

**T.C.**  
**GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORGANİK SOLVENT VE PETROL DÖKÜNTÜLERİNİN**  
**ÇEVREDEN GİDERİMİ İÇİN POLİ(PROPİLEN GLİKOL)**  
**ORGANOJELLERİNİN HAZIRLANMASI**

**YAĞMUR TEZCAN**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**KİMYA ANABİLİM DALI**

**GEBZE**  
**2015**

**T.C.  
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORGANİK SOLVENT VE PETROL  
DÖKÜNTÜLERİNİN ÇEVREDEN GİDERİMİ  
İÇİN POLİ(PROPİLEN GLİKOL)  
ORGANOJELLERİNİN HAZIRLANMASI**

**YAĞMUR TEZCAN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMANI  
PROF. DR. HAYAL BÜLBÜL SÖNMEZ**

**GEBZE  
2015**

**T.C.**  
**GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY**  
**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**PREPARATION OF POLY(PROPYLENE  
GLYCOL) ORGANOGELS FOR THE  
REMOVAL OF ORGANIC SOLVENTS AND  
OIL SPILLS FROM ENVIRONMENT**

**YAĞMUR TEZCAN**  
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF**  
**MASTER OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF CHEMISTRY**

**THESIS SUPERVISOR**  
**PROF. DR. HAYAL BÜLBÜL SÖNMEZ**

**GEBZE**  
**2015**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 29/06/2015 tarih ve 2015/41 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 09/07/2015 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Yağmur TEZCAN'nın tez çalışması Kimya Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Hayal BÜLBÜL SÖNMEZ



ÜYE

: Prof. Dr. Faruk YILMAZ



ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. İlke ANAÇ



**ONAY**

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

Polimer jeller, elastik çapraz bağlı polimer ağları içeren katı görünümlü yapılardır. Polimerik jeller birçok şekilde sınıflandırılabilir; kaynağına göre; doğal ve sentetik jeller, polimer ağının içindeki sıvı kısma göre; hidrojel ve organojeller, çapraz bağlanma türüne göre; kimyasal ve fiziksel jellerdir. Polimerik jeller; şeklini muhafaza etme ve kırılmaya karşı direnç gibi katıların sahip olduğu bütün normal özelliklere sahip olmalarına rağmen, jelleri katılardan ayıran en önemli özelliklerden biri ağ yapısının içine solvent moleküllerinin yerleşerek polimerin bir jel oluşturması ve kuru haldeki boyutlarından daha büyük boyutlara şişebilmeleridir. Bu özellikleri nedeniyle polimerik jeller endüstride absorbent materyal olarak pek çok uygulama olanağı bulmaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında öncelikle farklı molekül ağırlıklarında poli(propilen glikoller)'ler (PPG) ve tris[3-(trimetoksisilil)propil] izosiyanurat çapraz bağlayıcısı kullanılarak, kondenzasyon polimerizasyonu ile bir seri absorbent elde edildi. İkinci adım olarak, sentezlenen PPG esaslı absorbentlerin yapısal karakterizasyonu; FT-IR, katı hal  $^{13}\text{C}$  ve  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR yöntemleri kullanılarak aydınlatıldı. Polimerlerin termal özellikleri ise Termal Gravimetrik Analiz (TGA) yöntemiyle belirlendi. Sentezlenen polimerlerin petrol kökenli organik solventler (diklorometan, tetrahidrofur, benzen, toluen, aseton, metil tersiyer bütül eter vb.), yakıtlar ve petrol içindeki şişme davranışları incelendi.

**Anahtar Kelimeler: Poli(propilen glikol), absorpsiyon, çapraz bağlı polimer, şişme, organojel, yeniden kullanım, desorpsiyon, ham petrol, organik solvent.**

## SUMMARY

A polymer gel consists of an elastic cross-linked network and look like a solid. There are variety of ways to classify gels; such as natural gel or synthetic gel, according to the source; hydrogel or organogel, according to the liquid medium in the polymer network; and chemical or physical gels, according to their cross-linkage. Polymer gels are fascinating materials which differ in many aspects from ordinary solids. Although they possess all the normal characteristics of solids such as stability of shape, resistance to shear, etc., they can absorb large amounts of solvents. Because of these reason, polymer gels have important applications as absorbent materials in various industrial applications.

In the scope of this work, a series of polymeric absorbents were synthesized by the condensation of different molecular weight poly(propylene glycol)s and tris[3-(trimethoxysilyl) propyl] isocyanurate as a cross-linker. The structure of synthesized PPG-based absorbents was identified using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), solid-state  $^{13}\text{C}$  and  $^{29}\text{Si}$  cross polarization magic angle spinning nuclear magnetic resonance (CPMAS NMR) spectroscopy. Thermal properties of cross-linked polymers were determined by Thermal Gravimetric Analysis (TGA). Determination of the swelling ability of the synthesized cross-linked polymers were examined by swelling test in oil derived organic solvents such as dichloromethane, tetrahydrofuran, benzene, acetone, methyl tertiary butyl ether etc., fuels and also gasoline and diesel .

**Key Words: Poly(propylene glycol), absorption, cross-linked polymer, swelling, organogel, regeneration, desorption, crude oil, organic solvent.**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmamın her aşamasında, desteğini yanımda hissettiğim, bilgi ve tecrübesiyle her durumda yardımına koşan ve beni yüreklendiren, tüm çalışmalarında gerçek ve çağdaş bilimi hedefleyen değerli hocam Prof. Dr. Hayal BÜLBÜL SÖNMEZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan ve tüm sorularımı yılmadan cevaplayan değerli ağabeyim İlker YATI'ya ve diğer laboratuvar arkadaşlarım Köksal KARADAĞ, Gülşah OZAN AYDIN, Soner KIZIL, Gülay COŞKUN ve Merve KORANOZ'a çok teşekkür ederim. Ayrıca bu yola birlikte başladığım, birlikte birçok aksiliğin üstesinden geldiğimiz dönem arkadaşım Rahim DÖNMEZ'e teşekkür ederim.

Sağlamış olduğu maddi desteği nedeniyle TÜBİTAK-KBAG'a (Proje No:114Z556) teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bütün eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteklerini benden esirgemeyen hiç tereddütsüz attığım her adımda arkamda olduklarını hissettiğim annem Gülay TEZCAN ve babam Zait TEZCAN'a ve bu macerada yanımda olan hayat arkadaşım Yunus DEMİREL'e bütün içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK KISIM	2
2.1. Tanımlar	2
2.2. Polimerlerin Sınıflandırılması	2
2.2.1. Molekül Ağırlığına Göre Polimerler	3
2.2.3. Zincirlerinin Fiziksel Yapısına Göre Polimerler	3
2.2.4. Fiziksel Durumlarına Göre Polimerler	4
2.2.5. Isısal Davranışlarına Göre Polimerler	5
2.2.6. Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Polimerler	5
2.2.6.1. Katılma Polimerizasyonu	6
2.2.6.2. Kondenzasyon (Basamaklı) Polimerizasyonu	7
2.2.6.3. Koordinasyon Polimerizasyonu	7
2.3. Polimerik Jeller	8
2.3.1. Polimerik Jeller Hakkında Genel Bilgi	8
2.3.2. Polimerik Jellerin Sınıflandırılması	9
2.3.3. Poli(propilen glikol) ve Uygulamaları	13
2.3.4. Silan Bağlantı Ajanı	15
2.3.5. Silan Bağlantı Ajanları Nasıl Çalışır?	16
3. KULLANILAN MADDELER ve CİHAZLAR	18
3.1. Kullanılan Maddeler	18
3.2. Kullanılan Cihazlar	18
4. DENEYSEL KISIM	19



4.1. Polimerlerin Sentezlenmesi	19
4.1.1. Pol 1 (PG - ICS) Sentezi	20
4.1.2. Pol 2 (PPG 400 - ICS) Sentezi	21
4.1.3. Pol 3 (PPG 725- ICS) Sentezi	21
4.1.4. Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Sentezi	22
4.1.5. Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Sentezi	22
4.1.6. Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Sentezi	23
4.1.7. Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Sentezi	23
4.2. Sentezlenen Polimerlerin Çözünür Fraksiyonlarının Uzaklaştırılması, Şişme Testleri, Absorbsiyon Kinetiği ve Desorpsiyon Kinetiği	25
4.2.1. Çözünür Fraksiyonların Uzaklaştırılması	24
4.2.2. Şişme Testi	25
4.2.3. Absorbsiyon Kinetiği	25
4.2.4. Desorpsiyon Kinetiği	26
4.2.5. Yeniden Kullanım	27
5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	28
5.1. Sentezlenen Polimerlerin Karakterizasyonu	28
5.1.1. Pol 1 (PG - ICS) Karakterizasyonu	28
5.1.2. Pol 2 (PPG 400 - ICS) Karakterizasyonu	29
5.1.3. Pol 3 (PPG 725 - ICS) Karakterizasyonu	31
5.1.4. Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Karakterizasyonu	33
5.1.5. Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Karakterizasyonu	35
5.1.6. Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Karakterizasyonu	37
5.1.7. Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Karakterizasyonu	39
5.2. Polimerlerin Şişme Özellikleri	41
5.2.1. Pol 1 (PG – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	41
5.2.2. Pol 2 (PPG 400 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	42
5.2.3. Pol 3 (PPG 725 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	43
5.2.4. Pol 4 (PPG 1000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	45
5.2.5. Pol 5 (PPG 2000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	47
5.2.6. Pol 6 (PPG 3000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	48
5.2.7. Pol 7 (PPG 4000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri	50
5.2.8. PPG–ICS Polimerlerinin Benzin ve Dizel Sorbenti olarak Kullanımlarının İncelenmesi	51

5.2.9. PPG 4000-ICS Polimerinin Yeniden Kullanım Özellikleri	53
6.SONUÇLAR	56
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	65

# SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

## Simgeler ve Açıklamalar

### Kısaltmalar

dk	:	Dakika
sa	:	Saat
W	:	Ekstraksiyondan sonraki ağırlık
W	:	Ekstraksiyondan sonraki ağırlık
W <sub>d</sub>	:	Kuru polimerin ağırlığı
W <sub>s</sub>	:	Şişmiş polimerin ağırlığı
DCM	:	Diklorometan
FTIR	:	Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
ICS	:	Tris[3-(trimetoksisilil)propil] izosiyanurat
MTBE	:	Metil tersiyer bütül eter
NMR	:	Nükleer Manyetik Rezonans
PG	:	Propilen glikol
PPG	:	Poli(propilen glikol)
TGA	:	Termogravimetrik Analiz
THF	:	Tetrahidrofuran

# ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>Sekil No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: Polimerizasyon tepkimesi.	2
2.2: Fiziksel yapısına göre polimerler.	4
2.3: Polimerizasyon yöntemleri.	6
2.4: Polimerik jel türleri.	10
2.5: Çevreye dökülen organik kirlilikler ile ilgili görseller. a) İnorganik absorptentler, b) Seçici jelleştirme ajanları, c) Doğal malzemeler, d) Dispersantlar.	11
2.6: PPG'nin genel oluşum mekanizması.	14
2.7: Silan bağlayıcı maddenin genel gösterimi.	15
2.8: Polimer ve substrat arasındaki bağ oluşumu.	16
2.9: Silan bağlayıcı madde ve substrat arasındaki bağ oluşumunun reaksiyon şeması.	22
4.1: Pol 1 (PG-ICS) Sentezi.	20
4.2: Pol 2 (PPG 400 - ICS) Sentezi.	21
4.3: Pol 3 (PPG 725 - ICS) Sentezi.	21
4.4: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Sentezi.	22
4.5: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Sentezi.	22
4.6: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Sentezi.	23
4.7: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Sentezi.	23
5.1: Pol 1 (PG - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	28
5.2: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	29
5.3: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	30
5.4: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	30
5.5: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.	31
5.6: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	31
5.7: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	32
5.8: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	32
5.9: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.	33
5.10: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	33
5.11: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	34
5.12: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	34

5.13: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.	35
5.14: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	35
5.15: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	36
5.16: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	36
5.17: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.	37
5.18: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	37
5.19: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	38
5.20: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	38
5.21: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.	39
5.22: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.	39
5.23: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup> C CPMAS NMR spektrumu.	40
5.24: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup> Si CPMAS NMR spektrumu.	40
5.25: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait TGA spektrumu.	41
5.26: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	42
5.27: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	42
5.28: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.	43
5.29: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	44
5.30: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	44
5.31: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği	45
5.32: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	45
5.33: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	46
5.34: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.	46
5.35: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	47
5.36: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	47
5.37: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.	48
5.38: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	48
5.39: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	49
5.40: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.	49
5.41: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.	50
5.42: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait DCM absorbsiyon grafiği.	50
5.43: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.	51
5.44: PPG - ICS polimerinin benzin içerisindeki şişme grafiği.	52
5.45: PPG - ICS polimerinin dizel içerisindeki şişme grafiği.	52

5.46: PPG organojelinin su yüzeyinden benzini absorblamasına ait sonuçları gösteren fotoğraflar.	58
5.47: PPG 4000-ICS polimerine ait yeniden kullanım grafiği.	53
5.48: PPG 4000-ICS çapraz bağlı polimerinin yeniden kullanım öncesi ve sonrası FTIR spektrumları.	60
5.49: PPG-ICS organojelinin su yüzeyinden MTBE absorblamasına ait sonuçları gösteren fotoğraflar.	60
6.1: PPG – ICS çapraz bağlı polimerlerine ait genel gösterim.	56
6.2: PPG – ICS çapraz bağlı polimerlerine ait şişme grafiği.	57
6.3: PPG – ICS polimerlerine ait DCM absorpsiyon grafiği.	57
6.4: Sentezlenen absorbentler için zamana karşı $t/Q_t$ grafiği.	58
6.5: PPG – ICS polimerlerine ait DCM desorpsiyon grafiği.	59
6.6: PPG – ICS polimerlerine ait TGA termogramı.	60

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b><u>Tablo No:</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
2.1: PPG ve özellikleri.	13
4.1: Bu tez çalışmasında kullanılan monomer ve makromonomerlerin özellikleri.	19
4.2: Tez çalışmasında kullanılan solventler ve özellikleri.	20
6. 1: İkinci dereceden kinetik model parametreleri.	58





# 1. GİRİŞ

Ham petrol dünya çapında birçok kimyasalın ve sentetik polimerlerin sentezinde kullanılan en önemli ham madde ve enerji kaynağıdır [1]. Petrol arama, üretim ve taşıma işlemleri petrol dökülmelerine neden olabilir. Son yıllarda farklı petrol prosesleri esnasında kaza veya çeşitli petrol dökülmelerinde muazzam artışlar meydana gelmiştir [2]. Özellikle deniz ve gezilebilir sulardaki petrol kirliliği, diğer atık veya dökülen malzemelerden oluşan kirliliğe oranla daha fazla endişeye yol açmaktadır. Denizdeki petrol kirliliği petrol tüketiminin artışıyla yükselmiştir. Petrol sızıntısı; tanker yükleme işlemleri, endüstriyel atığa neden olan motor sızıntıları gibi boru hattı çatlakları, hatalı vana kullanımı ve petrol atıklarının deşarjı nedeniyle meydana gelir. Kıyılardaki petrol kirliliği, tesisleri azaltırken buna ek olarak deniz, kıyı yaşamı ve bitki örtüsünü de etkilemektedir [3].

Çapraz bağlı polimerler hem kimyasal araştırmalarda hem de endüstride çok geniş uygulama alanları bulmaktadırlar. Çapraz bağlı polimerler; su arıtımında, kromatografik tekniklerde, biyomedikal ve biyokimyasal uygulamalarda, katı-faz organik sentezde, enzim immobilizasyonunda, toprak uygulamalarında, solvent ve iyon ayırmada ve petrol temizlenmesinde ana substrat olarak kullanılırlar. Petrol döküntüleri nedeniyle çevre kirliliğinin artması, petrol absorbentlerine olan ilginin artmasına ve bu konuda çalışmalar yapılmasına sebep olmuştur.

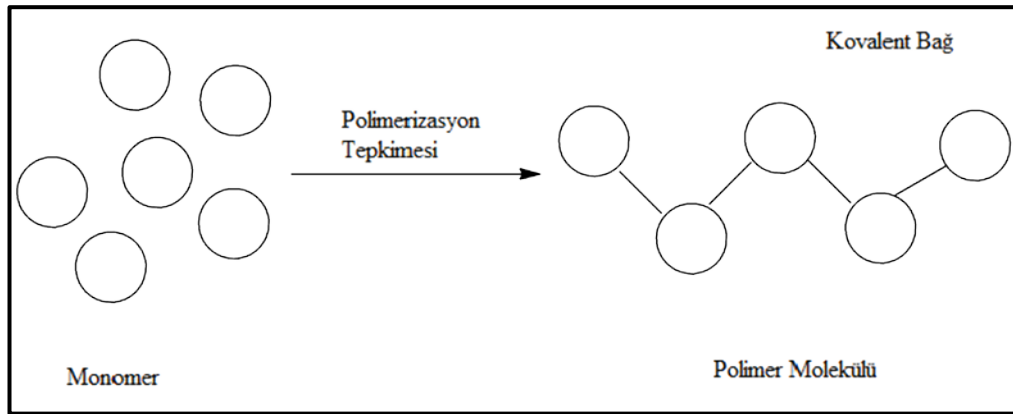
Bu tez çalışmasıyla hidrofobik özellik taşıyan poli(propilen glikol) (PPG) makromonomerinin silan esaslı çapraz bağlayıcı ile kondenzasyon polimerizasyonu sonucu organik absorbent olarak kullanılabilen yeni çapraz bağlı polimerler elde edildi. Sentezlenen polimerlerin organik absorbent olarak kullanılabilmesi için yüksek solvent absorpsiyonu, kısa sürede solvent absorblama özelliği ve tekrar kullanılabilme özelliğinin yanında sudan organik sıvıları uzaklaştırabilme ve sudan daha az yoğun olma gibi özellikleri bünyesinde bulundurması gerekmektedir. Elde edilen çapraz bağlı polimerlerdeki bu özellikler sayesinde organik kökenli sıvıların çevre kirliliğine neden olması önlenerek yeniden kullanılmasının sağlanması amaçlanmıştır. Plastik endüstrisi, sterilize ürünlerin yapımında, kozmetikte, tekstilde, poliüretan köpük yapımı gibi çok farklı kullanım alanları bulunan PPG'nin organik solvent ve petrol türevi yakıtlar için de sorbent olarak kullanımının ortaya konulması projenin ana amaçlarından biridir.

## 2. TEORİK KISIM

### 2.1. Tanımlar

Monomer, polimerleşebilen fonksiyonel gruplara sahip küçük mol kütleli moleküler yapılardır. Büyük moleküller için temel yapı taşları olarak kullanılan küçük moleküller monomer olarak bilinir [4].

Polimer ise Şekil 2.1’de görüldüğü üzere çok sayıda monomerin kovalent bağlarla birbirine bağlanarak oluşturduğu iri molekülün adıdır. Monomerlerden oluşan uzun polimer molekülü bir zincire, monomer molekülleri ise zinciri oluşturan halkalara benzetilebilir. Bu nedenle polimer molekülü yerine çoğu kez polimer zinciri kavramı kullanılır. Polimer molekülleri için büyüklüklerinden dolayı büyük molekülü anlamına gelen makromolekül adlandırılması da sıkça yapılmaktadır [5].



Şekil 2.1: Polimerizasyon tepkimesi.

### 2.2. Polimerlerin Sınıflandırılması

Polimerler; molekül ağırlığına, kaynağına, zincir yapısına, sentez yöntemlerine, ısıl davranışlarına ve fiziksel durumlarına göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler.

### 2.2.1. Molekül Ağırlığına Göre Polimerler

Küçük molekül ağırlıklı polimerizasyon ürünleri oligomer olarak bilinir. Her zaman geçerli olmamakla birlikte polimerizasyon derecesi 10'dan büyük olan, yani en az 10 monomer biriminin birbirine bağlanarak oluşturduğu zincirlerden oluşan sistemler polimer olarak tanımlanır. Daha az sayıda monomer (dekamerden küçük) içeren zincirlerden oluşan bir sistem oligomer olarak belirtilir [6].Polimerler,

- Düşük molekül ağırlıklı polimerler
- Orta molekül ağırlıklı polimerler
- Yüksek molekül ağırlıklı polimerler

olarak sınıflandırılabilir.

### 2.2.2. Kaynağına Göre Polimerler

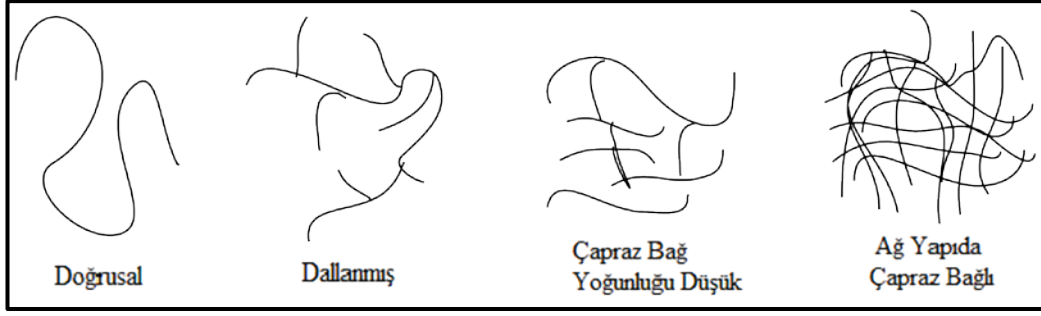
Polimerleri kaynağına göre üç grupta sınıflandırabiliriz.

- Doğal polimerler
- Yarı sentetik polimerler
- Sentetik polimerler

Doğal polimer, doğada kendiliğinden var olan polimerlerdir. Yarı sentetik polimerler, kimyasal reaksiyonlar sonucu doğal polimerlerden elde edilen polimerlerdir. Sentetik polimerler çeşitli monomerler kullanılarak tamamıyla yapay yollardan kimyasal tepkimeler sonucu elde edilen polimerlerdir.

### 2.2.3. Zincirlerinin Fiziksel Yapısına Göre Polimerler

Şekil 2.2'de görüldüğü gibi polimer zincirlerinin uzaysal konumlanmalarına göre polimerler; düz zincirli, dallanmış zincirli ve çapraz bağlı polimerler olmak üzere üç grupta sınıflandırılır [7].



Şekil 2.2: Fiziksel yapısına göre polimerler.

- Doğrusal polimer, ana zincir üzerindeki atomlarda yalnız yan grupların bulunduğu düz zincirli polimerler olarak bilinir. Uygun çözücülerde çözünürler, eritilip yeniden kolaylıkla şekillendirilebilirler.
- Dallanmış polimerler adı verilen polimer grubunda, ana zincirler üzerinde kendi kimyasal yapısıyla özdeş, kovalent bağlarla bağlı ve dal şeklinde görünüme sahip başka zincirler bulunur.
- Doğrusal ve dallanmış polimerlerin zincirleri arasında kovalent bağ düzeyinde etkileşimler bulunmaz. Polimer zincirlerini küçük moleküllerde de gözlenen London kuvvetleri (0-1.5 kcal/mol), polar etkileşimler (1.5-3 kcal/mol) ve hidrojen bağları (3-7 kcal/mol) gibi ikincil etkileşimler bir arada tutar [5].
- Çapraz bağlı polimerler, polimer ana zincirinin birbirine değişik uzunlukta zincir parçalarıyla kovalent bağlarla bağlanması sonucu oluşan üç boyutlu ağ yapısındaki polimerlerdir. Çözücülerde çözünmezler fakat şişme özelliği gösterirler.

