ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Khalil ALHALABI

SENTETİK LİF EĞİRMEDE ANTİ STATİK YAĞ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI VE İPLİK KALİTE PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SENTETİK LİF EĞİRMEDE ANTİ STATİK YAĞ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI VE İPLİK KALİTE PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU

Khalil ALHALABI

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez //2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

…….....	……..	…….....
Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR	Doç. Dr. Pınar DURU BAYKAL	Doç. Dr. Ali KOKANGÜL
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

...…….....	……..……..
Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM	Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU
ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2009D18

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

DOKTORA TEZİ

SENTETİK LİF EĞİRMEDE ANTİ STATİK YAĞ KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI VE İPLİK KALİTE PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU

Khalil ALHALABI

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞ ANABİLİM DALI

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR
Yıl: 2012, Sayfa: 182
Jüri : Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR
: Doç. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Doç. Dr. Ali KOKANGÜL
: Yrd. Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM
: Doç. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

Bu çalışmada polyester (PES) ve viskon (VİS) elyaftan üç farklı harman; %100PES, %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS hazırlanıp ring eğirme sistemiyle Ne28 ve Ne40 iplik numuneleri üretilmiştir. Hazırlanan harmanlara işlenmeden önce bir spin finish çeşidinden dört farklı miktar uygulanmıştır. Statik elektriklenme (yük miktarı) BS 7506-2 standarda göre tarak prosesinde ölçülmüştür. Sonuçlar istatistiksel olarak α=0,05 anlamlık seviyesinde SPSS 15 paket programıyla değerlendirilmiştir. Harman tipi, uygulanan spin finish miktarı ve bu iki faktörün etkileşiminin yük miktarına etkisi istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır. Yük miktarı ile spin finish miktarı ve deneylerin yapıldığı işletmedeki hava koşulları; ortam sıcaklığı ve ortam bağıl nemi arasındaki ilişki matematiksel olarak ifade edilmiştir. Spin finish miktarının iplik kalite parametrelerine etkisi de incelenmiş ve her harman için en iyi iplik kalite parametrelerini sağlayacak optimum spin finish miktarı tespit edilmiştir. Spin finish miktarının iplik kopma mukavemetine ve iplikteki kalın yerlere etkisi anlamlı çıkarken iplikteki neps sayısına etkisinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu saptanmıştır. Ancak diğer kalite parametrelerine etkisi anlamlı bulunmamıştır. Ayrıca üretilen iplik üzerinde bulunan yağ kalıntı miktarı Soxhlet yöntemiyle tayin edilmiştir. Burada da uygulanan spin finish miktarının yağ kalıntı miktarına etkisinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu saptanmıştır. Harmanda viskon oranı arttıkça yağ kalıntı miktarı artmıştır böylece 50%PES/50%VİS harmanının diğer iki harmana göre daha fazla kirlenebileceği sonuca elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Spin finish, Statik elektriklenme, Yük, İplik, Soxhlet

ABSTRACT

PhD THESIS

INVESTIGATION OF ANTISTATIC MATERIAL USAGE IN SYNTHETIC FIBER SPINNING AND THE OPTIMIZATION OF YARN QUALITY PARAMETERS

Khalil ALHALABI

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF TEXTILE ENGINEERING

Supervisor :Assist. Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR
Year: 2012, Pages: 181
Jury : Assist. Prof. Dr. Emel Ceyhun SABIR
: Assoc. Prof. Dr. Pınar DURU BAYKAL
: Assoc. Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Assist. Prof. Dr. Füsun DOBA KADEM
: Assoc. Prof. Dr. Cem GÜNEŞOĞLU

In this study, three different blends; 100%PES, 67%PES/33%VIS and 50%PES/50%VIS were prepared from polyester and viscose fibers then Ne28 and Ne40 yarn samples were produced by ring spinning system. Before processing the fiber blends they were given four different amounts of one type of spin finish material. The static electricity (charge amount) was measured at carding process according to BS7506-2. The results were evaluated statistically at a significance level of α=0,05 by using the SPSS15 software program. Statistically, the effect of blend type, the spin finish amount applied and these two factors interaction on charge amount were found highly significant. On the other hand the relation between charge amount and the three factors; spin finish amount, the temperature and relative humidity of the spinning mill where the experiments were performed was expressed mathematically. Furthermore the effect of spin finish amount on yarn quality parameters was also investigated and for every blend the optimum spin finish amount led to the best yarn quality parameters was determined. Statistically, the effect of spin finish amount on yarn tenacity and thick places in yarn was found significant and its effect on yarn neps was highly significant while no significant effect on the other quality parameters. Moreover the oily residues amount found on the produced yarns was determined by Soxhlet method. Statistically, the effect of spin finish amount applied on oily residues was highly significant. By increasing the viscose ratio in blend the oily residues amount was increased so it was concluded that 50%PES/50%VIS can be contaminated more than the two other blends.

Keywords: Spin finish, Static electricity, Charge, Yarn, Soxhlet

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ç. Ü. Rektörlüğü Bilimsel Projeleri Birimince (MMF2009D18) desteklenmiştir.

Doktora eğitimim boyunca bana yardımcı olan, araştırmayı son haline gelinceye kadar büyük çaba harcayan ve her zaman bana destek veren danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Emel Ceyhun SABIR'a,

Doktora eğitimi sırasında bana manevi desteğini eksik etmeyen saygıdeğer hocam, bölüm başkanı Prof. Dr. Ramazan Tuğrul OĞULATA'ya

Eğitimim boyunca her konuda gösterdikleri hoşgörü ve anlayışla Tekstil Mühendisliği Bölümündeki başta Prof. Dr. Osman BABAARSLAN ve Doç. Dr. Nihat ÇELİK olmak üzere bütün değerli hocalarıma;

Tez izleme komitesindeki değerli hocalarıma; Doç. Dr. Pınar DURU BAYKAL ve Doç. Dr. Ali KOKANGÜL'e,

Araştırmanın deneysel kısmında, materyal temini için BOSSA A. Ş. Ve ADVANSA A. Ş.'ye ve çalışmanın yapıldığı Türk Tekstil Vakfına ait Mesleki Teknik Eğitim Merkezi METEM (Adana) işletmenin yetkililerine başta Sn. Müdür Mustafa N. Özkılınç'a olmak üzere bütün Öğretim Elemanlarına özellikle Sayın Ali Yalçın'a ve teknisyenler 'e,

Bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan Sn. Prof. Dr. Ramazan ESEN'e, Arş. Gör. Ali ÇATİNKAYA'ya, Arş. Gör. Dr. Nazif ÇALIŞ'a, Şam Üniversitesinde Elektrik Mühendisliği Bölümünde Prof. Dr. Muhammed MUSA'ya ve Prof. Dr. Muhammed KORDAB'a,

İplik numunelerinin fiziksel testlerinin yapılması için bize yardım eden ARI Tekstil A.Ş.'ye, özellikle büyük özveri gösteren Tekstil Mühendisi Nazire EMLİK'e,

Adana'daki ANADOLU KALİBRASYON şirketinde bize yardımcı olan Sn. Muhammet Yüceer'e,

Değerli hocam Prof. Dr. Oktay GÜRSOY'a,

Sayın Beycan ADIGÜZEL'e ve diğer arkadaşlarıma,

Umut ve yaşama sevinci veren CANIM AİLEM'e,

Teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZET……I
ABSTRACT……..…..……..…II
TEŞEKKÜR……..……..III
ÇİZELGELER DİZİNİ……..……..…..IVII
ŞEKİLLER DİZİNİ……...……XII
EKLER DİZİNİ……...……..……..XVI
1. GİRİŞ..... 1
1.1. Statik Elektriklenmenin İncelenmesinde Temel İlkeler ……..3
1.1.1. Elektrik Yükü ……..3
1.1.2. Statik Elektriklenmenin Tanımı ……...4
1.1.3. Elektrik Akımı, Direnç ve Ohm Kanunu ……6
1.1.4. Atomun Yapısına Göre İletken ve Yalıtkan Tanımı ……..10
1.1.5. Elektriklenme Yöntemleri …… 11
1.1.5.1. Sürtünme İle Elektriklenme ……...……11
1.1.5.2. Dokunma İle Elektriklenme ……...……12
1.1.5.3. Tesir (İndüksiyon) İle Elektriklenme ……...…….12
1.2. Tekstilde Statik Elektriklenme ……...14
1.2.1. Tekstilde Statik Elektriklenmenin Yarattığı Sorunlar ……15
1.3. Statik Elektriklenmeye Etki Eden Faktörler ……..20
1.3.1. Kullanılan Materyallerin Elektriksel Direnci ……20
1.3.2. Nemin Etkisi ……...21
1.3.3. Sıcaklığın Etkisi ……22
1.3.4. Materyalin Ayrılma Hızı ……23
1.3.5. Kullanılan Yağlayıcı Maddenin Miktarı ve Çeşidi ……24
1.4. Statik Elektriklenmenin Ölçülmesi ……24
1.5. Statik Elektriklenmenin Giderilmesi ……26
1.5.1. Spin Finish Kullanılması ……26
1.5.2. İyonlayıcı Çubuklar (Anti Statik Çubuklar) ……...30
1.5.3. Modifiye Edilmiş Sentetik Lifler (Antistatik Lifler) Kullanımı……. 30

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ……33
2.1. Statik Elektriklenme İle İlgili Çalışmalar……..33
2.2. Anti Statik Yağ ve Lifte Yağ İçeriği İle İlgili Çalışmalar ……..38
3. MATERYAL VE METOT……43
3.1. Materyal ……43
3.2. Metot ……..51
3.2.1. MATLAB İle İlgili Bazı Bilgiler……56
3.2.2. İplik Üretiminde Kullanılan Makinelerin Teknik Özellikleri ……58
3.2.3. İplik Üzerinde Bulunan Yağ Kalıntı Miktarının Tayini ……61
3.2.4. İstatistiksel Analizinde Kullanılan Deney Tasarımı ……62
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA……67
4.1. Polyester ve Viskon Elyafının Mikroskobik İncelenmesinin Sonucu ……..67
4.2. Statik Elektriklenme İle İlgili Sonuçlar ……68
4.2.1. (100%PES) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi……...77
4.2.2. (67%PES/33%VİS) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi…….83
4.2.3. (50%PES/50%VİS) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi…….89
4.3. Tarak Prosesindeki Neps Sayısı ve Telef Oranı İle İlgili Sonuçlar ……...95
4.3.1. Tarak Şeridindeki Neps Sayısı (Neps/g) İle İlgili Sonuçlar ……...95
4.3.2. Tarak Prosesindeki Telef Oranı (%) İle İlgili Sonuçlar …….96
4.4. İplik Kalite Parametreleri İle İlgili Bulgular …….97
4.4.1. İplik Kopma Uzaması (%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu…….106
4.4.2. İplik Kopma Mukavemetine (Rkm) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu……110
4.4.3. İplik Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu...113
4.4.4. İplikteki İnce Yerler (-50%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu……...116
4.4.5. İplikteki Kalın Yerler (+50%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu……119
4.4.6. İplikteki Neps Sayısı (+200%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu…...122
4.5. İplik Üzerinde Bulunan Yağ Miktarının Tayini İle İlgili Sonuçlar……...127

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……133
5.1. Sonuçlar……133
5.1.1. Tarak Prosesinde Yapılan Kontroller İle İlgili Sonuçlar ……..133
5.1.2. İpliğe Yapılan Testler İle İlgili Sonuçlar ……..135
5.2. Öneriler……137
KAYNAKLAR……139
ÖZGEÇMİŞ……..145
EKLER……..146

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Uygulanan Elektrostatik Voltaj ve Hissedilen Şok Arasındaki İlişki …20
Çizelge 1.2. Statik Elektriklenme Eğilimi ve Yüzeysel Direnç Arasındaki İlişki….. 21
Çizelge 1.3. Bazı Tekstil Liflerinin Nem Alma ve Özdirenç Değerleri …….22
Çizelge 1.4. İplik Üretiminde Lif Tipine Göre Her Prosese Ait Hava Koşulları …...23
Çizelge 1.5.Yün Fitili İçin Spin Finish Miktarı, İletkenlik ve Yük miktarının İlişkisi …….....24
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Elyaf Özellikleri……..43
Çizelge 3.2. NanoAmmeter Cihazının Teknik Özellikleri……..45
Çizelge3.3.Çalışmada (20 Kg'lık Harman İçin) Kullanılan Anti Statik Yağ Miktarları …….52
Çizelge 3.4. İplik Üretimde Kullanılan Makinelerin Özellikleri……60
Çizelge 3.5. Statik Elektriklenme (Q) İle İlgili İki Faktöriyel Tasarımı ……62
Çizelge 3.6. İplik Düzgünsüzlüğü İçin Deney Tasarımı…….64
Çizelge 4.1.Yapılan Deneyler İçin Sıcaklık, Bağıl Nem ve Statik Elektriklenme Ortalama Değerleri ……....69
Çizelge 4.2.Yük İçin İki Yönlü Varyans Analizinin Sonucu……..70
Çizelge 4.3. Harmanlar İle İlgili Tukey LSD'e Göre Test Sonuçları ……..…71
Çizelge 4.4. Tukey HSD'e Göre Harmanlar İçin Oluşturulan Homojen Alt Kümeler ……..……...71
Çizelge 4.5. Spin Finish Miktarı İle İlgili Tukey LSD'e Göre Test Sonuçları……....72
Çizelge 4.6. Tukey HSD'e Göre Spin Finish İçin Oluşturulan Homojen Alt Kümeler …….72
Çizelge 4.7. 100%PES İçin Kübik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı).……..78
Çizelge 4.8. 100%PES İçin Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken:Spin Finish Miktarı)…….....78
Çizelge 4.9. 100%PES İçin Kübik ve Parabolik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Sıcaklık)……80

Çizelge 4.10. 100%PES İçin Kübik ve Parabolik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Sıcaklık)……..…….80
Çizelge 4.11. 100%PES İçin Yük Tahmininde Kullanılan Modellerin Özeti (Bağımsız Değişken (RH%))…….……81
Çizelge 4.12. 100%PES İçin Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%))……. 82
Çizelge 4.13. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Parabolik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı) …….85
Çizelge 4.14. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Parabolik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Spin Finish Miktarı)…….85
Çizelge 4.15. 67%PES/33%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%)) ……87
Çizelge 4.16. 67%PES/33%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Bağıl Nem (RH%))……...88
Çizelge 4.17. 50%PES/50%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))…… 90
Çizelge 4.18. 50%PES/50%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))……90
Çizelge 4.19. 50%PES/50%VİS İçin Ters, Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%)) ……...93
Çizelge 4.20. 50%PES/50%VİS İçin Ters, Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Bağıl Nem (RH%))……..…..94
Çizelge 4.21. Ne28 İplikler İçin Ortalama Test Sonuçları……..97
Çizelge 4.22. Ne40 İplikler İçin Ortalama Test Sonuçları…….….98
Çizelge 4.23. İplik Kopma Uzamasına Çaprazlı ve İçiçe Faktörlerinin Etkileri…..107
Çizelge 4.24. İplik Kopma Uzamasına Farklı Spin Finish Miktarlarının Etkilerinin Testi…..……...…….108
Çizelge 4.25. İplik Mukavemetine (Rkm) Çaprazlı ve İçiçe Faktörlerinin Etkileri..……..…….110
Çizelge 4.26. İplik Kopma Mukavemetine Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi …… ……...111

Çizelge 4.27. İplik Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Faktörlerin Etkileri……113
Çizelge 4.28. İplik Düzgünsüzlüğüne Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi ……114
Çizelge 4.29. İplikteki İnce Yerler (-50%) Faktörlerin Etkileri……116
Çizelge 4.30. İplikteki İnce Yerlere (-50%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi……...… ……..……..117
Çizelge 4.31. İplikteki Kalın Yerlere (+50%) Faktörlerin Etkileri……..119
Çizelge 4.32. İplikteki Kalın Yerlere (+50%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi……..……..……..120
Çizelge 4.33. İplikteki Neps Sayısına (+200%) Faktörlerin Etkileri……122
Çizelge 4.34. Neps Sayısına (+200%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi…...123
Çizelge 4.35. En İyi İplik Kalite Parametresi Verecek Optimum Spin Finish Miktarı …….……...126
Çizelge 4.36. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%)……..127
Çizelge 4.37. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarının Varyans Analizi……128
Çizelge 4.38. Harmanlar İle İlgili (ANOVA) Sonuçları (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%))…….129
Çizelge 4.39. Tukey HSD'e Göre Homojen Alt Kümeler (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı(%))……..129
Çizelge 4.40. Harmanlara atılan Yağ Miktarı İle İlgili LSD'e Göre Test Sonuçları …….....130
Çizelge 4.41.Tukey HSD'e Göre Homojen Alt Kümeler (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%))……...130

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Yüklü Cismin Kendi Etrafında Yarattığı Elektrik Alanı……..…..5
Şekil 1.2. Dik Kesit Alanı A Olan Bir Düzgün İletken Parçası……..…7
Şekil 1.3. İletken Cisim…….....10
Şekil 1.4. Yalıtkan Cisim……..…11
Şekil 1.5. Dokunma İle Elektriklenme……..…12
Şekil 1.6. Metal Bir Cismin İndüksiyonla Elektrik Yüklenmesi……..…13
Şekil 1.7. Hersh ve Montgomery'e Göre Elektrostatik Veya Triboelektrik Seri ……...14
Şekil 1.8. Lifler Ayrılmasında Oluşan Elektrostatik Yükler ……....15
Şekil 1.9. Statik Elektriklenme Sonucu Giysilerin Vücuda Yapışması……....16
Şekil 1.10. Statik Elektriklenmenin Şeride Etkisi ……..……17
Şekil 1.11. Cer Çekim Tertibatında Silindirlere Sarmanın Görüntüsü……. 18
Şekil 1.12. Fitilde Manşonlara Sarmanın Görüntüsü…….18
Şekil 1.13. Tarakta Şerit Çıkışında Sarmanın Görüntüsü……..19
Şekil 1.14. Tekstilde Statik Elektriklenmenin Yarattığı Sorunlar …….19
Şekil 1.15. Yüzeysel özdirenç değerlerine göre cisimlerin sınıflandırması ……...21
Şekil 1.16. Materyal Ayrılmasının Statik Elektriklenmeye Etkisi …….24
Şekil 1.17. Statometer Cihazı Model 7209 ve Statik Elektriklenmenin Ölçümü…...25
Şekil 1.18. Faraday Silindiri ve Elektrometre İle Yük Ölçülmesi …….26
Şekil 1.19. Spin Finish'in Bileşenleri ……27
Şekil 1.20. Polyester Ştapel Elyaf Üretimi ……28
Şekil 1.21. Yıllara ve Lif Çeşitlere Göre Lif Bitim (Finish) Miktarının Değişimi ...29
Şekil 1.22. İyonlayıcı Çubuk……..30
Şekil 1.23. Modifiye Edilmiş Poliamid Filamenti……..30
Şekil 1.24. Anti Statik Lifinin Elektrostatik Voltaja Etkisi ……...31
Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan Mikroskop……..…...44
Şekil 3.2. Faraday Silindirinin Boyutları …….....44
Şekil 3.3. Yaptırılan Faraday Silindiri……..…45
Şekil 3.4. NanoAmmeter Cihazı ve Onun Arka Görüntüsü……....46

Şekil 3.5. USB-1208FS Veri Kayıt Cihazı……..….46
Şekil 3.6. Tracer DAQ Professional Yazılım Programının Ekran Görüntüsü…..…47
Şekil 3.7. Instacal Yazılım Programının Ekran Görüntüsü……..….48
Şekil 3.8. TFA Dijital Termometre-Higrometre Cihazı……..…..49
Şekil 3.9. Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı…….....49
Şekil 3.10. Uster Tensorapid 4 Cihazı……50
Şekil 3.11. Uster Tester 5 Cihazı……...51
Şekil 3.12. PES ve VİS Karışımlarında Harman Hazırlama Şekli…….52
Şekil 3.13.Tarakta Statik Elektriklenmenin Ölçmesinde Kullanılan Sistem …….53
Şekil 3.14 Doğru Statik Elektriklenme Test Yapılması …….54
Şekil 3.15. Koyler Tertibatını Hareket Ettiren Kayışın Çıkmış Hali……..54
Şekil 3.16. Kovanın Koyulduğu Tabanı Durdurmak İçin Tasarlanan Tezgah……...55
Şekil 3.17. MATLAB Açılış Ekranı……...57
Şekil 3.18. Bir Deney İçin Matlab Analiz Sonucu…….58
Şekil 3.19. İplik Üretimindeki İş Akış Şeması……...59
Şekil 3.20. Elyaf Açma Ünitesi……..60
Şekil 3.21. Ekstraksiyon İşleminden Sonra Erlendeki Yağ Kalıntının Görünümü…62
Şekil 3.22. Ölçülen Yük Değerlerinin Bir Kısmının SPSS Ortamındaki Görüntüsü…….63
Şekil 3.23. İplik Düzgünsüzlüğü İçin Verilerin SPSS Ortamına Yerleştirme Görüntüsü..……..……..……...…….65
Şekil 4.1. Polyester Lifinin Mikroskobik Görüntüsü (Büyütme Oranı 500 Kere)…67
Şekil 4.2. Viskon Lifinin Mikroskobik Görüntüsü (Büyütme Oranı 500 Kere)…...68
Şekil 4.3. Statik Elektriklenmenin (Yük Miktarı) Ortalama Değerleri……....69
Şekil 4.4. Farklı Harmanlar İçin Ölçülen Ortalama Yük Miktarı ……....73
Şekil 4.5. Deney 5'te(67%PES/33%VİS, Sadece Su) Şerit Çıkışında İletme Silindirlere Sarmalar……..…..…..…74
Şekil 4.6. Deney 5'te(67%PES/33%VİS, Sadece Su) Dofer Üzerinde Lif Uçuntu..74
Şekil 4.7. Deney 2'de (100%PES, M_2) Dofer Üzerinde Elyaf Sarılması…….....75
Şekil 4.8. Deney 12'de(50%PES/50%VİS, M4) Şerit Çıkışında İletme Silindirlere Sarmalar ……...…….76

Şekil 4.9. %100PES İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği……..77
Şekil 4.10. 100%PES İçin Karesel (Parabolik) ve Kübik Modellerin Karşılaştırılması ……..……79
Şekil 4.11. 100%PES İçin Yük Tahminindeki Modellerin Karşılaştırılması (Bağımsız Değişken Sıcaklık)……...……...81
Şekil 4.12. 100%PES İçin Yük Tahminindeki Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (RH%)……..83
Şekil 4.13. 67%PES/33%VİS İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği…….84
Şekil 4.14. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Spin Finish Miktarı)…….…..86
Şekil 4.15. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Sıcaklık)…….……86
Şekil 4.16. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken Bağıl nem (RH%))…….……88
Şekil 4.17. 50%PES/50%VİS İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği…….89
Şekil 4.18. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))……...91
Şekil 4.19. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Sıcaklık)…….……92
Şekil 4.20. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken Bağıl nem (RH%))…….……94
Şekil 4.21. Yapılan Deneyler İçin Tarak Şeridindeki Ortalama Neps Sayısı (neps/g)……..……. 95
Şekil 4.22. Tarak Prosesindeki Telef Ortalama Değerleri (%) ……..96
Şekil 4.23. Ne28 İplikler İçin Kopma Uzamasına Ait Test Sonuçları……... 99
Şekil 4.24. Ne40 İplikler İçin Kopma Uzamasına Ait Test Sonuçları ……...99
Şekil 4.25. Ne28 İplikler İçin Kopma Mukavemetine Ait Ortalama Test Sonuçları …….……..…….100
Şekil 4.26. Ne40 İplikler İçin Kopma Mukavemetine Ait Ortalama Test Sonuçları ……100

Şekil 4.27. Ne28 İpliklerinin Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Ait Ortalama Test Sonuçları ……101
Şekil 4.28. Ne40 İpliklerinin Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Ait Ortalama Test Sonuçları ……102
Şekil 4.29. Ne28 İpliklerdeki İnce Yerlere (-50%) Ait Ortalama Test Sonuçları….103
Şekil 4.30. Ne40 İpliklerdeki İnce Yerlere (-50%) Ait Ortalama Test Sonuçları …103
Şekil 4.31. Ne28 İpliklerdeki Kalın Yerlere (+50%) Ait Ortalama Test Sonuçları..104
Şekil 4.32. Ne40 İpliklerdeki Kalın Yerlere (+50%) Ait Ortalama Test Sonuçları .104
Şekil 4.33. Ne28 İpliklerdeki Neps Sayısına (+200%) Ait Ortalama Test Sonuçları ……....105
Şekil 4.34. Ne40 İpliklerdeki Neps Sayısına (+200%) Ait Ortalama Test Sonuçları…….106
Şekil 4.35. Ne28 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Uzaması (%)……109
Şekil 4.36. Ne40 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Uzaması (%)……..109
Şekil 4.37. Ne28 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)…….112
Şekil 4.38. Ne40 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)…….112
Şekil 4.39. Ne28 İplik İçin Ölçülen Ortalama İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$ ……...115
Şekil 4.40. Ne40 İplik İçin Ölçülen Ortalama İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$ ……...116
Şekil 4.41. Ne28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama İnce Yerler (-50%)……...118
Şekil 4.42. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama İnce Yerler (-50%)……..119
Şekil 4.43. Ne28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Kalın Yerler (+50%)……121
Şekil 4.44. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Kalın Yerler (+50%)…..…..122
Şekil 4.45. Ne 28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Neps Sayısı (+200%)……..124
Şekil 4.46. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Neps Sayısı (+200%)……...125
Şekil 4.47. Normal Kuru Örnekteki Ortalama Yağ Miktarı (%)……..127
Şekil 4.48. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%) için Ölçülen Ortalamalar.....131

EKLER DİZİ

EK.1 Tekstil İşlemlerinde İyonlayıcı Çubukların Kullanılması……...148
EK.2 Ölçülen Statik Değerleri ve Kayıt Edilen Ortam Hava Koşulları……...152
EK.3 Ne28 İplik İçin Test Sonuçları…….158
EK.4 Ne40 İplik İçin Test Sonuçları…….170

1. GİRİŞ

Son yıllarda artan nüfus nedeniyle doğal lifler talebi karşılayamaz duruma gelmiştir. Bu nedenle sentetik lif üretimine ihtiyaç duyulmuştur. Sentetik elyaf ve iplikler tüketim yerlerine göre iki ana grupta toplanabilir (Sanver ve ark, 2005).

a- Tekstil sektörüne yönelik lifler
b- Endüstriyel lifler

Tekstil maddesi olarak kullanılan sentetik liflerin pamuk gibi doğal liflerden farklı olarak elektrik iletkenlikleri çok düşüktür. Böylece sentetik lifler içeren tekstil mamulleri işlendiğinde sürtünmeler nedeniyle; örneğin eğirmedeki Lif/Lif ve Lif/Metal sürtünmeleri, lifler üzerindeki biriken yükler statik elektriklemeye neden olur.

Bilindiği gibi aynı cins yükler birbirlerini iter ve farklı cins elektrik yükler birbirlerini çekerler. Bunun sonucunda aşağıdaki sorunlar ortaya çıkmaktadır;

1. Çekim esnasında şeritteki lifler taşıdığı yüklere göre birbirini ya iter ya da çekerler ve bunun sonucunda çıkan şerit düzgünlüğü kötüleşir.
2. Yüklü liflerin birbirini itmesi ya da çekmesi nedeniyle iplikteki lif düzeni bozulur ve sonuç olarak üretilecek iplik düzgünlüğü kötüleşir ve iplikteki hatalar artar.
3. Statik elektriklenme lif göçmesine neden olur. Çünkü iplik üretim süresince yüklü liflerin birbirini itmesi sebebiyle bir lif veya filament iplik eksenine göre yer değiştirecektir.
4. Eğirme makinesinde, yüklü iplik ile iplik kılavuzu ve yüklü iplik ile kopça arasındaki sürtünme kuvveti normal sürtünme kuvvetinden fazla olduğundan dolayı üretilecek ipliğin tüylülüğü daha fazla olacaktır.
5. Dokumada yüklü çözgü iplikleri leventlere sarıldığında karışık hale gelmektedir. Kumaş oluştururken çözgü ile atkı ve iplik ile dokuma makinesi arasındaki sürtünmeden dolayı da statik elektriklenme meydana

gelmektedir ve kumaş kalitesine etki etmektedir. Kumaştaki ipliklerin tüylülüğünün artmasıyla boncuklanma artar ve sonuç olarak kumaşın görünümü bozulur. Böylece tekstil mamullerinin kalite parametrelerine olumsuz yönde etki eden statik elektriklenmenin kaldırılmasında önemli kazançlar elde edilecektir.

Statik elektriklenmeyi ortadan kaldırmak amacıyla farklı isimlerle bilinen; harman yağı, anti stat, spin finish ve yağlayıcı madde gibi özel yağlar kullanılmaktadır.

Bu yağların avantajları:

- Düşük elyaf/metal friksiyonu,
- Yüksek elyaf/elyaf kohezyonu sağlamak,
- İpliğe iyi bir kayganlık vermek,
- Her kademede lif üzerinde biriken yükleri dağıtmak veya anti statik özelliğine sahip olmak
- Elyaf tozlarının uçuşmasını önlemektedir.

Bu yağlar, 1. Dünya savaşı sırasında Rayon elyaf üretimi ile beraber kullanılmaya başlanmış (Durapp, 2004) olup iplik üretimi sırasında ve daha sonraki işlemleri (tekstüre, dokuma, büküm vs.) etkileyebilen kimyasallardır. Temel görevi yağlama olan spin finish'lerin kimyasal yapıları lif tipine göre (Nylon, Poliamid, Polyester, Poliakrilik vs.), değişir. Spin finish üretici firma temsilcilerinden toplanan bilgiler incelediğinde kullanım açısından net bir bilgi elde edilememiştir. Genellikle firmanın verdiği miktarın geniş bir aralıkta bulunduğu, farklı lif karışımlarında karışım oranına bakılmaksızın sadece karışımı oluşturan liflerin cinsine bakarak yağın optimum kullanım oranını tespit etmeye çalışıldığı görülmüştür. Böylece iplik işletmeleri uygun bir yağ miktarı vermede kararsız kalırlar. Bunun sonucunda üretim esnasında kopuşlar, manşonlara sarılma, tarakta neps sayısında artma, yapış yapış bir mamul, iplikte tüylülük artması, iplik mukavemetinin ve diğer kalite parametrelerinin olumsuz etkilenmesi gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle işletmeler yaptıkları denemelerle uygun yağ miktarını tespit etmeye çalışır. Bir harman için uygun yağ

miktarı buluncaya kadar hem zaman hem de maliyet kaybı olur. İşlem, harman sırasında yapıldığı için son prosese kadar sorun görünmediği halde son proseste sorun çıkabilir. Bu sırada üretim için büyük zaman kaybı yaşanır. İplik eğirme bölümünde gözle görünür bir sorun yaşanmasa bile dokuma ve boya-terbiye aşamalarında kullanılan yağ miktarından kaynaklanan sorunlar yaşanabilir. Dolayısıyla harman yağı, anti stat, yağlayıcı gibi isimlerle bilinen anti statik yağların kullanım oranları tekstil materyalinin harmandan son mamule kadar kalitesini etkileyen çok önemli bir faktördür. Hem üretim koşullarını hem de anti statik özelliğini iyileştiren optimum anti statik yağ kullanım oranının belirlenmesi çok önemli bir konudur.

Bu çalışmada, polyester ve viskon karışımlarında oluşan üç farklı harmana belirli bir yağ çeşidinden değişik miktarda uygulanmış, çalışma için hazırlanan özel bir sistemle statik elektriklenme ölçülmüştür. İplik kalite parametrelerini en iyi (optiumum) yapacak optimum yağ miktarı her harman için ayrı ayrı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada iki farklı numarada iplik eğirilmiştir. Eğirme sistemi olarak Ring iplik eğirme sistemi kullanılmıştır. Çalışma sonunda harmanlara atılan yağların iplik üzerinde bıraktığı kalıntı ile ilgili de çalışma yapılmıştır.

1.1. Statik Elektriklenmenin İncelenmesinde Temel İlkeler

1.1.1. Elektrik Yükü

Bir maddenin iletkenliğini belirleyen en önemli faktör, atomlarının son yörüngesindeki elektron sayısıdır. Bu son yörüngeye "Valans Yörünge" üzerinde bulunan elektronlara da "Valans Elektron veya serbest elektron" denir. Bunlar çekirdeğe zayıf bir bağ ile bağlı olduklarından ufak bir enerji ile atomu terk edebilirler. Serbest elektronlar bu hareket özelliklerinden dolayı elektrik iletiminde önemli rol oynarlar.

Atomun yapısında bulunan proton ve elektronların elektriksel özellikleri birbirine zıttır. Protona (+) yüklü, elektrona (-) yüklü denilmiştir. Nötronlar ise

yüksüzdür. Bir atomda proton ve elektron sayıları birbirine eşitse bu atoma nötr atom denir.

Bir atomda; proton sayısı elektron sayısından fazla ise (yani elektron kaybetmiş ise) böyle atomlara pozitif yüklü iyon ya da katyon denilir. "+e" ile gösterilir. Atomun içerisinde elektron sayısı fazla ise bu da dışarıdan elektron kazanmış ve negatif yüklü iyon diye adlandırılır ve "-e" ile gösterilir. Bunlara "anyon" da denilmektedir.

Elektrik yükünün önemli özellikleri aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Doğada iki tür yük bulunmaktadır. Benzer olanlar birbirlerini iterler, farklı olanlar ise birbirlerini çekerler.
- Yükler arasındaki kuvvet, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı olarak değişir.
- Yük korunumludur; bir cisim diğerine sürtüldüğünde yük oluşmaz. Elektriklenme durumu yükün bir cisimden diğerine geçmesiyle meydana gelir. Böylece, cisimlerden biri bir miktar eksi yük, diğeri aynı miktar artı yük kazanır.
- Yük kuantumludur; elektrik yükü kesitli paketlerden oluşur.

1.1.2. Statik Elektriklenmenin Tanımı

Statik elektriklenme, elektron veya iyonların yer değiştirmesi sonucu, pozitif ve negatif yüklerin ayrılmasıyla elektrik alanı oluşmasıdır. (Yakartepe, 2004 a). Hareketsiz elektrik yükleri tarafından yaratılmış bu alana elektrostatik alan denir.

Yüklerin birbirleriyle etkileşimi sonucunda ortaya çıkan kuvvete elektrostatik kuvvet veya durgun elektrik denmektedir. Statik elektriklenmenin oluştuğu yerde birikmiş elektrik enerjisi vardır. Yüklü cisimler arasındaki elektrik kuvvetlerinin büyüklükleri Charles Coulomb tarafından ölçülmüştür. Aşağıdaki Coulomb yasası bilinen formül, iki noktasal yük; q_1 ve q_2 arasındaki elektrik kuvvetinin büyüklüğünü Newton $[N]$ cinsinden ölçmektedir:

$$F = {kq_1q_2}/{r^2} \quad (1.1)$$

Formülde: SI birimler sisteminde yük birimi Coulomb'dur $[C]$.

r: q_1 ve q_2 aralarındaki uzaklık $[m]$.

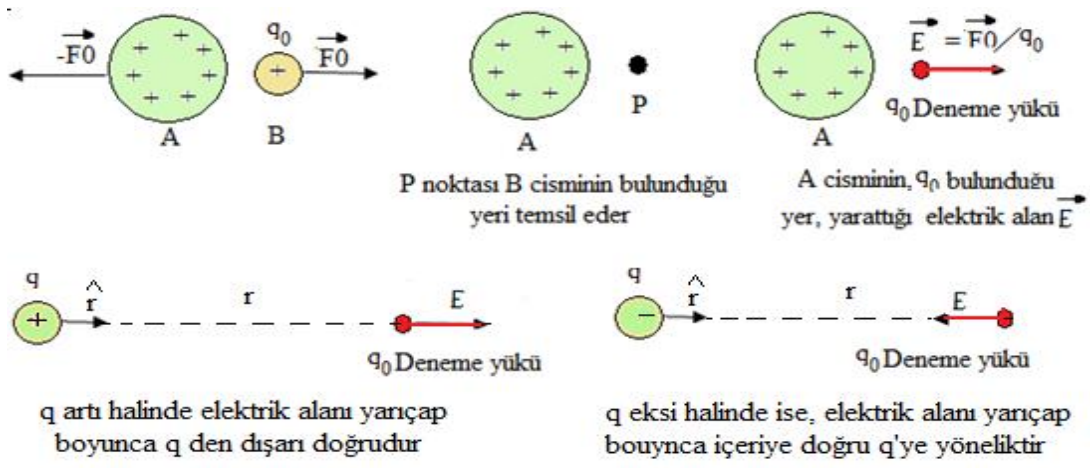
k: Coulomb sabitinin değeri. SI birimlerinde $k = 8{,}9875 \times 10^9\ N.m^2/C^2$.

Coulomb sabiti $k = 1/4\pi\varepsilon_0$

Olarak da yazılabilir. Burada ε_0 sabiti boş uzayın elektriksel geçirgenliği olup değeri $8{,}8542 \times 10^{-12}\ C^2/N.m^2$dir.

Doğada bilinen en küçük yük birimi, elektron veya protonda bulunan yüktür ve mutlak değeri: $|e| = 1{,}60219 \times 10^{-19}\ C$. Buna göre 1 C yük, yaklaşık $6{,}24 \times 10^{18}$ elektron ya da proton yüküne eşittir (Serway ve Beichner, 2002).

Elektrik kuvvetlerine Michael Faraday tarafından bir yaklaşım yapılmıştır. Bu yaklaşımda elektrik yüklü bir cismi saran uzay bölgesinde elektrik alanının bulunduğu söylenir. Bu alana başka bir yüklü cisim girdiğinde buna elektrik kuvveti etkir. Deneme yükünün konumundaki elektrik alanın şiddeti birim yük başına elektrik kuvveti olarak tanımlanır. İki artı yüklü cisim A ve B dikkate alındığında ve eğer B cismindeki yük miktarı q_0 ise, karşılıklı itme nedeniyle elektrik kuvveti $(\overrightarrow{F_0})$ meydana gelir. B cismi kaldırılırsa ve yerine bir deneme yükü (q_0) koyulursa A cisminin, q_0 bulunduğu yer, yarattığı elektrik alanı $(\overrightarrow{E})$ (Şekil 1.1)'de gösterilmiştir. (Young ve Freedman, 2004; Serway ve Beichner, 2002).



Şekil 1.1. Yüklü Cismin Kendi Etrafında Yarattığı Elektrik Alanı

Elektrik alanı aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$\vec{E} = \overrightarrow{F_0}/q_0 \quad (1.2)$$

Şekil 1.1.'deki A cisminden q yükü dikkate alındığında, q yükünün deneme yüküne Coulomb yasasına göre uyguladığı kuvvet:

$$F = {kqq_0\hat{r}}/{r^2}$$

Burada $\hat{r}$, q'den q_0'a yönelik birim vektörüdür. Böylece q'nun deneme yükünün bulunduğu yerde oluşturduğu elektrik alanı:

$$E = {kq\hat{r}}/{r^2} \quad (1.3)$$

Elektrik alanı Newton/Coulomb $[N/C]$ veya Volt/metre [V/m] cinsinden ölçmektedir. Yükler topluluğunun herhangi bir noktasında oluşturduğu toplam elektrik alanı, bütün yüklerin elektrik alanlarının vektörel toplamına eşittir.

1.1.3. Elektrik Akımı, Direnç ve Ohm Kanunu

A alanlı bir yüzeyden geçen yüklerin akış hızına akım denir. Bir Δt zaman aralığında bu alandan geçen yük miktarı (ΔQ) ise, ortalama akım (I_{or}), yükün bu zaman aralığına oranına eşittir:

$$I_{or} = \Delta Q/\Delta t$$

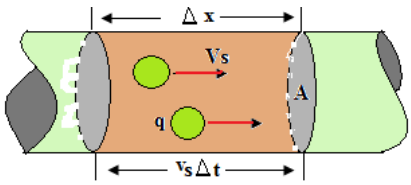
Yükün akış hızı zamanla değişirse, akım da zamanla değişir. Bu durumda ani akım (I) aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$I = dQ/dt$$

Eğer $I = f(t)$ biliniyorsa A alanlı yüzeyden belli zaman içresinde; $\Delta t = t_2 - t_1$ geçen total yük miktarı (Q) aşağıdaki formül yardımıyla bulunur (Ham ve Slemon, 1961):

$$Q = \lim_{\Delta t \to 0} \sum_{t_1}^{t_2} I\,\Delta t = \int_{t_1}^{t_2} I(t)dt \qquad (1.4)$$

Akımın SI'deki birimi ampere (A)'dir. Böylece 1 ampere'lik akım, yüzeyden 1 saniyede 1 Coulomb'luk yük geçmesine özdeştir. Pozitif yükün akış yönünü, alışılagelmiş olarak akım yönü olarak seçmek adettir. Basit bir iletkendeki akım yönü, elektronların akış yönüne zıt olacaktır. Hareket eden yükü pozitif veya negatif hareketli yük taşıyıcısı olarak ifade etmek yaygındır. Akımın mikroskobik olarak incelemesinde kesit alanı A olan bir düzgün iletken parçası dikkate alındığında (Şekil 1.2.) (Δx) uzunluğundaki iletken elemanının hacmi $(A\Delta x)$'dir.



Şekil 1.2. Dik Kesit Alanı A Olan Bir Düzgün İletken Parçası

Şayet (n) birim hacim başına düşen hareketli yük taşıyıcılarının sayısını gösterirse, bu hacim elemanındaki hareketli yük taşıyıcılarının sayısı $(nA\Delta x)$ ile verilir. Dolayısıyla, eğer her bir paçacık üzerindeki yük (q) olursa, yük taşıyıcıları (v_s) hızıyla hareket ederlerse (Δt) süresinde alacakları yol $(\Delta x = v_s\,\Delta t)$ ile verilir. Böylece bu parçadaki (ΔQ) yükü aşağıdaki formülden hesaplanabilir:

$$\Delta Q = (nAv_s\Delta t)q$$

Ortalama akım ise $I_{or} = \Delta Q/\Delta t = nqv_s A$

Formülden hesaplanabilir. Yük taşıyıcılarının hızı (v_s), gerçekte ortalama bir hızdır ve buna sürüklenme hızı denir (Serway ve Beichner, 2002). Birim alan başına düşen ve (J) ile ifade edilen akıma, akım yoğunluğu denir ve miktarı aşağıdaki ifadeyle bulunur:

$$J = I/A = nqv_s$$

Bu ifade sadece, akım yoğunluğunun düzgün ve yüzeyin akım yönüne dik olması halinde geçerlidir. Genelde akım yoğunluğu vektörel bir niceliktir. Burada (J), SI'da $[A/m^2]$ birimindedir.

Akım yoğunluğu ve elektrik alan arasındaki ilişki George Simon Ohm tarafından bahsedilmiştir. Ohm'a göre Bir çok madde için, ki buna çoğu metaller dahildir, akım yoğunluğunun elektrik alana oranının sabit (σ) olduğu bulunmuştur. Bu sabit, akımı üreten elektrik alandan bağımsızdır. Bu ilişkiye Ohm kanunu denir ve aşağıdaki formülle ifade edilir:

$$J = \sigma E \tag{1.5}$$

Formüldeki (σ) orantı katsayısına iletkenin iletkenliği denir. İletkenliğin tersine ise özdirenç denir ve (ρ) ile ifade edilir:

$$\rho = 1/\sigma \tag{1.6}$$

Akım yoğunluğu $J\,[A/m^2]$ ve elektrik alanı $E[V/m]$ ile ifade edilirse iletkenliği σ, 1/ohm.meter veya $[\Omega^{-1}.m^{-1}]$ birimindedir. Böylece özdirenç $\rho, [\Omega.m]$ biriminde olacaktır.

A kesitine ve (l) boyunca sahip doğrusal bir tel parçasının uçlarına (a ve b) bir potansiyel farkı uygulanırsa ($V = V_b - V_a$), telde bir elektrik alanı ve akım meydana gelir. Potansiyel farkı ve elektrik alanı arasındaki ilişki:

$$V = El$$

Dolayısıyla, teldeki akım yoğunluğunun büyüklüğünü; $J = \sigma E = \sigma V / l$
Şeklinde ifade edilebilir. Aynı anda; $J = I / A$L
Böylece; $V = lI / \sigma A$

Buradaki $l / \sigma A$ niceliğine iletkenin direnci denir ve (R) ile ifade edilir. Direnç Ohm cinsinden $[\Omega]$ ölçülür ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$R = \rho l / A \tag{1.7}$$

Özdirence (ρ) bazen hacimsel özdirenç denir (Adanur, 1995; Fink ve Beaty 1978). Elektriksel özdirencin başka ifadesi ise kütlenin özdirenci (Morton and Hearle, 1993; Fink ve Beaty 1978). Kütlenin özdirenci; 1 m uzunluktaki ve 1 kg'lık kütleye sahip maddenin Ω cinsinden elektriksel direncidir ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$\delta = Rm / l^2 \tag{1.8}$$

Formülde (m) maddenin kütlesi $[kg]$ ve (l) maddenin uzunluğu $[m]$ olarak ifade edilirse (δ) $[\Omega . kg / m^2]$ cinsinden ölçülür. Statik elektriklenme konusu ile ilgili, yükler genelde yalıtkan materyallerde yüzey boyunca nakletmektedir veya yüzeysel tabakadan geçmektedir. Böylelikle, materyalin yüzeyden geçen akıma karşı gösterdiği dirence yüzeysel özdirenç denir $\rho_s[\Omega]$ ile ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Adanur, 1995; Jonassen, 2002):

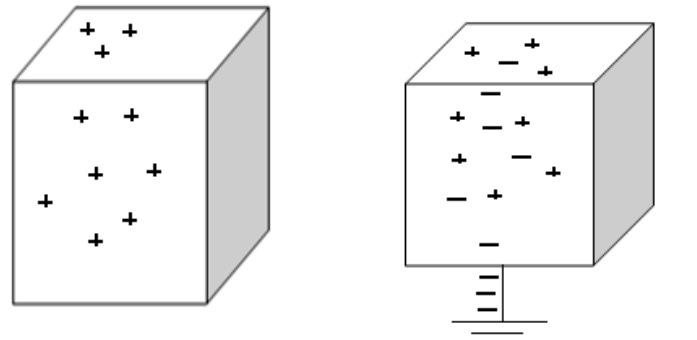
$$\rho_s = R_s W / l \tag{1.9}$$

Burada R_s: Yüzeyin elektriksel direncidir $[\Omega]$.
W: Materyalin genişliği $[m]$.
l : Materyalin uzunluğu $[m]$.

1.1.4. Atomun Yapısına Göre İletken ve Yalıtkan Tanımı

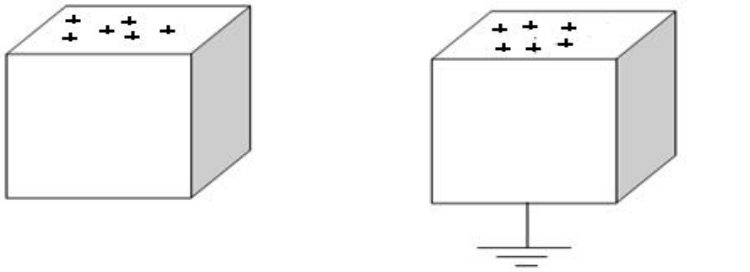
Atomların son yörüngesindeki elektron sayıları elementlerin özelliklerini belirler (Kalaoğlu ve ark, 2007; T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2005). Maddeler elektrik yükünü iletme yeteneklerine göre esas olarak üç sınıfa ayrılmaktadır:

İletkenler: Elektrik yüklerinin oldukça serbest hareket ettikleri maddelerdir. Bu maddeyi oluşturan atomların dış (valans) yörüngelerindeki elektron sayısı dörtten daha azdır. Örnek olarak tüm metaller, insan vücudu ve iyonlara sahip sıvılar (elektrolit) verilebilir. Bu maddelerin küçük bir bölgesi yüklenildiğinde, yük iletkenin bütün yüzeyine hemen dağılıverir. Eksi yüklü iletken topraklanmasıyla elektronlar hızlıca zemine akar ve cisim nötr hale dönüşür. Cismin fazla artı yüklüne sahip olması durumunda (Şekil 1.3.) zemindeki elektronlar hızlıca cisme doğru akarak onu yine nötr hale dönüştürürler.



Şekil 1.3. İletken Cisim

Yalıtkanlar: elektrik yüklerinin kolayca taşınamadığı ortamlardır. Bu maddeleri oluşturan atomların dış yörüngelerindeki elektron sayısı dörtten daha fazladır. Cam, kauçuk, yağ ve hava yalıtkan maddeler örnek olarak verilebilir. Bu maddeler sürtülerek yüklenildiğinde, yalnızca sürtünen bölgeleri yüklenir ve bu yük maddenin diğer taraflarına geçemez. Yüklü bir yalıtkan cisim topraklandığında yüklerin bulunduğu yer kalır ve cisim yüklü bırakılır (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Yalıtkan Cisim

Yarı İletkenler: Atomların dış yörüngelerindeki elektron sayısı 4 olan elementlere yarı iletken denir. Bu maddelerin elektriksel özellikleri yalıtkanlarla iletkenler arasında bir yerdedir. Silisyum ve germanyum çeşitli elektronik aygıtların üretiminde devamlı kullanılan yarıiletkenlere bir örnektir. Yarıiletkenlerin elektriksel özellikleri, malzemelere istenilen miktarlarda belli yabancı atomlar katılarak bu özelliklerin büyüklük mertebesinde değiştirilebilir (Serway, 1996). Ayrıca bu maddeler üzerindeki elektriksel kuvvetlerin ve sıcaklığın kontrol edilmesiyle yalıtkan veya iletkene dönüştürülebilirler (Fishbane ve ark, 2003).

Bazı maddeler yeterince soğutulduklarında elektronlar hiçbir engel karşılaşmaksızın hareket edebilirler. Bunlara süperiletken madde denir.

