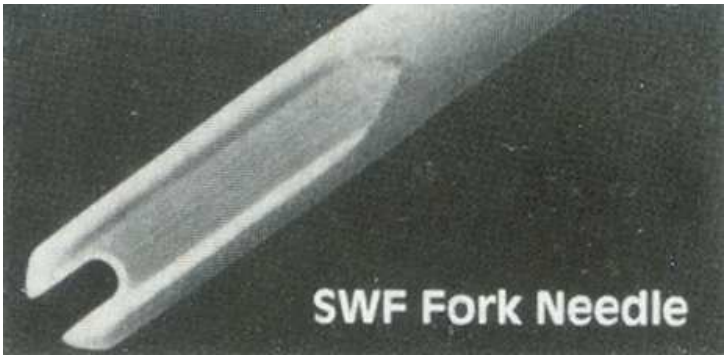
11 dtex ve daha kalın lifler için hem taç (crown) hem de çatal (fork) tipi iğnelerin ikisi birden kullanılabilir. Bu tür iğnelerin lifleri yönlendirme özelliği yoktur. Yalnızca keçenin üzerinde tüy çıkarırlar. Fırçanın temizlenmesi ile tozların elyaf yığınlarının materyal üzerinde kalması önlenir. Velur makinesinden çıkan iğnelenmiş kumaşların altına genellikle kimyasal madde kaplanır.

Şekil III.28 - Velur İğneleme Makinesi

c) Pelüş İğneleme Makineleri

Pelüş iğneleme makineleri doku bağlama makinesi değildir. İğneleme teknolojisiyle bağlanmış sabitlenmiş kumaşların üzerinde tüylü yüzey üretmeye yarayan bir makine türüdür. Pelüş iğneleme makinelerinde uçları çatal şeklinde olan iğneler kullanılır. Bu makinelerde delikli alt plakanın yerine lamelli alt plaka mevcuttur. Çatal iğneler lifleri paralel lamel çubukları arasına sıkıştırır. Çatal iğnenin

üst plakada dizilişine bağlı olarak çizgili yada velur tip yüzeyler oluşturulur. Bu makinelerle üretilen kumaşlar zemin materyali olarak, evlerde, otomotiv ve deniz alanında kullanılır. Bukle şeklinde yüzey elde edilir.



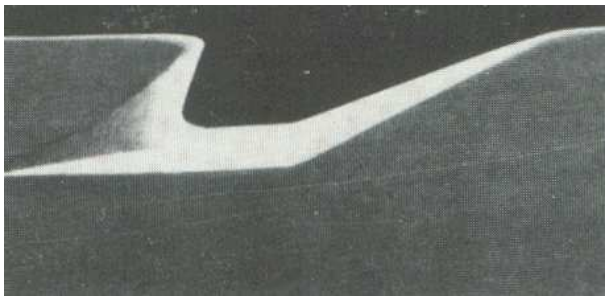
Şekil III.29 - Pelüş Makinelerinde Kullanılan İğne Türü

d) İğneleme Teknolojisinde Kullanılan İğneler ve Özelikleri

İğneleme teknolojisinde temel olarak 2 tip iğne bulunmaktadır. Bunlar ; t*ülbent doku bağlama iğneleri ve yüzey tüylendirme iğneleridir. (Taç ve Çatal tipi iğneler)*

- *Doku Bağlama İğneleri ve Özellikleri*

Bu tür iğnelerin temel görevi, çentikleri vasıtasıyla lifleri taşıyıp birbirine bağlayarak iğnelenmiş kumaş oluşturmaktır. İstenen ürünün ve kullanılan lifin tip ve özelliğine bağlı olarak iğne özellikleri değişir. İğnenin temel fonksiyonel kısmı çentiktir. [46]

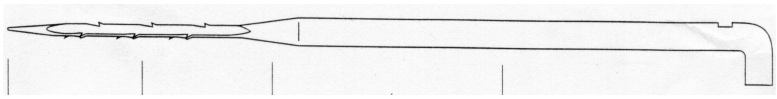


Şekil III.30 - Foster İğne Çentik Görünümü

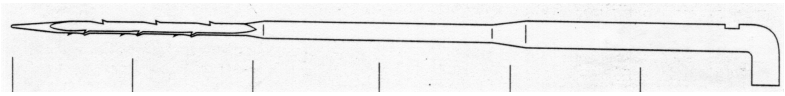
Doku bağlama iğnelerinin en önemli özellikleri çentiklerinin boyutu, sayısı, türü, çentikler arası mesafe, toplam iğnedeki çentik sayısı, çalışma parçası uzunluğu, redüksiyon sayısı, iğnenin toplam uzunluğu ve enine kesit şeklidir.

Doku bağlama iğneleri, tek redüksiyonlu ve çift redüksiyonlu iğneler olarak ikiye ayrılır. Tek redüksiyonlu iğneler bükülme derecesi bakımından daha sağlamdır. Bu sebepten daha kalın liflerin kullanıldığı, ağır gramajlı kumaşların üretiminde kullanılır. Çift redüksiyonlu iğneler ise daha esnektir. Bu sebepten ince liflerin

kullanıldığı hafif gramajlı kumaşların üretiminde kullanılır. Şayet çift redüksiyonlu iğneler kalın dokuların üretiminde kullanılırsa iğnenin kırılma olasılığı vardır. [46]



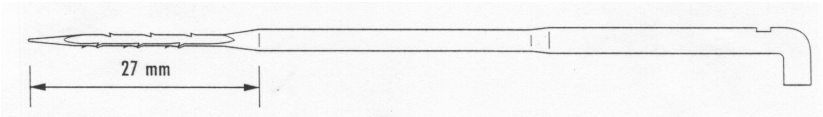
Şekil III.31 Tek Redüksiyonlu Doku Bağlama İğnesi [46]



Şekil III.32 Çift Redüksiyonlu Doku Bağlama İğnesi [46]

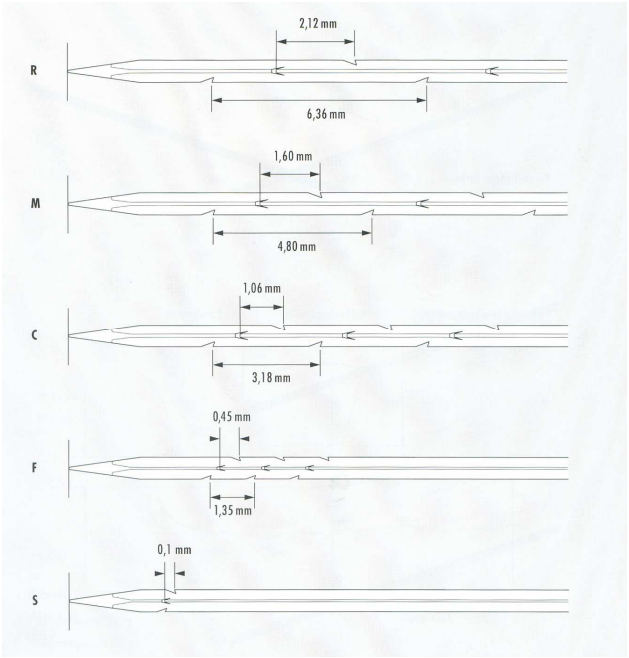
Standart doku bağlama iğnesinin çalışma parçası üçgen formundadır ve her bir kanadında 3' er adet çentiğe sahiptir. Bu çentiklerin tasarımı ve ölçüsü iğneleme prosesi için çok önemlidir.

İğnelerin toplam uzunluğu 60-130 mm arasında, çalışma parçasının ise 20 ile 40 mm arasında değişmektedir. Doku bağlama iğnesinin çalışma kısmında en çok kullanılan yuvarlatılmış kenarlı ve kanatları eşit olarak bölünmüş üçgen tiptir. Bu tip çalışma kısmına sahip iğneler, iğneleme prosesi sırasında her yönde eğilmeye, bükülmeye karşı mukavemeti aynıdır.



Şekil III.33 - Çalışma Parçası Uzunluğu 27 mm olan Doku Bağlama İğnesi [46]

İğneler içerisinde enine kesit olarak en çok üçgen olan tip tercih edilmektedir. İğnenin ucu tülbent yapı içerisine iğnenin girişini kolaylaştırır. Bazı iğnelerin ucu sivri bazılarının yuvarlatılmış şekildedir. Çentikler arasındaki mesafede değişmektedir. Örneğin taç iğnelerde iğnenin her bir kanadında bir çentik vardır.

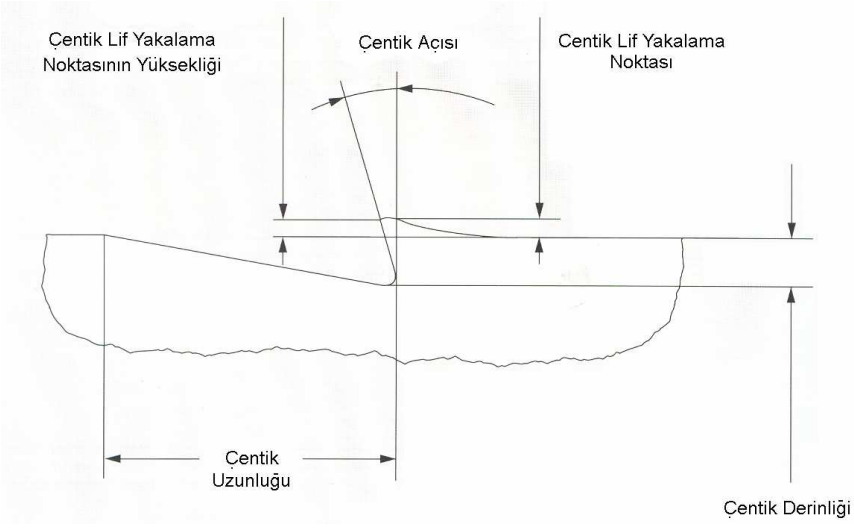


Şekil III.34 - Doku Bağlama İğnesi Çentik Mesafesi [46]

İğnelerin üzerindeki çentiklerin arasındaki mesafe harf sistemi ile ifade edilir. Harflerin belirttiği aralıklar aşağıda gösterilmiştir.

R - Düzenli çentik aralığı
M - Orta çentik aralığı
C - Yakın çentik aralığı
F - Sık çentik aralığı
S - Tek çentik (Taç tipi iğne)

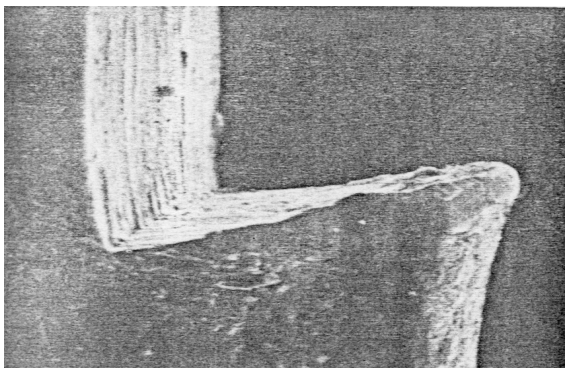
Çentikte 5 önemli noktadan söz edilebilir. Bunlar çentik uzunluğu, çentik derinliği, çentik lif yakalama noktası (kick-up) ve çentik açısıdır. (under-cut) Çentiklerin uzunluğu ve çentik derinliği, çentik lif yakalama noktası ile sınırlandırılmıştır. Çentik derinliği ve çentik lif yakalama noktası çentik tarafından alınan liflerin sayısını sınırlamaktadır. Çentik açısı liflerin çentikte tutulmasını etkiler.



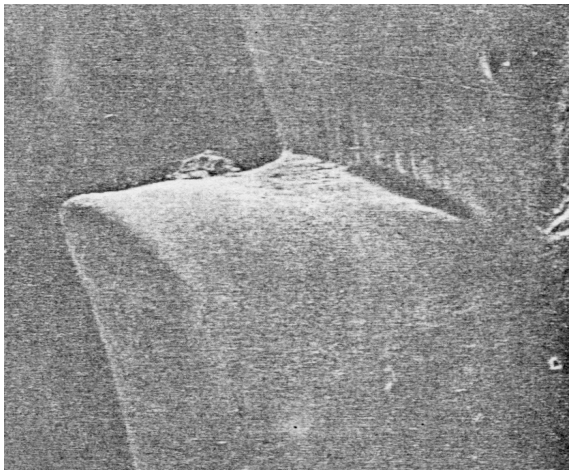
Şekil III.35 - Doku Bağlama İğnesi Çentik Tasarımı [46]

Doku bağlama iğnelerinin en önemli bölümü üzerindeki çentiklerdir. Çentikler lifleri taşıyarak birbirlerine bağlar. Çentikler bir süre sonunda aşınarak lif taşıma oranları düşer. Yukarıdaki şekilde çentiklerin aşınma sürelerine karşın alınan lif sayısı gösterilmektedir. Çalışma süresi artıkça çentik tarafından yakalanan lif miktarı da azalmaktadır. İğnenin ilk çentiği en fazla aşınmaya uğrayan kısımdır.

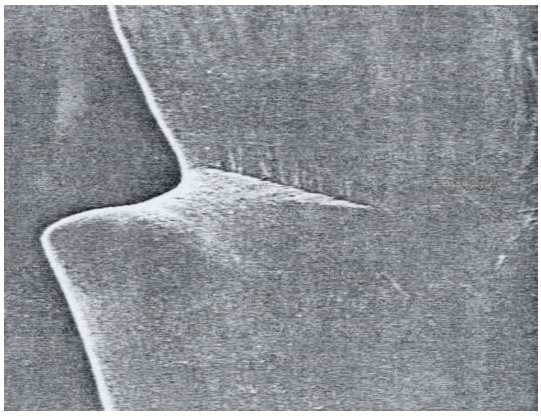
Penetrasyon sırasında en derin nokta iğneleme makinesinin ana tahrik mekanizmasının aşağıya doğru vuruş pozisyonudur. Penetrasyon derinliğinin 0 pozisyonu, iğnenin ucunun alt plakanın üst yüzeyi ile temas noktasıdır. Penetrasyon derinliği mm olarak verilir ve alt plakanın ayarı ile değiştirilir.



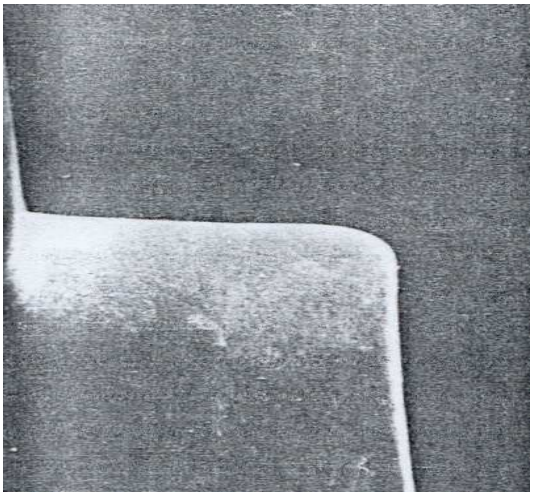
Şekil III.36 - Yeni İğne Çentik Görünümü [49]



Şekil III.37 - 200 Saatlik Bir Aşınmadan Sonra Çentik Görünümü[49]



Şekil III.38 - İğne Çentiğinin 400 Saatlik Çalışma Saati Sonrası Görünümü [49]



Şekil III.39 - İğne Çentiğinin 1250 Saatlik Çalışma Süresi Sonrası Görünümü [49]

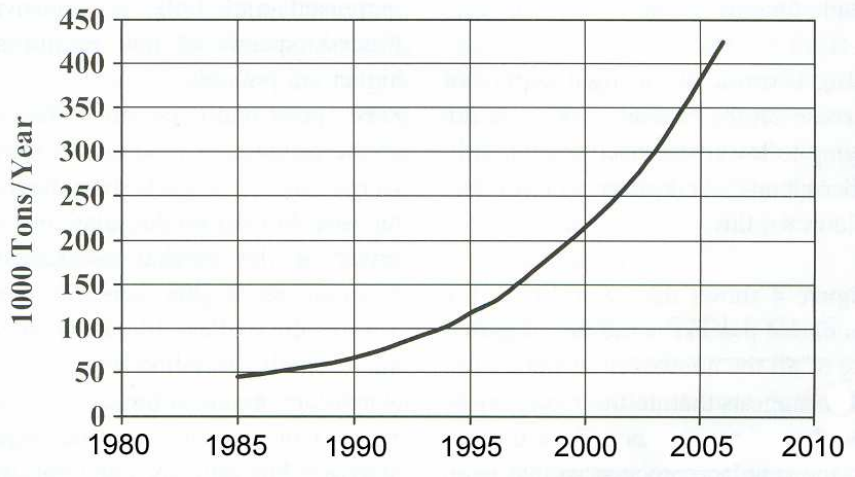
İğnelenmiş kumaşlar filtrasyon, otomotiv, yalıtım, suni deri, temizlik bezi, ayakkabı, geotekstil gibi birçok alanda kullanılır. Filtrasyon alanında kumaşın gözenekliliği, lif özelliği, kumaş kalınlığı, kumaşı oluşturan tabakaların kimyasal karakteri çok önemlidir. İğnelenmiş kumaşın diğer kullanım alanları kompozit endüstrisi, duvar, yer ve çatı kaplama uygulamalarıdır. Takviye dokulu iğnelenmiş ürünler ise iğneli ürün pazarının önemli bir parçasıdır. Battaniyeler ve uzun ömürlü kumaşlar bu teknoloji ile üretilir.

III.2.2.2. Su Jeti ile Bağlama (Spun-Lace)

Su jet mekanik doku bağlama teknolojisidir. Tülbent esaslı dokuları bağlamak için kullanılmaktadır. Buna ilaveten farklı tekniklerle oluşturulan tülbent esaslı dokuları veya kumaşları birleştirmek amacıyla da kullanılabilir.

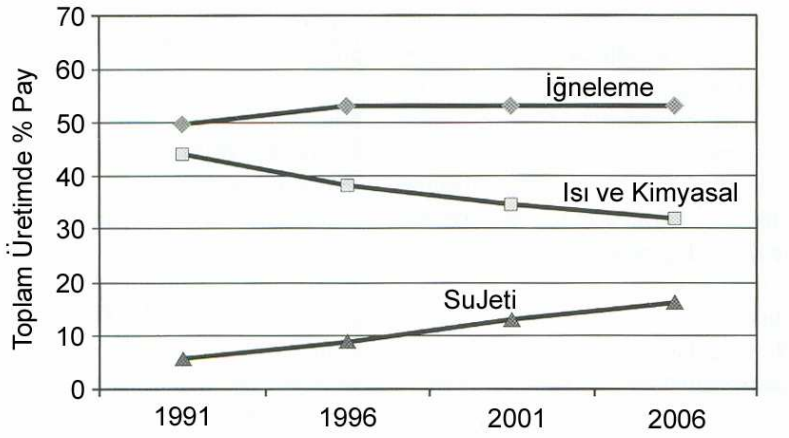
Bu teknolojide, tülbent yapısı içerisindeki lifleri birbirine bağlamak için basınçlı su püskürten düzeler kullanılmaktadır. Bu sistemde, gözenekli bant ya da delikli veya desenli elek üzerindeki tülbent dokusuna, birçok sıralı su jetleri tarafından,

genellikle 80-600 bar arasında değişen basınç değerinde su püskürtülür. Bu sayede lifler döndürülür ve birbirleri üzerine dolanması sağlanır. Burada tülbent dokunun bağlanması yalnızca liflerin birbirlerine dolanmasından oluştuğu için doku yüksek esnekliğe, yumuşaklığa ve dökümlülüğe sahiptir. Bu teknoloji ile hem mukavemetli hem de yumuşak, dökümlü kumaşların üretimi mümkündür. [50]



Şekil III.40 - 1985-2005 Yılları Arası Dünya Çapında Su Jetli Kumaş Üretimi [19]

Günümüzde hala hava ile serme tekniği ile üretilen dokuların büyük bir kısmı kimyasal maddeyle bağlanmaktadır. Bunun yanı sıra kimyasal bağlama tekniğinin kullanımı gün geçtikçe azalmaktadır. Çünkü su jeti ile bağlama teknolojisi, müşteriye daha uygun kumaş üretimini gerçekleştirir. Kimyasal madde kullanılmayan bu teknikle üretilen ürünler, özellikle hijyenik, tıbbi, temizlik ve kozmetik alanlarına yöneliktir. Çevreye duyarlı olan bu teknoloji yardımıyla benzer yada daha yüksek mukavemette aynı zamanda yumuşak ve dökümlü kumaşlar üretilebilir. Günümüzde ısı ve kimyasal maddelerle bağlanmış kumaşların yerini su jet teknolojisiyle üretilmiş tülbent esaslı kumaşlar almaktadır. 2006 yılına baktığımızda dünyada su jet teknolojisiyle tülbent esaslı kumaş üretimi 400000 ton rakamını geçmiştir. Aşağıdaki grafikte 1991-2006 yılları arasında dünyada iğneleme teknolojisinin kullanımı değişmez iken, ısı ve kimyasal bağlama teknolojilerinin kullanımının azaldığı ve su jet teknolojisinin daha fazla tercih edildiği açıkça görülmektedir.



Şekil III.41 - 1991-2006 Yılları Arasında Dünyada Doku Bağlama Teknolojilerinin Kullanımı [19]

Bu teknoloji, ilk olarak 1973 yılında Du-Pont ve Chicipee şirketleri tarafından gerçekleştirilen kapsamlı bir çalışmanın sonucudur. DuPont, 1963-1970 yılları arasında su jetli sistemler konusunda 5 adet patent almıştır. 1980'li yıllardan itibaren bu teknoloji daha verimli hale getirilmiştir. Su jetli kumaşların büyük bir kısmında tarak makinesi yada hava ile serme makinesi gibi kuru serme teknolojileriyle üretilen dokular kullanılmasına rağmen, son zamanlarda ıslak serme teknolojisi ile üretilen dokular da bu teknoloji ile bağlanmaktadır.

Su jeti ile bağlama teknolojisi, son yıllarda, büyük öneme sahip oldu. Materyal başına daha az enerji tüketimi, daha az materyal kaybı ve ileri filtre sistemlerinin kullanımı ile su tüketiminin azaltılması, bu teknolojinin sunduğu yeni avantajlardır.

Üretilecek kumaşta nem absorpsiyonu, neme karşı bariyer özelliği, mukavemet, yumuşaklık gibi özellikler istendiğinde üretim hattına çeşitli lif tabakaları beslenir. Örneğin çocuk bezlerinin, dış tabakaları mukavemet ve yumuşak özellik istendiğinden %100 polyester, orta tabakada ise absorban yapı istendiğinde selüloz esaslı materyal kullanılır.

Su jet üretim hattında, aşağıda gösterilen çeşitli ve önemli adımlar vardır. Bunların bazıları diğer tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki üretim hatları ile aynıdır, bazıları da yalnızca bu yönteme özgüdür. Üretim hattındaki temel sistemler;

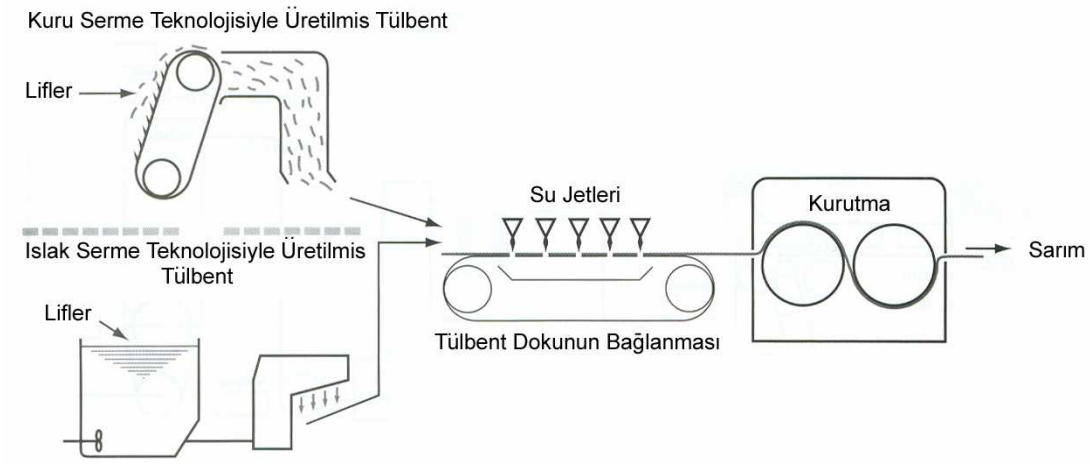
- Lif
- Doku oluşturma
- Su Jetleri
- Doku Taşıma Sistemi
- İğneleme sistemi
- Su sistemi
- Kurutma ve Bitim işlemleridir.

Makineye beslenen taraklanmış dokular, hava ile serme, ıslak serme, bazen filament tülbent esaslı dokular (spunbond), eriyikten püskürtme dokuları (melt-blown), ilk olarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulur diğer bir deyişle kalınlığı azaltılır. Sonra hava boşluklarının alınması için ön ıslatma işlemi uygulanır. Bu işleme ön bağlama adı da verilebilir. Son olarak da, su jetleriyle iğneleme işlemine tabi tutulur.

Su jetleri lifleri döndürerek büküm uygularlar. Ancak bu büküm belli bir doğrultuda değildir. O sebepten yalancı büküm olarak isimlendirilir. Su jet üretim hattında, tarak ve serme makinesinden çıkan katlı tülbent tabakaları germe çekme makinesine girerler. Bu makinede enine yönlenmiş lifler boyuna yönlendirilmeye çalışılır. Çünkü su jetleri büküm uyguladığından liflerin mümkün olduğunca birbirine paralel olması istenir. [51]

Bazı durumlarda su jet teknolojisi filament tülbent esaslı kumaşlara da uygulanmaktadır. Bilindiği gibi filament tülbent esaslı kumaşlar (spunbond) ince, kağıt gibi, mukavemetli, hacimsiz ve sert tutumludur. Filament tülbent esaslı kumaşların su jetleriyle bağlanmasında amaç, kumaşın tutum özelliklerini iyileştirmek ve hacimli hale getirmektir. Tülbent esaslı kumaşın bağlanması değildir. Kalender silindirleriyle tam bir şekilde bağlanmış filament tülbent esaslı kumaşlara su jetleri uygulandığında, kumaştaki bağlantı noktaları zarar görür. Su jetlerinin basıncına, kumaşın birim metre kare ağırlığına göre kumaşın zarar görme derecesi değişir. Su jetleriyle iğneleme sonucunda kumaş bir taraftan zarar görür ancak diğer taraftan kumaşın tutum özelliği gelişir. Kumaş daha hacimli ve yumuşak hale gelir, daha kolay eğilip bükülebilir. Önümüzdeki yıllarda, filament tülbent esaslı kumaşların su jetleriyle iğnelenerek bağlanmasının artacağı düşünülmektedir.

Yapılan çalışmada kalender silindirleriyle bağlanmış filament tülbent esaslı kumaş ile kalender silindirleriyle tam bir şekilde bağlanmış ve sonrasında su jetleriyle bağlanmış iki kumaş bükülme mukavemeti, yumuşaklık, hacim ve mukavemet açısından karşılaştırılmıştır. [52]



Şekil III.42 - Su Jeti Tekniğiyle Tülbent Esaslı Kumaş (Nonwoven) Üretim Hattı [10]

Lif seçimi makinenin verimliliğinde, dokunun bağlanma derecesinde ve son ürünün özelliklerinde çok büyük etkiye sahiptir. Çoğunlukla, selüloz ve polyester, poliamid, akrilik gibi yapay lifler kullanılır. Genel olarak, mukavemeti, eğilme özelliği, suda çözünmemesi ve plastik deformasyona karşı dirençli olması sebebiyle selüloz esaslı lifler tercih edilir.

Son zamanlarda yeni bir selüloz lifi olan Lenzing Lyocell liflerinden su jeti teknolojisiyle üretilen tülbent esaslı kumaşlar, özellikle ayakkabı sektörü için hijyenik kullanım konforuna sahip kaplama taşıyıcı yüzey olarak oldukça yaygındır. [53]

Su jet teknolojisiyle bağlanmış kumaşlar, mukavemet ve sertlik modülü arasında iyi bir denge oluşturması sebebiyle özel tülbent esaslı kumaşlar sınıfındadır. Su jet tekniğiyle üretilen kumaşlar tülbent esaslı kumaşlar arasında en düşük sertlik modülüne sahiptir.

Ayrıca, yüksek dökümlülük, yumuşaklık, rahat tutum özellikleriyle dokuma ve örme yapılara daha yakın özelliklere sahiptir. Çünkü daha fazla sayıda lif bağlantıları yapılması sonucunda, sertlik modülünde artış olmadan mukavemette artış gerçekleştirilmiştir.

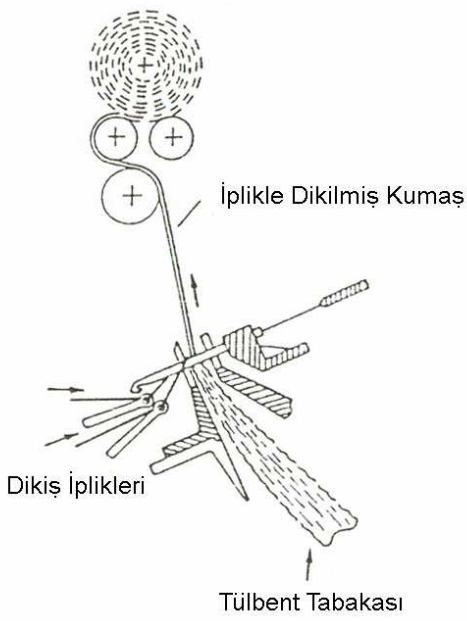
III.2.2.3. Dikerek Bağlama Tekniği (Stitch Bonding)

Dikerek bağlama teknolojisinde tülbent esaslı dokular ipliklerle dikilerek bağlanmaktadır. Ayrıca tülbent esaslı kumaşların sağlamlaştırılmasında da bu teknolojiden yararlanılmaktadır. Dikerek bağlama tekniğinde 2 temel teknoloji bulunmaktadır. Bunlardan birisi Arachne ve diğeri ise Maliwatt tekniğidir.

Arachne tekniğinde, serilmiş ve gevşek halde olan tülbent esaslı doku iplikler tarafından dikilmektedir. Bbu şekilde bağlanmaktadır. Bu teknikte serici makinesinden çıkan katlı haldeki tülbent tabakası destekleyici apronların

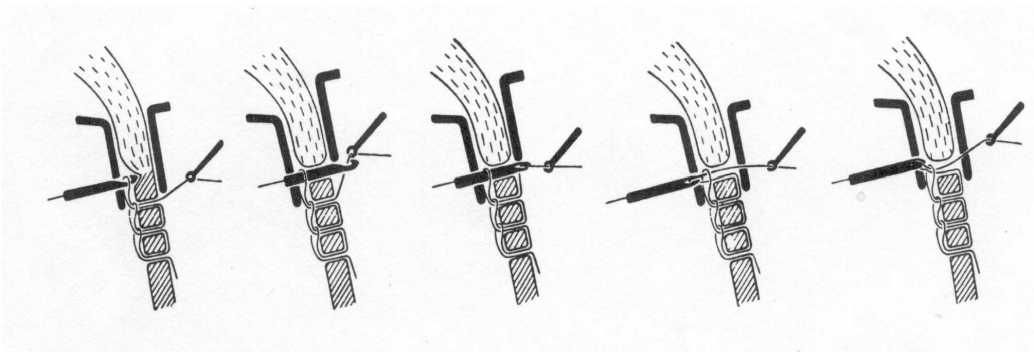
kılavuzluğunda penetrasyon alanına girer. Arachne makinesinde kullanılan iğneler yüksek hızlı trikot örme makinelerinden esinlenerek tasarlanmıştır. Tülbent esaslı dokuya kolay ve zararsız penetrasyon için sivri uçlu iğneler kullanılır. Arachne dikim tekniğinin çalışma prensibi şu şekilde özetlenir.

- İğnenin ileri hareketi
- İğnenin tülbent esaslı doku içine maksimum penetrasyonu
- İğnenin tülbent esaslı dokudan çıkması
- İğneye iplik beslenmesi
- İğnenin geriye hareketi
- İlmek oluşumu



Şekil III.43 - Arachne Tekniği [25]

Maliwatt, elyaf tülbentlerini veya tabakalarını dikiş-örgü tekniği ile birleştirerek sağlamlaştıran mali kumaş üretim tekniğidir. Maliwatt kumaş sık bir yapıya sahiptir. Maliwatt kumaş, gevşek yada sıkıştırılmış tülbent esaslı dokuların üstten dikilmesi ile üretilir. [54]



Şekil III.44 - Maliwatt Kumaş Oluşumu [54]

Kuvvetlendirilmemiş ya da ön bağlama yapılmış kesikli veya filament esaslı tülbent dokular, bu teknolojiyle kısmi ya da tüm alanda ipliklerle ilmek oluşturularak ve dikilerek bağlanmaktadır. Sonuç olarak bu doku bağlama teknolojisi, kompozit kumaş üretimine çok uygundur. Bir veya iki kuvvetlendirici iplik sistemi (rehber plaka) kullanılabilir. Bu makinelerin çalışma eni maksimum 6.1 metredir. Sürekli olarak gelişmeye karşın günümüzde, 2.8 metrenin üzerinde çalışan makinelerde maksimum hız dakikada 2200 devir/min, 2.8 metrenin altında çalışan makinelerde maksimum hız dakikada 2500 devir/min'dir. [54]

III.2.3. Isı ile Bağlama (Thermal Bonding)

Isı ile bağlama tekniği; tülbent esaslı kumaş endüstrisinde dokuların ve kumaşların bağlanmasında kullanılmaktadır. Bu teknikte, doku oluşturma aşamasından gelen tülbent dokuların ya da doku bağlama aşamasından gelen kumaşların içerisindeki liflerin bir kısmı, termoplastik özelliklerinden yararlanılarak eritilmektedir. Bu şekilde tülbent esaslı doku bağlanmaktadır. Isı ile doku bağlama, tülbent dokunun mukavemetini, boyut sabitliğini artırmak için ısı ve basınç kullanan bir tekniktir.

İlk ısı ile bağlanmış tülbent esaslı kumaş 1940'lı yıllarda üretilmiştir. Bu ürünlerde yapıyı oluşturan taşıyıcı lif olarak rayon bağlayıcı lif olarak da selüloz asetat ve vinil klorit kullanılmıştır.

Bu teknikte kimyasal madde kullanılmaz. Sadece liflerin termoplastik özelliğinden yararlanılır. Isı ile bağlama tekniğinde çeşitli yöntemler ve makineler kullanılmaktadır. Bunlar kalender silindirleri, fırın sistemi ve ultrasonik bağlamadır.

1) Kalender silindirleri
    a) Noktasal bağlama tekniği
    b) Yüzey bağlama tekniği
2) Fırın Sistemi
3) Ultrasonik bağlama

Isı ile bağlama tekniğinde bağlayıcı olarak düşük sıcaklıkta erime özelliğine sahip lifler, tozlar, granüller ve iki bileşenli lifler kullanılır. Bu bağlayıcı lifler dokuyu oluşturan taşıyıcı materyalle %5-50 oranında lif açma ve harmanlama makinelerinde karıştırılır ve çeşitli doku oluşturma yöntemlerinde çoğunlukla tarak makinesinde tülbent doku haline getirilir. Sonrasında bu lifler sıcak hava ya da yüzey ile temas ettiğinde eriyerek çevresindeki lifleri birbirine bağlar. Bu şekilde ısı ile bağlanmış kumaş üretilmiş olur.

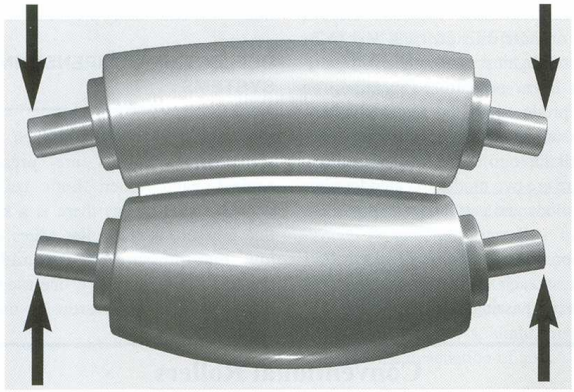
a) Kalender Silindirleri

Kalender silindirleri temel olarak yüzey düzgünleştirme, kumaş veya doku kalınlığını her noktada eşit hale getirme, kumaş üzerine kabartma baskı yapma ve ısı ile tülbent dokuyu bağlama amacıyla kullanılmaktadır.

Yüzey düzgünleştirme amacıyla kullanılan kalender silindirleri doku oluşturma aşamasından sonra üretim hattına ilave edilmektedir. Bu sayede materyalinin kalınlığı azaltılmakta, bir miktar bağlama gerçekleştirilmekte ve materyal içerisindeki hava tahliye edilmektedir.

Kumaş kalınlığını ayarlama amacıyla kullanılan kalender silindirleri üretim hattının son aşamasında yer almaktadır. Bu sayede hem enine hem de boyuna yönde eşit kumaş kalınlığı sağlanmış olur. Kumaş kalınlığını ayarlama amacıyla kullanılan kalender silindirlerinde, iki silindir arasındaki mesafeyi gösteren dijital mekanizmalar bulunmaktadır.

Kalender silindirleri tülbent doku veya kumaş üzerine baskı yapmak amacıyla da kullanılmaktadır. Şirket, ürün ismi gibi istenen yazı veya şekil, kumaş üzerine bu silindirlerle uygulanabilir. Kumaş üzerine kabartma baskı uygulanmasının sebebi, görsellik, etiketleme, sıvıyı yönlendirme ve sıvı akışını sınırlamadır.



Şekil III.45 - Yeni Tip Kalender Silindirleri [55]

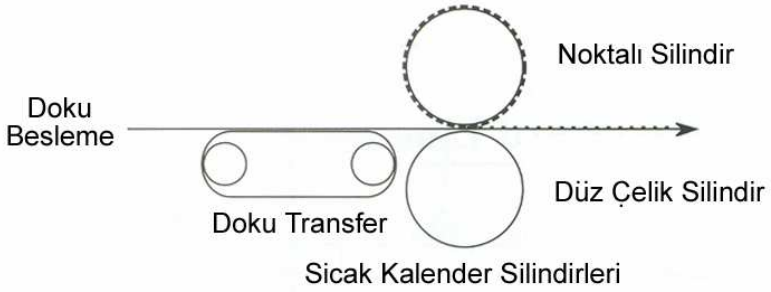
İstenen amaca göre birçok farklı kalender silindir türü vardır. Bunlar;

- Isıtılmış veya soğuk çelik silindirler
- Pürüzsüz veya kabartma baskılı çelik silindirler
- Kağıt veya pamuk dolgulu silindirler (eski tasarım)
- Kauçuk kaplı silindirler
- Elastomer malzeme kaplı silindirler

Kalender silindirleri ile iki farklı teknikte tülbent esaslı doku bağlanmaktadır. Bunlar;

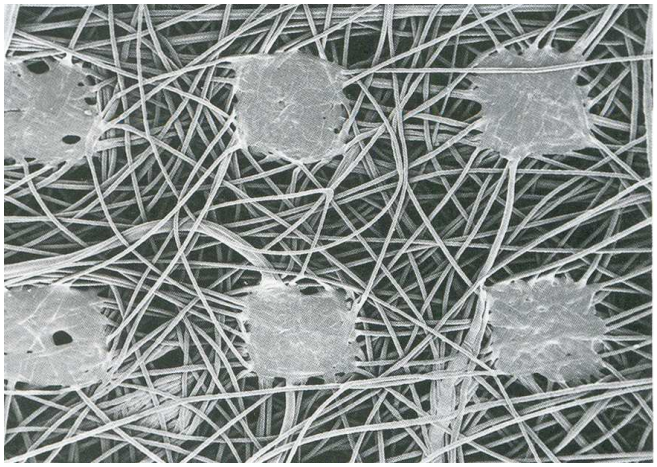
- Noktasal bağlama tekniği
- Yüzey bağlama tekniğidir

Noktasal bağlama tekniğinde iki silindir çifti kullanılmaktadır. Bu silindirlerden üstte olanı gravürlü diğer bir deyişle kabartma şekilli, diğeri düz yüzeylidir. Bu teknik yalnızca tülbent esaslı dokulara uygulanmaktadır. Tülbent esaslı doku iki silindir arasından geçerken, kabartma şeklin olduğu bölgedeki lifin erimesi ile tülbent esaslı doku bağlanır.



Şekil III.46 - Noktasal Bağlama Tekniği [10]

Kabartma kısma gelen doku içerisindeki lifler sıcaklık ve basınç ile eriyerek çevresindeki lifleri bağlar. Eğer ısı yeterli değilse lifler tam olarak erimez ve bağlama işlemi gerçekleşmez. Bu sebepten kalender sıcaklığı liflerin erime sıcaklığının biraz üzerinde olmalıdır. Kabartma deseni olarak en çok piramit şekli lif olarak da en çok polipropilen kullanılmaktadır. Kalender silindirleri kullanılarak üretilen kumaşların yüzeyleri pürüzsüz, tüysüz, kağıt gibi ince ve her noktası eşit görünüme sahiptir. Genellikle tarak makinesinden çıkan tülbent dokusu kesintisiz olarak kalender silindirlerine girer ve burada doku bağlama aşaması tamamlanmış olur. Tek kat tarak tülbent'i 80g/m^2'yi geçmez. Bu teknikte genelde 15-60 g/m^2 arasında kumaşlar üretilir ve genellikle tek komponentli lifler kullanılır.



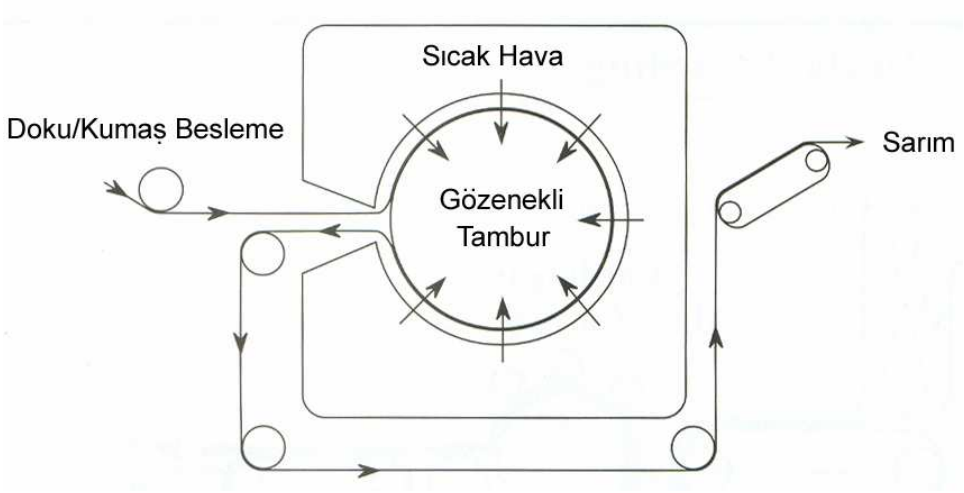
Şekil III.47 - Noktasal Bağlama Tekniği ile Üretilen Kumaş Örneği [28]

Kumaş yüzeyini %8-15 oranında bağlayan desenler piyasada fazlasıyla tutulmaktadır. Daha farklı desenler seçilerek kumaş yüzeyinin %35'inin bağlanması sağlanabilir.

Alan bağlama tekniğinde ise, iki silindirde düz yüzeylidir. Alan bağlama tekniği ağır gramajlı materyallerin üretiminde kullanılır. Filtre ve halı tabanı alanında kullanılacak kumaşların üretiminde bu teknikten yararlanılır. Bu teknikte iğneleme tekniği ile üretilmiş tülbent esaslı kumaş ilave olarak kalender silinirlerinden geçirilebilir. Bu sayede iğnelenmiş kumaş içerisindeki lifler eritilebilir. Bu sayede ilave bir doku bağlama işlemi ve ayrıca yüzey pürüzleştirme çalışması aynı anda yapılır. Bu teknikte iki bileşenli lifler, termoplastik lifler kullanılabilir. Bu bağlama aşamasında ısı, basınç, çalışma hızı değiştirilebilecek parametrelerdir.

b) Fırın Tekniği

Yüksek hacimli kumaşlar istendiğinde fırın teknolojisi tercih edilmektedir. Özellikle filtre, yatak, mobilya ve giyim endüstrisinde bu teknikle üretilen kumaşlar tercih edilmektedir. Kalender silindirlerinden tek farkı kumaşa basınç uygulanmamasıdır. Yalnızca sıcak hava ile polimer maddelerin erimesi o bölgenin bağlanması sağlanmaktadır. Materyalin fırın içerisinde kalma süresi dokunun ağırlığına ve kalınlığına bağlı olarak ayarlanır. Termoplastik tozlar ve granüller bu teknikte sıkça kullanılır. Bu tip kumaşlarda yüksek mukavemet elde etmek için bağlayıcı lif ya da toz miktarı daha fazla olmalıdır. Isıya hassas düşük erime noktasına sahip liflerin miktarı kumaşın daha sert ve daha düşük uzama göstermesine neden olur.



Şekil III.48 - Fırın Tekniği [10]

c) Ultrasonik Bağlama

Ultrasonik sistemler başlıca olarak, tekstil endüstrisinde liflerin, ipliklerin ve kumaşların boyanmasında; tülbent esaslı kumaş (nonwoven) endüstrisinde ise, kumaşların, dokuların bağlanmasında ve örneğin çocuk bezindeki gibi çeşitli tabakaların birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki en yeni doku bağlama, ve birleştirme yöntemidir. Isı ile bağlama içerisinde yer almaktadır.

Kimyasal madde fiyatlarının artması, kimyasal maddelerin kumaş tutumunu sertleştirmesi, hijyen endüstrisinde kimyasal maddenin istenmemesi ve üretim hızı yüksekliği sebebiyle gelecekte ultrasonik bağlama teknolojisinin kullanımının artacağı tahmin edilmektedir.

Ultrasonik bağlama, özellikle kimyasal maddenin istenmediği hijyen endüstrisine yönelik kumaş üretimi yapan üretim hatlarında kullanılmaktadır. Birçok farklı tabakanın ve materyalin laminasyonu ve birleştirilmesi amacıyla ultrasonik bağlamadan yararlanılmaktadır. Ultrasonik bağlama sadece çocuk bezi, emici özellikte çocuk külotu, kadın bağı, yetişkinler için idrar tutucu ürünler gibi birçok farklı tabaka ihtiva eden ürünler ile sınırlı değildir. Ultrasonik bağlama aşağıdaki amaçlar için kullanılır. [56]

- Laminasyon/Bağlama
- Kabartma Baskı/Yüzey
- Kumaşın Yüzeyinde Delikler Oluşturma
- Uzun ve Dar Yarıklar Açmak/Kesmek
- Birleştirmek/Bağlamak

Örneğin çocuk külotlarında, yetişkinler için idrar tutucu ürünlerde birçok farklı tabaka bulunmaktadır. Ultrasonik bağlama ile, bu tabakalar birbirlerine eş zamanlı, sağlam ve aynı zamanda yumuşak yan dikişler oluşturularak lamine edilmektedir.

Ultrasonik sisteminde 20 kHz ile 1 GHz aralığında yüksek frekans kullanılmaktadır. Bu frekans aralığı insan kulağının duyabileceği sınırın ötesindedir. Ultrasonik kaynak sistemleri genellikle 20, 30, 35, 40 kHz frekans aralığını kullanmaktadır. [56]

Isı ile bağlanmış tülbent esaslı kumaş üretiminde bağlayıcı olarak kullanılabilecek birçok madde vardır. Bunlar;

- Lifler
- Tozlar ve granüller
- Dokular

Bağlayıcı olarak kullanılacak madde aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

- Etkili eriyik akışına sahip olmalıdır
- Dokuyu taşıyan taşıyıcı materyale iyi oranda yapışmalıdır
- Taşıyıcı liften daha düşük erime noktasına sahip olmalıdır.
- Uygun sertlik/elastiklikte olmalıdır.

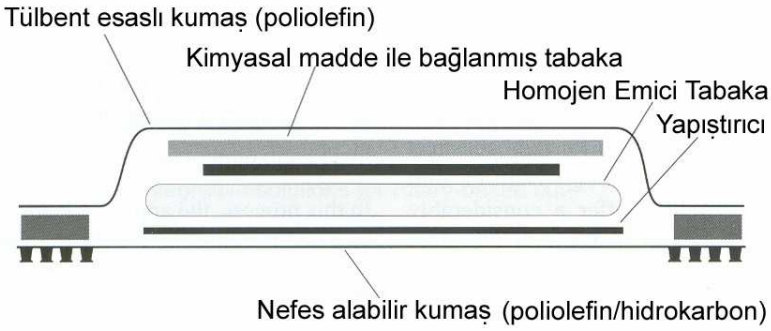
Isı ile bağlama tekniğinde, temelde iki farklı lif kullanılır. Bunlardan birincisi dokunun temelini oluşturan yüksek sıcaklıkta erime noktasına sahip taşıyıcı lifler, diğeri ise düşük erime noktasına sahip bağlayıcı liflerdir. Bağlayıcı lifler içerisinde düşük sıcaklıkta eriyen lifler, tozlar ve iki bileşenli lifler bulunmaktadır. Örneğin selüloz hamurundan yapılan ürünler içerisine olefin esaslı (polietilen, polipropilen) lifler ya da tozlar katılarak dokunun bağlanması sağlanabilir. Buna ilaveten düşük erime noktasına sahip polyester esaslı tozlarda endüstride kullanılmaktadır. Isı ile bağlama tekniğinde, düşük sıcaklıkta erimesi ve ucuz olması sebebiyle polipropilen en uygun olan ve en fazla kullanılan materyaldir. Ayrıca aşağıdaki ham materyal kombinasyonlarıda kullanılmaktadır.

- Polipropilen ve polyester gibi %100 ısıya duyarlı termoplastik lifler
- Termoplastik ve diğer lif karışımları
- %100 iki bileşenli lifler
- İki bileşenli ve diğer lif karışımları
- Normal lifler ile termoplastik tozların karışımları

Termoplastik iki bileşenli liflerin kullanımı son zamanlarda gittikçe artmaktadır. Ancak bu liflerin fiyatı kullanım miktarını sınırlayan etmenlerden birisidir.

Isı ile bağlama tekniği ile üretilen kumaşlar, özellikle bebek bezlerinde ve yetişkin bezlerinde kaplama kumaşı olarak kullanılmaktadır. Hazır giyim alanında

tela olarak, ayakkabı astarı olarak, akü ayırıcı kumaşı olarak, tıbbi alanda, yer kaplamalarında, yatak endüstrisinde, endüstride çalışma giysisi olarak, 3 boyutlu filtre kumaşlarında, döşemelik alanında vb. alanlarda tercih edilmektedir.



Şekil III.49 - Çocuk Bezi Enine Kesiti [57]

BÖLÜM IV
DENEYSEL ÇALIŞMA

IV.1 Materyal

Tülbent esaslı kumaşların üretiminde taşıyıcı lif olarak beyaz renkli kesikli polyester lifi ve bağlayıcı lif olarak iki bileşenli iç/dış lif kullanılmıştır. Takviye amacıyla siyah renkli polipropilen dokuma kumaş, beyaz renkli cam leno dokuma kumaş ve beyaz renkli cam tülbent kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümde bu beş adet hammaddenin özellikleri tablolar halinde ve resimleriyle birlikte gösterilmiştir.

a) Polyester Lifi

Tülbent esaslı kumaşın üretiminde taşıyıcı lif olarak 6 denye (6.7 dtex) inceliğinde, çapı dairesel, kesikli 55 mm uzunluğunda beyaz renkli PET polyester lifi kullanılmıştır. Polyester lifi ADVANSA Sasa Polyester Sanayi A.Ş. tarafından tedarik edilmiştir.

Tablo IV.1 – 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Ham Lifin Özellikleri

6 denye 55 mm	Dtex	Kıvrım/cm	Sıcakta Çekme (%) (196 ºC ½ Saat)
En az	6.44	3.6	2.5
En çok	6.88	4.0	6.5
Ortalama	6.70	3.8	4.5

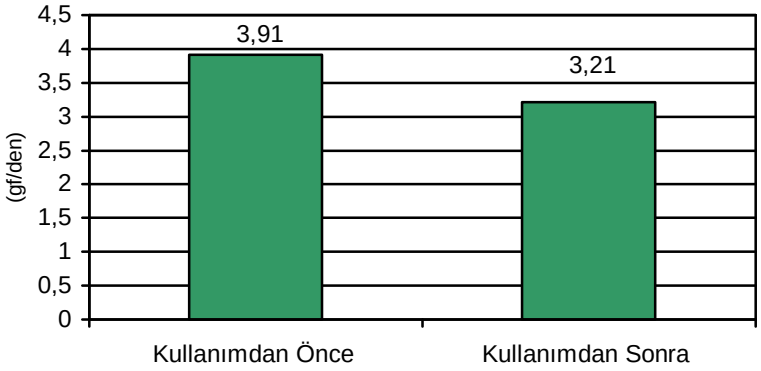
Tablo IV.2 – 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Ham Lifin Mukavemet Değerleri ve Diğer Özellikleri

6 denye 55 mm	Mukavemet (gf/den)	Uzama (%)
$\bar{x}$	3.91	68.69
s	0.49	14.62
% cv	12.53	21.28

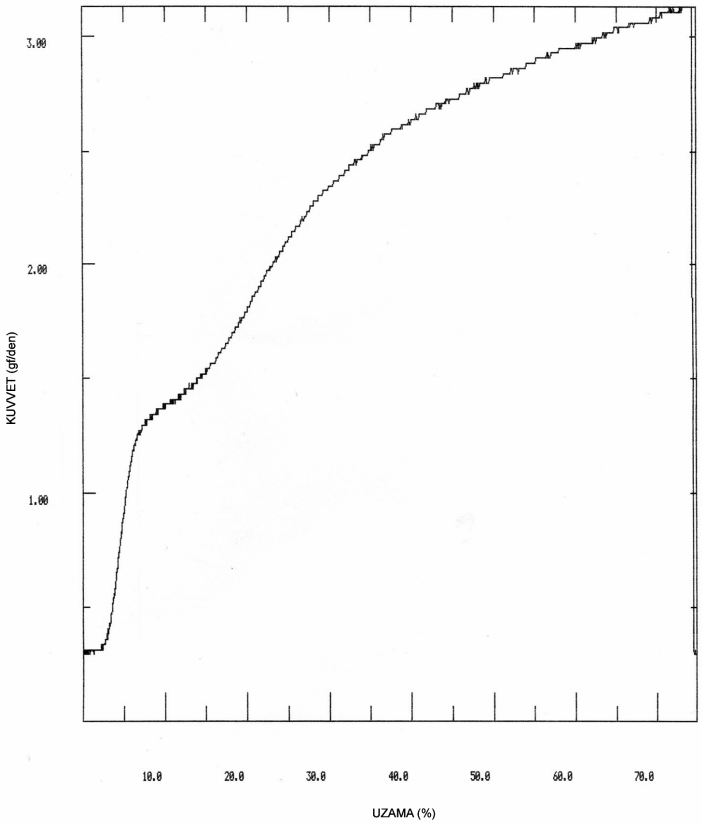
Liflerin mukavemet testleri TS EN ISO 5079 standartına göre T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü Fiziksel Testler Laboratuvarında %65±2 Nispi Nem ve %20±2 ºC sıcaklık olan standart test koşulları altında yapılmıştır. Lif mukavemet testlerinde Instron 4411 numaralı cihaz kullanılmıştır.

Tablo IV.3 – Kumaştan Çıkarılan 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Lifin Mukavemet Değerleri

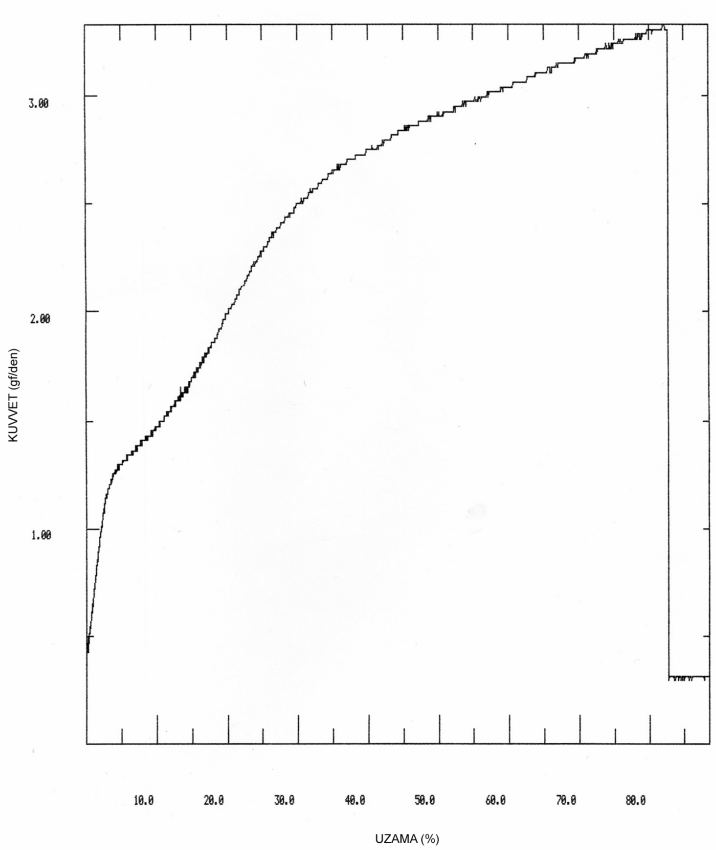
6 denye 55 mm	Mukavemet (gf/den)	Uzama (%)
$\bar{x}$	3.21	50.84
s	0.32	14.08
% cv	9.97	27.69



Şekil IV.1 - 6 denye 55 mm Uzunluğundaki Polyester Lifinin Kumaş Üretiminden Önce ve Sonra Mukavemetinin Karşılaştırılması



Şekil IV.2 – 6 denye 55 mm Uzunluğunda Polyester Lifinin Kuvvet/Uzama Grafiği



Şekil IV.3 - 6 denye 55 mm Uzunluğunda Polyester Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği

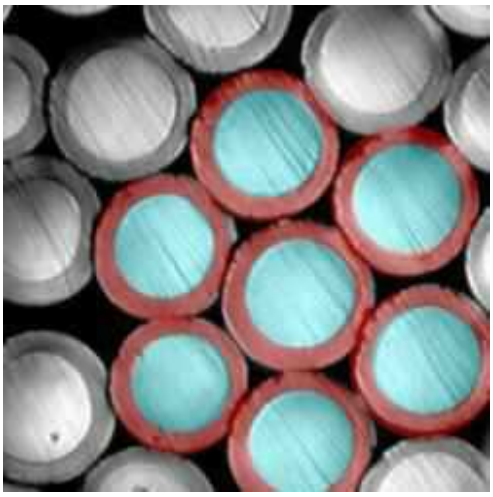
b) İki Bileşenli Lif

Tülbent esaslı kumaşın üretiminde bağlayıcı lif olarak 4 denye (4.4 dtex) inceliğinde, çapı dairesel, kesikli, 51 mm uzunluğunda, cm başına 4.5 adet kıvrım bulunan, iki bileşenli PET polyester lifi kullanılmıştır. İç/dış formundaki iki bileşenli lif Japonya'nın Unitika firmasından tedarik edilmiştir. İki bileşenli lifin iç/dış oranı 80/20'dir. Dış kısımdaki polimer madde (sheath) 110 ºC'de erime noktasına sahiptir. İç kısımdaki (core) polimer madde 245 ºC erime noktasına sahiptir. Isı ile bağlama aşamasında bu dış kısımda bulunan polimer madde eritilerek kompozit yapı oluşturulmuştu. Bu madde tülbent esaslı kumaşı, dokuma kumaşı ve cam tülbent yapıyı bir araya getirmiştir, birbirine bağlamıştır.

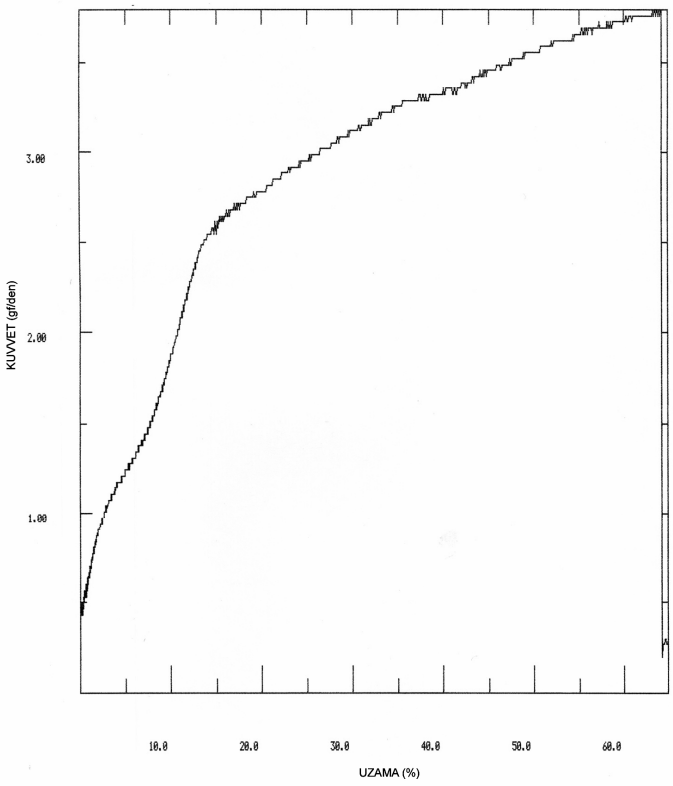
Tablo IV.4 – 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Mukavemet Değerleri

4 denye 51 mm	Mukavemet (gf/den)	Uzama (%)
$\bar{x}$	3.58	70.63
s	0.31	18.97
% cv	8.66	26.86

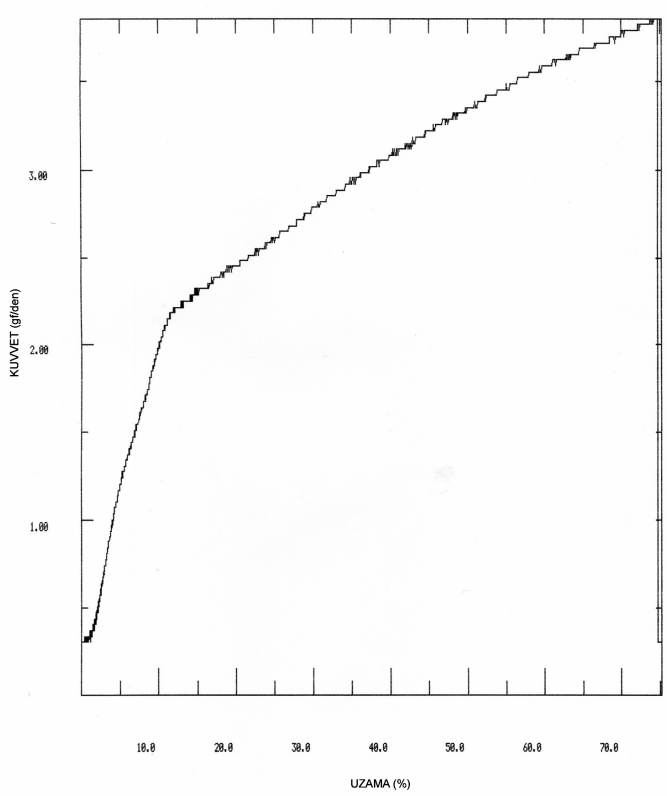
Şekil IV.4 – İç/Dış (Core/Sheath) İki Bileşenli Lif Örnekleri



Şekil IV.5 – İç/Dış (Core/Sheath) İki Bileşenli Lif



Şekil IV.6 – 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği



Şekil IV.7 – 4 denye 51 mm Uzunluğundaki İki Bileşenli Lifin Kuvvet/Uzama Grafiği

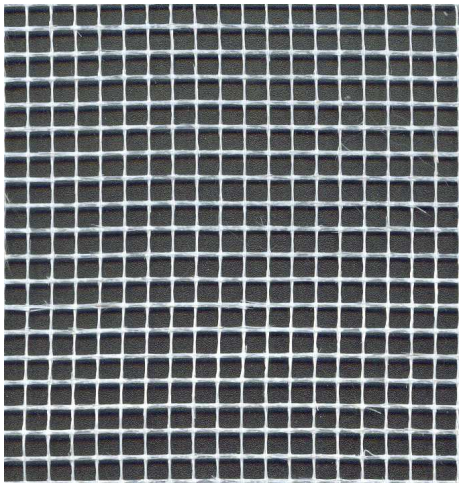
c) Cam Leno Dokuma Kumaş

Çalışmamızda takviye amacıyla 70 g/m^2 birim metre kare ağırlığında cam leno dokuma kumaş kullanılmıştır. Bu kumaşları oluşturan iplikler Cam Elyaf San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmakta, kumaş Fibro teks firmasında üretilmektedir. Atkı ve çözgü iplikleri E camından üretilmiştir. İplikleri oluşturan liflerin çapı 10 µ mikrondur.

Tablo IV.5 - Cam Leno Dokuma Kumaşın Özellikleri

Üretim Yöntemi	Birim Ağırlık (g/m^2)	Cam Lif Çapı	Çözgü Sıklığı (tel/10cm)	Atkı Sıklığı (tel/10cm)	Çözgü İplik Numarası	Atkı İplik Numarası
Leno Dokuma	70 g/m^2	10 µ	23 tel/10 cm	21 tel/10 cm	82 tex	170 tex

Çözgü yönünde her biri 82 tex numarasında iki iplik leno hareketi yapmaktadır. Atkı ipliğinin numarası 170 tex'tir. Kumaşın sıklıkları azdır. Kumaş gözenekli bir yapıya sahiptir. Çözgü ve atkı sıklıklarına baktığımızda 10 cm'de 23 adet çözgü ipliği ve 10 cm'de 21 adet atkı ipliği bulunmaktadır. Cam leno dokuma kumaşın mukavemet testleri TS 8933 ISO 4606/Mart 2003 numaralı standart kapsamında şerit yöntemine göre yapılmıştır.



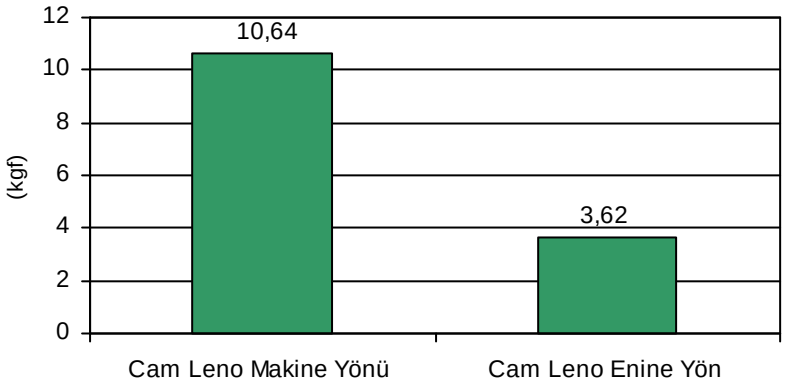
Şekil IV.8 – Cam Leno Dokuma Kumaş

Tablo IV.6 – Cam Leno Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Makine Yönünde)

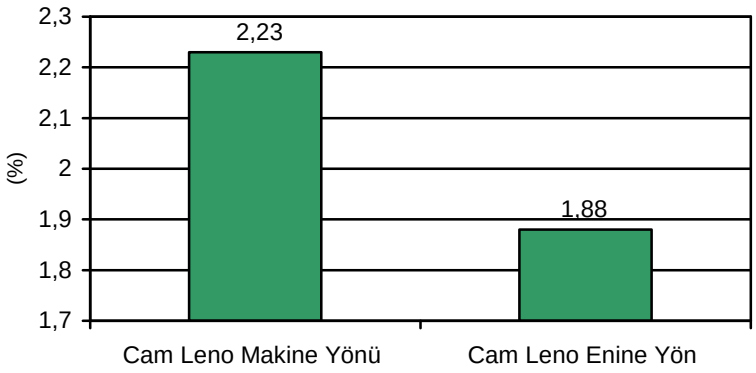
	Mukavemet (kgf/50mm)	Uzama (%)
$\bar{x}$	10.64	2.23
S	1.30	0.59
% cv	12.22	26.46

Tablo IV.7 – Cam Leno Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Enine Yönde)

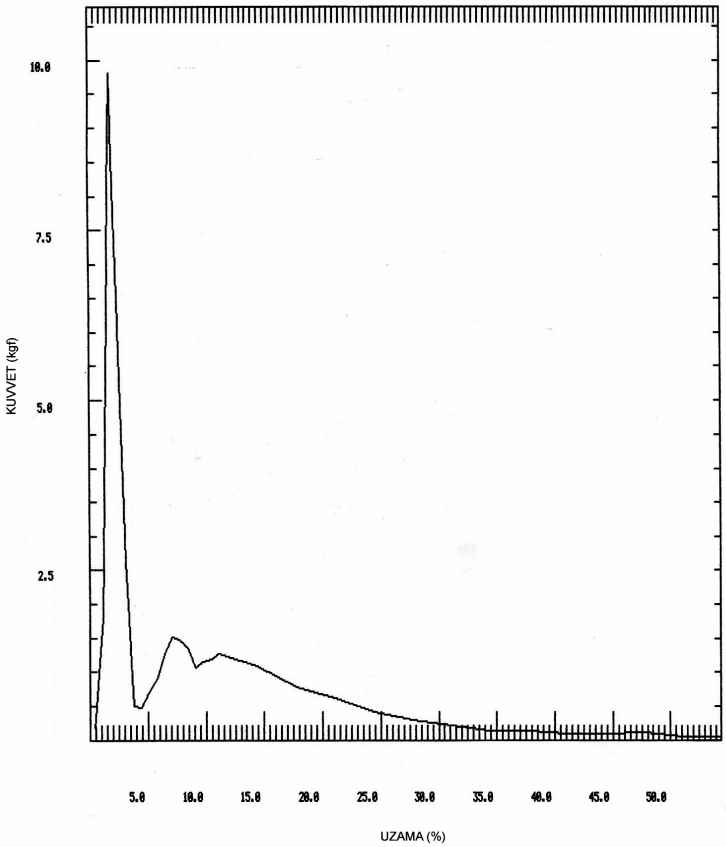
	Mukavemet (kgf/50mm)	Uzama (%)
$\bar{x}$	3.62	1.88
s	0.77	0.22
% cv	21.27	11.70



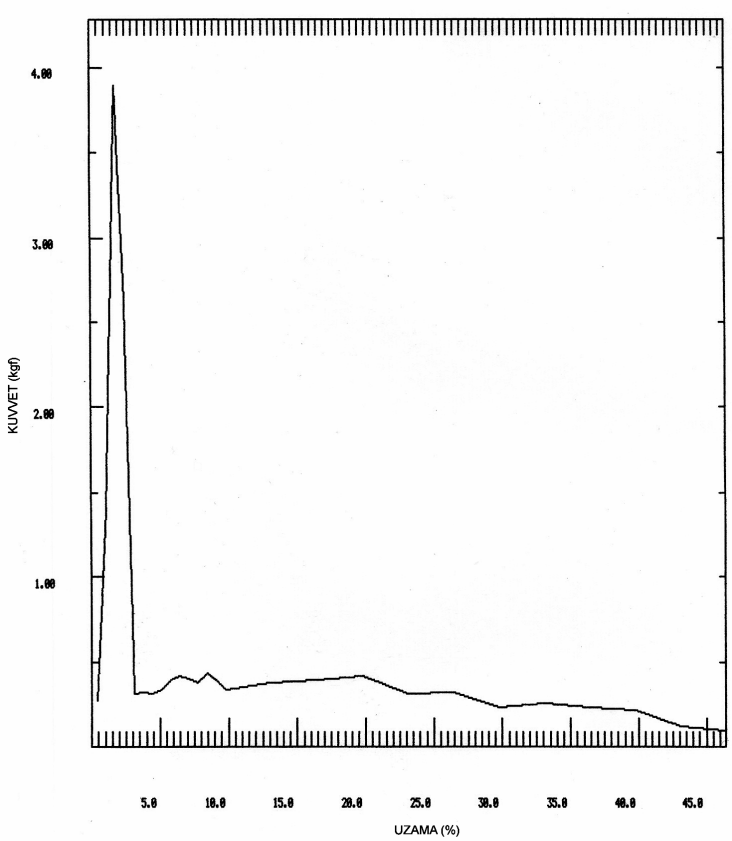
Şekil IV.9 - Cam Leno Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları-Mukavemet (kgf/50mm)



Şekil IV.10 - Cam Leno Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları-Uzama (%)

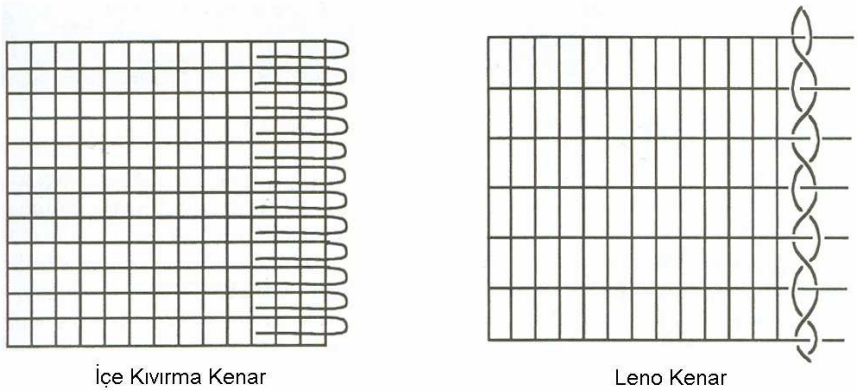


Şekil IV.11 - Cam Leno Dokuma Kumaş Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği



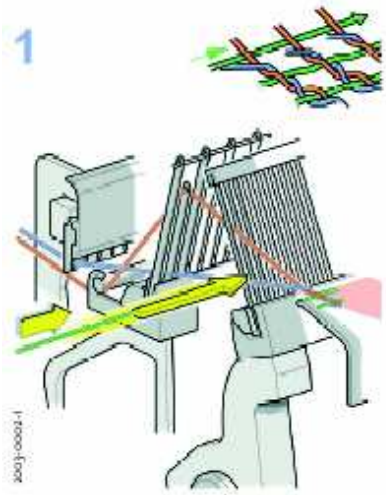
Şekil IV.12 - Cam Leno Dokuma Kumaş Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği

Kenar, dokuma kumaşlar için çok önemlidir. Atkı ipliğin veya çözgü ipliğinin çıkmamasını diğer bir deyişle kumaşların sökülmemesini kumaşın düzgün durmasını sağlar. Mekikli dokuma makinelerinde kenar mekanizmalarına ihtiyaç yoktu. Çünkü mekikli dokuma makinelerinde atkı ipliği atıldıktan sonra kenarda kesilmediğinden özel bir kenar yapmaya ihtiyaç yoktu. Mekikli dokuma makinelerinde üretilen kenarlar sağlam ve pürüzsüzdü. Ancak dokuma makinelerinde atkı atma mekanizması olarak mekiksiz sistemler kullanılmaya başlanınca kenar problemleri ortaya çıkmıştır. Çünkü mekiksiz dokuma makinelerinde atkı atıldıktan sonra kenarda kesilmektedir.



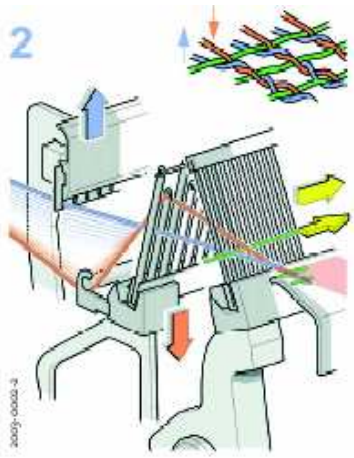
Şekil IV.13 - Dokuma Makinelerinde Kenar Sistemleri

Kenar yapmak amacıyla her firma kendine ait bir yöntem geliştirmiştir. En bilinen kenar yapmak sistemleri içe kıvırma kenar (tucked-in) ve leno kenar sistemleridir. İçe kıvırma kenar sistemleri geçmişte sadece projektil atkı atma mekanizmasına sahip dokuma makinelerinde kullanılmıştır. Bu sistemde atılan atkı ipliği kesildikten sonra bir mekanizma yardımıyla içe kıvrılmaktadır. Diğer bir kenar sistemi ise "leno"'dur. Leno kenar sistemi günümüzde dokuma makinelerinde kullanılan bir kumaş üretim yöntemi haline gelmiştir. Bu sistemin esası sabit bir çözgü ipliğinin solunda ve sağında hareket eden leno ipliği esasına dayanmaktadır. İki ipliğin arasından atılan atkı ipliği ile birlikte dokuma kumaş elde edilmektedir. [58] Aşağıda leno dokuma kumaş üretim aşamaları gösterilmiştir.



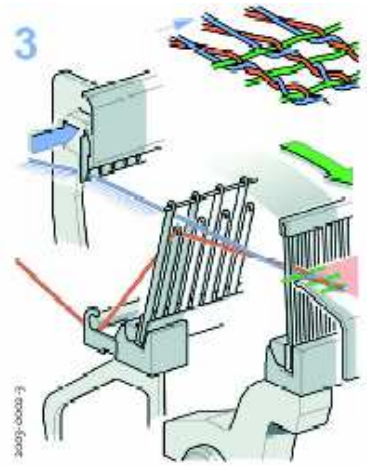
Şekil IV.14 – Leno Kenar Oluşumu 1.aşama

Bu mekanizmada aynı çözgülü örme makinelerinde olduğu gibi rehber plaka, gözlü bir tarak ve normal dişli tarak bulunmaktadır. Mavi renkte gösterilen leno ipliği en arkada bulunan rehber plakada ve gözlü tarak içerisinden geçer. Kırmızı ile gösterilen sabit iplik ise, gözlü tarağın deliklerinden geçer. Sonrasında ağızlık açılmaktadır.



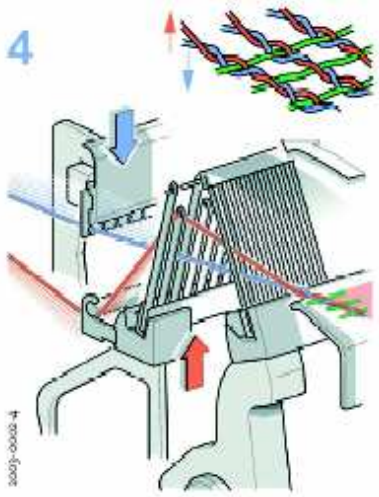
Şekil IV.15 – Leno Kenar Oluşumu 2.aşama

Ağızlık açılıp atkı ipliği atıldıktan sonra rehber plaka yukarı doğru gözlü tarak tam ters yönde aşağıya doğru hareket eder.



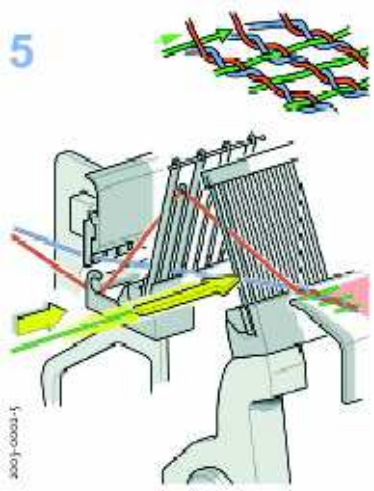
Şekil IV.16 – Leno Kenar Oluşumu 3.aşama

Rehber plaka sonraki aşamada yana doğru hareket ederek mavi renkli iplik gözlü tarağın içerisinde kırmızı renkle gösterilen sabit ipliğin diğer tarafına geçer.



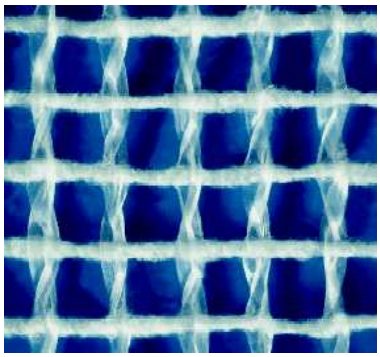
Şekil IV.17 – Leno Kenar Oluşumu 4.aşama

Bir sonraki aşamada rehber plaka aşağıya doğru gözlü tarak yukarı doğru hareket ederek ağızlık açılır. [59]



Şekil IV.18 – Leno Kenar Oluşumu 5.aşama

Bu aşamada atkı ipliği atılır. Bu sistemde leno ipliği (mavi renk) gözlü tarak içerisinde, sabit ipliğin (kırmızı renk) bir solunda birde sağında hareket ederek ağızlık açılmasını sağlamaktadır. Her iki iplikte normal dişli tarak içerisinden geçmektedir. [59]



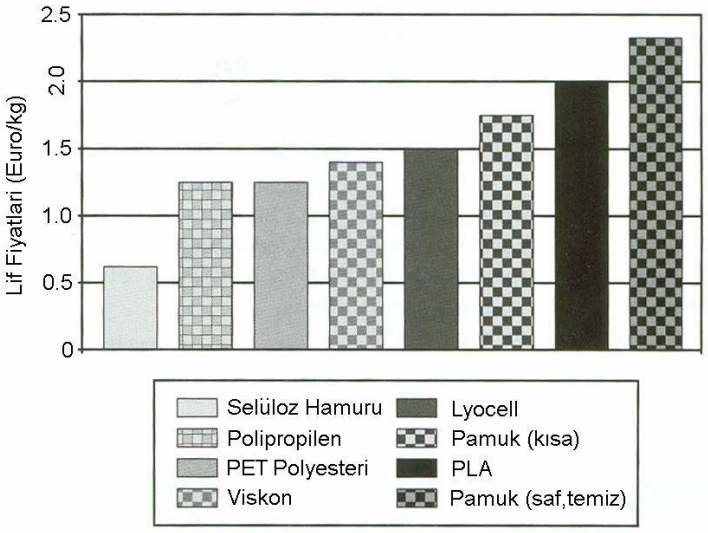
Şekil IV.19 – Leno Dokuma Tekniğiyle Üretilmiş Kumaş

Bu teknikle üretilen kumaşlar ağ yapımında, üzeri kaplanarak paraşüt kumaşı yapımında kullanılabilir. Çeşitli kumaşlarla birleştirilerek kompozit kumaş üretilebilir. Bu kumaş üretim teknolojisinde başlıca polyester, kevlar, cam elyaf ve aramid esaslı iplikler kullanılmaktadır. [59]

Şekil IV.20 - Ağ Olarak Kullanılan Leno Dokuma Kumaş

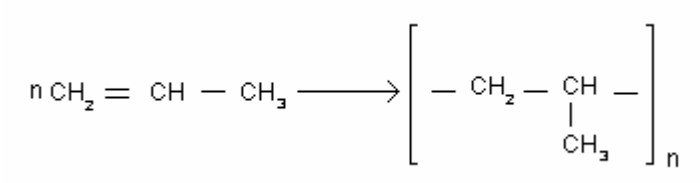
d) Polipropilen Dokuma Kumaş

Çalışmamızda takviye amacıyla polipropilen dokuma kumaş kullanılmıştır. Polipropilen teknik tekstil alanına yönelik kumaş üretiminde özellikle tülbent esaslı kumaş endüstrisinde (nonwoven) sıkça kullanılmaktadır. Talep artışı son yıllarda fiyatının artmasına sebep olmuştur. 2006 yılında dünya pazarında polyester lifi aynı birim fiyata sahiptir.