#### 2.2.4. Fiziksel Durumlarına Göre Polimerler

Fiziksel durumlarına göre polimerleri üç şekilde incelemek mümkündür. Amorf polimerlerde polimer zincirleri gelişigüzel şekilde birbirinin içine girmiş yün yumakları şeklinde bulunan polimerlerdir. Kristalin polimer zincirlerinin tamamı belli bir düzene girmiş veya kristallenmiştir. Yarı kristalin polimerler ise polimerik yapının bazı bölümleri kristalin, diğer bölümler amorf yapıda bulunduğu polimerlerdir [7].

### **2.2.5. Isısal Davranışlarına Göre Polimerler**

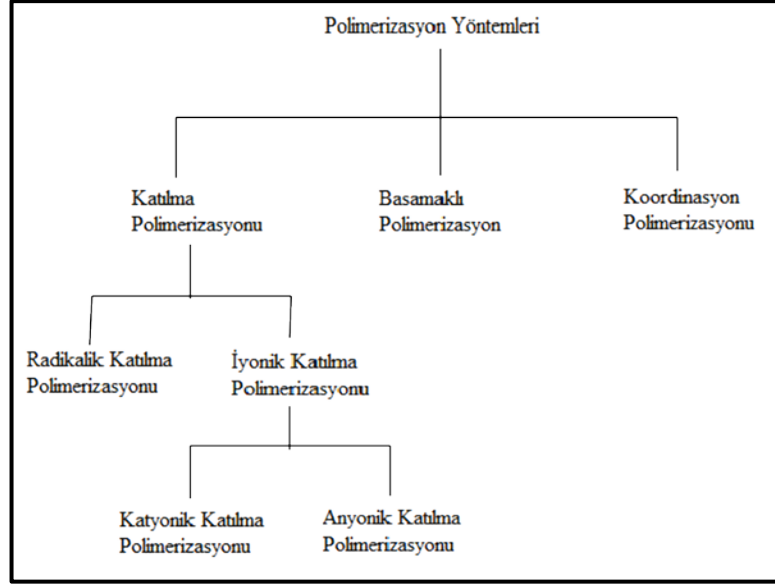
Termoplastikler, plastik kelimesini tam anlamıyla karşılayan gruptur ve günlük hayatta en fazla kullanılan polimerler termoplastiklerdir. Doğrusal ya da dallanmış zincirler içerirler. Isı etkisi ile erirler, yeniden şekillendirilebilirler. Kolayca uygun çözücüler çözünürler.

Elastomerler (kauçuklar), esnek ve elastik özellik gösteren malzemelerdir. Çekme ile yüksek oranda uzama gösterirler ve çekme kuvveti kalktığı anda hızla ilk boyutlarına dönerler. Bu özellikleri polimer zincirleri arasındaki az orandaki çapraz bağdan kaynaklanır. Çapraz bağ oluşumundan sonra elastomerlerin erimesi söz konusu değildir.

Termosetler, yoğun çapraz bağ içeren (ağ-yapı) üç boyutlu sert yapıdaki polimerlerdir. Elastomere benzer şekilde ısı ile eritilemezler ve yeniden şekillendirilemezler. Yüksek sıcaklıklarda zincir ve bağ kırılmaları sonucu parçalanarak bozunurlar [6].

### **2.2.6. Polimerizasyon Mekanizmalarına Göre Polimerler**

Polimer üretiminde, seçilen polimer türüne ve kullanım alanına göre farklı polimerleşme tepkimeleri kullanılmaktadır. Polimerlerin üretiminde farklı kimyasal tepkimelerden yararlanır ve bu tepkimeler genel işleyiş mekanizmaları Şekil 2.3'de görüldüğü gibi yönünden; zincir (katılma) polimerizasyonu ve basamak (kondenzasyon) polimerizasyonu olmak üzere başlıca iki grupta incelenir [6]. Bu iki polimerizasyona ek olarak bir de koordinasyon polimerizasyonu bulunur.



Şekil 2.3: Polimerizasyon yöntemleri.

### 2.2.6.1. Katılma Polimerizasyonu

Doymamış monomerlerin katılma polimerizasyonu ile yüksek molekül ağırlıklı polimerler zincir büyüme mekanizması ile oluşur. Katılma polimerleri, zincir reaksiyonları ile monomerlerin doğrudan doğruya molekülere girmeleri ile oluşur. Monomer birimleri sadece büyüme reaksiyonunda tek tek zincire katılırlar. Zincir taşıyıcı, bir iyon (anyon veya katyon) olabildiği gibi, çiftleşmemiş bir elektronu bulunan ve serbest radikal denilen bir madde de olabilir. Zincir büyüme polimerizasyonu sırasında, makromoleküller bir anda oluşurlar, polimerin molekül ağırlığı reaksiyon süresince çok fazla değişmez. Yüksek molekül ağırlıklı polimer, polimerizasyonun ilk zamanlarında oluşur ve polimerizasyon verimi ya da polimere dönüşen monomer yüzdesi zamanla yavaş yavaş artar. Zincir büyüme reaksiyonlarında zincirin büyümesinin başlaması için serbest radikal başlatıcılarına ihtiyaç duyulur. Serbest radikaller, genel olarak, katalizör ya da başlatıcı denilen ve bazı koşullarda kararsız maddelerin parçalanması ile oluşur. Bu serbest radikal ( $R^*$ ), bir vinil monomerinin çifte bağı ile reaksiyona girerek monomere katılır ve yeniden çiftleşmemiş elektronu bulunan bir radikal yani monomerik radikal verir. Bu yeni aktif monomer başka bir monomere bağlanır ve birkaç saniye gibi çok kısa bir süre içerisinde çok sayıda monomer molekülü büyümekte olan zincire katılır. Monomer

reaksiyon süresi boyunca giderek azalır. Bu büyüme, sonlanma meydana gelene kadar devam eder. En sonunda iki serbest radikal birbiri ile reaksiyona girer ve polimer molekülü oluşur. Reaksiyon süresi uzatılırsa verim artar, fakat molekül ağırlığı önemli bir değişim göstermez. Reaksiyon karışımında sadece monomer, yüksek polimer ve çok az miktarda (incelenen örneğin  $10^{-8}$  i kadar) büyümekte olan radikal zincirleri yer alır.

- $I^* + M \rightarrow IM^*$
- $IM^* + M \rightarrow IMM^*$  Başlama
- $I-(M)^* + M \rightarrow I-(M)-M^*$  İlerleme
- $I-(M)_n^* + M^* \rightarrow$  İnaktif polimer Sonlanma

Zincir büyüme polimerleşmesinde başlatıcı her zaman zincir sonunda yer alırken, kondenzasyon polimerizasyonunda katalizöre ihtiyaç duyulur ve katalizör polimer zincirine ait olamaz [6].

### 2.2.6.2. Kondenzasyon (Basamaklı) Polimerizasyonu

Bu tür polimerizasyonlar basamaklı polimerizasyon olarak da bilinir. Bu reaksiyonlarda, iki ya da daha fazla fonksiyonel grupları bulunan moleküller kondenzasyon reaksiyonları ile bağlanarak daha büyük molekülleri oluştururlar. Kondenzasyon polimerleri iki molekülün rastgele polimerizasyonu sonucu oluşur. Ortamda bulunan herhangi iki molekül türü reaksiyona girebilir. Reaksiyon sırasında çok kez su molekülü gibi küçük bir molekülün ayrıldığı görülür. Polimerizasyon sırasında molekül ağırlığı yavaşça ve sürekli artar ve yüksek molekül ağırlıklı polimerler elde edilmesi için uzun zamana ihtiyaç duyulur. Reaksiyonun herhangi bir aşamasında, hesaplanabilir dağılımda tüm moleküller türler ortamda bulunur ve monomer ise reaksiyonun başında tükenir [8].

### 2.2.6.3. Koordinasyon Polimerizasyonu

Koordinasyon polimerleri koordinasyon bağları ve zayıf kimyasal bağlardan oluşan metal iyonu ve organik ligandların oluşturduğu sistemlerdir. Koordinasyon

polimerizasyonu 1950'lerde Ziegler ve Natta tarafından kendi adlarıyla anılan Ziegler-Natta katalizörlerinin (stereospesifik katalizörler) polimer sentezinde kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır [6].

Bu polimerizasyonla radikal ve iyonik polimerizasyon yöntemleri ile kolay üretilmeyen polimerik yapılar çok daha ılımlı koşullarda elde edilebilmektedir. Koordinasyon polimerizasyonuna stereospesifik polimerizasyon, bu yöntemle elde edilen polimere de stereospesifik polimer denir [6]. Koordinasyon bileşikleri metal-organik ağı olarak da adlandırılırlar. Koordinasyon polimerleri katı halde düzenlenmiş olarak bulunur [9]. Oluşan bloklar koordinasyon etkileşimleri veya zayıf etkileşimlerle (hidrojen bağı,  $\pi$ - $\pi$  etkileşimleri ya da van der Waals etkileşimleri gibi) çözelti içindeki küçük birimlerle etkileşirler. Aynı etkileşimler koordinasyon polimerlerinin kendi kendine birleşerek büyümesinden önemli rol oynar [10].

## **2.3. Polimerik Jeller**

### **2.3.1. Polimerik Jeller Hakkında Genel Bilgi**

Polimerik jeller, çapraz bağı ağ yapılı polimer molekülü (katı kısım) ve çapraz bağı ağ yapının iç kısımlarına hapsolan sıvı kısımdan oluşan materyallerdir. Polimerik jeller ıslak, yumuşak ve katı görünümlüdür ancak geniş deformasyonlara uğramaya yatkındırlar [11].

Polimerik jeller kendi ağırlığının birkaç katı kadar sıvı absorblayabilirler. Çapraz bağı polimer esnek zincirler ile bağlanma noktalarının oluşturduğu bir ağ olarak düşünülebilir. Bu ağda, solvent ile şiştiği zaman hacim artışı ve çoğu zaman da orijinal halinin birkaç katı olarak bir büyüme gözlenir. Bir polimerin şişme oranı çapraz bağlanma yoğunluğuna, elastikliğine, solvante ve sıcaklığa bağlıdır [12].

Polimerik jellerin teknolojik uygulamalarında son yıllarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir ve kullanımları her geçen gün artmaktadır. Geniş deformasyon yeteneğine sahip jeller metaller, seramikler ve plastikler gibi daha kuru ve sert maddelerin yerine endüstride tercih edilirler. Bu gibi özelliklere sahip polimerik jeller endüstride ve bilimsel araştırmalardaki uygulamalarda (bebek bezi, su tutucu,



ilaç salınım sistemleri, iyon değiştirici reğine, absorbent malzemesi ve ayırma ajanı olarak) büyük öneme sahiptir [13-20].

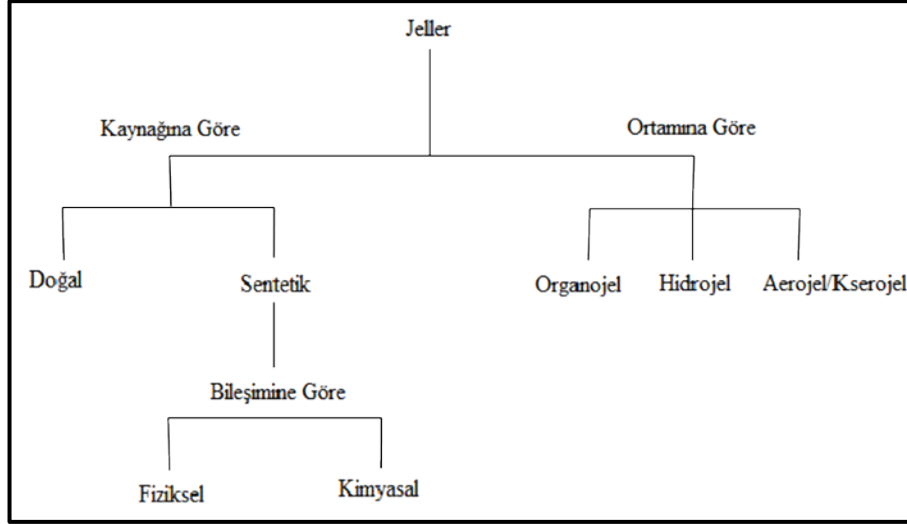
### **2.3.2. Polimerik Jellerin Sınıflandırılması**

Polimerik jeller Şekil 2.4’de de görüldüğü gibi şişme ortamına göre organojel, hidrojel ve arojel/kserojel, kaynağına göre doğal ve yapay, bileşimine göre çok moleküllü ya da büyük moleküllü, üç boyutlu ağ yapıyı oluşturan çapraz bağ türüne göre fiziksel ve kimyasal jel olarak farklı şekillerde sınıflandırılabilirler [21].

Hidrojeller suda çözünmeyen fakat hidrofilik karakteriyle çapraz bağlı ağ yapısı içerisine su moleküllerini hapsederek şişebilen materyallerdir. Hidrojeller, çapraz bağlı doğal polimerik yapılar, doğal olarak oluşan yapıların modifiye edilmesiyle elde edilen çapraz bağlı polimerler ve çapraz bağlı sentetik polimerik yapılardan meydana gelebilir. Çapraz bağlı dekstran ve kolejenlerin modifiye edilmesiyle elde edilen hidrojeller doğal, çapraz bağlı poli(akrilamit), poli(N-vinil pirrolidon), poli(akrilik asit) ve poli(vinil alkol) polimerleri ise sentetik hidrojellere örnek olarak verilebilir. Hidrojellerin sahip oldukları özellikler sayesinde biyomedikal uygulamalarda birçok kullanım alanı mevcuttur [22].

Organojeller ise hidrofobik yapıdadırlar ve organik sıvılarda çözümezler, fakat yapılarında bulunan çapraz bağlar sebebiyle bu sıvıları absorblayarak şişerler. Hızlı bir şekilde ve yüksek kapasitede absorblama yapabilirler. Organojeller, ilaç salınım sistemleri [23], petrol atıklarının uzaklaştırılmasında [24], yağlama endüstrisinde, farmasötik uygulamalarda, kozmetik endüstrisinde, sanat eserlerini korumada ve analitik uygulamalarda (membran ve ayırma teknolojileri, kiral bileşiklerin saptanması) [25] kullanılmaktadır.

Arojel, bir jel içerisindeki sıvı bileşenin havayla değiştirilmesi ile oluşan katı maddelerdir. Duman gibi görüntü verdikleri için ‘donmuş duman’ veya ‘mavi duman’ diye adlandırılırlar [26]. Aerojeller yüksek poroziteli, geniş yüzey alana sahip düşük ağırlıklı jellerdir [27]. Aerojellerin milyonlarca ufak delikten oluşan yüzeyi, süngerini andırır, %99.8 i havadan oluşmaktadır ve çok iyi yalıtıcıdır. Kurutulmuş olan hidrojel, kserojel veya kuru jel olarak adlandırılır. Kurutma işlemi sırasında su jel yapısı içerisinde buharlaşır ve yüzey geriliminden dolayı jel büzüşür [28].



Şekil 2.4: Polimerik jel türleri.

Sanayideki hızlı ilerlemeler ve insan yaşamına etkileri gibi nedenlerle son yıllarda çevre kirliliği önemli boyutlara ulaşmıştır. Bu kirliliklerden şüphesiz en önemlisi canlıların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli ve olmazsa olmazı su kaynaklarının kirlenmesidir. Çoğu organik kökenli olan bu kirliliklerin temizlenmesi canlı hayatını korumak için oldukça önemlidir. Petrol ve petrokimya tesisleri, rafineri bölgeleri gibi organik kirlilik üretebilecek sanayi kuruluşlarının atıkları, içilebilir suyun tadını, kokusunu bozmakta, kalitesini düşürmekte ve ekolojik sisteme ciddi zararlar vermektedir. Suya karışmış petrol kökenli sıvıların giderilmesinde; doğal malzemeler, inorganik, absorbentler, seçici jelleştirme ajanları, dispersantlar, köpükler ve hidrofobik özellikte çapraz bağlı polimerler kullanılabilirliği Şekil 2.5’de görülmektedir. [29]-[30].

Ani petrol yayılması ve petrol ürünlerinin acil bir şekilde temizlenmesinde kullanılan en etkin teknik, onların su yüzeyinden ince tabakalar halinde toplanmasıdır. Tercih edilen sorbent malzemenin ucuz ve mevcut olmasının yanı sıra yüksek absorblama hızına, yüksek absorpsiyon kapasitesine sahip olması (oleofilik ve lipofilik), düşük su alma kapasitesinin olması, aktarım sırasında yüksek petrol tutma kapasitesinin olması, tutunan petrolü kolaylıkla geri bırakması, yeniden kullanılabilirliğin iyi olması, suda yüzdürebilirliğinin iyi olması, kimyasal tepkimeler, fotodegradasyon ve deformasyona karşı fiziksel ve kimyasal direncinin yüksek olması gerekir [3]. Çapraz bağlı, suda çözünmeyen petrol absorbenti sentezlemek bugün bilinen en iyi yöntemlerden biridir [31].



Şekil 2.5: Çevreye dökülen organik kirlilikler ile ilgili görseller. a) İnorganik absorptentler, b) Seçici jelleştirme ajanları, c) Doğal malzemeler, d) Dispersantlar.

Polimerik jellerin petrol ve organik kökenli sıvılardaki davranışları ile ilgili literatürde yapılan çalışmaları aşağıdaki gibi örneklendirebiliriz.

2011 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada yüksek petrol absorblayan reçinelerin sentezi, bütül metakrilat ve kısa zincir metakrilatın monomer olarak kullanılmasıyla emülsiyon polimerizasyonu yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ko-monomer, başlatıcı, çapraz bağlayıcı, emülsifiye edici madde, dağıtıcı (seyreltici) ajan ve karıştırma hızı gibi polimerizasyon parametrelerinin reçinelerin petrol absorpsiyonu üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan çalışmaya göre bu parametrelerin değerlerindeki artış ile petrol absorpsiyonu önce artmakta ve sonrasında azalmaktadır. En fazla şişme oranı 17.6 g/g ile toluende elde edilmiştir [32].

Bir başka çalışmada, tetraetil ortokarbonatların kondenzasyonu ile farklı uzunluklara sahip lineer alifatik diollerden çapraz bağlı poli(ortokarbonat)lar hazırlanmıştır. Çapraz bağlı polimerler organik solvent absorpsiyonu için değerlendirilmiştir. Kullanılan diol monomerin değişiminin çapraz bağlı polimerlerin şişme özelliklerine etkisi şişme testleriyle incelenmiştir. Solvent absorpsiyon

kapasitesi, solventi tutma süresi ve doyumluk gibi şişme parametreleri sentezlenen sorbentler üzerinde incelenmiştir. Çapraz bağlı polimerlerin ısıl kararlılıklarının ve tekrar kullanılabilirliklerinin iyi olduğu belirlenmiştir. Zincir uzunluğu değişiminin absorpsiyon kapasitesi üzerine etkisi belirlenmiştir ve hızlı absorblama özellikleriyle organik solvent absorbenti olarak kullanıma uygun olduğu kanıtlanmıştır [33].

Keshawy ve arkadaşları yaptıkları çalışmada; selüloz türevi bazı sorbentler petrol sızıntılarını kontrol etmek amacıyla hazırlamışlardır. Bu bağlamda hidroksi selüloz (HPC) ve akrilolil klorürün esterifikasyonu ile hidroksipropil selüloz akrilat (HPCA) makromonomerinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Çapraz bağlama ajanı olarak divinil benzen (DVB) kullanılmıştır. Daha sonra petrol jeli elde etmek için, HPCA monomeri iki tür oktadesil akrilat varlığında kopolimerize edilmiştir. Monomer besleme oranı, türü ve uygulanan çapraz bağlayıcı ajanın konsantrasyonu gibi çeşitli parametreler bu tür sorbentlerin değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Son olarak petrol jelinin şişme etkisi hafif ve ağır petrolerde araştırılmıştır [3].

Bu alanda 2013 yılında yapılan bir diğer çalışma ham hint kenevirinin N-bromosüksinimit katalizörlüğünde asetik anhidrit ile asetillenmesiyle gerçekleştirilmiştir.

Asetilleme sonucu hint kenevirinin hidrofobikliğinde önemli ölçüde artış gözlenmiştir. Asetillenmiş hint kenevirinin petrol absorpsiyon değerleri ticari propilenden ve ayrıca ham hint kenevirinden daha yüksek bulunmuştur. Bundan dolayı sentezlenen bu biyobozunur petrol absorbentlerin biyobozunur özellikleri olmayan sentetik materyaller yerine kullanılabileceği belirlenmiştir [34].

2013 yılında yapılan başka bir çalışma polimerik mikrokürelerin (POAMs) petrol absorbentlerinin yeni bir sınıfı olarak değerlendirilmesi ve sentezlenmesi aşamalarını içermektedir. Polimerik makrokürelerin sentezi oktadesil akrilat ve bütül akrilatın monomer,  $\beta$ -cyclodextrin çapraz bağlayıcı, 2,2'-azoizobütironitril başlatıcı ve poli(vinil alkol) stabilizatör olarak kullanımıyla süspansiyon polimerizasyonu tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen POAM jellerin organik solventlerdeki şişme değerleri belirlenmiştir [35].

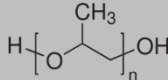
2011 yılında petrol türevli solventlerin su ortamından giderilmesi amacıyla stiren, poli(etilen glikol) (600) dimetakrilat [PEG(600) DMA] çapraz bağlayıcısı kullanılarak absorbent hazırlanmıştır. PEG (600) DMA içeren polimerler, bilinen divinil benzen (DVB) çapraz bağlayıcısı kullanılarak hazırlanan polimerlerden daha

yüksek şişme kapasitesi göstermiştir. Sentezlenen polimerlerin şişme sıralaması kloroform > toluen > fuel oil şeklindedir [36].

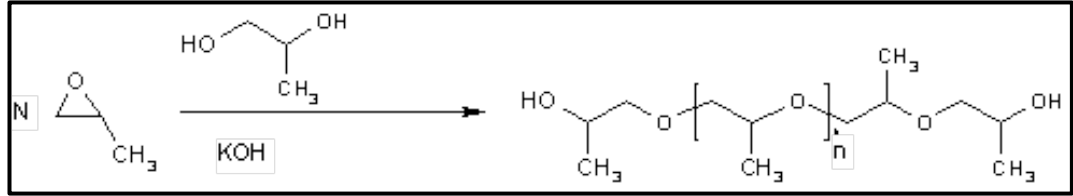
### 2.3.3. Poli(propilen glikol) ve Uygulamaları

Poli(propilen glikol)ler propilen oksit polimerleridir. Kimyasal olarak bir polieterdir. Poli(propilen glikol) (PPG) veya poli(propilen oksit) (PPO) olarak adlandırılır [37]. Oksit terimi yüksek mol kütleli polimerler için kullanılır. Endüstride molekül ağırlığı 400-8000 g/mol arasında değişen PPG'ler mevcuttur [38]. Tablo 2.1'de PPG 'ye ait genel özellikler belirtilmiştir.

Tablo 2.1: PPG ve özellikleri.

