

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**SİLİKA/VAKS KARIŞIMLARI İLE FARKLI KÂĞITLARIN SAĞLAMLIK VE  
SIVILARA KARŞI DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Meryem ONDARAL**

**AĞUSTOS 2009**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİF VE KÂĞIT TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI**

**SİLİKA/VAKS KARIŞIMLARI İLE FARKLI KÂĞITLARIN SAĞLAMLIK VE  
SIVILARA KARŞI DİRENÇ ÖZELLİKLERİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ**

**Orman Endüstri Mühendisi Meryem ONDARAL**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"Yüksek Lisans (Lif ve Kağıt Teknolojisi)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 02.07.2009  
Tezin Savunma Tarihi : 05.08.2009**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Mustafa USTA  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin KIRCI  
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Halit KANTEKİN**

**Enstitü Müdürü : Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU**

**Trabzon 2009**

## ÖNSÖZ

Silika/vaks karışımları ile farklı kağıtların sağlamlık ve sıvılara karşı direnç özelliklerinin iyileştirilmesi için hazırlanan bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Lif ve Kâğıt Teknolojisi Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenerek, çalışma konumu belirleyen, çalışmalarım sırasında her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Mustafa USTA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bilgi ve tavsiyelerinden yararlandığım Sayın Doç Dr. Esat GÜMÜŞKAYA' ya, Prof. Dr. Hüseyin KIRCI' ya ve Prof. Dr. İlhan DENİZ' e teşekkürlerimi sunarım.

Ürettiğim kâğıtların su temas açılarını belirlememde yardımcı olan Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU, Arş. Gör. Işıl GERÇEK BEŞKARDEŞ ve yüksek lisans öğrencisi Betül KAYA' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım çalışma arkadaşlarım, Arş. Gör. Sevda BORAN, Arş. Gör. Evren Ersoy KALYONCU, Arş. Gör. Emrah PEŞMAN' a teşekkür ederim. Tez yazımda yardım eden Kemal ÇAKAR ve Dr. Mehmet TURHAL'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman destek ve yardımını esirgemeyen değerli eşim Yrd. Doç. Dr. Sedat ONDARAL, bir tanem kızım Damla ONDARAL ve tezi bitirmem için bana manevi destek ve yardımını veren anneme sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Meryem ONDARAL  
Trabzon 2009

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET .....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ .....	XIV
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kâğıt sağlamlığı .....	2
1.2.1. Kuru Sağlamlık Maddeleri .....	6
1.2.1.1. Nişasta .....	6
1.2.1.2. Sakızlar.....	9
1.2.1.3. Poliakrilamidler .....	10
1.2.1.4. Silikatlar .....	11
1.3. Kağıdın Sıvılara Karşı Olan Direnci (Bariyer Özelliği).....	12
1.3.1. İç Yapıştırma .....	12
1.3.1.1. Kolofan .....	13
1.3.1.2. Asit pH da Reçine ve Şap .....	15
1.3.1.3. Reçine ve Selüloz Lifleri Arasındaki Etkileşimin Yapıştırmaya Etkisi .....	15
1.3.1.4. Alkil Keten Dimer .....	16
1.3.2. Kağıt Üretiminde Vakslar .....	18
1.4. Kağıdın Yüzey Modifikasyonu .....	19
1.4.1 Yüzey Sıvaması.....	19
1.4.2. Kuşeleme .....	22
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	24
2.1. Materyal.....	24
2.2. Metotlar .....	26

2.2.1.	Vaks Emülsiyonunun Hazırlanması .....	26
2.2.2.	Silika/ Vaks Karışımının Hazırlanması .....	27
2.2.3.	Kağıt Üretimi .....	27
2.2.4.	Kopma Testi .....	28
2.2.5.	Sem Fotoğrafı .....	28
2.2.6.	Su-Temas Açısı .....	28
2.2.7.	Kağıda Adsorblanan Su Miktarının Belirlenmesi .....	29
3.	BULGULAR .....	30
3.1.	Hazırlanan Silika Vaks Karışımı İle Üretilen Kâğıtların Sağlamlığına Ait Bulgular .....	30
3.1.1.	Silika Vaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Sağlamlık Üzerine Etkisine Ait Bulgular .....	30
3.1.2.	Silika Vaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması İle Sağlamlıktaki Değişime Ait Bulgular .....	31
3.1.3.	Silika Vaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması İle Elde Edilen Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular .....	33
3.2.	Hazırlanan Silika Hidrovaks Karışımının Kâğıt Yüzeyine Sürülmesi Sonucu Elde Edilen Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular .....	34
3.2.1.	Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular .....	34
3.2.2.	Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular .....	35
3.2.3.	Silika Hidrovaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular .....	36
3.3.	Hazırlanan Silika Vaks Karışımı ile Üretilen Kâğıtların Adsorpladığı Su Miktarı .....	36
3.3.1.	Silika Vaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Oluşan Kâğıdın Adsorpladığı Su Miktarına Ait Bulgular .....	37
3.3.2.	Silika Vaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorpladığı Su Miktarına Etkisi .....	38
3.3.3.	Silika Vaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıdın Adsorpladığı Su Miktarına Ait Bulgular .....	39
3.4.	Hazırlanan Silika Hidrovaks Karışımı ile Üretilen Kâğıtların Adsorpladığı Su Miktarı .....	40
3.4.1.	Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorpladığı Su Miktarına Etkisi .....	40

3.4.2.	Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Etkisi.....	41
3.4.3.	Silika Hidrovaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Ait Bulgular .....	41
3.5.	SVK ve HYDR-Silika Sürülmüş Kâğıtların Su ile Yaptıkları Temas Açısına Ait Bulgular .....	42
3.5.1.	Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara SVK ve Vaks Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular .....	43
3.5.2.	Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara SVK Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular .....	44
3.5.3.	Fluting Kâğıtlarına SVK Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular.....	46
3.6.	HYDR-S Sürülmüş Kâğıtların Su-Temas Açısına Ait Bulgular .....	47
3.6.1.	Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara HYDR-S ve HYDR Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular .....	47
3.6.2.	Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara HYDR-S Sürülmesi Sonucu Kâğıtların Su-Temas Açısına Ait Bulgular .....	48
3.6.3.	Fluting Kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S Sürülmesi Sonucu Kâğıtların Su-Temas Açısına Ait Bulgular .....	49
3.7.	SVK Uygulamalarına Ait SEM Görüntüleri. ....	50
4.	İRDELEME .....	56
4.1.	Yüzeyine SVK Uygulanan Kağıtların Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	56
4.1.1.	Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	56
4.1.2.	Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	57
4.1.3.	Fluting Kağıdının Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	58
4.2.	Yüzeyine HYDR-S Uygulanan Kâğıtların Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	59
4.2.1.	Ağartılmış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	59
4.2.2.	Ağartılmamış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	60
4.2.3.	Fluting Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	61

4.3.	Yüzeyine SVK Uygulanan Kâğıtların Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	62
4.3.1.	Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi.....	62
4.3.2.	Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi.....	64
4.3.3.	Fluting Kağıdının Yüzeyine SVK Sürülmesi Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	65
4.4.	Yüzeyine HYDR-S Uygulanan Kâğıtların Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	66
4.4.1.	Ağartılmış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	66
4.4.2.	Ağartılmamış Kraft Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	67
4.4.3.	Fluting Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	68
4.5.	Hazırlanan SVK Sürülmüş Kâğıtların Su-Temas Açısının Değerlendirilmesi .....	69
4.5.1.	SVK ve Vaks Karışımlarının Farklı Türdeki Kâğıtlara Sürülmesi Sonrasında Oluşan Su-Temas Açılarının Değerlendirilmesi. ....	69
4.5.2.	HYDR ve HYDR-S Karışımlarının Farklı Türdeki Kâğıtlara Sürülmesi Sonrasında Oluşan Su-Temas Açılarının Değerlendirilmesi.....	73
5.	SONUÇLAR .....	76
6.	ÖNERİLER .....	78
7.	KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ		

## ÖZET

Bu çalışmada, farklı şartlarda hazırlanan silika/vaks karışımları kullanılarak kâğıtların hem sağlamlık hem de suya karşı dirençleri iyileştirilmeye çalışılmıştır. Tez kapsamında ağartılmış kraft, ağartılmamış kraft ve fluting kâğıtları üzerine silika vaks karışımları bıçak sıvama tekniğine uygun olarak sürülmüştür.

Karışımların performansları, yüzeyi muamele edilmiş kâğıtların sağlamlık özellikleri için kâğıdın kopma direnci; suya karşı direnç için su tutma kapasitesi ve temas açısı değerleri belirlenmesi ile takip edilmiştir. Kâğıdın kullanım yerindeki maruz kalacağı su ile temas süresi de önemli olduğu için bu özellikler aynı zamanda farklı sürelerde su ile temastan sonra da belirlenmiştir. Laboratuarda hazırlanan vaks emülsiyonu ve silika ile hazırlanan karışımların üç farklı kâğıt yüzeyine uygulanmasında en iyi direnç sağlama performansı ağartılmış kraft kâğıdında ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte diğer kâğıt türleri incelendiğinde silika vaks karışımının ağartılmamış kraft kâğıdına fluting kâğıdına kıyasla daha etkili sonuç verdiği gözlenmiştir. Hidrovaks ve silika karışımlarında yüzeye sürülmesi ile en yüksek performans ağartılmış kraft, fluting ve ağartılmamış kraft kâğıdında tespit edilmiştir. Tez kapsamında kullanılan üç farklı kâğıt yüzeyine silika ve vaks karışımlarının sürülmesi ile kâğıdın su adsorblama kapasitesi azalmıştır. Kâğıt yüzeyine sürülen silika vaks karışımları ve silika hidrovaks karışımları kâğıdın su temas açılarını büyültmüştür. Hem laboratuarda hazırlanan hemde hazır olarak alınan vakslar ile silika karışımlarına su ilave edilerek konsantrasyonunun düşürülmesinin performansı pozitif yönde artırdığı bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Silika/vaks karışımı, suya karşı direnç, kuru ve ıslak sağlamlık, temas açısı, su tutma kapasitesi



## SUMMARY

### **The Improvement of the Strength and Water Repellency Properties of Different Paper by Using Silica/Wax Mixture**

The aim of this study was to be improved the strength and water repellency properties of paper sheets by applying to paper surface with silica/wax mixture. Bleached softwood kraft, unbleached softwood kraft and fluting paper used for corrugated board production were used in this study and silica / wax mixture was treated on paper these paper sheets by blade coating technique.

The performance of silica / wax mixture applied to paper sheets surface was evaluated by means of burst strength, water repellency properties represented water retention value and contact angle of paper. These properties of paper sheets were determined at different contact time in water. The best performances of silica/wax mixture were designated for bleached softwood kraft paper sheets. Unbleached softwood kraft paper and fluting paper sheets followed to bleached softwood kraft paper sheets from point of view of silica/wax mixture performance, respectively. The best performances of hydro wax and silica mixture applied to paper sheets surface were found in bleached softwood kraft paper sheets and fluting and unbleached paper sheets followed to it, respectively. When water retention value of paper sheets decreased, contact angle of paper sheets increased by being applied silica/wax and silica/hydro wax mixture to surface of paper sheets. It was determined that the low concentration in silica/wax mixture had positive effect on paper sheets performance.

**Key Words:** Silica/wax mixture, water repellency, dry and wet strength, contact angel, water retention value

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.	Kuruma ve bağlanma boyunca lifler arasında oluşan bağlanmanın şematik gösterimi.....	3
Şekil 2.	Lifler arasındaki bağlı bölge içindeki özel bağ kuvvetini belirleyecek olan farklı etkileşim tiplerinin şematik gösterimleri.....	4
Şekil 3.	Kuru sağlamlık maddesinin ilavesiyle kâğıdın direncindeki iyileşmede kimyasalların farklı muhtemel etkileri. ....	6
Şekil 4.	Katyonik nişasta için ortak reaktifler .....	7
Şekil 5.	Sulu çözelti içindeki amino katyonik nişastanın üçüncül protonlaşması.....	8
Şekil 6.	0, 30 ve 60 dakika için kağıt safihası formasyonu boyunca doğal ve katyonik nişastaların dövülmüş liflere tutunumu .....	8
Şekil 7.	Poliakrilamidin basit yapısı.....	10
Şekil 8.	Maleik anhidrit ile Diels-alder reaksiyonu tarafından bir yapıştırıcı ajanı olarak reçinenin etkinliğinin geliştirilmesi .....	15
Şekil 9.	Makine dışı yapıştırmanın geliştirilmesinde kurutmanın etkisi.....	18
Şekil 10.	Size pres konfigürasyonları.....	21
Şekil 11.	Size pres hidrodinamikleri .....	22
Şekil 12.	Yaygın kullanımı olan kuşeleme makineleri .....	23
Şekil 13.	Vaks sürülmüş ağartılmış kraft kâğıdının su temas açısı şekli .....	44
Şekil 14.	SVK-6 ısıtılmış sürülmüş ağartılmış kraft kağıdının su temas açısı şekli .....	44
Şekil 15.	SVK-5 sürülmüş ağartılmamış kraft kağıdının su temas açısı şekli .....	45
Şekil 16.	SVK-5 sürülmüş fluting kağıdının su temas açısı şekli .....	47
Şekil 17.	HYDR sürülmüş ağartılmış kraft kâğıdının su temas açısı şekli .....	48
Şekil 18.	HYDR-S-3 sürülmüş ağartılmamış kraft kadının su temas açısı görüntüsü .....	49
Şekil 19.	HYDR sürülmüş fluting kadının su temas açısı görüntüsü.....	50
Şekil 20.	SVK ile muamele edilmemiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü .....	51
Şekil 21.	SVK ile muamele edilmemiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü .....	51
Şekil 22.	SVK ile muamele edilmemiş fluting kâğıdının SEM görüntüsü .....	52

Şekil 23. SVK ile muamele edilmiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü .....	52
Şekil 24. SVK ile muamele edilmiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının üstten SEM görüntüsü .....	53
Şekil 25. SVK ile muamele edilmiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü .....	53
Şekil 26. SVK ile muamele edilmiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının üstten SEM görüntüsü .....	54
Şekil 27. SVK ile muamele edilmiş fluting test kâğıdının SEM görüntüsü .....	54
Şekil 28. SVK ile muamele edilmiş fluing test kâğıdının üstten SEM görüntüsü .....	55
Şekil 29. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi .....	56
Şekil 30. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi .....	57
Şekil 31. Fluting kâğıtlarına SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi .....	58
Şekil 32. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeylerine HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi .....	60
Şekil 33. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeyine HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimi .....	61
Şekil 34. Fluting kâğıtlarına HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi .....	62
Şekil 35. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeyine SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	63
Şekil 36. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeyine SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimi .....	64
Şekil 37. Fluting kâğıdına SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitelerinin süre ile değişimi .....	65
Şekil 38. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitelerinin süreye bağlı olarak değişimi .....	66
Şekil 39. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeyine HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin süre ile değişimi .....	67

Şekil 40. Fluting kâğıdına HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin süre ile değişimi .....	68
Şekil 41. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK ve vaks sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	70
Şekil 42. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	71
Şekil 43. Fluting kâğıtlarına SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	72
Şekil 44. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	73
Şekil 45. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	74
Şekil 46. Fluting kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri .....	75

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Hydrowax'ın genel özellikleri .....	24
Tablo 2. Ağartılmış İYA kraft hamurunun genel özellikleri .....	25
Tablo 3. Ağartılmamış İYA kraft hamurunun genel özellikleri .....	26
Tablo 4. Fluting kağıdının genel özellikler.....	26
Tablo 5. Tez çalışmasında kullanılan SVK ve HYDR-S'ların çözelti içerisindeki oranları ve toplam konsantrasyon .....	27
Tablo 6. Ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kağıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	31
Tablo 7. Ağartılmamış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	32
Tablo 8. Fluting test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kağıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	33
Tablo 9. Ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına HYDR-S'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	34
Tablo 10. Ağartılmamış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına HYDR-S'lerin uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi.....	35
Tablo 11. Fluting test kâğıtlarına HYDR-S'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi .....	36
Tablo 12. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%) .....	37
Tablo 13. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kağıtlara SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%).....	38
Tablo 14. Fluting kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%).....	39
Tablo 15. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kağıtlara HYDR-S'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%). .....	40
Tablo 16. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%).....	41

Tablo 17. Fluting test kâğıtlarına HYDR-S 'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%).....	42
Tablo 18. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu gerçekleşen temas açısı.....	43
Tablo 19. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı .....	45
Tablo 20. Fluting kâğıtlarına SVK muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri .....	46
Tablo 21. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı .....	47
Tablo 22. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı .....	48
Tablo 23. Fluting kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri .....	49

## SEMBOLLER DİZİNİ

CMC	: Karboksi Metil Selüloz
AKD	: Alkil Keten dimer
ASA	: Alkalisüksinik Anhidrit
SVK	: Silika Vaks Karışımı
PAM	: Poliakrilamid
İ.Y.A	: İğne Yapraklı Ağaç
HYDR-S	: Hidrovaks Silika Karışımı
SR°	: Şoper Derecesi
ISO	: Uluslar arası standart organizasyonu
R1	: Silindir yarıçapı
R2	: Silindir yarıçapı
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Ambalaj kâğıtları üretiminde kâğıtların sahip olacağı sağlamlık özelliği son derece önemlidir. Son yıllardaki çevreyle ilgili endişeler nedeni ile yeni kâğıt hamuru yerine geri kazanılmış kâğıt hamurlarının kullanımı ve kısa life sahip yapraklı ağaç odunundan elde edilen rijit hamurlardan üretilen kâğıtların sağlamlık direncinde azalma görülmektedir. Bunu gidermek amacı ile ya hamur karışımına uzun liflere sahip kâğıt hamurlarının ilavesi ya da sağlamlık kimyasallarının kullanımına gidilmektedir.

Kullanım yerlerine bağlı olarak farklı derecelerde kâğıt ürünlerine sağlamlık kazandırmak amacıyla kuru ve ıslak sağlamlık maddeleri ilave edilmektedir. Bununla birlikte kâğıt ve karton ürünlerinin sıvılara karşı direnç özelliklerinin iyileştirilmesi bu ürünlerin kullanım performansını geliştirmek açısından son derece önemlidir. Kâğıt ve karton ürünlerine hem sağlamlık hem de suya karşı dayanıklılık özellikleri kazandırmak farklı mekanizmalarla gerçekleştirilebilir. Kuru sağlamlık özelliğinin geliştirilmesi için genellikle nişasta, CMC (karboksi metil selüloz), poliakrilamid gibi farklı doğal ve sentetik polimerler kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, kâğıda su iticilik kazandırmak amacıyla kolofan, Alkil ketendimer (AKD), Alkalisüksinik anhidrit (ASA), vaks (parafin) gibi farklı mekanizmalarla etkin olan kimyasallar kullanılmaktadır. Su iticilik kimyasallarına ilaveten, kâğıdı suya karşı dirençli hale getiren kimyasallarda birçok uygulama için yaygın olarak kullanılır. Bu kimyasallara üre formaldehit, melamin-üre formaldehit, dialdehit nişastasası, polietilen imin, poliepioklorohidrürler vs. en yaygın örnekler olarak verilebilir. Bu kimyasallar genellikle kâğıdın elek üzerinde oluşturulmasından önceki hamur hazırlama ünitelerinde süspansiyona ilave edilerek kullanılır. Bu şekilde süspansiyon içerisindeki her bir bileşenin kimyasalla reaksiyonu sağlanır.

Kimyasal maddelerin yüksek konsantrasyonlarda kağıda uygulanmasının istendiği durumlarda ise kimyasal “yüzey sıvama” tekniği ile genellikle “size pres” kısmında kağıt üzerine sürülür (Eroğlu ve Usta, 2004; Eklund ve Lindström, 1991; Gullichsen vd., 1999).

Silika bileşiklerinin sahip oldukları silanol grupları lifler arasındaki temas bölgelerinde yaptığı ve suyun buharlaştırılmasıyla baskın hale gelen hidrojen bağı



sayesinde kâğıda ciddi derecede kuru sağlamlık verir. Ancak oluşan bağlar suya karşı dirençli olmadığından kolayca kırılır ve kâğıt su alarak kolayca direncini yitirir. Bu olumsuz yan etkiyi gidermek için vaks kullanılarak kâğıdın su ile bağ yapacak noktaları kapatılır. Diğer taraftan, vaks kullanımını kâğıdın fiziksel direncinde kayba neden olmaktadır. Bu durum iki kimyasal maddenin kullanımının üretilecek kâğıttan istenen özelliğe göre optimize edilmesini gerektirmektedir (Seymour ve Seymour, 1994).

Literatürde silika/vaks karışımının (SVK) kâğıt üretimindeki performansını inceleyen çok az sayıda ve patent şeklinde araştırma bulunmaktadır. Kısıtlı bilgilerin verildiği bu dokümanlar SVK'nın hem uygulama hem de performansı hakkında detaylı bilgiler içermemektedir.

Ambalaj kâğıdı üretiminde silika/vaks karışımının (SVK) kullanımına yönelik gerçekleştirilen bu çalışma kapsamında farklı özelliklerde hazırlanan SVK'ların kâğıda uygulanması ile sağlanan sağlamlık ve suya karşı direnç özellikleri ayrıntılı olarak araştırılmıştır.

## 1.2. Kâğıt Sağlamlığı

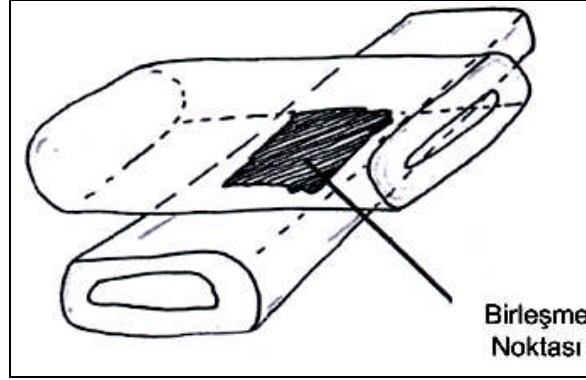
Kâğıdın sağlamlığı bireysel liflerin sağlamlığına, lifler arasındaki bağların sağlamlığına, bağların sayısına, lifler ve bağların dağılımına yani formasyonuna bağlıdır. Kâğıdın sağlamlığı ayrıca uzun lifli kimyasal hamurların kâğıt içerisindeki oranının artırılması, dolgu oranının azaltılması veya kuru sağlamlık maddesi ilavesiyle artırılabilir. Kâğıt endüstrisinde sağlamlığı artırmak için yaygın olarak dövme işlemi kullanılmaktadır. Ancak, bu işlemle birlikte elektrik enerjisi maliyetinin artması, drenajın yavaşlaması, safiha yoğunluğunun yükselmesi, porozitenin azalması ve opaklığın azalması kâğıt üretiminde genellikle istenmemektedir.

Kuru sağlamlık maddesi ilavesi dövme işleminin alternatifini olarak ve diğer kâğıt özelliklerini koruyarak kâğıt sağlamlığını geliştirmede tercih edilmektedir (Mckenzie, 1984). Polielektrolitler, lifler arasındaki adhezyonu, moleküller arası temas alanını ve temas noktalarının sayısını artırarak sağlamlığı geliştirdiği belirlenmiştir (Malin, 2006; Ondaral 2007). Bununla birlikte, kâğıt sağlamlığını istenilen düzeylere çekmek için size pres uygulamalarında yüksek miktarda nişasta kâğıda ilave edilmektedir.

Tez kapsamında kullanılan silika kâğıdın kuru sağlamlığında artış meydana getirdiği için kâğıdın kuru sağlamlığına yönelik genel bilgi verilmesi uygun olacaktır.

Ticari anlamda kâğıt endüstrisinde kuru sağlamlık maddesi olarak kullanılan birçok kimyasal madde mevcuttur. Bunlardan en yaygın olanları, nişastalar, akrilamid polimerleri ve sakızlardır. Bu maddelere ilaveten modifiye edilmiş nişastalar, karboksimetil selüloz gibi selüloz türevleri, polivinilalkol ve lâteks gibi özel uygulamalarda kullanılan kuru sağlamlık maddeleri de mevcuttur (Marton, 1996).

Kâğıdın oluşması sırasında lifler arasındaki etkileşim kâğıdın sağlamlığı için çok önemlidir. Kurutma prosesi ve liflerin birleştirilmesi sürecinde, fazlaca şişen liflerin yüzeyleri birbirlerine doğru lifler arasında oluşan kapiler kuvvetler ile itilmektedirler. Bu kapiler güç liflerin dış yüzeylerini deforme etmektedir ve lifler arasında sıkı bir bağlanma Şekil 1' deki gösterimde olduğu gibi oluşmaktadır (Wagberg, 2005).



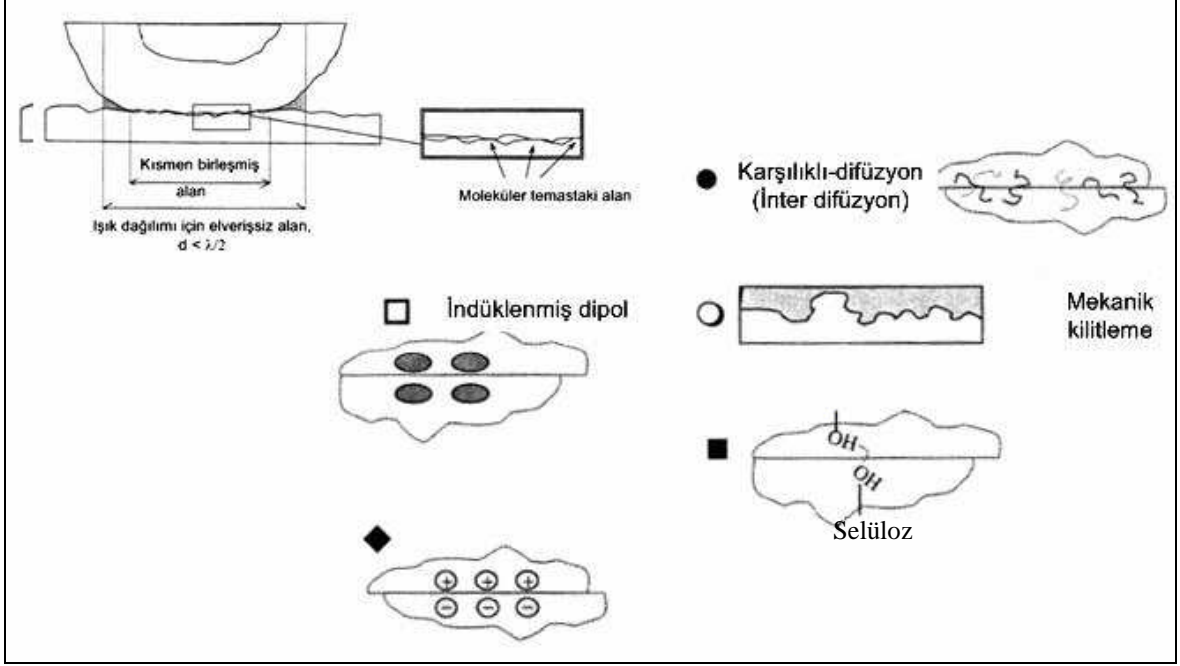
Şekil 1. Kuruma ve bağlanma boyunca lifler arasında oluşan bağlanmanın şematik gösterimi (Wagberg, 2005).

Kâğıdın sağlamlığına önemli derece etki eden bağlanma faktörleri aşağıdaki gibidir,

- Bağlantı bölgesindeki moleküler bağlantı alanının büyüklüğüne
- Moleküler arası kuvvetlerin büyüklüğüne
- Karşıt yüzeyler arasındaki mekanik kenetlenmeye
- Kovalent bağların muhtemel mevcudiyetine bağlıdır.

Liflerin temas noktasındaki spesifik bağ kuvveti farklı faktörlere bağlıdır (Şekil 2). Bu anlamda yüzeyler arası mekaniksel kenetlenme bağlanma kuvvetine yardımcı olacaktır. Diğer meydana gelebilecek kenetlenme tipi karşı yüzeyler arası polimerlerin interdifüzyonudur. İnterdifüzyon, polimerin bir kısmının bir faz içerisindeki bölüme diğer kısmının ise diğer karşı faz içerisindeki bölümde bulunması ile sonuçlanır. Bağlanma direncine toplam katkısı, her bir fazdaki yerleşmiş polimerin uzunluğuna ve ara yüzeyi

geçen moleküllerin sayısına bağlı olacaktır. Uygulamada ise, hemiselülozun kısa zincirlerinin lifler arasındaki karşı yüzeyler arasına geçmesi ve bu yolla spesifik bağ direncine katkıda bulunması söz konusudur.



Şekil 2. Lifler arasındaki bağlı bölge içindeki özel bağ kuvvetini belirleyecek olan farklı etkileşim tiplerinin şematik gösterimleri (Wagberg, 2005).

Şekil 1 ile birlikte ifade edilen moleküller arası kuvvetler üç farklı gruba ayrılır:

- Hidrojen bağı
- Van der Waals kuvvetleri
- İyonik bağlanma

Bunlardan hangisinin moleküller arası kuvvetlere katkıda baskın olacağına dair gerçek kanıt yoktur. Fakat, muhtemelen hidrojen bağı ve van der Waals kuvvetleri baskın olacaktır. Spesifik olmayan van der Waals etkileşim enerjisi,  $W_{vdW}$ , makroskobik parçacıklar arası metaryelin Hamaker sabiti ile tanımlanır ve oldukça geniş aralıktır. Ayrıca, mesafeyle ters orantılıdır (Formül 1), Bu denklem R1 ve R2 yarıçaplarına sahip karşı moleküller için geçerlidir.

$$W_{vdW} = \frac{-A\sqrt{R_1 R_2}}{6D} \quad (1)$$

Karşıt moleküller arasındaki kuvvet etkileşim enerjisinin mesafeye dayalı bir türevi olduğu için iki molekül arasındaki kuvvet aşağıdaki formüldeki gibi olacaktır:

$$F_{vdW} = \frac{A\sqrt{R_1R_2}}{6D^2} \quad (2)$$

Selüloz için Hamaker sabiti  $6.10^{-20}$  aralığında olduğu için karşı iki molekül arasındaki van der Waals çekimi en azından kuru durum için hesaplanabilir.

