

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA YÜKSEK LİSANS PROGRAMI
2022-YL-045

**HİDROKOLLOİD VE ZEOLİT İÇEREN PROPENAMİD
TEMELLİ YENİ BİYOKOMPOZİT HİDROJELLERİN
KARAKTERİZASYONU VE POLİMERİK ADSORPSİYON
POTANSİYELLERİ**

**İREM TASGÜL
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Erdener KARADAĞ**

AYDIN-2022

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Erdener KARADAĞ'a, bilgi ve hazırlık aşamalarımnda yanımda olan hocam Sayın Doç. Dr. Semiha KUNDAKÇI'ya, tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan aileme, çalışmalarım sırasında manevi desteklerini her zaman hissettiğim arkadaşlarıma teőekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımı yürütebilmek için ihtiyaç duyduğum olanakları bana sağlayan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Başkanlığı'na teőekkürü bir borç bilirim.

FT-IR spektroskopisi analizleri sırasında yardımlarını esirgemeyen, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü öğretim elemanı, Arş. Gör. Dr. Rukiye YAVAŐER'e ve SEM mikrografların alındığı İzmir Katip Çelebi Üniversitesi (İKÇÜ), Merkez Araştırma Laboratuvarı (MERLAB) Müdürlüklerine de teőekkürlerimi sunarım.

İrem TASGÜL

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
TEŞEKKÜR	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
RESİMLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Hidrokolloidler	3
2.1.1. Kolloidler	3
2.1.2. Hidrokolloidler ve Kullanım Alanları	4
2.1.3. Polisakkaritler	5
2.1.4. Akasya Gamı	5
2.1.5. Polimerik Adsorbanlar ve Hidrokolloidler	5
2.1.6. Hidrokolloidlerin Adsorpsiyon Potansiyelleri	6
2.2. Hidrojellerde Su Soğurumu ve Geçirim	6
2.3. Hidrojellerde Karakterizasyon	7
2.3.1. Spektroskopik Karakterizasyon	7
2.3.2. SEM Analizi	7
2.3.3. Su Alıkonma Karakterizasyonu	7
2.3.4. Geçirim	8

2.4. Zeolitler	8
2.5. Denge Adsorpsiyon Çalışmaları.....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal.....	10
3.2. Polimerik Örneklerin Hazırlanması.....	11
3.2.1. Hidrojel Üretimi	12
3.3. Polimerik Örneklerin Karakterizasyonu.....	14
3.3.1. Spektroskopik Karakterizasyon.....	14
3.3.2. Su Alıkonma Karakterizasyonu.....	14
3.3.3. SEM Analizi	15
3.3.4. Toluidin Blue Soğurumu	15
4. BULGULAR	17
4.1. Yapısal Karakterizasyon.....	17
4.2. Su Alıkonma Yüzdesi.....	21
4.2.1. Dinamik Su Alıkonma Çalışmaları	25
4.2.2. Su Alıkonmasına AG ve ZEO etkisi.....	28
4.2.3. Dengede Su Alıkonma Kapasitesi (DSAK)	30
4.3. Suyun Geçirimi.....	31
4.4. SEM Çalışmaları	35
4.5. Yüze Soğurum	38
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR.....	50
EKLER	56
Ek.1. Toluidin blue çözeltilerinin denge derişimlerinin hesaplanması için kullanılan çalışma eğrisi.....	56

BİLİMSEL ETİK BEYANI.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	58



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%RG	: Yüzde renk giderimi
%S	: t anındaki su alıkonma yüzdesi
%S_a	: Dengede su alıkonma yüzdesi
AG	: Akasya gam
APS	: Amonyum persülfat
C	: Çözeltinin başlangıç derişimi
C_b	: Hidrojel tarafından soğurulan boyanın derişimi
C_m	: Santimetre
C_s	: Çözeltinin denge derişimi
D	: Geçirim katsayısı
Dak	: Dakika
DSAK	: Dengede su alıkonma kapasitesi
F	: Su alıkonma kesri
FT-IR	: Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi
G	: Gram
K	: Geçirim sabiti
K_{ekk}	: Etkin kapasite katsayısı
M	: Metre
M	: Molar (mol dm ⁻³)
M_d	: Dengedeki jelin içerdığı su kütlesi
M_{d;}	: Jelin denge anında içerdığı su miktarı
MG	: Miligram
ML	: Mililitre
MM	: Milimetre

Mmol	: Milimol
M_n	: Sayıca ortalama mol kütlesi
M_t	: Jelin t anında içerdiği su miktarı
N	: Geçirim üsteli
NM	: Nanometre
PEGDA	: Poli (etilen glikol) diakrilat
PrAm	: Propenamid
PrAm/SSS	: Propenamid/sodyum stirensülfonat
PrAm/SSS/AG	: Propenamid/sodyum stirensülfonat/Akasya gam
PrAm/SSS/AG/ZEO	: Propenamid/sodyum stirensülfonat/Akasya Gam/Zeolit
PrAm/SSS/ZEO	: Propenamid/sodyum stirensülfonat/Zeolit
Q	: Renk giderim faktörü
R	: Su soğurulmuş jelin yarıçapı
SEM	: Taramalı elektron mikroskobu (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)
SSS	: Sodyum stirensülfonat
T	: Süre (dakika)
TB	: Toluidin blue
TEMED	: <i>N,N,N',N'</i> -Tetrametiletildiamin
V	: Hacim (L)
W₀	: Kuru polimer kütlesi
W_d	: Dengedeki (su soğurulmuş) polimerin kütlesi
W_t	: t süre sonraki (su soğurulmuş) polimer kütlesi
λ_{MAK}	: Maksimum dalga boyu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çözücü, kolloid ve süspansiyonu temsil eden görseller.	4
Şekil 3.1. Polimerik örneklerin hazırlanması.	14
Şekil 3.2. Su alıkonma çalışmaları.	15
Şekil 3.3. TB alıkonması.	16
Şekil 4.1. PrAm/SSS hidrojelleri için olası polimerleşme mekanizması.	17
Şekil 4.2. PrAm monomerinin FT-IR spektrumu.	18
Şekil 4.3. SSS yardımcı monomerinin FT-IR spektrumu.	18
Şekil 4.4. AG doğal polimerinin FT-IR spektrumu.	18
Şekil 4.5. ZEO mineralinin FT-IR spektrumu.	19
Şekil 4.6. PrAm/SSS hidrojellerinin FT-IR spektrumu.	19
Şekil 4.7. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin FT-IR spektrumu.	19
Şekil 4.8. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin FT-IR spektrumu.	20
Şekil 4.9. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerinin FT-IR spektrumu.	20
Şekil 4.10. 60 mg AG içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin FT-IR spektrumları.	20
Şekil 4.11. 60 mg ZEO içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin FT-IR spektrumları.	21
Şekil 4.12. PrAm/SSS hidrojellerinin şişme grafiği.	25
Şekil 4.13. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin şişme grafiği.	26
Şekil 4.14. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin şişme grafiği.	26
Şekil 4.15. PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerinin şişme grafiği.	26
Şekil 4.16. Farklı AG içeriğine sahip PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin şişme grafiği.	28

Şekil 4.17. Farklı ZEO içeriğine sahip PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerin şişme grafiği.....	28
Şekil 4.18. PrAm/SSS hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.	31
Şekil 4.19. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.	32
Şekil 4.20. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.	32
Şekil 4.21. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.	32
Şekil 4.22. Farklı AG içeriğine sahip PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.	33
Şekil 4.23. Farklı ZEO içeriğine sahip PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinde lnF-lnt grafiği.....	34
Şekil 4.24. PrAm/SSS hidrojenlerine TB alıkonması.	38
Şekil 4.25. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerine TB alıkonması.	39
Şekil 4.26. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerine TB alıkonması.	39
Şekil 4.27. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerine TB alıkonması.	39

RESİMLER DİZİNİ

Resim 3.1. Çalışmada kullanılan Zeolit görünümü.....	10
Resim 4.1. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.	22
Resim 4.2. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.....	22
Resim 4.3. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.....	23
Resim 4.4. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.....	23
Resim 4.5. PrAm/SSS hidrojeli ve PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.....	24
Resim 4.6. PrAm/SSS hidrojeli ve PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.....	24
Resim 4.7. Farklı AG içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin kuru ve su soğurumu yapmış görüntüleri.....	29
Resim 4.8. Farklı ZEO içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin kuru ve su soğurumu yapmış görüntüleri.....	30
Resim 4.9. PrAm hidrojelinin SEM görüntüsü.	35
Resim 4.10. PrAm/SSS hidrojelinin SEM görüntüsü.	36
Resim 4.11. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin SEM görüntüsü.	36
Resim 4.12. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelinin SEM görüntüsü.	37
Resim 4.13. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojelinin SEM görüntüsü.	37
Resim 4.14. PrAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltisindeki görünümleri.	40

Resim 4.15. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltilisindeki görünümleri.	40
Resim 4.16. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltilisindeki görünümleri.	41
Resim 4.17. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltilisindeki görünümleri.	41
Resim 4.18. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltilisindeki görüntüleri.	43
Resim 4.19. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltilisindeki görüntüleri.	43
Resim 4.20. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltilisindeki görüntüleri.	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Üretiminde kullanılan kimyasalların isimleri, formülleri ve kısaltmaları.....	11
Çizelge 3.2. Soğurum çalışmasında kullanılan TB boyarmaddesinin bazı özellikleri.....	11
Çizelge 3.3. Sentez çalışmalarında kullanılan SSS, AG ve ZEO içeriklerinin bileşimlere göre değişimi.	13
Çizelge 4.1. Hidrojel sistemlerinin su alıkonma kapasite değerleri.....	27
Çizelge 4.2. Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojellerin su alıkonma kapasite değerleri.....	29
Çizelge 4.3. Hidrojel sistemlerde DSAK değerleri.....	30
Çizelge 4.4. Farklı ZEO ve AG içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojel sistemlerde DSAK değerleri.....	30
Çizelge 4.5. Hidrojel sistemlerde suyun geçirim değerleri.....	33
Çizelge 4.6. Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojel sistemlerde su geçirim değerleri.....	34
Çizelge 4.7. Hidrojel sistemlerde yüzey soğurum parametreleri.....	42
Çizelge 4.8 Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip, 60 mg SSS içeren hidrojellerde yüzey soğurum parametreleri.....	42

ÖZET

HİDROKOLLOİD VE ZEOLİT İÇEREN PROPENAMİD TEMELLİ YENİ BİYOKOMPOZİT HİDROJELLERİN KARAKTERİZASYONU VE POLİMERİK ADSORPSİYON POTANSİYELLERİ

Taşgöl, İ. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Programı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 2022.

Amaç: Bu çalışmada, Hidrokolloid olarak bilinen ve doğal bir polisakkarit olan “Akasya gamı” (Acacia gum, Gum arabic) (AG)”, kristal yapıya sahip bir alüminyum silikat olarak bilinen “zeolit (ZEO)” ve “sodyum stirensülfonat (SSS)” gibi hidrofilik bir yardımcı monomerin; çapraz bağlı polimer üretiminde yaygın kullanılan nötral bir monomer olan propenamid (PrAm, akrilamid), ile birlikte oluşturacakları yeni bir biyokompozit polimerik adsorbanın üretimi, karakterizasyonu ve polimerik adsorpsiyon potansiyellerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem: AG, ZEO, SSS ve PrAm içeren yeni biyohibrit hidrojel, sulu çözelti ortamında serbest radikal katılma polimerleşmesi ile elde edilmiştir. Tepkimeyi başlatmak amacıyla amonyum persülfat (APS) ve tepkimenin hızla ilerlemesini sağlamak amacıyla *N,N,N',N'*-tetrametiletilediamin kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı olarak, poli (etilen glikol)diakrilat seçilmiştir. Sentez aşamasında, ortama ZEO ve AG’ın birlikte eklenmesiyle yeni biyokompozit hidrojel polimerler elde edilmiştir. Yapısal karakterizasyon için FT-IR spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskopisi (SEM) tekniği uygulanmıştır. Polimerik sistemlere şişme testleri uygulanarak, şişme ve su difüzyonu ile ilgili çok sayıda parametre bulunmuştur. Çalışmanın son aşamasında, toluidin blue, gibi katyonik karakterde boyarmadde kullanılarak sulu ortamlardan boyarmadde soğurum çalışmaları değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışma sonunda yüksek oranda su tutabilen hidrojel elde edilmiştir. Bu örneklerin yüksek oranda su tutabildiği ve toluidin blue gibi katyonik bir boyarmaddeyi yüksek sayısal değerlerde soğurabildiği izlenmiştir.

Sonuç: Bu çalışmada elde edilen polimerik sistemlerin, çevrede bulunan boyarmadde gibi kirleticileri etkin olarak adsorplama kapasitelerinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Akasya Gamı, Geçirim, Hidrojel, Propenamid, Renk Giderimi, Sodyum Stirensülfonat. Soğurum, Toluidin Blue, Zeolit.



ABSTRACT

CHARACTERIZATION AND POLYMERIC ADSORPTION POTENTIALS OF NEW BIOCOMPOSITE HYDROGELS BASED PROPENAMIDE CONTAINING HYDROCOLLOID AND ZEOLITE

Taşgül, İ. Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Naturel and Applied Sciences, Chemistry, Program, Master Thesis, Aydın, 2022.

Objective: In this thesis, a natural polysaccharide known as hydrocolloid, such as "Acacia gum" (Gum arabic) (AG)", "zeolite (ZEO)", which is an aluminum silicate with a crystal structure, and a hydrophilic co-monomer; "sodium styrenesulfonate (SSS)" were used. The aim of this study is to investigate the production, characterization and polymeric adsorption potentials of a new biocomposite polymeric adsorbent that they will form together with propenamide (PrAm, acrylamide), a neutral monomer widely used in the production of cross-linked polymers.

Material and Methods: New biohybrid hydrogels containing AG, ZEO, SSS and PrAm were obtained by free radical addition polymerization in aqueous solution. In this reaction, ammonium persulfate (APS) was used to initiate the reaction and *N,N,N',N'*-tetramethylethylenediamine was used to accelerate the reaction. As the crosslinker, poly(ethylene glycol)diacrylate was chosen. At the synthesis stage, new biocomposite hydrogel polymers formed by adding ZEO and AG together to the medium were obtained. FT-IR spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) technique were applied for structural characterization. By applying swelling tests to polymeric systems, many parameters related to swelling and water diffusion has been found. In the last stage of the study, dye absorption studies from aqueous media were evaluated by using cationic dye such as toluidine blue.

Results: At the end of the study, hydrogels with high water retention were obtained. It has been observed that these samples can hold water at a high rate and can absorb a cationic dye such as toluidine blue.

Conclusion: It has been concluded that the polymeric systems obtained in this study have a high capacity to effectively adsorb for pollutants such as dye in the environment.

Key Words: Acacia gum, Color removal, Diffusion, Hydrogel, Propenamide, Sodium styrenesulfonate, Sorption, Toluidine blue, Zeolite.



1. GİRİŞ

Polimerler insan yaşamında çok fazla kullanılan temel malzemelerdendir. Her geçen gün çok sayıda yenilik içeren araştırmalar ile bilimsel açıdan da doyurucu gelişmeler yaşanmaktadır. Yeni fonksiyonel polimerler geliştirilerek insanoğlunun kullanımına sunulmakta ve insanların daha rahat bir yaşam sürmesine olanak sağlayıcı yenilikler baş döndürücü bir hızla ilerlemektedir. Polimerlerin uygulama alanlarını genişletmek için günümüzde çok sayıda polimer kompozitler sentezlenmektedir. Çapraz bağlayıcı kullanılarak, ağ yapılı polimerlerin sentezlenmeleri de gerçekleştirilmektedir (Saçak, 2002; Şahin, 2006; Fontanille, 2008; Callister ve Rethwisch, 2014; Karadağ vd., 2021).

Tekstil, deri, kağıt, boya, giyim, matbaa üretimi gibi çeşitli sektörlerden kaynaklanan ve endüstriyel atık suların denetimsiz boşalımı ile ortaya çıkan su kirliliği çok ciddi bir çevre sorunudur. Canlı organizmaları ve ekosistemi tehdit eden kirleticilerin, çevreye girmeden önce atık su akımlarından uzaklaştırılmaları gerekir. Boyarmaddeler başlıca kirletici sınıflarındandır. Katyonik ve anyonik tiplere ayrılan kimyasal boyarmaddeler, karmaşık yapıları nedeniyle, insanlar, hayvanlar ve diğer canlı organizmalar için çevrede kirliliğe neden olurlar. Boyalar, yüksek mol kütleli, genellikle de aromatik maddelerdir. Suda çözünürler. Bu nedenle suda kolayca dağılırlar ve çoğu yüzey ve yeraltı sularına salınır. Son yıllarda sularda belirlenen seviyelerin üzerinde bulunan boyarmaddelerin sulu ortamlardan uzaklaştırılması araştırıcıların yoğun ilgisini çekmekte ve kirlilik giderilmesi yönünde çalışmalar yoğunlaşmaktadır. Daha önceki çalışmalarda biyolojik, mekanik ve kimyasal yöntemlerle kirlilik giderici etkinlikler çok kullanılmıştır. Bu uygulamalarda iyon değişimi, kataliz ve adsorpsiyon çalışmaları öne çıkan ve yoğun olarak üzerinde durulan alanlar olmuştur. Adsorpsiyon işleminde, çeşitli doğal ve sentetik adsorbanlar, örneğin kitosan, aljinat, aktif karbon, alg vb. kullanılabilir. Çapraz bağlı polimerlerin bu alanda kullanımı son yıllarda oldukça yaygındır. Üç boyutlu hidrofilik polimerler olan hidrojel esaslı su arıtma sistemleri, hidrofilik karakter doğası, ucuz, verimli ve üç boyutlu polimer ağı nedeniyle adsorpsiyon uygulamalarında yoğun olarak kullanılmışlardır. Hidrojeller, kimyasal ve fiziksel olarak kararlıdır, iyi bir polimer ağı oluştururlar. Hidrojeller yüksek bir adsorpsiyon afinitesi sergiler. Hidrojellerin düşük derişimlerde bile yüksek verimle kullanılır olması, sulu çözeltilerden farklı kimyasalları uzaklaştırmak için çevresel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmalrını

sağlar. Sayısız doğal polimerler (kitin, kitosan, karboksimetilselüloz vb.), tarımsal atıklar, silikatlar, mineral killer ve aktif karbon bazı kimyasalları atık sudan uzaklaştırmak için bir sorbent olarak kullanılır. Bu malzemeler ucuz, biyouyumlu, iyi mekanik ve kimyasal özelliklere sahip olduklarından yoğun olarak kullanılır (Crini, 2005; Crini, 2006; Allawzi ve Al-Asheh, 2021; Chen vd., 2016; Akharam vd., 2018; Jaspal ve Malviya, 2020; Hassan vd., 2021; Karadağ vd., 2021).

Bu çalışmada, bir yardımcı monomer kullanılarak, propenamid esaslı hidrojeller, akasya gamı gibi bir hidrokolloid/doğal bir polisakkarit kullanılarak ve zeolit gibi anorganik esaslı bir alüminyum silikat kullanılarak kompozit/biyokompozit hidrojel polimerler serbest radikalik polimerleşme tepkimesiyle sentezlenecektir. Hidrojellere, yarı-iç içe geçmiş ağ yapılı polimerik sistemler olan yarı-IPN'lere ve kompozit/biyokompozit hidrojellere 25°C'ta suda şişme testleri gerçekleştirilecektir. Yapısal analiz için, Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi (FT-IR) ve Taramalı Elektron Mikroskopi (SEM) tekniklerinden yararlanılacaktır. Sentezlenen örnek polimerlerin soğurum özelliklerinin araştırılması için katyonik özellikteki metilen mavisi, nil mavisi, toluidin blue, metil viyole gibi birçok boyarmadde, model molekül olarak seçilerek ön denemelerde kullanılmış, daha sonra etkinlik derecesine göre toluidin blue boyarmaddesinin kullanılmasına karar verilmiştir.

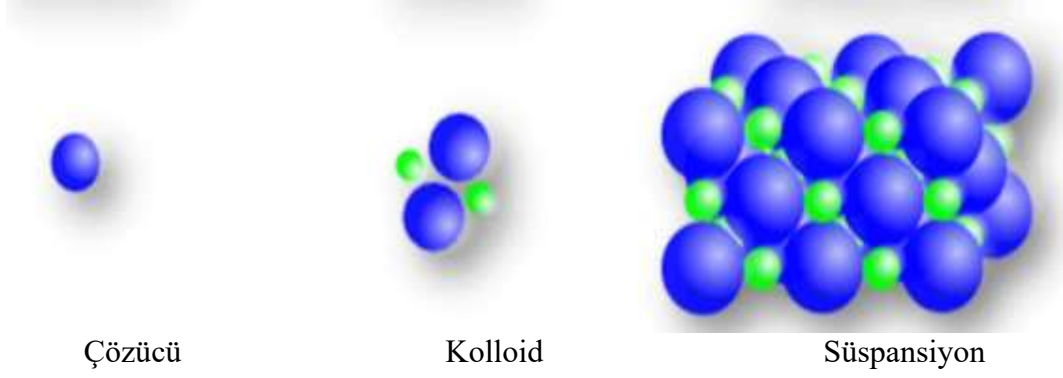
2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Hidrokolloidler

Hidrokolloidler, yüksek miktarda su bağlayabilen, eklendikleri sistemlerin akış, şekil değiştirme vb. çok sayıda fizikokimyasal özelliklerini modifiye eden, yüksek mol kütleli, suda çözünebilen polisakkarit ve protein gibi makromoleküller/polimerlerdir (Izydorczyk vd., 2005; Saldamlı, 2005; Dragan ve Dinu, 2015; Borgogna vd., 2016; Kazemi-Taskooh ve Varidi, 2021; Mc Clements, 2021). Hidrokolloidler, yoğun olarak biyoetkinlik anlamında besin olarak kullanılan maddelerle birlikte kullanılan maddelerdir. Bir gıdadaki görünüm, doku, raf ömrü veya ağızdaki tadı gibi özelliklerini kontrol altına almak için hidrokolloidler tercih edilmektedir. Hidrokolloidler, (özellikle polisakkaritler) besin endüstrisinde ve besin kimyasındaki terminolojide GAM (GUM) olarak da bilinmektedir (Saldamlı, 2005). Hidrokolloidler fonksiyonel bileşen olarak koyulaştırıcı/kıvam artırıcı/viskozite artırıcı madde, jelleştirici madde ya da stabilizatör şeklinde kolayca eklenebilir, dondurma, jöle, süt ürünleri, meyve içerikli endüstriyel ürünler, salata sosları, ketçap, mayonez, unlu ürünler ve bu tarz ürünler temel uygulama alanlarındadır (Izydorczyk vd., 2005; Saldamlı, 2005; Dragan ve Dinu, 2015; Borgogna vd., 2016; Kazemi-Taskooh ve Varidi, 2021; Mc Clements, 2021).

