



**FARKLI MALZEME BİLEŞENLERİ İLE TASARLANAN
TAŞ MASTİK ASFALT AŞINMA KARIŞIMININ ÇATLAK
PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI**

Halis Bahadır KASİL

**Doktora Tezi
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR**

**2024
Her hakkı saklıdır.**



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

FARKLI MALZEME BİLEŞENLERİ İLE TASARLANAN TAŞ MASTİK
ASFALT AŞINMA KARIŞIMININ ÇATLAK PERFORMANSININ
ARAŞTIRILMASI

Halis Bahadır KASİL

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

Ana Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Erzurum

2024

Her hakkı saklıdır

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

24 / 05 / 2024

Halis Bahadır KASİL

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI MALZEME BİLEŞENLERİ İLE TASARLANAN TAŞ MASTİK ASFALT AŞINMA KARIŞIMININ ÇATLAK PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

Halis Bahadır KASİL

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

Karayolu esnek üstyapısı farklı tabakalardan meydana gelmektedir. Esnek üstyapıları meydana getiren tabakalar ön görülen proje süresi boyunca ağır trafik yükleri ve olumsuz hava koşulları gibi durumlarda görevlerini yerine getirebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Ancak bu olumsuz koşullardan dolayı meydana gelebilen çatlaklar, zaman içerisinde esnek üstyapı tabakalarında yapısal bozulmalara dönüşmektedir. Bu yapısal bozulmaların sebeplerinin incelenmesi ve kalıcı çözümler üretilmesi gerekmektedir. Esnek üstyapıların yorulma dayanımlarını tekrarlı trafik yükleri altında belirlemek için Yarım Dairesel Eğilme testi tercih edilmektedir. Çalışmada ilk olarak agregalar ve bitümler belirlenerek teminleri gerçekleştirilmiştir. İkinci olarak Taş Mastik Asfalt Aşınma tabakasına ait optimum bitüm oranları tespit edilmiştir. Son aşamada optimum bitüm oranlarında hazırlanan numunelere AASHTO T 393 standardına göre Yarım Dairesel Eğilme performans testi uygulaması yapılmıştır. Bu deneyler ile laboratuvar ortamında hazırlanan numuneleri oluşturan farklı bitüm ve agregaların her birinin kırılma mekaniği parametreleri üzerindeki etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Karayolu Teknik Şartnamesinin “Yol Üstyapısı” bölümünde yer alan “Taş Mastik Asfalt” kısmında tasarımda kullanılacak olan ince agreganın, kaba agreganın elde edildiği ocaktan temin edilmesi ve kaba agreganın ise magmatik kökenli taş ocaklarından elde edilen agregası gerektiği belirtilmektedir. Bu kapsamda ince agregada kısmında sedimanter kökenli kayaların kullanılabilirliği alternatif olarak önerilmiştir. Ayrıca bu çalışma, Karayolu Teknik Şartnamesinde performans belirleme kriterleri arasında yer almayan Yarım Dairesel Eğilme testinde yol gösterici bir rehber niteliğinde olacaktır.

2024, 224 sayfa

Anahtar Kelimeler: Taş mastik asfalt, Bitüm, Agregası, Yarı dairesel eğilme deneyi, Magmatik kayası, Sedimanter kayası

ABSTRACT

Ph.D Thesis

INVESTIGATION OF CRACK PERFORMANCE OF STONE MASTIC ASPHALT SURFACE COURSE MIXTURE DESIGNED WITH DIFFERENT MATERIAL COMPONENTS

Halis Bahadır KASİL

Erzurum Technical University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Muhammed Yasin ÇODUR

Flexible pavement of the highway consists of different layers. The layers that make up the flexible pavement are designed to perform under heavy traffic and adverse weather conditions for the service life of the project. However, cracks that may occur due to these adverse conditions turn into structural deterioration in flexible pavement layers during time. The structural deterioration should be analyzed and permanent solutions found. Semi-circular Bending test is preferred to determine the fatigue strength of flexible pavements under repeated traffic loads. Firstly, aggregates and bitumen were determined and obtained. Secondly, the optimum bitumen ratios of the Stone Mastic Asphalt wearing layer were determined. In the last step, Semi-Circular Bending performance test was applied to the specimens prepared at optimum bitumen ratios according to AASHTO T 393 standard. With these tests, the effects of each different bitumen and aggregate materials on the fracture mechanics parameters of the specimens prepared in the laboratory were tried to be determined. In the "Stone Mastic Asphalt" section of the "Road Pavement" part of the Highway Technical Specification, the fine aggregate used in the design needs to be obtained from the same quarry where the coarse aggregate is obtained and the coarse aggregate needs to be obtained from quarries of magmatic origin. In this scope, the use of sedimentary origin rocks in fine aggregate is proposed as an alternative. In addition, this study will serve as a guideline for the Semi-Circular Bending test, which is not included among the performance determination criteria in the Highway Technical Specifications.

2024, 224 Page

Keywords: Stone mastic asphalt, Bitumen, Aggregate, Semi-circular bending test, Magmatic rock, Sedimentary rock

TEŞEKKÜR

Uzun soluklu bir çalışma olan doktora tezimi tamamlamanın heyecan ve gururunu taşımaktayım. Bu bölümü çalışmam süresince yardımlarını esirgememiş olan kişi ve kurumlara teşekkürlerimi ifade etmek için kullanacağım.

İlk olarak tez danışmanım Doç.Dr. Muhammed Yasin ÇODUR'a çalışma konumu belirlememde, tez sürecimi yürütmemde, sonuçlandırmamda beni özgür bırakan ve doktora öğrencisinin yeterliliğini ortaya çıkarmasında her türlü desteği vermesinden dolayı sonsuz teşekkür ederim.

Tezin hazırlanması ve sonuçlandırılması sürecinde katkılarını esirgemeyen tez izleme komite üyelerim Doç. Dr. Osman Ünsal BAYRAK ve Doç. Dr. Ahmet ATALAY'a teşekkür ederim. Değerli zamanlarını ayırıp savunma jürime katılan ve çalışmayı detaylı bir şekilde inceleyip tavsiyeler veren saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Mustafa ILICALI ve Prof. Dr. Ahmet TORTUM'a teşekkür ederim. Ayrıca doktora eğitimime başlamamda beni cesaretlendiren Prof. Dr. Recep SADELER hocama ve tez süresince katkılarını eksik etmeyen Dr. Öğr. Üyesi Emre KUŞKAPAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmayı yapmamda ilham kaynağım olan ve mensubu olmaktan gurur duyduğum Karayolları Genel Müdürlüğü'ne, Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı Sayın Şenol ALTIOK'a, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürü Sayın Muhammet KOMUT'a ve teknik ekibinden özellikle Savaş Nedim TUTAN, Atakan ÖZTÜRK, Mustafa ÖZYÜREK'e desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tez çalışmamda bana her türlü desteklerini veren Karayolları 15. Bölge Müdürüm Alpaslan EŞLİK, Karayolları 12. Bölge Müdürüm Yüksel OĞUZHAN, Bölge Müdür Yardımcılarım Şakir Burak ATPULAT, Serkan BELHAN, Gökhan TANYILDIZI, Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı mesai arkadaşlarım Hasbi AŞUROĞLU, Fatih AKTI, Nurullah HATTATOĞLU, Ömer Faruk DÖLEKLİ, Taner KAYA, Nuriye Nur ÖZDEN, Karayolları 14. Bölge Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Başmühendisi Ahmet Ziyattin Erdem'e teşekkür ederim.

Son olarak, doğduğum günden beri en büyük destekçilerim merhume annem Nadide KASİL ve merhum babam Abdulvahip KASİL'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca abilerim Dt. M. Raci KASİL, Dr. Emre R. KASİL ve ablam Başöğretmen Arzu ŞENER'e göstermiş oldukları destekten dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Halis Bahadır KASİL

Mayıs 2024

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.1.1. Bitümlü sıcak karışım kaplamalar.....	1
1.1.2. Taş mastik asfalt.....	1
1.1.3. Kırılma mekaniği	2
1.1.4. Yarı dairesel eğilme deneyi	3
1.3. Tezin İçeriği.....	6
2. KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1. TMA Aşınma Dizaynında Elyaf Kullanımının ve Bitüm Süzülmesinin Önemi	8
2.2. TMA Aşınmada Kırılma Mekaniği Performansının Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar	11
2.2.1. SCB performans deneyi üzerine yapılan çalışmalar	13
2.2.2. I-FIT SCB performans deneyi üzerine yapılan çalışmalar	15
3. MATERYAL ve YÖNTEM	18
3.1. Malzemeler	18
3.1.1. Bitüm	18
3.1.2. Agrega	18
3.1.3. Elyaf	19
3.2. Deneysel Çalışmalar.....	19
3.2.1. Agrega fiziksel özelliklerine ait deneysel çalışmalar.....	19
3.2.2. Bitümlerin fiziksel özelliklerine ait deneysel çalışmalar.....	57

3.2.3. Marshall yöntemi ile TMA Aşınma Optimum Bitüm oranının belirlenmesi	82
3.2.4. I-FIT yöntemi ile SCB performans deneyleri	89
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	99
4.1. Farklı rafinerilere ait bitümlerin özgül ağırlığı ve yumuşama noktası değerlerinin süzülme yüzdesine etkisi	99
4.2. Bitüm absorbsiyonlarının süzülme yüzdeleri üzerindeki etkisi.....	100
4.3. Agregada soyulma mukavemetinin farklı olmasının süzülme yüzdeleri üzerindeki etkisi	101
4.4. Karışımda ince agregada olarak sedimanter kökenli kayalık kullanılması süzülme yüzdesi üzerine ve karışımlardaki performansa etkisi.....	102
4.5. Farklı rafinerilerden elde edilen bitümlerin karışımlardaki performansa etkisi	107
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	111
KAYNAKLAR.....	117
EKLER.....	129
EK-1	129
EK-2	159
EK-3	195

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

cm	Santimetre
dk	Dakika
g	Gram
İn	İnç
J	Joule
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
kPa	Kilopascal
m	Metre
mm	Milimetre
s	Saniye
°C	Santigrat derece
°	Derece
%	Yüzde

Kısaltmalar

a	Numune çentik yüksekliği, mm
A	Birim dönüştürme ve büyütme katsayısı (0,01 olarak alınır)
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma Birliği)
A _{lig}	Ligament area= (r-a) ´ t, mm ² (Yükün etkidiği en kesit alanı)
Bkz.	Bakınız
CEN	European Committee for Standardization (Avrupa Standartlar Komitesi)
C _v	Varyasyon katsayısı
D	Numune çapı, mm
DCT	Disc-shaped compact tension

	(Disk şekilli kompakt germe)
DOT	Departments of Transportation (Ulaştırma Bakanlığı)
FI	Flexibility Index (Esneklik İndeksi)
G_f	Kırılma enerjisi, J/m^2
ICT	Illinois Center for Transportation (Illinois Ulaşım Merkezi)
I-FIT	Illinois Flexibility Index Test (Illinois Esneklik İndeksi Testi)
K.G.M.	Karayolları Genel Müdürlüğü
LA	Los Angeles değeri
LLD	Load-Line Displacement, mm (Yük Hattı Yer Değiştirmesi)
LVDT	Doğrusal değişken yer değiştirme dönüştürücü
m	Maksimum yük sonrası eğim, kN/mm
$MgSO_4$	Magnezyum sülfat
MS	$MgSO_4$ değeri
n	Çentik genişliği, mm
NCAT	National Center for Asphalt Technology (Ulusal Asfalt Teknolojisi Merkezi)
NCHRP	National Cooperative Highway Research Program (Ulusal Karayolu Araştırma Programı İş Birliği)
P_{mak}	Kırılmaya neden olan maksimum yük, kN
P	Numuneye uygulanan yük, kN
PG	Performance graduate (Performans sınıfı)
r	Numune yarıçapı, mm
SBS	Stiren – Butadien – Stiren polimer
SCB	Semi-circular bending (Yarı-dairesel eğilme)
SENB	Single-edge notched beam (Tek kenardan çentikli kiriş)
SGC	Superpave Gratory Compactor

t	Numune kalınlığı, mm
TÜPRAŞ	Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi
TMA	Taş Mastik Asfalt
u	Yük hattı yer değıştirmeleri, mm
u_{final}	0,1 kN yükleme sonu yer değıştirme, mm
u_0	Maksimum yükteki yer değıştirme, mm
u_1	Kritik yer değıştirme, mm
W_f	Kırılma enerjisinin yaptığı iş, J



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tipik I-FIT deney sonucu: laboratuvarında hazırlanan TMA Aşınma için yük/yer değiştirme eğrisi	16
Şekil 3.1. (a) Los Angeles Tamburu ve (b) Bilye Yüğü	21
Şekil 3.2. (a) Micro Deval cihazı ve (b) Aşındırıcı malzeme	25
Şekil 3.3. (a) MgSO ₄ Tankı ve (b) Tel Sepet	28
Şekil 3.4. Metilen Mavisi deney seti	32
Şekil 3.5. İspir İkizdere Taşocağı Metilen Mavisi deneyi	33
Şekil 3.6. Kırğındere Taşocağı Metilen Mavisi deneyi	34
Şekil 3.7. Laleli Taşocağı Metilen Mavisi deneyi.....	34
Şekil 3.8. Mustafa Bey Taşocağı Metilen Mavisi deneyi	35
Şekil 3.9. Kaba Agregas Özgöl Ağırlık Piknometre seti.....	37
Şekil 3.10. İnce Agregas Özgöl Ağırlık Piknometre seti	42
Şekil 3.11. Mineral Filler Özgöl Ağırlık Piknometre seti.....	46
Şekil 3.12. (a) Yassılık indeksi şablonu ve (b) deney örneği.....	50
Şekil 3.13. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.....	54
Şekil 3.14. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.....	54
Şekil 3.15. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.....	54
Şekil 3.16. Laleli Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli	55
Şekil 3.17. Laleli Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli	55
Şekil 3.18. Laleli Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli	55
Şekil 3.19. Kırğındere Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.....	56
Şekil 3.20. Kırğındere Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli	56

Şekil 3.21. Kırğındere Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.....	56
Şekil 3.22. Penetrasyon deney cihazı	59
Şekil 3.23. Yumuşama noktası tayini deney cihazı.....	63
Şekil 3.24. Parlama noktası tayini deney cihazı.....	67
Şekil 3.25. Çözünürlük deney seti.....	71
Şekil 3.26. Özgül Ağırlık deney sürecinden görseller	74
Şekil 3.27. a) İspir İkizdere Taşocağı Agregaları b) Laleli Taşocağı agregaları c) Kırğındere Taşocağı agregaları d) Mustafa Bey Taşocağı agregaları e) Polimer esaslı selülozik elyaf f) Batman, İzmit, Kırıkkale Tüpraş Rafinerilerine ait bitümler	78
Şekil 3.28. Schellenberger bitüm süzülme deney süreci	80
Şekil 3.29. Otomatik marshall tokmağı	84
Şekil 3.30. TMA karışım gradasyonu ve KTŞ limitleri.....	85
Şekil 3.31. I-FIT cihazının izometrik görüntüsü.....	91
Şekil 3.32. Deney numunesinin hazırlanmasında kullanılan cihazlar ve numune hazırlama süreci.....	91
Şekil 3.33. SCB deney numuneleri hazırlama akış şeması.....	93
Şekil 3.34. SCB deney görselleri.....	96
Şekil 4.1. Farklı rafinerilerden ve ocaklardan elde edilen malzemeler ile üretilen TMA karışımlarının kırılma parametreleri.....	102
Şekil 4.2. TMA karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri	104
Şekil 4.3. TMA Aşınma karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri	105
Şekil 4.4. TMA Aşınma karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri	107

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İspir İkizdere Taşocağı Los Angeles deney sonucu.....	23
Çizelge 3.2. Kırgındere Taşocağı Los Angeles deney sonucu.....	23
Çizelge 3.3. Laleli Taşocağı Los Angeles deney sonucu	23
Çizelge 3.4. Mustafa Bey Taşocağı Los Angeles deney sonucu.....	23
Çizelge 3.5. İspir İkizdere Taşocağı Micro Deval deney sonucu.....	26
Çizelge 3.6. Kırgındere Taşocağı Micro Deval deney sonucu.....	26
Çizelge 3.7. Laleli Taşocağı Micro Deval deney sonucu	27
Çizelge 3.8. Mustafa Bey Taşocağı Micro Deval deney sonucu.....	27
Çizelge 3.9. İspir İkizdere Taşocağı MgSO ₄ deney sonucu.....	29
Çizelge 3.10. Kırgındere Taşocağı MgSO ₄ deney sonucu	30
Çizelge 3.11. Laleli Taşocağı MgSO ₄ deney sonucu	30
Çizelge 3.12. Mustafa Bey Taşocağı MgSO ₄ deney sonucu.....	30
Çizelge 3.13. İspir İkizdere Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu.....	36
Çizelge 3.14. Kırgındere Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu.....	36
Çizelge 3.15. Laleli Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu	36
Çizelge 3.16. Mustafa Bey Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu.....	36
Çizelge 3.17. İspir İkizdere Taşocağı Kaba Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.....	40
Çizelge 3.18. Kırgındere Taşocağı Kaba Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.....	40
Çizelge 3.19. Laleli Taşocağı Kaba Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu	40
Çizelge 3.20. İspir İkizdere Taşocağı İnce Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.....	44
Çizelge 3.21. Kırgındere Taşocağı İnce Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.....	44
Çizelge 3.22. Laleli Taşocağı İnce Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu..	45
Çizelge 3.23. Mustafa Bey Taşocağı İnce Agregat Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.....	45
Çizelge 3.24. İspir İkizdere Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu	48
Çizelge 3.25. Kırgındere Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu	48
Çizelge 3.26. Laleli Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu	48

Çizelge 3.27. Mustafa Bey Taşocağı Mineral Filler Özgöl Ağırlık deney sonucu	49
Çizelge 3.28. İspir İkizdere Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu	51
Çizelge 3.29. Kırğındere Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu	51
Çizelge 3.30. Laleli Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu	52
Çizelge 3.31. Soyulma Mukavemeti deney sonuçları	57
Çizelge 3.32. Geçerli tespitlerin maksimum aralığı	61
Çizelge 3.33. Bitüm penetrasyon dereceleri	62
Çizelge 3.34. Yumuşama noktası değerleri	66
Çizelge 3.35. Parlama noktası değerleri	70
Çizelge 3.36. Çözünürlük değerleri.....	73
Çizelge 3.37. Özgöl Ağırlık değerleri.....	77
Çizelge 3.38. TMA Aşınma karışım gradasyonu ve KTŞ limitleri.....	85
Çizelge 3.39. SCB deney sonuçları	97
Çizelge 4.1. Farklı rafinerilere ait bitümlerin özgül ağırlıkları ve yumuşama noktaları ile karışımların elyafsız süzülme %'leri	99
Çizelge 4.2. TMA Aşınma tabakası karışımlarına ait bitüm absorpsiyonları.....	100
Çizelge 4.3. İspir İkizdere-Laleli-Kırğındere agregalarının bitüm absorpsiyonları ve süzülme yüzdesi değerleri	100
Çizelge 4.4. Kaba agrega kısmı İspir İkizdere-Laleli-Kırğındere ince agrega kısmı Mustafa Bey agregalarından oluşan karışımların bitüm absorpsiyonları ve süzülme yüzdesi değerleri	101
Çizelge 4.5. Soyulma mukavemeti ve süzülme yüzdesi değerleri	101

1. GİRİŞ

1.1. Genel

1.1.1. Bitümlü sıcak karışım kaplamalar

Karayolu üstyapısı altyapı üzerine tabakalar halinde inşa edilen, trafik yüklerini azaltarak altyapıya aktaran, altyapıyı koruyarak sürüş konforu ve emniyeti sağlayan yol gövdesinin üst kısmında yer alan yapıdır. Üstyapı genel olarak Temel, Alttemel ve Kaplamadan oluşmaktadır. Kaplama türleri Rijit ve Esnek kaplamalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Rijit kaplamalar Beton yollardan oluşurken Esnek kaplamalar Satih Kaplamaları ve Bitümlü Sıcak Karışım olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) tabakaları ise Bitümlü Temel, Binder ve Aşınma olarak ifade edilen farklı tabakaların üst üste inşası ile oluşturulmaktadır. Kaplama olarak en üste inşa edilen Aşınma tabakası ise Poroz Asfalt, Asfalt Betonu ve Taş Mastik Asfalt (TMA) Aşınma olarak imal edilmektedir.

1.1.2. Taş mastik asfalt

Agrega, bitüm ve elyaftan oluşan TMA, yol yapım endüstrisinde esnek kaplamalar içinde dünya çapında yaygın olarak kullanılan bir kaplama türüdür(Dang and Cheng 2013). TMA'nın kısaltması Almanca kökenli “Splitt Mastik” teriminden türetilmiştir; burada Splitt kırma taş mıcırını, Mastik ise kalın asfalt çimentosu ve filler anlamına gelmektedir (Kennepohl and Davidson 1992). Ulusal Asfalt Teknolojisi Merkezi (NCAT) tarafından yapılan bir performans araştırmasında, TMA'nın geleneksel BSK'ya kıyasla özellikle aşınma tabakalarında tekerlek izi, çatlama ve diğer sorunlara karşı oldukça dirençli olduğu tespit edilmiştir (Brown et al. 1997a; Bert et al. 2009; EAPA 2018).

İlk TMA kaplamalı yolların inşaatına 1960'lı yılların ortalarında Almanya'da başlanmıştır. Almanya'da Strabag Bau-AG yol yapım merkez laboratuvarından Zichner tarafından çivili lastiklerin kullanımından kaynaklanan yollardaki hasarı azaltmak için geliştirilmiştir. Zichner'in 1971 yılında önermiş olduğu ilk TMA karışımlarından biri, %8 bitüm, %12 mineral filler ve %10 taş tozu ile birlikte yaklaşık %70 kaba agregadan

oluşturulmuştur (Behbahani et al. 2009; Blazejowski 2010a). TMA uygulamaları, agregaları film tabakası gibi saran bitüm kalınlığının fazla olması nedeniyle bakım gerektirmeden 30 yıldan uzun süre dayanmıştır. Aşınmaya karşı dayanıklı olduğu ve çivili lastiklerden kaynaklanan bozulmalara karşı koyma konusunda son derece etkili olduğu kanıtlanmıştır. Üstün performansı sonucunda TMA ile ilgili 1984 yılında ulusal bir standart hazırlanmıştır. TMA uygulamaları diğer ülkelerde seksenli yılların ortalarında ve doksanlı yılların başlarında da aynı performansı sergilemiştir. Avrupa Standartlar Komitesi (CEN) tarafından TMA için EN 13108-5 standardı yayınlanmıştır ve birçok Avrupa ülkesinde de kendi uygulama dokümanı bulunmaktadır. TMA'nın “Taş Matris Asfalt” olarak adlandırıldığı ABD ve Hindistan'da ve dünyanın başka yerlerinde, yol otoriteleri ve asfalt endüstrisi arasında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (EAPA 2018).

Türkiye’de ise TMA uygulamasına 1999 yılında başlanmıştır. TMA’lar önemli ölçüde stabilite ve dayanıklılık sağlaması nedeni ile popüler bir kaplama türü olmaya devam etmektedir. Ülkemiz karayollarında esnek üstyapı imalatlarının en üst tabakası olarak inşa edilen aşınma tabakasında çoğunlukla geleneksel asfalt betonu tercih edilirken, özellikle otoyol gibi önem arz eden ve ağır trafikli yollarda TMA Aşınma tercih edilmektedir. TMA'nın performansına katkıda bulunan ana faktörler agrega kalitesi (Cao et al. 2013), taş iskeleti destekleyen iri agregaların boşluk derecelendirmesinin oluşturduğu yapı (Iskender 2013; Jiang et al. 2017), bitüm ve fiberdir. Karışımda ki toplam agrega miktarının %70-80’ini kaba agrega, %12-17’sini ince agrega, %8-13’ünü ise mineral filler oluşturmaktadır. Bağlayıcı miktarı toplam agrega kütlelerinin minimum %6’sını ve elyaf miktarı da karışımın yaklaşık %0,3’üdür (Kar et al. 2019).

1.1.3. Kırılma mekaniği

1960'lardan sonra araştırmacılar, asfalt karışımların performansının değerlendirilmesi için kırılma mekaniği tekniklerini araştırmaya başlamışlardır (Moavenzadeh 1967a; Bahgat and Herrin 1968a; Majidzadeh et al. 1971a; Abdulshafi and Majidzadeh 1984a). TMA'nın kırılma mekaniği özelliklerinin, asfalt kaplamaların hizmet ömrü ve bakım maliyetleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirtilmiştir (Labi and Sinha 2005). TMA'nın yol uygulamalarında yaygın olarak kullanılması,

dayanıklı ve güvenilir kaplamalar tasarlamak için çatlak oluşum mekanizmalarını anlamaya yönelik araştırma çalışmalarının sayısını artırmıştır (Jacobs et al. 1996; Wagoner et al. 2005a). Literatürdeki birçok çalışma, BSK tasarımı yapılırken, kaplamadaki bozulmaların ana nedeni olan çatlama özelliklerinin dikkate alınmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir (Nsengiyumva et al. 2017). Kırılma mekaniği deneylerinde genel olarak koşullandırma sıcaklığı olarak düşük sıcaklıklar tercih edilmiştir (Gauthier and Anderson 2006a; Das et al. 2013a; Song et al. 2021a). Ancak ara sıcaklıkta koşullandırma yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olması nedeni ile bu tezde Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma Birliği tarafından hazırlanan AASHTO T 393 (2022) standardı esasına göre 25 ± 0.5 °C’de deneyler gerçekleştirilmiştir.

1.1.4. Yarı dairesel eğilme deneyi

Yarı Dairesel Eğilme (SCB) deneyinin ilk uygulaması kayaların mekanik özelliklerini belirlemek için yapılmıştır (Moavenzadeh 1967b; Bahgat and Herrin 1968b; Majidzadeh et al. 1971b; Chong and Kuruppu 1984; Abdulshafi and Majidzadeh 1984b; Chong and Kuruppu 1988; Lim et al. 1993; Molenaar et al. 2002a; Gauthier and Anderson 2006b; Kim et al. 2012a; Zhou et al. 2012a; Das et al. 2013b; Mogawer et al. 2015a; Al-Qadi et al. 2015a; Barry 2016a; Ozer et al. 2016a; Zhou et al. 2017a; Zhou et al. 2017a; Ozer et al. 2018a; Espinosa et al. 2020a; Song et al. 2021b). Asfalt karışımlarının çatlak oluşum davranışını değerlendirmek için doğrusal elastik kırılma mekaniği prensiplerini benimseyen SCB testi önerilmiştir (Haghshenas et al. 2015; Zhang et al. 2020; Zhang et al. 2021). SCB testinin arazideki gerçek çatlamayı temsil etme konusunda kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (Hamzah et al. 2013; Amelian et al. 2014; Haghshenas et al. 2015; Vatanpour et al. 2017; Mohammed et al. 2018).

Illinois Ulaşım Merkezi'ndeki (ICT) araştırmacıların yapmış oldukları bilimsel çalışmalar sonucunda Illinois Esneklik İndeksi Testinin (I-FIT) ara sıcaklık derecesi olan 25 °C’de BSK’nın çatlama direncini belirlemek için uygun olduğunu belirlemiş ve doğrulamıştır. Bu doğrulamanın bir sonucu olarak araştırmacılar, daha sonra TMA kaplamalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanan geleneksel asfalt çimentosunun çatlama performansını belirlemek için I-FIT’a yönelmişlerdir. I-FIT yönteminin esneklik ve çatlama direncini etkili bir şekilde belirlenmesini sağladığı ifade edilmiştir (Barry

2016b). I-FIT testinin uygulama esasları öncelikle taslak bir standartla oluşturulmuş ve daha sonra AASHTO T 393 standardı hazırlanarak yürürlüğe alınmıştır.

Kırılma mekaniği prensibine dayanan I-FIT testinde bir asfalt karışımının ara sıcaklıkta kırılmaya karşı direncinin tespit edilmesi için yarım daire şeklinde bir numune hazırlanması gerektiği belirtilmiştir (Al-Qadi et al. 2015b; Ozer et al. 2016b; Espinosa et al. 2020b). Karmaşık yapıya sahip olan BSK kaplamaları üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde SCB testinin daha tutarlı olduğu ifade edilmiştir. Literatürde numunenin yorulma ve çatlama özelliklerinin belirlenmesinde bu yöntemin kullanılma sebebi olarak test cihazının kullanımının basit olması, testin kısa sürmesi, test ekipmanlarının uygun maliyetli olması, tekrarlanabilirlik ve tutarlılık olarak ifade edilmiştir (Molenaar et al. 2002b; Kim et al. 2012b; Mohammad et al. 2012a; Mogawer et al. 2015b; Al-Qadi et al. 2015c; Zhou et al. 2017b; Zhou et al. 2017b).

AASHTO T 393 standardındaki test yöntemi, yük uygulama yönünde 50 mm/dk. sabit bir hız ile otomatik olarak monotonik bir yükün uygulandığı üç noktalı bir eğilme mekanizması prensibini esas almaktadır ve yük hattı yerdeğiştirmesi (LLD) (mm) kaydedilerek bir yük-yer değiştirme eğrisi çizilmektedir. Deney, standarttaki ara sıcaklık değeri olan 25 °C'de gerçekleştirilmektedir. Bu test sıcaklığı, BSK karışımlarının çatlama davranışını belirlemek için SCB testinin birçok çalışmasında kullanılan sıcaklıkla aynıdır (Ozer et al. 2016c; Ozer et al. 2016a; Ozer et al. 2018b).

I-FIT ile elde edilen ilk parametre olan Esneklik İndeksi (FI), A_{lig} ile yük-yer değiştirme eğrisinin altındaki alana dayalı olarak elde edilen toplam kırılma enerjisinin çarpımının, yük-yer değiştirme grafiğinin tepe noktasından sonraki eğrinin eğimine (m) oranıdır. Çalışmalar, yüksek FI değerinin asfalt karışımlarında çatlama direncin iyi olduğunu gösterdiği paylaşılmıştır (Molenaar et al. 2002c). Hatta ICT tarafından I-FIT testi ile elde edilen FI'nın karışımlar arasında çatlama direncini tahmin etme potansiyelini doğrulamak için plentte üretilen, laboratuvarı üretilen ve sahadan elde edilen karot numuneleri kullanılmıştır. FI değerleri, laboratuvarı üretilen en kötü ve en iyi performans gösteren karışımlar için 1 ila 15 arasında tespit edilmiştir. FI ölçüm sonuçları, BSK'ları performansa dayalı olarak üç kategoride sınıflandırmaktadır. En kötü performans gösteren kategorideki karışımlar 2'den daha düşük bir FI değerine sahipken,

en iyi performans gösteren kategorideki BSK karışımları 6'dan daha yüksek bir FI değerine sahiptir. Orta performans gösteren karışımlar ise bu FI sonuçları arasında kalanların olduğu ifade edilmiştir (Al-Qadi et al. 2015d).

1.2. Tezin Amacı

Bu çalışmada, ilk olarak TMA Aşınmada farklı bitüm ve agreganın elyaf miktarına etkisinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu inceleme de öncelikle TMA Aşınma tabakasını oluşturan ince agrega kısmında magmatik kökenli agrega yerine sedimanter kökenli agrega alternatiflerinin kullanılmasının süzülme ve elyaf yüzdesine etkisi incelenecektir. Daha sonra bu agrega alternatifleri ile beraber farklı rafinerilere sahip bitümlerin kullanılmasının süzülme ve elyaf yüzdesine etkisi incelenecektir.

Ülkemiz BSK tasarımlarında esas alınan Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan Karayolu Teknik Şartnamesi (KTŞ)'de (2013), TMA Aşınma tabakasının ince agrega kısmının kaba agrega ile aynı ocaktan alınması gerektiği belirtilmektedir. Bu konuya ilişkin tezin ikinci ve esas inceleme konusu ise KTŞ'de TMA Aşınmanın ince agrega kısmında magmatik kökenli taşocaklarına alternatif olarak sedimanter kökenli taşocaklarının kullanılabilirliğinin kırılma mekaniği deneyleri yapılarak incelenmesidir.

BSK kaplamaların kırılma mekaniği performans analizi için I-FIT testinin uygulandığı birçok çalışma ile literatürde karşılaşılmıştır. Ancak, TMA Aşınma karışımlarının kaba, ince agrega kısımlarında magmatik-magmatik ve magmatik-sedimanter kombinasyonlarının kırılma mekaniği performansları açısından karşılaştırması ile ilgili sınırlı sayıda çalışma olduğu gözlenmiştir. Bu sebeple, tez çalışmasında TMA Aşınmanın ince agrega kısmında sedimanter kökenli kayaç kullanımının kırılma mekaniği davranışı üzerindeki etkisini araştırmak için I-FIT testine dayalı olarak farklı taş ocaklarından agregalar ve farklı rafinerilerden bitümler kullanılacaktır. Farklı rafinerilerden elde edilen bitüm ve farklı taşocaklarından elde edilen agregalar ile Esneklik İndeks (FI) değerleri analiz edilecektir.

Bu süre zarfında, performans testlerinde sedimanter kökenli taşocaklarından elde edilecek agregalardan alınacak olumlu sonuçlar magmatik kökenli taşocaklarından elde edilecek agregaların fiziksel özellikleri açısından yaşanan olumsuzlukları (aynada yer alan kil bantları vb.), magmatik kökenli taşocaklarının yüksek işletme maliyetlerini ve soğuk iklime sahip bölgelerde yaşanan sınırlı çalışma sürelerini bertaraf etmesi açısından olumlu katkılar sunması çalışmayı değerli hale getirecektir. Böylece TMA Aşınmanın ince agregada kısmında sedimanter kökenli taşocaklarının kullanılabilmesinin kırılma mekaniği özellikleri açısından test edilmesi ile KTŞ'ye olumlu bir katkı sağlanacaktır. Son olarak da KTŞ'de yer almayan SCB deneyinin BSK'ların performanslarının tespiti için kullanılabilirliğine katkı sağlanmış olacaktır.

1.3. Tezin İçeriği

İkinci bölümde TMA Aşınma dizaynında elyaf kullanımının ve bitüm süzülmesinin önemi ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Ayrıca TMA Aşınmada Kırılma Mekaniği performansının belirlenmesi ile ilgili genel çalışmalar ve I-FIT SCB deneyi üzerine yapılan çalışmalar bir araya getirilmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmada esas alınan TMA Aşınma birleşimini oluşturan agregada, bitüm malzemeleri ve bu malzemelere ait fiziksel özelliklerin tespitinde kullanılan deneylerin yapılaş prosedürü açıklanmış ve kullanılan elyaf türü belirtilmiştir. Ayrıca Marshall yöntemi ile TMA Aşınma dizaynı, I-FIT yöntemi ile SCB performans deneyinin yapım prosedürü açıklanmıştır. Açıklanan bu deneylere ait çalışmada elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır.

Dördüncü bölümde ise ilk önce bitüm süzülme deney sonuçları değerlendirilmiş ve sonuçlarda rafineri farkı, kayaç cinsi, bitüm absorpsiyonu, agregaların soyulma yüzdeleri, karışımdaki kaba agregada kısmında magmatik kökenli, ince agregada kısmında sedimanter kökenli agregalar kullanılması gibi faktörlerin etkisi ele alınmıştır. Daha sonra TMA Aşınma karışımlarının ince agregada kısmında sedimanter kökenli agregaların kullanılmasının kırılma potansiyelini incelemek amacı ile pratik bir SCB test yöntemi olan I-FIT kullanılmıştır. Yapılan kapsamlı deneylerde elde edilen Kırılma Enerjisi,

1. GİRİŞ

Esneklik İndeksi sonuçları ile ince agrega kısmında sedimanter kökenli agrega kullanılmasının performansa etkileri incelenmiştir.

Son olarak beşinci bölümde ise bu çalışmanın önemli sonuçları verilmiştir. TMA Aşınma karışımlarında kullanılan elyaf miktarına etki eden faktörler ele alınmıştır. Ayrıca TMA Aşınma tabakalarında ince agrega kısmında sedimanter kökenli agrega kullanılmasının performans açısından değerlendirmesi yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

TMA Aşınma kaplaması ülkemizde dâhil olmak üzere dünyada birçok ülkede uygulanmaktadır. TMA Aşınma kaplama karışımının taşınması, serilmesi ve sıkıştırılması esnasında yapısı gereği içeriğinde bulunan yüksek bitümün süzülmesini önlemek için elyaf kullanılmaktadır. Elyaf kullanımı ve bitümün süzülmesi kaplamanın servis kabiliyeti konusunda önem arz etmektedir. Ayrıca dünyada ve ülkemizde TMA Aşınma tabakasında meydana gelen yapısal bozulmaları geciktirmek veya bu bozulmaların oluşmasını önlemek, ekonomik ve çevresel faktörler açısından önem arz etmektedir. TMA Aşınma tabakasında taşıt yükleri altında meydana gelen bozulma sebeplerinin araştırılması için kırılma mekaniği yöntemleri kullanılmaktadır. Çalışmanın bu kısmında yukarıda belirtilen iki önemli husus hakkında yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

2.1. TMA Aşınma Dizaynında Elyaf Kullanımının ve Bitüm Süzülmesinin Önemi

TMA karışımlarının yüksek miktarda bitüm içeriğine sahip olması ve yüksek sıcaklıklarda mastik kısmın kaba agregadan ayrılması sonucunda meydana gelen süzülmenin karışımı bir arada tutamamasının en önemli sorun olduğu yazarlar tarafından belirtilmiştir. Bu nedenle, süzülmenin kabul edilebilir bir seviyede sınırlandırmanın önemli olduğu paylaşılmıştır (Brown and Mallick 1994; Brown et al. 1997; Bocci and Prosperi 2020).

Bir TMA karışımında, süzülmenin minimum olduğu belirli bir bitüm içeriği sınırı olduğu ve bu sınır aşıldığında süzülmenin meydana geldiği araştırmacılarca ifade edilmiştir. Bununla beraber bitüm oranının %1'lik artışının (yani optimum bitüm oranından %1 daha fazla) süzülme beş kat artırdığını tespit etmişlerdir. Süzülme yüzdesi değerinin, TMA karışımının yüksek sıcaklıklardaki hassasiyetinin bir ölçüsü olduğunu bu nedenle de süzülme yüzdesinin belirlenmesinin önemliliği ve bunu azaltmak için uygun önlemlerin alınması gerektiği belirtilmiştir (Brown et al. 1994).

Birçok araştırmacı, elyafların kaplamanın sıkıştırılması sonrasında TMA karışımlarının performansını artırmadığı sonucuna varmıştır. Buna gerekçe olarak

elyafların yol kaplamasının kullanıma açıldığındaki kaplama sıcaklığında aktif olmadığını öne sürmüşlerdir (Brown et al. 1996a; Brown et al. 1997b; Panda et al. 2013a). Bu duruma karşın, birkaç araştırmacı da elyafların TMA karışımlarının tokluğunu artırdığını belirtmiştir (Kumar et al. 2007; Panda et al. 2013b).

Kesikli gradasyona sahip karışım olan TMA'nın daha fazla hava boşluğu içeriğine sahip olduğu ve daha yüksek bitüm oranı gerektirdiği yazarlarca paylaşılmıştır. Bu nedenle, bitümün süzülmesini önlemek için karışıma elyaf eklenmesi gerektiği ifade edilmiştir (Brown et al. 1996b).

Yazarlar çalışmalarında TMA karışımlarının üretimi ve yerleştirilmesi sırasında yüksek sıcaklıklarda elyafların bitümün süzülme kontrolünde çok önemli bir role sahip olduğu sonucuna varmışlardır. Selülozik elyafların, kaplama yüzeyinde kusmalara neden olabilen yüksek asfalt içeriği nedeniyle karışımında sıklıkla kullanıldığı bilgisini de çalışmalarında belirtmişlerdir (Michael et al. 2003).

Elyafların normalde silindiraj sonrası asfalt karışımının performansı üzerinde bir etkisinin olmadığını, ancak daha yüksek bir bitüm içeriğine olanak sağlaması nedeni ile agrega etrafında daha kalın bir film tabakası oluşturması gibi olumlu bir etkiden bahsedilmiştir. Daha kalın film tabakasının oksidasyonu geciktirdiğini, nemin nüfuz etmesine ve agregaların ayrılmasına karşı olumlu katkısının olduğunu, bunun da bitümün kaplamanın aşınma direncini arttırmak için bir avantaj sağladığını paylaşmışlardır (Casey et al. 2008a; Oda et al. 2012).

Yazarlar mineral filler, selülozik elyaf ve SBS'in süzülme önleyici olarak performanslarını incelemiş ve nispeten selülozik elyafların süzülmeye karşı daha iyi sonuç gösterdiğini belirtmişlerdir (Mokhtari and Moghadas Nejad 2012a).

Süzülme önleyici elyaf katkısının karışıma ilave süreci ile ilgili literatür çalışmaları incelendiğinde; bazı araştırmacıların selülozik elyafı önce agregaya eklediklerini ve daha sonra karıştırma işlemi sırasında bunlara bitümün ilave edildiğini açıklamışlardır (Sadeghian et al. 2019; Ameli et al. 2020; Devulapalli et al. 2020; Devulapalli et al. 2021; Katla et al. 2021).

Katkı maddelerinin kullanımı ile ilişkili bir yaklaşım olarak araştırmacılar, elyaflardan meydana gelen bir katkı maddesi olarak tekerlek izi direncini önemli ölçüde artırdığı, asfalt karışımlarının süzülmesini azalttığı ve böylece TMA'nın zayıflığını giderdiğini ifade etmişlerdir (Blazejowski 2010b; Mokhtari and Moghadas Nejad 2012b; Ferreira et al. 2020).

Yazarlar, %0,3 selüloz elyaf içeren karışımların, bu stabilizatörü içermeyen karışımlara kıyasla daha üstün performansa (süzülme özellikleri) sahip olduğunu gözlemlemiştir (Brown and Mallick 1994).

Yazarlar bu tür katkıların temel amacının, sıcak karışımın depolanması ve taşınması sırasında bitümün ayrışmasını, süzülmesini önlemek ve ayrıca TMA'nın homojenliğini, fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek olduğunu belirtmişlerdir (Kostin 2009). Selüloz liflerinden oluşan katkı maddelerinin, organik bağlayıcının yaşlanmasını yavaşlatan ve sonuç olarak da kaplamanın hizmet ömrünü artıran özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Yastremsky and Abaidullina 2016).

Yazarlarca, geleneksel yoğun gradasyonlu karışımlar TMA karışımları ile karşılaştırıldığında, daha yüksek bitüm içeriğine ve mineral fillere sahip olduklarından dolayı karışımın daha dayanıklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca daha yüksek mastik içeriğinin varlığı, yüksek sıcaklıklarda karıştırma, taşıma, serme ve sıkıştırma sırasında bu malzemelerin karışımdan süzülmesine neden olduğu ifade edilmiştir. Bu nedenle, süzülmeyi kontrol etmek için selüloz elyaflar veya mineral elyaflar gibi uygun stabilize edici katkıların kullanılması önerilmektedir (Brown 1992; Brown and Haddock 1997; Qiu and Lum 2006).

Yazarlar, TMA karışımların süreksiz bir derecelendirmeye sahip olması nedeniyle onlara plastik gerilmelere karşı daha fazla direnç, daha iyi bir yüzey dokusu, lastiğin kaplama ile daha fazla sürtünmesi, yağmur suyunu tahliye etmek için daha fazla geçirgenlik ve hatta lastiğin kaplama ile temasından kaynaklanan gürültünün daha fazla emilmesini sağladığını ifade etmişlerdir (Ban et al. 2020).

Başka araştırmacılar ise TMA'nın diğer bitümlü karışım türlerine kıyasla daha yüksek oranda bitüm içermesi, tekrarlayan yüklere karşı daha fazla direnç ve sonuç olarak daha uzun bir servis ömrü sağladığını da çalışmalarında paylaşmışlardır. Bu durumun daha yüksek bitüm yüzdesi ve elyaf eklenmesiyle elde edildiğini de belirtmişlerdir. Bu elyafların fazla bitümü emdiğini ve kaplamanın servis ömrü boyunca dışarı süzülmesini önlediğini de ifade etmişlerdir. Bu nedenle, TMA'nın servis ömürleri boyunca yoğun trafiğe sahip yollarda kullanımının daha uygun olacağını, ayrıca yüksek kalite ve dirence sahip olduğunu ifade etmişlerdir (Mao et al. 2019; Zhang et al. 2020).

2.2. TMA Aşınmada Kırılma Mekanikliği Performansının Belirlenmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Asfalt karışımlarının çatlama performansının karakterize edilmesinde kırılma mekanikliğinin uygulanması 1970'li yılların başlarında belgelenmiştir. Yazarlarca yapılan bir çalışmada, çevrimsel yükleme altında basit bir kırış testi kullanılarak, asfalt karışımlarının yorulma performansı için "Paris Law"a göre gerilme yoğunluğu faktörü ile çatlak büyüme hızı arasında ilişki kurulması amaçlanmıştır (Paris and Sih 1965; Majidzadeh et al. 1971c).

Kırılma mekanikliği, trafik yükleri ve/veya termal etkiler altındaki BSK'ların çatlama potansiyelini tahmin etmektedir. Kırılma mekanikliğinde doğrusal ve doğrusal olmayan iki ana yaklaşım kullanılmaktadır. Doğrusal kırılma mekanikliği, malzemenin doğrusal elastik olduğunu ve çatlak analizinin gerilme temelli olduğunu varsayar. Buna karşılık, doğrusal olmayan kırılma mekanikliği, çatlakların enerji temelli bir analizidir ve malzemenin elastik olmayan veya plastik davranış sergilediğini varsayar. BSK viskoelastik bir malzeme olduğu için doğrusal olmayan kırılma mekanikliği dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, uzun ömürlü kaplamaların tasarımını optimize ederken BSK çatlama potansiyelini tahmin etmek için çeşitli parametreler tanıtılmıştır. Kırılma enerjisinde doğrusal olmayan kırılma mekanikliğinde dikkate alınan parametrelerden biri olduğu belirtilmektedir (Broberg 1971).

TMA karışımlarının yüksek tekerlek izi direnci, kayma direnci, dayanıklılık ve gelişmiş çatlama direnci, drenaj koşulları ayrıca azaltılmış gürültü kirliliği gibi

mükemmel performansı nedeniyle, bu karışımların dünya çapında yaygın olarak kabul gördüğü yazarlar tarafından paylaşılmaktadır (Casey et al. 2008b; Nejad et al. 2010).

Literatürde kırılma mekaniği yaklaşımları kullanılarak asfalt karışımlarında yorulma çatlağının karakterize edilmesine ilişkin çok sayıda araştırma çalışmasının rapor edildiği gözlenmiştir (Kim et al. 1997; Zhang et al. 2001; Roque et al. 2002).

Yorulma çatlaklarının genellikle kaplamanın tekrarlı trafik yükleri altında yorulma ömrünün sınırına kadar gerilediğinde meydana geldiği ve büyük yorulma çatlaklarının asfalt kaplamanın son ömrüne ulaştığının bir göstergesi olduğu yazarlarca belirtilmiştir. Yazarlar bu bozulmaların onarımının ise kaplamanın sökülmesi ve yeniden yapılması ile gerçekleştirildiğini ifade etmişlerdir (Roberts et al. 1996).

Bitümün performans derecesinden (PG) oldukça etkilendiği belirtilen BSK'daki kırılma, sıcaklık ve hava boşluğu içeriği dâhil olmak üzere yükleme koşullarına ve malzeme bileşimine bağlı olarak sünek veya gevrek olarak gerçekleşebildiği belirtilmiştir (Al-Qadi et al. 2022a).

BSK'da çatlama, asfalt kaplama tasarımındaki ana sorunlardan biridir. Yol kaplamalarındaki çatlamlar, kırılma ve yorulma çatlama olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır. Çatlak başlangıcı ve ilerlemesindeki farklı mekanizmalar göz önüne alındığında trafik yükünden kaynaklı çatlaklara örnek olarak aşağıdan yukarıya yorulma çatlakları, yukarıdan aşağıya yorulma çatlakları, boyuna tekerlek izi çatlakları, yüzeye yakın çatlaklar ve yansıma çatlakları verilebilir. Trafik yükü dışında birde çevresel faktörler ile oluşan çatlaklar vardır bunlar ise sıcaklık dalgalanmaları ve ultraviyole ışınlarla maruz kalma gibi faktörlerden kaynaklanabilir. Termal ve blok çatlaklar bu kategoriye örnek olarak gösterilebilir (Al-Qadi et al. 2022b).

Yazarlar asfalt karışımlar gibi heterojen kompozitlerin kırılma mekaniği ile ilgili olarak, kaplamada önceden var olan çatlakların düzgün bir dağılıma sahip olduğunu ve sabit çatlak büyümesi kabulü yaparak bu çatlağı yaymak için gereken enerjiyi belirlemek amacıyla önceden var olan bir çentiğe sahip BSK numunesine bir laboratuvar testi yapmışlardır. Bu çalışmada, tekrarlı yükleme altında asfalt karışımlarının kırılma

özelliklerini belirlemek için Tek Kenardan Çentikli Kiriş (SENB) testinin kullanımını araştırmışlardır (Wagoner et al. 2005). SENB testinin geometrisi, mevcut kaplamalardan numunelerin elde edilmesi zor olduğu için disk şeklindeki kompakt germe (DCT) ve SCB testleri gibi alternatif test yöntemleri önerilmiştir (Molenaar and Molenaar 2000; Molenaar et al. 2002d; Wagoner et al. 2005b). Bu geometrilerin her ikisi de standart Superpave karışım tasarımı ve sıkıştırma işlemlerini takiben kaplamalardan alınan karot numuneleri veya silindirik dairesel numuneler kullanılarak hazırlanmıştır. DCT testi genellikle asfalt karışımlarının düşük sıcaklıkta kırılma özelliklerini karakterize etmek için kullanılırken, SCB testi ise hem düşük hem de ara sıcaklıkta çatlama performansını belirlemek için kullanılmıştır (Li and Marasteanu 2010; Elseifi et al. 2012; Mohammad et al. 2012b).

2.2.1. SCB performans deneyi üzerine yapılan çalışmalar

Literatürde dört nokta eğilme testi (Shu et al. 2008; Liu et al. 2012), eksenel yorulma itme-çekme testi (Pirmohammad et al. 2020), Teksas kaplama testi (Yuan et al. 2020) ve dolaylı çekme yorulma testi (Yin et al. 2011; Guo et al. 2020) gibi BSK'nın yorulma çatlama testini tespit etmek için çeşitli test yöntemleri geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Diğer yandan, kırılma testleri arasında ise yarı dairesel eğilme (SCB) testi (Aliha et al. 2014; Ozer et al. 2016b; Jahanbakhsh et al. 2019), dolaylı çekme testi (Huang et al. 2013; Saeidi and Aghayan 2016), keskin diskli çekme testi (Saha and Biligiri 2017) ve çentikli üç nokta eğilme testi (Hernandez et al. 2018; Somé et al. 2018) bulunmaktadır. Kırılma testleri arasında, silindirik numunelerin kullanımı, levha ve kiriş testlerine kıyasla numune hazırlama kolaylığı nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Yukarıda sayılan kırılma testlerinden SCB testi silindirik numune geometrisi ile tercih açısından daha avantajlıdır.

BSK kalite kontrolü ve karışım tasarımının yanı sıra üstyapı tasarımı için uygun bir cihaz sağlamak amacıyla SCB testiyle çok sayıda çalışma yapılmıştır. Örneğin, SCB testi BSK'ların ara sıcaklıklardaki (örn. 15 °C-25 °C) kırılma direncini araştırmak için başarıyla kullanılmıştır (Lim et al. 1994; Soltani and Anderson 2005; Zhou et al. 2007; Adhikari et al. 2009; Kaseer et al. 2018a). SCB testi ayrıca, çatlama ile ilişkili yükler ile BSK tasarımını desteklemek için de kullanılmıştır (Haggag et al. 2011).

Yazarlar, SCB testi ile asfalt karışımlarının çatlamasını değerlendirmek için doğrusal elastik kırılma mekaniği prensiplerinin esas alındığını belirtmiştir (Ameri et al. 2016; Fakhri et al. 2017; Aliha et al. 2017). Bunun yanında SCB testinin yol kaplamasında ki gerçek çatlamayı temsil etmede kabul edilebilir bir yeteneğe sahip olduğu da bildirilmiştir (Wu et al. 2005a; Kim et al. 2012c; Al-Qadi et al. 2015; Zhou et al. 2017c).

Son birkaç yılda, SCB testi, asfalt karışımlarının kırılma direncini tahmin etmek için tekrarlanabilirlik, tutarlılık ve basitlik açısından büyük bir esneklik sunduğu için araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmüştür. Birçok araştırmacı (Mobasher et al. 1997; Mull et al. 2002; Molenaar et al. 2003; Li and Marasteanu 2004; Wu et al. 2005b; Song et al. 2006; Birgisson et al. 2008; Arabani and Ferdowsi 2009; Huang et al. 2009; Khalid and Monney 2009; Dai et al. 2010; Li and Marasteanu 2010; Liu 2011; Aliha et al. 2012; Biligiri et al. 2012; Mohammad et al. 2012c; Wang et al. 2013; Im et al. 2013; Mahmoud et al. 2014a; Zegeye Teshale et al. 2013; Zeng et al. 2014) temel kırılma mekaniği parametrelerini kullanarak asfalt malzemelerin kırılma direncini değerlendirmek için SCB testini kullanmıştır.

Kırılma mekaniği, çatlak ilerleme aşamasında hasara karşı direncin tespitine yardımcı olur. BSK'da kırılma direnci genellikle laboratuvar da DCT, SCB ve I-FIT gibi kırılma testleri kullanılarak değerlendirilmektedir. DCT, numuneye çatlak doğrultusuna dik olarak doğrudan gerilme uygular. Buna karşılık SCB, numunenin üst kısmına basınç yükü uygular ve bu da numunenin alt kısmında eğilmeye neden olur. Bu, çatlak ucunda dolaylı bir gerilme yaratır (Son et al. 2019).

SCB testinin kaya mekaniğindeki ilk uygulamasından (Chong and Kuruppu 1984b) ve daha sonra asfalt performans testindeki uygulamasından bu yana, karışımdaki tasarım değişkenlerine (Al-Qadi et al. 2015f) ve ayrıca yükleme hızı, test sıcaklıklarına (Haslett 2017) karşı kabul edilebilir bir duyarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir.

Araştırmacılar yapmış olduğu çalışmada, SCB testi BSK'ların çatlama özelliklerini daha fazla araştırmak için potansiyel bir test olabileceğini, uygulanmasının basit olduğunu (testi yapmak için basit bir tek eksenli yük çerçevesinin kullanılabileceğini), ucuz olduğunu, numune hazırlamanın basit olduğunu, analizlerinin

kolay olduğunu ve SCB numunelerindeki çatlak türünün eğilmenin neden olduğu çekme gerilmesinden kaynaklandığını belirtmişlerdir (Mahmoud et al. 2014b).

