



**MOLEKÜLER DİFÜZYON YATKINLIĞI TAŞIYAN
AŞI KOPOLİMERLERİN SENTEZİ; TERMAL, ELEKTRİKSEL
VE KENDİNİ TAMİR EDEBİLME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Fatih BİRYAN

**Doktora Tezi
Kimya Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Kadir DEMİRELLİ**

OCAK-2019

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MOLEKÜLER DİFÜZYON YATKINLIĞI TAŞIYAN AŞI KOPOLİMERLERİN
SENTEZİ; TERMAL, ELEKTRİKSEL VE KENDİNİ TAMİR EDEBİLME
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Fatih BİRYAN

131117201

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 24 Aralık 2018

Tezin Savunulduğu Tarih : 21 Ocak 2019

Tez Danışmanı:	Prof. Dr. Kadir DEMİRELLİ (F.Ü.)	
Diğer Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Mehmet COŞKUN (F.Ü.)	
Diğer Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Turgay SEÇKİN (İ.Ü.)	
Diğer Jüri Üyeleri:	Prof. Dr. Esin KAYA (M.Ş.Ü.)	
Diğer Jüri Üyeleri:	Doç. Dr. Aşlışah AÇIKSES (F.Ü.)	

OCAK-2019

ÖNSÖZ

Bu araştırmanın planlanmasında ve yürütülmesinde, çalışmalarım süresince benden destek ve ilgisini esirgemeyen, bilgi ve hoşgörülerinden yararlandığım çok kıymetli Hocam Sayın Prof. Dr. Kadir DEMİRELLİ'ye sonsuz saygı ve şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince ilgi ve desteğini gördüğüm değerli hocalarım Prof.Dr. Mehmet COŞKUN ve Prof.Dr. Fahrettin YAKUPHANOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Değerli arkadaşım Arş.Gör. Eray ÇALIŞKAN'a ve aynı laboratuvarı paylaştığım Arş.Gör. M.Ersin Pekdemir'e ve Kimya bölümündeki hocalarıma teşekkür ederim.

Hayatımda çok özel bir yeri olan kardeşim dediğim ve ihtiyaç duyduğum her an bütün samimiyetiyle yanımda olan Öğr. Gör. Dr. Kenan KORAN'a destekleri için teşekkür ederim.

Benden hiçbir zaman destek ve ilgisini esirgemeyen bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan, anneme, babama ve kardeşlerime teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatıma girdiği ilk günden beri desteğini hiç esirgemeyen eşime ve varlığıyla hayatımıza neşe katan canım kızıma teşekkür ederim.

Fatih BİRYAN

ELAZIĞ 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IX
TABLolar LİSTESİ	XXI
KISALTMALAR	XXVI
1. GİRİŞ	1
1.1. Polimerik malzemelerin geleneksel onarım yöntemleri.....	4
1.1.1. Kaynak.....	4
1.1.2. Yama.....	4
1.1.3. <i>İn-Situ</i>	4
1.1.4. Termoplastiklerin tamiri	5
1.1.4.1. Akrilat bazlı TPE'ler.....	6
1.1.4.2. Kendiğinden iyileşebilen termoplastik malzemeler.....	7
1.1.4.2.1. Moleküller arası difüzyon.....	7
1.2. Kontrollü Radikal Polimerizasyon.....	9
1.2.1. Atom Transfer Radikal Polimerizasyon (ATRP).....	10
1.2.1.1. ATRP'nin Kinetik ve Mekanizması.....	11
1.3. Polimerlerin Elektriksel Özellikleri	13
1.3.1 Polimerlerin Dielektrik Özellikleri	13
1.4. Polimerlerin İletkenlik Özellikleri	15
1.4.1. Yarı İletken Özellik.....	17
1.5. DC ve AC iletkenlik.....	22
1.6. Grafen	24
1.7. Bozunma Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi	25
1.8. Literatür çalışmaları	26
2. MATERYAL VE METOD.....	32
2.1. Kullanılan Cihazlar	32
2.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler	32
2.3. 4-Vinil benzil alkol sentezi (4VBA)	33
2.4. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren (4BIMS)'in Sentezi	33
2.5. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in sentezi	34

2.6.	Poli(Stiren-ko-4-(2-bromoizobütiroilmetil)stiren) P(St-ko-4BIMS) sentezi	34
2.7.	N-(3-hidroksipropil)asetamit sentezi (3HPAC)	35
2.8.	3-Asetamidopropil akrilat monomerinin sentezi (3APAM)	35
2.9.	Poli (3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM) sentezi.....	36
2.10.	3-Asetamidopropil akrilat'ın'ın aşı kopolimeri sentezi P(3APAMG)	36
2.11.	N-(4-Hidroksibütül)asetamit sentezi (4HBA).....	37
2.12.	4-Asetamidobütül akrilat monomerinin sentezi (4ABAM)	37
2.13.	4-Asetamidobütül akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(4ABAMG)	37
2.14.	N-(5-hidroksipentil)asetamit sentezi (5HPAC)	38
2.15.	5-Asetamidopentil akrilat monomerinin sentezi (5APAM).....	38
2.16.	5-Asetamidopentil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(5APAMG).....	39
2.17.	N-(6-Hidroksiheksil)asetamit sentezi (6HHAC)	39
2.18.	6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin sentezi (6AHAM).....	39
2.19.	6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(6AHAMG).....	40
2.20.	N-(1-Hidroksi-3-fenilpropan-2-yl)asetamit sentezi (N1H3FA)	40
2.21.	2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi (2AFAM)	40
2.22.	2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(2AFAMG) ...	41
2.23.	N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit sentez aşaması (N3H1FA)	41
2.24.	3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi (3AFAM)	42
2.25.	3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(3AFAMG) ...	42
3.	BULGULAR.....	43
3.1.	4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) karakterizasyonu.....	43
3.2.	4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in (4BIMS) karakterizasyonu	45
3.3.	Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in karakterizasyonu.....	48
3.4.	P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin karakterizasyonu	52
3.5.	3HPAC'ın karakterizasyonu	54
3.7.	P(3APAM)' in karakterizasyonu	58
3.8.	P(3APAMG)'nin karakterizasyonu.....	61
3.9.	4HBA'nın karakterizasyonu	63
3.10.	4ABAM'ın karakterizasyonu.....	66
3.11.	P(4ABAMG)'nin karakterizasyonu	69
3.12.	5HPAC'ın karakterizasyonu.....	72
3.13.	5APAM'ın karakterizasyonu	75
3.14.	P(5APAMG)'nin karakterizasyonu.....	78
3.15.	6HHA'nın karakterizasyonu	81
3.16.	6AHAM'ın karakterizasyonu.....	84

3.17.	P(6AHAMG)'nin karakterizasyonu.....	87
3.18.	N1H3FA'nın karakterizasyonu.....	90
3.19.	2AFAM'ın karakterizasyonu	92
3.20.	P(2AFAMG)'nin karakterizasyonu.....	95
3.21.	N3H1FA'nın karakterizasyonu	97
3.22.	3AFAM'ın karaterizasyonu	100
3.23.	P(3AFAMG)'nin karakterizasyonu.....	103
3.24.	Polimerlerin Termal Analiz Ölçümleri	107
3.24.1.	Makrobaşılatıcının P(St-ko-4BIMS%8.5) termal özellikleri	107
3.24.2.	Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in P(4BIMS) termal özellikleri	109
3.24.3.	P(3APAM)'ın TGA ve DSC ölçümleri.....	112
3.24.3.1.	Poli (3-asetamidopropil akrilat)-EuCl ₃ kompozitlerinin hazırlanması.....	113
3.24.3.2.	Poli (3-asetamidopropil akrilat)'ın EuCl ₃ kompozitlerinin TGA ve DSC ölçümleri.....	114
3.24.4.	P(3APAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri.....	116
3.24.5.	P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri	121
3.24.6.	P(5APAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri.....	125
3.24.7.	P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri	128
3.24.7.1.	P(6AHAMG)/ 2% nanografen katkılı kompozitin kinetik ölçümleri	132
3.24.8.	P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri.....	134
3.24.9.	(3AFAMG) ve grafen kompozitlerinin termal özellikleri.....	137
3.25.	Polimer ve Polimer kompozitlerinin Dielektrik ve Elektriksel Ölçümleri.....	140
3.25.1.	P(4BIMS) ve kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri	141
3.25.2.	P(3APAM) ve EuCl ₃ kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri.....	150
3.31.2.1.	P(3APAM) /EuCl ₃ 16% kompozitine farklı oranlarda grafit ile yarı iletken kompozitlerin hazırlaması	161
3.25.2.1.1.	P(3APAM)/EuCl ₃ 16%/Grafite kompozitlerinin dielektrik özellikleri	162
3.25.2.1.2.	P(3APAM)/EuCl ₃ 16%/Grafite kompozitlerinin iletkenlik ölçümleri	164
3.25.3.	P(3APAMG)'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri...	166
3.25.4.	P(4HBAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri .	173
3.25.5.	P(5APAMG)'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri	181
3.25.6.	P(6AHAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri .	188
3.25.7.	P(2AFAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri..	196
3.25.8.	P(3AFAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri..	203
3.26.	Aşı kopolimerlerin kendini iyileştirme özelliklerinin incelenmesi	211
3.27.	Diyotların hazırlanması ve ölçülmesi	218
3.27.1.	Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri	219
3.27.2.	Al/ P(4ABAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri	222

3.27.3.	Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyet ölçümleri	224
3.27.4.	Al/ P(6AHAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyet ölçümleri.....	227
3.27.5.	Al/ P(2AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyet ölçümleri	229
3.27.6.	Al/ P(3AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyet ölçümleri	232
4.	SONUÇ VE TARTIŞMA	235
5.	KAYNAKLAR	260



ÖZET

MOLEKÜLER DİFÜZYON YATKINLIĞI TAŞIYAN AŞI KOPOLİMERLERİN SENTEZİ; TERMAL, ELEKTRİKSEL VE KENDİNİ TAMİR EDEBİLME ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu çalışmada, önce literatürde verilen metoda göre 4-vinil benzilakol'un hazırlanmasından sonra yapıdaki hidroksil grubu üzerinden 2-bromoizobütiril bromür ile açılme reaksiyonu gerçekleştirildi. Sentezlenen monomer ile stiren'in serbest radikalik polimerizasyon yöntemiyle kopolimerleri hazırlandı ve çalışmalarda makrobaşılatıcı olarak kullanıldı. Amit yan gruplu monomer hazırlamak amacıyla OH ve NH₂ grupları taşıyan organik yapılar ile asetik anhidrit'in tepkimesinden hazırlanan amit ve serbest OH uçlu yapılar sentezlendikten sonra akriloylchlorür ile tepkimelerinden yeni monomerler hazırlandı. Sentezlenen monomerler daha önce hazırlanan kopolimerlerin makrobaşılatıcı olarak kullanılmasıyla ATRP yöntemiyle aşı kopolimerler hazırlandı. Sentezlenen polimerlerin yapı karakterizasyonunda FT-IR, ¹H ve ¹³C-NMR teknikleri kullanıldı. Polimerlerin termal davranışları DSC ve TGA ile belirlendi. Farklı ısıtma hızlarındaki bozunma eğrilerinden yararlanılarak polimerlerin Flynn-Wall-Ozawa metoduna göre termal bozunmasına yönelik aktivasyon enerjileri hesaplandı.

Tez kapsamında iki fazlı supra moleküllerde yumuşak matris içindeki tersinir hidrojen bağ özelliğinden kendi kendini iyileştirme davranışı araştırıldı. Aşı kopolimerlerden hazırlanan numuneler iki parçaya ayrıldı ve bu iki parça daha sonra bir araya getirilerek bir dakika bekletildi. Farklı zaman aralıklarında iyileşmesi görülen numuneler SEM ve DMA teknikleriyle karakterize edildi. Yapılan ölçümlerle zamana karşı iyileşme yüzdeleri belirlendi.

Polimerlere yarı iletken özellik kazandırmak için farklı oranlarda ticari olarak temin edilen nanografen ile kompozitleri hazırlandı. Poli[4-(2-bromoizobütiroilmetil)]stiren ve poli(3-asetamidopropil akrilat) homopolimerleri hazırlandı ve bu polimerlerin ve kompozitlerinin dielektrik özellikleri sıcaklık ve frekansa bağlı olarak incelendi. Hazırlanan kompozitlerin dc iletkenlik özellikleri incelendikten sonra en yüksek oranı için akım-voltaj grafikleri alınarak diyot olma özelliği araştırıldı. Ayrıca empedans analizör ile entegreli bir sistemde diyot özellik gösteren polimer kompozitlerin akım (I)-voltaj (V), voltaj-kapasitans, seri direnç ve iletkenlik değerleri incelendi.

Anahtar Kelimeler: Kendiliğinden yenilenme, Aşı kopolimer, Termal Özellikler, DC iletkenlik, Dielektrik Özellikler, Diyot

SUMMARY

SYNTHESIS OF GRAFT COPOLYMERS CARRYING MOLECULAR DIFFUSION SUSCEPTIBILITY; INVESTIGATION OF THE THERMAL, ELECTRICAL AND SELF-HEALING PROPERTIES

In this study, 4-vinyl benzylchloride was first prepared by acylation with 2-bromoisobutyryl bromide on the hydroxyl group of its structure after the preparation of 4-vinylbenzylalcohol according to the method adapted from the literature. Copolymers of this monomer with styrene were prepared by free-radical polymerization method and used as macroinitiator in studies. In order to prepare a monomer with the amide side group, compounds containing the OH and NH₂ functionals together and amide and OH ended structures prepared from the reaction of acetic anhydride were synthesized, and then monomers were prepared from their reactions with acryloyl chloride. Graft copolymers were prepared by the ATRP method by using the prepared copolymers as macroinitiator. FT-IR, ¹H and ¹³C-NMR techniques were used in the characterization of synthesized polymers. The thermal behaviors of the polymers were examined by DSC and TGA. Activation energies for the thermal degradation of the polymers were calculated according to Flynn-Wall-Ozawa method by using the TG curves at different heating rates.

In thesis concept, the self-healing behavior was investigated from property of reversible hydrogen bonding in soft matrix in the multi-phase supramolecules. The graft copolymer was firstly divided into two parts in order to examine the self-healing feature and these two pieces were then brought together and held for one minute. The self-healing were performed using the SEM and DMA techniques at room temperature. The recovery percentages were estimated versus time from measurements.

The dielectric behaviors of the copolymers were examined as a function of temperature and frequency. Poly[(4-(2-bromoisobutyryl methyl)]styrene and poly(3-acetamidopropyl acrylate) homopolymers were prepared, and the dielectric properties of these polymers were investigated using different filler. The graphene-based composites were prepared in order to give semi-conductive properties to the pure copolymers prepared at our study. After analyzing the dc conductivity properties of these composites, current (I)-voltage (V) graphs were recorded for composite system containing graphene in the highest ratio, and diode characterization was carried out. In addition, capacitance, series resistance and conductivity values versus voltage of polymer composites were investigated by a system integrated with the impedance analyzer.

Key Words: Self healing, Graft copolymer, Thermal Properties, DC Conductivity, Dielectric Properties, Diode

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Mikrokapsüller aracılığı ile kendiliğinden iyileşme basamakları.....	2
Şekil 1.2. Kendiliğinden iyileşme yaklaşımları (a) kapsül bazlı, (b) damarsal ve (c) içsel yöntemler.	3
Şekil 1.3. Moleküler difüzyon yöntemine göre kendi kendini tamir etme mekanizmaları	3
Şekil 1.4. Akrilik polimerin yapısı	6
Şekil 1.5. Kendi kendini iyileştiren supramoleküler blok kopolimer tasarımı	9
Şekil 1.6. Serbest ve kontrollü radikal polimerizasyon büyüme hızı.....	10
Şekil 1.7. Zamana bağlı olarak dönüşümün ve logaritmanın değişimi	12
Şekil 1.8. ATRP mekanizması	12
Şekil 1.9. Yalıtkan, yarı iletken ve iletkenler için enerji-band diyagramları	17
Şekil 1.10. Yalıtkanlarda bant-enerji yapısı.....	18
Şekil 1.11. Metallerdeki değerlik ve iletken band'taki elektron transferi	18
Şekil 1.12. Yarı iletkenlerde değerlikdeğerlik ve iletken band'taki elektron transferi	19
Şekil 1.13. n vep tipi yarı iletken.....	20
Şekil 1.14. n vep tipi yarı iletkenlerde değerlik bandından iletken banda elektron tranferi.....	20
Şekil 1.15. İçsel yarı iletkenlerde taşıyıcı yük konsantrasyonun sıcaklıkla değişimi	21
Şekil 1.16. Dış kaynaklı yarı iletkenlerde taşıyıcı yük konsantrasyonun sıcaklıkla değişimi	21
Şekil 1.17 “Two prope” metodunun şematik olarak gösterimi.	23
Şekil 1.18 AC iletkenlik metodunun şematik olarak gösterimi.	24
Şekil 1.19. İki parçaya kesilen polimerlerin iyileşmesi	27
Şekil 1.20. PGS'nin oda sıcaklığında 2 saat ve 24 saat iyileştikten sonraki çekme testleri	28
Şekil 2.1. 4VBA'nın sentez reaksiyonu	33
Şekil 2.2. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in sentez reaksiyonu	33
Şekil 2.3. Poli(4-(2-bromoizobütiroilmetil)stiren)'in sentezi	34
Şekil 2.4. P(St-ko-4BIMS) makrobaşılatıcısının sentez reaksiyonu	34
Şekil 2.5. N-(3-hidroksipropil)asetamit'in sentez şeması	35
Şekil 2.6. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin sentezi'in sentez şeması	35
Şekil 2.7. 3-Asetamidopropil akrilat polimerinin sentez şeması.....	36
Şekil 2.8. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin aşılama reaksiyonu.....	37
Şekil 2.9. N-(4-Hidroksibütıl)asetamit (4HBA) sentez şeması.....	37
Şekil 2.10. 4-Asetamidobütıl akrilat monomerinin sentez şeması	37
Şekil 2.11. 4-Asetamidobütıl akrilat monomerinin aşı polimerizasyon şeması	38

Şekil 2.12. N-(5-Hidroksipentil)asetamit sentez şeması	38
Şekil 2.13. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin sentez şeması.....	38
Şekil 2.14. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu.....	39
Şekil 2.16. N-(6-Hidroksihekzil)asetamit (6HHAC) sentez şeması	39
Şekil 2.17. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin (6AHAM) sentez şeması.....	39
Şekil 2.18. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu	40
Şekil 2.19. N-(1-Hidroksi-3-fenilpropan-2-yl)asetamit (N1H3FA) sentez şeması	40
Şekil 2.20. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentez şeması	41
Şekil 2.21. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimeri	41
Şekil 2.22. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit (N3H1FA) sentez şeması.....	41
Şekil 2.23. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentez şeması	42
Şekil 2.24. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimeri sentez şeması	42
Şekil 3.1. 4-Vinil benzil alkol'ün FT-IR spektrumu.....	43
Şekil 3.2. 4-Vinil benzil alkol'ün ¹ H-NMR spektrumu(d-kloroform)	44
Şekil 3.3. 4-Vinil benzil alkol'ün ¹³ C-NMR spektrumu(d-kloroform)	45
Şekil 3.4. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in FT-IR spektrumu.....	46
Şekil 3.5. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ¹ H-NMR spektrumu(d-kloroform)	47
Şekil 3.6. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ¹³ C-APT NMR spektrumu(d-kloroform)	48
Şekil 3.7. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in FT-IR spektrumu	49
Şekil 3.8. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in ¹ H-NMR spektrumu(d-kloroform).....	50
Şekil 3.9. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in ¹³ C-APT NMR spektrumu(d-kloroform)....	51
Şekil 3.10. P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşılatıcısının FT-IR spektrumu	52
Şekil 3.11. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ¹ H-NMR spektrumu(d-kloroform)	53
Şekil 3.12. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ¹³ C-APT NMR spektrumu(d-kloroform)	53
Şekil 3.13. N-(3-Hidroksipropil asetamit)'in (3HPAC) FT-IR spektrumu	54
Şekil 3.14. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ¹ H-NMR spektrumu(d ₆ -DMSO).....	55
Şekil 3.15. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ¹³ C-NMR spektrumu(d ₆ -DMSO)	55
Şekil 3.16. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) FT-IR spektrumu	56
Şekil 3.17. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹ H-NMR spektrumu.....	57
Şekil 3.18. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹³ C-NMR spektrumu	58
Şekil 3.19. Poli (3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM)'in IR spektrumu	59
Şekil 3.20. Poli (3-Asetamidopropil akrilat)'in P(3APAM) ¹ H-NMR spektrumu	59
Şekil 3.21. Poli (3-Asetamidopropil akrilat)'in P(3APAM) ¹³ C-APT NMR spektrumu	60
Şekil 3.22. P(3APAMG)'nin FT-IR spektrumu	61

Şekil 3.23. P(3APAMG)’in ^1H -NMR spektrumu (d_6 -DMSO)	62
Şekil 3.24. P(3APAMG)’in ^{13}C -NMR spektrumu (d_6 -DMSO)	63
Şekil. 3.25. N-(4-hidroksi bütül asetamit) (4HBA)’ın FT-IR spektrumu	64
Şekil 3.26. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (4HBA)’ın ^1H -NMR spektrumu(d -kloroform)	65
Şekil 3.27. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (N4HBA)’ın ^{13}C -APT NMR spektrumu(d -kloroform) .	66
Şekil 3.28. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) FT-IR spektrumu.....	67
Şekil 3.29. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) ^1H -NMR spektrumu	68
Şekil 3.30. 4-asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) ^{13}C -APT NMR spektrumu	69
Şekil 3.31. 4-Asetamidobütül akrilat’ın aşı polimerinin FT-IR spektrumu	70
Şekil 3.32. 4-Asetamidobütül akrilat’ın aşı polimerinin ^1H -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)	71
Şekil 3.33. 4-Asetamidobütül akrilat’ın aşı polimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO) ...	72
Şekil. 3.34. N-(5-Hidroksiprop il asetamit) (5HPAC)’ın FT-IR spektrumu.....	73
Şekil 3.35. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)’ın ^1H -NMR spektrumu(d_6 -DMSO).....	74
Şekil 3.36. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)’ın ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO)	75
Şekil 3.37. 5 -Asetamido pentil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu	76
Şekil 3.38. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ^1H -NMR spektrumu(d -kloroform)	77
Şekil 3.39. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d -kloroform)	78
Şekil 3.40. 5-Asetamido pentil akrilat’ın aşı kopolimerinin FT-IR Spektrumu.....	79
Şekil 3.41. 5-Asetamido pentil akrilat’ın aşı kopolimerinin ^1H -NMR Spektrumu	80
Şekil 3.42. 5-Asetamido pentil akrilat’ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR-APT Spektrumu	81
Şekil 3.43. N-(6-Hidroksiheksil)asetamit’in’in FT-IR spektrumu	82
Şekil. 3.44. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)’in ^1H -NMR spektrumu spektrumu(d_6 -DMSO)	83
Şekil 3.45. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)’in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO).....	84
Şekil 3.46. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu.....	85
Şekil 3.47. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin ^1H -NMR spektrumu(d -kloroform)	86
Şekil 3.48. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d -kloroform)	87
Şekil 3.49. 6-Asetamidoheksil akrilat’ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu.....	88
Şekil 3.50. 6-Asetamidoheksil akrilat’ın aşı kopolimerinin ^1H -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)	88
Şekil 3.51. 6-Asetamidoheksil akrilat’ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)	89
Şekil 3.52. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit FT-IR spektrumu	90
Şekil 3.53. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit ^1H -NMR spektrumu.....	91
Şekil 3.54. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit’in ^{13}C -APT NMR spektrumu	92
Şekil 3.55. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu	93
Şekil 3.56. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^1H -NMR spektrumu(d -kloroform) ...	93

Şekil 3.57. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu.....	94
Şekil 3.58. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin FT-IR spektrumu.....	95
Şekil 3.59. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin ^1H -NMR spektrumu	96
Şekil 3.60. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu.....	97
Şekil 3.61. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in FT-IR spektrumu	98
Şekil 3.62. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^1H -NMR spektrumu (d-kloroform).....	99
Şekil 3.63. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)....	100
Şekil 3.64. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu	101
Şekil 3.65. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^1H -NMR spektrum	102
Şekil 3.66. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu.....	103
Şekil 3.67. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin FT-IR spektrumu.....	104
Şekil 3.68. P(3AFAMG)'nin ^1H -NMR spektrumu (d_6 -DMSO).....	105
Şekil 3.69. P(3AFAMG)'nin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO).....	106
Şekil 3.70. P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşılatıcısının DSC eğrisi	107
Şekil 3.71 P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşılatıcısının TGA eğrisi.....	108
Şekil 3.72. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in DSC eğrisi.....	109
Şekil 3.73 Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in TGA eğrisi	109
Şekil 3.74. Poli(4BIMS)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri.....	110
Şekil 3.75. P(4BIMS)'in %3-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	111
Şekil 3.76 P(4BIMS)'in %3-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği.....	111
Şekil 3.77. P(3APAM)'in DSC eğrisi	112
Şekil 3.78. P(3APAM)'in TGA eğrisi	112
Şekil 3.79. Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3APAM)'in karşılaştırmalı a) TGA eğrileri b) türev eğrileri.....	114
Şekil 3.80. (a). Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3AFAM)'in karşılaştırmalı DSC eğrileri: a-) pure P(AcAPA), b-) 3.0%, c-) 6.0%, d-) 12.0%, e-) 16.0% (b) kompozitteki EuCl_3 içeriği ile T_g deki değişim grafiği.	115
Şekil 3.81. P(3APAMG)'in DSC eğrisi	116
Şekil 3.82. P(3APAMG)'in aşırı polimerin TGA eğrisi.....	117
Şekil 3.83. P(3APAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	117
Şekil 3.84. P(3APAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	118
Şekil 3.85. P(3APAMG)'nin %2-80 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği....	119
Şekil 3.86. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri.....	119
Şekil 3.87. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri	120
Şekil 3.88. P(4HBAMG)'in aşırı polimerin DSC eğrisi.....	121

Şekil 3.89. P(4HBAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	121
Şekil 3.90. P(4HBAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	122
Şekil 3.91. P(4HBAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği ...	123
Şekil 3.93. P(4HBAMG)'nin garafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	123
Şekil 3.94. P(4HBAMG)'nin garafen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri	124
Şekil 3.95. P(5APAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	125
Şekil 3.96. P(5APAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	126
Şekil 3.97. P(5APAMG)'nin %2-70 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği....	126
Şekil 3.98. P(5APAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	127
Şekil 3.99. P(5APAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	127
Şekil 3.100. P(6AHAMG)'nin DSC eğrisi	128
Şekil 3.101. P(6AHAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	129
Şekil 3.102. P(6AHAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	130
Şekil 3.103. P(6AHAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği .	130
Şekil 3.104. P(6AHAMG)'nin kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	131
Şekil 3.105. P(6AHAMG)'nin kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	131
Şekil 3.106. P(6AHAMG)/2% nanogafen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	132
Şekil 3.107. P(6AHAMG)/ 2% nanogafen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki %5-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	133
Şekil 3.108. P(6AHAMG)/ 2% nanogafen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki %5-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği	133
Şekil 3.109. P(2AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	134
Şekil 3.110. P(2AFAMG)'nin %2-45 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	135
Şekil 3.111. P(2AFAMG)'nin %2-45 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği ..	135
Şekil 3.112. P(2AFAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	136
Şekil 3.113. P(2AFAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri	136
Şekil 3.114. P(3AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri	137
Şekil 3.115. P(3AFAMG)'nin %5-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri	138
Şekil 3.116. P(3AFAMG)'nin %5-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği ..	138
Şekil 3.117. P(3AFAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri	139
Şekil 3.118. P(3AFAMG)'nin nanogafen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri	139
Şekil 3.119. Hidrotermal sistem	140
Şekil 3.120. FY-7000 elektronik matlze karakterizasyon sistemi	140
Şekil 3.121. P(4BIMS)'in dielektrik sabitinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği	141

Şekil 3.122. P(4BIMS)'in dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği	141
Şekil 3.123. P(4BIMS)'in iletkenlik değerinin farklı sıcaklarda frekansla değişimi grafiği	142
Şekil 3.124. P(4BIMS)'in AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği	143
Şekil 3.125. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra dielektrik sabitinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği	143
Şekil 3.126. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği.....	144
Şekil 3.127. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra AC iletkenlik değerinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği	144
Şekil 3.128. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği ...	145
Şekil 3.129. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği.....	146
Şekil 3.130. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	146
Şekil 3.131. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin AC iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği	147
Şekil 3.132. P(4BIMS)/10% nanografen kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği	148
Şekil 3.133. P(4BIMS)/12% nanografen kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği.	148
Şekil 3.134. P(4BIMS)/14% nanografen kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği.	149
Şekil 3.135. P(3APAM)'in dielektrik sabitlerinin farklı sıcaklıklarda frekansla değişim grafiği	150
Şekil 3.136. P(3APAM)'in dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklıklardaki frekansla değişim grafiği .	150
Şekil 3.137. P(3APAM)'in farklı sıcaklıklardaki iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği.	151
Şekil 3.138. P(3APAM)/3% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği	152
Şekil 3.139. P(3APAM)/3% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği.....	152
Şekil 3.140. P(3APAM)/3% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği	153
Şekil 3.141. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği	154
Şekil 3.144. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği	154
Şekil 3.145. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki AC iletkenlikleri frekansla değişim grafiği.....	155

Şekil 3.146 %12 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği	156
Şeki 3.147. %12 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği	156
Şekil 3.148. %12 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliklerinin frekansla değişim grafiği	157
Şekil 3.149. %16 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği	158
Şekil 3.150. %16 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği	158
Şekil 3.151. %16 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliklerinin frekansla değişim grafiği	159
Şekil 3.152. P(3APAM) ve EuCl_3 kompozitlerinin dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği	160
Şekil 3.153. P(3APAM) ve EuCl_3 kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği	160
Şekil 3.154. P(3APAM) ve EuCl_3 kompozitlerinin AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği	161
Şekil 3.155. Farklı oranlarda grafit katkılı kompozitlerin dielektrik sabitinin frekansla değişimi	162
Şekil 3.156. Farklı oranlarda grafit katkılı kompozitlerin dielektrik kaybın frekansla değişimi .	162
Şekil 3.157. Farklı oranlarda grafit katkılı kompozitlerin ac iletkenlik değerlerin frekansla değişimi	163
Şekil 3.158. P(3APAM) / EuCl_3 16% /Grafit 4% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü.....	164
Şekil 3.159. P(3APAM) / EuCl_3 16% /Grafit 7% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü.....	164
Şekil 3.160. P(3APAM) / EuCl_3 16% /Grafit 10% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü	165
Şekil 3.161. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği ...	166
Şekil 3.162. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği..	166
Şekil 3.163. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği .	167
Şekil 3.164. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği .	168
Şekil 3.165. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği ...	168
Şekil 3.166. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği .	169
Şekil 3.167. P(3APAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	169
Şekil 3.168. P(3APAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	170
Şekil 3.169. P(3APAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda iletkenliğin frekansla değişim grafiği.....	170

Şekil 3.170. P(3APAMG)/2wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği	171
Şekil 3.171. P(3APAMG)/4wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği	172
Şekil 3.172. P(3APAMG)/6wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği	172
Şekil 3.173. P(4ABAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği	173
Şekil 3.174. P(4HBAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği ..	174
Şekil 3.175. P(4HBAMG)'ın farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	174
Şekil 3.176. P(4HBAMG)'ın 1 kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği ..	175
Şekil 3.177. P(4HBAMG)'ın 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği	176
Şekil 3.178. P(4HBAMG)'ın 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği ..	176
Şekil 3.179. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	177
Şekil 3.180. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	177
Şekil 3.181. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	178
Şekil 3.182. P(4HBAMG)/2wt% nanografen kompozitlerinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	179
Şekil 3.183. P(4HBAMG)/4wt% nanografen kompozitlerinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	179
Şekil 3.184. P(4HBAMG)/6wt% nanografen kompozitlerinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği	180
Şekil 3.185. P(5APAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	181
Şekil 3.186. P(5APAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği.	181
Şekil 3.187. P(5APAMG)'nin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	182
Şekil 3.188. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği ..	183
Şekil 3.189. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği ..	183
Şekil 3.190. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği.	184
Şekil 3.191. P(5APAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	184
Şekil 3.192. P(5APAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	185
Şekil 3.193. P(5APAMG)ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	185

Şekil 3.194. P(5APAMG)/2wt% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	186
Şekil 3.195. P(5APAMG)/4wt% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	187
Şekil 3.196. P(5APAMG)/6wt% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	187
Şekil 3.197. P(6AHAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği .	188
Şekil 3.198. P(6AHAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği..	189
Şekil 3.199. P(6AHAMG)'ın farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	189
Şekil 3.200. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği .	190
Şekil 3.201. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği..	191
Şekil 3.202. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği	191
Şekil 3.203. P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	192
Şekil 3.204. P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	192
Şekil 3.205. P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	193
Şekil 3.206. P(6AHAMG)/2wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği ...	194
Şekil 3.207. P(6AHAMG)/4wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği	194
Şekil 3.208. P(6AHAMG)/6wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği	195
Şekil 3.209. P(2AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	196
Şekil 3.210. P(2AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	196
Şekil 3.211. P(2AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	197
Şekil 3.212. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği .	198
Şekil 3.213. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği ..	198
Şekil 3.214. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği.	199
Şekil 3.215. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	199
Şekil 3.216. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	200

Şekil 3.217. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	200
Şekil 3.218. P(2AFAMG)/2% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği .	201
Şekil 3.219. P(2AFAMG)/4% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği .	202
Şekil 3.220. P(2AFAMG)/6% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği .	202
Şekil 3.221. P(3AFAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği .	203
Şekil 3.222. P(3AFAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği .	204
Şekil 3.223. P(3AFAMG)'ın farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği	204
Şekil 3.224. P(3AFAMG)'nin dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği	205
Şekil 3.225. P(3AFAMG)'nin dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği	206
Şekil 3.226. P(3AFAMG)'nin 1 kHz frekans'ta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği.....	206
Şekil 3.227. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği	207
Şekil 3.228. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği	207
Şekil 3.229. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin AC iletkenliğinin frekansla değişim grafiği	208
Şekil 3. 230. P(3AFAMG)/2% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği ..	209
Şekil 3. 231. P(3AFAMG)/4% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği ..	209
Şekil 3. 232. P(3AFAMG)/6% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği ..	210
Şekil 3.233. Dinamik mekanik analiz cihazı (DMA)	211
Şekil 3.234. P(3APAMG)'nin 1saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri	212
Şekil 3.235. P(3APAMG) aşırı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri	212
Şekil 3.236. P(3APAMG) aşırı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri	213
Şekil 3.237. P(4ABAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri	213
Şekil 3.238. P(4ABAMG)'nin 1saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri.....	213
Şekil 3.239. P(4ABAMG)'nin aşırı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri	214
Şekil 3.240. P(4AHBAM) aşırı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri	214
Şekil 3.241. P(5APAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri	214
Şekil 3.242. P(5APAMG)'nin 24 saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri	215

Şekil 3.243. P(5APAMG) aşısı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri	215
Şekil 3.244. P(5APAMG) aşısı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri	216
Şekil 3.245. P(6AHAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri	216
Şekil 3.246. P P(6AHAMG)'nin 24 saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri	216
Şekil 3.247. P(3APAMG) aşısı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri	217
Şekil 3.248. P(6AHAMG) aşısı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri	217
Şekil 3.249. Ultrasonik homojenizör cihazı	218
Şekil 3.250. p-tipi silisyum wafer diskler	218
Şekil 3.251. Alüminyum kontaklı p-tipi silisyum wafer ve polimer filmi kaplandıktan sonra alimunyum buharlaştırılarak üst kontağı yapılarak ölçüme hazır numuneler	219
Şekil 3.252. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	219
Şekil 3.253. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj grafiği	220
Şekil 3.254. P(3APAMG)/6% nanografen katkılı diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği	220
Şekil 3.255. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	221
Şekil 3.256. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki iletkenlik-voltaj grafiği	221
Şekil 3.257. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	222
Şekil 3.258. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	222
Şekil 3.259. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği	223
Şekil 3.260. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	223
Şekil 3.261. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki iletkenlik-voltaj grafiği	224
Şekil 3.262. Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	224
Şekil 3.263. Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	225
Şekil 3.264. Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği	225

Şekil 3.265. Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	226
Şekil 3.266. Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği	226
Şekil 3.267. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj	227
Şekil 3.268. P(6AHAMG)/6% nanografen katkılı diyotun oda sıcaklığı ve karanlıkta ln akım-voltaj grafiği	227
Şekil 3.269. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği.....	228
Şekil 3.270. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	228
Şekil 3.271. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği ...	229
Şekil 3.272. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj grafiği.....	229
Şekil 3.273. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj grafiği.....	230
Şekil 3.274. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği.....	230
Şekil 3.275. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	231
Şekil 3.276. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği	231
Şekil 3.277. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj grafiği.....	232
Şekil 3.278. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj grafiği.....	232
Şekil 3.279. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği.....	233
Şekil 3.280. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği	233
Şekil 3.281. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği	234
Şekil 4.1. P(3APAM) ve Eu^{3+} arasında kompleks oluşumu	242
Şekil 4.2. (a) Farklı oranlarda EuCl_3 içeren P(3APAM/ EuCl_3) kompozitlerinin FT-IR spektrumları a)saf P(3APAM), b) 3.0%, c) 6.0%, d) 12.0%, e-) 16.0%.....	242
Şekil 4.3. P(6AHAMG) için hidrojen bağı etkisi ile iyileşmesinin şematik gösterimi	259

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Farklı Moleküler Kuvvetlerin Bağ Enerjisi ve Bağ Gücü	7
Tablo 3.1. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) FT-IR spektrumu değerlendirmesi.....	43
Tablo 3.2. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	44
Tablo 3.3. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	45
Tablo 3.4. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in FT-IR spektrumu değerlendirmesi.....	46
Tablo 3.5. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	47
Tablo 3.6. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi.....	48
Tablo 3.7. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in FT -IR spektrumu değerlendirmesi	49
Tablo 3.8. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	50
Tablo 3.9. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	51
Tablo 3.10. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin FT-IR spektrumu değerlendirmesi.....	52
Tablo 3.11. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	53
Tablo 3.12. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi.....	54
Tablo 3.13. N-(3-hidroksipropil asetamit)'in (3HPAC) FT-IR spektrumu değerlendirmesi	54
Tablo 3.14. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	55
Tablo 3.15. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	56
Tablo 3.16. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	56
Tablo 3.17. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	57
Tablo 3.18. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	58
Tablo 3.19. Poli(3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM)'in IR spektrumu değerlendirmesi.....	59
Tablo 3.20. Poli(3-Asetamidopropil akrilat)'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	60
Tablo 3.21. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	60
Tablo 3.22. P(3APAMG)'nin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	61
Tablo 3.23. P(3APAMG)'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	62
Tablo 3.24. P(3APAMG)'in ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	63
Tablo 3.25. N-(4-Hidroksi bütıl asetamit) (4HBA)'in FT-IR spektrumu değerlendirmesi.....	64
Tablo 3.26. -(4-Hidroksi bütıl asetamit) (4HBA)'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	65
Tablo 3.27. N-(4-Hidroksi bütıl asetamit)'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	66
Tablo 3.28. 4-Asetamidobütıl akrilat monomerinin (4ABAM) FT-IR spektrumu değerlendirmesi	67
Tablo 3.29. 4-Asetamidobütıl akrilat monomerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	68
Tablo 3.30. 4-Asetamidobütıl akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi..	69

Tablo 3.31. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	70
Tablo 3.32. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	71
Tablo 3.33. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	72
Tablo 3.34. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)'ın FT-IR spektrumu değerlendirmesi	73
Tablo 3.35. N-(5-Hidroksipropil asetamit)'in (5HPAC) ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi ..	74
Tablo 3.36. N-(5-Hidroksipropil asetamit)'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	75
Tablo 3.37. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	76
Tablo 3.38. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	77
Tablo 3.39. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	78
Tablo 3.40. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin IR spektrumu değerlendirmesi.....	79
Tablo 3.41. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi ..	80
Tablo 3.42. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi .	81
Tablo 3.43. N-(6-Hidroksiheksil)asetamit'in'ın FT-IR spektrumu değerlendirmesi	82
Tablo 3.44. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	83
Tablo 3.45. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	84
Tablo 3.46. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi.....	85
Tablo 3.47. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	86
Tablo 3.48. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	87
Tablo 3.49. 6-Asetamidoheksil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrum değerlendirmesi	88
Tablo 3.50. 6-Asetamidoheksil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi ..	89
Tablo 3.51. 6-Asetamidoheksil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹³ C-NMR spektrumu değerlendirmesi .	89
Tablo 3.52. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit IR spektrumu değerlendirmesi.....	90
Tablo 3.53. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi.....	91
Tablo 3.54. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit'in ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	92
Tablo 3.55. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu değerlendirmesi	93
Tablo 3.56. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi..	94
Tablo 3.57. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	95
Tablo 3.58. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	96

Tablo 3.59. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	96
Tablo 3.60. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	97
Tablo 3.61. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in FT-IR spektrumu değerlendirmesi	98
Tablo 3.62. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	99
Tablo 3.63. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ¹³ C-APT NMR Spektrumu değerlendirmesi.....	100
Tablo 3.64. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu değerlendirmesi	101
Tablo 3.65. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹ H-NMR Spektrumu değerlendirmesi .	102
Tablo 3.66. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	103
Tablo 3.67. P(3AFAMG)'nin FT-IR spektrumu değerlendirmesi	104
Tablo 3.68. P(3AFAMG)'nin ¹ H-NMR spektrumu değerlendirmesi	105
Tablo 3.69. P(3AFAMG)'nin ¹³ C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi	106
Tablo 3.70. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin DSC ve TGA verileri	108
Tablo 3.72. P(3APAM)'in DSC ve TGA verileri	113
Tablo 3.73. Farklı oranlarda EuCl ₃ ile doplanan P(3APAM) kompozitlerinin TGA sonuçları ...	115
Tablo 3.74. Farklı oranlarda EuCl ₃ ile doplanan P(3APAM) kompozitlerinin T _g sonuçları.....	116
Tablo 3.75. P(3APAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	118
Tablo 3.76. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri.....	120
Tablo 3.77. P(4HBAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları.....	122
Tablo 3.78. P(4HBAMG)'nin farklı oranlarda nanografen içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri	124
Tablo 3.79. P(5APAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	125
Tablo 3.80. P(5APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri.....	128
Tablo 3.81. P(6AHAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	129
Tablo 3.82. P(6AHAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri	132
Tablo 3.83. P(6AHAMG)/2% nanografen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	132
Tablo 3.84. P(2AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	134
Tablo 3.85. P(2AFAMG)'nin farklı oranlarda nanografen içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri	136
Tablo 3.86. P(3AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları	137
Tablo 3.87. P(3AFAMG)'nin farklı oranlarda nanografen içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri	139

Tablo 3.88. P(4BIMS)'in farklı sıcaklıklardaki 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri	142
Tablo 3.89. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra kalan artığın farklı sıcaklıklardaki 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri.....	145
Tablo 3.90. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin oda sıcaklığı ve 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri	147
Tablo 3.91 P(4BIMS)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri.....	149
Tablo 3.92 P(3APAM) 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	151
Tablo 3.93. P(3APAM)/3% EuCl_3 kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	153
Tablo 3.94. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	155
Tablo 3.95. P(3APAM)/12% EuCl_3 kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	157
Tablo 3.96. P(3APAM)/16% EuCl_3 kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	159
Tablo 3.97. Grafit katkılı kompozitlerin 1kHz deki Dielektrik özellikleri	163
Tablo 3.98. Grafit katkılı P(3APAM) / EuCl_3 16%/Grafit x% kompozitlerin farklı sıcaklıklardaki DC iletkenlik değerleri	165
Tablo 3.99. P(3APAM) / EuCl_3 16% için grafit katkılı kompozitlerin 1/T - $\ln \sigma_{dc}$ grafiklerinden elde edilen aktivasyon enerjileri	165
Tablo 3.100. P(3APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	167
Tablo 3.101. Farklı oranlarda nanografen katkılı P(3APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri	171
Table 3.102. P(3APAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri	173
Tablo 3.103 P(4HBAMG) aşırı kopolimerin 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	175
Tablo 3.103. Farklı oranlarda nanografen katkılı P(4HBAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri	178
Tablo 3.104. P(4HBAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri	180
Tablo 3.105. P(5APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	182
Tablo 3.106. Farklı oranlarda nanografen katkılı P(5APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri	186
Table 3.107. P(5APAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri	188
Tablo 3.107. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri	190

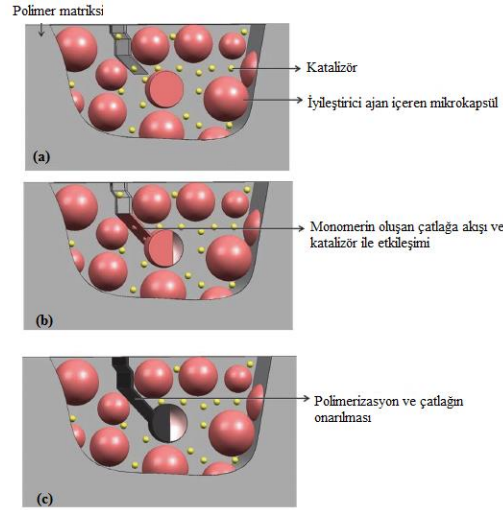
Tablo 3.108. P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri.....	193
Tablo 3.109. P(6AHAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-lnσ _{dc} grafiklerinin değerlendirmesi ..	195
Tablo 3.110. P(2AFAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri.....	197
Tablo 3.111. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin 25 °C de 1 kHz deki dielektrik özellikleri.....	201
Tablo 3.112. P(2AFAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-lnσ _{dc} grafiklerinin değerlendirmesi ...	203
Tablo 3.113. P(3AFAMG)'ın 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri ..	205
Tablo 3.114. P(3AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin 25 °C de 1 kHz deki dielektrik özellikleri.....	208
Tablo 3.115. P(3AFAMG)/6% nanografen kompozitlerinin 1/T-lnσ _{dc} grafiklerinin değerlendirmesi	210
Tablo 3.116. Aşırı kopolimerlerin iyileşme yüzdeleri	217
Tablo 4.1 P(3APAM) ve EuCl ₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta 298 K'deki dielektrik özellikleri	249
Tablo 4.1. Al/P(3APAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	252
Tablo 4.2. Al/P(4ABAMG)/6% grafen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	253
Tablo 4.3. Al/P(5APAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	254
Tablo 4.4. Al/P(6AHAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	255
Tablo 4.5. Al/P(2AFAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	256
Tablo 4.6. Al/P(3AFAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler	257

KISALTMALAR

FT-IR	: Fourier Transform Infrared
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetri
THF	: Tetrahidrofur
DMF	: N,N-Dimetilformamid
DMA	: Dinamik-mekanik analiz
GPC	: Jel Geçirgenlik Kromatografisi
TGA	: Termogravimetrik Analiz
eV	: Elektronvolt
PMMA	: Poli(metilmetakrilat)
AIBN	: Azobis izobütüronitril
CRP	: Kontrollü Radikalik Polimerizasyonu
SRP	: Serbest Radikalik Polimerizasyonu
ATRP	: Atom Transfer Radikal Polimerizasyonu
K-T	: Kelen-Tüdös
F-R	: Fineman-Ross
TEABr	: Tetra etil amonyum bromür
3APAM	: 3-asetamidopropil akrilat monomeri
4ABAM	: 4-asetamidobütil akrilat monomeri
5APAM	: 5-asetamidopentil akrilat monomeri
6AHAM	: 6-asetamidohekzil akrilat monomeri
2AFAM	: 2-asetamido-3-fenilpropil akrilat monomeri
3AFAM	: 3-asetamido-3-fenilpropil akrilat monomeri
4BIMS	: 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren
P(St -<i>ko</i>-4BIMS)	: Poli(stiren- <i>ko</i> -4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)

1. GİRİŞ

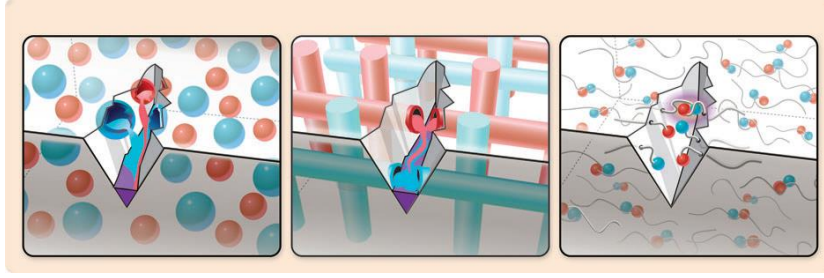
Polimerler ve kompozitler taşıma araçları, spor malzemeleri, inşaat mühendisliği ve elektronik gibi çeşitli uygulama alanlarında kullanılmaktadır. Fakat bu malzemeler mekanik, kimyasal, termal, UV ışığına veya bu faktörlerin birkaçının neden olduğu zarara karşı hassas davranış gösterirler [1]. Bu hassasiyet yapının iç kısımlarında ya da yüzeyinde müdahale edilmesi zor veya imkânsız mikro çatlaklar oluşmasına neden olabilir. Polimer matrisinde oluşan bu mikro çatlaklar kompozitin özelliklerini etkileyebilir [2]. Bu nedenle polimerik materyaller için kendi kendini tamir edebilme düşüncesi geliştirilmiştir. Bu bağlamda kendi kendini iyileştiren polimerik malzeme kavramı mikro çatlakların iyileşmesi anlamında polimerik bileşenlerin kullanım ömrünü ve güvenilirliğini arttırmak için 1980’lerde öneriler yapılmıştır [3]. Daha sonra 1993 yılında Dry ve Sottos, 2001 yılında White ve arkadaşlarının çalışmaları bu malzemelerin dünya literatüründe ilgi görmesi adına ilham kaynağı olmuştur. İlgi çekici özellikleri sayesinde ABD Hava Kuvvetleri (USA AF) ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA)’nın kendi kendini onaran polimerler ile ilgili önemli yatırımlar yapmışlardır [4,5]. Son zamanlarda self-healing (kendi kendini tamir edebilme) polimerik materyallerle ilgili araştırmalar heyecan verici bir alan haline gelmiştir. Kendi kendini tamir edebilen polimer gelişimine, içi boş fiber ve mikrokapsülasyonlarda hem akademik hem de ticari araştırmaların ilgisinden öte self healing teknolojisindeki yeni yaklaşımlar önemli gelişmelere yol açmıştır. Son beş yılın üzerinde bu alandaki araştırmalar yeni polimerler, polimer blendler, polimer kompozitler ve akıllı materyallerin üretilmesine yol açmıştır. Kavramsal olarak kendi kendini onaran polimerik malzemeler hasar sonrası geri dönüşüm yapabilecek yeteneğe sahiptir. Bu tür geri dönüşüm kendiliğinden de oluşabilir ya da sıcaklık, basınç ve radyasyon uygulamasına da bağlı olabilir. Bu nedenle, bu malzemelerin yüksek maliyet ve dışarıdan müdahale olmadan beklenen güvenilirliği ve dayanıklılığı sağlaması beklenmektedir. Akıllı malzemelerin gelişimi biyolojik sistemlerin taklit edilmesinde ilham kaynağı olarak kullanılmıştır. Bunun bir örneği Dry ve Sottos tarafından önerilen orijinal self-healing kompozitlerde; a) İleri kompozitlerin tamiri: Kaynak yapma, yamalama ve sertleştirici yeni resin kullanımıdır, b) Termoplastik materyallerin kendi kendini tamir edebilmesi: Moleküler difüzyonu, foto-kaynaklı onarma, zincir uçlarının birleştirilmesi ve tersinir bağ oluşum yoluyla kendi kendini tamir edebilme şeklindedir [6].



Şekil 1.1. Mikrokapsüller aracılığı ile kendiliğinden iyileşme basamakları

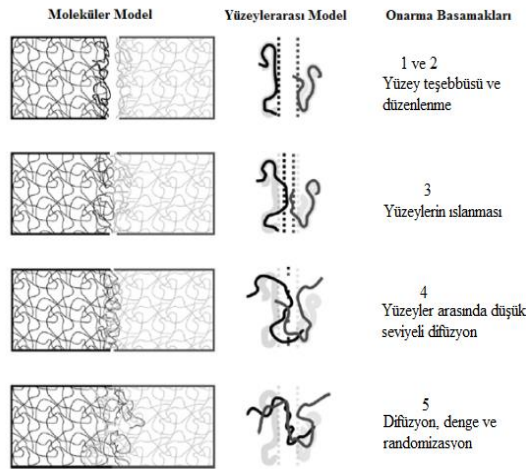
Şekil 1.1’de mikrokapsüller aracılığı ile kendiliğinden iyileşme basamakları gösterilmiştir. a) Çatlakların oluşması ile birlikte mikrokapsüller kırılır b) Mikrokapsüller içinde saklanan iyileştirici ajanlar çatlakları doldurur c) İyileştirici ajanlar gömülü katalizör ile temas ettiğinde polimerizasyon gerçekleşir ve polimer çatlakları kapatır, hasarı iyileştirir.

Self healing (kendi kendini tamir edebilme) materyaller genel olarak; kapsül bazlı, damarsal ve içsel olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Her yaklaşımın tamir edebilme (healing) mekanizması farklıdır. Kapsül bazlı sistemlerde, iyileştiri ajan bir kapsülün içine hapsolmuştur. Bir hasar sonucu malzeme zarar gördüğünde, kapsül içinde bulunan madde hasarın gerçekleştiği alanda açığa çıkar ve katalizör ile etkileşip reaksiyona girerek o bölgenin eski haline dönmesini sağlar. Damarsal self healing sistemlerinde onarım katkısı kanal ya da kılcal gibi ağlarda bulunur. Malzeme herhangi bir hasara uğratıldığı sırada damar içinde bulunan kimyasallar açığa çıkar ve reaksiyon sonucu hasarlı bölge ilk halini alır. Ancak bu olayda malzemede kılcallar sayesinde tutulan iyileştiricilerin bir kullanımlık olmalarından dolayı ileriki hasar durumlarında yetersiz kalması malzeme için bir eksiklik olarak görülmektedir. İçsel self healing sistemlerde ise malzeme herhangi bir iyileştirici katkısına sahip değildir. Ancak malzeme herhangi bir hasara uğradığında onarma olayını başlatabilecek bir fonksiyonel gruba sahip olması gerekmektedir. Buna zincir hareketliliği, tersinir polimerizasyonlar, hidrojen bağları ya da iyonik etkileşimler örnek olarak verilebilir. İdeal self healing malzemeler polimerik bileşenlerin ömrü boyunca sürekli olarak hasarı algılama ve onarma yeteneğine sahiptir ve başlangıçtaki malzemenin performansını gösterecek şekilde geri dönüşüm sağlamaktadır.



Şekil 1.2. Kendiliğinden iyileşme yaklaşımları (a) kapsül bazlı, (b) damarsal ve (c) içsel yöntemler.

Burada hedeflenen maliyetleri ve bakımı azaltmak, malzemeleri daha uzun ömürlü ve dayanıklı hale getirmektir. Kendi kendini iyileştiren polimerik malzemelerin gelişimi, yapısal ve kritik parçaların imalatı bu malzemelerin kullanım alanlarını genişletmek için büyük fırsatlar oluşturmaktadır [7,8]. Jud ve Kausch, poli(metil metakrilat) (PMMA) ve PMMA-PMEA [(poli(metoksi) etil akrilat)] kopolimerlerinin çatlak onarma davranışı üzerine kopolimerizasyon derecesi ve molekül ağırlığının etkisini araştırmışlardır [9]. Kopolimerlerin kesilen yüzeyleri belirli sürelerde bir araya getirilerek örnekler ısıtma ve sıkıştırma ile test edilmiş sonuçta kendini onarma kabiliyetinin olduğu kaydedilmiştir. Gennes [10] ve daha sonra Doi ve Edwards [11] ve diğer birçok bilim insanı [12,14.] tarafından geliştirilen zincir dinamiği modeli gibi termoplastiklerde çatlak onarım olayını açıklamak için çeşitli modeller önerilmiştir. Özellikle Wool ve O'Connor yüzey yenilenmesi, yüzey teması, ıslatma, difüzyon açısından çatlak onarma prosesini açıklamak için Şekil 1.3'deki gibi beş aşamalı bir model önermişlerdir. Wool ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmalarda bazı materyallerin Tg'de ya da Tg'si üzerindeki sıcaklıklarda termosplastiklerde çatlak onarma olayı çok etkin şekilde olduğunu doğrulamışlardır [14,15].



Şekil 1.3. Moleküler difüzyon yöntemine göre kendi kendini tamir etme mekanizmaları

1.1. Polimerik malzemelerin geleneksel onarım yöntemleri

1.1.1. Kaynak

Kaynak, polimer kompozitindeki çatlak yüzeylerinin birleşmesine olanak sağlar. Bu olay temas eden iki polimer yüzeyi arasındaki zincir karışıklığına dayanır [16] ve hasarlı bölgenin özgün fiziksel özellikleri yeniden tasarlanabilir [17]. Kaynak işlemi sırasında iki polimer yüzeyi arasında yüzey düzenlenmesi, yüzey yaklaşımı, ıslanma ve difüzyon da dahil olmak üzere bir dizi geçiş olur [18]. Bu işlemler tamamlandıktan ve polimer zincirleri birbirine dolandıktan sonra iki yüzey birbirine kaynaşır ve onarım tamamlanır. Kaynak sıcaklığı, yüzey pürüzlülüğü, yüzeyler arasındaki kimyasal bağ ve çözücü varlığı gibi faktörler doğrudan onarım hızını ve derecesini etkiler [19,20]. Kaynak termoplastik malzemelerde yoğun olarak kullanılsa da termoset üzerinde uygulaması Chen ve arkadaşları tarafından araştırılmıştır [21].

1.1.2. Yama

Yama onarım yöntemi, hasarlı bölgenin yeni bir malzeme ile kaplanması veya değiştirilmesi ile kaynak yönteminden farklılık gösterir. Bu yeni malzeme hasarlı bölgeye mekanik dayanıklılık sağlamak için mekanik olarak tutturulabilir veya yapıştırılabilir. Yama ile onarım işlemi yüzey yapıştırıcıların doğrudan bağlanmasıyla gerçekleşebilir [22]. Bu işlem ya hasarlı malzemenin ortadan kaldırılmasının ardından yüzey yapıştırıcısının bağlanmasıyla ya da hasarlı malzemenin ortadan kaldırılmasının ardından katkı malzemesinin ve yüzey yapıştırıcısının eklenmesi şeklindedir. Tamir sonucu iyileşme derecesi, yama ile orijinal malzeme arasındaki yüzey, takviye edici liflerin varlığı ve yama kalınlığı gibi faktörlere bağlıdır [23].

1.1.3. *In-Situ*

Polimer ve polimer kompozitlerin tamir edilmesi için bir üçüncü metot bir reçine içerisine kür edilme işlemidir. Bu teknik mekanik gücü arttırmak için yeni bir malzemenin kullanılması yönü ile yama yöntemine benzerlik gösterir. Aslında bazı yama teknikleri orijinal polimere sertleştirilmemiş reçinenin doğrudan eklenmesini içerir. Sertleştirilmemiş reçine hasarlı bileşen içine yayılır ve yapıştırıcı yüzeyi derinleştirir [24]. Fakat bu onarım mekanizması ile ilgili yayınlanmış yayın sayısı diğerlerine nispeten daha azdır.

1.1.4. Termoplastiklerin tamiri

Termoplastik elastomerler (TPE), elastomerlerin fiziksel özelliklerini termoplastik davranış veya işlenebilirlik ile birleştiren ilginç ve önemli bir polimerik malzeme sınıfıdır [25]. 1960'lı yıllardaki keşfinden bu yana, hem akademik hem de endüstriyel araştırma gruplarının sayısız araştırmasıyla sonuçlanan ve çok çeşitli yeni ürünlerin ve bunların ticarileştirilmesinin hızla gelişmesine yol açan sentez, karakterizasyon ve yapı-özellik davranışlarında yaygın bir ilgi vardır. Elastomerler, kuvvetin uygulandığında gerdirme ve geri çekilme kabiliyetine sahip uzun zincirlerden oluşur [26]. Gerilim altında gerilmiş, yönelimli durumdan, salınımlı yüksek derecede kıvrımlı bir duruma dönüşmenin sebebi, yüksek derecede düzensizliktir (entropi güdümlü süreç). Elastomerler kovalent bağlarla hafifçe çapraz bağlandığından, bu kimyasal bağlantılar makromoleküllerin birbirine geçmesini engeller ve bu nedenle kalıcı uzamaları önlerler [27]. Elastomerlerde çapraz bağlanma, genellikle vulkanizasyon veya kürleme olarak adlandırılan geri dönüşü olmayan bir ısıtma işlemiyle elde edilir. Vulkanizasyon, kauçukların katalizörler veya hızlandırıcılar ve vulkanize edici maddeler gibi çeşitli kimyasal bileşenlerle birleştirilmesiyle elde edilir. Vulkanize kauçuklar yüksek gerilme mukavemeti, mükemmel uzama ve ısıya ve çözücülere karşı direnç gösterir [28]. TPE'ler, çapraz bağlı elastomerlerinkine benzer termal ve mekanik özellikler gösterirler, ancak ısı uygulamasıyla işlenebilirler. Ayrıca, vulkanize edilmiş kauçukların aksine, TPE'ler de organik çözücüler içinde çözünür. Elastomerlerde kovalent çapraz bağların yerine, genellikle iki farklı polimerik gruba dayanan TPE'ler, hidrojen bağlanması, iyonik etkileşimler veya kristalleşme gibi çeşitli olgulara dayanan fiziksel çapraz bağlar sergilerler. TPE'lerin benzersiz özellikleri önemli ölçüde molekülün tasarlanmasına bağlıdır. Çoğu TPE, uyumsuz sert ve yumuşak bölgelerden oluşan çok fazlı yapıya sahiptir [29]. Bu bölgeler, aşırı veya blok polimerizasyonu ile kovalent olarak bağlanır. TPE'ler çeşitli yaklaşımlarla hazırlanabilir;

Bir fazın yüksek camsı geçiş sıcaklığına ($> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) sert ve amorf bir malzemedan diğer fazın ise yumuşak bir kauçuk malzemedan oluştuğu çok fazlı sistemler, Sert ve yumuşak bölümlerden oluşan sistemlerde, sert bölümlerin ya oda sıcaklığının çok üzerinde bir erime noktasına sahip kristaller ya da kendi aralarında güçlü bir hidrojen bağı oluşturan yapılar,

Elastomerik bir matriste, bir polimer blendinde veya yıldız polimerlerinde küme oluşturabilen iyonik grupların dahil edilmesi.

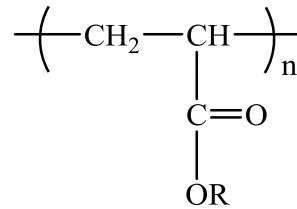
Termoplastiklerin iyileşmesi için kullanılan metodlar;

-Erime ile bağlanma, kızılötesi ile kaynak, dielektrik ve mikrodalga ile kaynak, titreşim ile kaynak, indüklenme ile kaynak,
-yapıştırma ve perçinleme gibi mekanik tespit

Erime ve yapıştırma ile bağlanma teknikleri temel olarak kaynak ve yama yöntemlerinin aynısıdır. Gelişmiş kompozit ve termoplastiklerin tamiri için geleneksel yöntemler pahalıdır, uzun sürelidir, ispat edilmesi için güvenilir teknikler ve iş gücü gerektirir. Bu teknikler malzemenin iç kısmına ve gözle görünmeyen mikroçatlakların onarımından çok malzemenin dış yüzeyinde ve erişilebilir bölgelerine uygulanabilir. Kendi kendini onaran polimerik malzemelerin geliştirilmesi bu teknolojik boşluğu doldurmak için oldukça önemlidir.

1.1.4.1. Akrilat bazlı TPE'ler

Akrilat bazlı veya akrilik TPE'ler, Şekil 1.4'de gösterildiği gibi, ester yan gruplarına sahip bir hidrokarbon omurgasına sahip olan bir vinil polimerler grubuna aittir. Akrilik elastomerlerin hazırlanmasında kullanılan önemli monomerler etil, n-bütül, 2-metoksietil ve 2-etoksietil akrilatlardır. Ana zincir termal ve oksidatif kararlılık sağlarken, ester grubu malzemeye polarlanabilirlik katar[30]. R grubu H atomu olabileceği gibi alki zinciri veya elektronegatif atoma atomlara sahip alkil grubu olabilir bu grup polimerin performansı üzerinde önemli etkisi vardır.



Şekil 1.4. Akrilik polimerin yapısı

Poli (n-alkil akrilatlar), R bileşenleri olarak uzun alkil zincirlerine sahiptir. Yan zincirin yapısına ve uzunluğuna bağlı olarak, polimerin düşük sıcaklık esnekliği, polarite ve çözünürlük parametresi (δ) gibi özellikler değiştirilebilir. En az bir bileşenin akrilik bir monomere dayanan stirenik elastomerlere (A-B-A) tipi triblok kopolimerleri benzer şekilde çalışılmıştır [31]. PS-PBd-PS'deki PS sert blokları, poli (metil metakrilat) (PMMA) olan daha yüksek bir Tg polimeri ile değiştirilir, dolayısıyla makromolekül için daha yüksek bir camı geçiş sıcaklığı elde edilebilir. Bu tip triblock kopolimerlerinin diğer örnekleri, poli (MMA-Butadien-MMA) ve poli (MMA-tBA-MMA) olup, tBA, tert-butül akrilat vb. Bu kopolimerler genellikle atom transfer radikal polimerizasyonu (ATRP) ile sentezlenir[32].

1.1.4.2. Kendiğinden iyileşebilen termoplastik malzemeler

1.1.4.2.1. Moleküller arası difüzyon

Polimerler, küçük tekrar birimlerinin kimyasal bağlarla birleştirildiği makromoleküllerdir. "Makromolekül" terimi ilk olarak 1922 yılında Staudinger tarafından yapılmıştır [33]. Uzun zincirleri oluşturmak için ve makromolekül'ün özelliklerini etkileyen çok sayıda tekrar eden birimin birbirine kovalent bağlar ile bağlandığını açıkladı. Daha sonra, polimerlerin özelliklerinin sadece tek tek atomlar arasındaki kovalent bağlarla değil, aynı zamanda molekül içi ve moleküller arası etkileşimlerle de belirlendiği anlaşılmıştır. Moleküller arası kuvvetler, elektrostatik veya iyonik çekim, hidrojen bağı, dipol-dipol ve van der Waals etkileşimleridir. Bu kovalent olmayan etkileşimler zayıf ve geri dönüşümlüdür, fakat moleküler yapıyı etkileyecek kadar güçlü olabilir [34]. Farklı moleküller arası kuvvetlerin bağ enerjisi ve bağıl kuvvetleri Tablo 1.1'de verilmiştir.

Tablo 1.1. Farklı Moleküler Kuvvetlerin Bağ Enerjisi ve Bağıl Gücü [35]

Etkileşim türü	Bağ enerjisi (kJ/mol)	Bağıl gücü
İyonik çekim	850-1700	1000
Hidrojen bağı	15-170	100
Dipol-dipol etkileşim	2-8	10
Van der Waals etkileşimi	1	1

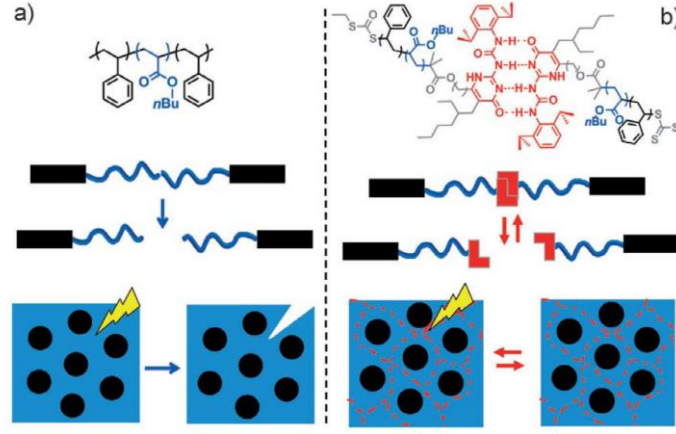
TPE'lerde gözlenen kendini iyileştirici olguları anlamak için, iyileşme davranışından sorumlu olan hidrojen bağı gibi olumlu ikincil etkileşimlerin doğası incelenmelidir.

Moleküller arası difüzyon yoluyla termoplastik polimerlerin iyileşmesi 1980 lerde kapsamlı biçimde araştırılmıştır. İncelenen polimerler amorf, yarı-kristal, blok kopolimer ve güçlendirilmiş fiber kompozitlerdir. Aynı polimerin iki parçası camsı geçişinin üzerindeki sıcaklıklarda (T_g) bir araya getirilmesiyle, ara yüzeydeki moleküler difüzyon sayesinde çatlak iyileşir ve ara yüzey yavaş yavaş kaybolur böylece polimer-polimer yüzeyi arasındaki mekanik dayanım da artar. İyileşme süreci atmosfer basıncında veya vakum altında incelenir, iyileşme süresi dakikalardan yıllara kadar değişen aralıklarda olmuştur ve iyileşme sıcaklığı olarak da -50 ile +100 °C arasında değişen camsı geçiş sıcaklığı üzerindeki değerlerdir.

Jud and Kausch MMA(metilmetakrilat) ve MEA (metoksi etilakrilat) ile hazırladıkları P(MMA-ko-MEA) kopolimerinin, kopolimer derecesi ve molekül ağırlığının iyileşme davranışı üzerindeki etkisini incelemiştir. Kopolimerler örneklerinin yüzeylerinde bir çeltik

oluşturuldu ve bir süre bir arada tutulduktan sonra, kendi kendini iyileştirme kabiliyetleri sıkıştırma ve ısıtma ile test edilmiştir. Çatlak oluşturma ve çatlak yüzeylerin birleştirilme süresi dâhil olmak üzere, iyileşme zamanı, iyileşme sıcaklığı ve sıkıştırma basıncı gibi birçok parametre incelendi. Bu araştırmalar sonunda basit bir yüzey bağlanmasından çok daha fazla iyileşmenin olabilmesi için T_g ' den 5 °C daha yüksek sıcaklıklarda ve iyileşme süresi olarak da 1 dakikanın üzerine çıkmak gerektiği anlaşılmıştır.

Wool ve arkadaşları tarafından yapılan araştırmalarda bazı materyallerin T_g 'de ya da T_g 'si üzerindeki sıcaklıklarda termoplastiklerde çatlak onarma olayı çok etkin şekilde oluştuğunu doğrulamışlardır [36]. PS-*b*-PBA-*b*-PS triblok kopolimer sistemlerinde yumuşak blok olarak poli(n-butilakrilat)'ın $T_g = -40$ °C, sert blok olarak polistiren (PS)'in T_g 'si 100 °C dir. PS-PBA-*b*-PS ile ilgili daha önceki çalışmalarda mikrofaz ayrımlı morfoloji ve termoplastik elastomer özelliklere sahip olduğu ortaya konulmuştur [37]. Buna rağmen bu kovalent sistemin mekanik deformasyonu tersinmez kovalent bağ kopması ve kalıcı kayıp özelliklere neden olmaktadır (Şekil 1.5 a). Blok kopolimer sisteminde dinamik dörtlü bir hidrojen bağ köprülü PBA yumuşak blok merkezindeki kovalent bağın yer değiştirilmesi sonucu supra moleküler blok kopolimer mekanik hasardan sonra kendi kendini tamir edebileceği ön görülmüştür. Bunu göstermek için 2-üreido-4-pirimidinon (UPy) ile dörtlü hidrojen bağ motifli uç fonksiyonelli PBA-*b*-PS diblok kopolimerler sentezlenerek kendi kendini tamir etme özelliği ortaya konulmuştur. UPy motifleri arasındaki dimerleşme tersinir UPy dimeriyle bağlantılı esnek PBA bloklarıyla süper moleküler ABA triblok kopolimerlerinin oluşumuna yol açmaktadır (Şekil 1.5.b). Bu yapı mikro fazın ayrılmasından sonra iki fazlı sistemin yumuşak fazı içinde dinamik H bağı etkileşimi meydana gelmektedir. Burada zincir hareketi katı halde tersinir H bağ oluşumunu kolaylaştırmaktadır [38]. Son zamanlarda, yumuşak bir matriste dinamik supra moleküler birleştiricilerin kendi kendini tamir etme kapasiteli yumuşak ve sert fazın mekanik özelliklerini birleştiren sert ve yumuşak iki fazlı bir sistemi kendi kendine iyileştiren hidrojen bağlayıcılar tarak polimerlerin sentezi gerçekleştirilmiştir [39]. Tarak polimerlerin aksine bazı blok kopolimerler, blok bileşimi ve uzunluğu kontrol edilerek iyi ayarlanabilir mekanik özellikleri ve çoklu faz morfolojilerine sahip önemli materyallerdir.



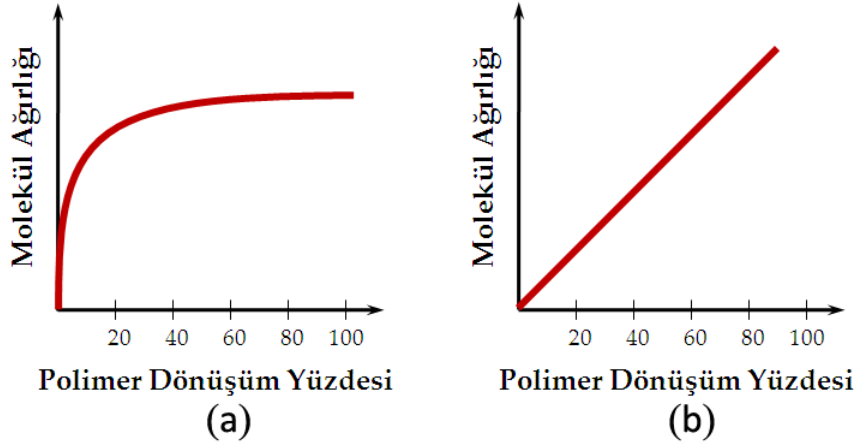
Şekil 1.5. Kendi kendini iyileştiren supramoleküler blok kopolimer tasarımı

Şekil 1.5’de a) Mikrofaz ayırmalı termoplastik elastomerden uygun PS-b-PBA-b-PS triblok kopolimerlerini göstermektedir. Bu sistemlerde, mekanik kırık, özelliklerde kalıcı kayıplar ve tersinmez kovalent bağ kopmasından kaynaklanmaktadır. b) Supramoleküler triblok kopolimerler tersinir biçimde mikrofazla ayrılmış blok kopolimer sistemlerinin termoplastik elastomerik özelliklerin avantajlarını birleştiriyor [36]

1.2. Kontrollü Radikal Polimerizasyon

Kontrollü radikal polimerizasyonu yaşayan polimerizasyon reaksiyonları olarak bilinir. Polimer zincirinin büyümesini kontrollü bir şekilde ilerlemesini sağlayarak istenilen molekül ağırlığında polimer sentezlemeye yarayan farklı polimerizasyon mekanizmalarından oluşur [40]. Aslında mekanizma olarak katılma polimerizasyonuna benzemesine rağmen yaşayan polimerizasyon reaksiyonlarında zincirinin sonlanma basamağı yoktur. Daha doğru bir ifadeyle başlama ve sonlanma basamakları dış etmenlerle kontrollü bir şekilde yapılır. Bu sayede polimer zincirlerinin son grupları ve polimerin molekül ağırlığı kontrol altında tutulur. Zincir sonuna eklenebilecek farklı fonksiyonellikte gruplar ile polimerin fiziksel özellikleri uyumlanabilir. Zincir transferi reaksiyonlarının ve sonlanma basamağının olmadığı yaşayan polimerizasyon mekanizmalarında polimer zincirinin büyüme hızı sabittir ve reaksiyon sonunda elde edilen polimer moleküllerinin zincir büyüklükleri birbirine çok yakındır; yani yakın molekül ağırlığı dağılımı vardır. Bu durumda heterojenlik indisini azaltan bir etmendir.

Kontrollü radikal polimerizasyonlarının yaşayan polimerizasyon olmaları için, bütün monomerler tükenene kadar polimerizasyon reaksiyonun devam etmesi ve molekül ağırlığının polimer dönüşümü ile doğrusal bir bağıntı içinde olması gerekir. Aşağıdaki çizimde gösterildiği gibi, geleneksel serbest radikal polimerizasyonunda polimer zincirleri ilk adımlarda hızla büyüdükleri halde (a), kontrollü radikal polimerizasyonda polimer zincirlerinin büyümesi doğrusal bir yol izler (b) [41].



Şekil 1.6. Serbest ve kontrollü radikal polimerizasyon büyüme hızı

Kontrollü radikal polimerizasyonların avantajlarını,

- molekül ağırlığının polimer dönüşümüyle doğrusal bağıntı içinde olması, dolayısıyla istenilen molekül ağırlığının elde edilmesi,
- monodisperse yakın dar bir molekül ağırlığı dağılımı elde edilmesi,
- zincir sonunda fonksiyonel gruplara sahip polimerler elde edilmesi,
- polimer moleküler mimari yapısının kontrol edilmesi olarak sayabiliriz.

1.2.1. Atom Transfer Radikal Polimerizasyon (ATRP)

Yaşayan kontrollü radikal polimerleşme mekanizmalarının en yaygın olarak kullanılanı Atom transfer radikal polimerleşmesidir (ATRP) [42-43]. ATRP diğer kontrollü radikal polimerleşmesi metodlarından daha karmaşık polimer yapıları üretimine izin vermesi ile ayrılır. Kullanılan metal katalizör bileşikler sayesinde büyüyen polimer zincirine farklı tür monomerler eklenerek yeni kopolimerler hazırlanabilir. Katalizörler atom transfer dengesinin pozisyonunu ve aktif türler ile deaktif türler arasındaki dinamik dengenin yönünü belirlemesinden dolayı ATRP'nin kilit noktasıdır.

ATRP, reaksiyon parametrelerinden biri olan sıcaklığın kontrolü ile kolayca durdurulup yeniden başlatılabilir. ATRP'de polimerizasyon hızı sıcaklıkla doğru orantılı olarak artmaktadır. Çünkü sıcaklık artışı ile birlikte hem radikal çoğalma sabiti ve hem de atom transfer denge sabitinin artmaktadır. Genel olarak katalizörün çözünürlüğü sıcaklıkla artmasına rağmen bozunması da aynı zamanda artan sıcaklıklarla artış gösterebilmektedir [43].

ATRP'den önce kullanılan kontrollü polimerleşme yöntemlerinde monomer türlerinin kullanımında bir kısıtlama vardı ancak ATRP mekanizması ile geniş bir monomer türü başarılı olarak polimerleştirilebilmektedir. Bu monomer türlerine akrilonitril, stirenler,

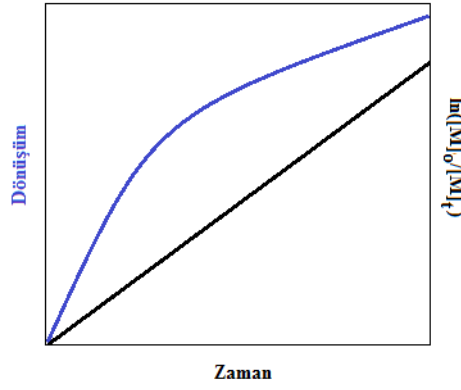
akrilatlar, metakrilatlar, akrilamitler, metakrilamitler gibi monomerler ve türevleri örnek verilebilir [44, 45]. Şekil 1. 9'da gösterildiği gibi çok zengin geometrilere sahip blok kopolimerler, hiper-dallanmış zincirler, dendrimerler ve ağsı-kopolimerler elde edilebilir. Herbir zincir mimarisinin sağladığı farklı fiziksel özellikler sayesinde ATRP ile sentezlenen polimerler birçok uygulamada kullanılabilir.

ATRP reaksiyonlarında başlama, hızlı ve iyi bir başlatıcı ile sağlanmalıdır. Genel olarak, α -karbonunda aril karbonil veya alkil grupları gibi aktif sübstituentleri içeren herhangi bir alkil halojenür, ATRP'de potansiyel bir başlatıcı olarak kullanılabilir. CCl_4 ve CHCl_3 gibi polihalojenli bileşikler ve N-X, S-X ve O-X gibi zayıf R-X bağlı bileşikler de ATRP'de başlatıcı olarak kullanılabilirler. Ancak başlama basamağı makromoleküller tarafından sağlanacaksa, bu makromoleküller tarafından yeni makro başlatıcılar oluşturulur ve sonuç olarak yeni özellikteki aş veya blok kopolimerler sentezlenebilir [46].

ATRP mekanizması, çözeltide, miniemülsiyon, emülsiyon, dispersiyon, süspansiyon, ve ters miniemülsiyon gibi heterojen ortamlarda da polimerleşme için kullanılabilir [47]. Polimerleşme ortamı seçilirken, sentezlenecek olan polimerin çözünürlüğü ve ısı transferi gibi faktörler dikkate alınarak belirlenir. Benzen, toluen, anisol, difenil eter, etil asetat, aseton, dimetil formamit (DMF), etilen karbonat, alkol, su, karbon dioksit, vb. gibi çok sayıdaki değişik çözücüler, farklı monomerler için kullanılmaktadır. Polimerizasyon esnasında oluşan polimer, kendi monomerinde çözünmediği durumlarda bir çözücünün kullanılması bazen zorunlu olabilmektedir. Çözücü seçimi yapılırken zincir transfer yatkınlığı en düşük seviyede olan çözücüler kullanılmalıdır [48-49].

1.2.1.1. ATRP'nin Kinetik ve Mekanizması

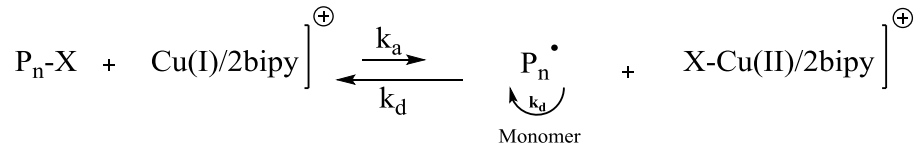
Zamana bağlı olarak dönüşümün ve logaritmasının değişimi Şekil 1.7 'de görülmektedir. Bu davranış polimerizasyon sırasında aktif türlerin sabit bir konsantrasyonda kaldığını ve I. dereceden bir kinetiğe uygun olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.7. Zamana bağlı olarak dönüşümün ve logaritmanın değişimi

ATRP'nin kinetik çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre homojen şartlarda gerçekleştirilen stiren [50], metil akrilat [51,52] ve metil metakrilat [53] için, polimerizasyon derecesi monomere, Cu(I) kompleksi ve başlatıcı konsantrasyonlarına bağlı olarak, birinci dereceden çıkmaktadır. Ayrıca kinetik oranı sıcaklığa, konsantrasyona, monomere, liganda ve diğer birçok faktöre bağlı olarak değişim gösterebilir [54].

ATRP, Cu(I), Co, Rh, Fe /ligand sistemi ile katalizlenen yaşayan radikal polimerizasyon sistemlerinden biridir. Organik halojen ile Cu(I) tuzları gibi geçiş metali arasındaki redoks reaksiyonu yoluyla karbon-halojen bağının geri dönüşümlü homolitik bölünmesini içerir [55-58].



Şekil 1.8. ATRP mekanizması

Stiren, akrilat, metakrilat, akrilonitril, izopren, akrilamid ve diğer bazı monomerlerin yaşayan polimerizasyonu için bakır kompleksli ATRP sistemleri başarılı olarak kullanılmaktadır. ATRP için en çok kullanılan ligandlar 2,2'-bipridin [59] türevleri veya basit amin ligandlarıdır [60-62]. Bipridin ligandın 4,4' pozisyonundaki uzun alkil zincirleri, bakır kompleksinin çözünürlüğü için gereklidir. 2,2' bipridin ile Cu(I) halojenür kompleksinin ise benzer şartlarda çözünürlüğü yoktur [63-64]. Yavaş deaktivasyon ve katalizör konsantrasyonunun düşük olmasından dolayı heterojen sistemde daha yüksek molekül ağırlık dağılımı bulunmuştur. Buna rağmen iki sistem arasındaki fark fazla değildir.

1.3. Polimerlerin Elektriksel Özellikleri

Plastikler iyi yalıtkan malzemeler olmakla beraber birçok çeşidinin elektriksel özellikleri arasında büyük farklar vardır. Elektriksel özelliklerinden yararlanılacak bir plastik seçilmeden önce bu özelliklerin ve farkların çok iyi bilinmeleri gereklidir. Eşdeğer elektriksel performanslı diğer malzemelere göre plastiklerin başlıca üstünlükleri ucuzluk ve üretim kolaylığıdır. Bükülebilir bir yalıtkan gerekiyorsa hemen hemen hiçbir alternatifi yoktur. Bütün moleküller bir takım pozitif ve negatif yüklerden meydana gelirler. Bu yüklerin birbirlerine göre konumları kimyasal bağlarla belirlenir. Tek bağlarda dipol meydana getiren kalıcı bir yük ayrımı olabilir. Bağı kutupsal bir karakteri olmasa bile pozitif - negatif yük dağılımı pek sert değildir ve bir elektrik alanında yük ayrılması oluşabilir. Bu tip polarizasyona yönelme polarizasyonu denir ve uygulanan elektrik alan kesildiğinde ortadan kalkar. Bu tip polarizasyon kalıcı kutupsal bağları olan ve olmayan moleküllerde yer alır. Yük düzenin sert olmaması polarizasyon, çok yüksek frekanslı bile olsa dış elektrik alanını kolayca izlemesini sağlar. Bu özellik görünür frekans bölgesi altındaki tüm frekanslar için geçerlidir.

1.3.1 Polimerlerin Dielektrik Özellikleri

Polimerler ile ilgili dielektrik çalışmalar 1958 yılında başlamıştır. Polimerlerin elektrik endüstrisinde kullanımları, moleküler hareketlilik ve relaksasyon sürelerine bağlı olarak dielektrik özelliklerin incelenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [65].

Malzemeye dışarıdan bir elektrik alan uygulandığında moleküller elektrik alanla yönlenebilmek için sürekli olarak dönmelidirler. Bu hareket düşük frekanslarda mümkün olmakla beraber, frekans yükseldikçe moleküller frekansın gerisinde kalırlar ve sonunda hiç yönlenebilirler. Böylece uygulanan alanın frekansı yükseldikçe malzemenin yönelme polarizasyon derecesi düşer.

Plastiklerde yer alan yönelme polarizasyon işlemi biraz farklıdır. Katı halde bile moleküllerde bir miktar yönelme görülür. Kutupsal bağlı bir polimer molekülünde zincir boyunca yerleşmiş çok sayıda dipol vardır. Yönelme bir dönme geçişi gerektirir ve bu hareket uygulanan alanın etkisi altında artık rastgele olmaktan çıkar. Bu olay kristalsi bölgelerde, cam geçiş noktalarının altında bulunan amorf plastiklerde ve yüksek dereceden çapraz bağlı ısı dengeli plastiklerde yer alamaz. Kristalsi bir termoplastikte dipollerin yönelebilecekleri bir elektrik alan yönü olabilir, fakat bu çok özel bir haldir. Camsı geçiş noktasının altında olan amorf bir termoplastikte veya çok yüksek çapraz bağlı ısı dengeli bir plastikte ana zincir dışındaki yan guruplarda kutupsal bağlar varsa yönelme polarizasyonu yer alabilir. Plastik

sıcaklığının artırılması dönüşsel geçişlerin serbestliklerini arttıracığından yönelme polarizasyonu da artar. Düşük frekanslarda dipoller alternatif bir alanı izleyebilirler. Frekans yükseldikçe dönüşsel geçişler alanı izleyebilecek kadar hızlı yer alamazlar. Böylece frekans yükseldikçe yönelme azalarak nihayet sıfıra iner. Bu azalma genellikle radyo frekans bölgesinde yer alır.

Elektriksel yalıtkanlarda, diğer bir deyimle dielektrik malzemelerde serbest elektron yoktur. Enerji aralığı 4ev'dan büyüktür ve özgül dirençleri $10^4 (\Omega \cdot m)$ 'nin üzerindedir. Elektriği iletmediklerinden çoğunlukla elektriksel yalıtkan olarak kullanılırlar. Buna rağmen uygulanan elektriksel alandan etkilenirler. Elektriksel alan etkisinde elektronlar ve atomlar yer değiştirir, dolayısıyla elektriksel yük merkezleri kayar ve elektriksel kutuplaşma oluşur. Oluşan kutuplar, malzeme yüzeyinde elektriksel yük birikimi sağlar ve bu nedenle de kapasitör üretiminde kullanılırlar [66].

Elektriksel kutuplaşma malzeme yüzeyinde elektriksel yük birikimine neden olur. Dielektrik malzemede kalıcı kutuplaşma varsa yük birikimi kendiliğinden oluşur. Kalıcı kutuplaşması olmayan bir malzemeye elektriksel alan uygulanınca dış etki ile kutuplaşma meydana gelir, dolayısıyla yüzeyde elektriksel yük birikimi olur (özgül direnç). Her iki halde de yüzeydeki elektriksel yük yoğunluğu elektriksel alan şiddeti ile orantılıdır. Dielektrik sabit, sıcaklık ve frekansa bağlıdır [67-71].

Dielektrik sabiti, katı malzemelerin (örneğin yalıtkanlar ve polimerler gibi) en önemli özelliklerinden biridir. Çünkü dielektrik sabiti ölçümleri, kimyasal analiz tekniklerinden daha kolaydır. Bir impedans analiz cihazının kullanılması, katı malzemelerin dielektrik sabitlerinin ölçülmesi için uygun bir metottur. Bu metotta, katı malzemelerin dielektrik sabitlerinin ölçümü, C (kapasitans) ve D (kayıp faktörü) değerlerine dayanarak bulunmaktadır. Disk içine yerleştirilen katı malzemenin (Şekil 1.12) dielektrik sabiti, aşağıdaki denklemlerle hesaplanmıştır.

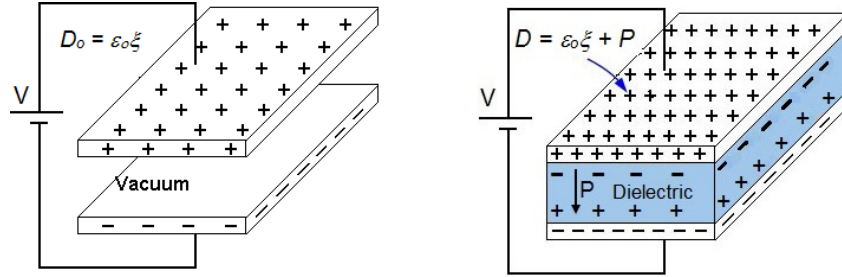
$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r = (t/A) \cdot C \quad [F/m]$$

$$\varepsilon_r = \frac{t \cdot C}{A \cdot \varepsilon_0} = \frac{t \cdot C}{\pi \cdot (d/2)^2 \cdot \varepsilon_0} \quad (1)$$

Burada ε : Dielektrik sabiti

ε_0 : Boşluğun dielektrik sabiti (8.854×10^{-12})

ϵ_r : Test cihazının bağıl dielektrik sabiti, t : Numunenin kalınlığı(m), A : Numunenin alanı(m²), C : Numunenin kapasitansı (F), d : Numunenin çapı (m).



Şekil 1.9. Elektrotlu test cihazı

Dielektrik özellikleri ifade etmekte kullanılan diğer bir kavram ise kayıp tanjantı olarak da bilinen dielektrik kayıp faktörüdür.

$$\tan \delta = D = \frac{\epsilon_r''}{\epsilon_r'} \quad (2)$$

Dielektrik kayıplar, polarizasyon türlerine bağlıdır. Yüzey yük polarizasyonundan kaynaklanan dielektrik kayıplar 10^4 Hz civarında, dipol polarizasyonundan kaynaklanan dielektrik kayıplar 10^8 Hz civarında, atomik polarizasyonundan kaynaklanan dielektrik kayıplar 10^{12} Hz civarında ve elektronik polarizasyonundan kaynaklanan dielektrik kayıplar 10^{16} Hz civarında meydana gelir. Dielektrik kayıplar, sıcaklık yükselmesi ile artar [72, 73]. Atomik ve elektronik görüldüğü malzemelerde sıcaklığın dielektrik sabitine etkisi, düşük sıcaklıklarda küçüktür. Yüksek sıcaklıklarda ise iyon hareketinin fazla olmasından dolayı yüksektir. Atomik kutuplanmanın görüldüğü malzemelerde sıcaklık ve frekansın etkisi çok önemlidir. Dielektrik sabiti, belli bir sıcaklıkta keskin olarak artar ve düşük frekanslarda artan sıcaklıkla daha hızlı artar. Böylelikle, dielektrik kayıpların ($\tan \delta$) piklerinin pozisyonu yüksek sıcaklıklara doğru kayacaktır ki, bu durumda dielektrik sabiti (ϵ)'de artan frekansla azalacaktır[74].

1.4. Polimerlerin İletkenlik Özellikleri

Polimerlerin genel olarak yalıtkan özellikte olduğu ile ilgili fenomeni, Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid ve Hideki Shirakawa adlı bilim adamları yaptıkları buluşla bir polimerin (poliasetilen) hemen hemen bir metal kadar iletken hâle getirerek yıkmışlardır. Bu keşiflerinden ve daha sonra bu konuda yaptıkları çalışmalardan dolayı 2000 yılı Kimya Nobel ödülünü kazandılar.

1977 yılında Shirakawa, MacDiarmid ve Heeger; poliasetilen filmlerinin; klor, brom ve iyot buharlarıyla etkileştirilmesi sonucu, bu filmlerin ilk hallerinden 109 kat daha fazla iletken olabildiklerini bir keşifle gördüler. Bu metotla dop edilmiş poliasetilenin iletkenliğini 10^5 S/cm'ye kadar çıkardılar. Karşılaştırsak; iyi bir yalıtkan olan teflonun iletkenliği 10^{-16} S/cm, metallerden gümüş ve bakırın iletkenliği ise, 10^8 S/cm civarındadır. Polimerlerin hafif olması ve mekanik özelliklerine iletken özelliğinin de katılmasına yönelik yapılan çalışmalar iletken polimerlerin endüstriyel uygulama alanlarında kullanılmasını sağlamıştır [75]. Son yıllara kadar bilinen organik polimerlerin hepsinin oda sıcaklığında 10^{-10} S cm⁻¹ veya daha az iletkenliğe sahip yalıtkanlar olduğu bilinmekteydi.

Polimerlerin elektronik iletkenlik gösterebilmesi için, polimer örgüsünde, elektronların zincir boyunca taşınmasını sağlayan uygun yerlerin bulunması gerekir. Uzun konjugasyona sahip polimerlerde p orbitallerinin düşey örtüşmeyle π bağları meydana gelir. π bağlarındaki π elektronları metalik iletkenliğe neden olur. Bu koşulu ana zincirinde konjuge çift bağlar bulunan polimerler sağlar. Ancak konjugasyon, iletkenliğin sağlanması için tek başına yeterli değildir ve polimerlerin iletkenliğinin doplama işlemi ile artırılması gereklidir [76].

Sıcaklığın yükseltilmesiyle metallerin iletkenliği azalır, iletken polimerlerin iletkenliği ise artar [77]. Şu ana kadar hazırlanan iletken polimerlerin iletkenlik değerlerinin $1,0 \times 10^{-7}$ ve $1,0 \times 10^2$ S cm⁻¹ aralığında değiştiği belirlenmiştir.

$\rho l / R = A$ bağıntısındaki ρ , Ω cm (ohm cm) biriminden öz dirençtir; öz direncin tersine iletkenlik (σ) denir. $\sigma = 1 / \rho$ iletkenlik birimi bu durumda $1 / \Omega$ cm'dir. $1 / \Omega$ birimi için ayrıca Siemens (S) tanımı kullanılır ve öz iletkenlik birimi S türünden S/cm olur.

Polimerlerin alternatif akım elektriksel iletkenlik σ_{ac} değeri empedans cihazından okunan kondüktans değerinin aşağıdaki formülde kullanılmasıyla hesaplanır.

$$\sigma = G \times d / A \quad (3)$$

G: Kondüktans (iletkenlik, direncin tersi)

d: numunenin kalınlığı (m)

A: numunenin alanı (m²)

Yalıtkan polimerler ve konjuge polimerler için elektriksel iletkenlik, değiştirilebilen bir elektrik alanında, zamanın bir fonksiyonu olarak sıcaklıkla üssel olarak değişmektedir. Bu da Arrhenius tipinde bir eşitlikle verilir. Bu eşitlik yardımıyla polimerlerin aktifleşme enerjisi hesaplanır [78].

$$\sigma = \sigma_0 \cdot e^{-E_a/kT} \quad (4)$$

Bu eşitlikte, k : Boltzmann sabiti, T : Mutlak sıcaklık, σ : İletkenlik ($S\ cm^{-1}$), σ_0 : Sabit, E_a : Aktifleşme enerjisidir.

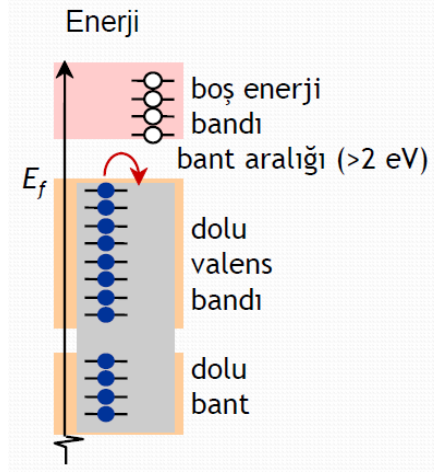
1.4.1. Yarı İletken Özellik

Yalıtkan, yarı iletken ve iletkenler için enerji-band diyagramları Şekil 1.9'daki gösterildiği gibidir. Yalıtkanlarda tıpkı yarı iletkenlerde olduğu gibi dolu değerlik bantlarına bitişik boş enerji seviyeleri bulunmaz. Elektronların serbest hale geçmesi için enerji-bant aralığını aşarak iletken bandının en altındaki boş seviyelere uyarılmaları gerekir. Bu ancak iki seviye arasındaki enerji farkı kadar bir dış enerjinin elektronlara verilmesi ile mümkün olur.



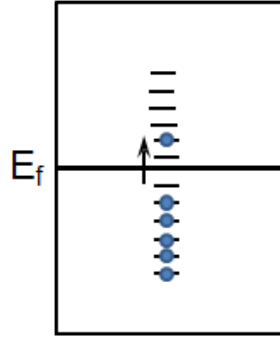
Şekil 1.9. Yalıtkan, yarı iletken ve iletkenler için enerji-band diyagramları

Yarı iletkenler özellik bakımından yalıtkanlar ile iletkenler arasında yer alırlar. Aslında normal hallerinde yalıtkan olan bu malzemeler manyetik etki, ışık ve ısı'ya maruz kaldıklarında veya gerilim uygulandığında bir miktar değerlik elektronu serbest hale geçer ve iletkenlik özelliği kazanır. Kazandığı bu iletkenlik özelliği dış etki devam ettiği sürece devam eder ancak dışarıdan uygulanan etki kalkınca elektronlar tekrar atomlarına dönerler. Bu tür yarı iletkenler, yukarıda belirtildiği gibi ısı, ışık, etkisi ve gerilim uygulanması ile belirli oranda iletken hale geçirildiği gibi, içlerine bazı özel maddeler katılarak da iletkenlikleri arttırılmaktadır. Katkı maddeleriyle iletkenlikleri arttırılan yarı iletkenlerin elektronikte ayrı bir yeri vardır [79]. Yalıtkanlarda dolu değerlik bandı boş iletkenlik bandından geniş bir aralıkla ayrılır ($>2eV$). Elektronların iletkenlik bandına çıkmaları oldukça güçtür. Bu durum Şekil 1.10'da gösterilmiştir.



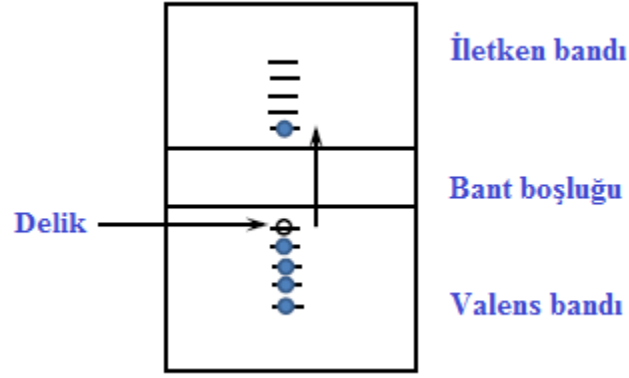
Şekil 1.10. Yalıtkanlarda bant-enerji yapısı

Metallerde çok sayıda serbest değerlik elektronu bulunur ve bant yapıları nedeniyle boş durumlara kolayca uyarılabilirler. Öte yandan, büyük bant boşluğu nedeniyle yalıtkanlar ve yarı iletkenlerde elektronları harekete geçirmek için büyük bir uyarma enerjisi gereklidir.



Şekil 1.11. Metallerdeki değerlik ve iletken band'taki elektron transferi

Si ve Ge gibi yarı iletkenler genellikle 2 eV'nin altında nispeten dar bir bant boşluğuna sahiptir. Bu nedenle, elektronları değerlik bandından iletim bandına uyarmak mümkündür. Buna içsel yarı iletkenlik denir. İletim bandına uyarılan her elektron, değerlik bandında elektron boşluğuna bırakılır. Elektron, bir elektrik potansiyeli altındaki bir boşluklara girebilir ve bu yüzden elektron transferini sağlayan bu boşluklar da yük taşıyıcıları olarak tanımlanır.



Şekil 1.12. Yarı iletkenlerde değerlikdeğerlik ve iletken band'taki elektron transferi

İşsel yarı iletkenler iki tip yük taşıyıcıya, yani elektronlara ve deliklere sahiptir

$$\sigma = n |e| \mu_e + p |e| \mu_h \quad (5)$$

Burada, n ve p sırasıyla elektron ve delik yük taşıyıcılarının konsantrasyonu, ve e ve h hareketlilikleridir. İletim bandına kadar uyarılan her elektron, değerlik bandında bir deliğin arkasına bırakır [80].

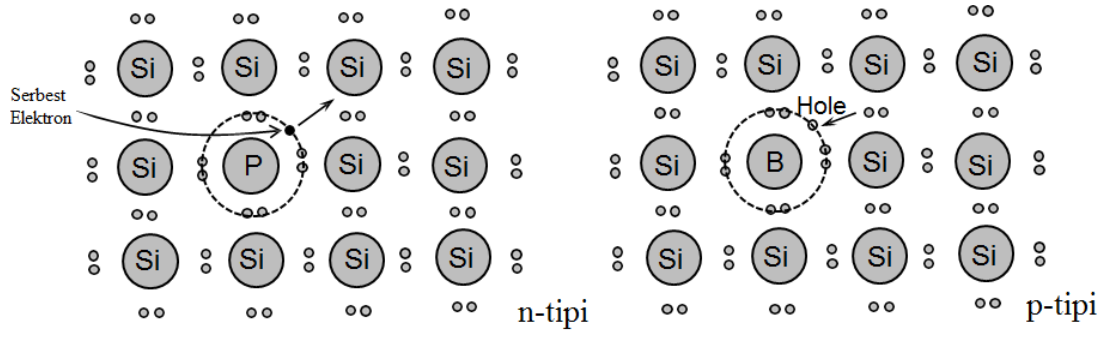
İletkenlik, dış kaynaklı yarı iletkenlere safsızlık atomları (dopant) eklenerek geliştirilmiştir. Pratik amaçlar için tüm yarı iletkenler dış kaynaklıdır.

N-tipi yarıiletkenlerde Si (4^+) ve P (5^+) gibi yüksek değerlikli katkı maddesi ekstra bir elektron (n-tipi) yaratırken, P-tipi yarıiletkenlerde B (3^+) gibi daha düşük değerlikli bir katkı maddesi, aşağıdaki atomik bağlama modelinde gösterildiği gibi bir delik (p tipi) oluşturur.

Bu, yük taşıyıcı konsantrasyonunu ve dolayısıyla iletkenlikteki artışı artırır.

N tipi madde bir gerilim kaynağına bağlandığında üzerindeki serbest elektronlar kaynağın negatif kutbundan itilip pozitif kutbundan çekilirler ne gerilim kaynağının negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru bir elektron akışı başlar.

Silisyum maddesine galyum veya bor maddesi enjekte edildiğinde atomların kurduğu kovalent bağlardan bir elektronluk eksiklik kalır. Bu eksikliğe “Oyuk” adı verilir. Bu elektron eksikliği, karışıma “Pozitif Madde” özelliği kazandırır. P tipi maddeye bir gerilim kaynağı bağlandığında kaynağın negatif kutbundaki elektronlar p tipi maddeki oyukları doldurarak kaynağın pozitif kutbuna doğru ilerlerler. Elektronlar pozitif kutba doğru ilerlerken oyuklarda elektronların ters yönünde hareket etmiş olurlar. Bu kaynağın pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru bir oyuk hareketi sağlar [81].



Şekil 1.13. n vep tipi yarı iletken

N-tipinde, her safsızlık atomu için bir enerji durumu (Donör hali olarak bilinir) iletim bandının hemen altındaki bant boşluğuna yerleştirilir.

P-tipinde, her safsızlık atomu için bir enerji durumu (kabul durumu olarak bilinir) değerlik bandının hemen üzerindeki bant boşluğuna yerleştirilir.

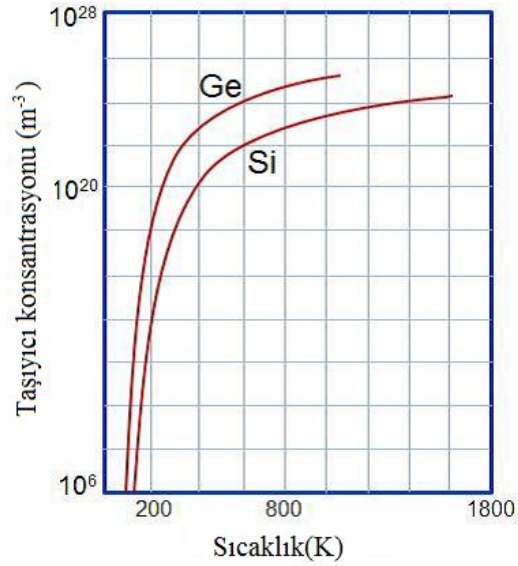


Şekil 1.14. n vep tipi yarı iletkenlerde değerlik bandından iletim bandına elektron transferi

Çok sayıda elektron, n-tipi dış kaynaklı yarı iletkenlerde termal enerji ile verici durumdan uyarılabilir. Bu nedenle, iletim bandındaki elektron sayısı, değerlik bandındaki delik sayısından çok daha büyüktür, yani $n \gg p$.

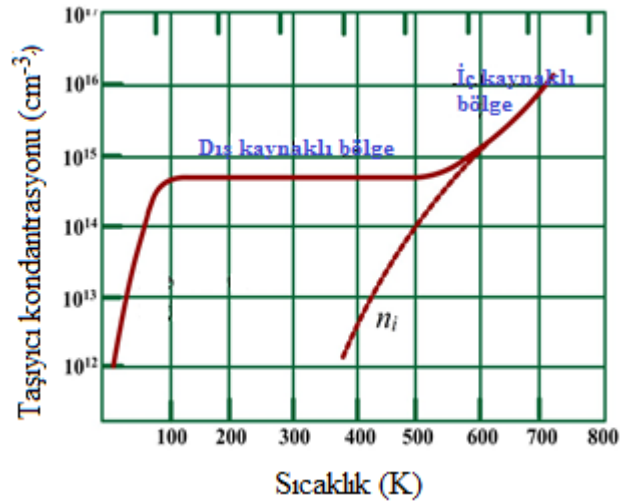
Diğer taraftan, p tipi iletkenlerde, akseptör durumlarının varlığı nedeniyle delik sayısı elektronlardan ($p > n$) çok daha büyüktür. Artan sıcaklık, atomların artan termal titreşimlerine bağlı olarak daha fazla elektron saçılımına neden olur ve dolayısıyla, metallerin iletkenliği sıcaklıkla azalır.

İşsel yarı iletkenlerde, termal enerji nedeniyle daha fazla elektron harekete geçtiğinden, taşıyıcı konsantrasyonu yani iletkenlik sıcaklık ile artar [82].



Şekil 1.15. İçsel yarı iletkenlerde taşıyıcı yük konsantrasyonunun sıcaklıkla değişimi

Dış kaynaklı yarıiletkenlerin sıcaklık bağımlılığı ise tamamen farklıdır. Örneğin, n tipi bir iletken, sıcaklık ve taşıyıcı konsantrasyon eğrisinde üç farklı bölge sergiler. İlk bölge düşük sıcaklık bölgesi, yük taşıyıcılar iletim bandına uyarılacak kadar yeterli enerjiye sahip değildir. Ara sıcaklık bölgesinde (150 - 450 K) hemen hemen tüm verici atomlar iyonize edilir ve elektron konsantrasyonu yaklaşık olarak verici içeriğe eşittir. Bu bölge dış kaynaklı bölge olarak bilinir. Yüksek sıcaklık bölgesinde, elektronların iletkenlik bandından değerlik bandına kadar uyarılması için yeterli termal enerji mevcuttur ve bu nedenle içsel bir yarı iletken gibi davranır [71].



Şekil 1.16. Dış kaynaklı yarı iletkenlerde taşıyıcı yük konsantrasyonunun sıcaklıkla değişimi

1.5. DC ve AC iletkenlik

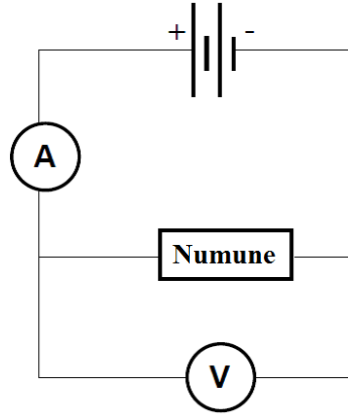
Bir malzemenin gösterebileceği elektronik özelliklerden, iletkenlik birkaç farklı nedenden ötürü bizim için özellikle önemlidir. İletkenlik, teknolojik anlamda en yaygın olarak kullanılan elektronik özelliktir. Örneğin, gümüş yaklaşık $10^7 \text{ ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$ iletkenliğe sahipken, Teflon'un iletkenliği $10^{-17} \text{ ohm}^{-1}\text{m}^{-1}$ 'den daha azdır. Çeşitli materyallerin özelliklerinde böyle önemli bir farklılaşma gösteren neredeyse hiçbir özellik yoktur. Bu nedenle, teknolojik açıdan bakıldığında, yaygın kullanımı nedeniyle elektriksel iletkenliği incelemek ilgi çekicidir. Bilimsel bir bakış açısıyla, özellik olarak bu kadar büyük bir varyasyonu açıklayabilecek teorileri tanımlamanın mümkün olup olmadığını görmek dikkat çekici olmuştur. İletkenlikle ilgili bazı yönler daha yakından baktığımızda, en genel anlamda elektriksel iletkenliğin yük taşıması olduğunu bilmek önemlidir. Taşınan yük, farklı türler veya yük taşıyıcıları tarafından taşınabilir. Bu farklı yük taşıyıcıları farklı kütleye sahip olabilir, çevreleriyle farklı etkileşime girebilir, dış ortamlardaki değişikliklere farklı şekilde cevap verebilirler [83].

Fizik ve mühendislik alanında en çok karşılaşılan yük taşıyıcıları şunlardır:

- a) Elektronlar
- b) Elektron boşlukları
- c) İyonlar

Doğru akım (DC) iletkenlik ölçümü

Doğru akım, elektriksel iletkenlik ölçümü için bilinen bir tekniktir. Bununla birlikte bu iletkenlik ölçümünde iki farklı metod kullanılır. Bunlar biricisi “Two probe” diğeri ise “Four probe” ölçüm teknikleridir. İsimlerinde anlaşılacağı üzere “Two probe” metodunda iki kontak alanına eş zamanlı olarak temas ettirilirken “Four probe” yönteminde dört farklı yerden temas ettirilir. Bu iki yöntemdeki fark ilk bakışta önemsiz görünebilir. “Two probe” ölçümü ile ilgili özel bir durum vardır ve bu nedenle DC iletkenlik ölçümü için daha yaygın olarak kabul edilen tekniktir. Şekil 1.17'de, numunenin iletkenliğini ölçmek için “Two probe” tekniğinin bir şeması gösterilmektedir. Bu şemada bir pil DC güç kaynağı olarak görev yapar; bir ampermetre devrede akımı ölçer ve voltmetre de ölçüm boyunca potansiyel farkı ölçer.



Şekil 1.17 “Two probe” metodunun şematik olarak gösterimi.

Bir DC iletkenlik ölçüm işleminde, prensipte bir DC kaynağından örneğe ölçüm boyunca akım uygulanmalıdır ve ortaya çıkan potansiyel fark ölçülmelidir. Ohm yasasını kullanarak, numunenin direnci belirlenebilir ve daha sonra numunenin boyutlarını kullanarak iletkenliği de hesaplanabilmektedir [84].

Ohm yasası şu şekilde yazılabilir:

$$V = IR \quad (6)$$

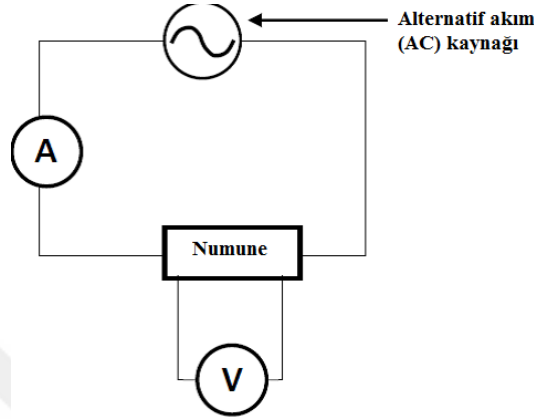
Ohm kanunu potansiyel fark akım şiddeti ve direnç arasındaki ilişkiyi açıklar. Bir iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel fark artarsa akım şiddeti artar, potansiyel fark azalırsa akım şiddeti azalır. Potansiyel fark akım şiddeti ile doğru orantılıdır. Bir iletkenin direnci artarsa elektronların hareketi zorlaştığı için akım şiddeti küçülür. Direnç ve akım şiddeti ters orantılıdır.

Temas alanları numune ile fiziksel temas ettiğinde, yüzeyler arası etkileşim kusursuz değildir. Genel olarak, yüzeyler üzerinde ince iletken olmayan oksit tabakaları bulunur ve makroskopik düzeyde temizlenmiş olsa bile atomik seviyede pürüzlü olabilir. Sonuç olarak, iki yüzey birbiriyle temas ettiğinde veya herhangi bir elektrikli bileşene veya cihaza bir tel bağlandığında, akım bir temas yüzeyinden diğerine akmaya çalıştığı için önemli bir dirençle karşılaşır. Bu direnç sadece R_c olarak göstereceğimiz "Temas Direnci" olarak anılır.

Tellerin direncini göz ardı edersek, yine de, voltmetrenin iki prob ölçüm tekniğine bağlanma şeklini, bununla ölçülen potansiyel düşüşün, örnek boyunca potansiyel düşüşün sonucu olacağı bir durumla sonuçlandığını görürüz.

Farklı yük taşıyıcılarının bulunduğu durumlarda iletkenliği ölçmek için, akım akış yönünün zamanla değiştiği ve dolayısıyla numunedeki yükün de numune içinde ileri geri sallanmaya zorlandığı alternatif bir akımı uygulamak daha iyidir. Bu ölçüm türü AC iletkenlik ölçümü olarak adlandırılır. AC iletkenliği, elektronları ileten örnekler için de kullanılabilir ve

dolayısıyla DC iletkenlik ölçümüyle karşılaştırıldığında daha çok yönlü bir tekniktir. Bununla birlikte, AC iletkenliğini ölçmek için gerekli olan ekipman, tipik olarak, DC ölçüm cihazlarından çok daha pahalıdır ve bu nedenle, yeterli olduğu yerde, DC iletkenliği, tercih edilen tekniktir. Bir AC iletkenlik ölçümü yapmak için kullanılan devrenin şeması, aşağıda Şekil 1.18'de gösterilmektedir ve bir AC güç kaynağı kullanması dışında DC ölçümü için kullanılabileceği benzerdir [85].



Şekil 1.18 AC iletkenlik metodunun şematik olarak gösterimi.

Bir DC ölçümde, ölçüm işlemi tek bir veri noktasını ölçmeyi içerir. Tipik bir AC ölçümünde, AC sinyalinin frekansı deneysel bir değişkendir ve numunenin özelliklerini araştırırken önemli bir araçtır. Aslında AC iletkenlik ölçümünü gerçekleştirmek için mHz' den MHz'e kadar çok geniş bir frekans aralığı kullanılır. Malzeme, bu aralığın içinden birkaç frekansta incelenir ve bu işlemde malzemenin davranış ve temel özellikleri hakkında önemli bilgiler elde edilebilir. Tek nokta DC ölçümünden farklı olarak, AC ölçümü, her biri bir dizi belirlenmiş frekansta olmak üzere birkaç veri noktasını kaydetmeyi içerir. Numune, nispeten küçük bir genlikli AC sinyaline (bir AC voltajı) tabidir ve cihazlar, bu mevcut sinyale AC akım cevabını kaydeder. Kullanılan sinyalin genliği, sistemden kaydedilebilir bir yanıt sağlamak için yeterince büyük olmalıdır, ancak sistemin doğrusal olarak yanıt vermesini sağlamak için yeterince küçük olmalıdır. Deney sırasında, voltajın yanı sıra akımdaki değişim, zamanın bir fonksiyonu olarak kaydedilir [86].

1.6. Grafen

Grafen, bal peteği kafesinde mükemmel bir şekilde yerleştirilmiş en ince ve en hafif sp^2 karbon nanomalzeme olarak bilinir. Son birkaç yıldır grafen, elektrokimyasal sensörlere daha fazla fayda sağlayabilecek potansiyel katalizör olarak ilgi çekmektedir. Geniş yüzey alanı $2630 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ olan tabakalı bir yapısından dolayı daha fazla hedef analit barındırdığı için

elektrokatalitik reaksiyonun gerçekleşmesinde daha aktif yerler sağlar, böylece sensörlerin hassasiyetini etkin bir şekilde artırır [87-88].

Mükemmel elektriksel iletkenliğe ve yüksek yük taşıyıcı hareketliliği sayesinde elektroaktif türlerin elektron transferini kolaylaştırır, böylece önemli malzemelerin elektrokimyasal aktivitesini artırır. Grafen ile ilgili bütün bu avantajların yanında suda ve organik çözücülerin çoğunda çözünürlüğü düşüktür, bu nedenle çökme veya küleşme eğilimi gösterebilirler. Grafenin bu kümelenme ve çökmesi grafenlerin özelliklerini bozar ve uygulamasını sınırlar. Grafenin polimer, metal veya metal oksitleri gibi fonksiyonel maddelerle modifikasyonu kümeleşmeyi ortadan kaldırır aynı zamanda çözünürlüğü arttıracaktır.

Grafen ve grafen bazlı nanokompozitlerin keşfi ve nanoteknoloji araştırmalarında hayati bir rol oynamaktadır. İki boyutlu yapısıyla yüksek taşıyıcı hareketliliği ve kendine özgü yapısıyla araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Grafen tek katmanlı atomik yapısıyla elektrik akımını iyi bir iletken malzemedir. Yeryüzündeki en ince malzeme olarak kabul edilen grafenin yüksek hızda ve radyo frekanslı akıllı cihazlar, termal ve elektriksel olarak aktif nanokompozitler, sensör, elektronik devreler ve fotovoltaiik hücreler gibi çok dikkat çekici uygulamaları mevcuttur. Grafenin dikkat çeken özelliklerinden bazıları yüksek termal iletkenlik, mükemmel mekanik özelliği ve benzersiz elektronik iletkenliğidir [89-90].

1.7. Bozunma Aktivasyon Enerjisinin Belirlenmesi

Dinamik termogravimetrik metodlar, polimerlerin bozunması sırasında yapısında meydana gelen fiziksel ve kimyasal süreçlerin mekanizmalarının çözülmesinde bir araç olarak önemli söz sahibidir. Tüm kinetik çalışmalar izotermal dönüşüm hızının, $d\alpha/dt$, sıcaklığa bağlı hız sabiti (k) ve sıcaklıktan bağımsız olan dönüşüm fonksiyonuna(α) doğrusal olarak bağlı olduğunu kabul eder. Arrhenius eşitliği göz önüne alındığında;

$$d\alpha/dt = Af(\alpha)e^{(-E_a/RT)}$$

eşitliği elde edilir. Burada, A sıcaklıktan bağımsız olduğu farz edilen eksponansiyel faktör, E_a aktivasyon enerjisi, T mutlak sıcaklık ve R gaz sabitidir.

$g(\alpha)$ dönüşümün integral fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$g(\alpha) = \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{f(\alpha)} = \frac{A}{\beta} \int_0^{T_p} e^{(-E_a/RT)} dT \quad (7)$$

Polimerlerin olması durumunda, bozunma prosesinin ya bir sigmodial fonksiyon yada azalan bir fonksiyon olduğu anlaşılır. Bu fonksiyonlar dinamik Tg eğrilerinden reaksiyon mekanizmalarının tahmini için bilinen metotlarda uygun olarak kullanılır. Bu kinetik veriler temelinde polimerlerin aktivasyon enerjilerini belirlemek için Kissinger, Flynn-Wall-Ozawa, Tang, Friedman, Coats-Redfern metotları gibi pek çok metot geliştirilmiştir. Yukarıdaki eşitlik integre edildiğinde ve logaritması alındıktan sonraki integral sonucu Flynn-Wall-Ozawa metodu olarak bilinir.

$$\log \beta = \log \frac{A E_a}{g(\alpha) R} - 2.315 - \frac{0.457 E_a}{RT} \quad (8)$$

Bu metotta dönüşüm değerleri kullanılarak aktivasyon enerjisi belirlenir. Farklı dönüşüm değerleri için $1/T$ 'e karşı $\log \beta$ 'nin grafiğe geçirilmesi sonucu aktivasyon enerjisi hesaplanır [91]. Metotlarından biri olan Kissinger yönteminde ise aşağıdaki formül kullanılarak, farklı dönüşüm değerleri için $\ln(\beta/T_{max}^2)$ 'nin $1/T$ 'e karşı grafiğe geçirilmesiyle aktivasyon enerjisi belirlenir [92].

$$\ln\left(\frac{\beta}{T_{max}^2}\right) = \left\{ \ln \frac{AR}{E} + \ln \left[n(1-\alpha_{max})^{n-1} \right] \right\} - \frac{E}{RT_{max}} \quad (9)$$

Aktivasyon enerjisi belirleme yöntemlerinden bir diğeri olan Tang metodunda ise aşağıdaki formülden yararlanılır [93-94].