Şekil IV.21 – Dünya Pazarında Lif Fiyatları [60]

Polipropilen, polietilen ile birlikte poliolefin sınıfında yer almaktadır. Propilenin 100 ºC'de 20-30 atm basınç altında katalizörle polimerleşme reaksiyonundan polipropilen elde edilir.



Şekil IV.22 – Propilenin Polimerleşme Reaksiyonu

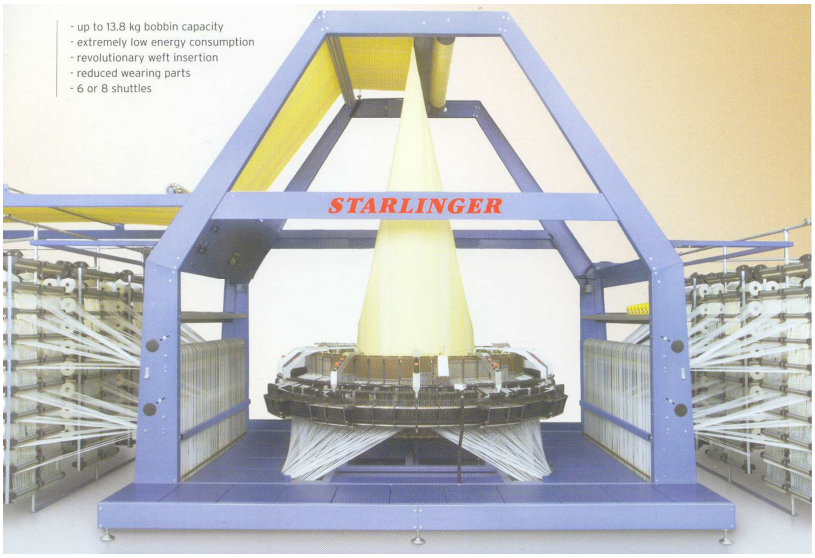
Özgül ağırlığının çok düşük olması (0.905 g/cm^3) ve aşınmaya karşı dirençli olması ve kimyasal maddelerden etkilenmemesi bu polimer maddenin en önemli avantajıdır. Nem çekme miktarı %0.05'dir. Isı, ışık ve yükseltgen maddelere karşı polietilenden daha dayanıklıdır. Boyama işlemi polietilende olduğu gibi filament çekiminden sonra suda çözünmeyen azoik, kükürt, küp ve dispersiyon boyarmaddeleri gibi pigmentlerle polimerin karıştırılması ile yapılabilir. [61]

Şekil IV.23 - Polipropilen Esaslı Dokuma Kumaşın Kullanım Alanları

Polipropilen dokuma kumaş Ünsa Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş: firmasından tedarik edilmiştir. Kumaşın metre kare ağırlığı 70 g/m^2'dir.

Polipropilen dokuma kumaş üretiminde öncelikle cips halinde alınan polipropilen maddesi, esneklik vermesi açısından polietilen, UV katkı maddeleri, boyarmadde, matlık ve yumuşaklık kazandırıcı madde ile birlikte dozajlama ünitesinde istenilen oranlarda karıştırılmaktadır. Bu üniteden karışım ekstrüder cihazına gönderilir. Ekstrüder içerisinde döner bir vida bulunmaktadır. Ekstrüderin giriş orta ve çıkış kısmındaki sıcaklıklar kademeli olarak yükseltilir. Burada karışım eritilir. Eriyik haline getirilir. Pompa yardımıyla Die kısmına gönderilir. Eriyik buradan film şeklinde çıkar. Su dolu tekne içerisinden geçerek soğutulur. Film halindeki polipropilen materyali çekim aşamasından geçer. Son aşamada istenilen genişlikte

kesilir. Kesilen bu şerit halindeki iplikler bobinlere sarılarak hazırlanır. Dokuma makinesinin cağlıklarına yerleştirilir.

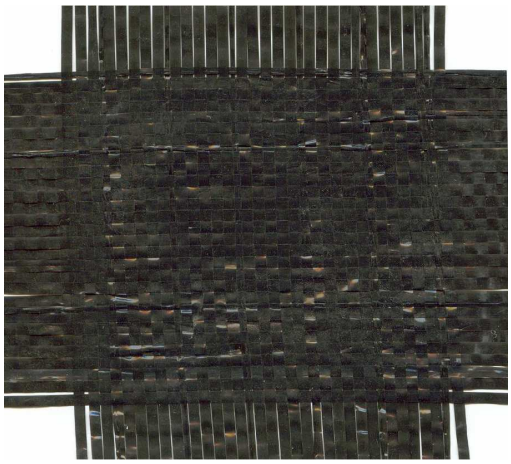


Şekil IV.24 – Starlinger Yuvarlak Dokuma Makinesi

Bu iplikler yuvarlak dokuma makinesinin cağlıklarına beslenir. Cağlıklara dizilen bobinler çözgü iplikleridir. Çözgü iplikleri cağlıklardan sonra diğer dokuma makinelerinde olduğu gibi lamellerden geçirilir. Sonra çözgü iplikleri çerçevelerden gücü tellerinden geçirilir. Çerçevelerden alınan çözgü iplikleri makinedeki taraktan geçirilir. İpliklerin birincisi gücü telinden geçmiş ise, diğeri iki çerçeve arasından geçirilir. Bu da ağızlığın oluşmasını sağlar. Makinenin çerçeveleri kayış şeklindedir. İki tane kasnak tarafından aşağıya ve yukarı hareket ettirilir. Atkı ipliği de taraktan sonra yer alan bobinlerden gelmektedir. Atkı ipliği mekik yardımıyla ağızlıktan geçer.

Yuvarlak dokuma makinesinde 6-8 arasında mekik bulunmaktadır. Mekikler kovanın içerisinde hareket etmektedir. Bu makinelerle 80-200 cm arasında kumaş dokunabilmektedir.

Üretilen yuvarlak dokuma kumaşları makineden hortum tüp şeklinde çıkmaktadır. Eğer istenildiği taktirde kumaş sarım kısmına gelirken bıçaklardan geçirilir ve sonuçta hortum kumaş düz kumaş şeklinde kesilerek sarılabilir.



Şekil IV.25 – Polipropilen Esaslı Bezayağı Bağlantılı 70 g/m^2 Dokuma Kumaş

Tablo IV.8 – Polipropilen Dokuma Kumaşın Özellikleri

Üretim Yöntemi	Birim Ağırlık (g/m^2)	Çözgü Sıklığı (tel/cm)	Atkı Sıklığı (tel/cm)	Çözgü İplik Eni	Atkı İplik Eni
Yuvarlak Dokuma	70 g/m^2	3.5-4 tel/cm	3.5-4 tel/cm	2-3 mm	2-3 mm

Tablo IV.9 – Polipropilen Dokuma Kumaşın Özellikleri

Üretim Yöntemi	Birim Ağırlık (g/m^2)	Çözgü İplik Numarası (tex)	Atkı İplik Numarası (tex)
Yuvarlak Dokuma	70 g/m^2	70	90

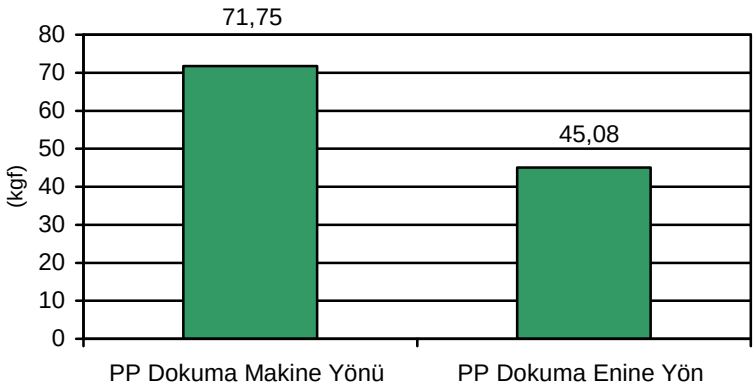
Tablo IV.10 – Polipropilen Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Makine Yönünde)

	Mukavemet (kgf/50mm)	Uzama (%)
$\bar{x}$	71.75	23.31
S	8.72	1.62
% cv	12.15	6.95

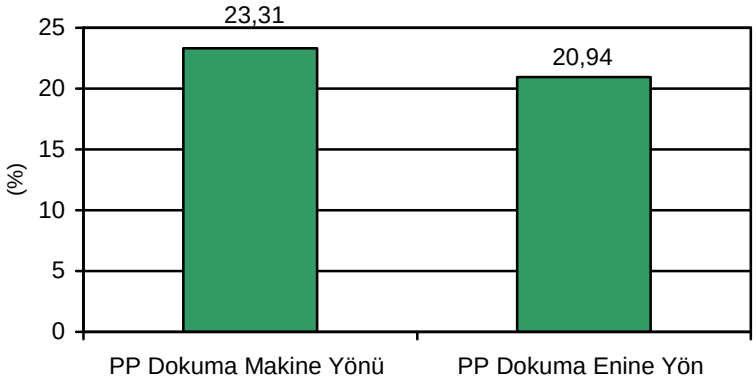
Tablo IV.11 – Polipropilen Dokuma Kumaşın Mukavemet Test Sonuçları (Enine Yönde)

	Mukavemet (kgf/50mm)	Uzama (%)
$\bar{x}$	45.08	20.94
s	6.25	2.79
% cv	13.86	13.32

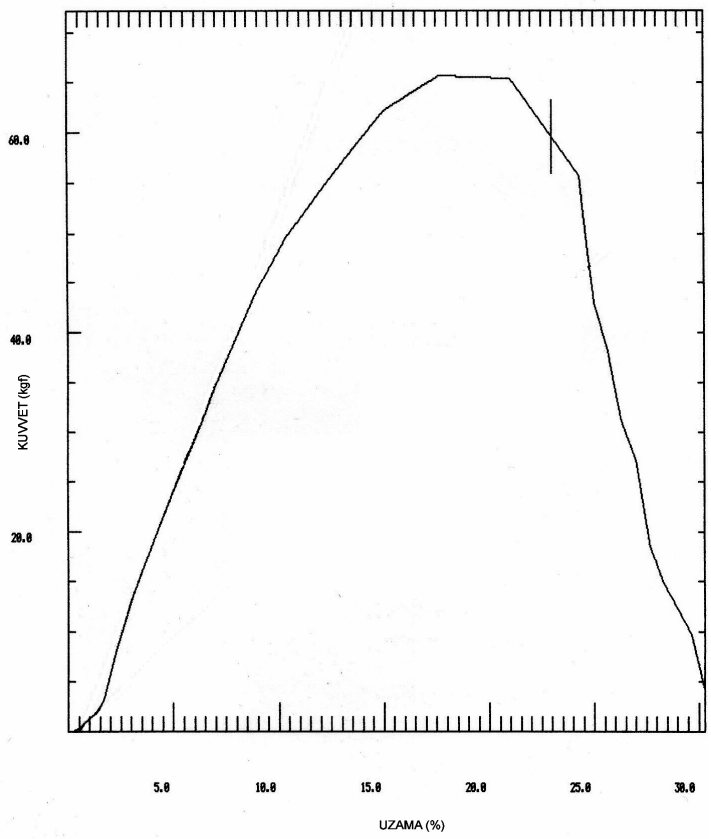
Polipropilen dokuma kumaşın kopma mukavemeti ve uzaması testi ASTM D5035-06 standardına göre yapılmıştır.



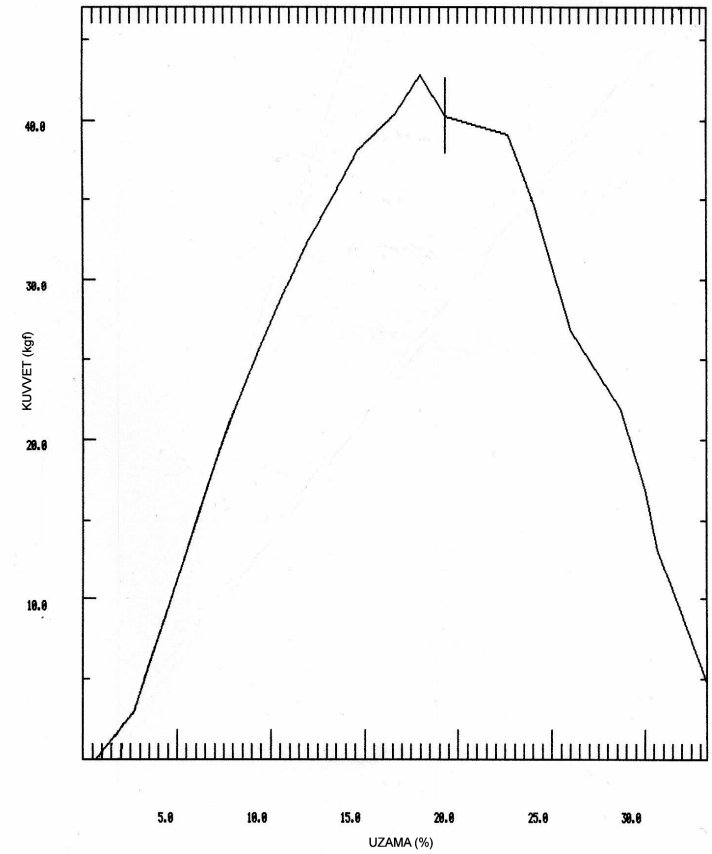
Şekil IV.26 – PP Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları-Mukavemet (kgf/50mm)



Şekil IV.27 – PP Dokuma Kumaşın Kopma Mukavemeti Test Sonuçları-Uzama (%)



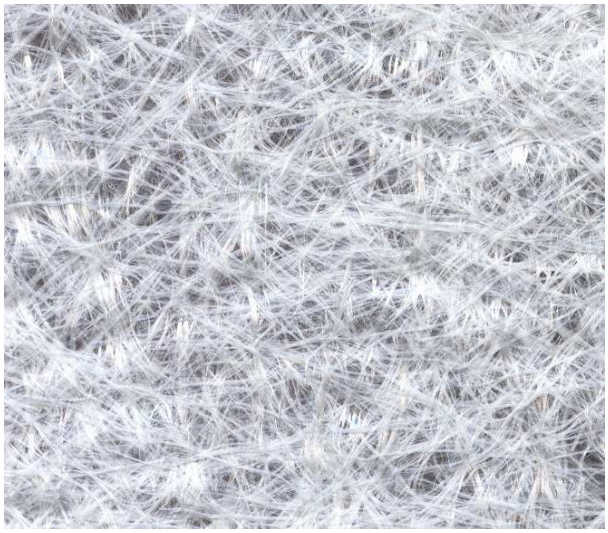
Şekil IV.28 – Polipropilen Dokuma Kumaş Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi



Şekil IV.29 – Polipropilen Dokuma Kumaş Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi

e) Cam Tülbent

Takviye amacıyla cam lifi esaslı tülbent dokusu kullanılmıştır. Bu kumaşlar Cam Elyaf San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Bu kumaşın üretiminde E cam elyafı kullanılmıştır. Elyafın çapı 12 µ mikrondur.



Şekil IV.30 – Cam Tülbent

Bu kumaş belirli uzunlukta kesilmiş cam fitilin karışık şekilde her yönde eşit bir şekilde dağıtılmasıyla üretilmiştir. Cam tülbent elle yatırma yöntemiyle uygulanmaktadır, özellikle denizcilik alanında çok kullanılmaktadır. Kumaşın üzerinde yaklaşık %3.5-%5 arasında cam elyafla uyumlu polyester toz bağlayıcı bulunmaktadır. Bu reçine cam tülbendin kullanım sırasında dağılmaması için kullanılmaktadır.

Cam fitil 50 mm uzunluğunda kesilerek kesikli cam fitilleri elde edilmiştir. Bu fitiller karışık şekilde her yöne eşit şekilde dağıtılarak tülbent oluşturulmuştur. Cam fitilin numarası 30 tex'dir. Fitilin içerisindeki cam elyafın çapı 12 µ mikrondur. Kumaşın birim metre kare ağırlığı 175 ±10 g/m^2'dir. Kumaşın genişliği 1 metredir.

Tarihte cam elyafını ilk kez Fenikeli ve Mısırlı sanatçılar tarafından kullanıldığı bilinmektedir. O zamanlarda lifler, cam çubukların ısıtılması sonucunda yumuşatılarak akıtılması şeklinde elde ediliyordu. Kullanım yeri ise, yine takviye amacına yönelikti ve çanak, çömlek, amfor gibi ürünlerin sağlamlaştırılmasını sağlıyordu. Filament halde cam elyafının geliştirilmesi 1930'lu yılların sonlarına doğru yapılabilmişti.

Günümüzde cam elyafı üretimi gerekli hammaddelerin (kum, kaolen, kireç taşı, kolemanit) birlikte karıştırılarak bir fırına beslenmesi ile başlar. Bu fırınlar gaz veya elektrik enerjisi ile yaklaşık 1600 ºC'ye ısıtılır. Bu sıcaklıkta fırın içerisinde eriyen hammaddeler camlaşarak cam eriyiğini meydana getirir. Bu aşamada cam eriyiği

akıtılmak üzere kanallara yönlendirilir. Bu kanalların ucunda bulunan ve elektrik enerjisi ile ısıtılan düzelerden, cam lifleri gönderilir. Her bir düzeden 10-24 mikron çapında binlerce lif üretilebilir. Deliklerden serbest akış ile akan cam eriyiği, mekanik olarak yüksek hızda dönen bir mandrel üzerine sarılarak sabit çaplı cam elyafı üretilir. Lifler ayrıca, demetler halinde bir arada tutulabilmesi ve proses sırasında oluşabilecek aşınmalardan korunabilmesi için, bağlayıcı adı verilen bir kimyasal madde ile kaplanır. Bu bağlayıcı madde, cam elyafının daha sonraki proses işlemleri için gerekli olan temel özellikleri sağlar. Bu şekilde üretilen ıslak cam lifleri, prosese sokulmadan önce 120-130 ºC sıcaklıkta 10-15 saat süre ile hava fırınında kurutulur.

İçerisinde bulunan maddelere göre birçok farklı cam türü vardır. Bunlar içerisinde "E" camı en çok kullanılan türdür. Elektrik ve mekanik özellikleri ile maliyetinin iyi bir denge oluşturması sonucu, bu kalsiyum alüminosilikat bileşiminin, kullanılan toplam cam elyafı takviye malzemeleri içerisinde %90 pazar payına sahip olduğu görülmektedir.

"E-CR camı "E" camının modifiye edilmiş şekli olup asitlere karşı dayanım sağlamak amacı ile içerisinde bor içermemektedir. "E-CR" cam elyafı genellikle kimyasal dayanım istenen tank ve boru imalatında kullanılmaktadır.

Yüksek mekanik dayanım aranan ürünler için kullanılan cam elyafı cinsleri Amerika'da "S" camı, Avrupa'da "R" camı olarak nitelenmektedir. Kompozitin mukavemetini ve rijitliğini artıran bu cins cam elyafı havacılık, uzay ve askeri alanlarda, yüksek teknik performans istenen yerlerde tercih edilmektedir. Buna ilaveten ulaştırma, spor ve dinlenme alanlarında bazı ürünlerde kullanılmaktadır.

Bunların dışında mükemmel dielektrik özellikleri taşıyan ve elektronik endüstrisinde sıkça kullanılan "D" cam elyafı ve özellikle yüzey tüllerinde kullanılan kimyasal dayanımlı "C" cam elyafı da bulunmaktadır. [62]

Başlıca cam elyafı cinslerinin içeriğinde bulunan maddeler % olarak yandaki tablo'da görülmektedir.

Tablo IV.12 Cam Elyaf Türleri [62]

	A	C	E	R	S
Sİ02	72.0	64.6	52.4	60.0	64.4
Al2O3, FE2O3	1.5	4.1	14.4	25.0	25.0
CaO	10.0	13.4	17.2	9.0	---
MgO	2.5	3.3	4.6	6.0	10.3
Na2O, K2O	14.2	9.6	0.8	---	0.3
B2O3	---	4.7	10.6	---	---
BaO	---	0.9	---	---	---

Cam elyafı takviye amacıyla kesikli ve filament olarak iki tipte üretilmektedir. Filament esaslı cam elyaf türleri; fitil, dokunmuş fitil, iplik, kumaş, çok katlı dokunmamış fitil ve cam filament esaslı tülbent dokudur. Kesikli cam elyafı türleri; kırpılmış demetler, kırpılmış demetten tülbent dokular ve öğütülmüş liflerdir. [62]

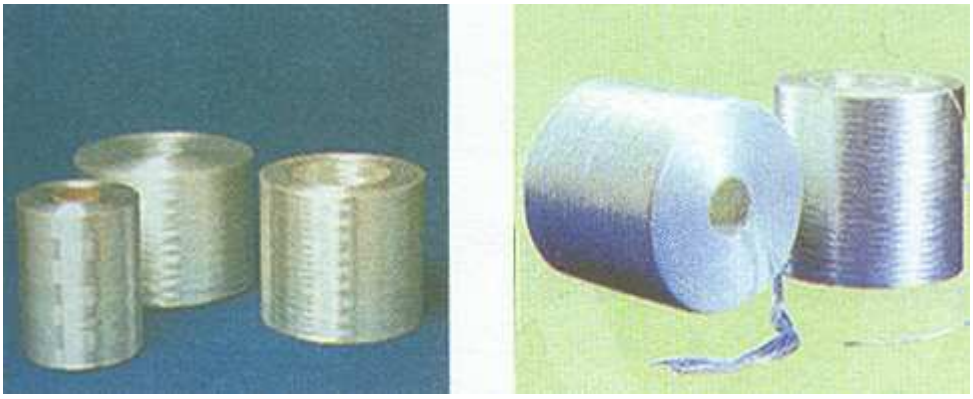
Tablo IV.13 - Kompozit Takviye Ürünlerinin Karşılaştırılması [62]

Takviye Türleri	Gerilme Dayanımı (MPa)	Gerilme Modülü (GPa)	Özgül Ağırlık (g/cm^3)	Özellikler
Cam	3000-5000	72-82	2.48-2.60	Yüksek mukavemet, iyi kalıplama, düşük maliyet
Karbon Grafit	2500-3000	200-700	1.75-1.96	Yüksek modül, elektriksel iletkenlik, yüksek maliyet
Aramid	2750-3000	82-124	1.44	İyi spesifik özellikler, orta seviye maliyet
Boron	3500	400	2.55	Yüksek modül, yüksek maliyet
Polyester	1000	9	1.38	İyi darbe dayanımı ve kimyasal özellikler
Nylon	950	5	1.16	İyi darbe dayanımı ve alkali dayanımı,
Polietilen	1200-1500	40-60	0.97	Düşük yoğunluk, iyi darbe dayanımı

Birçok farklı cam elyafı çeşidi bulunmaktadır. Bunlar, fitil, cam elyaf esaslı iplik, dokunmuş fitil, kumaş, cam tülbent, kırpılmış cam lifleri, öğütülmüş cam lifleridir.

Şekil IV.31 - Cam Elyafının Kullanıldığı Ürünler [62]

Fitil; filament formunda sürekli bir uzunluğa sahip takviye malzemesidir. Çok sayıda delik ihtiva eden düzelerden akan cam liflerinin doğrudan doğruya sarılması ile “Direkt Sarma Fitil” veya “Tek Uçlu Fitil” olarak üretilebildiği gibi daha az sayıda delik içeren düzelerden üretilen cam elyafı demetlerinin birbirine paralel olarak bükülmeden sarılması ile “Birleşik Fitil” veya “Çok Uçlu Fitil”, olarak da üretilebilir.

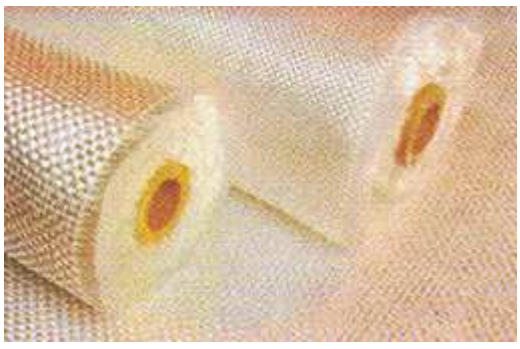


Şekil IV.32 – Cam Elyaf Esaslı Çok Uçlu Fitil ve Tek Uçlu Fitil [62]

Dokunmuş Fitil; dokuma amacı ile üretilmiş fitillerin belirli bir düzen içinde dokunması ile yapılan cam elyafı takviye malzemesidir. El yatırması metodu ile yapılan kalıplamalarda daha yüksek mekanik dayanım sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca özel dokuma tipleri ile, fenolik reçine emdirilerek kesme taşlarının üretiminde de kullanılır.

Cam Elyaflı İplik; cam elyafı demetlerinin bükümlü hale getirilmesi ile elde edilen takviye çeşididir. Genellikle dokuma kumaş haline getirilerek (örneğin leno dokuma) plastiklerin takviyesinde kullanılır.

Kumaş; cam elyafı ipliklerinden dokunmuş kumaşlardır. Genellikle epoksi reçine takviyesinde kullanılır. Başlıca uygulama alanları, baskılı devre üretimi, devre kesici tüpleri üretimi gibi elektrik araç gereç üretimidir. [62]



Şekil IV.33 – Cam Fitille Dokunmuş Kumaş [62]

Dokunmamış (Nonwoven) Fitil; belirli yönlerde mukavemet sağlamak amacıyla tek kat veya çok kat olarak dokunmadan bir arada tutturulmuş takviye ürünleridir.

Özellikle yüksek mekanik dayanım ve hassasiyet aranan havacılık ve uzay sektöründe kullanılır.

Filament Esaslı Keçe; düzelerden gönderilen filament haldeki liflerin bir tülbent tabakası oluşturacak şekilde bir yüzey üzerinde toplanması sonrasında üretilen takviye malzemesi çeşididir. Bu şekilde serilen tülbent üzerine bağlayıcı madde uygulanır. Bağlayıcı maddenin cinsi ve miktarı kumaşın kullanım alanına bağlıdır. başlıca kullanım alanları baskılı devre plakası ve köpük takviyesidir.

Kırpılmış Demetler; cam elyafı demetlerinin 3-12 mm uzunluğunda kırpılmış şeklidir. Termoplastik ve termoset reçinelerin takviyelerinde kullanılır. Kullanım alanı ve takviye edilen reçine özelliklerine bağlı olarak, demet bütünlüğü, akma ve reçine uyum özelliklerine sahiptir.

Kırpılmış Demetten Tülbent Yapı; bu cam elyafı takviye çeşidi 50 mm uzunluğunda kırpılmış cam elyafı demetlerinin, stirende çözünür bir bağlayıcı madde ile bir arada tutulmasından oluşmaktadır. Kullanılan bağlayıcı madde miktarı, proses gereklerine ve bitmiş ürün özelliklerine bağımlı olarak %3-10 arasında değişmektedir. Kırpılmış demetten cam lifi esaslı tülbent yapılar açık kalıplama metodu ile yapılan kalıplamalarda ve çift film arasında devamlı veya kesikli levha kalıplamasında kullanılır.

Şekil IV.34 – Kırpılmış Cam Lifleri [62]

Öğütülmüş Lifler; öğütme işlemi sonucunda, uzunlukları 0.1-0.2 mm'ye düşürülmüş cam elyafı takviye malzemesidir. Bu liflerin çapları 10-17 mikron arasında değişmektedir. Öğütülmüş liflerin başlıca kullanım alanları, termoplastik reçinelerin ve poliüretan reçinenin takviyesidir. Kompozit yapının rijitlik, boyut sabitliği ve darbe dayanımı gibi özelliklerini geliştirmek için öğütülmüş lif boyu çok kısa olduğundan, bu takviye malzemesi diğer kompozitlerin takviyesinde kullanılmaz. [62]

Şekil IV.35 - Öğütülmüş Cam Lifleri [62]

Kompozitlerin takviyesinde ayrıca, devamlı veya kırpılmış demetten tülbent yapı, gibi dokunmamış ürünlerle, dokuma kumaşların bir araya getirilmesiyle oluşturulan çok katlı takviye malzemeleri de, dikilerek iğnelenerek veya üç boyutlu preformlar halinde, özellikle reçine enjeksiyonu gibi kapalı kalıplama metodlarında kullanılmaktadır. [62]

IV.2 Metod

Bu çalışmada 3 farklı takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşlar üretilmiştir. Bunlar;

a) Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaş
b) Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaş
c) Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaş

Bu kompozit kumaşlar birbirlerine yakın birim metre kare ağırlıklarında, tülbent esaslı kumaş endüstrisindeki makine ve teknolojilerle üretilmeye çalışılmıştır.

Çalışmamızda iki farklı lif kullanılmıştır. Bunlardan birincisi taşıyıcı lif (polyester), ikincisi kumaş yapılarını birbirine bağlamak amacıyla kullandığımız bağlayıcı liftir. Taşıyıcı lifler (polyester) bağlayıcı lifler (iki bileşenli bicomponent) ile birlikte değişen oranlarda (%10-%70) karıştırılarak harmanlanmıştır. Üzerlerine çalışma kolaylığı açısından anti statik madde püskürtülmüştür. Bu iki lif tarak makinesinden iki defa geçirilerek tülbent haline getirilmiştir. Oluşturulan bu hacimli tülbent ön iğneleme makinesinden ve ikinci bir iğneleme makinesinden geçirilmiştir. Sonuçta tülbent esaslı kumaş (nonwoven) üretilmiştir. Bu kumaş mekanik yöntemle çalışan bir iğneleme makinesinde sadece polipropilen dokuma kumaşla birleştirilmiştir, ikinci kumaşın üretiminde tülbent esaslı kumaş (nonwoven) cam leno dokuma kumaşla birleştirilmiştir. Üçüncü kumaşın üretiminde tülbent esaslı kumaş

hem polipropilen dokuma kumaş hem de cam tülbent esaslı kumaşla birleştirilmiştir. Bu üç kumaşta ısı ile bağlama makinesinden (sıcak kalender) geçirilerek tülbent esaslı kumaşın (nonwoven) içerisindeki bağlayıcı olan lifin dış kısmı eritilerek mekanik etkiyle birbirine bağlanan kumaşlar bir araya getirilmiştir. Kompozit yapı üretilmiştir. Bu sayede dokuma kumaş ve cam tülbent ortada kalacak şekilde hem önce hem de arka yüzeyde lifli bir tabaka oluşturulmuştur.

Üretilen kumaşlara standartlar kapsamında birim metre kare ağırlığı (gramaj), kopma mukavemeti, hava geçirgenliği, patlatma mukavemeti, kalınlık, sertlik testleri uygulanmıştır. Buna ilaveten kumaşların ısı iletimi ve (thermal conductivity) ve ses yutum özellikleri (absorption coefficient) tespit edilmiştir.

Bu kumaşların bileşenleri aşağıda verilmiştir.

Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşlar

1- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (266 g/m^2) %100 Taşıyıcı Lif (266 g/m2) ve %0 Bağlayıcı Lif (0 g/m^2) Toplam 336 g/m^2

2- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (272 g/m^2) %90 Taşıyıcı Lif (245 g/m^2) ve %10 Bağlayıcı Lif (27 g/m^2) Toplam 342 g/m^2

3- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (277 g/m^2) %80 Taşıyıcı Lif (222 g/m^2) ve %20 Bağlayıcı Lif (55 g/m^2) Toplam 347 g/m^2

4- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (271 g/m^2) %70 Taşıyıcı Lif (190 g/m^2) ve %30 Bağlayıcı Lif (81 g/m^2) Toplam 341 g/m^2

5- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (262 g/m^2) %60 Taşıyıcı Lif (157 g/m^2) ve %40 Bağlayıcı Lif (105 g/m^2) Toplam 332 g/m^2

6- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (279 g/m^2) %50 Taşıyıcı Lif (139.5 g/m^2) ve %50 Bağlayıcı Lif (139.5 g/m^2) Toplam 349 g/m^2

7- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (274 g/m^2) %40 Taşıyıcı Lif (110 g/m^2) ve %60 Bağlayıcı Lif (164 g/m^2) Toplam 344 g/m^2

8- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (286 g/m^2) %30 Taşıyıcı Lif (86 g/m^2) ve %70 Bağlayıcı Lif (200 g/m^2) Toplam 356 g/m^2

Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşlar

1- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (253 g/m^2) %100 Taşıyıcı Lif (253 g/m^2) %0 Bağlayıcı Lif (0 g/m^2) Toplam 323 g/m^2

2- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (249 g/m^2) %90 Taşıyıcı Lif (224 g/m^2) %10 Bağlayıcı Lif (25 g/m^2) Toplam 319 g/m^2

3- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (259 g/m^2) %80 Taşıyıcı Lif (207 g/m^2) %20 Bağlayıcı Lif (52 g/m^2) Toplam 329 g/m^2

4- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (271 g/m^2) %70 Taşıyıcı Lif (190 g/m^2) %30 Bağlayıcı Lif (81 g/m^2) Toplam 341 g/m^2

5- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (270 g/m^2) %60 Taşıyıcı Lif (162 g/m^2) %40 Bağlayıcı Lif (108 g/m^2) Toplam 340 g/m^2

6- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (250 g/m^2) %50 Taşıyıcı Lif (125 g/m^2) %50 Bağlayıcı Lif (125 g/m^2) Toplam 320 g/m^2

7- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (240 g/m^2) %40 Taşıyıcı Lif (96 g/m^2) %60 Bağlayıcı Lif (144 g/m^2) Toplam 310 g/m^2

8- Cam Leno Dokuma (70 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (243 g/m^2) %30 Taşıyıcı Lif (73 g/m^2) %70 Bağlayıcı Lif (170 g/m^2) Toplam 313 g/m^2

Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşlar

1- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (109 g/m^2) %100 Taşıyıcı Lif (109 g/m^2) ve %0 Bağlayıcı Lif (0 g/m^2) Toplam 354 g/m^2

2- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (119 g/m^2) %90 Taşıyıcı Lif (107 g/m^2) ve %10 Bağlayıcı Lif (12 g/m^2) Toplam 364 g/m^2

3- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (112 g/m^2) %80 Taşıyıcı Lif (90 g/m^2) ve %20 Bağlayıcı Lif (22 g/m^2) Toplam 357 g/m^2

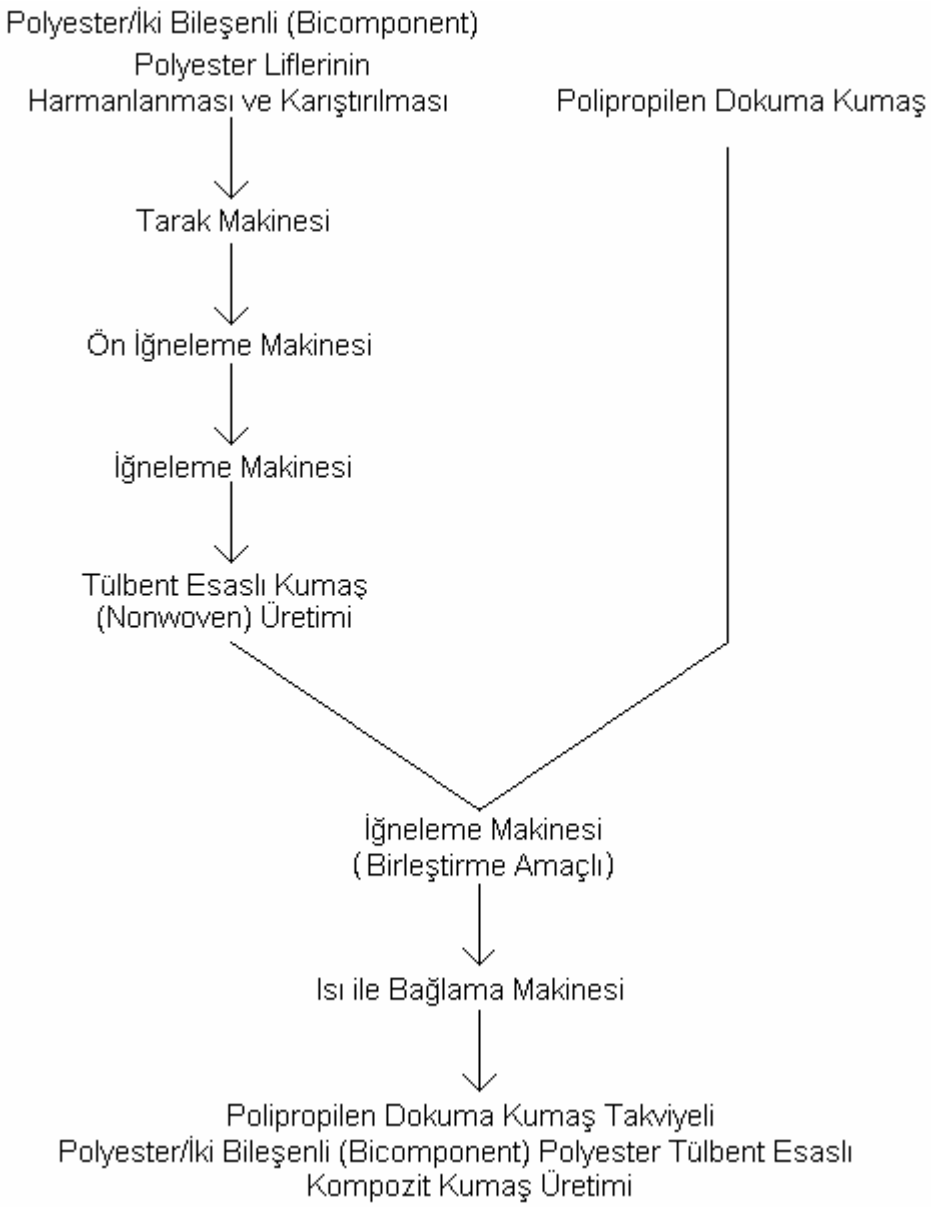
4- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (114 g/m^2) %70 Taşıyıcı Lif (80 g/m^2) ve %30 Bağlayıcı Lif (34 g/m^2) Toplam 359 g/m^2

5- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (108 g/m^2) %60 Taşıyıcı Lif (65 g/m^2) ve %40 Bağlayıcı Lif (43 g/m^2) Toplam 353 g/m^2

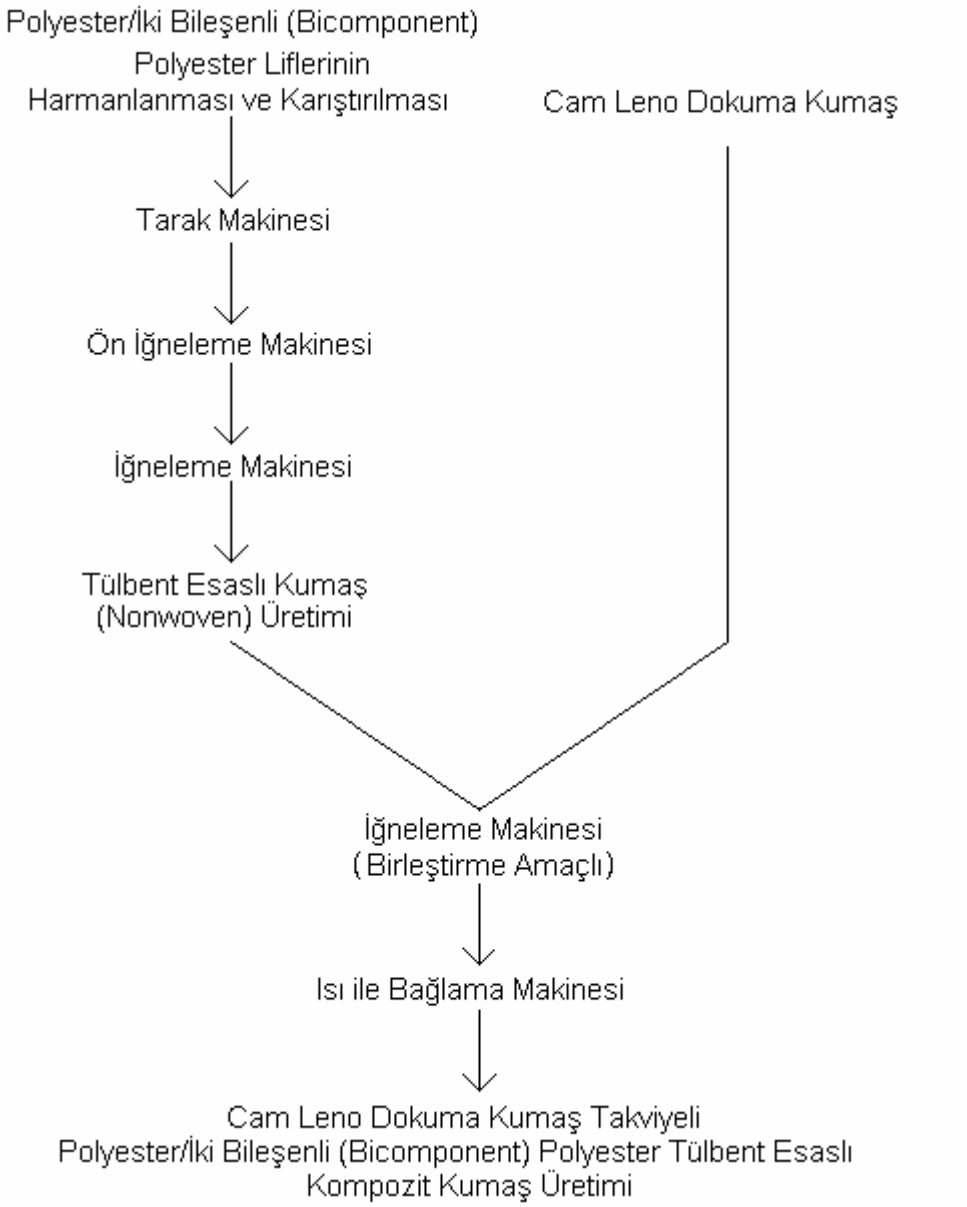
6- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (123 g/m^2) %50 Taşıyıcı Lif (61.5 g/m^2) ve %50 Bağlayıcı Lif (61.5 g/m^2) Toplam 368 g/m^2

7- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (121 g/m^2) %40 Taşıyıcı Lif (48 g/m^2) ve %60 Bağlayıcı Lif (73 g/m^2) Toplam 366 g/m^2

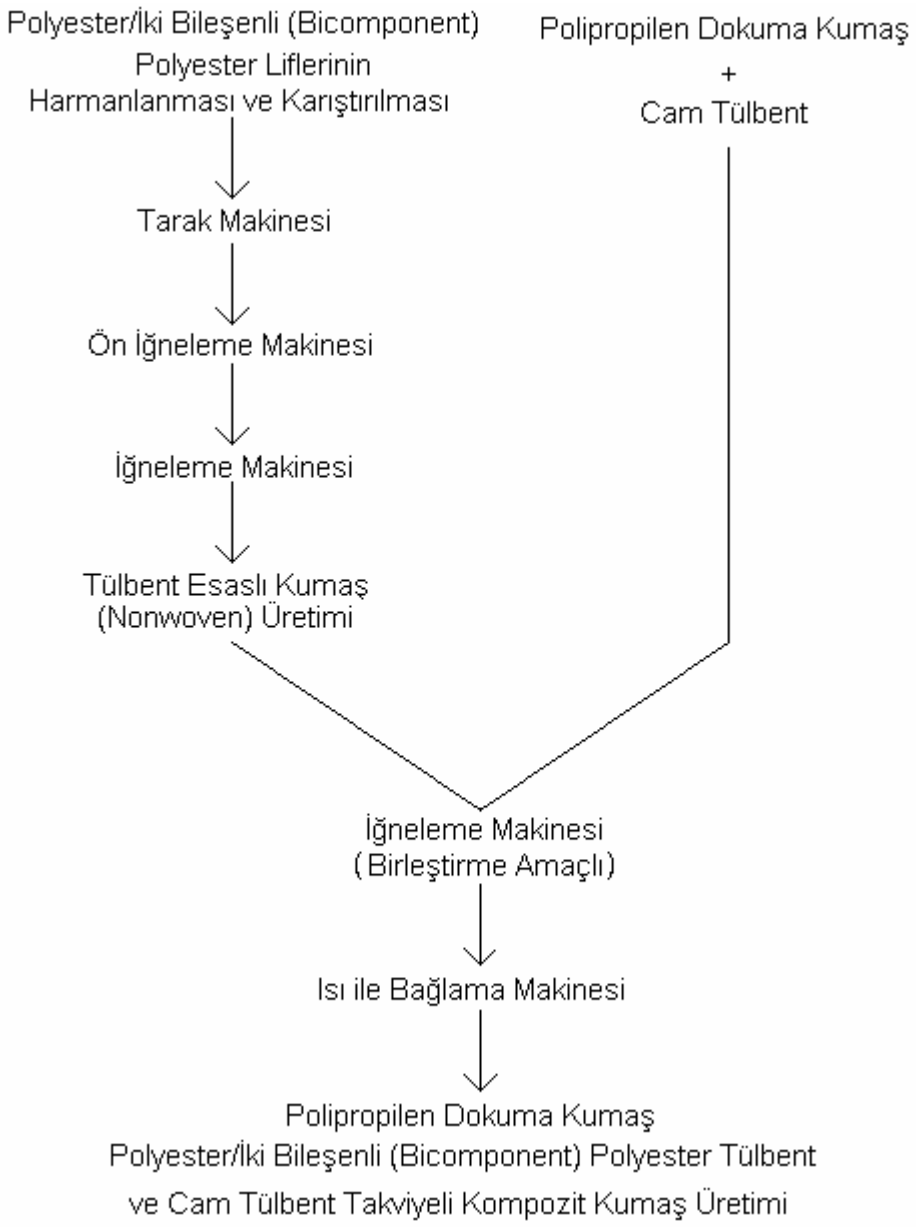
8- Polipropilen Dokuma Kumaş (70 g/m^2) + Cam Tülbent (175 g/m^2) + Tülbent Esaslı Kumaş (115 g/m^2) %30 Taşıyıcı Lif (35 g/m^2) ve %70 Bağlayıcı Lif (80 g/m^2) Toplam 360 g/m^2



Şekil IV.36 – Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması



Şekil IV.37 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması



Şekil IV.38 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Doku Takviyeli Kompozit Kumaşın Üretim Akış Şeması

Kompozit kumaşların üretiminde sırasıyla yün tipi tarak makinesi, ön iğneleme makinesi, ikinci bir iğneleme makinesi, birleştirme amaçlı bir iğneleme makinesi ve son olarak ısı ile bağlama makinesi kullanılmıştır. Kullanılan makinelerin teknik özellikleri aşağıda verilmiştir.

Tarak Makinesi

Üretim çalışmamızda lifleri tülbent haline getirmek için, Hassan Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasındaki laboratuvar amaçlı yün tipi tarak makinesi kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan, Sachsische Textilmaschinenfabrik Rich.Hartmann isimli yün tipi tarak makinesi 1938 yılında Chemnitz Almanya'da üretilmiştir. Liflerin açılmasını ve taranmasını sağlayan bu makine kesikli lifleri istenen birim metre kare ağırlığında tülbent haline getirmektedir. Bu makinede besleme hasırı, boğaz silindirleri, brizör silindiri, tambur silindiri, penyör silindiri, çalışıcı ve alıcı silindirleri, hızar sistemi ve sarım tamburu bulunmaktadır.

Şekil IV.39 – Tarak Makinesine Liflerin Beslenmesi

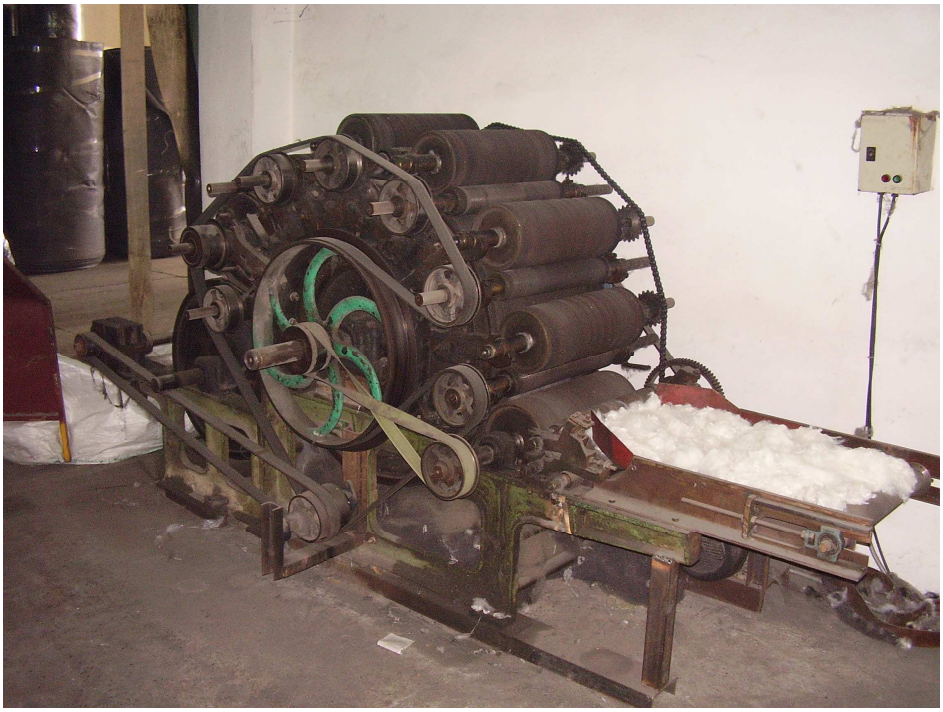
6 denye 55 uzunluğundaki polyester lifleri taşıyıcı lif olarak, 4 denye 51 mm uzunluğundaki iç/dış iki bileşenli lifler bağlayıcı lifler olarak kullanılmıştır.

Bu tarak makinesinde 6 denye inceliğinde ve 55 mm uzunluğunda polyester lifleri, iki bileşenli polyester lifleriyle %10-70 gibi değişen oranlarda karıştırılarak tülbent haline getirilmiştir. Her bir karışımdan 2 tane olacak şekilde makinede toplam

olarak 24 x 2 = 48 adet tülbent tabakası üretilmiştir. Taşıyıcı lifler ve bağlayıcı lifler makinenin besleme hasırına konulmadan önce iyice elle açılmış ve harmanlanmıştır. Liflerin silindir üzerine yapışmasını önlemek ve düzgün tülbent üretmek amacıyla harman yapılan liflerin üzerine anti statik madde püskürtülmüştür. Sonraki aşamada besleme haznesi üzerine yerleştirilen 6 denye 55 mm uzunluğundaki taşıyıcı polyester lifleri ve 4 denye 51 mm uzunluğundaki iki bileşenli bağlayıcı lifler bir çift boğaz silindirinden geçtikten sonra brizör tarafından tambura verilmiştir. Tambur üzerinde bulunan 5 çift çalışıcı ve alıcı silindirleriyle taranmıştır. Tamburdan penyör silindirine aktarılan lifler, penyörden hızar yardımıyla tülbent olarak alınmış ve sarım silindiri üzerinde toplanmıştır. İyi oranda karışım sağlamak için lifler tarak makinesinden iki kere geçmiştir. Lifler makine yönünde (MD) birbirlerine paralel olarak serilmiştir. Tarak makinesinde 40-50 cm genişlikte hacimli üst üste katlanmış tülbent tabakaları üretilmiştir.

Şekil IV.40 – Tarak Makinesinde Liflerin Taranması

Sarım silindiri üzerinde toplanan tülbent tabakaları kesilerek alınmıştır. Bu katlı tülbent tabakaları ön iğneleme makinesinin besleme bantları üzerine yerleştirilmiştir.



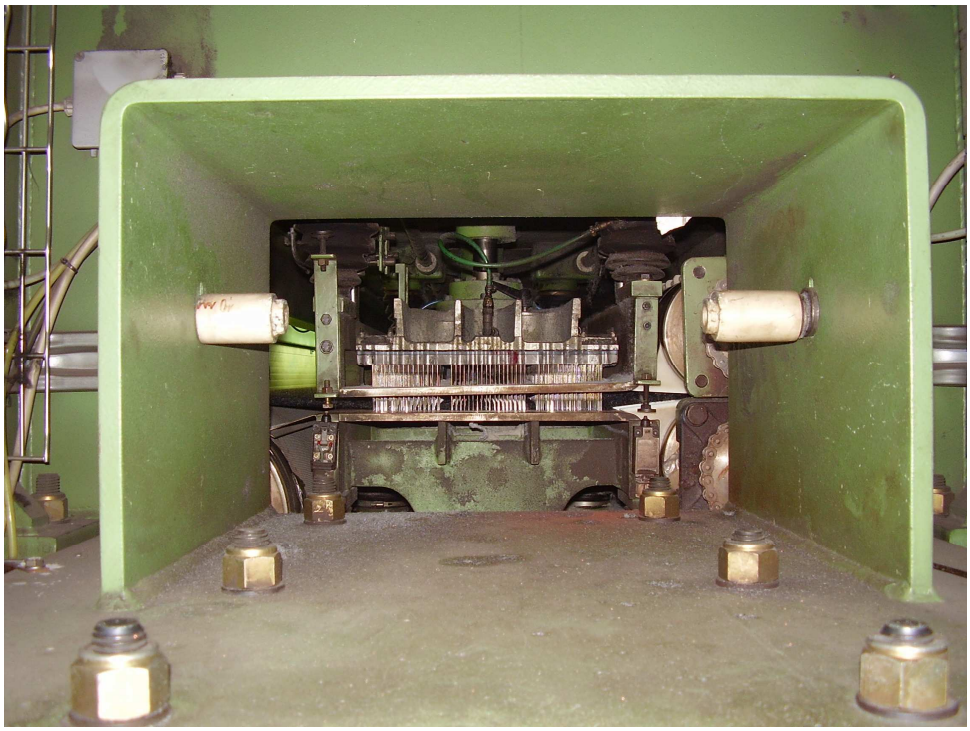
Şekil IV.41 – Tarak Makinesinin Yandan Görünüşü

Ön İğneleme Makinesi

Hacimli tülbent dokuların ön iğnelenmesinde İtalya yapımı Automatex firmasının ön iğneleme makinesi kullanılmıştır. İğneleme üretim hatlarında, açma ve hazırlama ünitelerinden sonra sırasıyla tarak makinesi, serme makinesi, ön iğneleme makinesi ve diğer iğneleme makineleri bulunmaktadır. Katlanmış tülbent tabakaları, yüksek devirli ve daha çok iğneye sahip esas iğneleme makinelerine girmeden önce ön iğneleme makinelerine girer. Bu makinede serme makinesinden gelen katlanmış haldeki tülbent tabakalarının kalınlığı azaltılır ve kontrollü bir şekilde esas iğneleme makinesine sevk edilir. Bu ön iğneleme makinesi sayesinde lifler mümkün olduğunca daha az zarar görür ve üretim hattı daha hızlı çalışır. Ön iğneleme makinelerinin devri mümkün olduğunca düşük seçilir.

Tarak makinesinden gelen tülbent tabakaları aşağıdaki tablo'da gösterilen makine ayarlarında ön iğneleme işlemine tabi tutulmuştur. Deney materyallerinin ön iğnelenmesinde kullanılan makinenin teknik özellikleri ve çalışma şartları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Ön İğneleme makinesinde çentikli iğneler kullanılmıştır. Bu makinedeki iğneleme plakaları hidrolik sistemle hareket etmektedir ve 90º açı ile çentikli iğneler tülbent dokunun içerisine girmişlerdir. Bu makine sadece üstten iğneleme yapmaktadır. Toplam 33000 adet iğneye sahiptir.



Şekil IV.42 – Automatex Ön İğneleme Makinesi

Tablo IV.14 - Automatex Ön İğneleme Makinesinin Özellikleri

Toplam İğne Sayısı (adet)	33000
Makine Eni (m)	7.1
İğne Türü	Çentikli ve Üçgen Enine Kesitli İğne
İğne Markası	Foster Needle
İğne İsmi	15x18x36x3.5 RBA F206-2-4B/LICD
İğneleme Devri (devir/min)	688
Tülbent Giriş Hızı (m/min)	4.7
Silindir Hızı (m/min)	5.6
Kumaş Çıkış Hızı (m/min)	6.7
Üst Plaka Mesafesi (mm)	14
Alt Plaka Mesafesi (mm)	16.8
Üst İğne Penetrasyonu (mm)	7.3
İğne Penetrasyonu (mm)	9.3
Cm^2 Başına Penetrasyon Sayısı	48
İğne Plakası Hareketi	Hidrolik
İğneleme Yönü	Üstten İğneleme

Automatex Alttan Vuruşlu İğneleme Makinesi

Ön iğneleme makinesinden çıkan tülbent esaslı kumaş ikinci bir iğneleme makinesinden geçmiştir. Bu iğneleme makinesinde iğne plakası aşağıdan yukarı doğru hareketlidir. Bu makinede bulunan iğne sayısı daha fazladır. Bu makinede 10 iğne plakası bulunmaktadır. Ön iğneleme makinesinde 5 iğne plakası mevcut idi. Bu iğneleme makinesinin temel görevi tülbent esaslı kumaş içerisindeki lifleri birbirine iyice bağlamak ve ön iğnelenmiş kumaşın mukavemetini ve boyut sabitliğini artırmaktır. Bu makine ön iğneleme makinesine göre daha yüksek devirle çalışmaktadır.

İğneleme teknolojisiyle çalışan üretim hattında birbiri ardına ne kadar çok iğneleme makinesi olursa üretim hattı daha hızlı çalışabilir. Diğer bir deyişle saatte daha fazla kumaş üretilebilir.

Şekil IV.43 – Automatex Alttan Tahrikli İğneleme Makinesi

Ön İğneleme makinesiyle ikinci iğneleme makinesi arasında sadece 50 cm'lik mesafe bulunmaktadır. Ön iğnelenmiş kumaş doğrudan el değmeden diğer iğneleme makinesine sevk edilmektedir. Ön iğnelemede üstten ikinci iğnelemede alttan iğneleme yapılarak kumaşın her iki yüzeyi de eşit görünüme kavuşturulmuştur.

Tablo IV.15 - Automatex Alttan Tahrikli İğneleme Makinesinin Özellikleri

Toplam İğne Sayısı (adet)	74000
Makine Eni (m)	7.1
İğne Türü	Çentikli ve Üçgen Enine Kesitli İğne
İğne Markası	Foster Needle
İğne İsmi	15x18x38x3 RBA
İğneleme Devri (devir/min)	724
Tülbent Giriş Hızı (m/min)	6.7
Kumaş Çıkış Hızı (m/min)	7.3
Alt Plaka Mesafesi (mm)	12.0
Üst Plaka Mesafesi (mm)	13.1
Alt İğne Penetrasyonu (mm)	5.7
İğne Penetrasyonu (mm)	6.1
Cm^2 Başına Penetrasyon Sayısı	103
İğne Plakası Hareketi	Hidrolik
İğneleme Yönü	Alttan Tahrikli

İkinci alttan vuruşlu iğneleme makinesinde üçgen kesitli ve çentikli iğneler kullanılmıştır. Bu iğneler belirlenen miktarda tülbent yapı içerisine girerek lifleri birbirine bağlamıştır. Sonuçta tülbent esaslı kumaş daha sağlam hale getirilmiştir.

İğneleme Makinesi (Birleştirme Amaçlı)

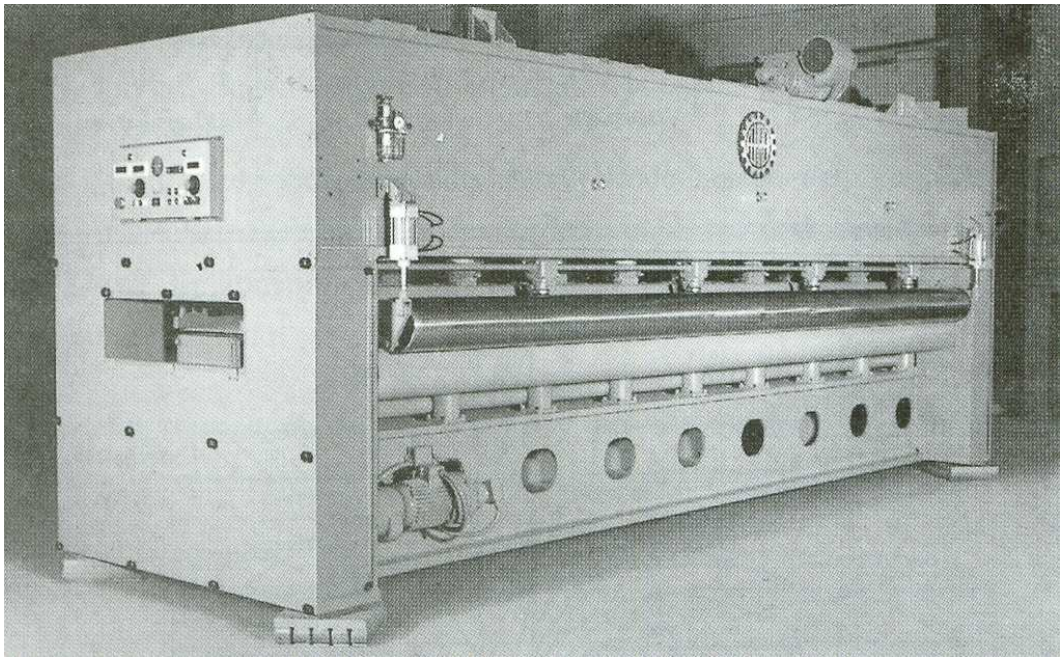
Bu iğneleme makinesinde tülbent esaslı kumaşlar diğer kumaş ve/veya kumaşlarla mekanik yöntemle birleştirilmiştir. Bu iğneleme işlemi Fehrer N21/264 isimli makinede yapılmıştır. Bu makinede iğne plakaları mekanik olarak hareket etmektedir. Bu makine 1976 yılında Avusturya'da imal edilmiştir. Makinenin özellikleri aşağıda gösterilmiştir.

Tablo IV.16 – Fehrer İğneleme Makinesinin Özellikleri

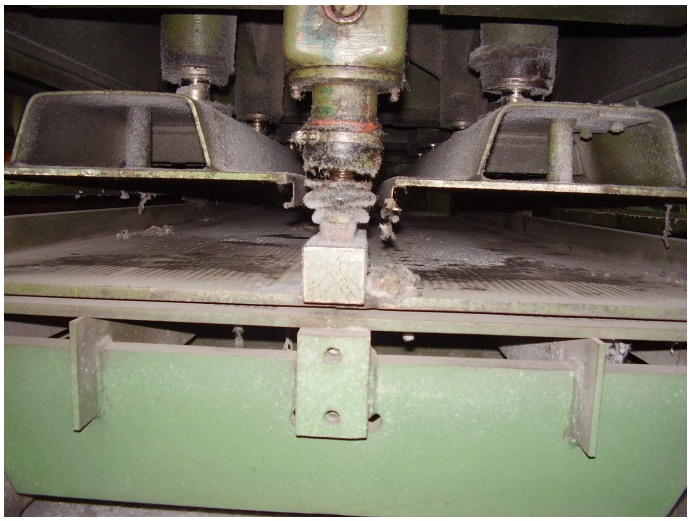
Toplam İğne Sayısı (adet)	26000
Makine Eni (m)	2.7
İğne Türü	Çentikli ve Üçgen Enine Kesitli İğne
İğne Markası	Foster Needle
İğne İsmi	15x18x38x3 RBA
İğneleme Devri (devir/min)	1000
Tülbent Giriş Hızı (m/min)	2.5
Kumaş Çıkış Hızı (m/min)	3.0
İğne Penetrasyon Derinliği (mm)	8
Cm^2 Başına Penetrasyon Sayısı	320
İğne Plakası Hareketi	Mekanik
İğneleme Yönü	Üstten Tahrikli

Bu makinede tülbent esaslı kumaş ile (nonwoven), polipropilen dokuma kumaş; cam leno dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaş ve son olarak polipropilen dokuma kumaş ile cam tülbent, tülbent esaslı kumaşla mekanik olarak birleştirilmiştir. Bu makinede kullanılan çentikli iğneler tülbent esaslı kumaş içerisinden çıkardıkları lifleri diğer kumaşın lif ve iplikleriyle bağlamıştır. Bu sayede kumaşlar birbirine mekanik yöntemle birleştirilmiştir. Örneğin tülbent esaslı kumaşla polipropilen dokuma kumaş üst üste getirilerek bu makinede iğnelenmiştir. Makine çıkışında tülbent esaslı kumaş, dokuma kumaşın her iki yüzeyinde de yer almıştır. Dokuma kumaşın her iki yüzeyi, tülbent esaslı kumaşın lifleri ile kaplanmıştır. Dokuma kumaş iğneleme sonunda kompozit kumaşın ortasında kalmıştır.

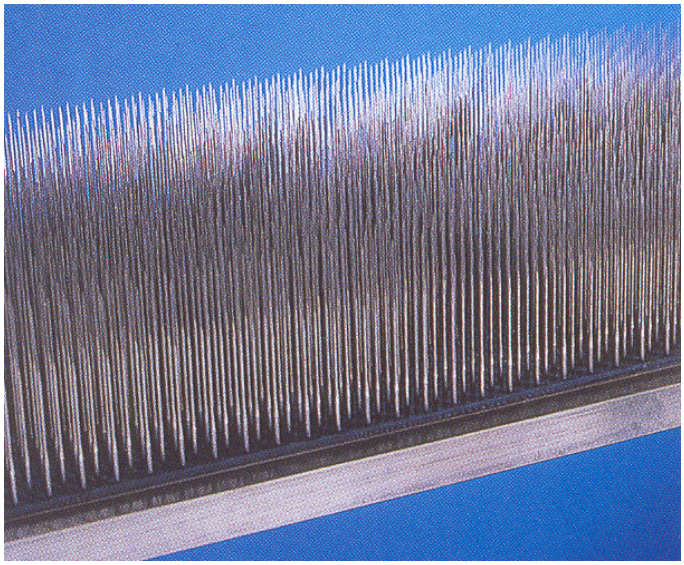
Bu makinede iki önde ve iki arkada toplam 4 iğne plakası bulunmaktadır. Her bir iğne plakası 135 mm uzunluğundadır: Bu makinede yüksek penetrasyon sayısında ve penetrasyon derinliğinde tülbent esaslı kumaş diğer kumaşlarla birleştirilmiştir.



Şekil IV.44 - Fehrer İğneleme Makinesi



Şekil IV.45 - Fehrer Makinesinde İğne Plakalarının Takıldığı Yerler



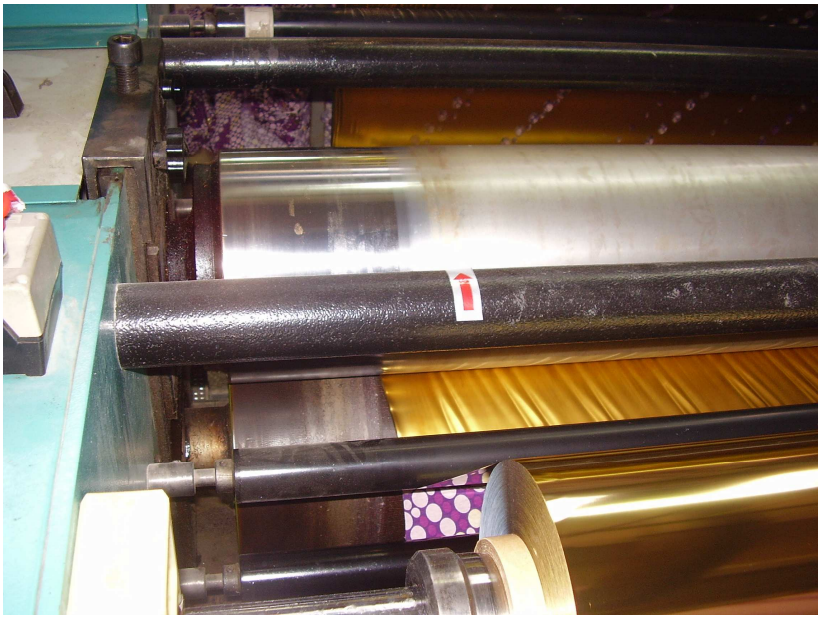
Şekil IV.46 – İğne Plakası

Isı ile Bağlama Makinesi

Üretilen tülbent esaslı kompozit kumaşların ısı ile bağlanması Teknik Emprime Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasında yapılmıştır. Bu işletmede Sulgen-Switzerland yapımı Tool-Temp GH-8583 isimli ısı ile bağlama makinesi kullanılmıştır.

Bu makinede bir çift kalender silindiri bulunmaktadır. Üstteki silindir çelik alttaki silindir kauçuk esaslıdır. Üstteki çelik silindir yağ ısıtmalı ve yüzeyi pürüzsüz idi. Kompozit kumaşlar bu makineden 150 ºC'de, 1500 psi basınçta ve dakikada 1 metre hızında 2 kere geçirilmiştir. Bu sayede kompozit kumaş içerisindeki iç/dış iki bileşenli liflerin sadece dış kısmı eritilerek yapının bağlanması sağlanmıştır.

Kumaşlar mekanik olarak bağlanarak kompozit ürün haline getirilmiş idi. Isı ile bağlama aşamasından sonra kompozit yapı daha da sağlamlaştırılmıştır.



Şekil IV.47– Isı ile Bağlama Makinesi

IV.3 Kompozit Kumaşlara Uygulanan Testler

IV.3.1 Birim Kütle Tayini

Tülbent Esaslı (nonwoven) kompozit kumaşların birim kütlesi TS EN 29073-1 numaralı Türk standartı kapsamında T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü Fiziksel Testler Laboratuvarında standart atmosfer koşullarında yapılmıştır. Test işleminden önce kumaş numuneleri %65±2 Nispi Nem ve 20±2 ºC sıcaklıkta 24 saat kondüsyonlanmıştır. Bu standart kapsamında en az 50000 mm^2 olacak şekilde minimum 3 numune alınmaktadır. Deney numuneleri ±%0.1 doğrulukla tartabilen terazide tartılmakta ve g/m^2 biriminde ifade edilmektedir. Tülbent esaslı kompozit kumaşların birim kütle tayini sonuçları aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Tablo IV.17 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Ağırlık g/m^2								
Ortalama	**336**	**342**	**347**	**341**	**332**	**349**	**344**	**356**
Standart sapma	17.50	14.72	18.57	18.55	16.34	16.55	14.68	24.72
% cv	5.21	4.30	5.35	5.44	4.92	4.74	4.27	6.94

Tablo IV.18 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Ağırlık g/m^2								
Ortalama	**323**	**319**	**329**	**341**	**340**	**320**	**310**	**313**
Standart sapma	12.92	10.20	23.96	17.49	22.23	14.93	7.41	11.52
% cv	4.00	3.20	7.28	5.13	6.54	4.67	2.39	3.68

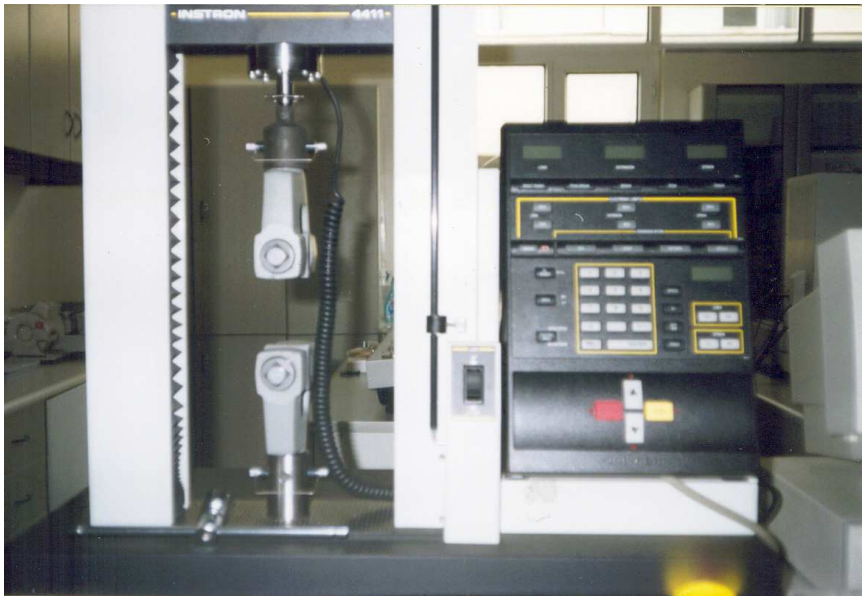
Tablo IV.19 – Polipropilen Dokuma Kumaş ve Cam Tülbent Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Birim Kütle Tayini

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Ağırlık g/m^2								
Ortalama	**356**	**364**	**357**	**359**	**353**	**368**	**366**	**360**
Standart sapma	32.92	15.77	24.66	26.51	8.81	15.08	16.31	16.73
% cv	9.25	4.33	6.91	7.38	2.49	4.10	4.46	4.65

IV.3.2 Mukavemet Testi

Tülbent esaslı kompozit kumaşların kopma mukavemeti ve uzamasının tayini testi T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü Fiziksel Testler Laboratuvarında standart atmosfer koşullarında ve ASTM D 5035 standardı kapsamında yapılmıştır.

Test işleminden önce kumaş numuneleri %65±2 Nispi Nem ve 20±2 ºC sıcaklıkta 24 saat kondüsyonlanmıştır. Tülbent esaslı kompozit kumaşların kopma mukavemeti ve uzaması testi Instron 4411 marka cihazda yapılmıştır. Kumaşlar test yapılmadan önce standart atmosfer koşullarında 24 saat bekletilmiştir. Mukavemet ve uzama test sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Mukavemet değerleri (kgf/50mm), uzama değerleri (%) biriminde gösterilmiştir.



Şekil IV.48 – Instron 4411 Mukavemet Test Cihazı

Tablo IV.20 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**57.45**	**65.48**	**76.52**	**85.67**	**90.16**	**106.70**	**109.77**	**112**
Standart sapma	7.97	3.78	6.62	10.62	7.91	10.95	9.86	12.10
% cv	13.87	5.77	8.65	12.40	8.77	10.26	8.98	10.80
Uzama (%)								
Ortalama	**32.72**	**12.40**	**13.34**	**13.80**	**15.06**	**15.62**	**18.25**	**20.68**
Standart sapma	27.77	0.81	0.66	1.24	1.18	0.75	1.68	1.47
% cv	84.87	6.53	4.95	8.99	7.84	4.80	9.21	7.11

Tablo IV.21 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**26.78**	**30.11**	**37.75**	**39.04**	**46.43**	**56.26**	**58.93**	**67.67**
Standart sapma	3.16	0.87	1.60	5.04	4.80	2.52	1.42	2.58
% cv	11.80	2.89	4.24	12.91	10.34	4.48	2.41	3.81
Uzama (%)								
Ortalama	**67.78**	**29.70**	**11.39**	**11.11**	**11.60**	**13.34**	**13.83**	**13.88**
Standart sapma	57.80	41.82	1.21	0.85	0.96	0.95	0.59	1.82
% cv	85.28	140.81	10.62	7.65	8.28	7.12	4.27	13.11

Tablo IV.22 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**47.53**	**48.29**	**48.96**	**49.45**	**58.81**	**62.69**	**63.99**	**71.82**
Standart sapma	5.33	6.09	5.83	7.01	6.88	5.68	2.12	7.21
% cv	11.21	12.61	11.91	14.18	11.70	9.06	3.31	10.04
Uzama (%)								
Ortalama	**83.86**	**76.40**	**62.04**	**46.53**	**8.32**	**8.22**	**14.34**	**13.31**
Standart sapma	6.74	1.18	5.05	6.43	3.26	3.49	5.64	6.61
% cv	8.04	1.54	8.14	13.82	40.18	42.46	39.33	49.66

Tablo IV.23 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**24.13**	**23.38**	**24.97**	**23.92**	**30.36**	**33.25**	**33.80**	**38.18**
Standart sapma	2.60	0.70	6.17	1.84	2.89	3.80	0.62	2.55
% cv	10.77	2.99	24.71	7.69	9.52	11.43	1.83	6.68
Uzama (%)								
Ortalama	**144.80**	**137.37**	**119.40**	**79.12**	**2.91**	**5.46**	**6.76**	**6.55**
Standart sapma	2.09	3.37	5.33	17.28	0.22	3.08	5.15	4.23
% cv	1.44	2.45	4.46	21.85	7.56	56.41	76.18	64.58

Tablo IV.24 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları

Karışım Oranları	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**38.87**	**42.34**	**45.79**	**53.26**	**55.95**	**60.85**	**61.72**	**63.74**
Standart sapma	5.71	5.67	4.39	5.70	3.18	6.94	2.37	5.90
% cv	14.69	13.39	9.59	10.70	5.68	11.41	3.84	9.26
Uzama (%)								
Ortalama	**7.54**	**7.67**	**7.83**	**8.52**	**9.34**	**9.10**	**8.37**	**8.72**
Standart sapma	0.43	0.74	0.55	0.95	1.17	1.56	0.32	0.53
% cv	5.70	9.65	7.02	11.15	12.57	17.14	3.82	6.08

Tablo IV.25 Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları

	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
Mukavemet (kgf)								
Ortalama	**18.59**	**18.83**	**24.12**	**25.83**	**25.66**	**32.12**	**33.42**	**34.20**
Standart sapma	2.98	5.12	3.65	3.88	2.01	4.62	1.92	5.21
% cv	16.03	27.20	15.13	15.02	7.83	14.38	5.75	15.23
Uzama (%)								
Ortalama	**5.70**	**5.75**	**5.81**	**6.45**	**6.12**	**6.17**	**6.09**	**5.98**
Standart sapma	0.83	0.05	0.63	0.38	0.36	0.68	0.75	0.70
% cv	14.56	0.87	10.83	5.89	5.88	11.02	12.32	11.71

IV.3.3 Hava Geçirgenliği Testi

Tülbent esaslı kompozit kumaşların hava geçirgenliği testi, İstanbul'da Primer test laboratuvarında ve T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı KOSGEP Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığında yapılmıştır.

Kompozit kumaşların hava geçirgenliği testi TS 391 EN ISO 9237 numaralı türk standartı kapsamında ve SDL FX 3300 ve Textest Instruments FX3300 test cihazında yapılmıştır. Bu standard, kumaşlarda hava geçirgenliğini ölçmek için bir metodu kapsar ve teknik amaçlar için endüstriyel kumaşlar ve dikişsiz kumaşlara ilaveten hava geçirgenliği olan bütün kumaş tiplerine uygulanabilmektedir.

Test işleminden önce kumaş numuneleri %65±2 Nispi Nem ve 20±2 ºC sıcaklıkta 24 saat kondüsyonlanmıştır. Kumaşların hava geçirgenliği testi 20 cm^2 alan üzerinde ve 200 Pa basınç altında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar $l/m^2/s$ (litre/metrekare/saniye) biriminde gösterilmiştir.

TS 391 EN ISO 9237 standardına göre normal kumaşlar için 100 Pa, teknik kumaşlar için 200 Pa basınç değeri uygulanmaktadır.

Şekil IV.49 - Textest Instruments FX3300 Hava Geçirgenliği Test Cihazı

Hava geçirgenliği test cihazı dokuma ve örme kumaşların, kağıtların, gözenekli ve normal tülbent esaslı kumaşların ve köpük esaslı materyallerin testini yapabilmektedir. Test alanı 5, 10, 25, 38 ve 100 cm^2'dir. Cihazın test alanına göre değişen 5 farklı modeli vardır. Hava geçirgenliği test cihazında sonuçlar, mm/s, cfm, cm3/cm2/s, l/m2/s, l/dm2/min, m3/m2/min, m3/m2/h and dm3/s birimlerinde gösterilebilmektedir. Cihazdan elde edilen değer ±3 aralığında doğruluğa sahiptir. Ölçüm yapılacak kumaşın konulduğu masanın yüksekliği 77.5 cm'dir. Cihazda 98 ile 2500 Pa aralığında basınç uygulanabilmektedir.

Tablo IV.26 Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

(l/m^2/s)	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	313	239	181	156	125	115	107	104
s	26.02	15.51	14.71	9.89	10.29	17.13	10.26	10.18
% cv	8.31	6.49	8.13	6.34	8.23	14.90	9.59	9.79

Tablo IV.27 Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

(l/m^2/s)	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	1331	1131	935	831	816	814	812	722
s	110.09	54.57	104.92	90.61	53.05	68.28	49.80	71.62
% cv	8.27	4.82	11.22	10.90	6.50	8.39	6.13	9.92

Tablo IV.28 Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

(l/m^2/s)	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	1507	1108	863	638	589	427	291	152
s	125.43	113.64	208.16	60.19	118.16	63.60	58.87	28.45
% cv	8.32	10.26	24.12	9.43	20.06	14.89	20.23	18.72

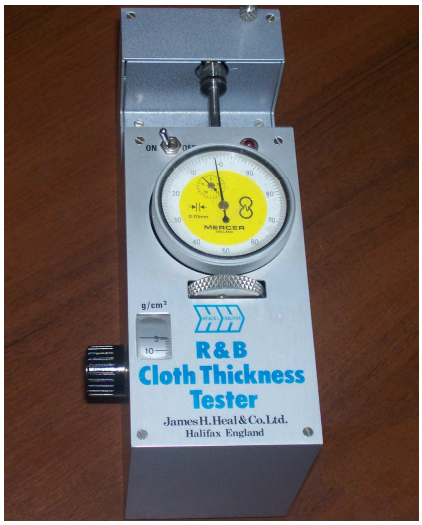
IV.3.4 Kalınlık Testi

Tülbent esaslı kompozit kumaşların kalınlık testi T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümü Fiziksel Testler Laboratuvarında standart atmosfer koşullarında ve TS EN ISO 9073-2/Nisan 1998 numaralı dokunmamış malzemeler için kalınlık tayini standardı kapsamında yapılmıştır.

Test işleminden önce kumaş numuneleri %65±2 Nispi Nem ve 20±2 ºC sıcaklıkta 24 saat kondüsyonlanmıştır. Kumaşlar test yapılmadan önce standart atmosfer koşullarında 24 saat bekletilmiştir.

Kumaşların kalınlığı belirli basınç değerleri altında (0.1 kPa-0.5 kPa) yapılmıştır. Her iki basınç değeri altında da kumaşların kalınlığı ölçülmüş ve ortalaması alınmıştır.

Bu testin yapılmasında James H.Heal&Co.Ltd firmasının R&B Cloth Thickness Tester cihazı kullanılmıştır. Bu cihazda kumaş iki adet hareketli çene arasında ve belirli bir basınçta sıkıştırılmaktadır. Çeneler mekanik hareketle kapatılmakta ve cihazın ışığı yandığında kumaşın kalınlığı göstergeden okunarak test işlemi tamamlanmaktadır. Kumaşlara cihaz tarafından 1-50 g/cm^2 arasında değişen oranlarda basınç uygulanabilmektedir. Hacimli olması ve doğrudan liflerden meydana gelmesi sebebiyle dokuma ve örme kumaşlara kıyasla tülbent esaslı kumaşlara daha düşük basınç uygulanmaktadır. (0.1 kPa-0.5 kPa) Kumaşların kalınlığı 0.01 mm hassasiyetle ölçülebilmektedir. Bu cihazda en çok 25 mm kalınlığa kadar olan kumaşların testleri yapılabilmektedir.