2.1.1. Kolloidler

Kolloidler, içinde çok küçük sayılar ile ifade edilebilen [(10-10000 Angström);(1-1000 nanometre)] ve dağılmış halde çözünmeyen parçacıkların, başka bir (dağıtıcı) ortam içerisinde dağıtıldığı bir karışımdır (Sarıkaya, 2005; Saçak, 2002).



Şekil 2.1. Çözücü, kolloid ve süspansiyonu temsil eden görseller.

2.1.2. Hidrokolloidler ve Kullanım Alanları

Çok bilinen ve kullanılan hidrokolloidler, nişasta, guar gum, aljinatlar, karrajenanlar, kitin, agar, jelatin ve ksantan gam'dır. Doğal nişasta dünya üzerinde en bol bulunan biyopolimerdir ve glukozların birbirine bağlanmasıyla oluşur. Nişasta bitkilerin tohum, kök, gövde, yaprak ve yumrularında bulunur. Gıdaların jelleşmesi ve yemek soslarının kıvamının oluşması sırasında sıvıdan katı hale geçişte etkilidir. Nişasta, endüstriyel açıdan kağıt, ilaç, kimya ve yem endüstrisinde ve gıda endüstrisinde başlıca süt, fırıncılık ürünleri ve sosların üretiminde kullanılmaktadır (Crini, 2005; Izydorczyk vd., 2005; Crini, 2006; Saldamlı, 2005; Baybaş ve Ulusoy, 2011; Shi, vd. 2011; Bueno vd. 2013; Wang vd. 2013; Dragan ve Dinu, 2015; Borgogna vd., 2016; Kazemi-Taskooh ve Varidi, 2021; Mc Clements, 2021).

Ticari aljinatlar genellikle aljinik asit sodyum tuzu biçiminde bulunurlar. Kahverengi deniz yosunundan elde edilen polisakkaritlerdendir. Süt ürünleri ve salata soslarında kullanılırlar. Karrajenanlar; bazı monosakkaritlerin bir karışımıdır. Başlıca türleri, kappa (k), iyota (i) ve lambda (l) türleridir. Süt ve su ile jel oluşturma özelliği vardır. Dondurma ve süt ürünleri üretiminde kullanılırlar (Crini, 2005; Izydorczyk vd., 2005; Saldamlı, 2005; Crini, 2006; Mc Clements, 2021).

Kitin; Karides, ıstakoz, yengeç gibi kabuklu hayvanların kabuğundan elde edilen bir hidrokolloid ve özellikle deniz yiyecekleri işleme endüstrisinin atık ürünüdür. Agar, yosundan elde edilen hidrokolloidlerden birisidir. Soğuk suda çözünmez, sıcak suda yavaş çözünür. Isıtıldığı takdirde, soğutma aşamasında jelleşmeye başlar. Oluşan bu jel oldukça katı ve dayanıklıdır. Agar, 95⁰C'de erirken, 32–40⁰C'de işlenebilme özelliği vardır. Yaygın olarak pastacılıkta ve pasta süslemelerinde de kullanılmaktadır. Jelatin; hayvansal kaynaklı bir

protein hidrokolloiddir. A ve B tipi olmak üzere iki gruptur. A tipi, domuz derisinden asit işleme ile B tipi ise sığır kemiği ve dana derisinden alkali etkileşimi ile üretilir. Soğuk suda şişer, sıcak suda çözünür, 30°C’de eriyen jeller oluşturur. Jöle yapımında ve pastacılıkta yaygın olarak kullanılır (Crini, 2005; Izydorczyk vd., 2005; Crini, 2006; Mc Clements, 2021).

2.1.3. Polisakkaritler

Birden fazla monosakkaritin glikozit bağı ile birbirine tutunmasıyla oluşan kimyasallara polisakkaritler denir. Yapıda saf ve oksidasyona uğramış monosakkaritler bulunabilir. Genellikle şekilsiz ve toz halde bulunurlar. Tek tip monosakkaritten meydana geliyorsa ‘Homopolisakkarit’, farklı gruplardan oluşacak şekilde meydana geliyorsa ‘Heteropolisakkarit’ olarak adlandırılmaktadır. En önemli özellikleri doğal polimer olmalarıdır (Crini, 2005; Izydorczyk vd., 2005; Crini, 2006; Saldamlı, 2005; Dragan ve Dinu, 2015; Borgogna vd., 2016; Kazemi-Taskooh ve Varidi, 2021; Mc Clements, 2021).

2.1.4. Akasya Gamı

Son zamanlarda yoğun kullanılan hidrokolloidlerin başlıcalarından birisi de akasya gamı (AG)’dir. Akasya gamı, (Gum arabic; Acacia gum) (AG); akasya ağacından elde edilen, jelleşmeyen bir hidrokolloiddir. Şekerlemelerde kristalizasyonu önlemek için, içeceklerde bulanıklaştırıcı ve köpük stabilizeri olarak kullanılır. Aroma üreticileri, akasya gamını aroma emülsiyonlarını oluşturmak için kullanırlar (Crini, 2005; Izydorczyk vd., 2005; Crini, 2006; Saldamlı, 2005; Dragan ve Dinu, 2015; Borgogna vd., 2016; Sharma vd., 2020, Kazemi-Taskooh ve Varidi, 2021; Mc Clements, 2021).

2.1.5. Polimerik Adsorbanlar ve Hidrokolloidler

Hidrokolloidler besin endüstrisi dışındaki pek çok teknik alanda ve malzeme biliminde de yoğun olarak kullanılırlar. Günümüzde polimerlerin kullanım alanlarını genişletmek için de birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, polimerlerin mekanik, optik, ısısal,

elektriksel özelliklerini geliştirmeyi amaçlar. Bu çalışmalar sonunda yeni pek çok polimerik esaslı malzeme üretilir. Son yıllarda özellikle sulu ortamlarda çözülmüş olarak bulunan pek çok türün hidrojeller ile buldukları ortamlardan uzaklaştırılmaları yoğun çalışılan konulardandır. (Üzüm ve Karadağ, 2011; Karadağ ve Kundakcı, 2013, Karadağ vd., 2014a, Karadağ vd., 2014b; Karadağ vd., 2016; Khan ve Lo, 2016; Krishna ve Vishalakshi, 2017; Sing vd., 2017; Karadağ vd. 2019; Kaith vd., 2021; Karadağ vd. 2021; Kayan ve Kayan, 2021; Pereira vd., 2021; Ren vd., 2021; Safarzadeh vd., 2022).

Polimerler ve hidrojeller ile ilgili yeni çalışmalar sırasında hidrokolloid, kil, zeolit, metal nanoparçacıklar, vb. türlerin yoğun kullanıldıkları bilinmektedir. Hidrokolloidler, genellikle zincirlerinde hidroksil, asetamid ya da amin gibi fonksiyonel gruplar taşırlar. Hidrokolloidlerin, fizikokimyasal karakterleri, kimyasal kararlılıkları, yüksek aktiviteleri, aromatik bileşiklere ve metallerle karşı yüksek seçicilikleri, en temel özellikleridir. Hidrokolloidlerin kullanıldığı malzeme üretimi ile gibi pek çok yeni özellikler sağlanabilmektedir.

2.1.6. Hidrokolloidlerin Adsorpsiyon Potansiyelleri

Bilinen/geleneksel adsorbanların/soğurucuların artan maliyetleri ve toksisite, hidrokolloid esaslı yeni polimerik malzeme ve bunların türevlerini atık su işleme ve su arıtımında en çekici biyomalzemeler/biyosoğurucular haline getirmiştir. Boyarmaddeler ve metal iyonları gibi kirleticiler için diğer düşük maliyetli soğurucular ve ticari aktif karbonlar ile karşılaştırıldıklarında hidrokolloid esaslı maddeler önemli uzaklaştırma kapasitesine sahiptirler. Hidrokolloid esaslı yeni polimerik malzeme ve bunların türevlerinin soğurum/adsorpsiyon verimleri yüksektir. Çevrede kirlilik giderimi, ayırma işlemleri ve diğer analitik amaçlı çalışmalar için rahatlıkla kullanılabilirler. Hidrokolloid esaslı polimerik esaslı maddeler çevrede kirliliğin giderilmesi dışında çeşitli uygulamalarda da kullanılabilirler.

2.2. Hidrojellerde Su Soğurumu ve Geçirim

Çapraz bağlı hidrofilik polimerler ya da kopolimerler su ile etkileştirildiğinde suyu absorblamaya başlarlar. Suyun polimer tarafından alıkonması sırasında, su gözenekler ya da yapısal boşluklar arasına girmeye çalışırken zorla moleküller arası boşlukları açar. Su ya da çözücü miktarı artarken, polimer zincirleri arasında ayrımlar olmaya başlar ve yapıda hareketli bir polimerik ağ yapı oluşur. Yeterli miktarda boşluklar oluştuğunda çözücü molekülleri içine difüzyonlanmaya başlar. Bu sırada derişik ve seyreltik çözeltiler bir arada bulunur. Zamanla iki çözelti derişimi eşitlenir. Çapraz bağlı polimerler çözünmez fakat jel oluşturarak sıvı soğurabilirler (Laftah vd., 2011; Kundakcı ve Karadağ, 2014, Sharika vd., 2021;).

2.3. Hidrojellerde Karakterizasyon

2.3.1. Spektroskopik Karakterizasyon

Fourier Transform İnfrared Spektrofotometreleri (Fourier Geçirmeli Kızılötesi)(FT-IR) ile daha duyarlı analizler yapılır. Bu cihazlar ile nitel ve nicel analizler yapılmaktadır. Uygulanan spektroskopik yöntem infrared (IR) spektroskopisidir.

2.3.2. SEM Analizi

Taramalı elektron mikroskopi (Scanning Electron Microscopy, SEM) yöntemi gözenekli yapıya sahip çok çeşitli malzemede önemli bilgiler sunan bir analiz yöntemidir.

2.3.3. Su Alıkonma Karakterizasyonu

Çapraz bağlı polimerler, uygun çözücü ortamında bekletildiklerinde su yapıya girmeye başlar ve su tutuklanmaya başlar Su alıkonma kinetiği incelemeleri için su alıkonma eğrileri

oluşturulur. Su alıkonma karakterizasyonunda hesaplanan önemli parametrelerden birisi “su alıkonma yüzdesi, %S” ’tir. Bu parametre aşağıda verilen bağıntı ile hesaplanır.

$$\%S = \frac{W_t - W_0}{W_0} \times 100 \quad 1$$

Burada, W_0 ; polimerin başlangıç kütlesi, W_t ; t süre sonraki su alıkonmuş kütlesini ifade eder. Denge anında hidrojel en yüksek su tutma kapasitesi gösterir. Su alıkonma çalışmalarında değerlendirilen bir başka parametre de, “Dengede su alıkonma kapasitesi, (DSAK)”dır. DSAK aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Lee vd., 2000; Kim vd., 2003; Saraydın vd., 2004).

$$DSAK = \frac{W_d - W_0}{W_d} \quad 2$$

Burada; W_d ; dengedeki su soğurulmuş polimerin kütlesi, W_0 ; polimerin başlangıç kütlesidir.

Su alıkonma karakterinin belirlenmesinde ilgili pek çok eşitlik vardır. Aşağıdaki 3 nolu eşiklik bu amaçla kullanılabilir.

$$F = \frac{M_t}{M_d} = kt^n \quad 3$$

Burada, t anında çapraz bağlı polimerin içerdiği su miktarı; M_t , denge halinde örneğin içerdiği su kütlesi; M_d ’dir. Suyun geçirim türünü gösteren geçirim üsteli; n ve geçirim sabiti ise k’dir. Su alıkonmuş örneğin t anında aldığı su kütlesinin dengede alınan su kütlesine oranı, su alıkonma kesri, F’dir (Saraydın vd., 2004).

2.3.4. Geçirim

Ağ yapılı polimer karakterizasyonunda su geçiriminin incelenmesi önemlidir. Burada geçirim üstelinden (n) yararlanılmaktadır. Çalışmalar sonunda oluşturulacak $\ln F - \ln t$ doğrusunun matematiksel analizleri ile eğim değerinden; n üsteli ve ilgili doğrunun ordinatı kestiği yerden ise k değerini bulunarak geçirim katsayısı, D hesaplanır (Saraydın vd., 2004).

$$D = \pi r^2 \left(\frac{k}{4} \right)^{1/n} \quad 4$$

2.4. Zeolitler

Önemli bir anorganik malzeme olan zeolit, toprak alkali metaller içeren alüminyum silikat esaslı bir malzemedir. Zeolit insanlığının günlük yaşamında, hem de endüstride yoğun olarak kullanılan bir doğal alüminyum silikat grubuna ilişkin bir maddedir. Zeolitler toprak alkali ve üzerinde taşıdığı oyuk, gözenek ve kanallar zeolit potansiyel bir adsorptör olarak dikkat çekici hale getirir (Navalon vd., 2010; Humelnicu vd., 2011; Khoonsap ve Amnuaypanich, 2011; Ngah vd., 2013, Lopes vd., 2014; Panic ve Velickovich, 2014, Rashidzadeh vd., 2015, Zenhendel vd., 2015; Karadağ vd., 2017).

2.5. Denge Adsorpsiyon Çalışmaları

Bu alanda renk giderim faktörü; q hesaplanabilir. Renk giderim faktörü, q ; adsorban olarak kullanılan örneğin bir gramı tarafından soğurulan madde miktarıdır ve aşağıdaki eşitlikle bulunabilir.

$$q = \frac{C - C_s}{m} \times v \quad 5$$

Denge adsorpsiyon izotermi için q değerlerinin çözeltinin denge derişimine karşı grafiğe geçirilmesi gerekir.

Adsorpsiyon incelenmesinde kullanılan bir diğer parametre de renk giderim yüzdesi (%RG) dir. %RG için 6 nolu eşitlik değerlendirilir. Burada, adsorban tarafından adsorplanan çözünenin derişimi, C_b 'dir.

$$\% RG = \frac{C_b}{C} \times 100 \quad 6$$

Soğurum ortamında çözünelerin dağılımları genellikle etkin kapasite katsayısı (K_{ekk}) ile tanımlanabilir. K_{ekk} , aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Saraydın vd., 2004).

$$K_{ekk} = \frac{C_b}{C_s} \quad 7$$

Burada dengedeki etkin kapasite katsayısı; K_{ekk} 'dir. Çözelti denge derişimi; C_s , adsorban tarafından tutuklanan çözünenin derişimi ise C_b 'dir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Sentez sırasında propenamid (PrAm) (Sigma, Almanya), yardımcı monomer olarak sodyum stirensülfonat (sodyum 4-vinilbensensülfonat, SSS) (Aldrich, Almanya), çapraz bağlayıcı olarak poli (etilen glikol) diakrilat (PEGDA) ($M_n = 700 \text{ g mol}^{-1}$) (Aldrich, Almanya) kullanılmıştır. Yarı-IPN oluşturmak için “Akasya gamı” (Gum Arabic, AG) (Sigma, Almanya) ve kompozit hidrojelleri oluşturmak için “zeolit (ZEO) (Sigma, Almanya) kullanılmıştır (Resim.3.1.). *N,N,N',N'*-tetrametiletilendiamin (TEMED) (Sigma-Aldrich, Almanya) ve amonyum persülfat (APS) (Sigma, Almanya) kullanılarak üretimler gerçekleştirilmiştir. İlgili maddelerin bazı özellikleri ve kısa gösterimleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



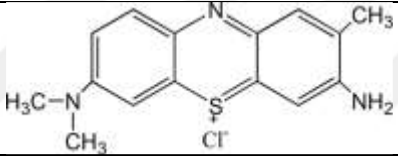
Resim 3.1. Çalışmada kullanılan Zeolit görünümü.

Çizelge 3.1. Üretiminde kullanılan kimyasalların isimleri, formülleri ve kısaltmaları.

Madde	Formül	Kısa Gösterim
Propenamid (Akrilamid)	$H_2C=CHCONH_2$	PrAm
Sodyum stirensülfonat (Sodyum 4-vinilbenzen Sülfonat)	$C_8H_7NaO_3S$	SSS
Poli (etilen glikol) diakrilat	$CH_2=CHCO[OCH_2CH_2]_nOCOCH=CH_2$	PEGDA
Akasya Gam	$C_{15}H_{20}NNaO_4$	AG
Zeolit	$(M^+, M^{++})^d_{y/d}[(Al)_y(Si_{x-y})_xO_{2x}].nH_2O$	ZEO
Amonyum persülfat	$(NH_4)_2S_2O_8$	APS
N,N,N',N' – tetrametiletilendiamin	$(CH_3)_2NCH_2CH_2N(CH_3)_2$	TEMED

Üretilen adsorbanların soğurum özelliklerinin incelenmesi için boyarmadde olarak toluidin blue (TB) kullanılmıştır. Boyarmaddenin ismi, formülü gibi bazı özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir (Karadağ vd., 2014a).

Çizelge 3.2. Soğurum çalışmasında kullanılan TB boyarmaddesinin bazı özellikleri.

İsim	Kimyasal formül	Mol kütlesi (g mol ⁻¹)	λ_{mak} (nm)	Renk indeks no
Toluidin blue (TB)		305,83	626	52040

3.2. Polimerik Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada, hidrokolloid olarak bilinen ve doğal bir polisakkarit olan “Akasya gamı” (Gum Arabic, AG “zeolit (ZEO)” ve “sodyum stirensülfonat (SSS)” gibi hidrofilik bir yardımcı monomerin; propenamid ile birlikte oluşturacakları yeni bir biyokompozit polimerik taşıyıcı/soğurucu/adsorbanın üretimi, karakterizasyonu ve polimerik adsorpsiyon potansiyellerinin araştırılması amaçlanmıştır.

AG, ZEO, SSS ve PrAm içeren yeni bir polimerik adsorban sistem serbest radikalik katılma polimerleşmesi ile elde edilmiştir. Radikalik polimerleşme tepkimesini başlatmak amacıyla amonyum persülfat (APS) ve tepkimenin hızla ilerlemesini sağlamak amacıyla N,N,N',N'-tetrametiletilendiamin (TEMED) kullanılmıştır. Çapraz bağlayıcı olarak, poli (etilen glikol) diakrilat (PEGDA) seçilmiştir.

3.2.1. Hidrojel Üretimi

Üretimde PrAm monomer miktarı sabit tutulmuş ve eklenecek olan SSS yardımcı monomer miktarı değiştirilerek çapraz bağlayıcı yardımıyla çözelti ortamında serbest radikalik polimerleşme yöntemi kullanılmıştır. Polimerik örneklerin hazırlanmasında kullanılan SSS, AG ve ZEO içeriklerinin bileşimlere göre değişimi Çizelge 3.3'te verilmiştir.

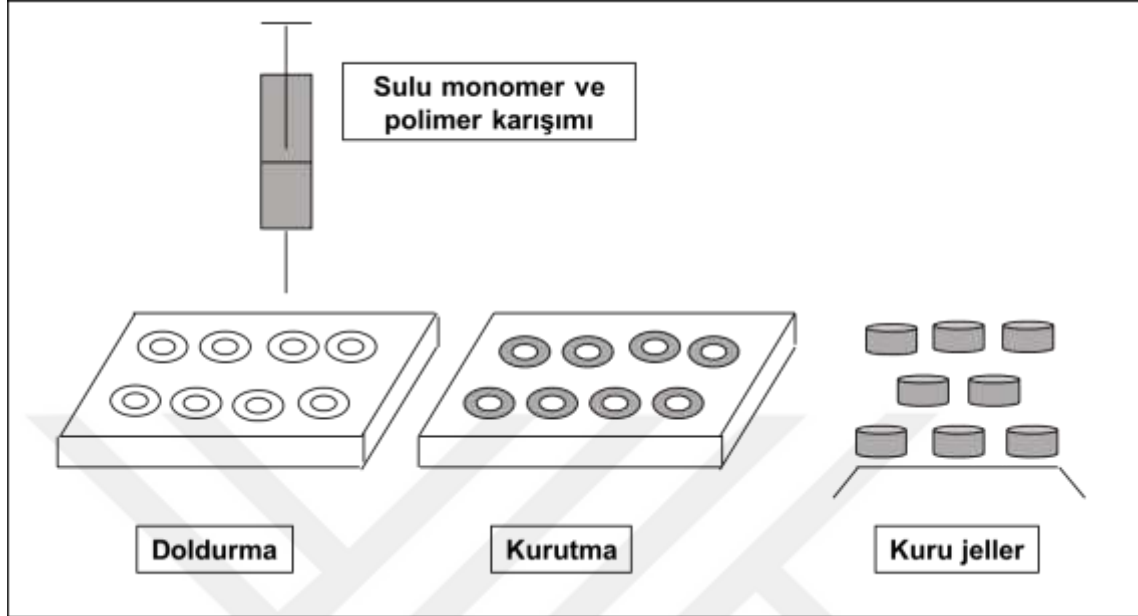
Tez çalışmasının genelinde hazırlanan her bir karışıma sırasıyla 0,25 mL (%1'lik) çapraz bağlayıcı PEGDA, 0,2 mL (5,0 g/100 mL) başlatıcı amonyum persülfat (APS), 0,25 mL (%1'lik) hızlandırıcı TEMED eklenmiştir. Bu şekilde elde edilmiş olan çözeltiler bilinen hacimde alınarak özel blisterlere doldurulmuştur. Jelleşme sonrası, oda koşullarında kurutulan jeller blisterlerden çıkarılarak toplanmış ve 13 gün vakum etüvünde bekletilmiştir.