İletkenler ile yalıtkanlar arasındaki fark sayısal olarak ifade edilirse, bir metalin iletkenliğinin bir yalıtkanın iletkenliğine oranı $1x10^{23}$ mertebesinde bulunur. Böyle büyük bir değişiklik gösteren başka fiziksel bir olay yoktur (www.anadolu.edu.tr/aos/kitap/IOLTP/2279/unite06.pdf).

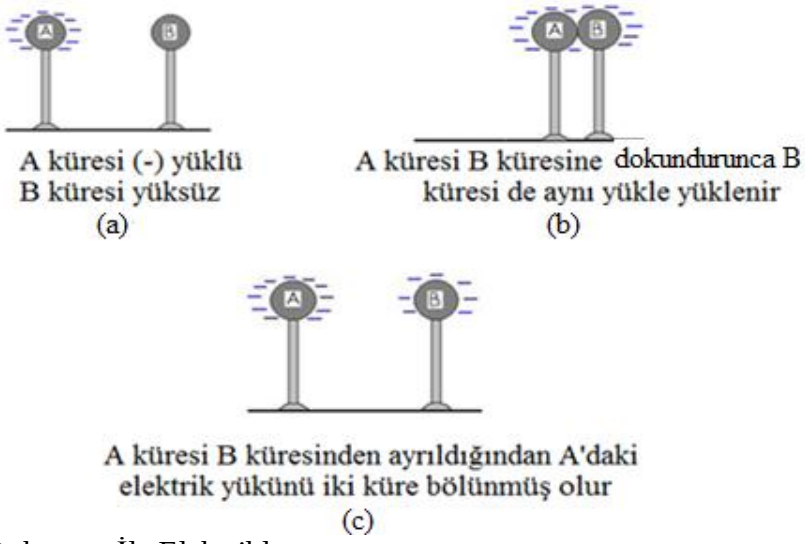
1.1.5. Elektriklenme Yöntemleri

1.1.5.1. Sürtünme İle Elektriklenme

İki farklı cisim birbirine sürtüldüğünde bu cisimlerden biri pozitif, diğeri negatif elektrik yükü ile yüklenirler. Buna sürtünme ile elektriklenme denir.

1.1.5.2. Dokunma İle Elektriklenme

Madde içindeki elektronların hareket serbestîsi, farklı maddeler arasında yük alışverişini belirleyen bir özelliktir. Bir maddeden diğerine elektrik yükü aktarıldığında, madde elektriksel olarak yüklenir. Yüklü bir iletken cisim, yüklü ve yüksüz aynı tür bir iletken cisme dokundurulduğunda toplam yüklerini dış yüzeylerinin büyüklüğü ile paylaşırlar. Şekil 1.5. (a,b,c).

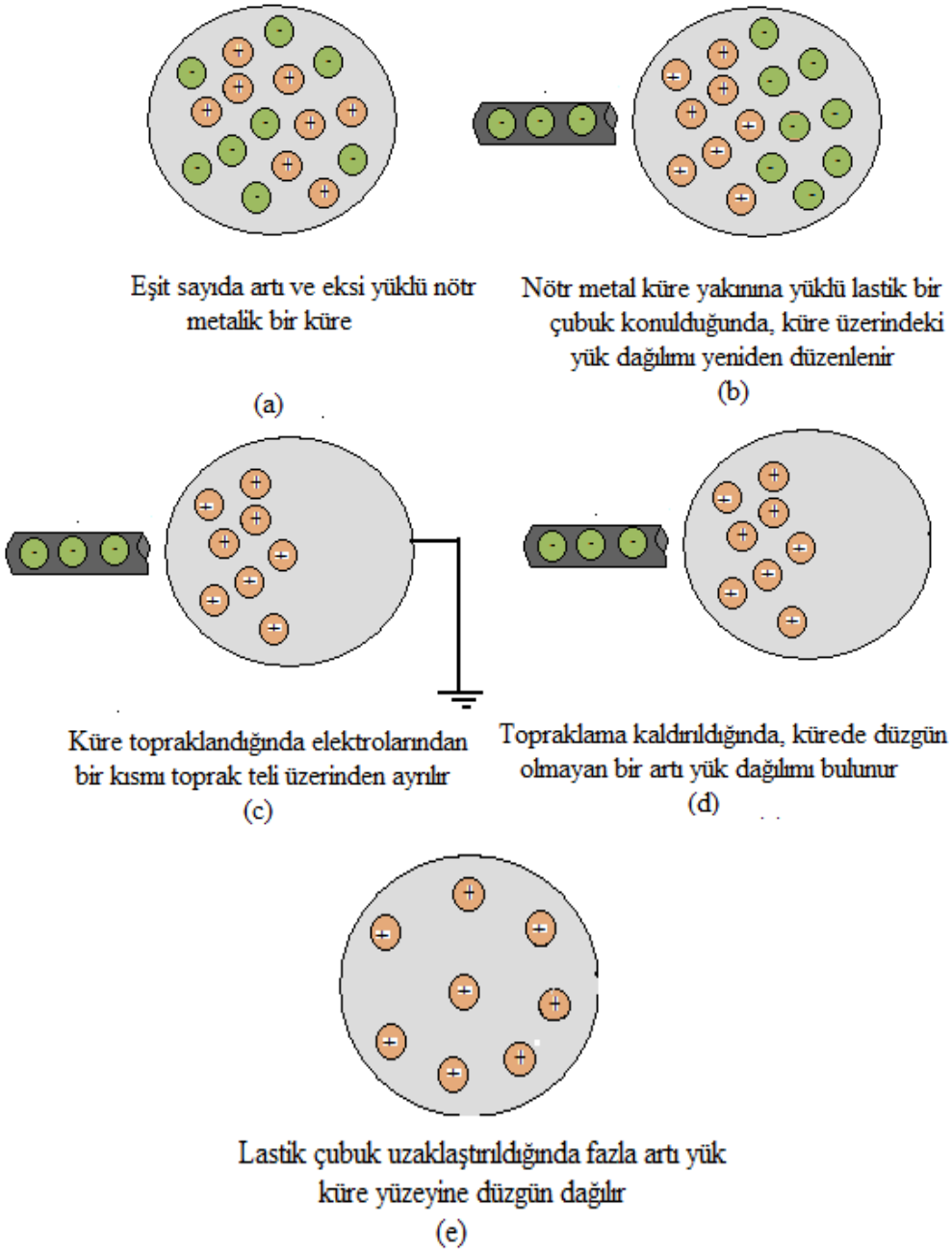


Şekil 1.5. Dokunma İle Elektriklenme

1.1.5.3. Tesir (İndüksiyon) İle Elektriklenme

Yüksüz olan bir cisme elektrik yüklü bir cisim yaklaştırıldığında, yüksüz cismin yaklaştırılan yüklü cisme yakın tarafındaki ucunda zıt cinste elektrik yüklenmesi olur. Yüksüz cismin diğer ucunda ise yüklü cisim ile aynı cins elektrik yüklenmesi olur. Buna etki veya indüksiyon ile elektriklenme denir. Yüklenmemiş bir küre yakınına eksi yüklü lastik bir çubuk yaklaştırıldığında kürenin çubuğa yakın bölgesi artı yük fazlalığı kazanırken, uzak bölgesi aynı miktarda eksi yük fazlalığı kazanır. Başka deyişle kürenin çubuğa yakın kısmındaki elektronlar kürenin öbür yanına geçerler. Küre iletken bir telle toprağa bağlanarak iletkendeki bazı elektronlar çubuktaki eksi yük tarafından itileceklerinden bunlar toprak teli üzerinden toprağa

akarlar. Toprak bağlantılı tel kaldırılınca iletken kürede indüksiyonla artı bir yük fazlalığı oluşur. Lastik çubuk küreden uzaklaştırıldığında, indüksiyonla oluşan artı yük topraklanmamış kürede kalır. Metal bir cismin indüksiyonla elektrik yüklenmesi (Şekil 1.6.)'de gösterilmiştir.



Şekil 1.6. Metal Bir Cismin İndüksiyonla Elektrik Yüklenmesi

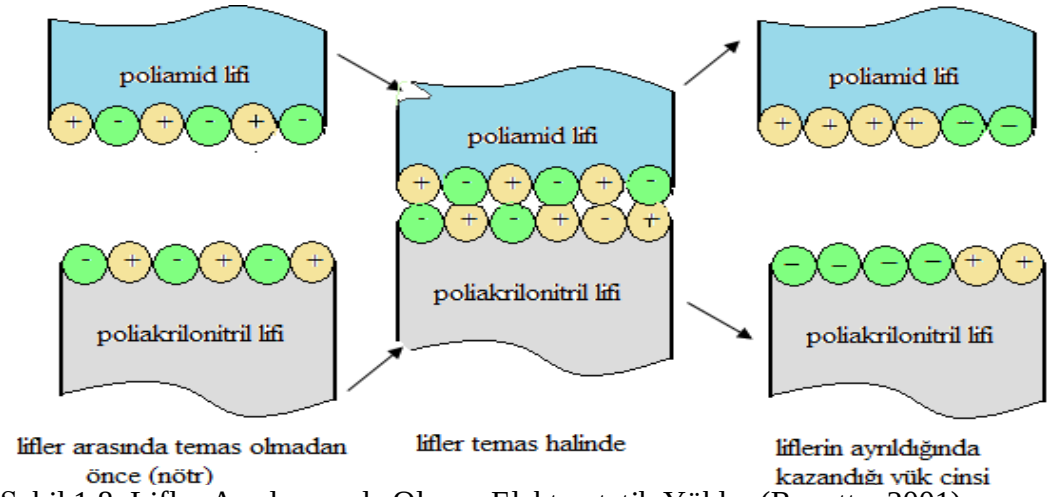
1.2.Tekstilde Statik Elektriklenme

Statik elektrik oluşumu çok eskiden beri gözlenmiştir. Ancak ilk olarak 16. yüzyılın başında karakterize edilmiştir. İlk elektrostatik seri 1757 Wilche tarafından gözlenmiştir. (Morton ve Hearle 1993) Henry, Hersh ve Montgomery'e göre tekstilde kullanılan lifler bir elektrostatik seri şeklinde sıralanmıştır. Bu düzene de triboelektrik seri denir (Şekil 1.7). Serideki her hangi iki materyal ayrıldığında yukarıdaki materyal pozitif yüklü iken aşağıdaki ise negatif yüklü olacaktır.

Pozitif
1. Yün
2. Naylon
3. Viskon rayon
4. Pamuk
5. İpek
6. Asetat
7. Lucite
8. Polyvinil alkol
9. Dakron polyester
10. Orlon akrilik
11. Polyvinilklorür
12. Deynel akrilik
13. Velon
14. Polietilen
Negatif

Şekil 1.7. Hersh ve Montgomery'e Göre Elektrostatik Veya Triboelektrik Seri (Morton ve Hearle, 1993)

Triboelektrik seriye göre, liflerin temas haline geldikten sonra ayrıldığında kazandığı yükler hangi cinsten olacağını yol gösterir. Örnek olarak poliamid ve poliakrilonitril lifi birbirine temas hale geldiğinde bu liflerin ayrıldığı zaman kazandığı yük cinsi (Şekil 1.8.)'de gösterilmiştir.



Şekil 1.8. Lifler Ayrılmasında Oluşan Elektrostatik Yükler (Rouette, 2001)

1.2.1. Tekstilde Statik Elektriklenmenin Yarattığı Sorunlar

Statik elektriklenme ile malzemenin bir yüzeyinde negatif diğer yüzeyde de pozitif elektrik yükü oluşur. Tekstil ürünlerde statik elektrik, genellikle üretildiğinin bile farkına varılmaksızın kayıp olur gider. Elektrik, iyi iletkenliğine sahip lifler boyunca taşınıp uzaklaştırılır. Tüm lifler yaşken, kuru hale göre daha iletkenlerdir. Bu yüzden kuru halde statik elektriklenme daha fazladır. Pamuk ve viskon kuru olduklarında bile statik elektriklenme biriktirmezler, yün ipek ve asetat ise sadece kuru ortamda statik elektriğin varlığını gösterirler, düşük nem absorbsiyonuna sahip polyester, poliamid ve akrilik ıslak ortamda dahi statik elektriğin varlığını aşağıdaki şekilde gösterirler;

- Giysi yapışması: Elektrik yükü kumaş üzerinde ve kumaşın yüzeyinde biriktikçe, elbisenin giyen kişiye yapışması veya vücut tüylerinin kumaş tarafından çekilmesi gibi durumlar görülür (Şekil 1.9.).



Şekil 1.9. Statik Elektriklenme Sonucu Giysilerin Vücuda Yapışması (Yakartepe, 2004 b)

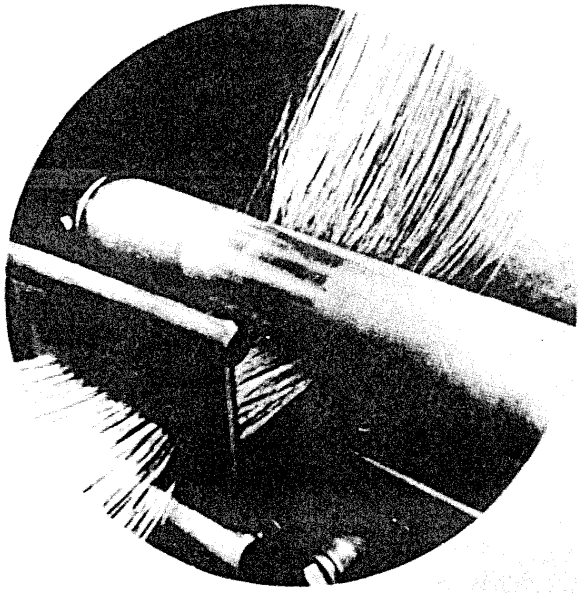
Bir etek ve astarı birbirlerine sürtündükleri için ters elektrik ile yüklendiğinde birbirine yapışırlar. Kullanımda bir giysi diğeri üzerine yapışma eğilimindedir. Bu yüzden kumaş kurutulmadan önce ıslatma maddesinden geçirmek faydalıdır. Bu maddeler lifler yüzeyinde kalarak elektrik iletkenliğini arttırır ve böylece statik elektrikliğin akarak kumaştan uzaklaşması sağlar.

- Kumaşın kirlenmesi: eğer kir ve lifler zıt yüklenirlerse, kir lif yüzeyine yapışır ve bazen yapışma öyle kuvvetlidir ki yıkanmayla bile kirin uzaklaştırılması zordur. Etek altına giyilen astar belli polyester liflerinden yapılır, bu yüzden özellikle eteğin alt kısımlarında astar ile etek birbirine daha çok değdiğinden statik elektriklenme artar ve kirlenme veya grileşme gösterir.

- Kıvılcım veya çıtırdama sesi çıkarma: iyi yalıtkan liflerin birinden yapılan gömlek veya bluzlar biraz hızlı olarak vücuttan çıkarılırlarsa, elbiseyi çıkarma esnasında kıvılcım veya çıtırdama sesi fark edilebilir. Bu kıvılcımlar normal kullanımda önemli olmasa da, yanıcı buharın mevcut olduğu ortamlarda bir patlamaya neden olabilir. Kumaşlardaki bu etkinin üstesinden gelebilmek için kumaşa uygulanabilecek dayanımlı ve ucuz anti statik bitim işlemleri geliştirilmesi konusundaki araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir.

- İşletmelerde uçuntu vs. nedeniyle kirlilik ortaya çıkabilir ve sonuç olarak makine kesilmesi neden olabilir. Çekim sırasında, bir şeritte aynı yük ile yüklenmiş

lifler birbirini iterler. Böylece statik elektriklenme sonucu şerit, balonlu bir yapıya sahip olur. Bu durum aşağıda (Şekil 1.10.)'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Statik Elektriklenmenin Şeride Etkisi (Morton and Hearle, 1993).

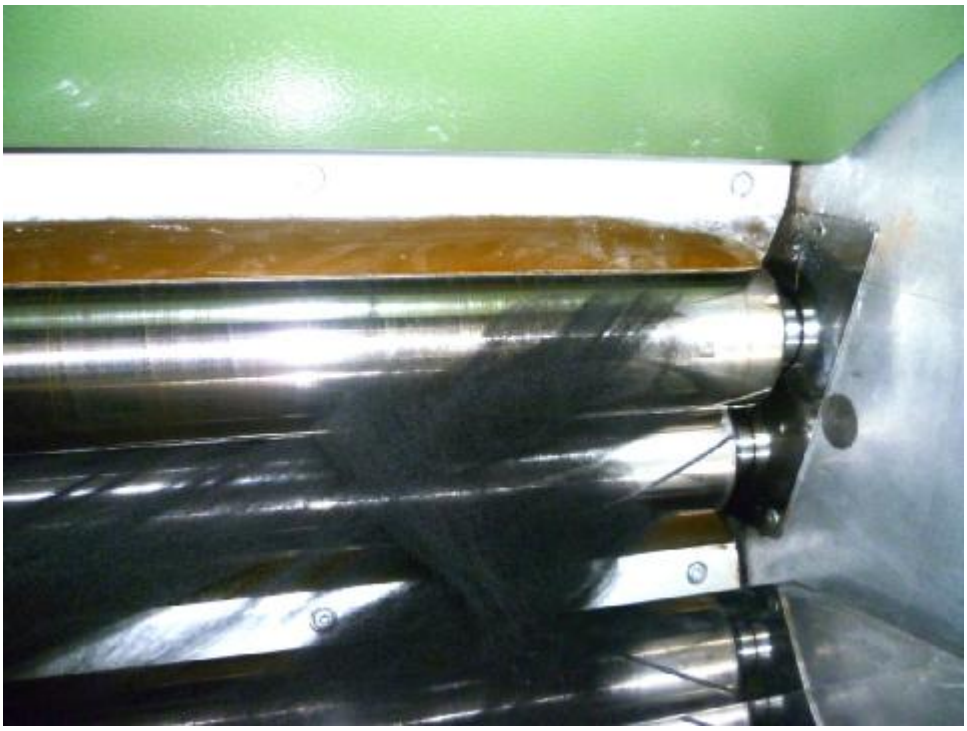
Ayrıca, iplik üretiminde lifler işlenirken sürekli sürtünmeye maruz kaldığından dolayı statik elektriklenme ortaya çıkar ve bunun sonucunda lifler çekim tertibatındaki manşonlara ve silindirlere sarılır. Bu sorun aşağıdaki Şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 1.11. Cer Çekim Tertibatında Silindirlere Sarmanın Görüntüsü

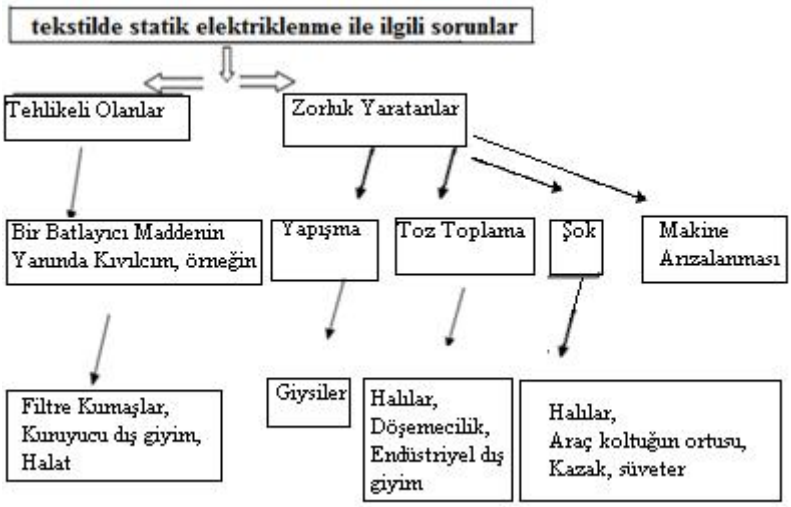


Şekil 1.12. Fitilde Manşonlara Sarmanın Görüntüsü



Şekil 1.13. Tarakta Şerit Çıkışında Sarmanın Görüntüsü

Tekstilde statik elektriklenmenin yarattığı sorunlar aşağıdaki (Şekil 1.14.)'te özetlenmiştir.



Şekil 1.14. Tekstilde Statik Elektriklenmenin Yarattığı Sorunlar (Bajaj, 2000)

Şekilde bahsedilen sorunlardan en yaygın olanı şok oluşumudur. İnsan vücudu 200-300 piko farad elektriksel kapasiteye sahiptir ve hemen hemen 25 kV'a

kadar yüklenebilir. Bilindiği gibi kondensatörde depolanan enerji (E) joule cinsinden ölçülür ve aşağıdaki formülle hesaplanabilir:

$$E = 0{,}5\, CV^2 \tag{1.10}$$

C : Kodensatör kapasitesi [farad]

V : Uygulanan Voltaj [volt]

(1.10) formülden faydalanarak insan vücudunun statik yüke maruz kaldığında depolayabildiği enerji (90 mJ)'dur.

Vücuda uygulanan elektrostatik voltaj, vücutta depolanan enerji ve hissedilen şok arasındaki ilişki Çizelge 1.1.' verilmiştir.

Çizelge 1.1. Uygulanan Elektrostatik Voltaj ve Hissedilen Şok Arasındaki İlişki (Heywood, 2003)

Elektrostatik voltaj [kV]	Vücutta depolanan enerji [mJ]	Alınan tepki
0,5	0,025	Yok
1	0,100	Yok
2	0,400	Yok
2,8	0,784	Şokun eşik etkisi
5	2,500	Fark edilen şok
10	10,000	Rahatsız şok
20	40,000	Acıklı şok

1.3. Statik Elektriklenmeye Etki Eden Faktörler

1.3.1. Kullanılan Materyallerin Elektriksel Direnci

Bazı lif çeşitleri diğer liflere göre elektrik yükleme kapasiteleri daha fazladır. Bu kapasite, tekstil materyalinin elektriksel direncine bağlıdır.

Yüzeysel özdirenç değerlerine göre materyal; iletken, dağılıcı ve yalıtkan olarak sınıflandırılabilir. Dağılıcı cisimlerde yükler yavaşça hareket edilebilirler. Yük bulunduğu yerden cisim etrafına akarak cisimdeki bütün noktalar aynı yük paylaşırlar. Bu yüklü cisim topraklandığında yükler yavaşça yeniden düzenlenerek

cisim nötr haline gelir. Bu cisimlerin akıma karşı gösterdiği direnç iletkenlere göre daha fazla iken yalıtkanlara göre daha azdır.

Yüzeysel direnç değerlerine göre cisimlerin sınıflandırması aşağıda (Şekil 1.15.)'de verilmiştir (Jonassen, 2002; Beamer, 1996).

Üs	ohm sayısı	cisim
$1x\ 10^2$	100	
$1x\ 10^3$	1000	
$1x\ 10^4$	10000	
$1x\ 10^5$	100000	iletken
$1x\ 10^6$	1000000	
$1x\ 10^7$	10000000	
$1x\ 10^8$	100000000	
$1x\ 10^9$	1000000000	
$1x\ 10^{10}$	10000000000	
$1x\ 10^{11}$	100000000000	yarı iletken
$1x\ 10^{12}$	1000000000000	yalıtkan

Şekil 1.15. Yüzeysel özdirenç değerlerine göre cisimlerin sınıflandırması (Beamer, 1996)

En yüksek dirence sahip sentetik liflerin çoğu, polyester ve naylon gibi, yalıtkan olarak sınıflandırılmaktadır. Yüzeysel direnç $\rho_s[\Omega]$ ile anti statik koruma durumu arasındaki ilişki Çizelge 1.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. Statik Elektriklenme Eğilimi ve Yüzeysel Direnç (ρ_s) Arasındaki İlişki (Slade, 1998)

$\log \rho_s\ [\Omega]$	Statik Elektriklenmeden Koruma Durumu
>13	Hiç
12-13	Zayıf
11-12	Orta
10-11	İyi
<10	Mükemmel

1.3.2. Nemin Etkisi

Tüm lifler yaşken, kuru hale göre daha iletkenlerdir. Bu yüzden kuru halde statik elektriklenme daha yüksek düzeydedir. Ortam bağıl nem yüksek olduğunda

tekstil materyal yüzeyinde bir nem tabakası oluşup materyalin yüzeysel direncinin azalmasına neden olur ve sonuç olarak materyal yüzeyinde biriken yükler uzaklaştırılmış olur. Bu olay, bağıl nem 30-35%'ten daha fazla olduğunda meydana gelir. Ayrıca bağıl nemin yük uzaklaştırılmasında en yüksek etkisi 65-75% değerler arasında elde edilmiştir (Ercan, 2005). Burada nem tabakasının oluşumu materyal tipine göre, hidrofilik veya hidrofobik ile bağlıdır.

Bazı tekstil liflerinin nem alma miktarı (moisture regain) ve elektriksel özdirencinin değerleri Çizelge 1.3.'te verilmiştir.

Çizelge 1.3. Bazı Tekstil Liflerinin Nem Alma ve Özdirenç Değerleri (Rouette, 2001; Bajaj, ve ark., 2000)

Lif	Ticari Nem alma oranı %	Özdirenç [Ω cm]
Viskon	12	10^7
Pamuk	8	10^7
Asetat	6	10^{12}
Poliamid	4	10^{12}
Akrilik	1	10^{14}
Polyester	0.4	10^{16}
Polipropilen	0.01	$> 10^{16}$

Çizelgede pamuk ve viskon lifinin diğer liflere göre daha az özdirenç değerlere ve polipropilen lifi en yüksek özdirence sahip olduğu görülmüştür.

1.3.3. Sıcaklığın Etkisi

Eğer materyal ortam sıcaklığından daha soğuksa nem, materyal yüzeyinde yoğunlaştırılarak elektriksel direncin azalmasına yardımcı olur ve yük uzaklaştırmasına neden olur. Ancak bağıl nem fazla olması bile eğer materyal ortam sıcaklıktan daha sıcaksa elektriksel direncin artmasına yol açar ve sonuç olarak materyalin yalıtkanlığı artmış olur.

Bilindiği gibi tekstil liflerinin nem çekme kabiliyetleri birbirlerinden farklıdır. Bu nedenle iplik üretimi esnasında her proseste ortaya çıkan ısı lifin nem içeriğini azaltmaktadır. Özellikle higroskopik liflerde statik elektriklenme probleminin daha

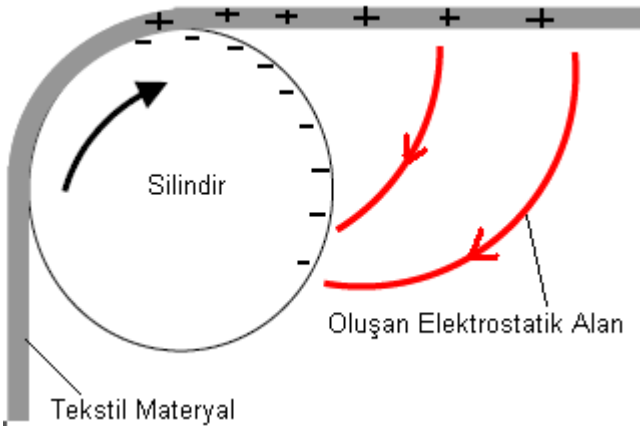
fazla hissedileceği söylenebilir. Lif tipine göre her proseste gerekli olan hava koşulları Çizelge 1.4.'te verilmiştir.

Çizelge 1.4. İplik Üretiminde Lif Tipine Göre Her Prosese Ait Hava Koşulları (Lawrence, 2003)

Proses	Pamuk /Rejenere selüloz		Sentetik		Protein elyaf	
	°C	%RH	°C	%RH	°C	%RH
Açma	23	55	27	40	18-23	66-80
Tarak	23	50-55	27	40	18-23	65-80
Tarama	27	42	27	-	18-23	65-80
Çekim	25	48-50	27	45-65	18-23	70-80
Fitil	25	48-50	27	40-45	18-23	50-60
Eğirme	27	48-50	27	35-40	18-23	50-60

1.3.4. Materyalin Ayrılma Hızı

Proses hızı (tarak, çekim..) statik yüklerin oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Çünkü tekstil materyalin makine elemanlarından ayrılma hızının statik elektriklenmenin oluşumuna etkisi önemlidir. İplik üretiminde lifler veya tekstil mamulü her proseste bir makine elemanından ayrılıp diğer elemana veya aşamaya ilerliyor (Şekil 1.16.). Şekildeki materyal, silindir üzerinden daha fazla bir hız ile ayrılırsa meydana gelen statik elektriklenme o kadar fazla olacaktır. Çünkü düşük hızlardaki yeterli zaman, iki materyal (tekstil mamulü ve silindir) arasındaki elektron alışverişini sağlayıp tekstil materyalin üzerindeki yük miktarının azalmasına yardımcı olur.



Şekil 1.16. Materyal Ayrılmasının Statik Elektriklenmeye Etkisi (Ercan, 2005)

1.3.5. Kullanılan Yağlayıcı Maddenin Miktarı ve Çeşidi

Bazı özel kimyasalların hem çeşitleri hem de miktarları statik yüklerine etki etmektedir. Bu yağlar farklı isimlerle; anti statik, spin finish, harman yağ gibi bilinmektedir. Bu çalışmada spin finish terimi kullanılmıştır. Bu konu ilerde daha detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Spin finish miktarının yük miktarına etkisi Çizelge 1.5.'te verilen deneyin sonucu ile açıklanabilir. Yün fitiline aynı spin finish materyal üç farklı miktar uygulanarak elektriksel iletkenliği (σ) ve yük miktarının 12 μC/m² değerine ulaştığındaki hız ölçülmüştür. Görüldüğü gibi spin finish miktarının artmasıyla iletkenliği artmıştır ve daha yüksek hız ile 12 μC/m² değerine ulaşılmıştır.

Çizelge 1.5. Yün Fitili İçin Spin Finish Miktarı, İletkenlik ve Yük miktarının İlişkisi (Medley, 1950)

Spin Finish Miktarı (%)	İletkenlik (σ) [Ω^{-1} .cm^{-1}]	Yükün 12 μC/m² değerine ulaştığındaki hız (cm/s)
0	2×10^{-12}	Elde edilmemiş
1	1×10^{-10}	3
3	2.5×10^{-10}	10

1.4. Statik Elektriklenmenin Ölçülmesi

Statik elektriklenme esas olarak voltaj farkı, akım, elektriksel direnç ve elektriksel kapasite ölçülmesiyle tespit edilebilir. Ancak pratikte ölçmesi farklıdır ve

çok hassastır. Burada voltaj farkı statik yüklerin dağıtılmasından kaynaklanmaktadır. Bunun için statik elektriklenmenin ölçmesinde özel cihazlar kullanılmaktadır. Genelde bu tip cihazlar iki gruba ayrılırlar;

- Elektrostatik alan metre
- Elektrostatik voltmetre (elektrometre)

İki cihazın en önemli özelliği; yüksek iç direncine ($>10^{14}\Omega$) sahiplerdir (Heywood, 2003). Elektrostatik alan metre cihazı yükler tarafından yaratılan elektriksel alanı ölçmektedir, cihazın ölçme elemanı yüklü yüzeyinden belli bir mesafeye yaklaştırılıp ölçümler yapılmaktadır. Genellikle bu mesafe üretici firma tarafından belirlenmektedir. Örnek olarak Şekil 1.17.'deki Statometer model 7209 cihazı gösterilmiştir.



Şekil 1.17. Statometer Cihazı Model 7209 ve Statik Elektriklenmenin Ölçümü

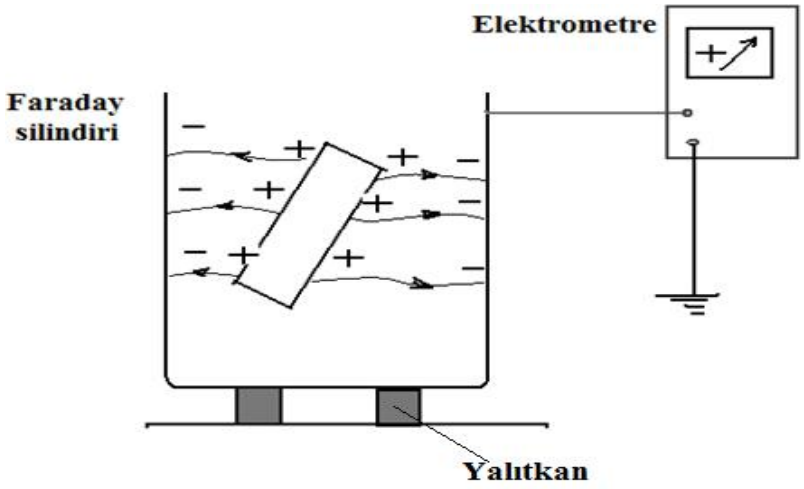
Elektrostatik voltmetre (elektrometre) elektrostatik alan metrelere göre daha kısa periyotlarda daha doğru ölçümler yapmaktadırlar. Bu cihazlar ve Faraday silindiri (Şekil 1.18.) yardımıyla yük miktarı hesaplanabilir. Bir cismin yüzeyindeki statik yükleri ölçmek amacıyla yüklerin elektrometre ile bağlanmış ve belli kapasiteye sahip bir sisteme aktarılması gerekir. Sistemin toplam kapasitesi (C) ve elektrometreden okunacak voltaj değeri (V) ise statik yükler miktarı (Q) aşağıdaki formülle hesaplanabilir (Jonassen, 2002):

$$Q = CV \tag{1.10}$$

Q Yük miktarı [Coulomb],

C Sistemin Kapasitesi [Farad]

V Elektrometreden okunan voltaj değeri [Volt]



Şekil 1.18. Faraday Silindiri ve Elektrometre İle Yük Ölçülmesi (Jonassen, 2002)

1.5. Statik Elektriklenmenin Giderilmesi

1.5.1. Spin Finish Kullanılması

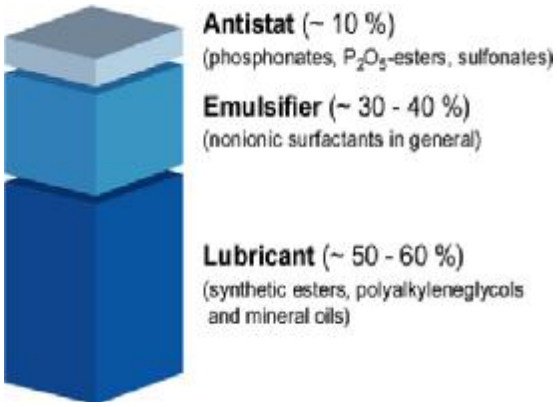
Spin Finishler, iplik üretimi sırasında ve daha sonraki işlemleri (tekstüre, dokuma, büküm vs.) etkileyebilen kimyasallardır. Her türlü sentetik lif üretiminde kullanılırlar ve lif tipine göre (Nylon, Poliamid, Polyester, Poliakrilik vs.), bu spin finishlerin kimyasal yapıları da değişir. Eğirme ve Tekstüre esnasında Lif/Lif (F/F) ve Lif/Metal (F/M) sürtünmeleri gözlenir. İyi bir spin finish bu her iki sürtünmeyi minimize edip optimum yağlama özelliklerine sahip olması gerekir.

Kullanılacak spin finish maddenin önemli özellikleri aşağıda verilmiştir;

- Uygulanması kolaydır; su ile hızlıca karıştırıp farklı yöntemlerle uygulanabilme kabiliyetine sahiptir,
- Boyama prosesine etkisi yoktur,

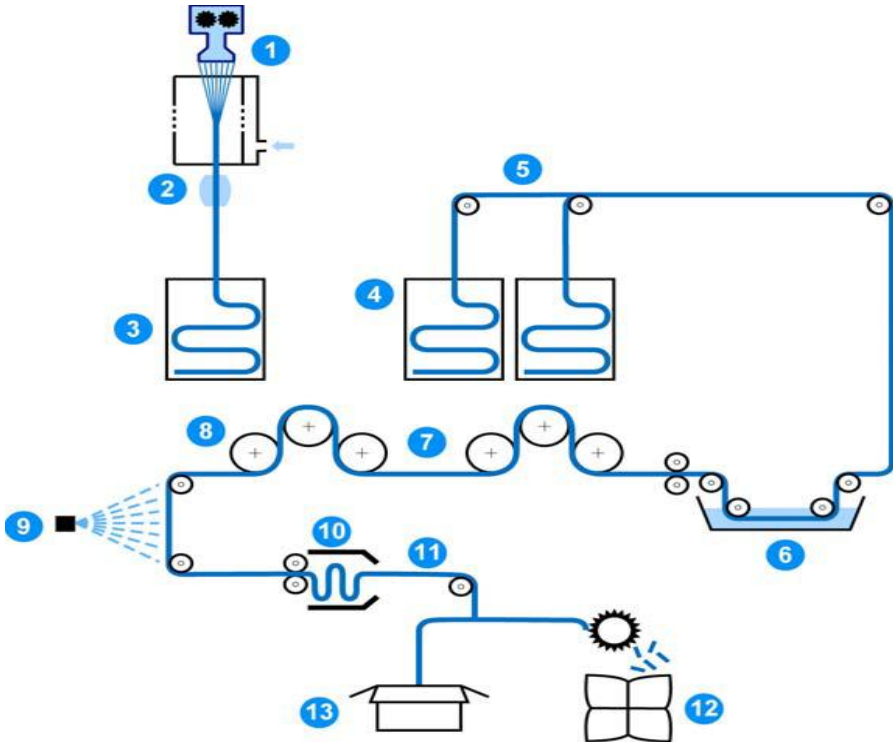
- Sarı lekeler bırakmamaktadır,
- Zehirli değildir,
- Ayrışmayan maddelerdir özellikle bazı proseslerde (kurutma gibi).
- İyi yıkama haslığı ve aşınma dayanıklılığına sahiptir.

Genellikle spin finish materyal, yağlama maddesi, emülsiyon ve anti statik üç ana bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenler Şekil 1.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.19. Spin Finish'in Bileşenleri (Stock ve Gmbh, 2004)

Son yıllarda tekstil maddesi olarak büyük miktarda kimyasal lifler kullanılmaktadır. Bu liflerin üretilebilmesi için öncelikle katı halinde bulunan polimer maddenin kıvamlı ve akıcı bir sıvı haline getirilmesi gerekmektedir daha sonra bu maddeye düzeler yardımıyla şekil verilerek tekrar katılaşması sağlanır. Daha sonraki işlemler liflerin kullanılacakları yerlere göre çeşitli özellikler kazandırmayı amaçlanmaktadır. Örneğin Polyester (PES) ştapel lif üretimi kompleks bir prosestir ve genelde minimum olarak iki aşamadan oluşmaktadır: Birinci aşamada eğirme proses sonucunda sonsuz uzunlukta, çok sayıda filament bir araya getirilerek oluşan çekilmemiş ve düşük mukavemetli olan ürün (tow) üretilip kovalara yerleştirilecektir. İkinci aşamada ise (lif üretim hattı) polimerin fiziksel özellikleri; oryantasyonu gibi değişir ve tow yüksek mukavemetli ştapel liflere dönüştürülür. Bu aşamada liflere, eğirmeye veya sonraki işlemlere hazırlamak için spin finish materyal uygulanmaktadır. Polyester ştapel elyaf üretim prosesi aşağıdaki Şekil 1.20.'de gösterilmiştir.



Birinci aşama (Tow Üretilmesi):

1. Eriyen polyester polimeri(polietilen tereftalat PET) elde edilmesi
2. Püskürtülerek veya bir silindir yardımıyla spin finish materyalin uygulanması
3. Üretilen ve henüz çekilmemiş tow'un kovalara yerleştirilmesi

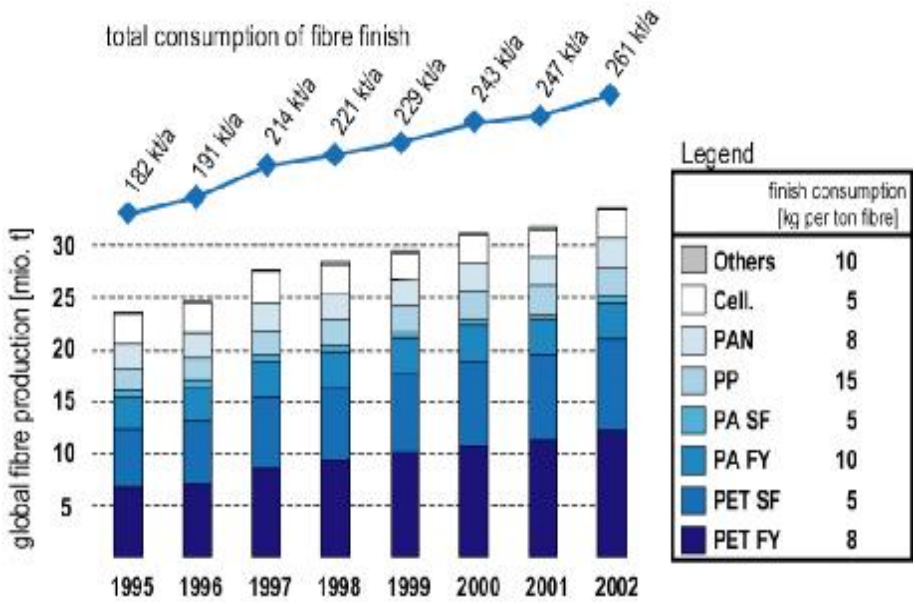
İkinci aşama(lif üretimi):

4. Çekilmemiş tow'un kovalardan geri çekilmesi
5. Katlama işlemi veya tow bir araya getirilmesi
6. Oluşturulan lif tabakası batırarak spin finish uygulanması
7. Çekim
8. Ön sıcaklık uygulanması
9. Son hazırlama işlemi; sıkma ve nemlendirme işlemi
10. Kıvırcıklandırma vermesi
11. Kurutma ve son termal ayarları
12. Kesme ve balyalama
13. Başka işlem için polyester tow'un üretilmesi

Şekil 1.20. Polyester Ştapel Elyaf Üretimi (Tegewa, 1987)

Son yıllarda sentetik lifler tüketimi nüfus artışına paralel olarak artmıştır. Bununla birlikte spin finish materyal tüketimi de artmıştır. 1990'lı yıllardan itibaren

2002 yılına kadar yıllara ve lif çeşitlere göre lif bitim (finish) miktarının değişimi Şekil 1.21.'de verilmiştir.



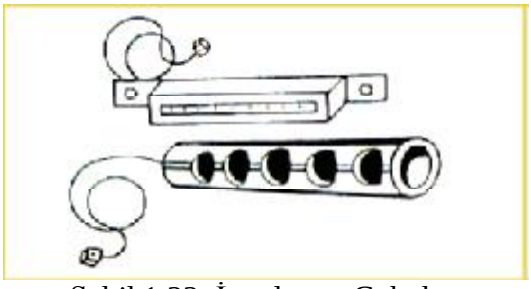
PET FY: polyester filament iplik
PET SF: polyester ştapel elyaf
PA FY: poliamid filament iplik
PA SF: poliamid ştapel elyaf
PP: polipropilen filament ve elyaf
PAN: poliakrilonitril filament ve elyaf
Cell.: selülozlu elyaf ve filament (viskon, rayon lyocell..)
Others: diğer

Şekil 1.21. Yıllara ve Lif Çeşitlere Göre Lif Bitim (Finish) Miktarının Değişimi (Stock ve Gmbh, 2004)

Görüldüğü gibi incelenen süre içinde hem elyaf hem de spin finish materyalin tüketimi artmıştır. 2002 yılında kullanılan spin finish materyal miktarı 261000 tona ulaşmıştır. Sentetik elyaftan ağırlıklı üretilen polyester'dir. Bir ton elyafa uygulanan en yüksek spin finish miktarı ise polipropilen elyaftadır (15 kg/ton).

1.5.2. İyonlayıcı Çubuklar (Anti Statik Çubuklar)

Havadaki yüksüz (nötr) oksijen ve nitrojen atomları bir enerji kaynağı yardımıyla iyonlaşarak iletken hale gelmektedir ve tekstil materyal üzerinde bulunan yüklerin uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Bu cihazlardan örnek olarak Şekil 1.22.'de gösterilmiştir. Tekstilin her aşamasında (iplik, dokuma, bitim işlemleri gibi) ortaya çıkan statik elektriklenmeyi uzaklaştırmak amacıyla, bu cihazlar kullanılabilir. Bu yöntem ile ilgili görüntüler EK 1.'de verilmiştir (http://www.staticequipment.net/).



Şekil 1.22. İyonlayıcı Çubuk

1.5.3. Modifiye Edilmiş Sentetik Lifler (Antistatik Lifler) Kullanımı

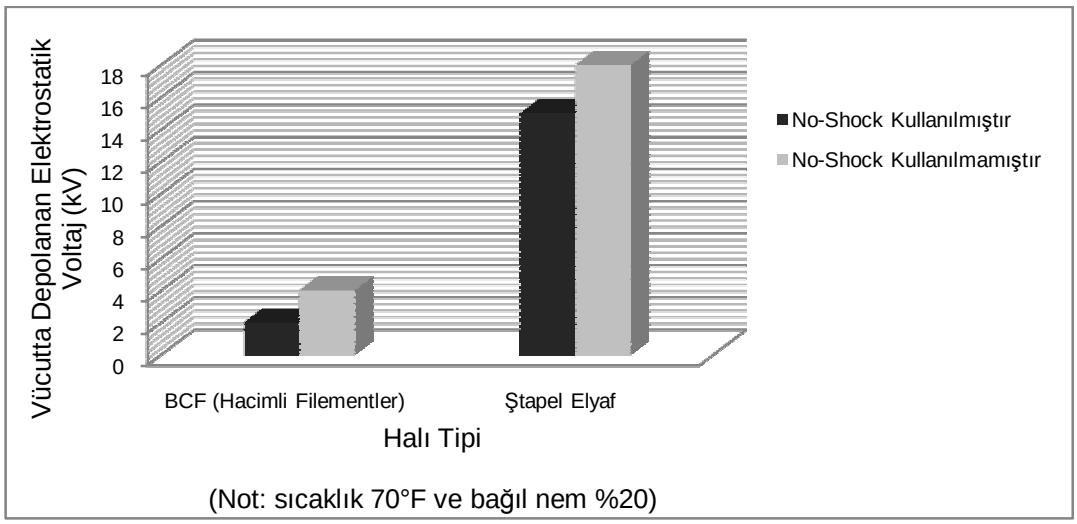
Bu yöntemde amaç life farklı yerlere (merkez, yüzey,..) bir iletken madde ilave edilerek daha iletken hale getirmektedir. Böylece lif iletkenliği artmış olur ve lif anti statik özelliği kazanır. Elde edilen bu lifler; halılarda, non wovens'te, yatak örtülerinde, taşıyıcı kayışlarda ve anti statik fırçalarda gibi alanlarda kullanılmaktadır. Modifiye edilmiş poliamid lifi Şekil 1.23.'te gösterilmiştir



Şekil 1.23. Modifiye Edilmiş Poliamid Filamenti
(http://www.antron.com.tr/antistatik_ozellikler.htm)

Şekilde anti statik filament, karbon filamentinin polyamid 6.6 kaplanmasıyla elde edilmiştir.

Modifiye edilmiş veya anti statik lifler statik elektriklenmenin uzaklaştırılmasında önemli rol oynamaktadırlar (Şekil 1.24.). Ticari isim ile bilinen No-Shock (poliamid lifine ilave edilmiş karbon elemanı) ve Monsanto Şirketi tarafından üretilen bu elyaf hem ştapel hem de hacimli filament halı üretiminde kullanılmıştır. Şekilde farklı halı tipi üzerinde yürüyen kişinin vücudundaki depolanan elektrostatik voltaj gösterilmiştir. Görüldüğü gibi her iki tipte anti statik elyaf vücutta depolanan elektrostatik voltaja olumlu yönde etkilemiştir.



Şekil 1.24. Anti Statik Lifinin Elektrostatik Voltaja Etkisi (Slade, 1998)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür çalışmaları, statik elektriklenme ile ilgili ve anti statik yağlar (spin finish) ve lifte yağ içeriği ile ilgili çalışmalar olmak üzere iki ana başlık altında incelenmiştir.

2.1. Statik Elektriklenme İle İlgili Çalışmalar

Statik elektriklenme sorununun kaldırılmasında kullanılan yeni yöntemler, tekstil materyalin elektriksel davranışı, bazı elektriksel özellikleri; elektrik direnç ve elektrik iletkenliği gibi konular çoğu araştırmacı tarafından incelenmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

(Loasbey ve ark., 1957) yaptıkları çalışmada selüloz asetat ipliklerindeki sürtünme katsayısı, elektriksel iletkenlik ve sürtünme ile meydana gelen statik elektriklenme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu parametrelerin ölçülmesinde kullanılan test cihazları açıklandıktan sonra 100 denye selüloz asetata farklı yağlar ve anti statik kimyasallar uygulanarak üç parametrenin iç ilişkisi incelenmiştir. İplik üretim sürecinde statik elektriklenmenin sorunlarından kurtulmak amacıyla düşük sürtünme katsayısına sahip olan iplikler tercih edilir. Ancak elektriksel iletkenliğin daha önemli olduğunu saptamışlardır.

(Steiger, 1958) yaptığı çalışmada tekstil mamullerinde statik elektriklenmenin ölçülmesinde kullanılan metotlar ve test değişkenlerinin etkisi incelenmiştir. Yükler, elektriksel direnç ve spin finishin konsantrasyonu arasındaki ilişki araştırılmıştır. Ayrıca belli bir kumaş için şarjın logaritması ile elektriksel yüzey direncin logaritması arasındaki ilişkinin lineer olarak değiştiği ve bu ilişkinin elektriksel iletkenliği sağlayan kimyasala bağlı olmadığı bulunmuştur.

(Ramer ve Richards, 1968) yaptıkları çalışmasında kumaşların elektriksel dirençleri ile kumaşların elektrostatik yükler oluşturma yetenekleri arasındaki korelasyon incelenmiştir. 29 kumaşa, üç farklı bağıl nem oranında (25, 38 ve %65) yüzey ve hacimli elektriksel dirençleri, naylon, polietilen ve teflon sürtünmesiyle oluşturulan yükler ve yüklerin havaya yayılma oranı tespit edilmiştir. İlave olarak

kinetik sürtünme katsayıları %65 bağıl nem ortamında ölçülmüştür. Başlangıçta bütün kumaş numunelerinde oluşan yüklerin hemen hemen aynı ve bağıl nem oranına bağlı olmadığı bulunmuştur. Fakat kumaşlarda biriken yükler sürtünülen maddelere farklı olduğu ancak bu farklılığın, sürtünme katsayılarıyla ilişkili olmadığı gözlenmiştir. Ayrıca bazı kumaşlar için volt/zaman ilişkisinin birkaç dakika sonra doğrusal olduğu gözlenmiştir. Bağıl nemin az olduğu ortamda yüklerin azalması ile elektriksel dirençleri arasında iyi bir korelâsyonun olduğu bulunmuştur.

