

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KONTROLLÜ SALIM ÖZELLİĞİ BULUNAN KATMANLI  
YAPIYA SAHİP AGROTEKSTİL DOKUSUZ  
YÜZEYLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

**Hazırlayan  
Sultan KARAGÖZ**

**Danışman  
Doç. Dr. İlhan ÖZEN**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Şubat 2017  
KAYSERİ**

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KONTROLLÜ SALIM ÖZELLİĞİ BULUNAN KATMANLI  
YAPIYA SAHİP AGROTEKSTİL DOKUSUZ  
YÜZEYLERİN GELİŞTİRİLMESİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Sultan KARAGÖZ**

**Danışman  
Doç. Dr. İlhan ÖZEN**

**Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi  
Tarafından FYL-2016-6406 kodlu proje ile desteklenmiştir.**

**Şubat 2017  
KAYSERİ**

## **BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK**


Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.


Sultan KARAGÖZ



## YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

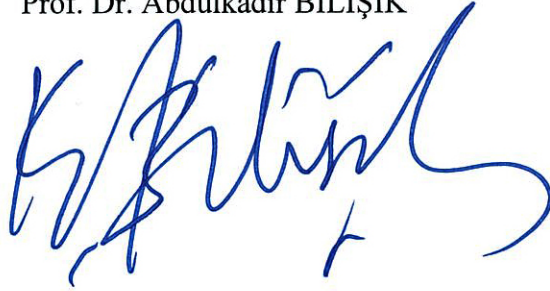
**“Kontrollü Salm Özelliği Bulunan Katmanlı Yapıya Sahip Agrotekstil Dokusuz Yüzeylerin Geliştirilmesi”** adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan  
Sultan KARAGÖZ  


Danışman  
Doç. Dr. İlhan ÖZEN  


Tekstil Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdulkadir BİLİŞİK



**Doç. Dr. İlhan ÖZEN** danışmanlığında **Sultan KARAGÖZ** tarafından hazırlanan “**Kontrollü Salm Özelliği Bulunan Katmanlı Yapıya Sahip Agrotekstil Dokusuz Yüzeylerin Geliştirilmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tekstil Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

03.102/2017

**JÜRİ:**

Danışman : Doç. Dr. İlhan ÖZEN



Üye : Doç. Dr. Aslı DEMİR



Üye : Doç. Dr. M. İbrahim BAHTİYARİ

**ONAY:**

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 07/02/2017 tarih ve 2017/06-25 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

07 / 02 / 2017

  
Prof. Dr. Mehmet AKKURT  
Enstitü Müdürü

## TEŞEKKÜR

Bilgi birikimi ve tecrübesi ile tez çalışmamın yönlendirilmesi, yürütülmesi ve sonuca ulaşabilmesi için gerekli desteği hiçbir zaman benden esirgemeyen, farklı bakış açısı sayesinde yüksek lisans eğitimim boyunca kendisinden çok şey öğrendiğim, her zaman sevgi ve saygı duyacağım çok değerli hocam Doç. Dr. İlhan ÖZEN'e,

Birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, çalışmalarımın yürütülmesinde önemli katkıları olan ve bilgi ve birikimlerini benimle paylaşmaktan hiçbir zaman kaçınmayan değerli Arş. Gör. Gamze Okyay'a,

Mantıklı fikirlerine her zaman güvendiğim, sıkıntılı zamanlarımda bana hep destek olan, dostluğunu benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili arkadaşım Dilek DEMİROK'a

Tez çalışmama 115M718 no'lu proje kapsamında maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a,

Hayatım boyunca sevgisini, maddi ve manevi desteğini benden asla esirgemeyen ve beni hep sevgi ve sabırla destekleyen sevgili aileme,

Sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Sultan KARAGÖZ

Kayseri, Şubat 2017

# KONTROLLÜ SALIM ÖZELLİĞİ BULUNAN KATMANLI YAPIYA SAHİP AGROTEKSTİL DOKUSUZ YÜZEYLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Sultan KARAGÖZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü  
Yüksek Lisans Tezi, Şubat 2017  
Danışman: Doç. Dr. İlhan ÖZEN

## ÖZET

Bu çalışmada 75/25 polietilen tereftalat / viskon (PET / CV) dokusuz yüzeyler, iki farklı amonyum sülfat gübre yüklemesiyle (%27.75 ve %55.50) iki farklı molekül ağırlığa sahip (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol ve 146 000 – 186 000 g/mol) polivinil alkol kullanılarak kaplanmıştır. Polivinil alkol kaplama miktarı 60 g/m<sup>2</sup> ve 120 g/m<sup>2</sup> olacak şekilde ayarlanmıştır. Polivinil alkol çapraz bağlanmasının gübre salımına etkisini incelemek amacıyla iki farklı oranda glutaraldehit çapraz bağlayıcısı (PVOH/GA oranı: 1/0.01 ve 1/1) kullanılmıştır. Üretilen yapıların çapraz bağlanma derecesi, dinamik ve denge su emicilik kapasitesi, su tutma kapasitesi ve su buharlaşma oranları tespit edildikten sonra gübre salım profili % kümülatif amonyum azot ölçümleri ile belirlenmiştir. Çapraz bağlanma için %1'lik glutaraldehitin yetersiz olduğu, polivinil alkol kaplama miktarı, glutaraldehit miktarı ve amonyum sülfat miktarı arttıkça su emicilik değerlerinin azaldığı, düşük molekül ağırlıklı polivinil alkol kaplı yapıların 24 saatte, yüksek molekül ağırlıklı polivinil alkol kaplı yapıların ise 12 saatte tamamen kuruduğu görülmüştür. Gübre salımı, en çok polivinil alkol molekül ağırlığı ve polivinil alkol yükleme miktarından etkilenmiştir. Üretilen yapılardan sadece glutaraldehit içermeyen yüksek molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol kaplamalı, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli yapının kontrollü gübre salımı yaptığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Polivinil alkol, amonyum sülfat, glutaraldehit, dokusuz kumaş, kaplama yüzey, kontrollü gübre salım.

**DEVELOPMENT OF AGROTEXTILE NONWOVEN SURFACES WITH  
LAYERED STRUCTURE POSSESSING CONTROLLED RELEASE  
PROPERTIES**

**Sultan KARAGÖZ**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M. Sc. Thesis, February 2017**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İlhan ÖZEN**

**ABSTRACT**

In this study, 75/25 poly(ethylene terephthalate) / viscose (PET / CV) nonwoven fabrics were coated with two different ammonium sulfate fertilizer loadings (27.75% and 55.50 %) by using two different poly(vinyl alcohol) (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol ve 146 000 – 186 000 g/mol). Poly(vinyl alcohol) coating amounts were adjusted to 60 g/m<sup>2</sup> and 120 g/m<sup>2</sup>. In order to study the effect of poly(vinyl alcohol) crosslinking on fertilizer release, glutaraldehyde crosslinking agent was used in two different ratios (PVOH/GA ratio: 1/0.01 and 1/1). Fertilizer release profile was calculated as cumulative percent ammonium nitrogen measurements after determining degree of crosslinking, dynamic and equilibrium water absorption capacity, water retention capacity and water evaporation ratio of the generated structures. A concentration of 1 wt.% glutaraldehyde was insufficient for crosslinking and water absorption capacity reduced with increasing poly(vinyl alcohol), glutaraldehyde and ammonium sulfate loading amount. Structures coated with low molecular weight poly(vinyl alcohol) dried within 24 hours, while those of coated with high molecular weight poly(vinyl alcohol) dried within 12 hours completely. Fertilizer release was affected mostly by molecular weight and loading amount of poly(vinyl alcohol). It has been determined that nonwoven fabric coated with 120 g/m<sup>2</sup> high molecular weight poly(vinyl alcohol) and 55.50% ammonium sulfate fertilizer loading in the absence of glutaraldehyde was able to make a controlled fertilizer release.

**Keywords:** Poly(vinyl alcohol), ammonium sulfate, glutaraldehyde, nonwoven fabric, surface coating, controlled fertilizer release.



## İÇİNDEKİLER

### KONTROLLÜ SALIM ÖZELLİĞİ BULUNAN KATMANLI YAPIYA SAHİP AGROTEKSTİL DOKUSUZ YÜZEYLERİN GELİŞTİRİLMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	ii
KABUL VE ONAY .....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT .....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xv

## 1. BÖLÜM

<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
--------------------	----------

## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

<b>2.1. Kontrollü Salım .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1. Kontrollü Salım Sisteminde Kullanılan Polimerler .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2. Polivinil Alkol .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1.3. Çapraz Bağlanma .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2. Gübreler .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1. Organik Gübreler .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.2. Kimyasal Gübreler .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2.1. Azotlu Gübreler .....</b>	<b>15</b>

2.2.2.2. Amonyum Sülfat ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....	16
2.2.2.3. Fosforlu Gübreler .....	19
2.2.2.4. Potasyumlu Gübreler .....	19
2.2.3. Kontrollü veya Yavaş Salım Yapan Gübreler .....	20
2.2.3.1. İnorganik Düşük Çözünürlüklü Bileşikler .....	25
2.2.3.2. Organik-N Düşük Çözünürlüklü Bileşikler .....	25
2.2.3.3. Fiziksel Bir Bariyerin Salımı Kontrol Ettiği Gübreler .....	25
2.3. Agrotekstil Malzemeleri .....	26
2.3.1. Kontrollü Gübre Salımı Yapan Agrotekstilller .....	29

### 3. BÖLÜM

#### MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal .....	31
3.2. Yöntem .....	31
3.2.1. Polivinil Alkol/Amonyum Sülfat Çözeltisinin Hazırlanması.....	31
3.2.2. Kaplama İşlemi.....	33
3.2.3. Kaplanmış Yüzeylerin Karakterizasyonları .....	36
3.2.3.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Analizi .....	36
3.2.3.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi .....	37
3.2.3.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Analizi .....	37
3.2.3.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Su Emicilik Kapasitesi Analizi ....	37
3.2.3.4.1. Dinamik Su Emicilik Kapasitesi .....	37
3.2.3.4.2. Denge Su Emicilik Kapasitesi .....	38
3.2.3.5. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Su Tutma Kapasitesi ve Suyun Buharlaşması Analizi.....	38
3.2.3.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Sülfat Salım Analizi ...	39
3.2.3.6.1. Amonyum Azotu Miktarının UV-Vis Spektrofotometresi ile Tespit Edilmesi .....	40

<b>3.2.3.6.2. Amonyum Azotu Miktarının RQ Flex Cihazı ile Tespit Edilmesi.....</b>	<b>41</b>
--	-----------

## **4. BÖLÜM**

### **BULGULAR**

<b>4.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Bulguları.....</b>	<b>43</b>
<b>4.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Bulguları .....</b>	<b>43</b>
<b>4.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Bulguları.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Dinamik ve Denge Su Emicilik Bulguları ..</b>	<b>48</b>
<b>4.5. PVOH/AS ile Kaplanmış Dokusuz Tekstil Yüzeylerin Su Tutma ve Suyun Buharlaşma Bulguları.....</b>	<b>52</b>
<b>4.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Azotu Salım Miktarı Bulguları</b>	<b>61</b>

## **5. BÖLÜM**

### **TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER**

<b>5.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Sonuçları.....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Sonuçları .....</b>	<b>67</b>
<b>5.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Sonuçları.....</b>	<b>68</b>
<b>5.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Dinamik ve Denge Su Emicilik Sonuçları ..</b>	<b>69</b>
<b>5.5. PVOH/AS ile Kaplanmış Yüzeylerin Su Tutma ve Su Buharlaşma Sonuçları</b>	<b>75</b>
<b>5.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Azotu Salım Miktarı Sonuçları .....</b>	<b>80</b>
<b>5.7. Genel Değerlendirme ve Öneriler .....</b>	<b>83</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>85</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>94</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER

Sembol	Anlamı	Birimi
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	Amonyum sülfat	--
AS	Amonyum Sülfat	--
C=O	Karbonil	--
Ca	Kalsiyum	--
CDU	Asetaldehit/siklodiüre	--
CEN	Avrupa standardizasyon komitesi	--
CMC	Karboksimetil selüloz	--
$\text{CO}(\text{NH}_2)$	Üre	--
COH	Aldehit	--
CRF	Kontrollü salım yapan gübre	--
DS	Substitüsyon derecesi	--
DWAC	Dinamik su emicilik kapasitesi	%
E	Su buharlaşma oranı	%
EDX	Enerji dağılımlı X- ışını spektroskopisi	--
EWAC	Denge su emicilik kapasitesi	%
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi	--
GA	Glutaraldehit	--
IBDU	İzobütülen-diüre	--
$\text{K}_2\text{O}$	Potasyum oksit	--
$\text{K}_2\text{SO}_4$	Potasyum sülfat	--
KCI	Potasyum klorür	--

$KNO_3$	Potasyum nitrat	--
$MgNH_4PO_4$	Magnezyum amonyum fosfat	--
$M_w$	Molekül Ağırlığı	g/mol
N	Azot	--
$N_2O$	Nitrit	--
$NH_2$	Amin	--
$NH_3$	Amonyak	--
$NH_4^+$	Amonyum	--
$NH_4^+-N$	Amonyum azotu	--
$NH_4NO_3$	Amonyum nitrat	--
$NO_3^-$	Nitrat	--
OH	Hidroksil	--
$P_2O_5$	Fosfor pentaoksit	--
PAPR	Kısmen asitlendirilmiş fosfat kayaçları	--
PCL	Polikaprolakton	--
PD	Polimerizasyon derecesi	--
PEG	Polietilen glikol	--
PEO	Polietilen oksit	--
PGA	Poliglikolik asit	--
PGLA	Poli(d-laktik-ko-glikolik) asit	--
PHB	Polihidroksibütirat	--
PLA	Polilaktik asit	--
POE	Poliortoester	--
PVOH	Polivinil alkol	--

Ref	Referans	--
S	Kükürt	--
SEM	Taramalı elektron mikroskopu	--
SRF	Yavaş salım yapan gübre	--
UF	Üre formaldehit	--
UV	Ultraviyole	--
Wa	Su emen malzemenin ağırlığı	g
Wd	Destile suyla ekstrakte edilen ve kurutulan malzemenin ağırlığı	g
Wdry	Malzemenin kuru ağırlığı	g
Wi	Başlangıçtaki ağırlık	g
Wi	Başlangıçtaki yağ ağırlık	g
WR	Su tutma oranı	%
Wt	Farklı sürelerdeki ağırlık	g

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Kontrollü salım için yapılan çalışmalarda kullanılan polimerler .....	8
Tablo 3.1. Düşük molekül ağırlıklı PVOH kaplamaları için deney planı ve notasyon.....	34
Tablo 3.2. Yüksek molekül ağırlıklı PVOH kaplamaları için deney planı ve notasyon.....	35
Tablo 3.3. Standart çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan destile su ve amonyum çözeltilisinin hacmi.....	41
Tablo 4.1. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) ve yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % jelleşme oranı değerleri.....	47
Tablo 4.2. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.....	50
Tablo 4.3. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.....	50
Tablo 4.4. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.....	51
Tablo 4.5. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.....	51
Tablo 4.6. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.....	54
Tablo 4.7. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.....	55

Tablo 4.8. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.....	56
Tablo 4.9. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri. ....	57
Tablo 4.10. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri. ....	58
Tablo 4.11. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.....	59
Tablo 4.12. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri. ....	60
Tablo 4.13. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.....	61
Tablo 4.14. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım değerleri.....	63
Tablo 4.15. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım değerleri.....	64
Tablo 4.16. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım değerleri.....	65
Tablo 4.17. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m <sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım değerleri.....	66



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Difüzyon kontrollü sistemlerde salım mekanizması.....	6
Şekil 2.2.	Kimyasal kontrollü sistemlerde salım mekanizması .....	6
Şekil 2.3.	Çözücünün harekete geçirdiği sistemlerde salım mekanizması .....	6
Şekil 2.4.	Polivinil alkolün molekül yapısı .....	10
Şekil 2.5.	20°C ve 40°C çözünme sıcaklıklarında PVOH'ın hidroliz derecesi ile çözünürlüğü arasındaki ilişki.....	11
Şekil 2.6.	Asitle katalizlenmiş glutaraldehit ve PVOH polimerinin kimyasal reaksiyonu.....	13
Şekil 2.7.	Amonyum sülfat gübresinin fiziksel görünümü .....	17
Şekil 2.8.	Amonyum nitrat gübresinin fiziksel görünümü.....	18
Şekil 2.9.	Üre gübresinin fiziksel görünümü .....	18
Şekil 2.10.	Topraktaki azotlu gübrenin basitleştirilmiş azot çevrimi .....	22
Şekil 2.11.	Kontrollü salım yapan gübrenin difüzyon mekanizması .....	23
Şekil 2.12.	Kontrollü salım yapan gübrelerde ürünün besin gereksinimi ile besin salımının sekronize olması .....	24
Şekil 3.1.	PVOH/AS çözelti hazırlama düzeneği .....	33
Şekil 3.2.	(a) Matris SV laboratuvar tipi rakleli kaplama cihazı, (b) A tipi rakle ile kaplama şekli .....	36
Şekil 3.3.	Sünger uygulaması.....	39
Şekil 3.4.	Litrede 0-10 mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N ihtiva eden numunelerin kalibrasyon eğrisi. ....	42
Şekil 4.1.	Amonyum sülfat (AS) içermeyen (Ref), %27.75 ve %55.50 AS içeren, 60 g/m <sup>2</sup> PVOH (Mw: 146 000-186 000 g/mol) ile kaplanmış kumaşların EDX görüntüsü. ....	44
Şekil 4.2.	60 g/m <sup>2</sup> PVOH (Mw: 146 000-186 000 g/mol) kullanılarak hazırlanan kaplanmış dokusuz yüzeyin ve kullanılan kimyasal malzemelerin FTIR spektogramları .....	45
Şekil 5.1.	(a) Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol), (b) Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin jelleşme oranı grafiği... 70	70

Şekil 5.2. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği.....	71
Şekil 5.3. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m <sup>2</sup> kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği.....	72
Şekil 5.4. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği.....	73
Şekil 5.5. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m <sup>2</sup> kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği.....	74
Şekil 5.6. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri.....	76
Şekil 5.7. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri.....	77
Şekil 5.8. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri.....	78
Şekil 5.9. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri.....	79
Şekil 5.10. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım grafiği .....	81
Şekil 5.11. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım grafiği .....	81
Şekil 5.12. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m <sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N) salım grafiği. ....	82

Şekil 5.13. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m<sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım grafiği ..... 82

## 1. BÖLÜM

### GİRİŞ

Nüfusu sürekli artan ve tarıma elverişli alanları gittikçe azalan dünyamızda her geçen gün daha çok besine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durumda tarımsal üretimi arttırmanın tek yolu, birim alandan daha çok ürün alınması, yâni verimin arttırılmasıdır. Tahmin edileceği üzere tarım ve bahçecilikte sulama ve gübreleme, kaliteli ve verimli ürün eldesi için en önemli iki faktördür. Bu yüzden su ve gübre kullanımını iyileştirmek, hem gün geçtikçe azalan kaynaklardan tasarruf etme hem de verimli ürün elde etme adına son derece önemlidir. Gübrenin etkili olabilmesi için toprağa homojen olarak uygulanması ve hasat zamanına kadar tarlada yeterli miktarda ve sürekli bir şekilde bulunması gerekmektedir. Gübre, toprağa doğrudan uygulandığında %40-70 oranında azot (N), %80-90 oranında fosfor (P) ve %50-70 arasında potasyum (K) kaybı yaşanmaktadır [1,2]. Gübre suyla temas eder etmez hızlı bir şekilde dağıldığı ve bitkiler bir defada çok fazla gübreyle maruz kaldıkları için bitki kökü yanmakta ve bitkinin büyümesi gecikmektedir. Çoğu gübrenin toz formunda olması toprağa homojen bir uygulamayı zorlaştırmakta, bu durum ise sorunu daha da büyütmektedir. Dahası, toprağa hızlı dağılımdan ötürü optimum sonuç alınabilmesi için gübrenin sezon boyunca birkaç kez uygulanması gerekli olmaktadır. Bu durum, hem maliyet ve kaynak kaybına hem de çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Gübre üreticileri gübreyi kaplama yoluna giderek bu sorunları gidermeye çalışmaktadırlar. Bunun için gübreler farklı inorganik veya organik polimerik malzemelerle kaplanmakta ve toz veya granül formunda üretilmekte ve piyasada kontrollü veya yavaş salıma sahip gübre adı altında satılmaktadır [3-12]. Bununla beraber kontrollü/yavaş salıma sahip gübrelerle ilgili çalışmalar, hem pahalı ve zahmetli olduğundan hem de söz konusu gübreler bitkinin gereksinimlerini tam olarak karşılayamadığından [13-15] kontrollü salıma sahip gübreler pazardan çok küçük bir pay almaktadır [16].

Zirai ürünlerin kalitesini ve verimini arttırmak için bir başka yol ise tarımda tekstil yapılarının kullanılmasıdır. Agrotekstil olarak adlandırılan teknik tekstil ürünleri politünel (polietilen filmden yapılan tünel), sera (ışık geçiren ve geçirmeyen) ve açık tarım alanlarında sıcaklık, nem, yağmur, rüzgâr, kuş ve böcek gibi çevresel faktörleri kontrol altına almak için sıklıkla kullanılmaktadır. Agrotekstiller film, ağ, örme, dokuma ve dokusuz yüzey formlarında olabilmektedir. Burada sentetik (poliamid, poliester, polietilen ve polipropilen) ve doğal (jüt ve yün) polimerler kullanılmaktadır. Bunlar içerisinde en fazla kullanılan poliolefin esaslı polimerlerdir. Agrotekstil ürünlerinden bitki, kuş, böcek, bitki kökü ve anti-dolu ağları, gölgelik, yer ve peyzaj örtüleri tarımda; malç, sera ve hasat örtüleri, yağmurdan koruma, doludan koruma ve rüzgâr kontrol kumaşları ise bahçecilikte kullanılmaktadır [17,18]. Buraya kadar bahsedilen agrotekstil ürünleri tarım ürünlerini sadece dış etkilerden korumaktadır. Tarım ürünlerini sadece dış etkilerden koruyan klâsik agrotekstil malzemelerinin yerine su, gübre veya çevreye zararlı olan kimyasal (pestisit) kullanımının azaltılmasına olanak tanıyacak olan yenilikçi agrotekstil malzemelerinin üretilmesi, sürdürülebilir verimli tarım alanında çok önemli bir gelişme olacaktır.

Çalışma kapsamında, bahsedilen ziraat ve tekstille ilgili çalışmaların kesişme noktasında, kontrollü gübre salımı sağlayacak bir agrotekstil malzemesinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için tekstil yapıları polivinil alkol / gübre karışımlarıyla kaplanacaktır. Kontrollü gübre salımı sağlayan formülasyonun belirlenmesiyle gübre kullanım miktarından önemli ölçüde tasarruf sağlayan çevreci bir ürün ortaya çıkmış olacaktır. Böylece yüksek verimli ve çevreyle dost sürdürülebilir tarım adına önemli ölçüde katkı sağlanacaktır.

## 2. BÖLÜM

### GENEL BİLGİLER

#### 2.1. Kontrollü Salım

Kontrollü salım kavramı 1938 yılına kadar gitmektedir [19]. 1950'li yıllarda çeşitli tarım ilaçlarının polimerik taşıyıcılar kullanarak salım özellikleri incelenmeye başlamıştır. 1960'ların ortalarında tıp alanında da çalışmalara başlanmıştır. İlk çalışmalarda etken madde diyaliz tüpü [20] veya silikon kauçuk tüp [21] içine konulmuş veya bir polietilen matris içinde homojen olarak dağıtılmıştır [22]. Son yıllarda polimer-ilaç sistemlerinin çeşitli uygulamaları tasarlanmaktadır. İlaçlar, polimerlerin taşıyıcı olarak kullanıldığı sistemlerle çok uzun süreler boyunca (bazı durumlarda bir yıldan fazla) sürekli ve kontrollü olarak salınabilmektedir.

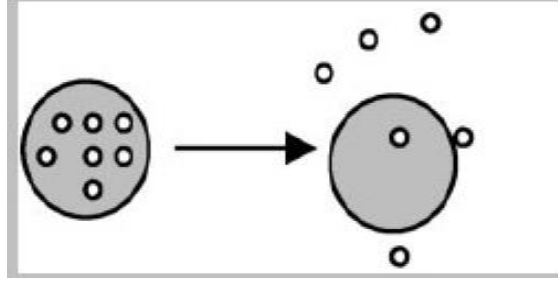
Kontrollü salım; salımı düzenleyen bir polimerik destek malzemesi vasıtasıyla aktif bir kimyasalın istenilen sürede, belirlenmiş bir hızda ve gereken miktarda çıkacak şekilde tasarlanmasıdır. Birçok yeni biyoaktif bileşiklerin çıkması, bu bileşiklerin salım hızlarının istenen şekilde ayarlanabilmesi ve bunların çeşitli disiplinlerde başarılı kullanımı, kontrollü salım teknolojisinin gelişmesine imkân sağlamıştır. Çünkü kontrollü salım, diğer metotlardan daha az aktif madde gerektirdiğinden daha uzun etki süresi sağlamak ve özellikle tarımsal kullanımda aktif maddenin parçalanma, buharlaşma ve süzülme kayıplarını azaltmaktadır. Bu sayede kontrollü salım sistemi ağırlıklı olarak ilaç salımı üzerine odaklanmakla beraber günümüzde gıda, kozmetik, tarım (gübre ve zirai ilaçlar) ve tekstil (yara tedavi edici ilaçlar ya da gübre ve zirai ilaçlar) gibi alanlarda da kullanılmaktadır [23-25]. Kontrollü salım, standart uygulamaların getirdiği zahmet ve ekonomik güçlüklerle rağmen, sağladığı temel avantajlar sayesinde ön plana çıkmış ve gelişme göstermiş bir teknolojidir.

Kontrollü salım sistemleri, aktif maddenin salımını kontrol eden mekanizma göz önüne alınarak sınıflandırılır. Bunlar;

1. Difüzyon kontrollü sistemler
  - Membran sistemler,
  - Matris sistemler
2. Kimyasal kontrollü sistemler
  - Biyolojik olarak aşınabilen sistemler,
  - Zincire takılı sistemler
3. Çözücünün harekete geçirdiği sistemler
  - Şişme kontrollü sistemler,
  - Ozmotik kontrollü sistemler
4. Diğer sistemler
  - Manyetik kontrollü sistemler,
  - Ultrasonik kontrollü sistemler ve
  - Ortama duyarlı sistemlerdir.

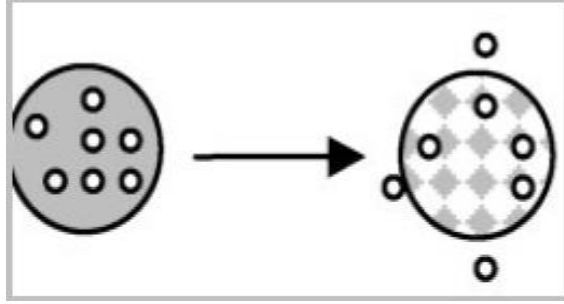
Salım sisteminde hız kısıtlayıcı basamak, aktif maddenin Fick kanunu ile ifade edilen difüzyonu (difüzyon kontrollü sistemler), polimer ile çözünme ortamı ara yüzeyinde katı fazın parçalanmasına imkân sağlayan kimyasal reaksiyonu (kimyasal kontrollü sistemler) veya polimer içine çözünme ortamının girmesi ile polimerik yapının şişmesi ve ters yönde aktif maddenin difüzyonu (şişme kontrollü sistemler) şeklinde olabilmektedir [26].

*Difüzyon kontrollü sistemde temel prensip*, aktif (etken) maddenin, hapsedildiği salım aracından difüzyonla dışarı çıkmasıdır. Burada temel etken difüzyon olduğu için aktif maddenin büyüklüğü, aktif maddenin yükü, kontrollü salım malzemesine ait yüzey mekaniği, gözenek genişliği gibi değişkenler salım hızını etkiler. Difüzyon kontrollü sistemlerde salıma ait temsili bir gösterim Şekil 2.1’de yer almaktadır. Şekilde görüldüğü üzere, ilaç yerleştirilmiş bir kontrollü salım malzemesi salım ortamına konulduğunda, ilaç etken maddeleri yüzeye doğru ilerler ve yüzeydeki membrandan salım ortamına difüze olurlar. Salım ortamı stabil ise salım bir dengeye ulaşacaktır. Etken madde sürekli harcanyorsa, etken maddenin salım ortamından tamamen ayrılması beklenir.



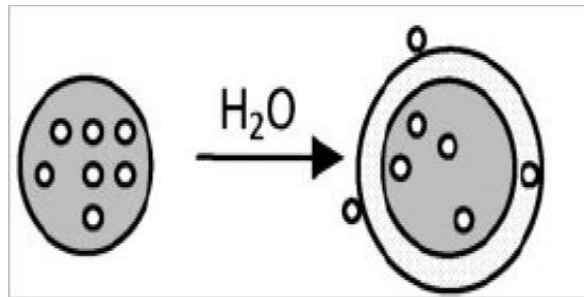
Şekil 2.1. Difüzyon kontrollü sistemlerde salım mekanizması [27].

*Kimyasal kontrollü sistemlerde*, aktif maddenin hapsedildiği polimerik destek malzemesi, salım ortamında bozunmaya uğrayarak parçalanır. Böylece aktif maddenin önündeki bariyer kaldırılarak salım ortamına geçmesi sağlanır. Bozunma, pH'ya bağlı olarak organik reaksiyonlar sonucunda, destek malzemesinin çözünmesine bağlı olarak veya ortamdaki spesifik bir türe bağlı olarak gerçekleşebilir. Kimyasal kontrollü sistemlerde salıma ait temsili bir gösterim Şekil 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.2. Kimyasal kontrollü sistemlerde salım mekanizması [27].

*Çözücünün harekete geçirdiği sistemlerde*, polimerin su alarak şişmesine bağlı olarak kontrollü salım gerçekleşir. Şişme, polimerin elastikiyetini artırır ve daha büyük gözenekler oluşturarak aktif maddenin daha iyi hareket etmesini sağlar. Çözücünün harekete geçirdiği sistemlerde salıma ait temsili bir gösterim Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Çözücünün harekete geçirdiği sistemlerde salım mekanizması [27].



### 2.1.1. Kontrollü Salım Sisteminde Kullanılan Polimerler

Kontrollü salım sistemlerinde aktif maddenin hem taşıyıcıdan hem de sistemden salım hızını kontrollü bir şekilde sağlayabilmek için doğal ve sentetik polimerler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu polimerler hidrofilik veya hidrofobik yapıda olup biyolojik olarak parçalanabilir veya parçalanamaz özelliklere sahiptir.

Doğal polimerler arasında lipidler, amino polisakkaritler, proteinler, karbohidratlar sayılabilir ve biyolojik olarak parçalanabilir olmaları, stabilite ve büyüklük dağılımlarının kontrol edilebilir olmaları ve suda çözünen aktif maddeler için yüksek yükleme kapasitesine sahip olmaları bu polimerlerin tercih sebebi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sentetik polimerler kendi içinde biyolojik olarak parçalanabilen ve parçalanamayan polimerler şeklinde ayrılmaktadır [28-30]. Sentetik polimerler ise istenilen özelliklere göre sentezlenebilmeleri, hazırlama ve saklama süresi boyunca dayanıklı olmaları, yüksek miktarda ve yüksek saflıkta üretilebiliyor olmalarından dolayı tercih edilmektedirler. Bu polimerler kontrollü salım sistemlerinde en çok kullanılan malzemelerdir [31-33].

*Biyoparçalanamayan polimerler* biyolojik ortamda parçalanamazlar. Bu polimerler hidrofilik veya hidrofobik yapıda olurlar. Hidrofilik yapıda olanlar suda çözünmez ancak suda şişerler, hidrofobik yapıda olanlar ise suda çözünmez ve şişmezler.

*Biyoparçalanabilen polimerler* suda çözünmezler fakat biyolojik sıvılarla temas edince kimyasal ve fiziksel değişime uğrarlar. Biyolojik parçalanmada özellikle yığın parçalanmada iki aşama vardır. Birinci aşama, moleküler bağların rastgele kopmasıdır ve bunun sonucunda polimerin mekanik özelliklerinde ve morfolojisinde değişimler meydana gelir ama moleküler ağırlık değişmez [34]. İkinci aşama, zincir kopmasının yanı sıra ölçülebilir ağırlık kaybı oluşumudur. Bu aşamada polimerin molekül ağırlığı iyice azalır ve yapıdan koparak çözünen en küçük birim olan oligomerler oluşur. Bu oligomerler en yakın dokuya difüze olacaklarından biyolojik olarak uyumlu olmaları istenir.