Diğer yandan hidrojen bağları bitişik yüzeyler üzerindeki hidrojen bağ grupları uzaklığı ve bu gruplar arasındaki geometrik yönelimine çok hassastır. Bahsedilen son özellik son yıllarda bu spesifik bağ sağlamlığı ve dolayısıyla daha yüksek kağıt sağlamlığı için hidrojen bağının önemini ölçmeye sevk etmiştir.

Bununla birlikte son zamanlarda çeşitli yayınlarda liflerin enine ıslak elastiklik modülünün çok düşük olduğu görülmüştür (1–5 Mpa tarzında veya daha düşük). Bu lif yüzeyinin yumuşak bir jelin yüzeyine benzerliği ve kurutma sırasında lifleri birbirine çeken geniş kapiler kuvvetler dikkate alındığında lif-jel yüzeyindeki yüksek hareketliliğe sahip moleküllerin komşu lif yüzeyindeki hidrojen bağı oluşturmak için tam bir yönelmenin olması beklenmemelidir. (Wagberg, 2005).

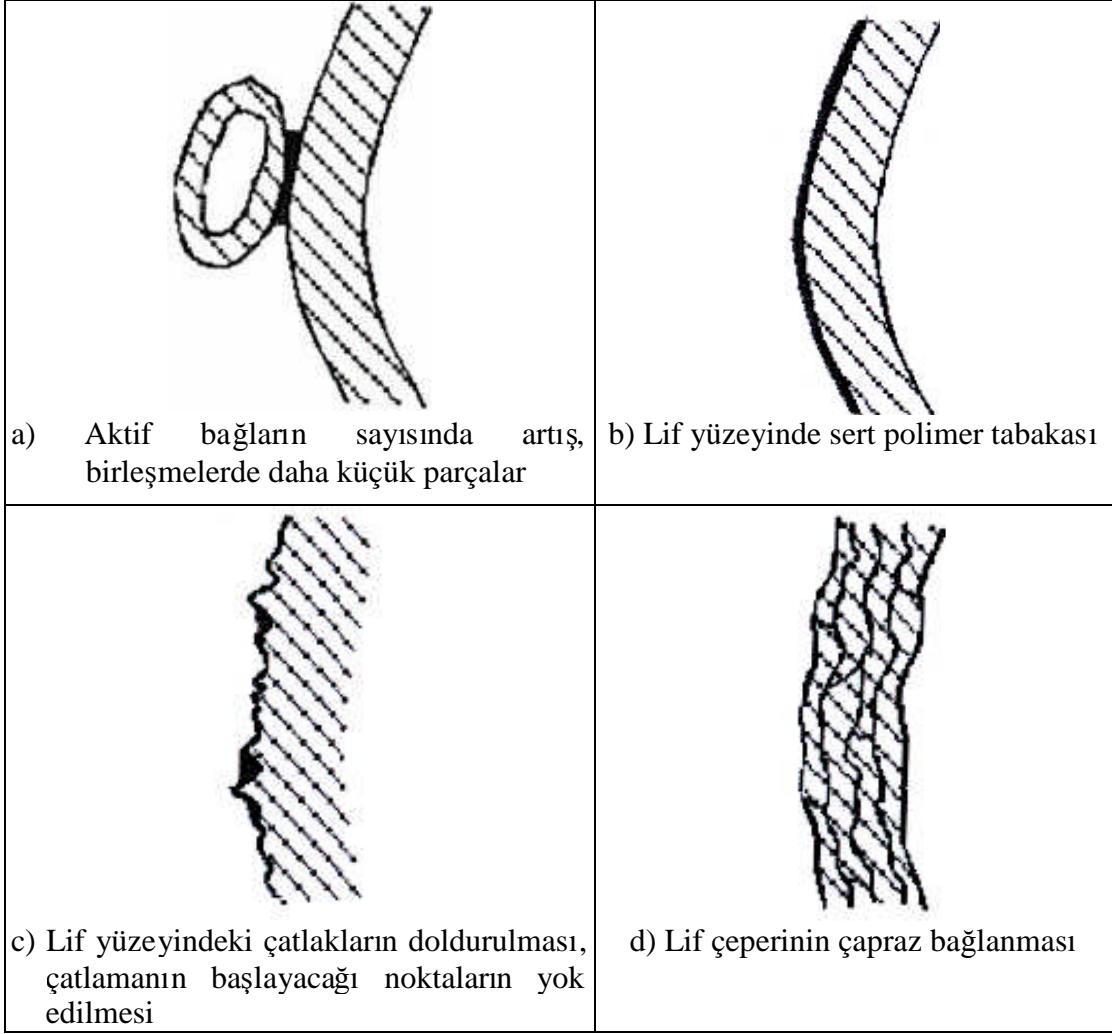
Kuru sağlamlık maddeleri kâğıt sağlamlığına çok büyük etkisi olan, liflerin bir çok özelliğine etki edebilen maddelerdir.

Her şeyden önce ilave kimyasallar kâğıt içerisindeki aktif bağlantıların sayısını artırabilir. Bu lif bağlantıları arasındaki serbest parçaların ortalama uzunluğunu azaltacak ve bu kâğıdın buruşmaya karşı olan direncini yükseltecektir.

İkinci olarak ilave kimyasallar iki lif/lif arasındaki lif parçasının kırılma direncini artıracak olan lif yüzeylerinde ince çok sert bir tabaka oluşturabilir.

Üçüncü bir olasılık, ilave kimyasalların lif çeperlerinde çatlak ve homojen olmayan yerleri bloke etmesidir ve bu yolla muhtemel çatlak başlangıç noktalarını kapatarak bunların büyümesini engeller.

Son olarak bu maddeleri tüm lifi çapraz bağlayarak ezilme sırasında kâğıdın maruz kaldığı tabaka ayrılmasını engeller. Bu mekanizmalar şematik olarak Şekil 3' de verilmiştir (Wagberg, 2005).



Şekil 3. Kuru sağlamlık maddesinin ilavesiyle kâğıdın direncindeki iyileşmede kimyasalların farklı muhtemel etkileri (Wagberg, 2005).

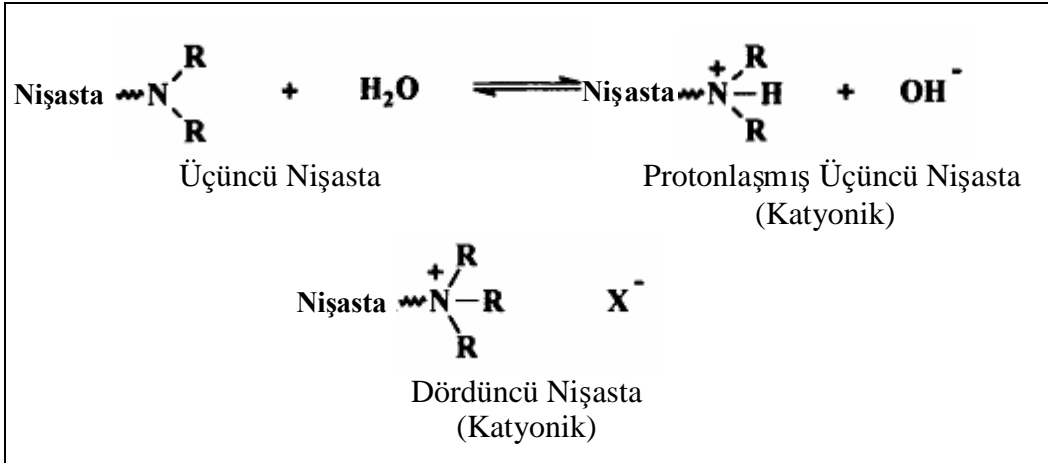
### 1.2.1. Kuru Sağlamlık Maddeleri

#### 1.2.1.1. Nişasta

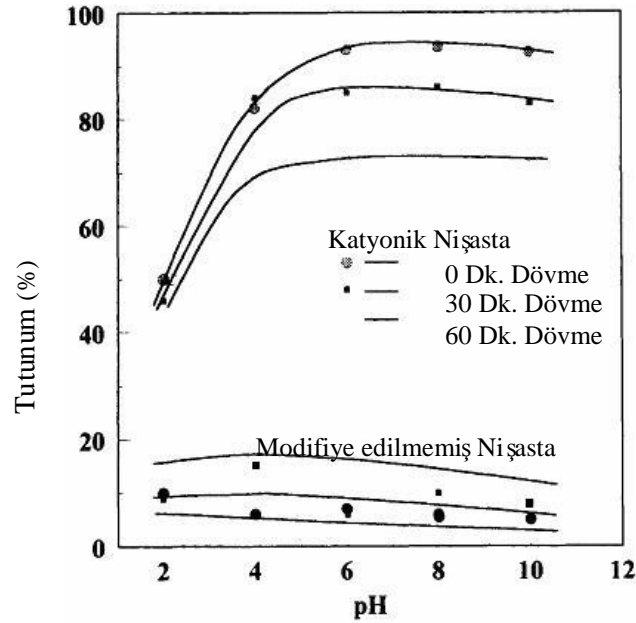
Yaygın şekilde kullanılan yüzey yapıştırma maddesi nişasta olup size pres tarafından uygulanabilir. Silikatların tersine, nişasta yalnızca su bırakma ile kuruyan bir tutkal değildir. Nişasta oluklu kâğıt üzerinde kısmen pişmiş ve çiğ olarak sıcaklığın etkisiyle jel haline gelir. Silikatın sakıncalarını ortadan kaldırmaktadır (Maltenfort, 1970). Suya dayanıklılık için 72 saatten fazla süre gerekir. Onun için suya dayanma testi bu süreden sonra yapılmalıdır. Çoğu kağıt fabrikası uygulamasında %3-9 katı içerikli kısmen düşük



%0,1-0,4 arasında azot içerir (polimer zincir içinde her 100 birimde 1-5 glukoz yüklüdür). Bunlar genellikle life oranla %0,25-2,5 luk bir seviyede kağıdı kuşelemede kullanılırlar ve çabuk bir şekilde adsorbe olurlar. Katyonik nişastalar dövülmemiş lifler tarafından dövülmüş liflere oranla daha etkili olarak tutunurlar, çünkü nişasta büyük yüzey alanı için yüksek bağ yapma özelliğine sahiptir ve bu kâğıt formasyonu boyunca tercihli olarak kaybolma eğilimindedir (Şekil 6), (Roberts, 1996).



Şekil 5. Sulu çözelti içindeki amino katyonik nişastanın üçüncül protonlaşması (Roberts, 1996).



Şekil 6. 0, 30 ve 60 dakika için kağıt safihası formasyonu boyunca doğal ve katyonik nişastaların dövülmüş liflere tutunumu (Roberts, 1996).

Şekil 6 incelenirse dövme aşırı şekilde artırıldığında artan ince fraksiyonun tutunumu için daha fazla retansiyon kimyasalına ihtiyaç duyulabilirliği görülmektedir.

Adsorblama, lif-lif bağlarına ilaveyi ya da var olan bağların direncini artırması beklenir, fakat bu kendisinin ilgili olduğu bağlı alanın büyüklüğündeki bir artıştan ziyade gözle görünen bağlı bölgenin her biriminin bağ direncindeki bir artış ile kâğıdın gerilme direncinin artmasına neden olan başlıca kanıttır.

Selüloz tarafından tutulan katyonik polimerler en çok selülozun asidik grupları ve polimerin katyonik grupları arasında iyonik etkileşim ile açıklanır. Fakat bu adsorblama işleminde hidrojen bağ katılımının daha az miktarda olduğunun göstergesidir.

Katyonik nişasta genellikle süspansiyon bileşenlerinden oluşan karışıma katılır ve geniş yüzey alanlı bileşenler tarafından tercihe bağlı olarak adsorbe edilir. %70 lif, %15 kaolen ve %15'i de kırıntı liften oluşan bir süspansiyona ilave edilen nişasta dolgu ve kırıntı liflerin üzerine absorbe olmuştur. Bir süspansiyondaki kırıntılar ya da dolguların artan miktarı lif yüzeyi üzerinde bulunan nişastada bir azalmaya neden olurlar ve bu nedenle lifler arası bağ direnci uygun miktarda azalır. Bu nişastalı süspansiyon bileşenlerinin karışım sırası, katılım sıklığı ve sürme noktaları bölgesinin önemli olduğunu gösterir (Roberts, 1996).

### 1.2.1.2. Sakızlar(Gum)

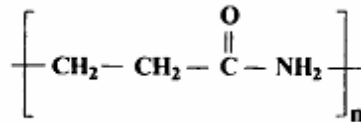
Sakızlar nişastadan daha az sıklıkta kullanılan bitkisel esaslı doğal polisakkaritlerdir. En yaygın kullanılanı akasya ağacı sakızıdır. Bu sakızlarda temel ve kenar zincirler çubuğa benzer kırılman mannöz birimleridir. Sakızların kenar zincir yapısı kompleksli bir yapıya sahiptir ve bir molekül ağırlığı 10 milyon daltondur. Sakızlar çok hidrofiliktir ve yapışkan sulu çözelti biçimindedir. Sakızlar lif yüzeyine hidrojen bağı ve Van der Waals kuvvetleri boyunca adsorbe olurlar. Sakızlar yazım için kullanılan kâğıtların yüzey alanında katyonik nişastanın dağılışına benzer bir davranışta bulunurlar. Başka bir deyişle sakızlar tabakanın kütle dağılışına yardımcıdır ve uzun lifli hamurların flokülasyon oranını azaltması ile koloidal maddeler olarak rol oynayabilirler. Şapın hazırlanmasında kullanılan yüksek molekül ağırlıklı asetillenmemiş sakız, köpüklenmeyi önleyici güçlü madde olarak kullanılır. Sakızlar türbülanslı akışta lif asılmalarının fraksiyonunu azaltmaktadır (Roberts, 1996).



### 1.2.1.3. Poliakrilamidler

Akrilamid esaslı polimerler dünya çapında en yaygın kullanılan tutunma maddeleridir. Poliakrilamidler (PAM) Şekil 7’de görüldüğü gibi basit bir yapıya sahiptirler. Katyonik ve anyonik poliakrilamidlerin her ikisinde kullanılır. Katyonik poliakrilamid; akrilamid ile çeşitli akrilik asit türevlerinin kopolimeridir (Roberts, 1996). Katyonik bir PAM kırıntı partiküllere yaklaştığında elektrostatik çekim ile bu fraksiyon üzerine adsorblanır. Bu olay katyonik flokülantın temel rolü olmasına rağmen yük nötralizasyonu ile çift tabakaların daralmasına da yardım eder. Partiküller birbirlerine yaklaştıklarında köprü oluşturma meydana gelebilir (Dorion, 1998). Urich ve Fisher, katyonik poliakrilamidlerin çok etkili su uzaklaştırma ve drenaj maddesi olduklarını bulmuşlardır (Urich and Fisher, 1976). Anyonik poliakrilamid, akrilik asit veya sodyum akrilatın kopolimerleridir. Fakat, poliakrilamidlerin istenen yük yoğunluğuna kadar hidroliz ile de üretilmesi mümkündür (Eklund, 1991). Anyonik poliakrilamidin bir molekülü Şekil 7’de verilmiştir (Roberts, 1996). Anyonik poliakrilamidler liflerle zayıf bir bağ yapma özelliğine sahiptirler ve şap ya da bir aracı olarak katyonik polimer kullanılması ile lifi isimlendirirler. Diğer taraftan katyonik poliakrilamidler şapa ihtiyaç olmaksızın süspansiyon bileşenlerine ve anyonik liflere kolayca adsorbe olurlar. Katyonik poliakrilamidler geniş bir pH aralığında fazlaca kullanılabilirler ve retansiyona yardımcı olarak hareket etmeleri ile drenaja yardımcı olurlar. Anyonik poliakrilamidin dövülmüş hamuru makul bir biçimde kopma direncini geliştirdiği bulunmuştur.

Miyanishi ve Shigeru anyonik poliakrilamidin tek başına kullanıldığında az bir kümelenme oluşturduğunu ve drenajı azalttığını kaydetmişlerdir. Bentonitin anyonik poliakrilamid den önce ilavesi ile kümelenme ve drenajın arttığı fakat asit kâğıt yapımındaki şapla birlikte kullanımından elde edilen seviyeye ulaşmadığı görülmüştür (Miyanishi and Shigeru, 1997).



Şekil 7. Poliakrilamidin basit yapısı (Roberts, 1996).

Kağıtta direnci geliştirme ve absorpsiyonu amacıyla liflerin flokülasyonu ve köprüye neden olmaksızın H-bağı oluşturmak için molekül ağırlığının yüksek olması gereklidir. Pratik olarak molekül ağırlık aralığı genellikle 100 000 ve 500 000 daltondur. Hamuru dövmeden kuru direncini geliştirmek için PAM'lerin hiçbiri kullanılmadığında, yoğunlukta görülür geniş bir yüklemenin olmadığı gözlemlenmiştir, fakat gerilim, kopma, iç bağ direnci ve kopmayı bütünüyle geliştirmiştir. Muhtemelen PAM'ler selüloz üzerindeki yakın –OH grupları arasındaki H-bağ formasyonu için çok büyük uzaklığa sahip lif yüzeyleri arasında ilave bağ olmasını sağlar. Bu yeni bağlar bağ yapılan yerlerde görülebilen, bağlantı kurulmaksızın çalışması için yeterince esnek ve uzundur. Bu durumda yoğunlukta çok küçük değişiklik ile direnci iki kat artırabilirler, porozite ya da ışık dağılımı bu hipotez için en çok ikna edici kanıttır. Bir yüzeyden diğerine kısa köprü ve çoklu tabaka bağ geriliminin artışı, niçin özellikle etkili olduklarını açıklayabilmektedir (Roberts, 1996).

#### 1.2.1.4. Silikatlar

Suda çözülebilir sodyum silikatlar endüstriyel kimyada kullanılan en eski kimyasal maddelerden bir tanesidir. Sahip olduğu önemli özellikleri (tamponlama etkisi, yüzey yüklerini modifiye etmesi, ısı ve kimyasal stabilite, polimerleşme kapasitesi, viskozite düzenleyici) nedeniyle birçok endüstride farklı uygulamalar için kullanılmaktadır. Silikat türevleri dünya genelinde kozmetik, yiyecek, ilaç, zımpara, su muamele işlemleri, deterjan, adheziv (yapıştırıcı) madde, kağıt üretimi gibi birçok uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Pereyra ve Giudice, 2009; Yang vd., 2008). Sodyum silikata su camı da denmektedir. Su vererek kurur; oluklu kâğıt ve örtü kâğıdı onun suyunu emince tabakalar arasında camsı bir bağ oluşturur. Tek başına ya da kaolin ve proteinle karışım halinde kullanılabilir. Eskiden A.B.D. de, geniş ölçüde kullanılan bir tutkal idi, bazı sakıncaları nedeniyle terk edilmiştir (Maltenfort, 1970). Silikatlar kâğıt üretiminde yaygın şekilde retansiyon maddesi olarak katyonik polimerlerle beraber kullanılmaktadır (Eklund ve Lindström, 1991). Bununla birlikte alkali metal silikatların kâğıda ilavesi ile kâğıtta sağlamlık açısından çok başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Ancak silikatların liflerle yüksek bağ yapma kapasitesine sahip olduğu kadar su ile de yüksek bağ yapma kapasitesi vardır. Bu durum özellikle ambalaj amaçlı kullanılan kâğıtlarda istenmeyen bir özellik olup, silikatların kullanımını sınırlamaktadır. Bu nedenle silikatların vaks, yağ, stearatlar ve

florokarbonlarla uygulanması farklı araştırmalarda denenmiştir. Bu tür hidrokarbonların kullanımı farklı sorunları da beraberinde getirmektedir. Öncelikle silikatla lifler arasında gerçekleşen bağların oluşumunu engellerler. Silikatlar lif-lif bağlanma noktasındaki bağ sayısını artırarak kâğdın sağlamlığına katkı sağlarken suya duyduğu aşırı istek kâğdın su almasını ve direncini kaybetmesine neden olur. Vaks ise suyun bağlanabileceği fonksiyonel grupları kapatırken, aynı zamanda da sağlamlık için gerekli olan bağlanmayı da azaltır. Bu nedenle, bu iki maddenin etkili şekilde kullanımı optimizasyon sonrasında da gerçekleşebilir. Karışım oranlarının optimizasyonu aynı zamanda karışımın reolojik özelliklerine de etki etmektedir. Ayrıca silikat malzemeli kuşeleme ve adhesivler tek başlarına özellikle yüksek esneklik istenen uygulamalarda uygun değildir ve kâğıda ilave edilen silika oranı arttıka kâğıt daha kırılğan yapı kazanır. Bu nedenle, plastikleştirici bir kimyasalın ilavesine gerek duyulabilmektedir (Seymour ve Seymour, 1994).

### **1.3. Kâğdın Sıvılara Karşı Olan Direnci (Bariyer zelliği)**

Birçok kâğıt ve karton çeşidinin en önemli özelliklerinden birisi de su, mürekkep, meyve suyu, zeytinyağı, süt, kan, katı yağlar gibi maddelerin nüfuzuna karşı dayanıklı olmalarıdır. Su geçirmezlik, kâğdın yüzeyinin ıslanmasına rağmen suyun içeriye nüfuzunun geciktirilmesi özelliğidir. Yapıştırma maddeleri su ile kâğıt arasındaki temas açısını byltrler. Yüzeysel gerilim sıvı maddeyi kâğıt safihasının kılcal boşluklarına çeken kuvvettir. Yapıştırma maddeleri kılcal kuvvetin kâğdın içine doğru olan bileşenini küçültür. 180° lik bir temas açısı halinde kılcal emiş sıfır olur ve sıvı kâğıda hiç nüfuz etmez (Casey, 1961).

Yazı, baskı, ambalaj, yalıtım, harita, para ve kayıt kâğıtları gibi kâğıtların su ve mürekkep gibi sıvılara karşı dayanıklı olabilmeleri için yapıştırılmaları gerekir. Bunun için i yapıştırma ve yüzey yapıştırma işlemleri yapılır (Eroğlu ve Usta, 2004).

#### **1.3.1. İ Yapıştırma**

İ yapıştırmada lifler süspansiyon halinde iken içerisine önce %2-4 oranında sabunlaştırılmış kolofan katılır ve karıştırılır, daha sonra şap katılarak kolofanın yzerine çökelmesi sağlanır. Bu işlem sırasında pH 4,5'e ayarlanır. Böylece, kâğıt ya da karton

sıvılara karşı hidrofobik bir özellik kazanır ve mürekkebi de dağıtmaz. Uygulamada iç yapıştırmada kullanılan belli başlı yapıştırma maddeleri şunlardır:

- a. Kolofan: Çam ağacından elde edilen bir yan üründür.
- b. Mumlar: Parafin, izoparafin ve naften gibi petrol ürünleridir.
- c. Stearatlar: Özellikle fotoğraf kâğıtlarının yapıştırılmasında kullanılan sodyum ve potasyum stearatlarıdır.
- d. Asfalt emülsiyonları: Ham petrolden elde edilen yüksek moleküllü aromatik ve naftenik maddelerdir.
- e. Alkil keten dimer: Yeni geliştirilen bazı yapay maddelerdir.

Yüzey yapıştırmada ise nişasta, tutkal, bazı bitikisel ekstratlar ile polimerler kullanılır. Yüzey yapıştırmada, kâğıt yapıldıktan sonra özel makine ve kaplarda kâğıda yukarıda sayılan maddeler sürülerek yapılır ve kâğıt yeniden kurutulur. Böylece, yüzeyde oluşan tabaka kâğıdını sıvılara karşı dayanıklı kılar. Kolofan kullanılmadan önce yazı kâğıtlarına yüzey yapıştırma uygulanırdı. 1807 yılında “Moritz Illig” lifler üzerine önce sabunlaştırılmış kolofan sonra da şap katarak suya dayanıklı ve mürekkebi dağıtmayan kâğıt elde etmiştir. Böylece, kâğıda yapım sırasında bu özellik kazandırıldığından ikinci bir kurutmaya gerek kalmamıştır. O günden bugüne aynı yöntem kullanılmakta olup fazla bir değişikliğe uğramamıştır. Ancak, son yıllarda alkali ortamda yapıştırma gelişmekte olup bazı avantajlar da sağlamaktadır ( Eroğlu ve Usta, 2004).

Form, kraft sargılık, duvar, kuşe kâğıt tabakası, lamine kartonlar v.s.’de iç yapıştırma; çizim, yazı, grafik, ofset baskı ve vernikli kâğıtlara ise yüzey ve iç yapıştırma birlikte uygulanır.

### **1.3.1.1. Kolofan**

Kolofan, dikili ağaç gövdelerinde açılan yaralardan ağacın dip kütük kısımlarının ekstrasyonundan ve sülfat yönteminin yan ürünü olan “Tall oil” un fraksiyonlu damıtılması ile elde edilir (Huş, 1969). Suda çözünmez, oda sıcaklığında katı, açık sarı-kahverengi arası renktedir. Eter, alkol, klorlu hidrokarbon ve hidrokarbonlarda çözünür. Kolofanın değerini belirlemede renk en önemli kriter olup açık sarıdan koyu kahverengiye kadar renkler bazı harflerle değerlendirilir. Bunlar sırasıyla X, WW, WG, N, K, I, H, G, F, E ve B dir. X açık sarı, E koyu kahverengidir (Watkins, 1971).

Doğal olarak, çam ağaçlarından elde edilen reçine %80 kolofan ve %20 uçucu olan terebentin yağı içerir. Kolofanın bileşimi yaklaşık %90 reçine asitleri ile %10 nötral maddeler içerir (Watkins, 1971). Reçine asitleri, abietik ve pimarik tip reçine asitleri olarak ikiye ayrılırlar. Abietik asidin karboksil grubu kâğıdın yapıştırılmasında önemli olup iki görevi yerine getirir.

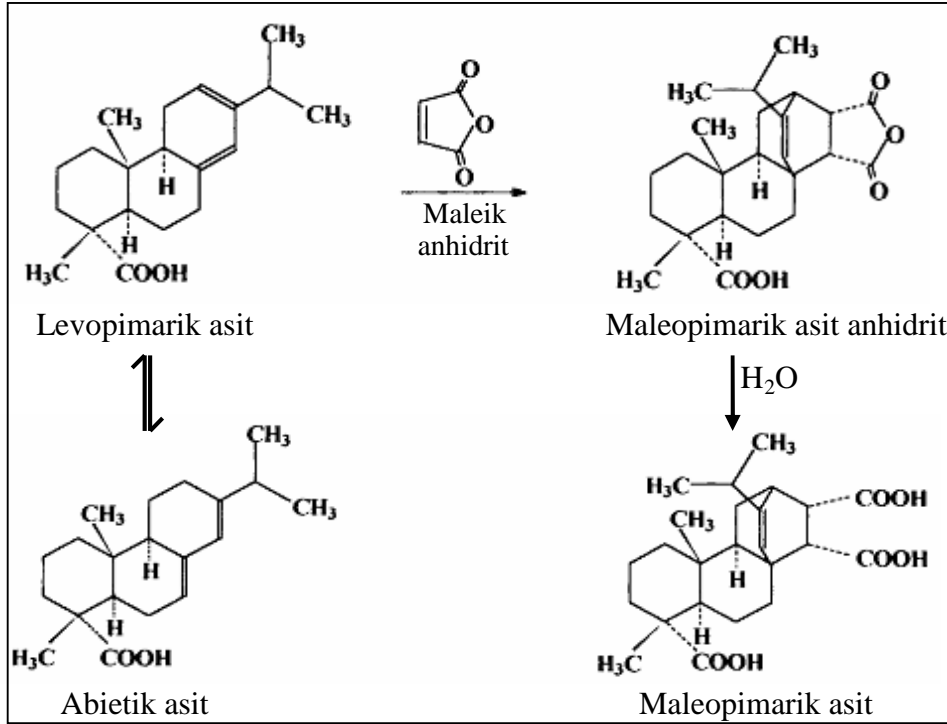
- a. Alkali metallerle tuz oluşturarak kolofanı suda çözünür hale getirir, böylece kolofan lif süspansiyonuna katılabilir.
- b. Alüminyum tuzları ile (özellikle şap) reaksiyona girerek bir kompleks oluşturur ve abietik asit çökler. Çökelti alüminyum katyonu nedeniyle artı yük taşıdığından eksi yüklü lifler üzerine tutunur.

Yapıştırma reçineleri fiziksel görünüşleri yönünden üçe ayrılırlar:

- a. Yarı sıvı yapıştırma reçinesi: 150°C'de erimiş kolofan üzerine gerekli miktarda sulu sodyum hidroksit veya sodyum karbonat katılarak hazırlanır. Taşınması ve kullanımı kolay ve ekonomik olduğundan en çok kullanılan reçinedir. Genellikle % 20-30 su içerir ve ölçülebilecek kadar serbest su bulunur. Oda sıcaklığında kıvamlı hamur şeklinde olup 110°C den sonra sıvılaşır. Çalışma sırasında zorluk çıkaran özelliği kristalleşmesidir.
- b. Kuru yapıştırma reçinesi: Hemen tümüyle sabunlaştırıldığından suda kolayca çözünür ve doğrudan doğruya süspansiyona katılabilir. %10 rafine edilmiş parafin mumu içeren kuru reçinede kullanılmaktadır. Oksidasyona son derece meyillidir; eğer, kontrol edilmezse aniden tutuşabilir. Oksidasyon, antioksidan maddelerle ve serbest radikal reaksiyonunu katalizleyen metallerin kontrol edilmesiyle sağlanır. Hava ve buhar girişi önlenecek şekilde ambalajlanır.
- c. Serbest yapıştırma reçinesi: Emülsiyon halinde olup %40 katı madde içerir, stabilizör olarak koruyucu kollioidal maddeler kullanılır. Bu yolla % 75–90 oranında sabunlaşmamış serbest abietik asit içeren emülsiyonlar hazırlanabilir. Suyun sert olması halinde ve yapıştırması güç olan kağıtların tutkalanmasında daha etkilidir. Kolofan bir kap içinde eritildikten sonra az miktarda NaOH ve su şiddetli karıştırma altında ilave edilir. Daha sonrada üzerine protein, kazein gibi sulu dispersiyon ilave edilir. Elde edilen emülsiyon seyreltilerek uygun bir bakteri öldürücü katılarak proteinin bozulması önlenir.