(Blakmore, 1974) yaptığı çalışmada halılarda kolaylıkla meydana gelen statik yükleri ölçerek çeşitli halı numunelerindeki liflerin statik eğilimini değerlendirmiştir. Halılarda statik elektriklenmenin birikmesinden meydana gelen sorunları kontrol edebilmek için Korona deşarj metot yardımıyla triboelektrik dengesi, iç veya yüzeysel anti statik kimyasal ilavesi ve iletken elyaf kullanılması önerilmiştir. Ayrıca statik elektriklenmeyi uzaklaştırmada kullanılan iletken liflerin üzerinde önemle durulmuştur.

(Matsui ve ark., 1987) yaptıkları çalışmada yeni bir sistem (KB) yardımıyla sürtünmüş kumaştaki statik yükler ölçülerek yüklerin zamanla azalma eğrisi otomatik olarak elde edilmiştir. KB'nin doğruluğunu test etmek amacıyla mevcut olan dönen statik test cihazından ve Faraday silindiri metodundan elde edilen sonuçlarla mukayese edildiğinde KB sisteminin doğruluğunun en yüksek ve varyasyonunun en düşük olduğu bulunmuştur.

(Azoulay, 1988) Çalışmasında yeni iletken lifler içeren kumaşların ölçüm yönüne göre elektriksel özelliklerini incelemiştir. %10 iletken lif içeren 2/1 çözgü yüzlü bir dimi kumaşının özgül direncinin ölçülmesiyle elektriksel özellikleri tespit edilmiştir. Farklı yönlerde yapılan yüzey direnç ölçümlerinin sonuçlarının farklı çıktığı görülmüştür.

(Onai, 1989) çalışmasında statik elektriklenmeyi kaldırmak amacıyla özel levhayı tasarlamıştır. Levha yapımında iletken lifler (paslanmaz çelik lifler)'den dokunan kumaş kullanılmıştır. Dokunan kumaşa sentetik reçine uygulanmıştır. İletken liflerin bir kısmı reçine maddesinin yüzeyinde bırakılmıştır. Böylece levhanın ile her hangi yüklü cisim temasa geçtiğinde statik elektriklenmenin kaldırılmış olduğu saptanmıştır.

(Onogi ve ark., 1996) yaptıkları çalışmada triboelektrik yüklerin tekstil yüzeylerinden havaya dağıtılmasını incelemişlerdir. Kumaştaki triboelektrik yükler genellikle serbest elektronların difüzyonu ile iletilir. Kumaşların yüzeyindeki yükler başka proseslerle ortadan kaldırılabildiğini iddia etmişlerdir. Tekstil yüzeyindeki su molekülleri, buharlaşırken yüklerin havaya yayılmasında önemli rol oynadığı bulunmuştur.

(Berberi, 1998) çalışmasında tekstil mamullerinin elektriksel direncinin değerlendirilmesinde yeni bir metot incelenmiştir. Çoklu- kademe metotla tekstil materyalinin elektriksel direncinin tanıtmak amacıyla yeni bir parametre (sıkıştırılmış liflerin limit direnci) kullanılmıştır. Kullanılan yeni parametre, lif materyalinin elektriksel özelliklerini yansıtmasında, değerli bir karakterin olduğu ve numune şekli ile (kumaş, iplik, lif) bağlı olmadığı bulunmuştur.

(Bhat ve Benjamin, 1999) yaptıkları çalışmada plazma ile muamele edilen pamuklu ve polyester kumaşların yüzey dirençleri ile plazmanın güç seviyeleri, uygulama süresi ve kumaşın nem içeriği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Pamuklu kumaşta plazma uygulandığında nem içeriği azaldığını ve yüzey direncin plazmanın güç seviyesi ve uygulama zamanı bağlı olduğunu, polyester kumaşta ise nem içeriğinin artığı ve yüzey direncin çok düştüğünü gözlemişlerdir. Ayrıca plazma uygulama süresince acrylamid ve akrironitril ilave edilmesi sonucunda polyester kumaşta nem içeriğinin %3'e kadar artığını, pamuklu kumaşın yüzey direncinin biraz düştüğünü fakat polyester kumaşta yüzey direncinin çok fazla düştüğünü saptamışlardır.

(Lin ve Lou, 2003) çalışmasında paslanmaz çelik filamentler, polipropilen nonwoven bantlar ve takviye amaçlı için filamentler kullanılarak yeni rotor büküm sistemi yardımıyla yeni iplikler üretilmiştir. Bu ipliklerden rapierli dokuma makineleri vasıtasıyla kumaş numuneleri dokunmuştur. Dokunan kumaş termal basınçtan geçirilerek elektriksel iletkenliğe sahip ince tabakalar elde edilmiştir. Tabakalarda paslanmaz çelik filamentlerin ağırlık oranı 3.65-4.89 % olarak seçilmiştir. Kullanılan termal basınç parametreleri; 170 C^O, 20 kg/cm^2 ve basıncın uygulama süresi 60, 90, 120 ve 150 saniye olarak alınmıştır. Çalışmada dokunan numuneler ve elde edilen tabakaların elektriksel özellikleri incelenerek tabakaların

yüzey özdirencinin 10^3-10^5 Ω/kare olduğu ve koruma faaliyeti 30-60 dB olduğu saptanmıştır. Tabakaların elektromanyetik koruma faaliyeti yeterli olduğundan dolayı elektromanyetik koruyucu madde olarak kullanılabildiği bulunmuştur.

(Ma ve ark., 2003) yaptıkları çalışmada oksitlenmiş yün yüzeyinin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Doymuş tuz çözeltisindeki yüne potasyum permanganatla muamele edildiğinde yün yüzeyi oksitlenmiş olur. Oksitlenmiş ve oksitlenmemiş yün yüzeyinin düzeni, kopma mukavemeti, sürtünme katsayısı ve elektriksel direnç araştırılmış ve her iki kumaştaki statik elektriklenme ölçülmüştür. Yün yüzeyindeki değişmelerin fiziksel özelliklerine etkisinin çok önemli olduğu bulunmuştur.

(Ercan, E., 2005) çalışmasında hareketli kumaş üzerindeki biriken yüklerin ölçmesinde ve kaldırılmasında kullanılan test cihazı, test cihazının tasarlanması, zamanla yük azalma oranı ile çeşitli kumaşlarda oluşan statik elektriklenme arasındaki ilişki ve farklı koşullar altında statik elektriklenme ölçümü incelenmiştir. Çalışmada spunbond nonwoven makinesindeki hareketli kayışların üzerinde biriken statik elektriklenme ölçülmüştür. Kayışın geriliminin, statik elektriklenmeye etkisi en önemli parametre olduğu bulunmuştur. Silindir-kumaş sürtünmesi ve temas alanı da önemli olduğu saptanmıştır.

(Öktem ve ark., 2006) yaptıkları çalışmada metal buhar vakum kavis (MEWA) yardımıyla polietilen terefalat (PET) kumaş numunelerinin Cu, C, Ti ve Cr iyonları eklenerek modifikasyonu sağlanmıştır. Kullanılan hızlandırma voltajı 30 kV ve iyonlaşma derecesi 1×10^{14} - 1×10^{17} iyon/cm$^{2'}$dir. Çalışmanın ilk kısmında dokunan PET kumaşı numunelerinin elektriksel özelliklerini iyileştirmek için Cu iyonlarının implantasyonu yapılmıştır. İkinci kısımda ise PES kumaşının mekanik özelliklerini arttırmak amacıyla C, Ti ve Cr iyonları eklenmiştir. Elde edilen kumaş numunelerinde yarı-şarj azalma zamanı milisaniyelere kadar düşürülmüştür. Sürtünme katsayısının ve kumaştaki aşınma değerinin önemli bir şekilde düştüğü görülmüştür. Ayrıcı kumaş yüzeylerinin morfolojisi elektronik mikroskop ve atomik kuvvet mikroskop yardımıyla incelenmiştir.

(Hao ve ark., 2007) yaptıkları çalışmada nonwovenda tarak şeridi oluşurken elektrostatik tarak teknolojisi kullanılarak tarak makinesindeki çalışma silindire statik elektriklenme uygulanmıştır. Tarak performansına statik elektriklenmenin

etkisinin değerlendirmek amacıyla tarak elemanlarının lif yüklenmesi, tarak silindirinin yüzey potansiyeli, şerit düzgünsüzlüğü ve şeritteki neps sayısı ölçülmüştür. Uygulanan statik elektriklenme ile tarak silindirinin lif yüklenmesi arasında bir ilişki bulunmuştur. Ayrıca statik elektriklenme, üretilen nonwoven kumaşın düzgünlüğüne etki etmektedir ve silindirin lif yüklemesinin, meydana gelen tribo-elektrifikasyondaki polariteye bağlı olduğu gözlenmiştir.

(Asanovic ve ark., 2007) yaptıkları çalışmada farklı şekiller ve farklı hammadde bileşimlerini içeren tekstil numunelerinin bazı elektrofiziksel özelliklerinden bahsedilmiştir. Tekstil numunelerinin içinden geçen dielektrik akıma bağlı bir ölçüm cihazı geliştirilmiştir. Bu cihazın yardımıyla materyalin elektriksel direnci ölçülmüştür. Bazı tekstil numunelerinin elektrik kaybı ve nispi dielektrik permeabiliteleri ölçülmüştür.

(Seyam ve ark., 2008) çalışmasında polimer materyal yüzeylerinde elektrostatiğin oluşumu ve oradan kaldırılmasında kullanılan cihazların gelişimi incelenmiştir. Yeni cihazlar aşağıdaki test cihazlarını içermektedir: hareket eden ipliği değerlendiren test cihazı, ipliğin lineer direncin ölçmek amacıyla yüksek dirence sahip olan sistem, sabit kumaşlar veya ince örtü ile hareket eden yüzey arasındaki sürtünmeyi değerlendiren test cihazı ve iki yüzey arasındaki sürtünme nedeniyle ortaya çıkan yükleri inceleyen test cihazdır. Yeni cihazlar, nispi ilerleme hızının etkisini, iplik gerilimi, ipliğin elektrostatik özelliklerini, temas basıncını, sürtünme hızı ve temas noktalarını ve bir tabakanın statik yük özelliklerine etkisini ölçebilir.

(Kan ve Yuen, 2008) Plazma ve bitirme kimyasallarıyla muamele edilen PES kumaşının nem ve statik özelliklerinin incelemişlerdir. PES kumaşının anti statik özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı koşullar altında plazma ile muamele edilmiştir. PES kumaşa düşük sıcaklıkta plazma uygulandıktan sonra elektron mikroskobu yardımıyla kumaş yapısında önemli bir değişiklik meydana geldiğini gözlemişlerdir. Bu değişikliğin sonucunda PES nem çekme kabiliyeti artmıştır. Böylece statik yüklerin iletilmesi sağlanmıştır. Ayrıca nem çekme kabiliyetinin artması nedeniyle statik yükler daha kısa sürede iletilmiş olur. Son olarak kimyasallarla muamele edilen PES kumaşının anti statik özelliklerinin, plazma

yönteminin uygulanmasından elde edilen anti statik özelliklere göre daha kötü olduğu görülmüştür.

(Varnaite ve ark., 2008) metal lif içeren polyester kumaşlarda elektriksel yük azalmasını incelemişlerdir. 100% PES ve metal lif (INOX) içeren iplikler kullanılmıştır. İletken iplik (PES %80/INOX%20), üç farklı pozisyonda;
25 atkı PES+1atkı PES/INOX, 49 atkı PES+1atkı PES/INOX ve 71 atkı PES+1atkı PES/INOX kullanılarak kumaş numunelerinin elektriksel özellikleri ölçülmüştür. İletken iplikler arasındaki mesafe az olduğunda statik yüklerin birikiminin engellediği saptanmıştır. Ayrıca iletken ipliğin elektriksel dirence etkisi çok önemli olduğu bulunmuştur.

(Varnaite ve Katunkis, 2009) çalışmasında yıkamanın iletken iplikler içeren kumaşlarda elektrik yük azalmasına etkisi incelenmiştir. Çalışmada deşarjdan koruyucu amaçlı için üretilen kumaşlarda belli aralıklarda iletken iplikler kullanılmıştır. Yıkamadan önce ve beş devir yıkamadan sonra kumaşların elektriksel yüzey ve hacimli direnci, koruma faktörü ve zaman sabiti saptanmıştır. Gümüşle kaplanmış filamentler içeren PES/pamuk kumaşların koruma etkisi farklı PH değerleri altında incelenerek iletken iplik sayısı arttığında elektrostatik özelliği iyileşmesine rağmen yıkama nedeniyle direnç değerlerinin arttığı görülürken, yıkamanın koruma faktörüne ve zaman sabiti etkisinin çok önemli olmadığı bulunmuştur. Test edilen kumaşlarda yıkamanın yeterli bir koruma etkisine sahip olduğu ve statik yük birikiminin engellemesinden dolayı iş giysilerde kullanılabildiği bulunmuştur. Elde edilen dikey elektrik direnç ve yüzey özdirenç değerleri iletken PES/INOX ipliklerinin sayısına çok hassas olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca örme kumaş elektrostatik özelliklerinin dokuma kumaş elektrostatik özelliklerine göre daha iyi olduğu saptanmıştır.

2.2.Anti Statik Yağ ve Lifte Yağ İçeriği İle İlgili Çalışmalar

(Samson, 1970) çalışmasında 0,3-7% yağ kalıntılar içeren dört farklı yün çeşidi üç farklı ekstraksiyon metodu; W.I.R.A, Soxhlet ve R5 cihazı kullanılarak

methylene chloride ile ekstrakte edilmiştir. Ayrıca R5 ve Soxhlet cihazıyla elde edilen sonuçların arasında çok önemli doğrusal ilişki bulunmuştur

(Redston ve ark., 1973) yaptıkları çalışmada sentetik liflere uygulanan kimyasallar (spin finish) tanımlanmıştır. Başlıca kullanılan çeşitli bileşikler üç kimyasal sınıf altında gruplanmıştır; yüzey etkinliğe sahip olmayan yağlama maddesi, filtre ve yüzeyler için anti statik dış kimyasallar ve yağlama fonksiyonuna sahip sıvı asıltılaştırıcılar. Bileşiklerin gerekli özellikleri de verilmiştir. İç anti statik kimyasallar ve yeni lifler için yeni patentlerde bulunan genel kavramlar referans haline getirilmiştir.

(Rhodes ve ark., 1975) kimyasalların verimli bir pamuğun işlenmesinde kullanılan lif ve fitil özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Çalışmada kimyasalların uygulama şekli de tartışılmıştır. Çekim mukavemeti, fitilde büküm miktarı ve oluşan statik elektriklenme ölçülmüştür. Tarak şeride belirli kimyasal uygulandığında fitil bükümü artarken çekim mukavemetinin azaldığı bulunmuştur.

(Postman, 1980) çalışmasında spin finishlerin tanımı, hangi özelliklere sahip olması, hangi bileşimlerden oluşturması, nasıl kullanılması, lif özellikleri modifiye edilebilmek için başka unsurlar ilave edildiğinde nasıl kullanılacağından bahsedilmiştir.

(Robins ve ark., 1988) yaptıkları çalışmada tek ştapel polyester liflerin lif/metal ve lif/lif sürtünme katsayıları ölçülmüştür. Denemelerde spin finish verilen elyaf (yağlanmış) ve temiz elyaf kullanılmıştır. İplik üretilirken spin finishin etkisinin kademe kademe artmış olduğu ve lifler içinde homojen dağıtılmamış bir şekilde olduğu saptanmıştır. Temiz liflerin sürtünmesinin mekanik özellikleri ile bağlantısının diğer faktörlere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Yüzeyler sertleştikçe lif/metal sürtünmesi azalır. Ayrıca nemin düşük hızlarda elde edilen lif/metal sürtünme katsayılarına etki ettiği saptanmıştır.

(Taşcan ve Demir, 1999) polipropilen BCF (bulked continuous filament) halı ipliği üretim teknolojisini ve özelliklerini incelemişlerdir. İplik üretim hattı boyunca polimer, düzelerden çıkıp soğutma kanallarında filament halini aldıktan sonra, filamentlere farklı miktarlar yağ (spinfinish) uygulanmıştır. %0.6 yağ uygulandığında kopma uzaması %30 civarına kadar inmiş buna karşın özgül

mukavemet ise artmıştır. %1.5 yağ miktarında hem özgül mukavemet hem de uzama miktarı artmıştır. En iyi kıvrım %1.5 yağ eklendiğinde görülmüştür.

(Price ve ark., 2002) pamuklu ipliklerde mum içeriği ile iplik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Farklı pamuk çeşitlerinden üretilen iplik numuneleri etanol ile ekstrakte edilmiştir. Kurutmadan sonra ipliğin mekaniksel özellikleri; iplik mukavemeti ve iplik kopma uzaması hesaplanmıştır. İplik mukavemetinde çok önemli bir artış ve iplik kopma uzamasında hafif bir düşüş kayıt edildiğini saptanmıştır. Ayrıca iplik mukavemetinin tahmininde mum içeriğinin önemli olmadığını bulunmuştur

(Hild ve ark, 2004) çalışmalarında halı üretiminde kullanılan naylon 66 elyaf yüzeyinde spin finish materyalin nasıl dağıtacağı bahis edilmiştir. Halı endüstrisine üretilmiş iki modifikasyon oranına; 2.4 ve 3 sahip naylon 66 elyaf, halı elyaf kümesinden alınan, boyanmış ve terbiye işlemi görmüş benzer elyaflarla karşılaştırılmıştır. Mikroskobik taramasında net mukayese sağlamak amacıyla lifler osmiyum titraoksit ile muamele edilmiştir. Boyama ve terbiye işleminden geçen halı elyafın önemli derecede daha az spin finish miktarına sahip olurken kalan yağ konsantrasyonu ham elyaf üzerindeki miktarın %47'sine eşit olduğu saptanmıştır. Spin finish konsantrasyonu lif merkezinde lif yüzeyine göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Bunun sebebi, lif üretimi esnasında uygulanan spin finishin lif merkezine yayılıp orada tutulduğu ve bu konuda lif morfolojisi önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Ayrıca çalışmada lifteki bölgeler vadi ve uç şeklinde sınıflandırılmıştır. Vadi bölgesindeki yağ konsantrasyonunun uç bölgesine göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Lifin bir yanından diğer yana göre spin finish dağılımının varyasyon gösterdiği ve bu varyasyonun spin finish aktarma sistemiyle bağlı olduğu belirtilmiştir.

(Acar ve ark., 2006) yaptıkları çalışmada hava jet tekstüre prosesinde hava akımı, nemlendirme ve spin finishin rolü incelenmiştir. Yaş tekstüre prosesinde iplik, düzeden çıkarken filamentler arasındaki sürtünme, su yardımıyla azalmış olur. Böylece filamentlerin nispi hareketi daha kolay bir şekilde sağlanmış olur. Burada, suyun yağlayıcı madde gibi davrandığı söylenebilir. Yaş tekstürede, iplik

yüzeyindeki spin finish miktarının azaltılmasıyla filamentler arasındaki statik sürtünme artar böylece iplik karışıklığı sağlanmış olur.

(Fok ve ark, 2006) çalışmalarında hava ve sıcaklığa maruz kalan ve naylon liflerle kullanılan on farklı spin finsh çeşidinin otooksidasyonu incelenmiştir. UV/VİS spektroskopi, viskozite ölçümü ve FTIR spektroskopi kullanılarak önemli değişiklikler elde edilmiştir. HCO-16, TMP, nemlendirme materyal, coconut yağ ethoxylate ve coconut yağ sarı renge olurken nemlendirme materyalin çözünürlüğü değiştirmiştir. CO-16, HCO-25, anti statik ve nemlendirme materyalin viskozite değerlerindeki değişikliklerin ise önemli olduğu saptanmıştır. CO25, HCO-16, CO16 ve anti statik materyalin FTIR spektral oranlarında da değişiklik kayıt edilmiştir.

(Alhalabi ve Sabır, 2011) çalışmasında tarak hızının değiştirmesiyle ayarlanan statik elektriklenme seviyesi ve harmana atılan spin finish miktarının iplik kalite parametrelerine etkisi Taguchi L4 ortogonal dizisiyle incelenmiştir. Analiz sonucunda iyi iplik kalite parametrelerini yapacak statik elektriklenme seviyesi ve yağlayıcı madde miktarı tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çalışmada son yıllarda çeşitli alanlarda tercih edilen Polyester ve viskon elyafı kullanılmıştır. Elyaf özellikleri aşağıda Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Elyaf Özellikleri

Elyaf Özellikleri	Elyaf	
	Polyester	Viskon
Renk	Siyah	Siyah
Uzunluk	38 mm	38/40 mm
İncelik	1.6 dtex	1.7 dtex

Ayrıca çalışmada bu liflerden pazarda sık kullanılan üç farklı harman; %100 PES, %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS hazırlanıp iplik numuneleri üretilmiştir.

Elyaf hazırlanmasında sandviç harman yapılmıştır. Elyafa, el pompa vasıtasıyla ticari olarak bilinen LCS SPİRAFİL anti statik yağ verilmiştir. Polyester ve viskon elyafının yağa karşı davranışı SOIF markası olan ve onunla birlikte yazılım programıyla mikroskop yardımıyla incelenmiştir. Kullanılan mikroskop görüntüsü Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.

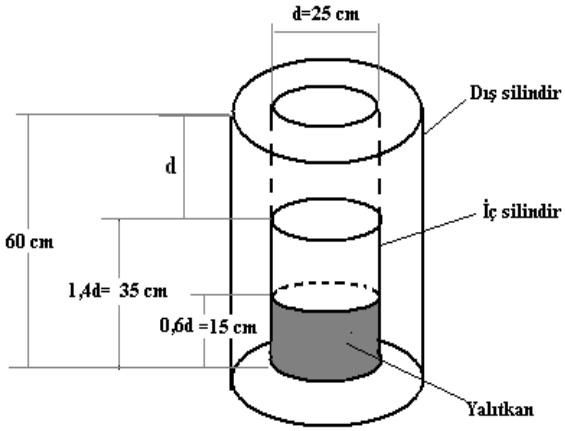


Şekil 3.1. Çalışmada Kullanılan Mikroskop

İplik üretimi esnasında meydana gelen statik elektriklenme, tarak prosesinde ölçülmüştür. Ölçmede üç cihazdan ve bir yazılımdan oluşan bir sistem kullanılmıştır. Bunlar;

1. Faraday Silindiri

Bu cihaz BS 7506-2 standarda göre yaptırılmış ve ŞAM Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Fakültesinde aynı standarda göre kalibre edilmiştir. Cihazın boyutları Şekil 3.2.'de verilmiştir. Yaptırılan cihaz ise Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Faraday Silindirinin Boyutları (BS7506-2, http://www.jci.co.uk)



Şekil 3.3. Yaptırılan Faraday Silindiri

Faraday silindiri yapımında elektriksel iletkenliği ($\gamma = 95.6 \times 10^6\, S.m^{-1}$) yüksek olan kırmızı bakır metali kullanılmıştır. Cihazın boyutları ise iç silindirin çapı 25 cm alınarak yalıtkan yüksekliği 15 cm, iç silindir yüksekliği 20 cm ve dış silindir yüksekliği 60 cm olarak alınmıştır. Dış silindir çapı 35cm olarak seçilmiştir.

2. NanoAmmeter Cihazı Model 285

NanoAmmeter çok küçük akım değerleri ölçebilen bir cihazdır, bu cihazın resmi Şekil 3.4.te verilmiştir. Teknik özellikleri ise Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. NanoAmmeter Cihazının Teknik Özellikleri

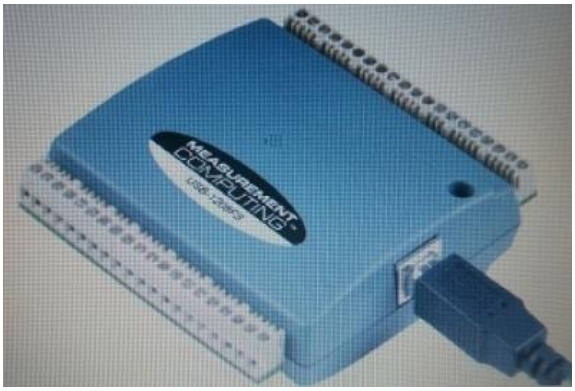
Özellik	**Açıklama**	
Ölçüm aralığı	Aralık	Duyarlılık
	±2.000 nA	0.001 nA
	±20.00 nA	0.01 nA
	±200.0 nA	0.1 nA
Görüntüleme	LCD ekran	
Giriş empedans	10 $k\,\Omega$	
Giriş	BNC konektör	
Çıkış	BNC konektör, her ölçüm aralığı çıkış sinyali ±2 volt.	



Şekil 3.4. NanoAmmeter Cihazı ve Onun Arka Görüntüsü

3. USB-1208FS Veri Kayıt Cihazı

NanoAmmeter cihazıyla ölçülen akım değerler çok küçük zaman periyodu içerisinde değişmektedir. Bunun için toplanan veriler bir veri kayıt cihazıyla kayıt edilmelidir. Çalışmada, Measurement Computing şirketi tarafından üretilmiş ve Şekil 3.5.'te verilmiş olan USB-1208FS veri kayıt cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.5. USB-1208FS Veri Kayıt Cihazı

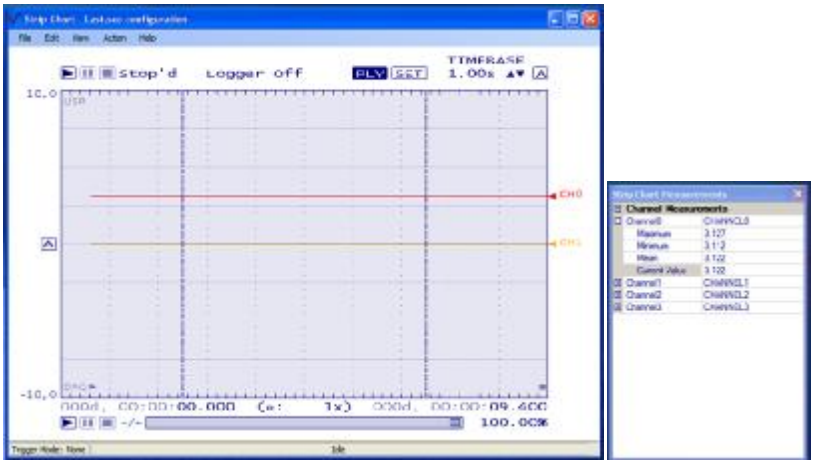
USB-1208FS veri kayıt cihazının teknik özellikleri aşağıda verilmiştir;

- 8 sinyal girişine sahiptir,
- 4 sinyal çıkışına sahiptir,
- Her taraf 20 vidalı terminale sahiptir,
- Tüm terminallerden kayıt edilebilen veri sayısı 50000/saniye,

- USB konektöre sahiptir.

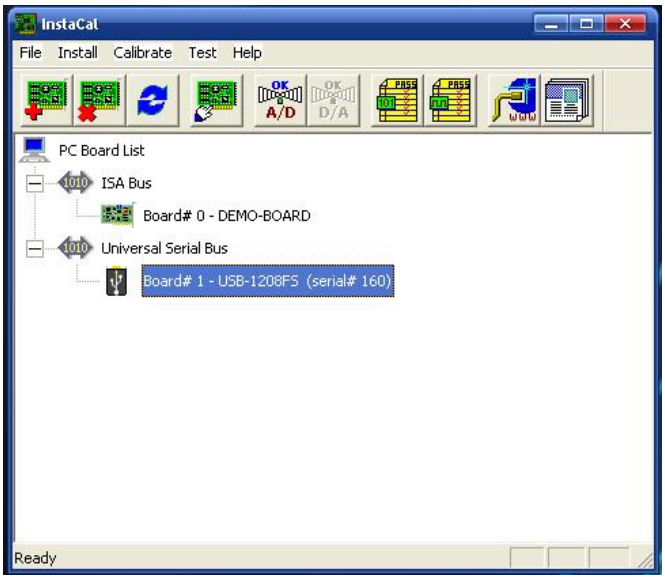
4. Tracer DAQ Professional Yazılım Programı

Veri kayıt cihazının kayıt ettiği verilerin bilgisayara aktarılmak amacıyla Tracer DAQ Professional yazılım programı kullanılmıştır. Programın ekran görüntüsü Şekil 3.6.'da verilmiştir.



Şekil 3.6. Tracer DAQ Professional Yazılım Programının Ekran Görüntüsü

Bu programı çalıştırmadan önce veri toplama cihazı (USB-1208FS) bilgisayarla bağlanıp ve oraya yüklenmiş InstaCal yazılım programıyla tanıtılması gerekmektedir. InstaCal yazılım programının ekran görüntüsü Şekil 3.7.'de verilmiştir.



Şekil 3.7. Instacal Yazılım Programının Ekran Görüntüsü

Tracer DAQ Professional Yazılım Programı ortamında, veri toplamada kullanılacak terminal, ölçümün alınacağı periyot ve NanoAmmeter'in Output'undan çıkan değer ile kendi okuduğu değer arasındaki dönüştürme faktörü gibi ayarlar yapılabilmektedir. Nanoammeter ve USB-1208FS veri kayıt cihazı birlikte Adana'daki ANADOLU Kalibrasyon Şirketinde test edilerek bu iki cihazın vereceği sonuçların doğru olacağı tespit edilmiştir.

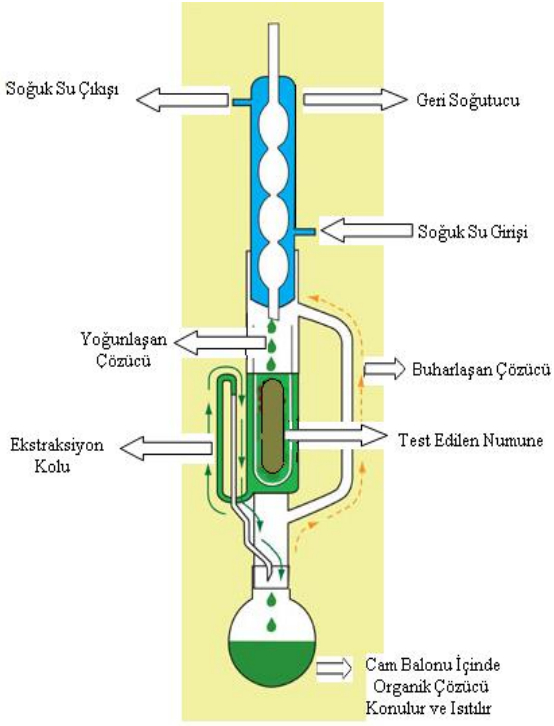
Çalışmanın yapıldığı işletmedeki hava koşulları standart hava koşullarından; bağıl nem %65 ± 2 ve sıcaklık 20 ± 2 C° farklı olduğundan dolayı BS7506 part 2 standarda göre statik elektriklenmenin ölçüldüğünde işletmedeki hava koşulları kayıt edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla bağıl nem ve sıcaklık ölçebilen cihaza ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla TFA dijital termometre-higrometre cihazı (Şekil 3.8.) kullanılmıştır.



Şekil 3.8. TFA Dijital Termometre-Higrometre Cihazı

Üretilen iplik numunelerinin üzerindeki kalan anti statik yağ miktarını ve iplik üretim süresinde farklı aşamalarda ipliğe yapışan yağlı kalıntılar miktarını tespit etmek amacıyla aşağıdaki Şekil 3.9.'da verilmiş olan Soxhlet cihazı kullanılmıştır.





Şekil 3.9. Soxhlet Ekstraksiyon Cihazı

Çalışmada Organik Çözücü olarak aşağıdaki belirlenen özelliklere sahip Dietil Eter ($C_4H_{10}O$) kullanılmıştır.

- Saflık derecesi 99.7%'dir.

- Kaynama noktası 34-36° C'dır.
- 20 C°derecesinde yoğunluğu 0.713-0.715g/cm^3'tür.

Elde edilen ipliğin kopma mukavemet ve kopma uzaması Şekil 3.10.'da verilmiş olan Uster Tensorapid 4 cihazıyla ölçülmüştür diğer parametreleri ise (düzgünsüzlük ve iplikteki hatalar) Uster Tester 5 cihazıyla ölçülmüştür. Bu cihaz Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Uster Tensorapid 4 Cihazı

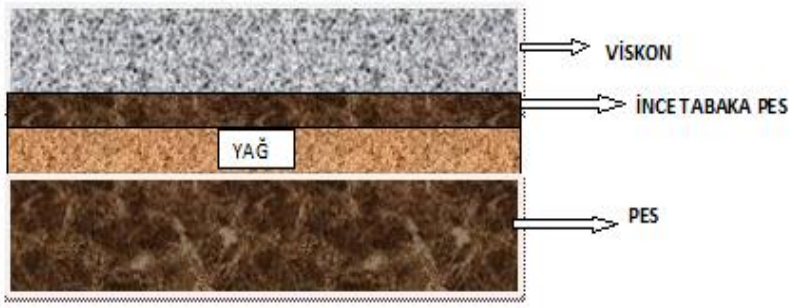


Şekil 3.11. Uster Tester 5 Cihazı

Test edilen iplik numuneleri, 24 saat standart hava koşullarında (bağıl nem $\%65 \pm 2$ ve sıcaklık $20 \pm 2\ C^0$) bırakılarak kondisyonlanmıştır.

3.2. Metot

Statik elektriklenme, işletmedeki hava koşulları altında BS7605-2 standarda göre ölçülmüştür (BS7605-2). Çalışmada üç farklı harman kullanılmıştır bunlar: %100 PES, %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS. Bu harmanlara LCS SPİRAFİL anti statik yağından el pompası vasıtasıyla dört farklı miktar uygulanıp iki farklı numaralı iplikler üretilmiştir. PES ve VİS karışımlarında harman Şekil 3.12.'de verildiği gibi hazırlanmıştır.



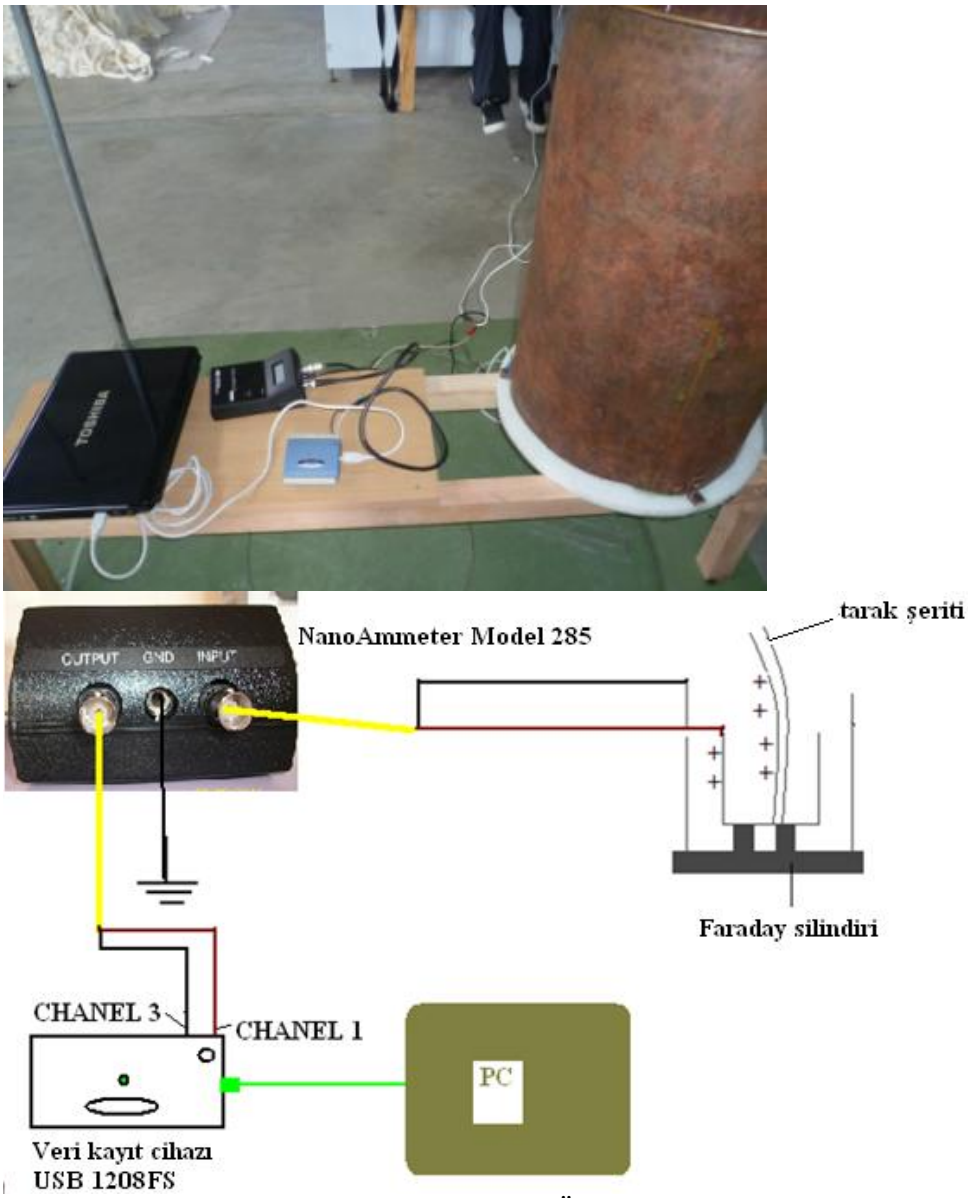
Şekil 3.12. PES ve VİS Karışımlarında Harman Hazırlama Şekli

LCS SPİRAFİL yağından hazırlanan miktarlar çizelge 3.3.'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmada (20 Kg'lık Harman İçin) Kullanılan Anti Statik Yağ Miktarları

LCS SPİRAFİL Miktarı [g]	Açıklama	20 kg'lık harman için verilecek yağ ve su karışımının hacmi
M_1 =0 (yağsız)	Yağsız seçilirse 1000 kg elyafa 10 litre su verilecektir.	200 ml
M_2 =300 g	Yağ miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.	206 ml
M_3 =450 g	Yağ miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.	209 ml
M_4 =600 g	Yağ miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.	212 ml

Anti statik materyal uygulandıktan sonra elyaf 24 saat bekletilmiştir. Ring eğirme sistemiyle Ne28 ve Ne40 iplikler üretilmiştir. Tarak prosesinde elyaf işlendiğinde hem birbirlerine hem de elyaf ile makine parçaları arasında sürtünme nedeniyle meydana gelen statik elektriklenmenin ölçme prensibi aşağıdaki Şekil 3.13.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.13.Tarakta Statik Elektriklenmenin Ölçmesinde Kullanılan Sistem

Ölçmede koyler tertibatından geçen yüklü şerit Faraday silindirindeki dış silindirine dokunmadan direkt iç silindire yerleştirilmesi gerekmektedir (Şekil 3.14). Bunu sağlamak için koyler tertibatını hareket ettiren kayışın iptal edilmesi gerekmiştir.



Şekil 3.14 Doğru Statik Elektriklenme Test Yapılması

Tarak şeridi, Faraday iç silindirine dikey olarak düşmesini sağlayan kayışın (mavi olan) çıkarılmış hali şekil 3.15.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Koyler Tertibatını Hareket Ettiren Kayışın Çıkmış Hali

İlave olarak kovanın koyulduğu tabanı durdurmak amacıyla özel ahşap tezgah tasarlanmıştır (Şekil 3.16.) Faraday Silindiri bu tezgah üzerine yerleştirilmiştir.



Şekil 3.16. Kovanın Koyulduğu Tabanı Durdurmak İçin Tasarlanan Tezgah

BS7605-2 standarda göre statik elektriklenmenin ölçümü her deney için beş defa tekrarlanmıştır. Ölçüm rastgele numune seçme çizelgesine göre belli aralıklarda yapılmıştır (Natrella, 2005). Sistemdeki NanoAmmeter cihazıyla ölçülen ve USB-1208FS veri kayıt cihazıyla kayıt edilen ani akım değerleri (I) ile ani yük miktarı arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir:

$$I = dQ/dt \tag{3.1}$$

Ancak akım ile zaman arasındaki ilişki; $I = f(t)$ Tracer DAQ Professional yazılım programıyla elde edilmiştir. Böylece A alanlı yüzeyden belli zaman içresinde; $\Delta t = t_2 _ t_1$ geçen toplam yük miktarı (Q) aşağıdaki formül kullanılarak bulunur:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t)dt$$

Yük miktarı (Q) hesaplamak için Nümerik Analiz Metotlarından Yamuk Metodu kullanılmıştır. Hesaplamada yük miktarı (Q)veya yukarıdaki integral değeri

akım ve zaman ilişkisinde eğri altındaki alana tekabül etmektedir. Bu alan, son yıllarda gerek istatistik ve matematikte gerekse finans ve mühendislikte kullanımı yaygınlaşan MATLAB programıyla hesaplanmıştır. Çalışmada MATLAB versiyon 7.9.0 (R2009b) kullanılmıştır.

3.2.1. MATLAB İle İlgili Bazı Bilgiler

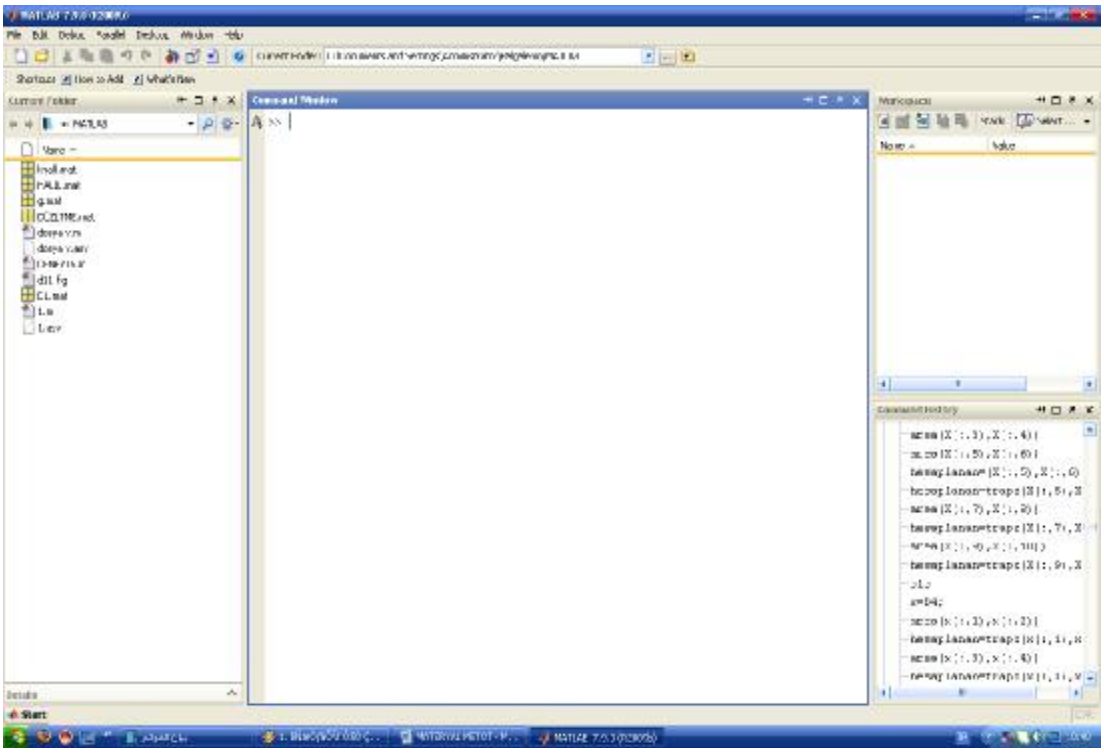
MATLAB, temel olarak sayısal hesaplama, grafiksel veri gösterimi ve programlamayı içeren teknik ve bilimsel hesaplamalar için yazılmış yüksek performansa sahip bir yazılımdır. MATLAB adı, (Matrix Laboratory) sözcüklerinden gelmektedir ve resmi sahibi ABD menşeli The Tath Work, Inc. şirketi 1984'te kurulmuştur (İnan, 2007).
MATLAB'ın tipik kullanım alanları aşağıdaki gibi verilebilir:

- Matematik ve hesaplama işlemleri
- Algoritma geliştirme ve programlama veri analizi
- Bilimsel ve mühendislik grafikleri
- Modelleme, simülasyon ve ürün örnekleme
- Dış ortam ile tümleşik çalışma ve kontrol uygulamaları

MATLAB açılış ekranı: İlk açılan MATLAB ekranında üç ana pencereden oluşmaktadır:

- Sağ üst kısımdaki Workspace (çalışma alanı) ile Command History (komut geçmişi).
- Sol üst kısımdaki Current Directory (geçerli veya çalışma dizini).
- Orta kısımdaki ve diğerlerine göre daha büyük bir yer kaplayan Command Window (komut penceresi)'dir.

MATLAB'ın açılış ekranı şekil 3.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. MATLAB Açılış Ekranı

MATLAB'da, daha önceden oluşturulmuş bir text (.txt) ya da Excel (.xls) dosyasından veri okuma ve analiz etme işlemi de gerçekleştirilebilir. Ancak dikkat edilecek birkaç unsur vardır:

- Veri dosyasında metin içeren başlık ve açıklamalar kullanılmaz.
- Veri dosyası ile program (m-dosya) aynı klasör içerisinde olmalıdır.
- MATLAB'da ondalıklı sayılar noktalı (.) gösterilmelidir.

Çalışmada her deneye ait Excel formatında kayıt edilen akım ve zaman (ölçüm aralığı) dosyaları bir matrisi oluşturmaktadır. Örneğin birinci deneyin ilk ölçümü A matrisi olarak düşünülürse, bu matriste ilk sütun ölçüm aralığı ve ikinci sütunda ise kayıt edilen akım değerleri bulunmaktadır. Load komutu yazılarak veya çalışma alanındaki import data tıklanarak istenen dosya MATLAB ortamına yüklenmiş olur. Ayrıca matrisin birinci sütununun ve ikinci sütununun A(:,1) ve

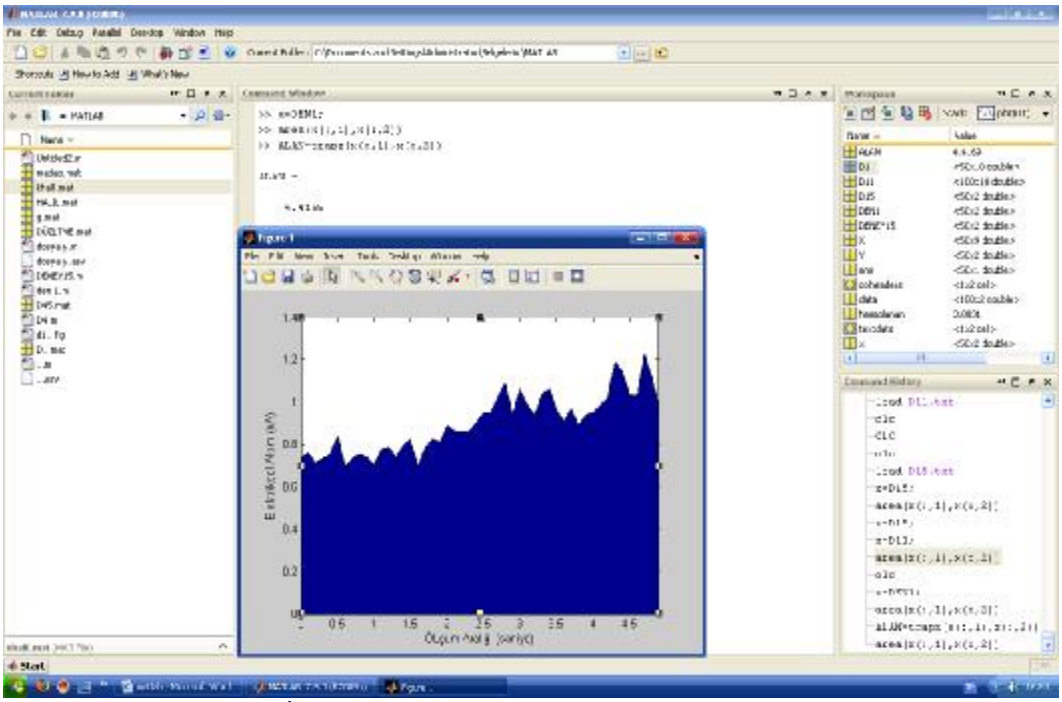
A(:,2) sırasıyla yazılmasıyla okunmuş olur ve ardından akım ve zaman ilişkisinde eğri altındaki alan,

area(A(:,1), A(:,2))

Yazılmasıyla belirlenmiş olur. Son olarak Yamuk Yöntemiyle hesaplanan yük miktarı,

Yük Miktarı=trapz(A(:,1), A(:,2))

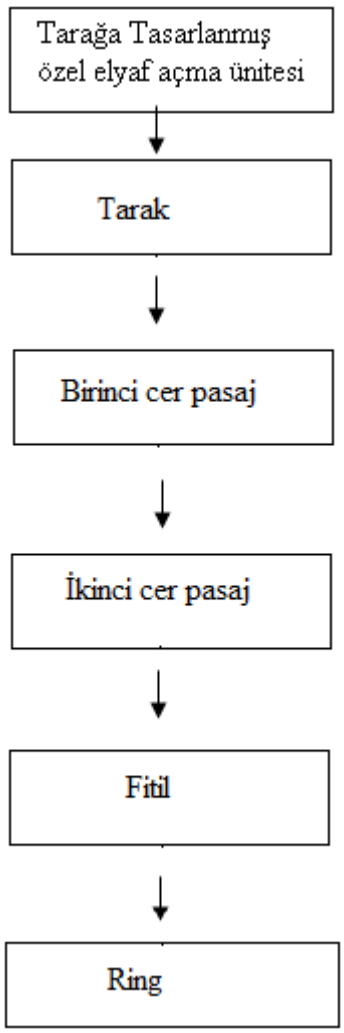
MATLAB formül ile elde edilmiş olur.
Bir deney için MATLAB analiz sonucu Şekil 3.18.de' verilmiştir.