Çalışmanın bütününde kullanılacak malzemeler olan, PrAm/SSS hidrojelleri, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelleri, değişik miktarlarda ZEO içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelleri, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelleri, değişik miktarda AG içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelleri ve PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerin üretimi sırasında Çizelge 3.3'te sunulan bileşimlere bağlı kalınmış ve bu şekilde çalışmada kullanılacak olan polimerik ürünler hazırlanmıştır.

Çizelge 3.3. Sentez çalışmalarında kullanılan SSS, AG ve ZEO içeriklerinin bileşimlere göre değişimi.

Hidrojinin Kısa Adı	SSS (mg)	Su (mL)	AG (mL) (%2,0'lik AG-su çözeltisi)	ZEO (mL) (%2,0'lik ZEO-su süspansiyonu)
PrAm/SSS hidrojeni	0;20;40;60;80	1,0	-	-
PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeni	0;20;40;60;80	0,50	-	0,50
PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeni (ZEO değişimi)	60	0,25;0,50;0,75	-	0,75;0,50;0,25
PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i	0;20;40;60;80	0,50	0,50	-
PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i (AG değişimi)	60	0,25;0,50;0,75	0,75;0,50;0,25	-
PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojeni	0;20;40;60;80	-	0,50	0,50

Deneylerin yapılış aşamalarını kısaca göstermek amacı ile Şekil 3.1’de sunulan süreç izlenmiştir.



Şekil 3.1. Polimerik örneklerin hazırlanması.

3.3. Polimerik Örneklerin Karakterizasyonu

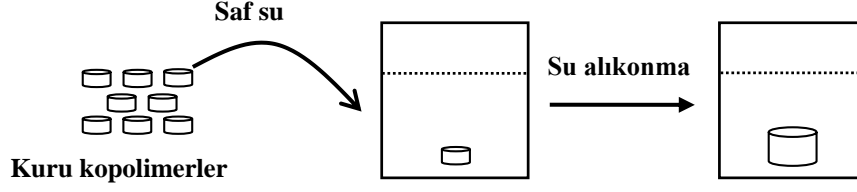
3.3.1. Spektroskopik Karakterizasyon

Örneklerin spektrumlarının alınması için Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Biyokimya Araştırma Laboratuvarı’nda bulunan Perkin Elmer Spectrum Two model FT-IR spektrofotometre kullanılmıştır.

3.3.2. Su Alıkonma Karakterizasyonu

Bu çalışmalar sırasında Şekil 3.2’de özetlenen süreç izlenmiştir. 25 °C sabit sıcaklıktaki su banyosu içerisindeki beherlere kütlesi bilinen örnekler konularak su alıkonma testleri uygulanmıştır. İçinde saf su bulunan beherlere konularak şişmeye bırakılan polimer belirli

zaman aralıklarında alınarak tartım yapılmıştır. Test işlemlerine, değişmeyen deneysel veriler alınana kadar devam edilmiştir.



Şekil 3.2. Su alıkonma çalışmaları.

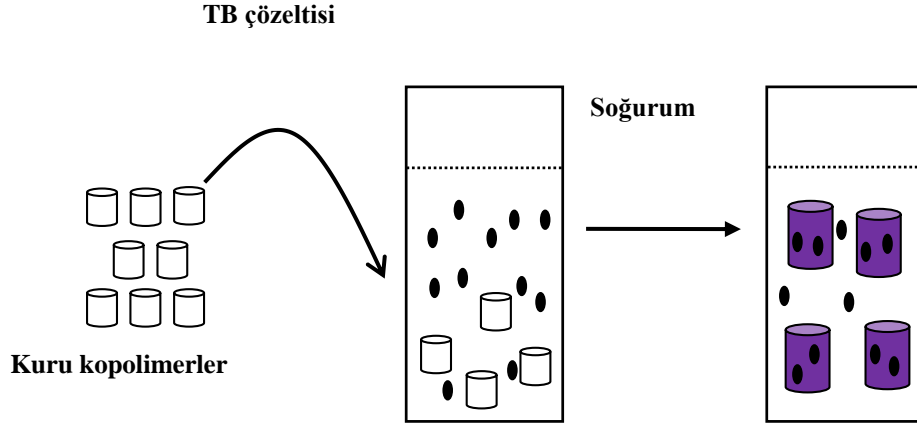
3.3.3. SEM Analizi

Tez çalışmaları sırasında sentezlenen örneklerin SEM mikrogramları alınmıştır. SEM analizi için İzmir Katip Çelebi Üniversitesi (İKÇÜ), Merkez Araştırma Laboratuvarı'nda (MERLAB) bulunan ZEISS GEMINI SIGMA 300VP cihazı kullanılmıştır.

3.3.4. Toluidin Blue Soğurumu

Çalışmalar sırasında, deneysel adsorpsiyon sürecini tanıtmak amacı ile Şekil 3.3'te gösterilen aşamalar ile takip edilmiştir. Ön çalışmalar yapılarak, soğurum çalışması için toluidin blue (TB) seçilmiştir. Kuru haldeki kütlesi bilinen polimerler farklı derişimlerdeki sulu TB çözeltilerine konularak dört gün boyunca bekletilmişlerdir. Bu sürenin sonunda jellerin renkleri soğurduğu, çözeltilerinde bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

TB soğurumunu için $3,0 \times 10^{-5}$ – $10,0 \times 10^{-5}$ M aralığında sulu TB çözeltileri ile 60 mg SSS içeren erlenler içerisindeki örnekler 25°C su banyosunda yaklaşık dört gün boyunca dengeye gelene kadar bekletilmiştir. SSS içeriğinin adsorpsiyona etkisini araştırmak için $7,0 \times 10^{-5}$ M TB çözeltileri ile 20; 40; 60 ve 80 mg SSS içeren örnekler yukarıda söz edilen yöntem paralelinde etkileştirilmişlerdir. Çözeltiler absorpsiyonları, referans olarak saf su kullanılarak, SHIMADZU UV-VIS UV-1601 spektrofotometresi ile 626 nm dalga boyunda ölçülmüştür (Karadağ vd., 2014a). Önceden düzenlenen çalışma grafiği kullanılarak, derişimler hesaplanmıştır.



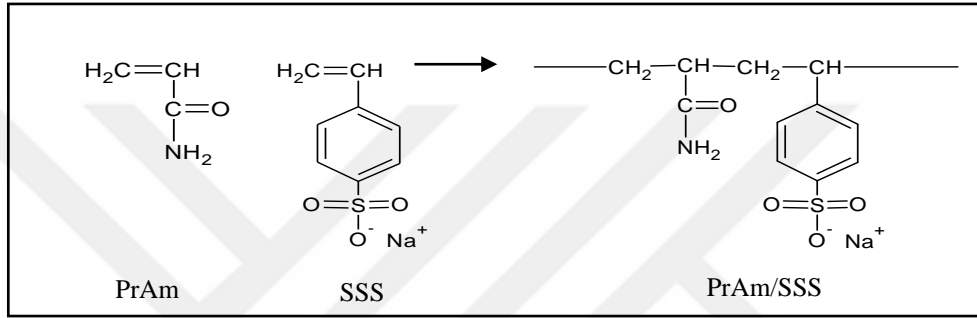
Şekil 3.3. TB alıkonması.



4. BULGULAR

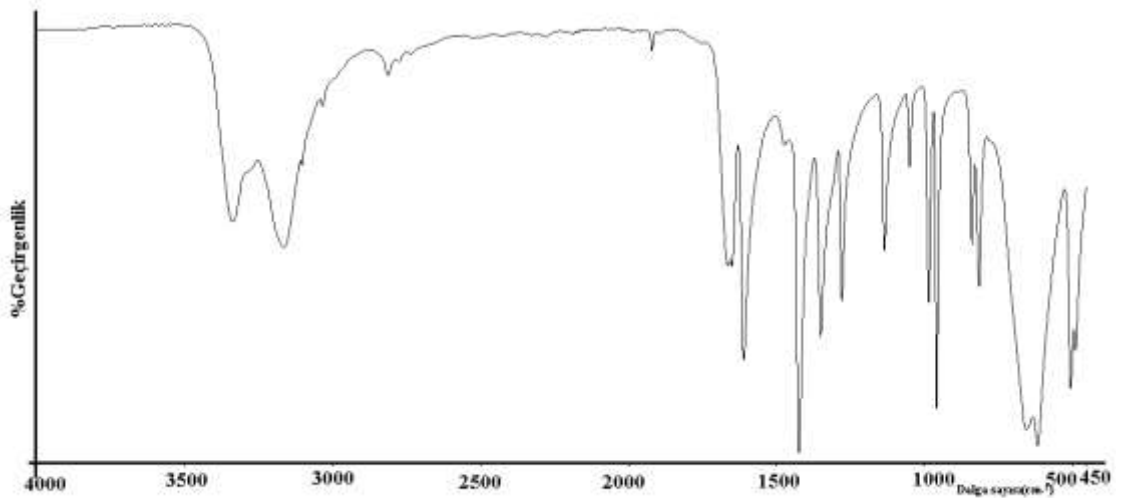
4.1. Yapısal Karakterizasyon

Şekil 4.1.'de PrAm/SSS hidrojenleri için olası oluşum şeması verilmiştir.

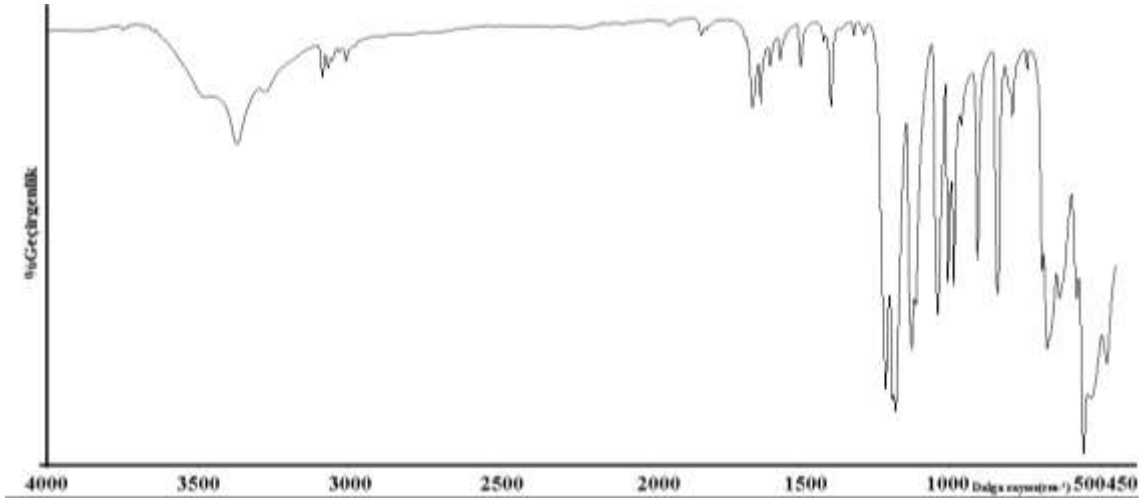


Şekil 4.1. PrAm/SSS hidrojenleri için olası polimerleşme mekanizması.

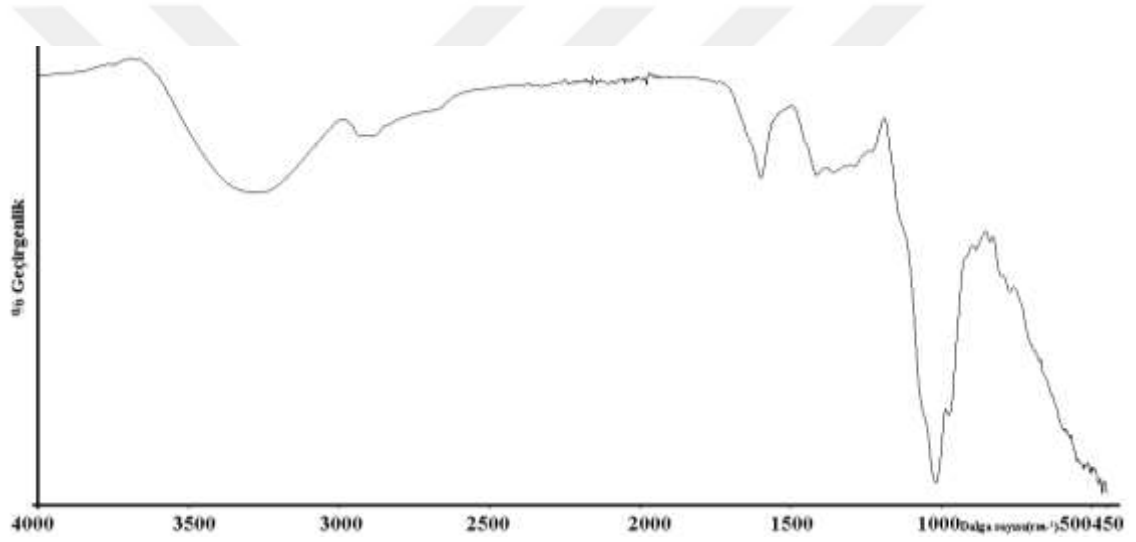
Hazırlanan hidrojenlerin kimyasal yapılarını gözlemleyebilmek için spektroskopik incelemeler FT-IR spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır. Çapraz bağlı kopolimerlerin spektrumları $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ dalga sayısı aralığında ölçülmüştür.



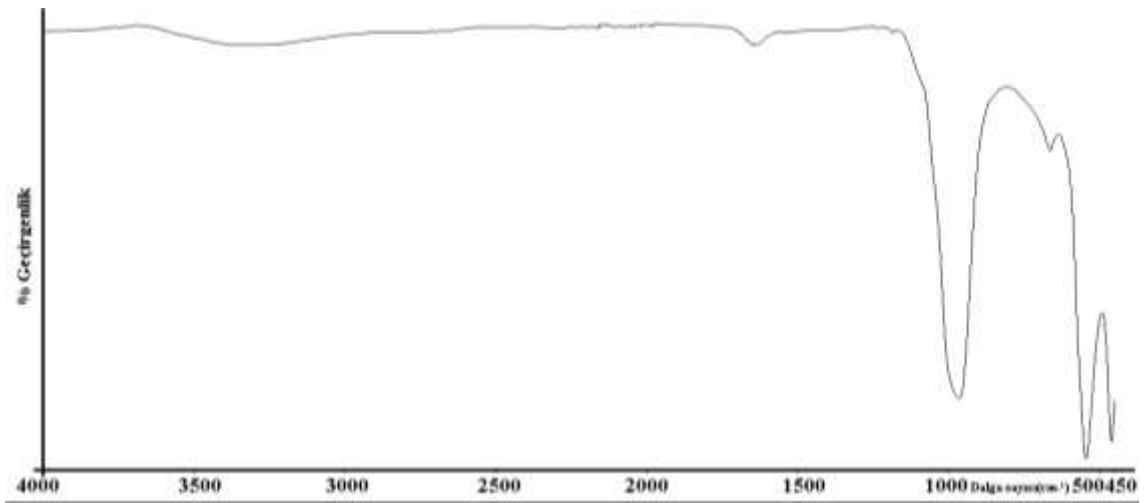
Şekil 4.2. PrAm monomerinin FT-IR spektrumu.



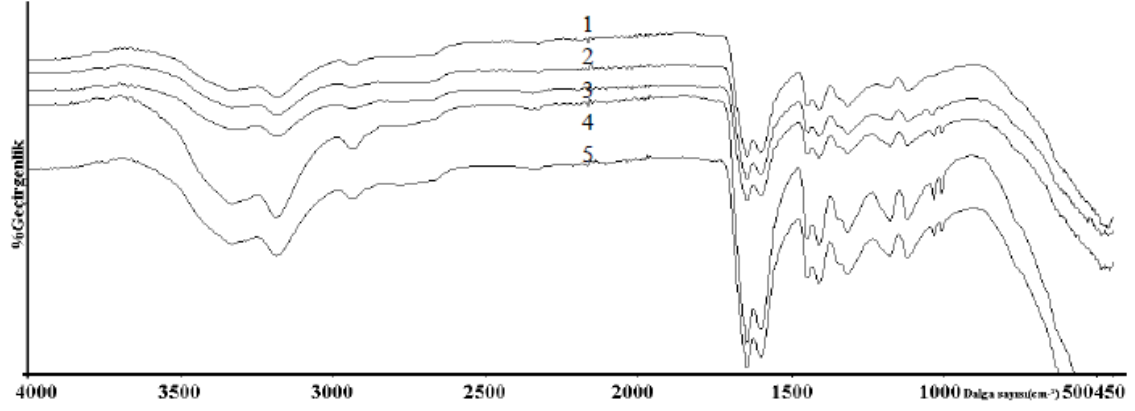
Şekil 4.3. SSS yardımcı monomerinin FT-IR spektrumu.



Şekil 4.4. AG doğal polimerinin FT-IR spektrumu.

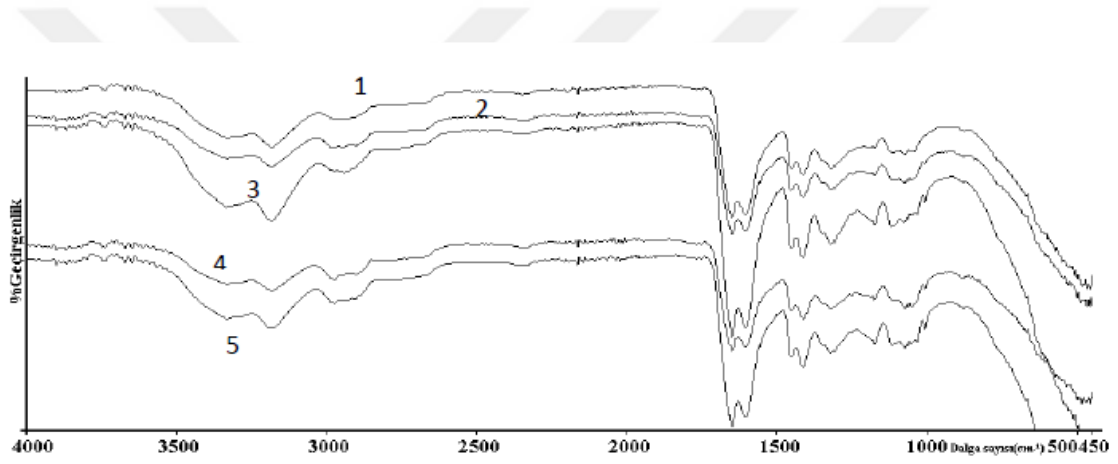


Şekil 4.5. ZEO mineralinin FT-IR spektrumu.



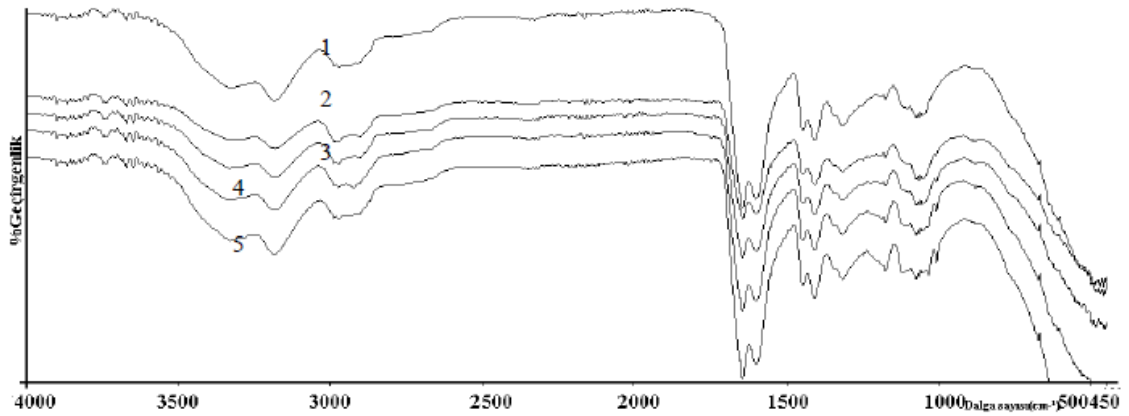
1)0SSS; 2)20SSS; 3)60SSS; 4)80SSS; 5)40SSS

Şekil 4.6. PrAm/SSS hidrojenlerinin FT-IR spektrumu.



1)0SSS/AG; 2)20SSS/AG; 3)40SSS/AG; 4)60SSS/AG; 5)80SSS/AG

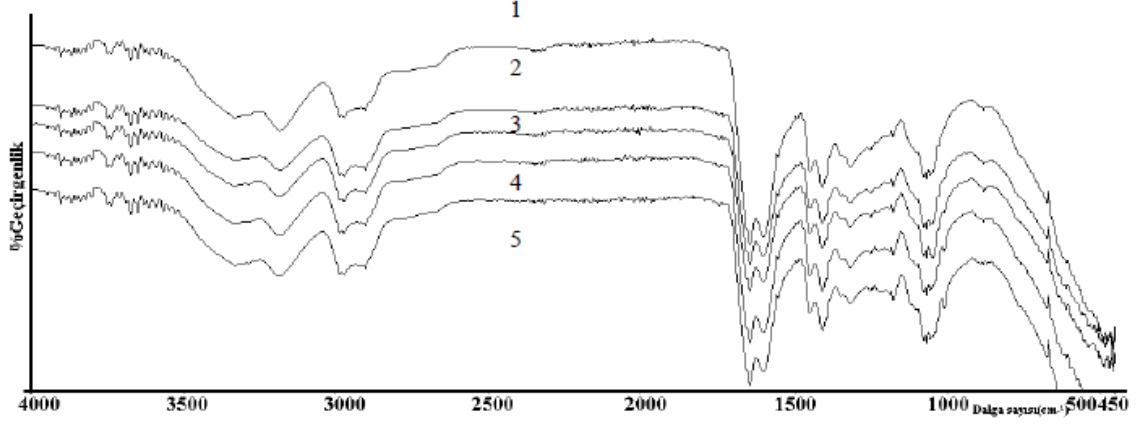
Şekil 4.7. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerinin FT-IR spektrumu.