2.2.2. I-FIT SCB performans deneyi üzerine yapılan çalışmalar

Yukarıda belirtildiği üzere Illinois Ulaşım Merkezi'ndeki (ICT) araştırmacılar tarafından asfalt karışımlarının ara sıcaklıkta çatlama direncini değerlendirmek için Illinois Esneklik İndeksi Testini (I-FIT) geliştirmiş ve doğrulamıştır. I-FIT için bir AASHTO geçici standardı AASHTO TP (2020) 124 "Ara Sıcaklıkta Yarı Daire Eğilme (SCB) Geometrisi Kullanılarak Asfalt Karışımlarının Kırılma Potansiyelinin Belirlenmesi" yayınlanmıştır. Bu yayınlanan standartta numunelerin laboratuvar ortamında hazırlanması halinde 150 ± 1 mm çapa ve 50 ± 1 mm kalınlığa sahip olması belirtilmektedir. SCB numunesi, yüke ve yarım daire şeklindeki diskin dikey eksenine paralel bir çentiğe sahip yarım dairesel bir diskler. Laboratuvar ortamında hazırlanan numuneler eksenden ikiye bölünerek yarım daire şekline dönüştürülmelidir. Daha sonra SCB numunesi üzerinde yükleme eksenine paralel dikey bir çentik açılmalıdır. Bu doğrultuda SCB numunesine simetri eksenini boyunca 15 ± 1 mm derinliğinde ve $1,5 \pm 0,1$ mm genişliğinde bir çentik açılmalıdır. Bu standart 2021 yılında kaldırılarak AASHTO T 393 "Illinois Esneklik İndeksi Testi (I-FIT) Kullanılarak Asfalt Karışımlarının Kırılma Potansiyelinin Belirlenmesi için Standart Test Yöntemi" standardı yayınlanmıştır. Bu yeni standartta SCB numunesine açılan çentik ile ilgili " $1,5 \pm 0,1$ mm" genişlikte çentik açılması ibaresi " $2,25$ mm"den küçük genişlikte bir çentik açılması olarak değiştirilmiştir.

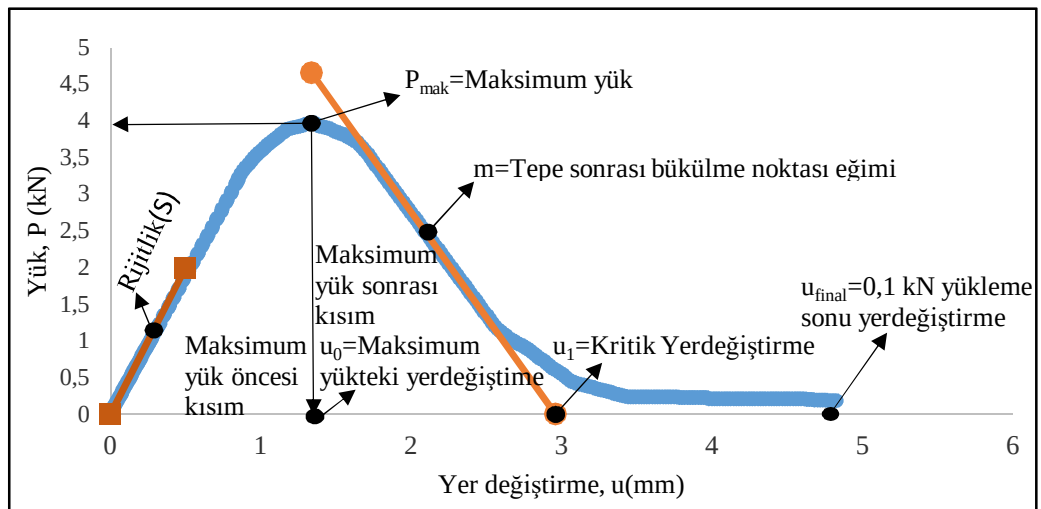
Testin esası, enerji sağlayıcı tarafından yük uygulama yönünde 50 mm/dk'lık sabit bir yük hattı yer değiştirme (LLD) hızında monotonik bir yüklemenin uygulandığı basit bir üç noktalı eğilme mekanizmasına dayanmaktadır. Yük, yük hattı yer değiştirmeleri kaydedilerek ve yük-yer değiştirme eğrisi çizilir. Yük-yer değiştirme eğrisi kullanılarak tepe sonrası bükülme noktası eğimi (m), Kırılma Enerjisi (G_f) ve Esneklik İndeksi (FI) değerleri hesaplanır. I-FIT'in birincil çıktı parametresi olan FI, Formül 2.1 ve 2.2'de ifade edildiği gibi, toplam kırılma enerjisinin yük-yer değiştirme eğrisinin tepe sonrası bükülme noktasındaki eğimine bölünmesi ile hesaplanır. İyi bir çatlama direnci sağlamak için asfalt karışımlarında yüksek FI değerleri istenir (Al-Qadi et al. 2015g).

$$G_f = \frac{W_f}{A_{lig}} \quad 6 = \frac{\int P \, du}{A_{lig}} \quad 6 \quad (2.1)$$

$$FI = \frac{G_f}{m} \quad (2.2)$$

Burada $G_f(J/m^2)$, yük-yer değiştirme eğrisi altında kalan alanın (kırılma işinin, J), numunenin çentiksiz kısmının yüksekliğinin kalınlığı ile çarpımı ile elde edilecek paydaya bölünmesiyle hesaplanan kırılma enerjisidir. m , kN/mm cinsinden gösterilen yük-yer değiştirme eğrisinin tepe sonrası bükülme noktası eğimidir. A , 0,01'lik bir birim dönüştürme faktörüdür. Geliştirilen Esneklik İndeksinin (FI), karışım değişkenlerindeki bazı kritik değişiklikleri yakalamada belirgin bir kabiliyete sahip olduğu görülmüştür (Al-Qadi et al. 2017; Ling et al. 2017; Solaimanian 2018).

Yük-yer değiştirme eğrisinin altındaki alan, bir deney süresince iş/enerji tüketimini ifade eder (Şekil 2.1). Bir BSK numunesinin kırılma testinde, bu alan kırılma tokluğu veya kırılma enerjisi olarak adlandırılır ve BSK numunesinin kırılmaya karşı direncini ölçer. BSK numunelerinde gerçek çatlama yayılma özelliklerini belirlemek için, BSK numunesinde bir çentiğin varlığı kritik öneme sahiptir. Bir kırılma testinde, çentiğin varlığı numune boyunca mikro çatlaklar ve plastik deformasyonlar oluşturmak yerine enerji dağılımını yeni yüzeylerin oluşturulmasıyla sınırlar (Al-Qadi et al. 2022c).



Şekil 2.1. Tipik I-FIT deney sonucu: laboratuvarında hazırlanan TMA Aşınma için yük/yer değiştirme eğrisi.

Amerika Birleşik Devletleri'nde BSK tasarımının geliştirilmesine yönelik yayınlanan Ulusal İş Birliği Karayolu Araştırma Programı (NCHRP) raporunda (West et al. 2018) yer alan ankette, I-FIT yönteminin yansıma çatlağını, aşağıdan yukarıya yorulma çatlağını ve yukarıdan aşağıya yorulma çatlağını değerlendirmekte en büyük potansiyele sahip olduğu için Ulaştırma Bakanlığı (DOT) ve yüklenicilerden en fazla oyu almıştır.

I-FIT, BSK karışımlarının çatlak ilerleme direncini ele alır. Bu yöntem öncelikli olarak BSK kaplamalarındaki erken bozulmaları, yansıma çatlaklarını ve termal çatlak sorunlarını ele almak için geliştirilmiştir. I-FIT, SCB geometrisi kullanılarak 25°C ara sıcaklıkta ve 50 mm/dak yükleme hızında gerçekleştirilen yük hattı yer değiştirme (LLD) kontrol modunda üç noktalı bir eğilme testidir (Ozer et al. 2016c). Esneklik İndeksi (FI), I-FIT'in ana çıktısıdır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölüm, TMA Aşınma kaplamalarında kullanılan malzemelerin tanımlanmasından ve çalışma doğrultusunda bu malzemelerle gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan oluşmaktadır. Genel olarak çalışma kapsamında yapılan testler dört ana kategoriye ayrılabilir. Birinci kategori bitüm, agrega fiziksel özelliklerini araştırmayı hedefleyen testleri, ikinci kategori elyaf ile TMA Aşınma kaplamasının bitüm süzülme testlerini, üçüncü kategori TMA Aşınma kaplamalarının Marshall yöntemi ile optimum bitüm oranlarının araştırılması testlerini ve dördüncü kategori ise I-FIT SCB performans testlerini kapsamaktadır.

3.1. Malzemeler

Bu bölümde, bu çalışma kapsamında kullanılan malzemelerin özellikleri hakkında bilgi verilmektedir. Bu çalışmada kullanılan malzemeler genel olarak bitüm, agrega, elyaf olarak özetlenebilir.

3.1.1. Bitüm

Karışımda bağlayıcı olarak B70/100 penetrasyon sınıfında 3 farklı Tüpraş rafinerisinden bitüm kullanılmıştır. Bitümler Batman, İzmit ve Kırıkkale Tüpraş rafinerilerinden temin edilmiştir. Bu bitümler BSK üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.1.2. Agrega

Tez çalışmasında Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesinde karasal iklimin yoğun olarak yaşandığı Erzurum il sınırları içinde bulunan 4 adet taşocağı tercih edilmiştir. Taşocakları İspir İkizdere, Kırğındere, Laleli ve Mustafa Bey Taşocaklarıdır. Bu Taşocaklarından İspir İkizdere, Kırğındere ve Laleli magmatik kökenli, Mustafa Bey ise sedimanter kökenlidir ve karayolu uygulamalarında kullanılmış olan taşocaklarıdır.

3.1.3. Elyaf

Bitümce zengin TMA Aşınma karışımlarının karıştırılması, taşınması ve serme-sıkıştırması yapılırken bitümün kusmasını ve/veya TMA Aşınma karışımından ayrılmasına engel olmak için karışıma elyaf ilave edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bitümlü bağlayıcının süzülmesini engellemek için ülkemizde sıkça kullanılan polimer esaslı selülozik elyaf tercih edilmiştir.

3.2. Deneysel Çalışmalar

Bu bölümde, çalışma kapsamında dikkate alınan agrega, bitüm ve elyaf malzemelerinin deneysel çalışmaları ile ilgili bilgiler paylaşılmıştır. Deneysel çalışma kısmı yukarıda da belirtildiği üzere dört ana kategoriden oluşmaktadır. Birinci kategori bitüm, agrega fiziksel özelliklerini araştırmayı hedefleyen çalışma sürecini, ikinci kategori elyaf ile TMA Aşınma kaplamasının bitüm süzülme deneyi çalışma sürecini, üçüncü kategori TMA Aşınma kaplamalarının Marshall yöntemi ile optimum bitüm oranlarının belirlenmesi sürecini ve dördüncü kategori ise I-FIT SCB performans deney sürecini kapsamaktadır.

3.2.1. Agrega fiziksel özelliklerine ait deneysel çalışmalar

Agregalar için uygulanan bütün fiziksel deneylerin, güvenilir bir şekilde çalışmada kullanılabilmesi için temsil kabiliyeti yüksek numunelerin özenli bir şekilde alınmış olması gerekir. Aksi halde yapılacak çalışma da o numune için yanlış değerler elde edilmiş olacaktır. TMA Aşınma karışımlarında kullanılacak agregaların özelliklerini belirlemek amacıyla KTŞ'de yer alan aşağıdaki fiziksel deneyler gerçekleştirilmiştir.

- Los Angeles parçalanma direnci deneyi
- Micro Deval Aşınma direnci deneyi
- $MgSO_4$ hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi
- İnce agrega metilen mavisi deneyi
- Kaba agrega için özgül ağırlık ve su emme deneyi

- İnce agregalar için özgül ağırlık ve su emme deneyi
- Mineral filler için özgül ağırlık deneyi
- Yassılık indeksi deneyi
- Soyulma mukavemeti deneyi

Ø Los Angeles parçalanma direnci deneyi (TS EN 1097-2)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Los Angeles değerleri, TS EN 1097-2 (2020) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Los Angeles Parçalanma Direnci deneyi, darbelenme etkisiyle agregalar danelerinde oluşan parçalanma yüzdesinin belirlenmesini sağlar. Bu deneyle TMA Aşınma tabakasında kullanılan agregaların dane büyüklüğü 14 mm elekten geçip 10 mm elek üzerinde kalan iri agregaların Los Angeles makinesi ile parçalanmaya karşı mukavemeti tespit edilmiştir.

b. Kullanılan cihazlar

Los Angeles Tamburu: Tamburun her iki ucu da kapalı olacaktır. İç çapı (711 ± 5) mm ve iç uzunluğu (508 ± 5) mm olacaktır. Testten sonra numunenin yerleştirilmesini ve çıkarılmasını kolaylaştırmak için, tercihen tamburun tüm uzunluğu boyunca (150 ± 3) mm genişliğinde bir açıklık sağlanmalıdır. Test sırasında, iç yüzeyin silindirik kalmasını sağlayan çıkarılabilir bir kapak kullanılarak açıklık toz geçirmez olacak şekilde kapatılmalıdır. Tamburun mekanik kısmında gerekli devir sayısından sonra motoru otomatik olarak durdurabilecek devir sayacı bulunmalıdır.

Bilye Yüğü: 11 küresel çelik bilyeden oluşur. Her bir bilyenin ağırlığı 400 g ile 445 g arasında ve toplam yükün ağırlığı 4.690 g ile 4.860 g arasında olmalıdır. Bilyelerin yaklaşık çapı 47 mm'dir. Yeni bilyelerle birlikte yükün nominal kütlesi 4840 g olmalıdır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

20 g'lık pozitif tolerans üretim varyasyonuna ve 150 g'lık negatif tolerans kullanımdaki bilya aşınmasına izin verilebilir.

Tepsi: Testten sonra malzemeyi ve bilye yükünü geri kazanmak için yeterli boyutta olmalıdır.

Havalandırılmalı Etüv: 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Terazi: Deney numunesini, deney numunesinin kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Elekler: 1,6 mm, 10 mm, 11,2 (veya 12,5 mm), 14 mm diyafram açıklığına sahip olmalıdırlar.



(a)



(b)

Şekil 3.1. (a) Los Angeles Tamburu ve (b) Bilye Yüğü

c. Deney yapılışı

Deneyde içi boş, iki ucu kapalı silindirik şeklinde olan bir Los Angeles Tamburu içerisine agrega ile birlikte çelik küreler konularak, tambur belirli bir hızla, belirli bir devirde çalıştırılır. Sonuçta, metal kürelerin üzerine düşmesi sonucu parçalan

malzemenin 1,6 mm elek üzerinde kalan kısmının deney başında alınan malzemeye göre ağırlıkça yüzdesi parçalanma kaybı olarak verilir.

Deneyin yapılması sırasında Şekil 3.1.'de görülen Los Angeles deney seti düzeneğine ihtiyaç vardır. Deney numunesi yıkanarak 110 ± 5 °C'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Kurutulan numuneler 14 mm-12,5 (veya 11,2) mm ve 12,5(veya 11,2) mm-10 mm fraksiyonlarına ayrılır. Her bir fraksiyon 14 mm-12,5(veya 11,2) mm ve 12,5(veya 11,2) mm-10 mm boyutlarındaki iki agrega grubundan toplam 5.000 ± 5 g deney numunesi hazırlanır.

Not: 12,5 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, %60 ile %70 arasında veya 11,2 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, %30 ile %40 arasında olmalıdır.

Deney numunesi ve toplam ağırlığı 4.690 g ile 4.860 g arasında olan 11 adet bilya yükü Los Angeles Tamburunun içerisine yerleştirildikten sonra, Tambura dakikada 31-33 devir olacak şekilde 500 devir yaptırılır. Devir sayısı tamamlandıktan sonra numune çıkarılır 1,60 mm elekte yıkanır ve elenir. Yıkama sonrası 1,60 mm elek üstünde kalan malzeme 110 ± 5 °C'lik etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulur ve 1 g hassasiyetle tartılır. Tartım sonrası hesaplama kısmına geçilir.

d. Hesaplamalar

Los Angeles değeri Formül 3.1 ile hesaplanır.

$$\frac{5000-m}{50} \quad (3.1)$$

LA: Los Angeles değeridir.

m: 1,6 mm elek üzerinde kalan kütle miktarıdır, (g).

Agregalara yapılan Los Angeles deney sonuçları Çizelge 3.1, 3.2, 3.3, 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. İspir İkizdere Taşocağı Los Angeles deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	5.000
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	4.100,2
LA(%)	18

Çizelge 3.2. Kırğındere Taşocağı Los Angeles deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	5.000
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	4.117,4
LA(%)	18

Çizelge 3.3. Laleli Taşocağı Los Angeles deney sonucu

Ocak Adı	Laleli
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	5.000
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	4.241,8
LA(%)	15

Çizelge 3.4. Mustafa Bey Taşocağı Los Angeles deney sonucu

Ocak Adı	Mustafa Bey
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	5.000
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	3.835
LA(%)	23

Ø Micro Deval aşınma direnci deneyi (TS EN 1097-1)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Micro Deval değerleri, TS EN 1097-1 (2011) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Micro Deval Aşınma Direnci deneyi, döner bir tambur içerisinde bulunan agregalar ile aşındırıcı malzeme arasındaki sürtünmenin neden olduğu aşınmanın belirlenmesini sağlar. Bu deneyle TMA Aşınma tabakasında kullanılan agregaların dane büyüklüğü 14 mm elekten geçip 10 mm elek üzerinde kalan iri agregaların Micro Deval makinesi ile aşınmaya karşı direnci tespit edilmiştir.

b. Kullanılan cihazlar

Micro Deval Cihazı: Deney cihazı, bir ucu kapalı, iç çapı (200 ± 1) mm, taban ile kapağın iç yüzeyi arasındaki iç uzunluğu (154 ± 1) mm olan 1 ilâ 4 arası tambur ihtiva etmelidir. Tamburlar, yatay ekseninde dönen iki adet mil üzerine yerleştirilen en az 3 mm et kalınlığına sahip paslanmaz çelikten imal edilmiş olmalıdır. Tamburların iç yüzeyleri, kaynak veya birleştirme işlemi sırasında oluşabilecek çıkıntılara sahip olmamalıdır. Tamburlar, su ve toz geçirmez contaları bulunan en az 8 mm kalınlığındaki düz kapaklarla kapatılmalıdır. Deney cihazı, tamburları (100 ± 5) devir/dak. Sabit dönme hızında döndüren uygun bir motor ihtiva etmelidir (yaklaşık 1 Kw'lık motor gücü uygundur). Deney cihazı, motoru, belirtilen bir devir sayısından sonra otomatik olarak durduran bir sayaç veya başka uygun bir donanıma sahip olmalıdır.

Aşındırıcı Malzeme: ISO 3290'a uygun ($10 \pm 0,5$) mm çapındaki çelik bilyelerden oluşmalıdır. Bilye çapları, aralarındaki mesafe 9,5 mm olan paralel iki çubuk üzerinde bilyeleri hareket ettirmek suretiyle hemen kontrol edilebilir.

Havalandırılmalı Etüv: 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Terazi: Deney numunesini, deney numunesinin kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Elekler: 1,6 mm, 8 mm, 10 mm, 11,2 (veya 12,5 mm), 14 mm diyafram açıklığına sahip olmalıdırlar.



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) Micro Deval cihazı ve (b) Aşındırıcı malzeme

c. Deney yapılışı

Deneyin yapılması sırasında Şekil 3.2’de görülen Micro Deval deney seti düzeneğine ihtiyaç vardır. Deney numunesi yıkanarak 110 ± 5 °C’lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Kurutulan numuneler 14 mm-12,5(veya 11,2) mm ve 12,5(veya 11,2) mm-10 mm fraksiyonlarına ayrılır. Her bir fraksiyon 14 mm-12,5(veya 11,2) mm ve 12,5(veya 11,2) mm-10 mm boyutlarındaki iki agrega grubundan toplam 500 ± 2 g iki deney numunesi hazırlanır.

Not: 12,5 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, %60 ile %70 arasında veya 11,2 mm deney eleğinden geçen agrega miktarı, %30 ile %40 arasında olmalıdır.

Her bir deney numunesi, ayrı bir tamburun içine yerleştirilir. Her bir tambura, (5.000 ± 5) g’lık çelik bilye ve $(2,5 \pm 0,05)$ L su ilâve edilir. Kapağı kapatılan her bir tambur, iki adet mil üzerine yerleştirilir. Tamburlar, (100 ± 5) devir/dk. hızda (12.000 ± 10) devir tamamlanıncaya kadar döndürülür. Deneyden sonra, olabilecek herhangi bir agrega kaybını önlemeye dikkat edilerek, agrega ve çelik bilyeler bir kaptan toplanır. Bir yıkama şişesi kullanılarak tamburun içi ve kapağı dikkatlice yıkanır ve yıkanan malzeme toplanır. Tüm malzeme ve yıkama suları, 8 mm göz açıklıklı koruyucu bir elek ile korunan 1,6 mm göz açıklıklı elek üzerine dökülür. Dökülen malzeme, temiz su ile yıkanır. Herhangi bir tane kaybına yol açmadan, 8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte

3. MATERYAL ve YÖNTEM

tutulan agregataneleri dikkatlice çelik bilyelerden ayrılır. Agregataneleri elle veya elek üzerindeki bilyeler mıknatıs kullanılarak agregadan ayıklanır.

8 mm göz açıklıklı koruyucu elekte tutulan agregataneleri, bir tepsi içerisine dökülür. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan agregataneleri de aynı tepsi içerisine dökülür. Tepsi ve içerisindeki malzeme, etüvde $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'de kurutulur. 1,6 mm göz açıklıklı elekte tutulan kütle miktarı (m), en yakın grama yuvarlatılarak kaydedilir.

d. Hesaplamalar

Micro Deval değeri Formül 3.2 ile hesaplanır.

$$DE = \frac{500 - m}{5} \quad (3.2)$$

M_{DE} : Micro Deval değeridir.

m: 1,6 mm elek üzerinde kalan kütle miktarıdır, (g).

Agregalara yapılan Micro Deval deney sonuçları Çizelge 3.5, 3.6, 3.7, 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. İspir İkizdere Taşocağı Micro Deval deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere	
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	500	500
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	457	463
M_{DE}	8,6	7,4
	8	

Çizelge 3.6. Kırğındere Taşocağı Micro Deval deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere	
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	500	500
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Kütle(g)	440	440
M_{DE}	12,0	12,0
	12	

Çizelge 3.7. Laleli Taşocağı Micro Deval deney sonucu

Ocak Adı	Laleli	
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	500	500
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Küttele(g)	470	474
M_{DE}	6,0	5,2
	6	

Çizelge 3.8. Mustafa Bey Taşocağı Micro Deval deney sonucu

Ocak Adı	Mustafa Bey	
Deneye Tabi Tutulan Numune Kütlesi(g)	500	500
1,6 mm Elek Üzerinde Kalan Küttele(g)	434	433
M_{DE}	13,2	13,4
	13	

Ø $MgSO_4$ hava tesirlerine karşı dayanıklılık deneyi (TS EN 1367-2)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait $MgSO_4$ değerleri, TS EN 1367-2 (2011) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma tabakasında kullanılan agregaların dane büyüklüğü 14 mm elekten geçip 10 mm elek üzerinde kalan iri agregaların gözeneklerinin içindeki magnezyum sülfatın tekrarlı kristalleşmesi ve rehidrasyonunun yıkıcı etkilerine maruz bırakılması ile bozucu etkilerden kaynaklanan tahribatı sonucu dane boyutunda 10 mm'den daha ince malzemenin ne ölçüde üretildiğinin ölçülmesi amaçlanmıştır.

b. Kullanılan cihazlar

Elekler: Göz açıklığı 10 mm ve 14 mm olan.

Terazi: Deney numunesini, deney numunesinin kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Pirinç veya paslanmaz çelik telden sepetler: Deney numunelerini çözeltiye daldırmak için en az iki tane.

Kaplar: Çözeltiye daldırılan agreganın hacminin en az beş katı hacme sahip sepetlerin kolayca içeriye yerleştirilmesi ve dışarı alınması için.

MgSO₄ tankı veya tank odacıkları: Daldırma işlemleri esnasında kaplardaki çözeltinin sıcaklığını (20 ± 2) °C'ta muhafaza edebilen.

Hava Dolaşım Etüv: 110 ± 5 °C'lık bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Yoğunluk Dansitemetresi: 1,284 g/mL ila 1,300 g/mL aralığındaki yoğunlukları 0,001 g/mL doğrulukla ölçmek amacıyla ortalama yüzey gerilimi 55 mN/m için 20 °C'ta taksimatlandırılan.

Desikatör: Sepetlerin en az ikisini alabilecek yeterli büyüklükte olan.

Termometre: Aralığı 0 °C-120 °C olan ve 1 °C doğrulukla ölçme yapabilen.

Kronometre: Zaman periyotlarının tam aralığını ± 1 dakika doğrulukla ölçebilen.



(a)



(b)

Şekil 3.3. (a) MgSO₄ Tankı ve (b) Tel Sepet

c. Deney yapılışı

Deneyin yapılması sırasında Şekil 3.3’de görülen $MgSO_4$ deney seti düzeneğine ihtiyaç vardır. Tane büyüklüğü 10 mm ila 14 mm arasında olan agregalardan oluşan $420 \pm 0,1$ - $430 \pm 0,1$ g iki deney numunesi hazırlanır. Bu numuneler 1 lt su içinde 1.500 gr $MgSO_4$ ile hazırlanmış ($1,292 \pm 0,008$) g/ml yoğunlukta ki doymuş magnezyum sülfat çözeltisinde 20 ± 2 °C’de $17 \pm 0,5$ saat bekletilir. Daha sonra $2 \pm 0,25$ saat süzölmeye bırakılır. Bu süre sonrasında 110 ± 5 °C etüvde 24 ± 1 saat kurutmaya bırakılarak, $5 \pm 0,25$ saat laboratuvar sıcaklığında soğutulur. Bu bir döngü toplamda 48 ± 2 saat sürer. 5 defa tekrarlanan bu döngü yapıldıktan sonra yıkanarak 110 ± 5 °C’de etüvde kurutulur. 10 mm’lik elekten elenir ve tartılır. Tartım sonrası hesaplama kısmına geçilir.

d. Hesaplamalar

$MgSO_4$ değeri Formül 3.3 ile hesaplanır.

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \quad (3.3)$$

Burada;

MS: $MgSO_4$ değeridir.

M_1 : Deney numunesinin ilk kütlesidir, ($\pm 0,1$ g doğrulukla),

M_2 : 10 mm’lik elekte kalan agreganın nihai kütlesidir, ($\pm 0,1$ g doğrulukla).

Agregalara yapılan $MgSO_4$ deney sonuçları Çizelge 3.9, 3.10, 3.11, 3.12’de verilmiştir.

Çizelge 3.9. İspir İkizdere Taşocağı $MgSO_4$ deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere	
Numune No	1	2
M_1	420,1	430,0
M_2	414,6	427,2
MS	1,31	0,65
MS_{ort}	1	

Çizelge 3.10. Kırğındere Taşocağı MgSO₄ deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere	
Numune No	1	2
M ₁	419,9	429,9
M ₂	409,6	421,1
MS	2,45	2,05
MS_{ort}	2	

Çizelge 3.11. Laleli Taşocağı MgSO₄ deney sonucu

Ocak Adı	Laleli	
Numune No	1	2
M ₁	420,1	430,0
M ₂	414,0	427,3
MS	1,45	0,63
MS_{ort}	1	

Çizelge 3.12. Mustafa Bey Taşocağı MgSO₄ deney sonucu

Ocak Adı	Mustafa Bey	
Numune No	1	2
M ₁	420,0	430,1
M ₂	411,4	421,2
MS	2,05	2,07
MS_{ort}	2	

Ø İnce agrega metilen mavisi deneyi (TS EN 933-9)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Metilen Mavisi değerleri, TS EN 933-9 (2022) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma kaplamalarının bileşimini oluşturan agregaların, kaplama için uygun olup olmadığının belirlenmesi için birtakım kontroller yapılmıştır. Agregaların ince dane grubu içinde yer alan kil minerallerinin miktarını belirlemekte bu kontrollerden birisidir. Bu miktarın belirlenmesi için de en basit yöntemlerden biri olan metilen mavisi deneyi yapılır. Agregada bünyesinde aşırı miktarlarda kil minerallerinin olması karışımlarda zararlı etkilere neden olmaktadır. Bu deney; üretilmiş agregalara uygulanan, malzemenin kil mineralleri açısından kirliliğini gösteren, 2 mm'den geçen kısmına uygulanan bir deneydir. Amaç agrega karışımı içerisindeki kil ve silt miktarını belirlemektir. Kil ve silt

3. MATERYAL ve YÖNTEM

metilen mavisini absorbe eden malzemelerdir. Karışımdaki kil ve silt miktarı daha fazla ise kullanılan metilen mavisi miktarı fazla olur.

b. Kullanılan cihazlar

Cam Büret: 100 mL ve 1/10 mL oranında derecelendirilmiş olmalı.

Süzgeç (Filtre) Kâğıdı: 95 g/m², 0,20 mm kalınlık, filtrasyon hızı 75 s, gözenek büyüklüğü 8 µm olmalıdır.

Cam Çubuk: 300 mm uzunluğunda 8 mm çapında olmalıdır.

Pervaneli Karıştırıcı: Üç ya da dört adet (75 ± 10) mm çapında pervane bıçağına sahip olan ve dakikada (400 ± 40) ve (600 ± 60) devir değerinde hız sağlayabilen bir karıştırıcı olmalıdır.

Terazi: Deney numunesi kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Kronometre: 1 sn hassasiyette olmalı.

Elek: Göz açıklığı 2 mm olan.

Beher: Cam veya plastik, 1 l veya 2 l kapasiteye sahip olmalıdır.

Termometre: 1 °C doğrulukla ölçme yapabilen.

Hava Dolaşımli Etüv: Termostatik olarak kontrol edilebilir. 45 °C ile 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Kaolinit: Aşırı miktarda boya kullanımını önlemek için, 100 g kaolinit için 1 ila 2g arasında Metilen mavisi değerine sahip kaolinit tercih edilir.

Boya Çözeltisi: $10 \pm 0,1$ g/l metilen mavisi çözeltisi.

Damıtık ya da Demineralize Su

Ölçülü Cam Balon: 1 l kapasiteli olmalı.

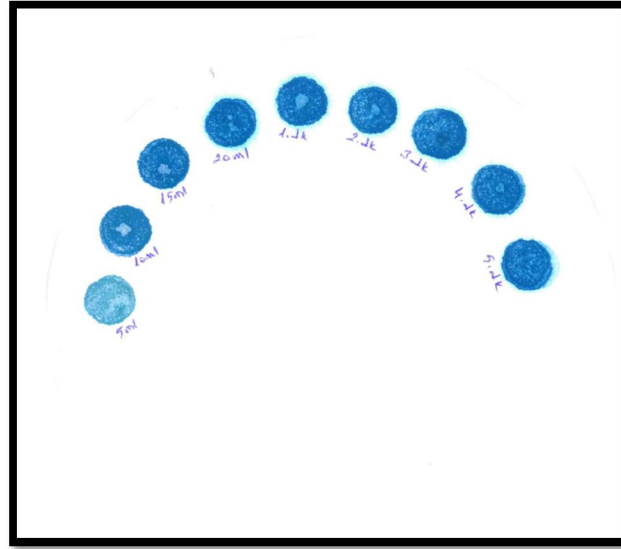


Şekil 3.4. Metilen Mavisi deney seti

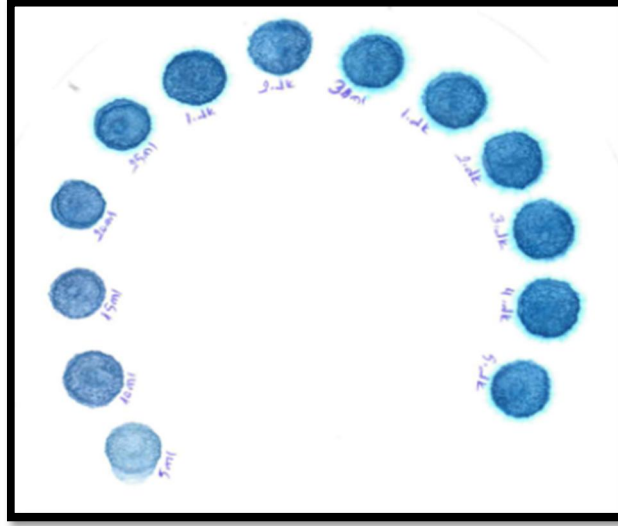
c. Deney yapılışı

Metilen mavisi deneyi öncesinde metilen mavisi çözeltisi hazırlanır. 10 g/l boya çözeltisi hazırlamak için, 500 ml hacmindeki damıtık veya demineralize su bir behere konularak 40 °C'ye kadar ısıtılır. 10 g metilen mavisi tozu behere ilave edilirken yavaşça karıştırılır. Metilen mavisi tozunun beher içerisinde tamamen çözünmesi için 45 dakika karıştırılırken karışımda aynı zamanda 20 °C'ye kadar soğutulur. Beherdeki çözelti yukarıda belirtilen 1 lt hacmindeki ölçülü balona aktarılır ve beher damıtık su ile çalkalanır. Ölçülü balon 1 lt işaretine kadar damıtık su ile tamamlanarak çalkalanır. Bu çözelti açık koyu renkli bir cam şişeye aktarılır. Çözeltinin saklama koşulları serin ve karanlık bir yer olmalıdır. Metilen mavisi çözeltisinin ömrü 28 günü geçmemelidir.

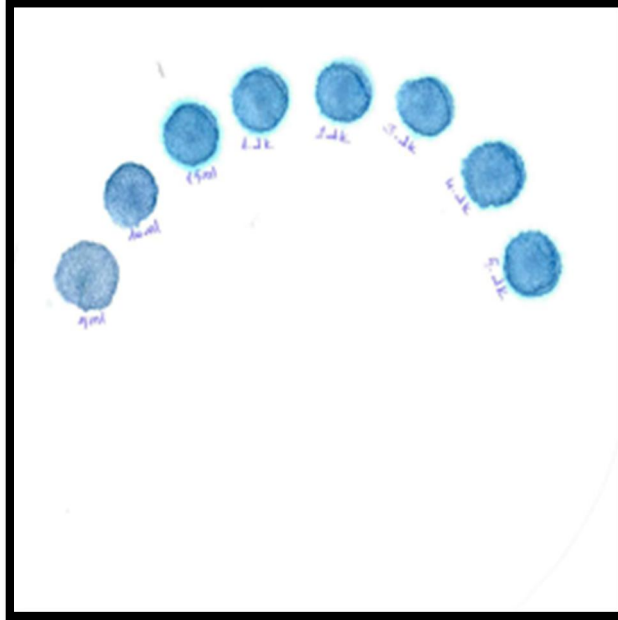
Deneyin yapılması sırasında Şekil 3.4’de görülen metilen mavisi deney seti düzeneğine ihtiyaç vardır. 500 ml damıtık veya demineralize suya karıştırılan 200 g 110 ± 5 °C etüvde kurutulmuş 2 mm elekaltı ince agrega 5 dakika boyunca 600 devir/dakika hızda karıştırılır. Karıştırma süresi sonunda devir ayarı 400 devir/dakikaya düşürülür 5 ml metilen mavisi çözeltisi eklenir ve 1 dakika boyunca karıştırılır. Karıştırmanın ardından standart cam çubukla alınan bir damla süspansiyon süzgeç kâğıdı üzerine damlatılarak mavi renkli halka ve bu halkayı çevreleyen açık mavi renkli bir halka oluşması gözlenmeye çalışılır. Halka görülene kadar her bir dakikalık döngü sonunda 5 ml’lik metilen mavisi çözeltisi ilavesi yapılarak işleme devam edilir. Açık mavi renkli hale gözlendikten sonra çözelti ilavesi yapılmadan karıştırmaya devam edilir. Açık mavi renkli hale 5 dakika süreyle kaybolmaması durumunda deneyin pozitif olduğuna karar verilir ve deney tamamlanır. Ancak bu bekleme süresinin 4. dakikasına kadar hale kaybolursa 5 ml daha çözelti ilave edilir, 5. dakikada hale kaybolursa 2 ml çözelti ilave edilir. Bu durumların her ikisinde de 5 dk süre ile karıştırma ve damlatma işlemleri tekrar edilir. Açık mavi halka, 8 – 12 mm çapındaki koyu mavi halka da 1 mm civarında olmalıdır. Deney süresince kullanılan boya miktarı hacimsel olarak ml cinsinden V_1 olarak kaydedilir.



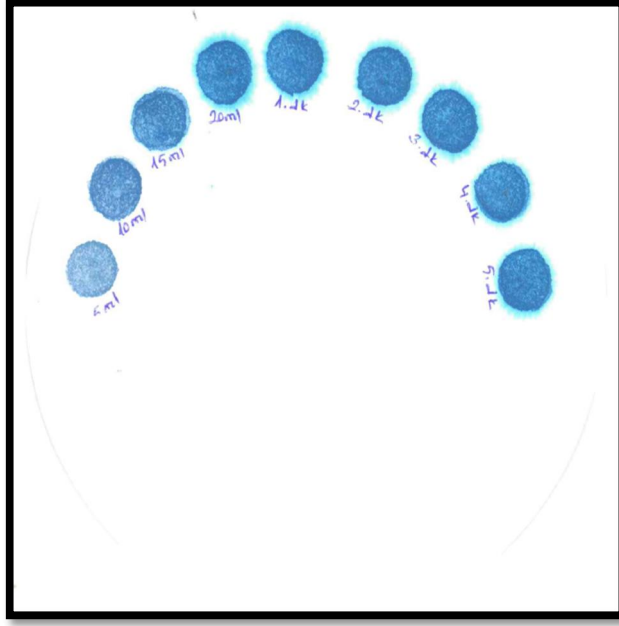
Şekil 3.5. İspir İkizdere Taşocağı Metilen Mavisi deneyi



Şekil 3.6. Kırgındere Taşocağı Metilen Mavisi deneyi



Şekil 3.7. Laleli Taşocağı Metilen Mavisi deneyi



Şekil 3.8. Mustafa Bey Taşocağı Metilen Mavisi deneyi

d. Hesaplamalar

Metilen mavisi deneylerinin hesaplamalarında Şekil 3.5, 3.6, 3.7, 3.8’de görülen sonuçlar esas alınmıştır.

Metilen Mavisi değeri Formül 3.4 ile hesaplanır.

$$\frac{V_1}{M_1} = 10 \quad (3.4)$$

Burada;

MB: (0/2) mm aralığının beher kilogramı için kullanılan boya miktarı 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

M_1 : Deney numunesi kısmının kütlesidir, (g).

V_1 : İlave edilen boya çözeltisinin toplam hacmidir, (mL).

“10” sayısı, kullanılan boya çözeltisinin hacmini, agreganın yüzeyde tutulan boya kütlesine dönüştürmek için kullanılır.

Agregalara yapılan Metilen Mavisi deney sonuçları Çizelge 3.13, 3.14, 3.15, 3.16’da verilmiştir.

Çizelge 3.13. İspir İkizdere Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere
V ₁	20,0
M ₁	200,0
MB	1,00

Çizelge 3.14. Kırğındere Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere
V ₁	30,0
M ₁	200,0
MB	1,50

Çizelge 3.15. Laleli Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu

Ocak Adı	Laleli
V ₁	15,0
M ₁	200,0
MB	0,75

Çizelge 3.16. Mustafa Bey Taşocağı Metilen Mavisi deney sonucu

Ocak Adı	Mustafa Bey
V ₁	20,0
M ₁	200,0
MB	1,00

Ø Kaba agrega için özgül ağırlık ve su emme deneyi (TS EN 1097-6)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Özgül Ağırlık ve Su Emme değerleri, TS EN 1097-6 (2022) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma dizaynında kullanılacak 19,10 mm ile 4,75 mm arasında kalan kaba agregaların özgül ağırlıklarının ve su emme yüzdesinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

b. Kullanılan cihazlar

Hava Dolaşımli Etüv: 110 ± 5 °C'lık bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Terazi: Deney numunesini, deney numunesinin kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Su Banyosu: termostat kontrollü ve sıcaklığı (22 ± 3) °C'ta tutulabilen.

Termometre: 1 °C doğrulukla ölçme yapabilen.

Elek: Göz açıklığı 4,75 mm, 19,10 mm olan.

Tepsiler: Uygun büyüklükte olan ve kütlesinde değişme olmadan hava dolaşımli etüvde ısıtılabilen.

Kronometre: 1 sn hassasiyette olmalı.

Piknometre: 1.000 mL ile 5.000 mL arasında hacme sahip bir cam şişe ve başka uygun bir kaptan ibaret ve deney süresi boyunca, hacmi 0,5 mL mertebesinde kararlı olan.

Bezler: Kuru, yumuşak emici olmalı.



Şekil 3.9. Kaba Agrega Özgöl Ağırlık Piknometre seti

c. Deney yapılışı

Özgül ağırlık deneyinin yapılması için Şekil 3.9’da görülen piknometreye ihtiyaç vardır. Deney numunesi kısmı, ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 19,10 mm ve 4,75 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 19,10 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometrede bulunan, $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsolmuş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır. Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hale getirilir ve deney numunesi kısmı, $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ’de $(24 \pm 0,5)$ saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsolmuş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

Piknometre, su ilave edilerek taşacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiçbir hava hapsedilmeden tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_2). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

Agrega taneleri, sudan çıkarılır ve birkaç dakika süreyle kurumaya bırakılır. Piknometre tekrar su ile doldurulur ve kapak daha önce belirtildiği şekilde yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_3). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

M_2 ve M_3 tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark, 2°C ’yi geçmemelidir.

Suyu süzölmüş deney numunesi kısmı, kuru bezlerden birinin üzerine alınır. Bez üzerine yerleştirilen agregatanelerinin yüzeyi dikkatlice kurutulur ve bez rutubet ememeyecek hale geldiğinde, taneler, ikinci bir kuru, yumuşak emici bez üzerine aktarılır. Agregataneleri, kalınlığı bir agregatanesinden daha fazla olmayacak şekilde, bu ikinci bez üzerine yayılır ve görülebilir bütün su filmleri uzaklaştırılana kadar direk güneş ışığından veya herhangi bir ısı kaynağından korunarak atmosfere maruz bırakılır. Ancak bu durumda agregataneleri, hala rutubetli bir görünüm arz eder.

Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarılır ve tartılır (M_1). Agregataneleri, hava dolaşımına bir etüvde, $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 'de, sabit kütleye (M_4) kadar kurutulur. Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlesinin (M_4) %0,1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla kaydedilir.

d. Hesaplamalar

Kaba agregat hacim ve zahiri özgül ağırlıkları G_{k-h} , G_{k-z} aşağıdaki Formül 3.5, 3.6 yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Kaba Agregat Hacim Özgül Ağırlık: } G_{k-h} = \frac{M_4}{M_4 - M_2 - M_3} \quad (3.5)$$

$$\text{Kaba Agregat Zahiri Özgül Ağırlık: } G_{k-z} = \frac{M_4}{M_1 - M_2 - M_3} \quad (3.6)$$

Su emme oranı (WA_{24}), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki Formül 3.7 yardımıyla hesaplanır:

$$WA_{24} = \frac{100 \times M_1 - M_4}{M_4} \quad (3.7)$$

Burada;

M_1 : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesidir (g),

M_2 : Doygun agregat numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesidir (g),

M_3 : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesidir (g),

M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesidir (g).

Kaba agregalara yapılan hacim ve zahiri özgül ağırlık ve su emme oranı deney sonuçları Çizelge 3.17, 3.18, 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.17. İspir İkizdere Taşocağı Kaba Agregası Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.

Ocak Adı	İspir İkizdere	
	1. Numune	2. Numune
M ₁	3.000,2	3.000,9
M ₂	7.103,7	7.278,7
M ₃	5.246,2	5.421,5
M ₄	2.983,6	2.983,9
G_{k-h}	G_{k-z}	WA₂₄
2,610	2,649	0,56

Çizelge 3.18. Kırğındere Taşocağı Kaba Agregası Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.

Ocak Adı	Kırğındere	
	1. Numune	2. Numune
M ₁	3.019,0	3.020,3
M ₂	7.174,0	7.348,8
M ₃	5.246,2	5.421,5
M ₄	2.982,6	2.983,4
G_{k-h}	G_{k-z}	WA₂₄
2,731	2,826	1,23

Çizelge 3.19. Laleli Taşocağı Kaba Agregası Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu

Ocak Adı	Laleli	
	1. Numune	2. Numune
M ₁	3.009,2	3.010,9
M ₂	7.133,9	7.311,0
M ₃	5.246,3	5.421,5
M ₄	2.979,9	2.981,8
G_{k-h}	G_{k-z}	WA₂₄
2,658	2,729	0,98

Ø İnce agregası için özgül ağırlık ve su emme deneyi (TS EN 1097-6)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Özgül Ağırlık ve Su Emme değerleri, TS EN 1097-6 standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma dizaynında kullanılacak 4,75 mm ile 0,075 mm arasında kalan ince agregaların özgül ağırlıklarının ve su emme yüzdesinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

b. Kullanılan cihazlar

Hava Dolaşımli Etüv: 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Terazi: Deney numunesi kütlesinin %0,1'i hassasiyetinde tartabilmelidir.

Su Banyosu: Termostat kontrollü ve sıcaklığı (22 ± 3) °C'ta tutulabilen.

Termometre: 1 °C doğrulukla ölçme yapabilen.

Elek: Göz açıklığı 0,075 mm, 4,75 mm olan.

Tepsiler: Uygun büyüklükte olan ve kütlesinde değişme olmadan hava dolaşımli etüvde ısıtılabilen.

Kronometre: 1 sn hassasiyette olmalı.

Piknometre: 500 mL ile 2.000 mL arasında hacme sahip bir cam şişe ve başka uygun bir kaptan ibaret ve deney süresi boyunca, hacmi 0,5 mL mertebesinde kararlı olan.

Bezler: Kuru, yumuşak emici olmalı.

Metal kalıp: Üst kısmının çapı (40 ± 3) mm, alt kısmının çapı (90 ± 3) mm ve yüksekliği (75 ± 3) mm kesik koni şeklinde olan. Metal kalıbın et kalınlığı en az 0,8 mm olmalıdır.

Metal sıkıştırıcı: (340 ± 15) g kütleli, çapı (25 ± 3) mm olan dairesel kesitli bir karıştırma yüzeyi ihtiva eden ve metal kalıp ile birlikte kullanılan.

Sıcak hava kaynağı: Saç kurutma makinası gibi.



Şekil 3.10. İnce Agrega Özgöl Ağırlık Piknometre seti

c. Deney yapılışı

Özgöl ağırlık deneyinin yapılması için Şekil 3.10’da görülen piknometreye ihtiyaç vardır. Deney numunesi kısmı, ince tanelerin uzaklaştırılması amacıyla, 4,75 mm ve 0,075 mm göz açıklıklı eleklerde yıkanır. 4,75 mm göz açıklıklı elekte tutulan taneler atılır. Daha sonra numune kurumaya bırakılır.

Hazırlanan deney numunesi kısmı, piknometrede bulunan, $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki suya daldırılır ve hapsedilmiş hava, piknometre, eğik konumda hafifçe yuvarlanarak ve sallanarak uzaklaştırılır. Piknometre, su banyosu içerisinde düşey hale getirilir ve deney numunesi kısmı, $(22 \pm 3) ^\circ\text{C}$ ’de $(24 \pm 0,5)$ saat süreyle tutulur. Islatma süresinin sonunda, piknometre su banyosundan çıkarılır ve varsa geriye kalan hapsedilmiş hava, piknometreyi hafifçe yuvarlamak ve sallamak suretiyle uzaklaştırılır.

Piknometre, su ilave edilerek taşıyacak şekilde doldurulur ve kap içerisinde hiçbir hava hapsedilmeden tepe kısmına bir kapak yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_2). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

Deney numunesi kısmını kaplayan suyun büyük bir kısmı süzülür ve piknometre bir tepsiye boşaltılır. Piknometre tekrar su ile doldurulur ve kapak daha önce belirtildiği şekilde yerleştirilir. Daha sonra, piknometrenin dış kısmı kurutulur ve tartılır (M_3). Suyun sıcaklığı kaydedilir.

M_2 ve M_3 tartımları esnasında, piknometredeki su sıcaklıkları arasındaki fark, 2°C 'yi geçmemelidir.

Islak deney numunesi kısmı, tepsinin tabanına üniform bir tabaka halinde yayılır. Yüzey rutubetini buharlaştırmak amacıyla, agrega taneleri, hafif bir sıcak hava akımına maruz bırakılır. Agregataneleri, üniform bir kurumunun elde edilmesi amacıyla, hiçbir yüzey nemi görülmeinceye ve taneler artık birbirlerine yapışmayıncaya kadar, sık aralıklarla karıştırılır. Karıştırma devam ederken, numune, oda sıcaklığına kadar soğutulur.

Yüzey kuruluşunun sağlanıp sağlanmadığının tespit edilmesi için, metal koni kalıbı, en büyük çapa sahip kısım, tepsinin tabanına gelecek şekilde yerleştirilir. Koni kalıbı, bir miktar kuru deney numunesi kısmıyla gevşek olarak doldurulur ve kalıbın üst kısmındaki delikten geçirilen bir sıkıştırıcı kullanmak suretiyle agrega yüzeyi 25 defa hafifçe vurularak sıkıştırılır. Sıkıştırma işleminden sonra, kalıp tekrar doldurulmaz. Kalıp, üzerinde hiçbir agregatanesi olmayacak şekilde, dikkatlice kaldırılır. Elde edilen agrega konisi çökmezse, kalıp kaldırıldığında çökme olayı meydana gelene kadar kurutmaya devam edilir ve koni deneyi tekrarlanır.

Doygun ve yüzeyi kuru deney numunesi kısmı, bir tepsiye aktarılır ve tartılır (M_1). Agregataneleri, hava dolaşımına sahip bir etüvde, $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'de, sabit kütleye (M_4) kadar kurutulur. Bütün kütle değerleri, deney numunesi kısmının kütlesinin (M_4) %0,1'i veya daha iyi olan bir doğrulukla kaydedilir.

d. Hesaplamalar

İnce agrega hacim ve zahiri özgül ağırlıkları G_{i-h} , G_{i-z} aşağıdaki Formül 3.8, 3.9 yardımıyla hesaplanır:

$$\text{İnce Agregat HACİM ÖZGÜL AĞIRLIK: } i-h \quad \frac{M_4}{M_4 - M_2 - M_3} \quad (3.8)$$

$$\text{İnce Agregat ZAHİRİ ÖZGÜL AĞIRLIK: } i-z \quad \frac{M_4}{M_1 - M_2 - M_3} \quad (3.9)$$

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Su emme oranı (WA_{24}), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki Formül 3.10 yardımıyla hesaplanır:

$$24 \quad \frac{100 \times M_1 - M_4}{M_4} \quad (3.10)$$

Burada;

M_1 : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesidir (g),

M_2 : Doygun agrega numunesini ihtiva eden piknometrenin kütlesidir (g),

M_3 : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesidir (g),

M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesidir (g).

İnce agregalara yapılan hacim ve zahiri özgül ağırlık ve su emme oranı deney sonuçları Çizelge 3.20, 3.21, 3.22, 3.23’de verilmiştir.

Çizelge 3.20. İspir İkizdere Taşocağı İnce Agrega Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.

Ocak Adı	İspir İkizdere	
	1. Numune	2. Numune
M_1	512,3	512,8
M_2	2.659,7	2.604,4
M_3	2.341,8	2.286,0
M_4	508,5	509,1
G_{k-h}	G_{k-z}	WA_{24}
2,617	2,669	0,74

Çizelge 3.21. Kırğındere Taşocağı İnce Agrega Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere	
	1. Numune	2. Numune
M_1	523,3	524,0
M_2	2.676,5	2.621,1
M_3	2.341,8	2.286,0
M_4	516,4	517,0
G_{k-h}	G_{k-z}	WA_{24}
2,737	2,842	1,35

Çizelge 3.22. Laleli Taşocağı İnce Agrega Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu

Ocak Adı	Laleli	
	1. Numune	2. Numune
M ₁	511,0	513,3
M ₂	2.662,8	2.608,4
M ₃	2.341,8	2.286,0
M ₄	505,4	507,6
G_{k-h}	G_{k-z}	WA₂₄
2,660	2,741	1,12

Çizelge 3.23. Mustafa Bey Taşocağı İnce Agrega Özgül Ağırlık ve Su Emme deney sonucu.

Ocak Adı	Mustafa Bey	
	1. Numune	2. Numune
M ₁	509,1	508,6
M ₂	2.584,3	2.653,2
M ₃	2.264,4	2.333,5
M ₄	506,0	505,4
G_{k-h}	G_{k-z}	WA₂₄
2,675	2,720	0,62

Ø Mineral filler için zahiri özgül ağırlık deneyi (TS EN 1097-7)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Özgül Ağırlık değerleri, TS EN 1097-7 (2022) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma dizaynında kullanılacak No.200 altında kalan mineral fillerin özgül ağırlıklarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

b. Kullanılan cihazlar

Piknometre: 50 mL anma kapasiteli. Tıkacın alt tarafı konkav olmalı ve üstü, yüzey seviyesinde kesilmiş kalın cidarlı bir kapiler (kılcal) ihtiva etmelidir.

Su banyosu: Sıcaklığı (25 ± 3) °C'ta tutulabilen.

Terazi: 0,001 g doğrulukla tartabilen, tayin için.

Hava Dolaşımli Etüv: 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Desikatör: Uygun miktarda nem çekici madde ile doldurulmuş.

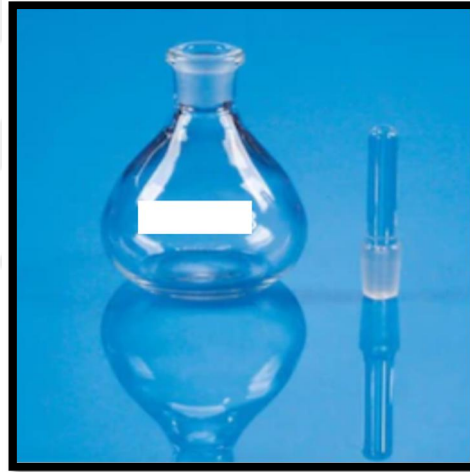
Vakumlu desikatör

Vakum pompası: Basıncı 3,0 kPa'a kadar düşürebilen.

Spatula

Elek: Göz açıklığı 0,075 olan ve uygun toplama kabını ihtiva eden.

Demineralize Su



Şekil 3.11. Mineral Filler Özgül Ağırlık Piknometre seti

c. Deney yapılışı

Özgül ağırlık deneyinin yapılması için Şekil 3.11’de görülen piknometreye ihtiyaç vardır. Deney kısmı, kurutma işlemine tabi tutulmadan önce en az 50 g kütleyle sahip olmalıdır. Deney kısmı, (110 ± 5) °C'ta sabit kütleyle kadar kurutulur ve desikatörde en az 90 dakika süre ile soğumaya bırakılır. Deney kısmında topaklanma olup olmadığı kontrol edilir. Topaklanma varsa, topaklar spatula ile dikkatlice ezilir ve deney kısmı karıştırılır. Mineral Filler, 0,075 mm göz açıklıklı elekten kuru olarak elenir. Elekten geçen bütün taneler muhafaza edilir.