Şekil 3.18. Bir Deney İçin Matlab Analiz Sonucu

3.2.2. İplik Üretiminde Kullanılan Makinelerin Teknik Özellikleri

İplik üretimindeki iş akış şeması Şekil 3.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.19. İplik Üretimindeki İş Akış Şeması

Şekilde tasarlanan elyaf açma ünitesi, besleme kayışı, elyaf iletme silindirleri ve iğneli tamburdan oluşmaktadır ve Şekil 3.20.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20. Elyaf Açma Ünitesi

Çalışmada büküm katsayısına α_e=3,4 sahip Ne28/1 ve α_e=4 sahip Ne40/1 iplikler üretilmiştir. Üretimde kullanılan makinelere ait özellikler Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. İplik Üretimde Kullanılan Makinelerin Özellikleri

Makine	Teknik özellikler
Tarak	Marka: Trützschler Dk803, Model 1999 Germany, Designation KH 950/1000 Type8900025. Çalışmada bütün deneyler için tarak hızı sabit tutulmuştur (150 m/dak) ve üretilen şerit numarası aynıdır (Ne0,120).
Cer birinci pasaj	Marka: Vouk, Model 1993 Italy, STIRATO10, SH2/D-E
Cer ikinci pasaj	Marka: Vouk, Model 1993 Italy, STIRATO10, SH2/D-E
Fitil	Marka: Hong Yuan, China 2008, Model HY 492C No 463, İğ sayısı: 20
Ring	Marka: Zinser, Type 319/5720, Model 1976 Teilung 82.5, İğ sayısı: 120, bilezik çapı: 54mm

İplik kalite parametreleri tespitinde her deneyden 10 adet kops test edilmiştir. Üretilen iplik kopma mukavemetinin ve kopma uzamasının testi, "Textiles-Yarns From Backages–Determination of Single End Breaking Force and Elongation at Break Using Constant Rate of Extension (CRE) Tester" isimli Standarda (ISO 2062, 1996) göre yapılırken diğer kalite parametreler ise; iplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki

hatalar “Textiles-Unevenness of Textiles Strands–Capacitance Method” isimli Standarda (ISO 16549, 2004) göre test edilmiştir. Her kops için birer test yapılmıştır. İplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki hatalar için test edilen iplik uzunluğu 1000 m’dir. Bu çalışmada siyah elyaf kullanılmıştır bunun için tüylülük testi yapılamamıştır.

3.2.3. İplik Üzerinde Bulunan Yağ Kalıntı Miktarının Tayini

Genelde iplik üzerinde bulunan yağ miktarı lifin doğal yapısında bulunan maddeler, sonradan yapılan işlemler sonucu kalıntı olarak bulunan maddeler ve iplik üretimi sırasında elyafa farklı makinelerden geçerken yapışan yağlı kirletme parçacıklar olmak üzere üç farklı kaynaklı olarak sınıflandırılabilir.

İplik üzerinde bulunan yağ kalıntının miktarını tespit etmek amacıyla test edilen iplik numunesi 24 saat standart hava koşullarda bırakılarak kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanan numuneden 0,05 g duyarlıkta $T = 20g$ tartılır ve yaklaşık 1 cm uzunluğunda küçük parçalara ufalanır. Test edilen numune Soxhlet cihazının orta balonuna yerleştirilir. Bu balonun hacmi 200-300 ml iken cihazın alt balonun hacmi ise 250 ml’dir. Numune, su banyosunda organik çözücü ile ekstrakte edilir. Su banyosunun ısıtma sıcaklığı saatte 5-6 devir yapacak şekilde ayarlanarak her numune için 10-12 sifon yapılmıştır. Ekstraksiyon işleminden sonra balondaki çözücünün hacmi takriben 25 ml kalacak şekilde buharlaştırılır. Balon soğuduktan sonra çözelti duyarlı bir şekilde tartılmış 100 ml’lık bir erlene aktarılır, balon 10ml’lık taze çözücü ile üç kez çalkanıp çözücüler erlene katılır. Bu işlemlerden sonra erlendeki kalıntı kurutma dolabında 105±3C°’da 30 dakika ısıtılır. Ağzı kapatılan erlen, desikatörde 30 dakika soğutmaya bırakılır. Soğuttuktan sonra tartılır ve bu tartımdan erlenin ağırlığı çıkarılırsa erlen içindeki kalıntı miktarı, k (g) bulunur. İplik numunesindeki yağın miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (İnancı, 1998):

Normal kuru örnekteki yağ%= $100k/(T-k)$ (3.2)

T, test numunesinin başlangıç ağırlığıdır.

Ekstraksiyon işleminden sonra iplik üzerinde bulunan yağ kalıntının görünümü Şekil 3.21.'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Ekstraksiyon İşleminden Sonra Erlendeki Yağ Kalıntının Görünümü

3.2.4. İstatistiksel Analizinde Kullanılan Deney Tasarımı

Çalışmada elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak SPSS 15 paket programıyla değerlendirilmiştir. Statik elektriklenme (Q) ile ilgili elde edilen veriler (iki faktöriyel tasarımı (A×B)) Çizelge 3.5.'te verilmiştir. Ayrıca verilerin SPSS ortamına nasıl yerleştirildiği Şekil 3.22.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Statik Elektriklenme (Q) İle İlgili İki Faktöriyel Tasarımı

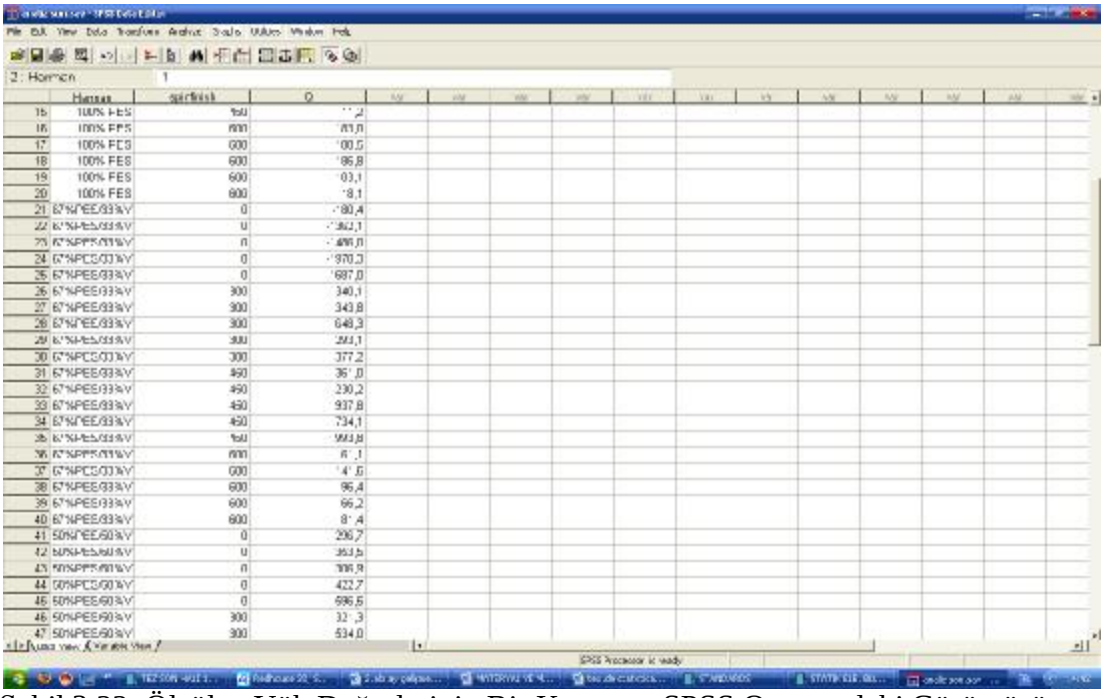
Harman		Faktör B [Spin finish Miktarı (4 Seviye)]			
		M1	**M2**	**M3**	**M4**
Faktör A [Elyaf Karışımı(3Seviye)]	**100%PES**	Q_{111}	Q_{121}	Q_{131}	Q_{141}
		Q_{112}	Q_{122}	Q_{132}	Q_{142}
		Q_{113}	Q_{123}	Q_{133}	Q_{143}
		Q_{114}	Q_{124}	Q_{134}	Q_{144}
		Q_{115}	Q_{125}	Q_{135}	Q_{145}
		$Q_{11.}$	***$Q_{12.}$***	***$Q_{13.}$***	***$Q_{14.}$***
	50%PES/ 50%VİS	Q_{211}	Q_{221}	Q_{231}	Q_{241}
		Q_{212}	Q_{222}	Q_{232}	Q_{242}
		Q_{213}	Q_{223}	Q_{233}	Q_{243}
		Q_{214}	Q_{224}	Q_{234}	Q_{244}
		Q_{215}	Q_{225}	Q_{235}	Q_{245}
		$Q_{21.}$	***$Q_{22.}$***	***$Q_{23.}$***	***$Q_{24.}$***
	67%PES/ 33%VİS	Q_{311}	Q_{321}	Q_{331}	Q_{341}
		Q_{312}	Q_{322}	Q_{332}	Q_{342}
		Q_{313}	Q_{323}	Q_{333}	Q_{343}
		Q_{314}	Q_{324}	Q_{334}	Q_{344}
		Q_{315}	Q_{325}	Q_{335}	Q_{345}
		$Q_{31.}$	***$Q_{32.}$***	***$Q_{33.}$***	***$Q_{34.}$***

Çizelgede Q_{ijk} ifadesi aşağıda açıklanmıştır:

i: A faktörün (Harman) seviyesi ve *i:* 1,2,3

j: B faktörün (Spin finish miktarı) seviyesi ve *j:* 1,2,3,4

k: Yük ölçüm no. ve *k:* 1,…,5.



Şekil 3.22. Ölçülen Yük Değerlerinin Bir Kısmının SPSS Ortamındaki Görüntüsü

İplik kalite parametrelerinin istatistiksel değerlendirilmesinde iki çapraz bir içiçe faktörlü tekrarlı dengeli ölçüm deney tasarımı (Repeated measure desgin with two crossover factor and one nest faktor) kullanılmıştır (Erol, 2008). İplik düzgünsüzlüğü için deney tasarımı Çizelge 3.6.'da verilmiştir. Tasarımda iki çapraz faktör (crossover factor) iplik numarası (C faktör) ve spin finish miktarı (B faktör), içiçe faktör ise harman (A faktör) olarak alınmıştır. Analiz, her iplik kalite parametresi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Verilerin SPSS ortamına yerleştirme görüntüsü Şekil 3.23'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. İplik Düzgünsüzlüğü İçin Deney Tasarımı

Elyaf Cinsi		C Faktör [İplik Numarası(2 Seviye)]							
		Ne1				Ne2			
		B Faktör [Yağ Miktarı(4 Seviye)]				B Faktör [Yağ Miktarı(4 Seviye)]			
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
		Birici kalite parametre %CV_m				Birici kalite parametre %CV_m			
A Faktör [Elyaf Karışımı(3 Seviye)]	100%PES	CV_{1111}	CV_{1211}	CV_{1311}	CV_{1411}	CV_{1121}	CV_{1221}	CV_{1321}	CV_{1421}
		CV_{1112}	CV_{1212}	CV_{1312}	CV_{1412}	CV_{1122}	CV_{1222}	CV_{1322}	CV_{1422}
		CV_{1113}	CV_{1213}	CV_{1313}	CV_{1413}	CV_{1123}	CV_{1223}	CV_{1323}	CV_{1423}
		CV_{1114}	CV_{1214}	CV_{1314}	CV_{1414}	CV_{1124}	CV_{1224}	CV_{1324}	CV_{1424}
		CV_{1115}	CV_{1215}	CV_{1315}	CV_{1415}	CV_{1125}	CV_{2225}	CV_{1325}	CV_{1425}
		CV_{1116}	CV_{1216}	CV_{1316}	CV_{1416}	CV_{1126}	CV_{1226}	CV_{1326}	CV_{1426}
		CV_{1117}	CV_{1217}	CV_{1317}	CV_{1417}	CV_{1127}	CV_{1227}	CV_{1327}	CV_{1427}
		CV_{1118}	CV_{1218}	CV_{1318}	CV_{1418}	CV_{1128}	CV_{1228}	CV_{1328}	CV_{1428}
		CV_{1119}	CV_{1219}	CV_{1319}	CV_{1419}	CV_{1129}	CV_{1229}	CV_{1329}	CV_{1429}
		CV_{11110}	CV_{12110}	CV_{13110}	CV_{14110}	CV_{11210}	CV_{12210}	CV_{13210}	CV_{14210}
	67%PES/33%VİS	CV_{2111}	CV_{2211}	CV_{2311}	CV_{2411}	CV_{2121}	CV_{2221}	CV_{2321}	CV_{2421}
		CV_{2112}	CV_{2212}	CV_{2312}	CV_{2412}	CV_{2122}	CV_{2222}	CV_{2322}	CV_{2422}
		CV_{2113}	CV_{2213}	CV_{2313}	CV_{2413}	CV_{2123}	CV_{2223}	CV_{2323}	CV_{2423}
		CV_{2114}	CV_{2214}	CV_{2314}	CV_{2414}	CV_{2124}	CV_{2224}	CV_{2324}	CV_{2424}
		CV_{2115}	CV_{2215}	CV_{2315}	CV_{2415}	CV_{2125}	CV_{2225}	CV_{2325}	CV_{2425}
		CV_{2116}	CV_{2216}	CV_{2316}	CV_{2416}	CV_{2126}	CV_{2226}	CV_{2326}	CV_{2426}
		CV_{2117}	CV_{2217}	CV_{2317}	CV_{2417}	CV_{2127}	CV_{2227}	CV_{2327}	CV_{2427}
		CV_{2118}	CV_{2218}	CV_{2318}	CV_{2418}	CV_{2128}	CV_{2228}	CV_{2328}	CV_{2428}
		CV_{2119}	CV_{2219}	CV_{2319}	CV_{2419}	CV_{2129}	CV_{2229}	CV_{2329}	CV_{2429}
		CV_{21110}	CV_{22110}	CV_{23110}	CV_{24110}	CV_{21210}	CV_{22210}	CV_{23210}	CV_{24210}
	50%PES/50%VİS	CV_{3111}	CV_{3211}	CV_{3311}	CV_{3411}	CV_{3121}	CV_{3221}	CV_{3321}	CV_{3421}
		CV_{3112}	CV_{3212}	CV_{3312}	CV_{3412}	CV_{3122}	CV_{3222}	CV_{3322}	CV_{3422}
		CV_{3113}	CV_{3213}	CV_{3313}	CV_{3413}	CV_{3123}	CV_{3223}	CV_{3323}	CV_{3423}
		CV_{3114}	CV_{3214}	CV_{3314}	CV_{3414}	CV_{3124}	CV_{3224}	CV_{3324}	CV_{3424}
		CV_{3115}	CV_{3215}	CV_{3315}	CV_{3415}	CV_{3125}	CV_{3225}	CV_{3325}	CV_{3425}
		CV_{3116}	CV_{3216}	CV_{3316}	CV_{3416}	CV_{3126}	CV_{3226}	CV_{3326}	CV_{3426}
		CV_{3117}	CV_{3217}	CV_{3317}	CV_{3417}	CV_{3127}	CV_{3227}	CV_{3327}	CV_{3427}
		CV_{3118}	CV_{3218}	CV_{3318}	CV_{3418}	CV_{3128}	CV_{3228}	CV_{3328}	CV_{3428}
		CV_{3119}	CV_{3219}	CV_{3319}	CV_{3419}	CV_{3129}	CV_{3229}	CV_{3329}	CV_{3429}
		CV_{31110}	CV_{32110}	CV_{33110}	CV_{34110}	CV_{31210}	CV_{32210}	CV_{33210}	CV_{34210}

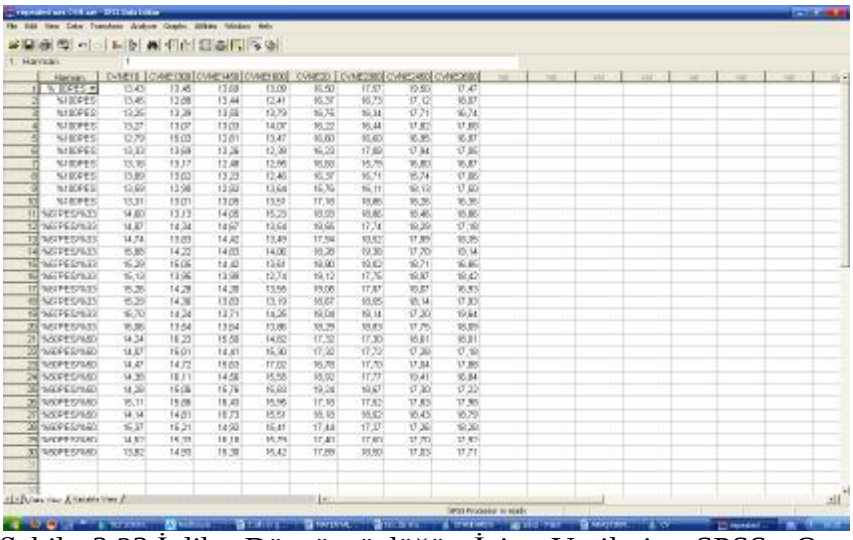
Burada da Çizelgede CV_{ijkl} ifadesi aşağıda açıklanmıştır:

i: A faktörün (Harman) seviyesi ve *i:* 1,2,3

j: B faktörün (Spin finish miktarı) seviyesi ve *j:* 1,2,3,4

k: C faktörün (iplik numarası) seviyesi ve *k:*1,2

l: İplik düzgünsüzlüğü için ölçüm no. ve *l:* 1,…,10.

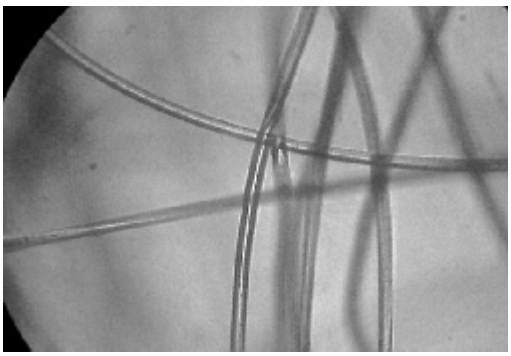


Şekil 3.23.İplik Düzgünsüzlüğü İçin Verilerin SPSS Ortamına Yerleştirme Görüntüsü

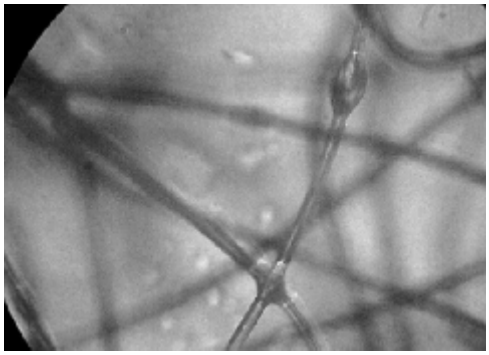
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Polyester ve Viskon Elyafının Mikroskobik İncelenmesinin Sonucu

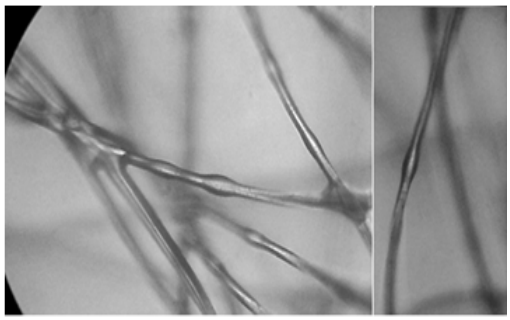
Çalışmada kullanılan harmanlara spin finish materyale uygulandıktan sonra 24 saat işletmedeki hava koşullarında bekletilmiştir. Polyester ve viskon lifi bu süre içinde yağa karşı nasıl davrandığını belirtmek amacıyla mikroskop yardımıyla incelenmiştir. M=600 g spin finish verilen elyaf görüntüleri Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Bu görüntülerde görüldüğü gibi polyester lifinin üzerinde bazı yağ damlacıkları kalırken bu yağlayıcı madde viskon lifi tarafından absorbe edilmiştir.



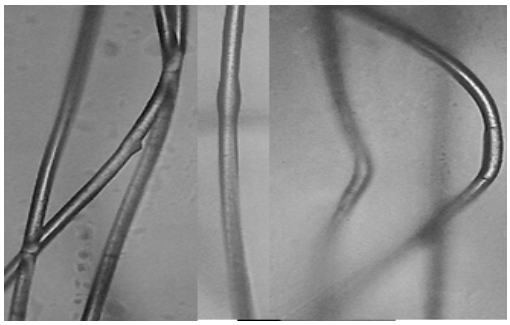
(a)



(b)



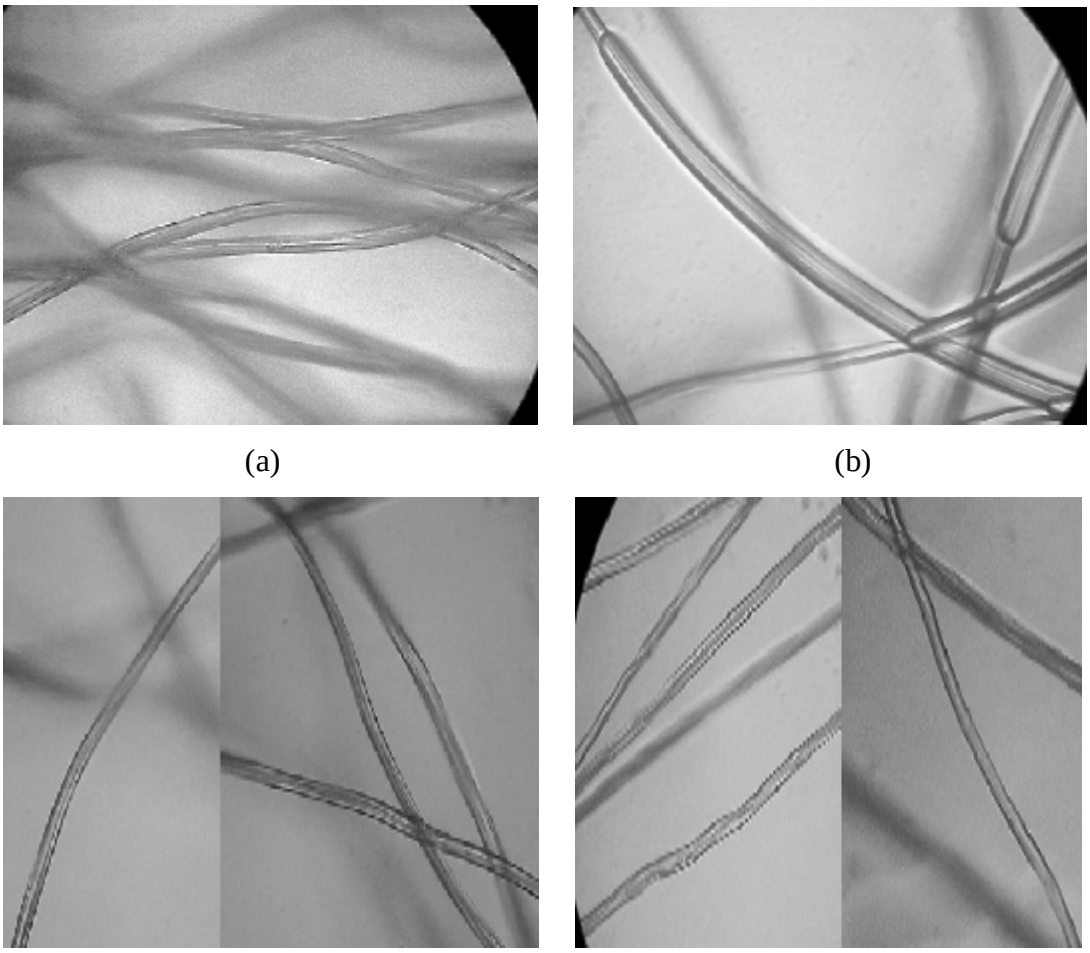
(c)



(d)

a. Yağ atmadan önce
b. Hemen yağ attıktan sonra
c. 6 saat sonra
d. 24 saat sonra

Şekil 4.1. Polyester Lifinin Mikroskobik Görüntüsü (Büyütme Oranı 500 Kere)



(a) (b)

(c) (d)

a. Yağ atmadan önce
b. Hemen yağ attıktan sonra
c. 6 saat sonra
d. 24 saat sonra

Şekil 4.2. Viskon Lifinin Mikroskobik Görüntüsü (Büyütme Oranı 500 Kere)

4.2. Statik Elektriklenme İle İlgili Sonuçlar

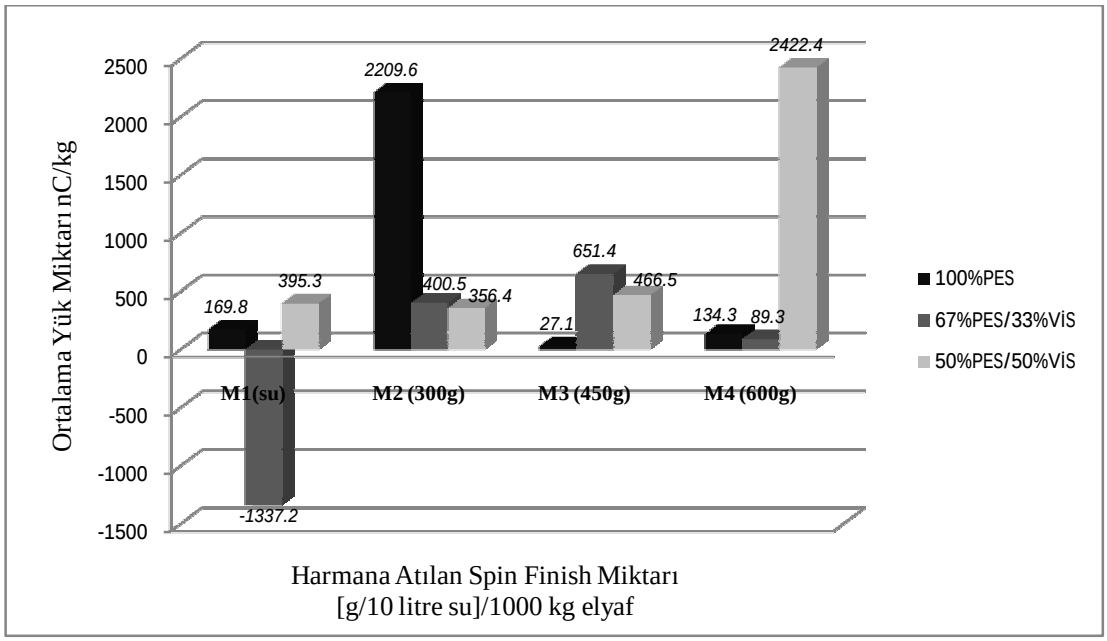
Çalışmada her deney için statik elektriklenme tarakta ölçülmüştür ve ölçüldüğü gündeki hava koşulları, sıcaklık ve bağıl nem (%) beş kere kayıt edilmiştir. Kayıt edilen ortalama değerler Çizelge 4.1.'da verilmiştir. Orijinal sonuçlar ise EK'2'de verilmiştir

Çizelge 4.1. Yapılan Deneyler İçin Sıcaklık, Bağıl Nem ve Statik Elektriklenme Ortalama Değerleri

Deney No.	Kullanılan Harman	Atılan Spin Finish Miktarı(*)	Kayıt Edilen Ortalama Sıcaklık [C°]	Kayıt Edilen Ortalama Bağıl Nem [%]	Hesaplanan Ortalama Yük Miktarı [*nC/kg*]
1	100%PES	0	27,3	47,6	169,8
2	100%PES	300	25,9	23,6	2209,6
3	100%PES	450	32,9	45	27,1
4	100%PES	600	34,7	49,2	134,3
5	67%PES/33%VİS	0	34,5	20,4	-1337,2
6	67%PES/33%VİS	300	33,4	41,8	400,5
7	67%PES/33%VİS	450	33,2	41,2	651,4
8	67%PES/33%VİS	600	34,3	48,6	89,3
9	50%PES/50%VİS	0	31,2	54,8	395,3
10	50%PES/50%VİS	300	31,0	52,4	356,4
11	50%PES/50%VİS	450	30,1	38	466,5
12	50%PES/50%VİS	600	31,4	23,8	2422,4

(*)Spin finish miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.

Her harman için BS 7605-2 standarda göre ölçülen ve MATLAB programıyla hesaplanan statik elektriklenme ortalama değerleri Şekil 4.3.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Statik Elektriklenmenin (Yük Miktarı) Ortalama Değerleri

Şekilden, harmanlar arasında önemli farklılıklar görülmüştür. Deney 5 (67%PES/33%VİS, sadece su) dışında bütün harmanların kazandıkları yük pozitif

olduğu, deney 2 (100%PES, 300 g spin finish), deney 5 (67%PES/33%VİS, sadece su) ve deney 12 (50%PES/50%VİS, 600 g spin finish) için yük ortalaması nem düşük olmasından dolayı diğer deneylere göre daha fazla olduğu bulunmuştur. Bu üç deney hariç 100%PES harman kullanıldığı deneylerdeki yük miktarının elde edilen diğer yük miktarlarına göre hemen hemen daha az olduğu gözlenmiştir. Ayrıca Deney 5 ve Deney 12 dikkate alınmadan 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS harmanlarda sadece su, 300 g ve 450 g spin finish uygulandığında yük miktarında küçük farklılıklar gösterilirken 600 g spin finish uygulanmasıyla birlikte 67%PES/33%VİS harmanında yük miktarında önemli düşüş kayıt edilmiştir.

Şekil 4.3.'te görülen değerlendirmenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için ANOVA testi yapılmıştır. İki yönlü varyans analizinin sonucu Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Çizelgede, yük miktarı (nC/kg), yanıt değişken olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.2.Yük İçin İki Yönlü Varyans Analizinin Sonucu

Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Model	53470848,66	11	4860986,242	55,412	0,000*
Sabit terim	14926840,42	1	14926840,42	170,155	0,000*
Harman	9757664,51	2	4878832,254	55,615	0,000*
Atılan spin finish miktarı (M)	14587323,91	3	4862441,304	55,428	0,000*
(Harman*M) etkileşimi	29125860,25	6	4854310,041	55,336	0,000*
Hata	4210792,29	48	87724,839		
Toplam	72608481,37	60			

(*): değişkenlik kaynağının α=0,05 anlamlık seviyesinde anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Analiz sonucunda çoklu belirlilik katsayısı, R^2=0,927 olarak bulunmuştur. Böylece modeldeki bağımsız değişkenlerin yanıt değişkendeki değişkenliği açıklama oranı 93%'e eşittir. Bu oldukça iyi bir orandır. Çizelgeden görüldüğü gibi yük miktarı tahmininde; kullanılan harman, harmana atılan spin finish miktarı ve bu iki faktörün etkileşiminin α=0,05 anlamlık seviyesinde, istatistiksel olarak çok ileri

düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır. Harman ile ilgili istatistiksel analiz sonucu Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Harmanlar İle İlgili Tukey LSD'e Göre Test Sonuçları

(I)Harman	(J)Harman	Ortalama Fark(I-J)	Anlamlık (Sig.)
%100 PES	%67PES/%33VİS	684,160	0,000(*)
	%50PES/%50VİS	-274,985	0,014(*)
%67PES/%33VİS	%100 PES	-684,160	0,000(*)
	%50PES/%50VİS	-959,145	0,000(*)
%50PES/%50VİS	%100 PES	274,985	0,014(*)
	%67PES/%33VİS	959,145	0,000(*)

(*):α=0,05 anlamlık seviyesinde iki harman arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Çizelge 4.3.'den görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde %67PES/%33VİS harman ile diğer iki harman arasındaki farkın yük miktarı (nC/kg) bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) bulunmuştur. Ancak %100 PES ile %50PES/%50VİS harmanı arasındaki farkın anlamlı olduğu (Sig.=0,014) çıkmıştır. Ayrıca Post Hoc testinde Tukey HSD'e göre (Çizelge 4.4.) her harman ayrı bir gruba yerleştirilerek üç farklı küme oluşturulmuştur. Bu harmanların yük üzerindeki etkisi için ayrı ayrı değerlendirilmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Çizelge 4.4. Tukey HSD'e Göre Harmanlar İçin Oluşturulan Homojen Alt Kümeler

Kullanılan Harman	N(alınan ölçüm sayısı)	Homojen Alt Kümeler		
		1	2	3
%67PES/%33VİS	20	-48,989		
%100PES	20		635,171	
%50PES/%50VİS	20			910,156
Anlamlık (Sig.)		1,000	1,000	1,000

Atılan spin finish miktarı faktörü incelendiğinde (Çizelge 4.5.) ise, M_1=0 g (sadece su) ile diğer üç farklı miktar arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde yük miktarı bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000)

bulunmuştur. Spin finish miktarlarından sadece M_2 ile M_4 arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmüştür (Sig.=0,757).

Çizelge 4.5. Spin Finish Miktarı İle İlgili Tukey LSD'e Göre Test Sonuçları

(I) Atılan Spin Finish Miktarı	(J)Atılan Spin Finish Miktarı	Ortalama Fark (I-J)	Anlamlık (Sig.)
M_1 (Sadece su)	M_2 (300 g)	-1246,193	0,000*
	M_3 (450 g)	-639,050	0,000*
	M_4 (600g)	-1139,387	0,000*
M_2 (300g)	M_1 (Sadece su)	1246,193	0,000*
	M_3 (450 g)	607,143	0,000*
	M_4 (600 g)	106,807	0,757
M_3 (450 g)	M_1(Sadece su)	639,050	0,000*
	M_2 (300 g)	-607,143	0,000*
	M_4 (450g)	-500,337	0,000*
M_4 (600 g)	M_1(Sadece su)	1139,387	0,000*
	M_2 (300 g)	-106,807	0,757
	M_3 (450 g)	500,337	0,000*

(*):α=0,05 anlamlık seviyesinde iki harman arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Post Hoc testinde Tukey HSD'e göre harmanlara atılan dört spin finish miktarı üç farklı grupta kümelenmiştir; birinci grupta M_1 , ikinci grupta M_3 ve üçüncü grupta ise M_2 ve M_4 bulunmuştur.. Bu testin sonucu Çizelge 4.6.'da verilmiştir. Spin finish miktarlarından M_2 ve M_4 arasındaki durum burada da açıkça görülmüştür.

Çizelge 4.6. Tukey HSD'e Göre Spin Finish İçin Oluşturulan Homojen Alt Kümeler

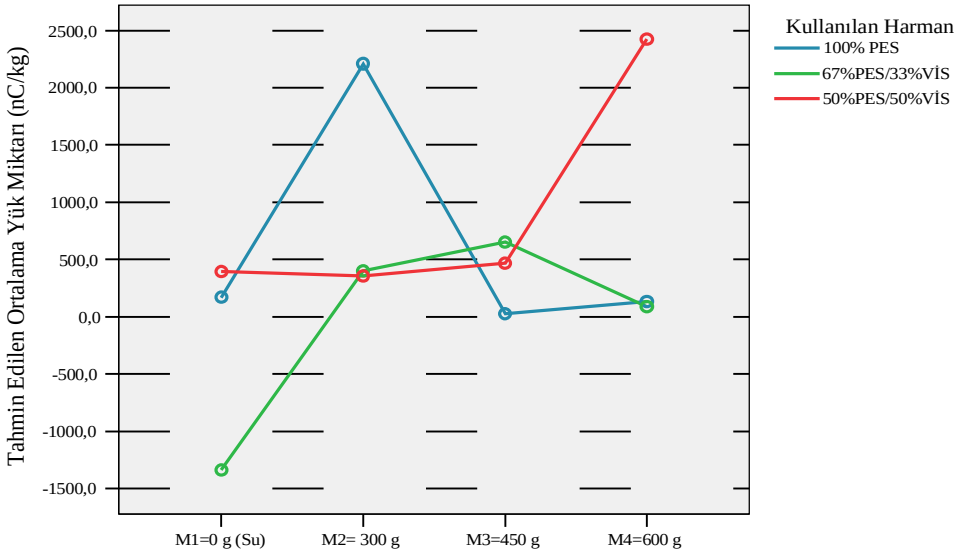
Kullanılan Spin Finish Miktarı(*)	N (alınan ölçüm sayısı)	Homojen Alt Kümeler		
		1	2	3
M_1=0 (sadece su)	15	-257,378		
M_3 =(450 g)	15		381,672	
M_4 =(600 g)	15			882,008
M_2 =(300 g)	15			988,815
Anlamlık (Sig.)		1,000	1,000	1,000

(*)Spin finish miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.

Farklı harmanlar için tahmin edilen ortalama yük miktarı (nC/kg) grafiksel olarak da Şekil 4.4.'te gösterilmiştir. Görüldüğü gibi yük miktarının tahmininde kullanılan iki bağımsız değişkenin (harman ve spin finish miktarı) etkileşimi net bir şekilde elde

edilmiştir. En yüksek yük miktarı; 100%PES harmanına (mavi) 300 g spin finish atıldığında ve 50%PES/50%VİS harmanına 600 g spin finish atıldığında elde edilmiştir. 67%PES/33%VİS harmanına sadece su uygulandığında yükün yüksek ancak negatif değerde olduğu (-1330 nC/kg civarında) bulunmuştur.

Bahsedilen bu üç yük değerinin elde edildiği deneyde elyaf; en düşük nem ortamında, Harmanlara spin finish uygulandıktan sonra, iplik üretim prosesi başlatılmadan önce 24 saat deney ortamında bekletilmiştir. 24 saat beklemiş polyester ve viskon elyafının mikroskobik incelenmesi sonucunda polyester elyafı üzerinde yağ damlacıklarının halen görüldüğü ancak viskon elyafının yağı emdiği tespit edilmiştir. 100%PES harmanda M_2 dışındaki M_1, M_3 ve M_4 spin finish değerlerinde yük miktarının aynı spin finishlerde diğer harmanlara göre daha düşük değerde olması bu şekilde açıklanabilir. 100% polyester M_1 harmanında da yağ olmamasına rağmen su damlacıklarının benzer şekilde yükü azatlığı sonucuna varılmıştır.



Not: spin finish miktarı 10 litre su ile karıştırılarak hazırlanan karışım 1 ton elyafa verilir

Şekil 4.4. Farklı Harmanlar İçin Ölçülen Ortalama Yük Miktarı (nC/kg)

İplik üretim esnasında yüksek yük miktarı çıkan deneylerde, yük miktarı artması nedeniyle tarakta yaşanan problemlere ait görüntüler Şekil 4.5., 4.6., 4.7. ve Şekil 4.8.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Deney 5'te(67%PES/33%VİS, Sadece Su) Şerit Çıkışında İletme Silindirlere Sarmalar



Şekil 4.6. Deney 5'te(67%PES/33%VİS, Sadece Su) Dofer Üzerinde Lif Uçuntu



Şekil 4.7. Deney 2'de (100%PES, M_2) Dofer Üzerinde Elyaf Sarılması

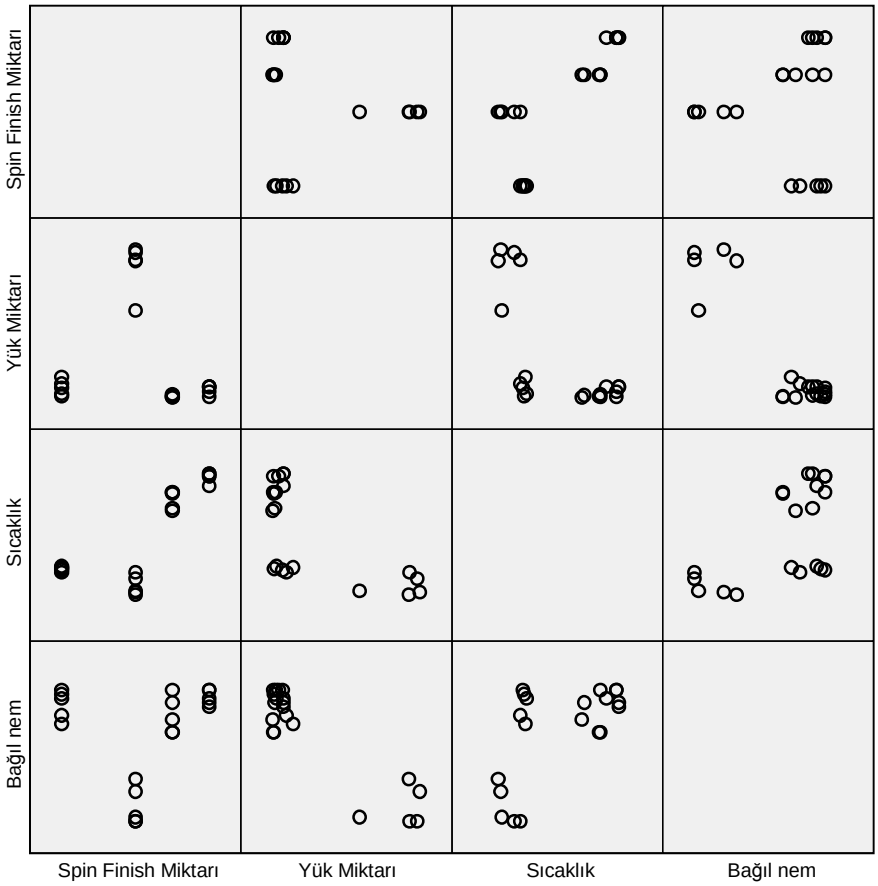


Şekil 4.8. Deney 12'de(50%PES/50%VİS, M4) Şerit Çıkışında İletme Silindirlere Sarmalar

Deneylerin yapıldığı işletmedeki hava koşullarının ölçülen yük miktarına etkisinin önemli olduğu düşünülmektedir. Yapılan istatistiksel analizler her harman için ayrı ayrı incelenerek yük miktarı ile uygulanan spin finish miktarı, sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişkiler matematiksel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

4.2.1. (100%PES) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi

Yük miktarı ile atılan spin finish miktarı arasındaki ilişki veya en iyi model belirlenmek amacıyla SPSS ortamında analiz menüsünün Regresyon alt menüsünde eğri tahmini kullanılmıştır. İlk olarak bahis edilen bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkiyi kontrol etmek amacıyla Şekil 4.9.'daki saçılım grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.9. %100PES İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği

Şekilden görüldüğü gibi yük miktarı (Q) ile sıcaklık (T) arasında zayıf kübik bir ilişki var iken yük miktarı ile bağıl nem (RH%)arasındaki ilişkinin ise kübik ve daha net olduğu gözlenmiştir. Spin finish miktarı (M) bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarı için oluşturulan en iyi modelin kübik olduğu bulunmuştur. Bu model için R=0,977 ve R^2=0,954 olarak hesaplanmıştır. Modelin regresyonunun önemliliği testinde (Çizelge 4.7.) yük miktarındaki toplam değişimi açıklamak için spin finish miktarı faktörüne gereksinim vardır sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. 100%PES İçin Kübik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı)

	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Regresyon	16579873	3	5526624,352	110,800	0,000
Rezidü	798069	16	49879,315		
Toplam	17377942	19			

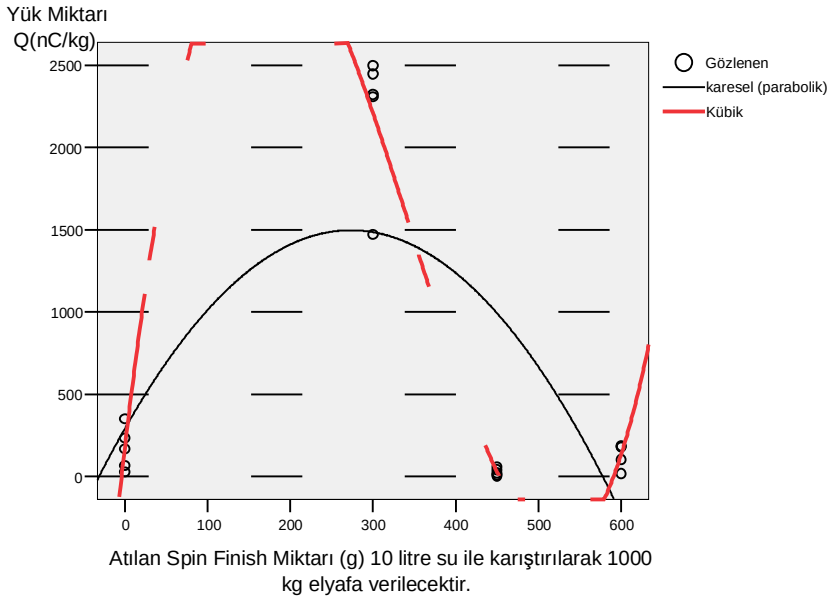
Modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.8.'de verilmiştir. Sonuçlara göre modelde sabit terimin ve M^3 önemi yokken M, ve M^2 değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Böylece oluşturulan model:

$$Q = 169{,}759 + 43{,}155M - 0{,}17M^2 \quad (4.1)$$

Çizelge 4.8. 100%PES İçin Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı)

	Katsayılar		T	Sig.
	B	Std. Hata		
Spin finish miktarı (M)	43,155	2,813	15,341	0,000
Spin finish miktarı (M^2)	-0,170	0,012	-13,926	0,000
Spin finish miktarı (M^3)	0,000	0,000	12,671	0,000
Sabit terim	169,759	99,879	1,700	0,109

Şekil 4.10.'da karesel (parabolik) ve kübik modellerin karşılaştırılması verilmiştir. Görüldüğü gibi kübik modelin parabolik modele göre daha uyumlu olduğu elde edilmiştir.



Şekil 4.10. 100%PES İçin Karesel (Parabolik) ve Kübik Modellerin Karşılaştırılması

Sıcaklık (T) bağımsız değişken olarak kullanıldığında yük miktarı (Q) için oluşturulan en iyi modelin kübik ve karesel (parabolik) olduğu bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonucu iki modele için de aynı değerler çıkmıştır. Bu nedenle çizelgede sonuçlar tek olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.9.). Modelin regresyonunun önemli olmasına rağmen Pearson ilişki katsayısının R=0,795 ve çoklu belirlilik katsayısının, R^2=0,633 oldukça küçük olduğu elde edilmiştir. Böylece modeldeki bağımsız değişkenin (sıcaklık) yük miktarındaki değişkenliği açıklama oranı sadece 63%'e eşittir. Bu değer ne kadar yüksek olursa oluşturulan model o kadar iyi sonuçlar verir. Deneylerin yapıldığı işletmedeki hava koşullarının standart hava koşullarından farklılık gösterdiğinden dolayı yük miktarındaki değişkenliği 63% açıklanan ve yukarıda bahsedilen model kabul edilen bir modeldir.

Çizelge 4.9. 100%PES İçin Kübik ve Parabolik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Sıcaklık)

	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Regresyon	10994645,644	2	5497322,822	14,640	0,000
Rezidü	6383296,449	17	375488,026		
Toplam	17377942,094	19			

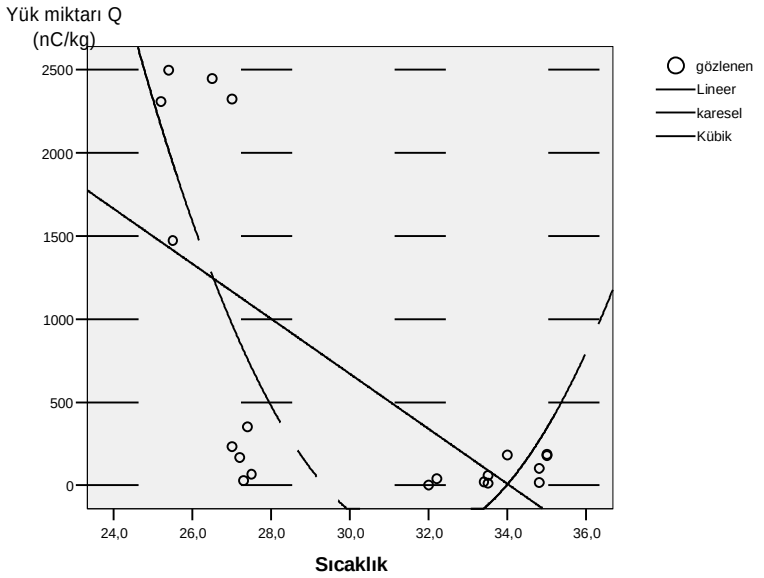
Modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Sonuçlara göre modelde sabit terim olacaktır. T ve T^2 değişkeninin modele katkısının da istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Böylece oluşturulan model:

$$Q = 59369{,}133 - 3771{,}012(T) + 59{,}561(T^2) \quad (4.2)$$

Çizelge 4.10. 100%PES İçin Kübik ve Parabolik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Sıcaklık)

	Katsayılar		t	Sig.
	B	Std. Hata		
Sıcaklık (T)	-3771,012	1206,592	-3,125	0,006
Sıcaklık (T^2)	59,561	19,923	2,990	0,008
Sabit terim	59369,133	18008,695	3,297	0,004

Şekil 4.11.'de parabolik, kübik ve karşılaştırmak amaçlı konulan lineer modelleri verilmiştir.



Şekil 4.11. 100%PES İçin Yük Tahminindeki Modellerin Karşılaştırılması (Bağımsız Değişken Sıcaklık)

Şekilden görüldüğü gibi lineer model uyumluluk göstermezken, parabolik ve kübik modelin daha uygun olduğu bulunmuştur. Ancak gözlemler ile tahmin edilen değerler arasındaki fark net bir şekilde görülmektedir.

