



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BİTKİSEL YAĞLARLA MODİFİYE EDİLEN ASFALTIN
FİZİKSEL, MEKANİK VE HİDROFOBİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

SÜMEYYE ELİF DEMİREZER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ SERCAN SERİN**

DÜZCE, 2021

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİTKİSEL YAĞLARLA MODİFİYE EDİLEN ASFALTIN
FİZİKSEL, MEKANİK VE HİDROFOBİK ÖZELLİKLERİNİN
ARAŞTIRILMASI

Sümeyye Elif DEMİREZER tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Sercan SERİN

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Sercan SERİN

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Şebnem KARAHANÇER

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 03/03/2021

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

03 Mart 2021

Sümeyye Elif DEMİREZER

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sercan SERİN'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

03 Mart 2021

Sümeyye Elif DEMİREZER



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. PROBLEMİN TANIMI	2
1.2. HİDROFOBİK VE HİDROFİLİK ÖZELLİK	3
1.3. ÇALIŞMANIN AMACI	5
1.4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1. MATERYAL	11
2.1.1. Bitüm	11
2.1.2. Bitkisel Yağlar	11
2.1.2.1. Keten Tohumu Yağı (KTY)	12
2.1.2.2. Defne Tohumu Yağı (DTY)	12
2.1.2.3. Kenevir Tohumu Yağı (KNY)	13
2.1.2.4. Çam Terebentin Yağı (ÇTY)	13
2.1.2.5. Hint Yağı (HY)	14
2.1.2.6. Kantaron Yağı (KY)	14
2.2. YÖNTEM.....	15
2.2.1. Bitkisel Yağ ve Bitüm Karışımının Hazırlanması.....	15
2.2.2. Modifiye Edilmiş Numuneler İçin Temas Açısı Tayini	17
2.2.3. Yapılan Deneyler	18
2.2.3.1. Yumuşama Noktası Deneyi.....	18
2.2.3.2. Penetrasyon Deneyi	19
2.2.3.3. Özgül Ağırlık Deneyi.....	19
2.2.3.4. Düktilite Deneyi	19
2.2.3.5. Nicholson Soyulma Deneyi	20
2.2.3.6. EDAX Analizi	20
2.2.3.7. Vialit Deneyi	20
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
3.1. MODİFİKASYON SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLER	22
3.1.1. Yumuşama Noktası Deney Sonuçları.....	22
3.1.2. Penetrasyon Deney Sonuçları.....	23
3.1.3. Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları	25
3.1.4. Düktilite ve Nicholson Soyulma Deney Sonuçları	26
3.1.5. EDAX Analizi Sonuçları.....	26
3.1.5.1. EDAX Analizinin Tüm Numuneler İçin Detaylı Verileri	29
3.1.6. Vialit Deneyi Sonuçları	48
3.2. MODİFİYE EDİLMİŞ BİTÜMÜN HİDROFOBİK ÖZELLİĞİ	50

3.2.1. Hidrofobik Numunelerin Temas Açılarının Tayini	51
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
5. KAYNAKLAR.....	59
ÖZGEÇMİŞ.....	65



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Sırasıyla hidrofilik ve hidrofobik yüzey.	4
Şekil 1.2. Bir su damlasının katı yüzey ile yaptığı temas açısının gösterimi.	4
Şekil 2.1. Kullanılan yağ çeşitleri.	12
Şekil 2.2. Farklı oranlarda bitkisel yağ ilave edilerek hazırlanan numuneler.	17
Şekil 2.3. IMAGEJ program ara yüzü ile yapılan temas açısı analizi	18
Şekil 3.1. Yumuşama noktası deneyi ile yumuşayan bitümlü karışım.	22
Şekil 3.2. Yumuşama noktası deney sonuçları.	23
Şekil 3.3. Penetrasyon deney sonucu verilerin kıyaslanması.	24
Şekil 3.4. Penetrasyon deneyi çalışması.	25
Şekil 3.5. Özgül ağırlık deney sonuçları.	25
Şekil 3.6. Soyulma deneyi için numuneler.	26
Şekil 3.7. EDAX analiz değerlerinin aynı grup içindeki değişimi.	27
Şekil 3.8. EDAX analiz değerlerinin farklı gruplar içindeki değişimi.	28
Şekil 3.9. Referans numunesi için EDAX analiz değerleri.	29
Şekil 3.10. KNY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	30
Şekil 3.11. KNY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	31
Şekil 3.12. KNY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	32
Şekil 3.13. KTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	33
Şekil 3.14. KTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	34
Şekil 3.15. KTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	35
Şekil 3.16. DTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	36
Şekil 3.17. DTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	37
Şekil 3.18. DTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	38
Şekil 3.19. KY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	39
Şekil 3.20. KY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	40
Şekil 3.21. KY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	41
Şekil 3.22. HY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	42
Şekil 3.23. HY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	43
Şekil 3.24. HY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	44
Şekil 3.25. ÇTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.	45
Şekil 3.26. ÇTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.	46
Şekil 3.27. ÇTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.	47
Şekil 3.28. Vialit yapışma deney aşamaları.	49
Şekil 3.29. Vialit deneyinin sonuçları.	50
Şekil 3.30. Su damlasının bitümlü karışım üzerindeki duruşu.	51
Şekil 3.31. Analiz öncesi ve sonrası su damlasının bitüm yüzeyindeki görüntüsü (a) Referans numune, (b) Analiz sonrası referans numune, (c) KY3 numunesi, (d) Analiz sonrası KY3 numunesi.	51
Şekil 3.32. Su damlasının referans numunesi üzerindeki duruşu	51
Şekil 3.33. Su damlasının KNY7 numunesi üzerindeki duruşu.	52
Şekil 3.34. Su damlasının KNY7 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.	52
Şekil 3.35. Su damlasının KTY3 numunesi üzerindeki duruşu.	52
Şekil 3.36. Su damlasının KTY3 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini ...	52
Şekil 3.37. Su damlasının DTY5 numunesi üzerindeki duruşu.	53
Şekil 3.38. Su damlasının DTY5 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini ...	53

Şekil 3.39. Su damlasının KY7 numunesi üzerindeki duruşu..	53
Şekil 3.40. Su damlasının KY7 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.....	53
Şekil 3.41. Su damlasının HY5 numunesi üzerindeki duruşu	54
Şekil 3.42. Su damlasının HY5 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.....	54
Şekil 3.43. Farklı gruplara ait temas açısı değişimleri.....	56



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Bitümün temel fiziksel özellikleri.	11
Çizelge 2.2. Karışım oranlarının kodlanması.	16
Çizelge 3.1. Düktilite ve soyulma deney sonuçları.	26
Çizelge 3.2. EDAX analizi sonuçları.....	48
Çizelge 3.3. Tüm numunelere ait temas açısı analiz sonuçları.	55



KISALTMALAR

C	Karbon
ÇTY	Çam Terebentin Yağı
ÇTY3	%3 Çam Terebentin Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
ÇTY5	%5 Çam Terebentin Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
ÇTY7	%7 Çam Terebentin Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
DTY	Defne Tohumu Yağı
DTY3	%3 Defne Tohumu Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
DTY5	%5 Defne Tohumu Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
DTY7	%7 Defne Tohumu Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
HY	Hint Yağı
HY3	%3 Hint Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
HY5	%5 Hint Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
HY7	%7 Hint Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KY	Kantaron Yağı
KY3	%3 Kantaron Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KY5	%5 Kantaron Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KY7	%7 Kantaron Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KNY	Kenevir Yağı
KNY3	%3 Kenevir Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KNY5	%5 Kenevir Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KNY7	%7 Kenevir Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KTY	Keten Tohumu Yağı
KTY3	%3 Keten Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KTY5	%5 Keten Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
KTY7	%7 Keten Yağı Katkılı Bitüm Numunesi
O	Oksijen
RBN	Referans Bitüm Numunesi
S	Kükürt

SİMGELER

Ykg	Katı Maddenin Yüzeyinin Enerjisi (mj/m ²)
Yks	Katı – Sıvı Maddelerin Ara Yüzeyinin Enerjisi (mj/m ²)
Ysg	Sıvının Yüzeyinde Oluşan Yüzey Gerilimi Enerjisi (mj/m ²)



ÖZET

BİTKİSEL YAĞLARLA MODİFİYE EDİLEN ASFALTIN

FİZİKSEL, MEKANİK VE HİDROFOBİK ÖZELLİKLERİNİN

ARAŞTIRILMASI

Sümeyye Elif DEMİREZER
Düzce Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sercan SERİN
Mart 2021, 64 sayfa

Bu çalışmada bitkisel ürünlerden elde edilen yağların bitümün fiziksel, mekanik ve hidrofobik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında altı farklı bitkisel yağ bitüm modifikasyonunda kullanılmıştır. Bu yağlar; kenevir yağı, keten tohumu yağı, defne gar yağı, kantaron yağı, hint yağı, çam terebentin yağıdır. Bu yağlar %100 saf olup, soğuk press yöntemiyle elde edilmiştir. Bitkisel yağlar saf bitüme %3, %5 ve %7 oranlarında ilave edilerek bitüm modifiye edilmiştir. Altı farklı bitkisel yağ, üç farklı karışım oranı ve referans grupla birlikte 19 numune grubu oluşturulmuştur. Hazırlanan bitüm numunelerin fiziksel, mekanik özellikleri tayin edilmiş, IMAGEJ programı kullanılarak temas açılarına göre suya hassasiyetleri, yüzey ıslanma durumları ve hidrofobik özellikleri belirlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda birbirinden farklı bitkisel yağların bitümün fiziksel ve mekanik özelliklerinde farklı değişimlere neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu değişimler, yumuşama noktası deneyi sonucuna göre bitkisel yağ oranı arttıkça; KTY, HY, DTY katkılı karışımlarda yumuşama noktasında artış görülmüştür. Penetrasyon deney sonuçlarına göre, en fazla artış ÇTY7 grubunda gözlenirken en düşük penetrasyon değeri artışı HY3 grubunda meydana gelmiştir. Düktilite ve Nicholson soyulma deneyi sonuçlarında şartname limitlerinin sağlandığı görülmüştür. Vialit deney sonuçlarına göre referans numunede, %6'lık kayıp gözlenirken genellikle %3 karışımli numunelerin diğer karışımın oranlarından daha az yapışma kaybı ortaya koyduğu saptanmıştır. %7'lik gruplarda ise tam aksine grupların çoğunun yapışma kaybı şartname limitlerini aştığı görülmüştür. Özgül ağırlık deney sonuçlarına göre; karışıma dâhil edilen bitkisel yağların değişen oranına göre etkileri incelendiğinde KTY ve DTY hariç diğer tüm grupların özgül ağırlık değerleri yağ içeriğinin artması ile beraber artış göstermiştir. EDAX analiz sonuçlarına göre bitüm bağlayıcıya ilave edilen farklı oranlardaki bitkisel yağlar referans numuneye göre kimi zaman karbon, oksijen ve kükürt içeriklerinde yükselmeler kimi zaman azalmalara neden olduğu görülmüştür. Ayrıca trafik güvenliği için büyük sorun teşkil eden suyun yol yüzeyinden uzaklaştırılması için bitkisel yağlarla modifiye edilen bitümün önemli katkı sağlayabileceği ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Bitkisel yağlar, Bitüm, Hidrofobik, Modifikasyon, Suya hassasiyet.

ABSTRACT
INVESTIGATION OF PHYSICAL, MECHANICAL AND
HYDROPHOBIC PROPERTIES OF ASPHALT MODIFIED WITH
DIFFERENT VEGETABLE OILS

Sümeyye Elif DEMİREZER

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sercan SERİN

March 2021, 64 pages

In this study, the effects of oils obtained from vegetable products on the physical, mechanical and hydrophobic properties of bitumen were investigated. Within the scope of the study, six different vegetable oils were used for bitumen modification: hemp oil, linseed oil, laurel ghee, centaury oil, castor oil, pine turpentine oil. These are 100% pure vegetable oils, obtained by using cold press method. The bitumen was modified by adding vegetable oils to bitumen with the proportions of 3%, 5% and 7%. Including the reference group, 19 sample groups were formed with six different vegetable oils by using three different mixing ratios. The physical and mechanical properties of the prepared bitumen samples were determined, according to their contact angles their sensitivity to water, surface wetting and hydrophobic properties were determined by using the IMAGEJ program. As a result of the experiments, it has been observed that different vegetable oils cause different changes in the physical and mechanical properties of bitumen. These changes, according to the softening point test result, as the vegetable oil ratio increases; an increase in the softening point was observed in mixtures with KTY, HY, DTY additives. According to the penetration test results, the highest increase was observed in the ÇTY7 group, while the lowest increase in penetration value occurred in the HY3 group. Ductility and Nicholson peel test results showed that the specification limits were met. According to the vialit test results, while 6% loss was observed in the reference sample, it was found that generally 3% mixed samples showed less adhesion loss than the ratios of the other mixture. On the contrary, in the 7% groups, it was observed that the adhesion loss of most of the groups exceeded the specification limits. According to the specific gravity test results; when the effects of the vegetable oils included in the mixture according to the changing ratio are examined, the specific gravity values of all groups except KTY and DTY increased with the increase in oil content. According to the results of the EDAX analysis, it was observed that the vegetable oils added to the bitumen binder in different proportions caused increases and sometimes decreases in the carbon, oxygen and sulfur contents from time to time compared to the reference sample. In addition, it has been shown that bitumen modified with vegetable oils can make a significant contribution to remove water, which is a major problem for traffic safety, from the road surface.

Keywords: Bitumen, Hydrophobic, Modification, Sensitivity to water, Vegetable oils.

1. GİRİŞ

Yollar doğada yaşayan tüm canlılar için gerekli bir yapıdır. Bu gereklilik malzeme taşıma talepleri, ulaşım gibi ihtiyaçları karşılamak üzere tasarlanmaktadır. Yollar belirli kurallara göre tasarlanmış gerekli yerlerde bağlantı kurulabilmesi amacıyla köprüleri bünyesinde barındıran, ana bölüm olarak dört farklı tipte yol yapılmaktadır. Bu dört tip ise; otoyollar, devlet yolları, il yolları ve köy yollarıdır. Bir yol tip kesiti incelendiğinde genel olarak altı farklı katmandan oluşmaktadır. Aşınma tabakası, binder tabakası, bitümlü temel, plent miks temel, alt temel ve dolgu tabakası olarak altı katmanı içermektedir. Esnek üstyapılarda kaplama tabakası malzemesi olan bitümlü karışımların yapımında en önemli malzemelerden birisi bitümdür. Bitümü 19. Yüzyıl dönemlerinde Fransa, ABD ve İngiltere’de çeşitli yapı işlerinde kullanmışlardır. Kaya asfaltı kaldırım kaplamalarında ve yol kaplamalarında kullanılmıştır. Bitüm kendi yapısında hidrokarbonlar içeren bir kimyasal maddedir. Kaynama noktası yüksektir. Bitüm kaynakları iki ayrı kategoride incelenebilir. Bu iki kategori mineral zift ve ham petrolün damıtılmasından üretilen bitümlerdir. Bitüm kimyasalı asfaltlamada, yalıtım malzemelerinde su geçirmesini önlemek için kullanılır. Oda sıcaklığında katı halde bulunur. Koyu renkli bir karışıma sahiptir. Özellikle asfalt karışımındaki agregaların birbirini daha iyi tutması için bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Esnek üstyapılardaki kaplama tabakaları, içerisinde agrega ve bu agregayı birbirine bağlayıcı olarak kullanılan bitüm içerikli malzemelerden oluşmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlarda karışımın toplam ağırlığına bakıldığında agrega ağırlığı ağırlıkça %93-95 dolaylarında iken kalan %5-7’si bitümden oluşmaktadır [1]. Agregalar ise belirli bir gradasyona ve kaliteye sahiptirler. Kayaç parçaları, çakıl, kırma taş, kum ve benzeri mineral malzeme veya bunların karışımından oluşurlar. Bitümün agrega ile iyi bir aderansı sağlaması çok önemli bir unsurdur. Bu aderans şartnamelerde belirtildiği gibi sağlanmazsa esnek kaplamalı yollarda trafik etkisi, iklim ve çevre etkisi, yapım ve tasarım hataları, malzeme hatalarının etkisiyle birlikte bunlar gibi başka kusurlar da meydana gelmektedir. Bu kusurların sebepleri öncelikle, Türkiye’de özellikle ulaşım için kara yolu trafiğinin yoğunlukla tercih edilmesinin olumsuz etkileri de yapıda kusurlara sebep olmaktadır. Aşırı aks yüküne sahip kamyon ve araç fazlalığı nedeniyle yollarımızda

önemli hasarlar vererek asfalt bozulmalarının oluşumunu tetiklemektedir. Bu fazla yükler sonucunda oluşan yatay ve düşey gerilmeler nedeniyle asfalt yüzeyinde kısa zamanda bozulmalar, çatlamlar ve oturmalar meydana gelmektedir. Karayollarının kısa sürede bozulmasına neden olan bir diğer önemli husus ise iklim koşullarıdır. İklim koşuluna bağlı gece gündüz sıcaklık farkının yüksek olduğu bölgelerde özellikle kış aylarında yaşanan donma çözünme nedeniyle oluşan kara yolu çatlaklarıdır. Oturmalar ve çatlaklar kara yolu yapısını bozmakta ve sürüş güvenliğini önemli derece azaltmaktadır. Ek olarak, asfalt betonunun özellikleri, hatalı projelendirmeye bağlı taşıma gücü yetersizlikleri, drenaj yetersizliği olabilmektedir.

1.1. PROBLEMİN TANIMI

Yol üstyapısının yüzey özelliklerinin kalitesi ve ergonomisi trafik güvenliğinde çok önemli bir rol göstermektedir. Gelişen teknoloji ile yol kullanıcılarından gelen talepler doğrultusunda konfor ve güvenlik açısından, yolların tasarımı, yapımı ve oluşabilecek bakım aşamalarında yolların yüzey özelliklerinin giderek iyileştirilmeye çalışılması önem kazanmaktadır. Bitümlü kaplamalarla inşa edilmiş yollar, düzgün yüzey özelliği ile sürücülere rahat ve emniyetli sürüş konforu sağlamaktadır. Düzgün yüzeyli yollar kötü hava şartlarında da kaza riskini azaltacağı bilinmektedir ve kaplamaya ait yüzey kalitesinin kaza riski oluşumu üzerindeki etkisi konusunda birçok araştırmacı ortak bir fikirde karar kılmıştır [2]. Yaşanan trafik kazalarının birçoğu kötü yol koşullarına bağlıdır. Çoğunlukla ıslak yüzeylerden kaynaklanmaktadır. Islak bölgelerde biriken su etkisi ile araçlar hızla geçerken oluşturduğu su sıçramaları da ciddi kazaların önemli nedenlerinden sayılabilir. Teknolojinin gelişmesiyle paralel geliştirilen modern bitümlü karışımların kullanılmasıyla birlikte, yol yüzeyinde biriken suyu anında drene ederek yağmurlu havalarda seyahat eden sürücülere emniyetli ve rahat bir sürüş sağlamaktadır. Yolların yüzey kalitesini birçok faktör etkilemektedir. Yüzeydeki kaplama tabakasının yaşı, mevsimsel değişimlerle birlikte sıcaklık ve soğuk değişimleri, yağış durumu, trafik yoğunluğu, yolun geometrisi, kullanım sıklığı, agrega mineralojisi ve agregaların şekil özellikleri gibi birçok faktör etkindir [3].

Nem hasarı konusu birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bu hasar bağlayıcı içerisindeki bitüm-agrega ara yüzlerinde ne gibi etkilere sebep olduğu araştırılmıştır [4], [5]. Asfalt bağlayıcısının agrega ile aderansı sonucu yapışma kuvvetini ölçülmek için kaplamadaki nem hasarı davranışı araştırılmıştır [5]. Başka bir deyişle nem hasarı,

nemin etkisiyle asfalt karışımlarında görülen güç kaybı olarak tanımlanabilir. Bitüm ile agrega arasındaki bağın, çeşitli sebeplerden ötürü oluşabilecek bağ kaybı nedeniyle oluşabilir. Yollardaki olumsuz etkileri ortadan kaldırmak amacıyla, yeterli elastik özellikleri geliştirmek, meydana gelen çatlakları önlemek, yüksek sıcaklıklarda bitüme gerekli sertliği vermek ve düşük sıcaklıklarda ise kaplamada esneklik sağlamak gibi nedenlerden dolayı bitümlerin modifikasyonu yapılmaktadır. Çeşitli katkı maddeleri ile bitümler modifiye edilmektedir. Bu modifikasyonlarla bitümün kimyasal bileşiminde uygun dengeyi sağlamak ve bitümün reolojisini değiştirmek sağlanacaktır. Modifikasyonun performans özelliklerindeki gelişmeler modifikasyonda kullanılan malzemenin tipine, dozajına ve kalitesine bağlı olarak değişeceği düşünülmektedir [6].

1.2. HİDROFOBİK VE HİDROFİLİK ÖZELLİK

Su damlacıklarının temas ettiği yüzeydeki davranışına göre hidrofilik ve hidrofobik durumu analiz edilmektedir. Su temas ettiği yüzeye yapışıp yayılma eğilimi gösteriyorsa hidrofilik yani suyu seven yüzey, temas ettiği yüzeye yayılmıyor ve kendi taneleri arası çekim kuvveti sayesinde küresel şekilde duruyorsa hidrofobik yani suyu sevmeyen yüzeydir [7]. Hidrofil ve hidrofobik kelimeleri Yunanca kökenlidir. Bu kelimelerin türetilmesi ise Yunancadaki anlamlarına göredir. “Hydro” su anlamına, “phobos” korku anlamına, “philia” ise arkadaşlık anlamına gelmektedir [8].