1)0SSS/ZEO; 2)20SSS/ZEO; 3)40SSS/ZEO;

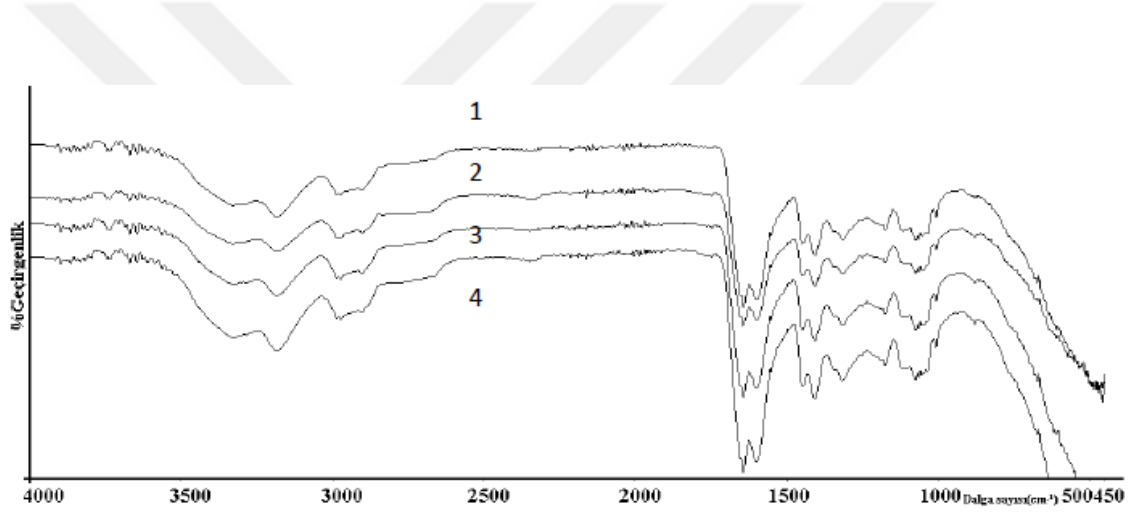
4)60SSS/ZEO; 5)80SSS/ZEO

Şekil 4.8. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinin FT-IR spektrumu.



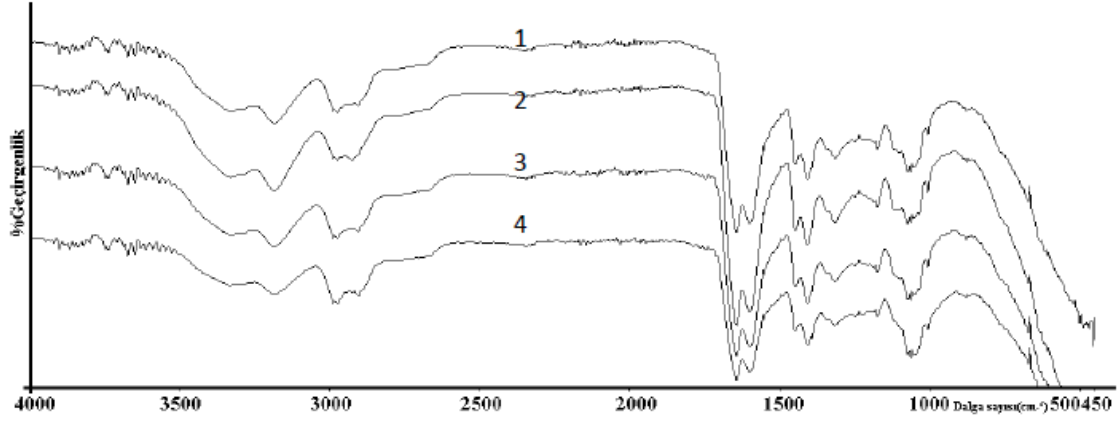
- 1)0SSS/AG/ZEO; 2)20SSS/AG/ZEO; 3)40SSS/AG/ZEO;
4)60SSS/AG/ZEO; 5)80SSS/AG/ZEO

Şekil 4.9. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerinin FT-IR spektrumu.



- 1)%0,5AG; 2)%1,0AG; 3)%1,5AG; 4)%2AG

Şekil 4.10. 60 mg AG içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerinin FT-IR spektrumları.



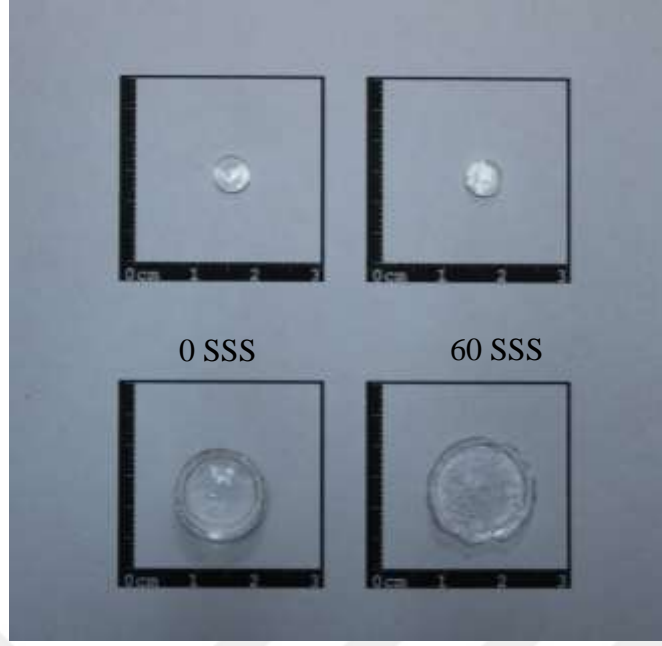
1)%0,5ZEO; 2)%1,0ZEO; 3)%1,5ZEO; 4)%2ZEO

Şekil 4.11. 60 mg ZEO içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinin FT-IR spektrumları.

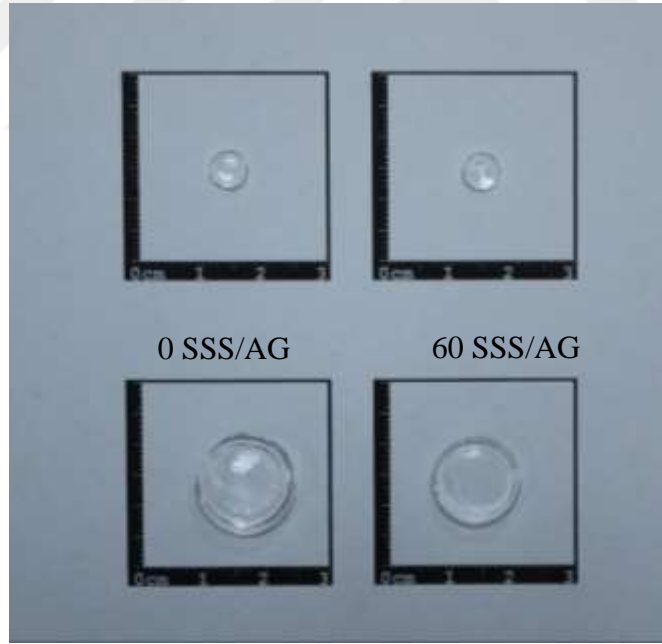
Sunulan grafiklerdeki 3000-3600 cm^{-1} arasında görülen geniş band, PrAm'e ait N-H gerilmelerini, 1000-1300 cm^{-1} arasında gözlenen pikler alifatik C-N titreşimleri gösteriyor olabilir. 2900 cm^{-1} civarında görülen pik C-H gerilmelerini verirken, PrAm'e ait C=O gerilim bandı, 1600-1700 cm^{-1} aralığında görülmektedir. 1000-1300 cm^{-1} arasında gözlenen pikler alifatik C-N titreşimlerini gösterir. 1600 cm^{-1} civarında gözlenen band, PrAm'de bulunan –CONH₂ bandı olabilir. SSS'de bulunan SO gruplarına ait bandlar 1040 cm^{-1} civarında gözlenmektedir (Skoog, 1992; Karadağ ve Kundakcı, 2013; Kundakcı ve Karadağ, 2014; Üzüm ve Karadağ, 2021). PrAm'in, SSS'nin, ZEO ve AG'nin polimerik sistemlerin oluşumu sırasında yer aldığı, Şekil 4.6-4.11'de sunulan spektrumlardan izlendiği söylenebilir.

4.2. Su Alınma Yüzdesi

Suda bekletilen PrAm/SSS hidrojenleri, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenleri ve PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerinin kuru ve suda şişmiş halleri aşağıda görselleştirilmiştir (Resim 4.1- 4.6).



Resim 4.1. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.



Resim 4.2. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.



Resim 4.3. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.



Resim 4.4. 60 mg SSS içeren PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.



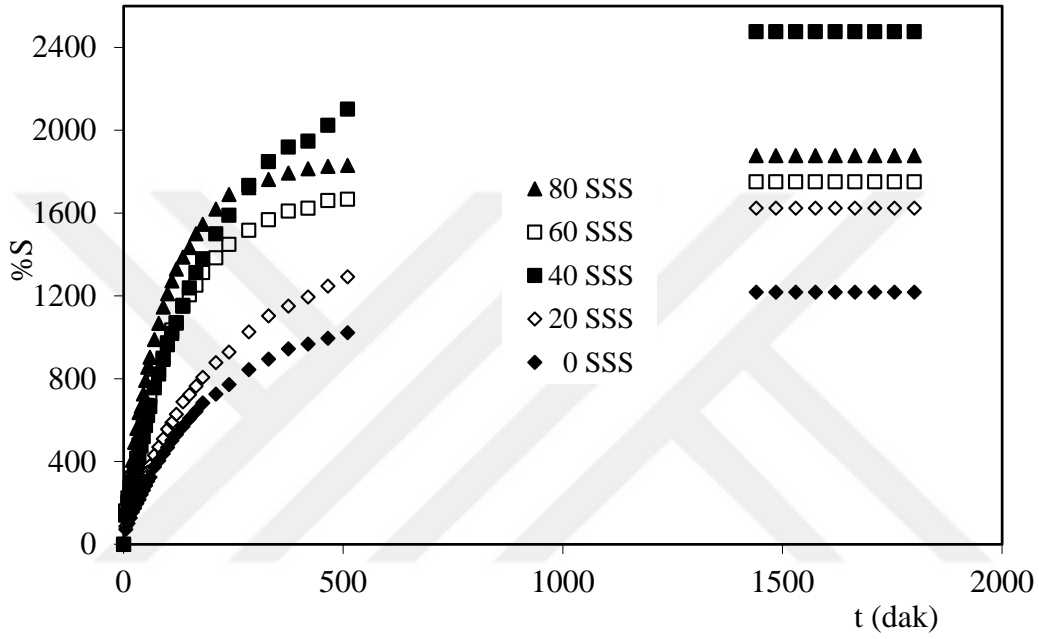
Resim 4.5. PrAm/SSS hidrojel ve PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.



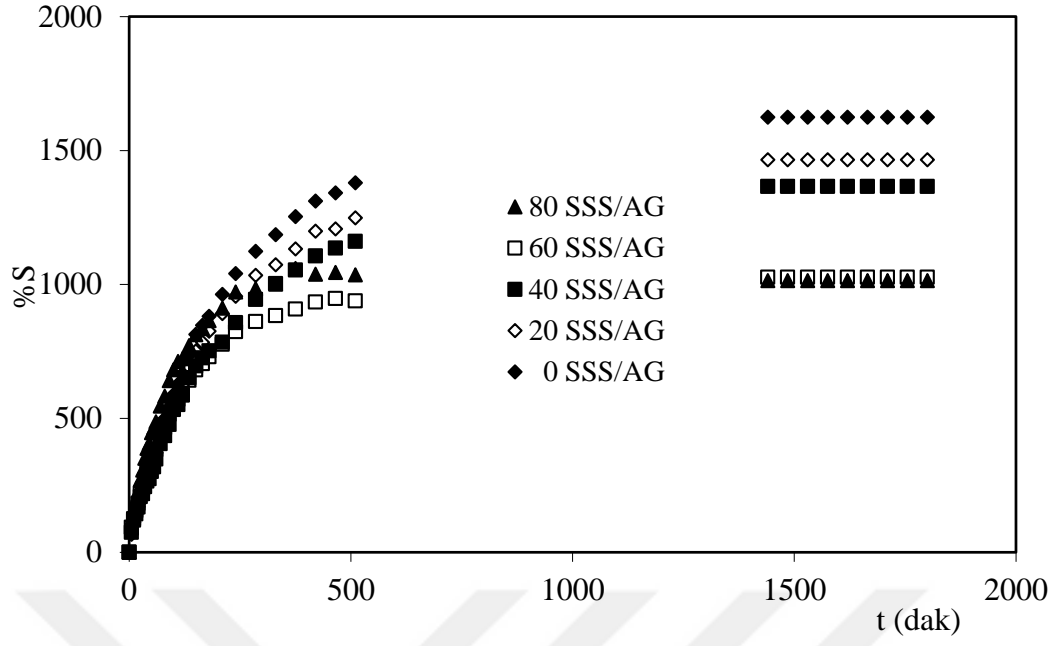
Resim 4.6. PrAm/SSS hidrojel ve PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelinin kuru ve su soğurumu yapmış görünümleri.

4.2.1. Dinamik Su Alıkonma Çalışmaları

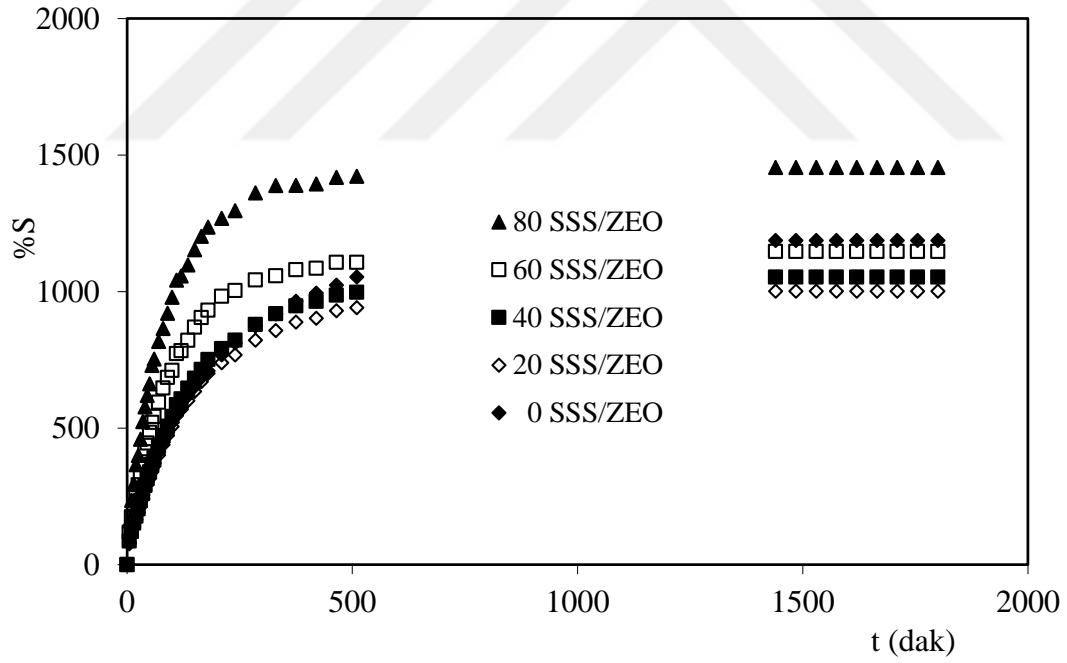
Su soğurum testleri sonucunda örnekler sabit kütleli değere ulaşmıştır. Elde edilen deneysel datalar ile %S-t izotermi oluşturulmuştur. Bu değer dengede su alıkonma yüzdesi (%S_d) olarak adlandırılmıştır (Şekil 4.12–4.15).



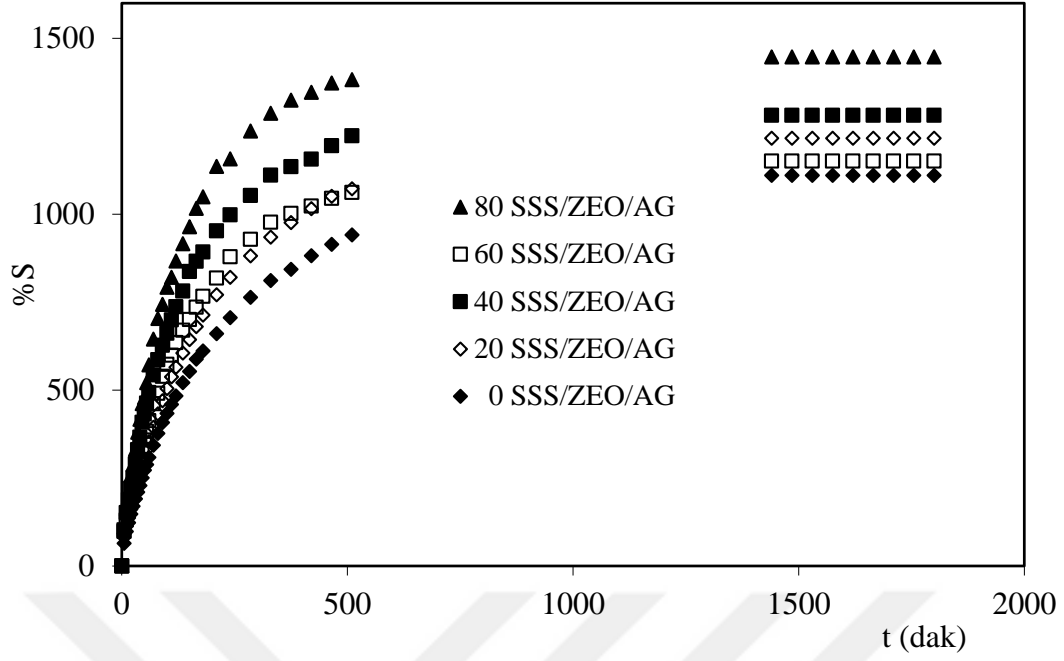
Şekil 4.12. PrAm/SSS hidrojellerinin şişme grafiği.



Şekil 4.13. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin şişme grafiği.



Şekil 4.14. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin şişme grafiği.



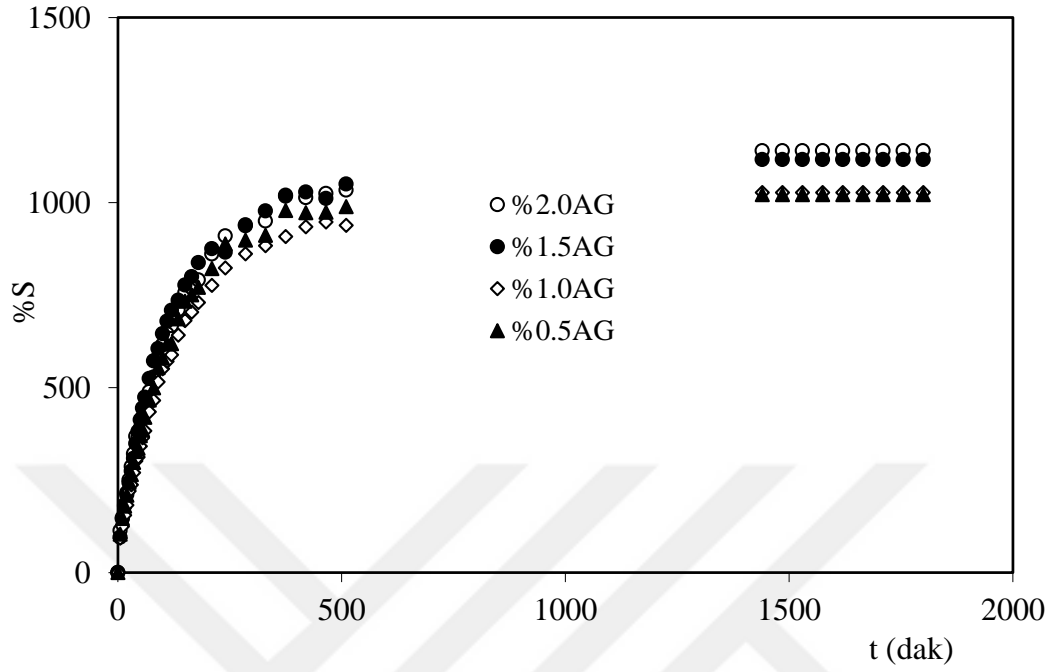
Şekil 4.15. PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerinin şişme grafiği.

Çizelge 4.1. Hidrojel sistemlerinin su alıkonma kapasite değerleri.

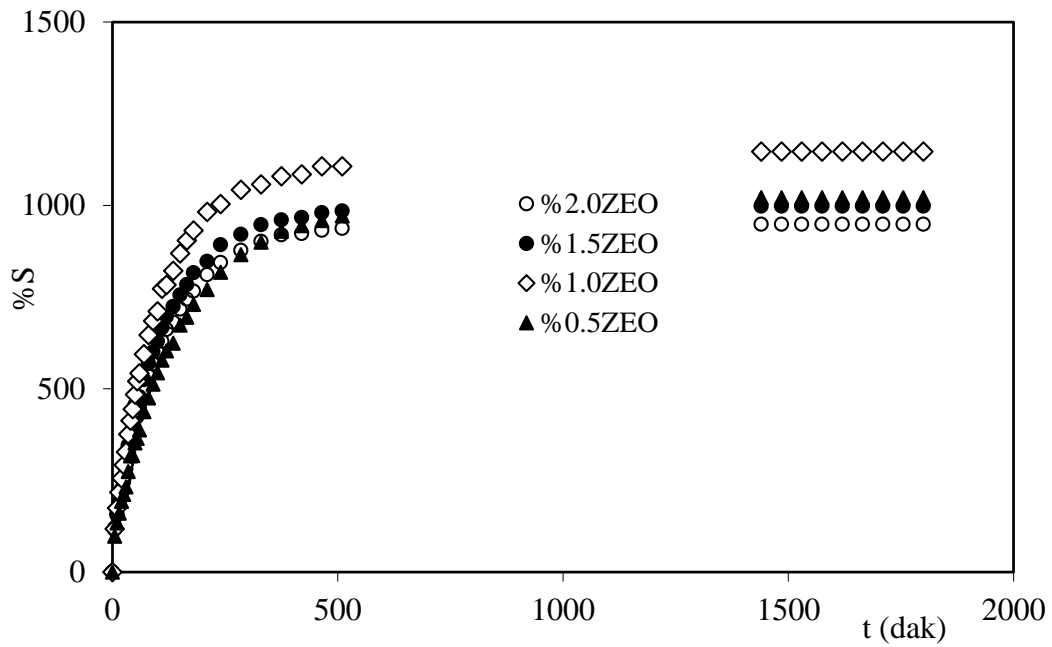
SSS/mg	0	20	40	60	80
	Dengede su alıkonma kapasitesi (%S _d)				
PrAm/SSS	1218	1624	2477	1751	1878
PrAm/SSS/AG	1625	1465	1366	1027	1014
PrAm/SSS/ZEO	1187	1001	1053	1147	1454
PrAm/SSS/ZEO/AG	1110	1216	1281	1151	1447

Çizelge 4.1 SSS molekülünde bulunan hidrofilik grupların artması ile doğru orantılı olarak %S_d değerleri artışı izletmektedir. AG ve ZEO içeren hidrojelilerin tümünde, daha düşük şişme değerleri baskındır. PrAm/SSS hidrojelileri, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelileri, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelileri ve PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojelilerinde genel olarak %S_d değerlerinde tam düzenlilik görülmemektedir.