Özgül ağırlık tayini, piknometreler ve demineralize su yardımıyla üç ayrı deney numunesi kullanılarak yapılır. Bütün tartımlar, 0,001 g doğrulukla yapılır. Üç tayinin her biri için aşağıdaki işlemler yapılır:

Tıkaçlı temiz ve kuru piknometre tartılır (M_1). Piknometre, deney kısmından alınan (10 ± 1) g mineral filler ile doldurulur ve tekrar tartılır (M_3). Deney numunesinin tamamen batması için yeterli miktarda demineralize su ilave edilir. Tıkaç, piknometreye yerleştirilir. Piknometre, vakumlu desikatöre konur ve vakum pompasıyla yaklaşık 5 dakika 3,0 kPa basınçta vakumlanır. Piknometre, 3,0 kPa basınçtaki vakumlu desikatörde 30 dakika süreyle tutulur. Desikatördeki hava basıncı ayarlandıktan sonra, piknometre dışarıya çıkarılır ve sıvı ile doldurulur. Piknometre, üst kısmı, banyo su seviyesinin 2 mm ile 3 mm üzerinde olacak şekilde tıkaçsız olarak (25 ± 3) °C'deki su banyosuna yerleştirilir. 60 dakika sonra, tıkaç piknometreye yerleştirilerek bir miktar demineralize suyun kapiler dışına taşması sağlanır. Kapilerin üstü kurutulur ve piknometre, su banyosundan çıkarılır. Isınma nedeniyle demineralize suyun kapiler dışına taşmasını önlemek için piknometre hızlıca soğuk çeşme suyu altında soğutulur. Piknometrenin dışı kurutulur ve deney numunesi ve sıvı ile dolu olan piknometre tartılır (M_4). Daha sonra piknometre, demineralize su ile doldurulur. Tıkaçsız piknometre, üst kısmı banyo su seviyesinin 2 mm ile 3 mm üzerinde olacak şekilde (25 ± 3) °C'deki su banyosuna yerleştirilir. 60 dakika sonra, tıkaç piknometreye yerleştirilerek bir miktar suyun kapiler dışına taşması sağlanır. Kapilerin tepesi kurutulur ve piknometre, su banyosundan çıkarılır. Isınma nedeniyle demineralize suyun kapiler dışına taşmasını önlemek için piknometre hızlı bir şekilde soğuk çeşme suyu altında soğutulur. Piknometrenin dış kısmı dikkatlice kurutulur ve su ile doldurulmuş olan piknometre tartılır (M_2).

d. Hesaplamalar

Mineral filler zahiri özgül ağırlığı G_{f-z} aşağıdaki Formül 3.11 yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Mineral Filler Zahiri Özgül Ağırlık: } f_{f-z} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1 - M_4 + M_3} \quad (3.11)$$

Burada;

M₁: Tıkaçlı boş piknometrenin kütlesidir (g),

M₂: Su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesidir (g),

M₃: İçinde mineral filler deney kısmı bulunan piknometrenin kütlesidir (g),

M₄: Demineralize suya batırılmış ve içinde mineral fillerden oluşan deney kısmı bulunan piknometrenin kütlesidir (g).

Mineral fillere yapılan zahiri özgül ağırlık deney sonuçları Çizelge 3.24, 3.25, 3.26, 3.27’de verilmiştir.

Çizelge 3.24. İspir İkizdere Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune
M ₁	26,147	27,745	26,342
M ₂	79,883	81,689	80,339
M ₃	36,447	38,245	36,542
M ₄	86,495	88,432	86,888
G_{f-z}	2,794		

Çizelge 3.25. Kırğındere Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune
M ₁	26,147	27,745	26,342
M ₂	79,883	81,689	80,339
M ₃	36,647	38,145	36,642
M ₄	86,785	88,523	87,108
G_{f-z}	2,917		

Çizelge 3.26. Laleli Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu

Ocak Adı	Laleli		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune
M ₁	26,147	27,745	26,342
M ₂	79,883	81,689	80,339
M ₃	36,747	38,445	37,142
M ₄	86,644	88,511	87,226
G_{f-z}	2,760		

Çizelge 3.27. Mustafa Bey Taşocağı Mineral Filler Özgül Ağırlık deney sonucu

Ocak Adı	Mustafa Bey		
	1. Numune	2. Numune	3. Numune
M ₁	26,147	27,745	26,342
M ₂	79,883	81,689	80,339
M ₃	36,247	38,545	36,742
M ₄	86,271	88,519	86,918
G_{f-z}	2,721		

Ø Yassılık indeksi deneyi (BS 812)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Yassılık İndeksi değerleri, BS 812 (1990) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA Aşınma dizaynında kullanılacak 6,30 mm ile 19,10 mm arasında kalan agregaların yassılık indeksinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu metot kalınlığı nominal boyutunun %60'ından daha küçük olan agregaların yassı olarak sınıflandırılmasını esas almaktadır. İki elek arasında kalan agreganın nominal boyutu bu iki elek açıklığının aritmetik ortalamasıdır.

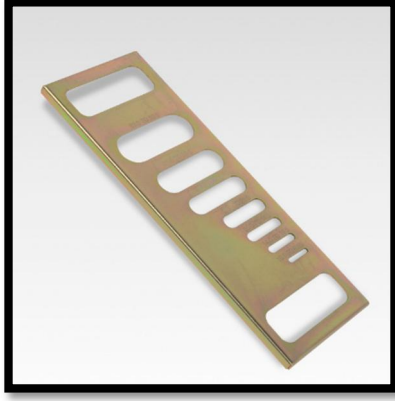
b. Kullanılan cihazlar

Yassılık İndeksi Şablonu: Üzerinde elipsoid açıklığa sahip deliklerin bulunduğu şablon.

Hava Dolaşımli Etüv: 105 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Elek: Göz açıklığı 20 mm, 14 mm, 10 mm ve 6,3 mm olan.

Terazi: 0,1 g ve 1 g doğrulukla tartabilen iki terazi.



(a)



(b)

Şekil 3.12. (a) Yassılık indeksi şablonu ve (b) deney örneği

c. Deney yapılışı

Yassılık indeksi deneyinin yapılması için Şekil 3.12’de görülen şablona ihtiyaç vardır. Yassılık indeksi deneyi yapılacak numunelere elek analizi yapılarak sonuçlara göre malzemeler tepsilere ayrılır. Ayrılan malzemelerden gerekli olduğu kadar alınır. Her elek arasından alınan malzemeler şablon üzerindeki kendi açıklığından tek tek geçirilir. Her fraksiyondaki yassı agrega miktarları tartılır ve kaydedilir.

d. Hesaplamalar

Her fraksiyonun yassı dane yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanır. Her fraksiyona ait yassı dane yüzdesi, o fraksiyonun düzeltilmiş gradasyon yüzdesi ile çarpılarak gerçek yüzde bulunur. Fraksiyonlara ait düzeltilmiş yassı dane yüzdelерinin toplamı, malzemenin yassılık yüzdesini verir. TMA Aşınma karışımlarına ait gradasyonların yassılık indeksi aşağıdaki Formül 3.12 yardımıyla hesaplanır:

$$\text{Yassı dane yüzdesi} = YD = \frac{M_2}{M_3} \times 100 \quad (3.12)$$

M_1 : Deneyde bulunan yassı olmayan (şablondan geçmeyen kısım) agrega kütlesidir (g),

M_2 : Deneyde bulunan yassı (şablondan geçen kısım) agrega kütlesidir (g),

M_3 : Deneye alınan agrega kütlesidir (g).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Agregalara yapılan yassılık indeksi deney sonuçları Çizelge 3.28, 3.29, 3.30’da verilmiştir.

Çizelge 3.28. İspir İkizdere Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı								
Elek Açıklığı	Numunenin Gradasyonu (%)		Düzeltilmiş Her Elek Üzerinde Kalan (%)	Deneye Alınacak Agreganın Boyutları ve Miktarları	Yassı Olmayan Dane Kütle (g)	Yassı Dane Kütle (g)	Deneye Alınan Agreganın Kütle (g)	Yassı Dane %'si	Düzeltilmiş Kayıp (%)
mm	Geçen (%)	Her Elek Üzerinde Kalan (%)		Elek Açıklığı	M ₁	M ₂	M ₃ = M ₁ +M ₂	YD= M ₂ *100/ M ₃	H= YD*C/100
20	100	0	C=B*100/A	mm	M ₁	M ₂	M ₃ = M ₁ +M ₂	YD= M ₂ *100/ M ₃	H= YD*C/100
14	95	5	9,3	20-14	877	123	1.000	12,30	1,1
10	67	28	51,9	14-10	434	66	500	13,20	6,8
6,3	46	21	38,9	10-6.3	208	42	250	16,80	6,5
Toplam A		54,0	100,0	Numunenin Yassılık İndeksi					14,5

Çizelge 3.29. Kırğındere Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu

Ocak Adı	Kırğındere Taşocağı								
Elek Açıklığı	Numunenin Gradasyonu (%)		Düzeltilmiş Her Elek Üzerinde Kalan (%)	Deneye Alınacak Agreganın Boyutları ve Miktarları	Yassı Olmayan Dane Kütle (g)	Yassı Dane Kütle (g)	Deneye Alınan Agreganın Kütle (g)	Yassı Dane %'si	Düzeltilmiş Kayıp (%)
mm	Geçen (%)	Her Elek Üzerinde Kalan (%)		Elek Açıklığı	M ₁	M ₂	M ₃ = M ₁ +M ₂	YD= M ₂ *100/ M ₃	H= YD*C/100
20	100	0	C=B*100/A	mm	M ₁	M ₂	M ₃ = M ₁ +M ₂	YD= M ₂ *100/ M ₃	H= YD*C/100
14	95	5	9,3	20-14	788	212	1.000	21,20	2,0
10	67	28	51,9	14-10	392	108	500	21,60	11,2
6,3	46	21	38,9	10-6.3	233	17	250	6,80	2,6
Toplam A		54,0	100,0	Numunenin Yassılık İndeksi					15,8

Çizelge 3.30. Laleli Taşocağı Yassılık İndeksi deney sonucu

Ocak Adı	Laleli Taşocağı								
Elek Açıklığı	Numunenin Gradasyonu (%)		Düzeltilmiş Her Elek Üzerinde Kalan (%)	Deneye Alınacak Agreganın Boyutları ve Miktarları	Yassı Olmayan Dane Kütlesi (g)	Yassı Dane Kütlesi (g)	Deneye Alınan Malzeme Kütlesi (g)	Yassı Dane %'si	Düzeltilmiş Kayıp (%)
mm	Geçen (%)	Her Elek Üzerinde Kalan (%)		Elek Açıklığı					
		B	$C=B*100/A$	mm	M_1	M_2	$M_3=M_1+M_2$	$YD= \frac{M_2*100}{M_3}$	$H= \frac{YD*C}{100}$
20	100	0							
14	95	5	9,3	20-14	860	140	1.000	14,00	1,3
10	67	28	51,9	14-10	412	88	500	17,60	9,1
6,3	46	21	38,9	10-6,3	211	39	250	15,60	6,1
Toplam A		54,0	100,0	Numunenin Yassılık İndeksi					16,5

Ø Soyulma mukavemeti deneyi (TS EN 12697-11) (KTŞ Kısım 403 Ek-A)

Bu çalışmada kullanılan agregalara ait Soyulma Mukavemeti değerleri, KTŞ Kısım 403 Ek-A'ya ve TS EN 12697-11 (2020) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Bu deneyin amacı agrega ve bitüm arasındaki adezyonu ve bu adezyonun soyulmaya etkisini incelemektir.

b. Kullanılan cihazlar

Petri Kabı: Petri kabı, düz tabanlı olmalı agregaları tek tabaka halinde alacak genişlikte ve agregaların tamamen suya batmasını sağlayacak yükseklikte olmalıdır.

Karıştırma Kabı: 1,5 l kapasiteli olmalıdır.

Elek: Göz açıklığı 10 mm ve 6,3 mm olan.

Hava Dolaşımli Etüv: 110 ± 5 °C'lik bir sıcaklığı korumak için uygun olmalıdır.

Damıtılmış Su

Isıtma Aparatları: Agregası ve bitümü ayrı ayrı belirtilen sıcaklığa ısıtabilecek aparatlar.

Cam Baget

c. Deney yapılışı

TMA Aşınma dizaynında kullanılacak agrega numunelerinden 10 mm ile 6,3 mm olan elekler arasında 200 g tartılır. Agregası damıtılmış su ile yıkanır daha sonra 110 ± 5 °C etüvde sabit kütleye gelinceye kadar kurutulur. Etüvde çıkardıktan sonra desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulur. Soğutulduktan sonra $100 \pm 0,5$ g tartılarak behere doldurulur. Beherle birlikte sıcaklığı $140 - 150$ °C etüvde 1 saat bekletilir. Aynı zamanda deneyde kullanılacak bitümden $5 \pm 0,1$ g tartılarak uygun bir behere koyulur. Bitüm ihtiva eden beher bir kum banyosuna yerleştirilerek ısıtılır. Bitüm akışkan hale gelince etüvde bekletilen agrega zaman kaybetmeden behere dökülür ve bir cam bagetle bütün agrega yüzeyi bitümle kaplanıncaya kadar kum banyosu üzerinde karıştırılır. Beherdeki karışım Şekil 3.13, 3.14, 3.15, 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 ve 3.21’de görüldüğü üzere 10 cm çaplı petri kablarna eşit miktarda aktarılır ve 10 dk ortam sıcaklığında bekletilir. Sonra petri kapları damıtılmış su ile dolu derin bir tepsi içerisine yerleştirilir. Petri kaplarının üzerinde 3 cm su olmalıdır. Sıcaklığı 60 °C olan etüvde 24 saat bekletilir. Bu süre sonunda petri kapları dışarı alınır ve suyu değiştirilir. Yandan gelen ışık ile ağıgaların yüzeyleri gözle incelenir. Gözle inceleme sonunda bitümle kaplı agrega yüzeylerinin agrega yüzeyine oranı soyulma dayanımı olarak ifade edilir. İki petri kabından elde edilem soyulma dayanımlarının ortalaması alınarak sonuç elde edilir.

d. Hesaplamalar



Şekil 3.13. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.14. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.15. İspir İkizdere Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.16. Laleli Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.17. Laleli Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.18. Laleli Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.19. Kırğındere Taşocağı Agregası ve İzmit TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.20. Kırğındere Taşocağı Agregası ve Kırıkkale TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.



Şekil 3.21. Kırğındere Taşocağı Agregası ve Batman TÜPRAŞ rafineri bitümü karışımının (katkısız) soyulma dayanım görseli.

Agregalara yapılan soyulma mukavemeti deney sonuçları Çizelge 3.31’de verilmiştir.

Çizelge 3.31. Soyulma Mukavemeti deney sonuçları

Soyulma Mukavemeti Deney Sonuçları (%)		Bitüm		
		İzmit	Kırıkkale	Batman
Taşocakları	İspir İkizdere	30	40	50
	Laleli	30	40	50
	Kırğındere	30	40	50

3.2.2. Bitümlerin fiziksel özelliklerine ait deneysel çalışmalar

Bitüm, genel olarak ham petrolün damıtılması ile elde edilen, toluende tamamen çözünebilen, ortam sıcaklıklarında çok viskoz veya oldukça katı olan, uçucu olmayan, yapıştırıcı ve su yalıtım malzemesi olarak da kullanılan bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda tekerlek izine karşı koyacak kadar sert ve termal çatlamalara direnebilmesi içinde düşük sıcaklıklarda yeterince yumuşak ve elastik kalabilmelidir. Bitümün özelliklerinin büyük ölçüde üretim ve işleme yönteminin yanı sıra ham petrolün özelliklerine bağlı olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, bitüm özellikleri hakkında farklı açılardan tam bir bilgiye sahip olmak büyük önem taşımaktadır. TMA Aşınma karışımlarında kullanılacak bitümlerin özelliklerini belirlemek amacıyla KTŞ’de yer alan aşağıdaki fiziksel deneyler gerçekleştirilmiştir. Deneylerde rehber olarak Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı tarafından hazırlanan “Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvar El Kitabı” kullanılmıştır (Yüknü vd. 2021).

- Penetrasyon deneyi
- Yumuşama noktası tayini deneyi
- Parlama Noktası tayini deneyi
- Çözünürlük deneyi
- Özgül ağırlık deneyi

Ø Penetrasyon deneyi (TS EN 1426)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Penetrasyon değerleri, TS EN 1426 (2015) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Penetrasyon deneyi bitümlerin sertlik veya kıvamlılıklarını belirlemek amacı ile yapılır.

b. Kullanılan cihazlar

Penetrasyon Cihazı: İğne tutucunun ölçülebilir sürtünme olmadan dikey olarak hareket etmesini sağlayan ve iğne girişinin en yakın 0,1 mm'ye kadar belirlenmesini sağlayan cihazdır. İğne tutucu, cihazdan kolayca ayrılabilir ve $(47,50 \pm 0,05)$ g kütleye sahip olmalıdır. Ayrıca iğne tutucu $(50 \pm 0,05)$ g'lık ağırlıkta bir aparata sahip olmalıdır veya iğne tutucu toplamda $(97,5 \pm 0,05)$ g'lık ağırlığa sahip olmalıdır. Numune kabının veya transfer kabının yerleştirileceği stand düz ve yatay olmalıdır. Penetrasyon süresini otomatik olarak kontrol eden ekipman kullanılabilir. Böyle bir ekipman doğru penetrasyon süresinin belirlenmesi için düzenli olarak kontrol edilmelidir.

Penetrasyon İğnesi: $(330 \times 0,1)$ mm'ye kadar olan penetrasyon değerlerinde iğnenin uzunluğu yaklaşık 50 mm olmalıdır. İğnenin kütlesi $(2,50 \pm 0,05)$ g olacaktır.

Not: İğne tutucu ve penetrasyon iğnesinin toplam ağırlığı $(100 \pm 0,10)$ g olmalıdır.

Numune Kabı: Numune kabı, metal veya cam, silindirik, düztabanlı olmalıdır. Kabın iç derinliği, beklenen penetrasyondan en az 10 mm fazla olmalı ve 35 mm'den az ve 60 mm'den fazla olmamalıdır. Kabın iç çapı en az 55 mm olmalı ve en fazla 70 mm olmalıdır. Numune kabı 1,5 mm ila 2,0 mm et kalınlığına sahip olmalıdır.

Not: 160 penetrasyondan küçük bitümler için penetrasyon kabının derinliği 35 mm çapı 55 mm olmalıdır.

Su Banyosu (sabit sıcaklık banyosu): En az 10 l kapasiteye sahip ve test numunesinin sıcaklığını $\pm 0,15$ ° C'de muhafaza edebilir olmalıdır. Banyo, tabandan en az 50 mm

3. MATERYAL ve YÖNTEM

yukarda ve banyodaki sıvı seviyesinin en az 100 mm altında delikli bir rafa sahip olacaktır.

Not: Su banyosunda destile veya deiyonize su kullanılması önerilmektedir.

Transfer Kabı: En az 350 ml kapasitede su banyosu dışında deney yapmaya uygun ve numune kabının suda tamamen batmasına izin veren yüksekliğe sahip olmalıdır.

Kronometre: Ekipmanın serbest bırakılma anında ve testin süresi 0,1 s'ye kadar ölçebilen zamanlama cihazı. (Otomatik penetrasyon cihazlarında kullanımına gerek yoktur.)

Termometre:

- En az 0 °C ile 30 °C kapasitesinde,
- 0,1 °C veya daha az hassasiyette ölçüm yapabilen,
- 0,1 °C veya daha yüksek doğrulukta olmalıdır.



Şekil 3.22. Penetrasyon deney cihazı

c. Deney yapılışı

Penetrasyon deneyinin yapılması için Şekil 3.22’de görülen cihaza ihtiyaç vardır. Laboratuvar numunesinin homojen olduğundan ve kirli olmadığından emin olunmalıdır. Laboratuvar numunesi ısıtılmış bir bıçak kullanarak gerekli miktarda uygun bir kaba aktarılır. Malzeme yaklaşık olarak tahmin edilen yumuşama noktasının maksimum 100 °C üzerinde bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve bir tane temiz (tozsuz, yağsız, passız, vb.) numune kabı doldurulur. Numune kabı homojenleştirilmiş numune ile beklenen penetrasyon değerinin 10 mm üstüne kadar doldurulur. Soğutmadan sonra bitüm numunelerinde düzensiz yüzey oluşumunu önlemek için, sıcak bitüm ile dolu olan numune kabı yaklaşık 80 °C etüvde 15 ila 30 dakikalık bir süre boyunca bekletilmelidir.

Etüvden çıkarıldıktan hemen sonra, test numunesi kabı uygun boyutta bir dudaklı beher ile kapatılır. (Bu, hava kabarcıklarının giderilmesine yardımcı olur ve toza karşı koruma sağlamanın uygun bir yoludur). Test numunesinin, 15 °C ila 30 °C arasındaki bir ortam sıcaklığında soğuması beklenir (<45 mm derinlikte batma elde edilecek deney numuneleri için 60 dakika-90 dakika arası soğutulur). Aynı işlem daha sonra sabit sıcaklıktaki su banyosunda da gerçekleştirilir. Ardından deneye başlanır.

İğne tutucu ve kılavuzunun, su ve diğer yabancı maddelerden arındırılmış olup olmadığı kontrol edilmelidir. İğne tutucunun kılavuzunda serbestçe hareket ettiğinden emin olunmalıdır. Bir penetrasyon iğnesi uygun çözücü ile temiz bir bezle temizlenir ve iğne tutucuya yerleştirilir. İğne tutucu ve iğne ağırlığının toplamının $(100 \pm 0,10)$ g olduğundan emin olunmalıdır.

Bitüm dolu numune kabı su banyosunda bekletilen transfer kabına tamamen batacak şekilde yerleştirilmelidir. Daha sonra transfer kabı numune kabı ile birlikte penetrasyon cihazının tabanına yerleştirilir. Ölçüm tamamlanana kadar transfer kabında ki suyun sıcaklığının sabit kaldığından emin olunmalıdır. Numune ve transfer kabı su banyosundan çıkarıldıktan bir dakika sonra teste başlanmalıdır.

Numune kabı yerleştirildikten sonra, iğne ucu deney numunesinin yüzeyi ile temas edene kadar iğne yavaşça indirilir. İğnenin konumu, soğuk ışık kaynağıyla iyi

aydınlatma sağlayarak daha net belirlenebilir. İğnenin sıfır konumunun kaydedildiğinden emin olunmalıdır, ardından iğne tutucu belirtilen süre boyunca hızlıca serbest bırakılır. Numune kabı deney esnasında hareket ederse test durdurulur.

Numune yüzeyinin en az üç ayrı noktasında (noktaların aralarında en az 10 mm olması ve kabın yan kenarlarından en az 10 mm içeride olmasına dikkat edilmeli) üç geçerli tespit gerçekleştirilmelidir. Elde edilen sonuçların geçerliliği aşağıda yer alan tablodaki değer aralıklarını aşmamalıdır. Farkın aşılması durumunda, sonuçlar atılır ve deney ikinci bir numune üzerinde tekrarlanır. Sonuçlar yine uygun çıkmazsa, tüm tespitler yok sayılır ve aynı deney numunesinde üç geçerli tespit elde edilinceye kadar deney tekrarlanır.

Çizelge 3.32. Geçerli tespitlerin maksimum aralığı

Penetrasyon (0,1 mm)	<49	(50 ile 149) arası
Maksimum penetrasyon değerleri arası fark	2	4

Deney tamamladıktan sonra, penetrasyon iğneleri etilen ile temizlenir ve saklama kaplarına yerleştirilir. İğneleri temizlemek için deterjan ya da yağ kullanılmamalıdır.

Penetrasyon değeri, en yakın tam sayıya yuvarlanarak milimetrenin onda biri cinsinden, kabul edilebilir tespitlerin aritmetik ortalaması olarak ifade edilir. Bu değerler arası maksimum aralık Çizelge 3.32'ye göre olmalıdır.

Bu uygulamada, deney sıcaklığı 25 °C, toplam uygulanan yük 100 g ve yükleme süresi 5 sn'dir. Deneyde kalibreli bir iğnenin bitüm örneği üzerinde ürettiği penetrasyon miktarı ölçülmektedir.

d. Hesaplamalar

B70/100 bitümlü bağlayıcılar için elde edilen penetrasyon dereceleri Çizelge 3.33'de verilmiştir.

Çizelge 3.33. Bitüm penetrasyon dereceleri

Deney Adı	Deney Standardı	Deney Sonucu		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Batman Tüpraş Rafinerisi Bitümü
Penetrasyon, (25 °C) 0.1 mm	TS EN 1426	74	74	72

Ø Yumuşama noktası tayini deneyi (TS EN 1427)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Yumuşama Noktası değerleri, TS EN 1427 (2015) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Bitümün sıcaklık değişimlerine karşı olan duyarlılıklarını ölçmek için en kısa ve en basit yöntem olan “yüzük ve bilya yöntemi” ile yumuşama noktasının bulunması amaçlanmaktadır.

b. Kullanılan cihazlar

Yüzükler: İki adet, kare omuzlu, pirinçten.

Dökme plakası: Düz, pürüzsüz, metal, yaklaşık 50 mm × 75 mm ve kenarları aşağı çevrilmiş 1,5 mm ila 2,0 mm kalınlığında.

Bilyeler: Paslanmaz çelik, iki adet, (9,50 ± 0,05) mm çapında, her biri (3,50 ± 0,05) g kütleye sahip.

Bilye merkezleme kılavuzları: Pirinç, çelik bilyeleri merkezlemek için iki adet, her halka için bir adet.

Yüzük tutucu ve tertibatı: Paslanmaz çelik veya pirinçten, iki yüzüğü yatay konumda desteklemek için bir tutucu ve tertibat. Yüzük tutucuda ki omuzlu yüzüklerin alt kısmı, alt plakanın üst yüzeyinden ($25 \pm 0,4$) mm yukarıda olmalıdır; yüzüklerin üst kenarı sıvı yüzeyinden (50 ± 3) mm aşağıda olmalıdır.

Beher: Isıtılabilen cam beher, dış çapı 85 mm'den az olmayan ve beherin tabanından itibaren derinliği 120 mm'den az olmayan 600 ml'lik bir beher uygundur.

Termometre: Suda sıcaklık ölçümü için termometre en az 0 °C ila 90 °C arasında bir aralığa sahip, 0,2 °C veya daha düşük bir değere kadar okunabilen ve 0,3 °C veya daha iyi bir hassasiyete sahip olmalıdır.

Karıştırıcı: Düzgün çalışan pervaneli karıştırıcı veya banyo boyunca eşit ısı dağılımı sağlamak ve banyo boyunca türbülanslı akışı önlemek için yaklaşık 40 mm uzunluğunda ve 8 mm çapında uygun şekilde kaplanmış karıştırma çubuğuna sahip manyetik bir karıştırıcı / sıcak plaka. Karıştırıcı, deney süresince numuneleri olumsuz etkilemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Karıştırma çubuğunun dönüş hızı yaklaşık 100 dev/dak olmalıdır.



Şekil 3.23. Yumuşama noktası tayini deney cihazı

c. Deney yapılışı

Yumuşama noktası tayini deneyinin yapılması için Şekil 3.23’de görülen cihaza ihtiyaç vardır. Deney için numune miktarı, testin tekrarlanması gerekmesi durumunda dört halkayı dolduracak şekilde ayarlanmalıdır. Dökme plakası hariç iki pirinç yüzük beklenen yumuşama noktasının yaklaşık 100 °C üstüne kadar ısıtılır ve vazelin sürülen dökme plakasının üzerine yerleştirilir. Beherde, kullanılması halinde ışık ışınını engelleyebilecek parçacık oluşmasını önlemek için vazelin çok fazla kullanılmamalıdır. Isıtılmış bitümlü bağlayıcının biraz fazlası halkaların her birine dökülür, ardından numunelerin ortam sıcaklığında en az 30 dakika soğuması beklenir. Oda sıcaklığında yumuşak olan bitümlerde, test numunesi beklenen yumuşama noktasının en az 10 °C altındaki bir sıcaklıkta en az 30 dakika soğutulmalıdır. Test numuneleri yüzüklere döküldükten sonra testin tamamlanmasına kadar 4 saatten fazla zaman geçmemelidir. Test numuneleri soğuduğunda, fazla bitümlü bağlayıcı ısıtılmış bir bıçak veya spatula ile temiz bir şekilde kesilmelidir, böylece her test numunesi yüzüklerin üst kısmı ile aynı hizada ve düz olacaktır. Bu işlem yüzükler düzeneğe yerleştirmeden hemen önce gerçekleştirilmelidir. Bu şekilde herhangi bir yüzeysel bozukluk önlenmiş olur.

Beklenen yumuşama noktası 28 °C ile 80 °C arasında olduğu için taze kaynatılmış, soğutulmuş, damıtılmış veya deiyonize su kullanılır. Başlangıçta su sıcaklığı (5 ± 1) °C olmalıdır.

Test numunesi yüzükleri, bilyeli merkezleme kılavuzları ve sıcaklık sensörü cihazdaki yerine monte edilir ve su seviyesi yüzüklerin üst kenarından (50 ± 3) mm yukarıda olacak şekilde beher doldurulur. Uygun bir kısıkaç kullanarak iki çelik bilye behere veya uygun şekilde 5 °C’de ayrı bir kaba yerleştirilir. Bilyelerin, düzeneğin geri kalanıyla aynı sıcaklığa sahip olduğundan emin olunmalıdır.

Beherdeki suyun sonuçları etkileyebilecek herhangi bir maddeyle kirletilmemesine dikkat edilmelidir. Kullanmadan önce beherdeki su seviyesi kontrol edilmelidir. Beher buzlu suya veya termostatik bir aparata (cihaza) yerleştirilerek (5 ± 1) °C’ye kadar soğutulmuş doğru başlangıç su sıcaklığı elde edilmelidir. Düzenek en az 15 dakika, en fazla 20 dakika bu sıcaklıkta tutulur. Monte edilmiş aparatı içeren beher buzlu

sudan veya termostatik cihazdan çıkarılır, buğu oluşturabilecek herhangi bir terlemeyi gidermek için dış yüzey hafifçe kurulanır ve mümkün olduğunca hızlı bir şekilde test aparatına yerleştirilir. Başlangıç sıcaklığı üzerindeki etki en aza indirilmelidir. Uygun bir kısıkaç kullanarak her bir bilye merkezleme kılavuzuna yerleştirilir.

Isıtmaya ve karıştırmaya başlarken, başlangıç sıcaklığı kontrol edilir. Eğer verilen aralıklar içinde değilse test durdurulur. Su karıştırıcı yardımı ile karıştırılırken alttan ısıtılır, böylece sıcaklık artışları 5 °C/dk'lık eşit bir hızda sağlanabilir. Gerekirse kalkan kullanarak beher cereyandan korunmalıdır. Belirtilen ısıtma hızına sıkı sıkıya bağlı kalmak sonuçların tekrarlanabilirliği için gereklidir. Deney sıvısı olarak su kullanıldığında ilk üç dakika, sadece 5 °C/dak ısıtma hızını ayarlamak içindir.

İlk 3 dakikadan sonra, sıcaklık artışı ölçülen her bir dakikada 4,4 °C ile 5,6 °C arasında olmalıdır. Değilse test durdurulur. İlk 3 dakikadan sonra, testin sonundaki toplam sıcaklık artışı dakika sayısı (ondalık olarak) $\times 5$ °C'nin ± 1 °C'si içinde olmalıdır. Sıcaklık artış hızının bu sınırlar içinde olmadığı testler reddedilir.

Her bir yüzük ve bilye için, manuel cihaz kullanılıyorsa bilyeyi çevreleyen bitümlü bağlayıcının alt plakaya temas ettiği ya da yarı otomatik veya otomatik cihaz kullanılıyorsa ışık ışını kestigi andaki sıcaklık cihazının gösterdiği sıcaklık kaydedilir. İki sıcaklık arasındaki fark 1 °C'yi aşarsa test tekrarlanır.

d. Hesaplamalar

80°C'nin altındaki veya 80°C'ye eşit yumuşama noktaları için, yumuşama noktası olarak elde edilen sıcaklıkların ortalaması en yakın 0,2 °C'ye yuvarlanmış aritmetik ortalamalar olarak ifade edilir.

B70/100 bitümlü bağlayıcılar için elde edilen Yumuşama Noktası değerleri Çizelge 3.34'de verilmiştir.

Çizelge 3.34. Yumuşama noktası değerleri

Deney Adı	Deney Standardı	Deney Sonucu		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Batman Tüpraş Rafinerisi Bitümü
Yumuşama Noktası, (°C)	TS EN 1427	44,3	45,4	47,4

Ø Parlama noktası tayini deneyi (TS EN ISO 2592)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Parlama Noktası değerleri, TS EN ISO 2592 (2017) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Bir test alevinin uygulanmasının, belirtilen test koşulları altında test kısmının buharının tutuşmasına neden olduğu 101,3 kPa'lık standart atmosfer basıncına göre düzeltilmiş test kısmının en düşük sıcaklığının tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

b. Kullanılan cihazlar

Cleveland Açık Numune Kabı: 63-64 mm iç çapa ve 31 – 32,5 mm yüksekliğe sahip uygun pirinçten veya eşdeğer ısı iletkenliğine sahip diğer paslanmayan bir metalden üretilmiş olmalıdır. Test kabı bir kulp ile donatılmış olmalıdır.

Kalkan: Deney düzeneğinin üç tarafını kapatabilecek bir yüzü açık olmalıdır.

Termometre: Doğruluk gerekliliklerini yerine getirmeleri kaydıyla diğer sıcaklık ölçüm cihazları kullanılabilir. Termometre -6 ila 400 °C arasında ölçüm yapabilir olmalıdır. 0,5 °C ölçüm hassasiyetinde olmalıdır. 260 °C'ye kadar 2 °C doğrulukta 260 °C'nin üzerinde ise 4 °C doğrulukta ölçüm yapabilmelidir. Daldırma derinliği 25 mm'den az olmalıdır.

Barometre: 0,5 kPa doğrulukta okuma yapabilir olmalıdır.



Şekil 3.24. Parlama noktası tayini deney cihazı

c. Deney yapılışı

Parlama noktası tayini deneyinin yapılması için Şekil 3.24’de görülen cihaza ihtiyaç vardır. Ortam sıcaklığında yarı katı veya katı olan B70/100 numuneler deney kabında beklenen parlama noktasının altında 56 °C’yi aşmayan bir sıcaklıkta etüvde ısıtılır. Kapta yüksek basınç oluşmadığından emin olunmalıdır. Uçucu bileşenlerin kaybına yol açabileceğinden numuneyi aşırı ısıtmaktan kaçınılmalıdır. Test sırasında cihaz yakınında bir barometre kullanarak barometrik basıncı kaydedilir.

Test kabını ortam sıcaklığında veya yüksek sıcaklıkta, menisküsün üst kısmı dolum işaretiyle aynı seviyede olacak şekilde doldurulur. Test kabı ısıtma plakasının ortasına yerleştirilir. Test kabına çok fazla numune eklenmişse, pipet veya başka uygun bir cihaz kullanarak fazlalık alınır; ancak cihazın dışında numune varsa boşaltılır, temizlenir ve yeniden doldurulur. Test kabındaki doğru test kısmı seviyesi korunurken numunenin yüzeyindeki hava kabarcıkları veya köpük yok edilir. Testin son aşamalarında köpük devam ederse numune atılır.

Test için kullanılacak alev yakılır ve 3,2 mm ile 4,8 mm arasında bir çapa ayarlanır. Bir güvenlik uygulaması olarak, otomatik veya manuel bir aparat kullanılırken, test kabını ve test numunesi kısmını ısıtmadan önce, beklenmedik uçucu maddenin varlığını kontrol etmek için test alevinin test kabındaki test numunesi üzerinden

geçirilmesi şiddetle tavsiye edilir. Bundan sonra, test numunesi kısmı beklenen parlama noktasına 56 °C yaklaşıncaya kadar her 10 °C'de bir parlama testi yapılması önerilir.

Başlangıçta test numunesi kısmının sıcaklık artış hızı 5 °C/dk ila 17 °C/dk olacak şekilde ısı uygulanır. Testin sıcaklık artış hızı test süresince numunenin beklenen parlama noktasına 56 °C yaklaşıldıktan sonra 28 °C kalıncaya kadar 5 °C/dak ila 6 °C/dak olacak şekilde ısı ayarı yapılır. Dikkatsiz hareketlerle veya test kabının yakınında nefes alarak test kabındaki buharları etkilemekten kaçınılmalıdır.

Test alevi, test numunesi kısmının sıcaklığı beklenen parlama noktasının 28 °C altında olduğunda uygulanmalıdır. Test alevi, test kabının ortasından, termometreden geçen çapa dik açılarda, düz bir çizgide veya en az 150 mm yarıçaplı bir dairenin çevresi boyunca geçmesi için $(1 \pm 0,1)$ saniye süren düzgün ve sürekli bir hareketle tek yönde uygulanır. Test alevinin merkezi, test kabının üst kenarının düzleminden en fazla 2 mm yukarıda yatay bir düzlemde hareket etmelidir. Bir sonraki test alevi uygulaması için alev ters yönde geçirilmelidir.

Test alevinin uygulanması esnasında veya bir ön uygulama sırasında bir parlama tespit edilirse, test durdurulur ve beklenen parlama noktasının 28 °C altında bir değere göre yeni bir test tekrarı gerçekleştirilir. Test kısmı üzerinde bir kabuk oluşursa, bir spatula veya tarakla dikkatlice kenara çekilir ve teste devam edilir. Bir parlama tespit edilmemişse, test alevi bundan sonra her 2 °C'nin katı olan bir sıcaklık değerinde uygulamaya devam edilir.

Not: Test kısımlarının yüzeylerinde oluşan kabukların temizlenmemesi daha yüksek parlama noktalarının tespit edilmesine sebep olabilir.

Tespit edilen parlama noktası olarak, test alevinin uygulanması esnasında bitüm numunesinin yüzeyinde meydana gelen buharların herhangi bir noktada tutuşmasına veya büyük bir alevin yayılmasına neden olduğunda termometrede okunan test kısmının sıcaklığı kaydedilir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Gerçek parlama noktası, bazen test alevini çevreleyen mavimsi hale ile karıştırılmamalıdır.

d. Hesaplamalar

Barometrik basınç değeri kPa dışında bir birimle ölçülmüşse, aşağıdaki formüllerden birini kullanarak kPa'ya çevirilebilir:

$hPa \times 0,1 = kPa$ cinsinden okuma.

$mbar \times 0,1 = kPa$ cinsinden okuma.

$mmHg$ cinsinden okuma $\times 0,1333 = kPa$.

Formül 3.13 kullanarak düzeltilmiş parlama noktası, t_c , hesaplanır:

$$t_c = t_d + 0,25(101,3 - p) \quad (3.13)$$

Burada ki;

t_d , °C cinsinden ortam barometrik basıncında tespit edilen parlama noktasıdır,

p , kPa cinsinden mutlak barometrik basınçtır,

0,25 °C/kPa boyutlarında bir sabittir,

101,3 kPa cinsinden standart atmosferik basınç olarak kullanılır.

B70/100 bitümlü bağlayıcılar için elde edilen Parlama Noktası değerleri Çizelge 3.35'de verilmiştir.

Çizelge 3.35. Parlama noktası değerleri

Deney Adı	Deney Standardı	Bitüm Deney Sonucu		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi	Batman Tüpraş Rafinerisi
Parlama Noktası, (°C)	TS EN ISO 2592	333	300	254

Ø Çözünürlük deneyi (TS EN 12592)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Çözünürlük değerleri, TS EN 12592 (2015) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Belirli bir çözücü (trikloretilen, karbon sülfür, benzen gibi) içinde, bitümlü bağlayıcılar dışında az miktarda veya hiç mineral madde içermeyen bitümlü bağlayıcıların çözünürlük derecesinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çözünürlük deneyinde bitümün saflığına bakılır.

b. Kullanılan cihazlar

Sinterlenmiş Cam Kroze: Etkili çap yaklaşık 30 mm çapında olmalıdır.

Cam Tozu: Cam tozu, borosilikat camından oluşmalıdır. Partikül çapı yaklaşık 50 µm ve 80 µm arasında olmalıdır. Cam tozu, filtreleme amaçlı kullanılacaktır.

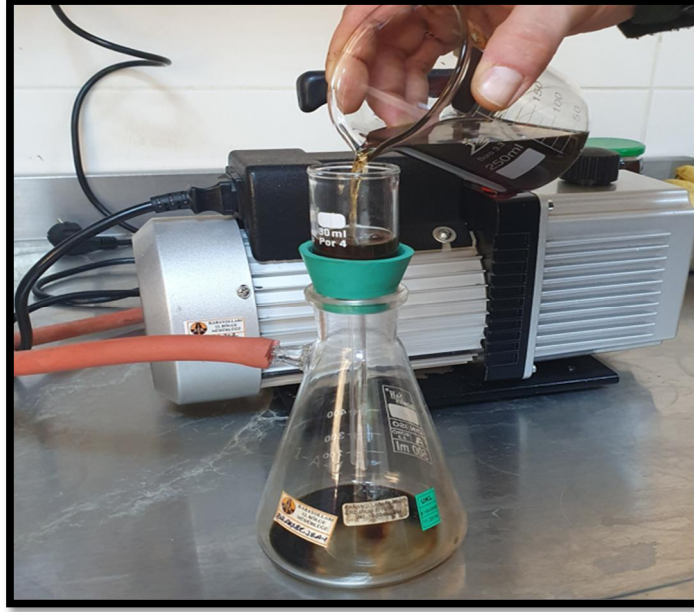
Vakum Özellikli Erlen: 250 ml veya 500 ml, kalın cidarlı.

Cam Huni: İç çapı 40 mm ila 42 mm arasında.

Cam huninin geçebileceği özellikte kauçuk conta

Etüv: Etilenin kaynama sıcaklığının 15 °C ila 25 °C üzerinde sıcaklığa çıkabilen. (Etilenin kaynama noktası 85-90 °C)

Terazi: Ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki terazi.



Şekil 3.25. Çözünürlük deney seti

Çözünürlük deneyinin yapılması için Şekil 3.25’de görülen düzeneğe ihtiyaç vardır. Testin yapıldığı sıcaklık önemli değildir ve laboratuvar ortam sıcaklığında gerçekleştirilebilir. Kroze içinde ($3 \pm 0,1$) g temiz kurutulmuş cam tozu tartılır. Kroze cam huniye yerleştirilir. Cam tozu az miktarda etilen ile ıslatılır ve gerektiğinde vakumlu veya vakumsuz olarak dikkatlice şişeye süzülür. Islatma işlemi birkaç kez tekrarlanır. En az 20 dakika boyunca etilenin kaynama sıcaklığının $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde sıcaklıkta etüve yerleştirmeden önce kroze 30 dakika boyunca bir ısıtıcı veya buhar banyosu üzerine yerleştirilir. Kroze cam huniden çıkarılır ve bir desikatörde 25 dakika ila 35 dakika soğutulur ve kütlesi en yakın 0,1 mg'a yuvarlanarak tartılır. Sabit kütle elde edilene kadar kurutma ve tartma işlemi tekrarlanır, yani iki ağırlık arasındaki fark 0,5 mg'ı geçmemelidir.

Isıtılmış bir bıçak kullanarak (2 ± 1) g kuru bitüm numunesi uygun bir tartım kabına, örneğin erlenmayer şişesine aktarılır. Kap ve numunenin kütlesi en yakın 1 mg'a yuvarlatılarak tartılır. Tüm topaklar kaybolana ve kaba yapışan çözünmemiş numune kalmayana kadar sürekli çalkalama ile toplamda 100 ml etilen küçük miktarlarda kaba eklenir. Deneye başlamadan önce erlenin ağzı kapatılır ve 15 dakika dinlenmeye bırakılır.

Önceden hazırlanmış ve tartılmış kroze tekrardan cam huniye yerleştirilir. Krozedeki cam tozu küçük bir miktar etilen ile ıslatılır ve etilen krozedeki cam tozundan dikkatlice şişeye süzülür, gerekirse vakum uygulanır. Çözünmeyen madde kayda değer miktarda ise, etilen filtreden süzülene kadar mümkün oldukça kapta tutulur. Kap az miktarda etilen ile yıkanır ve bir yıkama şişesinden etilenin akışı sağlanarak tüm çözünmeyen maddeler krozeye aktarılır. Gerekirse, kaba yapışan çözünmeyen maddeleri çıkarmak için bir cam çubuk kullanılır ve krozeye aktarılır. Cam çubuk ve kap iyice durulanır ve krozeye birlikte aktarılır. Kroze etilen ile renksiz bir şekilde sıvı akışı oluncaya kadar yıkanır, ardından kroze kalan etileni çıkarmak için güçlü vakum uygulanır veya kroze vakumlu bir desikatöre yerleştirilir. Kroze desikatörden çıkarılır ve tabanı çözünmüş maddelerden arındırılır ardından kroze 30 dakika boyunca bir ısıtıcıya veya buhar banyosuna yerleştirilir. Daha sonra en az 20 dakika boyunca etilenin kaynama sıcaklığının 15 °C ila 25 °C üzerinde bir sıcaklıkta etüve yerleştirilir. Kroze cam huniden çıkarılır ve bir desikatörde 25 dakika ila 35 dakika arası bir süre soğutulur ve kütlesi en yakın 0,1 mg'a yuvarlanarak tartılır. Sabit kütle elde edilene kadar kurutma ve tartma işlemi tekrarlanır, yani iki ağırlık arasındaki fark 0,5 mg'dan fazla olmamalıdır. En az iki geçerli değer belirleninceye kadar bu işlem tekrarlanır. İki çözünürlük tayini %0,2'den daha fazla kütle farkı göstermiyorsa geçerli kabul edilir.

d. Hesaplamalar

Çözücü içindeki numunenin çözünmeyen madde yüzdesi (x_i) Formül 3.14 veya çözünen madde yüzdesi (x_s) Formül 3.15 ile aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$x_i = \frac{A}{A+B} \quad (3.14)$$

$$x_s = \frac{B}{A+B} \quad (3.15)$$

x_i : yüzde cinsinden çözünmeyen madde yüzdesidir,

x_s : yüzde cinsinden çözünen madde yüzdesidir,

m_A : gram cinsinden çözünmeyen madde kütlesidir,

m_B : kuru numunenin gram cinsinden kütlesidir.

Çözünürlük, iki geçerli belirlemenin ortalaması olarak, en yakın %0,05'e yuvarlanarak, çözünür madde x_s 'nin kütle yüzdesi olarak ifade edilir.

B70/100 bitümlü bağlayıcılar için elde edilen Çözünürlük değerleri Çizelge 3.36'da verilmiştir.

Çizelge 3.36. Çözünürlük değerleri

Deney Adı	Deney Standardı	Deney Sonucu		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi Bitümü	Batman Tüpraş Rafinerisi Bitümü
Çözünürlük, (%)	TS EN 12592	99,75	99,80	99,90

Ø Özgöl ağırlık deneyi (TS EN 15326)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Özgöl Ağırlık değerleri, TS EN 15326 (2010) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

Eşit hacimlerde bitümlü bağlayıcı numune ve suyun kütleleri karşılaştırılır. Eşit hacimler, ısı dengeye ulaşılan kadar (yaklaşık 30 dakika) test sıcaklığındaki bir su banyosuna yerleştirilen piknometrelerin taşıyacak şekilde doldurulması ile sağlanır. Kalibre edilmiş piknometre, kapasitesinin yaklaşık dörtte üçü kadar test edilecek bitümlü bağlayıcı ile doldurulur ve tıpa ile tartılır. Piknometre birde su ile doldurulur ve tekrar tartılır. Farklı kütlelerden özgül ağırlık hesaplanır.

b. Kullanılan cihazlar

Piknometre: Piknometre 50 ml kapasiteye sahip olmalıdır. Piknometre gövdesi ve tıpası kalibrasyon sırasında aynı numara ile numaralandırılmış olmalıdır.

Su Banyosu (sabit sıcaklık banyosu): Piknometrenin derinliğinden daha büyük bir derinliğe sahip olup ($25 \pm 0,2$ °C) sıcaklığa ayarlanabilir olmalıdır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Terazi: Ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki terazi.

Banyo Termometresi: Termometre $\pm 0,1$ °C hassasiyetinde olmalıdır.

Etüv: Her türlü bitümlü bağlayıcıyı ısıtmak için 220 °C'ye kadar ısınabilen. Uygun sıcaklık, test edilen bağlayıcı türüne göre ayarlanmalıdır.

Beher: 600 ml kapasiteli beher.



Şekil 3.26. Özgül Ağırlık deney sürecinden görseller

c. Deney yapılışı

Özgül Ağırlık deneyinin yapılması için Şekil 3.26'da görülen hubbard piknometrelere ihtiyaç vardır.

Su banyosu damıtılmış su veya deiyonize su ile doldurulur ve su banyosunun sıcaklığı $(25 \pm 0,2)$ °C'ye ayarlanır.

600 ml'lik beher, piknometrenin yaklaşık 40 mm'den daha az olmayan bir derinliğe kadar daldırılmasına izin verecek bir seviyede taze kaynatılmış ve soğutulmuş damıtılmış veya deiyonize su ile kısmen doldurulur. Beherin üst kısmı banyodaki su seviyesinin üzerindeyken, beherin alt kısmının yaklaşık 100 mm'den az olmayan bir derinliğe daldırılmasına izin verecek kadar su banyosuna kısmen daldırılır. Beher kabı yaklaşık 30 dakika boyunca yerinde sabit tutulur.

Piknometre çözücü ile temizlenir. Sonrasında çözücünün kaynama noktasının $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ üzerinde etüvde bekletilerek çözücü tamamen temizlenir ve piknometrenin oda sıcaklığına gelmesi beklenir. Piknometrenin ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki terazide el sürmeden kısaça tutarak tartılır. Bu kütle **A** olarak kaydedilir.

Piknometre $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye yakın bir sıcaklıkta test sıvısı (distile su) ile tamamen doldurulur, kapak hafifçe üzerine bırakılır ve piknometre beher içine yerleştirilir. Piknometre kapağı beher içine yerleştirildikten sonra sıkıca bastırılarak kapatılır. Beher kabı piknometre kapağı seviyesini geçecek şekilde distile su ile doldurulur. Piknometre en az 30 dakika beherin içinde $25 \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de bekletilir. Piknometre beherden çıkarılır, hızlı bir şekilde kapaktaki kapiler delik üstüne dokunmak suretiyle kuru havluyla kurulanır. (Sonrasında kapiler delikten sutaşımı olursa kurutulmayacaktır.) piknometrenin kalan kısmı hızlı bir şekilde kurutulur. Su dolu piknometre ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki tartıda tartılır. Bu kütle **B** olarak kaydedilir. Piknometre boşaltılır ve $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ etüvde kurutulur.

Temiz, kuru ve $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ arası sıcaklığa kadar ısıtılmış piknometrenin dörtte üçü bitümlü bağlayıcı ile doldurulur. Piknometredeki bitümde kabarcık oluşumunu önlemek için etüvde yumuşama noktasının $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ila $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ üstündeki sıcaklıkta (20 ± 2) dakika bekletilir. Numune dolu piknometre en az 40 dakika oda sıcaklığında tozdan muhafaza edilerek kapağı açık bir şekilde soğumaya bırakılır. Numune dolu piknometre ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki tartıda tartılır. Bu kütle **C** olarak kaydedilir.

Bitümlü bağlayıcı numunesini içeren piknometreye test sıvısı (distile su) ile tamamen doldurulur, kapak hafifçe üzerine bırakılır ve piknometre beher içine yerleştirilir. Piknometre kapağı beher içine yerleştirildikten sonra sıkıca bastırılarak kapatılır. Beher kabı piknometre kapağı seviyesini geçecek şekilde distile su ile doldurulur. Piknometre en az 30 dakika beherin içinde $25 \pm 0,2$ °C’de bekletilir. Piknometre beherden çıkarılır, hızlı bir şekilde kapaktaki kapiler delik üstüne dokunmak suretiyle kuru havluyla kurulanır. (Sonrasında kapiler delikten sutaşımı olursa kurutulmayacaktır.) piknometrenin kalan kısmı hızlı bir şekilde kurutulur. Numune ve su dolu piknometre ölçülen gram değeri virgülden sonra üç haneli olacak şekilde tartım yapabilen hassasiyetteki tartıda tartılır. Bu kütle **D** olarak kaydedilir.

d. Hesaplamalar

Hesaplamalarda aşağıdaki semboller kullanılmıştır:

- A, kapak ağırlığı dâhil olmak üzere piknometrenin kütlesidir (g),
- B, test sıvısı (su veya izopropanol) ile doldurulmuş piknometrenin kütlesidir (g),
- C, kısmen bitümlü bağlayıcı numunesi ile doldurulmuş piknometrenin kütlesidir (g),
- D, piknometre artı bitümlü bağlayıcı numunesi artı test sıvısının kütlesidir (g),
- G_b, bitümlü bağlayıcının 25 °C'deki özgül ağırlığıdır.

Numunelerin özgül ağırlıkları Formül 3.16 ile aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$b \quad \frac{C-A}{B-A - D-C} \quad (3.16)$$

Özgül ağırlıklar, G_b, 3 ondalık basamakla hesaplanır.

B70/100 bitümlü bağlayıcılar için elde edilen Özgül Ağırlık değerleri Çizelge 3.37’de verilmiştir.

Çizelge 3.37. Özgül Ağırlık değerleri

Deney Adı	Deney Standardı	Deney Sonucu		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi	Batman Tüpraş Rafinerisi
Özgül Ağırlık	TS EN 15326	1,034	1,038	1,040

3.2.2. Schellenberger bitüm süzülme deneyi (TS EN 12697-18) (KTŞ Kısım 408 Ek-A)

Bu çalışmada kullanılan bitümlere ait Schellenberger Bitüm Süzülme değerleri, KTŞ Kısım 408 Ek-A'ya ve TS EN 12697-18 (2018) standardına göre belirlenmiştir.

a. Deney amacı

TMA, tekerlek izine karşı yük taşıma kapasitesini sağlamak için taştan taşa temasa sahip olan boşluk dereceli bir asfalt karışımıdır. Ancak, yüksek bitüm içeriğine sahip olması nedeniyle bağlayıcı kaybı TMA karışımları için bir sorundur. TMA karışımının ana sorunlarından biri karıştırma, taşıma ve sıkıştırma sırasında bağlayıcının süzülmesidir (Brown et al. 1997c). Bu nedenle Schellenberger Bitüm Süzülme deneyi yapılarak ilave elyaf katkısı ile bu olumsuzluğun giderilmesi amaçlanmaktadır.

b. Kullanılan cihazlar

Etüv: Her türlü agrega ve bitümlü bağlayıcıyı ısıtmak için 80 °C ila 200 °C aralığında ± 2 °C'de tutmak için ısınabilen kapalı havalandırma sistemine sahip.

Behër: Dört veya daha fazla 800 ml kapasiteli, (100 $\pm$ 5) mm çapında tabanı olan cam beherler.

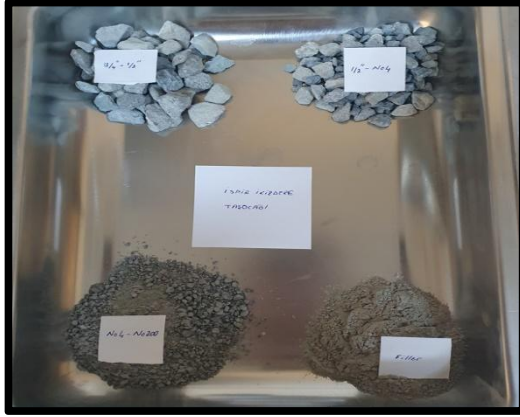
Terazi: Uygun kapasitede ve 0,1 g'a kadar tartabilen hassas teraziler.

Termometre: Sıcaklığı 80 °C ila 200 °C aralığında 1 °C'ye kadar ölçebilen termometre.

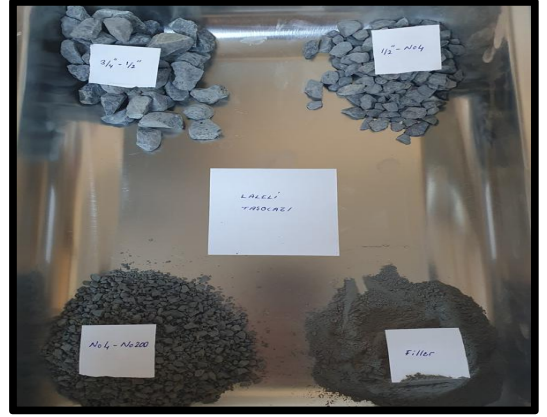
Kronometre: 0,1 s'ye kadar ölçebilen zamanlama cihazı.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Elek: Göz açıklığı 1 mm olan.