### 1.3.1.2. Asit pH'da Reçine ve Şap

Reçine iğne yapraklı odunlardan ekstrakte edilerek uygulanır. Reçineler hem onların serbest asiti biçiminde hem de sodyum karboksilat tuzu olarak kullanılır. Yapıştırma çözeltisi olarak reçinenin verimliliği maleik anhidrit ile reçine asitlerinin reaksiyonu tarafından geliştirilebilir (Şekil 8). Ürün katılan iki karboksil grubuna sahiptir ve başlangıç materyalinden daha fazla hidrofilliktir, henüz yapıştırma çözeltisi olarak çok iyi performansa sahip değildir. Bu durum toplasmaya eğilimi azaltan anyonikliğin artırılmasından dolayı olabilir ve kâğıda sürülme ile serbestlik ve benzerlik artabilir (Roberts, 1996).



Şekil 8. Maleik anhidrit ile Diels-alder reaksiyonu tarafından bir yapıştırıcı ajanı olarak reçinenin etkinliğinin geliştirilmesi (Roberts, 1996).

### 1.3.1.3. Reçine ve Selüloz Lifleri Arasındaki Etkileşimin Yapıştırma Etkisi

Reçine-şap sistemlerinde yapıştırma mekanizmalarına ait değişik teoriler vardır. İlk akla gelen hem serbest olarak hem de alüminyum sülfat ile reaksiyon sonucu sabunlaşan asit uygulamasıdır ve bu durum lif yüzeyinin üzerinde reçine moleküllerinin dağılımını

sağlar. Aynı zamanda, bu durum sabunlaşmamış ve sabunlaşmış reçine için farklı mekanizmaların etkili olduğunun göstergesidir. Sabunlaşmış reçine ve şapın reaksiyonu sistem pH'ında anyonik selüloz pozitif yüklü bir ürün verir. Diğer taraftan sabunlaşmamış reçine muhtemelen lifin üzerine çökelir, şap ve sodyum reçinesinin reaksiyonu ile biçimlenen benzer bir ürün vermek için şap ile sonuç olarak reaksiyon veren kâğıt tabakasında taşınması muhtemeldir. Reçinenin kâğıtta kendi kendine nasıl dağıldığı belirsizdir, fakat fiziksel bir akış ve erime ya da buhar fazında taşınım şeklinde olduğu düşünülmektedir. Mekanizmalar komplekstir fakat yüksek pH'da, yapıştırıcı hem zayıf bir şekilde hem de uygun olmayan biçimde tutunurlar ve bu durum yapıştırıcı kaybını tamamlamayı açıklar. Bu genellikle 6'dan daha az pH için reçine-şap yapıştırması kullanımını kısıtlar (Roberts, 1996).

#### 1.3.1.4. Alkil Keten Dimer

Alkil keten dimer 1950 yıllarında Aquapel adı altında kâğıt endüstrisinde kullanılmaya başlanmıştır. İyi bir yapıştırma maddesi hidrofobik olmalıdır, selüloz liflerine absorbe edilmelidir, lif yüzeylerine düzenli olarak dağılmalıdır, lif yüzeylerine sağlamca tutunmalıdır, asit ve alkali kimyasal maddelerin etkisine dayanıklı olmalıdır.

Reçine ucuz ve kullanılması kolay olmakla birlikte nispeten iri parçacıklar halinde çökelir, asitlere ve bazlara karşı dayanıksızdır. Reçine ile alkali pH'larda yapıştırma yapılamaz. Diğer taraftan, mumlar hidrofobik olmakla birlikte liflerle uyuşmadığından sıkıca tutunamaz, tutunma mekanik yolla olur. Oysa alkil keten dimer liflere kimyasal bağlarla bağlanır; dolayısıyla, asit ve alkalilere karşı dayanıklıdır.

Özellikle C<sub>14</sub>'den C<sub>18</sub>'e kadar olan karbonlu yağ asitlerin verdiği keten dimerler bu gereksinimi karşılamaktadır. Alfa pozisyonunda H atomu olan her yağ asidi keten dimere dönüşebilir (Kincannon, 1971).

İyi bir yapıştırma için keten dimer selülozun hidroksil grupları ile reaksiyona girmelidir, eğer reaksiyon su ile olursa yapıştırma etkisi olmayan keton oluşur. 10-20 karbon atomlu herhangi bir yağ asidi kağıdı yapıştırarak bir keten dimere dönüştürülebilir. En çok kullanılanlar stearik, palmitik, miristik ve oleik asitlerdir. Yapıştırma etkililiği erime noktası arttıkça artar. Emülsiyonlaşma özelliği erime noktası ile ters orantılı olduğundan bu iki koşul birbiriyle uyuşturulmalıdır. Bu nedenle %50 palmitik ve %50 stearik asit karışımı geniş ölçüde kullanılmaktadır (Eroğlu ve Usta, 2004).

Alkil keten dimerler suda çözünmediğinden süspansiyona katılmadan önce dispersiyon haline getirilmelidir. En çok kullanılan emülsiyon katyonik nişasta ile stabilize edilmiş olanıdır. Katyonik nişasta dimerin tutunmasına da katkıda bulunur. Ayrıca, iyonik olmayan emülsiyonda kullanılır. Katyonik nişasta ile yapılan emülsiyonlar ya hazır alınır ya da %2.5–4'lük nişasta çözeltisine alkil keten dimer katılarak 65°C'de piston tipi bir homojenleştirme aygıtından geçirilir. Nihai emülsiyon %3–12 alkil keten dimer ve %1-3 katyonik nişasta içerir (Eroğlu ve Usta, 2004).

İyonik olmayan emülsiyon ise, iyonik olmayan yüzey aktif polioksi etilen sorbitol oleat gibi maddelerle hazırlanır. Emülsiyon yapıcı madde miktarı dimer ağırlığının %10 ile 20 sidir. Emülsiyon maddesi erime noktasından 10°C yukarıda dimerle karıştırılır ve daha sonra soğutulur.

Alkil keten dimer %0,2–0,5 gibi az miktarlarda kullanılır. Süspansiyonda sıcaklık minimum olmalı, kurutma sırasında ise su kâğıttan yüksek sıcaklıkta uzaklaştırılmalıdır. Yapışma etkisi kurutmadan 1–2 gün sonra optimuma ulaşmaktadır.

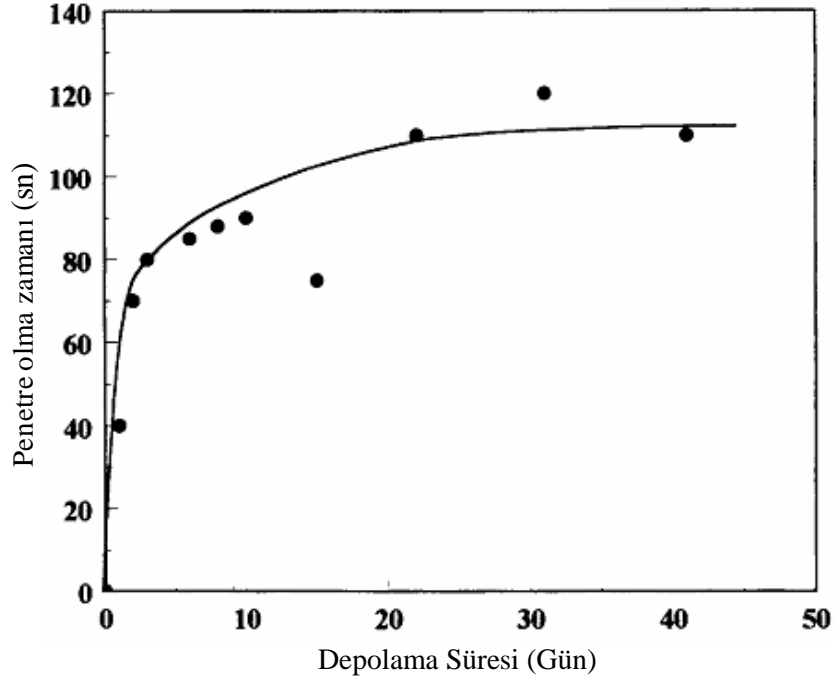
pH 10'dan yukarı olursa reaksiyon su ile olmakta ve yapışma etkisi azalmaktadır. Ortalama pH 7–8 arasındadır. Bu nedenle CaCO<sub>3</sub> ile birlikte kullanılabilirdiği gibi, tarihi evraklar gibi uzun süre saklanacak kâğıtların yapıştırılmasına daha uygundur. Bu nedenle son yıllarda alkali kâğıt yapımı konusu önem kazanmıştır. PH arttıkça yapıştırma etkisi artmaktadır. Şap katılması yapışmayı olumsuz yönde etkilemektedir. Değişik hamur liflerinin yapışma kolaylığı reçine ile yapıştırmada olduğu gibidir. En kolay ağartılmamış kraft, en zor ise ağartılmış kraft yapışmaktadır. Kâğıdın beyazlığını etkilememektedir. Kâğıdın sağlamlığı etkilenmemekte ve zamanla renk ve sağlamlık kaybı, bozulma olmamaktadır.

Diğer yapıştırma maddelerinden önemli olanlar asfalt emülsiyonlar ve sıvı yağlara karşı dayanıklı kâğıt yapımında kullanılan fluorokimyasal maddelerdir. Fluorokarbon bileşikleri çok düşük düzeyde yüzey enerjisine sahip olduklarından sıvı yağlara ve birçok çözücülere karşı dayanıklıdırlar (Rengel, 1971).

AKD (Alkil keten dimer) ile yapılan iç yapıştırmada hamur tipi önemlidir ve genellikle dövülmemiş hamur dövülmüş hamurdan daha kolay yapışır. Yüksek selüloz içerikli hamurların yapıştırması zordur ve kraft hamuruna benzer yapıştırma seviyesinde ürün elde etmek için reaktif AKD miktarının on kat daha fazlası gerekmektedir. Dolguların bulunması gerekli yapıştırma miktarını artırır, yapıştırma verimi ıslak son kimyasallarının bulunması ve katılım noktası, temas zamanı, uygunluk ile etkilendiği görülmüştür.



Bununla birlikte en önemli değişkenler muhtemelen kurutma şartları ve pH dir. AKD için yapıştırma reaksiyonunu da kâğıdın yüksek bir sıcaklığa maruz kalması gerekmekte olup, sonuçta kâğıdın nemi %1–3 değerine kadar düşebilir. Yapıştırma makinede gerçekleşir (Şekil 9) ve yapıştırmanın kesin olmayan son seviyesi ve yapıştırmanın limiti kalite kontrol kriteridir ve bu sınırlı limit ciddi bir problem oluşturabilir (Roberts, 1996).



Şekil 9. Makine dışı yapıştırmanın geliştirilmesinde kurutmanın etkisi (Roberts, 1996)

### 1.3.2. Kâğıt Üretiminde Vakslar

Vakslar ticari olarak düz zincirli hidrokarbonlardır. Molekül ağırlıkları 360–900 g/mol arasında olup 20–30 karbonlu bileşiklerdir. Vaks emülsiyonları tek başlarına veya nişastayla beraber ya size preste ya da kalenderleme kısmında uygulanmaktadır. Vaks emülsiyonu ile yüzey sıvama kâğıda birçok özellik sağlayabilir (daha iyi perdah, daha iyi su iticilik, diğer sıvılara karşı aşınma direnci). Vaks emülsiyonu ile kazanılan, suya karşı direncindeki artış liflerin vaks mikropartikülleri ile kaplanmasından, böylece liflerin su ile olan temas açısının artmasından kaynaklanmaktadır. Vaks partikülleri kâğıt yüzeyindeki tam olarak diğer liflerle kenetlenmemiş gevşek lif sayısının azalmasını sağlar, böylece baskı özelliklerinde ve aşınma direncinde artış sağlamaktadır. Et sarma (kana direnç), kâğıt

çantalar (su direnci), bardak, fincan vs. ürünler için stok kâğıdı (kaygan), karton (katlanabilirlik) vs. vaks uygulamaları ile üretilir. Uygulamalarda vaksın kâğıt üzerinde tutunması istenmektedir. Nişasta gibi maddelerle kullanılması sorun olmamaktadır, ancak tek olarak kullanıldığı durumlarda aşırı penetrasyonu sorun oluşturabilir. Vaksyla yüzeyi sıvanmış kâğıtların kurutulma sıcaklığı ve depolanma şartları vaksın kâğıt içerisinde ve üstündeki son dağılımını etkilemektedir (Eroğlu ve Usta, 2004; Eklund ve Lindström, 1991; Gullichsen vd., 1999).

#### **1.4. Kâğıdın Yüzey Modifikasyonu**

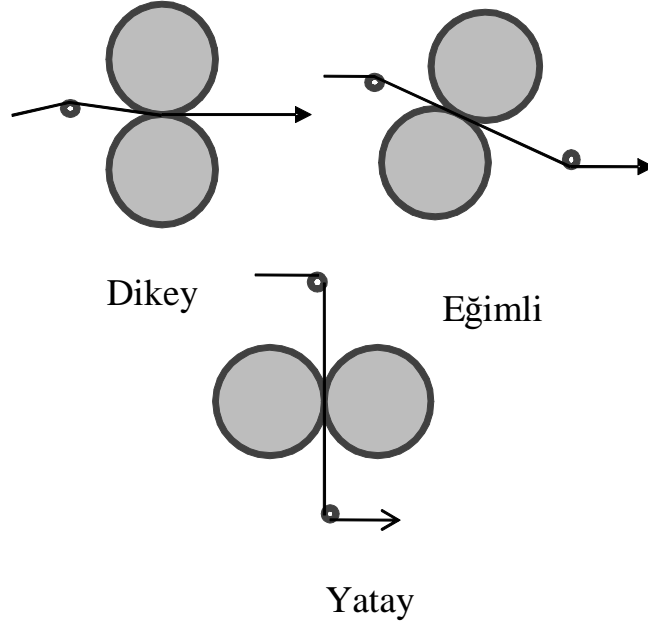
Kâğıt yüzeyi kâğıt makinesi çıkışında oldukça kaba ve heterojen bir yapıdadır. Mürekkep alma ve görüntü kalitesinin önemli olduğu yazı ve baskı uygulamaları için kâğıdın yüzey özelliklerini geliştirmek önemlidir. Bunu gerçekleştirmede farklı iki yoldan biri izlenmektedir. Bunlardan ilki kâğıt kurutulduktan sonra kâğıt makinesi prosesinin bir parçasında gerçekleştirilen yüzey sıvamadır. İkincisi ise genellikle kâğıt makinesi prosesinden ayrı gerçekleştirilen kuşeleme işlemidir. Kâğıdın yüzey sıvaması suda çözünen bir polimerin (nişasta, polivivinil alkol veya çözülebilir selüloz türevi) kâğıt safihasının yüzeyine uygulanmasıdır. Bu proste ortaya çıkan ilave rutubet, takip eden kurutma prosesinde uzaklaştırılır. Bu proseslerin etkileri ve teknik uygulamaları farklılıklar gösterebilir. Yüzey sıvama taşıyıcı kâğıdın liflerinin görüldüğü bir film sağlar. Bu uygulama ile kâğıt yüzeyinin sağlamlaştırılması ve kâğıt yüzeyinden yolunma azaltılır. Diğer taraftan kuşeleme ise taşıyıcı kâğıt liflerinin büyük oranda görülmediği bir yüzey sağlanmaktadır. Bu uygulamanın ana amacı yüksek yüzey düzgünlüğüne sahip kâğıt üretmektir (Roberts, 1996).

##### **1.4.1. Yüzey Sıvaması**

Yüzey sıvamanın amacı, genel olarak, sıvıların penetrasyonuna karşı direnç sağlamak, daha iyi yüzey özelliği vermek ve kâğıdın belirli özelliklerini (iç bağlanma ve yüzey sağlamlığı gibi) geliştirmektir. En yaygın yüzey sıvama örneği kâğıdın nişasta filmiyle muamele edilmesidir. Bu durumda kâğıdın yüzeyindeki boşluklar doldurularak mürekkep gibi sıvıların penetrasyonu ve yüzey sağlamlığının kontrolü sağlanmaktadır.

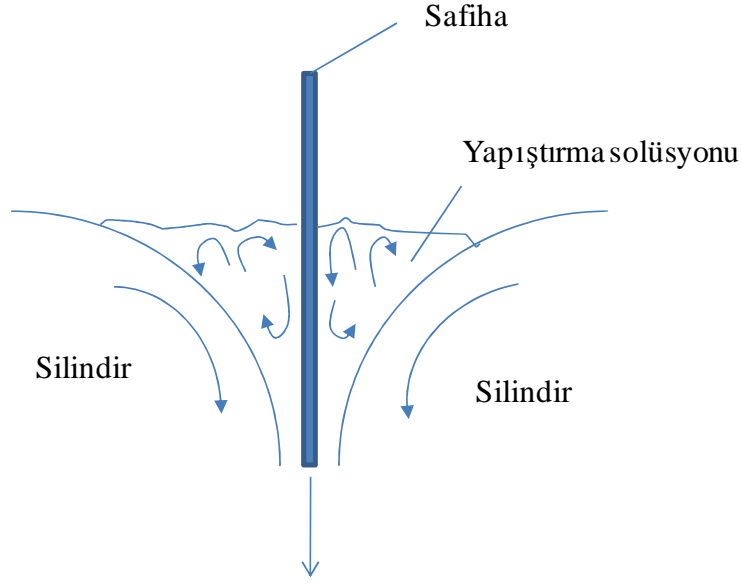
Son yirmi yılda yüzey sıvamada farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Bu gelişmelere etki eden faktörler arasında en önemlileri; kuşeli kâğıtların kullanımının artması, yeni ve farklı özelliklere sahip özel kâğıtlara ihtiyaç duyulması, sıvama tekniğinde ilave kimyasalın %100' e yakın oranının kâğıtta tutunması ve bu durumun kâğıt makinesindeki sorunları azaltarak makinenin çalışabilirliğini arttırması ve yüzey sıvamasının hamur süspansiyonuna ilave metoduna kıyasla daha az kimyasal atık vermesi nedeniyle daha çevre dostu olması olarak sıralanabilir. Size pres uygulamasının bu avantajının yanında ikinci bir kurutma partisine ihtiyaç duyması, dolayısıyla da enerji maliyetlerini artırması sakıncası vardır. Ancak yukarıda belirtildiği gibi kâğıt kimyasallarının etkin kullanımına imkân tanınması ön plana çıkmaktadır. Birçok farklı uygulama için farklı kimyasal madde türleri veya karışımları yüzey sıvamada kullanılmaktadır. Ambalaj kâğıtlarının yüzey sıvaması işleminde su, yağ ve diğer solventlere karşı direnç, kopma ve patlama mukavemetinde artış ve aşınmaya karşı direnç gibi amaçlar hedeflenmektedir (Eroğlu ve Usta, 2004; Klass, 1991; Roberts, 1996; Smook, 1982).

Yüzey kuşelemesi uygulamasında kuşe karışımı viskozitesi, taşıyıcı kâğıdın boşlukların ortalama boyutları, taşıyıcı kâğıdın temas açısıyla ilişkilendirilen ıslanabilirliği önemli rol oynamaktadır. Islanabilirlik hem yüzey sıvama hem de iç sıvamada önemlidir. Makine üzerindeki size pres taşıyıcı bir kâğıdın yüzey sıvamasının uygulandığı en yaygın metottur. Taşıyıcı kâğıt iki silindir ortasından geçerken yapıştırma solüsyonu ile temas ettirilir. Kâğıt, solüsyonunun bir kısmını absorbe, eder geri kalanını ise preslerin temas ettiği basınç noktasından ulaştırılır. Size pres dikey, yatay ya da eğimli şekilde konfigürasyonlara (yapılandırma) sahip olabilir (Şekil 10). Dikey konfigürasyon çalışması en kolaydır fakat safihanın her iki tarafında eşit olmayan bir absorplama sağlar. Bu yatay konfigürasyonla çözülebilir fakat kâğıt üretimi dikey yaklaşım sisteminin çalışmasını zorlaştırır. Bu yüzden eğimli yapılandırma daha yaygın şekilde kullanılmaktadır. İdeal olarak safiha yapıştırma ile homojen bir şekilde kaplanır, fakat aşırı enerjinin takip eden kurutma prosesinde ihtiyaç duyulmasından dolayı fazla absorplanmamalıdır.



Şekil 10. Size pres konfigürasyonları (Roberts, 1996)

Prosesin hidrodinamikleri şematik olarak Şekil 11’de gösterilmiştir. Silindirlerin dönmesi sırasında yapıştırma solüsyonu birikintisi kinetik enerjiyi adsorplamaktadır. Basınç noktasına doğru aşırı bir sıvı çıkışı olması ve basıncın karşıya geçecek olan solüsyon miktarını sınırlaması nedeniyle artan solüsyon geriye doğru sirküle olmaktadır. Eğer hidrodinamik kuvvetler çok geniş ise bu yukarı akış hızı türbülansa ve makine boyunca katıların homojen olmayan toplanmasına neden olur. Bu problem solüsyon viskozitesi yüksek olduğu durumlarda ciddi sorunlara neden olmaktadır. Yüksek hızlı makinelerde bu türbülansdan kaçınmak için nispeten daha düşük size pres solüsyonu kullanmak ya da düşük molekül ağırlığına sahip bir polimer kullanmak gerekmektedir. Diğer taraftan çok seyreltik solüsyonlar kurutma kapasitesini arttıracığından dolayı daha az tercih edilmektedir. Size pres işleminin diğer bir problemi ise uygulanan filmin ayrılmasıdır. Silindirlerin tepe basıncının olduğu bölge çıkışından filmin bir kısmı kâğıdı takip ederken diğer kısmı ise silindirde kalan iki kısma ayrılabilir. Bu problem kendisini kâğıt üzerinde küçük ölçekli heterojen bir yapıyla gösterir (Roberts, 1996).

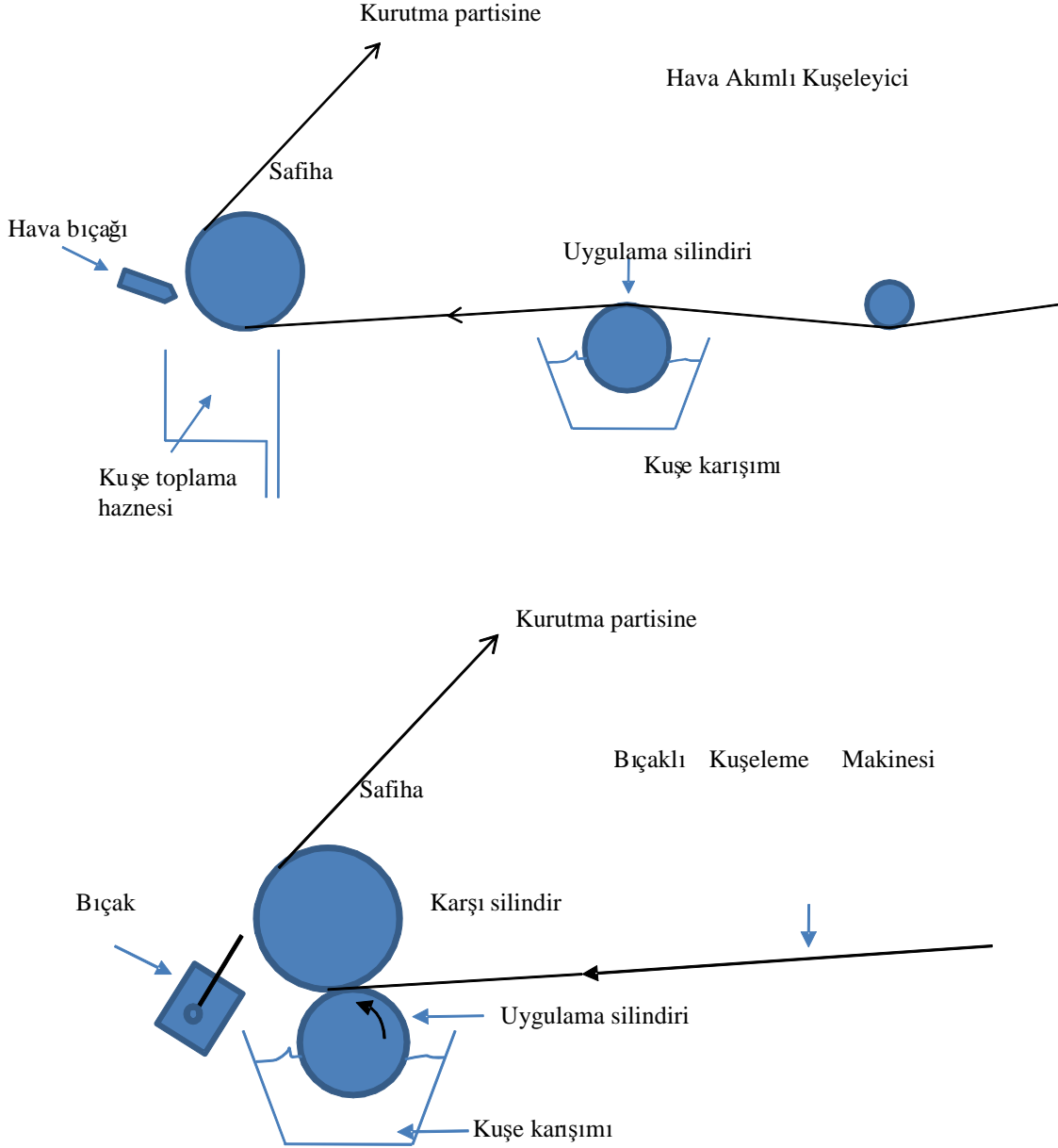


Şekil 11. Size pres hidrodinamikleri (Roberts, 1996).

#### 1.4.2. Kuşeleme

Pigment kuşeleme taşıyıcı kâğıt liflerini tamamıyla kapatan bir yüzey sağlamasına rağmen zayıf bir taşıyıcı kâğıdın kusurlarını saklayamaz. Bu yüzden taşıyıcı kâğıt kuşelemenin kalitesinde önemli bir role sahiptir. Kullanılacak kâğıt iyi bir formasyona ve yüzey düzgünlüğüne sahip olmalıdır. Aksi takdirde yüksek maliyetli yüzey kaplanmasına ihtiyaç duyulacaktır. Yüzey porozitesi ve sağlamlığın kontrol altında tutulması, yüksek hızlardaki makinelerde çalışması için gereklidir. Kuşeleme yüksek konsantrasyona sahip (%60) bir pigment dispersiyonunun taşıyıcı kâğıt yüzeyine uygulanması ile gerçekleştirilir. Kuşeleme dispersiyonunun kâğıt yüzeyine doğru kuşe ağırlığı vermek için normal olarak kâğıt tabakası ağırlığının yüzdesi olarak açıklanan hesaplama ile uygulanmaktadır. Orta-hafif ağırlıklı kuşe filmleri yaklaşık  $15 \text{ g/m}^2$  dir ve bunun üzerindeki ağır kuşeleme olarak tanımlanmaktadır. Bu tür uygulamalarda çok farklı metotlar mevcuttur. Genellikle iki ana kuşeleme metodu mevcuttur: bıçaklı kuşeleme ve hava yastıklı kuşeleme (Şekil 12). Bıçaklı kuşeleme prosedüründe kâğıt yüzeyine açıkça temas eden esnek bir bıçak kuşenin uygulanması için uygundur. Bıçağın eğimi, uygulama basıncı, primer kontrol değişkenleri olarak kullanılmaktadır. Hava bıçağı kuşeleme sisteminde ise kuşe dispersiyonun aşırı bir miktarı kâğıt üzerine uygulanır fazla kısım havanın iyi kontrol edilen akımı ile uzaklaştırılır, hava bıçaklı kuşeleme genellikle bıçaklı kuşelemeden düşük viskoziteye

sahip ve bu yüzden düşük katı içeriğine sahip kuşe karışımına ihtiyaç duymaktadır. Kuşelenmiş safiha ya infrared ya da termal kurutucularla kurutulur. Modern kuşeleme çok yüksek hızlarda gerçekleştirilir ve günümüzde en yüksek kuşeleme işlemi 1600 m/dk hıza yaklaşmaktadır. Bu hızlarda dispersiyonun reolojik ve akış özellikleri proses için çok önemlidir (Roberts, 1996).



Şekil 12. Yaygın kullanımı olan kuşeleme makineleri

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Materyal

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalarda farklı vaks türleri kullanılmıştır. Bunlardan biri sonradan emülsiyon haline getirilen ÇAMSAN A.Ş.den temin edilmiş olan parafindir. Diğeri ise SASOL (Almanya) firmasından temin edilen anyonik karakterdeki emülsiyon şeklinde Hidrowax-215 dir. Silikat olarak camsuyu olarak adlandırılan  $Na_2SiO_7$  (Merck) kullanılmıştır.

Tablo.1. Hidrovaks'ın genel özellikleri

Su	%50-100
Doymuş katı hidrokarbonlar	%25-50
Tehlikeli bileşikler	Yok
Kişisel güvenlik önlemi	Gerekli değil
Su kullanımı	Su ile seyreltilmeli
	Yer altı ve yerüstü suyu kullanılamaz
Ateş ve patlamaya karşı koruma	Özel ölçümler gerekmez.
Depolama	Oksit çözeltileri ve yiyeceklerden korunmalı.
	Dondurulmamalı
	Serin ve kuru yerde saklanmalıdır.
	Direk güneş ışığı ve sıcaktan korunmalıdır.
Havalandırma	Gerekli değildir.
Şekil (biçim)	Sıvı
Renk	Beyazımsı (krem)
Koku	Hafif
Erime sıcaklığı	0-4 °C
Kaynama sıcaklığı	100°C
Alevlenme noktası	Uygulanamaz
Ateşleme sıcaklığı	300°C
Kendi kendine alevlenme	Kendi kendine alevlenemez.
Patlama	Patlama riski yoktur.
20°C de buhar basıncı	23hPa
20°C de yoğunluk	0,97g/m <sup>3</sup>
Su içinde çözünürlüğü	Emülsiyon
20°C de pH değeri	<7,5
Ayrılma katsayısı	>3,5
Viskozite 20°C	800 mPas (Brookfield)
Toksik etki	Deri ve gözde toksik etkisi yoktur.
Reaksiyon	Bilinen tehlikeli reaksiyon yoktur.
	Dekompoz ürünlerinin tehlikesi yoktur.