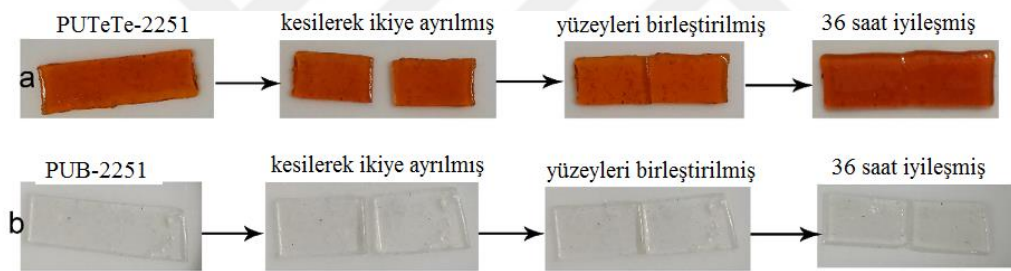
$$\ln\left(\frac{\beta}{T^{1.894661}}\right) = \ln\left[\frac{AE}{Rg(\alpha)}\right] + 3.635041 - 1.894661 \ln E - \frac{1.001450E}{RT} \quad (10)$$

1.8. Literatür çalışmaları

Ulrich ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada ilk olarak tersinir kovalent üretan birimleri içeren kendiliğinden iyileşen polimerler tasarlanmıştır. Bu amaç için bir elektronca zayıf zayıf diol sentezlenmiş ve bu madde bir dinamik polimer ağı oluşturmak için çapraz bağlayıcı olarak kullanılmış. Bu nedenle, diol, bütül metakrilatın yanı sıra 2-izosiyanatoetil metakrilat bir araya getirilmiş ve bir kemik şeklinde PTFE kalıbı içinde fotopolimerize edilmiştir. Elde edilen örnekler, DSC, TGA ve DMTA ile karakterize edilmiş ve kendi kendini iyileştirme davranışı çekme deneyleri kullanılarak incelenmiştir. Bu numunelerin iyileşme veriminin % 85'e ulaşılırken, yüksek E-modülleri ile de iyi mekanik özellikler

göstermiş. Ek olarak üretilen grubunun değişim reaksiyonlarına dayanan kendi kendini iyileştirme mekanizması Raman ve sıcaklığa bağlı IR ölçümleri ile araştırılmıştır [95].

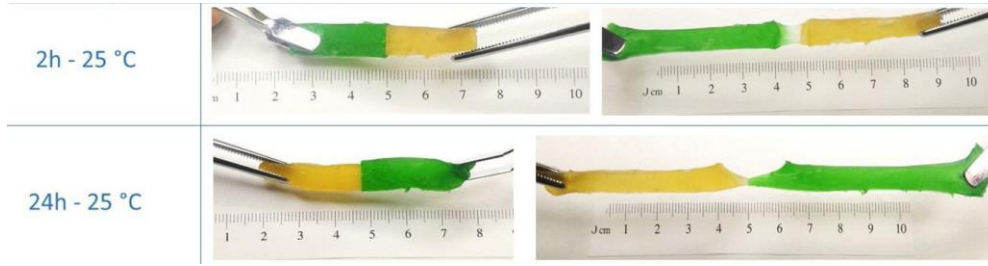
Meidong Lang ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada, oda sıcaklığında geri dönüşlü ve bölünme geçirebilecek dinamik kovalent bağlar olarak bilinen ditelyum bağlar rapor edilmiştir. Bu çalışmada, ditelyum içeren yeni bir poliüretan, kendi ana zincirine ditelyum bağ katılarak sentezlenmiştir. Değişim mekanizmasında ditelyum bağlarının dönüşümlü değişiminin ve moleküller arası hidrojen bağının, poliüretanın kendiliğinden iyileşme davranışından sorumlu iki ana faktör olduğunu ortaya koymuşlar. Polimer ditelyum içeriği ve zincir hareketliliği kendi kendini iyileştirme özelliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. İyileşme için dışarıdan müdahale gerektirmeyen benzersiz özellikleri ve uygulanabilirliği, bu polimerleri çevre dostu akıllı sistemler için ideal kılar. Aşağıdaki resimde tamamen iki parçaya kesilen polimer yüzeyleri bir araya getirilmiş ve 36 saat sonraki iyileşme hali gösterilmiştir. Kesilmeyen numune için gerilim-gerinim tesleri yapıldıktan sonra farklı iyileşme sürelerinde DMA analizleri yapılmış ve karşılaştırmalı olarak grafiği çizilmiş. [96].



Şekil 1.19. İki parçaya kesilen polimerlerin iyileşmesi

Marcela Mantese Sander ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada öncelikle Poli (gliserol sebakat) (PGS) ve polipirol (PPy)'nin iletken bir kompoziti, çözücüsüz ortamda hazırlanmıştır. PGS matrisi, 1: 1 oranında sebakik asit ve gliserol ile elde edilmiştir. % 1, 3 ve % 5 PPy içeren filmler PGS polimer öncesi matrisine iletken polimeri toz olarak ekleyerek önceden kaplanmıştır. Polimerizasyon GPC, ATR-FTIR ve NMR teknikleri ile doğrulanmıştır. Çapraz bağlanmış filmin hazırlanma süresi PPy ilavesiyle % 50 oranında azalmıştır. Filmler, termal olarak kararlı bir kompozit olduğunu gösteren termal ve dinamik mekanik analiz ile karakterize edilmiştir. Matris oda sıcaklığında elastomer olarak davranmıştır. Kompozit filmlerin elektrolitik iletkenliği 5×10^{-5} S/cm olarak belirlenmiştir. Matrisin kimyasal özelliklerine dayanarak PGS'nin kendiliğinden iyileşme özellikleri ve PPy ile olan kompozitleri araştırılmıştır. Sonuçlara göre filmlerin kesildikten ve 24 saat boyunca 30 ° C'de onarıldıktan sonra elektrik iletkenliğini ve mekanik mukavemetlerini koruduğu gözlemlenmiştir.

Aşağıdaki resimde PGS'nin oda sıcaklığında 2 saat ve 24 saat iyileştikten sonraki çekme testleri gösterilmiştir[97].



Şekil 1.20. PGS'nin oda sıcaklığında 2 saat ve 24 saat iyileştikten sonraki çekme testleri

Yves Leterrier ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan bu çalışmanın amacı, çatlak üzerine mikro kapsül bazlı bir iyileştirme mekanizması vasıtasıyla kendini iyileştiren epoksi kaplamaların üretilmesi, mekanik ve elektriksel özelliklerin değerlendirilmesidir. Çatlak yolundaki mikro kapsüllerde bulunan etilfenilasetat (EPA) açığa çıkmış. Elektriksel olarak iletken olan yaklaşık % 20 karbonanotüp içeren ve kendiliğinden iyileşen iki farklı kaplama yapılmış. Elektrokimyasal empedans spektroskopisi, CNT ve CNT içermeyen kapsüllü sistemleri nispeten büyük çatlakları restore etmek ve bariyer fonksiyonunu geri yüklemek için potansiyelini değerlendirmek için kullanıldı. Mikroskopta *in situ* elektro gerilme testi, elektriksel iletkenlik ve mekanik uygunlukların sırasıyla % 64 (± 23) ve % 81 (± 39)'e geri döndüğünü ve bunun da çatlak onarma ile ilişkili olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Uygun test koşulları altında sistem, elektriksel iletkenlik açısından ardışık hasar olaylarını göstermiştir [98].

Abdullah ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yapılan bu çalışmada poliestere esaslı polimer kompoziti 0, 6, 12 ve 18 yüzdelisinde siyah karbon ile çözelti döküm tekniği kullanılarak hazırlanmış ve kuvvetlendirilmiştir. Örneklerin dielektrik sabiti ve elektrik iletkenliği 0,5-10³ kHz frekans aralığında ve 26-80⁰C sıcaklık aralığı içinde incelenmiştir. Dielektrik sabiti ve kayıp tanjantı artan frekansla birlikte artış ve artan sıcaklıkla birlikte artış göstermiştir. AC elektrik iletkenliğinin düşük frekanslarda frekansa bağımlılığının zayıf olduğu bulunmuştur. Ancak daha yüksek bir frekans aralığında açısal frekansın üstel faktörü (ω^s) ile orantılı değiştiği görülmüştür. Üstel faktörün 0,65<s<0,77 aralığında olduğu bulunmuştur. s'in artan sıcaklıkla birlikte zayıf düşüşü, yüksek sıcaklıklarda serbest yüklerin hareket kabiliyetleri frekansa bağımlılığı azaltan iletkenlere dönüştürmüştür. Elektrik iletkenliğinin sıcaklık ile ilişkisinden her bir frekansta Arrhenius eşitliği kullanılarak aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır. Ayrıca siyah karbon içeriğinin ve frekansın bir fonksiyonu olarak aktivasyon enerjisinin değişimi tartışılmıştır. Aktivasyon enerjisi değerlerinin siyah karbon miktarıyla

arttığı ve frekansla azaldığı görülmüştür. Saf poliesterde 0,116 eV olan aktivasyon enerjisi %18 oranında siyah karbon içeren poliesterde 0,319 eV olarak bulunmuştur [99].

David Barker ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan bu çalışmada iletken bir polimer olan politiyofen fenilen omurgasına kendiliğinden iyileşme özelliği olan yan zincirler kullanarak aşırı kopolimerleri hazırlanmıştır. Aşırı kopolimerleri, malzemelerin yapısını, elektrokimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemek için ince filmler halinde incelenmiştir. Aşırılanmış yan zincirin kimyasal yapısındaki farkı cam geçiş sıcaklıkları, Young modülleri ile kendini iyileştirme yeteneği incelenmiştir. Yan zincirlerin malzemelerin kendiliğinden iyileşme özellikleri üzerindeki etkisini anlamak için bu iki malzeme türünü karşılaştırılmış. Aşırı politiyofenin, kesilmesinin sonra bir dakika içinde oda sıcaklığında kendi kendine iyileştiği gözlenmiştir. Kopolimerler demir (III) klorür ile doplandığında kırılma bir malzeme oluşumuna yol açarken, kısmen esneyebilen iletkenliği yüksek bir malzeme oluşturmuştur. Yan zincirlerinin aşırılaşmasına yönelik bu metodla, aşırı kopolimerinin bileşimine bağlı olarak, iletkenliğin ve kendi kendini iyileştirmenin özelliklerin değiştiği gözlemlenmiştir [100].

Eduardo Saiz ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada grafen ağı içerisinde bir supramoleküler polimerin katılmasyla kendiliğinden iyileşen bir kompozit üretilmiştir. Burada grafen ağı elektriksel iletkenlik sağlar ve hasar durumunda, ağ içindeki polimer serbest bırakılır ve materyali düzeltmek için akar. Kompozit, basınç ve esnemeye karşı duyarlı ve uzun süre açıkta kaldıktan sonra kesilen yüzeylere yeniden birleşirken mekanik ve elektriksel özelliklerini geri kazanmıştır. Çekme ve iletkenlik testi, uygulanan gerilim ile dirençteki değişimini kaydeder. Örnek % 30 gerilmeden sonra bile hala iletken. Kırılma olduğu anda elektriksel iletkenlik kaybı yaşanır [101].

Heejun Yang ve arkadaşları tarafından 2012 yılında yapılan bu çalışmada n ve p-tipi bir diyot hazırlanmıştır. Grafen, iki boyutlu (2D) doğası nedeniyle Fermi enerjisi elektrostatik geçit ile ayarlanabilen sıfır boşluklu bir yarı iletken. Grafen yeterince büyük bir Fermi enerjisinde metalik olduğundan, katkılı grafen ve yarı iletken arasındaki arayüzde bir Schottky bariyeri (SB) oluşur. Bununla birlikte, grafen ile hidrojenle sonlandırılan Si gibi iyi kontrol edilen yarı iletken bir yüzey arasındaki SB, iki önemli yolla geleneksel bir metal-yarı iletken SB'den farklıdır. İlk olarak, grafen yarı iletken kavşaklarında ara yüzey durumlarının oluşumu bastırılır, çünkü kimyasal olarak inert grafen ile sarkan bağlar olmaksızın tamamen doymuş yarı iletken yüzey arasındaki etkileşim göz ardı edilebilir. İkincisi, grafenin çalışma fonksiyonu (WF) elektrostatik alan etkisi ile Fermi enerjisini (EF) ayarlayarak geniş bir aralıkta elektrostatik olarak ayarlanabilir. Bu iki etkiyi de göz önüne alarak p tipi silisyum yüzeyine grafen kaplamışlar. Atomik olarak keskin ara yüzler oluşturmak için Si substratları

üzerine grafen için optimal bir transfer işlemi geliştirmek amacıyla transmisyon elektron mikroskobu (TEM) kullanılmış bu sayede yük yakalama bölgeleri oluşturabilen atomik kusurları veya silikon dioksit oluşumunu en aza indirenmiş. Hazırlanan bu diyotun idealite faktörü 1.1 olarak belirlenmiş. Bu değer daha önce yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen literatürdeki değerlerinden daha iyidir. 6 inçlik bir silisyum wafer üzerine tek katmanlı grafenin entegrasyonu ile bir geçit tüneli oluşturuldu. Oda sıcaklığındaki ölçümler sonunda idealite faktörünün aralığı ve akım yoğunluğu sırasıyla 1.1 ila 4.0 ve 101 ila 104 A / cm² olarak bulunmuş. Bu fark farklı wafer kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu diyotlar, uygun akım seviyesi ile wafer boyunca cihaz özellikleri bakımından, %90 cihaz verim ile mükemmel bir bütünlük sergilemiştir[102].

Fazal Wahab ve arkadaşları tarafından 2017 yılında yapılan bir çalışmada, grafen ve gümüş nanopartiküller (Ag NP'ler) ile oda sıcaklığında elde edilen nanokompozitinden hazırlanan diyotun elektriksel karakterizasyonu yapılmıştır. Diyot n-tipi silisyum wafer'ın yüzeyine hazırlanan kompozit ilave edilerek hazırlanmış. Bu diyotun I-V ölçümleri alınmış ve buradan idealite faktörü (n), seri direnci (Rs) ve bariyer yükseklikleri ϕ_b hesaplanmış. İdelite faktörü :3.86, Rs: 45 ohm ve ϕ_b : 0.367 eV olarak belerlenmiş. Bu parametrelerin farklı metotlarla hesaplanan sayısal değerleri, uygulanan hesaplama tekniklerinin tutarlılığını gösteren birbirleriyle iyi bir uyum içindedir. Ara yüzey yoğunluğu enerji dağılımı I-V karakterisitğinin ileri besleme akım grafiğinden belirlenmiş ve akım ile birlikte $27 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ ($E_c - 0.345$) Ev'dan $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ ($E_c - 0.398$) eV'a önemli bir düşüş göstermiş[103].

Sekhar C. Ray ve arkadaşları tarafından 2015 yılında yapılan bir çalışmada geleneksel Hummer yöntemi ile Grafen oksit (GO), hazırlanmış ve daha sonra indirgemiş. poli (3,4-etilenedioksitiofen) -poli (stirensülfonat) (PEDOT-PSS) ile GO'in kompoziti hazırlamış. Elde edilen bu kompozit silikon yüzetine emdirilerek ince filmler hazırlanmış, elektriksel ve ferroelektrik özellikleri belirlemek için ölçümler alınmış. I-V grafiklerden yarı-iletken özellik gösterdiği voltaj 0.8 V olarak belirlenmiş. Ayrıca, lineer voltaj-direnç (q-V) eğrileri çizilmiş ve bunların ferroelektrik davranışları incelenmiş. Bu iletken polimerlerde, p-elektronik sistemler dielektrik sabitini büyük ölçüde arttırmış ve polarizasyon elektronik yoğunluğun yeniden düzenlenmesinden kaynaklanmış. Polimerdeki ferro elektrik özellik, bağlardaki dimerleşmeden kaynaklanmıştır. Polimerde bulunan kalıcı dipoller sadece küçük elektrik alanlarının uygulanmasıyla polarize edilir ve belirli bir yönde polarize olur. Sıfır elektrik alanlarda kendiliğinden polarizasyon yoktur. Bu nedenle, öz direnç çok büyüktür. Polimerik kompozitte gözlemlenen ferroelektrik davranış çok küçüktür çünkü polimerin içinde bulunan

pi-bağı elektrik alanlarının uygulanmasıyla parçalanır ve serbest yük taşıyıcılarını artırır. Ferroelektrik davranışların azalmasının nedeni olarak bu davranış gösterilmiş. Elektrik alanı tersine çevrildiğinde, polarizasyon yönü tersine dönmeye başlar. Ancak serbest yük taşıyıcılarının varlığı nedeniyle hiçbir döngü oluşmaz. Bu tür davranışlar ferroelektrik materyallerde kayıplı davranış olarak bilinir [104].



2. MATERYAL VE METOD

2.1. Kullanılan Cihazlar

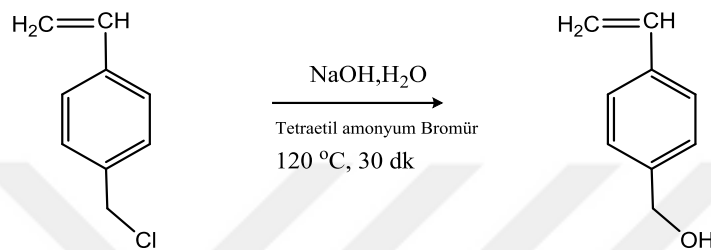
- Tartımlar için elektronik terazi: Chyo J.L. 180 model
- ^1H -NMR spektrumlarının alınması için AVENCE III Bruker marka 400 MHz ^1H ve 100 MHz ^{13}C -NMR spektroskopisi
- IR spektrumları için Perkin Elmer Spectrum One FT-IR spektrometresi
- Polimerlerin DSC ölçümleri için SHIMADZU marka DSC-50 termobalans
- Polimerlerin TGA eğrileri için SHIMADZU marka TGA-50 termobalans
- Polimerlerin ortalama molekül ağırlıklarının tayini için Agilent 1100 series, Gel Permeation Chromatography (GPC) cihazı
- Kurutma işlemleri için Nuve EV-018 marka vakumlu etüv
- Karıştırma işlemi için Jubbo ET 401 marka manyetik karıştırıcı
- Polimerizasyon için yağ banyosu, sıvı yağ (silikon veya motor yağı) ve termostat
- Cam malzeme olarak; değişik ebatlardaki polimerizasyon tüpleri, termometre, havan, mezür, huni, erlen, beher, baget, pipet, piset, damlalık, petri kabı, süzgeç kağıdı ve küçük numune şişeleri
- Dielektrik ölçümler için Quadtech 7600 Precision LCR meter
- Yarı iletken ve diyot ölçümler için FYTRONIX F7000
- Mekanik ölçümler için Hitachi DMA 7100
- SEM görüntüleri için Zeiss EVO MA10

2.2. Kullanılan Kimyasal Maddeler

- Kimyasal maddeler:
- Başlatıcılar: Radikalik polimerizasyon için AIBN(Azobisisobutüronitril)
- Kurutucular: Susuz magnezyum sülfat (MgSO_4), kalsiyum klorür (CaCl_2)
- Çözücüler: N,N-dimetil formamit, 1,4-dioksan, aseton, etil alkol, kloroform, diklorometan, dietil eter, ve NMR spektrumları için D-kloroform, D_6 -aseton, D_6 -DMSO
- Çöktürücüler: Etil alkol, n-hekzan, Dietil eter
- İnert gaz: Argon gazı

2.3. 4-Vinil benzil alkol sentezi (4VBA)

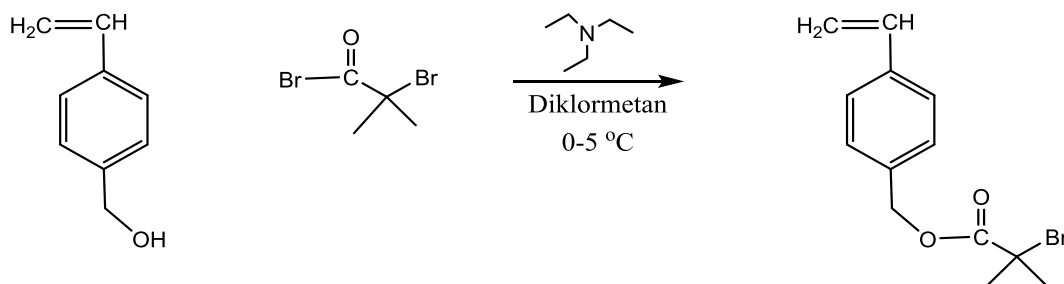
4-Vinil benzil alkol sentezi literatüre göre gerçekleştirildi [105]. Bunun için 0.40 gram NaOH (10 mmol) ve 5,69 gram (25mmol) TEABr (faz transferi olarak) 120 mL suda çözüldü. Daha sonra 4 vinil benzil klorürden 7,63 gram (50 mmol) sulu çözeltiye ilave edildi. Reaksiyon ortamı 120 °C ısıtılıp 30 dakika boyunca karıştırıldı. Reaksiyon sonlandıktan sonra soğuyan karışım etil asetat ile 3 kez ekstrakte edildi. MgSO₄ ile kurutulduktan sonra çözücü uçuruldu. Elde edilen 4VBA'nın sentez reaksiyonu Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. 4VBA'nın sentez reaksiyonu

2.4. 4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren (4BIMS)'in Sentezi

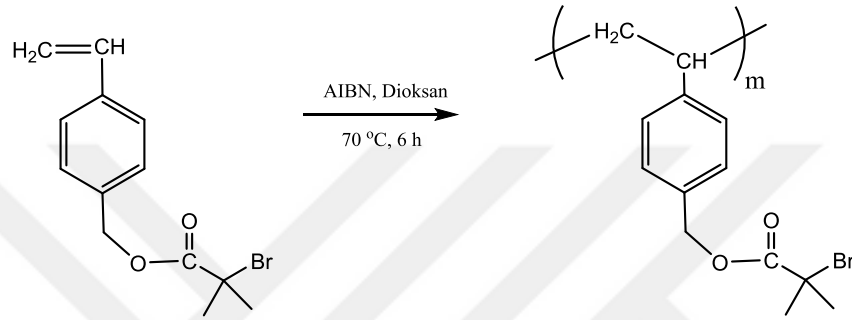
4-Vinil benzil alkol'ün akrilolil klorür ile olan reaksiyonu ile 4-(2-bromoizobütirolmetil)stiren'in sentezi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 2.00 g (14.91 mmol) 4-vinil benzil alkol ve 1.58 g (15.65 mmol) trietil amin iki ağızlı reaksiyon kabına alınarak diklormetanda çözüldü. Karışım buz banyosunda 0-5 °C arasına soğutuldu ve 3.60 g (15.65 mmol) 2-bromo izobütil bromür reaksiyon ortamına damla damla ilave edildi. Reaksiyon tamamlandıktan sonra ürün saflaştırılması gerçekleştirildi. Bileşiğin yapısı FT-IR, ¹H ve ¹³C NMR yöntemleriyle karakterize edildi. Elde edilen 4BIMS bileşiğinin sentez reaksiyonu Şekil 2.2' de verilmiştir.



Şekil 2.2. 4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren'in sentez reaksiyonu

2.5. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in sentezi

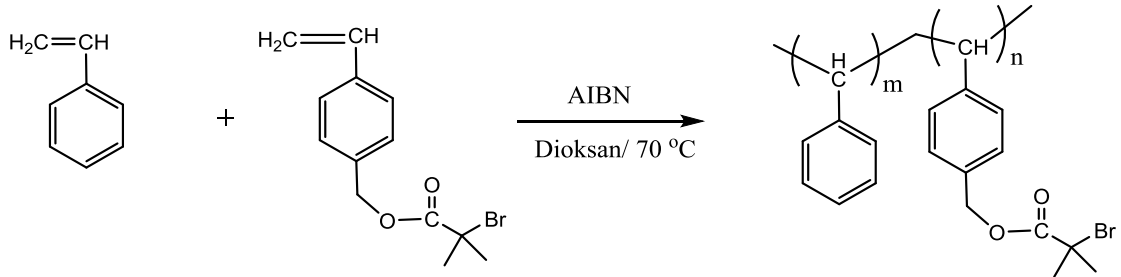
Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in sentezi için 2.00 g 4BIMS monomeri 5 mL dioksanda çözülüp polimerizasyon tüpüne alındı. Daha sonra reaksiyon tüpü argon gazından geçirildi ve monomerin %1'i kadar AIBN başlatıcısı ilave edilerek 70 °C'deki yağ banyosunda 24 saat polimerleştirildi. Reaksiyon sonunda oluşan polimer etil alkolde çöktürüldü ve 40 °C deki vakumlu etüvde kurutuldu. Polimerin karakterizasyonu FT-IR, ¹H ve ¹³C NMR, GPC, TGA ve DSC teknikleri ile yapıldı. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.4' te verilmiştir.



Şekil 2.3. Poli(4-(2-bromoizobütirolmetil)stiren)'in sentezi

2.6. Poli(Stiren-ko-4-(2-bromoizobütirolmetil)stiren) P(St-ko-4BIMS) sentezi

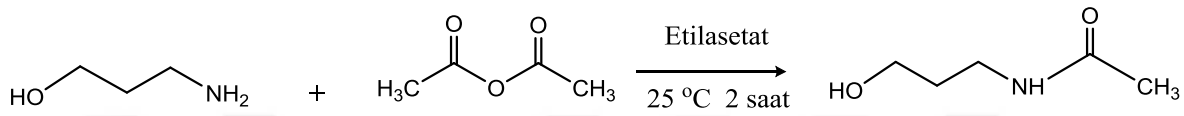
Poli(Stiren-ko-4-(2-bromoizobütirolmetil)stiren) makrobaşlatıcısının sentezi için 2.00 g (19.20 mmol) stiren monomeri, 0.60 g (2.13 mmol) 4-(2-bromoizobütirolmetil)stiren monomeri tartılıp polimerizasyon tüpünde dioksan ile çözüldü. Toplam monomerin kütlece %1 kadarı (0.026 g) AIBN başlatıcı ilave edildikten sonra argon gazından geçirildi ve 70 °C'deki yağ banyosunda 24 saat polimerleştirildi. Reaksiyon sonunda oluşan polimer etil alkolde çöktürüldü ve 40 °C deki vakumlu etüvde kurutuldu. Polimerin karakterizasyonu FT-IR, ¹H ve ¹³C NMR, GPC, TGA ve DSC teknikleri ile yapıldı. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.3' te verilmiştir.



Şekil 2.4. P(St-ko-4BIMS) makrobaşlatıcısının sentez reaksiyonu

2.7. N-(3-hidroksipropil)asetamit sentezi (3HPAC)

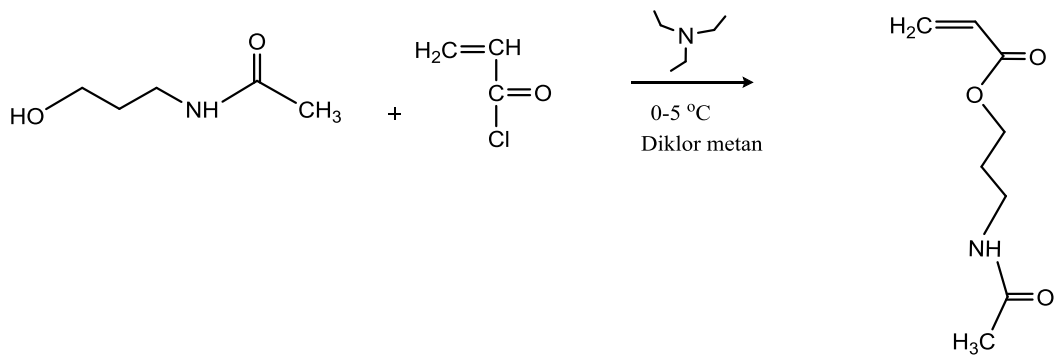
3HPAC'ın sentezi için 5.00 g (66.57 mmol) 3-amino propanol 50 mL Etilasetat içerisinde çözüldükten sonra %10 fazla (79.88 mmol) 7.48 gram asetik anhidrit damlatma hunisi ile oda sıcaklığında 30 dakikada ilave edildi. Reaksiyon 2 saat boyunca oda sıcaklığında devam etti. Reaksiyon tamamlandıktan sonra reaksiyon ortamına 15 mL metanol ve 7 gram K_2CO_3 ilave edilip 20 dakika daha karıştırıldı. Karışım süzüldü ve çözücüler evaporatörde uzaklaştırıldı. Elde edilen mumsu madde 60 °C de vakum altında kurutuldu. Bileşiğin yapısı FT-IR, 1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi. Elde edilen 3HPAC bileşiğinin sentez reaksiyonu Şekil 2.5' de verilmiştir.



Şekil 2.5. N-(3-hidroksipropil)asetamit'in sentez şeması

2.8. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin sentezi (3APAM)

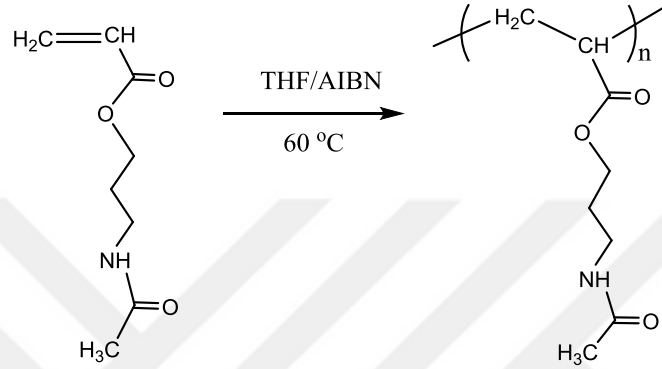
3-Asetamidopropil akrilat monomerinin sentezi için 2.00 g (17.07 mmol) N-(3-hidroksipropil)asetamit ve 1.81 g (17.93 mmol) TEA tartılıp diklor metanda çözüldü ve 0-5 °C ya kadar soğutuldu. Daha sonra 1.62 g (17.93 mmol) akriloil klorür reaksiyon ortamına damla damla ilave edildi. Reaksiyon bu sıcaklıkta 3 saat devam ettikten sonra 1 gece de oda sıcaklığında yürüdü. Reaksiyon sonlandırıldı ve ortamda oluşan tuz süzüldü. Diklor metan fazındaki madde %5'lik NaOH ve su ile 4'er kez yıkandı. Organik faz içine $MgSO_4$ ilave edildi ve bir gece bekledikten sonra süzüldü. Monomerin yapısı FT-IR, 1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi. Elde edilen 3APAM monomerinin sentez reaksiyonu Şekil 2.6' da verilmiştir.



Şekil 2.6. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin sentezi'in sentez şeması

2.9. Poli (3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM) sentezi

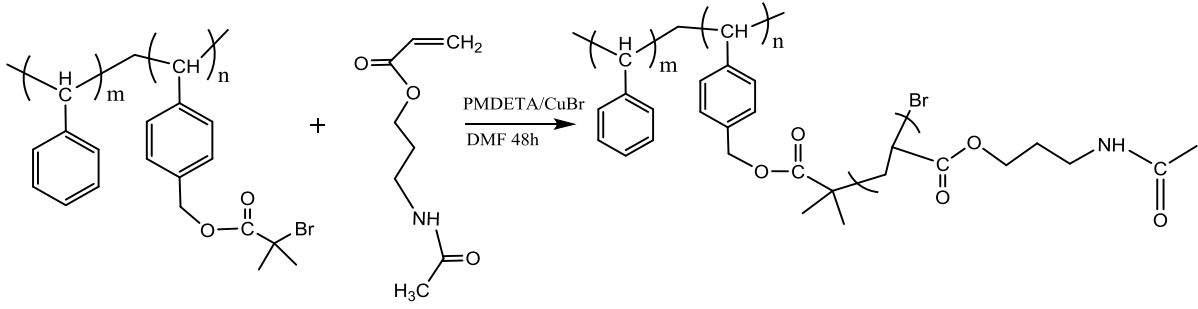
P(3APAM)'ın sentezi serbest radikalik polimerizasyon yöntemiyle gerçekleştirildi. Bunun için 1.00 gram monomer tartılıp polimerizasyon tüpüne alındı ve 3 ml THF ile çözüldü. Daha sonra monomerin %1'i kadar AIBN ilave edilip argon gazından geçirildi. Yağ banyosunda 60 °C de 24 saat polimerleştirildi. Polimerin yapısı FT-IR, ¹H ve ¹³C NMR yöntemleriyle karakterize edildi. Elde edilen polimer soğuk dietil eterde çöktürüldü. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.7' de verilmiştir.



Şekil 2.7. 3-Asetamidopropil akrilat polimerinin sentez şeması

2.10. 3-Asetamidopropil akrilat'ın'ın aşı kopolimeri sentezi P(3APAMG)

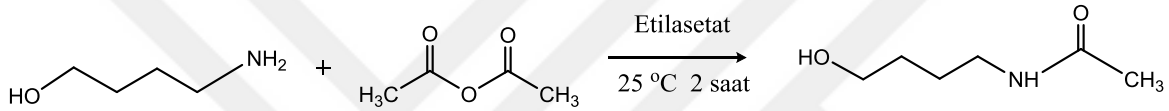
P(3APAMG)'nin sentezi için 0.075 g P(St-ko-4BIMS %8.5) makrobaşılatıcı, 3.00 g (17.52 mmol) 3-asetamidopropil akrilat monomeri, monomerin molce %2'i kadar PMDETA 0.60 g (0.35 mmol) hassas bir şekilde tartıldı ve 4 ml DMF ile çözülerek karışım polimerizasyon tüpüne alındı. Argon gazından geçirilen karışımın içine monomerin molce %1'i kadar CuBr 0.0251 g (0.175 mmol) ilave edilip kapağı kapatıldı. 70 °C'deki yağ banyosunda 48 saat polimerleştirildi. Homojen ısınmayı sağlamak için manyetik balık ile karıştırıldı. Polimer soğuk dietil eterde çöktürüldü. Daha sonra metanolde çözülen polimer bazik alüminadan geçirilerek ortamda kalan metal ve diğer safsızlıklar uzaklaştırıldı. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ¹H ve ¹³C NMR yöntemleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.8' de verilmiştir.



Şekil 2.8. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin aşılama reaksiyonu

2.11. N-(4-Hidroksibütil)asetamit sentezi (4HBA)

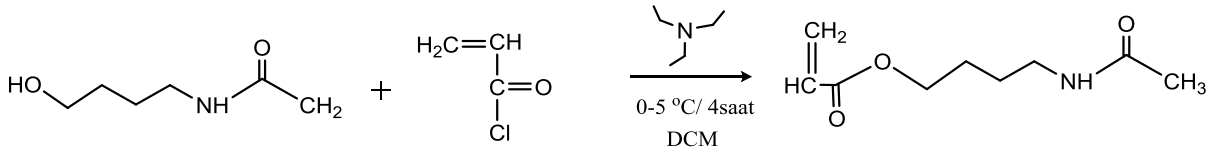
N-(4-Hidroksibütil)asetamit sentezi bölüm 2.7' deki prosedüre uygun şekilde gerçekleştirildi. 4HBA' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.9' da verilmiştir. Bileşiğin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.9. N-(4-Hidroksibütil)asetamit (4HBA) sentez şeması

2.12. 4-Asetamidobütil akrilat monomerinin sentezi (4ABAM)

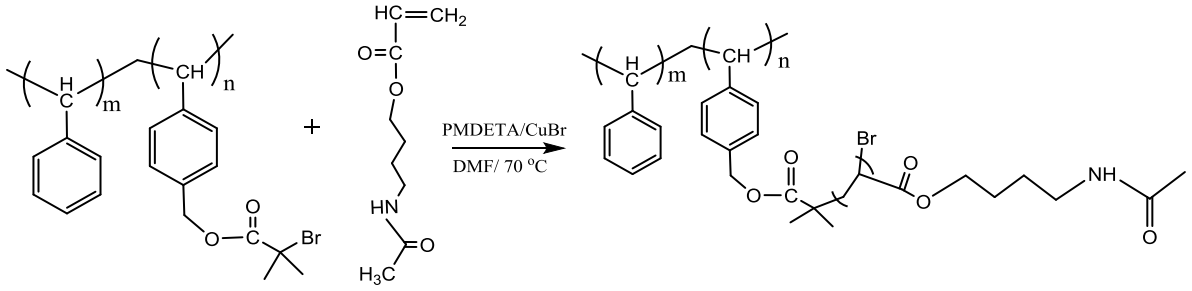
4-Asetamidobütil akrilat monomerinin sentezi bölüm 2.8' deki prosedüre uygun şekilde gerçekleştirildi. 4ABAM' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.10' da verilmiştir. Monomerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.10. 4-Asetamidobütil akrilat monomerinin sentez şeması

2.13. 4-Asetamidobütil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(4ABAMG)

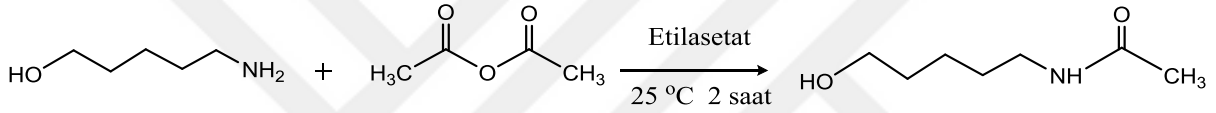
4-Asetamidobütil akrilat monomerinin (4ABAM)'ın aşı kopolimeri bölüm 2.10' daki prosedüre uygun şekilde gerçekleştirildi. (4ABAMG)' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.10' da verilmiştir. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR ve DSC teknikleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.11' de verilmiştir.



Şekil 2.11. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin aşı polimerizasyon şeması

2.14. N-(5-hidroksipentil)asetamit sentezi (5HPAC)

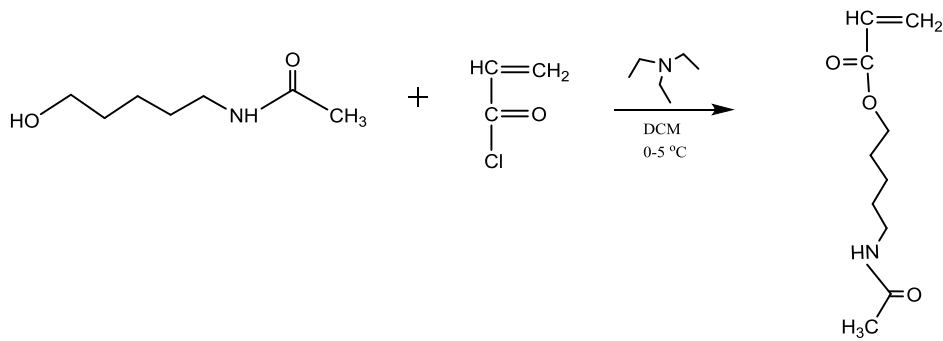
N-(5-Hidroksipentil)asetamit sentezi bölüm 2.7' deki prosedüre uygun şekilde gerçekleştirildi. 5HPAC' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.12' de verilmiştir. Bileşiğin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.12. N-(5-Hidroksipentil)asetamit sentez şeması

2.15. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin sentezi (5APAM)

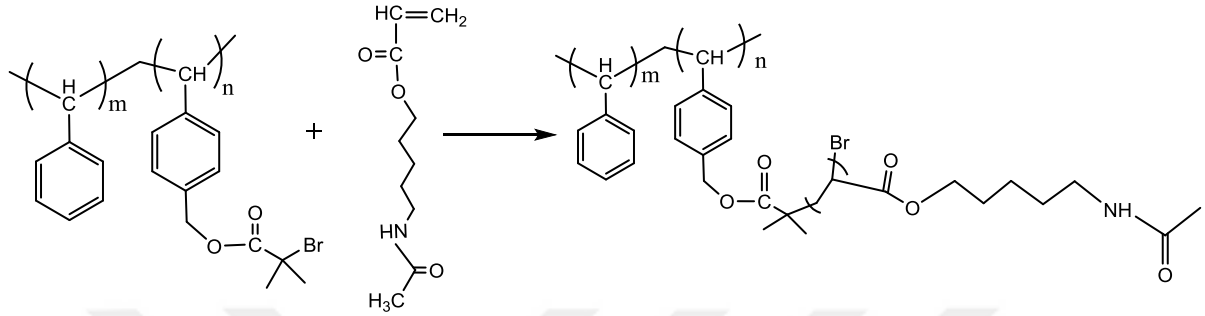
5-Asetamidopentil akrilat monomerinin sentezi bölüm 2.8' deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. 5APAM' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.13' de verilmiştir. Monomerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.13. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin sentez şeması

2.16. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(5APAMG)

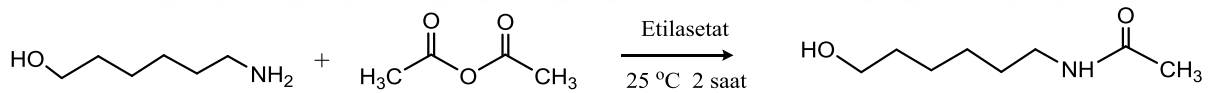
5-Asetamidopentil akrilat monomerinin (5APAM)'ın aşı kopolimeri bölüm 2.10' daki prosedüre uygun şekilde gerçekleştirildi. P(5APAMG)' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.10' da verilmiştir. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR ve DSC teknikleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.14' te verilmiştir.



Şekil 2.14. 5-Asetamidopentil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu

2.17. N-(6-Hidroksihekzil)asetamit sentezi (6HHAC)

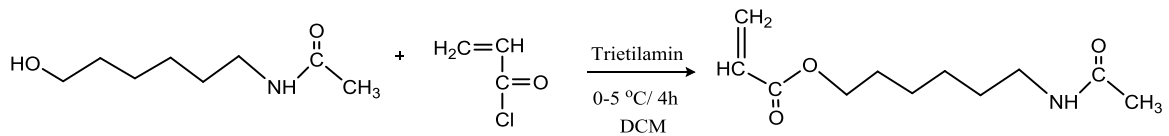
N-(6-Hidroksihekzil)asetamit sentezi bölüm 2.7' deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. 6HHAC' nin sentez reaksiyonu Şekil 2.15' ta verilmiştir. Bileşiğin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.16. N-(6-Hidroksihekzil)asetamit (6HHAC) sentez şeması

2.18. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin sentezi (6AHAM)

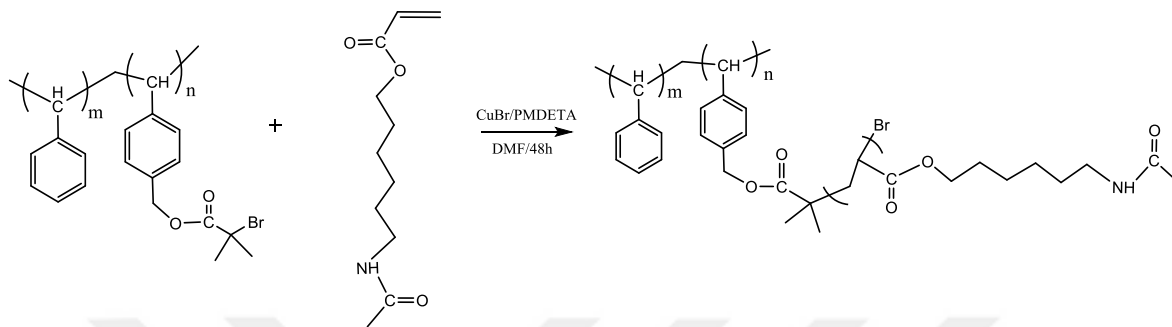
6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin sentezi bölüm 2.8' deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. 6AHAM' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.13' da verilmiştir. Monomerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.17. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin (6AHAM) sentez şeması

2.19. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(6AHAMG)

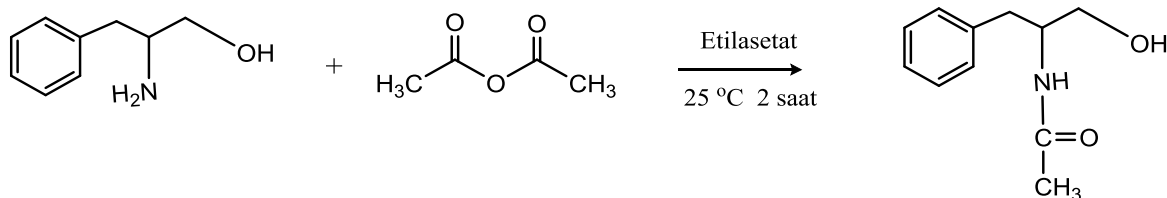
6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin (6AHAM)'ın aşı kopolimeri bölüm 2.10' daki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. P(6AHAMG)'nin sentez reaksiyonu Şekil 2.18' de verilmiştir. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR ve DSC teknikleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.14' te verilmiştir.



Şekil 2.18. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu

2.20. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit sentezi (N1H3FA)

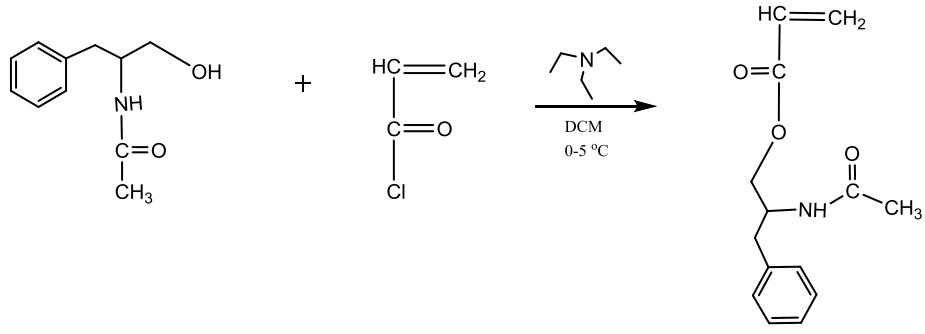
N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit sentezi bölüm 2.7' deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. N1H3FA' nın sentez reaksiyonu Şekil 2.19' da verilmiştir. Bileşiğin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.19. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit (N1H3FA) sentez şeması

2.21. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi (2AFAM)

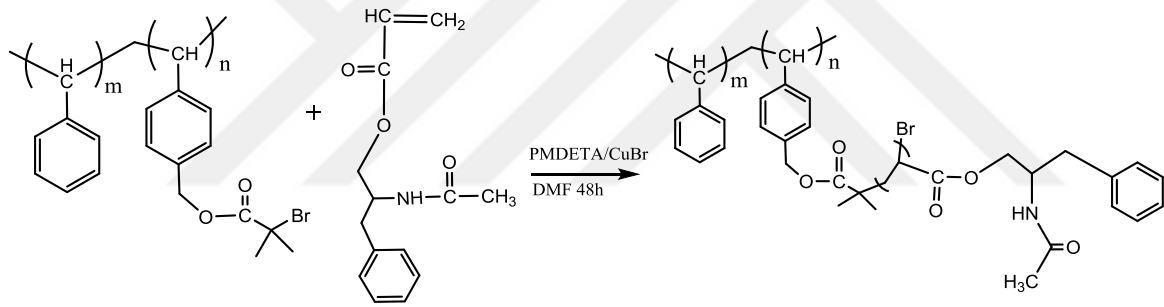
2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi bölüm 2.8' deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. 2AFAM' ın sentez reaksiyonu Şekil 2.20' de verilmiştir. Monomerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.20. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentez şeması

2.22. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(2AFAMG)

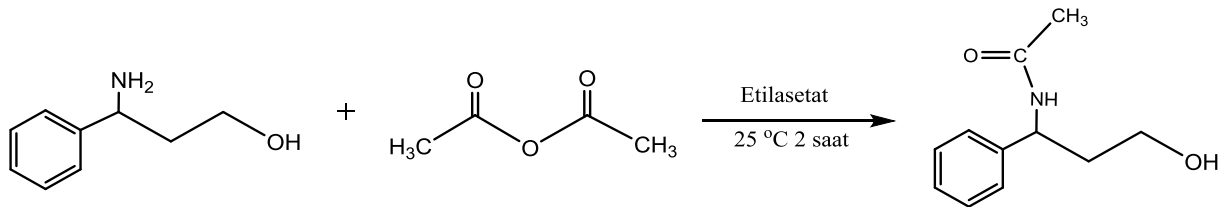
2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin (2AFAM)'ın aşı kopolimeri bölüm 2.10' daki yöntemeye uygun şekilde gerçekleştirildi. P(2AFAMG)'nin sentez reaksiyonu Şekil 2.21' de verilmiştir. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR ve DSC teknikleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.14' te verilmiştir.



Şekil 2.21. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimeri

2.23. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit sentez aşaması (N3H1FA)

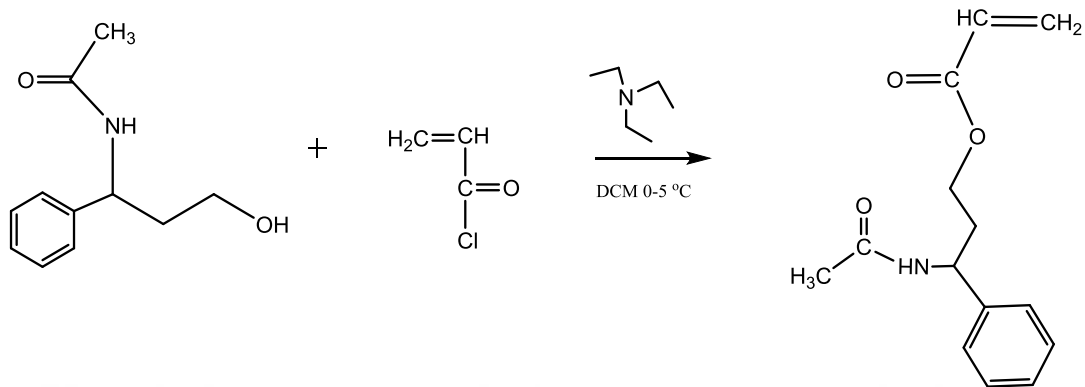
N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit sentezi bölüm 2.7' deki yöntemeye uygun şekilde gerçekleştirildi. N3H1FA' nın sentez reaksiyonu Şekil 2.22' da verilmiştir. Bileşiğin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.22. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit (N3H1FA) sentez şeması

2.24. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi (3AFAM)

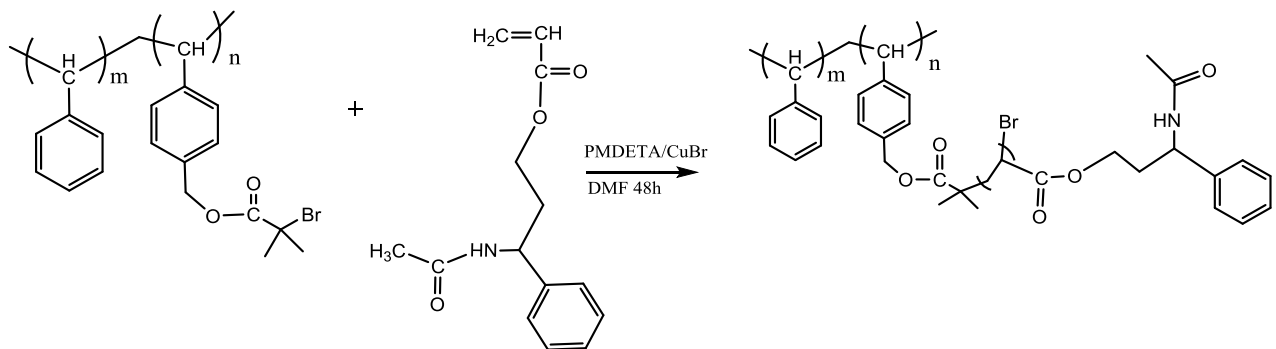
3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentezi bölüm 2.8’ deki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. 2AFAM’ ın sentez reaksiyonu Şekil 2.23’ da verilmiştir. Monomerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR yöntemleriyle karakterize edildi.



Şekil 2.23. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin sentez şeması

2.25. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimerizasyonu P(3AFAMG)

3-Asetamido-3-fenilpropil (3AFAM)’ın aşı kopolimeri bölüm 2.10’ daki yönteme uygun şekilde gerçekleştirildi. P(3AFAMG)’nin sentez reaksiyonu Şekil 2.24’ de verilmiştir. Aşı kopolimerin yapısı FT-IR, ^1H ve ^{13}C NMR ve DSC teknikleriyle karakterize edildi. Polimerin sentez reaksiyonu Şekil 2.14’ te verilmiştir.

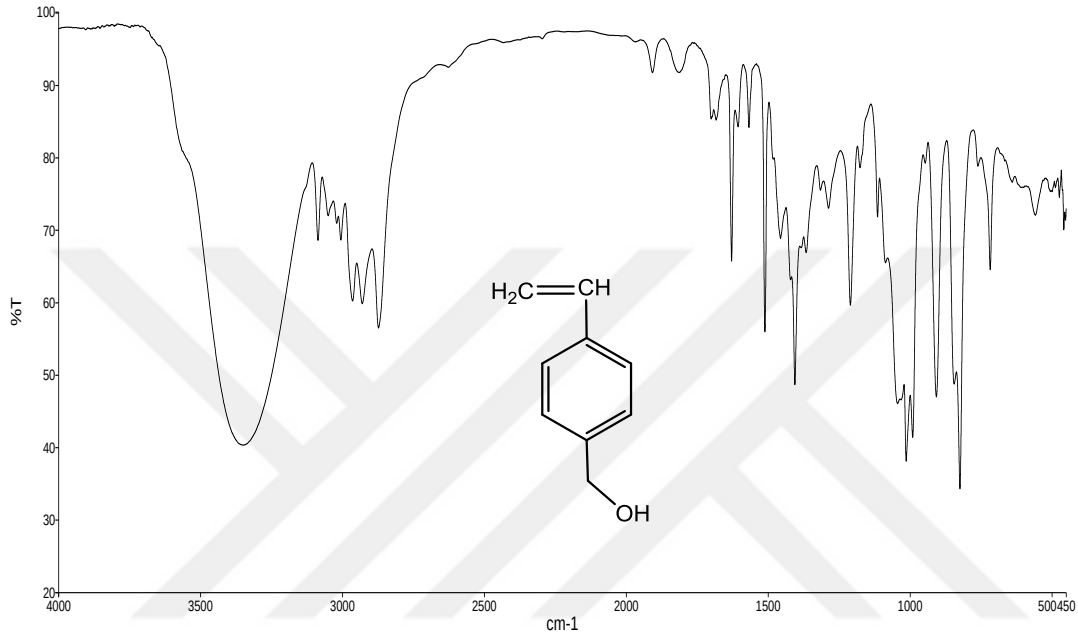


Şekil 2.24. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı kopolimeri sentez şeması

3. BULGULAR

3.1. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) karakterizasyonu

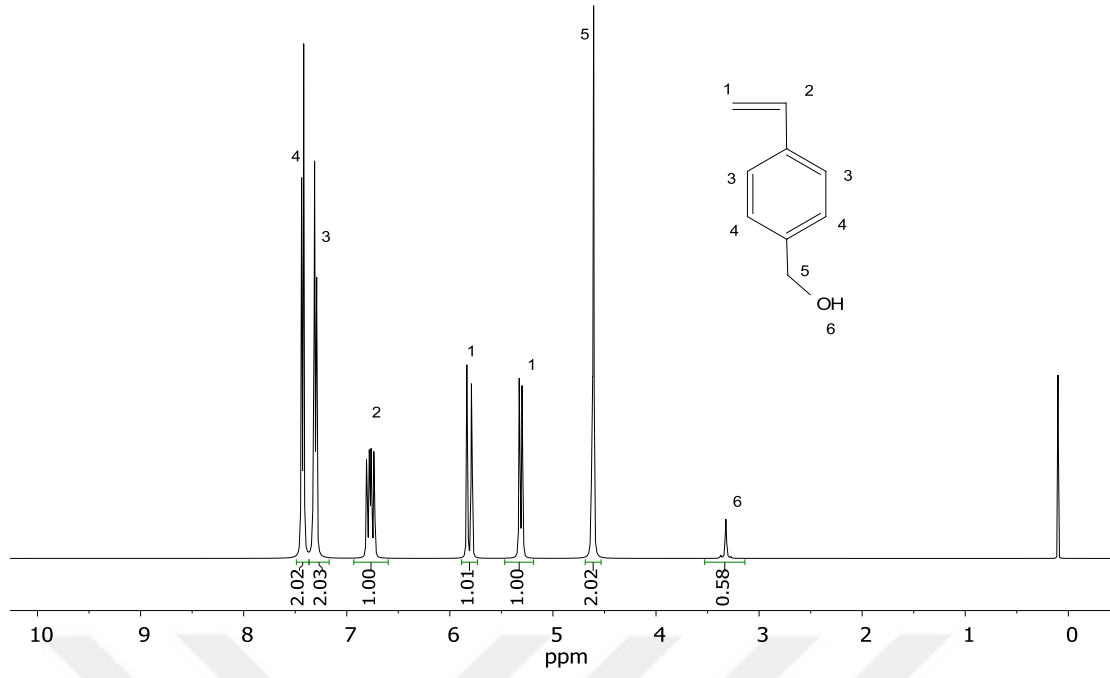
4VBA'nın IR spektrumu Şekil 3.1 ve değerlendirilmesi Tablo 3.1'de; ^1H NMR Şekil 3.2 ve değerlendirmesi Tablo 3.2'de verilmiştir. Şekil 3.3'te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirmesi de Tablo 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.1. 4-Vinil benzil alkol'ün FT-IR spektrumu

Tablo 3.1. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) FT-IR spektrumu değerlendirilmesi

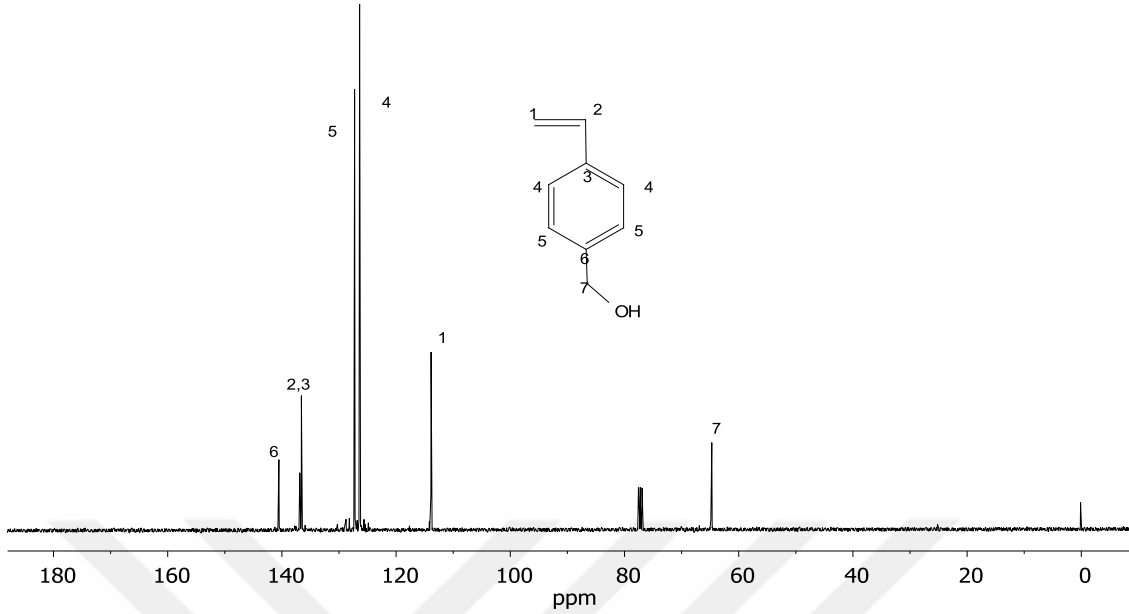
Dalga Sayısı (cm^{-1})	Titreşim Türü
3062–3040 ve 2927–2881	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1588-1599	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1456-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1130	C-O asimetrik gerilme
3438	OH gerilmesi



Şekil 3.2. 4-Vinil benzil alkol'ün ^1H -NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.2. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) ^1H -NMR spektrumu değeriendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4VBA	7.44- 7.31	Aromatik halka protonları
	6,76	-CH ₂ =CH protonu
	4.60	-CH ₂ -OH metilen protonları
	5.81	-CH ₂ =C protonları (cis hidrojen J :20 Hz, H^I)
	5.29	-CH ₂ =C protonları (trans hidrojen J :12 Hz, H^I)
	3.23	-OH protonu



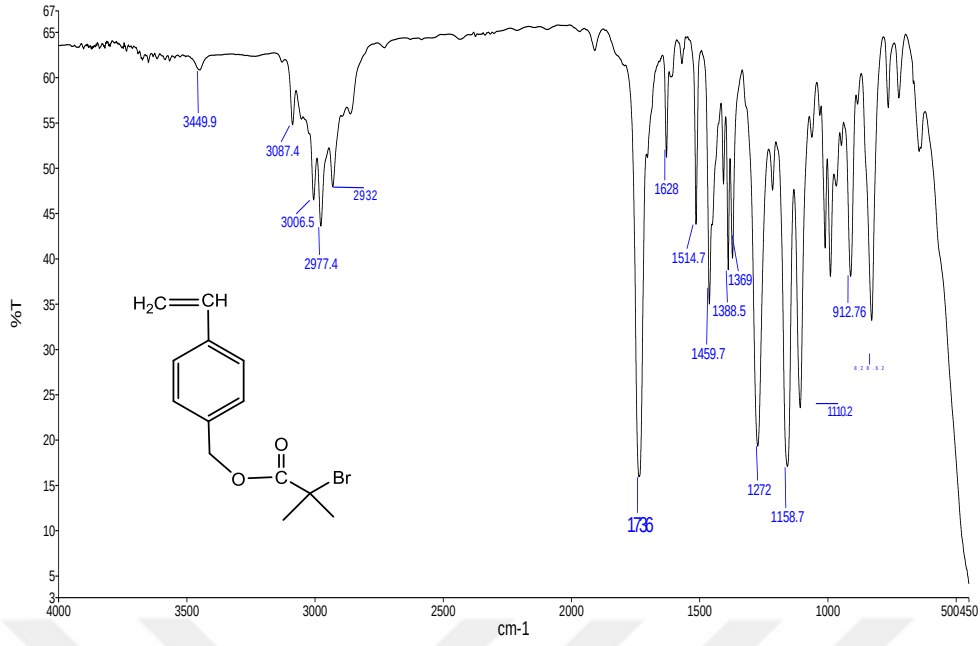
Şekil 3.3. 4-Vinil benzil alkol'ün ^{13}C -NMR spektrumu(d -kloroform)

Tablo 3.3. 4-Vinil benzil alkol'ün (4VBA) ^{13}C -NMR spektrumu değerlendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4VBA	140.4	$-\text{CH}_2-\text{OH}$ grubunun bağlı olduğu ipso karbonu
	138.8	Vinil grubunun bağlı olduğu ipso karbonu
	136.6	Vinil grubundaki $-\text{CH}$ karbonu
	127.21-125.9	Aromatik halka karbonları
	113.6	Vinil grubundaki $-\text{CH}_2$ karbonu
	64.7	$-\text{CH}_2-\text{OH}$ karbonu

3.2. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in (4BIMS) karakterizasyonu

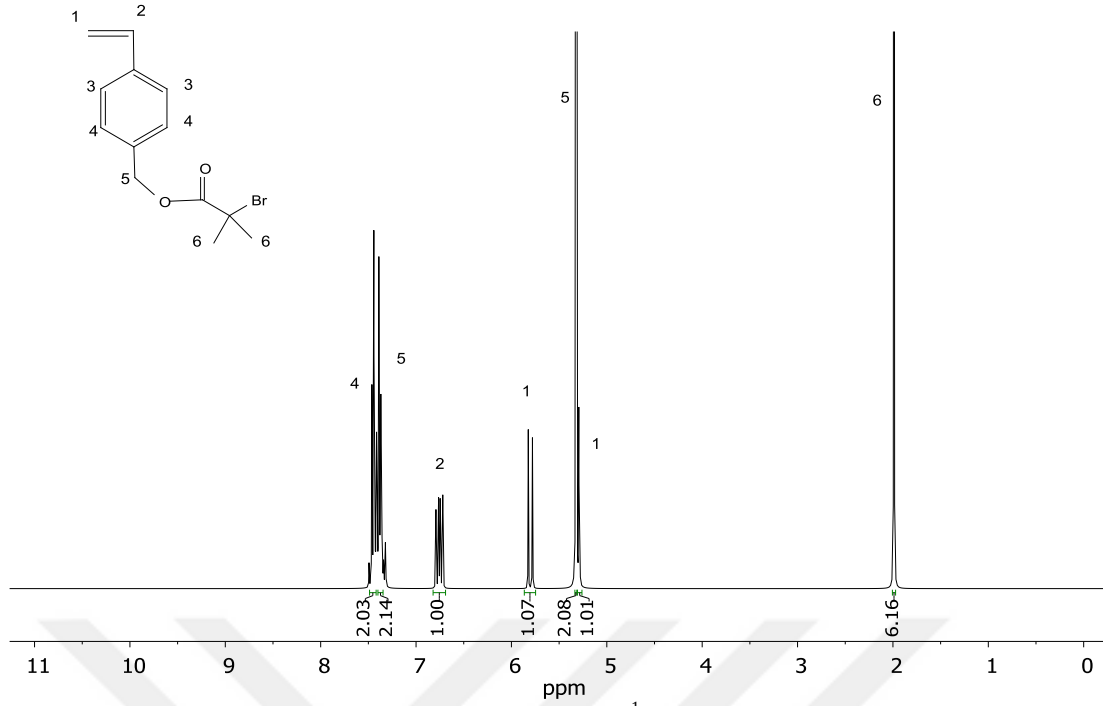
4BIMS'in IR spektrumu Şekil 3.4 ve değerlendirilmesi Tablo 3.4'te; ^1H NMR Şekil 3.5 ve değerlendirilmesi Tablo 3.4'te verilmiştir. Şekil 3.6'da ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.4. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in FT-IR spektrumu

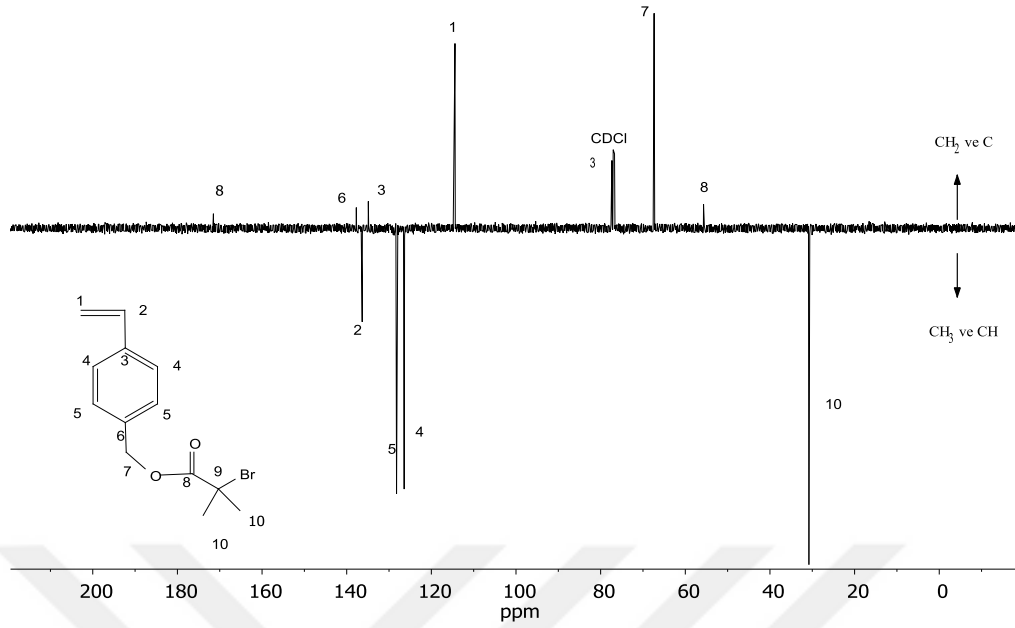
Tablo 3.4. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in FT-IR spektrumu değerlendirmesi

Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3089–3010 ve 2978–2882	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1736	-OC=O (Ester karbonil)
1627	-CH ₂ =CH vinil grubu çift bağ gerilmesi
1515	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1457-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1388-1369	Geminal dimetil eğilme titreşimleri
1269	C-O asimetrik gerilme



Tablo 3.5. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4BIMS	7.46- 7.37	Aromatik halka protonları
	6.75	-CH ₂ =CH protonu
	5.80	-CH ₂ =C protonları (cis hidrojen $J:16\text{ Hz}$, H^1)
	5.32	-CH ₂ =C protonları (trans hidrojen $J:8\text{ Hz}$, H^1)
	5.23	-CH ₂ =O protonları
	2.0	İzopropil grubu -CH ₃ protonları



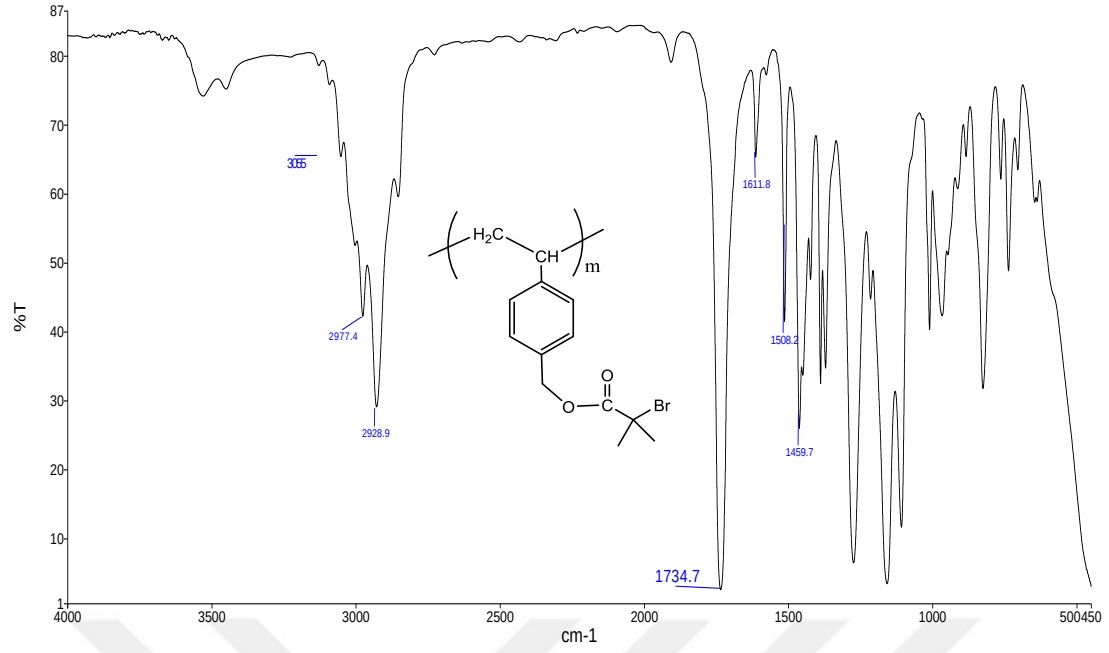
Şekil 3.6. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.6. 4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren'in ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4BIMS	128.2-126.4	Aromatik halka karbonları
	171.4	Ester karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	137.7	$-\text{CH}_2$ grubunun bağlı olduğu aromatik karbon
	134.8	Vinil grubunun bağlı olduğu aromatik karbon
	136.3-114.4	Vinil grubundaki $-\text{CH}$ ve $-\text{CH}_2$ karbonları
	67.3	Oksijen atomuna bağlı $-\text{CH}_2$ karbonunu
	55.6	$-\text{Br}$ 'un bağlı olduğu $-\text{CH}$ karbonu
	30.7	İzopropil grubundaki $-\text{CH}_3$ karbonları

3.3. Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren)'in karakterizasyonu

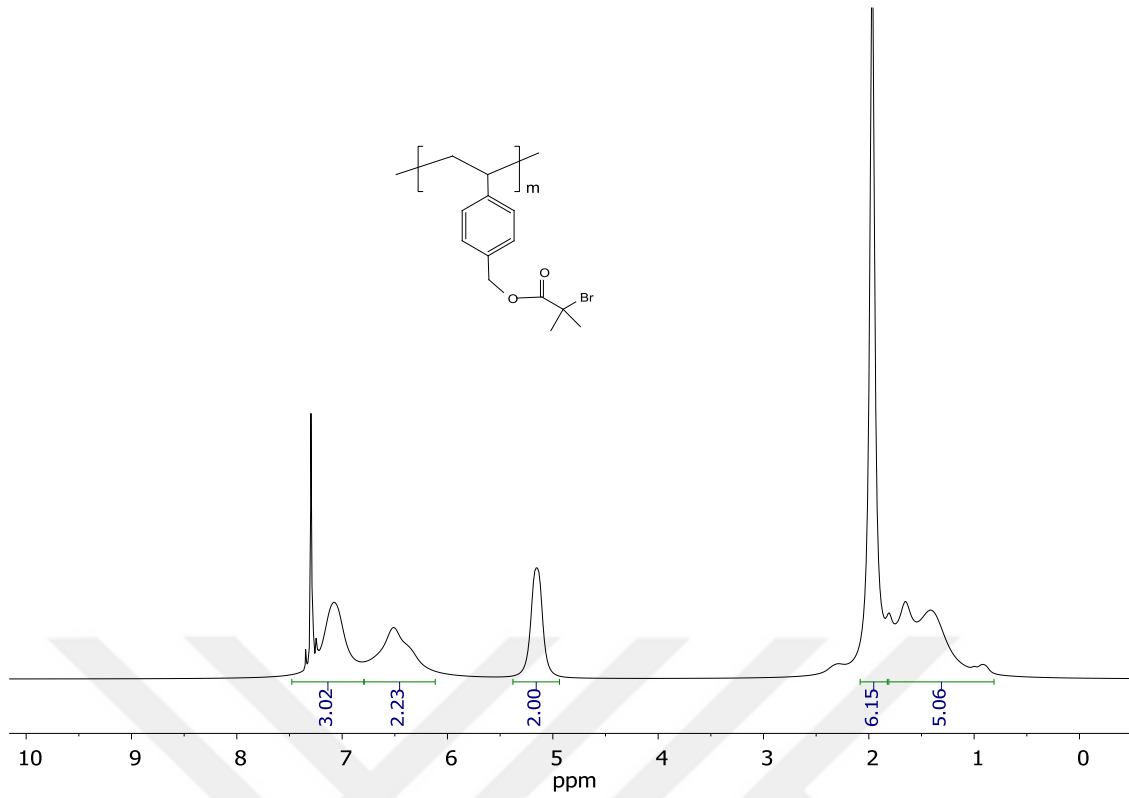
Poli(4-(2-Bromoizobütiroilmetil)stiren) P(4BIMS)'nin IR spektrumu Şekil 3.7 ve değerlendirilmesi Tablo 3.7'de; ^1H NMR Şekil 3.8 ve değerlendirilmesi Tablo 3.8'de verilmiştir. Şekil 3.9' da ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in FT-IR spektrumu

Tablo 3.7. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in FT -IR spektrumu değerlendirilmesi

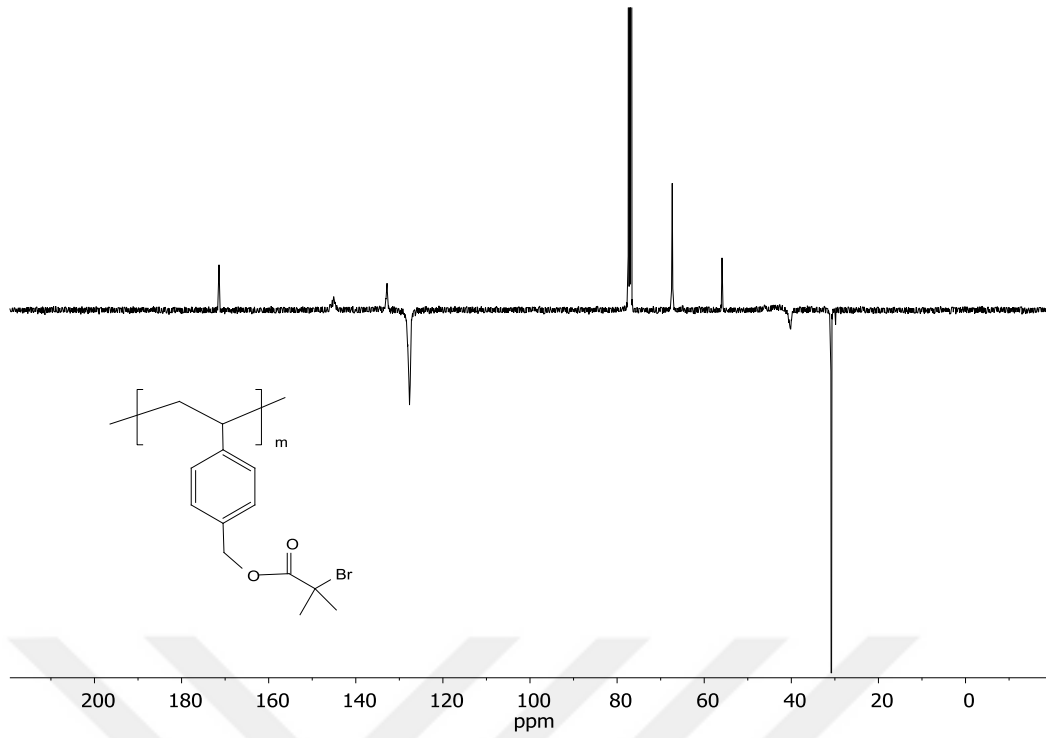
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3070–3022 ve 2926–2846	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1734	-OC=O (Ester karbonil)
1515	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1457-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1386-1369	Geminal dimetil eğilme titreşimleri
1271	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.8. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.8. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(4BIMS)	7.08-6.62	Aromatik halka protonları
	5.15	Ar-CH ₂ -O protonları
	1.99	İzoprobil grunudaki -CH ₃ protonları
	1.89-1.45	Ana zincir protonları



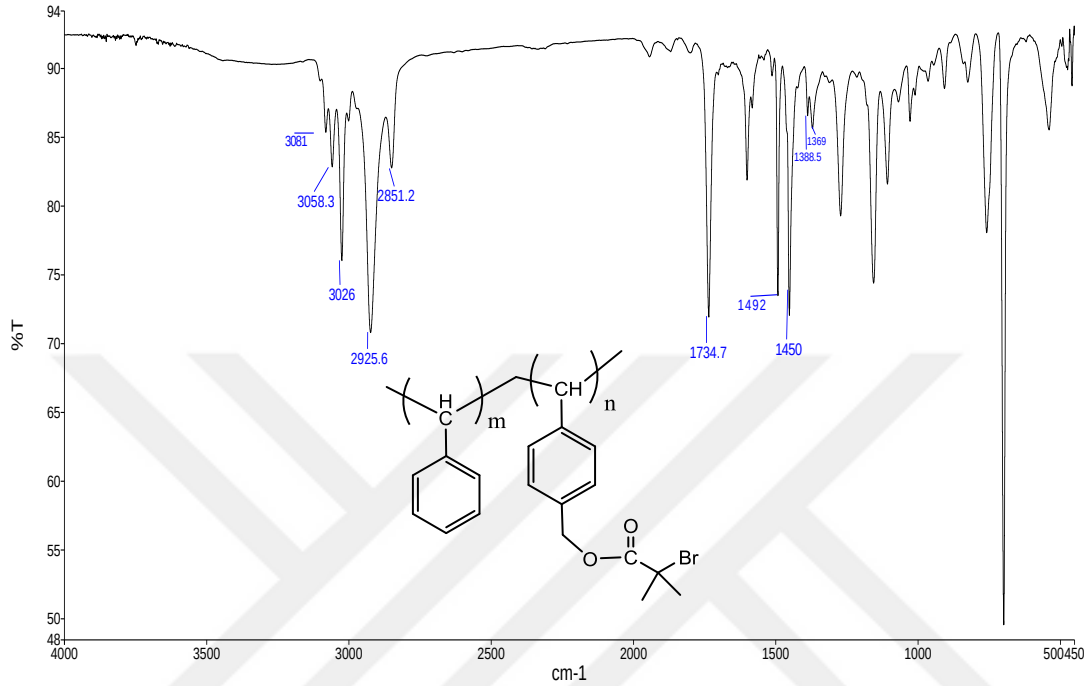
Şekil 3.9. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.9. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(4BIMS)	171.4	Ester $-\text{C}=\text{O}$ karbonil karbonu
	145.8	Vinil grubunun bağlı olduğu aromatik karbon
	127	Aromatik halka karbonları
	66	Br'un bağlı olduğu karbonu $-\text{C}-\text{Br}$
	54	Oksijen atomuna bağlı $-\text{CH}_2$ karbonunu
	43-40	Ana zincir karbonları
	31	BIMS birimideki $-\text{CH}_3$ karbonu

3.4. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin karakterizasyonu

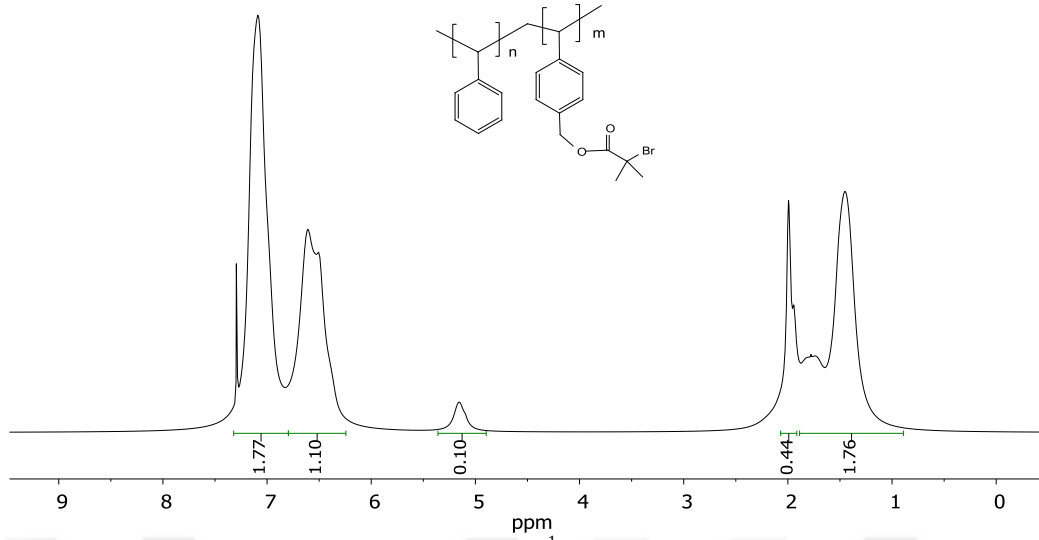
P(St-ko-4BIMS) makrobaşlatıcı'nın IR spektrumu Şekil 3.10 ve değeriendirilmesi Tablo 3.10'de; ^1H NMR Şekil 3.11 ve değeriendirmesi Tablo 3.11'de verilmiştir. Şekil 3.12' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değeriendirmesi de Tablo 3.12'te verilmiştir.



Şekil 3.10. P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşlatıcısının FT-IR spektrumu

Tablo 3.10. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin FT-IR spektrumu değeriendirmesi

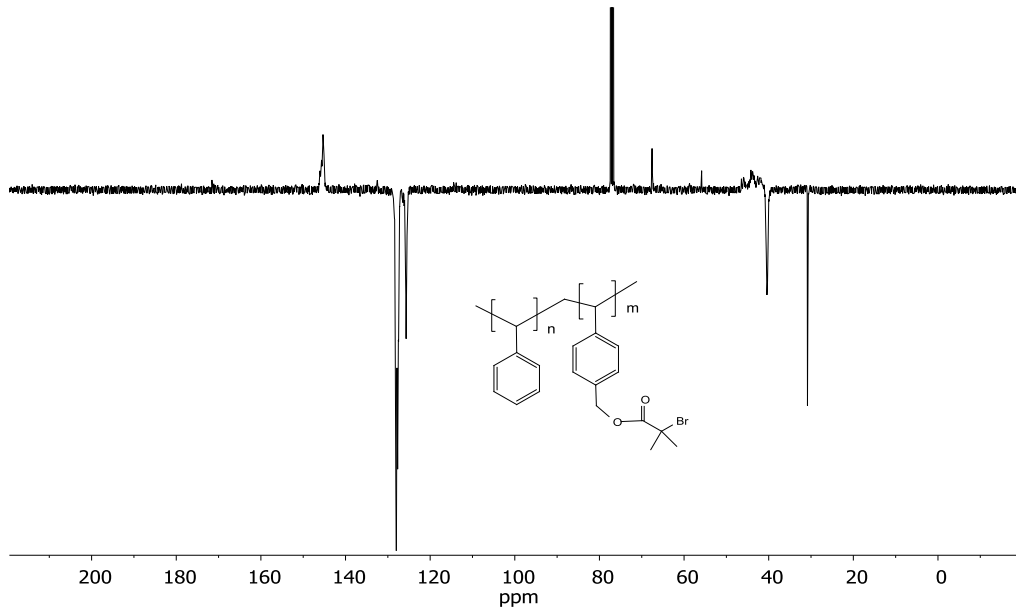
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3070–3022 ve 2926–2846	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1736	-OC=O (Ester karbonil)
1515	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1457-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1388-1369	BIMS birimindeki geminal dimetil eğilme titreşimleri
1271	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.11. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ^1H -NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.11. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ^1H -NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
(P(St-ko-4BIMS%8.5))	7.30-6.20	Aromatik halka protonları
	5.15	Oksijene bağlı $-\text{CH}_2$ protonları
	2.01	İzoprobil grubundaki $-\text{CH}_3$ protonları
	1.93-1.20	Ana zincir protonları



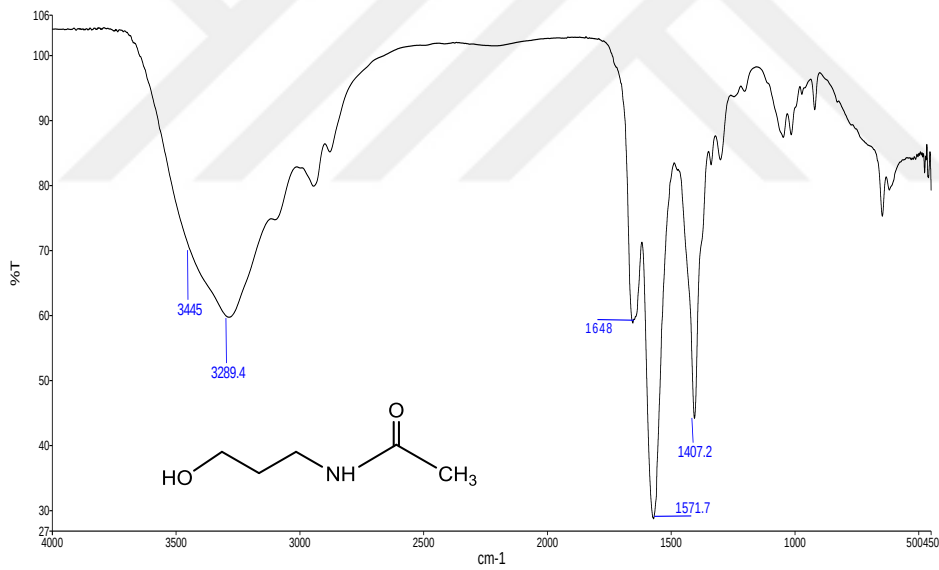
Şekil 3.12. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.12. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

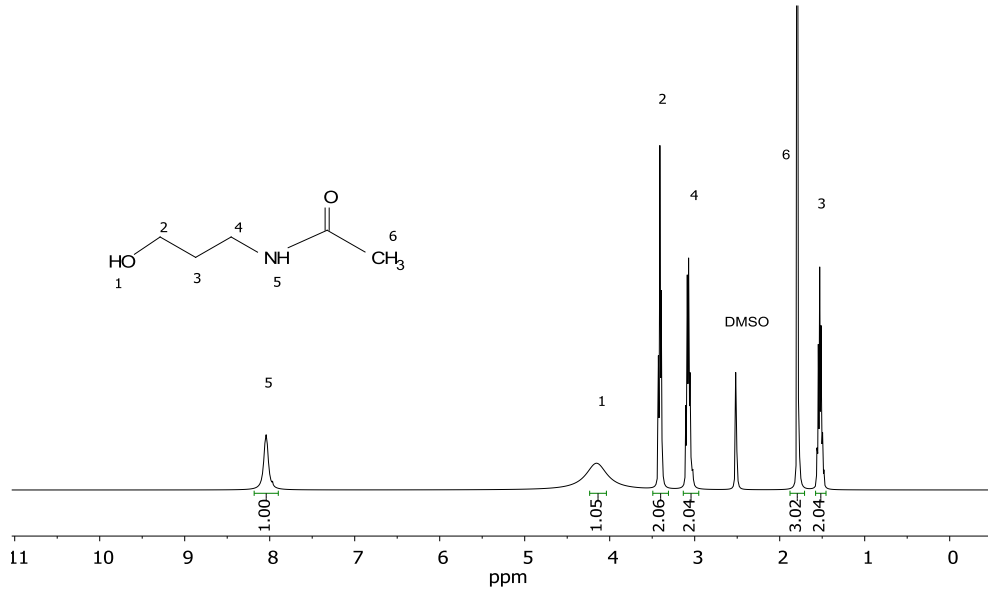
Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
(P(St-ko-4BIMS%8.5))	171,4	BIMS birimideki ester $-\text{C}=\text{O}$ karbonil karbonu
	145,8	Oksijene bağlı ipso karbonu
	128,6-125,9	Aromatik halka karbonları
	67,2	BIMS birimideki $\text{Ar}-\text{CH}_2-\text{O}$ karbonu
	55,6	BIMS birimideki $-\text{C}-\text{Br}$ karbonu
	43-40	Ana zincir karbonları
	31,3	BIMS birimideki $-\text{CH}_3$ karbonu

3.5. 3HPAC'ın karakterizasyonu

N-(3-Hidroksipropil)asetamit'in IR spektrumu Şekil 3.13 ve değerlendirilmesi Tablo 3.13'de; ^1H NMR Şekil 3.14 ve değerlendirmesi Tablo 3.14'de verilmiştir. Şekil 3.15'te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirmesi de Tablo 3.15'te verilmiştir.

**Şekil 3.13.** N-(3-Hidroksipropil asetamit)'in (3HPAC) FT-IR spektrumu**Tablo 3.13.** N-(3-hidroksipropil asetamit)'in (3HPAC) FT-IR spektrumu değerlendirmesi

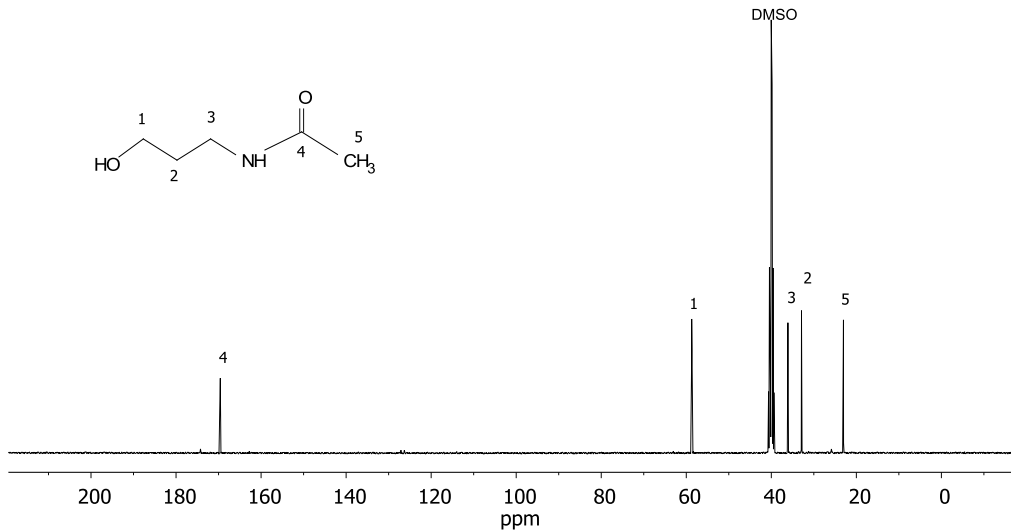
Dalga Sayısı (cm^{-1})	Titreşim Türü
3445	-OH gerilme titreşimi
3289	$-\text{NH}_2$ gerilme titreşimi
2929-2882	Alifatik C-H gerilmeleri
1648	$-\text{C}=\text{O}$ (Amit karbonil)



Şekil 3.14. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ^1H -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.14. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ^1H -NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3HPAC	7.90	-NH amit protonu
	4.17	-OH protonu
	3.40	-OH grubuna komşu CH_2 protonları
	3.13	-NH grubuna komşu CH_2 protonları
	1.80	- CH_3 protonları
	1.52	3 nolu - CH_2 protonları



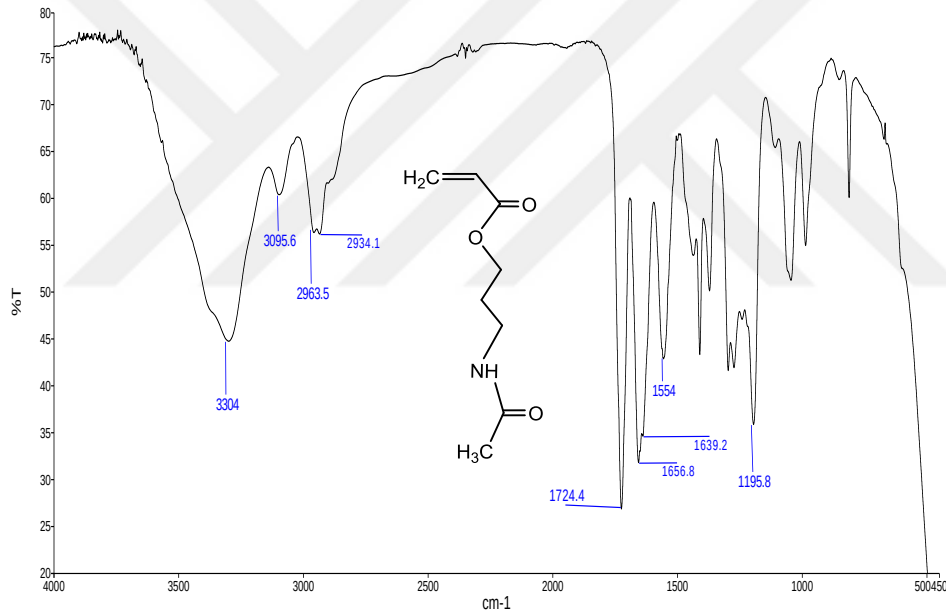
Şekil 3.15. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ^{13}C -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.15. N-(3-Hidroksipropil asetamit) (3HPAC) ¹³C-NMR spektrumu değeriendirmesi

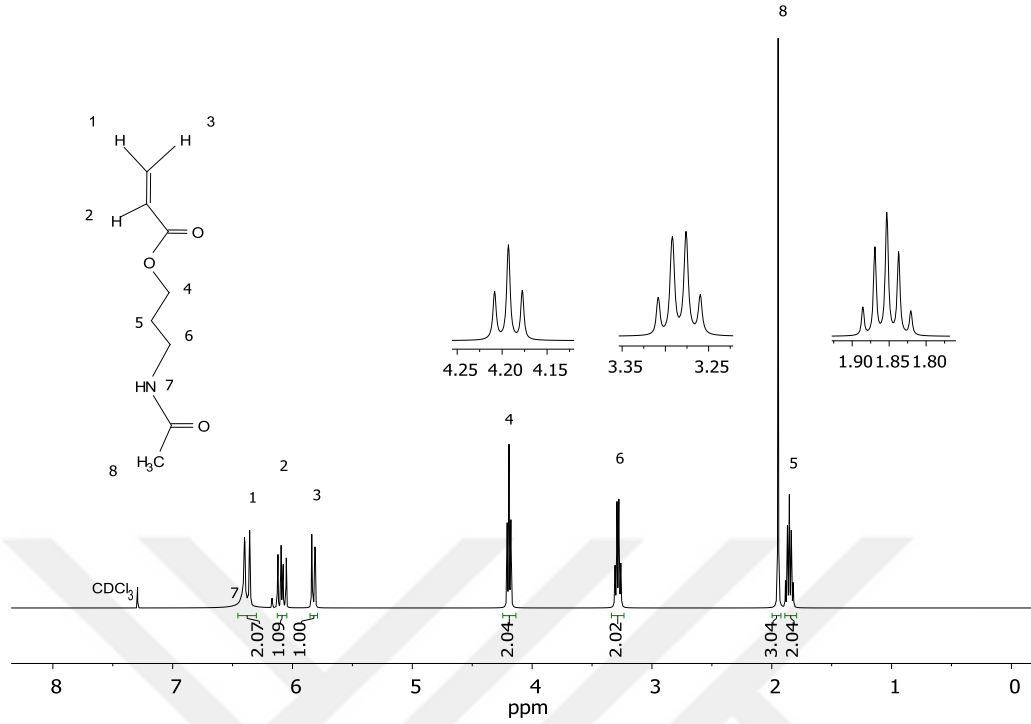
Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3HPAC	169.4	Amit karbonil karbonu
	58.7	-OH grubunun bağılı olduğı -CH ₂ karbonu
	36.1	-NH grubunun bağılı olduğı -CH ₂ karbonu
	32.9	2 numaralı -CH ₂ karbonu
	22.8	-CH ₃ karbonu

3.6. 3APAM'ın karakterizasyonu

3-Asetamidopropil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.16 ve değeriendirilmesi Tablo 3.16'da; ¹H NMR Şekil 3.17 ve değeriendirmesi Tablo 3.17'de verilmiştir. Şekil 3.18' de ¹³C-NMR spektrumu ve değeriendirmesi de Tablo 3.18'de verilmiştir.

**Şekil 3.16.** 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) FT-IR spektrumu**Tablo 3.16.** 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) FT-IR spektrumu değeriendirmesi

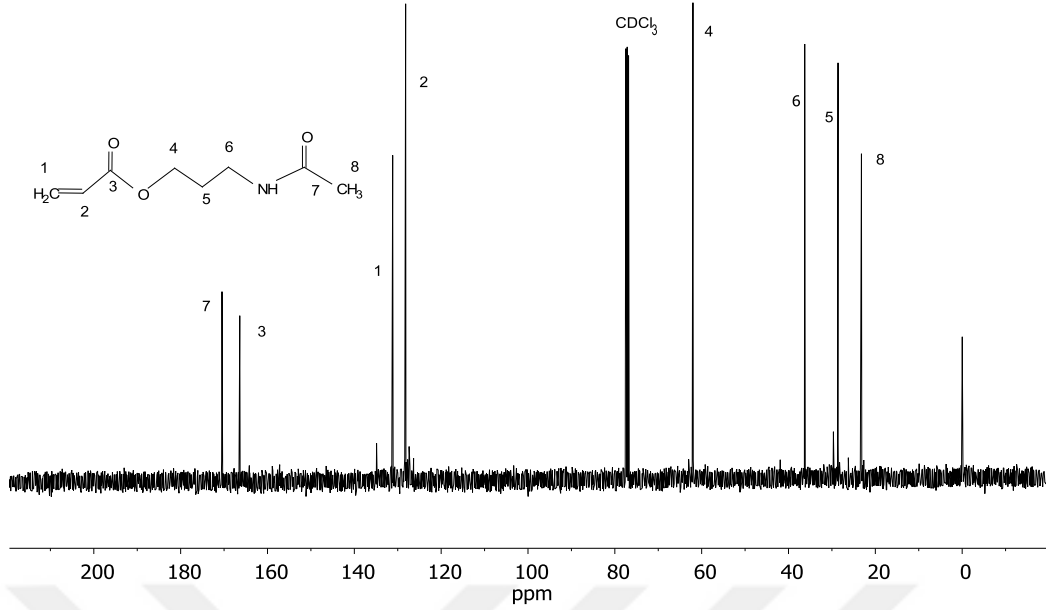
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3304 ve 2929-2882	Sırasıyla -NH ve alifatik C-H gerilmeleri
1724	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1656	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1639	Vinil grubundaki -C=C- çift bağı ger. tit.
1554-1420	Alifatik C-H eğilmesi
1195	C-O asimetrik gerilme
1057-986	Vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri



Şekil 3.17. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.17. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3APAM	7.30	-NH protonu
	6.10	-CH ₂ =CH protonu
	6.39	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen $J:16\text{ Hz}$, H^1)
	5.81	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen $J:12\text{ Hz}$, H^3)
	4.19	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.27	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.94	-CH ₃ protonları
	1.85	-CH ₂ protonları



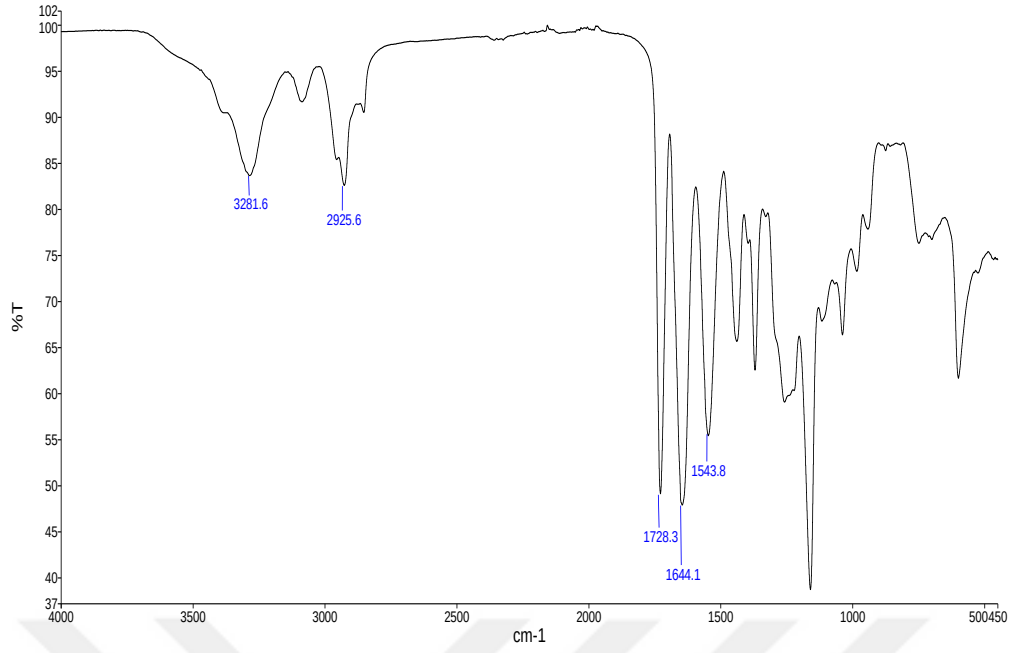
Şekil 3.18. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹³C-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.18. 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹³C-NMR spektrumu değerlendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3APAM	170.3	Amit (-C=O) karbonu
	165.6	Ester (-C=O) karbonu
	130.6-127.8	Sırasıyla vinil grubundaki -CH ₂ ve -CH karbonları
	61.9-37.6	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH ₂ karbonları
	27.8	-O-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -N- karbonu
	23.2	-CH ₃ karbonu

3.7. P(3APAM)' ın karakterizasyonu

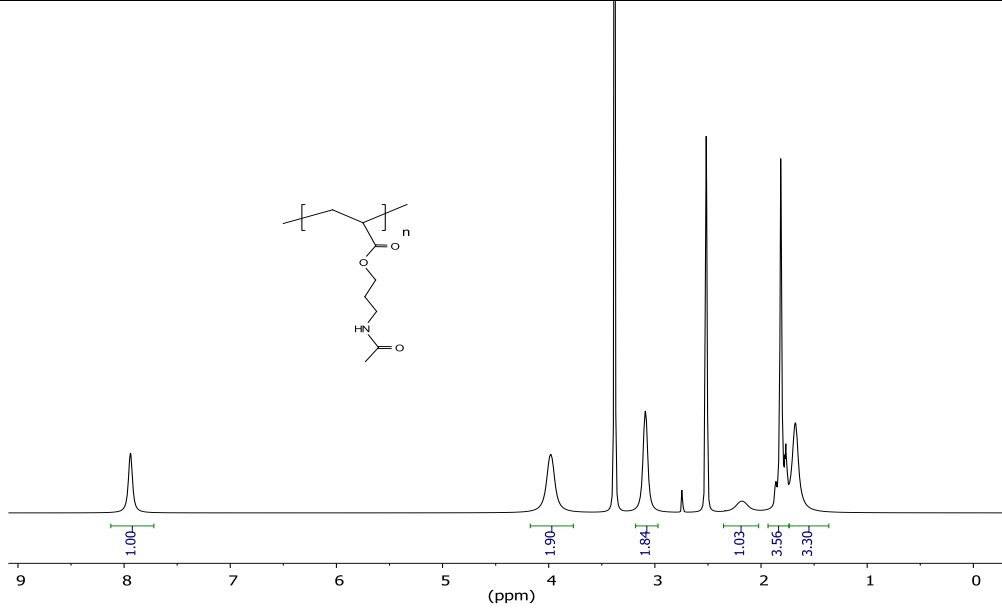
3-Asetamidopropil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.19 ve değerlendirilmesi Tablo 3.19'de; ¹H NMR Şekil 3.20 ve değerlendirilmesi Tablo 3.20'de verilmiştir. Şekil 3.21' te ¹³C-NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.21'te verilmiştir.



Şekil 3.19. Poli (3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM)'ın IR spektrumu

Tablo 3.19. Poli(3-Asetamidopropil akrilat) P(3APAM)'ın IR spektrumu değerlendirmesi

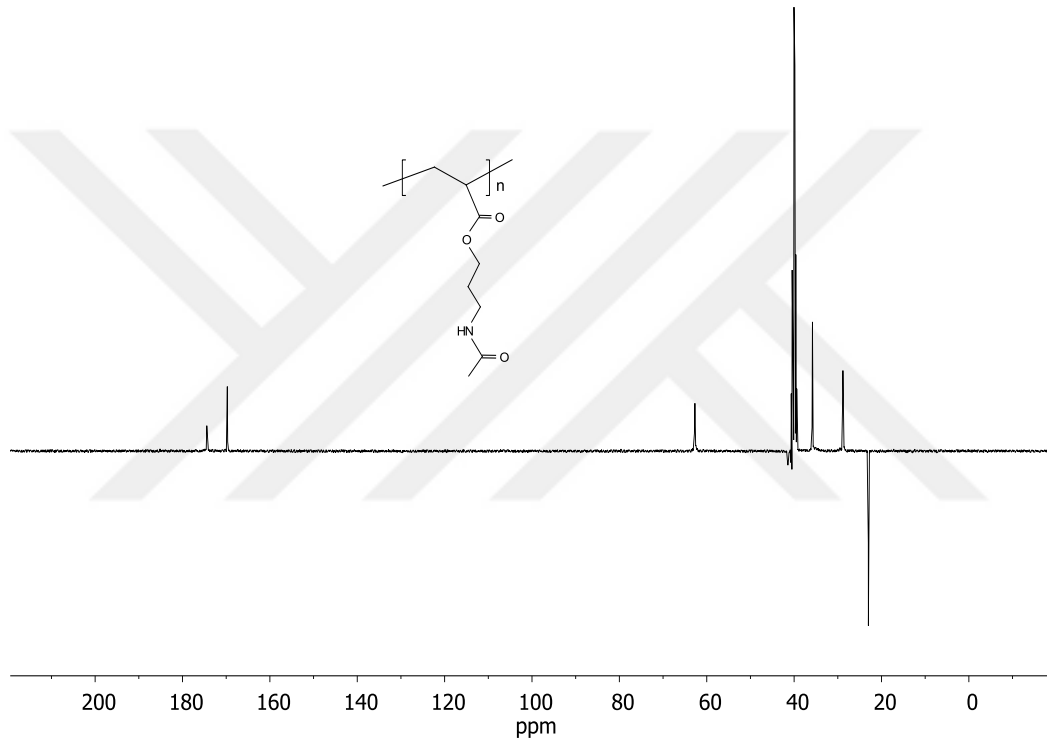
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3281 ve 2925–2882	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1728	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1644	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1550-1418	Alifatik C-H eğilmesi
1190	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.20. Poli (3-Asetamidopropil akrilat)'ın P(3APAM) ¹H-NMR spektrumu

Tablo 3.20. Poli(3-Asetamidopropil akrilat)'ın P(3APAM) ¹H-NMR spektrumu değeriendirme

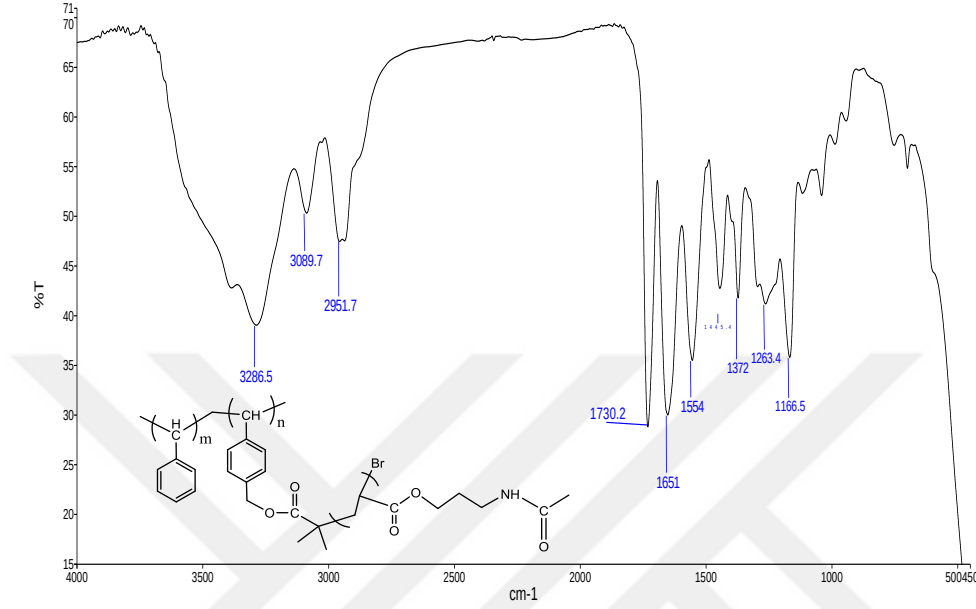
Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3APAM)	7.93	-NH protonu
	3.98	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.09	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.81	-CH ₃ protonları
	2.16-1.55	-Ana zincir protonları

**Şekil 3.21.** Poli (3-Asetamidopropil akrilat)'ın P(3APAM) ¹³C-APT NMR spektrumu**Tablo 3.21.** 3-Asetamidopropil akrilat monomerinin (3APAM) ¹³C-APT NMR spektrumu değeriendirme

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3APAM)	174.4	Amit (-C=O) karbonu
	169.7	Ester (-C=O) karbonu
	130.6-127.8	Sırasıyla vinil grubundaki -CH ₂ ve -CH karbonları
	62.3-35.8	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH ₂ karbonları
	28.8	-O-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -N- karbonu
	23.0	-CH ₃ karbonu

3.8. P(3APAMG)'nin karakterizasyonu

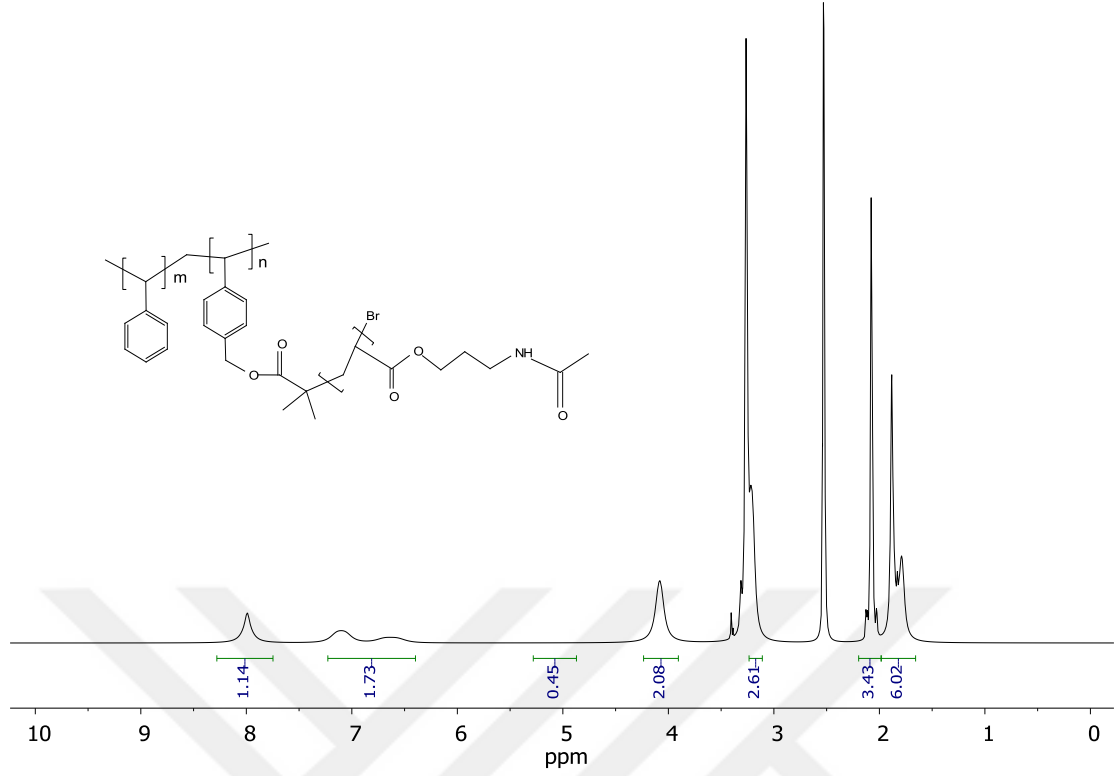
3-Asetamidopropil akrilat'ın aşı kopolimerinin IR spektrumu Şekil 3.22 ve değerlendirilmesi Tablo 3.22'de; ^1H NMR Şekil 3.23 ve değerlendirmesi Tablo 3.23'de verilmiştir. Şekil 3.24'te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirmesi de Tablo 3.24'te verilmiştir.



Şekil 3.22. P(3APAMG)'nin FT-IR spektrumu

Tablo 3.22. P(3APAMG)'nin FT-IR spektrumu değerlendirilmesi

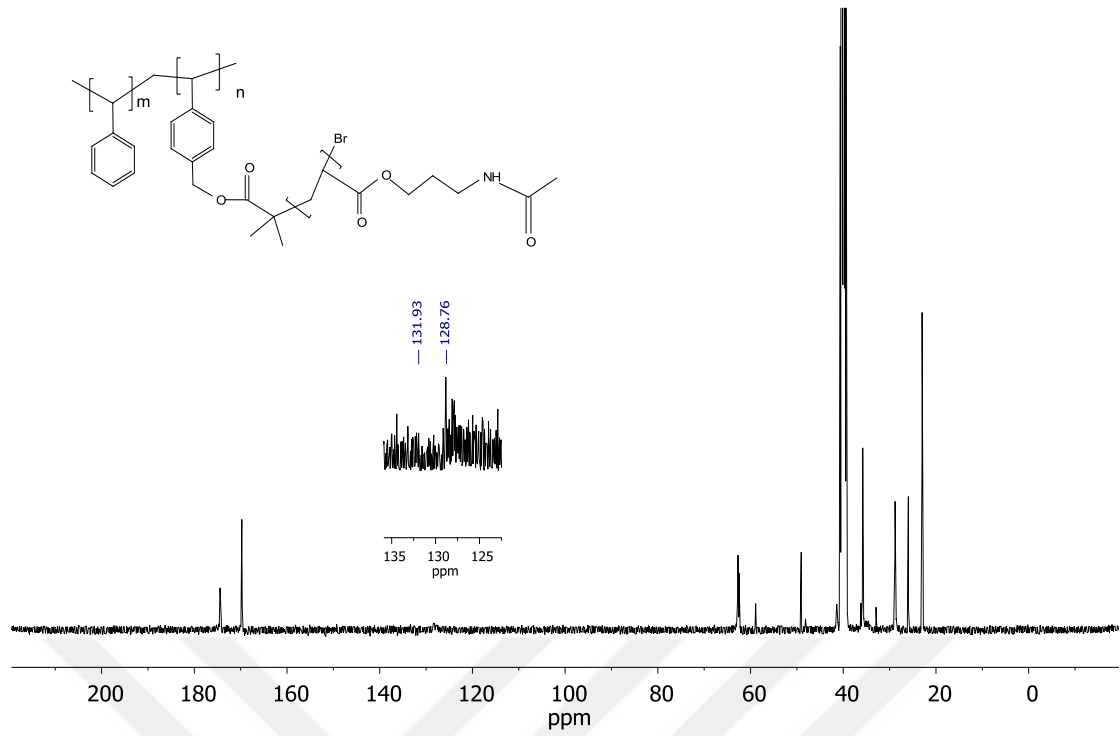
Dalga Sayısı (cm^{-1})	Titreşim Türü
3286 ve 2951–2880	Sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri
3100	Vinil grubundaki -C-H gerilme titreşimi
1730	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1651	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1554-1420	Alifatik C-H eğilmesi
1260	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.23. P(3APAMG)'ın ¹H-NMR spektrumu (d₆-DMSO)

Tablo 3.23. P(3APAMG)'ın ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3APAMG)	8.03	-NH protonu
	7.12-6.63	Makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar
	4.07	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.11	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	2.08	-CH ₃ protonları
	1.99-1.79	Ana zincir protonları



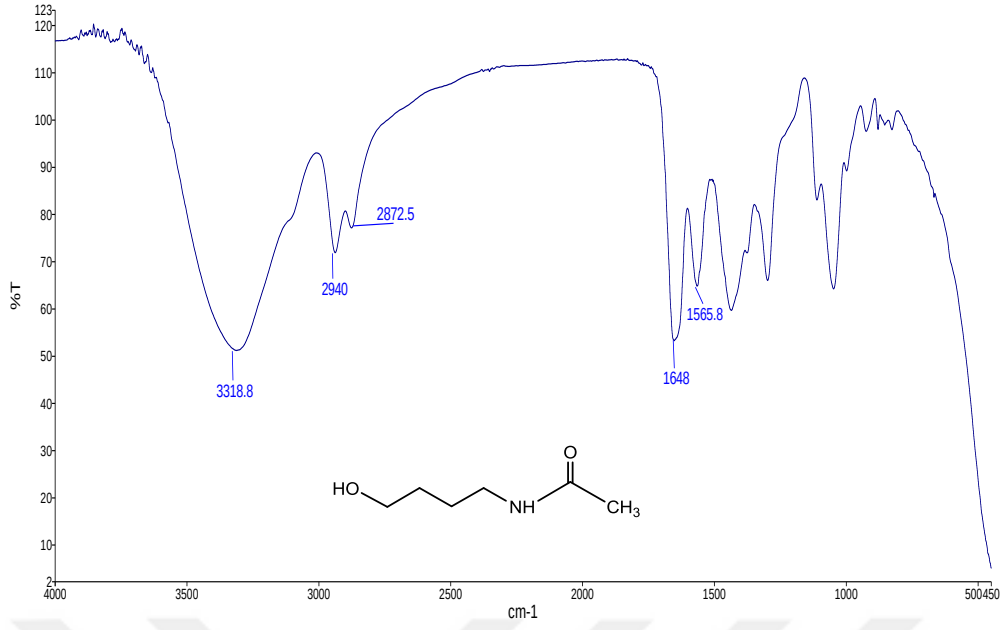
Şekil 3.24. P(3APAMG)'in ¹³C-NMR spektrumu (d₆-DMSO)

Tablo 3.24. P(3APAMG)'in ¹³C-NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3APAMG)	174.4	Amit karbonil (–C=O) karbonu
	169.7	Ester karbonil (–C=O) karbonu
	131-128	Makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları
	62.3-35.8	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı –CH ₂ karbonları
	28.8	–O-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -N- karbonu
	23	–CH ₃ karbonu

3.9. 4HBA'nın karakterizasyonu

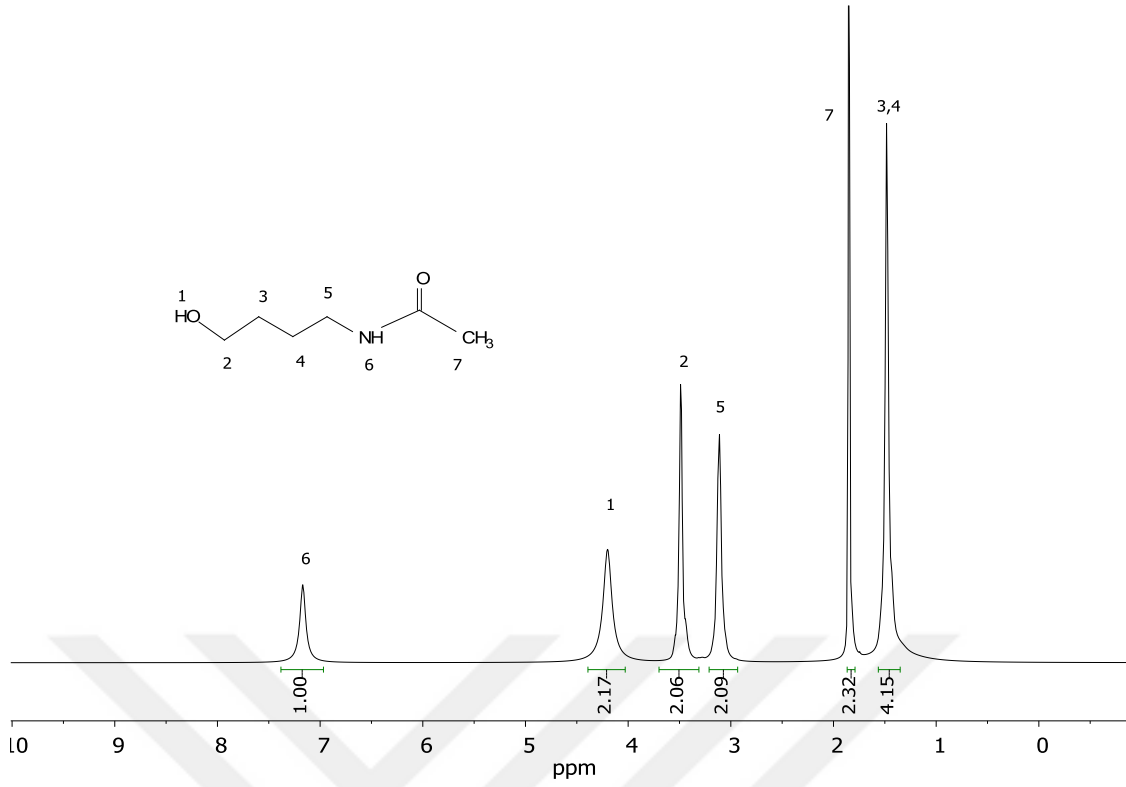
N-(4-Hidroksi bütıl asetamit)'in IR spektrumu Şekil 3.25 ve değerlendirilmesi Tablo 3.25'de; ¹H NMR Şekil 3.26 ve değerlendirilmesi Tablo 3.26'de verilmiştir. Şekil 3.27' te ¹³C-NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.27'te verilmiştir.