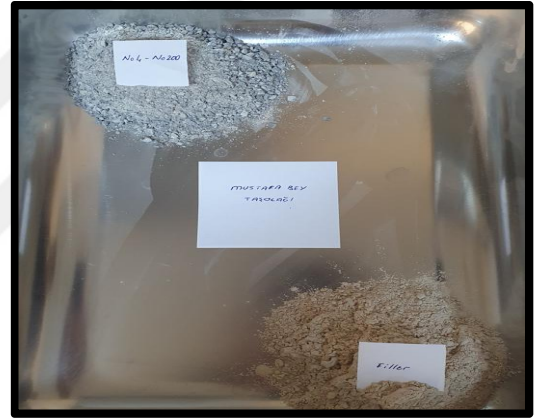
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şekil 3.27. a) İspir İkizdere Taşocağı Agregaları b) Laleli Taşocağı agregaları c) Kırğındere Taşocağı agregaları d) Mustafa Bey Taşocağı agregaları e) Polimer esaslı selülozik elyaf f) Batman, İzmit, Kırıkkale Tüpraş Rafinerilerine ait bitümler.

c. Deney yapılışı

Deney genel olarak plent tesisinde beklenen maksimum karıştırma sıcaklığını temsil eden bir sıcaklıkta 1 saat sonra süzülme yoluyla kaybedilen bağlayıcı miktarının, belirli miktardaki TMA karışımı içeren bir beherin ters çevrilmesinden sonra kalan kalıntı ile belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Teste tabi tutulan bitümlü bağlayıcı içeriği başına en az 4 kg TMA karışım malzemesi üretmek için yeterli agrega ve bağlayıcı hazırlanacaktır. Deneyde kullanılmış olan bitüm ve agregalar Şekil 3.27’de görülmektedir. Agregalar sabit kütleyle kadar etüvde kurutulur ve belirtilen gradasyona uygun fraksiyonlarda ayrıştırılırlar. Bitümlü bağlayıcı içeriği başına 1 kg agrega içeren dört parti, her fraksiyon için belirtilen oranlarda, belirtilen gradasyonu vermek üzere en yakın 1 g’a kadar tartılır. Her grup ayrı bir metal kutuya yerleştirilir. 800 ml’lik dört beher numaralandırılır ve 110 °C’lik etüve 15 dk süreyle koyulur. Ardından beherler en yakın 0,1 g doğrulukla tartılır (**W₁**).

TMA Aşınma Tabakasını oluşturan 1 kg’lık agrega ve bitüm KTŞ Kısım 408 EK-A’da belirtilen 135 ± 5 °C’de karıştırılır ve tartılır ardından elyaf katkı maddesi, agrega ve bitüm karışım miktarının KTŞ’de belirtilen minimum oranı olan %0,3’ü kadar eklenir. Karıştırmadan hemen sonra, numaralı bir beher etüvden çıkarılır, karışım buna aktarılır ve en yakın 0,1 g doğrulukla tartılır (**W₂**).

Beherin etüvün dışında 60 saniyeden fazla kalmadığından emin olunmalıdır. Zaman ve beher numarası kaydedilir. Diğer üç parti içinde aynı işlemler yapılır. Süreçlerin birbiri ile karışmaması için, etüve yerleştirilen ardışık gruplar arasında 4 dakika veya 5 dakika gibi sabit bir süre tutmak yararlıdır. TMA karışımlar behere yerleştirildikten sonra üzeri kapatılır ve bir saat süre ile 175 °C sıcaklıktaki etüvde bekletilir. İlk beher (60 ± 1) dk sonra etüvden çıkarılır ve karışımın sıcaklığı ölçülür, kaydedilir daha sonra bu karışım atılır. Her biri (60 ± 1) dakika etüvde kaldıktan sonra kalan üç beher çıkarılır. Bu süre sonunda etüvden çıkartılan karışım beheri sarmadan ters çevrilerek boşaltılır ve (10 ± 1) saniye boyunca sabit yerinde tutulur. Boşaltılan karışım 0,1 g hassasiyetde tartılır ve ağırlık kaybı yüzde olarak hesaplanır (**W₃**).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Deney 3 paralel karışım numunesi ile yapılarak sonuçların ortalaması alınır. Kalan karışımın sadece süzölmüş bağlayıcı değil, harç ve/veya agrega parçacıkları olduğu görölrse, 1 mm'lik bir elek üzerinde etilen ile yıkanır. Elek üzerindeki malzeme kurutulur ve en yakın 0,1 g'a hassasiyetde tartılır (W_4).

Schellenberger Bitüm Süzölme deneyinin yapımının temsili olarak görselleri Şekil 3.28'de görölmektedir.



(a)



(b)

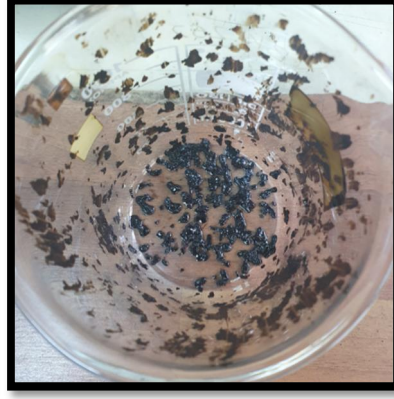


(c)



(d)

Şekil 3.28. Schellenberger bitüm süzölme deney süreci



(e)



(f)

Şekil 3.29. (devam)

d. Heaplamalar

Her bir karışım için, D yüzde (%) cinsinden süzölmüş malzeme miktarı Formöl 3.17 ile ve R yüzde (%) cinsinden 1 mm elek özerindeki kalıntı miktarı Formöl 3.18 ile hesaplanır:

$$\left[\frac{W_3 - W_1 - W_4}{W_2 - W_1} \right] \quad (3.17)$$

ve

$$\left[\frac{W_4}{W_2 - W_1} \right] \quad (3.18)$$

W_1 , boş beherin ağırlığıdır (g),

W_2 , beher artı numune ağırlığıdır (g),

W_3 , beherin kütlesi artı ters çevrildikten sonra tutulan malzemenin ağırlığıdır (g),

W_4 , 1 mm elek özerinde tutulan kurutulmuş kalıntının ağırlığıdır (g).

TMA Aşınma Tabakası için Schellenberger Bitüm Süzölme Deney sonuçları EK-1’de verilmiştir.

3.2.3. Marshall yöntemi ile TMA Aşınma Optimum Bitüm oranının belirlenmesi

Bu çalışmada kullanılan elyaf, bitüm ve agregalardan oluşan karışımlara TMA Aşınma Marshall dizaynı, Asphalt Institute tarafından yayınlanan Manual Series No. 02 (MS-2 Asphalt Mix Design Methods) (2014) kitabına göre Marshall metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

a. Deney amacı

Belli gradasyon limitleri arasında kırılmış ve elenmiş kaba agreg, ince agreg ve mineral fillerin bitümlü bağlayıcı ve elyaf ile belirli bir sıcaklıkta karıştırılarak sıkıştırılması sonucu elde edilen briketlerin Marshall yöntemine göre değerlendirilerek optimum bitüm oranının belirlenmesi amaçlanmaktadır.

b. Kullanılan cihazlar

Terazi: 5 kg kapasiteli, 1 g'a duyarlı, agreg ve asfalt tartabilen ve 2 kg kapasiteli, 0,1 g'a duyarlı, sıkıştırılmış numuneleri tartabilen.

Elek: Göz açıklığı 19,10 mm, 12,70 mm, 9,52 mm, 4,75 mm, 2,00 mm, 0,42 mm, 0,177 mm, 0,075 mm olan.

Etüv: Her türlü agreg ve bitümlü bağlayıcıyı ve ekipmanı ısıtmak için 80 °C ila 200 °C aralığında $\pm 3^{\circ}\text{C}$ 'de tutmak için ısınabilen kapalı havalandırma sistemine sahip ve termostatik kontrollü.

Termometre: Sıcaklığı 50 °C ila 260 °C aralığında 1 °C'ye kadar ölçebilen termometre.

Isıtıcı mekanik karıştırıcı ve karıştırma kabı: Asfalt ve agregayı karıştırmak için yuvarlak metal ve yaklaşık 4 litre kapasiteli bir karıştırma kabı ve tel karıştırıcı ile donatılmış ve alttan ısıtma özellikli karıştırıcı.

Metal tava: Agregaları ve sıkıştırılmamış asfalt karışımını ısıtmak için sıg metal tava.

Metal bir kaşık veya spatula

Kronometre: 0,1 s'ye kadar ölçebilen zamanlama cihazı.

Kaynakçı eldivenleri: Sıcak ekipmanla çalışmak için.

Lastik eldivenler: Numuneleri su banyosundan çıkarmak için.

Kâğıt diskler: Numune kalıplarında kalıbın altına ve numune yerleştirildikten sonra numune üstüne yerleştirilecek 4" boyutunda kâğıt.

Boya kalem: Test numunelerini tanımlamak için işaretleme boya kalemleri.

Sıkıştırma kaidesi: 305 × 305 × 25 mm çelik plaka ile kaplanmış 200 × 200 × 460 mm ahşap direkten oluşur. Ahşap direk meşe, çam veya kuru ağırlığı 670 ila 770 kg/m³ olmalıdır. Ahşap direk dört köşebent ile sağlam bir beton plakaya sabitlenmelidir. Çelik başlık direğe sıkıca sabitlenmelidir. Kaide, direk şakülünde, başlık düz ve tüm tertibat sıkıştırma sırasında hareket etmeyecek şekilde monte edilmelidir. Sıkıştırma çekiçleri elle veya mekanik olarak çalıştırılabilir. Mekanik olarak çalıştırılan çekiçler çekici dakikada 64 ± 4 darbe hızında düşürür. Mekanik çekiçler, bir seferde tek veya birden fazla numuneyi sıkıştırmak için tekli veya çoklu çekiç ve kalıp setlerine de sahip olabilir.

Sıkıştırma kalıbı: Bir taban plakası, şekillendirme kalıbı ve yaka uzantısından oluşur. Şekillendirme kalıbının iç çapı 101,6 mm (4 in) ve yüksekliği yaklaşık 75 mm'dir (3 in); taban plakası ve yaka uzantısı şekillendirme kalıbının her iki ucuyla değiştirilebilecek şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Sıkıştırma çekici: 98,4 mm çapında düz, dairesel bir sıkıştırma yüzeyinden oluşan ve belirtilen 457,2 ± 1,50 mm düşme yüksekliğini elde etmek için inşa edilmiş 4,54 ± 0,01 kg ağırlıkla donatılmış olmalıdır.

Kalıp tutucu: Sıkıştırma kalıbını sıkıştırma kaidesi üzerinde ortalanmış olarak tutmak için tasarlanmış yay gerdirme tertibatından oluşan kalıp tutucu.

Numune çıkarıcı: Sıkıştırılmış numuneyi kalıptan çıkarmak için bir kriko ve çapı 100 mm'den az olmayan ve 13 mm kalınlığında bir disk şeklinde çelik numune çıkarıcı.

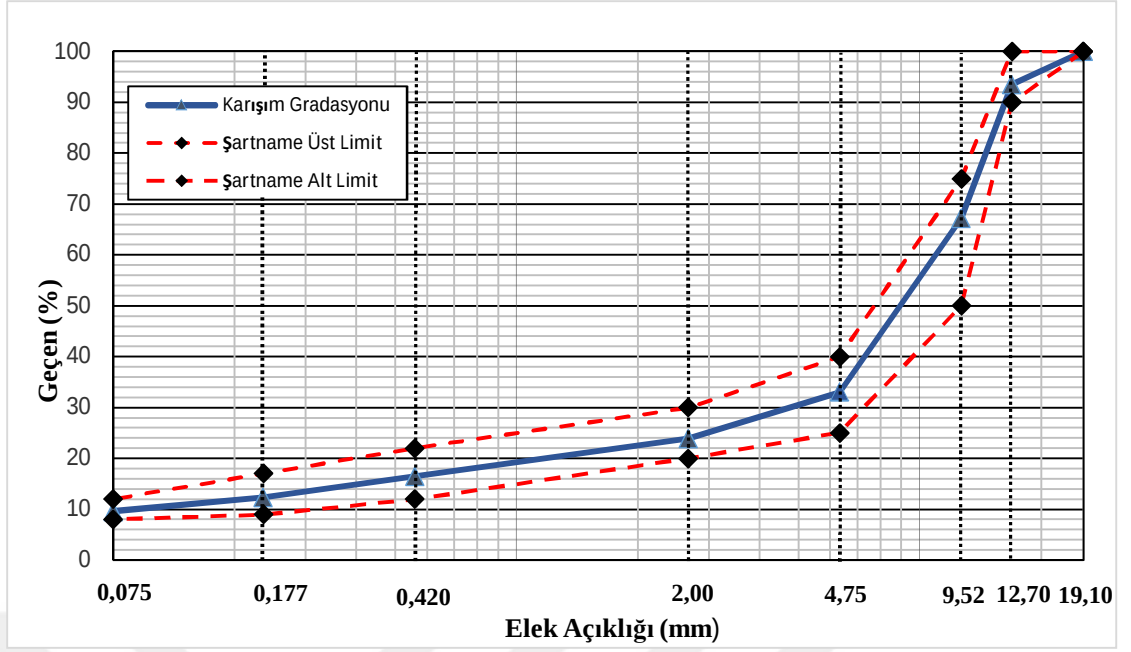


Şekil 3.30. Otomatik marshall tokmağı

c. Deney yapılışı

TMA Aşınma dizaynında kullanılan otomatik Marshall tokmağına ait görsel Şekil 3.29'da görülmektedir.

Maksimum dane çapı 19,10 mm olan TMA Aşınma Tabakası için KTŞ'de TMA Tip-I/A için gradasyon tolerans sınırları verilen değerlere göre, kullanılacak agregalara ait karışım gradasyonu Şekil 3.30'da grafik ve Çizelge 3.38'de sayısal olarak belirtildiği şekilde belirlenmiştir.



Şekil 3.31. TMA karışım gradasyonu ve KTŞ limitleri

Çizelge 3.38. TMA Aşınma karışım gradasyonu ve KTŞ limitleri

Elekt Boyutları		Şartname Alt Limit Geçen, %	Karışım Gradasyonu Geçen, %	Şartname Üst Limit Geçen, %
İn, No	mm			
3/4"	19,10	100	100	100
1/2"	12,70	90	93,5	100
3/8"	9,52	50	67,3	75
No.4	4,75	25	33,0	40
No.10	2,00	20	23,9	30
No.40	0,420	12	16,4	22
No.80	0,177	9	12,4	17
No.200	0,075	8	9,6	12

TMA Aşınma numuneleri bu gradasyona göre ayrılarak 5 farklı bitüm içeriğinde ve her bitüm içeriği için 3'er briket karıştırılıp Marshall darbeleri çekici ile her briket ayrı ayrı ve her iki yüzünden 50 darbe ile sıkıştırıldıktan sonra soğumaya bırakılmıştır. Sıkıştırılmış Marshall briketleri içerisindeki hava boşluklarını belirleyebilmek için, tahmin edilen bitüm yüzdesinde iki adet karışım hazırlanarak sıkıştırılmamış haldeki karışımın maksimum teorik özgül ağırlık (D_T) değeri deneyle belirlenir. Bitümlü bağlayıcı özgül ağırlığı (G_b) ile karışımındaki agrega ağırlığının yüzdesine bağlı olarak belirlenen bitüm yüzdesi (W_a) ve teorik özgül ağırlık değeri de kullanılarak agrega karışımının efektif özgül ağırlığı Formül 3.19 ile hesaplanır.

$$ef = \frac{100}{\frac{100+W_a}{D_T} - \frac{W_a}{G_b}} \quad (3.19)$$

Daha sonra numune yükseklikleri ayrı ayrı ölçülerek kaydedilir Marshall briketlerinin yükseklikleri American Society for Testing and Materials ASTM D6926 (2020) standardına göre $63,5 \pm 2,5$ mm sınır değerlerine göre değerlendirilir ve ardından havadaki kuru kütlesi(**A**) tartılarak belirlenir. Bir sonraki adım, numuneyi doğrudan terazinin altındaki su banyosuna yerleştirmek ve su altındaki kütlesini(**C**) belirlemektir. Son adım, numunenin havadaki doygün yüzey kuru (DYK) kütlesinin değerini belirlemektir. DYK(**B**) kütlesi, numunenin yüzeyi parlak olmayacak şekilde hızlıca kurutulmasıyla elde edilir. Hacim özgül ağırlıkları (D_p) Formül 3.20 ile, numunenin kütlesinin yer değiştirdiği suyun kütlesine (hacmine) bölünmesiyle elde edilir.

$$p = \frac{A}{B-C} \quad (3.20)$$

Standart özgül ağırlık formülünün "kütle" kısmı, numunenin havadaki kuru kütlesidir. Formülün "hacim" kısmı yukarıdaki formülün paydası olan "(B-C)" ile belirlenir. Numunenin yüzeyinde binlerce küçük düzensizlik vardır, bu nedenle hacim, bir silindirin hacmi için standart formülle doğru bir şekilde hesaplanamaz. Bu yöntemde hacmi belirlemek için Arşimet Prensibi kullanılır. Bu prensip, bir cisim üzerindeki kaldırma kuvvetinin, yer değiştirdiği suyun kütlesine eşit olduğunu söyler. Kaldırma kuvveti artı daldırılan kütle, havadaki DYK kütlesine eşittir. 25 °C'de test edildiğinde, gram cinsinden yer değiştiren su kütlesi santimetre küp cinsinden su hacmine eşittir, bu nedenle (B-C) formülü numunenin hacmini doğru bir şekilde temsil eder.

d. Hesaplamalar

TMA Aşınma dizaynında kullanılan değerler;

1. Bitümlü karışımın özgül ağırlığı (D_p , D_T)

Bitümlü karışımın özgül ağırlığı en basit ifadeyle birim hacimdeki karışımın ağırlığıdır. Karışımın dizaynında iki farklı özgül ağırlığa ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar sıkıştırılmış karışımın pratik özgül ağırlığı (D_p) ve gevşek karışıma ait teorik maksimum özgül ağırlıktır (D_T). Bu iki özgül ağırlık değeri sıkıştırılmış briketlerin hava boşluğunu hesaplamak için kullanılır (Gültekin vd. 2021a).

2. Hava boşluğu (V_h)

Bitümlü karışım kaplamanın dayanıklılığı hava boşluğu içeriğinin bir fonksiyonudur. Hava boşluğu azaldıkça kaplamanın geçirgenliği azalır. Ancak hava boşluğu içeriği çok az olduğunda kaplamanın tekerlek izinde oturma ve ötelenme tarzı kalıcı deformasyon yapma yatkınlığı artar. Kaplamada ilaveten bitüm kusmalarıda yaşanabilir. Karışımın hava boşluğu bitümle kaplanmış agrega daneleri arasındaki küçük hava cepleridir. Tamamlanmış bir kaplamada belirli miktardaki hava boşlukları trafiğin oluşturduğu ilave sıkıştırmaya veya ısı artışıdaki genleşmelere karşı koyabilmek için gereklidir. Hava boşluğu değeri Formül 3.21 ile hesaplanır (Gültekin vd. 2021b).

$$V_h = \frac{100 \times D_p}{D_T} \quad (3.21)$$

3. Agregalar arası boşluk (VMA)

Bitümlü karışımdan beklenen performansı elde edebilmek için agrega yüzeylerinin tamamının uygun kalınlıkta bir bitüm filmi ile kaplanmış olmasının yanında, agregaları çevreleyen yeterli kalınlıkta efektif bir bitüm hacmine ihtiyaç vardır. Bu nedenle sıkıştırılmış karışım içerisinde hem ideal efektif bitüm hacmini hem de gerekli olan hava boşluk hacmini yakalayabilmek için agregalar arasında yeter büyüklükte

minimum bir boşluğa ihtiyaç vardır. Efektif bitüm hacmi, agreganın nominal maksimum dane boyutunun bir fonksiyonu olup, karışımda kullanılan agregaların dane boyutu küçüldükçe, artan yüzey alanıyla efektif bitüm ihtiyacı da artmakta bunun sonucunda da daha büyük bir agregalar arası boşluk hacmine gereksinim duyulmaktadır. Agregalar arası boşluk küçüldükçe, bitümlü karışımda efektif bitüm miktarı da azalmakta bu da daha düşük dayanıklılığa sebep olmaktadır. Sıkıştırılmış bitümlü karışımda agregalar arası boşluk, toplam hacmin yüzdesi olarak ifade edilmekte olup, bitümlü karışımdaki agreganın ağırlıkça yüzdesi, pratik yoğunluk (D_p), karışımdaki agrega hacim özgül ağırlığı (G_{sb})'na bağlı olarak Formülü 3.22 ile hesaplanmaktadır (Gültekin vd. 2021c).

$$- \frac{D_p \times 100 - W_a}{G_{sb}} \quad (3.22)$$

4. Asfaltla dolu boşluk (V_{FA})

Asfaltla dolu boşluk, agregalar arasındaki boşluk hacmi içerisindeki efektif bitüm ile dolu olan hacmin yüzde cinsinden VMA'ya olan oranıdır. Asfaltla dolu boşluk, karışımda agregalar çevresinde yeterli bir bitüm kalınlığı sağlamak için kullanılır. Çok düşük olduğunda karışım zayıf dayanıklılıkta, çok yüksek olduğunda ise karışım düşük stabilitede olmaktadır. Kabul edilebilir bir asfaltla dolu boşluk yüzdesi trafik yoğunluğuna ve iklim koşullarına bağlı olarak belirlenmektedir. Yüksek yoğunluklu trafik hacmi nedeniyle karışımın güçlü ve stabilitesinin yüksek olması isteniyorsa asfaltla dolu boşluk düşük seçilebilir. Düşük trafik hacminde ise, kaplamanın dayanıklılığını artırmak için yüksek asfaltla dolu boşluk hacmi gerekebilmektedir. Ancak asfaltla dolu boşluk oranı çok yüksek olduğunda, bitüm kusmasına ya da tekerlek izinde oturma bozulmasına neden olmaktadır. Asfaltla dolu boşluk değeri Formül 3.23 ile hesaplanır (Gültekin vd. 2021d).

$$FA = \frac{VMA - V_h}{VMA} \quad (3.23)$$

Marshall dizayn formuna, yapılan özgül ağırlık ve briketler üzerine yapılan ölçümler dahil tüm değerler işlenir. Her briket grubu için o grupta kabul edilebilir numuneler üzerinden, ortalama hacim özgül ağırlıkları (D_p), maksimum teorik özgül

ağırlık (D_T), hava boşluğu yüzdesi (V_h), agregalar arası boşluk yüzdesi (VMA), asfaltla dolu boşluk yüzdesi (V_{FA}) değerleri hesaplanır. Bulunan sonuçlara göre yatay eksen bitüm yüzdesi değerlerini göstermek üzere her bir bitüm yüzdesine karşılık gelen ortalama D_P , VMA, V_h , V_{FA} değerleri grafikleri ayrı ayrı çizilir ve grafikler yardımıyla optimum bitüm yüzdesi belirlenir (Gültekin vd. 2021e).

TMA Aşınma Tabakası için Marshall Dizaynı Deney sonuçları EK-2’de verilmiştir.

3.2.4. I-FIT yöntemi ile SCB performans deneyleri

Tasarımları tamamlanan TMA Aşınma karışımlarının, performans deneyleri AASHTO T 393 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

a. Deney amacı

Bu test yöntemi, ara test sıcaklıklarında asfalt karışımlarının çatlak ilerlemesi sırasında çatlama direnci özelliklerinin belirlenmesini kapsar. Numuneler, yük uygulama yönüne paralel bir çentiğe sahip yarım daire şeklindeki eğilme geometrisinde test edilir. Bu testle ilişkili veri analizi prosedürü; kırılma enerjisini (G_f), yük ile yük hattı yer değiştirme (LLD) eğrisini ve maksimum yük sonrası eğimi (m) belirler. Bu parametreler, bir asfalt karışımının ara sıcaklıklarda kırılma direncini tahmin etmek için bir esneklik indeksinin (FI) tespitinde kullanılmaktadır. Ayrıca FI değeri asfalt karışımının uygunluğunun tespiti sürecinin bir parçası olarak kullanılabilir (AASHTO T 393 2022a).

b. Kullanılan cihazlar

Superpave Gyratory Compactor: Bu çalışmada, TMA karışım numunelerini hazırlamak için bir döner kompaktör kullanılmıştır. Superpave Gyratory Compactor;

1. Sıkıştırma sırasında kalıpları 1,250°’lik iç açılı ile eğilmeli,

2. Numunenin silindirik eksenine dik olarak 600 kPa basınç uygulayabilmeli,
3. Numune kalıplarını dakikada 120 dönme hızı ile döndürebilir olmalı.

Test Cihazı: Kapalı döngü ve eksenel yükleme sistemine sahip, yük ve deformasyon ölçüm cihazları bulunan, ayrıca numune ve test verilerini toplama sistemine sahip olmalıdır. Kapalı döngü, geri besleme kontrollü servo-hidrolik yük çerçevesi gibi sabit yer değiştirme oranlı bir cihaz kullanılmalıdır.

Eksenel Yükleme Cihazı: Yükleme cihazı, maksimum 10 N çözünürlükte ve en az 10 kN kapasitede sıkıştırma yükleri verebilmelidir.

Eğilme Testi Düzeneği: Düzenek bir yükleme başlığı, bir çelik taban plakası ve nominal çapı (D) 25 mm olan iki çelik silindirden oluşmaktadır. Yükleme başlığının ucu $12,5 \pm 0,05$ mm yarıçaplı bir temas eğriliğine sahip olmalıdır. İki silindir desteğinin uzunluğu en az 65 mm olmalıdır. 25 mm nominal çaplı iki çelik silindirin her biri için U şeklinde çelik destek blokları kullanılır. İlk silindir konumu, $120 \pm 0,1$ mm'lik ilk test açıklığı boyutunu belirleyen yaylar ve geri dayanaklarla sabitlenir. Destek silindirlerinin test sırasında desteklerden uzağa dönmesine izin verilir; ancak numune ile temas halinde kalır.

Harici Yer Değiştirme Ölçüm Cihazı: 0,01 mm'ye kadar hassas Doğrusal Değişken Yer Değiştirme Dönüştürücü (LVDT) gibi harici olarak uygulanan bir deplasman ölçüm cihazı.

Kontrol ve Veri Toplama Sistemi: Bu sistem ile zaman, yük ve yük hattı yer değiştirmesi (LLD) kaydedilir. Kontrol ve veri toplama sisteminin, düzgün bir yük-yer değiştirme eğrisi elde etmek için 50 ± 1 mm/dak hassasiyetinde sabit bir LLD hızı uygulaması ve minimum 20 Hz örnekleme frekansında veri toplaması gerekir.

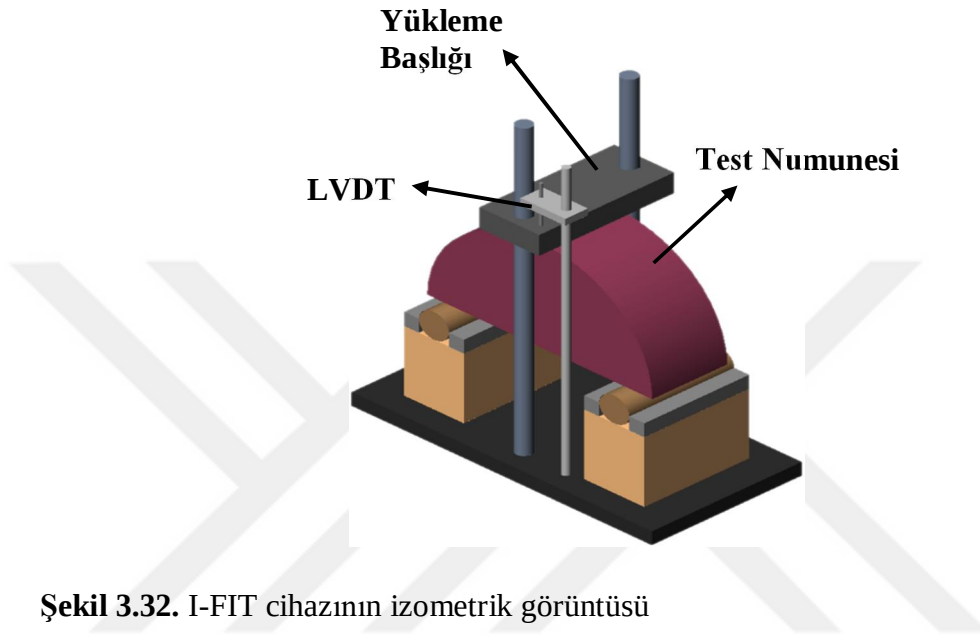
Numune Çentik Açma Düzeneği: Asfalt numunelerine çentik açabilen düzenek.

Su Banyosu: Numuneleri $25 \pm 0,5$ °C'de şartlandırmak için uygun çalışma sıcaklığı aralığında kullanılan, eşit bir sıcaklığı koruyabilen yeterli büyüklükte su banyosu. Su

3. MATERYAL ve YÖNTEM

banyosunun sıcaklığını ölçmek için kullanılan termometre, en az 20 ila 30 °C sıcaklık aralığında ve $\pm 0,13$ °C hassasiyette olmalıdır.

Ölçüm Cihazı: Numune kalınlığı ve alan ölçümü için $\pm 0,1$ mm'ye kadar hassas kumpas veya cetvel.



Şekil 3.32. I-FIT cihazının izometrik görüntüsü



(a)



(b)

Şekil 3.33. Deney numunesinin hazırlanmasında kullanılan cihazlar ve numune hazırlama süreci.



(c)



(d)



(f)

Şekil 3.33. (devam)

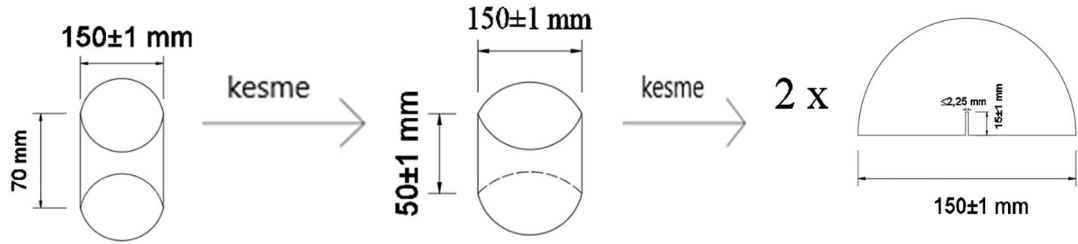
c. Deney yapılışı

ICT araştırmacıları, asfalt karışımlarının ara sıcaklıkta çatlama direncini değerlendirmek için I-FIT'i geliştirmiş ve onaylamıştır (Al-Qadi et al. 2015h). I-FIT için geçici AASHTO standardı AASHTO TP 124 "Ara Sıcaklıkta Yarım Daire Bükme (SCB) Geometrisi Kullanılarak Asfalt Karışımlarının Kırılma Potansiyelinin Belirlenmesi" 2021 yılında kalıcı bir standart haline gelmiştir AASHTO T 393.

KTŞ'ye uygun olarak gerçekleştirilen TMA Aşınma tasarımlarında optimum bitüm oranı %2 ile %4 arasında olan %3 hava boşluğuna göre belirlenmiştir. Ayrıca KTŞ'de sıkıştırılmış yol numunesinde maksimum %5 hava boşluğu elde edilmesinin gerektiği belirtilmektedir. Çalışmanın yol uygulamasını temsil edebilmesi için, SCB

numuneleri SGC ile optimum bitüm oranında $5 \pm 0,5$ hava boşluğu ile sıkıştırılmıştır. Hazırlanan SCB numuneleri Şekil 3.32’de gösterilmiştir. SCB test cihazının izometrik görüntüsü Şekil 3.31’de görülmektedir. Test ekipmanı, numuneye uygulanan yükü ve yükün neden olduğu yer değiştirmeyi ölçmek için bir yük başlığı ve LVDT kullanmaktadır.

I-FIT deneyi, AASHTO T 393’e uygun prosedür takip edilerek gerçekleştirilmiştir. Her bir karışımda elde edilen bitüm oranları, test numunelerinin hazırlanmasında temel olarak dikkate alınmıştır. Yarı dairesel bir eğilme numunesi üretmek için Superpave Gratory Compactor (SGC) kullanılarak 70 mm yüksekliğinde 150 ± 1 mm çapında silindirik TMA Aşınma numuneleri hazırlanmıştır (Bkz. Şekil 3.33). Silindirik numuneler daha sonra numunenin orta çapı boyunca kesilerek iki yarım daire elde edilmiştir. SCB numunelerinin yükseklikleri, test standardında açıklandığı gibi her iki taraftan kesilerek 50 ± 1 mm’ye düşürülmüştür. Bu çalışmada her bir karışım için çentikli SCB test numuneleri hazırlanmıştır. Numuneler arasındaki değişkenlik etkisini azaltmak için, numunenin her bir yarısına standartta belirtilen aynı çentikler açılmıştır. Çentikler asfalt numunelerinin düz kenarına dik olarak merkezde 15 ± 1 mm uzunluğunda ve 2,25 mm’den küçük genişlikte açılmıştır (AASHTO T 393 2022b).



Şekil 3.34. SCB deney numuneleri hazırlama akış şeması

Çentikli SCB numunelerine ait testler, kapalı döngü, geri besleme kontrollü servohidrolik yükleme cihazı kullanılarak 50 mm/dak sabit yük hattı yer değiştirme ile 25°C 'de gerçekleştirilmiştir.

SCB testi, Gyratory Compactor (SGC) (American Association of State and Highway Transportation Officials, 2019) ile hazırlanan veya üstyapıdan alınan karotlardan elde edilen silindirik numuneler üzerinde, standartta belirtilen kriterlere

uygun olarak, basit, pahalı olmayan ekipmanlarla kolayca gerçekleştirilmektedir. SCB testi, tasarlanan TMA karışımlarının çatlama potansiyelini belirlemek için AASHTO T 393 standardının ana prensiplerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Test numuneleri bir su banyosunda $25 \pm 0,5$ °C'de 2 saat ± 10 dakika şartlandırılmıştır. Numuneler $25 \pm 0,5$ °C'de su banyosunda şartlandırıldıktan sonra test edilmiştir. Test yöntemi, operatörün yük uygulama yönünde numuneye 50 mm/dak'lık bir yer değiştirme oranıyla artan bir yük uyguladığı basit bir üç noktalı eğilme mekanizmasına dayanmaktadır. Yüksek yükleme hızı ve sıcaklık dalgalanmalarından kaçınmak için test, numuneler su banyosundan çıkarıldıktan 5 ± 1 dakika içinde tamamlanmıştır.

Test numunesini, hem "x" hem de "y" yönlerinde ortalananak ve dikey yükleme eksenini, numunenin üst yarıçapının merkezinden çentiğin ortasından geçecek şekilde hizalanacak şekilde silindirler üzerindeki test düzeneğine yerleştirilmiştir.

Tam otomatik cihazda ilk olarak, 0,05 kN/s'lik bir yükleme hızıyla vuruş kontrolünde $0,1 \pm 0,01$ kN'lik bir temas yükü uygulanmıştır. Cihaz yazılımı tarafından temas yükü kaydedilmiştir. 0,1 kN temas yüküne ulaşıldıktan sonra, test 50 mm/dak hızında LLD kontrolü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yük tekrar 0,1 kN'nin altına düştüğünde cihaz tarafından test durdurulmuştur.

d. Hesaplamalar

AASHTO T 393'e uygun olarak gerçekleştirilen deney esnasında elde edilen veriler veri toplama sistemine kaydedilmiş ve Şekil 2.1'deki örnek grafikte gösterildiği gibi her bir numune için yüke karşı yerdeğiştirme eğrisi oluşturulmuştur. Yük-yerdeğiştirme eğrisinden kırılma ile ilgili aşağıdaki farklı parametreler elde edilmektedir;

Tepe yükü (P_{max}): Yük-LLD eğrisinde kaydedilen maksimum yük.

Kırılma işi (W_f): Sayısal bir entegrasyon tekniği kullanılarak yük-yük yerdeğiştirme eğrisinin altındaki alan.

Kırılma enerjisi (G_f): Yük-yerdeğiştirme eğrisinin altındaki alan olarak tanımlanan kırılma işinin (W_f), çatlak bölgesinde yükün etkidiği en kesit alanına (A_{lig}) bölünmesiyle elde edilen değerdir. Yükün etkidiği en kesit alanı genellikle çentikten itibaren yarıçap uzunluğunun ölçülmesiyle elde edilen uzunluk ile numune kalınlığının çarpımı olarak hesaplanır (Espinosa et al. 2018). Malzemenin mikroyapısal morfolojisi dikkate alınmadan, bu alan tipik olarak çentikten itibaren yarıçap uzunluğu ve numune kalınlığının çarpımı olarak hesaplanır (AASHTO T 393 2022c).

Kırılma enerjisi, AASHTO T 393'de numuneyi çatlatmak için gereken yük-yerdeğiştirme eğrisinin altındaki alan başına enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Burada kırılma enerjisi (G_f) Formül 2.1'e göre hesaplanır.

Esneklik İndeksi (FI): I-FIT'in birincil çıktı parametresi olan FI, test numunesindeki çatlak yayılmaya başladıktan sonraki toplam kırılma enerjisinin yük-yerdeğiştirme eğrisinin tepe sonrası kısmında yer alan bükülme noktasındaki eğrinin eğimine $|m|$ bölünmesi olarak tanımlanır (Al-Qadi et al. 2015i; Ozer et al. 2016d). Tepe sonrası eğimin $|m|$ birimi (kN/mm)'dir. FI aynı zamanda Illinois Esneklik İndeksi olarak da adlandırılır. Asfalt karışımlarının çatlama davranışını araştırmak için özel olarak oluşturulmuştur (Barry 2016c; Espinosa et al. 2020b). Esneklik indeksi, yük yer değiştirme eğrisi tarafından belirlenir. Bükülme noktasında çizilen teğetsel eğri eğimi, eğrinin tepe sonrası eğimini temsil eder. Literatürde asfalt karışımlarında çatlama direncinin yüksek olmasının FI değerinin yüksek olması ile gösterildiği belirtilmektedir (Kaseer et al. 2018b). FI Formül 2.2'ye göre hesaplanır (Barry 2016d; Espinosa et al. 2020c).

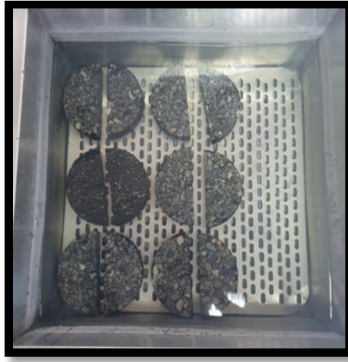
AASHTO T 393 standardında her karışım için en az üç geçerli sonuç istenmektedir. Proje için 186 SCB numunesi üretilmiş ve teste tabi tutulmuştur. Ancak bu numunelerin 60 adetinin standartta belirtilen kriter olan aynı karışımda elde edilen Esneklik İndekslerinin varyasyon katsayısı değerlerinin %27,1 den düşük olduğu tespit edilmiştir. Varyasyon katsayısı Standart Sapma Formül 3.24 ve Aritmetik Ortalamaya Formül 3.25 bağlı olarak Formül 3.26'ya göre hesaplanır. Sonuçlar Çizelge 3.39'da gösterilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

$$\text{Standart Sapma: } s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \quad (3.24)$$

$$\text{Aritmetik Ortalama: } \bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.25)$$

$$\text{Varyasyon Katsayısı: } C_v = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (3.26)$$



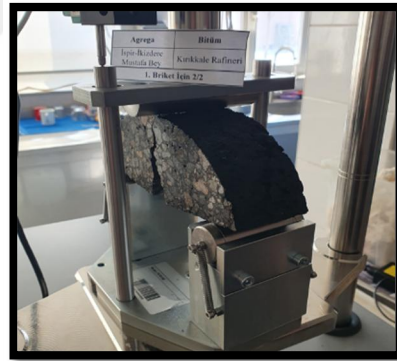
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Şekil 3.35. SCB deney görselleri

Çizelge 3.39. SCB deney sonuçları

	Taşocağı		Bitüm	P _{mak}	G _f	m	FI	FI _{ort}	FI Varyasyon Katsayısı (C _v)
	Kaba Agrega	İnce Agrega							
1	İspir İkizdere	İspir İkizdere	Batman	3,6	2.677	3,6	7,4	9,9	15,9
				3,3	2.350	2,3	10,2		
				3,7	3.062	2,5	12,2		
				4,7	3.216	3,5	9,2		
	İspir İkizdere	İspir İkizdere	Kırıkkale	3,3	2.677	2,6	10,3	10,5	19,1
				3,6	3.246	3,9	8,3		
				3,8	3.128	2,4	13,0		
				4,2	2.855	2,4	11,9		
	İspir İkizdere	İspir İkizdere	İzmit	4,2	2.538	2,9	8,8	13,5	20,5
				3,9	3.007	2,7	11,1		
				5,7	3.131	1,8	17,4		
				3,5	3.237	2,7	12,0		
2	İspir İkizdere	Mustafa Bey	Batman	4,4	2.859	3,9	7,3	8,2	18,8
				4,5	2.799	2,7	10,4		
				4,8	2.904	4,2	6,9		
	İspir İkizdere	Mustafa Bey	Kırıkkale	4,3	2.945	3,0	9,8	10,1	16,1
				4,3	3.525	2,9	12,2		
				4,6	3.698	4,5	8,2		
	İspir İkizdere	Mustafa Bey	İzmit	6,1	4.095	3,5	11,7	11,2	12,2
				4,9	3.687	3,6	10,2		
				4,2	3.806	2,9	13,1		
				4,6	2.880	3,0	9,6		
3	Kırıgındere	Kırıgındere	Batman	3,4	1.759	3,2	5,5	4,7	18,8
				3,0	1.357	2,4	5,7		
				3,4	1.671	4,2	4,0		
				3,2	1.651	4,5	3,7		
	Kırıgındere	Kırıgındere	Kırıkkale	3,6	2.690	3,5	7,7	6,7	9,9
				3,4	2.177	3,5	6,2		
				4,3	2.279	3,6	6,3		
	Kırıgındere	Kırıgındere	İzmit	5,3	3.929	4,0	9,8	9,2	14,0
				4,7	3.917	3,8	10,3		
				3,7	2.584	3,5	7,4		
4	Kırıgındere	Mustafa Bey	Batman	3,7	1.710	4,7	3,6	4,5	21,1
				2,7	1.686	2,9	5,8		
				3,3	1.649	4,1	4,0		
	Kırıgındere	Mustafa Bey	Kırıkkale	3,5	2.497	3,9	6,4	6,5	14,8
				4,1	2.614	4,9	5,3		
				4,0	2.765	3,6	7,7		
	Kırıgındere	Mustafa Bey	İzmit	4,8	3.161	4,8	6,6	8,7	18,8
				5,2	4.226	4,0	10,6		
				4,5	3.185	3,6	8,8		

Çizelge 3.39. (devam)

	Taşocağı		Bitüm	P_{mak}	G_f	m	FI	FI_{ort}	FI Varyasyon Katsayısı (C_v)
5	Laleli	Laleli	Batman	3,6	2.433	3,2	7,6	6,5	15,5
				3,4	2.122	4,1	5,2		
				3,1	1.922	2,8	6,9		
	Laleli	Laleli	Kırıkkale	3,6	2.390	2,7	8,9	7,9	14,4
				4,1	3.011	3,5	8,6		
				3,4	2.465	3,9	6,3		
	Laleli	Laleli	İzmit	3,7	2.472	3,1	8,0	8,2	6,6
				4,4	3.089	4,0	7,7		
				4,7	3.055	3,4	9,0		
				4,9	3.185	4,3	7,4		
				4,6	3.197	4,4	7,3		
				5,1	3.516	3,6	9,8		
6	Laleli	Mustafa Bey	Batman	3,4	2.016	4,2	4,8	5,9	24,7
				3,3	2.553	3,2	8,0		
				4,0	2.825	5,7	5,0		
	Laleli	Mustafa Bey	Kırıkkale	4,0	2.610	2,9	9,0	7,6	16,5
				4,5	2.922	4,9	6,0		
				3,7	2.931	3,7	7,9		
	Laleli	Mustafa Bey	İzmit	4,7	2.152	2,8	7,7	8,0	12,6
				4,9	3.185	4,3	7,4		
				4,6	3.197	4,4	7,3		
				5,1	3.516	3,6	9,8		

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Çalışma kapsamında 18 farklı TMA Aşınma tabakası için öncelikle bitümlü bağlayıcı süzülme yüzdesi değerlerine göre selülozik polimer esaslı elyaf miktarları tespit edilmiştir. Süzülme yüzdesi değerlerine bitüm rafinerisinin, agregaların bitüm absorpsiyonlarının, agregaların soyulma mukavemetinin ve karışımın ince agrega kısmının iki farklı kökenli agrega ile üretmenin etkisi tespit edilmiştir. Bu etkileri madde madde değerlendirirsek;

4.1. Farklı rafinerilere ait bitümlerin özgül ağırlığı ve yumuşama noktası değerlerinin süzülme yüzdesine etkisi

Farklı rafinerilere ait bitümler ile yapılan süzülme yüzdesi değerleri büyükten küçüğe doğru İzmit Tüpraş, Kırıkkale Tüpraş ve Batman Tüpraş rafinerileridir. Bitümleri farklı gradasyonları aynı elyafsız olarak hazırlanan karışımlarda bitüm özgül ağırlığı ve yumuşama noktası değerlerindeki artışın süzülme yüzdesi değerlerini azalttığı Çizelge 4.1’de görülmektedir. Bu durumun esasında Penetrasyon İndeksi (PI) değeri olarak ifade edilen bitümün ısıya karşı hassasiyeti ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. PI değerinin hesabında kullanılan yumuşama noktası değeri (Aytekin 2018) yüksek olan Batman Tüpraş bitümünün çalışmada kullanılan diğer bitümlere göre sıcaklık hassasiyeti daha düşük olması nedeni ile süzülme yüzdesi değeri daha düşük gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı rafinerilere ait bitümlerin özgül ağırlıkları ve yumuşama noktaları ile karışımların elyafsız süzülme %’leri.

Deney Adı	Taşocağı	Bitüm Rafinerisi		
		İzmit Tüpraş Rafinerisi	Kırıkkale Tüpraş Rafinerisi	Batman Tüpraş Rafinerisi
Özgül Ağırlık	-	1,034	1,038	1,040
Yumuşama Noktası (°C)	-	44,3	45,4	47,4
Süzülme (Elyafsız) %’si	İspir İkizdere	0,83	0,75	0,65
	Laleli	0,66	0,54	0,49
	Kırgındere	0,27	0,25	0,18
	İspir İkizdere+Mustafa Bey	0,52	0,48	0,43
	Laleli+Mustafa Bey	0,46	0,35	0,28
	Kırgındere+Mustafa Bey	0,30	0,28	0,25

4.2. Bitüm absorbsiyonlarının süzülme yüzdeleri üzerindeki etkisi

Taşocakları farklı agregalardan hazırlanan karışımların elyafsız süzülme yüzdesi sonuçlarının büyükten küçüğe doğru İspir İkizdere, Laleli, Kırğındere taşocağı olduğu Çizelge 4.1’de görülmektedir. Farklı taşocakları ve bitümlü bağlayıcı ile elyafsız olarak hazırlanan karışımların süzülme yüzdesi değerleri ile Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı (Gültekin et al. 2021) esas alınarak belirlenen bitüm absorbsiyon sonuçları Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4’de kıyaslandığında aralarında ters orantı olduğu tespit edilmektedir. Bu duruma, agregaların gözeneklerindeki artış sebep olmakta ve bunun sonucunda da bitüm absorbsiyonu artmakta ve bitüm süzülme yüzdesi azalmaktadır (Lee et al. 1990). Yani agregaların bitüm absorbsiyon yüzdesi azaldıkça karışıma ait süzülme yüzdesi artmaktadır. Çalışmada kullanılan taşocaklarından en büyük bitüm absorbsiyonuna sahip olan Kırğındere taşocağından elde edilen karışımların bitüm süzülme yüzdesi bu nedenle daha düşüktür.

Çizelge 4.2. TMA Aşınma tabakası karışımlarına ait bitüm absorbsiyonları

Taşocağı		İspir İkizdere	Laleli	Kırğındere	İspir İkizdere + Mustafa Bey	Laleli + Mustafa Bey	Kırğındere + Mustafa Bey
Bitüm Absorbsiyon Yüzdesi	İzmit	0,31	0,49	0,62	0,29	0,43	0,49
	Kırıkkale	0,32	0,52	0,63	0,31	0,45	0,52
	Batman	0,35	0,53	0,65	0,32	0,46	0,55

Çizelge 4.3. İspir İkizdere-Laleli-Kırğındere agregalarının bitüm absorbsiyonları ve süzülme yüzdesi değerleri.

	Taşocağı		
	İspir İkizdere	Laleli	Kırğındere
Rafineri	Bitüm Absorbsiyon Yüzdesi - Süzülme (Elyafsız) Yüzdesi		
İzmit	0,31 - 0,83	0,49 - 0,66	0,62 - 0,27
Kırıkkale	0,32 - 0,75	0,52 - 0,54	0,63 - 0,25
Batman	0,35 - 0,65	0,53 - 0,49	0,65 - 0,18

Çizelge 4.4. Kaba agrega kısmı İspir İkizdere-Laleli-Kırgındere ince agrega kısmı Mustafa Bey agregalarından oluşan karışımların bitüm absorbsiyonları ve süzülme yüzdesi değerleri.

	Taşocağı		
	İspir İkizdere + Mustafa Bey	Laleli + Mustafa Bey	Kırgındere + Mustafa Bey
Rafineri	Bitüm Absorbsiyon Yüzdesi - Süzülme (Elyafsız) Yüzdesi		
İzmit	0,29 - 0,52	0,43 - 0,46	0,49 - 0,30
Kırıkkale	0,31 - 0,48	0,45 - 0,35	0,52 - 0,28
Batman	0,32 - 0,43	0,46 - 0,28	0,55 - 0,25

4.3. Agrega soyulma mukavemetinin farklı olmasının süzülme yüzdeleri üzerindeki etkisi

TMA Aşınma karışımına katkısız soyulma mukavemeti deneyi yapılmıştır (Behbahani et al. 2009). Taşocakları ve bitümlerden elde edilen karışımların soyulma mukavemeti deney sonuçları Çizelge 4.5’de görülmektedir. Karışımların süzülme yüzdeleri ile soyulma mukavemeti(katkısız) arasında ters orantı olduğu Çizelge 4.5’de görülmektedir. Bu durumun agrega-bitüm adezyonuna bağlı olarak meydana geldiği düşünülmektedir (Kök 2007). Soyulma mukavemeti ile adezyon arasında doğru orantı olduğundan dolayı en yüksekten en düşüğe doğru adezyonlar Batman Tüpraş, Kırıkkale Tüpraş ve İzmit Tüpraş rafinerilerine ait bitümlerken bunun aksine de süzülme yüzdeleri en yüksekten en düşüğe doğru İzmit Tüpraş, Kırıkkale Tüpraş ve Batman Tüpraş rafinerisine ait bitümler olduğu görülmektedir.

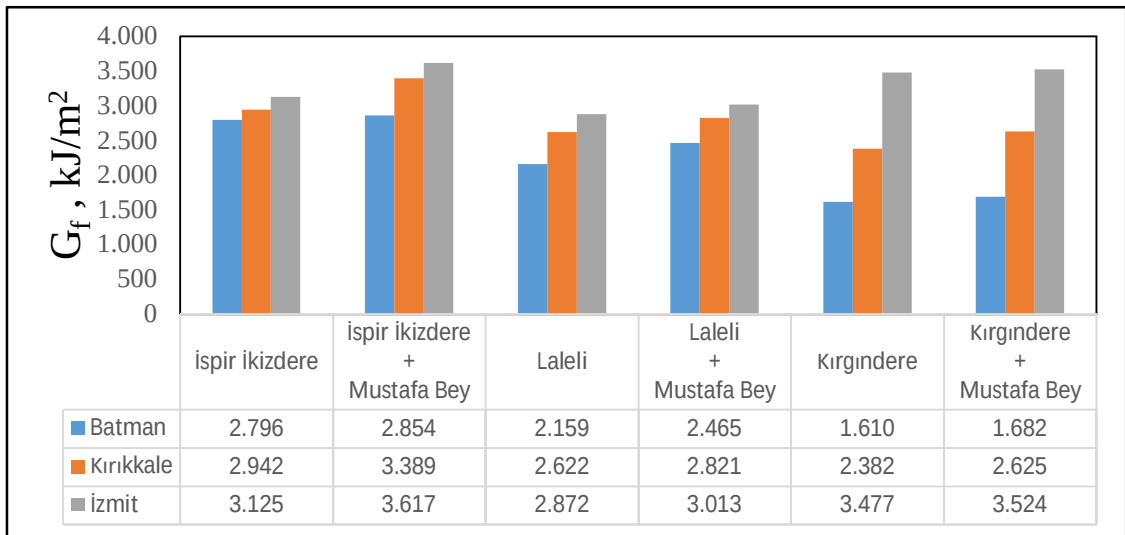
Çizelge 4.5. Soyulma mukavemeti ve süzülme yüzdesi değerleri

	Taşocağı		
	İspir İkizdere	Laleli	Kırgındere
Rafineri	Soyulma Mukavemeti Yüzdesi - Süzülme (Elyafsız) Yüzdesi		
İzmit	30 - 0,83	30 - 0,66	30 - 0,27
Kırıkkale	40 - 0,75	40 - 0,54	40 - 0,25
Batman	50 - 0,65	50 - 0,49	50 - 0,18

4.4. Karışımda ince agrega olarak sedimanter kökenli kayaç kullanılmasının süzülme yüzdesi üzerine ve karışımlardaki performansa etkisi

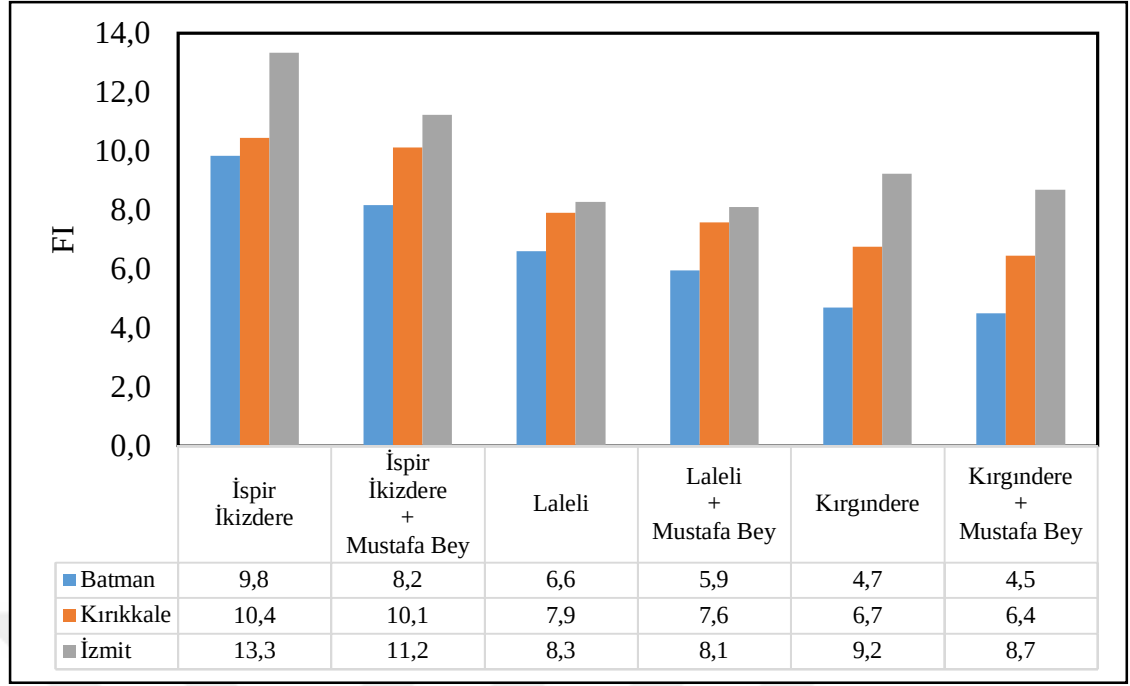
Deneyssel çalışmada magmatik agregalar TMA Aşınma’da hem kaba agrega hem ince agrega olarak kullanılırken, sedimanter kökenli agrega ise karışımda sadece ince agrega kısmında kullanılmıştır. Bu karışımların ince kısmında kullanılan sedimanter kökenli agrega ile farklı Tüpraş rafineri (Batman, İzmit, Kırıkkale) bitümlerinin ayrı ayrı karıştırılması sonucunda; süzülme yüzdesinde azaltıcı etki gösterdiği İzol’unda (2020) belirttiği gibi Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 karşılaştırıldığında gözlenmiştir. Sedimanter kökenli agregalarda görülen bu olumlu durumun agrega-bitüm aderansının katkısı sonucu olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada, TMA karışımlarının ince agrega kısmında sedimanter kökenli agregaların kullanılmasının kırılma potansiyelini karakterize etmek için farklı taşocakları ve rafinerilere ait bitümlerle hazırlanan numuneler üzerinde pratik bir SCB test yöntemi olan I-FIT kullanılmıştır. I-FIT’de ara sıcaklık (25 °C) ve 50 mm/dak yükleme hızı uygulanmıştır. Bu test basitlik, hız, fizibilite ve maliyet etkinliğinin yanı sıra makul ve tutarlı kırılma enerjisi ve üstyapı mühendisleri tarafından uygulama kolaylığı kriterlerine göre seçilmiştir.