Çalışmada silika/vaks karışımı farklı kâğıt türlerine uygulanmıştır. Bunlar, ağartılmış İ.Y.A. (iğne yapraklı ağaç) kraft hamurundan ve ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlar ve ambalaj endüstrisinde kullanılan Fluting kâğıdıdır. Tüm çalışmalarda de-iyonize su kullanılmıştır.

Tablo.2. Ağartılmış İYA kraft hamurunun genel özellikleri

PFI cihazı kullanılarak gerçekleştirilen dövme ile oluşan özellikler		ISO standart metotlar	
		Başlangıç	PFI ile dövme
Kanada serbestlik derecesi	ml	688	400
Schopper Riegler	°SR	13	31
Süzülme faktörü	s/g	0,7	8,4
PFI devri	d/dk	0	6500
Kopma mukavemeti	km	3,00	9,6
Yırtılma indisi	mN.m <sup>2</sup> /g	11,80	11,6
Patlama indisi	kPa.m <sup>2</sup> /g	1,70	7,50
Çift katlama		20,00	2500
İç Bağlanma Scott	J/m <sup>2</sup>	110	430
Hacimlilik	cm <sup>3</sup> /g	1,63	1,33
Yoğunluk	g/cm <sup>3</sup>	0,61	0,75
Kabalık (Parker H10)	µm	6,2	5,2
Hava geçirgenliği	s/100 ml	<2	52
Işık dağılım katsayısı	m <sup>2</sup> /kg	33	20
Opaklık	(%)	73	61
Parlaklık	(ISO)*,%		>89
Viskozite (0,5% CED)	mPa.s		27
Kirlilik (TAPPI T 213)**	mm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>		<4
DCM ekstraktifleri	(%)		0,1
Kül (575 °C)	(%)		3,1
Kajaani FS-100 lif analizi			
Ortalama uzunluk	mm		2,5
Kabalık	mg/100 m		20
Lif sayısı	Milyon/g		3,10

\*Fabrika ölçümü

\*\* Hesaplanmış



Tablo 3. Ağartılmamış kraft hamurunun genel özellikleri

Yapılan Testler	Ortalama değer
Ort. Gramaj ( $\text{gr/m}^2$ )	150
Ort. Rutubet miktarı (%)	6,8
Ort. Hava geçirgenliği (ml/dak)	284
Ort. Patlama dayanımı (Kpa)	638
Ort. RCT (kN/m)	1,72
Ort. SCT (CD yönü) (kNm/kg)	2,51
Ort. Gerilim (kN/m)	16,62
Cobb	32

Tablo.4. Fluting kağıdının genel özellikleri

Yapılan testler	Ortalama değer
Ort. Gramaj ( $\text{gr/m}^2$ )	115
Ort. Rutubet miktarı (%)	6,9
Ort. Hava geçirgenliği (ml/dak)	427
Ort. CMT (N)	170
Ort. CCT (kN/m)	1,62
Ort. Gerilim (kN/m)	4,89

## 2.2. Metotlar

### 2.2.1. Vaks Emülsiyonunun Hazırlanması

Katı halde temin edilen vaks'ı emülsiyon haline getirmek için emülgatör olarak yüksek molekül ağırlığına sahip yağ asidi kullanılmıştır. 300gr vaks ve 30 gr emülgatör  $80^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa sahip su banyosunda beher içerisinde eritilmiştir. Eridikten sonra 15 dk  $1000\text{ rpm}$ 'de mekanik karıştırıcı ile karıştırılır. Karıştırma işlemini takiben vaks-emülgatör miktarının iki katı oranında (660 ml)  $80^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa sahip de-iyonize su ilave edilir ve aynı devirde 15 dk karıştırılır. Bu süre sonunda, emülsiyon buz banyosunda ara ara çalkalayarak

oda sıcaklığına gelene kadar soğutulur. Hazırlanan vaks emülsiyonu oda sıcaklığında muhafaza edilir ve kullanmadan önce çalkalayarak karıştırılır.

### 2.2.2. Silika/Vaks Karışımının Hazırlanması

Silikanın karışım içerisindeki miktarı  $\text{SiO}_2$  oranı olarak hesaplanmıştır. Silika çözeltisinin %27  $\text{SiO}_2$  içerdiği dikkate alınarak karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlar, hesaplanan miktarda silikat çözeltisinin 1000 rpm' de karıştırılması sırasında hesaplanan miktarda vaks emülsiyonunun ilave edilmesi ile hazırlanmıştır. Karıştırma işlemine 15 dk süre ile devam edilmiştir. Hazırlanan karışım oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Tablo 5. Tez çalışmasında kullanılan SVK ve HYDR-S ların çözelti içerisindeki oranları ve toplam konsantrasyon

Karışım adı	Konsantrasyon (%)	Silika oranı (%)	Vaks oranı (%)
SVK-1	28,06	22,5	5,56
SVK-2	27,39	25,31	2,08
SVK-3	18,47	10,11	8,36
SVK-4	11,28	6,24	5,04
SVK-5	20	9	11
SVK-6	30	13,5	16,5
HYDR-S-1	33,12	12,87	20,25
HYDR-S-2	34,78	15,57	19,21
HYDR-S-3	19,72	10,87	8,85

### 2.2.3. Kâğıt Üretimi

Taşıyıcı kâğıtlar TAPPI om-205' e göre Rapit Köhten cihazında üretilmiştir. Taşıyıcı kâğıtlar hem ağartılmış İYA kraft hamuru hem de ağartılmamış kraft hamuru kullanılarak hazırlanmıştır. Ağartılmış İYA kraft hamuru, kâğıt üretiminden önce 40 SR<sup>o</sup> e kadar laboratuvar tipi hollanderde TAPPI 200 sp-01 metoduna göre dövülmüştür. Hiçbir kimyasal madde içermeyen ağartılmamış kraft hamurları ise ambalaj kâğıdı üreten Dentaş Kağıt

fabrikasından alındığı gibi kullanılmıştır. Yaklaşık 130 g/m<sup>2</sup> gramaja sahip kâğıtlar Rapit Köhten üzerinde 10 dakika süreyle kurutma işlemine tabi tutulmuştur.

#### 2.2.4. Kopma Testi

Kâğıtların kopma kuvvetine karşı direnci gram kuvvet biriminde Tappi 404-om-87 standardına uygun olarak Karl-Frank-800 pendulum tipi kopma cihazı ile ölçülmüştür. Ölçüm için 15 mm genişliğe sahip kâğıt şeritleri hazırlanmıştır. Bu şeritler, 10 cm aralığa sahip koparma çeneleri arasına yerleştirilmiş ve 120 mm/dakika çekme hızı ile 20±5 saniyede kopmaları sağlanmıştır. Kaydedilen değerler aşağıdaki formüle göre kopma indisine çevrilmiştir.

$$\text{Kopma indisi (Nm/g)} = \frac{\text{Kopma direnci (gf)} \times 0,0098}{\text{Şerit genişliği (m)} \times \text{Gramaj (gr / m}^2\text{)}} \quad (3)$$

Silika/vaks karışımı ile muamele edilmiş kâğıtların su ile temas ettikleri süre içerisinde sahip oldukları kopma indisi değerleri belirlenmiştir. Bu maksatla kâğıtlardan alınan şeritler 0.5, 2, 5 ve 15 dakika süre ile de-iyonize suya batırılmış, daha sonra emici kâğıtlar arasında kurutulmuş ve kopma dirençleri belirlenmiştir.

#### 2.2.5. SEM Fotoğrafı

Muamele edilmiş kâğıtların mikro düzeyde sahip oldukları yapıları K.T.Ü. Makine Mühendisliği bölümünde Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Bu amaçla kâğıtlardan alınan örnekler karbon bandı ile metal diskin üzerine sabitlenmiştir. Vakum altında altın kaplamanın ardından görüntüler JSM 6400 model ile belirlenmiştir.

#### 2.2.6. Su-Temas Açısı

Su temas açısı Hacettepe Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölüm'ünde yapılmıştır. Krüss DSA 100 aleti kullanılarak statik ölçüm yapılmıştır. SVK, HYDR-S ve kontrol kâğıtlarının su temas açıları ölçülmüştür. Krüss DSA 100 aleti yapışık damla yöntemi ile

ölçüm yapmaktadır, su olarak destile su kullanılmıştır, ölçüm oda sıcaklığında yapılmıştır. Örnek kâğıtlar 2\*4 cm ebatlarında hazırlanmıştır ve bu hazırlanan her kâğıda dört damla damlatılmış, bunların ortalamaları alınmıştır. Temas açısı ölçüm süresi 14 saniyede gerçekleşmiştir.

### 2.2.7. Kâğıda Adsorplanan Su Miktarının Belirlenmesi

Silika- vaks karışımı ile üretilen kâğıtların su ile etkileşimini görmek amacı ile su tutma kapasitesi deneyleri yapılmıştır. Üretilen kâğıtlardan 1.5x1.5 cm şeklinde şeritler kesilmiş ve bu şeritlerden 0.5-0.7 gram ağırlığında tartılmıştır. Tartılan şeritler içinde su olan behere konulmuştur. Süreye bağlı olarak su tutma kapasiteleri ölçülmüştür. Süreler 0.5, 2, 5 ve 15 dk olarak uygulanmıştır. Süreye bağlı olarak beherde su içerisinde tutulan şeritler tartılmış daha sonra santrifüjde santrifüjlenerek şeritlerdeki serbest su uzaklaştırılmıştır. Santrifüjleme süresi olarak 15 dk belirlenmiştir. Santrifüj sonrası ağırlık da belirlenmiş ve etüvde 103±5 dk'da 4 saat kurutulmuştur. Kurutma sonrası ağırlık belirlenmiş ve su tutma kapasitesi hesaplanmıştır. Ağırlık belirleme hassas terazide yapılmıştır. Aşağıda belirtilen formüle göre su tutma kapasiteleri hesaplanmıştır.

$$\text{Adsorblanan su miktarı} = \frac{\text{santrifüj sonrası ağırlık} - \text{kurutma sonrası ağırlık}}{\text{kurutma sonrası ağırlık}} \times 100$$

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Hazırlanan Silika Vaks Karışımı ile Üretilen Kâğıtların Sağlamlığına Ait Bulgular**

Sodyum silikat, vaks ve hidrovaks kullanılarak hazırlanan farklı özellikteki SVK' lar ve HYDR-S'ler ağartılmış İYA, ağartılmamış İYA hamurundan üretilen kâğıtlar ve endüstride oluklu mukavva yapımında kullanan fluting kâğıtlarının yüzeyine sürme yolu ile uygulanmıştır. Sürme işlemi bıçaklı sıvama tekniği esas alınarak laboratuarda gerçekleştirilmiştir. Muamele edilen kâğıtların hem kuru sağlamlığı hem de farklı sürelerde (0.5, 2, 5 ve 15 dakika) su içerisinde bekletildikten sonraki ıslak sağlamlığı kopma direnci ölçümü ile belirlenmiştir.

Bu çalışmada üç çeşit kâğıt kullanılmış olup ağartılmış kraft 116,4 g/m<sup>2</sup> ağartılmamış kraft 130,1 g/m<sup>2</sup> ve fluting 133,9 g/m<sup>2</sup> dir. Vaks uygulanan kâğıdın gramajı 114,7 g/ m<sup>2</sup> dir.

##### **3.1.1. Silika Vaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Sağlamlık Üzerine Etkisine Ait Bulgular**

Metotlar bölümünde özellikleri verilen SVK' ların ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncindeki değişim suda bekleme süresine bağlı olarak Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6'da görüldüğü üzere kâğıt üzerine SVK uygulanması kâğıdın kuru sağlamlığında ciddi derecede (%50'ye varan) artışa neden olmuştur. Kontrol kağıdı için kuru ortamda kopma indisi 66.8 Nm/kg' dan SVK-3 ve SVK-6 uygulanan kâğıtlarda sırası ile 99.8 ve 97.8 Nm/kg gibi yüksek değerlere ulaşmıştır. Kâğıdın ıslatılması ile meydana gelen kopma direncindeki kayıp SVK muamelesi ile azaldığı görülmektedir. Islak sağlamlık direncinin kâğıdın suda bekleme süresi dikkate alınarak SVK'ların performanslarına bakıldığında yine aynı şekilde SVK-3 ve SVK-6 uygulamalarının en iyi değerleri verdiği görülmektedir. Kontrol kağıdı su ile temas etmesi halinde ıslak sağlamlık hızla azalarak 3.4-2.2 arasında bulunmuştur.

Tablo 6. Ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
SVK-1	22,9	92,4	54,5	22,0	7,9	7,8
SVK-2	27,5	75,2	48,0	20,3	5,8	6,2
SVK-3	21,7	99,8	47,1	26,8	21,9	17,4
SVK-4	17,9	85,3	39,6	17,6	14,7	11,3
SVK-5	21,1	90,9	38,6	18,8	11,6	9,3
SVK-6	24,4	97,8	56,5	24,4	17,4	11,3
SVK-3 ısl.	20,3	90	42,5	20,9	17	12,1
SVK-6 ısl.	28,7	90,2	56,8	32,6	21,4	13,5
Vaks	9,8	38,7	9,6	3,4	3,1	3,1
Kontrol	-	66,8	2,9	3,4	3,4	2,2

SVK-3'te ise 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekletme ile kâğıtların ıslak sağlamlığının 47,1, 26,8, 21,9 ve 17,4 Nm/kg olduğu bulunmuştur. SVK-6'nın kâğıda uygulanması ile kâğıtların ıslak sağlamlığı belirtilen sürelerde 56,5, 24,4, 17,4 ve 11,3 Nm/kg olarak tespit edilmiştir. Tek başına vaks uygulanan kâğıtlarda ise hem ıslak sağlamlık hem de kuru sağlamlıkta olumlu bir değişim bulunmamıştır. SVK-3 ve SVK-6 karışımları 50°C sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra kâğıt yüzeyine sürülmüştür. Bu karışımların kuru dirençleri ısıtılmamış SVK-3 ve SVK-6 kadar yüksek direnç özelliği gösterdiği görülmektedir. Sürülen kimyasal maddenin kâğıdın her iki tarafında tutunan madde miktarı tabaka gramajı olarak belirtilmiştir. Tabloda kontrol kâğıdın tabaka gramajı 0 g/m<sup>2</sup> olarak görülmektedir. SVK-3 ve SVK-6'nın uygulandığı kâğıtlarda sırası ile 21,7, 24,4 g/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Sadece vaks uygulanan kâğıtlarda ise tabaka gramajı 9,8 g/m<sup>2</sup> dir.

### 3.1.2. Silika Vaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması İle Sağlamlıktaki Değişime Ait Bulgular

SVK'ların ağartılmamış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ağartılmamış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
SVK-1	57,4	39,2	16,6	8,7	8,6	5,3
SVK-2	45,7	33,0	8,6	5,6	5,0	3,9
SVK-3	54,4	38,4	9,8	8,5	7,4	5,1
SVK-4	49,4	33,6	7,0	5,7	4,9	3,5
SVK-5	57,4	36,0	8,1	7,2	6,7	4,5
SVK-6	59,3	45,2	15,8	12,3	7,6	6,5
SVK-3 ısl.	41,1	34,4	11,3	9,8	8,1	5,4
SVK-6 ısl.	51,7	43	20	14,3	12,1	8,6
Kontrol	-	27,5	1,8	1,6	1,5	1,2

Yukarıdaki tabloda görüldüğü üzere SVK uygulaması ile kâğıdın kuru sağlamlığında artış görülmüştür. Kontrol kağıdı için kuru ortamda kağıdın kopma indisi 27,5 Nm/kg'dan SVK-1 ve SVK-6 uygulanan kağıtlarda sırası ile 39,2 ve 45,2 Nm/kg gibi yüksek değerler elde edilmiştir. Islak sağlamlık direncinin kâğıdın suda bekleme süresi dikkate alınarak SVK'ların performanslarına bakıldığında yine aynı şekilde SVK-1 ve SVK-6 uygulamalarının en iyi değerleri verdiği görülmektedir. Kontrol kâğıdı su ile temas etmesi halinde ıslak sağlamlık değerleri 1,8–1,29 Nm/kg arasında bulunmuştur. SVK-1 uygulanan kağıtların 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile kağıtların ıslak sağlamlığının 16,6, 8,7, 8,6 ve 5,3 Nm/kg olduğu bulunmuştur. SVK-6 uygulanan kağıtlarda ıslak sağlamlık değerleri belirtilen sürelerde sırası ile 15,8, 12,3, 7,6 ve 6,5 Nm/kg olarak bulunmuştur. Isıtılmış olan SVK-6 suda süreli bekleme ile en yüksek direnç elde edilmiştir. 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile 20, 14,3, 12,1 ve 8,6 Nm/kg bulunmuştur. Tabaka gramajı kontrol kağıdında 0 g/m<sup>2</sup> olarak görülmektedir. Tabloda en yüksek gramaj SVK-1'de 57,4 g/m<sup>2</sup> SVK-6'da ise 59,3 g/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.1.3. Silika Vaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması İle Elde Edilen Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular

SVK' ların fluting kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi Tablo 8' de verilmiştir.

Tablo 8. Fluting test kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi (dakika)			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
SVK-1	29,1	23,7	6,8	4,3	4,0	3,4
SVK-2	29,1	41,2	7,5	6,7	6,3	5,1
SVK-3	28	40,1	8,5	7,6	6,6	6,1
SVK-4	26,3	45,7	9,0	7,1	6,9	5,9
SVK-5	32,4	23,1	5,3	4,1	3,6	3,2
SVK-6	35,6	48,4	9,7	8,2	7,6	7,1
SVK-3 ısl.	34,7	34,5	7,7	6,8	6	5,5
SVK-6 ısl.	36,1	21,2	5,4	3,8	3,8	3,1
Kontrol	-	37,3	4,2	4,2	4,1	4,2

Tablodan görüldüğü üzere fluting kâğıdına SVK uygulaması ile kuru sağlamlık değerinde artış görülmüştür. Kuru sağlamlık değerlerinden en yükseği SVK-3 ve SVK-6 uygulaması ile elde edilmiştir. Bu değerler sırası ile 40,1 Nm/kg ve 48,4 Nm/kg olarak bulunmuştur. Kâğıdın ıslatılması ile oluşan kopma direncindeki değişim kâğıtlara SVK uygulanması ile azalma yönündedir. Islak sağlamlık direncinin kâğıdın suda bekleme süresi dikkate alınarak SVK'ların performanslarına bakıldığında SVK-3 ve SVK-6 uygulamalarının en iyi değerleri verdiği görülmüştür. SVK-3 ıslak sağlamlık değerlerinin 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekletme ile elde edilen değerler 8,5, 7,6, 6,6 ve 6,1 Nm/kg olarak bulunmuştur. SVK-6 uygulamasında ise belirtilen aynı sürelerde 9,7, 8,2, 7,6 ve 7,1 Nm/kg görülmektedir. Tabaka gramajının SVK uygulaması ile arttığı görülmektedir. Tabaka gramajları SVK 1.2.3.4.5 ve 6 uygulamalarının tabaka gramajları sırası ile 29,1, 29,1, 28, 26,3, 32,4 ve 35,6 olarak bulunmuştur. Kuru sağlamlık ve suda bekleme sürelerine bağlı olarak kopma indisleri SVK-3 ve SVK-6'da enyüksek değerler elde edilirken, en fazla tabaka gramajı SVK-1, SVK-2, SVK-6'da elde edilmiştir. Bu değerler 29,1, 29,1 ve 35,6 g/m<sup>2</sup> dir.



### 3.2. Hazırlanan Silika Hidrovaks Karışımının Kâğıt Yüzeyine Sürülmesi Sonucu Elde Edilen Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular

#### 3.2.1. Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular

Metotlar bölümünde özellikleri verilen HYDR-S'lerin ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi Tablo 9'da verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan hidrovaks Sasol Wax GmbH (Almanya, Hamburg) firmasından temin edilmiştir.

Tablo 9. Ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına HYDR-S'lerin uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
HYDR-S-1	21,7	88,1	52,8	23,5	8,6	6,3
HYDR-S-2	26,7	79,7	45,3	21	8,2	5,8
HYDR-S-3	23,9	79,6	42,1	15,3	10	6,8
HYDR	35,2	65,9	56	29,9	15,2	5,1
Kontrol	-	66,8	2,9	3,4	3,4	2,2

Yukarıdaki tabloda ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıt'lara hidrovaks ve hidrovaks- silika karışımlarının uygulanması sonucu ölçülen kopma direnci ve tabaka gramajı değerleri görülmektedir. Kontrol kağıdının kuru ortamda kopma indisi 66,8 Nm/kg dır. HYDR-S-1'le kuru ortamda kopma indisi değeri 88,1 Nm/kg olarak bulunmuştur. Bu değer çalışmada bu anlamda sağlanan en yüksek kuru sağlamlık değeri olmaktadır. Sadece hidrovaks uygulaması ile sağlanan kuru sağlamlık 65,9 Nm/kg bulunmuştur. Kağıdın ıslatılması ile meydana gelen kopma direncindeki kayıp hidrovaks ve hidrovaks-silika muamelesi ile azaldığı görülmektedir. Islak sağlamlık direncinin kağıdın suda bekleme süresi incelendiğinde en iyi direnci HYDR-S-1 ve HYDR'ın verdiği görülmektedir. Kontrol kağıdının 0,5, 2, 5 ve 15 dk suda bekleme sonucu sırası ile 2,9, 3,4, 3,4 ve 2,2 Nm/kg ıslak sağlamlık indisleri bulunmuştur. HYDR-S-1'de ise aynı sürelerde 52,8, 23,5, 8,6 ve 6,3 Nm/kg ıslak sağlamlık indisi vermiştir. Tabaka gramajı HYDR-S-1, HYDR-S-2,

HYDR-S-3 ve HYDR'de sırasıyla 21.7, 26.7, 23.9 ve 35.25 g/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Hidrovaks ve hidrovaks-silika karışımları ile tabaka gramajındaki artışlarda tabloda görülmektedir.

### 3.2.2. Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular

Metotlar bölümünde özellikleri verilen HYDR-S' lerin ağartılmış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Ağartılmamış İYA kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına HYDR-S'lerin uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
HYDR-S-1	50,7	42,4	17	6,1	4,7	3,6
HYDR-S-2	34,4	29,7	16	7,4	4,2	3,5
HYDR-S-3	39,9	38,2	13,8	10,7	7,8	4,9
Kontrol	-	27,5	1,8	1,6	1,5	1,2

Tabloda ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara hidrovaks ve hidrovaks-silika karışımlarının sürülmesi sonucu elde edilen kopma direnç değerleri görülmektedir. Kontrol kâğıdının kuru kopma direnci 27,5 Nm/kg ve 0.5, 2, 5 ve 15 dk suda bekleme sonucu sırası ile 1.8, 1.68, 1.55 ve 1.29 Nm/kg olarak bulunmuştur. Tabloda en iyi kuru kopma direnci HYDR-S-1 de 42.4 Nm/kg olarak elde edilmiştir. Suda beklemeye bağlı olarak ıslak sağlamlık indislerine bakıldığında HYDR-S-3 de ve HYDR-S-1de en iyi sonuç elde edilmiştir. HYDR-S-1 de 0.5 dk suda bekletme ile 17 Nm/kg, HYDR-S-3 de ise 13.8 Nm/kg bulunmuştur. Hidrovaks uygulamaları ile tabaka gramajının arttığı tespit edilmiştir. En fazla tabaka artışı HYDR-S-1 de 50.7 g/m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur.

### 3.2.3. Silika Hidrovaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıt Sağlamlığına Ait Bulgular

Daha önceki bölümlerde özelliklerine vurgu yapılan HYDR-S'ların fluting test kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Fluting test kâğıtlarına HYDR-S'ların uygulanması sonucu kâğıtta sağlanan kopma direncinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Karışım adı	Tabaka gramajı g/m <sup>2</sup>	Kuru sağlamlık indisi (Nm/kg)	Suda bekleme süresi			
			30 saniye	2 dk	5 dk	15 dk
			Islak sağlamlık indisi			
HYDR-S-1	29,5	48,1	14,4	8,7	6,9	5,4
HYDR-S-2	28,9	30,3	13,6	6,6	4,8	4
HYDR-S-3	24,4	22,1	5,5	3,4	3,1	2,9
HYDR	58,7	34,2	17,9	12	6,9	5,7
Kontrol	-	37,3	4,2	4,2	4,1	4,2

Tabloda fluting test kâğıtlarına hidrovaks- silika 1, 2 ve 3 nolu karışımları, sadece hidrovaks uygulanması ve kontrol kâğıdının kuru ve suda süreli beklemeye bağlı direnç değerleri görülmektedir. Tablo incelendiğinde fluting kağıdına en iyi direnci HYDR-S-1 ve HYDR'ın verdiği görülmektedir. HYDR-S-1 kuru direnci 48,1 Nm/kg, HYDR'ın 34,2 Nm/kg dır. HYDR-S-1'in 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme sonucu direnç değerleri 14,4, 8,7, 6,9 ve 5,4 Nm/kg olarak görülmektedir. HYDR'ın aynı sürelerde suda beklemesi ile 17,9, 12, 6,9 ve 5,7 Nm/kg dır. Kontrol kağıdının kuru haldeki direnci 37,3 Nm/kg ve 0,5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile sırasıyla 4,2, 4,2, 4,1 ve 4,2 Nm/kg olduğu görülmektedir. Farklı karışımların kâğıt yüzeyine uygulanması ile suya karşı ve kuru halde fluting kâğıdına direnç artışı sağlanmıştır. En fazla tabaka artışı HYDR ile 58,7 g/m<sup>2</sup> elde edilmiştir

### 3.3. Hazırlanan Silika Vaks Karışımı ile Üretilen Kâğıtların Adsorpladığı Su Miktarı

Sodyum silikat, vaks ve hidrovaks kullanılarak hazırlanan farklı özellikteki SVK'lar ağartılmış İYA, ağartılmamış İYA hamurundan üretilen kâğıtlar ve oluklu mukavva

yapımında kullanılan fluting kâğıtlarının yüzeyine sürülmüştür. Üretilen bu kâğıtlar farklı sürelerde (0,5, 2, 5 ve 15 dakika) su içerisinde bekletilmiş ve serbest su merkezkaç yöntemi ile uzaklaştırılarak adsorblanan su miktarı belirlenmiştir.

### 3.3.1. Silika Vaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanması ile Oluşan Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Ait Bulgular

Aşağıda ağartılmış iğne yapraklı kraft hamurundan üretilmiş test kâğıtları SVK ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % değerleri tabloda verilmiştir.

Tablo 12. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekleme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı (%)			
SVK-1	28,5	49,6	50,8	63,9
SVK-2	28,7	45,2	54,2	59,1
SVK-3	33,8	43,1	43,6	54,8
SVK-4	30,6	40,5	44,4	55,1
SVK-5	39,8	46,4	46,8	58,8
SVK-6	28,6	47,6	48,4	63,6
SVK-3 ısıt.	31,6	41,3	57,3	66,4
SVK-6 ısıt.	22,4	27,3	54,8	65,2
Vaks	46,1	52,7	53,6	64,3
Kontrol	68,5	73,1	75,2	75,2

Yukarıdaki tabloda görüldüğü gibi SVK uygulanan kâğıtların adsorbladığı su miktarı (%) önemli oranda azalmıştır. Kontrol kâğıdının 0.5 dakika suda bekleme sonucu adsorbladığı su miktarı (%) 68.57 olarak bulunmuştur. SVK-1, SVK-2, SVK-6 ve SVK-6 ısıtılmış uygulanan kâğıtlarda 0.5 dakika suda bekleme sonucunda adsorblanan su miktarı sırası ile %28.5,%28.7 ve %28.64 % 22.4 olarak bulunmuştur. Diğer süreler olan 2, 5 ve 15 dakikalarda suda bekleme sonucu en az adsorblanan su miktarını (%) SVK-3 ve SVK-6 ısıtılmış'ın verdiği görülmektedir. SVK-3; 2, 5 ve 15 dakikalarda adsorblanan su miktarı

sırası ile %43.1, %43.6 ve %54.8 bulunmuştur. SVK-6 ısıtılmış uygulanan kağıtlarda 2, 5 ve 15 dakikalarda adsorblanan su miktarı sırası ile %27.3, %54.8 ve %65.2 olarak bulunmuştur. Kontrol kağıdı değerleri aynı sürelerde %73.1, %75.2 ve %75.2 olarak bulunmuştur.

### 3.3.2. Silika Vaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Etkisi

Aşağıda ağartılmamış iğne yapraklı kraft hamurundan üretilmiş test kâğıtları SVK ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % değerleri tabloda verilmiştir.

Tablo 13. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kağıtlara SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekletme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı(%)			
SVK-1	30	31,9	37,4	54,9
SVK-2	37,4	43,9	45,4	54,6
SVK-3	43,3	44,6	47,6	58,2
SVK-4	41,7	49,6	53,0	63,1
SVK-5	42,4	47,4	53,4	60,6
SVK-6	37,9	42,5	44,8	57,2
SVK-3 ISI.	41	47,8	47,9	58,5
SVK-6 ISI.	33,2	38,3	43,4	51,1
Kontrol	78,7	77,3	79,0	79,0

Tabloda kontrol kağıdının süreye bağlı olarak (0.5, 2, 5 ve 15 dakika ) adsorblanan su miktarları (%) sırası ile 78.77, 77.31, 79.01 ve 79.06 olarak bulunmuştur. SVK uygulaması ile adsorblanan su miktarı (%) önemli oranda azaltılmıştır. Adsorblanan su miktarında en iyi azalma SVK-1, SVK-2 ve SVK-6 ısıtılmış'da bulunmuştur. SVK-1 uygulanan kağıtların süreye bağlı olarak adsorladığı su miktarı (%) sırası ile 30, 31.9, 37.4 ve 54.9 bulunmuştur. SVK-2'de belirtilen aynı sürelerde sırası ile 37.4, 43.9, 45.4 ve 54.6 adsorblanan su miktarı bulunmuştur. SVK-6 ısıtılmış'da ise belirtilen aynı sürelerde 33.2, 38.3, 43.4 ve 51.1 adsorblanan su miktarı saptanmıştır.