Toksik olmayan, biyoyumlu ürünler oluşturabilen biyoparçalanabilen polimerler doğal ve sentetik olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır [35]. Kontrollü salım için yapılan çalışmalarda kullanılan bazı polimerler Tablo 2.1’de verilmektedir.

Tablo 2.1. Kontrollü salım için yapılan çalışmalarda kullanılan polimerler [36,37].

Polimer Tipleri	Polimer İsimleri
Doğal Biyoparçalanabilen Polimerler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lipidler (Şilomikronlar, Mum, Emülsiyonlar)</li> <li>- Aminopolisakkarit (Kitosan)</li> <li>- Proteinler (Jelatin, Albumin, Kollajen, Fibrinojen, Eritrosit, DNA, İmmunoglobulinler)</li> <li>- Karbohidratlar (Nişasta, Dekstroz, Agar, Hiyaluronik asit, İnsülin, Selüloz)</li> </ul>
Sentetik Biyoparçalanabilen Polimerler	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Polilaktik asit (PLA)</li> <li>- Poliglikolik asit (PGA)</li> <li>- Poli(d-laktik-ko-glikolik asit) (PGLA)</li> <li>- Polikaprolakton (PCL)</li> <li>- Polietilen glikol (PEG)</li> <li>- Polivinil alkol (PVOH)</li> <li>- Poliortoester (POE)</li> <li>- Polihidroksivalerat</li> <li>- Psödopoliamino asitler</li> <li>- Polistiren (PS)</li> <li>- Polikarbonat (PC) vb.</li> </ul>

Doğal polimerler enzim varlığında bozunmaya uğrarlar. Geçici (kısa süreli) uygulamalarda kullanılan biyomalzemelerde kolaylık sağlarlar. Doğal biyoparçalanabilen kitosan polimeri, kontrollü salım alanında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

*Kitosan*, kabukluların kütiküler ve dış iskeletinde ve funguslar, küfler, mayalar gibi bazı mikroorganizmaların hücre duvarlarında bulunan, kitinin N-deasetilasyonundan (bir asetil grubunun çıkarılması) üretilen katyonik, doğal bir polimerdir [38]. Kitosan,

biyoyumlu, biyoparçalanabilir [39], toksik etkisi olmayan, mükemmel şişme ve jel oluşturma özellikleri olan bir polimerdir. Bu nedenle gübrelere kadar çeşitli alanlarda kullanılır.

Polilaktik asit (PLA), poliglikolik asit (PGA), poli(d-laktik-ko-glikolik asit) (PGLA), polikaprolakton (PCL), polietilen glikol (PEG) ve polivinil alkol (PVOH) kontrollü salım çalışmalarında çoğunlukla tercih edilen polimerlerdir.

*Polilaktik asit (PLA)*, yarı kristalin ya da amorf yapıda olan, rijit, termoplastik ve alifatik bir polimerdir. Polilaktik asidin diğer özelliği, mısır, şeker kamışı ve buğday gibi nişasta zengini bitkisel kaynaklardan üretilen biyoparçalanabilen bir polimer olmasıdır. PLA'nın, çevre dostu olması ve biyo-uyumluluk özelliğinde olması, kontrollü salım sistemlerinde kullanımını yaygınlaştırmıştır [37,40].

*Polikaprolakton (PCL)*, 1930'ların başında Carothers'in ekibi tarafından sentezlenen sentetik bir polimerdir, fakat mikroorganizmalar tarafından bozunmaya uğradığı için biyopolimer olarak değerlendirilir. PCL yavaş parçalanan, kısmen kristal yapılı, yüksek molekül ağırlıklı ve oldukça hidrofobik bir polimerdir. Bozunma sırasında polimerin molekül ağırlığı azalır, ancak kristallliği artar. PCL'nin diğer laktonlarla kopolimerleri, kontrollü salım sistemlerinde kullanılmaktadır.

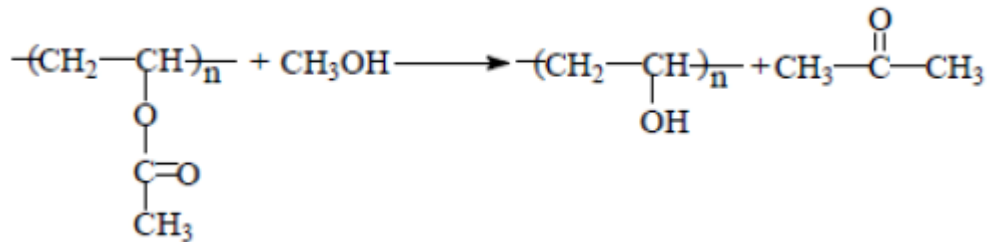
*Poli(d-laktik-ko-glikolik asit) (PGLA)*, laktik asit ve glikolik asit monomerlerinin uygun karışımlarının polimerizasyonu sonucu elde edilmektedir. Kopolimeri oluşturan monomerlerin oranları değiştirilerek farklı molekül ağırlığında, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerde PLGA polimerleri elde etmek mümkündür. PGA hidrofilik özellikte olduğundan kolaylıkla çözünür. PLA ise yan zincirinde PGA'ya göre fazladan bir metil grubu taşıdığından daha hidrofobik özelliktedir ve biyoparçalanması PGA'dan çok daha uzun sürede gerçekleşmektedir [41]. Polimerik matris olarak ilaç taşıyıcı sistemlerde kullanılan PLGA'nın özelliklerine bağlı olarak, ilaç salımının uzatılması ve kontrolü sağlanabilmektedir [42,43].

### **2.1.2. Polivinil Alkol**

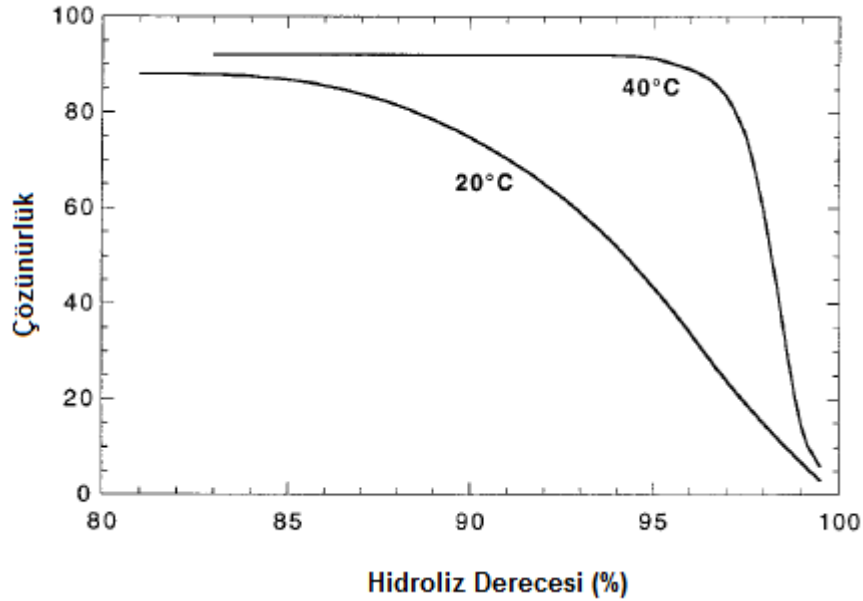
Polivinil alkol (PVOH), polivinil asetatın asetat gruplarının hidroksil (-OH) ile yer değiştirmesi ile sentezlenen, toksik olmayan, hidrofilik ve yarı kristalin sentetik bir

polimerdir (Şekil 2.4) [44]. Polivinil alkol (PVOH), suda çözünebilen ve yapısındaki hidroksil grupları sayesinde de çapraz bağlanabilen, mükemmel film oluşturma, emülsifiye edici ve yapışkan özellikleri olan bir polimerdir [45-47]. Çapraz bağlı PVOH, sudaki yüksek şişme derecesi, düşük toksisitede olması, biyo-uyumlu ve biyoparçalanabilir özellikte olmasından dolayı dikkat çekmektedir [48].

Ticari PVOH'lar hidroliz derecesine göre iki farklı şekildedir: kısmi hidroliz (%88'lik, polimerizasyon derecesi (PD): 1700) ve tam hidroliz (%99'luk, PD: 2000). Hidroliz derecesi veya polimerdeki asetat gruplarının içeriği, PVOH'ın kimyasal özellikleri, çözünürlüğü ve kristallenebilirliği üzerinde etkilidir [49]. PVOH'ın hidroliz ve polimerizasyon derecesi, sudaki çözünürlüğünü oldukça etkilemektedir [50]. Şekil 2.5'te, ortalama molekül ağırlığı 77.000 g/mol olan PVOH numunesinin, 20°C ve 40°C çözünme sıcaklıklarında hidroliz derecesine bağlı olarak çözünürlüğünü gösteren grafik verilmiştir [51]. %70 oranında asetat grubunun bulunduğu polimerler organik çözücülerde, %30'dan az asetat grubu içeren polimerler ise suda çözünür. Polimer yapısı içerisindeki hidrofobik asetat grupları, birbirleriyle bağlanan hidroksil gruplarının moleküller arası ve molekül içi hidrojen bağımlı yapıları zayıflatır. Çözünmenin olabilmesi için sıcaklığın 70°C'ye yükseltilmesi gerekmektedir. Polivinil alkol amorf yapıda olmasına rağmen, -OH gruplarının yeterince küçük olması sebebiyle hidrojen bağı yapıları sonucunda kristal hale geçebilir. Asetat gruplarının varlığı, ısıl işleme PVOH'ın kristallenebilirliğini de etkiler. Yüksek miktarda hidrolize olmuş PVOH'ın kristallenmesi daha zor meydana gelir. PVOH kristallerinin erime sıcaklığı 220-240°C arasındadır.



Şekil 2.4. Polivinil alkolün molekül yapısı



Şekil 2.5. 20°C ve 40°C çözünme sıcaklıklarında PVOH'ın hidroliz derecesi ile çözünürlüğü arasındaki ilişki [51].

Dünya genelinde sentetik, suda çözünebilen polimerler arasında yer alan PVOH, geniş kullanım alanlarına sahiptir [52]. Bunlardan biri, tekstilde haşıl maddesi olarak kullanımıdır. PVOH iplik yüzeyine uygulanarak yumuşak bir yapı oluşturmakta ve dokumada, bobine daha fazla iplik sarımı sağlayarak dokuma verimliliğini artırmaktadır. PVOH, tekstil baskıcılığında da kullanılmaktadır. Rotasyon ve filmdruck baskıda kumaşın blankete yapıştırılması özellikle PVOH ile sağlanmaktadır. Düşük maliyetli oluşu, hidrofilik karaktere sahip olması, kolay elde edilebilmesi ve yüzeyinde kimyasal reaksiyon verebilecek çok sayıda hidroksil grubu taşıması nedeniyle çok çeşitli enzim ve hücrenin sabitlenmesinde taşıyıcı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca, PVOH yara örtülerinde, ilaç sektöründe, ambalaj filmlerinde, biyomedikal uygulamalarda, kağıt kaplamalarında ve daha birçok sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır [53,54].

Uygulama alanını genişletmek amacıyla PVOH'ın çeşitli çapraz bağlayıcılarla çapraz bağlanması gerekmektedir. Kimyasal çapraz bağlayıcıların kullanılması çeşitli toksik etkiye neden olacağından özellikle medikal uygulamalarda tercih edilmemektedir.

### 2.1.3. Çapraz Bağlanma

Çapraz bağlanma, bir reaktif (yani bir çapraz bağlama maddesi), polimerin makromolekülleri arasında intermoleküler köprüler ve/veya çapraz bağlar oluşturduğunda meydana gelir [55]. Çapraz bağlanma, uygulanan yöntemle ilgili olarak asidik, nötr veya bazik ortamlarda gerçekleştirilebilir.

Çapraz bağlayıcı ajan, alkali bir ortamda makromoleküler doğrusal zincirlerle (çapraz bağlanma aşaması) ve/veya kendisiyle (polimerizasyon basamağı) reaksiyona girebilir. Çapraz bağlanma, polimerdeki segment hareketliliğini önemli ölçüde azaltır ve bir dizi zincir, yeni zincir içi bağlantıların oluşmasıyla birbirine bağlanır. Bu şekilde 3 boyutlu ağı bir yapı oluşur. Eğer ağ oluşum derecesi yeterince yüksekse, polimer matrisi suda ve organik çözücüler içinde çözünmez hale gelir [56]. Çapraz bağlayıcılar, düzensiz şekilli jel yapılarda, kürecik, membran, kaplama, film, lif, kapsül ve sünger gibi çeşitli özelliklerdeki çok sayıda konfigürasyonlarda kullanılmaktadır.

Çapraz bağlanma reaksiyonu, çapraz bağlayıcının boyutu ve türü ile polimerin fonksiyonel gruplarından etkilenir. Çapraz bağlayıcının moleküler boyutu daha küçük olduğunda, difüzyon daha kolay olduğu için çapraz bağlanma reaksiyonu daha hızlı gerçekleşir. Çapraz bağlayıcının doğasına bağlı olarak, ağ oluşturan temel etkileşimler kovalent veya iyonik bağlardır. Kovalent olarak çapraz bağlanmış polimerlerde, mekanik kuvvet, şişme ve aktif madde salımı gibi önemli özellikleri etkileyen temel parametre çapraz bağlanma derecesini verir. Bu gibi polimerlerde, gözenekli yapıları sayesinde difüzyon yoluyla şişme ve etken madde salımı meydana gelir.

Çapraz bağlama ajanları, genel olarak çapraz bağlanma sırasında polimer ile çapraz bağlayıcıların etkileşimi esasına göre sınıflandırılır:

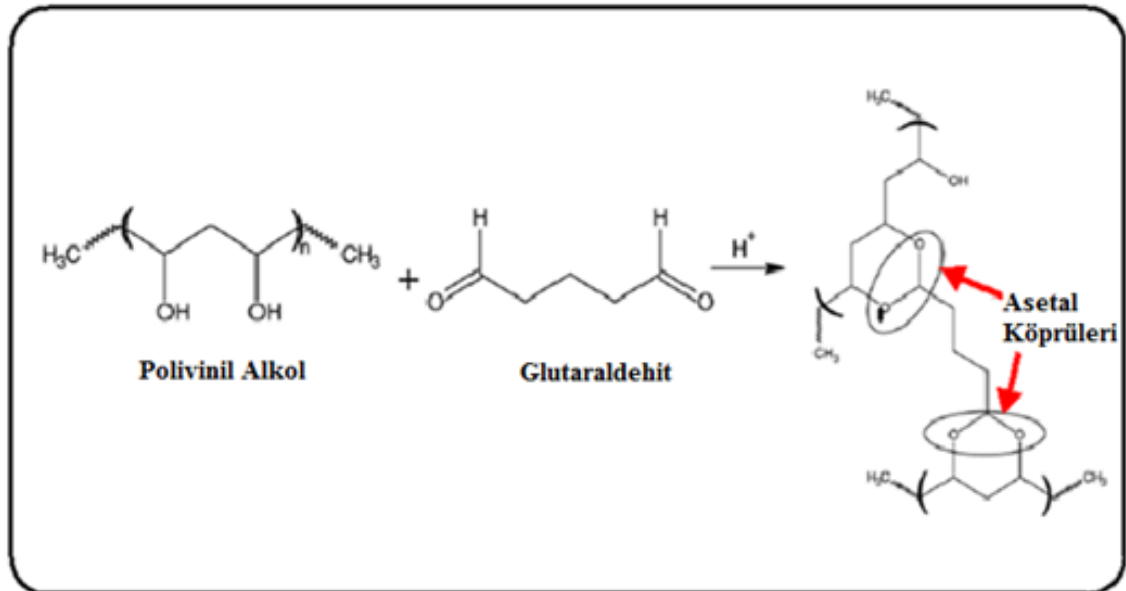
1. Fiziksel çapraz bağlanma

2. Kimyasal çapraz bağlanma

*Fiziksel çapraz bağlanma*, sitrik asit, dekstran sülfat veya fosforik asit gibi toksik olmayan kimyasallar kullanılarak termal çapraz bağ oluşumuyla gerçekleşen ve son yıllarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [55].

*Kimyasal çapraz bağlanma*, polimer zincirleri arasında kovalent bağ oluşturularak kalıcı ağlar üretmek için en doğru yöntemdir. Burada çapraz bağlama ajanlarına dağıtılan karşı iyonlar ya moleküller arası (intermoleküler) ya da moleküller içi (intramoleküler) bağlar oluşturularak polimer ile tepkimeye girer. Kimyasal çapraz bağlanmayı etkileyen faktörler; çapraz bağlama ajanının konsantrasyonu, sıcaklık ve çapraz bağlanma süresidir [57]. Kimyasal çapraz bağlanma, glutaraldehit, formaldehit, vanilin, genipin, 1,6-hekzametilen diisosiyanat veya 1,6-hekzandibromür gibi çapraz bağlayıcılar kullanılarak oluşturulur [55]. Glutaraldehit (1,5-pentandial) 5 karbonlu, oldukça reaktif bir dialdehittir. Glutaraldehit esnek olmayan bir yapıya sahiptir ve hidrofilik grup içermez. Bu nedenle bağlandığı molekülün hidrofilik özelliğini, hidrasyon yeteneğini ve esnekliğini azaltır. Glutaraldehit çapraz bağladığı maddenin rengini kaybetmesine ve hafif sarımtırak bir renge dönüşmesine neden olur [58].

Glutaraldehit ve PVOH polimerinin kimyasal reaksiyonunda, glutaraldehitin aldehit (-COH) grupları ile PVOH'ın yapısında bulunan hidroksil (-OH) grupları arasında asetal köprüleri oluşmaktadır. Glutaraldehit ile PVOH'ın kimyasal reaksiyonu Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Asitle katalizlenmiş glutaraldehit ve PVOH polimerinin kimyasal reaksiyonu [51].

## 2.2. Gübreler

Bitkilerin büyüme ve yaşamaları için azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt, demir, mangan, bakır, çinko, bor ve bazı hâllerde de molibden gibi elementlere ihtiyaçları vardır. Bunlar arasında azot, fosfat ve potasyum en önemlileridir [59]. Gübreler ise bu elementleri içeren ve bitkilerin besin ihtiyacını karşılayan kimyasal bileşenlerdir.

Hayvan pislikleri, saman ve diğer bitki artıkları binlerce yıldan beri organik gübre olarak kullanılmaktadır. Eski zamanlarda toprağın asitliğini azaltmak ve kalsiyum temin etmek için kireçli maddeler kullanılmıştır. Kullanılan ilk kimyevi gübreler, sodyum nitrat ve kemikler olmuştur.

Bugün organik ve kimyasal (yapay) gübrelerin her ikisi de değişik şekillerde elde edilmektedir. Bitkinin beslenmesi öncelikle kimyasal (mineral ya da ticari) gübre dediğimiz azot, fosfor ve potasyum tarafından sağlanır. Genellikle kimyasal gübrelerin ihtiva ettiği besin, azot (N), fosfor pentaoksit ( $P_2O_5$ ) ve potasyum oksit ( $K_2O$ ) olarak ifade edilir [59]. Kimyasal gübrelerin ticari ambalajlarında bir veya daha fazla madde bulunur.

Bitkiler karbon, hidrojen ve oksijeni, hava ve sudan, diğer bütün besinleri ise topraktan temin eder. Bitkinin en çok ihtiyaç duyduğu besinler; kalsiyum, azot, fosfor, magnezyum, potasyum ve kükürttür. Bu elementlerden genellikle hektar başına 11.2 kg'dan 440 kg'a kadar gerekir. Bitkilerin daha az ihtiyaç duyduğu besinler ise, bor, klorür, bakır, demir, manganez, molibden ve çinkodur. Bunlardan molibdene hektar başına 15 gram, demir ve mangana ise 700 gram ihtiyaç vardır.

Gübreler temel olarak organik, kimyasal (yapay/ticari) ve kontrollü salım yapan gübreler olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

### 2.2.1. Organik Gübreler

Organik gübreler bitki ve hayvanlardan sağlanır. Bütün organik gübreler azot ve fosfor temin ederler. Fakat sentetik gübrelerden daha pahalı oldukları için modern ziraatta çok az kullanılırlar. Bununla beraber organik gübreler daha yavaş etkili oldukları, suda daha az çözündükleri için çim tohumlarına ve yeni filizlerin köklerine zarar vermezler. Bu



özellikleri dolayısıyla sebze ve çiçek yetiştiriciliğinde tercih edilirler. Organik gübrelerin bir diğer katkısı da toprak yapısını düzenlemesidir [59].

Organik gübrelerden en önemlileri ahır gübresi, yeşil gübre ve kompostlardır. Ahır gübresi, daha çok ahır hayvanlarının sıvı ve katı dışkı karışımlarından oluşan artıdır. Ahır gübresi hayvansal ve bitkisel artıkların çürümesi ile oluştuğundan içerisinde bir organizma için gerekli bütün elementleri içerir. Yeşil gübreleme, toprağı zenginleştirmek üzere ekilmiş bir mahsulün hasat edilmeden ya da başka bir yerden getirilmiş yeşil bitki materyalinin toprak altına gömülme işlemine denir. Bu amaç için kullanılan bitkilere ise yeşil gübre denir [59]. Kompost, tek çeşit veya çeşitli organik artıdır, toprakla birlikte veya yalnız olarak bir araya toplanıp gübre yapmak üzere çürümeye terk edilmesiyle elde edilir.

### **2.2.2. Kimyasal Gübreler**

Gübreler içerisinde en sıklıkla kullanılan gübre çeşidi, kimyasal gübrelerdir. Bunlara suni veya ticaret gübreleri de denilmektedir. Kimyasal gübreler, bileşimlerinde bir veya birden fazla bitki besin maddesini bir arada bulundurur. Organik gübrelerden farklı olarak yüksek miktarda bitki besin maddesi içerir ve suda kolayca çözünürler.

Kimyasal gübreler, sıvı veya katı halde bulunur. Genellikle taşınması ve depolanması kolay olduğundan katı ve granül şeklinde olması tercih edilir [59]. Sıvı gübreler ise gün geçtikçe önemli hale gelmektedir.

Kimyasal gübreler, içerisindeki bitki besin maddelerinin çeşidine göre;

1. Azotlu gübreler
2. Fosforlu gübreler
3. Potasyumlu gübreler olarak sınıflandırılır.

#### **2.2.2.1. Azotlu Gübreler**

Bitkiler için gerekli gübrelerden en önemlisi azotlu gübrelerdir. Toprakta bulunan azot miktarı bitkilerin sağlıklı olarak büyümesi, kaliteli ve yüksek oranda mahsul vermesi için yeterli değildir. Bu bakımdan bitkinin ihtiyacı olan azotun, azotlu gübrelerle toprağı verilmesi gerekmektedir. Bütün azotlu gübrelerin ana maddesi amonyaktır

(NH<sub>3</sub>). Amonyak, doğrudan gübre olarak kullanılabilir. Ancak bu maddenin taşınması, depolanması ve toprağa uygulanması zor olduğu için farklı azotlu gübreler üretilmiştir.

Bitkiler azot ihtiyacını daha çok amonyum (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) formundaki azot kaynaklarından temin ederler. Bütün azotlu gübreler de toprağa uygulandıklarında parçalanarak amonyum veya nitrata dönüşürler. Bütün azotlu gübrelerin ham maddesi amonyak olduğuna ve toprağa uygulandığında da parçalanarak amonyum ve nitrata dönüştüğüne göre, herhangi bir azotlu gübre ile bitkinin azot ihtiyacını karşılamak mümkündür. Ancak bu gübrelerin yetiştirilen bitki çeşidine, iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak birbirine tercih edilen yönleri vardır.

Azotlu gübreler, bünyelerindeki azotun kimyasal formuna göre amonyaklı gübreler, nitratlı gübreler, amonyak ve nitrat birlikte ihtiva eden gübreler ve amidli gübreler olarak 4 grupta toplanabilirler. En çok kullanılan azotlu gübreler; amonyum sülfat, amonyum nitrat ve üredir.

#### **2.2.2.2. Amonyum Sülfat ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)**

Amonyum sülfat, fiziksel olarak genellikle beyaz renkli ve kristal görünümünde bir gübredir (Şekil 2.7). Bu kristal görünümü yüzünden halk arasında “şeker gübre” olarak da bilinmektedir. Kimyasal yapısında %21 oranında azot ve %24 oranında da kükürt bulunmaktadır. Amonyum sülfat, azotlu gübreler içerisinde sudaki çözünürlüğü diğer gübrelere oranla daha düşük olan bir gübredir. Amonyum sülfat gübresindeki azot, amonyum formundadır. Fakat toprağa uygulandıktan sonra amonyumun bir kısmı nitrat formuna dönüşmektedir. Bu gübredeki amonyum toprak tarafından kısmen tutulduğu için verilen gübrenin sulama suyu ve yağışlarla yıkanması kısmen önlenir. Amonyum sülfat, bünyesinde bulunan kükürt sayesinde bitkilerin kükürt ihtiyacını da karşılamaktadır [60].



Şekil 2.7. Amonyum sülfat gübresinin fiziksel görünümü

Amonyum sülfat asidik karaktere sahip bir gübredir. Bu özelliği nedeniyle alkali ve nötr karakterli topraklara uygulandığında başarılı sonuçlar alınmaktadır. Fakat periyodik olarak uzun bir dönem uygulama yapılması durumunda topraktaki asitlilik oranını arttırdığından uygulamasında bu hususa dikkat edilmelidir. Eğer uygulama mecburiyeti varsa kireçle birlikte uygulanmalıdır. Bu gübre, topraktaki fosforun alımını kolaylaştırmaktadır.

Amonyum sülfat gübresi uygulanırken verilecek gübrenin yarısı ekimle beraber, kalan yarısı ise bitkinin diğer gelişme dönemlerinde verilmelidir. Bu sayede gübrenin suyla yıkanarak veya gaz halinde uçarak kaybı en az seviyeye indirilmiş olur.

#### **Amonyum Nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )**

Amonyum nitrat gübresi fiziksel olarak kirli beyaz renkte ve granüllü bir yapıdadır (Şekil 2.8). Suda çözünme oranı yüksek olan bir gübredir. Kimyasal yapısında %33 oranında azot bulunmaktadır. Amonyum nitratın ihtiva ettiği azotun yarısı amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ), diğer yarısı ise nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) formundadır. Amonyum nitrat toprağa verildiğinde, toprak içindeki suda hızla çözünerek pozitif yüklü amonyum ve negatif yüklü nitrat iyonları haline gelir [60]. Bitkiler her iki şekildeki azottan faydalanabildiği için gübrenin etkisi çabuk ve devamlı olmaktadır. Amonyum nitrat, nemden dolayı topaklaşma ihtimali olan bir gübredir. Bu nedenle depolama sırasında topaklaşmayı önleyici tedbirler alınmalıdır.



Şekil 2.8. Amonyum nitrat gübresinin fiziksel görünümü

Amonyum nitrat nötr karakterli bir gübre olduğundan toprağın pH derecesini arttırmaz. Amonyum nitrat, meyve bahçelerinde, sebzeliklerde ve tarla bitkilerinde rahatlıkla uygulanabilmektedir. Ayrıca seralarda sulama suyu ile verilme imkânı bulunmaktadır [60].

### Üre ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )

Üre gübresi, fiziksel olarak beyaz renkli ve yuvarlak taneli görünüme sahip olup su içerisinde kolay ve yüksek çözünme özelliği göstermektedir (Şekil 2.9). Diğer azotlu gübrelere göre daha fazla oranda azot (%46) içermektedir. Üre, toprağa verildikten sonra içeriğindeki organik bünyeli azot bazı kimyasal değişimlere uğrayarak bitkilere yararlı bir forma dönüşür [60]. Toprakta yağmur veya sulama suları ile yıkanmak suretiyle kaybı diğer gübrelere oranla daha azdır.



Şekil 2.9. Üre gübresinin fiziksel görünümü

Ürenin içeriğinde karbon bulunmaktadır. Yapısındaki azot,  $\text{NH}_2$  formunda olduğundan amidli yapıdadır. Üre bitkilere verildiğinde yapısındaki azot ( $\text{NH}_2$ ) nedeniyle bitki kökleri tarafından kolaylıkla alınabilir bir formda değildir. Bu gübrenin bitkilere daha

faydalı hale gelmesi için topraktaki üre bakterilerinin üreyi parçalayarak alınabilir formdaki amonyum veya nitrate dönüştürmesi gerekir. Bu nedenle üre gübresi özellikle üst gübre olarak kullanılacaksa amonyum sülfat ve amonyum nitrat gibi gübrelerden daha erken zamanlarda uygulanmalıdır [60].

### 2.2.2.3. Fosforlu Gübreler

Gübreler arasında çok önemli bir yeri olan fosforlu gübreler, bitki besin maddesi fosforu suda çözünebilir fosfat anyonu ( $PO_4^{3-}$ ) halinde bulunduran veya toprağa katıldıktan sonra bünyesindeki fosforu alınabilir hale dönüştüren ve azotlu gübrelerden sonra dünyada en fazla tüketilen gübrelerdir. En yaygın kullanılan fosforlu gübreler, süper fosfat ve triple süper fosfat gübrelerdir.

Süper fosfat gübresi gri veya kahverengi renkli granül yapıya sahiptir. Kullanılan aside ve kayanın özelliğine bağlı olarak %17-20 oranında fosfor ( $P_2O_5$ ) içerir. Ayrıca bünyesinde, %18-24 oranında kalsiyum (Ca) ve %16 oranında kükürt (S) bulunmaktadır.

Süper fosfat gübresi asit karakterli topraklar dışındaki topraklar için uygun fosforlu gübre çeşididir. Kalsiyum ve kükürt noksanlığı gösteren topraklarda kullanılması sonucu bitkilerin kalsiyum ve kükürt ihtiyaçları karşılanır.

Triple süper fosfat gübresi, fiziki yapı olarak kırılgan beyaz veya gri renkli granüler yapıdadır. Piyasada taban gübresi olarak adlandırılan bir gübredir. Triple süper fosfat yaklaşık %43–46 oranında fosfor içerir. Nemden kolaylıkla etkilenen bir gübre olduğundan depolanmasında bu konuya dikkat edilmelidir. Eğer nemden dolayı topaklanmış ise bu topraklar kırılarak kullanılmalıdır. Bu gübre düşük pH içeren topraklarda rahatlıkla kullanılabilir.

### 2.2.2.4. Potasyumlu Gübreler

Bünyelerinde potasyum bulunan gübrelerdir. Ülkemiz toprakları genelde potasyum bakımından yeterli durumda olduğundan potasyumlu gübre tüketimi de sınırlıdır. En yaygın kullanılan potasyumlu gübreler potasyum sülfat, potasyum nitrat ve potasyum klorürdür.

Potasyum sülfat ( $K_2SO_4$ ), fiziksel olarak kirli beyaz renkli olup kristal tanecikli ve granül olmak üzere iki şekilde bulunmaktadır. Suda tamamen çözünme özelliğine sahip olup kimyasal yapısında yaklaşık %50-53 oranında potasyum ve %18 oranında kükürt bulunmaktadır. Potasyum sülfat gübresi asidik karakterlidir ve aynı topraklara sürekli uygulandığında toprak pH'sını düşürebilir.

Potasyum nitrat ( $KNO_3$ ), fiziksel olarak beyaz granül şeklinde bulunan bir gübredir. Suda çabuk çözünme özelliğinden dolayı bitkiler tarafından kolaylıkla alınmaktadır. İçeriğinde yaklaşık %46 oranında potasyum ve %13 oranında azot bulunmaktadır. İçeriğindeki azot nitrat formundadır ve bu sebeple bitkiler tarafından kolaylıkla alınmaktadır. Nötr karakterli bir gübre olduğundan toprakta bir etki bırakmaz.

Potasyum klorür ( $KCl$ ) gübresi, fiziksel olarak beyaz renkli ve granüllü bir yapıya sahiptir. Suda çözünürlüğü fazladır. İçeriğinde yaklaşık %60-62.5 oranında potasyum bulunmaktadır. Potasyum klorür, asit karakterli bir gübredir [60].