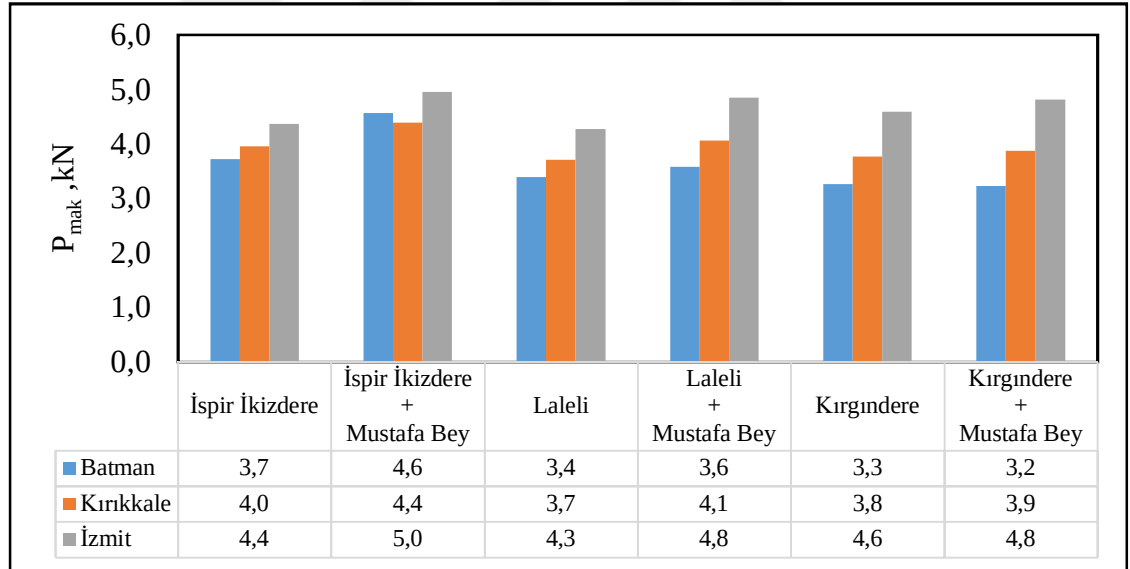


(a)

Şekil 4.1. Farklı rafinerilerden ve ocaklardan elde edilen malzemeler ile üretilen TMA karışımlarının kırılma parametreleri.



(b)



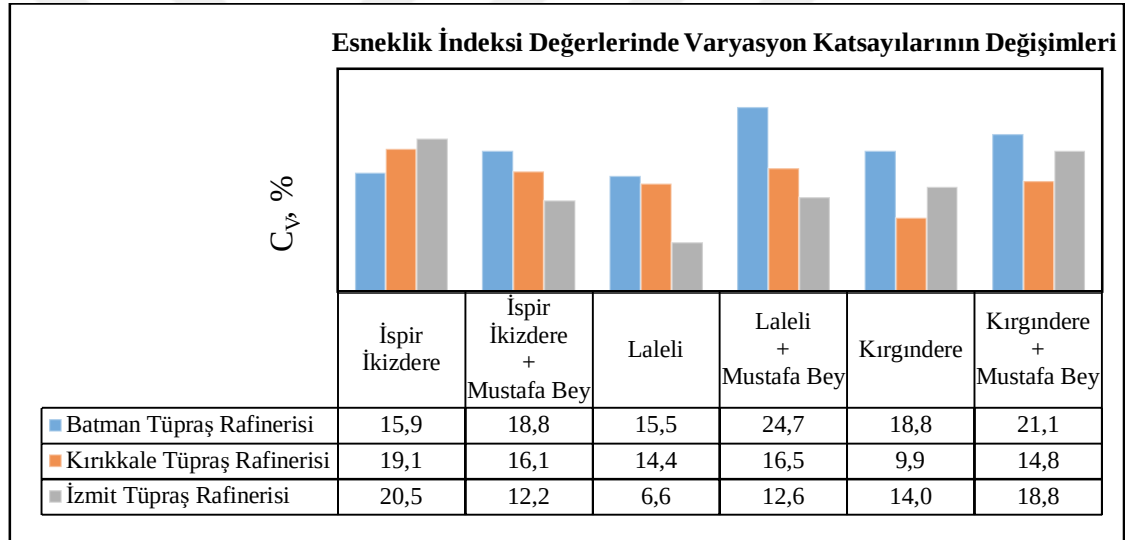
(c)

Şekil 4.1. (devam)

Şekil 4.1'deki kırılma performansı parametrelerinin grafikleri incelendiğinde, karışımın ince agrega kısmında sedimanter kökenli taşocaklarının kullanılmasının FI değerlerinde sınırlı seviyede düşüşe neden olsada P_{mak} ve G_f değerlerinde artışa sebep olduğu görüldüğünden sonuçlar açısından olumsuz yönde etki görülmemiştir. TMA gibi taş iskelet yapısına sahip karışımlarda ince agreganın sedimanter kökenli taş ocağı malzemesi kullanılması P_{mak} ve G_f açısından daha etkilidir. Yine aynı grafikte sonuçlara

bakıldığında sünekliği daha yüksek olan İzmit Tüpraş Rafineri bitümü ile elde edilen karışımların G_f , P_{mak} ve FI değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. AASHTO T 393 standardı ile elde edilen P_{mak} , FI ve G_f değerlerinin birbirleriyle tutarlı olması deneysel çalışma sürecinin doğruluğunu açıkça göstermiştir.

P_{mak} ve G_f değerleri agregaların özgül ağırlık değerlerinin ve aynı zamanda su emme oranının artmasıyla azalmıştır. Bu gözlemler ışığında, agreganın özgül ağırlığında ve su emme oranındaki artışın karışımın davranışını kırılgan hale getirdiği sonucuna varılmıştır. Test, sedimanter kökenli agreganın kullanımının karışımın sünek davranışı üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir, çünkü karışımın esneklik indeksi çok fazla düşmemiş, P_{mak} ve G_f değerleri artmıştır.

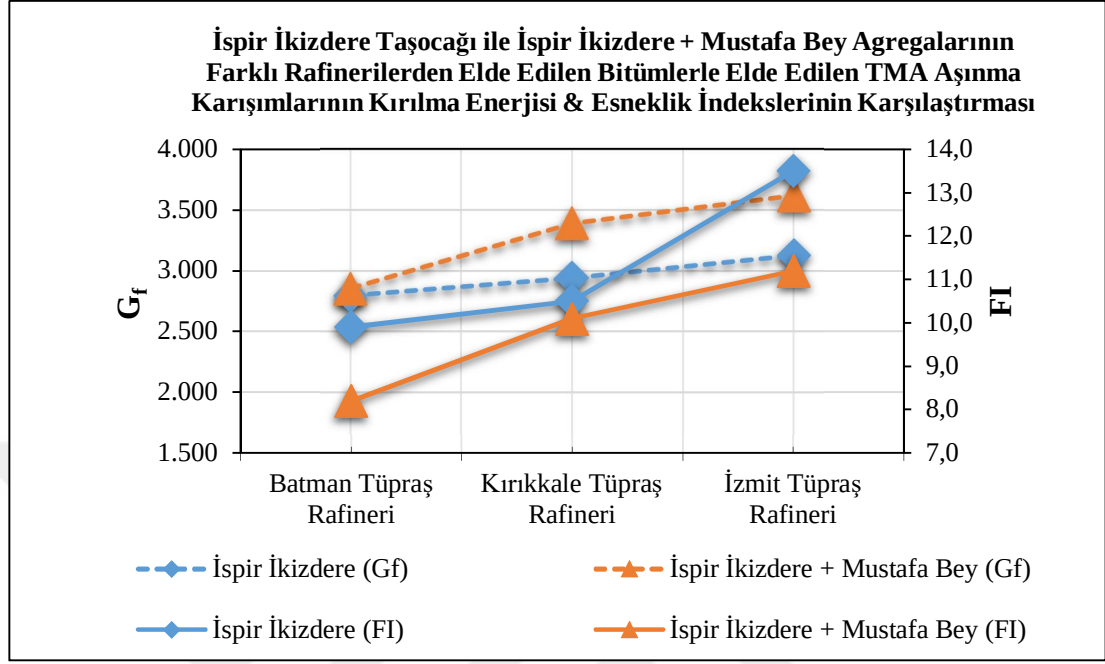


Şekil 4.2. TMA karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri.

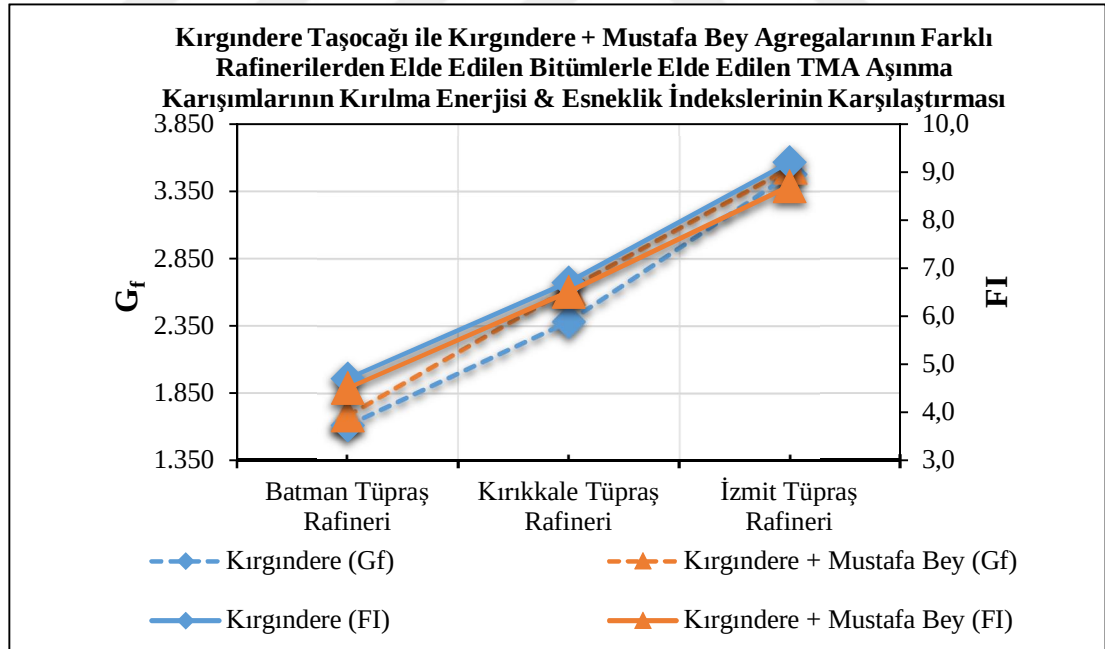
SCB test sonuçlarından esneklik indeksi değerlerinin C_v değerleri Şekil 4.2’de görülmektedir. Ne kırılma enerjisi (G_I) ne de tepe sonrası eğim (m), karışımları potansiyel çatlama dirençlerine göre sıralamak için tek başına yeterli olmayacağı düşünülerek bu iki ölçümü birleştirerek elde edilen FI değerleri incelendiğinde birkaç istisna dışında genel olarak varyasyon katsayılarının tamamı magmatik kökenli agregalarla üretilen karışımlarda daha düşük çıkmaktadır. Bu durum tek tip agreganın kullanımı ile sonuçların tekrarlanabilirliklerinin daha iyi olduğu sonucunu doğrulamaktadır. Ancak diğer karışımlardaki varyasyon katsayılarının değerlerinin

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

AASHTO T 393 standardında belirtilen varyasyon katsayısı sınır değeri olan %27,1'den uzak ve küçük olmaları nedeniyle olumsuz bir durum oluşturmamaktadır.

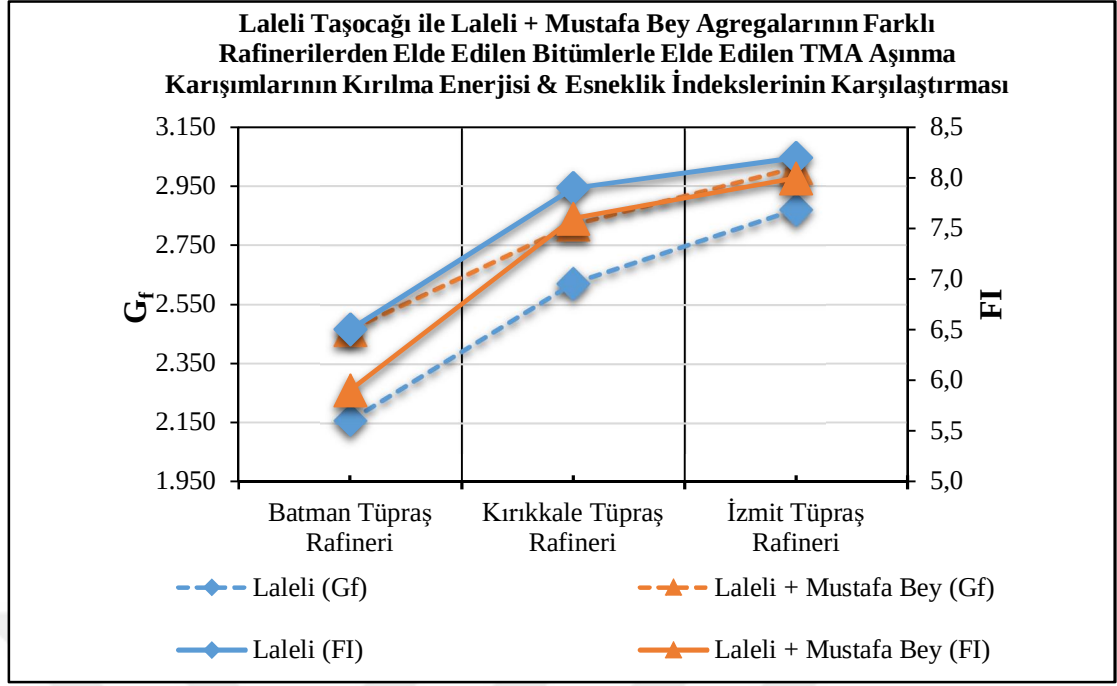


(a)



(b)

Şekil 4.3. TMA Aşınma karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri.



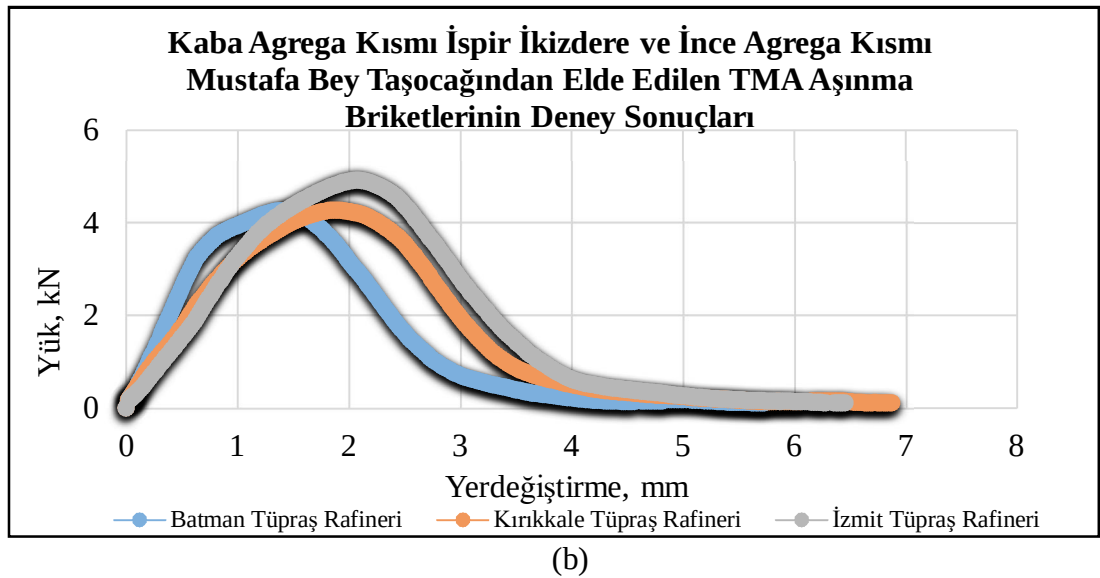
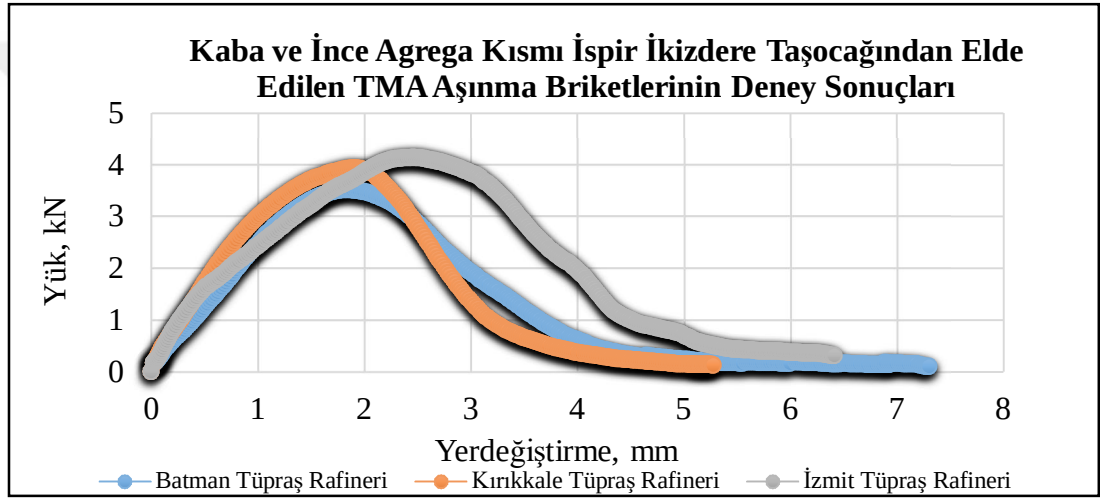
(c)

Şekil 4.3. (Devam)

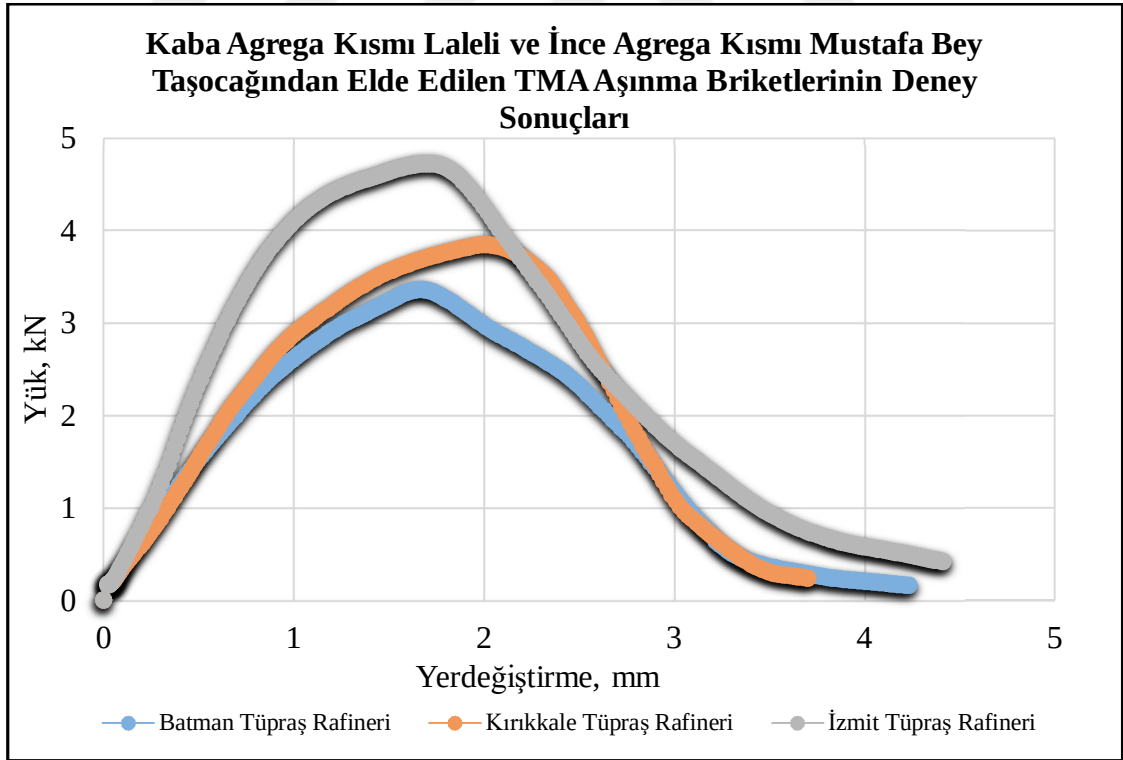
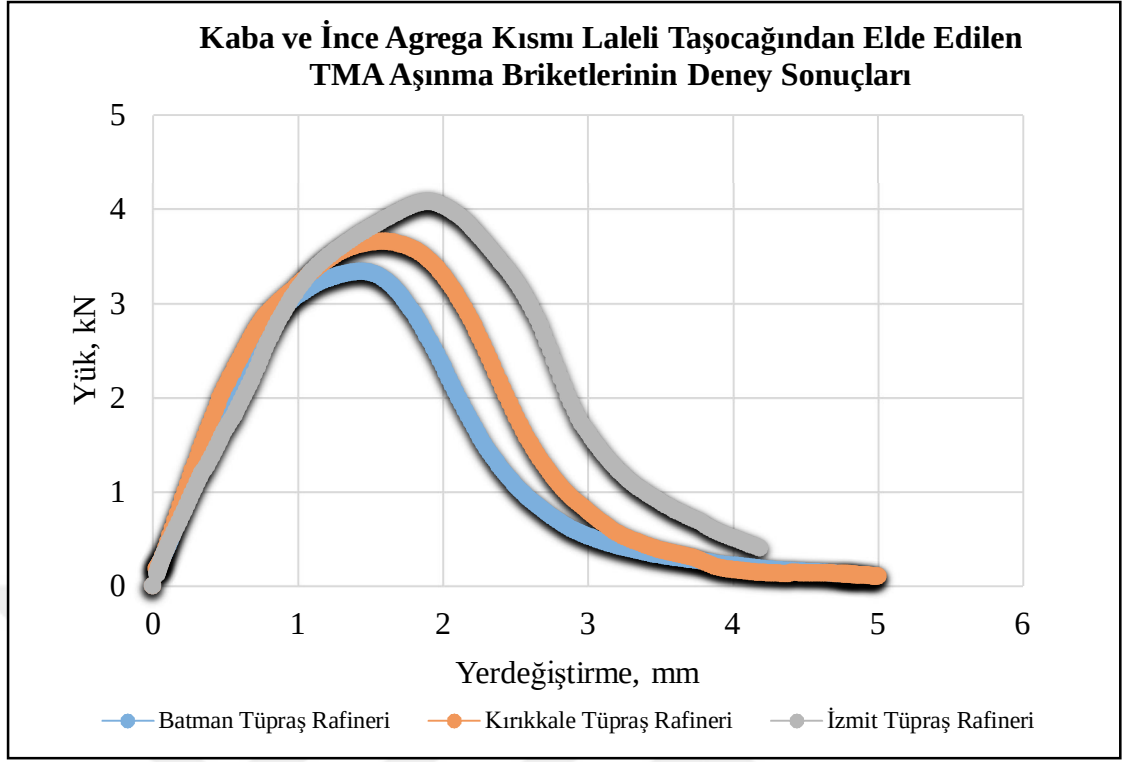
SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksi değerleri ve Kırılma Enerjisi değerleri Çizelge 3.35’de görülmektedir. Şekil 4.3’de ise her bir grup için elde edilen FI ve G_F değerlerinin ortalamaları paylaşılmaktadır. Bu şekiller incelendiğinde her bir karışımda sadece magmatik kökenli agregalarla oluşturulan karışımların G_f değerlerinin ince agrega kısmında sedimanter kökenli agrega kullanılmasına göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Ancak G_f ile doğru orantılı olan FI değerleri düşüş göstermektedir. Bunun sebebi ise FI değeri ile ters orantılı olan (m) değerlerinin artışıdan kaynaklanmaktadır. Bu eğim değerinin artması da karışımın davranışının gevrekleştiğini göstermektedir. Ancak FI değerlerindeki düşüşün göreceli olarak az olması sedimanter kökenli agregaların ince agrega kısmında kullanılmasına olumsuz katkısının olmadığını ortaya koymaktadır.

4.5. Farklı rafinerilerden elde edilen bitümlerin karışımlardaki performansa etkisi

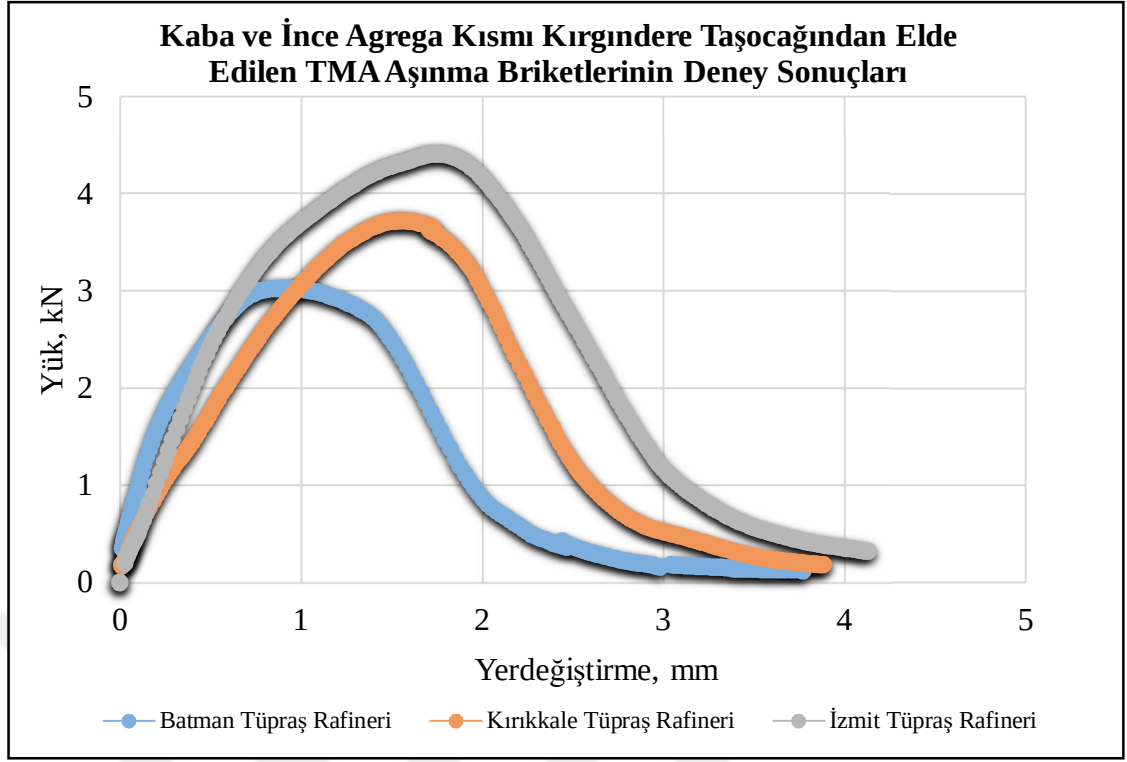
AASHTO T 393 standardına göre SCB testi ile gerçekleştirilen 18 farklı karışım için en az 3 geçerli sonuç elde etmek üzere 186 numune hazırlanmış ve test edilmiştir. Her bir karışım için deney sonucunda elde edilen ve AASHTO T 393 standardında belirtilen varyasyon katsayısı sınırı olan %27,1'den küçük olma kriterine uygun 60 sonuç elde edilmiştir. Her bitüm rafinerisi için elde edilen ve Çizelge 3.35'de verilen uygun deney sonuçları gruplandırılmış ve ortalamaları alınarak Şekil 4.4'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



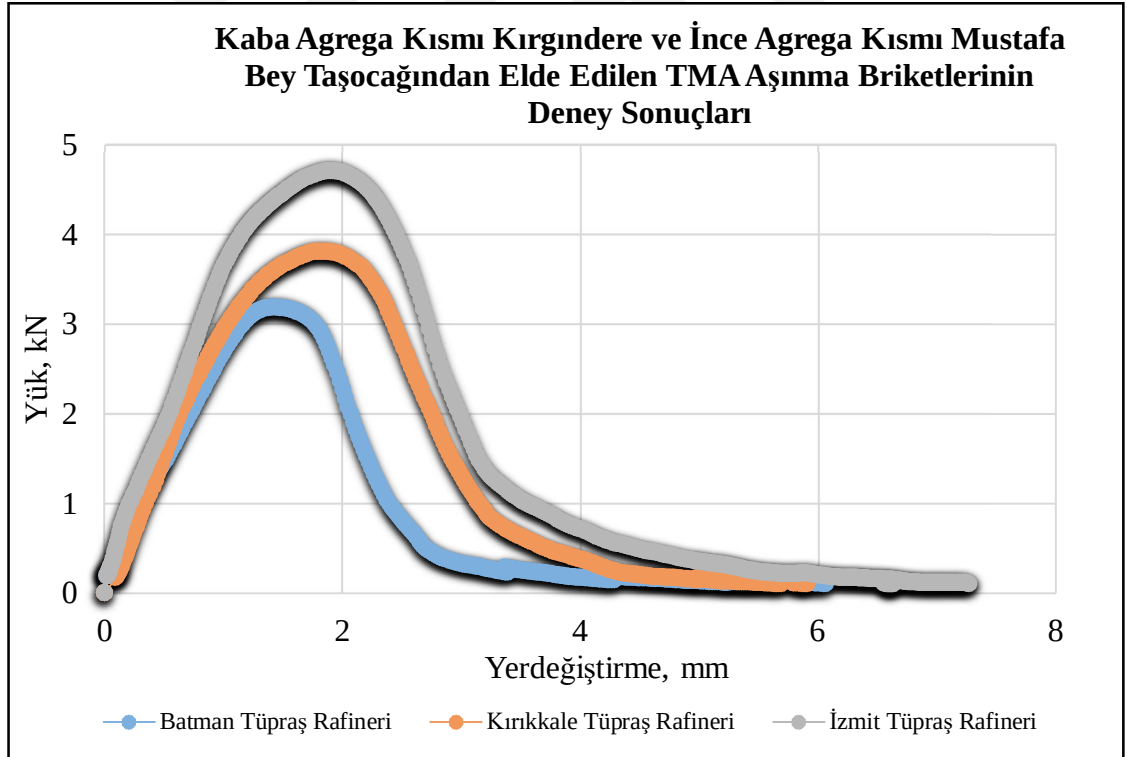
Şekil 4.4. TMA Aşınma karışımlarının SCB test sonuçlarından Esneklik İndeksinin (FI) Varyasyon Katsayısı (CV) değişimleri.



Şekil 4.4. (devam)



(e)



(f)

Şekil 4.4. (devam)

Şekil 4.4'deki yük-yer değıştirme eğrileri değ erlendirildiğinde, İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile hazırlanan karışımların elastikiyetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu bağlamda İzmit Tüpraş Rafinerisi bitümünün ardından ikinci sırada Kırıkkale ve üçüncü sırada Batman Tüpraş rafinerisi bitümlerine ait karışımların elastikiyetleri gelmektedir. Bu çalışmada kullanılan bitümlerin fiziksel özellikleri incelendiğinde, İzmit Rafinerisi bitümünün daha düşük yumuşama noktasına ve yoğunluğa sahip olmasının elastikiyeti artırıcı etkiye sahip olduğu düşüncesini ortaya koymaktadır. Şekil 4.4'de elde edilen bir diğ er bulgu ise ince agrega kısmında sedimanter kökenli bir kayaç kullanılmasının elastikiyet konusunda herhangi bir olumsuz durum meydana getirmemiş olmasıdır.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının ilk araştırma konusu TMA Aşınma kaplamalarda bitümlü bağlayıcı ve agreganın elyaf miktarına etkisi incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- ü Genel olarak bitümlü bağlayıcının fiziksel özelliklerinden özgül ağırlık ve yumuşama noktası değerleri artarken süzülme oranının ve elyaf yüzdesinin azaldığı gözlenmiştir.
- ü Farklı ocaklardan temin edilen agregaların aynı bitümlerle gerçekleştirilen süzülme yüzdesi tayini deneyleri kıyaslandığında agregaların bitüm absorpsiyonları arttıkça süzülme oranının ve elyaf yüzdesinin azaldığı gözlenmiştir.
- ü Türkiye’de en çok kullanılan Batman Tüpraş, Kırıkkale Tüpraş, İzmit Tüpraş Rafinerilerinden elde edilen bitümler analiz edilmiştir. Bunların arasında Batman Tüpraş Rafinerisinin süzülme oranı yüzdesinin genel olarak düşük sonuç verdiği tespit edilmiştir.
- ü Farklı agrega ve bitümler ile yapılan soyulma mukavemeti sonuçları kıyaslandığında mukavemet arttıkça süzülme oranı ve elyaf yüzdesinin azaldığı tespit edilmiştir.
- ü TMA karışımlarının ince agrega kısmının sedimanter kayaç sınıfından agregalar kullanılarak teşkil edilmesi süzülme oranı ve elyaf yüzdesini azalttığı tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar yürütülen sınırlı sayıda deneyler ile elde edilmiştir. Bu sonuçları desteklemek ve genelleştirmek için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Özellikle sedimanter kökenli kayaç sınıfı agregaların TMA uygulamalarında ince agrega kısmında kullanılmasının bitüm süzülme oranı ve elyaf yüzdesini azaltma etkisini analiz etmek için farklı taşocaklarının araştırılması gerekmektedir. Yapılacak araştırmalar sonucunda sedimanter kökenli kayaçların TMA’nın ince agrega kısmında kullanılmasının olumlu etkilerinin tespit edileceği düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının ikinci araştırma konusu magmatik ve sedimanter kökenli kayaçların farklı agrega kombinasyonları ile tasarlanan TMA Aşınma karışımlarının çatlama performansının I-FIT test yöntemi kullanılarak değerlendirilmesine dayanmaktadır. Karışımdaki iri agrega üç farklı magmatik kökenli taşocağından elde edilmiştir. İnce agrega ise hem üç farklı magmatik hem de bir adet sedimanter kökenli taşocağından elde edilmiştir. İnce agrega kısmında farklı kökenli agregaların kullanılmasının etkilerini incelemek için üniform bir gradasyon kullanılmıştır. Maksimum agrega boyutu TMA Aşınma dizaynındaki maksimum dane boyutu olan 19,10 mm seçilmiştir. 18 farklı TMA Aşınma karışımı tasarımı için optimum bitüm oranları belirlenmiştir. Her bir tasarım için I-FIT performans testi gerçekleştirilmiştir. Deneylerden elde edilen FI değerlerine göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

ü TMA Aşınma numunelerini elde etmek için 18 farklı karışım üretilmiştir. Agregası ve bitümdeki farklılıkların SCB test sonuçları üzerinde en önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar SCB testlerinde açıkça gözlenmiştir. İnce agrega kısmında magmatik ve sedimanter kökenli kayaçların agregaları kullanılarak elde edilen TMA karışımları için SCB testi ile mantıksal olarak kabul edilebilir test sonuçları elde etmek mümkün olmuştur.

ü Türkiye'de TMA üretiminde magmatik kökenli agregaların kullanımı Karayolları Teknik Şartnamesi'ne dayandırılmakla birlikte, ince agrega kısmında sedimanter kökenli agregaların da kullanılabileceği düşünülmektedir. Yol yapımına uygun magmatik kökenli kayaç olan taşocaklarının sınırlı sayıda olması ve bu ocakların işletme zorlukları göz önüne alındığında bu konuda elde edilecek olumlu sonuçlar büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda yapılacak çalışmalardan elde edilecek olumlu geri dönüşlerin enerji, zaman ve yeşil çevre açısından katkı sağlaması kaçınılmaz olacaktır.

ü Bu çalışmada gözlemlenen grafiksel gösterimler, optimum bitüm içeriğine sahip bir TMA karışımının çatlama performansında bağlayıcı türünün önemini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada, bitümün fiziksel özelliklerinden yumuşama noktası ve özgül ağırlık değerlerinin sünek davranış üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, bitümün yumuşama noktasının ve özgül ağırlığının azaltılmasının performans üzerinde olumlu bir etkisi olacağı düşünülmektedir.

ü Hafif ve gözeneksiz agregaların performansa olumlu katkıda bulunacağı gözlenmiştir.

ü TMA karışımlarının ince kısmında sedimanter kökenli agregaların kullanılmasının performansı olumsuz etkilemediği ve alternatif olarak kullanılabileceği değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın agrega ve bitüm çeşitliliği ile daha da yaygınlaştırılması gerektiği, gelecekte şartnamelerde ve uygulamalarda yer bulacağı düşünülmektedir.

ü İnce agrega kısmında sedimanter kayaçların kullanılması öncelikle üretim maliyetini düşürecektir. Ayrıca magmatik kökenli kayaçlarda ocak işletmesi sırasında kil bantları ile karşılaşma olasılığı nedeniyle tasarım ve uygulamada bitümün agregayı sarması sorunu ortaya çıkabilmektedir. Sonuç olarak yol hızla bozulmaktadır. Bu sorunu çözmek için karışımın ince kısmında sedimanter kökenli agregaların kullanılması uygun olacaktır.

ü TMA Aşınma tasarımı için hazırlanan numunelerin Marshall tokmağı ile hazırlanıp AASHTO T 393'e uygun yarım daire şeklinde numune üretilmesi için "Gyratory Compactor" kullanımının performans deneylerini olumsuz etkilemediği görülmüştür.

ü Aşağıda yer alan dokuz maddede görüleceği üzere ince agrega kısmında sedimanter kökenli agrega kullanılması kırılma enerjisi ve maksimum yükü artırırken esneklik indeksini azaltmaktadır.

1. TMA Aşınma tabakası için İspir İkizdere taşocağına ait agregalar ve Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.796 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 9,9 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,7 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı İspir İkizdere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.854 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 8,2 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,6 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.

2. TMA Aşınma tabakası için İspir İkizdere taşocağına ait agregalar ve Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.942 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 10,5 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,0 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı İspir İkizdere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.389 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 10,1 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,4 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
3. TMA Aşınma tabakası için İspir İkizdere taşocağına ait agregalar ve İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.125 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 13,5 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,4 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı İspir İkizdere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.617 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 11,2 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 5,0 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
4. TMA Aşınma tabakası için Kırğındere taşocağına ait agregalar ve Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 1.610 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 4,7 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,3 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Kırğındere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 1.682 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 4,5 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,2 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
5. TMA Aşınma tabakası için Kırğındere taşocağına ait agregalar ve Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.382 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 6,7 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,8 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Kırğındere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.625 J/m²,**

Esneklik İndeksi (FI) = 6,5 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,9 kN seviyesinde tespit edilmiştir.

6. TMA Aşınma tabakası için Kırğındere taşocağına ait agregalar ve İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.477 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 9,2 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,6 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Kırğındere, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.524 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 8,7 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,8 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
7. TMA Aşınma tabakası için Laleli taşocağına ait agregalar ve Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.159 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 6,5 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,4 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Batman Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Laleli, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.465 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 5,9 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,6 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
8. TMA Aşınma tabakası için Laleli taşocağına ait agregalar ve Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.622 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 7,9 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 3,7 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın Kırıkkale Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Laleli, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.821 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 7,6 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,1 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.
9. TMA Aşınma tabakası için Laleli taşocağına ait agregalar ve İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitümle elde edilen numunelerin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 2.872 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 8,2 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,3 kN** olarak elde edilmiştir. Buna karşın İzmit Tüpraş Rafinerisine ait bitüm ile kaba agrega kısmı Laleli, ince agrega kısmı Mustafa Bey taşocağından elde edilen karışım

numunelerinin **Kırılma Enerjisi (G_f) = 3.013 J/m², Esneklik İndeksi (FI) = 8,0 ve Maksimum Yük (P_{mak}) = 4,8 kN** seviyesinde tespit edilmiştir.

- ü Literatürde I-FIT SCB testi ile elde edilen FI değerlerinin karışımlar arasında çatlama direncini tahmin etme potansiyelini doğrulamak için plentte üretilen, laboratuvarıda üretilen ve sahada karottan elde edilen numuneler kullanılmıştır. FI değerlerinin, laboratuvarıda üretilen kötüden iyiye performans gösteren karışımlar için 1 ile 15 arasında değiştiğı tespit edilmiştir. FI performans ölçümü, BSK karışımlarını performansa dayalı olarak üç kategoride sınıflandırmaktadır. En kötü performans gösteren kategorideki karışımlar 2'den daha düşük bir FI değerine sahipken, en iyi performans gösteren kategorideki BSK karışımları 6'dan daha yüksek bir FI değerine sahiptir. Orta performans gösteren karışımlar ise bu FI değerleri arasındadır (Al-Qadi et al. 2015j). Yukarıda belirtilen FI değerleri dikkate alındığında sadece Kırğındere taşocağı ile Batman Tüpraş rafineri bitümünün karışımından elde edilen sonuçların orta seviyede performans gösterdiğini ancak diğer tüm karışımlarda yüksek performans elde edildiğı görülmektedir. Ayrıca ince agrega kısmının sedimanter kökenli kayalar ile teşkil edilmesinin herhangi bir sorun oluşturmadığı gözlenmiştir.
- ü Çalışmanın, farklı agrega, bitüm tipi ve agrega gradasyonunda üretilen numuneler üzerinde genişletilmesinin ve laboratuvarıda üretilen numuneler ile araziden alınan karotlarla karşılaştırmalı olarak bir analiz yapılarak elde edilen sonuçların arazideki davranışının da incelenmesinin sonuçların tutarlılığını artırması açısından olumlu olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- AASHTO TP 124, 2020. Provisional standard method of test for determining the fracture potential of asphalt mixtures using semicircular bend geometry (SCB) at intermediate temperature. American Association of State and Highway Transportation Officials.
- AASHTO T 393, 2022. Standard method of test for determining the fracture potential of asphalt mixtures using the illinois flexibility index test (I-FIT). American Association of State and Highway Transportation Officials.
- Abdulshafi, A. and Majidzadeh, K. 1984. Combo viscoelastic-plastic modeling and rutting of asphaltic mixtures. Transportation Research Board, 968, 19-31.
- Adhikari, S., Shen, S. and You, Z. 2009. Evaluation of fatigue models of hot-mix Asphalt through laboratory testing. Transportation Research Record, 2127(1), 36-42.
- Aliha, M.R.M., Ameri, M., Mansourian, A. and Ayatollahi, M. R. 2012. Finite element analysis of a new test specimen for investigating mixed mode cracks in asphalt overlays. In 7th RILEM international conference on cracking in pavements: mechanisms, modeling, testing, detection and prevention case histories. Springer Netherlands, 359–367.
- Aliha, M.R.M., Behbahani, H., Fazaeli, H. and Rezaifar, M.H. 2014. Study of characteristic specification on mixed mode fracture toughness of asphalt mixtures. Construction and Building Materials, 54, 623–635.
- Aliha, M.R.M., Razmi, A. and Mansourian, A. 2017. The influence of natural and synthetic fibers on low temperature mixed mode I+II fracture behavior of warm mix asphalt (wma) materials. Engineering Fracture Mechanics, 182, 322–336.
- Al-Qadi, I.L., Lippert, D.L., Wu, S., Ozer, H., Renshaw, G., Said, I.M., and Luque, A.F.E. 2017. Utilizing lab tests to predict asphalt concrete overlay performance. Research Report No. FHWA-ICT-17-020, Illinois Center for Transportation, Rantoul, IL.
- Al-Qadi, I.L., Said, I.M., Ali, U.M. and Kaddo, J.R. 2022. Cracking prediction of asphalt concrete using fracture and strength tests. International Journal of Pavement Engineering, 23(10), 3333-3345.
- Al-Qadi, I., Ozer, H., Lambros, J., Khatib, A., Singhvi, P., Khan, T., Rivera-Pérez, J.J. and Doll, B. 2015. Testing protocols to ensure performance of high asphalt binder replacement mixes using RAP and RAS. Research Report No. FHWA-ICT-15-017, Illinois Center for Transportation, Rantoul, IL.
- Ameli, A., Babagoli, R., Norouzi, N., Jalali, F. and Poorheydari Mamaghani, F. 2020. Laboratory evaluation of the effect of Coal Waste Ash (CWA) and Rice Husk Ash (RHA) on performance of asphalt mastics and stone matrix asphalt (sma) mixture, Construction and Building Materials, 236.

- Amelian, S., Abtahi, S.M. and Hejazi, S.M. 2014. Moisture susceptibility evaluation of asphalt mixes based on image analysis. *Construction and Building Materials*, 63, 294–302.
- Ameri, M., Nowbakht, S., Molayem, M. and Aliha, M.R.M. 2016. Investigation of fatigue and fracture properties of asphalt mixtures modified with carbon nanotubes. *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 39(7), 896–906.
- Arabani A. and Ferdowsi B. 2009. Evaluating the semi-circular bending test for hma mixtures. *International Journal of Engineering*, 22, 47–58.
- ASTM D6926, 2020. Standard practice for preparation of asphalt mixture specimens using marshall apparatus. West Conshohocken, PA. (United States).
- Aytekin, Ş. 2018. Ilık asfalt üretiminde kullanılan katkıların performans değerlendirmeleri ve bu katkılarla kgm şartnamelerine göre asfalt kaplama dizaynları. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Bahgat, A.G. and Herrin, M. 1968. Brittle fracture of asphalt mixtures. *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 32-55.
- Ban, I., Deluka-Tibljáš, A., Cuculić, M. and Šurdonja, S. 2020. Influence of pavement surface macrotexture on pavement skid resistance. *Transportation Research Procedia*, 45, 747–754.
- Barry, M. K. 2016. An analysis of impact factors on the illinois flexibility index test. PhD Thesis, Civil engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois.
- Behbahani, H., Nowbakht, S., Fazaeli, H. and Rahmani, J. 2009. Effects of fiber type and content on the rutting performance of stone matrix asphalt. *Journal of Applied Sciences*, 9(10), 1980–1984.
- Bert, E., Chung, E. and Dumont, A. 2009. Review of stone mastic asphalt design concepts. Austroads publication, Switzerland.
- Biligiri, K.P., Said, S. and Hâkim, H. 2012. Asphalt mixtures crack propagation assessment using semi-circular bending test. *International Journal of Pavement Research*, 5(4), 209–217.
- Birgisson, B., Montepara, A., Romeo, E., Roncella, R., Napier, J.A.L. and Tebaldi, G. 2008. Determination and prediction of crack patterns in hot mix asphalt (HMA) mixtures. *Engineering Fracture Mechanics*, 75, 664–673.
- Blazejowski, K. 2010. Stone matrix asphalt: theory and practice. 1st edition. CRC PRESS, 343, Florida, USA.
- Bocci, E. and Prosperi, E. 2020. Recycling of reclaimed fibers from end-of-life tires in hot mix asphalt. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(5), 678–687.

- Broberg, K.B. 1971. Crack-growth criteria and non-linear fracture mechanics. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 19(6), 407–418.
- Brown, E., Mallick, R.B., Haddock, J. E. and Bukowski, J. 1997. Performance of stone matrix asphalt (SMA) mixtures in the United States. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*. NCAT Report No. 97-1, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL United States.
- Brown, E. R. 1992. Evaluation of SMA used in Michigan. NCAT Publication, Auburn University, Auburn, AL.
- Brown, E. R. and Haddock, J. E. 1997. A method to ensure stone-on-stone contact in stone matrix asphalt paving mixtures. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*. NCAT Report No. 97-2, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL United States.
- Brown, E.R., Haddock, J.E. and Crawford, C. 1996. Investigation of stone matrix asphalt mortars. *Transportation Research Record*, 1530(1), 95–102.
- Brown, E. R. and Mallick, R. B. 1994. Stone matrix asphalt-properties related to mixture design. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*. NCAT Report No. 94-2, National Center for Asphalt Technology, Auburn, AL United States.
- BS 812, 1990. Testing aggregates. Methods for determination of particle shape-Flakiness index. United Kingdom, British Standards Institution.
- Cao, W., Liu, S. and Feng, Z. 2013. Comparison of performance of stone matrix asphalt mixtures using basalt and limestone aggregates. *Construction and Building Materials*, 41, 474–479.
- Casey, D., McNally, C., Gibney, A. and Gilchrist, M.D. 2008. Development of a recycled polymer modified binder for use in stone mastic asphalt. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(10), 1167–1174.
- Chong, K.P. and Kuruppu, M.D. 1984. New specimen for fracture toughness determination for rock and other materials. *International Journal of Fracture*, 26, 59–62.
- Chong, K.P. and Kuruppu, M.D. 1988. New specimens for mixed mode fracture investigations of geomaterials. *Engineering Fracture Mechanics*, 30(5), 701–712.
- Dai, F., Chen, R. and Xia, K. 2010. A Semi-Circular Bend technique for determining dynamic fracture toughness. *Experimental Mechanics*, 50, 783–791.
- Dang, V.T. and Cheng, P.F. 2013. Influence of different fibers on high temperature and water stability of stone matrix asphalt. *International Journal of Applied Engineering and Technology*, 3(1), 1-10.

- Das, P.K., Jelagin, D. and Birgisson, B. 2013. Evaluation of the low temperature cracking performance of asphalt mixtures utilizing HMA fracture mechanics. *Construction and Building Materials*, 47, 594–600.
- Devulapalli, L., Kothandaraman, S. and Sarang, G. 2020. Microstructural characterisation of reclaimed asphalt pavement with rejuvenators. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(4), 1038-1049.
- Devulapalli, L., Kothandaraman and S., Sarang, G. 2021. Fracture characterization of stone matrix asphalt mixtures incorporating reclaimed asphalt pavement and rejuvenator. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(11).
- EAPA, 2018. Heavy duty surfaces – the arguments for SMA. Edited by EAPA. Brussels, Belgium: European Asphalt Pavement Association.
- Elseifi, M.A., Mohammad, L.N., Ying, H. and Cooper, S. 2012. Modeling and evaluation of the cracking resistance of asphalt mixtures using the semi-circular bending test at intermediate temperatures. *Road Materials and Pavement Design*, 13, 124–139.
- Erol, I. 2013. Rutting evaluation of stone mastic asphalt for basalt and basalt–limestone aggregate combinations. *Composites Part B: Engineering*, 54, 255–264.
- Espinosa, L., Caro, S. and Wills, J. 2020. Study of the Influence of the Loading rate on the fracture behaviour of asphalt mixtures and asphalt mortars. *Construction and Building Materials*, 262.
- Espinosa, L.M., Wills, J., Rodríguez, A., Caro, S. and Braham, A. 2018. Variability of HMA fracture energy when accounting ligament morphology. *Advances in Materials and Pavement Performance Prediction*, 345–349.
- Fakhri, M., Amosoltani, E. and Aliha, M.R.M. 2017. Crack behavior analysis of roller compacted concrete mixtures containing reclaimed asphalt pavement and crumb rubber. *Engineering Fracture Mechanics*, 180, 43–59.
- Ferreira, L., Lucena, L., Lucena, A. and Grangeiro, A. 2020. Use of banana fibers in SMA mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(1).
- Gauthier, G. and Anderson, D.A. 2006. Fracture mechanics and asphalt binders. *Road Materials and Pavement Design*, 7, 9–35.
- Gültekin, M., Nayır, N., Ziya, U., Çalışkan, K.K., Öztürk, A., Tutan, S.N. ve Komut, M. 2021. Bitümlü karışımlar laboratuvar el kitabı. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Guo, Q., Wang, H., Gao, Y., Jiao, Y., Liu, F. and Dong, Z. 2020. Investigation of the low-temperature properties and cracking resistance of fiber-reinforced asphalt concrete using the DIC technique. *Engineering Fracture Mechanics*, 229.
- Haggag, M.M., Mogawer, W.S. and Bonaquist, R. 2011. Fatigue evaluation of warm-mix asphalt mixtures. *Transportation Research Record*, 2208(1), 26–32.

- Haghshenas, H. F., Khodaii, A., Khedmati, M. and Tapkin, S. 2015. A mathematical model for predicting stripping potential of hot mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 75, 488–495.
- Haghshenas, H. F., Khodaii, A. and Saleh, M. 2015. Long term effectiveness of anti-stripping agents. *Construction and Building Materials*, 76, 307–312.
- Hamzah, M.O., Golchin, B. and Tye, C.T. 2013. Determination of the optimum binder content of warm mix asphalt incorporating rediset using response surface method. *Construction and Building Materials*, 47, 1328–1336.
- Haslett, K. 2017. Exploration of temperature and loading rate interdependency for fracture properties of asphalt mixtures. Undergraduate Research Conference (URC) Student Presentations, 546-555.
- Hernandez, J., Sawalha, M., Rivera-Perez, J., Ozer, H. and Al-Qadi, I. L. 2018. Micromechanical modeling of I-FIT asphalt concrete specimens. *Engineering Fracture Mechanics*, 200, 234–250.
- Huang, B., Shu, X. and Zuo, G. 2013. Using notched semi circular bending fatigue test to characterize fracture resistance of asphalt mixtures. *Engineering Fracture Mechanics*, 109, 78–88.
- Huang, L., Cao, K. and Zeng, M. 2009. Evaluation of semicircular bending test for determining tensile strength and stiffness modulus of asphalt mixtures. *Journal of Testing and Evaluation*, 37(2), 122–128.
- Im, S., Kim, Y.R. and Ban, H. 2013. Rate and temperature-dependent fracture characteristics of asphaltic paving mixtures. *Journal of Testing and Evaluation*, 41(2), 257-268.
- İzol, E. 2020. Taş Mastik Asfalt yapımında mineral filler olarak mermer tozunun kullanılması. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa.
- Jacobs, M.M.J., Hopman, P.C. and Molenaar, A.A.A. 1996. Application of fracture mechanics principles to analyze cracking in asphalt concrete. *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 65, 1-39.
- Jahanbakhsh, H., Hosseini, P., Moghadas Nejad, F. and Habibi, M. 2019. Intermediate temperature fracture resistance evaluation of cement emulsified asphalt mortar. *Construction and Building Materials*, 197, 1–11.
- Jiang, J., Ni, F., Gao, L. and Yao, L. 2017. Effect of the contact structure characteristics on rutting performance in asphalt mixtures using 2D imaging analysis. *Construction and Building Materials*, 136, 426–435.
- Kar, D., Giri, J. P. and Panda, M. 2019. Performance evaluation of bituminous paving mixes containing sisal fiber as an additive. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 6(2), 189–206.