Şekil. 3.25. N-(4-hidroksi bütül asetamit) (4HBA)'ın FT-IR spektrumu

Tablo 3.25. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (4HBA)'ın FT-IR spektrumu değerlendirmesi

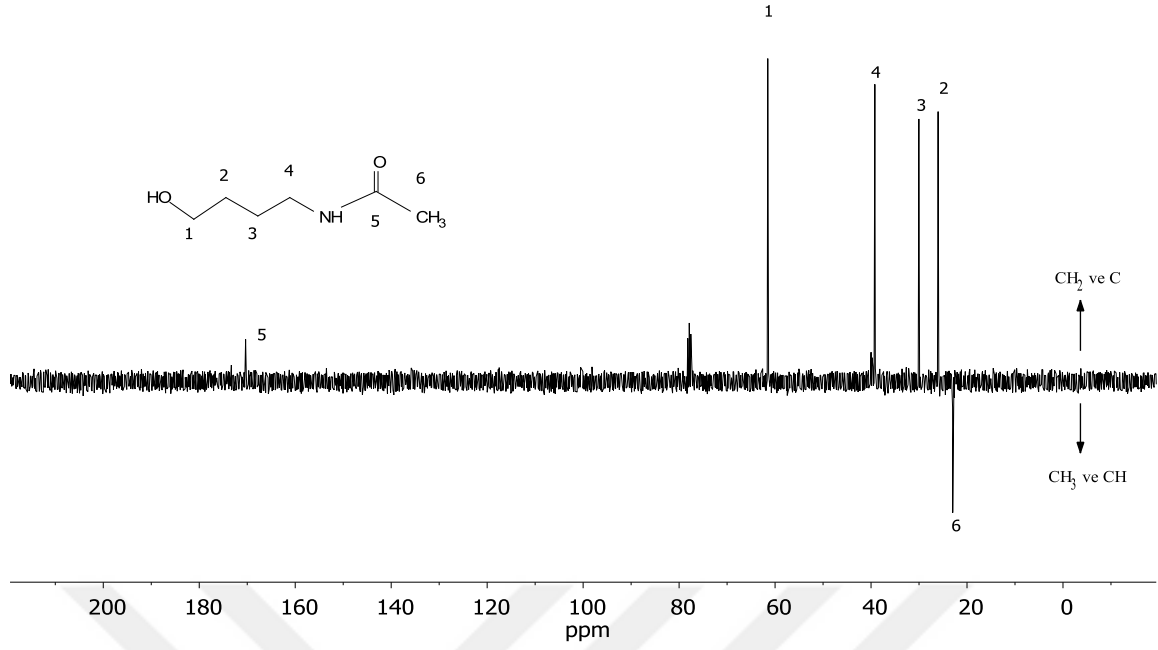
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3318	-OH gerilme titreşimi
3294	-NH ₂ gerilme titreşimi
2940–2872	Alifatik C-H gerilmeleri
1648	-HNC=O (Amit karbonil)
1456-1320	Alifatik C-H eğilmesi



Şekil 3.26. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (4HBA)'ın ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.26. -(4-Hidroksi bütül asetamit) (4HBA)'ın ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4HBA	7.17	-NH amit protonu
	4.20	-OH protonu
	3.48	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.12	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.84	-CH ₃ protonları
	1.47	3 ve 4 nolu -CH ₂ protonları



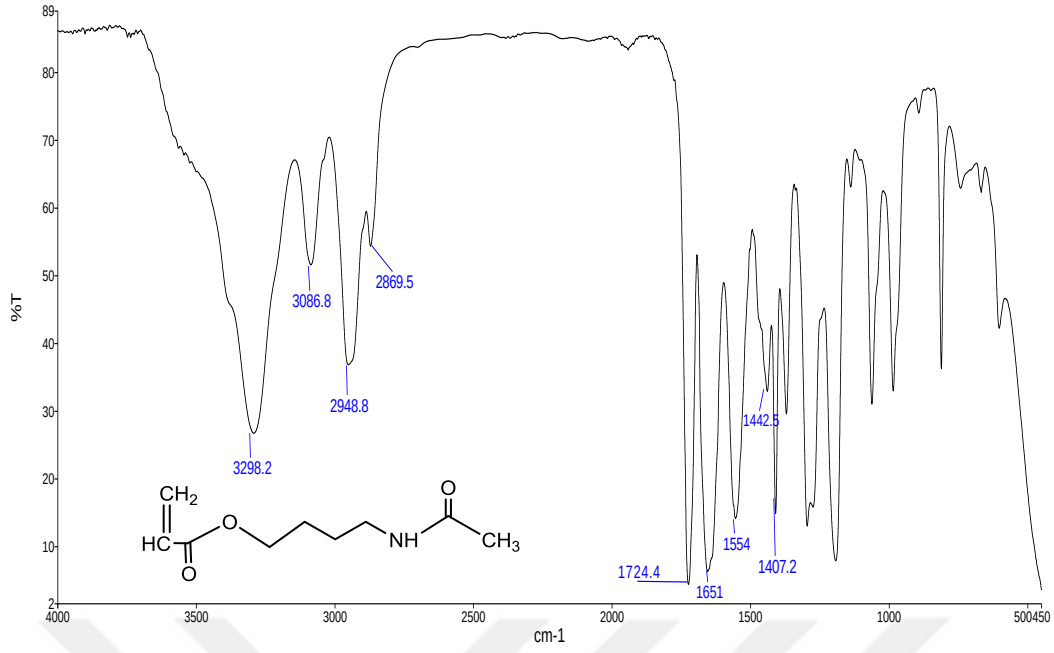
Şekil 3.27. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (N4HBA)'ın ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.27. N-(4-Hidroksi bütül asetamit) (N4HBA)'ın ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4HBA	170.4	Amit karbonil karbonu
	61.2	-OH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	39.6	-NH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	30.3	3 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	26.0	2 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	22.9	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.10. 4ABAM'ın karakterizasyonu

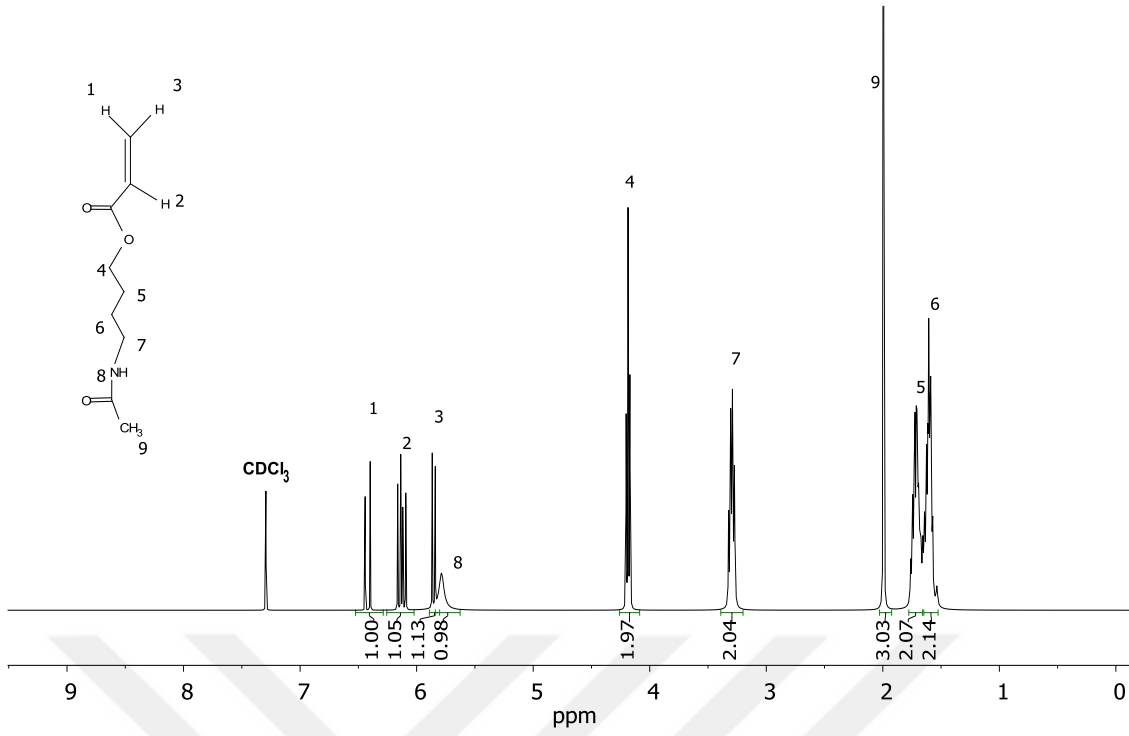
4-Asetamidobütül akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.28 ve değerlendirilmesi Tablo 3.28'de; ^1H NMR Şekil 3.29 ve değerlendirilmesi Tablo 3.29'de verilmiştir. Şekil 3.30' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.30'te verilmiştir.



Şekil 3.28. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) FT-IR spektrumu

Tablo 3.28. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) FT-IR spektrumu değerlendirmesi

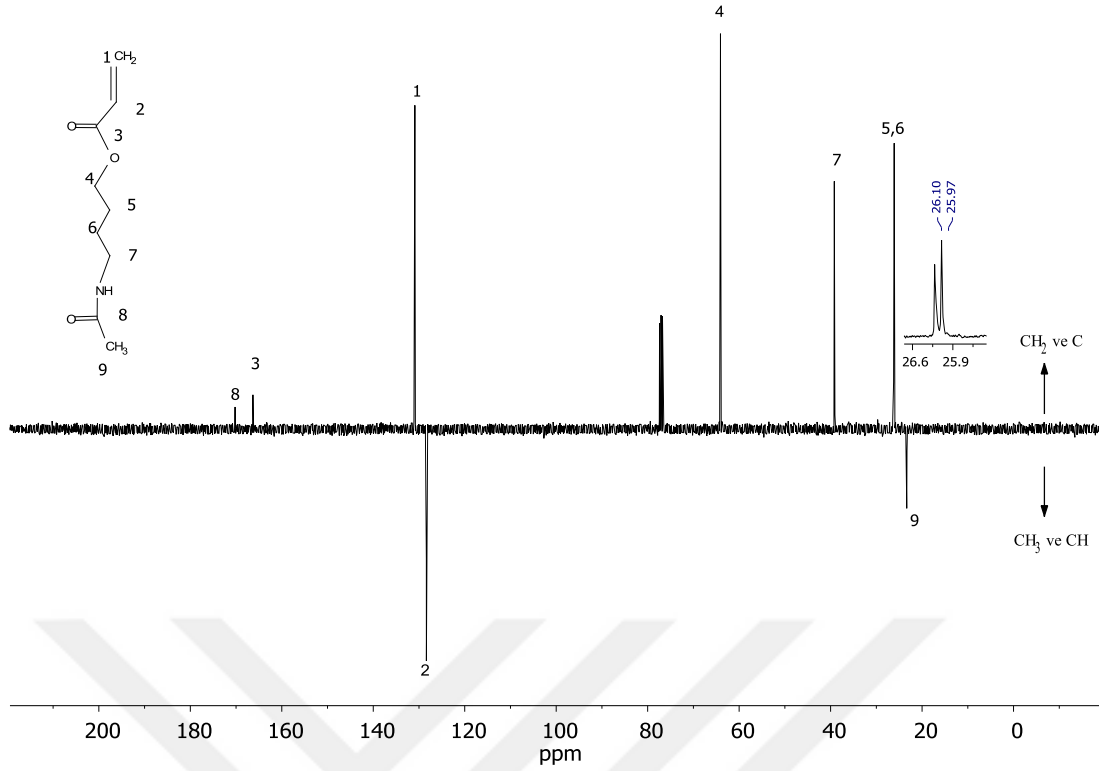
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3296 ve 2948–2869	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1725	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1651	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1554-1422	Alifatik C-H eğilmesi
1194	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.29. 4-Asetamidobütil akrilat monomerinin (4ABAM) ¹H-NMR spektrumu (d-kloroform)

Tablo 3.29. 4-Asetamidobütil akrilat monomerinin (4ABAM) ¹H-NMR spektrumu değerlendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4ABAM	5.79	-NH protonu
	6.14	-CH ₂ =CH (2 nolu proton)
	6.44	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen $J:16\text{ Hz}$, H^1)
	5.84	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen $J:12\text{ Hz}$, H^3)
	4.17	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.27	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.99	-CH ₃ protonları
	1.72	5 nolu -CH ₂ protonları
	1.60	6 nolu -CH ₂ protonları



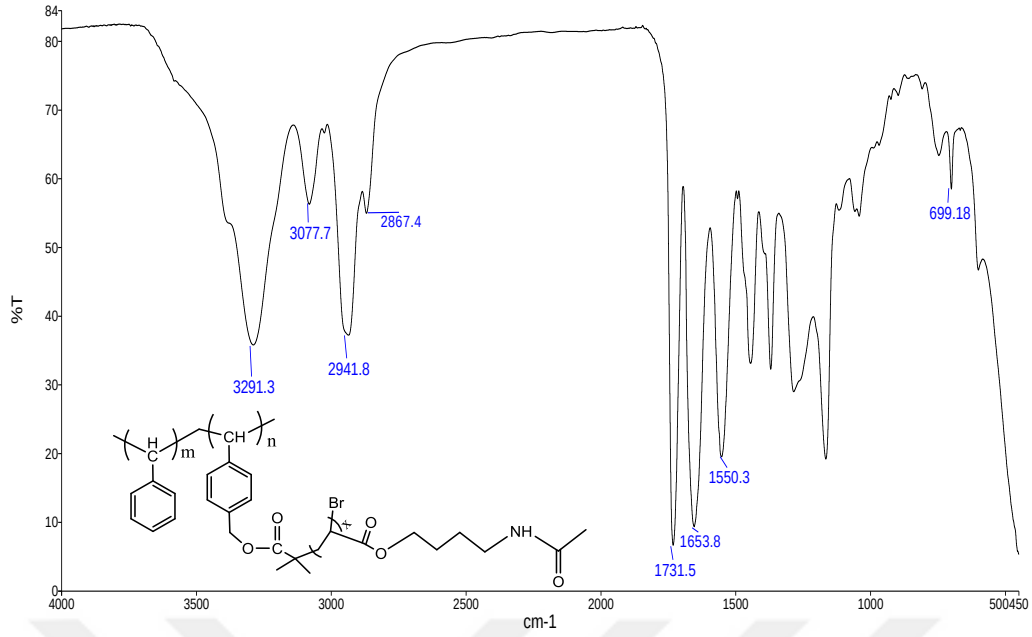
Şekil 3.30. 4-asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) ^{13}C -APT NMR spektrumu (d-kloroform)

Tablo 3.30. 4-Asetamidobütül akrilat monomerinin (4ABAM) ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
4ABAM	170.4	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	165.7	Ester ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	131.6-128.1	Sırasıyla vinil grubundaki $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}$ karbonları
	64.1-38.1	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı $-\text{CH}_2$ karbonları
	26.2-25.9	Sırasıyla 5 ve 6 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonları
	23.1	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.11. P(4ABAMG)'nin karakterizasyonu

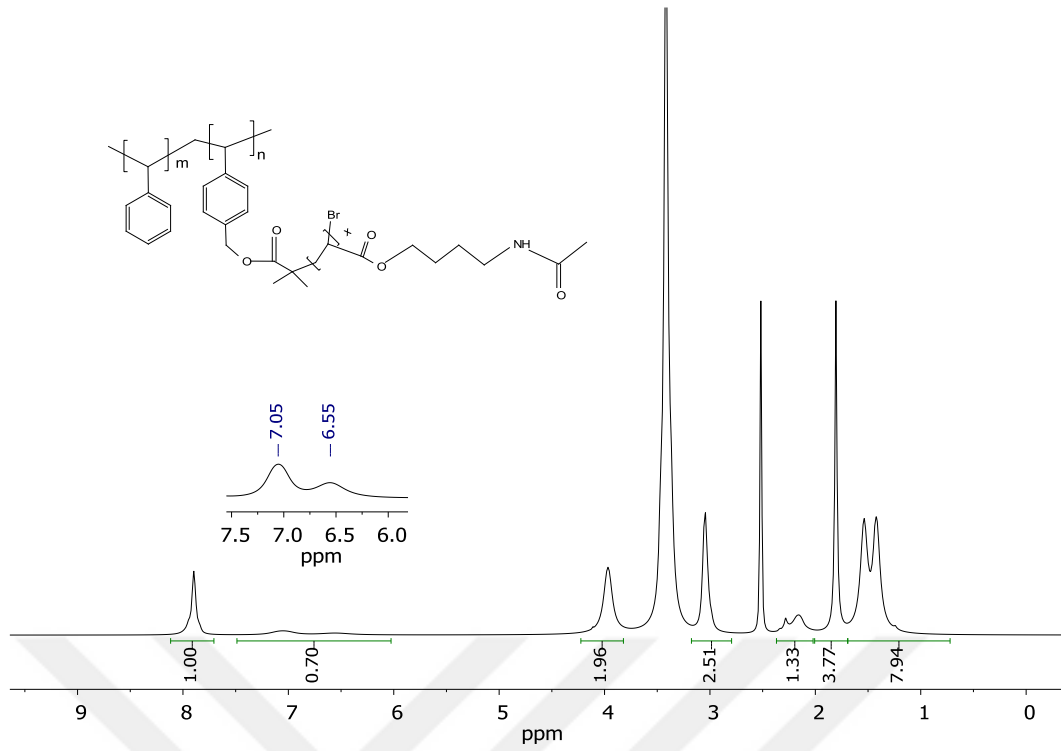
4-Asetamidobütül akrilat monomerinin aşı polimeri IR spektrumu Şekil 3.31 ve değerlendirilmesi Tablo 3.31'de; ^1H NMR Şekil 3.28 ve değerlendirilmesi Tablo 3.32'de verilmiştir. Şekil 3.33' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.33'te verilmiştir.



Şekil 3.31. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.31. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi

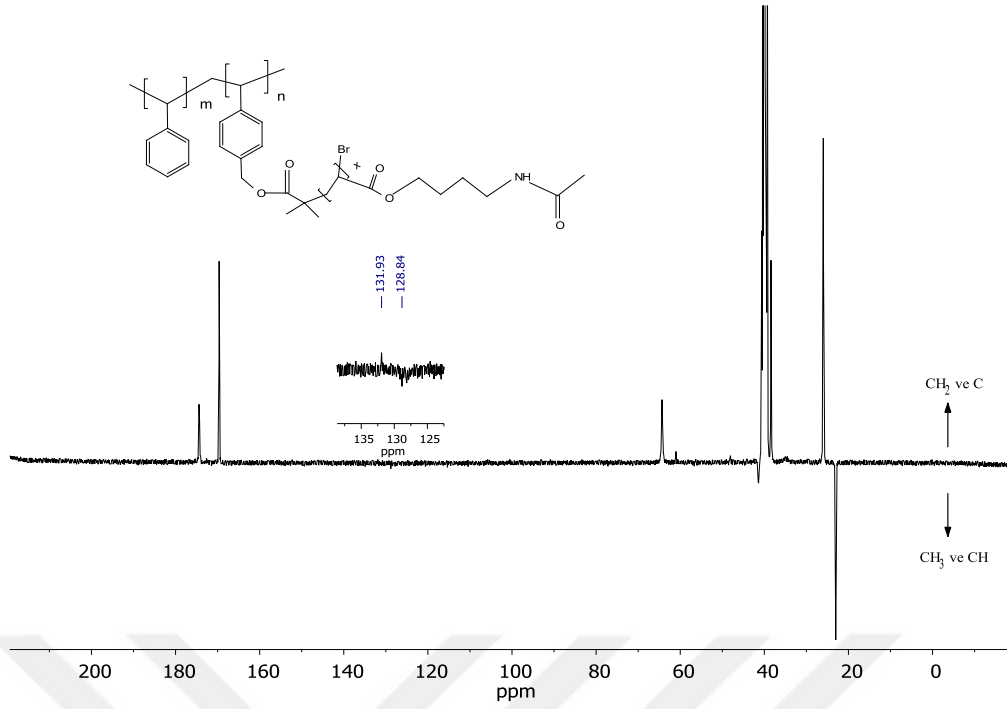
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3291 ve 2941–2867	Sırasıyla –NH ve alifatik C-H gerilmeleri
1731	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1654	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1558-1420	Alifatik C-H eğilmesi
1260	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.32. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ^1H -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.32. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ^1H -NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(4ABAMG)	7.97	-NH protonu
	7.05-6.51	Makrobaşılatıcı aromatik protonlar
	3.97	-OH grubuna komşu CH_2 protonları
	3.04	-NH grubuna komşu CH_2 protonları
	1.81	- CH_3 protonları
	1.60-1.32	Ana zincir protonları



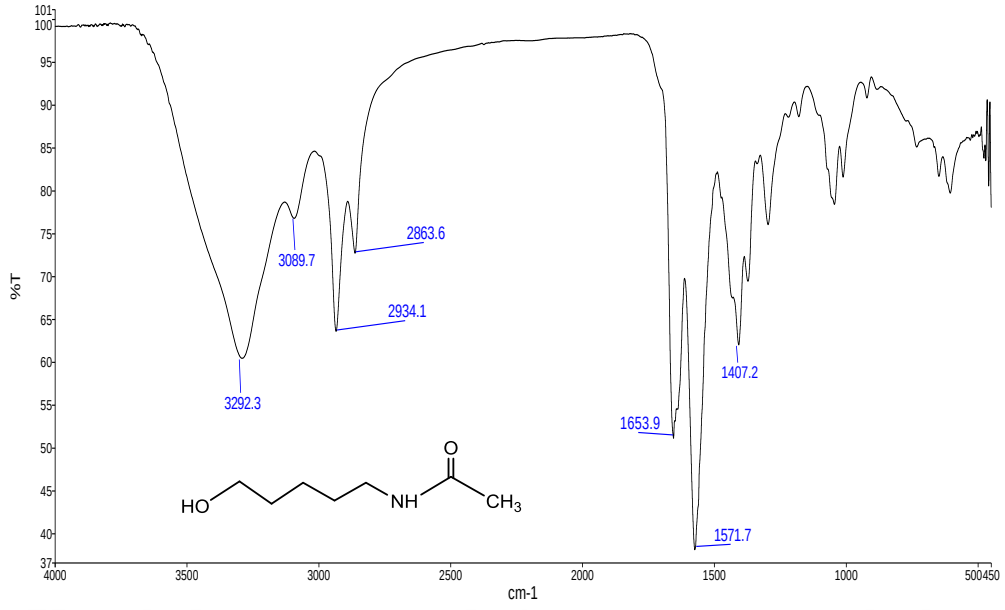
Şekil 3.33. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.33. 4-Asetamidobütül akrilat'ın aşı polimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(4ABAMG)	174.4	Amit karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	169.4	Ester karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	127.5	Makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları
	66-68	Oksijen atomlarına bağlı karbonlar
	18.1	Vinil grubuna bağlı $-\text{CH}_3$ karbonu

3.12. 5HPAC'ın karakterizasyonu

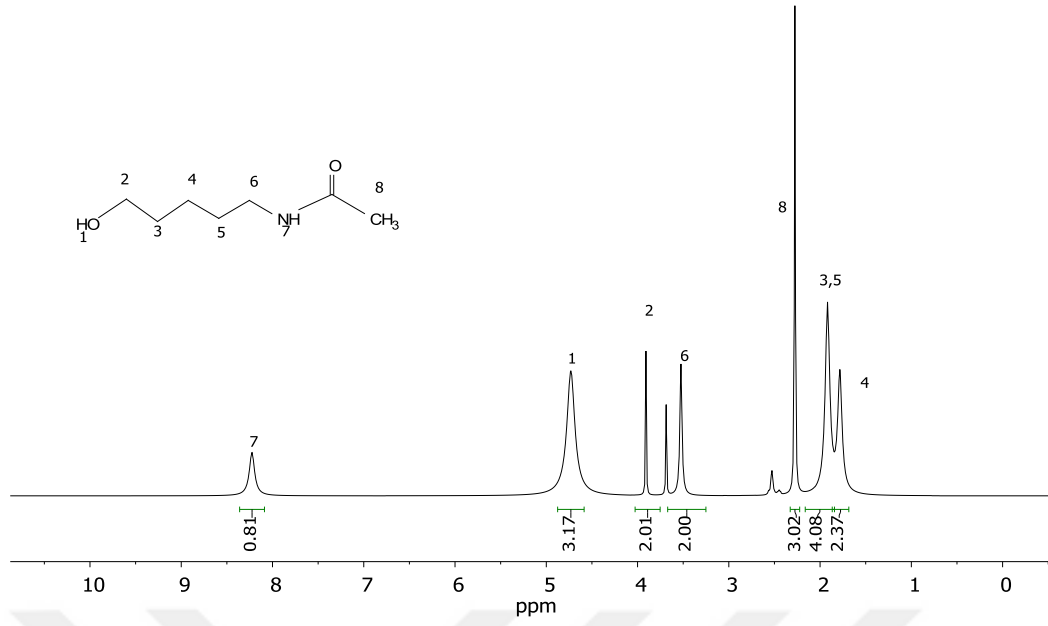
N-(5-Hidroksipropil asetamit)'in IR spektrumu Şekil 3.34 ve değerlendirilmesi Tablo 3.34 da; ^1H NMR Şekil 3.35 ve değerlendirilmesi Tablo 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.36' de ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.36'de verilmiştir.



Şekil. 3.34. N-(5-Hidroksiprop il asetamit) (5HPAC)'ın FT-IR Spektrumu

Tablo 3.34. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)'ın FT-IR spektrumu değerlendirmesi

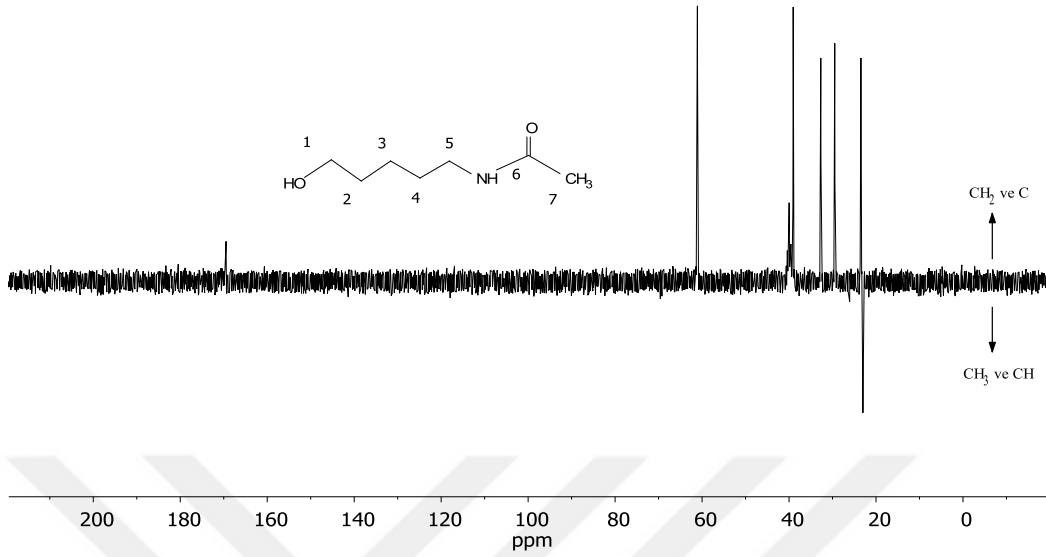
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3315	-OH gerilme titreşimi
3294	-NH ₂ gerilme titreşimi
2934–2863	Alifatik C-H gerilmeleri
1653	-HNC=O (Amit karbonil)
1456-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1130	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.35. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)'ın ¹H-NMR spektrumu(d₆-DMSO)

Tablo 3.35. N-(5-Hidroksipropil asetamit)'in (5HPAC) ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
5HPAC	8.22	-NH amit protonu
	4.73	-OH protonu
	3.90	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.53	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	2.28	-CH ₃ protonları
	1.90	3 ve 5 numaralı -CH ₂ protonları
	1.78	4 numaralı -CH ₂ protonları



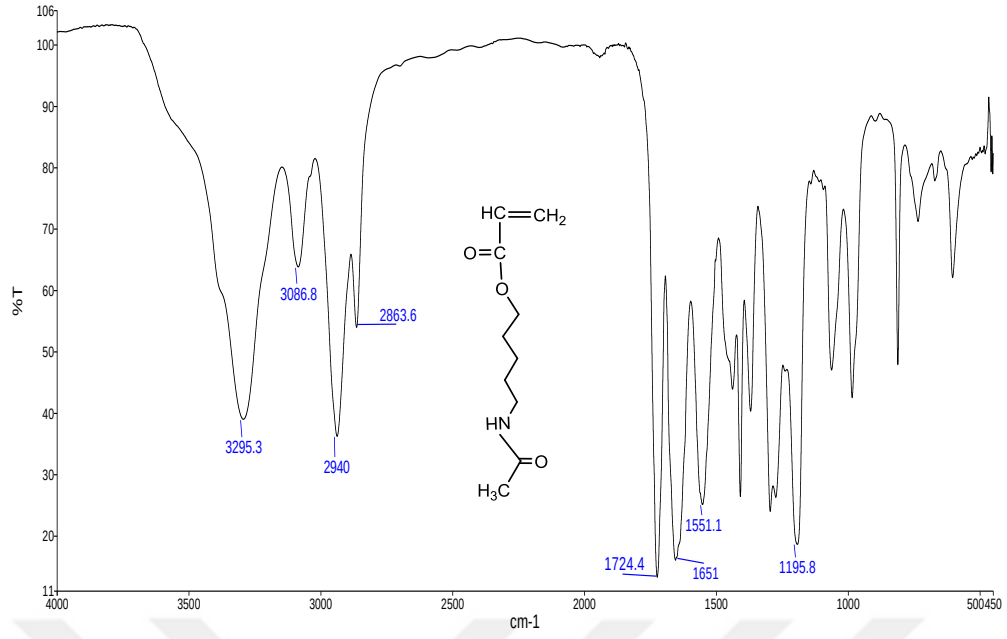
Şekil 3.36. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)'ın ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.36. N-(5-Hidroksipropil asetamit) (5HPAC)'ın ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
5HPAC	170.4	Amit karbonil karbonu
	61.0	-OH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	39.0	-NH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	32.7	4 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	29.4	2 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	23.4	3 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	23.0	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.13. 5APAM'ın karakterizasyonu

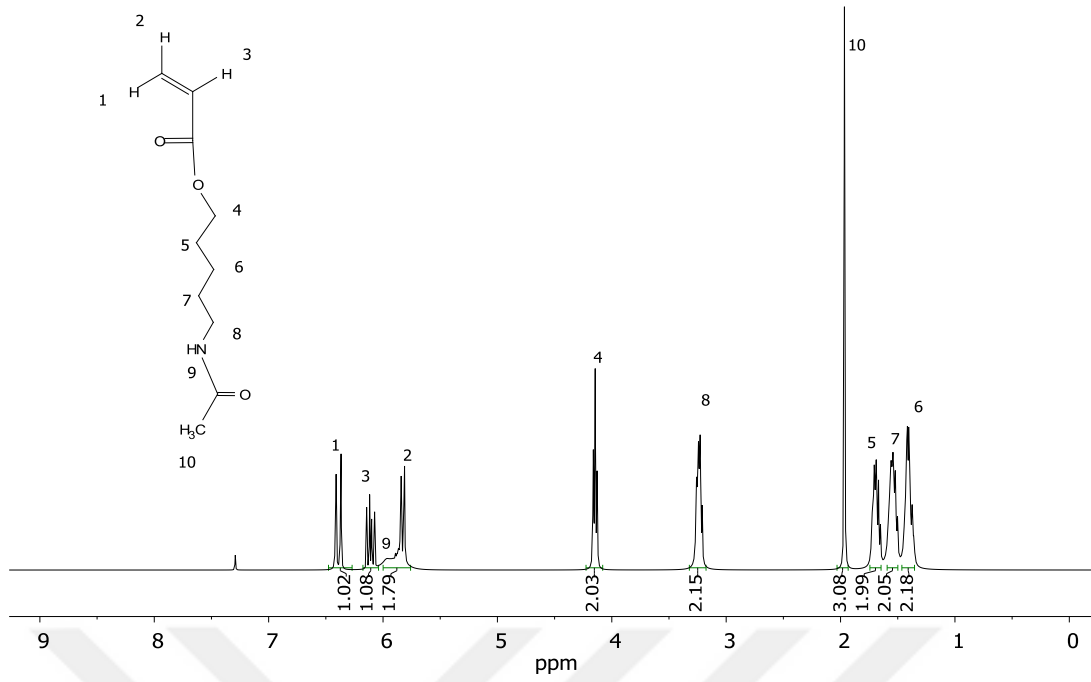
5-Asetamido pentil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.37 ve değerlendirilmesi Tablo 3.37'de; ^1H NMR Şekil 3.38 ve değerlendirilmesi Tablo 3.38'de verilmiştir. Şekil 3.39' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.39'te verilmiştir.



Şekil 3.37. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.37. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi

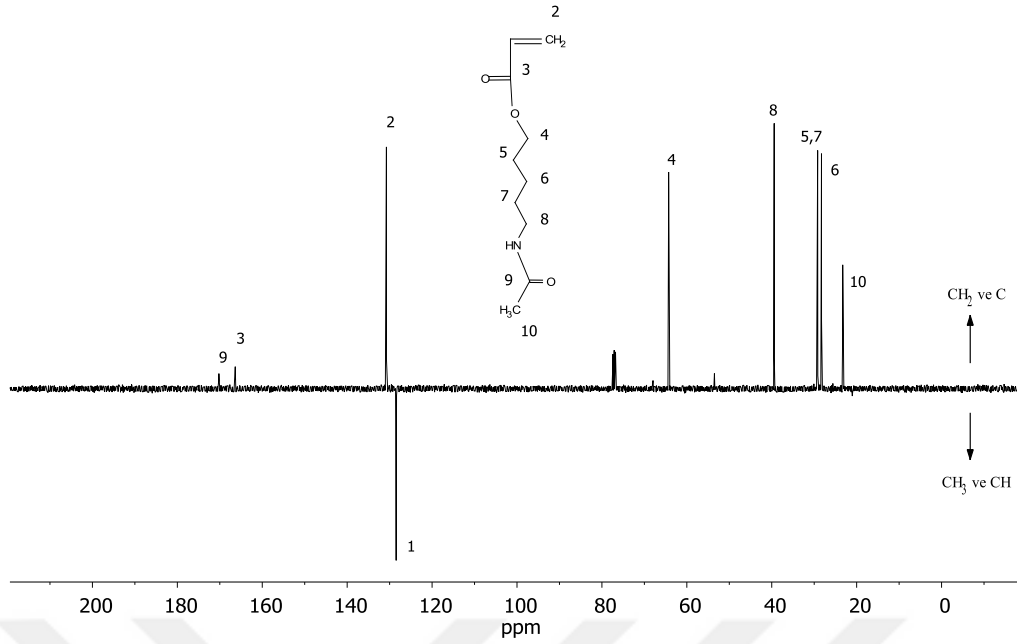
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3295 ve 2940–2863	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1724	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1651	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1640	Vinil grubu –C=C– çift bağ gerilmesi
1551-1422	Alifatik C-H eğilmesi
1195	C-O asimetrik gerilme
1061-987	Vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri



Şekil 3.38. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.38. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
5APAM	5.93	-NH protonu
	6.09	-CH ₂ =CH (3 nolu proton)
	6.41	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen <i>J</i> :16 Hz, <i>H</i> ¹)
	5.82	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen <i>J</i> :12 Hz, <i>H</i> ²)
	4.13	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.24	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.97	-CH ₃ protonları
	1.69	5 nolu -CH ₂ protonları
	1.54	7 nolu -CH ₂ protonları
	1.41	6 nolu -CH ₂ protonları



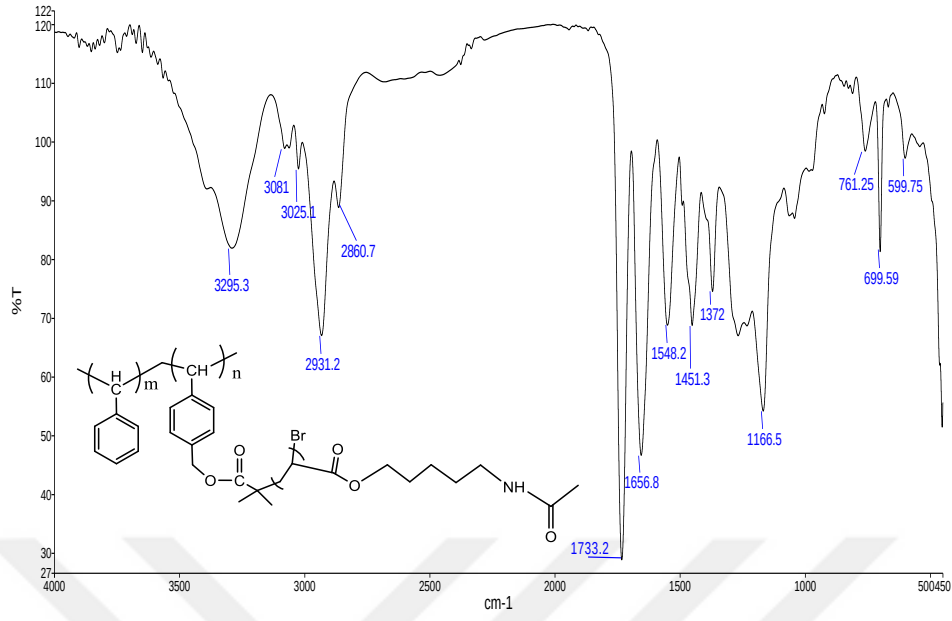
Şekil 3.39. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.39. 5-Asetamido pentil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
5APAM	170.0	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	166.3	Ester ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	130.6-128.4	Sırasıyla vinil grubundaki $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}$ karbonları
	64.1-39.2	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı $-\text{CH}_2$ karbonları
	29.1-28.1	Sırasıyla 5,7 ve 6 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonları
	23.4	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.14. P(5APAMG)'nin karakterizasyonu

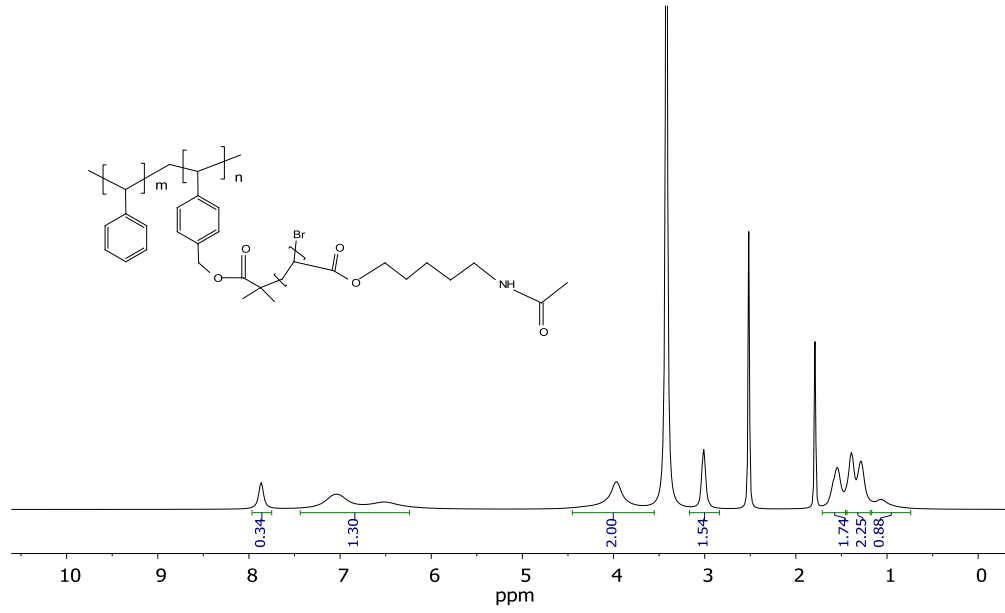
5-Asetamido pentil akrilat monomerinin aşı polimeri IR spektrumu Şekil 3.40 ve değerlendirilmesi Tablo 3.40'de; ^1H NMR Şekil 3.41 ve değerlendirilmesi Tablo 3.41'de verilmiştir. Şekil 3.42' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.42'te verilmiştir.



Şekil 3.40. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.40. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin IR spektrumu eğerlendirmesi

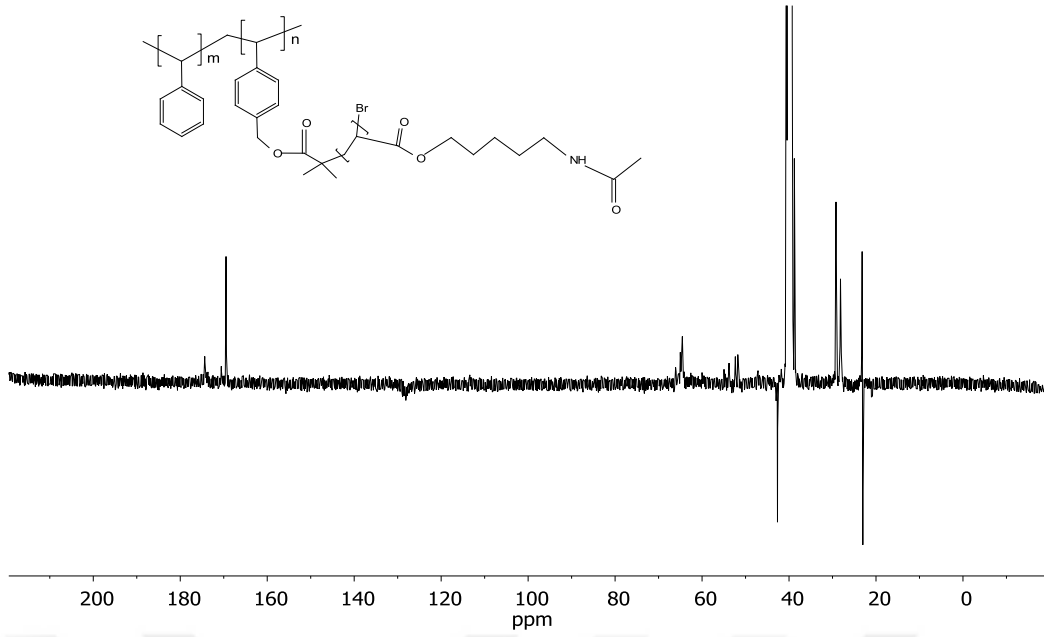
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3295 ve 2931–2860	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1733	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1656	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1548-1451	Alifatik C-H eğilmesi
1166	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.41. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^1H -NMR spektrumu

Tablo 3.41. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^1H -NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(5APAMG)	7.82	-NH protonu
	7.10-6.39	Makrobaşılatıcı aromatik protonlar
	3.99	-OH grubuna komşu CH_2 protonları
	3.01	-NH grubuna komşu CH_2 protonları
	1.80	- CH_3 protonları
	1.60-1.29	Ana zincir protonları



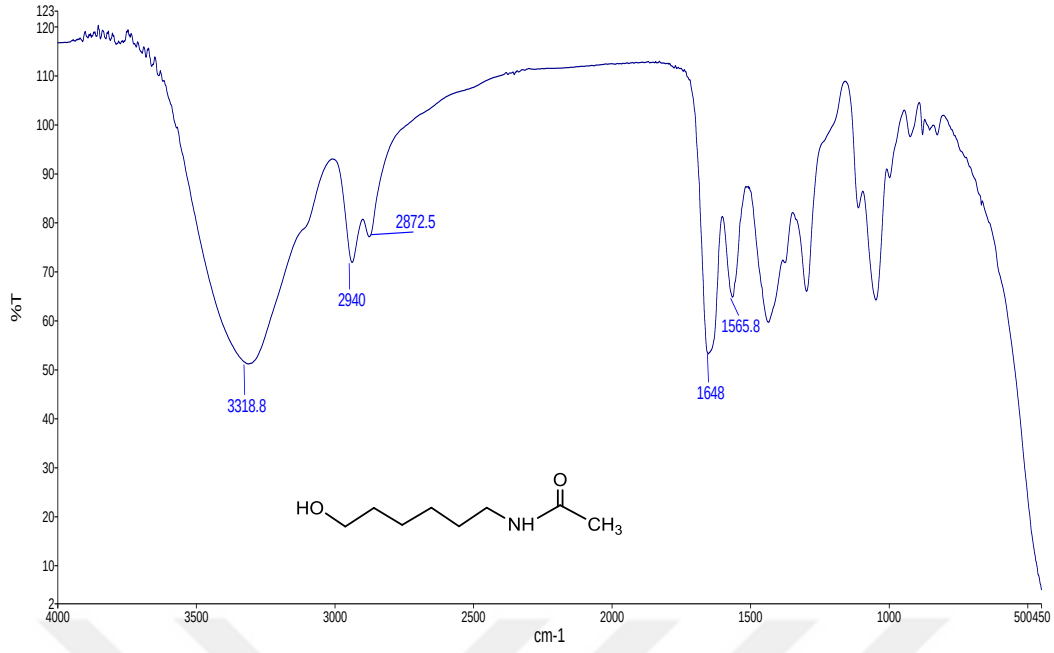
Şekil 3.42. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR-APT spektrumu

Tablo 3.42. 5-Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(5APAMG)	130.2-128.1	Makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları
	174.4	Amit karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	169.7	Ester karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	136.3	$-\text{C}=\text{O}$ grubuna bağlı karbon
	64.4-39.1	Oksijen ve azot atomuna bağlı $-\text{CH}_2$ karbonu
	29.2-27.8-23.2	Sırasıyla 5,7 ve 6 numaralı karbonlar
	22.8	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.15. 6HHA'nın karakterizasyonu

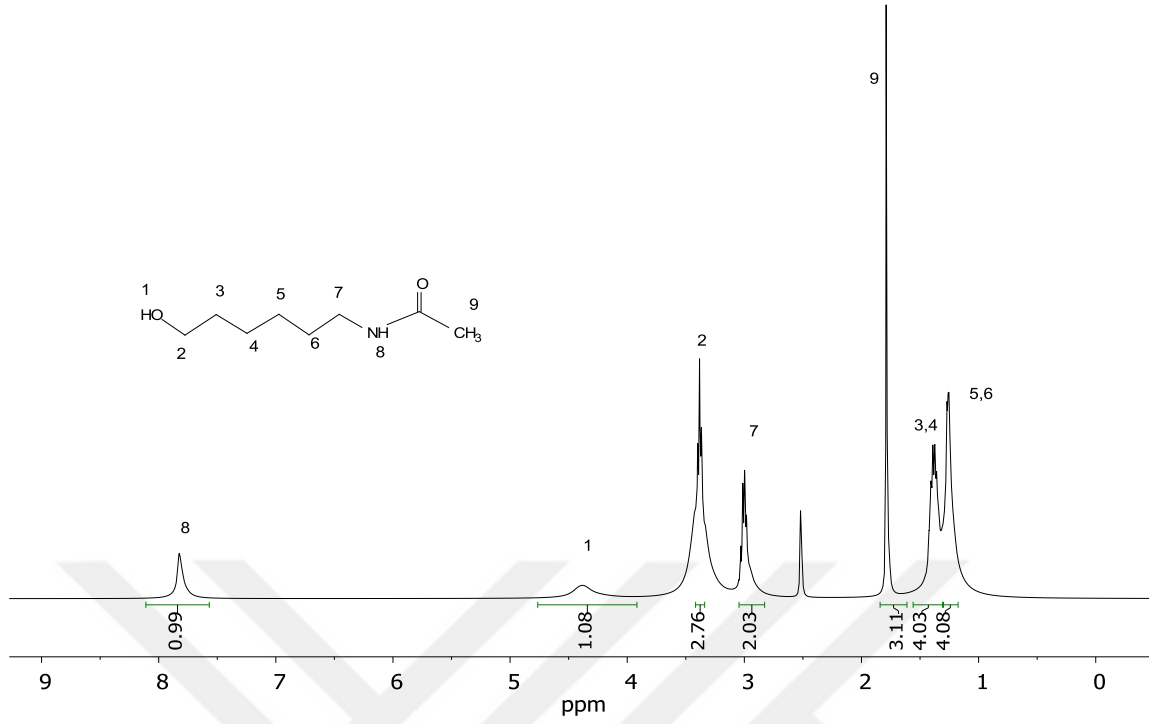
N-(6-Hidroksihekzil)asetamit'in IR spektrumu Şekil 3.43 ve değerlendirilmesi Tablo 3.43 da; ^1H NMR Şekil 3.44 ve değerlendirilmesi Tablo 3.44'de verilmiştir. Şekil 3.45' de ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.45'de verilmiştir.



Şekil 3.43. N-(6-Hidro ksihekzil)asetamit'in'in FT-IR spektrumu

Tablo 3.43. N-(6-Hidroksihekzil)asetamit'in'in FT-IR spektrumu değerlendirilmesi

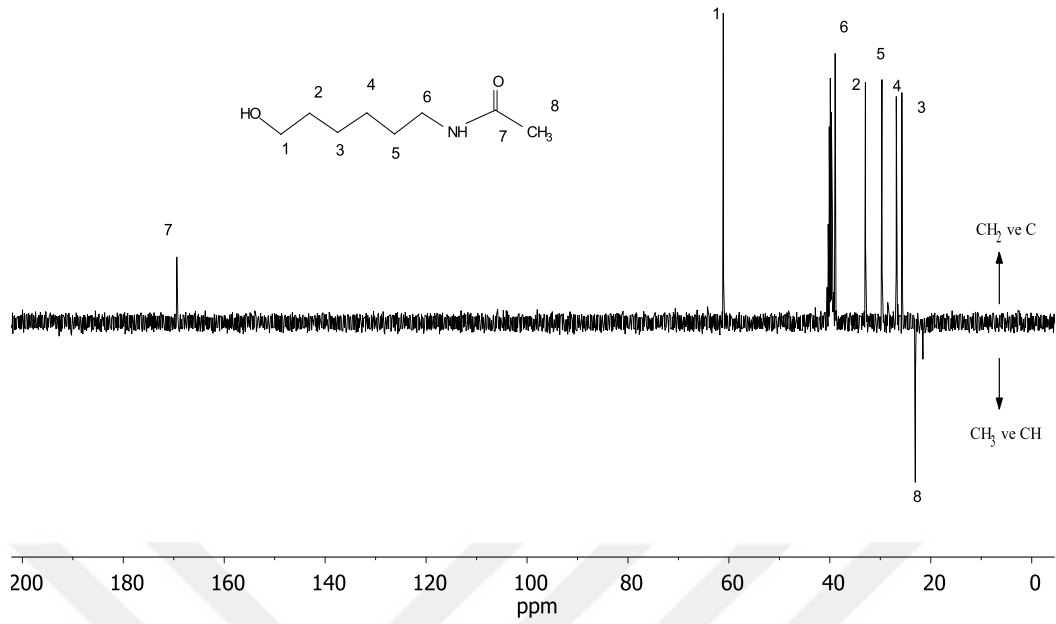
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3318	-OH gerilme titreşimi
3294	-NH ₂ gerilme titreşimi
2940–2872	Alifatik C-H gerilmeleri
1647	-HNC=O (Amit karbonil)
1456-1320	Alifatik C-H eğilmesi
1130	C-O asimetrik gerilme



Şekil. 3.44. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)'in ¹H-NMR spektrumu(d₆-DMSO)

Tablo 3.44. N-(6-Hidroksiheksil asetamit)'in ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
6HHA	7.82	-NH amit protonu
	4.37	-OH protonu
	3.37	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.00	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.78	-CH ₃ protonları
	1.39	3 ve 4 nolu -CH ₂ protonları
	1.26	5 ve 6 nolu protonlar



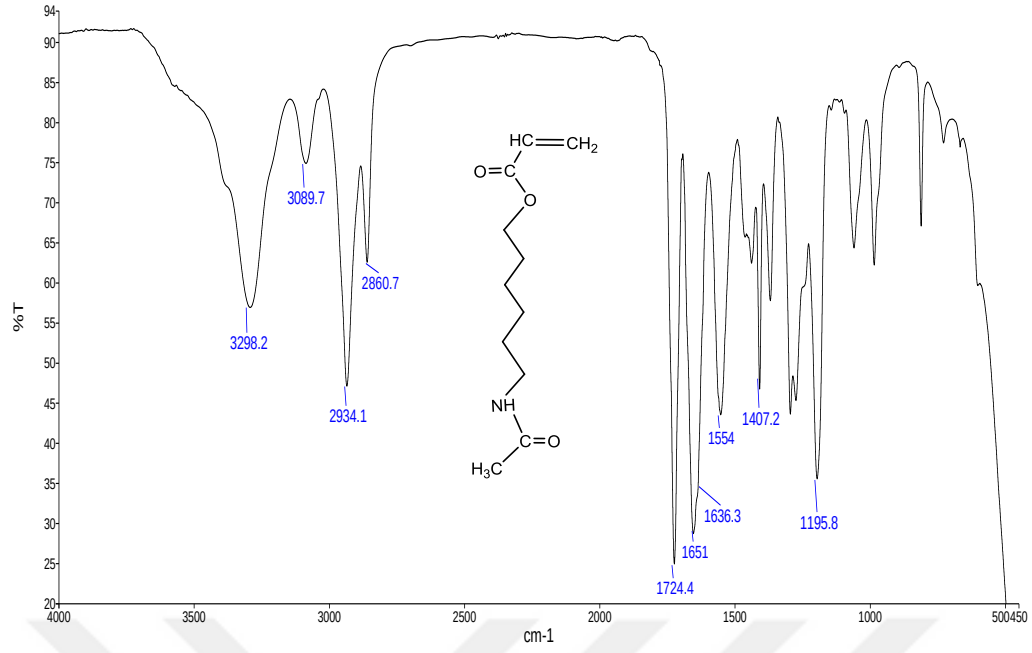
Şekil 3.45. N-(6-Hidroksihekzil asetamit)'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

Tablo 3.45. N-(6-Hidroksihekzil asetamit)'in ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
6HHA	169.1	Amit karbonil karbonu
	61.0	-OH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	38.9	-NH grubunun bağlı olduğu $-\text{CH}_2$ karbonu
	32.8	2 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	29.6	5 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	26.7	4 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	25.7	3 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	22.5	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.16. 6AHAM'ın karakterizasyonu

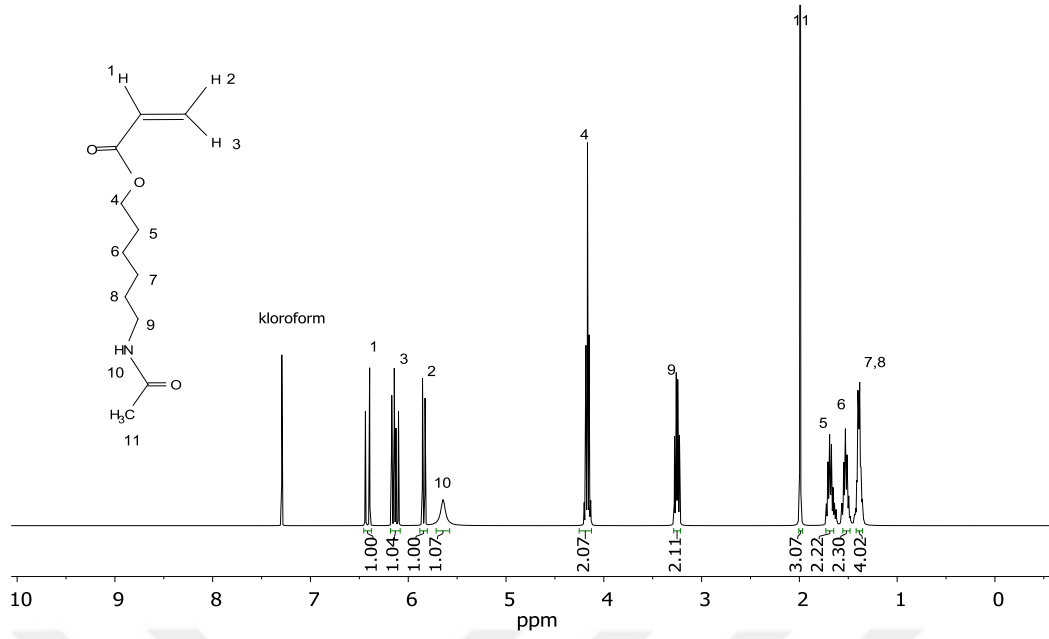
6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.46 ve değerlendirilmesi Tablo 3.46'de; ^1H NMR Şekil 3.47 ve değerlendirilmesi Tablo 3.47'de verilmiştir. Şekil 3.48' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.48'te verilmiştir.



Şekil 3.46. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.46. 6-Asetamidoheksil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu değerlendirmesi

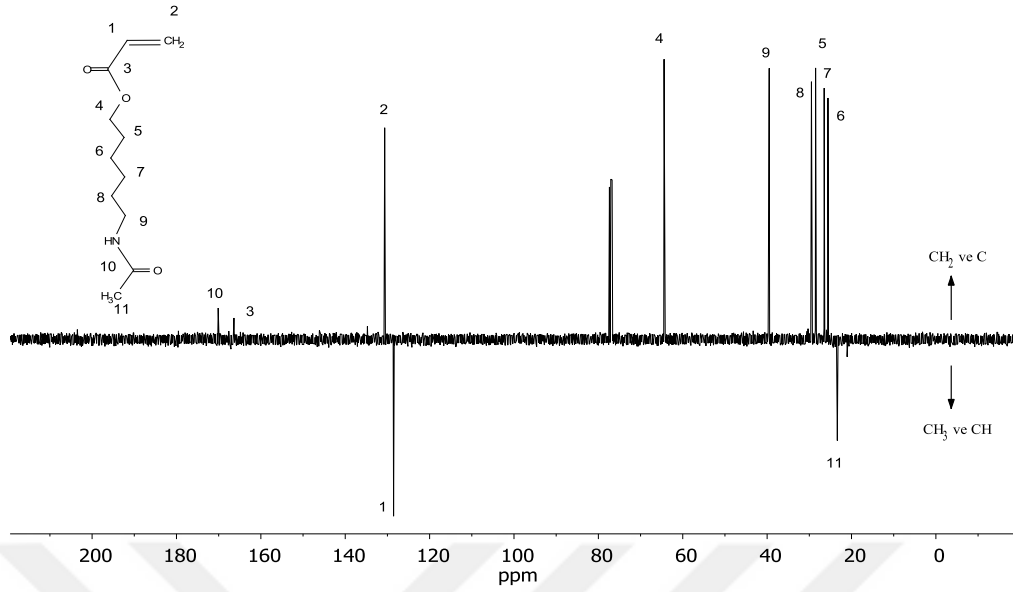
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3298 ve 2934–2850	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1724	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1651	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1636	–C=C– çift bağ gerilme titreşimi
1554-1422	Alifatik C-H eğilmesi
1196	C-O asimetrik gerilme
1059-985	Vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri



Şekil 3.47. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.47. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
6AHAM	5.65	-NH protonu
	6.14	-CH ₂ =CH (3 nolu proton)
	6.40	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen J:20, H ¹)
	5.81	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen J:8, H ²)
	4.15	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.23	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	2.01	-CH ₃ protonları
	1.67	5 nolu -CH ₂ protonları
	1.52	6 nolu -CH ₂ protonları
	1.37	7 ve 8 nolu -CH ₂ protonları



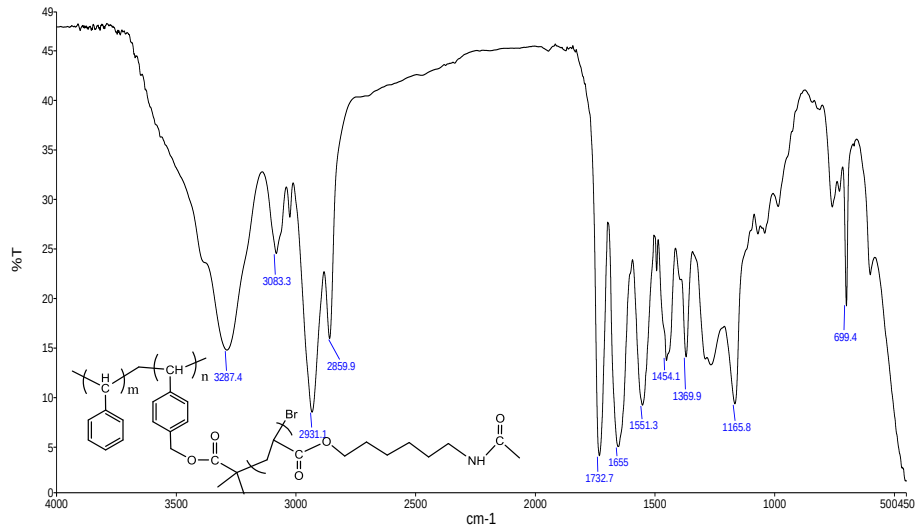
Şekil 3.48. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.48. 6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
6AHAM	170.1	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	166.3	Ester ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	130.6-128.5	Sırasıyla vinil grubundaki $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}$ karbonları
	64.3-39.5	Sırasıyla oksijene ve azota bağlı $-\text{CH}_2$ karbonları
	29.4-28.5	Sırasıyla 8 ve 5 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonları
	26.4-25.5	Sırasıyla 7 ve 6 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonları
	23.3	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.17. P(6AHAMG)'nin karakterizasyonu

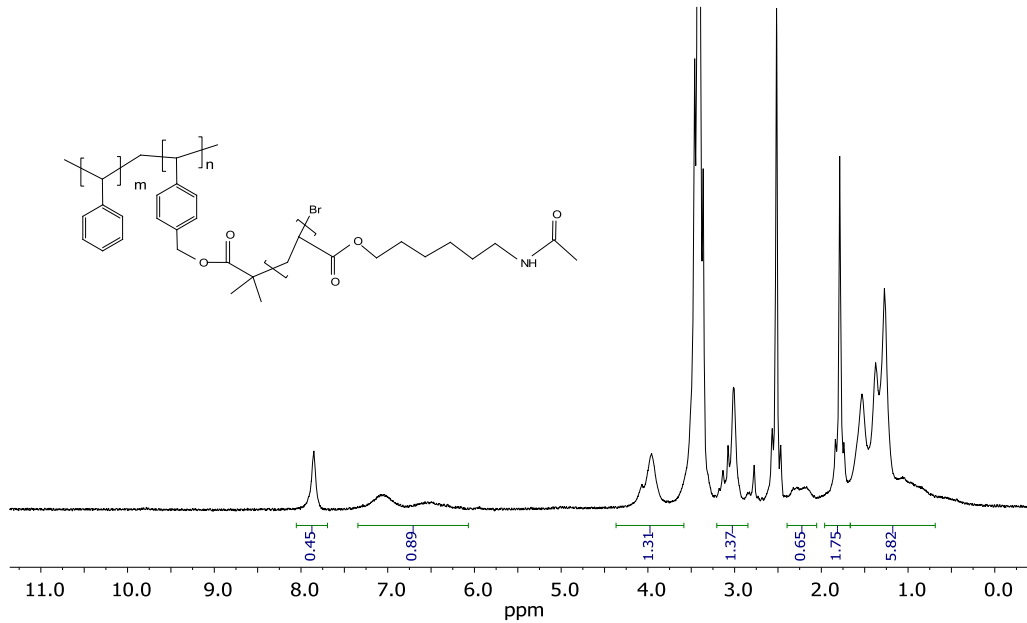
6-Asetamidohekzil akrilat monomerinin aşı polimeri IR spektrumu Şekil 3.49 ve değerlendirilmesi Tablo 3.49'da; ^1H NMR Şekil 3.50 ve değerlendirilmesi Tablo 3.50'de verilmiştir. Şekil 3.51'de ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.51'de verilmiştir.



Şekil 3.49. 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.49. 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrum değerlendirmesi

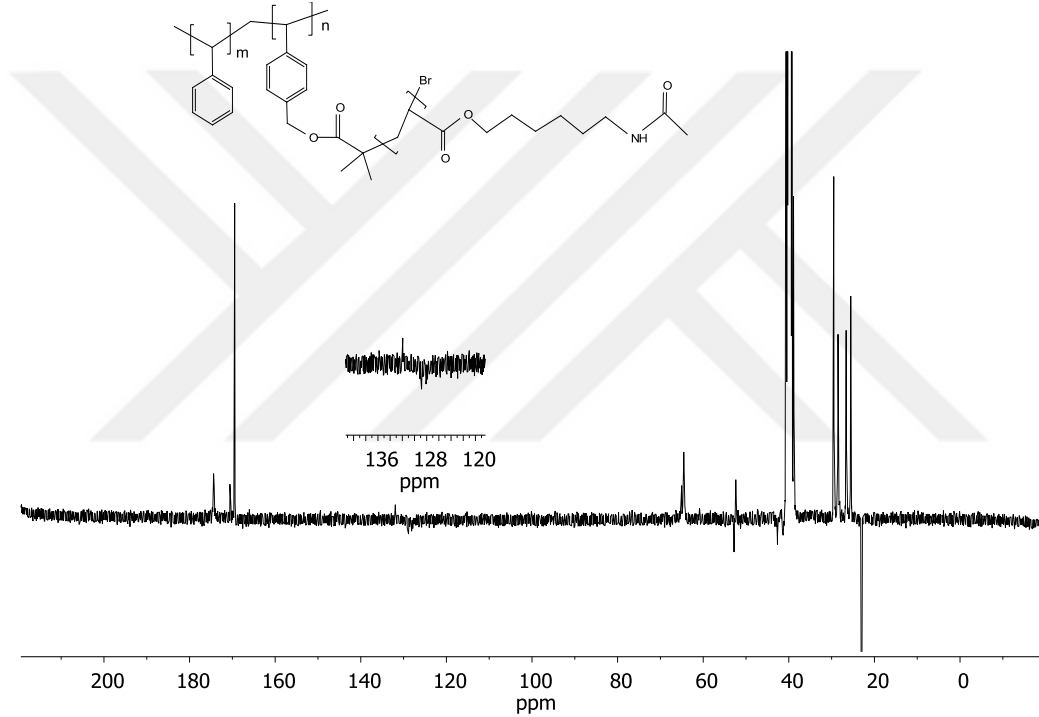
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3289 ve 2931–2860	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1730	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1656	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1548-1451	Alifatik C-H eğilmesi
1166	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.50. 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin ¹H-NMR spektrumu(d₆-DMSO)

Tablo 3.50. 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^1H -NMR spektrumu değeriendirmesi

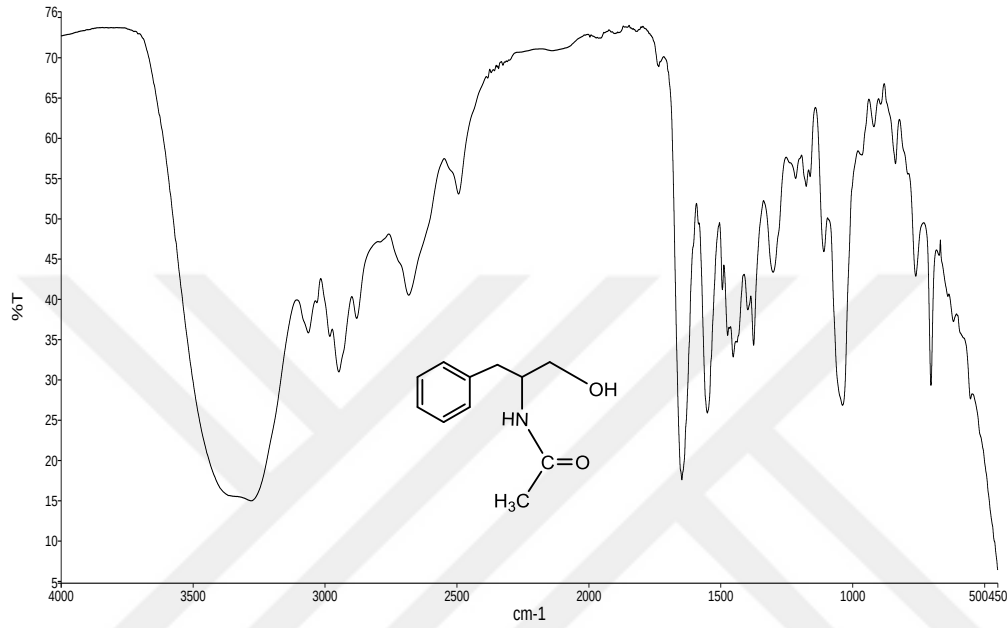
Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(6AHAMG)	7.8	-NH protonu
	7.01-6.49	Makrobaşılatıcı aromatik protonlar
	3.99	-OH grubuna komşu CH_2 protonları
	3.01	-NH grubuna komşu CH_2 protonları
	1.78	- CH_3 protonları
	1.70-1.10	Ana zincir protonları

**Şekil 3.51.** 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR spektrumu(d_6 -DMSO)**Tablo 3.51.** 6-Asetamidohekzil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -NMR spektrumu değeriendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(6APAMG)	127.5	Makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları
	174.4	Amit karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	169.7	Ester karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	136.3	$-\text{C}=\text{O}$ grubuna bağlı karbon
	66-68	Oksijen atomlarına bağlı karbonlar
	18.2	Vinil grubuna bağlı $-\text{CH}_3$ karbonu

3.18. N1H3FA'nın karakterizasyonu

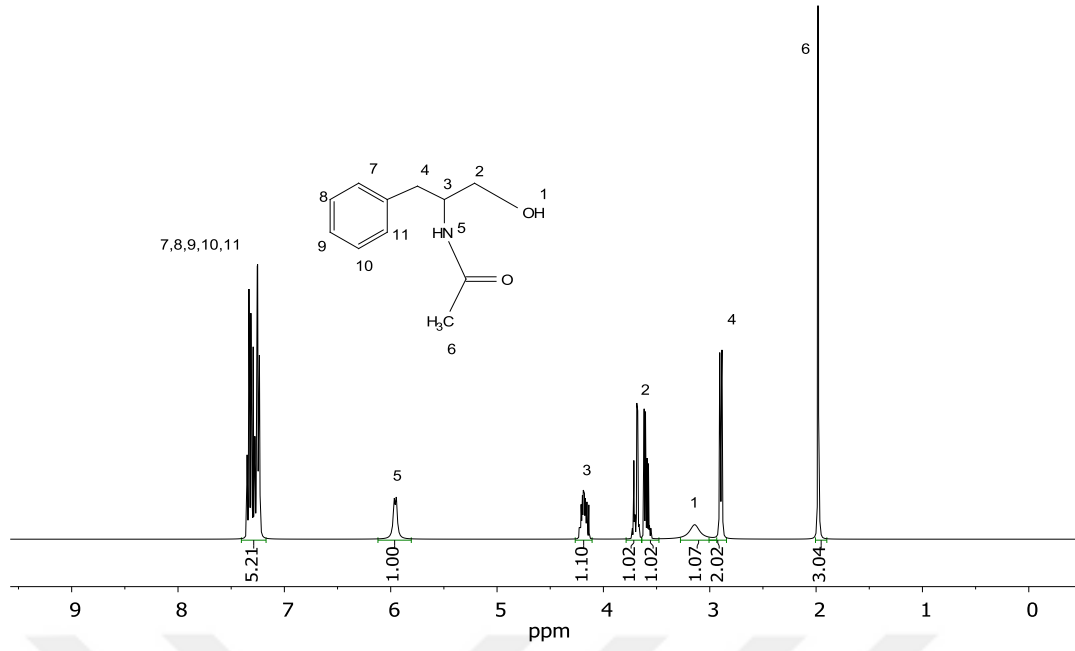
N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit 'in IR spektrumu Şekil 3.52 ve değerlendirilmesi Tablo 3.52'de; ^1H NMR Şekil 3.53 ve değerlendirmesi Tablo 3.53'de verilmiştir. Şekil 3.54'de ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirmesi de Tablo 3.54'de verilmiştir.



Şekil 3.52. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit FT-IR spektrumu

Tablo 3.52. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit IR spektrumu değerlendirilmesi

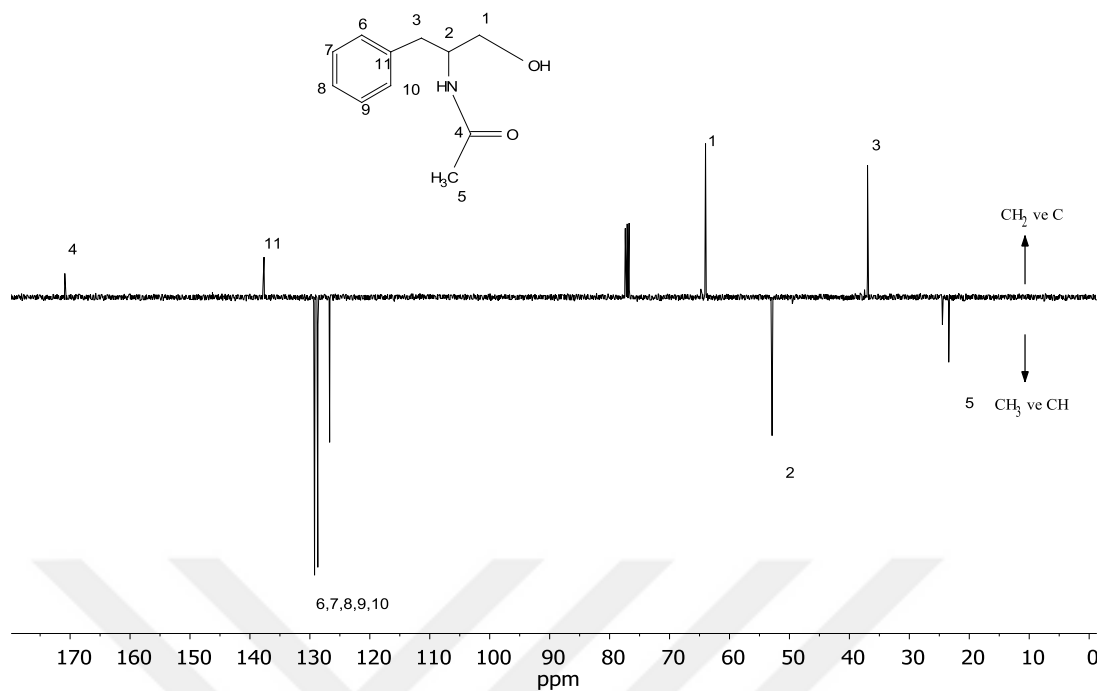
Dalga Sayısı (cm^{-1})	Titreşim Türü
3310 ve 3284	Sırasıyla $-\text{OH}$ ve NH_2 gerilmesine
3072–3027 ve 2949–2867	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1653	$-\text{OC}=\text{O}$ (Amit karbonil)
1555-1599	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1453-1370	Alifatik C-H eğilmesi



Şekil 3.53. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.53. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit ¹H-NMR spektrumu değerlendirmesi

Bileik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
N1H3FA	7.30-7.22	Aromatik protonlar
	5.96	-NH amit protonu
	4,17	3 numaralı –CH protonu
	3.67-3.61	-OH grubuna komşu CH ₂ protonları
	3.12	-OH protonu
	2.88	-NH grubuna komşu CH ₂ protonları
	1.98	-CH ₃ protonları



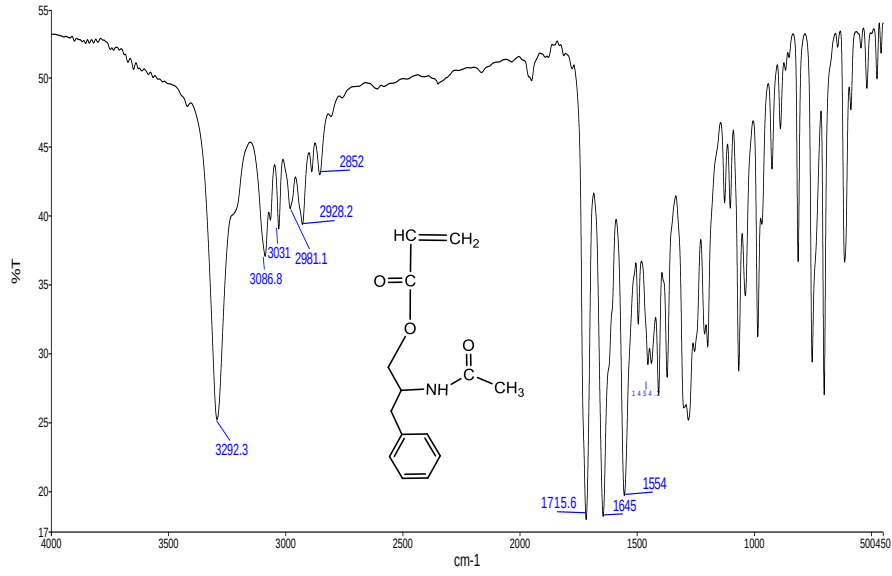
Şekil 3.54. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.54. N-(1-Hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit'in ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
N1H3FA	170.8	Amit (-C=O) karbonu
	137.6	11 nolu ipso karbonu
	129.2	Orto pozisyonundaki -CH karbonu
	128.6	Meta pozisyonundaki -CH karbonu
	126.7	Para pozisyonundaki -CH karbon
	63.9	-OH grubuna komşu -CH ₂ karbonu
	52.8	2 numaralı -CH karbonu
	37.4	-NH grubuna komşu -CH ₂ karbonu
	23.4	-CH ₃ karbonu

3.19. 2AFAM'ın karakterizasyonu

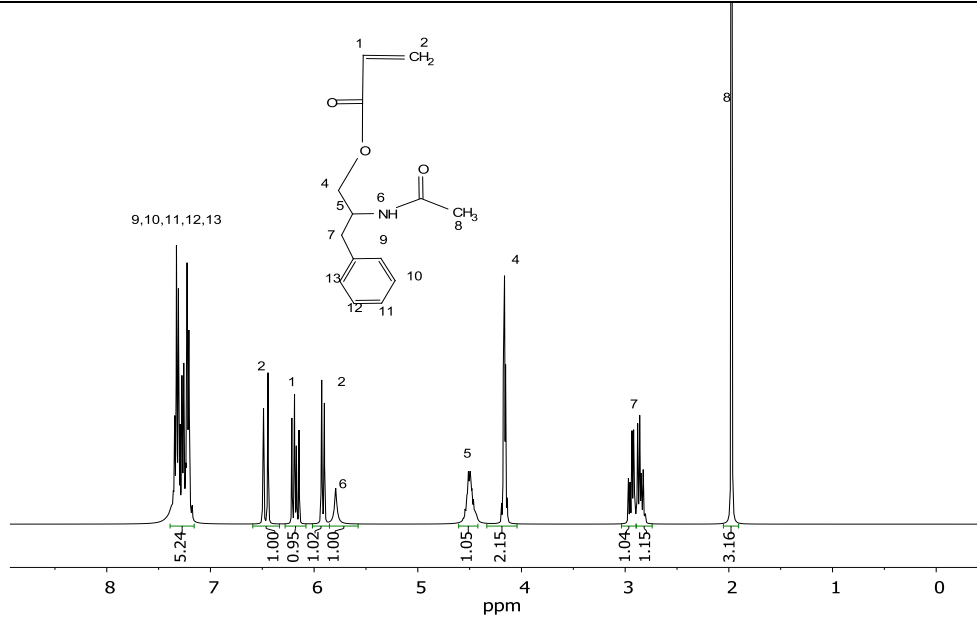
2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.55 ve değerlendirilmesi Tablo 3.55'de; ^1H NMR Şekil 3.56 ve değerlendirilmesi Tablo 3.56'de verilmiştir. Şekil 3.57'te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.57'te verilmiştir.



Şekil 3.55. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.55. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu değerlendirmesi

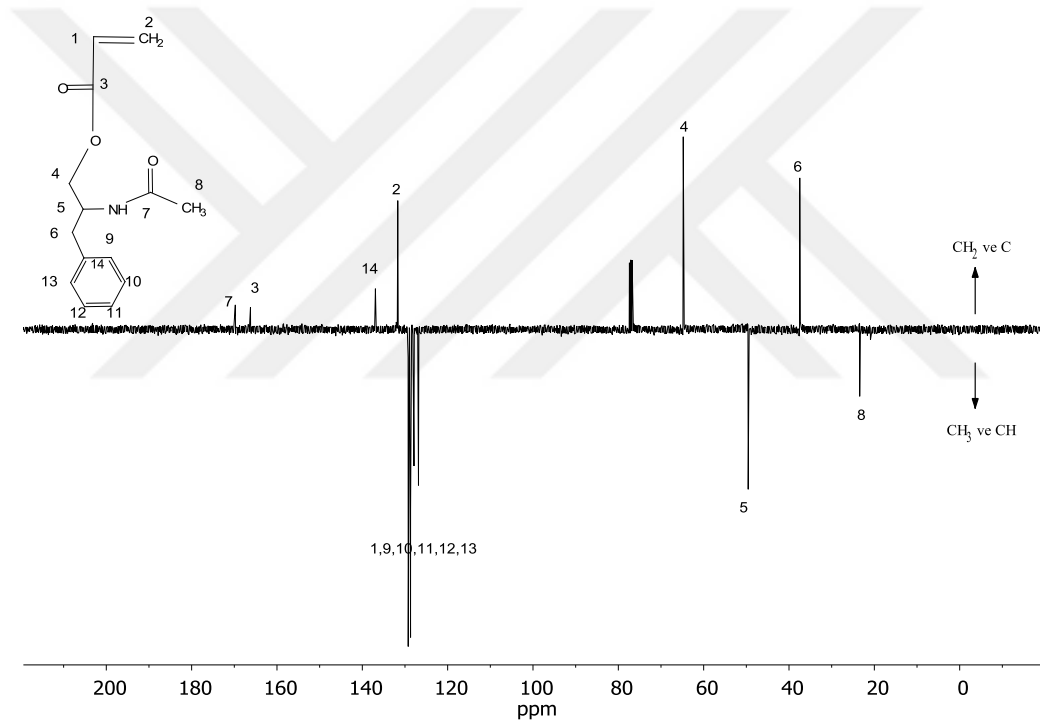
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3086-3031	Aromatik C-H gerilmeleri
3292 ve 2940–2863	Sırasıyla –NH ve alifatik C-H gerilmeleri
1715	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1645	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1632	–C=C- çift bağ gerilme titreşimi
1554-1422	Alifatik C-H eğilmesi
888-875	Vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri



Şekil 3.56. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.56. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu değeriendirilmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
2AFAM	7.40-7.17	Aromatik protonlar
	5.79	-NH protonu
	6.21	-CH ₂ =CH (1 nolu proton)
	6.44	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen <i>J</i> :16 Hz, <i>H</i> ²)
	5.93	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen <i>J</i> :12 Hz, <i>H</i> ²)
	4.51	-5 numaralı -CH protonu
	4.17	-Oksijene komşu 4 nolu -CH ₂ protonları
	2.9-2.8	-Benzene komşu 7 nolu -CH ₂ protonları
	1.90	-CH ₃ protonları



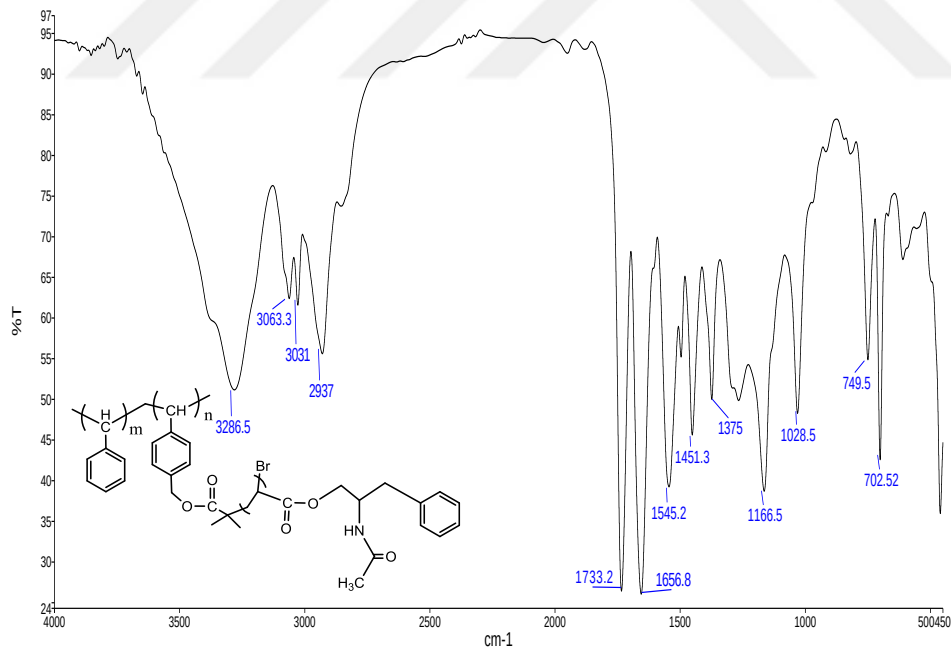
Şekil 3.57. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹³C-APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.57. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹³C-APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türu
2AFAM	169.7	Amit (-C=O) karbonu
	166.3	Ester (-C=O) karbonu
	136.9	İpso karbonu
	131.3-128.4	Sırasıyla vinil grubundaki -CH ₂ ve -CH karbonları
	129-126	Aromatik halka karbonları
	64.7-37.0	Sırasıyla oksijene ve benzene bağlı -CH ₂ karbonları
	49.3	5 numaralı -CH karbonu
	23.4	-CH ₃ karbonu

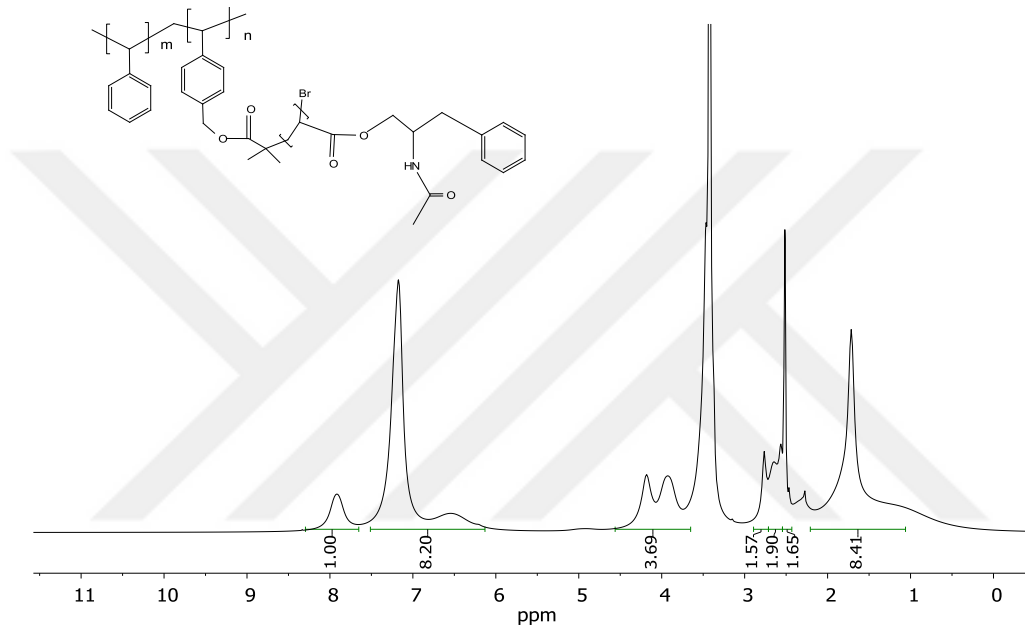
3.20. P(2AFAMG)'nin karakterizasyonu

2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı polimeri IR spektrumu Şekil 3.58 ve değerlendirilmesi Tablo 3.58'te; ¹H NMR Şekil 3.59 ve değerlendirmesi Tablo 3.59'da verilmiştir. Şekil 3.60'de ¹³C-NMR spektrumu ve değerlendirmesi de Tablo 3.60'de verilmiştir.

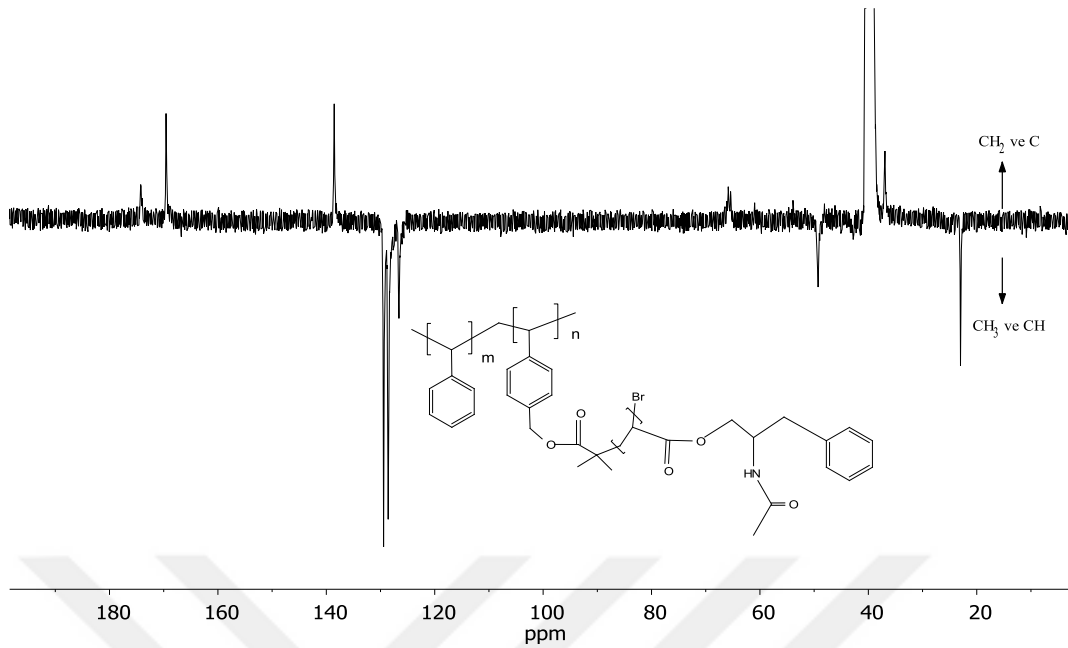
**Şekil 3.58.** 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.58. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin FT-IR spektrumu değerlendirilmesi

Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3063-3031	Aromatik C-H gerilmeleri
3286 ve 2931–2860	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
1733	–OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1656	–OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1548-1451	Alifatik C-H eğilmesi
1166	C-O asimetrik gerilme

**Şekil 3.59.** 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin ¹H-NMR spektrumu (d₆-DMSO)**Tablo 3.59.** 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşırı kopolimerinin ¹H-NMR spektrumu değerlendirilmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(2AFAMG)	7.9	–NH protonu
	7.10-6.38	Aromatik protonlar
	7.01-6.49	Makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar
	4.13	–Oksijene komşu CH ₂ protonları
	3.90	–NH grubuna komşu CH protonu
	1.80	–CH ₃ protonları
	1.60-1.00	Ana zincir protonları



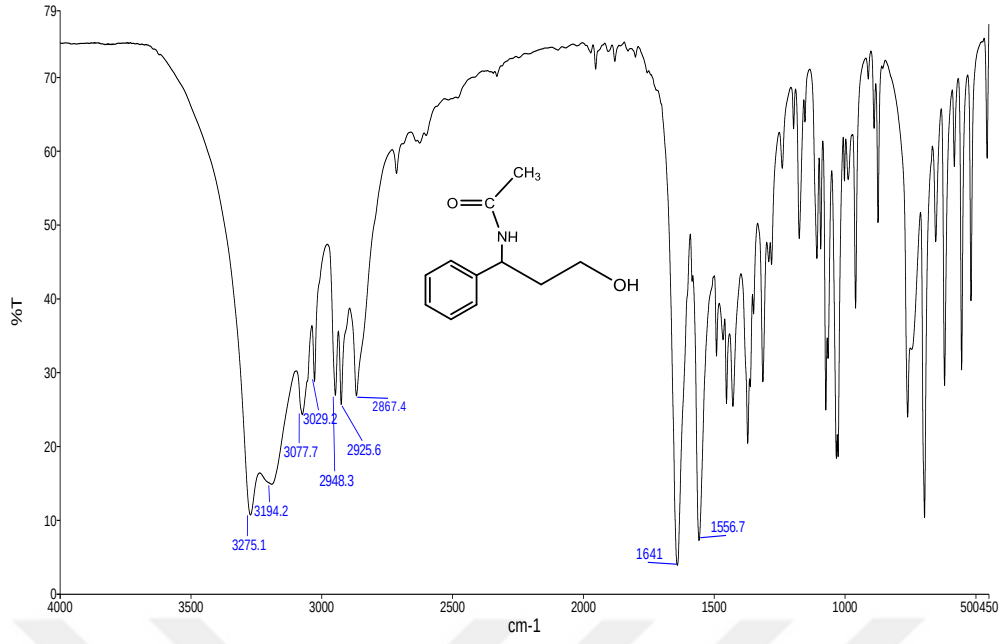
Şekil 3.60. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu (d_6 -DMSO)

Tablo 3.60. 2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirilmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(2AFAMG)	173.9	Amit karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	169.5	Ester karbonil ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	129.4-128.5	Aromatik halka karbonları
	138.5	$-\text{C}=\text{O}$ grubuna bağlı ipso karbonu
	65.2-37.0	Sırasıyla oksijene ve benzene bağlı $-\text{CH}_2$ karbonları
	49.4	$-\text{CH}$ karbonu
	22.9	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.21. N3H1FA'nın karakterizasyonu

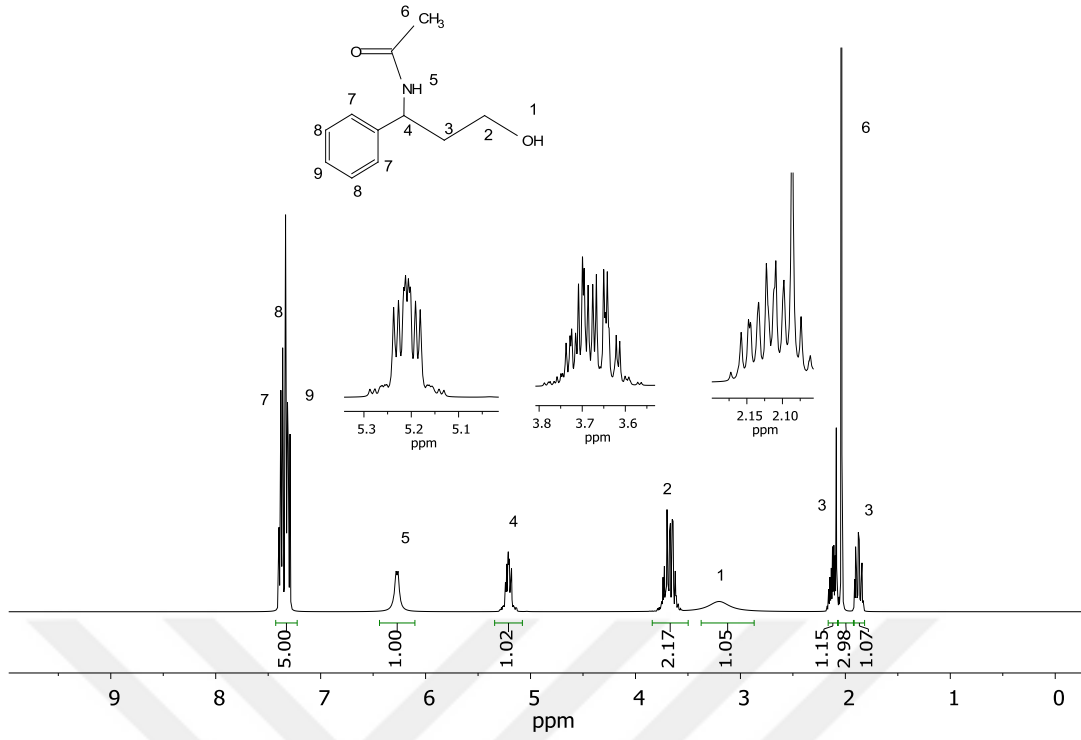
N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in IR spektrumu Şekil 3.61 ve değerlendirilmesi Tablo 3.61'de; ^1H NMR Şekil 3.62 ve değerlendirilmesi Tablo 3.62'de verilmiştir. Şekil 3.63' da ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.63'da verilmiştir.



Şekil 3.61. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in FT-IR spektrumu

Tablo 3.61. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in FT-IR spektrumu değerlendirmesi

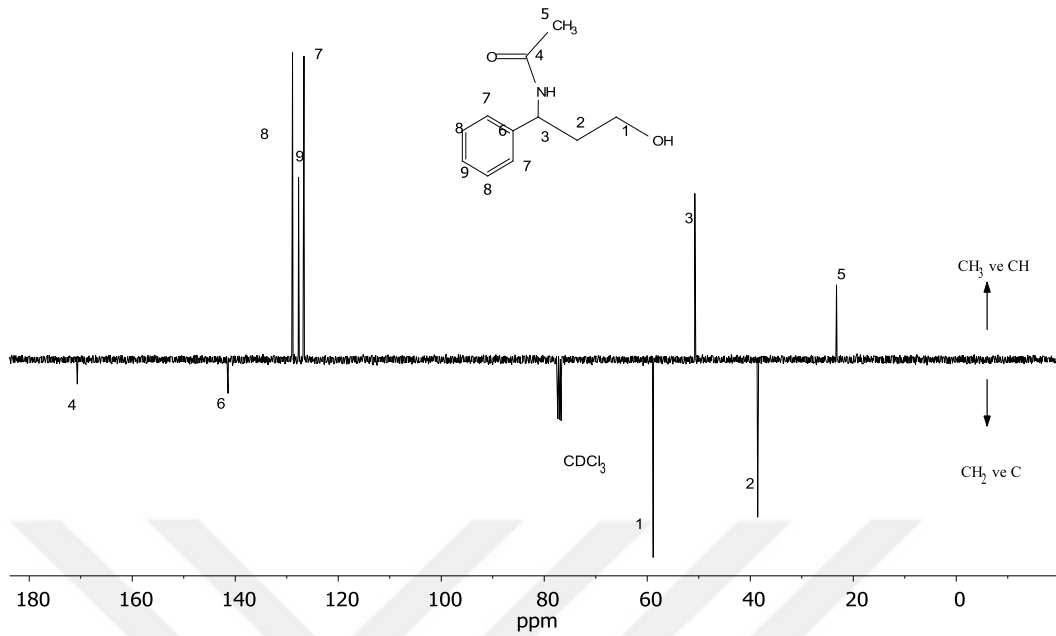
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3275,3194	Sırasıyla amit –NH ve –OH gerilme titreşimi
3077–3029 ve 2948–2867	Sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmeleri
1641	-OC=O (Amit karbonil)
1556	Aromatik C=C çift bağ gerilmesi
1453-1370	Alifatik C-H eğilmesi



Şekil 3.62. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^1H -NMR spektrumu (d-kloroform)

Tablo 3.62. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^1H -NMR spektrumu değerlendirilmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
N3H1FA	7.40-7.20	Aromatik protonlar
	6.26	-NH amit protonu
	5.20	4 numaralı -CH protonu
	3.69	-OH grubuna komşu CH_2 protonları
	3.22	-OH protonu
	2.11-1.86	-3 numaralı CH_2 protonları
	2.03	- CH_3 protonları



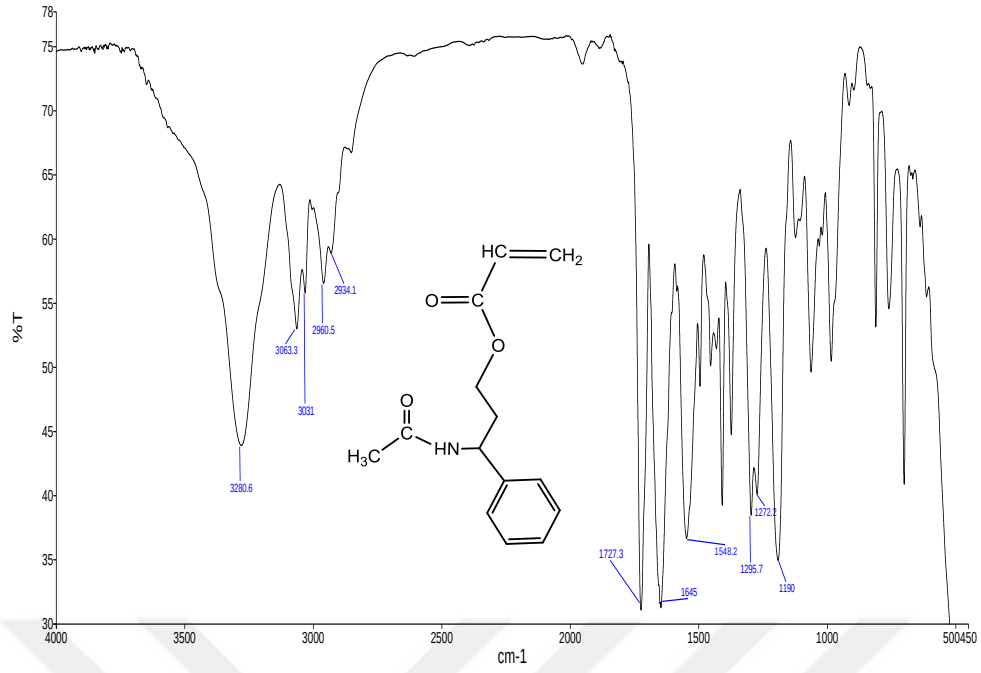
Şekil 3.63. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^{13}C -APT NMR spektrumu(d-kloroform)

Tablo 3.63. N-(3-Hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in ^{13}C -APT NMR Spektrumu değerlendirmesi

Bileşik	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
N3H1FA	170.6	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	141.3	İpso karbonu
	128.8-126.6	Aromatik halka karbonları
	58.8	Oksijene bağlı $-\text{CH}_2$ karbonu
	50.7	Azota bağlı $-\text{CH}$ karbonu
	38.5	2 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	23.2	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.22. 3AFAM'ın karakterizasyonu

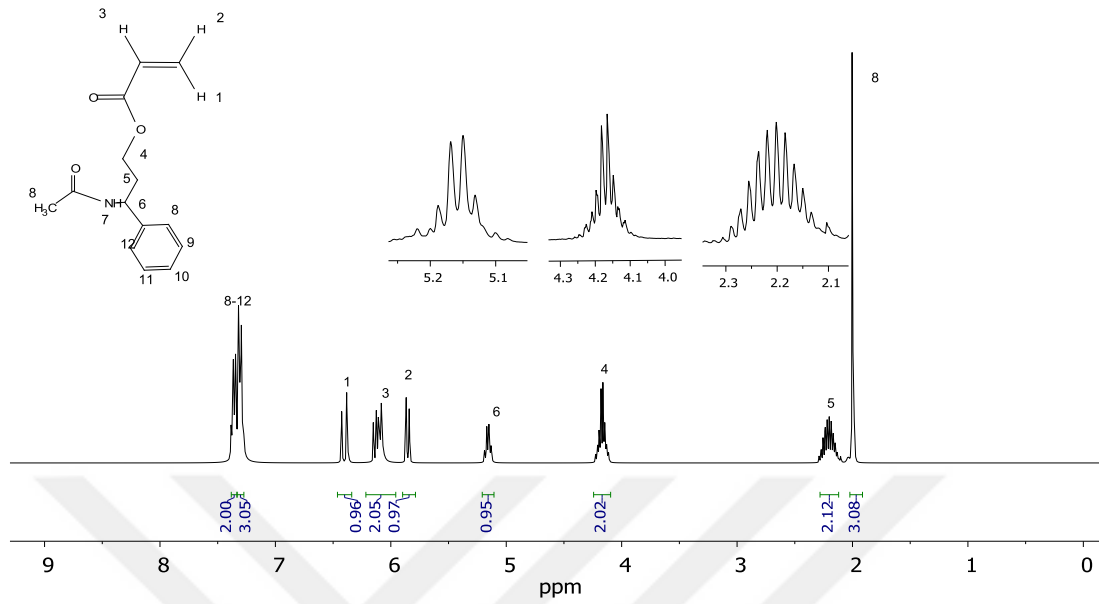
3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu Şekil 3.64 ve değerlendirilmesi Tablo 3.64'de; ^1H NMR Şekil 3.65 ve değerlendirilmesi Tablo 3.65'de verilmiştir. Şekil 3.66' te ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.66'te verilmiştir.



Şekil 3.64. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.64. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin IR spektrumu değerlendirmesi

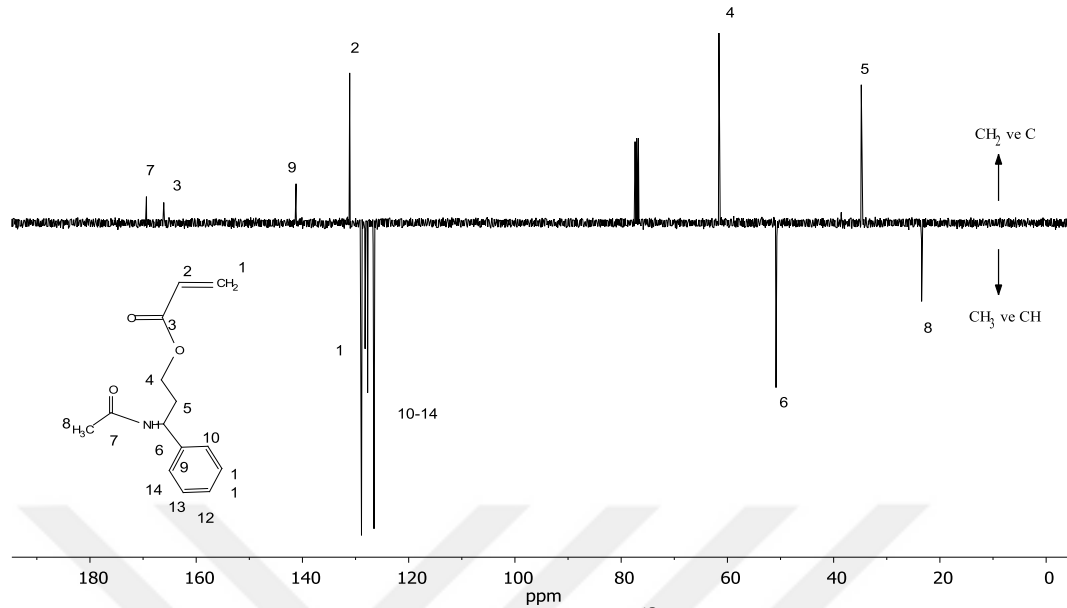
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3280 ve 2960–2934	Sırasıyla –NH ve alifatik C–H gerilmeleri
3086-3031	Aromatik C-H gerilmeleri
1727	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1645	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1548-1422	Alifatik C-H eğilmesi
1190	C-O asimetrik gerilme
1065-984	Vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri



Şekil 3.65. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹H-NMR spektrumu (d-kloroform)

Tablo 3.65. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ¹H-NMR Spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3AFAM	7.38-7.27	Aromatik protonlar
	6.00	-NH protonu
	6.10	-CH ₂ =CH (3 nolu proton)
	6.38	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre cis hidrojen $J:20\text{ Hz}$, H^1)
	5.87	-CH ₂ =C protonları (C=O'ye göre trans hidrojen $J:12\text{ Hz}$, H^2)
	5.14	-6 numaralı -CH protonu
	4.17	-Oksijene komşu 4 nolu -CH ₂ protonları
	2.21	-5 numaralı -CH ₂ protonu
	2.00	-CH ₃ protonları



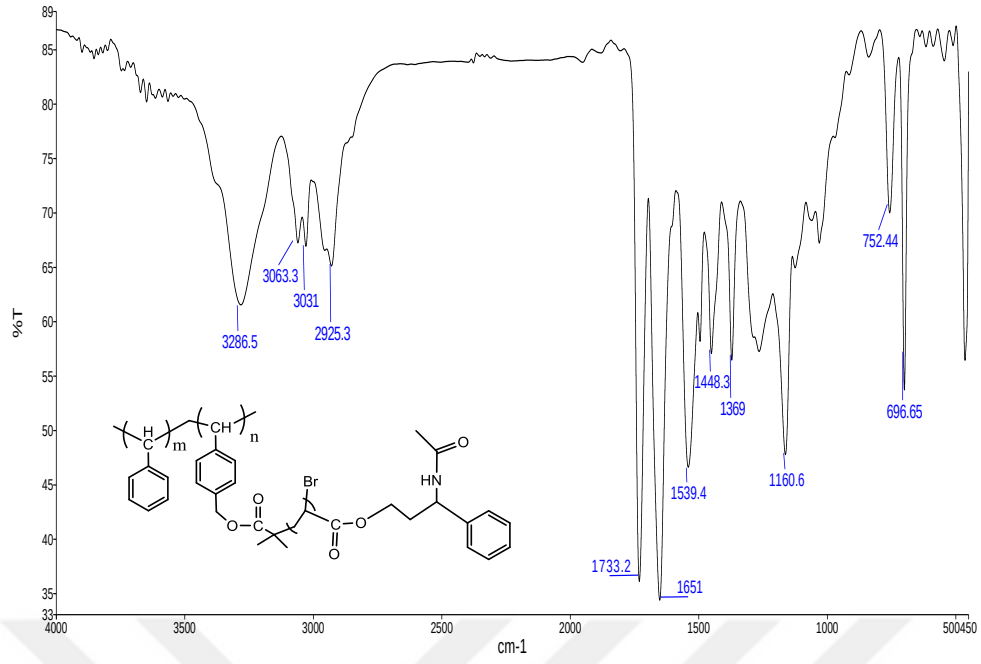
Şekil 3.66. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu (d-kloroform)

Tablo 3.66. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Monomer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
3AFAM	169.3	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	166.1	Ester ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	141.2	İpso karbonu
	131.2-128.7	Sırasıyla vinil grubundaki $-\text{CH}_2$ ve $-\text{CH}$ karbonları
	128-126	Aromatik halka karbonları
	61.5	Oksijene bağlı $-\text{CH}_2$ karbonu
	50.8	Benzene bağlı $-\text{CH}$ karbonu
	34.7	5 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	23.4	$-\text{CH}_3$ karbonu

3.23. P(3AFAMG)'nin karakterizasyonu

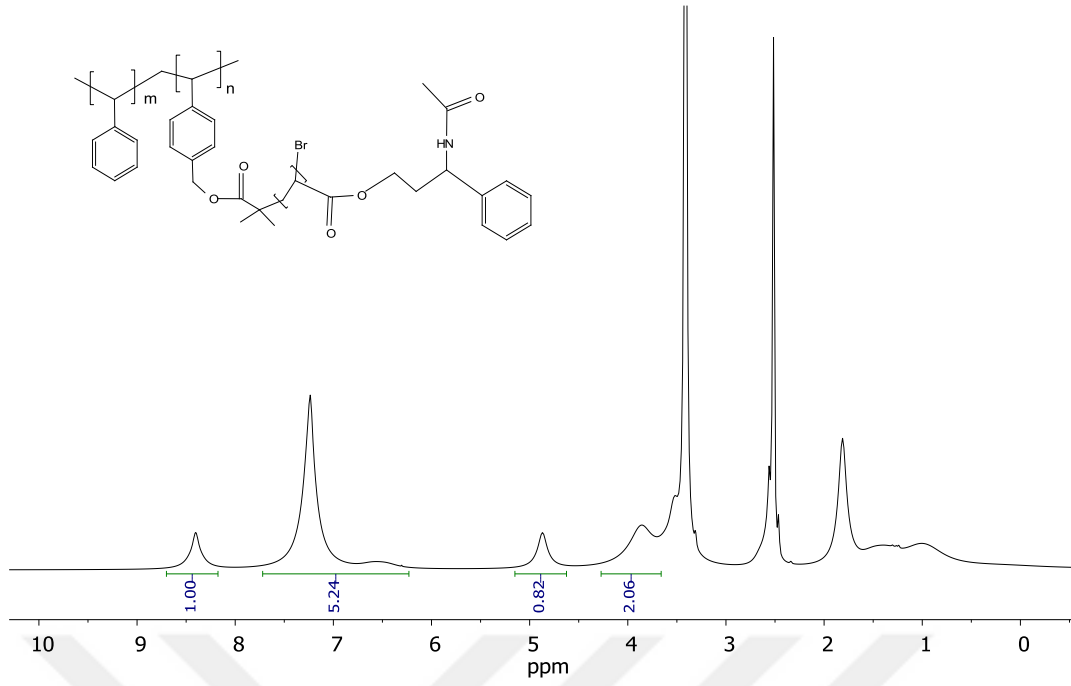
3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerinin aşı polimeri IR spektrumu Şekil 3.67 ve değerlendirilmesi Tablo 3.67'te; ^1H NMR Şekil 3.68 ve değerlendirilmesi Tablo 3.68'da verilmiştir. Şekil 3.69'de ^{13}C -NMR spektrumu ve değerlendirilmesi de Tablo 3.69'de verilmiştir.



Şekil 3.67. 3-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşı kopolimerinin FT-IR spektrumu

Tablo 3.67. P(3AFAMG)'nin FT-IR spektrumu değerlendirmesi

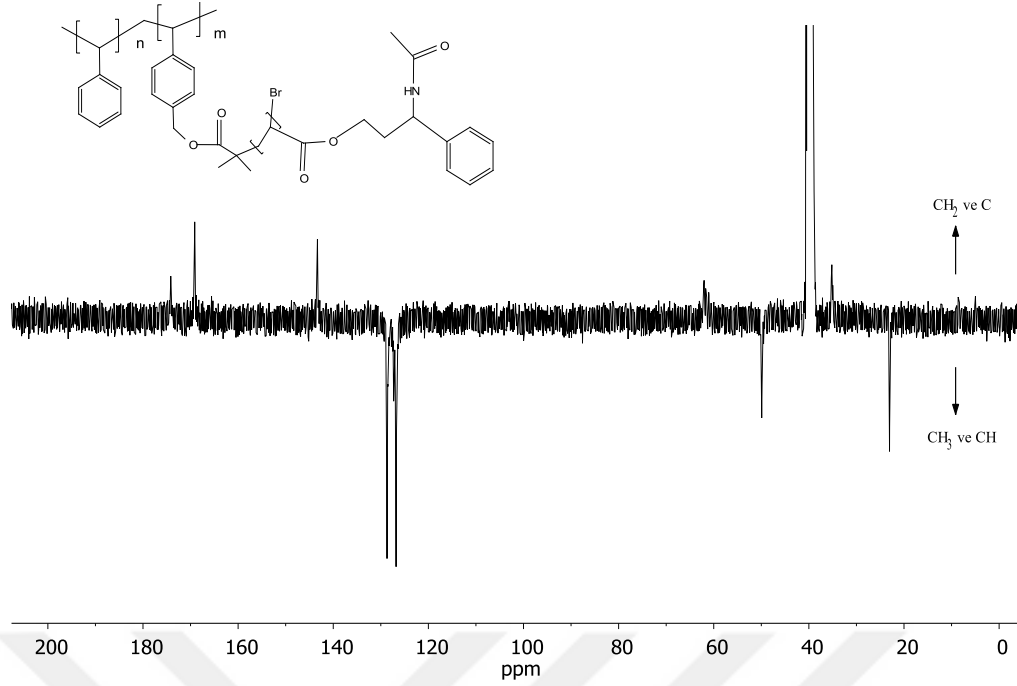
Dalga Sayısı (cm ⁻¹)	Titreşim Türü
3063-3031	Aromatik C-H gerilmeleri
3286 ve 2952–2860	Sırasıyla –NH ve alifatik C-H gerilmeleri
1733	-OC=O (Ester) karbonil gerilme titreşimi
1651	-OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi
1539-1448	Alifatik C-H eğilmesi
1160	C-O asimetrik gerilme



Şekil 3.68. P(3AFAMG)'nin ^1H -NMR spektrumu (d_6 -DMSO)

Tablo 3.68. P(3AFAMG)'nin ^1H -NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3AFAMG)	7.50-6.29	Aromatik protonlar
	8.37	-NH protonu
	4.80	-Azota bağlı -CH protonu
	3.55	-Oksijene komşu 4 nolu -CH ₂ protonları
	1.80	-CH ₃ protonları
	1.67-0.76	Ana zincir protonları



Şekil 3.69. P(3AFAMG)'nin ^{13}C -APT NMR spektrumu(d_6 -DMSO)

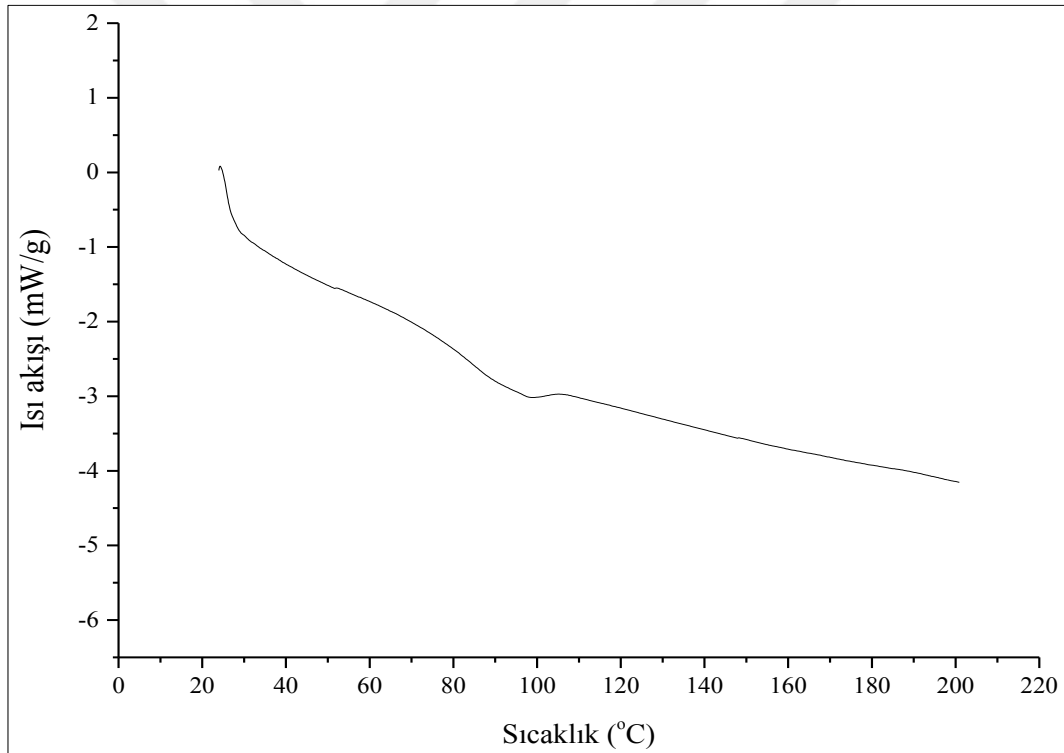
Tablo 3.69. P(3AFAMG)'nin ^{13}C -APT NMR spektrumu değerlendirmesi

Polimer	Kimyasal Kayma (ppm)	Sinyal Türü
P(3AFAMG)	174.1	Amit ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	169.0	Ester ($-\text{C}=\text{O}$) karbonu
	143.2	İpso karbonu
	128.7-126.7	Aromatik halka karbonları
	61.7	Oksijene bağlı $-\text{CH}_2$ karbonu
	49.9	Benzene bağlı $-\text{CH}$ karbonu
	35.3	5 numaralı $-\text{CH}_2$ karbonu
	23.4	$-\text{CH}_3$ karbonu

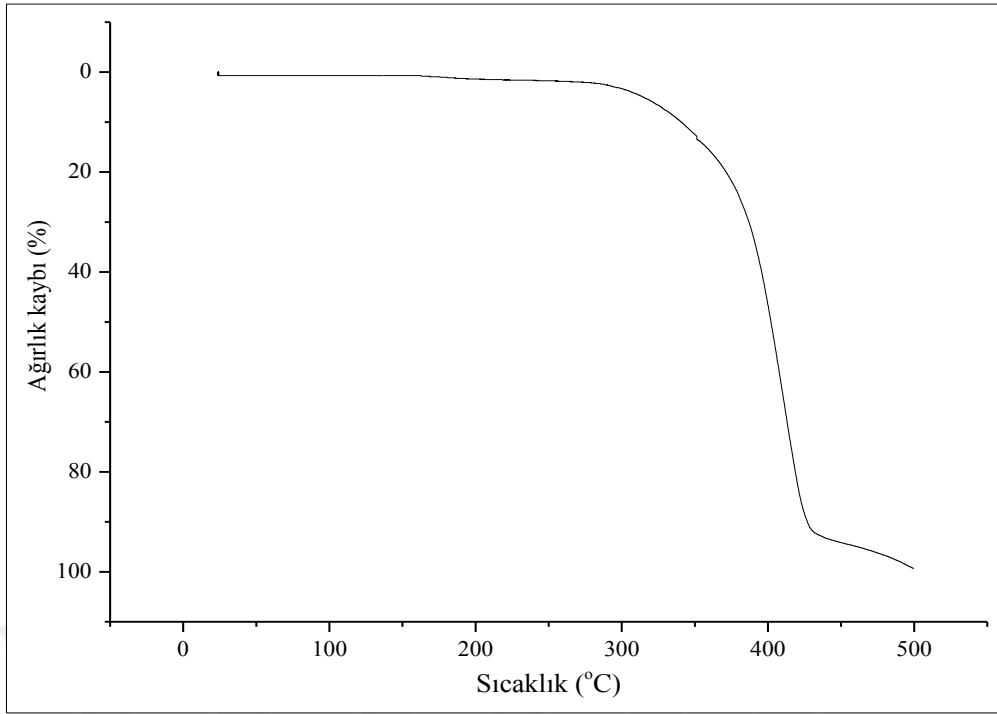
3.24. Polimerlerin Termal Analiz Ölçümleri

Hazırlanan polimerlerin termal kararlılıkları TGA analizleri ile belirlendi. Polimerlerin camısı geçiş sıcaklıkları ise DSC termogamlarından ölçüldü. DSC ölçümlerinde düşük camısı geçiş sıcaklığına sahip polimer için sıvı azot ile -100 °C'ye kadar soğutma işlemi yapıldı ve 20°C/dk ısıtma hızı ile azot gazı atmosferinde 100 °C'ye kadar ısıtıldı. Polimerlerin TGA analizleri ise 10 °C/dk ısıtma hızıyla 500-600 °C'ye kadar ısıtılarak kaydedildi. Polimerlerin bozunmalarına yönelik aktivasyon enerjilerini hesaplamak amacıyla azot atmosferinde ısıtılan belirli miktardaki polimerler farklı ısıtma hızlarında (5, 10, 20, 30 ve 40 °C/dk) oda sıcaklığından 600 °C'ye kadar ısıtıldı. Farklı ısıtma hızlarındaki bozunma eğrilerinden yararlanarak, Flynn-Wall-Ozawa metoduna göre polimerin bozunmasına yönelik aktivasyon enerjileri belirlendi.