Sıvı maddelerin yüzeyinde oluşan yüzey gerilimi, maddenin potansiyel enerjilerinin oluşturduğu etkinin sonucuna göre iç kısımlarda kalan moleküllerin sahip olduğu enerji maddenin yüzeyindeki moleküllere göre daha az olması sebebiyle meydana gelir. Bu yüzey gerilimine de bağlı olarak sıvı maddeler katı yüzeylerle karşılaştığında farklı temas açıları oluştururlar. Temas açılarının derecesine göre hidrofilik durumları tespit edilebilmektedir. Sıvının katı ile oluşturduğu temas açıları 90°C 'den büyükse hidrofobiktir. Sıvının katı ile oluşturduğu temas açıları 90°C 'den küçükse hidrofiliktir (Şekil 1.1). Sıvının katı ile oluşturduğu temas açıları 140°C 'den büyükse süper hidrofobiktir. Sıvının katı ile oluşturduğu temas açıları 0°C 'ye yakınsa süper hidrofilik olarak ifade edilmektedir [9].



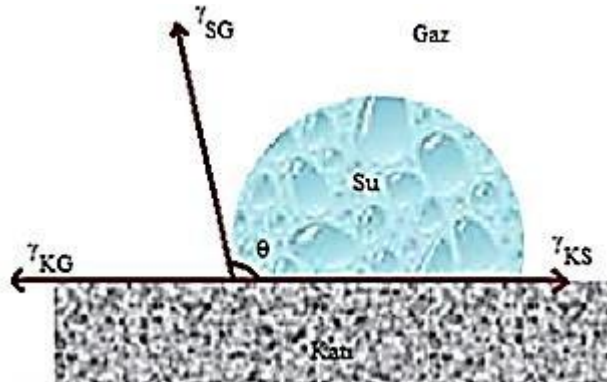
Şekil 1.1. Sırasıyla hidrofilik ve hidrofobik yüzey [7].

Literatüre göre hidrofobik kelimesinin anlamını teknik olarak ilk açıklayan ve ilk kullanan 1913 yılında Belçikalı bilim insanı, kimyacı A. Reyhler olmuştur [10]. A. Reyhler'den sonra diğer bilim insanları hidrofobik yani suyu sevmeyen maddeleri önemseyerek hidrofobiklik üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Yüzeyde oluşan yüzey temas açısı terimini ise ilk olarak keşfeden 1805 yılında Thomas Young olmuştur. Bu keşifle birlikte katı maddelerin ıslanmazlık durumu ve maddeler arası yüzey enerjisi özelliklerinin belirlenmesinde, minimum denge ile yüzey enerjisinin belirlenmesinde kullanılan bir metot olmuştur [11]. Thomas Young'ın bu keşfi ile temas açısı (θ)'nı kendi ismi ile anılan Young Eşitliği olarak belirlenmiştir (Denklem 1.1). Young eşitliğine göre;

$$Y_{SG} \cos \alpha = Y_{KG} - Y_{KS} \quad (1.1)$$

Young Eşitliği'nde kullanılan parametreler Şekil 1.2'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Bir su damlasının katı yüzey ile yaptığı temas açısının gösterimi [11].

Birçok sektörde karşımıza çıkan çeşitli katkı maddeleriyle kendi performansları geliştirilerek, ürün üretimi yapılmaktadır. Bu ürünlere örnek olarak hidrofobik veya hidrofilik özellik kazandırılmış malzemeler de verilebilir. Sektörlere örnek olarak inşaat sektöründe; köprülerde, yollarda, bina çatılarında yalıtım amacıyla, temellerde kullanılan yalıtım malzemeleri olarak çeşitlenmektedir [12]. Metal endüstrisinde ise metallerin yüzeyinde yapışmaz yüzey elde etmek için teflon yapımı [13], [14], eczacılık

sektöründe hap formülasyonlarının birleşmelerinde [15]. Tekstil sektöründe özel üretimli olarak su emmeyen, leke tutmayan kumaşların üretilmesinde [16]. Kozmetik sektöründe üretilen malzemelerin karışımlarında [17], [18]. Kâğıt yüzeyinin baskı kalitesini geliştirme amacıyla kullanılmaktadır [16]. Bunlara ek olarak; Madencilik sektöründe [19], elektrik ve elektronik sanayiinde [20], [21] hidrofobik malzemelerin kullanımı yaygındır. Hidrofobik malzemeler pek çok malzeme ile aderasyon sağlayarak malzeme kalitesinin artırılmasında ve kullanım kolaylığı sağlamasıyla tercih edilmektedir. Ayrıca bu konu bilimsel çalışmalarda yerini almıştır. Zemin iyileştirme çalışmalarında, malzeme kaplama yöntemlerinde, beton ve çimento esaslı malzemelerin içine hidrofobik özellik kazandırma ile ve donatı çeliğinde oluşabilecek korozyon etkisini azaltma amacıyla çeşitli alanlarda yaygın olarak çalışılmıştır [9], [11], [22]-[27].

1.3. ÇALIŞMANIN AMACI

Bitümlerin modifikasyonunda öncelikle var olan bitümün özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanır. Özellikle bitümlü karışımlardan beklenen önemli koşullar vardır. Bu koşullar, stabilite, durabilite yani dayanıklılık, esneklik, kolay işlenebilirlik, yorulmaya karşı direnç olarak belirtilebilir. Bu terimleri kısaca açıklayacak olursak; Stabilite terimi bitümlü sıcak karışımlardan imal edilen kaplamalarda oluşacak deformasyonlara karşı gösterdiği dirençtir. Dayanıklılık ise, trafik, su, hava ve sıcaklık değişikliklerinin etkilerine karşı gösterdiği dirençtir. Esneklik, zeminin ve temel tabakasının uzun dönemli oturma durumunda bu çökmelere uyum sağlayabilme yeteneğidir. İşlenebilirlik, karışımın karıştırılması ve sıkıştırılmasındaki kolaylıktır. Yorulmaya karşı direnç, trafik yükleri altında oluşan ve tekrarlanan gerilimlere karşı dirençtir. Bu koşulların daha iyi yönde geliştirilmesi amacıyla bitüm modifikasyonları yapılmaktadır.

Bu çalışmada, bitümde suyun ve nemin sebep olduğu hasarın ortadan kaldırılabilmesi adına bitümün hidrofobikliğini çeşitli bitkisel yağlarla modifiye ederek hidrofobiklik derecesini artırarak suyu bünyesinde tutmadan kendinden uzaklaştırabilmek adına bitüm modifiye edilmiştir. Modifiye için altı farklı bitkisel yağlar denenmiştir. Sonuçlar referans bitüm numunesi ile kıyaslanarak değerlendirilmiştir.

1.4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

[28]'de belirtilen çalışmada proz asfalt ele alınmıştır. Proz asfaltta hidrofobiklik, büyük gözenekli bir alanın ıslatılması ve kurutulmasıyla birlikte farklı çevresel yüklerin altında incelenmiştir. 3 farklı tipte proz asfalt incelenmiştir. İncelemede asfalt üst yüzeyi hariç diğer tüm bölgeler sızdırmaz hale getirilmiştir. Hazırlanan bu düzeneğin üzerine su dökerek sistemi incelemişlerdir.

[29]'da belirtilen çalışmada, birbirinden farklı hidrofobik kaplamaların yüzeyine püskürtülen malzemenin kaplama üzerinde oluşturduğu temas açısını belirli bir ağırlık yüzdesi ile ölçülmeyi amaçlamışlardır. Asfalt numunelerinde farklı 8 adet hidrofobik malzeme üzerinde deneme yapılmıştır. Ölçülen temas açısı incelenmiştir ve sonuç olarak asfalt yüzeylerin temas açısını ortalama 75'ten 156'ya kadar yükselterek asfalt kaplama yüzeyini süper hidrofobik hale getirmişlerdir.

[30]'da belirtilen çalışmada süper hidrofobik asfalt beton numuneleri üzerinde çalışarak bu numunelerin içine modifiye edilmiş hidrofobik malzemeler ve nano malzemeler ekleyerek hazırlamıştır. Çalışma sonucu elde ettikleri süperhidrofobik asfalt betonunun buzlanmayı önleme ve buz çözme performansı araştırılmıştır. Numunelerini geleneksel asfalt betonu ile kıyaslamışlardır.

[31]'de belirtilen çalışmada stiren-bütadien-stiren ve etilen vinil asetat polimerleriyle bitümü modifiye konusu incelenmiştir. 50/70 bitüm sınıfına sahip saf bitüm üzerinde modifikasyon yapılmıştır. SBS ve EVA ile farklı oranlarda karıştırılarak karışımlar elde edilmiştir. Bu karışımlara yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuç, saf bitümün geleneksel özelliklerini geliştirmiştir. Penetrasyon, yumuşama noktası, sıcaklık duyarlılığı, Marshall stabilitesi gibi SBS ile polimer modifiyeli bitüm numuneleri ile hazırlanan sıcak karışimli asfaltın mekanik özelliklerinin artan polimer içerikleri ile arttığı sonucuna varılmıştır.

[32]'de belirtilen çalışmaya göre polimer modifiye bitüm modifikasyonuna etki eden parametreler üstüne araştırma yapılmış ve özellikle bitüm modifikasyonlarında en çok kullanan katkının polimer olduğundan bahsetmişlerdir. İyi hazırlanmış modifikasyonda bitüme ve bitümün karakteristik özelliğine, amacına uygun kullanılan polimer ile üretim koşullarına bağlı olarak hazırlanmaktadır.

[33]'te belirtilen çalışmada ise asfalt beton yüzeyinde çeşitli dozda kimyasal kullanılarak elde ettikleri hidrofobik kaplamalar incelenmiştir. Bu kaplamaların

süperhidrofobikliğini ve kayma direncini optimize etmişlerdir. Kimyasallar kullanılarak elde edilen hidrofobik asfalt betonunun süperhidrofobikliğini ve kayma direncini belirlemek için mikro doku seviyesinde su temas açısı ve sürtünme katsayısı ölçülmüştür.

[34]'te belirtilen araştırmada, emülsifiye asfalta hidrofobik özellikte madde eklenmiştir. Asfalt kaplamanın üzerinde hidrofobik emülsifiye bir asfalt kaplama elde etmeyi amaçlamışlardır. Elde ettikleri hidrofobik maddenin pürüzlülüğü, dozaj ve birleştirme yöntemi gibi hidrofobik özelliği etkileyen çeşitli faktörler dikkate alınmıştır ve numunelerin buz tutmama özelliği incelenmiştir.

[35]'te belirtilen çalışmada ise kayma direnci performansını iyileştirmek ve hidrofobik emülsifiye asfalt kaplamanın dayanıklılığındaki eksiklikleri ortadan kaldırmak için waterborne epoksi reçine ile modifiye edilmiş hidrofobik emülsifiye asfalt hazırlanmıştır.

[36]'da belirtilen çalışmada asfalt yüzeyinin hidrofobiklik durumunu süperhidrofobik duruma getirebilmek için asfaltı modifiye etmişlerdir. Modifiye için geri dönüştürülmüş düşük yoğunluklu ve yüksek yoğunluklu poli-etilen kullanmışlardır. Hazırlanan numunelerin pürüzlülüğü ve su temas açısı analiz edilmiştir.

[37]'de belirtilen çalışmada atık bitkisel yemeklik yağlar farklı oranlarda kullanılarak saf bitümle karışımlar hazırlanmış ve bitümün doğal özelliklerinde oluşturduğu etkiler araştırılmıştır. Araştırma sonucunda ise atık bitkisel yemeklik yağların bitüm özelliklerini değiştirdiği görülmüştür.

[38]'de belirtilen çalışmasında ise atık motor yağı katkılı bitümün doğal özelliklerindeki değişim araştırılmıştır. Beş farklı oranda karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımlar belirli deneylerle kıyaslanmıştır. Penetrasyon deneyi, yumuşama deneyi, parlama noktası deneyi ve viskozite deneyleri yapılmıştır ve sonuç olarak, atık motor yağlarının bitüm modifikasyonunda kullanılarak atık yağların tekrar kullanılmak için alternatif geri kazanılmasının mümkün olabileceği öngörülmüştür.

[39]'da belirtilen tez çalışmasında incelenen konu, piroliz edilmiş atık araç lastiklerinden elde edilmiş atık yağ ve karbon siyahı bitümle karıştırılmıştır. Modifiye edilen bitümlü bağlayıcının reolojik özellikleri incelenmiştir. Bitüme eklenen katkı maddelerinin bitümün özelliklerini değiştirdiği tespit edilmiştir. Modifiyeli bitümün penetrasyon derecesinde artma, yumuşama noktası ise standarda göre azalmıştır. Ek

olaraktan bitümün sınıfı da değişmiştir.

[40]'ta belirtilen çalışmada pirinayı bitüm modifikasyonunda kullanmıştır. Modifiye edilen bitüm çeşitli deneylere tabi tutulmuştur. Bu deneyler; penetrasyon deneyi, yumuşama noktası deneyi, duktilite deneyi, elastik geri dönme deneyi ve özgül ağırlık deneyleridir. Sonuçlar incelendiğinde; pirina ile modifiye edilmiş bitüm ile saf bitüm kıyaslandığında penetrasyon değerinde düşüş, yumuşama noktasında artış gözlemlenmiştir. Duktilite değeri kıyaslandığında modifiyede kullanılan pirina oranına bağlı olarak düşüş gözlemlenmiştir. Modifiyeli bitümlerde olması gereken elastik geri dönme oranlarına sahip olduğu görülmüştür ve nem hassasiyetine karşı performanslarının da arttığı tespit edilmiştir.

[41]'de belirtilen çalışmada fayans atıklarıyla bitüm modifiye edilmiş ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Araştırma sonuçlarının gösterdiği bilgiye göre, atık fayansın yollardaki binder ve aşınma tabakalarında kullanılan bitümlü sıcak karışımlarda agrega gibi kullanılmasının uygun olduğu tespit edilmiş ve bu modifiyeli karışımın sıcak iklimli bölgelerde bitüm kusmalarının azaltılabileceği belirlenmiştir.

[42]'de belirtilen doktora çalışmasına göre, stiren-butadien-stiren ve uçucu külün birlikte kullanılmasıyla bitüm modifiye edilmiştir. Bu modifiyeli bitüm ile hazırlanan numuneler ile sıcak karışımların mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucu incelendiğinde, hazırlanan karışımlarda Marshall metodu ile belirlenen uygun değer bitüm içeriğinin uçucu kül kullanımı ile azaldığı, SBS kullanımı ile ise arttığı tespit edilmiştir.

[43]'te belirtilen çalışmaya göre, stiren-butadien-stiren ve amerikan gilsoniti bitüm modifikasyonunda kullanılmıştır. Bu iki malzeme ile birlikte kullanımının bitümlü sıcak karışımların kalıcı deformasyonlara karşı dayanımına etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Deneylerin sonuçları incelendiğinde eklenen katkıların kalıcı deformasyona karşı dayanımlarını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

[44]'te belirtilen araştırmaya göre, farklı mineral katkıları epoksi zemin kaplama malzemeleriyle karıştırılarak elde edilen numuneler incelenmiştir. Bu numunelerde ıslanmazlık durumu ve yüzey enerjisindeki değişim araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına bakıldığında, eklenen mineral katkıları epoksinin ıslanmazlık özelliğini düşürdüğü ve yüzey enerjisini artırdığı gözlemlenmiştir.

[45]'te belirtilen çalışmaya göre süperhidrofobik ve hidrofobik yüzeylerin üzerinde sıvı damlası gaz kabarcığı ve sıvı jeti dinamiği incelenmiştir. Çalışma sonuçları incelendiğinde elde edilen sonuç, hidrofobik yüzey üzerine koyulan su damlası yüksek temas açısı durumunda olduğu gözlemlenmiş ancak hava kabarcığı hidrofobik yüzeyde yayılma eğiliminde olmuştur.

[22]'de belirtilen çalışmaya göre, Nano titanyum dioksit dolgulu polimer esaslı hidrofobik bir kaplamanın yüzey özellikleri incelenmiş olup, kaplamalar titanyum dioksit nano toz katkısı kullanılarak, ıslatma açısı 145,5° olan hidrofobik özelliklere sahip kaplama üretilmiştir.

[23]'te belirtilen çalışmaya göre, hidrofobik özellikteki çimento esaslı malzemelerin oksijen difüzyonu konusu incelenmiştir. İnceleme sonucunda, çok yüksek oksijen difüzyonunun, çimento, harç ve hidrofobik karışım ile yapılan betonun boş gözeneklerinden doğrudan bir gaz fazı olarak yayıldığını tespit etmişlerdir.

[24]'te belirtilen çalışmada atık kâğıt çamur külü kullanılarak hidrofobik beton üretilmiştir. Portland çimentosunun %12 oranında hidrofobik olan, atık kâğıt çamur külü ile modifiye edilmesinin su emilimini ve iletkenliği azalttığı gözlemlenmiştir. Hidrofobik atık kâğıt çamur külü ile kaplanmış numune yüzeyleri çok iyi su itici ve kendini temizleyebilme özelliğini göstermiştir.

[25]'te belirtilen çalışmada silan bazı içerikli hidrofobik bir karışımın betonda donatı çeliğinin korozyonu üzerine etkisi araştırılmıştır. Çatlatılmış beton numuneler, %3,5'lik NaCl sulu çözeltisine daldırılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, çatlaksız beton örneklerde silanın korozyon işlemini bloke ettiğini göstermiştir.

[26]'da belirtilen çalışmada ise, silan bazlı hidrofobik karışımın, galvanizli çeliğinin betondaki korozyonuna etkisi araştırılmıştır. Çatlatılmış beton numuneler %10'luk bir NaCl sulu çözeltisinde maruz bırakılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, hidrofobik betonun korozyondan koruyabildiğini göstermiştir.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada asfalt yollarda kullanılmakta olan saf bitümün farklı bitkisel yağlar kullanılarak modifiye edilmesi ile bitümün ıslanma özelliklerindeki değişimin incelenmesi ve bitümün hidrofobik özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırmasında bitkisel yağların bitümlü malzemelerin hidrofobik özelliğini geliştirmek için kullanılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu kapsamda %100 soğuk press ile elde edilen altı farklı bitkisel yağ bitüm modifikasyonu

için kullanılmış ve yüzey temas açısında meydana gelen değişim referans numuneye göre kıyaslanmıştır. Diğer taraftan modifiye edilen bitümün fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler de karşılaştırmalı olarak araştırılmıştır.



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. MATERYAL

2.1.1. Bitüm

Çalışmada kullanılan B 50/70 bitüm kent içi yol yapımında kullanılmakta olan asfalt üretim tesisinden temin edilmiştir. Bitüm üzerinde modifiye edilmeden önce temel fiziksel deneyler yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalara dair sonuçlar tablo halinde Çizelge 2.1’de aşağıda sunulmuştur.

Çizelge 2.1. Bitümün temel fiziksel özellikleri.

Testler	Sınırlar	Test Sonuçları
Düktilite (cm)	> 100	> 100
Nicholson soyulma testi (%)	>50	>50
Yumuşama Noktası (°C)	46-54	47.70
Penetrasyon (1/10 mm)	50-70	62.80
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	-	0.99

2.1.2. Bitkisel Yağlar

Çalışmada altı farklı bitkisel yağ bitümün modifiye edilmesi için kullanılmıştır. Bunlar %100 saf bitkisel yağlar olup, soğuk press yöntemiyle elde edilmiştir. Keten tohumu yağı (KTY), defne tohumu yağı (DTY), kenevir yağı (KNY), kantaron yağı (KY), hint yağı (HY), çam terebentin yağı (ÇTY) olarak 6 farklı yağ çalışma için seçilmiştir. Şekil 2.1’de bu yağlara ait resim bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Kullanılan yağ çeşitleri.

2.1.2.1. Keten Tohumu Yağı (KTY)

Keten bitkisinin boyu 30-100 cm aralıklarında olmaktadır. Mavi çiçeklidir ve tek yıllık bir bitkidir. Keten tohumları, 4-6 mm uzunlukta, elips şeklinde, yassı, parlak, kızıl kahverengi karışımı renginde, kokusuz, yağlı ve tadı lezzetlidir. Keten bitkisi, geçmişte Mısırlılardan beri tarımı yapılmaktadır. Günümüzde birçok amaçla kullanılmaktadır. [46]. Keten bitkisi iki çeşit forma sahiptir. Yağ ve lif olarak ikiye ayrılır. Genellikle tek yıllık, nadiren çok yıllık bir endüstri bitkisidir [47]. Keten tohumu, omega3 yağ asidi içeriği bakımından çok zengin bitkidir [48]. Keten tohumu yağı içerisindeki yağlardan doymuş yağ asitleri oranı düşüktür %9. Tekli doymamış yağ asitleri bakımından ise oranı orta düzeydedir %18. Çoklu doymamış yağ asidi bakımından diğer yağ asitlerine göre daha zengindir %73 [49]. Bütün lipidler arasında α -linoleik asit içeriği %39 ile %60 arasında değişen ana yağ asididir. İçeriğinde çok miktarda bir omega6, omega3 yağ asidi sağlayan oleik, linoleik, palmitik ve stearik asitler barındırır [50].

2.1.2.2. Defne Tohumu Yağı (DTY)

Defne bitkisi çok fazla geniş bir kullanım alanına sahiptir. Defne değerli bir baharat bitkisidir. Defne bitkisinin ekonomik açıdan en önemli kısımları meyvesi ve yapraklarıdır [51]. Defne bitkisinin meyvesinden defne tohumu yağı üretilir. Defne tohumu yağı üretiminde genellikle tohumlardaki değerli bileşenlerin kaybolmaması için soğuk press tekniği kullanılarak elde edilir [52]. Türkiye'de Akdeniz bölgesinin özellikle kıyı kesimlerinde deniz seviyesinden 200-800 metre aralığında yabani olarak yetişir [53]. Avrupa'da ve ABD'de defne bitkisi genel olarak süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir [54]. Gıda sektöründe, kozmetik sektöründe, ilaç sektöründe ve daha

birçok alanda kullanılmaktadır [55]. Defne tohumu yağı %40,57 oranında ana yağ asitleri olarak oleik, linoleik ve a-linoleik asitleri içermekle birlikte yaklaşık olarak %75 doymamış yağ asitleri içerir [56].