### **2.2.3. Kontrollü veya Yavaş Salım Yapan Gübreler**

Çözünürlüğü yüksek olan azotlu gübrelerin kullanılmasından dolayı ortaya çıkan azot kayıplarını en aza indirebilmek ve daha uzun sürede faydalı azot kaynağı sağlamak amacıyla kontrollü veya yavaş salım yapan gübreler geliştirilmiştir.

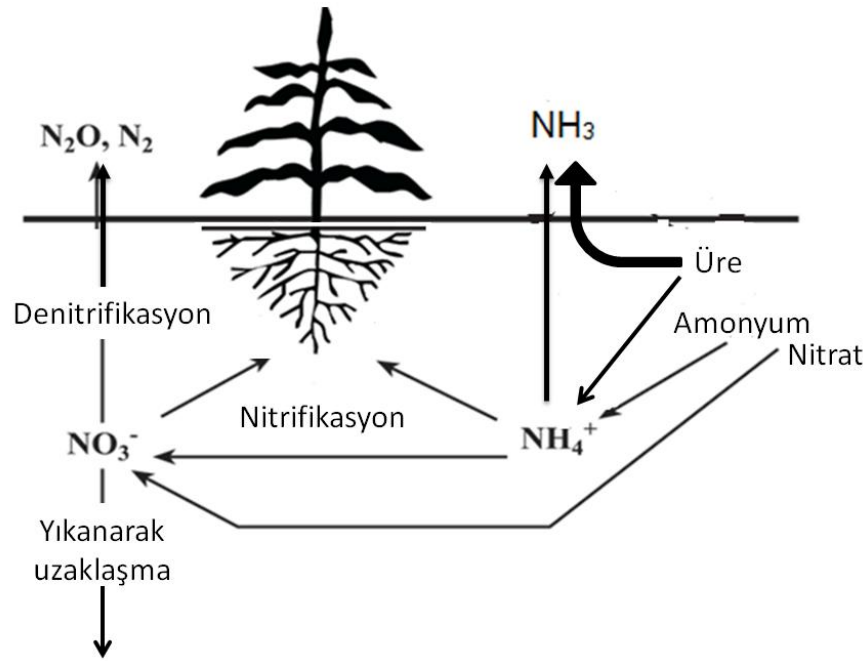
Kontrollü veya yavaş salım yapan gübreler, geleneksel gübrelerle karşılaştırıldığında gübre kayıp oranının azaltılması, bitkilerin sürdürülebilir şekilde beslenmesi, normal bitki gereksinimine göre uygulama sıklığının düşürülmesi ve doz aşımıyla ilgili olumsuz etkilerin en aza indirilmesi gibi birçok avantaja sahiptir [61].

Gübre kullanımında toprağı tanımak, toprağın özelliklerini bilmek ve toprağın ihtiyaç duyduğu düzeyde gübreyi uygun zamanda ve uygun metotla uygulamak gibi faktörler göz ardı edildiğinden su kaynakları, tarım ürünleri, toprak ve atmosferin kirlenmesi gibi önemli çevre problemleri ortaya çıkmaktadır.

Gübrelemenin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri en çok azotlu ve kısmen de fosforlu gübrelerin dengesiz bir şekilde kullanımından kaynaklanmakta ve su kaynaklarındaki nitrat birikimi çevreyi kirletici ana etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Gübre azotunun yaklaşık %50'si bitkiler tarafından nitrat ve amonyum formunda kullanılmaktadır. Geriye kalan kısmın bir miktarı toprak organik maddesine katılmakta ve bir kısmı da atmosferik azota dönüşmektedir. Kolayca çözünme eğiliminde olan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) formundaki azot, yıkanmalar sonucu bu formda yeraltı su kaynaklarını kirletmektedir. (Şekil 2.10) [62]. Su ve bitkisel kaynaklarda biriken nitrit ve nitrat formları besin zinciri yoluyla insan ve hayvanlarda önemli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Gübrelerin sulara oluşturduğu en büyük sorunlarından bir diğeri de ötrifikasyondur (sudaki azot seviyesinin artması). Alıcı su ortamlarında yüksek besin maddeleri birikimi sonucu algal büyüme gerçekleşmekte ve bunun sonucunda oksijen hızla azalmaktadır. Oksijen düzeyinin azalması, sucul canlıların ölümüne neden olmaktadır. Özellikle durgun su kaynaklarına yakın tarımsal alanlarda bu risk çok büyüktür. Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ ) formundaki azot toprağa tutunduğu için yıkamayla uzaklaşmamakta, dolayısıyla yer altı su kaynaklarının kirlenmesi gibi bir sorun çıkmamaktadır. Ancak  $\text{NH}_4^+$  formundaki azot topraktaki Nitrosomonas ve Nitrobacter tarafından nitrifikasyona uğrayarak önce nitrit ve ardından nitrat formuna dönüşerek kayıplara yol açmaktadır. Ayrıca  $\text{pH} > 7$  ortamlarda  $\text{NH}_4^+$  formundaki azot, gaz formundaki amonyağa ( $\text{NH}_3$ ) dönüşmekte ve bu ise havaya karışarak kayba neden olmaktadır (Şekil 2.10) [63].

Fosfor kaynakları azot kadar hızlı ayrışmaz ve suya karışmaz. Ancak toprak erozyonunun çok olduğu yerlerde erozyon ile su kaynaklarına ulaşmakta ve ötrifikasyon etkilerinin yanında sağlık sorunlarını ortaya çıkarmaktadır. Gübrelenen alanlardan denitrifikasyon ve buharlaşma yoluyla atmosfere taşınan amonyak, azot oksit ve diazot monoksit gibi gazlar ozon tabakasının parçalanmasını arttırmaktadır. Doğal ekosistemde amonyum kayıpları ile azot dengesinin bozulması biyolojik çeşitliliği azaltmaktadır [62].



Şekil 2.10. Topraktaki azotlu gübrenin basitleştirilmiş azot çevrimi [63].

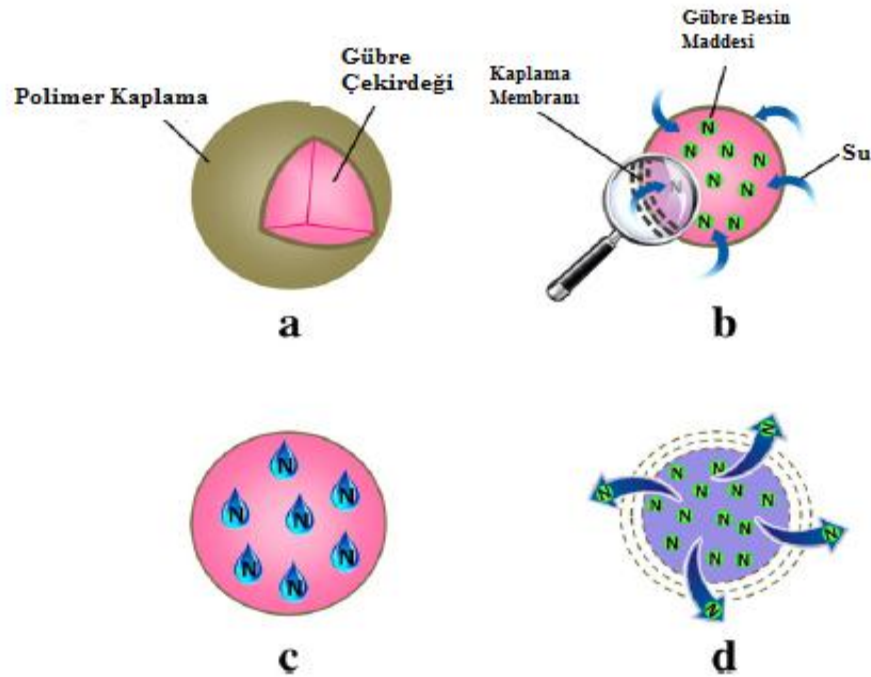
Bitkilerin besin elementlerinden faydalanması bakımından kontrollü veya yavaş salıma sahip gübrelerin üç faydası vardır:

- 1) Yıkanma ve yüzey akışı ile besin elementlerinin kaybını azaltmak,
- 2) Toprakta kimyasal ve biyolojik immobilizasyonu azaltmak, yani bitki besin elementlerinin bitki için elverişli halde kalmasını sağlamak,
- 3) Özellikle azot için yüksek nitrifikasyon, amonyak şeklinde azotun kaybı ve denitrifikasyon olayını azaltmak.

Amerikan Bitki Gıda Yetkilileri Birliği, kontrollü salım yapan gübreleri (Controlled Release Fertilizer (CRF)), bitki besin elementlerini bitki tarafından hemen alınamayacak bir biçimde içeren gübreler olarak tanımlar. Kontrollü salım yapan gübreler, dinamik olarak bitki besin maddelerini serbest bırakabilir ve ürünün büyüme döngüsü boyunca besin talebini karşılayarak besin maddesi kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarır ve çevresel kaygıları en aza indirebilir. Böylece amonyum sülfat, amonyum nitrat ve üre gibi bitkinin ihtiyaç duyduğu bitki besin maddelerinin daha uzun sürede aktarılmasını sağlar. Kontrollü salım yapan gübreler genel olarak, bitki besin maddelerinin salım hızını, biçimini ve süresini kontrol eden organik veya inorganik malzemelerle kaplanır veya kapsülendir. Bu gübreler, suda çözünen düşük molekül ağırlıklı bileşiklerin yavaş hidrolizi veya diğer bilinmeyen yollarla yarı geçirgen kaplamalar, protein materyalleri



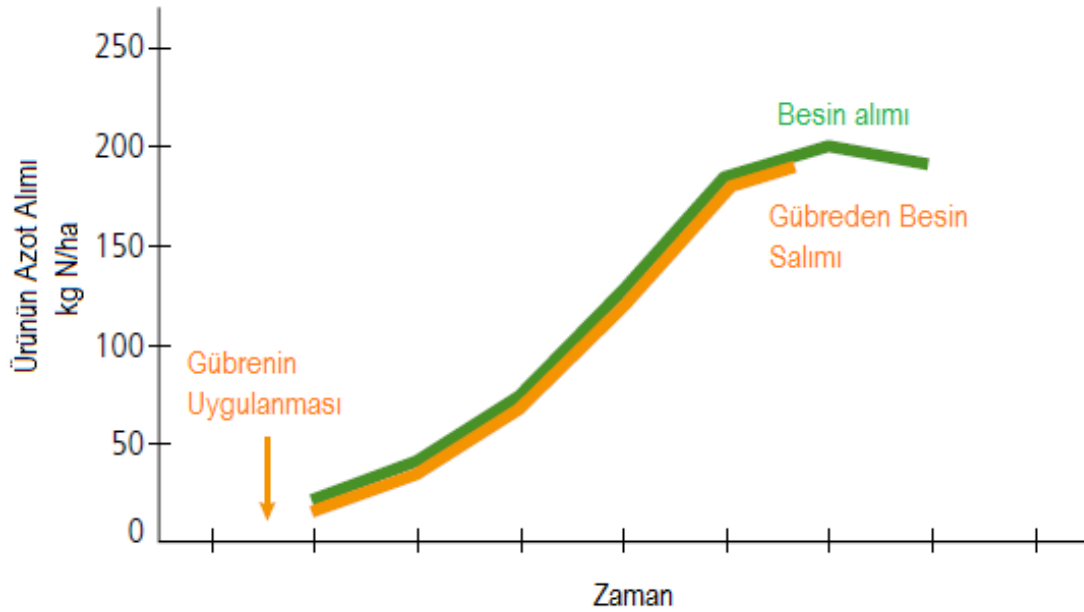
veya diğerk kimyasal formlarla besinlerin salımını kontrol eder [64]. Şekil 2.11’de kontrollü salım yapan gübrenin difüzyon mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Kontrollü salım yapan gübrenin difüzyon mekanizması; (a) Polimer kaplı gübre çekirdeği, (b) Suyun, kaplama ve çekirdek granüle nüfuzu, (c) Gübrenin çözünmesi ve ozmotik basınç gelişimi, (d) Şişmiş kaplama membrandan kontrollü gübre salımı [65].

Kontrollü salım yapan gübrelerin salım oranı, ürünlerin besin gereksinimlerine uygun olacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 2.12). Avrupa Standardizasyon Komitesi’ne (CEN) göre, 25°C’nin altındaki toprak sıcaklıklarında kontrollü salınan gübre, aşağıdaki üç kriteri karşılamalıdır [66]:

- 24 saat içerisinde %15’ten daha fazla gübre salıma uğramamalı
- 28 gün içerisinde %75’ten daha fazla gübre salıma uğramamalı
- En azından belirtilen salım zamanında (40-360 gün) gübrenin yaklaşık %75’i salıma uğramalıdır.



Şekil 2.12. Kontrollü salım yapan gübrelere ürünün besin gereksinimi ile besin salımının sekronize olması [64].

Yavaş salım yapan gübreler (Slow Release Fertilizer (SRF)), besin elementlerinin geleneksel gübrelere göre daha yavaş bir şekilde salımını kapsar, ancak salımın şekli, hızı ve süresi kontrol edilemez [64]. Çünkü etkinlikleri, sıcaklık ve nem koşullarına bağlı olan mikrobik organizmalara bağlıdır. Mikroplar tarafından ayrıştırılan azot ürünleri yaygın olarak SRF olarak adlandırılır. SRF'ler inorganik veya organik formda olabilirler. SRF'ler, besin elementlerini gübre uygulandıktan sonra bir süre için bitkilerin alımı ve kullanımına izin vermeyen bir formda ihtiva ederler [67].

Kontrollü salım yapan gübre (CRF) veya yavaş salım yapan gübre (SRF) terimleri genel olarak benzer kabul edilir, fakat aralarında önemli bir farklılık bulunmaktadır. SRF'lerde besin salım şekli hemen hemen öngörülemez ve toprak tipi ve iklim koşullarına göre değişiklik gösterir. Aksine, CRF'ler için limitler dahilinde salım şekli, miktarı ve zamanı tahmin edilebilir.

Kontrollü veya yavaş salım yapan gübrelerin avantajları şu şekildedir:

- Besin kayıplarının azaltır ve etkili besin kullanımını artırır.
- CRF veya SRF'lerin uygulanması, (aynı verim elde edilirken) geleneksel gübrelere tavsiye edilen kullanım miktarını %20-30 oranında azaltabilir [64].

- Yaprak yakma, su kirliliği ve ötrifikasyon gibi gübre ile ilgili riskleri en aza indirir.
- Yavaş besin salım oranı, topraktaki çözültide bitki besin maddesi konsantrasyonlarını daha düşük seviyede tutarak yüzey akışını ve sızıntı kayıplarını azaltabilir.
- Uygulama ve iş gücü maliyetini azaltır.

Kontrollü veya yavaş salım yapan gübreler genel olarak üç türde sınıflandırılır [64]:

- İnorganik Düşük Çözünürlüklü Bileşimler
- Organik-N Düşük Çözünürlüklü Bileşimler
- Fiziksel Bir Bariyerin Salımı Kontrol Ettiği Gübreler

### **2.2.3.1. İnorganik Düşük Çözünürlüklü Bileşikler**

Metal amonyum fosfatlar (magnezyum amonyum fosfat ( $MgNH_4PO_4$ )) ve kısmen asitlendirilmiş fosfat kayaçları (PAPR) gibi gübreler, tipik olarak kontrollü salım yapan gübre çeşitleridir. Üre formaldehit gibi biyolojik ve mikrobiyolojik açıdan ayrışan azot (N) ürünleri, genellikle ticarete yavaş salım yapan veya kontrollü salım yapan gübreler olarak kaplama veya kapsüllü ürünler olarak anılır [64].

### **2.2.3.2. Organik-N Düşük Çözünürlüklü Bileşikler**

Bunlar, doğal organik bileşikler (hayvan gübresi, arıtma çamuru vb.) ve sentetik olarak üretilen azotlu, düşük çözünürlüklü bileşikler olmak üzere iki tiptir. İkinci grupta genellikle üre ve asetaldehit kondenzasyon ürünleri bulunur. Bu bileşikler, üre formaldehit (UF) gibi biyolojik olarak ayrışan bileşikler ve izobütülen-diüre (IBDU) veya üre asetaldehit / siklodiüre (CDU) gibi kimyasal olarak ayrışan bileşikler olarak alt bölümlere ayrılır [67].

### **2.2.3.3. Fiziksel Bir Bariyerin Salımı Kontrol Ettiği Gübreler**

Gübreler, hidrofobik polimerlerle kaplanmış çekirdek/granül halinde veya gübrenin bir matris içerisinde hapsedilmesi şeklinde görülebilir. Bu gübreler ayrıca, organik polimerik malzemeler (termoplastik veya reçine) ve inorganik maddeler (kükürt veya mineral esaslı bileşikler) ile kaplanmış gübreler olarak da sınıflandırılabilir.

Matrislerin hazırlanması için kullanılan malzemeler poliolefinler, kauçuk vb. gibi hidrofobik malzemeler ve doğada hidrofilik yapıda jel oluşturan polimerler olarak sınıflandırılabilir ve bu malzemeler su tutma oranları yüksek olduğu için gübrelerin çözünmesini azaltabilirler. Genel olarak, matrislerin pratikte kaplama gübrelere göre yaygınlığı daha azdır. Jel esaslı matrisler ise halen gelişme aşamasındadır [64].

### **2.3. Agrotekstil Malzemeleri**

Agrotekstillere, ziraat, tarım ve bahçecilikte kullanılan tekstilleri içermektedir. Tarımsal ürünlerin paketlenmesi, bitkilerin büyüme sürecinin hızlandırılması, ürünlerin UV ışınlarından korunması, tarımsal alanların ilaçlanması, yabancı otların büyümesinin önlenmesi, tarımsal amaçlı drenaj ve erozyon kontrolü, besicilikte hayvanların hava şartlarından korunması, balıkçılık vb. gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Agrotekstil ürünleri için istenilen özellikler şunlardır:

#### ***Mikroorganizmalara karşı direnç***

Bitkileri mikroorganizmalara (bakteriler, virüsler, mantarlar, küfler) karşı korumak için üretilen özel kumaşlar tarım tekstilinde kullanılmaktadır. Bu kumaşların üretiminde çoğunlukla gümüş iyonundan faydalanılmaktadır. Gümüş iyonlarının bulunduğu bölgelerde mikroplar yaşayamamaktadır. Gümüş iyonları gümüş moleküllerinin yüzeyinden salıma uğramaktadır. Gümüş moleküllerini nano yapıda üreterek bu durum sağlanabilmekte ve mümkün olan en fazla yüzey alanı oluşturulup mikrop ve bakteri barındırmayan yüzeyler elde edilebilmektedir [68].

#### ***Güneş ışınlarına dayanıklılık***

Güneş radyasyonuna karşı savunma olarak tasarlanmış agrotekstil malzemeleri ekim veya dikim sonrası ekili alanlar üzerine yerleştirilir. Böyle bir uygulamada kullanılacak kumaşların çevre sıcaklığına ve güneş radyasyonu dayanacak özelliklere sahip olması gerekmektedir [68].

#### ***Ultraviyole radyasyona dayanıklılık***

Polietilen görünür oranda radyasyona karşı dayanıklıdır. UV radyasyonu molekül zincirlerinin bozulmasına yol açar. Bu nedenle bir dış koruyucu malzeme olarak

polietilenden yapılmış malzemeler kullanıldığında, polietilen uygun bir UV dengeleyici olarak görev yapar. Bu, karbon siyahının özel türlerindedir ve UV radyasyonunu termal radyasyona çevirir. Bitki üzerine etki eden UV radyasyonunun etkisini azaltmak için ışık emici veya ışığı iyi yansıtan nonwoven (dokusuz yüzey) kumaşlar kullanılır [68].

### ***Biyoparçalanabilirlik***

Biyoparçalanabilirlik özelliği sağlamak için yün, jüt, pamuk gibi doğal lifler kullanılmaktadır. Doğal polimerler biyoparçalanma avantajı sağlarlar, yani zamanla toprağa karışarak kaybolurlar. Amaca göre özel kullanım alanları vardır. Ancak sentetiklere göre düşük kullanım özelliklerine sahip olup kısa ömürlüdürler.

### ***Yüksek su tutma potansiyeli***

Tarım alanında kullanılan su tutma özelliği yüksek olan kumaşlar bitkilerin ve tohumların nemli kalmasını sağlamaktadır. Böylece bitkilerin gelişiminde etkin rol oynamakta ve bitkiyi sıcaklıklara karşı koruyarak ısı direnç sağlamaktadır.

### ***Ürün koruma özelliği***

Ürünü korumak için hazırlanan agrotekstil ürünlerinin faydaları oldukça fazladır. Zemin ve nonwoven (dokusuz) yüzey arasında bir mikro-iklim oluşturarak sıcaklığın ve nemin dengelenmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda bitkinin kök bölgesindeki sıcaklık artışına sebep olmakta ve bunun sonucunda ürün hasadının erken olmasını sağlamaktadır. Bu malzemeler yeterli sertlik, esneklik, düzgünlük, boyutsal kararlılık ve direnç sağlar. Tarım ürünlerini yabancı maddelerden ve doğal dış etkenlerden korur ve toprak kirliliğini önlerler [68].

Agrotekstilleri üretmek için kumaş üretiminin çeşitli teknikleri kullanılabilir. Her yöntem belirli bir ürün için özel avantajlar sunmaktadır. Agrotekstil yüzeylerin oluşturulmasında dokuma, örme, nonwoven ve film (dökme ve şişirme film) teknikleri kullanılmaktadır [68].

Dokuma ürünleri özellikle Sulzer atkılı dokuma makineleri kullanılarak üretilmektedir. Kumaşın ağırlığını, genişliğini ve kalınlığını Sulzer atkılı dokuma makineleri

kullanılarak ayarlamak mümkündür. Bu makineyle 846 cm x 540 cm genişliğindeki kumaşları ve 1.8-40 mm arasında bir gözenek genişliğine sahip ağlar üretebilir. Hava jetli ve rapierli makineler agrotekstil kumaşların üretiminde tercih edilmezler çünkü gerekli dokuma genişliğine sahip değildirlere. Dokuma kumaşlar ağırlıklı olarak koruma amaçlı olarak kullanılırlar. Dokuma kumaşların agrotekstilde kullanım alanları şu şekildedir:

- Hasat zamanı paketleme çuvallarında,
- Ürün üretimi, çiçekçilik ve bahçecilikte güneş koruyucuları olarak,
- Ürün üretimi, çiçekçilik, bahçecilik, hasat zamanında ve hayvancılık alanlarında koruyucu elbise olarak.

Agrotekstil üretim tekniklerinden olan örmede, çözgülü örme tekniği, en yaygın üretim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Raschel makinelerinde üretilen çözgü örmeli koruyucu ağlar farklı sektörlerde kullanılmaktadır. Örme kumaşların agrotekstilde kullanım alanları şu şekildedir:

- Çiçekçilik ve bahçecilikte gölge amaçlı, kuştan ve rüzgardan korumada
- Hasat zamanı bahçecilikte ve paketlemede,
- Balıkçılıkta,
- Ürün üretimi, çiçekçilik ve bahçecilikte destek ağları olarak.

Nonwoven yüzeyler, liflerin mekaniksel, kimyasal, ısı veya bunların beraber kullanımıyla birleştirilmesi sonucunda üretilen yapılar olarak tanımlanmaktadır. Nonwoven kumaşlar üretmek için birçok üretim tekniği vardır. Nonwoven üretimi, doku oluşturma, dokuyu sabit hale getirme ve son işlem olarak 3 adımda gerçekleşmektedir. Doku oluşturma yöntemleri, kuru işlem, sulu işlem ve sonsuz elyaf üretimi şeklindedir. Dokuyu sabitleme, kimyasal (sprey, köpük, baskı ve emdirme), ısı (kalandır, sıcak hava akımı, ultrasonik) veya mekanik (iğneleme, dikerek sabitleme ve su jetiyle) işlemlerle sağlanır. İğneleme tekniği özellikle nonwoven agrotekstillerin üretimi için kullanılmaktadır. Son işlem basamağında ise kimyasal (boya, baskı, kaplama, antistatik, antimikrobiyal vb.) veya mekanik (kalandırlama, laminasyon, kabartma vb.) yöntemler kullanılmaktadır.

Şişirme film sisteminde, eritilmiş hammadde dairesel bir kalıptan çıkararak, dikey olarak üfürülerek balon halini alır. Balon, kulede yükselirken kademeli olarak da hava yoluyla soğutulur. Kulenin tepesine ulaşıldığında film, klavuz rulolar yoluyla kesme ve sarım istasyonlarına yönlendirilir. Bu şekilde üretilen ürünler genel olarak toz şeker, peynir, turşu, zeytin gibi gıdaların ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Değişik ebatlarda baharat torbaları, bakkaliye torbaları, delikli ve deliksiz salatalık ve patlıcan torbaları, elbise ve yorgan torbaları gibi standart çeşitler mevcuttur. Siparişe göre özel ebat torba üretimi de mümkündür.

Bir film çeşidi olan ve herhangi bir katkı içermeyen örtülük naylon brandalar, tarımsal alanda ürünleri rüzgâr ve yağmurdan koruma amaçlı olarak ya da silaj örtüsü, saman örtüsü veya meyve kurutma amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, inşaatlarda, çiftliklerde, hayvan barınaklarında geniş kullanım alanları mevcuttur.

Agrotekstil ürünleri çok çeşitlidir ve bu ürünlerin seçimi büyük ölçüde coğrafi konumdan etkilenir. Bazı yerlerde agrotekstillerin bitkiyi soğuktan koruması gerekirken bazı yerlerde sıcaktan koruması beklenir. Üretim tekniklerinde belirtilen uygulama alanlarına ek olarak agrotekstil malzemelerin kullanım yerleri aşağıda sıralanmıştır [68].

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| - Gölge ağları                | - Bant ağları                             |
| - Kuşlara karşı koruma ağları | - Kiraz kapsar                            |
| - Bitki ağları                | - Taşıma için ağlar                       |
| - Kök topu fileleri           | - Toprak kaplama örtüsü                   |
| - Böcek kafesleri             | - Tarım ürünleri için ambalaj malzemeleri |
| - Çim koruma ağı              | - Hayvancılık                             |
| - Monofil ağları              | - Malç film                               |

### 2.3.1. Kontrollü Gübre Salımı Yapan Agrotekstilller

Kontrollü salım sağlayan tekstil malzemelerinin üretilmesinde emdirme, laminasyon, kaplama ve elektro eğirme gibi yöntemler kullanılmaktadır. Kontrollü gübre salımı özelliğine sahip agrotekstillerin üretilmesinde ise bu yöntemlerden sadece elektro eğirmenin kullanıldığı bilinmektedir. Kampeerapappun ve Phanomkate'nin yapmış oldukları çalışmada elektro eğirme yöntemi ile çekirdek-manto şeklinde lifler üretilmiştir [69]. Bu liflerde manto polihidroksi bütirat (PHB), çekirdek yapı ise

polilaktik asitle (PLA) karıştırılmış gübredir. İki polimerik yapı da biyoparçalanabilir olup oluşturulan çekirdek-manto lifler gübrenin zaman içerisinde salımına potansiyel teşkil ederler. Elektro eğirmeyle üretilen yapı gübreyi herhangi bir bozulma olmadan bir ay içerisinde verebilir. Elektro eğirmenin besleme miktarı önem içerir. Çünkü eğer manto yapı az konsantrasyonda verilirse gübrenin salımı hızlanmaktadır. Üretilen elektro eğrilmiş yapıların bir ay sonunda gübreyi saldıktan sonra üç ay içerisinde de biyolojik olarak çözüldüğü tespit edilmiştir.

Hassounah ve ark. içerisinde üre yerleştirilen polivinil alkol (PVOH) ve polietilen oksit (PEO) liflerinin çeşitli parametrelerini çalışmıştır [70]. Burada şırıngadan düzgün bir nanolif alabilmek için gerekli olan elektrik alan çalışılmış ve yüksek konsantrasyonda üre kullanılarak nanolifli ağsı yapılar üretilebilmiştir. Söz konusu çalışmada nanolifler üretilip PVOH ve PEO ile üre arasında hidrojen bağları oluşturularak oluşan ağsı yapının gübre gibi işlev görmesi sağlanmıştır.

Castro-Enríquez ve ark. yapmış oldukları çalışmada elektro eğirme yöntemi kullanarak oryante edilmiş liflerden buğday gluten proteinli gözenekli bir membran üretmiştir [71]. Üretilen buğday gluten proteinli membranla üre arasında meydana gelen hidrojen bağları sayesinde bu malzemenin uzun süreli salım uygulamaları için uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Elektro çekim yöntemi ile yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Fakat pratik uygulamada elektro çekim yöntemi, ticari boyutta üretim için uygun olmayıp üretilen malzemenin mekanik özelliklerinin kötü olması gibi bir dezavantaj da bulunmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için basit ve ucuz bir yöntem olan kaplama yöntemi kullanılabilir.



## 3. BÖLÜM

### MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışma kapsamında, altlık olarak  $130 \text{ g/m}^2$  ağırlığında, %75 polietilen tereftalat ve %25 viskon içerikli iğnelenmiş dokusuz yüzey (Hassan Tekstil), gübre olarak amonyum sülfat (AS, %21 N), gübre taşıyıcı polimer olarak iki farklı molekül ağırlığına sahip polivinil alkol (PVOH, Mw: 89 000 – 98 000 g/mol ve Mw: 146 000 – 186 000 g/mol, %99 hidroliz, Sigma-Aldrich) kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı ajan olarak glutaraldehit (GA, %25'lik sulu çözelti, Sigma-Aldrich), çözeltide gerekli kıvamı sağlayabilmek için karboksimetil selüloz (CMC, ASELSY2000, Viskozite: 40600 mPas (20°C kuru bazda %2'lik çözelti), DS:0.82, Acıselsan) ve çözücü olarak destile su (iletkenlik: 1-5  $\mu\text{S/cm}$ ) kullanılmıştır.

#### 3.2. Yöntem

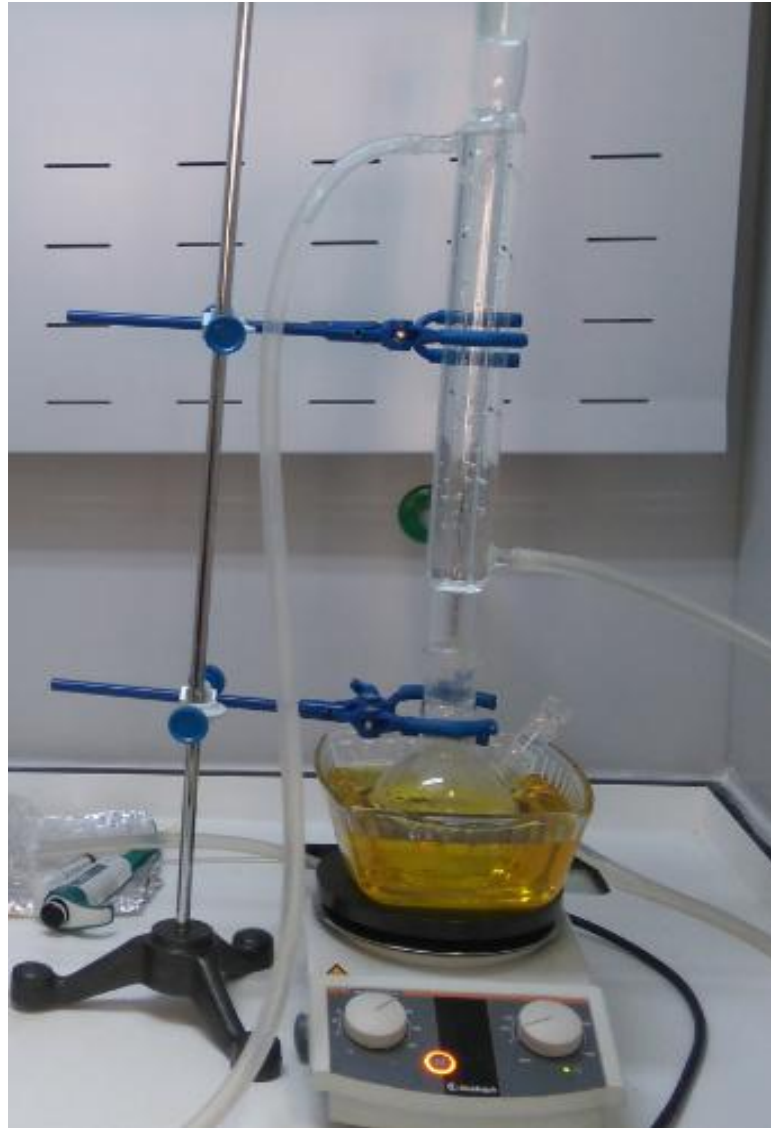
##### 3.2.1. Polivinil Alkol/Amonyum Sülfat Çözeltisinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılacak polivinil alkolün (PVOH) miktarı, literatür ve ön deneme çalışmaları göz önünde bulundurularak  $60 \text{ g/m}^2$  ve  $120 \text{ g/m}^2$  [72-74], bitkinin ihtiyaç duyduğu gerekli amonyum sülfat (AS) gübre miktarı ise yine literatür verileri [75,76] ve ön çalışmalar neticesinde kaplanacak kumaşın boyutları (28 cm x 30 cm) göz önüne alınarak 2.8 g olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu miktar,  $60 \text{ g/m}^2$ 'lik PVOH'ın ağırlıkça %55.50'sine ve  $120 \text{ g/m}^2$ 'lik PVOH'ın ağırlıkça %27.75'ine karşılık gelmektedir. Bu nedenle çalışmamızda AS yüklemesi %27.75 ve %55.50 olacak şekilde ayarlanmıştır.