- Karayolu Teknik Şartnamesi, 2013. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kaseer, F., Yin, F., Arámbula-Mercado, E., Epps Martin, A., Daniel, J. S. and Salari, S. 2018. Development of an index to evaluate the cracking potential of asphalt mixtures using the semi-circular bending test. *Construction and Building Materials*, 167, 286–298.
- Katla, B., Ravindra, W.A., Kota, S.K. and Raju, S. 2021. RAP-added SMA mixtures: how do they fare? *Journal of Materials in Civil Engineering*, 33(8).
- Kenepohl, G.J. and Davidson, J.K. 1992. Introduction of stone mastic asphalt (SMA) in ontario. In *Asphalt Paving Technology*, 61, 517–534. Charleston, South Carolina.
- Khalid, H.A. and Monney, O.K. 2009. Moisture damage potential of cold asphalt. *International Journal of Pavement Engineering*, 10(5), 311–318.
- Kim, M., Mohammad, L. and Elseifi, M. 2012. Characterization of fracture properties of asphalt mixtures as measured by semicircular bend test and indirect tension test. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2296(1), 115–124.
- Kim, Y.R., Lee, H.J. and Little, D.N. 1997. Fatigue characterization of asphalt concrete using viscoelasticity and continuum damage theory (with discussion). *Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists*, 520-569.
- Kök, B.V. 2007. Bitümlü sıcak karışımların üretiminde yeni bir karıştırma yönteminin araştırılması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Elazığ.
- Kostin, V.I. 2009. Stone-mastic asphalt for the road surface. NNGASU, N. Novgorod.
- Kumar, P., Chandra, S. and Bose, S. 2007. Laboratory investigations on SMA mixes with different additives. *International Journal of Pavement Engineering*, 8(1), 11–18.
- Labi, S. and Sinha, K.C. 2005. Life-cycle evaluation of flexible pavement preventive maintenance. *Journal of Transportation Engineering*, 131(10), 744–751.
- Lee, D.Y., Guinn, J.A., Khandhal, P.S. and Dunning, R.L. 1990. Absorption of asphalt into porous aggregates. Strategic Highway Research Program (SHRP) Rep. No. SHRP-A/UIR-90-009, National Research Council, Washington, DC.
- Lim, I.L., Johnston, I.W. and Choi, S.K. 1993. Stress intensity factors for semi- circular specimens under three-point bending. *Engineering Fracture Mechanics*, 44(3), 363–382.
- Lim, I.L., Johnston, I.W., Choi, S.K. and Boland, J.N. 1994. Fracture testing of a soft rock with semi-circular specimens under three-point bending. part 1-mode 1. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*, 31, 185–197.

- Ling, C., Swiertz, D., Mandal, T., Teymourpour, P. and Bahia, H. 2017. Sensitivity of the illinois flexibility index test to mixture design factors. *Transportation Research Record*, 2631(1), 153–159.
- Liu, J. 2011. Low temperature cracking evaluation of asphalt rubber mixtures using semi-circular bending test. *Advanced Materials Research*, 243–249, 4201-4206.
- Liu, Q., Schlangen, E., Van De Ven, M., Van Bochove, G. and Van Montfort, J. 2012. Evaluation of the induction healing effect of porous asphalt concrete through four point bending fatigue test. *Construction and Building Materials*, 29, 403–409.
- Li, X.J. and Marasteanu, M.O. 2010. Using semi circular bending test to evaluate low temperature fracture resistance for asphalt concrete. *Experimental Mechanics*, 50(7), 867–876.
- Li, X. and Marasteanu, M. 2004. Evaluation of the low temperature fracture resistance of asphalt mixtures using the semi circular bend test. *Asphalt Paving Technology*, 73, 401–426.
- Li, X. and Marasteanu, M. 2010. The fracture process zone in asphalt mixture at low temperature. *Engineering Fracture Mechanics*, 77(7), 1175–1190.
- Mahmoud, E., Saadeh, S., Hakimelahi, H. and Harvey, J. 2014. Extended finite element modelling of asphalt mixtures fracture properties using semi-circular bending test. *Road Materials and Pavement Design*, 15(1), 153–166.
- Majidzadeh, K., Kauffmann, E.M. and Ramsamooj, D.V. 1971. Application of fracture mechanics in the analysis of pavement fatigue. In *Association of Asphalt Paving Technologists Proc*, 40, 227–246.
- Manual Series No.02, 2014. MS-2 asphalt mix design methods, 7th edition. USA: Library of Congress.
- Mao, X., Wang, J., Yuan, C., Yu, W. and Gan, J. 2019. A dynamic traffic assignment model for the sustainability of pavement performance. *Sustainability*, 11(1), 170, Switzerland.
- Michael L., Burke G.L. and Schwartz C.W. 2003. Performance of stone matrix asphalt pavements in Maryland. *Asphalt Paving Technology*, 72, 287–314.
- Moavenzadeh, F. 1967. Asphalt fracture. *Proceedings AAPT Association of Asphalt Paving Technologists*, 36, 51–79.
- Mobasher, B., Mamlouk, M.S. and Lin, H.M. 1997. Evaluation of crack propagation properties of asphalt mixtures. *Journal of Transportation Engineering*, 123(5), 405–413.
- Mogawer, W.S., Austerman, A., Roque, R., Underwood, S., Mohammad, L. and Zou, J. 2015. Ageing and rejuvenators: evaluating their impact on high rap mixtures fatigue

cracking characteristics using advanced mechanistic models and testing methods. *Road Materials and Pavement Design*, 16, 1–28.

- Mohammad, L.N., Kim, M. and Elseifi, M. 2012. Characterization of asphalt mixture's fracture resistance using the semi-circular bending (SCB) test. *RILEM Bookseries*, 4, 1–10.
- Mohammed, B. S., Adamu, M. and Liew, M.S. 2018. Evaluating the effect of crumb rubber and nano silica on the properties of high volume fly ash roller compacted concrete pavement using non-destructive techniques. *Case Studies in Construction Materials*, 8, 380–391.
- Mokhtari, A. and Moghadas Nejad, F. 2012. Mechanistic approach for fiber and polymer modified SMA mixtures. *Construction and Building Materials*, 36, 381–390.
- Molenaar, A.A.A., Skarpas, A., Liu, X. and Erkens, S. 2002. Semi-Circular Bending test; simple but useful? *Asphalt Paving Technology*, 71, 794–815.
- Molenaar, J.M.M., Liu, X. and Molenaar, A.A.A. 2003. Resistance to crack-growth and fracture of asphalt mixture. In 6th International RILEM Symposium on Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials, 618-625.
- Molenaar, J.M.M. and Molenaar, A.A.A. 2000. Fracture toughness of asphalt in the semi-circular bend test. In Proceedings of the 2nd Eurasphalt and Eurobitume Congress, 509-517.
- Mull, M.A., Stuart, K. and Yehia, A. 2002. Fracture resistance characterization of chemically modified crumb rubber asphalt pavement. *Journal of Materials Science*, 37(3), 557–566.
- Nejad, F.M., Aflaki, E. and Mohammadi, M.A. 2010. Fatigue behavior of SMA and HMA mixtures. *Construction and Building Materials*, 24(7), 1158–1165.
- Nsengiyumva, G., You, T. and Kim, Y.R. 2017. Experimental-statistical investigation of testing variables of a semicircular bending (SCB) fracture test repeatability for bituminous mixtures. *Journal of Testing and Evaluation*, 45(5), 1691–1701.
- Oda, S., Leomar Fernandes, J. and Ildefonso, J.S. 2012. Analysis of use of natural fibers and asphalt rubber binder in discontinuous asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 26(1), 13–20.
- Ozer, H., Al-Qadi, I.L., Lambros, J., El-Khatib, A., Singhvi, P. and Doll, B. 2016. Development of the fracture-based flexibility index for asphalt concrete cracking potential using modified semi-circle bending test parameters. *Construction and Building Materials*, 115, 390–401.
- Ozer, H., Al-Qadi, I.L., Singhvi, P., Bausano, J., Carvalho, R., Li, X. and Gibson, N. 2018. Prediction of pavement fatigue cracking at an accelerated testing section using asphalt mixture performance tests. *International Journal of Pavement Engineering*, 19(3), 264–278.

- Ozer, H., Al-Qadi, I. L., Singhvi, P., Khan, T., Rivera-Perez, J. and El-Khatib, A. 2016. Fracture characterization of asphalt mixtures with high recycled content using illinois semicircular bending test method and flexibility index. *Transportation Research Record*, 2575, 130–137.
- Panda, M., Suchismita, A. and Giri, J. 2013. Utilization of ripe coconut fiber in stone matrix asphalt mixes. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2(4), 289–302.
- Paris, P.C. and Sih, G.C. 1965. Stress analysis of cracks. *ASTM Special Technical Publication STP*, 381, 30–81.
- Pirmohammad, S., Majd Shokorlou, Y. and Amani, B. 2020. Laboratory investigations on fracture toughness of asphalt concretes reinforced with carbon and kenaf fibers. *Engineering Fracture Mechanics*, 226.
- Qiu, Y.F. and Lum, K.M. 2006. Design and performance of stone mastic asphalt. *Journal of Transportation Engineering*, 132(12), 956–963.
- Roberts, F.L., Kandhal, P.S., Brown, E.R., Lee, D.Y. and Kennedy, T.W. 1996. Hot mix asphalt materials, mixture design and construction, second edition. In *National Asphalt Pavement Association Research and Education Foundation*, 603, Lanham, MD United States.
- Roque, R., Birgisson, B., Sangpetngam, B. and Zhang, Z. 2002. Hot mix asphalt fracture mechanics: a fundamental crack growth law for asphalt mixtures. *Engineering, Materials Science*.
- Sadeghian, M., Latifi Namin, M. and Goli, H. 2019. Evaluation of the fatigue failure and recovery of SMA mixtures with cellulose fiber and with SBS modifier. *Construction and Building Materials*, 226, 818–826.
- Saeidi, H. and Aghayan, I. 2016. Investigating the Effects of Aging and loading rate on low-temperature cracking resistance of core-based asphalt samples using semi-circular bending test. *Construction and Building Materials*, 126, 682–690.
- Saha, G. and Biligiri, K.P. 2017. Stato-dynamic response analyses through semi-circular bending test: fatigue life prediction of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 150, 664–672.
- Shu, X., Huang, B. and Vukosavljevic, D. 2008. Laboratory evaluation of fatigue characteristics of recycled asphalt mixture. *Construction and Building Materials*, 22, 1323–1330.
- Solaimanian, M. 2018. Moving towards performance based testing semi-circular bend test. In *Presented at the 58th Annual Conference of Pennsylvania Asphalt Pavement Association (PAPA)*, 34, Hershey, PA.
- Soltani, A. and Anderson, D.A. 2005. New test protocol to measure fatigue damage in asphalt mixtures. *Road Materials and Pavement Design*, 6(4), 485–514.

- Somé, C., Feeser, A. and Pavoine, A. 2018. Numerical and experimental investigation of mode I cracking of asphalt concrete using semi-circular bending test. *Construction Building Materials*, 169, 34-46.
- Song, S. H., Paulino, G.H. and Buttlar, W.G. 2006. Simulation of crack propagation in asphalt concrete using an intrinsic cohesive zone model. *Journal of Engineering Mechanics*, 132(11), 1215–1223.
- Song, W., Xu, Z., Xu, F., Wu, H. and Yin, J. 2021. Fracture investigation of asphalt mixtures containing reclaimed asphalt pavement using an equivalent energy approach. *Engineering Fracture Mechanics*, 253(35).
- Son, S., Said, I.M. and Al-Qadi, I.L. 2019. Fracture properties of asphalt concrete under various displacement conditions and temperatures. *Construction and Building Materials*, 222(6), 332–341.
- TS EN 15326, 2010. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-yoğunluk ve özgül kütle tayini-kapiler kapaklı piknometre yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-1, 2011. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- Bölüm 1: Aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro-Deval). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1367-2, 2011. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 2: magnezyum sülfat deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1426, 2015. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar- iğne batma derinliği tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1427, 2015. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar-yumuşama noktası tayini-halka ve bilye yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12592, 2015. Bitüm ve bitümlü bağlayıcılar- çözünürlük tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 2592, 2017. Petrol ve ilgili ürünler – parlama ve yanma noktasının tayini-cleveland açık kap yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12697-18, 2018. Bitümlü karışımlar- deney metotları- sıcak karışimli asfalt için-bölüm 18: bağlayıcının süzülmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-2, 2020. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 2: parçalanma direncinin tayini için metotlar. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12697-11, 2020. Bitümlü karışımlar- test yöntemleri- bölüm 11: agrega ve bitüm arasındaki benzeşmenin belirlenmesi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 933-9, 2022. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler- bölüm 9: ince tanelerin tayini- metilen mavisi deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 1097-6, 2022. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- bölüm 6: tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1097-7, 2022. Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- bölüm 7: dolgu malzemesi tane yoğunluğunun tayini- piknometre yöntemi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Vatanpour, V., Karami, A. and Sheydaei, M. 2017. Central composite design optimization of rhodamine B degradation using TiO₂ nanoparticles/UV/PVDF process in continuous submerged membrane photoreactor. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 116, 68–75.
- Wagoner, M.P., Buttlar, W.G. and Paulino, G.H. 2005. Development of a single-edge notched beam test for asphalt concrete mixtures. *Journal of Testing and Evaluation*, 33(6), 452–460.
- Wagoner, M.P., Buttlar, W.G., Paulino, G.H. and Blankenship, P. 2005. Investigation of the fracture resistance of hot-mix asphalt concrete using a disk-shaped compact tension test. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1929(1), 183–192.
- Wang, H., Zhang, C., Yang, L. and You, Z. 2013. Study on the rubber-modified asphalt mixtures cracking propagation using the extended finite element method. *Construction and Building Materials*, 47, 223–230.
- West, R., Rodezno, C., Leiva, F. and Yin, F. 2018. Development of a framework for balanced mix design. Auburn, AL.
- Wu, Z., Mohammad, L.N., Wang, L.B. and Mull, M.A. 2005. Fracture resistance characterization of superpave mixtures using the semi-circular bending test. *Journal of ASTM International*, 2(3), 135–149.
- Yastremsky, D.A. and Abaidullina, T.N. 2016. Evaluation of efficiency of using stabilizing additives with cellulose fibers in stone. In *International Research-to-Practice Conference*, 268–273. Tyumen: Tyumen Industrial University.
- Yin, A., Yang, X., Yang, S. and Jiang, W. 2011. Multiscale fracture simulation of three-point bending asphalt mixture beam considering material heterogeneity. *Engineering Fracture Mechanics*, 78(12), 2414–2428.
- Yuan, F., Cheng, L., Shao, X., Dong, Z., Zhang, L., Wu, G. and He, X. 2020. Full-field measurement and fracture and fatigue characterizations of asphalt concrete based on the SCB test and stereo-DIC. *Engineering Fracture Mechanics*, 235(8).
- Yüknü, K., Öztürk, T. ve Komut, M. 2021. Bitümlü bağlayıcılar laboratuvar el kitabı. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Zegeye Teshale, E., Stolarski, H.K. and Marasteanu, M.O. 2013. Determination of creep compliance of asphalt concrete from notched semi-circular bend (SCB) test. *Experimental Mechanics*, 53, 919–928.

- Zeng, G., Yang, X., Yin, A. and Bai, F. 2014. Simulation of damage evolution and crack propagation in three-point bending pre-cracked asphalt mixture beam. *Construction and Building Materials*, 55, 323–332.
- Zhang, H., Hu, Z., Hou, S. and Xu, T. 2020. Aging behaviors of bitumen degraded by the microbial consortium on bituminous pavement. *Construction and Building Materials*, 254.
- Zhang, Y., Cheng, H. and Sun, L. 2021. Performance-based design of recycled hot-mix asphalt (hma) incorporating compaction effort variable. *Construction and Building Materials*, 303.
- Zhang, Y., Sun, L. and Liu, L. 2020. Performance-based design of hard asphalt mixtures based on different compaction effort variable. *Construction and Building Materials*, 254.
- Zhang, Z., Roque, R. and Birgisson, B. 2001. Evaluation of laboratory-measured crack growth rate for asphalt mixtures. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1767(1), 67–75.
- Zhou, F., Hu, S., Chen, D.H. and Scullion, T. 2007. Overlay tester: simple performance test for fatigue cracking. *Transportation Research Record*, 2001(1), 1–8.
- Zhou, F., Im, S., Hu, S., Newcomb, D. and Scullion, T. 2017. Selection and preliminary evaluation of laboratory cracking tests for routine asphalt mix designs. *Road Materials and Pavement Design*, 18, 62-86.
- Zhou, F., Im, S., Sun, L. and Scullion, T. 2017. Development of an IDEAL cracking test for asphalt mix design and QC/QA. *Road Materials and Pavement Design*, 18, 405-427.
- Zhou, Y. X., Xia, K., Li, X.B., Li, H.B., Ma, G.W., Zhao, J., Zhou, Z. L. and Dai, F. 2012. Suggested methods for determining the dynamic strength parameters and mode-I fracture toughness of rock materials. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 49, 105–112.

EKLER

EK-1.

SCHELLENBERGER BİTÜM SÜZÜLME DENEY SONUÇLARI

Çizelge EK-1.1. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	167	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	245,1	278,8	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.235,4	1.268,5	1.233,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	252,6	285,9	251,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,86	0,81	0,72	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,67	0,64	0,63	0,65
Kalıntı %'si	R	0,09	0,08	0,07	0,08

Çizelge EK-1.2. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	169	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	262,8	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.268,0	1.252,6	1.258,3	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,7	266,8	272,8	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,35	0,51	0,57	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,33	0,35	0,37	0,35
Kalıntı %'si	R	0,04	0,05	0,06	0,05

Çizelge EK-1.3. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	7,00%				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	169,6	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	244,2	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.268,3	1.235,7	1.260,3	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	282,4	248,6	272,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,65	0,45	0,58	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,37	0,40	0,38	0,38
Kalıntı %'si	R	0,07	0,05	0,06	0,06

Çizelge EK-1.4. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	164,6	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	262,8	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.272,6	1.257,4	1.273,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	280,5	265,7	281,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,37	0,28	0,46	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,20	0,26	0,24	0,23
Kalıntı %'si	R	0,04	0,03	0,05	0,04

Çizelge EK-1.5. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	6,50%				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	160	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	278,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.273,4	1.274,3	1.240,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,3	281,5	248,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,45	0,56	0,35	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,28	0,21	0,29	0,26
Kalıntı %'si	R	0,05	0,06	0,04	0,05

Çizelge EK-1.6. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%6,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	169,4	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	262,8	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.275,6	1.260,2	1.242,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	279,2	263,7	245,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,36	0,34	0,24	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,07	0,06	0,10	0,08
Kalıntı %'si	R	0,04	0,03	0,02	0,03

Çizelge EK-1.7. Laleli Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	167,2	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	245,1	287,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.239,8	1.240,4	1.283,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	250,1	251,0	293,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,10	1,02	0,92	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,48	0,49	0,51	0,49
Kalıntı %'si	R	0,11	0,10	0,09	0,10

Çizelge EK-1.8. Laleli Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		169,1	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	245,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.276,2	1.243,4	1.265,3	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	280,9	248,2	266	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,63	0,74	0,85	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,22	0,24	0,23	0,23
Kalıntı %'si	R	0,06	0,07	0,08	0,07

Çizelge EK-1.9. Laleli Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		163	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	262,8	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.275,4	1.258,1	1.240,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,5	266,2	247,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,94	0,73	0,75	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,25	0,27	0,26	0,26
Kalıntı %'si	R	0,09	0,07	0,08	0,08

Çizelge EK-1.10. Laleli Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,3				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		167,7	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	245,1	287,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.267,4	1.244,2	1.286,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	270,5	247,1	289,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,55	0,48	0,42	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,14	0,15	0,12	0,14
Kalıntı %'si	R	0,06	0,05	0,04	0,05

Çizelge EK-1.11. Kırğındere Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırğındere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	165,2	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	268,6	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.269,5	1.261,5	1.236,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	280,6	271,5	246,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,0	0,8	0,9	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,15	0,21	0,18	0,18
Kalıntı %'si	R	0,10	0,08	0,09	0,09

Çizelge EK-1.12. Kırğındere Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırğındere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	°C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	163	°C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	245,1	262,8	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.243,4	1.260,2	1.274,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	246,5	264,8	280,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,55	0,66	0,75	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,09	0,13	0,08	0,10
Kalıntı %'si	R	0,06	0,07	0,08	0,07

Çizelge EK-1.13. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		165	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	268,6	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.271,9	1.260,4	1.240,1	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	283,3	273,5	248,8	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,8	0,7	0,5	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,44	0,42	0,41	0,43
Kalıntı %'si	R	0,08	0,07	0,05	0,07

Çizelge EK-1.14. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		162,1	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	245,1	262,8	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.241,1	1.255,4	1.274,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	248,6	265,9	282,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,3	0,5	0,6	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,32	0,26	0,30	0,29
Kalıntı %'si	R	0,03	0,05	0,06	0,05

Çizelge EK-1.15. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	164,8		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	268,6	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.272,2	1.264,7	1.239,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,8	272	247,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,4	0,3	0,5	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,33	0,31	0,29	0,31
Kalıntı %'si	R	0,04	0,03	0,05	0,04

Çizelge EK-1.16. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	161,3		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	245,1	262,8	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.242,6	1.259,1	1.273,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	246,1	264,1	280,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,2	0,3	0,4	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,08	0,10	0,12	0,10
Kalıntı %'si	R	0,02	0,03	0,04	0,03

Çizelge EK-1.17. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	166,2		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	244,2	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.275,5	1.241,4	1.259,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,5	247,9	266,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,7	0,9	0,6	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,27	0,28	0,30	0,28
Kalıntı %'si	R	0,07	0,09	0,06	0,07

Çizelge EK-1.18. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	164		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	245,1	278,8	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.242,8	1.275,4	1.265,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	247,4	281,0	270,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,6	0,4	0,8	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,17	0,18	0,15	0,17
Kalıntı %'si	R	0,06	0,04	0,08	0,06

Çizelge EK-1.19. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	160,8	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,1	245,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.272,5	1.239,4	1.238,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,2	248,6	247,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,8	0,85	0,73	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,23	0,27	0,25	0,25
Kalıntı %'si	R	0,08	0,09	0,07	0,08

Çizelge EK-1.20. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Batman Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Batman				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	163,5	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	262,8	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.266,5	1.260,1	1.276,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	270,5	265,1	280,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,6	0,8	0,7	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,13	0,15	0,10	0,13
Kalıntı %'si	R	0,06	0,08	0,07	0,07

Çizelge EK-1.21. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		165,2	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	244,2	278,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.258,2	1.240,6	1.276,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	271,3	252,7	286,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,95	1,06	1,17	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,76	0,75	0,73	0,75
Kalıntı %'si	R	0,10	0,11	0,12	0,11

Çizelge EK-1.22. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		168,7	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.264,6	1.275,1	1.242,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	273,9	284,2	250,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,70	0,62	0,82	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,46	0,48	0,45	0,46
Kalıntı %'si	R	0,07	0,06	0,08	0,07

Çizelge EK-1.23. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		169,5			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.264,1	1.274,5	1.240,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	274,0	283,7	250,0	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,75	0,86	0,95	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,47	0,48	0,49	0,48
Kalıntı %'si	R	0,08	0,09	0,10	0,09

Çizelge EK-1.24. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		169,2	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	262,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.271,7	1.260,4	1.248,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,2	266,5	248,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,42	0,62	0,53	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,32	0,31	0,30	0,31
Kalıntı %'si	R	0,04	0,06	0,05	0,05

Çizelge EK-1.25. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%6,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		160			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.267,7	1.275,2	1.276,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,7	281,8	282,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,72	0,61	0,82	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,34	0,31	0,33	0,33
Kalıntı %'si	R	0,07	0,06	0,08	0,07

Çizelge EK-1.26. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%6,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		168,4	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	245,1	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.242,9	1.241,4	1.267,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	246,1	246,9	270,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,33	0,46	0,4	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,16	0,13	0,12	0,14
Kalıntı %'si	R	0,03	0,05	0,04	0,04

Çizelge EK-1.27. Laleli Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	164,4		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.252,7	1.263,4	1.247,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	275,0	284,5	269,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,30	1,18	1,11	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,52	0,53	0,57	0,54
Kalıntı %'si	R	0,13	0,12	0,11	0,12

Çizelge EK-1.28. Laleli Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	165,4		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	244,2	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.268,1	1.243,7	1.244,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,3	247,9	248,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,85	0,97	0,77	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,29	0,27	0,27	0,28
Kalıntı %'si	R	0,09	0,10	0,08	0,09

Çizelge EK-1.29. Laleli Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	168	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.265,4	1.274,9	1.240,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,9	282,4	249,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,94	1,12	1,03	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,34	0,32	0,31	0,32
Kalıntı %'si	R	0,09	0,11	0,10	0,10

Çizelge EK-1.30. Laleli Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175	⁰ C			
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	162,1	⁰ C			
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	244,2	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.273,4	1.239,3	1.240,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,6	246,7	247,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,82	0,74	0,61	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,20	0,18	0,19	0,19
Kalıntı %'si	R	0,08	0,07	0,06	0,07

Çizelge EK-1.31. Kırgındere Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırgındere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	°C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		165,2	°C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	268,6	278,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.232,1	1.255,2	1.266,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	247,1	271,2	280,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,23	0,25	0,24	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,27	0,24	0,23	0,25
Kalıntı %'si	R	0,02	0,03	0,02	0,02

Çizelge EK-1.32. Kırgındere Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırgındere Taşocağı		°C	°C	
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175				
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	164,2				
			Numune 1	Numune 2	Numune 3
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	245,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.272,5	1.239,5	1.256,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	280,5	246,7	264,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,13	0,15	0,14	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,16	0,15	0,14	0,15
Kalıntı %'si	R	0,01	0,02	0,01	0,01

Çizelge EK-1.33. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	161,6		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.261,5	1.271,5	1.238,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	274,8	283,8	249,7	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,12	1,03	0,92	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,51	0,47	0,46	0,48
Kalıntı %'si	R	0,11	0,10	0,09	0,10

Çizelge EK-1.34. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	165,2		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	262,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.273,8	1.257,9	1.239,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	283,1	266,9	249,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,81	0,72	0,90	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,35	0,34	0,32	0,34
Kalıntı %'si	R	0,08	0,07	0,09	0,08

Çizelge EK-1.35. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	162,3		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	245,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.263,8	1.242,4	1.259,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,6	249,1	267,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,64	0,54	0,72	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,34	0,35	0,38	0,35
Kalıntı %'si	R	0,06	0,05	0,07	0,06

Çizelge EK-1.36. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		0C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	161,1		0C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	244,2	278,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.277,3	1.241,4	1.274,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,1	246,2	279,8	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,6	0,4	0,3	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,17	0,16	0,14	0,16
Kalıntı %'si	R	0,06	0,04	0,03	0,04

Çizelge EK-1.37. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		166,7	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.263,6	1.274,1	1.239,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	273,4	282,5	248,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1	1,1	0,8	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,38	0,33	0,35	0,35
Kalıntı %'si	R	0,10	0,11	0,08	0,10

Çizelge EK-1.38. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		163,5	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	245,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.277,2	1.243,8	1.260,9	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	282,1	248,1	265,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,8	0,9	0,6	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,25	0,21	0,22	0,23
Kalıntı %'si	R	0,08	0,09	0,06	0,08

Çizelge EK-1.39. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		163,7	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.263,0	1.273,7	1.240,6	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,6	282,4	248,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,0	0,88	1,06	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,30	0,27	0,28	0,28
Kalıntı %'si	R	0,10	0,09	0,11	0,10

Çizelge EK-1.40. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 Kırıkkale Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	Kırıkkale				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		161,9	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	278,8	244,2	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.277,0	1.242,4	1.244,3	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	281,2	247	247,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,7	0,9	0,8	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,17	0,19	0,15	0,17
Kalıntı %'si	R	0,07	0,09	0,08	0,08

Çizelge EK-1.41. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	162,3		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	287,6	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.259,2	1.283,6	1.241,0	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	272,3	297,2	254,7	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,35	1,29	1,24	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,82	0,83	0,84	0,83
Kalıntı %'si	R	0,14	0,13	0,12	0,13

Çizelge EK-1.42. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	168,4		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.240,1	1.275,7	1.277,1	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	250,5	284,1	284,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,92	0,80	1,11	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,54	0,52	0,50	0,52
Kalıntı %'si	R	0,09	0,08	0,11	0,09

Çizelge EK-1.43. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	169		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	245,1	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.237,6	1.247,7	1.264,1	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	250,7	251,8	269,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,1	1,21	1,02	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,54	0,55	0,58	0,56
Kalıntı %'si	R	0,11	0,12	0,10	0,11

Çizelge EK-1.44. İspir İkizdere Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	168,7		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	245,1	278,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.246,8	1.242,7	1.279,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	248,8	249,9	282,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,70	0,76	0,63	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,39	0,40	0,38	0,39
Kalıntı %'si	R	0,07	0,08	0,06	0,07

Çizelge EK-1.45. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%6,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		165,5	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,8	262,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.238,9	1.277,1	1.264,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	249,3	283,8	267,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,85	0,76	0,96	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,43	0,42	0,41	0,42
Kalıntı %'si	R	0,09	0,08	0,10	0,09

Çizelge EK-1.46. İspir İkizdere Taşocağı ve %6,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%6,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		166,5	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	287,6	278,1	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.285,1	1.274,5	1.242,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	290,3	280,6	247,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,51	0,41	0,33	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,22	0,21	0,25	0,23
Kalıntı %'si	R	0,05	0,04	0,03	0,04

Çizelge EK-1.47. Laleli Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	161		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	268,6	278,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.238,1	1.262,8	1.273,4	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	252,4	276,4	285,9	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,51	1,32	1,42	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,67	0,65	0,64	0,66
Kalıntı %'si	R	0,15	0,13	0,14	0,14

Çizelge EK-1.48. Laleli Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	166		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,8	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.241,6	1.275,4	1.264,9	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	248,9	283,7	273,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,96	1,06	1,16	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,37	0,39	0,38	0,38
Kalıntı %'si	R	0,10	0,11	0,12	0,11

Çizelge EK-1.49. Laleli Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0.30				
Bitüm %'si	%7.00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		168.6	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262.8	245.1	278.8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.256.6	1.239.4	1.272.5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	268.3	250.3	284	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1.20	1.02	1.14	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0.43	0.42	0.41	0.42
Kalıntı %'si	R	0.12	0.10	0.11	0.11

Çizelge EK-1.50. Laleli Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		161,3	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,8	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.241,6	1.275,4	1.264,9	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	247,4	282,0	272,1	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,79	0,86	0,98	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,24	0,23	0,25	0,24
Kalıntı %'si	R	0,08	0,09	0,10	0,09

Çizelge EK-1.51. Kırğındere Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırğındere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		157,5	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.260,6	1.269,9	1.236,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	271,9	281,3	247,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,70	0,55	0,40	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,26	0,27	0,29	0,27
Kalıntı %'si	R	0,07	0,06	0,04	0,06

Çizelge EK-1.52. Kırğındere Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırğındere Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		158,3	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	245,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.254,7	1.236,9	1.270,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	265,0	247,4	281,2	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,37	0,28	0,20	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,18	0,20	0,22	0,20
Kalıntı %'si	R	0,04	0,03	0,02	0,03

Çizelge EK-1.53. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		154,4	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,1	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.236,2	1.274,2	1.265,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	250,8	284,5	275,1	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,3	1,2	1,4	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,53	0,52	0,51	0,52
Kalıntı %'si	R	0,13	0,12	0,14	0,13

Çizelge EK-1.54. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		151,3	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	245,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.256,7	1.241,2	1.273,5	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	268,1	250,4	283,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,1	1	0,9	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,42	0,43	0,38	0,41
Kalıntı %'si	R	0,11	0,10	0,09	0,10

Çizelge EK-1.55. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	159,8		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,1	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.239,1	1.273,4	1.261,7	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	249,2	283,1	273,6	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,9	0,7	0,6	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,41	0,43	0,44	0,43
Kalıntı %'si	R	0,09	0,07	0,06	0,07

Çizelge EK-1.56. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,00 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	İspir İkizdere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,00				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:	175		⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:	151,2		⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	245,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.257,4	1.241,4	1.271,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	266,2	248,3	281,7	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,7	0,4	0,5	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,27	0,28	0,24	0,26
Kalıntı %'si	R	0,07	0,04	0,05	0,05

Çizelge EK-1.57. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		156,7	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	278,1	268,6	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.237,4	1.270,9	1.262,1	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	249,8	283,7	274,5	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,12	1,03	1,19	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,45	0,46	0,47	0,46
Kalıntı %'si	R	0,11	0,10	0,12	0,11

Çizelge EK-1.58. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Laleli ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		162,1	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	262,8	245,1	278,8	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.261,1	1.244,7	1.277,2	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	266,5	248,8	282,4	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	0,92	0,83	1,01	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,28	0,29	0,26	0,28
Kalıntı %'si	R	0,09	0,08	0,10	0,09

Çizelge EK-1.59. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (Elyafsız).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	-				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		160,9	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	244,2	262,8	245,1	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.238,8	1.256,1	1.239,9	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	248,1	267,1	249,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,02	1,11	1,21	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,29	0,32	0,30	0,30
Kalıntı %'si	R	0,10	0,11	0,12	0,11

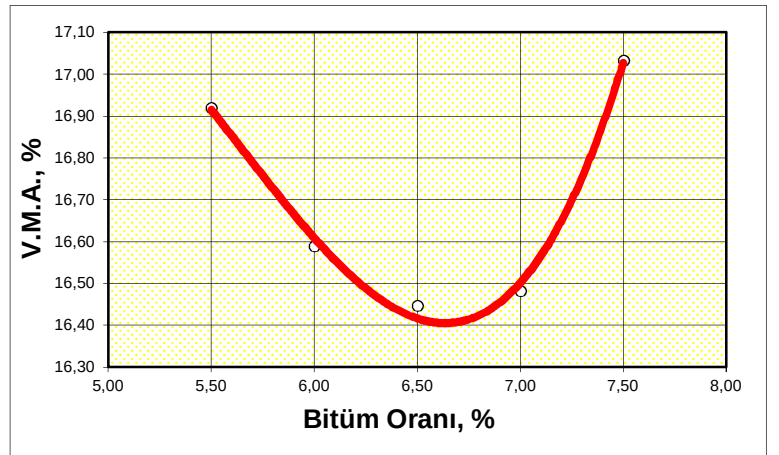
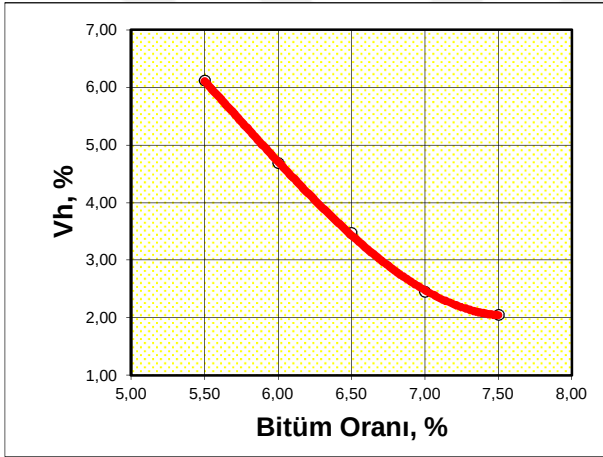
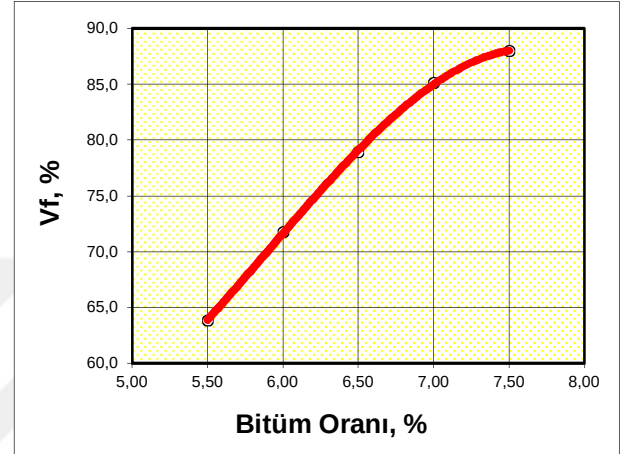
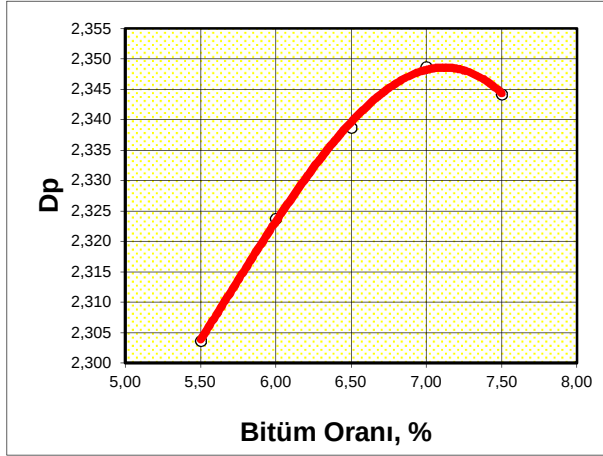
Çizelge EK-1.60. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve %7,50 İzmit Rafinerisi Bitümü ile Schellenberger Bitüm Süzülme Deney Sonucu (%0,30 Elyafı).

Ocak Adı	Kırğındere ve Mustafa Bey Taşocağı				
Karışım Tipi	TMA Aşınma				
Elyaf %'si	%0,30				
Bitüm %'si	%7,50				
Rafineri	İzmit				
Hedeflenen Deney Sıcaklığı:		175	⁰ C		
Etüv Sonrası Karışım Sıcaklığı:		161,6	⁰ C		
		Numune 1	Numune 2	Numune 3	
Beher Ağırlığı (g)	W ₁	268,6	278,1	244,2	
Beher+Numune Ağırlığı (g)	W ₂	1.264,2	1.274,4	1.238,8	
Etüv Sonrası Beher + Numune Ağırlığı (g)	W ₃	271,7	281,4	247,3	
1 mm Elek Üzerinde Kalan Kuru Numune Ağırlığı (g)	W ₄	1,00	0,92	1,15	Ortalama
Süzülen Bitüm %'si	D	0,21	0,24	0,20	0,22
Kalıntı %'si	R	0,10	0,09	0,12	0,10

TMA AŞINMA DİZAYNI MARSHALL DENEY SONUÇLARI

Çizelge EK-2.1. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

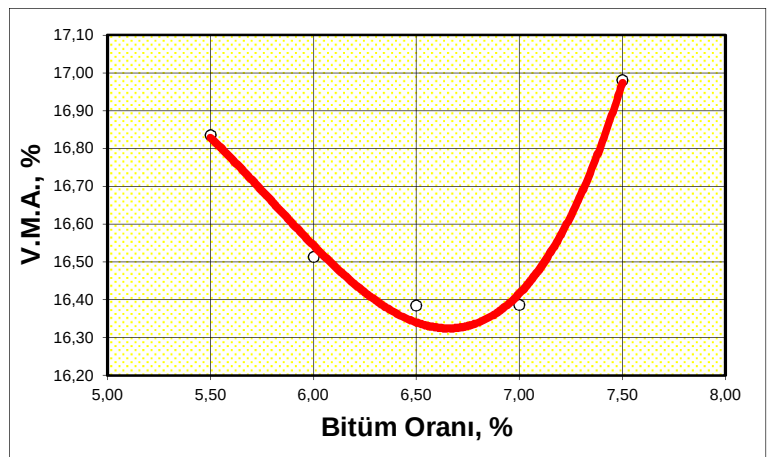
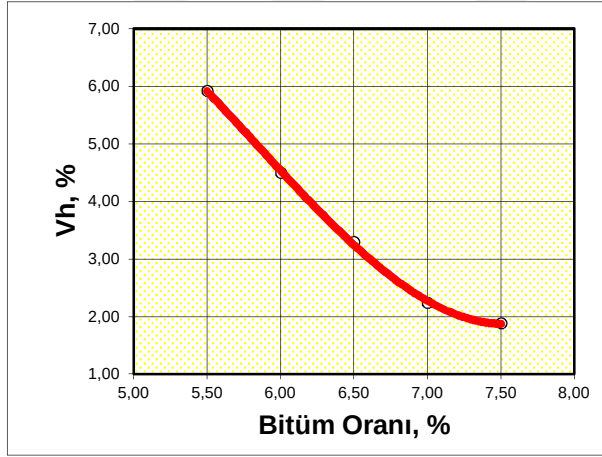
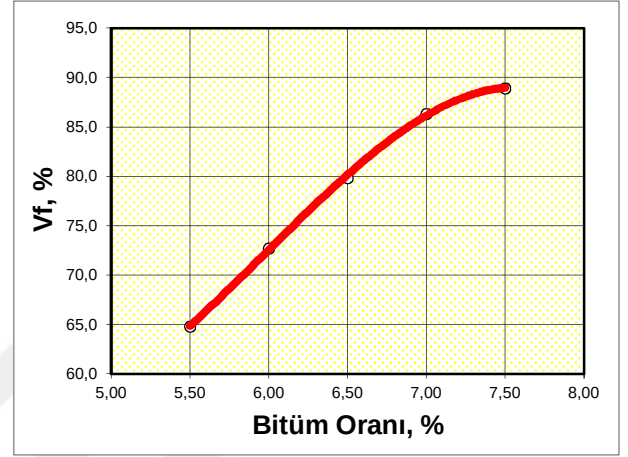
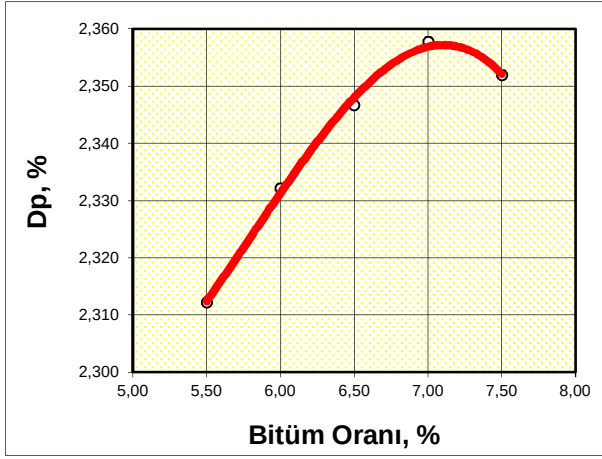
Bitüm Penetrasyonu			:	72	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{k-h}			:	2,610	$G_{ef-deney}$			:	2,652		
Bitüm Özgül Ağırlığı, G_b			:	1,040	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{k-z}			:	2,649	$G_{ef-hesap}$			:	2,648		
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P_{ba}			:	0,35	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{i-h}			:	2,617	Karışımındaki Mıdır			:	1.100 g		
Agreganın Effektiv Özg. Ağırlığı, G_{ef}			:	2,652	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{i-z}			:	2,669	Darbe Sayısı			:	50		
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G_{sb}			:	2,628	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{f-z}			:	2,794							
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G_{sa}			:	2,667												
No	Karışımındaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm^3	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W_a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D_p	D_t	V_h	VMA	V_f
1	5,50	60,5	134	63,3	63,2	63,1	63,2	1.157,8	658,7	1.161,3	502,6	2,304				
2	5,50	60,5	134	63,6	63,5	63,4	63,5	1.159,2	659,8	1.162,8	503,0	2,305				
3	5,50	60,5	134	63,2	63,0	62,9	63,0	1.153,5	656,0	1.156,9	500,9	2,303				
												2,304	2,454	6,11	16,92	63,9
4	6,00	66,0	134	62,8	62,9	63,0	62,9	1.162,3	664,8	1.165,0	500,2	2,324				
5	6,00	66,0	134	62,6	62,5	62,4	62,5	1.159,8	663,0	1.162,4	499,4	2,322				
6	6,00	66,0	134	62,7	62,8	62,6	62,7	1.161,1	664,6	1.163,9	499,3	2,325				
												2,324	2,438	4,69	16,59	71,7
7	6,50	71,5	134	62,6	62,5	62,4	62,5	1.164,1	668,5	1.166,2	497,7	2,339				
8	6,50	71,5	134	62,4	62,1	62,3	62,3	1.162,8	667,3	1.164,8	497,5	2,337				
9	6,50	71,5	134	62,7	62,5	62,6	62,6	1.167,2	670,6	1.169,4	498,8	2,340				
												2,339	2,423	3,47	16,45	78,9
10	7,00	77,0	134	61,8	61,9	62,0	61,9	1.161,4	668,2	1.162,7	494,5	2,349				
11	7,00	77,0	134	62,2	62,1	62,0	62,1	1.163,6	669,2	1.164,8	495,6	2,348				
12	7,00	77,0	134	62,3	62,4	62,2	62,3	1.168,1	672,4	1.169,5	497,1	2,350				
												2,349	2,408	2,45	16,48	85,1
13	7,50	82,5	134	61,5	61,4	61,3	61,4	1.174,0	673,8	1.174,8	501,0	2,343				
14	7,50	82,5	134	61,7	61,8	61,3	61,6	1.176,7	675,6	1.177,4	501,8	2,345				
15	7,50	82,5	134	61,4	61,6	61,5	61,5	1.175,2	674,8	1.176,1	501,3	2,344				
												2,344	2,393	2,05	17,03	88,0
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,344	2,417	3,00	16,4	82,0
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G_{eff_deney})										2,344	2,417	3,01	16,4	81,7
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G_{eff_hesap})										2,344	2,413	2,87	16,4	82,5
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.1. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.2. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

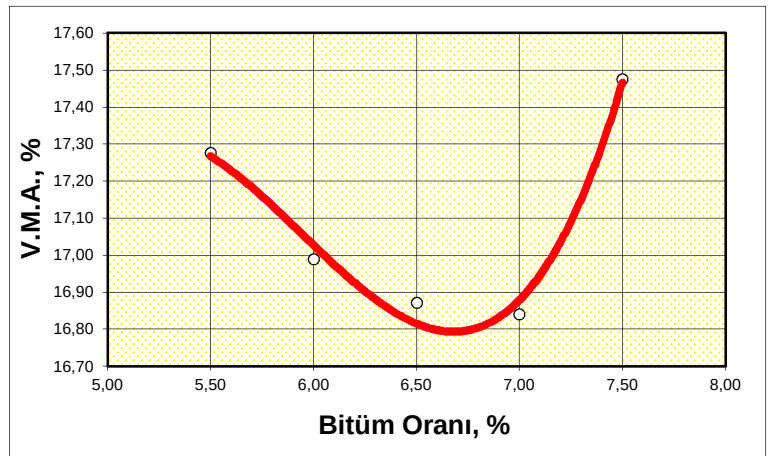
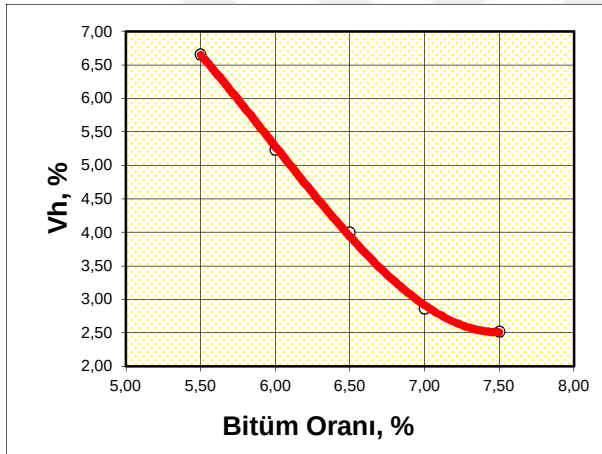
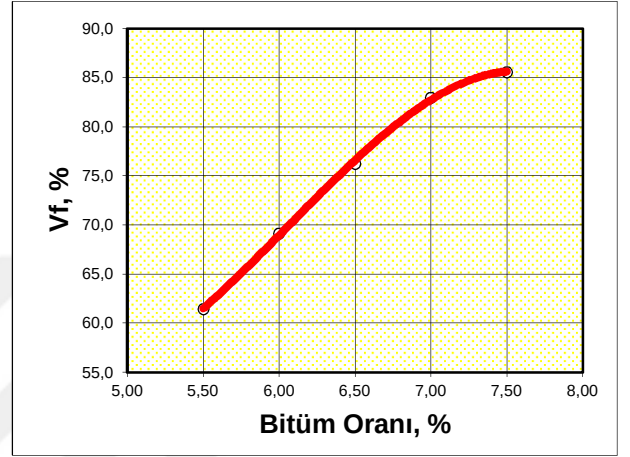
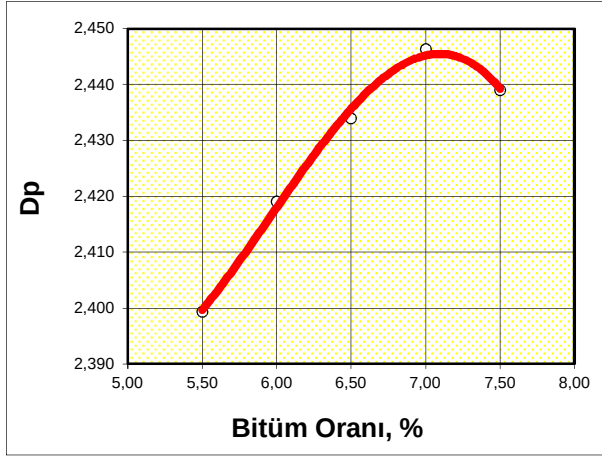
Bitüm Penetrasyonu	: 72	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{k-h}	: 2,610	$G_{ef-deney}$	: 2,657											
Bitüm Özgül Ağırlığı, G_b	: 1,040	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{k-z}	: 2,649	$G_{ef-hesap}$	: 2,654											
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P_{ba}	: 0,32	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{i-h}	: 2,675	Karışımdaki Mıdır	: 1.100 g											
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G_{ef}	: 2,657	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{i-z}	: 2,720	Darbe Sayısı	: 50											
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G_{sb}	: 2,635	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{f-z}	: 2,721													
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G_{sa}	: 2,672															
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy, Yüz, Ağırlık, g	Hacim cm^3	Hacim Özg, Ağ,	Maks, Teo, Özg. Ağ.	%	%	%
	W_a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D_p	D_t	V_h	VMA	V_f
1	5,50	60,5	135	63,6	63,5	63,4	63,5	1.156,5	659,5	1.159,4	499,9	2,313				
2	5,50	60,5	135	63,7	63,8	63,9	63,8	1.159,2	660,7	1.162,3	501,6	2,311				
3	5,50	60,5	135	63,6	63,7	63,8	63,7	1.155,1	658,5	1.158,1	499,6	2,312				
												2,312	2,458	5,92	16,84	64,8
4	6,00	66,0	135	64,0	63,9	64,1	64,0	1.165,6	668,1	1.167,9	499,8	2,332				
5	6,00	66,0	135	63,1	63,2	63,3	63,2	1.163,2	666,4	1.165,4	499,0	2,331				
6	6,00	66,0	135	63,4	63,5	63,6	63,5	1.164,5	667,8	1.166,9	499,1	2,333				
												2,332	2,442	4,50	16,51	72,7
7	6,50	71,5	135	64,1	64,0	64,2	64,1	1.165,2	670,5	1.167,0	496,5	2,347				
8	6,50	71,5	135	63,5	63,6	63,4	63,5	1.163,8	669,8	1.165,5	495,7	2,348				
9	6,50	71,5	135	62,9	62,8	62,7	62,8	1.162,7	668,9	1.164,6	495,7	2,346				
												2,347	2,427	3,30	16,39	79,9
10	7,00	77,0	135	62,8	62,6	62,7	62,7	1.166,8	672,8	1.167,5	494,7	2,359				
11	7,00	77,0	135	62,5	62,4	62,3	62,4	1.163,9	671,1	1.164,7	493,6	2,358				
12	7,00	77,0	135	62,4	62,3	62,2	62,3	1.163,2	670,2	1.163,8	493,6	2,357				
												2,358	2,412	2,24	16,39	86,3
13	7,50	82,5	135	62,4	62,6	62,5	62,5	1.172,0	673,9	1.172,4	498,5	2,351				
14	7,50	82,5	135	62,1	62,2	62,3	62,2	1.171,6	673,9	1.171,9	498,0	2,353				
15	7,50	82,5	135	62,5	62,7	62,6	62,6	1.174,6	675,7	1.175,1	499,4	2,352				
												2,352	2,397	1,88	16,98	88,9
6,65	Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)											2,349	2,422	3,00	16,4	82,0
6,65	Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G_{eff_deney})											2,349	2,422	3,02	16,4	81,6
6,65	Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G_{eff_hesap})											2,349	2,420	2,92	16,4	82,2
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.2. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.3. Kırğındere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

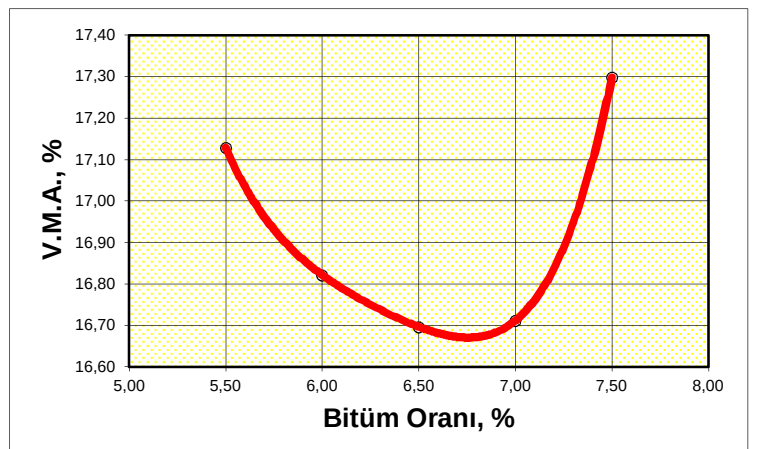
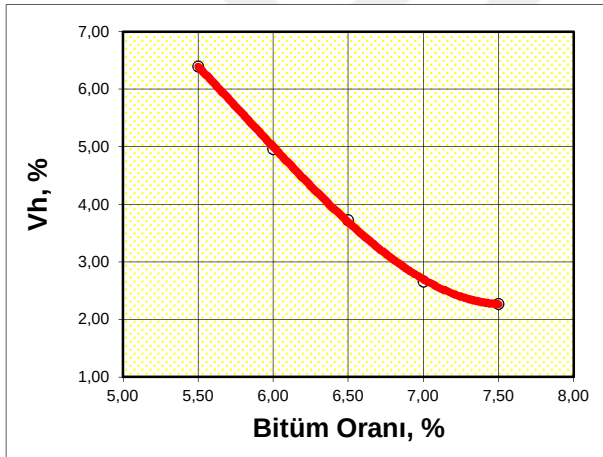
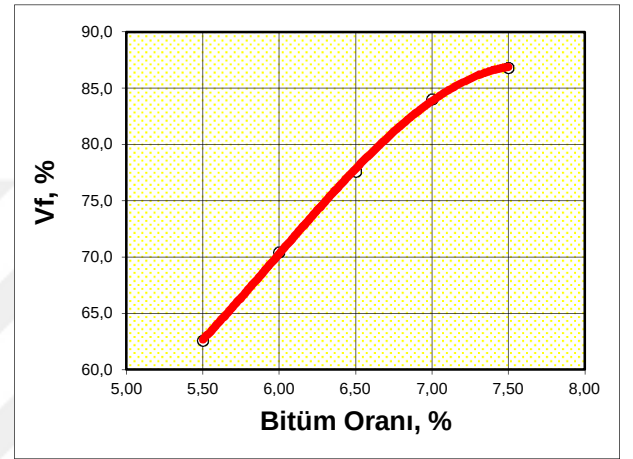
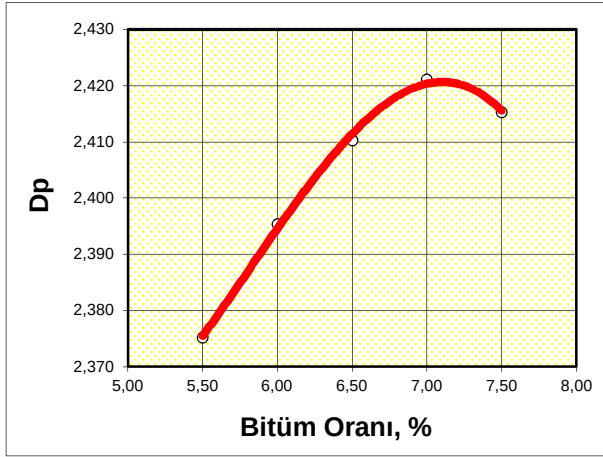
Bitüm Penetrasyonu	: 72	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,731	G _{ef-deney}	: 2,797												
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b	: 1,040	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,826	G _{ef-hesap}	: 2,794												
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,65	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,737	Karışımdaki Mıdır	: 1.100	g											
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,797	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,842	Darbe Sayısı	: 50												
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,749	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,917														
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,838																
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%	
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f	
1	5,50	60,5	133	63,2	63,3	63,4	63,3	1.155,4	679,9	1.161,2	481,3	2,401					
2	5,50	60,5	133	63,6	63,5	63,7	63,6	1.158,5	681,3	1.164,4	483,1	2,398					
3	5,50	60,5	133	63,1	63,0	63,2	63,1	1.150,8	677,2	1.156,8	479,6	2,399					
												2,399	2,571	6,66	17,28	61,4	
4	6,00	66,0	133	62,8	62,7	62,6	62,7	1.162,3	686,0	1.166,5	480,5	2,419					
5	6,00	66,0	133	62,5	62,4	62,3	62,4	1.161,7	685,4	1.165,8	480,4	2,418					
6	6,00	66,0	133	63,0	63,2	63,3	63,2	1.163,9	687,0	1.167,9	480,9	2,420					
												2,419	2,553	5,24	16,99	69,2	
7	6,50	71,5	133	62,3	62,4	62,5	62,4	1.169,2	691,8	1.172,2	480,4	2,434					
8	6,50	71,5	133	62,0	62,2	61,9	62,0	1.166,8	690,6	1.169,7	479,1	2,435					
9	6,50	71,5	133	62,4	62,3	62,2	62,3	1.168,4	691,2	1.171,5	480,3	2,433					
												2,434	2,536	4,01	16,87	76,2	
10	7,00	77,0	133	62,1	62,2	62,3	62,2	1.173,5	696,2	1.175,6	479,4	2,448					
11	7,00	77,0	133	61,8	61,7	61,9	61,8	1.171,7	694,8	1.173,9	479,1	2,446					
12	7,00	77,0	133	62,4	62,3	62,2	62,3	1.175,3	697,0	1.177,6	480,6	2,445					
												2,446	2,519	2,87	16,84	83,0	
13	7,50	82,5	133	62,0	61,9	61,8	61,9	1.179,8	697,5	1.181,4	483,9	2,438					
14	7,50	82,5	133	61,6	61,7	61,5	61,6	1.176,6	695,8	1.178,0	482,2	2,440					
15	7,50	82,5	133	61,7	61,8	61,9	61,8	1.177,2	696,0	1.178,7	482,7	2,439					
												2,439	2,502	2,52	17,48	85,6	
6,95		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,444	2,520	3,00	16,9	82,3	
6,95		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,444	2,520	3,03	16,9	82,1	
6,95		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,444	2,518	2,93	16,9	82,6	
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-	