### 3.3.3. Silika Vaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Ait Bulgular

Aşağıda fluting test kâğıtları SVK ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % olarak tabloda verilmiştir.

Tablo14. Fluting kâğıtlarına SVK'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekletme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı(%)			
SVK-1	39,3	47,6	60,1	63,6
SVK-2	48,2	50,3	57,9	61,6
SVK-3	50,0	53,2	64,8	66,7
SVK-4	45,7	50,8	55,2	60,6
SVK-5	40,8	50,7	58,0	59,2
SVK-6	40,6	46,3	53,5	56,8
SVK-3 ısı.	46,7	49,2	55,3	59,4
SVK-6 ısı.	42,4	44,5	53,6	56,2
Kontrol	68,2	68,7	68,8	69,0

Tabloda fluting kontrol kağıdının 0.5, 2, 5 ve 15 dakika suda bekletme sonucu su adsorblama kapasiteleri % olarak 68.28, 68.76, 68.80 ve 69.04 bulunmuştur. SVK muamelesi ile su adsorblama kapasitesinde (%30) azalma görülmektedir. Bu azalma en çok SVK-1, SVK-3 ısıtılmış ve SVK-6 ısıtılmış'da bulunmuştur. SVK-1 0.5, 2, 5 ve 15 dakikalarda %39.31, 47.63, 60.16 ve 63.68 olarak bulunmuştur. SVK-3 ısıtılmış'da ise aynı sürelerde %46.7, 49.2, 55.3 ve 59.4 su adsorblama miktarı bulunmuştur. En iyi sonuç SVK-6 ısı.'da elde edilmiş 0.5, 2, 5 ve 15 dakikalarda sırası ile 42.4, 44.5, 53.6 ve 56.2 adsorblanan su miktarı % olarak elde edilmiştir.

### 3.4. Hazırlanan Silika Hidrovaks Karışımı ile Üretilen Kâğıtların Adsorpladığı Su Miktarı

#### 3.4.1. Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorpladığı Su Miktarına Etkisi

Aşağıda ağartılmış iğne yapraklı kraft hamurundan üretilmiş test kâğıtları HYDR-S ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % olarak tabloda verilmiştir.

Tablo 15. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekleme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı (%)			
HYDR-S-1	22,5	53,4	61,5	73,8
HYDR-S-2	19,7	34,8	43,1	61,3
HYDR-S-3	33,9	44,2	48,7	63,4
HYDR	14,1	42,2	48,2	51,8
Kontrol	68,5	73,1	75,2	75,2

Tablo 15'de ağartılmış kraft hamurundan üretilmiş kâğıtların HYDR-S ve HYDR ile muamele edilmesi sonucu adsorbladıkları su miktarlarının değerleri verilmiştir. Tablodan çıkarılan sonuç HYDR ve HYDR-S uygulanması kâğıdın adsorpladığı su miktarında azalma yönünde etki etmiştir. Kâğıdın en az su adsorpladığı kimyasal karışım HYDR ve HYDR-S-2 olarak görülmektedir. Kontrol kâğıdı 0,5 dakikada %68,5 su adsorblarken, aynı sürede HYDR %14,1, HYDR-S-2 %19,7 su adsorblamıştır. Kontrol kâğıdı 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile %73,1, %75,2 ve %75,2 olarak su adsorblamış olduğu saptanmıştır. HYDR da aynı süreler için sırasıyla %42,2, %48,2 ve %51,8 su adsorblamıştır. HYDR-S-2 de ise %34,8, %43,1 ve %61,3 adsorblanan su miktarı görülmektedir.

### 3.4.2. Silika Hidrovaks Karışımının Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara Uygulanmasının Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Etkisi

Aşağıda ağartılmamış iğne yapraklı kraft hamurundan üretilmiş test kâğıtları HYDR-S ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % olarak tabloda verilmiştir.

Tablo 16. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekletme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı (%)			
HYDR-S-1	32,9	45,2	51,7	59,7
HYDR-S-2	22,8	34,6	46,2	62,4
HYDR-S-3	34,7	45,7	46,8	56,2
Kontrol	77,3	78,7	79	79

Yukarıdaki tabloda ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S karışımlarının uygulanması ile süreye bağlı olarak suda bekletme sonucu elde edilen su adsorblama değerleri görülmektedir. Kontrol kâğıdı 0,5 dakika suda bekletildiğinde %78,7 oranında su adsorbladığı görülmüştür. HYDR-S-1, 2 ve 3 uygulanması sonucu 0.5 dakika suda bekletme ile sırasıyla %32,9, %22,8 ve %34,7 oranında su adsorbladığı saptanmıştır. Tabloda istenen en iyi sonucu HYDR-S-2 vermektedir. 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile HYDR-S-2 de %34,6,% 46,2 ve %62,4 adsorblanan su miktarı saptanmıştır. Aynı sürelerde kontrol kâğıdı %77,3, %79 ve %79 değerlerini vermiştir.

### 3.4.3. Silika Hidrovaks Karışımının Fluting Kâğıtlarına Uygulanması ile Kâğıdın Adsorbladığı Su Miktarına Ait Bulgular

Fluting kâğıtları HYDR-S ile muamele edilmiş ve üretilen kâğıtların süreye bağlı olarak adsorpladığı su miktarı % olarak tabloda verilmiştir.



Tablo 17. Fluting kâğıtlarına HYDR-S 'ların uygulanması sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak adsorblanan su miktarı (%)

Karışım adı	Suda bekleme süresi (dakika)			
	0.5	2	5	15
	Adsorblanan su miktarı (%)			
HYDR-S-1	32,2	40,9	52,7	58,7
HYDR-S-2	28,4	36,2	44,4	52,9
HYDR-S-3	37,7	46,2	53,6	67,7
HYDR	16,7	23,2	28,1	36,7
Kontrol	68,2	68,7	68,8	69,0

Tablo 17’de fluting kâğıtlarına HYDR-S ve HYDR uygulanması ve 0.5, 2, 5 ve 15 dakika suda beklemeye bağlı adsorblanan su miktarları verilmiştir. Fluting kâğıdına hidrovaks çözeltilerinin sürülmesi adsorblanan su miktarında istenen gelişmeyi göstermiştir. Kontrol fluting 0.5 dakikada %68.2 su adsorblarken, HYDR-S-1 %32.2, HYDR-S-2 %28.4, HYDR-S-3 %37.7, HYDR %16.7 su adsorbladığı bulunmuştur. Tablo incelendiğinde en az su adsorblamayı HYDR ve HYDR-S-2 kimyasalı sürülen kâğıtlar vermiştir. HYDR-S-2 2, 5 ve 15 dakikada suda bekleme ile %36,2, %44,4 ve %52,9 su adsorblamıştır. HYDR da aynı sürelerde %23.2, %28.1 ve %36.7 su adsorbladığı saptanmıştır.

### 3.5. SVK ve HYDR –Silika Sürülmüş Kâğıtların Su ile Yaptıkları Temas Açısına Ait Bulgular

Sodyum silikat, vaks ve hidrovaks kullanılarak hazırlanan farklı özellikteki SVK’lar ve HYDR-S’lar ağartılmış İYA, ağartılmamış İYA hamurundan üretilen kâğıtlar ve oluklu mukavva yapımında kullanılan fluting kâğıtlarının yüzeyine sürülmüştür. Üretilen bu kâğıtların su temas açıları Krüss DSA 100 cihazında ölçülmüştür. Temas açısı büyüdükçe kâğıdın hidrofobluk özelliği artmaktadır. Su temas açısı  $180^0$  olan kâğıt tam hidrofob kâğıt olarak değerlendirilmektedir.

### 3.5.1. Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara SVK ve Vaks Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular

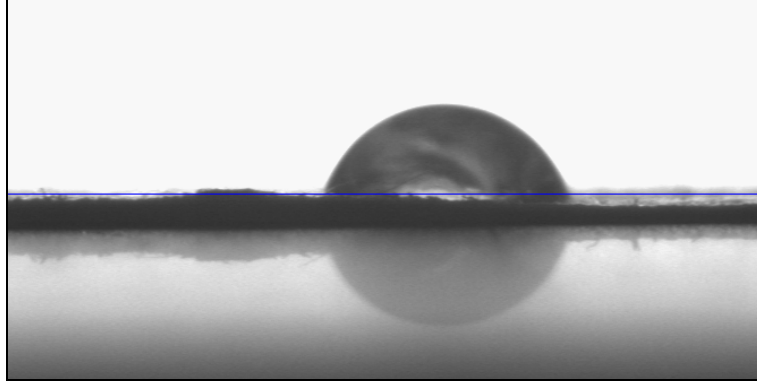
Ağartılmış İ.Y.A. kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK ve Vaks sürülmesi sonucu silika vaks karışımının su ile yaptığı temas açısı ölçülmüştür ve açı değerleri Tablo 18’de verilmiştir.

Tablo 18. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu gerçekleşen temas açısı

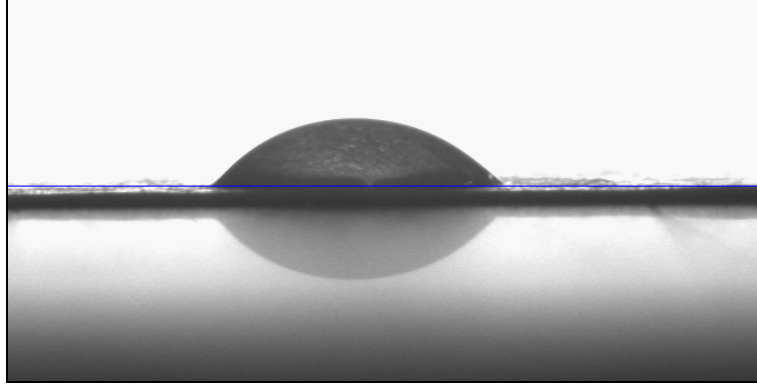
Karışım adı	1.açı (°)	2.açı (°)	3.açı (°)	4.açı (°)	Ortalama
SVK-1	36,2	42,5	37,8	41	39,5
SVK-2	18,9	15	18,1	18	17,5
SVK-3	32	29,1	28,9	36,6	31,65
SVK-4	42,2	34	55,5	36,3	42
SVK-5	31,7	21	27,7	26,8	26,8
SVK-6	39,5	35,7	35,1	36,8	36,8
Vaks	70,8	78,9	75,3	70,7	73,9
SVK-3-ısıtıl.	40,5	40,4	37,4	34,3	38,2
SVK-6-ısıtıl.	37,7	56,5	39,4	42,8	44,1
Kontrol	0	0	0	0	0

Tablo 18’de ağartılmış kraft hamurundan üretilmiş kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu elde edilen su temas açısı değerleri görülmektedir. Tabloda kontrol kâğıdının temas açısı  $0^{\circ}$  derece olarak ölçülmüştür. Kontrol kâğıdı suyu hemen adsorbe etmiştir. Tabloda temas açısı en yüksek olan kâğıt vaks sürülmüş kâğıttır, temas açısı  $73,9^{\circ}$  olarak tespit edilmiştir. SVK-6 ısıtılmış ve SVK -4 kâğıtlara diğer yüksek açı veren kâğıtlar olarak görülmektedir. SVK-4  $42^{\circ}$ , SVK-6 ısıtılmış  $44,1^{\circ}$  olarak bulunmuştur. Tablo incelendiğinde ağartılmış kraft hamurundan üretilmiş kâğıtların SVK muamelesi ile su temas açılarının arttığı ve hidrofob özellik kazandığı görülmektedir.

Aşağıda SVK-6 ısıtılmış ve vaks sürülmüş kâğıdın su temas açısı şekilleri görülmektedir.



Şekil 13. Vaks sürülmüş ağartılmış kraft kâğıdının su temas açısı şekli



Şekil 14. SVK-6 ısıtılmış sürülmüş ağartılmış kraft kağıdının su temas açısı şekli

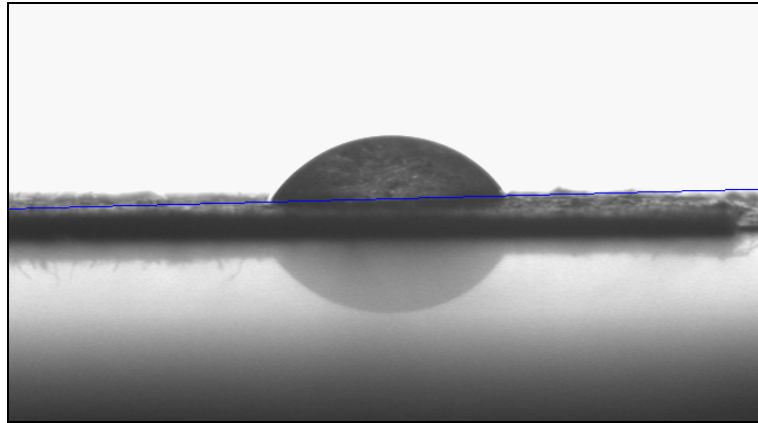
### 3.5.2. Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara SVK Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular

Ağartılmamış İ.Y.A. kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu silika vaks karışımının su ile yaptığı temas açısı ölçülmüştür ve açı değerleri Tablo 19' da verilmiştir.

Tablo 19. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı

Karışım adı	1.açı (°)	2.açı (°)	3.açı (°)	4.açı (°)	Ortalama
SVK-1	27,7	37,8	38	36,4	35
SVK-2	14,6	19,4	21	23,6	19,7
SVK-3	44,5	44,2	41,3	45,5	43,9
SVK-4	21,3	27,3	44,5	19,8	28,2
SVK-5	52,8	54,3	51,7	53,9	53,2
SVK-6	43,8	47,5	39,7	37,8	42,2
SVK-3-ısıtlı.	31,7	42,8	54,5	40,5	42,4
SVK-6-ısıtlı.	51	50,4	39,8	44,4	46,4
Kontrol	0	0	0	0	0

Tablo 19’da ağartılmamış kraft hamurundan üretilmiş kâğıtlara SVK muamelesi sonucu ölçülen su temas açısı değerleri ifade edilmektedir. Kontrol kâğıdı suyu hemen adsorbe etmesi sonucu temas açısı ölçülememiş ve değer 0° olarak belirtilmiştir. SVK muamelesi ile kâğıtların su temas açısı değerleri artmıştır. En yüksek temas açısı SVK-6 ısıtılmış, SVK-5 ve SVK-3 olarak görülmektedir. SVK-6 ısıtılmış ile 46.4°, SVK-5 53.2°, SVK-3 43.9° olarak tespit edilmiştir. Tablodan SVK ‘ların kâğıda hidrofobik özelliği kazandırdığı görülmektedir. Aşağıda en yüksek temas açısı veren SVK-5 sürülü kağıdın temas açısı şekli görülmektedir.



Şekil 15. SVK-5 sürülmüş ağartılmamış kraft kağıdının su temas açısı şekli

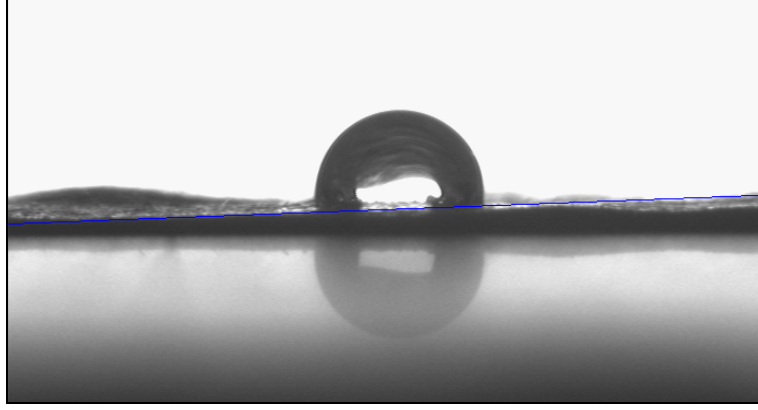
### 3.5.3. Fluting Kâğıtlarına SVK Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular

SVK' ların fluting kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri Tablo 20' de verilmiştir.

Tablo 20. Fluting kâğıtlarına SVK muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri

Karışım adı	1.açı (°)	2.açı (°)	3.açı (°)	4.açı (°)	Ortalama
SVK-1	36	35,1	37,5	32,9	35,3
SVK-2	11,2	15,2	15,8	18,3	15,1
SVK-3	16,8	27,6	27,5	27,1	24,7
SVK-4	47,4	56,7	52,3	36,5	48,2
SVK-5	93,6	98,2	85,3	78,9	89
SVK-6	75	83,8	76,3	76,7	78
SVK-3-ısıtıl.	75,5	68,2	63,2	59,1	66,5
SVK-6-ısıtıl.	88,7	76,9	87,9	69,4	80,7
Kontrol	43,6	43	62,4	44,4	48,3

Tablo 20'de fluting kâğıtlarına SVK muamele edilmesi sonucu elde edilen su temas açısı değerleri görülmektedir. Kontrol kâğıdı temas açısı ortalama değeri 48.3° olarak ölçülmüştür. Tablodan kontrol kâğıdı ile kıyaslandığında en yüksek temas açısı SVK-5 olarak görülmektedir. Daha sonra SVK-6 ısıtılmış ve SVK-6' dır. SVK-5 su temas açısı 89°, SVK-6 ısıtılmış 80.7° ve SVK-6 78° olarak bulunmuştur. SVK muamelesi ile fluting kâğıdının su temas açısı değeri büyümüştür. Aşağıda SVK-5 sürülü fluting kağıdının temas açısı şekli görülmektedir.



Şekil 16. SVK-5 sürülmüş fluting kağıdının su temas açısı şekli

### 3.6. HYDR-S Sürülmüş Kâğıtların Su-Temas Açısına Ait Bulgular

#### 3.6.1. Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara HYDR-S ve HYDR Sürülmesi Sonucu Su-Temas Açısındaki Değişmelere Ait Bulgular

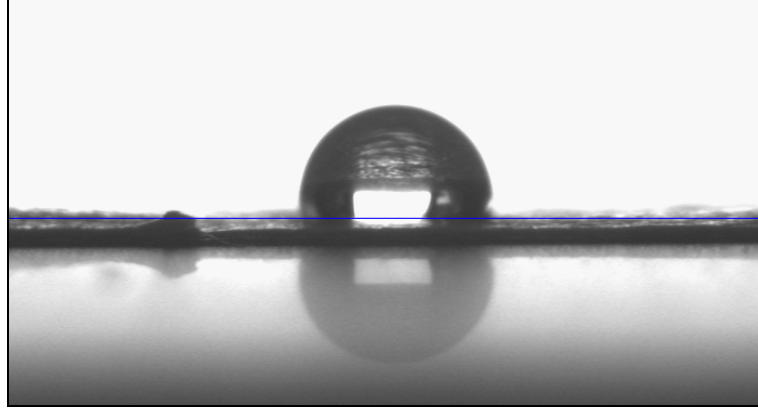
Ağartılmış İ.Y.A. kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S ve HYDR sürülmesi sonucu kâğıdın su ile yaptığı temas açısı ölçülmüştür ve açı değerleri Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı

Karışım adı	1.açı	2.açı	3.açı	4.açı	Ortalama
HYDR	101	100,1	97,3	97,1	98,9
HYDR-S-1	55,9	47,8	49	50,9	50,9
HYDR-S-2	17,6	16,9	18,4	20,3	18,3
HYDR-S-3	70,4	71,8	71,3	71,3	71,2
Kontrol	0	0	0	0	0

Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu kâğıtta elde edilen su temas açı değerleri Tablo 21’de verilmiştir. Kontrol kâğıdının su temas açısı  $0^\circ$  olarak bulunmuştur. HYDR karışımlarının sürülmesi ile kâğıdın su temas açısı büyümüştür. HYDR  $98.9^\circ$ , HYDR-S-1  $50.9^\circ$ , HYDR-S-3  $71.2^\circ$  lik değerler tespit

edilmiştir. En yüksek temas açısı 98.9° ile HYDR sürülmüş kâğıtta elde edilmiştir. Aşağıda HYDR sürülü ağartılmış kraft kâğıdının temas açısı şekli görülmektedir.



Şekil 17. HYDR sürülmüş ağartılmış kraft kâğıdının su temas açısı şekli

### 3.6.2. Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtlara HYDR-S Sürülmesi Sonucu Kâğıtların Su-Temas Açısına ait Bulgular

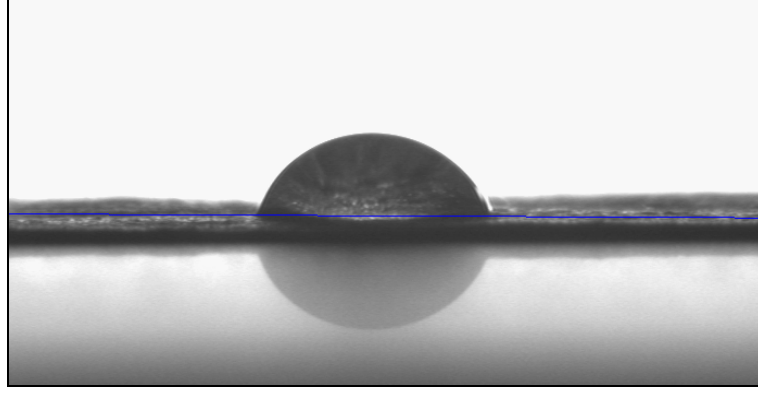
Ağartılmamış İ.Y.A. kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi sonucu kâğıdın su ile yaptığı temas açısı ölçülmüştür ve açı değerleri Tablo 22’de verilmiştir.

Tablo 22. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi sonucu gerçekleşen su temas açısı

Karışım adı	1.açı	2.açı	3.açı	4.açı	Ortalama
HYDR-S-1	42,9	35,5	35,4	36,4	37,5
HYDR-S-2	16,6	18,2	15,9	19,9	17,7
HYDR-S-3	73,8	78,3	78,5	72,7	75,8
Kontrol	0	0	0	0	0

Yukarıdaki tabloda ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi ile kâğıdın su temas açısı ölçüm sonuçları verilmiştir. Kontrol kâğıdı su temas açısı 0° olarak ölçülmüştür. HYDR –S karışımı ile kâğıdın su temas açısı büyümüştür. En yüksek temas açısı HYDR-S–3 de 75.8° olarak bulunmuştur. HYDR-S–1 de 37.5° ve HYDR-S–2 de ise 17.7° tespit edilmiştir. Ağartılmamış kraft kâğıdına HYDR karışımı

sürülemedi. Nedeni, hidrovaksın kâğıda sürülüp sıvanmasını takiben ikinci tarafa sürüldüğünde diğer tarafın lifleri yüzeye yapışmış ve yüzeyden kaldırılamamıştır. Üç defa deneme sonucunda aynı durum tekrarlanmış ve hidrovakslı kâğıt elde edilememiştir. Aşağıda HYDR-S-3 sürülmüş ağartılmamış kraft kağıdının temas açısı şekli görülmektedir.



Şekil 18. HYDR-S-3 sürülmüş ağartılmamış kraft kağıdının su temas açısı görüntüsü

### 3.6.3. Fluting Kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S Sürülmesi Sonucu Kâğıtların Su-Temas Açısına Ait Bulgular

HYDR'ların fluting kâğıtlarına muamelesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri Tablo 23' de verilmiştir.

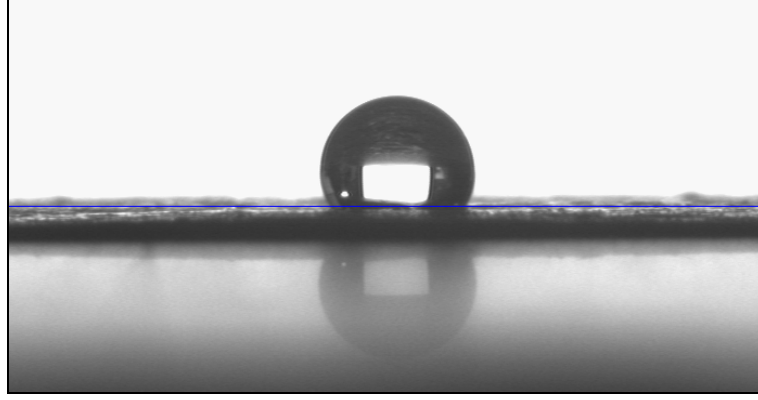
Tablo 23. Fluting kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu kâğıtta sağlanan su temas açısı değerleri

Karışım adı	1.açı	2.açı	3.açı	4.açı	Ortalama
HYDR	115,2	119,1	112,9	117,8	116,3
HYDR-S-1	25,2	32,4	31,3	24,3	28,3
HYDR-S-2	16,2	20,3	25,2	22,2	21
HYDR-S-3	76	70,3	78	78	75,6
Kontrol	43,6	43	62,4	44,4	48,3

Yukarıdaki Tablo 23'de fluting kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu su temas açısı ölçüm sonuçları görülmektedir. Tablo incelendiğinde HYDR ve HYDR-S



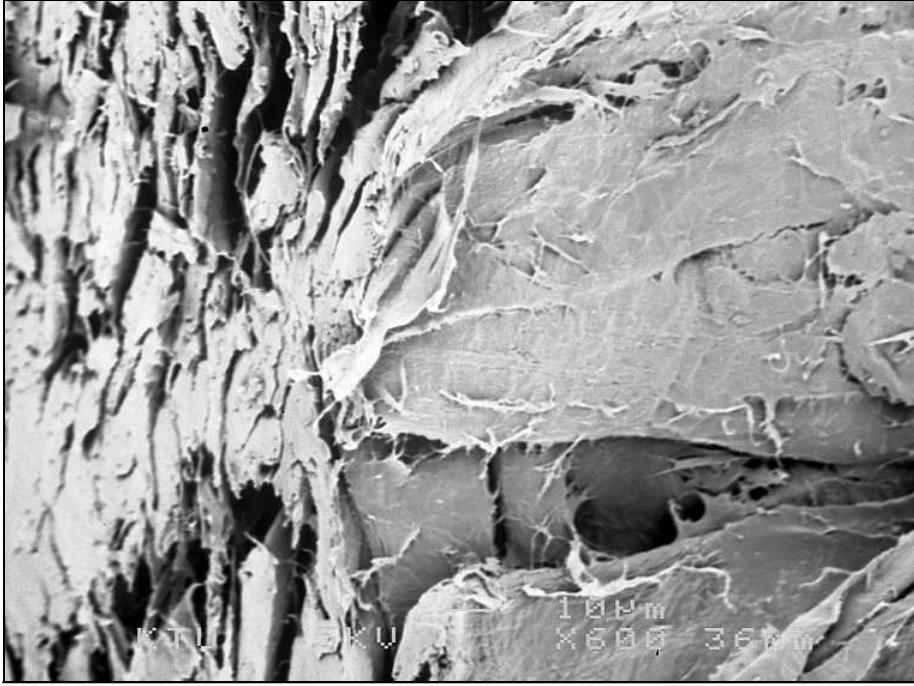
karışımı sürülmesi ile su temas açısında büyüme tespit edilmiştir. En fazla açı artışı HYDR da  $116.3^{\circ}$  ile tespit edilmiştir. Daha sonraki en yüksek açı HYDR-S-3 de  $75.6^{\circ}$  bulunmuştur. Kontrol kâğıdı su temas açısı  $48.3^{\circ}$  olduğu görülmektedir. Aşağıda HYDR sürülü fluting kâğıdının temas açısı şekli görülmektedir.



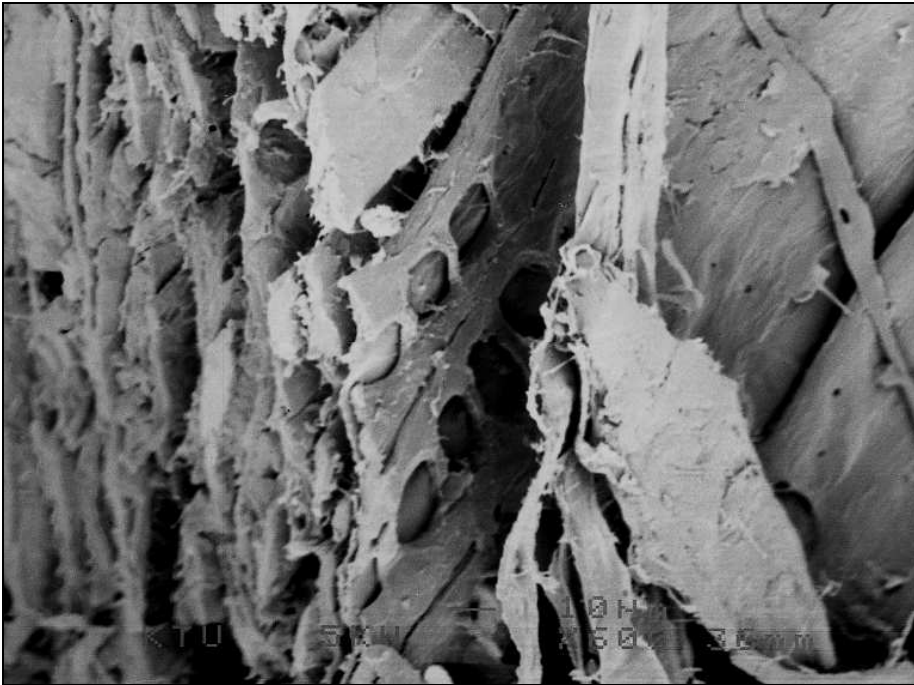
Şekil 19. HYDR sürülmüş fluting kâğıdının su temas açısı görüntüsü

### 3.7. SVK Uygulamalarına Ait SEM Görüntüleri

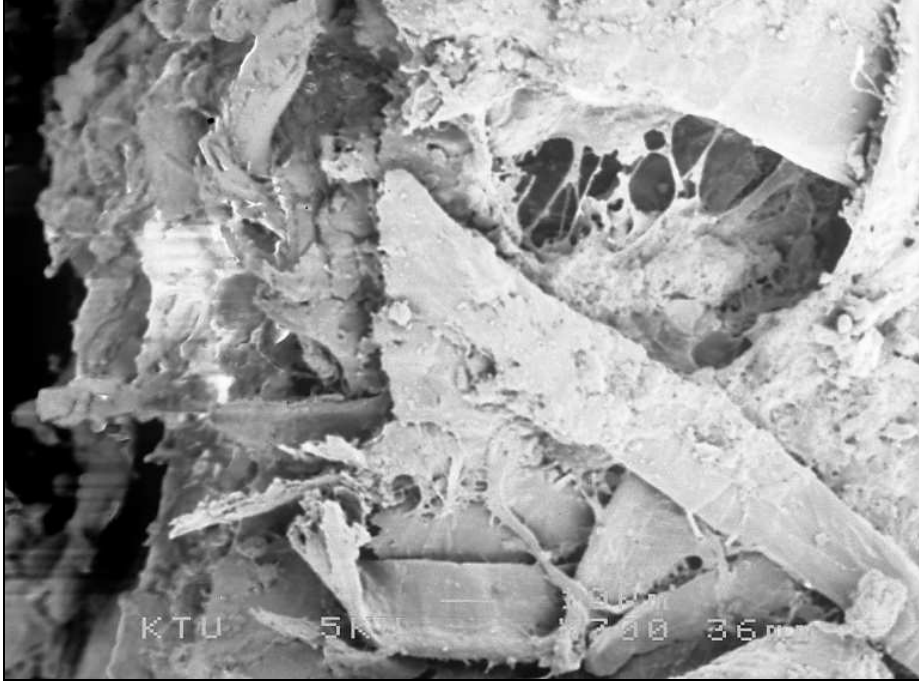
Üç farklı kâğıda (fluting kâğıdı, ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan test kâğıtları ve ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıtları) farklı karışım oranlarında hazırlanan SVK'ların uygulanmalarına ait performans değerleri incelendiğinde SVK-6'nın uygulandığı kâğıtlar temsili olarak, kâğıt üzerinde gerçekleşen değişim için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Çekilen SEM görüntüleri Şekil 20-28'de verilmiştir.