4.2.2. Su Alkonmasına AG ve ZEO etkisi



Şekil 4.16. Farklı AG içeriğine sahip PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin şişme grafiği.

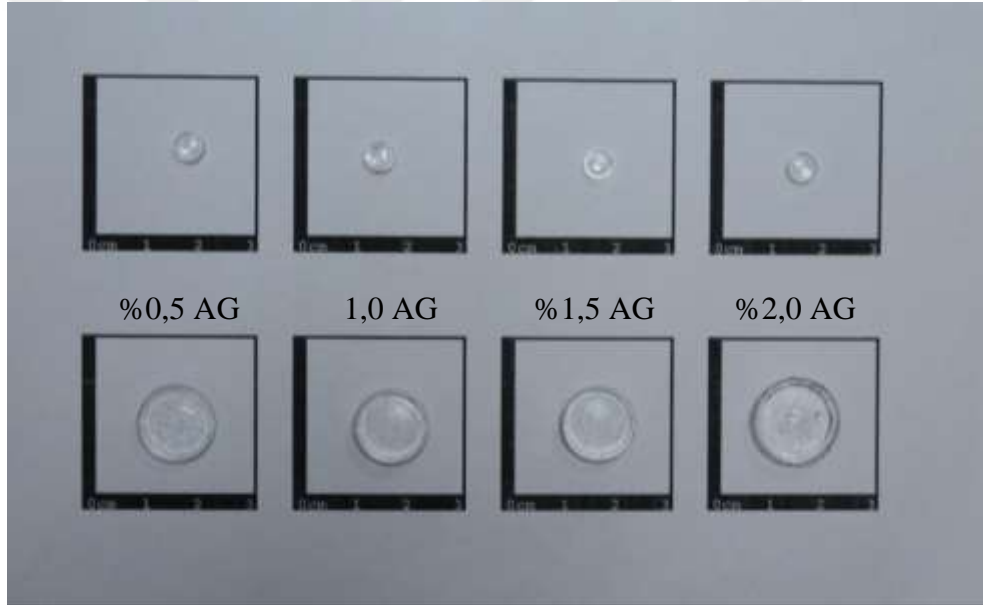


Şekil 4.17. Farklı ZEO içeriğine sahip PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin şişme grafiği.

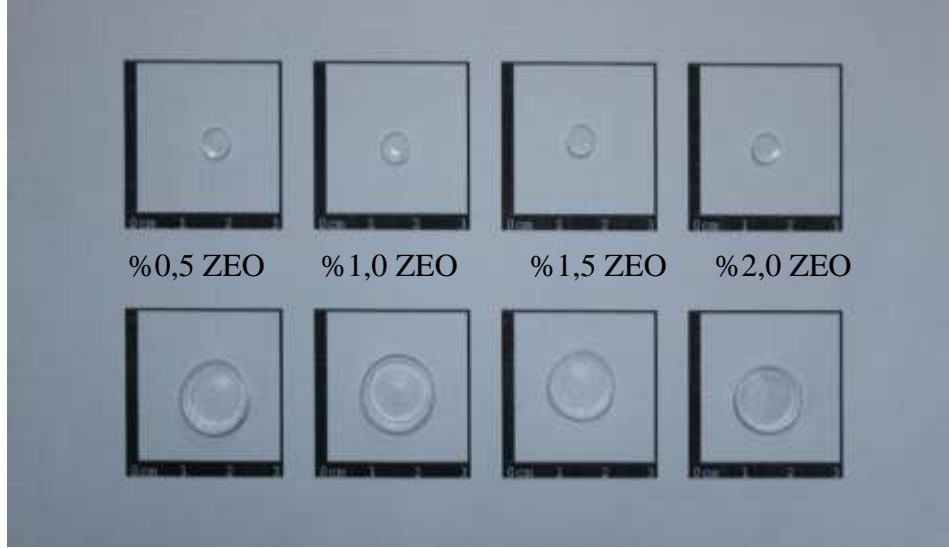
Çizelge 4.2. Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojenlerin su alıkonma kapasite değerleri.

%2'lik AG-su çözeltisi %2'lik ZEO-su süspansiyonu (mL)	0,25	0,50	0,75	1,00
	Dengede su alıkonma kapasitesi (%S _d)			
AG	1021	1026	1116	1140
ZEO	1021	1147	998	949

AG'nin ve ZEO'nun su alıkonma değerleri Çizelge 4.2 'de verilmiştir. 60 mg SSS içeren farklı ZEO ve AG içeriklerine sahip PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri ile PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinin fiziksel görünüşleri Resim 4.7-4.8'de sunulmuştur.



Resim 4.7. Farklı AG içeren PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenlerinin kuru ve su soğurumu yapmış görüntüleri.



Resim 4.8. Farklı ZEO içeren PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinin kuru ve su soğurumu yapmış görüntüleri.

4.2.3. Denge de Su Alıkonma Kapasitesi (DSAK)

Çizelge 4.3. Hidrojel sistemlerde DSAK değeri.

SSS/mg	0	20	40	60	80
	Denge de su alıkonma kapasitesi (DSAK)				
PrAm/SSS	0,9241	0,9284	0,9603	0,9460	0,9494
PrAm/SSS/AG	0,9420	0,9361	0,9318	0,9113	0,9103
PrAm/SSS/ZEO	0,9223	0,9092	0,9133	0,9198	0,9357
PrAm/SSS/AG/SSS	0,9174	0,9240	0,9276	0,9200	0,9354

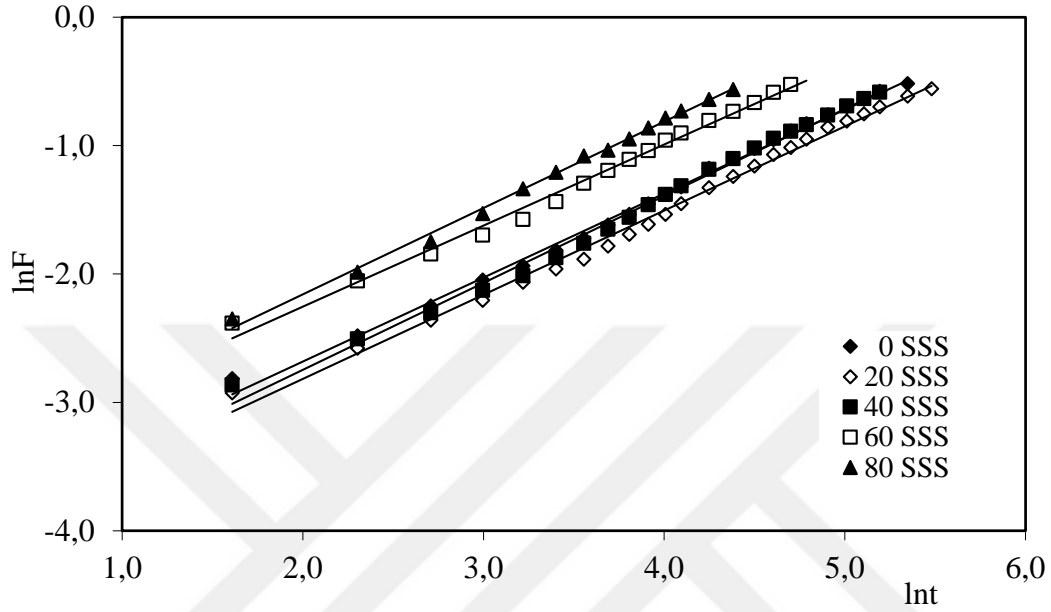
Çizelge 4.3’de sunulan PrAm/SSS hidrojenleri, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenleri ve PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerinde genel olarak DSAK değeri tam düzenlilik görülmemektedir. Bu değeri değerlendirmeler, Çizelge 4.1’de izlenen değeri değerlendirmelere paralel değeri değerlendirmelerdir.

Çizelge 4.4. Farklı ZEO ve AG içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojel sistemlerde DSAK değeri.

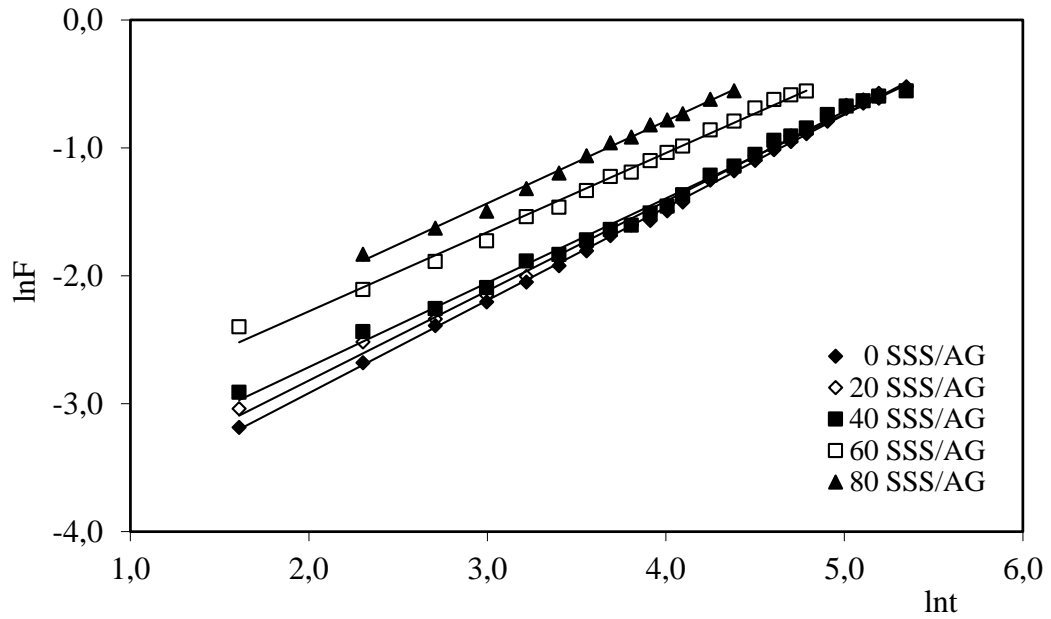
%2’lik AG-su çözeltisi %2’lik ZEO-su süspansiyonu (mL)	0,25	0,50	0,75	1,00
	Denge de su alıkonma kapasitesi (DSAK)			
AG	0,9108	0,9113	0,9178	0,9193
ZEO	0,9108	0,9198	0,9089	0,9046

4.3. Suyun Geçirimi

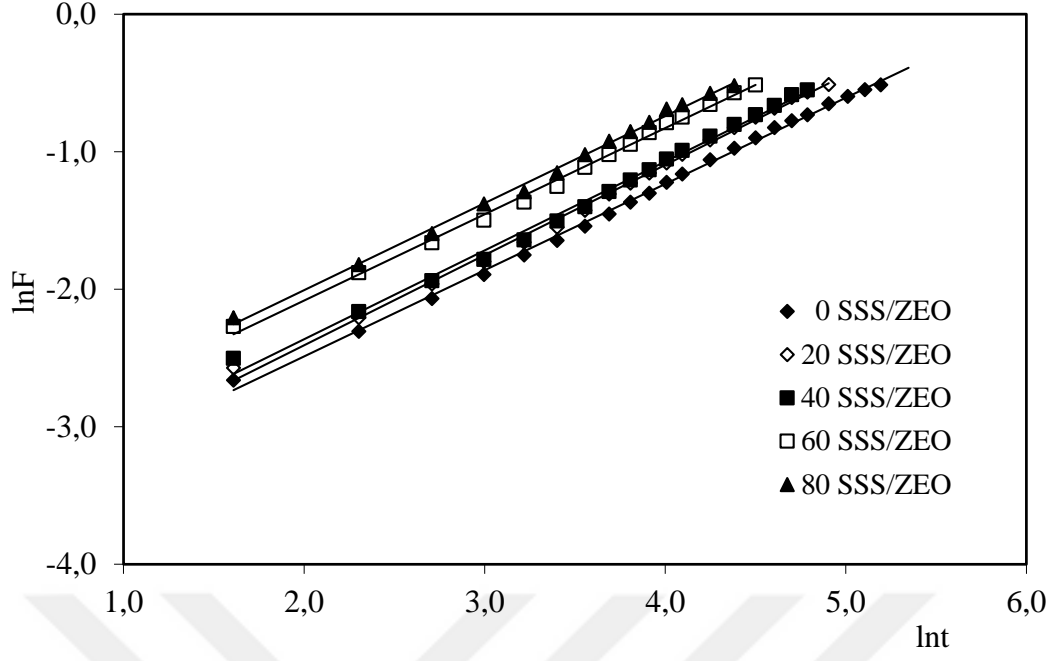
Su alıkonma özelliği gösteren polimerlerin su alıkonma kinetiği için eşitlik 3 kullanılır. Bu nedenle $\ln F$ - $\ln t$ grafikleri düzenlenir.



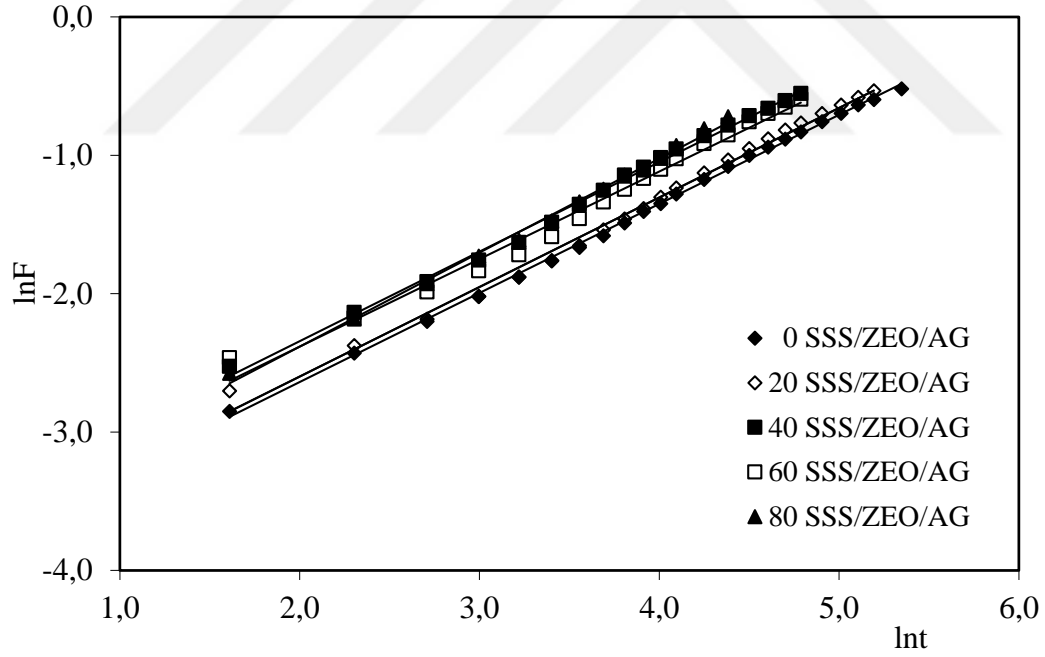
Şekil 4.18. PrAm/SSS hidrojjelerinde $\ln F$ - $\ln t$ grafiği.



Şekil 4.19. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojjelerinde $\ln F$ - $\ln t$ grafiği.



Şekil 4.20. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenlerinde lnF-Int grafiği.

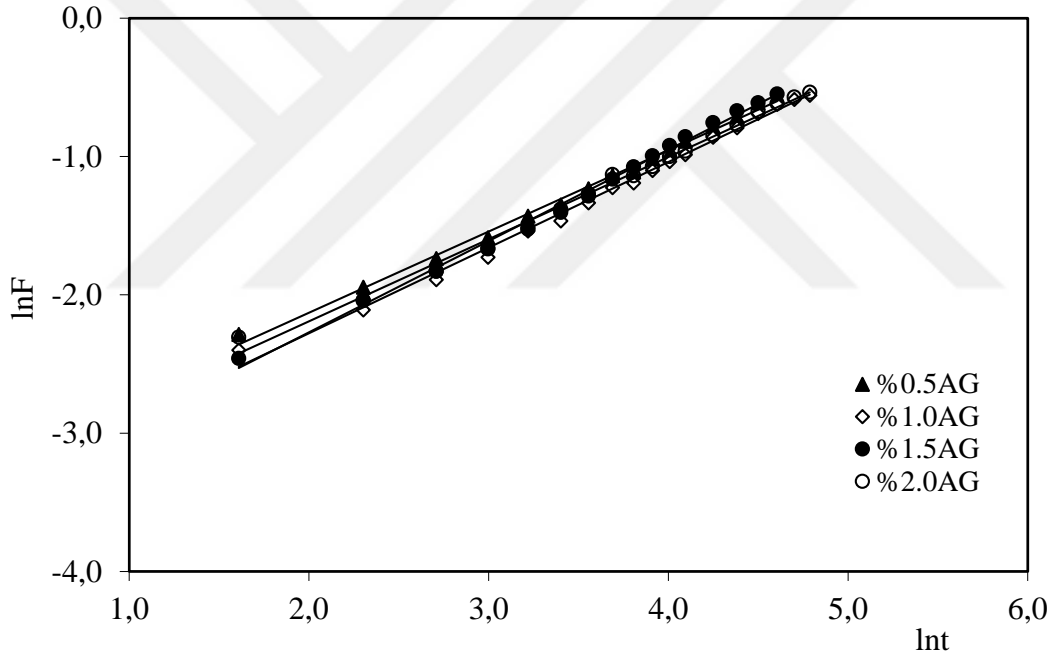


Şekil 4.21. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojenlerinde lnF-Int grafiği.

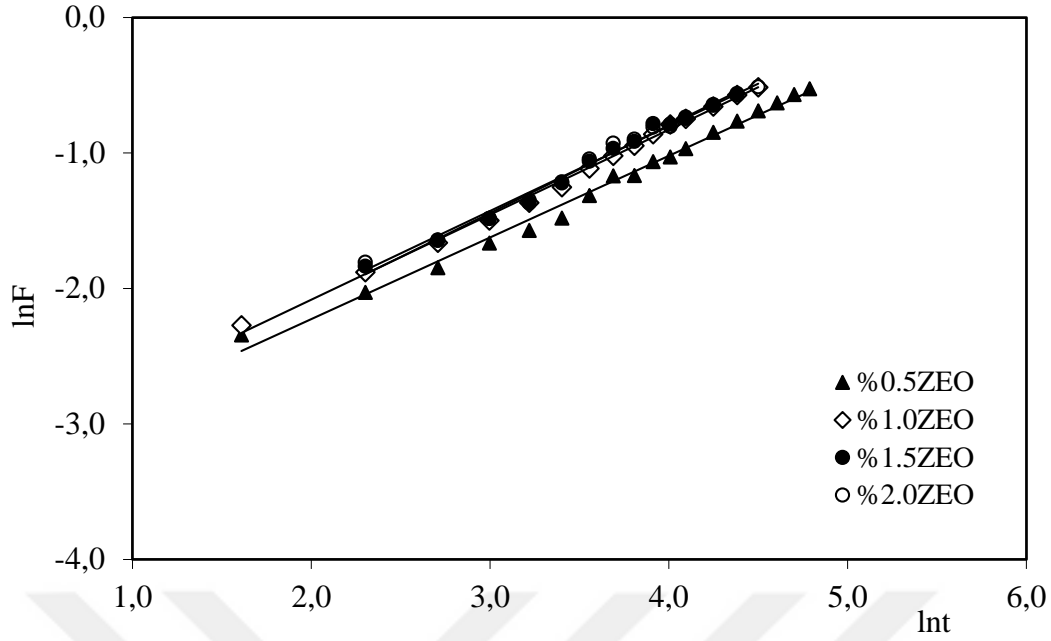
Şekil 4.18-4.23’de elde edilen doğruların eğim ve kesimlerinden yararlanarak bulunan parametreler Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6’da sunulmuştur.

Çizelge 4.5. Hidrojel sistemlerde suyun geçirim değerleri.

SSS/mg	0	20	40	60	80
	Su geçirim üsteli (n)				
SSS	0,6541	0,6555	0,6774	0,6314	0,6723
SSS/AG	0,7255	0,7011	0,6596	0,6188	0,6429
SSS/ZEO	0,6272	0,6559	0,6458	0,6275	0,6333
SSS/ZEO/AG	0,6437	0,6471	0,6471	0,6129	0,6799
	Su geçirim sabiti ($k \times 10^3$)				
SSS	18,50	16,12	16,55	29,67	30,11
SSS/AG	12,67	14,68	17,72	29,73	34,68
SSS/ZEO	23,67	24,24	25,85	35,53	37,85
SSS/ZEO/AG	19,71	20,37	26,31	31,25	23,69
	Su geçirim katsayısı ($D \times 10^5$)				
SSS	36,08	32,80	62,25	80,98	142,82
SSS/AG	49,73	53,44	43,66	61,92	109,93
SSS/ZEO	30,88	51,38	55,01	58,42	107,94
SSS/ZEO/AG	29,16	29,25	53,64	47,67	105,63



Şekil 4.22. Farklı AG içeriğine sahip PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinde LnF-Int grafiği.



Şekil 4.23. Farklı ZEO içeriğine sahip PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinde lnF-ln t grafiği.

Çizelge 4.6. Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip 60 mg SSS içeren hidrojel sistemlerde su geçirim değerleri.