Şekil EK-2.3. Kırğındere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.4. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

Bitüm Penetrasyonu				: 72				Kaba Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,731				G _{ef-deney}				: 2,756			
Bitüm Özgöl Ağırlığı, G _b				: 1,040				Kaba Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,826				G _{ef-hesap}				: 2,753			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,55				İnce Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,675				Karışımdaki Mıcır				: 1.150 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,756				İnce Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,720				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,717				Fillerin Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,721											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,790																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	63,3	134	64,4	64,3	64,2	64,3	1.206,5	704,1	1.212,0	507,9	2,375											
2	5,50	63,3	134	64,5	64,6	64,7	64,6	1.208,4	704,8	1.213,8	509,0	2,374											
3	5,50	63,3	134	64,1	64,3	64,2	64,2	1.205,2	703,3	1.210,5	507,2	2,376											
												2,375	2,538	6,40	17,13	62,6							
4	6,00	69,0	134	63,7	63,8	63,8	63,8	1.216,6	712,6	1.220,2	507,6	2,397											
5	6,00	69,0	134	63,5	63,4	63,4	63,4	1.215,9	711,8	1.219,4	507,6	2,395											
6	6,00	69,0	134	63,2	63,3	63,3	63,3	1.215,1	710,9	1.218,5	507,6	2,394											
												2,395	2,521	4,97	16,82	70,5							
7	6,50	74,8	134	62,9	63,0	63,1	63,0	1.220,6	716,5	1.223,1	506,6	2,409											
8	6,50	74,8	134	62,6	62,8	62,7	62,7	1.219,4	715,4	1.221,7	506,3	2,408											
9	6,50	74,8	134	62,8	62,9	63,0	62,9	1.218,5	715,9	1.220,9	505,0	2,413											
												2,410	2,504	3,74	16,70	77,6							
10	7,00	80,5	134	62,3	62,6	62,5	62,5	1.225,1	720,7	1.226,5	505,8	2,422											
11	7,00	80,5	134	62,3	62,4	62,5	62,4	1.222,3	718,5	1.223,6	505,1	2,420											
12	7,00	80,5	134	62,0	62,1	62,3	62,1	1.221,8	718,4	1.223,0	504,6	2,421											
												2,421	2,487	2,67	16,71	84,0							
13	7,50	86,3	134	61,9	62,0	62,2	62,0	1.233,7	723,9	1.234,5	510,6	2,416											
14	7,50	86,3	134	61,7	62,4	61,5	61,9	1.231,4	722,5	1.232,3	509,8	2,415											
15	7,50	86,3	134	62,0	62,1	62,2	62,1	1.234,9	724,1	1.235,6	511,5	2,414											
												2,415	2,471	2,27	17,30	86,9							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,417	2,492	3,00	16,7	82,0							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,417	2,492	3,02	16,7	81,9							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,417	2,490	2,95	16,7	82,4							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							

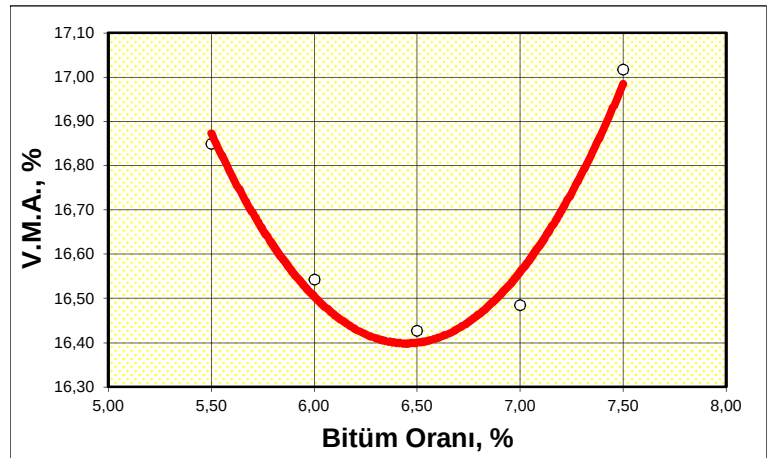
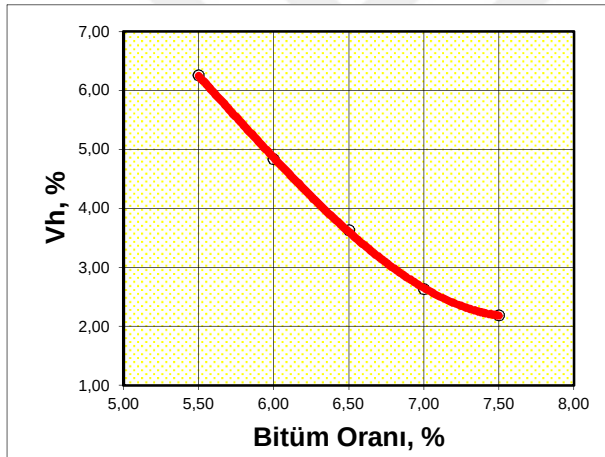
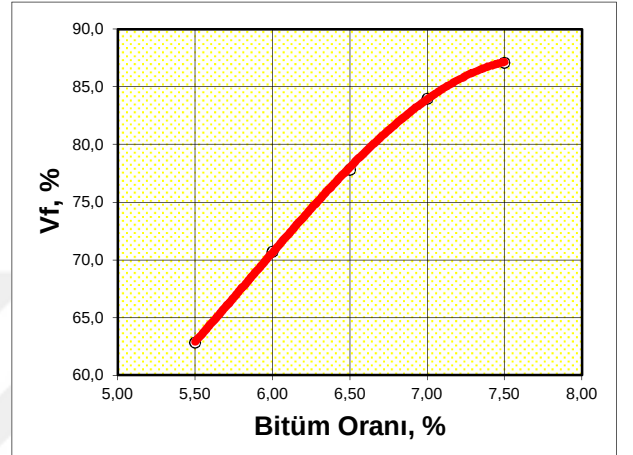
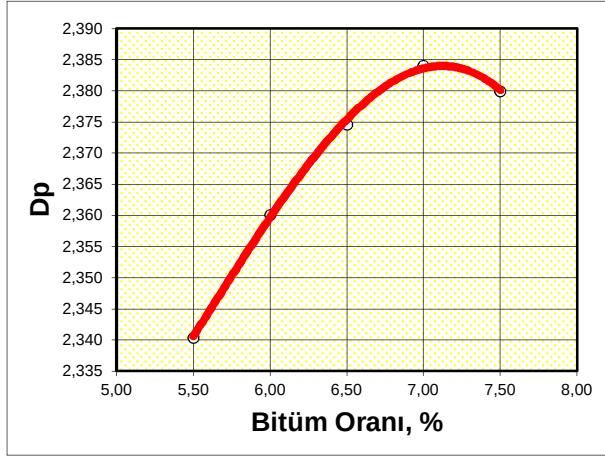


Şekil EK-2.4. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.5. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

Bitüm Penetrasyonu	: 72	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,658	G _{ef-deney}	: 2,705
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b	: 1,040	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,729	G _{ef-hesap}	: 2,701
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,53	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,660	Karışımdaki Mıdır	: 1.100 g
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,705	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,741	Darbe Sayısı	: 50
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,668	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,760		
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,735				

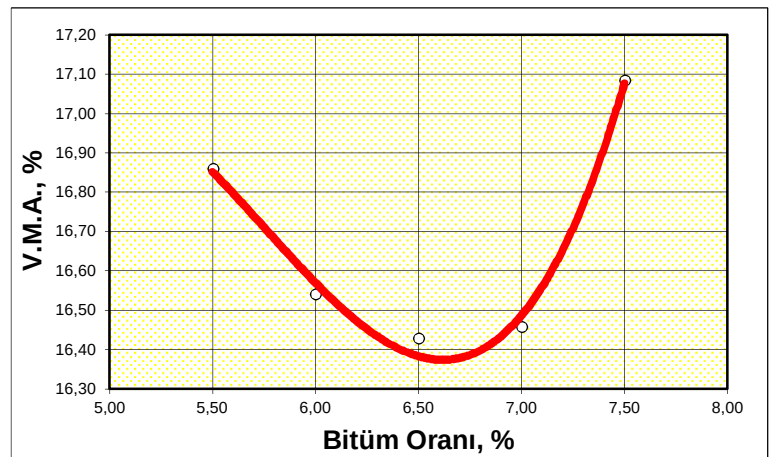
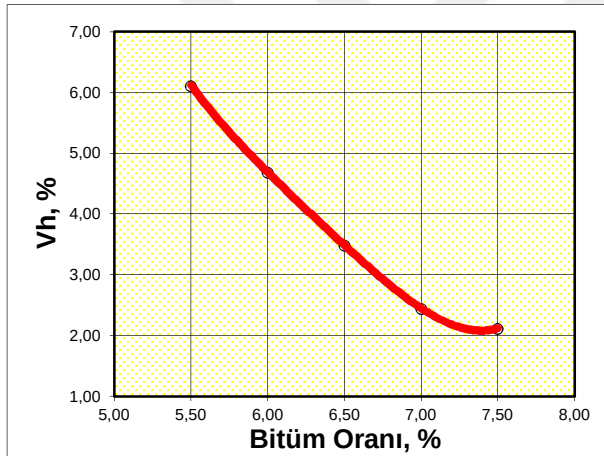
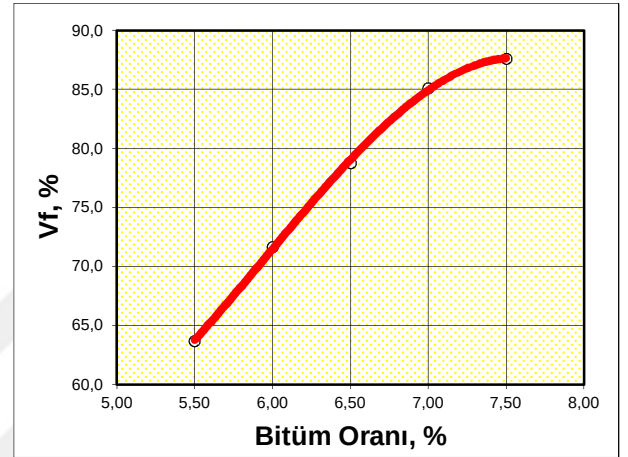
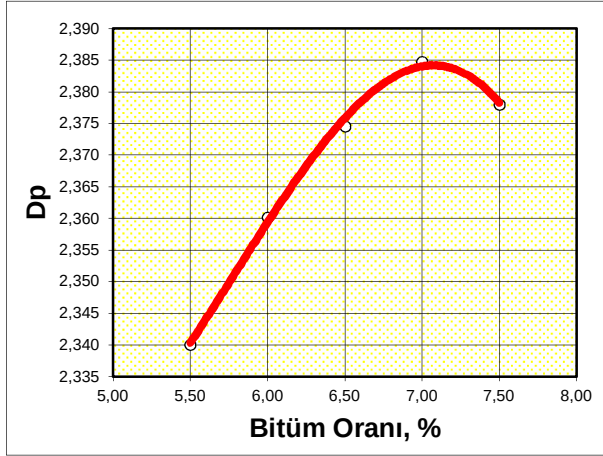
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W _a , %	g		°C	1	2	3									
1	5,50	60,5	132	64,1	64,2	64,3	64,2	1.159,7	669,2	1.164,7	495,5	2,340				
2	5,50	60,5	132	64,0	63,9	64,1	64,0	1.158,2	668,0	1.163,1	495,1	2,339				
3	5,50	60,5	132	63,9	63,8	63,7	63,8	1.157,9	668,2	1.162,7	494,5	2,342				
												2,340	2,497	6,26	16,85	62,9
4	6,00	66,0	132	63,4	63,3	63,2	63,3	1.164,1	674,0	1.167,2	493,2	2,360				
5	6,00	66,0	132	63,6	63,4	63,5	63,5	1.165,0	675,0	1.168,3	493,3	2,362				
6	6,00	66,0	132	63,1	63,2	63,3	63,2	1.162,8	673,0	1.166,0	493,0	2,359				
												2,360	2,480	4,84	16,54	70,7
7	6,50	71,5	132	63,5	63,6	63,4	63,5	1.167,5	678,7	1.170,1	491,4	2,376				
8	6,50	71,5	132	63,0	62,9	62,8	62,9	1.164,5	676,8	1.167,2	490,4	2,375				
9	6,50	71,5	132	62,7	62,6	62,5	62,6	1.163,9	676,0	1.166,4	490,4	2,373				
												2,375	2,464	3,64	16,43	77,9
10	7,00	77,0	132	63,3	63,4	63,3	63,3	1.164,1	677,9	1.166,1	488,2	2,384				
11	7,00	77,0	132	62,4	62,5	62,6	62,5	1.163,4	676,9	1.165,2	488,3	2,383				
12	7,00	77,0	132	62,0	62,3	62,2	62,2	1.161,9	676,7	1.163,8	487,1	2,385				
												2,384	2,449	2,63	16,48	84,0
13	7,50	82,5	132	63,3	63,2	63,1	63,2	1.167,4	678,2	1.168,7	490,5	2,380				
14	7,50	82,5	132	62,5	62,3	62,4	62,4	1.165,1	676,6	1.166,3	489,7	2,379				
15	7,50	82,5	132	62,1	61,9	62,0	62,0	1.163,2	676,0	1.164,6	488,6	2,381				
												2,380	2,433	2,19	17,02	87,1
6,80		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,381	2,455	3,00	16,4	82,0
6,80		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney} le)										2,381	2,455	3,01	16,4	81,7
6,80		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesap} la)										2,381	2,452	2,89	16,4	82,4
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.5. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.6. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

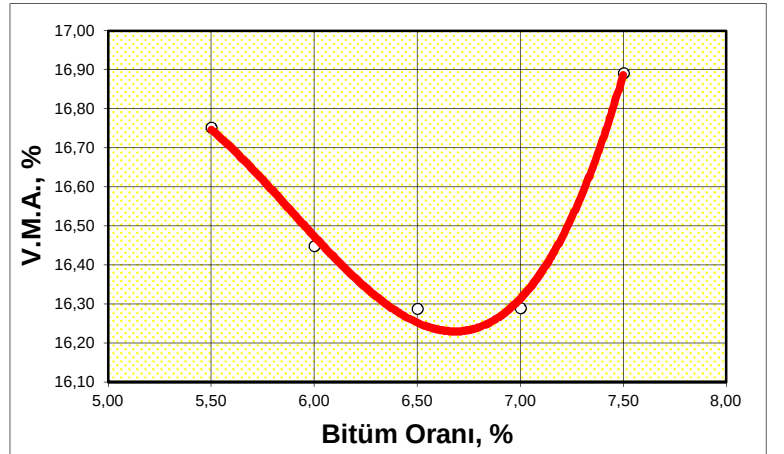
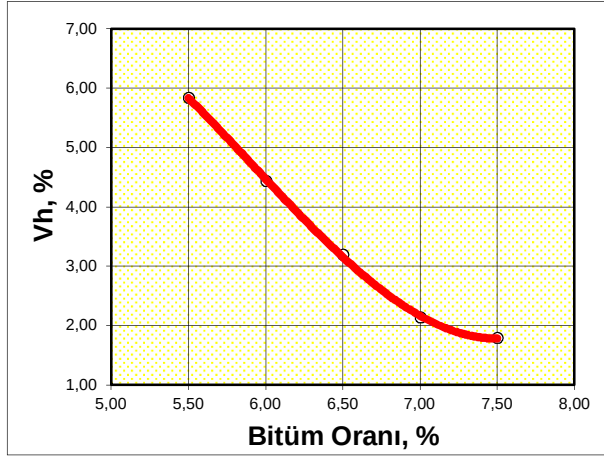
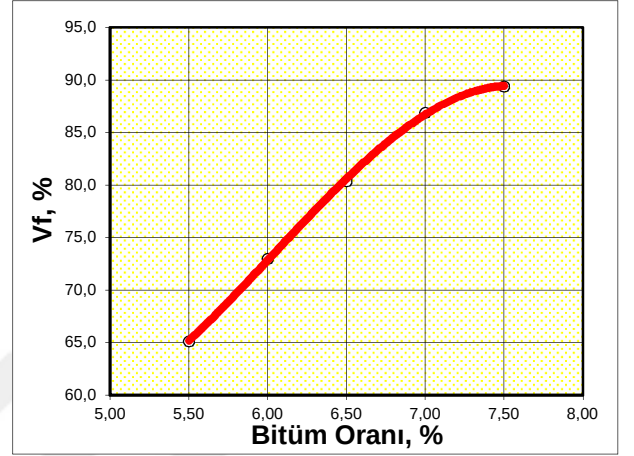
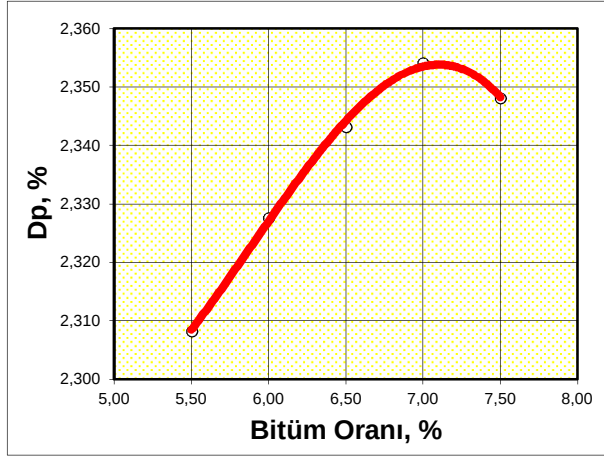
Bitüm Penetrasyonu	: 72	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{k-h}	: 2,658	$G_{ef-deney}$	: 2,700											
Bitüm Özgül Ağırlığı, G_b	: 1,040	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{k-z}	: 2,729	$G_{ef-hesap}$	: 2,697											
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P_{ba}	: 0,46	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G_{i-h}	: 2,675	Karışımındaki Mıdır	: 1.100 g											
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G_{ef}	: 2,700	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{i-z}	: 2,720	Darbe Sayısı	: 50											
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G_{sb}	: 2,668	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G_{f-z}	: 2,721													
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G_{sa}	: 2,726															
No	Karışımındaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm^3	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W_a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D_p	D_t	V_h	VMA	V_f
1	5,50	60,5	135	63,5	63,4	63,6	63,5	1.159,8	668,7	1.164,4	495,7	2,340				
2	5,50	60,5	135	63,2	63,1	63,0	63,1	1.155,6	666,1	1.160,1	494,0	2,339				
3	5,50	60,5	135	63,4	63,3	63,2	63,3	1.156,4	666,9	1.160,8	493,9	2,341				
												2,340	2,493	6,12	16,86	63,7
4	6,00	66,0	135	63,4	63,3	63,2	63,3	1.164,8	674,1	1.167,6	493,5	2,360				
5	6,00	66,0	135	63,0	62,9	63,1	63,0	1.161,4	672,2	1.164,1	491,9	2,361				
6	6,00	66,0	135	63,2	63,1	63,0	63,1	1.162,7	672,8	1.165,6	492,8	2,359				
												2,360	2,476	4,69	16,54	71,7
7	6,50	71,5	135	62,7	62,6	62,5	62,6	1.164,2	676,2	1.166,2	490,0	2,376				
8	6,50	71,5	135	62,6	62,4	62,5	62,5	1.162,3	675,0	1.164,4	489,4	2,375				
9	6,50	71,5	135	62,4	62,3	62,2	62,3	1.163,4	675,3	1.165,6	490,3	2,373				
												2,375	2,460	3,49	16,43	78,8
10	7,00	77,0	135	62,1	62,2	62,2	62,2	1.164,4	677,0	1.165,5	488,5	2,384				
11	7,00	77,0	135	62,0	62,1	62,2	62,1	1.161,8	675,9	1.163,0	487,1	2,385				
12	7,00	77,0	135	62,3	62,4	62,1	62,3	1.166,9	678,8	1.167,9	489,1	2,386				
												2,385	2,445	2,45	16,46	85,1
13	7,50	82,5	135	62,4	62,3	62,5	62,4	1.176,7	682,1	1.177,2	495,1	2,377				
14	7,50	82,5	135	61,9	62,0	61,8	61,9	1.172,6	680,4	1.173,2	492,8	2,379				
15	7,50	82,5	135	62,1	62,0	62,2	62,1	1.175,4	681,8	1.176,1	494,3	2,378				
												2,378	2,429	2,12	17,08	87,6
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,379	2,452	3,00	16,5	82,0
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G_{eff_deney} le)										2,379	2,452	3,00	16,5	81,8
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla $G_{eff_hesapla}$ la)										2,379	2,450	2,90	16,5	82,4
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.6. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.7. İspirikizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

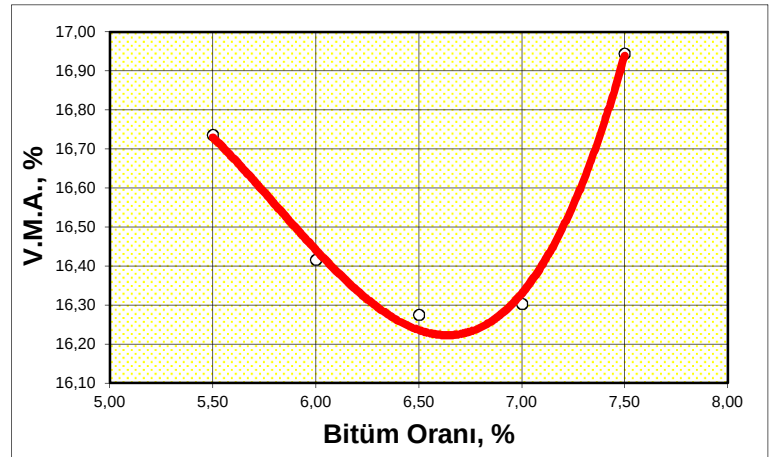
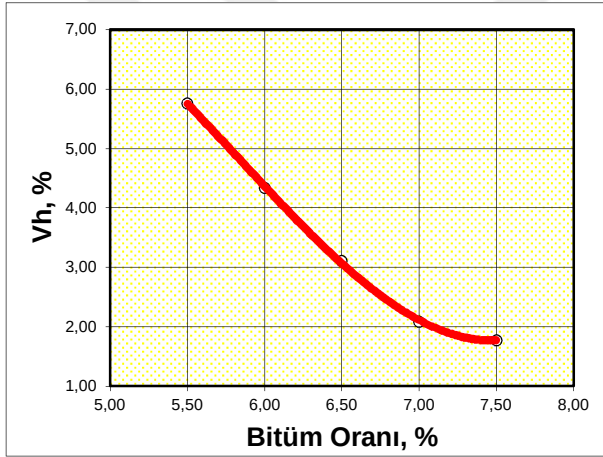
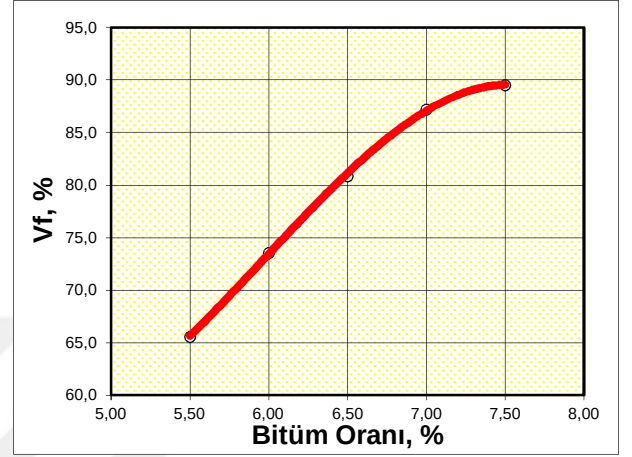
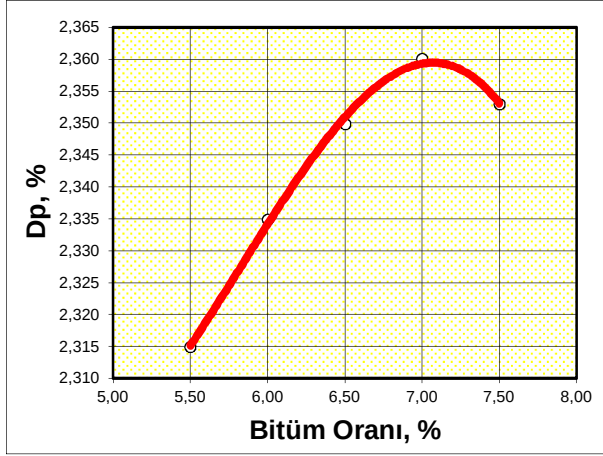
Bitüm Penetrasyonu	: 74	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,610	G _{ef-deney}	: 2,650											
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b	: 1,038	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,649	G _{ef-hesap}	: 2,648											
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,32	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,617	Karışımdaki Mıdır	: 1.100 g											
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,650	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,669	Darbe Sayısı	: 50											
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,628	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,794													
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,667															
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f
1	5,50	60,5	134	63,4	63,3	63,2	63,3	1.160,2	661,0	1.163,6	502,6	2,308				
2	5,50	60,5	134	63,1	63,0	63,2	63,1	1.158,6	660,3	1.161,9	501,6	2,310				
3	5,50	60,5	134	62,9	63,0	63,1	63,0	1.157,3	659,0	1.160,7	501,7	2,307				
												2,308	2,452	5,84	16,75	65,1
4	6,00	66,0	134	62,7	62,6	62,5	62,6	1.165,1	667,6	1.167,8	500,2	2,329				
5	6,00	66,0	134	62,1	62,2	62,0	62,1	1.159,8	663,7	1.162,3	498,6	2,326				
6	6,00	66,0	134	62,4	62,5	62,3	62,4	1.162,7	665,8	1.165,3	499,5	2,328				
												2,328	2,436	4,44	16,45	73,0
7	6,50	71,5	134	62,4	62,5	62,3	62,4	1.167,9	671,7	1.169,8	498,1	2,345				
8	6,50	71,5	134	62,0	62,2	62,1	62,1	1.163,7	668,9	1.165,8	496,9	2,342				
9	6,50	71,5	134	62,3	62,2	62,1	62,2	1.165,4	670,0	1.167,4	497,4	2,343				
												2,343	2,421	3,20	16,29	80,4
10	7,00	77,0	134	61,7	61,8	61,9	61,8	1.172,4	676,0	1.174,0	498,0	2,354				
11	7,00	77,0	134	61,9	62,0	62,1	62,0	1.173,9	677,0	1.175,4	498,4	2,355				
12	7,00	77,0	134	61,5	61,6	61,4	61,5	1.168,7	673,4	1.170,1	496,7	2,353				
												2,354	2,406	2,14	16,29	86,9
13	7,50	82,5	134	61,5	61,2	61,3	61,3	1.172,8	674,0	1.173,6	499,6	2,347				
14	7,50	82,5	134	61,4	61,3	61,6	61,4	1.174,6	675,0	1.175,3	500,3	2,348				
15	7,50	82,5	134	61,6	61,5	61,3	61,5	1.176,9	676,8	1.177,8	501,0	2,349				
												2,348	2,391	1,79	16,89	89,4
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,345	2,418	3,00	16,3	81,8
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney} le)										2,345	2,418	3,00	16,3	81,6
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,345	2,416	2,93	16,3	82,0
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.7. İspirikizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.8. İspirikizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

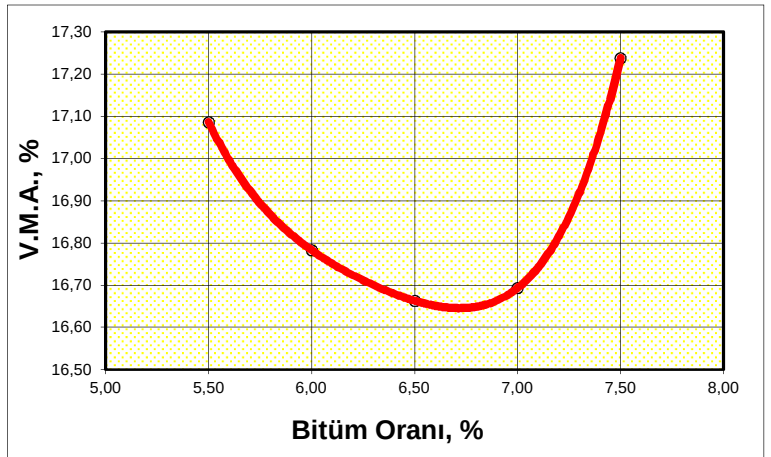
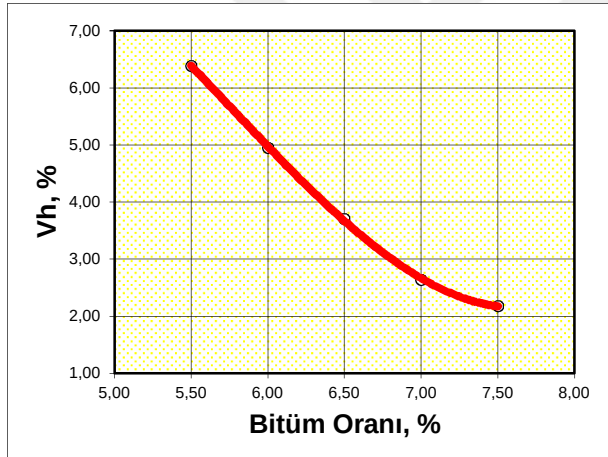
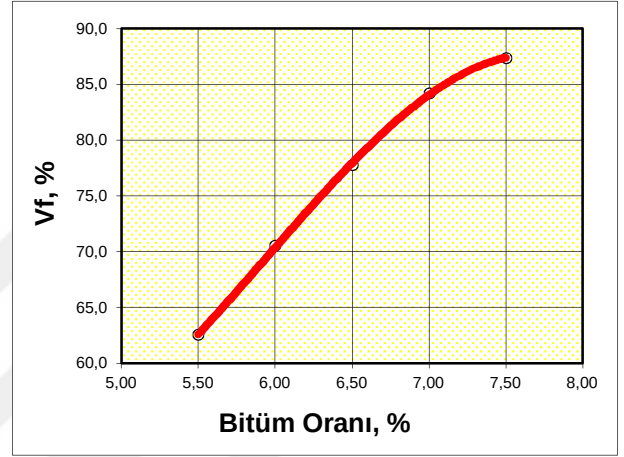
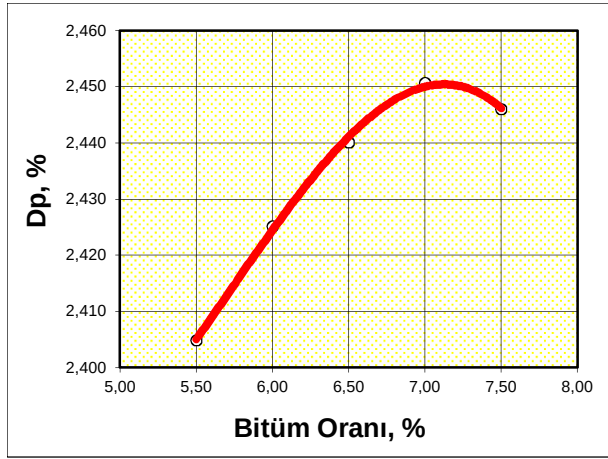
Bitüm Penetrasyonu	: 74	Kaba Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,610	G _{ef-deney}	: 2,656											
Bitüm Özgöl Ağırlığı, G _b	: 1,038	Kaba Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,649	G _{ef-hesap}	: 2,654											
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,31	İnce Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,675	Karışımdaki Mıdır	: 1.100 g											
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,656	İnce Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,720	Darbe Sayısı	: 50											
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,635	Fillerin Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,721													
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,672															
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f
1	5,50	60,5	135	63,7	63,6	63,5	63,6	1.156,8	660,0	1.159,6	499,6	2,315				
2	5,50	60,5	135	63,5	63,4	63,3	63,4	1.154,9	658,5	1.157,6	499,1	2,314				
3	5,50	60,5	135	63,9	63,8	63,7	63,8	1.157,7	660,6	1.160,6	500,0	2,315				
												2,315	2,456	5,76	16,74	65,6
4	6,00	66,0	135	63,4	63,5	63,2	63,4	1.160,8	665,3	1.162,7	497,4	2,334				
5	6,00	66,0	135	63,1	63,0	62,9	63,0	1.157,3	663,8	1.159,4	495,6	2,335				
6	6,00	66,0	135	63,8	63,7	63,6	63,7	1.162,5	666,8	1.164,5	497,7	2,336				
												2,335	2,441	4,33	16,42	73,6
7	6,50	71,5	135	62,9	62,8	62,7	62,8	1.164,6	670,2	1.166,2	496,0	2,348				
8	6,50	71,5	135	63,2	63,1	63,0	63,1	1.167,8	672,4	1.169,3	496,9	2,350				
9	6,50	71,5	135	64,0	63,9	63,8	63,9	1.170,5	674,1	1.171,9	497,8	2,351				
												2,350	2,425	3,11	16,27	80,9
10	7,00	77,0	135	62,8	62,7	62,6	62,7	1.170,5	674,9	1.170,9	496,0	2,360				
11	7,00	77,0	135	62,4	62,5	62,6	62,5	1.168,7	674,2	1.169,2	495,0	2,361				
12	7,00	77,0	135	63,2	63,3	63,1	63,2	1.173,5	676,7	1.174,1	497,4	2,359				
												2,360	2,410	2,08	16,30	87,2
13	7,50	82,5	135	62,1	62,2	62,4	62,2	1.171,9	674,4	1.172,2	497,8	2,354				
14	7,50	82,5	135	62,7	62,6	62,5	62,6	1.173,4	674,8	1.173,8	499,0	2,352				
15	7,50	82,5	135	63,0	62,8	62,9	62,9	1.176,3	676,6	1.176,5	499,9	2,353				
												2,353	2,395	1,78	16,95	89,5
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,351	2,424	3,00	16,3	81,8
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,351	2,424	3,00	16,3	81,6
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesap})										2,351	2,422	2,93	16,3	82,0
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.8. İspirikizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.9. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

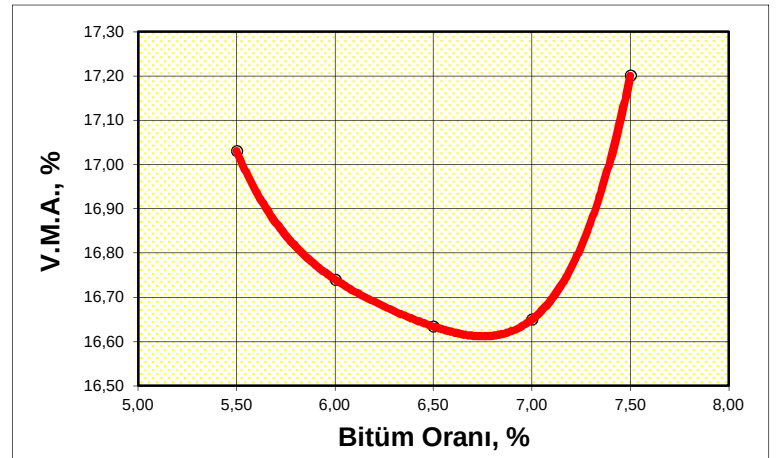
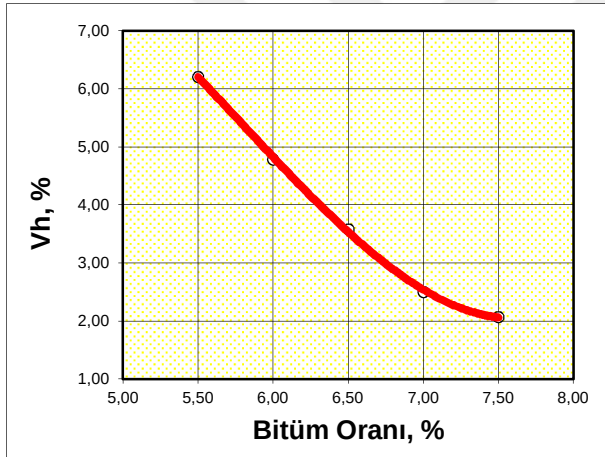
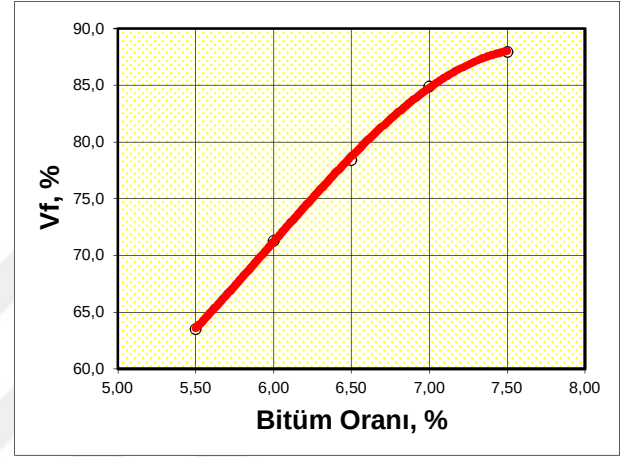
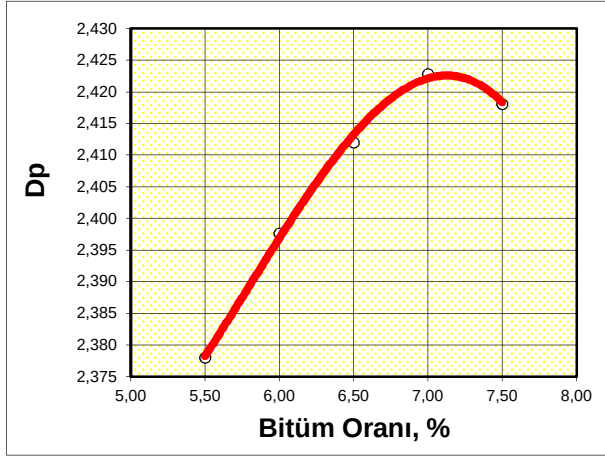
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,731				G _{ef-deney}				: 2,796			
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b				: 1,038				Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,826				G _{ef-hesap}				: 2,794			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,63				İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,737				Karışımdaki Mıdır				: 1.100 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,796				İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,842				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,749				Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,917											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,838																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	60,5	133	63,3	63,4	63,2	63,3	1.153,2	679,3	1.158,9	479,6	2,405											
2	5,50	60,5	133	63,5	63,6	63,4	63,5	1.157,7	682,1	1.163,3	481,2	2,406											
3	5,50	60,5	133	63,3	63,4	63,5	63,4	1.154,3	680,0	1.160,1	480,1	2,404											
												2,405	2,569	6,39	17,09	62,6							
4	6,00	66,0	133	62,9	63,1	63,0	63,0	1.162,9	687,1	1.166,8	479,7	2,424											
5	6,00	66,0	133	62,7	62,9	62,8	62,8	1.161,7	686,3	1.165,4	479,1	2,425											
6	6,00	66,0	133	63,0	63,1	63,2	63,1	1.164,2	688,2	1.168,0	479,8	2,426											
												2,425	2,551	4,95	16,78	70,5							
7	6,50	71,5	133	62,8	62,9	62,7	62,8	1.170,8	693,6	1.173,6	480,0	2,439											
8	6,50	71,5	133	62,7	62,6	62,4	62,6	1.166,9	691,6	1.169,8	478,2	2,440											
9	6,50	71,5	133	62,5	62,3	62,6	62,5	1.164,3	690,3	1.167,3	477,0	2,441											
												2,440	2,534	3,71	16,66	77,7							
10	7,00	77,0	133	62,2	62,1	62,3	62,2	1.172,1	695,8	1.174,3	478,5	2,450											
11	7,00	77,0	133	62,4	62,2	62,5	62,4	1.174,3	697,4	1.176,4	479,0	2,452											
12	7,00	77,0	133	62,0	61,9	61,8	61,9	1.169,8	694,5	1.171,8	477,3	2,451											
												2,451	2,517	2,64	16,69	84,2							
13	7,50	82,5	133	61,9	61,8	61,7	61,8	1.177,8	697,8	1.179,2	481,4	2,447											
14	7,50	82,5	133	62,0	61,8	61,9	61,9	1.180,9	699,6	1.182,4	482,8	2,446											
15	7,50	82,5	133	61,7	61,8	61,6	61,7	1.176,5	696,7	1.177,8	481,1	2,445											
												2,446	2,501	2,18	17,24	87,3							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,446	2,522	3,00	16,7	82,1							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,446	2,522	3,02	16,7	82,0							
6,85		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,446	2,520	2,95	16,7	82,3							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							



Şekil EK-2.9. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.10. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

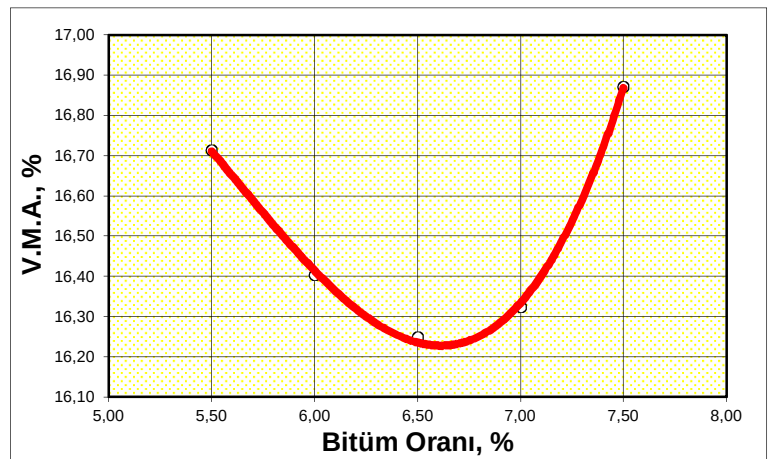
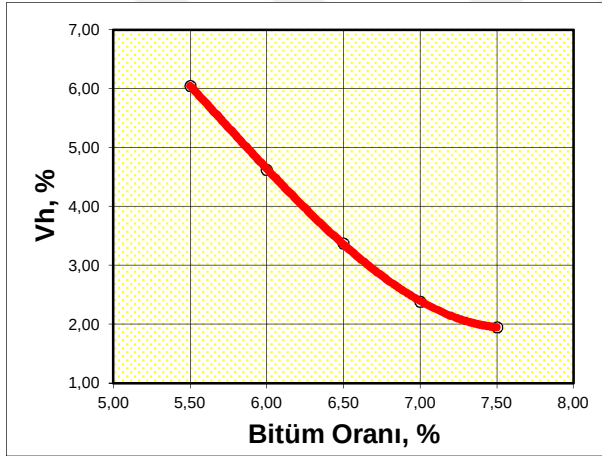
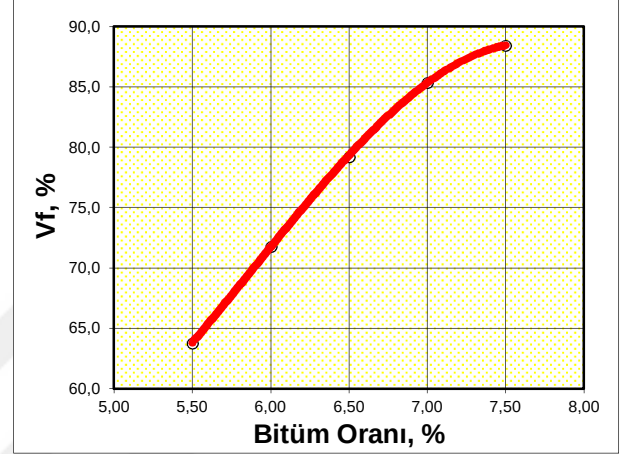
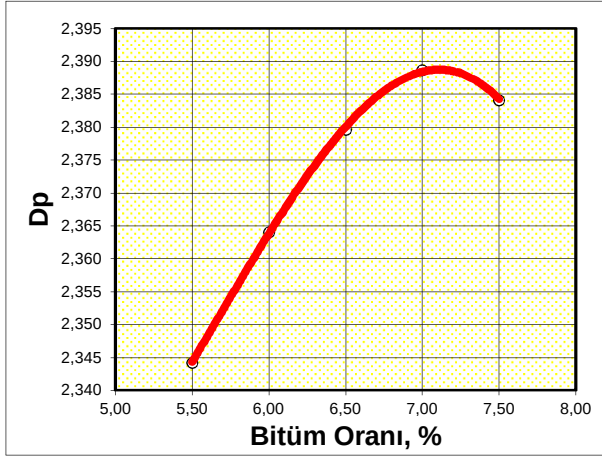
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,731				G _{ef-deney}				: 2,754			
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b				: 1,038				Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,826				G _{ef-hesap}				: 2,753			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,52				İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,675				Karışımdaki Mıcır				: 1.150 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,754				İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,720				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,717				Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,721											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,790																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.										A	C	B	V	D _p	D _t	V _h
1	5,50	63,3	134	63,3	63,4	63,2	63,3	1.207,5	705,1	1.212,7	507,6	2,379											
2	5,50	63,3	134	63,4	63,5	63,3	63,4	1.209,0	706,0	1.214,4	508,4	2,378											
3	5,50	63,3	134	63,6	63,4	63,5	63,5	1.211,2	707,0	1.216,5	509,5	2,377											
												2,378	2,535	6,21	17,03	63,5							
4	6,00	69,0	134	62,8	62,7	62,6	62,7	1.216,1	712,5	1.219,5	507,0	2,399											
5	6,00	69,0	134	62,6	62,3	62,4	62,4	1.211,9	709,5	1.215,2	505,7	2,396											
6	6,00	69,0	134	62,5	62,6	62,4	62,5	1.214,3	711,4	1.217,8	506,4	2,398											
												2,398	2,518	4,79	16,74	71,4							
7	6,50	74,8	134	62,3	62,1	62,2	62,2	1.217,6	715,4	1.220,0	504,6	2,413											
8	6,50	74,8	134	62,1	62,4	62,3	62,3	1.219,8	716,1	1.222,1	506,0	2,411											
9	6,50	74,8	134	62,5	62,4	62,3	62,4	1.221,2	717,2	1.223,4	506,2	2,412											
												2,412	2,502	3,58	16,63	78,5							
10	7,00	80,5	134	62,1	62,2	62,0	62,1	1.227,2	722,2	1.228,4	506,2	2,424											
11	7,00	80,5	134	62,0	62,1	61,9	62,0	1.226,5	721,2	1.227,8	506,6	2,421											
12	7,00	80,5	134	62,2	62,3	62,1	62,2	1.228,4	722,6	1.229,5	506,9	2,423											
												2,423	2,485	2,51	16,65	84,9							
13	7,50	86,3	134	61,8	61,7	61,9	61,8	1.234,5	724,8	1.235,1	510,3	2,419											
14	7,50	86,3	134	61,6	61,5	61,4	61,5	1.233,2	723,9	1.233,9	510,0	2,418											
15	7,50	86,3	134	61,5	61,3	61,2	61,3	1.232,3	723,0	1.232,8	509,8	2,417											
												2,418	2,469	2,07	17,20	88,0							
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,418	2,493	3,00	16,6	81,8							
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,418	2,493	3,02	16,6	81,8							
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,418	2,493	3,01	16,6	81,9							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							



Şekil EK-2.10. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.11. Laleli Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

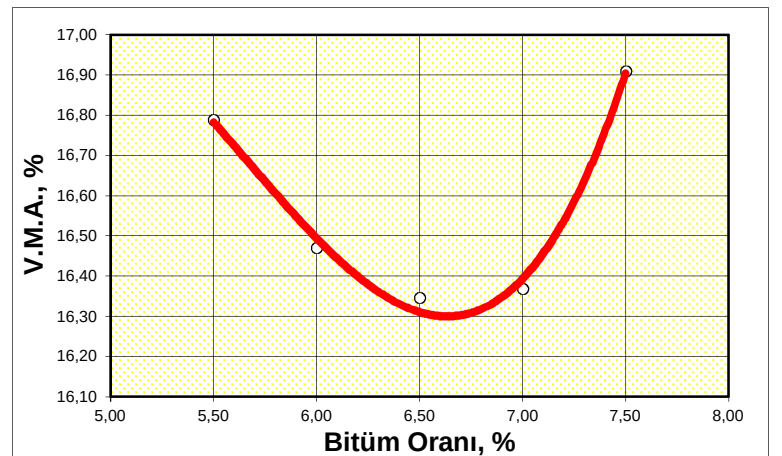
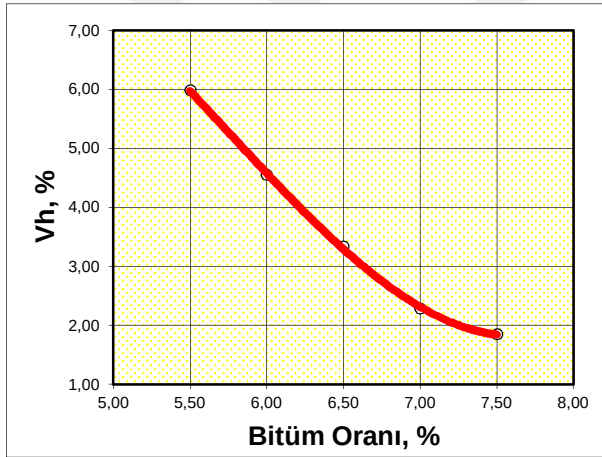
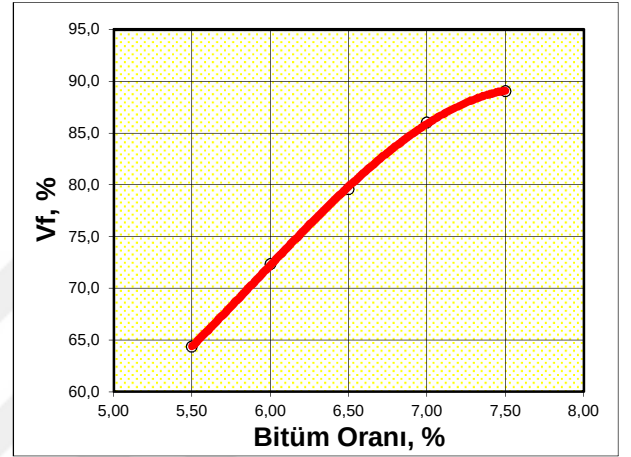
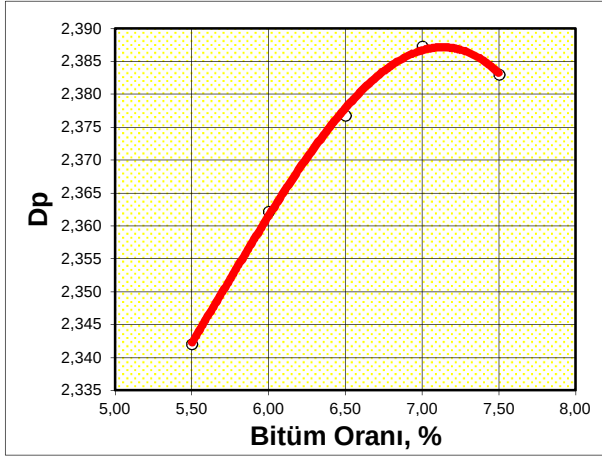
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,658				G _{ef-deney}				: 2,704			
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b				: 1,038				Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,729				G _{ef-hesap}				: 2,701			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,52				İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,660				Karışımdaki Mıdır				: 1.100 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,704				İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,741				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,668				Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,760											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,735																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	60,5	132	64,2	64,1	64,3	64,2	1.158,2	668,6	1.162,9	494,3	2,343											
2	5,50	60,5	132	64,0	63,9	63,8	63,9	1.156,5	667,8	1.161,1	493,3	2,344											
3	5,50	60,5	132	64,5	64,4	64,3	64,4	1.159,0	669,6	1.163,8	494,2	2,345											
												2,344	2,495	6,05	16,71	63,8							
4	6,00	66,0	132	63,5	63,2	63,4	63,4	1.162,8	673,8	1.165,8	492,0	2,363											
5	6,00	66,0	132	63,6	63,7	63,5	63,6	1.163,2	674,3	1.166,4	492,1	2,364											
6	6,00	66,0	132	63,7	63,8	63,6	63,7	1.164,6	675,3	1.167,7	492,4	2,365											
												2,364	2,479	4,63	16,40	71,8							
7	6,50	71,5	132	62,8	62,9	62,7	62,8	1.164,8	677,5	1.167,3	489,8	2,378											
8	6,50	71,5	132	62,6	62,8	62,5	62,6	1.163,2	676,8	1.165,6	488,8	2,380											
9	6,50	71,5	132	63,1	63,2	63,0	63,1	1.167,7	679,6	1.170,0	490,4	2,381											
												2,380	2,463	3,37	16,25	79,2							
10	7,00	77,0	132	62,4	62,3	62,1	62,3	1.166,8	679,7	1.168,4	488,7	2,388											
11	7,00	77,0	132	62,5	62,4	62,3	62,4	1.167,5	680,5	1.169,3	488,8	2,389											
12	7,00	77,0	132	62,7	62,6	62,8	62,7	1.169,2	681,7	1.170,9	489,2	2,390											
												2,389	2,447	2,38	16,32	85,4							
13	7,50	82,5	132	62,1	62,2	62,0	62,1	1.175,2	683,7	1.176,5	492,8	2,385											
14	7,50	82,5	132	61,9	61,8	61,9	61,9	1.172,9	682,1	1.174,0	491,9	2,384											
15	7,50	82,5	132	62,3	62,5	62,4	62,4	1.177,4	684,6	1.178,6	494,0	2,383											
												2,384	2,432	1,95	16,87	88,4							
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,382	2,456	3,00	16,3	81,5							
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,382	2,456	3,03	16,3	81,4							
6,70		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,382	2,454	2,95	16,3	81,9							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							