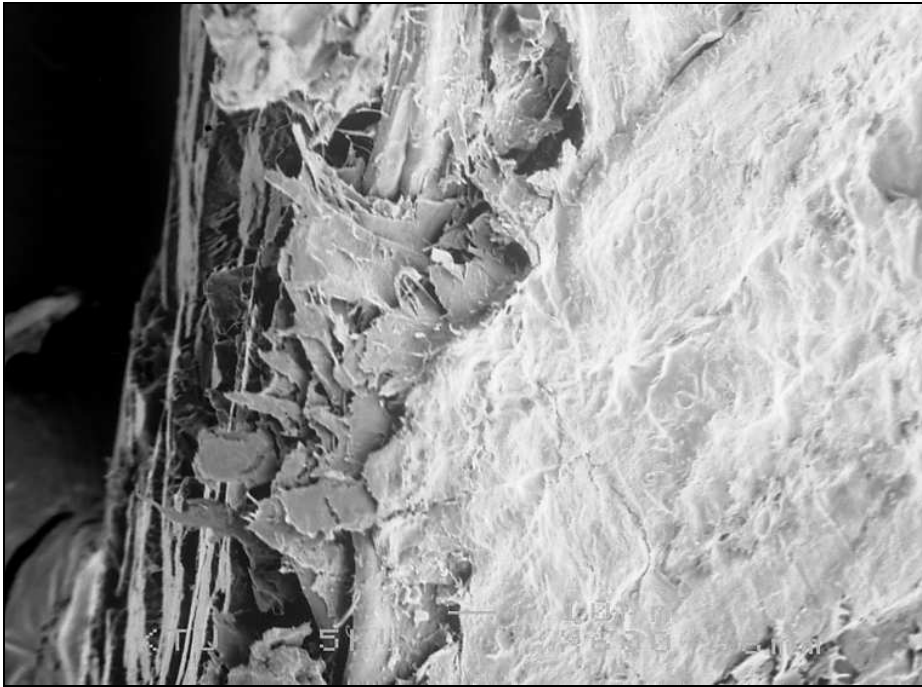
Şekil 20. SVK ile muamele edilmemiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü



Şekil 21. SVK ile muamele edilmemiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü



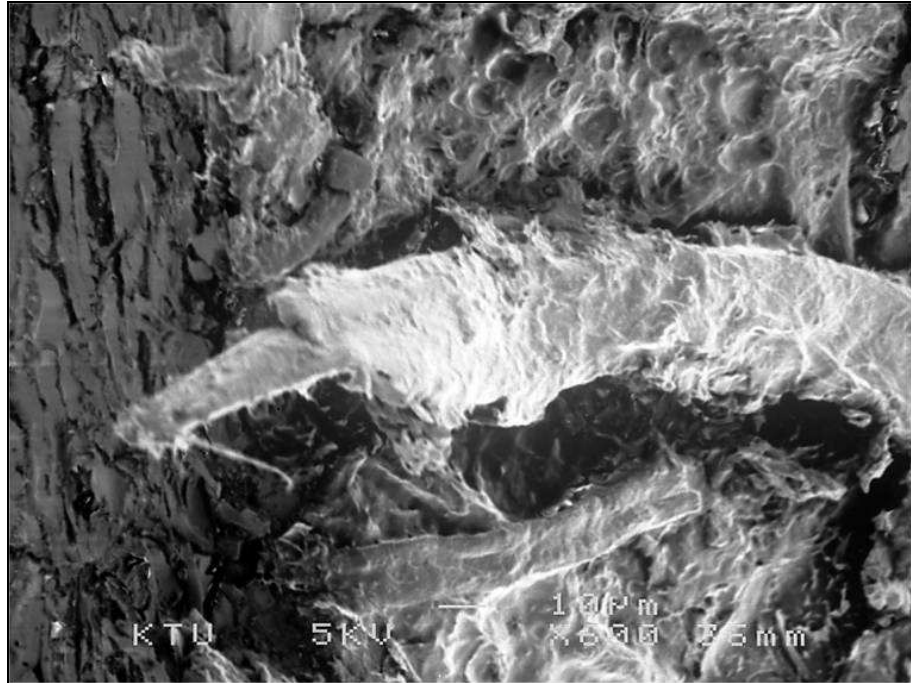
Şekil 22. SVK ile muamele edilmemiş fluting kâğıdının SEM görüntüsü



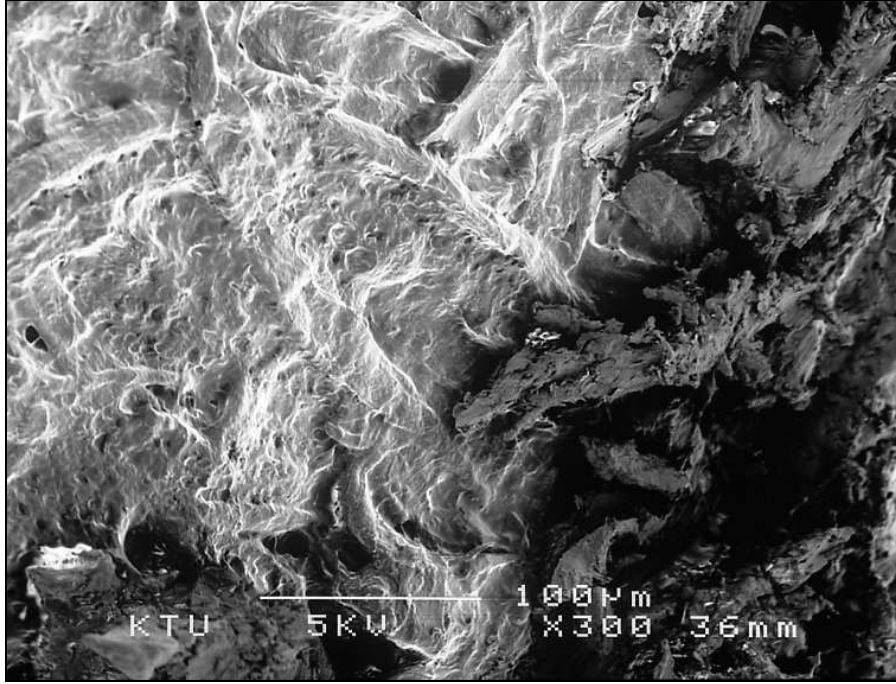
Şekil 23. SVK ile muamele edilmiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü



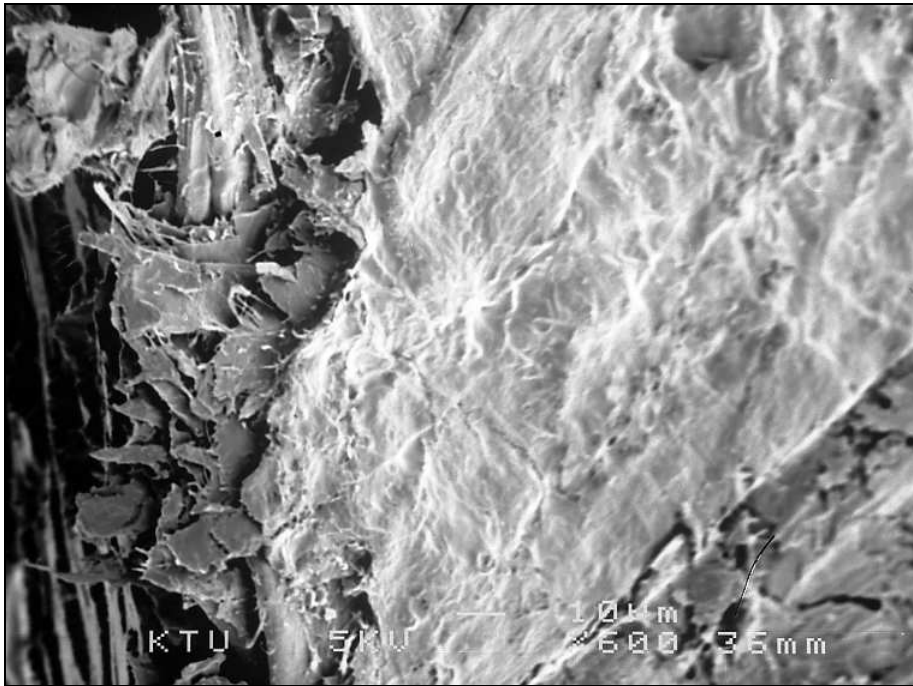
Şekil 24. SVK ile muamele edilmiş ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının üstten SEM görüntüsü



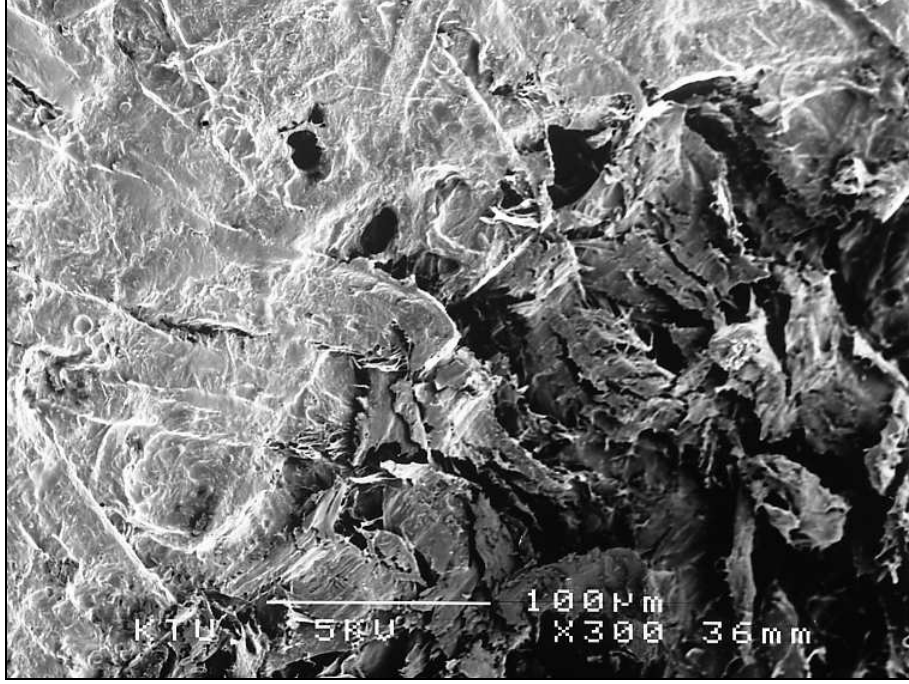
Şekil 25. SVK ile muamele edilmiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının SEM görüntüsü



Şekil 26. SVK ile muamele edilmiş ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıdının üstten SEM görüntüsü



Şekil 27. SVK ile muamele edilmiş fluting test kâğıdının SEM görüntüsü



Şekil 28. SVK ile muamele edilmiş fluting test kâğıdının üstten SEM görüntüsü

Şekil 20, 21 ve 22 SVK ile muamele edilmemiş ağartılmış kraft, ağartılmamış kraft ve fluting kâğıtlarının SEM görüntüleridir. Şekil 20, 21 ve 22’de kâğıtların enine ve boyuna kesiti gösterilmektedir. Şekil 23 ve 24 SVK ile muamele edilmiş ağartılmış kraft test kâğıdının enine, boyuna kesiti ve kâğıdın üst kısmının SVK ile düzgün bir şekilde kaplandığı görülmektedir. Şekil 24 aynı kâğıdın üstten kâğıda çentik atılmış görüntüsüdür. Şekil 25 ve 26 SVK ile muamele edilmiş ağartılmamış kraft test kâğıdının enine ve boyuna görüntüsüdür. Şekil 25’de SVK ile kaplanmış uzun bir lif ve enine kesitinde lif katmanları görülmektedir. Şekil 26 aynı test kâğıdının üstten ve kâğıda çentik atılmış görüntüsüdür. Şekil 27 ve 28 SVK ile muamele edilmiş fluting kâğıdının enine ve boyuna kesitini göstermektedir. Şekil 27’de üst kısım SVK ile düzgün bir şekilde kaplanmıştır. Şekil 28 ise fluting kâğıdının üstten ve çentik atılmış görüntüsüdür. Üst kısım SVK ile kaplanmış, iç kısımda liflerde birbirleri ile bağlanmış görünmektedir. Bütün SEM görüntülerinde SVK ile muameleli kâğıtların enine kesitlerinde lifler düzenli tabakalar şeklinde görülmektedir.

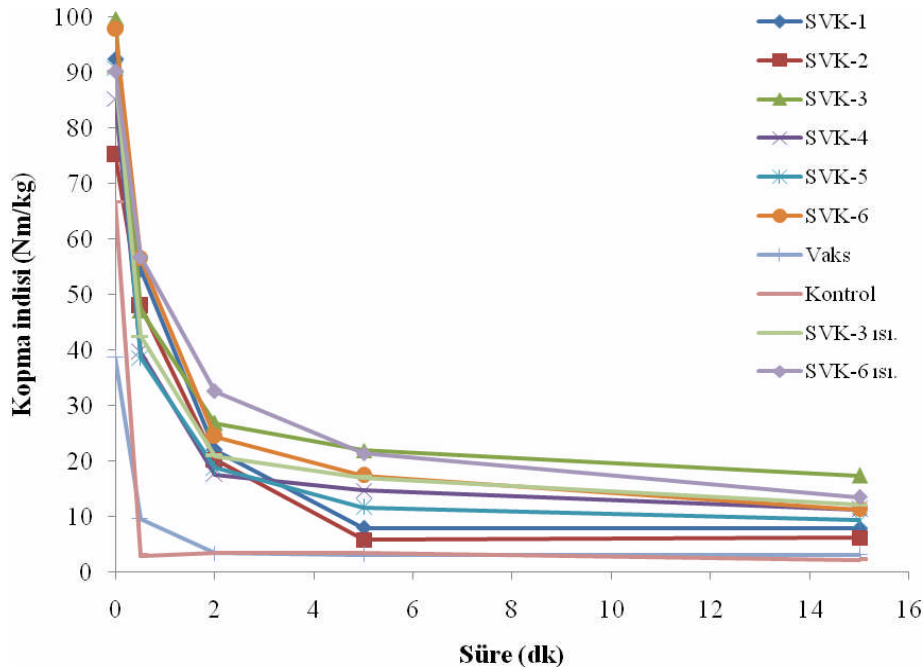


## 4. İRDELEME

### 4.1. Yüzeyine SVK Uygulanan Kağıtların Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

#### 4.1.1. Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Şekil 29'da ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarına değişik oranda hazırlanan SVK karışımlarının sürülmesi sonucu direnç özelliklerinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimleri görülmektedir.



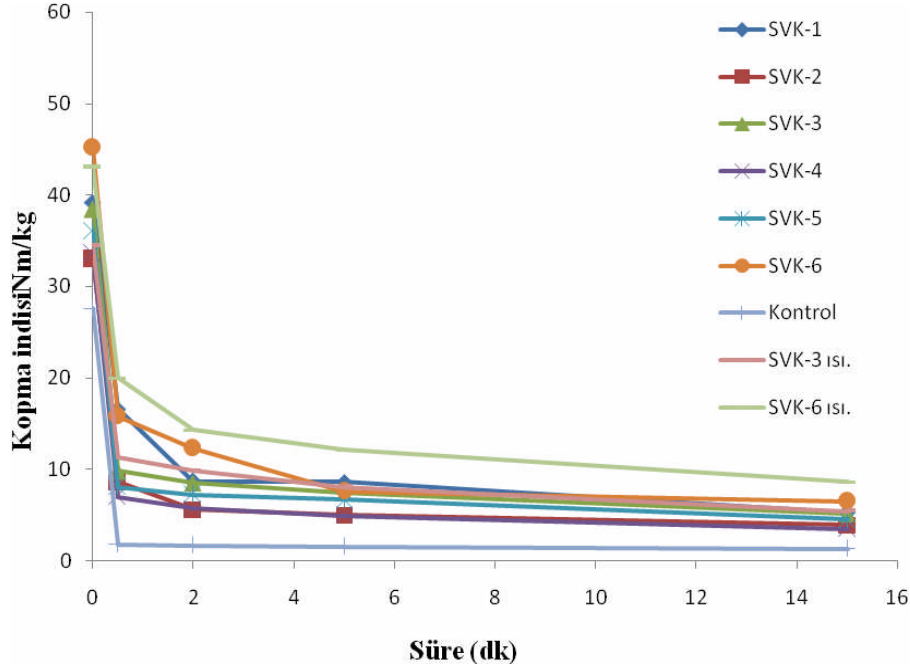
Şekil 29. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtlara SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresine göre değişimi.

Şekil 29 incelendiğinde kâğıt yüzeylerine uygulanan bütün SVK'lar ile kuru ve su ile temas halindeki direnç özelliklerinin arttığı görülmüştür. En iyi kuru direnç artışını SVK-3 ve SVK-6 ısıtılmış'da elde edilmiştir. Kontrol kağıdı ve SVK-3 sürülmüş kağıdın kuru direnç özellikleri kıyaslandığında %46'lık bir direnç artışı görülmektedir, SVK-6 ısıtılmış ile kıyaslandığında ise %35'lik bir direnç artışı görülmüştür. SVK uygulamaları sırası ile

incelendiğinde çözelti içindeki vaks miktarı ve silika oranı arttıkça kuru direnç değerinin arttığı görülmektedir. Suda bekletmeden sonra vaks, kâğıdın direncini olumsuz etkileyecek bağları kapatıp, direnci arttırmaktadır. Suda bekletmede en iyi direnç SVK-6 ısıtılmışta elde edilmiştir. Bunun nedeni ısıtılan kimyasalın viskozitesinin azalarak kâğıda daha iyi penetre olması ile açıklanabilir. Suda bekletme yapılması sırasında kâğıdın üst yüzeyden değil, kesilen kenar kısımlardan su aldığı görülmüştür. Bu durum, kâğıdın kalınlığı boyunca karışımın difüzyonu için su ile temas sırasında önemli bir faktör olmasına neden olmuştur.

#### 4.1.2. Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Şekil 30'da ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarının yüzeyine SVK'ların uygulanması sonucu direnç özelliklerinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimleri görülmektedir.



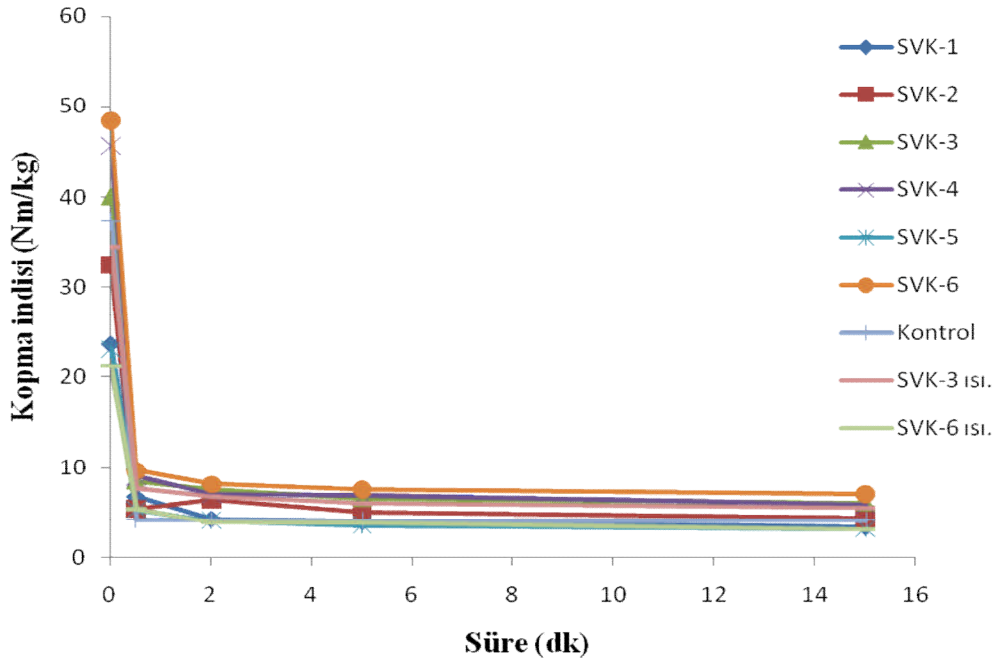
Şekil 30. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtlara SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresine göre değişimi.



Kontrol ve SVK lar uygulanmış olan kâğıtlar incelendiğinde kuru ve su ile temas halindeki dirençlerinin arttığı görülmüştür. En iyi direnç artışı SVK-6 ısıtılmış ve SVK-6'da tespit edilmiştir. SVK-6 ve kontrol kâğıdının kuru haldeki direnç değerleri incelendiğinde %63 lük direnç artışı elde edilmiştir. Kontrol kâğıdını SVK-6 ısıtılmış ile kıyasladığımızda %56 oranında direnç artışı görülmüştür. Tez çalışmasında kullanılan İ.Y.A. ağartılmamış kraft hamuru içerisinde lignin bulunması kâğıdın hidrofob özelliğini arttırmaktadır. Bu, ligninin hidrofob özellikte olmasından ileri gelmektedir. Tabaka kalınlığı ağartılmamış kraft kâğıdında tezde kullanılan diğer kâğıtlardan daha fazladır, bu fazla miktarda hidrofob madde tutunduğu anlamındadır. Silika kuru direnci arttırmada, lifler ile bağ sayısını artırarak direnç artışını olumlu yönde etkiler. Bağ yapılmamış boş kısımları vaks kapatarak, su ile temas esnasında silikanın su ile bağ yapma eğilimini azaltarak direnci arttırmada olumlu rol oynamaktadır.

#### 4.1.3. Fluting Kâğıdının Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Şekil 31'de fluting kâğıdına SVK sürülmesi sonucu direnç özelliklerinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimi görülmektedir.



Şekil 31. Fluting kâğıtlarına SVK uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi.

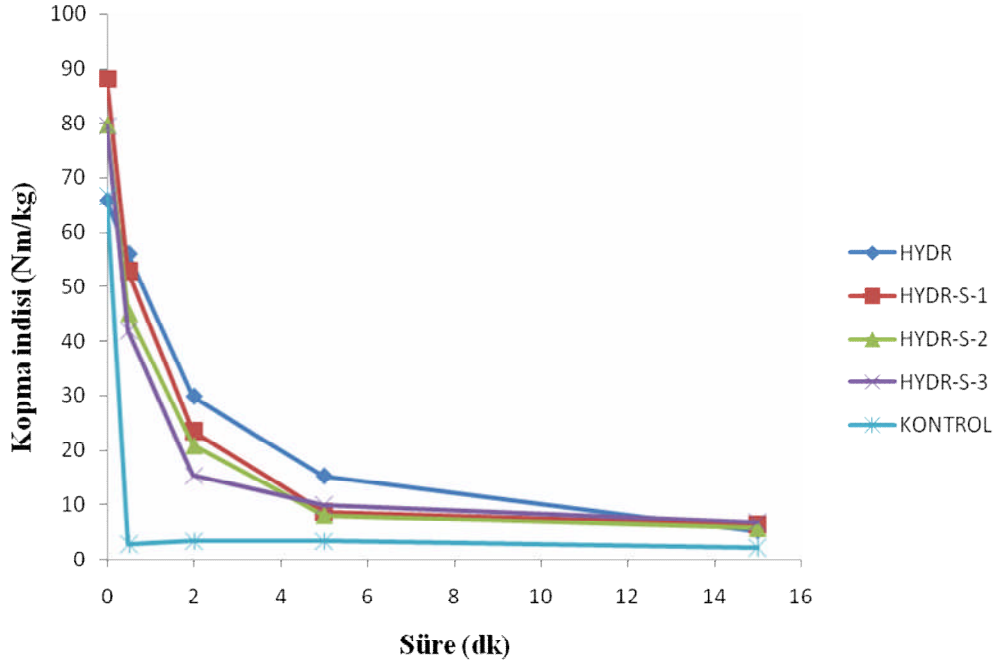
Şekil 31’de fluting kâğıdı yüzeyine SVK çözeltilerinin sürülmesi sonucu direnç değerlerinin kontrol kâğıdı ile kıyaslanmasını göstermektedir. Burada en iyi sonucu SVK-6 ve SVK-4 nolu karışımın verdiği görülmektedir. SVK-6 da kontrol kağıdına oranla %30, SVK-4 de %23 lük direnç artışı elde edilmiştir. Vaks ve silika oranı SVK-6 nolu karışımında daha fazladır. Bu durum direnç değerini istenilen şekilde artırmıştır. Kontrol kağıdının süreye bağlı olarak suda bekleme direnç değeri düşük iken SVK karışımları özellikle SVK-6 ve SVK-4 ile direnç artışı gözlenmiştir. Endüstride oluklu mukavva yapımında kullanılan fluting kâğıdının yüzeyinde nişasta bulunmaktadır. Nişasta su iticilik özelliği olan maddedir, ikinci bir su iticilik ile daha iyi direnç vermesi beklenirdi. Fakat yüzeyde bulunan nişasta ikinci yüzey yapıştırıcı maddenin yüksek oranda tutunumunu engellediği düşünülmüştür. Çünkü diğer kâğıtlara oranla çok fazla direnç artışı elde edilmemiştir.

## **4.2. Yüzeyine HYDR-S Uygulanan Kâğıtların Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

### **4.2.1. Ağartılmış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi**

Şekil 32’de ağartılmış kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarının yüzeyine HYDR-S’ ların uygulanması sonucu direnç özelliklerinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimleri görülmektedir.

Şekil 32 incelendiğinde kâğıtlara uygulanan bütün HYDR-S’ lar ile kuru ve ıslak sağlamlık direnç özelliklerinin geliştiği görülmüştür. En iyi kuru direnç artışını HYDR ve HYDR-S-1 de elde edilmiştir. Kontrol kâğıdı ve yüzeyi HYDR ile muamele edilmiş kâğıdın kuru direnç özellikleri kıyaslandığında çok belirgin artış görülmemesine rağmen suda bekletme sonucu direnç azalması en aza indirilmiştir. HYDR-S-1 ile kıyaslandığında ise %34’lük bir direnç artışı görülmüştür. HYDR-S uygulamaları sırası ile incelendiğinde çözelti içindeki silika ve hidrovaks oranı arttıkça kuru direnç değerinin arttığı görülmektedir. Su ile süreli bekletmelerde vaks, direnci olumsuz etkileyecek bağları kapatıp kâğıdın ıslak sağlamlık direncini arttırmaktadır. Suda bekletme işleminden sonra en iyi direnç özelliği içerisinde hiçbir şekilde silika içermeyen HYDR’de elde edilmiştir. HYDR-S-1 de silikanın varlığı, silikanın liflere tutunması ve tutunan yerde bağ sayısını arttırmasına neden olmuş, bu durum kağıdı daha sert yapmış ve buna ilaveten hidrovaksın yüzeye iyi tutunması ile kuru direnç artmıştır.



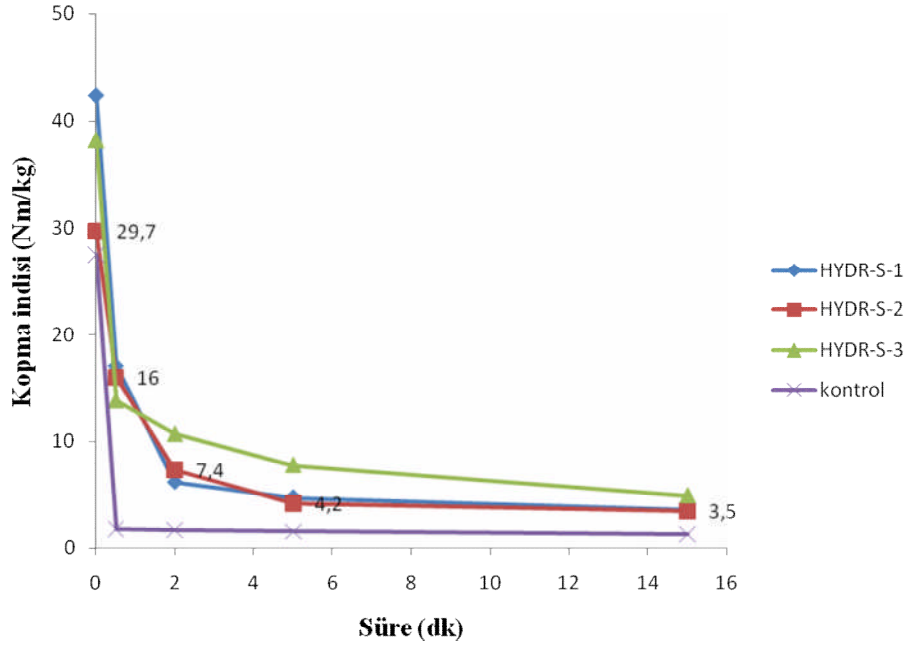
Şekil 32. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeylerine HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi

HYDR da silika yoktur ve kuru direnç çok artmamasına karşın suda bekletmede diğer HYDR' lardan daha iyi direnç gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum, hidrovaksın lifler ile iyi bağ yapması ve yüzeyi de iyi derecede kapattığı şeklinde açıklanmaktadır.

