T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAZALT VE GABROLARIN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARDA AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Nedim EKER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2019
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet Nedim EKER tarafından hazırlanan "**Bazalt ve Gabroların Bitümlü Sıcak Karışımlarda Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi**" adlı tez çalışması 23/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Jeoloji Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Doç. Dr. Levent SELÇUK	.....
Danışman Dr. Öğr. Üyesi Turgay BEYAZ	.....
Üye Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ	.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Şahnaz TİĞREK
FBE Müdürü

Bu tez çalışması, Pamukkale Üniversitesi (Denizli) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) tarafından altyapı ve laboratuvar imkânlarının kullanılmasına izin verilerek projesiz olarak desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Ahmet Nedim EKER

23.08.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BAZALT ve GABROLARIN BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARDA AGREGA OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Nedim EKER

Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Turgay BEYAZ

2019, 109 Sayfa

Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Turgay BEYAZ
Doç. Dr. Levent SELÇUK
Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ

Çeşitli mühendislik faaliyetlerinin (Ulaşım Sistemleri, Karayolları, Demiryolları, Enerji Üretimleri, Barajlar, Madencilik ve Endüstriyel dönüşümler vb. gibi) beraberinde ciddi oranda hammadde ihtiyacı doğurduğu bilinmektedir. Günümüz teknolojisi; gerek malzeme ihtiyaçlarında gerekse yapım aşamalarında en spesifik çözüm önerileriyle en uzun vadeye hizmet sunabilen ucuz ama kaliteli çalışmalara ihtiyaç duymaktadır.

Ülkemizde karayolları ağlarının geliştiği bu dönemlerde yol yapımında bitümlü sıcak kaplamalar, en fazla tercih edilen imalatlar olmaktadır. Bitümlü sıcak karışımın %90 üzerindeki kısmını oluşturan agregaların özellikleri; hem sağlıklı imalat açısından hem de yolun servis ömrü açısından büyük öneme sahiptir.

Bu çalışmanın amacı gabro ve bazaltlarının bitümlü sıcak karışımlarda uygulanabilirliğinin araştırılması ve elde edilen verilerin optimizasyonunu kapsamaktadır. Bu nedenle Samsun, Ordu ve Giresun illerinde yer alan ve bölgenin karakteristik özelliklerine sahip bu kayaçlardan numuneler alınarak laboratuvar aşamasında ilgili deneylere tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler ışığında sıcak karışım imalatlarında karşılaşılabilecek sorunlar ile bunların çözüm önerileri değerlendirilip sonuca bağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Agrega, Bazalt, Bitümlü Sıcak Karışım, Gabro, Hammadde, Karayolları, Optimizasyon

ABSTRACT

MSc THESIS

EVALUTION OF THE USABILITY OF GABBRO AND BASALTS AS AGGREGATE IN BITUMINOUS HOT MIXTURES

Ahmet Nedim EKER

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF BATMAN UNIVERSITY THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN GEOLOGYCAL ENGINEERING

Advisor: Assist. Prof. Dr. Turgay BEYAZ

2019, 109 Pages

Jury
Assist. Prof. Dr. Turgay BEYAZ
Assoc. Prof. Dr. Levent SELÇUK
Assist. Prof. Dr. Salih DİNÇ

It is known that various engineering activities (e.g. Transportation Systems, Highways, Railways, Generation of Energy, Dams, Mining and Industrial Transformations etc.) substantially increase the need for raw material. The state-of-the-art technology needs inexpensive but high quality studies providing the most specific solutions while serving long-term interests during both the material supply and construction periods (or production it depends which one you refer to)

In the period of development of highway networks in Turkey, bituminous hot-mix asphalt is the most commonly used product of all for the road constructions. Aggregates, which encompasses more than 90% of volume of bituminous hot-mix, are important in terms of both healthy production and serving long-term purposes.