Bağıl nem (RH%) bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarının tahmininde lineer, parabolik ve kübik modelin en iyi olduğu bulunmuştur. Bu modeller için Pearson ilişki katsayısı (R), çoklu belirlilik katsayısı (R^2), düzenlenmiş R^2 ve tahminin standart hatası Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. 100%PES İçin Yük Tahmininde Kullanılan Modellerin Özeti (Bağımsız Değişken (RH%))

Model	R	R^2	Düzenlenmiş R^2	Tahminin standart hatası
Lineer	0,909	0,826	0,816	410,240
Parabolik	0,912	0,831	0,811	415,255
Kübik	0,914	0,835	0,816	410,488

Modellerin regresyonunun önemliliği testinde (Çizelge 4.12.) yük miktarındaki toplam değişimi açıklamak için bağıl nem (RH%) faktörüne gereksinim olduğu sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. 100%PES İçin Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%))

Model		Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	(Sig.)
Lineer	Regresyon	14348594,173	1	14348594,173	85,258	0,000
	Rezidü	3029347,920	18	168297,107		
	Toplam	17377942,094	19			
Parabolik	Regresyon	14446511,878	2	7223255,939	41,889	0,000
	Rezidü	2931430,216	17	172437,072		
	Toplam	17377942,094	19			
Kübik	Regresyon	14513436,803	2	7256718,401	43,066	0,000
	Rezidü	2864505,291	17	168500,311		
	Toplam	17377942,094	19			

Her modeldeki regresyon katsayılarından modelde olması ya da olmaması istatistiksel olarak test edilerek aşağıdaki modeller oluşturulmuştur.

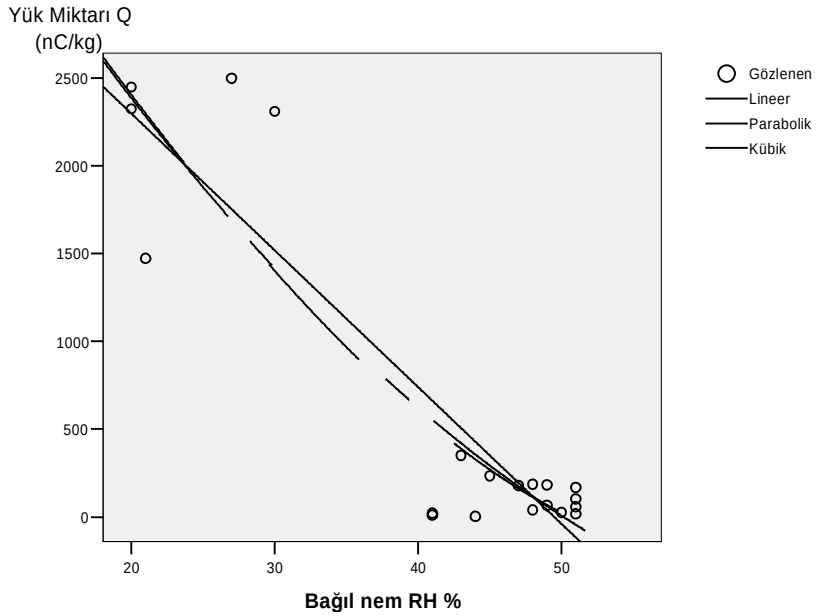
Lineer model $Q = 3853{,}563 - 77{,}833\,(RH\%)$ (4.3)

Parabolik model $Q = 485{,}693 - 141{,}156\,(RH\%) + 0{,}885(RH\%)^2$ (4.4)

Kübik model $Q = 4722{,}331 - 120{,}075(RH\%) + 0{,}01(RH\%)^3$ (4.5)

Oluşturulan bu üç model oldukça iyi R^2 değere sahiplerdir ve bu değer hemen hemen 0,83 düzeyindedir. Yüksek R^2 değerlere sahip modeller optimizasyonda daha güvenli sonuçlar vermektedir. Ayrıca amaç fonksiyonu lineer olarak verilen bir optimizasyon probleminin çözümü daha kolaydır. Bu durumda oluşturulan lineer model optimizasyon konusu bakımından tercih edilebilir.

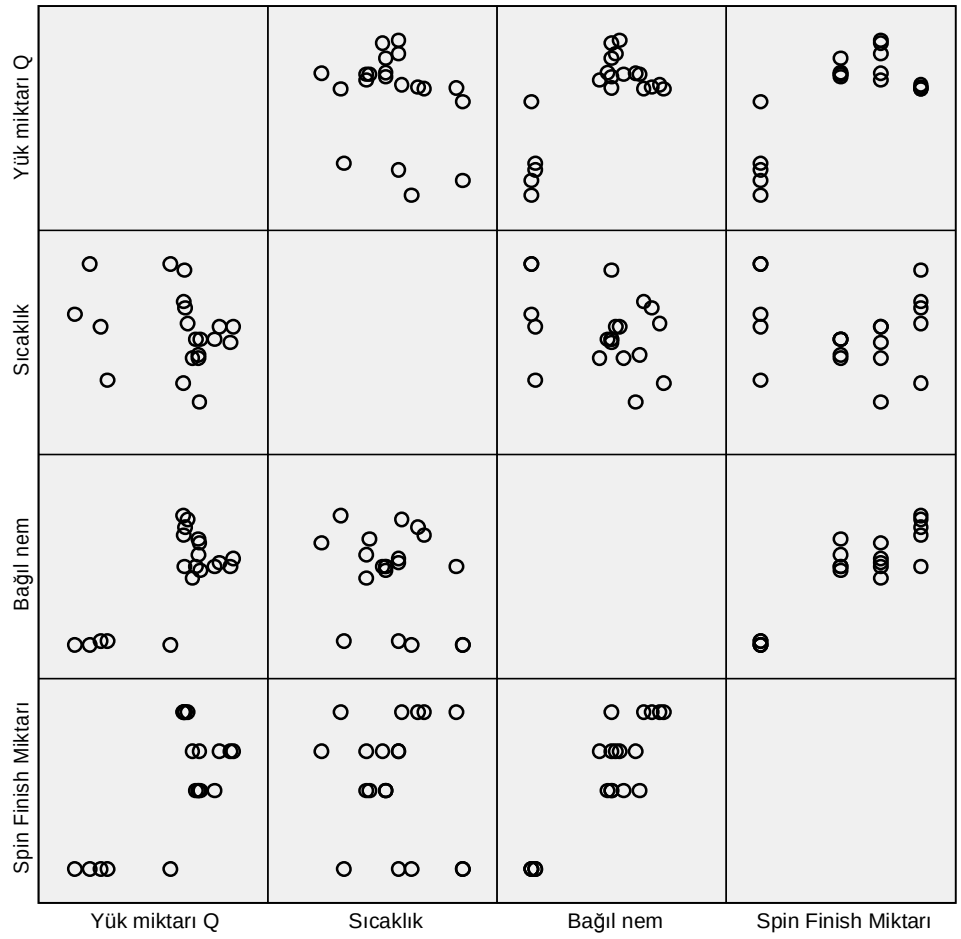
Şekil 4.12.'de lineer, karesel (parabolik) ve kübik modellerin karşılaştırılması verilmiştir. Görüldüğü gibi kübik ve parabolik model birbirine çok yakındır. 20 ile 30% bağıl nem değerleri arasında bazı gözlemler sapan değer olarak görülmüştür.



Şekil 4.12. 100%PES İçin Yük Tahminindeki Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (RH%)

4.2.2. (67%PES/33%VİS) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi

Yük miktarı (Q) ile bağımsız değişkenler; sıcaklık (T) ve bağıl nem (RH%) arasındaki ilişkiyi kontrol etmek amacıyla Şekil 4.13.'teki saçılım grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.13. 67%PES/33%VİS İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği

Yük miktarı (Q) ile spin finish miktarı (M) ve bağıl nem (RH%) arasındaki ilişkinin parabolik olduğu gözlenirken yük miktarı ile sıcaklık (T) arasında her hangi bir ilişki anlaşılmamaktadır. Spin finish miktarı (M) bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarının tahmininde lineer model regresyonunun önemli olmasına rağmen R=0,711 ve R^2=0,505 düşük olarak bulunmuştur. Benzer şekilde kübik model regresyonunun önemli olmasına rağmen, R=0,911 ve R^2=0,830 yüksek çıkmasına rağmen modeldeki regresyon katsayıları modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Böylece bu durumda herhangi bir kübik model oluşturulamamıştır. Ayrıca oluşturulan en iyi modelin parabolik olduğu bulunmuştur. Bu model için R=0,908 ve R^2=0,825 olarak hesaplanmıştır. Modelin regresyonunun önemliliği testinde (Çizelge 4.13.) yük miktarındaki toplam değişimi açıklamak için spin finish miktarı faktörüne gereksinim vardır sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Parabolik Modelin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı)

	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Regresyon	11789631,611	2	5894815,806	40,047	0,000
Rezidü	2502333,830	17	147196,108		
Toplam	14291965,441	19			

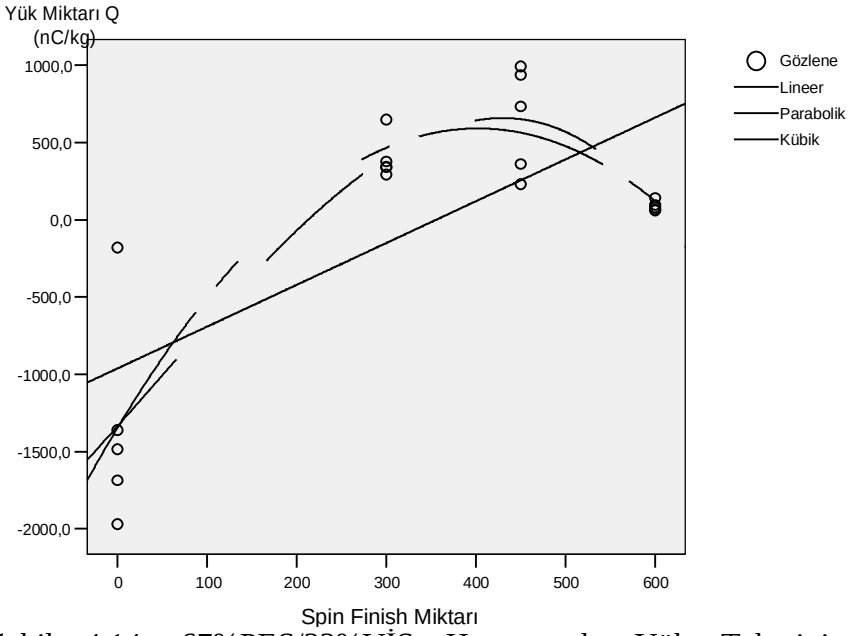
Modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.14'de verilmiştir. Sonuçlara göre modelde sabit terim, M, ve M^2 değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Böylece oluşturulan model:

$$Q = -1348{,}095 + 9{,}644(M) - 0{,}012(M^2) \quad (4.6)$$

Çizelge 4.14. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Parabolik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Spin Finish Miktarı)

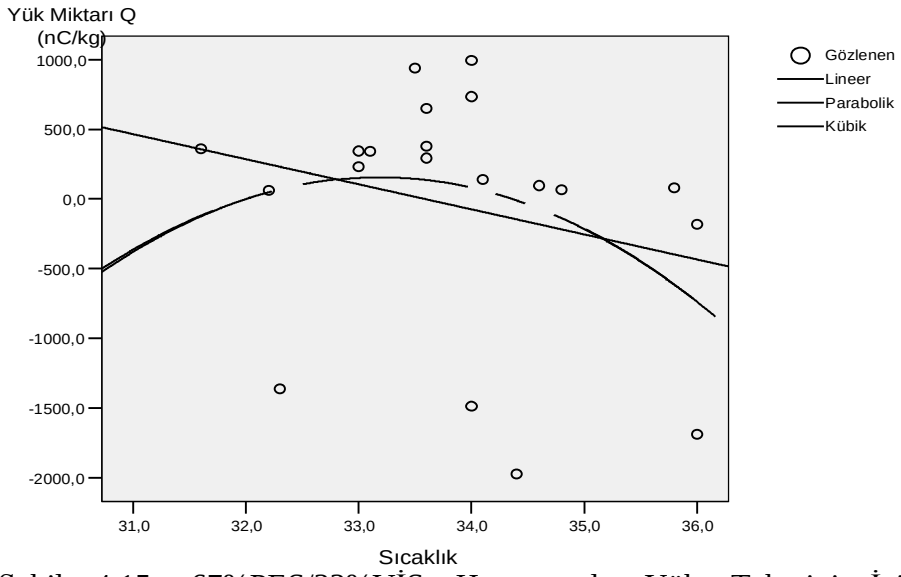
	Katsayılar		t	Sig.
	B	Std. Hata		
Spin finish miktarı (M)	9,644	1,303	7,401	0,000
Spin finish miktarı (M^2)	-0,012	0,002	-5,575	0,000
Sabit terim	-1348,095	170,797	-7,893	0,000

Şekil 4.14'te lineer, karesel parabolik ve kübik modellerin karşılaştırılması verilmiştir. Görüldüğü gibi parabolik ve kübik modelin lineer modele göre daha uyumlu olduğu ve ikisinden tahmin edilen yük değerlerinin birbirlerine yakın olduğu elde edilmiştir.



Şekil 4.14. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Spin Finish Miktarı)

Sıcaklık bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarının tahmininde herhangi bir model oluşturulamamıştır. Yukarıda 100%PES için incelenen modeller, lineer parabolik ve kübik burada da 67%PES/33%VİS için Şekil 4.15.'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.15. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Sıcaklık)

Görüldüğü gibi üç modelden tahmin edilen değerler ile gözlenen değerlerin arasında hiç bir ilişki olmadığı açıkça görülebilir.

Yük miktarı (Q) ile bağıl nem (RH%) arasındaki ilişkinin incelenmesinde yük miktarının tahmininde lineer model ve ters (inverse) model regresyonunun önemli olmasına rağmen R ve R^2 düşük olarak bulunmuştur. Böylece bu durumda herhangi bir lineer ve ters model oluşturulamamıştır. Ayrıca yük tahmininde en iyi modelin parabolik ve kübik olduğu bulunmuştur. Bu iki modelde bağımsız değişkenin (bağıl nem (RH%)) yük miktarındaki değişkenliği açıklama oranı sadece 80%'e eşittir. Bu oldukça iyi bir orandır. Bahsedilen iki modelin özeti Çizelge 4.15.'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. 67%PES/33%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%))

Model		Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	(Sig.)
Parabolik	Regresyon	11411394,273	2	5705697,137	33,673	0,000
R=0,894	Rezidü	2880571,167	17	169445,363		
R^2=0,798	Toplam	14291965,441	19			
Kübik	Regresyon	11416641,201	2	5708320,601	33,750	0,000
R=0,894	Rezidü	2875324,240	17	169136,720		
R^2=0,799	Toplam	14291965,441	19			

İki modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.16.'da verilmiştir. Sonuçlara göre parabolik modelde sabit terim, (RH%), ve ($RH\%^2$) değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Benzer şekilde kübik modelde sabit terim, (RH%), ve ($RH\%^3$) değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Böylece oluşturulan model:

Parabolik model $Q = -6552{,}173 + 339{,}154(RH\%) - 4{,}079(RH\%)^2$ (4.7)

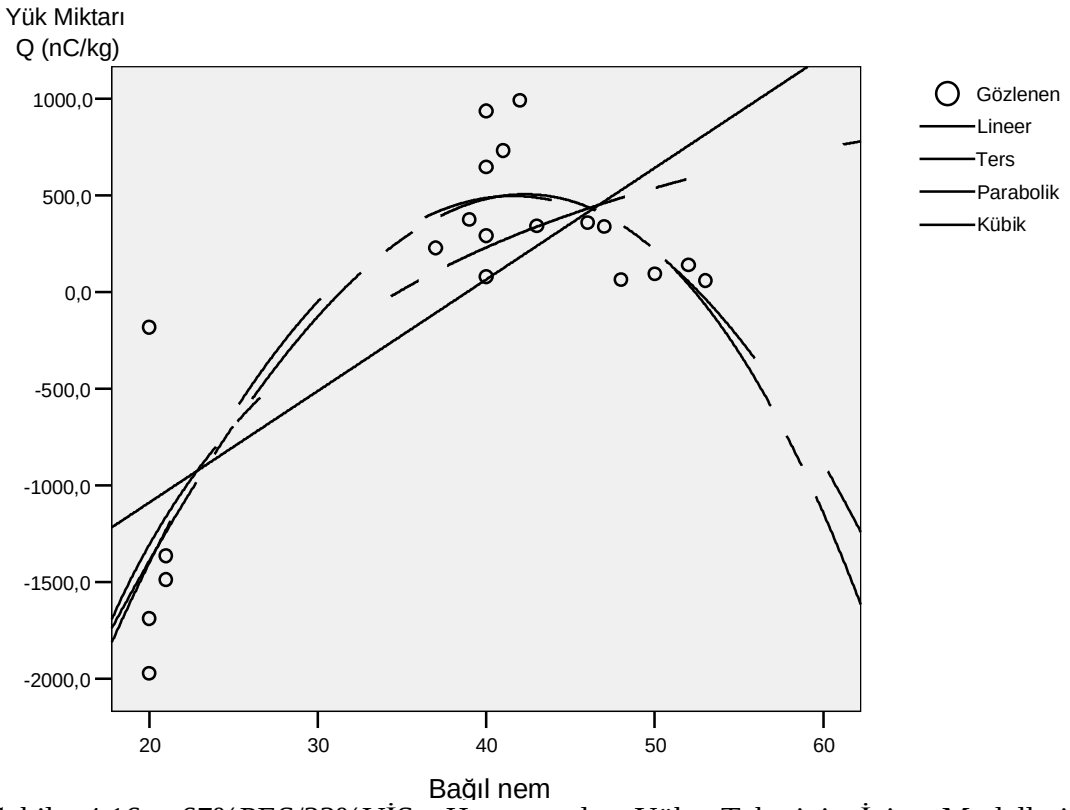
Kübik model $Q = -5013{,}135 + 195{,}709(RH\%) - 0{,}036(RH\%)^3$ (4.8)

Burada da bu iki modelin $R^{2'}$si oldukça iyi ve optimizasyonda kullanılabilirler.

Çizelge 4.16. 67%PES/33%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Bağıl Nem (RH%))

Model		Katsayılar		t	Sig.
		B	Std. Hata		
Parabolik	Bağıl nem (RH%)	339,154	64,087	5,292	0,000
	Bağıl nem ($RH\%^2$)	-4,079	0,921	-4,429	0,000
	Sabit terim	-6552,173	1027,681	-6,376	0,000
Kübik	Bağıl nem (RH%)	195,709	32,202	6,077	0,000
	Bağıl nem ($RH\%^3$)	-0,036	0,008	-4,437	0,000
	Sabit terim	-5013,135	706,479	-7,096	0,000

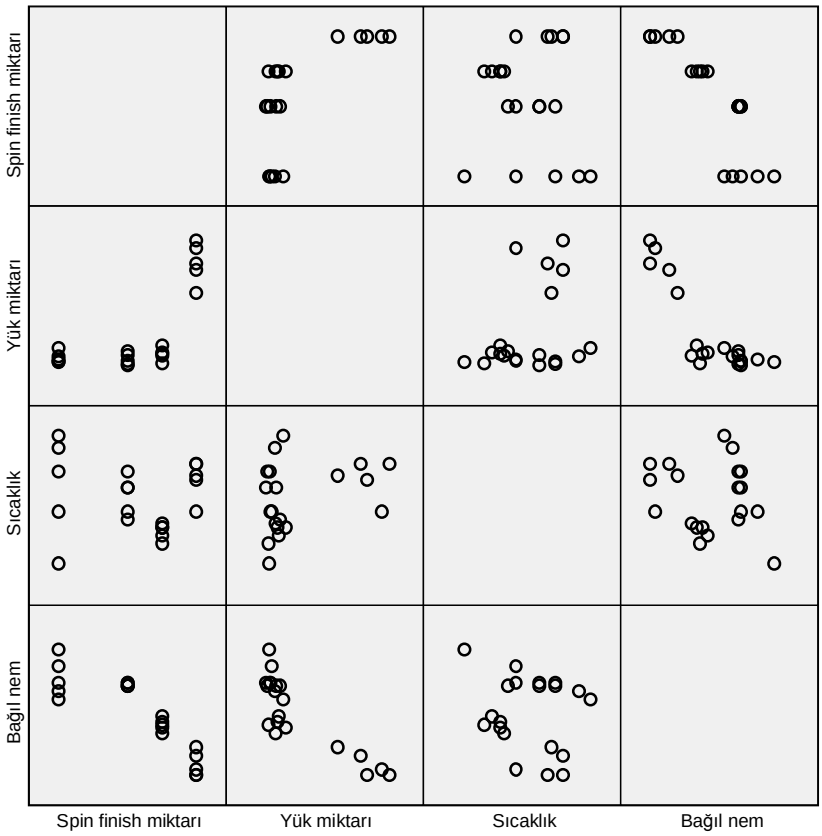
67%PES/33%VİS İçin incelenen modeller Şekil 4.16'da karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi yük miktarının tahmininde parabolik ve kübik modelin ters ve lineer modele göre daha iyi durumda olduğu ve gözlenen verilere daha iyi temsil ettiği bulunmuştur.



Şekil 4.16. 67%PES/33%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken Bağıl nem (RH%))

4.2.3. (50%PES/50%VİS) Harmanında Hava Koşullarının ve Spin Finish Miktarının Yük Miktarına Etkisi

İncelen faktörler; yük miktarı (Q), sıcaklık (T) ve bağıl nem (RH%) arasındaki ilişkiyi Şekil 4.17.'deki saçılım grafiği yardımıyla gösterilmiştir.



Şekil 4.17. 50%PES/50%VİS İçin İncelenen Faktörlerin Saçılım Grafiği

Grafikten görüldüğü gibi yük miktarı (Q) ile sıcaklık (T) arasında net bir ilişki yokken diğer iki faktörle önemli bir kübik veya parabolik ilişki elde edilmiştir. Yük miktarı ile bağıl nem (RH%) arasındaki ilişki ters ilişki olarak da değerlendirilebilir. Bağımsız değişken spin finish miktarı (M) olarak alındığında yük miktarının tahmininde en iyi modelin kübik ve parabolik olduğu bulunmuştur. Bu iki modelin özeti Çizelge 4.17.'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. 50%PES/50%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))

Model		Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	(Sig.)
Parabolik R=0,928 R^2=0,862	Regresyon	14011604,832	2	7005802,416	53,110	0,000
	Rezidü	2242479,919	17	131910,583		
	Toplam	16254084,750	19			
Kübik R=0,970 R^2=0,940	Regresyon	15277900,673	3	5092633,558	83,470	0,000
	Rezidü	976184,077	16	61011,505		
	Toplam	16254084,750	19			

Çizelgede bahsedilen iki modelin regresyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ve oldukça yüksek Pearson ilişki katsayısına (R) ve çoklu belirlilik katsayısına (R^2) sahip olduğu elde edilmiştir (özellikle kübik model). İki modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.18.'de verilmiştir. Sonuçlara göre sabit terim, M, M^2 ve M^3 değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Böylece oluşturulan modeller:

Parabolik model $Q = 443{,}247 - 5{,}557(M) + 0{,}014(M^2)$ (4.9)

Kübik model $Q = 395{,}264 + 8{,}091(M) - 0{,}047(M^2) + 6{,}52 \times 10^{-5}(M^3)$ (4.10)

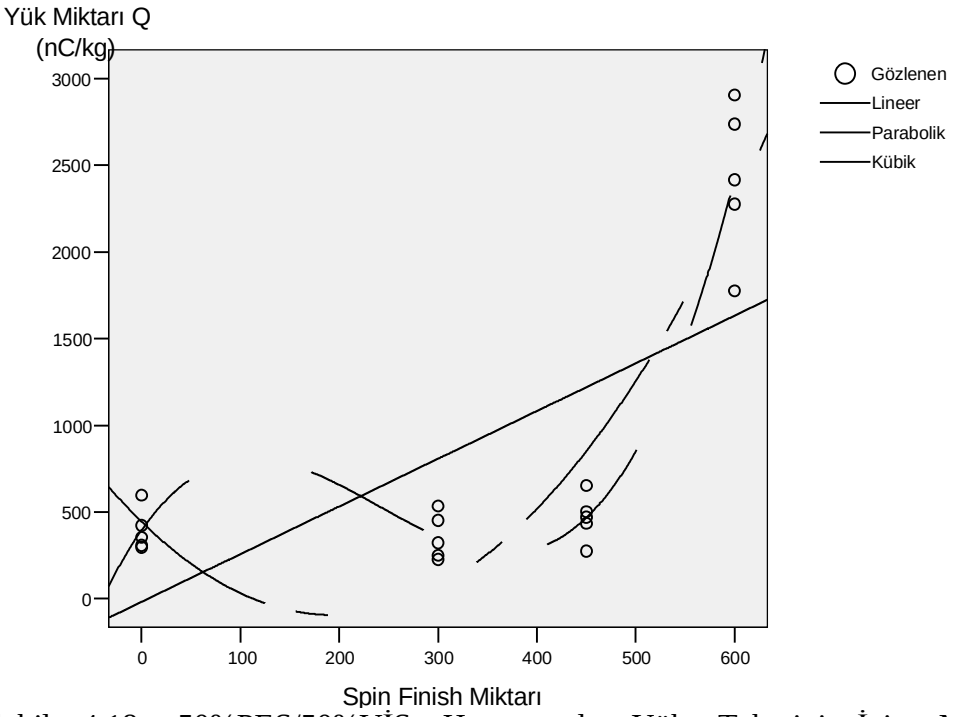
Şeklindedir.

Burada da bu iki modelin $R^{2'}$si oldukça iyi özellikle kübik modeldir. Bu model optimizasyonda kullanılırsa güvenli sonuçlara yardımcı olacaktır.

Çizelge 4.18. 50%PES/50%VİS İçin Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))

Model		Katsayılar		t	Sig.
		B	Std. Hata		
Parabolik	Spin finish miktarı (M)	-5,557	1,234	-4,505	0,000
	Spin finish miktarı (M^2)	0,014	0,002	7,053	0,000
	Sabit terim	443,247	161,686	2,741	0,014
Kübik	Spin finish miktarı (M)	8,091	3,111	2,601	0,019
	Spin finish miktarı (M^2)	-0,047	0,014	-3,470	0,003
	Spin finish miktarı (M^3)	6,52E-005	0,000	4,556	0,000
	Sabit terim	395,264	110,464	3,578	0,003

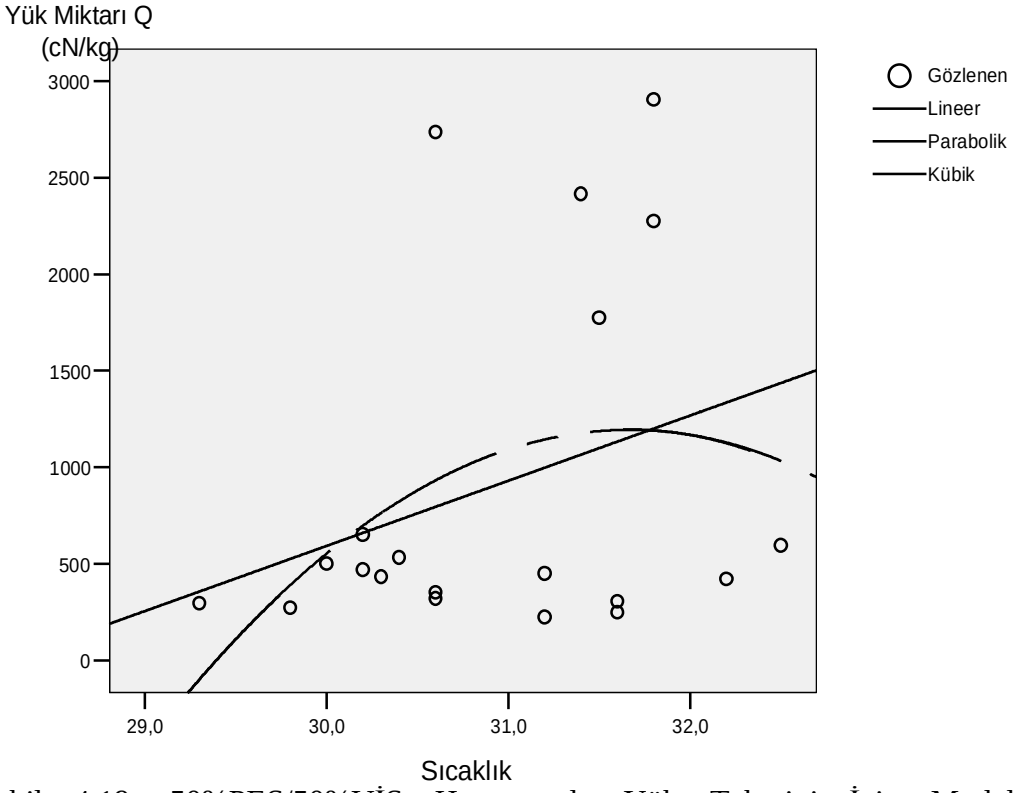
50%PES/50%VİS İçin incelenen modeller Şekil 4.18.'de karşılaştırılmıştır. Burada lineer model mukayese amaçlı konulmuştur.



Şekil 4.18. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken: Spin Finish Miktarı (M))

Görüldüğü gibi yük miktarının tahmininde parabolik ve kübik modelin lineer modele göre daha iyi durumda olduğu ve üç model arasında en yüksek uygunluk sağlayanın kübik modelin olduğu görülmektedir.

Sıcaklık faktörü bağımsız değişken olarak incelendiğinde yük miktarının tahmininde herhangi bir model oluşturulamamıştır. İncelenen modeller ile tahmin edilen değerler ve gözlemler arasındaki farkın Şekil 4.19.'da net olduğu görülmektedir.



Şekil 4.19. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, Bağımsız Değişken (Sıcaklık °C)

50%PES/50%VİS harmanda bağıl nem (RH%) bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarının tahmininde birkaç modelin uyumlu olduğu bulunmuştur. Lineer, ters (inverse), parabolik ve kübik model regresyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ve bu modellere ait (R) ve (R^2) değerlerinin iyi durumlarda olduğu tespit edilmiştir. İncelenen modellerden, ters (inverse), parabolik ve kübik model lineer modele göre daha iyi olduğu bulunmuştur. Bu üç modelin varyans analizi Çizelge 4.19.'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. 50%PES/50%VİS İçin Ters, Parabolik ve Kübik Modellerin Varyans Analizi (Bağımsız Değişken (RH%))

Model		Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	(Sig.)
Ters R=0,940 R2=0,883	Regresyon	14355864,300	1	14355864,300	136,13	0,000
	Rezidü	1898220,450	18	105456,692		
	Toplam	16254084,750	19			
Parabolik R=0,909 R2=0,953	Regresyon	14773271,515	2	7386635,758	84,800	0,000
	Rezidü	1480813,235	17	87106,661		
	Toplam	16254084,750	19			
Kübik R=0,919 R2=0,959	Regresyon	14933751,152	3	4977917,051	60,323	0,000
	Rezidü	1320333,599	16	82520,850		
	Toplam	16254084,750	19			

Çizelgede bahsedilen üç modelin regresyonunun istatistiksel olarak önemli olduğu ve yük miktarının tahmininde iyi sonuç verebileceği sonuçlanacaktır. Üç modeldeki regresyon katsayı tahminleri Çizelge 4.20.'de verilmiştir. Sonuçlara göre ters ve parabolik modeldeki bütün değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Ancak kübik modelde ($RH\%^2$), ve ($RH\%^3$) değişkenlerinin modele katkısının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Böylece oluşturulan model:

Ters model $Q = -1230{,}573 + 79926{,}099/(RH\%)$ (4.11)

Parabolik model $Q = 6863{,}828 - 251{,}213(RH\%) + 2{,}383(RH\%)^2$ (4.12)

Kübik model:

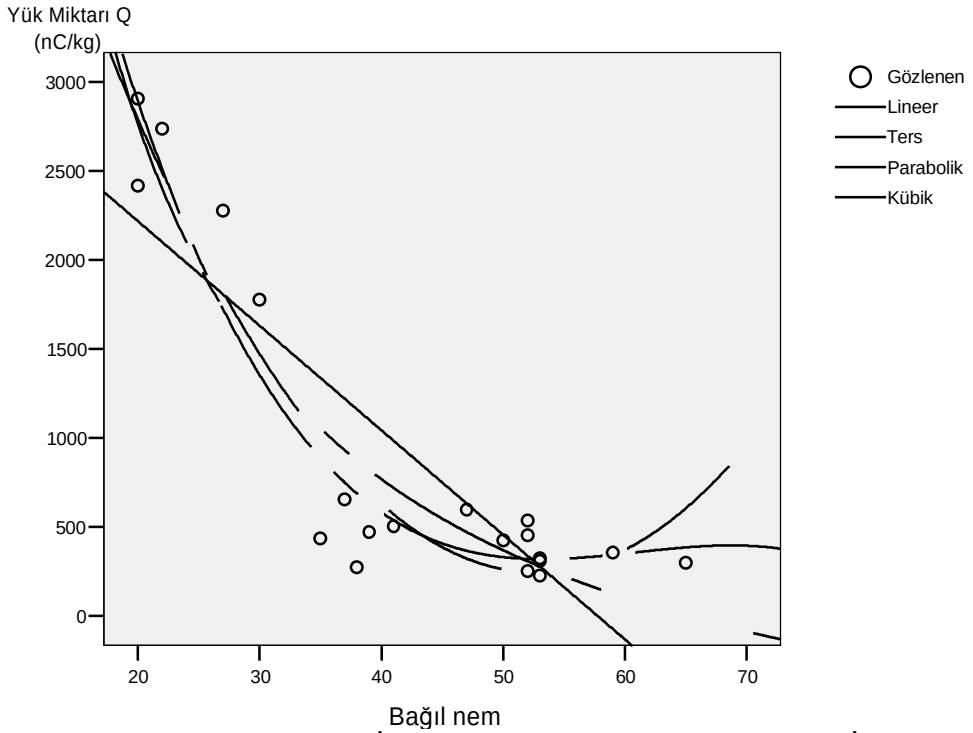
$Q = 9276{,}915 - 453{,}919(RH\%) + 7{,}569(RH\%)^2 - 0{,}0413(RH\%)^3$ (4.13)

Burada da bu üç modelin $R^{2'}$si iyi değerlere sahiplerdir ve optimizasyonda kullanılırsa güvenli sonuçlara yardımcı olacaktır.

Çizelge 4.20. 50%PES/50%VİS İçin Ters, Parabolik ve Kübik Modeldeki Katsayıların Testi (Bağımsız Değişken Bağıl Nem (RH%))

Model		Katsayılar		t	Sig.
		B	Std. Hata		
Ters	1/ Bağıl nem(1/ RH%)	79926,099	6850,322	11,667	0,000
	Sabit terim	-1230,573	197,325	-6,236	0,000
Parabolik	Bağıl nem (RH%)	-251,213	33,161	-7,575	0,000
	Bağıl nem ($RH\%^2$)	2,383	0,406	5,871	0,000
	Sabit terim	6863,828	631,877	10,863	0,000
Kübik	Bağıl nem (RH%)	-453,919	148,898	-3,049	0,008
	Bağıl nem ($RH\%^2$)	7,569	3,739	2,024	0,060
	Bağıl nem ($RH\%^3$)	-0,041	0,030	-1,395	0,182
	Sabit terim	9276,915	1836,440	5,052	0,000

50%PES/50%VİS harman için İncelenen modeller Şekil 4.20.'de karşılaştırılmıştır. Görüldüğü gibi yük miktarının tahmininde ters, parabolik ve kübik modelin lineer modele göre daha iyi durumda olduğu ve gözlenen verilere daha iyi temsil ettiği bulunmuştur.

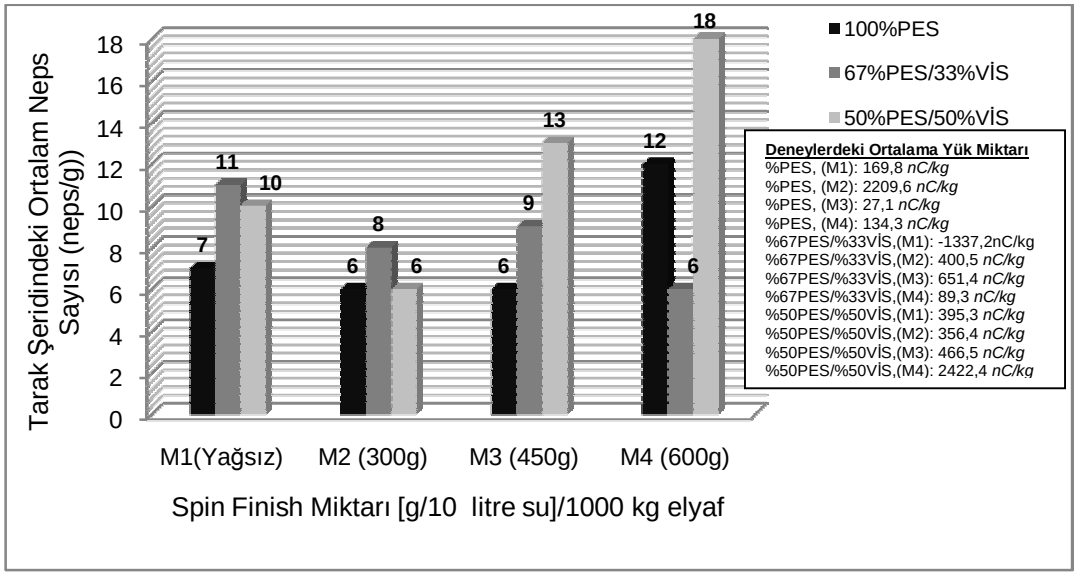


Şekil 4.20. 50%PES/50%VİS Harmanında Yük Tahmini İçin Modellerin Karşılaştırılması, (Bağımsız Değişken Bağıl nem (RH%))

4.3.Tarak Prosesindeki Neps Sayısı ve Telef Oranı İle İlgili Sonuçlar

4.3.1. Tarak Şeridindeki Neps Sayısı (Neps/g) İle İlgili Sonuçlar

Her deneyde üç farklı tarak kovalarından 1 g'lık bir şerit numunesi alınmıştır. Elyaf, neps kontrol masası üzerinde açılarak numunedeki neps sayısı (neps/g) tespit edilmiştir. Her deney için elde edilen ortalama sonuçlar grafiksel olarak Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



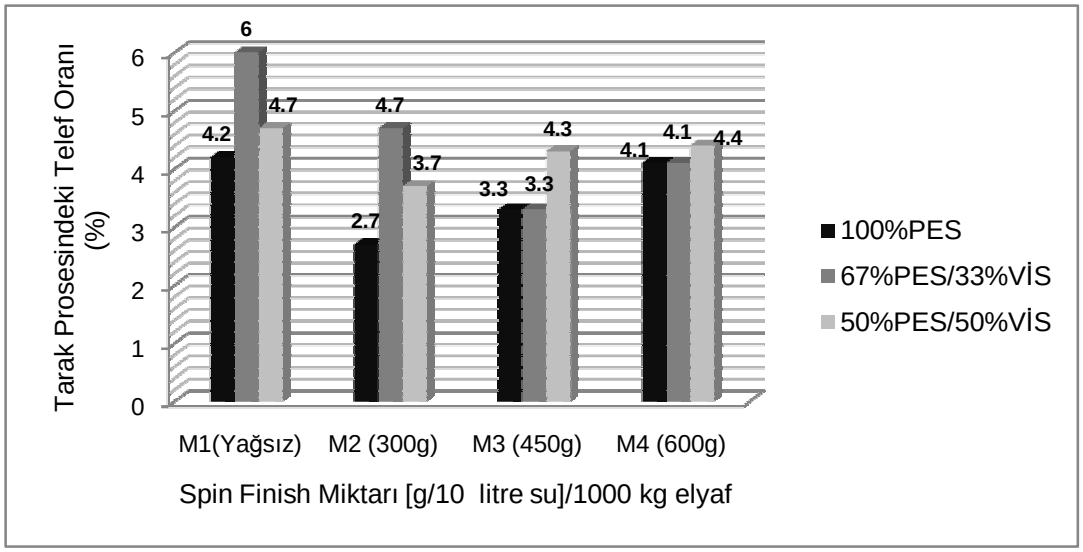
Şekil 4.21. Yapılan Deneyler İçin Tarak Şeridindeki Ortalama Neps Sayısı (neps/g)

Şekilde ortalama yük değerleri de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi %100 PES harmanında fazla yağın (600 g) atılmasıyla elyaf üst üste yapışarak düğmelere yol açmıştır böylece neps sayısında ciddi bir artışın olduğu gözlenmiştir. 67%PES/33%VİS harmanında ise su, neps sayısına olumsuz olarak etki ederken fazla spin finish miktarı uygulandığında neps sayısı azalmıştır. Burada viskon lifinin emdiği su nedeniyle daha ağır hale gelip şeritteki diğer liflere yapışarak fazla topaklamlara yardımcı olmuştur. Ayrıca bu deneyde (67%PES/33%VİS, sadece su) neps sayısı fazla çıkmanın muhtemel başka sebebi ise elde edilen yüksek yük miktarıdır. Yük artmasıyla birlikte lif karışıklığı daha fazladır ve sonuç olarak daha fazla neps oluşumuna yardımcı olmuştur. Ancak yağın fazlasıyla (600 g) viskon lifi

daha kaygan hale gelip daha az neps sayısına neden olmuştur. 50%PES/50%VİS harmanında viskon oranı ve yağın artmasıyla birlikte en yüksek neps sayısı elde edilmiştir. Burada da benzer bir yorum yapılabilir, bu deneyde (50%PES/50%VİS, 600 g) yük miktarının en yüksek olduğu saptanmıştır.

4.3.2. Tarak Prosesindeki Telef Oranı (%) İle İlgili Sonuçlar

İplik üretimi esnasında telef oranı sadece tarak prosesinde kontrol edilmiştir. Her deneyde kullanılan 20 kg'lık harmandan çıkan telef miktarı hassas bir terazi vasıtasıyla tartılarak (%) olarak ifade edilmiştir. Elde edilen ortalama telef değerleri grafiksel olarak Şekil 4.22'de gösterilmiştir.



Şekil 4.22. Tarak Prosesindeki Telef Ortalama Değerleri (%)

Şekilden görüldüğü gibi bütün harmanlarda yağın atılması telefe olumlu yönde etki ederken sadece su uygulandığında telefin en fazla olduğu görülmüştür özellikle 67%PES/33%VİS harmanındadır. Spin finishin tarak elemanlarından geçen elyaf bir araya getirip hem hareketini kolaylaştırdığı hem de lif kaçışının engellediği düşünülmektedir. 100%PES ve 50%PES/50%VİS harmanına (300 g) spin finish uygulandığında telef oranı en az iken 67%PES/33%VİS harmanında ise (450 g), telef oranı bakımından optimum miktar olarak bulunmuştur.

4.4. İplik Kalite Parametreleri İle İlgili Bulgular

Çalışmada her harmandan iki farklı iplik numarası; Ne28/1 ve Ne40/1 üretilmiştir. Elde edilen ortalama test sonuçları Çizelge 4.21. ve 4.22.'de verilmiştir iplik numunelerine uygulanan orijinal testlerin sonuçları ise EK.3 ve EK.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.21. Ne28 İplikler İçin Ortalama Test Sonuçları

Kullanılan Harman	*Spin Finish Miktarı	Kopma Uzaması (%)	Mukavemet Rkm (Kgf.Nm)	Düzgünsüzlük $\%CV_m$	İnce Yerler -50%	Kalın Yerler +50%	Neps +200%
100%PES	0	20,19	22,18	13,35	4,2	20,3	22,2
100%PES	300	20,10	22,57	13,42	4,4	21,7	23,2
100%PES	450	20,07	22,33	13,13	5,3	21,3	24,4
100%PES	600	19,60	22,95	13,18	2,4	18,1	28,5
67%PES/33%VİS	0	15,91	15,57	15,38	7	192,6	227
67%PES/33%VİS	300	16,12	17,46	14,09	3,1	112,5	160,5
67%PES/33%VİS	450	16,22	16,59	14,19	4,4	107,8	146,4
67%PES/33%VİS	600	16,67	20,48	13,7	4,1	62	103,2
50%PES/50%VİS	0	14,74	15,60	14,45	2,6	169,5	223
50%PES/50%VİS	300	14,93	15,30	15,33	10,7	174,2	241
50%PES/50%VİS	450	15,29	15,34	15,44	6,70	236,5	274,5
50%PES/50%VİS	600	15,48	15,10	15,66	5,50	255,2	314,6

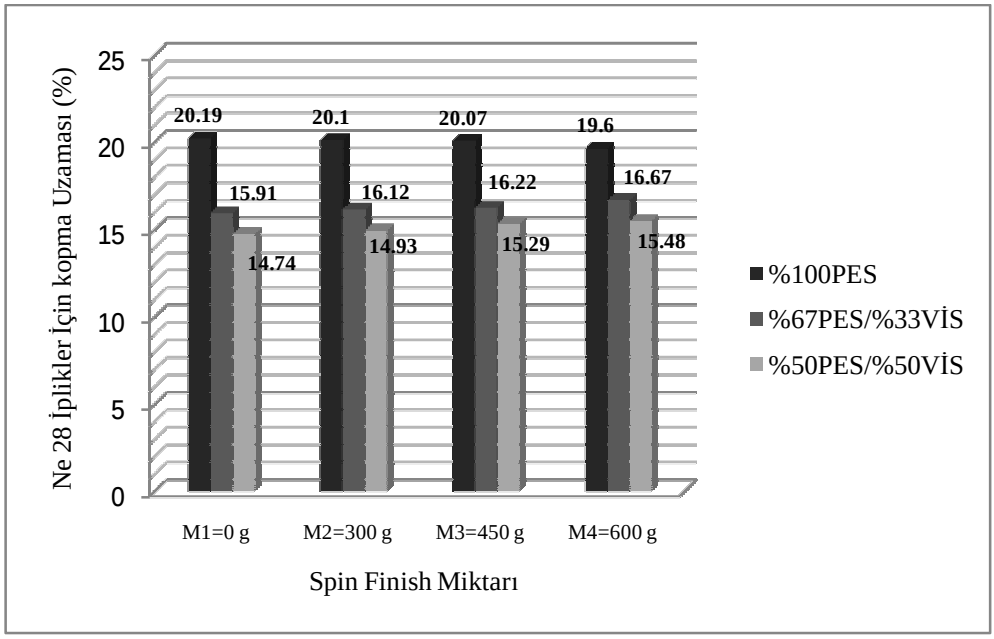
(*)Spin finish miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.

Çizelge 4.22. Ne40 İplikler İçin Ortalama Test Sonuçları

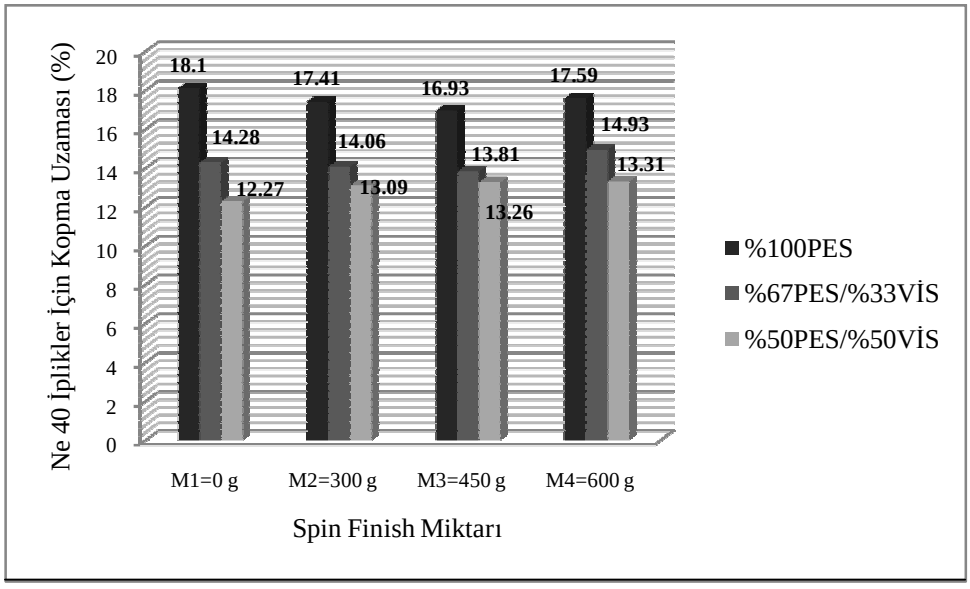
Kullanılan Harman	*Spin Finish Miktarı	Kopma Uzaması (%)	Mukavemet Rkm (Kgf.Nm)	Düzgünsüzlük $\%CV_m$	İnce Yerler -50%	Kalın Yerler +50%	Neps +200%
100%PES	0	18,10	20,86	16,48	79,7	112,6	71,1
100%PES	300	17,41	20,50	16,82	78,8	115,4	51,2
100%PES	450	16,93	19,04	17,59	141,1	143,7	55
100%PES	600	17,59	19,53	17,18	121,1	114,7	64,3
67%PES/33%VİS	0	14,28	14,59	18,57	161	475,6	411,2
67%PES/33%VİS	300	14,06	14,56	18,37	130,9	386,1	395
67%PES/33%VİS	450	13,81	14,85	18,12	110,2	369,1	349,2
67%PES/33%VİS	600	14,93	17,64	18,14	117,7	305,4	270,1
50%PES/50%VİS	0	12,27	14,46	17,75	66,5	328,8	415,1
50%PES/50%VİS	300	13,09	14,56	17,81	80,8	370,6	388,5
50%PES/50%VİS	450	13,26	14,72	17,79	76,6	361,7	392,9
50%PES/50%VİS	600	13,31	14,69	17,78	66,7	393	436,6

(*)Spin finish miktarı 10 litre su ile karıştırılarak 1000 kg elyafa verilecektir.