Şekil EK-2.11. Laleli Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA. Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.12. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

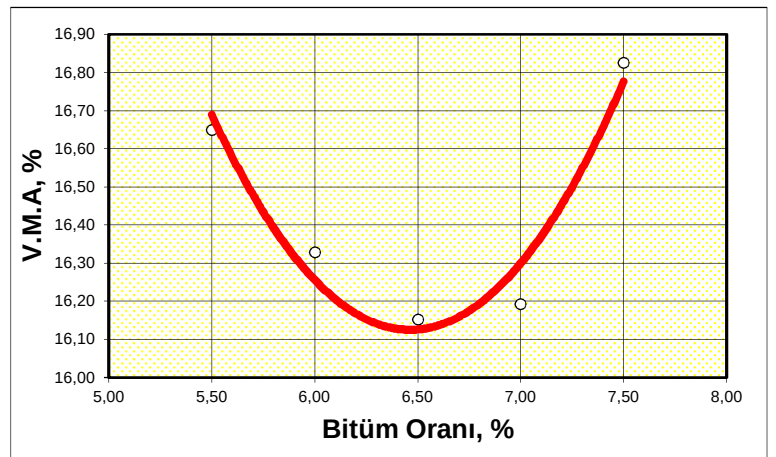
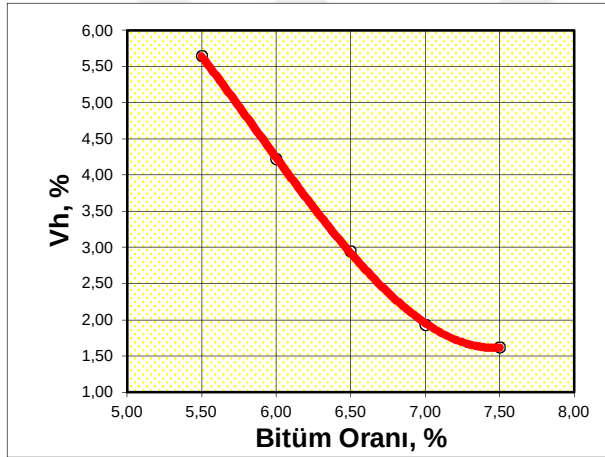
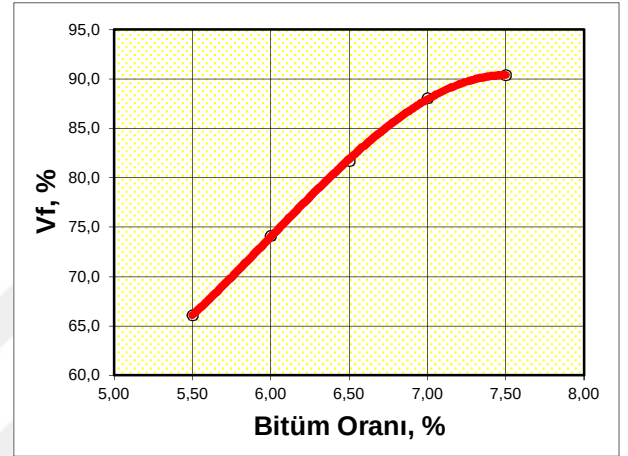
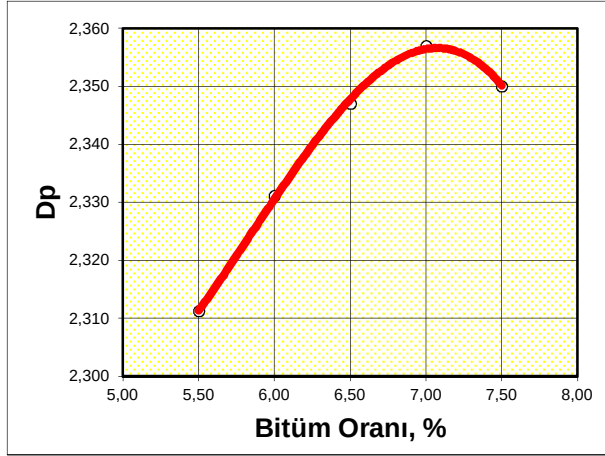
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,658				G _{ef-deney}				: 2,699			
Bitüm Özgöl Ağırlığı, G _b				: 1,038				Kaba Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,729				G _{ef-hesap}				: 2,697			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,45				İnce Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,675				Karışımdaki Mıdır				: 1.100 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,699				İnce Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,720				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,668				Fillerin Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,721											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,726																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	60,5	135	64,0	64,2	64,1	64,1	1.152,0	664,6	1.156,2	491,6	2,343											
2	5,50	60,5	135	64,2	64,4	64,5	64,4	1.153,4	665,0	1.157,8	492,8	2,341											
3	5,50	60,5	135	64,6	64,5	64,4	64,5	1.156,7	667,2	1.161,0	493,8	2,342											
												2,342	2,491	5,98	16,79	64,4							
4	6,00	66,0	135	63,7	63,5	63,6	63,6	1.165,4	674,6	1.167,8	493,2	2,363											
5	6,00	66,0	135	63,4	63,2	63,5	63,4	1.164,7	674,0	1.167,0	493,0	2,362											
6	6,00	66,0	135	63,0	63,1	63,2	63,1	1.163,6	673,3	1.166,1	492,8	2,361											
												2,362	2,475	4,55	16,47	72,4							
7	6,50	71,5	135	62,8	62,9	63,0	62,9	1.170,1	679,4	1.171,9	492,5	2,376											
8	6,50	71,5	135	62,6	62,8	62,5	62,6	1.168,2	678,6	1.170,1	491,5	2,377											
9	6,50	71,5	135	62,5	62,4	62,6	62,5	1.164,7	676,9	1.166,7	489,8	2,378											
												2,377	2,459	3,34	16,35	79,6							
10	7,00	77,0	135	62,0	62,1	62,2	62,1	1.172,4	681,9	1.173,3	491,4	2,386											
11	7,00	77,0	135	62,4	62,3	62,2	62,3	1.169,3	680,6	1.170,1	489,5	2,389											
12	7,00	77,0	135	62,3	62,4	62,5	62,4	1.165,1	677,8	1.165,8	488,0	2,388											
												2,387	2,443	2,29	16,37	86,0							
13	7,50	82,5	135	61,8	61,9	61,7	61,8	1.174,8	682,0	1.175,2	493,2	2,382											
14	7,50	82,5	135	62,0	62,1	61,9	62,0	1.175,2	682,8	1.175,7	492,9	2,384											
15	7,50	82,5	135	62,2	62,1	62,0	62,1	1.178,8	684,4	1.179,1	494,7	2,383											
												2,383	2,428	1,85	16,91	89,1							
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,380	2,454	3,00	16,4	81,7							
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney} le)										2,380	2,454	3,02	16,4	81,5							
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,380	2,453	2,96	16,4	81,9							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							



Şekil EK-2.12. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.13. İspir İkizdere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

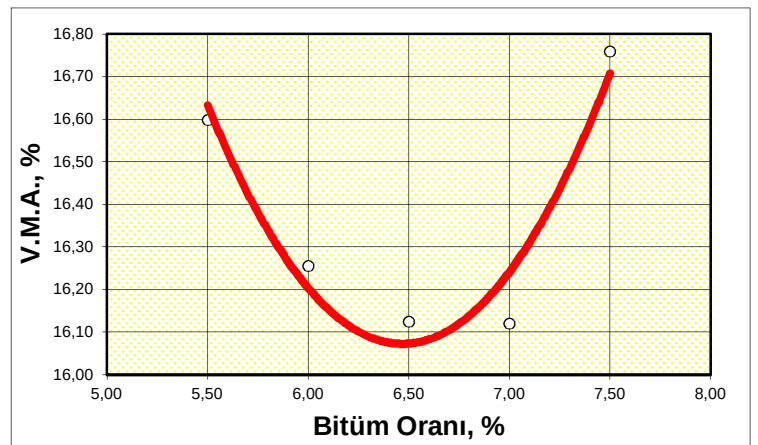
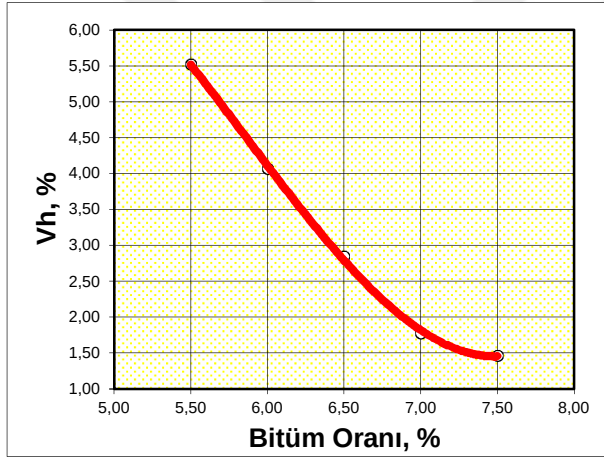
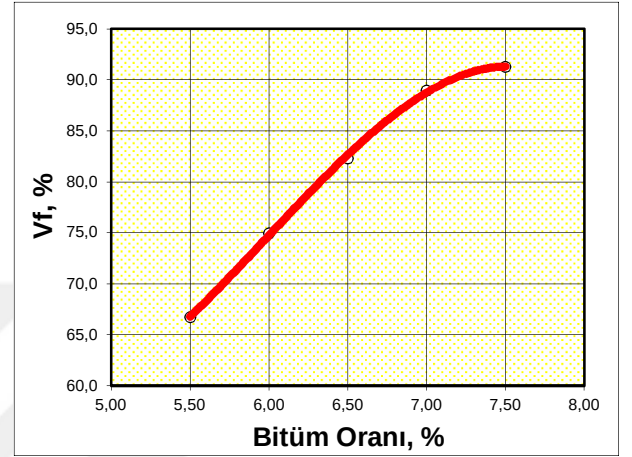
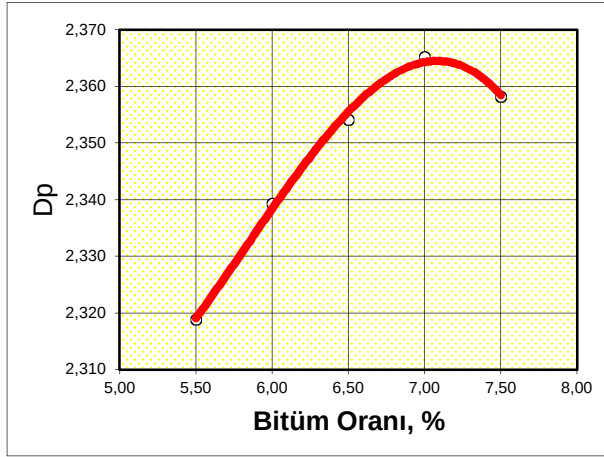
Bitüm Penetrasyonu	: 74	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,610	G _{ef-deney}	: 2,649												
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b	: 1,034	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,649	G _{ef-hesap}	: 2,648												
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,31	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,617	Karışımdaki Mıdır	: 1.100	g											
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,649	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,669	Darbe Sayısı	: 50												
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,628	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,794														
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,667																
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%	
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f	
1	5,50	60,5	130	63,3	63,4	63,5	63,4	1.160,1	661,9	1.163,4	501,5	2,313					
2	5,50	60,5	130	63,0	63,1	63,2	63,1	1.158,3	660,0	1.161,5	501,5	2,310					
3	5,50	60,5	130	63,2	63,4	63,3	63,3	1.159,5	660,8	1.162,6	501,8	2,311					
												2,311	2,450	5,65	16,65	66,1	
4	6,00	66,0	130	62,6	62,7	62,5	62,6	1.158,6	664,0	1.161,0	497,0	2,331					
5	6,00	66,0	130	62,9	62,8	63,0	62,9	1.161,3	665,7	1.163,6	497,9	2,332					
6	6,00	66,0	130	62,3	62,5	62,4	62,4	1.156,9	662,8	1.159,4	496,6	2,330					
												2,331	2,434	4,22	16,33	74,1	
7	6,50	71,5	130	62,4	62,2	62,3	62,3	1.164,8	670,4	1.166,7	496,3	2,347					
8	6,50	71,5	130	62,5	62,4	62,6	62,5	1.166,2	671,2	1.167,9	496,7	2,348					
9	6,50	71,5	130	62,1	62,2	62,3	62,2	1.163,2	669,2	1.165,0	495,8	2,346					
												2,347	2,418	2,96	16,15	81,7	
10	7,00	77,0	130	61,7	61,6	61,5	61,6	1.156,9	667,0	1.157,8	490,8	2,357					
11	7,00	77,0	130	62,0	61,9	62,1	62,0	1.157,4	667,1	1.158,4	491,3	2,356					
12	7,00	77,0	130	62,2	62,4	62,3	62,3	1.159,8	669,0	1.160,9	491,9	2,358					
												2,357	2,403	1,93	16,19	88,1	
13	7,50	82,5	130	61,5	61,8	61,6	61,6	1.162,1	668,0	1.162,6	494,6	2,350					
14	7,50	82,5	130	62,0	62,2	62,1	62,1	1.163,6	669,3	1.164,2	494,9	2,351					
15	7,50	82,5	130	61,7	61,8	61,9	61,8	1.161,7	667,6	1.162,1	494,5	2,349					
												2,350	2,389	1,62	16,83	90,4	
6,50		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,346	2,418	3,00	16,2	81,7	
6,50		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,346	2,418	3,00	16,2	81,5	
6,50		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,346	2,417	2,95	16,2	81,8	
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-	



Şekil EK-2.13. İspir İkizdere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.14. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

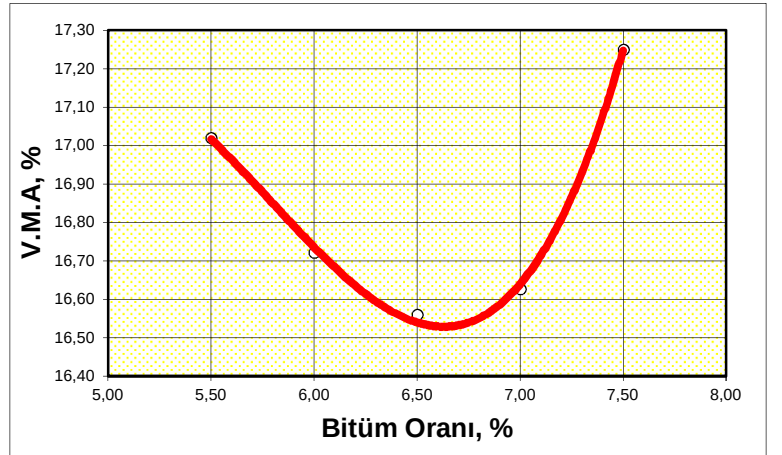
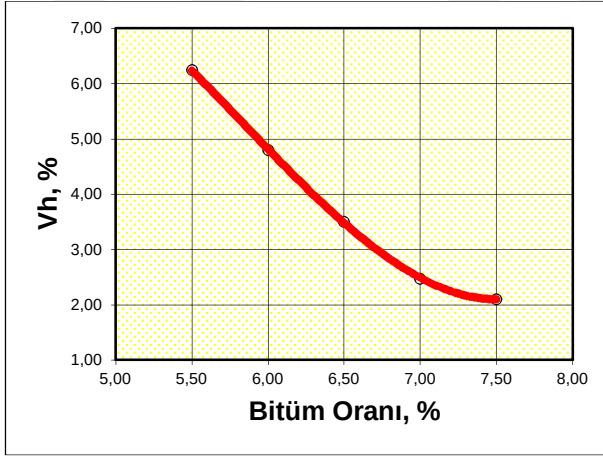
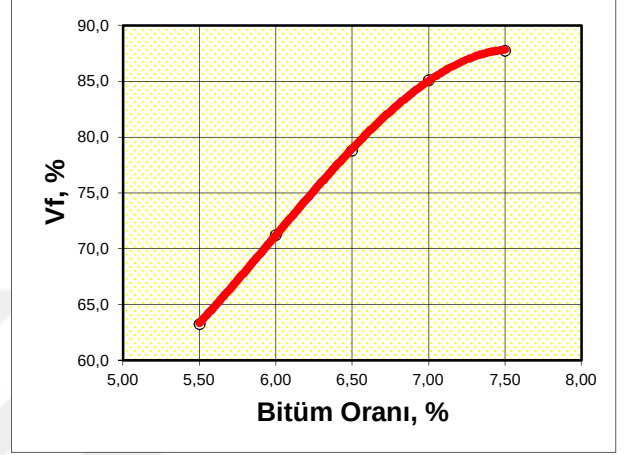
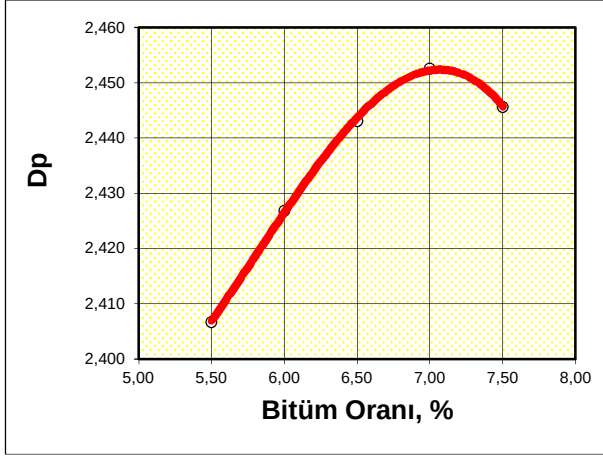
Bitüm Penetrasyonu	: 74	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}	: 2,610	G _{ef-deney}	: 2,655											
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b	: 1,034	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}	: 2,649	G _{ef-hesap}	: 2,654											
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}	: 0,29	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}	: 2,675	Karışımdaki Mıdır	: 1.100 g											
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}	: 2,655	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}	: 2,720	Darbe Sayısı	: 50											
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}	: 2,635	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}	: 2,721													
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}	: 2,672															
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f
1	5,50	60,5	130	63,9	63,8	63,7	63,8	1.160,2	662,6	1.162,9	500,3	2,319				
2	5,50	60,5	130	63,5	63,6	63,7	63,6	1.159,1	662,0	1.161,7	499,7	2,320				
3	5,50	60,5	130	63,6	63,4	63,5	63,5	1.157,5	660,9	1.160,3	499,4	2,318				
												2,319	2,454	5,53	16,60	66,7
4	6,00	66,0	130	62,7	62,6	62,5	62,6	1.159,7	666,0	1.161,5	495,5	2,340				
5	6,00	66,0	130	62,9	62,8	63,0	62,9	1.161,8	667,0	1.163,7	496,7	2,339				
6	6,00	66,0	130	63,1	63,0	63,2	63,1	1.163,4	667,6	1.165,1	497,5	2,338				
												2,339	2,439	4,07	16,26	75,0
7	6,50	71,5	130	63,0	63,2	63,1	63,1	1.163,4	670,6	1.164,6	494,0	2,355				
8	6,50	71,5	130	62,9	62,8	62,7	62,8	1.162,1	669,7	1.163,4	493,7	2,354				
9	6,50	71,5	130	62,7	62,6	62,5	62,6	1.161,8	669,2	1.162,9	493,7	2,353				
												2,354	2,423	2,85	16,12	82,3
10	7,00	77,0	130	62,4	62,3	62,2	62,3	1.169,8	675,4	1.170,3	494,9	2,364				
11	7,00	77,0	130	63,1	63,3	63,2	63,2	1.171,1	676,7	1.171,5	494,8	2,367				
12	7,00	77,0	130	62,5	62,6	62,7	62,6	1.170,5	675,9	1.170,8	494,9	2,365				
												2,365	2,408	1,78	16,12	89,0
13	7,50	82,5	130	62,2	62,4	62,3	62,3	1.168,7	673,3	1.168,9	495,6	2,358				
14	7,50	82,5	130	62,8	62,9	63,0	62,9	1.170,6	674,5	1.170,7	496,2	2,359				
15	7,50	82,5	130	61,9	62,0	62,1	62,0	1.165,9	671,6	1.166,2	494,6	2,357				
												2,358	2,393	1,47	16,76	91,3
6,45		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,352	2,425	3,00	16,2	81,5
6,45		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney} le)										2,352	2,425	3,00	16,2	81,4
6,45		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,352	2,424	2,96	16,2	81,7
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.14. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.15. Kırğındere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

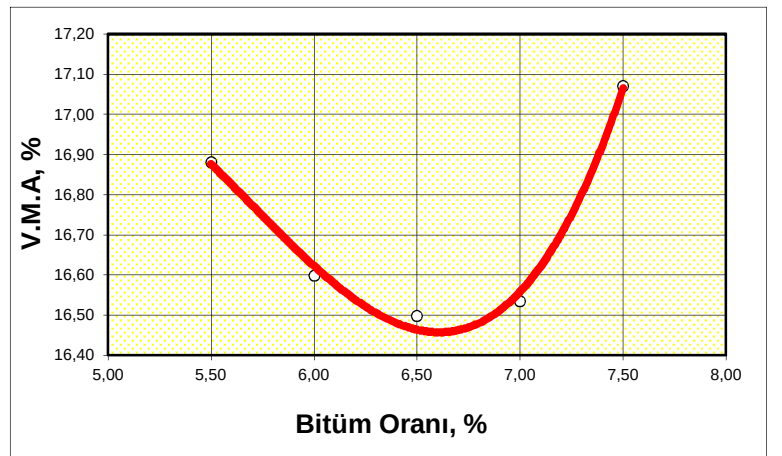
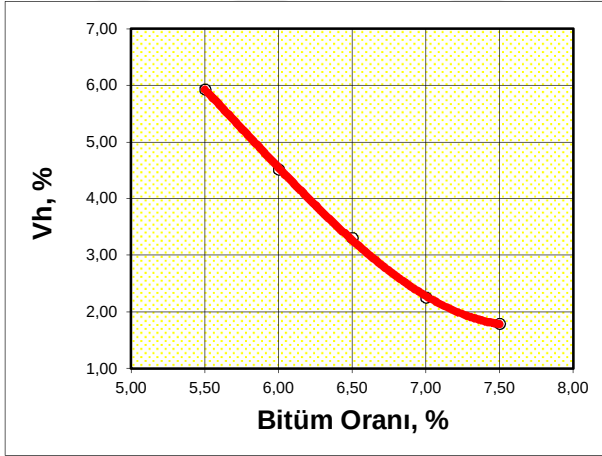
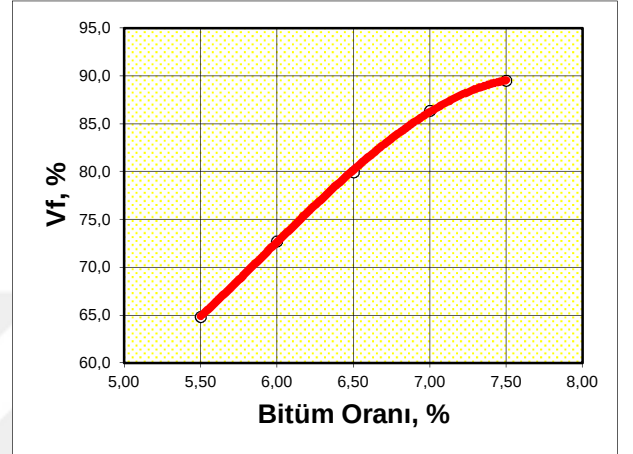
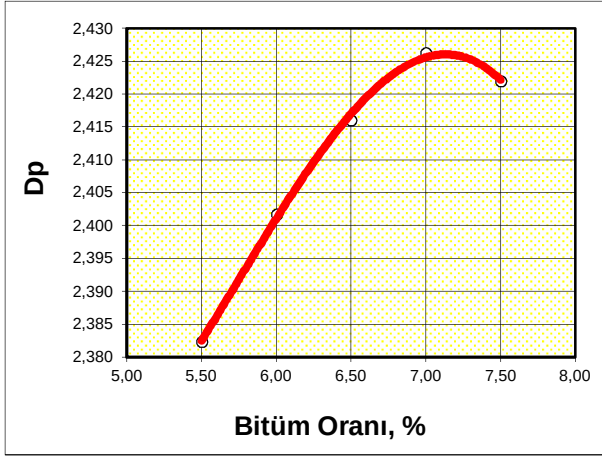
Bitüm Penetrasyonu		: 74	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}		: 2,731	G _{ef-deney}		: 2,795								
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b		: 1,034	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}		: 2,826	G _{ef-hesap}		: 2,794								
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}		: 0,62	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}		: 2,737	Karışımdaki Mıdır		: 1.100 g								
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}		: 2,795	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}		: 2,842	Darbe Sayısı		: 50								
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}		: 2,749	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}		: 2,917											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}		: 2,838														
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f
1	5,50	60,5	133	63,2	63,3	63,4	63,3	1.154,2	680,3	1.159,7	479,4	2,408				
2	5,50	60,5	133	63,6	63,4	63,3	63,4	1.156,8	681,8	1.162,4	480,6	2,407				
3	5,50	60,5	133	63,0	62,9	63,1	63,0	1.153,4	679,4	1.158,8	479,4	2,406				
												2,407	2,567	6,24	17,02	63,3
4	6,00	66,0	133	62,4	62,5	62,3	62,4	1.163,7	687,9	1.167,2	479,3	2,428				
5	6,00	66,0	133	62,7	62,8	62,9	62,8	1.164,5	688,1	1.167,9	479,8	2,427				
6	6,00	66,0	133	62,5	62,4	62,6	62,5	1.162,9	687,1	1.166,5	479,4	2,426				
												2,427	2,549	4,80	16,72	71,3
7	6,50	71,5	133	62,1	62,2	62,0	62,1	1.164,3	690,3	1.167,0	476,7	2,442				
8	6,50	71,5	133	62,6	62,4	62,5	62,5	1.169,5	693,8	1.172,4	478,6	2,444				
9	6,50	71,5	133	62,3	62,1	62,4	62,3	1.167,4	692,4	1.170,2	477,8	2,443				
												2,443	2,532	3,50	16,56	78,8
10	7,00	77,0	133	62,0	61,9	62,1	62,0	1.173,8	697,2	1.175,7	478,5	2,453				
11	7,00	77,0	133	61,8	61,7	61,9	61,8	1.172,4	696,8	1.174,5	477,7	2,454				
12	7,00	77,0	133	61,6	61,5	61,4	61,5	1.171,6	695,5	1.173,6	478,1	2,451				
												2,453	2,515	2,47	16,63	85,1
13	7,50	82,5	133	61,4	61,3	61,2	61,3	1.179,5	698,6	1.180,9	482,3	2,446				
14	7,50	82,5	133	61,5	61,3	61,4	61,4	1.180,1	699,0	1.181,3	482,3	2,447				
15	7,50	82,5	133	61,7	61,4	61,5	61,5	1.181,2	699,3	1.182,5	483,2	2,445				
												2,446	2,498	2,10	17,25	87,8
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,447	2,523	3,00	16,6	81,9
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,447	2,523	3,02	16,6	81,8
6,75		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,447	2,522	2,99	16,6	82,0
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-



Şekil EK-2.15. Kırğındere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.16. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

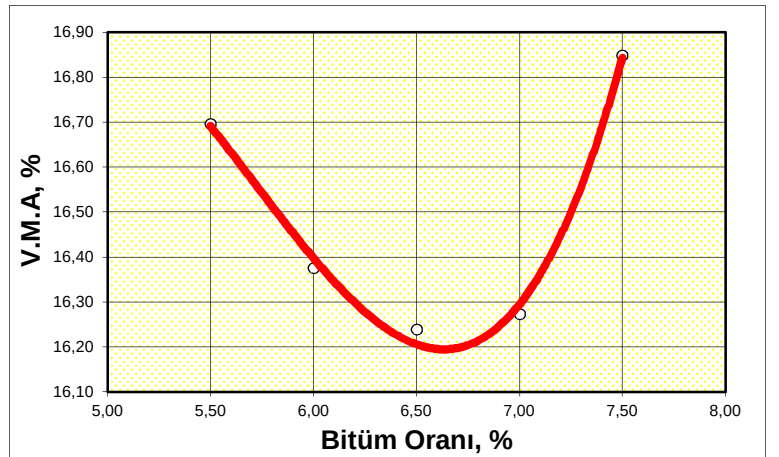
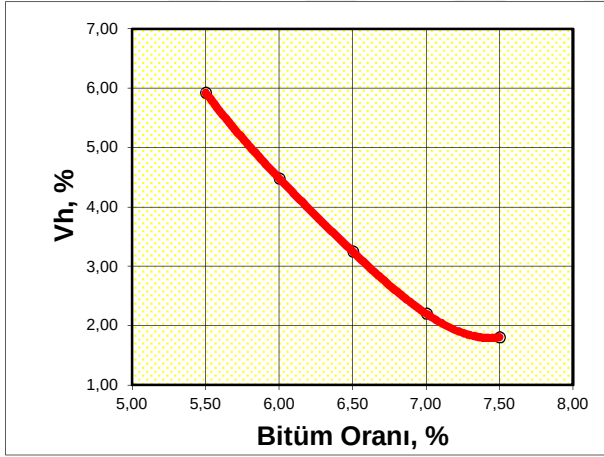
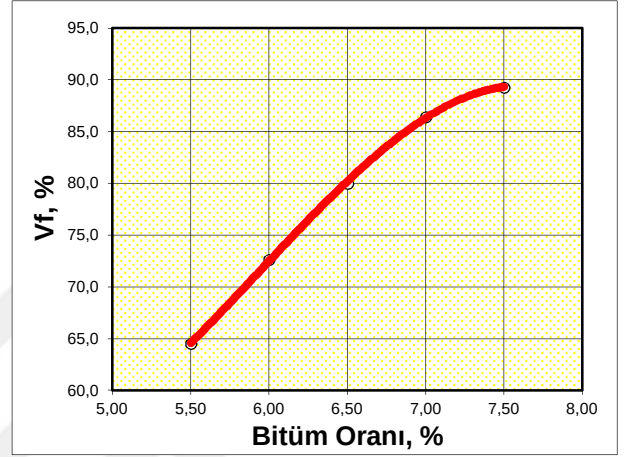
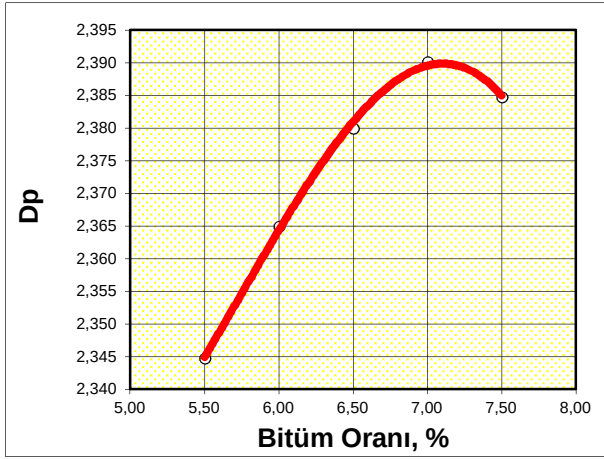
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,731				G _{ef-deney}				: 2,752			
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b				: 1,034				Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,826				G _{ef-hesap}				: 2,753			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,49				İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,675				Karışımdaki Mıdır				: 1.150 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,752				İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,720				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,717				Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,721											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,790																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	63,3	134	63,4	63,3	63,2	63,3	1.211,1	707,8	1.216,3	508,5	2,382											
2	5,50	63,3	134	63,1	63,0	62,9	63,0	1.209,5	707,2	1.214,5	507,3	2,384											
3	5,50	63,3	134	62,8	62,9	62,7	62,8	1.208,6	706,1	1.213,7	507,6	2,381											
												2,382	2,533	5,94	16,88	64,8							
4	6,00	69,0	134	62,8	62,9	63,0	62,9	1.216,5	713,5	1.219,8	506,3	2,403											
5	6,00	69,0	134	62,5	62,4	62,6	62,5	1.214,3	712,1	1.217,7	505,6	2,402											
6	6,00	69,0	134	62,4	62,3	62,5	62,4	1.213,1	711,0	1.216,3	505,3	2,401											
												2,402	2,515	4,52	16,60	72,8							
7	6,50	74,8	134	62,3	62,2	62,4	62,3	1.222,6	719,0	1.224,9	505,9	2,417											
8	6,50	74,8	134	62,0	62,2	62,1	62,1	1.220,8	717,5	1.223,0	505,5	2,415											
9	6,50	74,8	134	62,4	62,3	62,5	62,4	1.221,4	718,0	1.223,5	505,5	2,416											
												2,416	2,499	3,31	16,50	80,0							
10	7,00	80,5	134	62,0	61,9	62,1	62,0	1.228,0	722,9	1.229,0	506,1	2,426											
11	7,00	80,5	134	61,9	62,0	61,8	61,9	1.226,8	722,0	1.227,9	505,9	2,425											
12	7,00	80,5	134	62,3	62,4	62,5	62,4	1.229,2	723,7	1.230,1	506,4	2,427											
												2,426	2,482	2,25	16,54	86,4							
13	7,50	86,3	134	61,8	61,9	62,0	61,9	1.235,6	726,2	1.236,1	509,9	2,423											
14	7,50	86,3	134	61,6	61,4	61,5	61,5	1.232,4	723,8	1.232,7	508,9	2,422											
15	7,50	86,3	134	61,9	61,7	61,8	61,8	1.234,2	724,8	1.234,6	509,8	2,421											
												2,422	2,466	1,79	17,07	89,5							
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,419		2,494	3,00	16,5	81,7						
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,419		2,494	2,99	16,5	81,9						
6,65		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,419		2,495	3,04	16,5	81,6						
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)		Min.16	-						



Şekil EK-2.16. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.17. Laleli Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

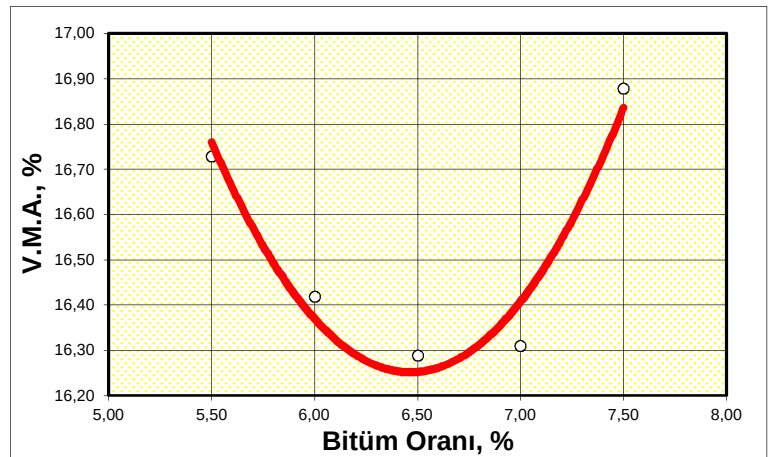
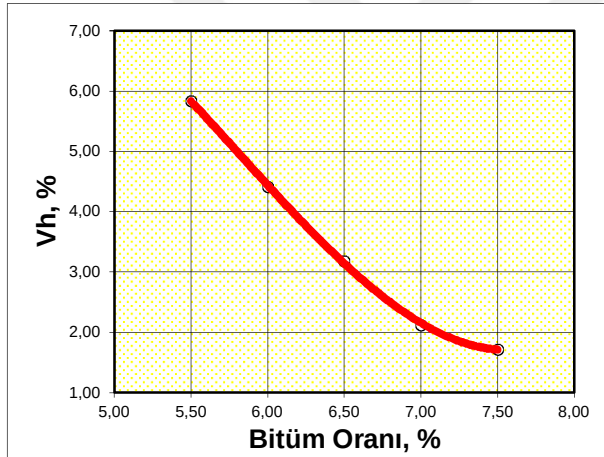
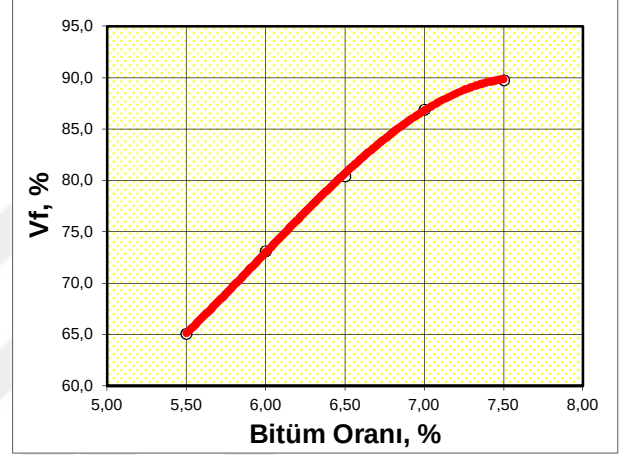
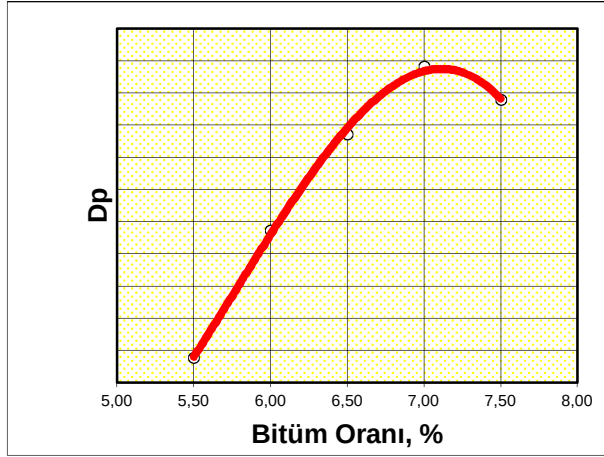
Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,658				G _{ef-deney}				: 2,702			
Bitüm Özgül Ağırlığı, G _b				: 1,034				Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,729				G _{ef-hesap}				: 2,701			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,49				İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,660				Karışımdaki Mıdır				: 1.100 g			
Agreganın Effektif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,702				İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,741				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,668				Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,760											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,735																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	60,5	132	63,8	63,8	63,9	63,8	1.157,6	668,1	1.162,0	493,9	2,344											
2	5,50	60,5	132	64,2	64,1	64,0	64,1	1.159,9	669,7	1.164,4	494,7	2,345											
3	5,50	60,5	132	63,9	64,0	64,1	64,0	1.158,1	669,0	1.162,7	493,7	2,346											
												2,345	2,492	5,92	16,70	64,5							
4	6,00	66,0	132	63,2	63,1	63,0	63,1	1.158,8	671,7	1.161,7	490,0	2,365											
5	6,00	66,0	132	63,5	63,6	63,4	63,5	1.161,9	673,1	1.164,7	491,6	2,364											
6	6,00	66,0	132	63,1	63,0	62,9	63,0	1.157,4	671,3	1.160,4	489,1	2,366											
												2,365	2,476	4,48	16,38	72,6							
7	6,50	71,5	132	62,8	62,9	62,7	62,8	1.162,2	676,2	1.164,5	488,3	2,380											
8	6,50	71,5	132	63,2	63,1	63,3	63,2	1.164,4	677,6	1.166,6	489,0	2,381											
9	6,50	71,5	132	62,7	62,5	62,6	62,6	1.161,7	675,4	1.163,8	488,4	2,379											
												2,380	2,460	3,25	16,24	80,0							
10	7,00	77,0	132	62,7	62,8	62,9	62,8	1.165,2	679,2	1.166,7	487,5	2,390											
11	7,00	77,0	132	63,5	63,3	62,2	63,0	1.167,3	680,3	1.168,9	488,6	2,389											
12	7,00	77,0	132	62,6	62,5	62,4	62,5	1.162,9	678,0	1.164,3	486,3	2,391											
												2,390	2,444	2,20	16,27	86,5							
13	7,50	82,5	132	62,6	62,4	62,5	62,5	1.177,8	685,1	1.178,8	493,7	2,386											
14	7,50	82,5	132	62,4	62,3	62,5	62,4	1.175,4	683,4	1.176,5	493,1	2,384											
15	7,50	82,5	132	62,5	62,7	62,6	62,6	1.176,1	683,9	1.177,0	493,1	2,385											
												2,385	2,429	1,81	16,85	89,3							
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,384	2,457	3,00	16,2	81,8							
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,384	2,457	2,96	16,2	81,7							
6,60		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,384	2,456	2,94	16,2	81,8							
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)	Min.16	-							



Şekil EK-2.17. Laleli Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

Çizelge EK-2.18. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizayn Marshall Tablosu.

Bitüm Penetrasyonu				: 74				Kaba Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{k-h}				: 2,658				G _{ef-deney}				: 2,698			
Bitüm Özgöl Ağırlığı, G _b				: 1,034				Kaba Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{k-z}				: 2,729				G _{ef-hesap}				: 2,697			
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu, P _{ba}				: 0,43				İnce Agreganın Hacim Özgöl Ağırlığı, G _{i-h}				: 2,675				Karışımdaki Mıdır				: 1.100 g			
Agreganın Etketif Özg. Ağırlığı, G _{ef}				: 2,698				İnce Agreganın Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{i-z}				: 2,720				Darbe Sayısı				: 50			
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G _{sb}				: 2,668				Fillerin Zahiri Özgöl Ağırlığı, G _{f-z}				: 2,721											
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G _{sa}				: 2,726																			
No	Karışımdaki Bitüm		Sıcaklık	Yükseklikler, mm				Havadaki Ağırlık, g	Sudaki Ağırlık, g	Doy. Yüz. Ağırlık, g	Hacim cm ³	Hacim Özg. Ağ.	Maks. Teo. Özg. Ağ.	%	%	%							
	W _a , %	g	°C	1	2	3	Ort.	A	C	B	V	D _p	D _t	V _h	VMA	V _f							
1	5,50	60,5	135	64,3	64,2	64,1	64,2	1.153,8	665,3	1.157,8	492,5	2,343											
2	5,50	60,5	135	64,6	64,5	64,3	64,5	1.157,3	667,6	1.161,4	493,8	2,344											
3	5,50	60,5	135	64,1	63,9	64,0	64,0	1.151,6	664,7	1.155,8	491,1	2,345											
												2,344	2,489	5,84	16,73	65,1							
4	6,00	66,0	135	63,2	63,4	63,3	63,3	1.156,3	669,4	1.158,4	489,0	2,365											
5	6,00	66,0	135	63,6	63,5	63,4	63,5	1.159,9	671,5	1.162,2	490,7	2,364											
6	6,00	66,0	135	63,1	63,3	63,2	63,2	1.154,8	668,2	1.157,0	488,8	2,363											
												2,364	2,473	4,41	16,42	73,1							
7	6,50	71,5	135	62,9	63,0	63,1	63,0	1.169,2	679,8	1.171,1	491,3	2,380											
8	6,50	71,5	135	62,7	62,6	62,8	62,7	1.164,6	676,8	1.166,3	489,5	2,379											
9	6,50	71,5	135	62,5	62,7	62,6	62,6	1.163,8	675,9	1.165,6	489,7	2,377											
												2,379	2,457	3,18	16,29	80,5							
10	7,00	77,0	135	62,2	62,3	62,1	62,2	1.169,7	680,4	1.170,3	489,9	2,388											
11	7,00	77,0	135	62,5	62,6	62,4	62,5	1.173,8	683,4	1.174,5	491,1	2,390											
12	7,00	77,0	135	62,4	62,3	62,1	62,3	1.170,6	681,5	1.171,4	489,9	2,389											
												2,389	2,441	2,13	16,31	87,0							
13	7,50	82,5	135	61,6	61,7	61,9	61,7	1.169,2	679,2	1.169,5	490,3	2,385											
14	7,50	82,5	135	61,5	61,6	61,7	61,6	1.166,8	677,8	1.167,2	489,4	2,384											
15	7,50	82,5	135	61,3	61,4	61,5	61,4	1.164,3	676,2	1.164,8	488,6	2,383											
												2,384	2,426	1,72	16,88	89,8							
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Grafikten)										2,381		2,455	3,00	16,2	81,5						
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_deney})										2,381		2,455	3,02	16,2	81,4						
6,55		Optimum Bitüm Sonuçları (Hesapla G _{eff_hesapla})										2,381		2,454	2,99	16,2	81,6						
TMA Aşınma Dizayn Kriterleri														(2-4)		Min.16	-						



Şekil EK-2.18. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Dizaynı Marshall Grafikleri.

EK-3.**TMA AŞINMA I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI****Çizelge EK-3.1.a.** İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yüklemeye Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	3,581
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,9
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,300	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.676,9
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,3

Çizelge EK-3.1.b. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yüklemeye Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	3,312
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,6
Çentik Genişliği	mm	2,21	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,7
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,3
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,296	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,3
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.349,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,1	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,3

Çizelge EK-3.1.c. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,657
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,3
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,3
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,296	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,0
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.062,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	62,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	12,1

Çizelge EK-3.1.d. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,4	Maksimum Yük	kN	4,726
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,7
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,7
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,9	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.216,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	9,2

Çizelge EK-3.1.e. İspir İkizdere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,6	Maksimum Yük	kN	3,319
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,9
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,7
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,3
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.677,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,2

Çizelge EK-3.2.a. İspir İkizdere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,6	Maksimum Yük	kN	3,851
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,5
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,301	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,6
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.007,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	11,2

Çizelge EK-3.2.b. İspir İkizdere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	5,692
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	4,7
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	3,3
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-1,8
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	6,7
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.131,4
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	17,0

Çizelge EK-3.2.c. İspir İkizdere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,6	Maksimum Yük	kN	3,522
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,6
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,4
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,4
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.236,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	11,8

Çizelge EK-3.3.a. İspir İkizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	3,587
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.245,7
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,3

Çizelge EK-3.3.b. İspir İkizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	3,819
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,9
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,4
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,298	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,7
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.128,0
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	12,9

Çizelge EK-3.3.c. İspir İkizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	4,243
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,4
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,296	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,9
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.855,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	12,0

Çizelge EK-3.3.d. İspir İkizdere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		İspir İkizdere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,3	Maksimum Yük	kN	4,154
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,9
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,296	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,3
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.537,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,6

Çizelge EK-3.4.a İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,44
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,6
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,306	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,4	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.859,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,3

Çizelge EK-3.4.b. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	4,457
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,3
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,4
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,304	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.798,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,6	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,3

Çizelge EK-3.4.c. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregat Ocak Adı		İnce Agregat Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Batman	
Agregat Cinsi	Magmatik	Agregat Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,768
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	1,9
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,0
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,2
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,301	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,6
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.904,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,6	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,0

Çizelge EK-3.5.a. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregat Ocak Adı		İnce Agregat Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregat Cinsi	Magmatik	Agregat Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	6,116
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,4
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,3
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,308	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,2
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	4.095,4
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	11,6

Çizelge EK-3.5.b. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	4,867
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,307	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,6
Numune Kalınlığı	mm	50,9	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.686,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,3

Çizelge EK-3.5.c. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,7	Maksimum Yük	kN	4,206
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,2
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,1
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,307	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,9
Numune Kalınlığı	mm	50,9	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.806,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	13,3

Çizelge EK-3.5.d. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	4,558
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,1
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,0
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,303	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,8
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	2.879,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,6	Esneklik İndeksi (FI)	-	9,7

Çizelge EK-3.6.a. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,1	Maksimum Yük	kN	4,324
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,0
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,304	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,7
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	2.944,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,0

Çizelge EK-3.6.b. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	4,272
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,304	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,5
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.525,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	56,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	12,2

Çizelge EK-3.6.c. İspir İkizdere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
İspir İkizdere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	4,568
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,5
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,4
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,302	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,6
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.698,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	61,1	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,2

Çizelge EK-3.7.a. Kırğındere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	3,291
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	1,9
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	0,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,3
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,398	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,3
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G_f)	J/m ²	1.762,7
Yük Etkime Yüksekliği	mm	61,4	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,3

Çizelge EK-3.7.b. Kırğındere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	3,426
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,1
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,0
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,2
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,396	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,1
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G_f)	J/m ²	1.671,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	4,0

Çizelge EK-3.7.c. Kırğındere Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,6	Maksimum Yük	kN	3,22
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,2
Çentik Genişliği	mm	2,25	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,2
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,396	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,2
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	1.651,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,4	Esneklik İndeksi (FI)	-	3,7

Çizelge EK-3.8.a. Kırğındere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,1	Maksimum Yük	kN	5,285
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,9
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,0
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,401	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.929,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	9,8

Çizelge EK-3.8.b. Kırğındere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	4,729
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,8
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,401	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.917,0
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,4

Çizelge EK-3.8.c. Kırğındere Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,723
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,3
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,397	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,8
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.584,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	61,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,4

Çizelge EK-3.9.a. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,3	Maksimum Yük	kN	3,551
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,6
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,7
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,398	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.690,5
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,6

Çizelge EK-3.9.b. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,6	Maksimum Yük	kN	3,372
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,6
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,398	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,8
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.176,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,2

Çizelge EK-3.9.c. Kırğındere Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Kırğındere		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,298
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,5
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,4
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,402	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,8
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.279,4
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,4

Çizelge EK-3.10.a. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	3,657
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,5
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,367	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,7
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	1.710,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	3,6

Çizelge EK-3.10.b. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	2,7
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,4
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,367	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,7
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	1.685,7
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,8

Çizelge EK-3.10.c. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	3,303
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,2
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,2
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,1
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,367	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,4
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	1.649,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	4,1

Çizelge EK-3.11.a. Kırındere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırındere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,758
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,3
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,1
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,8
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,370	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,5
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.161,5
Yük Etkime Yüksekliği	mm	58,1	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,6

Çizelge EK-3.11.b. Kırındere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırındere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,6	Maksimum Yük	kN	5,151
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,1
Çentik Genişliği	mm	2,25	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,0
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,370	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,6
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	4.226,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	10,5

Çizelge EK-3.11.c. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,1	Maksimum Yük	kN	4,514
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,7
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,374	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.185,4
Yük Etkime Yüksekliği	mm	61,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,9

Çizelge EK-3.12.a. Kırğındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırğındere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	3,527
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,6
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,373	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.496,7
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,4

Çizelge EK-3.12.b. Kırındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırındere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,067
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,6
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,6
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,371	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.614,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,3

Çizelge EK-3.12.c. Kırındere+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Kırındere		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	4,003
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,1
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,1
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,369	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,6
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.765,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,6

Çizelge EK-3.13.a. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,585
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,3
Çentik Genişliği	mm	2,21	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,2
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,8
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.433,4
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,6

Çizelge EK-3.13.b. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	3,429
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,3
Çentik Genişliği	mm	2,21	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,1
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,7
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.122,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,2	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,2

Çizelge EK-3.13.c. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,7	Maksimum Yük	kN	3,252
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,3
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,4
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,4
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,335	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.081,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,1	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,7

Çizelge EK-3.13.d. Laleli Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,135
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,1
Çentik Genişliği	mm	2,21	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,3
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,8
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,335	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,6
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	1.922,2
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,9

Çizelge EK-3.14.a. Laleli Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,674
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,1
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,339	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	2.471,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	56,4	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,0

Çizelge EK-3.14.b. Laleli Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	⁰ C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,4	Maksimum Yük	kN	4,372
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,0
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,339	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,3
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	3.088,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	58,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,7

Çizelge EK-3.14.c. Laleli Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	4,689
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,6
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,4
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,335	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,1
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.055,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	9,1

Çizelge EK-3.15.a. Laleli Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,6	Maksimum Yük	kN	3,627
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,5
Çentik Genişliği	mm	2,25	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,6
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,336	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,9	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.389,6
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,7

Çizelge EK-3.15.b. Laleli Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	4,105
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,21	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,7
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,5
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.010,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,7

Çizelge EK-3.15.c. Laleli Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Laleli		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Magmatik	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,2	Maksimum Yük	kN	3,374
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,0
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.465,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,5	Esneklik İndeksi (FI)	-	6,3

Çizelge EK-3.16.a. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,5	Maksimum Yük	kN	3,392
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,4
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,5
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,2
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,331	Kritik Yerdeğiştirme	mm	2,4
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.016,3
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	4,8

Çizelge EK-3.16.b. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,2	Maksimum Yük	kN	3,331
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,2
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,332	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,2
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.552,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	55,4	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,1

Çizelge EK-3.16.c. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Batman Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Batman	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	3,994
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,3
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,4
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-5,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,335	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.825,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	61,8	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,0

Çizelge EK-3.17.a. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	4,694
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,6
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,2
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,8
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,336	Kritik Yerdeğiştirme	mm	4,2
Numune Kalınlığı	mm	50,7	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.151,7
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,9	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,8

Çizelge EK-3.17.b. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,7	Maksimum Yük	kN	4,921
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,6
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,3
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,340	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,1
Numune Kalınlığı	mm	50,6	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.185,0
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,7	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,4

Çizelge EK-3.17.c. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,8	Maksimum Yük	kN	4,646
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,7
Çentik Genişliği	mm	2,24	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,7
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,4
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,334	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.197,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	58,4	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,3

Çizelge EK-3.17.d. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve İzmit Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		İzmit	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,7	Maksimum Yük	kN	5,106
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	2,8
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,8
Numune Hava Boşluğu	%	5	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,6
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,334	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,3
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	3.515,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	59,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	9,9

Çizelge EK-3.18.a. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yükleme Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	149,9	Maksimum Yük	kN	3,952
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,2
Çentik Genişliği	mm	2,23	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,2
Numune Hava Boşluğu	%	4,8	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-2,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,336	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,5
Numune Kalınlığı	mm	50,8	Kırılma Enerjisi (G _f)	J/m ²	2.610,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,3	Esneklik İndeksi (FI)	-	8,9

Çizelge EK-3.18.b. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yüklemeye Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,6	Maksimum Yük	kN	4,532
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,0
Çentik Genişliği	mm	2,25	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	1,9
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-4,9
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,0
Numune Kalınlığı	mm	50,5	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	2.922,1
Yük Etkime Yüksekliği	mm	60,6	Esneklik İndeksi (FI)	-	5,9

Çizelge EK-3.18.c. Laleli+Mustafa Bey Taşocağı ve Kırıkkale Rafineri Bitümü ile Hazırlanan TMA Aşınma Numunesi I-FIT Sonucu.

I-FIT SCB DENEY SONUÇLARI					
Ocak ve Rafineri Bilgileri					
Kaba Agregası Ocak Adı		İnce Agregası Ocak Adı		Bitüm Rafineri Adı	
Laleli		Mustafa Bey		Kırıkkale	
Agregası Cinsi	Magmatik	Agregası Cinsi	Sedimanter	Bitüm Sınıfı	70/100
Test Bilgileri					
	Birimi			Birimi	
Yüklemeye Hızı	mm/dk	50	Sıcaklık	°C	25
Numune Bilgileri			Test Sonuç Bilgileri		
Numune Çapı	mm	150,6	Maksimum Yük	kN	3,698
Çentik Yüksekliği	mm	15,0	Maksimum Yük Zamanı	s	3,1
Çentik Genişliği	mm	2,22	Maksimum Yükteki Yerdeğiştirme	mm	2,2
Numune Hava Boşluğu	%	4,9	Maksimum Yük Sonrası Eğim	kN/mm	-3,7
Numune Pratik Öz. Ağırlığı	-	2,333	Kritik Yerdeğiştirme	mm	3,4
Numune Kalınlığı	mm	50,4	Kırılma Enerjisi (G _i)	J/m ²	2.930,8
Yük Etkime Yüksekliği	mm	57,6	Esneklik İndeksi (FI)	-	7,9