Makromonomer	PPG
Molekül Yapısı	
Molekül Ağırlığı (Mn)	59 g/mol (tekrarlanan birim için) [39]
Polimerizasyon şekli	Halka açılması
Tg	198 K
Çözündüğü Solventler	Benzen, etanol, dioksan, kloroform, tetrahidrofur, metanol (sıcak), aseton [39].
Görünüm	Renksiz sıvı
Koku	Yok
Toksosite	Toksik olmayan biyoyumlu madde
Kullanım Alanları	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plastik endüstrisinde</li> <li>• Otomobil antifirizlerinde</li> <li>• Kozmetikte</li> <li>• Yiyeceklerde nem tutucu olarak</li> <li>• Tekstilde</li> <li>• Motor soğutma sıvısı</li> <li>• Sterilize losyonlarda</li> <li>• Poliüretan köpük yapımında</li> </ul>

PPG, propilen oksitin halka açılma polimerizasyonu ile üretilir. Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Başlatıcı bir alkol veya katalizörü baz olup, genellikle potasyum hidroksittir. Başlatıcı propilen glikol ya da su olduğu zaman polimer doğrusaldır. Gliserin, pentaeritritol veya sorbitol gibi çok fonksiyonlu bir başlatıcı ile dallanmış polimer elde edilir [40].



Şekil 2.6: PPG'nin genel oluşum mekanizması.

PPG'nin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirtecek olursak kokusuz veya hafif tatlımsı bir kokusu vardır. Berrak ve renksiz olup,  $T_m$  (DSC)  $(-40)$ - $(73)$  °C arasında değişir.  $T_g$ 'si ise  $-77$  °C'den  $-74$  °C'e değişir. Oda sıcaklığında sıvı halde olup, viskozitesi molekül ağırlığı arttıkça artar. Suda çözünürlüğü artan molekül ağırlığıyla ters orantılı olarak azalır. Yoğunluğu ( $d$ )  $1.002$ - $1.09$  g/cm<sup>-3</sup> arasındadır ve  $1.126$  g/cm<sup>-3</sup> iken kristalin formundadır [37].

Poli(propilen glikol) esaslı jellerin farklı uygulamalarda kullanılmak üzere sentezlendiği görülmektedir. Örnek verecek olursak;

2006 Allı ve çalışma arkadaşları, farklı molekül ağırlıklarındaki poli(propilen glikol)ler kullanarak öncelikle makroinimer sentezlemişler ve sonrasında bu makroinimer üzerinden çapraz bağlı poli(propilen glikol) polimerlerini elde etmişlerdir. Çeşitli solventlerdeki şişme yüzdelerinden faydalanarak sentezlenen çapraz bağlı polimerlerin bu solventlerdeki çözünürlük parametreleri belirlenmiştir [41].

2003 yılında Kim ve çalışma arkadaşları, poli(akrilik asit) ve poli(propilen glikol) esaslı IPN (interpenetrating polymer network) hidrojenleri hazırlamışlar ve jeldeki poli(propilen glikol) içeriğinin artması ile sudaki şişme davranışının azaldığını belirlemişlerdir [42].

Bir başka çalışmada poli(1,4bütülenadipat), PPG içeren biyobozunabilir amfilik poliesterüretan kopolimerleri sentezlenmiş ve bunların biyomedikal uygulamaları için kullanılabilirliği araştırılmıştır [43].

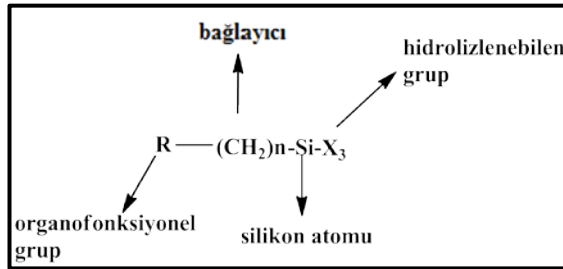
Literatürde PPG ile yapılan çalışmalardan birinde; poli(propilen glikol) önpolimeri toluen diizosiyanurat ile 1,2,6-hekzan triol çapraz bağlayıcı ajanı varlığında ferik asetil asetonat katalizörlüğünde PPG esaslı poliüretan sentezi gerçekleştirilmiş ve oleik asit absorpsiyonu incelenmiştir [44].

2000 yılında Lee ve arkadaşları benzer bir çalışma ile yine poli (propilen glikol) esaslı poliüretanlar sentezleyerek petrol absorbenti olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Aynı çalışmada farklı molekül ağırlığında poli(propilen glikol) kullanımının ve diğer parametrelerin petrol absorpsiyonuna etkisi incelenmiştir [45].

### 2.3.4. Silan Bağlantı Ajanı

Silan bağlama ajanları, organik ve inorganik maddeler arasında kalıcı bir bağ oluşturma yeteneğine sahip ajanlar Şekil 2.7’de görülmektedir.

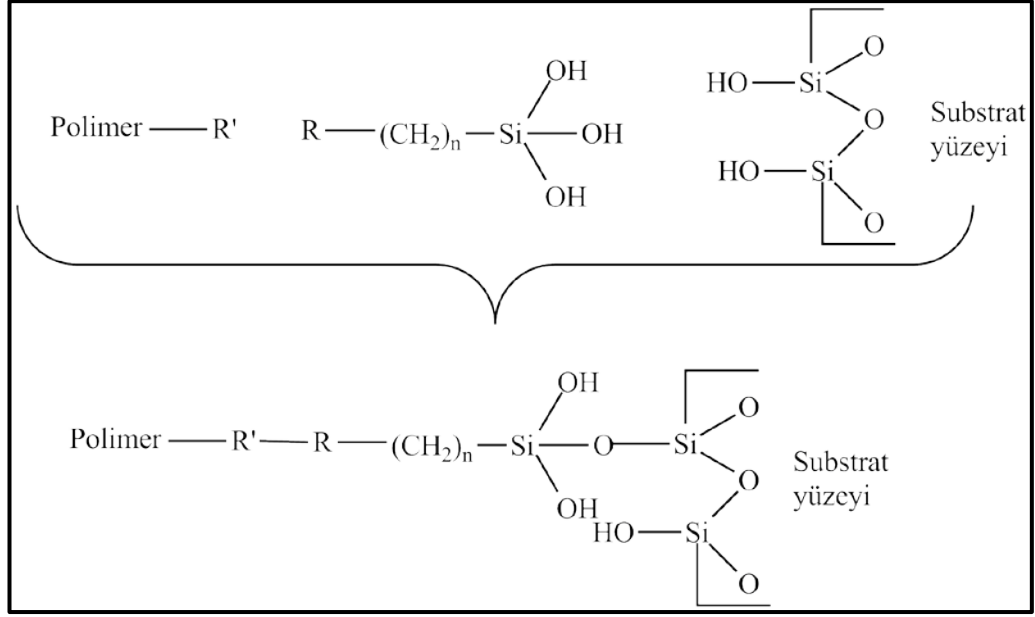
Benzer olmayan maddeler arasındaki karşılışmalarda silisli ya da yüzey kimyası silisli özelliklere sahip en az bir üye içeren silikatlar, alüminatlar, boratlar vb. maddeler dünya kabuğunun asıl bileşenleridir. Yüzeylerde istenilen heterojen ortamları oluşturmak ya da tek tip kompozit yapı halinde farklı fazların özelliklerini dahil etmek üzere modifiye edilmişlerdir. Tipik bir silan bağlayıcı maddenin genel formülü işlevsel olarak iki sınıf götürür.



Şekil 2.7: Silan bağlayıcı maddenin genel gösterimi.

X ; hidrolizlenen grup (alkoksi, halojen veya amin), R; organik radikale istenilen özelliği kazandıran grup (hidrolizlenme özelliği yoktur).

Şekil 2.8’den de anlaşılacağı üzere X grubu hidroliz sonrasında reaktif silanol grubu ile silanol dolgulu yüzeylerde siloksan bağı oluşturur.



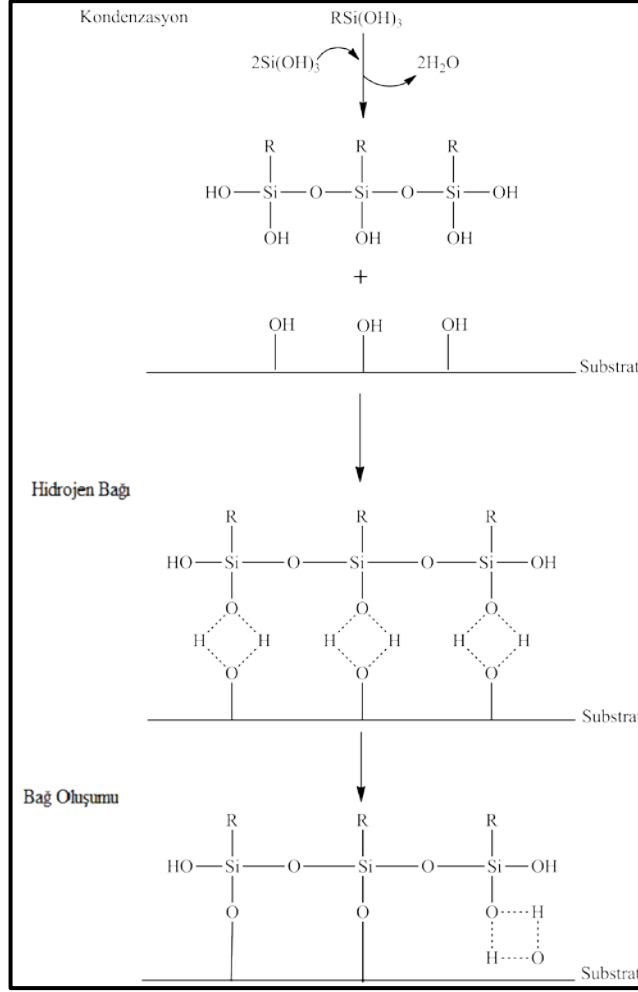
Şekil 2.8: Polimer ve substrat arasındaki bağ oluşumu.

Sonuç olarak silan bağlayıcı ajanlar önemli ölçüde organik ve inorganik maddeler arasında bir kovalent bağ etkisine sahiptir.

### 2.3.5. Silan Bağlantı Ajanları Nasıl Çalışır?

Yaygın olarak kullanılan çoğu organosilanlar, bir tane organik substitüente ve üç tane hidrolizlenebilen substitüente sahiptir. Yüzey işleme uygulamalarının büyük çoğunluğunda, trialkoksisilanların alkoksi grupları silanol içeren maddeler oluşturmak için hidrolizlenmiş halde bulunmaktadır. Şekil 2.9’da görüldüğü üzere silanların reaksiyonları dört adımdan oluşur. Başlangıçta üç değişken grubun hidrolizi gerçekleşir. Bu işlemi oligomerlere yoğunlaşma izler. Daha sonra oligomerler substratın –OH grupları ile hidrojen bağı oluşturur.





Şekil 2.9: Silan bağlayıcı madde ve substrat arasındaki bağ oluşumunun reaksiyon şeması.

Son olarak kurutma veya pişirme esnasında su kaybının meydana gelmesiyle substrat ile kovalent bağ oluşumu gerçekleşir. Gerçekleşen reaksiyonlar sıralı olarak tanımlanmış olsa da ilk hidroliz adımından sonra eş zamanlı olarak ortaya çıkabilir [46].

Arayüzde, substratın yüzeyine organosilanların silikon gruplarından sadece biri bağ yapar. Geriye kalan iki silanol ya serbest formdadır ya da kondense formdadır. R grubu ise diğer fazlarla kovalent bir tepkime veya fiziksel etkileşim için uygun durumda kalır.

Silanlar susuz koşullar altında tek katlı ya da buhar fazı gereksinimleri ile uyumlu durumlarda yüzeylerini modifiye edebilirler. Yüksek sıcaklıklardaki (50 - 120°C) genişletilmiş reaksiyon zamanları (4-12 saat) tipik örneklerdir. Alkoksisilanların sadece metoksisilanları katalizör olmaksızın etkindir.

## 3. KULLANILAN MADDELER ve CİHAZLAR

### 3.1. Kullanılan Maddeler

Bu tez çalışmasında monomer olarak propilen glikol, makromonomer olarak altı tane farklı molekül ağırlıklarında poli(propilen glikol) [ $M_A = 400$  g/mol (Sigma Aldrich), 725 g/mol (Sigma Aldrich), 1000 g/mol (Alfa Aesar), 2000 g/mol (Alfa Aesar), 3000 g/mol (Alfa Aesar), 4000 g/mol (Alfa Aesar)] ve çapraz bağlayıcı olarak tris[3-(trimetoksisilil)propil] izosiyanurat (ICS) (Sigma Aldrich) herhangi bir saflaştırma işlemine maruz bırakılmadan kullanılmıştır. Aynı şekilde şişme testi işlemlerinde kullanılan solventler [Diklorometan (DCM) (Sigma Aldrich), tetrahidrofuran (THF) (Sigma Aldrich), benzen (Sigma Aldrich), toluen (Sigma Aldrich), aseton (Analar NORMAPUR), metil tersiyer bütül eter (MTBE) (Sigma Aldrich)] de ticari olup saflaştırma işlemi yapılmamıştır. Şişme testlerinde paslanmaz çelikten yapılmış tel kruzeler kullanılmıştır.

### 3.2. Kullanılan Cihazlar

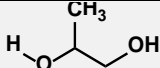
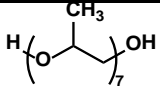
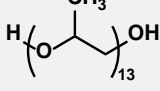
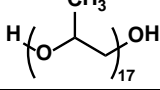
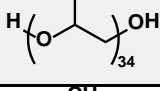
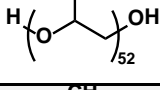
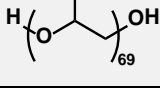
Elde edilen polimerlerin FTIR spektrumları; Perkin Elmer Spektrum 100 FT-IR Spectrometer cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Katı hal  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumları ise Bruker Superconducting FT-NMR Spectrometer Avance TM 300-MHz WB spektrometresi ile alınmıştır. Termal analizler Mettler Toledo cihazları TGA/SDTA 851 modeli ile azot gazı altında  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar  $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  ısıtma hızında ölçülerek yapılmıştır. Şişme testlerinde solventin difüzyon hızını arttırmak amacıyla (Innova 2000/platform shaker) çalkalayıcı kullanılmıştır. Ayrıca şişme testleri için hassas ölçüm yapabilen terazi (Denver Instrument) tercih edilmiştir.

## 4. DENEYSEL KISIM





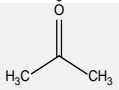
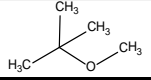
### 4.1. Polimerlerin Sentezlenmesi

Yapılan tez çalışmasında propilen glikol monomeri ve altı tane farklı molekül ağırlıklarında poli(propilen glikol) (PPG) makromonomeri, tris[3-(trimetoksisilil)propil] izosiyanurat çapraz bağlayıcısı ile polimerizasyona uğratarak çeşitli polimerik jeller sentezlenmiştir. Sentezlenen çapraz bağlı polimerler, çapraz bağlayıcısı aynı olmak üzere PG-ICS (propilen glikol), PPG(400)-ICS, PPG(725)-ICS, PPG(1000)-ICS, PPG(2000)-ICS, PPG(3000)-ICS, PPG(4000)-ICS olarak adlandırılmıştır. Tablo 4.1’de kullanılan monomer, makromonomer ve özellikleri, Tablo 4.2’de ise şişme testinde kullanılan solventler ve özellikleri verilmiştir.

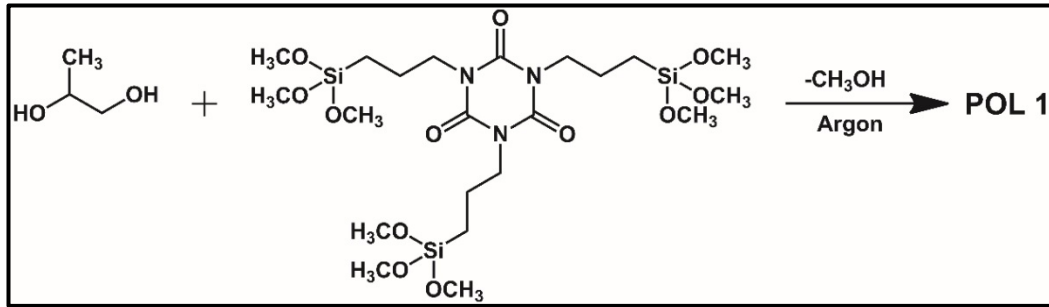
Tablo 4.1: Bu tez çalışmasında kullanılan monomer ve makromonomerlerin özellikleri.

No	Monomer	Yapısı	E.N. (°C)	M <sub>A</sub> (g.mol <sup>-1</sup> )	Viskozite (25°C) (Pa.s)	Fiziksel Hal
1	PG		-59	76.09	0.042	Renksiz sıvı
2	PPG 400		<-150	400	0.1	Renksiz sıvı
3	PPG 725		<-150	725	~0.116	Renksiz sıvı
4	PPG 1000		<-149,9	1000	~0.150	Renksiz sıvı
5	PPG 2000		< -149,9	2000	0.45	Renksiz sıvı
6	PPG 3000		< -150	3000	~0.6	Renksiz sıvı
7	PPG 4000		< -150	4000	1.3	Renksiz sıvı

Tablo 4.2: Tez çalışmasında kullanılan solventler ve özellikleri.

Solvent	Molekül Ağırlığı (g.mol <sup>-1</sup> )	K.N. (°C)	Molekül formülü
Diklorometan	84.93	39.6	
Tetrahidrofuran	72.11	66	
Benzen	78.11	80.1	
Toluen	92.14	111	
Aseton	58.08	56.5 3	
Ter-bütül-metil- eter (MTBE)	88.15	55.2	

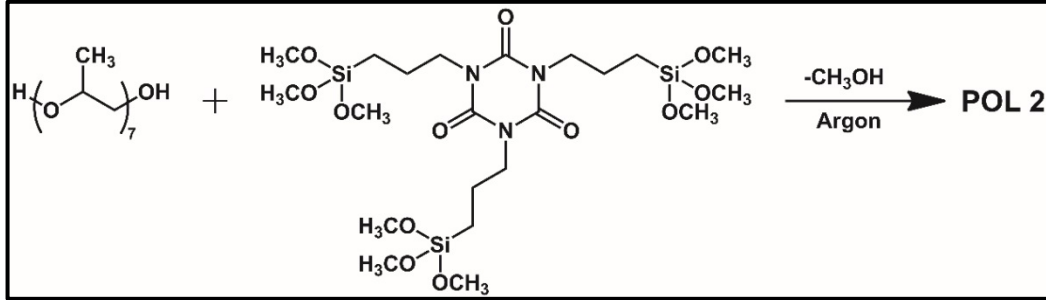
#### 4.1.1. Pol 1 (PG - ICS) Sentezi



Şekil 4.1: Pol 1 (PG-ICS) Sentezi.

Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 2.0 g (0.026 mmol) PG ve 3.59 g (5.82 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc’lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı 50 °C’den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10 °C arttırılarak) 3 saat 15 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, yarı mat ve beyaz renklidir (m= 0.5 g).

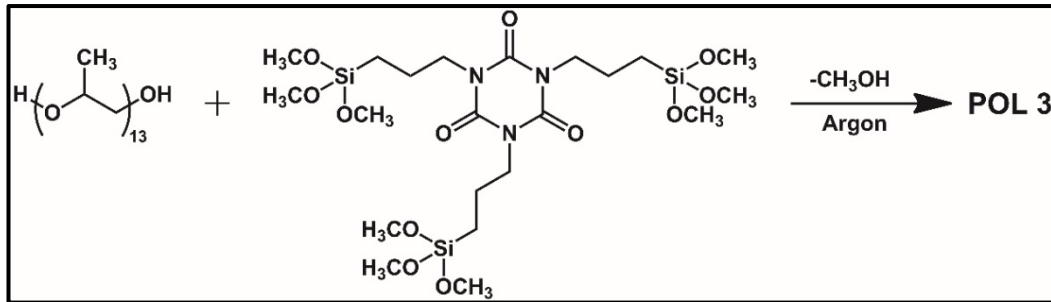
#### 4.1.2. Pol 2 (PPG 400 - ICS) Sentezi



Şekil 4.2: Pol 2 (PPG 400 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi 1.01 g (2.53 mmol) PPG 400 ve 0.36 g (5.85 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc’lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı 50°C’den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10°C arttırılarak) 30 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, yarı mat ve beyaz renklidir (m= 0.67 g).

#### 4.1.3. Pol 3 (PPG 725- ICS) Sentezi

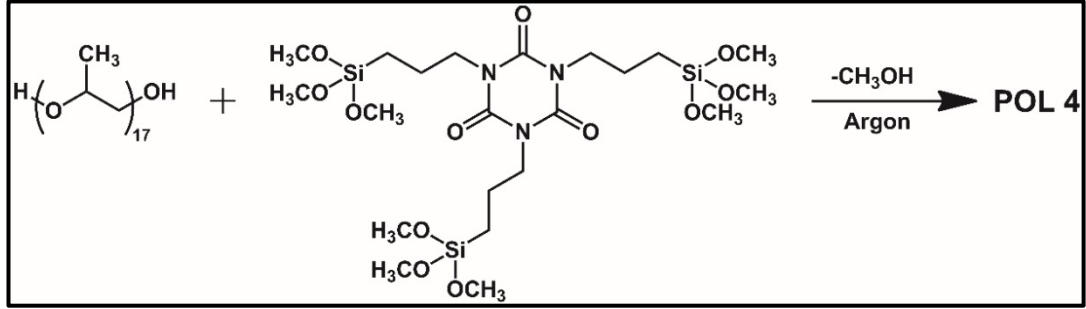


Şekil 4.3: Pol 3 (PPG 725 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi 3 g (4.14 mmol) PPG 725 ve 0.59 g (0.99 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc’lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı 50°C’den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10°C arttırılarak) 40 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya

bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, yarı mat ve beyaz renklidir (m= 2.9 g).

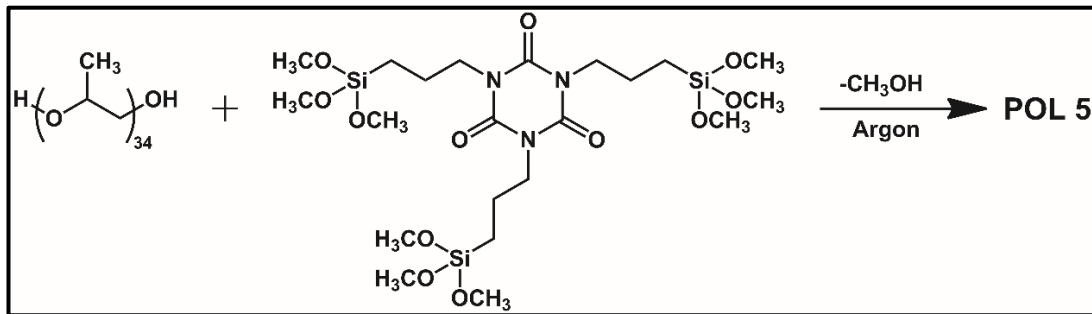
#### 4.1.4. Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Sentezi



Şekil 4.4: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.4’de görüldüğü gibi 3.02 g (3 mmol) PPG 1000 ve 0.42 g (0.68 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc’lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı  $50^\circ\text{C}$ ’den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar  $10^\circ\text{C}$  arttırılarak) 50 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, yarı mat ve beyaz renklidir (m= 2.3 g).