The aim of this study is testing the feasibility of using gabbro and basalts in bituminous hot-mix and optimizing the data obtained. Therefore, representative rock samples of different kind were taken features of the region and they were tested in lab setups. In the light of the information obtained in the cities of Samsun, Ordu and Giresun by selecting the ones carrying characteristic possible problems that may occur during hot-mix production and solutions to them are evaluated and assessed.

Keywords: Aggregate, Basalt, Bituminous hot-mix, Gabbro, Raw material, Highways, Optimization

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde, başlangıcından sonuna kadar yanımda olan, yardımlarını ve desteklerini benden esirgemeyen, her aşamada bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Turgay BEYAZ'a saygı ve şükranlarımı sunarım.

Yüksek lisans ders aşamasında emeklerini gördüğüm, bilgi ve birikiminden yaralandığım kıymetli hocalarım, Dr. Öğr. Üyesi Murat ÜNAL ve Dr. Öğr. Üyesi Alim BARAN'a;

Lisansüstü çalışmamda, her türlü desteğini esirgemeyen Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Salih DİNÇ'e ve onun şahsında Jeoloji Mühendisliği anabilim dalı yöneticilerine, bütün akademik ve idari personeline;

Bu tez çalışması, Pamukkale Üniversitesi (PAÜ-Denizli) Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü ile Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) tarafından altyapı ve laboratuvar imkânlarının kullanılmasına izin verilerek desteklenmiştir. Bu vesileyle, her iki kurumun yönetici ve çalışanlarına;

Lisansüstü çalışmamın bütün idari yükünü sırtlayarak, her türlü sorunların çözümünde mütevazı ve naif kişiliklerinin yanında manevi destekleriyle beni motive ve teşvik eden; Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yöneticilerine, Enstitü Sekreteri ve bütün idari personeline;

Tez çalışmalarım sırasında sürekli destek ve teşvikleriyle yanımda olan Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü Öğr. Gör. Dr. Gülşah BİLGE'ye;

en içten dileklerimle ayrı ayrı teşekkür ediyorum.

Elbette ki, yaşamımdaki yerleri herkesten daha özel olan, lisansüstü çalışmamın her aşamasında yanımda olan, bu konuda beni teşvik eden, tez yazımı sırasında büyük fedakârlık gösteren, bana sabırla katlanan, başından sonuna kadar manevi destekleriyle bana güç kaynağı olan aileme en derin sevgi, saygı ve şükranlarımı sunuyorum.

Ahmet Nedim EKER
Batman-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ……..... iv