Çapraz bağlayıcı ajan olarak kullanılan glutaraldehit miktarı ise literatür verileri esas alınarak GA/PVOH oranı 0.01/1 ve 1/1 olacak şekilde ayarlanmıştır (Tablo 3.1, Tablo 3.2) [77].

Kaplama çözeltisi hazırlamada kullanılan düzenekte, PVOH, AS ve kıvam artırmak için kullanılan CMC'nin homojen bir şekilde hazırlanabilmesi amacı ile manyetik karıştırıcı (Heidolph MR Hei-Standard) ve ısı transfer yağı kullanılmıştır. Ayrıca, çözeltide suyun geri dönüşümünü sağlayan bir soğutucu kondenser düzeneği kurulmuştur. Kaplama çözeltilerinin hazırlanmasında kullanılan deney düzeneği Şekil 3.1'de verilmiştir.

Farklı özellikte PVOH/AS kaplamaları oluşturma işlemleri için, öncelikle polivinil alkol (PVOH), 95°C'de destile su içerisinde çözünmüştür. Ardından, önceden 20 ml destile suyun içerisinde çözünmüş olan amonyum sülfat (AS) gübresi PVOH'a eklenmiş ve daha sonra çözeltinin kıvamını artırmak için karboksimetil selüloz (CMC) (CMC/PVOH: 0.1/1) ilavesi yapılmıştır. Çözelti homojen hale geldikten sonra soğumaya bırakılmış ve ardından soğuyan çözeltiye belirlenen oranlarda (GA/PVOH: 0.01/1, 1/1) ilavesi yapılarak 30 dakika manyetik karıştırıcı üzerinde karışmaya alınmıştır. PVOH, AS, CMC ve GA miktarları değiştirilerek yeni çözeltiler hazırlanmıştır. Farklı molekül ağırlığına sahip PVOH kullanılmasından dolayı çözelti hazırlama aşamasında, kullanılan su miktarı ve çözelti hazırlama süreleri farklılık göstermektedir. PVOH/AS kaplamalarının hazırlanış kompozisyonları, deney koşulları ve ilgili notasyon Tablo 3.1. ve Tablo 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. PVOH/AS çözelti hazırlama düzeneği

### 3.2.2. Kaplama İşlemi

Çapraz bağlayıcı ilavesinden sonra hazır hale gelen çözeltiler 28 cm x 30 cm boyutlarındaki dokusuz tekstil yüzeyine, Matris SV laboratuvar tipi rakleli kaplama cihazı (Şekil 3.2a) ve A tipi rakle (Şekil 3.2b) kullanılarak kaplanmıştır. Kaplama işlemi sonrası, dokusuz yüzey cihazdan çıkarılmış ve etüvde 80°C'de 2 saat süreyle kürlenmiştir. Kürleme işleminin ardından kaplama yüzeylerin analiz çalışmalarına geçilmiştir.

Tablo 3.1. Düşük molekül ağırlıklı PVOH kaplamaları için deney planı ve notasyon.

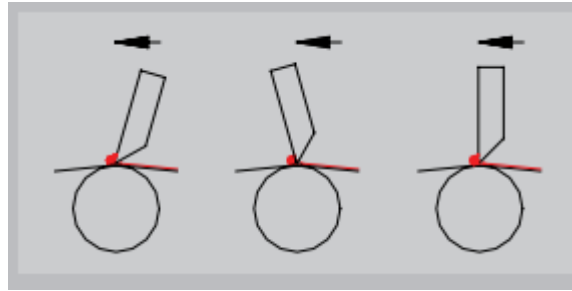
<b>PVOH (g/mol)</b>	<b>89 000 – 98 000</b>											
<b>PVOH (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>60</b>						<b>120</b>					
<b>AS (%)</b>	<b>27.75</b> <b>(1.4 g)</b>			<b>55.50</b> <b>(2.8 g)</b>			<b>27.75</b> <b>(2.8 g)</b>			<b>55.50</b> <b>(5.6 g)</b>		
<b>GA</b> <b>(GA/PVOH)</b>	<b>Referans (GA'sız)</b>			<b>Referans (GA'sız)</b>			<b>Referans (GA'sız)</b>			<b>Referans (GA'sız)</b>		
	0.01/1	1/1		0.01/1	1/1		0.01/1	1/1		0.01/1	1/1	
<b>Notasyon</b>	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
<b>Kullanılan Su</b> <b>Miktarı</b> <b>(ml)</b>	60			60			120			120		
<b>Çalışma</b> <b>Sıcaklığı</b> <b>(°C)</b>	95			95			95			95		
<b>Karıştırma</b> <b>Hızı</b> <b>(rpm)</b>	1000			1000			1000			1000		
<b>Ortalama</b> <b>Hazırlama</b> <b>Süresi (dk)</b>	30			30			45			45		

Tablo 3.2. Yüksek molekül ağırlıklı PVOH kaplamaları için deney planı ve notasyon.

<b>PVOH (g/mol)</b>	146 000 – 186 000											
<b>PVOH (g/m<sup>2</sup>)</b>	60						120					
<b>AS (%)</b>	27.75 (1.4 g)			55.50 (2.8 g)			27.75 (2.8 g)			55.50 (5.6 g)		
<b>GA (GA/PVOH)</b>	Referans (GA'sız)	0.01/1	1/1	Referans (GA'sız)	0.01/1	1/1	Referans (GA'sız)	0.01/1	1/1	Referans (GA'sız)	0.01/1	1/1
<b>Notasyon</b>	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
<b>Kullanılan Su Miktarı (ml)</b>	90			90			150			150		
<b>Çalışma Sıcaklığı (°C)</b>	95			95			95			95		
<b>Karıştırma Hızı (rpm)</b>	1000			1000			1000			1000		
<b>Ortalama Hazırlama Süresi (dk)</b>	60			60			90			90		



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) Matris SV laboratuvar tipi rakleli kaplama cihazı, (b) A tipi rakle ile kaplama şekli [78].

### 3.2.3. Kaplanmış Yüzeylerin Karakterizasyonları

#### 3.2.3.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Analizi

Kaplanmış dokusuz yüzeylerin içerisinde AS gübresinin homojen bir şekilde dağılıp dağılmadığını tespit etmek amacı ile 25 KeV hızlandırma voltajında ZEISS EVO taramalı elektron mikroskobunun EDX aparatı kullanılarak haritalama işlemi yapılmıştır.

### **3.2.3.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Analizi**

PVOH ile GA arasında çapraz bağ oluşup oluşmadığını göstermek için FTIR analizi yapılmıştır. Bu amaçla kaplanmış/kaplanmamış dokusuz yüzeyler ve kullanılan kimyasallar Perkin Elmer 400 FTIR spektrometresi kullanılarak incelenmiştir. Ölçümler  $4 \text{ cm}^{-1}$  çözünürlükte,  $400\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$  aralığında 32 tarama ile gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.3.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Analizi**

PVOH'ın jelleşme oranını, bir başka deyişle çapraz bağ yapma oranını tespit etmek amacıyla kaplanmış yapılar, çapraz bağ yapmayan kısmın uzaklaşması için  $90^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat süreyle suyla muamele edilmiş ve ardından çıkarılarak  $60^{\circ}\text{C}$ 'de kurutularak tartılmıştır. Jelleşme oranı aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\text{Jelleşme Oranı (\%)} = (W_d / W_i) \times 100$$

Wi: Başlangıçtaki ağırlık, Wd: Destile suyla ekstrakte edilen ve kurutulan malzemenin ağırlığı [79,80].

### **3.2.3.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Su Emicilik Kapasitesi Analizi**

#### **3.2.3.4.1. Dinamik Su Emicilik Kapasitesi**

Malzemenin dinamik su emicilik kapasitesini tespit etmek için  $7.5 \text{ cm} \times 28 \text{ cm}$  boyutundaki numune (kaplanmış kumaşın 1/4'ü), 150 ml destile suyun içerisine yerleştirilmiş ve oda sıcaklığında 30., 60., 120. ve 240. dakikalarda çıkarılıp üzerindeki fiziksel bağlı su uzaklaştırıldıktan sonra aşağıdaki formüle göre dinamik su emicilik kapasitesi (DWAC) hesaplanmıştır. (Kontrol amacıyla ham dokusuz yüzeyle de çalışılmıştır).

$$\% \text{ DWAC} = [(W_a - W_{\text{dry}}) / W_{\text{dry}}] \times 100$$

Wa: Su emen malzemenin ağırlığı, Wdry: Malzemenin kuru ağırlığı, DWAC: % dinamik su emicilik kapasitesi [81].

### 3.2.3.4.2. Denge Su Emicilik Kapasitesi

7.5 cm x 28 cm boyutundaki numune (kaplanmış kumaşın 1/4'ü), 150 ml destile suyun içerisine yerleştirilmiş ve oda sıcaklığında toplamda 4 gün olacak şekilde birer gün arayla çıkarılmış, üzerindeki fiziksel bağlı su uzaklaştırılmış ve aşağıdaki formüle göre denge su emicilik kapasitesi (EWAC) hesaplanmıştır. (Kontrol amacıyla ham dokusuz yüzeyle de çalışılmıştır.)

$$\% \text{EWAC} = \frac{W_a - W_{\text{dry}}}{W_{\text{dry}}} * 100$$

Wa: Su emen malzemenin ağırlığı

Wdry: Malzemenin kuru ağırlığı [81].

### 3.2.3.5. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Su Tutma Kapasitesi ve Suyun Buharlaşması Analizi

7.5 cm x 28 cm boyutundaki numune (kaplanmış kumaşın 1/4'ü) 150 ml destile suyun içerisine yerleştirildikten 5 dk sonra çıkarılmış ve üzerindeki su peçeteyle alındıktan sonra tartılmıştır (Wi). (Kontrol amacıyla ham dokusuz yüzeyle de çalışılmıştır). Malzeme, alüminyum folyo üzerinde oda sıcaklığında kurumaya bırakılmış ve 2'şer saat aralıklarla 24 saate kadar tartım yapılmıştır (Wt). Numunelerin su tutma oranı (%WR) ve su buharlaşma oranı (%E) aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır. (Kontrol amacıyla ham dokusuz yüzeyle de çalışılmıştır.)

$$\% \text{WR} = \frac{W_t}{W_i} * 100$$

$$\% \text{E} = 100 - \left[ 100 * \frac{(W_t - W_{\text{dry}})}{(W_i - W_{\text{dry}})} \right]$$

Wt: Farklı sürelerdeki ağırlık,

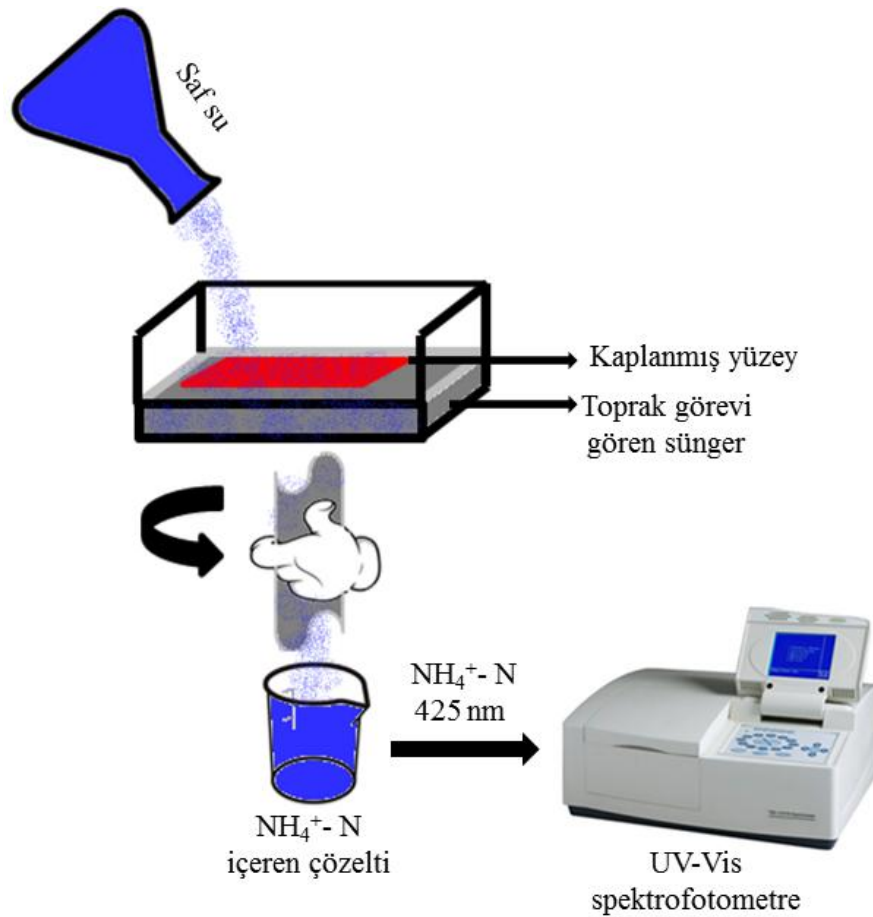
Wi: Başlangıçtaki yaş ağırlık,

Wdry: Başlangıçtaki kuru ağırlık [82].



### 3.2.3.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Sülfat Salım Analizi

Kaplanmış yüzeylerin yapısında bulunan gübrenin salım karakteristiğini tespit edebilmek amacı ile sünger uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.3). Bu uygulamada sünger toprak işlevi görmektedir. Kaplanan kumaşlar 4 eşit parçaya bölünmüş ve sünger üzerine yerleştirilerek 126 ml destile su (iletkenlik: 1-5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) ilave edilerek sulama işlemi yapılmıştır. Sulanan kumaş gece boyunca bekletildikten sonra sünger üzerinden alınmış ve toplam su miktarı 1000 ml olacak şekilde destile su ilave edilmiştir. Akabinde sünger yıkanarak amonyum sülfatın çözeltiliye geçmesi sağlanmıştır. Çözeltideki amonyum azotu miktarı UV-Vis ve RQ-Flex ölçümleriyle tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Sünger uygulaması.

### 3.2.3.6.1. Amonyum Azotu Miktarının UV-Vis Spektrofotometresi ile Tespit Edilmesi

UV-Vis ölçüm yönteminde 0-10 mg/L aralığında amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) ölçülebilmektedir. Bu aralığın üzerinde amonyum azotu içeren çözeltilerin ölçümü yapılmak istendiğinde çözeltinin seyreltilmesi gerekmektedir. Çözeltide bulunan amonyum azotu miktarının çok yüksek olması, seyreltme oranını çok arttırmaktadır. Bu nedenle elde edilen ölçüm sonuçlarını doğrulayabilmek amacıyla 20-180 mg/L aralığında  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ölçümünü yapabilen RQflex cihazı da kullanılmıştır. Aynı çözelti kullanılarak her iki cihazda  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm verileri karşılaştırıldığında birbirini doğrulayan sonuçlar elde edilmiştir. RQflex cihazında kullanılan amonyum ölçüm çubuklarının daha maliyetli olması nedeniyle UV-Vis ölçüm yöntemi üzerinden amonyum ölçümleri yapmaya devam edilmiştir.

UV-Vis spektrofotometresi ile ölçüm yapılmadan önce kalibrasyon eğrisinin çıkarılması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda 11 adet standart çözelti hazırlanmıştır. Bunun için 11 adet falkon tüpe sodyum potasyum tartarat çözeltisi (0.15 M) ve Nessler reaktifinden 0.1 ml eklenmiştir. Ardından 0'dan 10'a kadar sıralanan falkon tüplerin içerisine Tablo 3.3'te belirtilen miktarda destile su ve amonyum çözeltisi (10 mg/L) eklenmiş ve falkon tüplerdeki karışım UV-Vis küvetine aktarılmıştır. Tüplerdeki çözeltilerin 425 nm'de absorbans değerleri hesaplandıktan sonra çözeltilerin içerdiği N miktarı x eksenine, okunan absorbans değerleri ise y eksenine gelecek şekilde kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve eğrinin formülü çıkarılmıştır (Şekil 3.4).

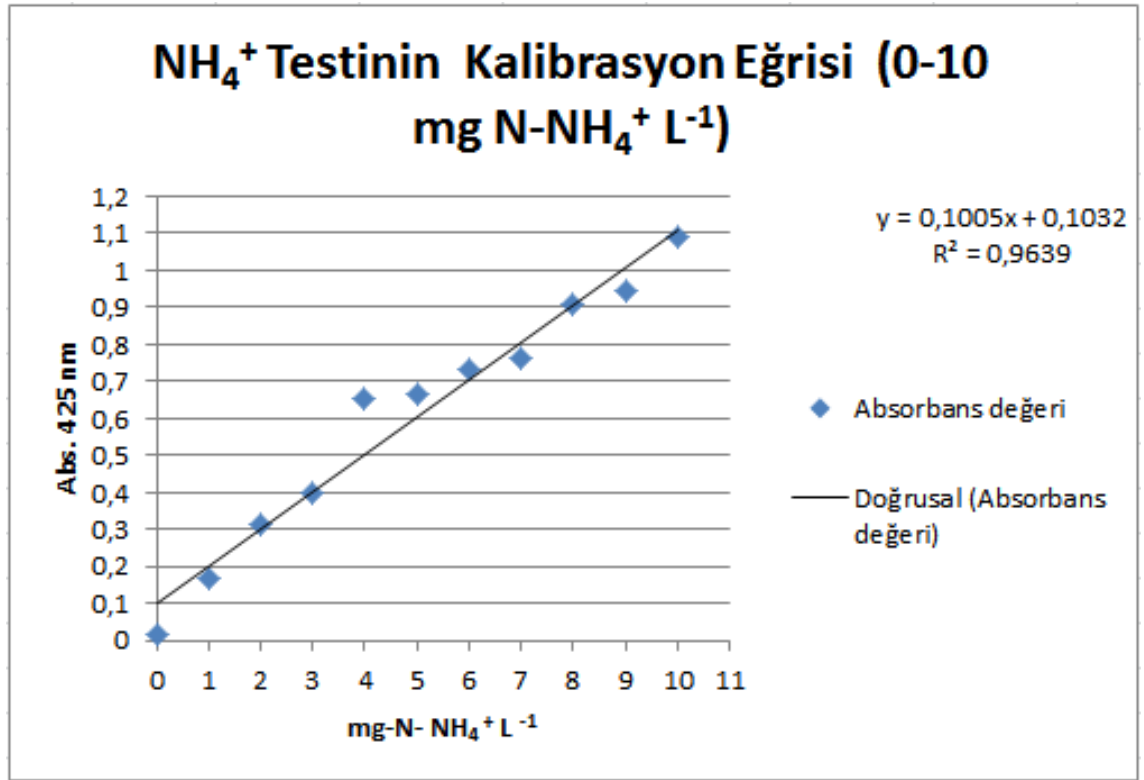
Ölçümü yapılacak çözeltilerden 2.5 ml alınıp üzerine 0.1 ml sodyum potasyum tartarat çözeltisinden ve 0.1 ml Nessler reaktifinden ilave edilip karıştırılmaktadır. Elde edilen çözelti UV-Vis küvetine aktarılmakta ve 425 nm'de absorbans değeri ölçülmektedir. Ölçümler 2'şer tekrarlı ve toplamda 6 ölçüm olacak şekilde yapılmaktadır. Çıkan absorbans değeri kalibrasyon eğrisinden elde edilen formülde yerine konularak litredeki amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ) mg olarak tespit edilmektedir. Ölçümlerde seyreltme yapılması halinde çıkan sonuç, seyreltme faktörüyle çarpılmaktadır [83].

### 3.2.3.6.2. Amonyum Azotu Miktarının RQ Flex Cihazı ile Tespit Edilmesi

RQ Flex reflektometre cihazı ile litrede 20-180 mg aralığındaki amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+$ -N) ölçülebilmektedir. Ölçülecek çözeltilerden 5 ml alınarak test küvetine konulmakta ve ardından 10 damla test ajanı çözeltiye ilave edilerek bir baget yardımı ile karıştırılmaktadır. Amonyum test çubuğu çözeltiye daldırılmakta ve fazla çözelti uzaklaştırılarak cihaza yerleştirilmektedir. Ardından sonuç ana ekranda görülmektedir. Elde edilen değer mg/L cinsinden  $\text{NH}_4^+$  iyon değeridir. Asıl istenen amonyum azot ( $\text{NH}_4^+$ -N) değerine ulaşabilmek için çıkan sonucun 0.776 değeri ile çarpılması gerekmektedir [84].

Tablo 3.3. Standart çözeltilerin hazırlanmasında kullanılan destile su ve amonyum çözeltisinin hacmi.

<b>Standart Konsantrasyon</b>	<b>10 mg/L <math>\text{NH}_4^+</math>-N (ml) Standart Çözeltinin Hacmi</b>	<b>Saf Suyun Hacmi (ml)</b>	<b>Toplam Hacim (ml)</b>
0	0	2.5	2.5
1	0.25	2.25	2.5
2	0.5	2	2.5
3	0.75	1.75	2.5
4	1	1.5	2.5
5	1.25	1.25	2.5
6	1.5	1	2.5
7	1.75	0.75	2.5
8	2	0.5	2.5
9	2.25	0.25	2.5
10	2.5	0	2.5



Şekil 3.4. Litrede 0-10 mg  $\text{NH}_4^+$ -N ihtiva eden numunelerin kalibrasyon eğrisi.

## 4. BÖLÜM

### BULGULAR

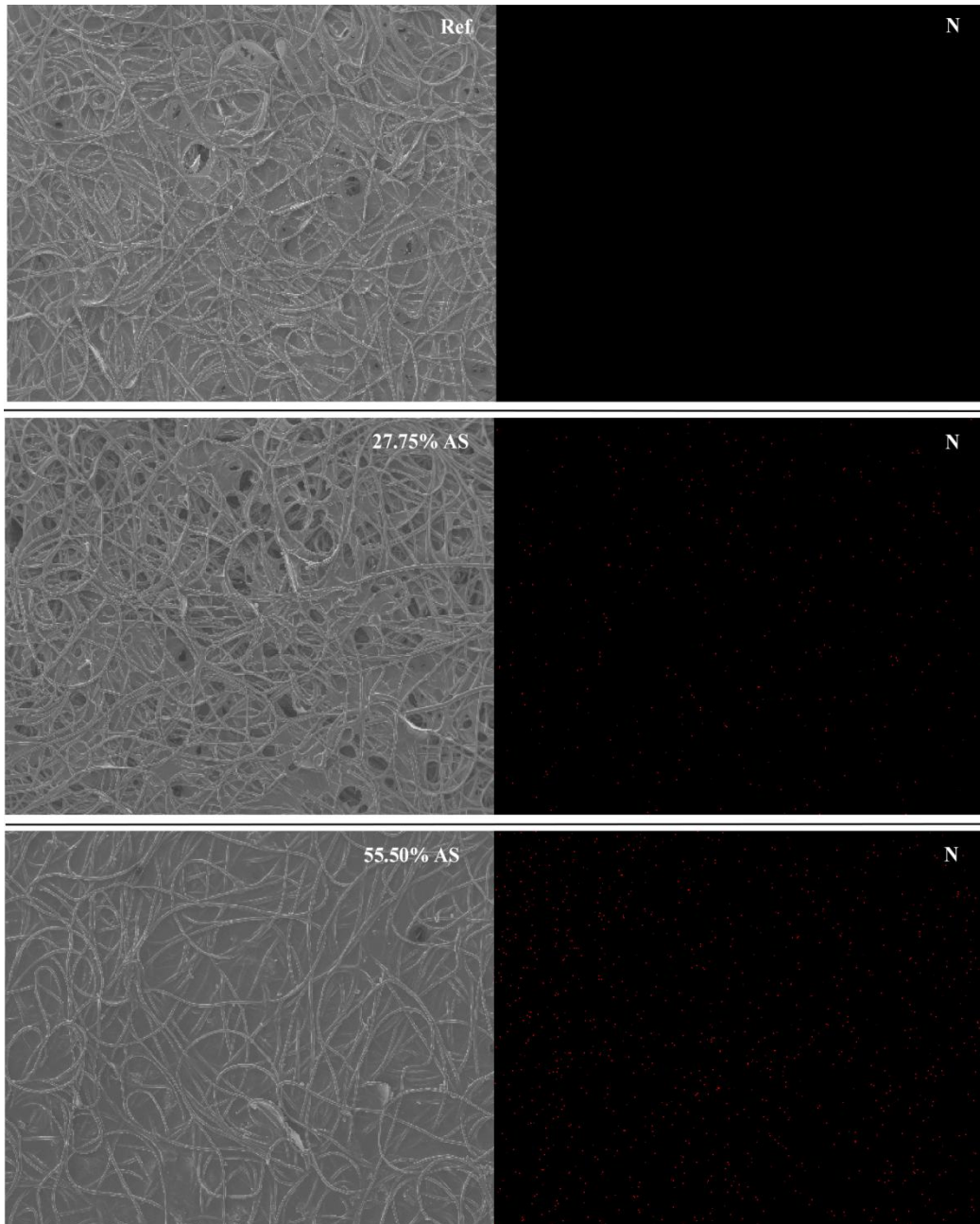
#### 4.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Bulguları

Kaplanmış dokusuz yüzey numunesinin EDX analizi Şekil 4.1'de verilmiştir. EDX analizinde gübrenin dağılımını tespit edebilmek için amonyum sülfatın ana bileşeni olan azot taranmıştır. Görsel haritalamada kırmızı olarak gösterilen azotun referans numunede olmadığı, amonyum sülfat yükleme miktarı arttıkça homojen bir dağılım gösterdiği, buna göre de amonyum sülfat gübresinin kaplama içerisinde homojen olarak dağıldığı söylenebilmektedir.

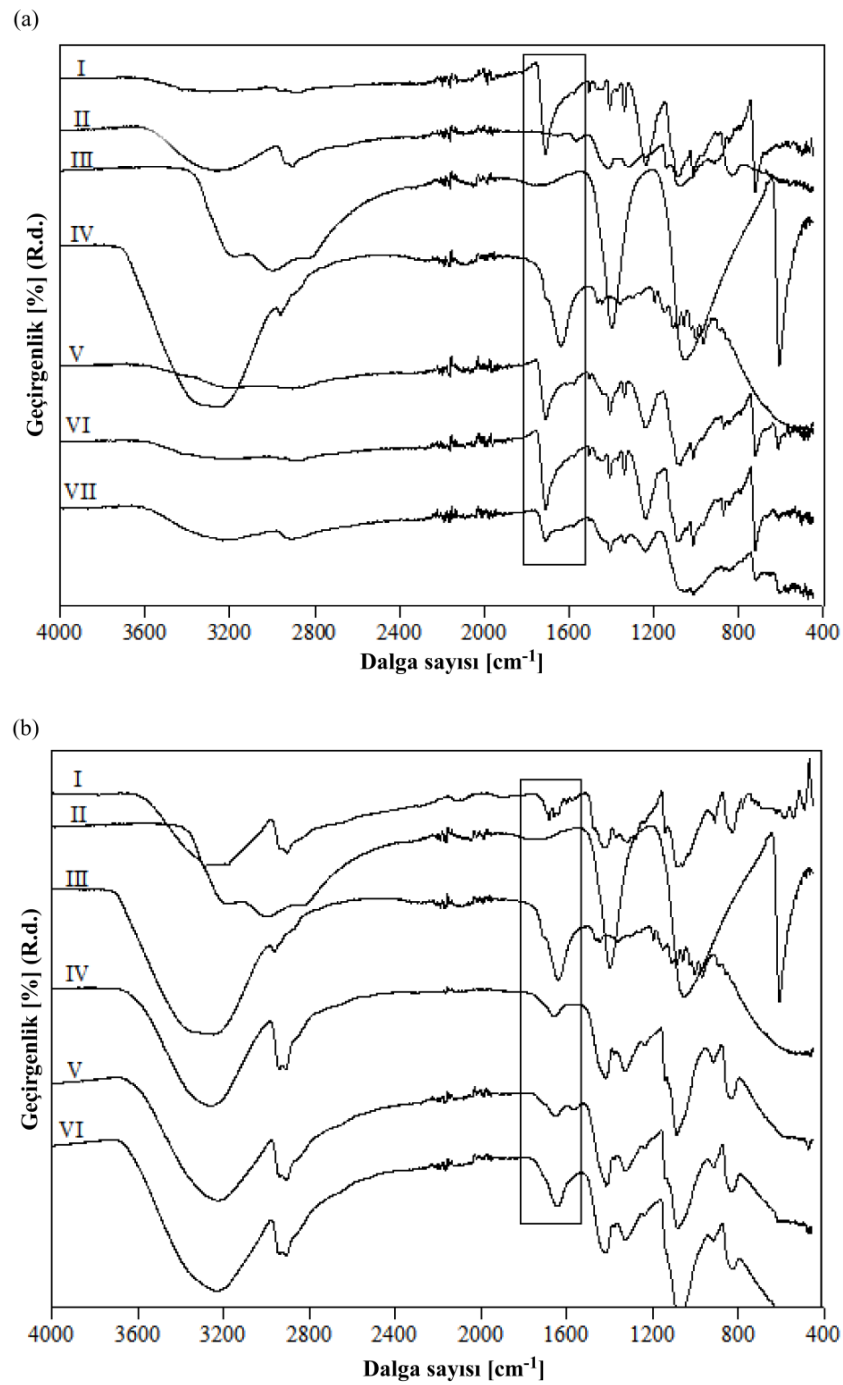
#### 4.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) Bulguları

FTIR spektroskopisi, polivinil alkolün (PVOH) glutaraldehit (GA) reaksiyonu girip girmediğini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Burada öncelikle ilgili kimyasallar teker teker incelenmiş, sonra ise karışım kaplamalar değerlendirilmiştir. Şekil 4.2.a'da görüldüğü gibi, ham dokusuz yüzey (I) sırasıyla  $1740\text{ cm}^{-1}$  ve  $1100\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında absorpsiyon bantları göstermektedir. PVOH (II),  $3550\text{ cm}^{-1}$  ve  $2900\text{ cm}^{-1}$  arasında geniş bantlar vermiştir. PVOH ayrıca  $2900 - 2840\text{ cm}^{-1}$  arasında,  $1450$  ve  $1112\text{ cm}^{-1}$ 'de çeşitli bantlar göstermiştir. Amonyum sülfat (III)  $650 - 460\text{ cm}^{-1}$ ,  $1200 - 650\text{ cm}^{-1}$ ,  $1510 - 1200\text{ cm}^{-1}$  arasında ve merkez pikleri  $2800$ ,  $2900$  ve  $3200\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında gözükten absorpsiyon bantları göstermiştir. Glutaraldehit (IV),  $2860\text{ cm}^{-1}$ 'de omuz piki ile  $3240\text{ cm}^{-1}$ 'de ve  $1640\text{ cm}^{-1}$ 'de çeşitli bantlar vermiştir. GA içermeyen (V) ve %1 GA içeren (VI),  $60\text{ g/m}^2$  yüksek molekül ağırlıklı PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzey numuneleri ham dokusuz yüzey numuneleri ile neredeyse benzer spektogramlar vermiştir.

Diğer yandan, %100 GA'lı numune (VII),  $1740\text{ cm}^{-1}$ 'de gözlemlenen absorpsiyon bandına ek olarak  $1640$ 'dan  $1580\text{ cm}^{-1}$ 'e uzayan hafif bir omuz vermiştir. Çapraz bağlanmayla ilgili kesin bilgi elde edebilmek için ayrıca dokusuz yüzey içermeyen filmler üretilmiştir. Şekil 4.2.b.'de görüldüğü üzere referans (IV) ve %1 GA içeren (V) filmler  $1640\text{ cm}^{-1}$ 'de küçük bir pik verirken, %100 GA içeren (VI) film aynı bölgede daha büyük bir pik vermiştir.