#### 4.1.5. Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Sentezi

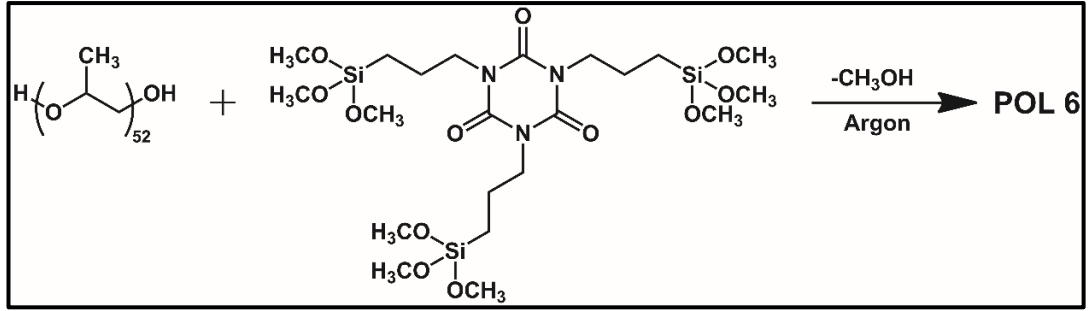


Şekil 4.5: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.5’de görüldüğü gibi 1.02 g (0.51 mmol) PPG 2000 ve 0.08 g (0.13 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH)

varlığında 100 cc'lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı 50°C 'den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10°C arttırılarak) 40 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, şeffaf ve beyaz renklidir (m= 0.7 g).

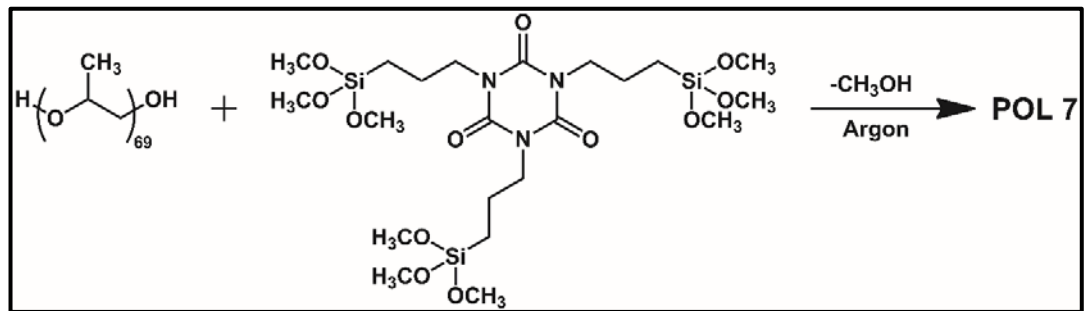
#### 4.1.6. Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Sentezi



Şekil 4.6: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.6'da görüldüğü gibi 1.01 g (0.34 mmol) PPG 3000 ve 0.06 g (0.09 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc'lik balon içerisinde reaksiyona sokuldu. Reaksiyon sıcaklığı 50°C'den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10°C arttırılarak) 1 saat 20 dakika devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, şeffaf ve beyaz renklidir (m= 0.74 g).

#### 4.1.7. Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Sentezi



Şekil 4.7: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Sentezi.

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi 1.0 g (0.25 mmol) PPG 4000 ve 0.034 g (0.06 mmol) ICS, argon gazı atmosferinde, 5 mL DCM ve potasyum hidroksit (KOH) varlığında 100 cc’lik balon içerisinde 50°C’den başlayarak (10 dakika aralıklarla sıcaklıklar 10°C arttırılarak) 1 saat devam ettirildi. Sentezlenen polimer su, etanol ve aseton ile yıkanıp, açık havada kurumaya bırakıldı. Elde edilen polimerin görünümü camsı, şeffaf ve beyaz renklidir (m= 0.86 g).

## **4.2. Sentezlenen Polimerlerin Çözünür Fraksiyonlarının Uzaklaştırılması, Şişme Testleri, Absorbsiyon Kinetiği ve Desorpsiyon Kinetiği**

### **4.2.1. Çözünür Fraksiyonların Uzaklaştırılması**

Üç boyutlu ağ yapıdaki polimerlerin sentezlenmesi esnasında reaksiyona girmeyen monomer veya makromonomer kısımları çözünür fraksiyon olarak adlandırılır. Bu kısımların uzaklaştırılması yapılan şişme testlerinin doğruluğu ve değerlerin netlik kazanması açısından önemlidir. Reaksiyona girmeyen ve şişme testi sonuçlarını olumsuz etkileyebilecek bu kısımları uzaklaştırmak için polimerin şişmesi için uygun solventler kullanılır. Böylece polimerik jelin doğal yapısı bozulmadan çözünür fraksiyonlar uzaklaştırılmış olur.

Sentezlenen çapraz bağlı polimerlerdeki reaksiyona girmemiş monomer kalıntılarını ve oluşan lineer zincir şeklindeki çözünür fraksiyonları (SF) uzaklaştırmak amacıyla polimerler 24 saatlik sürelerle uygun çözücüsüyle etkileşime bırakılır. Daha sonra yapılan ekstraksiyon sayesinde çözücü içerisinde çözünen kısımlar polimerden uzaklaştırılır. Çözünür kısımların yüzdesini hesaplamak için aşağıda verilen formülden yararlanır. Uygulanan formüle göre kuru haldeki ağırlığı bilinen polimer solvent içerisine bırakılır. Böylece ekstraksiyon işlemi başlatılmış olur. Belirlenen süre sonunda çözünmeden kalan polimer kurutulur ve tartılarak, formülle hesaplama yapılır ve reaksiyona girmemiş kısımların miktarı belirlenmiş olur [47].

$$\text{Çözünür fraksiyon (\%)} = \frac{(w_o - w)}{w_o} \times 100 \quad (4.1)$$



$W_0$ ; ekstraksiyondan önceki ağırlık,  $W$  ; ekstraksiyondan sonraki ağırlık olarak belirlenir.

#### 4.2.2. Şişme Testi

Çözünür fraksiyonların uzaklaştırılması için yapılan ekstraksiyondan sonra polimer açık havada kurumaya bırakıldı. Kuru haldeki polimerden belirli miktarlarda alındı ve gözenek boyutu uygun paslanmaz çelikten kafesler içerisine konuldu. İçerisinde polimer bulunan bu kafesler, solvent içeren kavanozlara yerleştirilerek, solventin polimerin içerisine iyice nüfuz edebilmesi için kavanozlar çalkayıcıya konuldu. Belirli zamanlarda solvent içerisinden çıkarılarak, kafes yüzeyindeki solventin fazlası giderildikten sonra kapalı sistemde hassas terazilerle ölçümler yapıldı.

$$\text{Şişme yüzdesi (\%)} = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (4.2)$$

$W_s$  ; şişmiş polimerin ağırlığı,  $W_d$ ; kuru polimerin ağırlığı olarak belirlenir.

#### 4.2.3. Absorbsiyon Kinetiği

Bu çalışma, polimerin en çok şişme özelliği gösterdiği solvent ile yapıldı. Yapılan kinetik çalışması işleyiş olarak şişme testi ile benzer olup aşağıda belirtildiği şekilde gerçekleştirildi.

Kuru ağırlığı bilinen polimer kafesler içine konularak, kinetik testinin yapılacağı solvent içine bırakıldı. Ölçülen değerlerin doğruluğu ve polimer-solvent etkileşimini arttırmak için çalkalayıcıya bırakıldı. Ölçümler kısa süreli aralıklarla (5 dk) kafesin kaptan çıkarılarak hassas terazide tartılmasıyla gerçekleştirildi. Bu işlem polimerin şişme ağırlığı dengeye ulaşmaya kadar devam ettirildi.

Absorbsiyon prosesini anlamak için, elde edilen deneysel sonuçlar kinetik modellemeler kullanılarak analiz edilmiştir [49]. Aşağıda birinci mertebeden şişme kinetiği denklemi gösterilmiştir.

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_1(Q_{max} - Q_t) \quad (4.3)$$

$Q_t$ , jelin t anındaki absorpsiyonunu,  $Q_{max}$ , jelin maksimum absorpsiyonunu, göstermektedir. Yukarıdaki eşitliğin integrasyonu aşağıdaki eşitliği vermektedir;

$$\ln\left(\frac{Q_{max}}{Q_{max}-Q_t}\right) = k_1 t \quad (4.4)$$

Eğer zamana (t) karşı  $\ln [Q_{max}/(Q_{max} - Q_t)]$  grafiği çizilip lineer bir grafik elde edilirse şişme, birinci mertebeden kinetiği izlemektedir. İkinci mertebeden şişme kinetiği denklemi;

$$\frac{dQ_t}{dt} = k_2(Q_{max} - Q_t)^2 \quad (4.5)$$

Bu denklemin integrasyonu alındığında aşağıdaki eşitlik elde edilmektedir;

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{k_2 Q_{max}^2} + \frac{1}{Q_{max}} t \quad (4.6)$$

Eğer zamana (t) karşı  $t/Q_t$  grafiği çizilip lineer bir doğru elde edilirse şişme, ikinci mertebeden kinetiği izlemektedir.

#### 4.2.4. Desorpsiyon Kinetiği

Desorpsiyon kinetiği, absorpsiyon kinetiğinden hemen sonrasında yapıldı. Bu çalışma absorpsiyon kinetiği çalışmasıyla belli bir şişme değerine ulaşan polimerin absorbladığı solventi açık havada bırakması esasına dayandırılarak gerçekleştirildi. Absorpsiyon kinetiği yapılan polimer 24 saat sonra solventin içinden çıkarıldı. Solventin fazlası kağıt havlu uzaklaştırıldı ve böylece tartım işlemleri başlatıldı. Tel kafesler içindeki polimerin ilk tartımı alındıktan sonra, oda sıcaklığında açık havada bırakıldı. Ölçümler kısa süreli aralıklarla polimerde meydana gelen ağırlık kaybının tartılmasıyla gerçekleştirildi ve bu işlem polimer solventi tamamen bırakıncaya kadar devam ettirildi.

#### **4.2.5. Yeniden Kullanım**

Sentezlenen çapraz bağı polimerlerin yeniden kullanım özelliklerini araştırmak amacıyla, en fazla absorpsiyon kapasitesine sahip olan PPG 4000-ICS çapraz bağı polimeri seçilmiştir. Çapraz bağı polimerin yeniden kullanım özelliklerini belirlemek için řu yöntem kullanılmıştır: Absorbent solvent içerisine daldırılmış ve maksimum kapasitesine ulaştıktan sonra kapalı sistemde ölçümler alınmıştır. Ardından absorbent açık havada desorbe ettirilmiştir. Desorbe olmuş polimer yeniden aynı solvent içerisine daldırılmış ve maksimum kapasitesine ulaştıktan sonra ölçümler alınıp tekrar desorbe ettirilmiştir. Bu döngü 10 kez tekrarlanarak polimerin yeniden kullanım kapasitesi incelenmiştir. Yeniden kullanım testleri MTBE kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

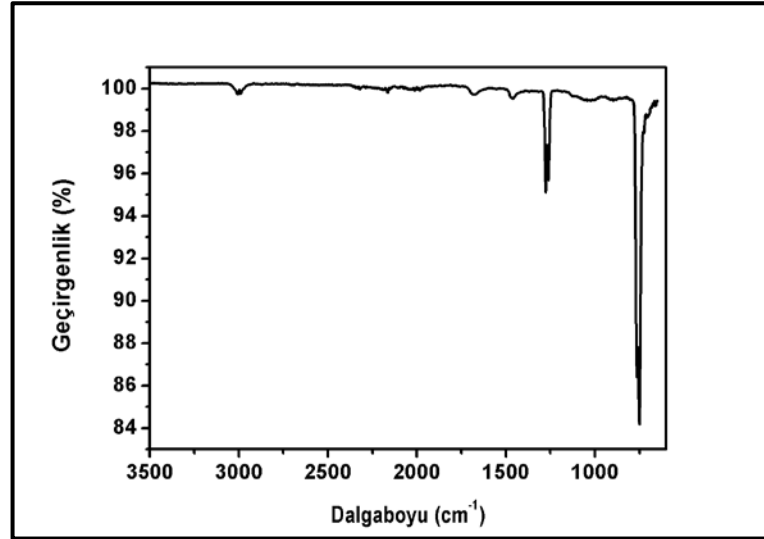
Tez kapsamında; farklı molekül ağırlıklarında PPG kullanılarak altı tane çapraz bağlı polimer sentezlenmiştir. Ayrıca, makromonomer kullanımının etkisini göstermek amacıyla propilen glikol kullanılarak model bir çapraz bağlı polimer sentezlenmiştir.

### 5.1. Sentezlenen Polimerlerin Karakterizasyonu

Elde edilen polimerlerin karakterizasyon işlemleri FTIR, katı hal  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR ve  $^{29}\text{Si}$  NMR ile termal analizleri ise TGA ile yapıldı.

#### 5.1.1. Pol 1 (PG - ICS) Karakterizasyonu

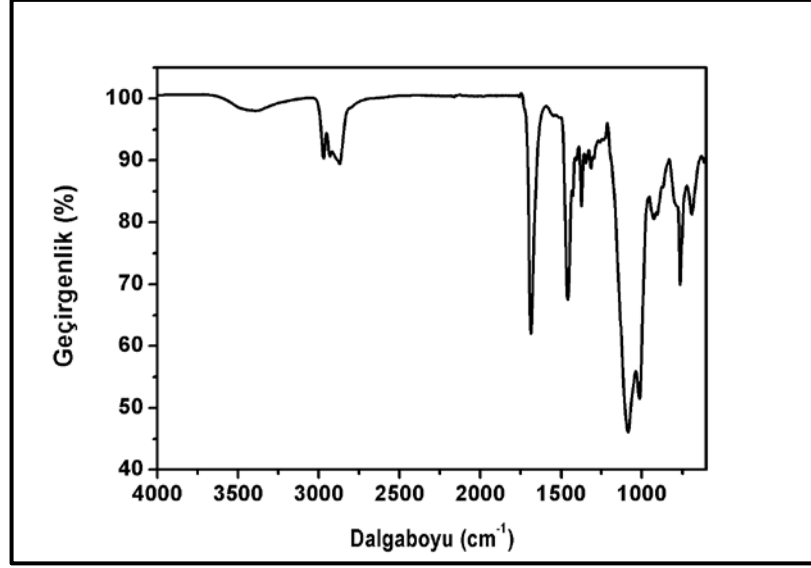
Pol 1'nin FTIR spektrumu Şekil 5.1'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde  $3192\text{-}3629\text{ cm}^{-1}$ 'de geniş  $-\text{OH}$  geçiş pikleri,  $1677\text{ cm}^{-1}$ 'de  $\text{C}=\text{O}$  gerilmesi,  $1467\text{ cm}^{-1}$ 'de  $-\text{CH}_2$  gerilmesi ve  $746\text{ cm}^{-1}$ 'de  $\text{Si-O-C}$  gerilmeleri gözlenmektedir.



Şekil 5.1: Pol 1 (PG - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

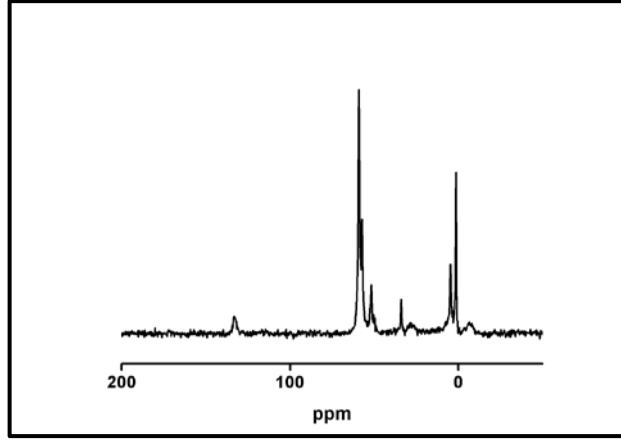
### 5.1.2. Pol 2 (PPG 400 - ICS) Karakterizasyonu

Pol 2'nin FTIR spektrumu Şekil 5.2'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3192-3629  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş -OH geçiş pikleri, 2825-2962  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1688  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1434  $\text{cm}^{-1}$ 'de -CH<sub>2</sub> gerilmesi ve 1080  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-O-C gerilmeleri gözlenmektedir.



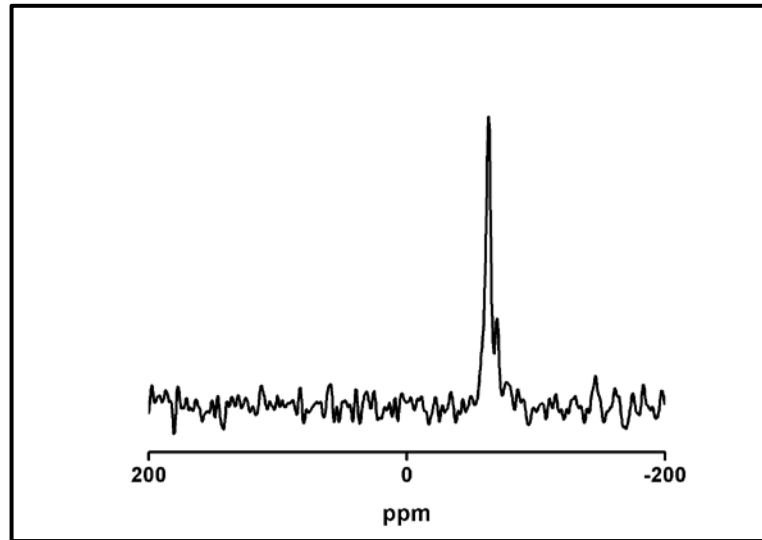
Şekil 5.2: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

Pol 2'nin katı hal NMR spektrumu Şekil 5.3'de verilmiştir. <sup>13</sup>C CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde; 134 ppm'de (C=O), 60 ppm'de (CH-OH), 52 ppm'de (Si-O-CH<sub>3</sub>), 34 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 28 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 1 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



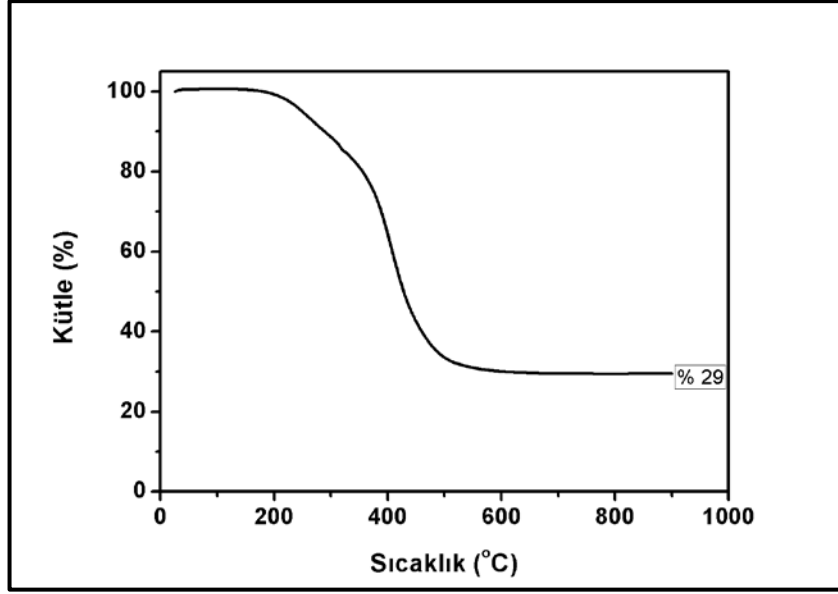
Şekil 5.3: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu.

Pol 2'nin katı hal  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu Şekil 5.4'te verilmiştir. Spektrum incelendiğinde -65 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -71 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu [polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu  $-\text{CH}-\text{O}-\text{Si}$ ] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.



Şekil 5.4: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu.

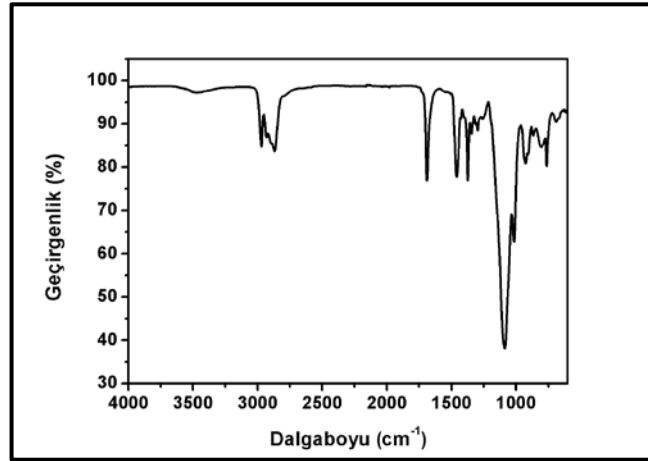
Pol 2'nin TGA termogramı Şekil 5.5'te görülmektedir. 232 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.5: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.

### 5.1.3. Pol 3 (PPG 725 - ICS) Karakterizasyonu

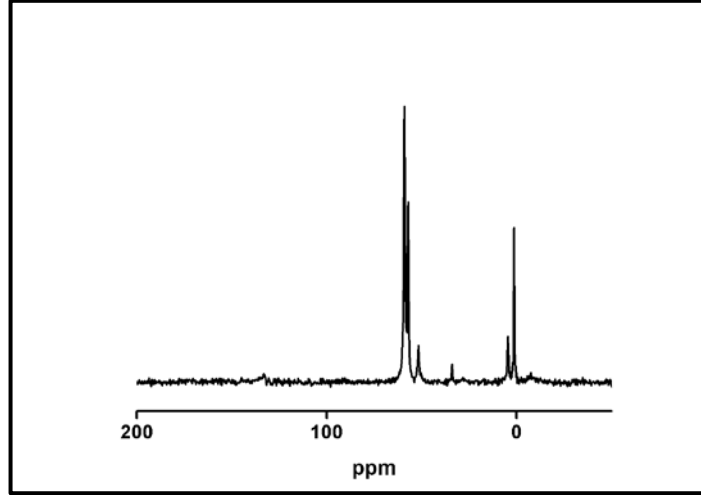
Pol 3'ün FTIR spektrumu Şekil 5.6'da verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3301-3596  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş  $-\text{OH}$  geçiş pikleri, 2841-2985  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1682  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1456  $\text{cm}^{-1}$ 'de  $-\text{CH}_2$  gerilmesi ve 1114  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-C-O gerilmeleri gözlenmektedir.



Şekil 5.6: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

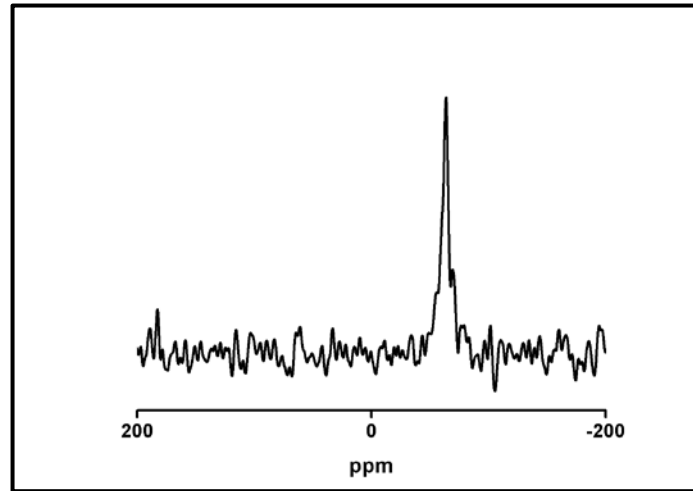
Pol 3'ün katı hal NMR spektrumu Şekil 5.7'de verilmiştir.  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde; 134 ppm'de (C=O), 59 ppm'de (CH-OH), 57 ppm'de (Si-

O-CH<sub>3</sub>), 52 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 33 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 1 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



Şekil 5.7: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait <sup>13</sup>C CPMAS NMR spektrumu.