Çizelge 4.21. ve 4.22.'deki ortalama test değerlerinin daha iyi anlaşılabilmesi için ipliğin her kalite parametresi ayrı ayrı aşağıda grafiksel olarak gösterilmiştir. İplik kopma uzamasına ait test sonuçları Şekil 4.23. ve 4.24.'te verilmiştir. Harmanda viskon oranı arttıkça ve iplik numarası inceldikçe iplik kopma uzamasının azaldığı görülmüştür. Bununla birlikte 100%PES harmanından üretilen Ne28 iplik kopma uzamasının spin finish miktarının artmasıyla hafif bir düşüş kayıt ederken diğer iki harmanda bu numara için (Ne28) hafif bir şekilde arttığı görülmüştür. Ne40 ipliklerde ise hem 100%PES hem de 67%PES/33%VİS harmanında spin finish miktarının artmasıyla iplik kopma uzamasının hafifçe düştüğü, M_4=600 g atıldığında özellikle 67%PES/33%VİS harmanında önemli bir artış kayıt ettiği elde edilmiştir. 50%PES/50%VİS harmanında iplik kopma uzamasında spin finish artmasıyla hafif bir artış da gözlenmiştir.



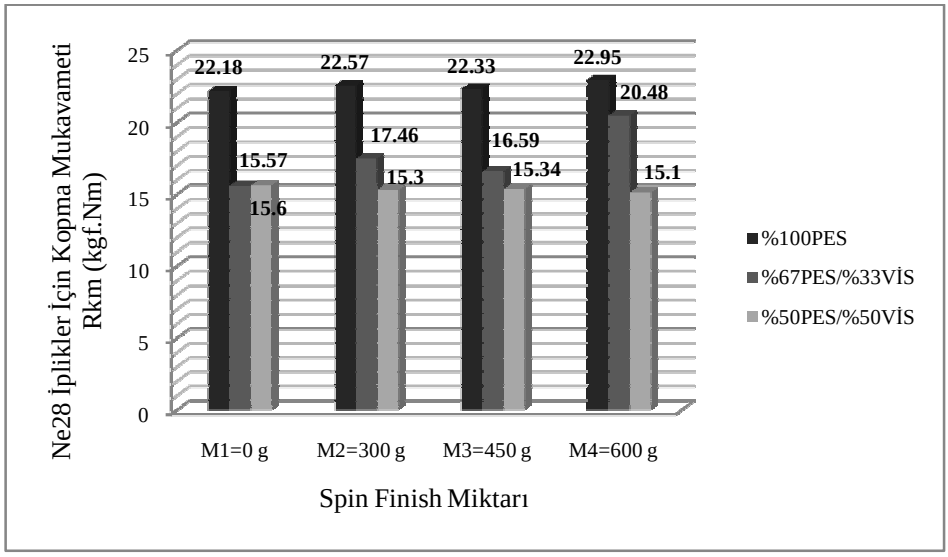
Şekil 4.23. Ne28 İplikler İçin Kopma Uzamasına Ait Test Sonuçları



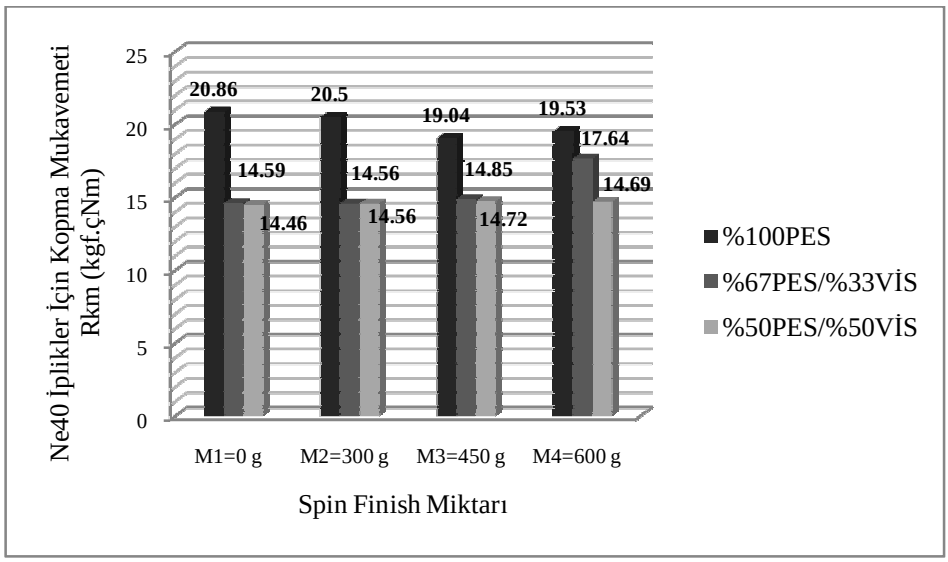
Şekil 4.24. Ne40 İplikler İçin Kopma Uzamasına Ait Test Sonuçları

İplik kopma mukavemeti (Rkm) incelendiğinde benzer şekilde harmanda viskon oranı arttıkça ve iplik numarası inceldikçe Rkm değerlerinin azaldığı görülmüştür. 100%PES harmanından üretilen Ne28 numaralı ipliklerde spin finishin kopma mukavemetine etkisi hemen hemen yokken Ne40 ipliklerde spin finish

miktarının artmasıyla mukavemetin azaldığı ancak 600g ile tekrar arttığı görülmüştür. 50%PES/50%VİS harmanında her iki iplik numarası için iplik kopma mukavemetinde önemli değişiklilikler gözlenmezken 67%PES/33%VİS harmanına fazla yağ (M_4=600 g) uygulandığında mukavemette ciddi bir artış elde edilmiştir. Her iki iplik numarasına ait ortalama kopma mukavemet değerleri Şekil 4.25. ve 4.26.'da gösterilmiştir.

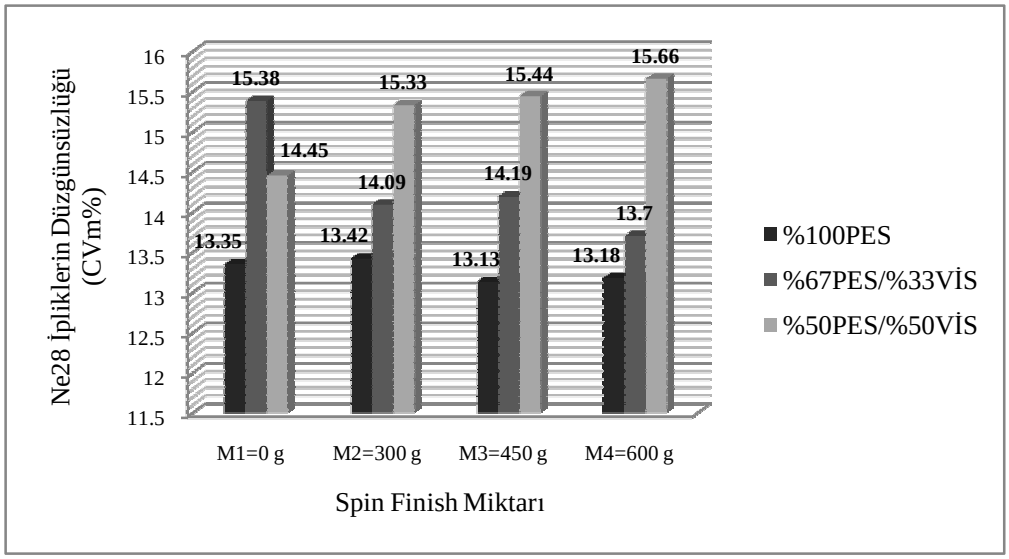


Şekil 4.25. Ne28 İplikler İçin Kopma Mukavemetine Ait Ortalama Test Sonuçları

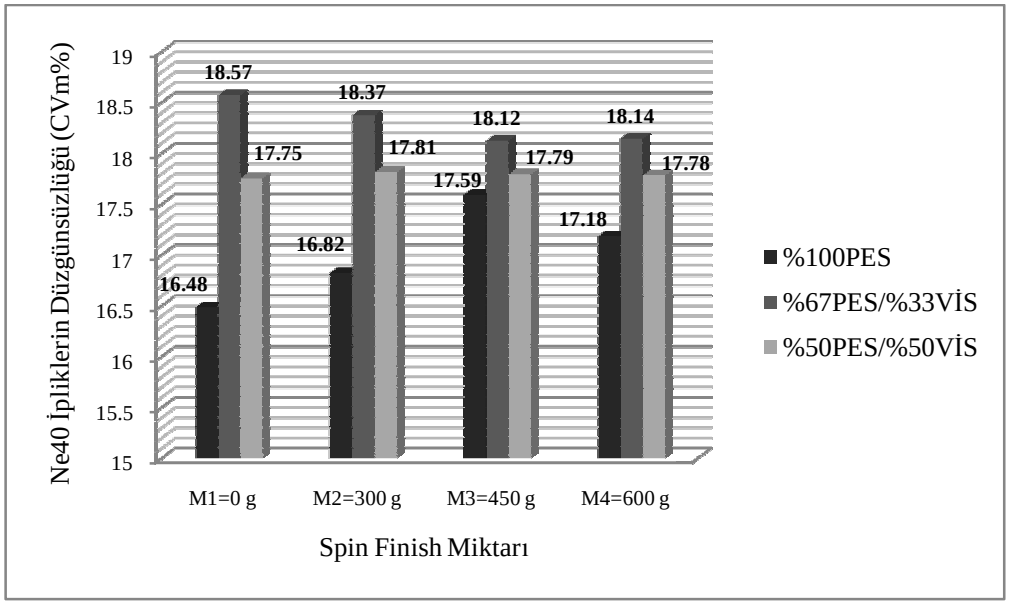


Şekil 4.26. Ne40 İplikler İçin Kopma Mukavemetine Ait Ortalama Test Sonuçları

Elde edilen iplik düzgünsüzlük sonuçları değerlendirildiğinde Şekil 4.27. ve Şekil 4.28.'den görüldüğü gibi Ne40 ipliklerin Ne28 ipliklere göre daha düzgünsüz olduğu ve 100%PES harmanından üretilen ipliklerin diğer iki harmandan üretilen ipliklere göre daha düzgün olduğu bulunmuştur. Bahsedilen bu harmanda numara inceldikçe (Ne40) iplik düzgünsüzlüğünün spin finish miktarının artmasıyla artarken Ne28 ipliklerde önemli farklılıklar kayıt edilmediği saptanmıştır. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada yağın artmasıyla iplik düzgünlüğü iyileşirken sadece su uygulandığında en yüksek düzgünsüzlük değeri elde edilmiştir. 50%PES/50%VİS harmanından ince iplik (Ne40) üretildiğinde spin finish miktarı iplik düzgünsüzlüğüne etkisi yokken (Ne28) ipliklerde spin finish miktarı artarken iplik düzgünsüzlüğünün olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

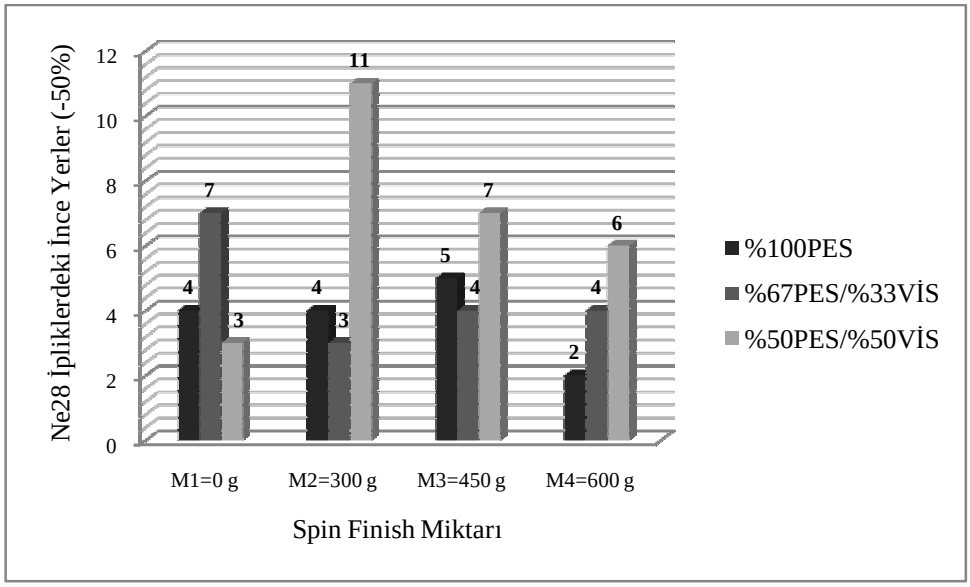


Şekil 4.27. Ne40 İpliklerinin Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Ait Ortalama Test Sonuçları

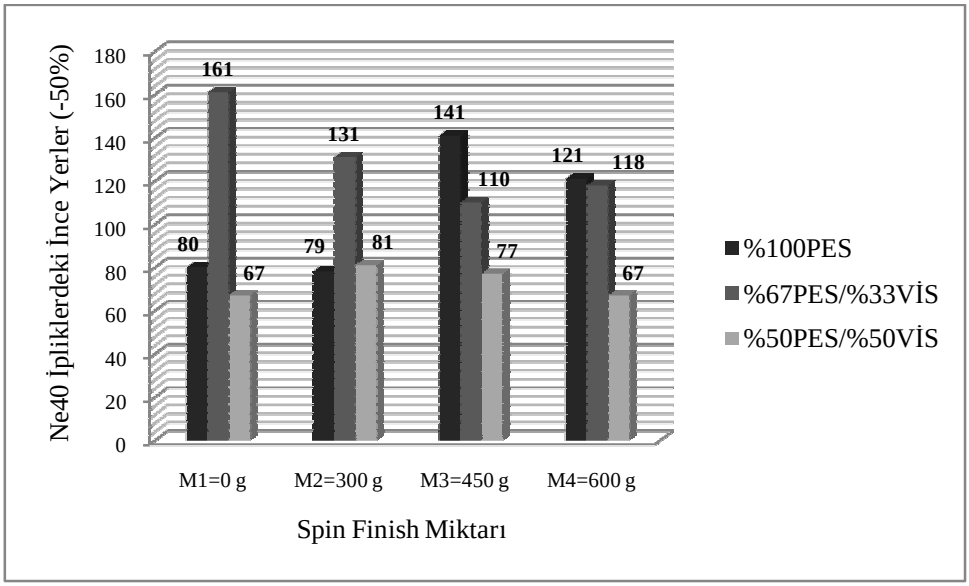


Şekil 4.28. Ne40 İpliklerinin Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Ait Ortalama Test Sonuçları

İplikteki ince yerler (-50%) bakımından Ne40 iplikler Ne28 ipliklere göre daha fazla ince yerlere sahiptir. Her iki numarada %100PES harmanına 450 g spin finish atıldığında bu kalite parametresinde ciddi bir artış gözlenmiştir. Ancak fazla yağ (600 g) uygulandığında iplikte ince yerlerin azaldığı görülmüştür. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada sadece su atıldığı zaman iplikte en yüksek ince yerler elde edilmiştir. Ne28 ipliklerde spin finish miktarının artışının bu kalite parametresine etkisi gözlenmezken Ne40 ipliklerde olumlu bir etkisinin (özellikle fazla miktar; 450 g ve 600 g) olduğu saptanmıştır. 50%PES/50%VİS harmanında ise her iki numarada spin finish miktarının artışının iplikteki ince yerlere (-50%) önemli bir etkisi bulunmamıştır. İplik numarasına göre elde edilen iplik ortalama ince yerleri (-50%) Şekil 4.29. ve 4.30.'da gösterilmiştir.



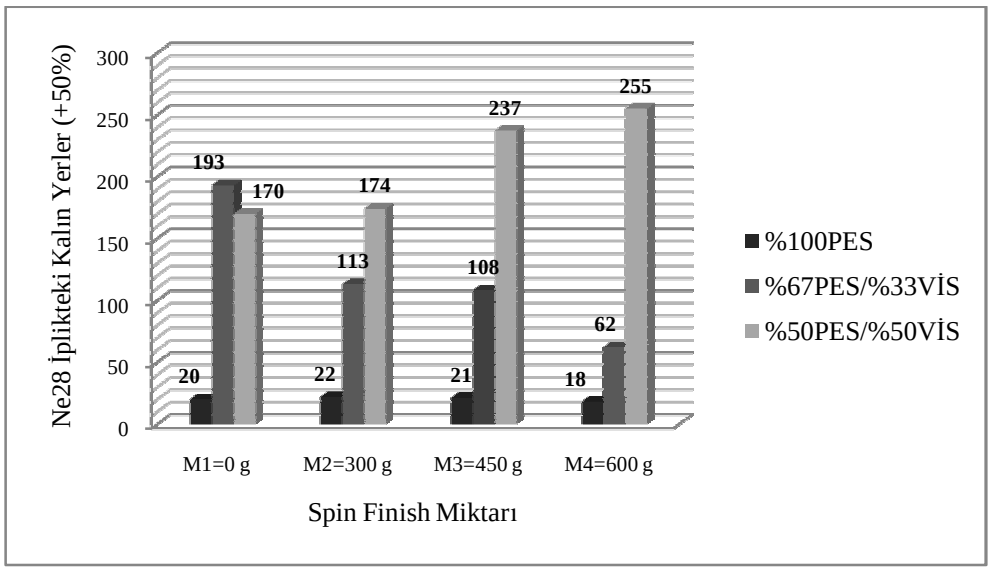
Şekil 4.29. Ne28 İpliklerdeki İnce Yerlere (-50%) Ait Ortalama Test Sonuçları



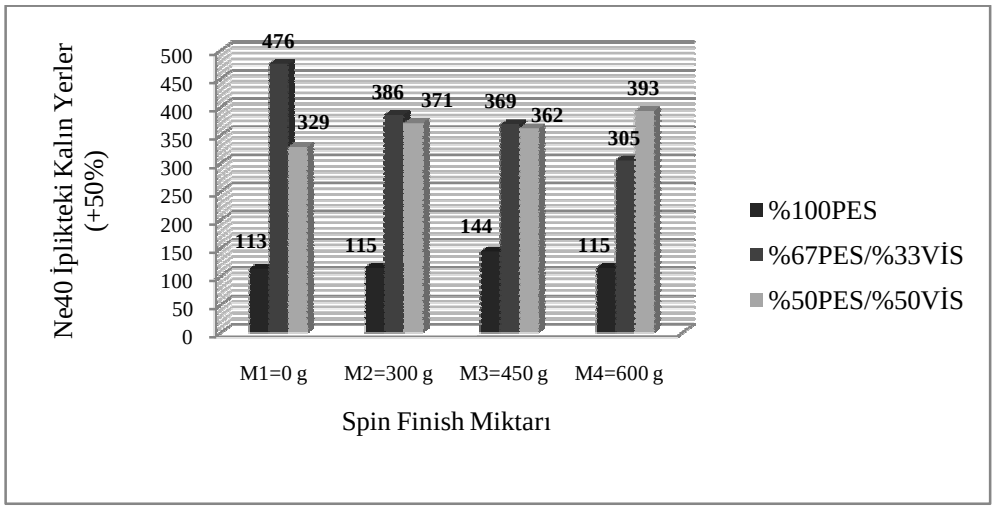
Şekil 4.30. Ne40 İpliklerdeki İnce Yerlere (-50%) Ait Ortalama Test Sonuçları

İplikteki kalın yerler (+50%) bahsedildiğinde (Şekil 4.31. ve 4.32.) Ne40 ipliklerin Ne28 ipliklere göre daha fazla kalın yerlere sahip olduğu saptanmıştır. %100PES harmanının bu kalite parametresi bakımından diğer iki harmana göre daha iyi durumda olduğu saptanmıştır. Bu harmanda her iki numara için spin finish miktarının artışının iplikteki kalın yerlere (+50%) önemli bir etkisi bulunmamıştır.

Ancak Ne28 ipliklerde fazla yağ (600 g) atıldığında iplikteki kalın yerlerin en az olduğu elde edilmiştir. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada spin finish materyalin bu kalite parametresine olumlu etkisinin olduğu saptanmıştır. Spin finish miktarının artmasıyla birlikte iplikteki kalın yerlerinin azaldığı görülmüştür. 50%PES/50%VİS harmanında ise tam ters bir ilişkiye varılmıştır. Burada atılan fazla spin finish materyalin iplikte daha fazla kalın yerlere neden olduğu saptanmıştır özellikle Ne28 ipliklerdedir.

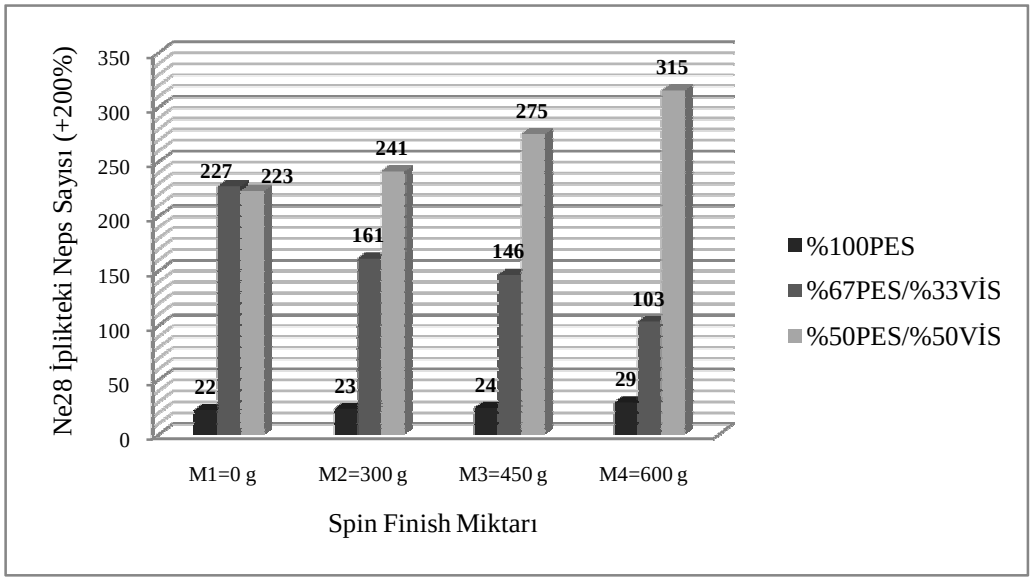


Şekil 4.31. Ne28 İpliklerdeki Kalın Yerlere (+50%) Ait Ortalama Test Sonuçları

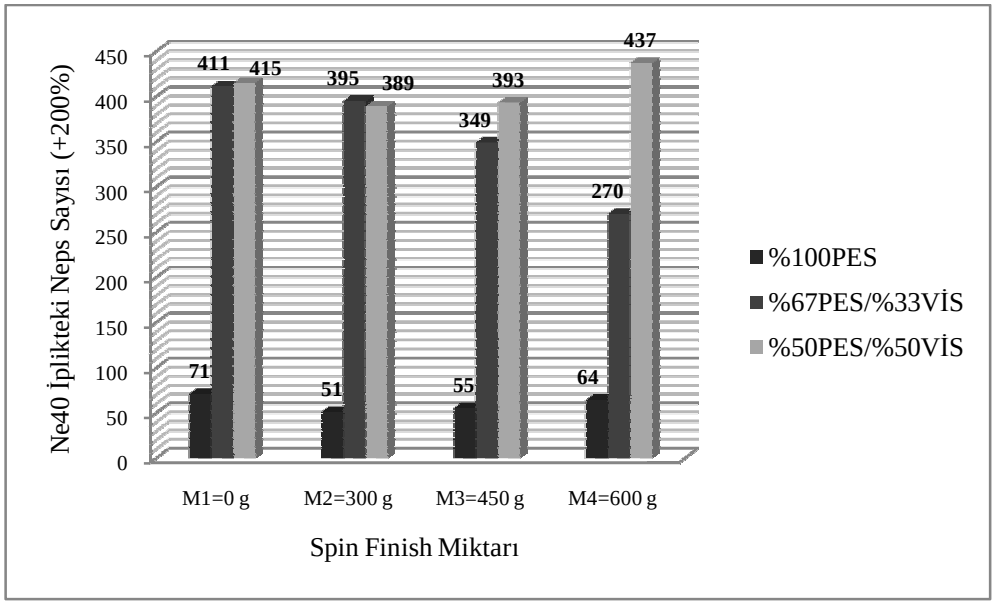


Şekil 4.32. Ne40 İpliklerdeki Kalın Yerlere (+50%) Ait Ortalama Test Sonuçları

İplikteki neps sayısı (+200%) bahsedildiğinde (Şekil 4.33. ve 4.34.) Ne40 ipliklerin Ne28 ipliklere göre daha fazla neps sayısına sahip olduğu saptanmıştır. %100PES harmanının bu kalite parametresi bakımından diğer iki harmana göre yine de daha iyi durumda olduğu saptanmıştır. Bu harmanda her iki numara için fazla spin finish miktarı (600 g) atıldığında neps sayısının hafifçe arttığı görülmüştür. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada spin finish miktarı artarken neps sayısının azaldığı bulunmuştur. Ancak 50%PES/50%VİS harmanında tam ters bir ilişkiye varılmıştır. Atılan fazla spin finish miktarı fazla neps sayısına yol açmıştır özellikle Ne28 ipliklerde. Burada Ne40 ipliklerde sadece su uygulandığında neps sayısının olumsuz olarak da etkilediği görülmüştür.



Şekil 4.33. Ne28 İpliklerdeki Neps Sayısına (+200%) Ait Ortalama Test Sonuçları



Şekil 4.34. Ne40 İpliklerdeki Neps Sayısına (+200%) Ait Ortalama Test Sonuçları

Her iplik kalite parametresi için grafiksel olarak bahsedilen karşılaştırmaları sonucu bazı farklılıklar elde edilmiştir. Görülen bu değerlendirmenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için SPSS 15 programının ortamında, iki çapraz bir içiçe faktörlü tekrarlı dengeli ölçüm deney tasarımı (Repeated measure desgin with two crossover factor and one nest faktor) kullanılmıştır. Tasarımda iki çapraz faktör (crossover factor) iplik numarası ve spin finish miktarı, içiçe faktör ise harman olarak alınmıştır. Analiz, her iplik kalite parametresi için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.

4.4.1. İplik Kopma Uzaması (%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplik kopma uzamasına iplik numarası ve spin finish miktarının etkisine ait test sonucu Çizelge 4.23.'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. İplik Kopma Uzamasına Çaprazlı ve İçiçe Faktörlerinin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	287,481	1	287,481	260,248	0,000
Numara*Harman	2,893	2	1,446	1,309	0,287
Hata(Numara)	29,825	27	1,105		
Spin finish miktarı (M)	5,130	3	1,710	1,908	0,135
(M*Harman) etkileşimi	17,408	6	2,901	3,238	0,007
Hata(M)	72,576	81	0,896		
Numara*M	2,693	3	0,898	0,797	0,499
Numara*M*Harman	4,621	6	0,770	0,684	0,663
Hata (Numara*M)	91,246	81	1,126		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	955,670	2	477,835	497,040	0,000
Hata	25,957	27	0,961		

Çizelgeden görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde iplik numarasının ve harmanın iplik kopma uzamasına etkisinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000). Spin finish miktarı (M) ve harman etkileşiminin (M×Harman) etkisi anlamlı çıkarken (Sig.=0,007) modeldeki diğer değişkenlerin, numara ve harman etkileşimi (Sig.=0,287), spin finish miktarı (Sig.=0,135), numara ve spin finish miktarının etkileşimi (Sig.=0,499) ve üçlü etkileşimin (Sig.=0,663) (numara×spin finish miktarı×harman) kopma uzamasına etkisinin anlamlı olmadığı elde edilmiştir.

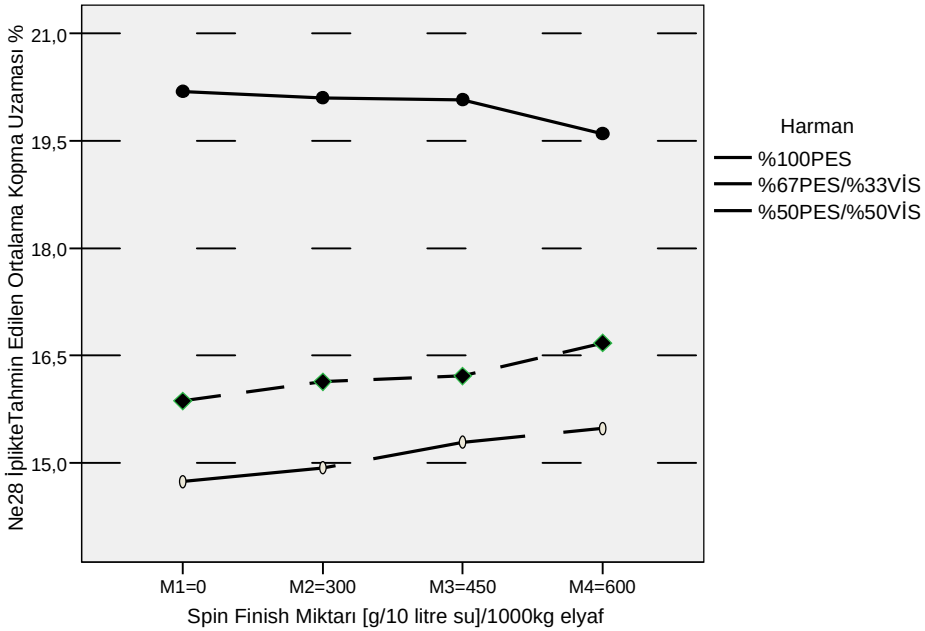
α=0,05 anlamlık seviyesinde harmanlar ve iki iplik numarası arasındaki farkın da istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) elde edilmiştir.

Spin finish miktarının iplik kopma uzamasına etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Ama atılan farklı miktarlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Çizelge 4.24.'te test edilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde sadece M1=0 g ile M4=600 g arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu (Sig.=0,046) bulunmuştur.

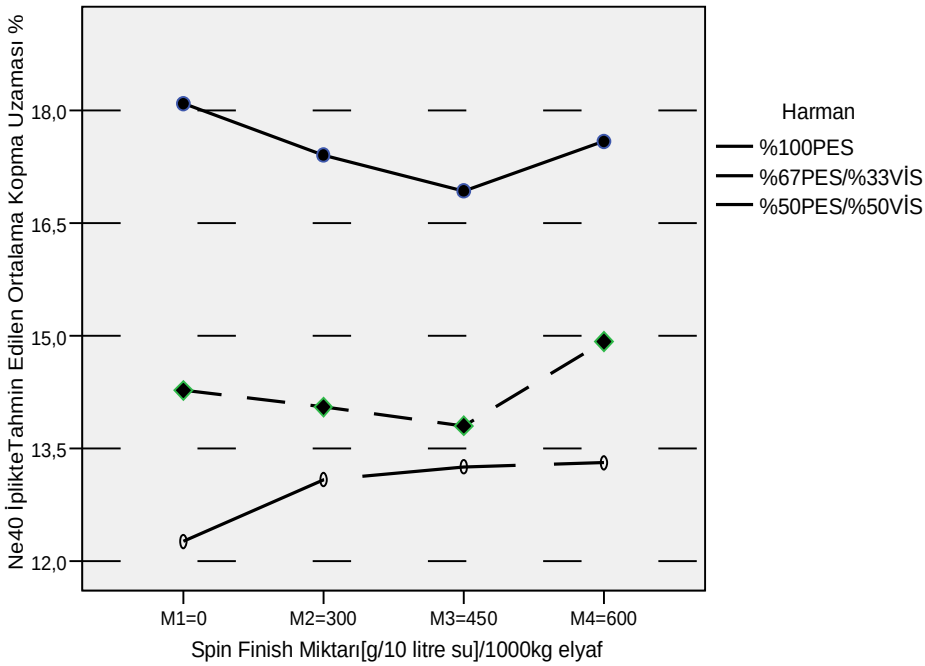
Çizelge 4.24. İplik Kopma Uzamasına Farklı Spin Finish Miktarlarının Etkilerinin Testi

(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	-0,048	0,146	0,746
	M_3 (450 g)	-0,024	0,158	0,882
	M_4 (600g)	-0,359	0,172	0,046
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	0,048	0,146	0,746
	M_3 (450 g)	0,024	0,192	0,901
	M_4 (600 g)	-0,311	0,171	0,080
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	0,024	0,158	0,882
	M_2 (300 g)	-0,024	0,192	0,901
	M_4 (450g)	-0,335	0,194	0,094
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	0,359	0,172	0,046
	M_2 (300 g)	0,311	0,171	0,080
	M_3 (450 g)	0,335	0,194	0,094

Programın çıktısında her iki iplik numarası için tahmin edilen kopma uzaması değerleri (%) Şekil 4.35. ve Şekil 4.36.'da gösterilmiştir. Görüldüğü gibi her iki iplik numarasında harmanlar arasında kopma uzaması bakımından istatistiksel olarak önemli fark vardır ve ince iplikte (Ne40) bu değerin daha az olduğu bulunmuştur. Polyester lifinin kopma uzaması ve mukavemeti viskon lifine göre daha yüksektir (Morton ve Hearle, 1993) bu nedenle 100%PES harmandan üretilen ipliklerin kopma uzamasının daha yüksük olduğu çıkmıştır. Bu harmana fazla yağ (M4=600 g) atıldığında Ne28 ipliklerde kopma uzaması azalırken Ne40 ipliklerde artmıştır. Bunun muhtemel sebebi, Ne28 ipliklerde lif üzerinde kalan yağ damlacıklar lif kaymasına yardımcı olur. Ancak Ne40 ipliklerde bükümün fazla olması nedeniyle verilen fazla yağ daha yüksek elyaf/elyaf kohezyonu sağlamıştır bu nedenle kopma uzamasında bir artış gözlenmiştir. 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS harmanında (M4=600 g) spin finish uygulandığında kopma uzaması artmıştır.



Şekil 4.35. Ne28 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Uzaması (%)



Şekil 4.36. Ne40 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Uzaması (%)

4.4.2. İplik Kopma Mukavemetine (Rkm) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplik kopma mukavemeti ile ilgili yapılan tekrarlı ölçüm varyans analizinin sonucu Çizelge 4.25.'te verilmiştir.

Çizelge 4.25. İplik Mukavemetine (Rkm) Çaprazlı ve İçiçe Faktörlerinin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	194,166	1	194,166	40,013	0,000
Numara*Harman	35,960	2	17,980	3,705	0,038
Hata(Numara)	131,018	27	4,853		
Spin finish miktarı (M)	59,449	3	19,816	5,113	0,003
(M*Harman) etkileşimi	136,107	6	22,684	5,853	0,000
Hata(M)	313,934	81	3,876		
Numara*M	9,103	3	3,034	0,663	0,577
Numara*M*Harman	20,178	6	3,363	0,735	0,623
Hata (Numara*M)	370,589	81	4,575		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	1715,734	2	857,867	189,207	0,000
Hata	122,418	27	4,534		

α=0,05 anlamlık seviyesinde iplik numarası, harman ve (spin finish miktarı×Harman) etkileşiminin iplik kopma mukavemetine etkisi istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000). Burada spin finish miktarının (Sig.=0,003) ve (iplik numarası×Harman) etkileşiminin (Sig.=0,038) Rkm değerlerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Ancak (iplik numarası× spin finish miktarı) etkileşiminin (Sig.=0,577) ve üçlü etkileşim (iplik numarası× spin finish miktarı×Harman) etkisinin (Sig.=0,623) iplik kopma mukavemetine etkisinin önemli olmadığı bulunmuştur. Burada da α=0,05 anlamlık seviyesinde harmanlar ve iki iplik numarası arasındaki farkın istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) elde edilmiştir.

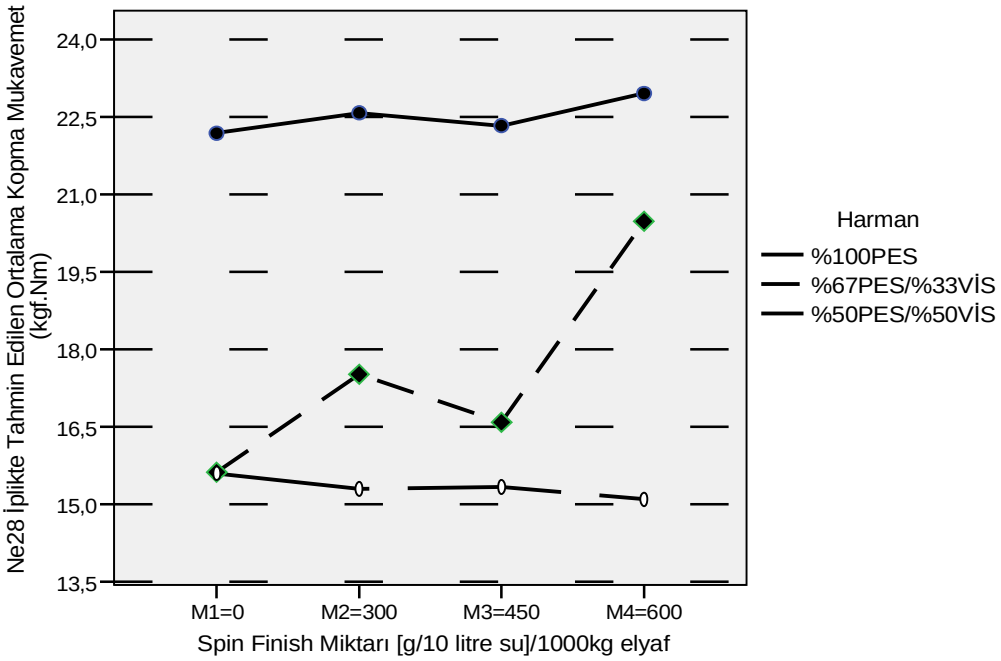
Spin finish miktarının iplik kopma mukavemetine etkisi önemli olduğu tespit edilmiştir. Atılan farklı miktarlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Çizelge 4.26.'da test edilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi miktarlarda

α=0,05 anlamlık seviyesinde sadece M1=0 g ile M4=600 g (Sig.=0,011) ve M3=450 g ile M4=600 g (Sig.=0,009) arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur.

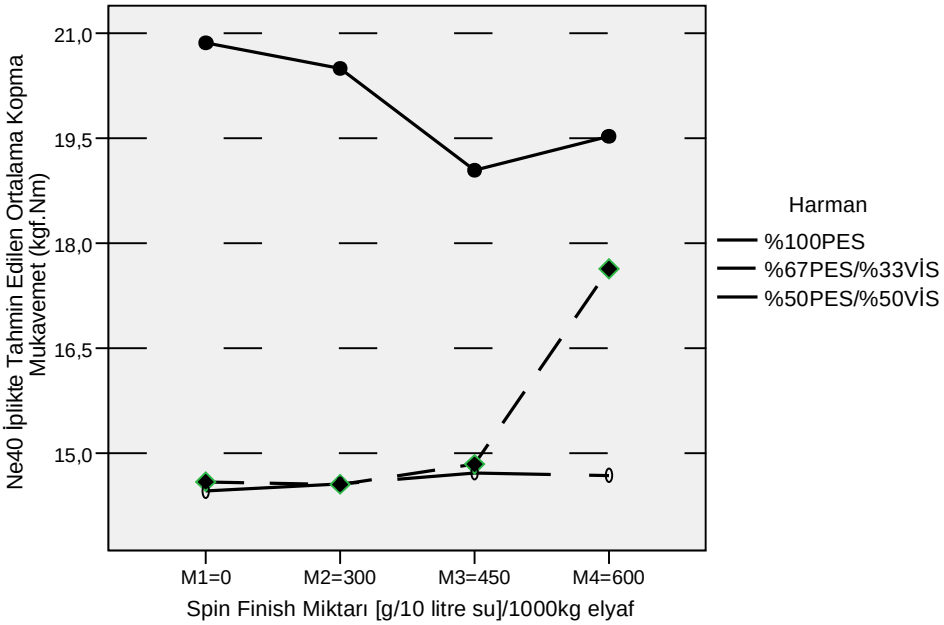
Çizelge 4.26. İplik Kopma Mukavemetine Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi

(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	-0,279	0,247	0,269
	M_3 (450 g)	0,078	0,231	0,738
	M_4 (600g)	-1,175	0,430	0,011
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	0,279	0,247	0,269
	M_3 (450 g)	0,357	0,269	0,196
	M_4 (600 g)	-0,896	0,452	0,058
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	-0,078	0,231	0,738
	M_2 (300 g)	-0,357	0,269	0,196
	M_4 (450g)	-1,253	0,446	0,009
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	1,175	0,430	0,011
	M_2 (300 g)	0,896	0,452	0,058
	M_3 (450 g)	1,253	0,446	0,009

Her iki iplik numarası için Ölçülen kopma mukavemet değerleri (Rkm) Şekil 4.37. ve Şekil 4.38.'de gösterilmiştir. Bireysel polyester lifinin hem mukavemeti viskon lifine göre daha yüksektir hem de daha düzgündür. Sonuç olarak bu özelliklerin 100%PES harmanından üretilen iplik mukavemetine olumlu yönde etki edecektir ve diğer iki harmandan üretilen ipliğe göre daha mukavemetlidir dolayısıyla harmanda polyester oranı arttıkça mukavemet artar. Böylece istatistiksel analizinde elde edilen sonuçlar desteklenmiş olur. İnce iplikte (Ne40) yağın etkisi daha fazla görülmüştür. Yağ artmasıyla lif kaymasına neden olur ve iplik kopar ancak her iki iplik numarasında M4=600 g atıldığında elyaf kohezyonunun yükselmesine yardımcı olur böylece mukavemette bir artış gözlenmiştir. 50%PES/50%VİS harmanında spin finishin iplik mukavemetine etkisi görülmezken 67%PES/33%VİS harmanında yağ miktarının artmasıyla özellikle M4=600 g uygulandığında mukavemette ciddi bir artış gözlenmiştir.



Şekil 4.37. Ne28 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)



Şekil 4.38. Ne40 İplikte Ölçülen Ortalama Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)

4.4.3. İplik Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplik düzgünsüzlüğü için yapılan tekrarlı ölçüm varyans analizinin sonucu Çizelge 4.27.'te verilmiştir.

Çizelge 4.27. İplik Düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) Faktörlerin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	701,066	1	701,066	1755,150	0,000
Numara*Harman	22,412	2	11,206	28,054	0,000
Hata(Numara)	10,785	27	0,399		
Spin finish miktarı (M)	0,301	3	0,100	,276	0,843
(M*Harman) etkileşimi	18,397	6	3,066	8,428	0,000
Hata(M)	29,468	81	0,364		
Numara*M	1,207	3	0,402	1,000	0,397
Numara*M*Harman	12,518	6	2,086	5,187	0,000
Hata (Numara*M)	32,577	81	0,402		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	87,033	2	43,517	116,604	0,000
Hata	10,076	27	0,373		

Çizelgeden çoğu faktörlerin iplik düzgünsüzlüğüne etkisinin istatistiksel olarak çok önemli olduğu bulunmuştur. α=0,05 anlamlık seviyesinde spin finish miktarı (Sig.=0,843) ve (iplik numarası× spin finish miktarı) etkileşimi (Sig.=0,397) hariç modeldeki bütün diğer parametrelerin iplik düzgünsüzlüğüne etkisinin istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000).

Deney faktörlerinin ikili karşılaştırmaları yapıldığında; iki iplik numarası arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok önemli olduğu bulunmuştur (Sig.=0,000). Ancak harmanlar arasındaki fark incelendiğinde, %100PES ile diğer iki harman arasındaki fark düzgünsüzlük bakımından çok anlamlı çıkarken (Sig.=0,000) 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark elde edilmemiştir (Sig.=0,081).

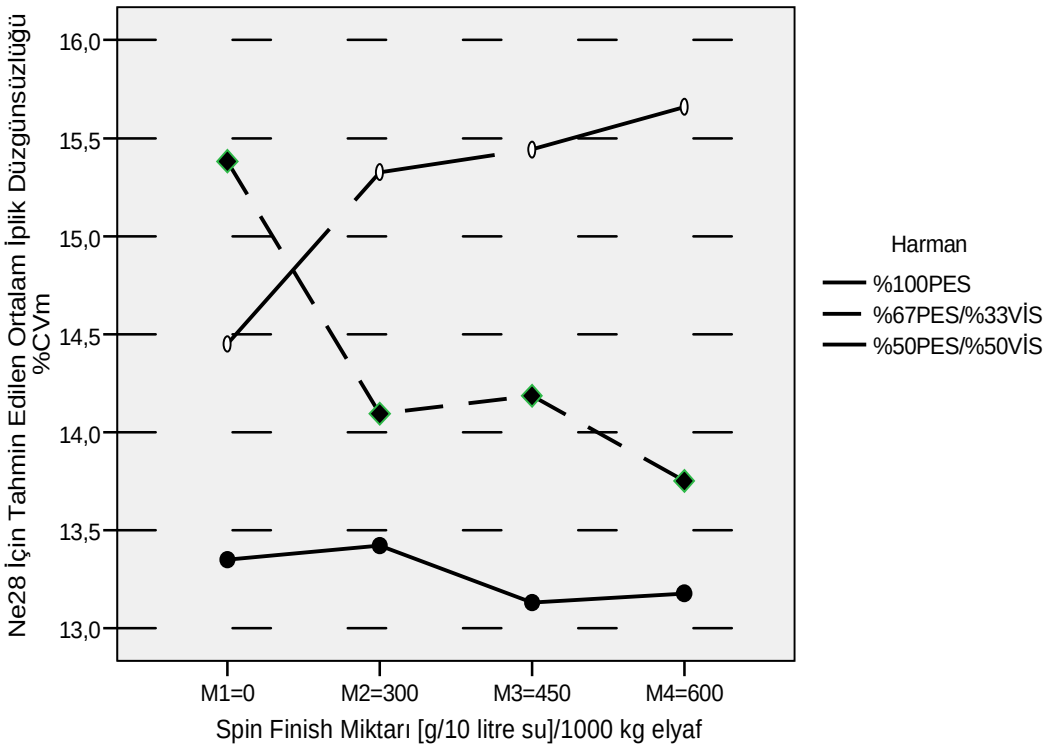
Uygulanan farklı spin finish miktarlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı ise Çizelge 4.28.'de test edilmiştir. Görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde uygulanan spin finish miktarları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Böylece Çizelge 4.27.'deki spin finish miktarı ile ilgili test sonucu desteklemiş olur.

Çizelge 4.28. İplik Düzgünsüzlüğüne Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi

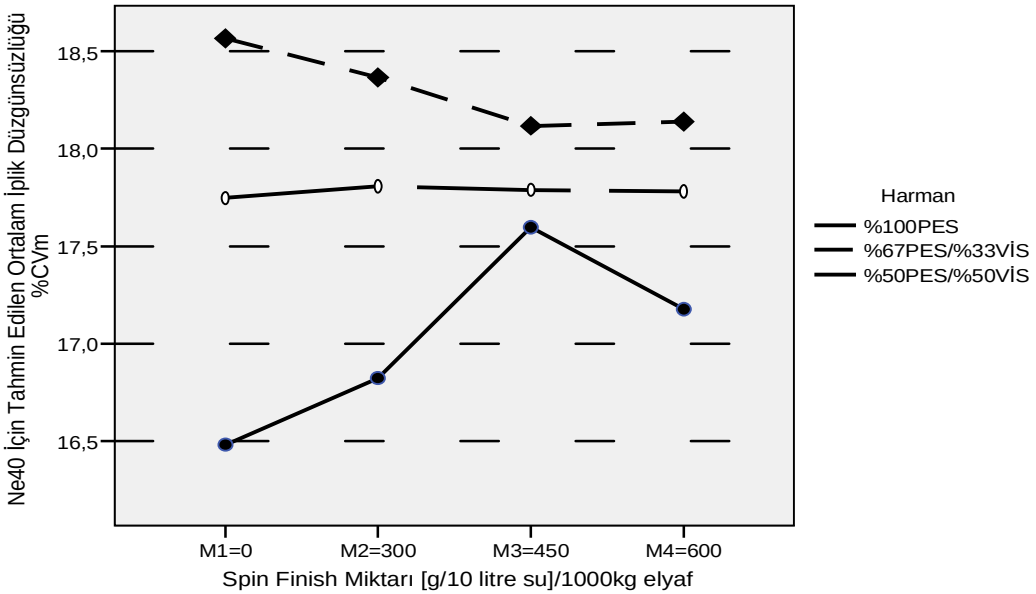
(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	0,023	0,077	0,767
	M_3 (450 g)	-0,048	0,105	0,653
	M_4 (600g)	0,048	0,114	0,675
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	-0,023	0,077	0,767
	M_3 (450 g)	-0,071	0,098	0,476
	M_4 (600 g)	0,025	0,126	0,843
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	0,048	0,105	0,653
	M_2 (300 g)	0,071	0,098	0,476
	M_4 (450g)	0,096	0,131	0,470
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	-0,048	0,114	0,675
	M_2 (300 g)	-0,025	0,126	0,843
	M_3 (450 g)	-0,096	0,131	0,470

İplik düzgünsüzlüğüne ($\%CV_m$) ait tahmin edilen değerler Şekil 4.39. ve Şekil 4.40.'ta verilmiştir. Görüldüğü gibi iplik inceldikçe iplik düzgünsüzlüğü artmıştır ve yine de her iki numarada %100PES'den yapılan iplik düzgünsüzlüğü diğer iki harmandan yapılan iplik düzgünsüzlüğüne göre daha azdır. Burada bireysel lif düzgünlüğünün bu kalite parametresine önemli katkısı vardır. Ne40 iplik kesitindeki lif sayısı Ne28 ipliklere göre daha az olduğundan dolayı ince ipliklere (Ne40) uygulanan fazla yağın, liflere homojen bir şekilde dağıtmamasından dolayı, kütle değişimine etki etmektedir ve bu etki Ne28 ipliklere göre daha fazla hissedilebilir. Sonuç olarak $\%CV_m$ değerleri (özellikle M3=450 g atıldığında) artmıştır. Ne28 ipliklerde ise yağın artmasıyla lif kohezyonu hafifçe artarak daha düzgün iplikler elde edilmiştir. $\%CV_m$ Değerlerinde önemli farklılıklar 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS harmanlarında gözlenmiştir. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada sadece su atıldığında en yüksek

düzgünsüzlük değerlerine sahip iplikler üretilmiştir. Bunun muhtemel sebebi; viskon lifinin absorbe edildiği su, lif bünyesinde değişiklik (şişmeler gibi) yaparak daha düzgünsüz bir ipliğe yol açmıştır. Bu harmanda spin finish miktarının artışı iplik düzgünsüzlüğüne olumlu yönde etki etmiştir. 50%PES/50%VİS harmanından üretilen Ne40 ipliklerde fazla büküm nedeniyle spin finishin etkisi görülmezken Ne28 ipliklerde ise miktarın artmasıyla birlikte iplik düzgünlüğü kötüleşmiştir. Bu da viskon lifinin bünyesindeki değişiklilikten kaynaklanabilir. Ayrıca bu ipliklerde (Ne40) 50%PES/50%VİS harmanından yapılan iplik düzgünsüzlüğü 67%PES/33%VİS ipliğe göre daha az bulunmuştur. Çünkü bulunduğu gibi 67%PES/33%VİS harmanında ağırlıklı olan polyester ve bu lifle fazla yağın atılmasıyla birlikte daha düzgünsüz bir ipliğe neden olmuştur.