Şekil 4.1. Amonyum sülfat (AS) içermeyen (Ref), %27.75 ve %55.50 AS içeren,  $60\text{ g/m}^2$  PVOH ( $M_w$ : 146 000-186 000 g/mol) ile kaplanmış kumaşların EDX görüntüsü.



Şekil 4.2. 60 g/m<sup>2</sup> PVOH (Mw: 146 000-186 000 g/mol) kullanılarak hazırlanan kaplanmış dokusuz yüzeyin ve kullanılan kimyasal malzemelerin FTIR spektogramları ((a): I; Ham dokusuz yüzey, II; Polivinil alkol, III; Amonyum sülfat, IV; Glutaraldehit, V; Referans dokusuz yüzey kaplaması, VI; %1 glutaraldehit içeren dokusuz yüzey kaplaması, VII; %100 glutaraldehit içeren dokusuz yüzey kaplaması, (b):I; Polivinil alkol, II; Amonyum sülfat, III; Glutaraldehit, IV; Referans film, V; %1 glutaraldehit içeren film, VI; %100 glutaraldehit içeren film).

### 4.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Bulguları

Kaplanmış dokusuz yüzeylerin jelleşme oranının bir başka deyişle PVOH ile GA arasındaki çapraz bağlanma derecesinin belirlenmesinde kaplanmış dokusuz yüzeyler 90°C’de 2 saat süreyle yıkanmış, sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve ardından ağırlıkları alınmıştır. Her bir numune 3’er tekrar şeklinde hazırlanarak çıkan sonuçların ortalaması alınmıştır.

Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) ve yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000) polivinil alkol kullanılarak oluşturulan 60 g/m<sup>2</sup>’lik ve 120 g/m<sup>2</sup>’lik kaplama dokusuz yüzeylerin jelleşme oranı sonuçları Tablo 4.1’de yer almaktadır.

Düşük molekül ağırlıklı, 60 g/m<sup>2</sup>’lik PVOH, %27.75 amonyum sülfat yüklemeli referans kumaşın (glutaraldehit içermeyen) jelleşme oranı %68.46 ± 10.03, GA içeren (001GA ve 1GA) kaplama dokusuz yüzeylerin jelleşme oranları sırasıyla %67.65 ± 3.42 ve %92.16 ± 0.78 olarak bulunmuştur. Polivinil alkol miktarı sabit tutularak oluşturulan, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen referans kumaşın jelleşme oranının ise %67.08 ± 3.75, GA içeren (001GA ve 1GA) yüzeylerin jelleşme oranlarının %63.95 ± 0.39 ve %87.42 ± 1.34 olduğu görülmüştür.

120 g/m<sup>2</sup>’lik kaplama yüzeyler için, %27.75 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen kumaşın (referans) jelleşme oranı %53.96 ± 2.80, GA içeren (001GA ve 1GA) kaplama dokusuz yüzeylerin ise %58.64 ± 1.43 ve %88.93 ± 0.22 çıkmıştır. PVOH miktarı sabit tutularak hazırlanan %55.50 amonyum sülfat yüklemeli referans kumaşın jelleşme oranı %44.47 ± 1.58, 001GA ve 1GA içerikli kaplama yüzeylerin jelleşme oranı %48.86 ± 0.54 ve %80.84 ± 0.48 olarak bulunmuştur.

Yüksek molekül ağırlıklı, 60 g/m<sup>2</sup>’lik PVOH, %27.75 amonyum sülfat yüklemeli referans kumaşın (glutaraldehit içermeyen) jelleşme oranı %84.67 ± 6.55, GA içeren (001GA ve 1GA) kaplama dokusuz yüzeylerin jelleşme oranları sırasıyla %78.20 ± 0.25 ve %84.67 ± 0.06 olarak bulunmuştur. Polivinil alkol miktarı sabit tutularak oluşturulan, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen referans kumaşın jelleşme oranının ise %79.58 ± 0.34, GA içeren (001GA ve 1GA) yüzeylerin jelleşme oranlarının %78.95 ± 1.46 ve %87.61 ± 0.22 olduğu görülmüştür.



120 g/m<sup>2</sup>'lik (yüksek molekül ağırlıklı PVOH) kaplama yüzeyler için, %27.75 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen kumaşın (referans) jelleşme oranı %84.84 ± 0.01, GA içeren (001GA ve 1GA) kaplama dokusuz yüzeylerin ise %84.25 ± 0.71 ve %86.40 ± 0.02 çıkmıştır. PVOH miktarı sabit tutularak hazırlanan %55.50 amonyum sülfat yüklemeli referans kumaşın jelleşme oranı %75.84 ± 0.60, 001GA ve 1GA içerikli kaplama yüzeylerin jelleşme oranı %74.35 ± 1.22 ve %80.10 ± 1.00 olarak bulunmuştur.

Tablo 4.1. Düşük molekül ağırlıklı (M<sub>w</sub>: 89 000 – 98 000 g/mol) ve yüksek molekül ağırlıklı (M<sub>w</sub>: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % jelleşme oranı değerleri.

PVOH		AS (%)	Notasyon	Jelleşme Oranı (%)
g/mol	g/m <sup>2</sup>			
89000-98000	60	27.75	Ref	68.46 ±10.03
			001GA	67.65 ±3.42
			1GA	92.16 ±0.78
		55.50	Ref	67.08 ±3.75
			001GA	63.95 ±0.39
			1GA	87.42 ±1.34
	120	27.75	Ref	53.96 ±2.80
			001GA	58.64 ±1.43
			1GA	88.93 ±0.22
		55.50	Ref	44.47 ±1.58
			001GA	48.86 ±0.54
			1GA	80.84 ±0.48
146000-186000	60	27.75	Ref	84.67 ±6.55
			001GA	78.20 ±0.25
			1GA	90.19 ±0.06
		55.50	Ref	79.58 ±0.34
			001GA	78.95 ±1.46
			1GA	87.61 ±0.22
	120	27.75	Ref	84.84 ±0.01
			001GA	84.25 ±0.71
			1GA	86.40 ±0.02
		55.50	Ref	75.84 ±0.60
			001GA	74.35 ±1.22
			1GA	80.10 ±1.00

(**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama), **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

#### 4.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Dinamik ve Denge Su Emicilik Bulguları

Dinamik ve denge su emicilikte, farklı molekül ağırlığına sahip polivinil alkol ile farklı miktarlarda amonyum sülfat yüklemesi yapılarak hazırlanan kaplanmış dokusuz yüzeylerin ölçüm sonuçları grafiksel olarak gösterilmiş olup dinamik su emicilik için 30., 60., 120. ve 240. dakikalardaki, denge su emicilik için ise 1., 2., 3., ve 4. günlerdeki ölçümler esas alınmıştır. Kaplama yapılmış dokusuz yüzeylerle ilgili bulgulara geçmeden önce kaplama yapılmamış dokusuz yüzeyin dinamik ve denge su emicilik değerlerinin verilmesi uygundur. Ham dokusuz yüzeyin dinamik su emicilik değerleri %925-959, denge su emicilik değerleri ise %934-950 aralığında çıkmıştır.

Düşük molekül ağırlığına ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) sahip 60 g/m<sup>2</sup>'lik polivinil alkol ile kaplanan numunelerin dinamik ve denge su emicilik sonuçları Tablo 4.2'de verilmiştir. %27.75 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen (Ref) ve içeren (001GA ve 1GA) kaplı dokusuz yüzeylere bakıldığında referansın dinamik su emicilik değerlerinin %537-561, 001GA içeren numunelerin %522-558 ve 1GA'lı numunelerin ise %425-458 aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Denge su emicilik değerlerinin ise sırasıyla %575-592 (Ref), %561-575 (001GA) ve %452-474 (1GA) olduğu görülmüştür. %55.50 amonyum sülfatlı numunelerin dinamik su emicilik değerleri referans için %463-502, 001GA'lı numune için %454-489 ve 1GA'lı numune için ise %476-495 aralığında değişmektedir. Aynı numunelerin denge su emicilik değerleri ise şu şekilde çıkmıştır: %577-594 (Ref), %484-501 (001GA), %503-523 (1GA).

Tablo 4.3'teki dinamik ve denge su emicilik verilerine göre düşük molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup>'lik PVOH ile kaplanan %27.75 amonyum sülfat yüklemeli referans kumaşın dinamik su emicilik değerleri %426-454 aralığında, 001GA'lı numunenin %317-346 ve 1GA'lı numune için ise bu değer %163-179 olduğu görülmüştür. Dinamik su emiciliğe ait ölçümler alındıktan sonra aynı numunelere ait denge su emicilik değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları GA içermeyen (Ref) için %361-366, GA içeren numuneler için ise 001GA %291-320, 1GA %271-292 vermektedir. PVOH miktarı sabit tutulan, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli kaplanmış referans kumaşın dinamik su emicilik değeri %308-340, 001GA ve 1GA içeren yüzeylerin ise sırasıyla %293-324 ve %276-291 olarak bulunmuştur. Denge su emicilik değerleri ise referansta %312-337, 001GA ve 1GA kumaşlarında sırasıyla %325-340, %300-318 elde edilmiştir.

Düşük molekül ağırlıklı PVOH kaplamaları için yapılan dinamik ve denge su emicilik ölçüm prensipleri aynı şekilde yüksek molekül ağırlıklı PVOH kaplama yüzeyler için de geçerlidir. Dinamik ve denge su emicilik sonuç tablosuna göre (Tablo 4.4)  $60 \text{ g/m}^2$ 'lik yüksek molekül ağırlık ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile kaplanan ve %27.75 AS yüklemeli referans kumaşın dinamik su emicilik değeri %536-572 aralığında olup 001GA ile 1GA içeren kumaşların değerleri ise sırasıyla %526-537, %406-428'dir. Aynı numunelere ait denge su emicilik değerleri ise şu şekildedir; %546-549 (Ref), %565-582 (001GA) ve %420-438 (1GA). %55.50 amonyum sülfat yüklü numunelerin dinamik su emicilik değerlerinin referans için %455-478, 001GA ve 1GA için ise %442-536 ve %425-439 olduğu görülmüştür. Dinamik su emicilik değerlerinin ölçümü sonrası aynı numunelerin denge su emicilik ölçümüne geçilmiş ve elde edilen değerler %473-500 (Ref), %474-493 (001GA), %426-442 (1GA) şeklinde çıkmıştır.

$120 \text{ g/m}^2$ 'lik yüksek molekül ağırlıklı polivinil alkol ile kaplanan yüzeylere ait dinamik ve denge su emicilik değerleri Tablo 4.5'te verilmiştir. %27.75 AS yüklemesi yapılarak hazırlanan numunelerin dinamik su emicilik değerleri referans kumaşta %441-449, 001GA içeren kumaşta %359-412 ve 1GA'lı kumaşta %290-314 olup, denge su emicilik verileri ise %419-438 (Ref), %343-367 (001GA), %317-351 (1GA) olarak belirlenmiştir. %55.50 amonyum sülfatlı numunelerin dinamik su emicilik değerleri referans için %327-367, 001GA'lı numune için %339-387 ve 1GA'lı numune için %252-261 aralığında değişmektedir. Aynı numunelerin denge su emicilik değerlerinin ise sırasıyla %315-333 (Ref), %300-351 (001GA) ve %271-283 (1GA) olduğu görülmüştür.

Tablo 4.2. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.

	Süre (dk, gün)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Emicilik Değeri (%)	30. dk	822.33	537.17	522.22	424.84	463.44	453.98	476.11
	60. dk	761.12	551.42	535.86	424.21	483.73	468.65	491.44
	120. dk	829.66	560.79	541.13	438.73	490.26	471.97	486.86
	240. dk	844.22	558.96	558.08	458.39	502.14	488.58	494.65
	1. Gün	852.48	575.06	563.06	452.47	577.24	481.82	503.20
	2. Gün	848.31	592.39	560.75	456.87	578.60	500.59	512.88
	3. Gün	851.62	581.57	574.77	470.21	582.71	483.90	505.90
	4. Gün	841.23	585.71	563.44	474.14	594.23	499.90	522.99

Tablo 4.3. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.

	Süre (dk, gün)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Emicilik Değeri (%)	30. dk	822.33	426.63	317.99	163.60	308.07	293.01	276.58
	60. dk	761.12	448.35	332.45	177.40	305.76	302.73	285.45
	120. dk	829.66	437.91	338.06	176.87	323.83	324.05	288.34
	240. dk	844.22	454.90	346.96	179.46	340.24	313.98	291.22
	1. Gün	852.48	411.61	342.80	202.75	325.37	325.70	300.97
	2. Gün	848.31	425.37	356.13	208.84	321.93	327.75	304.70
	3. Gün	851.62	420.94	366.18	208.50	331.21	327.13	309.13
	4. Gün	841.23	426.24	359.97	218.55	337.77	340.51	318.64

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.4. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.

	Süre (dk, gün)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Emicilik Değeri (%)	30. dk	822.33	536.50	526.00	406.00	455.00	442.00	425.33
	60. dk	761.12	556.50	526.50	426.73	476.00	453.50	439.00
	120. dk	829.66	572.00	533.85	426.66	478.00	472.50	438.33
	240. dk	844.22	542.00	537.50	428.33	459.50	536.50	435.33
	1. Gün	852.48	548.39	582.98	431.31	475.59	481.10	426.09
	2. Gün	848.31	549.64	575.27	429.13	473.56	481.52	442.94
	3. Gün	851.62	549.96	581.63	438.36	488.62	474.42	427.48
	4. Gün	841.23	546.52	565.40	420.37	500.11	493.62	427.90

Tablo 4.5. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % dinamik ve denge su emicilik değerleri.

	Süre (dk, gün)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Emicilik Değeri (%)	30. dk	822.33	437.00	359.00	290.00	327.50	339.50	252.00
	60. dk	761.12	441.00	412.50	297.50	358.00	383.00	258.00
	120. dk	829.66	443.00	436.00	308.00	363.50	377.00	261.50
	240. dk	844.22	449.50	441.50	314.00	367.00	387.00	254.00
	1. Gün	852.48	419.05	343.35	317.32	315.51	300.50	271.28
	2. Gün	848.31	439.67	352.18	328.46	326.49	344.53	278.59
	3. Gün	851.62	423.97	343.72	336.10	333.40	345.86	281.61
	4. Gün	841.23	438.92	357.53	351.17	326.50	351.88	283.53

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

#### 4.5. PVOH/AS ile Kaplanmış Dokusuz Tekstil Yüzeylerin Su Tutma ve Suyun Buharlaşma Bulguları

Su tutma yönteminde numuneler destile su dolu kap içerisine konulmuş, 5 dakika bekletilerek çıkarılmış ve üzerindeki fiziksel bağlı su uzaklaştırmıştır. Ardından oda sıcaklığına bırakılan numuneler 0. saatten itibaren 2'şer saat aralıklarla 24. saatlerin sonunda tartılmıştır. Numunelerin başlangıçtaki ağırlıkları ve her ölçüm saati sonunda alınan ağırlıkları kullanılarak su tutma ve su buharlaşma oranları hesaplanmıştır. Her bir numune 3'er tekrar şeklinde hazırlanmış ve çıkan sonuçların ortalaması alınarak, standart sapması verilmiştir. Kaplama yapılmayan dokusuz tekstil yüzeylerin su tutma oranları şu şekildedir; 2. saatte sonunda alınan ölçüm  $94 \pm 1.22$  iken daha sonrasında su tutma oranı hızla azalmış ve 8. saatte  $64.88 \pm 0.12$ , 12. saatte  $36.82 \pm 1.36$  sonuçları elde edilmiştir. 24. saatin sonunda ise  $12.97 \pm 0.31$  değerine ulaşmıştır. Kaplanmamış dokusuz yüzeyin su buharlaşma oranı ise 2. saatte %6, 6. saatte %27, 10. saatte %54 olarak ölçülmüş ve her iki saatte alınan ölçümle, hızlı bir şekilde buharlaşmanın gerçekleştiği görülmüştür. 12. saat sonunda bu değer %71 ve 24. saatin sonunda ise %98 olarak ölçülmüştür.

Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol)  $60 \text{ g/m}^2$  PVOH, %27.75 ve %55.50 AS içerikli kaplama yüzeylerin su tutma kapasiteleri ve su buharlaşma değerleri Tablo 4.6 ve Tablo 4.7'de verilmiştir. Ref için 0. saatte %100 olan su tutma 2. saatten itibaren hızlı bir şekilde azalmaya başlamış ve 12. saatte  $50 \pm 0.5$  değerine ulaşmış ve 24. saatin sonunda  $13 \pm 1.10$  değerine ulaşmıştır. Glutaraldehit miktarından ve amonyum sülfat yükleme miktarından bağımsız olarak diğer tüm numunelerde aynı eğilim gözlenmiştir. Su tutmada gözlemlenen glutaraldehit ve amonyum sülfat miktarından bağımsız trend aynı şekilde su buharlaşma oranında da gözlemlenmiştir. 2. saatte  $17 \pm 0.63$  aralığında başlayan Ref numunesinin değeri 8. saatte alınan ölçümle  $45 \pm 1.13$  çıkmış ve suyun buharlaşması hızla gerçekleşerek 12. saatin sonunda  $61 \pm 1$  değerine ulaşmıştır. 24. saatin sonunda ise bu değer %100 olarak ölçülmüştür. Diğer numunelerde de aynı eğilim gözlemlenmiştir.

Tablo 4.8 ve Tablo 4.9'da düşük molekül ağırlıklı,  $120 \text{ g/m}^2$ 'lik PVOH ile %27.75 ve %55.50 oranlarında AS yüklenmiş numunelerin su tutma ve su buharlaşma değerleri verilmiştir. Kaplama numunelerin su tutma yüzdeleri, 0. saatte %100 iken her iki saatte

alınan ölçümlerde değerlerin birbirine yakın çıktığı görülmektedir. 27.75 AS, 1GA içeren numunenin su tutma yüzdesi 2. saatte  $88 \pm 3.23$ , 6. saatte  $69 \pm 1.17$  ve 12. saatte  $41 \pm 1$  çıkmıştır. Ancak 24. saatte yapılan ölçümlere göre su tutma değerlerinde farklılıkların olduğu görülmüştür. Buna göre, %27.75 AS içeren 001GA'lı numunenin 24. saatteki değeri  $16 \pm 0.99$  çıkarken, 1GA'lı numunenin  $29 \pm 0.39$  çıktığı görülmüştür. Aynı şekilde %55.50 AS içeren numunelerin de farklı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Tüm numunelerin su buharlaşma oranı ise 2. saatteki ortalama değerleri  $16 \pm 1.17$  iken, 6. saatte yapılan ölçüm değerleri  $30 \pm 2.71$ , 12. saatte  $50 \pm 1.41$  ve 24. saatte %100 çıkmıştır.

Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol ile %27.75 ve %55.50 amonyum sülfat içerikli kaplamalara ait su tutma ve su buharlaşma sonuçları Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de gösterilmektedir. Ölçüm sonuçlarına göre numunelerin su tutma değerleri, 12. saatin sonunda sabitlenmiş ve yaklaşık  $20 \pm 0.59$  değerini vermiştir. %27.75 AS içeren numunelerin su tutma değerleri %55.50 içeren AS numunelere göre çok daha hızlı bir şekilde azalmıştır. Su tutma ile buharlaşma arasındaki ters orantı sonucu su tutması yüksek olan numunelerin buharlaşma değerlerinin düşük çıktığı görülmüş, 12. saatin sonunda buharlaşma yüzdesi sabitlenmiş ve %100 değerine ulaşmıştır.

Tablo 4.12 ve Tablo 4.13'te, yüksek molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup>'lik PVOH ile %27.75 ve %55.50'lik AS içerikli numunelerin su tutma ve su buharlaşma sonuçları verilmiş olup, numunelerin su tutma değerinin 12. saatin sonunda sabitlendiği ve yaklaşık  $25-30 \pm 0.23$  aralığında değiştiği tespit edilmiştir. %55.50 AS içeren numunelerin su tutma değerleri %27.75 içeren AS numunelere göre çok daha hızlı bir şekilde azalmıştır. Su buharlaşma oranı ise su tutmayla ters orantılı sonuçlar vermiştir. Su tutma değeri düşük olan numunenin su buharlaşma değerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

Tablo 4.6. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Tutma Değeri (%)	0	100	100	100	100	100	100	100
	2	94±1.22	84.69±0.42	84.10±0.83	88.16±0.45	87.39±0.45	85.94±0.42	87.57±2.49
	4	85.47±0.03	76.95±0.77	77.24±0.75	79.46±0.39	81.05±0.01	77.38±0.03	77.00±2.35
	6	75.55±0.21	66.52±0.24	67.25±0.94	73.66±3.03	74.05±0.13	69.12±0.83	69.65±0.71
	8	64.88±0.12	61.13±0.68	62.34±1.88	68.35±2.12	69.76±0.04	64.48±1.26	63.44±0.14
	10	51.60±2.42	56.54±0.32	57.52±0.52	61.52±2.38	61.07±0.23	53.55±1.26	52.85±0.05
	12	36.82±1.36	50.50±0.50	50.50±0.50	56.50±4.50	51.50±0.50	50.50±1.50	46.00±1.00
	14	23.48±0.23	43.25±0.23	45.89±0.98	48.23±2.30	44.02±0.20	45.78±0.02	38.50±0.23
	16	15.13±0.56	35.89±0.52	38.53±0.24	40.08±1.20	36.25±0.36	39.63±0.31	29.86±0.52
	18	14.12±0.42	22.36±0.41	25.64±0.02	33.25±0.04	24.02±0.45	26.54±0.54	21.23±0.01
	20	13.05±0.32	19.85±0.18	19.82±0.40	24.56±0.36	18.23±0.02	20.31±0.32	19.05±0.04
	22	13.02±0.21	17.83±0.14	14.23±0.65	18.23±0.96	16.75±0.02	18.75±0.53	18.52±0.08
	24	12.97±0.31	13.38±0.68	15.05±0.85	17.95±0.80	14.78±1.10	16.82±0.02	18.01±1.69

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama



Tablo 4.7. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Buharlaşma Değeri (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	8.28±0.05	17.73±0.63	18.80±0.82	14.23±0.52	14.98±0.33	17.17±0.57	13.03±1.05
	4	16.34±0.12	26.67±0.69	26.91±0.65	24.69±0.42	22.54±0.28	27.64±0.13	24.65±0.22
	6	27.47±1.43	38.76±0.58	26.91±0.65	31.68±3.72	30.87±0.58	37.73±0.88	35.09±2.36
	8	39.52±1.32	45.01±1.13	44.57±2.63	38.07±2.63	35.96±0.54	43.39±1.39	42.98±1.26
	10	54.50±0.23	50.32±0.76	50.26±1.07	46.29±2.97	46.29±0.35	56.76±1.34	53.59±3.31
	12	71.16±0.12	61.00±1.00	60.50±1.50	53.00±3.00	54.00±1.00	63.50±1.50	60.50±0.50
	14	85.14±0.17	69.00±0.20	70.00±0.60	63.00±0.52	62.00±0.30	71.00±0.10	74.50±0.30
	16	90.22±0.42	75.00±0.40	77.00±0.80	72.00±0.64	75.00±0.20	80.50±0.50	80.20±0.02
	18	92.34±0.21	87.00±1.20	82.00±0.70	85.00±0.64	82.00±1.20	84.20±0.02	85.30±0.01
	20	96.23±0.21	92.00±0.80	92.00±2.00	92.00±0.70	89.00±1.10	93.50±0.002	90.30±0.07
	22	97.82±0.23	98.00±0.30	100.00±1.30	96.00±1.10	95.00±0.02	99.80±0.21	88.95±0.07
	24	98.01±0.14	100.30±0.02	100.51±0.11	98.00±1.17	101.35±0.07	101.66±0.37	99.26±1.62

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.8. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Tutma Değeri (%)	0	100	100	100	100	100	100	100
	2	94±1.22	87.99±0.60	83.09±0.89	88.28±3.23	88.94±0.77	85.07±3.04	90.03±0.10
	4	85.47±0.03	82.65±0.50	76.68±1.57	77.61±1.87	84.13±1.48	77.33±2.91	84.18±0.03
	6	75.55±0.21	77.25±0.57	70.28±2.53	69.22±1.17	78.44±1.40	71.33±1.21	78.86±0.25
	8	64.88±0.12	72.19±0.62	63.21±3.89	60.88±0.66	73.16±0.47	67.62±0.67	73.35±1.79
	10	51.60±2.42	62.51±0.69	56.34±3.94	50.54±1.36	66.85±0.11	60.88±0.71	59.21±0.15
	12	36.82±1.36	51.50±1.50	48.50±3.50	41.00±1.00	59.50±0.50	52.50±0.50	51.50±0.50
	14	23.48±0.23	40.85±0.02	41.32±2.10	32.68±0.68	51.23±0.21	48.53±0.23	45.23±0.32
	16	15.13±0.56	33.50±0.56	32.56±0.23	31.25±0.72	45.23±0.01	40.69±1.34	31.25±0.56
	18	14.12±0.42	22.05±0.41	20.69±1.23	29.65±0.25	39.65±0.64	33.28±2.38	28.45±0.14
	20	13.05±0.32	19.65±0.75	17.62±0.45	29.31±0.01	33.22±0.28	25.64±0.02	28.01±0.02
	22	13.02±0.21	18.65±0.23	17.03±1.25	29.21±0.36	28.55±0.25	23.21±0.43	27.02±0.24
	24	12.97±0.31	18.54±0.56	16.73±0.99	29.01±0.39	23.02±1.87	20.77±0.94	26.40±1.67

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.9. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Buharlaşma Değeri (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	8.28±0.05	14.82±0.56	17.75±1.44	19.68±1.53	14.35±1.00	17.48±2.48	13.73±0.26
	4	16.34±0.12	21.43±0.36	23.94±2.12	29.02±5.41	20.58±1.92	26.37±1.43	21.79±0.58
	6	27.47±1.43	28.10±0.36	29.84±2.74	40.30±5.05	27.98±1.82	34.34±0.29	29.12±0.50
	8	39.52±1.32	34.35±0.36	37.04±2.39	52.12±4.35	34.82±0.61	39.40±0.60	36.65±1.39
	10	54.50±0.23	46.31±0.30	44.89±2.73	65.01±3.24	43.01±0.14	47.48±0.97	56.22±1.44
	12	71.16±0.12	55.25±0.25	51.50±1.50	72.50±2.50	49.50±0.50	54.00±1.00	61.50±1.50
	14	85.14±0.17	63.00±0.15	58.50±1.23	79.63±1.23	56.30±0.23	61.23±0.23	68.50±0.02
	16	90.22±0.42	71.02±0.15	63.25±1.00	85.23±3.21	64.20±0.54	68.23±0.54	72.30±0.04
	18	92.34±0.21	83.20±0.36	75.80±1.25	90.20±4.20	70.80±1.23	78.96±0.69	80.20±0.36
	20	96.23±0.21	91.40±0.25	84.72±1.32	98.32±2.35	81.20±0.24	83.26±0.002	85.90±0.23
	22	97.82±0.23	98.50±0.45	95.23±2.31	99.25±1.26	95.30±0.78	92.36±1.23	93.40±0.12
	24	98.01±0.14	100.64±0.51	100.98±0.06	101.29±0.03	99.92±2.43	100.85±0.31	101.40±0.69

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.10. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Tutma Değeri (%)	0	100	100	100	100	100	100	100
	2	94±1.22	70.45±0.09	68.40±4.05	61.95±0.77	77.49±1.73	76.62±4.43	75.58±3.14
	4	85.47±0.03	58.25±5.03	52.29±1.68	43.86±0.82	66.29±0.92	66.36±1.96	65.24±0.06
	6	75.55±0.21	50.28±7.87	41.93±4.25	33.81±0.45	59.86±1.35	58.72±1.46	57.86±1.47
	8	64.88±0.12	36.23±6.46	26.74±2.55	20.39±0.45	47.46±1.57	49.13±1.34	42.03±5.18
	10	51.60±2.42	20.05±0.08	13.67±0.76	16.66±0.63	29.81±1.34	32.11±0.85	25.18±1.19
	12	36.82±1.36	13.65±0.34	14.63±1.09	16.53±0.22	13.94±0.55	15.40±1.13	16.77±0.21
	14	23.48±0.23	13.65±0.34	14.63±1.09	16.53±0.22	13.94±0.55	15.40±1.13	16.77±0.21
	16	15.13±0.56	13.65±0.34	14.63±1.09	16.53±0.22	13.94±0.55	15.40±1.13	16.77±0.21
	18	14.12±0.42	13.65±0.34	14.63±1.09	16.53±0.22	13.94±0.55	15.40±1.13	16.77±0.21
	20	13.05±0.32	13.47±0.11	13.93±0.15	16.88±0.24	14.64±0.41	15.21±0.31	16.16±0.35
	22	13.02±0.21	13.47±0.11	13.93±0.15	16.88±0.24	14.64±0.41	15.21±0.31	16.16±0.35
	24	12.97±0.31	13.47±0.11	13.93±0.15	16.88±0.24	14.64±0.41	15.21±0.31	16.16±0.35

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.11. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzeý	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Buharlaşma Değeri (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	8.28±0.05	37.42±2.63	41.62±0.46	46.59±0.76	26.85±2.26	28.10±5.17	24.76±1.42
	4	16.34±0.12	49.92±6.83	57.60±3.27	68.75±1.28	40.19±0.80	40.49±2.59	40.80±1.89
	6	27.47±1.43	68.13±0.52	69.01±5.48	81.05±0.87	47.87±1.97	49.68±2.05	50.72±2.95
	8	39.52±1.32	83.84±1.40	88.65±5.19	97.48±0.94	62.66±2.33	61.19±1.25	72.39±5.34
	10	54.50±0.23	92.35±1.58	98.88±3.92	102.05±0.37	83.69±0.99	81.69±1.50	91.23±0.61
	12	71.16±0.12	101.49±0.54	100.23±0.74	102.21±0.13	102.63±1.41	101.80±1.97	102.40±0.30
	14	85.14±0.17	101.49±0.54	100.23±0.74	102.21±0.13	102.63±1.41	101.80±1.97	102.40±0.30
	16	90.22±0.42	101.73±0.03	101.16±0.24	101.78±0.10	101.78±0.24	102.02±0.22	102.86±0.10
	18	92.34±0.21	101.73±0.03	101.16±0.24	101.78±0.10	101.78±0.24	102.02±0.22	102.86±0.10
	20	96.23±0.21	101.73±0.03	101.16±0.24	101.78±0.10	101.78±0.24	102.02±0.22	102.86±0.10
	22	97.82±0.23	101.73±0.03	101.16±0.24	101.78±0.10	101.78±0.24	102.02±0.22	102.86±0.10
	24	98.01±0.14	101.73±0.03	101.16±0.24	101.78±0.10	101.78±0.24	102.02±0.22	102.86±0.10

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.12. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su tutma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Tutma Değeri (%)	0	100	100	100	100	100	100	100
	2	94±1.22	75.37±1.10	71.92±1.21	65.29±0.14	59.09±0.81	64.44±2.07	65.10±0.96
	4	85.47±0.03	60.74±0.54	57.90±0.78	47.65±1.46	40.82±0.77	41.59±2.47	39.36±3.13
	6	75.55±0.21	48.68±0.74	51.44±3.06	38.82±0.19	31.68±1.67	28.52±0.54	36.65±2.01
	8	64.88±0.12	37.85±1.10	35.78±3.45	30.77±0.10	20.20±0.44	20.79±0.86	25.77±0.21
	10	51.60±2.42	27.63±2.26	25.57±0.37	22.60±2.64	18.98±1.15	17.76±0.03	27.96±0.72
	12	36.82±1.36	18.18±0.01	18.19±0.12	19.80±0.23	18.06±0.28	17.76±0.03	22.24±0.76
	14	23.48±0.23	18.18±0.01	18.19±0.12	19.80±0.23	18.06±0.28	17.76±0.03	22.24±0.76
	16	15.13±0.56	18.18±0.01	18.19±0.12	19.80±0.23	18.06±0.28	17.76±0.03	22.24±0.76
	18	14.12±0.42	18.18±0.01	18.19±0.12	19.80±0.23	18.06±0.28	17.76±0.03	22.24±0.76
	20	13.05±0.32	17.83±0.45	18.27±0.13	19.92±0.21	18.47±0.58	17.29±0.56	21.60±0.06
	22	13.02±0.21	17.83±0.45	18.27±0.13	19.92±0.21	18.47±0.58	17.29±0.56	21.60±0.06
	24	12.97±0.31	17.83±0.45	18.27±0.13	19.92±0.21	18.47±0.58	17.29±0.56	21.60±0.06

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.13. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin ve ham dokusuz yüzeyin % su buharlaşma değerleri.