%2'lik AG-su çözeltisi %2'lik ZEO-su süspansiyonu (mL)	0,25	0,50	0,75	1,0
	Su geçirim üsteli (n)			
AG	0,5869	0,6188	0,6600	0,5937
ZEO	0,6028	0,6275	0,6483	0,6266
	Su geçirim sabiti ($k \times 10^3$)			
AG	36,76	29,73	27,58	34,09
ZEO	32,32	35,53	33,78	36,59
	Su geçirim katsayısı ($D \times 10^5$)			
AG	55,70	61,92	94,60	60,88
ZEO	46,20	58,42	84,73	73,35

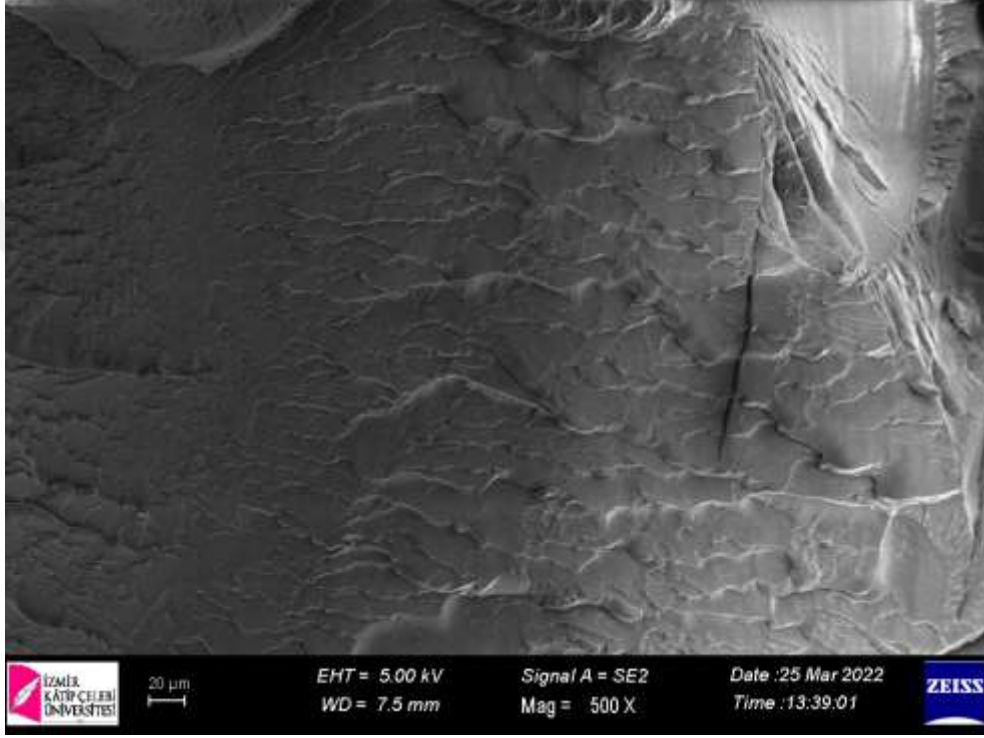
Geçirim üsteli (n) değerleri, örnekler için 0,5869-0,7255 aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Bu değerler $0,5 < n < 1,0$ aralığında olduğu için hidrojellerin geçirim türü; Fick tipi olmayan (anormal) geçirim sınıfına girmektedir (Karadağ vd, 2014a; Karadağ vd., 2021).

Hidrojellerin su geçirim karakterizasyonlarının gerçekleştirilmesinde hesaplanabilen bir diğer parametre de “Geçirim katsayısı” gibi bir parametredir. Burada geçirim üstelinden

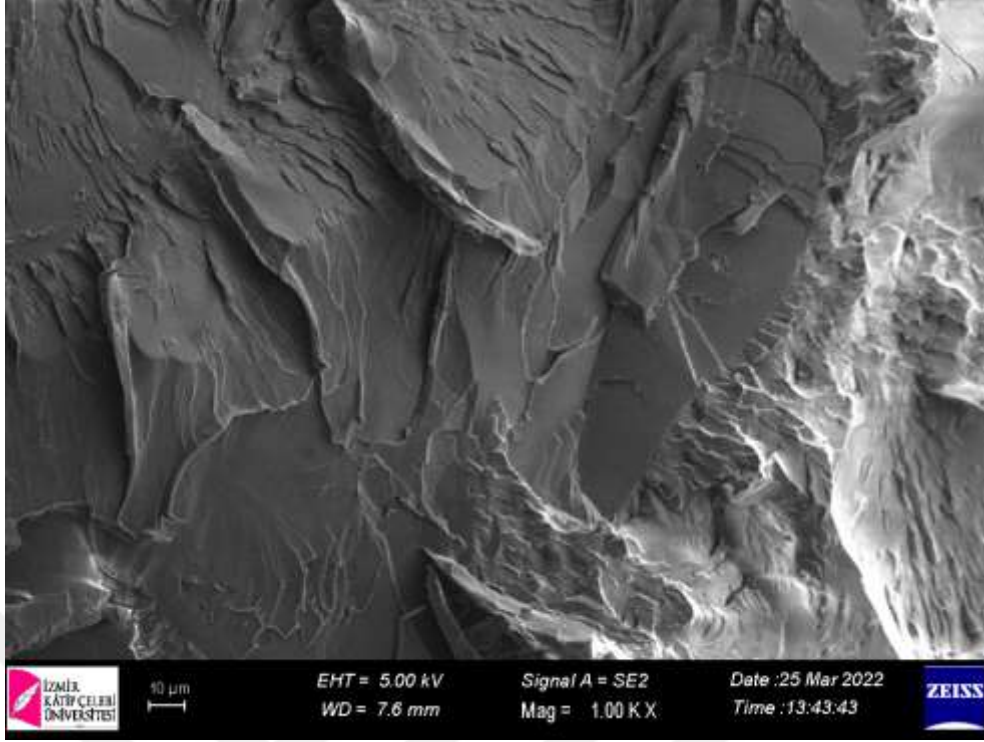
(n) yararlanılmaktadır. İlgili verilerin değerlendirilmesi ile eşitlik 4 kullanılarak geçirim katsayısı hesaplanmış ve bulunan sonuçlar izelge 4.5 ve izelge 4.6 ‘da sunulmuştur

4.4. SEM alışmaları

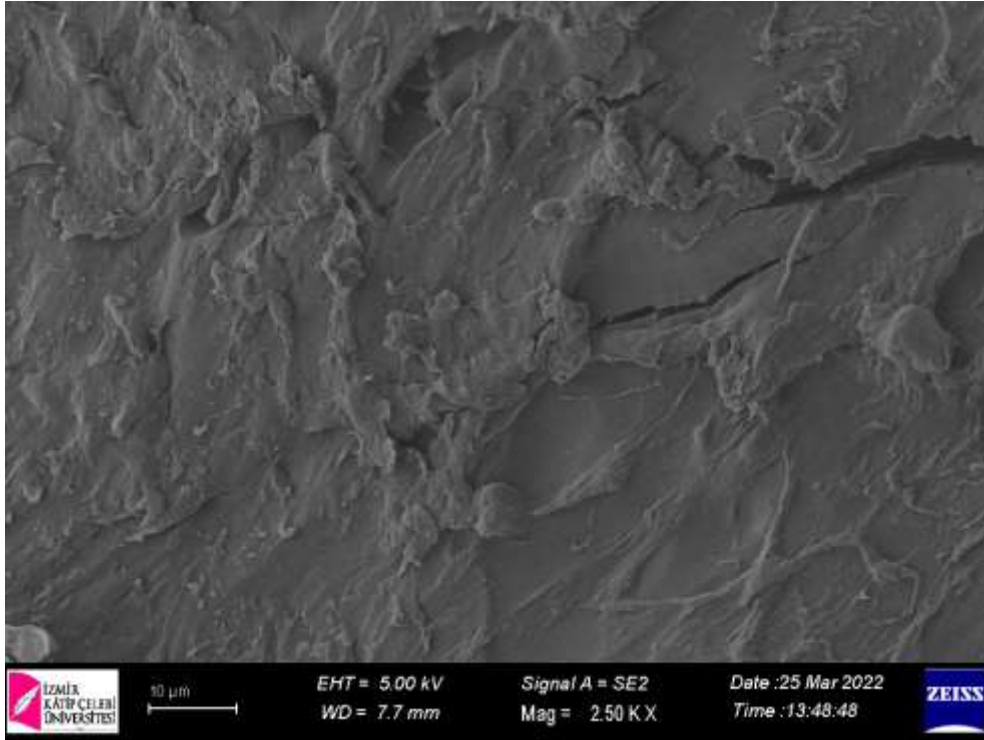
Örneklerin SEM mikrografları sırası ile aşağıda sunulmuş durumdadır.



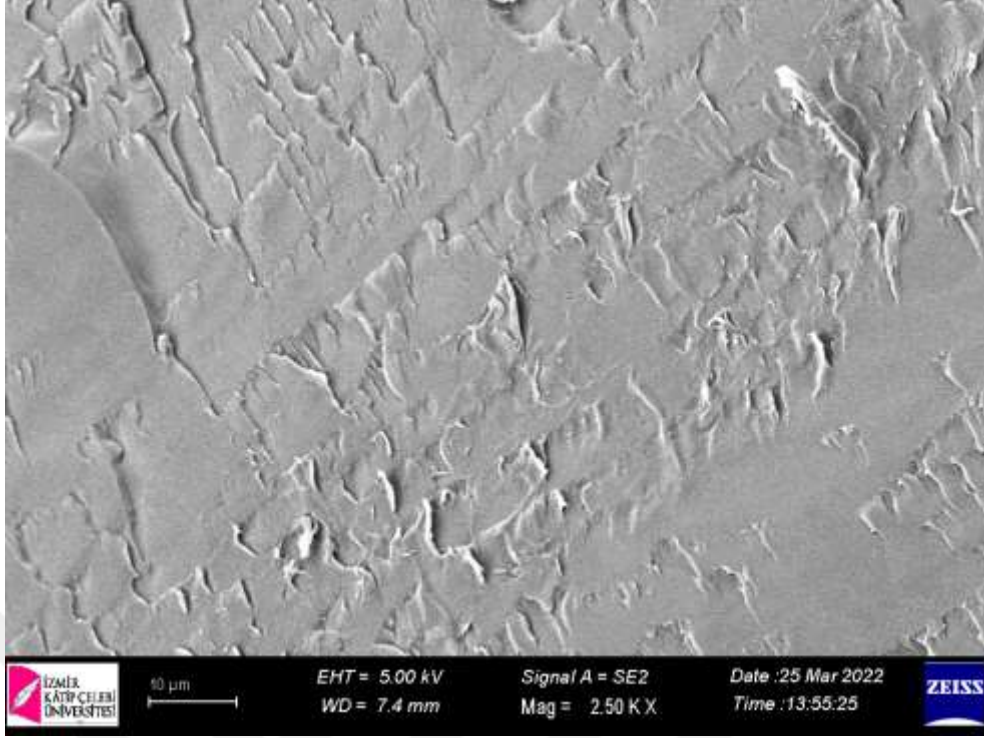
Resim 4.9. PrAm hidrojelinin SEM gruntüsü.



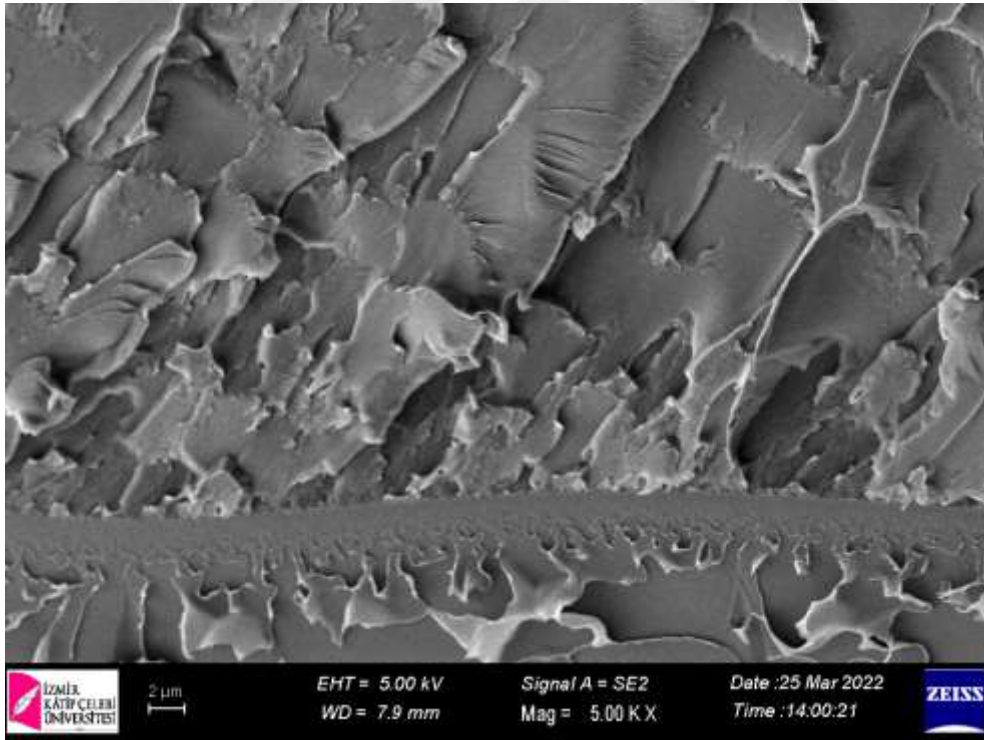
Resim 4.10. PrAm/SSS hidrojelinin SEM görüntüsü.



Resim 4.11. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelinin SEM görüntüsü.



Resim 4.12. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojinin SEM görüntüsü.

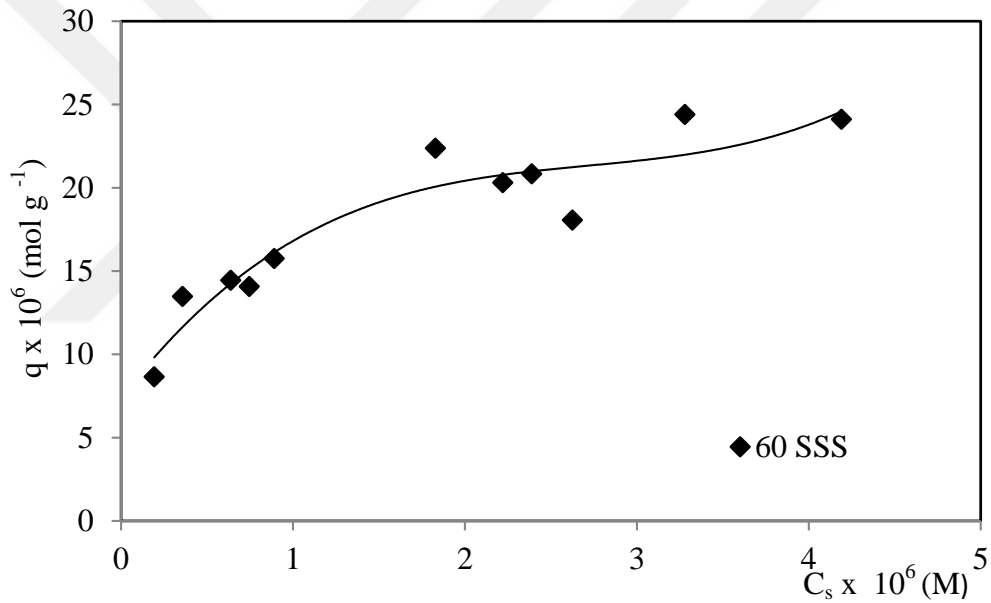


Resim 4.13. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojinin SEM görüntüsü.

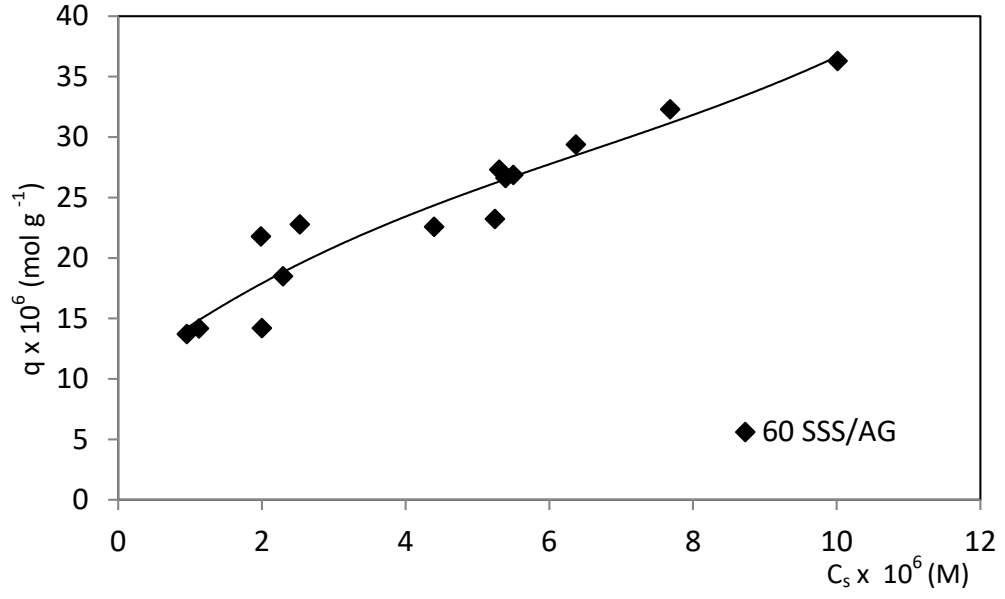
Bu çalışmada üretilen hidrojel, yarı-IPN, kompozit hidrojel ve biyokompozit hidrojellerin SEM mikrografları ayrı ayrı alınmış, burada az sayıda SEM mikrograf sunulmuştur.

4.5. Yüzeye Soğurum

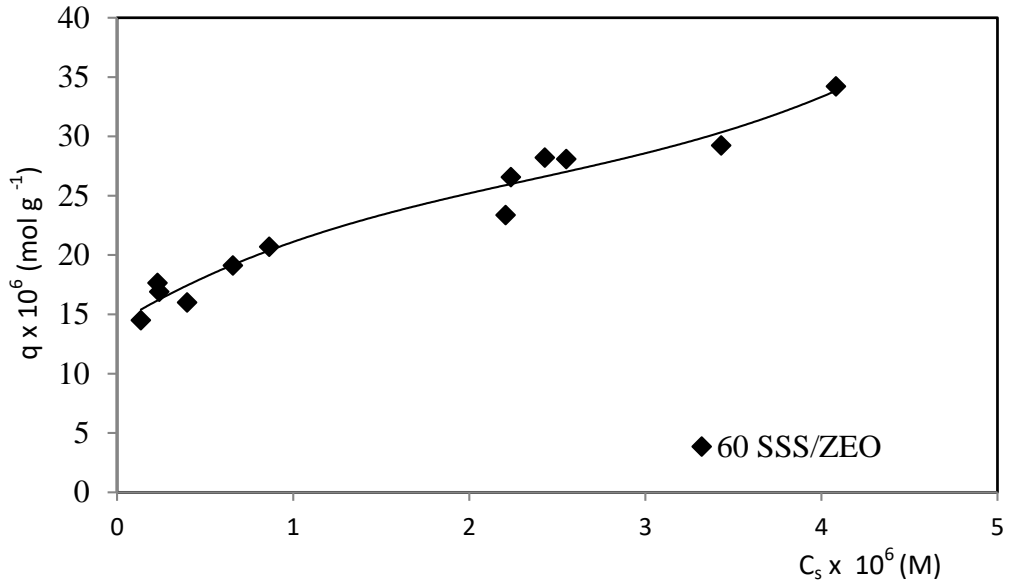
Çalışmada hazırlanan örnekler, derişimleri bilinen TG çözeltilerinde tekniğe uygun bekletildikten sonra UV-VIS spektrofotometre kullanılarak uygulanan kolorimetrik analizler ile derişimler hesaplanmış ve denge adsorpsiyon izotermi oluşturulmuştur.



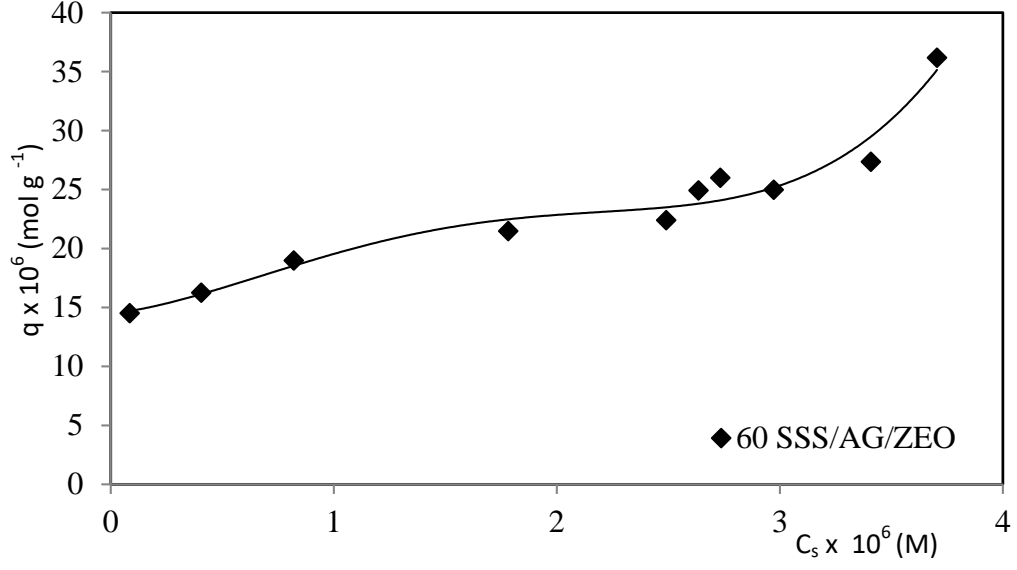
Şekil 4.24. PrAm/SSS hidrojellerine TB alıkonması.



Şekil 4.25. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerine TB alıkonması.