Şekil IV.50 - James H.Heal Kumaş Kalınlık Ölçme Test Cihazı

Tablo IV.29 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

mm	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	1.998	1.642	1.351	1.214	1.128	1.145	1.247	1.229
s	0.170	0.111	0.093	0.110	0.093	0.149	0.090	0.093
% cv	8.51	6.76	6.88	9.061	8.24	13.01	7.23	7.57

Tablo IV.30 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

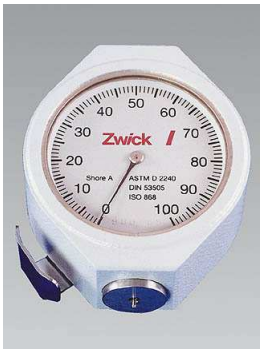
mm	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	1.969	1.527	1.272	1.204	1.198	1.194	1.136	1.124
s	0.155	0.136	0.109	0.116	0.077	0.087	0.106	0.103
% cv	7.87	8.91	8.57	9.63	6.43	7.29	9.33	9.16

Tablo IV.31 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

mm	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	1.283	1.119	1.073	1.013	1.006	0.984	0.976	0.957
s	0.052	0.054	0.086	0.082	0.092	0.070	0.094	0.051
% cv	4.05	4.83	8.01	8.09	9.15	7.11	9.63	5.33

IV.3.5 Sertlik Testi

Tülbent esaslı kompozit kumaşların sertlik testleri, T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümündeki Plastik Laboratuvarında ve ASTM D 2240 standardı kapsamında Zwick sertlik test cihazında gerçekleştirilmiştir. Kompozit kumaşların ortalama Shore A değerleri tespit edilmiştir.



Şekil IV.51 – Zwick Sertlik Test Cihazı

Tablo IV.32 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

Shore	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	42.78	47.45	53.19	56.66	60.52	62.59	62.65	63.61
s	2.01	2.46	2.20	2.04	1.79	2.15	2.41	2.41
% cv	4.70	5.18	4.14	3.60	2.96	3.44	3.85	3.79

Tablo IV.33 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

Shore	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	37.66	42.69	51.06	56.70	59.04	59.42	62.00	63.47
s	2.55	4.05	2.47	2.82	3.02	2.98	2.09	2.25
% cv	6.77	9.49	4.84	4.97	5.12	5.02	3.37	3.54

Tablo IV.34 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

Shore	%100 PES	%90 PES %10 İki Bileşenli PES	%80 PES %20 İki Bileşenli PES	%70 PES %30 İki Bileşenli PES	%60 PES %40 İki Bileşenli PES	%50 PES %50 İki Bileşenli PES	%40 PES %60 İki Bileşenli PES	%30 PES %70 İki Bileşenli PES
$\bar{x}$	46.37	52.21	55.05	58.21	59.68	62.30	62.63	62.79
s	2.68	4.18	3.57	2.77	2.93	2.19	2.71	3.81
% cv	5.78	8.01	6.49	4.76	4.91	3.52	4.33	6.07

IV.3.6 Patlatma Mukavemeti Testi

Kompozit kumaşların patlatma mukavemeti testi TS 393 EN ISO 13938-1 numaralı Türk Standardı kapsamında Primer test laboratuvarında ve T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığına bağlı KOSGEP Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi kurumunda yapılmıştır.

Test işleminden önce kumaş numuneleri %65±2 Nispi Nem ve 20±2 ºC sıcaklıkta 24 saat kondüsyonlanmıştır.

Patlatma mukavemeti testi kumaşların mekanik özelliklerini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu test işleminde belirli bir alan üzerinde yer alan kumaşa cihazın alt tarafından basınçlı hava gönderilmektedir. Diyafram üzerinde yer alan kumaş bu basınçlı hava yardımıyla şişirilmektedir ve kumaş patlatılmaktadır. Sonuçta bu test, kumaşı oluşturan ipliklerin veya liflerin belirli bir süre içerisinde (18-22 saniye) patlatılması esasına dayanmaktadır. Kumaşların patlatma mukavemet değerleri (Kpa) basınç biriminde, süre (saniye) biriminde ve kumaşın şişme yüksekliği (mm) olarak verilmektedir.

Kumaşların patlatma mukavemeti testinde SDL-Atlas firmasının test cihazları kullanılmıştır. Dokuma kumaş takviyeli ve cam leno kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların testi 30.0 mm çap üzerinden diğer bir ifadeyle 7.07 cm^2 alan üzerinden, cam tülbent ve polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşın patlatma mukavemeti testi 35.6 mm çap üzerinden diğer bir ifadeyle 10 cm^2 alan üzerinden yapılmıştır. Karşılaştırmak için cm^2 alan üzerine düşen Kpa birimi hesaplanmıştır.

Şekil IV.52 – Autoburst Digital SDL-Atlas Patlatma Mukavemeti Test Cihazı

Bu cihaz maksimum 6000 Kpa değerine kadar ölçüm yapabilmektedir. Kağıt, dokuma, örme, tülbent esaslı kumaş (nonwoven) gibi materyallerin patlatma mukavemeti testi için tasarlanmıştır. Test alanı 50 cm^2'ye kadar yükseltilebilmektedir. (80 mm çap)

Tablo IV.35 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları

Karışım Oranları	Patlatma Mukavemeti (KPa)	Süre (saniye)	Şişme Mesafesi (mm)	KPa/cm^2
% 100				
$\bar{x}$	**1433**	**20.44**	**8.52**	**202.69**
s	209.73	1.05	0.75	
% cv	14.64	5.14	8.80	
% 90/10				
$\bar{x}$	**1627**	**20.46**	**8.54**	**230.13**
s	108.43	0.84	0.43	
% cv	6.66	4.11	5.04	
% 80/20				
$\bar{x}$	**1795**	**21.62**	**9.27**	**253.89**
s	159.77	1.79	1.17	
% cv	8.90	8.28	12.62	
% 70/30				
$\bar{x}$	**1892**	**21.68**	**9.21**	**267.61**
s	174.22	2.20	1.24	
% cv	9.21	10.15	13.46	

Tablo IV.35'in Devamı				
% 60/40				
$\bar{x}$	**2006**	**21.20**	**8.64**	**283.73**
s	148.99	1.01	0.30	
% cv	7.43	4.76	3.47	
% 50/50				
$\bar{x}$	**2164**	**22.20**	**8.91**	**306.08**
s	218.63	1.13	0.62	
% cv	10.10	5.09	6.96	
% 40/60				
$\bar{x}$	**2247**	**22.14**	**8.99**	**317.82**
s	158.85	0.72	0.24	
% cv	7.07	3.25	2.67	
% 30/70				
$\bar{x}$	**2359**	**20.82**	**9.21**	**333.66**
s	267.69	2.19	0.40	
% cv	11.35	10.52	4.34	

Tablo IV.36 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları

	Patlatma Mukavemeti (KPa)-Dokuma	Süre (saniye)-Dokuma	Şişme Mesafesi (mm)-Dokuma	Patlatma Mukavemeti (KPa)-Tülbent	Süre (saniye)-Tülbent	Şişme Mesafesi (mm)-Tülbent	TOPLAM (KPa)	KPa/cm^2
% 100								
$\bar{x}$	**209**	**8.87**	**3.53**	**1296**	**22.72**	**13.84**	**1505**	**212.87**
s	116.23	1.64	1.36	194.11	1.05	0.63		
% cv	55.61	18.49	38.53	14.98	4.62	4.55		
% 90/10								
$\bar{x}$	**246**	**9.31**	**3.39**	**1263**	**23.16**	**13.33**	**1509**	**213.43**
s	68.70	1.06	0.87	89.13	0.99	0.62		
% cv	27.93	11.39	25.66	7.06	4.27	4.65		
% 80/20								
$\bar{x}$	**355**	**10.38**	**4.19**	**1210**	**20.80**	**12.31**	**1565**	**221.36**
s	181.99	1.60	1.47	166.96	2.01	1.53		
% cv	51.26	15.41	35.08	13.80	9.66	12.43		
% 70/30								
$\bar{x}$	**454**	**10.19**	**3.86**	**1275**	**20.31**	**11.91**	**1729**	**244.55**
s	53.92	0.46	0.42	108.50	1.33	0.72		
% cv	11.88	4.51	10.88	8.51	6.55	6.05		

Karışım Oranları	Patlatma Mukavemeti (KPa)-Dokuma	Süre (saniye)-Dokuma	Şişme Mesafesi (mm)-Dokuma	Patlatma Mukavemeti (KPa)-Tülbent	Süre (saniye)-Tülbent	Şişme Mesafesi (mm)-Tülbent	TOPLAM	KPa/cm^2
% 60/40								
$\bar{x}$	**758**	**11.17**	**4.58**	**1222**	**18.32**	**10.45**	**1980**	**280.06**
s	143.29	0.93	0.64	166.91	2.12	1.05		
% cv	18.90	8.33	13.97	13.66	11.57	10.05		
% 50/50								
$\bar{x}$	**792**	**12.73**	**4.90**	**1267**	**17.44**	**8.50**	**2059**	**291.23**
s	134.79	0.99	0.90	154.81	1.73	1.21		
% cv	17.02	7.78	18.37	12.22	9.92	14.24		
% 40/60								
$\bar{x}$	**830**	**13.77**	**5.20**	**1234**	**19.32**	**9.88**	**2064**	**291.94**
s	185.27	1.49	1.29	144.08	1.83	0.97		
% cv	22.32	10.82	24.81	11.68	9.47	9.82		
% 30/70								
$\bar{x}$	**864**	**13.53**	**5.03**	**1356**	**17.43**	**7.90**	**2220**	**314.00**
s	105.95	0.92	0.74	155.91	1.00	0.69		
% cv	12.26	6.80	14.71	11.50	5.74	8.73		

Tablo IV.36'nın Devamıdır.

Tablo IV.37 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları

Karışım Oranları	Patlatma Mukavemeti (KPa)	Süre (saniye)	Şişme Mesafesi (mm)	KPa/cm^2
% 100				
$\bar{x}$	**918**	**19.77**	**7.49**	**91.8**
s	135.47	0.99	0.31	
% cv	14.76	5.01	4.14	
% 90/10				
$\bar{x}$	**921**	**19.53**	**8.09**	**92.1**
s	278.87	1.58	0.74	
% cv	30.28	8.09	9.15	
% 80/20				
$\bar{x}$	**935**	**19.66**	**7.18**	**93.5**
s	95.70	1.25	0.29	
% cv	10.24	6.36	4.04	
% 70/30				
$\bar{x}$	**1074**	**19.87**	**7.56**	**107.4**
s	99.32	1.38	0.19	
% cv	9.25	6.95	2.51	
% 60/40				
$\bar{x}$	**1090**	**19,53**	**7.62**	**109.0**
s	136.51	0.97	0.21	
% cv	12.52	4.97	2.76	
% 50/50				
$\bar{x}$	**1179**	**19.81**	**7.36**	**117.9**
s	123.29	0.74	0.34	
% cv	10.46	3.74	4.62	
% 40/60				
$\bar{x}$	**1196**	**20.00**	**7.21**	**119.6**
s	220.17	0.71	0.43	
% cv	18.41	3.55	5,96	
% 30/70				
$\bar{x}$	**1215**	**19.88**	**7.51**	**121.5**
s	125.87	0.63	0.39	
% cv	10.36	3.17	5.19	

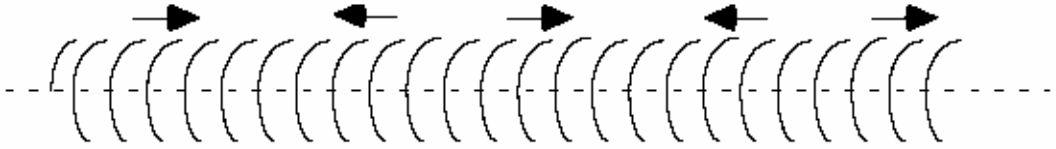
Tablo IV.38 - Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Değerlerinin Karşılaştırılması

	Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşlar (KPa/cm^2)	Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşlar (KPa/cm^2)	Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşlar (KPa/cm^2)
%100 PES	202.69	212.87	91.80
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	230.13	213.43	92.10
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	253.89	221.36	93.50
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	267.71	244.55	107.40
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	283.73	280.06	109.00
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	306.08	291.23	117.90
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	317.82	291.94	119.60
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	333.66	314.00	121.50

IV.3.7 Ses Yutum Katsayısının Tespiti (Absorption Coefficient)

IV.3.7.1 Sesin Oluşumu ve Yayılma Hızı

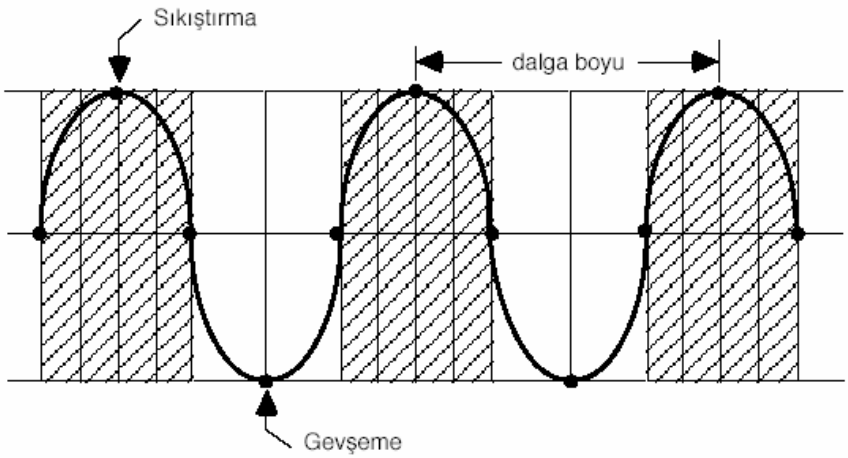
Ses; elastik bir ortamdaki mekanik titreşimler ve basınç değişimidir. Diğer bir ifade ile ses, herhangi bir ortamda çok hızlı bir şekilde değişen basınç dalgası olarak da tanımlanabilir. Ses, bir enerji şeklidir. Sesin oluşumu ve yayılması, ortamdaki partiküllerin titreşimi ve bu titreşimlerin komşu partiküllere iletilmesiyle olur. Basınç değişiklikleri kulak tarafından elektrik sinyallerine çevrilir, beyin tarafından ses olarak algılanır. [63]



Şekil IV.53 – Helezonik bir Yayda Sıkıştırma Dalgasının Meydana Gelişi [64]

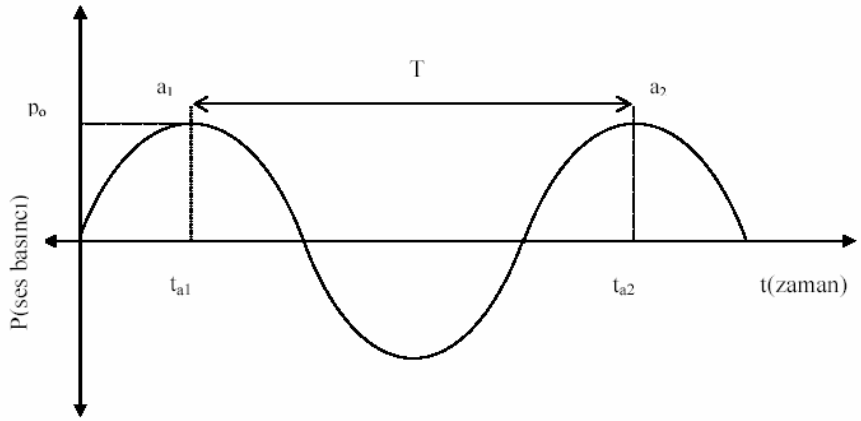
Ses dalgaları helezonik yay olarak düşünülürse daha kolay anlaşılabilir. Dalgalar uzun helezonik bir yayda, yayın ucundaki bazı sargıları sıkıştırma ve serbest bırakmak suretiyle elde edilebilir. Bazen dalgadaki maddesel parçacıklar birlikte sıkıştırılmış olur. Bazen de bunlar daha uzağa doğru hareket ederler. Bir sıkıştırma dalgasında madde, dalganın titreşim doğrultusunda titreşim yapar. Bir ses dalgası sıkıştırma dalgasına örnektir. Böyle bir dalgaya boyuna dalga denir. Helezonik bir yayda bir dalganın ilerlemesi sırasında bir kısım sıkışır ve diğer kısım ise gevşer. Yay sargılarının sıkıştığı bölgeye sıkıştırma alanı denir. Yay sargılarının gevşediği yerlere ise, atma alanı denir. Yayın tümü, dalga yay boyunca ilerlerken ileri geri hereket eder. Ses dalgaları da boyuna dalgalar olup sıkıştırma dalgaları ile de temsil edilebilir. Dalganın üstte kalan kısmı sıkışmayı, altta kalan kısmı ise gevşemeyi gösterir. [64]

Ses dalgaları bir zil veya bir ses çatalı gibi bir kaynağın titreşimi ile ortaya çıkar. Bir kişi konuştuğu zaman, ses tellerinin titreşimi ile ses dalgaları oluşur. Ses dalgaları titreşim ile ortaya çıkan sıkıştırma dalgalarıdır. Ses dalgaları hava veya diğer maddesel ortamlarda hareket edebilir. Ses dalgaları boşlukta hareket edemez. Ses kaynaklarından çıkan ses dalgaları kulak veya diğer gereçlerle duyulabilir. [64]



Şekil IV.54 – Ses Dalgasının Sıkıştırma Dalgasıyla Temsili [64]

Farklı frekanslardaki ses dalgaları farklı dalgaboylarına sahiptir. Frekans artarken, dalgaboyu azalır. Etrafımızda birçok ses dalgası vardır. Bunlardan bazılarını duyamayız. Çoğu kimse frekansları 20 ile 20000 Hz arasında olan ses dalgalarını duyabilir. Bu frekans aralığının üstünde olan seslere ses ötesi (ultrasonik) denir. Ultrasonik sesler insanlar tarafından duyulamaz. Bazı hayvanlar örneğin bir köpek frekansları 25000 Hz'e varan sesleri işitebilir. [64]

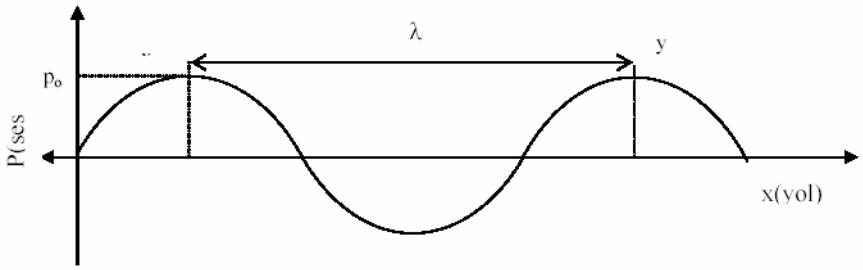


Şekil IV.55 – Ses Dalgası [63]

Yukarıdaki şekil, harmonik bir ses dalgasının bir noktada oluşturduğu ses basıncının zamanla değişimini göstermektedir. Po ile gösterilen basıncın en büyük değerine "genlik" denir. Basıncın birbirini izleyen en büyük iki değeri arasında geçen zamana "periyot" adı verilir. Periyotun birimi "saniye" sembolü T'dir. Şekilde görüldüğü gibi basınç değişimi her periyotta tekrarlanmaktadır. Birim zamandaki basınç değişim devir sayısı ise (1/T) frekanstır. Basınç değişim devri ile anlatılmak istenen basıncın aynı düzeye ulaştığı iki nokta arasındaki kısımdır. (Örn.a1 ve a2) Frekans genellikle bir saniyedeki devir sayısı (Hertz) ile ölçülür. [63] 1 Hz saniyede 1

titreşim demektir. Yüksek frekanslar için Hertz'in 1000 katı olan kilohertz kullanılır. Akustikte;

16-100 frekanslı sesler çok kalın
100-400 frekanslı sesler kalın
400-1600 frekanslı sesler orta kalın
1600-3150 freksanslı sesler ince
3150-16000 frekanslı sesler çok ince [65]



Şekil IV.56 – Dalga Boyu

Yatay eksen yolu gösterdiğinden, birbirini izleyen iki benzer nokta arasındaki mesafe ise dalga boyu olacaktır.

Ses Hızı

Ses boşlukta veya uzayda ilerleyemez sesin yol alabilmesi için bir ortam gereklidir. Ses dalgaları madde parçacıklarının ileri geri hareketleri olan titreşimler ile meydana gelirler. Ses dalgaları katılarda sıvı ve gazlara göre daha hızlı hareket ederler. Sesin havadaki yayılma hızı 332 m/s'dir. Ses, sıcak havada soğuk havaya nazaran daha hızlı hareket eder. Sıcaklıktaki bir derece artışa karşın 0.6m/s'lik bir hız artışı görülür. 20 ºC'de ses, havada 344 m/s hızla hareket eder. [64]

Çeşitli ortamlarda, 0ºC'de Sesin Yayılma Hızı şu şekildedir;

- Hava 332 m/s
- Su 1454 m/s
- Tahta 3828 m/s
- Demir 5103 m/s
- Taş 5971 m/s [64]

Dalga boyu λ olan bir dalga, periyodu T olan sürede kendi boyu kadar gideceğinden dalganın yayılma hızı,

$c = \frac{\lambda}{T}$ olacaktır. Dolayısıyla bir dalganın frekansı veya periyodu ile dalga boyu arasındaki ilişki yayılma hızı ses yayılma hızı olan c'ye,

$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda x f$ eşitliği ile bağlıdır. [63]

Sesin hızı, bir ses dalgasının dalgaboyunu hesaplamakta kullanılabilir. Dalgaboyunu bulmak için hızı frekansa bölmek gerekir. Denklem şu şekildedir;

$$\text{dalgaboyu} = \frac{\text{Hız}}{\text{Frekans}} = \frac{v}{f}$$

20 ºC sıcaklıkta frekansı 43 Hz olan bir ses dalgasının dalgaboyunu bulunuz. 20 ºC sıcaklıkta sesin havada yayılma hızı 344 m/s'dir.

$= \frac{v}{f} = \frac{344 m/s}{43 Hz} = 8m$ bulunur.

Sesin yayılma hızı ise ortamın özellikleri ile ilgilidir. Yapı akustiğinde ses ile ilgili en önemli ortam havadır. Çünkü kulak sesi hava aracılığı ile alır. Havadaki ses ile katı cisimlerdeki ses arasında bir ayırım yapılmalı ve bu iki konu ayrı ayrı incelenmelidir. Gazlardaki ses hızı;

$c = \sqrt{\frac{\gamma x \text{GazınBasıncı}}{\text{GazınYogunluğu}}}$ formulü ile hesaplanır.

Hava için; $\gamma = 1.4$

p= 76x13.6x981 dyn/cm^3

Sesin havadaki yayılma hızı havanın ideal gaz olarak kabul edilmesiyle

$c = 20\sqrt{T + 273}$ m/s

eşitliğiyle bulunur. Burada T Celcius (ºC) cinsinden sıcaklıktır. 0 ºC sıcaklıkta ve %50 rölatif nemli havada ses hızı 331.6 m/s'dir. Ses mutlak sıcaklığın karakökü ile orantılı olmasından dolayı 20 ºC sıcaklıkta ses hızı 12 m/s civarında artmaktadır. Hava ortamında ses hızı hemen hemen frekans ve atmosfer basıncından bağımsızdır. Ancak ses hızı önemli ölçüde rüzgar hızı ile değişmektedir.

Diğer gaz ortamlarda standart sıcaklık ve basınç şartlarında ses hızı yaklaşık olarak şu formülle hesaplanabilir.

$$c = \sqrt{\gamma \frac{P}{rho}}$$

Bu yaklaşık formülde γ spesifik ısıların oranı (C_p/C_v), "P" ise, 1,013.10^5 pa ve "rho" yoğunluktur.

Sesin su ortamındaki hızı yaklaşık 1500 m/s'dir. Okyanus sıcaklığına bağlı olarak çok uzun mesafelerde ses hızına etkisi gözlemlenebilir. Okyanusta ses hızı yaklaşık olarak,

$$c = 1449.2 + 4.6T - 0.55T^2 + 0.00029T^3 + (1.34 - 0.01T)(S - 35) + 0.016z$$

ifadesiyle bulunabilir. Bu formülasyonda T Celcius cinsinden sıcaklık, "z" metre cinsinden derinlik, S tuzluluk oranı; partikül sayısı/1000'dir.

Gürültü ise, genel olarak istenmeyen ses olarak tanımlanabilir. İnsanların maksimum performans ve verim şartlarını olumsuz etkileyebilir; dinlenmeyi ve uyumayı engelleyebilir, sinir tansiyonunu yükseltebilir ve hepsinden önemlisi duyma bozukluklarına neden olabilir. Bu yüzden gürültü, hava ve su kirliliği gibi; ki bir çeşit hava kirliliğidir; endüstri ve kanun seviyelerinde ciddi olarak ele alınmalıdır.

Ses, nesnel bir kavram, yani ölçülebilir ve varlığı kişiye bağlı olarak değişmezken gürültü, öznel bir kavramdır. Gürültünün ve sesin oluşumu, yayılması, transferi, emilmesi, ölçülmesi ve işlevi öğretisine de "akustik" adı verilir.

IV.3.7.2 Ses Şiddeti

Sesin varlığından bahsedebilmek için bir ses kaynağı, iletim ortamı ve bir alıcının olması gereklidir. Sesin, kaynağın bulunduğu ortamın akustik ve geometrik özellikleriyle, kaynaktan olan uzaklığa bağlı olarak değişen bir özelliğe ise, ses şiddeti adı verilir. Diğer bir ifade ile ses şiddeti, ses kaynağından yayılan enerjinin belli bir yönde birim zamanda birim alandan geçen miktarıdır. Güç formülünden yola çıkılarak

İş / Birim Zaman = (Kuvvet x Deplasman) / Zaman = Kuvvet x Hız

Ses Şiddeti = Ses Gücü / Birim Alan $I = \frac{W}{A}$ ses şiddetini verir.

= (Kuvvet / Alan) x Hız

= Basınç x Hız

dır. Tek frekanslı küresel yayılan sesin şiddeti

$$I = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)u(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)\frac{p(t)}{\rho c}dt$$

$$I = \frac{1}{T}\int_0^T \frac{p^2(t)}{\rho c}dt \qquad (1)$$

(ρc: karakteristik empedans) şeklinde ifade edilir.

Bir ses dalgasının basınç değişimleri periyodiktir ve genelde *rms* değeri adı verilen değerle karakterize edilir. Bu değere ortalama basınç ya da pik basınç denir. Efektif basıncın ortalama kare değerinin karekökü ile tanımlandığından

$$p = p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T p^2(t)dt} \qquad (2)$$

yazılabilir. (1) eşitliği ile birlikte ele alındığında görülür ki

$$I = \frac{p_{rms}^2}{\rho c} \qquad (3)$$

dir. Daha basit bir ifade ile,

$$I = \frac{p^2}{p.c}$$

formülündeki ortam yoğunluğu “p”, ses yayılma hızı “c”, ve ses basıncının kareler ortalamasının karakökünden “I” hesaplabilir. [63]

IV.3.7.3 Ses Basıncı Seviyesi-Desibel

Alexander Graham Bell’in anısına bel adı verilen birim, iki büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla 1 bel oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir.

İnsan kulağının ses basıncı algılama aralığı çok geniş olduğundan ses logaritmik bir büyüklük olan “desibel” ile tanımlanabilir. Sesin şiddetindeki 10 kat değişim: $\log_{10} 10^1 = 1$ bel; 100 kat değişim: $\log_{10} 10^2 = 2$ bel olarak belirtilir. Bel, çok geniş bir birim olduğundan onda biri olan “desibel (dB)” daha kullanışlıdır. Diğer bir ifade ile 1 bel = 10 desibeldir.

1 desibel, sesin şiddetindeki 1,26 kat değişime eşittir. (1dB = 10 logx ; x = 1,26). Ses şiddetindeki 2 katlık değişim; 3dB’ e eşittir. (10 log2 =3)

Eğer iki ses şiddeti I_1 ve I_2 arasında n dB fark varsa

$$n = 10\log I_1 / I_2 \qquad (1)$$

dir. Genelde şiddet belli bir referans seviyeye göre ölçülür.

$$n = 10\log I_1 / I_o \qquad (2)$$

ki; $I_0 = 10^{-12}\, watt/m^2$ alınır. Bu uluslar arası bir referans değerdir.

Ses, kulak zarıyla temasta bulunan havanın basıncının değişmesiyle algılandığından, bir ses kaynağının ses gücünden daha çok belli bir noktada yarattığı ses basıncı önemlidir.

Şiddet, basıncın karesi ile doğru orantılı olduğundan

$$n = 10\log p^2 / p_0^2 = 10\log\left(p/p_0\right) = 20\log p/p_0 \qquad (3)$$

elde edilir. Burada p_0 standart referans basınç seviyesidir ve 2x10^{-5} Paskal alınır. n, ses basınç seviyesidir (SPL) ve birimi daha önce belirtildiği gibi dB' dir. 20 mikropaskalın referans olarak kabul edilmesinin nedeni; ortalama genç bir yetişkinin frekansı 1000 Hz olan bir ses dalgasını duyabilmesi için en az 20x10^{-6} Pa değerinde bir basıncın gerekmesidir. Diğer bir ifade ile, 1000 Hz'deki duyma referans olarak alınmıştır. Ses basıncı düzeyinin tanımında basınçların değil de, basınçların karelerinin oranının kullanılmasının nedeni, dB'in genellikle güç oranlarıiçin kullanılması ve basıncın karesiyle orantılı olmasıdır. [63]

Ses basınç seviyesi aynı zamanda şiddet ile doğru orantılı olan güç parametresi ile de ifade edilebilir. W değerindeki bir gücün W_0 referans değerine göre düzeyi

$$Düzey(dB) = 10\log W/W_0$$

olarak tanımlanabilir. Burada W_o referans güç $10^{-12} Watt$ alınır.

Aşağıdaki tablada bazı ses ve gürültü kaynaklarının harcadıkları ses güçleri ve ses gücü düzeyleri verilmiştir. Bu tablo, ses gücü ölçümlerinde desibel kullanımının ne kadar kolaylık sağlandığını göstermektedir.

Tablo IV.39 - Çeşitli Gürültü Kaynaklarının Ses Güçleri ve Ses Gücü Düzeyleri

Ses Kaynağı	**Ses Gücü (W)**	**Ses Gücü Düzeyi (dB, re 10^{-12} W)**
Fısıltı	10-9	30
Normal Konuşma	10-5	70
Bağırarak Konuşma	10-3	90
Kamyon Kornası	10-1	110
Pervaneli Uçak Motoru	1	120
Senfoni Orkestrası	10	130
Dört Jet Motorlu Uçak	5.104	167

IV.3.7.4 Desibel Değerleri

Ses, enerji olarak toplanır, yani ses basınçlarının kareleri ile işlem yapmak gerekir. Ses basınç seviyesi bilinen iki sesi toplamak için ilk önce ses basınçlarını ters logaritma ile bulmak, basınçlarının kareleri ile toplamı hesaplayıp tekrar logaritma almak gerekir.

$$SPL(dB) = 10\log(p / p_{ref})^2$$

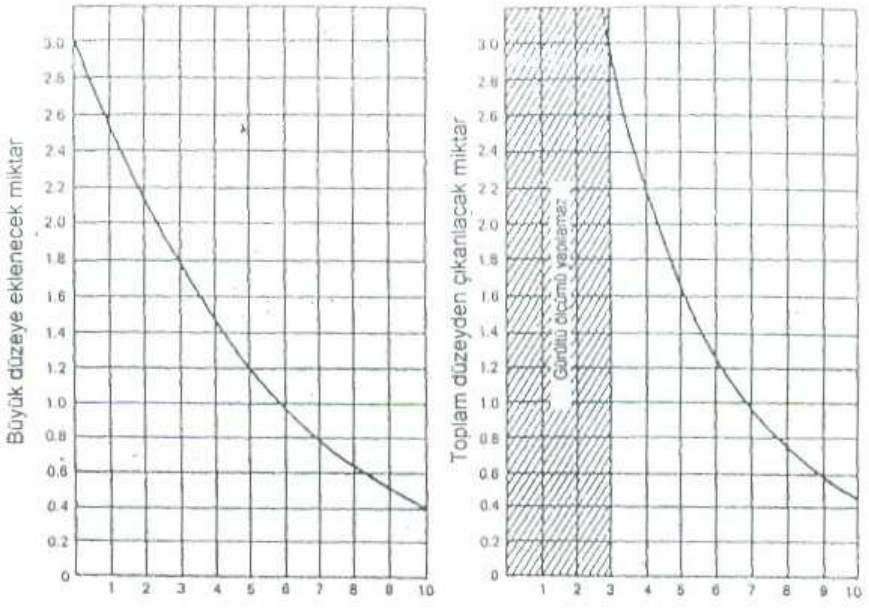
$$(p / p_{ref})^2 = anti\log(SPL/10)$$

$$(p_{top} / p_{ref})^2 = (p_1 / p_{ref})^2 + (p_2 / p_{ref})^2 + ...$$

$$= anti\log(SPL_1/10) + anti\log(SPL_2/10) + ...$$

$$SPL_{top} = 10\log\left[10^{SPL1/10} + 10^{SPL2/10} + ...\right]$$

Bu toplama – çıkartma kuralına göre, ses basınç seviyeleri aynı olan iki gürültü kaynağı, aynı yerde ses basınç seviyesini 3dB arttırırlar veya iki eş gürültü kaynağından biri yok edilirse toplam basınç seviyesi 3dB azalır. İki farklı seviyedeki gürültünün işleminde, düşük seviyedeki sesin etkisi, aradaki fark büyüdükçe azalmaktadır. İnsan kulağı 1 dB'lik artışı ancak algılayabilmektedir. 1 dB' in altındaki hassas hesaplamaların pratik bir değeri olmayacağı görülmektedir. Bu nedenle hesaplamalarda değerler an yakın dB' e yuvarlanabilir. Bu özellikler gürültü kontrolü için alınacak önlemlere yön veren en temel özelliktir. Şöyle ki; en etkin gürültü kaynağında iyileştirme yapmadan, zayıf kaynakları yok etmenin toplam gürültü üzerinde etkisi yok denecek kadar azdır.



Şekil IV.57 - Desibel Toplama / Çıkarma Eğrileri

Desibellerle çıkarma işlemi, ölçülen ses basıncı düzeyinden çevre gürültüsünün yarattığı ses basıncı düzeyini çıkararak belli bir kaynağın yarattığı ses basıncı düzeyini bulmak gerektiği yada benzeri durumlarda kullanılır. Desibellerle toplama işlemine benzer bir yol izlenerek;

$$SPL_1 = 10\log[10^{SPLtop/10} - 10^{SPL2/10}]$$

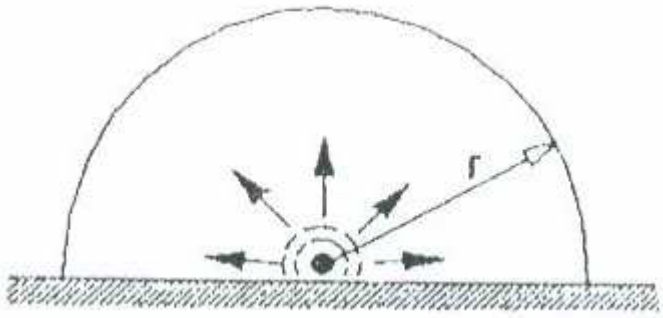
bulunabilir. Benzer bir eşitliğin ses gücü düzeyleri veya ses şiddeti düzeyleri için de yazılabileceği açıktır. Desibellerde toplama için kullandığımız eğriye benzer bir eğri de (şekil IV.57) desibellerde çıkarma için kullanılabilir.

Ölçülebilen bir büyüklük olan ses basıncı seviyesi, gürültü kaynağına olan uzaklığa, kaynakla ölçme noktası arasındaki engellere, ölçme noktasındaki akustik özelliklere bağlıdır. Ses gücü ile ses basıncı arasında yakın bir ilişki vardır. Ses basıncı, birim alandaki basıncı verdiğinden, kaynağı çevreleyen bütün alan üzerinden entegre edilirse kaynağın ses gücü düzeyi bulunur.

Ses gücü düzeyi (SWL)(dB) = Ses basıncı düzeyi (SPL) + 10 log A

A(m^2) = Kaynağı çevreleyen alan

Ses kaynağının düz yansıtıcı bir zemin üzerinde olduğu ve sesin yarımküre üzerinden serbestçe yayıldığı durum göz önüne alınırsa ölçülen ses basıncı düzeyinin ses kaynağına uzaklığıyla ilişkisi şöyle bulunur:



Şekil IV.58 - Düz Zemin Üzerinde Yayılan Ses

$$A_{\text{yarım küre}} = 4\pi r^2 / 2$$

r(m) : Kaynağı çevreleyen yüzeyin yarıçapı, kaynağa uzaklık

$$SWL(dB) = SPL(dB) + 10\log 2\pi r^2$$

$$SWL(dB) = SPL(dB) + 20\log 2{,}5r$$

Örnek olarak birçok ölçüm standartlarında kullanılan 1m ve 7,5m uzaklıktan yapılan ölçümler için (2.33) formülü şu bağlantıları verir:

$SWL(dB) = SPL + 8dB$ (1m uzaklıkta)

$SWL(dB) = SPL + 25{,}5dB$ (7,5m uzaklıkta)

Buradan, ölçme noktası kaynaktan iki kat uzaklığa götürülürse ölçülen ses basıncı seviyesinin $20\log 2 = 6dB$ azalacağı görülür.

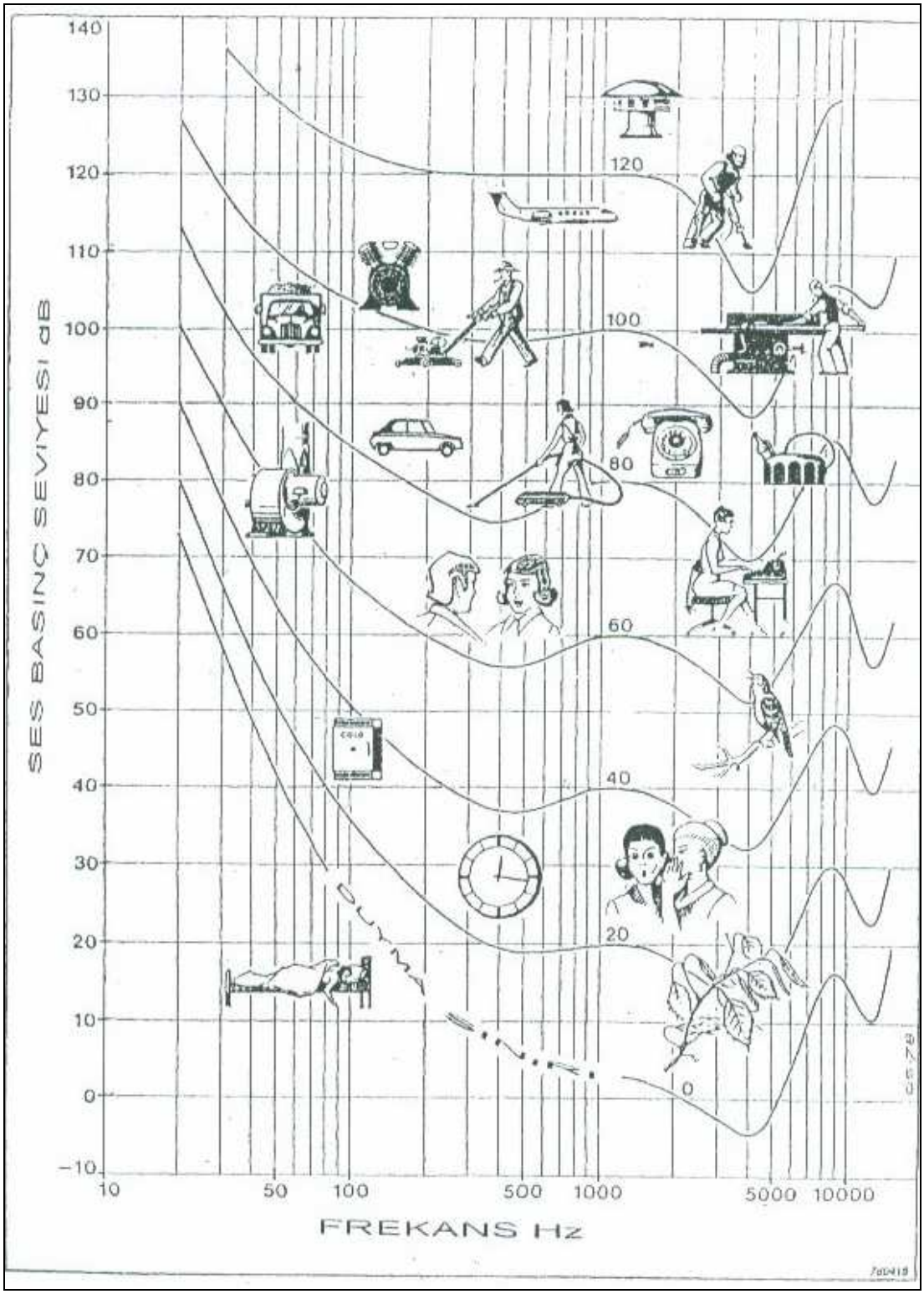
Ancak bu söylenenler sesin açık havada serbest yayılımı için geçerlidir. Ses yayılırken yansıtıcı veya yutucu engellerle karşılaştığında, serbest yayılım özellikleri ortadan kalkar. Bu nedenle gürültü ölçümleri ya açık alanlarda yapılmalı yada akustik özellikleri bilinen özel odalarda yapılmalıdır. Akustik oda özelliği darbe şeklindeki bir sesin seviyesinin 60dB düşme süresi olan "reverberasyon süresi" ile belirlenir. Bütün duvarları tam yutucu olan ekosuz odanın reverberasyon süresi sıfırdır. Zemin hariç diğer bütün duvarları yutucu olan odaya "yarı ekosuz oda" denir. Taşıt veya motor gürültü ölçümlerinde genelde bu tür odalar kullanılır. Çınlama odalarının, bütün duvarları yansıtıcı olup, oda içerisinde sesin homojen dağılması özelliği vardır. Bu akustik odaların her oktav bandı için kalibre edilmeli, ölçümlerde düzeltme faktörü kullanılması gerekmektedir.

IV.3.7.5 Ses Basıncı Seviyesi Değişimleri İle İnsanın Reaksiyonu arasındaki İlişki

İnsanın gürültüye karşı reaksiyonu oldukça karışıktır ve seviye, frekans, çevre, gürültü seviyesi, periyot… gibi değişkenlere bağlıdır ki genellemek çok güçtür. Ancak aşağıdaki tablo'da gürültüdeki değişimlere karşı insanın reaksiyonu sübjektif olarak verilmiştir.

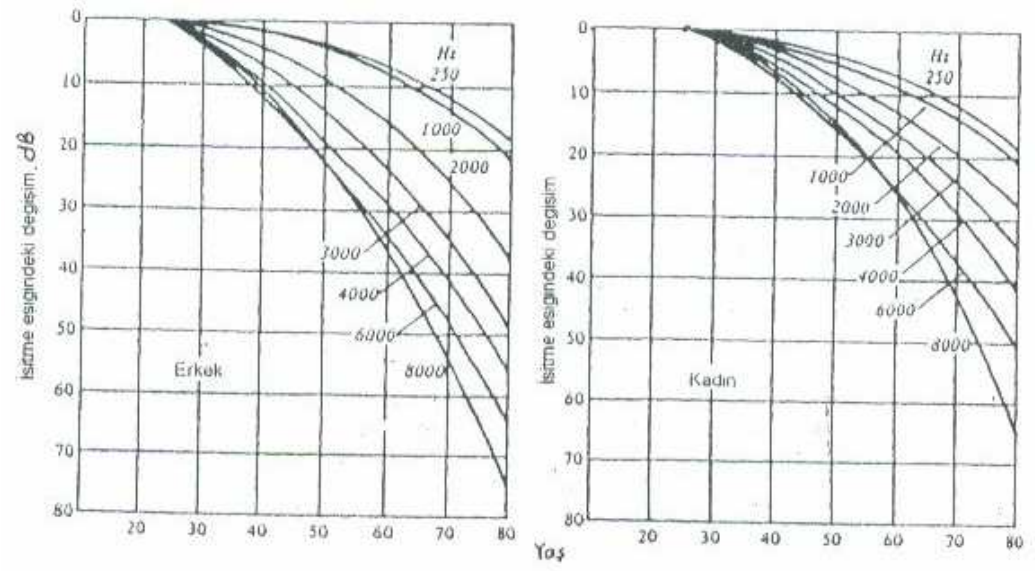
Tablo IV.40 – Ses Basınç Seviyesindeki değişimler ile insanın reaksiyonu arasındaki yaklaşık ilişki

SPL' deki değişim (DB)	**Akustik basınçtaki yaklaşık değişim, oran**	**Akustik basınçtaki yaklaşık değişim, yüzde**	**İnsanın sübjektif reaksiyonu**
1	1.1	10	Fark edilmez
3	1.4	40	Minimum fark edilme
6	2.0	100	Hissedilir değişiklik
10	3.3	230	İki kat gürültü
20	10.0	900	Oldukça fazla gürültü



Şekil IV.59 - Belli gürültü kaynaklarının tipik ses basınç seviyesi

İnsanlar yaşlandıkça işitme yeteneklerinde azalma olur. Bu azalma 30 yaşına kadar yavaş, 30 yaşından sonra hızlı olur. 1kHz gibi düşük frekansları duyma yeteneği daha az etkilenirken yüksek frekansları duyma yeteneği kaybı daha fazladır.



Şekil IV.60 - Normal Duyan İnsanlarda İşitme Eşiğinin Yaşla Değişimi

Tülbent esaslı kompozit kumaşların ses yutum katsayısı (Absorption Coefficient) T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Mekatronik Bölümünde yapılmıştır. Bu test için Danimarka kökenli Brüel&Kjaer firmasının iki mikrofonlu empedans tüpleri kullanılmıştır. Ses yutum katsayısının tespiti ISO 10534-2: 1998 ve ASTM E 1050-98 standartları kapsamında iki mikrofonlu empedance tüpleri metoduna göre yapılmıştır. 29 mm çapında küçük tüp kullanılmıştır. 500 Hz ile 6400 Hz frekans aralığında ölçüm yapılmıştır. Test sonuçları 0 ile 1 aralığında ses yutum katsayısı olarak tespit edilmiştir. Ses yutum katsayısı değerleri ne kadar 1'e yakın olursa o oranda materyalin bünyesine aldığı ses değeri o oranda fazladır.

Şekil IV.61 – Brüel&Kjaer Firmasının Empedance Tüpleri [66]

Empedance tüpleri yardımıyla materyalin ses yutum katsayısı (absorption coefficient), yansıma katsayısı, akustik empedance, dB biriminde materyalin ses iletim kaybı ölçülebilmektedir.

İki mikrofonlu metod çok hızlı ve doğru sonuç verebilmektedir. Küçük örnekler kullanılabilmektedir. Çok büyük örnekler kullanılamamaktadır.

Şekil IV.62 – İki Mikrofonlu Büyük ve Küçük Boy Empedance Tüpleri [66]

Tablo IV.41 - Empedance Tüplerinin Çeşitleri ve Boyutları [66]

Tüp	Çap [mm] (inch)	Uzunluk [mm] (inch)
Küçük Ölçüm Tüpü	29 (1.1)	200 (7.9)
Orta Ölçüm Tüpü	63.5 (2.5)	200 (17.4)
Büyük Ölçüm Tüpü	100 (3.9)	440 (17.4)
Küçük Örnek Tutucu	29 (1.1)	200 (7.9)
Orta Örnek Tutucu	63.5 (2.5)	200 (7.9)
Büyük Örnek Tutucu	100 (3.9)	200 (7.9)

Büyük empedance tüpleri 50 Hz ile 1.6 kHz arasında, orta empedance tüpleri 100 Hz ile 3.2 kHz arasında ve son olarak küçük empedance tüpleri 500 Hz ile 6.4 kHz arasında ölçüm yapabilmektedir. [66]

Tablo IV.42 - Polipropilen Dokuma Kumaş Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Takviyeli Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları

Frekans (Hz)	**504**	**1000**	**1504**	**2000**	**2504**	**3000**	**3504**	**4000**	**4504**	**5000**	**5504**	**6000**	**6400**
100 PES	**0.0198**	**0.0351**	**0.0443**	**0.0540**	**0.0661**	**0.0811**	**0.0992**	**0.1258**	**0.1499**	**0.1604**	**0.1806**	**0.1983**	**0.2132**
s	0.0013	0.0014	0.0023	0.0019	0.0028	0.0034	0.0042	0.0058	0.0071	0.0084	0.0107	0,0137	0.0179
cv	6.57	3.99	5.19	3.52	4.24	4.19	4.23	4.61	4.74	5.24	5.92	6.91	8.40
%90 PES/%10 Bic.PES	**0.0175**	**0.0290**	**0.0384**	**0.0443**	**0.0521**	**0.0656**	**0.0802**	**0.1022**	**0.1225**	**0.1320**	**0.1487**	**0.1602**	**0.1691**
s	0.0007	0.0007	0.0027	0.0018	0.0025	0.0029	0.0038	0.0043	0.0055	0.0066	0.0075	0.0094	0.0128
cv	4.00	2.41	7.03	4.06	4.80	4.42	4.74	4.21	4.49	5.00	5.04	5.87	7.57
%80 PES/%20 Bic.PES	**0.0169**	**0.0261**	**0.0360**	**0.0385**	**0.0450**	**0.0570**	**0.0708**	**0.0912**	**0.1099**	**0.1183**	**0.1369**	**0.1478**	**0.1597**
s	0.0005	0.0009	0.0021	0.0015	0.0023	0.0028	0.0038	0.0052	0.0061	0.0078	0.0099	0.0129	0.0176
cv	2.96	3.45	5.83	3.90	5.11	4.91	5.37	5.70	5.55	6.59	7.23	8.73	11.02
%70 PES/%30 Bic.PES	**0.0179**	**0.0256**	**0.0340**	**0.0370**	**0.0431**	**0.0547**	**0.0686**	**0.0889**	**0.1075**	**0.1170**	**0.1317**	**0.1429**	**0.1484**
s	0.0024	0.0013	0.0018	0.0020	0.0036	0.0042	0.0058	0.0088	0.0103	0.0112	0.0150	0.0155	0.0137
cv	13.41	5.08	5.29	5.41	8.35	7.68	8.45	9.90	9.58	9.57	11.39	10.85	9.23
%60 PES/%40 Bic.PES	**0.0165**	**0.0250**	**0.0319**	**0.0349**	**0.0401**	**0.0514**	**0.0647**	**0.0857**	**0.1028**	**0.1095**	**0.1224**	**0.1340**	**0.1424**
S	0.0005	0.0005	0.0010	0.0007	0.0020	0.0029	0.0038	0.0047	0.0058	0.0071	0.0082	0.0098	0.0138
Cv	3.03	2.00	3.13	2.01	4.99	5.64	5.87	5.48	5.64	6.48	6.70	7.31	9.69
%50 PES/%50 Bic.PES	**0.0157**	**0.0243**	**0.0304**	**0.0332**	**0.0368**	**0.0468**	**0.0583**	**0.0800**	**0.0973**	**0.1038**	**0.1190**	**0.1280**	**0.1356**
s	0.0006	0.0003	0.0020	0.0022	0.0027	0.0034	0.0041	0.0050	0.0093	0.0120	0.0138	0.0179	0.0226
cv	3.82	1.23	6.58	6.63	7.34	7.26	7.03	6.25	9.56	11.56	11.60	13.98	16.67
%40 PES/%60 Bic.PES	**0.0161**	**0.0253**	**0.0334**	**0.0342**	**0.0390**	**0.0498**	**0.0635**	**0.0854**	**0.1009**	**0.1037**	**0.1227**	**0.1338**	**0.1432**
s	0.0006	0.0009	0.0027	0.0014	0.0015	0.0023	0.0036	0.0048	0.0062	0.0099	0.0097	0.0094	0.0156
cv	3.73	3.56	8.08	4.09	3.85	4.62	5.67	5.62	6.14	9.55	7.91	7.03	10.89
%30 PES/%70 Bic.PES	**0.0162**	**0.0253**	**0.0312**	**0.0345**	**0.0380**	**0.0464**	**0.0592**	**0.0809**	**0.0969**	**0.1031**	**0.1201**	**0.1280**	**0.1389**
s	0.0005	0.0012	0.0014	0.0017	0.0028	0.0034	0.0045	0.0058	0.0086	0.0111	0.0131	0.0154	0.0235
cv	3.09	4.74	4.49	4.93	7.37	7.33	7.60	7.17	8.88	10.77	10.91	12.03	16.92

Tablo IV.43 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları

Frekans (Hz)	**504**	**1000**	**1504**	**2000**	**2504**	**3000**	**3504**	**4000**	**4504**	**5000**	**5504**	**6000**	**6400**
%100 PES	**0.0278**	**0.0370**	**0.0492**	**0.0492**	**0.0249**	**0.0672**	**0.0789**	**0.1014**	**0.1123**	**0.1232**	**0.1294**	**0.1412**	**0.1489**
S	0.0036	0.0043	0.0047	0.0044	0.0037	0.0036	0.0044	0.0047	0.0057	0.0062	0.0066	0.0092	0.0126
Cv	12.95	11.62	9.55	8.94	14.86	5.36	5.58	4.64	5.08	5.03	5.10	6.52	8.46
%90 PES/%10 Bic.PES	**0.0252**	**0.0326**	**0.0439**	**0.0421**	**0.0178**	**0.0583**	**0.0684**	**0.0907**	**0.0993**	**0.1082**	**0.1121**	**0.1217**	**0.1287**
s	0.0023	0.0022	0.0027	0.0029	0.0028	0.0034	0.0037	0.0035	0.0049	0.0061	0.0075	0.0077	0.0086
cv	9.13	6.75	6.15	6.89	15.73	5.83	5.41	3.86	4.93	5.64	6.69	6.33	6.68
%80 PES/%20 Bic.PES	**0.0224**	**0.0287**	**0.0487**	**0.0339**	**0.0286**	**0.0476**	**0.0568**	**0.0774**	**0.0904**	**0.0915**	**0.0930**	**0.0991**	**0.1049**
s	0.0003	0.0008	0.0011	0.0015	0.0021	0.0023	0,0028	0.0038	0.0038	0.0055	0.0061	0.0070	0.0076
cv	1.34	2.79	2.26	4.42	7.34	4.83	4.93	4.91	4.20	6.01	6.56	7.06	7.24
%70 PES/%30 Bic.PES	**0.0222**	**0.0282**	**0.0484**	**0.0334**	**0.0360**	**0.0469**	**0.0561**	**0.0764**	**0.0896**	**0.0907**	**0.0920**	**0.0979**	**0.1027**
s	0.0002	0.0006	0.0005	0.0014	0.0019	0.0024	0.0026	0.0036	0.0033	0.0047	0.0048	0.0059	0.0069
cv	0.90	2.13	1.03	4.19	5.28	5.12	4.63	4.71	3.68	5.18	5.22	6.03	6.72
%60 PES/%40 Bic.PES	**0.0224**	**0.0278**	**0.0476**	**0.0333**	**0.0147**	**0.0470**	**0.0565**	**0.0777**	**0.0916**	**0.0942**	**0.0963**	**0.1049**	**0.1127**
s	0.0005	0.0002	0.0015	0.0014	0.0017	0.0026	0.0030	0.0031	0.0041	0.0052	0.0053	0.0070	0.0089
cv	2.23	0.72	3.15	4.20	11.56	5.53	5.31	3.99	4.48	5.52	5.50	6.67	7.90
%50 PES/%50 Bic.PES	**0.0225**	**0.0281**	**0.0476**	**0.0325**	**0.0140**	**0.0453**	**0.0543**	**0.0754**	**0.0884**	**0.0898**	**0.0918**	**0.0984**	**0.1035**
s	0.0004	0.0003	0.0014	0.0009	0.0013	0.0015	0.0024	0.0030	0.0034	0.0042	0.0057	0.0066	0.0080
cv	1.78	1.07	2.94	2.77	9.29	3.31	4.42	3.98	3.85	4.68	6.21	6.71	7.73
%40 PES/%60 Bic.PES	**0.0228**	**0.0285**	**0.0468**	**0.0324**	**0.0134**	**0.0448**	**0.0539**	**0.0740**	**0.0870**	**0.0878**	**0.0892**	**0.0958**	**0.1029**
s	0.0005	0.0008	0.0009	0.0011	0.0018	0.0022	0.0027	0.0043	0.0044	0.0059	0.0080	0.0092	0.0113
cv	2.19	2.81	1.92	3.40	13.43	4.91	5.01	5.81	5.06	6.72	8.97	9.60	10.98
%30 PES/%70 Bic.PES	**0.0225**	**0.0282**	**0.0486**	**0.0318**	**0.0134**	**0.0443**	**0.0538**	**0.0742**	**0.0866**	**0.0880**	**0.0908**	**0.0974**	**0.1039**
s	0.0006	0.0009	0.0013	0.0010	0.0015	0.0017	0.0023	0.0039	0.0035	0.0041	0.0052	0.0067	0.0083
cv	2.67	3.19	2.67	3.14	11.19	3.84	4.28	5.26	4.04	4.66	5.73	6.88	7.99

Tablo IV.44 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların 504-6400 Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Test Sonuçları

Frekans (Hz)	**504**	**1000**	**1504**	**2000**	**2504**	**3000**	**3504**	**4000**	**4504**	**5000**	**5504**	**6000**	**6400**
%100 PES	**0,0282**	**0,0383**	**0,0534**	**0,0466**	**0,0553**	**0,0659**	**0,0870**	**0,1090**	**0,1170**	**0,1250**	**0,1380**	**0,1530**	**0,1750**
S	0,0045	0,0077	0,0072	0,0075	0,0055	0,0037	0,0053	0,0050	0,0056	0,0065	0,0064	0,0097	0,0169
Cv	15,96	20,10	13,48	16,09	9,95	5,61	6,09	4,59	4,79	5,20	4,64	6,34	9,66
%90 PES/%10 Bic.PES	**0,0233**	**0,0291**	**0,0436**	**0,0360**	**0,0434**	**0,0545**	**0,0723**	**0,0906**	**0,0968**	**0,0990**	**0,1080**	**0,1150**	**0,1270**
s	0,0010	0,0014	0,0008	0,0009	0,0010	0,0014	0,0010	0,0018	0,0014	0,0017	0,0018	0,0022	0,0024
cv	4,29	4,81	1,83	2,50	2,30	2,57	1,38	1,99	1,45	1,72	1,67	1,91	1,89
%80 PES/%20 Bic.PES	**0,0234**	**0,0307**	**0,0439**	**0,0360**	**0,0421**	**0,0537**	**0,0709**	**0,0895**	**0,0937**	**0,0966**	**0,1040**	**0,1120**	**0,1240**
S	0,0024	0,0026	0,0023	0,0030	0,0033	0,0031	0,0030	0,0044	0,0038	0,0050	0,0059	0,0048	0,0043
Cv	10,26	8,47	5,24	8,33	7,84	5,77	4,23	4,92	4,06	5,18	5,67	4,29	3,47
%70 PES/%30 Bic.PES	**0,0214**	**0,0279**	**0,0415**	**0,0328**	**0,0390**	**0,0510**	**0,0693**	**0,0860**	**0,0921**	**0,0951**	**0,1050**	**0,1170**	**0,1350**
S	0,0007	0,0008	0,0007	0,0009	0,0019	0,0016	0,0016	0,0015	0,0030	0,0052	0,0066	0,0086	0,0151
Cv	3,27	2,87	1,69	2,74	4,87	3,14	2,31	1,74	3,26	5,47	6,29	7,35	11,19
%60 PES/%40 Bic.PES	**0,0206**	**0,0272**	**0,0387**	**0,0316**	**0,0329**	**0,0468**	**0,0615**	**0,0778**	**0,0895**	**0,0970**	**0,1070**	**0,1180**	**0,1350**
S	0,0010	0,0013	0,0011	0,0008	0,0006	0,0020	0,0020	0,0019	0,0031	0,0039	0,0052	0,0064	0,0107
Cv	4,85	4,78	2,84	2,53	1,82	4,27	3,25	2,44	3,46	4,02	4,86	5,42	7,93
%50 PES/%50 Bic.PES	**0,0207**	**0,0281**	**0,0399**	**0,0319**	**0,0342**	**0,0475**	**0,0624**	**0,0775**	**0,0910**	**0,0991**	**0,1100**	**0,1210**	**0,1390**
S	0,0004	0,0011	0,0014	0,0005	0,0014	0,0010	0,0013	0,0016	0,0035	0,0057	0,0076	0,0086	0,0111
Cv	1,93	3,91	3,51	1,57	4,09	2,11	2,08	2,06	3,85	5,75	6,91	7,11	7,99
%40 PES/%60 Bic.PES	**0,0260**	**0,0337**	**0,0365**	**0,0349**	**0,0446**	**0,0513**	**0,0679**	**0,0838**	**0,0976**	**0,1070**	**0,1180**	**0,1280**	**0,1390**
S	0,0015	0,0014	0,0028	0,0014	0,0007	0,0006	0,0013	0,0042	0,0057	0,0102	0,0142	0,0179	0,0164
Cv	5,77	4,15	7,67	4,01	1,57	1,17	1,91	5,01	5,84	9,53	12,03	13,98	11,80
%30 PES/%70 Bic.PES	**0,0264**	**0,0337**	**0,0444**	**0,0356**	**0,0476**	**0,0548**	**0,0722**	**0,0917**	**0,1040**	**0,1110**	**0,1230**	**0,1330**	**0,1470**
s	0,0036	0,0045	0,0049	0,0043	0,0053	0,0062	0,0087	0,0116	0,0144	0,0158	0,0176	0,0222	0,0267
cv	13,64	13,35	11,04	12,08	11,13	11,31	12,05	12,65	13,85	14,23	14,31	16,69	18,16

IV.3.8 Isı İletimi Testi (Kondüksiyon Metodu)

Kompozit kumaşların ısı transfer testleri TS 4512/Nisan 1985 numaralı standart kapsamında, T.C. Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Enerji laboratuarında, P.A. HİLTON LTD. H940 kondüksiyonla ısı iletim cihazı kullanılarak yapılmıştır. Kompozit kumaşların ısı iletim katsayısı w/mºC biriminde gösterilmiştir.

Hilton kondüksiyonla ısı iletim cihazında cihazın tablasına destekli bir yapı içinde yerleştirilmiş iki adet elektrikli ısıtıcı modülü monte edilmiştir. Birinci modülde değişken doğrusal kondüksiyonla ısı iletimi deneylerinin yapılacağı silindirik metal çubuk düzeni vardır. İkinci modülde ise radyal profilli metal parçalarda ısı iletimini incelemek üzere bir disk bulunur. Her iki deney parçalarının kesitleri sıcaklık algılayıcıları ile teçhiz edilmiştir. Deney çubuklarının ısıtılması için kullanılan ısıtıcının elektrik enerjisi cihazın elektrik konsolundan sağlanır. Konsol üzerindeki dijital sıcaklık ölçüm cihazları ile çubuğun ısı iletim hattı boyunca seçilen herhangi bir noktadaki sıcaklığı ölçülür. Soğutma suyu ile deney parçasının bir kenarı soğutularak düzgün sıcaklık dağılımı sağlanır.

Fourier Kanunu' na göre kondüksiyonla ısı iletimi en basit şekilde doğrusal kondüksiyon modülü ile gösterilir. Bu ünitedeki ısı giriş kesiti pirinçten imal edilmiş olup, elektrikli ısıtıcıya uyumlu şekilde monte edilmiştir. Her birinin çapı 25 mm olan üç adet termistör sıcaklık algılayıcısı 10 mm aralıklarla çalışma kesiti boyunca yerleştirilmiştir. Diğer bölgelerde 10 mm aralıklarla monte edilen termistör sıcaklık algılayıcıları ile işlem yapılırken pirinçten yapılmış olan soğutucu levhanın bir ucu akar su ile soğutulmaktadır. Sıcaklık algılayıcıları eşit çubuk üzerinde düzenli olarak dokuz parça şeklinde yerleştirilmiştir. Doğrusal modüllerdeki ısı kayıpları, ısıya dirençli koruyucu kaplar ile en alt düzeye indirilir. Modülün etrafı hava boşluğu ile kapatılır. Termistör sıcaklık algılayıcıları minyatür soketlere bağlanmıştır. Minyatür soketler dış koruyucu kap üzerine tutturulmuş olup diğer uçları ise algılayıcılara bağlantılıdır. Dokuz algılayıcı ucunun uygun soketlere bağlanarak diğer uçları ise dijital sıcaklık ölçere bağlandığında tüm sıcaklık değerleri dijital ekrandan okunur. Cihazdaki ölçüm noktalarından sıcaklık ve güç değerlerinin doğru bulunması sağlanır. Hızlı cevap veren probları ile sıcaklık değerleri 0.1 C° hassasiyetle dijital ekrandan okunabilmektedir. Güçkontrol devresi ile 0-100 Watt arasında sürekli değişen elektrik çıkış gücü değerleri denetlenebilmektedir.

Cihazda 9 algılayıcı nokta bulunmaktadır. Sıcaklık değerleri kayıt edilmeden önce düzgün rejime ulaşması için yeterli süre beklenmelidir.

Şekil IV.63 - Isı İletimi Test Cihazı (Kondüksiyon Metodu)

$$Q = A \times \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$Q = k \times A \frac{dT}{dx}$$

$$K = \frac{Q \times dx}{A \times \Delta T}$$

K = Isı iletim katsayısı (w/mK)

Q = x yönündeki Isı Akışı (watt)

A = Isı akışının meydana geldiği alan (m)

ΔT = Sıcaklık farkı (°C)

dx = Numunenin kalınlığı (m)

Isı iletimi cihazında doğrusal kondüksiyon modülü kullanılmıştır. Cihazın dijital ekranından ısı akışı değeri (Q) watt biriminde tespit edilmiştir. Kompozit kumaşların kalınlığı, test bölgesinin alanı, sıcaklık farkı bulunarak aşağıdaki formülde yerine konmuştur.

$K = \frac{Q \times dx}{A \times \Delta T}$ Yapılan işlem sonucunda K ısı iletim katsayısı w/m ºC biriminde tespit edilmiştir. Formülde dx kalınlık parametresi çok belirleyici bir rol oynamaktadır.

Tablo IV.45 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları

Karışım Oranı		Isı İletim Katsayısı (w/mºC)	Isı İletim Katsayısı ($w/m^2ºC$)	Watt	Δt (ºC)	T3 (ºC)	T7 (ºC)	Kalınlık (mm)
%100 PES	$\bar{x}$	**0.607**	**310**	**10.05**	**66.03**	**87.00**	**20.97**	**1.959**
	S	0.012	6.208	0.171	0.702	0.594	0.197	0.079
	%cv	1.98	2.00	1.70	1.06	0.68	0.94	4.03
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.513**	**313**	**10.32**	**67.12**	**88.02**	**20.90**	**1.639**
	S	0.009	5.239	0.107	1.592	1.646	0.238	0.031
	%cv	1.75	1.67	1.04	2.37	1.87	1.14	1.89
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.430**	**313**	**10.45**	**67.86**	**88.55**	**20.69**	**1.370**
	S	0.010	6.990	0.099	1.308	1.102	0.275	0.101
	%cv	2.33	2.23	0.95	1.93	1.24	1.33	7.37
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.368**	**315**	**9.89**	**63.84**	**84.41**	**20.57**	**1.166**
	S	0.003	2.179	0.181	1.193	1.218	0.045	0.057
	%cv	0.82	0.69	1.83	1.87	1.44	0.22	4.89
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.356**	**315**	**9.78**	**63.15**	**84.20**	**21.05**	**1.130**
	S	0.002	2.052	0.066	0.050	0.552	0.502	0.050
	%cv	0.56	0.65	0.67	0.08	0.66	2.38	4.42
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.353**	**315**	**10.10**	**65.20**	**85.90**	**20.70**	**1.120**
	S	0.001	0.484	0.080	0.100	0.745	0.206	0.020
	%cv	0.28	0.15	0.79	0.15	0.87	0.99	1.79
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.383**	**314**	**10.03**	**65.01**	**85.61**	**20.60**	**1.220**
	S	0.008	6.272	0.237	0.348	0.210	0.141	0.050
	%cv	2.09	2.00	2.36	0.54	0.25	0.68	4.10
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.380**	**314**	**9.900**	**64.21**	**85.27**	**21.06**	**1.210**
	S	0.002	1.795	0.227	1.643	1.481	0.199	0.090
	%cv	0.53	0.57	2.29	2.56	1.74	0.94	7.44

Tablo IV.46 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları

Karışım Oranı		Isı İletim Katsayısı (w/mºC)	Isı İletim Katsayısı ($w/m^2ºC$)	Watt	Δt (ºC)	T3 (ºC)	T7 (ºC)	Kalınlık (mm)
%100 PES	$\bar{x}$	**0.619**	**311**	**10.30**	**67.50**	**92.50**	**25.00**	**1.992**
	S	0.006	2.861	0.071	0.200	0.200	0.252	0.077
	%cv	0.97	0.92	0.69	0.30	0.22	1.01	3.87
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.489**	**310**	**10.16**	**66.64**	**91.10**	**24.46**	**1.574**
	S	0.003	1.937	0.090	0.542	0.739	0.311	0.107
	%cv	0.61	0.62	0.89	0.81	0.81	1.27	6.80
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.390**	**313**	**9.81**	**63.84**	**87.53**	**23.69**	**1.244**
	S	0.006	5.161	0.099	0.484	1.070	0.594	0.071
	%cv	1.54	1.65	1.01	0.76	1.22	2.51	5.71
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.380**	**316**	**10.25**	**66.00**	**90.40**	**24.40**	**1.201**
	S	0.002	1.543	0.050	1.550	1.500	0.300	0.071
	%cv	0.53	0.49	0.49	2.35	1.66	1.23	5.91
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.377**	**318**	**10.12**	**64.85**	**87.70**	**22.85**	**1.186**
	S	0.006	4.913	0.069	1.209	1.260	0.180	0.067
	%cv	1.55	1.54	0.68	1.86	1.44	0.79	5.65
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.377**	**317**	**10.38**	**66.68**	**90.68**	**24.00**	**1.189**
	S	0.004	3.506	0.172	0.755	0.588	0.179	0.031
	%cv	1.06	1.11	1.66	1.13	0.65	0.75	2.61
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.366**	**319**	**10.25**	**65.55**	**88.90**	**23.35**	**1.148**
	S	0.004	3.288	0.050	0.517	0.346	0.218	0.071
	%cv	1.09	1.03	0.49	0.79	0.39	0.93	6.18
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.357**	**319**	**9.71**	**62.04**	**86.66**	**24.62**	**1.120**
	S	0.008	6.942	0.298	1.670	1.366	0.567	0.048
	%cv	2.24	2.18	3.07	2.69	1.58	2.30	4.29

Tablo IV.47 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları

Karışım Oranı		Isı İletim Katsayısı (w/mºC)	Isı İletim Katsayısı ($w/m^2ºC$)	Watt	Δt (ºC)	T3 (ºC)	T7 (ºC)	Kalınlık (mm)
%100 PES	$\bar{x}$	**0.387**	**307**	**10.37**	**68.77**	**86.63**	**17.87**	**1.260**
	S	0.003	2.257	0.272	1.427	1.621	0.287	0.050
	%cv	0.78	0.74	2.62	2.08	1.872	1.606	3.97
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.340**	**317**	**9.883**	**63.533**	**81.57**	**18.03**	**1.073**
	S	0.011	7.786	0.047	1.893	1.733	0.170	0.061
	%cv	3.24	2.46	0.48	2.98	2.125	0.943	5.68
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.336**	**333**	**10.00**	**61.250**	**78.85**	**17.60**	**1.013**
	S	0.014	6.347	0.150	0.250	0.350	0.100	0.063
	%cv	4.17	1.91	1.50	0.41	0.444	0.57	6.22
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.334**	**329**	**9.888**	**61.200**	**78.10**	**16.90**	**1.015**
	S	0.017	1.203	0.066	0.261	0.474	0.495	0.055
	%cv	5.09	0.37	0.67	0.43	0.61	2.93	5.42
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.330**	**325**	**9.950**	**62.30**	**79.45**	**17.15**	**1.015**
	S	0.002	7.52	0.150	2.70	1.85	0.85	0.035
	%cv	0.61	2.31	1.51	4.33	2.33	4.96	3.45
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.327**	**327**	**9.890**	**61.700**	**79.46**	**17.76**	**1.000**
	S	0.002	2.382	0.080	0.754	0.745	0.206	0.020
	%cv	0.61	0.73	0.81	1.22	0.94	1.16	2.00
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.327**	**348**	**9.833**	**57.633**	**74.82**	**17.18**	**0.942**
	S	0.006	5.409	0.313	1.504	1.514	0.376	0.013
	%cv	1.83	1.55	3.18	2.61	2.02	2.19	1.38
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	$\bar{x}$	**0.309**	**352**	**9.890**	**57.210**	**72.63**	**15.42**	**0.878**
	S	0.006	6.504	0.215	0.375	0.340	0.519	0.015
	%cv	1.94	1.85	2.17	0.66	0.47	3.37	1.71

V.BÖLÜM

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu bölümde, kompozit kumaşlara uygulanan testlerin sonuçları grafik haline getirilmiştir ve diğer sonuçlarla karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Bu bölümde kompozit kumaşlar aşağıda şekilde sıralanmıştır.

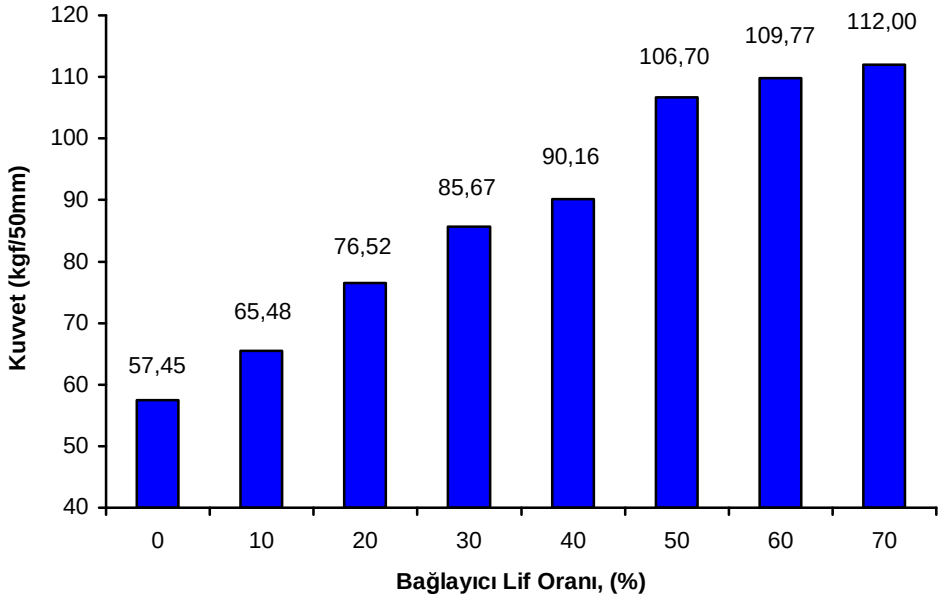
a) Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaş
b) Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaş
c) Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaş

Tüm kompozit kumaşların içerisinde ortak olarak farklı oranlarda tülbent esaslı kumaş bulunmaktadır. Örneğin polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaş içerisinde %79 ile %81 oranında; cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaş içerisinde %78 ile %80 oranında, ve son olarak polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaş içerisinde ise, %30 ve %34 oranında tülbent esaslı kumaş yer almaktadır.

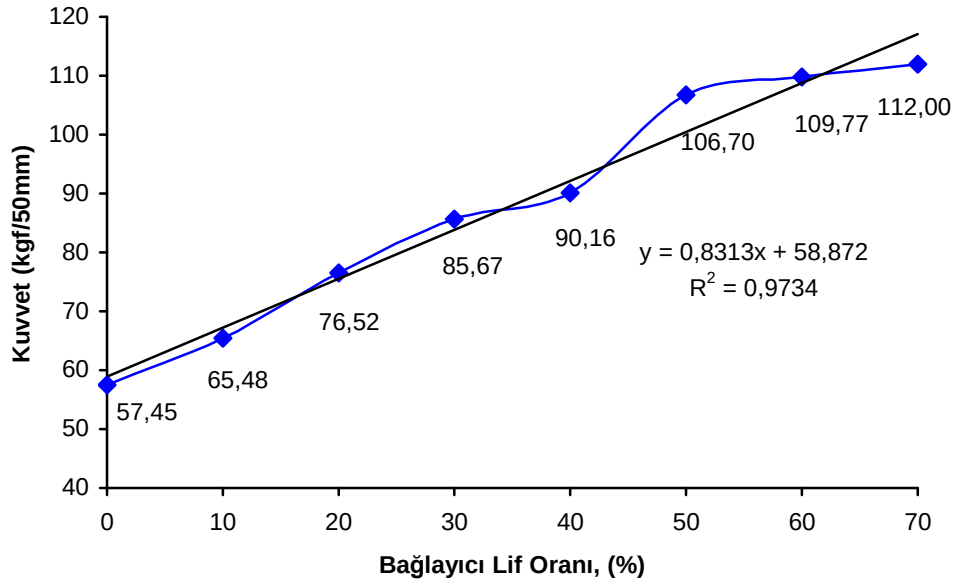
Bu tülbent esaslı kumaşlar iki liften meydana gelmiştir. Bunlardan birincisi taşıyıcı lif, diğeri bağlayıcı (iki bileşenli lif) liftir. Tülbent esaslı kumaşların içerisinde bağlayıcı lif, %10 ile %70 gibi değişen oranlarda yer almıştır. Grafiklerin x eğrisinde bağlayıcı lif oranları, y eğrisinde kumaşlara uygulanan testlerin birimleri yer almıştır. Grafiklerde bağlayıcı lif oranları arttığında kompozit kumaşların gösterdiği davranış gösterilmiş ve yorumlanmıştır.

Üretilen tülbent esaslı kumaşlar; polipropilen dokuma kumaş, cam leno dokuma kumaş ve polipropilen dokuma kumaş ile cam tülbent malzemesi ile takviye edilmiştir. Testlerin son aşamasında her üç kumaşın grafiği birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bu aşamada takviye malzemelerin etkisi gösterilmiş ve karşılaştırılmıştır.

V.1 Mukavemet Testleri

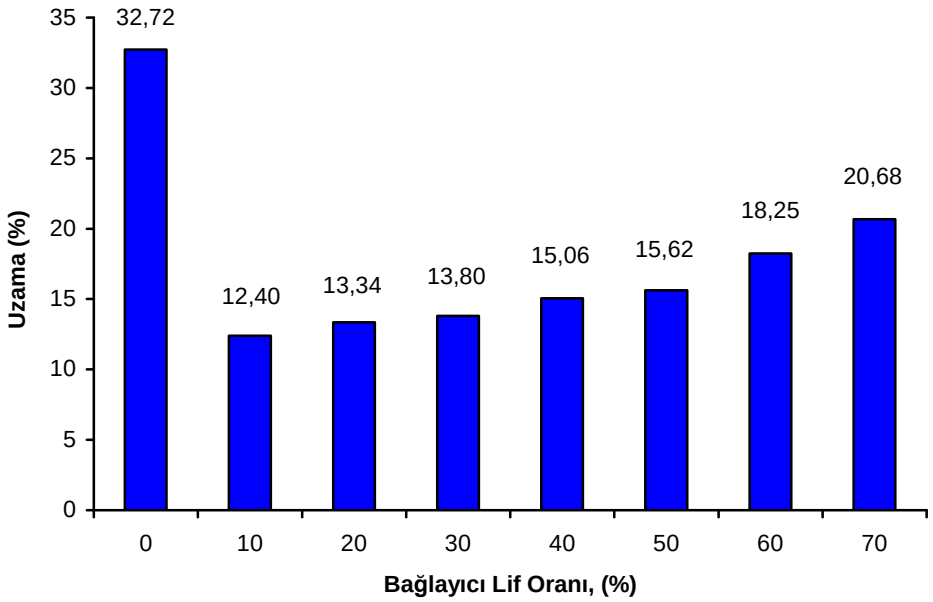


Şekil V.1 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

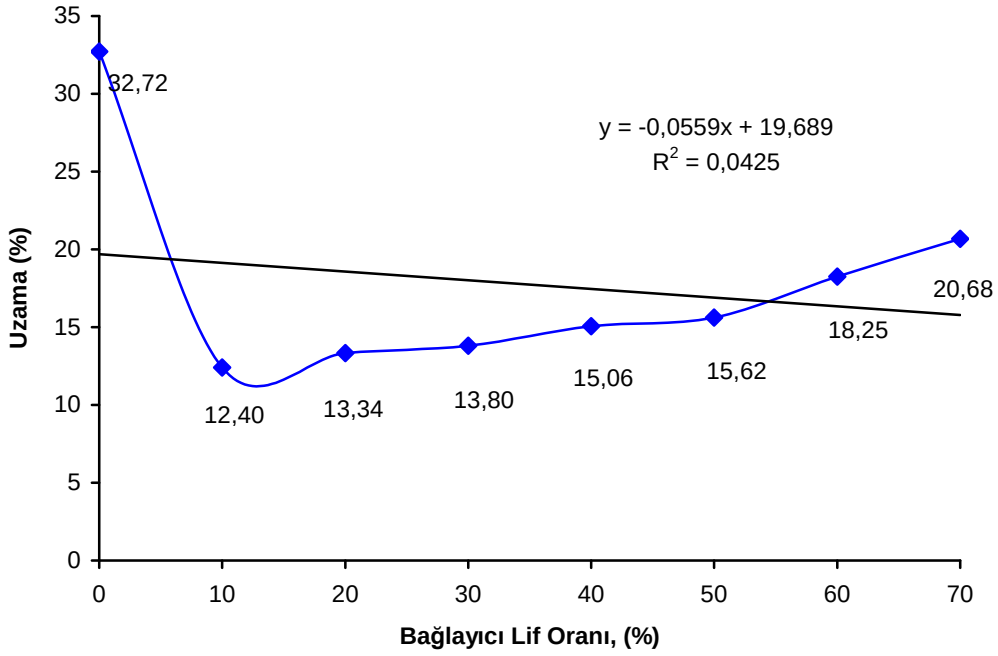


Şekil V.2 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların makine yönünde kopma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kopma kuvveti değerlerinde artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtiğinde, kumaşların kopma kuvvetindeki artış daha belirgindir.