2.1.2.3. Kenevir Tohumu Yağı (KNY)

Kenevir yaygın olarak kendir veya esrar otu olarak bilinmektedir. Kenevir tek yıllık, otsu ve çiçekli bir bitkidir. Kenevir bitkisinde dişi ve erkek çiçekler farklı bireylerde bulunur. Dişi çiçekleri çok sık yapraklar bulunur erkek çiçekleri ise seyrek salkım şeklindedir. Bu bitkinin tohumları yaklaşık 3-6 mm uzunluğunda, 2-4 mm eninde olmaktadır [57]. M.Ö. 8000 yılları civarında kenevir bitkisi yetiştirilmiştir. Kenevir bitkisinin tohumundan kenevir yağı elde edilmektedir. Bu bitkinin maliyeti yüksek olan bir endüstriyel yağdır. Kenevir bitkisinin tohumlarından yağ elde ederken soğuk sıkım yöntemi tercih edilmektedir. Endüstriyel açıdan bu bitkinin hem yağı hem de kenevir lifi yaygın kullanım alanına sahiptir [58]. Kenevir bitkisinden her alanda yararlanıldığı için ekonomik değeri yüksek değerli bitkidir. Kenevir bitkisi lif ve mineral içermekte olduğundan inşaat sektöründe de bu özelliği değerlendirilmiştir. Örneğin; çatı malzemeleri ve duvar malzemelerinin yapımında lif ve mineral karışımında ağırlık, dayanıklılık ve kalite kriterleri dikkate alındığında beton kullanımına oranla daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Kenevir kullanarak üretilen karışımın kullanıldığı yapılarda nemlenme oranında azalma gözlemlenmiştir [59]. İnşaat sektöründe; çevre dostu bina yapımında, tuğla yapımında, yalıtım malzemelerinin yapımında gibi alanlarda kenevirden elde edilen ürünler kullanılmaktadır. Özellikle bu alanda Avusturalya ve Fransa örnek verilebilir [57]. Kenevir bitkisinin kök yapısı sayesinde kuraklığa ve doğadaki zararlılara karşı oldukça dayanıklıdır. Bu bitkinin yapısında bulunan Lignoselülozik lifler en kaliteli lifler arasında sayılmaktadır. Anti bakteriyel özelliğe de sahiptir [60], [61]. Anti bakteriyel özelliği olması sebebiyle anti bakteriyel tekstil ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır [62]. Cerrahi alanda malzeme üretiminde de sıkça kullanılmaktadır [63]. İçeriğindeki çoklu doymamış yağ asitlerinden ötürü keten tohumu yağına benzemektedir. Aydınlatma alanında, yazıcı mürekkeplerinde, vernik, boya, deterjan ve sabunların yapımında kullanılmıştır [64].

2.1.2.4. Çam Terebentin Yağı (ÇTY)

Çam ağacı dayanıklı ve iğne yapraklı bir ağaç türüdür. Uzun yıllar boyunca büyür ve doğa koşulları karşısında oldukça dayanıklı olması ile dikkat çekmektedir. İklim koşullarına rağmen yaz ve kış aylarında yaprak dökmezler ve neredeyse her iklimde,

toprak türünde yetiştirilebilir. Çam terebentin yağı, çam ağacın sıvı maddesinden ağaçtan ayırma yöntemiyle elde edilmektedir ve çam terebentin yağı uçucudur. Bu yağ renksiz bir yapıda ve keskin bir kokuya sahiptir [65]. Özellikle kozmetik ve sağlık endüstrisinde kullanılmaktadır. Yunan hekim Pedanius Dioscorides'in "De Materia Medica" adlı eserinde çam ağacından elde edilen sakız reçinesinin sindirimi olumlu etkilediğini belirtmiştir ve buna ek olarak kozmetik açıdan ve diş için yararlı etkilere sahip olduğunu belirtmiştir [66].

2.1.2.5. Hint Yağı (HY)

Hintyağı bitkisi genellikle 140-180 günde yetişmektedir. Dişi çiçeklere sahip olanları dikenli veya dikensiz, pembe veya kırmızı renkte, küçük elips şeklinde görünürler. Erkek çiçeklere sahip olanları ise sarı ve bazı türlerde yeşil-beyaz veya kırmızı kahverenginde olabilmektedirler. Bu bitkinin tohumları yaklaşık 10-15 mm uzunluğundadır, eni 4-10 mm ve çapı 1-2 cm olmaktadır. Hint yağının tohumlarındaki yağ miktarı genelde %35-55 arasında değişmektedir [67]. Çok soğuk bölgelerde ve kurak yerlerde hint yağı bitkisi tek yıllık yetişmektedir [68]. Antik çağlardan beri hint yağı ticareti yapılmıştır [68]. Giyim kumaşlarında yağlayıcı madde olarak, poliamid naylon tiplerinde, sanayide, elektrik sektöründe yalıtım malzemelerinde, vernik, aydınlatıcı ve plastik madde yapımında kullanılmaktadır [69]. Hintyağı sanayi sektöründe motor ve makine yağı olarak uçak motorlarının yağlanması kullanılmaktadır [70], [71]. Hintyağı bitkisinden Türk Kırmızısı olarak bilinen Sulforasinalat etken maddesi elde edilmektedir. Bu yağın elde edildiği olgunlaşmış ağaçları sinek ve sivrisinek çeşitlerini kovalarak uzaklaştırmaktadır ve bu ağacın olduğu bahçelerde köstebekler ve böcekler barınmamaktadır [72].

2.1.2.6. Kantaron Yağı (KY)

Kantaron bitkisinin ait olduğu familya Gentianaceae familyasıdır. Halk arasında tıbbi amaçla kullanımı yaygın olarak bilinmektedir. Açık alanlarda yani ormanlarda, çayırlarda ve otlaklarda sıkça bulunabilmektedir. Bu bitki genellikle kireçli topraklarda yetişir [73]. Kantaron yağının elde edilmesi ise kantaron bitkisi üzerine saf zeytinyağı doldurulup bir süre hava ile teması kesilen kapalı ortamda bekletilerek elde edilir. Beklenen süre sonunda kırmızı renge bürünen yağ süzülerek elde edilip kullanılmaktadır.

2.2. YÖNTEM

Yöntem kısmında seçilen bitkisel yağlar ile her 100 gramlık saf bitümün içerisine her yağa özel; 3 gram, 5 gram ve 7 gram eklenerek numuneler hazırlanmıştır. Temas açısı tayini IMAGEJ programıyla yapılmıştır. Daha sonra bunlara ek olarak, yumuşama noktası deneyi, penetrasyon deneyi, düktilite deneyi, Nicholson soyulma deneyi, vialit deneyi ve EDAX analizi yapılmıştır.

2.2.1. Bitkisel Yağ ve Bitüm Karışımının Hazırlanması

Çalışmada kapsamında kullanılan bitkisel yağların bitümün suya ve nem duyarlılığını hangi ölçüde değiştirip değiştirmediğini belirlemek için farklı oranlar kullanılmıştır. Bu süreçte her bir bitkisel yağ üç farklı oranda (%3, %5, %7) dâhil edilerek bitüm modifiye edilmiştir. Bitüm modifiye işleminde her 100 gramlık saf bitümün içerisine her yağa özel, 3 gram, 5 gram ve 7 gram eklenerek numuneler hazırlanmıştır. Böylece altı farklı yağ ile üçer farklı içerikte modifiye edilmiş bitüm geliştirilmiştir. Bunun yanında referans bitüm numunesi de dâhil edildiğinde çalışmada toplam 19 farklı grup oluşturulmuştur. Oluşturulan gruplara dair kısaltmalar Çizelge 2.2’de sunulmuştur. Ayrıca saf bitüme ilave edilen farklı içeriklerde bitkisel yağ sonrası modifiye edilen bitüm örnekleri Şekil 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2. Karışım oranlarının kodlanması.

	Kullanım Oranı %	Kısaltmalar
Referans Bitüm Numunesi	0	RBN
Kenevir Tohumu Yağı	3	KNY3
	5	KNY5
	7	KNY7
Keten Tohumu Yağı	3	KTY3
	5	KTY5
	7	KTY7
Defne Tohumu Yağı	3	DTY3
	5	DTY5
	7	DTY7
Kantaron Yağı	3	KY3
	5	KY5
	7	KY7
Hint Yağı	3	HY3
	5	HY5
	7	HY7
Çam Terebentin Yağı	3	ÇTY3
	5	ÇTY5
	7	ÇTY7



Şekil 2.2. Farklı oranlarda bitkisel yağ ilave edilerek hazırlanan numuneler.

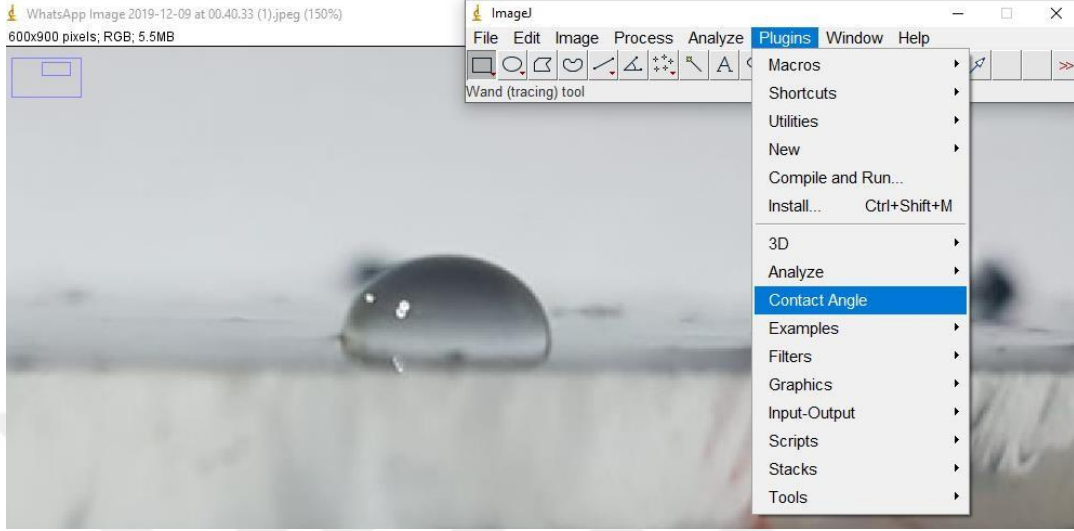
2.2.2. Modifiye Edilmiş Numuneler İçin Temas Açısı Tayini

Bu çalışmada modifiye edilen bitümlerin suya hassasiyetlerinin tayin edilebilmesi ve hidrofobik özelliklerinin ortaya koyulabilmesi amacıyla internet üzerinden ücretsiz temin edilen ve kolay ulaşım sağlanması sebebiyle IMAGEJ isimli bir görüntü analiz programı kullanılmıştır. Bu program oldukça pratik ve hızlı sonuç verebilen bir sisteme sahiptir.

ImageJ programı hakkında daha detaylı bilgi verilecek olursa; herkesin kullanımına rahatlıkla ulaşabileceği Java alt tabanlı görüntü işleme yazılımıdır. NIH Image tarafından geliştirilmiştir ve yazılım üstünde Java 1.1 veya üzeri Java Sanal Makinesi bulunduran herhangi bir bilgisayarda bir uygulama olarak çalıştırılabilir. Windows, Mac OS, Mac OS X ve Linux işletim sistemleri için kullanıma uygundur. Bu program 8, 16 ve 32 bitlik imajları görüntüleyerek bunları düzenleme, analiz, işleme, kayıt etme ve yazdırma işlemlerini yapabilir. TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM, FITS ve ham resim formatlarını okuyarak tek bir pencerede birçok görüntü açarak eş zamanlı çalışmaya katkı sağlar. Program kullanıcı tanımlı olarak, alan ve piksel değerleri istatistiklerini hesaplayabilir, uzaklıkları ve açıları ölçebilir [74].

Bitümlü karışım üzerindeki su damlasının katı yüzeyle oluşturduğu temas açısı ölçümü için, damlanın yüzeyde sabit ve dik görülecek şekilde çekilen fotoğrafları IMAGEJ programına aktarılmıştır. 19 numune için Contact Angle sekmesi ile temas açısı tek tek

analiz edilmiştir. Böylece hazırlanan karışımların suya ne ölçüde farklı tepki verdiği ortaya koyulmuştur. Şekil 2.3'te numunelerin temas açısı tayinine dair resim sunulmuştur.



Şekil 2.3. IMAGEJ program ara yüzü ile yapılan temas açısı analizi.

2.2.3. Yapılan Deneyler

Yumuşama noktası deneyi, penetrasyon deneyi, özgül ağırlık deneyi, düktilite deneyi, Nicholson soyulma deneyi, vialit deneyi ve EDAX analizi yapılmıştır.

2.2.3.1. Yumuşama Noktası Deneyi

TS EN 1427 standardına göre yapılan yumuşama noktası deneyi, hazırlamış olduğumuz bitümlü karışımların sıcaklığa ne kadar dayanabildiği hakkında bilgi verir.

Deneye başlamadan önce cam plakanın yüzeyi vazelin ile çok ince bir tabaka halinde yağlandı. Standartta belirtilen ölçülere uygun pirinç halka, yağlanmış cam plakanın üzerine yerleştirildi. Halkanın içine hazırlamış olduğumuz karışımdan bir miktar döküldü. Bir süre soğuyarak donması beklendi. Tamamen soğuyan halka içindeki numunemiz, 2'li sistemine yerleştirildi, 2'şer ayrı halkaya koyulan aynı numune malzemesi düzgün bir ölçüm olması nedeniyle sonuçların ortalaması alınmıştır. Pirinç halkaların üzerinden 3,5 gramlık bilyesi koyuldu. Soğuk suyun içine daldırılan bu sistemin ortasına da termometre yerleştirildi. Isıtıcının üzerinde belirli periyotlar ile artacak şekilde numunemiz ısıtıldı. Isındıkça yumuşayan bitümlü karışımımızı üzerindeki bilye de kendi ağırlığını vererek, sistemin dibine değme dereceleri (°C) sırayla not edildi. Bilyenin tabana değdiği andaki sıcaklık değeri yumuşama noktası

derecesi olarak not edilmiştir.

2.2.3.2. Penetrasyon Deneyi

TS EN 1426 standardına göre yapılan penetrasyon deneyinin amacı, hazırlanan bitümlü karışımın kıvamı ve işlenebilirliği hakkında bilgi sunmaktır.

Hazırlanan numuneler teker teker deney cihazına yerleştirilmiştir. Standart bir iğne 100 gram yük altında numune yüzeyinden serbest bırakılmıştır. 5 saniye bekledikten sonra, iğnenin bitüm içerisinde dikey olarak battığı mesafe 0,1 mm hassasiyetiyle ölçülmüştür. Bu ölçüm her numune için kendi penetrasyon değerini vermektedir.

2.2.3.3. Özgül Ağırlık Deneyi

Bitümlü sıcak karışımlarının özelliklerinin tayininde önemli bir parametre olan bitüm özgül ağırlığı TS EN 15326 standardına göre piknometre yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Önce boş piknometre 25°C'de kabı kuru olarak tartılır, daha sonra su ile doldurulur ve tekrar tartılır ve not edilir. Piknometre kabı boşaltılır ve iyice kurutulur. İçine bitüm numuneleri sırayla koyulmuştur. Piknometre içinde kalan boşluk saf su ile doldurulup tekrar tartılmıştır. Standartta belirtilen formülasyona yerleştirilerek tek tek özgül ağırlıkları hesaplanmıştır.

2.2.3.4. Düktilite Deneyi

Düktilite deneyi ile bitümün, belirli sıcaklık ve hızda kopmadan çekilebildiği uzunluğun yani uzama kabiliyetinin tayin edildiği bilinmektedir. Uzama yeteneği fazla olan bitümlerin bağlanma yetenekleri de yüksek olmakla beraber, bu tür bitümler sıcaklık değişimlerine karşı da fazla duyarlılık gösterirler. Bitkisel yağlarla modifiye edilen bitümlerin düktilite özellikleri TS EN 12589 standardına göre tayin edilmiştir. Numune etüvde kolayca dökülebileceği sıcaklığa kadar ısıtılmıştır. Bitüm, kalıp kenarlarından taşırılmadan ve kalıp üst seviyesini aşacak şekilde içine dökülmüştür. Soğutulmaya bırakıldıktan sonra 30 dakika su banyosunda bekletilmiştir. Çıkarıldıktan sonra da ısıtılmış spatula ile briketin üzerindeki fazlalık bitüm kısımları alınmıştır. Briketler 25°C sıcaklıktaki su banyosunda 1,5 saat bekletilmiştir. Süre bitiminde sudan çıkarılan kalıbın yan parçacıkları ile taban plakası ayrılır. İçerisinde 25°C sıcaklıkta su bulunan düktilite cihazındaki yerine koyulan bitüm briketleri, dakikada 5 cm uzayacak şekilde çekilmeye başlanır. Briketin koptuğu anda cihazın kenarındaki cetvelden uzama miktarı cm cinsinden okunur. Bitüm numunesinin kopma olmadan, okunabilir limit olan 100 cm uzunluğun sonuna kadar uzaması halinde düktilite değeri 100+ olarak alınmıştır.

2.2.3.5. *Nicholson Soyulma Deneyi*

Nicholson soyulma deneyi ise TS EN 12697-11 standardına göre yapılmıştır. Burada amaç yol kaplamalarında kullanılan agregaların soyulma mukavemeti ve bitümün yapışma özelliğinin tayin edilmesidir. Boyutu 10-6,3 mm arasında olan kırılmış agrega numunesi 6,3-10 mm'lik elekten elenerek arada kalan agregalar kaba alınıp yıkandıktan sonra $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kuruyan agrega taneleri, 19 adet bitüm karışımı hazırladığımız numune kaplarının içine 5 adet ayrı ayrı atılıp ve iyice karıştırılmıştır. Bitümün homojen şekilde agregaların yüzeyi kaplanmasına dikkat edilmiştir. Her numuneye özel ayrı kaplarda hazırlanan kaplanmış agrega taneleri birbirine değmeyecek şekilde ayrı ayrı kaba koyulmuştur. Üstüne 3 cm geçecek şekilde su eklenip ve 24 saat süreyle 60°C sabit sıcaklıkta etüve koyulmuştur. Süre sonunda numunelerin suyu dökülerek, ışık altında soyulma durumu izlenmiştir. Tüm gruplar için elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm grupların şartname limitlerini sağladığı tayin edilmiştir.

2.2.3.6. *EDAX Analizi*

EDAX nokta veya alan analizinde numune yüzeyindeki element dağılımı seçilen alana göre % olarak verir. Yüksek voltajda ve yüksek pA uygulanarak X ışınları yoğunluğu artırılır, numunenin 200 nm yüzeyinden soğurma yaparak sonuç verir.

2.2.3.7. *Vialit Deneyi*

TS EN 12272-3 standardına göre yapılan bu deneyde, 19 mm göz açıklıklı elekten elenip 9,5 mm'lik elek üzerinde kalan agregalar iyice yıkanmıştır. Daha sonra etüv derecesi 110°C 'lik etüvde kurutulmuştur. Hazırlanan agregalar, mıcır sericinin kafes sistemindeki her bir bölmeye birer tane olmak üzere 100 adet yerleştirilmiştir ve daha sonra ısıtılmış levhalar üzerine, ısıtılmış olan bitümden 40 gram dökülerek levhanın tüm yüzeyine düzgün bir şekilde yayılır. Hazırlanan bitümlü levha deney aletine yerleştirilir ve üst bölmedeki mıcır sericinin altında sabitlenir. Hızla çekilen mıcır sericinin altındaki levhaya serbest düşüşler yapıp bitüme yapışması beklenir. Silindirle sıkıştırma işlemi öncesi mıcırların bitüm içerisinde kaymaması için yaklaşık 5 dakika bekledikten sonra silindirleme işlemi yapılır. 3 kez sağ, 3 kez sol yönden toplam 3 tam tur yapılır. Bir tam tur 1 sağ, 1 sol yönden oluşmaktadır. 1 saat bekletilen mıcırlı bitüm numunemiz 35°C 'lik su banyosunda 24 saat tutulur. 24 saatin sonunda, mıcırlı levha 3 sivri çubuk üzerine agregaları aşağıya gelecek şekilde yerleştirilir. 50 cm yükseklikten çelik

bilyenin 3 kez serbest düşüşü yapılır. Her bir serbest düşüş arasındaki süre yaklaşık 10 saniyedir. Düşen mıcırlar sayılır. 100 mıcırdan kaç adet düştüyse, o karışıma ait yüzde değer not edilmiştir.



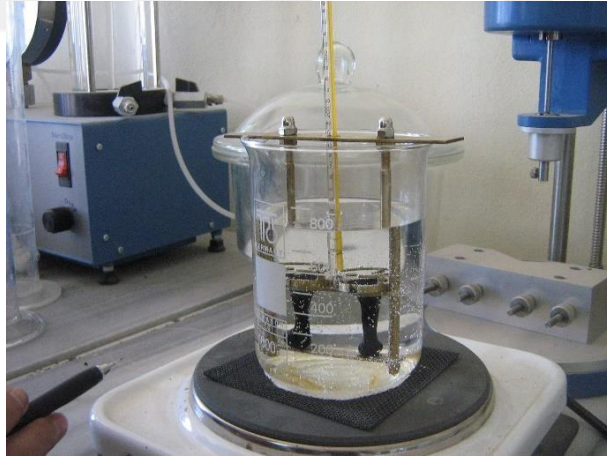
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

%3, %5 ve %7 oranlarında bitüme ilave edilen bitkisel yağlar ile modifiye edilmiş numuneler yumuşama noktası deneyi, penetrasyon deneyi, düktilite deneyi, Nicholson soyulma deneyi, vialit deneyi ve EDAX analizi yapılmıştır. Bu deneyler sonucunda bitümün fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişikliklerin tespiti için sonuçlar detaylıca irdelenmiştir.