	Süre (saat)	Ham Dokusuz Yüzey	Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
			27.75			55.50		
			Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Su Buharlaşma Değeri (%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	8.28±0.05	33.72±1.52	35.38±1.58	44.55±0.38	54.52±0.90	45.12±2.27	48.94±3.15
	4	16.34±0.12	50.65±2.21	53.06±1.07	67.18±1.57	76.71±1.63	74.12±2.55	76.64±0.96
	6	27.47±1.43	64.62±0.49	61.20±3.95	78.52±0.60	87.11±2.85	90.75±0.02	85.08±2.30
	8	39.52±1.32	78.18±1.81	80.94±4.22	88.85±0.54	100.94±1.05	100.98±0.61	102.70±2.25
	10	54.50±0.23	92.84±0.53	93.81±0.32	99.35±3.84	101.75±1.86	100.57±1.88	101.67±5.43
	12	71.16±0.12	102.35±0.01	103.12±0.003	102.94±0.16	102.09±0.59	101.41±0.77	102.24±2.32
	14	85.14±0.17	102.35±0.01	103.12±0.003	102.94±0.16	102.09±0.59	101.41±0.77	102.24±2.32
	16	90.22±0.42	102.35±0.01	103.12±0.003	102.94±0.16	102.09±0.59	101.41±0.77	102.24±2.32
	18	92.34±0.21	102.55±0.32	103.01±0.004	102.78±0.19	102.96±0.57	102.01±0.11	102.14±0.25
	20	96.23±0.21	102.55±0.32	103.01±0.004	102.78±0.19	102.96±0.57	102.01±0.11	102.14±0.25
	22	97.82±0.23	102.55±0.32	103.01±0.004	102.78±0.19	102.96±0.57	102.01±0.11	102.14±0.25
24	98.01±0.14	102.55±0.32	18.27±0.13	102.78±0.19	102.96±0.57	102.01±0.11	102.14±0.25	

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

#### 4.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Azotu Salım Miktarı Bulguları

Amonyum azotu salım miktarı ölçümlerinde amonyum sülfat içeren PVOH kaplanmış dokusuz yüzeyler, sünger üzerine konularak birer gün arayla sulama yapılmış ve her defasında sulama suyu değiştirilmiştir. Ardından her sulama suyunun UV-Vis spektrofotometrede ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca her sulama suyunun pH'sı ölçülmüş ve pH değerinin tüm numunelerde 4.76-5.38 aralığında değiştiği görülmüştür. Amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım miktarları, her sulama sonrası elde edilen değerler üst

üste toplanarak % kümülatif değerler olarak hesaplanmış ve sonuçlar tablo halinde verilmiştir.

Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup>'lik PVOH ile kaplanan ve %27.75 AS içeren numunelerde amonyum azotu salım verilerinin Ref için %34 ± 4.98'den, 001GA için %42 ± 8.37'den ve 1GA için %33 ± 6.57'den başlayıp hepsinin hemen hemen aynı seyirde devam edip toplamda 8 sulamada %100 salım değerine ulaştığı görülmüştür. %55.50 AS yüklemesi yapılan numuneler %31 ± 2.19 (Ref), %36 ± 5.18 (001GA) ve %47 ± 5.68 (1GA) değerlerinden başlayarak amonyum azotu salımı gerçekleştirmiştir. Amonyum azotu salımı 9. sulama sonunda %100'e ulaşmıştır (Tablo 4.14).

Tablo 4.15'te düşük molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup>'lik PVOH ile %27.75 ve %55.50 AS yüklenmiş kaplama yüzeylere ait NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N salım sonuçları verilmiştir. Amonyum azotu salımı, %27.75 AS yüklenmiş yüzeylerde Ref %19 ± 0.93'den, 001GA %37 ± 1.79'dan, 1GA %39 ± 9.3'den başlamış ve 3 numunenin de eşdeğer bir biçimde amonyum azotu salımına sahip olduğu görülmüş ve toplamda 12. sulamanın sonunda %100 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N salım değerine ulaşılmıştır. Polivinil alkol miktarı sabit tutularak oluşturulan, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen referans kumaşta amonyum azotu %58 ± 2.56'dan, GA içeren (001GA ve 1GA) yüzeylerde ise amonyum azotu %12 ± 1.4 ve %37 ± 8.57'den başlayarak salıma uğramış ve 13. sulamanın sonunda %100 değerine ulaşmıştır.

Amonyum azotu salım uygulamasında, yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH kullanılarak ve %27.75 ve %55.50 AS yüklemesi yapılarak hazırlanan numunelere ait salım sonuçları Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de verilmiştir.

60 g/m<sup>2</sup> PVOH ve %27.75 AS yüklemesi yapılan numunelerin NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N salımının sırasıyla %69 ± 5.78 (Ref), %53 ± 32.72 (001GA), %59 ± 3.80'den (1GA) başlayarak aynı salım değerlerine sahip olduğu ve 6. sulama sonunda %100'e ulaştığı görülmüştür. %55.50 AS için ise NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N salımı Ref için %28 ± 8.15, 001GA için %13 ± 2.76 ve 1GA için %48 ± 3.03 değerleriyle başlamış ve toplamda 10. sulamada %100'e ulaşmıştır (Tablo 4.16).



Tablo 4.17’de verilen yüksek molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup>’lik PVOH ile kaplanmış numunelerin NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N salımı ise %27.75 AS yüklemeli için Ref %10 ± 1.52’den, 001GA %18 ± 2.91’den, 1GA %12 ± 4.71’den başlayarak salıma uğramış ve 3 numunenin de salım verileri aynı seyirde ilerlemiştir. 13. sulamanın sonunda %100 amonyum azotu salımı gerçekleşmiştir. Polivinil alkol miktarı sabit tutularak oluşturulan, %55.50 amonyum sülfat yüklemeli GA içermeyen referans kumaşta NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N % 6 ± 3.34’dan, GA içeren (001GA ve 1GA) yüzeylerde ise NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N %10 ± 6.78 ve %4 ± 10’dan başlayarak salıma uğramış ve amonyum azotu salımı toplamda 18. sulamanın sonunda %100’e ulaşmıştır.

Tablo 4.14. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım değerleri.

Sulama Sayısı		Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
		27.75			55.50		
		Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Kümülatif NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N Salımı (%)	1	34.60±4.98	42.25±8.37	33.19±6.57	31.46±2.19	36.43±5.18	46.80±5.68
	2	58.13±5.93	65.41±5.43	50.46±2.31	58.13±0.29	71.76±14.16	67.80±3.91
	3	70.77±4.85	75.63±2.32	63.54±2.69	68.40±1.77	80.37±9.86	79.81±2.95
	4	78.60±3.09	84.03±2.39	71.73±1.92	78.18±0.37	86.44±7.18	85.58±2.35
	5	88.99±0.33	87.79±2.85	82.18±0.08	83.76±2.26	90.97±2.66	90.46±0.72
	6	89.87±0.30	90.70±1.21	84.16±1.29	87.68±2.88	93.65±1.36	92.68±0.39
	7	92.50±0.88	94.16±0.37	89.07±0.05	90.89±4.11	95.33±1.10	94.47±0.90
	8	100	100	100	94.83±1.40	96.63±1.09	95.06±1.49
	9	-	-	-	100	100	100

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.15. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım değerleri.

Sulama Sayısı	Amonyum Sülfat Miktarı (%)						
	27.75			55.50			
	Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	
Kümülatif NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N Salımı (%)	1	19.43±0.93	37.11±1.79	39.56±9.30	58.37±2.56	12.48±1.40	37.08±8.57
	2	40.59±3.47	52.50±3.17	60.80±0.06	75.02±3.98	49.92±9.70	66.00±3.01
	3	56.68±9.30	61.83±2.92	62.67±0.07	82.22±4.06	61.73±11.71	76.53±1.17
	4	70.54±8.43	69.42±3.73	73.96±9.44	84.70±4.10	73.20±8.02	85.32±0.58
	5	76.83±7.78	72.96±2.29	77.64±11.49	87.24±4.17	82.14±8.08	90.75±2.24
	6	82.52±5.89	77.95±3.71	80.93±8.20	89.27±4.49	87.28±4.94	93.60±2.41
	7	85.14±5.38	81.98±3.04	86.04±9.66	91.14±4.85	91.29±2.47	95.12±2.84
	8	88.25±3.48	84.81±1.65	86.94±9.77	91.65±4.89	93.46±2.18	95.96±2.54
	9	89.28±3.42	85.95±1.65	87.88±9.95	92.04±4.89	94.05±2.13	96.28±2.66
	10	90.24±3.36	87.20±1.59	88.35±9.47	92.35±4.83	94.52±2.06	96.46±2.77
	11	92.14±2.04	88.95±0.33	88.80±9.02	93.43±4.38	95.60±1.64	96.67±2.85
	12	100	100	100	93.71±4.50	96.46±1.35	96.92±3.08
	13	-	-	-	100	100	100

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.16. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım değerleri.

		Amonyum Sülfat Miktarı (%)						
		27.75			55.50			
		Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA	
Kümülatif NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N Salımı (%)	Sulama Sayısı	1	69.24±5.78	53.66±32.72	59.73±3.80	28.50±8.15	13.17±2.76	47.88±3.03
	2	77.13±0.93	71.00±21.85	76.56±1.10	43.89±0.30	26.80±0.41	62.76±0.88	
	3	82.68±6.36	79.24±13.61	87.07±1.51	61.08±1.67	45.82±1.22	79.13±5.21	
	4	95.62±0.93	94.12±5.43	94.91±0.88	75.21±1.31	64.42±0.12	83.97±6.06	
	5	98.61±0.003	97.16±2.48	97.91±0.88	82.67±0.18	74.94±3.60	86.80±4.88	
	6	100	100	100	88.85±2.05	78.70±2.72	91.89±4.81	
	7	-	-	-	91.77±2.67	82.27±2.27	93.78±2.92	
	8	-	-	-	93.89±3.01	84.48±2.29	96.60±1.80	
	9	-	-	-	94.85±2.47	87.57±1.77	98.89±0.26	
	10	-	-	-	100	100	100	

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

Tablo 4.17. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) 120 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanmış dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım değerleri.

Sulama Sayısı		Amonyum Sülfat Miktarı (%)					
		27.75			55.50		
		Ref	001GA	1GA	Ref	001GA	1GA
Kümülatif NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N Salımı (%)	1	10.36±1.52	18.56±2.91	11.59±4.71	6.33±3.34	10.31±6.78	10.49±5.95
	2	22.33±2.49	40.73±7.19	24.24±10.28	13.06±1.76	16.64±6.09	15.98±7.17
	3	33.54±3.04	58.08±18.80	41.88±6.02	20.09±1.73	25.62±7.14	23.53±7.09
	4	44.38±10.61	64.89±13.32	62.51±9.42	23.48±1.75	30.37±8.79	27.03±5.49
	5	50.69±9.92	72.54±15.31	66.37±10.15	32.23±2.17	53.51±13.81	38.96±1.53
	6	54.05±8.39	78.79±14.10	68.76±10.54	39.06±3.24	58.56±15.95	44.32±0.32
	7	59.91±9.98	84.14±9.91	76.31±9.38	48.29±8.14	63.69±18.79	64.73±4.41
	8	64.53±9.96	85.01±9.04	78.74±8.90	50.97±8.10	69.40±17.93	69.72±1.77
	9	72.90±9.27	88.38±7.96	81.80±9.23	59.33±4.52	71.63±17.17	71.13±1.58
	10	76.07±8.01	90.34±6.00	84.81±6.23	70.29±4.78	82.16±8.45	73.99±2.46
	11	79.09±6.69	91.39±4.96	90.11±9.51	72.66±4.25	88.54±4.57	77.20±3.81
	12	81.44±6.58	93.16±4.04	91.08±8.92	78.54±2.01	91.13±3.55	79.23±2.84
	13	100	100	100	80.09±0.67	92.86±2.39	79.79±2.28
	14	-	-	-	81.77±0.43	93.92±1.37	81.22±2.12
	15	-	-	-	83.18±0.51	95.63±0.75	83.22±0.12
	16	-	-	-	85.12±0.74	96.59±0.65	85.89±1.11
	17	-	-	-	99.74±0.05	100	99.93±0.07
	18	-	-	-	100	-	100

**Ref:** Referans (Glutaraldehit ilavesiz kaplama)/ **001GA:** GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama/ **1GA:** GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama

## 5. BÖLÜM

### TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

#### 5.1. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin SEM-EDX Sonuçları

Çalışma kapsamında elde edilen polivinil alkol/amonyum sülfat (PVOH/AS) ile kaplanmış dokusuz yüzeyler ile amonyum sülfat içermeyen (referans) kumaşın SEM sonuçları değerlendirildiğinde, görsel haritalamada referans kumaşın yüzeyinde azotun (kırmızı renkle gösterilen) görülmediği, %27.75 amonyum sülfat yüklü kumaş yüzeyinde azotun görüldüğü ve homojen bir dağılım gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Amonyum sülfat miktarı %55.50'ye çıkarıldığında ise azot miktarının arttığı ve %27.75 yüklemde olduğu gibi homojen bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 4.1).

#### 5.2. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopi (FTIR) Sonuçları

Polivinil alkol ve glutaraldehit arasında çapraz bağlanmanın gerçekleşip gerçekleşmediğini tespit edebilmek için öncelikle ilgili tüm kimyasalların teker teker, ardından ise hepsinin bir arada olduğu karışımların incelenmesi gerekmektedir. Şekil 4.2.a'da görüldüğü gibi, dokusuz yüzey (I) sırasıyla  $1740\text{ cm}^{-1}$  ve  $1100\text{ cm}^{-1}$  dalga sayısında ester karbonil ve metilen gruplarına karşılık gelen absorpsiyon bantları göstermektedir [85]. PVOH (II),  $3550\text{ cm}^{-1}$  ve  $2900\text{ cm}^{-1}$  arasında intermoleküler ve intramoleküler hidrojen bağından kaynaklanan O-H gerilmesiyle bağlantılı olan geniş bantlar vermiştir.  $2900$  ve  $2840\text{ cm}^{-1}$  arasında gözlemlenen titreşim bandı, alkil gruplarından C-H gerilmesine aittir.  $1450$  ve  $1112\text{ cm}^{-1}$ 'de görülen bantların O-H/C-H eğilme ve C-O gerilme titreşimlerine ait olduğu söylenebilir [86,87].

Amonyum sülfatta (III)  $650 - 460 \text{ cm}^{-1}$  (pik noktası:  $610 \text{ cm}^{-1}$ ) ve  $1200 - 650 \text{ cm}^{-1}$  (pik noktası:  $1030 \text{ cm}^{-1}$ ) arasında görülen bantlar, sülfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) titreşim gerilmelerine aittir.  $1510 - 1200 \text{ cm}^{-1}$  (pik noktası:  $1400 \text{ cm}^{-1}$ ) ve  $3300 - 2600 \text{ cm}^{-1}$  (pik noktaları yaklaşık olarak  $3200, 2900$  ve  $2800 \text{ cm}^{-1}$ ) arasında görülen bantlar ise amonyuma aittir [88,89]. Glutaraldehit (IV),  $2860 \text{ cm}^{-1}$ 'de gösterdiği omuz piki ile  $3240 \text{ cm}^{-1}$ 'de görülen geniş band, aldehitler ile ilgili C-H gerilmesine aittir. Ek olarak,  $1640 \text{ cm}^{-1}$ 'de karbonil (C=O) gerilme bandı görülmüştür [90,91].  $60 \text{ g/m}^2$  yüksek molekül ağırlıklı PVOH ile kaplanmış GA içermeyen referans kaplama (V) ve %1 GA içeren kaplama (VI) numuneleri ham dokusuz yüzeyle neredeyse aynı FTIR spektogramını vermiştir. Diğer yandan, %100 GA içeren kaplama numunesi (VII),  $1740 \text{ cm}^{-1}$ 'de gözlemlenen PVOH absorpsiyon bandına ek olarak  $1640$ 'dan  $1580 \text{ cm}^{-1}$ 'e uzayan hafif bir omuz göstermiştir. Bu küçük omuz, glutaraldehit ile çapraz bağlanma olduğuna işaret etmektedir.

Çapraz bağın gerçekleşip gerçekleşmediğinden emin olabilmek için, dokusuz yüzey içermeyen filmler hazırlanmıştır (Şekil 4.2.b). Burada PVOH (I), AS (II) ve GA (III) kıyaslama amacıyla tekrardan verilmiştir. Referans (IV) ve %1 GA içeren filmler (V),  $1800$  ve  $1550 \text{ cm}^{-1}$  dalga sayısı arasında PVOH'a ait zayıf bir absorpsiyona sahiptir. Fakat %100 GA'lı filmler aynı bölgede, PVOH'tan daha güçlü bantlar vermiştir. Buna göre PVOH, %1 GA ile reaksiyon vermezken %100 GA ile reaksiyona girerek çapraz bağ yapmıştır.

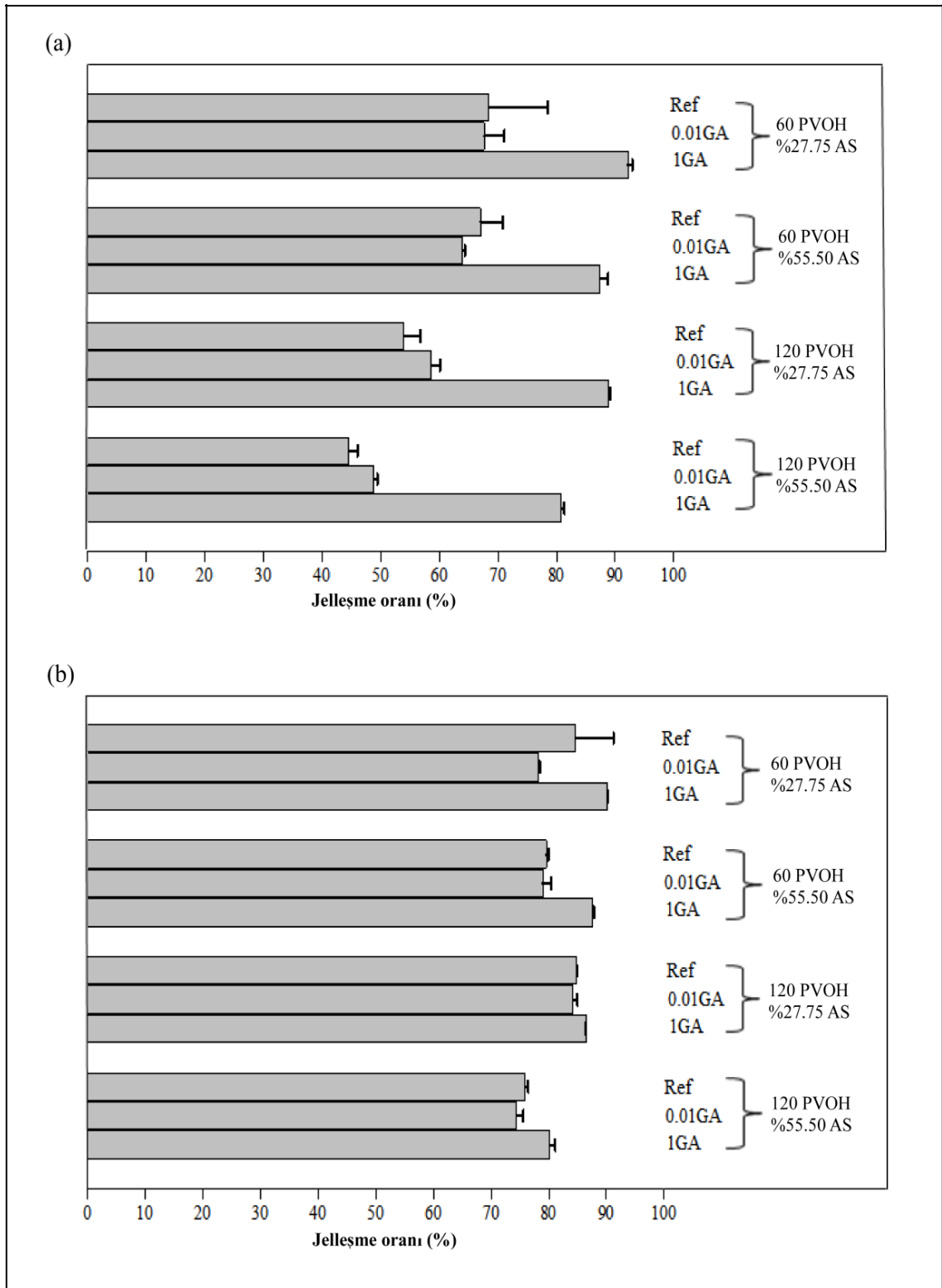
### 5.3. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Jelleşme Oranı Sonuçları

Farklı çapraz bağlayıcı oranlarına sahip ve çapraz bağlayıcı ilavesiz polivinil alkol/amonyum sülfat (PVOH/AS) ile kaplanmış dokusuz tekstil yüzeylerin jelleşme oranları (çapraz bağlanma dereceleri) incelenmiştir (Şekil 5.1). Düşük molekül ağırlıklı PVOH ile  $60 \text{ g/m}^2$  ve  $120 \text{ g/m}^2$ 'lik kaplamalarda referans ve %1 glutaraldehit (0.01GA) içeren numunelerde jelleşme oranı aşağı yukarı aynı çıkarken %100 GA (1GA) içeren numunelerin jelleşme oranı daha yüksek çıkmıştır (Şekil 5.1.a). Yüksek molekül ağırlıklı PVOH ile yapılan  $60 \text{ g/m}^2$  ve  $120 \text{ g/m}^2$ 'lik kaplamalarda ise jelleşme oranları GA miktarından bağımsız olarak birbirine yakın çıkmıştır (Şekil 5.1.b). %100 GA içeren numuneler hariç tutulduğunda düşük molekül ağırlıklı PVOH içeren kaplamaların genel olarak jelleşme oranlarının yüksek molekül ağırlıklı PVOH içeren

kaplamalara göre daha düşük çıktığı söylenebilir. Bu durum düşük molekül ağırlıklı PVOH'ın sudaki çözünürlüğünün daha fazla olmasıyla açıklanabilmektedir. %100 GA içeren numunelerde PVOH molekül ağırlığından bağımsız olarak jelleşme oranlarının referans ve %1 GA içeren numunelere göre daha yüksek çıkmış olması, bu kaplamalardaki PVOH'ın GA ile çapraz bağ yaptığına, %1 GA içeren kaplamalarda ise çapraz bağ yapmadığına işaret etmektedir. Bu sonuç, FTIR verileri tarafından da desteklenmektedir. Burada amonyum sülfat gübre yüklemesinin sonucu pek değiştirmedığı tespit edilmiştir.

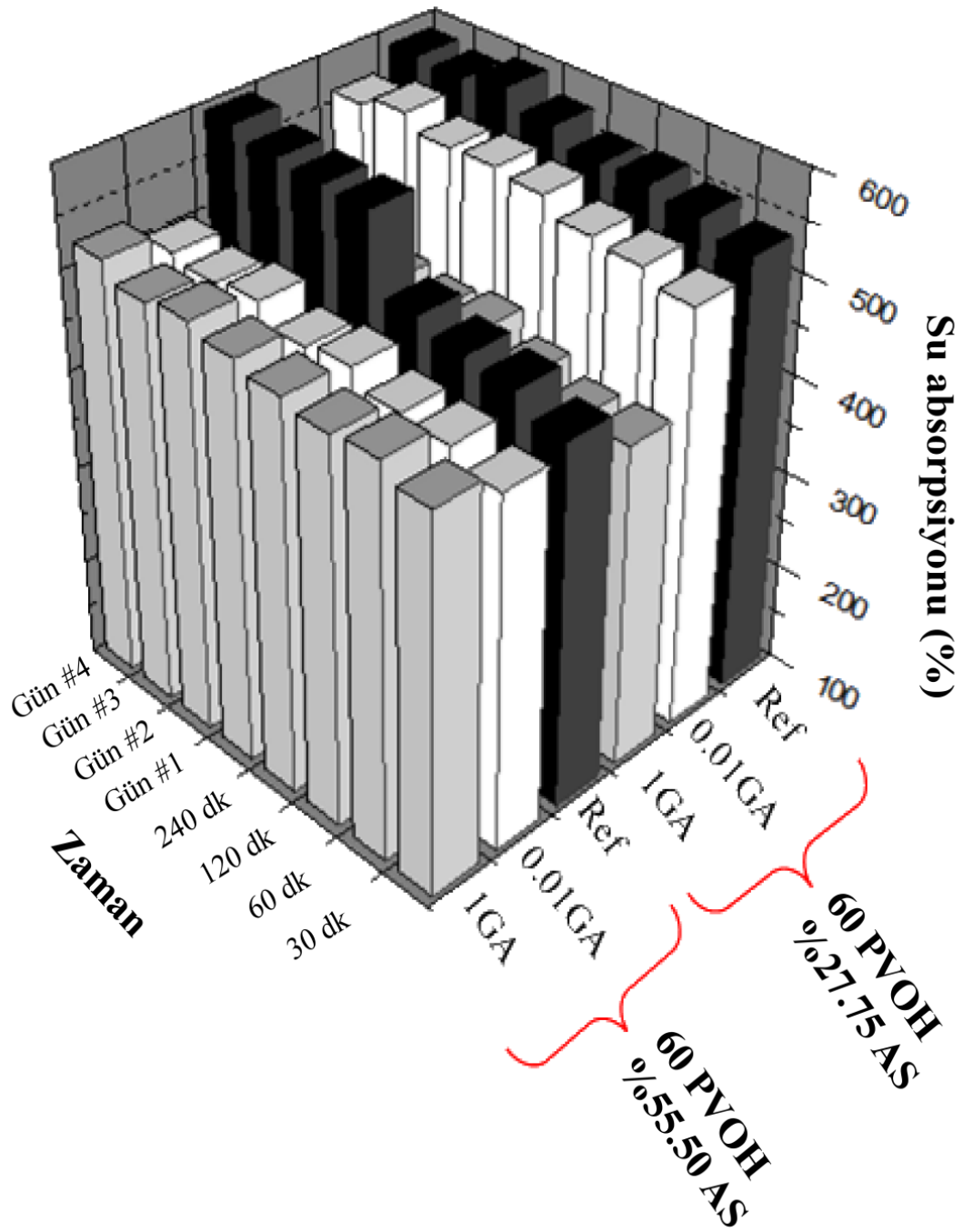
#### **5.4. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Dinamik ve Denge Su Emicilik Sonuçları**

Dinamik ve denge su emicilik ölçüm sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, ilk 30 dakika içerisinde nihai su emicilik değerlerine ulaşıldığı söylenebilmektedir (Şekil 5.2 - 5.5). Burada ham dokusuz yüzeyin (kaplama yapılmamış) hem dinamik hem de denge su emicilik değerleri incelendiğinde (%925-959), hem düşük hem de yüksek molekül ağırlıklı polivinil alkol (PVOH) kullanıldığında su emicilik değerlerinin önemli ölçüde azaldığı ortaya çıkmaktadır. Ancak burada PVOH molekül ağırlığından ziyade PVOH, amonyum sülfat (AS) ve glutaraldehit (GA) yükleme miktarlarının daha önemli olduğu görülmektedir. PVOH kaplama miktarını  $60 \text{ g/m}^2$ 'den  $120 \text{ g/m}^2$ 'ye yükseltmek, su emicilik kapasitesini en az %100 oranında azaltmıştır. %100 GA kullanımı ise su emiciliği en az %200 oranında azaltmıştır. Bu durum, PVOH'ın çapraz bağlanma neticesinde hidrofobik koruyucu bir tabakayla örtülmesinden kaynaklanmaktadır. Diğer taraftan amonyum sülfat yüklemesinin %27.75'ten %55.50'ye çıkarılması, GA ilavesinin etkisini azaltmıştır. Bu azalmaya rağmen %55.50 AS içeren kaplamaların su emicilik değerleri, %27.75 AS içerenlere nazaran daha düşük çıkmıştır. Burada düşük ve yüksek molekül ağırlıklı  $120 \text{ g/m}^2$  PVOH ile yapılan ve %27.75 AS içeren kaplamalarda farklı bir durum ortaya çıkmıştır (Şekil 5.3. ve Şekil 5.5.). FTIR ve jelleşme oranı sonuçlarına göre %1 GA içeren numunelerde çapraz bağlanma olmamıştır. Ancak burada %1 GA içeren numunelerin su emicilik değerleri referansa göre daha düşük çıkmıştır.