Şekil 4.39. Ne28 İplik İçin Ölçülen Ortalama İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$



Şekil 4.40. Ne40 İplik İçin Ölçülen Ortalama İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$

4.4.4. İplikteki İnce Yerler (-50%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplikteki ince yerler için yapılan tekrarlı ölçüm varyans analizinin sonucu Çizelge 4.29.'te verilmiştir.

Çizelge 4.29. İplikteki İnce Yerler (-50%) Faktörlerin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	570960,150	1	570960,150	1963,793	0,000
Numara*Harman	35212,275	2	17606,138	60,556	0,000
Hata(Numara)	7850,075	27	290,744		
Spin finish miktarı (M)	1152,167	3	384,056	0,995	0,399
(M*Harman) etkileşimi	23377,908	6	3896,318	10,097	0,000
Hata(M)	31257,925	81	385,900		
Numara*M	1284,283	3	428,094	1,138	0,339
Numara*M*Harman	20139,892	6	3356,649	8,920	0,000
Hata (Numara*M)	30480,325	81	376,300		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	30966,658	2	15483,329	52,372	0,000
Hata	7982,275	27	295,640		

Çizelgeden, α=0,05 anlamlık seviyesinde spin finish miktarı (Sig.=0,399) ve (iplik numarası× spin finish miktarı) etkileşimi (Sig.=0,339) hariç modeldeki bütün diğer parametrelerin iplikteki ince yerlerine etkisinin istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000). İkili karşılaştırmalar testinde, hem iki iplik numarası hem de harmanlar arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok önemli olduğu bulunmuştur (Sig.=0,000).

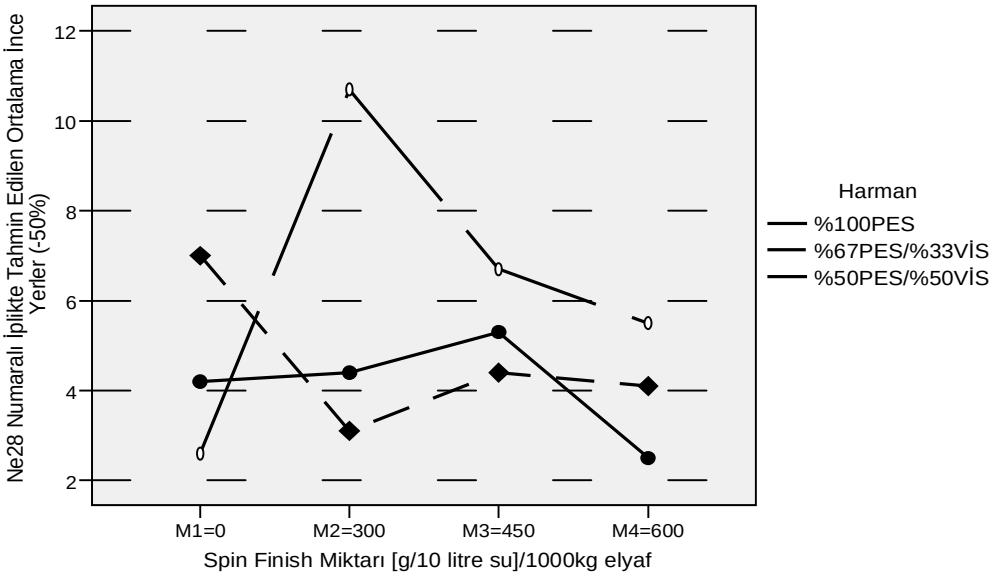
Uygulanan farklı spin finish miktarlar arasındaki farkın iplikteki ince yerler bakımından istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Çizelge 4.30.'da test edilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde uygulanan spin finish miktarları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur.

Çizelge 4.30. İplikteki İnce Yerlere (-50%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi

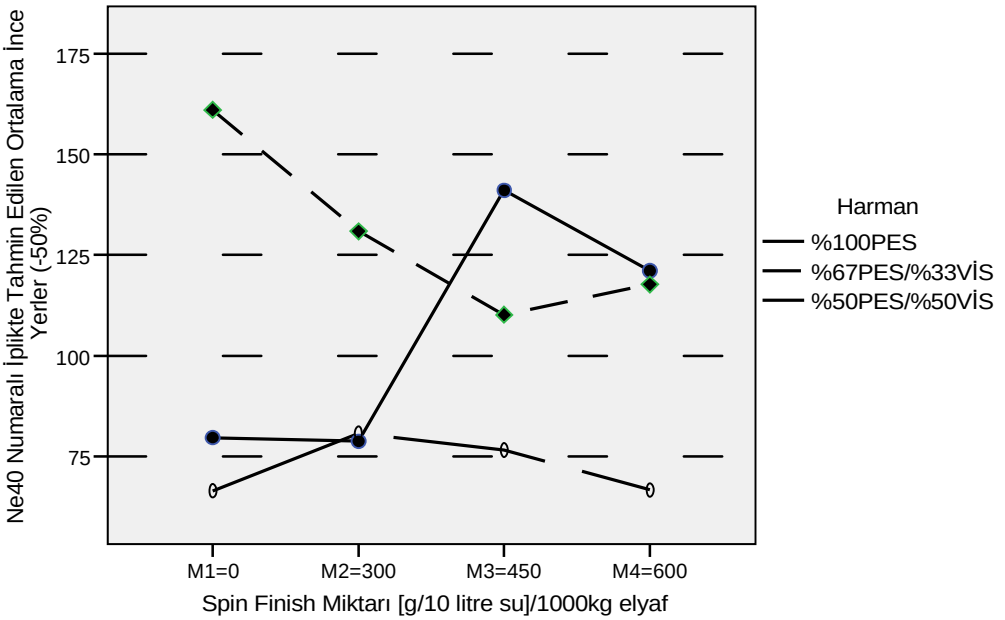
(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	2,050	3,792	0,593
	M_3 (450 g)	-3,883	3,495	0,276
	M_4 (600g)	0,567	4,184	0,893
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	-2,050	3,792	0,593
	M_3 (450 g)	-5,933	3,371	0,090
	M_4 (600 g)	-1,483	2,952	0,619
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	3,883	3,495	0,276
	M_2 (300 g)	5,933	3,371	0,090
	M_4 (450g)	4,450	3,606	0,228
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	-0,567	4,184	0,893
	M_2 (300 g)	1,483	2,952	0,619
	M_3 (450 g)	-4,450	3,606	0,228

İplikteki ince yerlere (-50%) ait tahmin edilen değerler Şekil 4.41. ve Şekil 4.42.'de verilmiştir. Görüldüğü gibi iplik inceldikçe iplikteki ince yerler artmıştır. Ayrıca 100%PES harmanında yağın artmasıyla iplikteki ince yerler artmıştır en yüksek değer 450 g atıldığında elde edilmiştir. Atılan yağın iplikte bulunduğu yer yapıştırıcı maddeye benzeyebilir, lifler üst üste yapışarak bir ince yer hatasına yol açmıştır. Ancak 600 g ile bu kalite parametresinde bir düşüş kayıt edilmiştir. Lifler arasındaki boşlukların yağ damlacıklar tarafından doldurulmasından dolayı iplikte ince yerlerin engellenmesine yardımcı olmuştur. 67%PES/33%VİS harmanından yapılan her iki iplik numarada sadece su atıldığında en yüksek ince yerler değeri elde

edilmiştir. Viskon lifinin absorbe edildiği su lif şişmesine neden olur. Lif bünyesindeki değişiklilik nedeniyle iplik yapısında ince yerler oluşumuna yol açabilir böylece bu kalite parametresi olumsuz yönde etkilenmiştir. Ancak yağ atılmasıyla, özellikle PES elyaf arasında bulunan yağ damlacıkları boşlukları doldurup ince yerlerin engellenmesine yardımcı olmuştur. Bu kalite parametresi bakımından en iyi Ne28 numaralı iplik 300 g atıldığında ve en iyi Ne40 numaralı iplik ise 450 g atıldığında elde edilmiştir. 50%PES/50%VİS harmanında sadece su atılmasıyla en az ince yerlere sahip Ne28 ve Ne40 iplikler üretilmiştir. Elde edilen bu sonuç harmandaki polyester lifinin etkisi yansıtmaktadır. İnce ipliklerde (Ne40) yağın etkisinin fazla görülmezken (Ne28) ipliklerde daha net olduğu görülmüştür. Her iki iplik numarasında 300 g uygulandığında en yüksek ince yerlere sahip iplikler üretilmiştir. Ancak fazla yağ (450 ve 600 g) atılmasıyla ince yerler değerlerinde önemli düşüş gözlenmiştir.



Şekil 4.41. Ne28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama İnce Yerler (-50%)



Şekil 4.42. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama İnce Yerler (-50%)

4.4.5. İplikteki Kalın Yerler (+50%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplikteki kalın yerler (+50%) ile ilgili yapılan tekrarlı ölçüm varyans analizinin sonucu Çizelge 4.31.'de verilmiştir.

Çizelge 4.31. İplikteki Kalın Yerlere (+50%) Faktörlerin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	1803013,350	1	1803013,350	1697,606	0,000
Numara*Harman	283620,925	2	141810,463	133,520	0,000
Hata(Numara)	28676,475	27	1062,092		
Spin finish miktarı (M)	19559,267	3	6519,756	5,273	0,001
(M*Harman) etkileşimi	280722,258	6	46787,043	37,842	0,000
Hata(M)	100145,725	81	1236,367		
Numara*M	4598,983	3	1532,994	1,156	0,175
Numara*M*Harman	19323,542	6	3220,590	2,429	0,085
Hata (Numara*M)	107399,725	81	1325,923		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	2148042,675	2	1074021,338	712,396	0,000
Hata	40705,675	27	1507,618		

Çizelgeden görüldüğü gibi incelenen faktörlerden α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak sadece (numara×spin finish miktarı) etkileşiminin (Sig.=0,175) ve üçlü etkileşiminin (numara×spin finish miktarı×harman) iplikteki kalın yerlere (+50%) etkisinin anlamlı olmadığı bulunmuştur. Üçlü etkileşim için (Sig.=0,085) olarak bulunmuştur. Numara, harman, bu iki faktörün etkileşimi ve (spin finish miktarı×harman) etkileşiminin iplikteki kalın yerlere (+50%) etkisinin çok ileri düzeyde anlamlı olduğu bulunmuştur (Sig.=0,000). Spin finish miktarının (Sig.=0,001) ise iplikteki kalın yerlere (+50%) etkisinin (Sig.=0,001) anlamlı olduğu çıkmıştır.

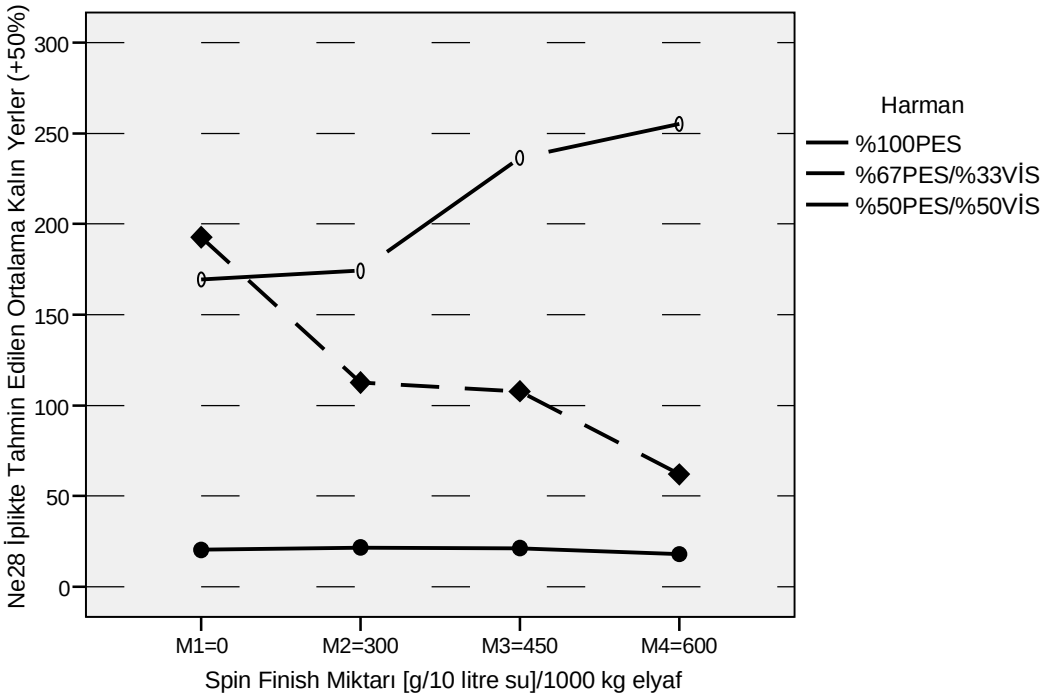
İkili karşılaştırmalar ile ilgili test sonucunda hem iki iplik numarası hem de harmanlar arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok önemli olduğu bulunmuştur (Sig.=0,000).

Uygulanan farklı spin finish miktarlar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı Çizelge 4.32.'de test edilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde uygulanan M1=0g ile M2=300g (Sig.=0,006), M1=0g ile M4=600g (Sig.=0,001) ve M3=450g ile M4=600g (Sig.=0,036) arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Diğer farklılıkların ise anlamsız olduğu saptanmıştır.

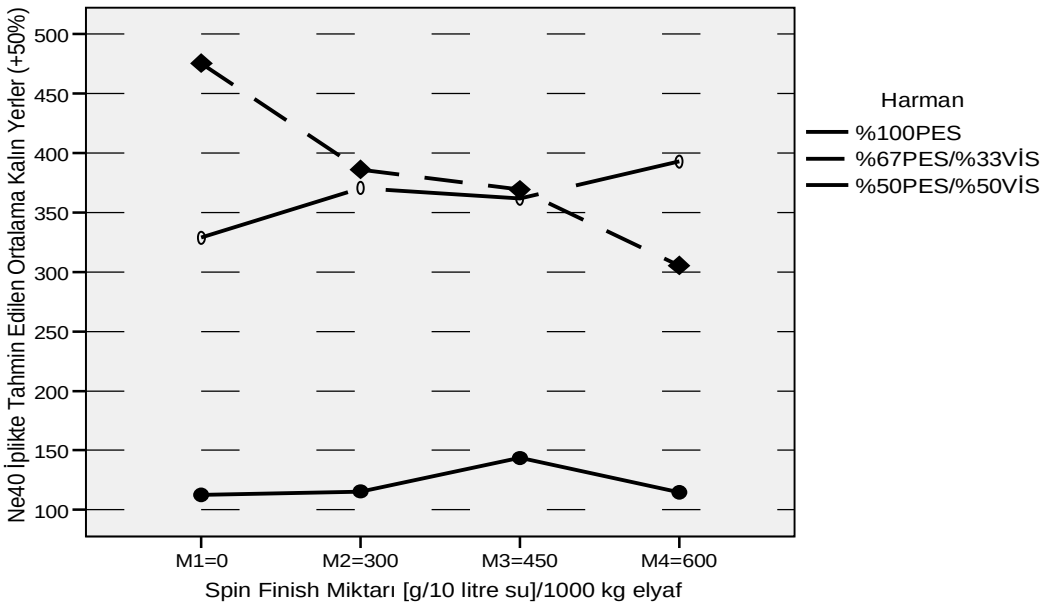
Çizelge 4.32. İplikteki Kalın Yerlere (+50%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi

(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	19,817	6,665	0,006
	M_3 (450 g)	9,883	5,324	0,074
	M_4 (600g)	25,167	6,832	0,001
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	-19,817	6,665	0,006
	M_3 (450 g)	-9,933	5,525	0,083
	M_4 (600 g)	5,350	6,900	0,445
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	-9,883	5,324	0,074
	M_2 (300 g)	9,933	5,525	0,083
	M_4 (450g)	15,283	6,918	0,036
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	-25,167	6,832	0,001
	M_2 (300 g)	-5,350	6,900	0,445
	M_3 (450 g)	-15,283	6,918	0,036

İplikteki kalın yerlere (+50%) ait tahmin edilen değerler Şekil 4.43. ve Şekil 4.44.'te verilmiştir. Görüldüğü gibi iplik inceldikçe iplikteki kalın yerler artmıştır. Ayrıca bu kalite parametresi bakımından PES harmanından her iki numarada yapılan ipliklerin diğer iki harmana göre daha iyi durumda olduğu saptanmıştır. Harman ve spin finish miktarının etkileşimi net bir şekilde görülmüştür. %100PES harmanından yapılan Ne28 ipliklerde spin finishin iplikteki kalın yerlerine (+50%) etkisi hemen hemen yokken Ne40 ipliklerde ise yağın artmasıyla bu kalite parametresinin olumsuz olarak etkilediği görülmüştür. Yağın, lifler arasındaki boşluklarda kalarak lif/lif yapışmasını sağlar ve iplikte kalın yer hatasına yol açmıştır. 67%PES/33%VİS harmanında fazla spin finish ilavesiyle kalın yerler olumlu yönde etkilenmiştir. Atılan yağ, lifin iplik gövdesine daha sık bir şekilde bağlamasına yardımcı olur ve sonuç olarak iplikteki kalın yerler azalmış olur. 50%PES/50%VİS harmanında ise fazla spin finish miktarı (600 g) uygulandığında özellikle Ne28 ipliklerde daha fazla kalın yerlere sahip iplikler elde edilmiştir. Bu sonuç, harmandaki viskon lifinin yağa karşı davranışının sonucunda meydana gelen yapı değişimi ile açıklanabilir.



Şekil 4.43. Ne28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Kalın Yerler (+50%)



Şekil 4.44. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Kalın Yerler (+50%)

4.4.6. İplikteki Neps Sayısı (+200%) İçin İstatistiksel Analiz Sonucu

İplikteki neps sayısı (+200%) ile ilgili yapılan tekrarlı ölçüm varyans analizinin sonucu Çizelge 4.33.'da verilmiştir.

Çizelge 4.33. İplikteki Neps Sayısına (+200%) Faktörlerin Etkileri

Çapraz faktörün (iplik numarası ve spin finish miktarı) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Numara	951678,204	1	951678,204	1463,694	0,000
Numara*Harman	270878,808	2	135439,404	208,308	0,000
Hata(Numara)	17555,113	27	650,189		
Spin finish miktarı (M)	22570,912	3	7523,637	10,596	0,000
(M*Harman) etkileşimi	211231,225	6	35205,204	49,581	0,000
Hata(M)	57514,738	81	710,058		
Numara*M	11256,013	3	3752,004	5,105	0,003
Numara*M*Harman	19886,625	6	3314,437	4,509	0,001
Hata (Numara*M)	59536,738	81	735,021		
İçiçe faktörün (harman) etkisinin testi					
Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F Oranı	Anlamlık (Sig.)
Harman	3693363,408	2	1846681,704	2469,962	0,000
Hata	20186,713	27	747,656		

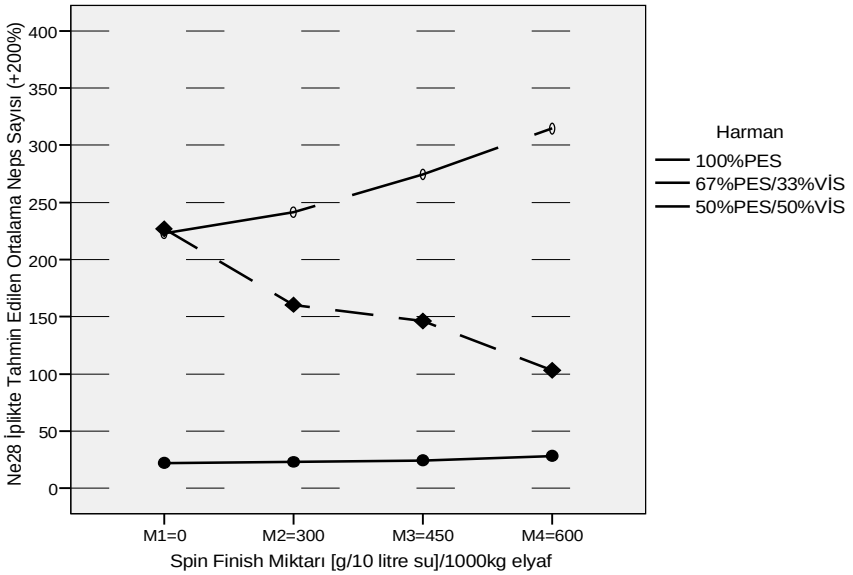
İncelenen faktörlerin, iplik kalite parametrelerinden net bir şekilde en çok neps sayısına etkilediği görülmüştür. α=0,05 anlamlık seviyesinde numara ve spin finish miktarının etkileşimi (Sig.=0,003) ve üçlü etkileşimin (numara×spin finish miktarı×harman), (Sig.=0,001) iplikteki neps sayısına (+200%) etkisinin anlamlı olduğu bulunmuştur. Diğer faktörlerin ise iplikteki neps sayısına (+200%) etkisinin istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000). Bu kalite parametresi bakımından hem iki numara hem de harmanlar arasındaki farkın istatistiksel olarak da çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır (Sig.=0,000).
Atılan spin finish miktarları arasındaki farkın önemliliği Çizelge 4.34.'te test edilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi α=0,05 anlamlık seviyesinde uygulanan M2=300g ile M3=450g (Sig.=0,565), M2=300g ile M4=600g (Sig.=0,231) ve M3=450g ile M4=600g (Sig.=0,390) arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulunmuştur. Diğer farklılıkların ise çok anlamlı olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.34. Neps Sayısına (+200%) Farklı Yağ Miktarlarının Etkilerinin Testi

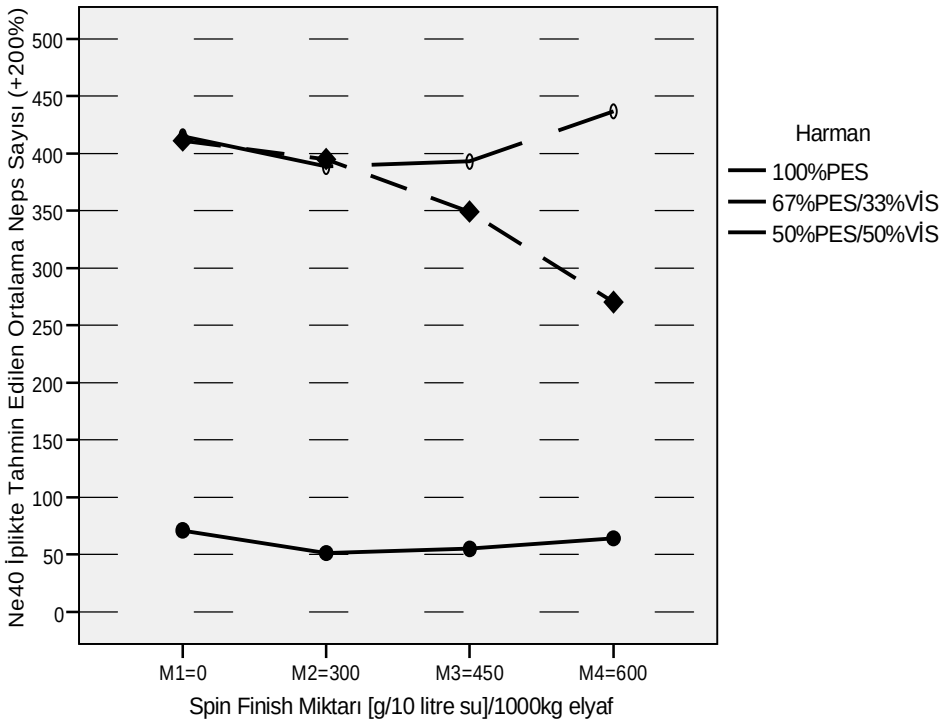
(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	18,300	4,496	0,000
	M_3 (450 g)	21,200	3,973	0,000
	M_4 (600g)	25,383	4,987	0,000
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	-18,300	4,496	0,000
	M_3 (450 g)	2,900	4,978	0,565
	M_4 (600 g)	7,083	5,780	0,231
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	-21,200	3,973	0,000
	M_2 (300 g)	-2,900	4,978	0,565
	M_4 (450g)	4,183	4,791	0,390
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	-25,383	4,987	0,000
	M_2 (300 g)	-7,083	5,780	0,231
	M_3 (450 g)	-4,183	4,791	0,390

İplikteki neps sayısına (+200%) ait Ölçülen değerler Şekil 4.45. ve Şekil 4.46.'da verilmiştir. Görüldüğü gibi Ne40 ipliklerdeki neps sayısı Ne28 ipliklere göre daha fazladır. Her iki numara için 100%PES harmanından yapılan iplikteki neps sayısı bakımından diğer iki harmandan yapılan ipliklere göre daha iyi durumda olduğu bulunmuştur. Spin finish miktarının bu harmana etkisi hemen hemen olmadığı görülmüştür. Yağ miktarının artmasıyla, özellikle 600 g yağ atıldığında,

neps sayısı hafifçe artmıştır. Bilindiği gibi tarak şeridindeki neps sayısı ve iplikte bulunan neps sayısıyla doğrusal bir ilişki vardır (Lawrence, 2003). 100%PES harmanına 600 g yağ uygulanmasıyla tarak şeridindeki neps sayısı en fazla çıkmıştır (Bölüm 4.3.). Bu da fazla yağın atılmasıyla elde edilmiştir. Böylece bu harman için neps sayısındaki artışı, bahsedilen ilişkinin yardımıyla açıklanabilir. 67%PES/33%VİS harmanında her iki numarada spin finish miktarın artması neps sayısına olumlu yönde etkilemiştir. %100PES'dekine benzer şekilde yorum yapılabilir. Bu harmana uygulanan farklı miktarlardan sadece su verildiğinde tarak şeridindeki neps sayısı en fazla çıkmıştır ve yağ miktarı arttıkça neps sayısı azalmıştır. İlave olarak bu harmana sadece su atıldığında deneyde ölçülen yükün hem negatif cinste hem de yüksek değerde olduğu saptanmıştır (Bölüm 4.2.). Dolayısıyla yüksek yük etkisiyle sağlanan fazla lif karışıklılığı iplikte daha fazla neps sayısına yol açmıştır. 50%PES/50%VİS harmanında ise tam ters bir ilişki elde edilmiştir. Burada fazla spin finish miktarının neps sayısına olumsuz etkisi görülmüştür. Yağ artmasıyla neps sayısı artmıştır. Viskon lifi tarafından absorbe edilen yağlayıcı madde lif bünyesinde değişiklik (şişme) yaparak iplikte neps oluşumuna neden olmuştur. Ayrıca bu harmana verilen fazla yağ özellikle 600 g iplikteki elyaf üst üste yapışmasını sağlayıp daha fazla nepslere yol açmıştır.



Şekil 4.45. Ne 28 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Neps Sayısı (+200%)



Şekil 4.46. Ne40 Numaralı İplikte Ölçülen Ortalama Neps Sayısı (+200%)

Tüm iplik kalite parametreleri dikkate alınarak her harman ve her iki iplik numarası için en iyi iplik kalite parametrelerini verecek en iyi spin finish miktarı Çizelge 4.35.'te verilmiştir. Görüldüğü gibi 100%PES harmanından üretilen Ne28 ipliklerde fazla yağın atılması, özellikle 600 g, neps sayısı hariç daha iyi iplik kalite parametreleri elde edilmiştir. Benzer sonuç Alhalabi ve Sabır'ın çalışmasında bulunmuştur (Alhalabi ve Sabır, 2011). Ancak daha ince ipliklerde (Ne40) bu harmana sadece su veya az miktar spin finish (300 g) verildiğinde daha iyi iplik kalite parametreleri elde edilmiştir. 67%PES/33%VİS harmanında ise her iki iplik numara için fazla yağın atılmasıyla (600 g) daha iyi iplik kalite parametrelere yol açmıştır. Bu harmandan üretilen Ne40 ipliklerde, iplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki neps sayısı ön plana çıkıyorsa spin finish miktarının azaltmasında fayda vardır. 50%PES/50%VİS harmanından su uygulanmasıyla üretilen Ne28 ipliklerin kalite parametrelerinin kopma uzaması hariç daha iyi durumda olduğu saptanmıştır. Ne40 ipliklerde ise su uygulanmasında ipliğin bazı kalite parametrelerinin, iplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki ince ve kalın yerler, olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ancak fazla yağ atılmasıyla birlikte iplik mekaniksel özellikleri iyileşmiştir. Bu

harmandan üretilen Ne40 ipliklerde neps ön plana çıkıyorsa az miktar spin finishin (300 g) uygulanmasında fayda vardır.

Çizelge 4.35. En İyi İplik Kalite Parametresi Verecek En İyi Spin Finish Miktarı

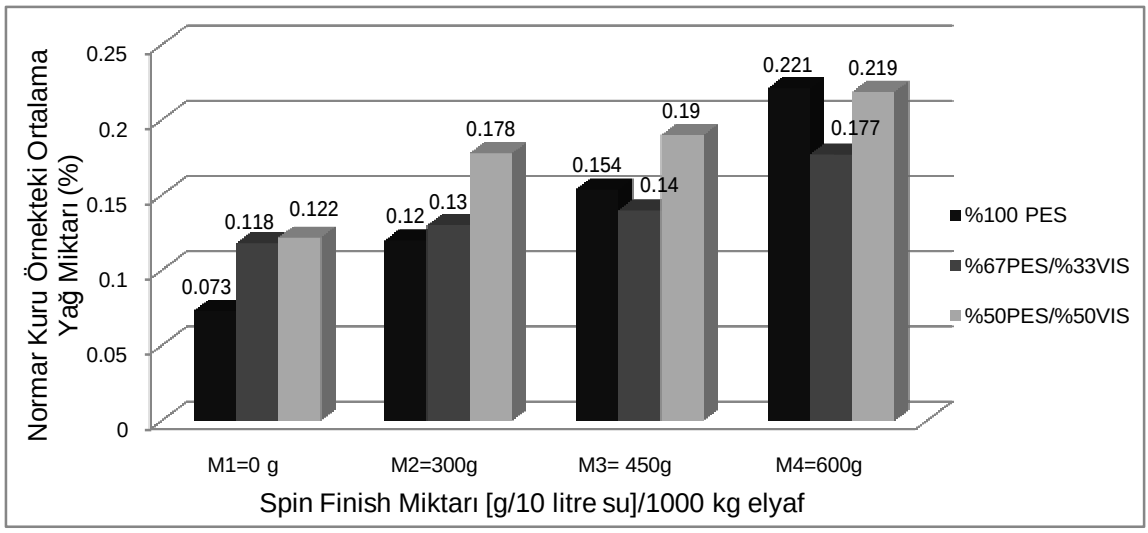
	Ne28 Numaralı İplikler					
	100%PES		**67%PES/33%VİS**		**50%PES/50%VİS**	
İplik Kalite Parametresi	Elde Edilen Optimum Değer	Atılan Optimum Yağ Miktarı	Elde Edilen Optimum Değer	Atılan Optimum Yağ Miktarı	Elde Edilen Optimum Değer	Atılan Optimum Yağ Miktarı
Kopma Uzaması (%)	20,19	M1=0g	16,67	M4=600g	15,48	M4=600g
Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)	22,95	M4=600g	20,48	M4=600g	15,63	M1=0g
İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$	13,13	M4=450g	13,75	M4=600g	14,45	M1=0g
İplikteki İnce Yerler (-50%)	≈ 3	M4=600g	≈ 3	M2=300g	≈ 3	M1=0g
İplikteki Kalın Yerler (+50%)	≈ 18	M4=600g	62	M4=600g	≈ 170	M1=0g
İplikteki Neps Sayısı (+200%)	≈ 22	M1=0g	≈ 103	M4=600g	223	M1=0g
	Ne40 Numaralı İplikler					
	100%PES		**67%PES/33%VİS**		**50%PES/50%VİS**	
İplik Kalite Parametresi	Elde Edilen Optimum Değer	Atılan Optimum Yağ Miktarı	Elde Edilen Optimum Değer	Elde Edilen Optimum Değer	Atılan Optimum Yağ Miktarı	Elde Edilen Optimum Değer
Kopma Uzaması (%)	18,1	M1=0g	14,93	M4=600g	13,31	M4=600g
Kopma Mukavemeti (kgf.Nm)	20,86	M1=0g	17,64	M4=600g	14,72	M3=450g
İplik Düzgünsüzlüğü $\%CV_m$	16,48	M1=0g	18,12	M3=450g	17,75	M1=0g
İplikteki İnce Yerler (-50%)	≈ 79	M2=300g	110,2	M3=450g	≈ 67	M1=0g
İplikteki Kalın Yerler (+50%)	≈ 113	M1=0g	305,4	M4=600g	≈ 329	M1=0g
İplikteki Neps Sayısı (+200%)	≈ 51	M2=300g	270,1	M4=600g	≈ 389	M2=300g

4.5. İplik Üzerinde Bulunan Yağ Miktarının Tayini İle İlgili Sonuçlar

Çalışmada iplik üzerinde bulunan yağ miktarı Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle tayin edilmiştir. Burada iplik numarası dikkate alınmamıştır. Her deney için 4 farklı test yapılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.36.'da verilmiştir. Ayrıca her harman için elde edilen ortalama değer grafiksel olarak Şekil 4.47.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.36. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%)

Harman	Yağ (g)	Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%)				
		Ölçüm 1	Ölçüm 2	Ölçüm 3	Ölçüm 4	Ortalama
%100PES	Yağsız	0,065	0,071	0,075	0,081	0,073
	300	0,120	0,127	0,120	0,111	0,120
	450	0,130	0,162	0,175	0,151	0,154
	600	0,186	0,195	0,292	0,212	0,221
%67PES %33 VİS	Yağsız	0,100	0,117	0,123	0,130	0,118
	300	0,135	0,115	0,129	0,141	0,130
	450	0,140	0,145	0,135	0,139	0,140
	600	0,198	0,179	0,160	0,170	0,177
%50PES /%50 VİS	Yağsız	0,150	0,122	0,105	0,112	0,122
	300	0,175	0,171	0,187	0,180	0,178
	450	0,185	0,191	0,196	0,189	0,190
	600	0,234	0,224	0,200	0,216	0,219



Şekil 4.47. Normal Kuru Örnekteki Ortalama Yağ Miktarı (%)

Şekilde görüldüğü gibi her harmanda atılan yağ miktarının artmasıyla iplikteki kalıntı miktarı artmıştır. 100% PES Harmanına sadece su verildiğinde kalıntı miktarının en az olduğu bulunmuştur. Ancak bu harmana ve %50PES/%50VİS harmanına 600 g yağ verildiğinde kalıntı miktarının en fazla olduğu gözlenmiştir. Şekil 4.47.'de görülen değerlendirmenin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının test edilmesi için ANOVA testi yapılmıştır. İki yönlü varyans analizinin sonucu Çizelge 4.37.'de verilmiştir. Çizelgede, normal kuru örnekteki yağ miktarı (%), yanıt değişken olarak kullanılmıştır.

Çizelge 4.37. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarının Varyans Analizi

Değişkenlik kaynağı	Kareler toplamı (SS)	Serbestlik derecesi (df)	Kareler Ortalaması (MS)	F oranı	Anlamlık (Sig.)
Model	0,088	11	0,008	23,823	0,000*
Sabit terim	1,130	1	1,130	3370,757	0,000*
Harman	0,014	2	0,007	20,375	0,000*
Atılan yağ miktarı (m)	0,064	3	0,021	63,370	0,000*
(Harman*m) etkileşimi	0,010	6	0,002	5,199	0,001*
Hata	0,012	36	0,000	23,823	0,000*
Toplam	1,230	48			

(*): değişkenlik kaynağının modele katkısının α=0,05 anlamlık seviyesinde anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Analiz sonucunda çoklu belirlilik katsayısı, R^2=0,879 olarak bulunmuştur. Böylece modeldeki bağımsız değişkenlerin (kullanılan harman ve atılan yağ miktarı) yanıt değişkendeki değişkenliği açıklama oranı 88%'e eşittir. Bu oldukça iyi bir orandır. Tablodan görüldüğü gibi normal kuru örnekteki yağ miktarı (%) tahmininde; kullanılan harman, harmana atılan yağ miktarı ve bu iki faktörün etkileşiminin α=0,05 anlamlık seviyesinde, istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır. Harman ile ilgili istatistiksel analiz sonucu Çizelge 4.38. verilmiştir.

Çizelge 4.38. Harmanlar İle İlgili (ANOVA) Sonuçları (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%))

(I)Harman	(J)Harman	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık (Sig.)
%100 PES	%67PES/%33VİS	0,001	0,006	0,871
	%50PES/%50VİS	-0,035	0,006	0,000*
%67PES/%33VİS	%100 PES	-0,035	0,006	0,871
	%50PES/%50VİS	-0,036	0,006	0,000*
%50PES/%50VİS	%100 PES	-0,001	0,006	0,000*
	%67PES/%33VİS	0,036	0,006	0,000*

(*):α=0,05 anlamlık seviyesinde iki harman arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı olduğu gösterilmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi %50PES/%50VİS harman ile diğer iki harman; %67PES/%33VİS ve %100PES normal kuru örnekteki yağ(%) bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) bulunmuştur. Ancak %67PES/%33VİS ve %100PES harmanı arasındaki fark anlamlı olmadığını (Sig.=0,871) çıkmıştır. Ayrıca Post Hoc testinde Tukey HSD'e göre (Çizelge 4.39.) kullanılan harmanlar iki farklı grupta kümelenmiştir; birinci grupta %67PES/%33VİS ve %100PES harmanı var iken ikinci grupta ise sadece %50PES/%50VİS bulunmuştur.

Çizelge 4.39. Tukey HSD'e Göre Homojen Alt Kümeler (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı(%))

Kullanılan Harman	N(alınan ölçüm sayısı)	Homojen Alt Kümeler	
		1	2
%67PES/%33VİS	16	0,14100	
%100PES	16	0,14206	
%50PES/%50VİS	16		0,17731
Anlamlık (Sig.)		0,985	1,000

%67PES/%33VİS ile %100PES harman arasında normal kuru örnekteki yağ miktarı (%) bakımından istatistiksel olarak bir fark olmadığı (α=0,985) Tukey HSD testiyle de görülmüştür.

Atılan yağ miktarı faktörü incelendiğinde ise, M_2 ve M_3 arasındaki fark anlamlı çıkarken (Sig.=0,016) normal kuru örnekteki yağ miktarı (%) bakımından

diğer miktarlar arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır. Elde edilen test sonuçları Çizelge 4.40.'ta verilmiştir. Normal kuru örnekteki yağ(%) yanıt değişken olarak alınmıştır.

Çizelge 4.40. Harmanlara atılan Yağ Miktarı İle İlgili LSD'e Göre Test Sonuçları

(I) Atılan Yağ Miktarı	(J)Atılan Yağ Miktarı	Ortalama Fark(I-J)	Standart Hata	Anlamlık(Sig.)
M_1 (yağsız)	M_2 (300 g)	-0,03833	0,007476	0,000*
	M_3 (450 g)	-0,05725	0,007476	0,000*
	M_4 (600g)	-0,10125	0,007476	0,000*
M_2 (300g)	M_1 (yağsız)	0,03833	0,007476	0,000*
	M_3 (450 g)	-0,01892	0,007476	0,016
	M_4 (600 g)	-0,06292	0,007476	0,000*
M_3 (450 g)	M_1 (yağsız)	0,05725	0,007476	0,000*
	M_2 (300 g)	0,01892	0,007476	0,016
	M_4 (450g)	-0,04400	0,007476	0,000*
M_4 (600 g)	M_1 (yağsız)	0,10125	0,007476	0,000*
	M_2 (300 g)	0,06292	0,007476	0,000*
	M_3 (450 g)	0,04400	0,007476	0,000*

(*):α=0,05 anlamlık seviyesinde harmana atılan yağ miktarı arasındaki fark istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu gösterilmiştir.

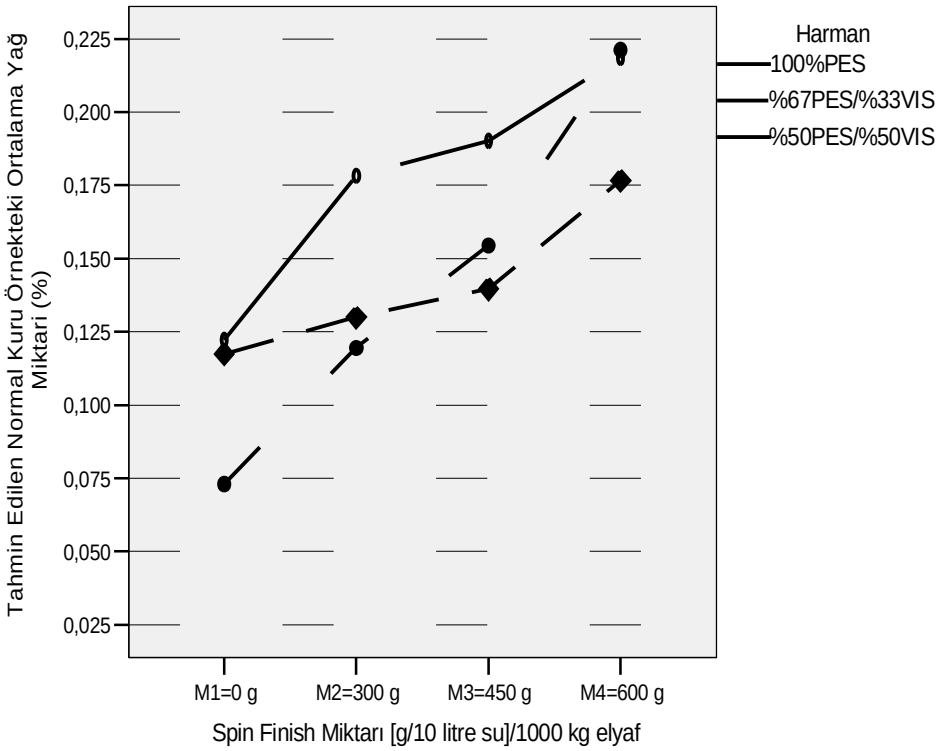
Post Hoc testinde Tukey HSD'e göre harmanlara atılan dört miktar üç farklı grupta kümelenmiştir; birinci grupta M_1 , ikinci grupta M_2 ve M_3 ve üçüncü grupta ise M_4 bulunmuştur.. Bu testin sonucu Çizelge 4.41'de. verilmiştir.

Çizelge 4.41.Tukey HSD'e Göre Homojen Alt Kümeler (Yanıt Değişken: Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%))

Kullanılan Harman	N(alınan ölçüm sayısı)	Homojen Alt Kümeler		
		1	2	3
M_1 (yağsız)	12	0,10425		
M_2 (300g)	12		0,14258	
M_3 (450 g)	12		0,16150	
M_4 (600 g)	12			0,20550
Anlamlık (Sig.)		1,000	0,072	1,000

Bu sonuç göstermektedir ki, M_2 (300g) ile M_3 (450g) normal kuru örnekteki yağ(%) bakımından arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak önemli olmadığı (Sig.=.072) Tukey HSD testiyle görülmüştür. Sonuçlar, grafiksel olarak

aşağıdaki Şekil 4.48.'de de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi kullanılan harmana ve atılan yağ miktarı faktörün etkileşimi açık bir şekilde bulunmuştur. Her üç harmanda sadece su (yağsız) atıldığında ipliğe yapışan yağlı kalıntıların miktarının en az düzeyde olduğu saptanmıştır. Atılan yağ miktarı artarken normal kuru örnekteki yağ miktarı da artmıştır. %50PES/%50VİS harmanının diğer iki harmana göre daha fazla kirlenebileceği sonucu elde edilmiştir.



Şekil 4.48. Normal Kuru Örnekteki Yağ Miktarı (%) için Ölçülen Ortalamalar

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1.Sonuçlar

5.1.1. Tarak Prosesinde Yapılan Kontroller İle İlgili Sonuçlar

Bu çalışmada üç farklı harmana; %100 PES, %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS spin finish materyalden dört farklı miktar uygulanmış ve ring eğirme sistemiyle Ne28 ve Ne40 iplik numuneleri üretilmiştir. Yağ verilmiş harmanlar işlenmeden önce işletme hava koşullarında 24 saat bekletilmiş ve bu süre içinde polyester ve viskon lifi yağa karşı nasıl davrandığı mikroskobik olarak incelenmiştir.

Mikroskobik incelemede polyester lifi üzerinde yağ damlacıkları bulunurken viskon lifinde ise bu yağlar lif tarafından emilmiştir.

İplik üretiminde statik elektriklenme (yük miktarı) problemi tarak prosesinde incelenmiştir ve çalışma için tasarlanan bir sistemle BS7506-2 standardına göre ölçülmüştür.

Deneylerin yapıldığı işletmedeki hava koşullarının; bağıl nem ve sıcaklık ve spin finish miktarının ölçülen yük miktarına etkisi araştırılmıştır. Statik yük miktarı ile spin finish miktarı, sıcaklık ve bağıl nem arasındaki ilişki matematiksel olarak ifade edilmeye çalışılmıştır.

Yük miktarı tahmininde; kullanılan harman, harmana atılan spin finish miktarı ve bu iki faktörün etkileşiminin α=0,05 anlamlık seviyesinde, istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu saptanmıştır.

Harmanlar arasındaki fark yük bakımından anlamlı çıkarken uygulanan spin finish miktarlarından sadece M_2=300 g ile M_4=600g arasında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı görülmüştür.

%100PES harmanında spin finish miktarı bağımsız değişken olarak alındığında yük miktarının tahmininde kübik modelin (R^2=0,945), %67PES/%33VİS harmanında parabolik modelin (R^2=0,825) ve %50PES/%50VİS harmanında bahsedilen bu iki

modelin en iyi olduğu saptanmıştır. Kübik model için (R^2=0,94) ve parabolik model için (R^2=0,862) olarak bulunmuştur.

Sıcaklık bağımsız değişken olarak dikkate alındığında yük tahmini için %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS harmanında her hangi bir model oluşturulamazken 100%PES harmanında (R^2=0,633)'e sahip kübik ve parabolik model oluşturulmuştur. Ayrıca bağıl nem faktörü bağımsız değişken olarak incelendiğinde her üç harmanda yük tahmininde kübik ve parabolik modelin en uygun olduğu bulunmuştur.

100%PES harmanında (R^2=0,83), %67PES/%33VİS harmanında (R^2=0,80) iken %50PES/%50VİS harmanında ise bu değer (R^2=0,95) olarak bulunmuştur. Bunun dışında 100%PES harmanında lineer modelin ve %50PES/%50VİS harmanında ters modelin iyi durumda olduğu elde edilmiştir.

Çalışmada yapılan deneylerde tarak şeridindeki neps sayısı (neps/g) kontrol edilmiştir. 100%PES harmanında fazla yağın (600 g) atılmasıyla neps sayısında ciddi bir artışın olduğu gözlenmiştir. 67%PES/33%VİS harmanında ise su, neps sayısına olumsuz olarak etki ederken fazla spin finish miktarı uygulandığında neps sayısı azalmıştır. Viskon lifi tarafından emilen su lif topaklamlara neden olmuştur. Ayrıca bu deneyde (67%PES/33%VİS, sadece su) elde edilen yüksek yük miktarı daha fazla lif karışıklığını sağlayarak fazla neps oluşumuna yardımcı olmuştur. Ancak yağın fazlasıyla (600 g) lifler daha kaygan hale gelip daha az neps sayısına neden olmuştur. 50%PES/50%VİS harmanında viskon oranı ve yağın artmasıyla birlikte en yüksek neps sayısı elde edilmiştir. Burada da (50%PES/50%VİS, 600 g) deneysinde elde edilen en yüksek yük miktarının neps sayısına olumsuz olarak etkilediği düşünülmektedir.

Her deney için taraktan çıkan telef oranı tayin edilmiştir. Her üç harmanda spin finish materyal verildiği deneydeki telef oranının sadece su verildiği deneydeki telef oranına göre daha az olduğu saptanmıştır. 100%PES ve 50%PES/50%VİS harmanına (300 g) spin finish uygulandığında telef oranı en az iken 67%PES/33%VİS harmanında ise (450 g) telef oranı bakımından optimum miktar olarak bulunmuştur.

5.1.2. İpliğe Yapılan Testler İle İlgili Sonuçlar

Yapılan istatistiksel değerlendirmenin sonucunda harman tipi ve iplik numarası iplik kalite parametrelerine etkisi α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır. İplik inceldikçe iplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki hataların (ince yerler, kalın yerler ve neps) artmış olduğu tespit edilmiştir. İkili karşılaştırmalar testinde bütün iplik kalite parametrelerinde iki iplik numarası arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır.

Harmanlar arasındaki fark da bütün iplik katle parametreleri bakımından (iplik düzgünsüzlüğü hariç) çok anlamlı çıkmıştır (Sig.=0,000). İplik düzgünsüzlüğü dikkate alındığında 100%PES ile diğer iki harman arasındaki fark çok anlamlı çıkarken 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır (Sig.=0,081). Ayrıca %100PES harmanından üretilen her iki numarada iplik kalite parametrelerinin (iplikteki ince yerler hariç) diğer iki harmandan üretilen iplik kalite parametrelerine göre daha iyi durumda olduğu saptanmıştır.

Spin finish miktarı incelendiğinde bu faktörün iplik kopma uzamasına, iplik düzgünsüzlüğüne ve iplikteki ince yerlere etkisi yokken iplik kopma mukavemetine (Sig.=0,003) ve iplikteki kalın yerlere (Sig.=0,001) etkisinin α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Spin finish miktarının iplikteki neps sayısına etkisi α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır.