3.1. MODİFİKASYON SONRASI FİZİKSEL ÖZELLİKLER

3.1.1. Yumuşama Noktası Deneyi Sonuçları

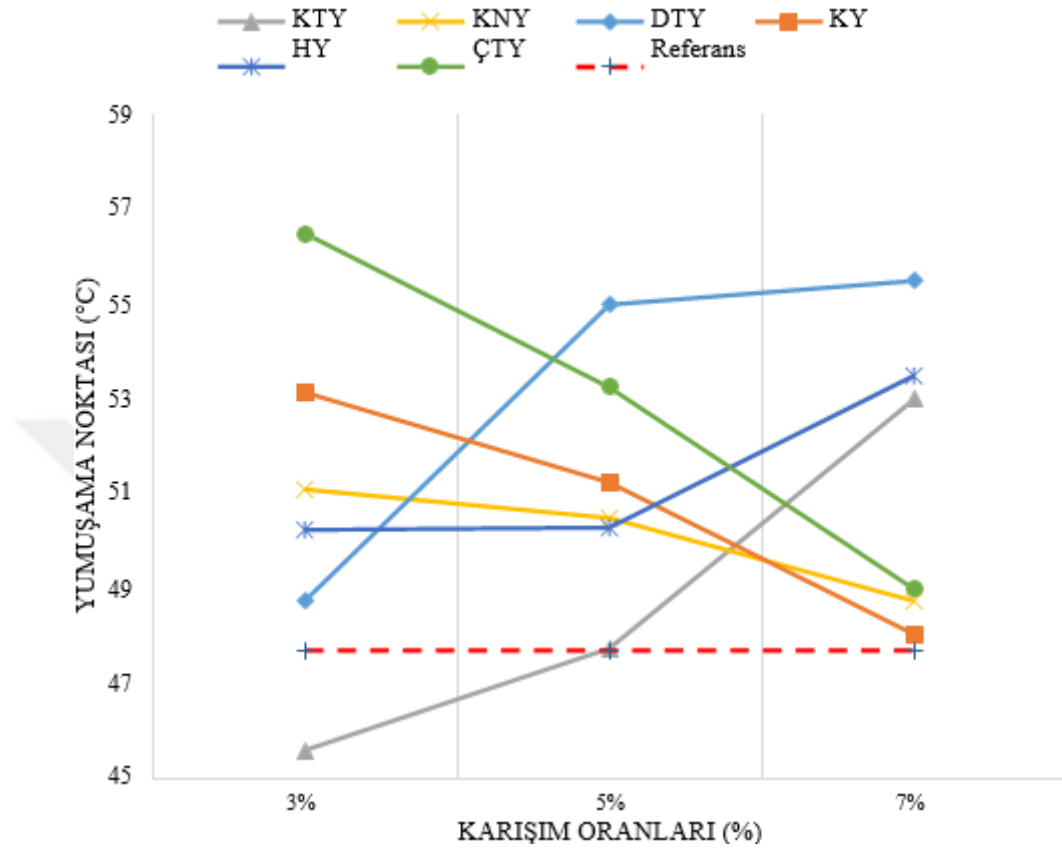
TS EN 1427 standardına göre yapılan yumuşama noktası deneyi, hazırlanmış olduğumuz bitümlü karışımların sıcaklığa ne kadar dayanabildiği hakkında bilgi sahibi olabilmemiz için gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1’de yumuşama noktası tayin deneyi görülmektedir.



Şekil 3.1. Yumuşama noktası deneyi ile yumuşayan bitümlü karışım.

Yapılan yumuşama noktası deney sonuçlarına göre referans numunelerimizin yumuşama değeri 47,70°C olarak belirlenmiştir. Diğer hazırlanan karışım numunelerimizin sonuçları değerlendirildiğinde ise; KTY3 numunesinin referans sınırının altında kaldığı ve sıcaklık karşısında daha az dayanım gösterdiği görülmüştür. %7’lik karışımlar arasında DTY7 numunesi en fazla dayanımı gösterirken, KY7 en az dayanımı göstermiştir. %5’lik karışımlar arasında DTY5 en fazla dayanımı gösterirken

KTY5 en az dayanımı göstermiştir. %3'lük karışımlarda ise, ÇTY3 en fazla dayanımı gösterirken, KTY3 sıcaklığa karşı en az dayanımı göstermiştir. Şekil 3.2'de sonuçlar detaylı gösterilmiştir.

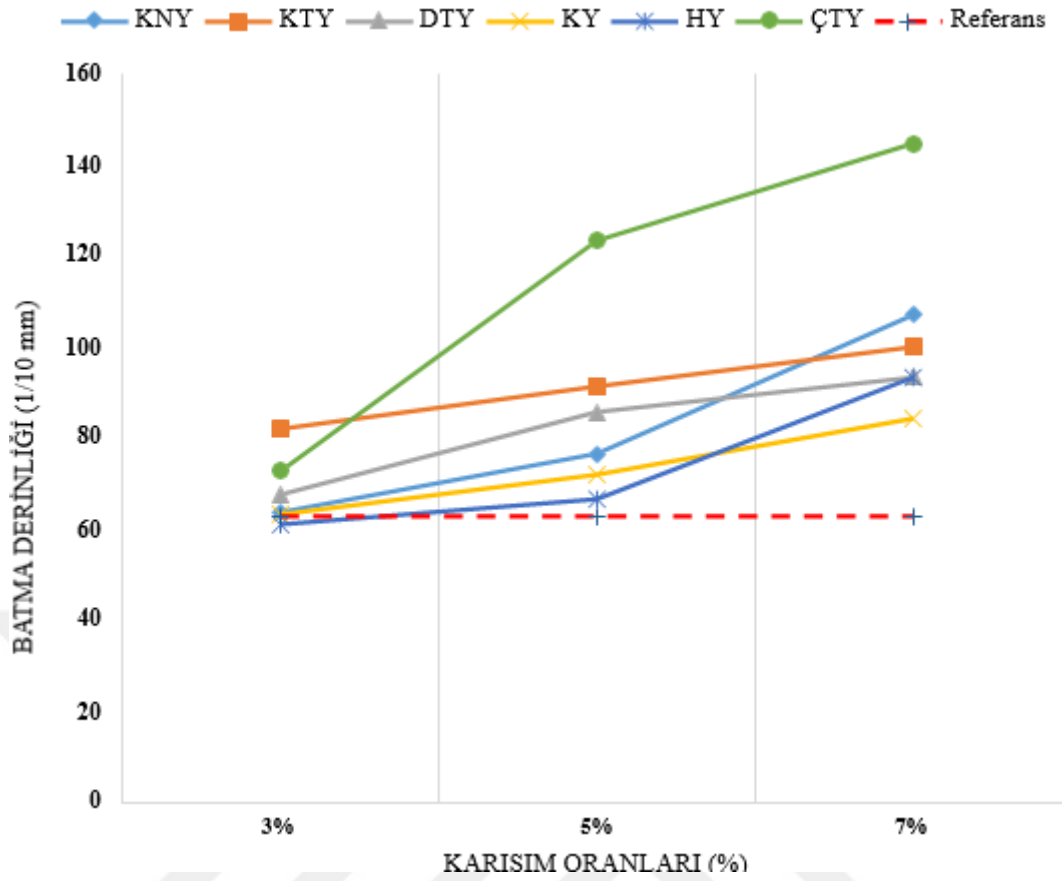


Şekil 3.2. Yumuşama noktası deney sonuçları.

Karışıma dâhil edilen bitkisel yağların değişen oranına göre etkileri incelendiğinde KTY, HY ve DTY katkılı karışımlarda karışımdaki bitkisel yağ oranının artması ile birlikte yumuşama noktasının da arttığı görülmektedir. Diğer gruplarda ise (KNY, KY, ÇTY) tam tersine yağ içeriğinin artması ile beraber bitümün yumuşama noktalarının düştüğü gözlenmiştir. Şekil 3.2'de farklı karışımlar için bitüm yumuşama noktası değişimini göstermektedir.

3.1.2. Penetrasyon Deneyi Sonuçları

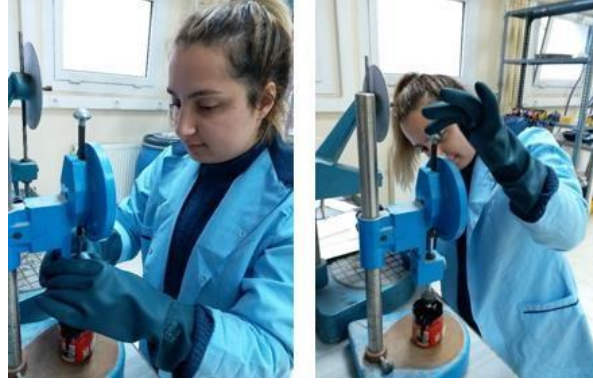
TS EN 1426 standardına göre yapılan penetrasyon deneyinin amacı, hazırlanan bitümlü karışımın kıvamı ve işlenebilirliği hakkında bilgi sunmaktır. Önceden hazırlanmış 19 farklı numune için penetrasyon deneyi yapılmış olup sonuçlar Şekil 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.3. Penetrasyon deney sonucu verilerin kıyaslanması.

TS EN 1426 standardına göre yapılan penetrasyon deneyinin sonuçları değerlendirildiğinde, referans numunemi için 62,8 mm'lik penetrasyon değeri elde edilmiştir. Referans numunemize göre diğer numunelerimiz kıyaslandığında ise, %3'lük karışım oranlarında HY3 61 mm ile en düşük penetrasyon değerini vermiştir. 91,3 mm ile KTY3 numunemiz en fazla batma derinliğine ulaşmıştır. %5'lik karışım oranlarında, HY5 62,8 mm ile referans numunemize en yakın sonucu vermiş olup, ÇTY5 numunesi ise 123,3 mm ile en yüksek penetrasyon değerine ulaşmıştır. %7'lik karışım oranlarında, KY7 84,3 mm ile en düşük, ÇTY7 ise 144,6 mm ile en yüksek batma değerini göstermiştir.

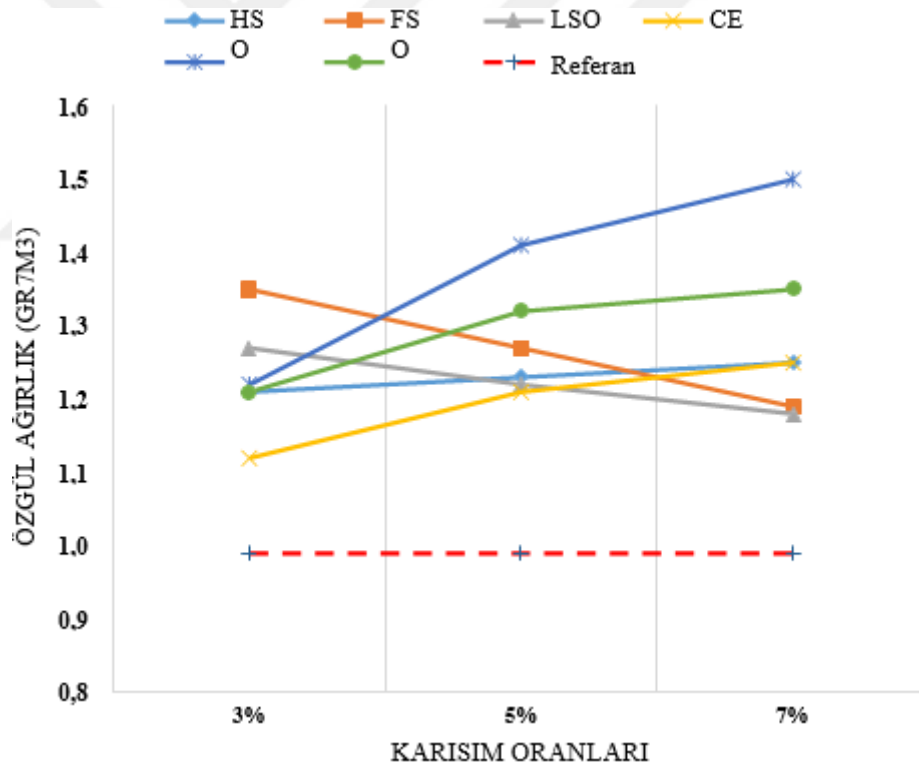
Karışıma dâhil edilen bitkisel yağların değişen oranına göre etkileri incelendiğinde tüm gruplarda bitüme dâhil edilen bitkisel yağ oranı arttırıldıkça penetrasyon değerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu da karışıma dâhil edilen yağların karışımın işlenebilirliğini arttırdığını göstermektedir.



Şekil 3.4. Penetrasyon deneyi çalışması.

3.1.3. Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları

Bitümlü sıcak karışımlarının özelliklerinin tayininde önemli bir parametre olan bitüm özgül ağırlığı TS EN 15326 standardına göre piknometre yöntemi kullanılarak tayin edilmiştir. Deney sonuçları aşağıda Şekil 3.5’te sunulmuştur.



Şekil 3.5. Özgül ağırlık deney sonuçları.

TS EN 15326 standardına göre yapılan deneylere göre referans numunenin özgül ağırlığı $0,99 \text{ gr/cm}^3$ olarak belirlenmiştir. %3'lük yağ eklenerek hazırlanan bitümlü karışım numunelerin sonuçlarına göre, $1,12 \text{ gr/cm}^3$ ile KY3 en düşük özgül ağırlığa sahip iken, $1,35 \text{ gr/cm}^3$ ile KTY3 en yüksek özgül ağırlığı değerini vermiştir. %5'lik

yağ eklenerek hazırlanan bitümlü karışım numunelerimizin sonuçlarına göre, 1,21 gr/cm³ ile KY5 en düşük özgül ağırlığa sahip iken, 1,41 gr/cm³ ile HY5 en yüksek özgül ağırlığı göstermektedir. %7'lik yağ eklenerek hazırlanan bitümlü karışım numunelerimizin sonuçlarına göre, 1,18 gr/cm³ ile DTY3 en düşük özgül ağırlığa sahip iken, 1,50 gr/cm³ ile HY3 en yüksek özgül ağırlığı göstermektedir.

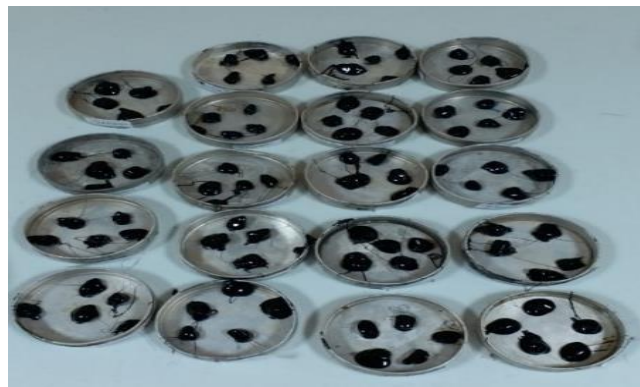
Karışıma dâhil edilen bitkisel yağların değişen oranına göre etkileri incelendiğinde KTY ve DTY hariç diğer tüm grupların özgül ağırlık değerleri yağ içeriğinin artması ile beraber artış göstermiştir. Bu sonucun karışıma dâhil edilen yağların ağırlıklarıyla doğrudan alakalı olduğu düşünülmektedir.

3.1.4. Düktilite ve Soyulma Deneyi Sonuçları

Bu bölümde düktilite ve soyulma deney sonuçları standart koşulları karşıladığı ve fazlaca içerik bulunmadığı için birlikte verilmiştir. Çizelge 3.1'de deneylere dair sonuçları vermektedir.

Çizelge 3.1. Düktilite ve soyulma deney sonuçları.

Kısaltmalar	Şartname Limitleri	19 Adet Numune için;
Düktilite (cm)	>100	>100
Nicholson Soyulma Deneyi (%)	>50	>50

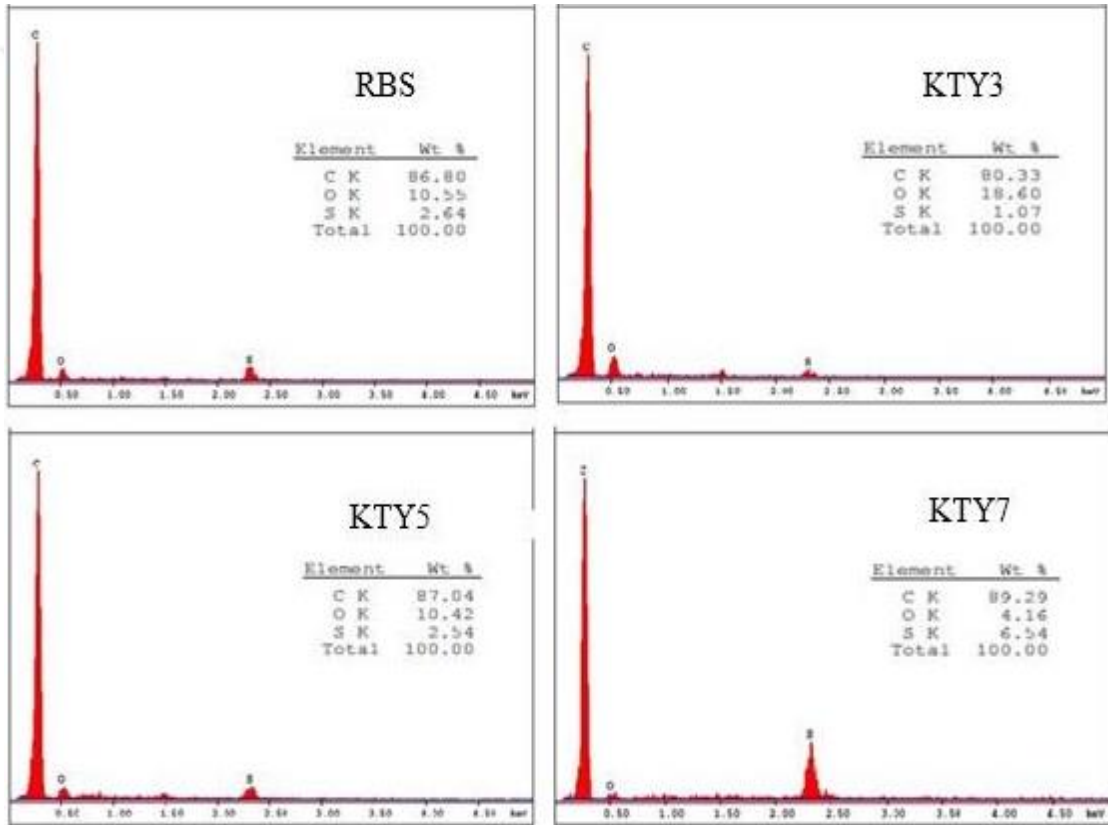


Şekil 3.6. Soyulma deneyi için numuneler.

3.1.5. EDAX Analizi Sonuçları

Hazırladığımız 19 adet numune için EDAX analizi ile karışımların kimyasal kompozisyonu hakkında bilgi edinilmiştir. Şekil 3.7'de EDAX analiz değerlerinin aynı

grup içindeki değişimi örnek olarak sunulmuştur. KTY grubunda içerikteki yağ oranının artması ile meydana gelen değişim referans numuneye göre kıyaslanmıştır. EDAX analiz sonucunda karbon (C), oksijen (O) ve kükürt (S) elementleri açısından pik yapan yapılar görülmektedir. Referans numune ele alındığında bileşimin çoğunluğunun %86,8 karbon olduğu, ardından %10,55 oksijen ve %2,64 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. KTY grupları incelendiğinde karışıma dâhil edilen %3 keten tohumu yağının modifiye bitümdeki karbon ve kükürt değerini düşürdüğü ve oksijen değerini arttırdığı görülmektedir. Keten tohumu yağı içeriğinin arttırılması ile birlikte modifiye bitümde hem %5'te hem de %7'lik grupta karbon ve kükürt değerinde artış olduğu, buna paralel olarak oksijen değerlerinin düştüğü gözlenmiştir.

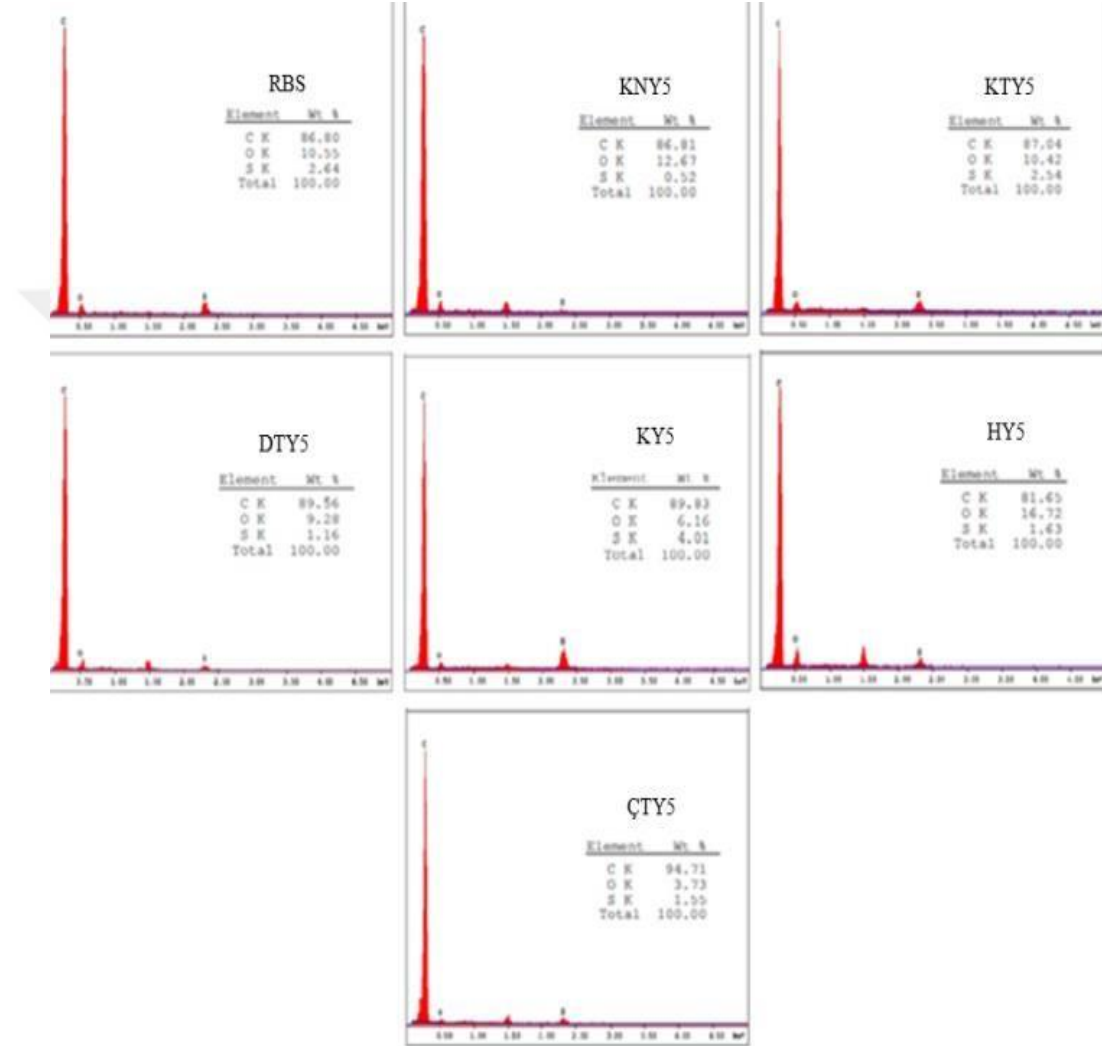


Şekil 3.7. EDAX analiz değerlerinin aynı grup içindeki değişimi.