Pol 3'ün katı hal <sup>29</sup>Si CPMAS NMR spektrumu Şekil 5.8'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde -65 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -69 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu [polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu -CH-O-Si] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.

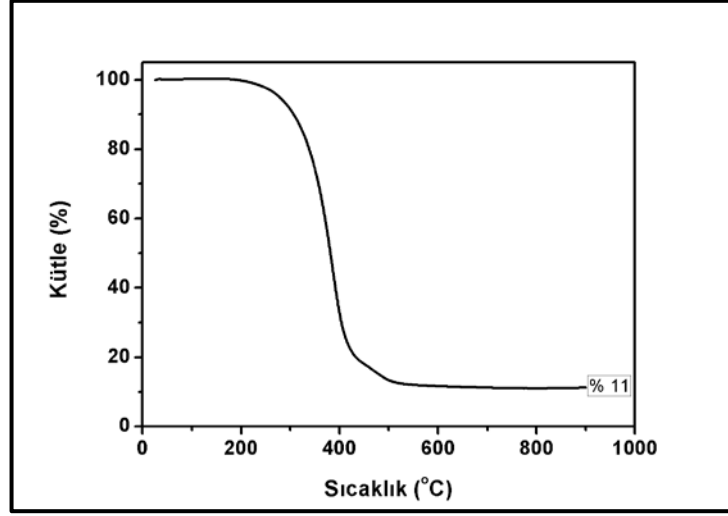


Şekil 5.8: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait <sup>29</sup>Si CPMAS NMR spektrumu.

Pol 3'nin TGA termogramı Şekil 5.9'da görülmektedir. Termogram eğrisinden anlaşılacağı üzere polimerin termal stabilitesi 189 °C'ye kadar korunmaktadır.



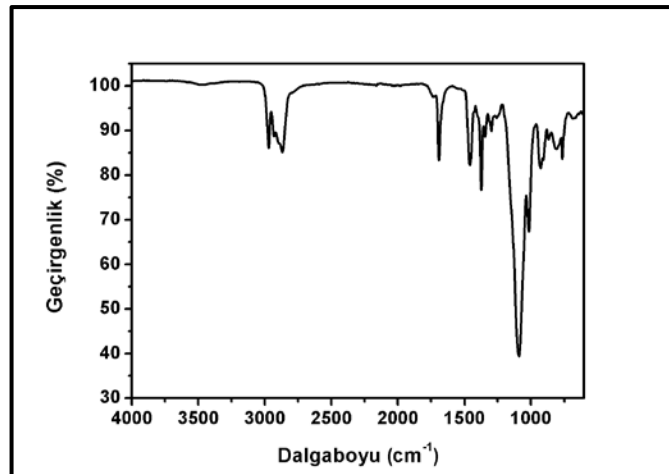
259 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.9: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.

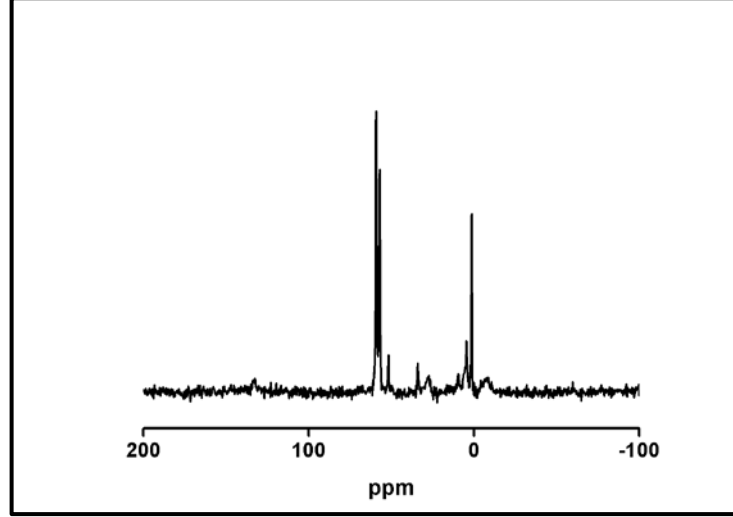
#### 5.1.4. Pol 4 (PPG 1000 - ICS) Karakterizasyonu

Pol 4'ün FTIR spektrumu Şekil 5.10'da verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3293-3572  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş -OH geçiş pikleri, 2838-2974  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1694  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1460  $\text{cm}^{-1}$ 'de -CH<sub>2</sub> gerilmesi ve 1070  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-O-C gerilmeleri gözlenmektedir.



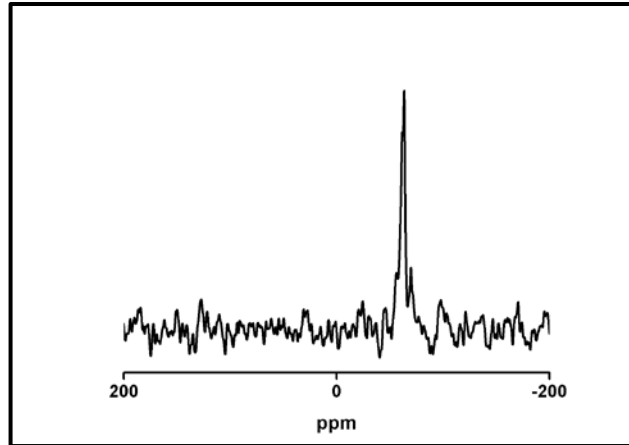
Şekil 5.10: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

Pol 4'ün katı hal NMR spektrumu Şekil 5.11'de verilmiştir.  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde; 133 ppm'de (C=O), 59 ppm'de (CH-OH), 58 ppm'de (Si-O-CH<sub>3</sub>), 52 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 33 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 2 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



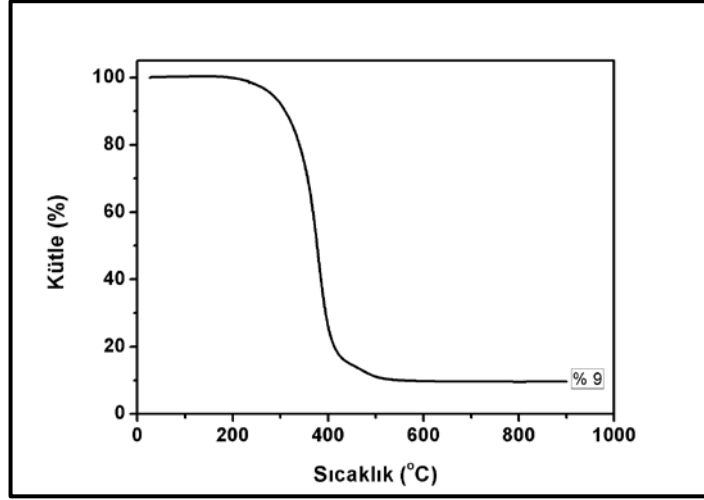
Şekil 5.11: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu.

Pol 4'ün katı hal  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu Şekil 5.12'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde -64 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -71 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu [polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu -CH-O-Si] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.



Şekil 5.12: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu.

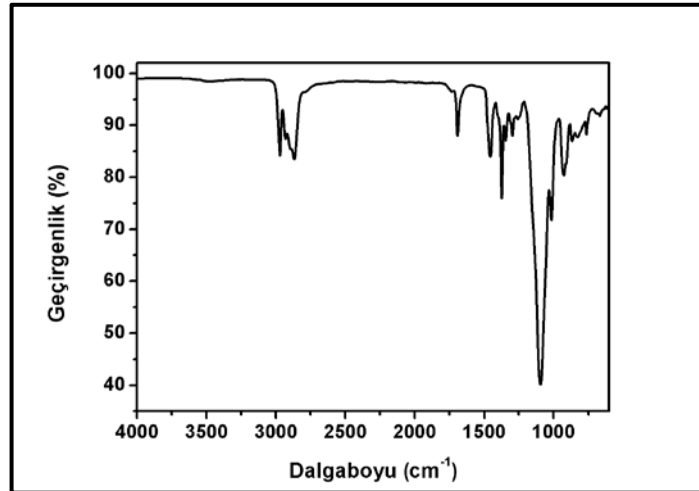
Pol 4'ün TGA termogramı Şekil 5.13'de görülmektedir. Termogram eğrisinden anlaşılacağı üzere polimerin termal stabilitesi 192 °C'ye kadar korunmaktadır. 262 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.13: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.

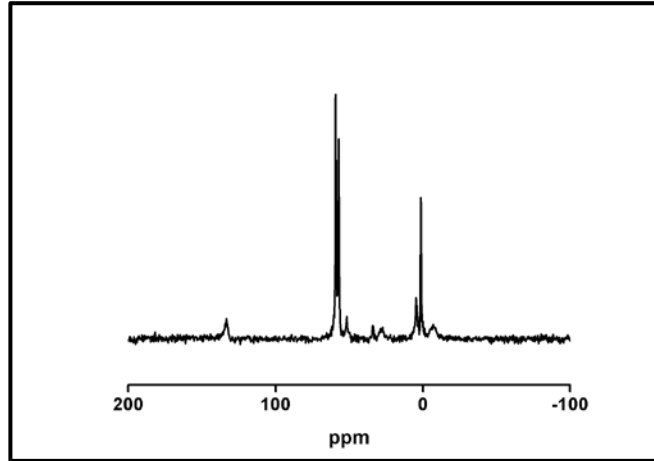
### 5.1.5. Pol 5 (PPG 2000 - ICS) Karakterizasyonu

Pol 5'in FTIR spektrumu Şekil 5.14'te verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3358-3559  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş -OH geçiş pikleri, 2844-2981  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1694  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1453  $\text{cm}^{-1}$ 'de -CH<sub>2</sub> gerilmesi ve 1109  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-O-C gerilmeleri gözlenmektedir.



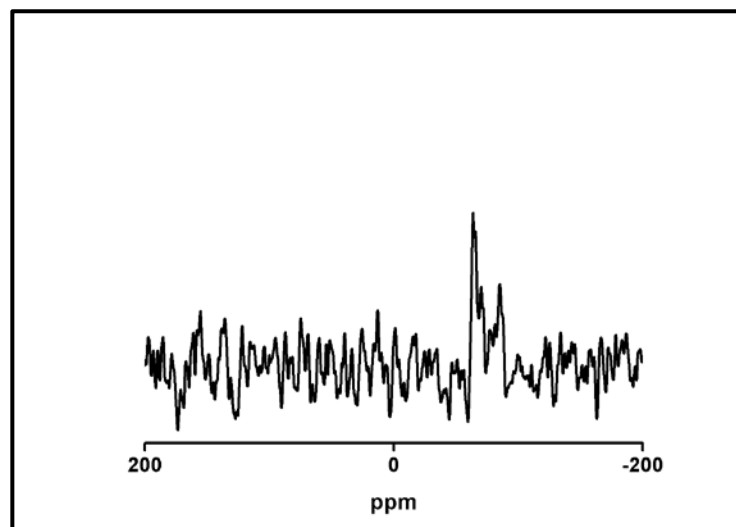
Şekil 5.14: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

Pol 5'ün katı hal NMR spektrumu Şekil 5.15'de verilmiştir.  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde 133 ppm'de (C=O), 59 ppm'de (CH-OH), 57 ppm'de (Si-O-CH<sub>3</sub>), 55 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 34 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 2 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



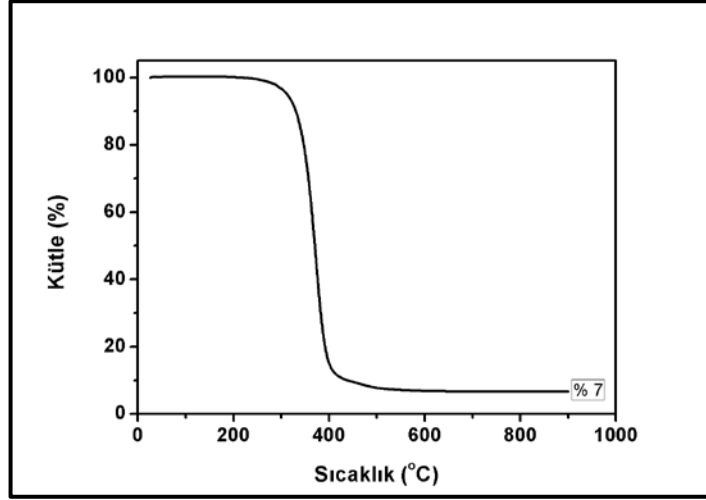
Şekil 5.15: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu.

Pol 5'in katı hal  $^{29}\text{Si}$  NMR spektrumu Şekil 5.16'da verilmiştir. Spektrum incelendiğinde -64 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -85 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu [polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu [-CH-O-Si] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.



Şekil 5.16: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu.

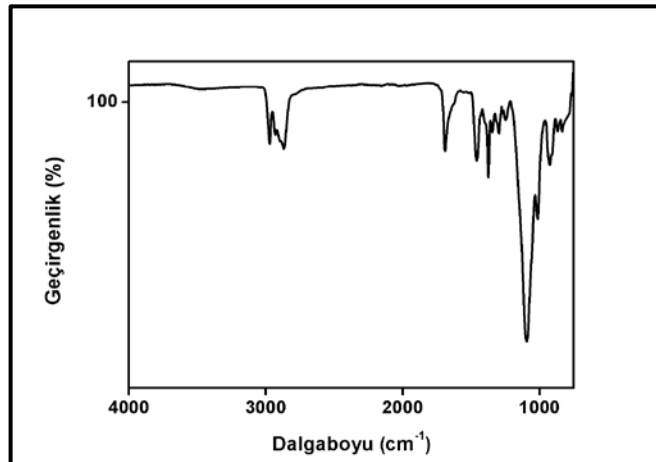
Pol 5'in TGA termogramı Şekil 5.17'de görülmektedir. Termogram eğrisinden anlaşılacağı üzere polimerin termal stabilitesi 212 °C'ye kadar korunmaktadır. 296 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.17: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.

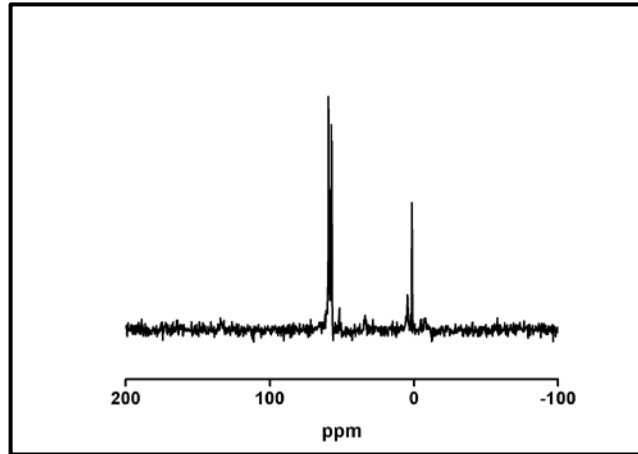
### 5.1.6. Pol 6 (PPG 3000 - ICS) Karakterizasyonu

Pol 6'in FTIR spektrumu Şekil 5.18'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3279-3561  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş -OH geçiş pikleri, 2846-2985  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1686  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1450  $\text{cm}^{-1}$ 'de -CH<sub>2</sub> gerilmesi ve 1103  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-O-C gerilmeleri gözlenmektedir.



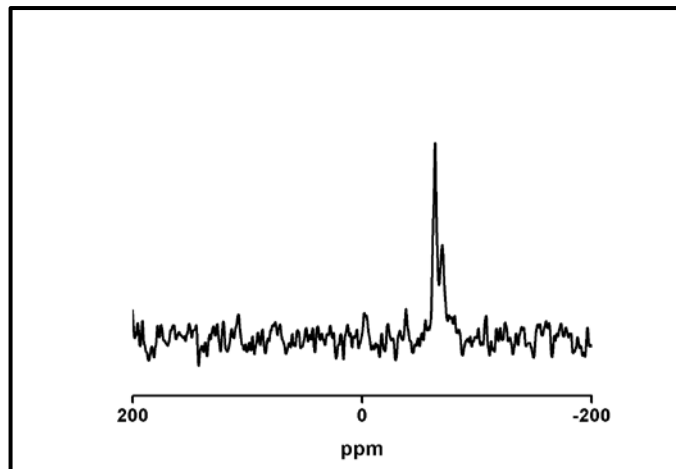
Şekil 5.18: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

Pol 6'nın katı hal NMR spektrumu Şekil 5.19'da verilmiştir.  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde; 135 ppm'de (C=O), 59 ppm'de (CH-OH), 57 ppm'de (Si-O-CH<sub>3</sub>), 52 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 34 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 2 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



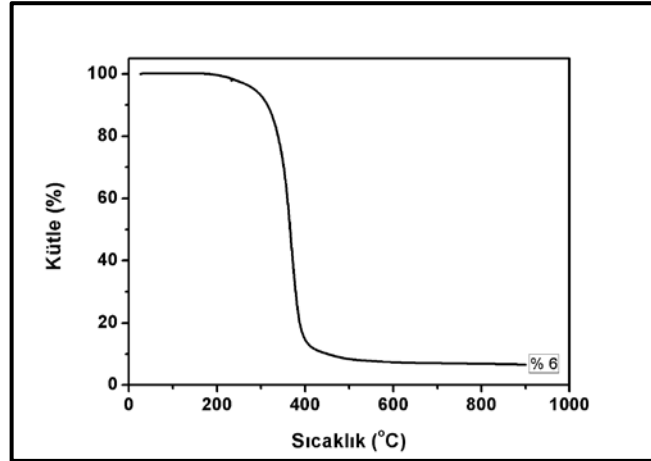
Şekil 5.19: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu.

Pol 6'nın katı hal  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu Şekil 5.20'da verilmiştir. Spektrum incelendiğinde, -64 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -70 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu [-CH-O-Si] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.



Şekil 5.20: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu.

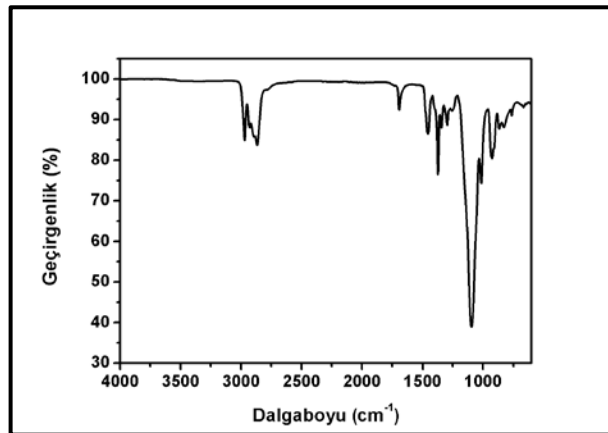
Pol 6'nın TGA termogramı Şekil 5.21'de görülmektedir. Termogram eğrisinden anlaşılacağı üzere polimerin termal stabilitesi 178 °C'ye kadar korunmaktadır. 260 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.21: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait TGA termogramı.

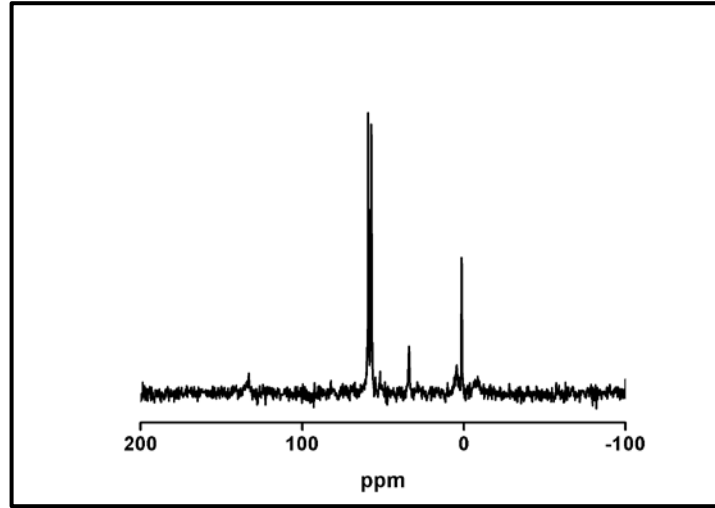
### 5.1.7. Pol 7 (PPG 4000 - ICS) Karakterizasyonu

Pol 7'nin FTIR spektrumu Şekil 5.22'de verilmiştir. Spektrum incelendiğinde 3279-3561  $\text{cm}^{-1}$ 'de geniş -OH geçiş pikleri, 2846-2985  $\text{cm}^{-1}$ 'de alifatik C-H gerilmeleri, 1686  $\text{cm}^{-1}$ 'de C=O gerilmesi, 1450  $\text{cm}^{-1}$ 'de -CH<sub>2</sub> gerilmesi ve 1077  $\text{cm}^{-1}$ 'de Si-O-C gerilmeleri gözlenmektedir.



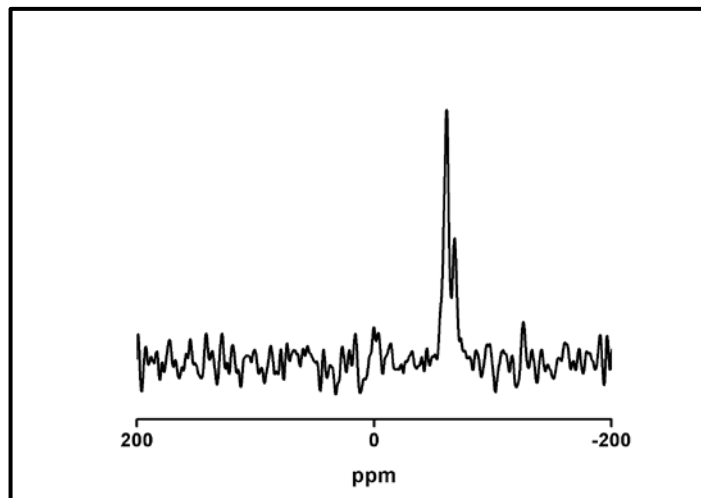
Şekil 5.22: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait FTIR spektrumu.

Pol 7'nin katı hal NMR spektrumu Şekil 5.23'te verilmiştir.  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu incelendiğinde; 133 ppm'de (C=O), 59 ppm'de (CH-OH), 57 ppm'de (Si-O-CH<sub>3</sub>), 52 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 34 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 5 ppm'de (Si-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-N), 3 ppm'de (O-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>) pikleri gözlenmektedir.



Şekil 5.23: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait  $^{13}\text{C}$  CPMAS NMR spektrumu.

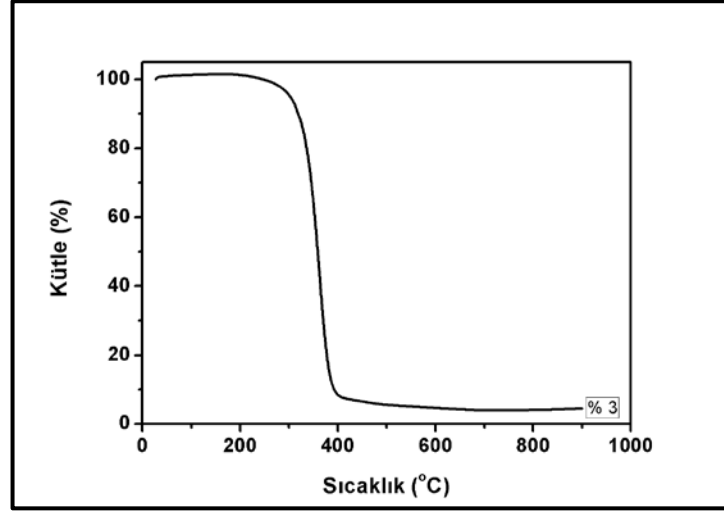
Pol 7'nin katı hal  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu Şekil 5.24'te verilmiştir. Spektrum incelendiğinde -61 ppm'deki pik Si-OH grubuna, -68 ppm'deki pik ise silisyumun organik bir gruba bağlı olduğunu [polimerin poli(propilen glikol) grubundaki karbona bağlı oksijene komşu  $-\text{CH}-\text{O}-\text{Si}$ ] göstermektedir ve bu veriler yapıyı desteklemektedir.