3.24.1. Makrobaşılatıcının P(St-ko-4BIMS%8.5) termal özellikleri



Şekil 3.70. P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşılatıcısının DSC eğrisi

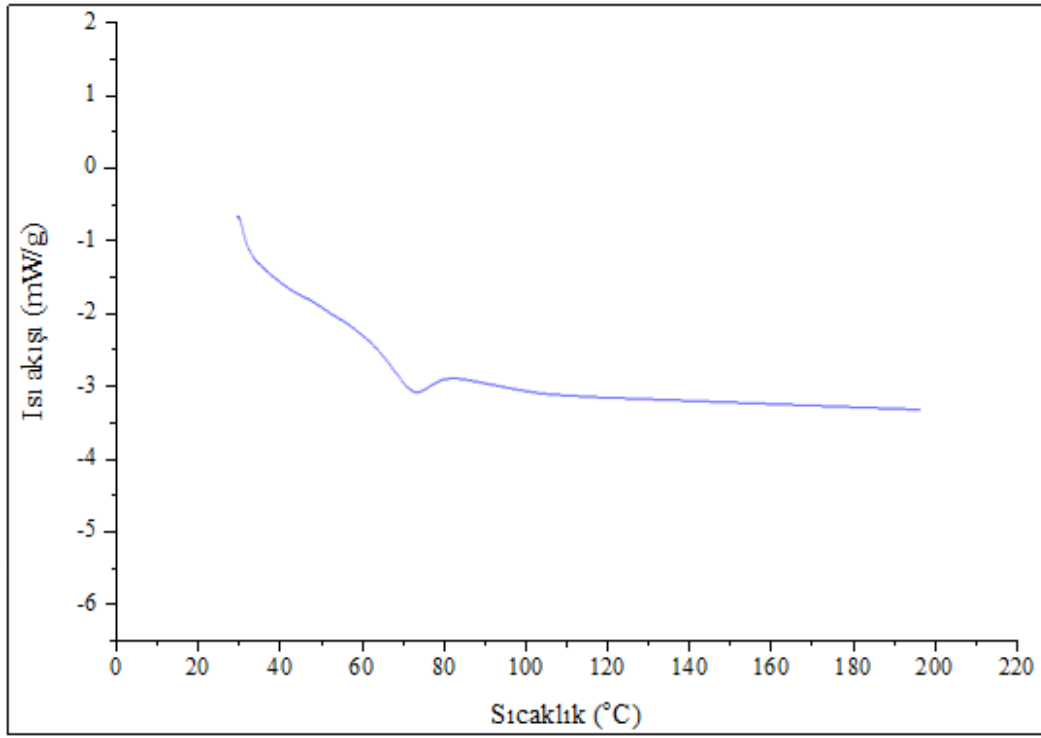


Şekil 3.71 P(St-ko-4BIMS%8.5) makrobaşılatıcısının TGA eğrisi

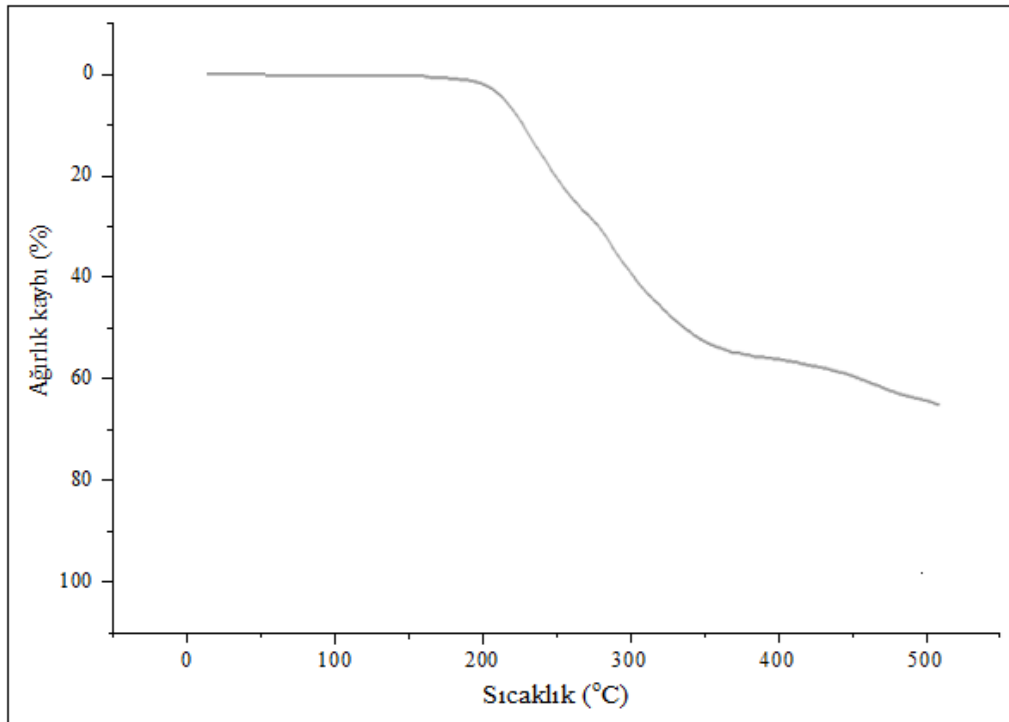
Tablo 3.70. P(St-ko-4BIMS%8.5)'nin DSC ve TGA verileri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T%50 (°C)	Artık (%)
P(St-ko-4BIMS%8.5)	88	298	402	12

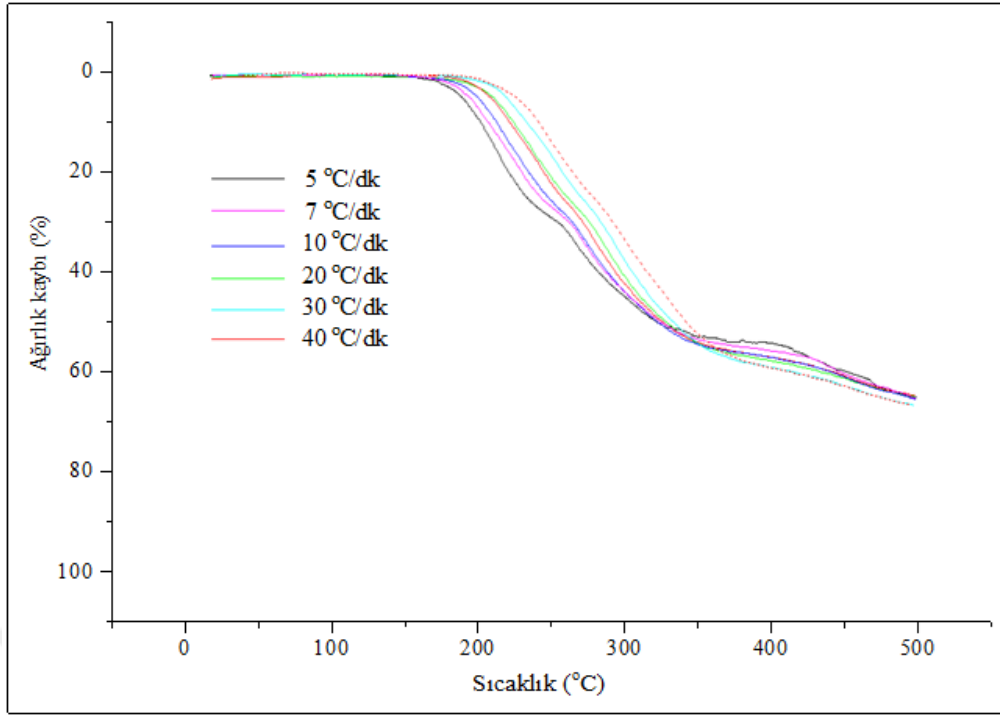
3.24.2. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in P(4BIMS) termal özellikleri



Şekil 3.72. Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in DSC eğrisi



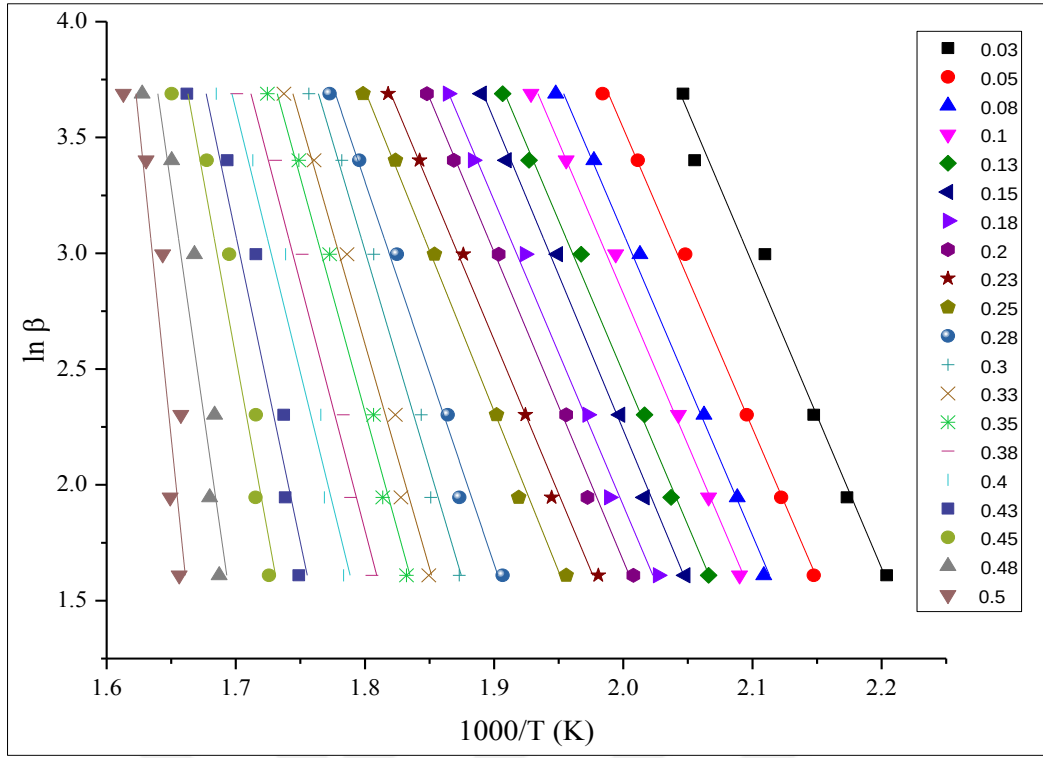
Şekil 3.73 Poli(4-(2-Bromoizobütirolmetil)stiren)'in TGA eğrisi



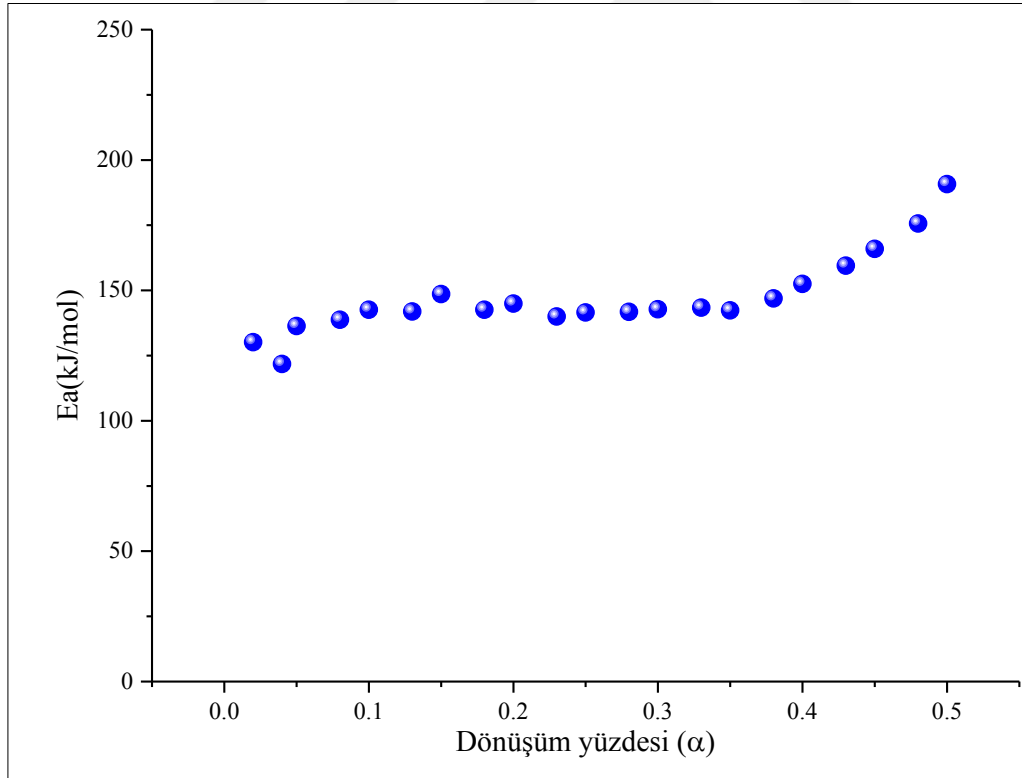
Şekil 3.74. Poli(4BIMS)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.71. P(4BIMS)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrilerinin değerlendirilmesi

Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sıc.	1 st	2 nd	% Atık
5 °C/dk	207	230	273	34.5
7 °C/dk	219	244	281	36.9
10 °C/dk	224	250	294	35.4
20 °C/dk	238	255	301	36.3
30 °C/dk	244	268	310	36.3
40 °C/dk	251	272	320	35.5

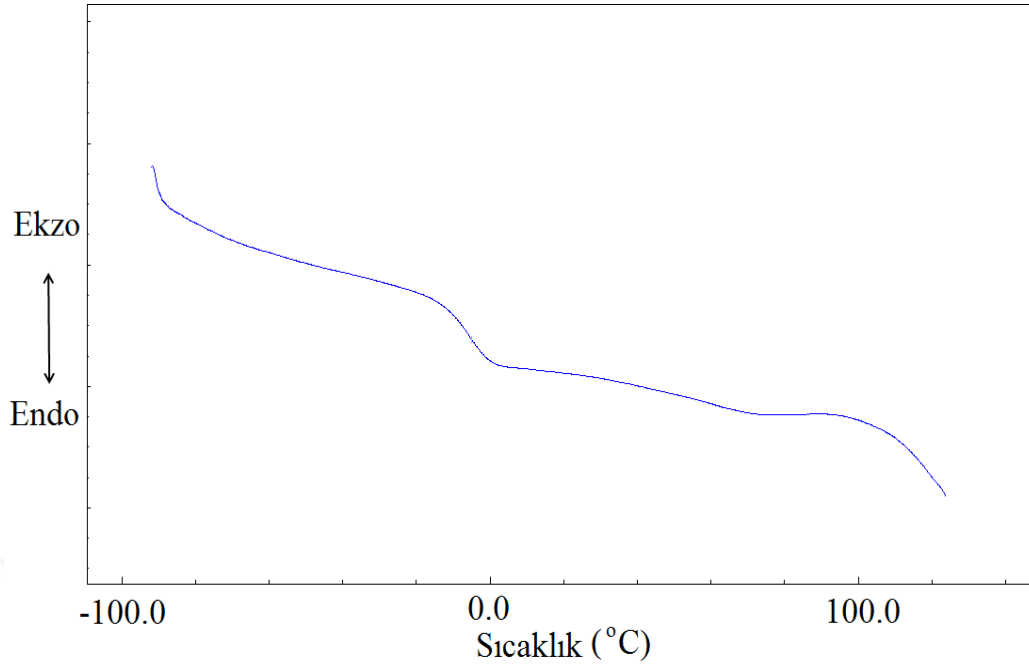


Şekil 3.75. P(4BIMS)'in %3-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri

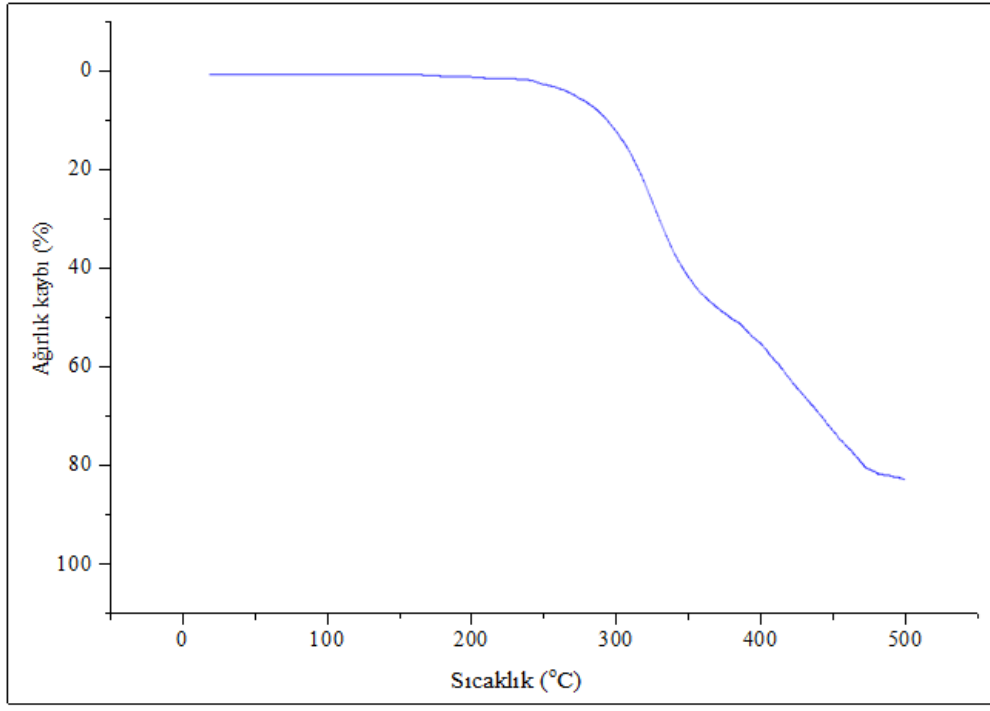


Şekil 3.76 P(4BIMS)'in %3-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği

3.24.3. P(3APAM)'ın TGA ve DSC ölçümleri



Şekil 3.77. P(3APAM)'ın DSC eğrisi



Şekil 3.78. P(3APAM)'ın TGA eğrisi

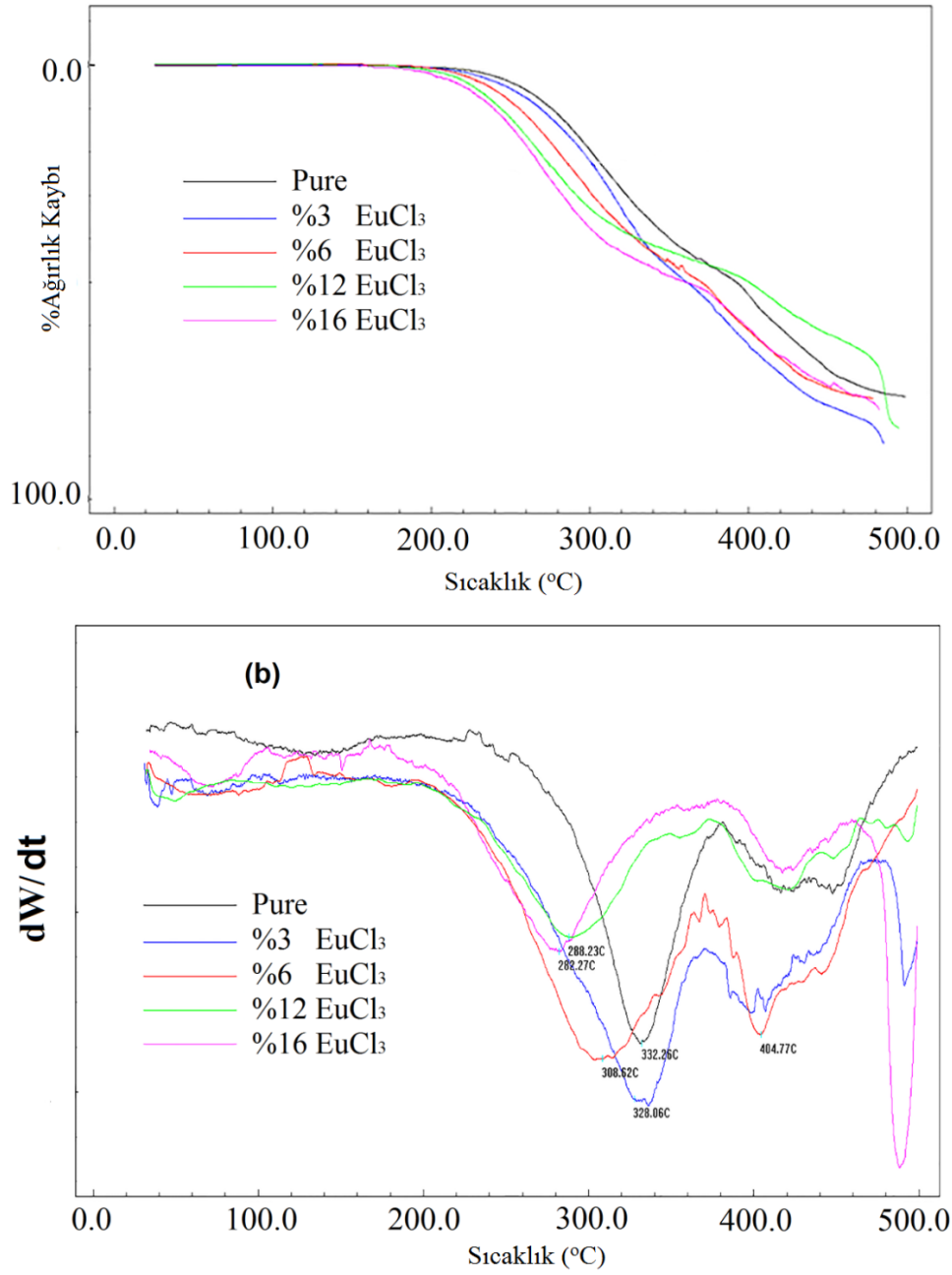
Tablo 3.72. P(3APAM)'ın DSC ve TGA verileri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	Artık (%)
P(3APAM)	-5.30	238	392	23

3.24.3.1. Poli (3-asetamidopropil akrilat)-EuCl₃ kompozitlerinin hazırlanması

Kompozitlerin hazırlanırken 0.15 gram P(3APAM) ve ağırlıkça %3, %6, %12 ve %16 oranında EuCl₃ hassas bir şekilde tartıldı. Polimerin ve doplayıcı uygun bir çözücü olan metanolde çözüldü. Ultrasonic sonikatörde yaklaşık 3 saat homojenleştirildikten sonra bu karışım soğuk dietil eter içinde çöktürüldü. Süzme işleminin ardından 40 °C deki vakumlu etüvde kurutuldu. Kompozitelerin termal karakterizasyonu P(3APAM) ile birlikte karşılaştırmalı olarak aşağıdaki gibidir.

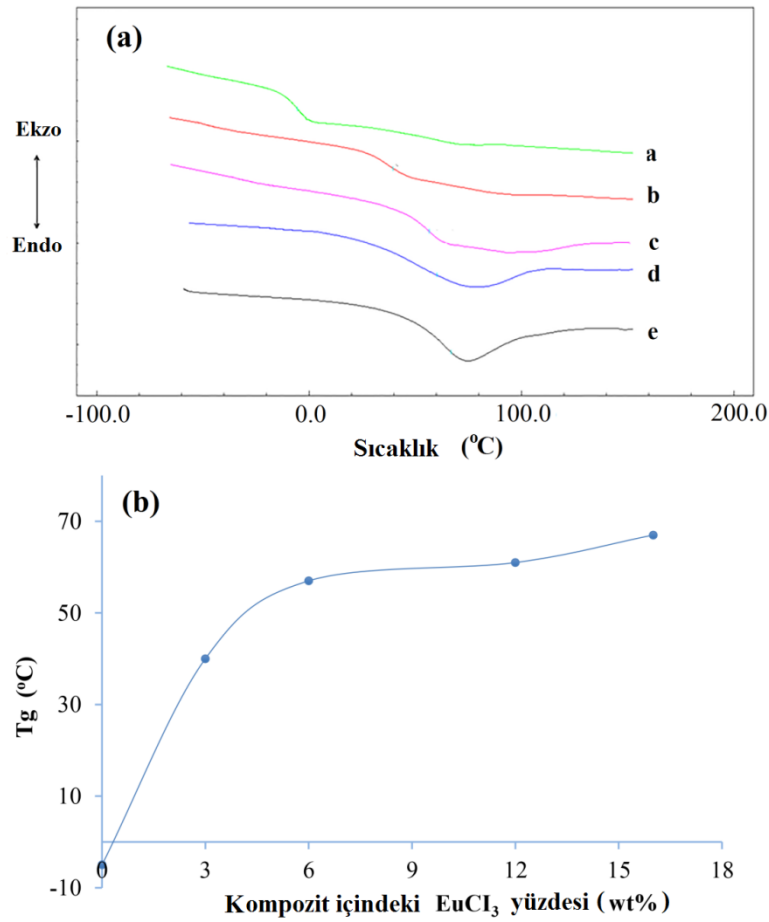
3.24.3.2. Poli (3-asetamidopropil akrilat)'ın EuCl_3 kompozitlerinin TGA ve DSC ölçümleri



Şekil 3.79. Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3APAM)'ın karşılaştırmalı a) TGA eğrileri b) türev eğrileri

Tablo 3.73. Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3APAM) kompozitlerinin TGA sonuçları

Polimer kompozit	$T_{\text{baş}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\%50} (^{\circ}\text{C})$	500 $^{\circ}\text{C}$ deki atık (%)
P(3APAM)	238	392	23
P(3APAM / EuCl_3 3 wt%)	223	360	12
P(3APAM / EuCl_3 6 wt%)	218	370	21
P(3APAM / EuCl_3 12 wt%)	203	401	17
P(3APAM / EuCl_3 16 wt%)	191	360	21

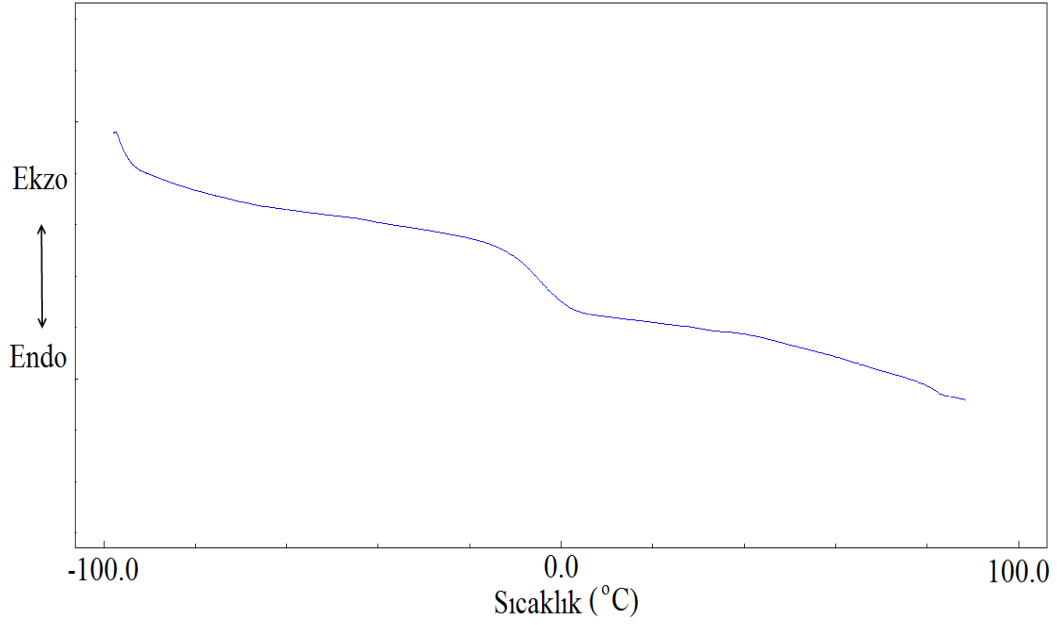


Şekil 3.80. (a). Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3AFAM)'ın karşılaştırmalı DSC eğrileri: a-) pure P(AcAPA), b-) 3.0%, c-) 6.0%, d-) 12.0%, e-) 16.0% **(b)** kompozitteki EuCl_3 içereği ile T_g deki değişim grafiği.

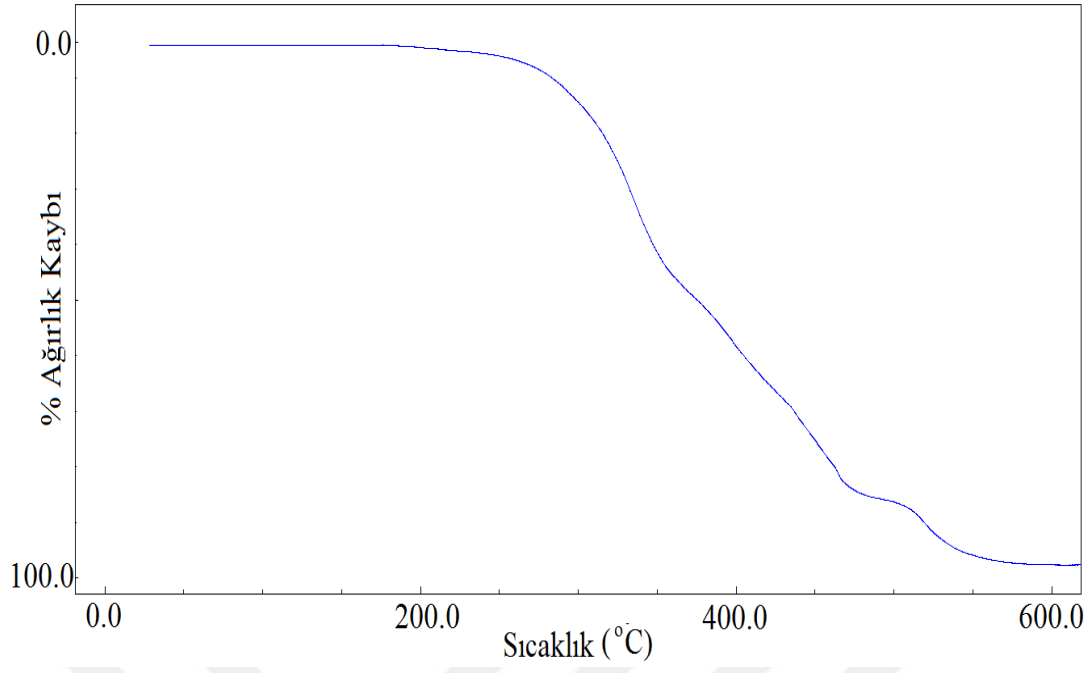
Tablo 3.74. Farklı oranlarda EuCl_3 ile doplanan P(3APAM) kompozitlerinin T_g sonuçları

Polimer kompozit	T_g ($^{\circ}\text{C}$)
P(3APAM)	-5.30
P(3APAM / EuCl_3 3 wt%)	39.95
P(3APAM / EuCl_3 6 wt%)	56.98
P(3APAM / EuCl_3 12 wt%)	60.49
P(3APAM / EuCl_3 16 wt%)	66.95

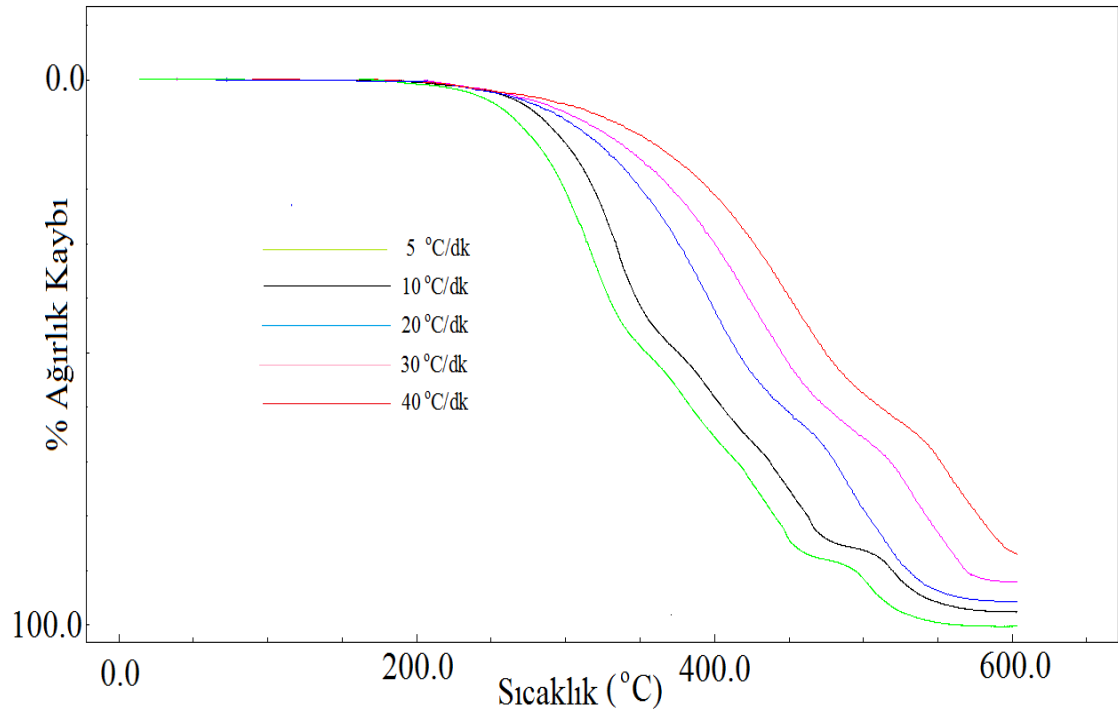
3.24.4. P(3APAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri



Şekil 3.81. P(3APAMG)'ın DSC eğrisi



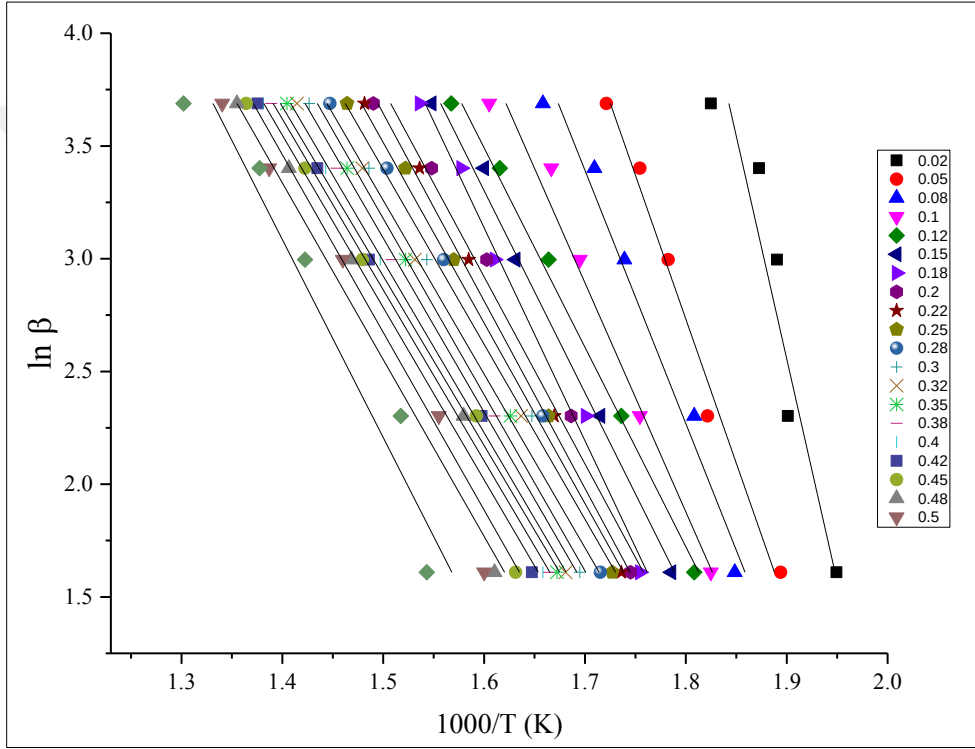
Şekil 3.82. P(3APAMG)'ın aşı polimerin TGA eğrisi



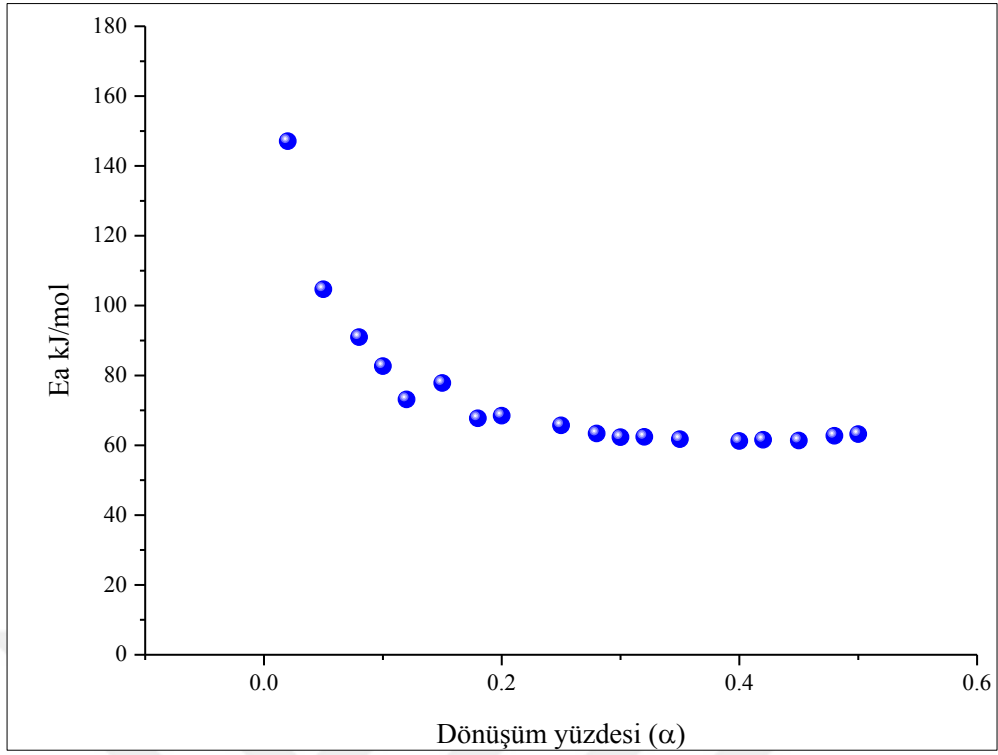
Şekil 3.83. P(3APAMG)'ın farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.75. P(3APAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

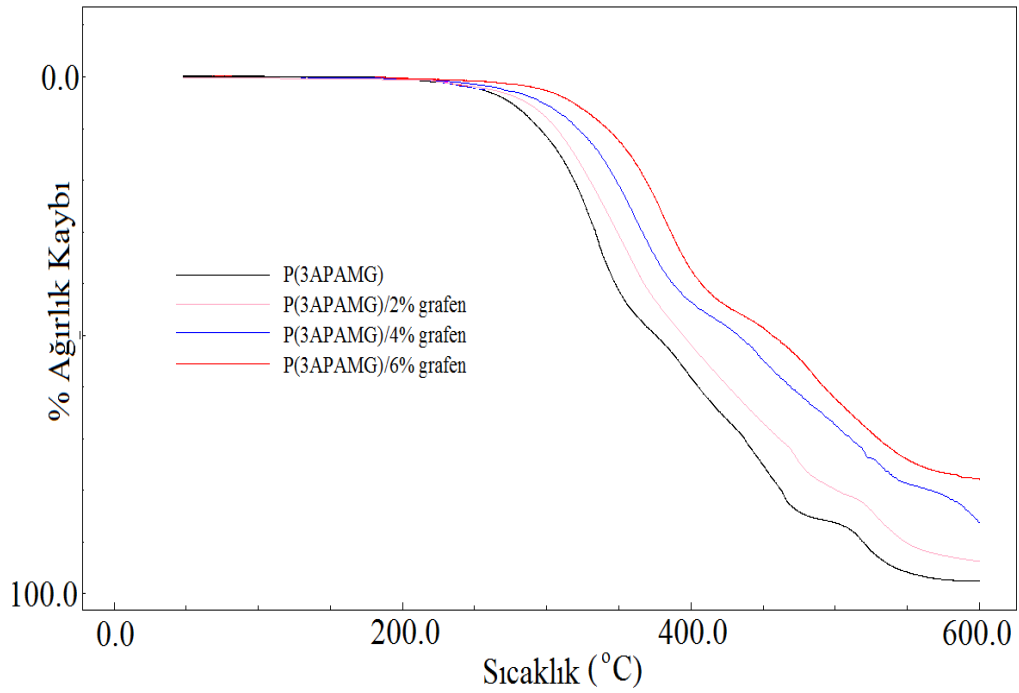
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sic.	%50 bozunma sıcaklığı	% Atık
5 °C/dk	225	352	0
10 °C/dk	250	370	2
20 °C/dk	262	418	4
30 °C/dk	268	447	8
40 °C/dk	274	472	13



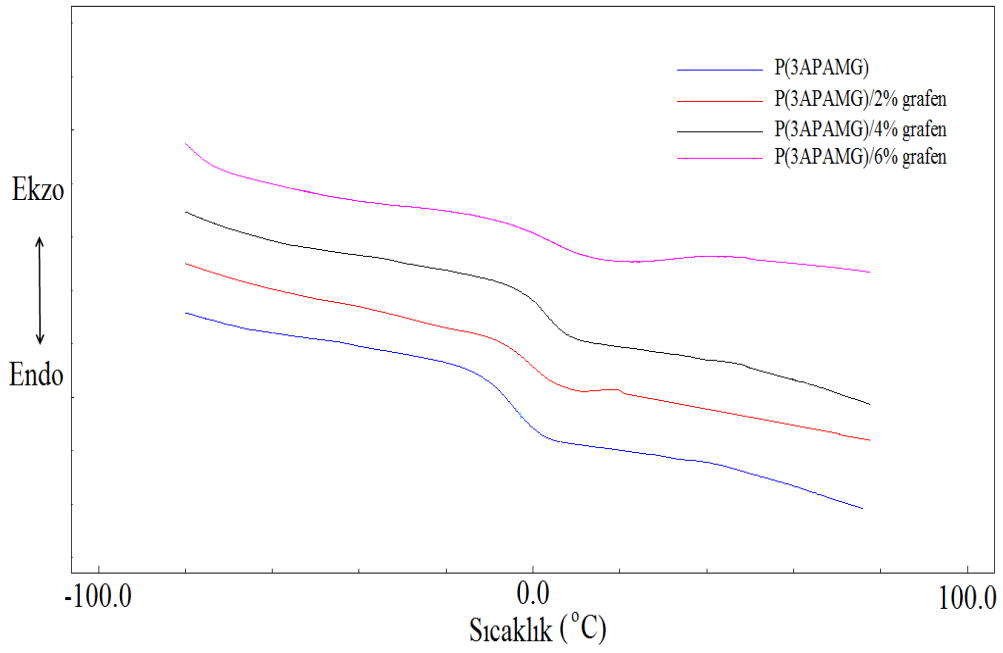
Şekil 3.84. P(3APAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.85. P(3APAMG)'nin %2-80 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



Şekil 3.86. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

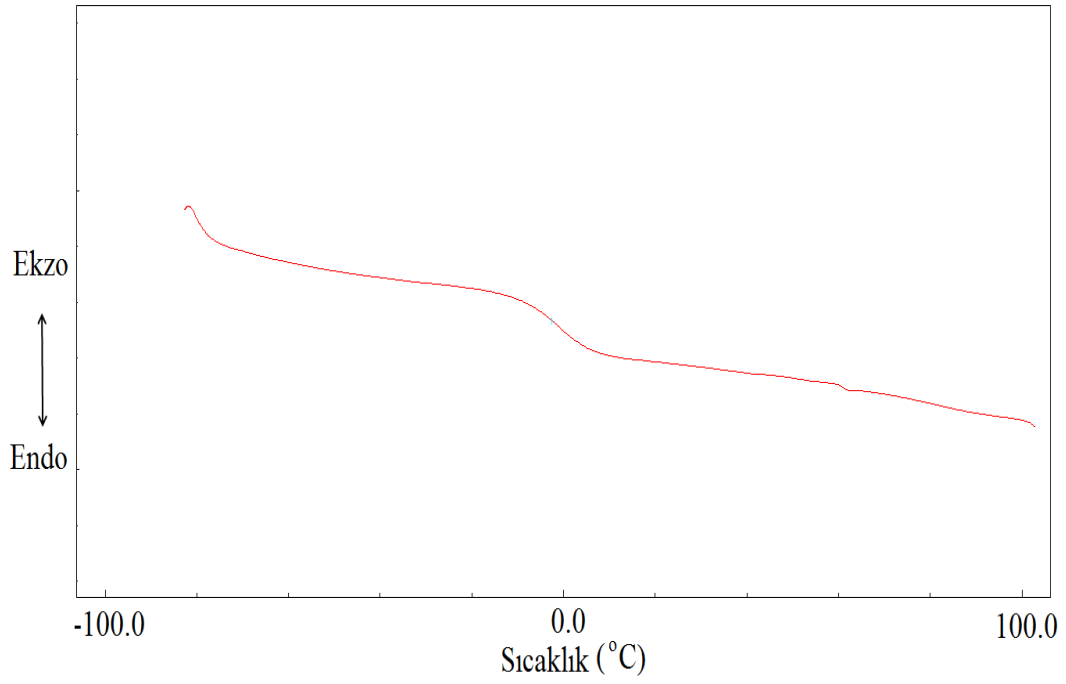


Şekil 3.87. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri

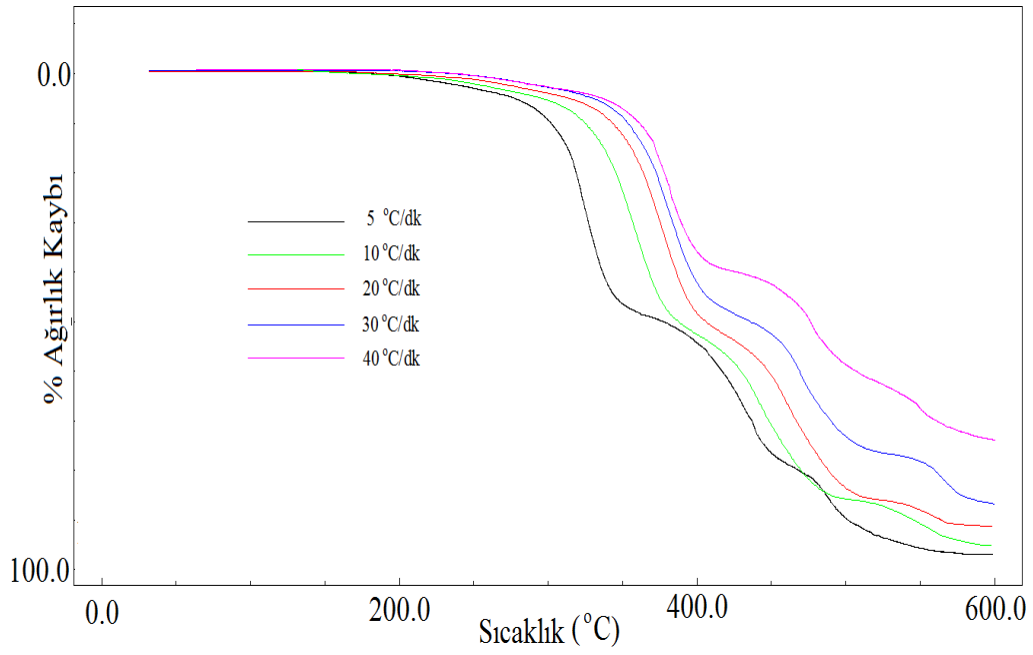
Tablo 3.76. P(3APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

Polimer	Tg (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(3APAMG)	-2.95	250	370	2
P(3APAMG)2wt% nanografen	3.12	258	392	7
P(3APAMG)4wt% nanografen	5.21	267	430	13
P(3APAMG)6wt% nanografen	9.43	283	451	21

3.24.5. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri



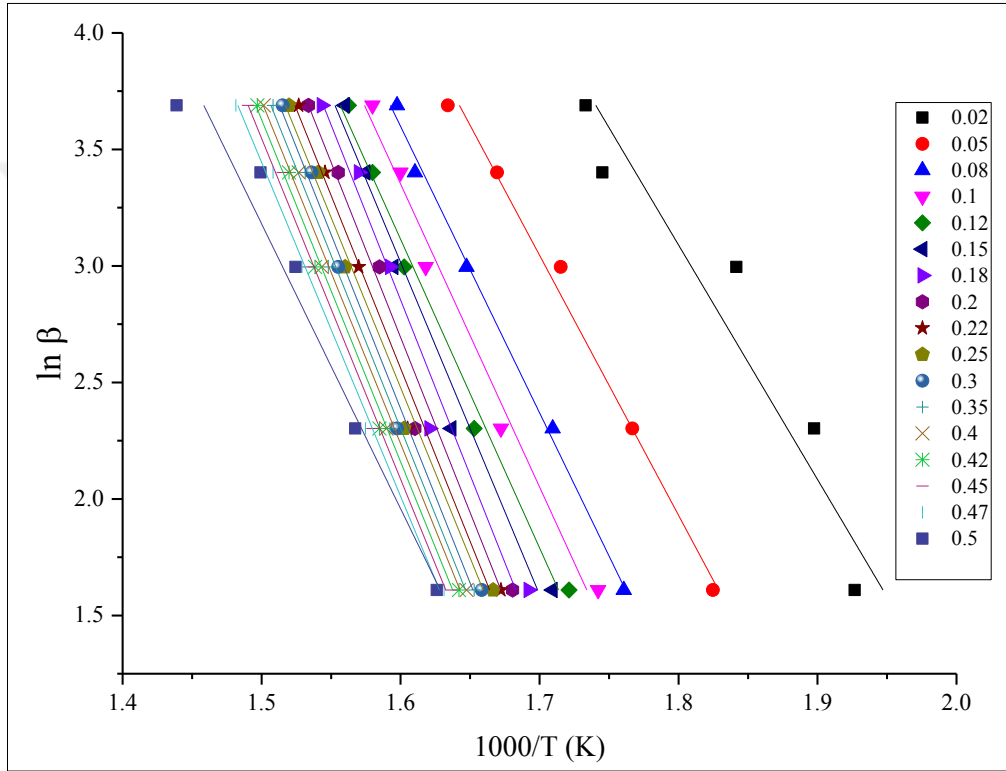
Şekil 3.88. P(4HBAMG)'in aşısı polimerin DSC eğrisi



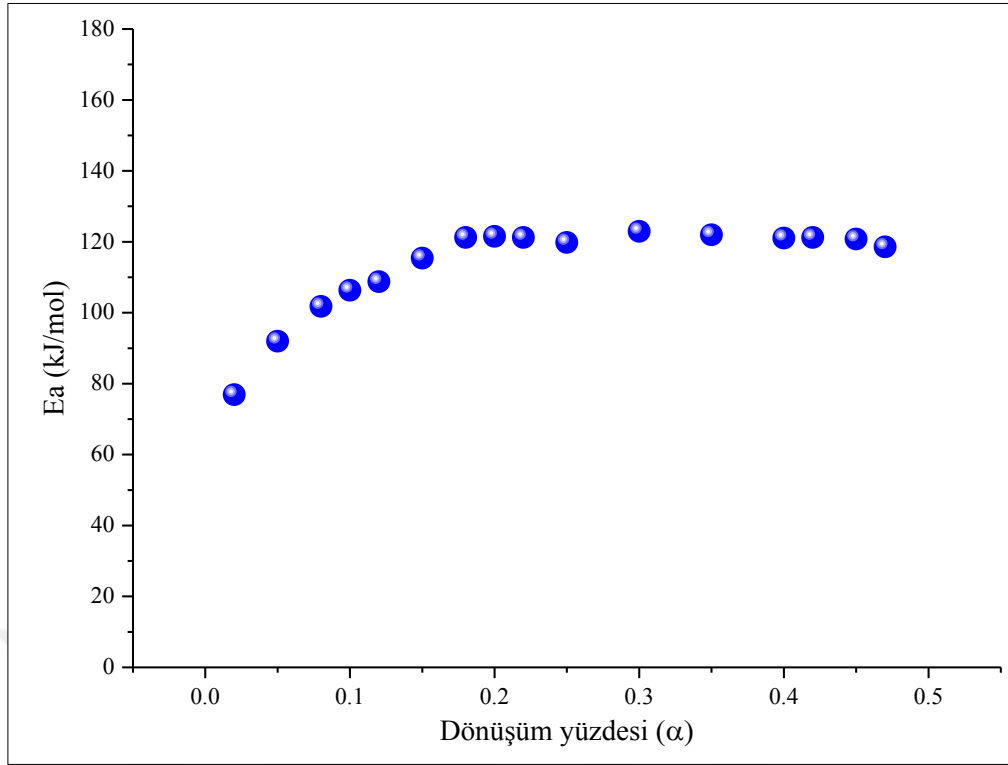
Şekil 3.89. P(4HBAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.77. P(4HBAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

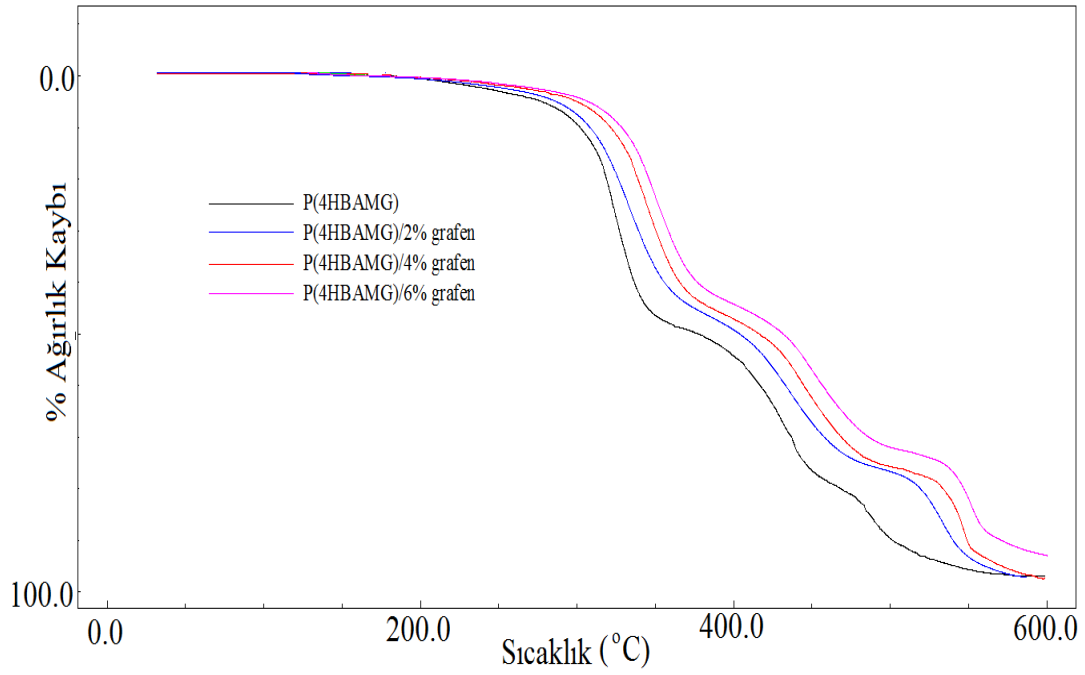
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sic.	%50 bozunma sıcaklığı	% Atık
5 °C/dk	220	375	3
10 °C/dk	233	382	5
20 °C/dk	251	408	9
30 °C/dk	267	430	12
40 °C/dk	268	475	24



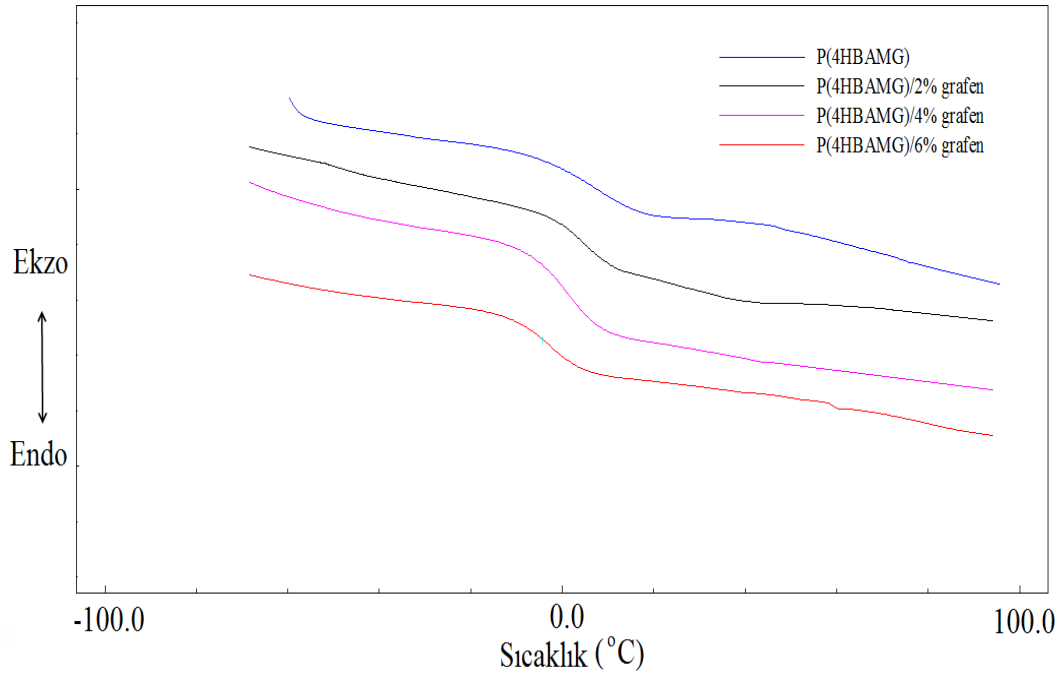
Şekil 3.90. P(4HBAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.91. P(4HBAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



Şekil 3.93. P(4HBAMG)'nin grafen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

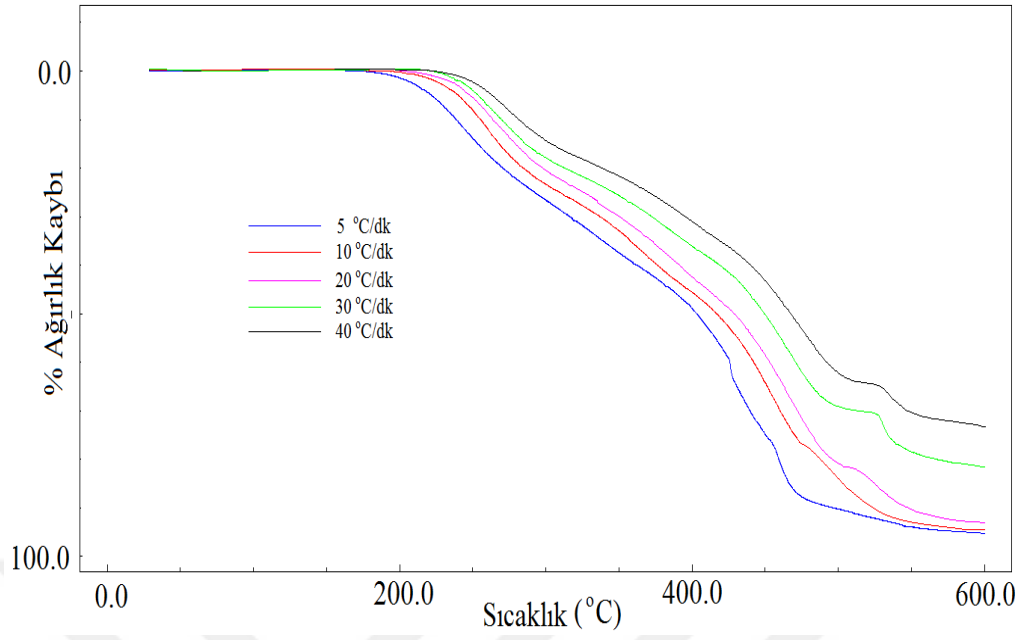


Şekil 3.94. P(4HBAMG)'nin grafen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri

Tablo 3.78. P(4HBAMG)'nin farklı oranlarda nanograde içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(4HBAMG)	-4.20	233	382	5
P(4HBAMG)2wt% nanograde	2.12	236	403	5
P(4HBAMG)4wt% nanograde	6.03	241	412	5
P(4HBAMG)6wt% nanograde	10.13	249	431	8

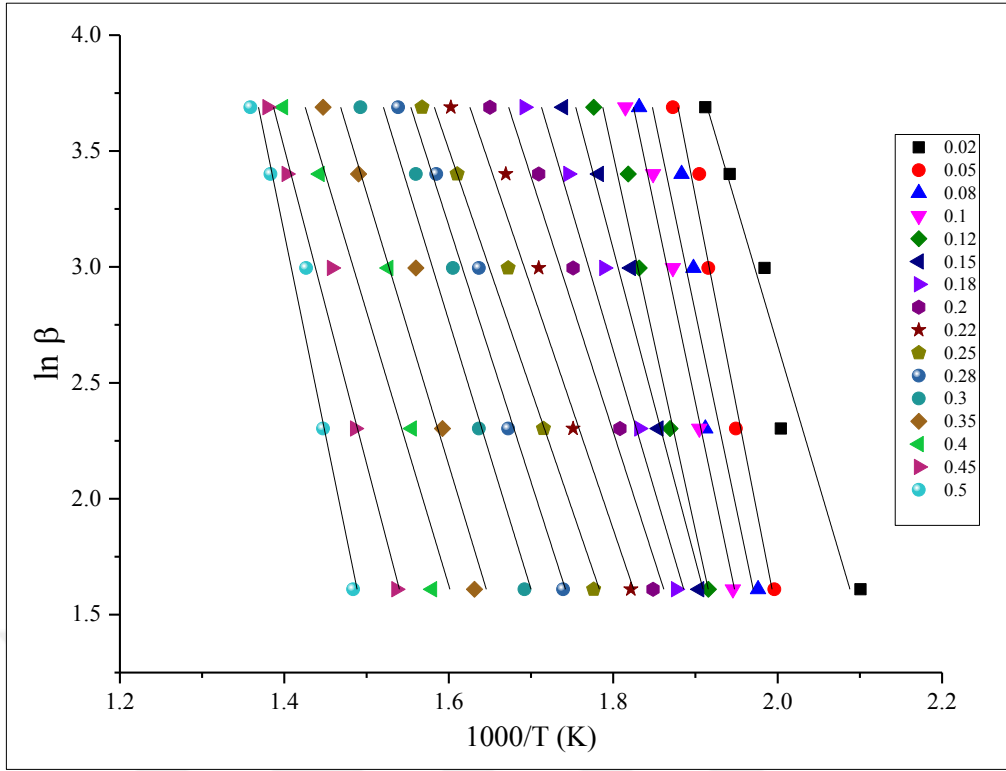
3.24.6. P(5APAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri



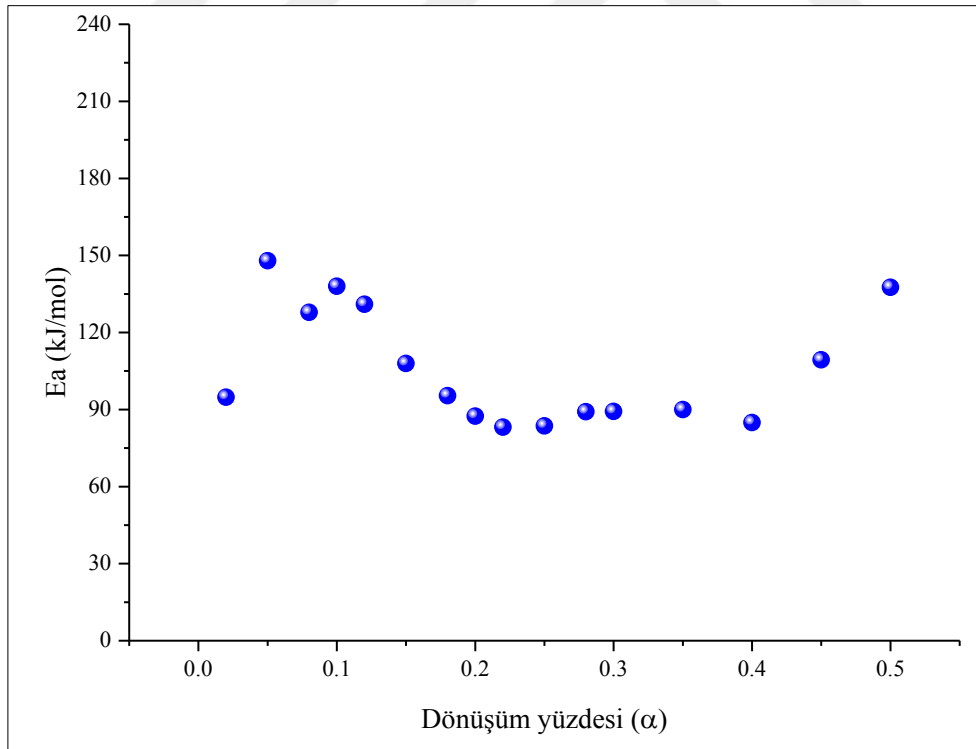
Şekil 3.95. P(5APAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.79. P(5APAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

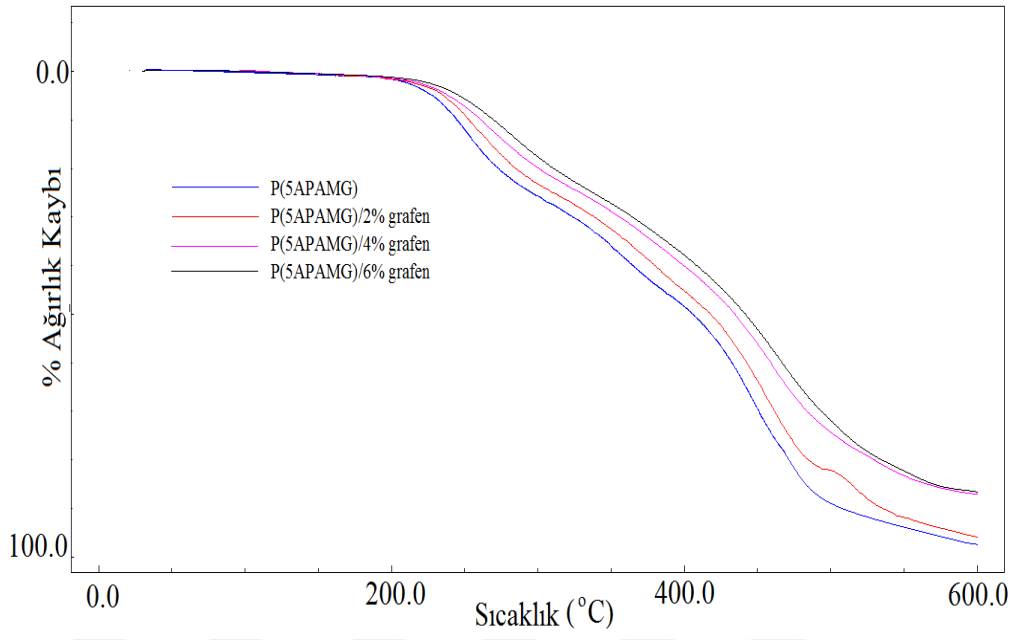
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sic.	%50 bozunma sıcaklığı	% Atık
5 °C/dk	182	402	4
10 °C/dk	203	411	7
20 °C/dk	210	428	8
30 °C/dk	225	450	17
40 °C/dk	233	463	24



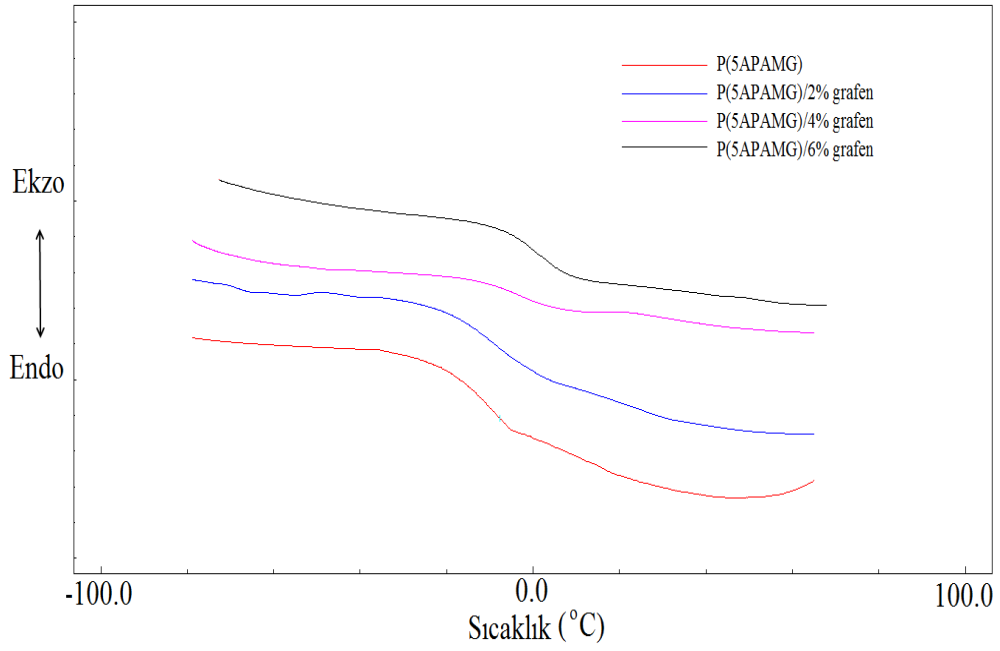
Şekil 3.96. P(5APAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.97. P(5APAMG)'nin %2-70 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



Şekil 3.98. P(5APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

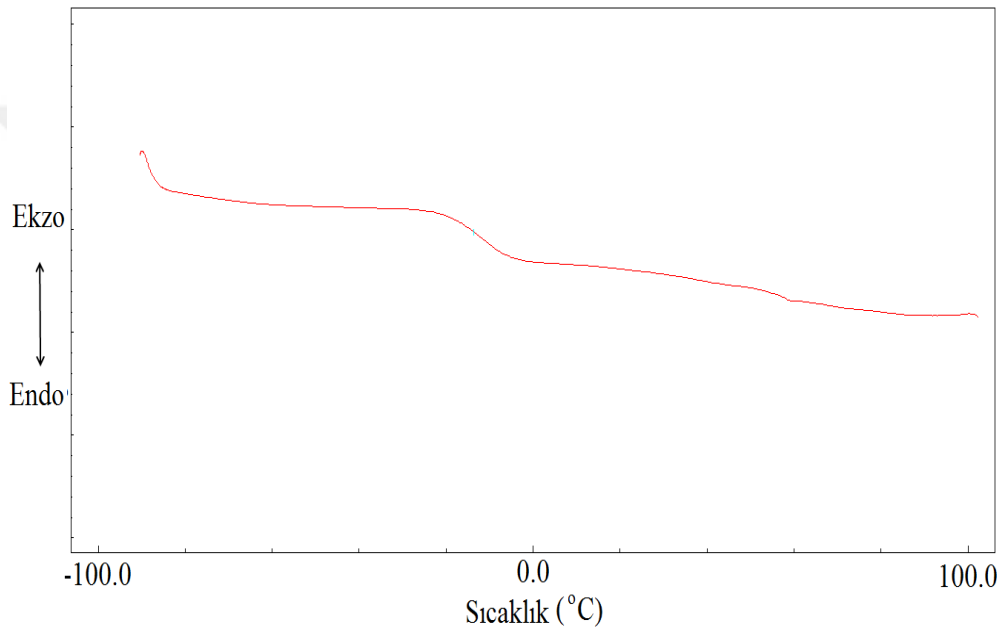


Şekil 3.99. P(5APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

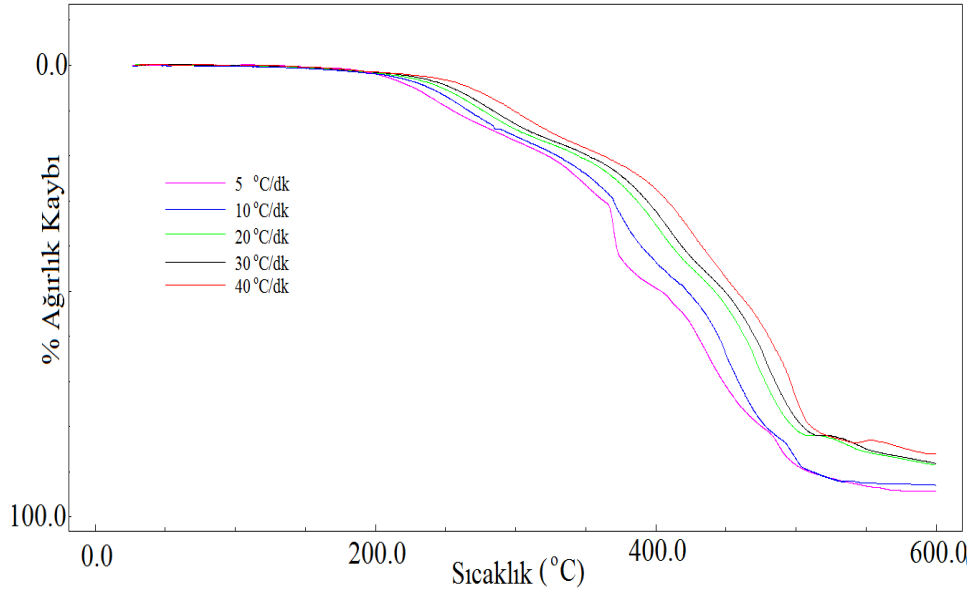
Tablo 3.80. P(5APAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(5APAMG)	-8.56	203	411	7
P(5APAMG)2wt% nanografen	-4.24	206	420	9
P(5APAMG)4wt% nanografen	3.05	219	432	12
P(5APAMG)6wt% nanografen	5.43	214	443	12

3.24.7. P(6AHAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri



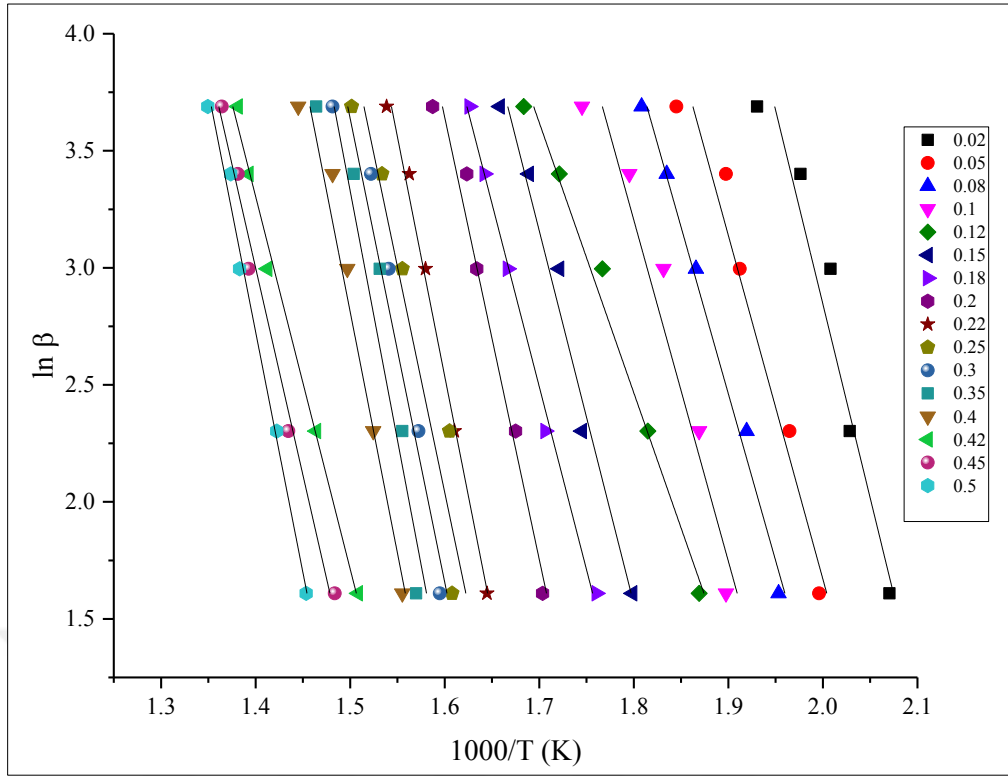
Şekil 3.100. P(6AHAMG)'nin DSC eğrisi



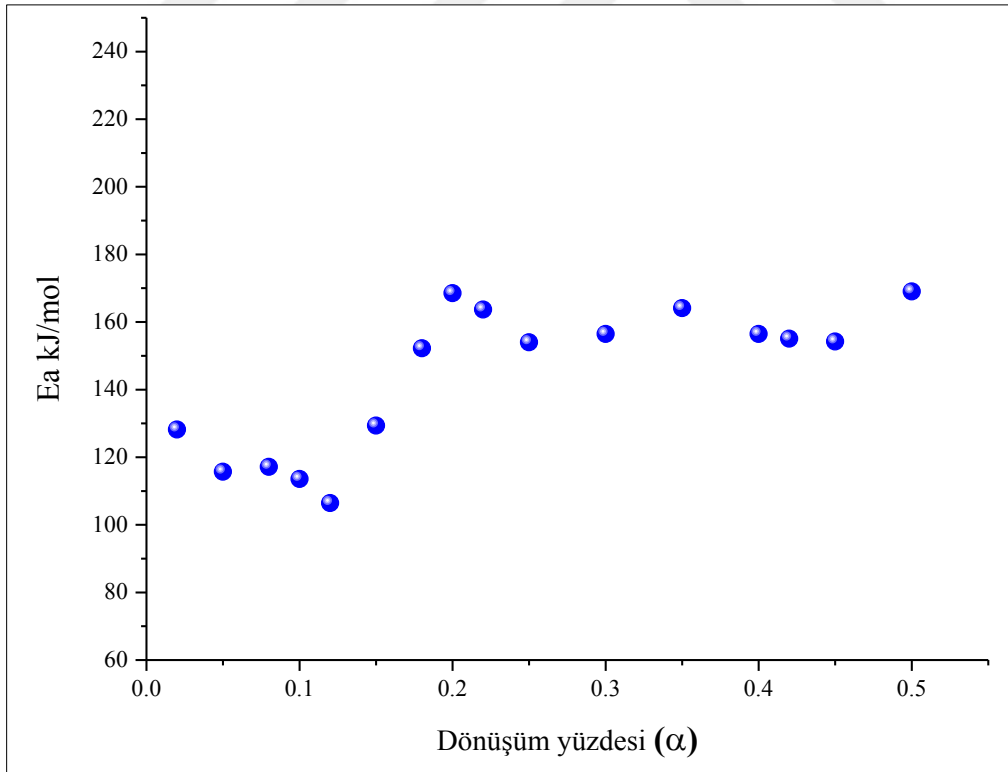
Şekil 3.101. P(6AHAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.81. P(6AHAMG)'in farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

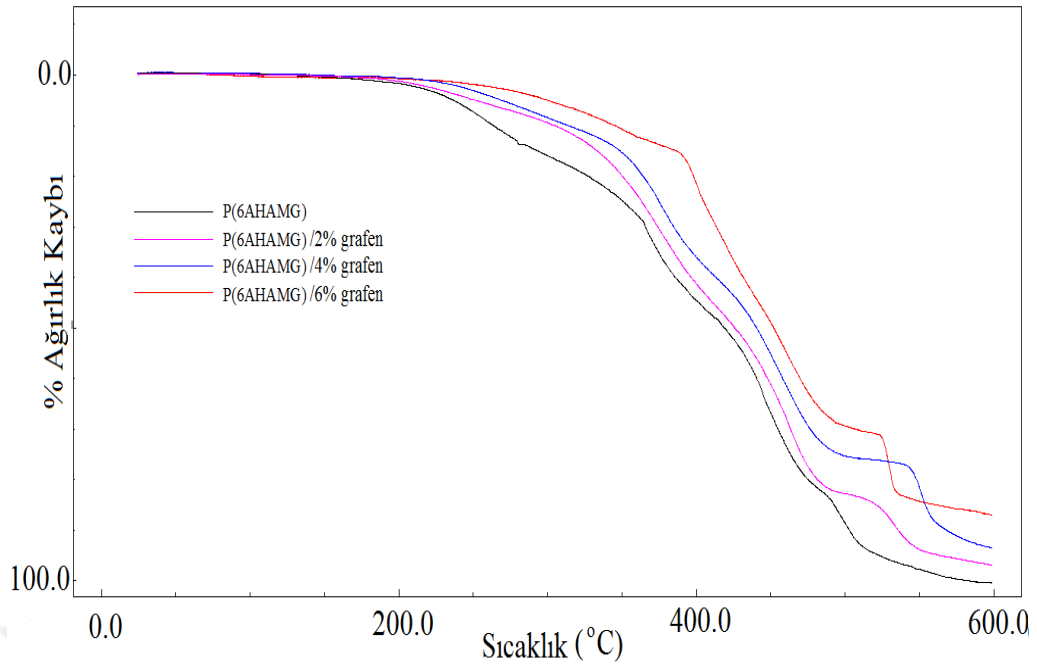
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sıc.	%50 bozunma sıcaklığı	% Artık
5 °C/dk	208	411	5
10 °C/dk	218	420	6
20 °C/dk	223	450	12
30 °C/dk	231	455	12
40 °C/dk	243	468	15



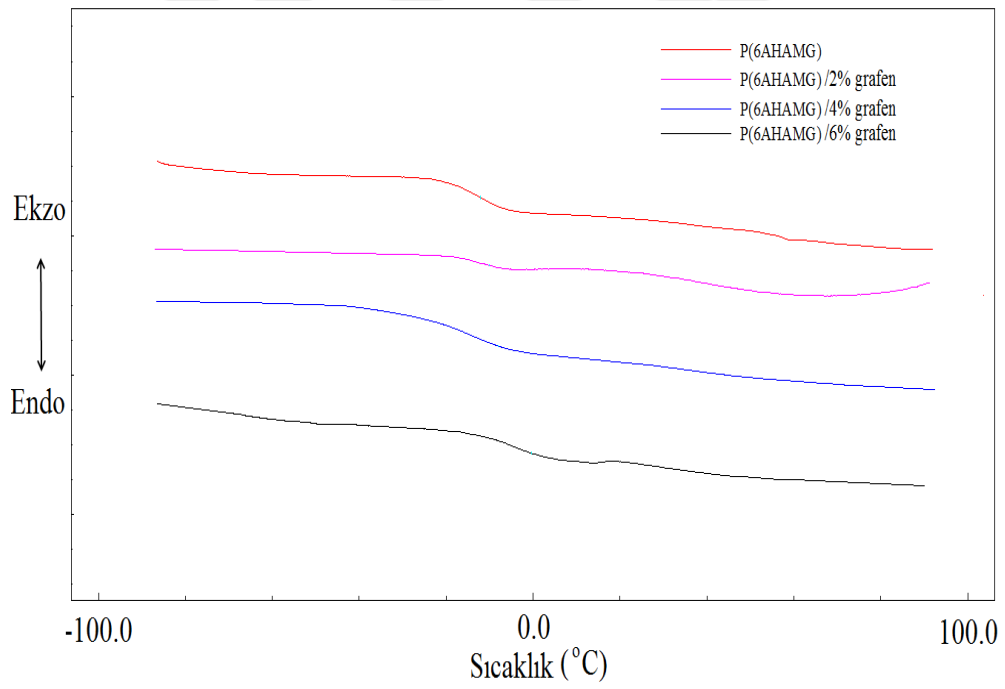
Şekil 3.102. P(6AHAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.103. P(6AHAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



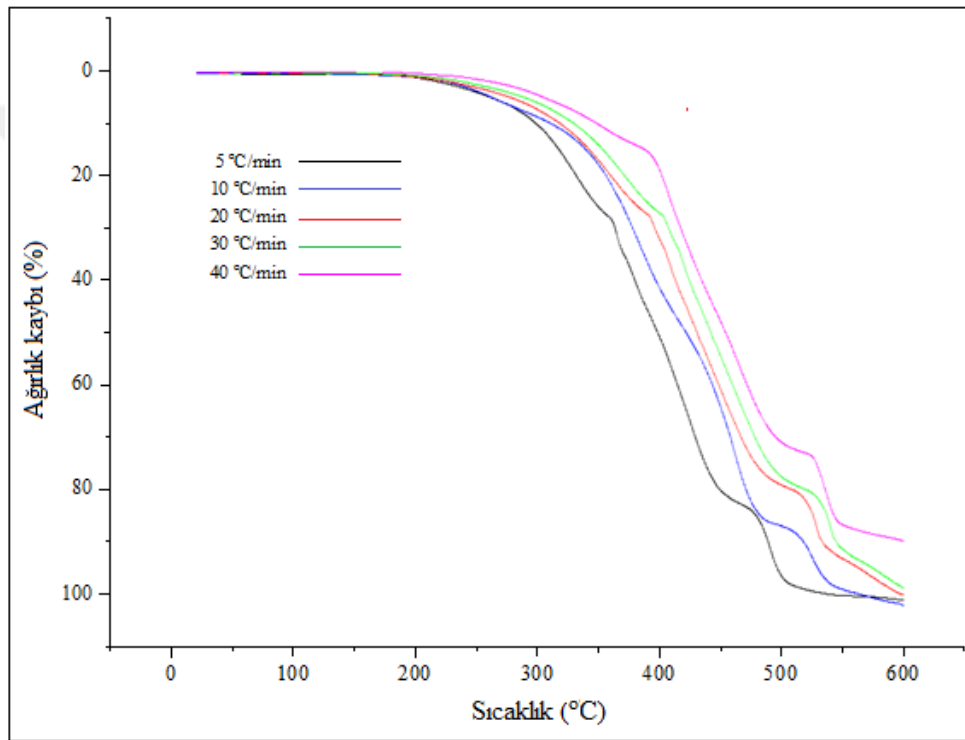
Şekil 3.104. P(6AHAMG)'nin kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri



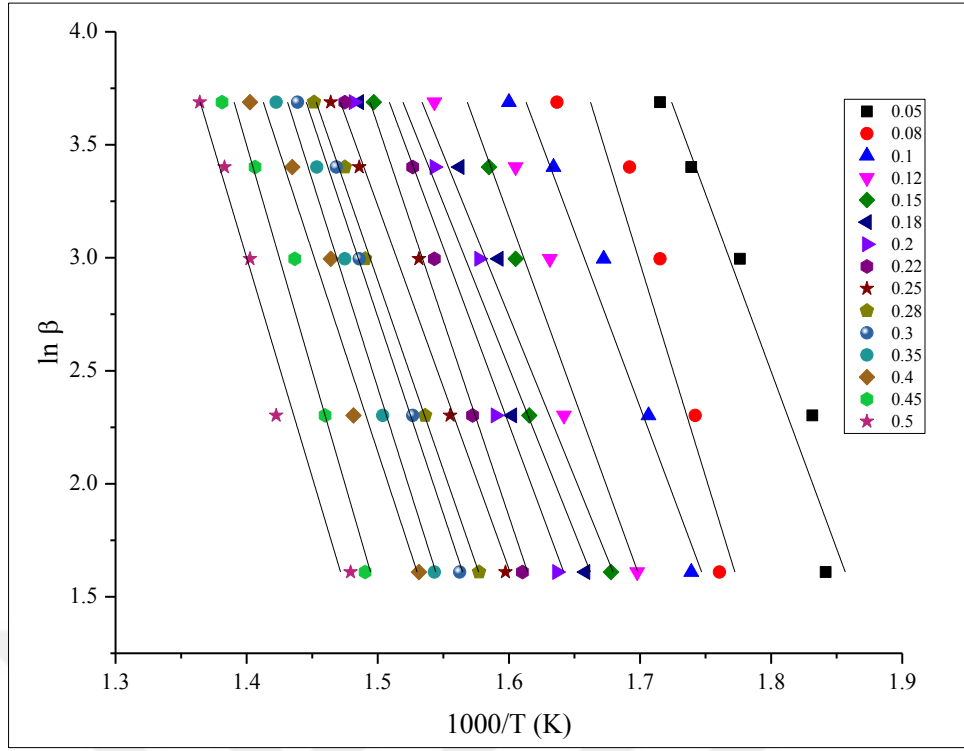
Şekil 3.105. P(6AHAMG)'nin kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

Tablo 3.82. P(6AHAMG)'nin nanografen kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

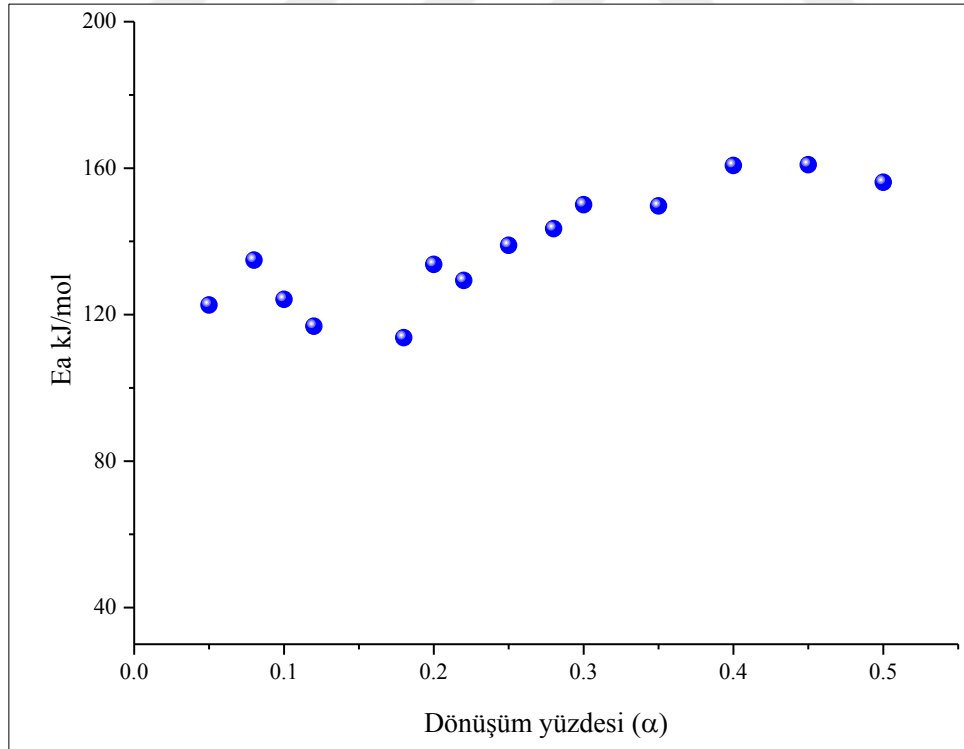
Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(6AHAMG)	-11.56	218	420	6
P(6AHAMG)2wt% nanografen	-8.74	222	427	6
P(6AHAMG)4wt% nanografen	-7.93	231	443	8
P(6AHAMG)6wt% nanografen	-1.55	255	451	12

3.24.7.1. P(6AHAMG)/ 2% nanografen katkılı kompozitin kinetik ölçümleri**Şekil 3.106.** P(6AHAMG)/2% nanografen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri**Tablo 3.83.** P(6AHAMG)/2% nanografen katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sıc.	%50 bozunma sıcaklığı	% Artık
5 °C/dk	208	411	5
10 °C/dk	222	427	6
20 °C/dk	223	450	12
30 °C/dk	231	455	12
40 °C/dk	243	468	15

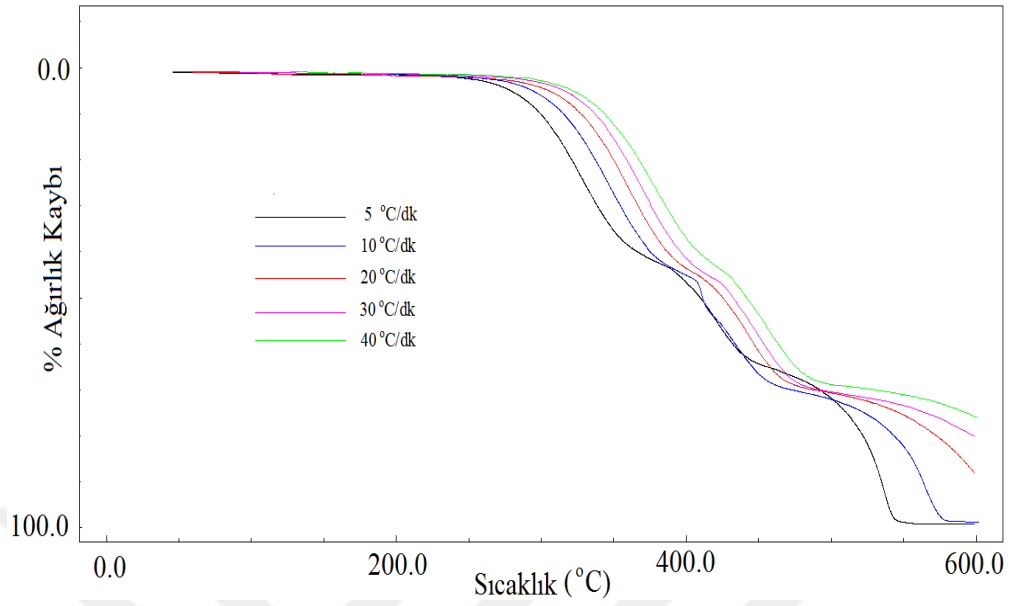


Şekil 3.107. P(6AHAMG)/ 2% nanograft katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki %5-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.108. P(6AHAMG)/ 2% nanograft katkılı kompozitin farklı ısıtma hızlarındaki %5-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği

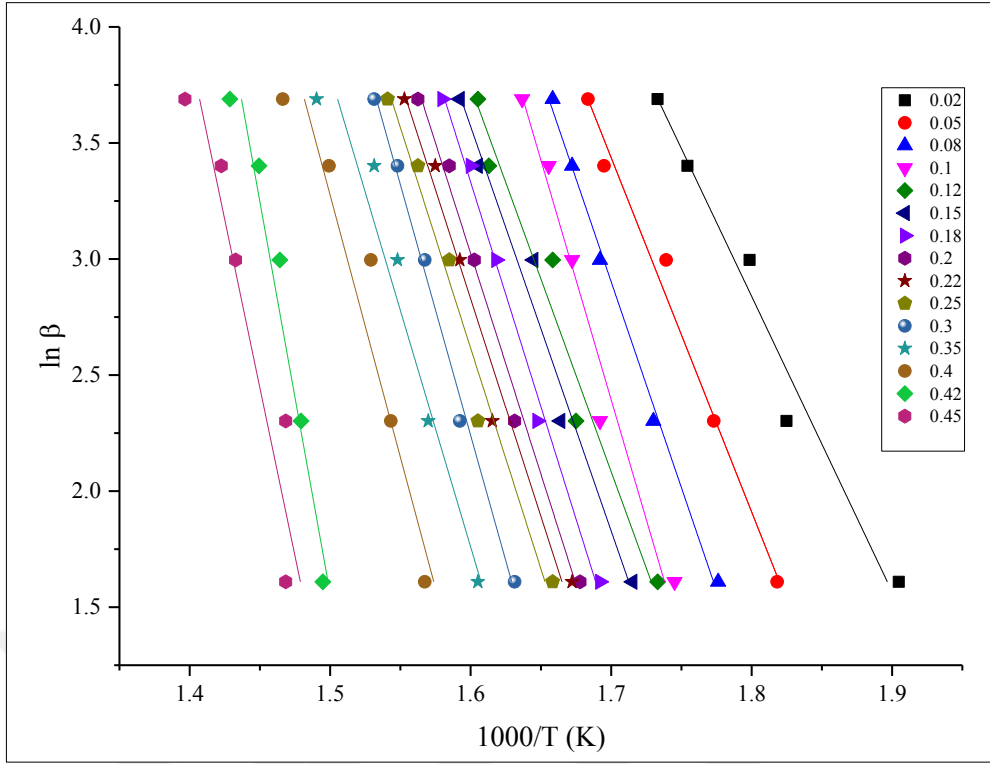
3.24.8. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin termal özellikleri



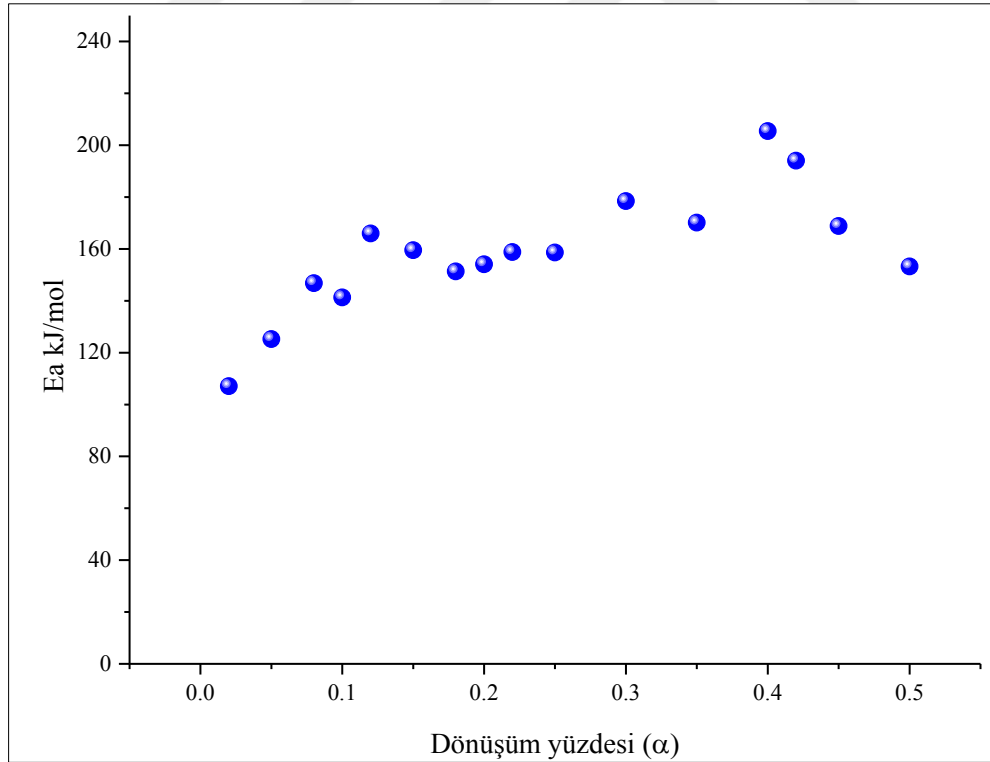
Şekil 3.109. P(2AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.84. P(2AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

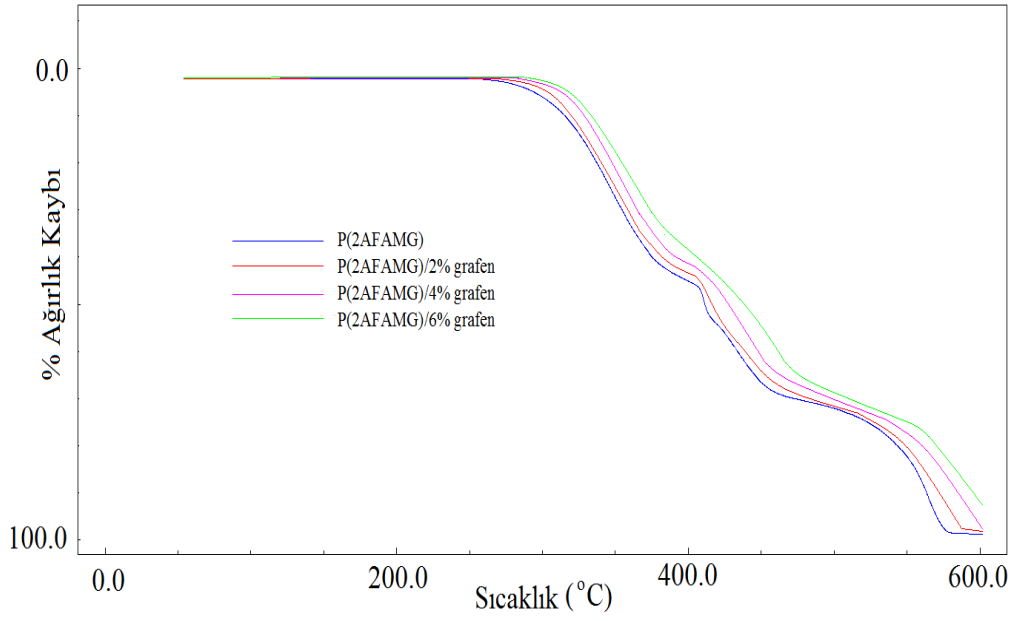
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sıcaklığı	%50 bozunma sıcaklığı	% Atık
5 °C/dk	252	408	1
10 °C/dk	275	408	2
20 °C/dk	283	425	12
30 °C/dk	297	430	20
40 °C/dk	304	443	23



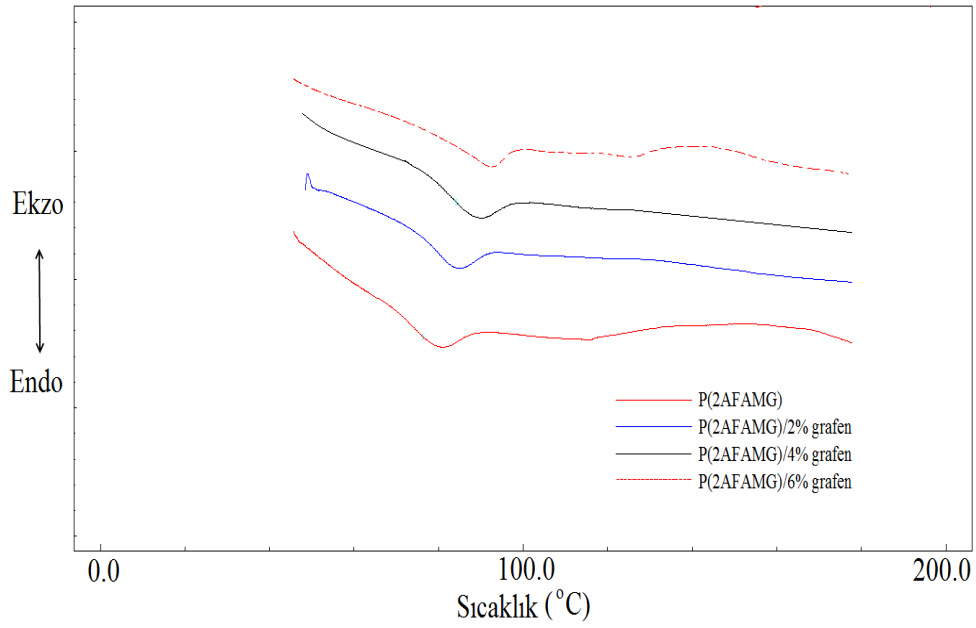
Şekil 3.110. P(2AFAMG)'nin %2-45 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.111. P(2AFAMG)'nin %2-45 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



Şekil 3.112. P(2AFAMG)'nin nanograde kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri

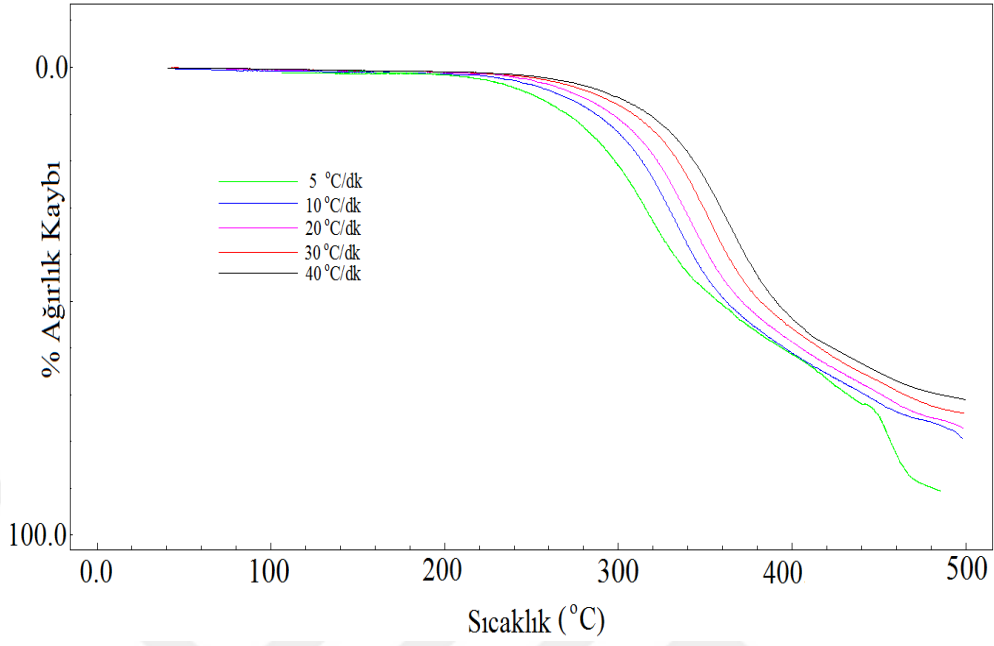


Şekil 3.113. P(2AFAMG)'nin nanograde kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri

Tablo 3.85. P(2AFAMG)'nin farklı oranlarda nanograde içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(2AFAMG)	74	275	408	2
P(2AFAMG)2wt% nanograde	80	287	415	3
P(2AFAMG)4wt% nanograde	83	300	423	4
P(2AFAMG)6wt% nanograde	90	306	438	7

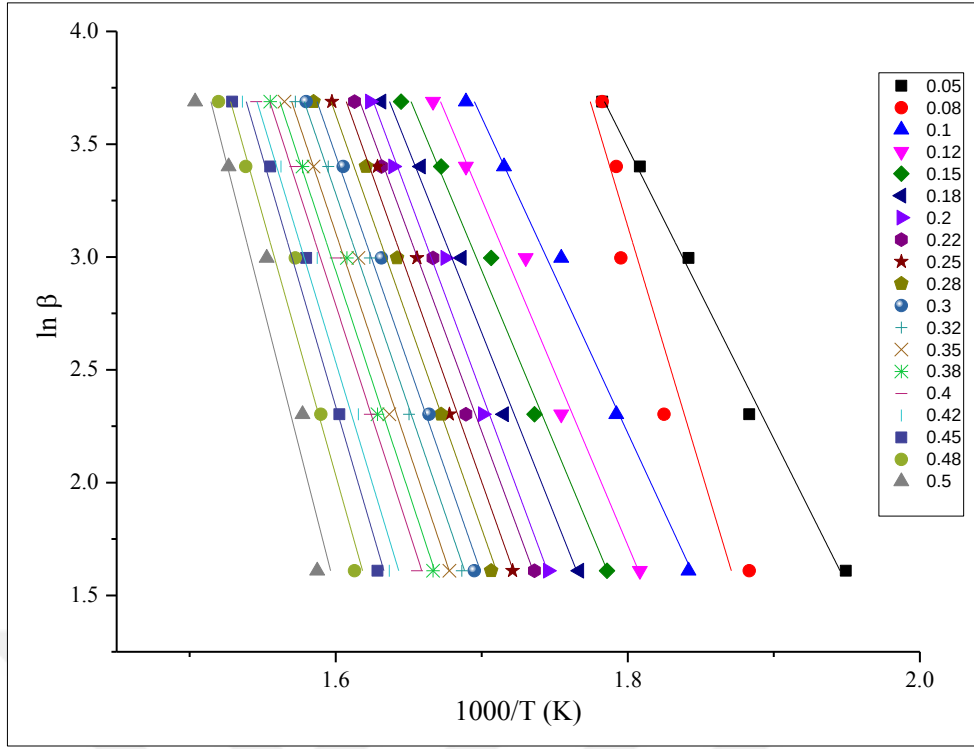
3.24.9. (3AFAMG) ve grafen kompozitlerinin termal özellikleri



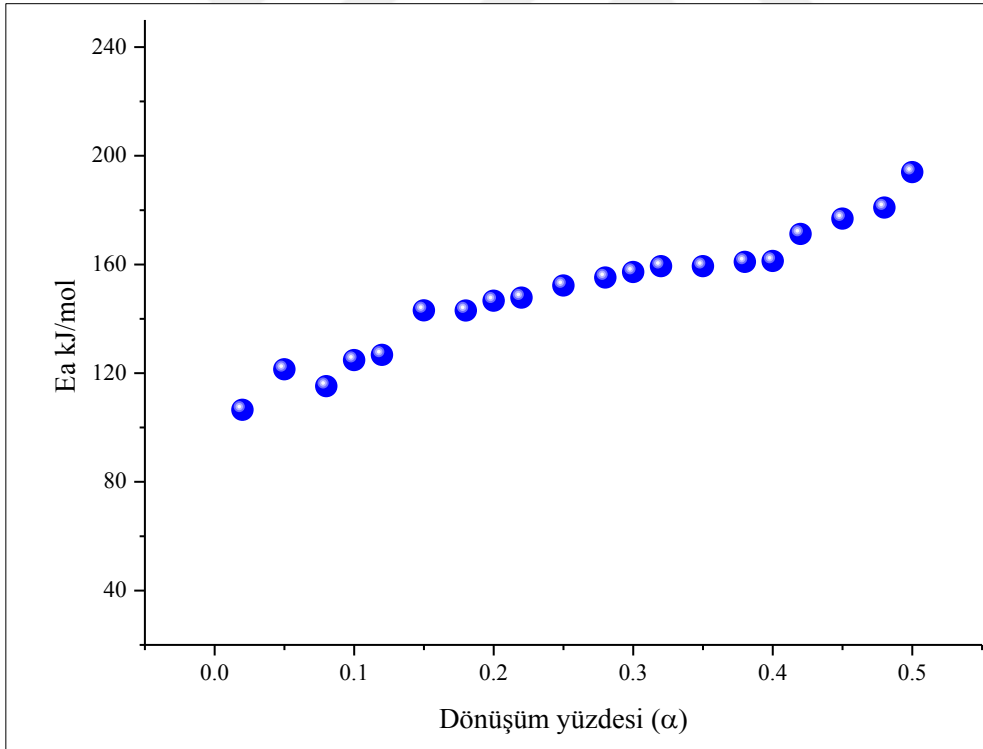
Şekil 3.114. P(3AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri

Tablo 3.86. P(3AFAMG)'nin farklı ısıtma hızlarındaki TGA sonuçları

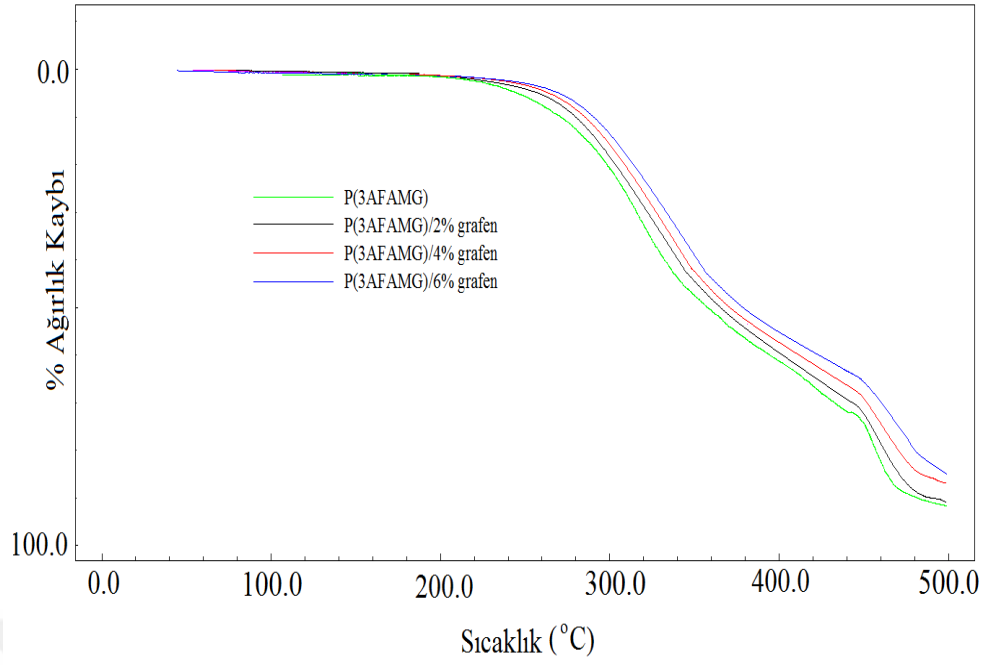
Isıtma hızı	Başlangıç bozunma sıc.	%50 bozunma sıcaklığı	% Atık
5 °C/dk	220	359	9
10 °C/dk	229	362	20
20 °C/dk	241	370	22
30 °C/dk	260	381	25
40 °C/dk	270	390	28



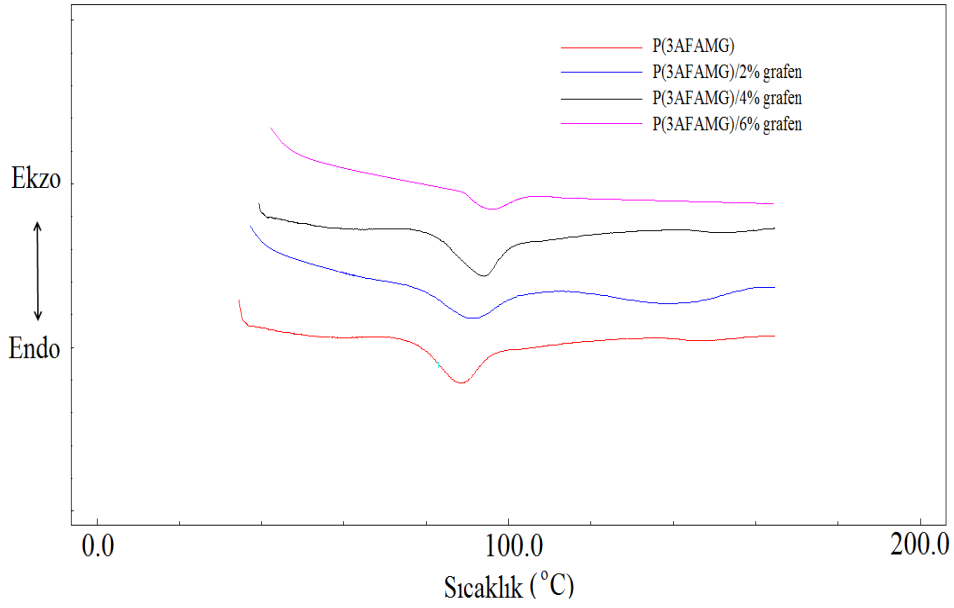
Şekil 3.115. P(3AFAMG)'nin %5-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri



Şekil 3.116. P(3AFAMG)'nin %5-50 bozunma aralığındaki aktivasyon enerji değişim grafiği



Şekil 3.117. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA eğrileri



Şekil 3.118. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin karşılaştırmalı DSC eğrileri

Tablo 3.87. P(3AFAMG)'nin farklı oranlarda nanografen içeren kompozitlerinin Tg ve TGA değerleri

Polimer	T _g (°C)	T _{baş} (°C)	T _{%50} (°C)	%Artık
P(3AFAMG)	82	229	362	9
P(3AFAMG)2wt% nanografen	87	235	366	10
P(3AFAMG)4wt% nanografen	90	253	370	13
P(3AFAMG)6wt% nanografen	93	261	379	15

3.25. Polimer ve Polimer kompozitlerinin Dielektrik ve Elektriksel Ölçümleri

Sentezlenen polimerlerin dielektrik özellikleri impedans analizör ile incelendi. Camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığının üzerinde olan polimer ve polimer kompozitleri havanda iyice öğütülerek toz haline getirildi ve daha sonra 4 MPa basınç uygulanarak disk haline getirildi. Camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığının altında olan aşırı kopolimerler için 0.5 MPa basınç uygulandı ve ölçümler soğuk ortamda yapıldı. Polimer ve polimer kompozitlerinin dielektrik özelliklerini karşılaştırma yapabilmek için ölçümler sırasında da özel bir düzenek kurularak etil alkol-sıvı azot karışımı ile analiz ortamı 243K (-55 °C)'ye kadar soğutuldu. Daha sonra aşamalı bir şekilde sıcaklık sabit tutularak (243K, 258K, 268K, 278K, 288K, 298K, 313K) 100Hz ile 30kHz frekans aralığında dielektrik sabiti, dielektrik kayıp ve AC iletkenlik değerleri hesaplandı. Hesaplanan bu değerler karşılaştırmalı olarak grafiği geçirildi. Polimerlerin nanografen ile kompozitlerini hazırlamak amacıyla ultrasonik homojenizör ve yüksek basınç altında homojenleşmesini sağlamak için hidrotermal sistem kullanıldı.