Şekil 3.8'de ise farklı bitkisel yağların aynı oranda bitüme dâhil edildiğinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. KNY grubunda karbon içeriği referans numuneye yakınlık gösterirken kükürt değerinin düşerek oksijen değerinde artış olduğu, %5'lik KTY, DTY, KY ve ÇTY gruplarında referans numuneye göre karbon değerlerinin arttığı, oksijen değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. %5'lik HY grubunda ise karbon değerinin referansa göre daha düşük sonuç verdiği oksijen değerinin arttığı

belirlenmiştir. Kükürt, KY grubu hariç bütün gruplarda referansa göre düşüş olduğu tespit edilmiştir.

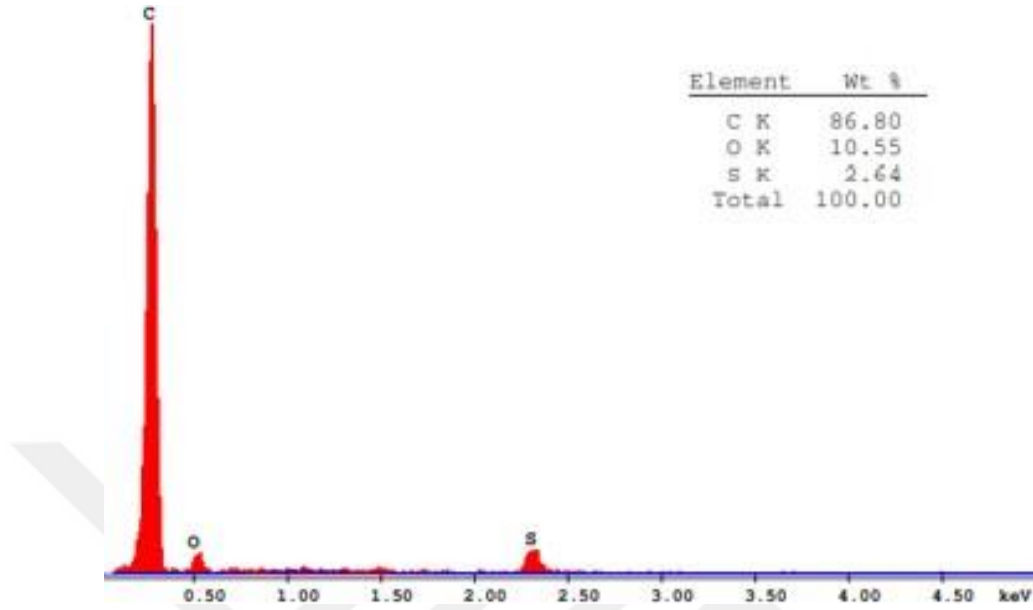
Ayrıca analizlerde rastlanan Alüminyum pikleri karışım numunelerinin muhafaza edildikleri kaplardan kaynaklı olduğunun düşünüldüğünden değerlendirmeye dâhil edilmemişlerdir.



Şekil 3.8. EDAX analiz değerlerinin farklı gruplar içindeki değişimi.

3.1.5.1. EDAX Analizinin Tüm Numuneler İçin Detaylı Verileri

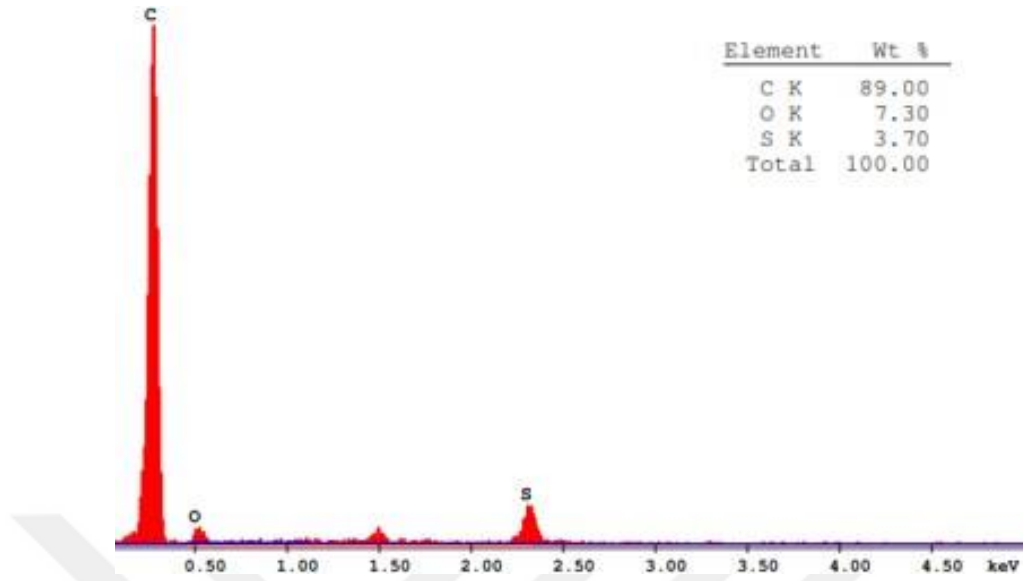
Referans numunesi için;



Şekil 3.9. Referans numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analizine göre karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yapan yapılar görülmektedir. Referans numune ele alındığında bileşimin çoğunluğunun %86,8 ile karbon olduğu, ardından %10,55 oksijen ve %2,64 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir.

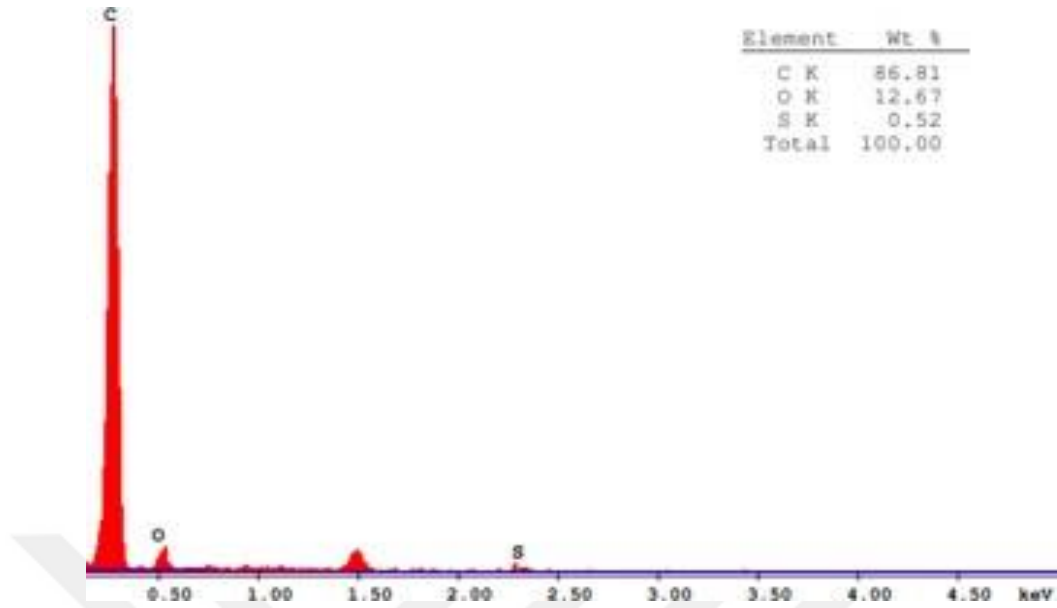
%3 Kenevir yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.10. KNY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 kenevir yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %89 oranı ile karbon olduğu, ardından %7,30 oksijen ve %3,70 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

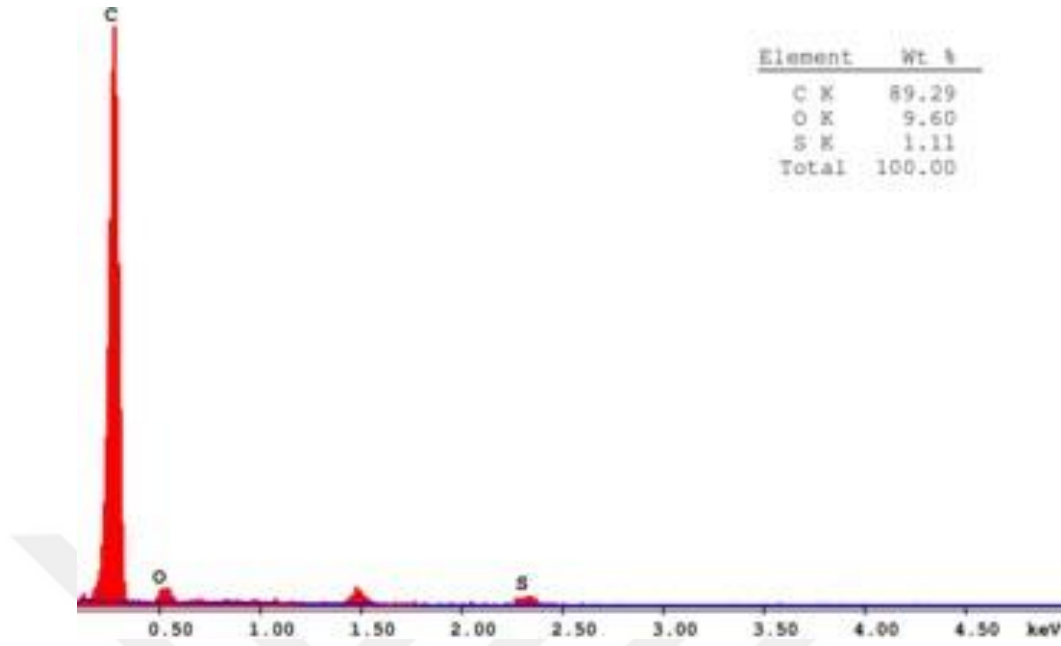
%5 Kenevir yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.11. KNY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 kenevir yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %86,81 oranı ile karbon olduğu, ardından %12,67 oksijen ve %0,52 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında artış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

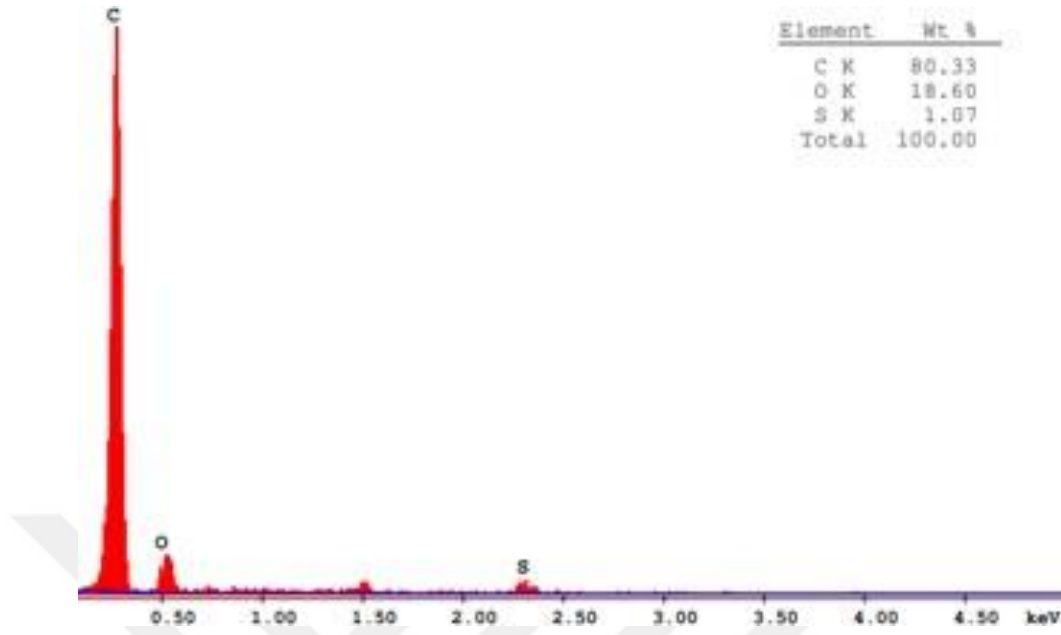
%7 Kenevir yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.12. KNY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 kenevir yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %89,29 oranı ile karbon olduğu, ardından %9,60 oksijen ve %1,11 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

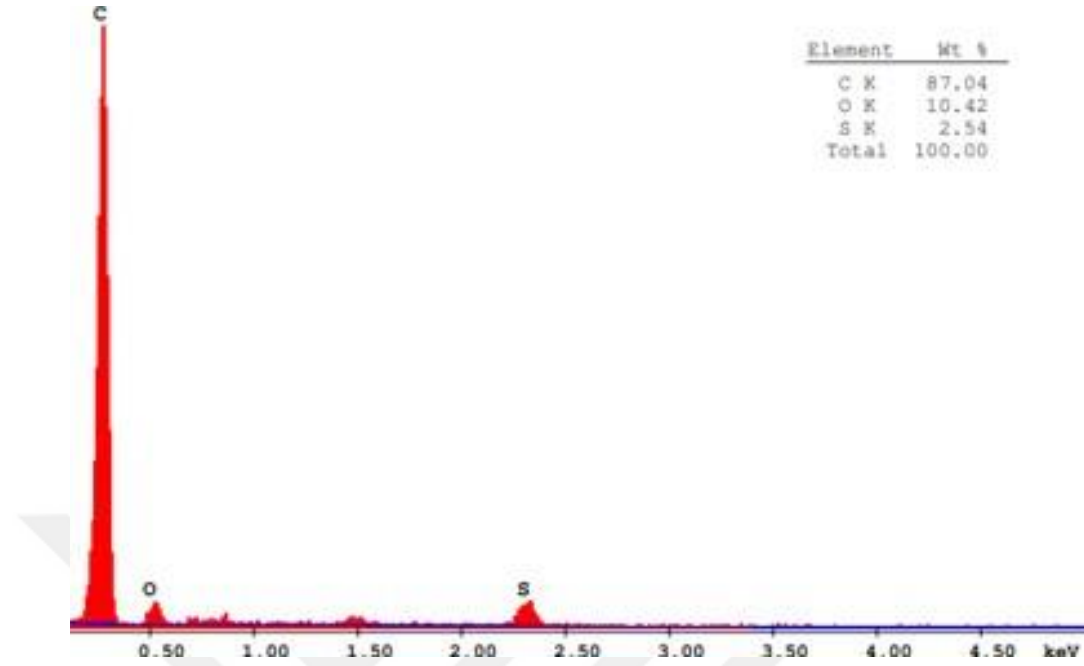
%3 Keten yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.13. KTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 keten yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %80,33 oranı ile karbon olduğu, ardından %18,60 oksijen ve %1,07 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında azalış, oksijen oranında artış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

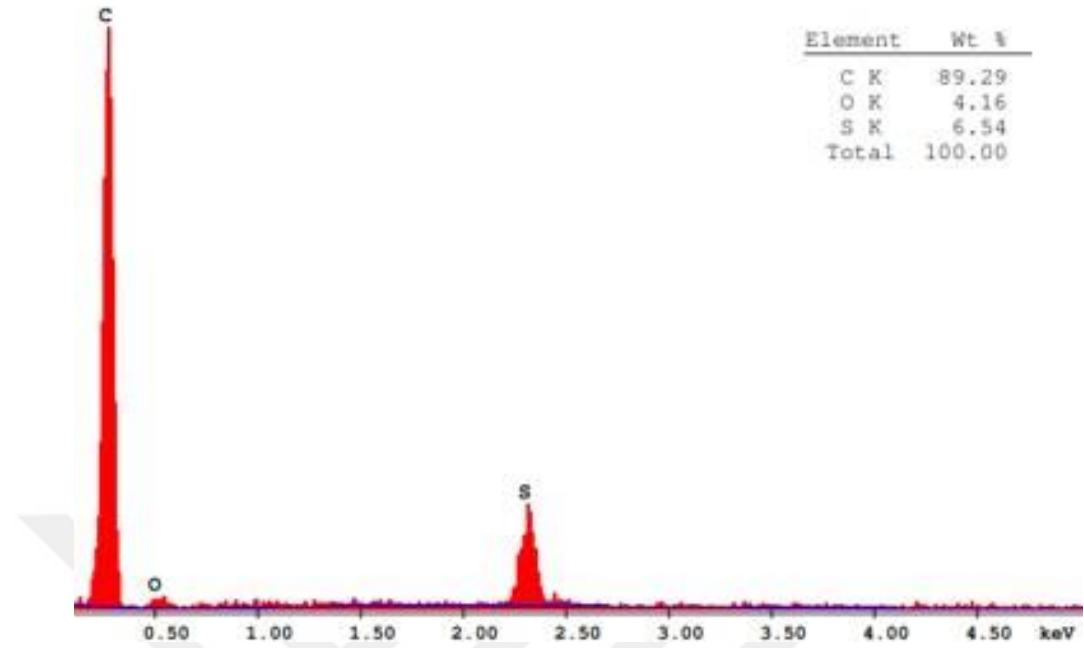
%5 Keten yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.14. KTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 keten yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %87,04 oranı ile karbon olduğu, ardından %10,42 oksijen ve %2,54 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

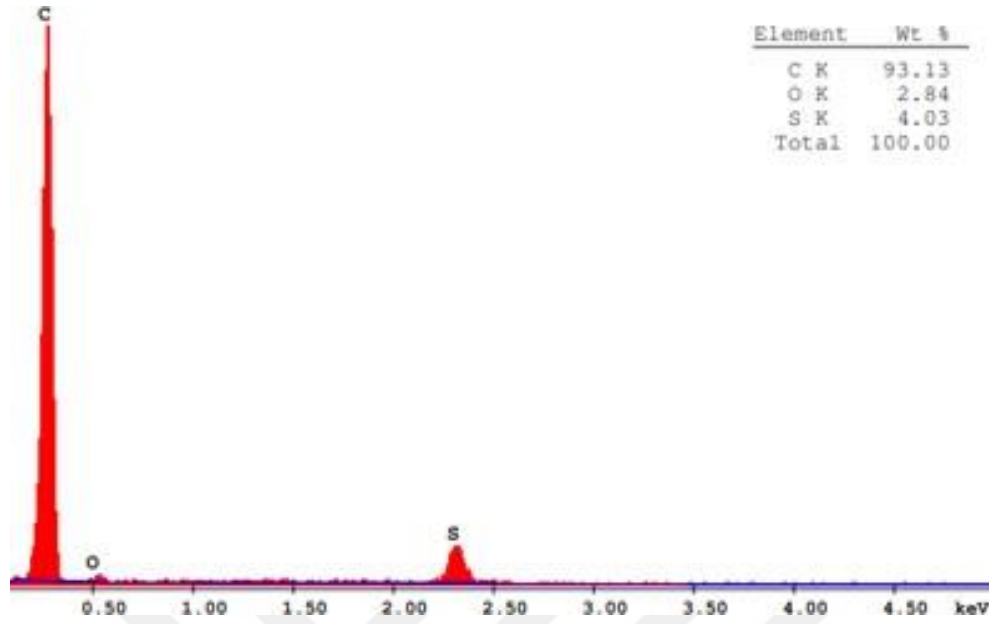
%7 Keten yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.15. KTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 keten yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %89,29 oranı ile karbon olduğu, ardından %4,16 oksijen ve %6,54 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