İncelenen etkileşimlerden (spin finish miktarı×harman) etkileşiminin iplik kopma uzamasına etkisi anlamlıyken (Sig.=0,007) diğer bütün iplik kalite parametrelerine etkisi α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak çok ileri düzeyde anlamlı olduğu (Sig.=0,000) saptanmıştır. Diğer etkileşimlerin; (iplik numarası×harman), (iplik numarası×spin finish miktarı) ve (iplik numarası×spin finish miktarı×harman) de neps sayısına etkisi anlamlı olduğu bulunmuştur.

İplik düzgünsüzlüğü ve iplikteki ince yerler bakımından uygulanan spin finish miktarları arasındaki farkın α=0,05 anlamlık seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Ancak diğer kalite parametreleri bakımından uygulanan miktarlar arasındaki bazı anlamlı farklar saptanmıştır.

Tüm iplik kalite parametreleri dikkate alınarak bütün harmanlar için bir değerlendirme yapılmıştır:

- 100%PES harmanından üretilen Ne28 ipliklerde fazla yağın atılması, özellikle 600 g, neps sayısı hariç daha iyi iplik kalite parametreleri elde edildiği görülmüştür. Ancak daha ince ipliklerde (Ne40) bu harmana sadece su veya az miktar spin finish (300 g) verildiğinde daha iyi iplik kalite parametreleri elde edilmiştir.

- 67%PES/33%VİS harmanında ise her iki iplik numara için fazla yağın atılmasıyla (özellikle 600 g) daha iyi iplik kalite parametrelere neden olmuştur. Bu harmandan daha düzgün bir iplik ve daha az ince yerlere sahip bir iplik üretmek istenirse 450 g spin finish uygulamakta fayda vardır.

- 50%PES/50%VİS harmanına su uygulanmasıyla özellikle Ne28 ipliklerde daha iyi iplik kalite parametreleri (kopma uzaması hariç) elde edilmiştir. Bu harmandan üretilen Ne40 ipliklerde mekaniksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla fazla yağ atılması istenmektedir (450-600 g). Daha az neps sayısına sahip bir iplik üretmek için spin finishten uygulanan (300 g) en uygun bulunmuştur.

Kimyasal lif üretiminde uygulanan spin finish'ler, sentetik lif eğirmede elyafa verilen harman yağı ve iplik üretimi esnasında makine parçalarından liflere aktarılan yağlı kir parçacıkları üretilen ipliğe yapışıp iplik kalitesi bozukluluğuna neden olabilir.

Çalışmada, iplik numarası dikkate alınmadan, %100 PES, %67PES/%33VİS ve %50PES/%50VİS harmanından üretilen iplik üzerinde bulunan yağ kalıntı miktarının Sokshlet ekstraksiyon yöntemiyle tespit edilmiştir. Analiz sonucunda, harmanın, harmana atılan yağ miktarının ve bu iki faktörün etkileşiminin ipliğe yapışan yağ miktarına etkisinin çok önemli olduğu saptanmıştır. İstatistiksel olarak %100 PES ve %67PES/%33VİS harman normal kuru örnekteki yağ (%) bakımından

arasındaki fark α=0,05 anlamlık seviyesinde anlamlı olmadığı bulunmuştur. Harmana atılan yağ miktarından M_2 (300g) ile M_3 (450g) normal kuru örnekteki yağ (%) bakımından arasındaki farkın da istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur. Uygulanan yağ miktarının artmasıyla normal kuru örnekteki yağ miktarının (%) artmış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca harmanda viskon oranı arttıkça iplikte yağ kalıntı miktarı artmıştır. Böylece %50PES/%50VİS harman diğer iki harmana göre daha fazla kirlenebileceği sonucu elde edilmiştir.

5.2. Öneriler

Çalışmadaki deneyler yapmak için uzun arayışların ardından ayarlanan iplik işletmesindeki (METEM) hava koşulları Standart hava koşullarından farklıdır ve iplik üretim hattındaki ilk aşama (harman hallaç) dairesinin yerine tarağa özel bir besleme ünite tasarlanmıştır. Bu çalışma Standart hava koşullarına; 20±2°C ve %65±2 bağıl nem ve orijinal harman hallaç dairesine sahip bir işletmede yapılabilir ve elde edilen sonuçlar bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla mukayese edilebilir.

İplik işletmedeki enerji maliyeti dikkate alınarak polyester ve viskon elyaftan (pazarda en çok kullanılan) üç harman; %100 PES, 67%PES/33%VİS ve 50%PES/50%VİS kullanmak ve tek yağ çeşidinden dört farklı miktar uygulanmak uygun görülmüştür. Bu üç harman dışında polyester ve viskon elyaftan farklı oranlarla veya farklı elyaf tipi ile; polipropilen, poliamid ve akrilik gibi bu çalışma tekrarlanabilir.

Farklı yağ çeşidi kullanılarak yağ çeşidinin statik elektriklenmeye ve iplik kalite parametrelerine etkisi incelenebilir.

Çalışmada 100%PES harmanından yapılan Ne40 ve 50%PES/50%VİS harmanından yapılan iki iplik numarasında su kullanımının hemen hemen daha iyi iplik kalite parametrelerini verdiği görülmüştür. Ancak bu iki harmana sadece su atıldığında taraktaki telef oranı artmıştır. Böylece hem telef oranı azaltılan hem de iplik kalite parametrelerini iyileştiren 0-300 g arasında bir spin finish miktarı uygulanarak yeni bir çalışma yapılabilir.

Benzer şekilde fazla yağın atılmasıyla (600 g) özellikle 67%PES/33%VİS harmanında ve Ne28 PES ipliklerde çoğu iplik kalite parametrelerinin daha iyi durumda olduğu görülmüştür. Ancak fazla yağ atılması iplik üzerinde bulunan yağ kalıntı miktarının artmasına neden olmuştur. Bu bakımdan 450-600 g arasında, örneğin 500 g, bir miktar uygulanarak bu çalışma tekrarlanabilir ve sonuç olarak iyi iplik kalite parametreleri yanı sıra ipliğe daha az yağlı kalıntılar elde edilecektir.

Harmanlar hazırlama şekli ve spin finish verdikten sonraki elyaf bekletme süresi değiştirerek yeni bir çalışma yapılabilir.

Çalışmada statik elektriklenme tarakta ölçülmüştür. İplik üretiminde farklı aşamalarda veya tekstilin başka bölümünde dokuma gibi ölçülerek yeni bir çalışma yapılabilir.

Statik elektriklenmenin yerine tekstil mamulün yüzeysel direnci ve iletkenliği gibi başka elektriksel özellikler incelenebilir.

Çalışmada ring eğirme sistemiyle iki farklı iplik numarası üretilmiştir. İncelik bakımından seçilen numaralar arasında önemli fark tercih edilmiştir. Aynı eğirme sistemiyle farklı numaralarla veya farklı eğirme sistemiyle bu çalışma yapılabilir ve elde edilen sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarıyla mukayese edilebilir.

Çalışmada üretilen iplik numunelerinden bir kumaş tipi dokunabilir ve harmana atılan spin finish miktarının üretilen kumaş kalitesine nasıl etki edeceği yeni bir çalışmayla incelenebilir.

İplik üzerinde bulunan yağlı kalıntılar (normal kuru örnekteki yağ miktarı %) Soxhlet yöntemiyle tayin edilmiştir. Saptanan bu miktar ilerdeki aşamalarda özellikle boyamada iplik renk özelliklerine nasıl etki edeceği incelenebilir.

Çalışmada siyah elyaf kullanılmıştır. Bu nedenle ipliğin tüylülük testi yapılamamıştır. Farklı renk (örneğin beyaz) elyaf kullanılarak bu çalışma tekrarlanabilir.

Çalışmada oluşturulan modeller oldukça iyi R^2 değerlere sahiplerdir. Fonksiyonel ilişkiler elde edildiği için optimizasyon çalışması yapılabilir.

Yük miktarı bu çalışmada her deney için beş defa tekrarlanmıştır. Başka bir çalışmada ölçüm sayısını arttırarak daha da güvenli sonuçlar elde edilebilir ve elde edilecek sonuçlar bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla mukayese edilebilir.

KAYNAKLAR

ACAR, M., BİLGİN, S., VERSTEEG, H. K., DANİ, N. and OXENHAM, W., 2006. The Mechanism of the Air-Jet Texturing: The Role of Wetting, Spin Finish and Friction in Forming and Fixing Loops. Textile Research Journal Vol 76(2): 116–125.

ADANUR, S., 1995, Willington Sears Handbook Of İndustrial Textiles, TECHNOMIC Publishing Co. INC, USA.

ALHALABİ K. ve SABIR E. C., 2011, Anti Statik Yağın İplik Kalite Parametrelerine Etkisi, Ç.Ü. Müh. Fak. Dergisi, C.26, S. 2, ss 19-31.

ASANOVİC, K. A., MİHAJLİDİ, T. A., MİLOSAVLJEVİC, S. V., CEROVİC, D. D., and DOJCİLOVİC, J. R., 2007. Investigation of The Electrical Behavior of Some Textile Materials. Journal of Electrostatics, Vol.65(3): 162-167.

AZOULAY, J. 1988. Anisotropy in Electric Properties of Fabrics Containing Newconductive Fibers. Electrical Insulation, IEEE, Vol. 23(3):383-386.

BAJAJ, P., GUPTA, A. P. and OJHA, NISHMA, 2000. Antistatic and Hydrophilic Synthetic Fibers: A Critique',Polymer Reviews,40:2,105-138.

BEAMER, B., 1996, Basic Of Static Electricity: Sources, Damage, Prevention, SCC Technical Bulletin. USA.

BERBERİ , P. G., 1998. A New Method for Evaluating Electrical Resistivity of Textile Assemblies. Textile Research Journal, Vol. 68(6): 407-412

BLAKEMORE, J.E., 1974. Static Electricity in Carpets. Textile Research Journal, Vol. 44(6): 459-463.

BHAT, N. V., and BENJAMİN, Y. N., 1999. Surface Resistivity Behavior Of Plasma Treated And Plasma Grafted Cotton And Polyester Fabrics, Textile Research Journal, Vol. 69(1):38-42.

BS 7506: Part 2: 1996 Methods for Measurements in electrostatics Part 2. Test Methods.

DURAPP, F., 2004. Sentetik İplik Üretiminde Lubrikasyon ve Spin Finish'lerin Önemi, Kimya Teknolojileri, Sayı 38.

ERCAN, E., 2005, Method for Measurıng Static Potential on Moving Fabrics, Msc, North Carolina State University, 90p

EROL, H., 2008, Bilgisayar Destekli İstatistiksel Yöntemler I Ve II, Ders Notları, Çukurova Üniversitesi.

FINK, D. G. And BEATY H. W., 1978, Standard Handbook For Electrical Engineers, 11th Edition, Mcgraw-HILL Inc, USA. pp 29-65.

FISHERBANE, P. M., GASIOROWICZ, S. ve THORNTON, S. T., 2003, Temel Fizik Cilt 2, Arkadaş Yayınevi, pp 1280.

FOK, W. Y., HILD, D. N., PETRIC, L. M. and OBENDORF, S. K., 2006, Autoxidation of Spin Finishes, Textile Research Journal, Vol 76(8): 614–618.

HAM, J. M. ve SLEMON, G. R., 1961, Scientific Basis of Electrical Engineering, John Wiley and Sons INC, USA, pp 816.

HAO, H. W., TING, K. K., HORNG, L. G., TING, S. Y., 2007. Investigation of Nonwoven Carding Process with the Application of Static Electricity to Various Fibres and Process Parameters. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, Vol. 15 (1): 76-81.

HEYWOOD, D., 2003, Textile Finishing, Society of Dyers and Colourists, UK, 528s.

HILD, D. N., OBENDORF, S. K. and FOK, W. Y., 2004, Mapping of Spin Finish Oils on Nylon 66 Fibers, Textile Research Journal, Vol 74(3): 187–192.

İNAN, A., 2007, MATLAB Kılavuzu: Grafik, Programlama, Matematik ve Mühendislik Uygulamaları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 704s.

İNANCI, Y., 1998, Tekstilde Kimyasal Testler, Marmara Üniversitesi Yayın No. 637, İstanbul, s159.

ISO 16549: 2004, Textiles - Unevenness of Textiles Strands – Capacitance Method.

ISO 2063: 1996, Textiles- Yarns From Backages – Determination Of Single End Breaking Force and Elongation at Break Using Constant Rate of Extension (CRE) Tester

JONASSEN, N., 2002. Electrostatics, seconed edittion, Kluwer Academic Publishers, USA.

KALAOĞLU, F., KARAFİL, H. C., ÜNLÜ, B., SOYBİLGE, P. ve DEMİR, E., 2007. Elektriksel İletken Malzemeler, İstanbul Teknik Tekstiller ve Nonwoven Fuarı, 65-70.

KAN, C. W. and YUEN, C. W. M., 2008. Static Properties and Moisture Content Properties of Polyester Fabrics Modified By Plasma Treatment and Chemical Finishing. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions With Materials and Atoms, Vol. 266(1).

LAWRENCE, C. A., 2003, Faundamental of Spun Yarn Technology, CRC PRESS, USA, s524.

LIN, J. H. and LOU, C. W., 2003, Electrical Properties of Laminates Made from a New Fabric with PP/Stainless Steel Commingled Yarns, Textile Research Journal, Vol 73(4): 322–326.

LOASBY, G., QUINTELIER, G., WARZE E, M., And SIONCKE, R., 1957. The Relation Between Coefficient Of Friction, Conductivity And Static Electrification İnduced By Friksion İn Cellulose Acetate Yarns. Journal Of The Textile Institute Proceedings, Vol. 48(1):26-39.

MA, B, ZHENG, C. and R. SUN, R.,2003. Physical Properties of Surface Oxidized Wool. Textile Research Journal, Vol. 73 (12): 1100-1102.

MATSUI, M., NAITO, H., OKAMOTO, K., and KASHIWAMURA, T., 1987. Development of a New Evaluation System of Frictional Static Charge. The Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol. 40,(4): 181-188.

MEDLEY, J. A., 1953, British Journal of Applied Physics, Supplement No. 2, pp23.

MORTON, W. H.and HEARLE, J. W. S., 1993, Physical Properties Of Textile Fibers, The Textile Institute, UK.

NATRELLA, M. G., 2005, Experimental Statistics, Dover Publication İnc. USA, s

ONAI, K., 1989. Flexible Electrically Conductive Sheet, United States Patents, Patent Nnmber: 4889963

ONOGI, Y., SUGIURA N., AND NAKAOKA, Y., 1996. Dissipation of Triboelectric Charge Into Air From Textile Surfaces. Textile Research Journal, Vol.66(5):337-342.

ÖKTEM, T., ÖZDOĞAN, E., NAMLİGÖZ, S. E., ÖZTARHAN, A., TEK, Z., Tarakçioglu, I., and Karaaslan, A., 2006. Investigating the Applicability of Metal Ion Implantation Technique (MEVVA) to Textile Surfaces, Textile Research Journal, Vol 76(1): 32–40.

POSTMAN, W., 1980. Spin Finishes Explained. Textile Research Journal, Vol. 50(7): 444-453

PRICE, J. B., CUI, X., CALAMARI, T. A. ve MEREDITH, W. R., 2002. Cotton Wax and its Relationship With Fiber and Yarn Properties. Textile Research Journal, Vol.72(7), Pp 631-637.

RAMER, E. M. AND RICHARDS H.R., 1968. Correlation of the Electrical Resistivities of Fabrics With Their Ability to Develop and to Hold Electrostatic Charges. Textile Research Journal, Vol. 38(1): 28-35.

REDSTON, J. P., BERKHOLZ, W. F., AND SCHLATTER, C., 1973. Chemicals Used as Spin-Finishes for Man-Made Fibers. Textile Research Journal, Vol. 43(6): 325-335.

RHODES, P. L., C.O. GRAHAM, C. O., AND HARPER, R. J.,1975. Some Effects of Chemical Treatments on Cotton Sliver and Roving Properties, Textile Research Journal, Vol. 45(10): 717-721.

ROBINS, M. M., RENNELL, R. W., and ArMELL, R. D., 1988. The Friction of Polyester Staple Fibres: The Effects of Speed, Processing, Spin Finish, Humidity, and Counterface-Surface Roughness. Journal of The Textile Institute, Vol. 79(1):126-139.

ROUETTE, H.K., 2001. Enceyclopedia of Textile Finishing, Volume 1, Springer-Verlag Berlin Heidberg, Germany.

SAMSON, A., 1970. an Improved Method For Rapid Determination of Residual Grease on Scoured Wool. Textile Research Journal, Vol.40(8), Pp 712-719.

SANVER, E., DEMİR, G., YILMAZ, M. ve AYVAZ, A., 2005. Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Sentetik Elyaf ve İplik Çalışma Grubu Raporu, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara

SERWAY, R. A., 1996, Physics For Scientists and Engineers With Modern Physics, Third Edition, Palme Yayıncılık, Ankara. pp 1099.

SERWAY R. A. ve BEICHNER R. J., 2002, Fen ve Mühendislik İçin Fizik, Beşinci Baskı Çeviri, Cilt 2, Palme Yayıncılık, Ankara, pp 1243.

SEYAM, A. F. M., CAI, Y., and OXENHAM, W., 2008. Devices For Measuring Electrostatic Generation and Dissipation on The Surfaces of Polymeric Materials. Journal of The Textile Institute, Vol.1: 1-12

SLADE, P. E., 1998, Handbook of Fiber Finish Technology,Marcel Dekker, INC., New York, 522s.

STEİGER, F. H., 1958. Evaluating Antistatic Finishes. Textile Research Journal, Vol. 28(9) :721-733.

STOCK, J. and GMBH, C., 2004. Surfactant in Producing and Processing of Fibers, CD Proceedings 6th World Surfactant Congress, SECIO, Berlin, Germany, June 21-23.

TAŞCAN, M., ve DEMİR, A., 1999. Polipropilen BCF (Bulked Continuous Filament) Halı İpliği Üretim Teknolojisi ve Özellikleri, Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 226-236.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2005. Elektrik-Elektronik Teknolojisi Elektriğin Temel Esasları, Ankara.

TEGAWA, V., 1987, Nomenclature of Textile Auxiliaries, Leather and Fur Auxiliaries and Surfactants, pp. 26 – 27.

VARNAITE, S., VITKAUSKAS, A., ABRAITIENE, A., RUBEŽIENE, V. AND VITALIJA VALIENE, V., 2008. the Features of Electric Charge Decay in the Polyester Fabric Containing Metal Fibres. Material Science, Vol.14(2):157-161.

VARNAITE, S. AND KATUNSKIS, J., 2009, Influence of Washing on the Electric Charge Decay of Fabrics with Conductive Yarns. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe, Vol. 17 (5): 69-75.

www.anadolu.edu.tr/aos/kitap/IOLTP/2279/unite06.pdf

(http://www.antron.com.tr/antistatik_ozellikler.htm)

http://www.jci.co.uk

http://www.staticequipment.net/

YAKARTEPE, Z., ve YAKARTEPE, M., 2004 a, Genel Tekstil Terbiyesi, Cilt 19, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, İstanbul, S. 2613.

_____, 2004 b, Genel Tekstil, Cilt 3, Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, İstanbul, S. 874

YOUNG, H. ve FREEDMAN, R. A., 2004, University Physics, 11th Edition, Pearson Education INC, San Francisco, pp 1714

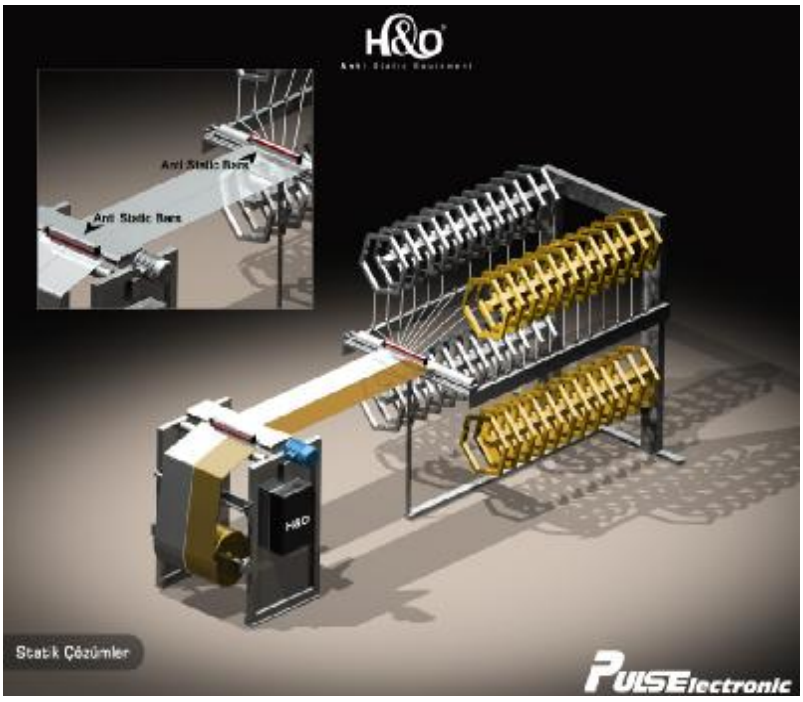
ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Suriye'nin başkenti Şam'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Jaramana ilçesinde tamamladı. 1994 yılında Şam üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1998-1999 eğitim yılında Elektrik ve Makine Mühendisliği Fakültesinde Otomotiv Mühendisliği Bölümünde Tezli bir eğitim program (Diplom) aldı. Doktora yapmak için Suriye'den burslu olarak Türkiye'ye geldi. Şubat 2005 yılında Yüksek Lisansa Çukurova Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümünde başladı. Mart 2007 yılında mezun oldu. Eylül 2007 yılında doktora öğrenimine başladı ve hala devam etmekte. Evli ve iki kız Çocuk babasıdır.

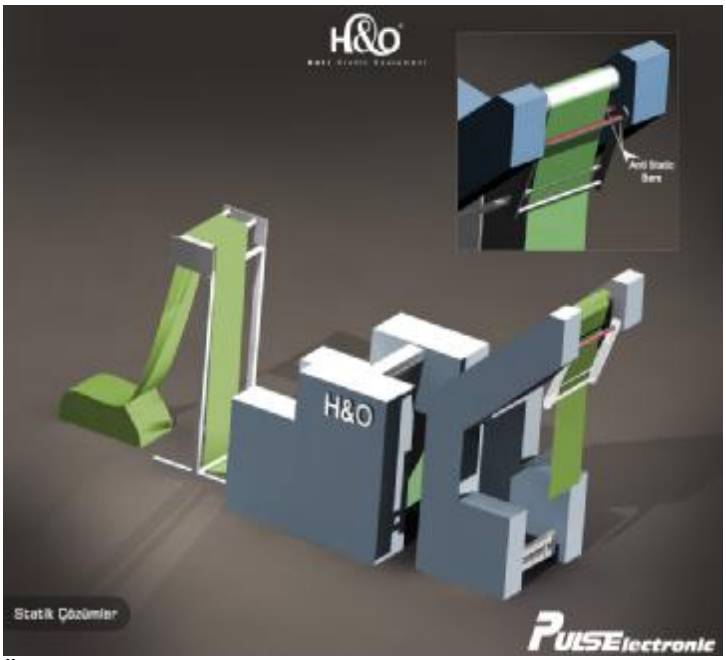
EKLER

EK.1 Tekstil İşlemlerinde İyonlayıcı Çubukların Kullanılması

(http://www.staticequipment.net/)



Çözgü Hazırlamasında Anti Statik Çubukların Kullanılması



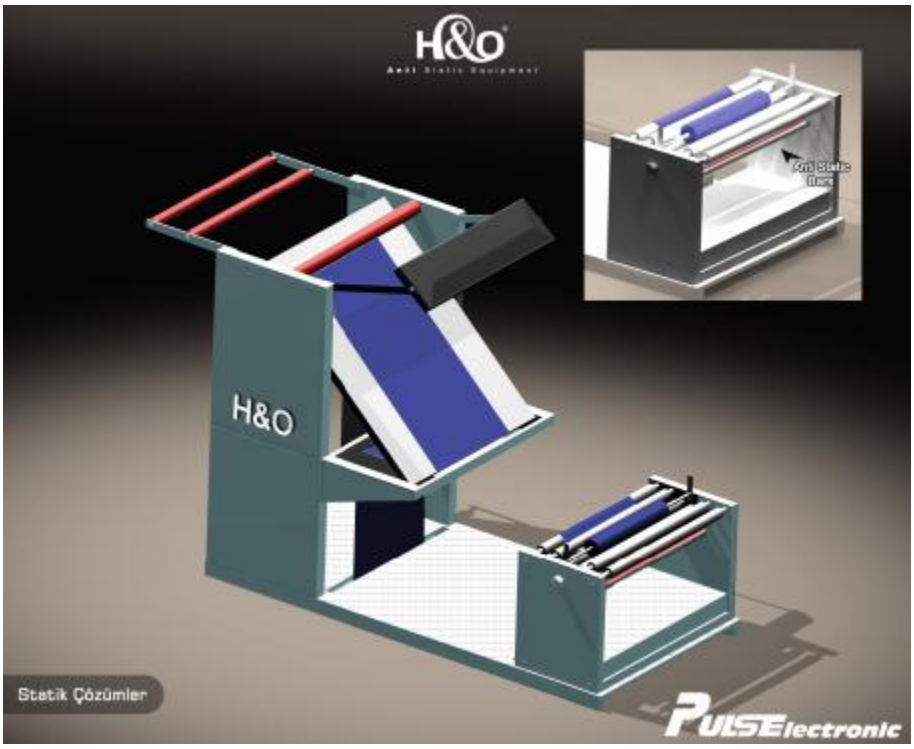
Ütüleme Sanfor Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Şardon Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Ram Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Kumaş Kalite Kontrol Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Sarılmış Kumaş Açma Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Dar Tekstil Boyama Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması



Çözgü Makinesinde Anti Statik Çubukların Kullanılması

EK.2 Ölçülen Statik Değerleri ve Kayıt Edilen Ortam Hava Koşulları

Deney 1 (%100PES, Yağsız) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	7,8132	27,2	51	46,33	168,6
2	1,5226	27,3	50	55,01	27,7
3	4,4115	27,5	49	65,54	67,3
4	13,4224	27,0	45	57,25	234,5
5	19,4224	27,4	43	55,38	350,7
Ortalama	9,31842	27,28	47,6		169,8

Deney 2 (%100PES, 300 g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	104,7057	25,2	30	45,35	2308,8
2	125,4578	25,4	27	50,24	2497,2
3	72,5885	25,5	21	49,33	1471,5
4	133,1745	26,5	20	54,42	2447,2
5	130,0732	27,0	20	55,99	2323,2
Ortalama	113,1999	25,92	23,6		2209,5

EK.2 Devam

Deney 3 (%100PES, 450 g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	4,2320	33,5	51	72,22	58,6
2	2,1465	32,2	48	52,85	40,6
3	0,1588	32,0	44	49,89	3,2
4	1,2625	33,4	41	57,93	21,8
5	0,7693	33,5	41	68,51	11,2
Ortalama	1,7138	32,92	45		27,1

Deney 4 (%100PES, 600 g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	11,2247	34,0	49	61,33	183,0
2	11,5714	35,0	47	64,12	180,5
3	11,0342	35,0	48	59,08	186,8
4	6,0452	34,8	51	58,64	103,1
5	0,7216	34,8	51	39,98	18,1
Ortalama	8,1194	34,72	49,2		134,3

EK.2 Devam

Deney 5 (%67PES/%33VİS, Yağsız) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	-6,3106	36,0	20	34,99	-180,4
2	-57,6581	32,3	21	42,33	-1362,1
3	-97,5727	34,0	21	65,66	-1486,
4	-77,9830	34,4	20	39,58	-1970,3
5	-82,3443	36,0	20	48,81	-1687
Ortalama	-64,3737	34,54	20,4		-1337,2

Deney 6 (%67PES/%33VİS, 300g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	20,6068	33,1	47	60,59	340,1
2	17,1318	33,0	43	49,83	343,8
3	34,0549	33,6	40	52,53	648,3
4	14,3895	33,6	40	49,09	293,1
5	15,0073	33,6	39	39,79	377,2
Ortalama	20,2381	33,38	41,8		400,5

EK.2 Devam

Deney 7 (%67PES/%33VİS, 450g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	14,5824	31,6	46	40,39	361,0
2	10,9756	33,0	37	47,67	230,2
3	39,5580	33,5	40	42,18	937,8
4	41,3358	34,0	41	56,31	734,1
5	47,9902	34,0	42	48,29	993,8
Ortalama	30,8884	33,22	41,2		651,4

Deney 8 (%67PES/%33VİS, 600g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	2,7680	32,2	53	45,34	61,1
2	8,9487	34,1	52	63,21	141,6
3	5,4616	34,6	50	56,67	96,4
4	3,5714	34,8	48	53,97	66,2
5	3,9695	35,8	40	48,79	81,4
Ortalama	4,94384	34,3	48,6		89,3

EK.2 Devam

Deney 9 (%50PES/%50VİS, Yağsız) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	18,5604	29,3	65	62,56	296,7
2	23,7143	30,6	59	67,08	353,5
3	19,5519	31,6	53	63,71	306,9
4	33,1026	32,2	50	78,31	422,7
5	40,2650	32,5	47	67,50	596,5
Ortalama	27,03884	31,24	54,8		395,3

Deney 10 (%50PES/%50VİS, 300g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	12,6117	30,6	53	39,25	321,3
2	26,8437	30,4	52	50,27	534,0
3	13,3443	31,2	53	59,29	225,1
4	16,2894	31,6	52	65,15	250,0
5	29,9719	31,2	52	66,38	451,5
Ortalama	19,8122	31	52,4		356,4

EK.2 Devam

Deney 11 (%50PES/%50VİS, 450g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	20,3504	29,8	38	74,33	273,8
2	35,8645	30,2	37	54,98	652,3
3	30,7509	30,3	35	70,84	434,1
4	30,0134	30,2	39	63,80	470,4
5	36,0769	30,0	41	71,86	502,0
Ortalama	30,61122	30,1	38		466,5

Deney 12 (%50PES/%50VİS, 600g Yağ) İçin Hesaplanan Yük Değerleri

Ölçüm No.	Matlab programıyla hesaplanan alan	Kayıt Edilen Sıcaklık C°	Kayıt Edilen Bağıl Nem (%)	Test Edilen Elyaf Ağırlığı (g)	Yük Miktarı nC/kg
1	146,8498	30,6	22	53,65	2737,2
2	115,1526	31,4	20	47,64	2417,1
3	163,4799	31,8	20	56,27	2905,3
4	153,0036	31,8	27	67,21	2276,5
5	103,1379	31,5	30	58,07	1776,1
Ortalama	136,3248	31,42	23,8		2422,4

EK.3 Ne28 İplik İçin Test Sonuçları

Deney 1 (%100PES, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	20,39	21,87
2	20,64	22,33
3	20,62	22,97
4	20,18	22,30
5	20,16	22,58
6	20,22	24,85
7	20,19	21,77
8	20,37	22,41
9	20,71	22,20
10	18,40	18,55
Ortalama	20,19	22,18
%CV	6,82	11,43

Deney 2 (%100PES, 300 Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	20,43	21,77
2	20,05	23,02
3	20,37	23,44
4	20,68	23,58
5	20,00	22,11
6	20,03	21,97
7	20,10	22,77
8	20,41	23,77
9	18,48	20,44
10	20,44	22,85
Ortalama	20,10	22,57
%CV	6,85	10,00

Deney 3 (%100PES, 450 g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	19,44	17,94
2	20,15	22,57
3	19,72	22,78
4	20,53	22,84
5	20,05	22,76
6	19,90	23,15
7	20,04	22,37
8	20,40	22,94
9	20,51	23,78
10	19,99	22,15
Ortalama	20,07	22,33
%CV	6,17	11,45

Deney 4 (%100PES, 600 Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm [Kgf.Nm]
1	17,69	18,18
2	19,63	24,23
3	19,98	23,47
4	20,17	22,18
5	20,01	23,83
6	19,92	22,39
7	20,60	24,75
8	18,46	23,40
9	19,95	24,10
10	19,59	22,97
Ortalama	19,60	22,95
%CV	11,9	14,4

Deney 5 (%67PES/%33VİS, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	15,91	15,58
2	16,21	14,99
3	15,51	16,56
4	15,83	15,40
5	15,69	15,56
6	15,82	16,46
7	15,58	15,43
8	16,24	15,36
9	16,30	16,02
10	15,56	14,93
Ortalama	15,91	15,57
%CV	1,8	4,2

Deney 6 (%67PES/%33VİS, 300g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	16,81	20,07
2	14,83	15,30
3	16,44	16,94
4	16,49	17,59
5	15,58	16,13
6	16,07	18,82
7	16,36	16,23
8	16,88	18,54
9	15,22	16,36
10	16,65	19,17
Ortalama	16,12	17,46
%CV	8,5	12,7

Deney 7 (%67PES/%33VİS, 450g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	16,73	17,20
2	16,13	15,23
3	16,54	17,23
4	16,00	16,77
5	15,90	17,38
6	16,07	15,88
7	15,47	15,17
8	15,98	17,25
9	16,95	18,04
10	16,38	15,72
Ortalama	16,22	16,59
%CV	6,6	10,3

Deney 8 (%67PES/%33VİS, 600g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	19,00	21,86
2	16,53	17,34
3	19,68	36,32
4	14,74	15,48
5	15,31	16,00
6	15,56	15,43
7	18,10	32,75
8	16,31	18,20
9	16,06	15,45
10	15,45	15,94
Ortalama	16,67	20,48
%CV	15	44

Deney 9 (%50PES/%50VİS, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,52	15,57
2	15,16	14,95
3	14,17	13,39
4	15,34	16,40
5	15,33	17,67
6	12,81	13,94
7	13,97	15,47
8	14,58	16,24
9	15,57	15,78
10	15,94	16,59
Ortalama	14,74	15,60
%CV	6,29	8,12

Deney 10 (%50PES/%50VİS, 300gYağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,72	14,12
2	15,06	16,26
3	13,44	14,56
4	15,28	16,00
5	14,41	14,68
6	15,87	16,54
7	15,28	14,95
8	15,00	15,08
9	14,79	16,06
10	15,47	14,76
Ortalama	14,93	15,30
%CV	4,46	5.47

Deney 11 (%50PES/%50VİS, 450g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,60	13,02
2	16,09	16,99
3	16,05	16,59
4	14,83	14,77
5	15,54	14,73
6	15,73	16,03
7	14,27	14,16
8	15,35	16,00
9	15,29	16,01
10	15,13	15,08
Ortalama	15,29	15,34
%CV	3,92	7,89

Deney 12 (%50PES/%50VİS, 600g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,84	13,83
2	13,07	12,25
3	15,95	16,30
4	15,65	14,40
5	15,90	15,62
6	14,83	13,85
7	16,25	16,85
8	15,85	15,38
9	16,18	16,20
10	16,27	16,33
Ortalama	15,48	15,10
%CV	6,43	9,71

Deney 1 (%100PES, Yağsız) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m[%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	13,43	5	20	26
2	13,45	4	18	19
3	13,25	3	25	20
4	13,27	5	23	24
5	12,79	3	18	20
6	13,33	3	22	26
7	13,18	5	24	27
8	13,89	4	19	18
9	13,59	5	16	23
10	13,31	5	18	19
Ortalama	13,35	4,2	20,3	22,2
%CV	2,1	21,9	14,9	15,3

Deney 2 (%100PES, 300 Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	13,45	4	23	23
2	12,88	4	17	24
3	13,39	3	25	28
4	13,07	6	25	20
5	15,03	5	20	21
6	13,69	4	21	19
7	13,17	3	26	24
8	13,62	6	24	25
9	12,90	5	17	26
10	13,01	4	19	22
Ortalama	13,42	4,4	21,7	23,2
%CV	4,7	24,4	15,5	11,9

Deney 3 (%100PES, 450 g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	13,69	6	20	26
2	13,44	6	26	20
3	13,50	5	25	27
4	13,03	4	18	21
5	12,81	7	20	25
6	13,26	5	16	25
7	12,48	4	19	21
8	13,23	5	27	20
9	12,82	5	25	28
10	13,05	6	17	31
Ortalama	13,13	5,3	21,3	24,4
%CV	2,8	17,9	19	15,5

Deney 4 (%100PES, 600 Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	13,09	2	17	31
2	12,41	1	15	29
3	13,79	3	18	35
4	14,07	2	22	33
5	13,47	3	15	22
6	12,39	2	17	23
7	12,95	2	14	27
8	12,46	4	17	24
9	13,64	3	23	34
10	13,51	3	23	27
Ortalama	13.18	2,4	18,1	28,5
%CV	4,6	35,4	18,7	16,4

Deney 5 (%67PES/%33VİS, Yağsız) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	14,60	3	160	207
2	14,87	6	186	235
3	14,74	5	188	240
4	15,88	8	261	249
5	15,29	11	223	241
6	15,13	5	194	244
7	15,26	7	159	179
8	15,29	10	190	226
9	16,70	8	178	237
10	16,06	7	187	212
Ortalama	15,38	7	192,6	227
%CV	4,2	34,3	15,6	9,6

Deney 6 (%67PES/%33VİS, 300g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	13,13	5	87	128
2	14,34	3	105	131
3	13,83	2	100	184
4	14,22	2	192	215
5	15,05	4	95	156
6	13,95	3	105	137
7	14,28	2	101	195
8	14,36	3	117	142
9	14,24	4	116	174
10	13,54	3	107	143
Ortalama	14,09	3,1	112,5	160,5
%CV	3,7	32,1	26,1	18,6

Deney 7 (%67PES/%33VİS, 450g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	14,05	6	128	170
2	14,67	5	81	102
3	14,42	7	114	136
4	14,83	2	110	162
5	14,42	4	112	147
6	13,99	5	115	182
7	14,30	3	133	154
8	13,83	4	83	134
9	13,71	3	101	145
10	13,64	5	101	132
Ortalama	14,19	4,4	107,8	146,4
%CV	2,9	34,2	15,7	15,4

Deney 8 (%67PES/%33VİS, 600g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	15,23	5	61	118
2	13,54	4	65	126
3	13,49	3	53	89
4	14,06	6	75	79
5	13,61	4	76	119
6	12,74	5	69	101
7	13,55	2	55	99
8	13,19	2	55	92
9	14,25	4	52	112
10	13,86	6	59	97
Ortalama	13,7	4,1	62	103,2
%CV	4,88	35,34	14,3	14,6

Deney 9 (%50PES/%50VİS, Yağsız) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	14,24	3	140	293
2	14,07	3	156	200
3	14,47	3	182	240
4	14,38	2	169	197
5	14,28	4	158	205
6	15,11	1	201	241
7	14,14	3	178	225
8	15,37	3	198	231
9	14,62	2	172	210
10	13,82	2	141	188
Ortalama	14,45	2,6	169,5	223
%CV	3,3	32,4	12,5	13,8

Deney 10 (%50PES/%50VİS, 300g Yağs) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	16,23	10	187	269
2	15,01	7	183	214
3	14,72	17	154	234
4	16,11	13	155	190
5	15,06	7	189	216
6	15,86	12	215	315
7	14,81	6	165	249
8	15,21	17	143	195
9	15,33	9	202	248
10	14,93	9	149	284
Ortalama	15,33	10,7	174,2	241
%CV	3,6	37,1	14	16,5

Deney 11 (%50PES/%50VİS, 450g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	15,50	9	241	288
2	14,41	6	207	263
3	15,63	8	221	260
4	14,56	8	192	252
5	15,76	4	298	305
6	16,43	7	254	297
7	15,73	4	290	286
8	14,92	4	201	233
9	16,18	9	279	312
10	15,30	8	182	249
Ortalama	15,44	6,70	236,5	274,5
%CV	4,2	30,7	17,9	9,7

Deney 12 (%50PES/%50VİS, 600gYağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	14,82	4	215	279
2	15,30	3	207	273
3	17,02	4	287	345
4	15,55	3	274	321
5	15,83	8	282	320
6	15,95	5	253	335
7	15,51	8	253	315
8	15,41	7	263	315
9	15,79	5	263	333
10	15,42	8	255	310
Ortalama	15,66	5,50	255,2	314,6
%CV	3,7	37,6	10,2	7,3

EK.4 Ne40 İplik İçin Test Sonuçları

Deney 13 (%100PES, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	19,57	22,82
2	18,17	19,39
3	18,12	20,11
4	18,29	19,59
5	19,44	21,25
6	18,36	20,34
7	17,96	21,31
8	15,26	21,15
9	18,27	23,21
10	17,52	19,45
Ortalama	18,10	20,86
%CV	6,5	6,5

Deney 14 (%100PES, 300 Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	18,54	20,11
2	18,93	20,07
3	19,10	20,97
4	18,39	20,44
5	17,16	21,04
6	15,68	21,06
7	16,87	21,85
8	14,03	19,91
9	18,56	20,29
10	16,83	19,22
Ortalama	17,41	20,50
%CV	9,3	3,6

Deney 15 (%100PES, 450 g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	18,8	20,64
2	16,78	18,35
3	17,9	21,59
4	11,84	12,22
5	16,26	19,05
6	17,27	18,13
7	18,03	20,4
8	17,17	21,13
9	19	22,06
10	16,27	16,85
Ortalama	16,93	19,04
%CV	12,0	15,4

Deney 16 (%100PES, 600 Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm [Kgf.Nm]
1	16,92	18,92
2	16,90	17,93
3	17,79	18,89
4	17,02	18,57
5	18,56	20,05
6	18,21	20,46
7	16,07	18,67
8	19,20	20,70
9	17,00	21,15
10	18,24	19,95
Ortalama	17,59	19,53
%CV	5,5	5,5

Deney 17 (%67PES/%33VİS, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,92	15,13
2	13,79	12,33
3	15,20	15,27
4	11,25	13,09
5	14,18	15,08
6	14,79	14,87
7	14,84	14,80
8	13,81	14,23
9	15,64	16,73
10	14,34	14,41
Ortalama	14,28	14,59
%CV	8,5	8,3

Deney 18 (%67PES/%33VİS, 300g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,52	15,36
2	14,36	14,66
3	13,90	13,84
4	13,11	13,42
5	14,24	14,92
6	14,20	14,06
7	13,33	15,26
8	14,37	14,76
9	14,37	14,25
10	14,15	15,03
Ortalama	14,06	14,56
%CV	3,4	4,4

Deney 19 (%67PES/%33VİS, 450g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	15,03	16,05
2	14,04	13,53
3	13,75	14,73
4	14,19	15,20
5	13,65	14,50
6	13,71	15,15
7	13,89	15,37
8	14,10	13,95
9	12,34	14,54
10	13,36	15,44
Ortalama	13,81	14,85
%CV	4,9	5,1

Deney 20 (%67PES/%33VİS, 600g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,63	16,95
2	15,86	19,01
3	14,89	18,31
4	14,60	17,58
5	16,15	18,71
6	14,06	17,06
7	14,47	15,15
8	14,88	17,52
9	14,66	16,47
10	15,08	19,59
Ortalama	14,93	17,64
%CV	4,25	7,48

Deney 21 (%50PES/%50VİS, Yağsız) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	13,93	15,69
2	12,86	17,44
3	13,65	16,05
4	11,51	11,79
5	11,50	13,80
6	13,38	14,26
7	12,75	14,96
8	9,73	11,68
9	10,14	12,65
10	13,21	16,30
Ortalama	12,27	14,46
%CV	12	13,7

Deney 22 (%50PES/%50VİS, 300gYağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	12,64	16,07
2	12,34	12,64
3	12,77	14,69
4	13,43	14,88
5	12,40	12,56
6	13,61	15,37
7	13,82	15,40
8	12,75	14,52
9	13,87	15,87
10	13,25	13,63
Ortalama	13,09	14,56
%CV	4,4	8,6

Deney 23 (%50PES/%50VİS, 450g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	12,68	13,72
2	14,09	15,04
3	15,08	17,39
4	12,26	11,41
5	13,34	14,75
6	13,19	13,81
7	14,16	14,60
8	10,26	16,33
9	12,70	14,05
10	14,82	16,12
Ortalama	13,26	14,72
%CV	10,6	11,3

Deney 24 (%50PES/%50VİS, 600g Yağ) İçin İplik Kopma Mukavemet ve İplik Uzama Sonuçları

Test No.	İplik Kopma Uzaması [%]	İplik Kopma Mukavemeti Rkm[Kgf.Nm]
1	14,27	15,87
2	13,61	15,18
3	12,86	13,62
4	13,84	15,26
5	13,30	16,78
6	12,30	14,54
7	13,77	14,23
8	13,42	13,76
9	13,02	13,73
10	12,74	13,90
Ortalama	13,31	14,69
%CV	4,4	7,2

Deney 13 (%100PES, Yağsız) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m[%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	16,50	70	118	70
2	16,37	77	116	59
3	16,75	109	129	90
4	16,22	67	94	62
5	16,60	74	113	74
6	16,23	67	104	77
7	16,83	85	114	64
8	16,37	82	113	73
9	15,76	44	93	81
10	17,18	122	132	61
Ortalama	16,48	79,7	112,6	71,1
%CV	2,4	27,8	11,4	13,9

Deney 14 (%100PES, 300 Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	17,57	101	132	49
2	16,73	99	112	61
3	16,34	70	89	38
4	16,44	82	106	54
5	16,60	67	116	40
6	17,08	101	112	52
7	15,79	32	86	47
8	16,71	85	140	61
9	16,11	62	115	52
10	18,86	89	146	58
Ortalama	16,82	78,8	115,4	51,2
%CV	5,2	27,5	17,1	15,5

Deney 15 (%100PES, 450 g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	19,50	173	163	61
2	17,12	108	122	57
3	17,71	126	178	51
4	17,82	182	159	44
5	16,95	167	134	66
6	17,94	172	168	64
7	16,80	102	100	44
8	15,74	152	149	59
9	18,13	131	112	55
10	18,26	98	152	49
Ortalama	17,59	141,1	143,7	55
%CV	5,7	22,7	17,9	14,2

Deney 16 (%100PES, 600 Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	17,47	138	105	63
2	18,07	165	118	78
3	16,74	98	100	52
4	17,68	85	120	68
5	16,97	120	114	79
6	17,05	134	140	72
7	16,87	99	113	66
8	17,06	102	108	52
9	17,50	167	153	60
10	16,35	103	76	53
Ortalama	17,18	121,1	114,7	64,3
%CV	2,93	23,8	18,4	15,8

Deney 17 (%67PES/%33VİS, Yağsız) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,93	189	448	387
2	18,55	199	500	416
3	17,94	98	396	348
4	18,28	152	425	371
5	18,80	190	510	403
6	19,12	210	567	432
7	19,05	208	557	446
8	18,67	133	466	462
9	18,04	110	421	406
10	18,29	121	466	441
Ortalama	18,57	161	475,6	411,2
%CV	2,2	26,8	12,1	8,7

Deney 18 (%67PES/%33VİS, 300g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,86	174	445	365
2	17,74	100	360	371
3	18,52	127	361	385
4	19,38	117	417	388
5	18,02	122	429	390
6	17,75	101	378	422
7	17,87	99	291	300
8	18,55	178	432	440
9	18,14	157	330	502
10	18,83	134	418	387
Ortalama	18,37	130,9	386,1	395
%CV	3	22,7	13,1	13,3

Deney 19 (%67PES/%33VİS, 450g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,46	115	427	423
2	18,29	169	363	360
3	17,89	99	345	325
4	17,70	83	369	334
5	18,71	112	439	334
6	18,97	140	353	322
7	18,07	95	383	385
8	18,14	114	342	358
9	17,20	74	304	321
10	17,75	101	366	330
Ortalama	18,12	110,2	369,1	349,2
%CV	2,9	25,1	10,8	9,5

Deney 20 (%67PES/%33VİS, 600g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,86	155	392	277
2	17,18	106	249	386
3	18,35	117	308	246
4	19,14	146	341	267
5	16,85	76	194	263
6	18,42	157	367	253
7	16,93	63	259	259
8	17,93	98	332	252
9	19,64	134	293	229
10	18,09	125	319	269
Ortalama	18,14	117,7	305,4	270,1
%CV	5,2	27,3	19,3	15,9

Deney 21 (%50PES/%50VİS, Yağsız) İçin iplik İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	17,32	57	380	414
2	17,32	53	268	383
3	16,78	53	262	401
4	18,92	73	453	464
5	19,24	102	325	409
6	17,18	66	339	471
7	18,18	69	310	407
8	17,44	50	335	391
9	17,40	66	302	398
10	17,69	76	314	413
Ortalama	17,75	66,5	328,8	415,1
%CV	4,5	23,1	16,9	7,1

Deney 22 (%50PES/%50VİS, 300g Yağs) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	17,30	62	315	343
2	17,72	68	324	400
3	17,70	91	372	403
4	17,77	101	372	382
5	18,67	98	523	412
6	17,52	83	348	351
7	18,02	80	395	431
8	17,27	59	338	380
9	17,60	81	375	389
10	18,50	85	344	394
Ortalama	17,81	80,8	370,6	388,5
%CV	2,6	17,6	15,9	6,8

Deney 23 (%50PES/%50VİS, 450g Yağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,61	109	440	393
2	17,28	61	343	352
3	17,04	47	294	368
4	19,41	87	412	389
5	17,30	63	339	399
6	17,83	80	365	434
7	18,43	100	391	412
8	17,26	79	327	401
9	17,70	93	365	384
10	17,03	47	341	397
Ortalama	17,79	76,6	361,7	392,9
%CV	4,5	28,1	11,9	5,7

Deney 24 (%50PES/%50VİS, 600gYağ) İçin İplik Düzgünsüzlüğü ve İplikteki Hatalar Sonuçları

Test No.	CV_m [%]	İnce Yerler [-50%]	Kalın Yerler [+50%]	Neps [+200%]
1	18,01	58	382	436
2	17,18	52	355	363
3	17,88	86	411	463
4	16,84	42	346	401
5	17,22	49	249	408
6	17,98	79	445	407
7	18,79	64	457	501
8	18,28	88	423	433
9	17,92	91	433	494
10	17,71	58	429	460
Ortalama	17,78	66,7	393	436,6
%CV	3,2	26,8	15,9	9,9