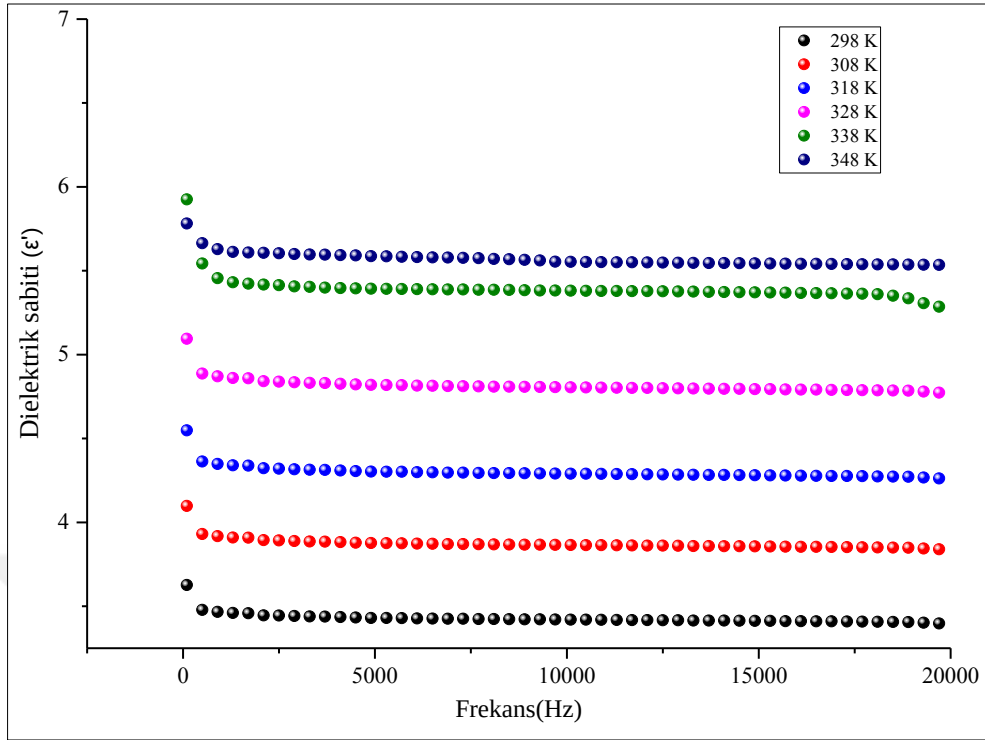


Şekil 3.119. Hidrotermal sistem

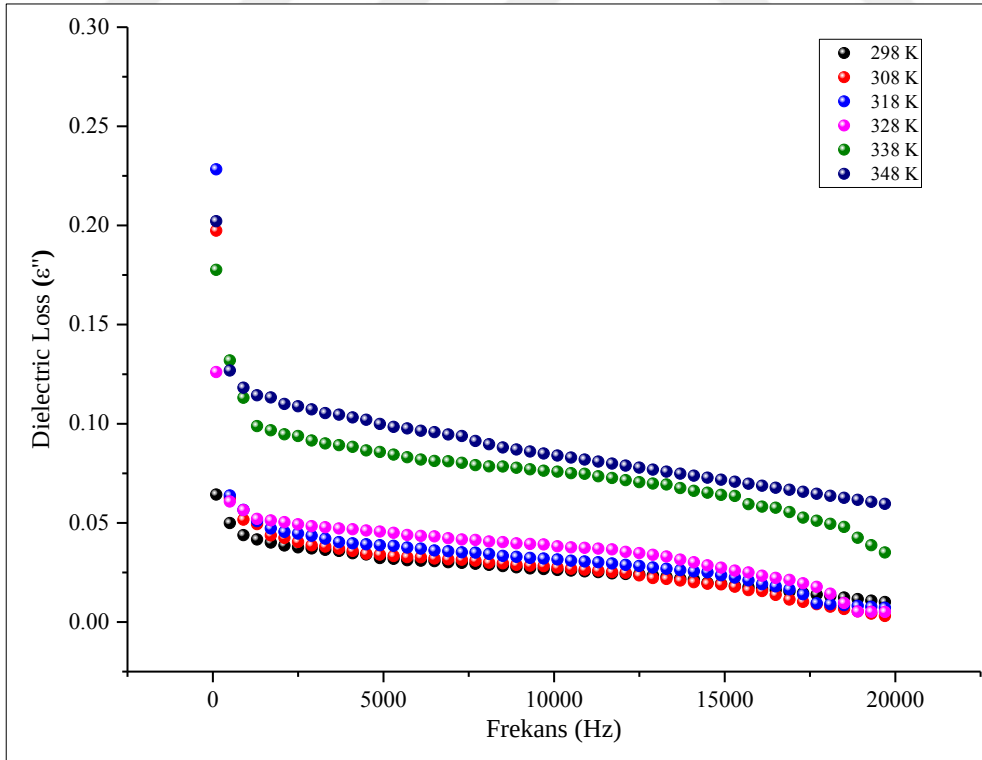


Şekil 3.120. FY-7000 elektronik malzeme karakterizasyon sistemi

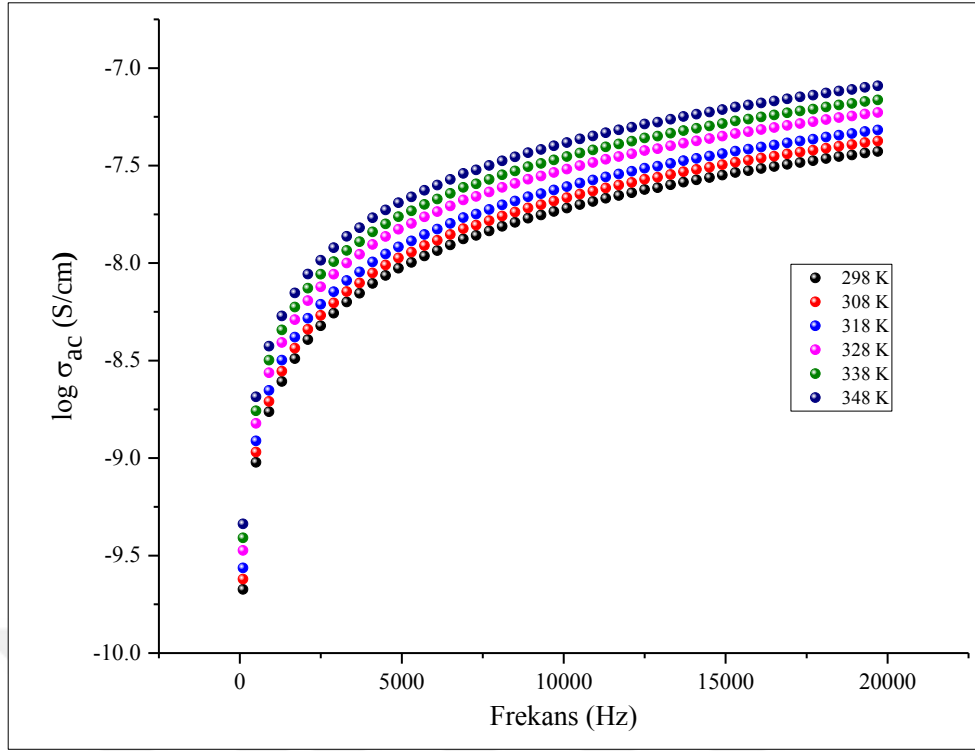
3.25.1. P(4BIMS) ve kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.121. P(4BIMS)'in dielektrik sabitinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği



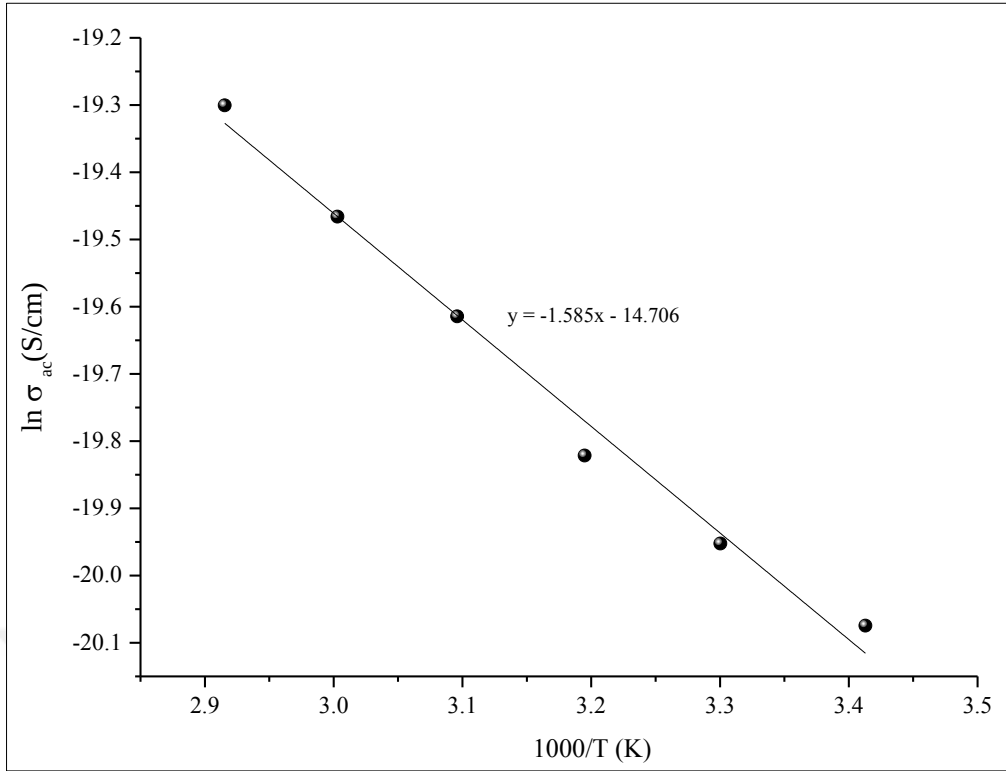
Şekil 3.122. P(4BIMS)'in dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği



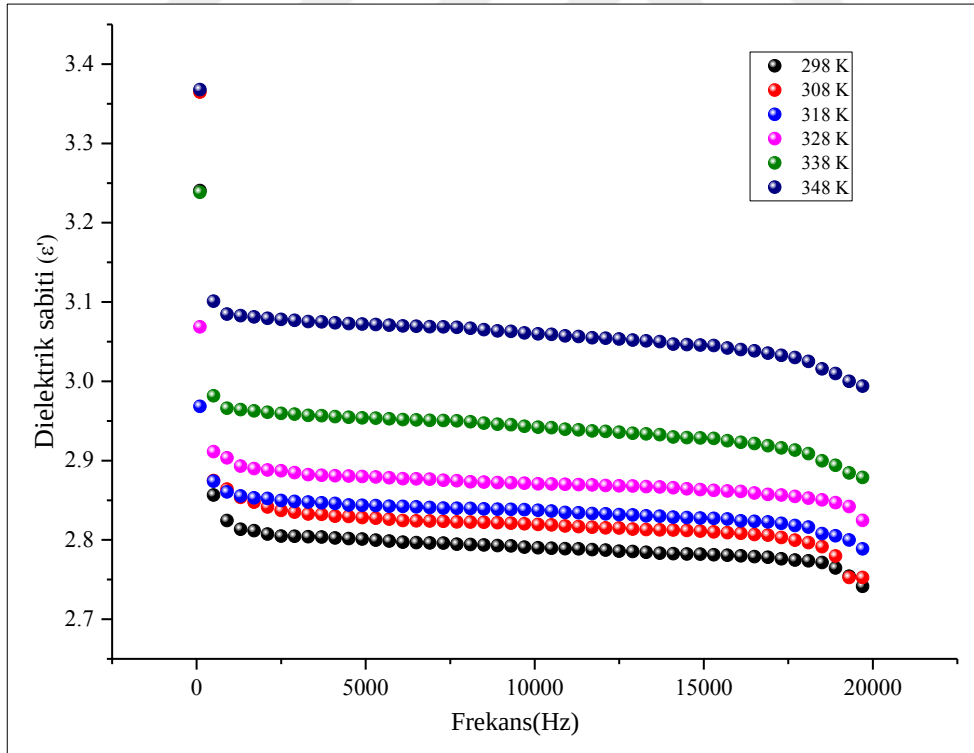
Şekil 3.123. P(4BIMS)'in iletkenlik değerinin farklı sıcaklarda frekansla değişimi grafiği

Tablo 3.88. P(4BIMS)'in farklı sıcaklıklardaki 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri

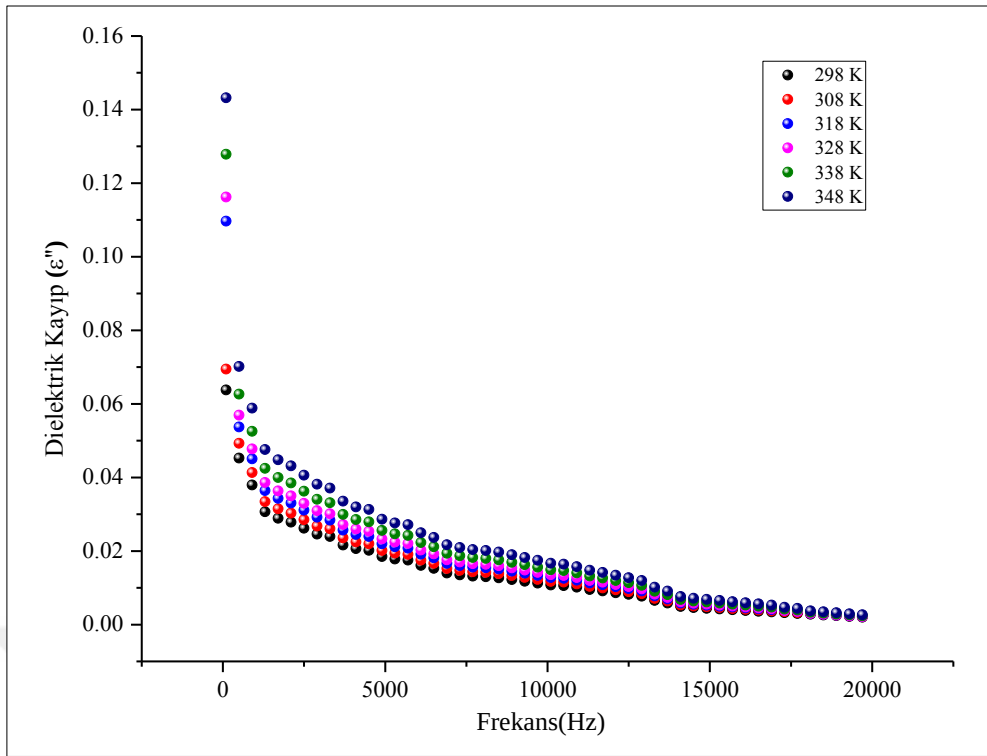
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(4BIMS)	298 K	3.46	0.0428	2.14×10^{-9}	-8.66
	303 K	3.91	0.0507	2.42×10^{-9}	-8.61
	313 K	4.34	0.0525	2.76×10^{-9}	-8.55
	323 K	4.86	0.0531	3.40×10^{-9}	-8.46
	333 K	5.43	0.1079	3.94×10^{-9}	-8.40
	343 K	5.62	0.1160	4.65×10^{-9}	-8.33



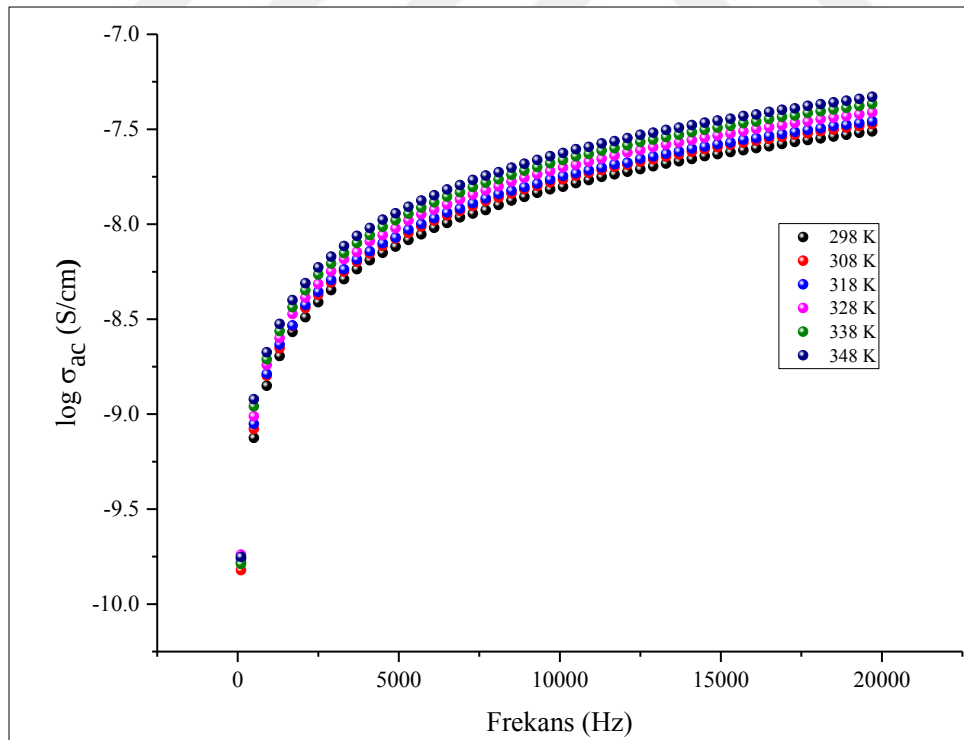
Şekil 3.124. P(4BIMS)'in AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.125. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra dielektrik sabitinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği



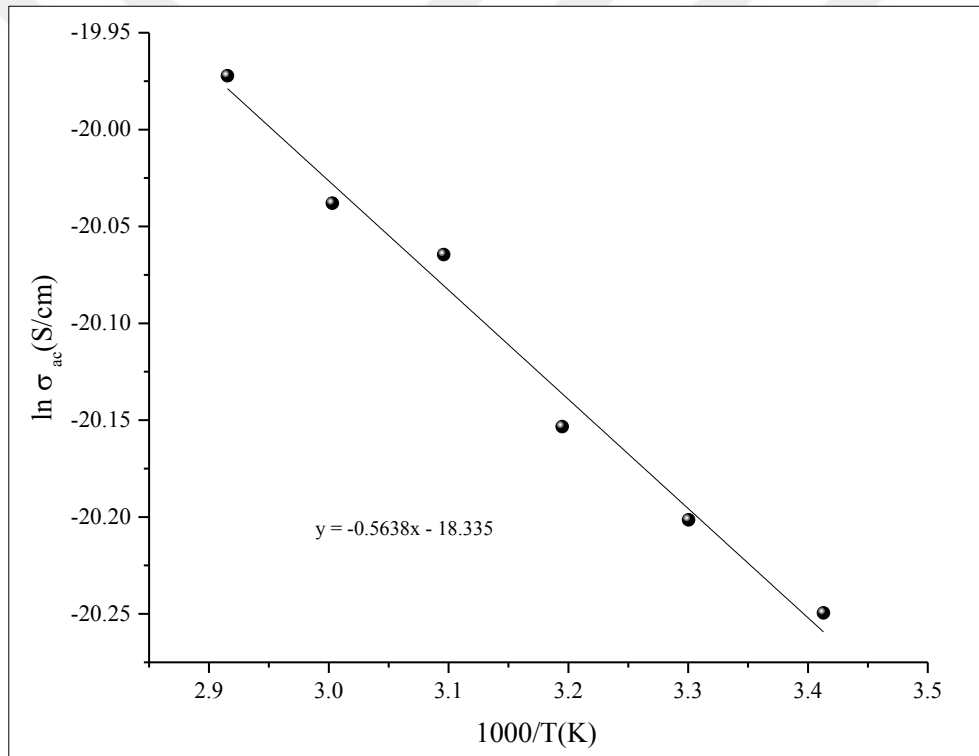
Şekil 3.126. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği



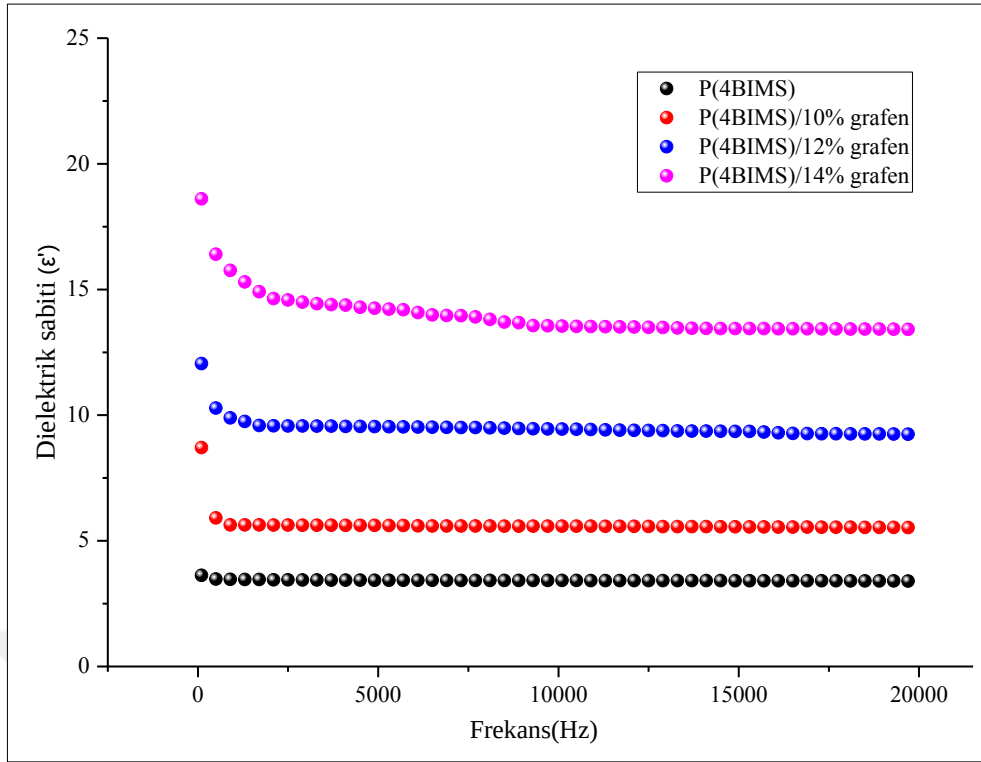
Şekil 3.127. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra AC iletkenlik değerinin farklı sıcaklarda frekansla değişim grafiği

Tablo 3.89. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra kalan artığın farklı sıcaklıklardaki 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri

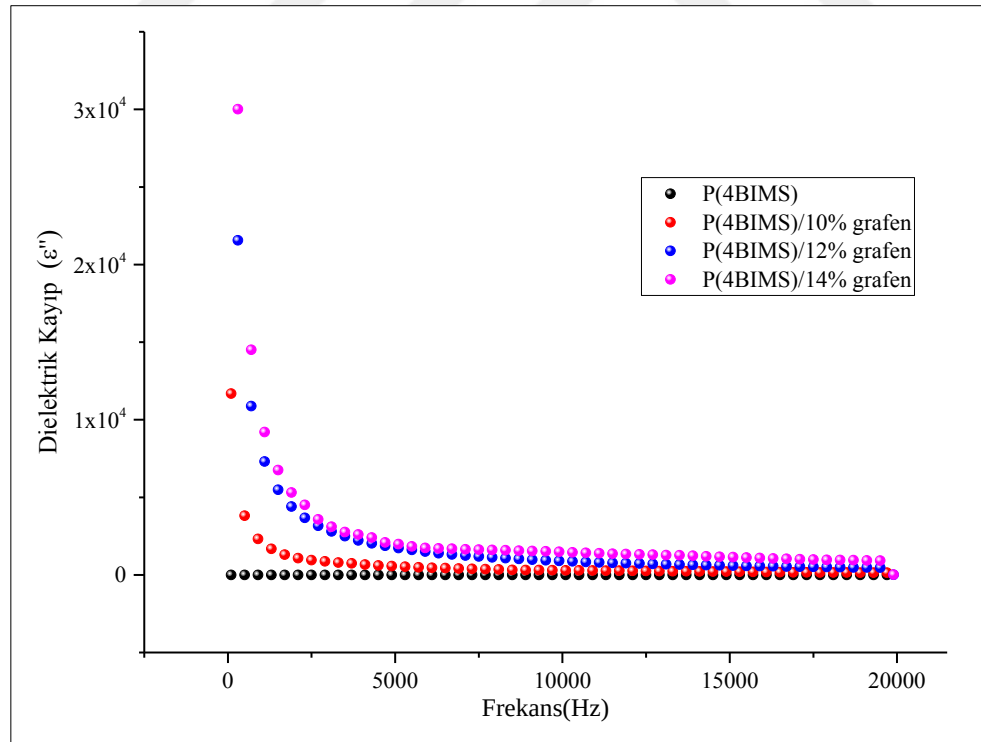
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(4BIMS)	298 K	2.81	0.0337	1.76×10^{-9}	-8.75
	303 K	2.85	0.0367	2.03×10^{-9}	-8.72
	313 K	2.85	0.04001	2.19×10^{-9}	-8.70
	323 K	2.89	0.04241	2.65×10^{-9}	-8.66
	333 K	2.96	0.04665	3.09×10^{-9}	-8.62
	343 K	3.082	0.05224	2.55×10^{-9}	-8.59



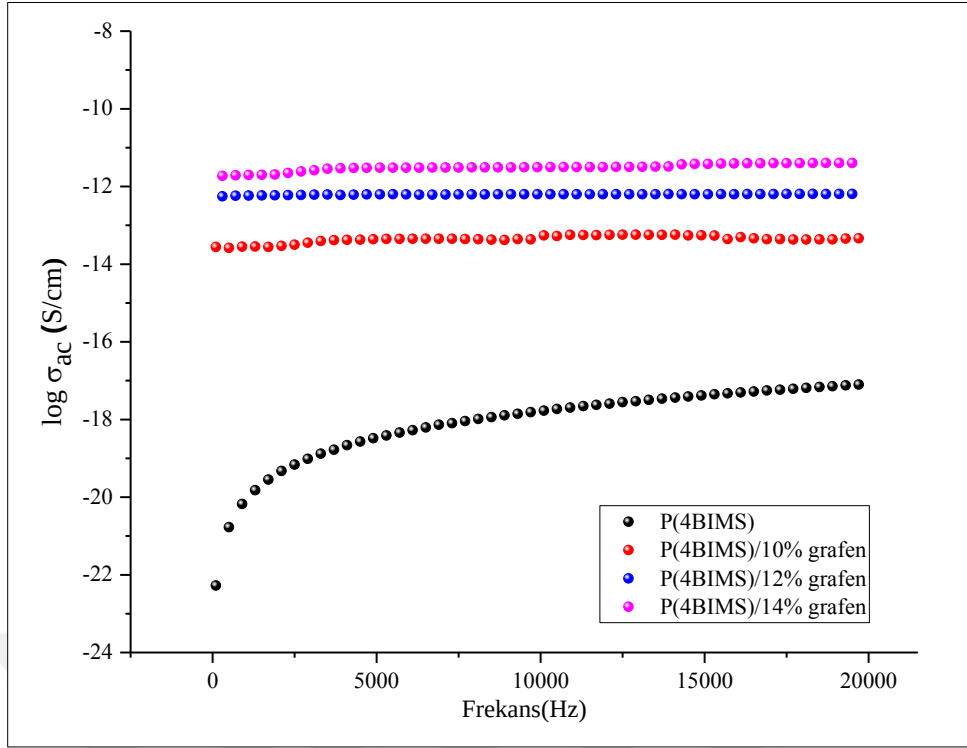
Şekil 3.128. P(4BIMS)'in 260 °C'ye ısıtıldıktan sonra AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.129. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



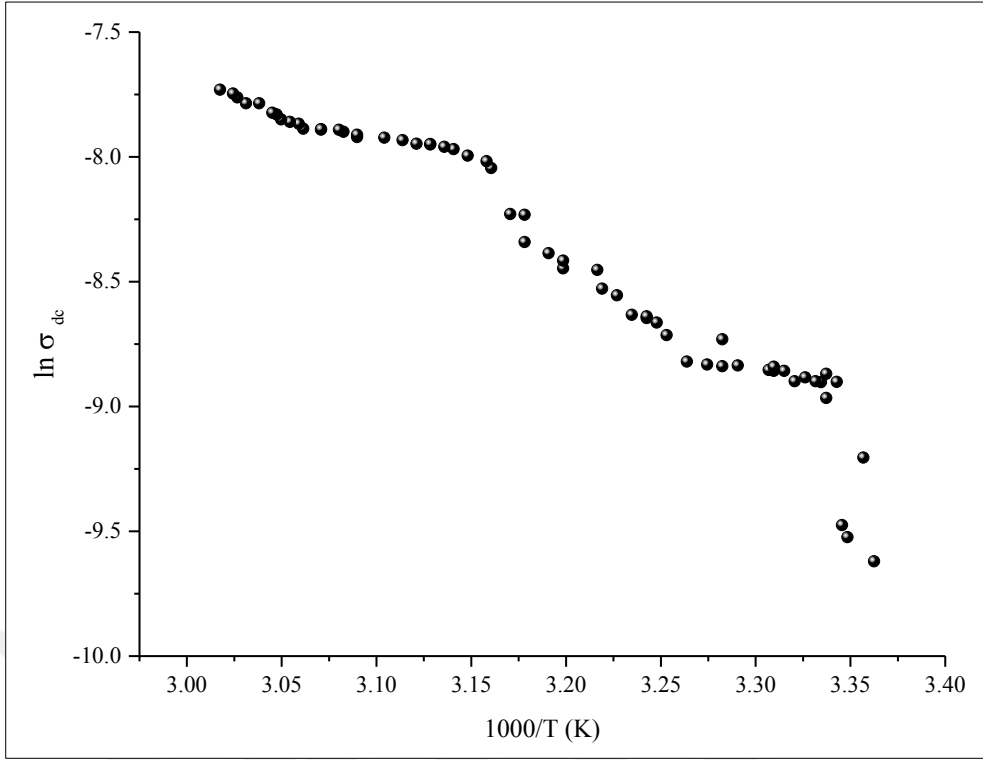
Şekil 3.130. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



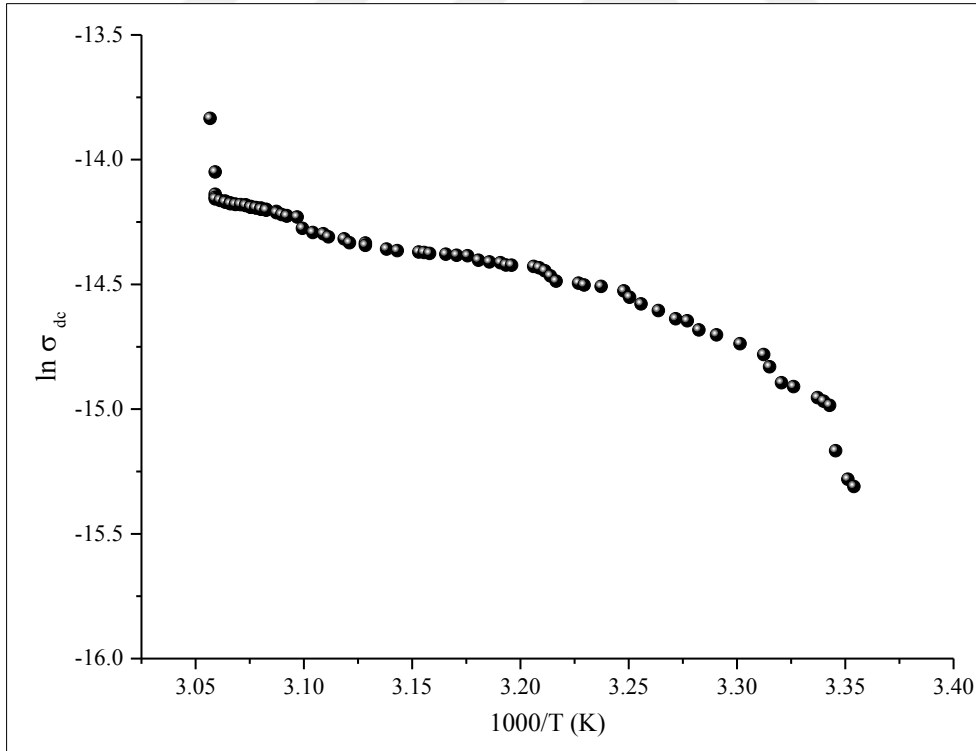
Şekil 3.131. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin AC iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.90. P(4BIMS)'in farklı oranlarda nanografen ile doplanan kompozitlerinin oda sıcaklığı ve 1kHz sabit frekansta dielektrik özellikleri

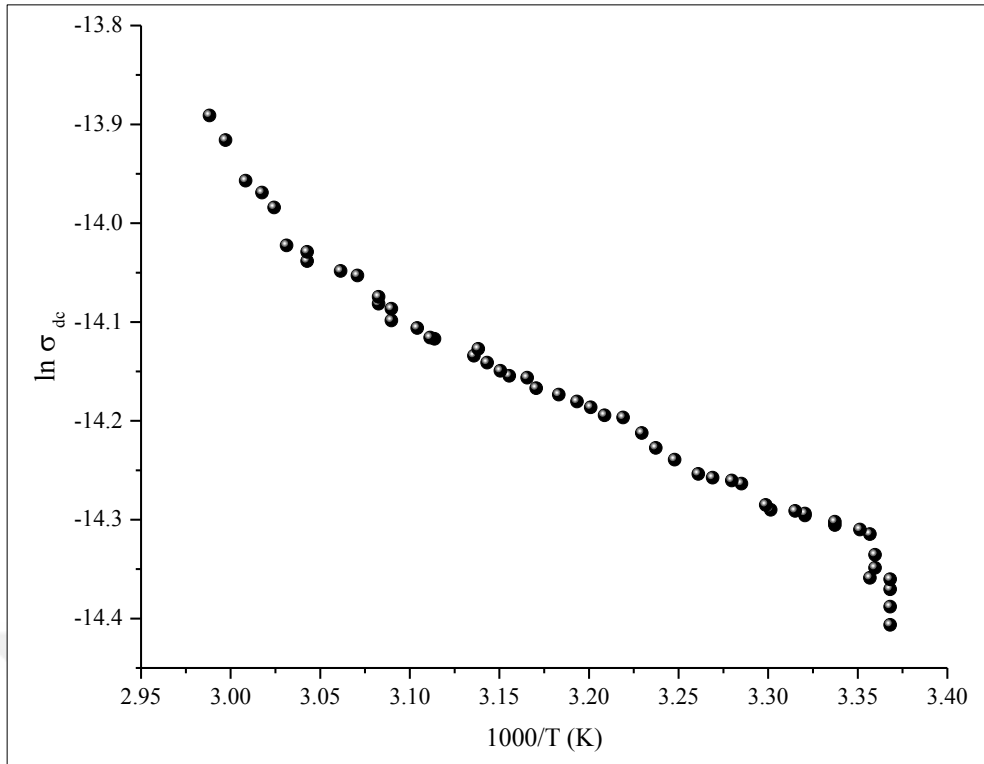
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(4BIMS)	3.46	0.0428	2.14×10^{-9}	-8.66
P(4BIMS)/10wt% nanografen	5.63	1960.45218	4.86×10^{-6}	-13.54
P(4BIMS)/12wt% nanografen	9.78	7302.91832	1.30×10^{-6}	-12.23
P(4BIMS)/14wt% nanografen	15.48	9209.23349	8.25×10^{-6}	-11.70



Şekil 3.132. P(4BIMS)/10% nanograften kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.133. P(4BIMS)/12% nanograften kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği

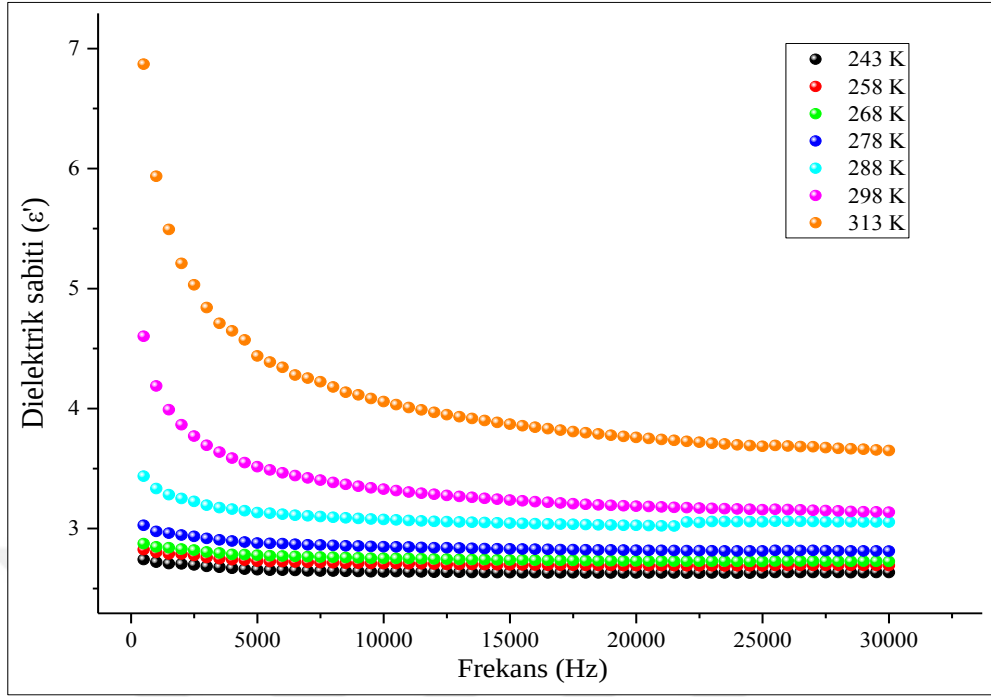


Şekil 3.134. P(4BIMS)/14% nanografen kompozitinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği

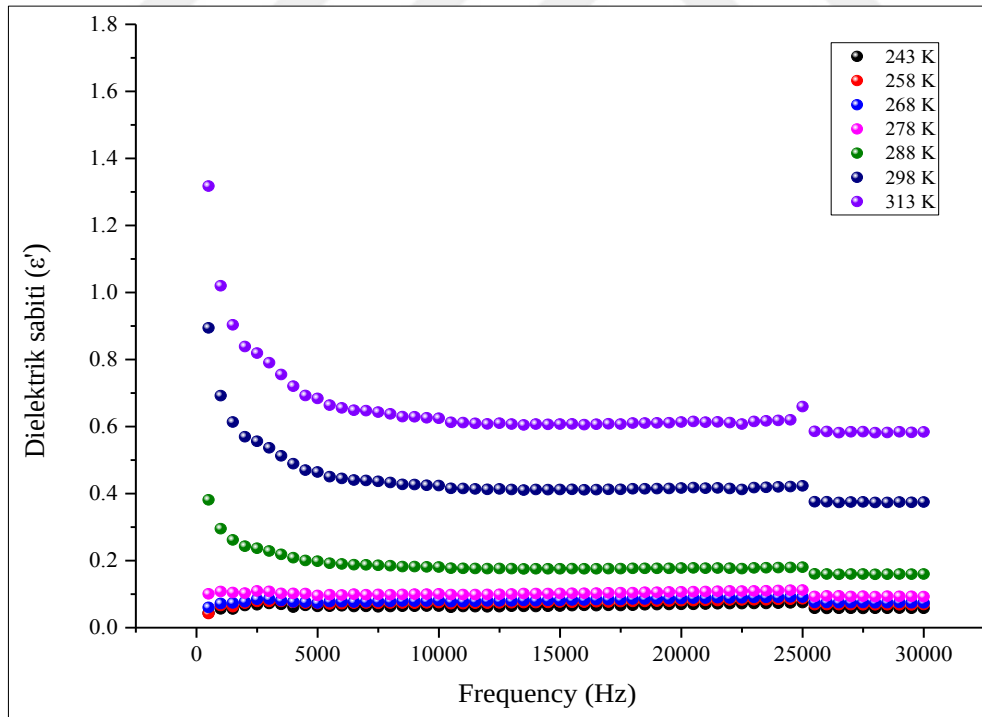
Tablo 3.91 P(4BIMS)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri

Polimer kompozit	Eğim	Ea (eV)
P(4BIMS)/10wt% nanografen	4.49	0.386
P(4BIMS)/12wt% nanografen	2.81	0.241
P(4BIMS)/14wt% nanografen	1.04	0.089

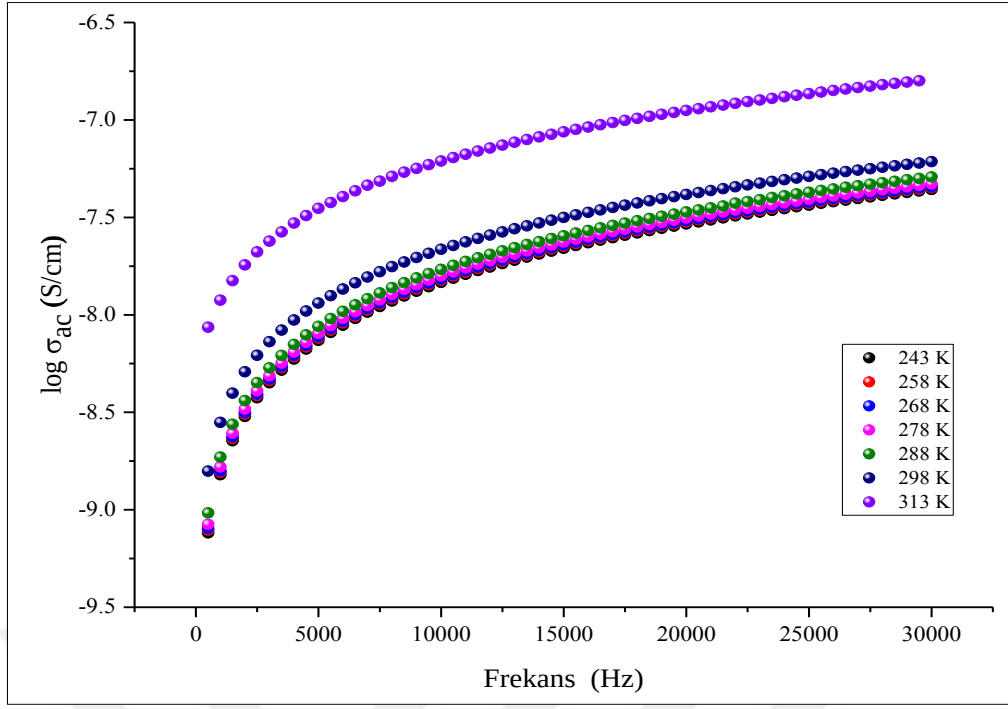
3.25.2. P(3APAM) ve EuCl_3 kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.135. P(3APAM)'ın dielektrik sabitlerinin farklı sıcaklıklarda frekansla değişim grafiği



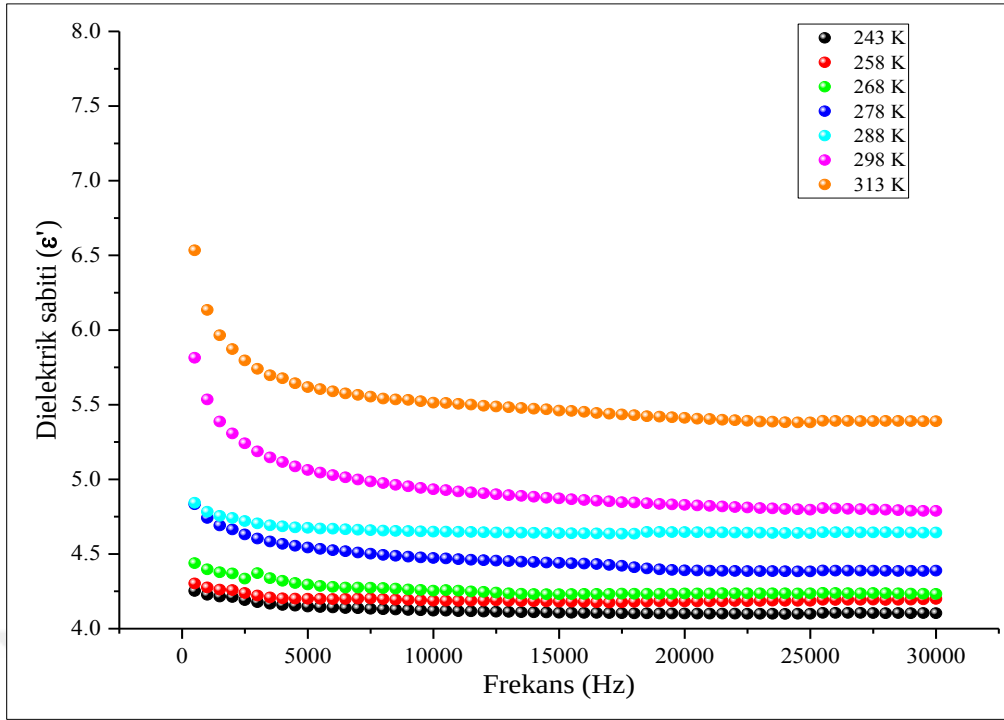
Şekil 3.136. P(3APAM)'ın dielektrik kayıp'ın farklı sıcaklıklardaki frekansla değişim grafiği



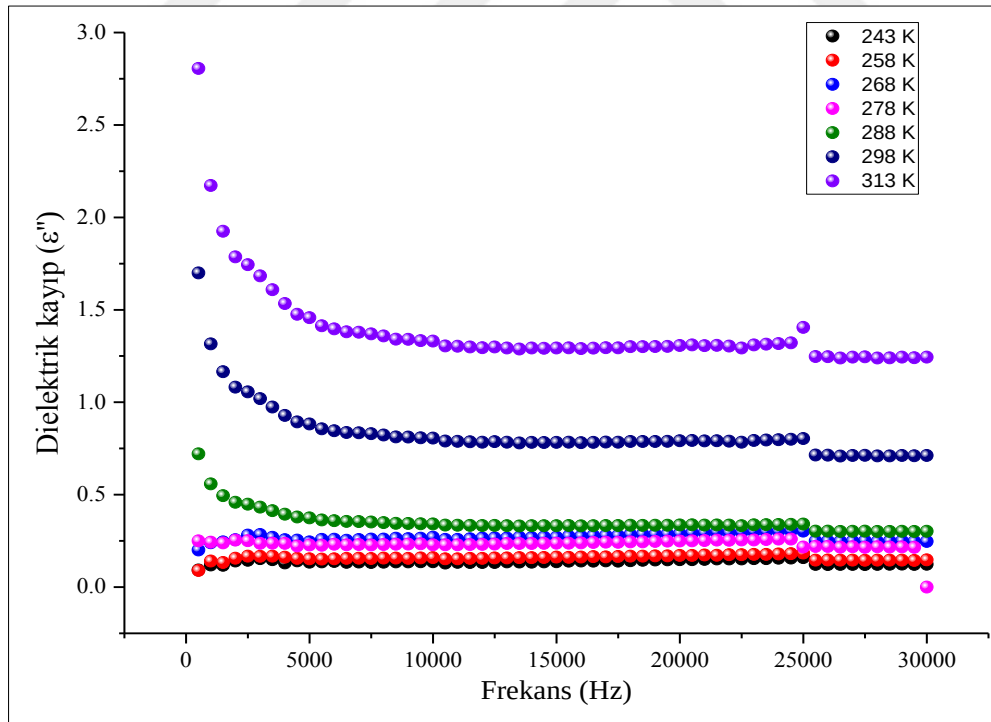
Şekil 3.137. P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.92 P(3APAM) 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

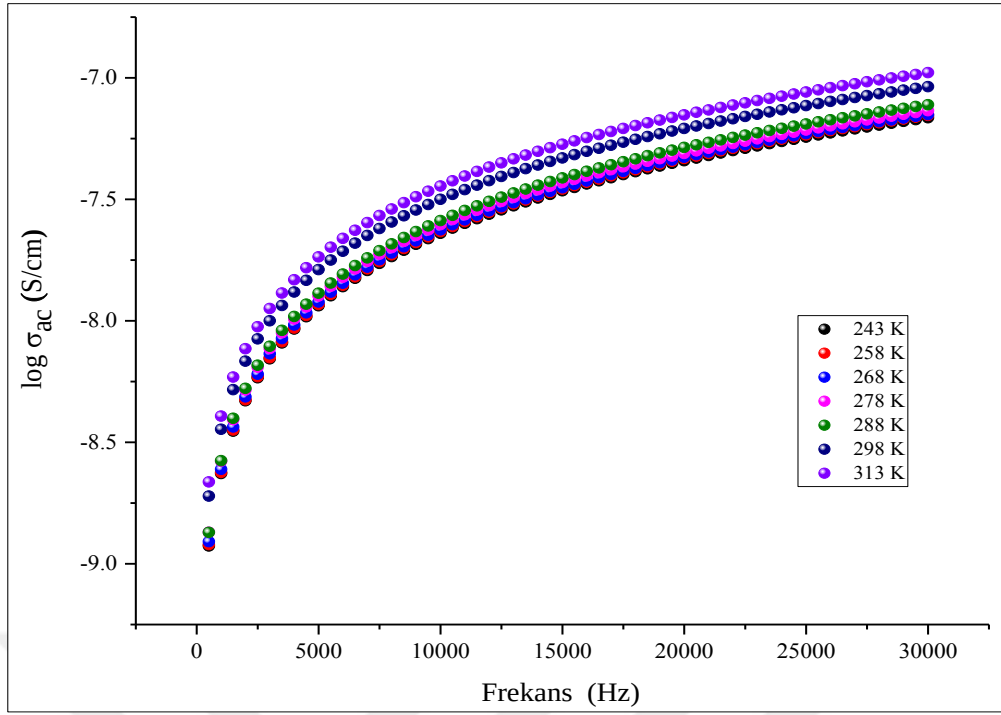
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(3APAM)	243 K	2.72	0.05	1.54×10^{-9}	-8.81
	258 K	2.80	0.06	1.58×10^{-9}	-8.80
	268 K	2.84	0.07	1.62×10^{-9}	-8.79
	278 K	2.92	0.10	1.65×10^{-9}	-8.78
	288 K	3.33	0.29	1.86×10^{-9}	-8.73
	298 K	4.18	0.69	2.81×10^{-9}	-8.55
	313 K	5.93	1.01	1.20×10^{-8}	-7.92



Şekil 3.138. P(3APAM)/3% EuCl₃ kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği



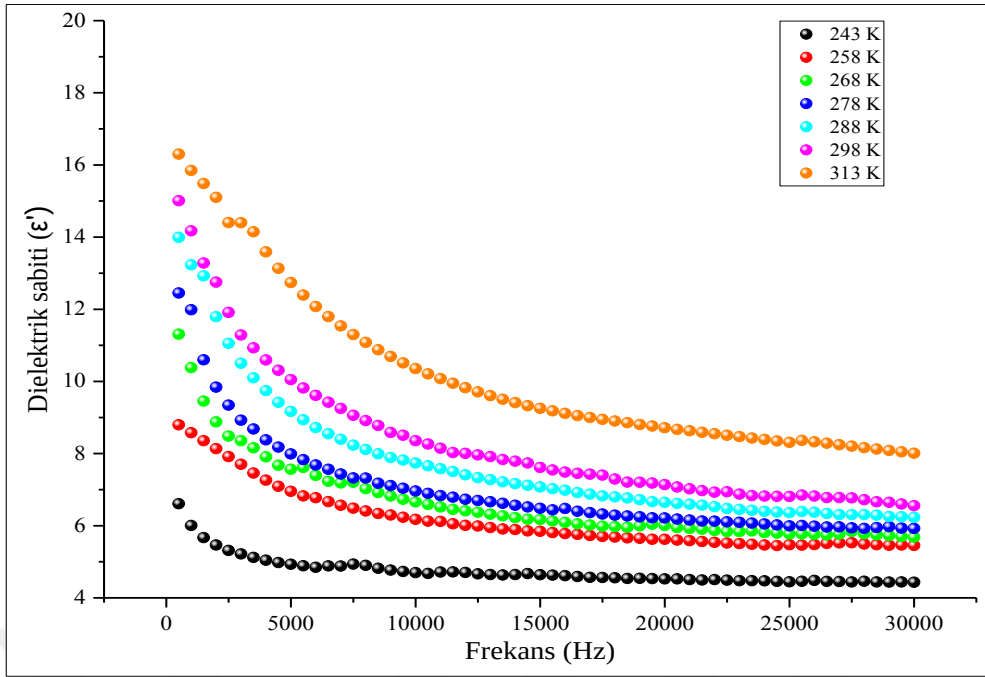
Şekil 3.139. P(3APAM)/3% EuCl₃ kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



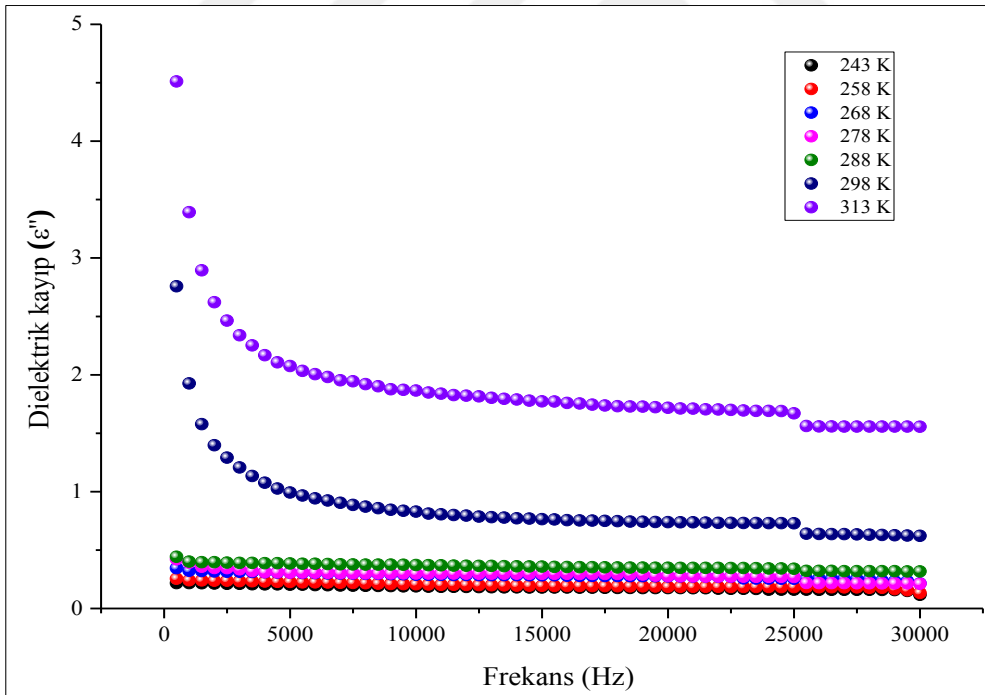
Şekil 3.140. P(3APAM)/3% EuCl₃ kompozitinin farklı sıcaklıklardaki iletkenlik değerinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.93. P(3APAM)/3% EuCl₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

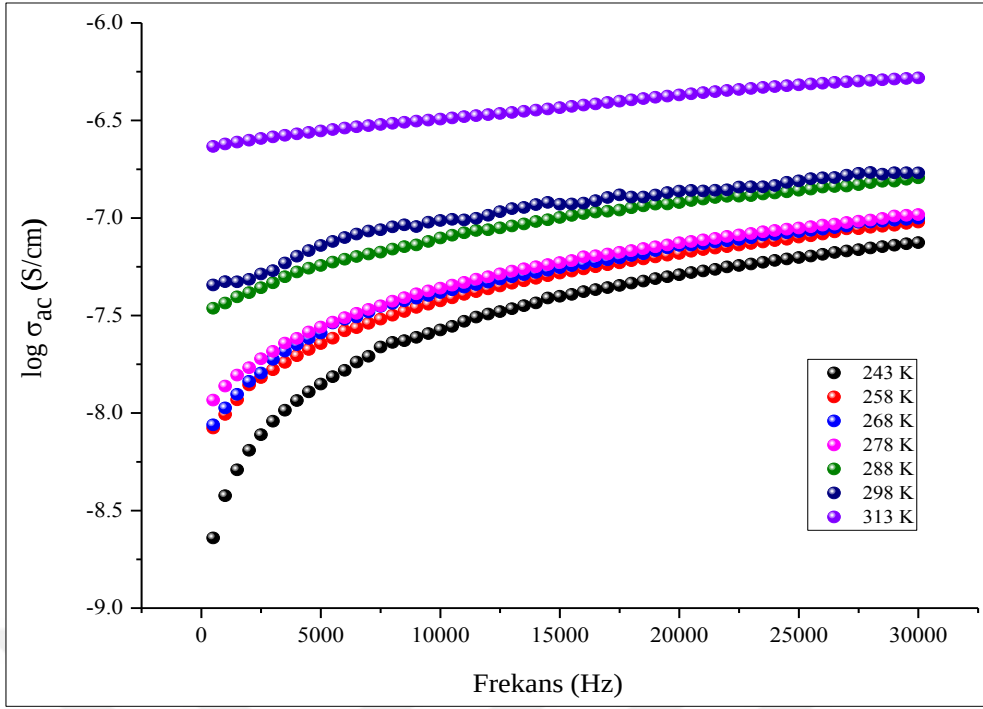
Kompozit	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	Log σ_{ac}
P(3APAM)/ 3% EuCl₃	243 K	4.21	0.11	2.29×10^{-09}	-8.64
	258 K	4.26	0.13	2.34×10^{-09}	-8.63
	268 K	4.37	0.24	2.39×10^{-09}	-8.62
	278 K	4.69	0.23	2.51×10^{-09}	-8.60
	288 K	4.75	0.49	2.75×10^{-09}	-8.56
	298 K	5.38	1.16	3.98×10^{-09}	-8.40
	313 K	5.96	1.92	1.51×10^{-08}	-7.82



Şekil 3.141. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği



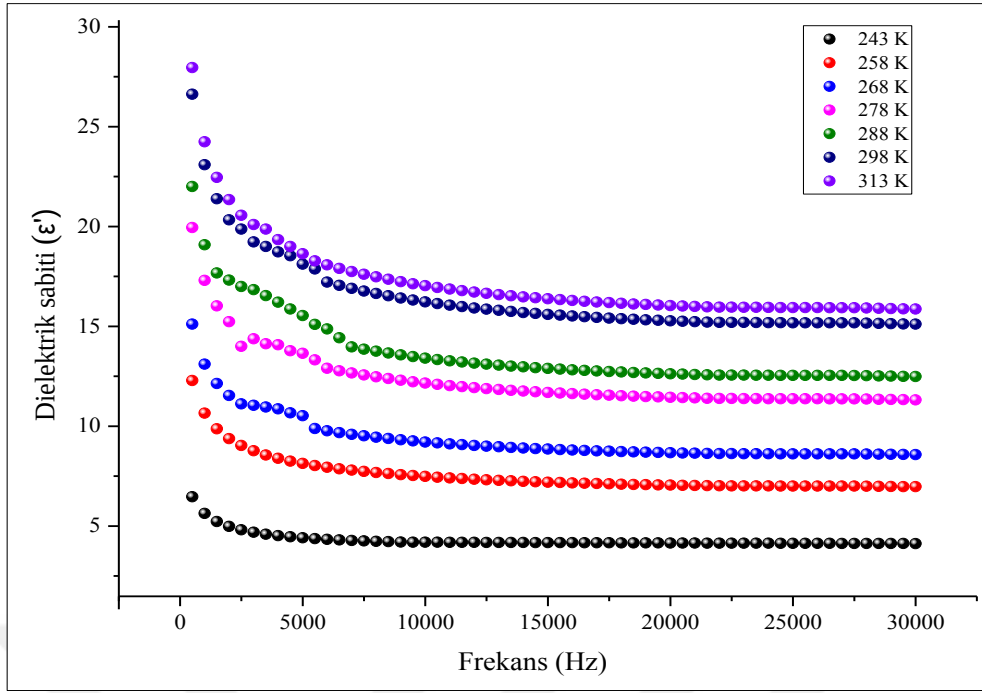
Şekil 3.144. P(3APAM)/6% EuCl_3 kompozitinin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği



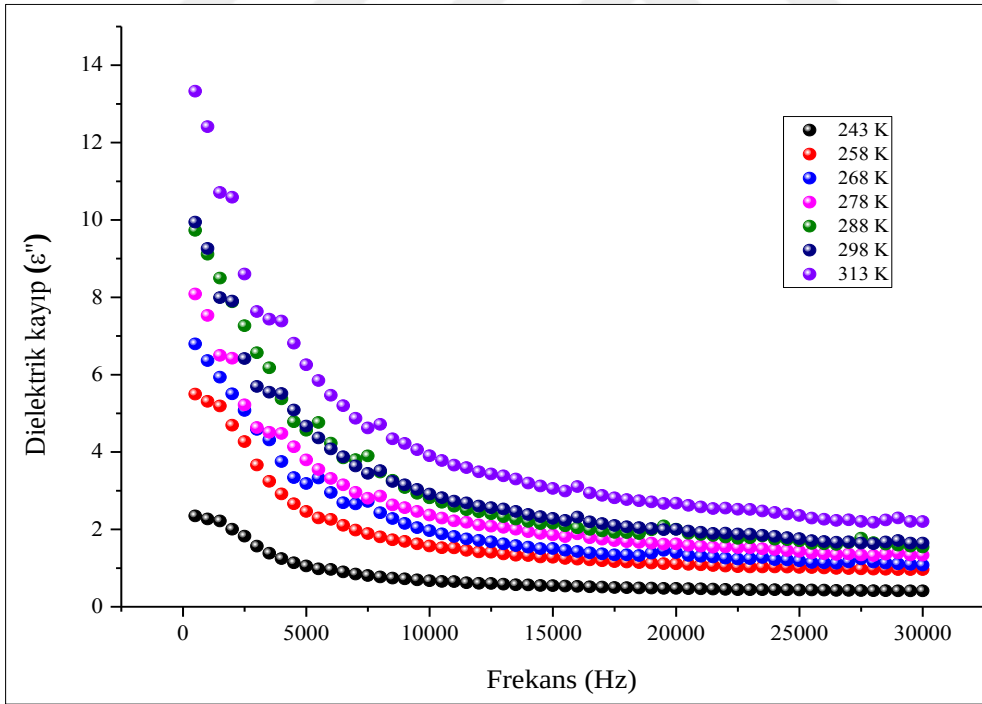
Şekil 3.145. P(3APAM)/6% EuCl₃ kompozitinin farklı sıcaklıklardaki AC iletkenlikleri frekansla değişim grafiği

Tablo 3.94. P(3APAM)/6% EuCl₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

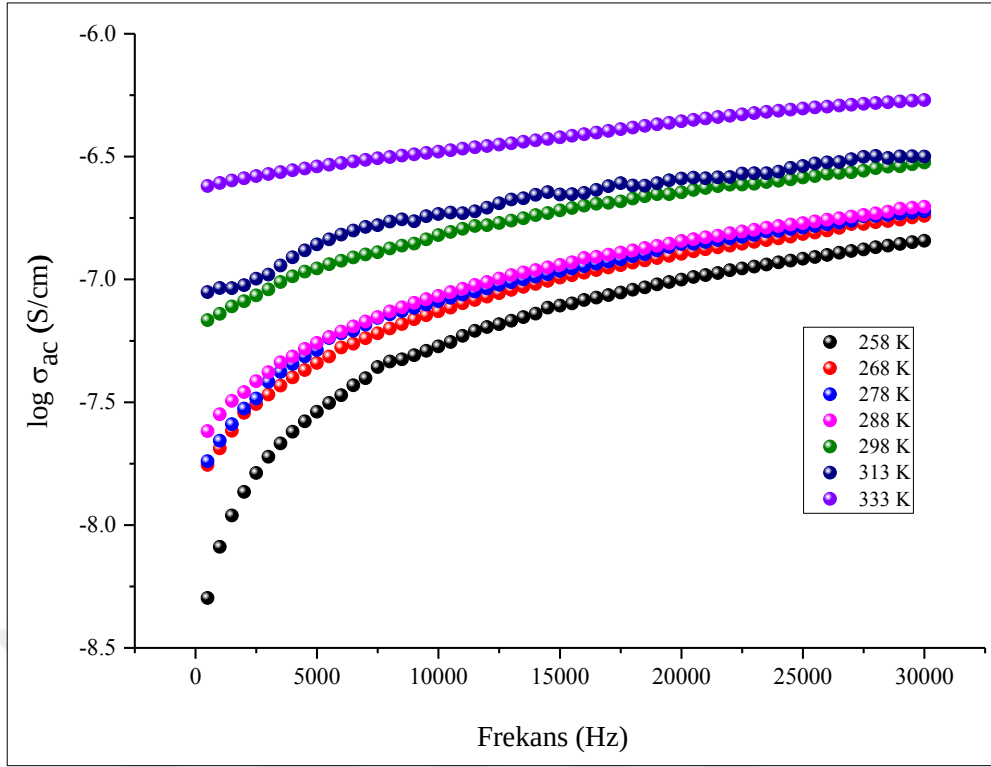
Kompozit	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(3APAM)/ 6% EuCl ₃	243 K	5.67	0.21	5.12×10^{-09}	-8.29
	258 K	8.35	0.24	1.17×10^{-09}	-7.93
	268 K	9.45	0.32	1.25×10^{-09}	-7.90
	278 K	10.59	0.35	1.58×10^{-09}	-7.80
	288 K	12.92	0.39	3.98×10^{-09}	-7.40
	298 K	13.28	1.57	4.78×10^{-09}	-7.32
	313 K	15.48	2.89	2.45×10^{-09}	-6.61



Şekil 3.146 %12 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği



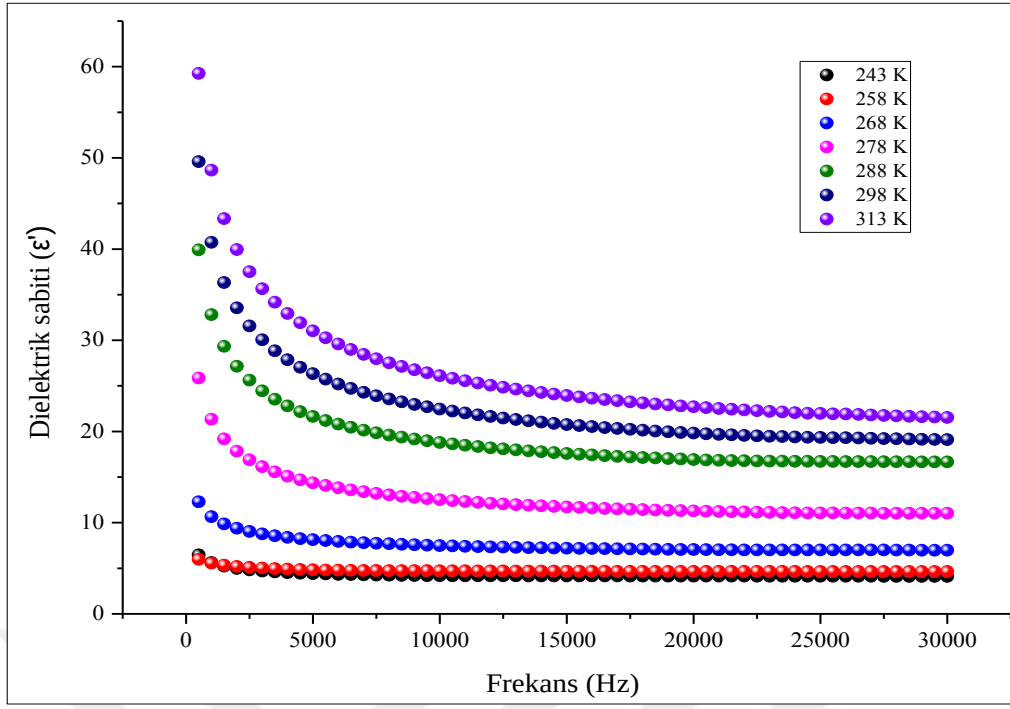
Şeki 3.147. %12 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği



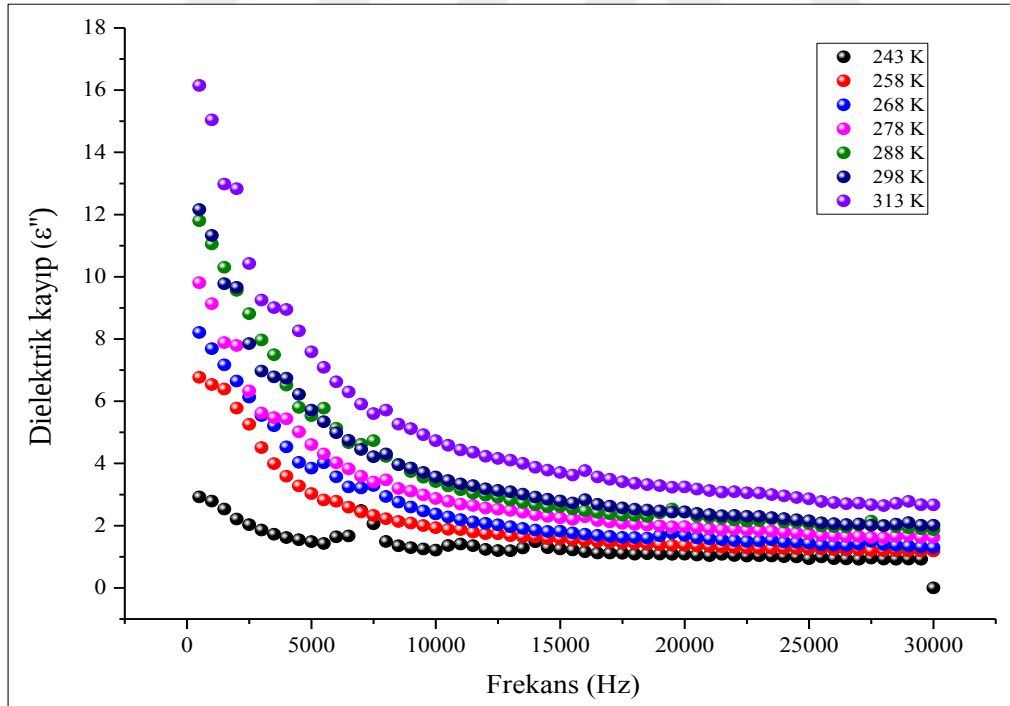
Şekil 3.148. %12 EuCl₃ doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliklerinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.95. P(3APAM)/12% EuCl₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

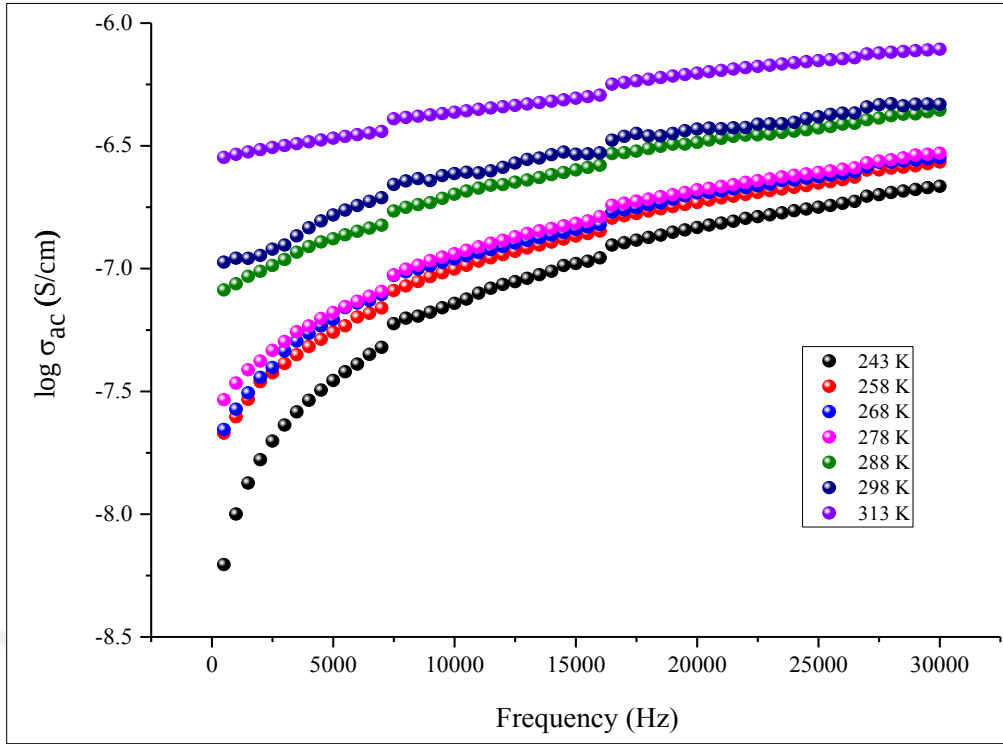
Kompozit	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(3APAM)/ 12% EuCl₃	243 K	5.22	2.21	1.09×10^{-08}	-7.96
	258 K	9.87	5.19	2.45×10^{-08}	-7.61
	268 K	12.14	5.93	2.63×10^{-08}	-7.58
	278 K	16.02	6.49	3.23×10^{-08}	-7.49
	288 K	17.67	8.4	5.94×10^{-08}	-7.22
	298 K	21.38	7.99	7.33×10^{-08}	-7.13
	313 K	22.45	10.71	1.57×10^{-07}	-6.80



Şekil 3.149. %16 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği



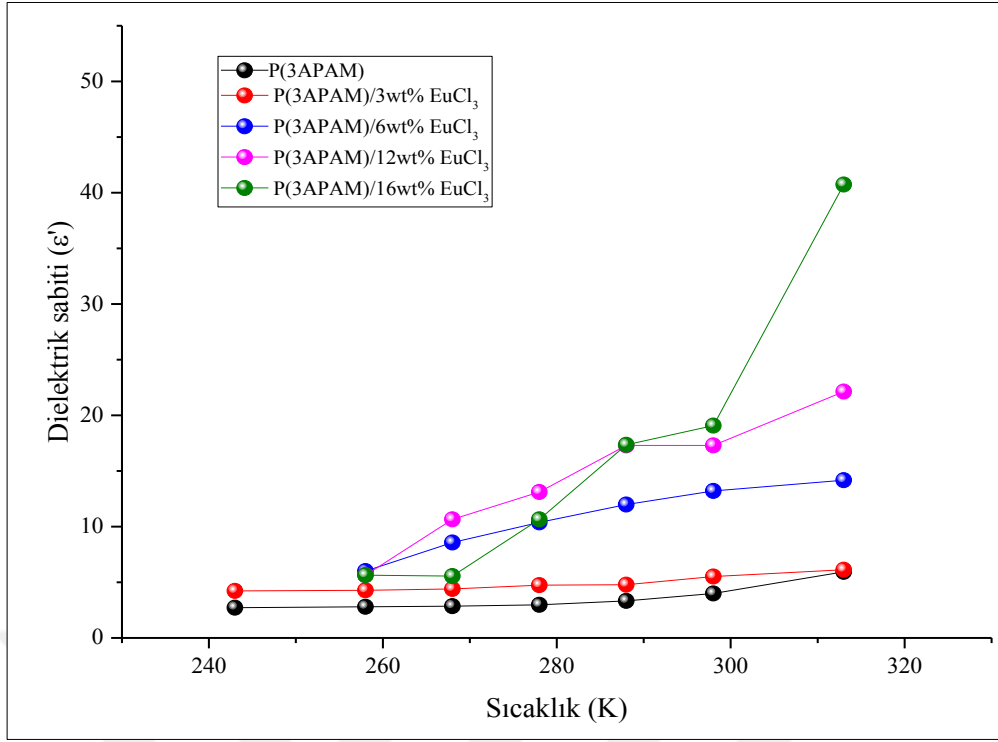
Şekil 3.150. %16 EuCl_3 doplanmış P(3APAM)'ın farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp faktörünün frekansla değişim grafiği



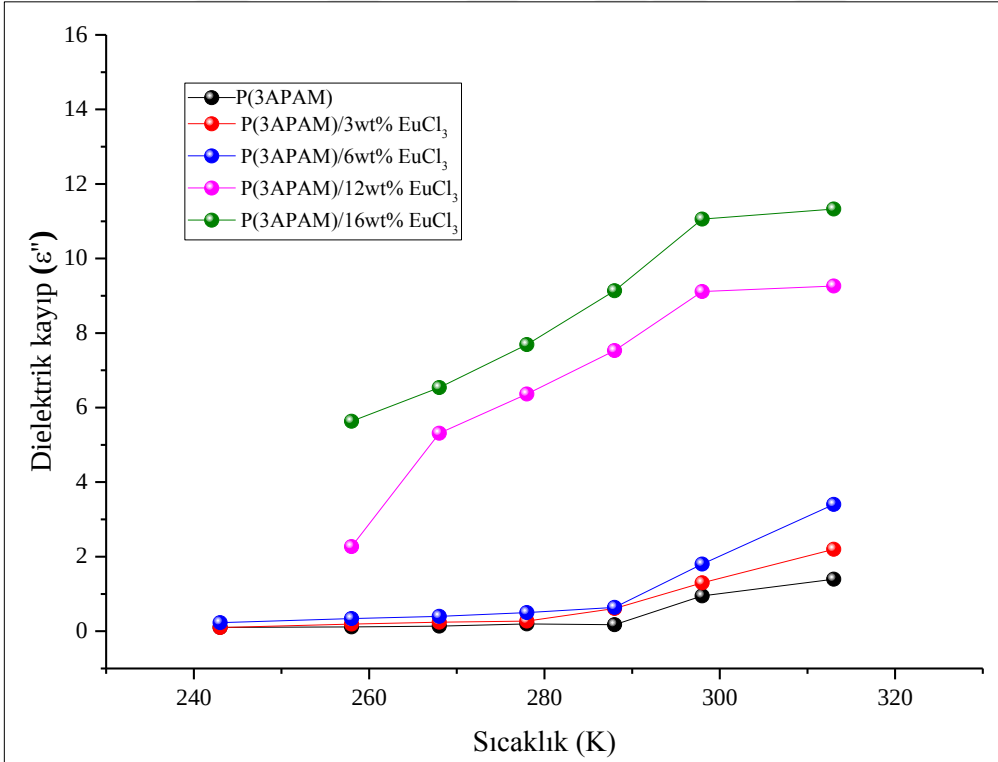
Şekil 3.151. %16 EuCl₃ doplanmış P(3APAM)’ın farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliklerinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.96. P(3APAM)/16% EuCl₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

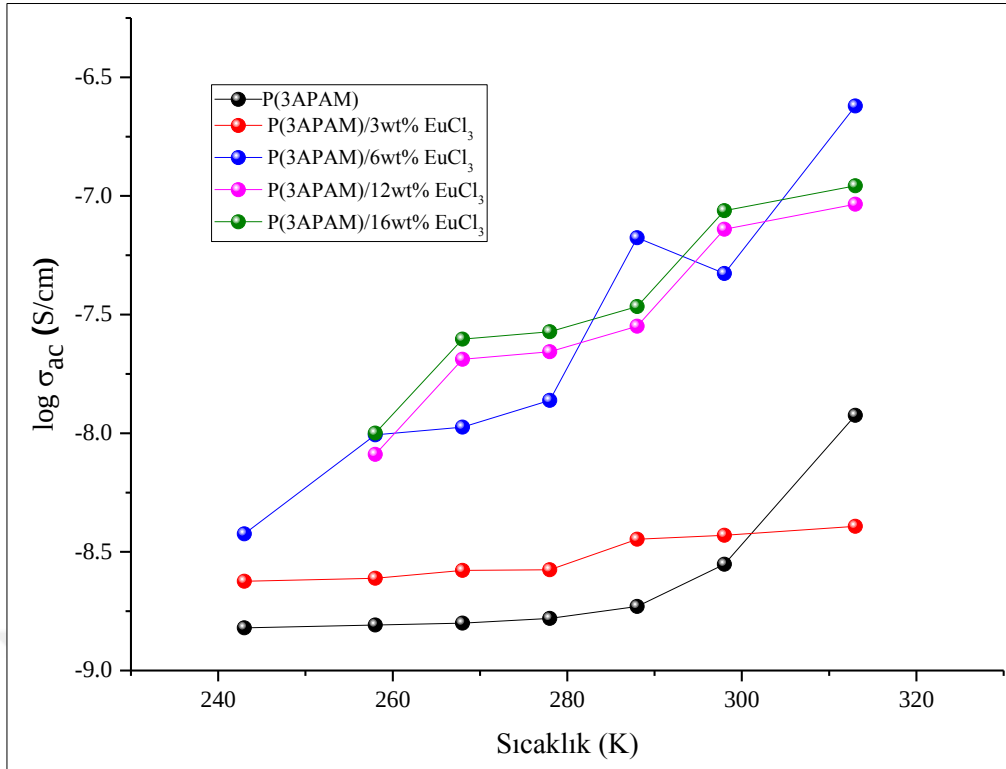
Kompozit	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(3APAM)/ 16% EuCl ₃	243 K	5.22	2.531	1.34×10^{-08}	-7.87
	258 K	5.34	6.391	2.95×10^{-08}	-7.53
	268 K	9.87	7.168	3.16×10^{-08}	-7.50
	278 K	19.18	7.886	3.89×10^{-08}	-7.41
	288 K	29.33	9.775	4.31×10^{-08}	-7.36
	298 K	36.33	10.308	8.12×10^{-08}	-7.09
	313 K	43.33	12.981	1.12×10^{-07}	-6.95



Şekil 3.152. P(3APAM) ve EuCl₃ kompozitlerinin dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.153. P(3APAM) ve EuCl₃ kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği

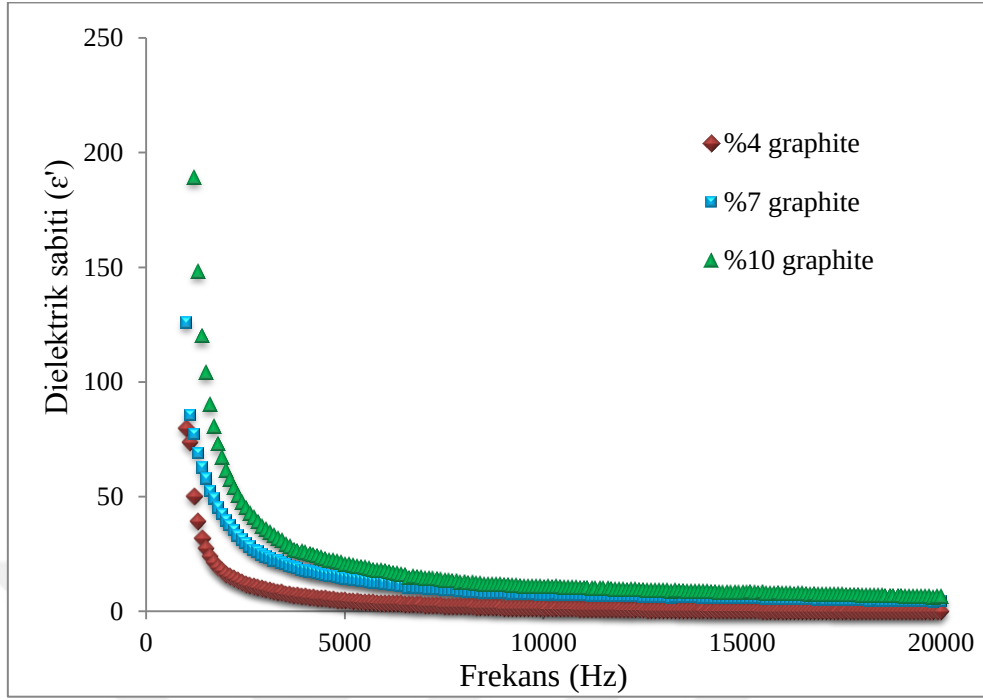


Şekil 3.154. P(3APAM) ve EuCl₃ kompozitlerinin AC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği

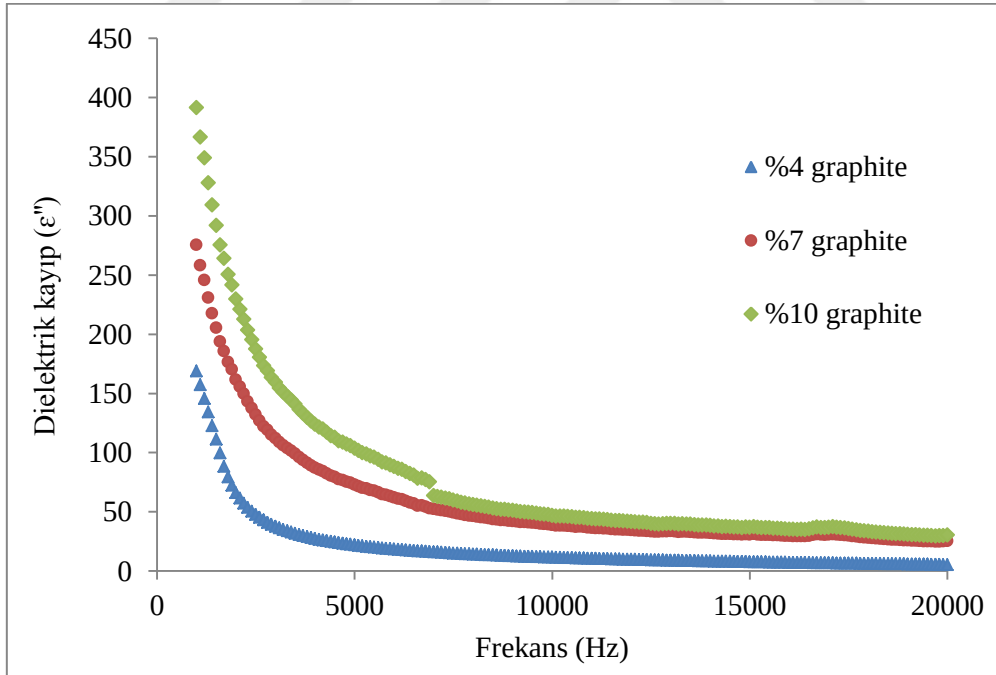
3.31.2.1. P(3APAM) /EuCl₃ 16% kompozitine farklı oranlarda grafit ile yarı iletken kompozitlerin hazırlaması

0.15 gram P(3APAM) ve ağırlıkça %16 oranında (0.024 g) EuCl₃ metanolde çözüldü. Çözeltinin içine ağırlıkça farklı oranlarda (%4, %7, %10) grafit ilave edilerek ultrasonik homojenizatör ile 2 saat dispers edildikten sonra çözücünün fazlası evaporatörde uzaklaştırıldı ve karışım soğuk dietil eterde çöktürüldü. Süzme işleminden sonra kompozitler 45 °C de vakum altında kurutuldu. Daha sonra kompozitler agat havanda iyice toz haline getirildi ve 4 ton basınç altında peletler oluşturuldu. Pellet kalınlıkları dijital kumpas ile hassas bir şekilde ölçüldü.

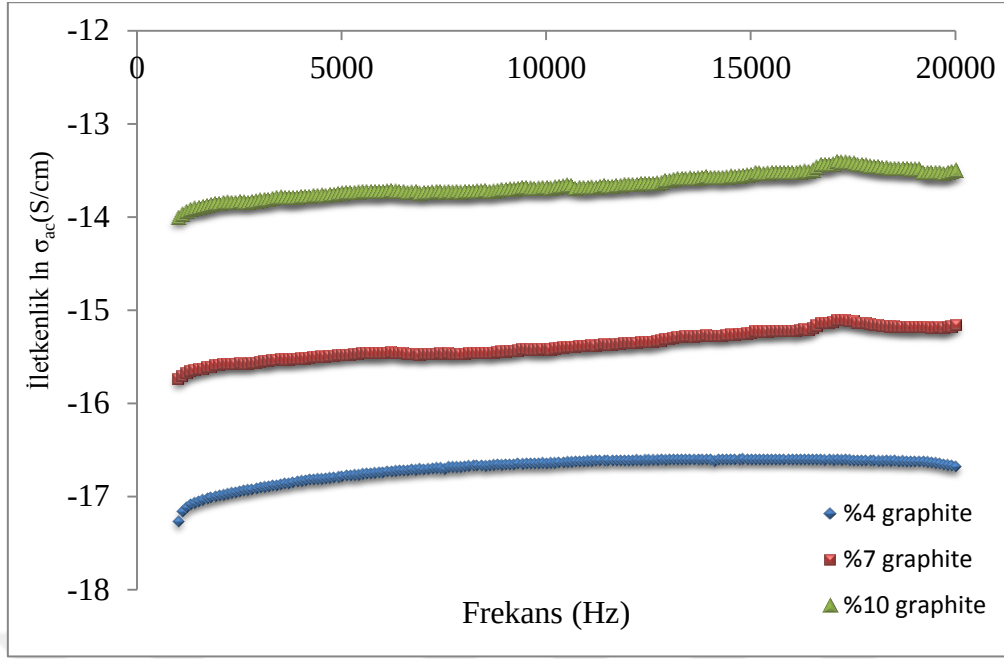
3.25.2.1.1. P(3APAM)/EuCl₃ 16%/Grafit kompozitlerinin dielektrik özellikleri



Şekil 3.155. Farklı oranlarda grafit katkıli kompozitlerin dielektrik sabitinin frekansla değişimi



Şekil 3.156. Farklı oranlarda grafit katkıli kompozitlerin dielektrik kaybın frekansla değişimi

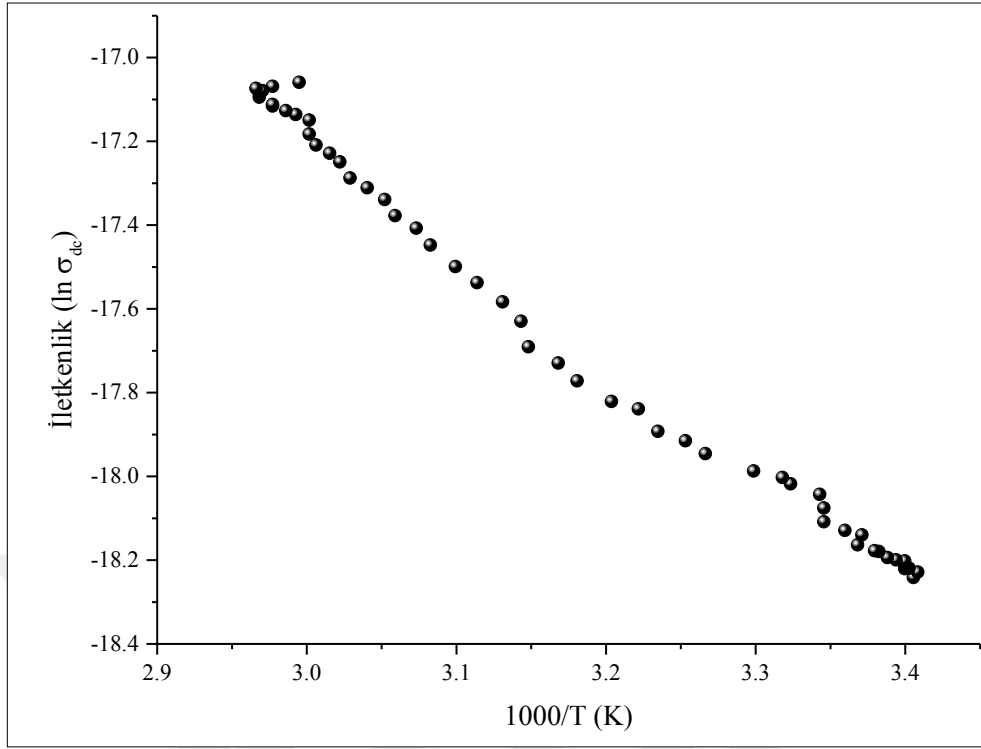


Şekil 3.157. Farklı oranlarda grafit katkılı kompozitlerin ac iletkenlik değerlerin frekansla değişimi

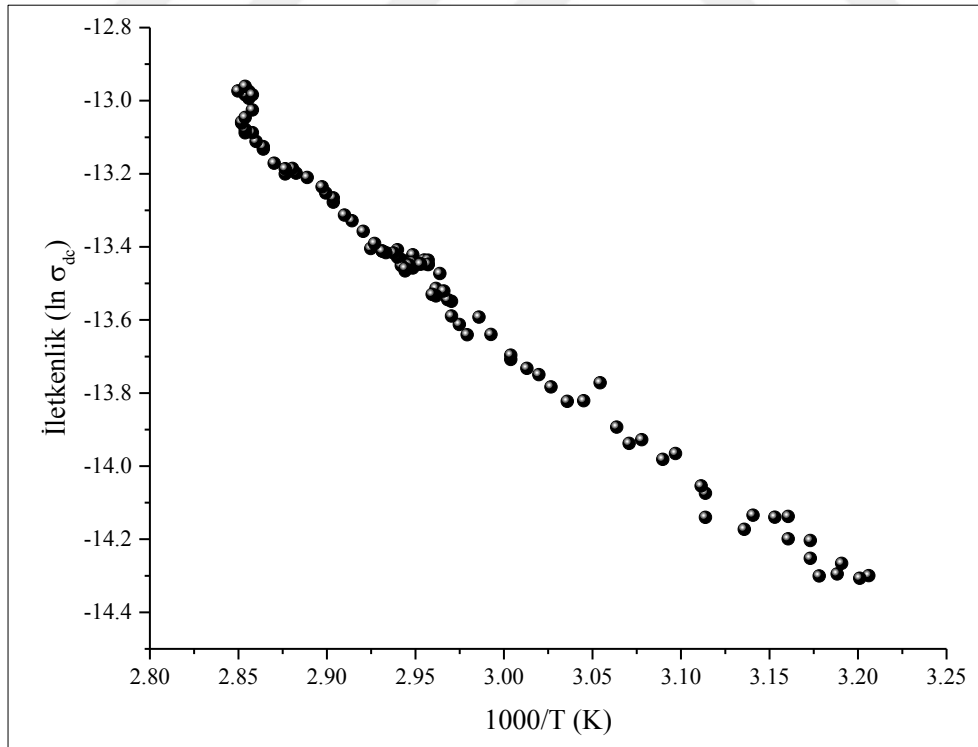
Tablo 3.97. Grafit katkılı kompozitlerin 1kHz deki Dielektrik özellikleri

P(3APAM) kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik kayıp (ϵ'')	İletkenlik ($\ln \sigma_{ac}$)	İletkenlik (σ_{ac})	Tan δ
%16 EuCl_3 + %4 grafit kompozit	85	168	-16.20	9.2×10^{-8}	1.97
%16 EuCl_3 + %7 grafit kompozit	126	278	-15.74	1.45×10^{-7}	2.20
%16 EuCl_3 + %10 grafit kompozit	189	391	-14	7.6×10^{-7}	2.06

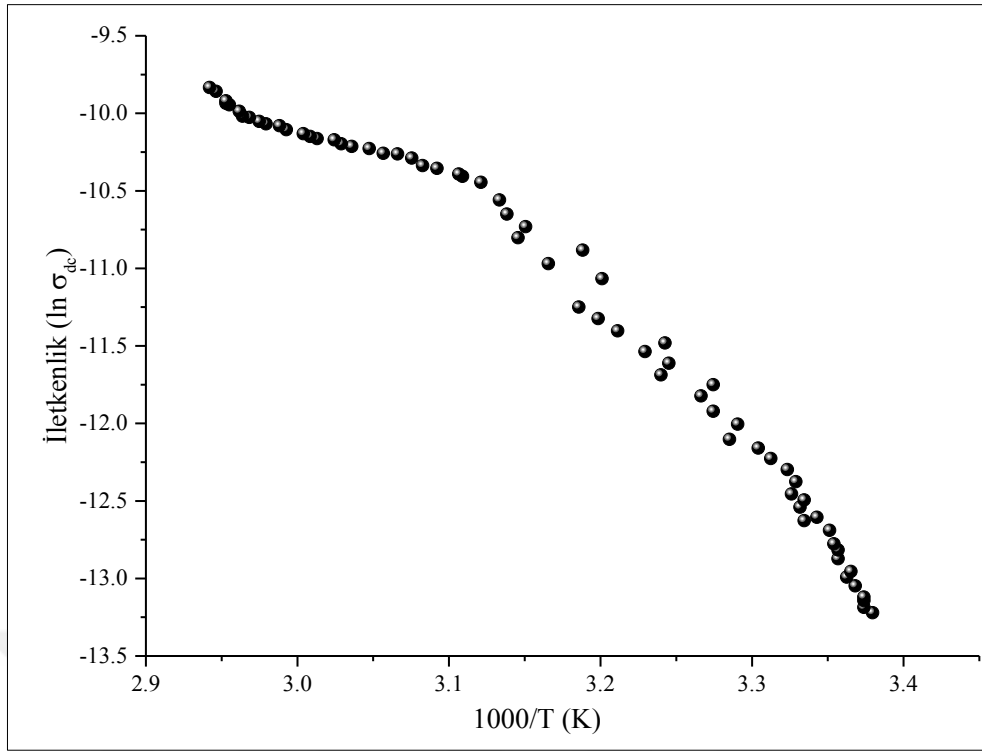
3.25.2.1.2. P(3APAM) /EuCl₃ 16% /Grafit kompozitlerinin iletkenlik ölçümleri



Şekil 3.158. P(3APAM) /EuCl₃ 16% /Grafit 4% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü



Şekil 3.159. P(3APAM) /EuCl₃ 16% /Grafit 7% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü



Şekil 3.160. P(3APAM) /EuCl₃ 16% /Grafit 10% kompozitinin AC iletkenlik ölçümü

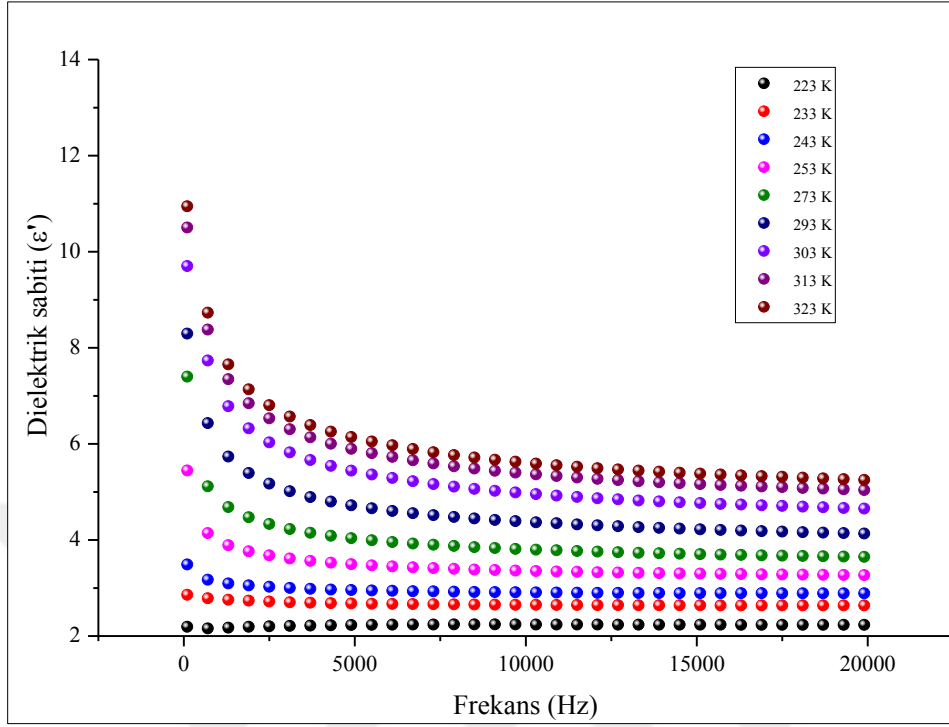
Tablo 3.98. Grafit katkılı P(3APAM) /EuCl₃ 16%/Grafit x% kompozitlerin farklı sıcaklıklardaki DC iletkenlik değerleri(σ)

P(3APAM)	298 K	310 K	330 K	340 K
%16 EuCl ₃ + %4 grafit kom.	1.37×10^{-08}	1.66×10^{-08}	3.11×10^{-08}	3.94×10^{-08}
%16 EuCl ₃ + %7 grafit kom.	5.41×10^{-07}	6.77×10^{-07}	1.03×10^{-06}	1.42×10^{-06}
%16 EuCl ₃ + %10 grafit kom.	3.02×10^{-05}	9.19×10^{-05}	4.18×10^{-04}	7.67×10^{-04}

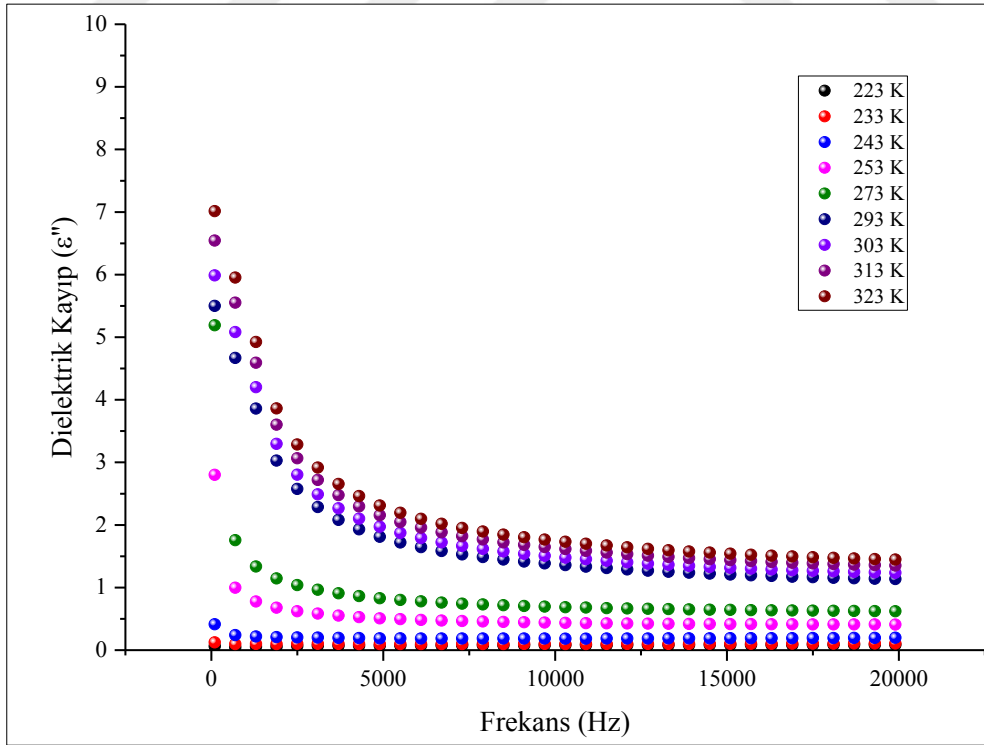
Tablo 3.99. P(3APAM) /EuCl₃ 16% için grafit katkılı kompozitlerin 1/T - $\ln \sigma_{dc}$ grafiklerinden elde edilen aktivasyon enerjileri

P(3APAM)	Eğim	Ea (eV)
%16 EuCl ₃ + %4 grafit kom.	2.61	0.224
%16 EuCl ₃ + %7 grafit kom.	3.76	0.323
%16 EuCl ₃ + %10 grafit kom.	7.44	0.639

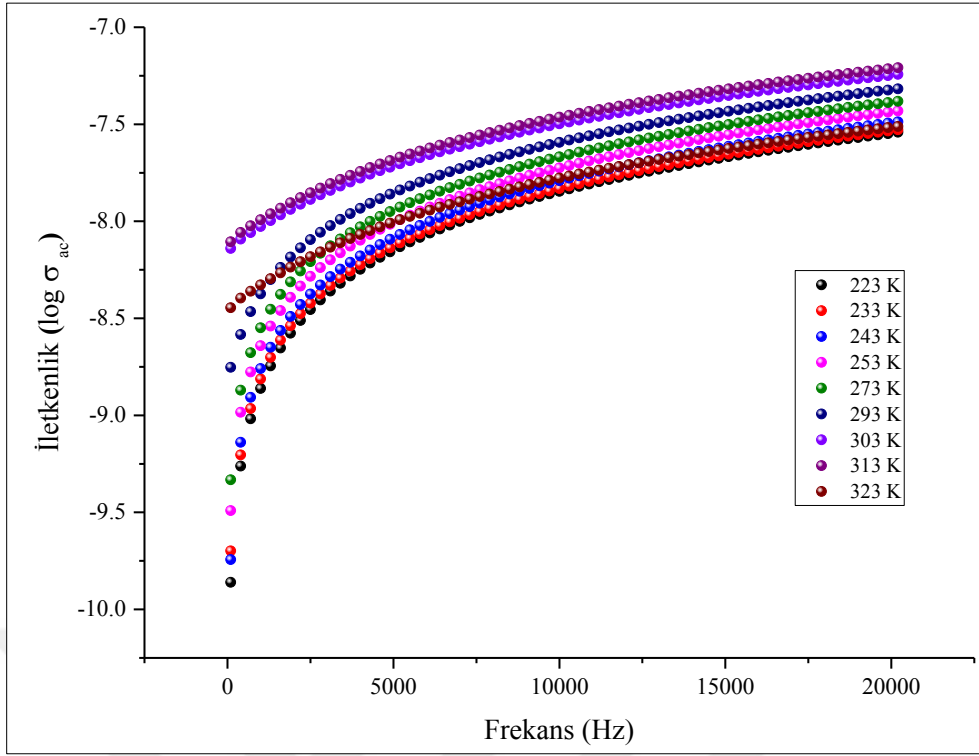
3.25.3. P(3APAMG)'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.161. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



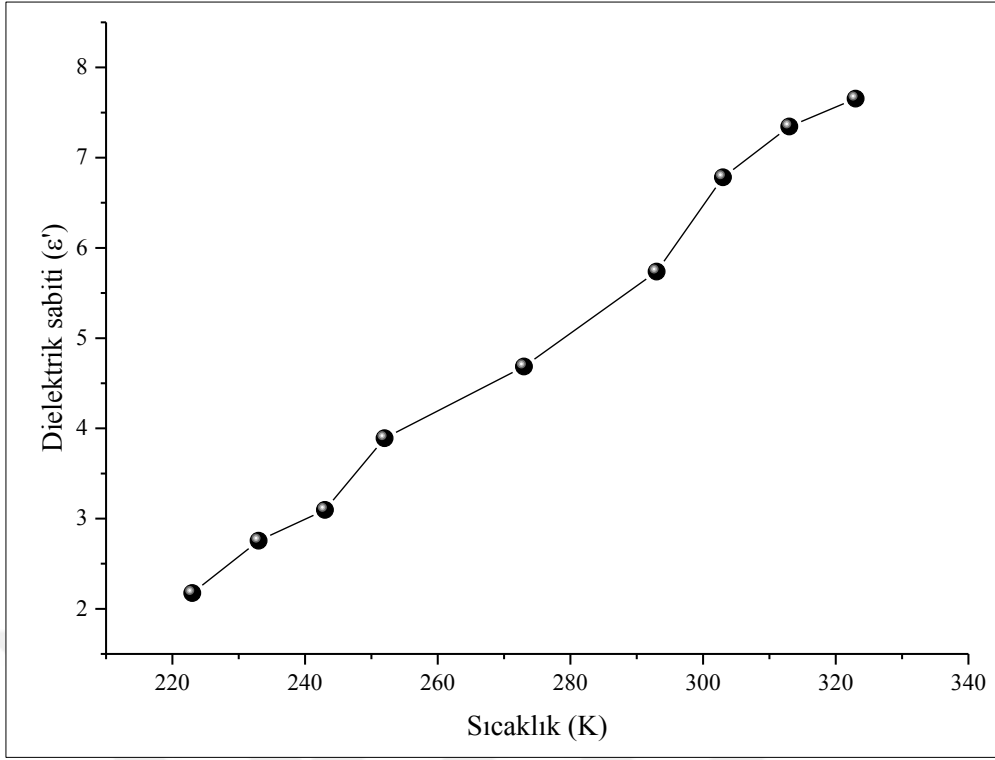
Şekil 3.162. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



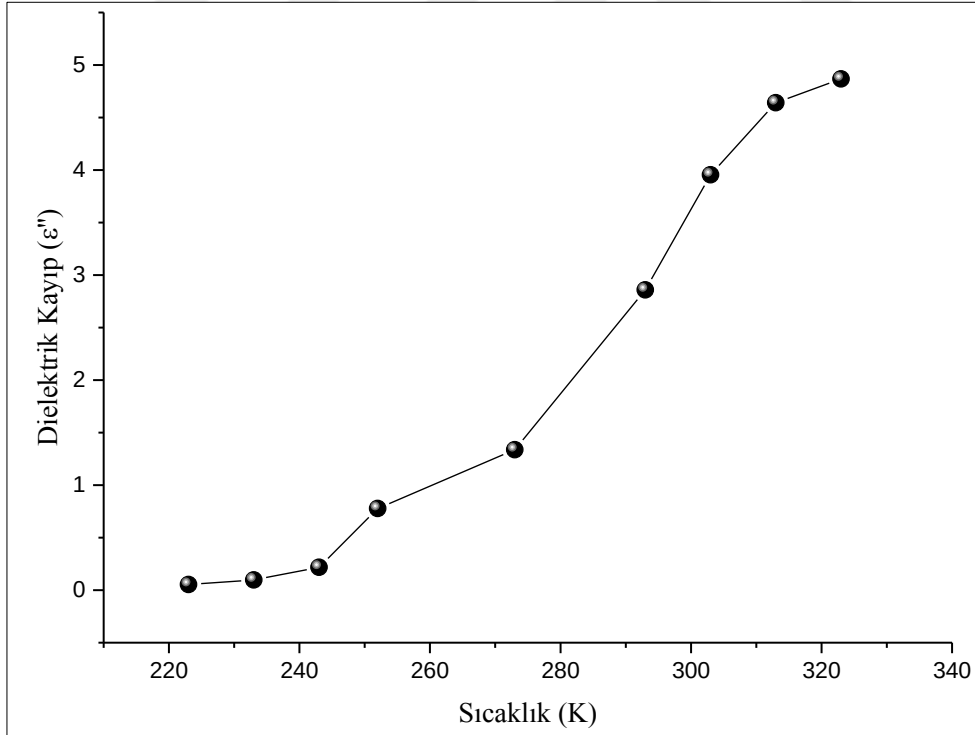
Şekil 3.163. P(3APAMG)'nin farklı sıcaklıklardaki AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.100. P(3APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

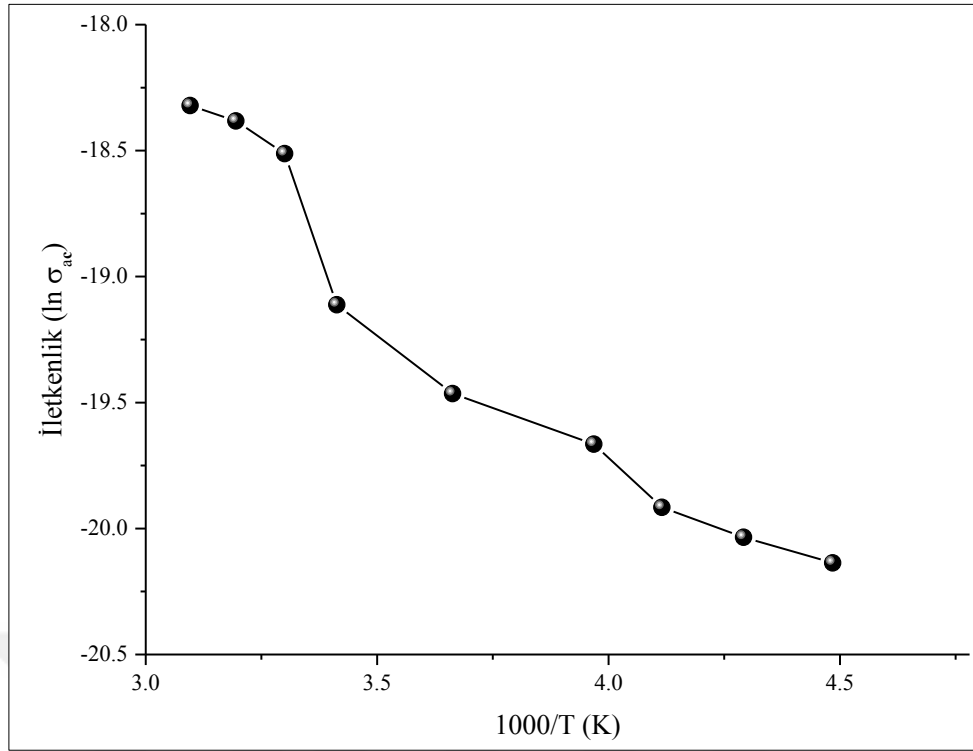
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(3APAMG)	223 K	2.17	0.053	1.79×10^{-9}	-8.74
	233 K	2.75	0.097	1.99×10^{-9}	-8.70
	243 K	3.09	0.217	2.24×10^{-9}	-8.64
	253 K	3.89	0.777	2.88×10^{-9}	-8.54
	273 K	4.68	1.337	3.52×10^{-9}	-8.45
	293 K	5.73	3.859	5.00×10^{-9}	-8.30
	303 K	6.78	4.201	1.00×10^{-8}	-7.99
	313 K	7.34	4.591	1.09×10^{-8}	-7.96
	323 K	7.65	4.92	1.13×10^{-8}	-8.29



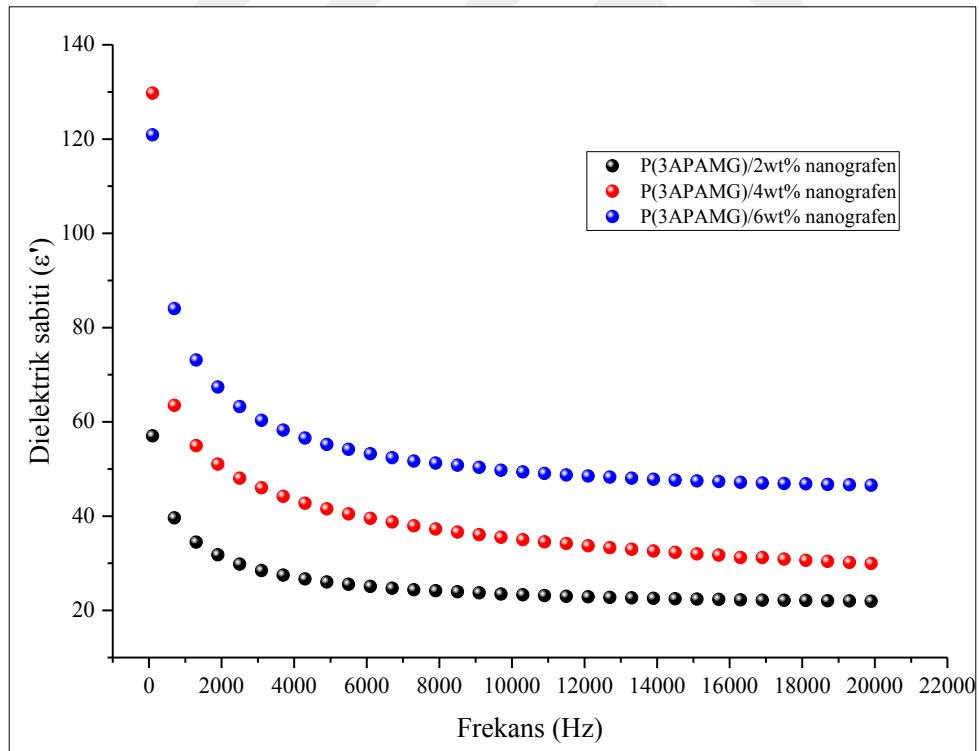
Şekil 3.164. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



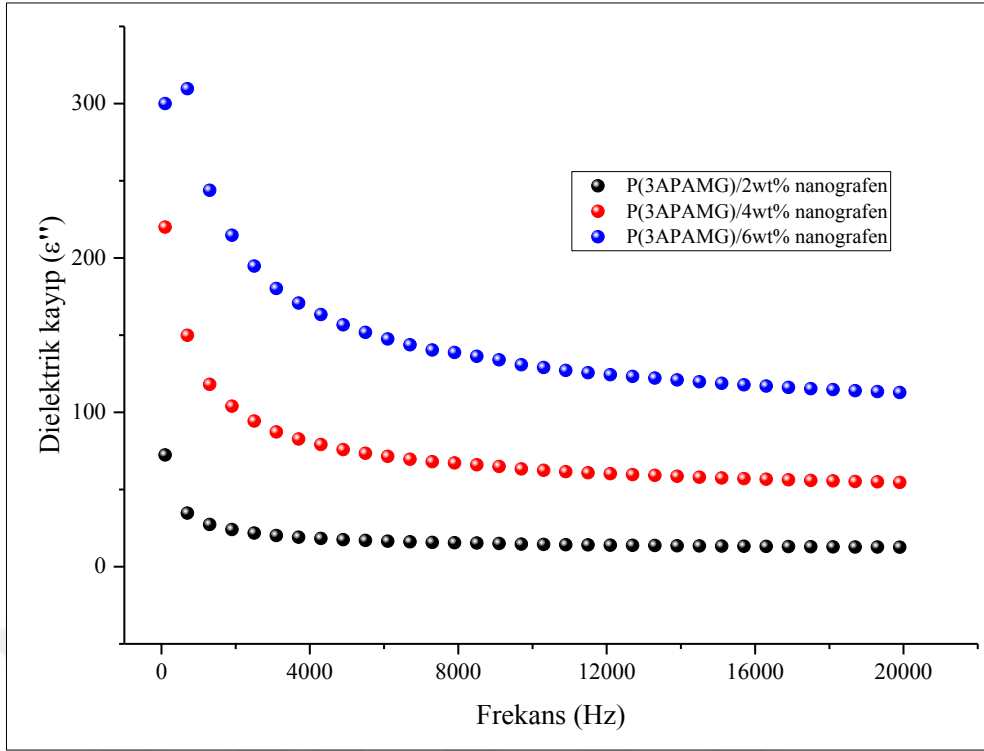
Şekil 3.165. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



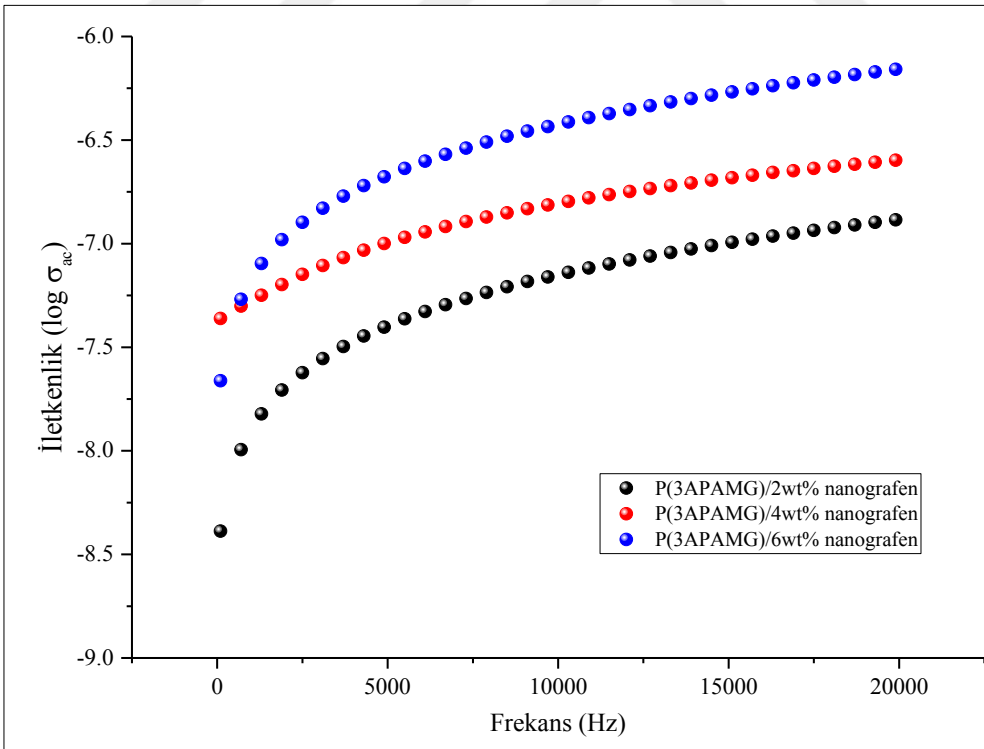
Şekil 3.166. P(3APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.167. P(3APAMG) ve nanograde kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



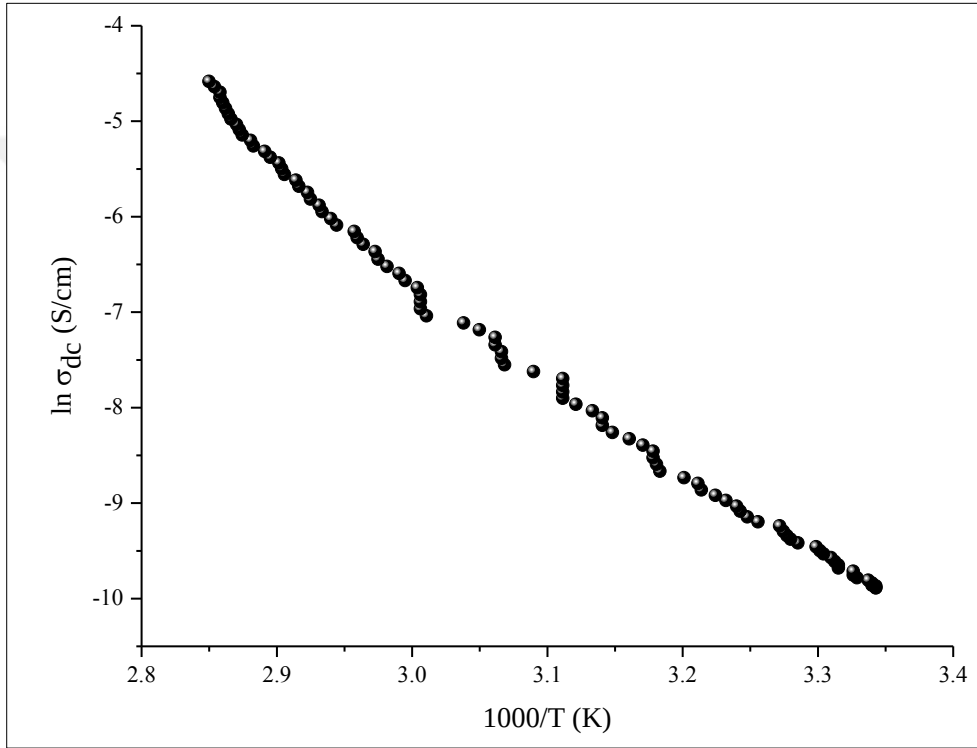
Şekil 3.168. P(3APAMG) ve nanograften kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



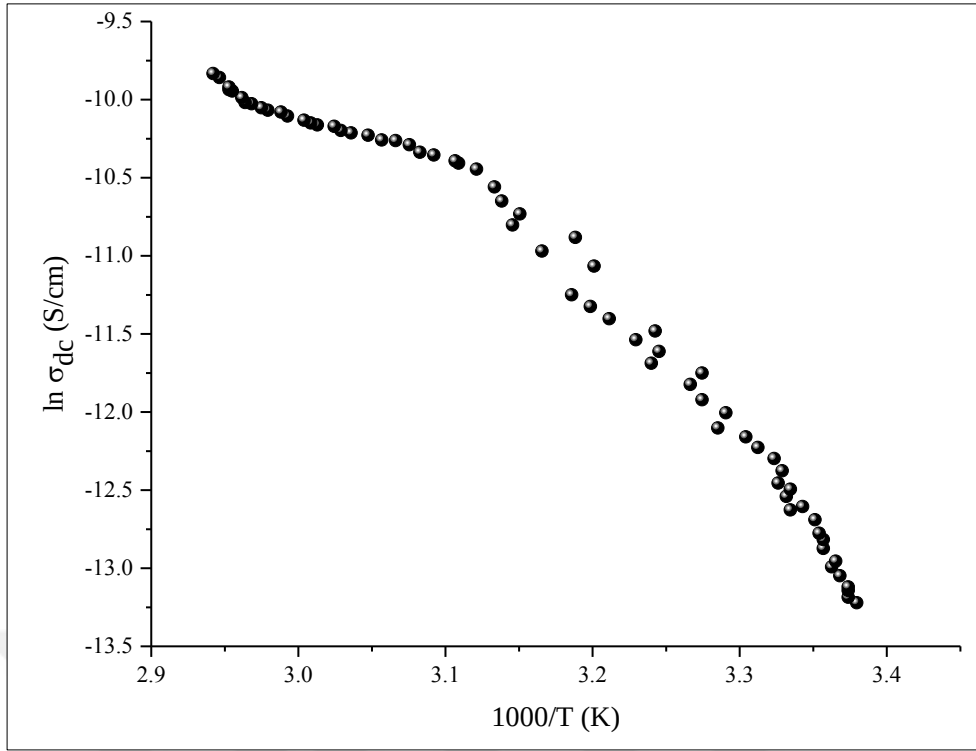
Şekil 3.169. P(3APAMG) ve nanograften kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.101. Farklı oranlarda nanografen katkılı P(3APAMG) aşu kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri

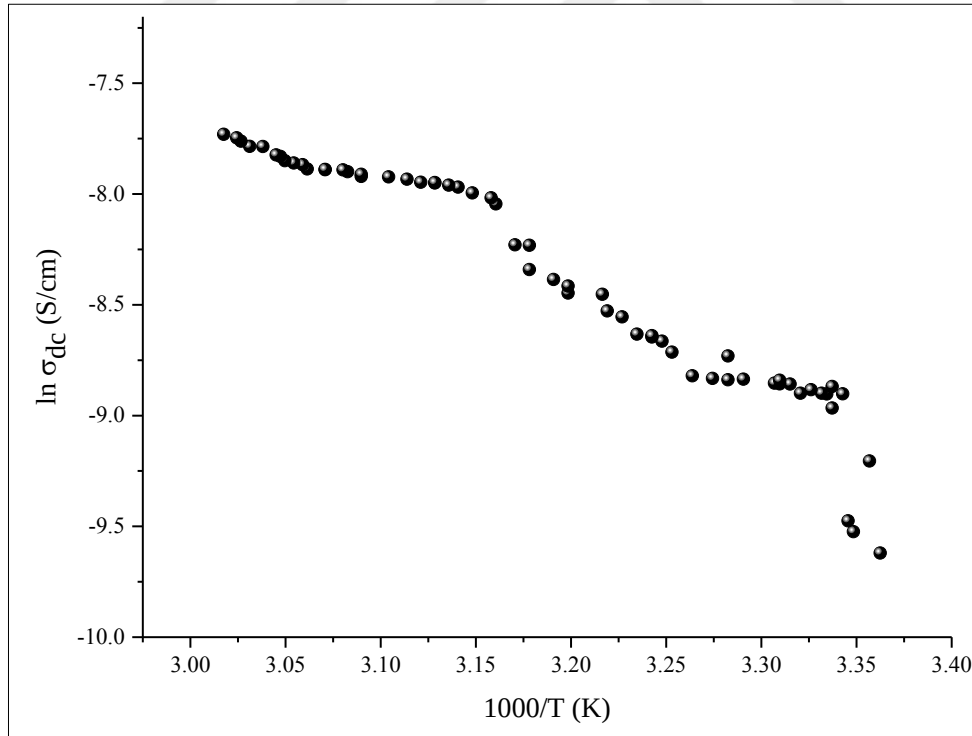
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(3APAMG)/2wt% nanografen	34.49	27.30	1.51×10^{-08}	-7.82
P(3APAMG)/4wt% nanografen	54.96	118.05	5.64×10^{-08}	-7.24
P(3APAMG)/6wt% nanografen	73.12	243.81	8.02×10^{-08}	-7.09