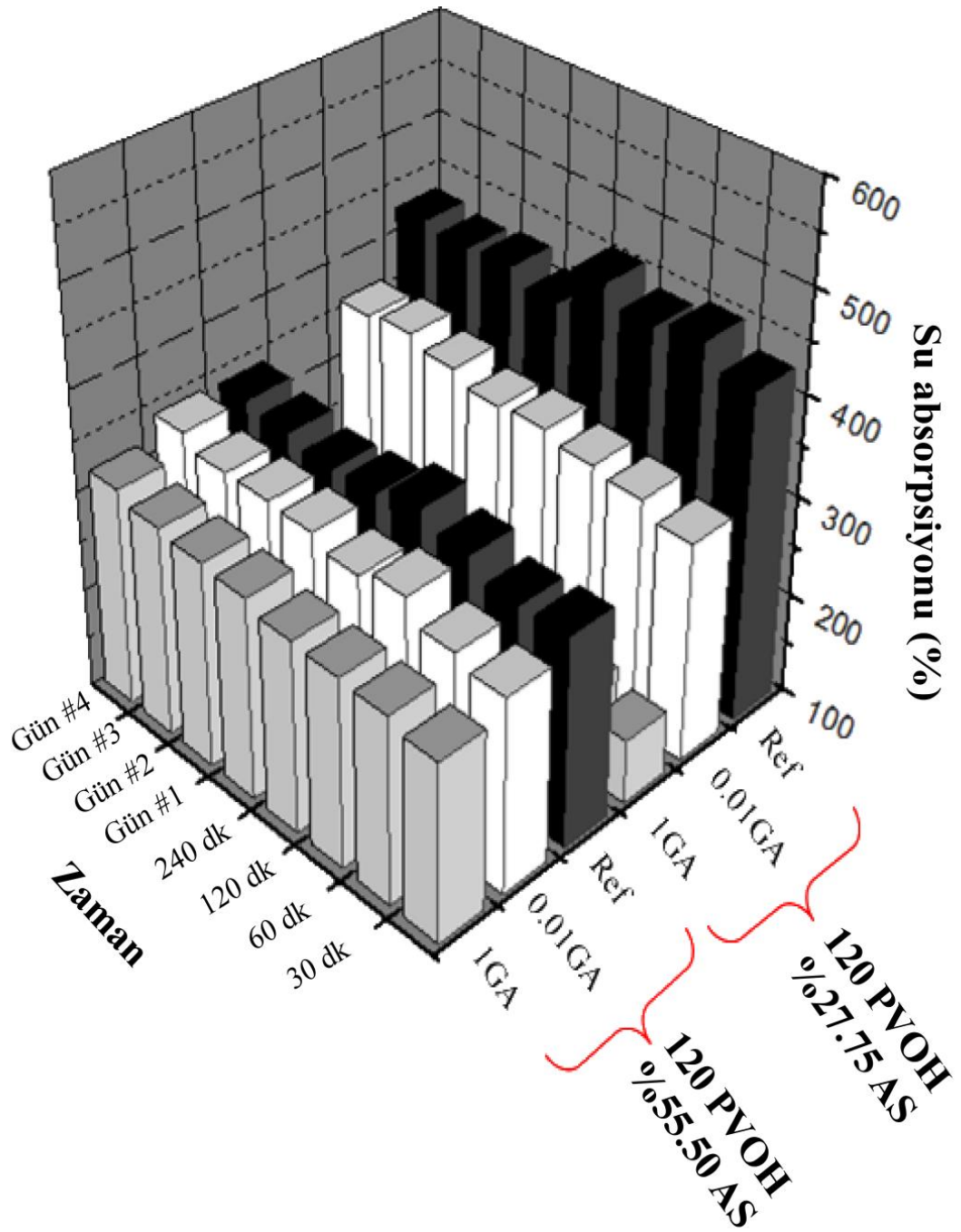


Şekil 5.1. (a) Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol), (b) Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin jelleşme oranı grafiği (60 PVOH:60 g/m<sup>2</sup> PVOH, 120 PVOH:120 g/m<sup>2</sup> PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA:GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA: GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

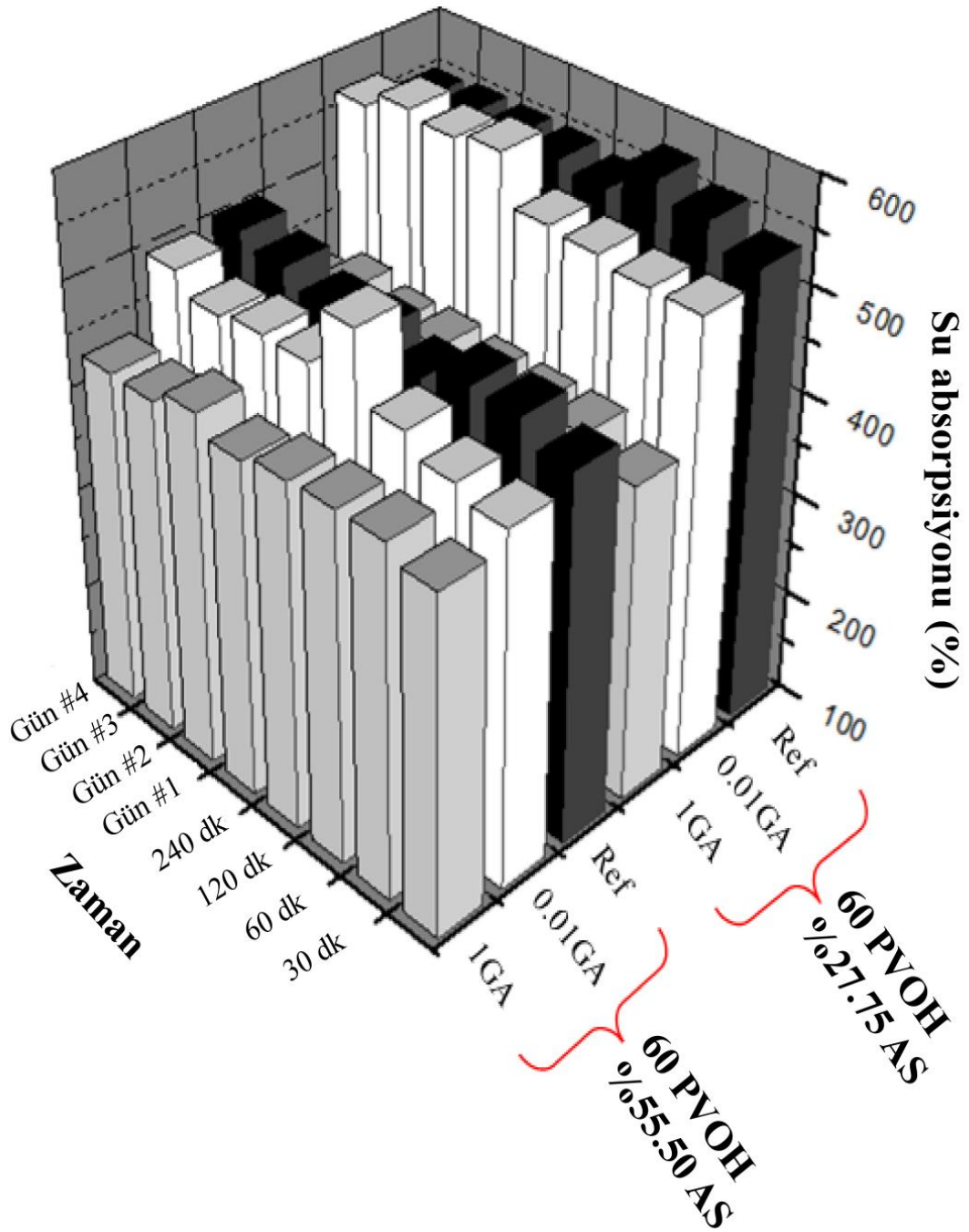




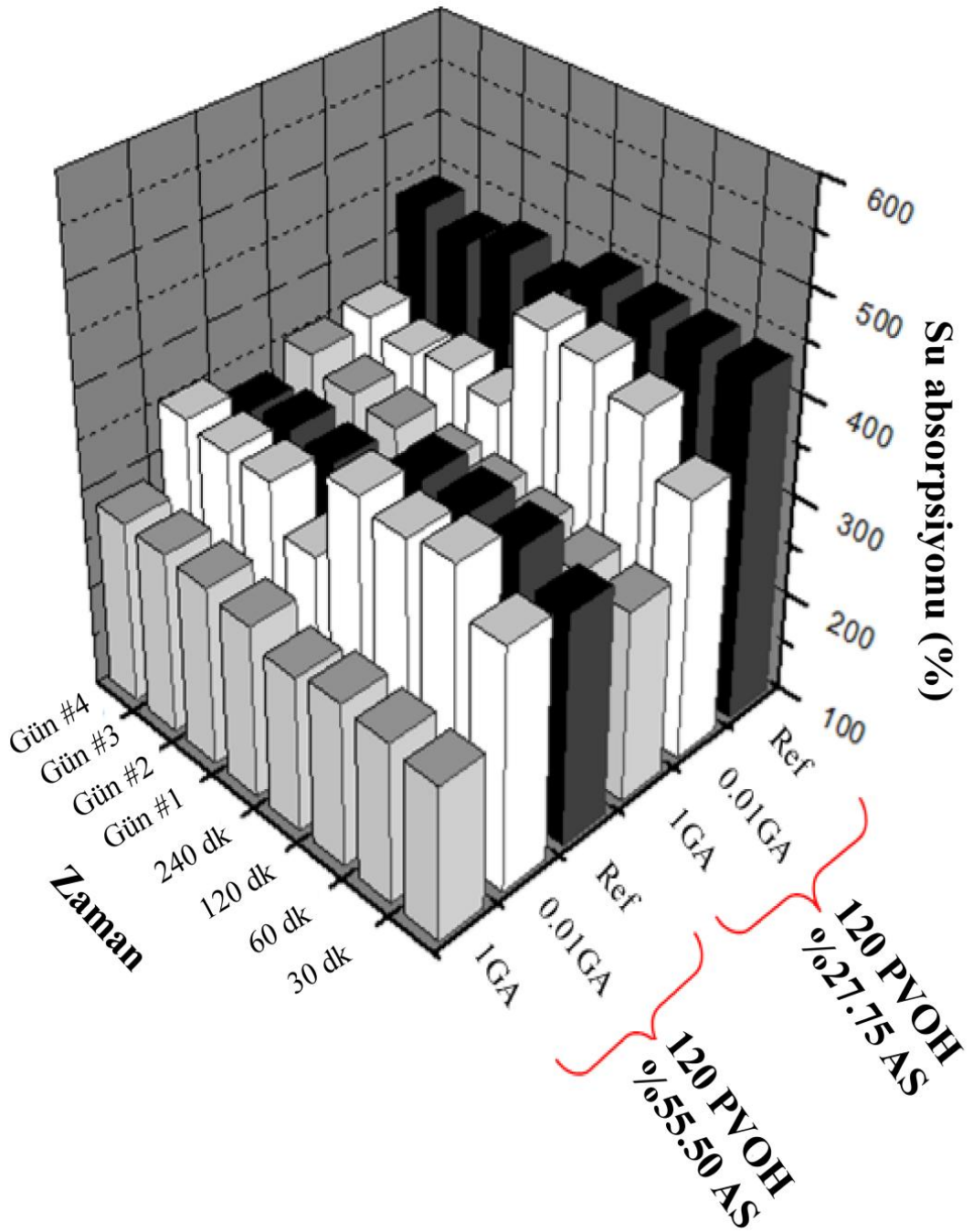
Şekil 5.2. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile  $60 \text{ g/m}^2$  kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği (60PVOH: $60 \text{ g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.3. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile  $120 \text{ g/m}^2$  kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği (120PVOH:  $120 \text{ g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.4. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 60  $g/m^2$  kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği (60PVOH:60  $g/m^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



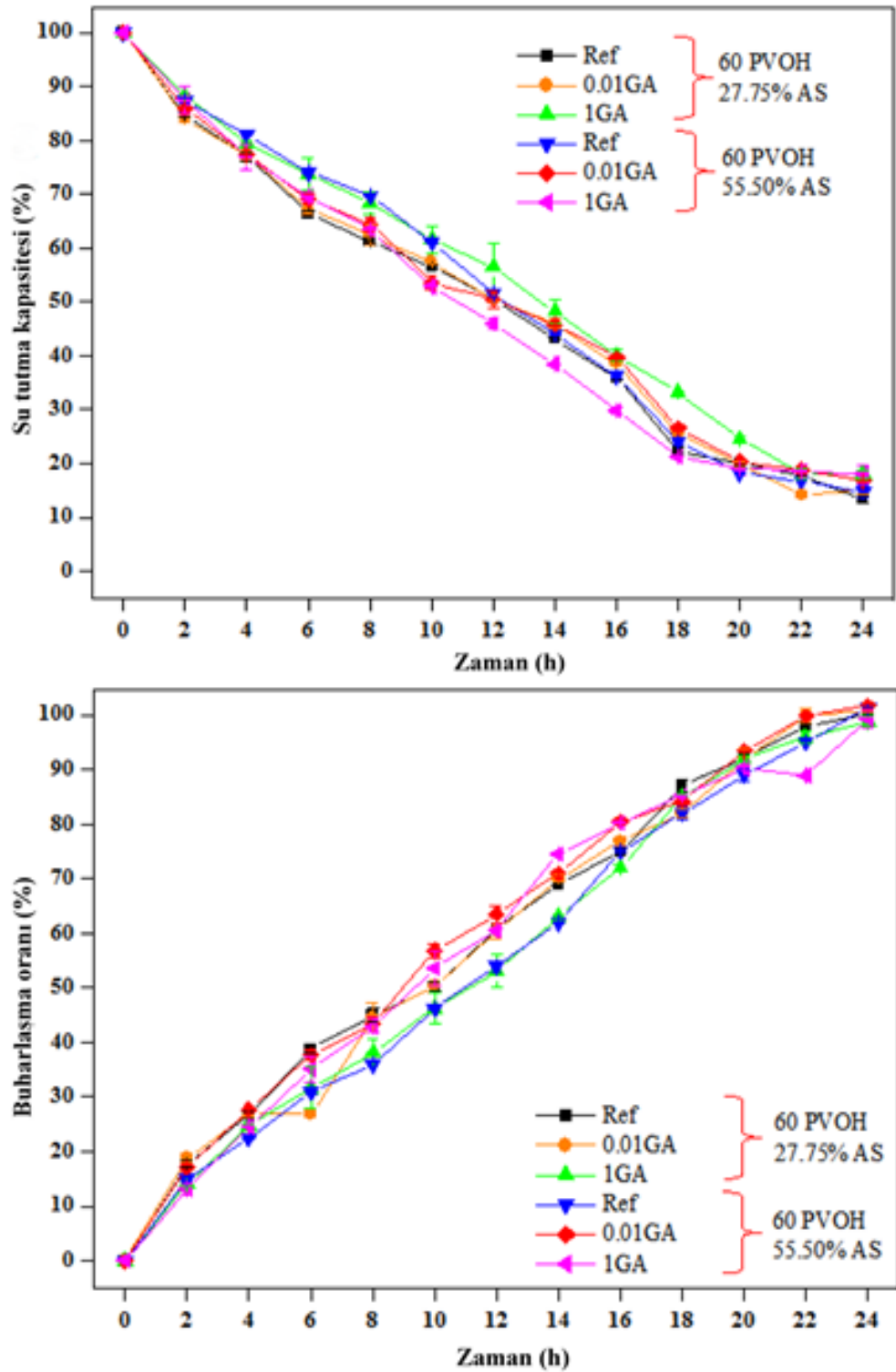
Şekil 5.5. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile  $120 \text{ g/m}^2$  kaplanmış, %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin dinamik ve denge su emicilik grafiği (120PVOH:  $120 \text{ g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

### 5.5. PVOH/AS ile Kaplanmış Yüzeylerin Su Tutma ve Su Buharlaşma Sonuçları

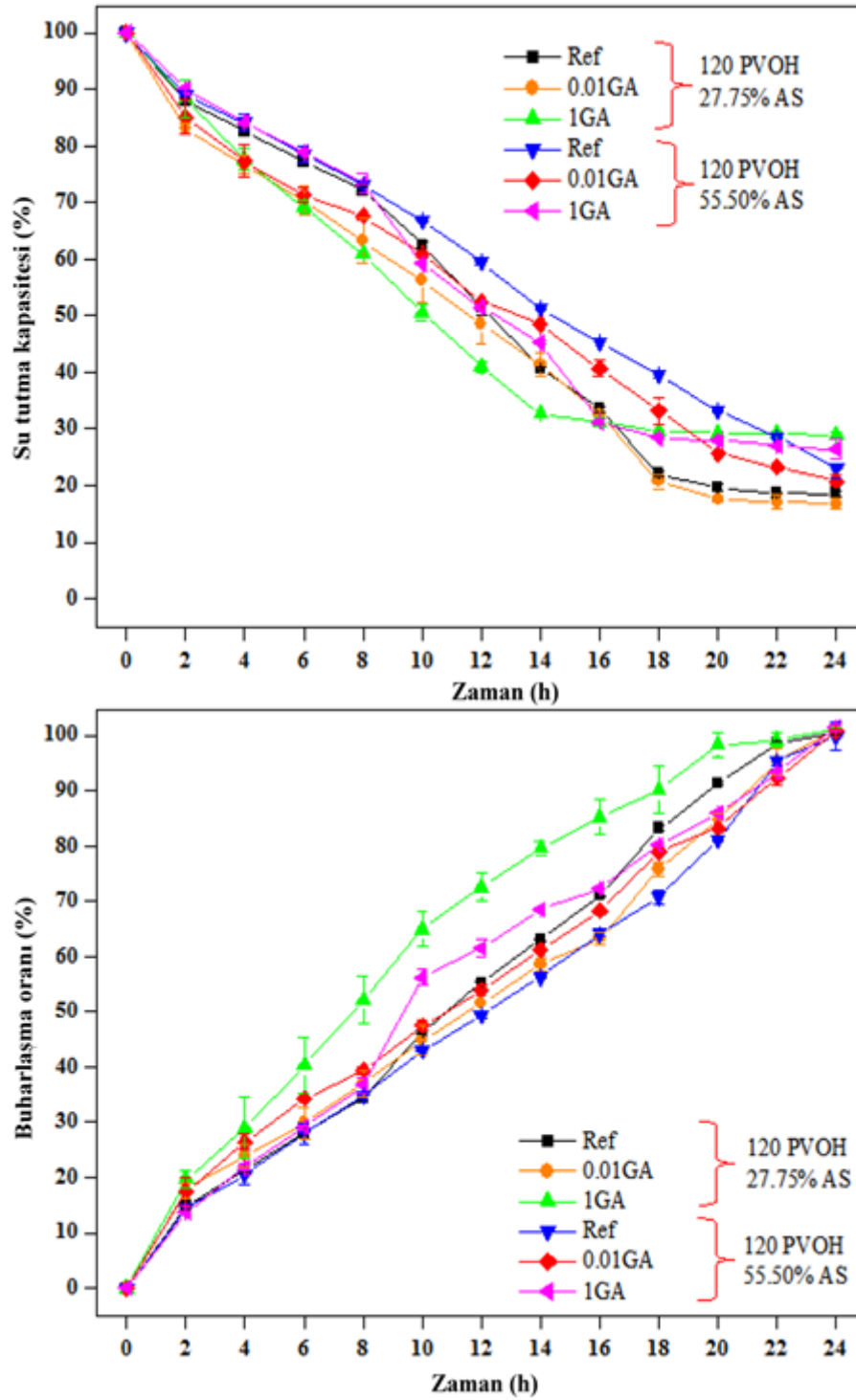
Su tutma ve su buharlaşması ölçümlerinde elde edilen verilere göre düşük molekül ağırlıklı 60 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol (PVOH) ile yapılan kaplamaların, ham dokusuz yüzeyle karşılaştırıldığında su tutma kapasitesini düşürdüğü ve su buharlaşmasını da hızlandırdığı tespit edilmiştir (Şekil 5.6). PVOH kaplama miktarı 120 g/m<sup>2</sup>'ye çıkarıldığında su tutma kapasitesinin süre ilerledikçe daha hızlı azaldığı ve buharlaşma oranının da daha hızlandığı görülmüştür (Şekil 5.7) Bu durum yüksek molekül ağırlıklı PVOH ile yapılan kaplamalarda daha belirgin bir şekilde gözükmemektedir (Şekil 5.8 ve Şekil 5.9). Çapraz bağlayıcı içeren kumaşların su tutma kapasitesi referans kumaşlardan daha düşük çıkarken, su buharlaşma değeri ise daha yüksek çıkmıştır. Amonyum sülfat (AS) yüklemesi açısından bakıldığında ise %55.50 AS yüklemeli numunelerin %27.75 AS yüklemelilere oranla daha fazla su tutma kapasitesine sahip olduğu ve söz konusu numunelerin su buharlaşmasının da daha düşük olduğu görülmüştür.

Yüksek molekül ağırlıklı PVOH ile kaplanan yüzeylerin su tutma değerlerinin 12. saatin sonunda sabitlendiği ve düşük molekül ağırlıklı PVOH ile kaplı yüzeylerin ise su tutma değerlerinin 24. saatin sonunda sabit değere ulaştığı görülmüştür. Su tutma grafiklerine genel olarak bakıldığında tüm kaplanan numunelerin ölçümler bitmiş olmasına rağmen %13.38 - 21.60 arasında değişen oldukça yüksek değerler sergilediği görülmüştür (Şekil 5.6 - Şekil 5.9). Bu durum, su buharlaşması grafikleri incelenerek açıklanabilmektedir. Düşük molekül ağırlıklı PVOH ile 60 g/m<sup>2</sup> ve 120 g/m<sup>2</sup> yapılan kaplamalarda 24 saatin sonunda %100'lük buharlaşmaya ulaşıldığı (Şekil 5.6 ve Şekil 5.7), bu durumun yüksek molekül ağırlıklı kaplamalarda 12 saat içerisinde gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 5.8 ve Şekil 5.9). Su buharlaşması ölçüm sonuçlarına göre kaplanmış kumaş üzerindeki suyun tamamı buharlaşmıştır. Ham dokusuz yüzeyde ölçülen %11.31'lik değer malzemenin kendi nemini, kaplanmış yüzeylerde ölçülen %13.38 – 21.60 arasındaki değerler ise polivinil alkolün nemini göstermektedir.

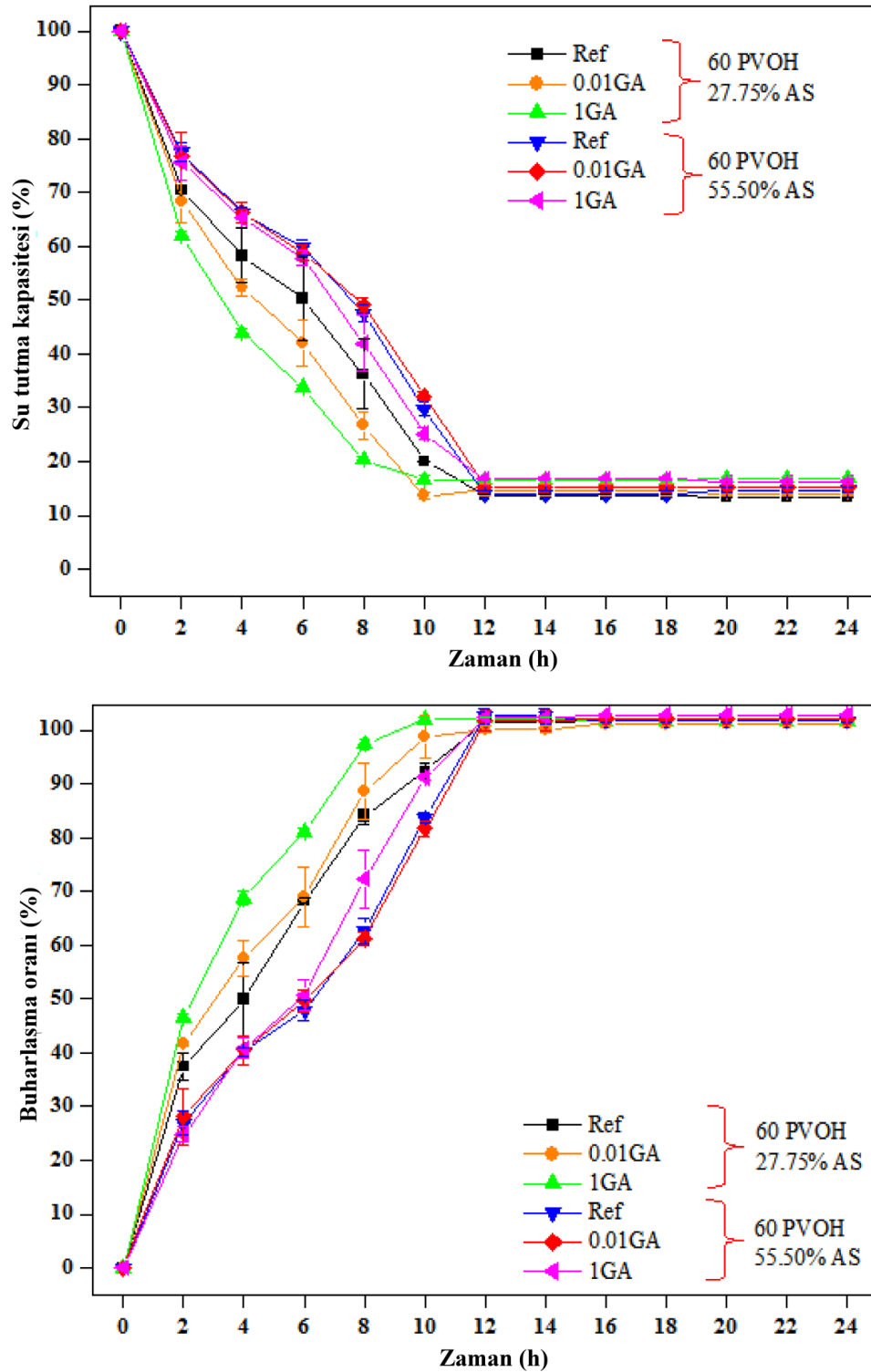
Üretilen yapıların su tutma kapasitesinin ve su buharlaşmasının genel olarak PVOH molekül ağırlığına ve kaplama miktarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Kaplama malzemesinin molekül ağırlığı ve birim alandaki miktarı arttıkça su emiciliği ve dolayısıyla su tutmasının azalması, su buharlaşmasının ise hızlanması makuldür.



Şekil 5.6. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 60  $g/m^2$  kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri (60PVOH:60  $g/m^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

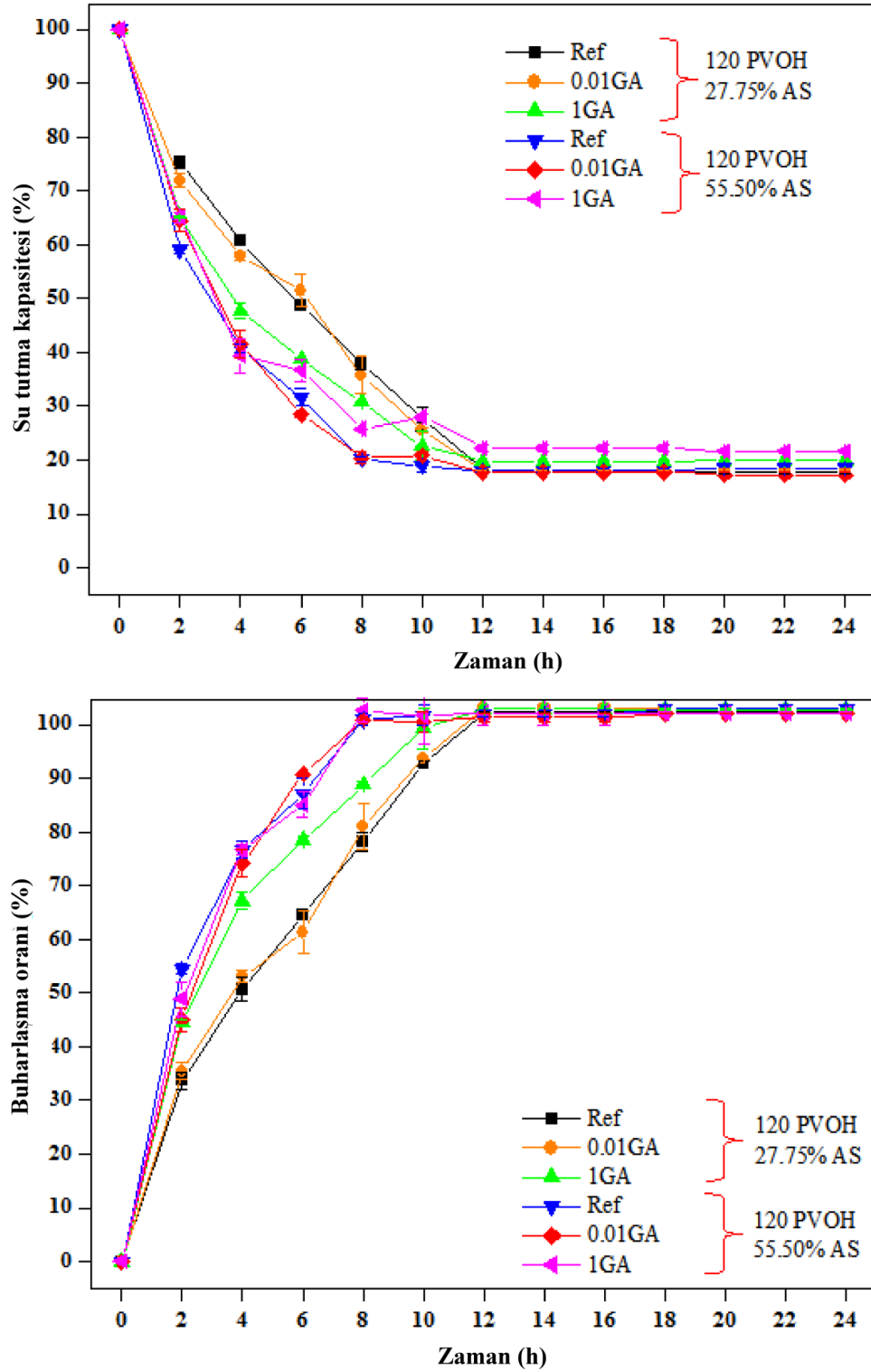


Şekil 5.7. Düşük molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile  $120 \text{ g/m}^2$  kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri (120PVOH:120  $\text{g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.8. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile  $60 \text{ g/m}^2$  kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri (60PVOH:60  $\text{g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



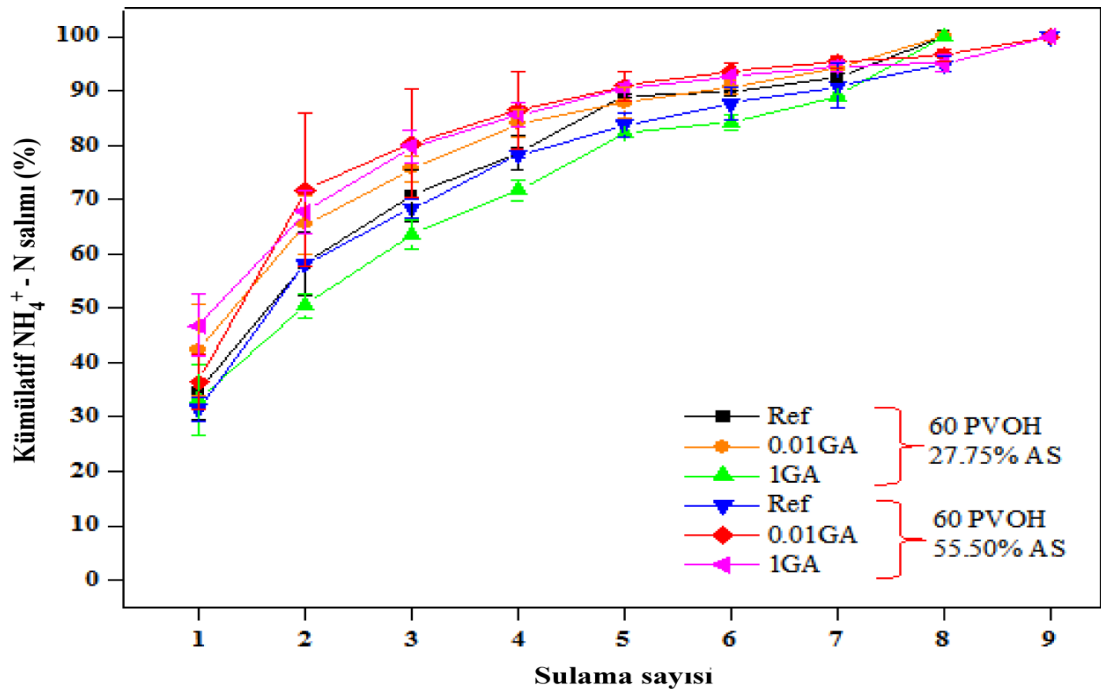


Şekil 5.9. Yüksek molekül ağırlıklı ( $M_w$ : 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile  $120 \text{ g/m}^2$  kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokuz yüzeylerin su tutma ve su buharlaşma grafikleri (120PVOH:120  $\text{g/m}^2$  PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

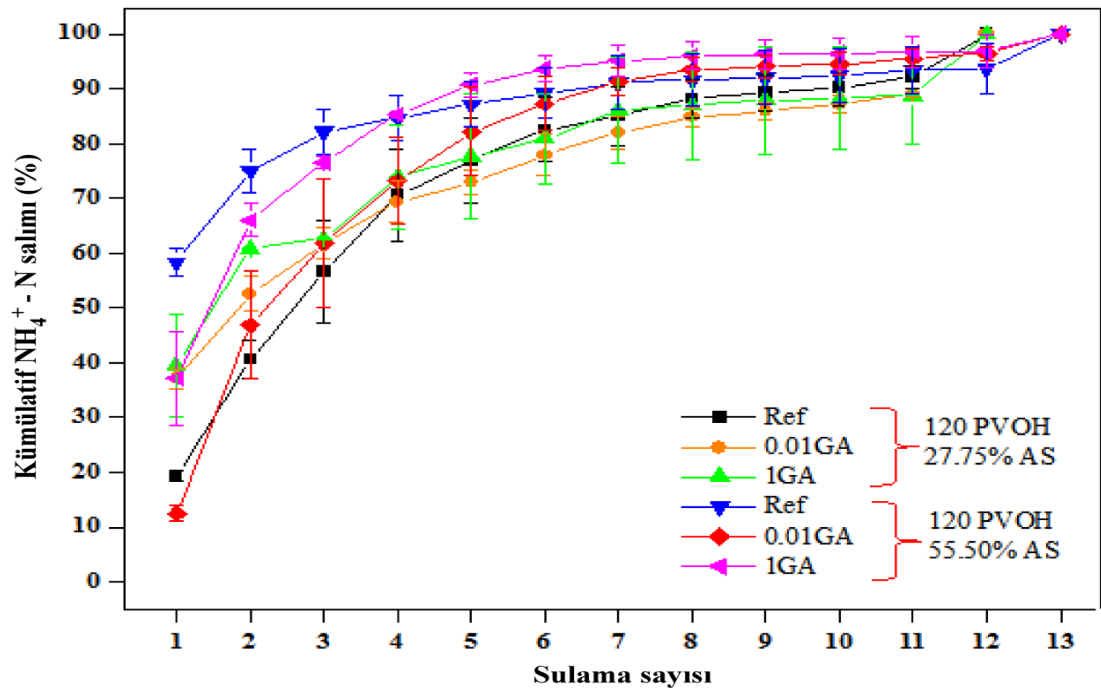
### 5.6. PVOH/AS Kaplanmış Yüzeylerin Amonyum Azotu Salım Miktarı Sonuçları

Düşük molekül ağırlıklı polivinil alkolle (PVOH) 60 g/m<sup>2</sup> yapılan kaplamalarda amonyum azotu salım değerlerinin sulama sayısının artmasıyla hızlı bir şekilde arttığı ve daha yüksek amonyum sülfat (AS) yüklemesiyle daha fazla sulama sayısına (%27.75 AS için 8 ve %55.50 AS için 9) ulaşıldığı görülmüştür (Şekil 5.10). Diğer taraftan, polivinil alkol miktarının 60 g/m<sup>2</sup>'den 120 g/m<sup>2</sup>'ye çıkarılması, amonyum azotunun salım miktarını azaltarak sulama sayısını arttırmıştır ((%27.75 AS için 12 ve %55.50 AS için 13, Şekil 5.11). Yüksek molekül ağırlıklı 60 g/m<sup>2</sup> PVOH ile kaplanan yüzeylerin amonyum azotunun tamamı 6 (%27.75 AS) ve 10 (%55.50 AS) sulamada verilmiştir (Şekil 5.12). PVOH kaplama miktarı 120 g/m<sup>2</sup> olduğunda amonyum azotunun %100'ü, %27.75 AS yüklemesi için 12 sulamada, %55.50 AS yüklemesi için ise 18 sulamada salıma uğramıştır (Şekil 5.13). Genel olarak bakıldığında çapraz bağlayıcı (glutaraldehit) kullanımı amonyum azot salımını pek etkilememiştir. Amonyum sülfat (AS) yükleme miktarı arttıkça ortamda daha fazla amonyum azotu olduğu için toplam sulama sayısının artması beklenen bir durumdur. Ancak bu durum, düşük molekül ağırlıklı PVOH kaplamalarında kaplama miktarından bağımsız olarak sulama sayısını sadece bir adet arttırırken (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11) yüksek molekül ağırlıklı PVOH kaplamalarında kaplama miktarına bağlı olarak 4 (60 g/m<sup>2</sup>) ve 6 (120 g/m<sup>2</sup>) adet arttırmıştır (Şekil 5.12 ve Şekil 5.13). Buna göre düşük molekül ağırlıklı PVOH ile yapılan kaplamalar yapısındaki gübreyi, yüksek molekül ağırlıklı PVOH kaplamalarına göre daha kısa sürede vermiştir. Molekül ağırlığının artması, polivinil alkolün sudaki çözünürlüğünü, dolayısıyla gübrenin çözünmesini güçleştirmiş ve bu sayede amonyum azotunun daha fazla sulama sayısında, yani daha uzun sürede salıma uğramasını sağlamıştır.