Şekil V.3 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)



Şekil V.4 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların makine yönünde kopma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte uzama değerlerinde önce ciddi bir azalma ve sonrasında bir miktar artış görülmüştür.

Kompozit kumaşların mukavemet testlerinde, en yüksek kuvvet değeri ve bu değerdeki uzama değeri alınmıştır. Grafiklerde kuvvet değeri (kgf), uzama değeri de (%) biriminde gösterilmiştir. Kompozit kumaşların içerisinde birden fazla kumaş olduğundan dolayı, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken, her bir kumaş farklı kuvvet/uzama eğrisi göstermiştir. Bağlayıcı lif oranı arttıkça özellikle %40'ın üzerine çıktığında, tam kompozit yapı elde edildiğinden, tek bir kuvvet/uzama eğrisi elde edilmiştir.

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların içerisinde iki farklı malzeme bulunmaktadır. Bunlar polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaştır. Tülbent esaslı kumaş (nonwoven) içerisinde farklı oranlarda bulunan bağlayıcı lif ile (%0-%70) bu iki kumaş birleştirilmiş ve sonuçta kompozit yapı üretilmiştir.

Kompozit kumaşların makine yönündeki mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte mukavemet değerleri de artmıştır. Buna karşın uzama değerlerinde önce ciddi bir azalma sonrasında bir miktar artış görülmüştür. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken kuvvet/uzama eğrileri incelendiğinde, polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş ayrı hareket etmekte idi. Buna ilaveten tam bir kompozit yapı oluşmadığından dolayı makine yönünde hazırlanmış numuneye, kuvvet uygulandığında, önce polipropilen dokuma kumaş sonrasında ise tülbent esaslı kumaş uygulanan kuvvete tepki vermekteydi.

Bağlayıcı lif kullanılmadığında, diğer bir ifade ile %0 olduğunda, makine yönünde mukavemet değeri (kgf/50mm) çok düşük, buna karşın uzama değeri (%) ve uzama değerinin %cv'sinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bağlayıcı madde oranı %0 olduğunda, bazı örnekte polipropilen dokuma kumaş bazı örnekte tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerine sahip olmaktaydı. Ancak bu iki kumaşın da en yüksek kuvvet değerindeki uzama değerleri çok farklı olduğundan, ortalama alındığından dolayı, uzama değerleri ve % cv'si çok yüksek çıkmıştır.

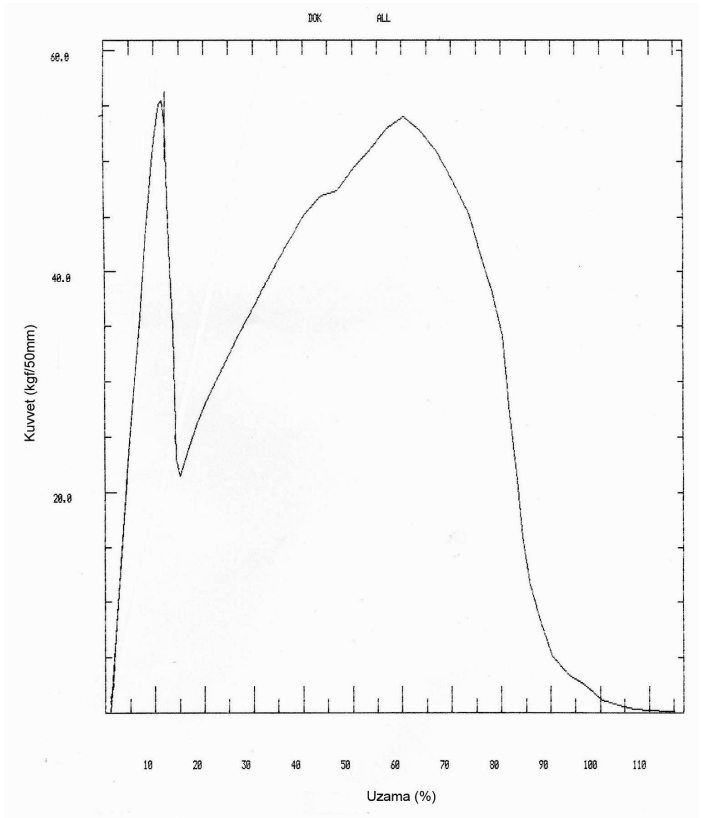
Bağlayıcı madde oranı %0 olduğunda, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın (nonwoven) mukavemeti birbirine yakın idi, ancak uzama değerleri tamamıyla farklıydı. Örneğin bağlayıcı lif oranı %0 iken, dokuma kumaşın en yüksek kuvvet değeri makine yönünde ortalama 55.67 kgf ve tülbent esaslı kumaşın ise ortalama 54.11 kgf idi. En yüksek kuvvet değerindeki uzamaları ise, dokuma kumaşın makine yönünde ortalama %11.73, tülbent esaslı kumaşın ise, %67.71 idi.

Bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte, bağlayıcı lif polipropilen dokuma kumaşla birlikte hareket etmiştir. Bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında iken, tülbent esaslı kumaşın mukavemetinde herhangi bir değişim gözlemlenmez iken,

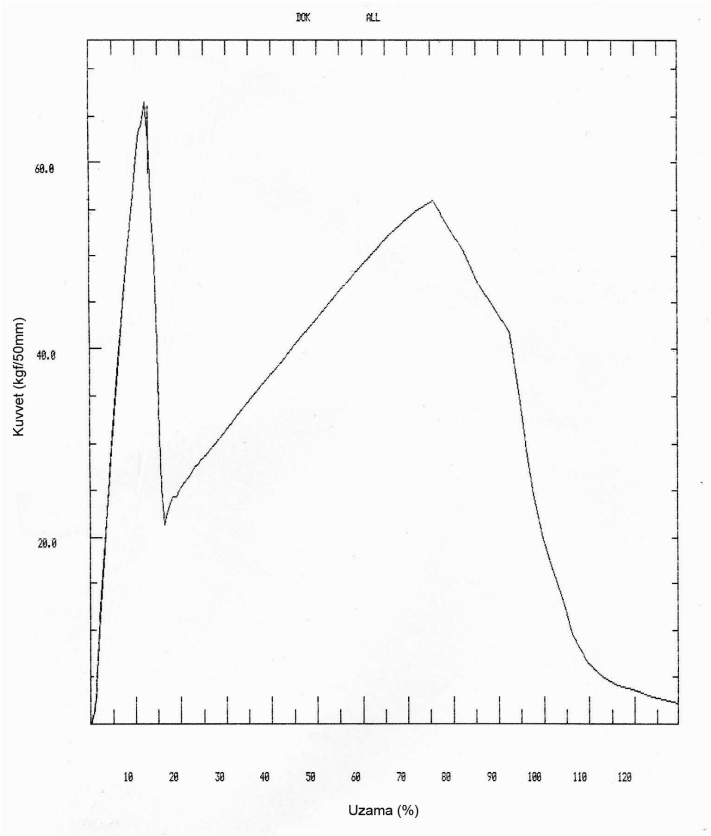
polipropilen dokuma kumaşın mukavemeti artmıştır. Bu durum aşağıdaki kuvvet/uzama grafiklerinde çok net bir şekilde görülmektedir.

Bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında olduğunda en yüksek kuvvete sahip olan polipropilen dokuma kumaşın % uzama değeri alınmaktaydı. Bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtiğinde, malzeme tam bir kompozit gibi davrandığından, dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ortasında bir uzama değerine sahip olmuştur. Bu sebepten özellikle bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtikten sonra uzama değerlerinde artış görülmektedir. Buna ilaveten uygulanan kuvvette ciddi bir artış olmuştur.

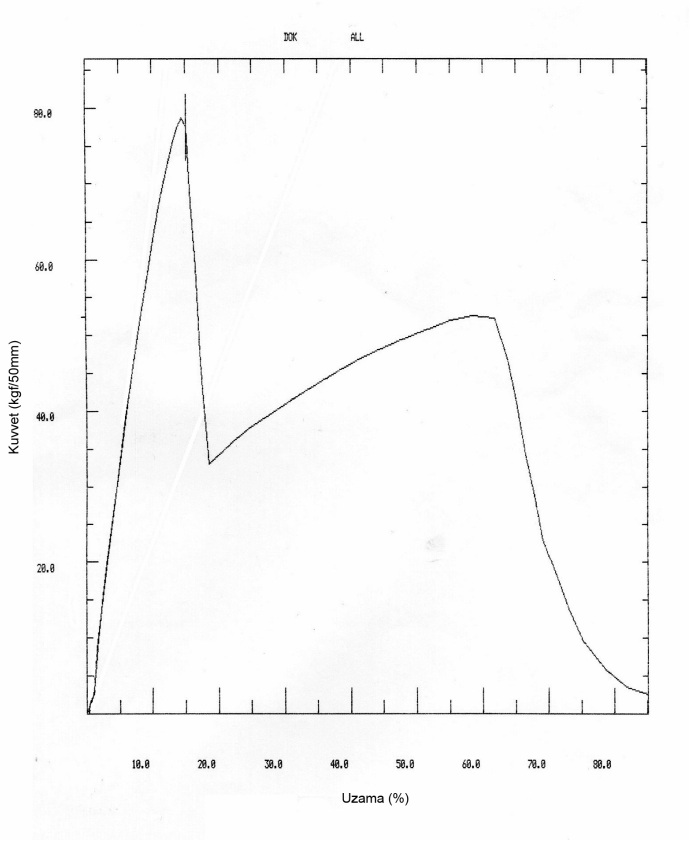
Buradan kompozit malzemenin içerisinde kullanılan iki bileşenli lifin özellikle %40'ın üzerinde kullanıldığında, polipropilen dokuma kumaş ve polyester arasında bir nevi uyumlaştırıcı görevi gördüğü anlaşılmaktadır.



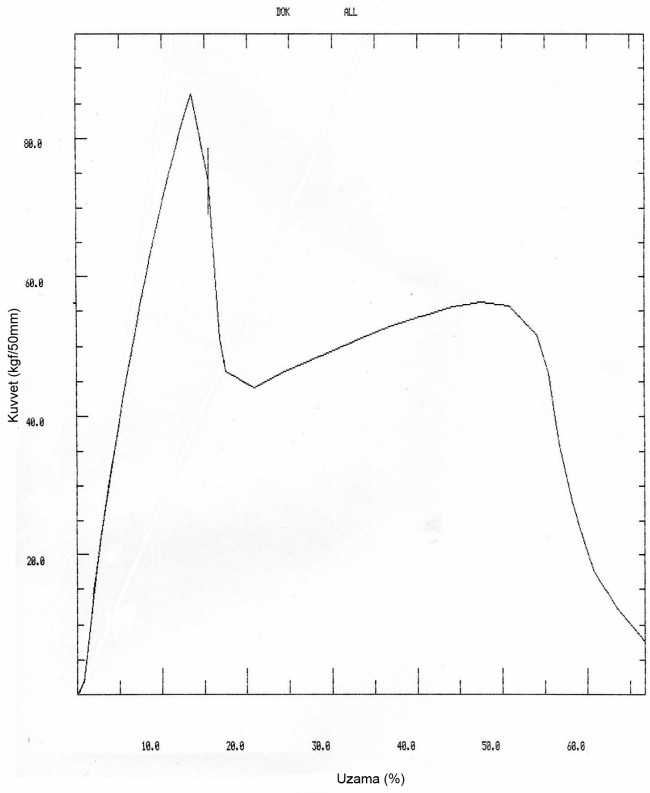
Şekil V.5 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%100 PES



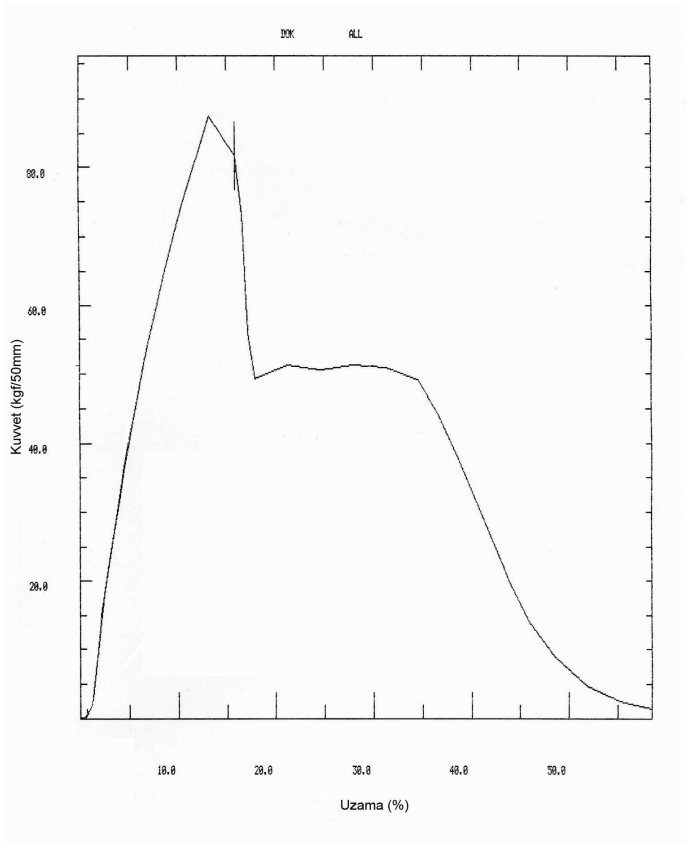
Şekil V.6– PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%90 PES-%10 Bicomp.PES



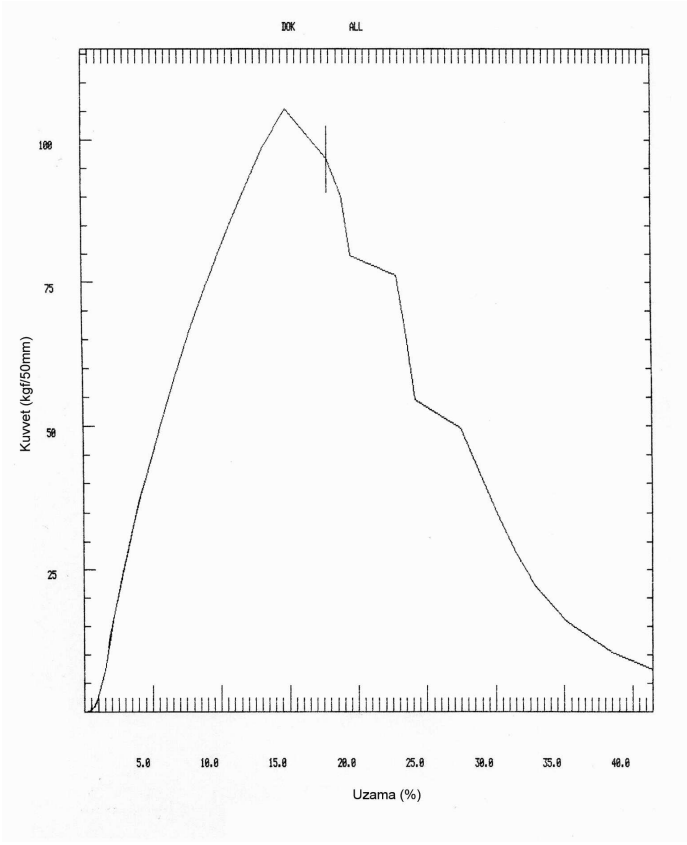
Şekil V.7– PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%80 PES-%20 Bicomp.PES



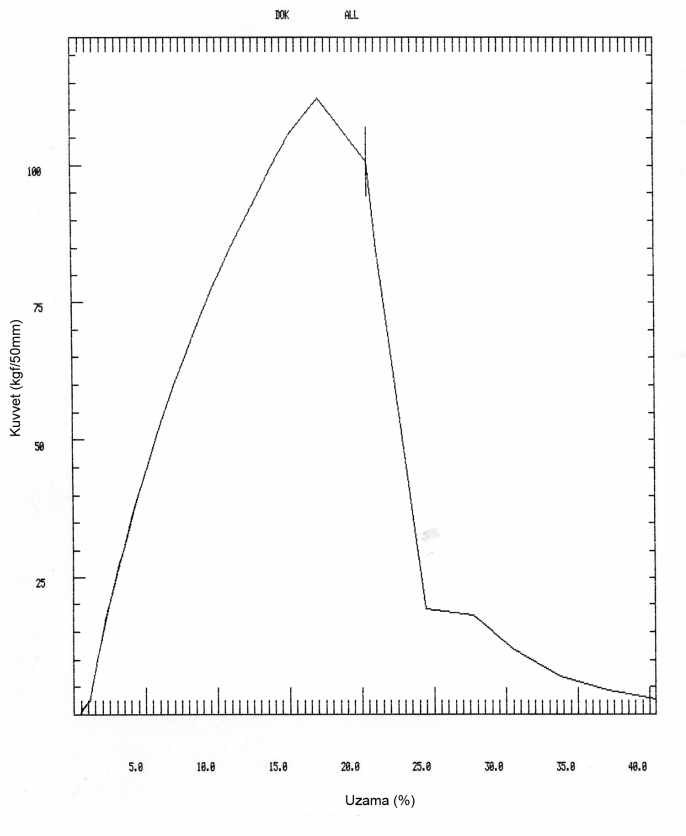
Şekil V.8 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%70 PES-%30 Bicomp.PES



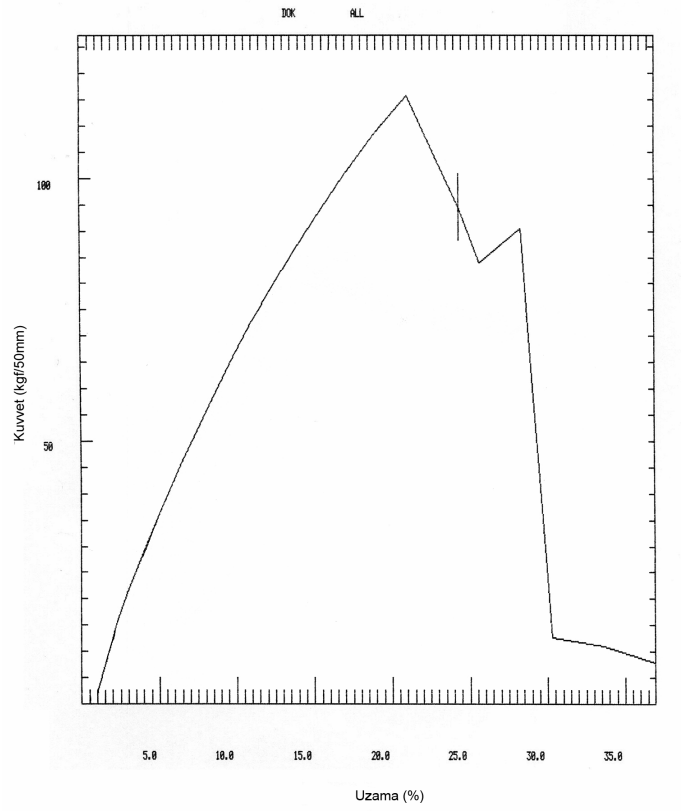
Şekil V.9 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%60 PES-%40 Bicomp.PES



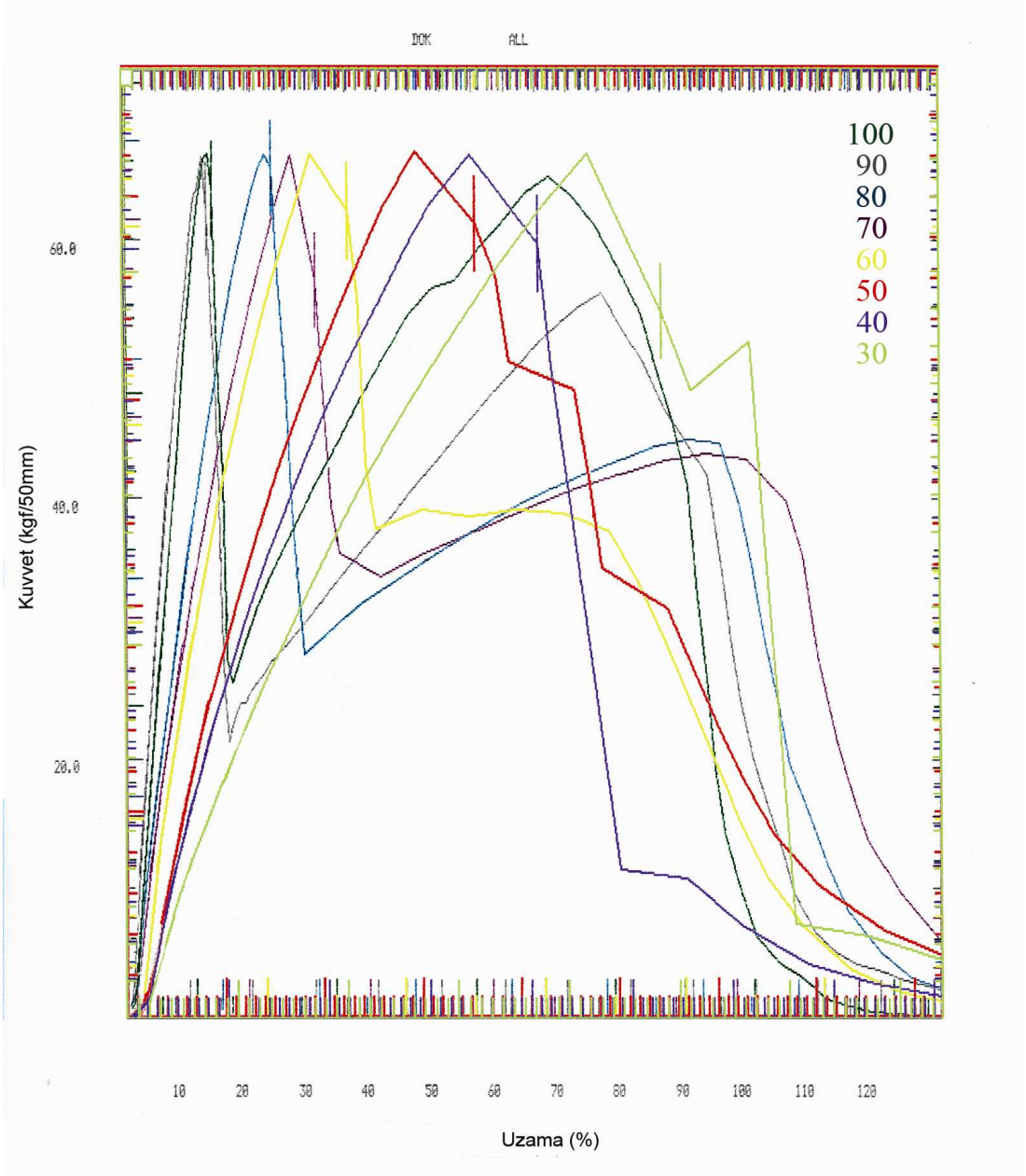
Şekil V.10–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%50 PES %50 Bicomp. PES



Şekil V.11–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%40 PES-%60 Bicomp. PES



Şekil V.12–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%30 PES-%70 Bicomp. PES



Şekil V.13 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Kuvvet/Uzama Eğrileri

Makine yönünden alınan kumaş numunelerine ait mukavemet test grafikleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken, grafik üzerinde hem polipropilen dokuma kumaşın hem de tülbent esaslı kumaşın kuvvet/uzama davranışı (nonwoven) ayrı olarak görülmektedir. Dokuma kumaş düşük uzama, tülbent esaslı kumaş ise, yüksek uzama göstermesiyle kolayca ayırt edilebilmektedir. Ancak bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, malzeme tam kompozit olarak tek bir malzeme gibi kuvvet/uzama davranışı göstermiştir. Bağlayıcı lif olmadığında polipropilen dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaş birbirine çok yakın mukavemet değerlerine sahip idi. Uzama değerleri ise birbirlerinden çok farklı

idi. Tülbent esaslı kumaş yüksek uzama değeri göstermekte ve polipropilen dokuma kumaş ise düşük uzama değeri göstermekteydi.

Bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında olduğunda, grafikler üzerinde polipropilen dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaş ayrı olarak seçilebilmekteydi ve polipropilen dokuma kumaş en yüksek kuvvet değerine ve düşük uzama değerine sahip idi. Bağlayıcı lif oranı %50, %60 ve %70 olduğunda, grafikler üzerinde polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş ayrı olarak görülmedi. Malzeme diğer bir ifadeyle tam kompozit haline geldi ve tek bir kuvvet/uzama grafiği elde edildi. Bu noktada kompozit kumaşın en yüksek kuvvetteki uzama değeri, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvetteki uzama değerinin ortasında yer aldı. Sonuç olarak kompozit kumaşların uzama değerleri artmıştır. %50, %60 ve %70 oranında bağlayıcı lif kullanılarak üretilen polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kumaşlar, mukavemet testinde kuvvet/uzama grafiklerinde gerçek kompozit kumaş davranışı göstermiştir.

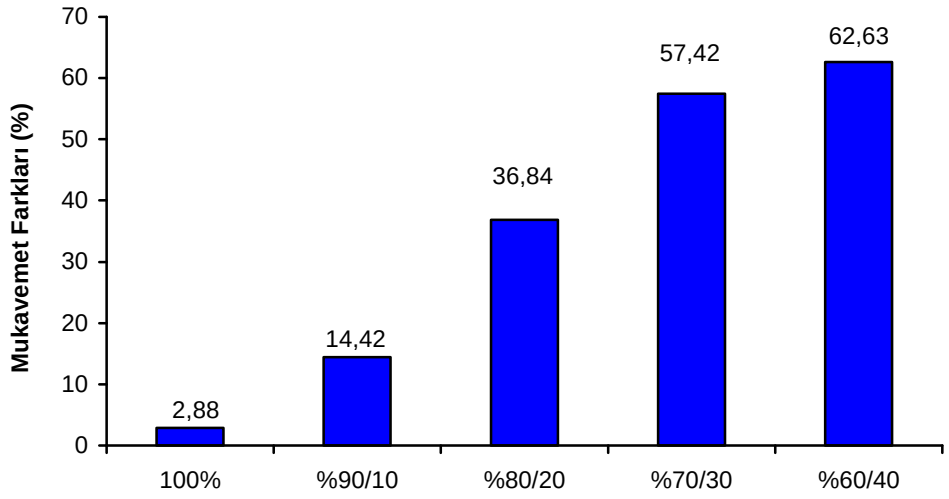
Tablo V.1–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerinde Makine Yönünde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar

Kumaş Türleri Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli		**Kompozit İçerisinde Dokuma Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Fark (%)**
%100 PES				
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**55.67** 8.71 15.65	**54.11** 7.23 13.36	**2.88**
%90/10				
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**65.48** 3.78 5.77	**57.23** 6.04 10.55	**14.42**
%80/20				
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**76.52** 6.62 8.65	**55.92** 7.92 14.16	**36.84**
%70/30				
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**85.67** 10.62 12.40	**54.42** 9.11 16.74	**57.42**
%60/40				
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**90.16** 7.91 8.77	**55.44** 5.54 9.99	**62.63**

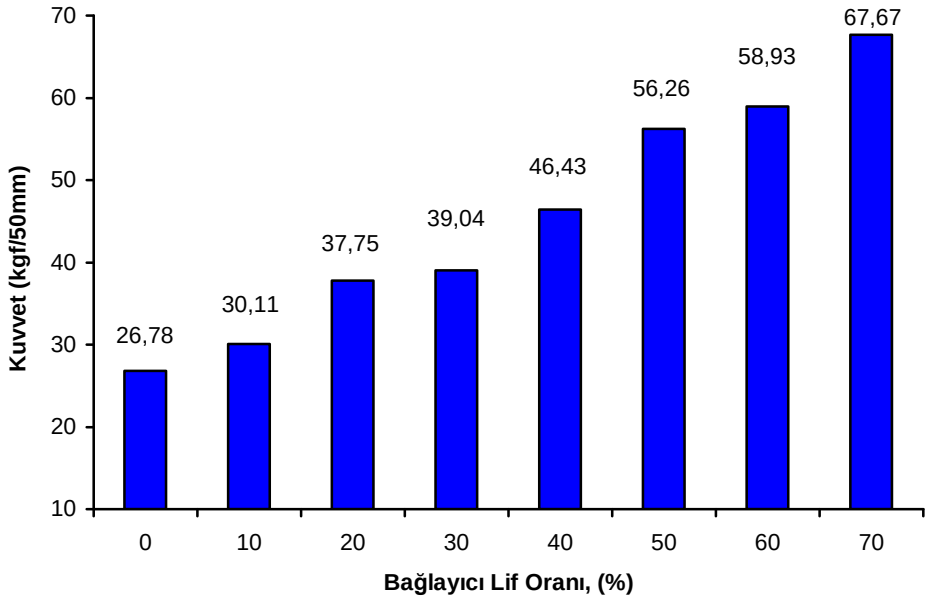
Yukarıdaki tablo'da bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında olduğunda, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın aldığı en yüksek kuvvet değerleri gösterilmiştir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda hem polipropilen dokuma kumaş ve hem de tülbent esaslı kumaşın ayrı kuvvet ve uzama

değeri vardı. Cihaz ise, sadece en yüksek kuvvet değeri (kgf) ve bu değerdeki uzama (%) değerini vermekteydi. Bu sebepten dolayı özellikle tülbent esaslı kumaşın aldığı en yüksek kuvvet değeri grafik üzerinden tespit edilmiştir. Yukarıdaki tablo'da, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte tülbent esaslı kumaşın mukavemeti değişmez iken, polipropilen dokuma kumaşın mukavemetinin arttığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Bağlayıcı lif bu noktada polipropilen dokuma kumaş ile birlikte hareket etmiştir.

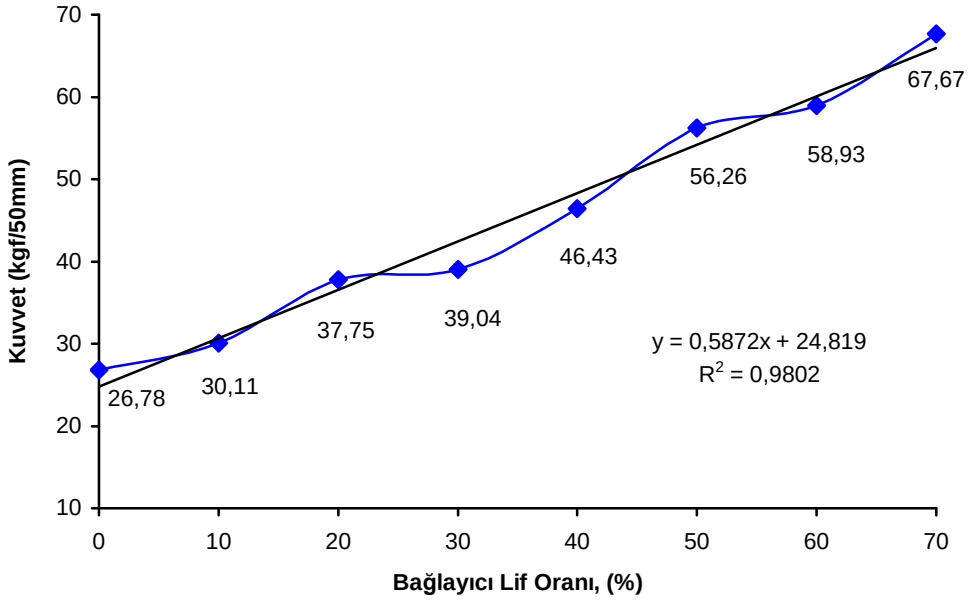
Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında tek bir kuvvet/uzama grafiği elde edilmiştir. Diğer bir ifade ile, bağlayıcı madde %50 rakamına ulaşana kadar tam bir kompozit yapı elde edilememiştir. Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, tam bir kompozit yapı elde edilmiştir. Bu orandan itibaren grafik üzerinde hem polipropilen dokuma kumaş ve hem de tülbent esaslı kumaş ayrı olarak görülmemekte, malzeme tek bir davranış göstermektedir.



Şekil V.14 – Bağlayıcı Lif Oranı %0 ile %40 Arasında Olduğunda Makine Yönünde Polipropilen Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)

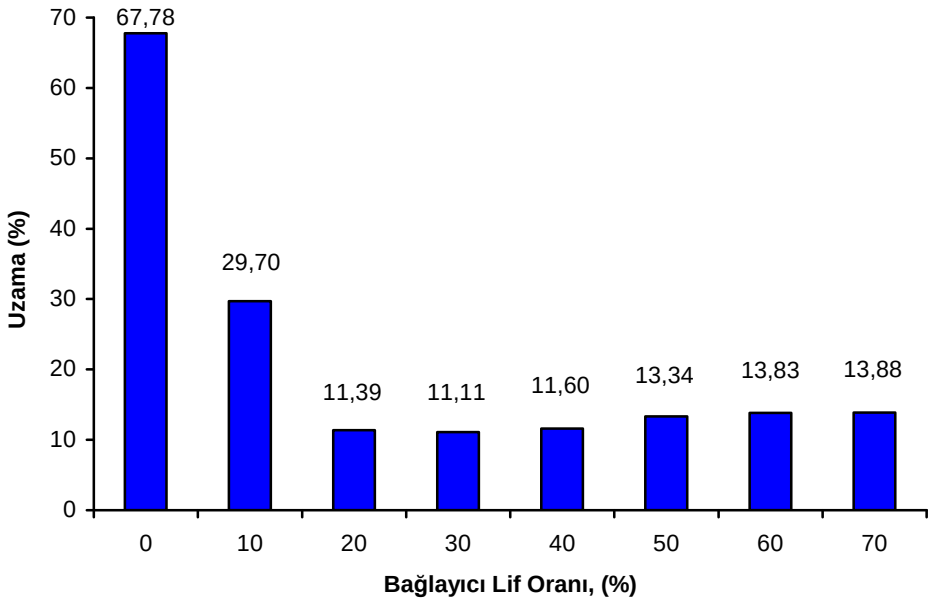


Şekil V.15–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

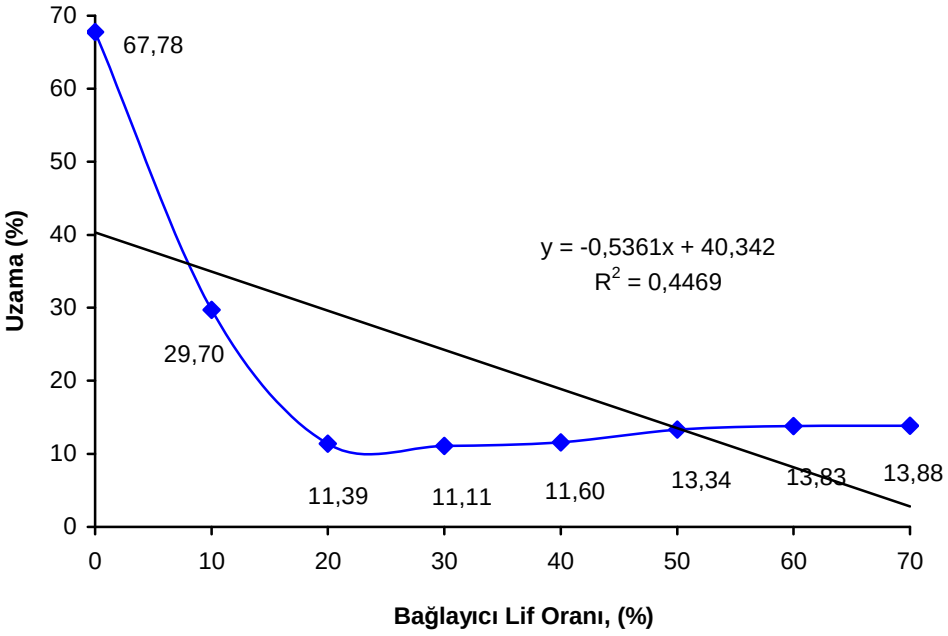


Şekil V.16–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte uygulanan kuvvet değerlerinde artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %40'dan itibaren kumaşların mukavemeti ciddi oranda artmıştır.



Şekil V.17–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)



Şekil V.18–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte uzama değerlerinde önce ciddi bir azalma ve sonrasında bir miktar artış görülmüştür.

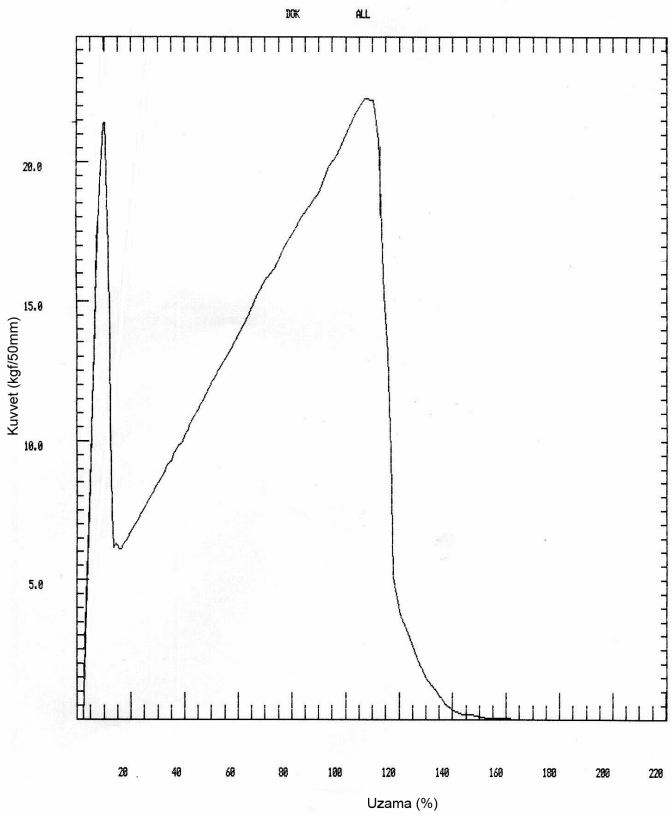
Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte tülbent esaslı kumaşların mukavemetleri de artmıştır. Kumaşların % uzama değerleri incelendiğinde ise, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte % uzama değerlerinde önce ciddi bir azalma ve bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında bir miktar artış gözlenmiştir.

Bağlayıcı lif oranı %0 olduğunda, diğer bir ifade ile bağlayıcı lif kullanılmadığında, uzama değerinin ve cv'sinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebi; tam kompozit bir yapı oluşmadığından dolayı, bazen polipropilen dokuma kumaşın bazen de tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerine sahip olmasıdır. Bu iki kumaşın da en yüksek kuvvet değerindeki uzama değerleri çok farklı olduğundan, sonuçta ortalama % uzama değeri ve cv'si çok yüksek çıkmıştır. Bu durum aynı şekilde bağlayıcı madde oranı %10 içinde geçerlidir.

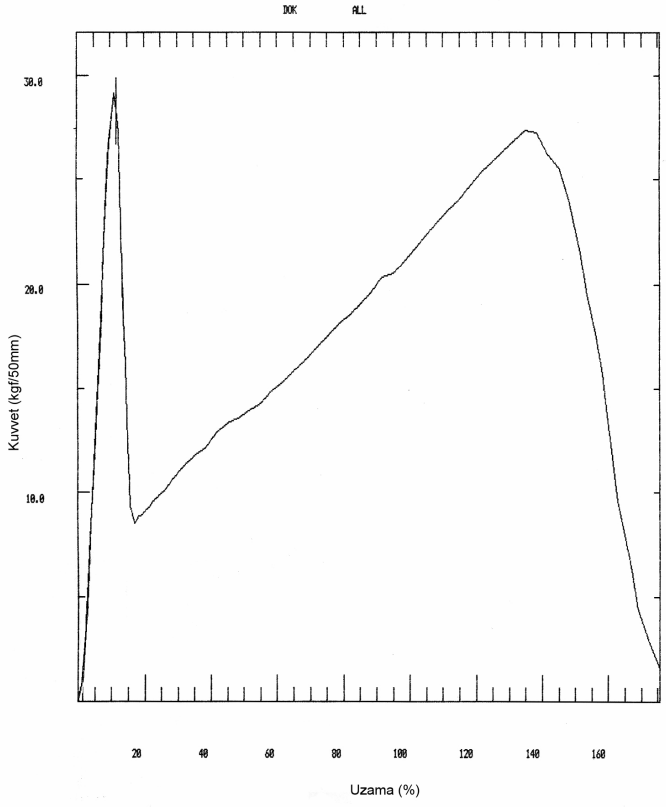
Bağlayıcı lif oranı %0 olduğunda, en yüksek kuvvette uzama değeri polipropilen dokuma kumaşın %10.65; tülbent esaslı kumaşın %124.90 idi. Bağlayıcı lif oranı %10 olduğunda da aynı durum söz konusudur. Bağlayıcı lif %10 olduğunda, en yüksek kuvvette uzama değeri polipropilen dokuma kumaşın %10.98, tülbent esaslı kumaşın %123.2 idi. Her iki kumaşın da arasındaki uzama farkı çok büyüktür. Bu değerlerin ortalaması alınarak ortalama uzama değerleri oluşturulmuştur. Aradaki büyük farktan dolayı da uzama değerleri ve uzama değerlerinin %cv değerleri çok yüksek çıkmıştır.

Bağlayıcı lif oranı %20 ile %40 arasında olduğunda, bağlayıcı lif, polipropilen dokuma kumaş ile birlikte hareket etmiştir ve polipropilen dokuma kumaşın mukavemeti sürekli artmıştır ve en yüksek kuvvet değerine sahip olmuştur. Tülbent esaslı kumaşın ise sabit kalmıştır, değişmemiştir. Bağlayıcı lif oranı %20 ve %40 olduğunda, en yüksek kuvvetteki uzama değeri olarak polipropilen dokuma kumaşın % uzama değeri alınmıştır. Bu sebepten ortalama uzama değerleri düşük seyretmiştir. Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında ise, kuvvet/uzama grafiklerinde tek bir kuvvet/uzama eğrisi elde edilmiştir. Bunun anlamı artık malzeme tam bir kompozit hale gelmiştir. Malzeme kuvvet/uzama grafiklerinde de tam kompozit davranışı göstermiştir. Bağlayıcı lif oranı %50, %60 ve %70 olduğunda uzama değerleri de artmıştır. Kompozit malzeme, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ortasında bir uzama değerine sahip olmuştur.

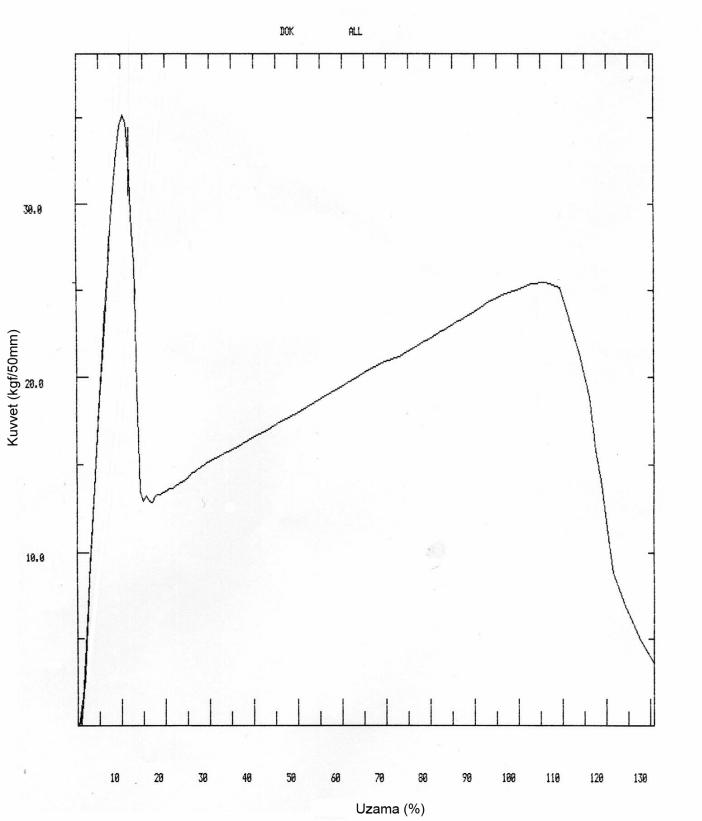
Buradan kompozit malzemenin içerisinde kullanılan iki bileşenli lifin özellikle %40'ın üzerinde kullanıldığında, polipropilen dokuma kumaş ve polyester arasında bir nevi uyumlaştırıcı görevi gördüğü anlaşılmaktadır.



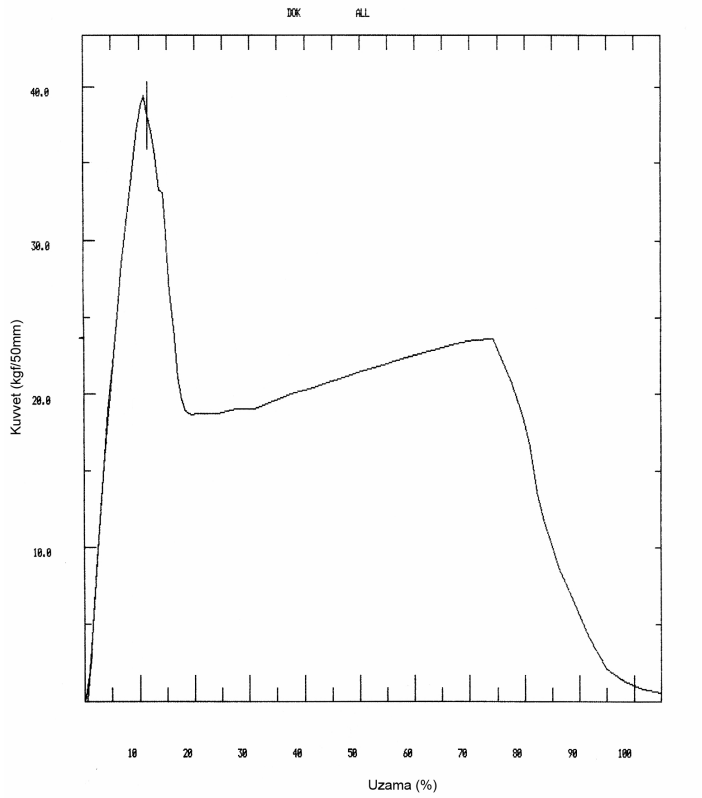
Şekil V.19–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%100 PES



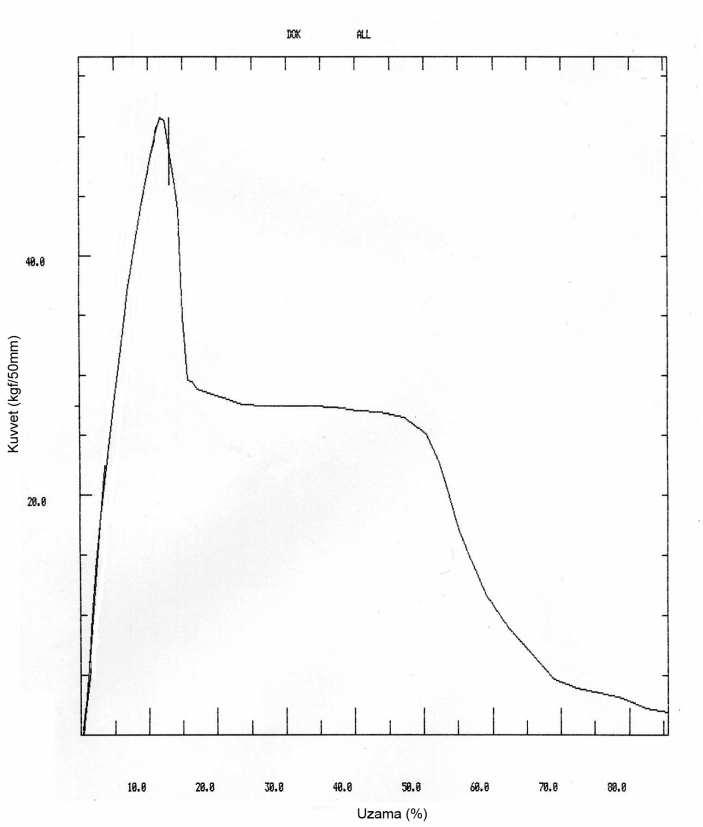
Şekil V.20–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi -%90 PES-%10 Bicomp. PES



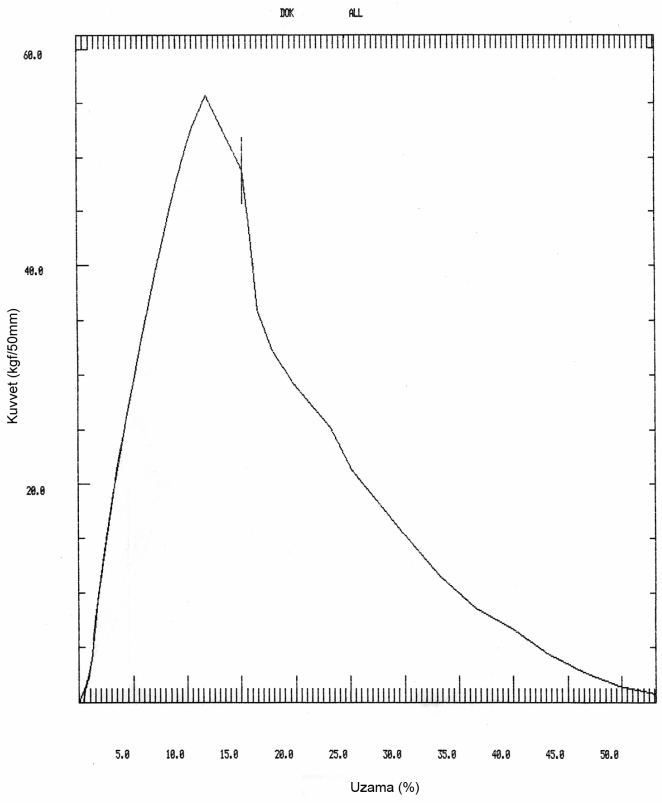
Şekil V.21–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi -%80 PES-%20 Bicomp. PES



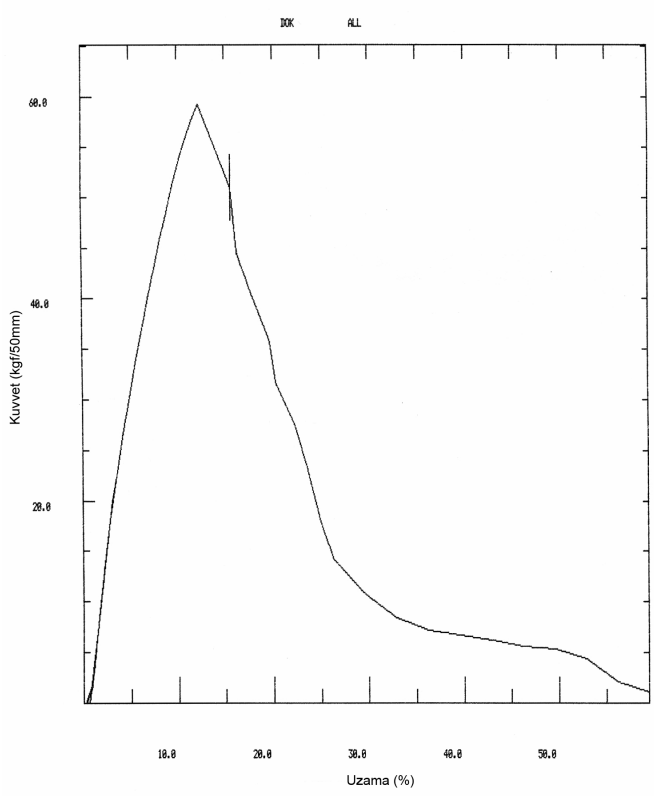
Şekil V.22–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi -%70 PES-%30 Bicomp. PES



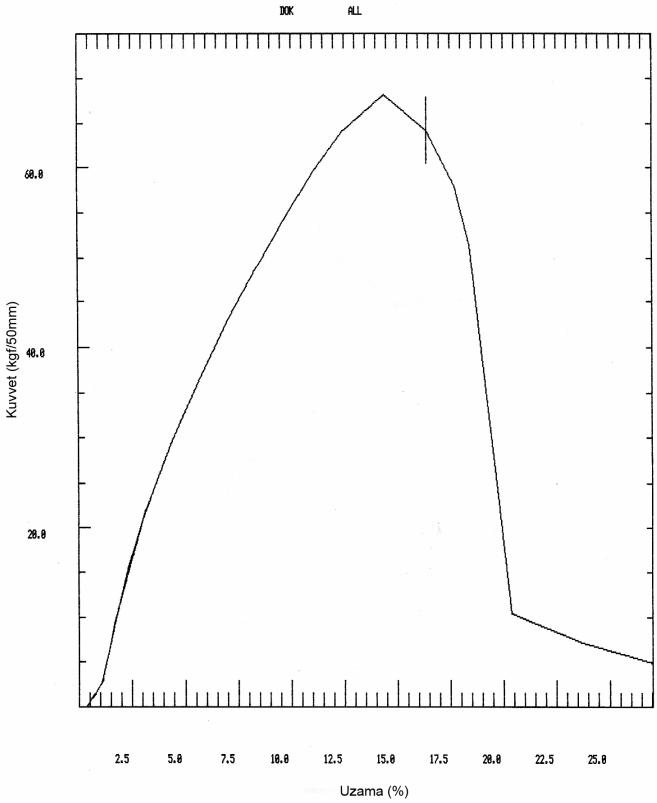
Şekil V.23–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%60 PES-%40 Bicomp. PES



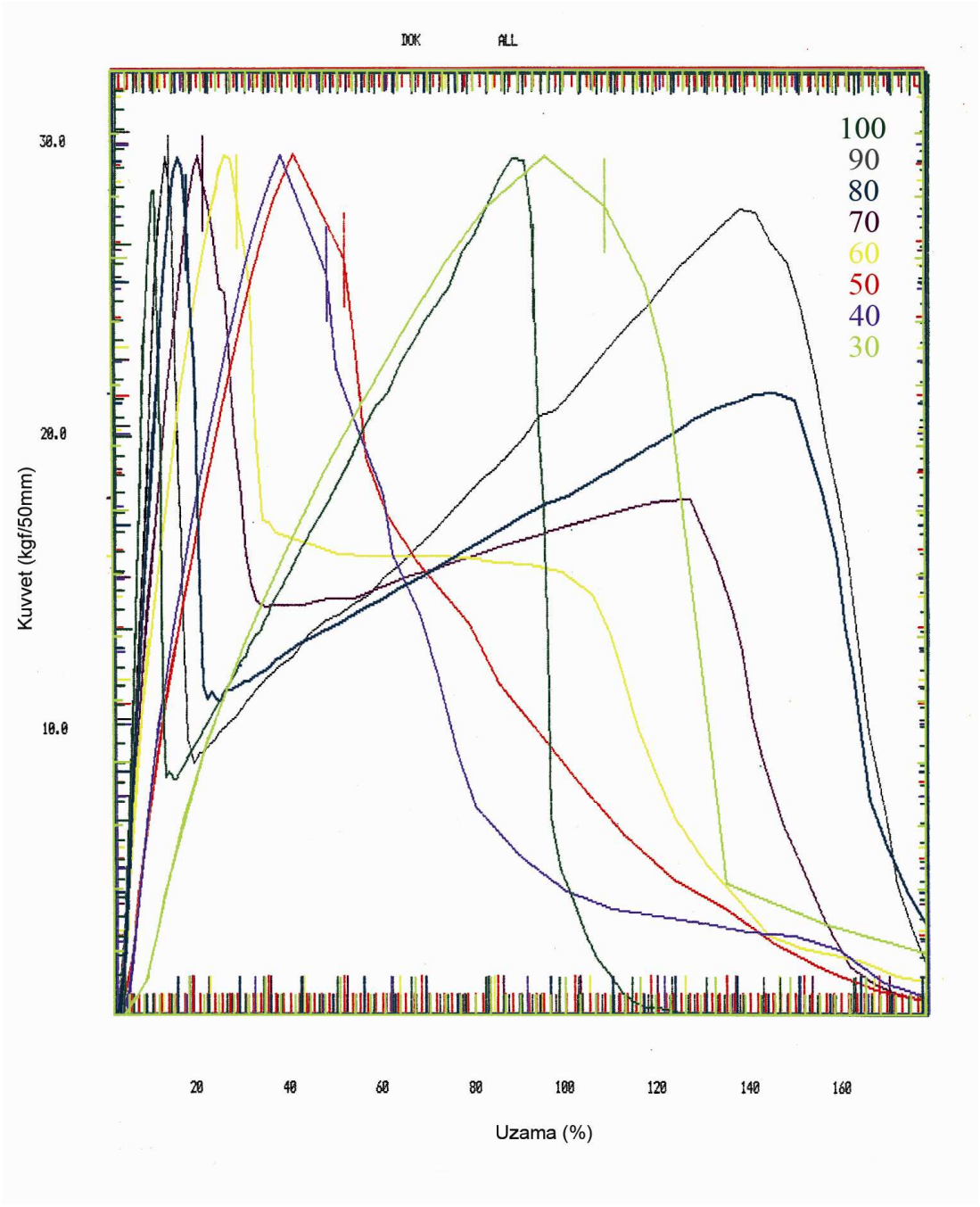
Şekil V.24–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi -%50 PES-%50 Bicomp. PES



Şekil V.25–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi-%40 PES-%60 Bicomp. PES



Şekil V.26–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Eğrisi -%30 PES-%70 Bicomp. PES



Şekil V.27–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Kuvvet/Uzama Eğrileri

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların kuvvet/uzama eğrilerinde dikkat çeken en önemli nokta, bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında olduğunda, hem polipropilen dokuma kumaşın hem de tülbent esaslı kumaşın kuvvet/uzama eğrisi ayrı olarak görülebilmekteydi. Bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtiğinde artık tam bir kompozit yapı elde edildiğinden, tek bir kuvvet/uzama eğrisi olduğu göze çarpmaktadır. Bağlayıcı madde kullanılmadığında diğer bir ifade ile %0 olduğunda enine yönde tülbent esaslı kumaşın mukavemeti polipropilen dokuma kumaştan

daha yüksek idi. Ancak bağlayıcı lif oranı %10 ile %40 arasında olduğunda, bağlayıcı lif polipropilen dokuma kumaşla birlikte hareket etmiştir ve bu arada tülbent esaslı kumaşın mukavemetinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtikten sonra kuvvet/uzama eğrileri incelendiğinde, tek bir kuvvet/uzama eğrisi elde edilmiştir.

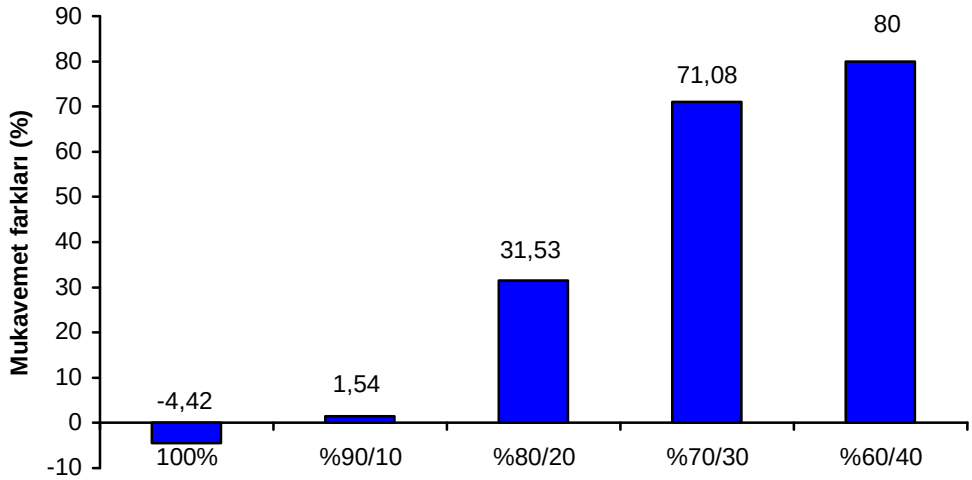
Bağlayıcı lif oranı %50, %60 ve %70 olduğunda tam kompozit kumaşın uzama değerleri, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ortasında yer almıştır. Bağlayıcı lif oranı %20, %30 ve %40 olduğunda en yüksek kuvvet değerine sahip olan polipropilen dokuma kumaşın uzama değerleri alınmaktaydı. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren tülbent esaslı kumaş, tam kompozit malzemenin içerisine dahil olmuştur ve uzama değerleri artmıştır.

Tablo V.2-PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerinde Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar

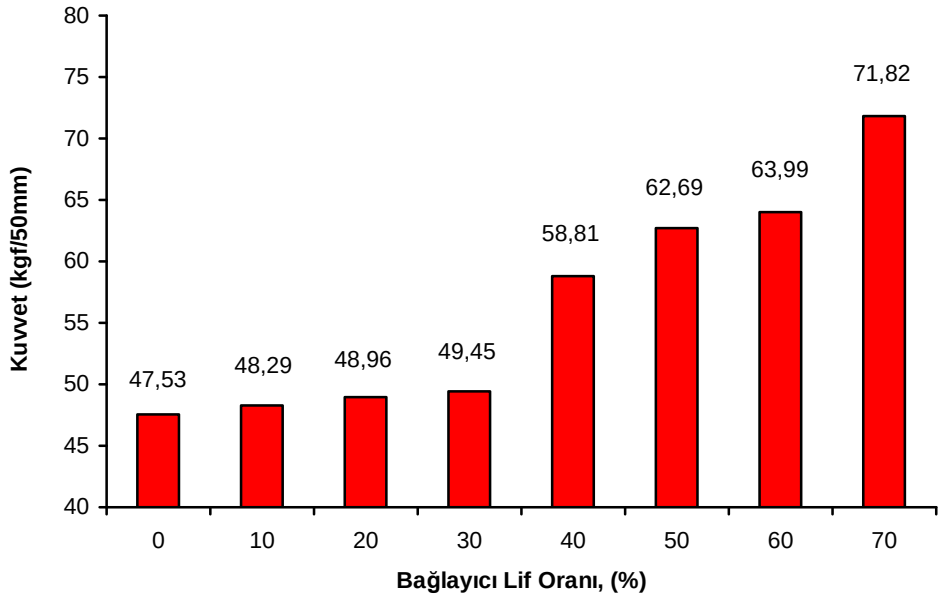
Kumaş Türleri Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli		**Kompozit İçerisinde Dokuma Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)**	**Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)**	**Fark (%)**
%100 PES				
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**23.97** 5.56 23.20	**25.08** 2.95 11.76	**-4.42**
%90/10				
%90 PES %10 İki Bileşenli Lif	Ort. s %cv	**29.02** 1.80 6.20	**28.58** 2.28 7.98	**1.54**
%80/20				
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**37.75** 1.60 4.24	**28.70** 4.12 14.36	**31.53**
%70/30				
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**39.04** 5.04 12.91	**22.82** 3.06 13.41	**71.08**
%60/40				
%60 PES %40 İki Bileşenli Lif	Ort. s %cv	**46.80** 5.18 11.07	**26.00** 4.28 16.46	**80**

Yukarıdaki tablo'da ve aşağıdaki grafikte bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın (nonwoven) ayrı olarak ortalama en yüksek kuvvet değerleri ve aralarındaki farklar grafik üzerinden tespit edilerek gösterilmiştir. Başlangıçta bağlayıcı lif kullanılmadığında, tülbent esaslı kumaş daha mukavemetli idi. Bağlayıcı lif oranı arttıkça, polipropilen dokuma kumaşın mukavemeti de arttı. Diğer bir ifade ile bağlayıcı lif polipropilen dokuma kumaşla birlikte hareket etmeye başladı. Bu sırada tülbent esaslı kumaşın mukavemetinde önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

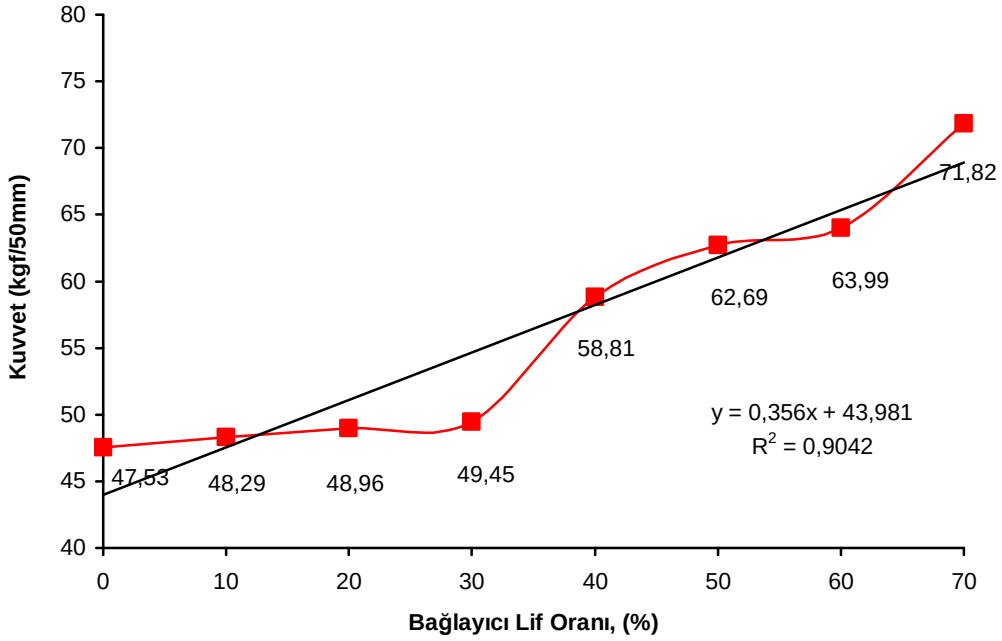
İki kumaş arasında fark, bağlayıcı lif oranı arttıkça açılmıştır. Bağlayıcı lif oranı %50'den itibaren tam kompozit yapı elde edilmiştir.



Şekil V.28 – Enine Yönde Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)

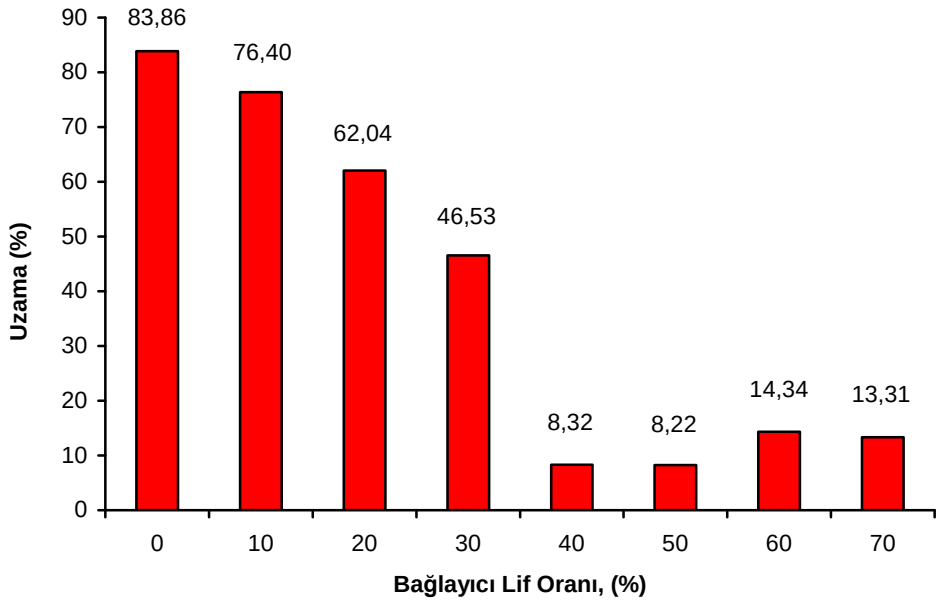


Şekil V.29–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

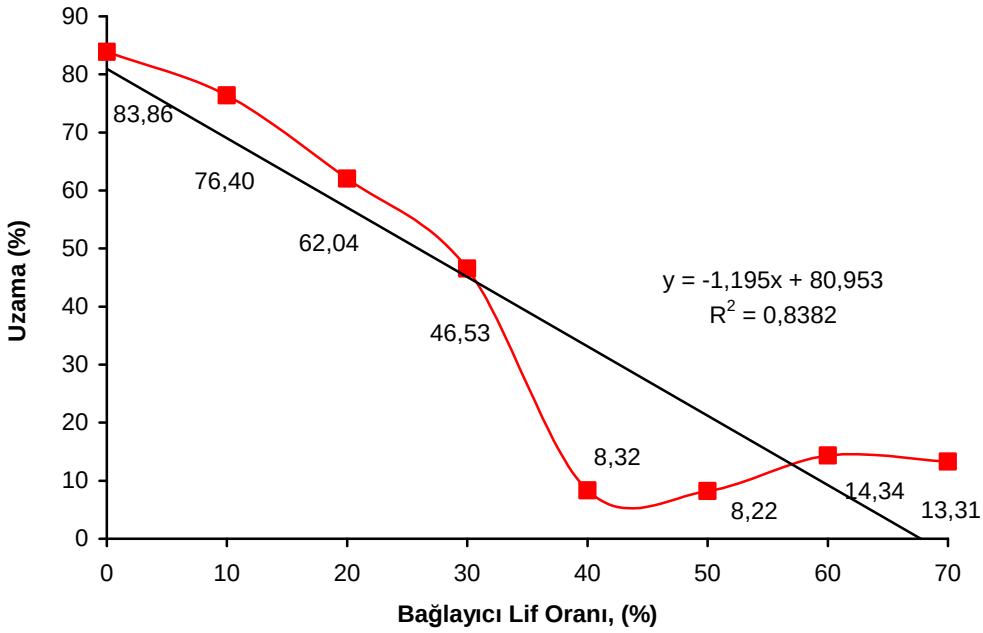


Şekil V.30–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları,Kuvvet (kgf/50mm)

Yukarıdaki mukavemet test sonuçları, cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların, en yüksek kuvvet değerlerinin ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Bağlayıcı lif oranı %40'dan itibaren kuvvet değerlerinde ciddi oranda artış olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil V.31–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)



Şekil V.32– Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların makine yönünde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %50 arasında olduğunda, % uzama değerlerinde ciddi oranda azalma görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 olduğunda uzama değerlerinde bir miktar artış olmuştur. Bunun sebepleri ileriki aşamada detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

Cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların makine yönündeki mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte genel olarak kuvvet değerlerinde artış ve uzama değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Mukavemet testinde, kompozit kumaşı oluşturan cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş, hem makine yönünde hem de enine yönde ayrı kuvvet/uzama davranışı göstermiştir. Bu durum grafikler incelendiğinde çok net ortaya çıkmaktadır. Cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş (nonwoven) tam anlamıyla gerçek bir kompozit davranışı sergilememiştir. Bu noktada cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın birbirine tam olarak uygun olmadığı görülmektedir.

En yüksek kuvvet değerlerindeki % uzama değerleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %50'ye kadar sürekli bir azalma sonrasında bir artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında iken, tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerini aldığından, % uzama değerleri başlangıçta çok yüksek idi. Bağlayıcı lif oranının %0'dan %30'a artışıyla birlikte, kompozit yapı içerisindeki tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri azaldı. Sırasıyla bağlayıcı lif oranı %0 iken uzama değeri %83.86, %10 iken uzama değeri %76.40, %20 iken uzama değeri %62.04 ve son olarak %30 iken, uzama değeri %46.53 idi. Sürekli bir azalma söz konusu idi. Bağlayıcı lif oranı %40 ile %70 arasında olduğunda, bazı örneklerde cam leno dokuma kumaş bazı örneklerde tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerine sahip oldu. En yüksek kuvvet değerinin % uzama değerinin alınması ve cam leno dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaşın uzama değerlerinin birbirlerinden çok farklı olması sebebiyle, bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 ile karşılaştırıldığında, % uzama değerlerinde büyük oranda azalma ve uzama değerlerinin %cv'lerinde artış meydana geldi. Bağlayıcı lif oranı %40 ve %50 olduğunda, kompozit kumaş içerisinde cam leno dokuma kumaş, bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 olduğunda ise kompozit yapı içerisinde tülbent esaslı kumaş daha fazla en yüksek kuvvet değerine sahip olmuştur. Bu sebepten bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 iken, % uzama değerlerinde artış meydana gelmiştir.

Buradan kompozit malzemenin içerisinde kullanılan iki bileşenli lif, cam leno dokuma kumaş ve ve polyester arasında uyumlaştırıcı görevi yapmamıştır.

Aşağıda yer alan tablo'da, cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın (nonwoven) en yüksek kuvvet değerlerindeki % uzama değerleri gösterilmektedir. Aşağıda yer alan tablo doğrudan cihazdan alınan mukavemet sonuçlarından hazırlanmıştır. Bağlayıcı lif oranı %40 ile %70 arasında olduğunda, cam leno dokuma kumaş yaklaşık olarak %4, tülbent esaslı kumaş yaklaşık olarak %17 uzama değerine sahip olmuştur.

Tablo V.3 - Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri

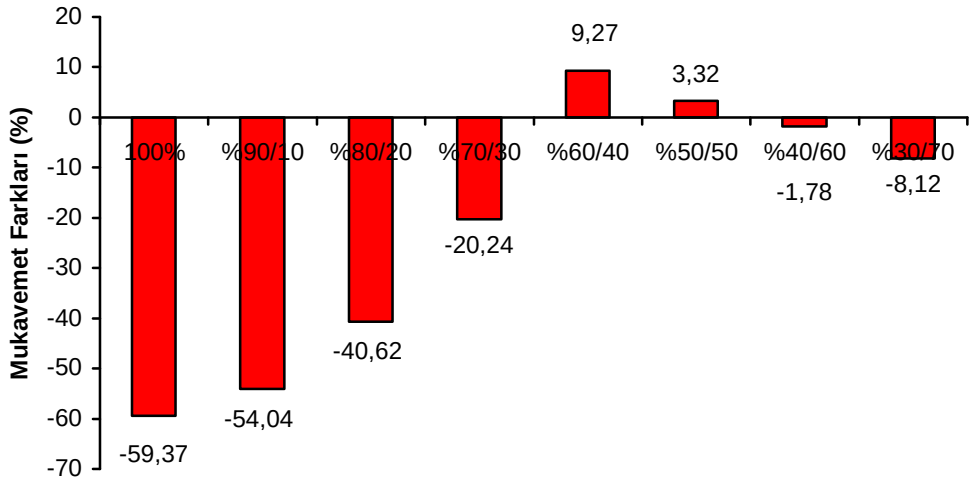
Bağlayıcı Lif Oranı	Kompozit İçerisinde Cam Leno Dokuma Kumaş En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)	Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)
%40	3.91	17.12
%50	4.00	16.65
%60	4.32	16.85
%70	4.08	17.93

Aşağıdaki tablo'da, cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların içerisindeki, cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın aldığı en yüksek kuvvet değerleri yer almaktadır.

Tablo V.4 – Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın Ayrı Ayrı En Yüksek Kuvvet Değerleri ve Aralarındaki Farklar

Kumaş Türleri Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli	Kompozit İçerisinde Dokuma Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)	Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)	Fark (%)
%100 PES			
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	**19.31** 4.42 22.89	**47.53** 5.33 11.21	**-59.37**
%90/10			
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	**22.19** 1.54 6.94	**48.29** 6.09 12.61	**-54.04**
%80/20			
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	**29.07** 2.78 9.56	**48.96** 5.83 11.91	**-40.62**
%70/30			
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	**39.44** 1.82 4.61	**49.45** 7.01 14.18	**-20.24**
%60/40			
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	**56.88** 8.91 15.66	**52.05** 5.00 9.61	**9.27**
%50/50			
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	**60.68** 6.44 10.61	**58.73** 8.41 14.32	**3.32**
%40/60			
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	**61.21** 3.62 5.91	**62.32** 3.49 5.60	**-1.78**
%30/70			
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	**65.09** 4.25 6.53	**70.85** 8.17 11.53	**-8.12**

Yukarıdaki tablo, kuvvet/uzama grafikleri üzerinden alınan değerlerle oluşturulmuştur. Kuvvet/uzama grafikleri üzerinden hem cam leno dokuma kumaşın ve hem de tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerleri ayrı ayrı tespit edilmiştir. Bu tablo'ya göre, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte, makine yönünde, cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın kendi içerisinde mukavemetlerinin sürekli bir artış içerisinde olduğu görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda, tülbent esaslı kumaşın mukavemeti değişmez iken, cam leno dokuma kumaşın mukavemetinin sürekli arttığı görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda, cam leno dokuma kumaşın mukavemeti 19.31 kgf kuvvet değerinden, 39.44 kgf kuvvet değerine, tülbent esaslı kumaşın mukavemeti ise 47.53 kgf kuvvet değerinden sadece 49.45 kgf kuvvet değerine yükselmiştir. Bağlayıcı lif oranı %40 ile %50 arasında olduğunda cam leno dokuma kumaşın mukavemeti tülbent esaslı kumaşın mukavemetinin üzerine çıkmıştır. Bağlayıcı lif oranı %40 iken, cam leno dokuma kumaşın ortalama en yüksek kuvvet değeri 56.88, tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değeri 52.05 kgf olarak tespit edeilmiştir. Bağlayıcı lif oranı %60 olduğunda tülbent esaslı kumaşın mukavemeti cam leno dokuma kumaşın mukavemetinin üzerine çıkmıştır. Bu durum bağlayıcı lif oranı %70 olduğunda da aynı şekilde devam etmiştir.



Şekil V.33 – Makine Yönünde Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar (%)

Aşağıda yer alan tablo, makine yönünde, cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı % uzama değerlerini göstermektedir. Aşağıdaki tablo, kuvvet/uzama grafikleri üzerinden alınan değerlerle oluşturulmuştur. Kuvvet/uzama grafikleri üzerinden hem cam leno dokuma kumaşın ve hem de

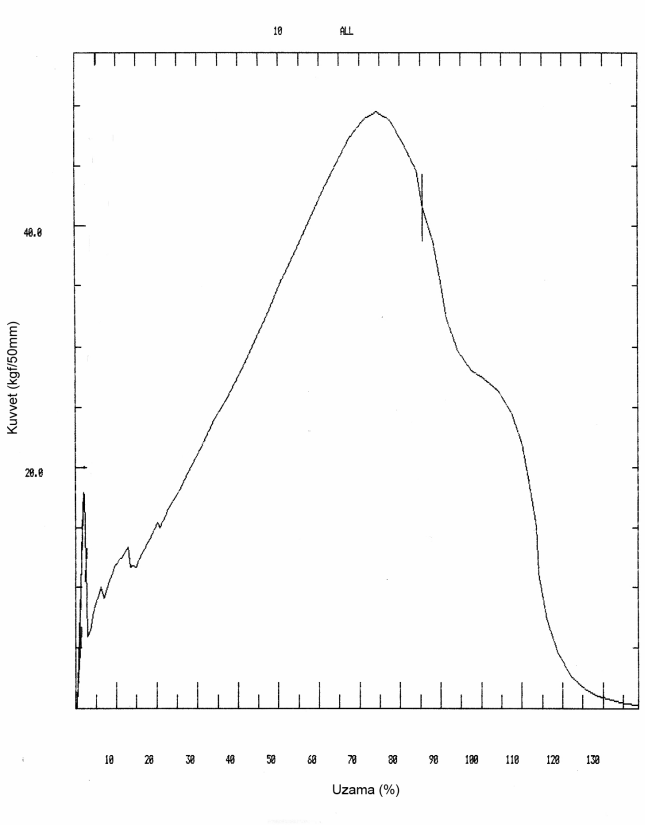
tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerlerindeki % uzama değerleri ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Tablo V.5 - Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri

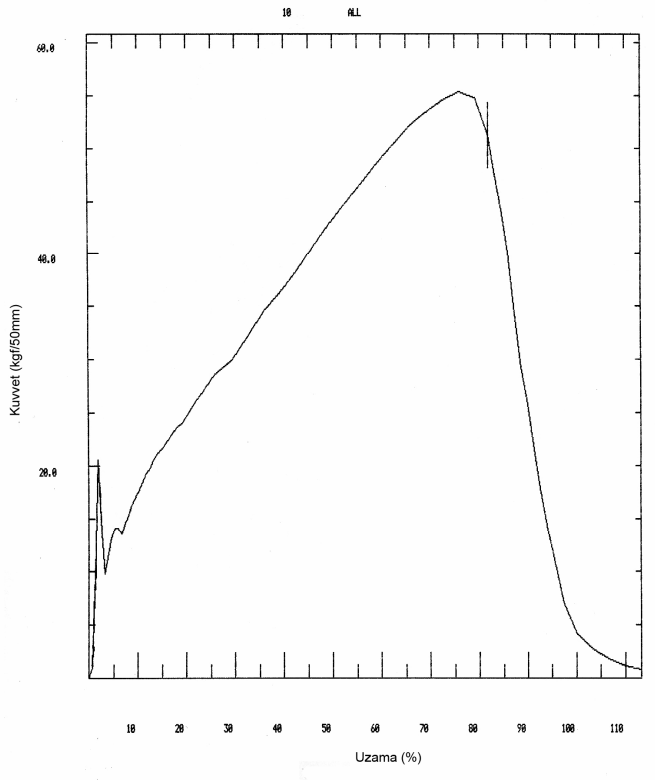
Bağlayıcı Lif Oranı	Kompozit İçerisindeki Cam Leno Dokuma Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)	Kompozit İçerisindeki Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)
%0	2.06	83.86
%10	2.31	76.40
%20	2.62	62.04
%30	2.92	46.53
%40	4.01	16.12
%50	4.13	14.72
%60	3.90	15.82
%70	3.91	16.50

Cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri incelendiğinde, ilk olarak bağlayıcı lif oranı %0'dan %50'ye yükselmesiyle birlikte cam leno dokuma kumaşın uzama değerinde artış görülmektedir. Sonrasında bağlayıcı lif oranı arttıkça, tülbent esaslı kumaşın mukavemetinde artış olmuş ve cam leno dokuma kumaşın uzama değerinde azalma görülmüştür.

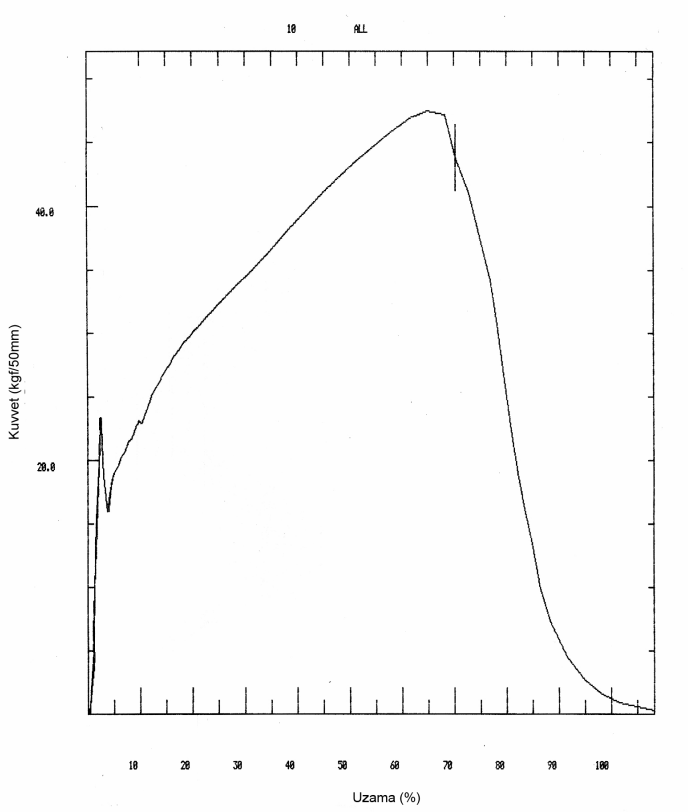
Tülbent esaslı kumaşın % uzama sonuçları incelendiğinde bağlayıcı lif oranı %0'dan %30'a arttıkça, tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri azalmıştır. Bağlayıcı lif oranı %40 ile %70 arasında tülbent esaslı kumaşın % uzama değerlerinde önemli bir değişiklik olmamıştır.