#### 4.2.2. Ağartılmamış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Şekil 33'de ağartılmamış kraft hamurundan üretilen test kâğıtlarının yüzeyine HYDR-S'ların uygulanması sonucu direnç özelliklerinin süreye bağlı olarak değişimleri görülmektedir

Kontrol ve HYDR-S lar uygulanmış kâğıt örnekleri incelendiğinde kuru ve ıslak sağlamlık dirençlerinin arttığı görülmüştür. En iyi direnç artışı HYDR-S-1 de tespit edilmiştir. HYDR-S-1 ve kontrol kâğıdının kuru haldeki direnç değerleri incelendiğinde %51'lik direnç artışı elde edilmiştir. Silika katılmadan sadece hidrovaks sürülmesi ağartılmamış krafta uygulanamamıştır. Bunu, liflerin hidrovaksı yüzeyde tutamaması, yeterince sağlam olamadığı olarak düşünülmektedir.

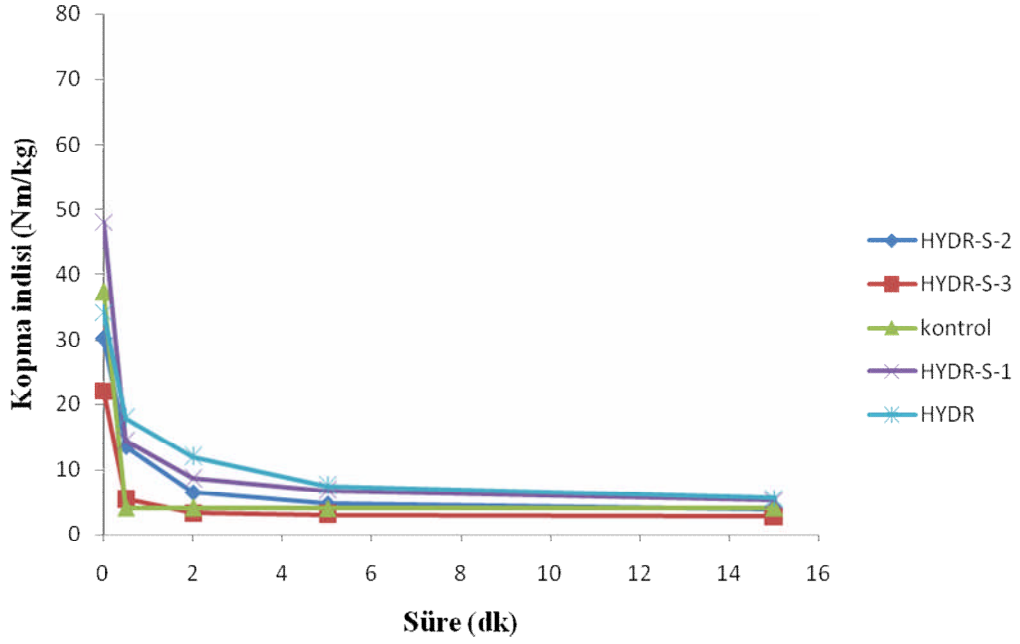


Şekil 33. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kağıtların yüzeyine HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresine bağlı olarak değişimi

Ağartılmamış kraft kâğıdı tabaka gramajı ağartılmış kraft kâğıdına kıyasla daha fazla tespit edilmiştir. Bu durum ağartılmamış kraft kâğıdının yüzeyinin pürüzlü olması ve daha çok madde tutunması ile açıklanmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü ağartılmamış kraft hamurunda liflerin kaba ve sert olmasından kaynaklanmaktadır. Ağartılmış kraft kâğıdı hamuru daha fazla dövülmüştür. Dövme işlemi lifleri daha esnek, plastikleşme özelliğinin daha fazla olması, formasyon düzgünlüğü sağlamaktadır. Formasyonu düzgün olan kâğıtlarda daha az madde tutunsa bile daha iyi direnç özellikleri vermektedir.

#### 4.2.3. Fluting Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması Sonucu Direnç Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Şekil 34'de fluting kâğıdının yüzeyine HYDR çözeltilerinin sürülmesi sonucu direnç değerlerinin kontrol kâğıdı ile kıyaslanmasını göstermektedir.



Şekil 34. Fluting kağıtlarına HYDR-S uygulamalarından sonraki direnç özelliklerinin suda bekletme süresi ile değişimi

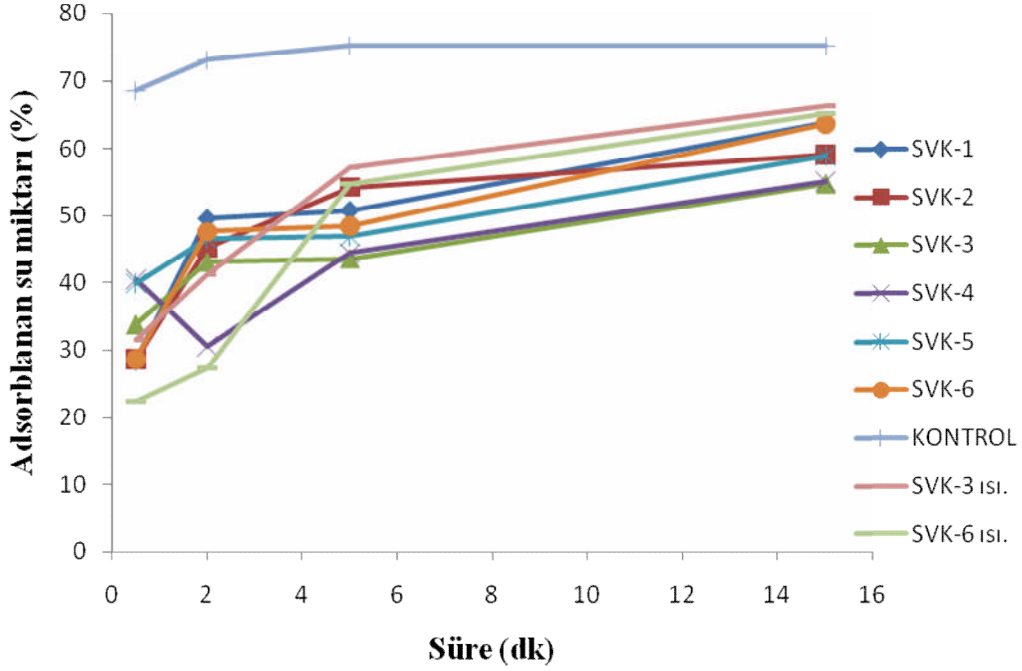
Şekilden en iyi sonucu HYDR-S-1 ve HYDR karışımının verdiği görülmektedir. HYDR-S-1’de kontrol kâğıdına oranla %30 artmış, HYDR’da kuru direnci azalmış gibi görünse de suda bekletme süresine bağlı olarak direnç artışı elde edilmiştir. Kontrol kâğıdının suda bekletme ile direnç değeri düşerken HYDR-S karışımları ile özellikle HYDR-S-1 ile direnç artışı elde edilmiştir. Kontrol kâğıdı ve HYDR-S karışımları sürülmüş kâğıtların direnç değerlerinde fazla artış olmaması fluting kâğıdının yüzeyinde üretim sırasında sürülmüş modifiye edilmiş nişasta olmasından dolayı ikinci bir ıslak sağlamlık karışımının yüzeyden daha etkili penetre olmasını engellemiştir. Bu durum kâğıdın kalınlığı boyunca daha az karışımın difüze olmasını ve kâğıt şeritlerinin kolayca su almasına neden olarak kolayca direnç kaybı oluşturması olarak açıklanabilir.

#### 4.3. Yüzeyine SVK Uygulanan Kâğıtların Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

##### 4.3.1. Ağartılmış Kraft Hamurundan Üretilen Kâğıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Silika vaks karışımları uygulanan kâğıtların sahip olduğu su adsorplama direnci su ile temasta gerçekleşen direnç kaybının açıklanması için incelenmiş olup bu deneyler için

kopma testi için kullanılan boyutlar kullanılmıştır. Şekil 35’de ağartılmış kraft hamurundan üretilen kağıtların yüzeyine SVK karışımlarının sürülmesi sonucu su absorblama kapasitelerinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi görülmektedir.



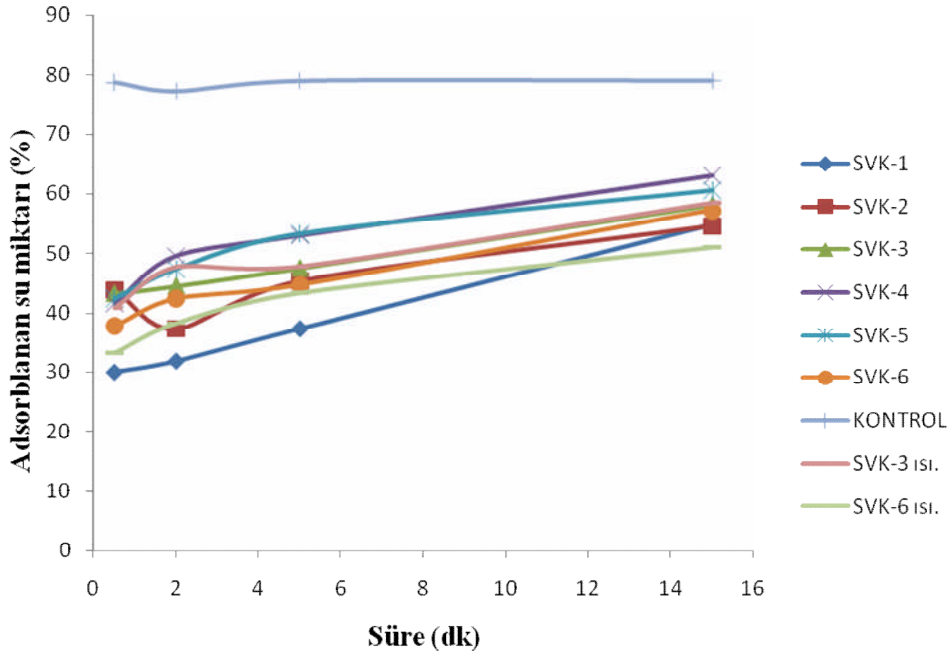
Şekil 35. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kağıtların yüzeyine SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi.

Su adsorblama kapasitesi SVK karışımları ile azalmıştır. 0,5 dakika suda bekletme sonucu SVK-1 %59, SVK-6 %58 ve SVK-6 ısıtılmış ile %67 lik bir su adsorblamada azalma belirlenmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Diğer 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile SVK-3 ve SVK-4 de su adsorblama en aza indirilmiştir. SVK-3 ve SVK-4 de 0.5 dakika suda bekletme ile SVK-1, SVK-6 ve SVK-6 ısıtılmışa göre daha fazla su adsorblamasına rağmen 2, 5 ve 15 dakika suda bekletme sonucu daha az su adsorblamıştır. Bu durum kağıdın su ile bağ yapacak gruplarının azaldığı ve suyu adsorblamadığı şeklinde açıklanabilir. SVK-1 ve SVK-6 da silika oranı vaks oranına göre fazladır, ilk suda bekletmede vaksdan dolayı daha az su adsorblamıştır. Daha sonraki 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile daha fazla su alması, 1.5 cm genişliğinde kesilen kağıtların kesilen kısımlarından su almasının, neden olduğu görülmüştür. Kağıt yüzeyden değil daha çok kesilen yan kısımlarında su almıştır. Vaks yüzeyde kalmış kağıdın iç kısımlarına nüfuz

edememiştir. Silikanın su ile bağ yapma eğilimide eklenince kağıdın su alması artmıştır. Yüzeyden fazla su almaması kontrol kağıdına kıyasla su adsorblamayı azaltmıştır.

#### 4.3.2. Ağartılmamış Kraft Hamurundan Üretilen Kağıtların Yüzeyine SVK Uygulanması Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Şekil 36'da ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kağıtların yüzeyine SVK sürülmesi sonucu suda bekleme süresine bağlı olarak su adsorblama kapasitelerinin değişimi görülmektedir.



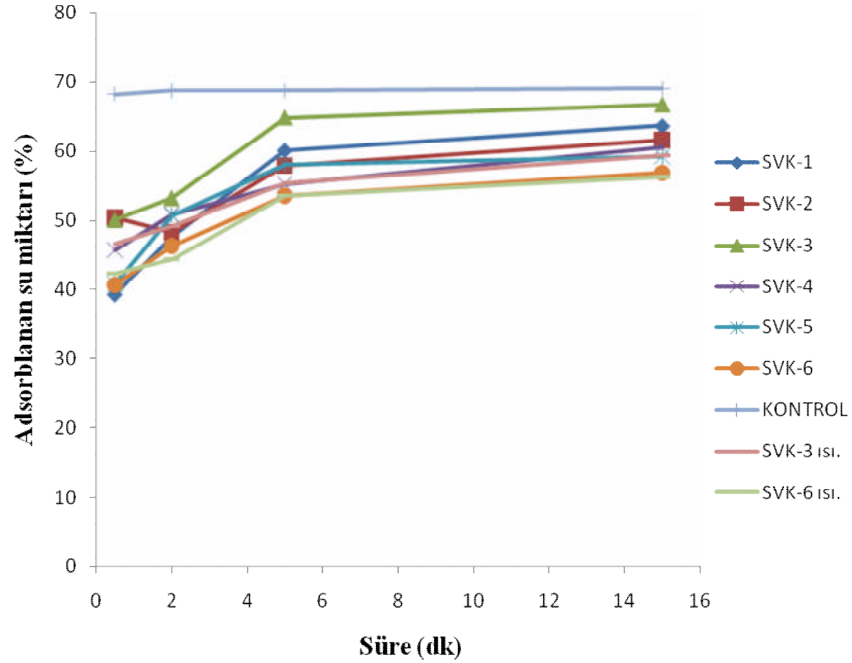
Şekil 36. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kağıtların yüzeyine SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin suda bekleme süresine bağlı olarak değişimi

Kağıtların su adsorblama kapasiteleri SVK karışımları ile azalmıştır. 0,5 dakika suda bekleme sonucu SVK-6 ısıtılmış ile % 58, SVK-1 ile %60 ve SVK-6 ile %51 lik bir azalma belirlenmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Diğer 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile SVK-1 ve SVK-6 örneklerinde su adsorblama miktarı en aza indirilmiştir. SVK-6 ısıtılmış, SVK-1 ve SVK-2 karışımları ile su adsorblama en az seviyede olduğu tespit edilmiştir. SVK-6 ısıtılmış karışımı, SVK-6 ile aynı silika vaks oranına sahiptir. SVK-6 ısıtılmışda sadece karışım 50°C de ısıtılarak uygulanmıştır.

Isıtılma ile karışım liflere daha iyi tutunmuş, yüzey iyi derecede su iticilik kazanmıştır. SVK-6 ile daha fazla tabaka gramajı elde edilmiş ve kağıdın daha fazla su iticilik maddesi kazandığı, bu durumda da su adsorblamayı azaltma yönünde etkisi olmuştur.

#### 4.3.3. Fluting Kağıdının Yüzeyine SVK Sürülmesi Sonucu Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Şekil 37’de fluting kağıtlarının yüzeyine SVK karışımlarının sürülmesi sonucu su adsorblama kapasitelerinin değişimi görülmektedir.



Şekil 37. Fluting kağıdına SVK uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitelerinin süre ile değişimi

Su adsorblama kapasitesi SVK karışımları ile azalmıştır. 0,5 dakika suda bekletme sonucu SVK-1 ile %41 ve SVK-6 ile %40 lık bir azalış belirlenmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Diğer 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile SVK-1, SVK-6 ve SVK-6 ısıtılmış ile su adsorblama en aza indirilmiştir. SVK-6 da vaks oranının en fazla olduğu ve silikanın en az olduğu karışımdır. Bu durum silikanın su ile bağ yapma miktarını azaltmakta, vaks fazlalığı ise su adsorblamayı düşürmektedir.

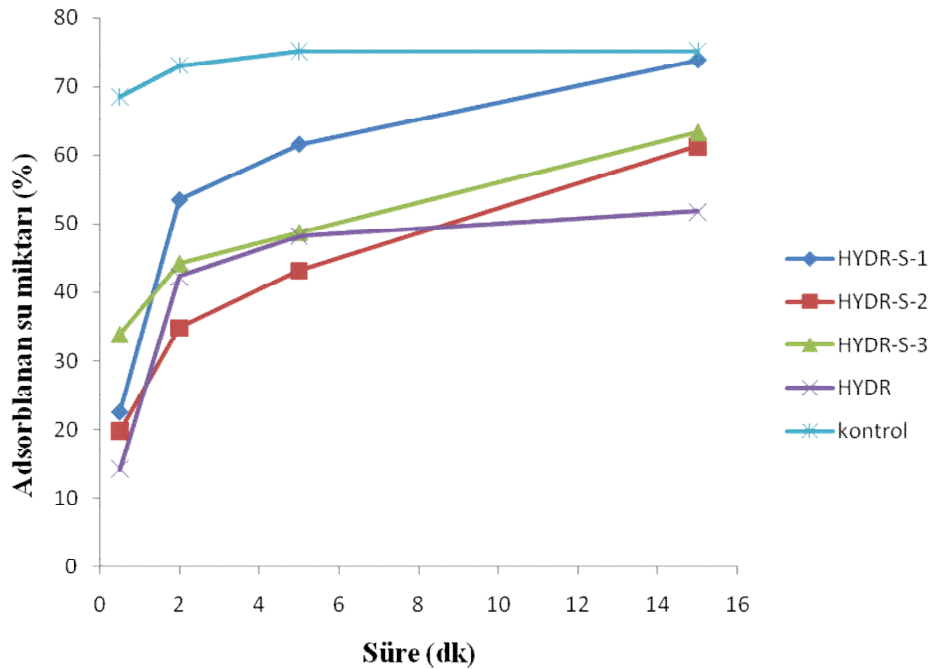


Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kağıtlar, ağartılmamış kraft ve fluting kağıtları ile karşılaştırılacak olursa SVK ile daha fazla su iticilik kazanmış, yani daha az su adsorblama kapasitesine sahip hale gelmiştir. Bunu ağartılmış kraft kağıdının daha esnek, yani ağartılma ile lignin oranının azalması ve daha fazla selüloz ve hemiselüloz oranına sahip olmasıdır. Bu selüloz ve hemiselülozun sahip olduğu hidroksil ve karboksil gruplarına daha fazla kimyasal maddenin reaksiyona girmesi anlamına gelmektedir. Su iticilik kazandıran maddenin fazla tutunması kağıdın su adsorblamasını düşürmektedir.

#### 4.4. Yüzeyine HYDR-S Uygulanan Kâğıtların Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

##### 4.4.1. Ağartılmış Kraft Kâğıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

şekil 38'de ağartılmış kraft hamurundan üretilen kağıtların yüzeyine HYDR-S karışımlarının sürülmesi sonucu su adsorblama kapasitelerinin süreye bağlı olarak değerimini görülmektedir.

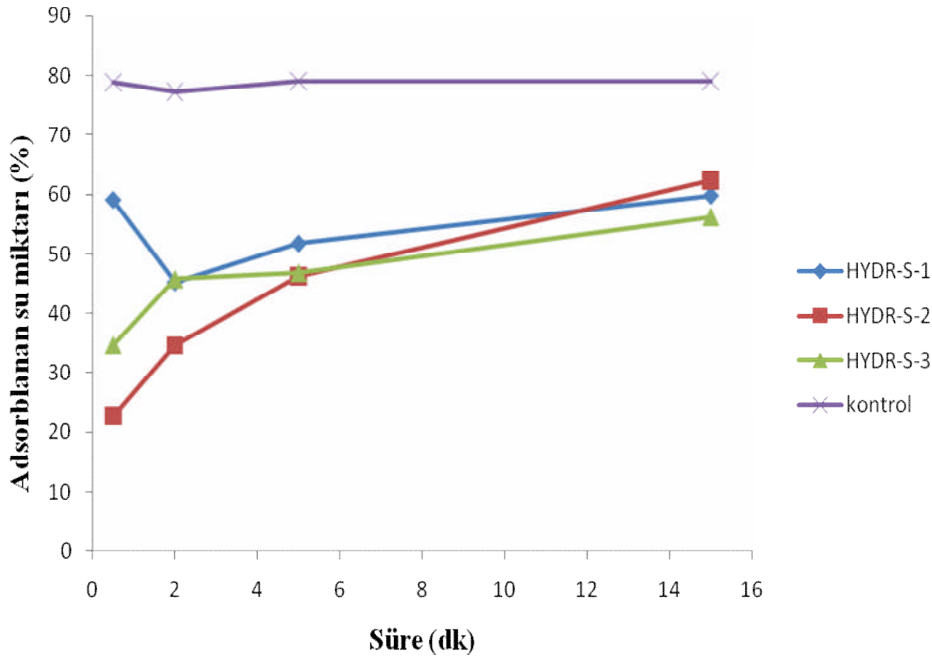


şekil 38. Ağartılmış kraft hamurundan hazırlanan kağıtların HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitelerinin süreye bağlı olarak değerimini

Şekil 38’ de ağartılmış kraft hamurundan üretilen kağıtlara HYDR-S karışımlarının sürülmesi sonucu su adsorblama kapasitelerinin değişimi görülmektedir. Su adsorblama kapasitesi HYDR-S karışımları ile azalmıştır. 0,5 dakika suda bekletme sonucu silika olmaksızın sadece HYDR ile %79 ve HYDR-S-2 ile %66 lık su adsorblamada azalma tespit edilmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Kontrol kağıdına oranla kağıt yüzeyine silikasız HYDR sürülmesi yüksek oranda su iticilik sağlamıştır. Bu durumu, kağıda hidrovaksın iyi derecede yapıştığı ve yüksek su iticilik özelliği kazandırdığı şeklinde açıklanabilir. Ağartılmış kraft kağıdının daha sağlam bir kağıt olması, selüloz ve hemiselüloz miktarının fazla olması hidrovaksın yüzeyde yapışma miktarını artırır, buda kağıda hidrofobik özellik kazandırır.

#### 4.4.2. Ağartılmamış Kraft Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Şekil 39’da ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kağıtların yüzeyine HYDR-S karışımlarının sürülmesi sonucu su adsorblama kapasitelerinin süreye bağlı olarak değişimi görülmektedir.

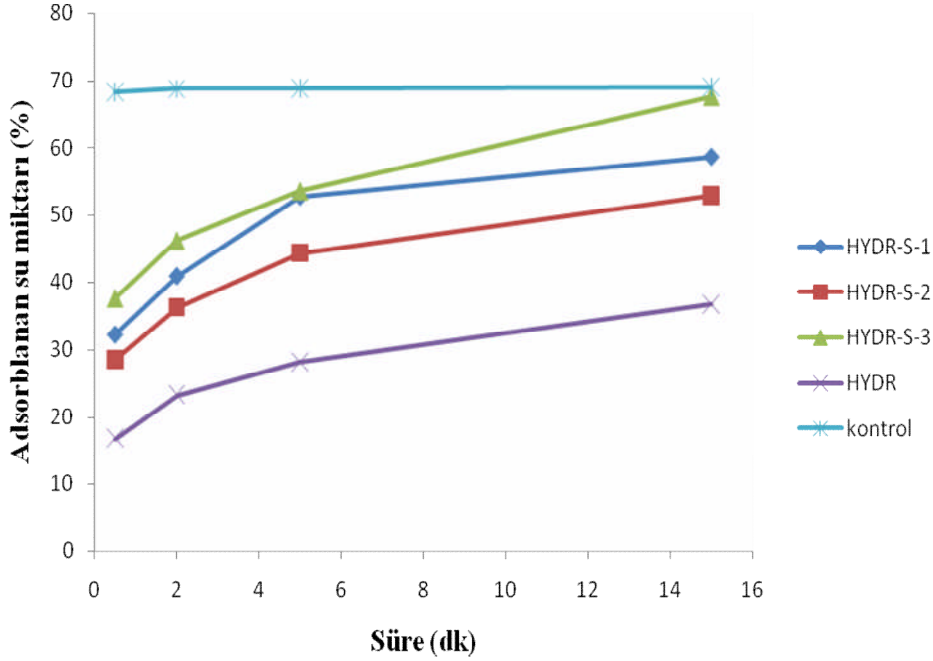


Şekil 39. Ağartılmamış kraft hamurundan hazırlanan kâğıtların yüzeyine HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin süre ile değişimi

Su adsorblama kapasitesi HYDR karışımları ile azalmıştır. 0,5 dakika suda bekletme sonucu HYDR-S-2 ile %55 lik su adsorblama kapasitesinde azalma belirlenmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Diğer 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile HYDR-S-2 de su adsorblama kapasitesinde en iyi azalma görülmektedir. Ve HYDR-S-3 de 15 dakika suda bekleme ile su adsorblama en aza indirilmiştir. Kağıdın yüzeyine silikasız hidrovaks sürülemediği, bu durumu hidrovaksın kağıda tutunamaması şeklinde açıklanmaktadır. HYDR-S-2 de en az su iticilik kazandırılması, HYDR-S-1'e oranla daha az silika olması ve HYDR-S-3'e göre daha fazla hidrovaks bulundurması şeklinde açıklanabilir. HYDR-S-3 karışımında su bulunmaktadır, su silika ile bağ yapmakta daha sonra tekrar sulu ortamda su ile bağ özelliği azalmakta ve hidrovaksın daha etkin olup daha az su adsorblama sağladığı düşünülmektedir.

#### 4.4.3. Fluting Kağıdının Yüzeyine HYDR-S Uygulanması ile Su Adsorblama Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Şekil 40'da fluting kağıtlarının yüzeyine HYDR karışımlarının sürülmesi sonucu su adsorblama kapasitelerinin süreye bağlı olarak değişimi görülmektedir.



Şekil 40. Fluting kâğıdına HYDR-S uygulamalarından sonraki su adsorblama kapasitesinin süre ile değişimi

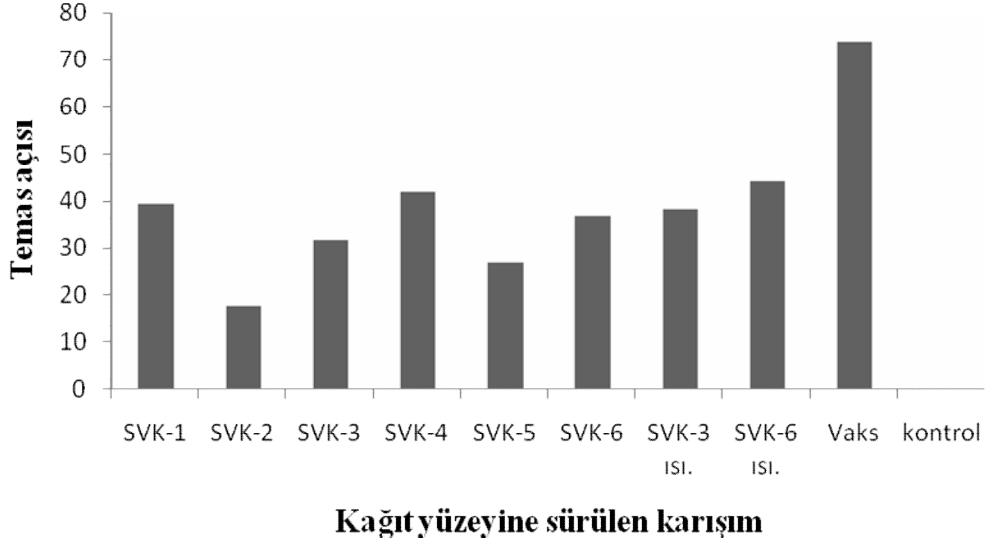
Su adsorblama kapasitesi HYDR-S karışımları ile azalmıştır. Kağıt örneklerinin 0,5 dakika suda bekletme sonucu su adsorblama silikasız HYDR ile %76 ve HYDR-S-2 ile %58 lik bir su adsorblamada azalma tespit edilmiştir. Bütün karışımlar su adsorblama kapasitesini düşürmüştür. Diğer 2, 5 ve 15 dakika suda bekleme ile HYDR ve HYDR-S-2 de su adsorblama en aza indirilmiştir. Silikasız HYDR dan sonra HYDR-S-2 ile su adsorblamada azalma tespit edilmiştir. Bu karışım 1 nolu karışıma göre silika oranı az, 3 nolu karışıma oranla daha fazla vaks içermektedir. Silika su ile olan bağ yapma özelliği karışım içerisinde ortaya çıkıp daha sonra su ile karşılaştığında bağ yapma özelliği azalmakta, vaks ise daha fazla yüzeyde bulunup daha etkili su iticilik sağlamaktadır. Silikasız hidrovaksın tek başına daha fazla su itici olması silikanın su ile bağ yapma gibi olumsuz etkisinin olmaması ile tek başına daha etkin olmuştur. Ayrıca fluting kağıdı yüzeyinde nişasta gibi kuru sağlamlık maddesinin olması ve hidrovaks ilavesi kağıdın su adsorblamasını azaltmıştır.