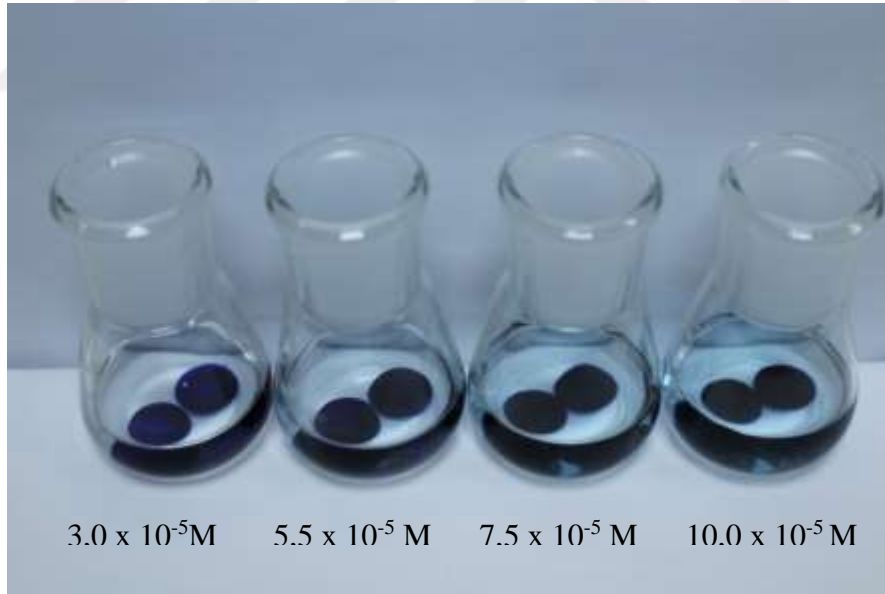


Şekil 4.26. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerine TB alıkonması.

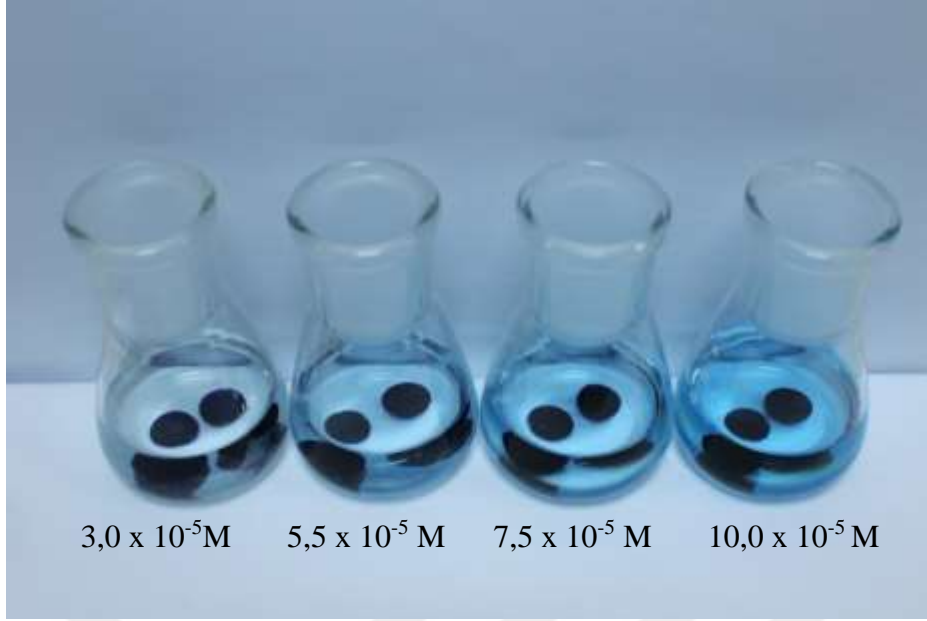


Şekil 4.27. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerine TB alıkonması.

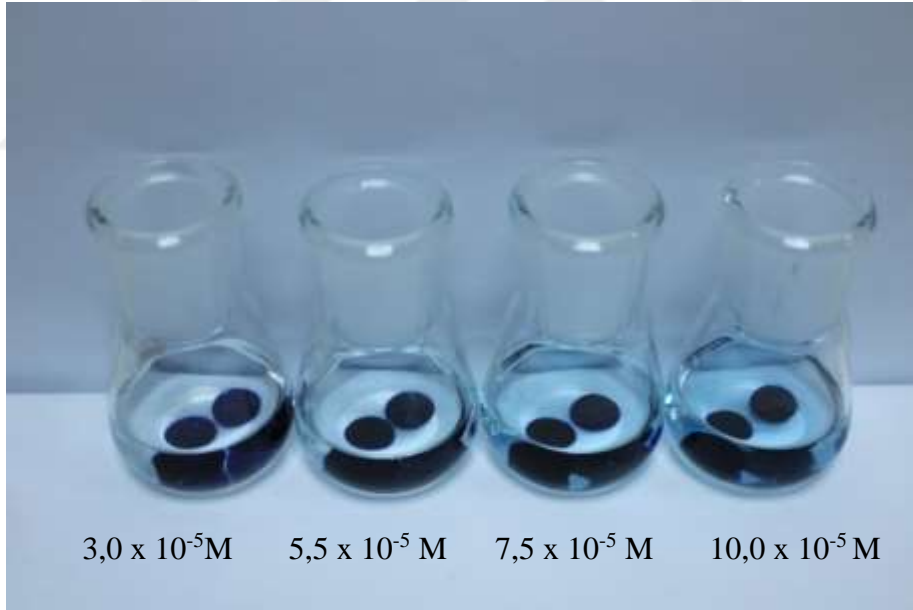
Görsel izlenimi amacıyla, ilgili hidrojellerin resimleri sırası ile verilmiştir.



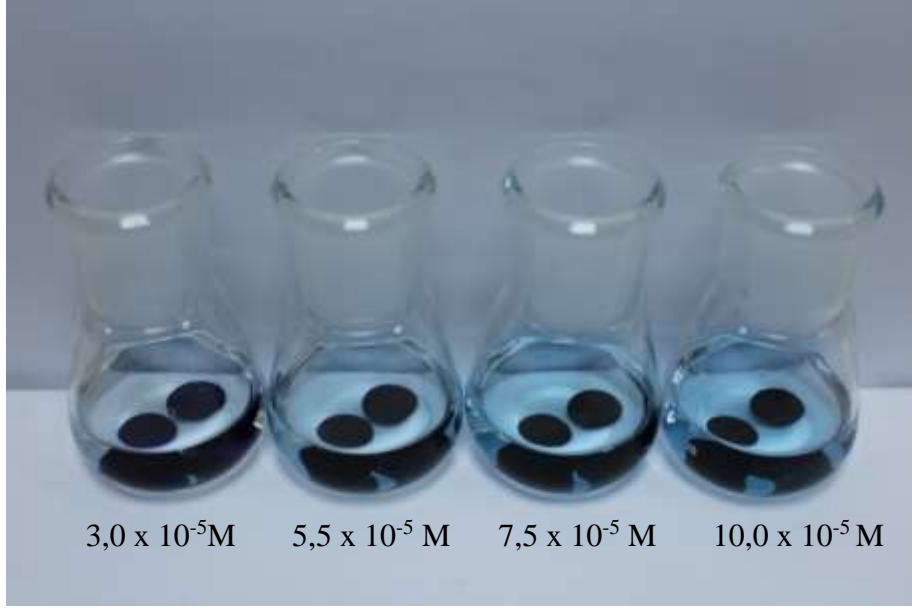
Resim 4.14. PrAm/SSS hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltisindeki görünümleri.



Resim 4.15. PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltilisindeki görünümleri.



Resim 4.16. PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltilisindeki görünümleri.



Resim 4.17. PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerinin farklı derişimlerde TB çözeltisindeki görünümleri.

Çizelge 4.7 ve 4.8’ de Eşitlik 6, 7 ve 8 yardımıyla hesaplanan (q), (%RG) ve (K_{ekk}) değerleri’de verilmiştir.

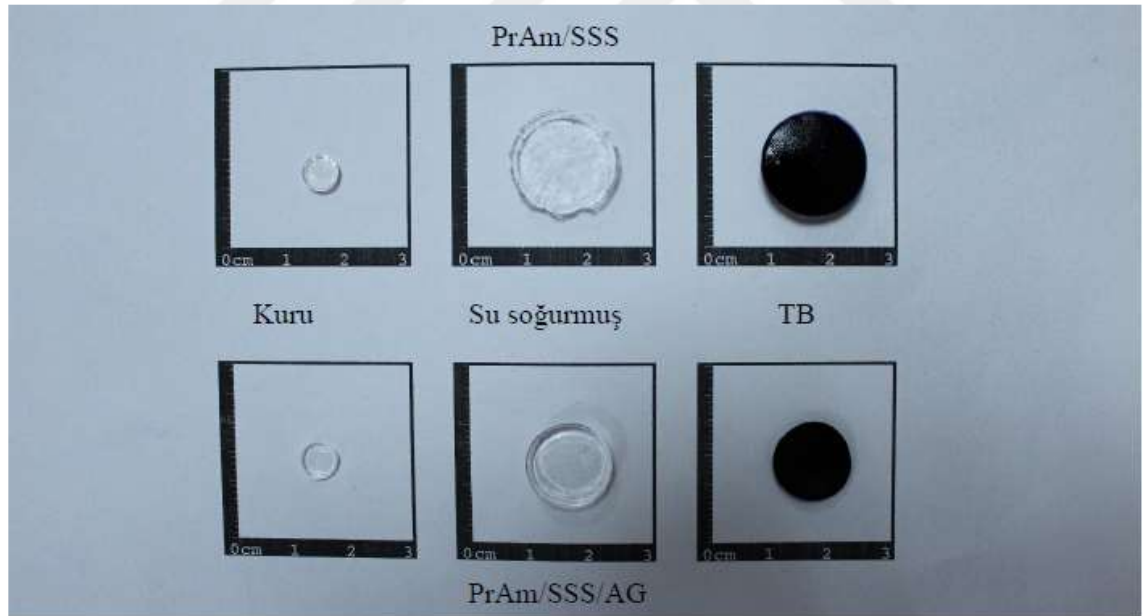
Çizelge 4.7. Hidrojel sistemlerde yüzey soğurum parametreleri.

SSS (mg)	20	40	60	80
	Yüzde renk giderim (%RG)			
PrAm/SSS	85,60	97,70	98,74	98,99
PrAm/SSS/AG	75,28	88,22	92,84	96,04
PrAm/SSS/ZEO	78,53	91,95	95,77	96,92
PrAm/SSS/AG/ZEO	77,49	90,26	94,89	95,86
	Renk giderim faktörü ($q \times 10^5$)			
PrAm/SSS	4,59	5,13	4,57	5,23
PrAm/SSS/AG	3,77	4,40	5,05	4,49
PrAm/SSS/ZEO	4,27	4,73	4,30	4,91
PrAm/SSS/AG/ZEO	3,70	4,46	4,79	4,22
	Etkin kapasite katsayısı (K_{ekk})			
PrAm/SSS	5,94	42,41	78,19	97,80
PrAm/SSS/AG	3,05	7,49	12,96	24,27
PrAm/SSS/ZEO	3,66	11,42	22,66	31,47
PrAm/SSS/AG/ZEO	3,44	9,27	18,57	23,13

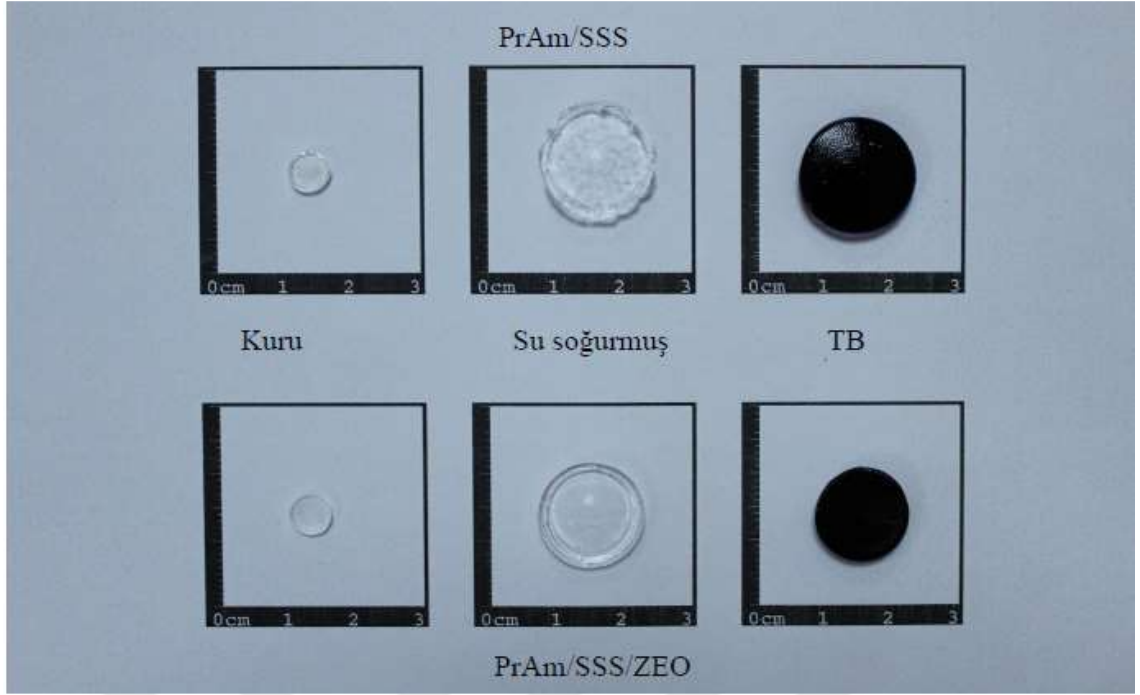
Çizelge 4.8 Farklı AG ve ZEO içeriğine sahip, 60 mg SSS içeren hidrojellerde yüzey soğurum parametreleri.

%2'lik AG-su çözeltisi %2'lik ZEO-su süspansiyonu (mL)	0,25	0,50	0,75	1,0
	Yüzde renk giderim (%RG)			
AG	87,53	92,84	86,63	89,85
ZEO	90,76	95,77	98,89	94,78
	Renk giderim faktörü ($q \times 10^5$)			
AG	4,16	5,05	4,38	4,56
ZEO	4,17	4,30	4,79	4,48
	Etkin kapasite katsayısı (K_{ekk})			
AG	7,02	12,96	6,48	8,86
ZEO	9,82	22,66	18,57	18,16

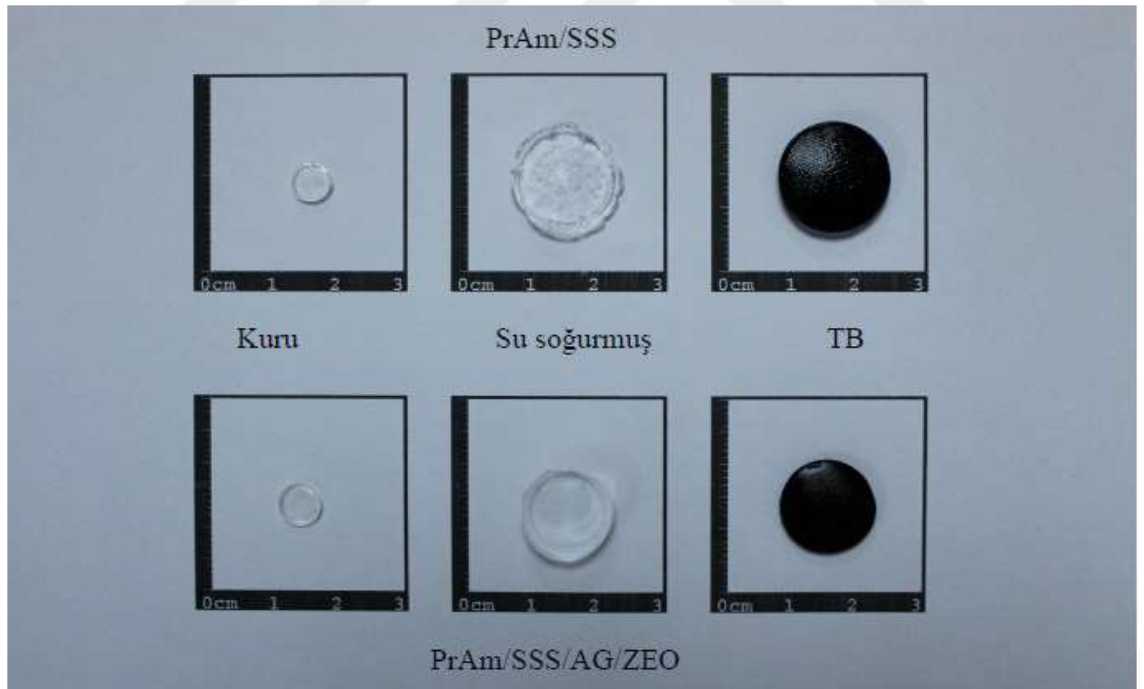
Görsel olarak yorum yapabilmek amacıyla, bu çalışmada üretilen PrAm/SSS hidrojeli, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeli, PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i ve PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerin kuru, suda ve TB çözeltisindeki görüntüleri görünümüleri sırası ile sunulmuştur (Şekil 4.18-4.20).



Resim 4.18. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltisindeki görüntüleri.



Resim 4.19. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltisindeki görüntüleri.



Resim 4.20. PrAm/SSS hidrojellerinin ve PrAm/SSS/AG/ZEO biyokompozit hidrojellerinin kuru, suda ve TB çözeltisindeki görüntüleri.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda elde edilen hidrojellerin ve polimerik yapıların çeşitli ortamlardan istenmeyen suyu uzaklaştırmak, ağır metal ve boyarmadde içerikli atık suları yüzeye soğurum yöntemiyle temizlemek amacıyla kullanılabileceği öngörülmektedir. Ağır metal, tekstil ve boya endüstrisi atık sularının temizlenmesi günümüzün en önemli çevre sorunlarından birisidir. Ekolojik dengenin bozulmaması için bu tür kirleticilerle kirletilmiş sulardan bu maddelerin arıtılması gereklidir. Bu temizleme işlemlerinde değişik adsorplayıcıların kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde ise polimerik yapıdaki adsorplayıcıların kullanımı yaygındır.

Bu tez çalışması üretim, karakterizasyon ve uygulama aşamaları gibi üç ana tema üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sentez aşamasında, yardımcı monomer SSS oranı, AG ve ZEO içerikleri değiştirilerek kopolimer özelliklerine yardımcı monomer, hidrokolloid ve ZEO etkisi araştırılmıştır.

Sentezlenen PrAm/SSS hidrojeli, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeli, PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i ve PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojelinin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla katyonik özellikteki toluidin blue (TB) gibi bir boyarmadde model molekül olarak seçilmiş, ayrıntılı yapılan boyarmadde soğurum çalışmaları değerlendirilerek, soğurumun temel özellikleri nicel olarak da açıklanmaya çalışılmıştır. Dengeye gelen ve üzerlerine boyarmadde soğuran hidrojeller dekantasyonla çözülden ayrılarak çözümlerin absorbanları bir UV-VIS spektrofotometre yardımıyla bilinen belli bir dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar irdelendiğinde PrAm/SSS hidrojeli, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeli, PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i ve PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojeli gibi çapraz bağlı kopolimerlerin çok yüksek değerlerde TB boyarmaddesini sulu çözümlerinden soğurdukları izlenmiştir.

Bu araştırma sonunda, tez çalışması ile üretilen PrAm/SSS hidrojeli, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojeli, PrAm/SSS/AG yarı-IPN'i ve PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerinin nanoteknolojide ve su kalitesini artırıcı çalışmalarda iyi bir taşıyıcı/soğurucu/adsorban olarak kullanılabilecekleri sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- ❖ Bu çalışmada, çapraz bağlı polimer üretiminde yaygın olarak kullanılan propenamid ile doğal bir polimer olan akasya gamı ve zeolit kullanılarak, yeni bir hidrojel, yeni bir yarı-IPN, yeni bir kompozit hidrojel ve yeni bir biyokompozit hidrojel taşıyıcı/soğurucu materyal üretimi gerçekleştirilmiştir.
- ❖ Hidrojellerin üretimleri sırasında çapraz bağlayıcı olarak poli(etilen glikol) diakrilat kullanılmıştır. Propenamid esaslı hidrojellerin üretimi, çözelti ortamında serbest radikalik polimerleşme tepkimesi ile gerçekleştirilmiştir.
- ❖ Üretilen hidrojellerin FT-IR spektrumları alınmıştır. Elde edilen spektrumlar yardımı ile fonksiyonel gruplara ait karakteristik bantlar izlenerek çapraz bağlı kopolimerlerin yapıları aydınlatılmaya çalışılmıştır.
- ❖ Çapraz bağlı kopolimerlerin gözenek yapısı hakkında fikir edinebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskopi (Scanning Electron Microscopy, SEM) yöntemi kullanılmıştır. SEM mikrografları incelendiğinde hidrojellerin gözenekli bir yapıya sahip oldukları söylenebilir.
- ❖ Çapraz bağlı kopolimerlere suda dinamik şişme testleri uygulanarak, şişme davranışları hakkında önemli veriler elde edilmiştir.
- ❖ Sodyum stirensülfonik asit (SSS) içeren hidrojellerin dengede su alıkonma kapasitesi (%S_d) değerleri, SSS miktarının artması ile %1218-1878 arasında değişim gösterirken yapıya akasya gamı (AG) eklenmesi ile %S_d değerleri %1014-1625 arasında değerlere, yapıya zeolit (ZEO) eklenmesi ile %S_d değerleri %1187-1454 arasında değerlere, yapıya hem AG, hem de ZEO eklenmesi ile %S_d değerleri %1110-1447 arasında değerlere ulaşmaktadır.
- ❖ Bu değerler incelendiğinde, tüm hidrojellerde denge yüzde şişme değerleri çapraz bağlı yapıda bulunan yardımcı monomer miktarının artışı ile uyumlu olarak genelde bir artış göstermektedir. Yapıya AG eklenmesi ile %S_d değerlerinde düşme görülürken ZEO eklenmesiyle artış gözlenmiştir.
- ❖ Çapraz bağlı polimerler için biyoyumluluğun potansiyel bir göstergesi olarak değerlendirilen dengede su alıkonma kapasitesi (DSAK), SSS içeren hidrojellerin

tümü için, yapıdaki yardımcı monomer miktarının artışı ile artmaktadır. Tüm çapraz bağlı kopolimerler değerlendirildiğinde, DSAK değerleri 0,9089-0,9603 arasında değişmektedir. Bu değerler, biyouyumluluk için gerekli görülen 0,60 değerinin üzerindedir.