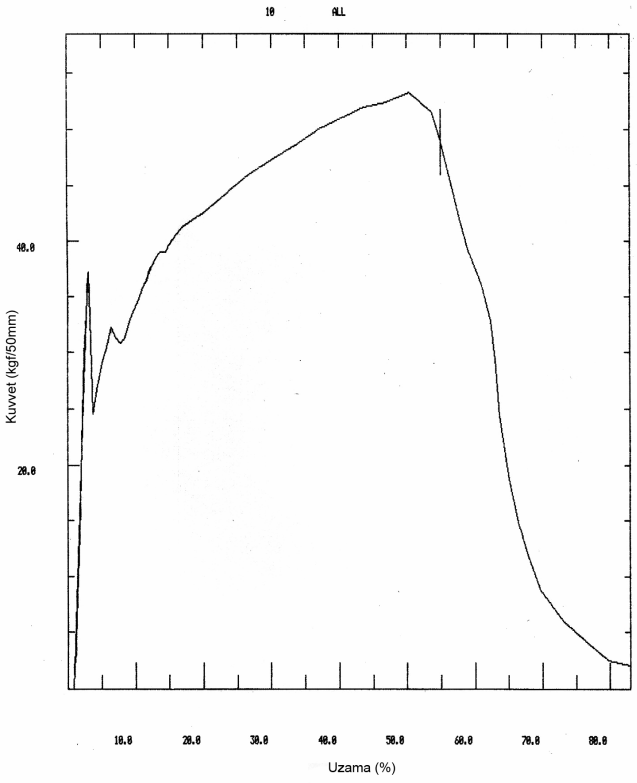
Şekil V.34–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%100 PES



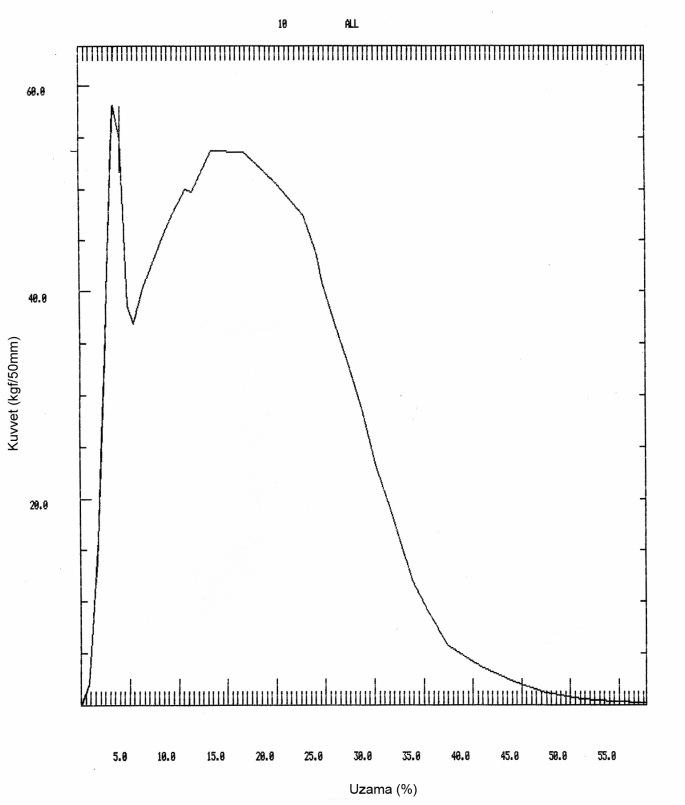
Şekil V.35–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%90 PES%10 Bicomp. PES



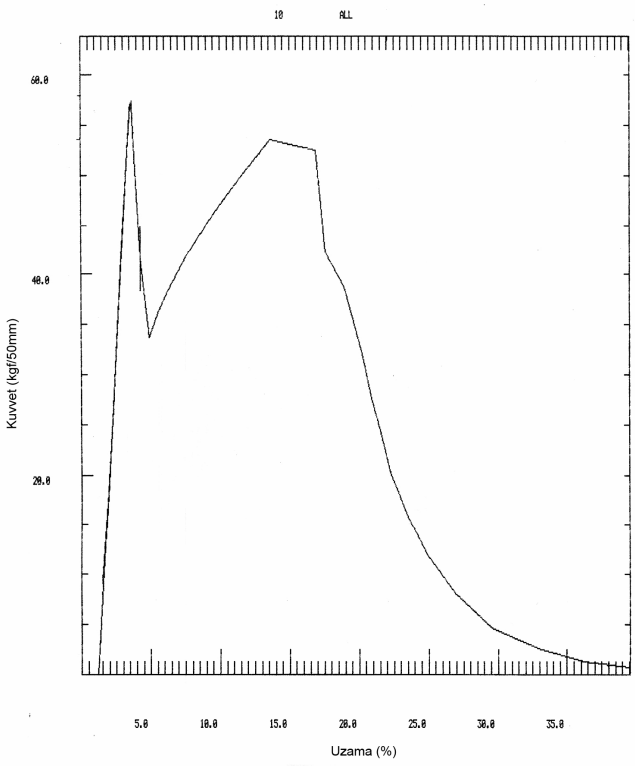
Şekil V.36–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%80 PES-%20 Bicomp. PES



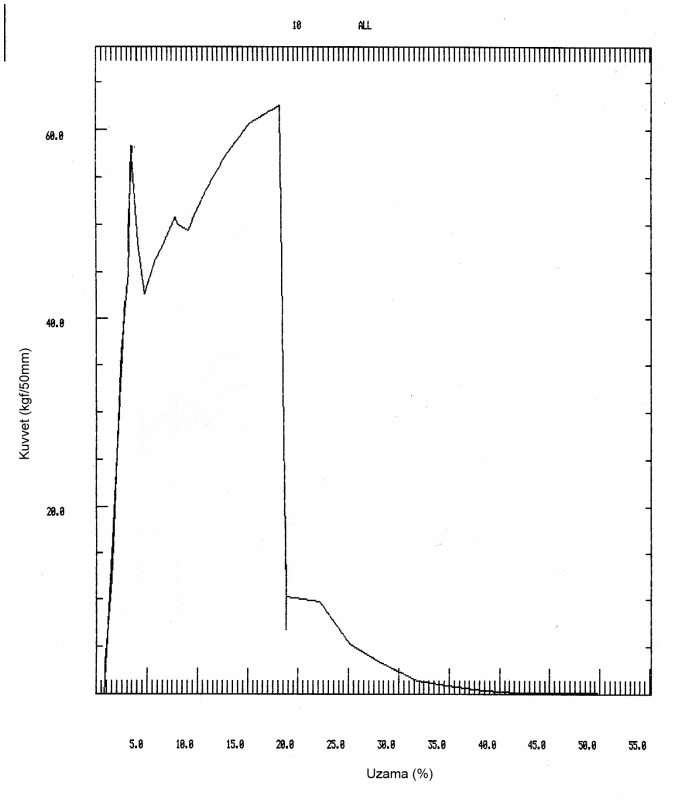
Şekil V.37–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%70 PES-%30 Bicomp. PES



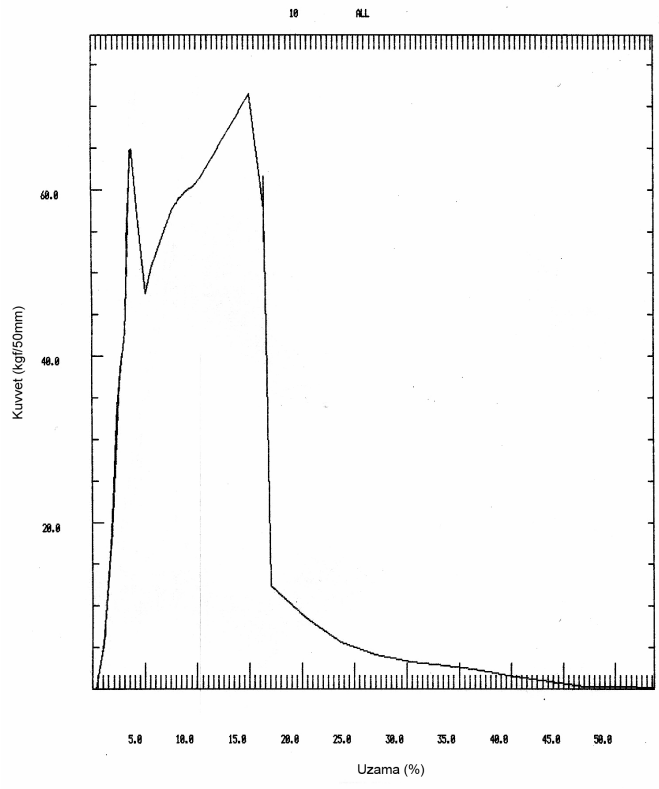
Şekil V.38–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%60 PES-%40 Bicomp. PES



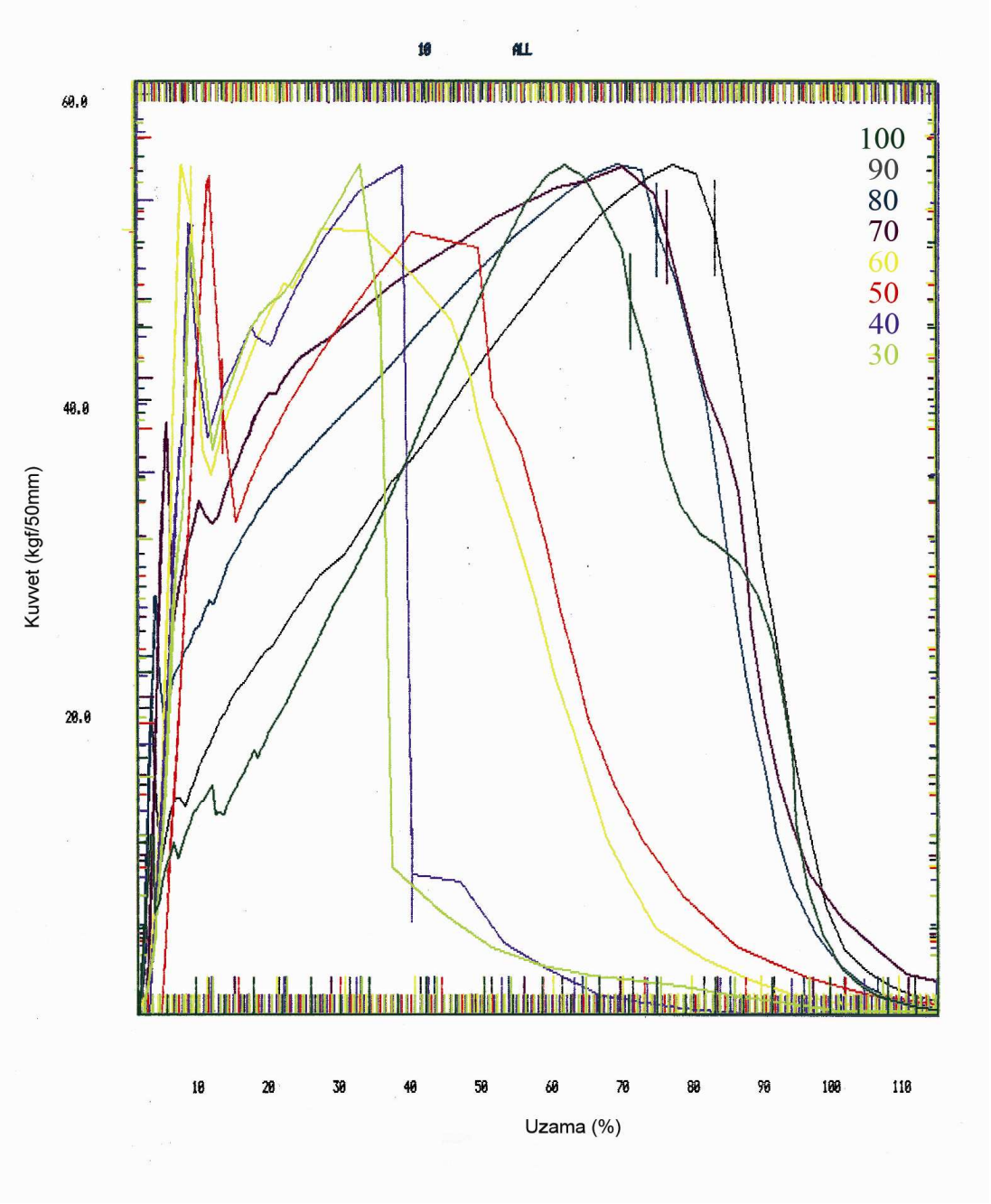
Şekil V.39–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%50 PES-%50 Bicomp. PES



Şekil V.40–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%40 PES-%60 Bicomp. PES



Şekil V.41–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicom.) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%30 PES-%70 Bicomp. PES



Şekil V.42–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Kuvvet/Uzama Grafikleri

Makine yönündeki kuvvet/uzama grafikleri ve sonuçları incelendiğinde, ilk olarak bağlayıcı lif oranının artması ile birlikte kompozit kumaşların mukavemetlerinin arttığı ve % uzama değerlerinin azaldığı çok net bir şekilde görülmektedir. Cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların kuvvet/uzama grafiklerinde hem cam leno dokuma kumaş ve hem de tülbent esaslı kumaş ayrı kuvvet/uzama davranışı sergilemiştir. Tam anlamıyla gerçek bir kompozit davranışı göstermemiştir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında iken, tablo ve grafiklerden tülbent esaslı kumaşın (nonwoven) en yüksek

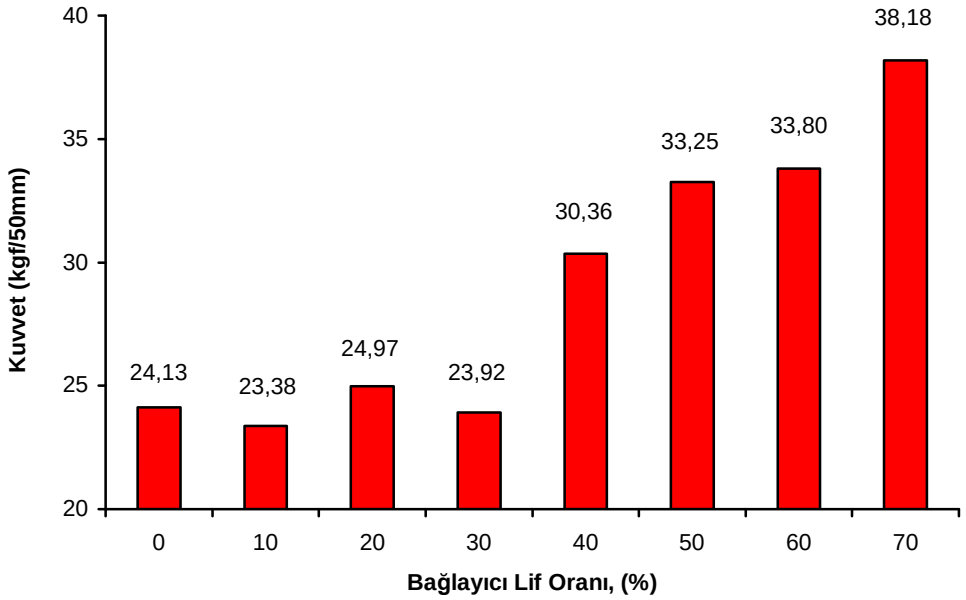
kuvvet değerine sahip olduğu görülmektedir. En yüksek kuvvete sahip olan tülbent esaslı kumaşın uzama değeri alındığından dolayı, % uzama değerleri başlangıçta çok yüksektir. Bağlayıcı lif oranının %0'dan itibaren %30'a kadar artmasıyla birlikte tülbent esaslı kumaşın mukavemeti değişmez iken, % uzama değeri azalmış ve cam leno dokuma kumaşın % uzama değeri değişmez iken, mukavemetinde artış görülmüştür.

Bağlayıcı lif oranı %40 ve %50 olduğunda, kompozit kumaşların mukavemet test sonuçlarında ve grafiklerinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir. Bağlayıcı lif oranı arttığı için, cam leno dokuma kumaşın mukavemeti tülbent esaslı kumaşın mukavemeti ile aynı seviyeye gelmiştir. Bazı örneklerde cam leno dokuma kumaş bazı örneklerde tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerine sahip olmuştur. Cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerindeki % uzama değerleri çok farklı olduğundan ortalama alınarak kompozit kumaşın uzama değerleri oluşturulduğu için, uzama değerlerinin ortalaması ve %cv değerleri çok farklı ve düşük çıkmıştır. % uzama değerlerinin azalmasının sebebi, diğer bir ifade ile, cam leno dokuma kumaşın daha fazla en yüksek kuvvet değerini elde etmesidir.

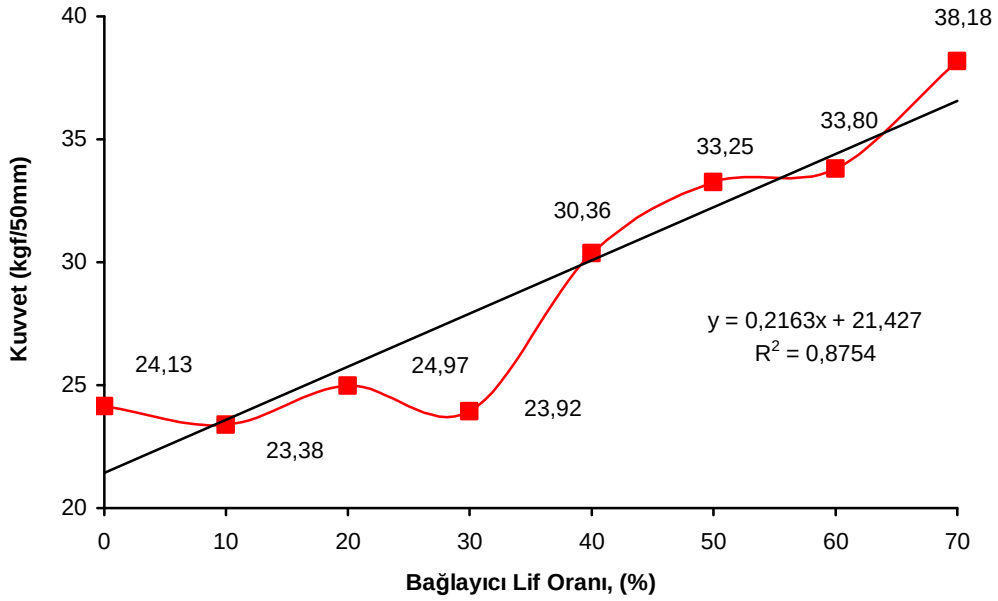
Bağlayıcı lif oranı %60 ile %70 seviyesine geldiğinde, tekrardan tülbent esaslı kumaşın mukavemetinin arttığı görülmüştür. % uzama değerlerinde tekrardan artış olması, cihazdan alınan test sonuçlarında, tülbent esaslı kumaşın daha fazla en yüksek kuvvet değerlerine sahip olduğunu göstermektedir.

Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaş (nonwoven), diğer polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kumaşta olduğundan farklı olarak, tam bir kompozit davranışı göstermemiştir. Cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş ayrı kuvvet/uzama davranışı sergilemiştir.

Buradan hareketle iki bileşenli (bicomponent) polyester lifinin, cam leno dokuma kumaş ve taşıyıcı lif olan polyester arasında uyumlaştırıcı vazifesi yapmadığı grafiklerde çok açık görülmektedir.

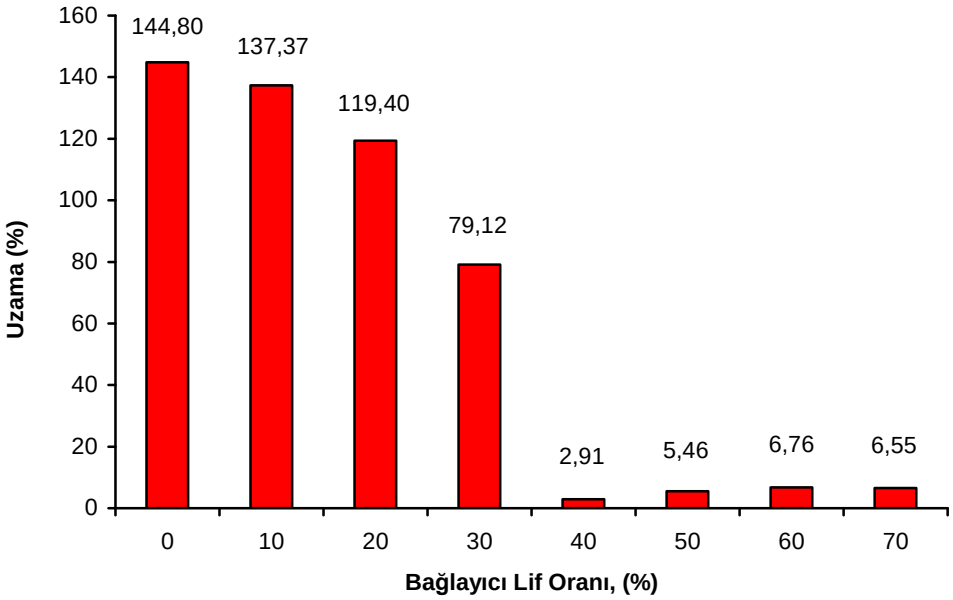


Şekil V.43–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

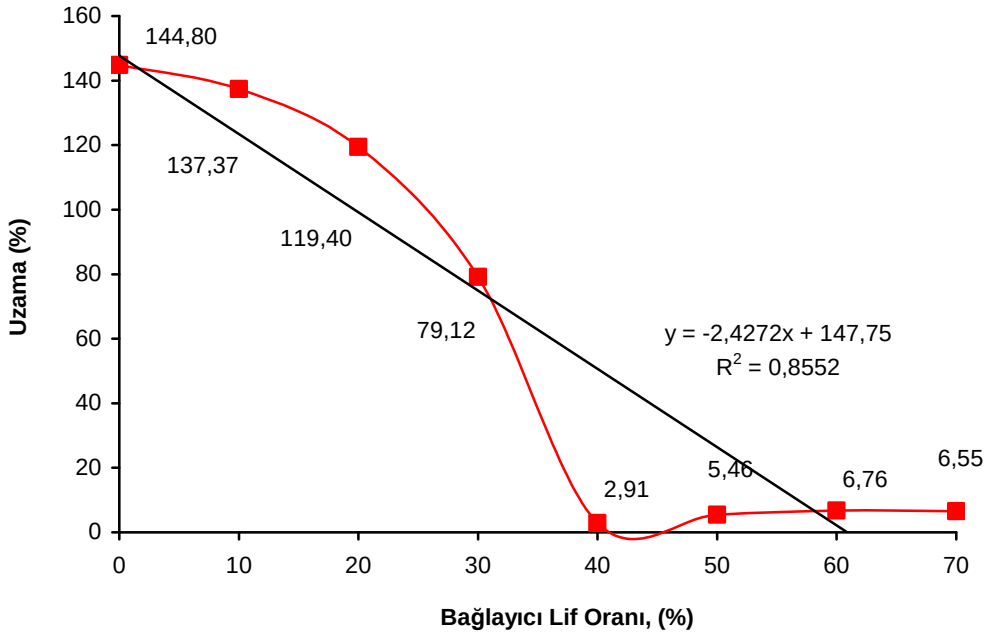


Şekil V.44–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

Yukarıdaki mukavemet test sonuçları, enine yönde cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların, en yüksek kuvvet değerlerinin ortalaması alınarak oluşturulmuştur. Mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %40 olmasından itibaren kuvvet değerlerinde ciddi oranda artış görülmektedir.



Şekil V.45–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)



Şekil V.46–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, % uzama değerlerinde ciddi oranda azalma görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %50 ve %70 arasında olduğunda ise, uzama değerlerinde bir miktar artış olmuştur. Bunun sebepleri aşağıda açıklanmaya çalışılacaktır.

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %40'tan itibaren kuvvet değerlerinde artış meydana gelmiştir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken uzama değerleri ciddi oranda azalmıştır. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren % uzama değerlerinde bir miktar artış olmuştur.

Mukavemet testinde, kompozit kumaşı oluşturan cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş, enine yönde ayrı kuvvet/uzama davranışı göstermiştir. Bu durum grafikler incelendiğinde çok net görülmektedir. Cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş (nonwoven) enine yönde de tam anlamıyla gerçek bir kompozit davranışı sergilememiştir. Bu noktada cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın birbirine tam olarak uygun olmadığı görülmektedir. Buna ilaveten iki bileşenli (bicomponent) polyester lif uyumlaştırıcı görevi yapmamıştır.

En yüksek kuvvet değerlerindeki % uzama değerleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %40'ye kadar sürekli bir azalma, sonrasında bir artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında iken, tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerini aldığından, % uzama değerleri başlangıçta çok yüksek idi. Bağlayıcı lif oranının %0'dan %30'a artışıyla birlikte, kompozit kumaşın diğer bir ifade ile kompozit kumaş içerisindeki tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri azaldı. Sırasıyla bağlayıcı lif oranı %0 iken uzama değeri %144.80, %10 iken uzama değeri %137.37, %20 iken uzama değeri %119.40 ve son olarak %30 iken, uzama değeri %79.12 idi. Sürekli bir azalma söz konusu idi. Bağlayıcı lif oranı %40 olduğunda sadece cam leno dokuma kumaş en yüksek kuvvet değerini aldığından % uzama değerleri %2.91 gibi çok düşük çıkmıştır.

Bağlayıcı lif oranı %50 ile %70 arasında olduğunda, bazı örneklerde cam leno dokuma kumaş bazı örneklerde tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerine sahip oldu. En yüksek kuvvet değerinin % uzama değerinin alınması ve cam leno dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaşın uzama değerlerinin birbirlerinden çok farklı olması sebebiyle, bağlayıcı lif oranı %40 ile karşılaştırıldığında, % uzama değerlerinde ve %cv'sinde artış olmuştur. Aşağıda yer alan tablo'da cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvet değerindeki % uzama değerleri gösterilmektedir. Cihazdan alınan mukavemet test sonuçları, öncelikle cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş olarak sınıflandırılıp ve sonrasında ortalaması alınarak aşağıdaki tablo oluşturulmuştur. Bağlayıcı lif oranın artmasıyla birlikte, cam leno dokuma kumaşın uzama değerinde önemli bir değişiklik olmaz iken, tülbent esaslı kumaşın % uzama değerinin azaldığı çok net görülmektedir.

Tablo V.6 - Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri

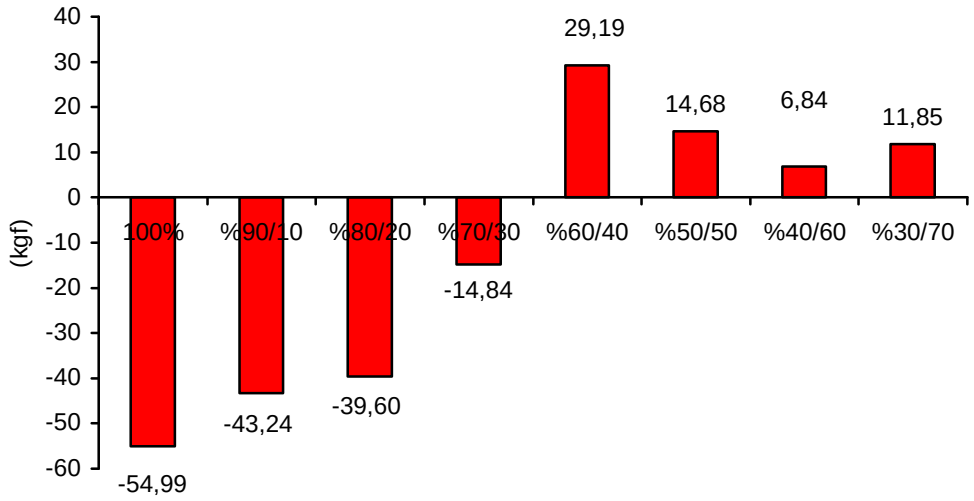
Bağlayıcı Lif Oranı	Kompozit İçerisindeki Cam Leno Dokuma Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)	Kompozit İçerisindeki Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)
%50	3.45	15.48
%60	3.12	14.03
%70	3.55	12.53

Aşağıdaki tablo'da, enine yönde, cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların içerisindeki, cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın aldığı en yüksek kuvvet değerleri yer almaktadır. Aşağıda yer alan tablo, kuvvet/uzama grafikleri üzerinden alınan değerlerle oluşturulmuştur. Kuvvet/uzama grafikleri üzerinden hem cam leno dokuma kumaşın ve hem de tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerleri ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Tablo V.7–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Mukavemet Grafiklerinde Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar

Kumaş Türleri Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli	Kompozit İçerisindeki Cam Leno Dokuma Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)	Kompozit İçerisindeki Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti (kgf/50mm)	Fark (%)
%100			
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	**10.86** 2.22 20.44	**24.13** 2.60 10.77	**-54.99**
%90/10			
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	**13.27** 1.44 10.85	**23.38** 0.70 29.94	**-43.24**
%80/20			
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	**15.08** 1.41 9.35	**24.97** 5.63 22.55	**-39.60**
%70/30			
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	**20.37** 1.58 7.76	**23.92** 1.84 7.69	**-14.84**
%60/40			
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	**30.36** 2.89 9.52	**23.50** 2.01 8.55	**29.19**
%50/50			
%50 PES %50 İki Bileşenli PES	**32.81** 4.50 13.72	**28.61** 2.62 9.16	**14.68**
Tablo'nun Devamı Diğer Sayfadadır			

%40/60			
%40 PES %60 İki Bileşenli PES	**32.80** 1.50 4.57	**30.70** 0.36 1.17	**6.84**
%30/70			
%30 PES %70 İki Bileşenli PES	**37.73** 3.08 8.16	**33.73** 1.69 5.01	**11.85**



Şekil V.47 – Enine Yönde Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemetleri Arasındaki Farklar

Bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte, enine yönde cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın kendi içerisinde mukavemetlerinin sürekli bir artış içerisinde olduğu görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, tülbent esaslı kumaşın mukavemeti değişmez iken, cam leno dokuma kumaşın mukavemetinin sürekli arttığı görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, cam leno dokuma kumaşın mukavemeti 10.86 kgf kuvvet değerinden, 30.36 kgf kuvvet değerine, tülbent esaslı kumaşın mukavemeti ise 24.13 kgf kuvvet değerinden sadece 23.50 kgf kuvvet değerine yükselmiştir.

Bağlayıcı lif oranı %40 ile %70 arasında olduğunda cam leno dokuma kumaşın mukavemeti tülbent esaslı kumaşın mukavemetinin üzerine çıkmıştır. Bağlayıcı lif oranı %40'dan itibaren kuvvet/uzama grafiklerinden alınan değerler, sınıflandırılarak ortalaması alındığında, bağlayıcı lif oranı %40 iken, cam leno dokuma kumaşın ortalama en yüksek kuvvet değeri 30.36 kgf ve buna karşın tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değeri 23.50 kgf idi. Bağlayıcı lif oranı %50, %60 ve %70 iken de bu çizgi aynı şekilde devam etmiş, cam leno dokuma kumaş tülbent esaslı kumaşın üzerinde bir kuvvet değerine sahip olmuştur.

Aşağıda yer alan tablo, enine yönde, cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı % uzama değerlerini göstermektedir. Aşağıdaki tablo,

kuvvet/uzama grafikleri üzerinden alınan değerlerle oluşturulmuştur. Kuvvet/uzama grafikleri üzerinden hem cam leno dokuma kumaşın ve hem de tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvet değerlerindeki % uzama değerleri ayrı ayrı tespit edilmiştir.

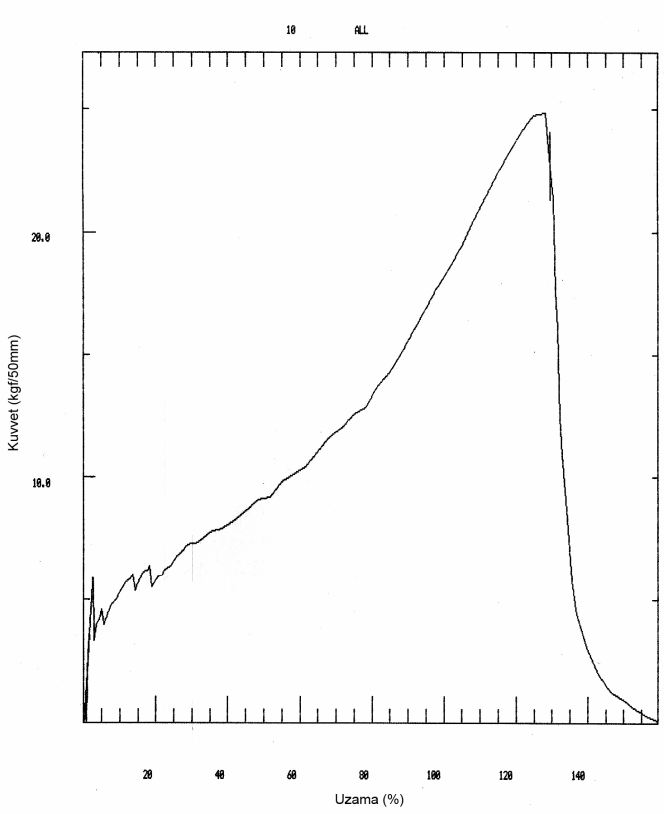
Tablo V.8 - Cam Leno Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama % Uzama Değerleri

Bağlayıcı Lif Oranı	Kompozit İçerisinde Cam Leno Dokuma Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)	Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaşın En Yüksek Kuvvet Değerinde Ortalama Uzama Değeri (%)
%0	2.16	144.80
%10	2.21	137.37
%20	2.44	119.40
%30	2.71	79.12
%40	2.90	19.83
%50	3.37	13.53
%60	3.17	13.19
%70	3.55	11.69

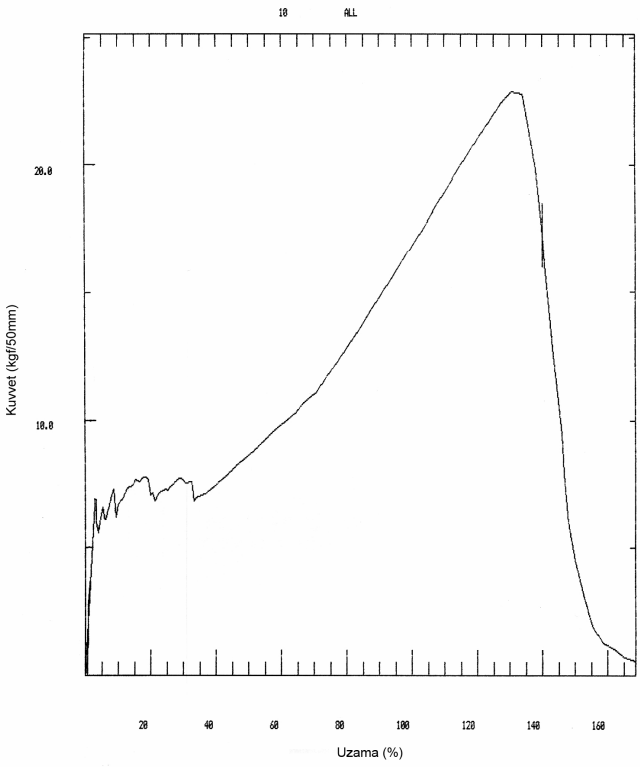
Cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri incelendiğinde, ilk olarak bağlayıcı lif oranı artışı ile birlikte cam leno dokuma kumaşın uzama değerinde artış görülmektedir.

Tülbent esaslı kumaşın % uzama sonuçları incelendiğinde bağlayıcı lif oranın artışı ile birlikte, tülbent esaslı kumaşın en yüksek kuvvetteki % uzama değerleri sürekli olarak azalmıştır. Ancak bağlayıcı lif oranı %30 ile %40 arasında, % uzama değerlerindeki ani azalma çok dikkat çekicidir.

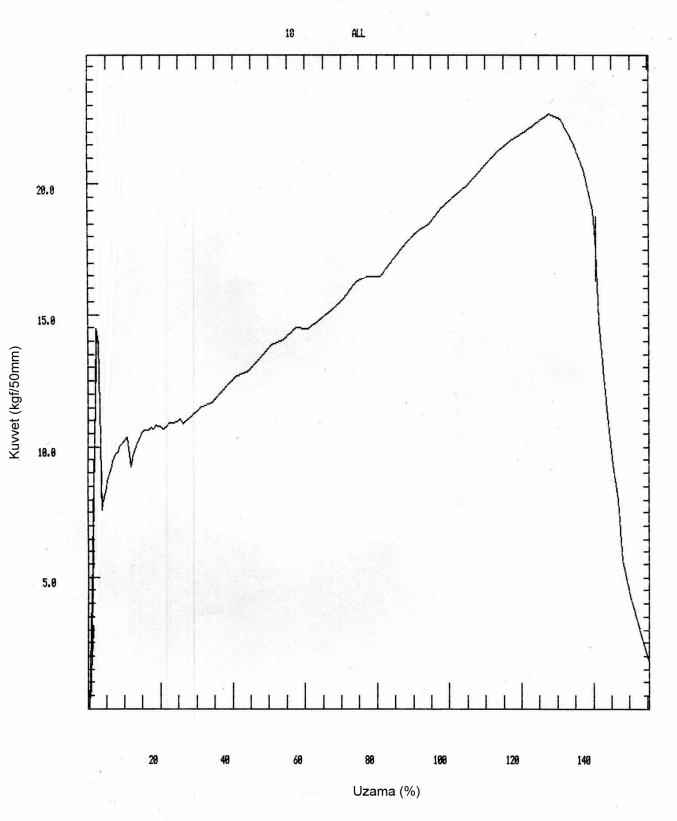
Makine yönü ile karşılaştırıldığında, tülbent esaslı kumaşın enine yöndeki uzama değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.



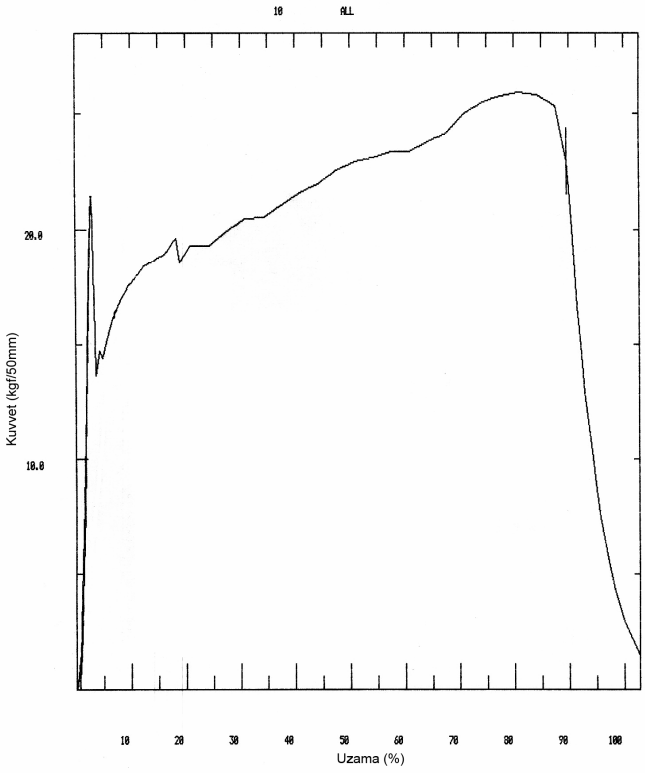
Şekil V.48–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%100 PES



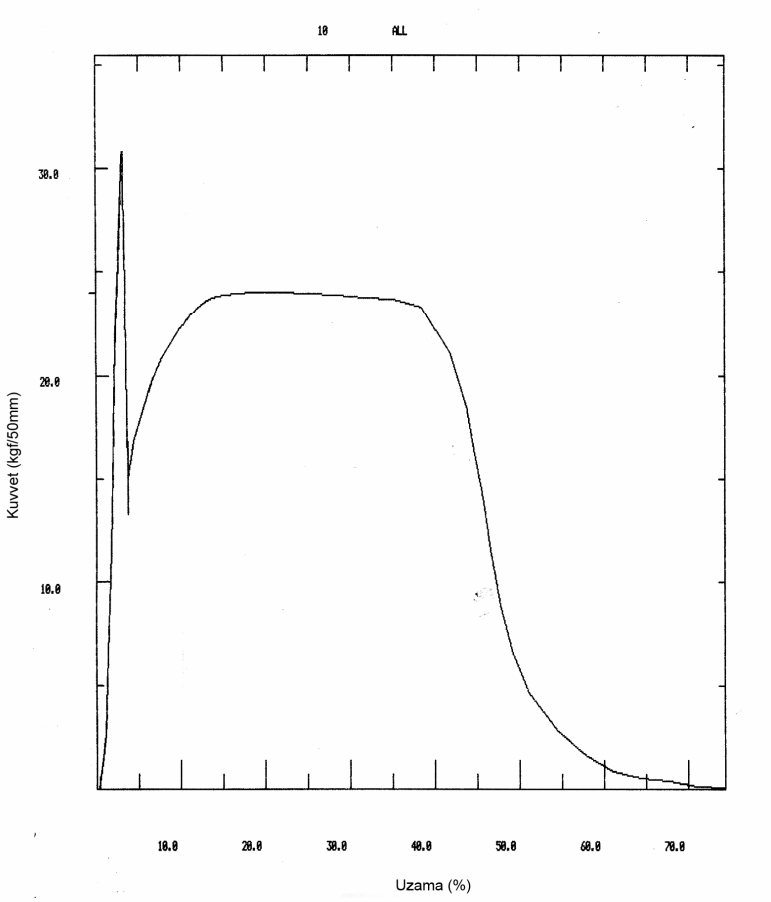
Şekil V.49–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli(Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın EnineYönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%90PES,%10 Bicomp.PES



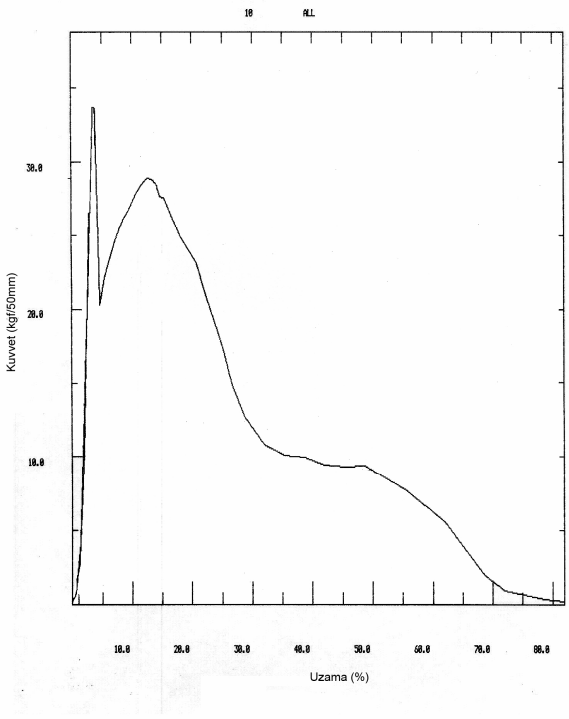
Şekil V.50 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%80PES,%20Bicomp.PES



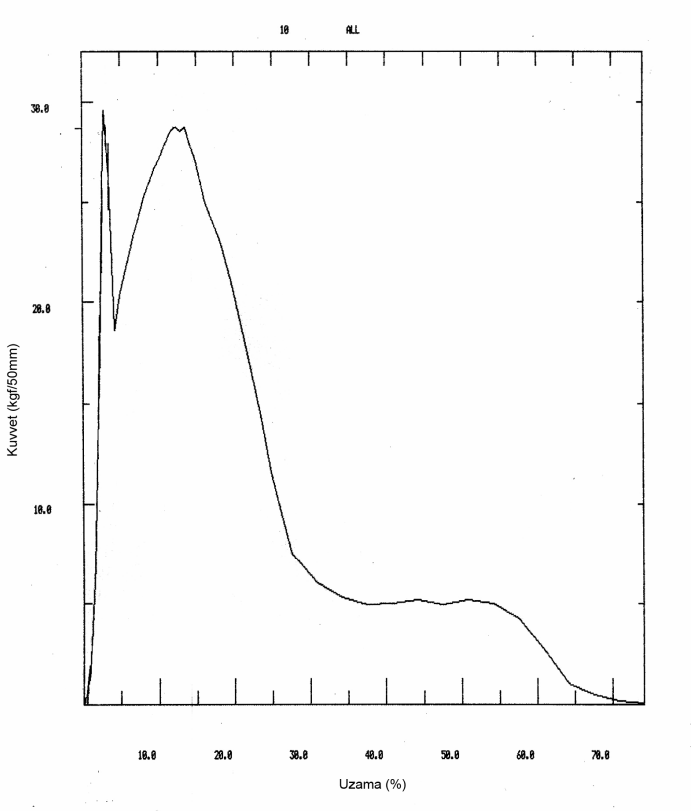
Şekil V.51 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%70PES,%30Bicomp.PES



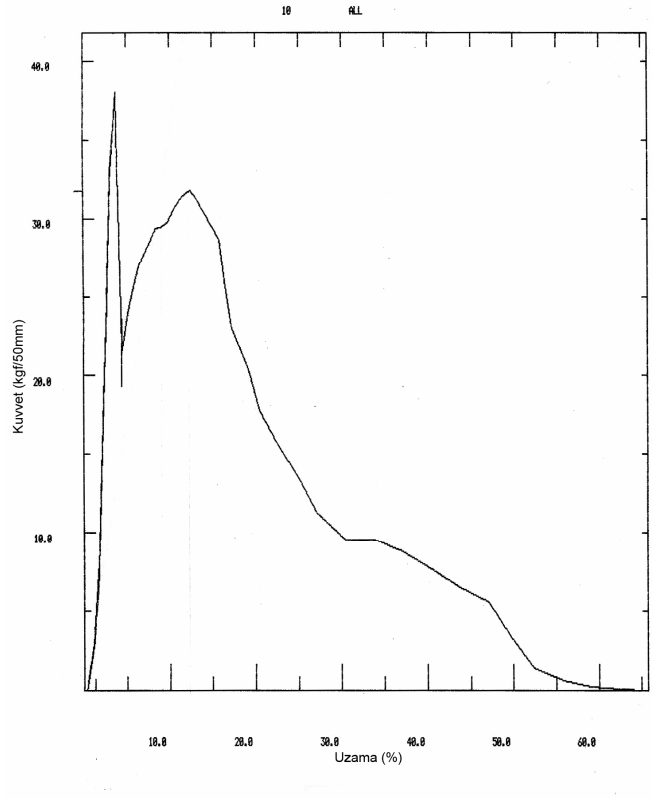
Şekil V.52 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın EnineYönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%60PES,%40 Bicomp.PES



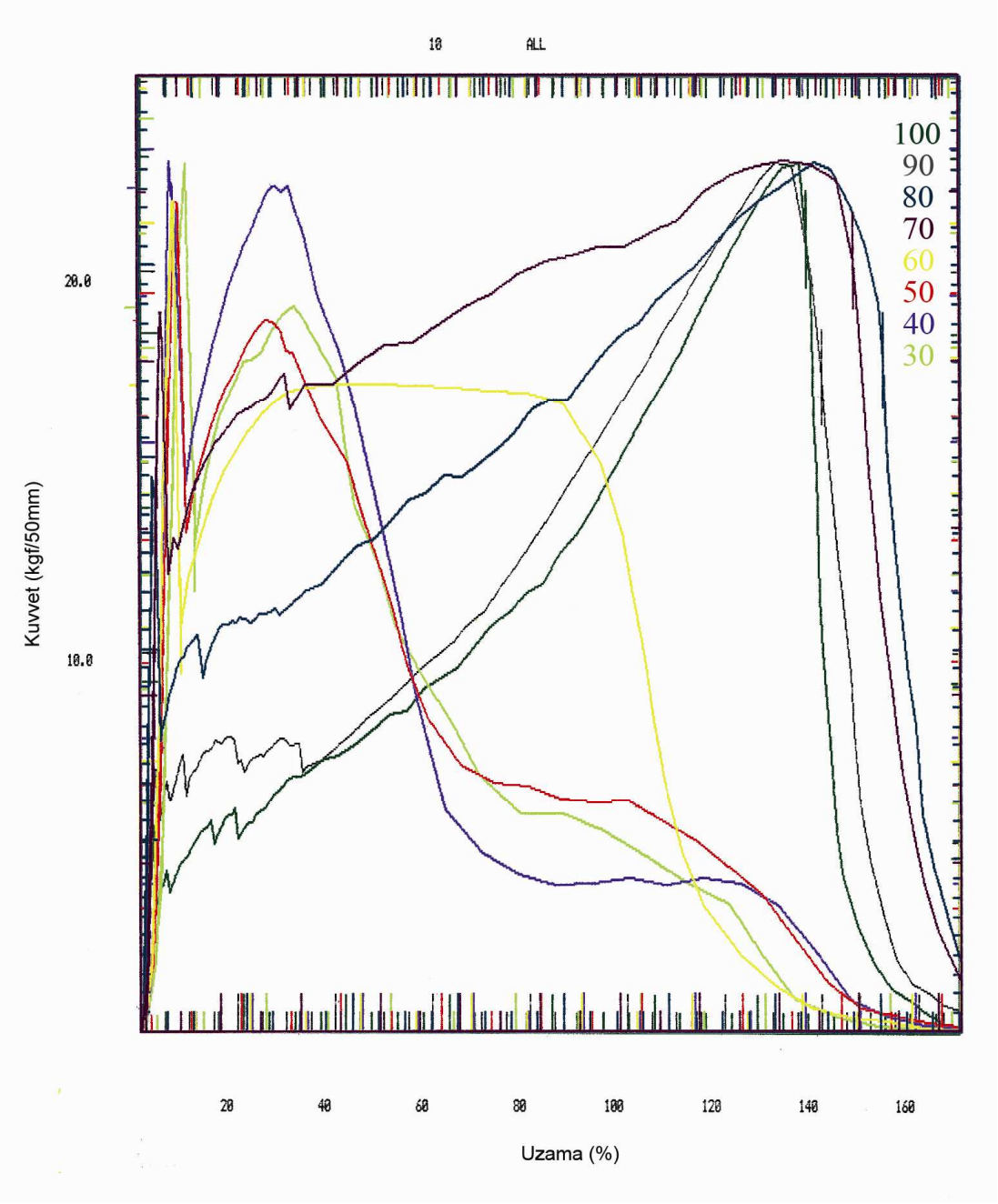
Şekil V.53 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın EnineYönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%50PES,%50 Bicomp.PES



Şekil V.54 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın EnineYönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%40PES,%60 Bicomp.PES



Şekil V.55-Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomp.)Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın EnineYönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%30PES,%70 Bicomp.PES



Şekil V.56–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Kuvvet/Uzama Grafikleri

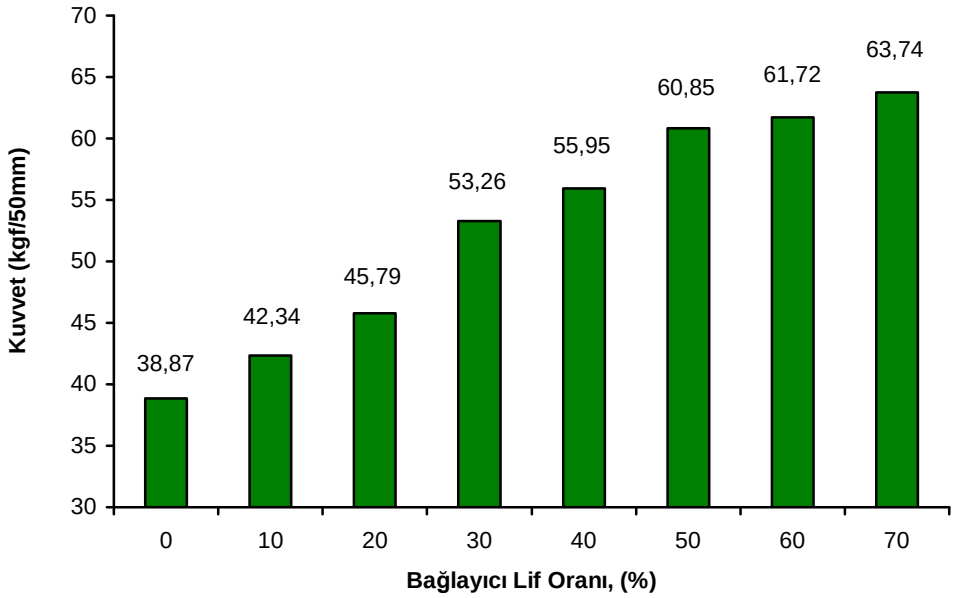
Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların enine yöndeki mukavemet test sonuçları ve kuvvet/uzama grafikleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %40'dan itibaren mukavemet sonuçlarında artış görülmüştür. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında iken, % uzama değerlerinde ciddi bir azalma görülmüştür. Bağlayıcı lif oranı %40 iken, cam leno dokuma kumaş en yüksek kuvvet değerine sahip olduğundan, % uzama değerleri düşük çıkmıştır. Bağlayıcı lif oranı %50, %60 ve %70 olduğunda, bazı örneklerde tülbent esaslı kumaş en yüksek kuvvet değerine

sahip olması sebebiyle %uzama değerlerinde bir miktar, % uzama değerlerinin %cv değerlerinde çok fazla artış meydana geldi.

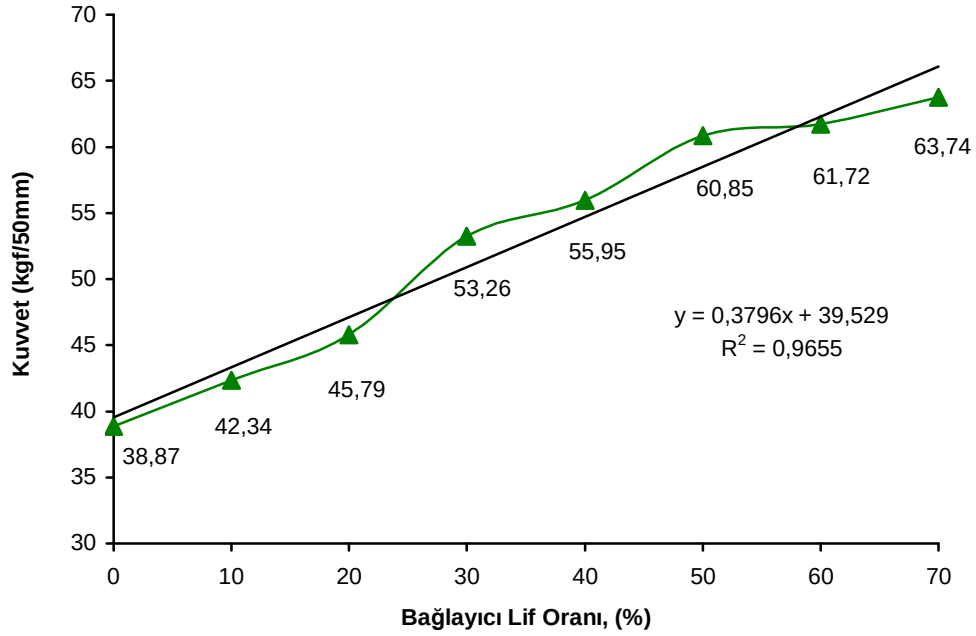
Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların kuvvet/uzama grafikleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda tülbent esaslı kumaşın mukavemetinde bir artış söz konusu değil iken, cam leno dokuma kumaşın mukavemetinde artış olmuştur. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren hem cam leno dokuma kumaşın hem de tülbent esaslı kumaşın mukavemeti artmıştır. Cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş mukavemet testlerinde tam bir kompozit davranışı göstermemiştir. Her iki kumaşta ayrı kuvvet/uzama davranışı göstermiştir.

Kuvvet/uzama grafiklerinde en dikkat çekici noktalar, cam leno dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı kuvvet/uzama davranışı sergilemesi ve bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte, tülbent esaslı kumaşın % uzama değerinin azalmasıdır.

Buradan iki bileşenli polyester lifin cam leno dokuma kumaş ve polyester lif arasında uyumlaştırıcı görevi yapmadığı çok açık görülmektedir.

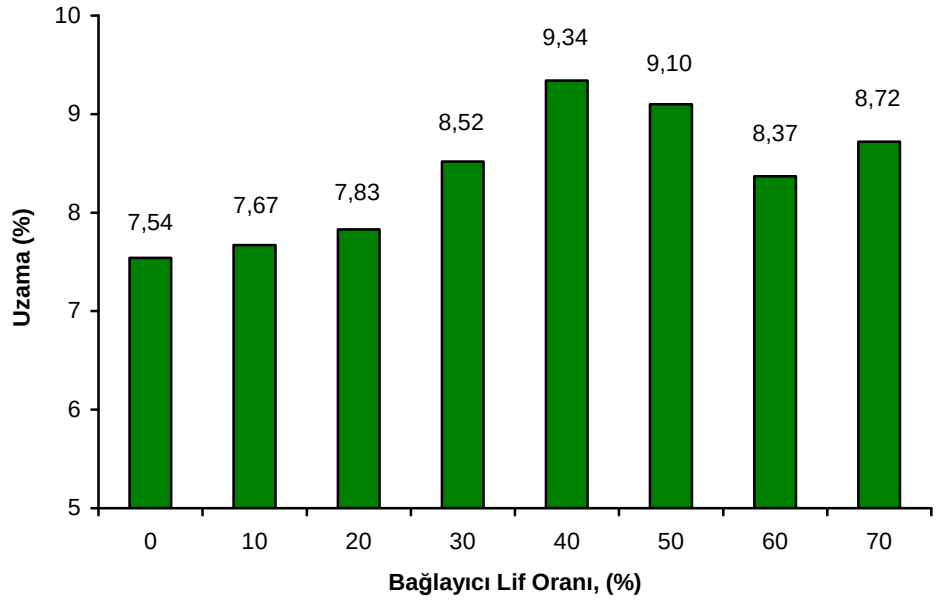


Şekil V.57–PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların MakineYönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet(kgf/50mm)

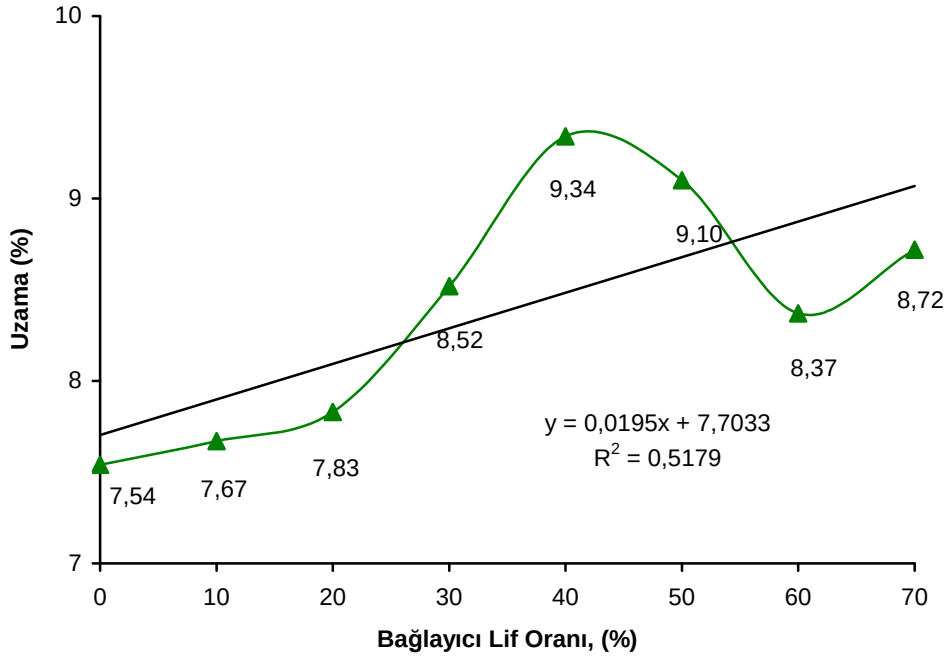


Şekil V.58–PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların MakineYönünde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet(kgf/50mm)

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların makine yönünde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kuvvet değerlerinde sürekli bir artış görülmektedir.

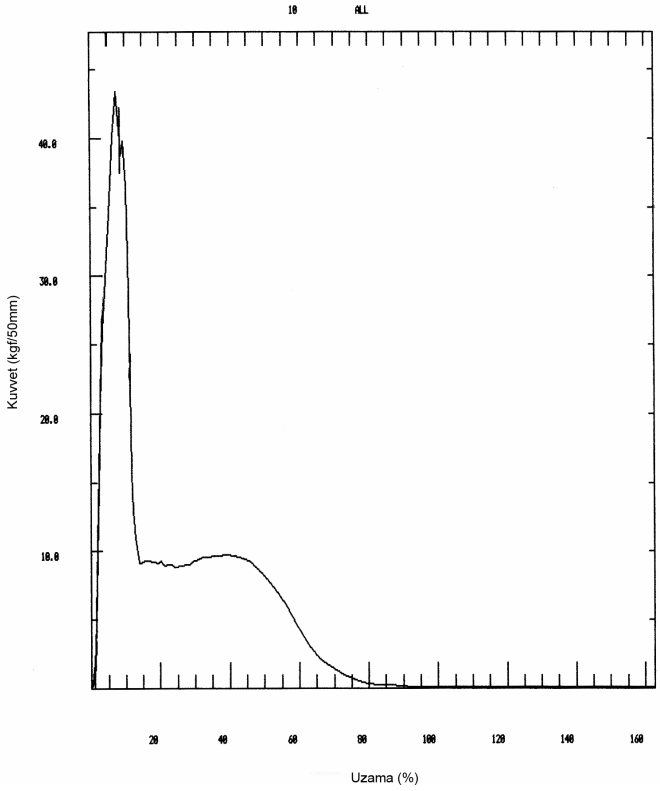


Şekil V.59–PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

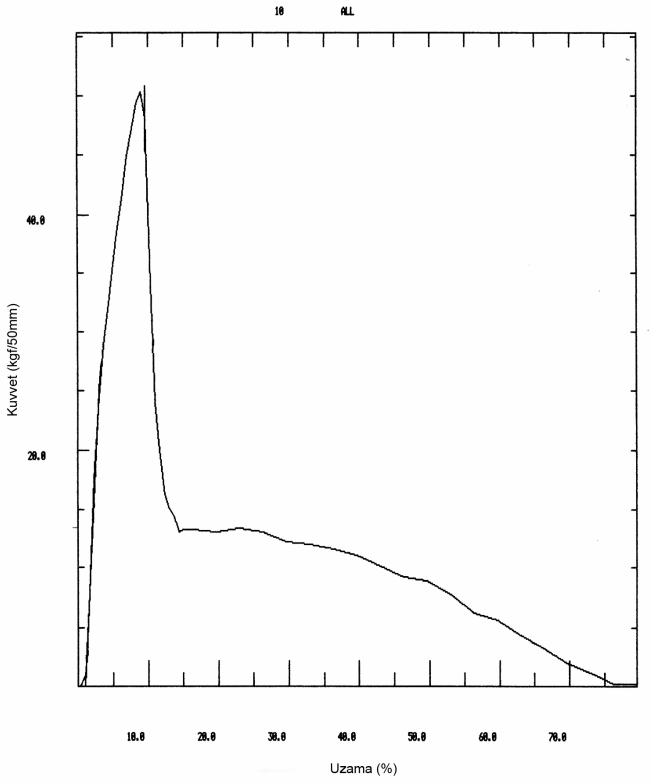


Şekil V.60–PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

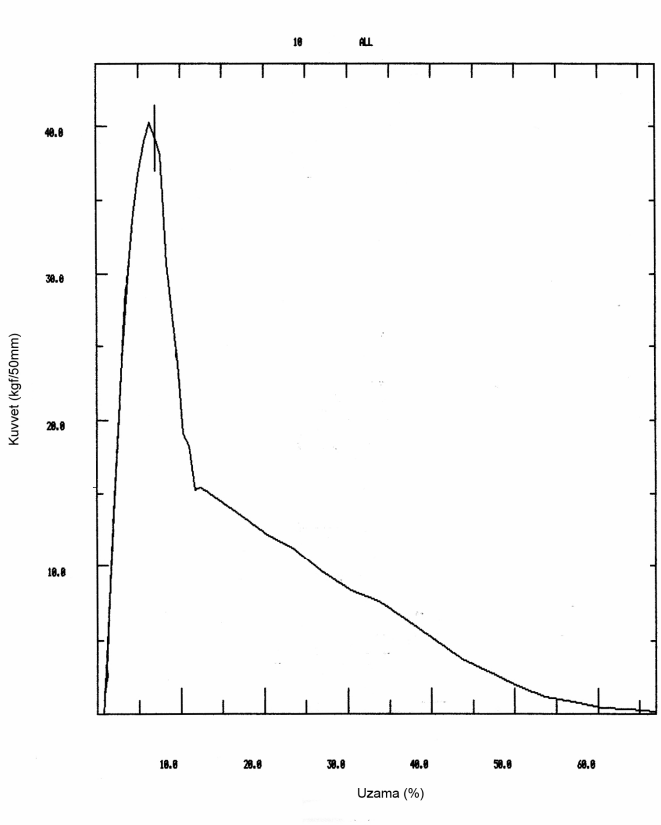
Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların makine yönünde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken, % uzama değerlerinde önce bir artış sonrasında bir azalma görülmektedir. Bunun sebepleri ileriki bölümlerde açıklanmaya çalışılacaktır.



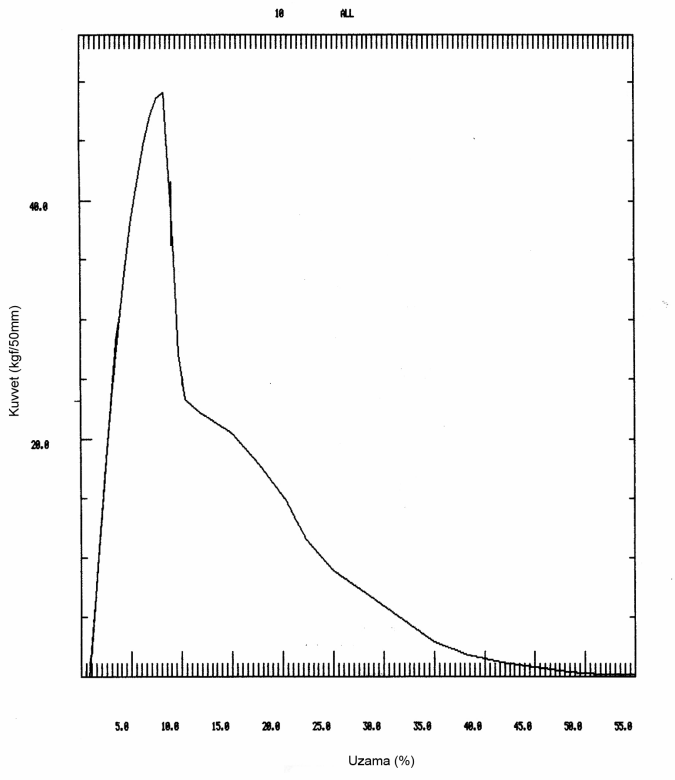
Şekil V.61-PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafikleri-%100 PES



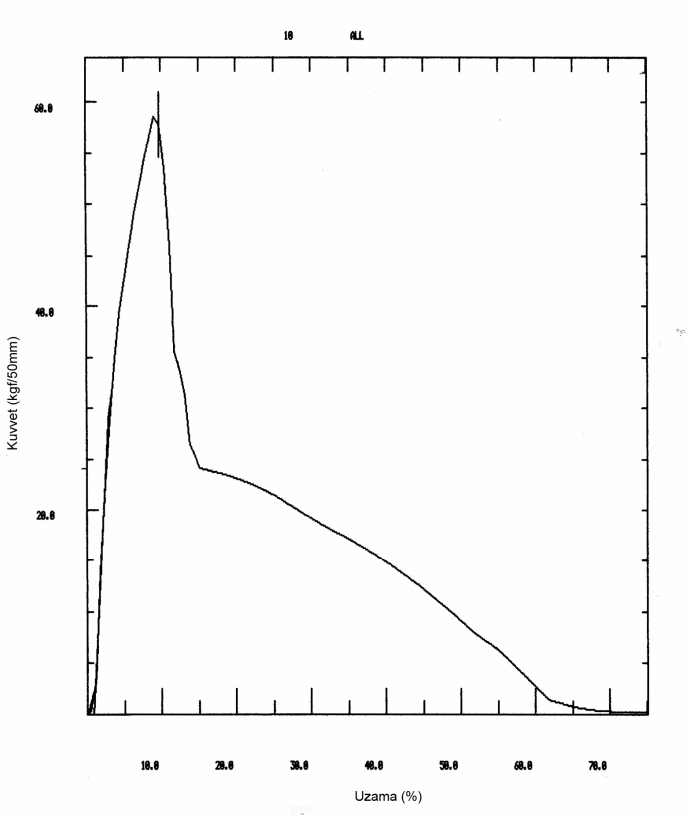
Şekil V.62- PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%90PES-%10Bic.PES



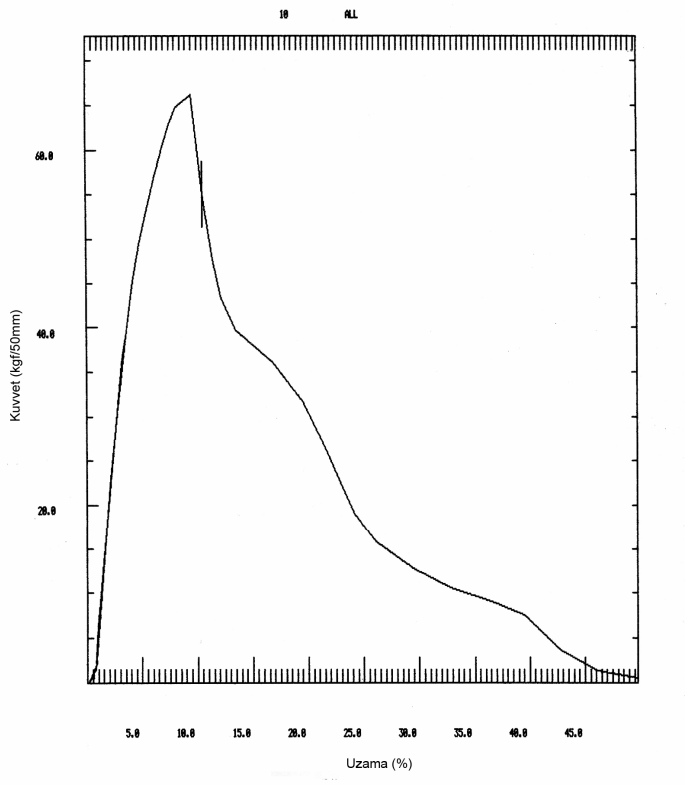
Şekil V.63- PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%80PES-%20Bic.PES



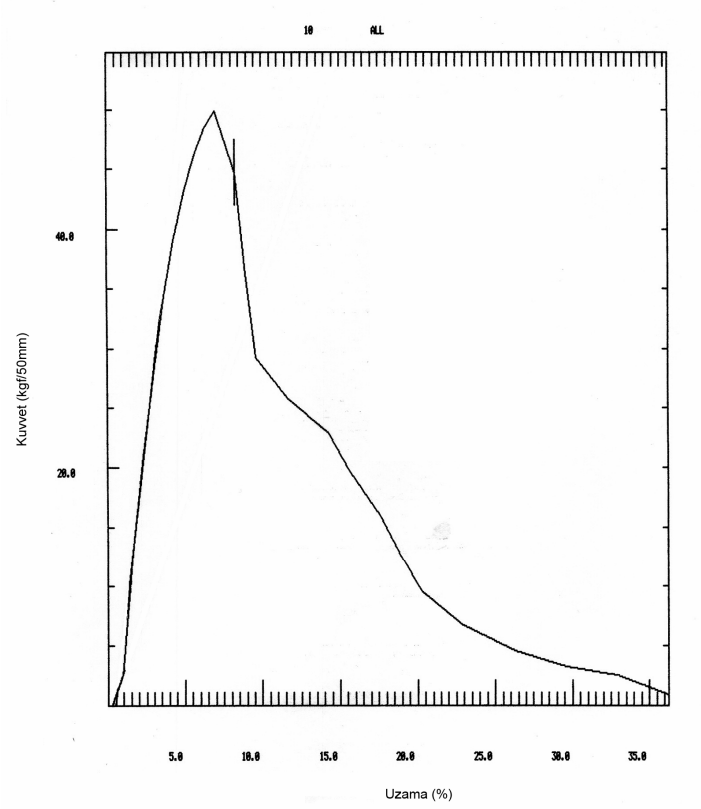
Şekil V.64-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%70PES-%30Bic.PES



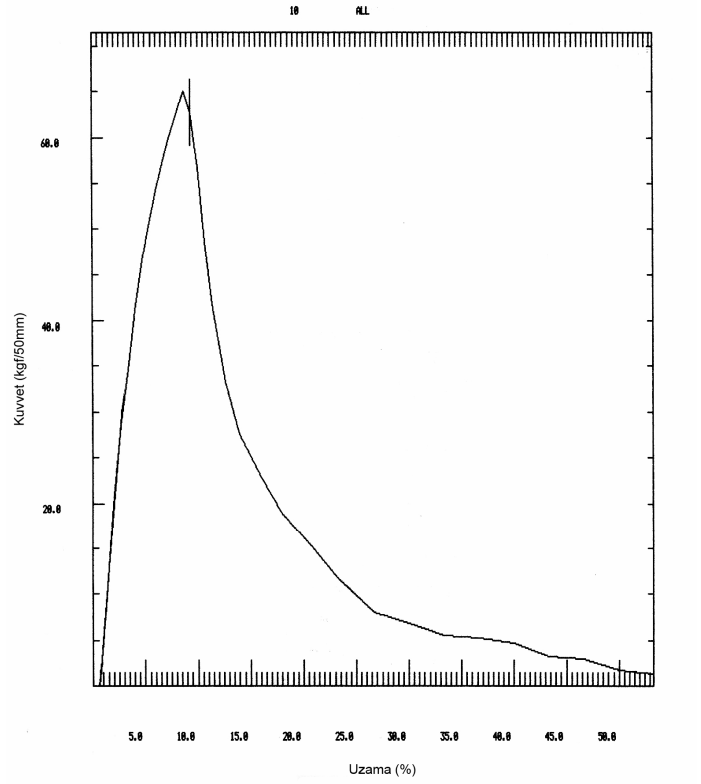
Şekil V.65-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%60PES-%40Bic.PES



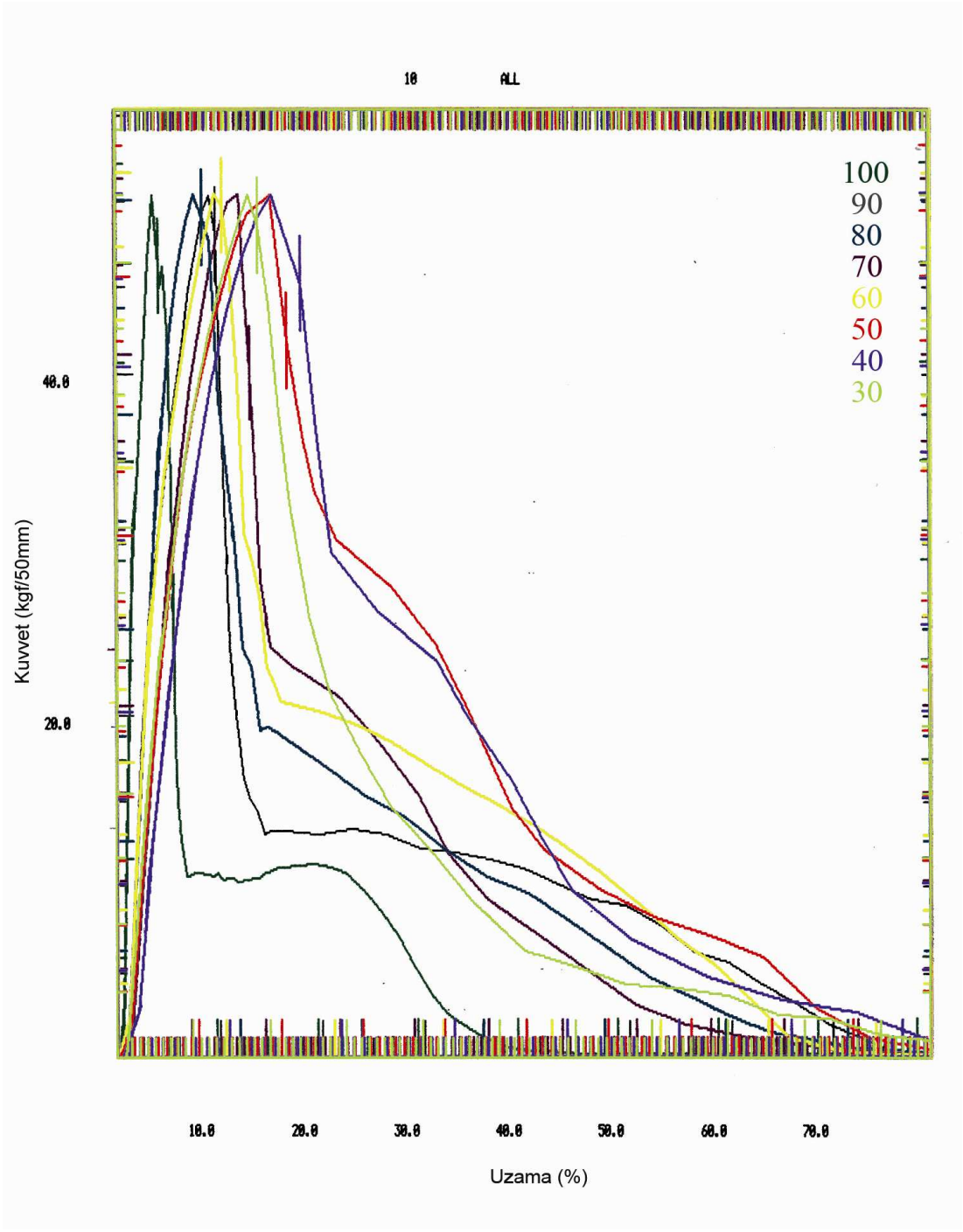
Şekil V.66-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%50PES-%50Bic.PES



Şekil V.67-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%40PES-%60Bic.PES



Şekil V.68-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicom.)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Makine Yönünde Kuvvet/Uzama Grafiği-%30PES-%70Bic.PES



Şekil V.69 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent TakviyeliKompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Mukavemet Grafikleri

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kuvvet değerlerinde sürekli bir artış görülmektedir. En yüksek kuvvetteki % uzama değerleri incelendiğinde ise, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, % uzama değerlerinde artış olmuştur.

Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, kuvvet/uzama eğrilerinden görüleceği gibi tam kompozit yapı elde edilmiştir ve % uzama değerlerinde azalma görülmüştür.

Bu kompozit yapının içerisinde değişen oranlarda polipropilen dokuma kumaş, tülbent esaslı kumaş (nonwoven) ve cam tülbent yer almaktadır. Bu kompozit kumaşın içerisinde polipropilen dokuma kumaş %19-20, tülbent esaslı kumaş %30-%34 ve son olarak cam tülbent %47-%50 gibi değişen oranlarda yer almaktadır.

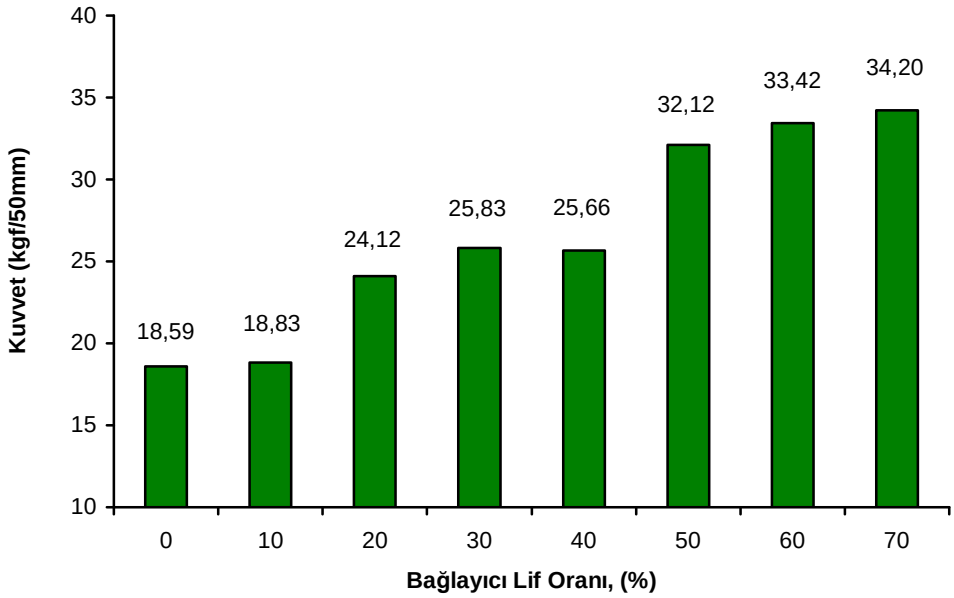
Cam tülbent, cam liflerinin birbirine üzerine biriktirilmesiyle oluşturulduğundan ve dağılmaması için üzerinde yaklaşık %3.5-%5 arasında cam elyafla uyumlu polyester toz bağlayıcı bulunduğundan dolayı herhangi bir mukavemet ve uzama özelliğine sahip değildir. Kompozit yapı içerisinde, cihaz tarafından uygulanan kuvvete tepki gösteren iki materyal bulunmaktadır. Bunlar polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaştır. Kuvvet/uzama eğrilerinden görüleceği gibi, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın kuvvet/uzama davranışı ayrı olarak görülmekteydi. En yüksek kuvvet değerini polipropilen dokuma kumaş almakta idi.

Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, tek bir kuvvet/uzama davranışı görülmüştür ve tam kompozit yapı elde edilmiştir. Buna ilaveten % uzama değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

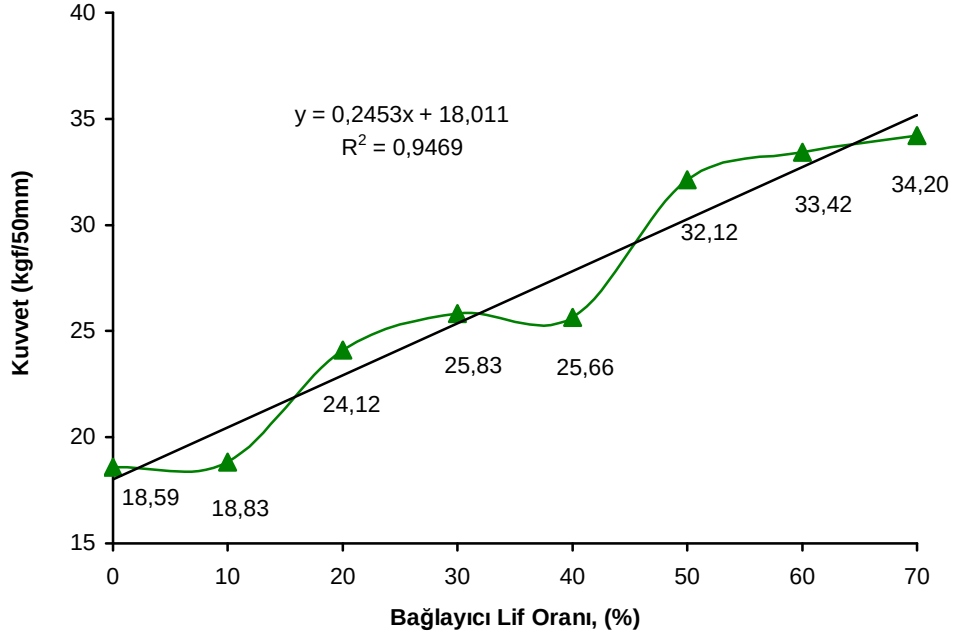
Tablo V.9-PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Makine Yönündeki Kuvvet/Uzama Grafiklerinde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar

Kumaş Türleri PP Dokuma Kumaş Takviyeli		**Kompozit İçerisinde Dokuma Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Fark (%)**
%100				
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**38.87** 5.71 14.69	**13.08** 4.82 36.85	**197.17**
%90/10				
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**42.34** 5.67 13.39	**16.25** 2.00 12.31	**160.55**
%80/20				
%80 PES % 20 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**45.79** 4.39 9.59	**20.26** 3.40 16.78	**126.01**
%70/30				
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**53.26** 5.70 10.70	**22.82** 3.72 16.30	**133.39**
%60/40				
%60 PES %40 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**55.95** 3.18 5.68	**24.24** 1.75 7.22	**130.81**

Yukarıdaki tablo, kuvvet/uzama grafiklerinden polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvet değerleri hesaplanarak oluşturulmuştur. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, hem polipropilen dokuma kumaşın hem de tülbent esaslı kumaşın mukavemetine ilaveten iki kumaş arasındaki fark da artmıştır. Başlangıçta kompozit yapının içerisindeki dokuma kumaşın mukavemeti tülbent esaslı kumaştan %197.17 oranında fazla idi. Bağlayıcı lif oranının artmasıyla bu oran giderek azaldı. Bağlayıcı lif oranı %50 ve üzerine çıktığında, tam kompozit yapı meydana gelmiştir. Tek bir kuvvet/uzama davranışı görülmüştür.



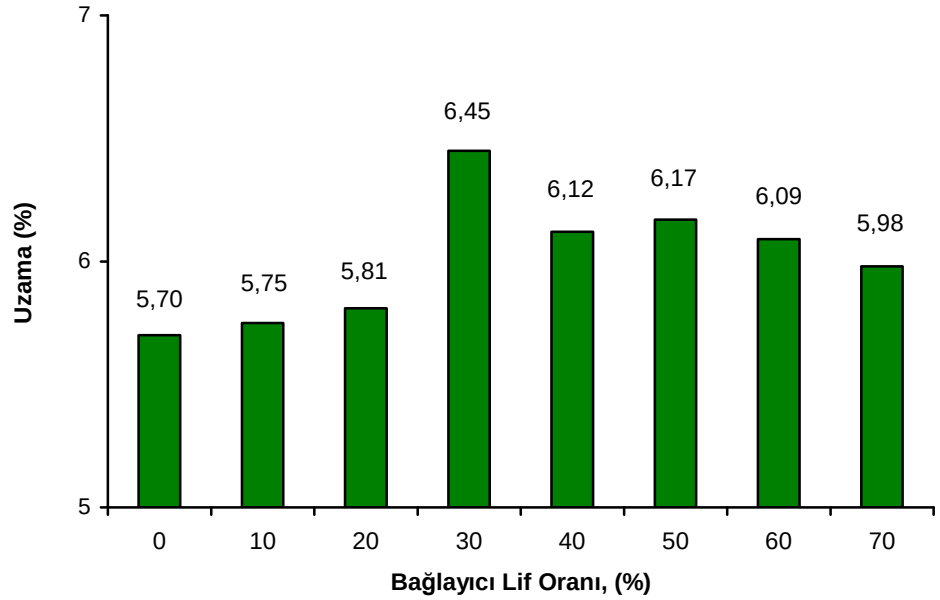
Şekil V.70–PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bikomponent)Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)



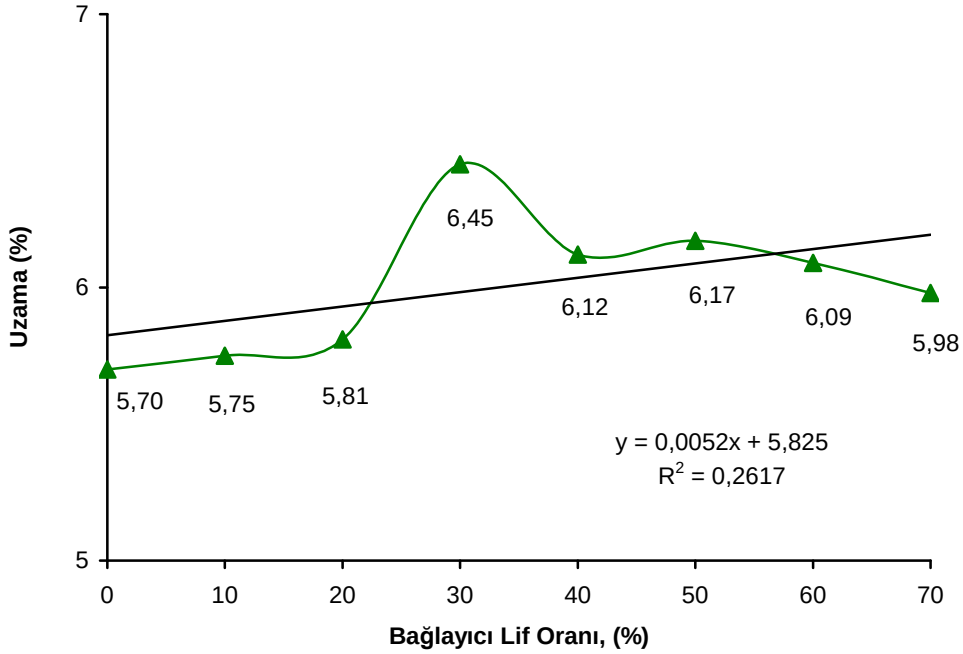
Şekil V.71–PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kuvvet değerlerinde

sürekli bir artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren, kuvvet değerlerinde daha yüksek bir artış görülmüştür.

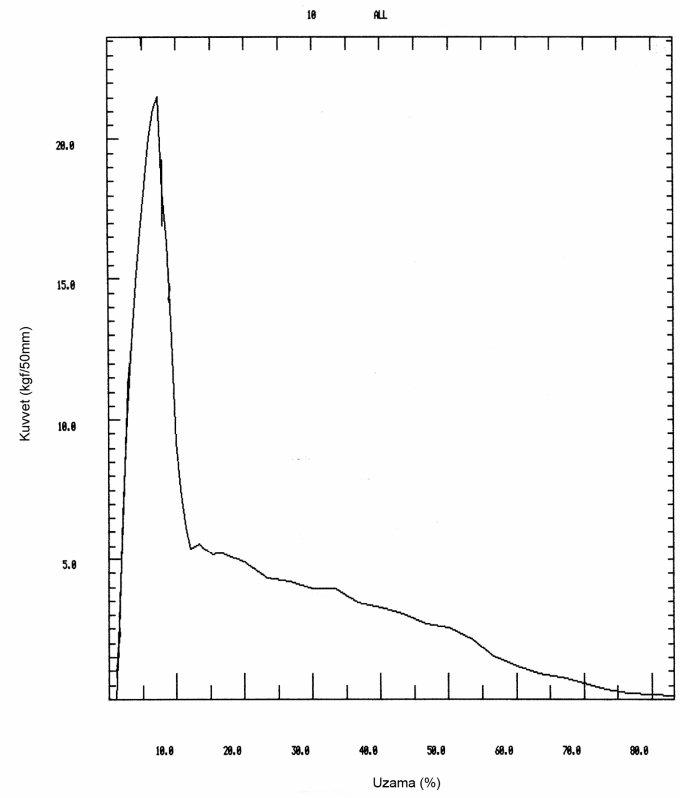


Şekil V.72–PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

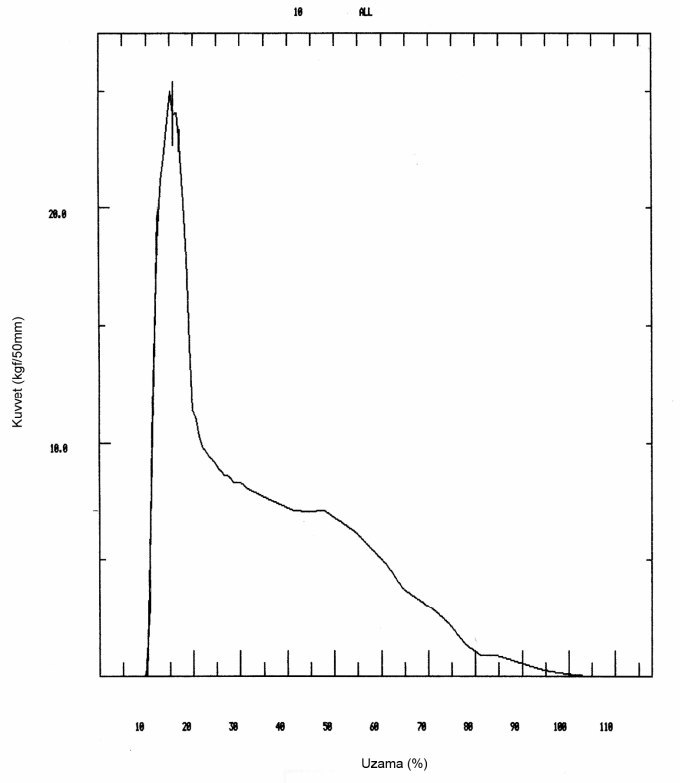


Şekil V.73–PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Mukavemet Test Sonuçları, Uzama (%)

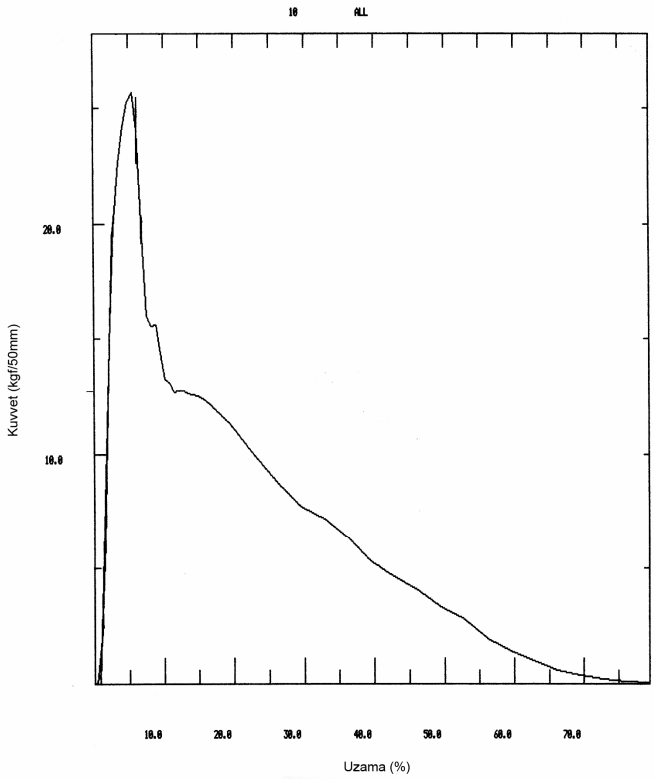
Bu kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında iken, % uzama değerlerinde önce bir artış sonrasında azalma görülmektedir. Sonuçlar ileride açıklanacaktır.



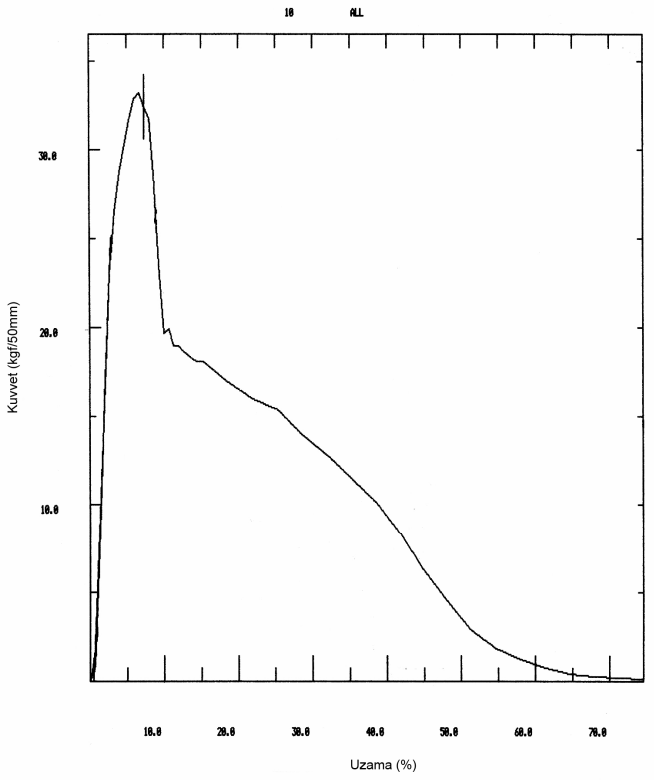
Şekil V.74-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği -%100PES



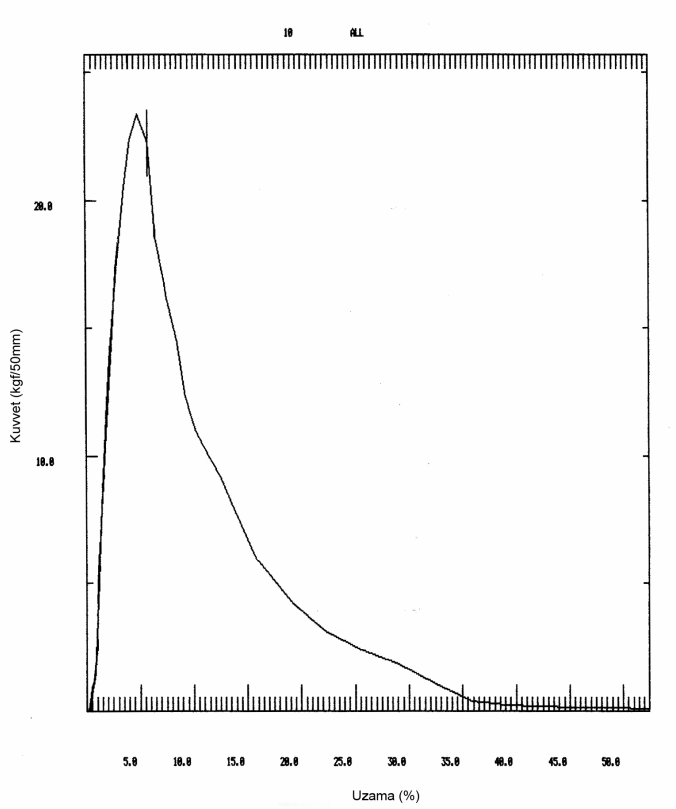
Şekil V.75-PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%90PES-%10Bic.PES



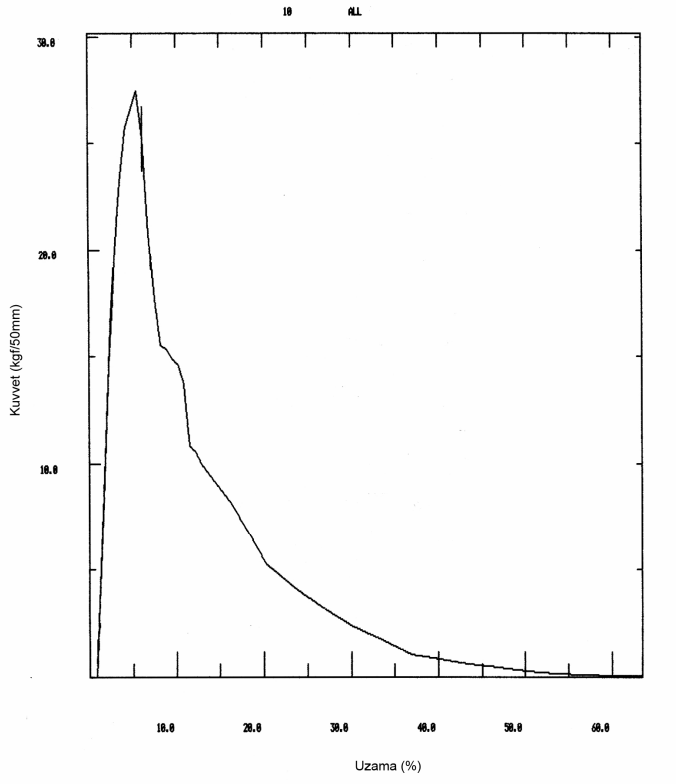
Şekil V.76 - PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%80PES-%20Bic.PES



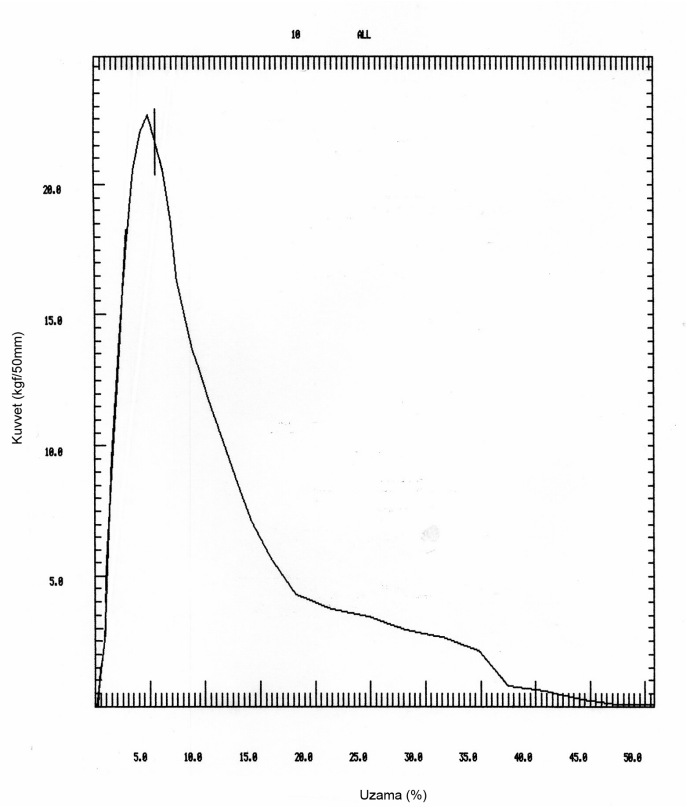
Şekil V.77- PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%70PES-%30Bic.PES



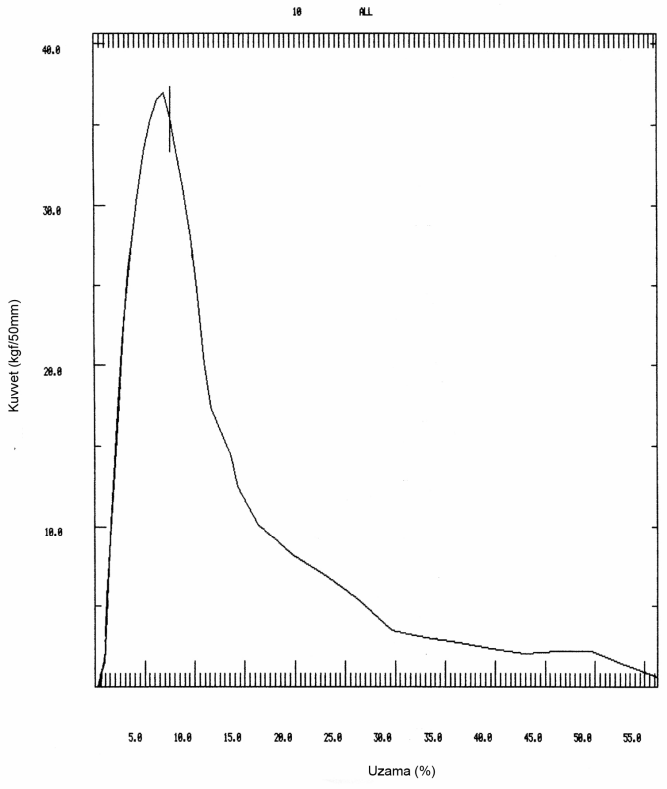
Şekil V.78 - PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%60PES-%40Bic.PES



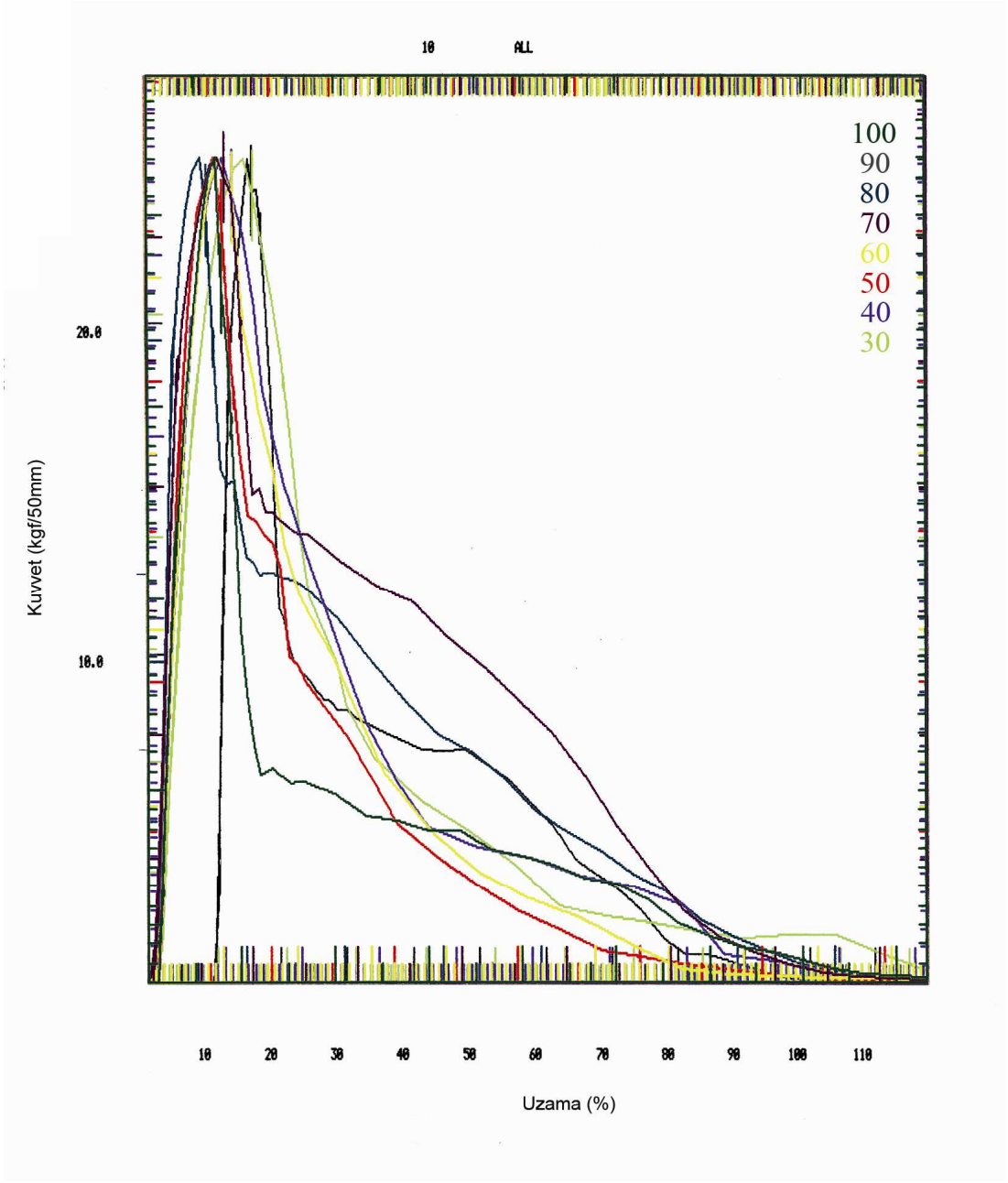
Şekil V.79 - PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%50PES-%50Bic.PES



Şekil V.80 - PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%40PES-%60Bic.PES



Şekil V.81 - PPDokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiği-%30PES-%70Bic.PES



Şekil V.82 – PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Mukavemet Grafikleri

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kuvvet değerlerinde sürekli bir artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren kuvvet değerlerinde daha büyük bir artış olmuştur.

En yüksek kuvvetteki % uzama değerleri incelendiğinde ise, bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda, % uzama değerlerinde artış olmuştur. Bağlayıcı lif oranı %40 olmasından itibaren kuvvet/uzama eğrilerinden görüleceği gibi tam kompozit yapı elde edilmiştir ve % uzama değerlerinde azalma görülmüştür.

Kuvvet/uzama eğrilerinden görüleceği gibi, bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda, polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın kuvvet/uzama davranışı ayrı olarak görülmekteydi. En yüksek kuvvet değerini polipropilen dokuma kumaş almakta idi.

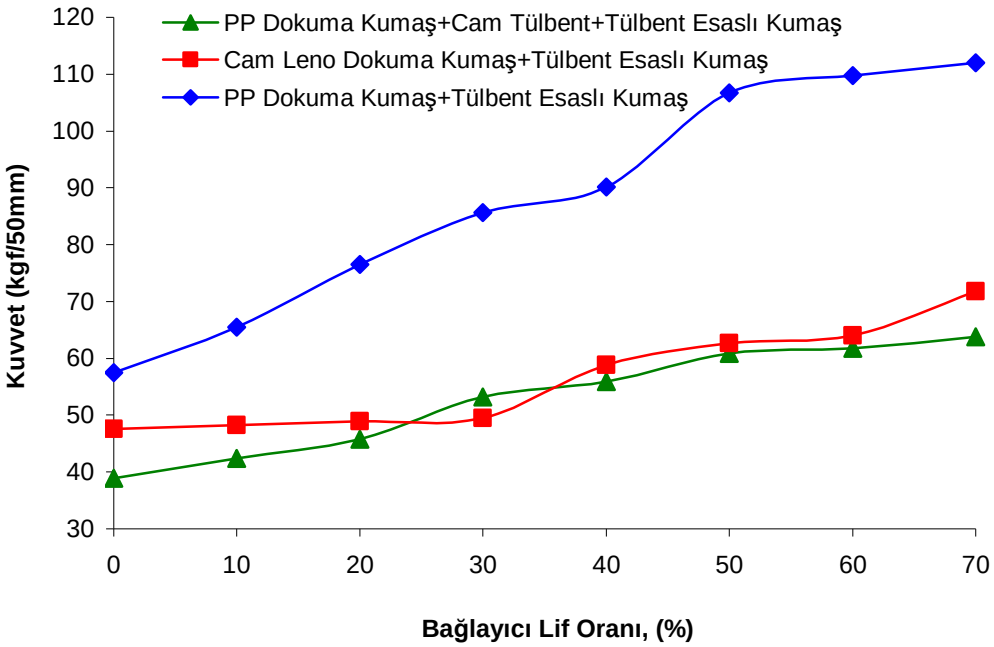
Bağlayıcı lif oranı %40 ve üzerine çıktığında, tek bir kuvvet/uzama davranışı görülmüştür ve tam kompozit yapı elde edilmiştir. Buna ilaveten genel olarak % uzama değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Polipropilen dokuma kumaş ve cam tülbent takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların içerisindeki polipropilen dokuma kumaşın ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvet değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

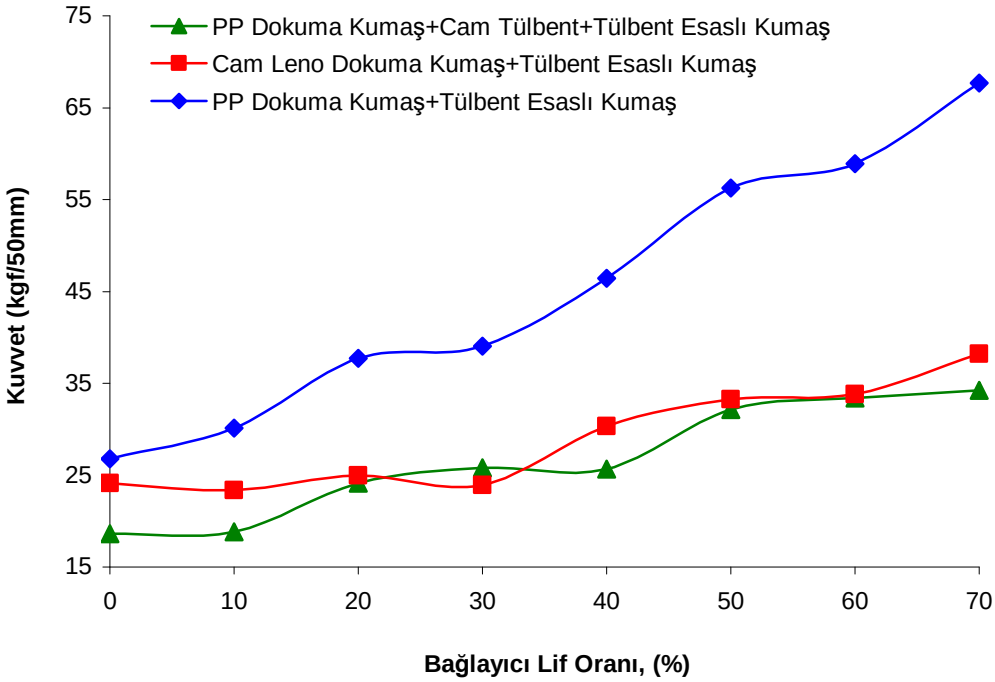
Tablo V.10-Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Enine Yönde Kuvvet/Uzama Grafiklerinde PP Dokuma Kumaş ve Tülbent Esaslı Kumaş Arasındaki Farklar

Kumaş Türleri **PP Dokuma Kumaş** **Takviyeli**		**Kompozit İçerisinde Dokuma Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Kompozit İçerisinde Tülbent Esaslı Kumaş Mukavemeti Kuvvet - (kgf/50mm)**	**Fark (%)**
%100				
%100 PES %0 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**18.59** 2.98 16.03	**6.87** 2.30 33.48	**170.59**
%90/10				
%90 PES %10 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**18.83** 5.12 27.20	**7.46** 3.25 43.57	**152.41**
%80/20				
%80 PES %20 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**24.12** 3.65 15.13	**13.48** 1.88 13.95	**78.93**
%70/30				
%70 PES %30 İki Bileşenli PES	Ort. s %cv	**25.83** 3.88 15.02	**14.63** 3.30 22.56	**76.55**

Yukarıdaki tablo, kuvvet/uzama grafiklerinden polipropilen dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaşın ayrı ayrı en yüksek kuvvet değerleri hesaplanarak oluşturulmuştur. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda, hem polipropilen dokuma kumaşın hem de tülbent esaslı kumaşın mukavemeti artmıştır. Başlangıçta kompozit yapının içerisindeki dokuma kumaşın mukavemeti tülbent esaslı kumaştan %170.59 oranında fazla idi. Bağlayıcı lif oranının artmasıyla bu oran giderek azaldı. Bağlayıcı lif oranı %40 ve üzerine çıktığında, tam kompozit yapı meydana gelmiştir. Tek bir kuvvet/uzama davranışı görülmüştür.



Şekil V.83 – Kompozit Kumaşların Makine Yönünde Toplu Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)



Şekil V.84– Kompozit Kumaşların Enine Yönde Toplu Mukavemet Test Sonuçları, Kuvvet (kgf/50mm)

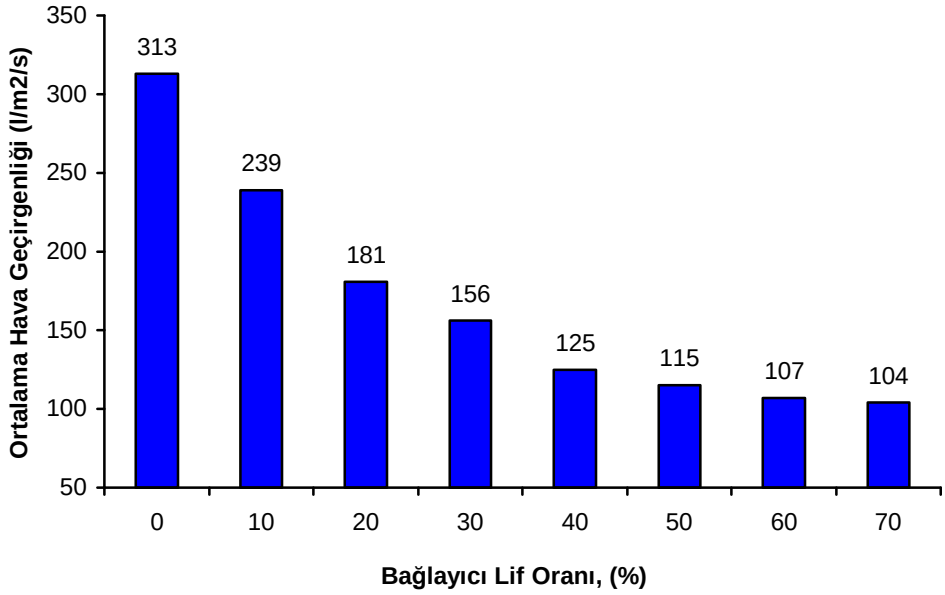
Kompozit kumaşların makine yönünde ve enine yönde mukavemet test sonuçları incelendiğinde, ilk olarak bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte tüm kompozit kumaşların kuvvet değerlerinde artış olmuştur, ikinci olarak polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kumaş açık farkla en yüksek kuvvet değerine sahip olmuştur.

Polipropilen dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaş birbiri ile iyi bir kompozit yapı oluşturmuştur. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşta, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte düzenli bir kuvvet artışı olduğu görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %50 olmasından itibaren tam kompozit yapı elde edilmiştir. Bu orandan itibaren kuvvet değerleri ciddi oranda artmıştır. Bu noktada iki bileşenli (bicomponent) polyester lif, özellikle %40 oranında ilave edilmesinden itibaren polipropilen dokuma kumaş ve taşıyıcı polyester lif arasında iyi bir uyumlaştırıcı görevi yapmıştır.

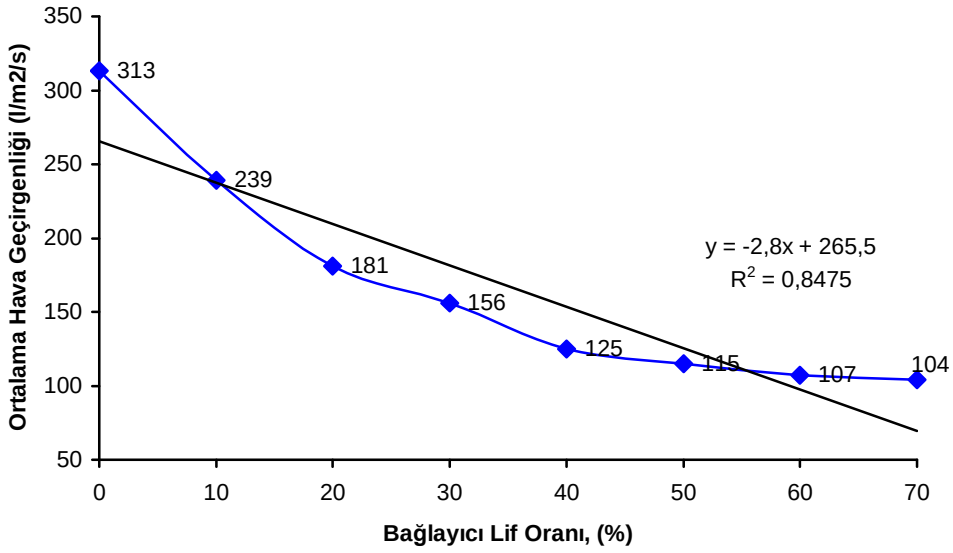
Mukavemet testlerinde, cam leno dokuma kumaş ile tülbent esaslı kumaşın arasında iyi bir uyum olmadığı görüldü. Bu kumaşta kuvvet değerleri bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte yükseldi, buna karşın çok düşük kaldı. Cam leno dokuma kumaşın gözenekli yapıda olması ve uzama özelliğinin düşük olması sebebiyle tülbent esaslı kumaş ile tam bir kompozit yapı oluşturamadı. İki bileşenli (bicomponent) polyester lifi, cam leno dokuma kumaş ve taşıyıcı polyester lif arasında uyumlaştırıcı vazifesi yapamadı.

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşın kuvvet değerleri diğer kompozit kumaşlar ile karşılaştırıldığında düşük seviyede kaldı. Bunun sebebi kompozit kumaşın içerisinde tülbent esaslı kumaşın oranının (%30-%34) az olması idi.

V.2 Hava Geçirgenliği Testi



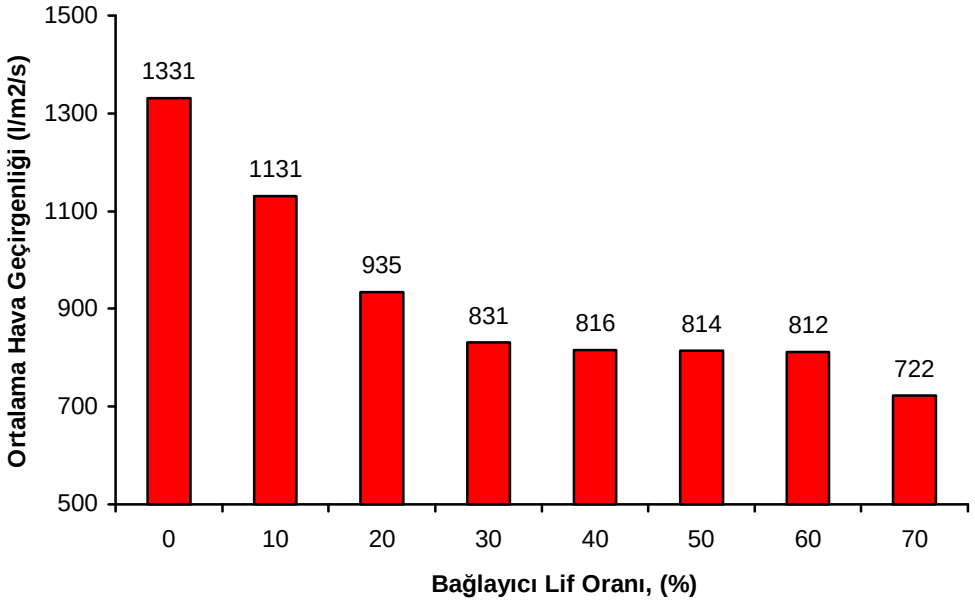
Şekil V.85-Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)



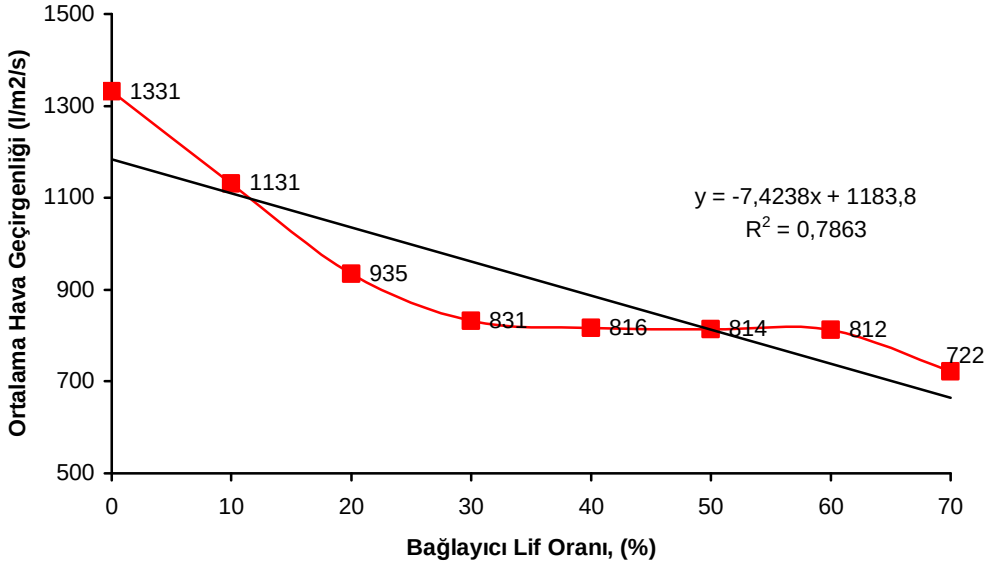
Şekil V.86 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

Bu kumaşların yaklaşık olarak %19 ile %21'lik kısmını polipropilen dokuma kumaş, %79 ile %81'lik kısmını ise bağlayıcı lif (bicomponent lif) ile taşıyıcı lif içeren tülbent esaslı kumaş oluşturmaktadır. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının (bicomponent)

artışı ile birlikte kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin azaldığı açıkça görülmektedir. Buna ilaveten, bağlayıcı lif oranı arttığında, kompozit kumaşların hava geçirgenlik değerleri arasındaki fark da azalmaktadır. Bağlayıcı lif oranı %40 ve üzerine çıktığında kompozit kumaşların hava geçirgenlik değerleri birbirlerine çok yaklaşmıştır.



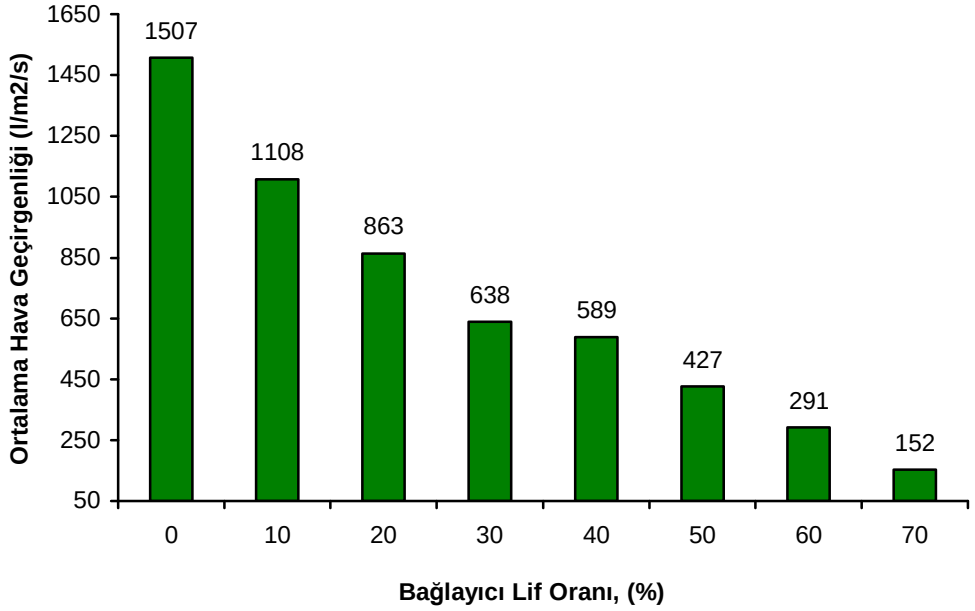
Şekil V.87-Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)



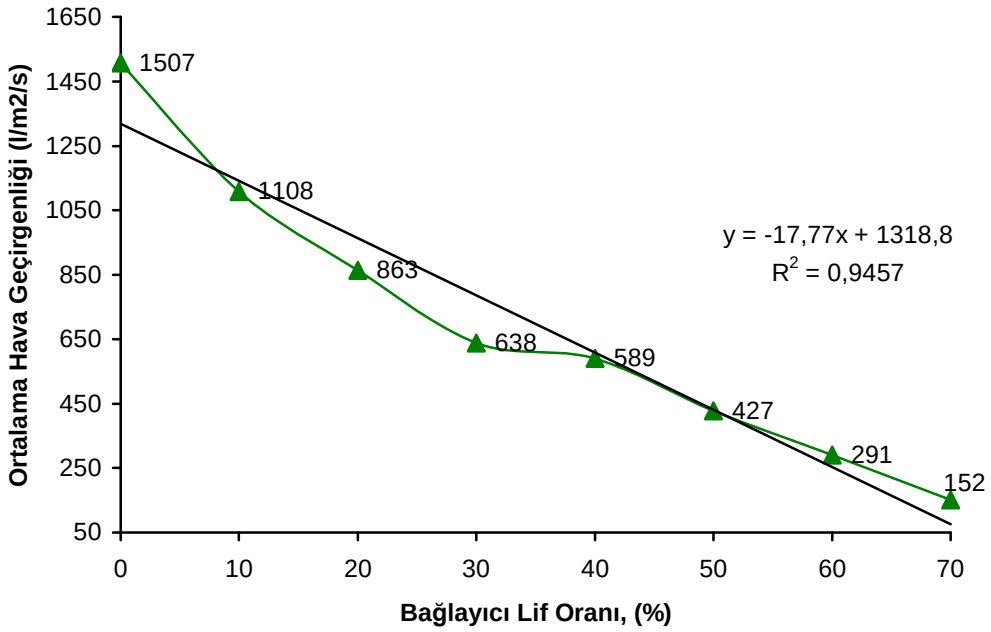
Şekil V.88 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

Bu kumaşların yaklaşık olarak %20 ile %22'lik kısmını cam leno dokuma kumaş, %78 ile %80'lik kısmını ise bağlayıcı lif ile taşıyıcı lif içeren tülbent esaslı

kumaş oluşturmaktadır. Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının (iki bileşenli lif) artışı ile birlikte kompozit kumaşların hava geçirgenlik değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %30 ve üzerine çıktığında, kompozit kumaşların hava geçirgenlik değerleri arasındaki fark da azalmaktadır.

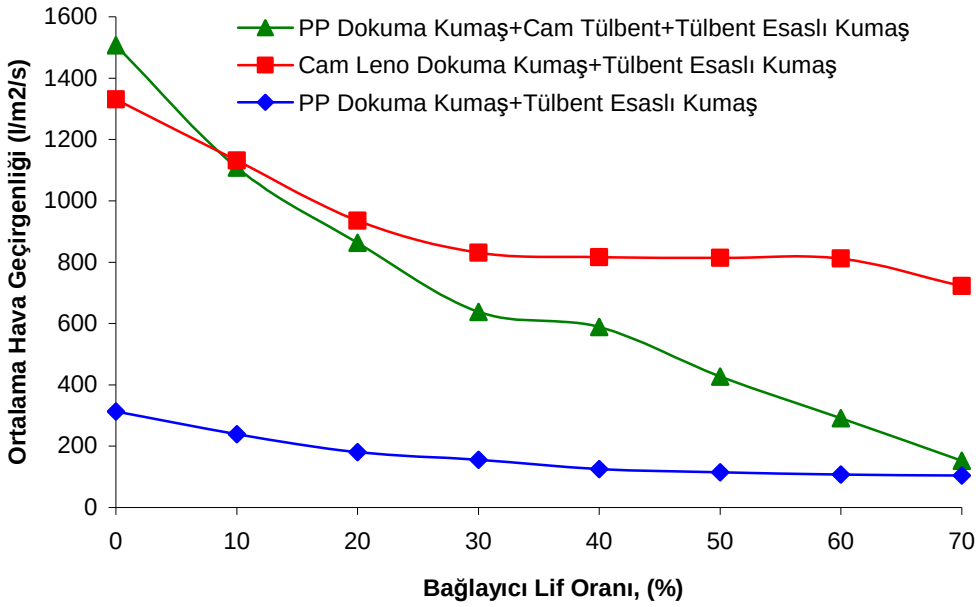


Şekil V.89-Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)



Şekil V.90-Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği Test Sonuçları (l/m^2/s)

Bu kumaşların yaklaşık olarak %19 ile %20'lik kısmını polipropilen dokuma kumaş, %47 ile %50'luk kısmını cam tülbent malzemesi son olarak %30 ile %34'lük kısmını ise polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kumaş oluşturmaktadır. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif (iki bileşenli lif) oranının artışı ile kumaşların hava geçirgenlik değerleri sürekli olarak azalmıştır. Diğer kompozit kumaşlara kıyasla bu kompozit kumaşta polyester/iki bileşenli (bicomponenet) polyester içeren tülbent esaslı kumaş miktarının daha az olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla iki bileşenli polyester miktarı (bağlayıcı lif) diğer kompozit kumaşlardan daha azdır.

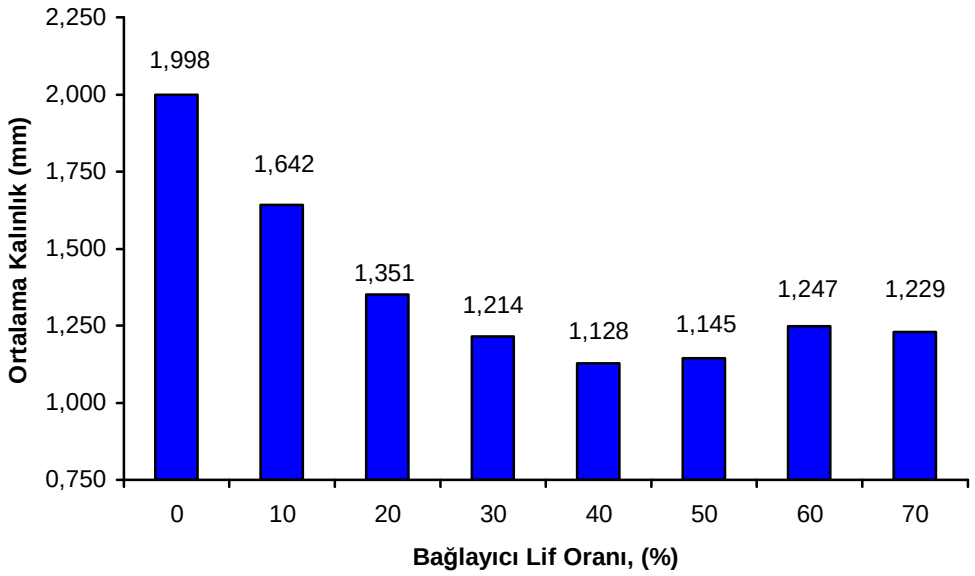


Şekil V.91 – Kompozit Kumaşların Hava Geçirgenliği (l/m^2/s) Toplu Test Sonuçları

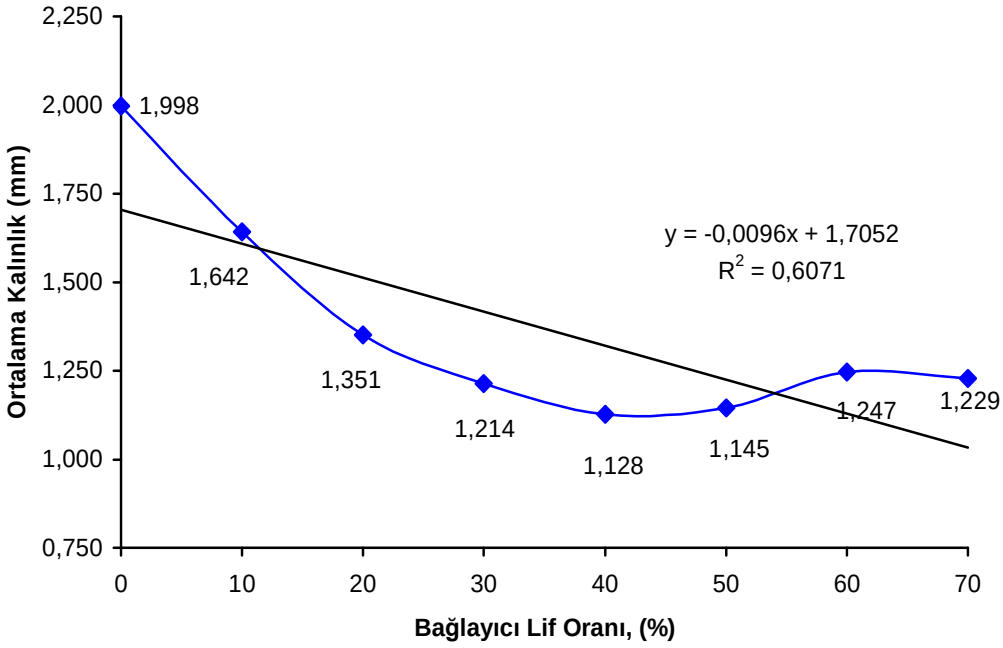
Hava geçirgenliği test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif (iki bileşenli lif) oranının artışı ile birlikte, tülbent esaslı kompozit kumaşların tümünün birim zamanda ve alanda hava geçirgenlik değerleri azalmıştır. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kumaşlar en düşük hava geçirgenlik değerine sahip olmuştur. Grafikler incelendiğinde yeterli oranda bağlayıcı lif (iki bileşenli lif) ve polipropilen dokuma kumaşın hava geçirgenlik değerini azalttığı görülmektedir. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponenet) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta, bağlayıcı lif oranı (bağlayıcı lif) %40'ın üzerine çıktığında, hava geçirgenlik değerleri arasındaki fark da azalmıştır. Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşın, birim zamanda ve birim alanda en fazla hava geçiren kompozit malzeme

olduğu görülmüştür. Cam leno dokuma kumaşın çok seyrek olması ve tülbent esaslı kumaş ile cem leno dokuma kumaşın iyi bir kompozit yapı oluşturamaması ve iki bileşenli lifin cam leno dokuma kumaş ve polyester lifi arasında uyumlaştırıcı etki gösterememesi sebebiyle, hava geçirgenlik değerleri diğer kumaşlara göre daha yüksektir. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponenet) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşta bulunan bağlayıcı lif miktarı (iki bileşenli lif) diğer kumaşlara göre daha az olduğundan, hava geçirgenlik değerleri ilk başlarda yüksek idi. Ancak bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte diğer kumaşlarla arasındaki fark da azalmıştır.

V.3. Kalınlık Testi



Şekil V.92–Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları

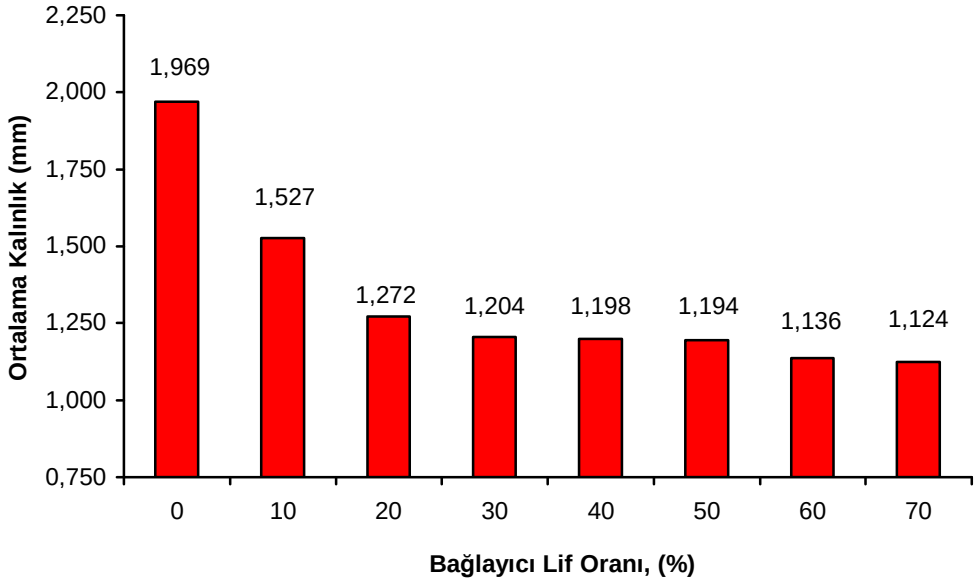


Şekil V.93– Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponenet) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları

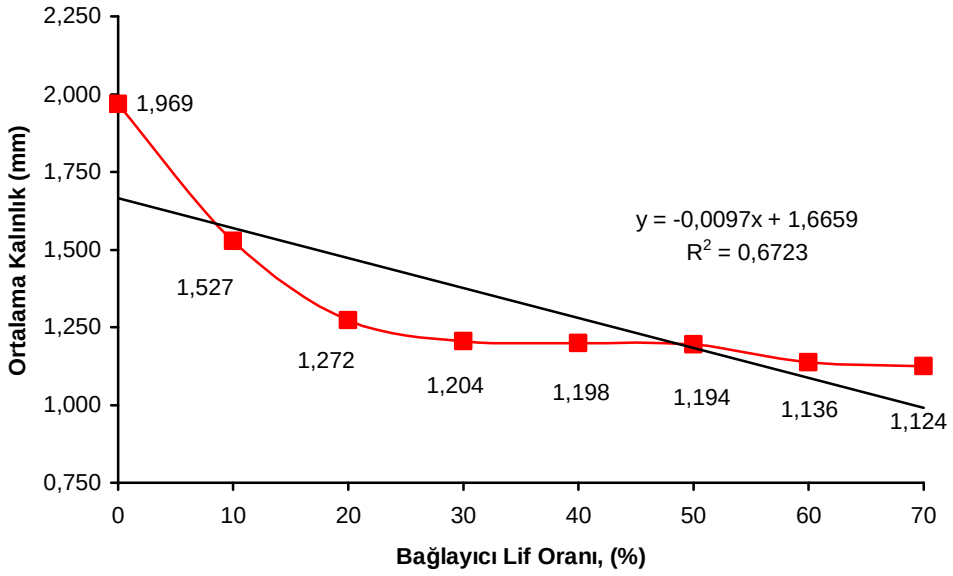
Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların kalınlık test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı %40 seviyesine kadar kompozit kumaşın kalınlığında azalma görülmüştür. Bağlayıcı lif oranı %40'ın üzerine çıktığında kompozit kumaşın

kalınlığında bir artış olmuştur. Bu artışın sebebi, bağlayıcı lif oranın artmasıyla birlikte kompozit kumaşın oluşturan tülbent esaslı kumaşın en ve boyca çekmesi (toplaması) idi. Bu çekme sonucunda kompozit kumaşın kalınlığı artmıştır.

Kompozit kumaşın üretiminde, öncelikle taşıyıcı lif ve bağlayıcı lif (iki bileşenli lif) belirli oranlarda karıştırılıp harman yapılarak tülbent esaslı kumaş üretilmiştir. Tülbent esaslı kumaş sonraki aşamada polipropilen dokuma kumaşla iğneleme teknolojisiyle birleştirilmiştir. Polipropilen dokuma kumaş ortada kalacak şekilde kompozit yapı üretilmiştir. Ancak kompozit kumaşın bir tarafında diğer tarafına kıyasla daha fazla tülbent esaslı kumaş yer almıştır. Bağlayıcı lif oranı arttığında, %40 rakamının üzerine çıktığında, ısı ile bağlama işlemi sırasında, polipropilen dokuma kumaşın karşı koymasına rağmen, tülbent esaslı kumaşın enden ve boydan çekmek istemesi sebebiyle, polipropilen dokuma kumaşın üzerinde tülbent esaslı kumaş toplanmıştır ve sonuç olarak kompozit kumaşın kalınlığı artmıştır. Bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtiğinde kompozit kumaşın üst yüzeyinde pütürlü, engebeli bir görüntü oluşmuştur.

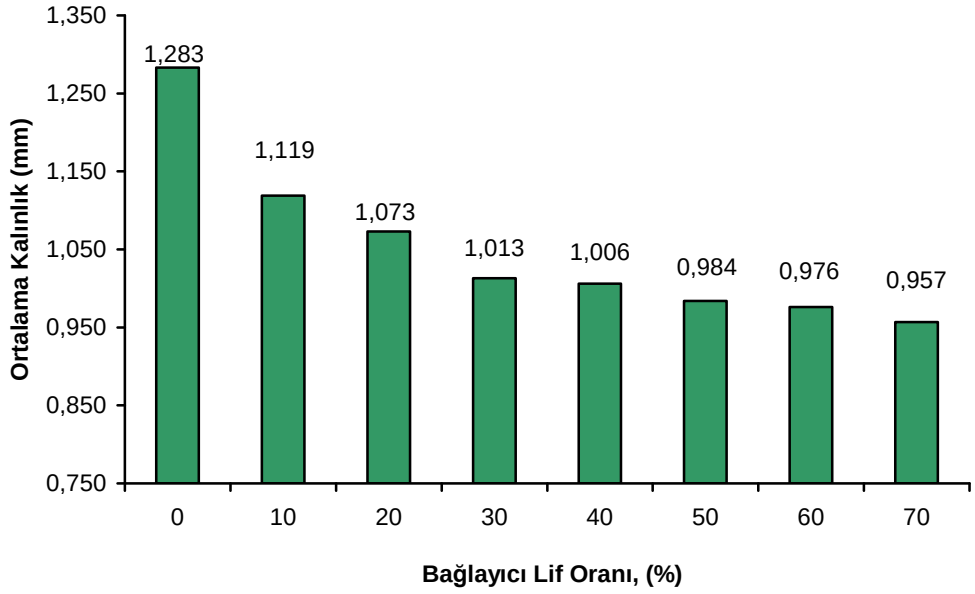


Şekil V.94 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

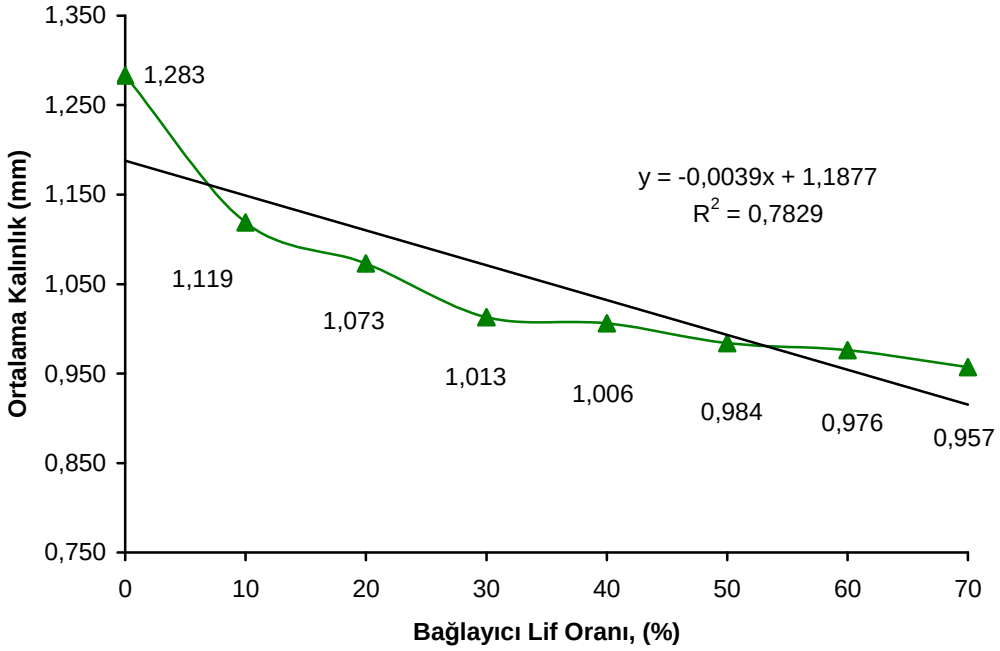


Şekil V.95 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların kalınlık test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte, kalınlık değerlerinin sürekli olarak azaldığı çok net bir şekilde görülmektedir. Özellikle bağlayıcı lif oranı %30'a kadar kalınlıkta azalma çok hızlı olmuştur. Bağlayıcı lif oranı %30'u geçtiğinde, kompozit kumaşların kalınlık değerleri arasındaki fark azalmıştır, ancak kalınlık değerlerindeki düşüş devam etmiştir. Cam leno dokuma kumaşın gözenekli yapıda ve sıklığının çok düşük olması gibi sebeplerle, diğer polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponenet) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta olduğu gibi bağlayıcı lif oranının %40'ın üzerine çıkmasıyla birlikte kalınlıkta herhangi bir artış görülmemiştir.

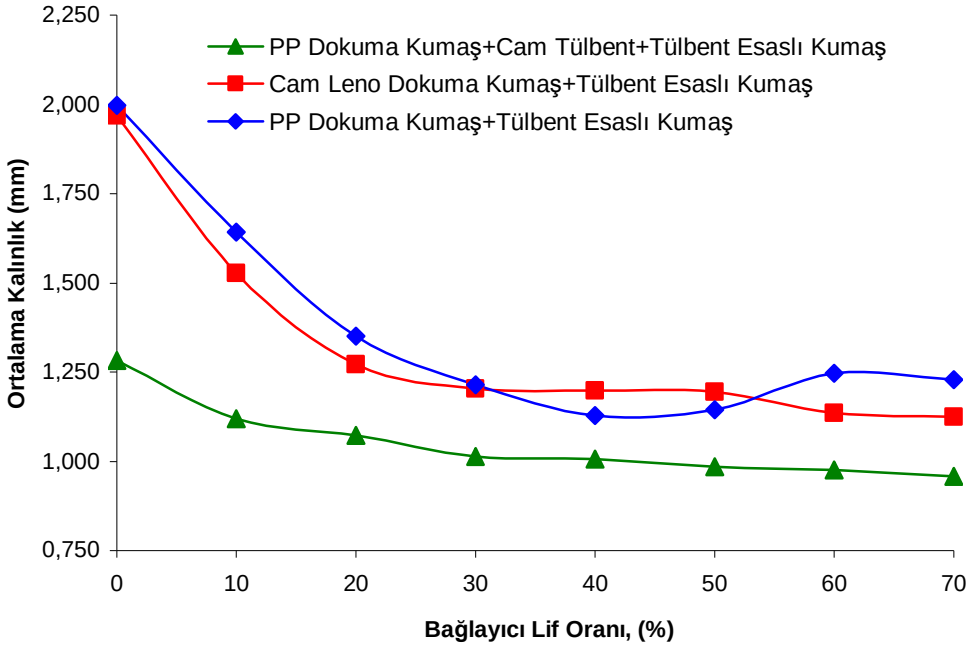


Şekil V.96-Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)



Şekil V.97- Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Kalınlık Test Sonuçları (mm)

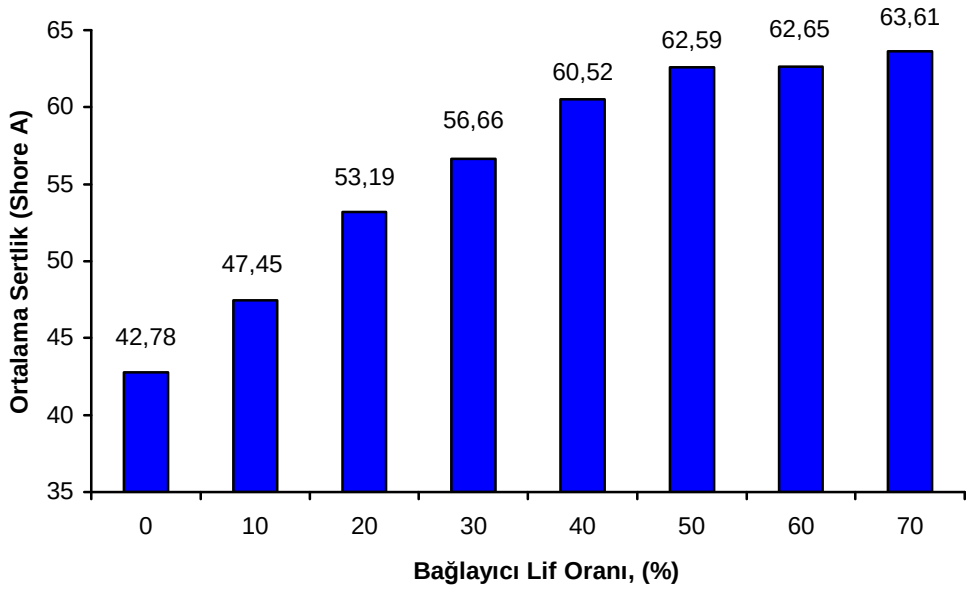
Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların kalınlık test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte kumaşların kalınlıklarında azalma meydana gelmiştir. Kalınlıklardaki azalma sürekli olarak aynı oranda gerçekleşmiştir.



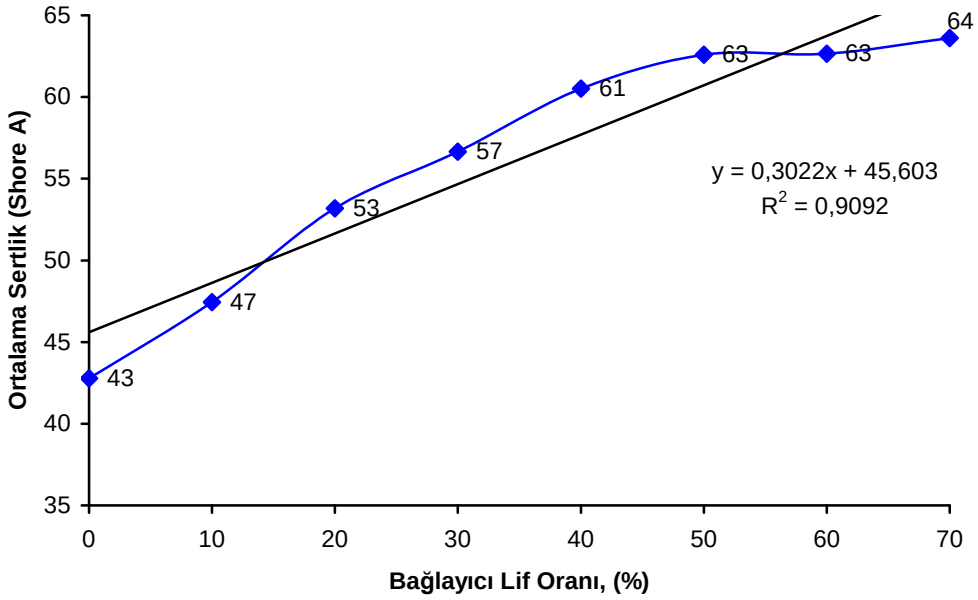
Şekil V.98 - Kompozit Kumaşların Toplu Kalınlık Test Sonuçları

Kompozit kumaşların kalınlık test sonuçları incelendiğinde, genel olarak bağlayıcı lif oranının artışıyla birlikte kalınlık değerlerinde azalma görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %30 ve %40'ı geçtiğinde kalınlıklar arasındaki fark azalarak devam etmiştir. Sadece polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtiğinde kalınlıkta bir miktar artış olmuştur. Bunun sebebi de, polipropilen dokuma kumaşa karşın, tülbent esaslı kumaşın en ve boyca çekmesidir. Tüm kompozit kumaşlar içerisinde dikkat çeken en önemli noktalardan birisi de, hacimli olması sebebiyle, yüksek oranda tülbent esaslı kumaş içeren kompozit kumaşların kalınlıklarının daha yüksek olmasıdır. Cam leno dokuma kumaş ve polipropilen dokuma kumaş içeren tülbent esaslı kompozit kumaşlarda yaklaşık olarak yapının %78 ile %81'ini tülbent esaslı kumaş oluşturmaktadır. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli polyester tülbent ve cam tülbent malzemesi içeren kompozit kumaşın kalınlık değerlerinin daha düşük olduğu çok net görülmektedir. Bunun sebebi diğer kumaşlarda %78 ile %81 oranında yer alan tülbent esaslı kumaşın yerini cam tülbent malzemesinin almış olmasıdır. Bu kompozit kumaşın yaklaşık olarak %30 ile %34'ünü tülbent esaslı kumaş, %47 ile %50'sini cam tülbent malzemesi oluşturmaktadır. Cam, özgül ağırlığı yüksek (2.54 g/cm^3) ve kalınlığı az ve hacimsiz bir malzemedir. Cam tülbent malzemesinin varlığı sebebiyle polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların kalınlığı diğer kompozit kumaşlar ile karşılaştırıldığında daha düşüktür.

V.4 Sertlik Testi

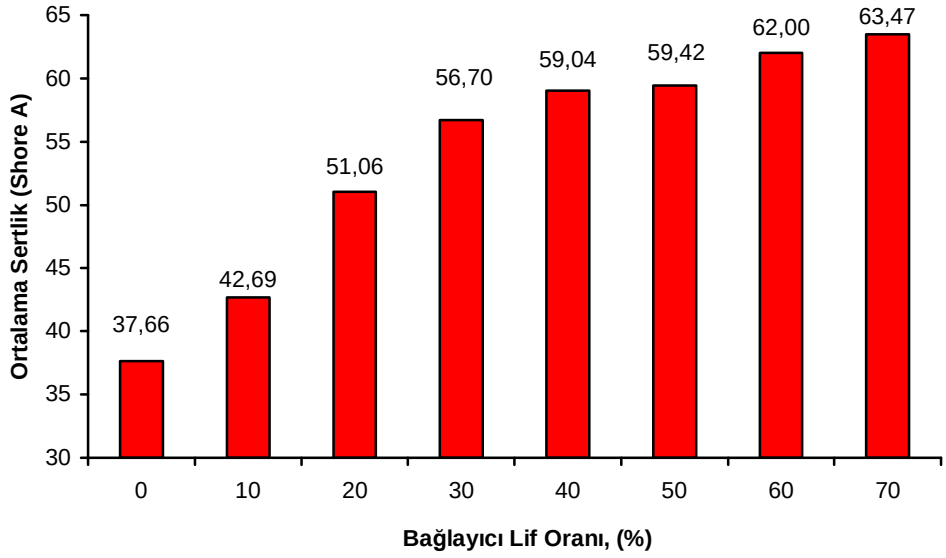


Şekil V.99 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

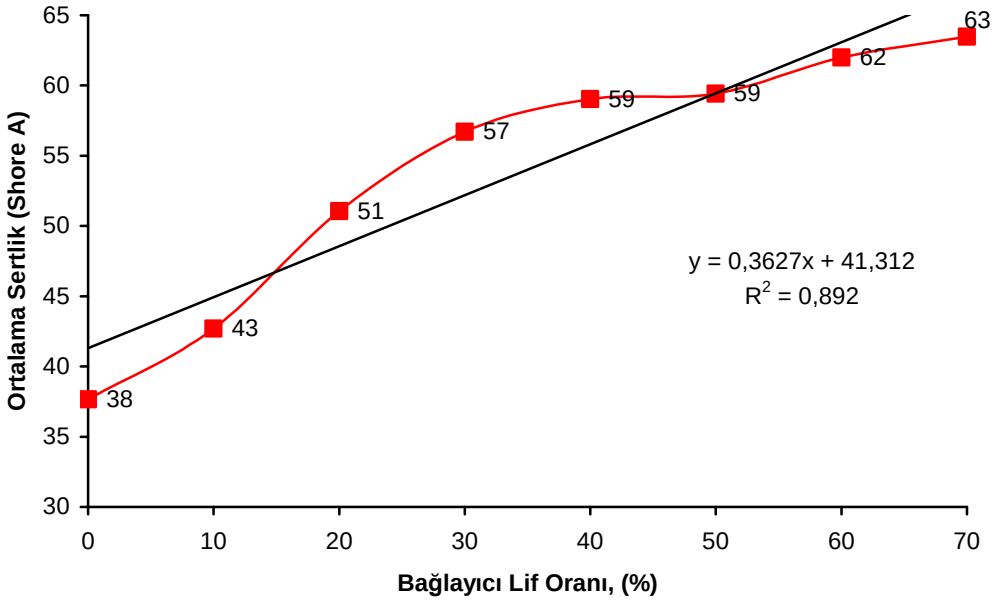


Şekil V.100 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların sertlik test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kompozit kumaşların sertlik değerleri artmaktadır. Ancak bağlayıcı lif oranı %40 seviyesine ulaştığında kumaşların sertlik değerleri arasındaki fark azalmakta ancak artış devam etmektedir.

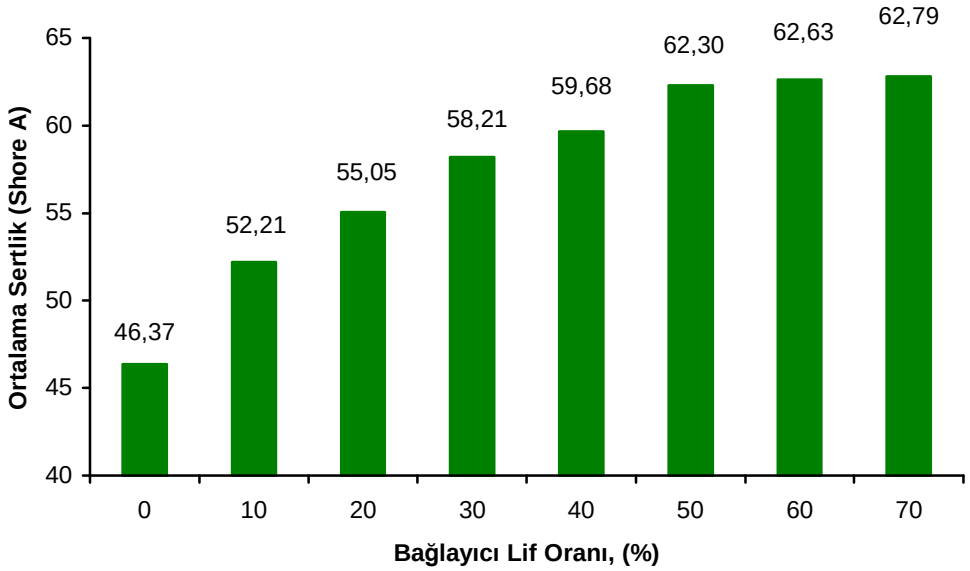


Şekil V.101 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

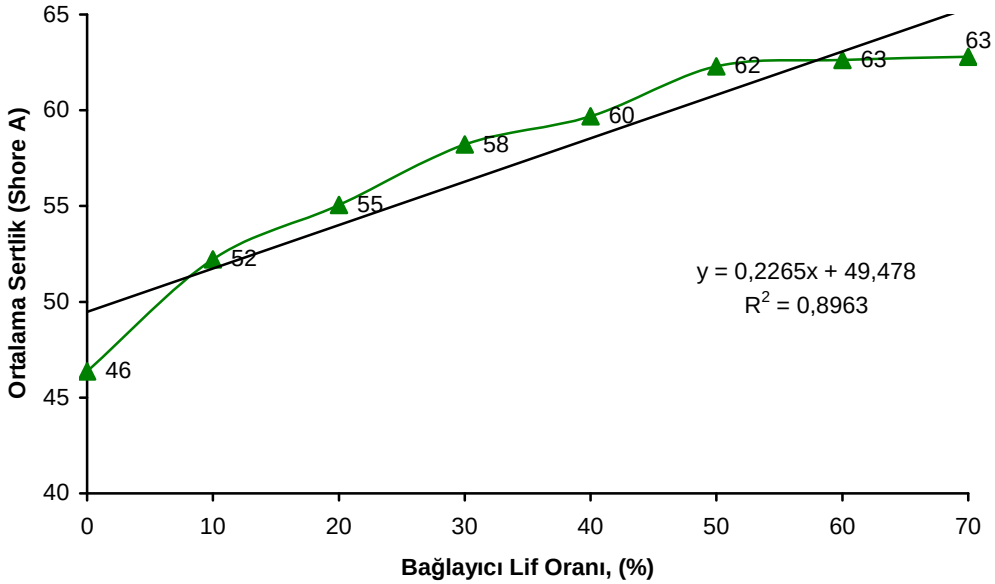


Şekil V.102 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların sertlik test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artması ile birlikte, kompozit kumaşların sertlik değerleri artmaktadır. Özellikle bağlayıcı lif miktarı %30'un üzerine çıktığında, kumaşların sertlik değerleri arasındaki fark azalmakta, ancak artış devam etmektedir.

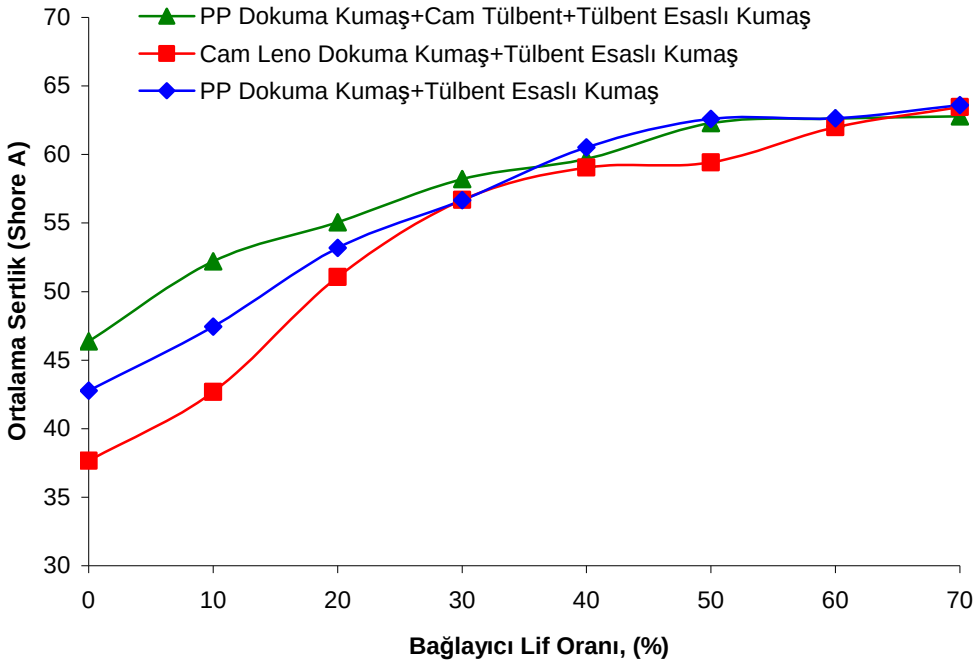


Şekil V.103 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (Shore A)



Şekil V.104 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Sertlik Test Sonuçları (ShoreA)

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların sertlik değerleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının (iki bileşenli lif) artması ile birlikte kompozit kumaşların sertlik değerlerinde artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı %40 rakamına ulaştığında, kumaşların sertlik değerleri arasındaki fark da azalmakta ancak artış devam etmektedir.