Şekil 5.24: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait  $^{29}\text{Si}$  CPMAS NMR spektrumu.



Pol 7'nin TGA termogramı Şekil 5.25'de görülmektedir. Termogram eğrisinden anlaşılacağı üzere polimerin termal stabilitesi 224 °C'ye kadar korunmaktadır. 291 °C'de % 3'lük madde kaybı ile bozunmaktadır ve eğriden de anlaşılacağı üzere termal stabilitesi iyidir.



Şekil 5.25: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait TGA spektrumu.

## 5.2. Polimerlerin Şişme Özellikleri

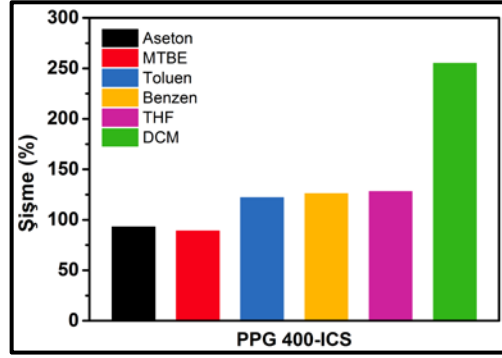
Polimerlerin organik solvent absorbenti olarak kullanımlarını incelemek adına, en yaygın kullanılan organik solventlerden; DCM, THF, benzen, toluen, aseton ve ter-bütül-metil-eter olmak üzere altı farklı solvent şişme testleri için kullanılmıştır.

### 5.2.1. Pol 1 (PG – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri

Model polimer olarak PG-ICS polimeri hazırlanarak solvent absorblama özelliği incelenmiştir. Çözünür fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 50.0 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 1'in şişme özellikleri DCM, THF, benzen, toluen, aseton ve MTBE'de denenmiştir ve belirlenen şişme oranları % 10 - % 30 arasındadır. Belirlenen şişme oranları çok düşük olmaları nedeniyle ıslanma faktörü olarak değerlendirilmelidir.

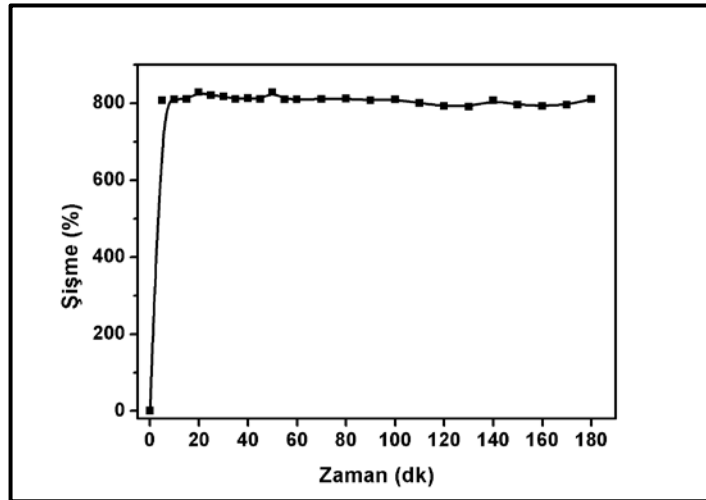
### 5.2.2. Pol 2 (PPG 400 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri

Çözünür fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 2.50 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 2'nin organik solvent absorblama grafiği Şekil 5-26'da verilmektedir. Pol 2'nin organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'de % 255, THF'de % 128, benzende % 126, toluende % 122, asetonda % 93 ve MTBE'de % 89 olarak belirlenmiştir.



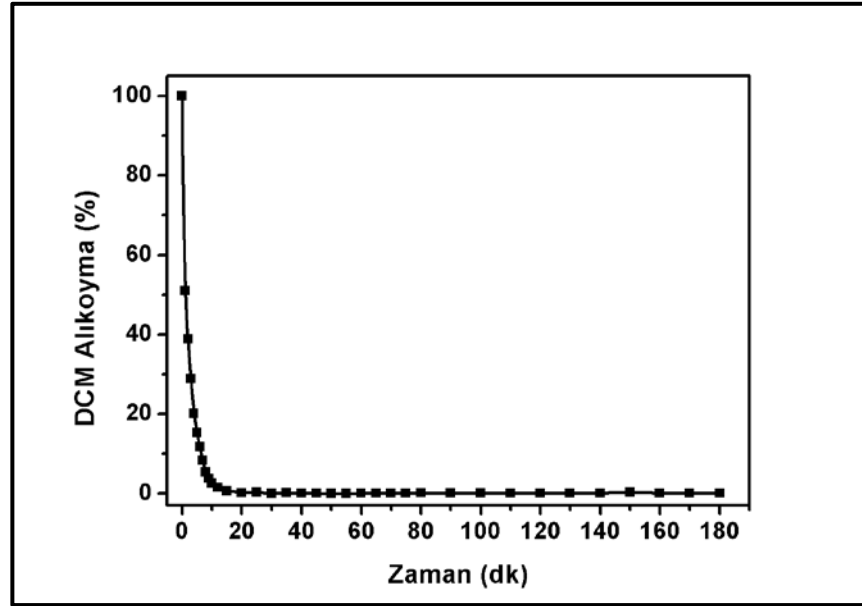
Şekil 5.26: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.

Şekil 5.27'de Pol 2'nin absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 10. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.27: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

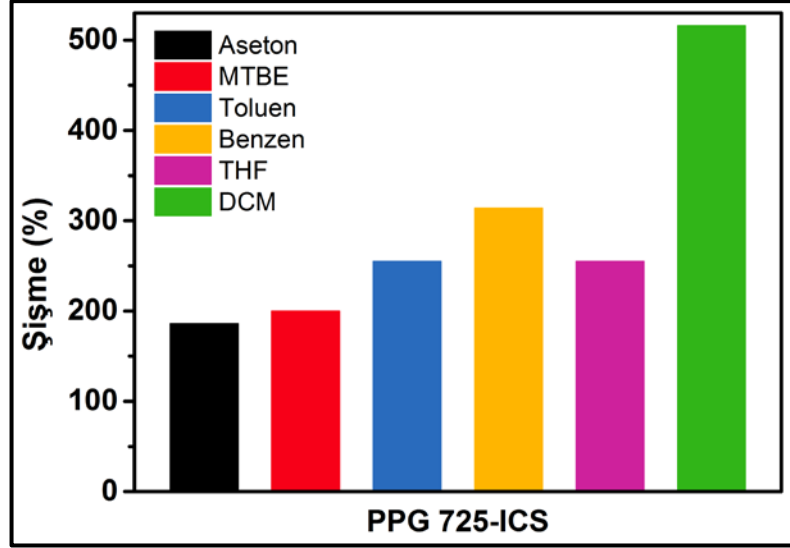
Pol 2'nin desorbsiyon grafiği Şekil 5.28'de görülmektedir. Absorblanan solventin 21 dk gibi bir sürede desorbe olduğu görülmüştür.



Şekil 5.28: Pol 2 (PPG 400 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.

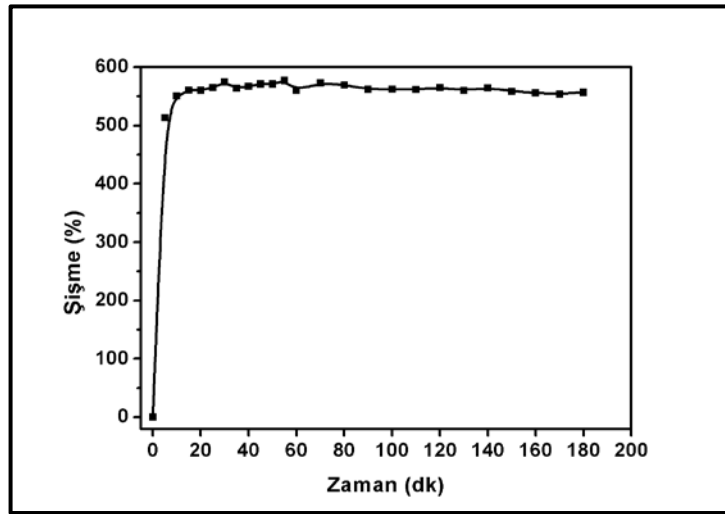
### 5.2.3. Pol 3 (PPG 725 – ICS) Polimerinin Şişme zellikleri

znr fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 7.50 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 3'n solvent absorblama grafiği Şekil 5-29'da verilmektedir. Pol 3'n organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'da % 516, THF'de % 255, benzende %314, toluende %225, asetonda % 186, ve MTBE'de % 200 olarak tespit edilmiştir.



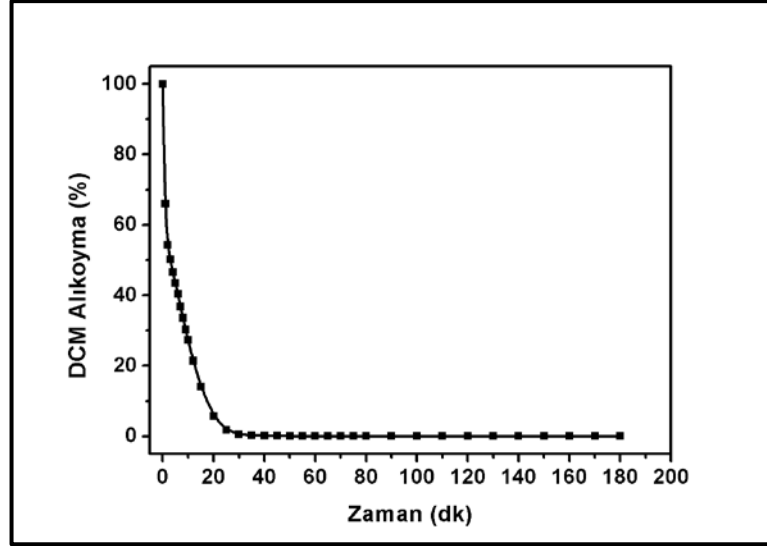
Şekil 5.29: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.

Şekil 5.30'de Pol 3'ün absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 15. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.30: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

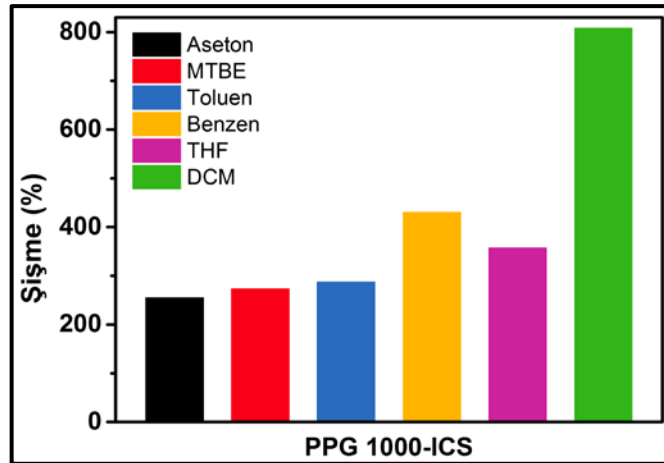
Pol 3'ün desorpsiyon grafiği Şekil 5.31'de görülmektedir. Absorblanan solventin 30 dk gibi bir sürede desorbe olduğu görülmüştür.



Şekil 5.31: Pol 3 (PPG 725 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.

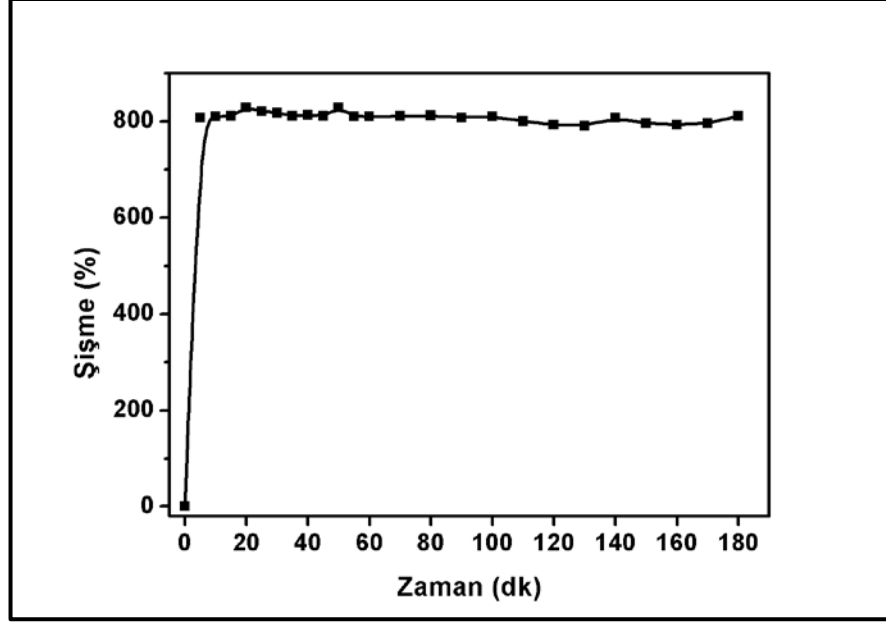
#### 5.2.4. Pol 4 (PPG 1000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri

Çözünür fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 2 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 4'ün solvent absorblama grafiği Şekil 5-32'de verilmiştir. Pol 4'ün organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'de % 808, THF'de % 357, benzende % 430, toluende % 287, asetonda % 255, ve MTBE'de % 273 olarak tespit edilmiştir.



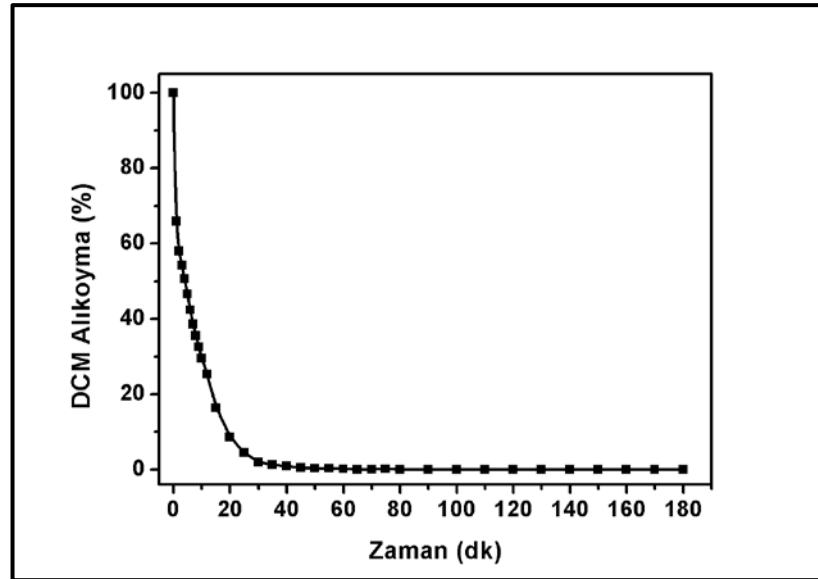
Şekil 5.32: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.

Şekil 5.33'de Pol 4'ün absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 21. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.33: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

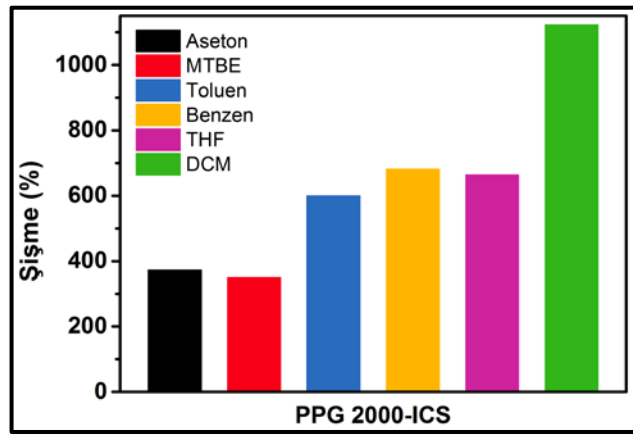
Pol 4'ün desorpsiyon grafiği Şekil 5.34'da görülmektedir. Absorblanan solventin 40 dk gibi bir sürede desorbe olduğu görülmüştür.



Şekil 5.34: Pol 4 (PPG 1000 - ICS) polimerine ait DCM desorpsiyon grafiği.

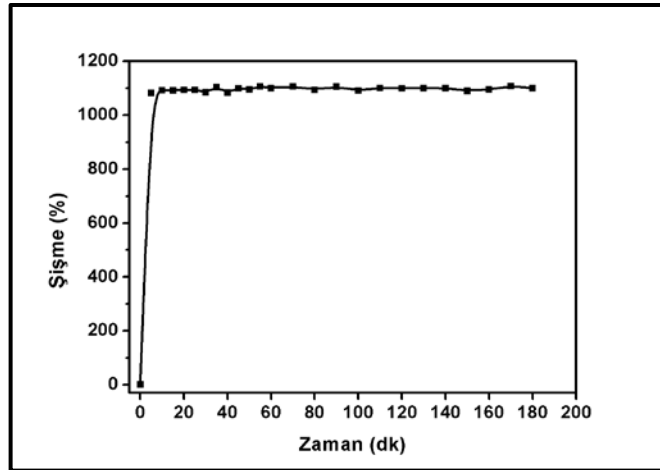
### 5.2.5. Pol 5 (PPG 2000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri

Çözünür fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 24 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 5'in solvent absorblama grafiği Şekil 5-35'de verilmiştir. Pol 5'in organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'de % 1123, THF'de % 664, benzende % 681, toluende % 600, asetonda % 373, ve MTBE'de % 350 olarak tespit edilmiştir.



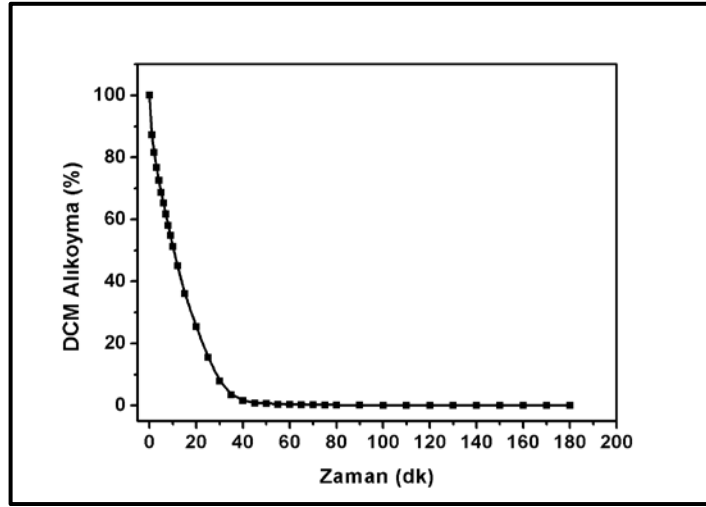
Şekil 5.35: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.

Şekil 5.36'da Pol 5'in absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 11. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.36: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

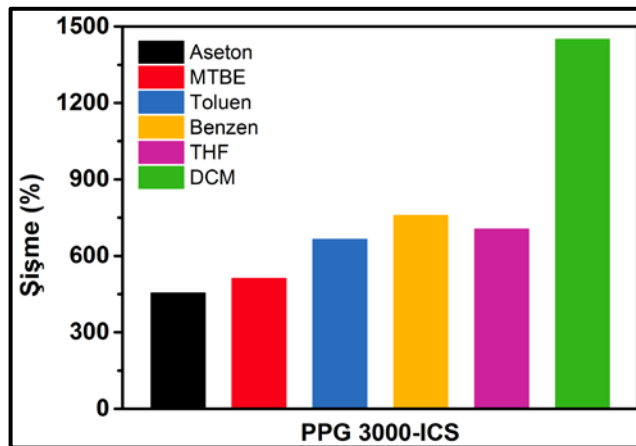
Pol 5'in desorbsiyon grafiği Şekil 5.37'de görülmektedir. Absorblanan solventin 50 dk gibi bir sürede desorbe olduğu grlmŖtir.



Şekil 5.37: Pol 5 (PPG 2000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.

### 5.2.6. Pol 6 (PPG 3000 – ICS) Polimerinin Şişme zellikleri

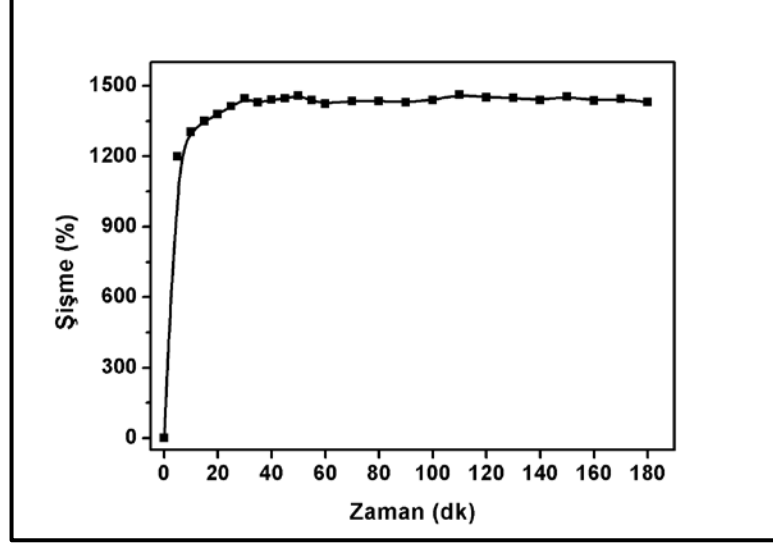
znr fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 23 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 6'nın solvent absorlama grafiği Şekil 5-38'de verilmiştir. Pol 6'nın organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'de % 1450, THF'de % 706 benzende %759, toluende % 665, asetonda % 454, ve MTBE'de % 512 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 5.38: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait Şişme grafiği.