- ❖ Dinamik şişme testleri sonucunda elde edilen verilerin kinetik açıdan incelenmesi ile hesaplanan, teorik denge yüzde şişme değerleri oldukça önemlidir. Hesaplanan denge yüzde şişme değerleri, teorik denge yüzde şişme değerleri ile uyum göstermektedir. Bu durum, kinetik analizin doğru temeller üzerine oluşturulduğunun iyi bir göstergesi olabilir.
- ❖ Kimyasal çapraz bağlı hidrojellere su geçirim türünün araştırılması açısından önemli bir parametre olan geçirim üsteli (n) değerleri PrAm/SSS hidrojelleri için 0,6541-0,6273 arasında, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojelleri için 0,7255-0,6429 arasında, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojelleri için 0,6272-0,6333 arasında, PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojelleri için 0,6437-0,6799 arasında değişim göstermişlerdir. Tüm hidrojellerin n değerleri $0,5 < n < 1,0$ aralığındadır. Bu nedenle, çapraz bağlı kopolimerlere su difüzyonu, Fick tipi olmayan (non-Fickian) difüzyon türüne uygundur. Bu durumda, difüzlenme ve durulmanın şişme üzerinde aynı anda etkin olduğu söylenebilir.
- ❖ Çapraz bağlı polimerik sistemlerde su difüzyonu açısından incelenecek bir diğer parametre olan su geçirim katsayısının (D) yardımcı monomer artışı ile genellikle bir artış göstermesi beklenir. Üretilen tüm polimerik sistemlerin su geçirim katsayısı incelendiğinde yardımcı monomer içeriği ile uyumlu bir artış gösterdiği söylenebilir. Bu artışın sebebi olarak yardımcı monomer içeriğinin artması ile polimerik yapılara difüzlenen su miktarındaki artış verilebilir. Su geçirim katsayısı, ayrı ayrı AG ve ZEO içeriğine göre incelendiğinde SSS artışı ile yine artış göstermiştir. Ancak PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojellerinde, PrAm/SSS hidrojellerine oranla önemli oranda azalma izlenmiştir.
- ❖ Anyonik hidrojellerin yüzeye soğurum özelliklerinin araştırılması amacıyla, katyonik özellikteki toluidin blue (TB) boyar maddesi model molekül olarak seçilmiştir. Çapraz bağlı kopolimerlerin soğurum özellikleri, TB derişiminin ve yardımcı monomerin etkisi açısından incelenmiştir.

- ❖ 60 mg yardımcı monomer içeren hidrojenlerin, $3,0 \times 10^{-5}$ - $10,0 \times 10^{-5}$ M arasında değişen derişimlerdeki sulu TB çözeltileri ile 25°C sabit sıcaklıkta etkileşmeleri sağlanmıştır. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen denge değerleri kullanılarak q-C_s grafikleri oluşturulmuştur. SSS yardımcı monomeri ile hazırlanan tüm hidrojen sistemleri için sulu TB çözeltilerinin derişimi arttıkça, 1,0 g kopolimer tarafından soğurulan boyarmadde miktarı olan q değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. $7,0 \times 10^{-5}$ M sabit derişimde sulu TB çözeltileri ile 20-80 mg arasında değişen SSS içeriğine sahip kopolimerler, 25°C sabit sıcaklıkta dengeye gelene dek etkileştirilerek, soğuruma yardımcı monomer, AG ve ZEO etkisi araştırılmış ve q, %RG, K_{ekk} gibi parametreler hesaplanmıştır.
- ❖ Hidrojenlerin q değerleri, yardımcı monomer içeriğindeki artışa paralel olarak artmaktadır. PrAm/SSS hidrojenleri için $4,59 \times 10^{-5} - 5,23 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹ arasında, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri için $3,77 \times 10^{-5} - 4,49 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹ arasında, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenleri için $4,27 \times 10^{-5} - 4,91 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹ arasında, PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojenleri için $3,70 \times 10^{-5} - 4,22 \times 10^{-5}$ mol g⁻¹ arasında değişim göstermişlerdir.
- ❖ Soğurumda hesaplanan diğer bir parametre olan %RG değerleri de q değerleri ile uyumlu biçimde, yardımcı monomer etkisiyle artmaktadır. %RG değerleri, PrAm/SSS hidrojenleri için %85,60-98,99 arasında, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri için %75,28-96,04 arasında, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenleri için %78,53-96,92 arasında, PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojenleri için %77,49-95,86 arasında değişim göstermişlerdir.
- ❖ K_{ekk} değerleri, çapraz bağlı kopolimerlerin belirlenen bir tür için iyi bir adsorban olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılır. K_{ekk}'nin 1,0'den büyük olması çapraz bağlı kopolimerin iyi bir adsorban olduğunun bir göstergesidir. Yardımcı monomer içeriğinin artması ile K_{ekk} değerlerinin arttığı görülmüştür. Polimerik örnekler incelendiğinde K_{ekk} değerleri, PrAm/SSS hidrojenleri için 5,94-97,80 arasında, PrAm/SSS/AG yarı-IPN hidrojenleri için 3,05-24,27 arasında, PrAm/SSS/ZEO kompozit hidrojenleri için 3,66-31,47 arasında, PrAm/SSS/ZEO/AG biyokompozit hidrojenleri için 3,44-23,13 arasında değişim göstermişlerdir.
- ❖ **ÖNERİLER;** Bu çalışmada, hidrofilik fonksiyonel gruplar taşıyan değişik su tutma yeteneğine sahip hidrojenlerin üretimleri ve karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir.

Üretimleri gerçekleştirilen hidrojellerin, istenmeyen ortamlardan suyun uzaklaştırılmasında ve su taşıyıcı malzemeler olarak tarımsal uygulamalarda kullanılabileceği ileri sürülebilir. Seçilen model molekül için iyi bir adsorplayıcı olduğu belirlenen hidrojeller, çevrede “kirleticisi” olarak nitelendirilebilecek, katyonik özellikteki boyarmaddelerin, ağır metal iyonlarının, bazı endüstriyel atık sularda bulunabilecek toksik türlerin ve deterjanlar gibi organik moleküllerin, yüzeye soğurma yöntemi ile sulu ortamlardan uzaklaştırılmasında adsorban olarak kullanılabilirler.



KAYNAKLAR

- Akharame, M.O., Fatoki, O.S., Opeolu, B.O., Olorunfemi, D.I. ve Oputu, O.U. (2018). Polymeric nanocomposites (PNCs) for wastewater remediation: An overview, *Polymers Plastics Technology and Engineering*, 57, 1-29.
- Allawzi, M. ve Al-Asheh, S. (2012). Use of Jordanian natural zeolite as sorbent for removal of cadmium from aqueous solutions, *Desalination and Water Treatment*, 22(1-3), 349-354.
- Baybas, D. ve Ulusoy, U. (2011). Polyacrylamide–clinoptilolite/Y-zeolite composites: Characterization and adsorptive features for terbium, *Journal of Hazardous Materials*, 187, 241-249.
- Borgogna, M., Marsich, E., Donati, I., Paoletti, S. ve Travan, A. (2016). Hydrogels, Polysaccharide Hydrogels: Characterization and Biomedical Applications Edited by Pietro Matricardi, Pan Stanford Publishing Pte. Ltd., Taylor & Francis Group, LLC.
- Bueno, V.B., Bentini, R., Catalani, L.E., Freitas, D. ve Petri, S (2013). Synthesis and swelling behavior of xanthan-based hydrogels, *Carbohydrate Polymers*, 92,1091-1099.
- Callister, D.W. ve Rethwisch, D.G., (2014). Malzeme Bilimi ve Mühendisliği. (Kenan Genel, Editör). Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye.
- Chen, J. Zhang, W. ve Li, X (2016). Adsorption of Cu (II) ion from aqueous solutions on hydrogel prepared from Konjac glucomannan, *Polymer Bulletin*, 73;1065-1984.
- Crini, G (2005). Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in Polymer Science*, 30;38–70.
- Crini, G (2006). Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review. *Bioresource Technology*, 97;1061–1085.
- Dragan, E. S. ve Dinu, M.V. (2015). Progress in polysaccharide/zeolites and polysaccharide hydrogel composite sorbents and their applications in removal of heavy metal ions and dyes, *Current Green Chemistry*, 2, 342-353.
- Fontanille, Y.G.M. (2008). Organic and Physical Chemistry of Polymers, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.

- Hassan, T., Salam, A., Khan, A., Khan, S.U., Khanzada, H., Wasim, M., Khan, M.O. ve Kim, I. S. (2021). Functional nanocomposites and their potential applications: A review. *Journal of Polymer Research* 28, 36(1-22).
- Humelnicu, D., Dinu, M.V. ve Dragan, E.C. (2011). Adsorption characteristics of UO_2^{2+} and Th^{4+} ions from simulated radioactive solutions onto chitosan/clinoptilolite sorbents, *Journal of Hazardous Materials* 185,447-455.
- Izydorczyk, M., Cui, S.W.ve Wang, Q. (2005). Polysaccharide Gums: Structures, Functional Properties, and Applications, CRC Press, Taylor and Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW. Suite 300 Boston, FL33487-2742.
- Jaspal, D. ve Malviya, A. (2020). Composites for wastewater purification: A review, *Chemosphere* 246, 125788(1-11).
- Kaith, B.S., Singh, A. ve Sharma, A.K. (2021). Hydrogels: synthesis, classification, properties and potential applications; A brief review; *Journal of Polymers and the Environment* 29, 3827–3841.
- Karadağ, E. ve Kundakçı, S. (2013). Water and dye uptake studies of acrylamide/4-styrenesulfonic acid sodium salt copolymers and semi-interpenetrating polymer networks composed of gelatin and/or PVA, *Advances in Polymer Technology*, 32, E531-E544.
- Karadağ, E., Ercan, D., Üzüm, Ö.B. ve Kundakçı, S. (2021). Swelling equilibria of novel propenamide/2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic acid/guar gum/clinoptilolite biohybrid hydrogels and application as a sorbent for BV1 removal, *Polymer Bulletin*, 78, 3625-3649).
- Karadağ, E., Hasgül, B., Kundakçı, S. ve Üzüm, Ö.B. (2014b). A study of polymer/clay hybrid composite sorbent based AAm/SMA hydrogels and semi PNs composed of ι-carrageenan and montmorillonite for water and dye sorption, *Advances in Polymer Technology*, 33, 21432(1-11).
- Karadağ, E., Ödemiş, H., Üzüm, Ö.B. ve Kundakçı, S. (2016). Swelling characterization of acrylamide/zinc acrylate/xanthan gum/sepiolite hybrid hydrogels and its application in sorption of Janus Green B from aqueous solutions, *Advances in Polymer Technology*, 35, 248-259.

- Karadağ, E., Öztürk, Z.D.K., Üzüm, Ö.B. ve Kundakçı, S. (2019). Swelling performance studies of acrylamide/potassium 3-sulfopropyl methacrylate/sodium alginate/bentonite biohybrid sorbent hydrogels in binary mixtures of water-solvent, *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, 9, 35-61.
- Karadağ, E., Topaç, F., Kundakçı, S. ve Üzüm, Ö.B. (2014a). Novel composite sorbent AAm/MA hydrogels containing starch and kaolin for water sorption and dye uptake, *Bulletin of Materials Science*, 37, 1637-1646.
- Karadağ, E., Yel, B., Kundakçı, S. ve Üzüm Ö.B. (2017). Synthesis and application of acrylamide/sodium vinylsulfonate/carboxymethylcellulose/zeolite hybrid hydrogels as highly swollen effective adsorbents for model cationic dye removal. *Desalination and Water Treatment*, 74, 402-414.
- Kayan, G.Ö. ve Kayan, A. (2021). Composite of natural polymers and their adsorbent properties on the dyes and heavy metal ions, *Journal of Polymers and the Environment* 29, 3477–3496.
- Kazemi-Taskooh, Z. ve Varidi, M. (2021). Designation and characterization of cold-set whey protein-gellan gum hydrogel for iron entrapment, *Food Hydrocolloids*, 111, 106205.
- Khan, M. ve Lo I.M.C. (2016). A holistic review of hydrogels applications in the adsorptive removal of aqueous pollutants: Recent progress, challenges, and perspectives. *Water Research*, 106, 259-271.
- Khoonsap, S. ve Amnuaypanich, S, (2011). Mixed matrix membranes prepared from poly(vinyl alcohol) (PVA) incorporated with zeolite 4A-graft-poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (zeolite-g-PHEMA) for the pervaporation dehydration of water–acetone mixtures, *Journal of Membrane Science* 367, 182-189.
- Kim, S.J., Park, S.J. ve Kim, S.I. (2003). Synthesis and characterization of interpenetrating polymer network hydrogels composed of poly(vinyl alcohol) and poly(N-isopropylacrylamide). *Reactive Functional Polymers* 55, 61-67.
- Krishna, K. ve Vishalakshi, B. (2017). Gellan gum-based novel composite hydrogel: Evaluation as adsorbent for cationic dyes, *Journal of Applied Polymer Science*, 134, 45527(1-9).

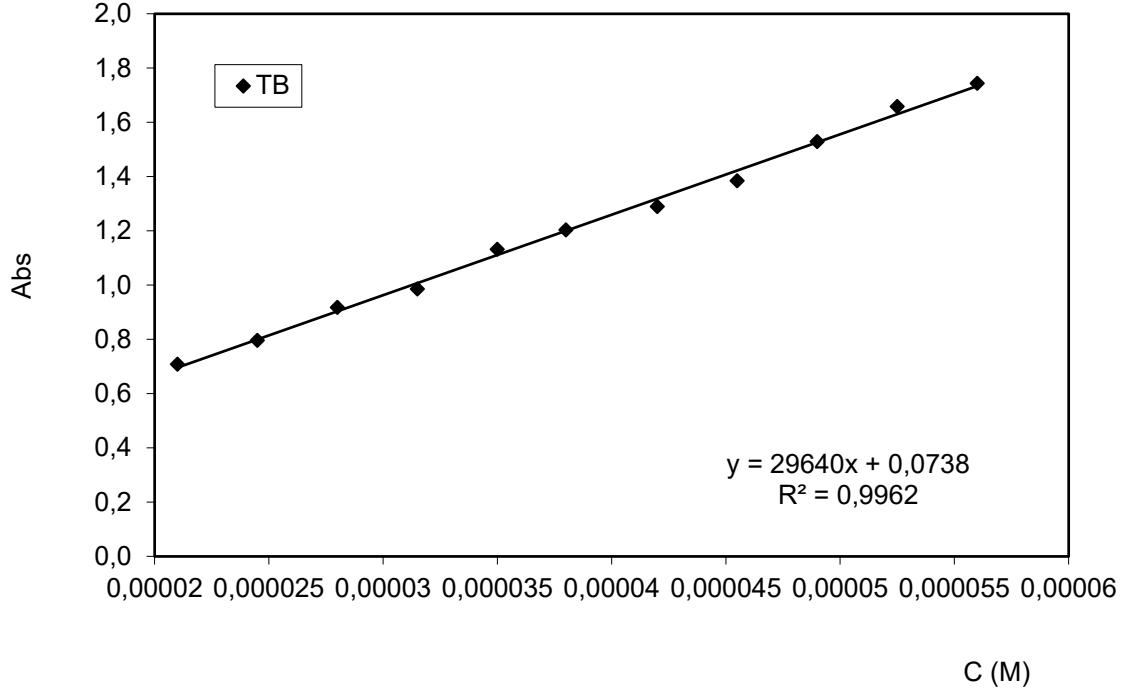
- Kundakçı, S ve Karadağ, E. (2014). Preliminary swelling and dye sorption studies of acrylamide/4-styrenesulfonic acid sodium salt copolymers and semi interpenetrating polymer networks composed of gelatin and/or PEG, *Polymer Bulletin*, 71(2), 351-370.
- Laftah, W.A., Hashim, S. ve Ibrahim, A.N. (2011). Polymer Hydrogels: A Review, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 50, 1475–1486.
- Lee, S.J., Kim, S.S., Lee, Y.M. (2000) Interpenetrating polymer network hydrogels based an poly(ethylene glycol) macromer and chitosan. *Carbohydrate Polym.* 41:197-205. .
- Lopes, A.C., Martins, P. ve Lanceros-Mendez, S. (2014). Aluminosilicate and aluminosilicate based polymer composites: Present status, applications and future trends, *Progress in Surface Science* 89, 239-277.
- Mc Clements, D.J. (2021). Food hydrocolloids: Application as functional ingredients to control lipid digestion and bioavailability, *Food Hydrocolloids*, 111, 106404.
- Navalon, S., Alvaro, M., ve Garcia, H. (2010). Heterogeneous Fenton catalysts based on clays, silicas and zeolites, *Applied Catalysis B:Environmental* 99, 1-26.
- Ngah, W.S. Teong, L.C., Toh, R.H. ve Hanafiah, M.A. (2013). Comparative study on adsorption and desorption of Cu(II) ions by three types of chitosan-zeolite composites. *Chemical Engineering Journal*, 223, 231-238.
- Panic, V. ve Velickovic, J. (2014). Removal of model cationic dye by adsorption onto poly(methacrylic acid)/zeolite hydrogel composites: Kinetics, equilibrium study and image analysis, *Separation and Purification Technology* 122, 384-394.
- Pereira, A.G.B., Rodrigues, F.H.A., Paulino, A.T., Martins, A.F. ve Fajardo, A.R. (2021). Recent advances on composite hydrogels designed for the remediation of dye-contaminated water and wastewater: A review. *Journal of Cleaner Production*, 284, 124703.
- Rashidzadeh, A., Olad, A. ve Salari, D. (2015). The effective removal of methylene blue dye from aqueous solutions by NaAlg-g-poly(acrylic acid-co-acrylamide)/clinoptilolite hydrogel nanocomposite, *Fibers and Polymers*, 16, 354-362.
- Ren, J., Wang, X., Zhao, L., Li, M. ve Yang, W. (2021). Effective removal of dyes from aqueous solutions by a gelatin hydrogel, *Journal of Polymers and The Environment* 29, 3497-3508.

- Saçak, M (2002). *Polimer Kimyası*, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Safarzadeh, H., Peighamardoust, J.C., Mousavi, S.H., Mohammadi, R. ve Peighamardoust, S.H. (2022). Adsorption of methyl violet dye from wastewater using poly(methacrylic acid-co-acrylamide)/bentonite nanocomposite hydrogels. *Journal of Polymer Research* 29, 113(1-13).
- Şahin, Y. (2006). *Kompozit Malzemelere Giriş*. Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye.
- Saldamlı, İ. (Ed) (2005). *Gıda Kimyası*, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Saraydin, D., Karadağ, E., Işıkver, Y., Şahiner, N. ve Güven O. (2004). The influence of preparation methods on the swelling and network properties of acrylamide hydrogels with crosslinkers. *Journal of Macromolecular Science Part A – Pure and Applied Chemistry A41(4)*, 421-433.
- Sarıkaya, Y (2005). *Temel Üniversite Kimyası*, Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye.
- Sharika, T. ve Mohanan, A. (2021). Synthesis and swelling studies of poly(acrylamide-co-itaconic acid)/hydroxyapatite nanocomposite hydrogels, *Materials Today: Proceedings*, 41, 744-751.
- Sharma, S., Virk, K., Sharma, K., Bose, S.K., Kumar, V., Sharma, V., Focarete, M.L. ve Kalia, S. (2020). Preparation of gum acacia-poly(acrylamide-IPN-acrylic acid) based nanocomposite hydrogels via polymerization methods for antimicrobial applications, *Journal of Molecular Structure*, 1215, 128298 (1-12).
- Shi, X., Wang, W. ve Wang, A. (2011). Effect of surfactant on porosity and swelling behaviors of guar gum-g-poly(sodium-acrylate-co-styrene)/attapulgit superabsorbent hydrogels. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 88, 279-286.
- Singh, B., Sharma, S. ve Dhiman, A. (2017). Acacia gum polysaccharide based hydrogel wound dressings: Synthesis, characterization, drug delivery and biomedical properties, *Carbohydrate Polymers*, 165, 294-303.
- Skoog, D.A., Leary, J.J. (1992). *Principles of Instrumental Analysis*. Saunders College Publishing, Florida, USA.

- Üzüm, Ö.B. ve Karadağ, E. (2021). Characterization of AAm/4-styrenesulfonic acid sodium salt/PEG hydrogels crosslinked by PEGDA as highly swollen adsorbents for the effective removal of Janus Green B from aqueous solutions, *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, *11*, 45-68. [DOI: 10.4236/jeas.2021.112003].
- Wang, Y., Wang, W., Shi, X. ve Wang, A (2013). Enhanced swelling and responsive properties of an alginate-based superabsorbent hydrogel by sodium p-styrenesulfonate and attapulgite nanorods, *Polymer Bulletin*, *70*; 1181-1193.
- Zendehdel, M., Zendejma, A., Hoseini, F. ve Azarkish, M. (2015). Investigation of removal of chemical oxygen demand (COD) wastewater and antibacterial activity of nanosilver incorporated in poly(acrylamide-co-acrylic acid)/NaY zeolite nanocomposite, *Polymer Bulletin* *72*, 1281-1300.

EKLER

Ek.1. Toluidin blue çözeltilerinin denge derişimlerinin hesaplanması için kullanılan çalışma eğrisi



T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİMSEL ETİK BEYANI

“HİDROKOLLOİD ve ZEOLİT İÇEREN PROPENAMİD TEMELLİ YENİ BİYOKOMPOZİT HİDROJELLERİN KARAKTERİZASYONU ve POLİMERİK ADSORPSİYON POTANSİYELLERİ” başlıklı Yüksek Lisans/Doktora tezindeki bütün bilgileri etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiz atıf yaptığımı bildiririm. İfade ettiklerimin aksi ortaya çıktığında ise her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

İrem TASGÜL

... / ... / ...

ÖZGEÇMİŞ

Soyadı, Adı : TASGÜL İrem

Yabancı Dil : İngilizce

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi (Yıl)
Yüksek Lisans	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi	2022
Lisans	Manisa Celal Bayar Üniversitesi	2020

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer / Kurum	Ünvan
2017	Çiğli, İZSU İleri Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi	Stajyer
2017	DYO Boya Fabrikaları San. ve Tic. A.Ş	Stajyer

AKADEMİK YAYINLAR

1. MAKALELER

2. PROJELER

Yağlar, Yağ Analizleri ve Biyodizel Üretimi Hakkında Araştırma ve İncelemeler (2020 Lisans tezi)

3. BİLDİRİLER

A) Uluslararası Kongrelerde Yapılan Bildiriler

B) Ulusal Kongrelerde Yapılan Bildiriler