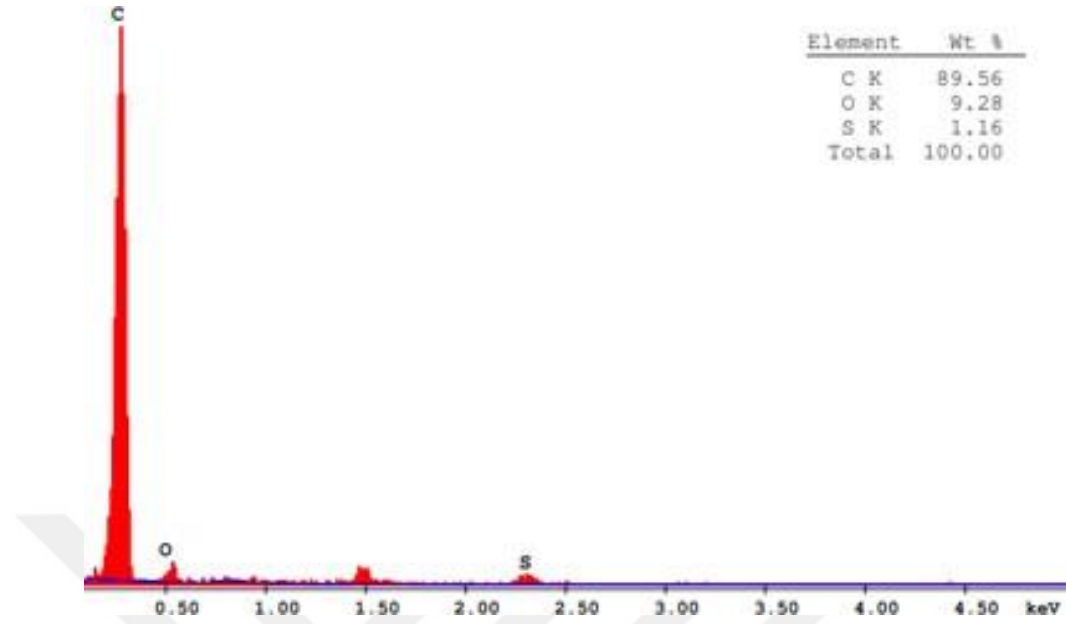
%3 Defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.16. DTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %93,13 oranı ile karbon olduğu, ardından %2,84 oksijen ve %4,03 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

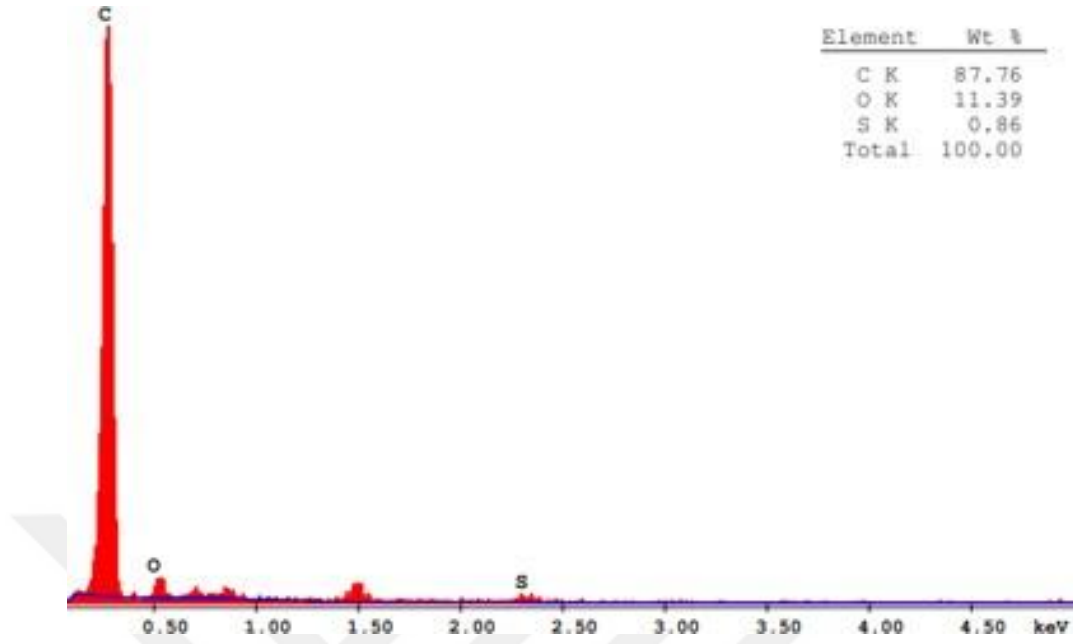
%5 Defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.17. DTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %89,56 oranı ile karbon olduğu, ardından %9,28 oksijen ve %1,16 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

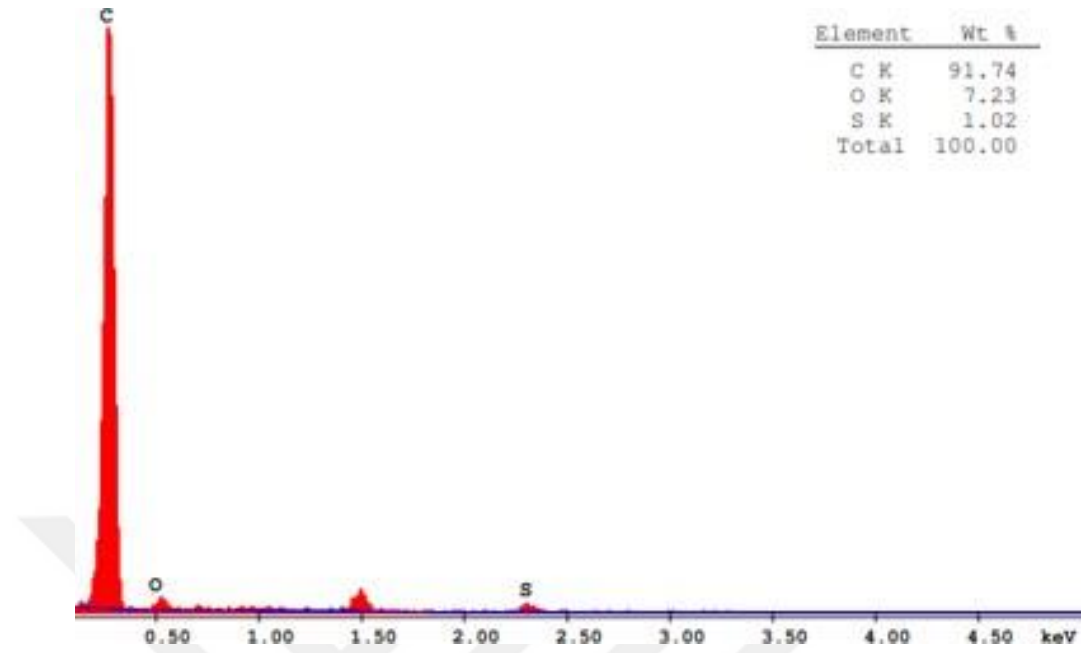
%7 Defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.18. DTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 defne tohumu yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %87,76 oranı ile karbon olduğu, ardından %11,39 oksijen ve %0,86 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında artış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

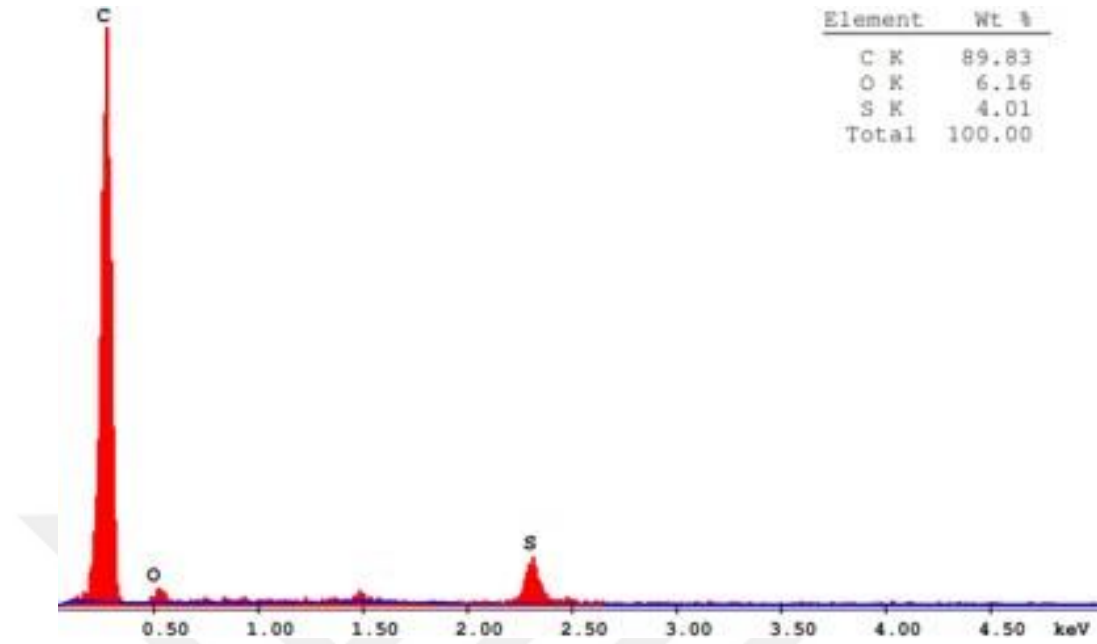
%3 Kantaron yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.19. KY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 kantaron yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %91,74 oranı ile karbon olduğu, ardından %7,23 oksijen ve %1,02 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

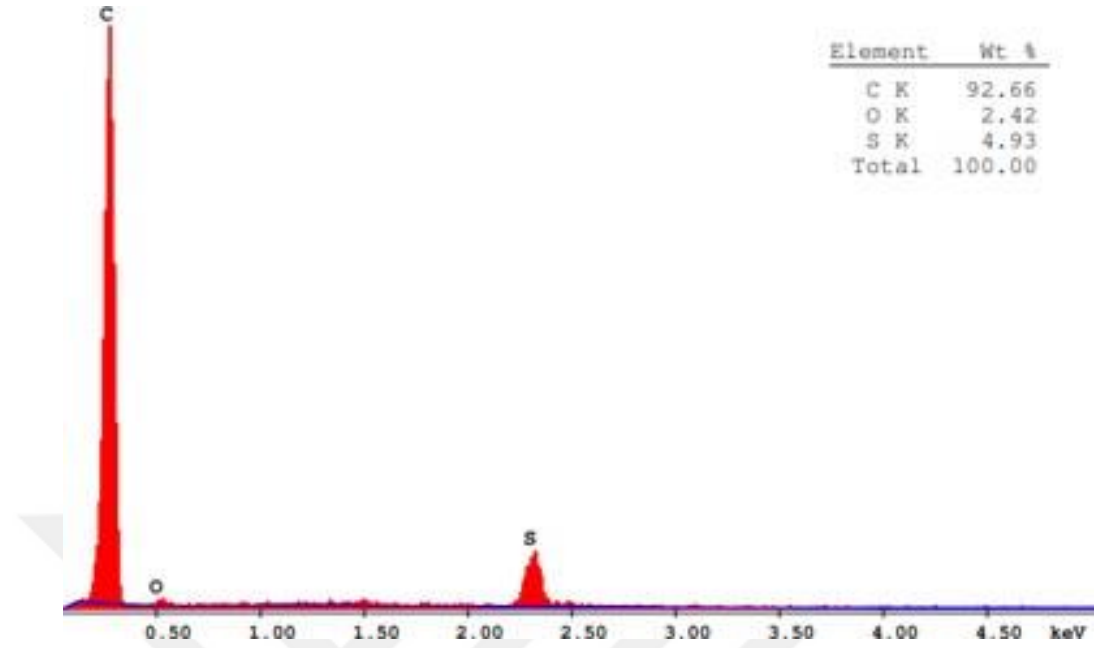
%5 Kantaron yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.20. KY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 kantaron yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %89,83 oranı ile karbon olduğu, ardından %6,16 oksijen ve %4,01 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

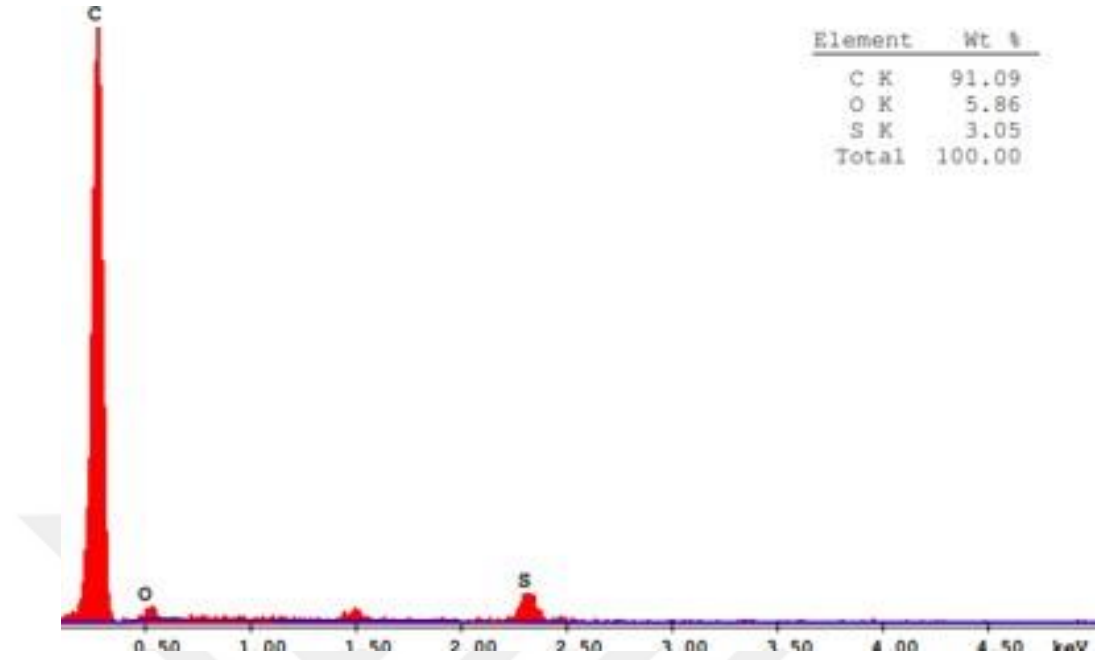
%7 Kantaron yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.21. KY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 kantaron yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %92,66 oranı ile karbon olduğu, ardından %2,42 oksijen ve %4,93 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

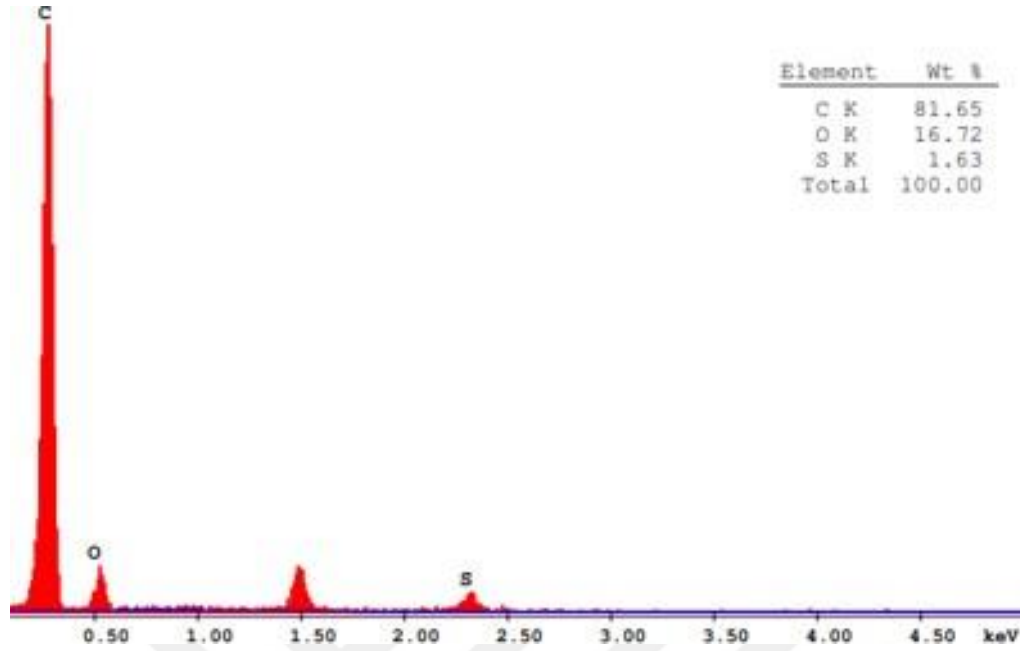
%3 Hint yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.22. HY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 hint yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %91,09 oranı ile karbon olduğu, ardından %5,86 oksijen ve %3,05 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

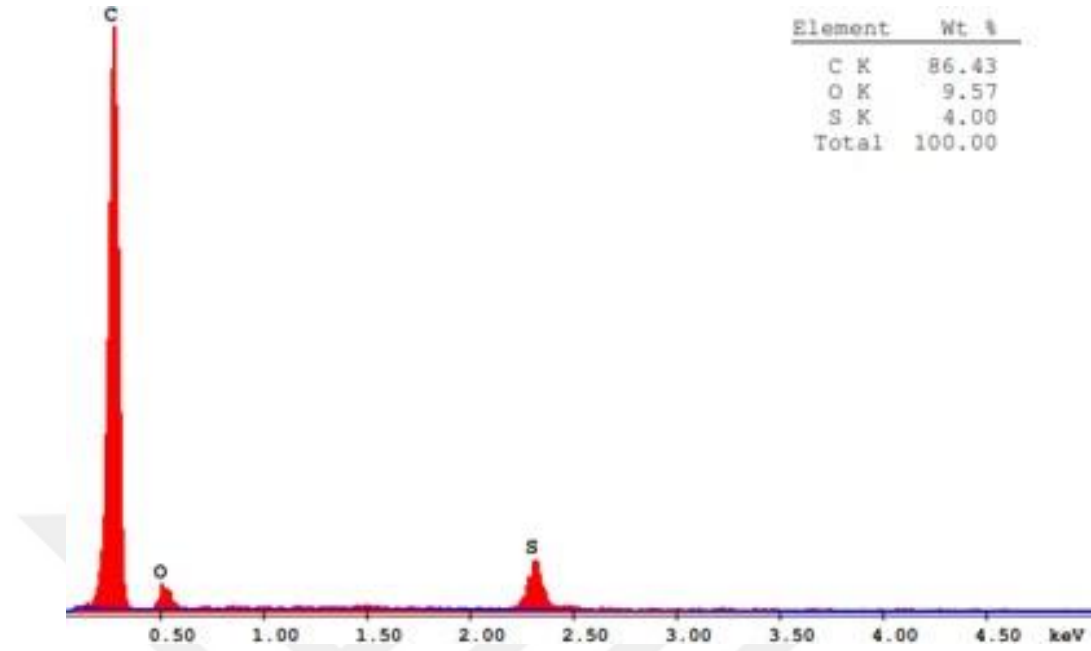
%5 Hint yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.23. HY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 hint yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %81,65 oranı ile karbon olduğu, ardından %16,72 oksijen ve %1,63 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında azalış, oksijen oranında artış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

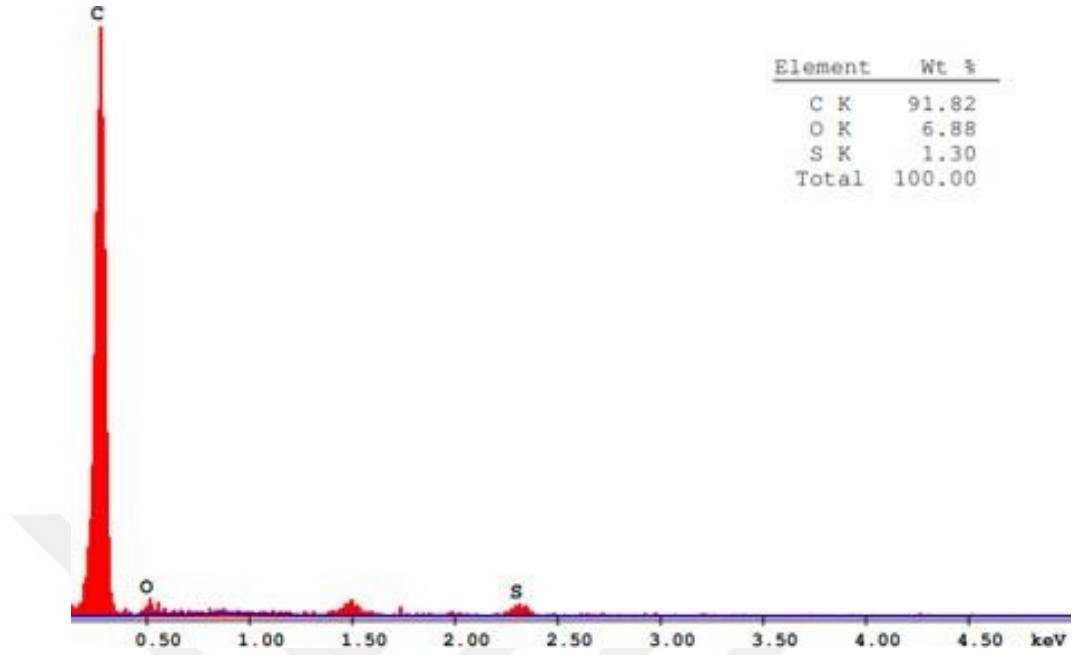
%7 Hint yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.24. HY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 hint yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %86,43 oranı ile karbon olduğu, ardından %9,57 oksijen ve %4,00 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında azalış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

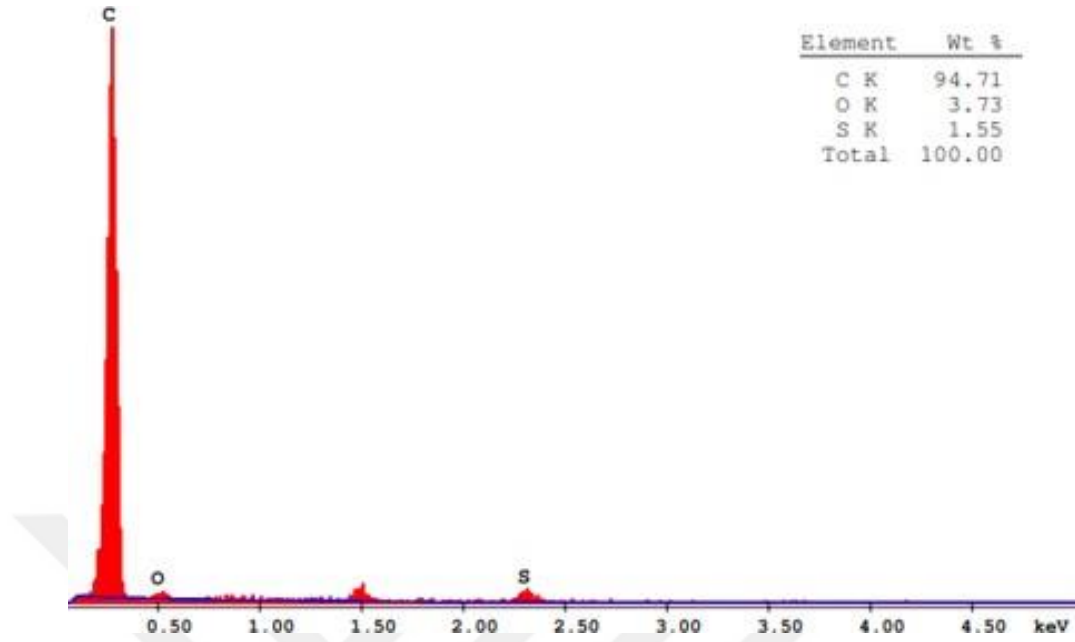
%3 Çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.25. ÇTY3 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %3 çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %91,82 oranı ile karbon olduğu, ardından %6,88 oksijen ve %1,30 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