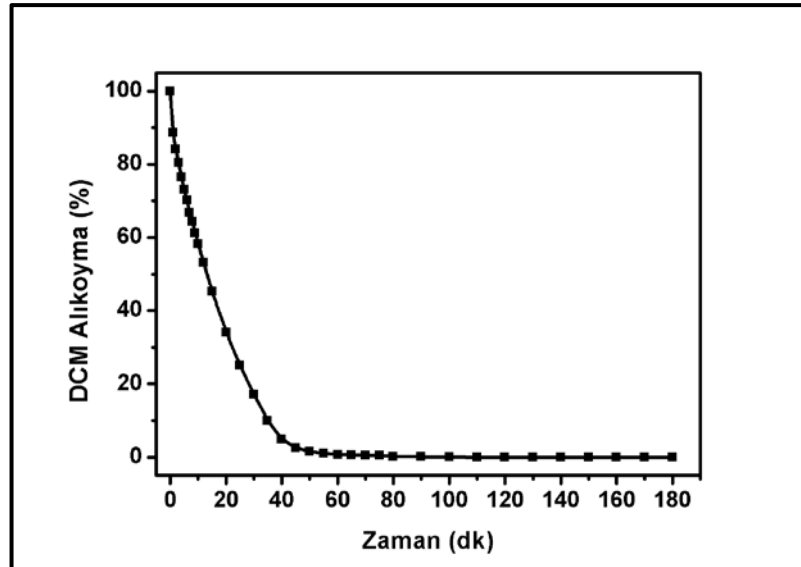


Şekil 5.39'da Pol 6'nın absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 31. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.39: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

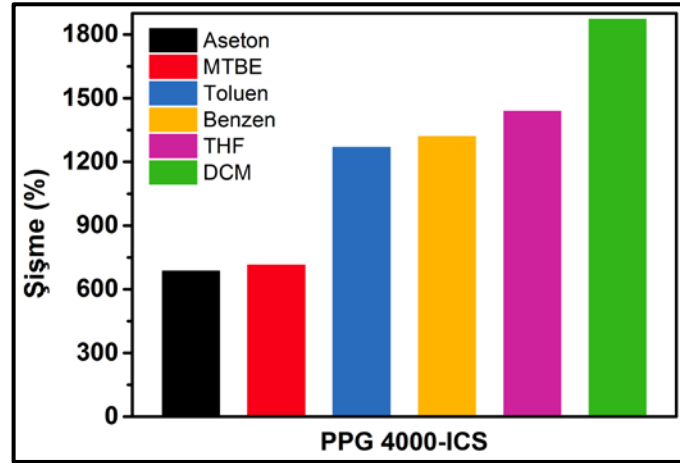
Pol 6'nın desorpsiyon grafiği Şekil 5.40'da görülmektedir. Absorblanan solventin 55 dk gibi bir sürede desorbe olduğu görülmüştür.



Şekil 5.40: Pol 6 (PPG 3000 - ICS) polimerine ait DCM desorpsiyon grafiği.

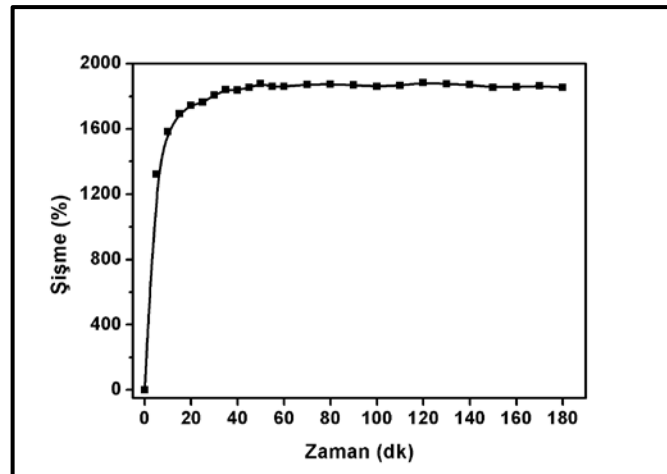
### 5.2.7. Pol 7 (PPG 4000 – ICS) Polimerinin Şişme Özellikleri

Çözünür fraksiyonları diklorometanla uzaklaştırılan polimer kurutulmaya bırakıldı. Ekstraksiyon sonrasında % 24 oranında çözünür fraksiyon uzaklaştırılmıştır. Pol 7'nin solvent absorblama grafiği Şekil 5-41'de verilmiştir. Pol 7'nin organik solvent absorblama kapasiteleri DCM'de % 1872, THF'de % 1439, benzende % 1319, toluende % 1269, asetonda % 686, ve MTBE'de % 714 olarak tespit edilmiştir.



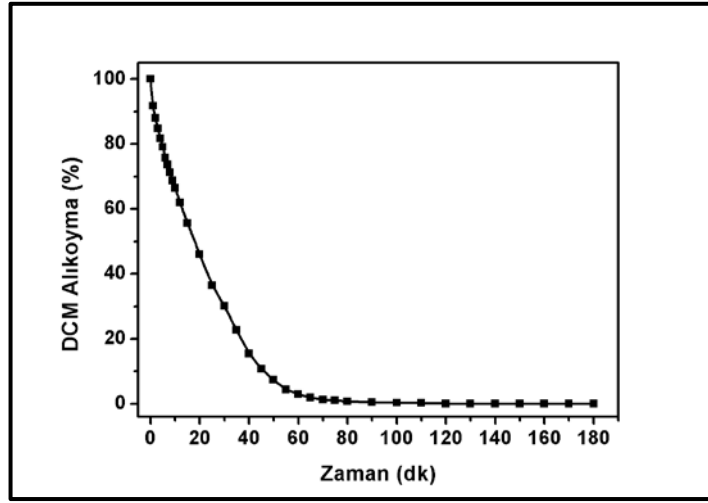
Şekil 5.41: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait şişme grafiği.

Şekil 5.42'de Pol 7'nin absorpsiyon kinetik grafiği incelendiğinde solvent absorblama hızı yüksek olup maksimum kapasiteye 48. dakikada ulaştığı gözlenmektedir.



Şekil 5.42: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

Pol 7'nin desorbsiyon grafiği Şekil 5.43'te görülmektedir. Absorblanan solventin 65 dk gibi bir sürede desorbe olduğu grlmŕtr.

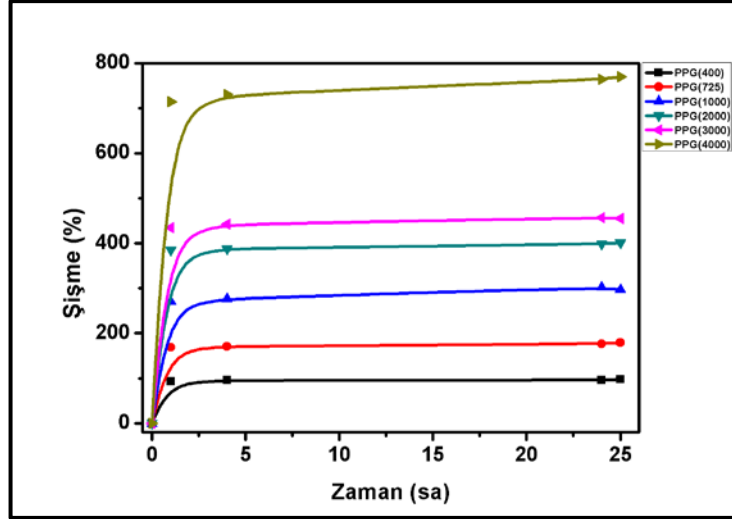


Şekil 5.43: Pol 7 (PPG 4000 - ICS) polimerine ait DCM desorbsiyon grafiği.

### 5.2.8. PPG–ICS Polimerlerinin Benzin ve Dizel Sorbenti Olarak Kullanımlarının İncelenmesi

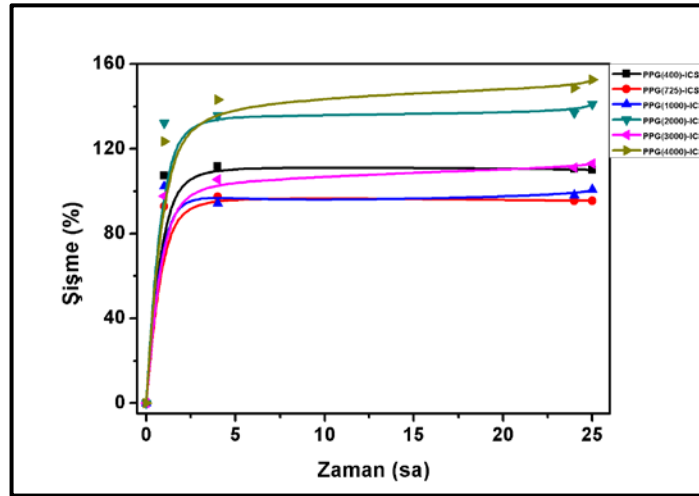
Sentezlenen farklı molekül ağırlıklarındaki PPG-ICS polimerlerinin benzin ve dizel içerisindeki Şişme davranışları da incelenmiştir.

Benzin içerisindeki Şişme oranları Şekil 5.44'te gösterildiği gibi sırasıyla PPG 400-ICS % 98; PPG 725-ICS % 179; PPG 1000-ICS % 296; PPG 2000-ICS % 401; PPG 3000-ICS % 455; PPG 4000-ICS % 770 olarak tespit edilmiştir.



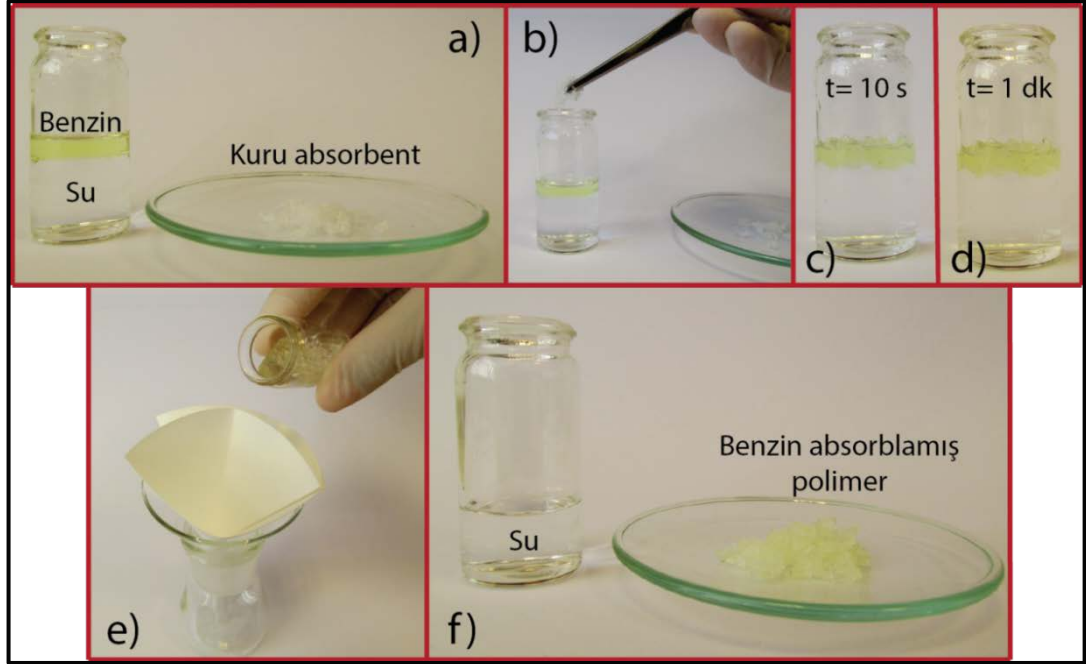
Şekil 5.44: PPG - ICS polimerinin benzin içerisindeki şişme grafiği.

Dizel içerisindeki şişme oranları Şekil 5.45’de gösterildiği gibi sırasıyla PPG 400-ICS % 110; PPG 725-ICS % 96; PPG 1000-ICS % 101; PPG 2000-ICS % 141; PPG 3000-ICS % 113; PPG 4000-ICS % 153 olarak tespit edilmiştir.



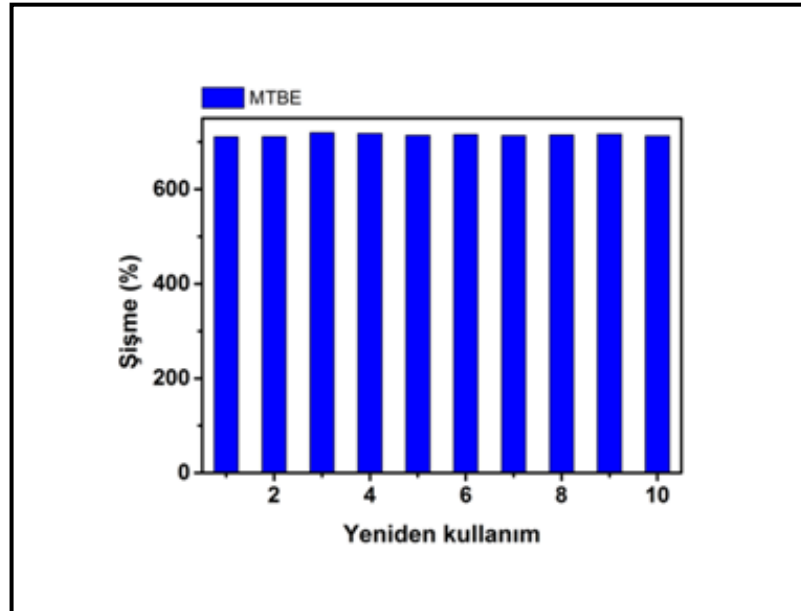
Şekil 5.45: PPG - ICS polimerinin dizel içerisindeki şişme grafiği.

Şekil 5.46’da PPG-ICS organojellerinin benzin/su sisteminde benzinin su yüzeyinden kolay ve etkili bir şekilde ayrılmasında kullanılabildiği görülmektedir



Şekil 5.46: PPG organojelinin su yüzeyinden benzini absorblamasına ait sonuçları gösteren fotoğraflar.

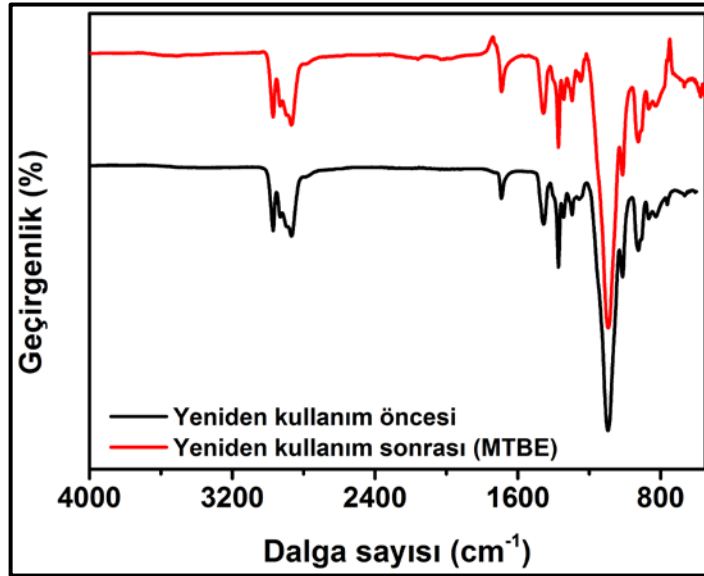
### 5.2.9. PPG 4000-ICS Polimerinin Yeniden Kullanım Özellikleri



Şekil 5.47: PPG 4000-ICS polimerine ait yeniden kullanım grafiği.

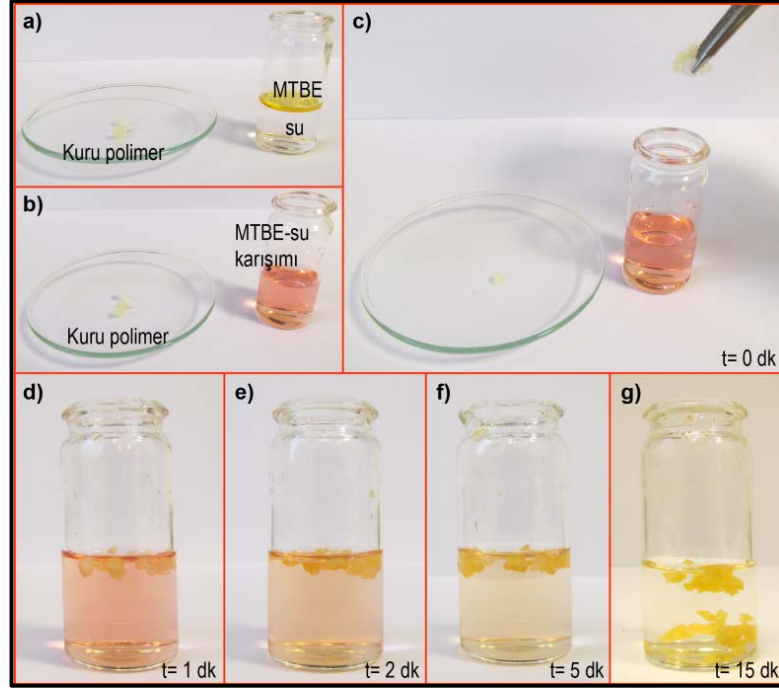
Sentezlenen adsorbentlerden en fazla kapasiteye sahip olan PPG 4000-ICS çapraz bağlı polimeri yeniden kullanım testlerine tabi tutulmuştur. Bunun için benzin katkı maddesi olarak çokça kullanılan MTBE seçilmiştir. Çapraz bağlı polimer

solvent içerisinde daldırılmış ve maksimum kapasitesine ulaştıktan sonra açık havada desorbe ettirilmiştir. Desorbsiyonu gerçekleştiren polimer tekrar solvante alınarak yeniden şişmesi sağlanmıştır. Bu işlem 10 kez tekrar ettirilerek yeniden kullanım testleri tamamlanmıştır. Şekil 5.47’de PPG 4000-ICS’nin yeniden kullanım grafiği görülmektedir. Grafikten anlaşılacağı üzere, PPG 4000-ICS çapraz bağlı polimeri şişme testlerindeki değerlere ulaşmakta ve MTBE’de kapasitesinde bir değişiklik olmadan kullanılabilir. Yeniden kullanım testi sonrasında çapraz bağlı polimerin yapısında herhangi bir değişim veya deformasyona uğramadığı, yeniden kullanım testi öncesinde ve sonrasında alınan FTIR spektrumları Şekil 5.48 ‘de belirtilmiştir.



Şekil 5.48: PPG 4000-ICS çapraz bağlı polimerinin yeniden kullanım öncesi ve sonrası FTIR spektrumları.

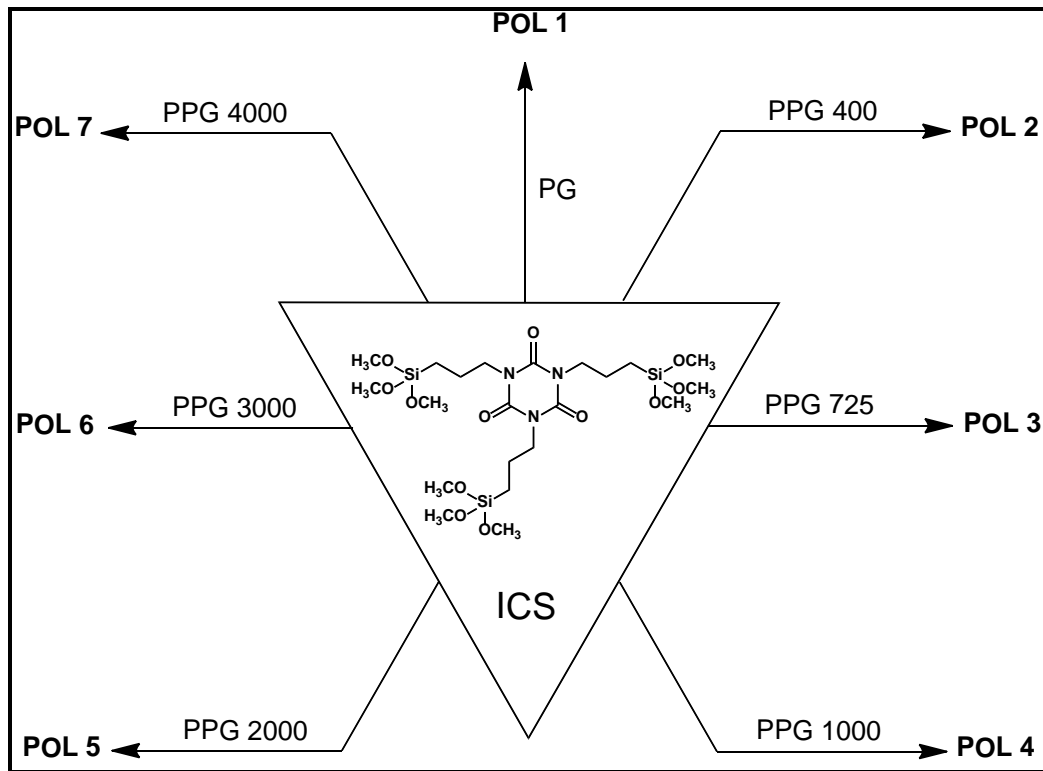
Sentezlenen PPG-ICS organojelleri ile suya karışan organik sıvıların giderilmesinde olumlu sonuçlar vermiştir. Şekil 5.49’da da görüldüğü üzere yapılan denemelerde suya karışan MTBE’nin kolaylıkla giderildiği görülmektedir.



Şekil 5.49: PPG-ICS organojelinin su yüzeyinden MTBE absorblamasına ait sonuçları gösteren fotoğraflar.

## 6.SONUÇLAR

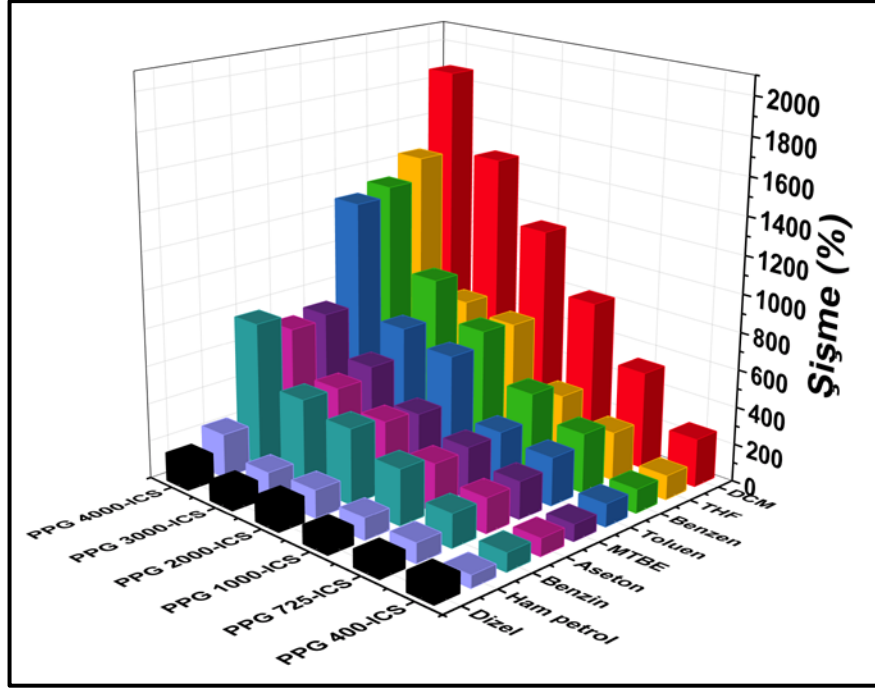
Bu tez çalışması kapsamında farklı molekül ağırlıklarındaki PPG makromonomeri ve tris[3-(trimetoksisilil)propil] izosiyanurat çapraz bağlayıcısı kullanılarak kondenzasyon polimerizasyonu ile bir seri (Pol 1, Pol 2, Pol 3, Pol 4, Pol 5, Pol 6, Pol 7) organik sorbent elde edildi. Polimerler tek bir adımda sentezlenmiştir. Reaksiyon hızını artırmak amacıyla KOH katalizör olarak kullanılmıştır. Şekil 6.1’de elde edilen tüm polimerlerin genel reaksiyonları gösterilmiştir.



Şekil 6.1: PPG – ICS çapraz bağlı polimerlerine ait genel gösterim.