Şekil 3.170. P(3APAMG)/2wt% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği



Şekil 3.171. P(3APAMG)/4wt% nanograften kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

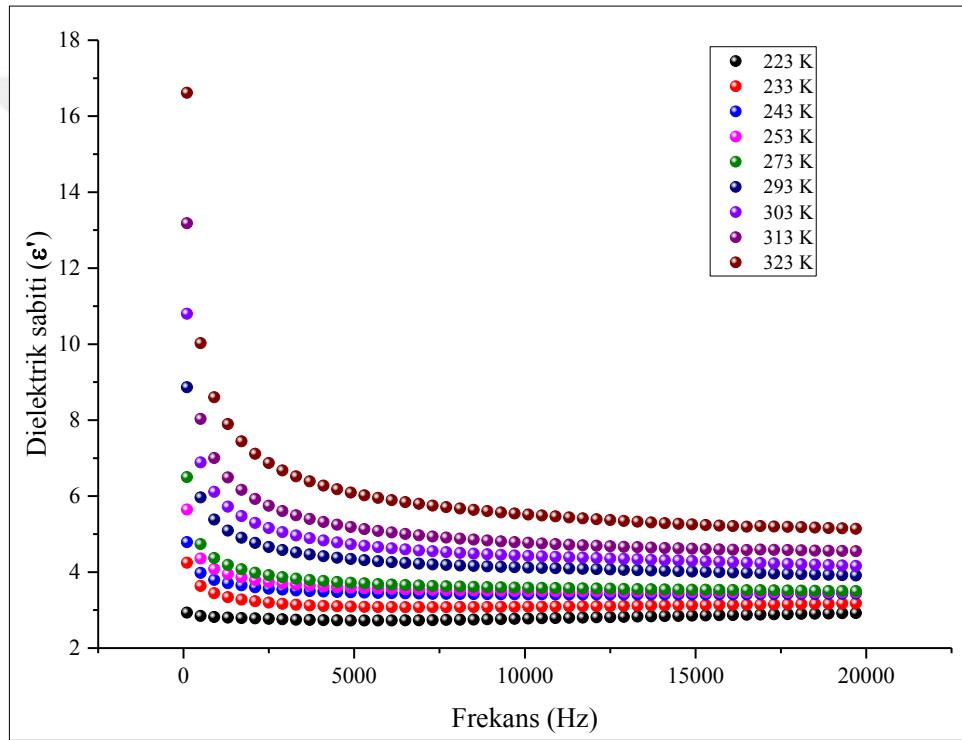


Şekil 3.172. P(3APAMG)/6wt% nanograften kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

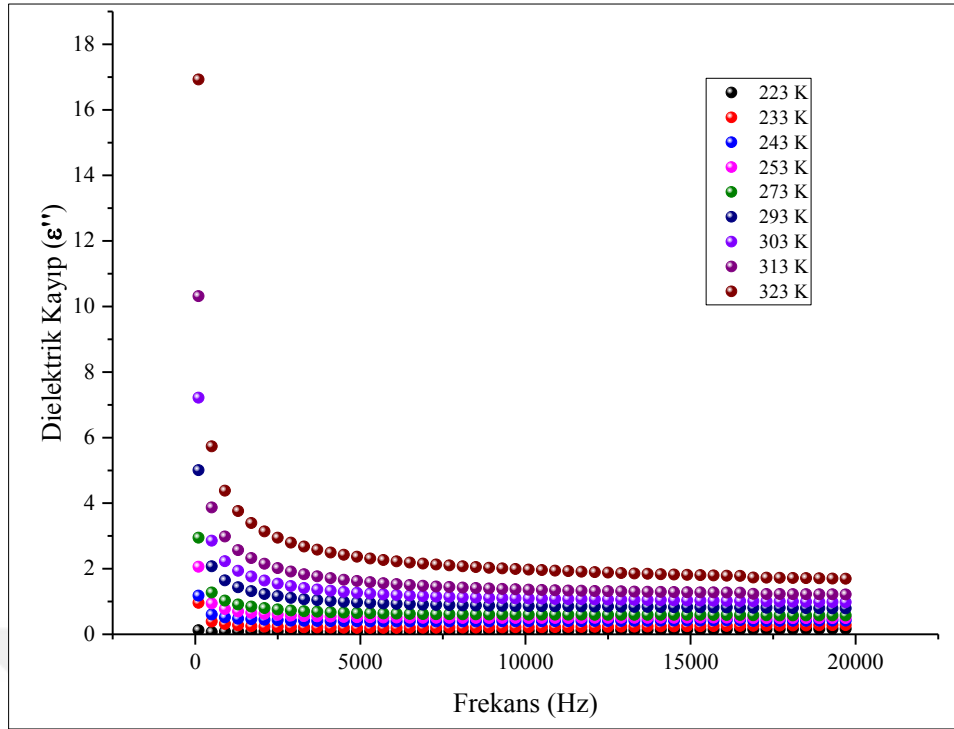
Table 3.102. P(3APAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri

Polimer kompozit	Eğim	Ea(eV)
P(3APAMG)/2wt% nanografen	10.21	0.878
P(3APAMG)/4wt% nanografen	7.42	0.638
P(3APAMG)/6wt% nanografen	4.39	0.377

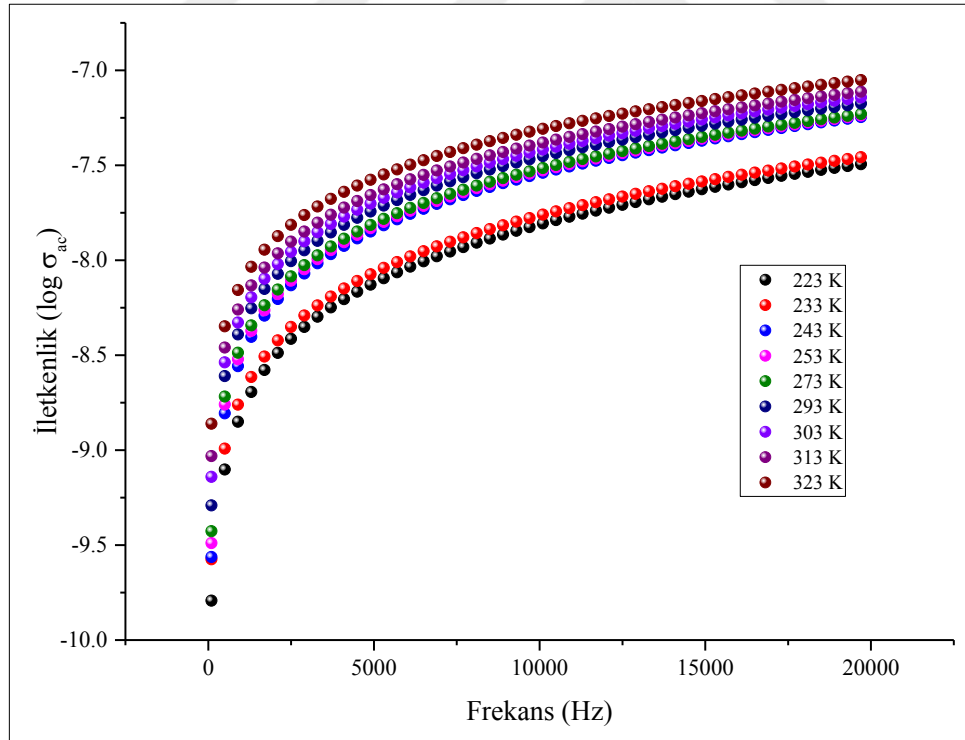
3.25.4. P(4HBAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.173. P(4HBAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitlerinin frekansla değişim grafiği



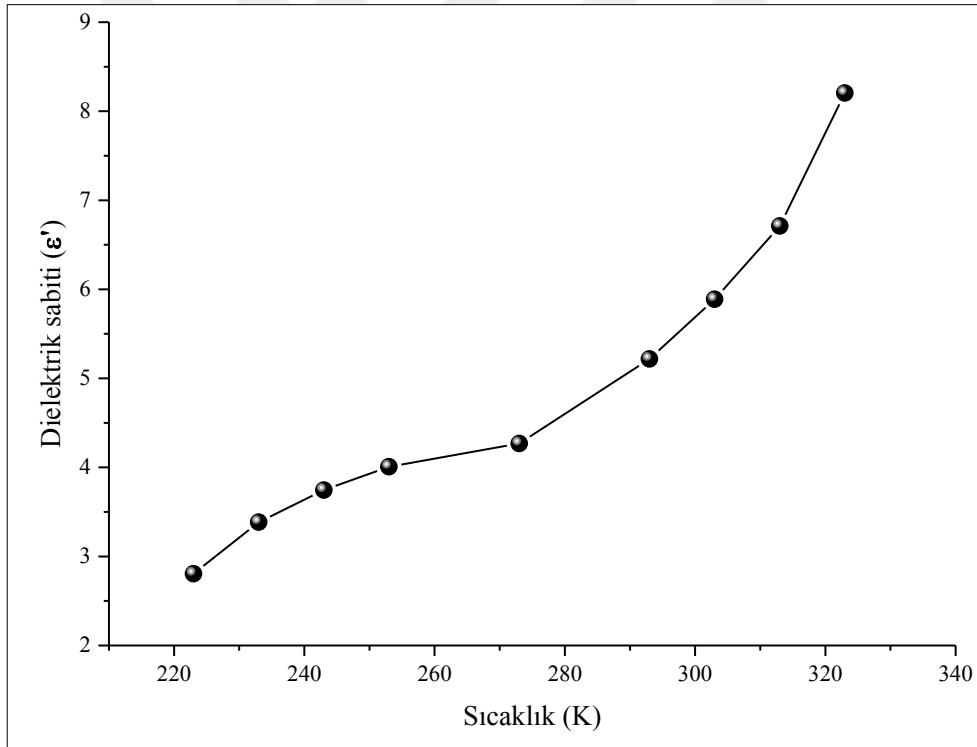
Şekil 3.174. P(4HBAMG)'in farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



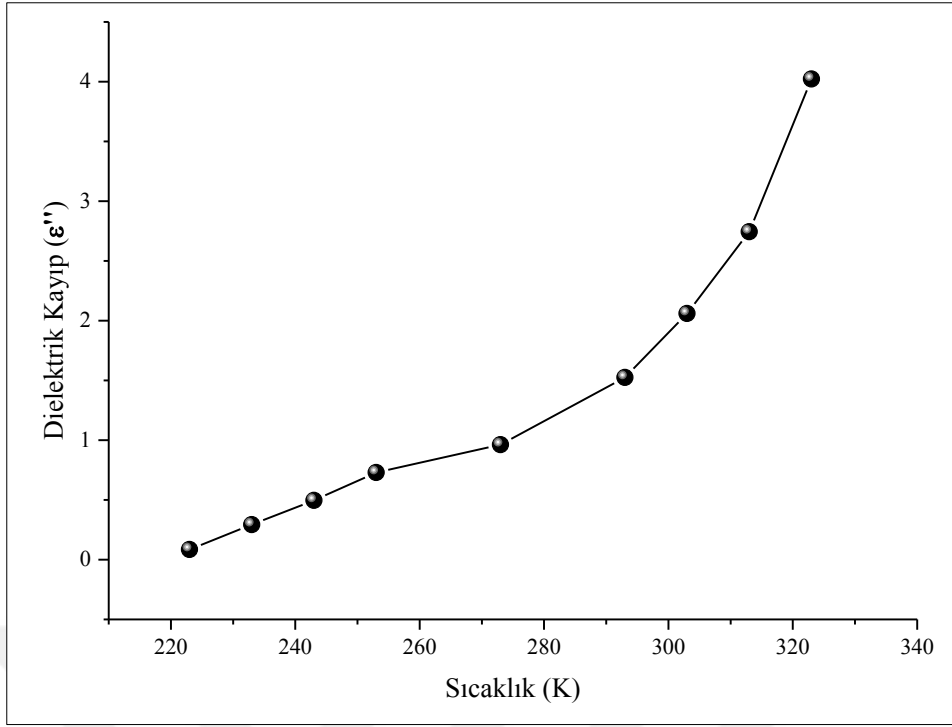
Şekil 3.175. P(4HBAMG)'in farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.103 P(4HBAMG) aşı kopolimerin 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

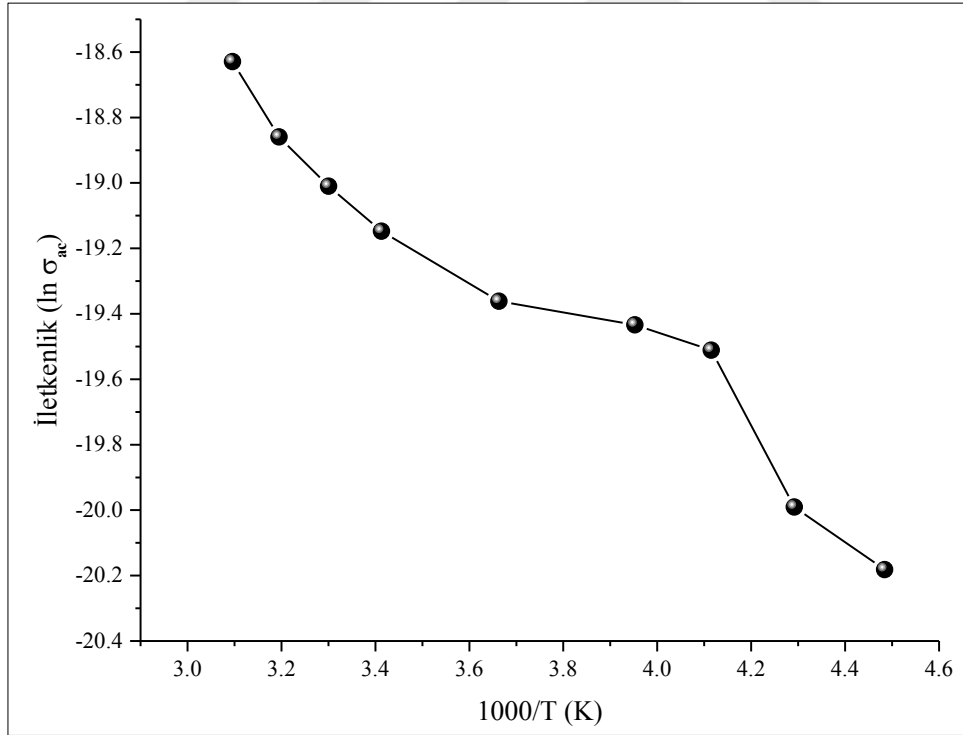
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(4HBAMG)	223 K	2.80	0.085	1.71×10^{-9}	-8.76
	233 K	3.38	0.274	2.08×10^{-9}	-8.68
	243 K	3.74	0.476	3.36×10^{-9}	-8.47
	253 K	4.00	0.693	3.63×10^{-9}	-8.43
	273 K	4.26	0.911	3.90×10^{-9}	-8.40
	293 K	5.21	1.436	4.83×10^{-9}	-8.31
	303 K	5.88	1.935	5.54×10^{-9}	-8.25
	313 K	6.71	2.567	6.44×10^{-9}	-8.19
	323 K	8.20	3.758	8.11×10^{-9}	-8.09



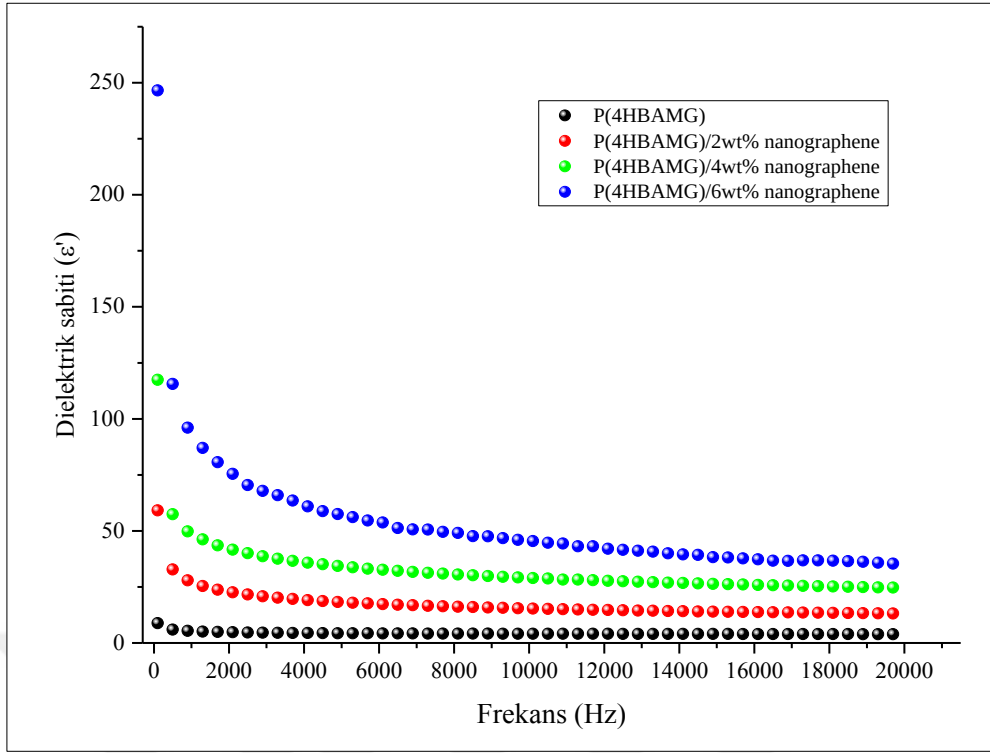
Şekil 3.176. P(4HBAMG)'ın 1 kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



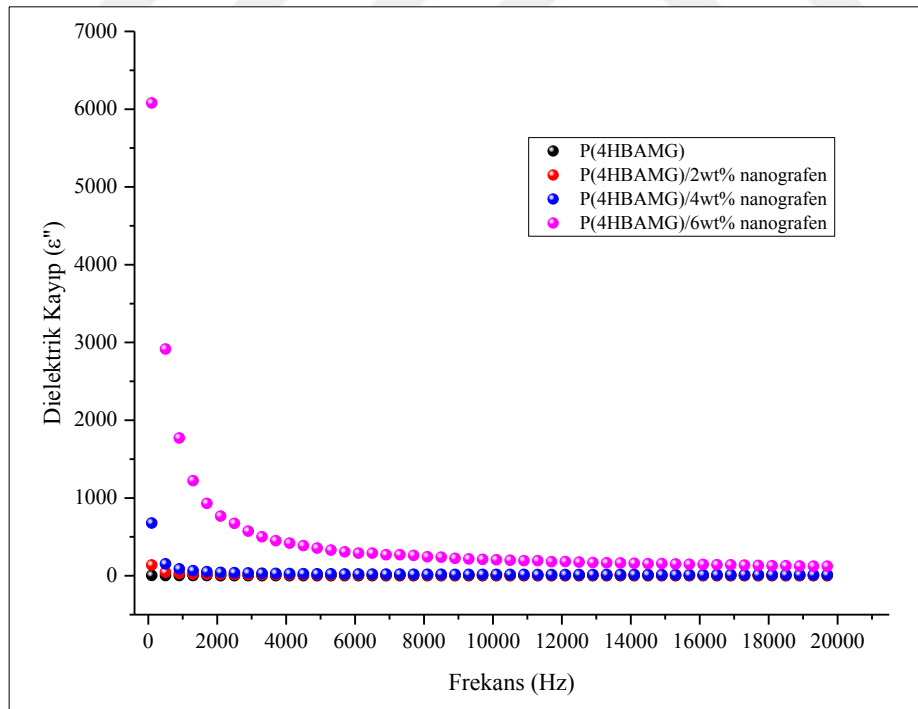
Şekil 3.177. P(4HBAMG)'in 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



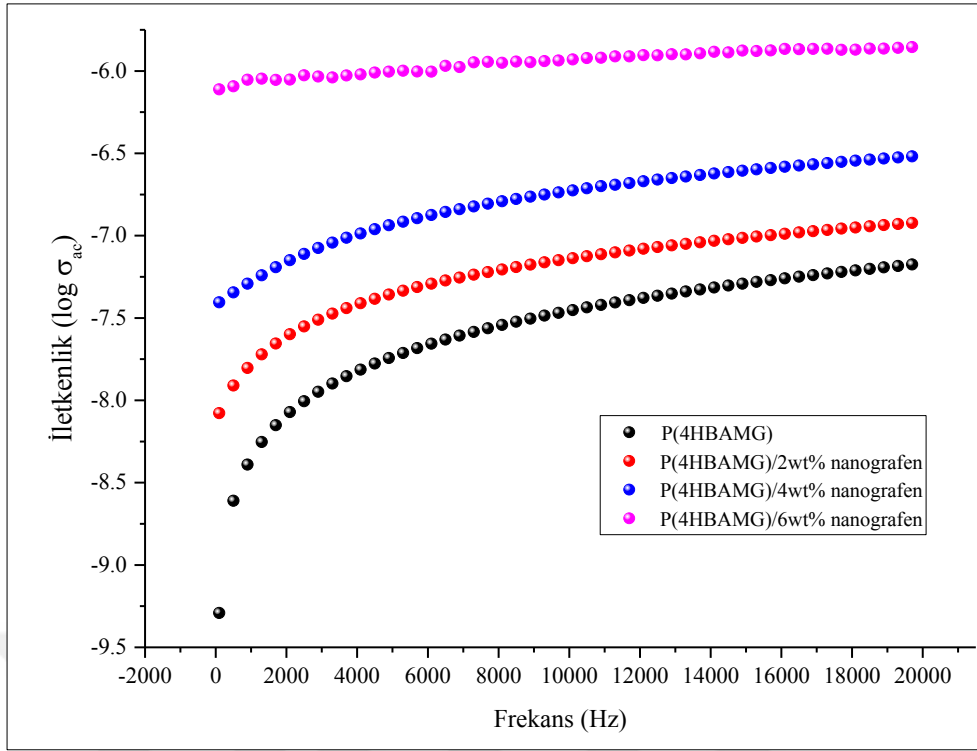
Şekil 3.178. P(4HBAMG)'in 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.179. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



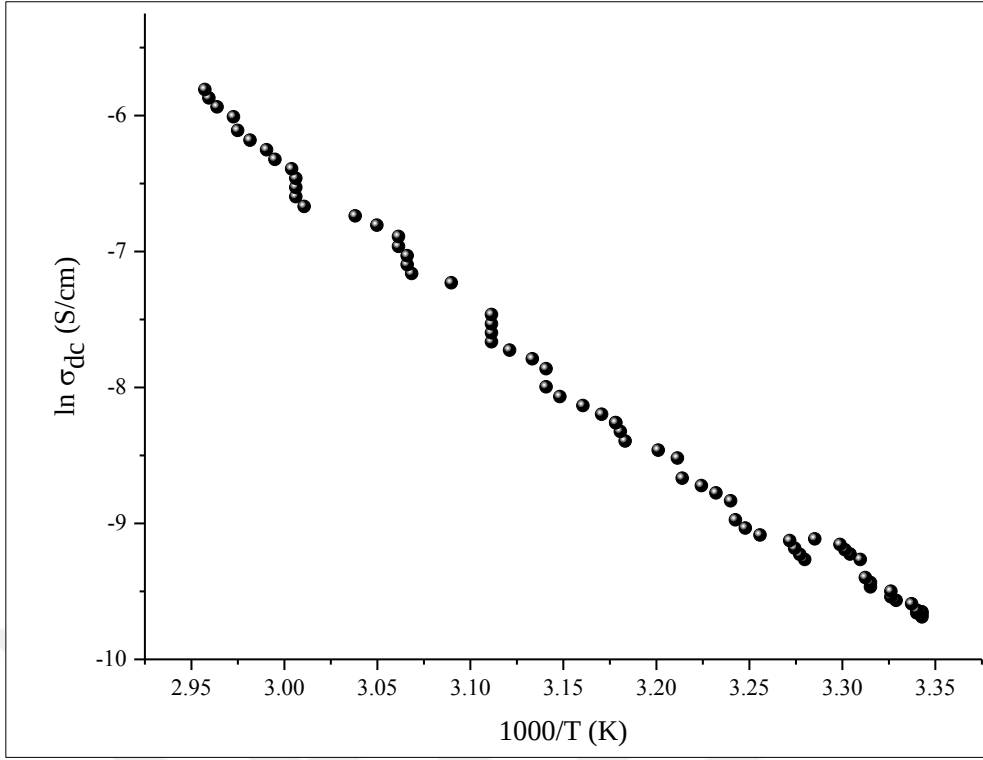
Şekil 3.180. P(4HBAMG) ve nanografen kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



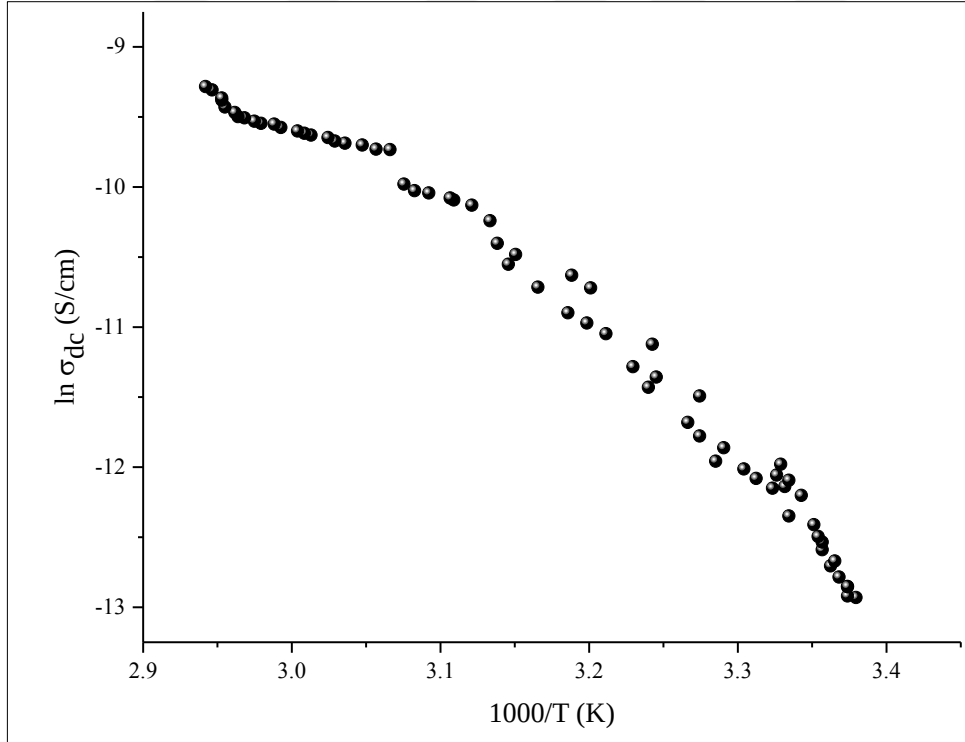
Şekil 3.181. P(4HBAMG) ve nanograft kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.103. Farklı oranlarda nanograft katkılı P(4HBAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri

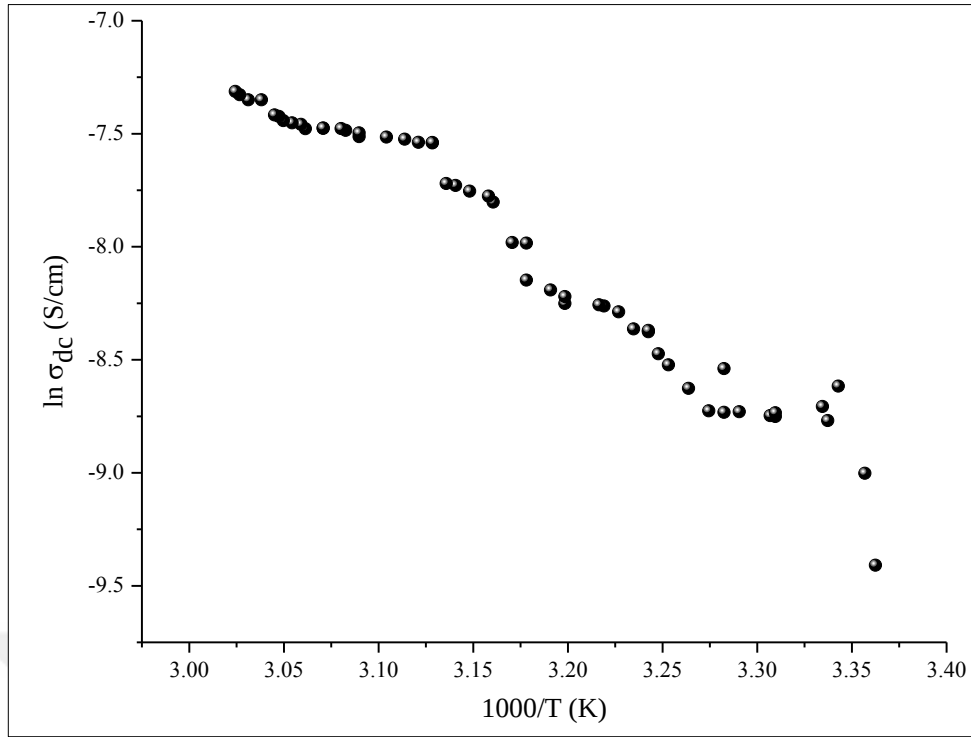
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(4HBAMG)	5.21	1.524	4.89×10^{-09}	-8.31
P(4HBAMG)/2 wt% nanograft	26.52	25.517	1.77×10^{-08}	-7.75
P(4HBAMG)/4 wt% nanograft	47.69	74.519	5.49×10^{-08}	-7.26
P(4HBAMG)6wt% nanograft	90.64	1425.990	8.91×10^{-07}	-6.05



Şekil 3.182. P(4HBAMG)/2wt% nanograften kompozitlerinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.183. P(4HBAMG)/4wt% nanograften kompozitlerinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği

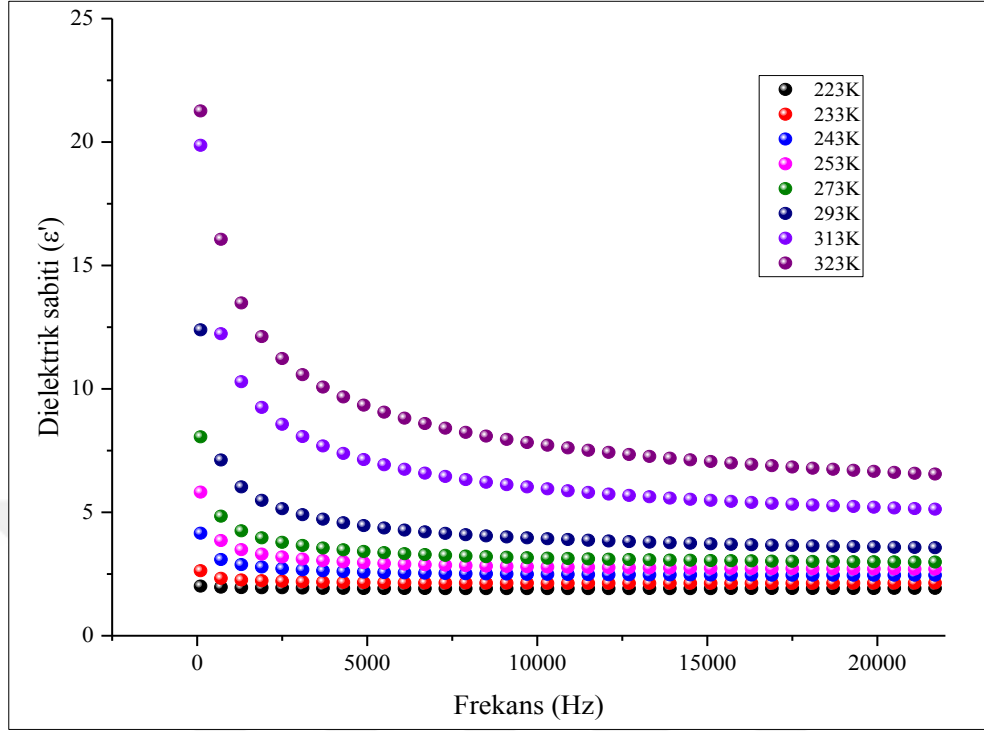


Şekil 3.184. P(4HBAMG)/6wt% nanografen kompozitlerinin DC iletkenliğinin sıcaklıkla değişim grafiği

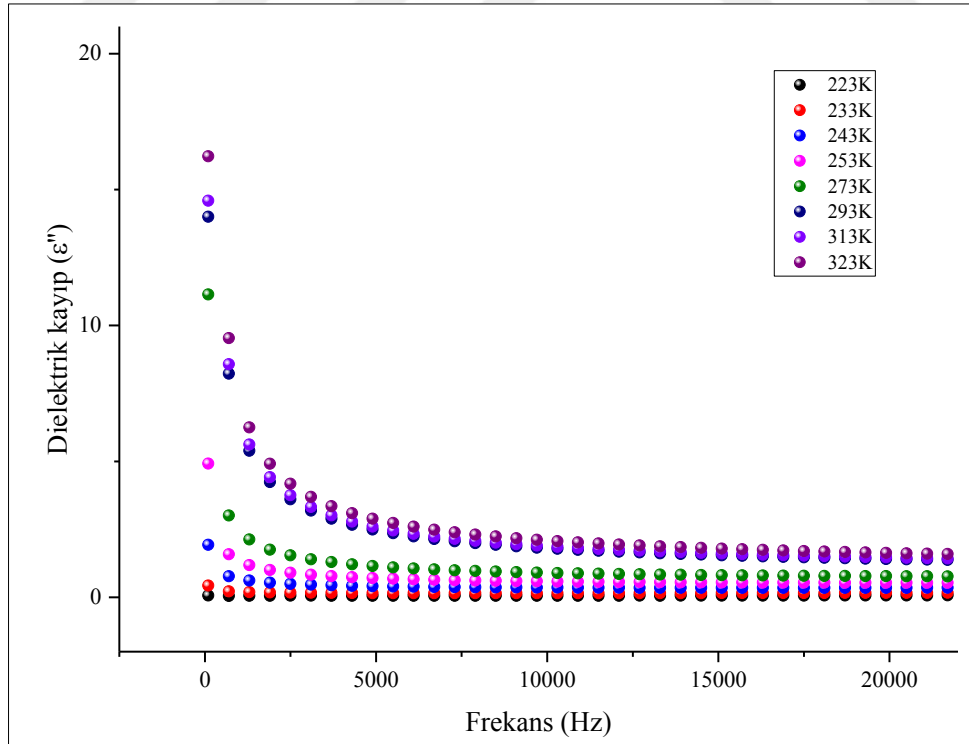
Tablo 3.104. P(4HBAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ_{dc} grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri

Polimer kompozit	Eğim	Ea(eV)
P(4HBAMG)/2 wt% nanografen	9.75	0.838
P(4HBAMG)/4 wt% nanografen	8.13	0.699
P(4HBAMG)/6 wt% nanografen	5.38	0.462

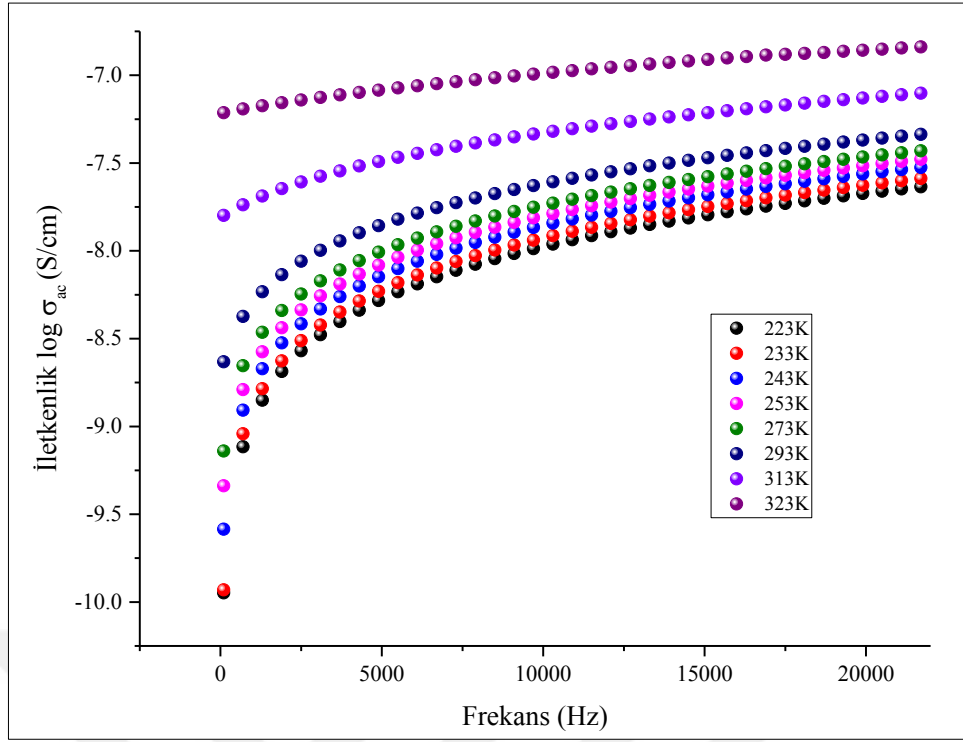
3.25.5. P(5APAMG)' nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.185. P(5APAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



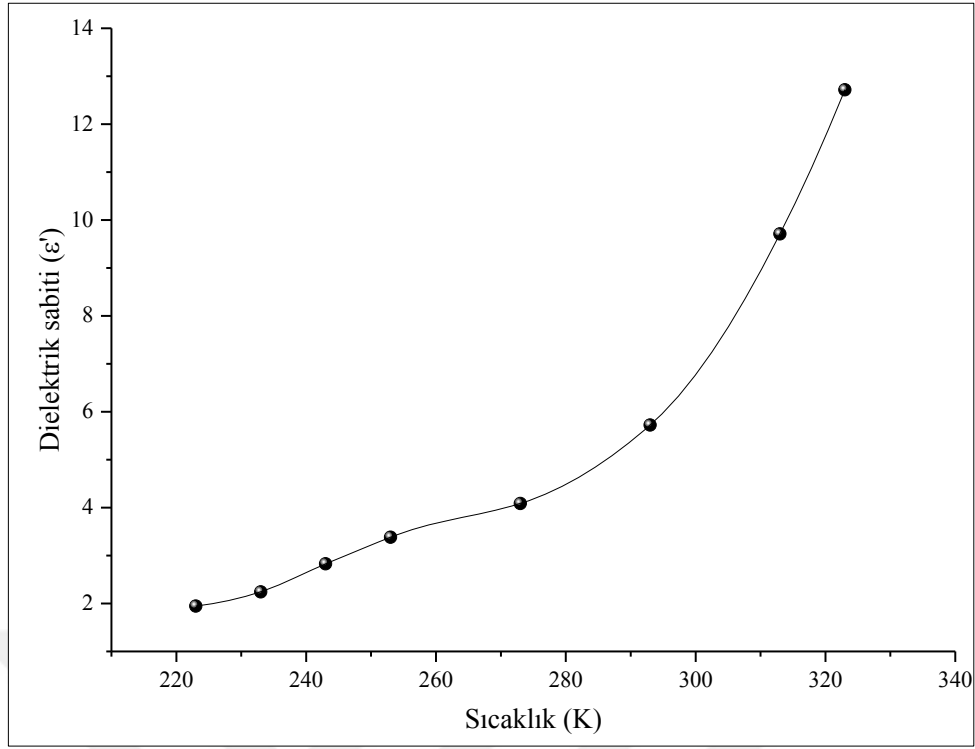
Şekil 3.186. P(5APAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



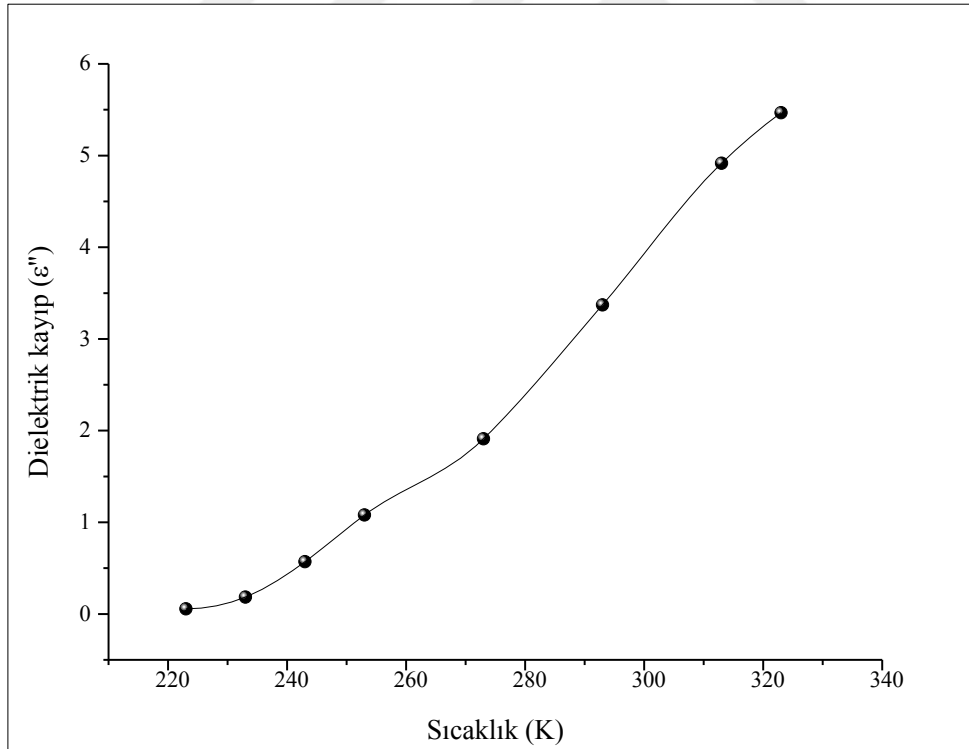
Şekil 3.187. P(5APAMG)’nin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.105. P(5APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

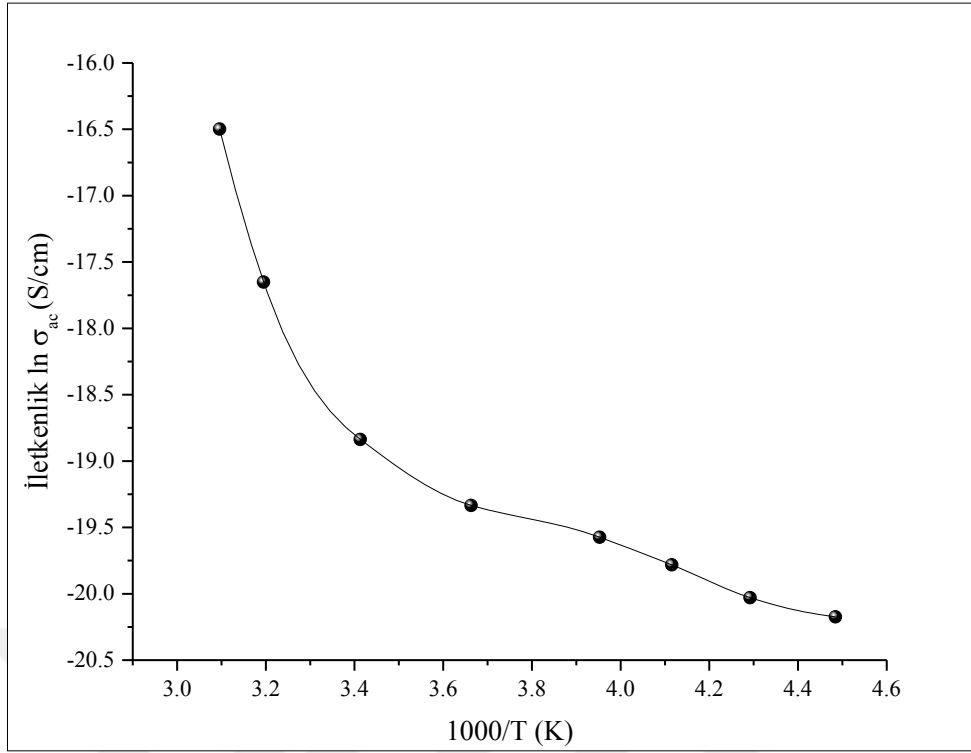
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(5APAMG)	223 K	1.94	0.057	1.41×10^{-09}	-8.85
	233 K	2.25	0.192	1.63×10^{-09}	-8.78
	243 K	2.88	0.616	2.12×10^{-09}	-8.67
	253 K	3.48	1.184	2.65×10^{-09}	-8.57
	273 K	4.24	2.130	3.43×10^{-09}	-8.46
	293 K	6.03	4.716	5.84×10^{-09}	-8.18
	323 K	9.71	4.916	2.15×10^{-09}	-7.66
	323 K	12.71	5.467	6.83×10^{-09}	-7.16



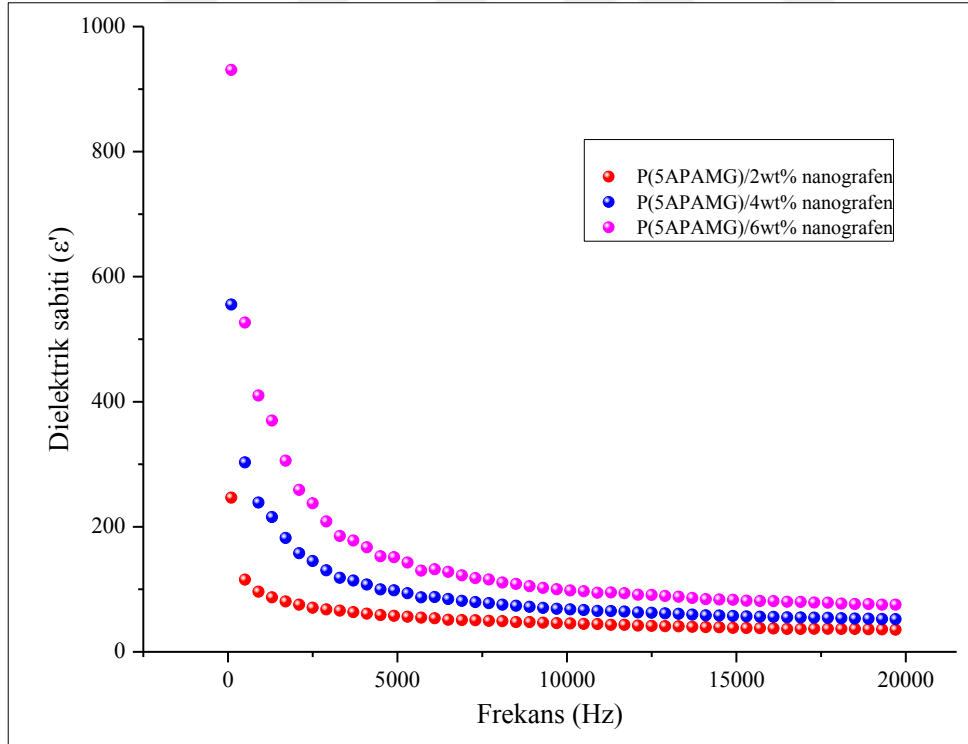
Şekil 3.188. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



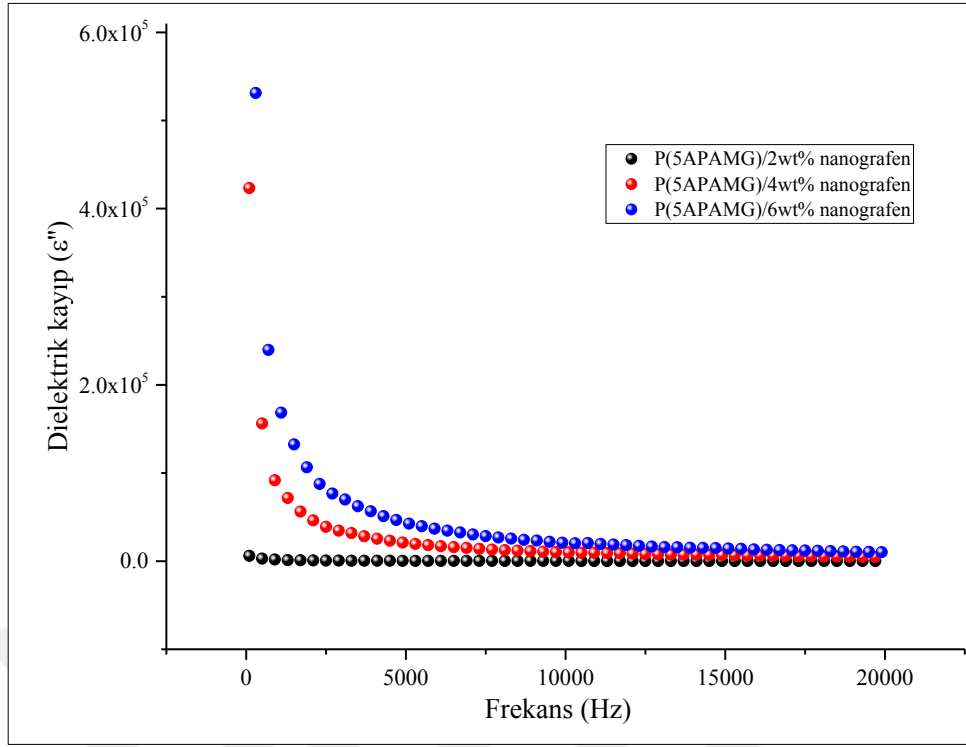
Şekil 3.189. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



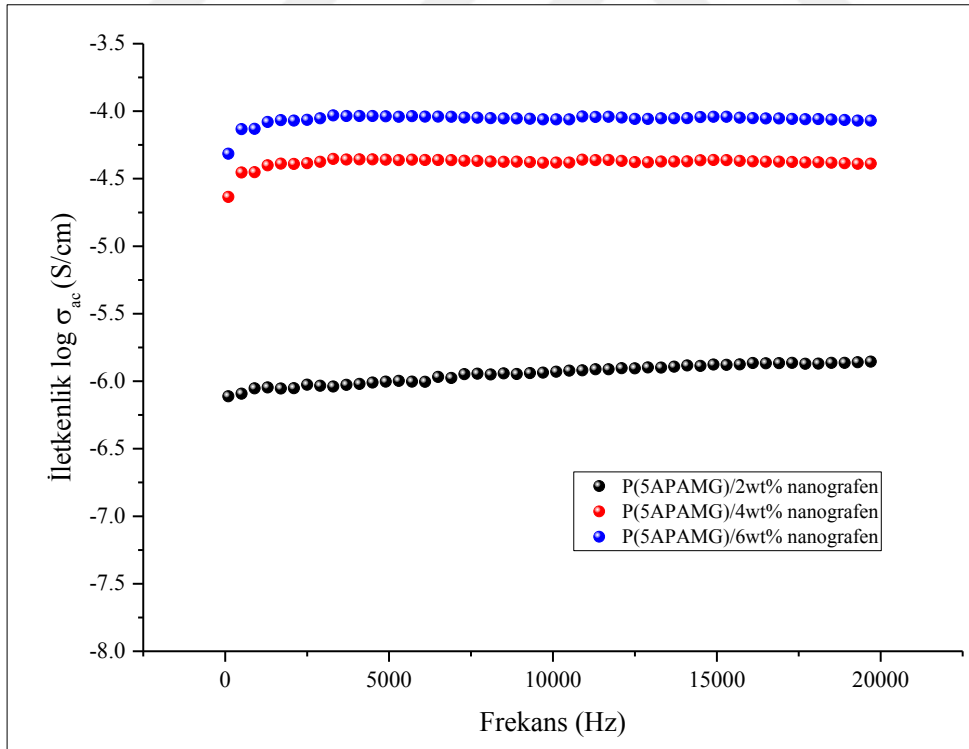
Şekil 3.190. P(5APAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.191. P(5APAMG) ve nanograde kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



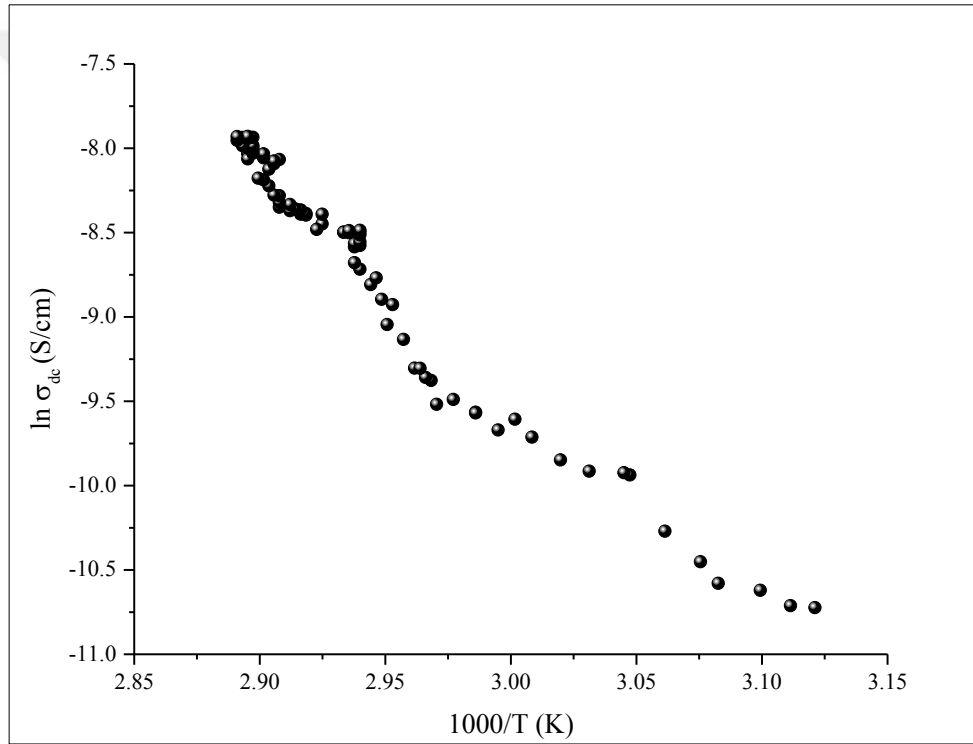
Şekil 3.192. P(5APAMG) ve nanograde kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



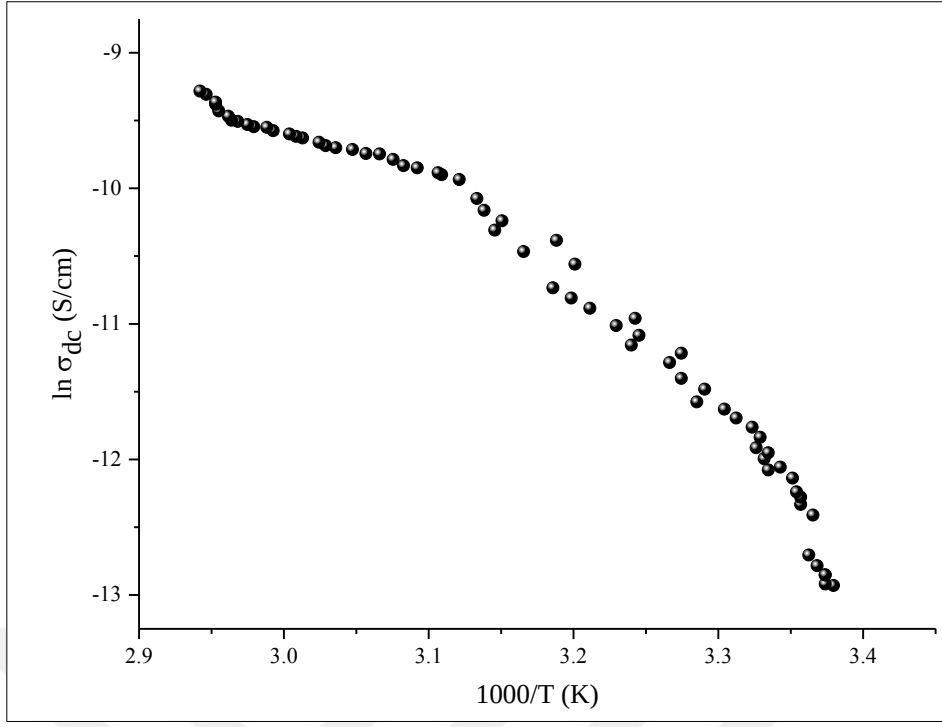
Şekil 3.193. P(5APAMG)ve nanograde kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.106. Farklı oranlarda nanografen katkılı P(5APAMG) aşırı kopolimerin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri

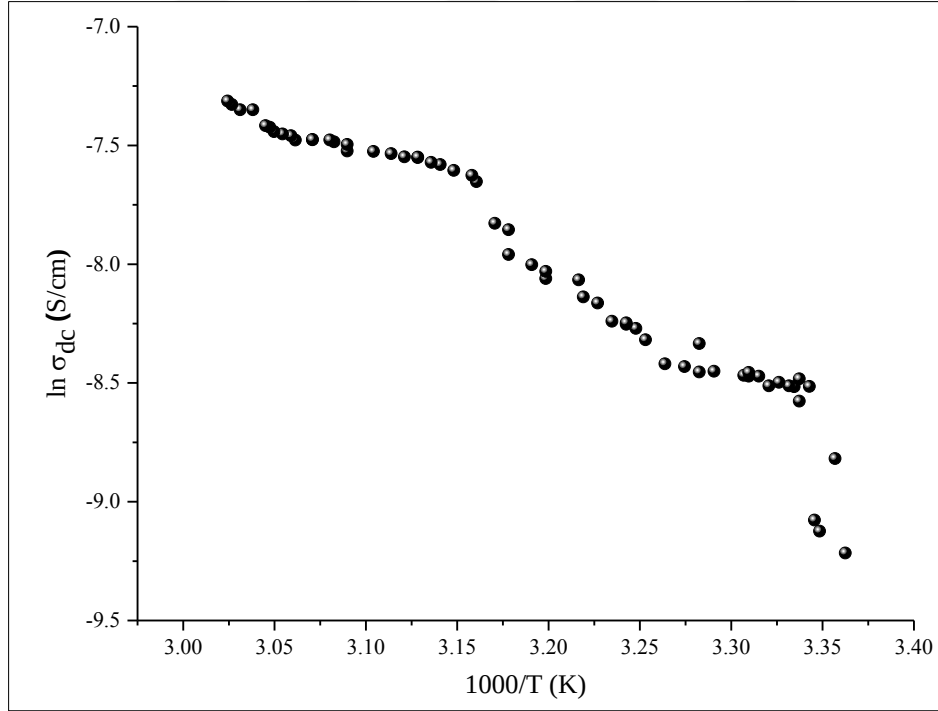
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$
P(5APAMG)	6.03	4.716	5.84×10^{-09}	-8.18
P(5APAMG)/2wt% nanografen	90.64	1425.990	8.75×10^{-07}	-6.05
P(5APAMG)/4wt% nanografen	228.38	80114.193	3.74×10^{-05}	-4.42
P(5APAMG)/6wt% nanografen	393.54	168416.099	7.85×10^{-05}	-4.10



Şekil 3.194. P(5APAMG)/2wt% nanografen kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.195. P(5APAMG)/4wt% nanograften kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği

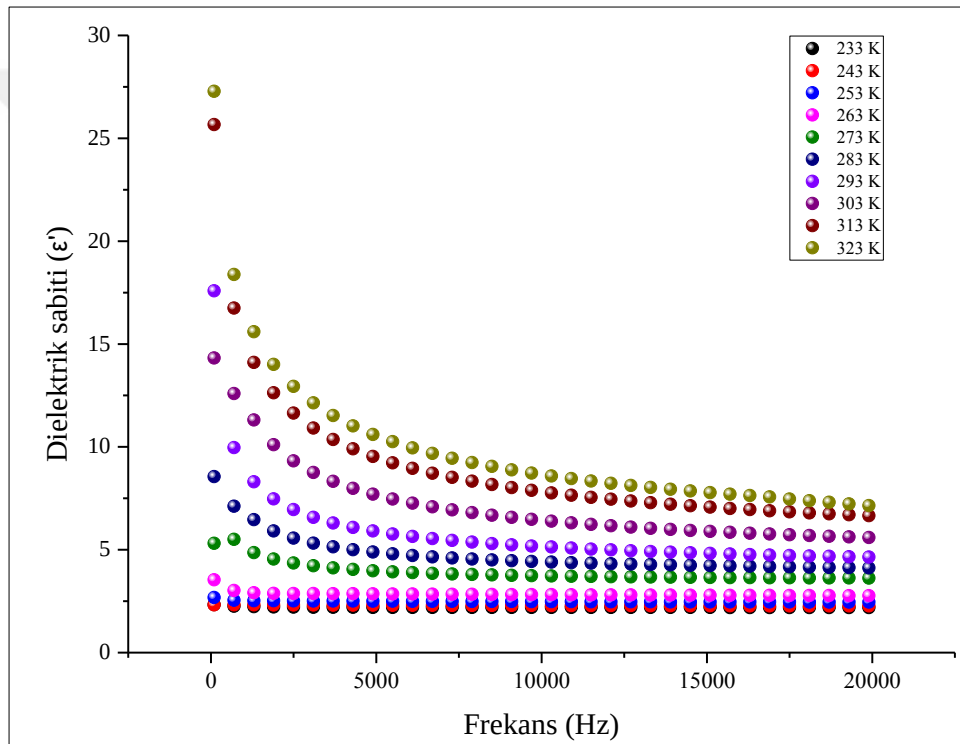


Şekil 3.196. P(5APAMG)/6wt% nanograften kompozitinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği

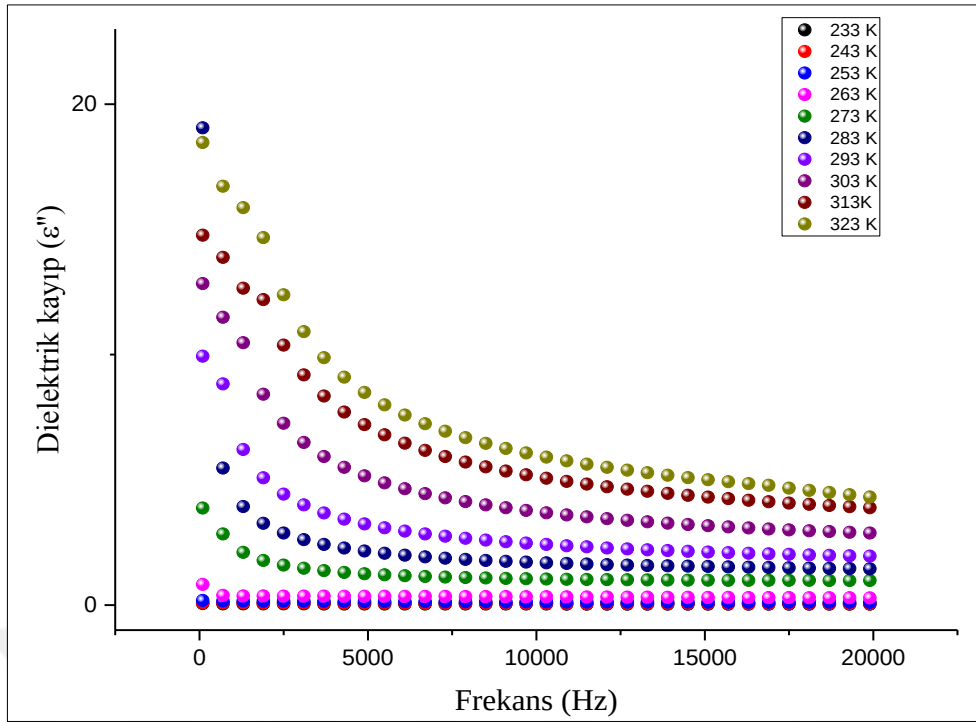
Table 3.107. P(5APAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-ln σ dc grafiklerinden belirlenen eğim ve aktivasyon enerji değerleri

Polimer kompozit	Eğim	Ea(eV)
P(5APAMG)/2wt% nanografen	13.54	1.164
P(5APAMG)/4wt% nanografen	7.12	0.612
P(5APAMG)/6wt% nanografen	4.61	0.396

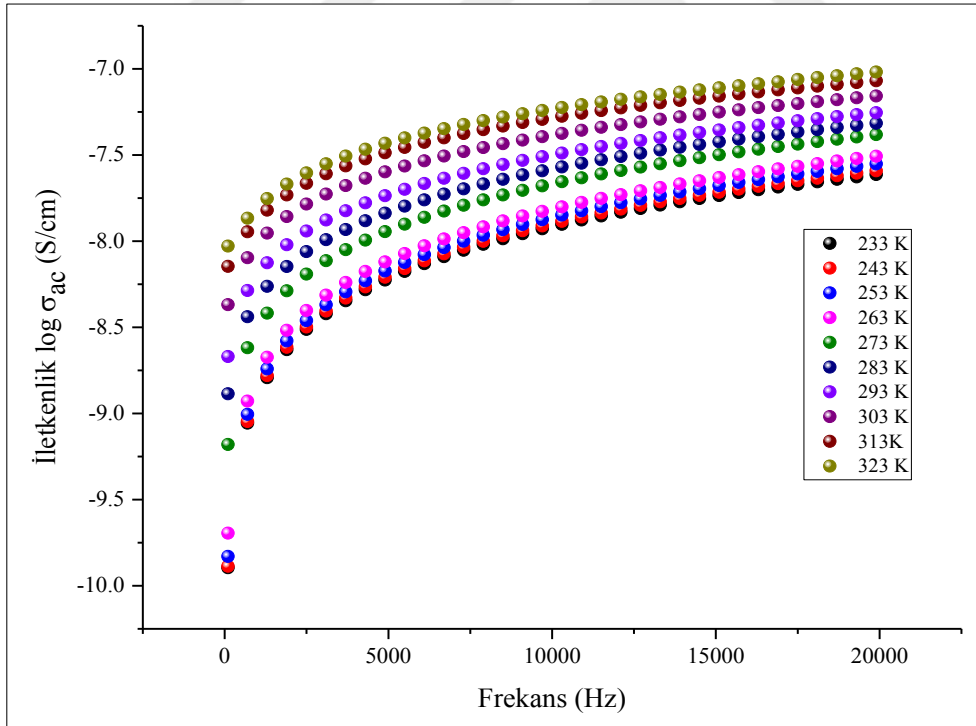
3.25.6. P(6AHAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.197. P(6AHAMG)'in farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



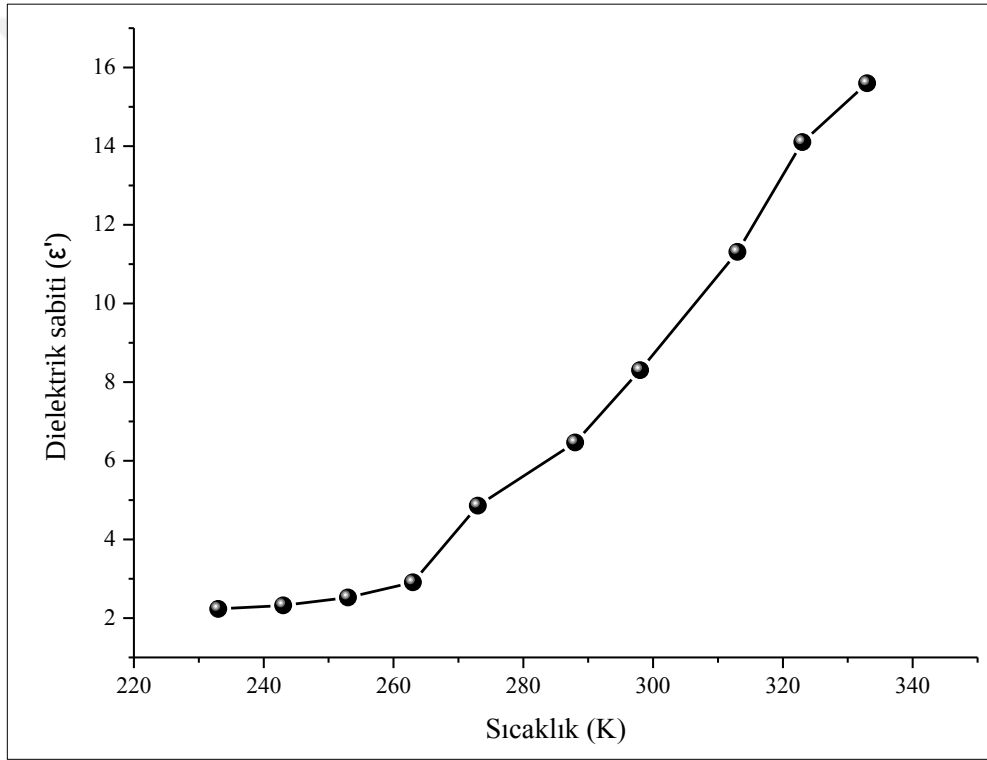
Şekil 3.198. P(6AHAMG)'in farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği

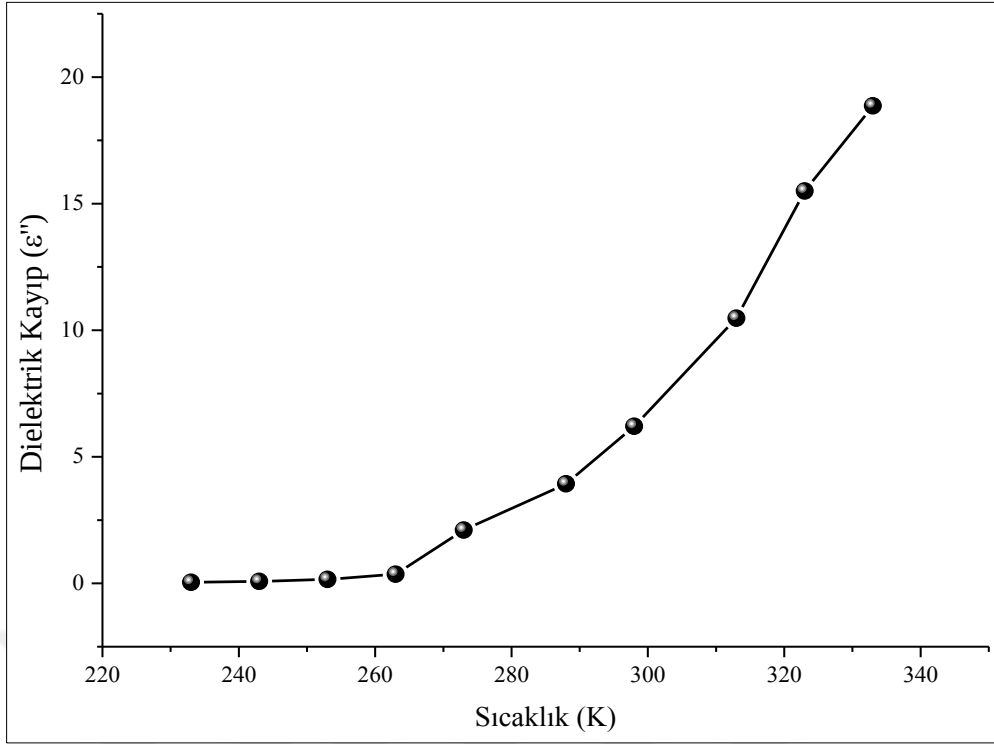


Şekil 3.199. P(6AHAMG)'in farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

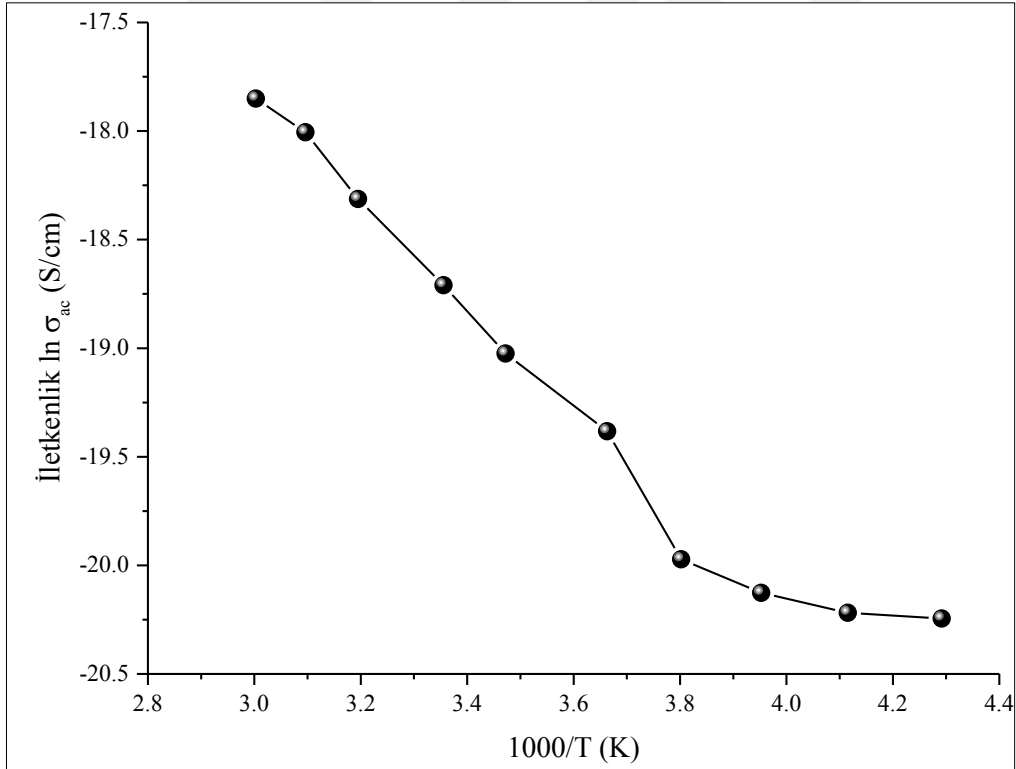
Tablo 3.107. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	$\log \sigma_{ac}$	Tan δ
P(6AHAMG)	223 K	2.23	0.043	1.61×10^{-09}	-20.245	0.019
	233 K	2.32	0.079	1.66×10^{-09}	-20.218	0.034
	243 K	2.52	0.159	1.82×10^{-09}	-20.126	0.063
	253 K	2.23	0.043	1.61×10^{-09}	-20.245	0.019
	273 K	4.85	2.104	3.82×10^{-09}	-19.382	0.433
	293 K	10.63	9.27	1.25×10^{-08}	-18.190	0.748
	313 K	14.10	15.501	1.51×10^{-08}	-18.005	1.099
	323 K	15.59	18.866	1.77×10^{-08}	-17.850	1.210

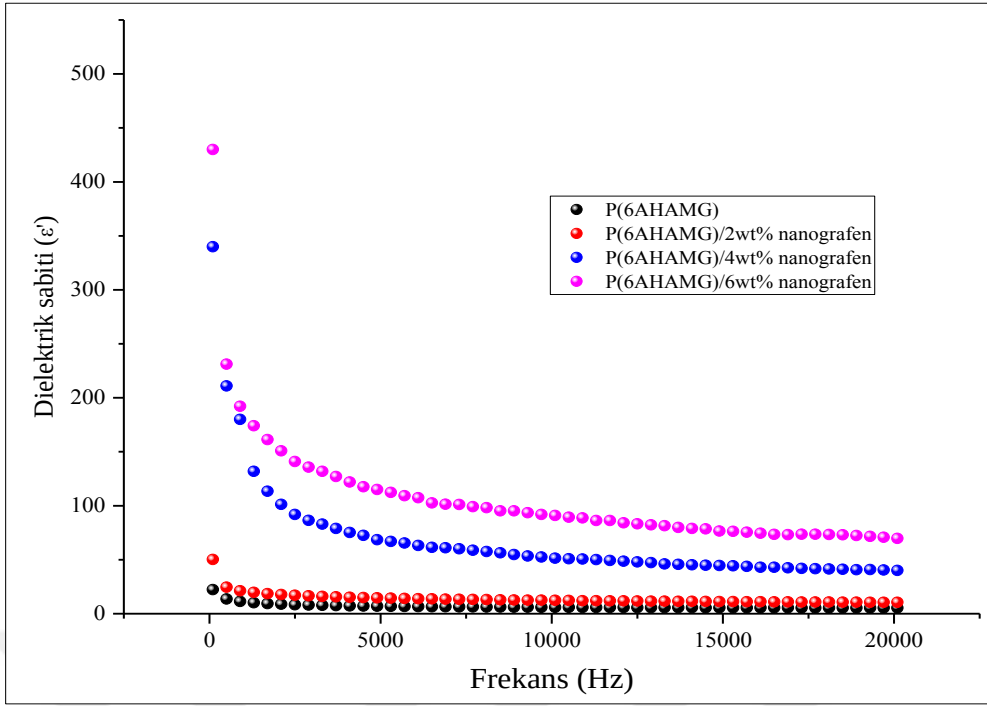
**Şekil 3.200.** P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



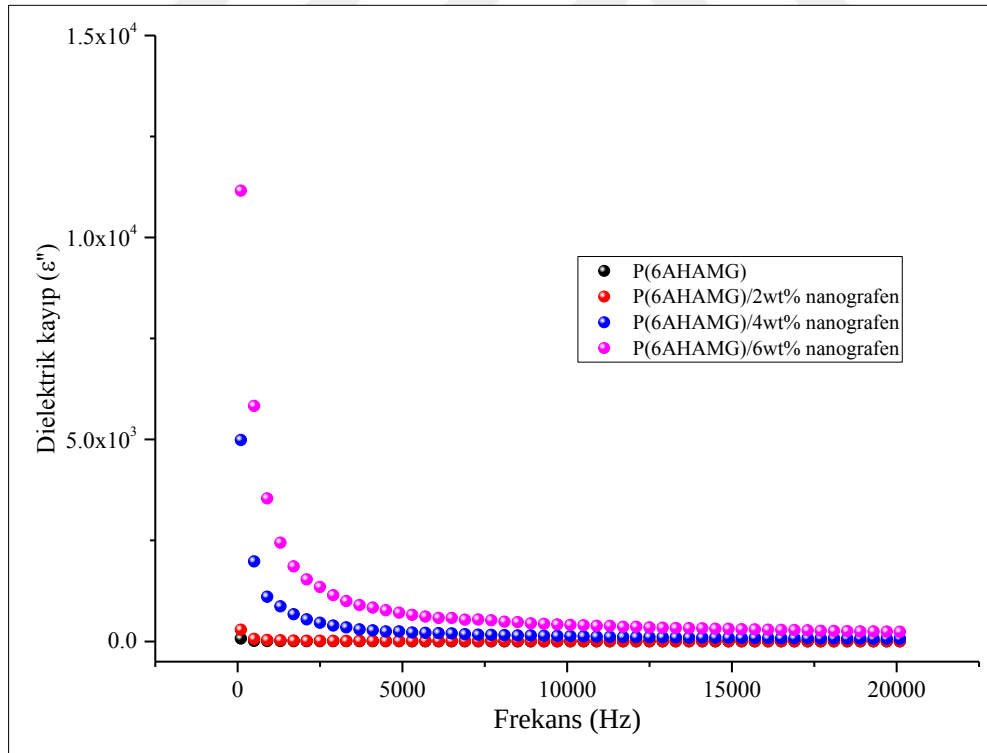
Şekil 3.201. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



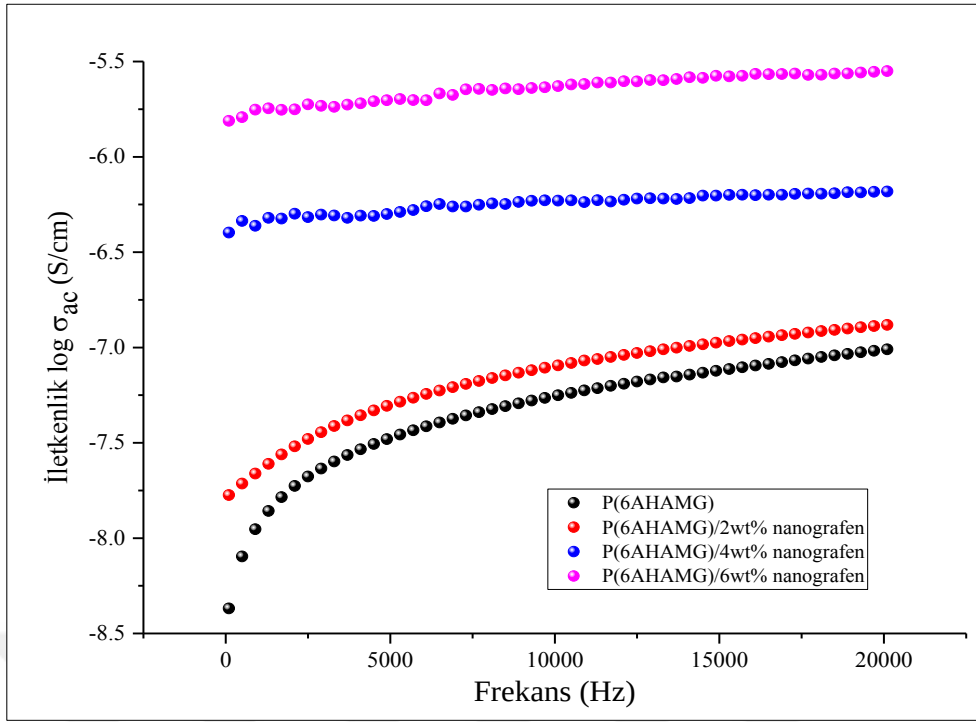
Şekil 3.202. P(6AHAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.203. P(6AHAMG) ve nanograft kompozitlerinin farklı sıcaklıkta dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



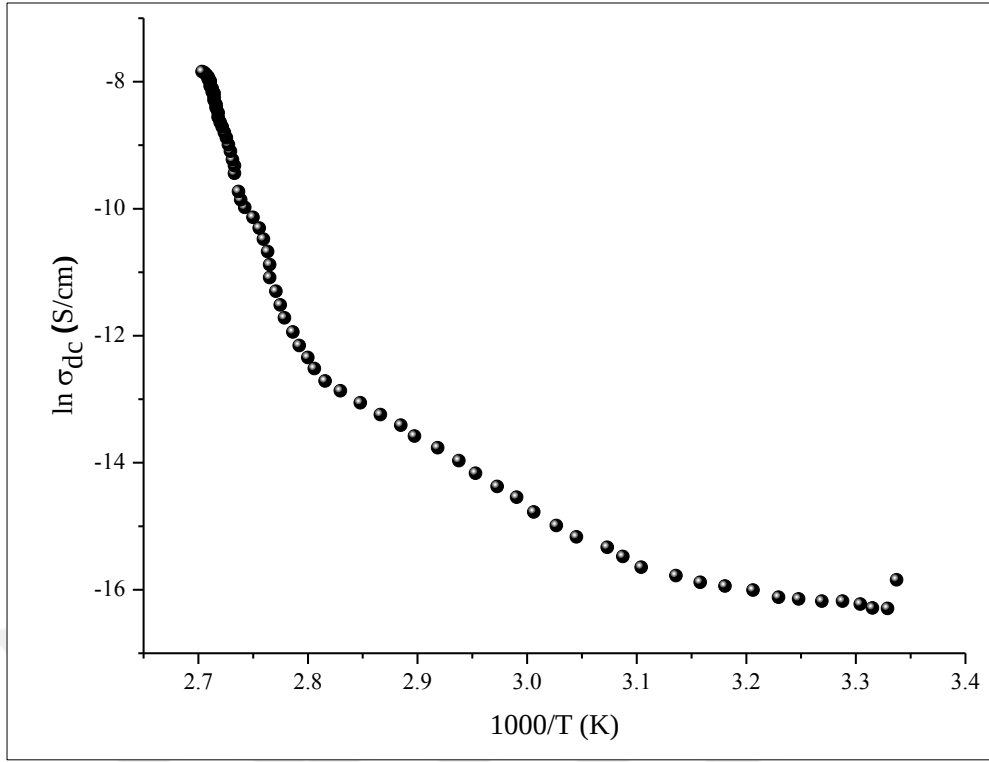
Şekil 3.204. P(6AHAMG) ve nanograft kompozitlerinin farklı sıcaklıkta dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



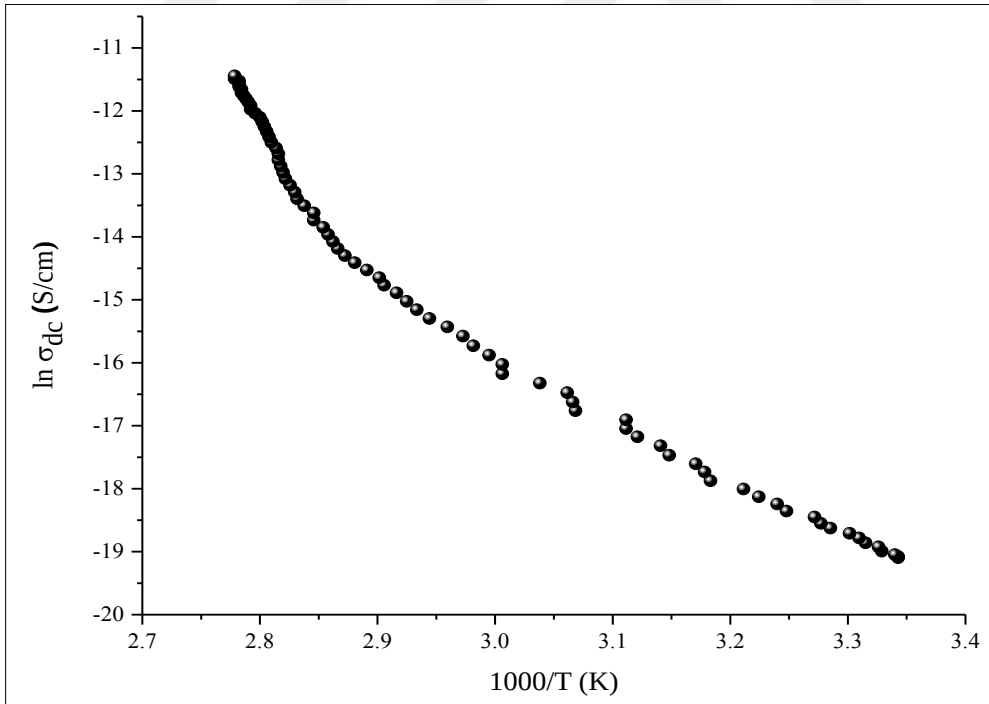
Şekil 3.205. P(6AHAMG) ve nanograft kompozitlerinin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.108. P(6AHAMG) ve nanograft kompozitlerinin 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki dielektrik özellikleri

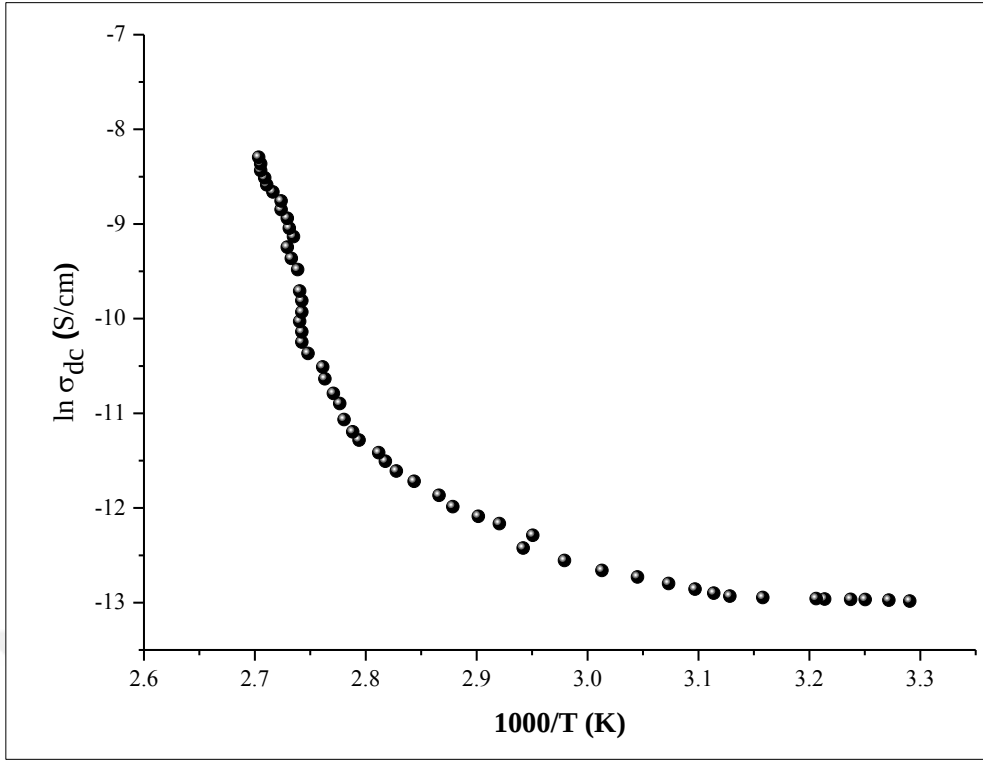
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik kayıp (ϵ'')	İletkenlik ($\log \sigma_{ac}$)	Sigma (σ_{ac})
P(6AHAMG)	10.63	9.27	-7.90	1.25×10^{-08}
P(6AHAMG)/2wt% nanograft	20.38	31.84	-7.63	2.32×10^{-08}
P(6AHAMG)/4wt% nanograft	149.40	983.35	-6.32	4.75×10^{-07}
P(6AHAMG)/6wt% nanograft	181.28	2851.98	-5.76	1.75×10^{-06}



Şekil 3.206. P(6AHAMG)/2wt% nanograften kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği



Şekil 3.207. P(6AHAMG)/4wt% nanograften kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

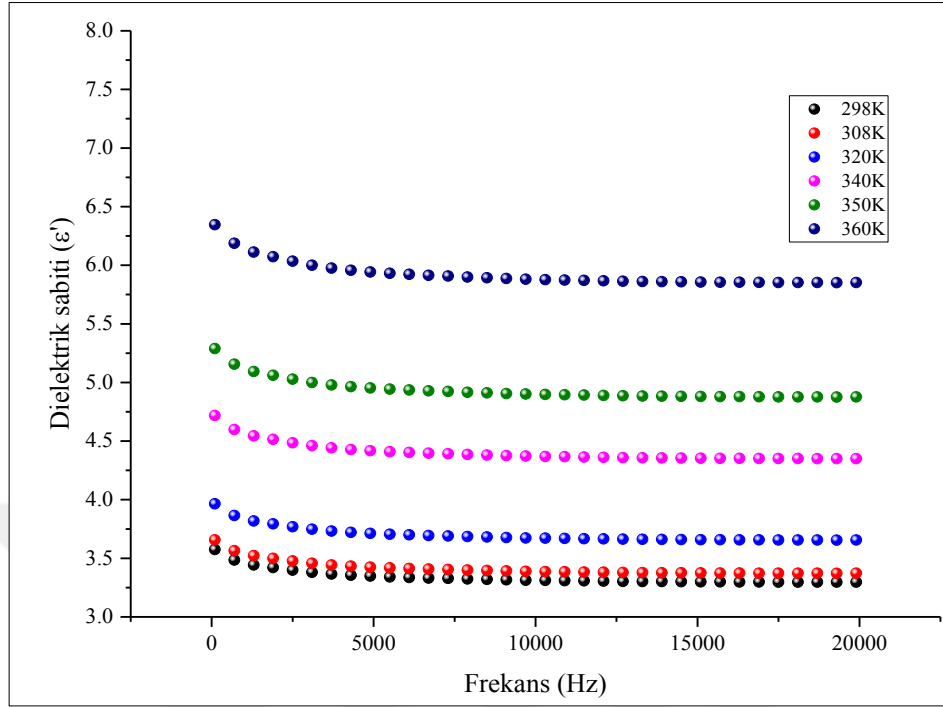


Şekil 3.208. P(6AHAMG)/6wt% nanograften kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

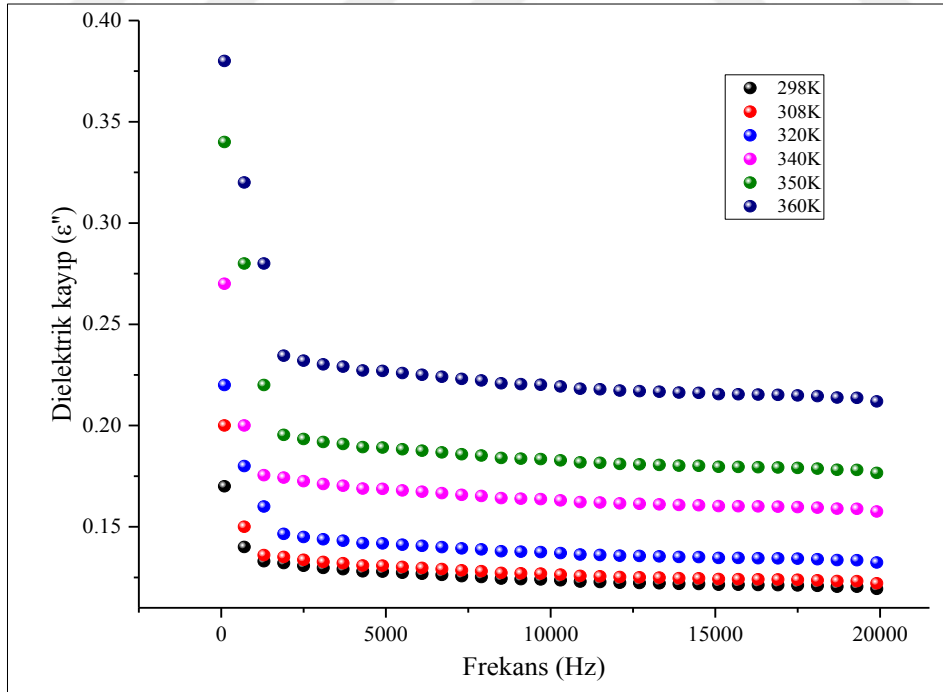
Tablo 3.109. P(6AHAMG)/nanograften kompozitlerinin 1/T-lnσ_{dc} grafiklerinin değerlendirilmesi

Kompozit	Eğim	Ea (eV)
P(6AHAMG)/2wt% nanograften	14.18	1.219
P(6AHAMG)/4wt% nanograften	13.03	1.120
P(6AHAMG)/6wt% nanograften	9.47	0.814

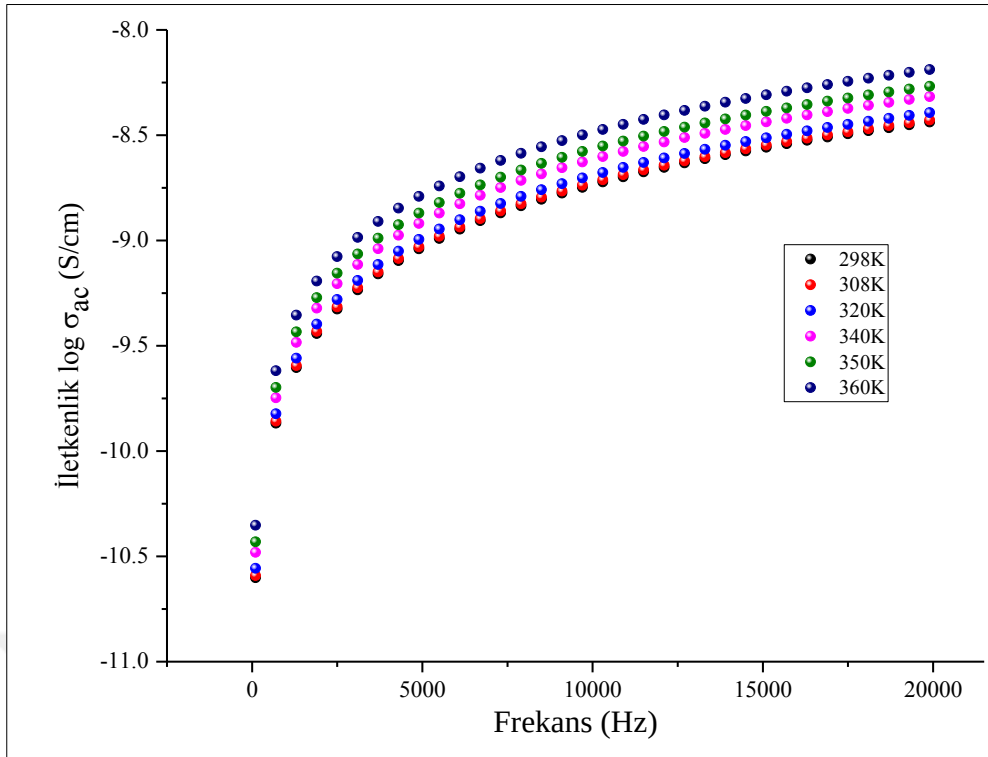
3.25.7. P(2AFAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.209. P(2AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



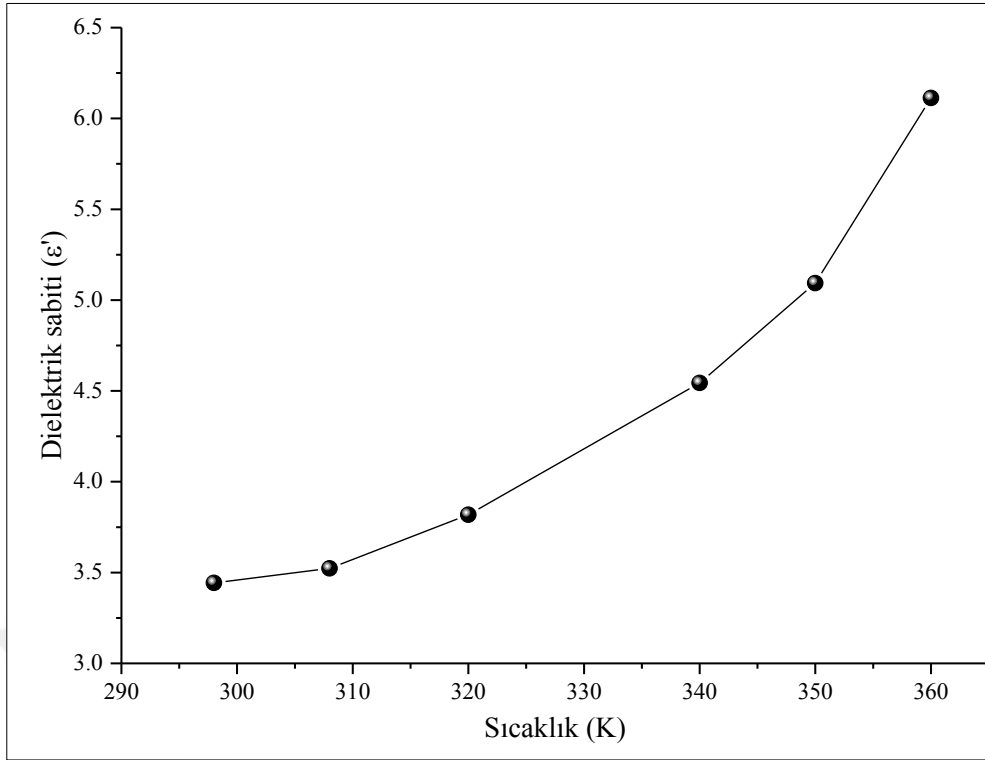
Şekil 3.210. P(2AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



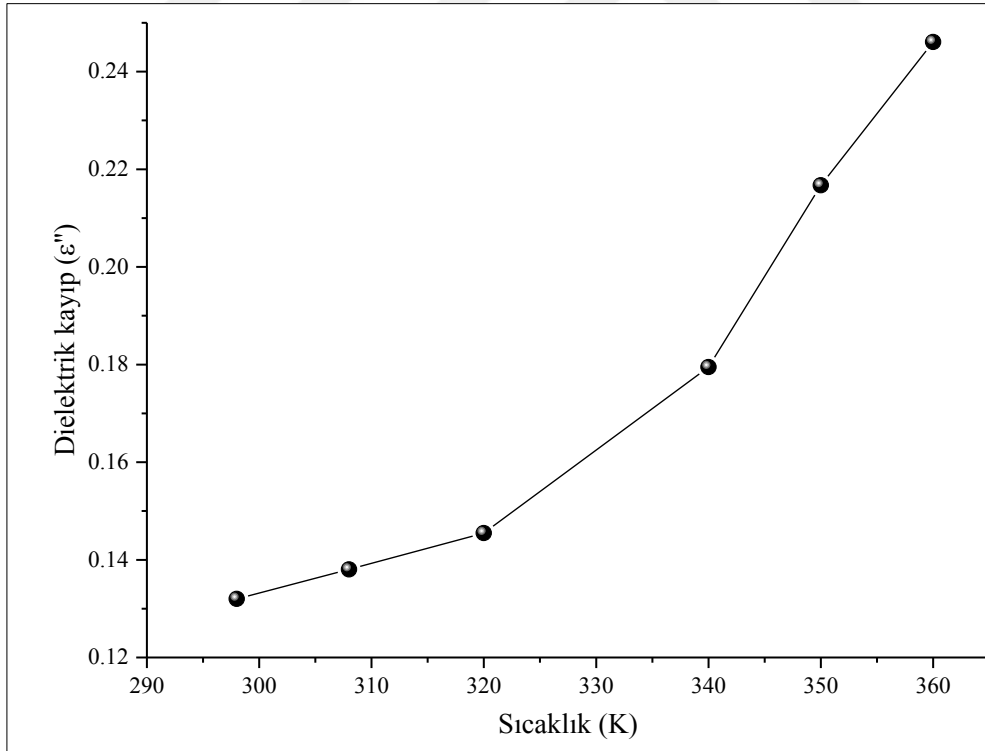
Şekil 3.211. P(2AFAMG)’nin farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.110. P(2AFAMG) aşı kopolimerin 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

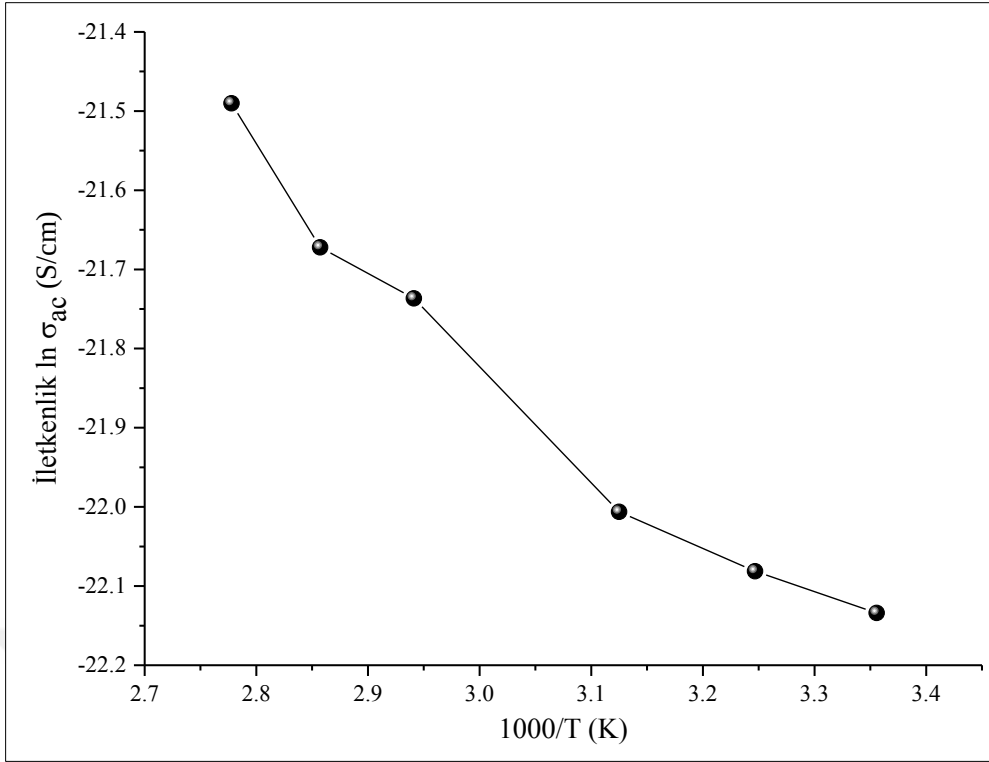
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}	Tan δ
P(2AFAMG)	298 K	3.75	0.113	2.37×10^{-09}	-8.62	0.030
	308 K	3.96	0.139	2.87×10^{-09}	-8.54	0.035
	320 K	4.14	0.161	3.00×10^{-09}	-8.52	0.038
	340 K	4.39	0.214	3.18×10^{-09}	-8.49	0.048
	350 K	4.65	0.236	3.37×10^{-09}	-8.47	0.050
	360 K	5.12	0.282	3.71×10^{-09}	-8.43	0.055



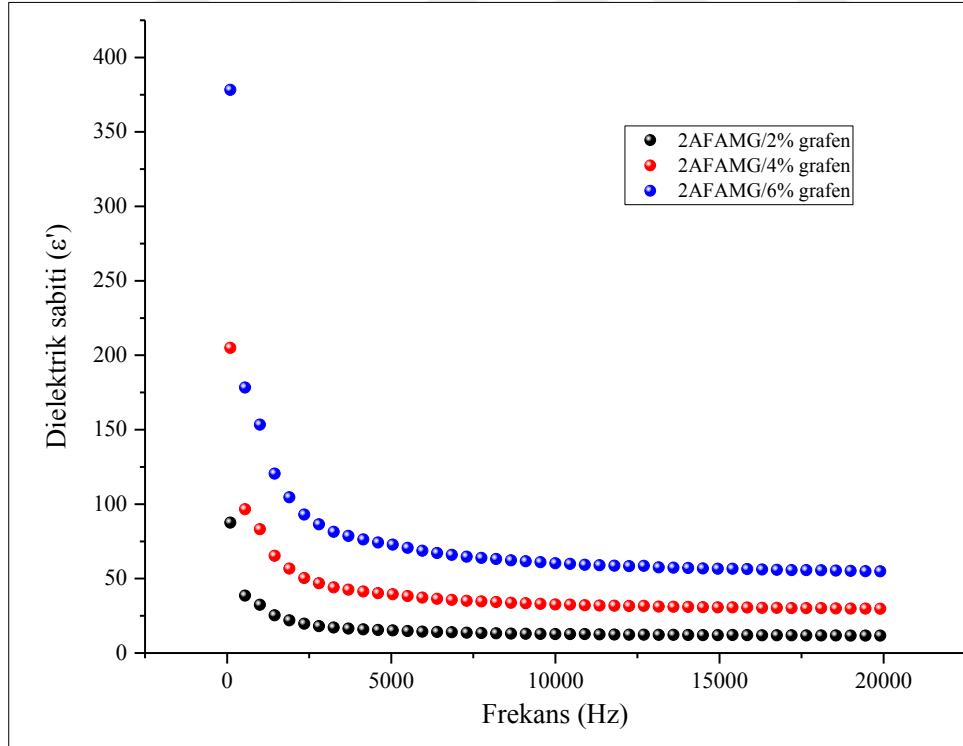
Şekil 3.212. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



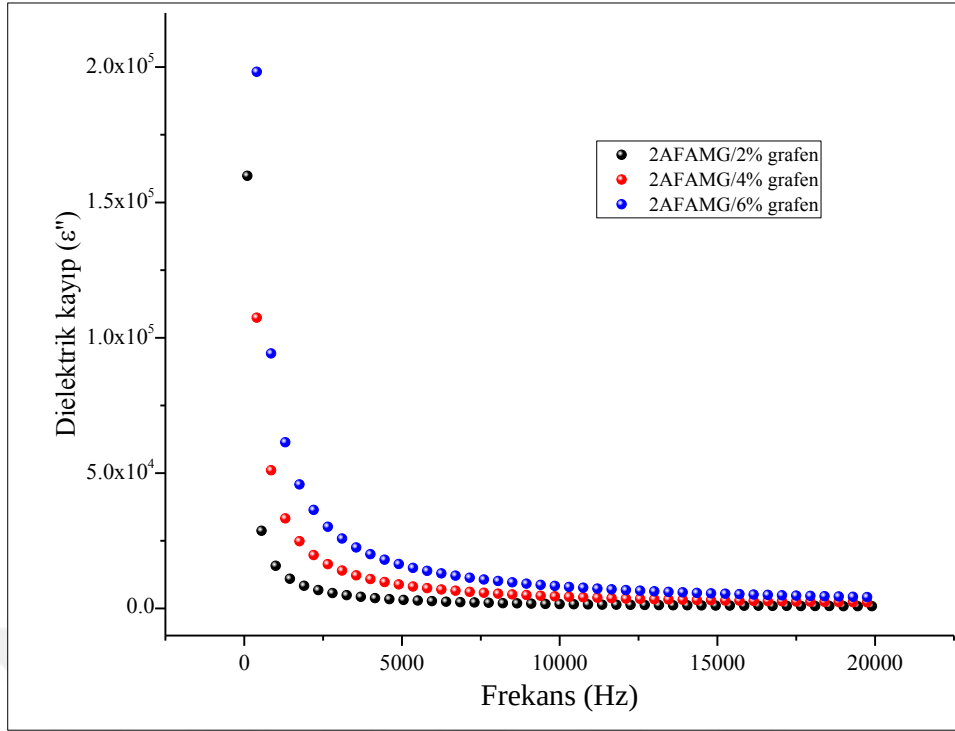
Şekil 3.213. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



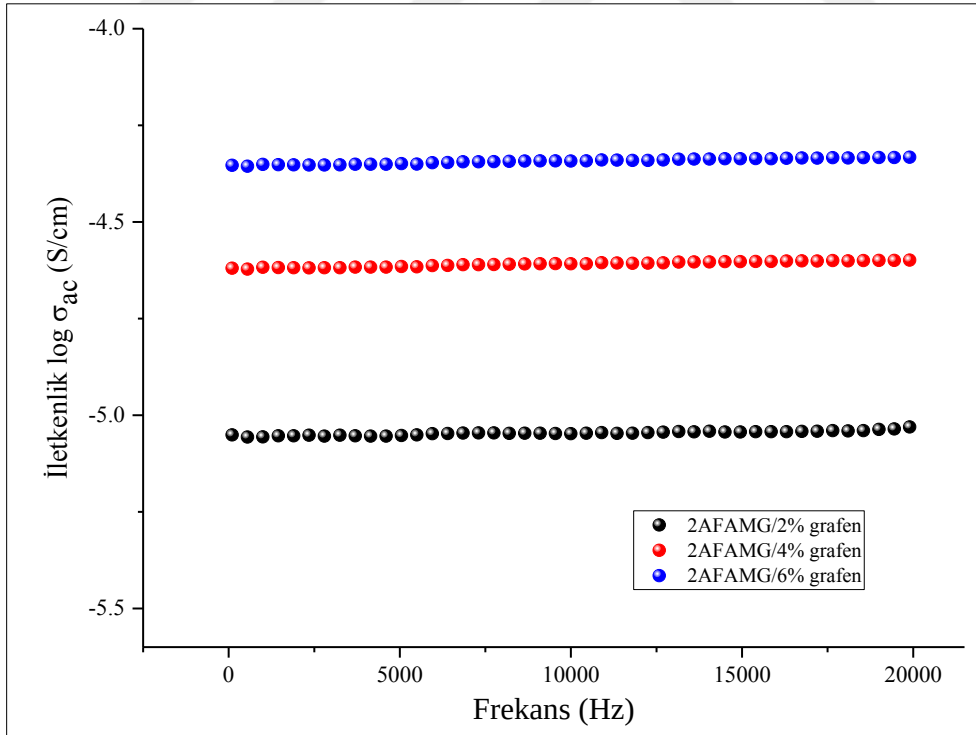
Şekil 3.214. P(2AFAMG)'nin 1kHz sabit frekansta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.215. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



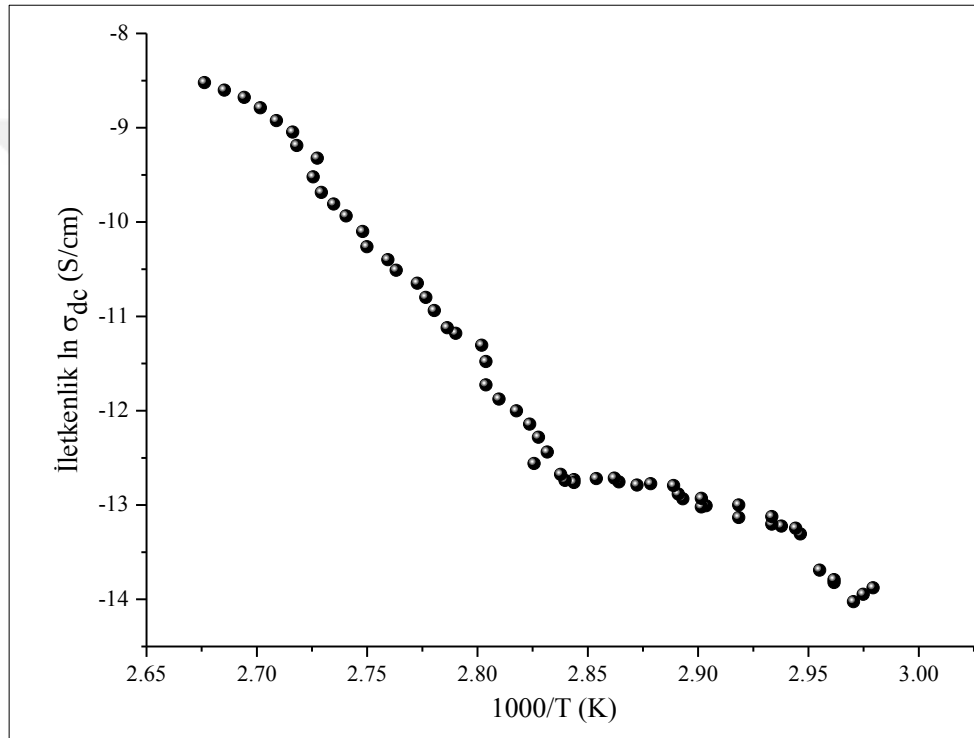
Şekil 3.216. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



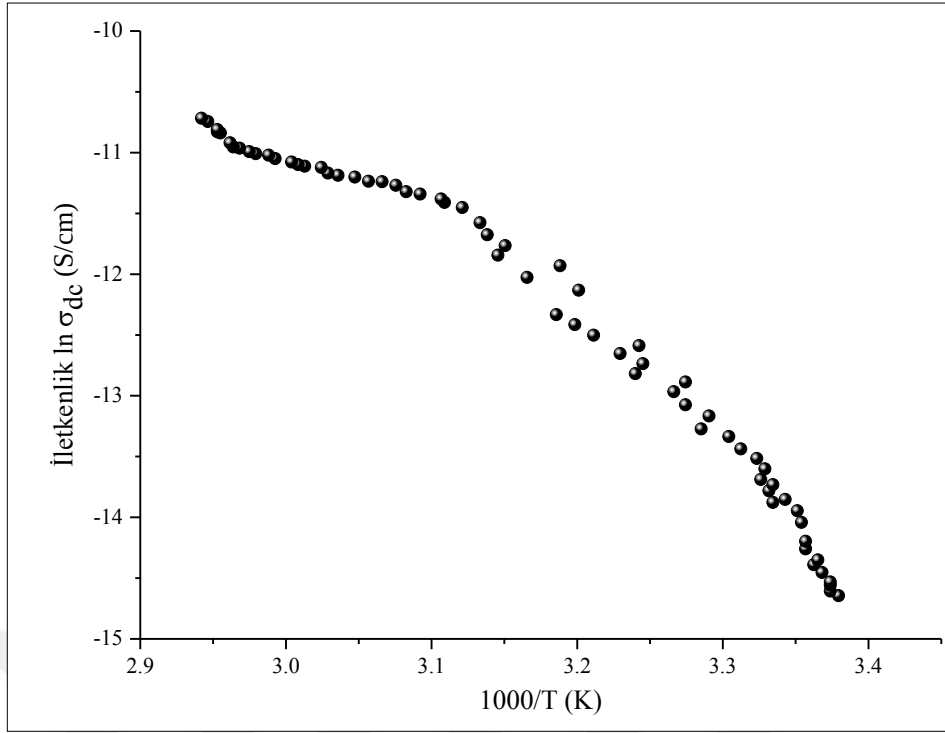
Şekil 3.217. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin oda sıcaklığında AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.111. P(2AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin 25 °C de 1 kHz deki dielektrik özellikleri

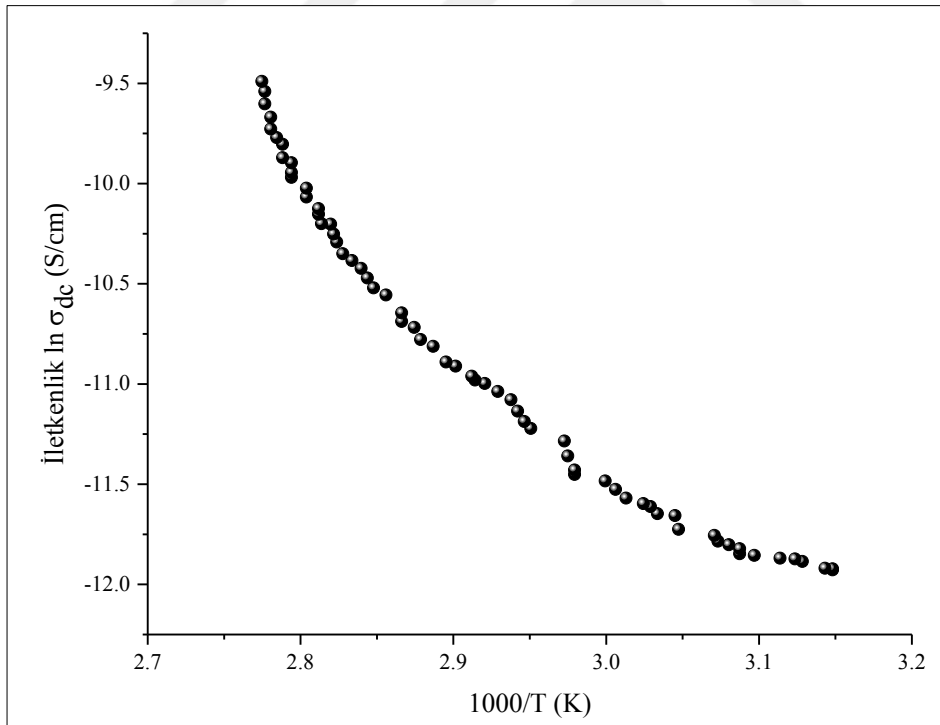
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik kayıp (ϵ'')	Sigma (σ_{ac})	İletkenlik ($\log \sigma_{ac}$)
P(2AFAMG)	3.75	0.113	2.37×10^{-09}	-8.62
P(2AFAMG)/2% nanografen	20.05	13740.98	9.12×10^{-06}	-5.04
P(2AFAMG)/4% nanografen	75.52	37641.47	2.45×10^{-05}	-4.61
P(2AFAMG)/6% nanografen	139.39	69471.11	4.89×10^{-05}	-4.35



Şekil 3.218. P(2AFAMG)/2% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği



Şekil 3.219. P(2AFAMG)/4% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

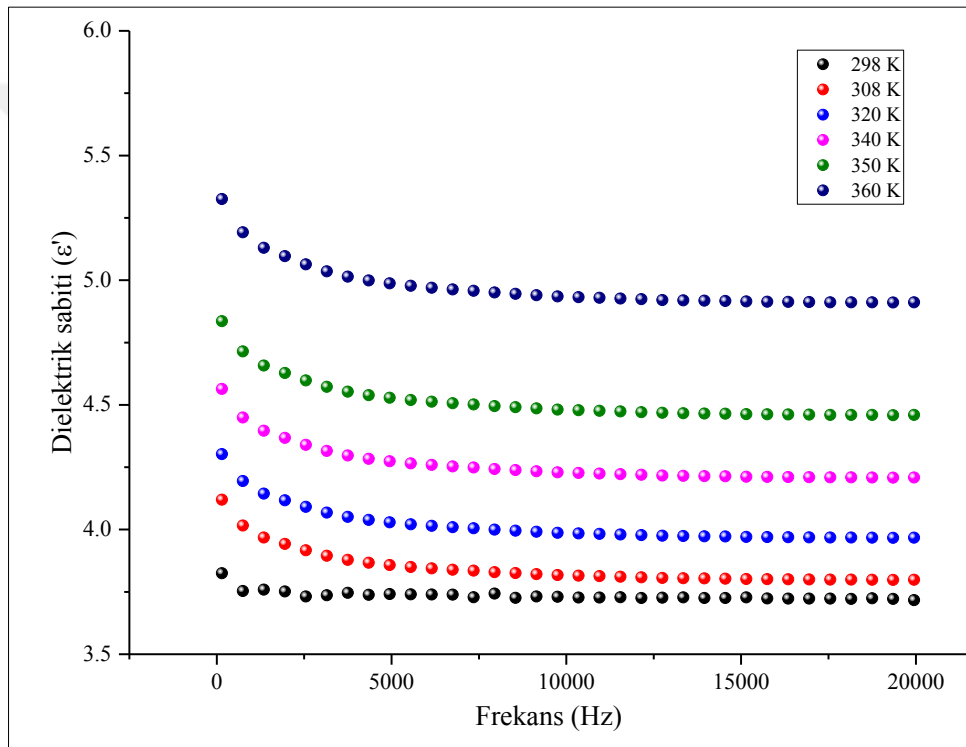


Şekil 3.220. P(2AFAMG)/6% nanografen kompozitinin sıcaklığa karşı DC iletkenlik grafiği