Diğer ağartılmış kraft kağıdı ve ağartılmamış kraft kağıdı ile fluting kağıdı kıyaslandığında bütün kağıtlarda HYDR ve HYDR-S-2 nin su adsorblamayı düşürdüğü görülmüştür. Su adsorblama HYDR sürülmesi ile en fazladan en düşüğe göre sıralandığında en fazla ağartılmamış kraft, ağartılmış kraft sonra fluting olarak sıralanır. HYD-S-2 ile sırlandığında en fazladan en aza su adsorblama ağartılmamış kraft, ağartılmış kraft ve fluting olarak sıralanır. En sonda fluting olması fluting kağıdının yüzeyine üretim sırasında sürülen nişastanın etkili olduğu düşünülmektedir.

#### **4.5. Hazırlanan SVK Sürülmüş Kâğıtların Su-Temas Açısının Değerlendirilmesi**

##### **4.5.1. SVK ve Vaks Karışımlarının Farklı Türdeki Kâğıtlara Sürülmesi Sonrasında Oluşan Su-Temas Açılarının Değerlendirilmesi**

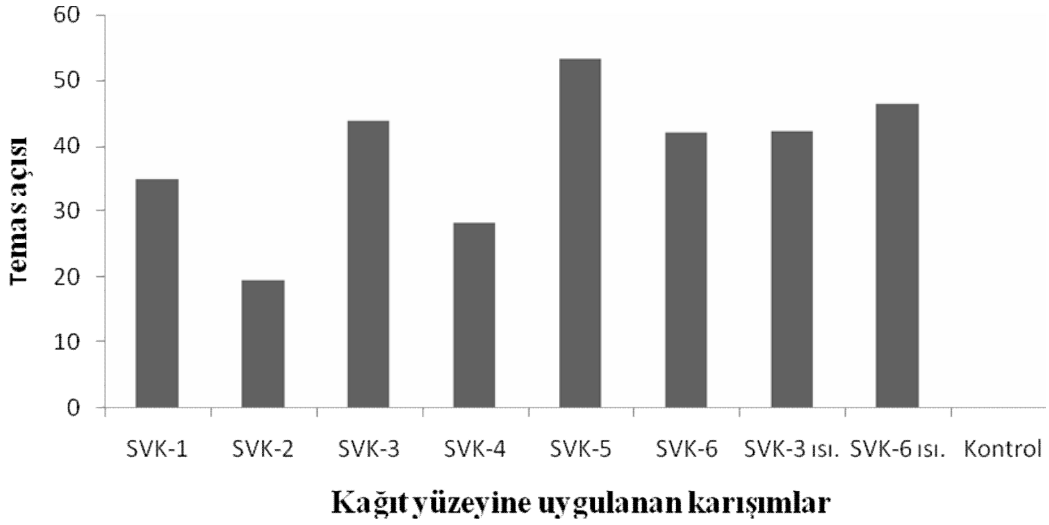
Aşağıdaki şekilde ağartılmış kraft kâğıdına farklı oranlarda SVK ve vaks kullanılarak hazırlanan karışımlarının sürülmesi sonucu kâğıtlarda sağlanan su temas açılarının ortalama değerleri görülmektedir.



Şekil 41. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK ve vaks sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

Ağartılmış İ.Y.A. kraft hamurundan üretilen kâğıtların yüzeylerine SVK'ların ve sadece silikasız vaks sürülmesi sonucunda kâğıdın su temas açıları tespit edilmiştir. SVK'ların kâğıt yüzeyine uygulanması ağartılmış kraft kâğıdına su iticilik kazandırmış ve su temas açısı değerini yükseltmiştir. Kontrol kâğıdının su temas açısı  $0^\circ$  iken, SVK'ların (SVK-2 ve SVK-5 hariç) sürülmesi ile temas açısı yaklaşık  $40^\circ$ , sadece vaks sürülmesi ile  $73.9^\circ$  ye kadar çıkmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda kâğıdın yüzeyine vaks sürülmesiyle, kâğıdın iyi ve homojen şekilde kaplandığı anlaşılmaktadır. Silika olmadan sadece vaks sürülmesi daha iyi su iticilik özelliği göstermiştir. Kâğıdın kuru sağlamlığının artmasını sağlayan silanol grupları, silikanın su ile hidrojen bağı yapma isteğinden dolayı kâğıdın hidrofobik özelliğini düşürmektedir. SVK'lar içerisinde ısıtılarak uygulanan SVK-6'nın en yüksek temas açısını verdiği görülmektedir. Bu durum, ısıtılan karışımın viskozitesinin azalması ve dolayısıyla kâğıt yüzeyinde bulunan mikro ve makro gözeneklere iyi penetre olarak bu bölgeleri kapatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Benzer durum, su adsorblama kapasitelerinin SVK-6 ısıtılmış için düşük olması ile desteklenmektedir.

Şekil 42'de ağartılmamış kraft kâğıtlarına SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerleri görülmektedir.



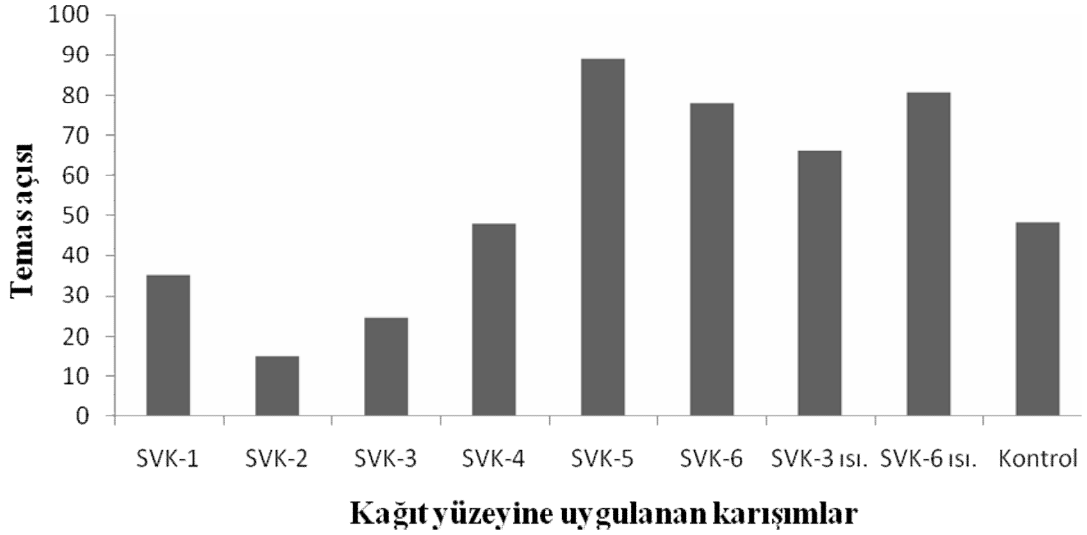
Şekil 42. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtların yüzeyine SVK sürülmesi kâğıdın su temas açısını büyültmüştür. Su temas açısının büyümesi kâğıdın hidrofobik özelliğinin arttığı anlamına gelmektedir. SVK-5'in yüzeye sürülmesi ile  $53.2^{\circ}$ , SVK-6 ısıtılmış ile  $46.4^{\circ}$  temas açısı tespit edilmiştir. Yüzeyine SVK-5 sürülen kâğıtta su temas açısı daha çok artmıştır. Daha sonra, ısıtılarak uygulanan SVK-6 performansı gelmektedir. SVK-5 karışımı daha fazla miktarda su içermektedir, böylece silika ve vaks karışımının konsantrasyonu düşmüştür. Düşük konsantrasyon karışımın viskovitesinin düşmesini ve kâğıda daha iyi nüfuz etmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, SVK-5 içerisinde vaks oranı diğer karışımlardan daha fazla olması kâğıdın su temas açısını yükseltmektedir. Buna ilaveten SVK-5 sürülü kâğıdın tabaka gramajı da diğer kâğıtlardan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kâğıda daha fazla su iticilik maddesi kazandırılmış olması da temas açısını büyültmüştür. Kâğıdın sahip olduğu yüzey pürüzlülüğü uygulanan karışımın yüzeyde bulunma miktarını değiştirmektedir. Bu durum tez kapsamında incelenmemekle birlikte ağartılmamış kraft hamurunun yüzeyi pürüzlüdür, ağartılmış kraft hamuruna kıyasla liflerinin daha uzun, kâğıt daha kaba ve rijit olması kâğıdın yüzeyinin daha pürüzlü olmasına neden olacağı açıktır. Bu durum kimyasal maddenin yüzeyde daha fazla tutunmasını sağlamıştır.

Yüzeyine SVK sürülmüş ağartılmamış kraft kâğıdında su temas açısı ağartılmış kraft kâğıdına oranla büyüktür. Bu durum ağartılmamış kraft kâğıdında lignin bulunması, yani

ligninin hidrofobik olmasından ileri gelmektedir. Ligninin bu anlamdaki pozitif sinerjik etkisi SVK performansını artırmıştır.

Aşağıdaki Şekil 43’de fluting kâğıdına SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerlerini göstermektedir.



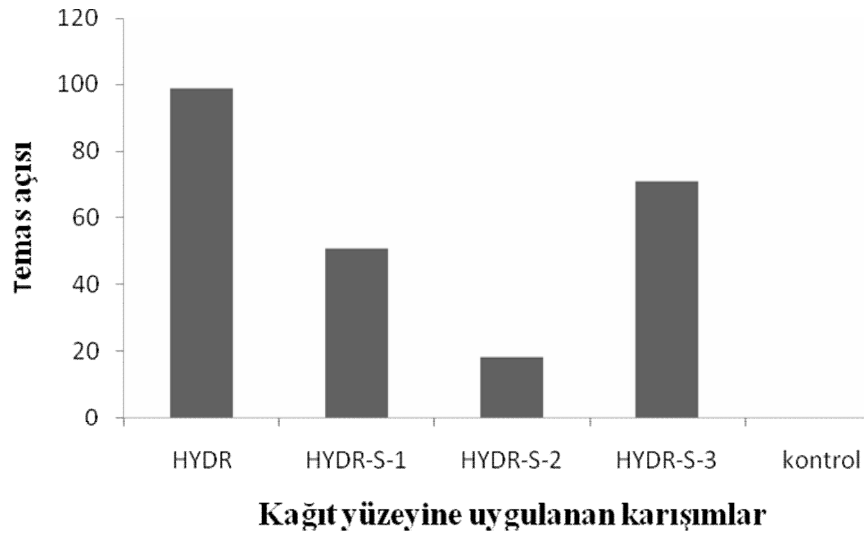
Şekil 43. Fluting kâğıtlarına SVK sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

En büyük su temas açısı SVK-5’de  $89^\circ$  tespit edilmiştir. Bu durum daha önce de belirtildiği üzere SVK-5 maddesinin içerisindeki vaks oranının fazla olması ve daha fazla su içermesi nedeni ile karışımın seyrelmesi ve maddenin kağıda daha iyi sürülmesinden kaynaklanmıştır. Daha sonra SVK-6 ısıtılmış  $80.7^\circ$  ve SVK-6  $78^\circ$  temas açıları tespit edilmiştir. SVK-5 sürülü fluting kâğıdının tabaka gramajı da yüksek bulunmuştur. Bu su temas açısının büyümesinde fayda sağlamıştır.

Üretilen ağartılmış ve ağartılmamış kraft kâğıtlarına kıyasla fluting kontrol kâğıdının su temas açısı  $48.3^\circ$  dir. Bunun nedeni fluting kâğıdının üretimi sırasında yüzeye modifiye nişasta sürülerek hidrofobikliğin artırılmasından kaynaklanmaktadır. Daha sonra ikinci bir su iticilik maddesi sürülmesi fluting kâğıdının ağartılmış kraft ve ağartılmamış kraft’tan daha büyük su temas açısı vermesine neden olmuştur.

#### 4.5.2. HYDR ve HYDR-S Karışımlarının Farklı Türdeki Kâğıtlara Sürülmesi Sonrasında Oluşan Su-Temas Açılarının Değerlendirilmesi

Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtların yüzeyine HYDR-S sürülmesi kâğıt yüzeyinin daha hidrofobik olmasını sağlayarak su temas açıları büyümesine neden olmuştur. Şekil 45’de görüldüğü gibi en iyi sonuç silikasız hidrovaks sürülü kâğıtta, daha sonra HYDR-S-3 sürülü kâğıtta elde edilmiştir. Hidrovaks sürülü kâğıtta  $98.9^{\circ}$ , HYDR-S-3 de  $71.2^{\circ}$  tespit edilmiştir.



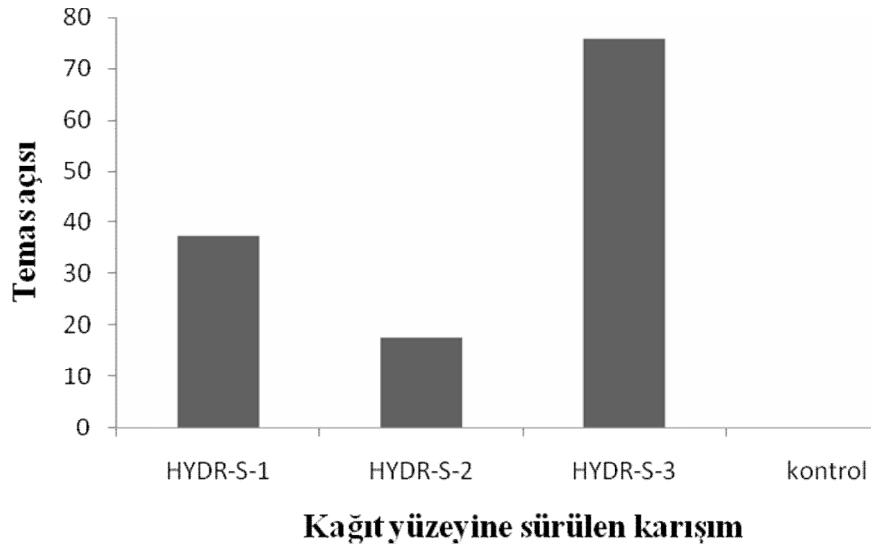
Şekil 44. Ağartılmış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

Yüzeyinde sadece HYDR sürülü kâğıdın tabaka gramajı yüksektir, bu kâğıdın su temas açısının büyümesinde etkili olmuştur. Yüzeyde fazla kimyasal madde tutunması su iticilik özelliğini arttırmış dolayısı ile su temas açısını büyültmüştür. Diğer karışımların ise konsantrasyonları hem silikat içerisinde su bulunması hem de sonradan su ilave edilmesi ile daha düşüktür. HYDR-S-3 karışımına su ilave edilmiştir. Bu karışımın su ile seyrelmesi nedeniyle viskozitesinin düşmesi, kâğıda daha iyi penetre olması şeklinde açıklanır. Bu durum istenen sonucu elde etmemizi sağlamamıştır.

Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtların yüzeyine HYDR sürülmesi ile oluşan su temas açıları Şekil 45’de görülmektedir. Kontrol kâğıdı hemen suyu emerken, HYDR-S-3 sürülmesi ile su temas açısı  $75.8^{\circ}$  ile en fazla artış göstermiştir. HYDR-S-3’ de aynı zamanda en fazla tabaka gramajı elde edilmiştir. Bu durum su iticilik özelliğini



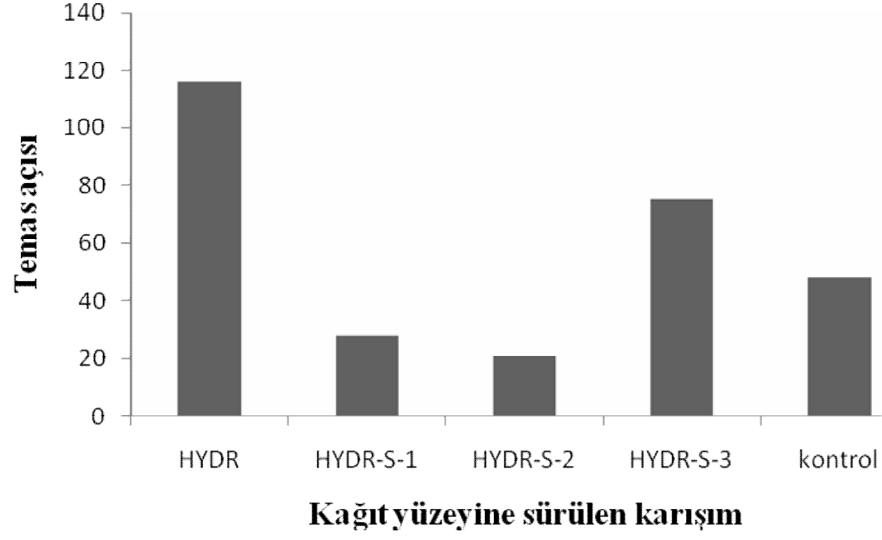
arttırmış, su temas açısını da büyütmiştir. Aşağıda ağartılmamış kraft kâğıdına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri şematik olarak gösterilmiştir. Şekilde silikasız HYDR sürülmesi bulunmamaktadır. Bunun nedeni, HYDR'ın kâğıda sürülemediğinden kaynaklanmaktadır. Bu kağıt türü için de HYDR-S-3 daha yüksek performans göstermiştir. Bu durum daha öncede belirtildiği üzere bu karışımın daha iyi sürülmüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Silika-vaks karışımının uygulanması sırasında silikanın daha çok kâğıt tarafından içeriye doğru penetre olması ve vaksın daha çok dış yüzeyde olması da bu durumu destekleyebilir. Ancak bu durum tez kapsamında incelenmemiştir.



Şekil 45. Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlara HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

Ağartılmamış kraft hamurundan üretilen kâğıtlar fluting ve ağartılmış kraft kâğıdına oranla en yüksek tabaka gramajı vermiştir. Bu durum, ağartılmamış kraft kâğıdında bulunan lignin ile açıklanır. Lignin kâğıdın hidrofobikliğini artırmakta ve temas açısını yükseltmektedir.

Fluting kâğıdının yüzeyine HYDR ve HYDR-S sürülmesi ile su temas açıları büyüdüğü Şekil 46' da görülmektedir. Kontrol fluting kâğıdının su temas açısı 48.3° olarak bulunmuştur. Bu durum, kâğıdın yüzeyine üretim sırasında uygulanan modifiye nişastadan kaynaklandığı düşünülmektedir. Silikasız hidrovaks sürülmesi sonucu en yüksek temas açısı fluting kâğıdında elde edilmiştir. Şekil 47'de görüldüğü gibi HYDR sürülmesi ile 116.3° lik en yüksek temas açısı tespit edilmiştir.



Şekil 46. Fluting kâğıtlarına HYDR ve HYDR-S sürülmesi sonucu temas açısı değerleri

Yüzeyde nişasta bulunması artı olarak hidrovaks ilavesi kâğıdın su temas açısını ciddi derecede yükseltmiştir. Tabaka gramajı en yüksek HYDR sürülü kâğıtta tespit edilmiştir. Tabaka gramajının da fazla olması su temas açısının büyümesinde olumlu faktör olarak görülmektedir. İkinci olarak en büyük temas açısı diğer kâğıtlarda da olduğu gibi HYDR-S-3'te bulunmuştur.

## 5. SONUÇLAR

Kullanım yerlerine bağılı olarak farklı derecelerde kâğıt ürünlerine sağlamlık kazandırmak amacıyla kuru ve ıslak sağlamlık maddeleri ilave edilmektedir. Kâğıt ve karton ürünlerine hem sağlamlık hem de suya karşı dayanıklılık özellikleri kazandırmak farklı mekanizmalarla gerçekleştirilebilir. Silika ve vaks kimyasallarından hazırlanan karışımların kâğıt yüzeyine uygulanarak kâğıdın hem sağlamlığının hem de suya karşı direncinin geliştirilmeye çalışıldığı bu tez kapsamında genel olarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Laboratuarda hazırlanan vaks emülsiyonuna ilaveten hazır olarak temin edilen hidrovaks ve su camı olarak adlandırılan sıvı sodyum silikat ile yüksek karıştırma hızında karıştırılarak kâğıt yüzeyine sürülebilecek karışımlar hazırlanmıştır.
2. Hazırlanan karışımlar ağartılmış İYA kraft hamuru, ağartılmamış İYA kraft hamuru ve oluklu mukavva üretiminde kullanılan fluting kâğıtları üzerine bıçaklı sıvama tekniği ile başarılı bir şekilde sürülmüş ve SEM fotoğrafları ile gözlenmiştir.
3. Kâğıdın her iki tarafına sürülen karışımlar kâğıt türüne ve karışım özelliklerine bağılı olarak 18 g/m<sup>2</sup> ile 59 g/m<sup>2</sup> arasında değişen gramaj artışları elde edilmiştir.
4. Laboratuarda hazırlanan vaks emülsiyonu ve silika ile hazırlanan karışımların üç farklı kâğıt yüzeyine uygulanmasında en iyi direnç sağlama performansı ağartılmış kraft kâğıdında ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte diğer kâğıt türleri incelendiğinde silika vaks karışımının ağartılmamış kraft kâğıdın da fluting kâğıdına kıyasla daha etkili sonuç verdiği gözlenmiştir. Hidrovaks ve silika karışımlarında yüzeye sürülmesi ile en yüksek performans ağartılmış kraft, fluting ve ağartılmamış kraft kâğıdında tespit edilmiştir.
5. Tez kapsamında kullanılan üç farklı kâğıt yüzeyine silika ve vaks karışımlarının sürülmesi ile kâğıdın su adsorblama kapasitesi azalmıştır. Su adsorblama kapasitesindeki azalma sıralandığında ağartılmış kraft, ağartılmamış kraft ve fluting olarak tespit edilmiştir. Hidrovaks ve silika karışımlarının kâğıtlara sürülmesi ile en fazla su adsorblamama fluting kâğıdında tespit edilmiştir. Ardından ağartılmış kraft ve ağartılmamış kraft gelmektedir.

6. Kâğıt yüzeyine sürülen silika vaks karışımları ve silika hidrovaks karışımları kâğıdın su temas açılarını büyültmüştür. Hem silika vaks karışımı hem de hidrovaks silika karışımları sürülen fluting kâğıdında diğer kâğıtlara oranla en büyük temas açısı tespit edilmiştir.
7. Hem laboratuarda hazırlanan hemde hazır olarak alınan vakslar ile silika karışımlarına su ilave edilerek konsantrasyonunun düşürülmesinin performansı pozitif yönde artırdığı bulunmuştur.
8. Silika vaks karışımlarının 50°C de ısıtılarak tez kapsamında kullanılan kâğıt yüzeylerine sürülmüştür. Karışımın kâğıt yüzeyine sürmeden önce ön ısıtma işleminin oda sıcaklığındaki uygulamalara kıyasla daha etkin sonuç verdiğini göstermiştir. Isıtılan silika vaks karışımları kâğıt yüzeyine daha iyi penetre olduğu tespit edilmiştir. Isıtılmış silika vaks karışımı sürülmüş kâğıtların kopma dirençleri artmış, su adsorblama kapasiteleri azalmış ve temas açıları büyümüştür.

## 6. ÖNERİLER

Kâğıda kuru ve ıslak ortamlarda direnç kazandırmak ve su iticilik özelliğini kontrol altında tutmak için silika ve vaks karışımları farklı türdeki kâğıtların üzerine başarıyla uygulanmıştır. Bu uygulamaların sonucunda kâğıdın kopma direncinin arttığı tespit edilmiştir. Bu hususta en önemli faktör silikatların sahip olduğu silanol gruplarının sağladığı H bağı oluşumudur. Bununla birlikte su ile temas halinde vaksın ıslanma ile direnç kaybı meydana gelebilecek bölgeleri kapatması önemlidir.

Uygulamada karışımın kâğıdın yüzeyine homojen sürülmesi ve buna ilaveten kağıt bünyesindeki makro ve mikro boşlukları mümkün olduğunca doldurması karışımların sağlayacağı etkiyi arttıracığı düşünülmektedir. Bu anlamda hem kâğıtların porozite değerleri, hem de uygulanan karışımların viskozitesinin kontrol altında tutulmasının önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu parametrelerin etkisi daha detaylı olarak performans artışı için incelenmelidir.

Silika oranının artması ile daha kırılğan, vaks oranının artması ile daha esnek kâğıtların üretilebileceği yapılan çalışma sonucunda ortaya konulmuş olup endüstrideki uygulamalarda kâğıttan istenen kullanım yeri özelliklerine bağlı olarak uygun vaks karışımı hazırlanabilir.

Kâğıdın üzerine silika vaks karışımlarının uygulanmasından sonra hem ıslak hem de kuru ortamlarda yapılan kopma testlerine ilaveten kâğıdın kullanım yerinde maruz kalabileceği diğer direnç özellikleri (katlanma, patlama dirençleri vs.) silikanın meydana getirebileceği olumsuz bir özellik olan kırılğan bir yapının göstergesi olarak ayrıca incelenebilir.

Kâğıdın üzerine sürülen tabakanın kâğıdın kalınlığı boyunca oluşturduğu, yapının homojenliği karışım performansı için önemlidir. Özel uygulamalar için bu konu ile ilgili detaylı çalışmalar yapılabilir.

Karışımın kâğıt kalınlığı boyunca difüzyon hızı, difüzyon mesafesi ve homojenliği önemlidir. Bu konu ile ilgili, vaksın tanecik boyu ve karışımın diğer özellikleri (viskozite, sıcaklık, konsantrasyon ) gibi parametrelerin karışımların etkililiğini geliştirmek için detaylı olarak incelenebilir. Uygulama sırasındaki difüzyonu ile ilişkilendirilmelidir.

## 7. KAYNAKLAR

- Casey, J.P., 1961. Pulp and Paper, Vol: II, Paper Making, Interscience Publishers Inc. New York, 581-822.
- Dorion, E.B., 1998. Retention Aid Systems, in Retention of Fines and Fillers During Papermaking Edited by J.M. Gess, Tappi Press, Atlanta, 157-176.
- Eklund, D. ve Lindström, T., 1991. Retention and Dewatering, Paper Chemistry, Dt Paper Science Publications, Grankula, Finland.
- Eriksson, M., 2006. The Influence of Molecular Adhesion on Paper Strength, Phd Thesis, Royal Institute of Technology, Department of Fibre and Polymer Technology, Stockholm.
- Eroğlu, H. ve Usta M., 2004. Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi, K.T.Ü. Basım Evi, Trabzon, 82-92.
- Gullichsen, J., Paulapuro, H. ve Neimo, L., 1999. Paper Chemistry, Tappi Press, and Fapet Oy, Helsinki, Finland, 127-129.
- Huş, S., 1969. Orman Mahsülleri Kimyası, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 150, 195 s.
- Kearney, R.L., 1990. Starch Binders in Coating, Tappi Seminar Notes, Blade Coating, Tappi Press, Atlanta, 169-176.
- Kincannon, W.O. ve Watkins, S.H., 1971. Sizing with Alkylketen Dimmers, in Internal Sizing of Paper and Paperboard, Tappi, Monograph No: 33, 127.
- Klass, C.P., 1991. Surface Sizing, in Paper Machine Operations Edited by M.J. Kocurek, Tappi, Atlanta, 693.
- Maltenfort, G.G., 1970. Finishing and Converting, in Handbook of Pulp and Paper Manufacture, K.W. Britt Editor, Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 723pp.
- Marton, J., 1996. Dry-Strength Additives, Paper Chemistry, 2. Press, Edt. J.C. Roberts, Blackie Academic & Professional, Glaskow, England, 25-43.
- Mckenzie, A. W., 1984. The Structure And Properties of Paper. XXI: The Diffusion Theory of Adhesion Applied to Interfibre Bonding, Appita Journal, 37, 7, 580-583.
- Miyanishi, T. ve Shigeru, M., 1997. Optimizing Flocculating and Drainage for Micro Particle Systems by Controlling Zeta Potential, Tappi Journal, 80, 1 (1997) 262-270.

- Ondaral, S., 2007. Suda Çözülebilir Çapraz Bağlı Polimerlerin Dispersiyon Polimerizasyonu ile Sentezi ve Kağıt Üretiminde Farklı Uygulamalardaki Performansları, Doktora Tezi, Karadeniz teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Pereyra, A. M. ve Giudice, C.A., 2009. Flame-Retardant Impregnants for Woods Based on Alkaline Silicates, Fire Safety Journal, 44 (2009) 497 –503.
- Rengel, G.L. ve Young, R.O., 1971. Internal Sizing with Fluoro Chemicals for Oil Resistance, in Internal Sizing of Paper and Paperboard, Tappi, Monograph No:33, 170.
- Roberts, J.C., 1996. The Chemistry of Paper, The Royal Society of Chemistry, Department of Paper Science, Umist, Manchester, United Kingdom, 119-148.
- Seymour, K. M. ve Seymour, G.D., 1994. Liquid Composition for Improving Strength and Water Repellency of Cast Cellulose Fiber Products, Patent No: 5 358 554.
- Smook, G.A., 1982. Handbook for Pulp&Paper Technologist, Joint Textbook Committee of the Paper Industry, Tappi, Tech. Sect. CPPA, 262.
- Urich, J.M. ve Fisher, B.D., 1976. Factors Affecting the Use of Chemical Drainage Aids, Tappi Journal, 59, 10, 78-81.
- Wagberg, 2005. On the Mechanisms Behind the Action of Dry Strength and Dry Stregth: in Fiber Technology Text Book, KTH, Stockholm.
- Watkins, S.H., 1971. Rosin and Rosin Size Preparation and Properties in International Sizing of Paper and Paperboard, Tappi, Monograph, No:33, 5-35.
- Yang, X., Roonasi, P. ve Holmgren, A., 2008, A Study of Sodium Silicate in Aqueous Solution and Sorbed by Synthetic Magnetite Using Insitu ATR-FTIR Spectroscopy, Journal of Colloid and Interface Science, 328 (2008) 41–47.

## ÖZGEÇMİŞ

28. 07. 1975 yılında Konya'nın Akşehir ilçesinde doğan Meryem ONDARAL ilköğrenimini İzmit'te, orta ve lise öğrenimini Kırıkkale'de tamamladı. 1994 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği bölümüne kayıt yaptı ve 1998 yılında lisans öğrenimini tamamladı. 2006 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Lif ve Kâğıt Teknolojisi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamış olup halen devam etmektedir. Meryem ONDARAL İngilizce bilmekte, evli ve bir kız çocuğu annesidir.