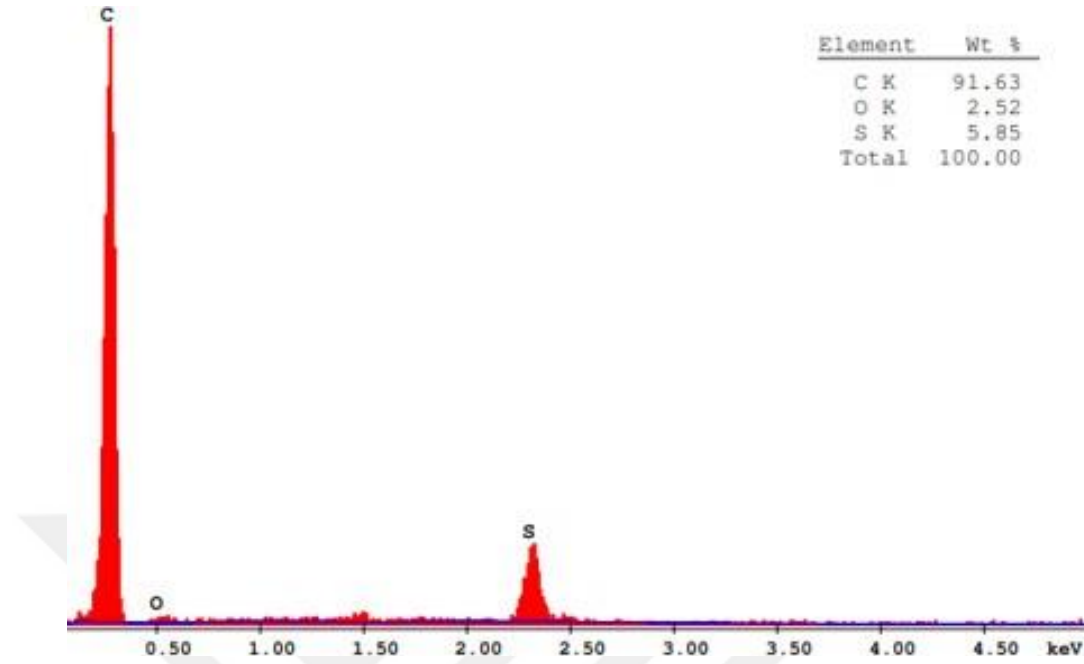
%5 Çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.26. ÇTY5 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %5 çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %94,71 oranı ile karbon olduğu, ardından %3,73 oksijen ve %1,55 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında azalış görülmüştür.

%7 Çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesi;



Şekil 3.27. ÇTY7 numunesi için EDAX analiz değerleri.

EDAX analiz sonucunda %7 çam terebentin yağı katkılı bitüm numunesinden elde edilen verilere göre; karbon, oksijen ve kükürt elementleri açısından pik yaptığı görülmektedir. Bileşimin çoğunluğunun %91,63 oranı ile karbon olduğu, ardından %2,52 oksijen ve %5,85 düzeyinde kükürt içerdiği gözlenmiştir. Referans numune ile kıyaslandığında karbon oranında artış, oksijen oranında azalış, kükürt oranında artış görülmüştür.

Yukarıda verilen örnek gruplar ve diğer tüm gruplarında EDAX sonuçlarını veren değerler Çizelge 3.2’de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. EDAX analizi sonuçları.

Kısaltmalar	Elementler (%)		
	C	O	S
RBS	86.80	10.55	2.64
KNY3	89.00	7.30	3.70
KNY5	86.81	12.67	0.52
KNY7	89.29	9.60	1.11
KTY3	80.33	18.6	1.07
KTY5	87.04	10.42	2.54
KTY7	89.29	4.16	6.54
DTY3	93.13	2.84	4.03
DTY5	89.56	9.28	1.16
DTY7	87.76	11.39	0.86
KY3	91.74	7.23	1.02
KY5	89.83	6.16	4.01
KY7	92.66	2.42	4.93
HY3	91.09	5.86	3.05
HY5	81.65	16.72	1.63
HY7	86.43	9.57	4.00
ÇTY3	91.82	6.88	1.30
ÇTY5	94.71	3.73	1.55
ÇTY7	91.63	2.52	5.85

3.1.6. Vialit Deneyi Sonuçları

Çalışma kapsamında modifiye edilen bitümlerin yapışma özelliğinin tespit edilmesi amacı ile Vialit yapışma deneyi yapılmıştır. Deneyde amaç agrega ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adezyonun su etkisi altında azalıp azalmadığını tespit etmektir.

Numunelerin değerlendirilmesi aşamasında Karayolları Teknik Şartnamesi kullanılmış olup, şartnameye göre ayrışma değeri %10'dan küçük olmalıdır. Şekil 3.28'de vialit yapışma deney aşamalarına örnekler göstermektedir.



Şekil 3.28. Vialit yapışma deney aşamaları.

Şekil 3.29’da TS EN 12272-3 standardına göre yapılan vialit deney sonuçları verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde referans numunenin vialit yapışma değeri %6 olarak tespit edilmiştir. %3 oranında bitkisel yağ eklenerek hazırlanan karışımlar arasında HY3 ve ÇTY3 referans ile aynı sonucu vermiştir. %3’lük karışımlarda KY3 %9 kayıp ile en yüksek sonuç veren numune grubudur. %5 oranında bitkisel yağ eklenerek hazırlanan numunelerde en düşük ÇTY5 ve HY5 karışımları olmuş ve %7 kayıp tespit edilmiştir. %5’lik grupta en yüksek yapışma kaybı %11 olan KY5 karışımı olmuştur. Deneyler sonucunda bazı karışımların şartname üst limitlerini aştığı tespit edilmiştir. Özellikle %7 bitkisel yağ karışımlarında HY7 dışındaki tüm gruplar şartname üst sınırı aşmaktadır.



Şekil 3.29. Vialit deneyinin sonuçları.

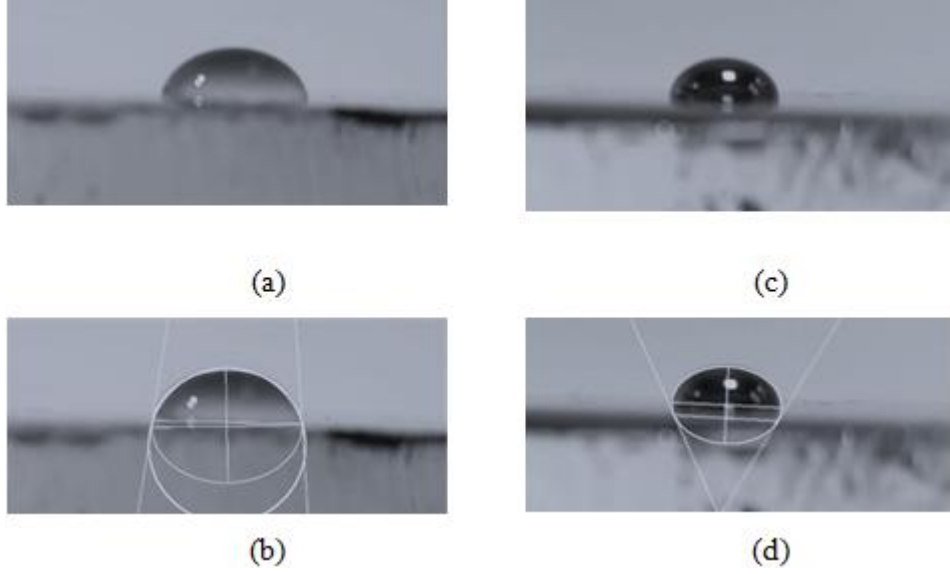
3.2. MODİFİYE EDİLMİŞ BİTÜMÜN HİDROFOBİK ÖZELLİĞİ

Hazırlanan 19 farklı numune düz plakaların içine yüzeyi düz olacak şekilde aktarılmıştır. Modifiye edilen bitüm karışımlarının hidrofobiklik özellikleri ve suya hassasiyetlerini belirlemek amacıyla, kaba dökülen ve tamamen donup sertleşen bitüm karışımlarının üzerine su damlası damlatılmış ve görüntüler alınarak üzerinde analizler yapılmıştır (Şekil 3.30).

Bitümlü karışım üzerindeki su damlasının katı yüzeyle oluşturduğu temas açısı ölçümü için damlanın yüzeyde sabit ve dik görülecek şekilde çekilen fotoğraflar IMAGEJ programına aktarılmıştır. 19 numune için Contact Angle sekmesi ile temas açısı tek tek analiz edilmiştir. Şekil 3.31’de referans numunesi ve farklı numuneler için IMAGEJ ile yapılan analizler sonrası açı değerlerinin tespit görülmektedir.



Şekil 3.30. Su damlasının bitümlü karışım üzerindeki duruşu.

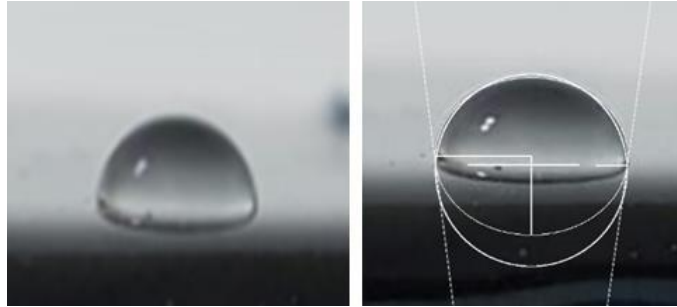


Şekil 3.31. Analiz öncesi ve sonrası su damlasının bitüm yüzeyindeki görüntüsü (a) Referans numune, (b) Analiz sonrası referans numune, (c) KY3 numunesi, (d) Analiz sonrası KY3 numunesi.

Her numune grubu için temas açısı IMAGEJ programı ile tek tek analiz edilmiştir. Yukarıda KY3 grubuna ait analiz görülmektedir.

3.2.1. Hidrofobik Numunelerin Temas Açılarının Tayini

Referans numunesi için;



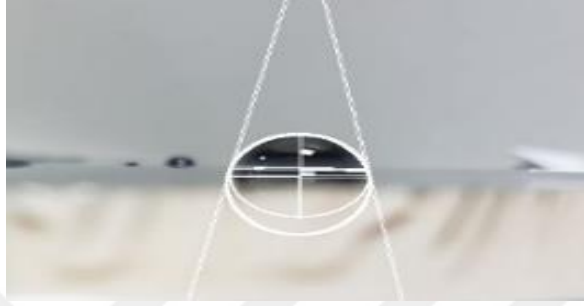
Şekil 3.32. Su damlasının referans numunesi üzerindeki duruşu.

IMAGEJ programı ile analiz edilen referans numunemizin temas açısı; $72,20^\circ$ olarak belirlenmiştir.

%7 oranında eklenen kenevir yağı karışımlı bitüm numunesi için;



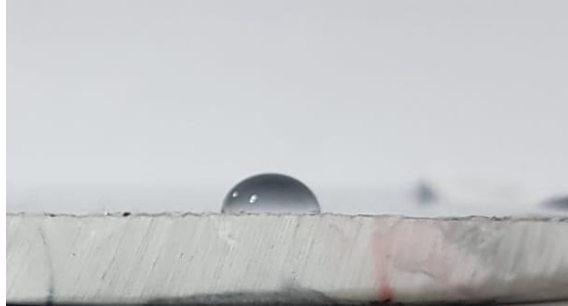
Şekil 3.33. Su damlasının KNY7 numunesi üzerindeki duruşu.



Şekil 3.34. Su damlasının KNY7 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.

IMAGEJ programı ile analiz edilen KNY7 numunemizin temas açısı; $72,50^\circ$ olarak belirlenmiştir.

%3 oranında eklenen keten yağı karışımlı bitüm numunesi için;



Şekil 3.35. Su damlasının KTY3 numunesi üzerindeki duruşu.



Şekil 3.36. Su damlasının KTY3 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.

IMAGEJ programı ile analiz edilen KTY3 numunemizin temas açısı; $83,10^{\circ}$ olarak belirlenmiştir.

%5 oranında eklenen defne tohumu yağı karışımlı bitüm numunesi için;



Şekil 3.37. Su damlasının DTY5 numunesi üzerindeki duruşu.



Şekil 3.38. Su damlasının DTY5 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.

IMAGEJ programı ile analiz edilen DTY5 numunemizin temas açısı; $85,90^{\circ}$ olarak belirlenmiştir.

%7 oranında eklenen kantaron yağı karışımlı bitüm numunesi için;



Şekil 3.39. Su damlasının KY7 numunesi üzerindeki duruşu.



Şekil 3.40. Su damlasının KY7 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.

IMAGEJ programı ile analiz edilen KY7 numunemizin temas açısı; $84,60^\circ$ olarak belirlenmiştir.

%5 oranında eklenen hint yağı karışımlı bitüm numunesi için;



Şekil 3.41. Su damlasının HY5 numunesi üzerindeki duruşu.



Şekil 3.42. Su damlasının HY5 numunesi üzerindeki duruşunun temas açısı tayini.

IMAGEJ programı ile analiz edilen HY5 numunemizin temas açısı; $82,80^\circ$ olarak belirlenmiştir.

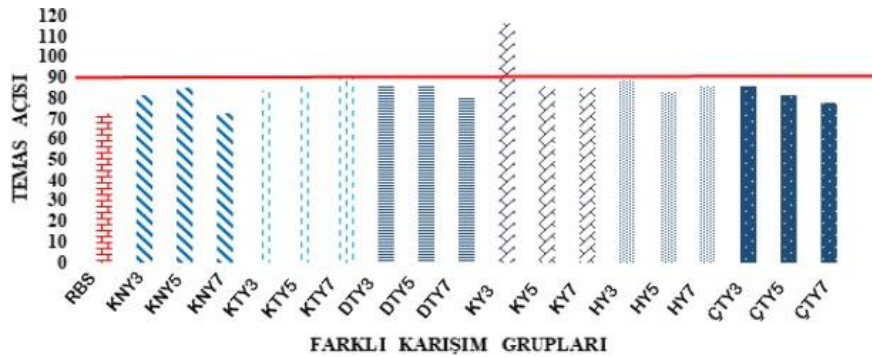
Çalışmada kullanılan bütün bitkisel yağlar ve bu yağların farklı oranlarda kullanımı ile bitümün modifikasyonu sonrasında elde edilen temas açısı analiz çalışması sonucunda bulunan değerler Çizelge 3.3'te sunulmuştur.

Çizelge 3.3. Tüm numunelere ait temas açısı analiz sonuçları.

No	File Name	Angle	Length	Theta C	Uncertainty	Theta Left	Theta Right	Theta E	Radius	Contact Angle
1	RBS	178.91	264.05	107.80	0.50	97.60	94.70	96.20	138.70	72.20
2	KNY3	177.43	89.09	98.90	0.30	97.00	97.30	97.20	45.10	81.10
3	KNY5	-178.41	108.04	94.80	0.50	80.60	92.50	86.60	54.22	85.20
4	KNY7	178.94	108.02	107.50	0.80	101.80	101.40	101.60	56.61	72.50
5	KTY3	-179.54	124.00	96.90	0.40	83.60	87.20	85.40	62.45	83.10
6	KTY5	-179.56	130.00	94.00	0.70	77.70	79.10	78.40	65.17	86.00
7	KTY7	-178.99	113.02	90.00	1.10	74.40	75.40	74.90	56.56	90.00
8	DTY3	-179.53	123.00	93.30	0.70	86.00	84.90	85.40	61.63	86.70
9	DTY5	180.00	111.00	94.10	0.80	85.70	85.00	85.40	55.67	85.90
10	DTY7	180.00	129.00	99.70	0.60	88.40	90.40	89.40	65.42	80.30
11	KY3	174.38	281.26	63.50	4.90	62.60	61.90	62.20	165.13	116.50
12	KY5	177.84	106.08	94.30	0.50	85.50	86.00	85.80	53.20	85.70
13	KY7	179.10	128.02	95.40	0.50	85.40	79.50	82.40	64.29	84.60
14	HY3	179.54	125.00	91.40	1.00	80.10	76.90	78.50	62.59	88.60
15	HY5	178.97	111.02	97.20	0.70	85.00	84.30	84.60	55.98	82.80
16	HY7	180.00	103.00	94.40	0.50	86.80	84.30	85.60	52.14	85.60
17	ÇTY3	177.86	107.07	94.20	1.10	88.60	81.70	85.20	53.70	85.80
18	ÇTY5	179.55	126.00	98.60	0.40	89.10	89.70	89.40	63.76	81.40
19	ÇTY7	177.96	281.18	102.40	0.50	95.00	91.10	93.00	144.00	77.60

Şekil 3.69 incelendiğinde referans numune olan saf bitümün temas açısı değerinin ortalama 72,2° olduğu tespit edilmiştir. Farklı oranlarda bitkisel yağ ilave edilerek modifiye edilmiş numuneler incelendiğinde temas açısı değerinin bütün karışımlarda referans numunenin üzerine çıktığı görülmektedir. Gruplar bazında incelendiğinde en yüksek temas açısı değişiminin KY gruplarında meydana geldiği tespit edilmiştir.

Temas açısı 116,5° ile en fazla KY3 grubunda meydana gelmiştir. En düşük temas açısı değeri 72,50° ile %7 oranında ken0evir tohumu yağı ile modifiye edilen numune gruplarında KNY7 elde edilmiştir. Her bir grup tek tek incelendiğinde kenevir tohumu yağı ile bitüm modifikasyonunda en yüksek temas açısı değerine KNY5 grubunda ulaşıldığı %5 katkı oranından sonra yavaş yavaş temas açısının da düşme eğilimi gösterdiği gözlenmiştir de her üç grupta da referans numuneye ait temas açısı değerinin altına düşülmemiştir. Keten tohumu yağı (KTY) ile modifiye edilen bitüm numuneleri incelendiğinde temas açısı değerinin katkı oranının artması ile birlikte artmaya devam ettiği gözlenmiştir. KTY gruplarında en düşük temas açısı 83,10° ile KTY3 numunelerinde en yüksek temas açısı değerine ise 90° ile KTY7 numunelerinde ulaşılmıştır. Defne tohumu yağı (DTY) katkılı gruplar incelendiğinde yağ oranının artırılması ile birlikte temas açısı değerinin düşme eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. DTY3 grubunda temas açısı 86,7° iken, DTY7 gruplarında 80,30° hesaplanmıştır. Kantaron yağı ile modifiye edilen bitüm gruplarına (KY) bakıldığı zaman ise katkı oranının artışı ile birlikte temas açısı değerinde düşüş yaşandığı görülmüştür. Bu grupta en düşük temas açısı değerine 84,60° ile KY7 grubunda ulaşılmıştır. Hint yağı ilaveli bitüm gruplarında (HY) en düşük temas açısı 88,60° olurken en düşük temas açısı değeri 82,80° ile HY5 grubunda gözlenmiştir. Çam terebentin yağı katkılı gruplarda da (ÇTY) katkı oranının artırılması ile modifiye edilen bitümde temas açısı değerleri düşme eğilimi göstermiştir. ÇTY3 grubunda ortalama temas açısı 85,80° olurken ÇTY5 grubunda 81,40° ve ÇTY7 grubunda ise grup içi en düşük değer olan 77,60°'ye ulaşılmıştır. KY3 ve KTY3 gruplarının hidrofobik minimum sınır değeri olan 90°'nin üzerinde olduğu Şekil 3.43'te görülmektedir.



Şekil 3.43. Farklı gruplara ait temas açısı değişimleri.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar bitümlü yol yapımında kullanılan ana bağlayıcı malzeme olan bitümün yüzey ıslanma, suya hassasiyet ve hidrofobik özelliklerinin belirlenmesinin yanında bu özelliğinin değişimi ile fiziksel ve mekanik özelliklerde ne gibi bir farklılıklar meydana geleceğini ortaya koymuştur. Kara yolları açısından önemli bir trafik sorunu teşkil eden yüzeyden suyu uzaklaştırması aynı zamanda suyun yola zarar vermesi de düşünüldüğünde oldukça önemli sonuçlar sunmaktadır. Bağlayıcı bitümün temel fiziksel özelliklerinin farklı modifiye katkıları ile değişime uğratılabileceği bilinse de suya hassasiyeti ve hidrofobik özelliklerinin değişimi ile birlikte bu kapsamlı detaylı bilgiye literatürde ulaşılammıştır. Bu bağlamda bu çalışma okuyucuya orijinal bilgiler sunmaktadır. Altı farklı bitkisel yağ ile bitüm bağlayıcı modifiye edilmiş ve suya olan duyarlılığı ifade eden temas açısı değerleri ortaya konulmuştur. Tüm çalışmalar bitkisel yağlarla modifiye edilen bitüm bağlayıcının suya hassasiyeti daha da düşürülerek hidrofobik özellik kazandırılabilir.