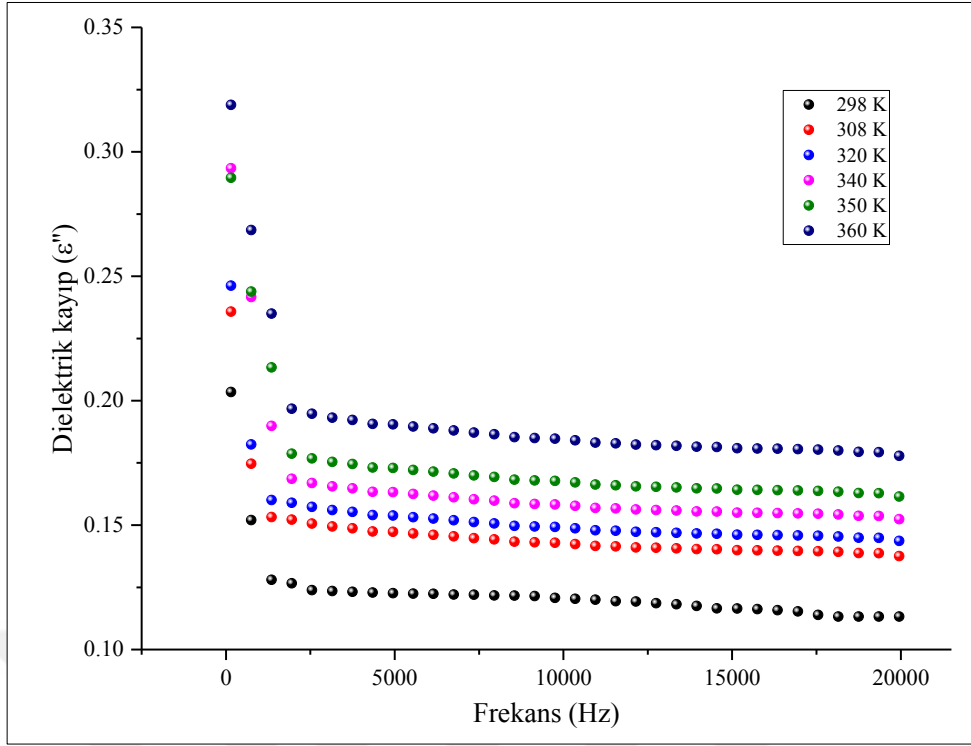
Tablo 3.112. P(2AFAMG)/nanografen kompozitlerinin 1/T-lnödc grafiklerinin değeri

Kompozit	Eğim	Ea (eV)
P(2AFAMG)/2% nanografen	18.31	1.574
P(2AFAMG)/4% nanografen	8.40	0.722
P(2AFAMG)/6% nanografen	6.27	0.539

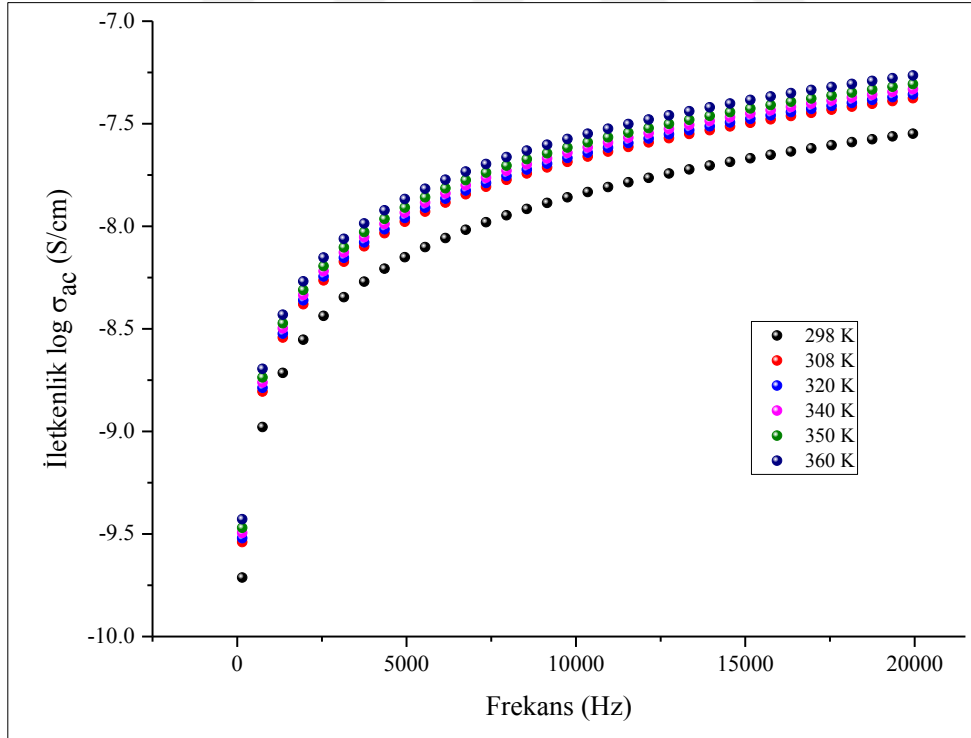
3.25.8. P(3AFAMG) 'nin ve nanografen kompozitlerinin dielektrik ve elektriksel özellikleri



Şekil 3.221. P(3AFAMG)'nin farklı sıcaklıklarda dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



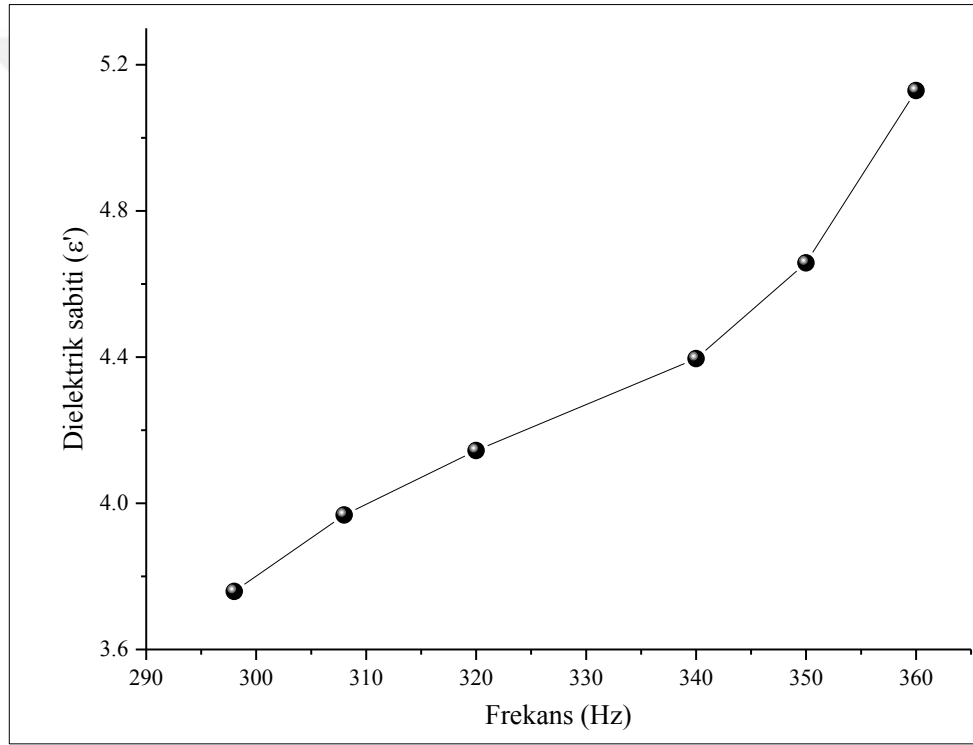
Şekil 3.222. P(3AFAMG)'ın farklı sıcaklıklarda dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



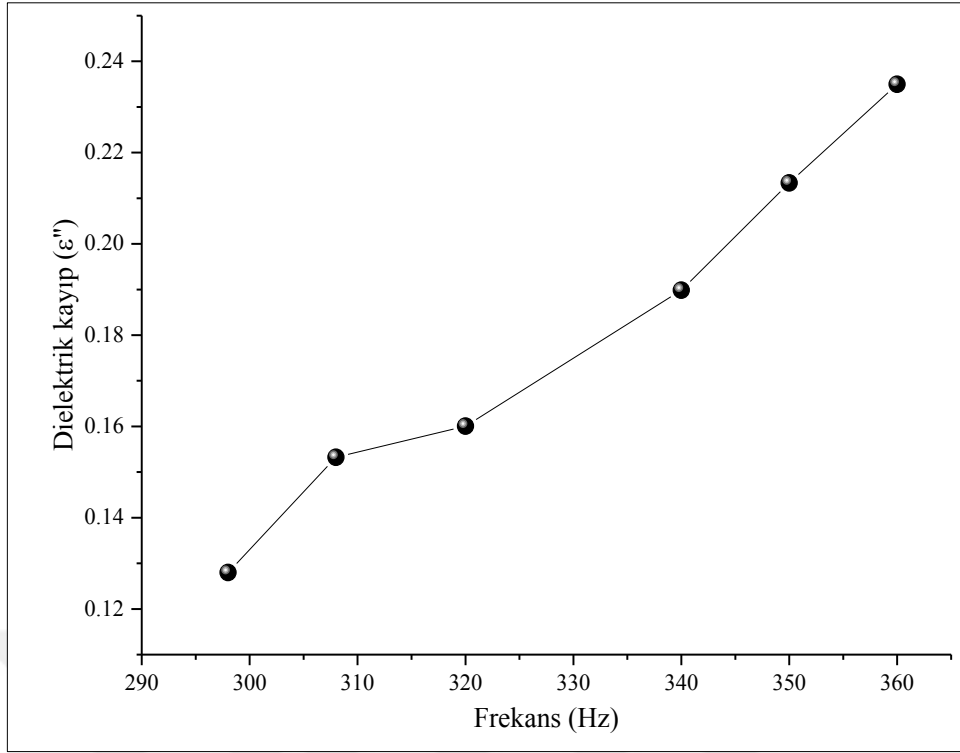
Şekil 3.223. P(3AFAMG)'ın farklı sıcaklıklarda AC iletkenliğin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.113. P(3AFAMG)'ın 1kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri

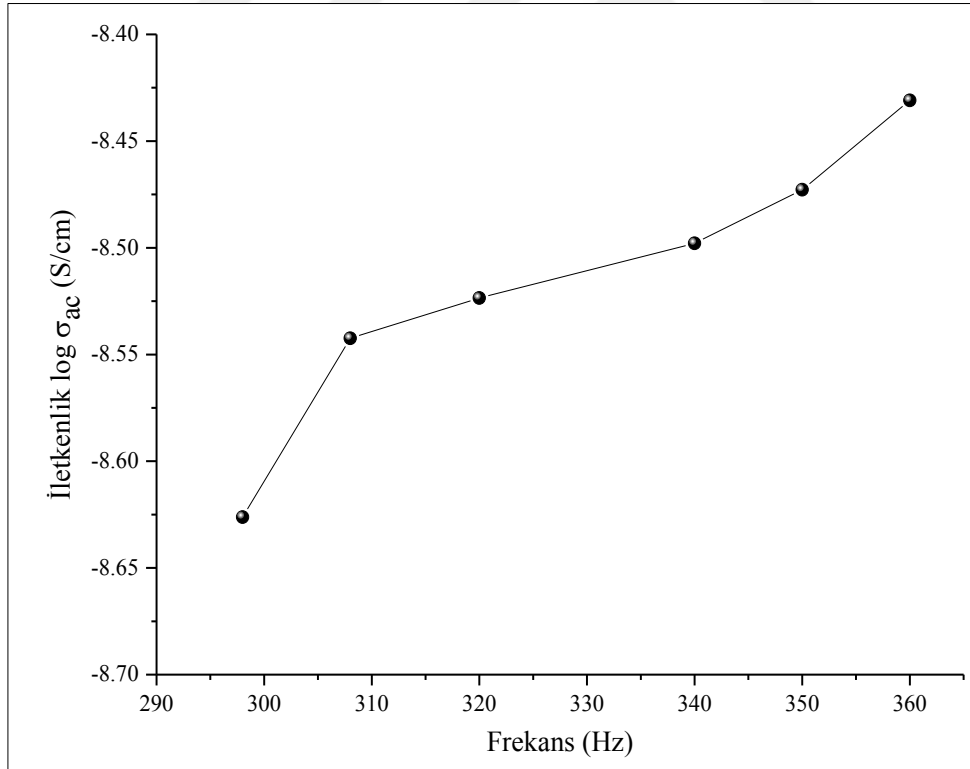
Polimer	Sıcaklık	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}	Tan δ
P(3AFAMG)	298 K	3.75	0.113	2.37×10^{-09}	-8.62	0.030
	308 K	3.96	0.139	2.87×10^{-09}	-8.54	0.035
	320 K	4.14	0.161	3.00×10^{-09}	-8.52	0.038
	340 K	4.39	0.214	3.18×10^{-09}	-8.49	0.048
	350 K	4.65	0.236	3.37×10^{-09}	-8.47	0.050
	360 K	5.12	0.282	3.71×10^{-09}	-8.43	0.055



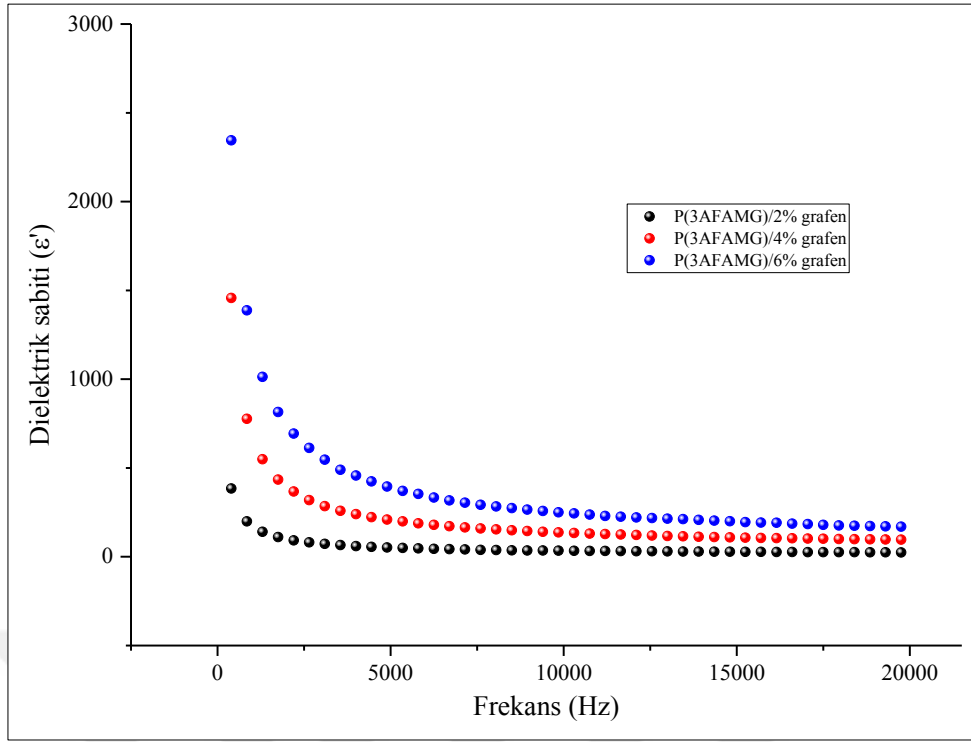
Şekil 3.224. P(3AFAMG)'nin dielektrik sabitinin sıcaklıkla değişim grafiği



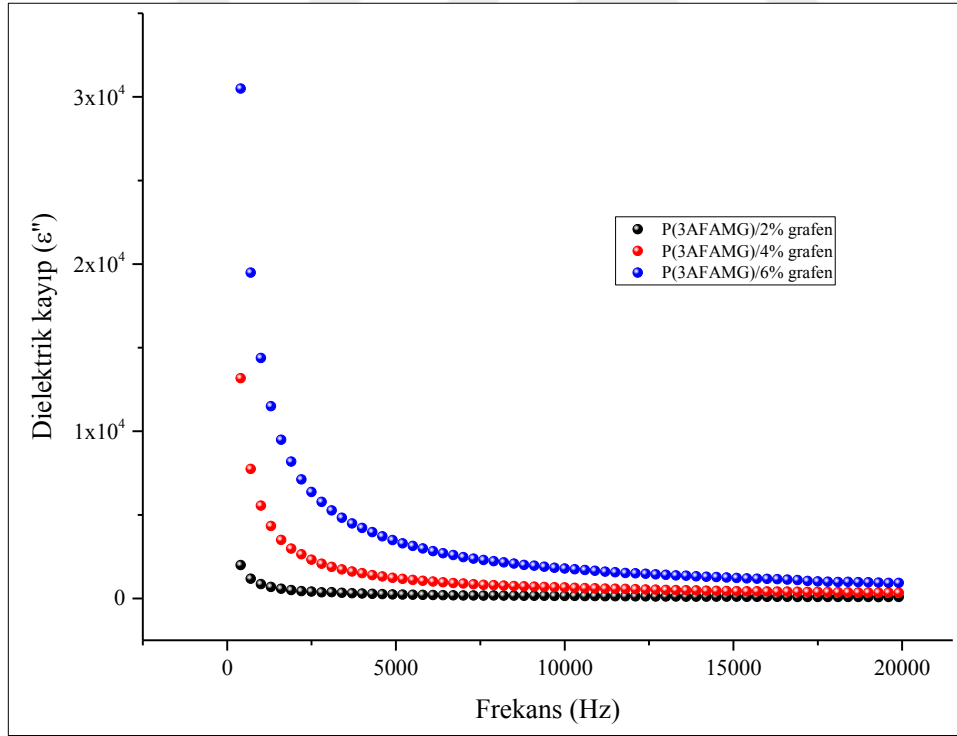
Şekil 3.225. P(3AFAMG)'nin dielektrik kayıp'ın sıcaklıkla değişim grafiği



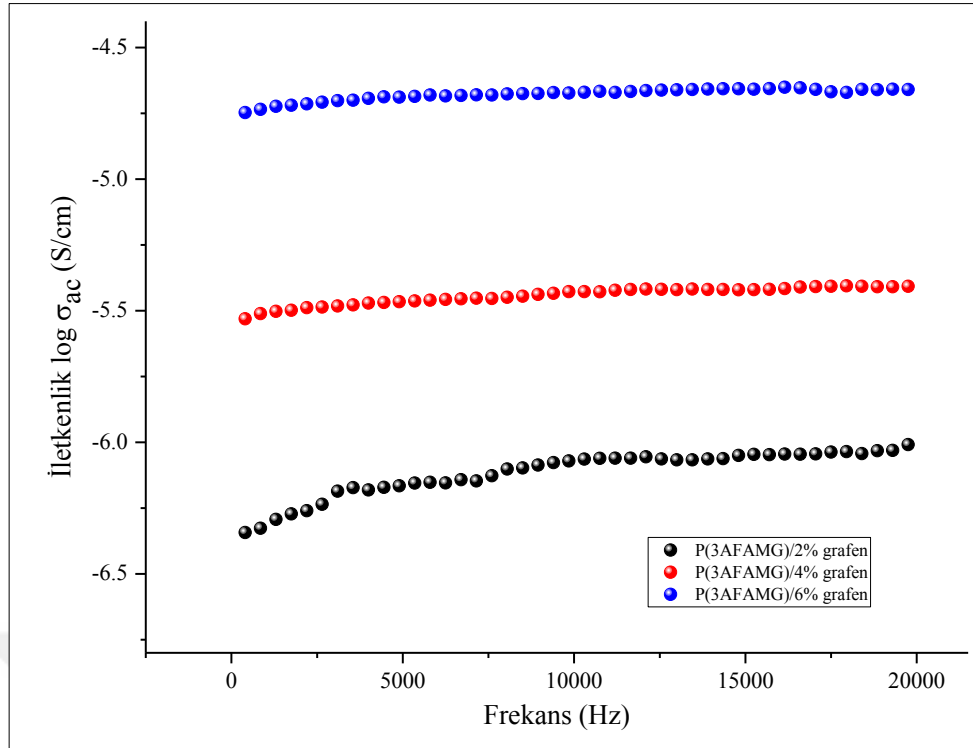
Şekil 3.226. P(3AFAMG)'nin 1 kHz frekans'ta AC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.227. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiği



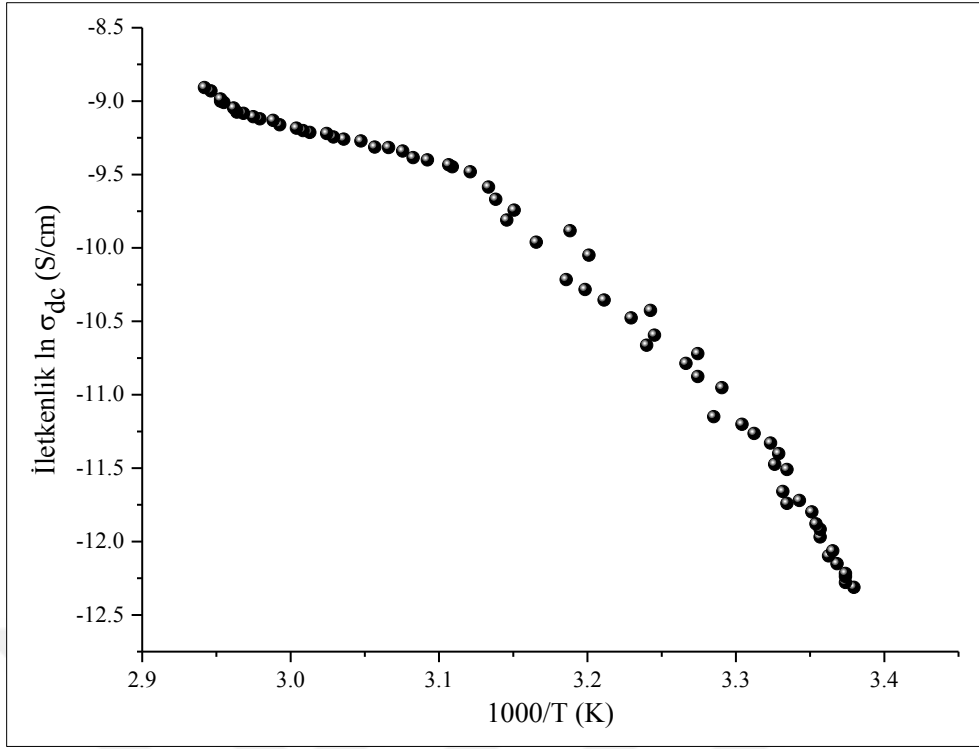
Şekil 3.228. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği



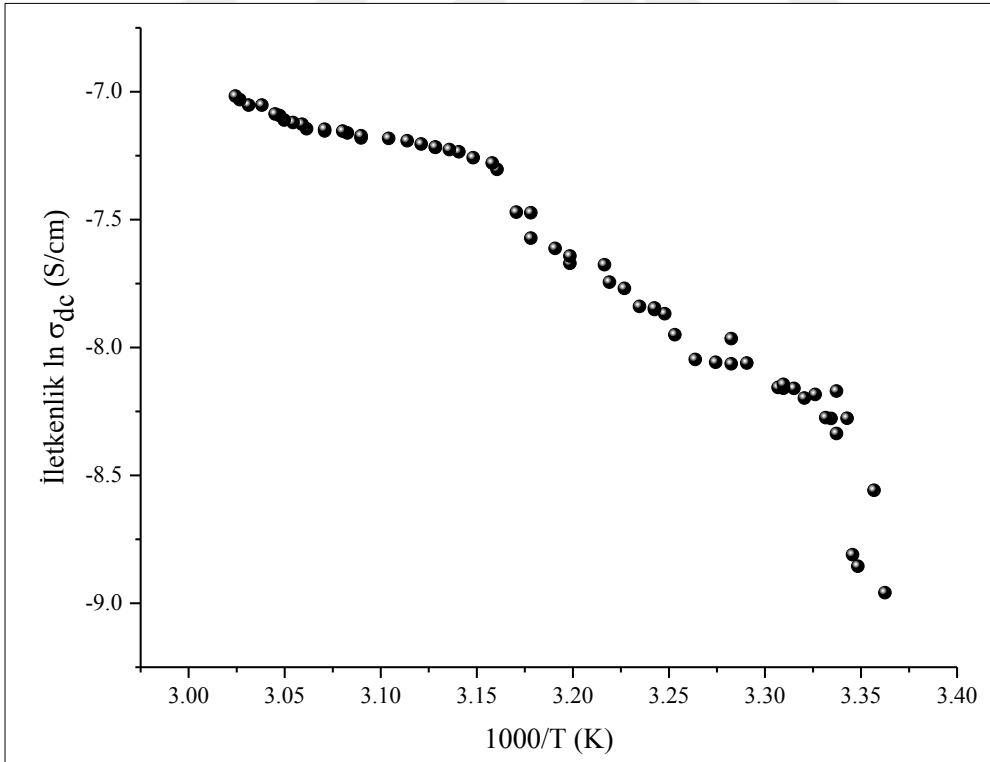
Şekil 3.229. P(3AFAMG)'nin nanografen kompozitlerinin AC iletkenliğinin frekansla değişim grafiği

Tablo 3.114. P(3AFAMG) ve nanografen kompozitlerinin 25 °C de 1 kHz deki dielektrik özellikleri

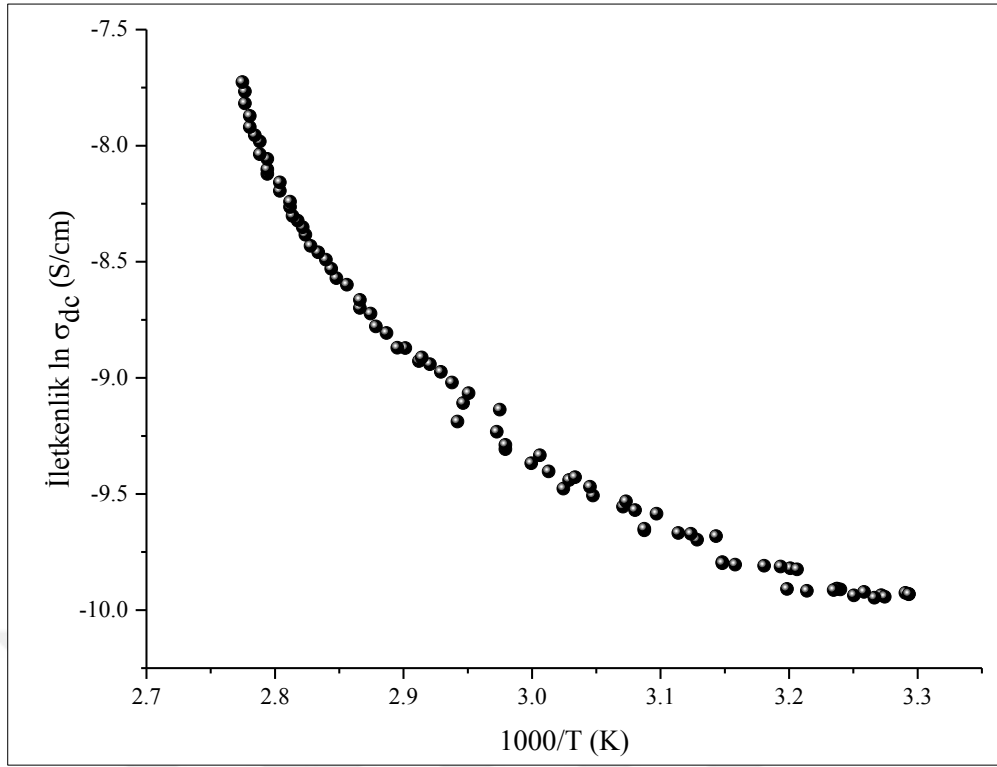
Polimer kompozit	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik kayıp (ϵ'')	Sigma (σ_{ac})	İletkenlik ($\log \sigma_{ac}$)
P(3AFAMG)	3.75	0.113	2.37×10^{-09}	-8.62
P(3AFAMG)/2% nanografen	175.53	856.352	4.83×10^{-07}	-6.31575
P(3AFAMG)/4% nanografen	679.60	5551.308	3.11×10^{-06}	-5.50719
P(3AFAMG)/6% nanografen	1226.80	14386.636	1.85×10^{-05}	-4.7306



Şekil 3. 230. P(3AFAMG)/2% nanograften kompozinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3. 231. P(3AFAMG)/4% nanograften kompozinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği



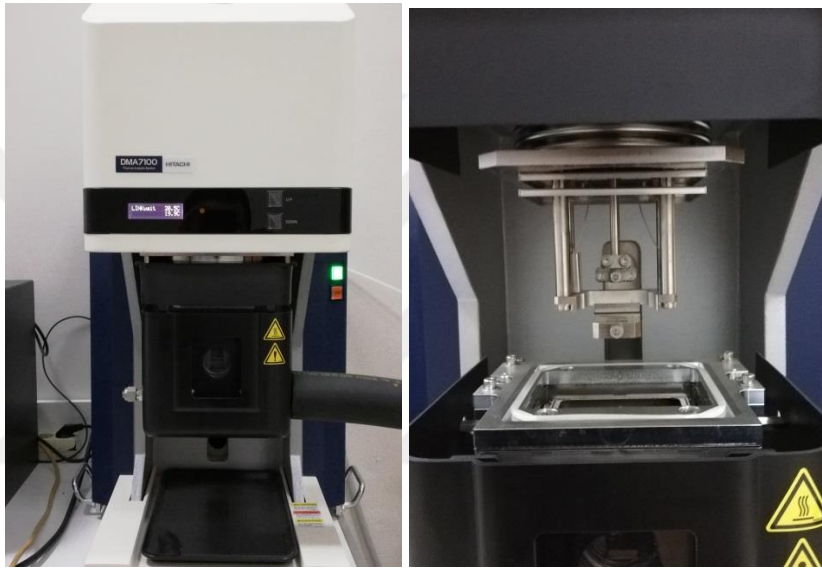
Şekil 3. 232. P(3AFAMG)/6% nanografen kompozinin DC iletkenliğin sıcaklıkla değişim grafiği

Tablo 3.115. P(3AFAMG)/6% nanografen kompozitlerinin 1/T-lnσ_{dc} grafiklerinin değerlendirilmesi

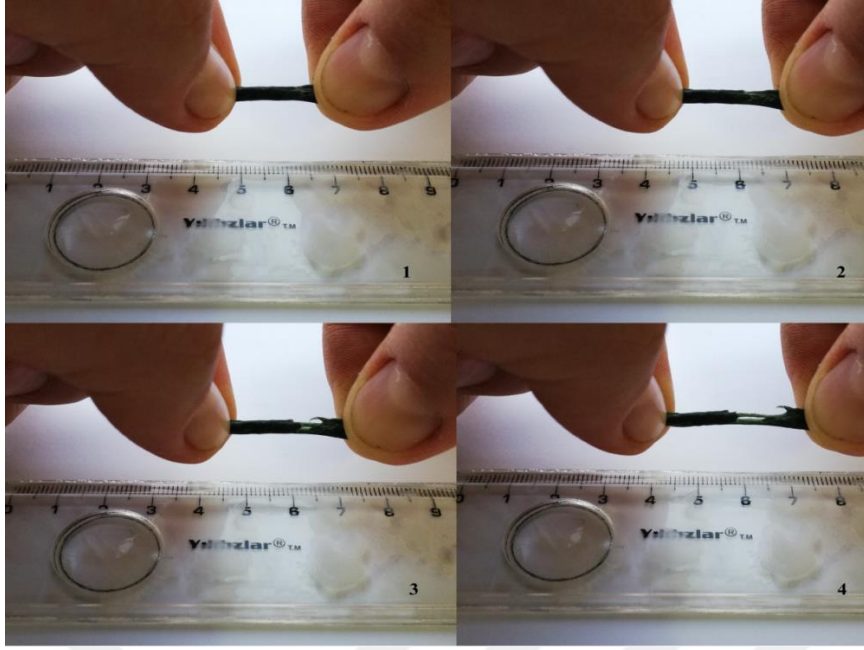
Kompozit	Eğim	Ea (eV)
P(2AFAMG)/2% nanografen	7.46	0.641
P(2AFAMG)/4% nanografen	4.69	0.403
P(2AFAMG)/6% nanografen	3.98	0.342

3.26. Aşı kopolimerlerin kendini iyileştirme özelliklerinin incelenmesi

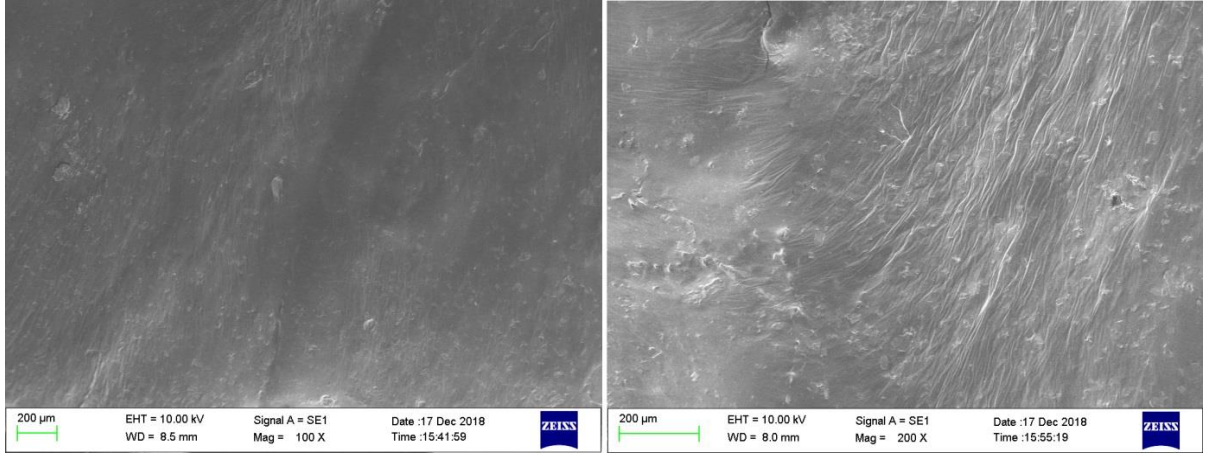
Kopolimerlerin mekanik özellikleri için Hitachi DMA 7100 marka dinamik mekanik analiz cihazı (DMA) kullanılarak standart gerilim/gerinim deneyleri ile ölçülmüştür. Numuneler teflon bir kalıp kullanılarak hazırlandı. Kendi kendini iyileştirme testleri için, bir örnek Şekil 3.234'de görüldüğü gibi tamamen ayrı iki parçaya kesildi. Kesilen yüzler 1 dakika boyunca birbirine bastırıldı ve daha sonra numuneler çeşitli zamanlarda (1 saat, 5 saat 10 saat, 24 saat) oda sıcaklığında bir desikatör içine iyileşme için bırakıldı. Kendinden iyileşmiş numuneler DMA cihazı ile oda sıcaklığında 100 mm/dk çekme hızında gerilme-gerinme testlerine tabi tutuldu. Buradan alınan sonuçlar karşılaştırmalı olarak grafiğe geçirildi.



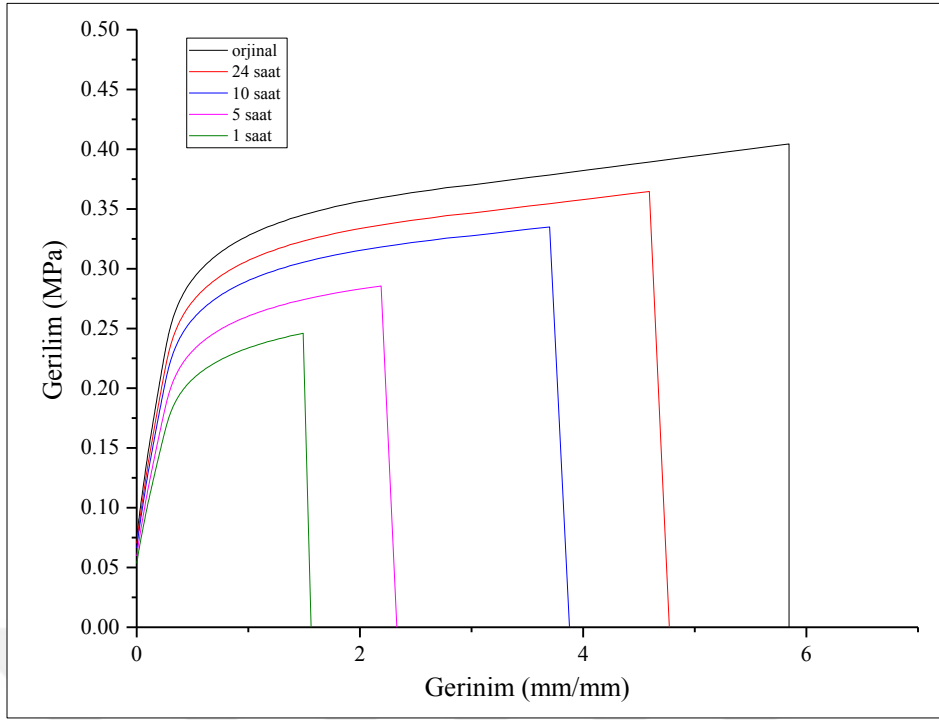
Şekil 3.233. Dinamik mekanik analiz cihazı (DMA)



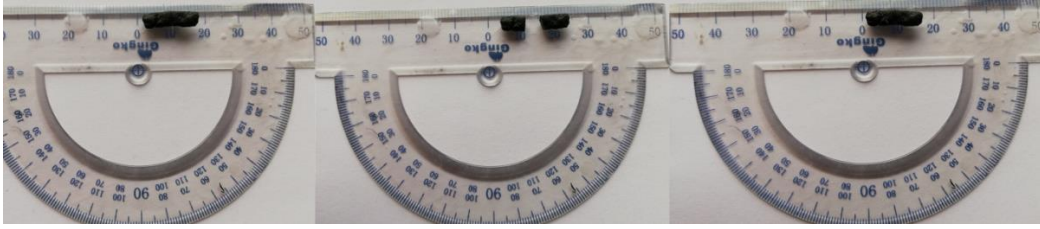
Şekil 3.234. P(3APAMG)'nin 1saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri



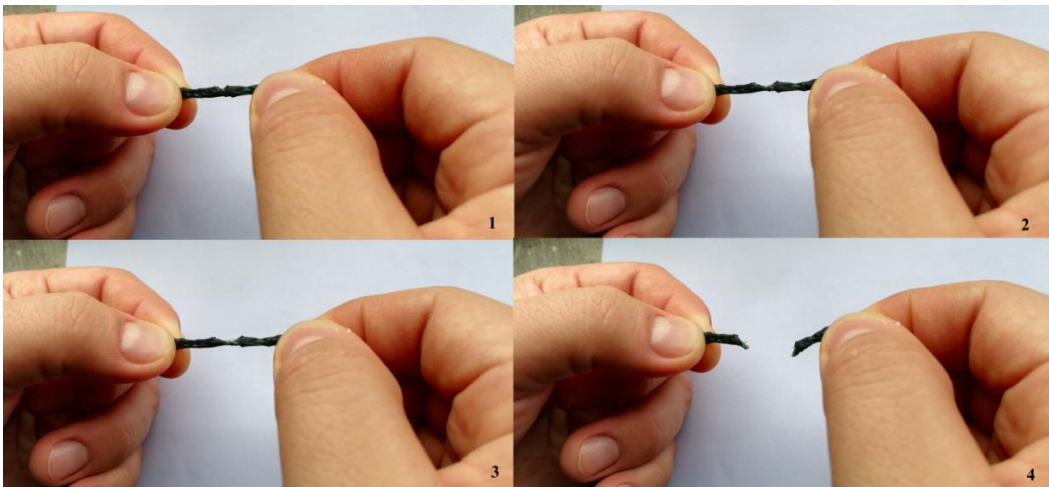
Şekil 3.235. P(3APAMG) aşı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri



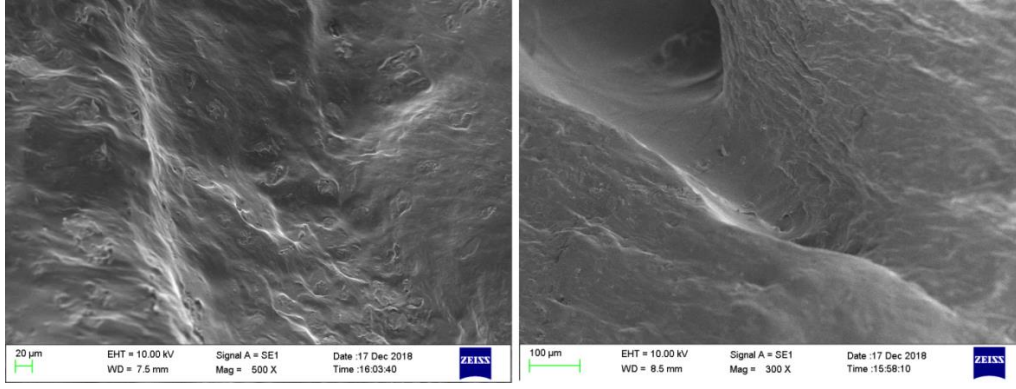
Şekil 3.236. P(3APAMG) aşı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri



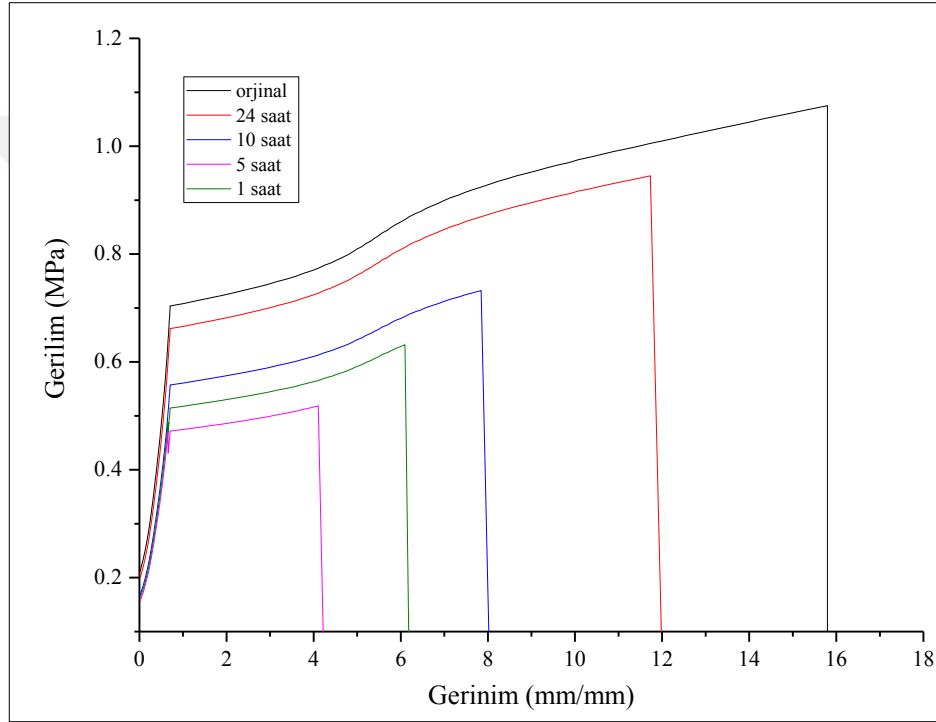
Şekil 3.237. P(4ABAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri



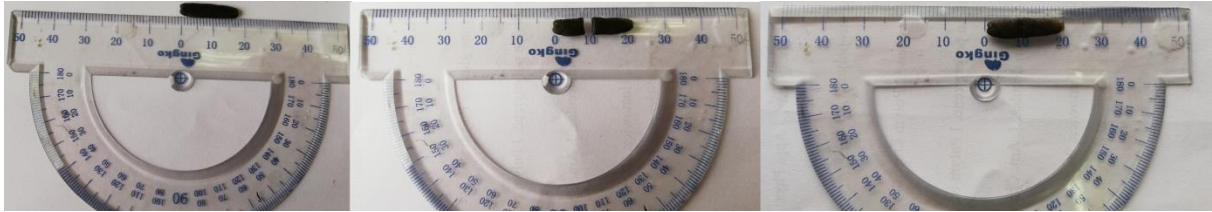
Şekil 3.238. P(4ABAMG)'nin 1 saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri



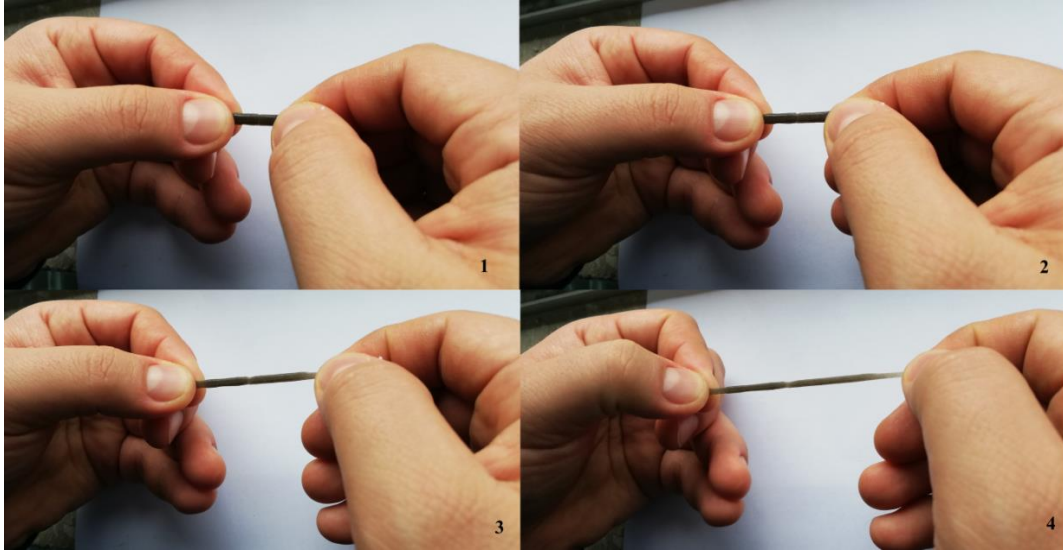
Şekil 3.239. P(4ABAMG)'nin aşı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri



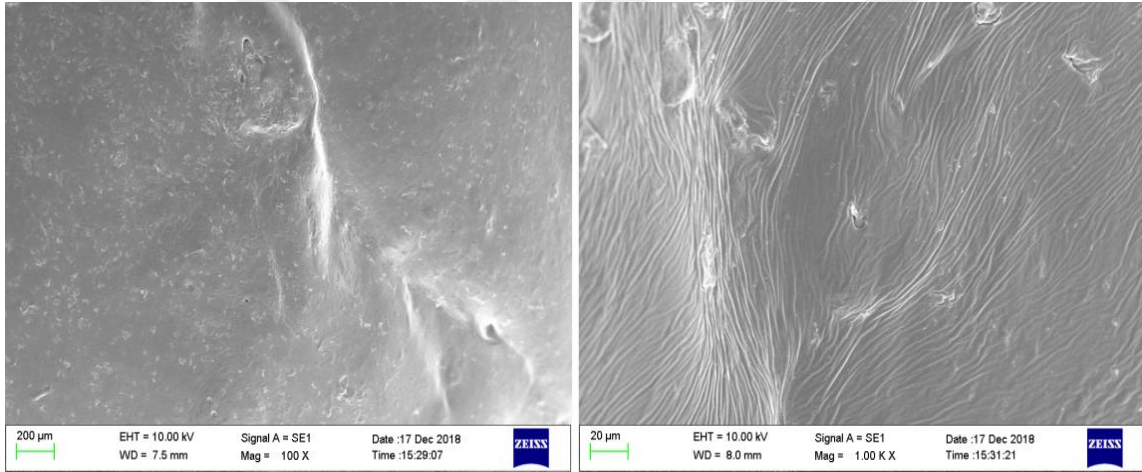
Şekil 3.240. P(4AHBAM) aşı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri



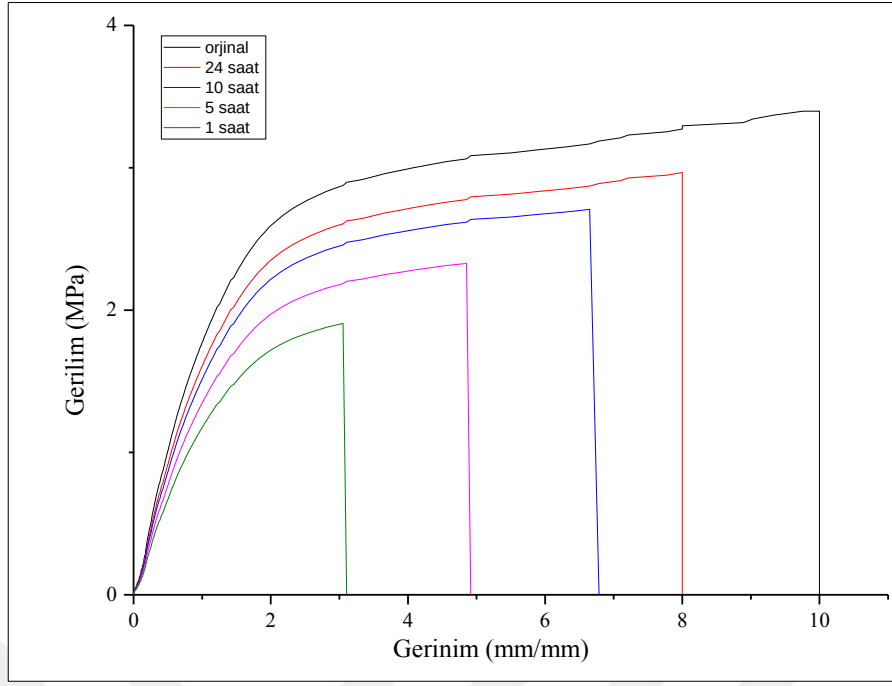
Şekil 3.241. P(SAPAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri



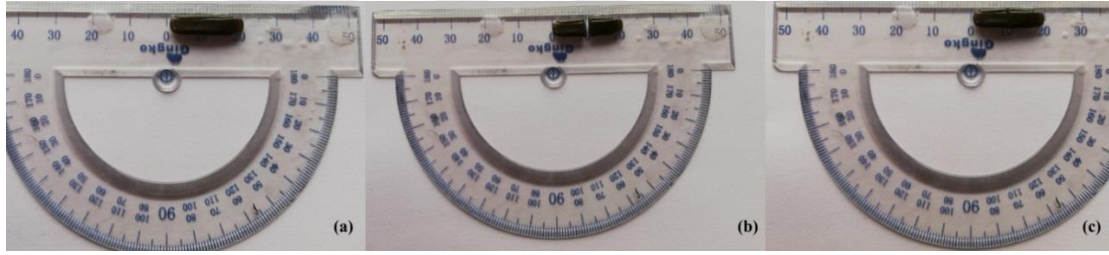
Şekil 3.242. P(5APAMG)'nin 24 saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri



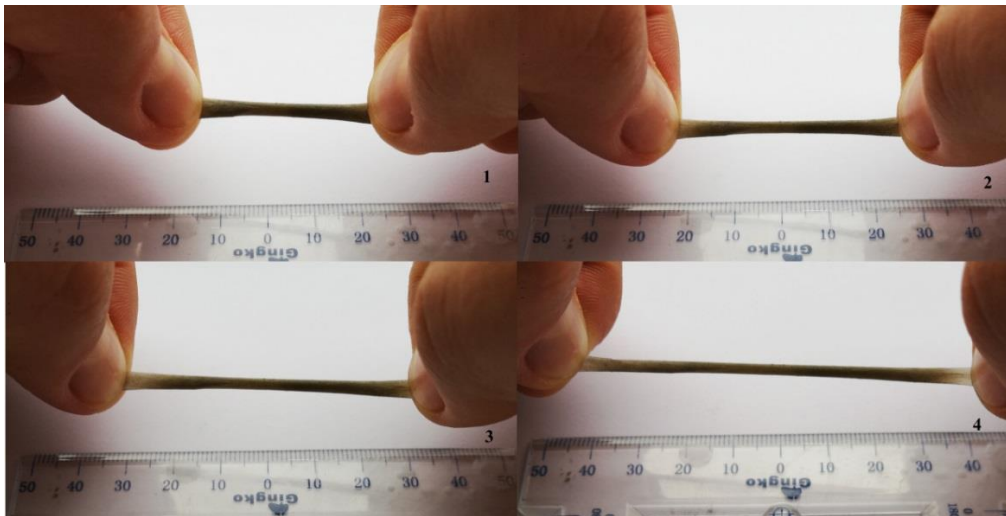
Şekil 3.243. P(5APAMG) aşırı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri



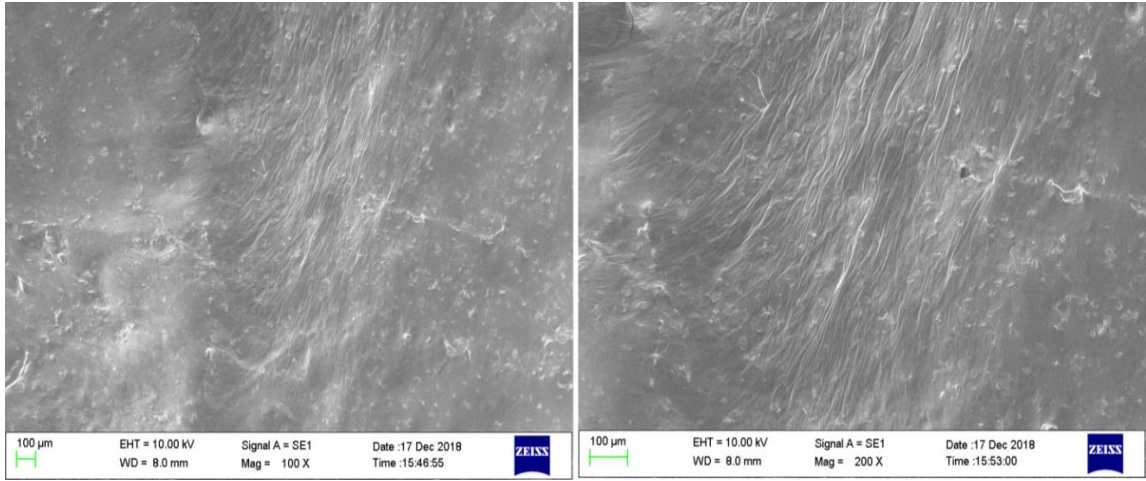
Şekil 3.244. P(5APAMG) aşırı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri



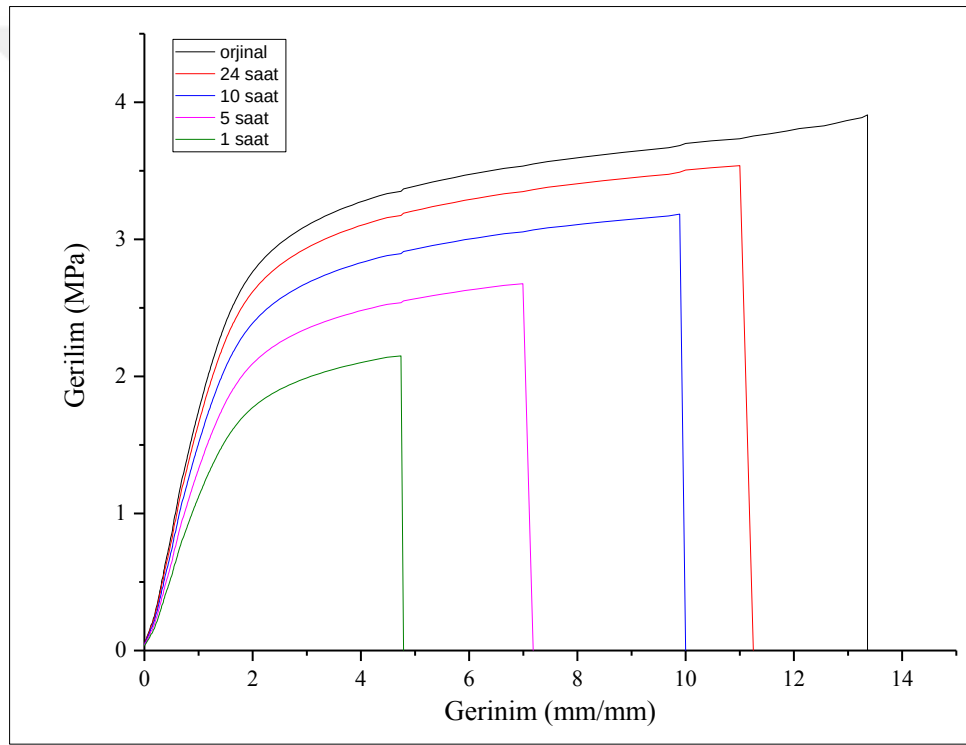
Şekil 3.245. P(6AHAMG)'nin a) kesilmemiş b) kesilerek iki parçaya ayrılmış c) kesilen parçaların birleştirilmiş hallerinin resimleri



Şekil 3.246. P P(6AHAMG)'nin 24 saat iyileşmesinden sonra elle yapılan çekme testleri



Şekil 3.247. P(3APAMG) aşısı kopolimerinin iyileşme aşamasındaki SEM görüntüleri



Şekil 3.248. P(6AHAMG) aşısı kopolimerinin farklı iyileşme sürelerinde alınan gerinim-gerilim eğrileri

Tablo 3.116. Aşısı kopolimerlerin iyileşme yüzdeleri

Aşısı kopolimer	İyileşme yüzdesi (%)			
	1 saat	5 saat	10 saat	24 saat
P(3APAMG)	25	37	63	78
P(4ABAMG)	26	38	50	74
P(5APAMG)	32	49	68	80
P(6AHAMG)	35	53	76	84

3.27. Diyotların hazırlanması ve ölçülmesi

Yarı iletken polimer kompozitlerin ölçümlerinden sonra en yüksek iletken özellik gösteren oranları seçilerek diyot analizi için aliminyum kontaklı silisyum wafer kullanılarak diyotlar hazırlandı. Ohmik temas, silikon metal üzerinde 5×10^{-5} Torr'da alüminyum metalinin buharlaştırılması ve bir nitrojen atmosferinde 5 dakika boyunca 570°C 'de tavlama ile hazırlandı. Daha sonra aliminyum kontaklı silisyum wafer'ın yüzeyinin temizliği için 100 ml lik beher içerisine deiyonize su konularak ultrasonik banyo içinde 10 dakika bekletildi. Daha sonra argon gazından geçirilen wafer'lar 50°C deki ısıtıcı tabla üzerine bırakıldı ve 24 saat tamamen kuruması beklendi. Çözelti ortamında homojenleştirilen kompozitler 50°C deki ısıtıcı üzerindeki wafer yüzeyine damlatılarak ince bir film oluşturuldu. Çözücünün tamamen uzaklaşması için numuneler ısıtıcı üzerinde bir gece bekletildi. Daha sonra üst kontak için numuneler havasız ortamda aliminyum buharlaştırma tekniği ile nokta nokta kaplandı. En üstteki polimer kompozit tabaka üzerinde Al metalinin buharlaştırılmasıyla $7.85 \times 10^{-3}\text{ cm}^2$ 'lik bir diyot temas alanı oluşturuldu. Diyot ölçümleri için FYTRONIX 7100 solar sistem cihazı kullanıldı. Öncelikle -2V ile +2V aralığında numunelerin diyot özellik gösterip göstermediği incelendi. Diyot olan numunelerin ayrıca sabit frekanslarda voltaja karşı aralığında kapasitans, direnç ve G parametreleri ölçüldü ve karşılaştırmalı olarak grafikleri çizildi.



Şekil 3.249. Ultrasonik homojenizör cihazı

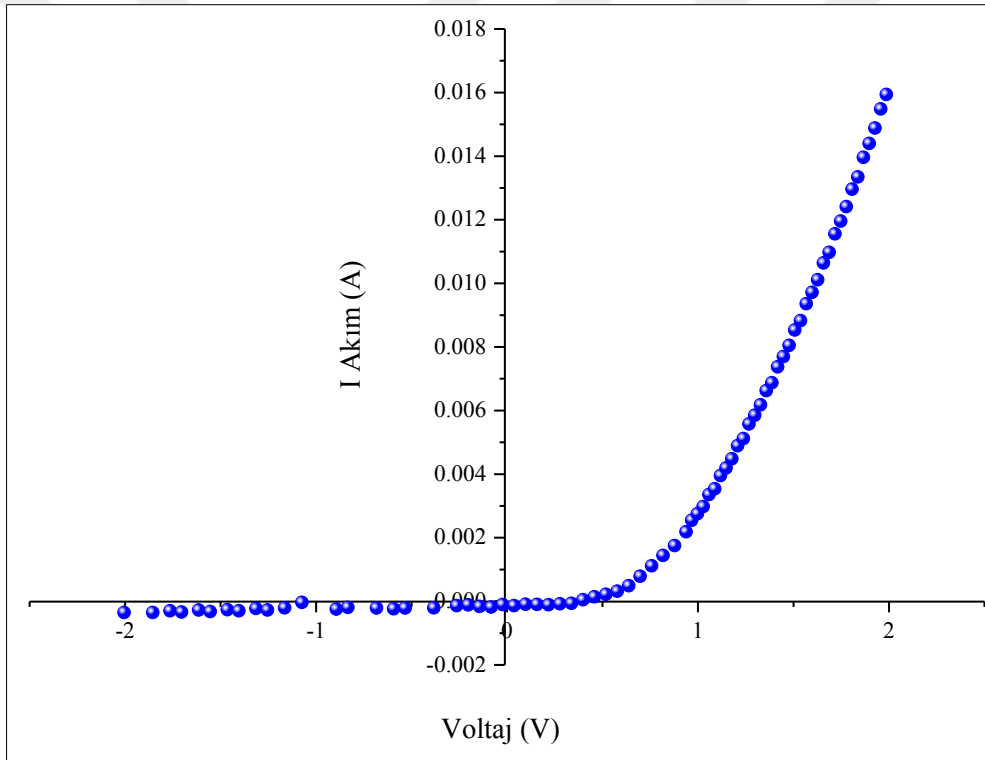


Şekil 3.250. p-tipi silisyum wafer diskler

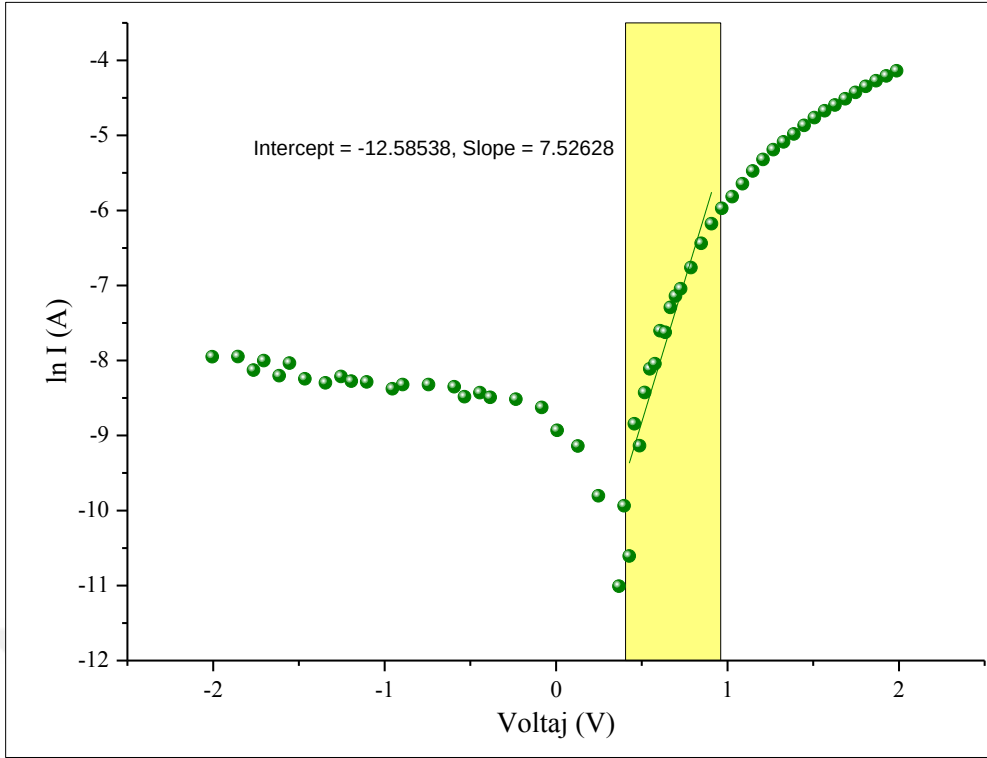


Şekil 3.251. Alüminyum kontaklı p-tipi silisyum wafer ve polimer filmi kaplandıktan sonra aliminyum buharlaştırılarak üst kontağı yapılarak ölçüme hazır numuneler

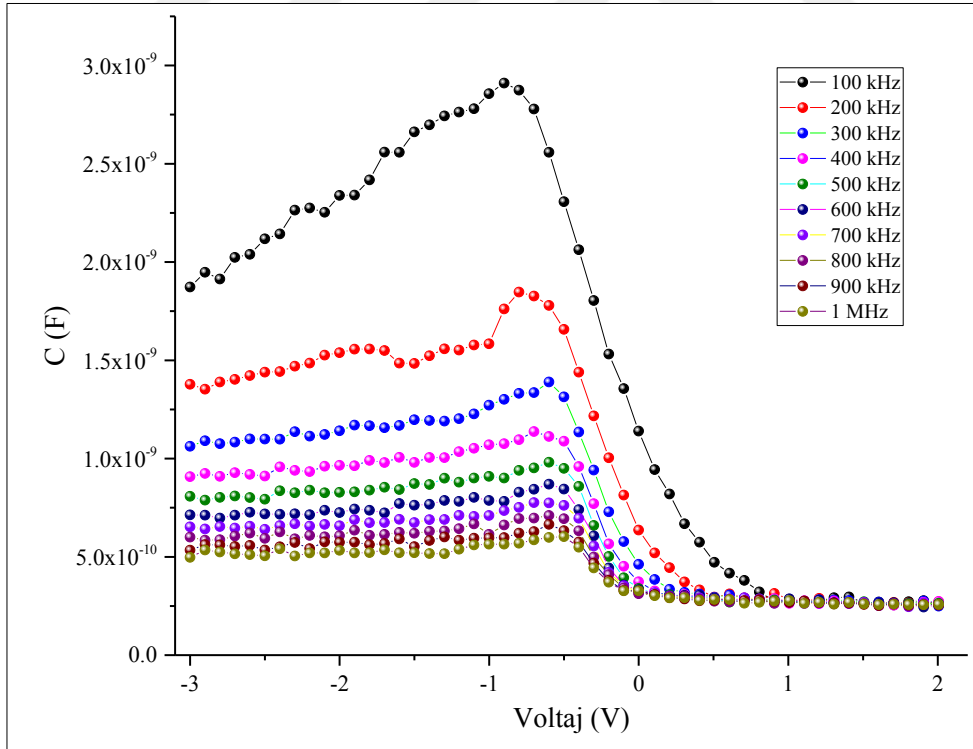
3.27.1. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri



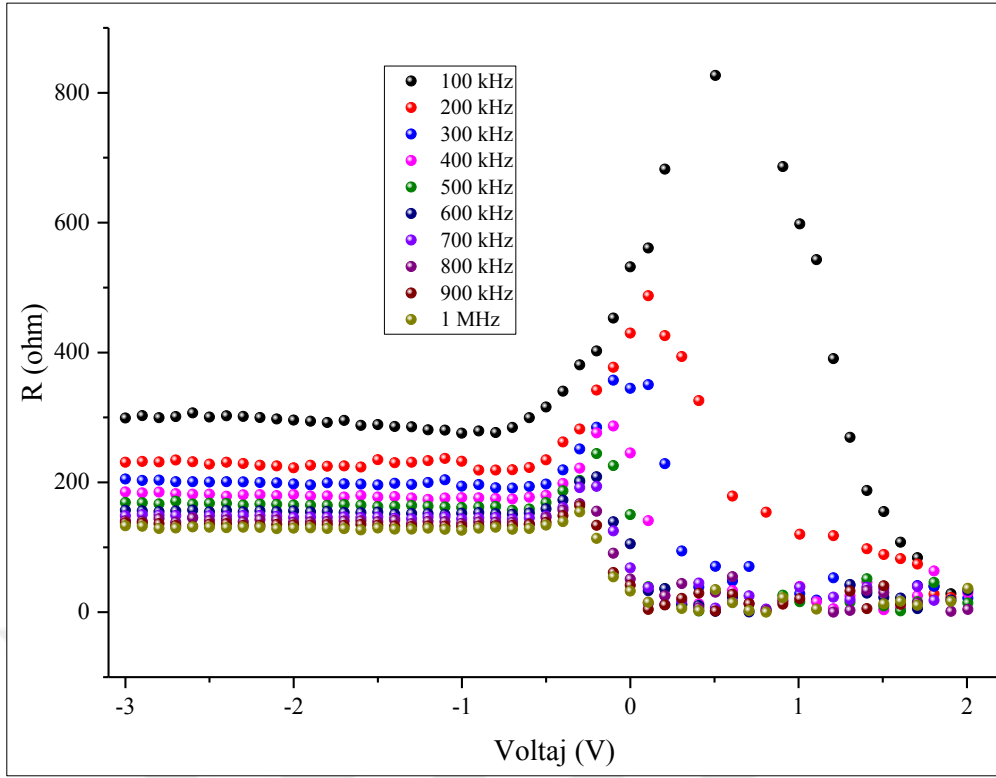
Şekil 3.252. Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



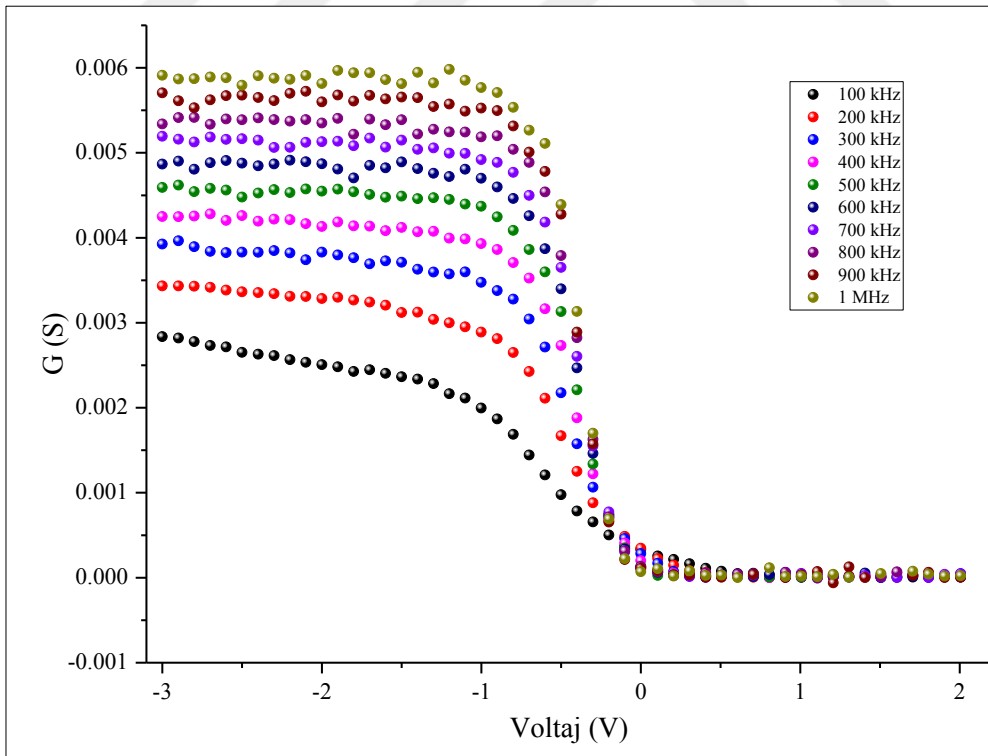
Şekil 3.253. Al/ P(3APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



Şekil 3.254. P(3APAMG)/6% nanograften katkılı diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği

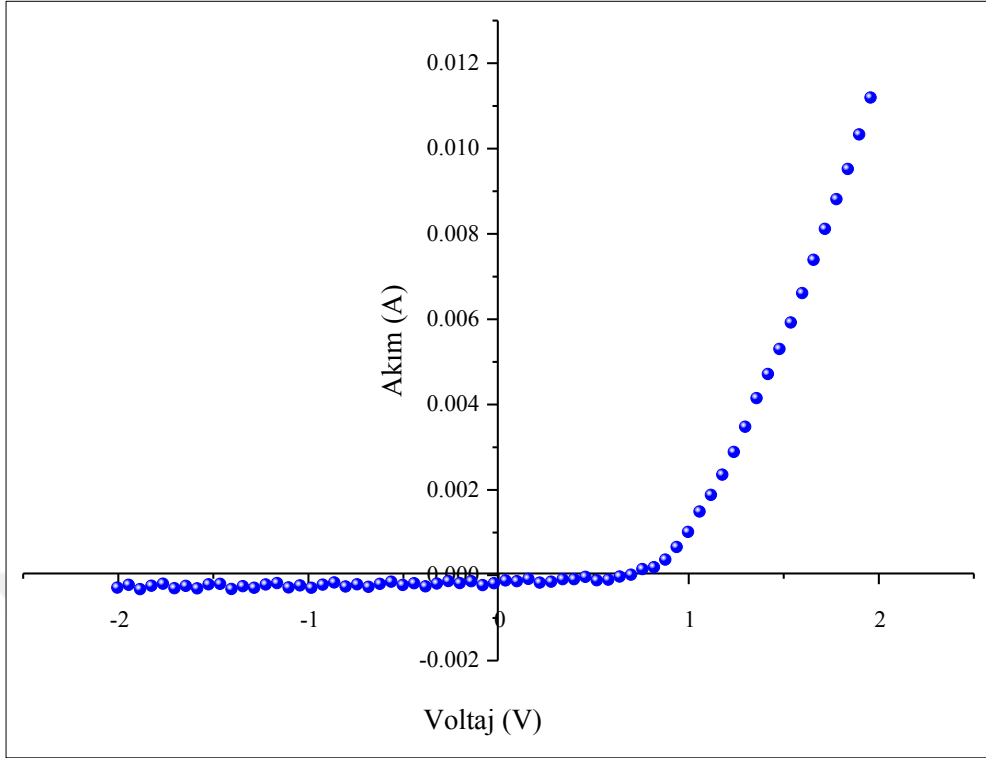


Şekil 3.255. Al/ P(3APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği

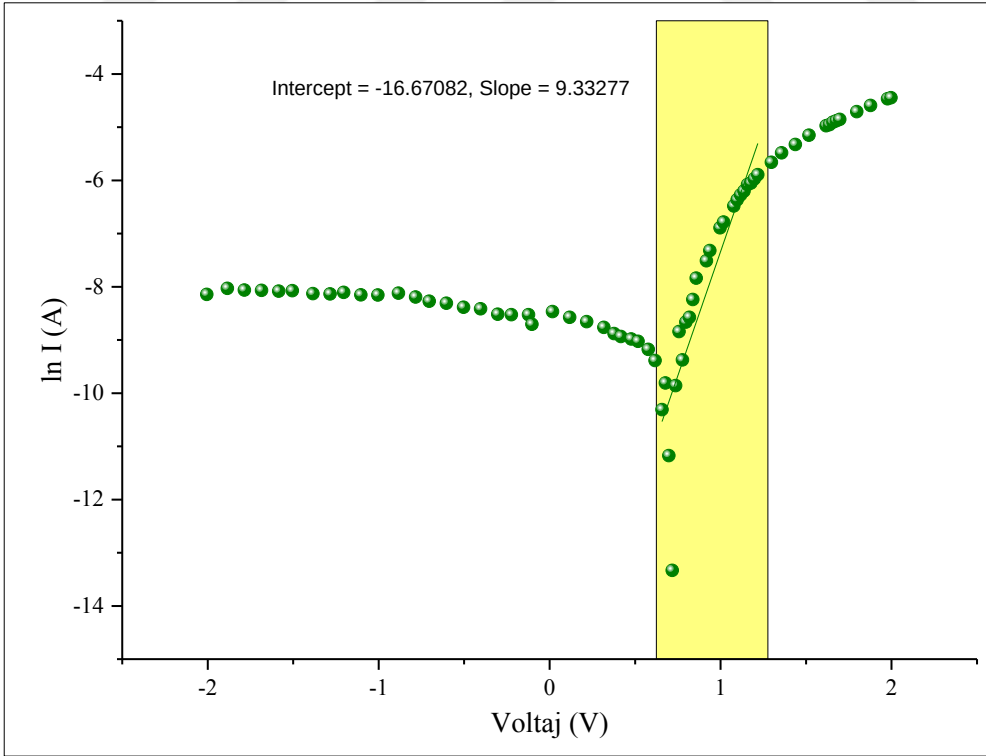


Şekil 3.256. Al/ P(3APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki iletkenlik-voltaj grafiği

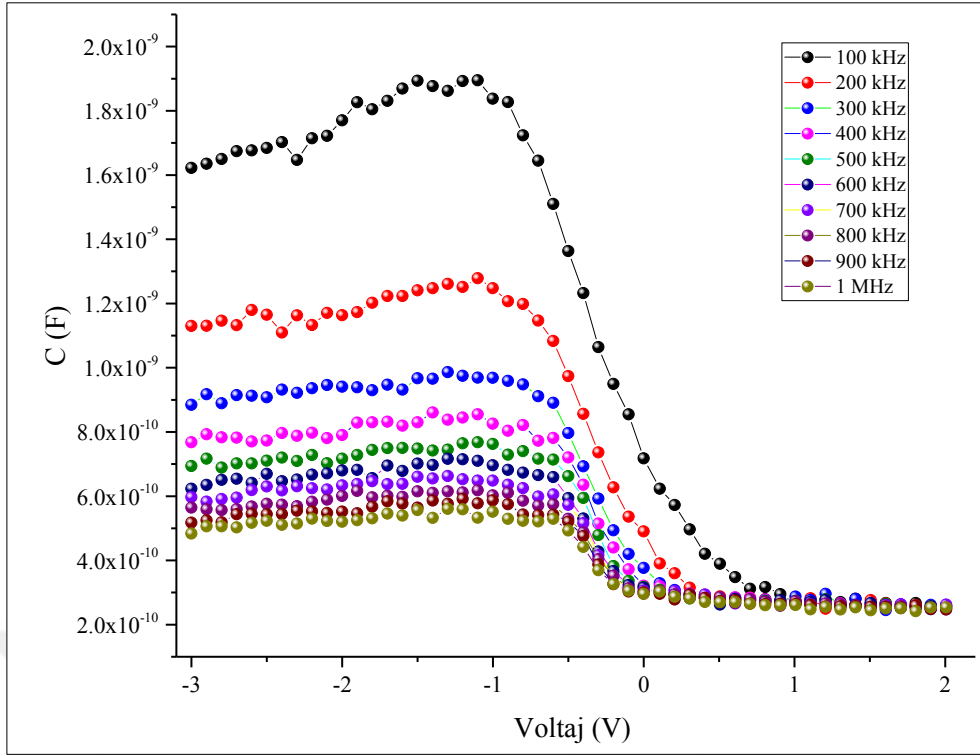
3.27.2. Al/ P(4ABAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri



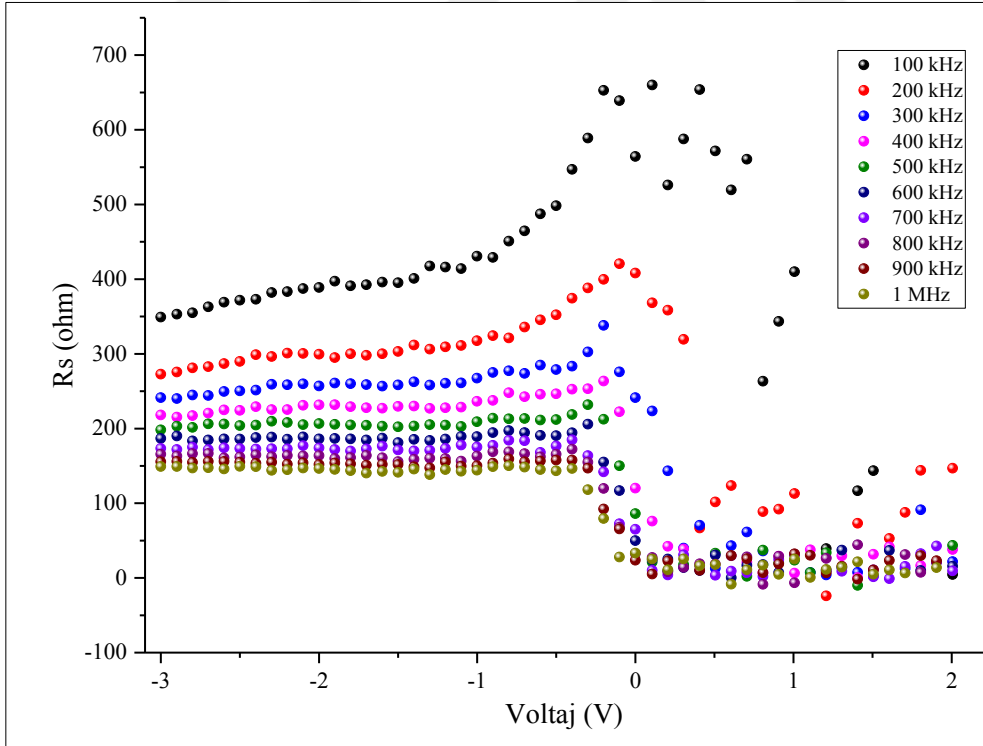
Şekil 3.257. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



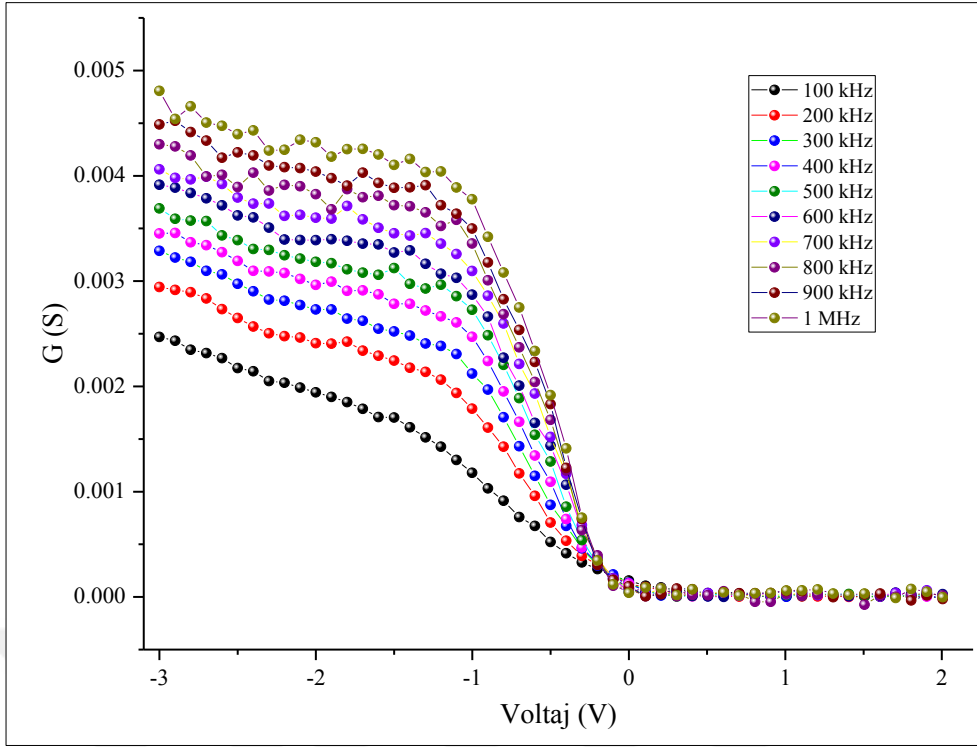
Şekil 3.258. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



Şekil 3.259. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği

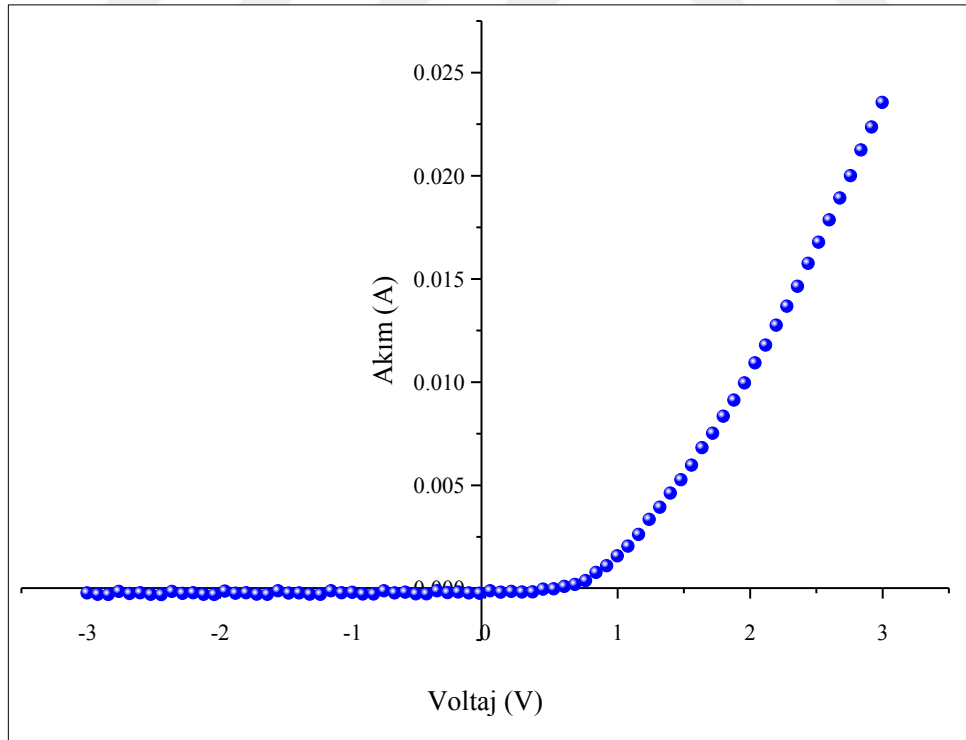


Şekil 3.260. Al/ P(4HBAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği

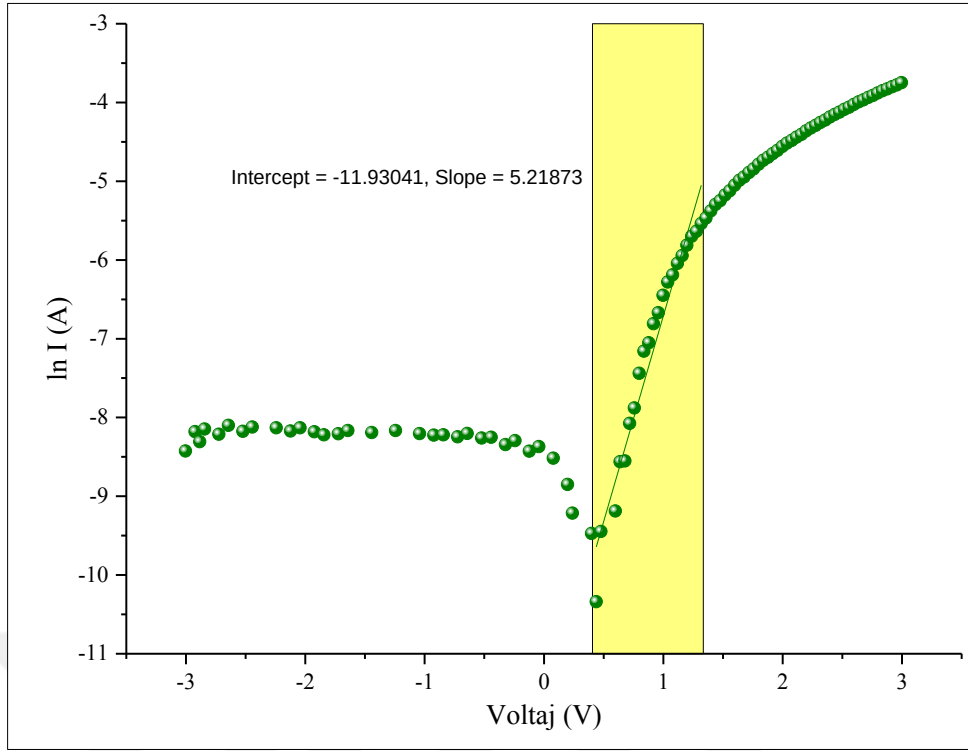


Şekil 3.261. Al/ P(4HBAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki iletkenlik-voltaj grafiği

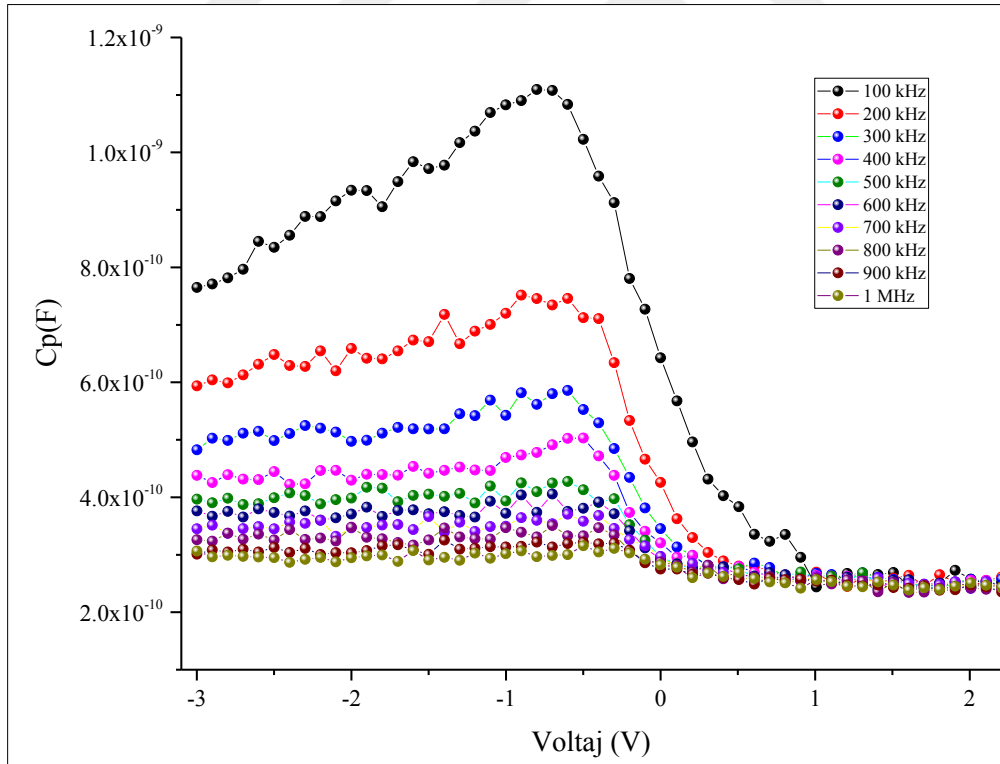
3.27.3. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyot ölçümleri



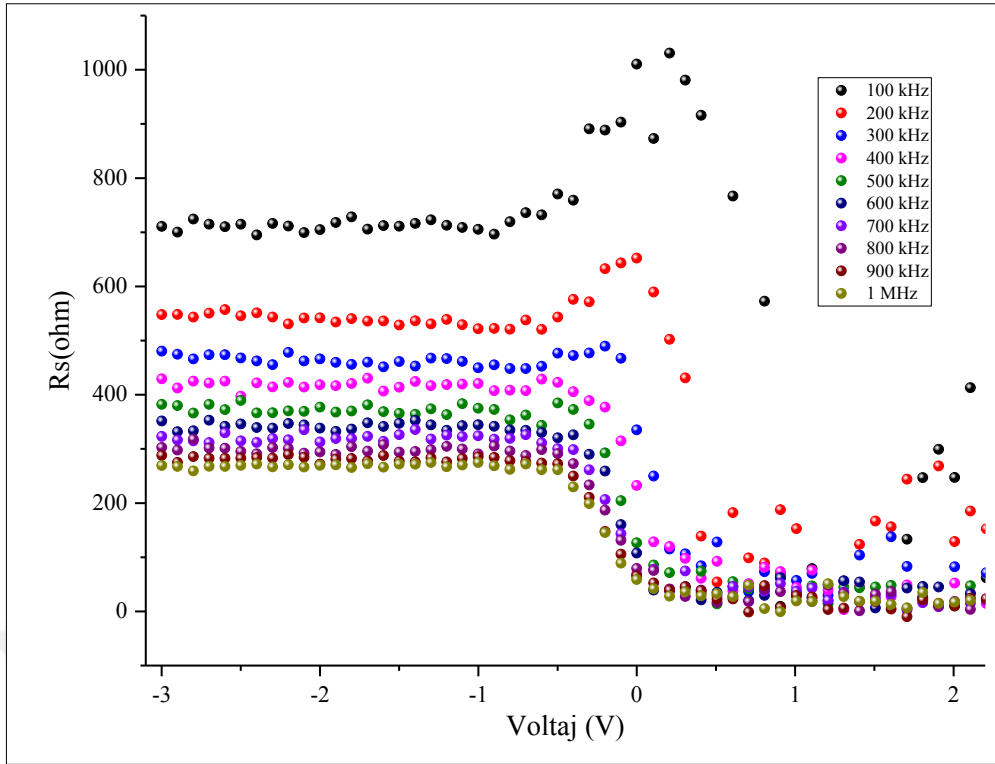
Şekil 3.262. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



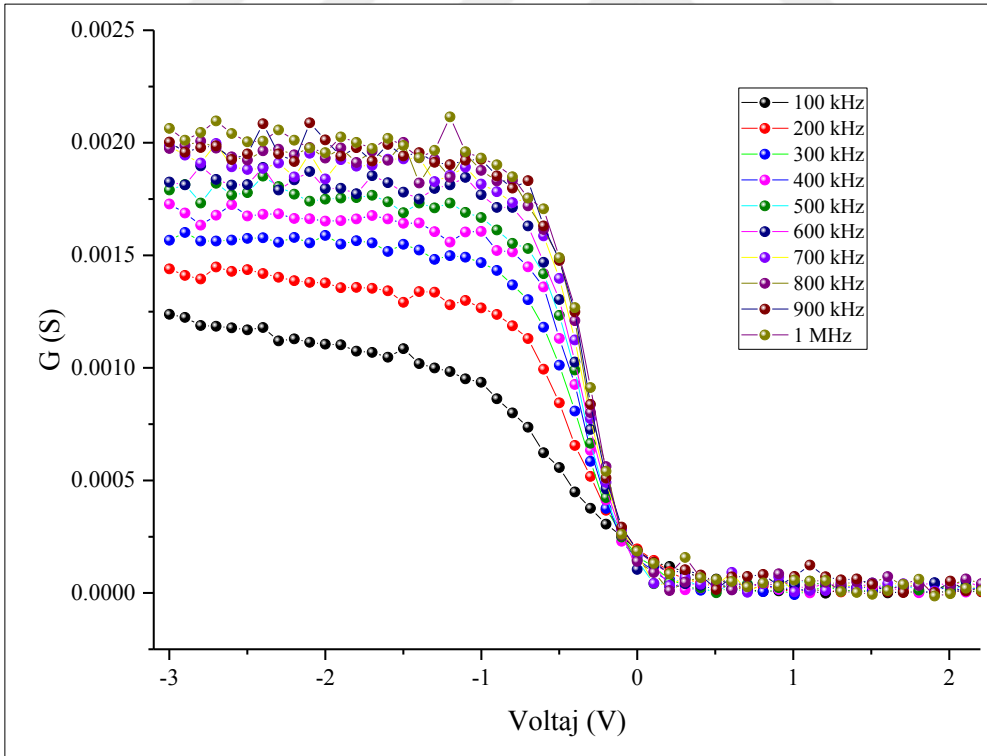
Şekil 3.263. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



Şekil 3.264. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği

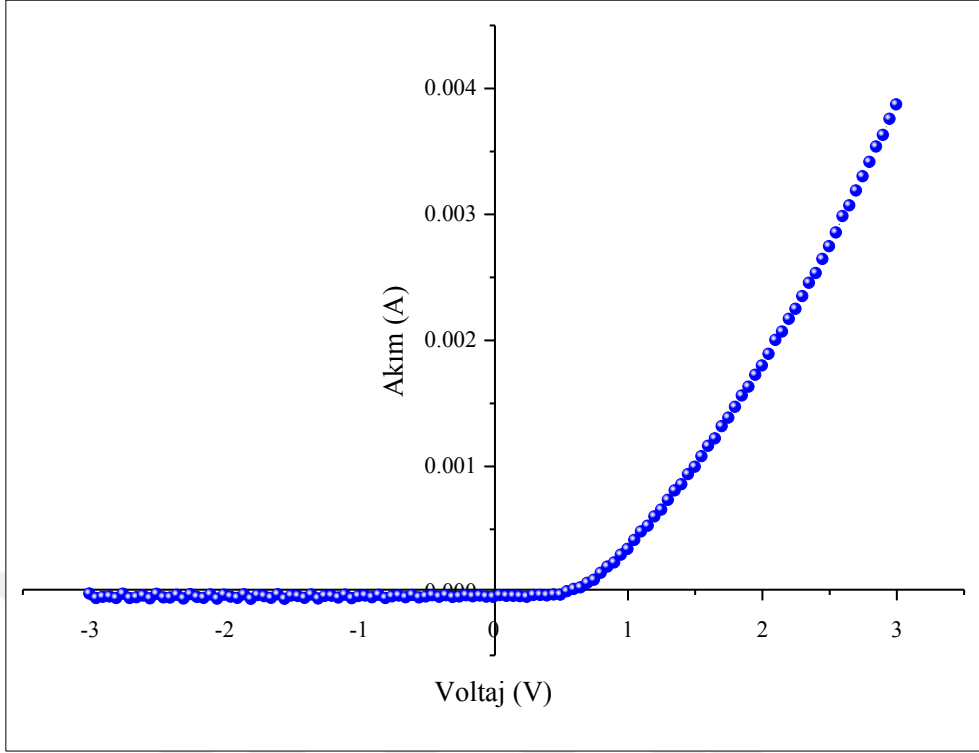


Şekil 3.265. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği

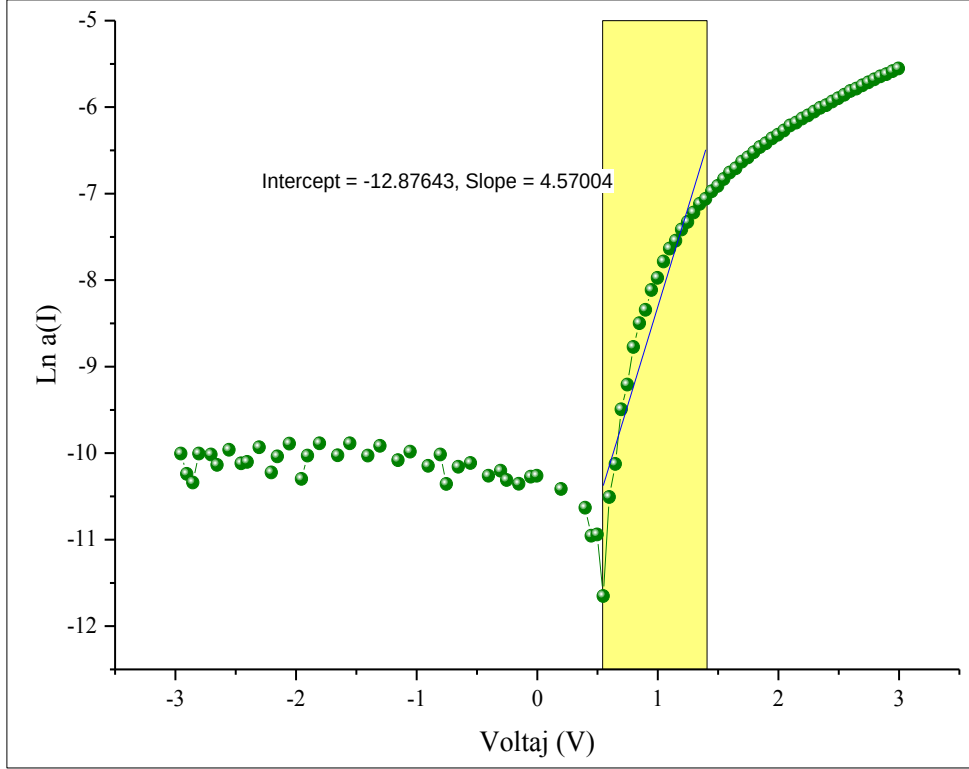


Şekil 3.266. Al/ P(5APAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği

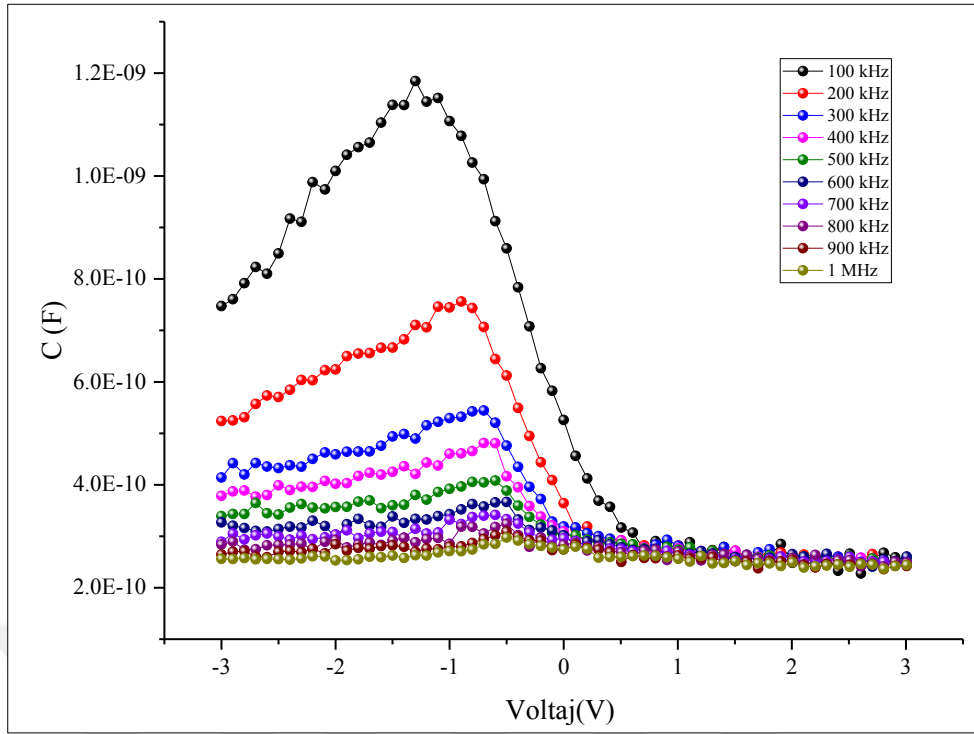
3.27.4. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri



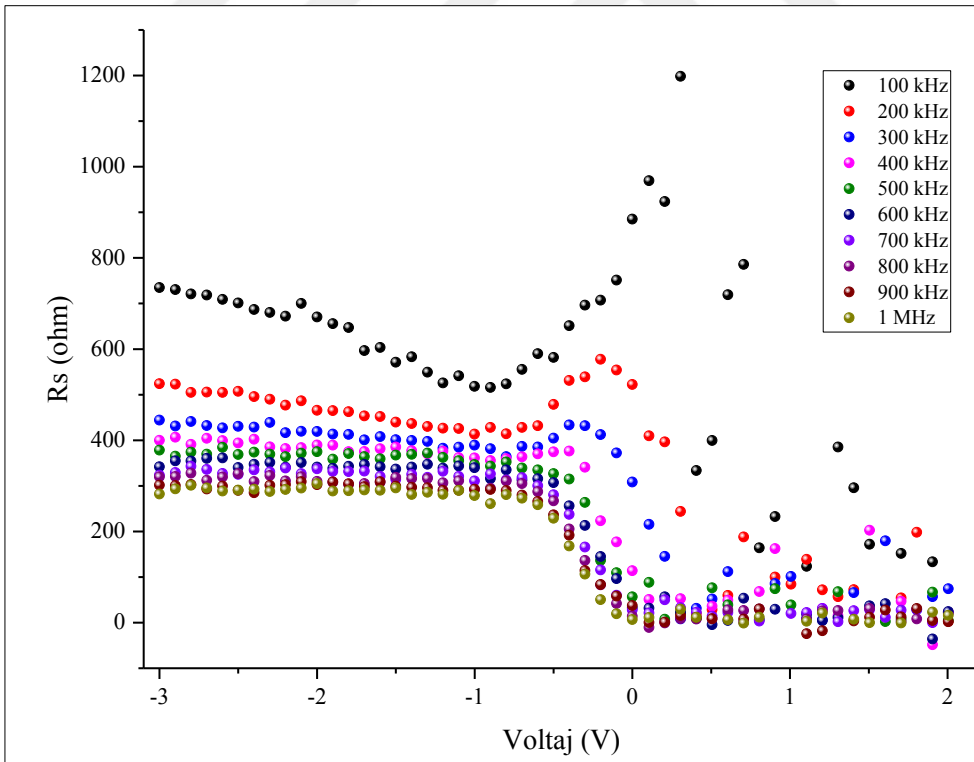
Şekil 3.267. Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



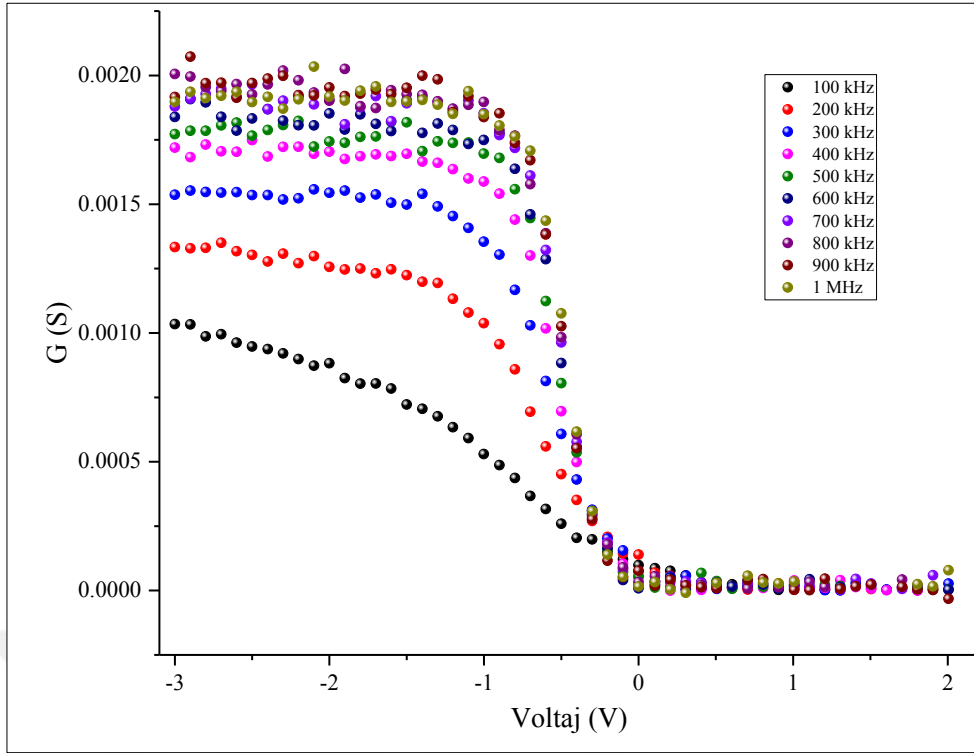
Şekil 3.268. P(6AHAMG)/6% nanografen katkılı diyotun oda sıcaklığı ve karanlıkta ln akım-voltaj grafiği



Şekil 3.269. Al/ P(6AHAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği

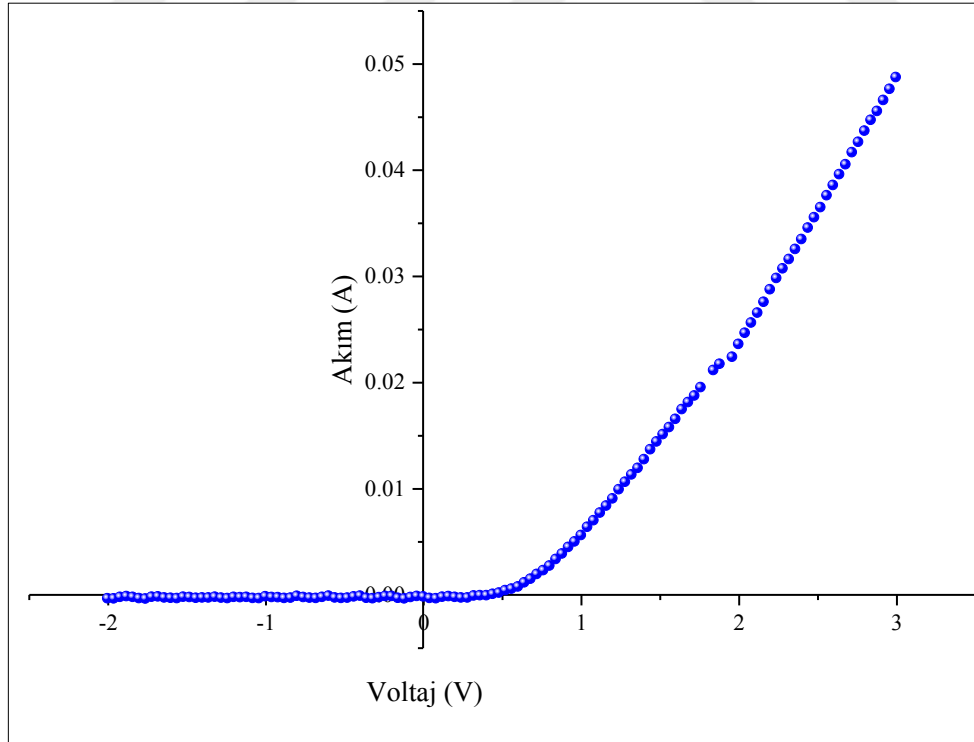


Şekil 3.270. Al/ P(6AHAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği

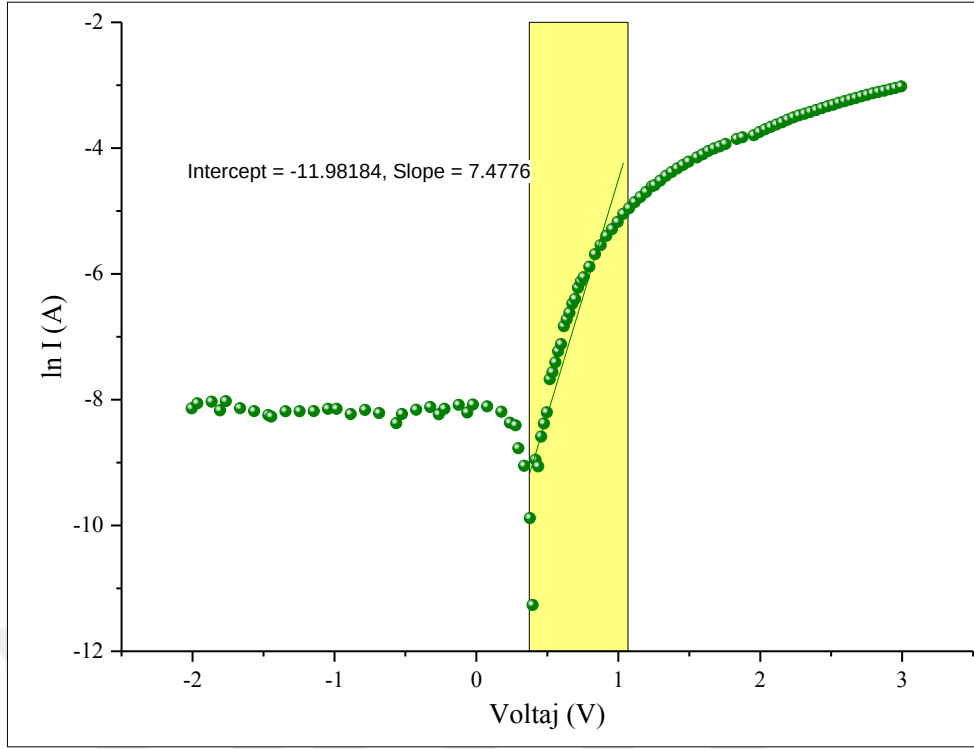


Şekil 3.271. Al/ P(6AHAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği

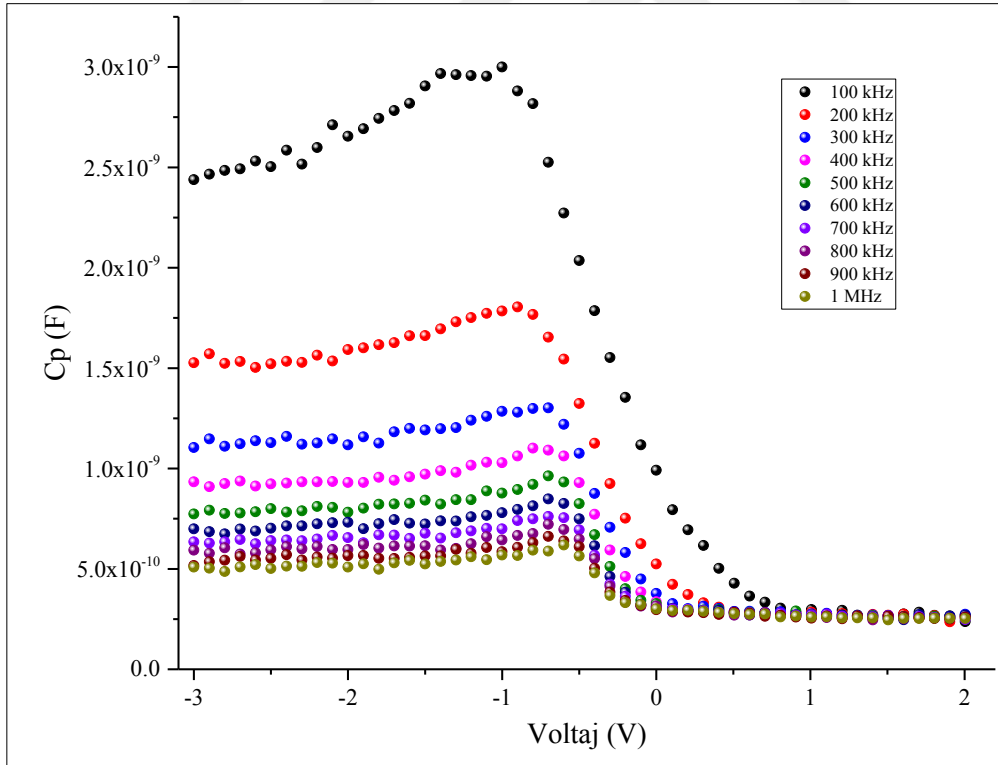
3.27.5. Al/ P(2AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyot ölçümleri



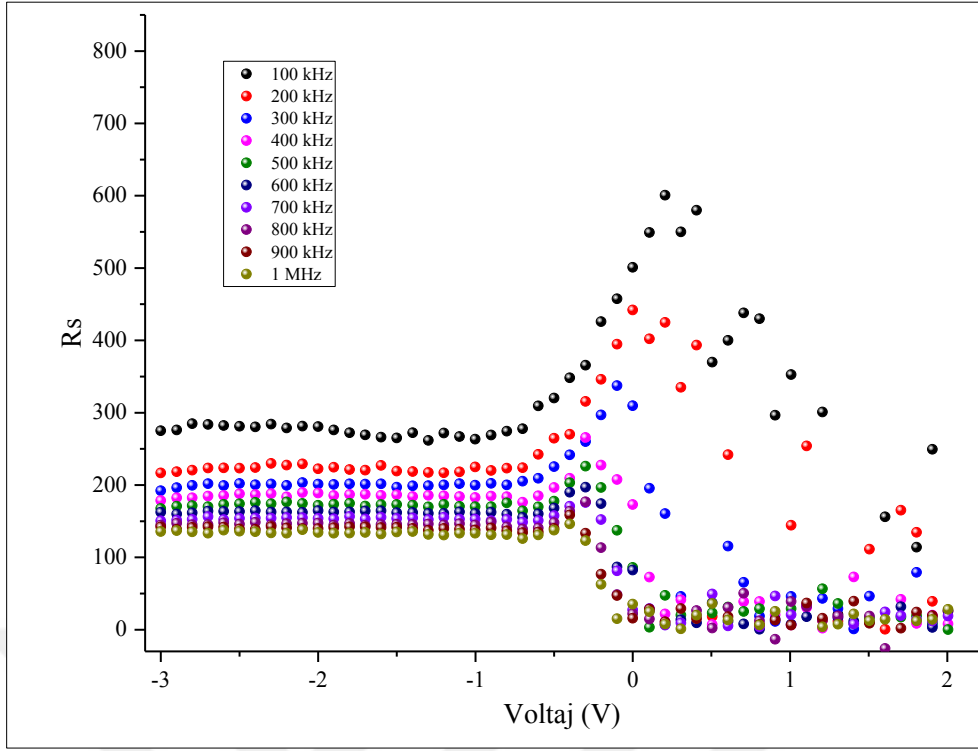
Şekil 3.272. Al/ P(2AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



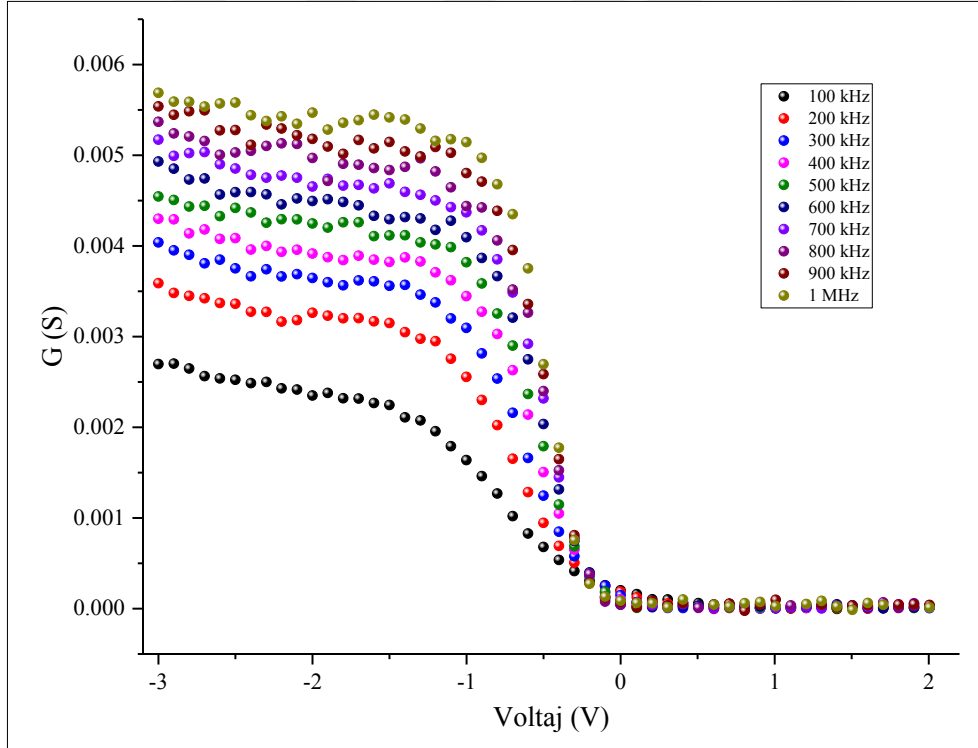
Şekil 3.273. Al/ P(2AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



Şekil 3.274. Al/ P(2AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği

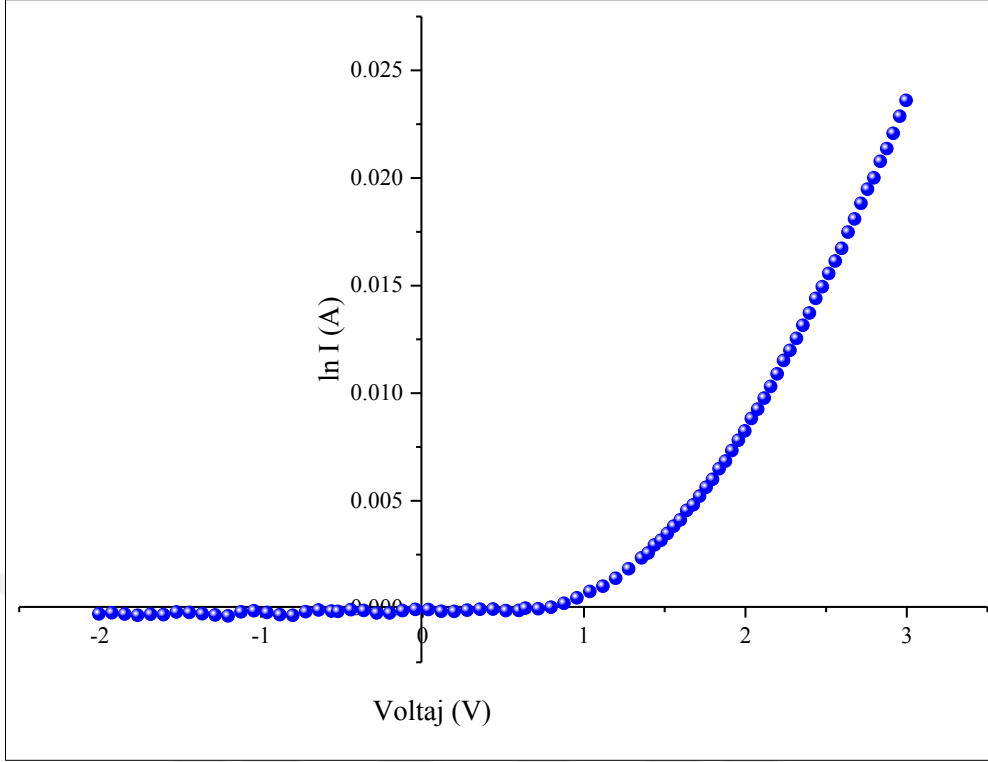


Şekil 3.275. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği

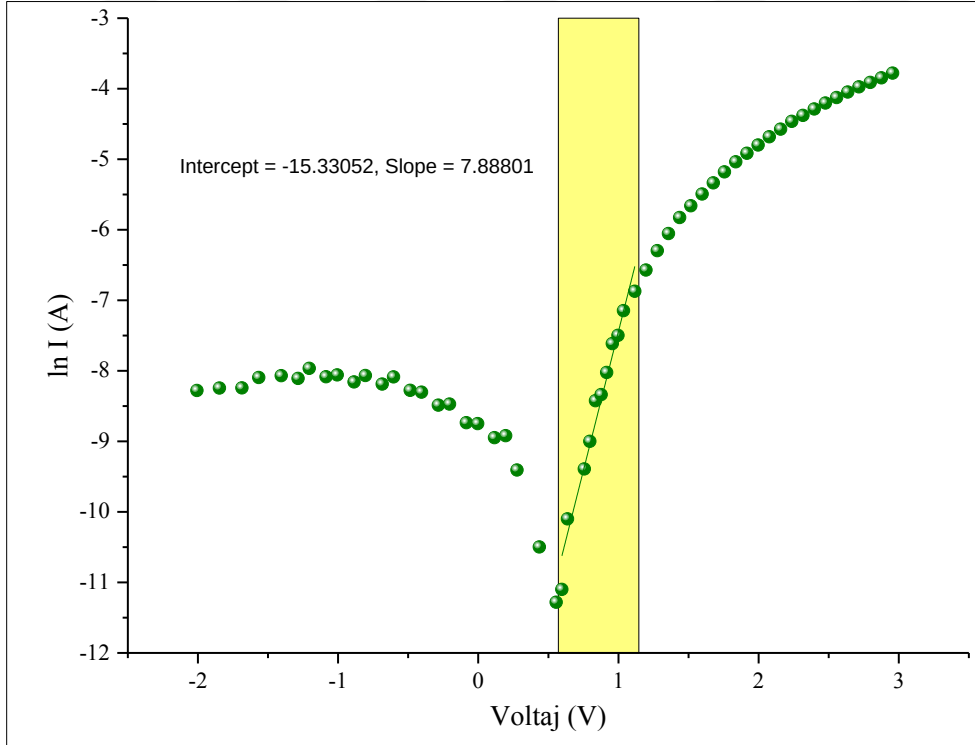


Şekil 3.276. Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği

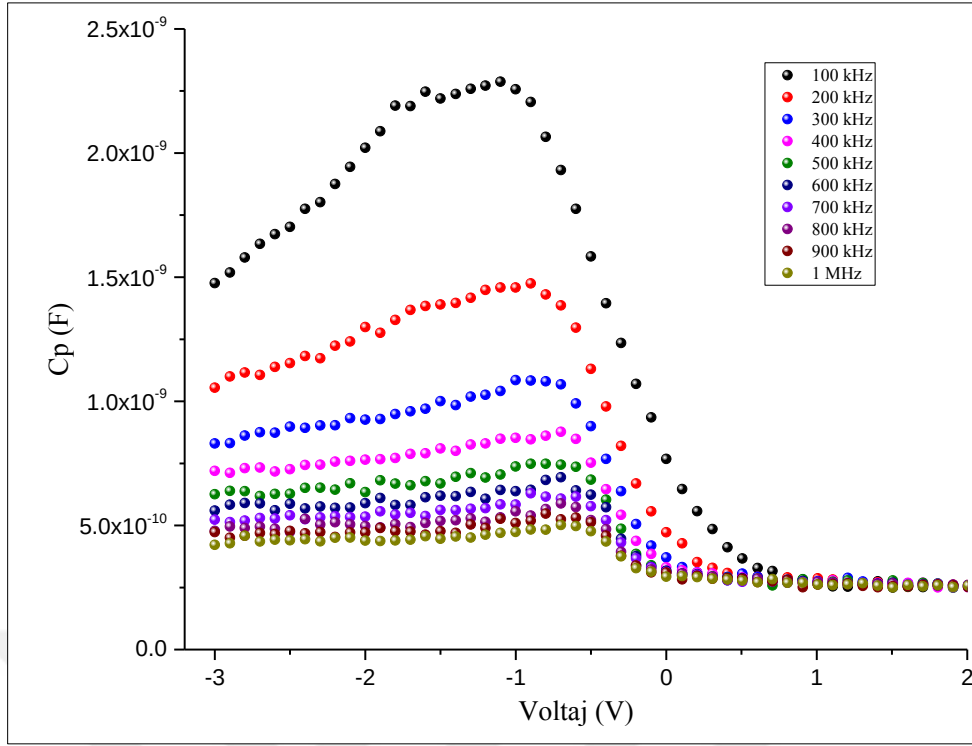
3.27.6. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot ölçümleri



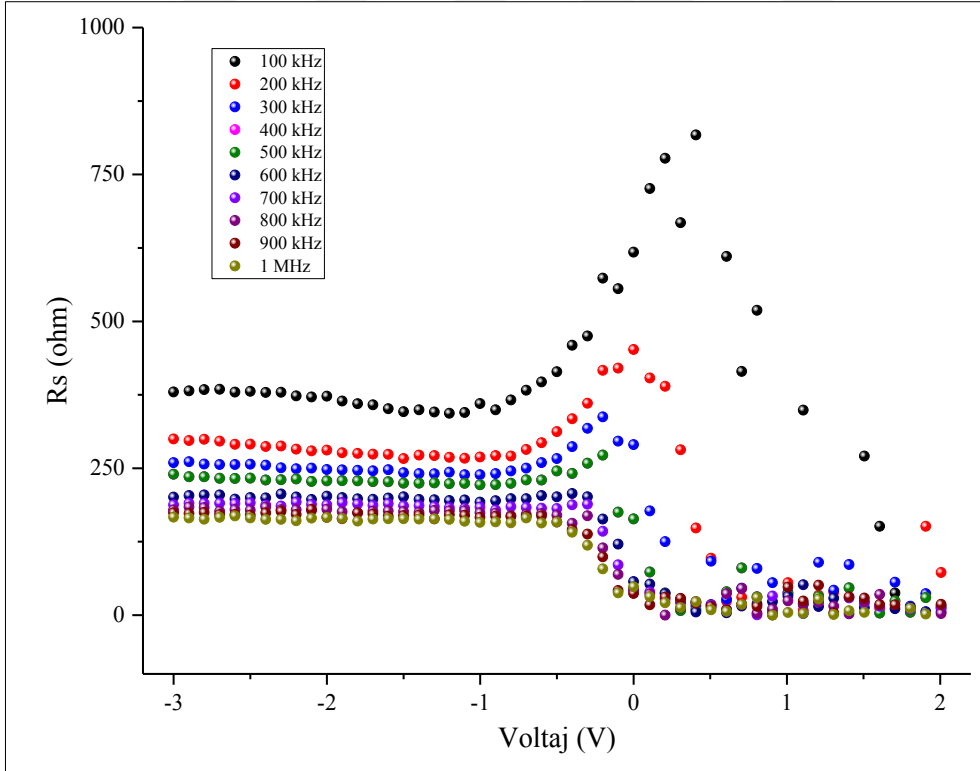
Şekil 3.277. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



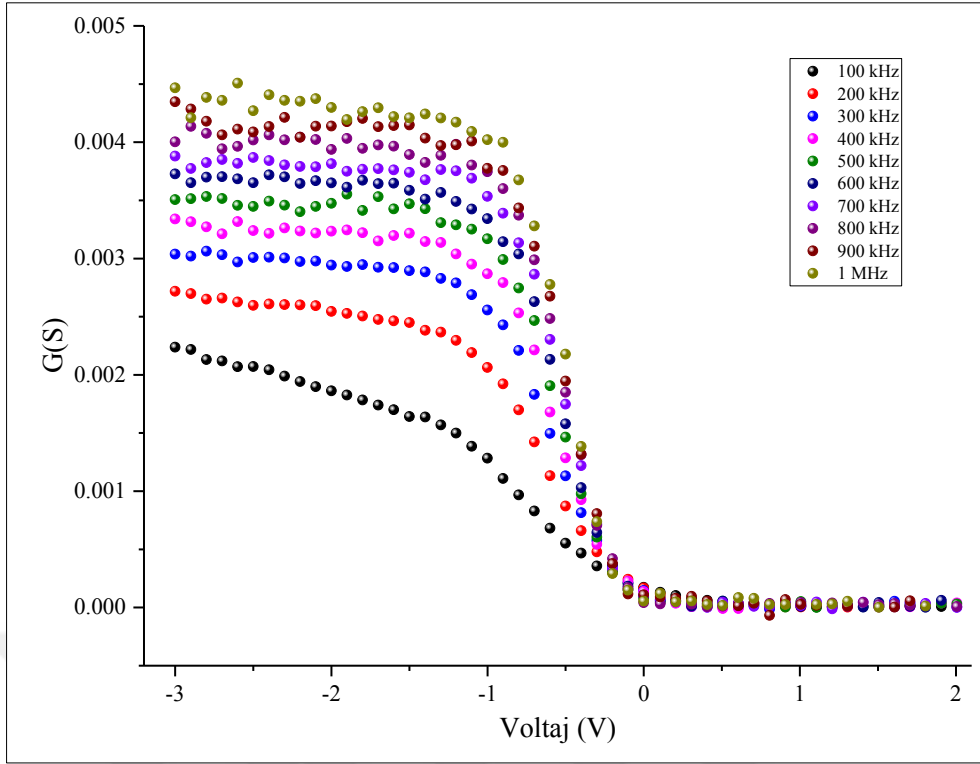
Şekil 3.278. Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyotun diyotun 25 °C ve karanlıkta akım-voltaj



Şekil 3.279. Al/ P(3AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki kapasitans-voltaj grafiği



Şekil 3.280. Al/ P(3AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki direnç-voltaj grafiği



Şekil 3.281. Al/ P(3AFAMG)/6% nanograften /p-Si/Al diyotun farklı frekanslardaki G-V grafiği

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, önce 4-vinil benzil alkol (4VBA) literatürde verilen metoda göre sentezlendi[105]. Hazırlanan 4VBA'nın IR spektrumu (Şekil 3.1), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.2) ve ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.3) yapıyı doğruladı. 4VBA'nın -OH grubu üzerinden 2-bromoizobütiril bromür ile açılme reaksiyonu sonucu 4-(2-bromoizobütiroil metil)stiren (4BIMS) sentezlendi. Sentezlenen 4BIMS'in IR spektrumu (Şekil 3.4), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.5) ve ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.6) yapıyı karakterize etmektedir.