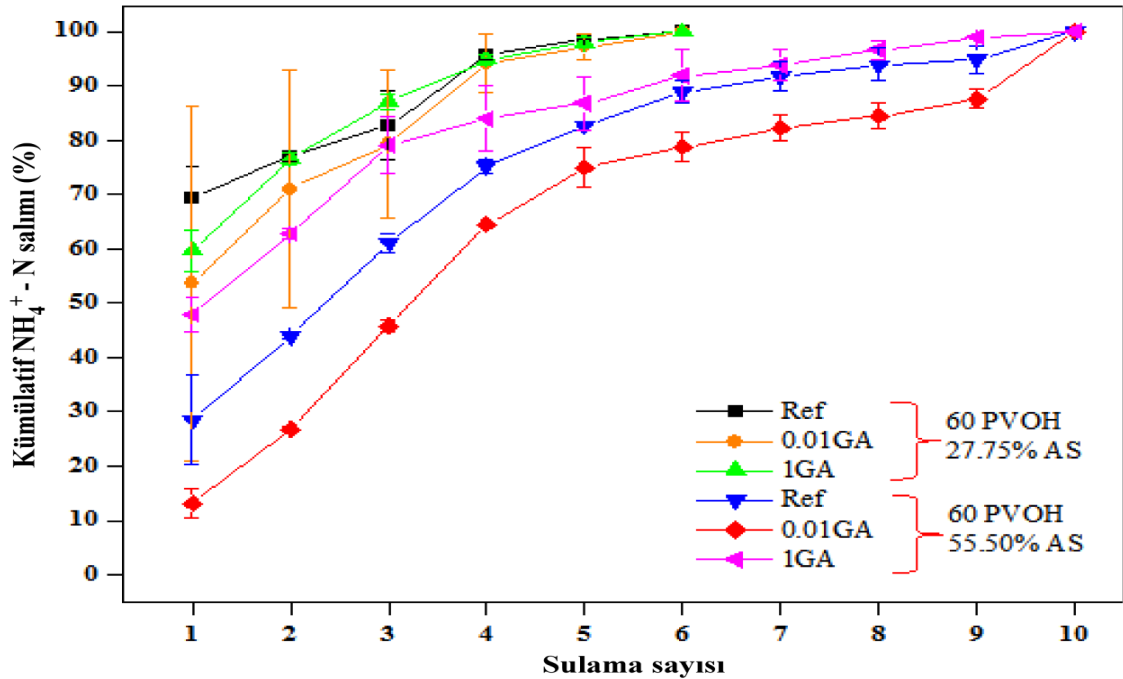
Amonyum azotu salım sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde gübre salımında en önemli parametrelerin polivinil alkol molekül ağırlığı, kaplama miktarı ve gübre yükleme miktarı olduğu söylenebilir.



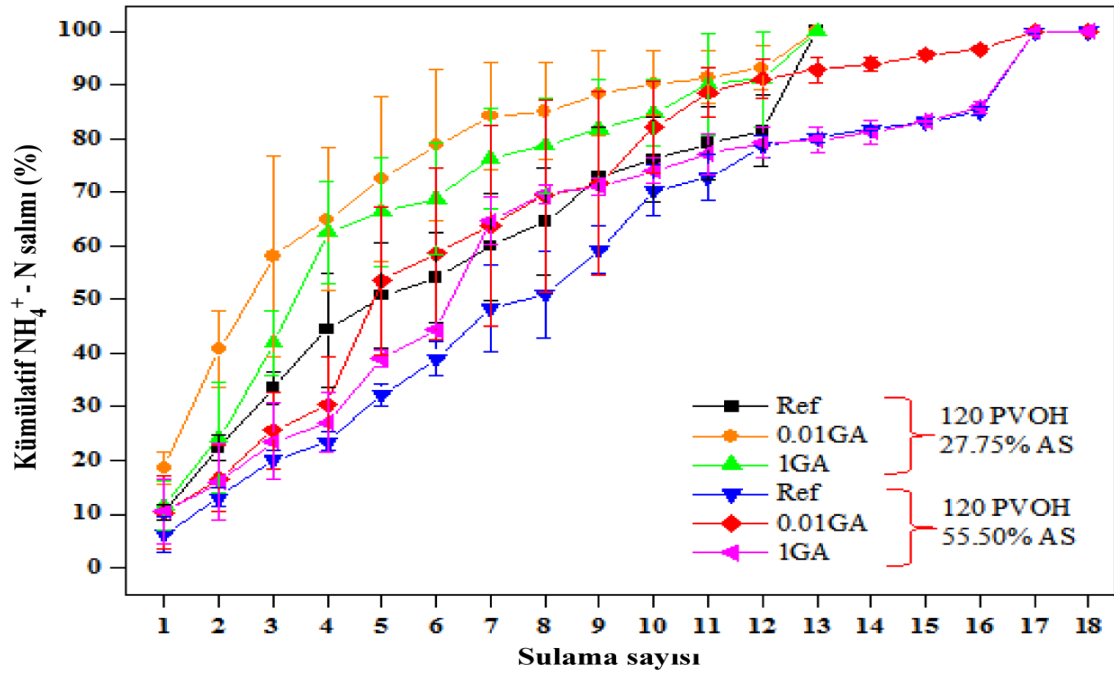
Şekil 5.10. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m<sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+$ -N) salım grafiği (60PVOH:60 g/m<sup>2</sup> PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.11. Düşük molekül ağırlıklı (Mw: 89 000 – 98 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m<sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu ( $\text{NH}_4^+$ -N) salım grafiği (120PVOH:120 g/m<sup>2</sup> PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.12. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 60 g/m<sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım grafiği (60PVOH:60 g/m<sup>2</sup> PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).



Şekil 5.13. Yüksek molekül ağırlıklı (Mw: 146 000 – 186 000 g/mol) PVOH ile 120 g/m<sup>2</sup> kaplanmış %27.75 ve %55.50 AS içeren dokusuz yüzeylerin % kümülatif amonyum azotu (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) salım grafiği (120PVOH: 120 g/m<sup>2</sup> PVOH, Ref (Referans): Glutaraldehit ilavesiz kaplama, 001GA: GA/PVOH oranı 0.01/1 olan kaplama, 1GA:GA/PVOH oranı 1/1 olan kaplama).

### 5.7. Genel Değerlendirme ve Öneriler

Yapılan analizler topluca değerlendirildiğinde FTIR ve jelleşme oranı sonuçlarına göre %1 glutaraldehitin çapraz bağlanma için yeterli gözükmediği, buna rağmen su emicilik değerlerinin özellikle %27.75 amonyum sülfat içeren 120 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol kaplamasında glutaraldehit içermeyen numunelere oranla daha düşük çıktığı tespit edilmiştir. Polivinil alkol molekül ağırlığından bağımsız olarak polivinil alkol kaplamasının, polivinil alkol kaplama miktarının, glutaraldehit ilavesinin ve amonyum sülfat gübresinin genel olarak su emicilik değerlerini düşürdüğü, düşük molekül ağırlıklı polivinil alkol kaplı yapıların 24 saatte, yüksek molekül ağırlıklı polivinil alkol kaplı yapıların ise 12 saatte tamamen kuruduğu görülmüştür. Ancak gübre salımı, çapraz bağlanma, su tutma ve buharlaşmadan bağımsız olarak gerçekleşmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde amonyum azot salımını en çok polivinil alkol molekül ağırlığı, polivinil alkol yükleme miktarı ve amonyum sülfat yükleme miktarı etkilemiştir.

Bir gübrenin kontrollü salıma sahip olması için 24 saat içerisinde (1. sulama) %15'ten daha fazla ve 28 gün (4 hafta) içerisinde %75'ten daha fazla salıma uğramaması gerektiği [66] ve söz konusu sünger uygulamalarında sulamaların haftada 3 defa yapıldığı varsayıldığında şu sonuçlar ortaya çıkmaktadır: Düşük molekül ağırlıklı 60 g/m<sup>2</sup> veya 120 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol ile %27.75 veya %55.50 amonyum sülfat gübresi içeren kaplamalarda glutaraldehit çapraz bağlayıcı kullanımından bağımsız olarak gübrenin %15'ten fazlası 24 saat içerisinde ve gübrenin %75'lik kısmı ise 2 hafta (en fazla 6 sulama) içerisinde salıma uğramıştır. Yüksek molekül ağırlıklı 60 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol kaplı yapıların amonyum sülfat yükleme miktarına bağlı olarak gübrenin 24 saat içerisinde %15'ten fazlasının ve gübrenin %75'lik kısmının 1 - 2 hafta (3 - 6 sulama) içerisinde salıma uğradığı görülmüştür. Yüksek molekül ağırlıklı 120 g/m<sup>2</sup> polivinil alkol kaplı ve %27.75 amonyum sülfat içeren yapılarda gübrenin %15'ten fazlasını 24 saat içerisinde, %75'lik kısmını ise 2 - 3 hafta (6 - 10 sulama) içerisinde verdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre şimdiye kadar bahsedilen kaplama yapıların istenen kontrollü gübre salımına sahip olmadığı görülmektedir.

Yüksek molekül ağırlıklı polivinil alkol ile 120 g/m<sup>2</sup> ve %55.50 amonyum sülfat içeren yapılarda ise diğer tüm kaplamalardan farklı bir durum gözlenmiştir: Bu yapılar 24 saat içerisinde (1. sulama) %15'ten daha az gübre vermiş ve gübrenin %75'lik kısmının

salım süresi 3 - 4 hafta (10 - 12 sulama) olarak çıkmıştır. Buna göre kontrollü gübre salımı kriterini karşılayan tek yapının yüksek molekül ağırlıklı, çapraz bağlı olmayan polivinil alkol ile  $120 \text{ g/m}^2$  kaplamalı ve %55.50 amonyum sülfat yüklemeli agrotekstil malzemesi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Burada belirtilmesi gereken bir başka önemli husus; sulama sonrası yapılan ölçümlerde pH değerlerinin tüm numunelerde 7'den düşük çıkmış olmasıdır. Literatür kısmında belirtildiği üzere bu durum, amonyum formundaki azotun gaz formundaki amonyağa dönüşmesine engel olmakta ve böylece gübre kayıplarının önüne geçilmesi sağlanmaktadır.

İleriki çalışmalarda “kontrollü gübre salımına sahip” olarak tanımlanabilen bu yapının toprak ve bitki kullanılarak gerçek koşullardaki gübre salım davranışı incelenmelidir. Ayrıca bu şekilde hazırlanan yapılardaki polivinil alkolün biyoparçalanabilirlik özelliği test edilmelidir.

## KAYNAKLAR

1. Akelah, A. 1996. "Novel utilizations of conventional agrochemicals by controlled release formulations", **Materials Science and Engineering**, **4**(2), 83-98.
2. Jarasiewicz, A., Tomaszewska, M. 2003. "Controlled-release NPK fertilizer encapsulated by polymeric membranes", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **51**(2), 413-417.
3. Jin, S., Yue, G., Feng, L., Han, Y., Yu, X., Zhang, Z., 2011. "Preparation and properties of a coated slow-release and water-retention biuret phosphoramidate fertilizer with superabsorbent", **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, **59**(1), 322–327.
4. Liang, R., Liu, M., Wu, L. 2007, "Controlled release NPK compound fertilizer with the function of water retention", **Reactive and Functional Polymers** **67**(9), 769–779.
5. Wang, Y., Liu, M., Ni, B., Xie, L. 2012. "κ-Carrageenan-sodium alginate beads and superabsorbent coated nitrogen fertilizer with slow-release, water-retention, and anticompaaction properties", **Industrial & Engineering Chemistry Research**, **51**(3), 1413-1422.
6. Yan, X., Jin, Y. J., He, P., Liang, M. Z. 2008. "Recent advances on the technologies to increase fertilizer use efficiency", **Agricultural Sciences in China**, **7**(4), 469-479.
7. Cardarelli, N. F. 1983. "Controlled release of herbicide compounds utilizing a thermoplastic matrix", US Patent 4405360.
8. David, N., Hon, S., Clemson, S. C. 1997. "Encapsulated fertilizers and pesticides and process", US Patent 5679129.
9. Goertz, H. M., Timmons, R. J., Johnson, W. R. 2000. "Precoated controlled release fertilizers and processes for their preparation", US Patent 6039781.
10. Mikhail, P. 2009. "Controlled release product and method for the production thereof", US Patent 7615093.

11. Pursell, T., Shirley, A. R., Cochran, K. D., Miller, J. M., Holt, T. G., Peeden, G. S. 2012. "Controlled release fertilizer with biopolymer coating and process for making same", US Patent 20120090366.
12. Gutschmann, V., Böcker, T., Nentwig, G., Sonneck, R., Hack, B., Duff, D. G. 2012. "Composition comprising insecticide-wax particles", US Patent 2012015627.
13. Morita, A., Takano, H., Oota, M., Yoneyama, T. 2002. "Nitrification and denitrification in an acidic soil of tea (*Camellia sinensis* L.) field estimated by  $\delta n-15$  values of leached nitrogen from the soil columns treated with ammonium nitrate in the presence or absence of a nitrification inhibitor and with slow-release fertilizers", **Soil Science and Plant Nutrition**, **48**(4), 585-593.
14. Tian, X. H., Saigusa, M. 2005. "Response Of tomato plants to a new application method of polyolefin-coated fertilizer", **Pedosphere**, **15**(4), 491-498.
15. Drost, D., Koenig, R., Tindall, T. 2002. "Nitrogen use efficiency and onion yield increased with a polymer-coated nitrogen source", **Hortscience**, **37**(2), 338-342.
16. Davidson, D. "Controlled Release of Agrichemicals Using a Functionalized Carboxymethyl Cellulose Hydrogel Matrix". <http://capi-icpa.ca/awards/Davidson2012.pdf>, (Erişim Tarihi: 06.01.2015).
17. <http://www.indiantextilejournal.com/articles/FAdetails.asp?id=4020>, (Erişim Tarihi: 15.09.2012).
18. Kapoor, R., Mohanta, R., Agrawal Y. "Agrotextiles". *Fibre 2 Fashion*. <http://www.fibre2fashion.com/industry-article/textile-industry-articles/agro-textiles-an-overview/agrotextiles-an-overview1.asp>, (Erişim Tarihi: 15.09.2012).
19. Gürsoy, Z. A. 2002. "Kontrollü İlaç Salım sistemleri, Kontrollü Salım Sistemleri Derneği, 1. Baskı".
20. Waitz, J.A., Olszewski, B.J., Thompson, P.E. 1963. "Dialysis Studies in Rats on the Long-Acting Antimalarial CI-501", **Science**, **141**, 723-724.



21. Fokman, J., Long, D.M. 1964. "The use of silicone rubber as a carrier for prolonged drug therapy", **Journal of Surgical Research**, **4**, 139-142.
22. Desai, J., Simonelli, A.P., Higuchi, W.I. 1965. "Investigation of factors influencing release of solid drug dispersed in inert matrices", **Journal of pharmaceutical sciences**, **54**(10), 1469-1474.
23. Hui, H. W., Robinson, J. R., Lee, V. H. 1987. "Design and fabrication of oral controlled release drug delivery systems", *Controlled Drug Delivery—Fundamentals and Applications*. 2nd ed. New York: Marcel Dekker Inc, 373.
24. Langer, R., Peppas, N. 1983. "Chemical and physical structure of polymers as carriers for controlled release of bioactive agents: a review", **Journal of Macromolecular Science-Reviews in Macromolecular Chemistry and Physics**, **23**(1), 61-126.
25. Brannon-Peppas, L. 1993. "Controlled release in the food and cosmetics industries", In ACS Symposium series-American Chemical Society (USA).
26. Pişkin, E., Peppas, N., Dortunç, A. 1989. "Kontrollü İlaç Serbestleştiren Sistemler", Çağlayan Yayınları, İstanbul.
27. Wang, X.N., Recum, H.A. 2011. "Affinity-Based Drug Delivery", *Macromolecular Bioscience*, **11**, 321-332.
28. Tunçay, M., Çalış, S. 1999. "İlaç taşıyıcı sistemlerde kullanılan biyoparçalanabilir sentetik ve doğal polimerler", **FABAD Journal Pharmaceutical Sciences**, **24**, 109-123.
29. Göpferich, A. 1996. "Polymer degradation and erosion: mechanisms and applications", **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, **42**(1), 1-11.
30. Watts, P. J., Davies, M. C., Melia, C. D. 1989. "Microencapsulation using emulsification/solvent evaporation: an overview of techniques and applications", **Critical reviews in therapeutic drug carrier systems**, **7**(3), 235-259.
31. Park, J. B. 1979. "Biomaterials: an introduction", Plenum Publishing Corporation.
32. Blac, J. 1984. "Systemic effects of biomaterials". **Biomaterials**, **5**(1), 11-18.

33. Özalp, Y., Özdemir, N. 1996. “Biyomateryaller ve biyouyumluluk”, **Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi**, **25(2)**, 57-72.
34. Gürsoy, A., Pişkin, E., Dortunç, B., Peppas, N. A. 1989. “Kontrollü İlaç Serbestleştiren Sistemler”, Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
35. Brannon- Peppas, L. 1997. “Polymers in controlled drug delivery”, **Medicinal Plastics and Biomaterials**, **4**, 34- 44.
36. Jalil, R. U. 1990. “Biodegradable poly (lactic acid) and poly (lactide-co-glycolide) polymers in sustained drug delivery”, **Drug Development and Industrial Pharmacy**, **16(16)**, 2353-2367.
37. Bogdansky, S., Chasin, M., Langer, R. (Eds) 1990. “Natural polymers as drug delivery systems, in: Biodegradable polymers as drug delivery systems”, *Drugs and Pharmaceutical Sciences*, (45), Marcel Dekker, New York.
38. Wood, D. A. 1980. “Biodegradable drug delivery systems”, *International Journal of Pharmaceutics*, **7**, 1-18.
39. Knaul, J. Z., Hudson, S. M. 1999. “Improved mechanical properties of chitosan fibers”, **Journal of Applied Polymer Science**, **72(13)**, 1721.
40. Chandy, T., Sharma, C. P. 1990. “Chitosan-as a biomaterial”, **Biomaterials, Artificial Cells and Artificial Organs**, **18(1)**, 1-24.
41. Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M., Ramakrishna, S. 2003. “A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites”, **Composites Science and Technology**, **63(15)**, 2223-2253.
42. Kutlu, C. 2008. “Çift etkili doku iskelesi- Nanopartikül sistemlerinin geliştirilmesi ve beyin tümörlerinin tedavisinde kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi.
43. Çırpanlı, Y. 2009. “Kamptotesin içeren polimerik ve oligosakkarit bazlı nanopartiküler formülasyonların geliştirilmesi ve in vitro-in vivo değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi.

44. Sahoo, S. K., Parveen, S. 2006. "Nanomedicine: clinical applications of polyethylene glycol conjugated proteins and drugs", **Clinical Pharmacokinetics**, (10), 965-988.
45. George, M., Abraham, T. E. 2006. "Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: alginate and chitosan—a review", **Journal of Controlled Release**, **114**(1), 1-14.
46. Yao, K. D., Peng, T., Feng, H. B., He, Y. Y. 1994. "Swelling kinetics and release characteristic of crosslinked chitosan: polyether polymer network (semi-IPN) hydrogels", **Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry**, **32**(7), 1213-1223.
47. Zhou, W.Y., Gup, B., Liu, M., Liao, R., Rabie, A.B.M., Jia, D. 2009. "Poly(vinyl alcohol)/halloysite nanotubes bionanocomposite films: properties and in vitro osteoblasts and fibroblasts response", **Journal of Biomedical Materials Research Part A**, **93**(4), 1574-1587.
48. Chaouat, M., Visage, L.C., Baille, W.E., Escoubet, Chaubet, F., Mateescu, M.A., Letourneur, D. 2008. "A novel cross-linked poly(vinyl alcohol) (PVA) for vascular grafts", **Advanced Functional Materials**, **18** (19), 2855-2861.
49. Kumar, A., Negi, Y.S., Bhardwaj, N.K., Choudhary, V. 2012. "Synthesis and characterization of methylcellulose/PVA based porous composite", **Carbohydrate Polymers**, **88**(4), 1367-1372.
50. Tubbs, R. K. 1966. "Sequence distribution of partially hydrolyzed poly (vinyl acetate)", **Journal of Polymer Science Part A-1: Polymer Chemistry**, **4**(3), 623-629.
51. Finch, C. A. 1973. "Poly(vinyl alcohol): properties and applications", Wiley, New York, 203-227s.
52. Hassan, C. M., Peppas, N. A. 2000. "Structure and applications of poly (vinyl alcohol) hydrogels produced by conventional crosslinking or by freezing/thawing methods", In *Biopolymers: PVA Hydrogels, Anionic Polymerisation Nanocomposites* (pp. 37-65). Springer Berlin Heidelberg.

53. Taghizadeh, M. T., Sabouri, N. 2013. "Biodegradation behaviors and water adsorption of poly (vinyl alcohol)/starch/carboxymethyl cellulose/clay nanocomposites", **International Nano Letters**, **3**(1), 1-8.
54. Tang, X., Alavi, S. 2011. "Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability", **Carbohydrate Polymers**, **85**(1), 7-16.
55. Albayrak, İ. 2011. "Polivinil alkol (PVOH) esaslı nanokompozitler ve uygulama alanları", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
56. Shweta, A., Sonia, P., 2013. "Pharmaceutical relevance of cross-linked chitosan in microparticulate drug delivery", **International Research Journal of Pharmacy**, **4**(2), 45-51.
57. Crini, G. 2005. "Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment", **Progress in Polymer Science**, **30**(1), 38-70.
58. Remunan-Lopez, C., Bodmeier, R. 1997. "Mechanical, water uptake and permeability properties of crosslinked chitosan glutamate and alginate films", **Journal of Controlled Release**, **44**(2), 215-225.
59. Okoshi, T., Noishiki, Y. 1995. "Encyclopedic handbook of biomaterials and bioengineering, Part B: Applications, Vol. 2, 1154-1156p.
60. Kimya Teknolojisi, Ticari Gübre Analizleri 524K0242, 2012. Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
61. Ni, B., Liu, M., Lü, S. 2009. "Multifunctional slow-release urea fertilizer from ethylcellulose and superabsorbent coated formulations", **Chemical Engineering Journal**, **155**(3), 892-898.
62. [http://www.eto.org.tr/?p=564&lang=tr\\_TR](http://www.eto.org.tr/?p=564&lang=tr_TR) (Erişim Tarihi: 10.12.2016).
63. New England Vegetable Management Guide Organizasyonu, 2015.
64. Trenkel, M. E. 2010. "Slow-and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient efficiency in agriculture", International Fertilizer Industry Association, Paris, France.

65. Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z. B., Basit, A., Thanh, T. H. 2014. "Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer", **Journal of Controlled Release**, 181, 11-21.
66. Kloth, B. 1996. "Aglukon Spezialdünger GmbH: Reply to the request on controlled-release fertilizers", Personal communication.
67. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS125500.pdf> (Erişim Tarihi: 06.12.2016)
68. [http://www.technicaltextile.net/articles/agro-textiles/detail.aspx?article\\_id=6485](http://www.technicaltextile.net/articles/agro-textiles/detail.aspx?article_id=6485) (Erişim Tarihi: 06.12.2016)
69. Kampeerapappun, P., Phanomkate, N. 2013. "Slow release fertilizer from core-shell electrospun fibers", **Chiang Mai Journal of Science**, 40(4), 775-782.
70. Hassounah, I., Shehata, N., Hudson, A., Orlor, B., Meehan, K. 2014. "Characteristics and 3D formation of PVA and PEO electrospun nanofibers with embedded urea", **Journal of Applied Polymer Science**, 131(3).
71. Castro-Enríquez, D. D., Rodríguez-Félix, F., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., Castillo-Ortega, M. M., Rodríguez-Félix, D. E., Ledesma-Osuna, A. I. 2012. "Preparation, characterization and release of urea from wheat gluten electrospun membranes", **Materials**, 5(12), 2903-2916.
72. Jamnongkan, T., Kaewpirom, S. 2010. "Controlled-release fertilizer based on chitosan hydrogel: phosphorus release kinetics", **Science Journal Ubon Ratchathani University**, 1(1), 43-50.
73. Jamnongkan, T., Kaewpirom, S. 2010. "Potassium release kinetics and water retention of controlled-release fertilizers based on chitosan hydrogels", **Journal of Polymers and the Environment**, 18(3), 413–421.
74. Gebben, B., Van den Berg, H. W. A., Bargeman, D., Smolders, C. A. 1985. "Intramolecular crosslinking of poly(vinyl alcohol)", **Polymer**, 26(11), 1737-1740.
75. Güçdemir, İ. H. 2006. "Türkiye gübre ve gübreleme rehberi", Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.

76. Compo Nova Tec Kurumu. “DMPP İnhibitörlü Özel Granül Gübreler”.  
[http://www.ilpas.com/pdf/NovaTec\\_granul\\_2-con.pdf](http://www.ilpas.com/pdf/NovaTec_granul_2-con.pdf). (Erişim Tarihi: 02.02.2015).
77. Figueiredo, K., Alves, T. L., Borges, C. P. 2009. “Poly (vinyl alcohol) films crosslinked by glutaraldehyde under mild conditions”, **Journal of Applied Polymer Science**, **111**(6), 3074-3080.
78. <http://www.mathis.com.br/en/catalogo/> (Erişim Tarihi: 29.11.2016)
79. Sultana, S., Islam, M. R., Dafader, N. C., Haque, M. E., Nagasawa, N., Tamada, M. 2012. “Effect of mono- and divalent salts on the properties of carboxymethyl cellulose hydrogel under irradiation technique”, **International Journal of Chemical Sciences**. **10**(2), 627-634.
80. Gulrez, S. K. H., Al-Assaf, S., Phillips, G. O. 2011. “Hydrogels: methods of preparation, characterisation and applications, in progress in molecular and environmental bioengineering”, 117-149, Editör: Angelo Carpi, United Kingdom, Wrexham.
81. Khan, S., Ranjha, N. M. 2014. “Effect of degree of cross-linking on swelling and on drug release of low viscous chitosan/poly (vinyl alcohol) hydrogels”, **Polymer bulletin**, **71**(8), 2133-2158.
82. Wu, L., Liu, M. 2008. “Preparation and characterization of cellulose acetate-coated compound fertilizer with controlled-release and water-retention”, **Polymers for Advanced Technologies**, **19**(7), 785-792.
83. Lefoulon, A., Beelen, V. 2014. “EnAlgae project “Analysis of dissolved ammonium(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)”,[https://ixion.bcu.ac.uk/enalgae/assets/pdf/A3/SOP\\_Ammonium\\_Ugent%20Kortrijk.pdf;jsessionid=380B92AA5F01C2C0F3E825BED687A744;jsessionid=380B92AA5F01C2C0F3E825BED687A744](https://ixion.bcu.ac.uk/enalgae/assets/pdf/A3/SOP_Ammonium_Ugent%20Kortrijk.pdf;jsessionid=380B92AA5F01C2C0F3E825BED687A744;jsessionid=380B92AA5F01C2C0F3E825BED687A744) (Erişim Tarihi: 30.09.2016)
84. RQ Flex Cihazı Kullanım Kılavuzu, 2015.
85. Chen, Z., Hay, J. N., Jenkins, M. J. 2012. “FTIR spectroscopic analysis of poly (ethylene terephthalate) on crystallization”, **European Polymer Journal**, **48**(9), 1586-1610.

86. Mansur, H. S., Sadahira, C. M., Souza, A. N., Mansur, A. A. 2008. "FTIR spectroscopy characterization of poly (vinyl alcohol) hydrogel with different hydrolysis degree and chemically crosslinked with glutaraldehyde", **Materials Science and Engineering, C**, **28**(4), 539-548.
87. Wang, T., Turhan, M., Gunasekaran, S. 2004. "Selected properties of pH-sensitive, biodegradable chitosan-poly (vinyl alcohol) hydrogel", **Polymer International**, **53**(7), 911-918.
88. Fortin, T. J., Shilling, J. E., Tolbert, M. A. 2002. "Infrared spectroscopic study of the low-temperature phase behavior of ammonium sulfate", *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 107(D10).
89. <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C7783202&Type=IR-SPEC> (Erişim Tarihi: 03.01.2017)
90. Singh, A. N., Singh, S., Dubey, V. K. 2013. "Immobilization of Procerain B, a Cysteine Endopeptidase, on Amberlite MB-150 Beads", **PloS one**, **8**(6), e66000.
91. Li, B., Shan, C. L., Zhou, Q., Fang, Y., Wang, Y. L., Xu, F., Han, L. R., İbrahim, M., Guo, L. B., Xie, G. L., Sun, G. C. 2013. "Synthesis, characterization, and antibacterial activity of cross-linked chitosan-glutaraldehyde", **Marine Drugs**, **11**(5), 1534-1552.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Sultan KARAGÖZ  
 Uyuşu: Türkiye (TC)  
 Doğum Tarihi ve Yeri: 11 Nisan 1988, Yozgat  
 Medeni Durumu: Bekâr  
 Tel: 0 545 805 97 63  
 email: [sultan.krgz88@gmail.com](mailto:sultan.krgz88@gmail.com)

Yazışma Adresi: Seyrani Mah. Mustafa Kemal Paşa Bul. Altınnesil Sit. A Blok 205/27  
 Kocasinan/KAYSERİ

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	ERÜ Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği	2014
Önlisans	ERÜ Mustafa Çıkrıkçioğlu MYO, Tekstil Bölümü	2009
Lise	75. Yıl Cumhuriyet Lisesi, Kayseri	2005

### YAYINLAR

- Özen, İ., Okyay, G., Karagöz, S., Ulaş, A., “Fertilizer release profile of pol(vinyl alcohol)/ammonium sulfate coated nonwoven structures”, 46th IUPAC World Polymer Congress, İstanbul, Türkiye, 17-21 Temmuz 2016, s.104.
- Özen, İ., Karagöz, S., “Kontrollü gübre salım özelliği bulunan agrotekstil dokusuz yüzeylerin geliştirilmesi”, VI. Ulusal Polimer Bilim ve Teknoloji Kongresi, Ankara, Türkiye, 4-7 Eylül 2016, s.48.