Bitüm temel fiziksel özellikler açısından değerlendirildiğinde yumuşama noktası deney sonuçlarına göre; Referans numunemize ait yumuşama noktası değeri 47,70°C olarak belirlenmiştir. Modifikasyonda bitüme eklenen bitkisel yağların oranının artması ile meydana gelen değişime bakılırsa KTY, HY ve DTY katkılı karışımlarda bitkisel yağ oranının artması ile birlikte yumuşama noktasının da arttığı görülmektedir. KNY, KY, ÇTY gruplarında ise bitkisel yağ içeriğinin artması ile beraber bitüm bağlayıcının yumuşama noktalarının değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu da bazı bitkisel yağların bitümün ısıya hassasiyetlerini arttırdığını diğerlerininse azalttığını göstermektedir.

Diğer bir temel fiziksel özellik olan penetrasyon değerleri incelendiğinde; Referans numunelerin ortalama penetrasyon değeri 62,8 mm olurken, tüm gruplarda bitkisel yağ ilavesi ile beraber penetrasyon değerlerinde de önemli artışlar olduğu tespit edilmiştir. Penetrasyon değerinde en fazla artış ÇTY7 grubunda gözlenirken, en düşük penetrasyon değeri artışı HY3 grubunda meydana gelmiştir. Penetrasyon değeri özellikle bitümlü sıcak karışımların imalatı esnasında işlenebilirlik ve yol kaplamasında esneklik için önem arz etmektedir. Penetrasyon değerinin artması bitümün daha yumuşak bir kıvama gelmesini sağlayacağından çok düşük sıcaklıklardaki uygulamalar için işleme kolaylığı

getireceği, düşük sıcaklıklardaki çatlama ve kırılmaları önleyebileceği sonuçlarına ulaştıracaktır.

Referans ve diğer gruplar incelendiğinde düktilite sonuçlarının tamamının +100 cm uzama gösterdiği tespit edilmiş ve kopmaya karşı düktil davrandığı yani esnek üstyapılarda kaplama tabakasındaki bağlayıcıdan beklenen özelliği sergilediği tespit edilmiştir. Aynı zamanda tüm numunelerin soyulma mukavemeti %50'den büyük olduğu belirlenmiştir. Böylece agrega ve bağlayıcı arasında aderansın kuvvetli olduğu söylenebilir.

EDAX analizinin sonuçları incelendiğinde bitüm bağlayıcıya ilave edilen farklı oranlardaki bitkisel yağlar referans numuneye göre zaman zaman karbon, oksijen ve kükürt içeriklerinde yükselmelere, kimi zaman ise bu değerlerde düşüşlere neden olduğu görülmüştür.

Vialit deneyi sonucuna göre; referans numunede %6'lık kayıp gözlenirken, genel olarak %3 karışımı numunelerin diğer karışımın oranlarından daha az yapışma kaybı ortaya koyduğu saptanmıştır. %5 ilaveli numune gruplarında çoğu bitkisel yağla modifiye edilen bitümün yapışma kaybı şartname sınır değerlerinin altında çıkmıştır. %7'lik gruplarda ise tam aksine grupların çoğunun yapışma kaybı şartname limitlerini aştığın görülmüştür. Bu da özellikle sathi kaplama uygulamalarında %7'lik modifikasyonların riskli olacağını ortaya koymaktadır.

Özgöl ağırlık deney sonuçlarına göre karışımına dâhil edilen bitkisel yağların değişen oranına göre etkileri incelendiğinde KTY ve DTY hariç diğer tüm grupların özgöl ağırlık değerleri yağ içeriğinin artması ile beraber artış göstermiştir. Bu sonucun karışımına dâhil edilen yağların ağırlıklarıyla doğrudan alakalı olduğu düşünölmektedir.

Çalışmanın asıl kapsamını ve özgönlüğünü ortaya koyan suya hassasiyet, yüzey ıslanma özelliği ve hidrofobik özellikler irdelendiğinde çalışma sonucunda bitkisel yağ ilavesi ile bitümün suya hassasiyetinin azaltılabileceği bilgisine ulaşılmıştır. Farklı bitkisel yağların bitümün bu özelliğine farklı oranlarda daha düşük ya da yüksek derecelerde katkı sağladığı analiz sonuçları gösterilmiştir. Bitkisel yağlarla modifiye edilecek bitüm bağlayıcıların hem fiziksel hem mekanik hem de yüzey ıslanma özelliklerine önemli derecede katkı sağladığı yapılan çalışmalar ile ortaya koyulmuştur. Böylece yolların en büyük problemlerinden olan nem hasarlarının azaltılması ve yüzey kusurlarından kaynaklı kaza risklerinin ortadan kaldırılması hususunda önemli bilgiler sunulmuştur.

5. KAYNAKLAR

- [1] M. Singh, P. Kumar ve M. R. Maurya, “Strength characteristics of sbs modified asphalt mixes with various aggregates”, *Construction Building Materials*, c. 41, ss. 815-823, 2013.
- [2] A. Fernandes ve J. Neves, “Threshold values of pavement surface properties for maintenance purposes based on accidents modelling”, *International Journal of Pavement Engineering*, c. 15, sayı 10, ss. 917-924, 2014.
- [3] E. Masad, A. Rezaei, A. Chowdhury ve P. Harris, “Predicting asphalt mixture skid resistance based on aggregate characteristics”, *Texas Department of Transportation Research and Technology Implementation Office*, sayı 2, ss. 4-70, 2009.
- [4] B. V. K k, M. Yılmaz ve N. Kuloğlu, “Asfaltitin bit m ve bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerine etkisi”, *İnşaat M hendisliği Odası Teknik Dergi*, sayı 371, ss. 5813-5826, 2012.
- [5] R. Tarefder ve M. Arifuzzaman, “A study of moisture damage in plastomeric polymer modified asphalt binder using functionalized afm tips”, *Systemics, Cybernetics and Informatics*, c. 9, sayı 6, ss. 20-29, 2011.
- [6] V. Selvavathi, V. A. Sekar, V. Sriram ve B. Sairam, “Modifications of bitumen by elastomer and reactive polymer - a comparative study”, *Petroleum Science Technology*, c. 20, sayı 5-6, ss. 535-547, 2002.
- [7] S. Bağdat, Su geçirmeyen akıllı yüzeyler, *Ders Notları*, Balıkesir, 2020.
- [8] N. Oktav, Akıllı nanoy zeyler, *Ders Notları*, Balıkesir, 2006.
- [9] A. Kibar, “Süperhidrofobik ve hidrofobik yüzeyler üzerinde sıvı damlası gaz kabarcığı ve sıvı jeti dinamiğinin incelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 22, sayı 7, ss. 613-619, 2016.
- [10] Anonim, (2020, 5 Haziran). Deterjanı ilk kim buldu. [Online]. Erişim: <https://www.ilkkimbuldu.com/deterjani-kim-buldu/>.
- [11] A. Evcin, B. Ersoy, T. Uygunoğlu ve İ. Güneş, “Farklı mineral katkılarının epoksi zemin kaplama malzemesinin ıslanmazlığına ve yüzey enerjisine etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 33, sayı 2, ss. 585-598, 2018.
- [12] N. L. Le ve S. P. Nunes, “Materials and membrane technologies for water and energy sustainability”, *Sustainable Materials and Technologies*, c. 7, ss. 1-28, 2016.
- [13] O. Arukalam, E. E. Oguzie ve Y. Li, “Fabrication of fdts-modified pdms-zno nanocomposite hydrophobic coating with anti-fouling capability for corrosion protection of q235 steel”, *Journal of Colloid Interface Science*, c. 484, ss. 220-228, 2016.

- [14] A. Zdziennicka, K. Szymczyk ve B. Janczuk, "Correlation between surface free energy of quartz and its wettability by aqueous solutions of nonionic, anionic and cationic surfactants", *Journal of Colloid and Interface Science*, c. 340, ss. 243-248, 2009.
- [15] N. Gönül, *Süspansiyon ve Emülsiyon Teknolojisi*, Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Eczacılık Yayınları, ss. 41-43, 2000.
- [16] M. Karaman ve T. Uçar, "Enhanced mechanical properties of low-surface energy thin films by simultaneous plasma polymerization of fluorine and epoxy containing polymers", *Applied Surface Science*, c. 362, ss. 210-216, 2016.
- [17] A. Kapilashrami, K. Eskilsson, L. Bergström ve M. Malmsten, "Drying of oil-in-water emulsions on hydrophobic and hydrophilic substrates", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, c. 233, sayı 1-3, ss. 155-161, 2004.
- [18] M. Çelik ve E. Kılıç, "Bitkisel kaynaklı biyopolietilenin biyokompozit üretiminde ve polimer karışımlarında kullanımı", *Tekstil ve Mühendis*, c. 27, sayı 119, ss. 197-215, 2020.
- [19] S. Çayırılı, "Kalsitin yüzey modifikasyonu: bölüm 1. üretim teknolojisi ve kullanılan donanımlar", *Bilimsel Madencilik Dergisi*, c. 59, sayı 1, ss. 51-64, 2020.
- [20] K. L. Chrazan, "Perfromance of hydrophobic epoxy insulators under industrial pollution", *Xvth International Symposium on High Voltage Engineering*, University Of Ljubljana, Slovenia, 2007, ss. T4-86.
- [21] A. Syakur, H. Berahim ve T. Rochmadi, "Hydrophobic contact angle and surface degradation of epoxy resin compound with silicon rubber and silica", *Electrical And Electronic Engineering*, c. 2, sayı 5, ss. 284-291, 2012.
- [22] C. Mehmetlioğlu, A. Özüyağlı, E. Akcan, Ş. Şen, U. Olgun ve U. Şen, "Nano tio2 dolgulu polimer esaslı hidrofobik kaplamanın yüzey özelliklerinin incelenmesi", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 21, sayı 2, ss. 77-81, 2017.
- [23] F. Tittarelli, "Oxygen diffusion through hydrophobic cement-based materials", *Cement and Concrete Research*, c. 39, sayı 10, ss. 924-928, 2009.
- [24] H. S. Wong, R. Barakat, A. Alhilali, M. Saleh ve C. R. Cheeseman, "Hydrophobic concrete using waste paper sludge ash", *Cement and Concrete Research*, c. 70, ss. 9-20, 2015.
- [25] F. Tittarelli ve G. Moriconi, "The effect of silane-based hydrophobic admixture on corrosion of reinforcing steel in concrete", *Cement and Concrete Research*, c. 38, sayı 11, ss. 1354-1357, 2008.
- [26] F. Tittarelli ve G. Moriconi, "The effect of silane-based hydrophobic admixture on corrosion of galvanized reinforcing steel in concrete", *Corrossion Science*, c. 52, sayı 9, ss. 2958-2963, 2010.
- [27] G. Giovanni, S. Lucchesi ve S. Cervelli, "Water-repellent substances and aggregate stability in hydrophobic soil", *Institute of Soil Chemistry*, c. 135, sayı 2, ss. 110-113, 1983.

- [28] S. Lal, L. Poulikakos ve I. Jerjen, “Wetting and drying in hydrophobic, macroporous asphalt structures”, *Construction Building Material*, c. 152, ss. 82-95, 2017.
- [29] M. Zakerzadeh, S. M. Abtahi, A. Allafchian ve M. R. Chamani, “Examining the effect of different super hydrophobic nanomaterials on asphalt pavements”, *Construction Building Material*, c. 180, ss. 285-290, 2018.
- [30] Y. Gao, L. Qu, B. He, K. Dai, Z. Fang ve R. Zhu, “Study on effectiveness of anti-icing and deicing performance of super-hydrophobic asphalt concrete”, *Construction Building Material*, c. 191, ss. 270-280, 2018.
- [31] B. Sengoz ve G. Isikyakar, “Evaluation of the properties and microstructure of sbs and eva polymer modified bitumen”, *Construction Building Material*, c. 22, sayı 9, ss. 1897- 1905, 2008.
- [32] İ. Gökalp, H. M. Çetin, Y. Özinal, H. Gündoğan ve V. E. Uz, “Polimer modifiye bitüm modifikasyonuna etki eden parametreler üzerine bir literatür araştırması”, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 8, sayı 2, ss. 954-964, 2019.
- [33] A. Nahvi, M. K. Sadoughi, A. Arabzadeh, A. Sassani, C. Hu, H. Ceylan ve S. Kim, “Multi-objective bayesian optimization of super hydrophobic coatings on asphalt concrete surfaces”, *Journal of Computational Design and Engineering*, c. 6, sayı 4, ss. 693-704, 2019.
- [34] S. Han, T. Yao ve X. Yang, “Preparation and anti-icing properties of a hydrophobic emulsified asphalt coating”, *Construction Building Material*, c. 220, ss. 214-227, 2019.
- [35] S. Han, T. Yao, X. Han, Z. Hongwei ve X. Yang, “Performance evaluation of waterborne epoxy resin modified hydrophobic emulsified asphalt micro-surfacing mixture”, *Construction Building Material*, c. 249, ss. 2-12, 2020.
- [36] M. A. Dalhat ve A. Y. Adesina, “Utilization of micronized recycled polyethylene waste to improve the hydrophobicity of asphalt surfaces”, *Construction Building Material*, c. 240, ss. 4-13, 2020.
- [37] İ. Gökalp, Y. Özinal ve V. E. Uz, “Atık bitkisel yemeklik yağların saf bitüm özelliklerine etkisinin araştırılması”, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, c. 6, sayı 4, ss. 570-578, 2018.
- [38] İ. Gökalp, A. U. Yıldız, M. B. Eren ve V. E. Uz, “Atık motor yağı modifiyeli bitümün mühendislik özelliklerinin araştırılması”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, c. 27, sayı 3, ss. 184-193, 2019.
- [39] A. Taşçı, “Piroliz edilmiş atık araç lastiklerinden elde edilen atık yağ ve karbon siyahı ile modifiye edilmiş bitümlü bağlayıcının reolojik özellikleri”, Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2010.
- [40] G. Ö. Kıcı ve M. Saltan, “Pirininin bitüm modifikasyonunda kullanımının araştırılması”, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, c. 12, sayı 1, ss. 1-9, 2020.
- [41] Ç. Kara, “Fayans atıklarının bitümlü sıcak karışımların performans özelliklerine etkisi”, Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2012.

- [42] M. E. Kizirgil, “Stiren-butadien-stiren ve uçucu külün birlikte kullanılmasının bitümlü sıcak karışımların mekanik özelliklerine etkisi”, Doktora tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fırat Üniversitesi, Elâzığ, Türkiye, 2013.
- [43] M. Yılmaz, B. V. Kök ve Ö. E. Yamaç, “Bitüm modifikasyonunda stiren-butadien- stiren ile gilsonit’in birlikte kullanılmasının bitümlü sıcak karışımların kalıcı deformasyon dayanımına etkisi”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, c. 22, sayı 2, ss. 811-822, 2018.
- [44] A. Evcin, B. Ersoy, T. Uygunoğlu ve İ. Güneş, “Farklı mineral katkıların epoksi zemin kaplama malzemesinin ıslanmazlığına ve yüzey enerjisine etkisi”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi.*, c. 33, sayı 2, ss. 585-598, 2018.
- [45] A. Kibar, “Süperhidrofobik ve hidrofobik yüzeyler üzerinde sıvı damlası gaz kabarcığı ve sıvı jeti dinamiğinin incelenmesi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, c. 22, sayı 7, ss. 613-619, 2016.
- [46] H. İşleroğlu, Z. Yıldırım ve M. Yıldırım, “Fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumu”, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 2005, sayı 2, ss. 23- 30, 2014.
- [47] Anonim, (2020, 5 Mayıs). Keten ve kenevirde yeni dönem. [Online]. Erişim: <http://www.turktarim.gov.tr/haber/304/keten-ve-kenevirde-yeni-donem->.
- [48] S. K. Gebauer, T. L. Psota, W. S. Harris ve P. M. Kris-Etherton, “N-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits”, *Journal of Lipid Research*, c. 83, sayı 6, ss. 1526-1535, 2006.
- [49] S. C. Cunnane, S. Ganguli, C. Menard, A. C. Liede, M. J. Hamadeh, Z. Y. Chen, T. M. Wolever ve D. J. Jenkins, “High α -linolenic acid flaxseed (*Linum usitatissimum*): some nutritional properties in humans”, *British Journal of Nutrition*, c. 69, sayı 2, ss. 443-453, 1993.
- [50] M. A. Pellizzon, J. T. Billheimer, L. A. T. Bloedon, P. O. Szapary ve D. J. Rader, “Flaxseed reduces plasma cholesterol levels in hypercholesterolemic mouse models”, *Journal of Lipid Research*, c. 26, sayı 1, ss. 66-75, 2007.
- [51] Anonim, (2020, 11 Kasım). Defne yetiştiriciliği ve üretimi. [Online]. Erişim: <https://yetistir.net/defne-yetistiriciligi-ve-uretimi/>.
- [52] Anonim, (2020, 11 Kasım). Defne yetiştiriciliği. [Online]. Erişim: https://www.tarimziraat.com/yetistiricilik/endustri_bitkileri_yetistiriciligi/defne_yetistiri_ciligi/.
- [53] Anonim, (2020, 11 Kasım). Laurel seed oil. [Online]. Erişim: <http://www.laurelseedoil.com>.
- [54] A. Barla, G. Topçu, S. Öksüz, G. Tümen ve D. G. I. Kingston, “Identification of cytotoxic sesquiterpenes from *Laurus nobilis* l.”, *Food Chemical*, c. 104, sayı 4, ss. 1478- 1484, 2007.
- [55] S. Uluata ve N. Özdemir, “Antioxidant activities and oxidative stabilities of some unconventional oilseeds”, *Journal of The American Oil Chemists*, c. 89, sayı 4, ss. 551-559, 2012.

- [56] T. Yazicioglu ve A. Karaali, "On the fatty acid composition of turkish vegetable oils", *European Journal of Lipid Science and Technology*, c. 85, sayı 1, ss. 23-29, 1983.
- [57] S. Yıldırım ve U. K. Çalışkan, "Kenevir ve sağlık alanında kullanımı", *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, c. 44, sayı 1, ss. 112-136, 2020.
- [58] L. H. Dewey. (2020, 11 Kasım). Hemp. [Online]. Erişim: <https://hempology.org/ALL%20HISTORY%20ARTICLES.HTML/1913;LDEWEYECONOMICS.html>.
- [59] S. Gönen, "Cannabis sativa l. bitkisinin morfolojisi ve anatomisi üzerine bir araştırma", Yüksek lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye, 2009.
- [60] X. M. Hao, Y. Yang, L. X. An, J. M. Wang ve L. Han, "Study on antibacterial mechanism of hemp fiber", *Advanced Materials Research*, c. 887-888, ss. 610-613, 2014.
- [61] B. A. Khan, J. Wang, P. Warner ve H. Wang, "Antibacterial properties of hemp hurd powder against *E. coli*", *Journal of Applied Polymer Science*, c. 132, sayı 10, ss. 1-6, 2015.
- [62] R. Cassano, "Hemp fiber (*Cannabis sativa l.*) derivatives with antibacterial and chelating properties", *Cellulose*, c. 20, sayı 1, ss. 547-557, 2013.
- [63] G. L. Fang, "Surgical sewing free zipper made of antibiotic material hemp fiber", Çin. C. N. Patent 2 829 641, Haziran, 29, 2005.
- [64] B. D. Oomah, M. Busson, D. V. Godfrey ve J. C. G. Drover, "Characteristics of hemp (*Cannabis sativa l.*) seed oil", *Food Chemical*, c. 76, sayı 1, ss. 33-43, 2002.
- [65] Anonim, (2020, 11 Kasım). Çam terebentin yağı. [Online]. Erişim: <http://www.nantekimya.com/tr/product/136/cam-terebentin-yagi>.
- [66] Ö. F. Akdemir, E. Tilkat, A. Onay ve F. M. Kiliç, "Geçmişten günümüze sakız ağacı *Pistacia lentiscus l.*", *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, c. 3, sayı 2, ss. 1-28, 2013.
- [67] N. İşler, Hintyağı tarımı, *Ders notları*, Hatay, 2016.
- [68] M. Pashazadeh, D. Başalma, "Hintyağının (*Ricinus communis l.*) önemi, bitkisel özellikleri ve tarımı", *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, c. 25, sayı 2, ss. 57- 67, 2011.
- [69] G. Klingaman. (2020, 10 Aralık). Castor bean. [Online]. Erişim: <https://www.uaex.edu/yard-garden/resource-library/plant-week/castor-bean.aspx>.
- [70] V. A. Onwuliri, G. E. Anekew, "Amino acids and other biochemical components of *Ricinus communis* (variety minor), an anti-conceptive seed", *Pakistan Journal of Biological Sciences*, c. 4, sayı 7, ss. 866-868, 2001.
- [71] J. A. Duke. (2020, 10 Kasım). Handbook of Energy Crops. [Online]. Erişim: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html.
- [72] D. E. Impoinvil, J. O. Kongere, W. A. Foster, B. N. Njiru, G. F. Killeen, J. I. Githure, J. C. Beier, A. Hassanali ve B. G. J. Knols, "Feeding and survival of the malaria vector gambiae on plants growing in Kenya", *Medical and Veterinary*

Entomology, c. 18, sayı 2, ss. 108-115, 2004.

- [73] N. Mijajlovic, D. Grubisic, Z. Giba ve R. Konjević, “The effect of plant growth regulators on centaury (*Centaureum erythraea rafn.*) seed germination”, *Archives of Biological Sciences*, c. 57, sayı 1, ss. 25-28, 2005.
- [74] E. Edizer, “Sayısal görüntü işleme yöntemi ile tane boyut dağılımı analizi”, Yüksek lisans tezi, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2006.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sümeyye Elif DEMİREZER

Yabancı Dili :İngilizce, Almanca

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	İnşaat Müh.	Düzce Üniversitesi	2021
Lisans	İnşaat Müh.	Sakarya Üniversitesi	2018
Lise	Fen Bilimleri	Arsal Anadolu Lisesi	2012