P(4BIMS) serbest radikalik polimerizasyon yöntemiyle hazırlandı. P(4BIMS)'in IR spektrumu (Şekil 3.7); $3070\text{--}3022\text{ cm}^{-1}$ ve $2926\text{--}2846\text{ cm}^{-1}$ 'de sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmesi, 1734 cm^{-1} 'de ester karbonil grubuna ait --C=O gerilmesi, 1515 cm^{-1} 'de aromatik C=C çift bağların görülmesi, ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.8), 7.08-6.62 ppm'deki sinyaller aromatik halka protonlarını, 5.15 ppm'deki sinyal $\text{--CH}_2\text{--O}$ protonu ve ^{13}C -NMR spektrumunda (Şekil 3.9), 127 ppm'deki sinyaller aromatik karbonlarını, 171.4 ppm'deki sinyal ester karbonil (--C=O) karbonunu, 145.8 ppm'deki sinyal vinil grubunun bağlı aromatik ipso karbonu, 132 ppm'deki sinyal --CH_2 grubunun bağlı olduğu aromatik ipso karbonu, 66 ppm'deki sinyal --Br 'un bağlı olduğu karbonlara ait olan sinyaller yapıyı destekleyen karakteristik kanıtlardır.

Poli(Stiren-ko-4-(2-bromoizobütiroilmetil)stiren)'in P(St-ko-4BIMS) sentezi, 4BIMS ile stiren mononerinin serbest radikalik polimerizasyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirildi. Bu polimer sonraki aşamalarda bir ATRP başlatıcısı olarak kullanıldı. P(St-ko-4BIMS%8.5)'in IR spektrumu (Şekil 3.10) $3070\text{--}3022\text{ cm}^{-1}$ ve $2926\text{--}2846\text{ cm}^{-1}$ (sırasıyla aromatik ve alifatik C-H gerilmesi), 1736 cm^{-1} (ester C=O), $1388\text{--}1369\text{ cm}^{-1}$ BIMS birimindeki geminal dimetil eğilme titreşimleri, 1520 cm^{-1} (aromatik C=C gerilmesi), ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.11), 7.30-6.20 ppm (aromatik halka protonları), 5.15 ppm (oksijene bağlı --CH_2 protonları), 2.01 ppm (izoprobil grubundaki --CH_3 protonları) ^{13}C -NMR spektrumunda (Şekil 3.12), 171.4 (BIMS birimindeki ester --C=O), 128,6-125,9 ppm (aromatik halka karbonları), 67.2 ppm (BIMS birimindeki $\text{Ar--CH}_2\text{--O}$), 55.6 ppm (BIMS birimindeki --C--Br) yapıyı doğrulayan önemli sinyallerdir. P(St-ko-4BIMS)'in kopolimer bileşimi ^1H -NMR spektrumundan P(St-ko-4BIMS%8.5) olarak belirlendi. Ayrıca GPC analizi ile sayıca ortalama molekül ağırlığı 32000 g/mol, polidispersitesi (HI=) 1.22 olarak belirlendi. Kopolimer zincirindeki dimer başına ortalama molekül ağırlığı $0.083 \times 283 \text{ g/mol} + 0.917 \times 104 \text{ g/mol} = 118 \text{ g/mol}$, buradan zincirdeki toplam mer sayısı $32000/118=270$, Br uçlu mer sayısının $270 \times 0.083=22$ olduğu hesaplandı.

3-Asetamidopropil akrilat (3APAM) monomerini sentezlemek için öncelikle 3-amino propanol ile asetik anhidritin reaksiyonuyla N-(3-hidroksipropil)asetamit (3HPAC) hazırlandı. 3HPAC'ın IR spektrumu (Şekil 3.13), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.14), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.15) yapıyı doğrulamaktadır. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.13, Tablo 3.14 ile Tablo 3.15'de özetlenmiştir.

3HPAC ile akriloil klorür'ün reaksiyonuyla 3APAM monomeri sentezlendi. 3APAM'ın IR spektrumunda (Şekil 3.16), 3304 ve 2929-2882 cm^{-1} 'de Sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1724 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1656 cm^{-1} 'de -OC=O (Amit) karbonil gerilme titreşimi, 1554-1420 cm^{-1} 'deki sinyaller alifatik C-H eğilmesi, 1195 cm^{-1} 'deki sinyal C-O asimetrik gerilmesine, 1057-986 cm^{-1} 'deki sinyaller vinil grubunun düzlem dışı eğilme titreşimleri karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.17), 7.3 ppm'deki sinyal amit protonunu, 6.10 ppm'deki sinyal vinil grubundaki -CH protonunu, 6.39-5.81 ppm'deki sinyaller vinil grubundaki sırasıyla cis ve trans protonlarını, 4.19 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.27 ppm'deki sinyal -NH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.94 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.85 ppm'deki sinyal ortadaki -CH₂ protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.18), 170.3 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 165.6 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 130.6-127.8 ppm'deki sinyaller sırasıyla vinil grubundaki -CH₂ ve -CH karbonlarını, 61.9-37.6 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH₂ karbonlarını, 27.8 ppm'deki sinyal -O-CH₂-CH₂-CH₂-N- karbonunu, 23.2 ppm'deki sinyal -CH₃ karbonunu karakterize etmektedir.

Poli(3-asetamidopropil akrilat) P(3APAM) serbest radikalik polimerizasyon metoduyla hazırlandı. P(3APAM)'ın IR spektrumu (Şekil 3.19); 3281 ve 2925-2882 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1728 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1644 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1550-1418 cm^{-1} 'deki sinyaller Alifatik C-H eğilmesi, 1190 cm^{-1} 'deki sinyal C-O asimetrik gerilmesine ait karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.20), 7.9 ppm'deki sinyal amit protonunu, 3.97 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.09 ppm'deki sinyal -NH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.81 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 2.16-1.55 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.21), 174,4 ppm (amitdeki C=O), 169.7 ppm (ester C=O), 62,3-35,8 ppm (sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH₂ karbonlarını), 28.8 ppm (-O-CH₂-CH₂-CH₂-N-) karbonu, 23.0 ppm (-CH₃) sinyalleri yapıyı doğrulamaktadır.

3-Asetamidopropil akrilat'ın aşı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşlatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 3APAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(3APAMG)'ın IR spektrumu (Şekil 3.22); 3286 ve 2951-2880 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1730 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1651 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1554-1420 cm^{-1} 'deki sinyaller Alifatik C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.23), 7.9 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.12-6.63 makrobaşlatıcıya ait aromatik protonlar, 4.07 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.21 ppm'deki sinyal -NH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 2.08 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.92-1.60 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.24), 174.4 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.7 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 131-128 ppm'deki sinyaller sırasıyla makrobaşlatıcıya ait aromatik halka karbonları, 62.3-35.8 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH₂ karbonlarını, 28.8 ppm'deki sinyal -O-CH₂-CH₂-CH₂-N- karbonunu, 23.0 ppm'deki sinyal -CH₃ karbonunu karakterize etmektedir. P(3APAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 33 olarak belirlendi. Aşı kopolimerin molekül ağırlığı 126.000 g/mol olarak hesaplandı.

4-Asetamidobütıl akrilat monomerini (4ABAM) sentezlemek için öncelikle 4-amino propanol ile asetik anhidtirin reaksiyonu ile N-(4-hidroksi bütıl)asetamit'in (4HBA) sentezlendi. 4HBA'nın IR spektrumu (Şekil 3.25), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.26), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.27), yapıyı doğrulamaktadır. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.25, Tablo 3.26 ile Tablo 3.27'de özetlenmiştir.

4HBA ile akriloil klorür'ün reaksiyonu ile 4ABAM monomeri sentezlendi. 4ABAM'ın IR spektrumu (Şekil 3.28), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.29), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.30) yapıyı karakterize etmektedir. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.28, Tablo 3.28 ile Tablo 3.30'da özetlenmiştir.

4-Asetamidobütıl akrilat'ın aşı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşlatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 4HBAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(4ABAMG)'ın IR spektrumu (Şekil 3.31); 3291 ve 2941-2867 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1731 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1654 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1554-1420 cm^{-1} 'deki sinyaller Alifatik C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.32), 7.9 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.05-6.51 makrobaşlatıcıya ait aromatik protonlar, 3.97 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.04 ppm'deki sinyal -NH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.81 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.60-1.32 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize

etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.33), 174.4 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.4 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 131-128 ppm'deki sinyaller sırasıyla makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları, 64.5-38.4 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve azota bağlı $-\text{CH}_2$ karbonlarını, 25.9 ppm'deki sinyal $-\text{CH}_2$ karbonlarını, 22.7 ppm'deki sinyal $-\text{CH}_3$ karbonunu karakterize etmektedir. P(4ABAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 90 olarak belirlendi. Aşı kopolimerin molekül ağırlığı 368.000 g/mol olarak hesaplandı.

5 Asetamido pentil akrilat monomerinin (5APAM) sentezlemek için öncelikle 5-amino propanol ile asetik anhidritin reaksiyonu ile N-(5-hidroksipropil)asetamit (5HPAC) sentezlendi. 5HPAC'ın IR spektrumu (Şekil 3.34), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.35), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.36) yapıyı doğrulamaktadır. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.34, Tablo 3.35 ile Tablo 3.36'da özetlenmiştir.

5HPAC ile akrilol klorür'ün reaksiyonu ile 5APAM monomeri sentezlendi. 5APAM'ın IR spektrumu (Şekil 3.37), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.38), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.39) yapıyı karakterize etmektedir. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.37, Tablo 3.38 ile Tablo 3.39'da özetlenmiştir.

5 Asetamido pentil akrilat'ın aşı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşılatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 5APAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(5APAMG)'nin IR spektrumu (Şekil 3.40); 3295 ve 2931-2860 cm^{-1} 'de sırasıyla $-\text{NH}$ ve alifatik $-\text{C-H}$ gerilmeleri, 1733 cm^{-1} 'de ester karbonil $-\text{OC=O}$ gerilme titreşimi, 1656 cm^{-1} 'de amit karbonil $-\text{OC=O}$ gerilme titreşimi, 1548-1451 cm^{-1} 'deki sinyaller Alifatik C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.41), 7.8 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.10-6.39 makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar, 3.99 ppm'deki sinyal $-\text{OH}$ grubuna komşu $-\text{CH}_2$ protonlarını, 3.04 ppm'deki sinyal $-\text{NH}$ grubuna komşu $-\text{CH}_2$ protonlarını, 1.80 ppm'deki sinyal $-\text{CH}_3$ protonlarını, 1.60-1.00 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.42), 174.4 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.7 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 130-128 ppm'deki sinyaller sırasıyla makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları, 64.4-39.2 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve azota bağlı $-\text{CH}_2$ karbonlarını, 29.2-27.8-23.19 ppm'deki sinyaller sırasıyla 5,7 ve 6 numaralı karbonlar, 22.8 ppm'deki sinyal $-\text{CH}_3$ karbonunu karakterize etmektedir. P(5APAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 44 olarak belirlendi. Aşı kopolimerin molekül ağırlığı 194.000 g/mol olarak hesaplandı.

6 Asetamidoheksil akrilat monomerinin (6AHAM) sentezlemek için öncelikle 6-amino heksanol ile asetik anhidritin reaksiyonuyla N-(6-hidroksiheksil)asetamit'in (6HHA) sentezlendi. 6HHA'nın IR spektrumu (Şekil 3.43), ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.44), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.45) yapıyı doğrulamaktadır. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.43, Tablo 3.44 ile Tablo 3.45'de özetlenmiştir.

6HHA ile akrilolil klorür'ün reaksiyonuyla 6AHAM monomeri sentezlendi. 6AHAM'ın IR spektrumu (Şekil 3.46), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.47), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.48) yapıyı karakterize etmektedir. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.46, Tablo 3.47 ile Tablo 3.48'de özetlenmiştir.

6 Asetamidoheksil akrilat'ın aşı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşılatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 6AHAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(6AHAMG)'ın IR spektrumu (Şekil 3.49); 3289 ve 2931-2860 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1730 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1656 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1548-1451 cm^{-1} 'deki sinyaller Alifatik C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.50), 7.8 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.10-6.49 makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar, 3.99 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.01 ppm'deki sinyal -NH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.78 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.70-1.10 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.51), 174.4 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.7 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 130-128 ppm'deki sinyaller sırasıyla makrobaşılatıcıya ait aromatik halka karbonları, 64.7-38.8 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve azota bağlı -CH₂ karbonlarını, 29.7-28.5 ppm'deki sinyaller sırasıyla 8 ve 5 numaralı karbonlar, 26.3-25.5 ppm'deki sinyaller sırasıyla 7 ve 6 numaralı karbonlar, 22.8 ppm'deki sinyal -CH₃ karbonunu karakterize etmektedir. P(6AHAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 42 olarak belirlendi. Aşı kopolimerin molekül ağırlığı 198.000 g/mol olarak hesaplandı.

2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat monomerini (2AFAM) sentezlemek için öncelikle 2-amino-3 fenil propanol ile asetik anhidritin reaksiyonuyla N-(1-hidroksi-3fenilpropan-2-yl)asetamit (NHFA) sentezlendi. NHFA'nın IR spektrumun (Şekil 3.52), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.53), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.54) yapıyı doğrulamaktadır.

NHFA ile akrilolil klorür'ün reaksiyonuyla 2AFAM monomeri sentezlendi. 2AFAM'ın IR spektrumu (Şekil 3.55), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.56), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.57) yapıyı karakterize etmektedir. Bu yapıya ait karakteristik band ve pikler Tablo 3.55, Tablo 3.56 ile Tablo 3.57'de özetlenmiştir.

2-Asetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşısı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşılatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 2AFAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(2AFAMG)'in IR spektrumu (Şekil 3.58); 3063-3031 cm^{-1} 'de aromatik -C-H gerilmeleri, 3286 ve 2931-2860 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1733 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1656 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1548-1451 cm^{-1} 'deki sinyaller alifatik -C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.59), 7.90 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.10-6.38 makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar, 4.13 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.90 ppm'deki sinyal benzen grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.71 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.60-1.00 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -NMR spektrumunda; (Şekil 3.60), 173.9 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.5 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 138.5 ppm'deki sinyal 14 numaralı ipso karbonunu, 129.4-128.5 ppm'deki sinyaller aromatik halka karbonlarını, 65.2-37.0 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve benzene bağlı -CH₂ karbonlarını, 49.4 ppm'deki sinyal 5 numaralı -CH karbonunu, 22.9 ppm'deki sinyal -CH₃ karbonunu karakterize etmektedir. P(2AFAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 35 olarak belirlendi. Aşısı kopolimerin molekül ağırlığı 192.000 g/mol olarak hesaplandı.

3-Acetamido-3-fenilpropil akrilat monomerini (3AFAM) sentezlemek için öncelikle 3-amino-3 fenil propanaol ile asetik anhidritin reaksiyonu ile N-(3-hidroksi-1-fenilpropil)asetamit'in (N3H1F) sentezlendi. N3H1F'nin IR spektrumu (Şekil 3.61), ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.62), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.63) yapıyı doğrulamaktadır.

N3H1F ile akriloil klorür'ün reaksiyonu ile 3AFAM monomeri sentezlendi. 3AFAM'ın IR spektrumu (Şekil 3.64), ^1H -NMR spektrumu (Şekil 3.65), ^{13}C -NMR spektrumu (Şekil 3.66) yapıyı karakterize etmektedir.

3-Acetamido-3-fenilpropil akrilat'ın aşısı kopolimeri önceden sentezlenen makrobaşılatıcı P(St-ko-4BIMS%8.5) ve 3AFAM monomeri kullanılarak hazırlandı. P(3AFAMG)'in IR spektrumu (Şekil 3.67); 3063-3031 cm^{-1} 'de aromatik -C-H gerilmeleri, 3286 ve 2952-2860 cm^{-1} 'de sırasıyla -NH ve alifatik -C-H gerilmeleri, 1733 cm^{-1} 'de ester karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1651 cm^{-1} 'de amit karbonil -OC=O gerilme titreşimi, 1539-1448 cm^{-1} 'deki sinyaller alifatik -C-H eğilmesi karakteristik piklerdir. ^1H -NMR spektrumunda; (Şekil 3.68), 8.40 ppm'deki sinyal amit protonunu, 7.50-6.5 makrobaşılatıcıya ait aromatik protonlar, 4.13 ppm'deki sinyal -OH grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 3.90 ppm'deki sinyal benzen grubuna komşu -CH₂ protonlarını, 1.71 ppm'deki sinyal -CH₃ protonlarını, 1.60-1.00 ppm'deki sinyal ana zincir protonlarını karakterize etmektedir. ^{13}C -

NMR spektrumunda; (Şekil 3.69), 173.9 ppm'deki sinyal amit karbonil karbonunu, 169.5 ppm'deki sinyal ester karbonil karbonunu, 138.5 ppm'deki sinyal 14 numaralı ipso karbonunu, 129.4-128.5 ppm'deki sinyaller aromatik halka karbonlarını, 65.2-37.0 ppm'deki sinyaller sırasıyla oksijene ve benzene bağlı $-\text{CH}_2$ karbonlarını, 49.4 ppm'deki sinyal 5 numaralı $-\text{CH}$ karbonunu, 22.9 ppm'deki sinyal $-\text{CH}_3$ karbonunu karakterize etmektedir. P(3AFAMG)'nin tekrar eden mer sayısı ^1H -NMR'daki integral yükseklikleri kullanılarak 41 olarak belirlendi. Aşı kopolimerin molekül ağırlığı 224.000 g/mol olarak hesaplandı.

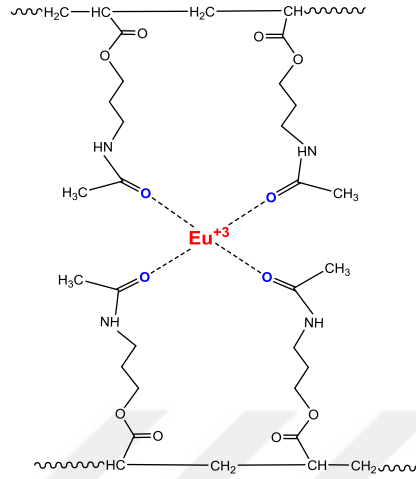
Polimer ve polimer kompozitlerinin termal bozunmasını incelemek amacıyla TGA-50 sistemi kullanıldı. Elde edilen TGA eğrilerinden, polimerin bozunma sıcaklıkları ve atık yüzdeleri belirlendi. Bu amaçla ortalama 5 mg polimer ve kompozitler azot atmosferinde 5, 10, 20, 30 ve 40°C/dk ısıtma hızlarında oda sıcaklığından 500 ve 600°C'ye kadar ölçüldü. P(4BIMS) için elde edilen termogramlar Şekil 3.74'te, sonuçlar da Tablo 3.71'de verildi. Farklı ısıtma hızlarındaki bozunma eğrileri kullanılarak, Flynn-Wall-Ozawa metoduna göre polimerin bozunmasına yönelik aktivasyon enerjileri belirlendi. İzotermal olmayan ölçümlerde, ayrışma mekanizması bir sıcaklıktan diğerine düşer [106].

$$\ln(\beta) = C - \frac{1.052E_a}{RT} \quad (1)$$

Bu amaçla farklı dönüşüm yüzdelerinde $1/T$ değerlerine karşılık $\log\beta$ grafiği çizildi. Flynn-Wall-Ozawa eğrileri olarak tanımlanan bu eğriler karşılaştırmalı olarak Şekil 3.75'de ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak grafiğe çizildi Şekil 3.76. gösterildi. P(4BIMS) için ortalama aktivasyon enerjisi 147.16 kJ/mol olarak hesaplandı.

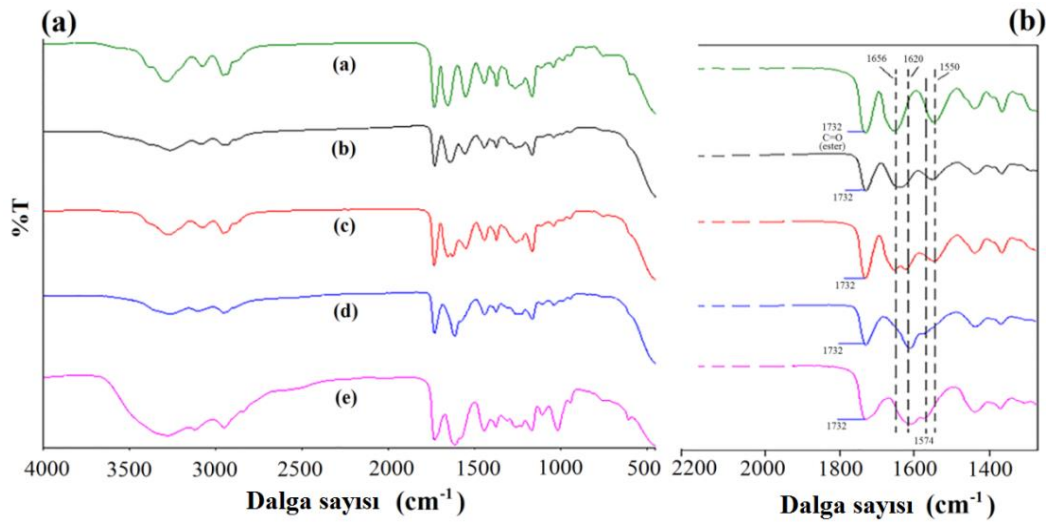
P(3APAM) homopolimerinin camsı geçiş sıcaklığını belirlemek için DSC-50 sistemi kullanıldı. Numune ortamı sıvı azot ile -100 °C'ye soğutuldu ve +100 °C'ye kadar 20 °C/dk ısıtma hızıyla azot atmosferinde ölçüldü. Homopolimerin Tg değeri -5.30 °C olarak belirlendi. P(3APAM)'ın EuCl_3 ile ağırlıkça %3, %6, %12 ve %16 oranlarında kompozitleri hazırlandı. Polimer ve kompozitlerin TGA ölçümleri 10 °C/dk ısıtma hızıyla ölçüldü ve karşılaştırmalı olarak Şekil 3.79'daki gibi grafiği kaydedildi. Sonuçlar Tablo 3.73'da özetlenmiştir. Grafik ve tablo değerlerinde görüldüğü gibi EuCl_3 yüzdesi arttıkça bozunma sıcaklığında azalma gözlenmiştir. P(3APAM) için bozunma sıcaklığı 238 °C iken %16 EuCl_3 katkılı kompozit'de bu değer 191 °C'ye kadar düşmüştür. TGA türev eğrileri Şekil 3.79 (b)'de karşılaştırmalı olarak grafiğe çizilmiştir. Katkısız polimerde maksimum bozunma sıcaklığı 328 °C'den %16 EuCl_3 katkılı kompozit için 282 °C'ye kadar azalmıştır. Katkısız polimer ve EuCl_3 katkılı kompozitlerin camsı geçiş sıcaklıkları Şekil 3.80'deki DSC eğrilerinden belirlenmiştir ve

Tablo 3.74’de özetlenmiştir. P(3APAM) için -5,30 °C olan Tg değeri, P(3APAM /EuCl₃ 3 wt%) için 39.95 °C, P(3APAM /EuCl₃ 6 wt%) için 56.98 °C, P(3APAM /EuCl₃ 12 wt%) için 60.49 °C, P(3APAM /EuCl₃ 16 wt%) için 66.95 °C olarak belirlemiştir.



Şekil 4.1. P(3APAM) ve Eu³⁺ arasında kompleks oluşumu

EuCl₃’ün Tg üzerindeki etkisi, polimerin amit karbonil grubu ve Eu³⁺ iyonu arasındaki koordinasyon etkileşimi ile açıklanabilir (Şekil 4.1). Polimerler için karakteristik olan sıcaklık (Tg), polimerin aşıl hareketliliğini anlamak için iyi bir yoldur. Bu nedenle, polimer zincirlerinin hareket kabiliyetinin EuCl₃’ün polimere ilavesiyle sınırlandığı anlaşıldı. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında P(3APAM/EuCl₃) kompozitlerde EuCl₃ içeriğinin artmasıyla Tg’nin daha arttığı anlaşılmaktadır [107-108].



Şekil 4.2. (a) Farklı oranlarda EuCl₃ içeren P(3APAM/EuCl₃) kompozitlerinin FT-IR spektrumları

a)saf P(3APAM), b) 3.0%, c) 6.0%, d) 12.0%, e-) 16.0%

Farklı oranlarda EuCl_3 içeren $\text{P(3APAM/EuCl}_3\text{)}$ kompozitlerinin FT-IR spektrumları Şekil 4.2’de karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir. Görülen en önemli değişiklik 1656 cm^{-1} deki amit karbonil bandının 1620 cm^{-1} ’e doğru kayması ve bu pikin EuCl_3 miktarı %16 olduğunda maksimuma ulaşmasıdır.

P(3APAMG) ’ın DSC eğrisi Şekil 3.81, farklı ısıtma hızlarındaki (5, 10, 20, 30, 40 $^{\circ}\text{C/dk}$) TGA eğrileri de Şekil 3.83’de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait bozunma sıcaklıkları ve 600 $^{\circ}\text{C}$ ’deki atık miktarları Tablo 3.75’de özetlenmiştir. P(3APAMG) ’nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.84’de ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşüm derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.85’deki gibi grafiğe çizildi [109-110].

P(3APAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 74.33 kJ/mol olarak bulundu ve %12 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (73.105 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü[111]. P(3APAMG) ’in ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen katkılı kompozitlerin karşılaştırmalı olarak TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.86 ve Şekil 3.87’de verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen T_g ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.76’da özetlenmiştir. Camısı geçiş sıcaklığı P(3APAMG) için $-2,95\text{ }^{\circ}\text{C}$, %2 nanografen katkılı kompozit için $3,12\text{ }^{\circ}\text{C}$, %4 nanografen katkılı kompozit için $5,21\text{ }^{\circ}\text{C}$, %6 nanografen katkılı kompozit için $9,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. Katkılanan nanografen polimer zincir hareketliliğini ve serbest hacmi azalttığı dolayısıyla T_g değerini yükselttiği önerilmektedir. Ayrıca TGA termogramlarından da nanografen katkısıyla termal kararlılığında arttığı açıkça görülmektedir. P(3APAMG) için $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer $283\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye kadar artmıştır. Nanografen katkılanmasıyla polimerin termal kararlılığı artmıştır[112].

P(4HBAMG) ’ın DSC eğrisi Şekil 3.88 farklı ısıtma hızlarındaki (5, 10, 20, 30, 40 $^{\circ}\text{C/dk}$) TGA eğrileri de Şekil 3.89’da gösterilmiştir. Bu eğrilere ait sonuçlar Tablo 3.77’de özetlenmiştir. P(4HBAMG) ’nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.90’da ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşüm derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.91’deki gibi grafiğe çizildi. P(4HBAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 113.21 kJ/mol olarak bulundu ve %15 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (115.38 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. P(4HBAMG) ’nin nanografen katkılı kompozitlerin karşılaştırmalı olarak TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.93 ve Şekil 3.94’te verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen T_g ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.78’de özetlenmiştir. Camısı geçiş sıcaklığı P(4HBAMG) için $-4.20\text{ }^{\circ}\text{C}$, %2 nanografen katkılı

kompozit için 2.12 °C, %4 nanografen katkılı kompozit için 6.03 °C, %6 nanografen katkılı kompozit için 10.13 °C olarak belirlenmiştir. Ayrıca TGA termogramlarından da nanografen katkısıyla termal kararlılığında arttığı açıkça görülmektedir [113-114]. P(4HBAMG) için 233 °C olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer 249 °C'ye kadar artmıştır.

P(5APAMG)'ın DSC eğrisi Şekil 3.104 farklı ısıtma hızlarıdaki (5, 10, 20, 30, 40 °C/dk) TGA eğrileri de Şekil 3.95'de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait bozunma sıcaklıkları, 600 °C'deki atık miktarları Tablo 3.79'da özetlenmiştir. P(5APAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.96'da ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.97'deki gibi grafiğe çizildi. P(5APAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 106.01 kJ/mol olarak hesaplandı ve %15 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (107.94 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. P(5APAMG)'in nanografen katkılı kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.98 ve Şekil 3.99'da verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen Tg ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.80'de özetlenmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı P(5APAMG) için -8.56 °C, %2, %4 ve %6 nanografen katkılı kompozit için sırasıyla -4.24 °C, 3.05 °C ve 5.43 °C olarak belirlenmiştir. Nanografenin katkısı ile polimerin zincir hareketliliğini ve serbest hacimin azaldığı dolayısıyla Tg değerini yükselttiği düşünülmektedir. Nanografen katkısıyla termal kararlılığında artı olduğu açıkça görülmektedir. P(5APAMG) için 203 °C olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer 214 °C'ye kadar artmıştır. Nanografenin termal kararlılığı artırdığı literatürde yapılan çalışmalarda belirtilmiştir[115]. P(6AHAMG)'ın DSC eğrisi Şekil 3.100, farklı ısıtma hızlarıdaki (5, 10, 20, 30, 40 °C/dk) TGA eğrileri de Şekil 3.101'de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait bozunma sıcaklıkları, 600 °C'deki atık miktarları Tablo 3.81'de özetlenmiştir. P(6AHAMG)'nin %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.102'de ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.103'deki gibi grafiğe çizildi. P(6AHAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 144.14 kJ/mol olarak bulundu ve %15 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (152.22 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. P(6AHAMG)'in ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen katkılı kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.104 ve Şekil 3.105'de verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen Tg ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.82'de özetlenmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı P(6AHAMG) için -11,56 °C, %2 nanografen katkılı kompozit için -8,74 °C, %4

nanografen katkılı kompozit için -7.93°C , %6 nanografen katkılı kompozit için -1.55°C olarak belirlenmiştir. Katkılanan nanografenin polimerin zincir hareketliliğini ve serbest hacimi azalttığı dolayısıyla T_g değerini yükselttiği düşünülmektedir [116]. Nanografen katkısıyla termal kararlılığında arttığı açıkça görülmektedir. P(6AHAMG) için 218°C olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer 255°C 'ye kadar artmıştır [117]. Ayrıca bozunma aktivasyon enerjilerini karşılaştırmak amacıyla %2 nanografen katkılı kompozit için farklı ısıtma hızlarındaki TGA eğrileri de Şekil 3.106'da gösterilmiştir. Bu eğrilere ait bozunma sıcaklıkları, 600°C 'deki atık miktarları Tablo 3.83'te özetlenmiştir. P(6AHAMG/2% nanografen)'in %2-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.107'de ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.108'deki gibi grafiğe çizildi. P(6AHAMG/2 % nanografen) için ortalama aktivasyon enerjisi 135.82 kJ/mol olarak bulundu ve %18 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (113.71 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. Nanografen tabakaları arasında kovalent bağ yoktur ve bu nedenle tabakalar birbiri üzerinde kolayca kayarak nanografeni yumuşak ve kaygan hale getirir. Nanografenin yumuşak ve kaygan yapısı fırça kopolimer kompozitinin ayrışmasını hızlandırmış olabilir. Bu özelliğinden dolayı grafen tabakalarının kopolimer içerisindeki dispersiyonunu önemli ölçüde arttırdığı ve bu nedenle, kopolimer sistemi ve nanografen arasında iyi bir uyumun sağladığı söylenebilir. Polimer kompozitinin kopolimerin termal kararlılığını arttırmasına rağmen, bozunma aktivasyon enerjisindeki bu azalmanın nedeni, nanografen parçacığının kopolimeri üzerindeki ayrışmayı hızlandırdığı gerçeğine bağlı olabilir [115].

P(2AFAMG)'ın farklı ısıtma hızlarındaki ($5, 10, 20, 30, 40^{\circ}\text{C/dk}$) TGA eğrileri de Şekil 3.109'da gösterilmiştir. Bu eğrilere ait bozunma sıcaklıkları, 600°C 'deki atık miktarları Tablo 3.84'de özetlenmiştir. P(2AFAMG)'nin %2-45 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.110'da ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.111'deki gibi grafiğe çizildi. P(2AFAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 158.68 kJ/mol olarak bulundu ve %22 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (158.68 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. P(2AFAMG)'in nanografen katkılı kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.112 ve Şekil 3.113'te verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen T_g ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.85'de özetlenmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı P(2AFAMG) için 73°C , %2, %4 ve %6 nanografen katkılı kompozit için sırasıyla 80°C , 83°C ve 90°C olarak belirlenmiştir. P(2AFAMG) için

275 °C olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer 300 °C'ye kadar artmıştır. Kompozitin termal kararlılığındaki artış, dolgu parçacıklarının yüzeyine bağlı olarak kopolimer zincirlerinin segmental hareketliliğinden kaynaklanabilir [118].

P(3AFAMG)'ın farklı ısıtma hızlarındaki (5, 10, 20, 30, 40 °C/dk) TGA eğrileri de Şekil 3.114'de gösterilmiştir. Bu eğrilere ait değerler Tablo 3.86'da özetlenmiştir. P(3AFAMG)'nin %5-50 bozunma aralığındaki Flynn-Wall-Ozawa eğrileri karşılaştırmalı olarak Şekil 3.115'de ve bu eğrilerin eğiminden hesaplanan aktivasyon enerji değerleri de dönüşümün derecesinin bir fonksiyonu olarak Şekil 3.116'daki gibi grafiğe çizildi. P(3AFAMG) için ortalama aktivasyon enerjisi 150.19 kJ/mol olarak bulundu ve %22 dönüşüme karşılık gelen aktivasyon enerjisi değerinin (152.26 kJ/mol), ortalama aktivasyon enerji değerine daha yakın olduğu görüldü. P(3AFAMG)'nin nanografen katkılı kompozitlerinin karşılaştırmalı TGA ve DSC eğrileri sırasıyla Şekil 3.117 ve Şekil 3.118'de verilmiştir. Bu eğrilerden belirlenen Tg ve bozunma sıcaklıkları da Tablo 3.87'de özetlenmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı P(2AFAMG) için 73 °C, %2, %4 ve %6 nanografen katkılı kompozit için sırasıyla 80 °C, 83 °C ve 90 °C olarak belirlenmiştir. P(2AFAMG) için 229 °C olan bozunma sıcaklığı %6 nanografen katkılı kompozit için bu değer 261 °C'ye kadar artmıştır. Nanografen katkısıyla termal kararlılığındaki artış polimer matris ve nanografen arasındaki güçlü ara yüzey etkileşimlerin kaynaklandığı düşünülmektedir [119].

Bu tez çalışmasında sentezlenen polimerlerin ve hazırlanan polimer kompozitlerinin dielektrik ve iletkenlik özellikleri sıcaklık farklı değerlerde sabit tutularak frekansa bağlı olarak incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak grafiğe geçirilmiştir. Ayrıca 1kHz sabit frekansta değişen sıcaklıklardaki dielektrik sabiti, dielektrik kayıp ve ac iletkenlik değerlerindeki değişimin de grafikleri çizilmiştir. P(4BIMS) homopolimerinin farklı sıcaklıklarda (288K-348K) dielektrik sabitlerinin (ϵ') ve dielektrik kayıp'ın (ϵ'') ve ac iletkenliğin (σ_{ac}) frekansla değişimi Şekil 3.121, Şekil 3.122 ve Şekil 3.123'deki grafiklerde görülmektedir. Bu grafiklerde, frekans arttıkça dielektrik sabitinde (ϵ') hızlı bir düşüşün olduğu ve daha yüksek frekans bölgesinde düşme eğiliminin azaldığı gözlenmiştir. Bu azalma relaksasyon sürelerine bağlı olduğu gibi elektronik polarizasyondan da kaynaklanabilmektedir [120]. ϵ'' nin azalmasına neden olarak ise moleküldeki serbest yüklerin hareketi verilebilir. Sıcaklığın 298K den 343K'e çıkmasıyla dielektrik sabiti 3.46'dan 5.62'ye, dielektrik kayıp 0.0428'den 0.1160'a AC iletkenlik ise 2.14×10^{-9} 'dan 4.65×10^{-9} 'a yükselmiştir. Bu değerler Tablo 3.88'de özetlenmiştir. P(4BIMS)'in 260 °C'deki atığa ait dielektrik sabiti (ϵ'), dielektrik kayıp'ın (ϵ'') ve ac iletkenliğin (σ_{ac}) frekansla değişimi Şekil 3.125, Şekil 3.126 ve Şekil 3.127'deki grafiklerde görülmektedir. Bu grafiklere ait değerler Tablo 3.89'da özetlenmiştir. Burada

dikkat çeken nokta dielektrik özelliklerinde önemli bir azalma olmasıdır. Bunun sebebinin ise 260 °C’de polimerden elektrik alan altında polarlanabilecek bir grup olan –HBr eliminasyonunun olduğu düşünülmektedir. Oda sıcaklığında 1kHz’deki dielektrik sabiti 3.46’dan 2,81’e, dielektrik kayıp 0.0428’den 0.0337’e, AC iletkenlik ise 2.14×10^{-9} ’dan 1.76×10^{-9} ’a düşmüştür. P(4BIMS)’e yarı iletken özellik kazandırmak amacıyla nanografen ile kompozitleri hazırlandı. Öncelikle düşük oranlarda hazırlanan kompozitlerin DC iletkenlik ölçümleri yapıldı. İdeal kompozit oranlarını belirlemek için voltaja karşı akım değerleri ölçüldü. Yarı iletkenlik için sınır olarak 10^{-7} S/cm referans alınarak başlangıç olarak ağırlıkça 10% nanografen içeren kompozit belirlendi ve daha sonra %12 wt, %14wt nanografen içeren kompozitleri de hazırlandı. Bu kompozitlerin öncelikle oda sıcaklığında frekansın bir fonksiyonu olarak dielektrik özellikleri ölçüldü. Saf polimerin dielektrik sabiti 3.46 iken %10, %12wt ve %14wt nanografen kompozitleri için sırasıyla 5.63, 9.78 ve 15.48 olarak, dielektrik kayıp 0.0428 iken 1960, 7302 ve 9209 olarak, AC iletkenlik ise 2.14×10^{-9} S/cm iken 4.86×10^{-6} S/cm, 1.30×10^{-6} S/cm ve 8.25×10^{-6} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.90’da özetlenmiştir. Dielektrik özelliklerdeki bu artışın sebebinin hem ara yüzey polarizasyonun hemde iletkenliğin artışından kaynaklanmaktadır. Hem ara yüzey alanı hemde dolgu maddesinin homojen dağılımı ara yüzey polarizasyonunu arttırmaktadır[121]. Polimer içine nanografenin girmesiyle birlikte polimer matrisi içinde iletken bir yol açılır. Nanografen yüzdesi arttıkça bu iletken yollar dielektrik ve elektrik özelliklerde artış göstermektedir [122-123]. Nanografen içeriği arttıkça dielektrik kayıp’da artmıştır. Bunun sebebinin dielektrik malzemeye elektrik alan uygulandığında nanografen tabakalarının elektrik akımı üretebilmesinden ve elektrik enerjisinin bir kısmını termal enerjiye dönüştürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir[124]. Ayrıca grafen levhaları hizalanmış iletken yolları oluşturmak için birbirine iyi bağlanmışlardır, ϵ'' ve $\tan\delta$ artışa neden olur. AC iletkenlik $\sigma_{ac} = \epsilon_0 \epsilon' \tan\delta(\omega = 2\pi f)$ denklemi ile hesaplanmaktadır (ω = açısal frekans). ϵ'' ve $\tan\delta$ değerlerindeki arttığında σ_{ac} değeri de artacaktır.

Daha sonra kompozitler sabit voltaj altında sıcaklığın bir fonksiyonu olarak akım değerleri okundu ve aşağıdaki eşitlikle σ_{dc} değerleri hesaplandı ve $1/T$ ye karşı grafiğe geçirildi (Şekil 3.132, Şekil 3.133 ve Şekil 3.134) Bu doğruların eğimi eşitlik 2 kullanılarak aktivasyon enerjileri hesaplandı.

$$\sigma = \sigma_0 \exp\left(-\frac{E_a}{k_B T}\right) \quad (2)$$

Burada, σ_0 üstel büyüklük faktörü, E_a aktivasyon enerjisi, k_B boltzmann sabiti ve T sıcaklık (K). Doğruların eğimleri ve aktivasyon enerji değerleri Tablo 3.91’de verilmiştir. %10, %12 ve %14 nanografen kompozitlerinin aktivasyon enerji değerleri 0.386, 0.241 and 0.089 eV

olarak belirlenmiştir. Aktivasyon enerjisindeki bu azalma değerlik banındaki elektronların iletim bandına geçmesi için daha düşük enerjiye ihtiyaç duyduğunu göstermektedir.

P(3APAM) homopolimerinin T_g değerinin altındaki sıcaklıklarda dielektrik özelliklerini incelemek amacıyla ölçümler sırasında numune sıvı azot-etil alkol karışımı ile soğutulan ortama konuldu. Sıcaklık 243K de sabit tutularak 100Hz-30kHz frekans aralığında dielektrik ölçümleri alındı. Daha sonra sıcaklık kademeli olarak 313K'e kadar arttırılarak ölçümler tekrarlandı ve karşılaştırmalı olarak grafiğe geçirildi. Dielektrik sabitlerinin (ϵ') ve dielektrik kayıp'ın (ϵ'') ve ac iletkenliğin (σ_{ac}) frekansla değişimi Şekil 3.135, Şekil 3.136 ve Şekil 3.137'deki grafiklerde görülmektedir. Bu grafiklerden 1kHz sabit frekans ve oda sıcaklığındaki değerler Tablo 3.92'de özetlenmiştir. Dielektrik sabitleri frekans arttıkça azalmaktadır, fakat düşük fekans bölgesinde azalama eğilimi oldukça hızlı ilken daha yüksek frekans bölgesinde ise düşme devam etmesine rağmen oldukça azdır [125].

Düşük frekanslardaki hızlı azalmalar, bu frekans bölgesinde uygulanan elektriksel alan yönünde, moleküllerde yer alan yüklü dipollerin alan yönünde hareket etme eğilimlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. 1kHz de ϵ' ve ϵ'' değerlerinin sıcaklıkla değişimi incelendiğinde her iki değerinde artan sıcaklıkla artması, dipollerden ve zincir hareketliliğinin neden olduğu toplam polarizasyonunun yükselmesinden ileri gelmektedir [126].

P(3APAM) polimerine farklı oranlarda EuCl₃ katkılanmış ve bu tuzun polimerin dielektrik özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla polimere ağırlıkça %3, %6, %12 ve %16 oranında EuCl₃ katkılanmış ve homopolimerle karşılaştırma yapabilmek için 243K-314K aralığında sıcaklık sabit tutularak 100Hz-30kHz frekans aralığında dielektrik sabiti, dielektrik kayıp ve ac iletkenlik ölçümleri alınmıştır. Bu değerler karşılaştırmalı olarak Şekil(138-151)'de grafikleri çizilmiştir. Grafiklerde de açıkça görülmektedir ki dielektrik sabiti frakasnın artmasıyla azalmaktadır ve daha yüksek frekanslarda sabit bir değere ulaşmaktadır. Benzer davranışlar literatürde bazı polimerler için de kaydedilmiştir [127]. Sıcaklığın artmasıyla birlikte birçok iyon yük taşıyıcılar termal enerji ile yeterli aktivasyon enerjisine sahip olabilir. Aynı zamanda sıcaklık artışı zincir harakertliliğine ve polimerde serbest hacim artışına sebep olur ki buda polarizasyonu artırır [128]. Polimer ve EuCl₃ kompozitlerinin 1 kHz ve 298 K deki dielektrik özellikleri Tablo 4.1 de verilmiştir. P(3APAM) oda sıcaklığı ve 1kHz'de ϵ' 4.18 iken %3, %6, %12 ve %16 oranlarında katkılanan EuCl₃ miktarıyla dielektrik sabitleri sırasıyla 5.38, 13.28, 21.38 ve 36.33 olarak değişim göstermiştir. Dielektrik sabitindeki bu önemli artışın sebebi yüksek iyonik karakter ile birlikte yük taşıyıcılarının lokalizasyonunun artışından kaynaklanabilir. 1kHz de polimerlerin ϵ' ve ϵ'' değerlerinin sıcaklıkla değişimi incelendiğinde her iki değerinde artan sıcaklıkla artması, segmental

hareketliliğin ve dipollerden kaynaklanan toplam polarizasyonunun yükselmesinden ileri gelmektedir. Bu sonuçlar diğer akrilat polimerleri içinde benzer davranışlar göstermiştir.

Tablo 4.1 P(3APAM) ve EuCl₃ kompozitinin 1kHz sabit frekansta 298 K'deki dielektrik özellikleri

Polimer	Dielektrik sabiti (ϵ')	Dielektrik Kayıp (ϵ'')	Sigma σ_{ac} (S/cm)	log σ_{ac}
P(3APAM)	4.18	0.692	2.81×10^{-09}	-8.55
P(3APAM)/3% EuCl ₃	5.38	1.165	3.98×10^{-09}	-8.40
P(3APAM)/6% EuCl ₃	13.28	1.577	4.78×10^{-09}	-7.32
P(3APAM)/12% EuCl ₃	21.38	7.992	7.33×10^{-08}	-7.13
P(3APAM)/16% EuCl ₃	36.33	10.308	8.12×10^{-08}	-7.09

Farklı sıcaklıklarda ölçülen dielektrik özelliklerden yararlanarak EuCl₃ katkılı polimer kompozitlerin ısı iletim katsayısı (TCP) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplandı [129].

$$TCP = \frac{1}{\epsilon'_{mp}} \frac{d\epsilon'}{dT} \quad (3)$$

Bu denklemde $d\epsilon'$ farklı sıcaklık aralıklarındaki dielektrik sabiti, örneğin camsı geçiş sıcaklığında T_g ve oda sıcaklığında T_r , dT = sıcaklık farkı $T_g - T_r$, ϵ'_{mp} belirlenen dielektrik sabitlerinin ortalaması. TCP değerleri %3, 6%, 12% and 16% EuCl₃ kompozitleri için sırasıyla poli(AcAMA)/EuCl₃ 0.006634 K^{-1} , 0.005189 K^{-1} , 0.007174 K^{-1} , 0.011558 K^{-1} olarak belirlenmiştir. Isı iletim katsayısı'nın büyüklüğü polimerin kristallenme derecesine bağlıdır. Yüksek kristallenme derecesine ve düzenli dizilişe sahip bir polimerin ısı iletkenliği eşdeğer amorf malzemeden daha fazladır.

%16 EuCl₃ içeren kompozit farklı oranlarda grafit ile doplandı ve yarı iletken özelliği araştırıldı. Bunun için %16 EuCl₃ içeren polimer kompozitine ağırlıkça %4, %7 ve %10 oranlarında grafit ile katkılılandı. 2 volt ve 298 K'deki σ_{dc} değerleri %4, %7 ve %10 grafit kompozitleri için sırasıyla $1.37 \times 10^{-08} \text{ S/cm}$, $5.41 \times 10^{-07} \text{ S/cm}$, $3.02 \times 10^{-05} \text{ S/cm}$ olarak belirlendi. Bu kompozitlere ait dielektrik özellikler Tablo 3.97'de özetlenmiştir. Daha sonra 2V sabit voljat altında bu kompozitlerin sıcaklığa karşı σ_{dc} değerleri okundu ve $1/T$ ye karşı $\ln \sigma_{dc}$ değerleri grafiğe geçirildi. Şekil 3.158-3.160'da görüldüğü üzere sıcaklıkla σ_{dc} artmaktadır. 340 K'deki σ_{dc} değerleri %4, %7 ve %10 için sırasıyla 3.94×10^{-08} , 1.42×10^{-06} , $7.67 \times 10^{-04} \text{ S/cm}$ olarak bulunmuştur. Grafiklerin doğru denkleminde aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanan E_a (eV) değerleri Tablo 3.99'de gösterilmiştir[130].

$$\sigma(w) = \sigma_o \exp\left(\frac{-\Delta E_a}{k_B T}\right) \quad (4)$$

Bu eşitlikte ΔE_a aktivasyon enerjisi, k_B boltzmann sabiti 1.3806×10^{-22} J/K, T Kelvin cinsinden sıcaklık. Pratik olarak aktivasyon enerji $1/T$ 'ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ grafiğinin eğiminden hesaplanır [131-132].

Aktivasyon enerjileri %4, %7 ve %10 için sırasıyla 0.224 eV, 0.323 eV ve 0.639 eV olarak hesaplandı. Bu değerler, literatürde kaydedilen bazı kompozitlere göre düşüktür. E_a , malzemenin spesifik bir reaktivitesini veya ilgisini değerlendirirken belirleyici potansiyel bir parametredir. Düşük aktivasyon enerjisi polimer zincirlerin segmental hareketi ve polimer kompozitinin taşınımında atlatma mekanizmasına eşit olarak katkıda bulunur [133].

P(3APAMG) aşırı kopolimerinin dielektrik özellikleri incelendiğinde frekansa karşı dielektrik özellikleri homopolimerinkine benzer davranış göstermiştir (Şekil 3.161, Şekil 3.162, Şekil 3.163). Dielektrik sabitleri artan frekansla düşüş göstermiş, ancak yüksek frekanslarda dielektrik sabitindeki bu düşme eğilimi azalmakta ancak düşüş halen devam etmektedir [134-135]. Tablo 3.100'de özetlenen 298K ve 1 kHz deki değerleri kıyasladığımızda, homopolimeri için ϵ' 4.18, ϵ'' 0.692, σ_{ac} 2.81×10^{-9} , aşırı kopolimeri için ϵ' 5.73, ϵ'' 3.859, σ_{ac} 5.00×10^{-9} olarak belirlenmiştir. Buradaki önemli artışın nedeni kullandığımız makrobaşılatıcı ve zincir uçlarındaki aktif -Br atomu olduğu düşünülmektedir. Ayrıca 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri de Şekil 3.164, Şekil 3.165 ve Şekil 3.166'da grafiğe geçirilmiştir. P(3APAMG)'nin ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleride incelenmiştir. Bu kompozitlerin öncelikle oda sıcaklığında frekansın bir fonksiyonu olarak dielektrik özellikleri ölçüldü ve karşılaştırmalı olarak grafiğe geçirildi (Şekil 3.167-Şekil 3.169). Saf polimerin dielektrik sabiti 5.73 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompoziti için sırasıyla 34.49, 54.96 ve 73.12 olarak, dielektrik kayıp 3.859 iken 27.30, 118.05 ve 243.81 olarak, AC iletkenlik ise 5.00×10^{-9} S/cm iken 1.50×10^{-8} S/cm, 5.64×10^{-8} S/cm ve 8.02×10^{-8} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.101'de özetlenmiştir. Büyük elektrik iletkenliği olan grafen, dielektrik sabitini arttırmak için de büyük bir potansiyele sahiptir. Ayrıca π - π etkileşimleri ve kuvvetli van der Waals potansiyel enerjisi nedeniyle, dielektrik kayıp daha yüksek çıkar [136-137].

Daha sonra bu kompozitlerin yarı iletken özelliklerini incelemek amacıyla 2V sabit voltaj altında sıcaklığa karşı σ_{dc} değerleri ölçüldü. Yarı iletken malzemelerin karakteristik bir özelliği olarak nanografen katkılı polimer kompozitlerinin σ_{dc} değeri sıcaklıkla artış göstermektedir [138]. $1/T$ 'ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ değerleri grafiğe geçirildi (Şekil 3.170- Şekil 3.172). Bu grafiklerdeki doğru denklemlerinden eğim ve E_a değerleri hesaplandı. Aktivasyon

enerjileri %2, %4 ve %6 için sırasıyla 0.878 eV, 0.636 eV ve 0.377 eV olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 3.102’de özetlenmiştir.

Yarı iletkenlik özellik gösteren P(3APAMG)/6%nanonagrafen kompoziti için diyot olma özelliği incelenmiştir. Bu amaç için aliminyum kontaklı p-tipi silisyum wafer kullanıldı[139]. Bir yüzeyi tamamen aliminyum kaplı silisyum wafer temizlendikten sonra 50 °C’deki ısıtıcı üzerine konuldu ve boş yüzeyinde P(3APAMG)/6%nanogرافen kompoziti ultrasonik homojenizörde iyice homojenleştirildikten sonra damlatma metodu ile ince film oluşturuldu. Ortamdaki çözücünün tamamen uzaklaşması için 24 saat boyunca ısıtıcı üzerinde kalan wafer daha sonra üst kontak için numuneler havasız ortamda aliminyum buharlaştırma tekniği ile nokta nokta kaplandı. Hazırlanan bu diyotun oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +2V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.252’de ln I-V grafiği ise Şekil 3.253’te görülmektedir.

Ters bölgedeki akım değerlerinde önemli bir değişiklik olmazken ileri bölgedeki akımda artış görülmektedir. Bu grafik tek yöne elektrik akımını ileten bu devre elemanın diyot olarak kullanılabileceği anlamına gelmektedir. -2V ile +2V aralığındaki doğrultma faktörü ise eşitlik 4.5 kullanılarak 45.12 olarak hesaplanmıştır.

$$RR = \frac{I_{ileri}}{I_{geri}} \quad (5)$$

Diyotun idealite faktörü ‘n’ eşitlik 4.6. kullanılarak hesaplanmıştır. Burada k boltzman sabiti k: $8.61 \times 10^{-5} \text{ eV} \cdot \text{K}^{-1}$, T: kelvin cinsinden analiz sıcaklığıdır.

$$n = \frac{q}{kT} \frac{dV}{d \ln(I)} \quad (6)$$

Bu denkleme göre diyotun oda sıcaklığındaki I-V ölçümü alınır ve lnI karşılık V grafiği çizildi. İleri akım bölgesinin eğimi kullanılarak idealite faktörü, bu doğru denkleminin sabit değeri ise ters besleme doyma akımı olan $\ln I_0$ ’ a eşittir. İdealite faktörü 5.15, ters besleme akımı ise $3.42 \times 10^{-6} \text{ A}$ olarak belirlenmiştir. Diğer yandan diyotun akımı geçirme voltajı I-V grafiğinden 0.81 V olarak belirlendi. İdealite faktörü, diyotta meydana gelen rekombinasyon süreci hakkında bilgi verir ve ideal bir diyot ile karşılaştırmaya yardımcı olur. Bununla birlikte, ters besleme akımı ters yönde bariyer yüksekliğini aşabilecek yük taşıyıcılarının sayısını verir [140-141].

$$\phi_b = \frac{kT}{q} \left(\frac{AA^* T^2}{I_0} \right) \quad (7)$$

Etkin bariyer yüksekliği yukarıdaki eşitlik 4.7 kullanılarak hesaplanmıştır. Burada A: etkin diyet alanı, k: boltzman sabiti, T: deney sıcaklığı, A^* : $32 \text{ A/cm}^2 \text{ K}^2$ (p-tipi silisyum için Richardson's sabiti). Bu değerler Tablo 4.1'de özetlenmiştir.

Tablo 4.1. Al/P(3APAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

Diyot	RR	n	I_0 (A)	ϕ_b (eV)
Al/ P(3APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyet	45.12	5.15	3.42×10^{-6}	0.572

Diyotların I-V ölçümleri yapıldıktan sonra bu cihaz ile entegreli çalışan empedans analizör de kullanılarak frekans ve voltajın bir fonksiyonu olarak kapasitans, seri direnç ve iletkenlik ölçümleri yapıldı. Bu amaç için 100 kHz den başlanarak 1MHz e kadar -3V +2V aralığında ölçümler tekrarlandı ve Şekil 3.254'te karşılaştırmalı grafiğe geçirildi. Grafiklerde de görüldüğü gibi kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değiştirilirken, bu değişim polimer kompozit/p-Si ince film heterojunction diyetunun deplasyon bölgesinin genişliğinden kaynaklanır. Ayrıca, C-V eğrileri bir maksimum zirveye sahiptir, piklerin maksimum değerlerinin uygulanan frekans ile daha yüksek voltaja kaydığını görülmektedir. 100 kHz ve 1 MHz için maksimum tepe değerleri, sırasıyla -0,5V ve -0,9V olarak tahmin edilmiştir. Bu davranışın nedeni, deplasyon bölgesinde elektrik yükünün taşınmasında meydana gelen değişimin bir sonucu olabilir. Artan frekansla pikin büyüklüğü azalır. Benzer davranışlar Şekil 3.255 ve Şekil 3.256'de ara yüzey direnci ve ara yüzey iletkenliği grafiklerinde de görülmektedir.

P(4ABAMG) aşırı kopolimerinin dielektrik özellikleri incelendiğinde frekansa karşı dielektrik özellikleri diğer kopolimerlerinkine benzer davranış göstermiştir. Dielektrik sabitinin azalmasına neden olan ara yüzey polarizasyonunun ve yönelim polarizasyonunun, uygulanan dış elektrik alan altında yönelme sağlayamayacağı gerçeğine atfedilebilir [142-143]. Şekil 3.173 P(4ABAMG)'nin 223K-323K sıcaklık aralığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiğini, Şekil 3.174 dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği, Şekil 3.175 AC iletkenliğin frekansla değişim grafiğini göstermektedir. Ayrıca 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri de Şekil 3.176, Şekil 3.177 ve Şekil 3.178'de grafiğe geçirilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 333'de özetlenmiştir. P(4ABAMG)'in ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleride incelenmiştir. Bu kompozitlerin öncelikle oda sıcaklığında frekansın bir fonksiyonu olarak dielektrik özellikleri ölçüldü. Saf polimerin dielektrik sabiti 5.21 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompoziti için sırasıyla 26.52, 47.69 ve 90.64 olarak, dielektrik kayıp 1.524 iken 25.517,

74.519 ve 1425.990 olarak, AC iletkenlik ise 4.89×10^{-09} S/cm iken 1.77×10^{-08} S/cm, 5.49×10^{-08} S/cm ve 8.91×10^{-07} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.103’de özetlenmiştir. Daha sonra bu kompozitlerin yarı iletken özelliklerini incelemek amacıyla 2V sabit voltaj altında sıcaklığa karşı σ_{dc} değerleri ölçüldü. Şekil 3.182-3.184’de $1/T$ ’ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ grafiklerinden elde edilen E_a değerleri %2wt, %4wt ve %6wt nanografen için sırasıyla 0.838 eV, 0.699 eV ve 0.462 eV olarak hesaplanmıştır. Yarı iletkenlik özellik gösteren P(4ABAMG)/6%nanografen kompoziti için diyot olma özelliği incelenmiştir [144]. Hazırlanan bu diyotun oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +2V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.257’de $\ln I$ -V grafiği ise Şekil 3.258’de görülmektedir. Doğrultma faktörü 40.32 olarak hesaplanmıştır. Diyotun idealite faktörü olan n değeri eşitlik 4.6. kullanılarak hesaplanmıştır. Bu denkleme göre diyotun oda sıcaklığındaki I-V ölçümü alındı ve $\ln I$ karşılık V grafiği çizildi [145]. İdealite faktörü 4.15, doygunluk akımı ise 5.75×10^{-8} A olarak belirlenmiştir. Diğer yandan diyotun akımı geçirdiği voltaj değeri I-V grafiğinden 0.96 V olarak belirlendi. Etkin bariyer yüksekliği 0.558 eV olarak hesaplandı. Bu değerler Tablo 4.2’de özetlenmiştir.

Tablo 4.2. Al/P(4ABAMG)/6% grafen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

Diyot	RR	n	$I_0(A)$	$\phi_b(eV)$
Al/ P(4ABAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot	40.32	4.15	5.75×10^{-6}	0.558

Al/P(4ABAMG)/6% nanografen/p-Si/Al diyotuna ait C-V ölçümleri Şekil 3.259’da gösterilmiştir. Grafiklerde de görüldüğü gibi kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değişmiştir, bu değişim polimer kompozit/p-Si ince film diyotunun deplasyon bölgesinin genişliğinden kaynaklanır. Ayrıca, C-V eğrileri bir maksimum zirveye sahiptir, 100 kHz ve 1 MHz için maksimum tepe değerleri, sırasıyla -0.6V ve -1.2V olarak tahmin edilmiştir. Benzer davranışlar Şekil 3.260 ve Şekil 3.261’de ara yüzey direnci ve ara yüzey iletkenliği grafiklerinde de görülmektedir.

P(5APAMG) aşırı kopolimerinin dielektrik özellikleri incelendiğinde frekansla dielektrik özelliklerindeki değişim önceki kopolimerlerinkine benzer davranış göstermiştir. Şekil 3.185 P(5APAMG)’nin 223K-323K sıcaklık aralığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiğini, Şekil 3.186 dielektrik kayıp’ın frekansla değişim grafiği, Şekil 3.187 AC iletkenliğin frekansla değişim grafiğini göstermektedir. Ayrıca 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri de Şekil 3.188-Şekil 3.190’da grafiğe geçirilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 3.105’de özetlenmiştir. P(5APAMG)’ın ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında

nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleri de incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak Şekil 3.191'deki gibi grafiğe geçirilmiştir. Saf polimerin dielektrik sabiti 6.03 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompoziti için sırasıyla 90.64, 228.38 ve 393.54 olarak, dielektrik kayıp 4.716 iken 1425.990, 80114.193 ve 168416.099 olarak, AC iletkenlik ise 5.84×10^{-09} S/cm iken 8.75×10^{-07} S/cm, 3.74×10^{-05} S/cm ve 7.85×10^{-05} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.106'da özetlenmiştir. Daha sonra bu kompozitlerin $1/T$ 'ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ değerleri grafiğe geçirildi (Şekil 3.194-3.196). Bu grafiklerden hesaplanan E_a değerleri hesaplandı %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 1.164 eV, 0.612 eV ve 0.396 eV olarak hesaplanmıştır.

P(5APAMG)/6%nanografen için diyot olma özelliği incelenmiştir. Hazırlanan bu diyotun oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +2V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.262'de $\ln I$ -V grafiği ise Şekil 3.263'te görülmektedir. -2V ile +2V aralığındaki doğrultma faktörü ise 107.51 olarak hesaplanmıştır. Diyotun idealite faktörü ve ters besleme akımı sırasıyla 7.44 ve 6.58×10^{-6} A olarak belirlenmiştir. Diğer yandan diyotun akımı geçirdiği voltaj değeri I-V grafiğinden 1.03 V olarak belirlendi. Etkin bariyer yüksekliği 0.554 eV olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.3'de özetlenmiştir.

Tablo 4.3. Al/P(5APAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

Diyot	RR	n	I_0	ϕ_b
Al/ P(5APAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot	107.51	7.44	6.58×10^{-6}	0.554

Al/P(5APAMG)/6% nanografen/p-Si/Al diyotun frekans ve voltajın bir fonksiyonu olarak kapasitans, seri direnç ve iletkenlik ölçümleri yapıldı. Bu ölçümlere ait grafikler sırasıyla Şekil 3.264, 3.265 ve 3.266'da gösterilmiştir. Kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değiştirilirken, bu değişim diyotunun ara yüzey bölgesinin genişliğinden kaynaklanmaktadır [146].

C-V eğrileri maksimum piklerin değerleri uygulanan frekans ile daha yüksek voltaja kaydığını görülmektedir. 100 kHz ve 1 MHz için maksimum tepe değerleri, sırasıyla -0.4V ve -0.9V olarak tahmin edilmiştir. Benzer davranışlar ara yüzey direnci ve ara yüzey iletkenliği grafiklerinde de görülmektedir.

P(6AHAMG) aşırı kopolimerinin dielektrik özelliklerinin frekansla değişimi diğer kopolimerlerinkine benzer davranış göstermiştir. Şekil 3.197 P(6AHAMG)'nin 223K-323K sıcaklık aralığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiğini, Şekil 3.198 dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği, Şekil 3.199 AC iletkenliğin frekansla değişim grafiğini

göstermektedir. Ayrıca 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri de Şekil 3.200, Şekil 3.201 ve Şekil 3.202’de grafiğe geçirilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 3.108’de özetlenmiştir.

P(6AHAMG)’ın ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleri de incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak Şekil 3.203-3.205’deki gibi grafiğe geçirilmiştir. Saf polimerin dielektrik sabiti 10.63 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 20.38, 149.40 ve 181.28 olarak, dielektrik kayıp 9.27 iken 31.84, 983.35 ve 2851.98 olarak, AC iletkenlik ise 1.25×10^{-08} S/cm iken 2.32×10^{-08} S/cm, 4.75×10^{-07} S/cm ve 1.75×10^{-06} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.108’de özetlenmiştir. %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen kompozitleri için $1/T$ ’ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ değerleri grafiklerinden (Şekil 3.206, 3.207 ve 3.208) hesaplanan E_a değerleri %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 1.219 eV, 1.120 eV ve 0.814 eV olarak hesaplanmıştır. P6AHAMG)/6%nanografen için diyot olma özelliği incelenmiştir. Bu diyotun oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +2V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.266’da $\ln I$ -V grafiği ise Şekil 3.267’de görülmektedir. -3V ile +3V aralığındaki doğrultma faktörü 380,23 olarak hesaplanmıştır. Diyotun idealite faktörü olan idealite faktörü 4.57, ters besleme akımı ise 2.55×10^{-6} A olarak belirlenmiştir. Diğer yandan diyotun akımı geçirdiği voltaj değeri I-V grafiğinden 1.00 V olarak belirlendi. Etkin bariyer 0.579 eV olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.4’de özetlenmiştir.

Tablo 4.4. Al/P(6AHAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

Diyot	RR	n	I_0	ϕ_b
Al/ P(6AHAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot	380.23	8.48	2.55×10^{-6}	0.579

Al/P(6AHAMG)/6% nanografen/p-Si/Al diyotun frekans ve voltajın bir fonksiyonu olarak kapasitans, seri direnç ve iletkenlik ölçümleri yapıldı. Bu ölçümlere ait grafikler Şekil 3.260-Şekil 3.261 ve Şekil 3.262’de gösterilmiştir. C-V eğrileri maksimum piklerin değerleri uygulanan frekans ile daha yüksek voltaja kaydığını görülmektedir (Şekil 3.269). 100 kHz ve 1 MHz için maksimum tepe değerleri, sırasıyla -0.5V ve -1.2V olarak tahmin edilmiştir.

Grafiklerde de görüldüğü gibi kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değiştirilirken, bu değişim diyotunun deplasyon bölgesinin genişlemesinden kaynaklanmaktadır. Benzer davranışlar ara yüzey direnci (Şekil 3.270) ve ara yüzey iletkenliği (Şekil 3.271) grafiklerinde de görülmektedir.

P(2AFAMG) aşı kopolimerinin camsı geçiş sıcaklığı diğer kopolimere göre daha yüksek olduğundan dielektrik özellikleri oda sıcaklığından başlanarak 298K-360K aralığında incelendi. Şekil 3.209 P(2AFAMG)'nin 298K-360K sıcaklık aralığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiğini, Şekil 3.210 dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği, Şekil 3.211 AC iletkenliğin frekansla değişim grafiğini göstermektedir. P(2AFAMG)'in ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleride incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak Şekil 3.215, Şekil 3.216 ve Şekil 3.217'deki gibi grafiğe geçirilmiştir. Saf polimerin dielektrik sabiti 3.75 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 20.05, 75.52 ve 139.39 olarak, dielektrik kayıp 0.113 iken 13740.98, 37641.47 ve 69471.11 olarak, AC iletkenlik ise 2.37×10^{-9} S/cm iken 9.12×10^{-6} S/cm, 2.45×10^{-5} S/cm ve 4.89×10^{-5} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.111'de özetlenmiştir. Daha sonra bu kompozitlerin 2V sabit voltaj altında sıcaklığa karşı σ_{dc} değerleri ölçüldü. $1/T$ 'ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ değerleri grafiğe geçirildi Şekil 3.218, Şekil 3.219 ve Şekil 3.229. Bu grafiklerdeki doğru denklemlerinden eğim ve E_a değerleri hesaplandı. Aktivasyon enerjileri %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 1.574 eV, 0.722 eV ve 0.539 eV olarak hesaplanmıştır.

P(2AFAMG)/6%nanografen için diyot olma özelliği incelenmiştir. Bu diyotun oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +3V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.272'de $\ln I$ -V grafiği ise Şekil 3.273'te görülmektedir. -2V ile +3V aralığındaki doğrultma faktörü 166.79, idealite faktörü 5.19 ters besleme akımı ise 6.25×10^{-6} A olarak belirlenmiştir. Diyotun akımı geçirdiği voltaj değeri I-V grafiğinden 0.79 V olarak belirlendi. Etkin bariyer yüksekliği 0.556 eV olarak hesaplanmıştır [147]. Bu değerler Tablo 4.5'te özetlenmiştir.

Tablo 4.5. Al/P(2AFAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

Diyot	RR	n	$I_0(A)$	$\Phi_b(eV)$
Al/ P(2AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot	166.79	5.19	6.25×10^{-6}	0.556

Al/P(2AFAMG)/6% nanografen/p-Si/Al diyotun frekans ve voltajın bir fonksiyonu olarak kapasitans, seri direnç ve iletkenlik ölçümleri yapıldı. Bu ölçümlere ait grafikler Şekil 3.274, Şekil 3.275 ve Şekil 3.276'da gösterilmiştir. C-V eğrileri için 100 kHz ve 1 MHz için maksimum tepe değerleri, sırasıyla -0.5V ve -1.0V olarak tahmin edilmiştir. C-V grafiğinde görüldüğü gibi kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değişirken benzer davranışlar ara yüzey direnci ve ara yüzey iletkenliği grafiklerinde de görülmektedir.

P(3AFAMG) aşırı kopolimerinin dielektrik özellikleri 298K-360K aralığında frekansın bir fonksiyonu olarak incelendi. Şekil 3.221 P(3AFAMG)'nin 298K-360K sıcaklık aralığında dielektrik sabitinin frekansla değişim grafiğini, Şekil 3.222 dielektrik kayıp'ın frekansla değişim grafiği, Şekil 3.223 AC iletkenliğin frekansla değişim grafiğini göstermektedir. 1 kHz sabit frekansta farklı sıcaklıklardaki dielektrik özellikleri de Şekil 3.224, Şekil 3.225 ve Şekil 3.226'da grafiğe geçirilmiştir. Bu sonuçlar Tablo 3.113'te özetlenmiştir. P(3AFAMG)'nin ağırlıkça %2, %4 ve %6 oranlarında nanografen ile hazırlanan kompozitlerin dielektrik özellikleride incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak Şekil 3.227, Şekil 3.228 ve Şekil 3.229'daki gibi grafiğe geçirilmiştir. Saf polimerin dielektrik sabiti 3.75 iken %2, %4 ve %6 nanografen kompoziti için sırasıyla 175.53, 679.60 ve 1226.80 olarak, dielektrik kayıp 0.113 iken 856.352, 5551.308 ve 14386.636 olarak, AC iletkenlik ise 2.37×10^{-9} S/cm iken 4.83×10^{-7} S/cm, 3.11×10^{-6} S/cm ve 1.85×10^{-5} S/cm olarak değişim göstermiştir. Bu değerler Tablo 3.114'de özetlenmiştir. Daha sonra bu kompozitlerin 2V sabit voltaj altında sıcaklığa karşı σ_{dc} değerleri ölçüldü. $1/T$ 'ye karşılık $\ln \sigma_{dc}$ değerleri Şekil 3.230, Şekil 3.231 ve Şekil 3.232'deki gibi grafiğe geçirildi ve doğru denklemlerinden E_a değerleri %2, %4 ve %6 nanografen kompozitleri için sırasıyla 0.641 eV, 0.403 eV ve 0.342 eV olarak hesaplanmıştır.

(3AFAMG)/6%nanografen için diyot özelliğini incelemek amacıyla oda sıcaklığında ve karanlık ortamda -2V ile +3V aralığında okunan akım değerleri, Akım-Voltaj (I-V) grafiği Şekil 3.277'de $\ln$ I-V grafiği ise Şekil 3.278'de görülmektedir. -2V ile +3V aralığındaki doğrultma faktörü 166.79, idealite faktörü 5.19, ters besleme akımı ise 2.19×10^{-7} A olarak belirlenmiştir. Diğer yandan diyotun akımı geçirdiği voltaj değeri I-V grafiğinden 1.19 V olarak belirlendi. Etkin bariyer yüksekliği 0.644 eV olarak hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 4.6'da özetlenmiştir.

Tablo 4.6. Al/P(3AFAMG)/6% nanografen/p-Si/Al için I-V grafiklerinden elde edilen elektriksel parametreler

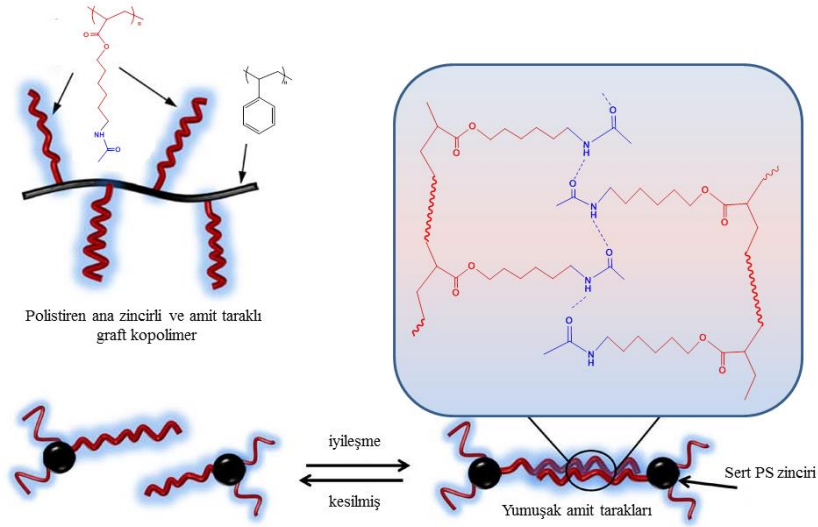
Diyot	RR	n	I_0	ϕ_b
Al/ P(3AFAMG)/6% nanografen /p-Si/Al diyot	127.56	4.92	2.19×10^{-7}	0.644

Al/P(3AFAMG)/6%nanografen/p-Si/Al diyotun frekans ve voltajın bir fonksiyonu olarak kapasitans, seri direnç ve iletkenlik ölçümlerine ait grafikler Şekil 3.279, Şekil 3.280 ve Şekil 3.281'de gösterilmiştir. C-V grafiği incelendiğinde kapasite pozitif voltajla değişmemesine rağmen negatif voltaj ile değişmiştir. C-V eğrileri maksimum piklerin değerleri uygulanan frekans ile daha yüksek voltaja kaydığını görülmektedir. 100 kHz ve 1 MHz için maksimum

tepe değerleri, sırasıyla -0.5V ve -1.0V olarak tahmin edilmiştir. Benzer davranışlar ara yzey direnci ve ara yzey iletkenliği grafiklerinde de görülmektedir.

Aşı kopolimerlerin oda sıcaklığında kendini iyileştirme özellikleri kopma mukavemetlerini geri kazanabilme dereceleri incelenerek belirlendi. Kopolimerlerin iyileşim sresinin çekme-kopma özellikleri üzerindeki etkisi çalışıldı. Bu amaçla mekanik özelliklerini incelemek amacıyla aşı kopolimer Teflon bir kalıp kullanarak 20 mm boyunda 1 mm kalınlığında numuneler hazırlandı. Daha sonra bu numuneler hiç hasara uğratılmadan DMA (Dinamik Mekanik Analiz) cihazı ile oda sıcaklığında gerilim/gerinim testi yapıldı. Numunelerin kendiliğinden iyileşmesini incelemek amacıyla öncelikle bir maket bıçağı ile tamamen iki parçaya ayrıldı ve bu iki parça daha sonra bir araya getirilerek bir dakika boyunca bekletildi. İyileşme sürelerine göre numuneler vakumlu desikatörde havasız ortamda oda sıcaklığında bekletildi. İyileşmesi tamamlanan numuneler için gerilim gerinim testleri oda sıcaklığında tekrarlandı. DMA analizleri için çekme hızı 100 mm/dk olarak yapıldı. Ölçümler bittikten sonra sonuçlar karşılaştırmalı olarak grafiğe geçirildi. (şekil 3.235, şekil 3.236, şekil 3.237 ve şekil 3.238).

Bu tez çalışmasında hazırladığımız çok fazlı supra moleküllerde yumuşak matris içindeki tersinir hidrojen bağlanması kendi kendini iyileştirme özelliği katmasını hedefledik. Böylece herhangi bir plastikleştirici, çözücü, iyileştirici madde veya dışarıdan bir uyarma yapmadan oda sıcaklığında kendiliğinden iyileşme davranışı incelendi. Kendiliğinden iyileşen TPE sistemimiz için sert faz olarak poli stiren omurga ve yumuşak faz olarak poliakrilat amit (PA-amit) tarakları seçildi. Hidrojen bağı yapma işlevselliğine sahip olan sekonder amit fonksiyonel grubu, dinamik ağ oluşumunu kolaylaştırır [148]. Aşı kopolimerleri bir maket bıçağı ile tamamen ayrı iki parçaya ayırdıktan ve kesilmiş parçaları hafifçe tekrar temas ettirdikten sonra iki yüz moleküllerin difüzyonunun ve hidrojen bağlarının etkisiyle kendiliğinden ortam koşullarında iyileşir [149-150]. Bu iyileşme P(6AHAMG) için şekil 4.3'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.3. P(6AHAMG) için hidrojen bağı etkisi ile iyileşmesinin şematik gösterimi

Tüm iyileştirme süreleri için gerilim/gerinim eğrileri karakteristik termoplastik elastomerin davranışı gösterir ve orijinal kesilmemiş numunelerin şekillerini yakından takip eder [151]. Aşı kopolimerlerin daha uzun sürelerde daha iyi bir iyileşmeye yol açarak, orijinal bir örneğe göre çok yakın iyileşme sağlamıştır [152-153]. Aşı kopolimerlerin iyileşme aşamasında SEM fotoğrafları alındı. Bu amaçla numuneler maket bıçağı yardımıyla tamamen iki parçaya ayrıldı. Sonra bu kesilen uçlar bir araya getirilerek 1 dakika boyunca beklendi ve bu aşamadan sonra yüzeyleri altınla kaplandı. Ölçüme hazır hale getirilen numuneler Zeiss EVO MA10 SEM cihazı ile ölçümleri yapıldı. Kesilen yüzeyler yakından incelendiğinde polimer zincirlerinin iç içe geçerek moleküler difüzyon işleminin gerçekleştiği anlaşılabilmektedir[154].

5.KAYNAKLAR

- [1] **Riefsnider, K.L., Schulte, K., Duke, J.C.,** 1983, Long term failure behaviour of composite materials, ASTM Special Technical Publication, **813**, 136-159.
- [2] **Jud, K., Kausch, H.H., Williams, J.G.,** 1981, Fracture-mechanics studies of crack healing and welding of polymers, J Mater Sci, **16**, 204-210.
- [3] **Carlson, H.C., Goretta, K.C.,** 2006, Basic materials research programs at the US air force office of scientific research, Mater Sci Eng Part B-Solid State Mater Adv Tech, **132**, 2-7.
- [4] **Semprimosching, C.,** 2006, Enabling self-healing capabilities a small step to bio-mimetic materials, European Space Agency Materials Report Number 4476.
- [5] **Dry, C.M., Sottos, N.R.,** 1992, Passive smart self-repair in polymer matrix composite materials, In: Conference on recent advances in adaptive and sensory materials and their applications, Virginia, USA: Technomic, 438-444.
- [6] **Dong Yang W., Sam, M., David, S.,** 2008, Self-healing polymeric materials: A review of recent developments, Prog. Polym. Sci., **33**, 479–522.
- [7] **Jud, K., Kausch, H.H.,** 1979, Load transfer through chain molecules after interpenetration at interfaces, Polym. Bull. **1**, 697-707.
- [8] **Osswald, T., Menges, G.,** 2003, Failure and damage of polymers, Materials science of polymers for engineers, Munich: Hanser Publishers, 447-519.
- [9] **De Gennes, P.G.,** 1971, Reptation of a polymer chain in the presence of fixed obstacles, J. Chem. Phys., **55**, 572-579.
- [10] **Doi, M., Edwards, S.F.,** 1978, Dynamics of concentrated polymer systems, J. Chem. Soc: Faradays Trans, **74**, 789-801.
- [11] **Wool, R.P., O'Connor, K.M.,** 1981, A theory of crack healing in polymers, J. Appl. Phys., **52**, 5953-5963.
- [12] **De Gennes, P.G.,** 1980, Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, **B291**, 219-221.
- [13] **Prager, S., Tirrell, M.,** 1981, The healing process at polymer–polymer interfaces, J. Chem. Phys., **75**, 5194-5198.
- [14] **McGarel, O.J., Wool, R.P.,** 1987, Craze growth and healing in polystyrene, J. Polym. Sci. Part B-Polym. Phys., **25**, 2541–2560.
- [15] **Yousefpour, A., Hojjati, M., Immarigeon, J.P.,** 2004, Fusion bonding/welding of thermoplastic composites, J. Therm. Com. Mater., **17**, 303-341.

- [16] **Ageorges, C., Ye, L., Hou, M.,** 2001, Advances in fusion bonding techniques for joining thermoplastic matrix composites: a review, *Compos. Part A-Appl. Sci. Manuf.*, **32**, 839-857.
- [17] **Wool, R.P., O'Connor, K.M.,** 1982, Time-dependence of crack healing, *J. Polym. Sci. Part C-Polym. Lett.*, **20**, 7-16.
- [18] **Lin, C.B., Lee, S.B., Liu, K.S.,** 1990, Methanol-induced crack healing in poly(methyl methacrylate), *Polym. Eng. Sci.*, **30**, 1399-1406.
- [19] **Wang, P.P., Lee, S., Harmon. J.P.,** 1994, Ethanol-induced crack healing in poly(methyl methacrylate), *J. Polym. Sci. Part. B-Polym. Phys.*, **32**, 1217-1227.
- [20] **Chen, J.S., Ober, C.K., Poliks, M.D.,** 2002, Characterization of thermally reworkable thermosets: materials for environmentallyfriendly processing and reuse, *Polymer*, **43**, 131-139.
- [21] **Paul, J., Jones, R.,** 1992, Repair of impact damaged composites, *Eng. Fract. Mech.* **41**, 127-141.
- [22] **Soutis, C., Duan, D.M., Goutas, P.,** 1999, Compressive behaviour of CFRP laminates repaired with adhesively bonded external patches, *Compos. Struct.*, **45**, 289–301.
- [23] **Zimmerman, K.B, Liu, D.,** 1996, An experimental investigation of composite repair, *Exp. Mech.*, **36**,142-147.
- [24] **Hentschel, J., Kushner, A.M., Zilleri, J., Guan, Z.,** 2012, Self-Healing Supramolecular Block Copolymers, *Angewe. Chem. Int. Ed.*, **51**, 10561-10565
- [25] **Holden G.,** 2002,Thermoplastic Elastomers, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1-25.
- [26] **Chen, Y.,** 2012, Multiphase Design of Self-Healing Materials with a Variety of Macromolecular Architectures and Tunable Mechanical Properties, Doctor of philosophy in Chemistry, University of California, Irvine.
- [27] **Morton M.,** 2000, Synthetic Elastomers, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, **9**, 550-567.
- [28] **Allcock H. R., Lampe F. W.,** 1990, *Contemporary Polymer Chemistry*, 2nd Ed, Prentice Hall, 1990, USA
- [29] **Elias H.G.,** *An Introduction to Plastics*, 2003, 2nd Ed, Wiley-VCH, USA.
- [30] **Spelta A.L.,** 2000, Acrylic Elastomers, *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, 1-11.
- [31] **Jerome R.,** 2004, Polyacrylate Based Thermoplastic Elastomers, Ch. 17 in Ref. 8

- [32] **Bilgin, S.**, 2009, Novel Self Healing Thermoplastic Elastomers, Master of Science in Materials Science and Engineering Program, Koç University.
- [33] **Staudinger, H., Fritschi, J.**, 1922, Über die hydrierung des kautschuks und über seine konstitution, *Helv. Chim. Acta.*, **5**, 785-806.
- [34] **Mulhaupt, R.**, 2004, Hermann Staudinger and the origin of macromolecular chemistry, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **43**, 1054-1063.
- [35] **Yang, Z., Han, C.D.**, 2008, Rheology of miscible polymer blends with hydrogen bonding, *Macromolecules*, **41**, 2104-2118.
- [36] **Yingwu, L., Xiaoguang, W., Yue, Z., Bo-Geng, L., Shiping, Z.**, 2010, Polystyrene-block-poly(n-butyl acrylate)-block-polystyrene Triblock Copolymer Thermoplastic Elastomer Synthesized via RAFT Emulsion Polymerization, *Macromolecules*, **43**, 7472-7481.
- [37] **Hentsch, J., Aaron, M.K., Joseph, Z., Zhibin, G.**, 2012, Self-Healing Supramolecular Block Copolymers, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **51**, 10561-1565.
- [38] **Y. Chen, A. M. Kushner, G. A. Williams, Z. Guan.**, 2012, Multiphase design of autonomic self-healing thermoplastic elastomers. *Nat. Chem.*, **4**, 467-472.
- [39] **Qin S, Qin D, Ford WT, Herrera JE, Resasco DE, Bachilo SM, et al.** 2004, Solubilization and Purification of Single-Wall Carbon Nanotubes in Water by in Situ Radical Polymerization of Sodium 4-Styrenesulfonate, *Macromolecules*, **37**, 3965-3967.
- [40] **Matyjaszewski, K.**, 1998, Controlled Radical Polymerization, Ed.; American Chemical Society: Washington, DC, **13**, 685
- [41] **Matyjaszewski, K.**, 2000, Controlled/Living Radical Polymerization, 768, ACS Symposium Series, American Chemical Society, Washington DC
- [42] **Matyjaszewski, K., Coca, S., Gaynor, S.G., Wei, M., Woodworth, B.E.**, 1997, Zerovalent Metals in Controlled/ Living Radical Polymerization, *Macromolecules*, **30**, 7348-7350
- [43] **Matyjaszewski, K., Coca, S., Gaynor, S.G., Wei, M., Woodworth, B.E.**, 1998, Controlled Radical Polymerization in the Presence of Oxygen, *Macromolecules*, **31**, 5967-5969
- [44] **Angot, S., Murthy, K.S., Taton, D., Gnanou, Y.**, 1998, Atom Transfer Radical Polymerization of Styrene Using a Novel Octafunctional Initiator: Synthesis of Well-Defined Polystyrene Stars, *Macromolecules*, **31**, 7218-7225

- [45] **Percec, V., Barboiu, B., Neumann, A.,** 1996, Metal-catalyzed "living" radical polymerization of styrene initiated with arenesulfonyl chlorides. From heterogeneous to homogeneous catalysis, *Ronda Macromolecules*, **29**, 3665
- [46] **Patten, T. E., Matyjaszewski, K.,** 1998, Atom Transfer Radical Polymerization and the Synthesis of Polymeric Materials *Adv. Mater.*, **10**, 901.
- [47] **Demirelli, K, Kurt, A, Coskun, M.,** 2004, Atom Transfer Radical Polymerization of 1-Phenoxycarbonyl Ethyl Methacrylate Monomer, *European Polymer Journal*, **40 (3)**: 451-457.
- [48] **Pan, C.Y., Lou, X.D.,** 2000, Living free radical ring-opening polymerization of 2-methylene-4-phenyl-1,3-dioxolane by atom transfer radical polymerization, *Macromol. Chem. Phys.*, **201**, 1115-1120.
- [49] **Demirelli, K., Kurt, A., Coskun, M.,** 2004, Thermal Degradation and Synthesis of Block Copolymers of Styrene and n-Butyl Methacrylate by Atom Transfer Radical Polymerization, *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, **43**, 4, 1245-1263.
- [50] **Gaynor, S.G., Qiu, J., Matyjaszewski, K.,** 1998, Controlled/"living" radical polymerization applied to water-borne systems, *Macromolecules*, **31**, 5951-5954.
- [51] **Matyjaszewski, K., Patten, T.E., Xia, J.,** 1997, Controlled/"living" radical polymerization. Kinetics of the homogeneous atom transfer radical polymerization of styrene, *J. Am. Chem. Soc.*, **119**, 674-680.
- [52] **Matyjaszewski, K., Nakagawa, K., Jasieczek, C.G.,** 1998, Fundamentals of Atom Transfer Radical Polymerization, *Macromolecules*, **31**, 1535-1541.
- [53] **Pascual, S., Coutin, B., Tardi, M., Polton, A., Vairon, J. P.,** 1999, Homogeneous atom transfer radical polymerization of styrene initiated by 1-chloro-1-phenylethane copper(I) chloride bipyridine in the presence of dimethylformamide, *Macromolecules*, **32**, 1432-1437.
- [54] **Davis, K., Paik, H.j., Matyjaszewski, K.,** 1999, Kinetic investigation of the atom transfer radical polymerization of methyl acrylate, *Macromolecules*, **32**, 1767.
- [55] **Wang, J.L., Grimaud, T., Matyjaszewski, K.,** 1997, Kinetic study of the homogeneous atom transfer radical polymerization of methyl methacrylate, *Macromolecules*, **30**, 6507.
- [56] **Davis, K., O'Malley, J., Paik, H.j., Matyjaszewski, K.,** 1997, *Polym. Prepr. (Am. Chem. Soc., Div. Polym. Chem.)*, **38**, 687.

- [57] **Kotani, Y., Kamigaito, M., Sawamoto, M.,** 1999, Re(V)-Mediated Living Radical Polymerization of Styrene:¹ ReO₂I(PPh₃)₂/R-I Initiating Systems, *Macromolecules*, **32**, 2420.
- [58] **Nishimura, M., Kamigaito, M., Sawamoto, M.,** 1999, *Polym. Prepr. (Am.Chem. Soc., Div. Polym. Chem.)*, **40**, 470.
- [59] **Matyjaszewski, K.,** 1995, Introduction of living polymerization. Living and/or controlled polymerization, *J.Phys Org.Chem.*, **8**, 197
- [60] **Wang, J.S., Matyjaszewski, K.,** 1995, Controlled /Living Radical Polymerization. Atom Transfer Radical Polymerization in the presence of transition metal complexes, *J.Am.Chem.Soc.*, **117**, 561
- [61] **Haddleton, D., Jasieczek, C.B., Hannon, M.J., Schooter, A.J.,** 1997, Atom Transfer Radical Polymerization of methyl methacrylate initiated by alkyl bromide and 2-pyridinecarbaldehyde imine copper(I) complexes, *Macromolecules*, **30**, 219.
- [62] **Matyjaszewski, K., Xia, J.,** 2001, Atom Transfer Radical Polymerization, *Chem. Rev.*, **101**, 2921-2990.
- [63] **Zhu, S., Yan, D., Zhan, G., Li, M.,** 2000, Controlled/“living” radical polymerization of styrene catalyzed by FeCl₂/succinic acid, *Macromol. Chem. Phys.*, **201**, 2666-2669.
- [64] **Patten, TE., Xia, J., Abernathy T., Matyjaszewski, K.,** 1996, Polymers with very low dispersities from atom transfer radical polymerization, *Science*, **272**, 866
- [65] **Soccio, M., Nogales, A., Lotti, N., Murani, A., Ezquerra, T.A.,** 2007, The β relaxation as a probe to follow real-time polymer crystallization in model aliphatic polyesters, *Polymer*, **48**, 4742-4750.
- [66] **Yamauchi, D., Corporation, N.F.,** 2013, Latest Technological Trends for Conductive Polymer Aluminum Solid Electrolytic Capacitors, Engineering Department
- [67] **Hamciuc, C., Hamciuc, E., Ipate, A.M., Okrase, L.,** 2008, Copoly(1,3,4-oxadiazole-ether)s containing phthalide groups and thin films made therefrom, *Polymer*, **49**, 681-690.
- [68] **Park, J.H., Hwang, D.K., Lee, J., Im, S., Kim, E.,** 2007, Studies on poly(methyl methacrylate) dielectric layer for field effect transistor: Influence of polymer tacticity, *Thin Solid Films*, **515**, 4041-4044.
- [69] **Akram, M., Javed, A., Rizvi, T.Z.,** 2005, Dielectric Properties of Industrial Polymer Composite Materials, *Tübitak*, **29**, 355-362.
- [70] **Singh, R., Singh, R., Kumar, J., Kant, R., Kumar, V.,** 2010, The Orijin of dc electrical conduction and dielectric relaxation in piritsine and doped poly(3-

- hexylthiophene) films, *Journal of Polymer Science Part: B Polymer Physics*, **48**, 1047-1053.
- [71] **Jastrzebska, M.M., Jussila, S., Isotalo, H.**, 1998, Dielectric response and a.c conductivity of synthetic dopa-melanin polymer, *Journal of Materials Science*, **33**, 4023-4028.
- [72] **El- Sherbiny, M.A., Saieh, N., El-Rehim, A.**, 2001, Spectroscopic and dielectric behavior of pure and nickel- doped polyvinyl butyral films, *Polymer Testing*, **20**, 371-378.
- [73] **Yakuphanoglu, F., Okutan, M., Zhuang, Q., Han, Z.**, 2005. The dielectric spectroscopy and surface morphology studies in a new conjugated polymer poly(benzobisoxazole-2,6- diylvlnylene), *Physica B*, **365**, 13–19.
- [74] **Smyth, C.P.**, 1955, *Dielectric behavior and Structure*, McGraw Hill, Newyork, p.53
- [75] **Mohamed, R.I.**, 2000, AC conductivity and dielectric constant of poly(vinyl alcohol) doped with MnSO_4 , *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, **61**, 1357-1361.
- [76] **Baskaran, R., Selvasekarapandian, S., Hirankumar, G., Bhuvaneswari, M.S.**, 2004, *Journal of Power Source*, **134**, 235-240.
- [77] **Hussien, B.**, 2011, The D.C and A.C Electrical Properties of (PMMA - Al_2O_3) Composites, *Euro Journals Publishing*, **52**, 236-242.
- [78] **Ameen, S., Ali, V., Zulfequar, M., Haq, M.M., Husain, M.**, 2007, Electrical conductivity and dielectric properties of sulfamic acid doped polyaniline, *Current Applied Physics*, **7**, 215-219.
- [79] **Y Ishada, Colloid Z.**,1960, 168, 29
- [80] **Kenny, J.M., Oplicki, M.**, 1993, Influence of the chemorheology of toughened epoxy matrices on the processing behavior of high performance composites, *Makromol Chem. Makromol Symp*, **68**, 41-56.
- [81] **Park, S.J., Cho, K.S., Kim, S.H.**, 2004, A study on dielectric characteristics of fluorinated polyimide thin film, *Journal of Colloid and Interface Science*, **272**, 384–390.
- [82] **Simpson, J.O., St.Clair, A.K.**, 1997, Fundamental insight on developing low dielectric constant polyimides, *Thin Solid Films*, **308-309**, 480-485.
- [83] **Nansé, G., Papirer, E., Fioiux, P., Mocuet, F., Tressaud, A.**, 1997, Fluorination of carbon blacks: An X-ray photoelectron spectroscopy study: III. Fluorination of different carbon blacks with gaseous fluorine at temperatures below 100 °C influence of the morphology, structure and physico-chemical characteristics of the carbon black on the fluorine fixation, *Carbon*, **35**, 515-528.

- [84] **Alegaonkar, P.S., Mandale, A.B., Sainkar, S.R., Bhoraskar, V.N.,** 2002, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B Beam Interact. Mater. Atoms, **194**, 281.
- [85] **Chern, Y.T., Huang, C.M.,** 1998, Synthesis and Characterisation of a new polyimides derived from 4,9-diaminodiamantane, Polymer, **39**, 6643.
- [86] **Bergman, D.J., Stroud, D.,** 1992, The physical properties of macroscopically inhomogeneous media, Solid State Phys., **46**, 148.
- [87] **Novoselov, K., Fal, V., Ko, L.C., Gellert, P.R., Schwab, M.G., Kim, K.,** 2012, A roadmap for graphene, Nature, **490**, 192-200.
- [88] **Novoselov, K.S., Geim, A.K., Morozo, S.V. v, Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S.V., Firsov, A.A.,** Electric field effect in atomically thin carbon films, Science **306**, 666-669.
- [89] **Raj, M., Gupta, P., Goyal, R.N., Shim, Y.B.,** 2017, Graphene/conducting polymer nano-composite loaded screen printed carbon sensor for simultaneous determination of dopamine and 5-hydroxytryptamine, Sens. Actuat. B Chem., **239**, 993-1002.
- [90] **Nia, P.M., Woi, P.M., Alias, Y.,** 2017, Facile one-step electrochemical deposition of copper nanoparticles and reduced graphene oxide as nonenzymatic hydrogen peroxide sensor, Appl. Surf. Sci., **413**, 56–65.
- [91] **Zhang, C., Li, L., Ju, J., Chen, W.,** 2016, Electrochemical sensor based on graphene-supported tin oxide nanoclusters for nonenzymatic detection of hydrogen peroxide, Electrochim. Acta., **210**, 181-189.
- [92] **Kurt, A., Kaya, E.,** 2010, Synthesis, Characterization, and Thermal Degradation Kinetics of the Copolymer Poly(4-methoxybenzyl methacrylate-co-isobornyl methacrylate), Journal of Applied Polymer Science, **115**, 2359-2367.
- [93] **Koca, M., Kurt, A., Kirilmis, C., Aydogdu Y.,** 2012, Synthesis, Characterization, and Thermal Degradation of Novel Poly(2-(5-bromo benzofuran-2-yl)-2-oxoethyl methacrylate), Polymer Engineering and Science, **52**, 323-330.
- [94] **Tang, W., Liu, Y., Zhang, C. H., Wang, C.** 2003, New approximate formula for Arrhenius temperature integral, Thermochim Acta, **408**, 39-43.
- [95] **Kuhl, N., Abend, M., Geitner, R., Vitz, J., Zechel S., Schmitt, M., Popp, J., Schubert U.S., Hagera, M.D.,** 2018, Urethanes as reversible covalent moieties in self-healing polymers, European Polymer Journal, **104**, 45–50.
- [96] **Liu, J., Ma X., Tong, Y., Lang, M,** 2018, Self-healing polyurethane based on ditelluride bonds , Applied Surface Science, **455**, 318–325.
- [97] **Sander. M.M., Ferreira, C.A.,** 2018, Synthesis and characterization of a conductive and self-healing composite, Synthetic Metals, **243**, 58–66.

- [98] **Baileya, B.M., Leterriera Y., Garcia, S.J., Zwaag, S., Michaud, V.,** 2015, Electrically conductive self-healing polymer composite coatings, *Progress in Organic Coatings*, **85**, 189–198.
- [99] **Abdullah, O.G., Jamal, G.M., Tahir, D.A., Saeed, S.R.,** 2011, Electrical Characterization of Polyester Reinforced by Carbon Black Particles, *International Journal of Applied Physics and Mathematics*, **1**, 101-105.
- [100] **Voorhaar, L., Chan, E.W.C., Baek P., Wang, M., Nelson, A., Barker, D., Travas-Sejdic, J.,** 2018, Self-healing polythiophene phenylenes for stretchable electronics, *European Polymer Journal*, **105**, 331–338.
- [101] **D’Elia, E., Barg, S., Ni, Na., Rocha, V. G., Saiz, E.,** 2015, Self-Healing Graphene-Based Composites with Sensing Capabilities, *Adv. Mater.*, **27**, 4788–4794.
- [102] **Yang, H, Heo, J., Park, S., Song, H. J., Seo, D.H., Byun, K.E., Kim, P., Yoo, K., Chung, H.J., Kim, K.,** 2012, Graphene Barristor a Triode Device with a Gate-Controlled Schottky Barrier, *Science*, **336**, 61-68.
- [103] **Rahima, I., Shaha, M., Iqbalb, M., Wahab, F., Khana, A., Khana, S.H.,** 2017, Fabrication and electrical characterizations of graphene nanocomposite thin film based heterojunction diode, *Physica B*, **524**, 97-103.
- [104] **Ray, S.C., Bhunia, S.K., Saha, A., Jana, N.R.,** 2015, Graphene oxide (GO)/reduced-GO and their composite with conducting polymer nanostructure thin films for non-volatile memory device, *Microelectronic Engineering*, **146**, 48-52.
- [105] **Dong B.T, Dong Y.Q, Du F.S, Li, Z.C.,** 2010, Controlling Polymer Topology by Atom Transfer Radical Self-Condensing Vinyl Polymerization of p-(2-Bromoisobutyloylmethyl)styrene, *Macromolecules*, **43**, 8790-8798.
- [106] **Biryan, F., Demirelli, K.,** 2018, Temperature-frequency dependence on electrical properties of EuCl₃ based composites, thermal behaviors and preparation of poly(3-acetamido propyl acrylate, *Ferroelectrics*, **526**, 76-94.
- [107] **Abd El-kader, F.H., Osman, W.H., Mahmoud, K.H.,** 2008, Basha, M.A.F., Dielectric investigations and ac conductivity of polyvinyl alcohol films doped with europium and terbium chloride, *Physica B*, **403**, 3473-3484.
- [108] **L. Ferreira, B.D., Araújo, N.R.S., Ligório, R.F., Pujatti, F.J.P., Yoshida, M.I., Sebastião, R.C.O.,** 2018, Comparative kinetic study of automotive polyurethane degradation in nonisothermal and isothermal conditions using artificial neural network, *Thermochimica Acta*, **666**, 116-123.

- [109] **Ozawa, T.**, 1970, Kinetic analysis of derivate curves in thermal analysis, *Therm. Anal. Calorim.*, 1970, **2**, 301-324.
- [110] **Kurt, A., Kaya, E.**, 2010, Synthesis, Characterization, and Thermal Degradation Kinetics of the Copolymer Poly(4-methoxybenzyl methacrylate-co-isobornyl methacrylate), *Journal of Applied Polymer Science*, **115**, 2359-2367.
- [111] **Koca, M., Kurt, A., Kirilmis, C., Aydogdu Y.**, 2012, Synthesis, Characterization, and Thermal Degradation of Novel Poly(2-(5-bromo benzofuran-2-yl)-2-oxoethyl methacrylate), *Polymer Engineering and Science*, **52**, 323-330.
- [112] **Vyazovkin, S., Sbirrazzuoli, N.**, 1999, Kinetic methods to study isothermal and nonisothermal epoxy-anhydride cure, *Macromol. Chem. Phys.*, **200**, 2294-2303..
- [113] **Choy, C., Luk, W., Chen, F.**, 1978, Thermal conductivity of highly oriented polyethylene, *Polymer*, **19**, 155-162.
- [114] **Villar-Rodil, S., Paredes, J.I., Martínez-Alonso, A., Tascón, J.M.D.**, 2009, Preparation of graphene dispersions and graphene-polymer composites in organic media. *J. Mater. Chem.*, **19**, 3591–3593.
- [115] **Zhao, W., Kong, J., Liu, H., Zhuang, Q., Gu, J.W., Guo, Z.H.**, 2016, Ultra-high thermally conductive and rapid heat responsive poly(benzobisoxazole) nanocomposites with self-aligned graphene, *Nanoscale*, **8**, 19984-19993.
- [116] **Abudabbus, M.M., Jevremović, I., Nešović, K., Perić-Grujić, A., Rhee, K.Y., Stanković, V.M.**, 2018, In situ electrochemical synthesis of silver-doped poly(vinyl alcohol)/ graphene composite hydrogels and their physico-chemical and thermal properties, *Composites Part B: Engineering*, **140**, 99-107.
- [117] **Sun, S.S., Li, C.Z., Zhang, L., Du, H.L., Bumell-Gray, J.S.**, 2006, Interfacial structures and mechanical properties of PVC composites reinforced by CaCO₃ with different particle sizes and surface treatments, *Polym. Int.* **55**, 158-164.
- [118] **Vassiliou, A.A., Chrissafis, K., Bikiaris, D.N.**, 2010, Thermal degradation kinetics of in situ prepared PET nanocomposites with acid-treated multi-walled carbon nanotubes, *J. Therm. Anal. Calorim.*, **100**, 1063-1071.
- [119] **Bergeret, A., Alberola, N.A.**, 1996, Study of the interphase in styrene methacrylic acid copolymer/glass bead composites, *Polymer*, **37**, 2759-2765.
- [120] **Marazzato, C., Peneva, Y., Lefterova, E., Filippi, S., Minkova, I.**, 2007, Kinetics of nonisothermal degradation of nanocomposites based on functionalized polyethylenes, *Polm. Test.*, **26**, 526-536.

- [121] **Koran, K., Ozen, F., Biryani, F., Gorgulu, A.O.,** 2016, J. Mol. Struct. Synthesis, structural characterization and dielectric behavior of new oxime-cyclotriphosphazene derivatives **1105**, 135-141.
- [122] **Jayamani, E., Peng, T.C., Bakri, M.K.B., Kakar, A.,** 2018, Comparative Analysis on Dielectric Properties of Polymer Composites Reinforced With Synthetic and Natural Fibers, Journal of Vinyl & Additive Technology, 1-16.
- [123] **Li, H., Chen, Z., Liu, L., Chen, J., Jiang, M., Xiong, C.,** 2015, Poly(vinyl pyrrolidone)-coated graphene/poly(vinylidene fluoride) composite films with high dielectric permittivity and low loss, Compos. Sci. Technol., **121**, 49-55.
- [124] **Li, Y., Fan, M., Wu, K., Yu, F., Chai, S., Chen, F., Fu, Q.,** 2015, Polydopamine coating layer on graphene for suppressing loss tangent and enhancing dielectric constant of poly(vinylidene fluoride)/graphene composites, Compos. Part A: Appl. Sci. Manufac. 2015, **73**, 85-92.
- [125] **Weng, L., Wang, T., Liu, L.,** 2017, Polydopamine coating layer on graphene for suppressing loss tangent and enhancing dielectric constant of poly(vinylidene fluoride)/graphene composites, J. Compos. Mater., **51**, 3769-3778.
- [126] **Ramya C.S., Savitha, T., Selvasakharapandian, S., Kumar, G.H.,** 2005, Transport Mechanism of Cuion Conducting PVA Based Solid-Polymer Electrolyte, Ionics, **11**, 436-441.
- [127] **Ayaz, N.,** 2012, Benzilmetakrilat ile 2-Okso-2H-Kromen-7il Metakrilat kopolimerlerinin Sentezi ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [128] **Torğut, G.,** Halka açılma polimerizasyonu ile amfifilik karakterli lineer AB tipi blok kopolimerlerinden ATRP yöntemiyle ABC tipi blok kopolimerlerin sentezi ve karakterizasyonu, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- [129] **Sergejus, B., Maksim, I., Juras, B., Satoshi, W.,** 2017, Dielectric Properties of BaTiO₃-KNbO₃ Composites, Ferroelectr., **512**, 8-13.
- [130] **Oamhich, N., Ghamlonche, H., Ahmed, S.,** 2007, DC and AC conductivity measurements on GeSb₂Te₅ films, J. of Ovonic Res., UAE university. **3**, 51-55.
- [131] **Muthukumar, K., Kuppusami P.V., Raghunathan, S.,** (ISRS-2004) International Symposium of Research Students on Materials Science and Engineering, Chennai, India
- [132] **Pazhanimuthu, C.,** 2012, Investigation of Dielectric and Thermal Properties of Nano-dielectric Materials in Electrical Applications, Int. J. of Engg. and Innovative Tech. **2**, 62-67.

- [133] **Sudha L.K., Sukumar, R., Rao, K.U.**, 2014, Evaluation of Activation Energy (Ea) Profiles of Nanostructured Alumina Polycarbonate Composite Insulation Materials, *Inte. J. of Mater, Mech. And Manuf.*, 2 (1), 96-100.
- [134] **Biryan, F., Abubakar, A.M., Demirelli K.**, 2018, Product analysis, electrical and dielectric properties depending on thermal influence of poly(N-isopropyl acrylamide)/graphite-filled composite, *Thermochimica Acta*, **669**, 66-79.
- [135] **Zhou, W., Yu, D.**, 2013, Fabrication, thermal, and dielectric properties of self-passivated Al/epoxy nanocomposites, *J. Mater. Sci.* **48**, 7960–7968.
- [136] **Dang, Z.M., Zheng, M.S., Zha, J.W.**, 2016, 1D/2D Carbon nanomaterial-polymer dielectric composites with high permittivity for power energy storage applications. *Small*, **12**, 1688-701.
- [137] **Li, Y., Shi, Y., Cai, F., Xue, J., Chen, F., Fu, Q.**, 2015, Graphene sheets segregated by barium titanate for polyvinylidene fluoride composites with high dielectric constant and ultralow loss tangent, *Compos. Part A*, **78**, 318-326.
- [138] **Wu, Y., Lin, X., Shen, X., Sun, X., Liu, X., Wang, Z., et al.**, 2015, Exceptional dielectric properties of chlorine-doped graphene oxide/poly (vinylidene fluoride) nanocomposites, *Carbon*, **89**, 102-112.
- [139] **Sotoudeh, A., Amirmazlaghani, M.**, 2018, Graphene-based Field Effect Diode, Superlattices and Microstructures, **120**, 828-836.
- [140] **Abay, B., Onganer, Y., Sağlam, M., Efeoglu H., Türüt A., Yoğurtcu Y.K.**, 2000, Current–voltage and capacitance–voltage characteristics of metallic polymer/InSe(:Er) Schottky contacts, *Microelectron.Eng.*, **51–52**, 689-693.
- [141] **Sharma G., Saxena, D., Roy, M.**, 2004, Dark, photoelectrical properties and impedance analysis of organic semiconductor based donor/acceptor device, *Thin Solid Films*, **467**, 220–226.
- [142] **Kılıçoğlu, T.**, 2008, Effect of an organic compound (Methyl Red) interfacial layer on the calculation of characteristic parameters of an Al/Methyl Red/p-Si sandwich Schottky barrier diode, *Thin Solid Films*, **516**, 967–970.
- [143] **Lu, J., Moon, K.S., Kim, B.K., et al.**, 2007, High dielectric constant polyaniline/epoxy composites via in situ polymerization for embedded capacitor applications, *Polymer*, **48**, 1510-1516.
- [144] **Zhou, W.Y., Chen, Q.G., Sui, X.Z., Dong, L.N., Wang, Z.J.**, 2015, Enhanced thermal conductivity and dielectric properties of Al/b-SiCw/PVDF composites, *Compos Part A Appl Sci &Manuf*, **71**, 184-191.

- [145] **Cakar, M., Onganer, Y., Türüt, A.**, 2002, The nonpolymeric organic compound (pyronine-B)/p-type silicon/Sn contact barrier devices, *Synth. Met.*, **126**, 213-218.
- [146] **Aydin, M.E., Yakuphanoglu, F., Eom, J.H., Hwang, D.H.**, 2007, Electrical characterization of Al/MEH-PPV/p-Si Schottky diode by current–voltage and capacitance–voltage methods, *Physica B*, **387**, 239-244.
- [147] **Tataroğlu, A., Özen, F., Koran, K., Dere, A., Görgülü, A.O., Al-Senany, N., Ghamdi, A.A., Farooq, W.A., Yakuphanoglu, F.**, 2018, Structural, Electrical and Photoresponse Properties of Si-based Diode with Organic Interfacial Layer Containing Novel Cyclotriphosphazene Compound, *Silicon*, **10**, 683-691.
- [148] **Thapaswini, P.P., Padma, R., Balaram, N., Bindu, B., Reddy, V.R.**, 2016, Modification of electrical properties of Au/n-type InP Schottky diode with a high-k Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO₃ interlayer, *Superlatt. Microstruc.*, **93**, 82-91.
- [149] **Wool, R.P., O'Connor, K.M.**, 1989, A theory crack healing in polymers, *J. Appl. Phys.*, **52**, 5933-5963.
- [150] **Wu, D.Y., Meure, S., Solomon, D.**, 2008, Self-healing polymeric materials: A review of recent developments, *Prog. Polym. Sci.*, **33**, 479-522.
- [151] **Dohler, D., Michael, P., Binder, W.**, 2013, Principles of Self-healing polymers. In: Binder WH, editor. *Self-Healing Polymers: from principles to applications*, Weinheim, Germany: Wiley-VCH
- [152] **Garcia, S.J.**, 2014, Effect of polymer architecture on the intrinsic self-healing character of polymers, *European Polymer Journal*, **53**, 118-125.
- [153] **Cordier, P., Tournilhac, F., Soulie-Ziakovic, C., Leibler, L.**, 2008, Self-healing and thermoreversible rubber from supramolecular assembly, *Nature*, **451**, 977-980.
- [154] **Sun, Y., Lopez, J., Lee, H.W., Liu, N., Zheng, G., Wu, C.L., Sun, J., Liu, W., Chung, J. W., Bao, Z., Cui, Y.**, 2016, A Stretchable Graphitic Carbon/Si Anode Enabled by Conformal Coating of a Self-Healing Elastic Polymer, *Adv. Mater.* **28**, 2455-2461.

ÖZGEÇMİŞ

22.01.1988 tarihinde Zonguldak' ta doğdum. İlk ve ortaöğrenimimi Zonguldak'ta tamamladım. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde lisans eğitime başladım. 2010 yılında lisans eğitimimi tamamladım ve 2011 yılında Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandım ve aynı yıl içerisinde Tezli Yüksek Lisans programına başladım ve 2013 yılında tamamladım. 2013 yılında Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde Doktora programına başladım. Halen Fırat Üniversitesi'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktayım.

Fatih BİRYAN