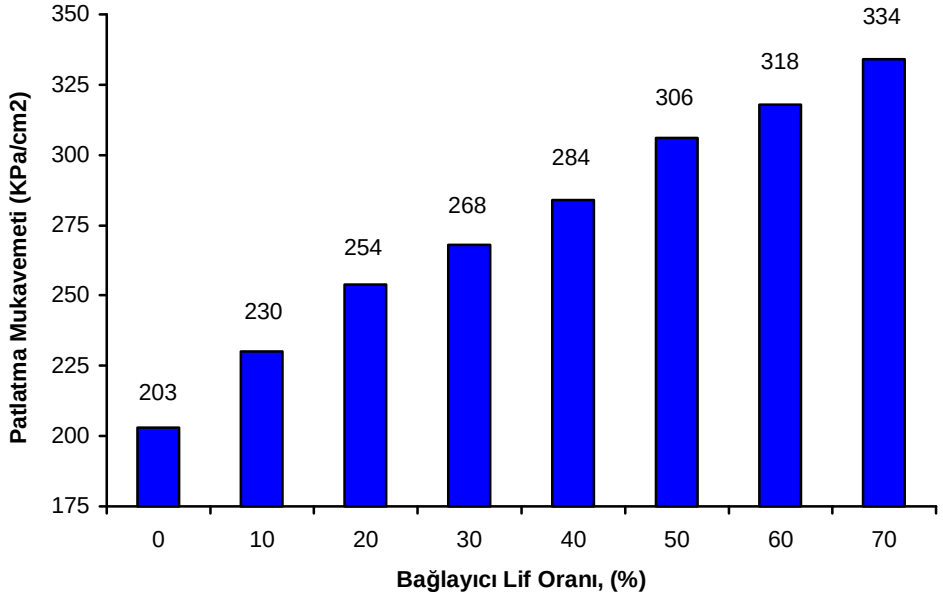


Şekil V.105 – Kompozit Kumaşların Toplu Sertlik Test Sonuçları (Shore A)

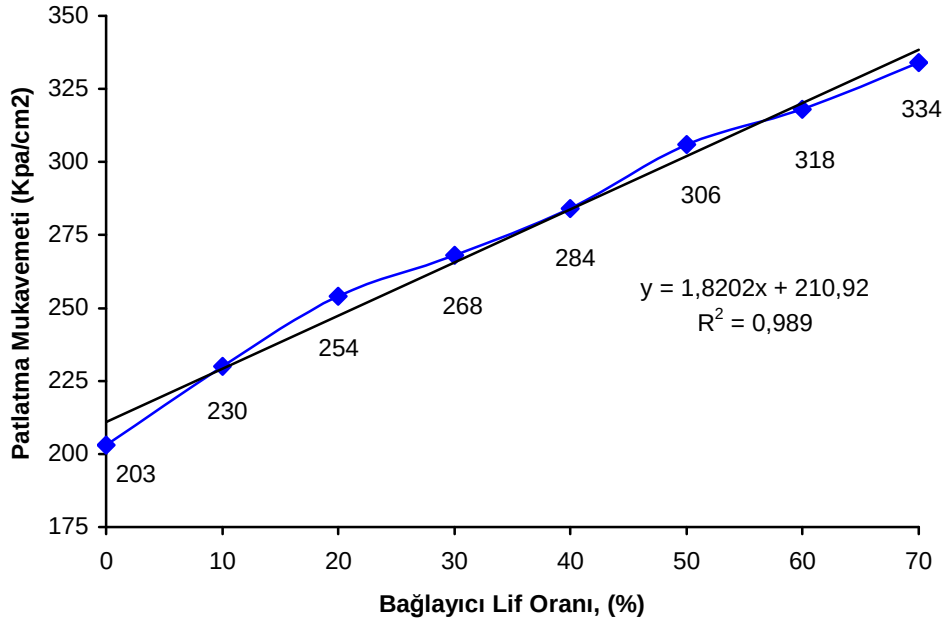
Kompozit kumaşlar incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı ile sertlik değeri arasında doğru orantı olduğu açıkça görülmektedir. Bağlayıcı lif oranı arttığında, kumaşların sertlik değeri de artmaktadır. Bağlayıcı lif oranı %30 ile %40 rakamına ulaşıncaya kadar sertlik değerindeki artış çok fazladır. Ancak bağlayıcı lif oranı %30 ile %40'ın üzerine çıktığında kompozit kumaşların sertlik değerleri arasındaki fark azalmakta, ancak artış devam etmektedir. Bağlayıcı lif oranı özellikle %40'dan itibaren sertlik değeri açısından kompozit kumaşların arasında büyük fark görülmemektedir. Grafikte ayrıca bağlayıcı lif oranı %0 ile %40 arasında olduğunda, polipropilen dokuma kumaşın ve cam tülbent malzemesinin kompozit yapının sertlik değerine yaptığı katkı da görülmektedir. Polipropilen dokuma kumaş içeren kompozit kumaşların sertlik değerlerinin daha yüksek olması dikkat çekicidir. Bağlayıcı lif oranı %0 ile %30 arasında olduğunda en yüksek sertlik değerini, polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli polyester tülbent ve cam tülbent içeren kompozit kumaşın aldığı görülmektedir. Bu kumaşta bağlayıcı lif oranı miktar olarak diğer kumaşlara göre az olmasına karşın cam tülbent malzemesinin varlığı kumaşın sertliğinin yüksek olmasını sağlamıştır. Burada cam tülbent malzemesi ve polipropilen dokuma kumaş, kompozit kumaşın sertliğine büyük katkı yapmıştır. İçerisinde bağlayıcı lif olmasına karşın, polipropilen dokuma kumaş ve cam tülbent malzemesinin olmaması sebebiyle, cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlar diğer kumaşların içerisinde en düşük sertlik değerine sahip olmuştur. Cam leno dokuma kumaşın

gözenekli yapıda olması, iki bileşenli lifin diğer bir ifade ile bağlayıcı lifin cam leno dokuma kumaş ve polyester lifi arasında uyumlaştırıcı görevini yapamaması sebebiyle, bağlayıcı lif oranı %10 ile %30 arasında olduğunda, cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların sertlik değeri çok düşük çıkmıştır.

V.5 Patlatma Mukavemeti Testi

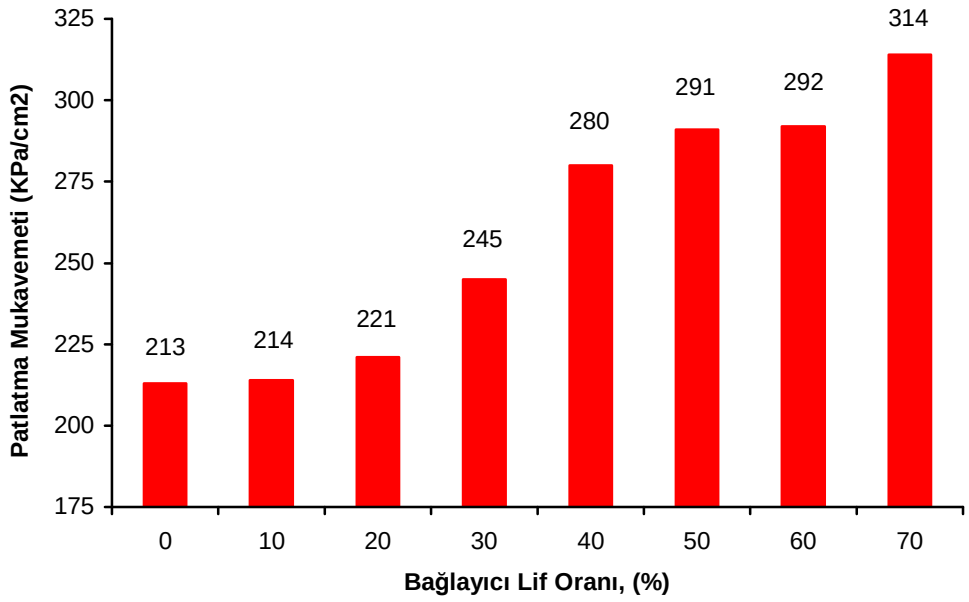


Şekil V.106– Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)

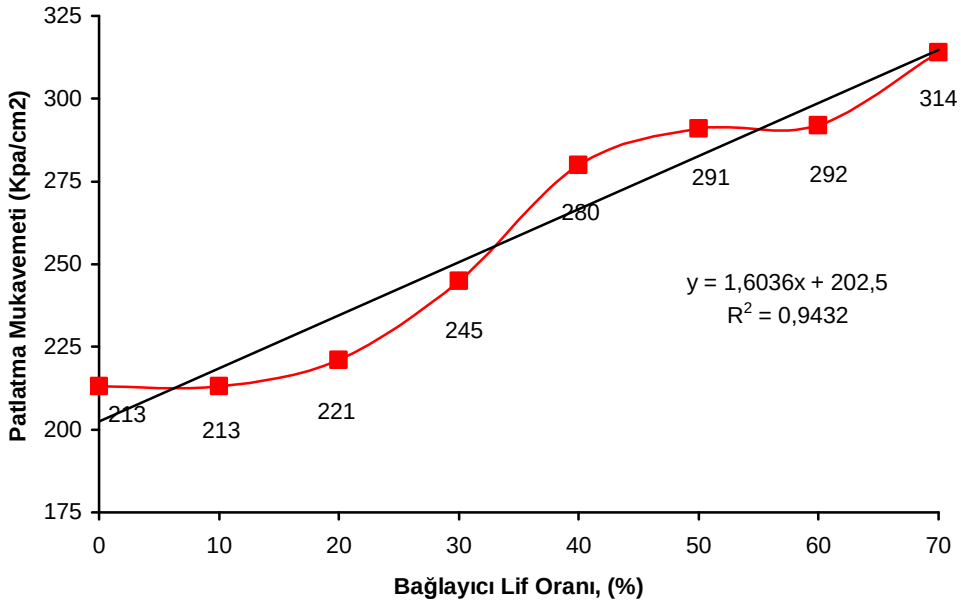


Şekil V.107 – Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)

Tülbent esaslı kumaş içerisindeki iki bileşenli lif miktarının artması ile patlatma mukavemetinde çok açık bir şekilde artış görülmektedir. İçerisinde %70 oranında bağlayıcı lif içeren, polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaş en yüksek patlatma mukavemeti değerine sahip olmuştur.



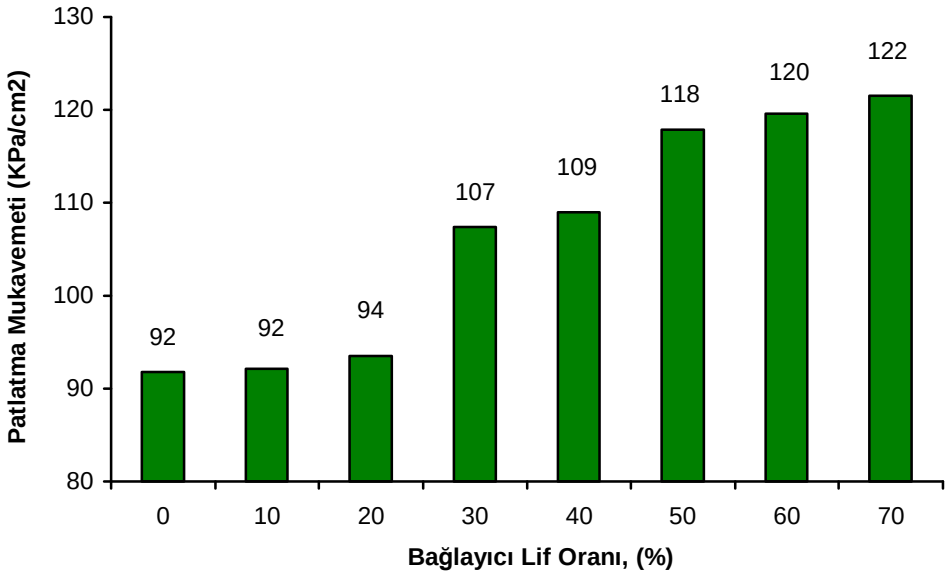
Şekil V.108–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)



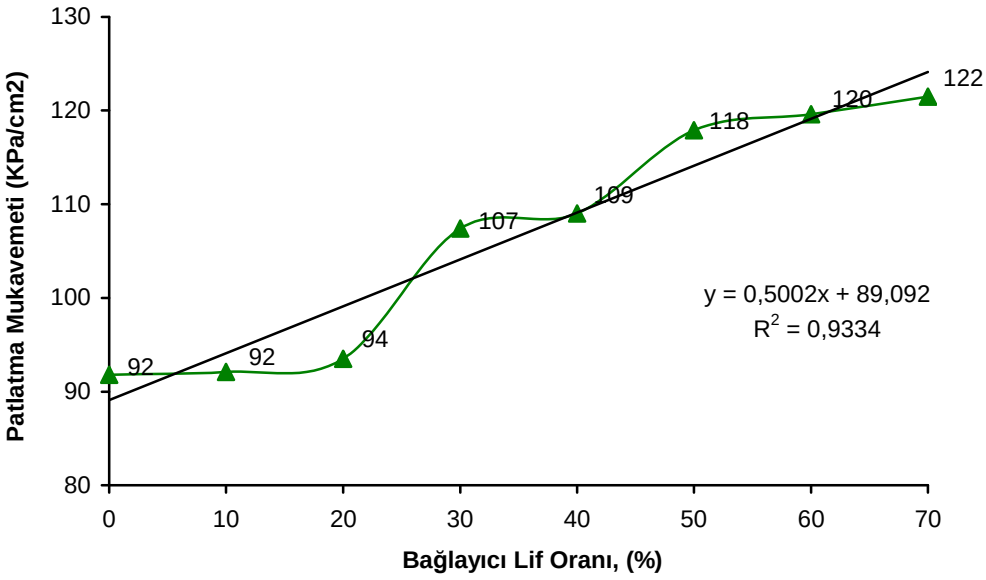
Şekil V.109– Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların patlatma mukavemeti test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artması ile patlatma mukavemetinde sürekli bir artış görülmektedir. Bağlayıcı lif oranının %20 olmasından itibaren kompozit kumaşların patlatma mukavemeti sürekli bir artış göstermiştir. En yüksek patlatma mukavemeti değeri, içerisinde %70 oranında bağlayıcı lif içeren cam leno dokuma

kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta görülmüştür.

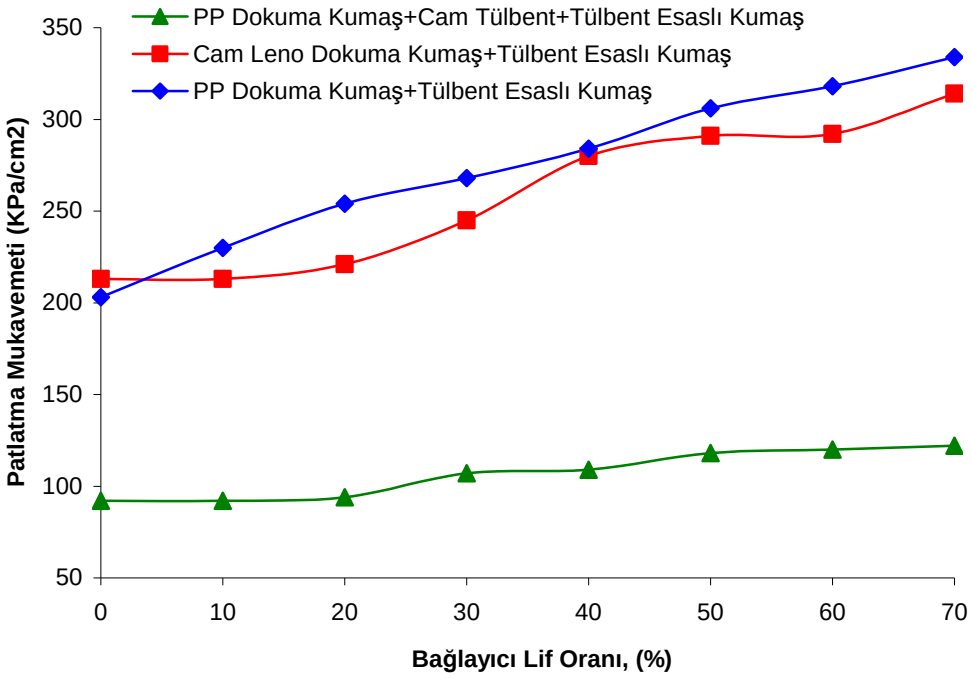


Şekil V.110–PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)



Şekil V.111 – PP Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Test Sonuçları (KPa/cm^2)

Tülbent esaslı kumaş içerisindeki bağlayıcı lif miktarının artması ile patlatma mukavemetinde çok net bir şekilde artış görülmektedir. Ancak bağlayıcı lif oranı %0 ile %20 arasında olduğunda patlatma mukavemeti değerindeki artış da düşük kalmıştır. Bağlayıcı lif oranı %20'yi geçtiğinde, polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşlarda ciddi oranda artış görülmüştür.



Şekil V.112- Kompozit Kumaşların Patlatma Mukavemeti Değerlerinin Karşılaştırılması

Kompozit kumaşların üretiminde yapıları bir arada tutmak ve birbirine bağlamak için mekanik iğneleme yöntemine ilaveten ısı ile bağlama yöntemi kullanılmıştır. Isı ile bağlama yöntemiyle, tülbent esaslı kumaş içerisindeki (nonwoven) bağlayıcı liflerin (iki bileşenli lif) dış kısmı eritilerek yapıların birbirine bağlanması artırılmıştır. Bağlayıcı lif kullanımının artmasıyla birlikte kompozit kumaşların patlatma mukavemeti değerlerinin sürekli olarak arttığı görülmektedir.

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kumaşların içerisinde, %79 ile %81 oranında; cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların içerisinde ise, %78 ile %80 oranında tülbent esaslı kumaş yer almaktaydı. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların içerisinde ise, %30 ile %34 oranında tülbent esaslı kumaş bulunmaktaydı. Kompozit kumaşların patlatma mukavemeti değerleri karşılaştırıldığında, ilk göze çarpan nokta, içerisinde yüksek oranda tülbent esaslı kumaş içeren kompozit kumaşların daha yüksek patlatma mukavemeti değerine sahip olmasıdır.

Tüm kompozit kumaşların patlatma mukavemeti değerleri incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artması ile birlikte kompozit kumaşların tümünün patlatma mukavemeti değerleri artmıştır. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların

içerisinde, bağlayıcı lif miktarı az olduğundan, patlatma mukavemetindeki artış az ama sürekli olmuştur.

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların patlatma mukavemeti test değerleri, diğer kompozit kumaş örneklerinde olduğu gibi, bağlayıcı lif oranının artması ile birlikte yükselmiştir. Bu kompozit kumaşların patlatma mukavemeti testi sırasında cam leno dokuma kumaş ve tülbent esaslı kumaş cihaz tarafından aynı anda patlatılamamıştır. Patlatma mukavemeti testinde kumaş, cihaz tarafından sağlanan hava ile birlikte belirli bir sürede (18-22 saniye) alttan şişirilmektedir ve patlatılmaktadır. Bu iki kumaşın da esneme özelliği farklı olduğundan cam leno kumaşı oluşturan iplikler koptuğunda tülbent esaslı kumaş henüz şişmemiş ve patlamamış durumdaydı. Bu sebepten dolayı cam leno dokuma kumaşın patlatma mukavemeti ile tülbent esaslı kumaşın mukavemeti toplanarak kompozit kumaşın patlatma mukavemeti tespit edilmiştir. Öncelikle cihazdan cam leno dokuma kumaşın mukavemeti tespit edilmiştir. Sonrasında cihaz çalıştırılmaya devam edilerek tülbent esaslı kumaşın patlaması sağlanmıştır.

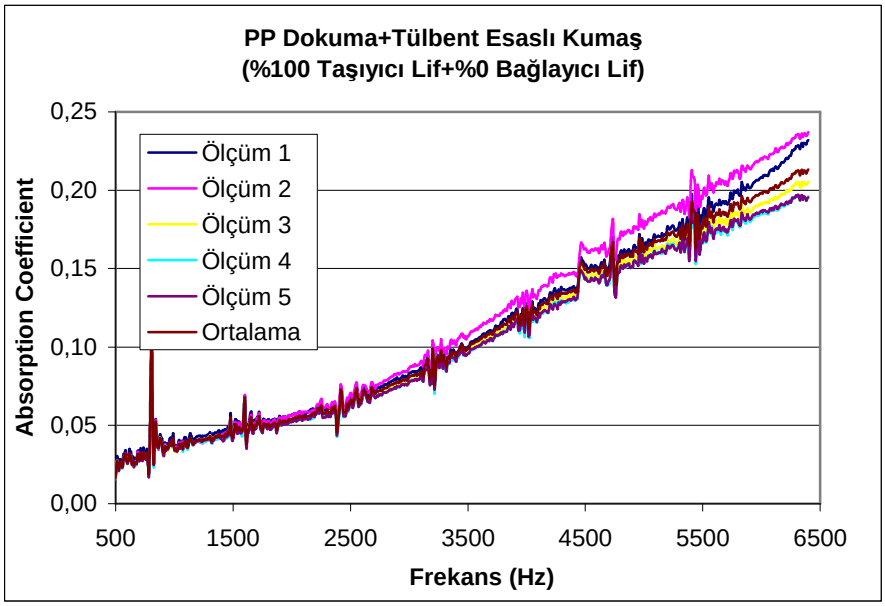
Bağlayıcı lif oranı arttığında, bağlayıcı lif leno dokuma kumaşla birlikte hareket etmeye başlamıştır. Sonuçta bağlayıcı lif miktarının artmasıyla birlikte leno dokuma kumaşın patlatma mukavemeti değeri artmıştır. Bağlayıcı lifin oranının %40'ın üzerine çıkmasıyla mukavemetteki artış daha belirgindir. Bağlayıcı lifler cam leno dokuma kumaşla birlikte hareket edince tülbent esaslı kumaşın patlatma mukavemetinde önemli bir değişiklik görülmemiştir.

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlar ile polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşlar cihaz tarafından aynı anda patlatılmıştır. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlar, tüm kompozit kumaşlar içerisinde en yüksek patlatma mukavemeti değerine sahip olmuştur.

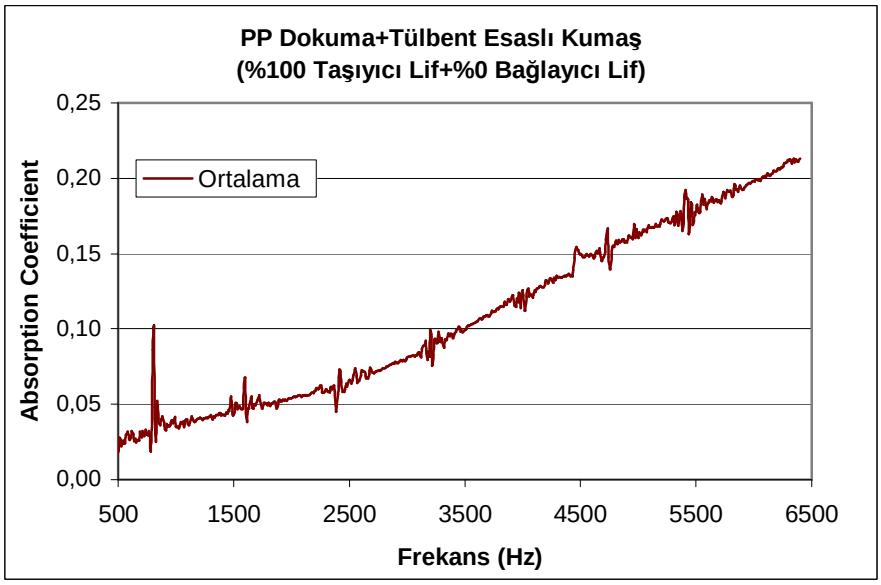
V.6. Ses Yutum (Absorption Coefficient) Katsayısı Değerleri

Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerleri

a) %100 Polyester +%0 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

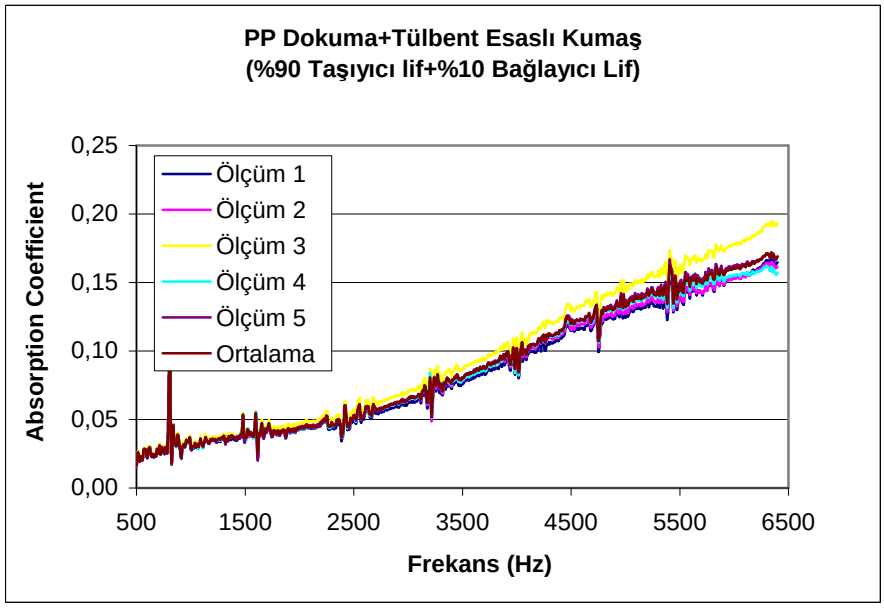


Şekil V.113–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri,%100 PES

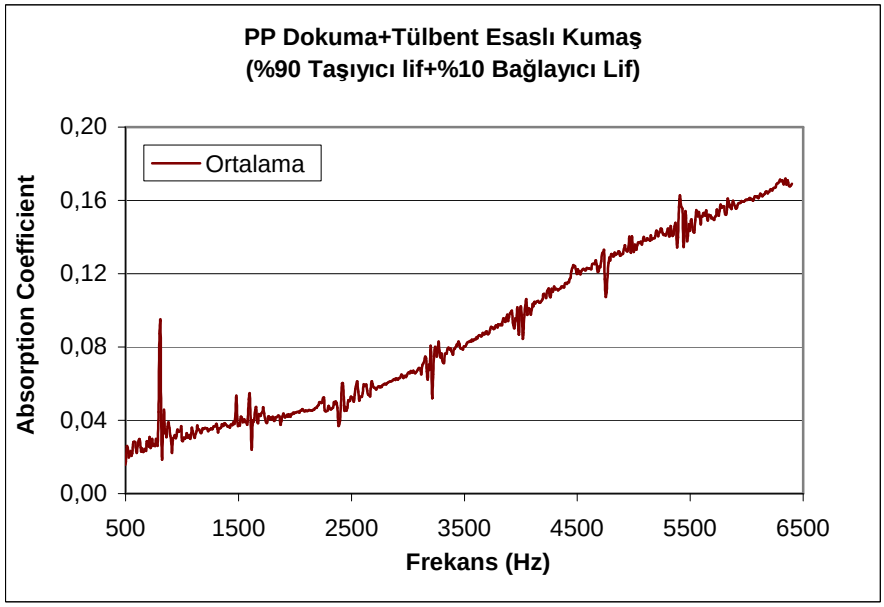


Şekil V.114–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri,%100PES

b) %90 Polyester +%10 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

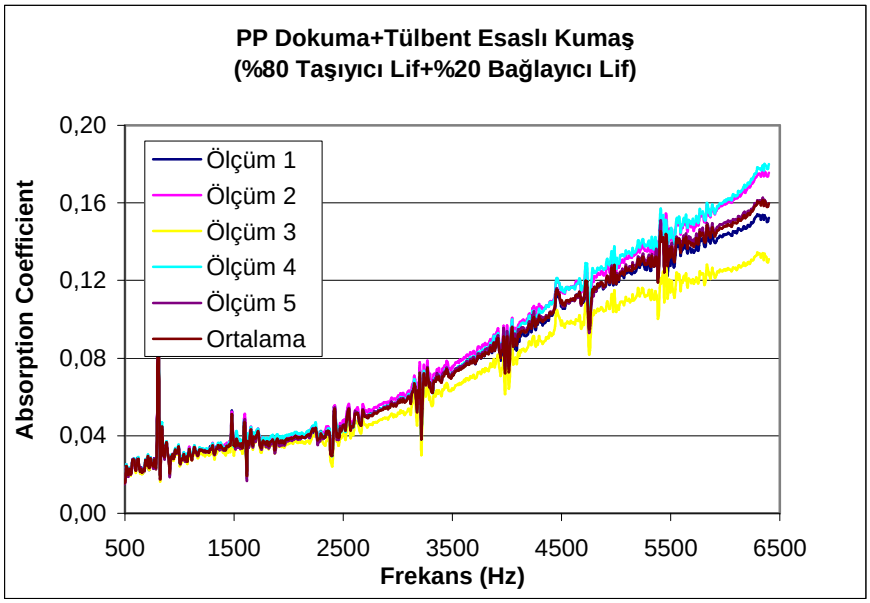


Şekil V.115–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %90 PES, %10 İki Bileşenli (Bicomponent) PES

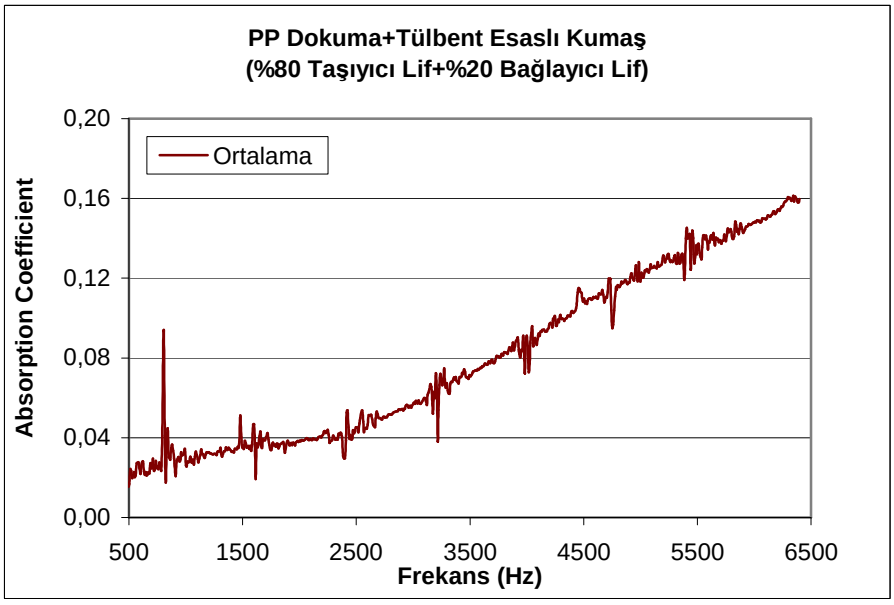


Şekil V.116 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri %90 PES, %10 İki Bileşenli (Bicomponent) PES

c) %80 Polyester +%20 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

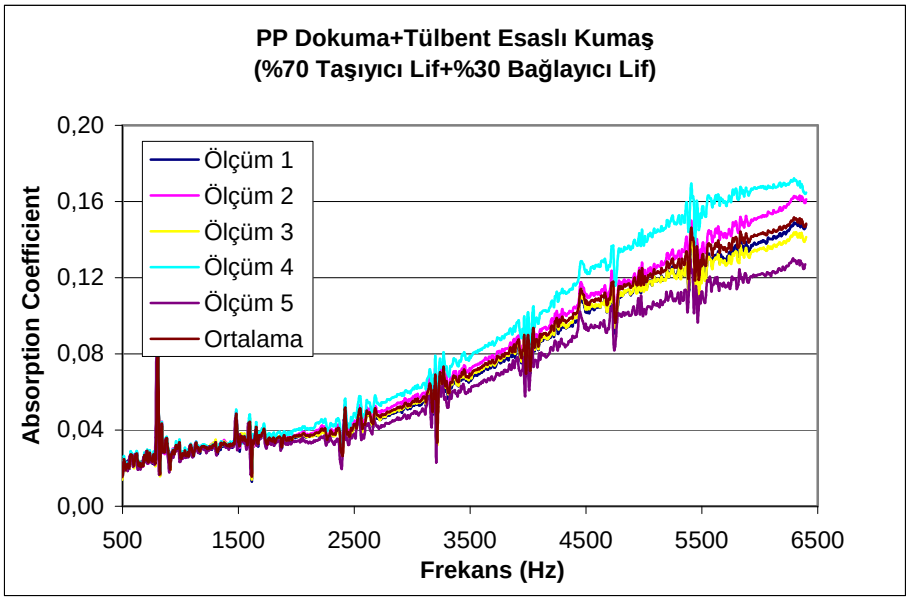


Şekil V.117–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %80 PES, %20 İki Bileşenli (Bicomponent) PES

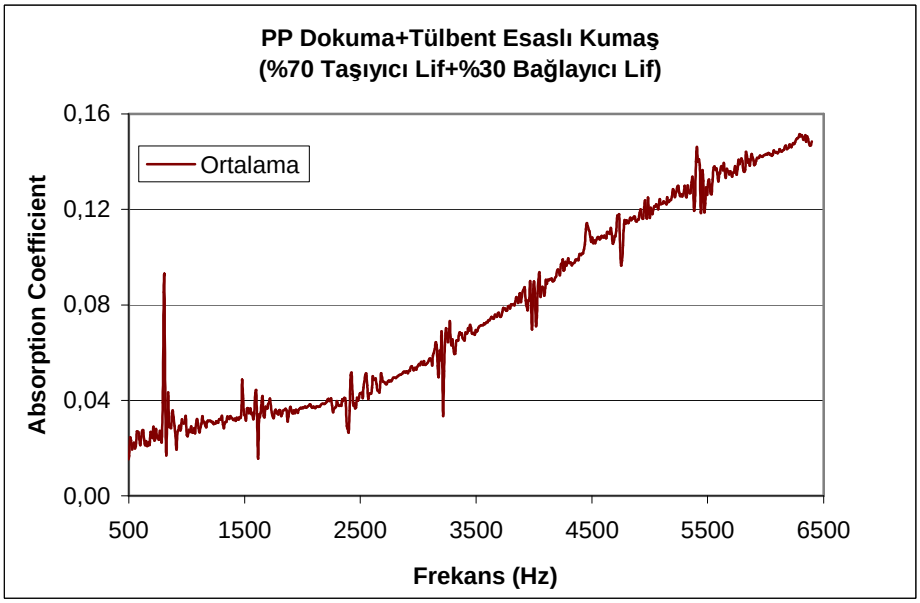


Şekil V.118–PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri %80 PES, %20 İki Bileşenli (Bicomponent) PES

d) %70 Polyester+%30 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

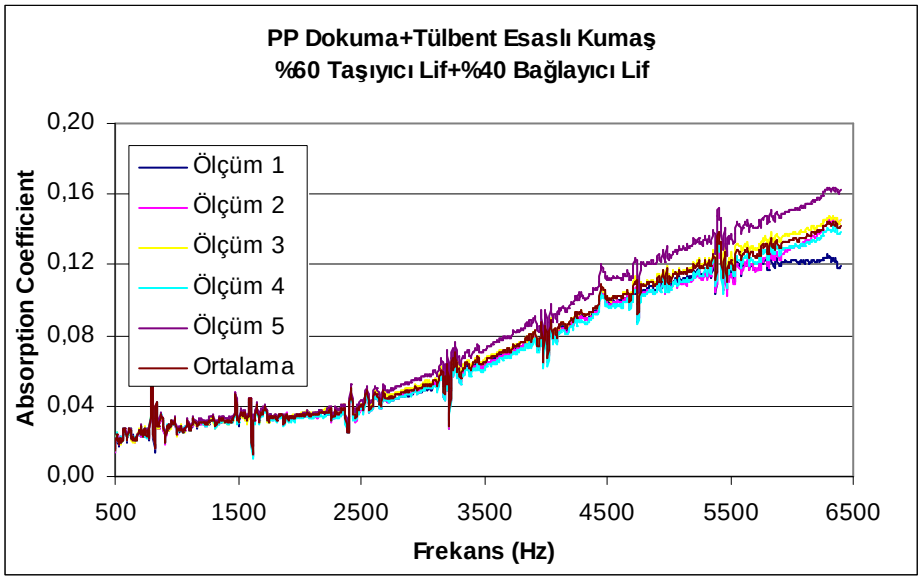


Şekil V.119 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

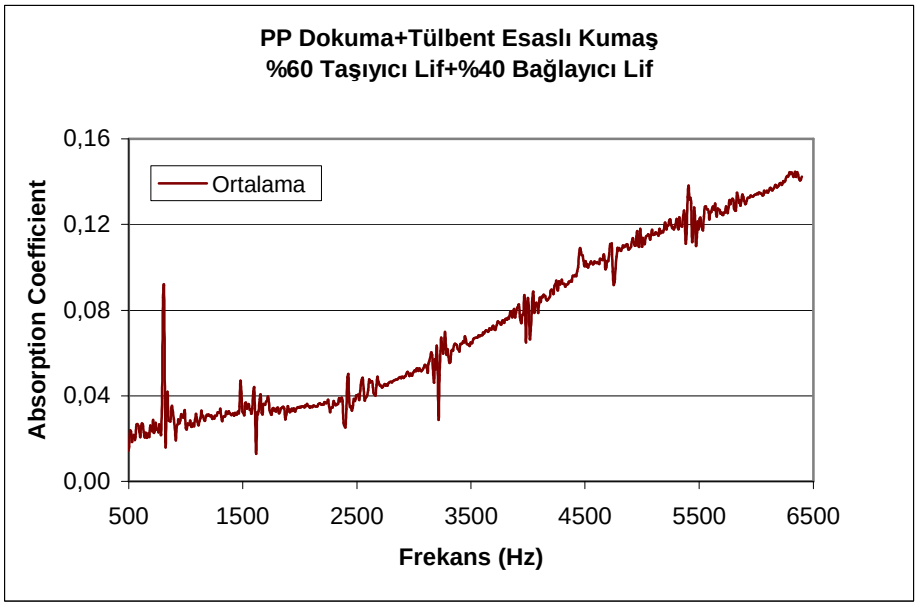


Şekil V.120 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

e) %60 Polyester+%40 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

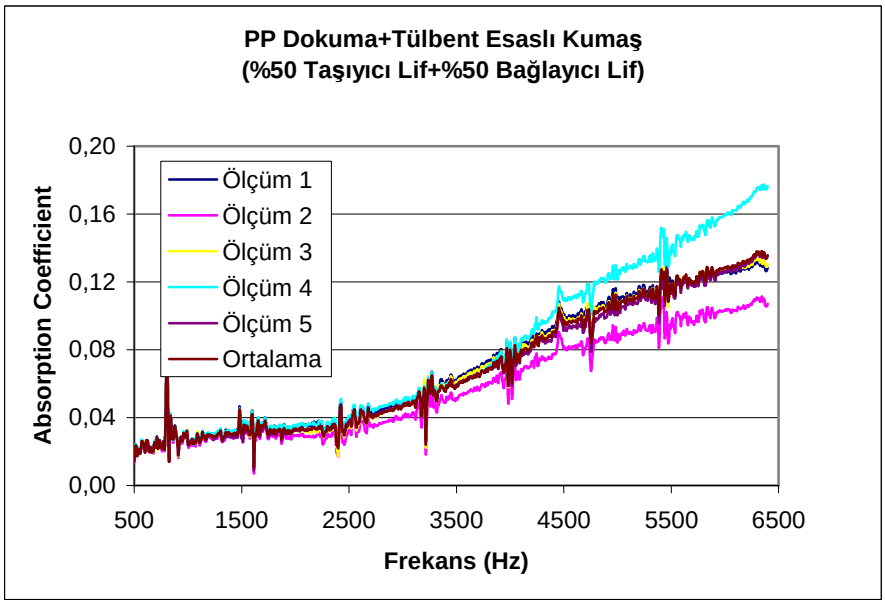


Şekil V.121 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%60 PES, %40 İki Bileşenli PES

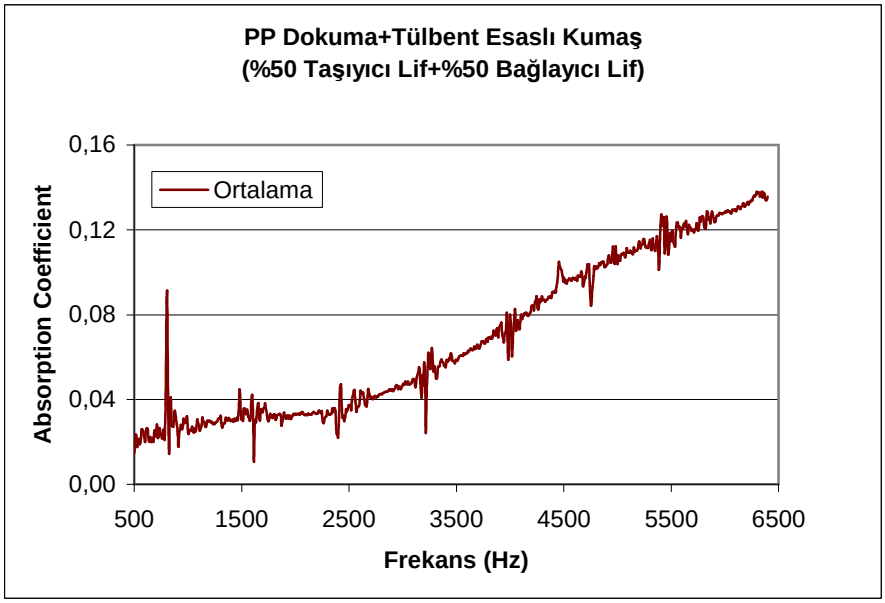


Şekil V.122– PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%60 PES, %40 İki Bileşenli PES

f) %50 Polyester +%50 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

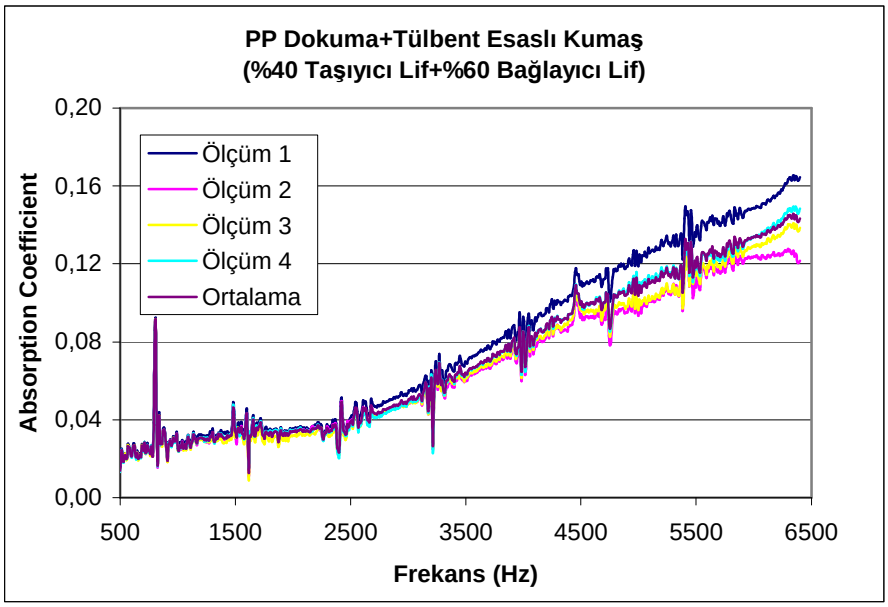


Şekil V.123 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%50 PES, %50 İki Bileşenli PES

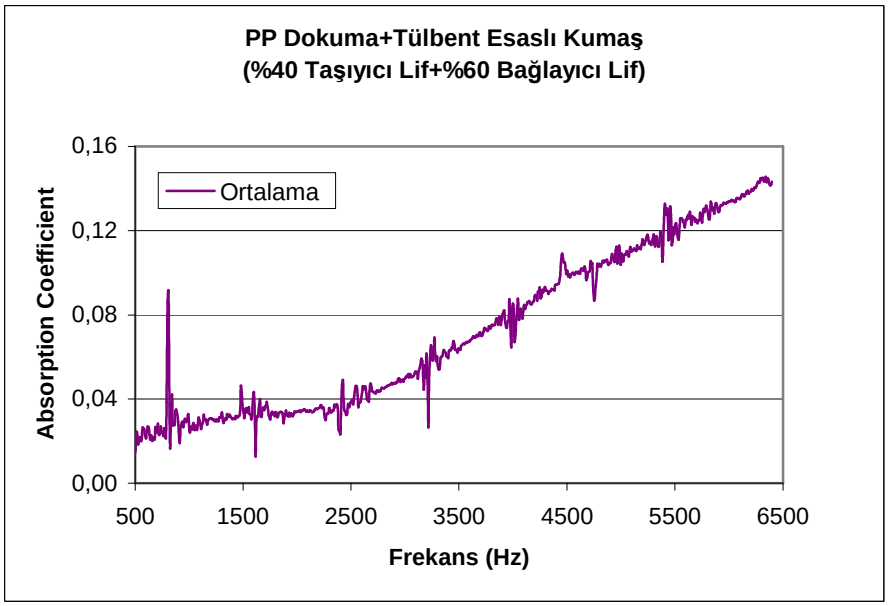


Şekil V.124 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%50 PES, %50 İki Bileşenli PES

g) %40 Polyester+%60 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

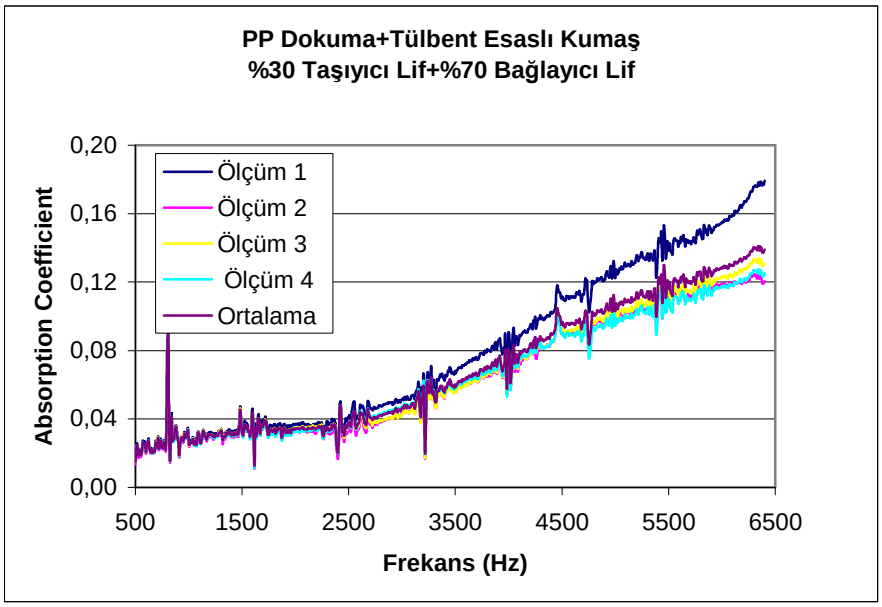


Şekil V.125 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%40 PES, %60 İki Bileşenli PES

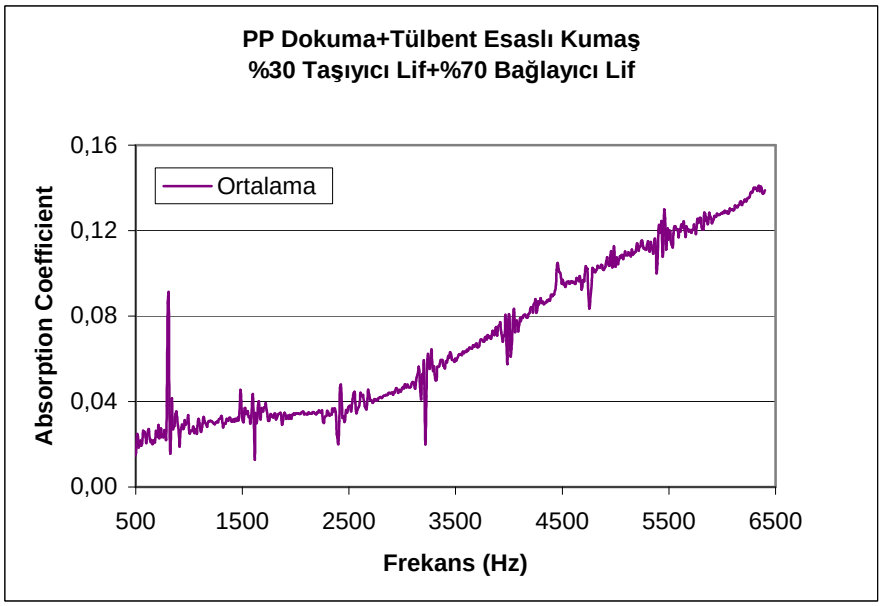


Şekil V.126 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%40 PES, %60 İki Bileşenli PES

h) %30 Polyester+%70 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester



Şekil V.127 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%30 PES, %70 İki Bileşenli PES

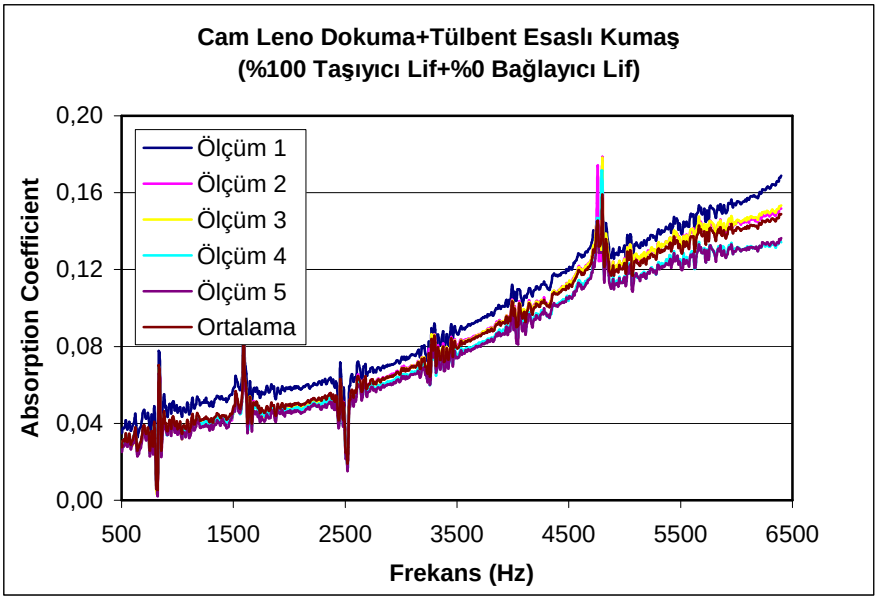


Şekil V.128 – PP Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri
%30 PES, %70 İki Bileşenli PES

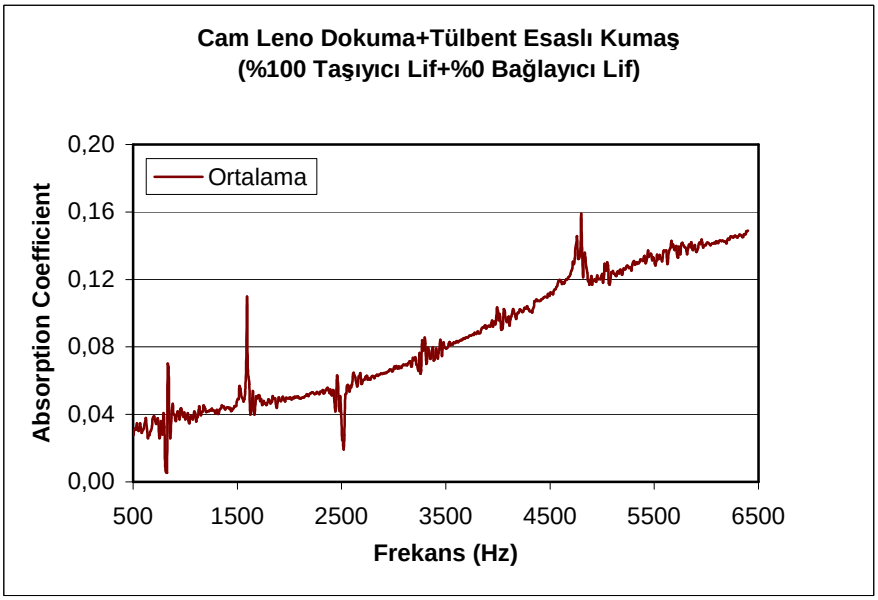
Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların ortalama ses yutum katsayıları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kompozit kumaşların ses yutum katsayıları 0 rakamına doğru yaklaşmıştır. Diğer bir ifade ile kompozit malzemenin ses yutum özelliği azalmıştır. Sadece bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 olduğunda kompozit malzemenin kalınlığının artması sebebiyle ses yutum katsayılarından bir miktar yükselme olmuştur. Ses yutum katsayıları ile malzemenin kalınlık sonuçları arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Malzemenin hacimli yapısı ve kalınlığı azaldıkça, ses yutum katsayıları da azalmıştır. En yüksek ses yutum katsayısı değeri, hacimli ve bağlayıcı lif kullanılmayan kompozit kumaşta görülmüştür.

Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerleri

a) %100 Polyester+%0 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

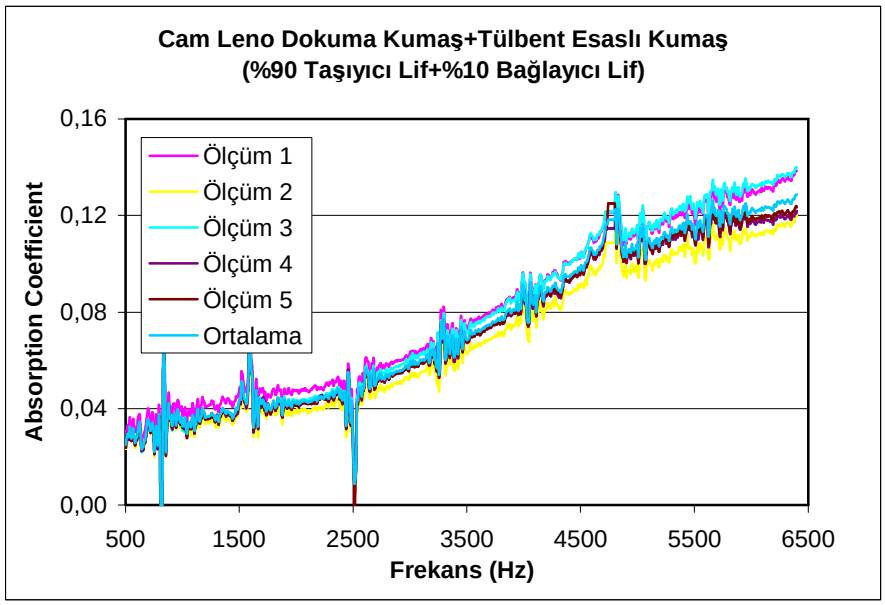


Şekil V.129–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %100PES

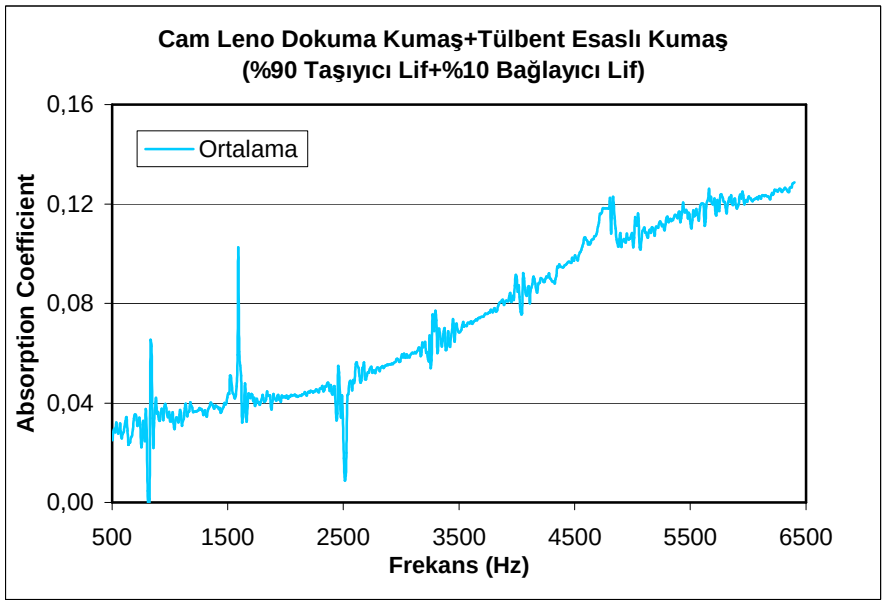


Şekil V.130–Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri %100PES

b) %90 Polyester+%10 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

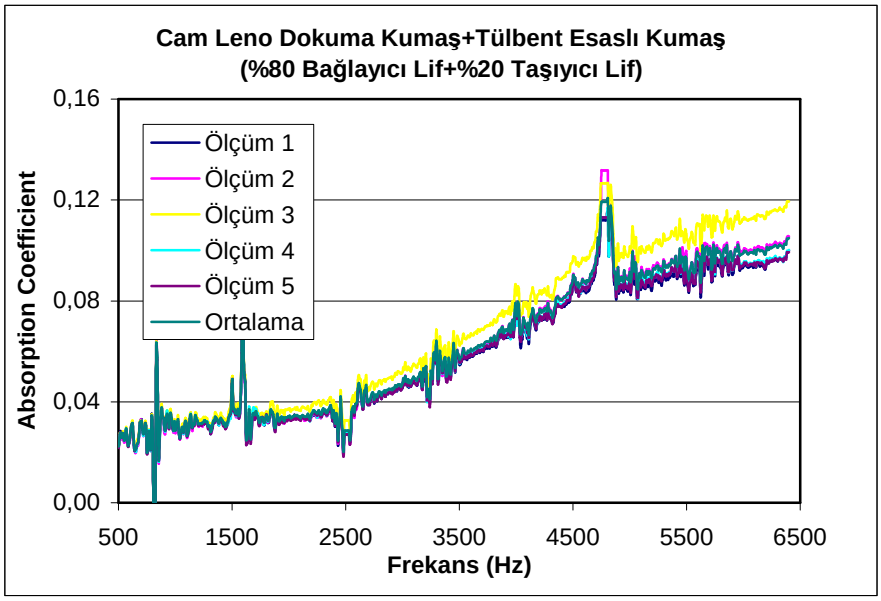


Şekil V.131 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %90 PES, %10 İki Bileşenli PES

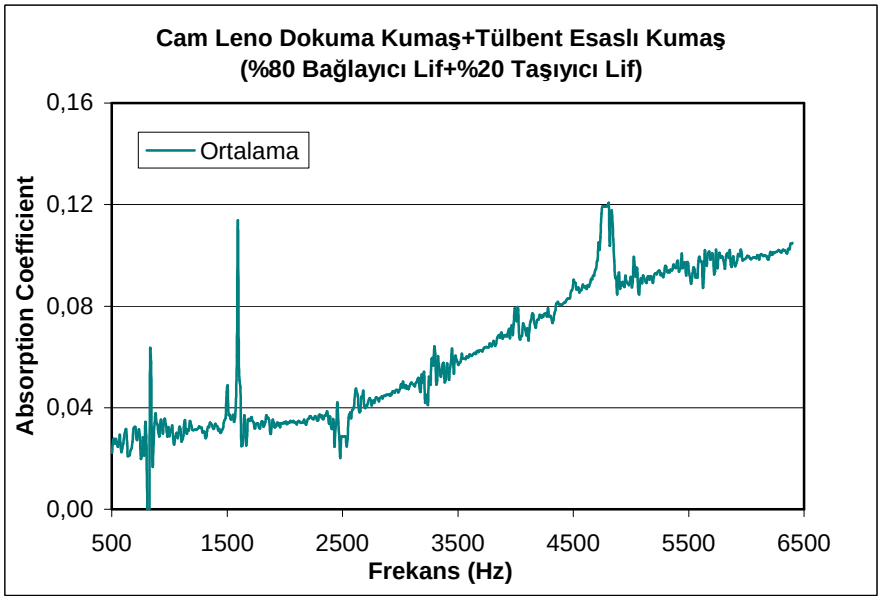


Şekil V.132 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %90 PES, %10 İki Bileşenli PES

c) %80 Polyester +%20 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

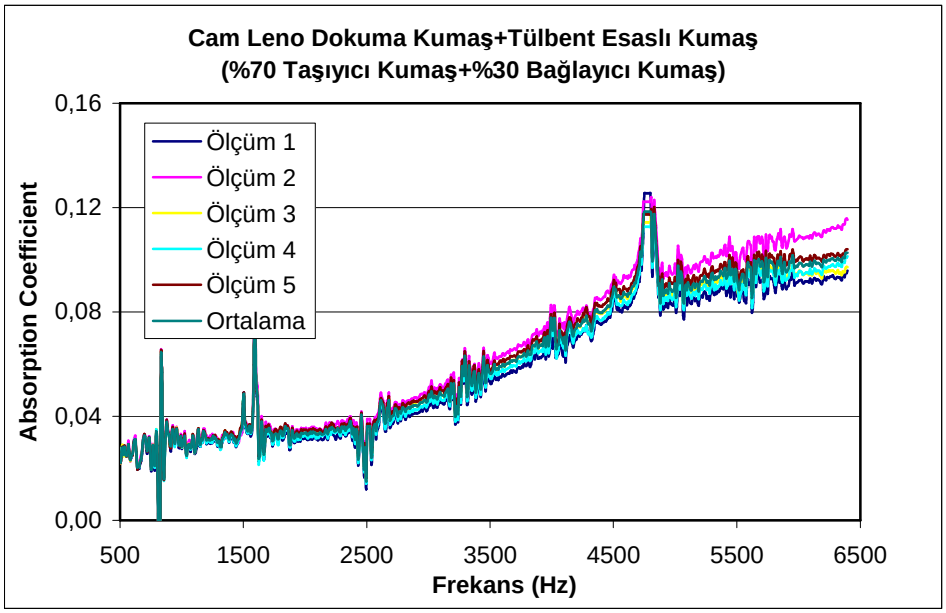


Şekil V.133 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri %80 PES, %20 İki Bileşenli PES

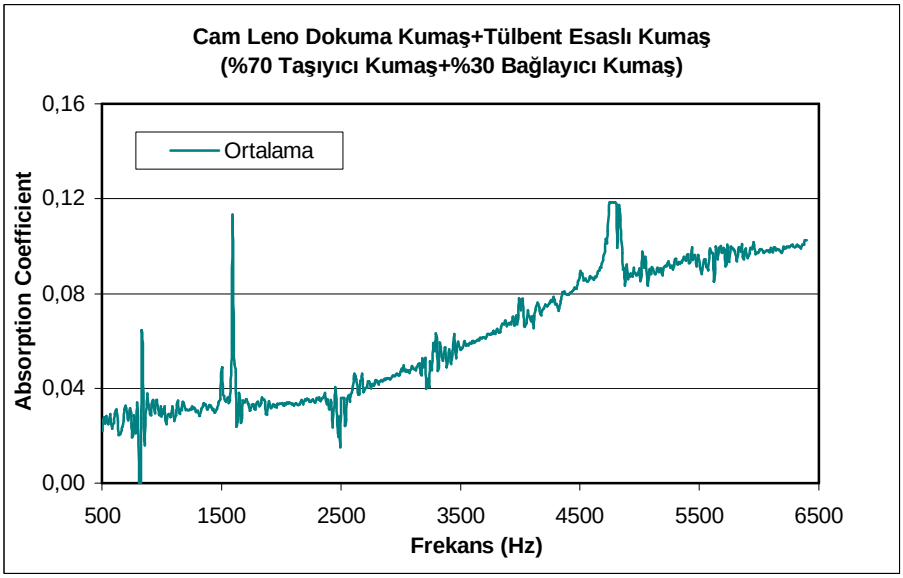


Şekil V.134 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %80 PES, %20 İki Bileşenli PES

d) %70 Polyester+%30 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

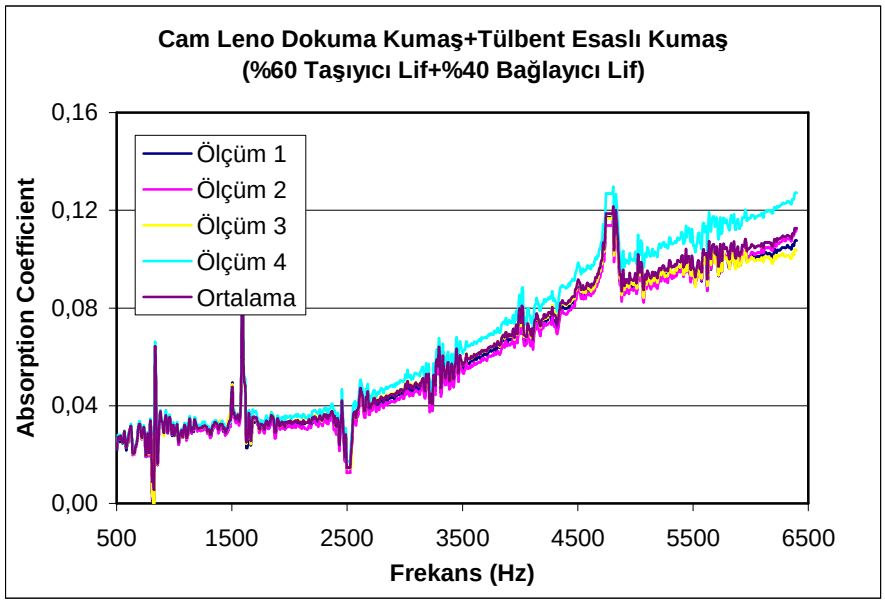


Şekil V.135 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

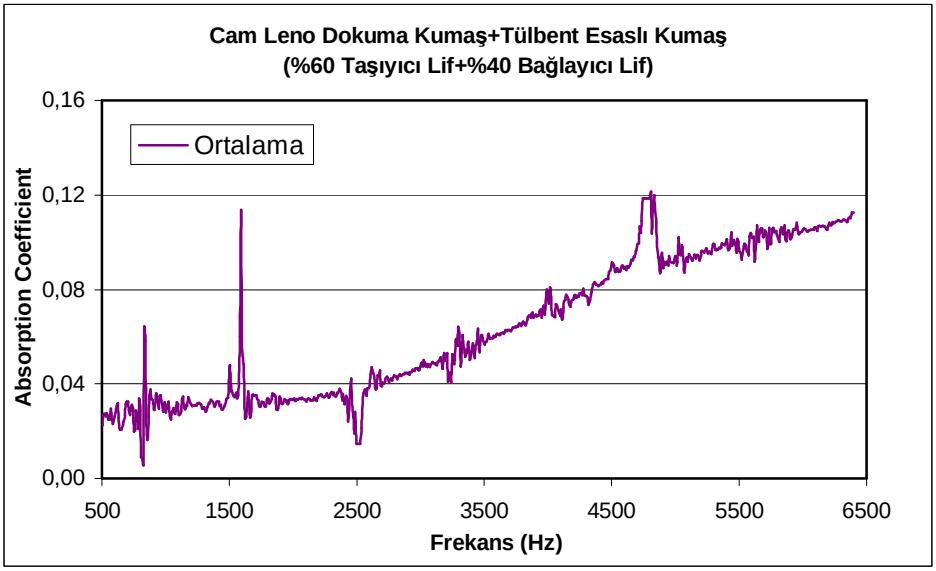


Şekil V.136 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

e) %60 Polyester+%40 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester



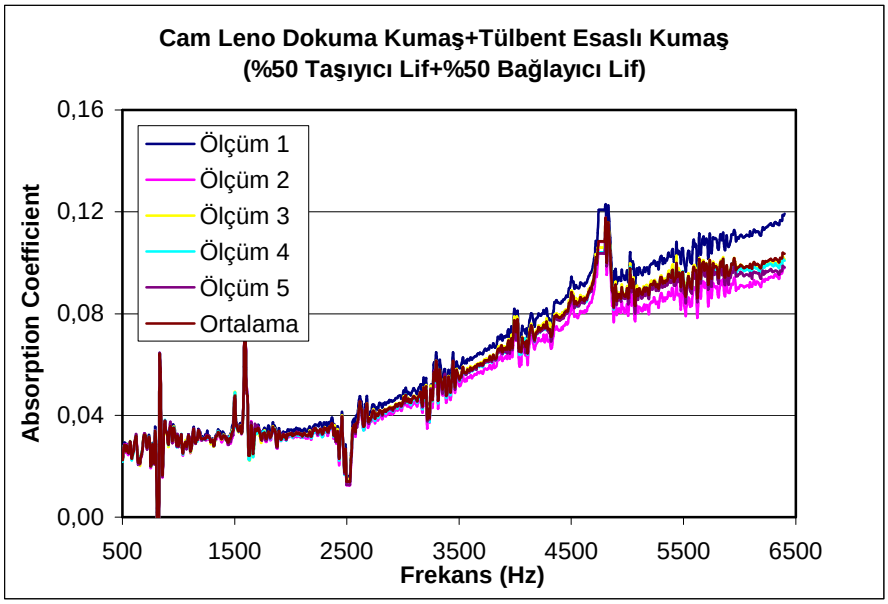
Şekil V.137 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %60 PES, %40 İki Bileşenli



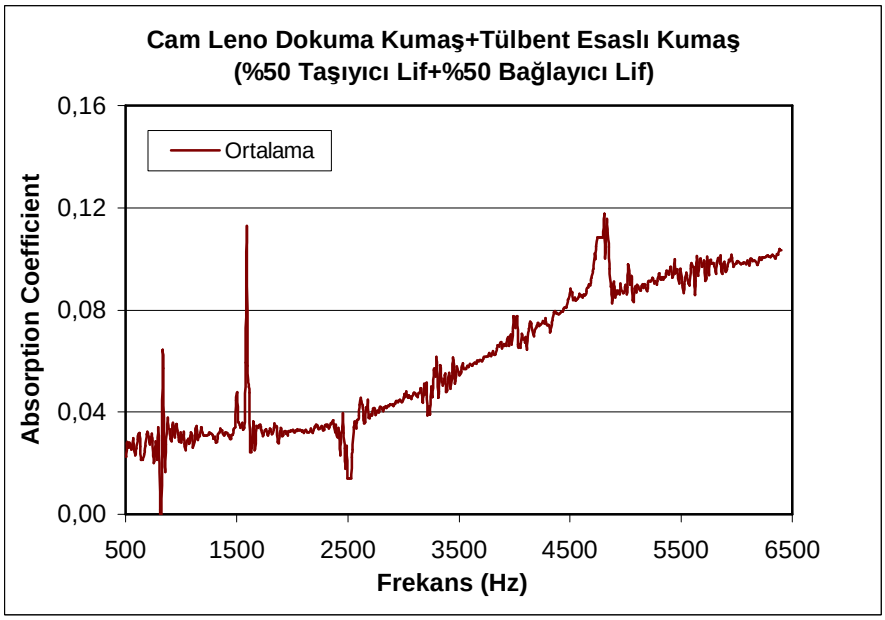
Şekil V.138 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %60 PES, %40 İki Bileşenli

2500 ve 4700 lü frekanslarda malzeme rezonansa girmi□tir.

f) %50 Polyester+%50 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

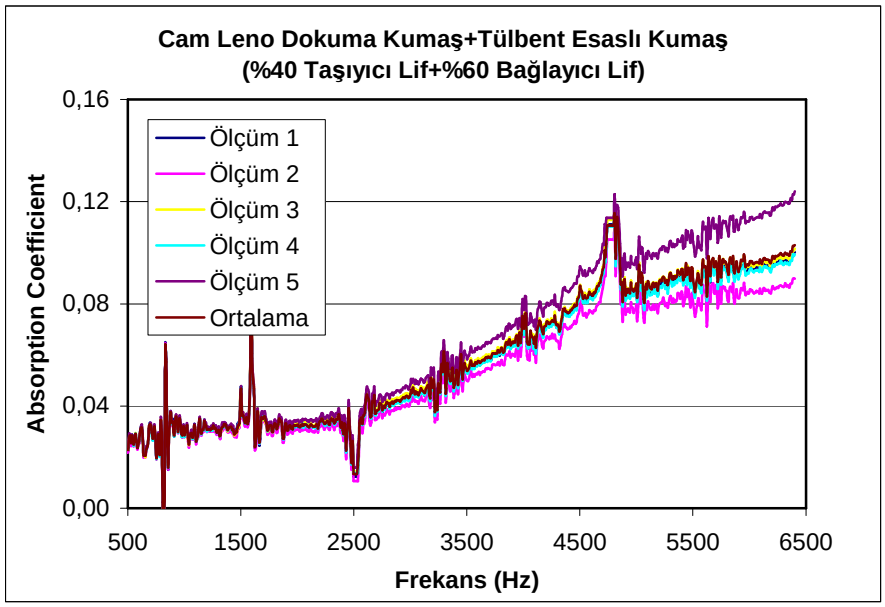


Şekil V.139 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %50 PES, %50 İki Bileşenli PES

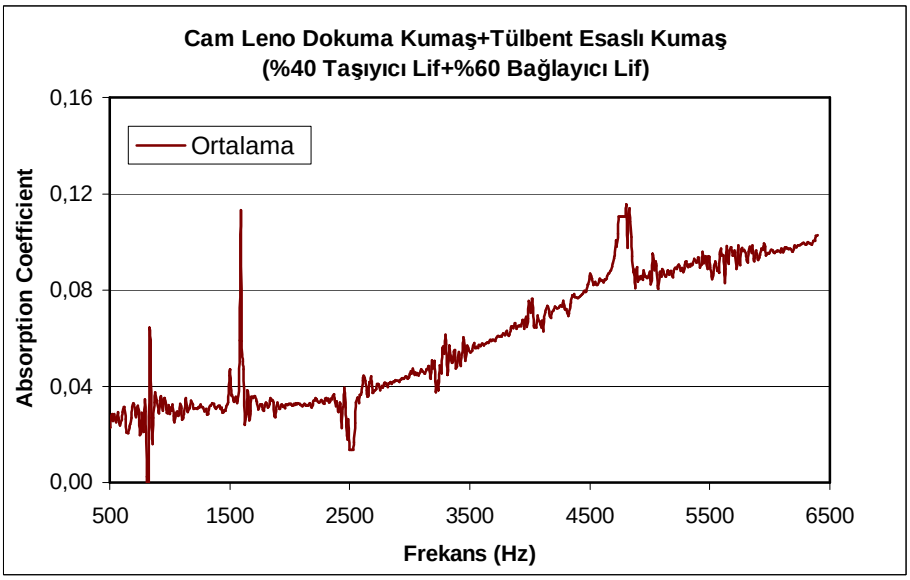


Şekil V.140 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %50 PES, %50 İki Bileşenli PES

g) %40 Polyester+%60 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

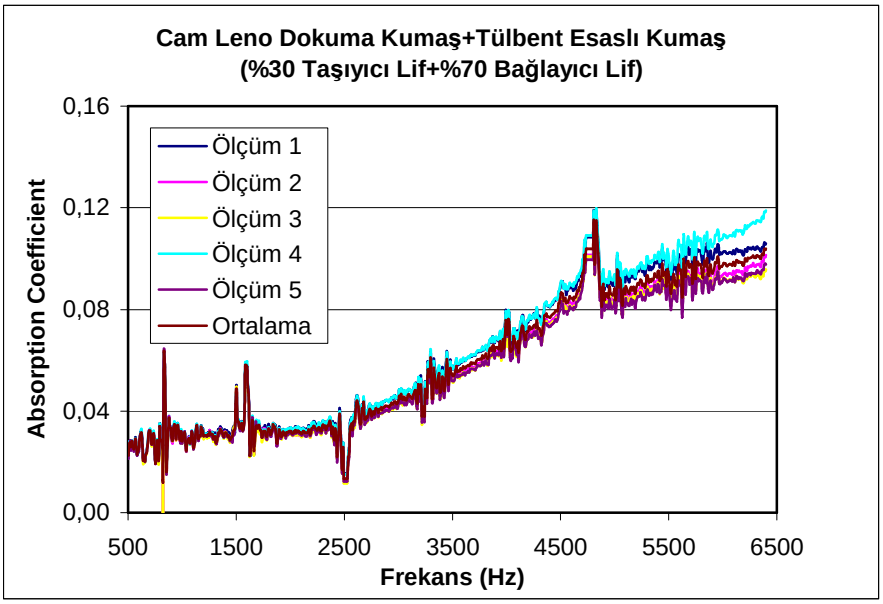


Şekil V.141 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %40 PES, %60 İki Bileşenli PES

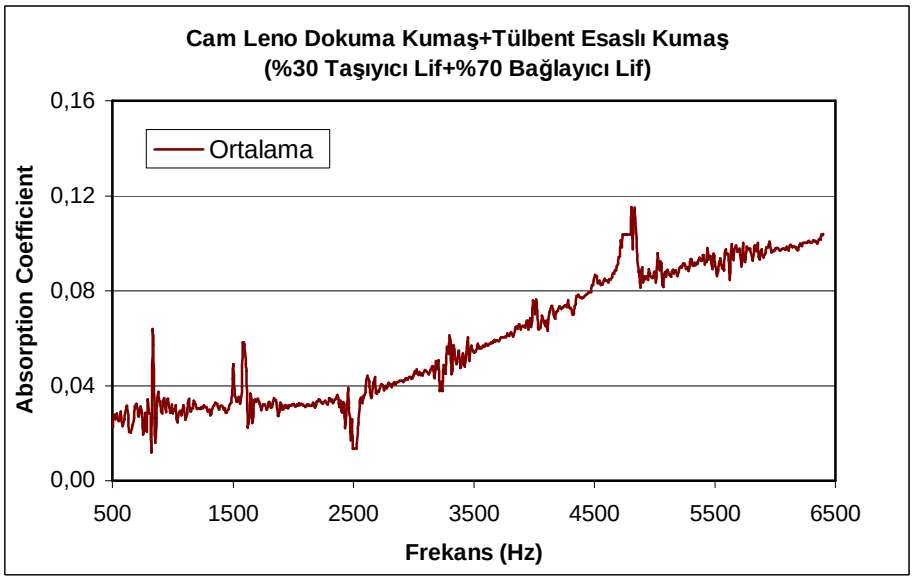


Şekil V.142 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %40 PES, %60 İki Bileşenli PES

h) %30 Polyester+%70 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester



Şekil V.143 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %30 PES, %70 İki Bileşenli PES

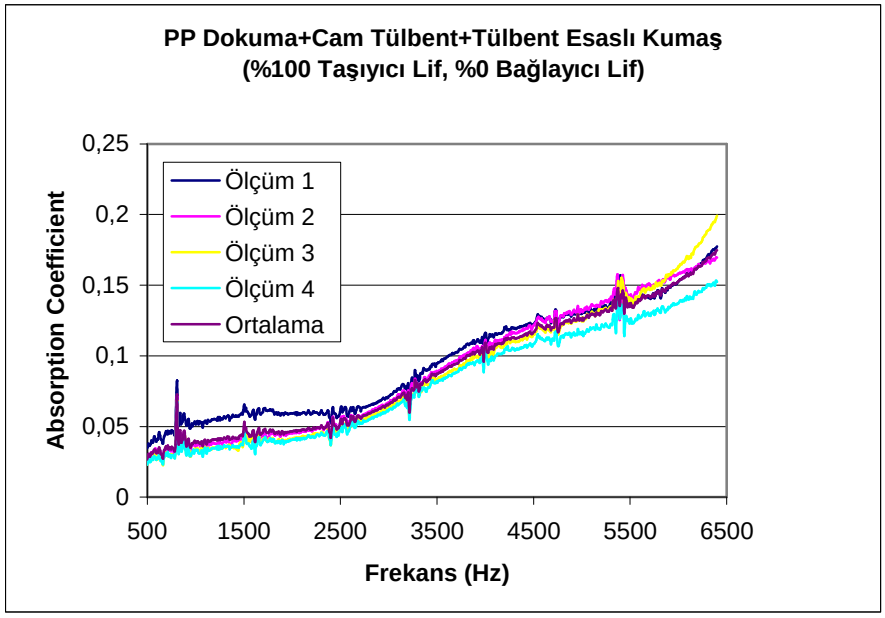


Şekil V.144 – Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %30 PES, %70 İki Bileşenli PES

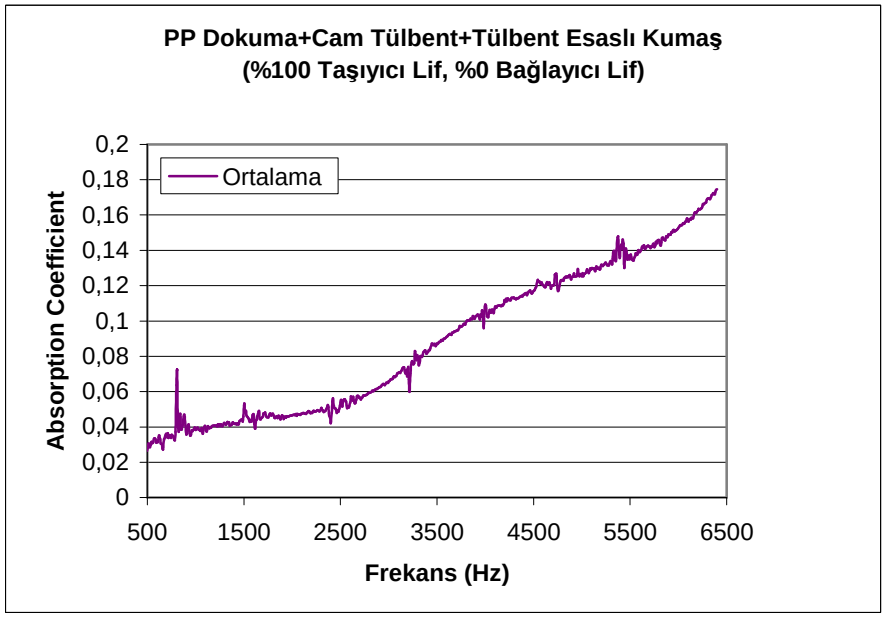
Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların ortalama ses yutum katsayıları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte kompozit kumaşların ses yutum katsayıları 0 rakamına doğru yaklaşmıştır. Diğer bir ifade ile malzemelerin ses yutum özellikleri azalmıştır. Ses yutum katsayıları ile malzemenin kalınlık sonuçları arasında bir ilişki olduğu görülmektedir. Malzemenin hacimli yapısı ve kalınlığı azaldıkça, ses yutum katsayıları da azalmıştır.

Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerleri

a) %100 Polyester +%0 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

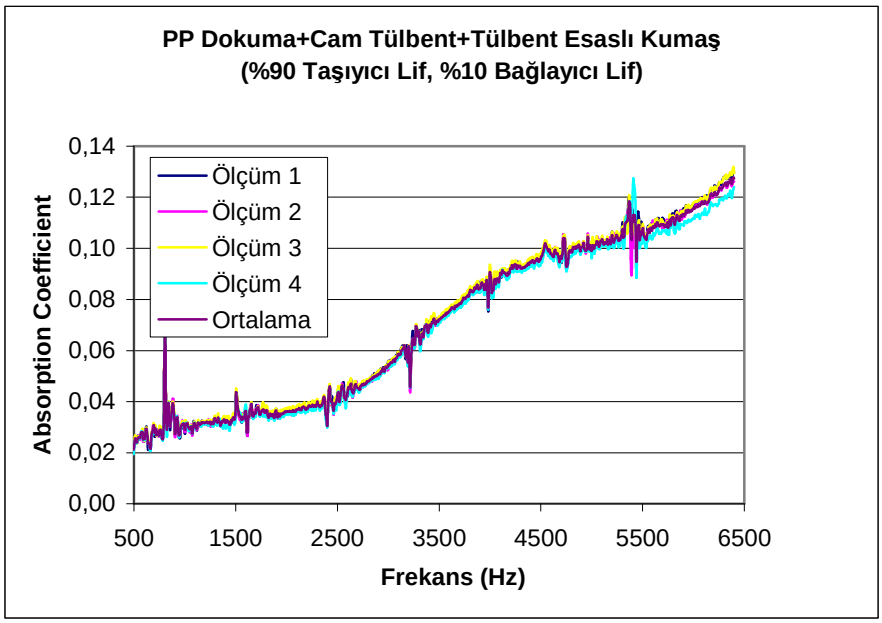


Şekil V.145 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %100 PES

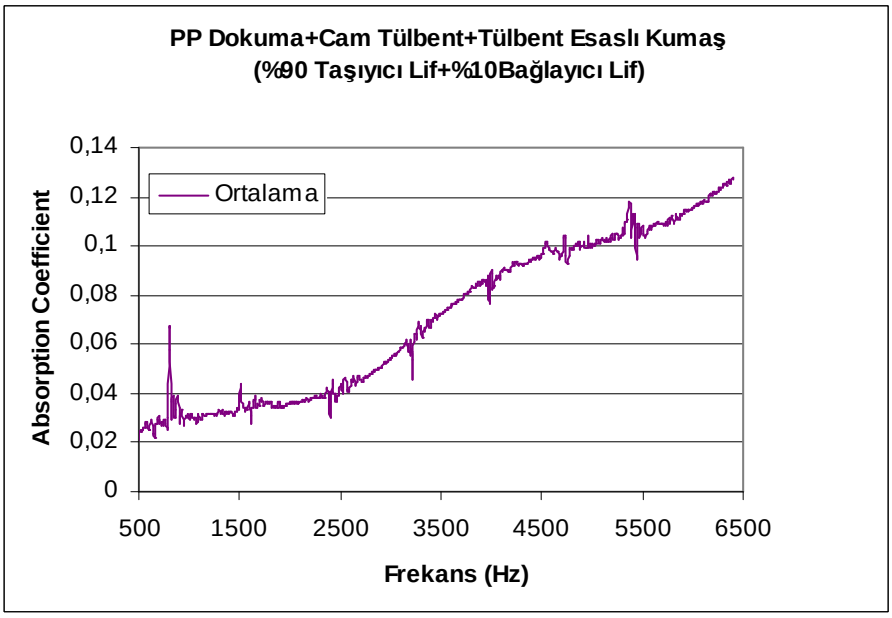


Şekil V.146 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %100 PES

b) %90 Polyester+%10 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

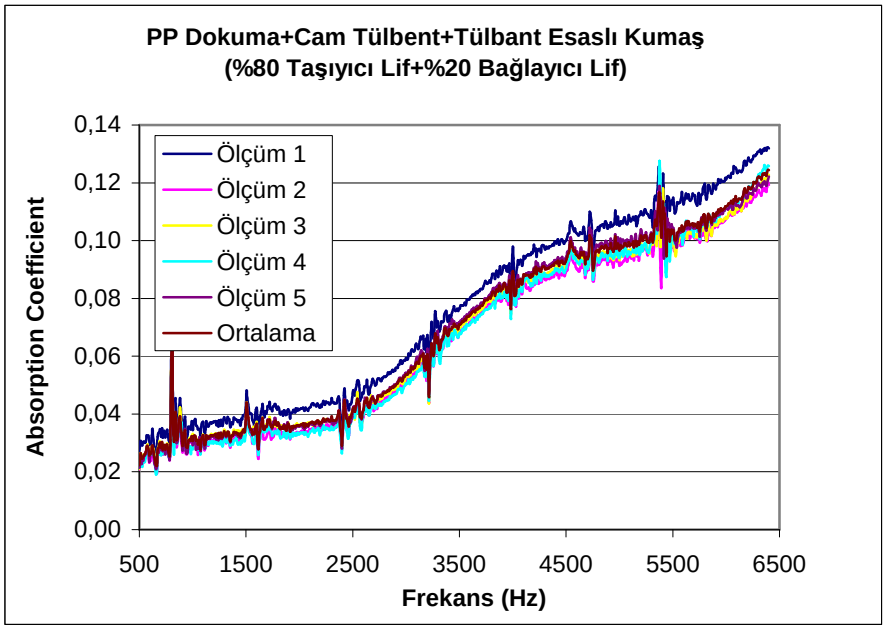


Şekil V.147 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %90 PES, %10 İki Bileşenli PES

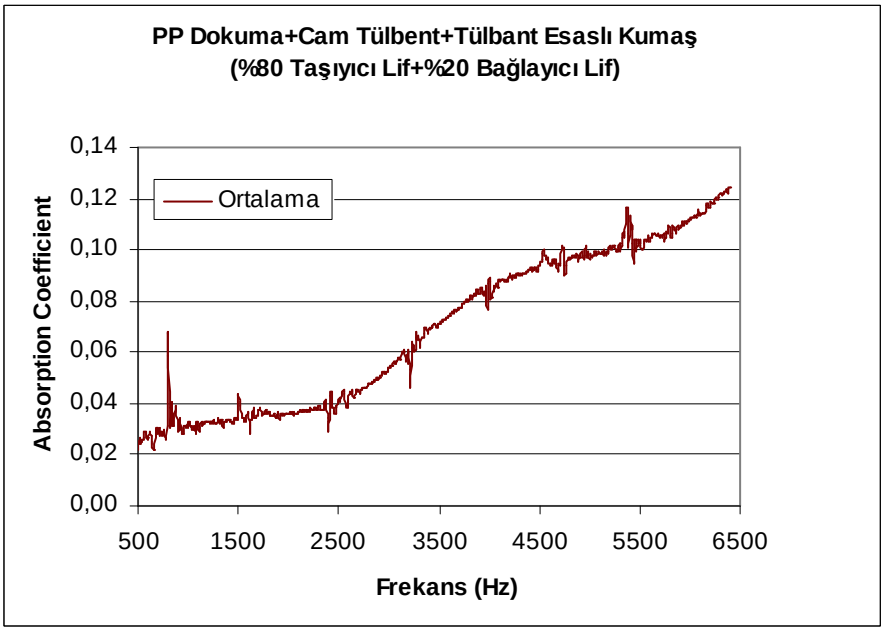


Şekil V.148 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %90 PES, %10 İki Bileşenli PES

c) %80 Polyester+%20 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

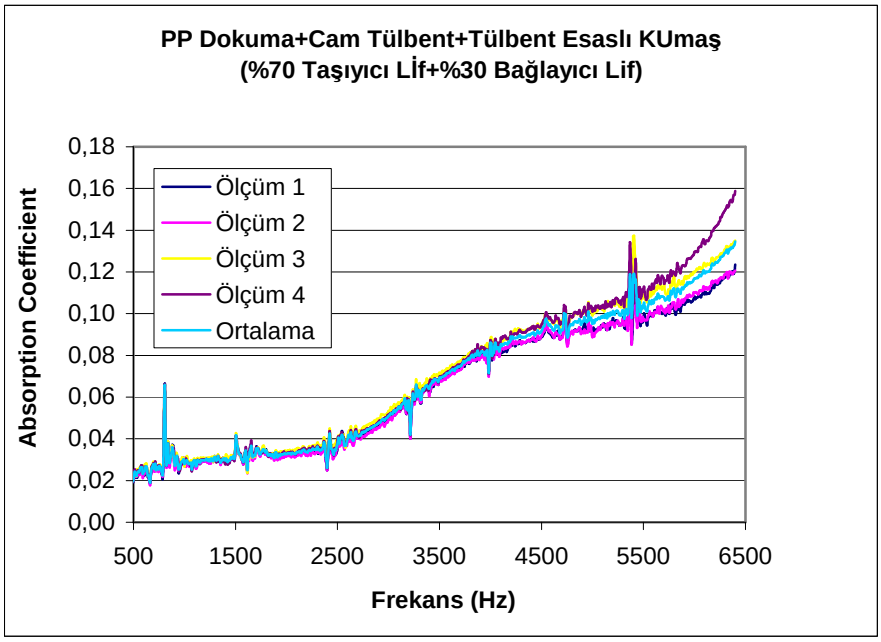


Şekil V.149 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %80 PES, %20 İki Bileşenli PES

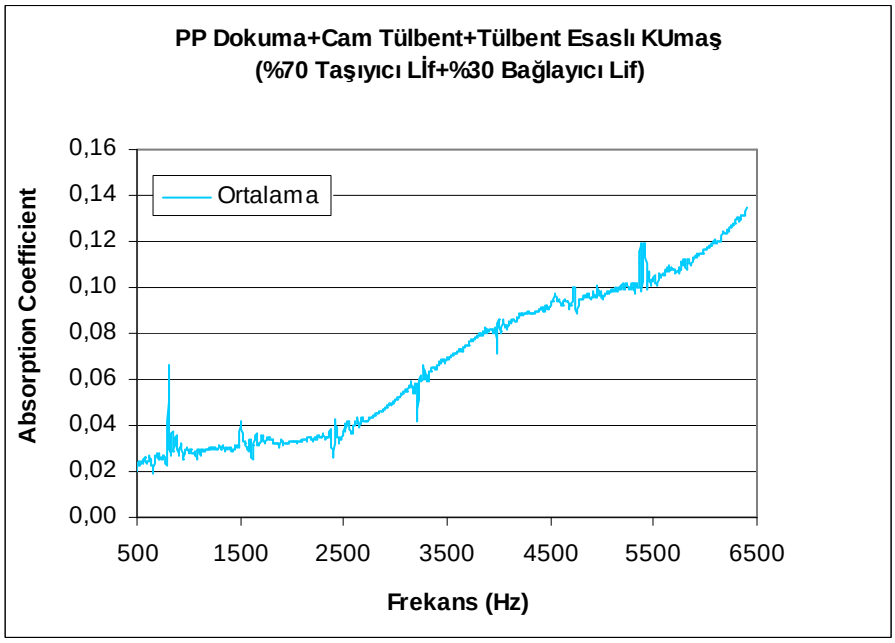


Şekil V.150 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %80 PES, %20 İki Bileşenli PES

d) %70 Polyester+%30 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

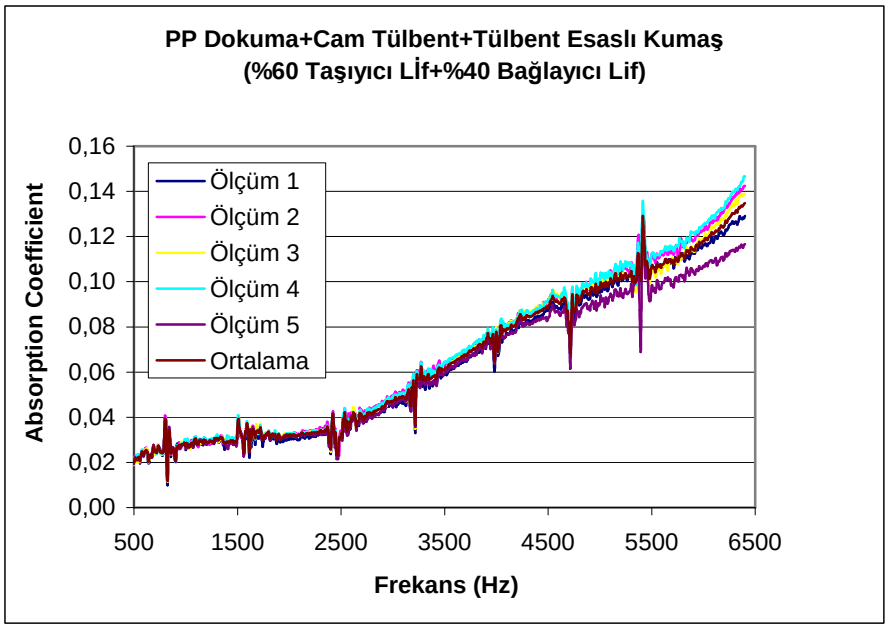


Şekil V.151 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

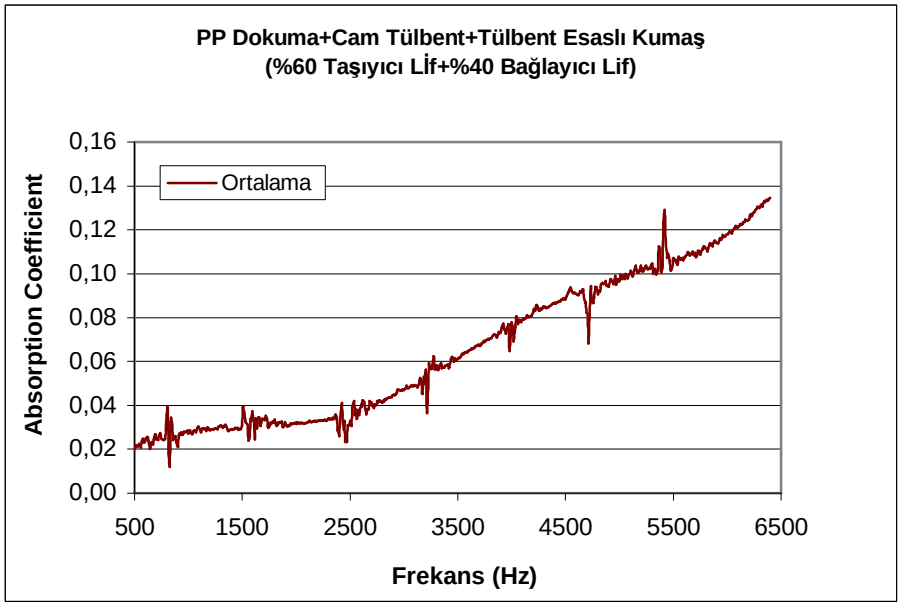


Şekil V.152 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %70 PES, %30 İki Bileşenli PES

e) %60 Polyester+%40 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

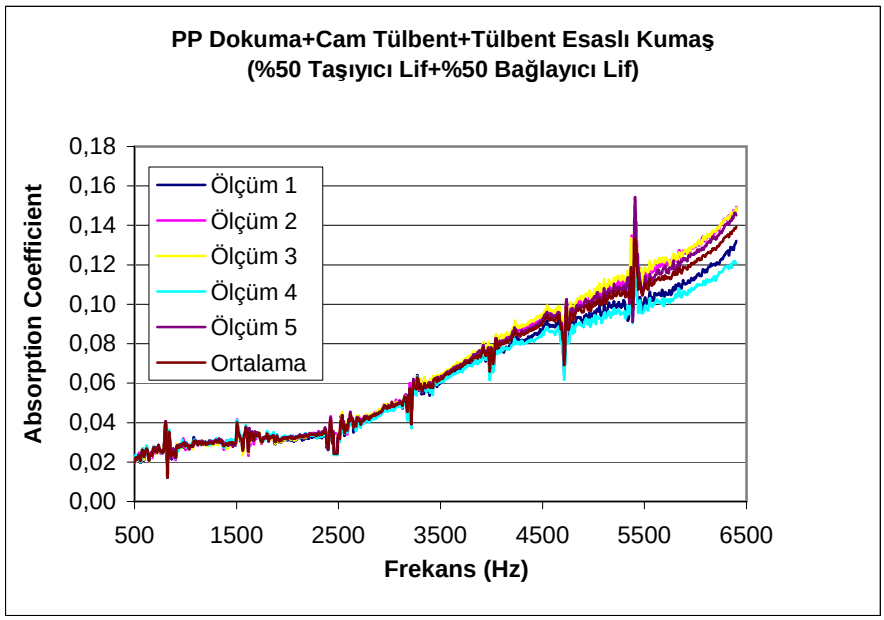


Şekil V.153 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %60 PES, %40 İki Bileşenli PES

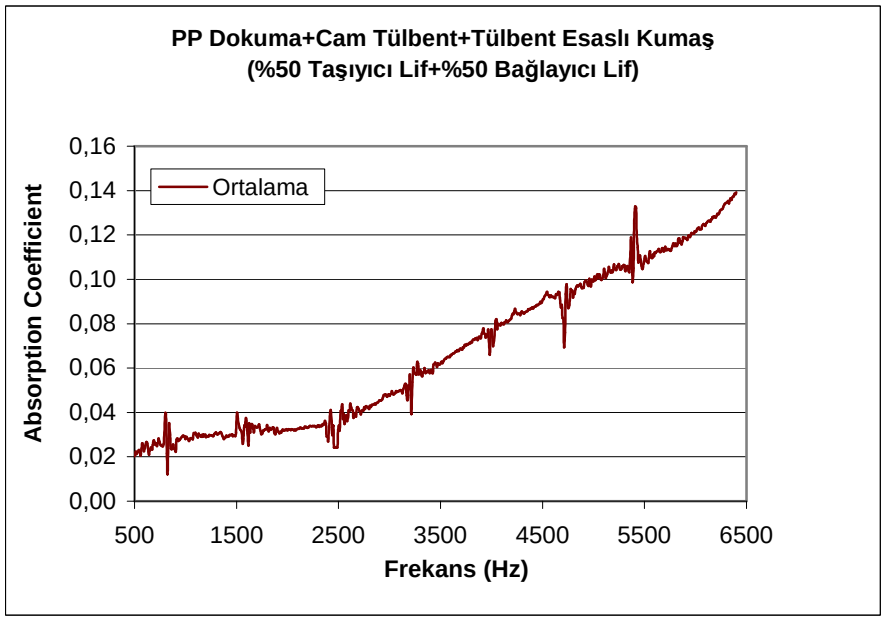


Şekil V.154 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %60 PES, %40 İki Bileşenli PES

f) %50 Polyester+%50 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

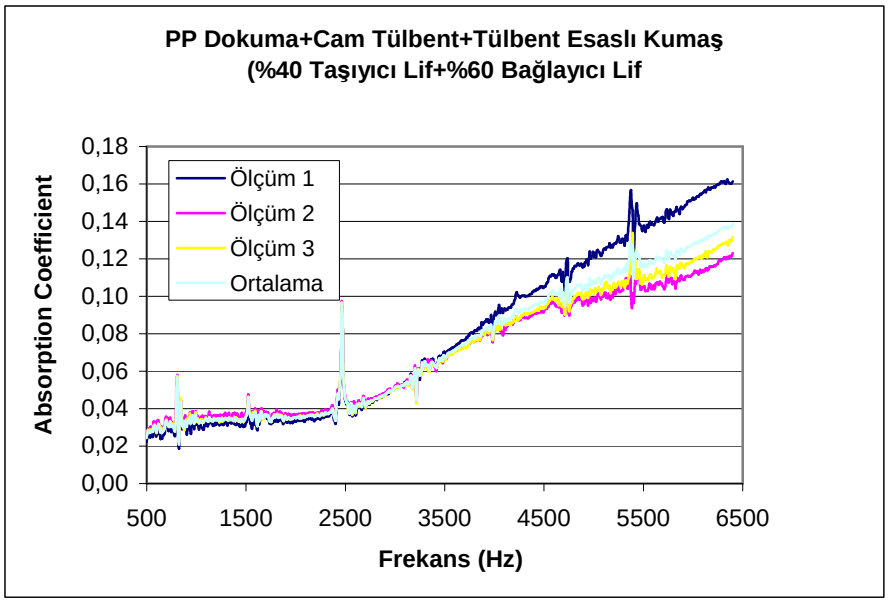


Şekil V.155 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %50 PES, %50 İki Bileşenli PES

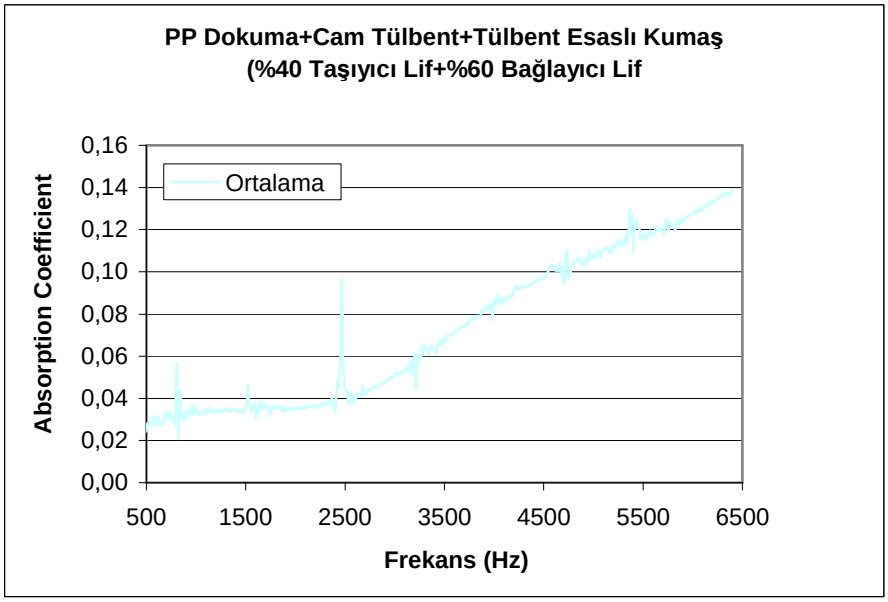


Şekil V.156 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %50 PES, %50 İki Bileşenli PES

g) %40 Polyester+%60 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester

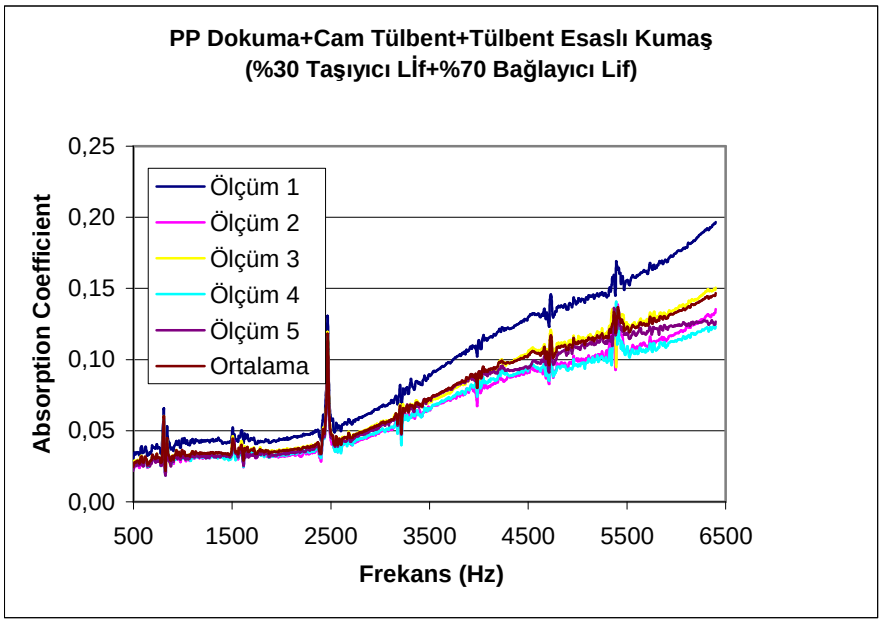


Şekil V.157 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %40 PES, %60 İki Bileşenli PES

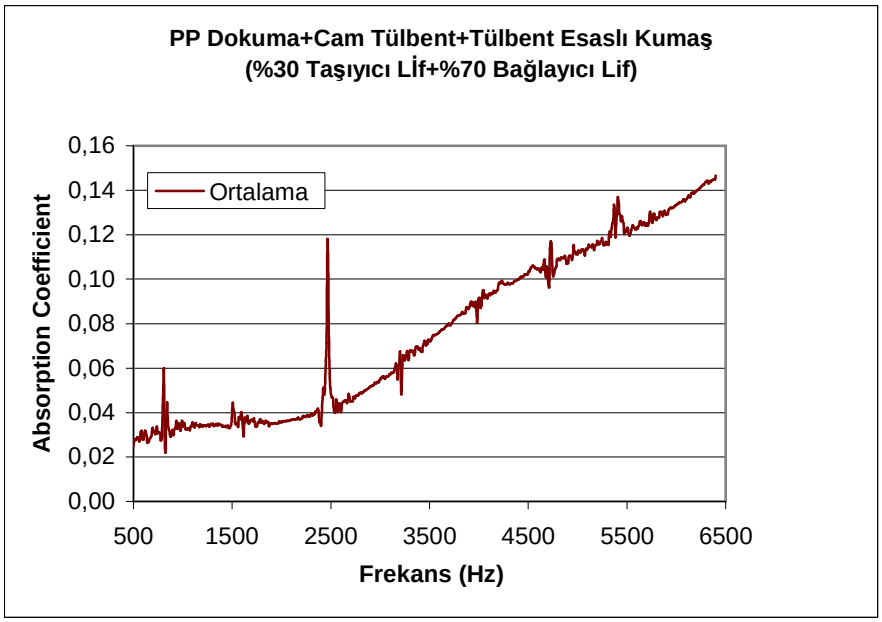


Şekil V.158 – Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %40 PES, %60 İki Bileşenli PES

h) %30 Polyester+%70 İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester



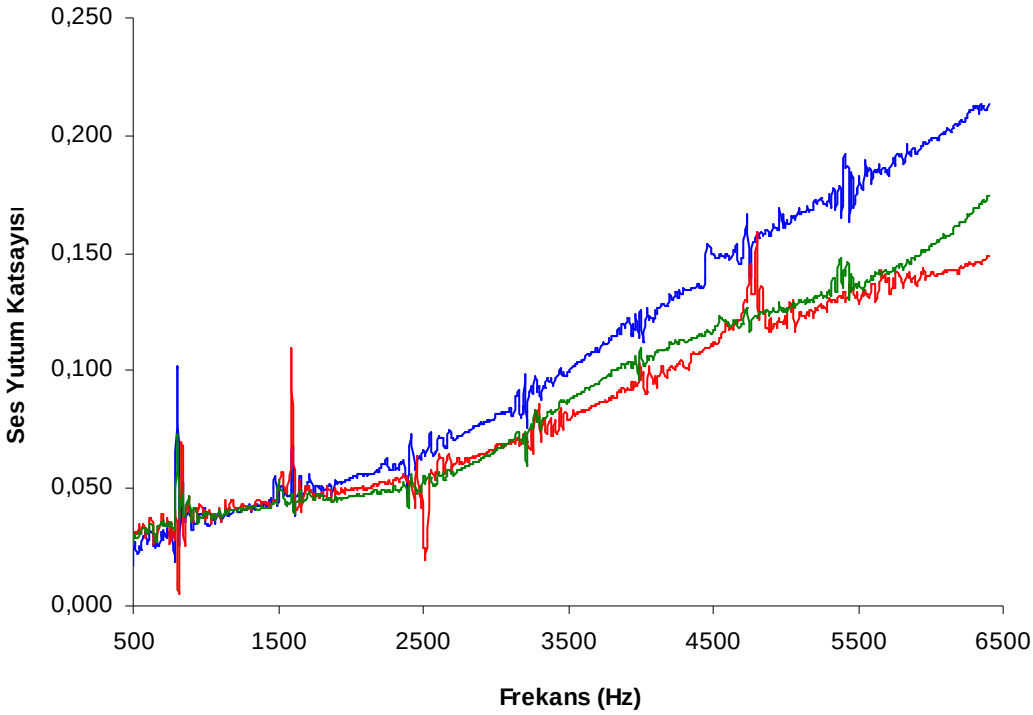
Şekil V.159 – Polipropilen Dokuma Kumaş, , Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %30 PES, %70 İki Bileşenli PES



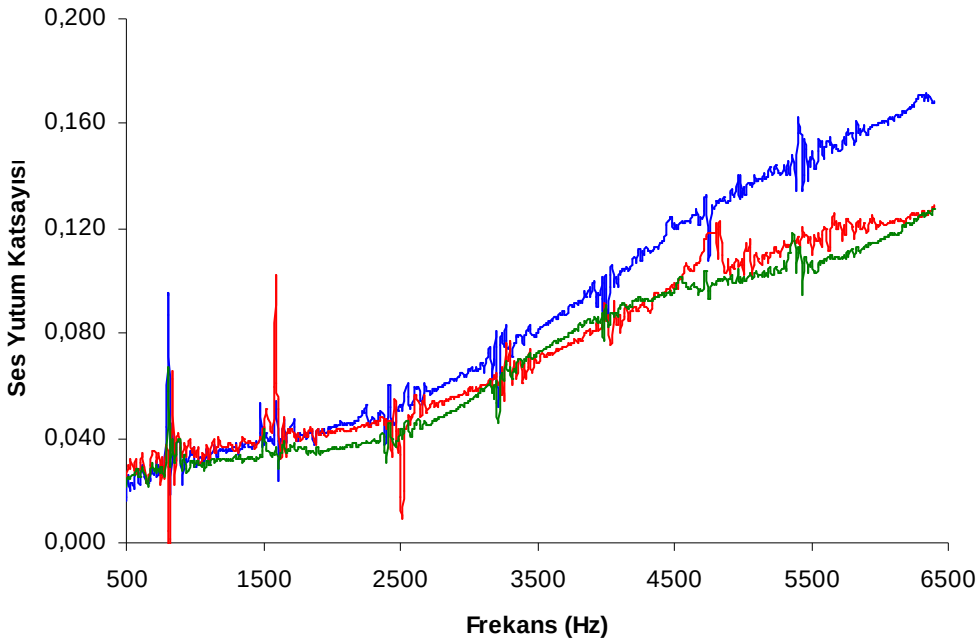
Şekil V.160 – Polipropilen Dokuma Kumaş, , Polyester/İki Bileşenli Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşın 500-6400 Hz Frekans Aralığında Ortalama Ses Yutum Katsayısı Değerleri, %30 PES, %70 İki Bileşenli PES

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların ortalama ses yutum katsayıları incelendiğinde, bağlayıcı lif kullanımının ses yutum katsayısı değerlerini düşürdüğü çok net görülmektedir. Bağlayıcı lif kullanılmayan kompozit kumaş, en yüksek ses yutum katsayısı değerine sahip olmuştur. Bağlayıcı lif miktarı %10 ve %20 olduğunda ses yutum katsayısı değerlerinde ciddi oranda azalma meydana gelmiştir. Ancak bağlayıcı lif miktarı %30 olmasından itibaren ses yutum katsayısı değerlerinde artış olmuştur.

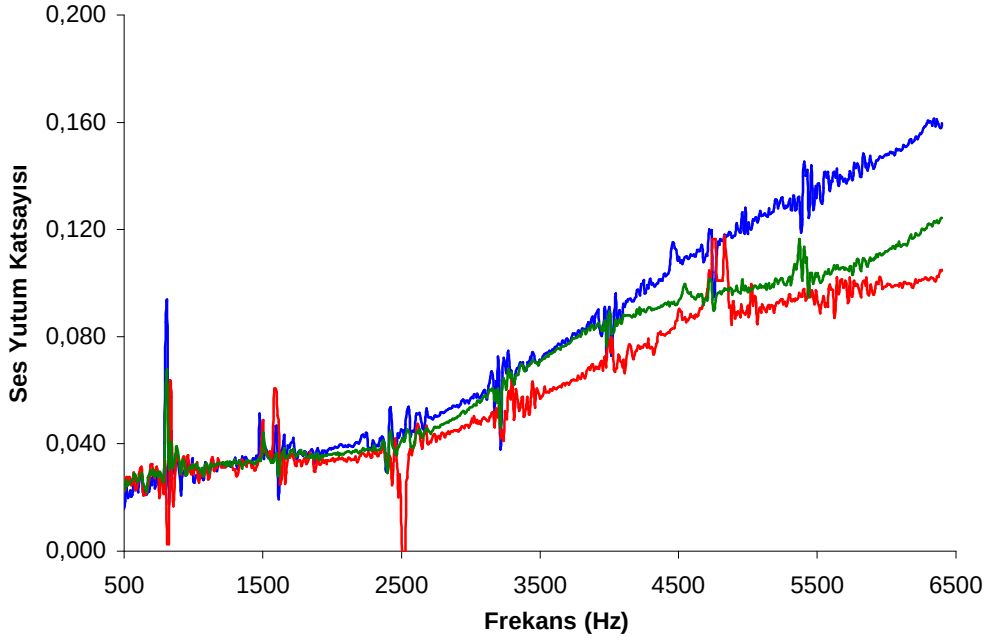
Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



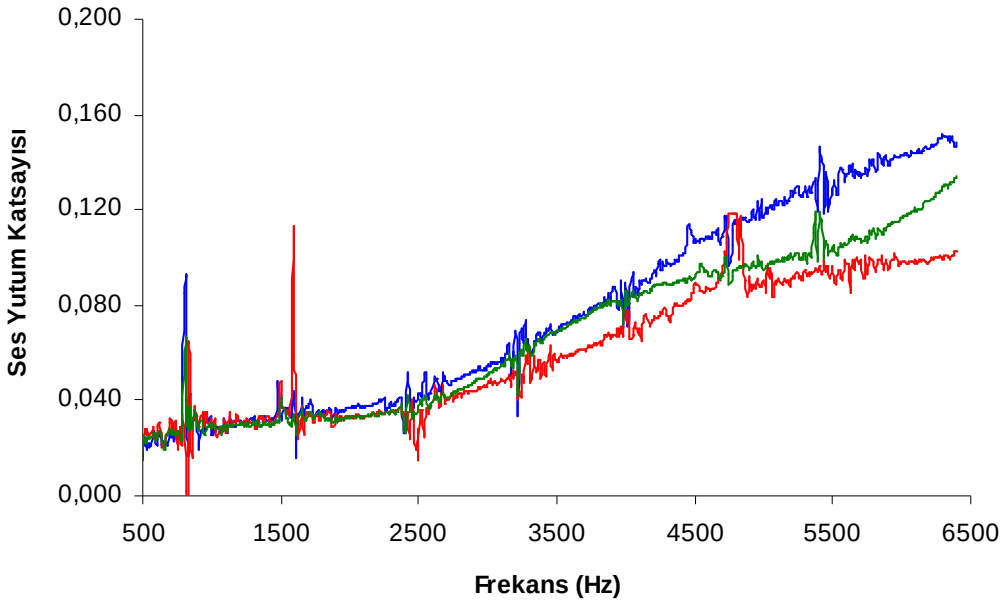
Şekil V.161 – Bağlayıcı Lif Oranı %0 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



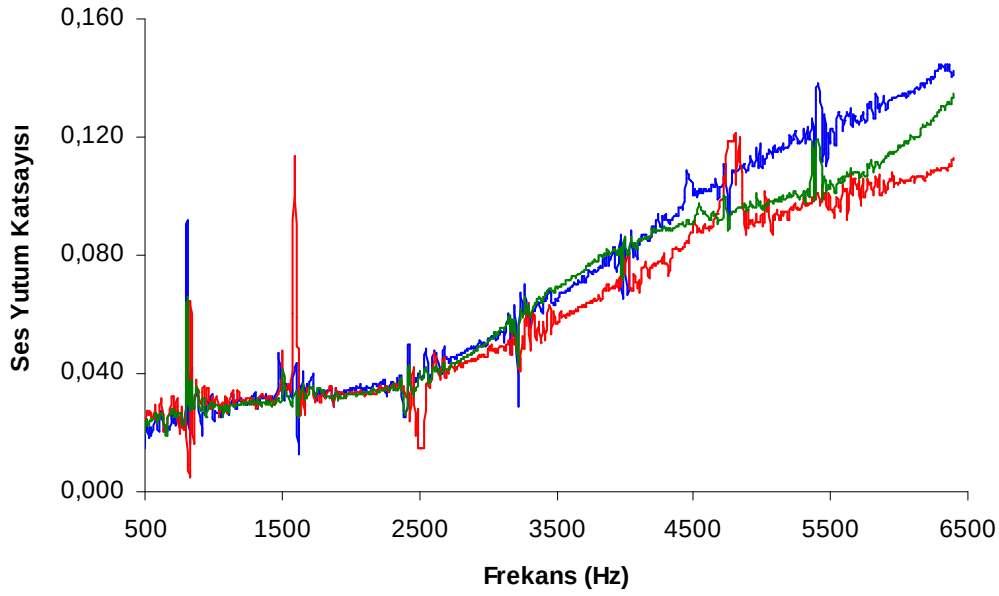
Şekil V.162 – Bağlayıcı Lif Oranı %10 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



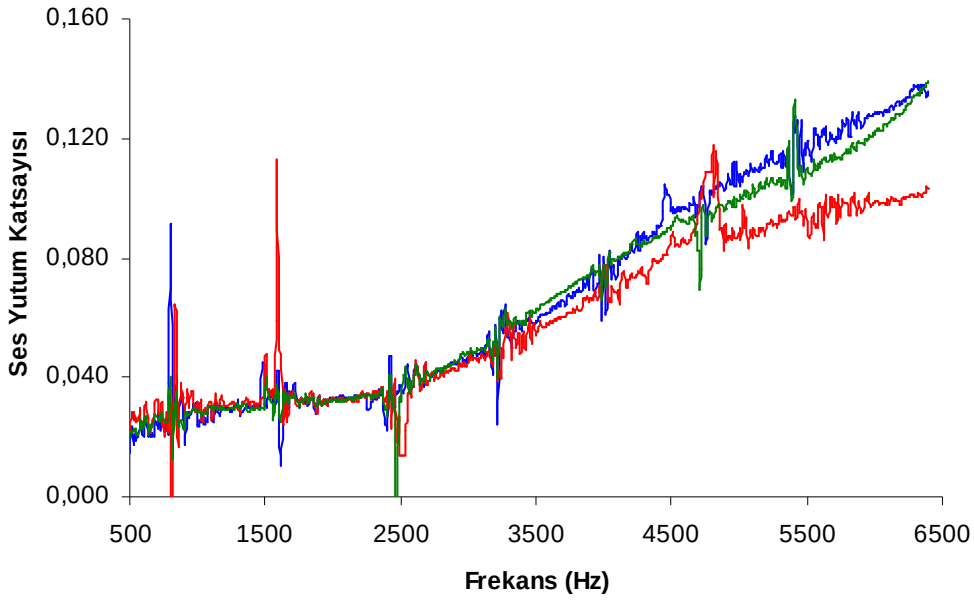
Şekil V.163 – Bağlayıcı Lif Oranı %20 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



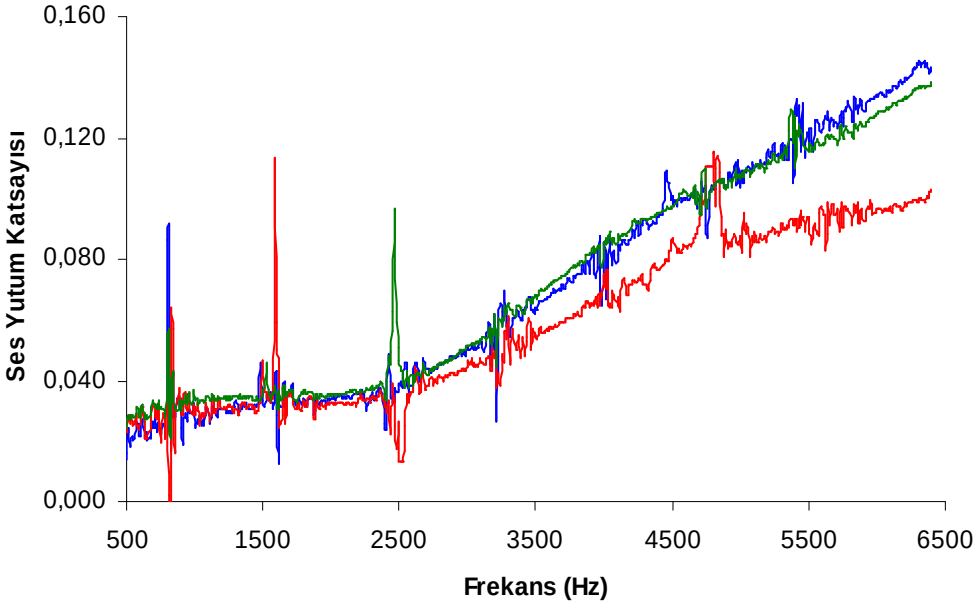
Şekil V.164 – Bağlayıcı Lif Oranı %30 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



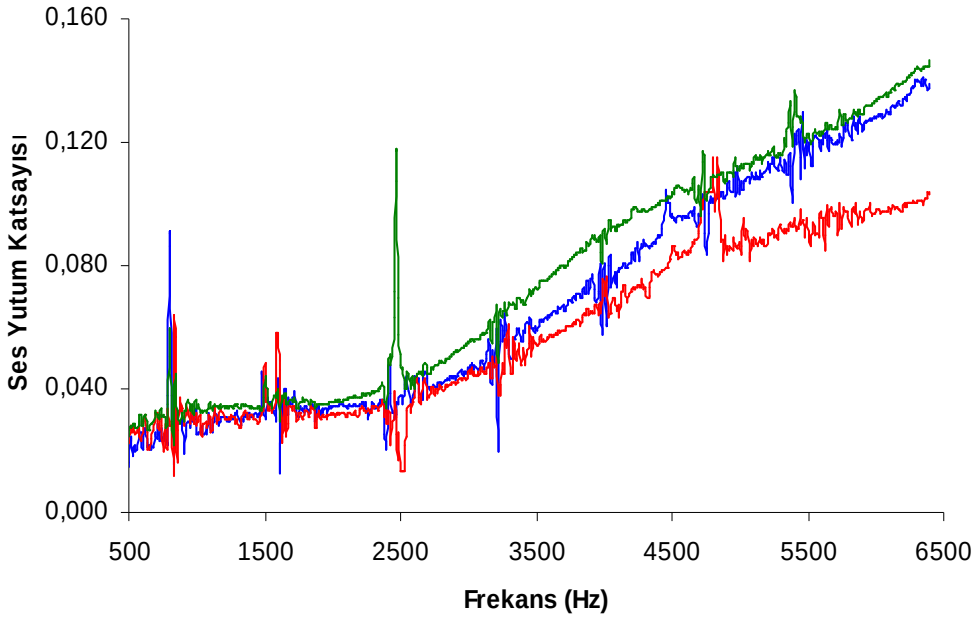
Şekil V.165 – Bağlayıcı Lif Oranı %40 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil V.166 – Bağlayıcı Lif Oranı %50 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil V.167 – Bağlayıcı Lif Oranı %60 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması



Şekil V.168 – Bağlayıcı Lif Oranı %70 Olduğunda Kompozit Kumaşların Ses Yutum Katsayısı Değerlerinin Karşılaştırılması

Temel olarak ses yutum katsayısı değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Sonuçlar 1 rakamına yaklaştıkça malzemenin ses yutum (ses absorbe etme) özelliklerinin iyi olduğu, 0 rakamına yaklaştığında ise, malzemenin ses yutum özelliklerinin kötü olduğu anlaşılmaktadır.

Kompozit kumaşların ses yutum katsayısı değerleri karşılaştırıldığında, bağlayıcı lif oranı %10 ile %60 arasında iken, mavi renkle gösterilen polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kumaşların, 500 ile 6400 Hz aralığındaki frekanslarda en iyi sonuçlara sahip olduğu göze çarpmaktadır. Yalnızca bağlayıcı lif oranı %70 olduğunda polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaş en iyi ses yutum katsayısı değerine sahip olmuştur. Kırmızı renkle gösterilen cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlarında en kötü ses yutum katsayısı değerlerini aldığı görülmektedir.

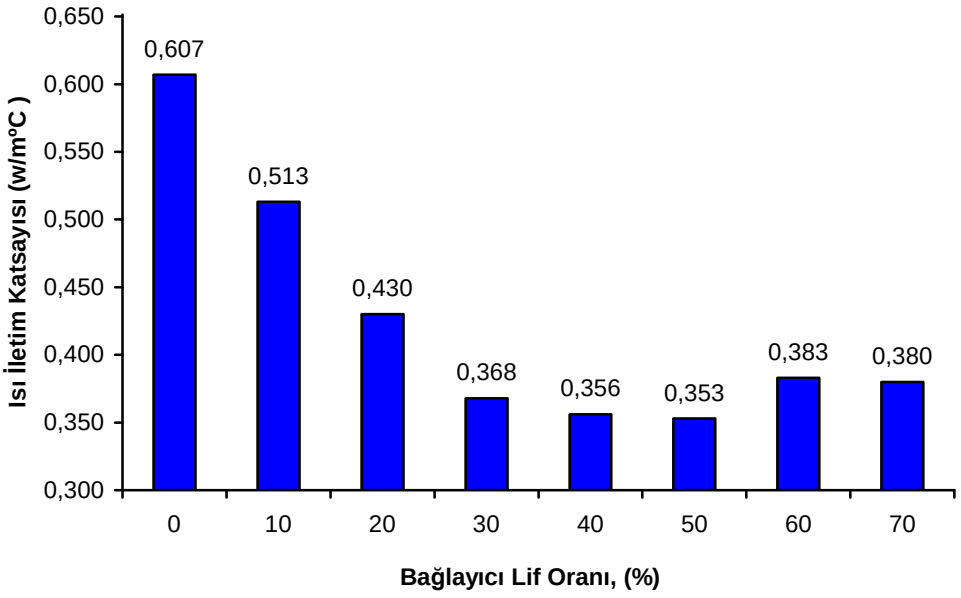
Tüm kompozit kumaşlarda ortak olarak frekans değeri arttıkça, ses yutum katsayısı değerleri de artmıştır. Yaklaşık olarak 3000 Hz'e kadar tüm malzemeler birbirine yakın ses yutum katsayısı değerlerini almışlardır.

En yüksek ses yutum katsayısı değerleri bağlayıcı lif kullanılmadığında diğer bir ifade ile %0 olduğunda alınmıştır. Kompozit kumaşlar içerisinde bulunan hava ses yutum katsayılarında en önemli belirleyici faktördür. Test sonuçlarından da bu açıkça görülmektedir. Bağlayıcı lif kullanılmadığında kompozit kumaşlar daha hacimli ve kalınlık değerleri yüksektir. Diğer bir ifade ile bu kumaşlar bünyelerinde

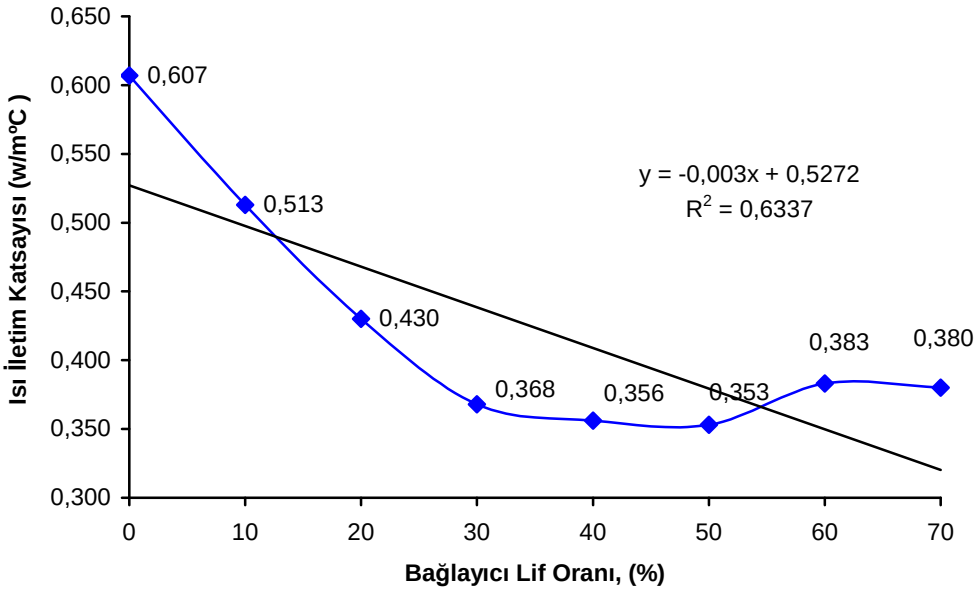
daha fazla hava içermektedir. Bu özellik ses yutum katsayısı değerlerinin yüksek çıkmasını sağlamaktadır.

Bağlayıcı lif oranın artmasıyla birlikte polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlarda ve cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların ses yutum katsayısı değerleri azalmıştır. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşlarda ise bağlayıcı lif oranı %20'ye kadar çıktığında malzemenin ses yutum katsayısı değerleri azalmıştır. Bağlayıcı lif oranı %30 olmasından ittibaren ses yutum katsayısı değerlerinde bir miktar yükselme olmuştur.

V.7. Isı İletim Test Sonuçları

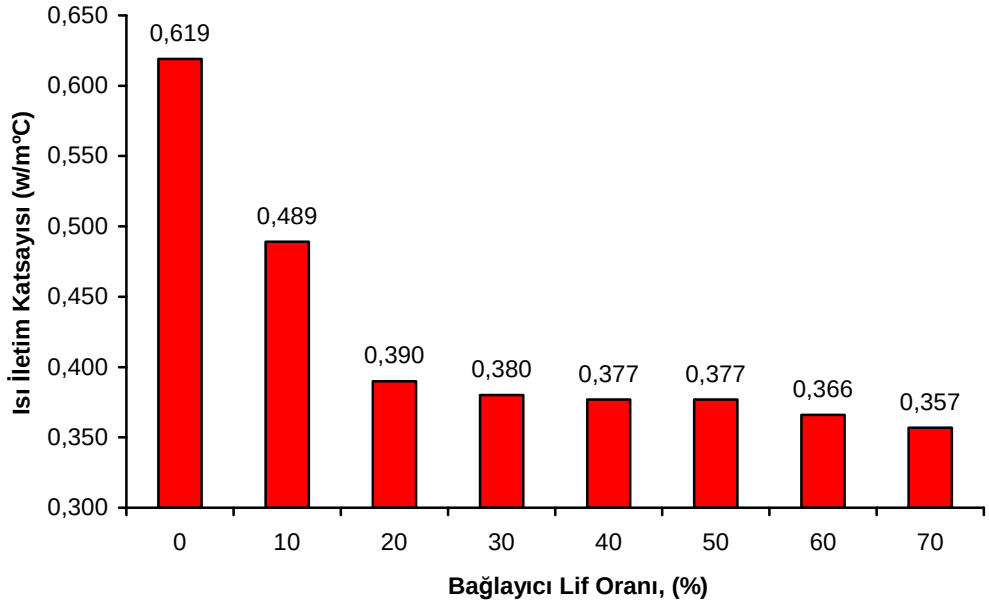


Şekil V.169 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

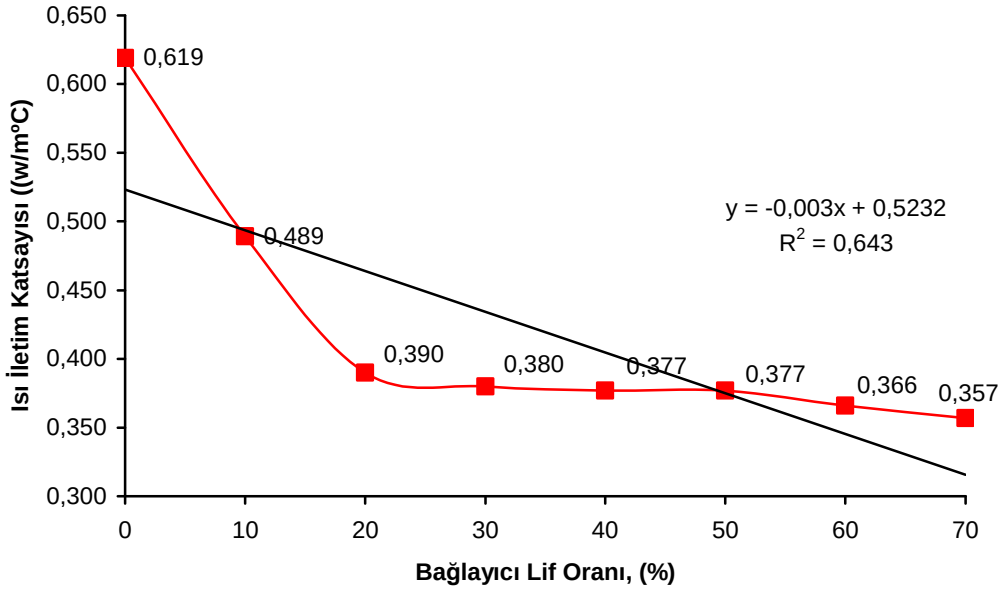


Şekil V.170 - Polipropilen Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

Polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşların ısı iletim test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte kalınlıkta azalma olmuş ve ısı iletim katsayısı değerlerinde azalma görülmüştür. Bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 olduğunda kumaşların kalınlıklarında olan artış sonucunda ısı iletim katsayısı değerleri yükselmiştir.

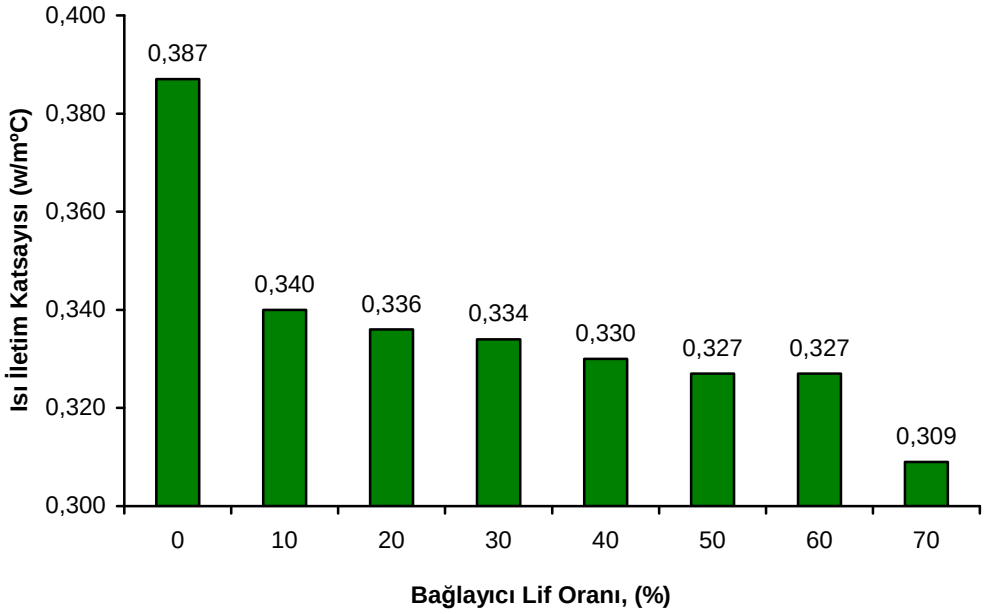


Şekil V.171 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

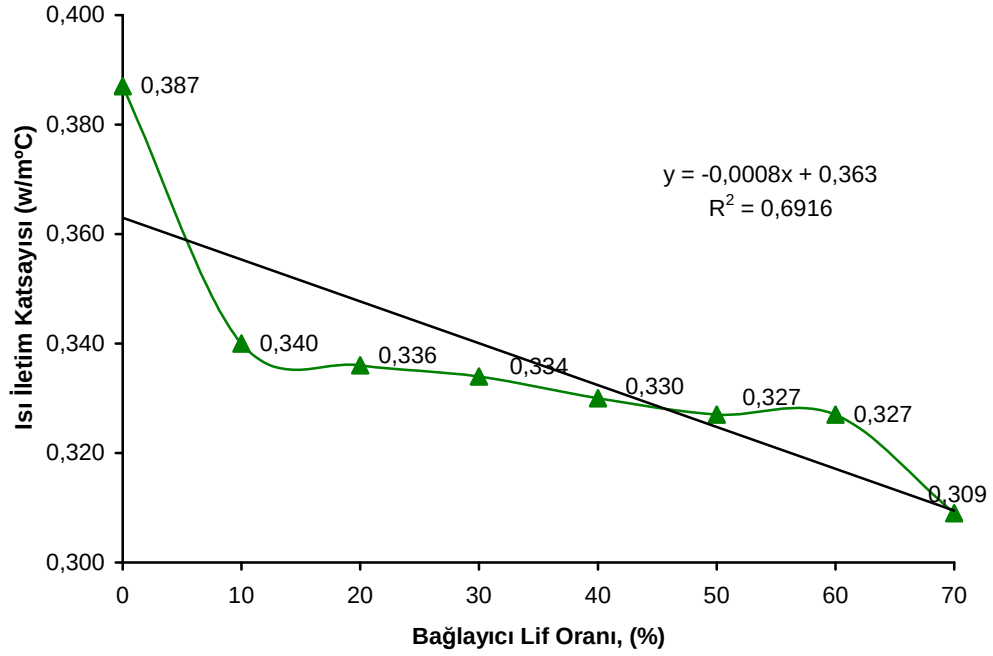


Şekil V.172 - Cam Leno Dokuma Kumaş Takviyeli Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent Esaslı Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

Cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşların ısı iletimi test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranı artışı ile birlikte kompozit kumaşların ısı iletimi katsayısı değerlerinde sürekli olarak azalma görülmüştür.



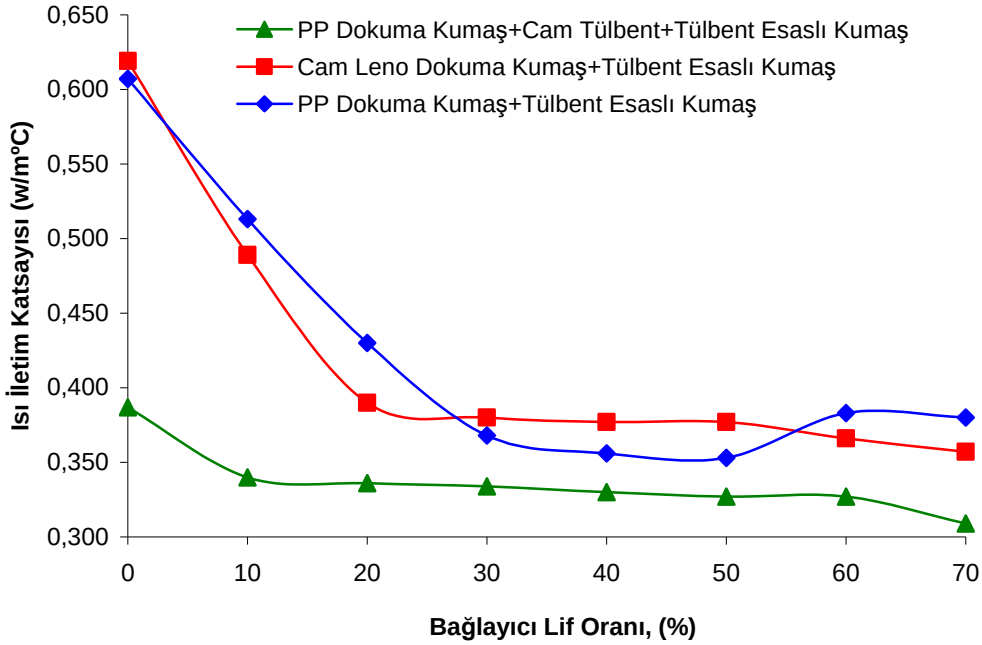
Şekil V.173 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)



Şekil V.174 - Polipropilen Dokuma Kumaş, Polyester/İki Bileşenli (Bicomponent) Polyester Tülbent ve Cam Tülbent Takviyeli Kompozit Kumaşların Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların ısı iletimi test sonuçları incelendiğinde, bağlayıcı lif oranının artmasıyla birlikte ısı iletim değerlerinde sürekli olarak bir azalma görülmektedir. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli

(bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşların düşük ısı iletim katsayısına sahip olduğu görülmektedir.



Şekil V.175 – Kompozit Kumaşların Toplu Isı İletimi Test Sonuçları (w/mºC)

Kompozit kumaşların ısı iletim testleri, kondüksiyon yöntemi ile çalışan cihazda yapılmıştır. Test sonuçları, ısı iletim katsayısı olarak w/mºC biriminde gösterilmiştir. Test sonuçlarının hesaplanmasında, ölçüm alanı, sıcaklık farkı, kumaş kalınlığı ve verilen ısı miktarı önemli parametrelerdir.

Kompozit kumaşların ısı iletim test sonuçları birçok farklı şekilde yorumlanabilir ve karşılaştırılabilir. Bunlardan birisi ısı iletim katsayısı değerlerinin incelenmesi ve karşılaştırılmasıdır. İlk olarak bağlayıcı lif oranının artışıyla birlikte tüm kumaşların ısı iletim katsayılarında azalma görülmüştür. Sadece polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlarda bağlayıcı lif oranı %60 ve %70 olduğunda kompozit kumaş kalınlığında olan artış sebebiyle ısı iletim katsayısı değerleri yükselmiştir.

Grafikler incelendiğinde, cam elyafın çok iyi ısı yalıtım özelliğine sahip olduğu çok net görülmektedir. Polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşlar en düşük ısı iletim katsayısı değerlerine sahiptir.

Bu testlerde kullanılan cihazda, kumaş iki metal plakanın arasında yer almaktadır. Bir plakadan kumaşa ısı verilmektedir. Diğer plakada ise kumaştan geçen ısı ölçülmektedir. T3 ısı verilen plakayı, T7 kumaştan geçen ısıyı ºC biriminde

göstermektedir. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta, T7 değerleri, yaklaşık 20 ºC-21 ºC arasında; cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta T7 değerleri yaklaşık 22 ºC ve 25ºC arasında ve son olarak polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşta ise, T7 değerleri 15 ºC ve 17 ºC arasındadır. Bu rakamlardan anlaşılacağı gibi, polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaştan geçen ısı miktarı diğer kumaşlara kıyasla çok çok daha düşüktür. En çok ısı geçiren kumaş grubu, hava geçirgenliği de yüksek olan cam leno dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşlardır:

Tüm kompozit kumaşlar içerisinde, bağlayıcı lif oranı %70 olan, düşük hava geçirgenliğine ve kalınlığa sahip, polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşta T7 değeri, 15.41 ºC olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç o kumaşın çok iyi bir ısı yalıtımı yaptığını göstermektedir.

Bağlayıcı madde %0 iken, kompozit kumaşların ısı iletim katsayısı değerleri incelendiğinde, en iyi yalıtım 0.387 w/mºC değeri ile polipropilen dokuma kumaş, polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent ve cam tülbent takviyeli kompozit kumaşta görülmüştür. Bu üç kompozit kumaşlar içerisinde en kötü ısı yalıtımı, 0.619 w/mºC değeri ile cam leno dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli (bicomponent) polyester tülbent esaslı kompozit kumaşta görülmüştür.

V.8 Çalışmanın Önemli Sonuçları

Bu çalışmada öncelikle cam elyaf diğer taşıyıcı lif polyester ile birlikte tarak makinesinde tülbent haline getirilmeye çalışılmıştır. Ancak, sert ve bükülmez yapısı, kıvrıma sahip olmaması ve yüksek özgül ağırlığı sebebiyle cam elyaf taşıyıcı lif ile birlikte tarak makinesinde tülbent haline getirilememiştir. Tarak makinesinin ekartman ayarlarının açık olması da tülbent üretilememesinde diğer bir faktör olarak karşımıza çıkmıştır. Diğer taraftan cam elyaf tarak makinesinde kullanılmak istendiğinde birtakım sorunlar ortaya çıkmaktadır. Cam elyaf kırılgan bir yapıya sahip olduğundan makinenin dişli kısımlarıyla sürtünmesi neticesinde kırılma tehlikesi ortaya çıkmaktadır. Anorganik bir elyaf olduğundan çalışan kişinin sağlığı için bir risk oluşturmaktadır. Yüksek özgül ağırlığı sebebiyle makinenin altına düşmekte, silindirler tarafından taranması mümkün olmamaktadır. Cam elyaf malzemesinin kullanımının en iyi yolu bu çalışmamızda uyguladığımız gibi tülbent olarak tedarik etmek veya hava ile serme makinesinde kullanmaktır. Hava ile serme makinesinde cam elyaf oluşturulan tülbent içerisine karıştırılabilmekte veya bir yüzey üzerinde biriktirilebilmektedir.

Bu çalışmada birçok farklı kumaş biraraya getirilerek tülbent esaslı üretim teknolojileriyle (nonwoven) kompozit yapılar üretilmiştir. Bu birçok farklı materyal, iki bileşenli lifler (bicomponent) diğer bir ifade ile bağlayıcı lifler kullanılarak ve mekanik etkiler neticesinde bağlanmış ve bir arada getirilmiştir. Uyumlaştırıcı madde olarak tülbent esaslı kumaşın içerisindeki iki bileşenli (bicomponent) polyester (iç/dış) bağlayıcı lifler kullanılmıştır. Bağlayıcı liflerin dış kısmı ısı uygulandığında eriyerek çevresindeki lifleri ve yapıları bir arada tutmuştur. Öncelikle tülbent esaslı kumaş üretilmiş sonrasında bu kumaş dokuma kumaşlar ve cam tülbent ile takviye edilmiştir. Dokuma kumaşların ve cam tülbendin yapı içerisine kattığı özellikler tespit edilmiştir. Cam leno dokuma kumaşa kıyasla polipropilen dokuma kumaş tülbent esaslı kumaş ile daha iyi bir uyum sağlamıştır. Cam tülbent takviyeli kompozit kumaş iyi ısı yalıtımı göstermiştir. Bağlayıcı lif, kumaşları bir arada tutan matris görevini yapmıştır.

Bu çalışmamızda taşıyıcı ve bağlayıcı lifler kullanılarak tarak makinesinde tülbent esaslı kumaş üretilmiştir. Bağlayıcı liflerin (iki bileşenli lifler) oranı %0 ile %70 arasında değiştirilerek her bir grupta 8 farklı kumaş üretilmiştir. Toplam 3 grupta 24 kompozit kumaşın üretimi gerçekleştirilmiştir.

İğneleme teknolojisiyle, tülbent esaslı kumaşa (nonwoven) takviye materyali olarak ayrı ayrı cam leno dokuma kumaş, polipropilen dokuma kumaş ve cam tülbent ilave edilmiştir. Bir gruba cam leno dokuma kumaş, diğer gruba polipropilen

dokuma kumaş ve son gruba da hem polipropilen dokuma kumaş ve hem de cam tülbent katılmıştır. Üretim hesapları yapılırken, tüm kompozit kumaşların birbirine yakın birim metre kare ağırlığında olmasına çalışılmıştır.

Tüm kumaşlar son olarak ısı ile bağlama makinesinden geçirilerek kompozit kumaşların içerisinde farklı oranlarda bulunan bağlayıcı liflerin (bicomponent fibres-iki bileşenli lifler) eriyerek yapı içerisindeki materyalleri birbirine bağlaması sağlanmıştır. Bu sayede hem mekanik olarak hem de ısı yardımıyla kumaşlar birbirine birleştirilerek kompozit yapı üretilmiştir.

Kompozit kumaşlara standartlar çerçevesinde birim metre kare ağırlığı, hava geçirgenliği, patlatma mukavemeti, kopma mukavemeti, kondüksiyon metodu ile ısı iletimi, ses yutum katsayısının tespiti, kalınlık, sertlik testleri uygulanmıştır.

Kompozit kumaşları kendi aralarında ve diğer kumaşlarla karşılaştırma yapmak için, birbirine yakın birim metre ağırlığında olacak şekilde üretilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır;

- Bağlayıcı lif (bicomponent fibre-iki bileşenli lif) oranının artmasıyla birlikte kompozit kumaşların hava geçirgenliği değerleri azalmıştır. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kompozit kumaşlar en düşük hava geçirgenlik değerlerine sahip olmuştur.
- Düşük hava geçirgenlik değerine sahip kumaşlar filtre, geotekstil ve yalıtım gibi teknik tekstil alanlarında kullanılabilir. Özellikle ısı yalıtımı istenen yerlerde kumaşların çok düşük hava geçirgenlik değerine sahip olması istenir. Çünkü ısı yalıtımı ile hava geçirgenliği arasında doğru orantı vardır. Bir kumaştan birim alanda ve zamanda ne kadar çok hava geçer ise, o kadar fazla da ısı geçer. Düşük hava geçirgenlik değeri ısı yalıtımı sağlar.
- Bağlayıcı lif (bicomponent fibre-iki bileşenli lif) oranının artmasıyla birlikte kompozit kumaşların patlatma mukavemeti değerleri de yükselmiştir. Tülbent esaslı kumaş oranı yüksek olan polipropilen dokuma kumaş takviyeli ve cam leno dokuma kumaş takviyeli kompozit kumaşlar daha yüksek patlatma mukavemeti değerleri almıştır.
- Bağlayıcı lif (bicomponent fibre-iki bileşenli lif) oranının artmasıyla birlikte tüm kompozit kumaşların kopma mukavemeti değerleri yükselmiştir. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli polyester/iki bileşenli polyester tülbent esaslı kumaşlar en yüksek kopma mukavemeti değerlerine sahip olmuştur. Bu kumaşlarda bağlayıcı lif oranı %40'ın üzerine çıktığında tam kompozit yapı meydana gelmiştir. Polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşlar ile birlikte polipropilen dokuma ve cam tülbent takviyeli tülbent esaslı kompozit kumaşlarda bağlayıcı lif oranı %40'ı geçtikten sonra

tam kompozit yapı meydana gelmiştir. Diğer bir ifade ile tek bir kuvvet/uzama grafiği elde edilmiştir.

- Isı iletimi testleri kondüksiyon metoduna göre yapılmıştır. Bu noktada cam elyafı takviyeli kompozit kumaşta ısı iletiminin çok düşük seviyede olduğu, diğer bir ifade ile cam elyafı takviyeli kompozit kumaşın diğer kumaşlara göre çok iyi ısı yalıtımı yaptığı görülmüştür. Tüm kompozit kumaşlarda hava geçirgenliği ve kalınlığın azalmasıyla birlikte ısı iletiminin düştüğü göze çapmıştır. Ancak ısı yalıtımı bakımından, bağlayıcı lif oranı arttıkça cam elyafı takviyeli kompozit kumaşlar ile diğer kompozit kumaşlar arasındaki fark azalmıştır.
- Empedans tüpleri vasıtasıyla kompozit kumaşların ses yutum katsayıları tespit edilmiştir. Hacimli ve kalınlığı yüksek olan kompozit kumaşların ses yutum katsayıları yüksek çıkmıştır. Bunun anlamı bu tür kumaşların çok iyi ses yalıtım özelliğine sahip olduğudur. Cam elyafı takviyeli kompozit kumaşlar ısı yalıtımında olduğundan farklı olarak ses yalıtımında tatmin edici sonuçlar sergileyememiştir. Bağlayıcı lif oranının artışı ile birlikte tüm kompozit kumaşların ses yutum katsayıları düşmüştür. Bu çalışmada, polipropilen dokuma kumaş takviyeli tülbent esaslı kumaşların en yüksek ses yutum katsayısına sahip kumaş türü olduğu tespit edilmiştir.
- Bağlayıcı lif (bicomponent fibre-iki bileşenli lif) oranının artmasıyla birlikte tüm kompozit kumaşların kalınlıkları azalmış ve sertlikleri artmıştır.
- Cam elyafı otomotiv sektöründe kalıp haline getirilecek tülbent esaslı kumaşların içerisine belirli oranlarda katılabilir. Amaç kalıp haline getirilecek malzemeye sertlik ve sağlamlık vermesidir. Bu şekilde üretilen kumaşlar örneğin otomobil kabininin altında, müzik hoparlörlerinin takıldığı plakalar olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada sağlamlık ve sertlik vermesi açısından iki bileşenli liflerin kullanımının daha uygun olduğu yönündedir. Bir taraftan cam elyafı anorganik bir madde olduğundan insanın içinde bulunuğu kabinin içerisinde olması insan vücudu ve sağlığı açısından sakıncalıdır. Bu sebepten iki bileşenli lifler ile daha yüksek sertlikte kompozit malzemeler elde edilebilir. İki bileşenli lifler kalıp haline getirilecek ürünler için çok daha uygun bir ham maddedir. Sertlik testlerine baktığımızda bağlayıcı lif hiç kullanılmadığında yada çok az oranda (%10-%20) kullanıldığında cam elyafı ile takviye edilen kompozit kumaşlar daha yüksek sertlik değerine sahip idi. Ancak bağlayıcı lif oranı arttıkça kompozit malzemeler arasındaki sertlik farkı azaldı ve birbirine yakın değerler aldı.

KAYNAKLAR

[1] Duran,K.: "Dokusuz Tekstil Yüzeyleri ve Makineleri", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bornova, Türkiye, Cilt I, (1985) 106.

[2] Turbak, A.F.:"Nonwovens: Theory, Process, Performance, and Testing", Tappi Press, Atlanta, Georgia, (1993) 1.

[3] www.edana.org (Erişim tarihi: Şubat 2001)

[4] www.inda.org (Erişim tarihi: Mart 2001)

[5] Dahlström,N.: "Nonwoven Tekstil Endüstrisine Genel Bir Bakış", Tekstil Teknik Dergisi, İstanbul,Türkiye, Ağustos (1992)

[6] Duran,K.; Öneş,M.: "Yeni Üretim Yöntemleri ve Gelişen Uygulama Alanları ile Büyüyen Sektör: Nonwovenlar (tülbent esaslı dokusuz yüzeyler)", Tekstil Teknik Dergisi, Ağustos (1992) 83.

[7] Dobson,S.: "Manmade Fibers Fuel Growth of Nonwovens", International Fiber Journal İngiltere, Şubat **(2001)** Volume 16.

[8] Natrajan,V.: "The Global Outlook for Nonwoven Raw Materials", Nonwovens World February-March **(2005)** 63.

[9] Kunze,B.: "Modular Nonwovens Technologies-How Do They Meet with Tomorrows Demand", Nonwovens World, Summer, **(1998)** 47.

[10] Engle,E.: "Next Generation Nonwovens Based on Olefin Fiber Technology", Nonwovens World, October-November **(2005)** 54-61

[11] Ward,G.F.: "Developments In Mass Producing Nonwoven Nanofibers", Nonwovens World October-November **(2005)** s 67-70.

[12] Thomas, E.: "Innovation And New Market Creation For The Next Decade" Nonwoven World Aralık 2004, Ocak **(2005)** s 63.

[13] Svennerstedt,B.: "Advantages Of Recycled&Renewable Materials For Structural And Insulation Applications", Nonwovens World Ekim Kasım **(2005)** s 39-48.

[14] Butler,I.: "Emerging Worldwide Markets and Nonwovens Technology", Nonwoven Industry October **(2004)** sayfa 44-49.

[15] **www.johnrstarr.com** (Erişim tarihi: Ocak 2006)

[16] Star,J.R.: "The Nonwoven Fabrics Handbook", INDA Association of the Nonwoven Fabrics Industry, **(1995)**

[17] Wiertz,P.: "Edana Statistics 2004 Nonwovens Production and Deliveries in Europe", **(2005)**

[18] Subhashash,K.B.; Dharmadhıkary,R.: "Globalization of The Nonwovens Industry: Implications for The Developing Countries", Papers of The International Conference on Nonwovens, The Textile Institute, North India Sections, **(1992)**

[19] Watzl,A.: "Growth and Prospects for Hydroentangled Nonwovens", Nonwovens World Ekim-Kasım **(2004) 55-58**.

[20] Harmon,J.W.: "China: An Emerging Power in Nonwovens", Nonwoven Industry, Kasım, **(1992)** 32-39.

[21] Butler, I.W.: "Nonwovens Prospects in South America and China", Nonwovens World, Şubat-Mart **(2000)** 39-46.

[22] CNTA (China Nonwovens Technical Association); CNIC (China Nonwovens Information Center): "China Nonwoven Production Growth in 2003", Nonwovens World Ekim-Kasım **(2004)** 39-44.

[23] Gopal,R.: "Nonwovens Potential And The Unique Indian Situation", Nonwoven Industry, February **(2005)** 55-61

[24] Thurston C.W.: "Latin American Regains Growth", Nonwovens Industry Kasım **(2004)** sayfa 90-93.

[25] Bhuvenesh C.; Goswami,; Rajasekar,D.: "Nonwovens: An İmportant Segment of The Textile Scene", International Conference on Nonwovens, The Textile Institute, North India Section, **(1992)** 17-24.

[26] LünenschloB,J.; Albrecht,W.; "Vliesstoffe", Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, **(1982)**

[27] Kaloğlu,F.: "Nonwoven (Dokusuz Yüzeyler) ve Endüstriyel Uygulamalar, Tekstil Teknik Dergisi, Nisan **(1988)** 110.

[28] Fries,D.: "Vliesstofferzeugung", Arbeitgeberkreis Gesamttextil, Echborn, **(1996)**

[29] Bernhardt S.: "High Speeds And Capacities For Airlaid Machines", Nonwovens World Haziran Temmuz **(2001)**, s 79-83.

[30] Purdy, A.T.: “Developments in Nonwoven Fabrics”, The Textile Institute, Manchester, **(1983)**

[31] Whitaker,P.: “Multi-Staple Airlay Systems For Macro Airlaid Products”, Nonwovens World June, July **(2005)**.

[32] Goldstein, G.: “Airlaid Status Report”, Nonwovens World Spring **(1998)** s.79-85

[33] Wilson, J.: “Ultrafine Fibers With Splittable Bicomponents”**,** Nonwovens World, Ağustos-Eylül **(2001)** 81.

[34] Sens,D.: “Fluff Pulp Fiber Morphology Factors For Airlaid Products”, Nonwoven World Haziran Temmuz **(2003)** 51.

[35] Kohlhammer,K.: “Self-Crosslinkable Powder Resins In Airlaid Nonwovens”, Nonwovens World Haziran Temmuz **(2000)** 54-62.

[36] Dobel,J.: “Airlaid/Spunlaced Material: The New Wet Wipe Material”, Nonwovens World Spring **(1998)**, sayfa 47-51.

[37] Hovekmann, R.: “Airlaid Industry”, Nonwovens Technology Conference, Sorrento, İtalya, **(2004)**

[38] Dahiya,A.; Kamath,M.G.; Hedge,R.R.; Kotra,R.; Rong,H.: “Melt Blown Technology”, University of Tennessee, **(2004)** Nisan.

[39] Campbell,A.: “The Effect Of Polymer Molecular Weight On Meltblown Fabrics”, Nonwoven World Nisan-Mayıs **(2005)** 74-79

[40] Zhao,R.: “Advancements in High-Performance Meltblown Technology”, Nonwovens World, Ağustos-Eylül **(2003)** 47-52

[41] Zhao,R.: “New Materials For a New Generation of Meltblown Fabrics”, Nonwovens World, Şubat-Mart **(2005)** 55-61.

[42] Barcomb,C.: “Emulsion Polymer Treatments for İmproving Wipe Functionality”, Nonwoven World, August-September **(2005)** 37-39.

[43] Robinson,J.: “Printing Techniques For Enhancing Nonwovens”, Nonwovens World Nisan-Mayıs, **(2006)** 39.

[44] Foster,J.: “Bonding Technologies”: Needlepunching”, Nonwoven Industry, Kasım, **(1992)** 44-49

[45] Lennox-Kerr.P.: “Needle Felted Fabrics”, The Textile Trade Press, Manchester, England, **(1972)** 14.

[46] Felting and Structuring Needles, Groz-Beckert, Almanya

[47] Mittenmeier,H.G.: “”Synthetic Leather and Products Using High Grade Heat Resistant Fibres”, Papers of the International Conference on Nonwovens, The Textile Institute, North India Section, **(1992)** 98-106

[48] www.dilo.de (Erişim Tarihi 2006)

[49] Hearle,J.W.S.; Burnip,M.S.; “Lennox,P.: “Nonwovens”, The Textile Trade Press, Manchester, England, **(1970)** 20.

[50] Duran,K.: “Nonwoven Üretiminde Yeni Bir Yöntem: Su Jeti ile Fiksaj”, Tekstil ve Konfeksiyon Dergisi, İstanbul, Türkiye, Ocak **(1997)** 31-37.

[51] Butterworth,T.: “Spunlace: Present Markets, Future Needs and Technology Challenges”, Nonwovens World Ekim-Kasım **(2004)** 48-54.

[52] Feroe, D.: “Spunlacing Calendered Spunbond Webs”, Nonwovens World Ağustos Eylül **(2003)** 67-71.

[53] Lotz,C.: “Lenzing Lyocell’den Spunlace (Su Jeti ile İğnelemeli) Nonwoven Tekstiller”, Melliand Türkiye Sayısı, Ekim **(1997)**

[54] Candan,C.; Özen,M.S.; Yüksek,M.: “Mali Kumaş Üretim Teknolojileri”, Tekstil Teknik Dergisi, Şubat **(2003)** 178-179.

[55] Walterfang,J.: “Calender Designs And Configurations For Airlaid Machines”, Nonwovens World Haziran Temmuz **(2003)** 74-76.

[56] Brieger,T.: “Consideration Factors For Ultrasonic Bonding Vs.Adhesive Use In Nonwoven Products”, Nisan-Mayıs **(2006)** 60-66.

[57] Jahn,W.A.: “The All-In-One Direct Extrusion Solution For Diaper Barrier Films”, Nonwovens World, Nisan Mayıs **(2005)** 72.

[58] Adanur,S.: “Handbook of Weaving”, Sulzer, Technomic Publishing Company, Inc, Pennsylvania, Amerika Birleşik Devletleri, **(2001)** 126-127.

[59] www.sultex.com/it/powerleno_e.pdf

[60] Noelle, F.: “Eco-Friendly Hydroentangled Biodegradable Nonwovens”, Nonwovens World Nisan-Mayıs **(2006)**. s. 69.

[61] Başer,İ.: “Elyaf Bilgisi”, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, **(2002)**, s. 162

[62] Yurddaş,Ç.; Afşar,E.: “Cam Elyaf CTP Teknolojisi”, Cam Elyaf Sanayi A.Ş., Kocaeli, **(2004)**

[63] **www.gidb.itu.edu.tr/staff/soylemez/underwater/temelses.pdf**

[64] **www.aof.edu.tr/kitap/EHSM/1221/unite12.pdf**

{65] Özer,M.: “Yapı Akustiği ve Ses Yalıtımı”, Arpaz Matbaacılık, İstanbul **(1979)**

[66] Bruel&Kjaer Pulse Material Testing Type 7758” Determination of The Acoustic Material Properties” Katalogları

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimi İstanbul'da, lise öğrenimini 1989-1992 yılları arasında İstanbul Tekstil Meslek Lisesinde tamamladı, Lise öğrenimi sırasında İstanbul Mensucat San. Ve Tic. A.Ş: firmasında staj eğitimi gördü. 1992 yılı içerisinde 4 ay İstanbul Mensucat San. Ve Tic. A.Ş. firmasında makine bakım bölümünde çalıştı. Üniversite öğrenimini 1992-1996 yılları arasında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümünde Dokuma Ana Bilim Dalında tamamladı. Üniversite öğrenimi sırasında Altınyıldız ve Bahariye firmalarında staj yaptı. 1996-1997 yılları arasında Hassan Tekstil San. Ve Tic. A.Ş. firmasında üretim sorumlusu olarak çalıştı. 1997 Mayıs ayında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tekstil Eğitimi Bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İngilizce ve almanca bilmektedir.

Aralık 2006 **Mustafa Sabri ÖZEN**