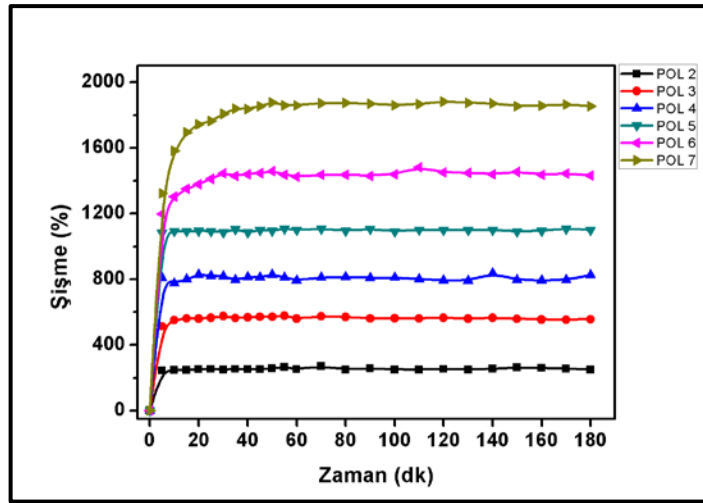
Sentezlenen polimerlerin DCM, THF, benzen, toluen, aseton, MTBE gibi organik solventlerde ve benzin, dizel gibi petrol türevi yakıtlarda çözünmemekle birlikte bu solventlerde şişme özellikleri göstermektedirler. Polimerlerin bu solvent ve yakıtlardaki şişme özellikleri detaylı bir şekilde incelenerek organik solvent ve petrol absorbenti olarak kullanımı araştırılmıştır. Şişme oranının en yüksek olduğu solvent diklorometan (DCM) olup, maksimum absorpsiyon kapasitesi Pol 7’ ye [PPG(4000)-ICS] aittir.





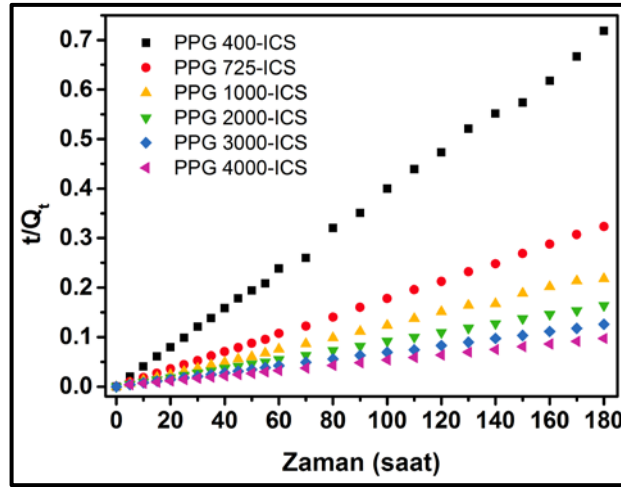
Şekil 6.2: PPG – ICS çapraz bağlı polimerlerine ait şişme grafiği.

Şekil 6.2’de bütün polimerlerin solventler içerisindeki şişme değerleri verilmiştir. Şekli incelediğimizde solvent absorpsiyonu molekül PPG’nin molekül ağırlığının artmasıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. PPG 4000-ICS polimerin en yüksek değerlere ulaşması molekül ağırlığının artmasıyla, oluşan çapraz bağlı yapıdaki boşluk hacminin artması solventin içeriye nüfuz etmesini kolaylaştırmıştır şeklinde açıklanabilir.



Şekil 6.3: PPG – ICS polimerlerine ait DCM absorpsiyon grafiği.

Şekil 6.3'te polimerlerin DCM absorpsiyon kinetikleri gösterilmiştir. Grafiği incelediğimizde tüm polimerlerin solventi hızlı bir şekilde absorbladığı görülmektedir ve her biri ortalama 30 dakika içerisinde dengeye ulaşmaktadır. Polimerlerin bu kadar kısa süre içerisinde maksimum kapasitelerine ulaşmaları, organik solvent absorbenti olarak kullanılabilirliklerini önemli ölçüde etkiler. Polimerlerin DCM' de şişme oranları POL 7 > POL 6 > POL 5 > POL 4 > POL 3 > POL 2 şeklindedir.



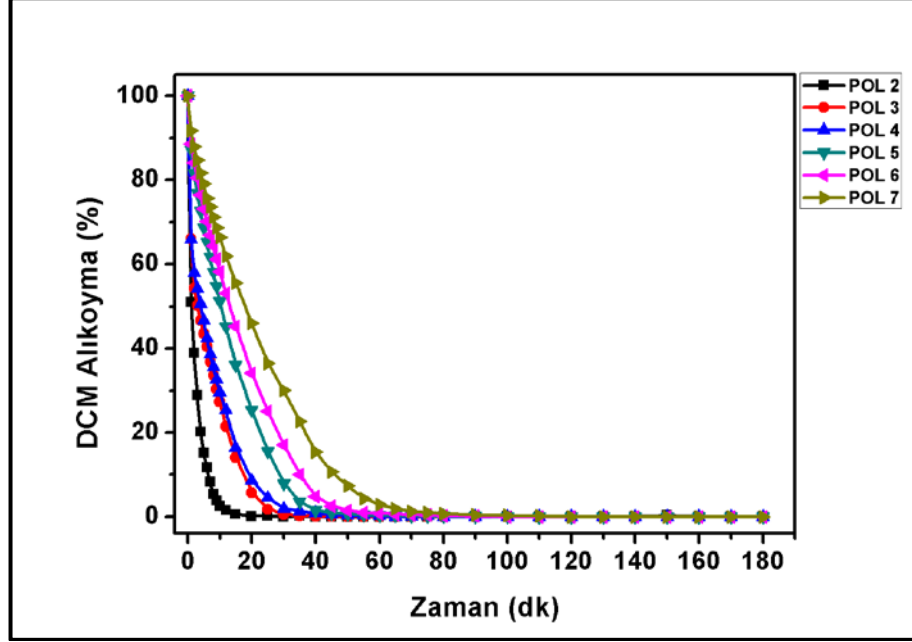
Şekil 6.4: Sentezlenen absorbentler için zamana karşı  $t/Q_t$  grafiği.

Eşitlik 4.6'ya göre zamana Şekil 6.4'te görüldüğü gibi  $t$  karşı  $t/Q_t$  grafiği çizilmiştir ve elde edilen lineer çizgiler çapraz bağlı polimerlerin şişmelerinin ikinci mertebeden kinetik izlediğini doğrulamaktadır.

Tablo 6. 1: İkinci dereceden kinetik model parametreleri.

Absorbent	k	$R^2$	$Q_{max}$ (%) (teorik)	$Q_{max}$ (%) (deneysel)
PPG 400-ICS	$35.191 \times 10^{-3}$	0.99895	255	255
PPG 725-ICS	$2.4919 \times 10^{-3}$	0.99978	556	516
PPG 1000-ICS	$8.4542 \times 10^{-3}$	0.99886	807	808
PPG 2000-ICS	$7.8791 \times 10^{-3}$	0.99992	1100	1123
PPG 3000-ICS	$1.2847 \times 10^{-3}$	0.99972	1449	1450
PPG 4000-ICS	$0.5327 \times 10^{-3}$	0.99981	1878	1872

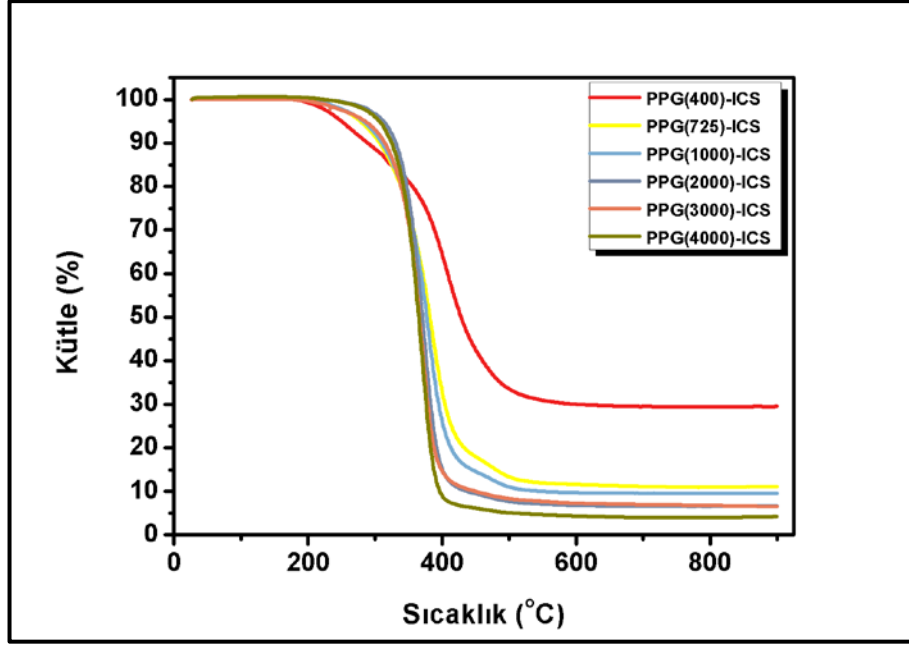
Korrelasyon katsayısı ( $R^2$ ) çapraz bağlı polimerler için 0.99'dan büyüktür.  $k$  değerleri lineer doğruların kesişiminden elde edilmiştir ve  $R^2$  değerleriyle birlikte Tablo 6. 1'de gösterilmiştir.  $Q_{max}$  (teorik) ile  $Q_{max}$  (deneysel) birbiriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6.5: PPG – ICS polimerlerine ait DCM desorbsiyon grafiği.

Şekil 6.5'te bütün polimerlerin açık havada yapılan desorbsiyon kinetikleri görülmektedir. Maksimum kapasitesine ulaşan polimerler molekül ağırlıklarının azalmasıyla doğru orantılı olarak daha hızlı solventi geri bırakma özelliği göstermiştir. 60 dakikalık zaman dilimi içerisinde neredeyse bütün polimerler absorbladıkları solventleri geri bırakmışlardır.

Bu tez çalışmasında elde edilen tüm şişme test sonuçları, en az dört farklı ölçümün ortalaması alınarak elde edilmiştir. Ayrıca şişme testi için kullanılan polimerler kurutulduktan sonra tekrar şişme testine alınmışlardır. Elde edilen sonuçların birbirleriyle uyumlu olması ve tekrar kullanılabilirlik özellikleri polimerlerin absorbent olarak kullanımını desteklemektedir. Sonuçlar doğrultusunda polimerlerin yeniden kullanılabilirliğe uygun olduğu kanıtlanmıştır.



Şekil 6.6: PPG – ICS polimerlerine ait TGA termogramı.

Şekil 6.6’da görüleceği üzere tüm polimerlerin TGA termogramları mevcuttur. Grafik incelendiğinde, 250° C’ nin üzerinde bozunmaya başlamaktadır. Sentezlenen polimerlerin termal stabilitelelerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Polimerlerin 300 ° C’ de bozunma miktarlarına göre sıralaması; Pol 7(% 4) > Pol 6 (% 6) > Pol 5 (% 7) > Pol 4 (% 9) > Pol 3(% 11) > Pol 2 (% 12) şeklindedir.

Sonuç olarak yapılan tez çalışmasında PPG makromonomerleri yüksek molekül ağırlıklarına (uzun lineer zincir yapısı) sahip olmakla beraber, makromonomerlerdeki C-O bağı etrafındaki dönme kolaylığı sentezlenecek olan absorbentin esnekliğini artırıcı bir etki yapmıştır. Bu iki özellik birleştiğinde hem çok daha büyük hacimli gözeneklere sahip hem de absorpsiyon sırasında esneyerek daha fazla solvent kavrayabilen jeller sentezlenmiştir. Çevre kirliliğine neden olan organik sıvı ve petrol kökenli sıvıların giderilmesi için günümüzde kullanılan absorbentlerin özelliklerine uygunluk kriterleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar bu polimerlerin sorbent olarak kullanımının uygun olduğunu doğrulamıştır.

## KAYNAKLAR

- [1] Fodor C., Kali G., Ivan B. (2013), “Unprecedented scissor effect of macromolecular cross-linkers on the glass transition temperature of poly(N-vinylimidazole), crystallinity suppression of poly(tetrahydrofuran) and molecular mobility by solid state NMR in poly(N-vinylimidazole)-l-poly(tetrahydrofuran) conetworks.”, *Polymer Chemistry*, 4(13), 3714-3724.
- [2] Husseien M., Amer A. A., El-Maghraby A., Taha N. A., (2009), “Availability of barley straw application on oil spill clean up.”, *International Journal of Environmental Science & Technology*, 6(1), 123-130.
- [3] Schaefer J., Stejskal E. O., Buchdahl R., (1977), “Magic-Angle <sup>13</sup>C NMR Analysis of Motion in Solid Glassy Polymers.” *Macromolecules*, 10(2), 384-405.
- [4] Dakhel N., Pasteris G., Werner D., Höhener P. (2003), “Small-Volume Releases of Gasoline in the Vadose Zone: Impact of the Additives MTBE and Ethanol on Groundwater Quality.”, *Environmental Science & Technology*, 37(10), 2127-2133.
- [5] Saçak M., (2014), *Polimer Teknolojisi*, 3. Baskı, Gazi kitabevi.
- [6] Saçak M., (2012), *Polimer kimyası*, 6. Baskı, Gazi Kitabevi.
- [7] Van Renterghem L. M., Goethals E., Du Prez Ugent F., (2006), “Star-Shaped Poly(tetrahydrofuran) with Reactive End Groups: Design, MALDI-TOF Study, and Solution Behavior.”, *Macromolecules*, 39(2), 528-534.
- [8] Loh X. J., Gan H. X., Wang H., Tan S. J. E., Neoh K. Y., Tan S. J., Diong H. F., Kim J., Lee W. L. S., Fang X., Cally O., Yap S. S., Liong K. P., Chan H. K., (2014). “New thermogelling poly(ether carbonate urethane)s based on pluronics F127 and poly(polytetrahydrofuran carbonate).”, *Journal of Applied Polymer Science*, 131(5), 39924
- [9] Hassan M. K., Abdel-Sadek G. G., Beaucage G., Mark J. E., Sharaf M. A., (2004), “Sol–Gel Condensations to Form Polytetrahydrofuran Networks and Their Elastomeric Behavior.”, *Journal of Macromolecular Science Part A*, 41(1), 1-13.
- [10] Baker M. C., (1978), “Conversion of Poly(tetramethylene ether) glycol in Aqueous Effluent Stream to Tetrahydrofuran”, U.S. Patent 4,115,408A
- [11] Osada Y., Gong J. P., Tanaka Y., (2004), “Polymer Gels.” *Journal of Macromolecular Science Part C*, 44(1), 87-112.
- [12] Flory P. J. (1953). “Principles of polymer chemistry,”1st Edition, Ithaca, United States.

- [13] Acar N., (2002), "Radiation synthesis of poly(2-vinylpyridine) gels and their swelling characteristics.", *Radiation Physics and Chemistry*, 63(2), 185-191.
- [14] Kizil S., Karadağ K., Aydın G. O., Sonmez H. B., (2015). "Poly(alkoxysilane) reusable organogels for removal of oil/organic solvents from water surface.", *Journal of Environmental Management*, 149(0), 57-64.
- [15] Wu B., Zhou M., (2009), "Sorption of styrene from aqueous solutions with oil absorptive resin.", *Journal of Environmental Management*, 90(1), 217-221.
- [16] Likon M., (2013), "Populus seed fibers as a natural source for production of oil super absorbents.", *Journal of Environmental Management*, 114(0), 158-167.
- [17] Vandermeulen J. H. Ross C. W., (1995), "Oil spill response in freshwater: Assessment of the impact of cleanup as a management tool.", *Journal of Environmental Management*, 44(4), 297-308.
- [18] Hosoya K., Kageyama Y., Kimata K., Araki T., Tanaka N., Frechet J. M. J., (1996), "Preparations and properties of uniform size macroporous polymer beads prepared by two-step swelling and polymerization method utilizing divinyl succinate or divinyl adipate as a crosslinking agent.", *Journal of Polymer Science Part A, Polymer Chemistry*, 34(13), 2767-2774.
- [19] Su F., (2010), "Chapter 5 - Kinetics, Thermodynamics, and Regeneration of BTEX Adsorption in Aqueous Solutions via NaOCl-Oxidized Carbon Nanotubes.", *Environanotechnology*, M. F.-P. H. E. B. W. S. Wright. Amsterdam, Elsevier, 5, 71-97.
- [20] Zhang Y. Q., Cui P., Du T. D., Shan T. D., Wang Y. L., (2009), "Development of a sulfated Y-doped nonstoichiometric zirconia/polysulfone composite membrane for treatment of wastewater containing oil.", *Separation and Purification Technology*, 70(2), 153-159.
- [21] Sangeetha N. M., Maitra U., (2005), "Supramolecular gels: Functions and uses.", *Chemical Society Reviews*, 34(10), 821-836.
- [22] Shestakova M., Sillanpää M., (2013), "Removal of dichloromethane from ground and wastewater: A review.", *Chemosphere*, 93(7), 1258-1267.
- [23] Megharaj M., Ramakrishnan B., Venkateswarlu K., Sethunathan N., Naidu R., (2011), "Bioremediation approaches for organic pollutants: A critical perspective.", *Environment International*, 37(8), 1362-1375.
- [24] Saeed T., Al-Mutairi M., (1999), "Chemical composition of the water-soluble fraction of the leaded gasolines in seawater.", *Environment International*, 25(1), 117-129.

- [25] Li B., Liu X., Zhang X., Zou J., Chai W., Xu J., (2015), "Oil-absorbent polyurethane sponge coated with KH-570-modified graphene.", *Journal of Applied Polymer Science*, 132(16), 2015.
- [26] Béla I., Kennedy J. P., Mackey P. W., (1991), "Amphiphilic Networks. Polymeric Drugs and Drug Delivery Systems", American Chemical Society, 469, 194-202.
- [27] Nguyen S. T., Feng J., Ng S. K., Wong J. P. W., Tan V. B. C., Duong H. M., (2014), "Advanced Thermal Insulation and Absorption Properties of Recycled Cellulose Aerogels.", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 445(0), 128-134.
- [28] Rueda-Larraz L., D'Arilas B. F., Tercjak A., Ribes A., Mondragon I., Eceiza A., (2009), "Synthesis and microstructure–mechanical property relationships of segmented polyurethanes based on a PCL–PTHF–PCL block copolymer as soft segment.", *European Polymer Journal*, 45(7), 2096-2109.
- [29] Fingas M. (1995), "Oil spills and their cleanup.", *Chemistry and Industry*, 24, 1005.
- [30] Whitfield J. (2003), "How to clean a beach.", *Nature*, 422(6931), 464-466.
- [31] Atta A. M., El-Ghazawy R. A. M., Farag R. K., Azim A., (2006), "Crosslinked reactive macromonomers based on polyisobutylene and octadecyl acrylate copolymers as crude oil sorbers.", *Reactive and Functional Polymers*, 66(9), 931-943.
- [32] Ji N., Chen H., Yu M., Qu R., Wang C., (2011), "Synthesis of high oil-absorption resins of poly(methyl methacrylate-butyl methacrylate) by suspended emulsion polymerization.", *Polymers for Advanced Technologies*, 22(12), 1898-1904.
- [33] Yati I., Aydin G. O., Sonmez H. B., (2013), "Organic solvent absorbents based on linear diol.", *Polymer Engineering & Science*, 53(10), 2102-2108.
- [34] Zhao D., Duan E., Zhang X., Zhang J., Wang J., (2007), "Solubility of Triethylenediamine in Methanol, Ethanol, Isopropanol, 1-Butanol, and Ethyl Acetate between 276.15 K and 363.15 K.", *Journal of Chemical & Engineering Data*, 52(4), 1483-1485.
- [35] Teli M. D., Valia S., (2013), "Acetylation of Jute fiber to improve oil absorbency.", *Fibers and Polymers*, 14(6), 915-919.
- [36] Martens P. J., Bowman N. C., Anseth K. S., (2004), "Degradable networks formed from multi-functional poly(vinyl alcohol) macromers: comparison of results from a generalized bulk-degradation model for polymer networks and experimental data.", *Polymer*, 45(10), 3377-3387.

- [37] Kasgoz H., Heydarova S., (2011), "Styrene-PEG (600) DMA Crosslinked Polymers for Absorption of Oil Derivatives.", *Journal of Macromolecular Science Part A*, 48(7), 556-561.
- [38] Bruns N., Bannwarth W., Tiller J.C., (2008), "Amphiphilic conetworks as activating carriers for the enhancement of enzymatic activity in supercritical CO<sub>2</sub>.", *Biotechnology and Bioengineering*, 101(1), 19-26.
- [39] Dech S., Crame, T., Ladisch R., Bruns N., Tille, J.C., (2011), "Solid-Solid Interface Adsorption of Proteins and Enzymes in Nanophase-Separated Amphiphilic Conetworks.", *Biomacromolecules*, 12(5), 1594-1601.
- [40] Mark J. E. (1999), "Polymer Data Handbook", 1st edition Oxford University Press, Incorporated.
- [41] Bruns N., Tiller J. C., (2005), "Amphiphilic Network as Nanoreactor for Enzymes in Organic Solvents.", *Nano Letters*, 5(1), 45-48.
- [42] Allı A., Hazer B., Baysal B. M., (2006), "Determination of solubility parameters of cross-linked macromonomeric initiators based on polypropylene glycol.", *European Polymer Journal*, 42(11), 3024-3031.
- [43] Kim S. J., Lee K. J., Kim I. Y., An K. H., Kim S. I., (2003), "Preparation and characteristics of poly(propylene glycol) and poly(acrylic acid) interpenetrating polymer network hydrogels.", *Journal of Applied Polymer Science*, 90(5), 1384-1388.
- [44] Qiu S., Jiang B., Zheng X., Zheng J., Zhu C., Wu M., (2015), "Hydrophobic and fire-resistant carbon monolith from melamine sponge: A recyclable sorbent for oil-water separation.", *Carbon*, 84(0), 551-559.
- [45] Omori A., Okamura I., Imoto T., Katoh T., (1976). Oil or organic solvent-absorbent. U.S., U.K. Patent 1,157, 299.
- [46] Lee Y. H., Kim W., (2000). "Synthesis and Characteristics of Highly Oil-adsorptive Expanded Polyurethane.", *Polymer(Korea)*, 24(2), 149-158.
- [47] Cassada D. A., Zhang Y., Snow D. D., Spalding R. F., (2000), "Trace Analysis of Ethanol, MTBE, and Related Oxygenate Compounds in Water Using Solid-Phase Microextraction and Gas Chromatography/Mass Spectrometry.", *Analytical Chemistry*, 72(19), 4654-4658.
- [48] Yati I., Aydin G. O., Sonmez H. B., (2013), "Organic Solvent Absorbents Based on Linear Diol.", *Polymer Engineering and Science*, 53(10), 2102-2108.
- [49] Dutta P., Gogoi B., Dass N. N., Sarma N. S., (2013), "Efficient organic solvent and oil sorbent co-polyesters: Poly-9-octadecenylacrylate/methacrylate with 1-hexene.", *Reactive and Functional Polymers*, 73(3), 457-464.



## ÖZGEÇMİŞ

Yağmur TEZCAN 1988 yılında Marmaris'te (Muğla) doğdu. İlköğretim ve lise öğrenimini Marmaris'te tamamladı. 2007 yılında girdiği Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda yüksek lisans çalışmalarına başladı. Prof. Dr. Hayal Bülbül SÖNMEZ danışmanlığında Şubat 2014 yılında başlayan Organik Solvent ve Petrol Döküntülerinin Çevreden Giderimi İçin Poli(Propilen Glikol) Organojellerinin Hazırlanması konulu tez çalışmasını sürdürmektedir.