ABSTRACT ……. v

ÖNSÖZ ……. vi

İÇİNDEKİLER ……. vii

SİMGELER VE KISALTMALAR ……. xi

1. GİRİŞ ……. 1

1.1. Genel Bilgiler……. 1

1.2. Araştırmanın Amacı ve Kapsam…… 2

1.3. Araştırmanın Önemi……... 3

2. MATERYAL VE METOD ……. 5

2.1. Materyal……..... 5

2.2. Metot…….…. 5

2.2.1. Literatür Araştırmaları……... 5

2.2.3. Laboratuvar Çalışmaları…… 6

3. BÖLGENİN JEOLOJİSİ ……. 8

3.1. Önceki Çalışmalar…….. 8

3.2. Çalışma Alanları Genel Jeolojisi……..... 8

3.2.1. Ordu İli Perşembe F39 Giresun G20 Paftası Çevresi Jeolojisi…….. 8

3.2.2. Samsun İli E36 ve F36 Paftaları Çevresi Jeolojisi……. 11

3.2.3. Giresun İli G40 Paftası Jeolojisi…… 13

3.3. Stratigrafi……... 15

3.3.1. Çatak Formasyonu……. 15

3.3.2. Kızılkaya Formasyonu……... 15

3.3.3. Demircili Formasyonu……... 16

3.3.4. Çağlayan Formasyonu……... 17

3.3.5. Kabadüz Üyesi……... 19

3.3.6. Tirebolu Formasyonu……. 20

3.3.7. Fatsa Formasyonu…….. 21

3.3.8. Bakırköy Formasyonu……..... 22

3.3.9. Mesudiye Formasyonu……... 23

3.3.10. Gölköy Formasyonu…….. 25

3.3.11. Kumru Formasyonu……... 26

3.3.12. Kuvaterner Çökelleri…….. 27

3.4. Yapısal Jeoloji…… 28

4. KARAYOLU YAPISI VE ASFALT BETONU KAPLAMALARDA ARANAN ÖZELLİKLER…….. 30

4.1. Karayolu Yapısı……. 30

4.1.1. Karayolu Altyapısı……. 30

4.1.2. Karayolu Üstyapısı…… 31

4.1.3. Bitümlü Kaplamalar……... 35

4.1.3.1 Aşınma Tabakası…… 35

4.1.3.2 Binder Tabakası……. 36

4.1.3.3 Bitümlü Temel Tabakası…… 39

4.2. Asfalt Betonu Kaplamalarda Aranan Özellikler…… 42

4.2.1. Stabilite…….. 42

4.2.2. Durabilite……... 43

4.2.3. Esneklik……. 43

4.2.4. Rijitlik…… 44

4.2.5. İşlenebilirlik……... 44

4.2.6. Yorulmaya Karşı Direnç…… 44

4.2.7. Kaymaya Karşı Direnç……... 45

4.2.8. Geçirimsizlik…….. 45

5. BİTÜMLÜ SÜCAK KARIŞIMLARIN HAZIRLANMASI 46

5.1. Asfalt Betonunun Hazırlanması……. 46

6. DENEYSEL ARAŞTIRMALAR 51

6.1. Bitüm Deneyleri……. 52

6.1.1. Bitüm Penetrasyon Deneyi…… 52

6.1.2. Bitüm Yumuşama Noktası……. 53

6.1.3. Bitüm Özgül Ağırlık Deneyi…….. 54

6.2. Agrega Fiziksel Deneyleri……. 55

6.2.1. Metilen Mavisi Deneyi…….. 56

6.2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı…… 57

6.2.3. Los Angeles Aşınma Kaybı……... 59

6.2.4. Hava Tesirlerine Karşı Dayanım……... 60

6.2.5. Kaba Agrega Özgül Ağırlık Deneyi…….. 62

6.2.6. İnce Agrega Özgül Ağırlık Deneyi…… 63

6.2.7. Kaba Agrega Absorbsiyon Deneyi…… 65

6.2.8. İnce Agrega Absorbsiyon Deneyi…….. 66

6.2.9. Organik Madde Tayini Deneyi…….. 67

6.2.10. Yassılık İndeksi Tayini…….. 68

6.2.11. Soyulma Mukavemeti Deneyi……... 70

6.3. Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı……... 75

6.3.1. Giresun Kovanlık Bazaltı Dizayn Çalışması……. 79

6.3.2. Samsun Nebiyan Gabroları Dizayn Çalışması…….. 84

6.4. Kayaçların Mineralojik – Petrografik Özellikleri…….. 89

6.4.1. Giresun, Kovanlık Bazaltları Mineralojik İnceleme…….. 89

6.4.2. Ordu, Ulubey Bazaltları Mineralojik İnceleme ……..... 93

6.4.3. Samsun, Nebiyan Gabroları Mineralojik İnceleme …….. 95

6.5. İnceleme Kayaçlarının Kimyasal Bileşimleri…… 97

7. SONUÇLAR……. 101

KAYNAKLAR……. 106

ÖZ GEÇMİŞ..... 108

SEMBOLLER

AC	:	Asfalt çimentosu
BSK	:	Bitümlü sıcak karışım
Gk-h	:	Kaba agrega hacim özgül ağırlığı
Gef	:	Agreganın efektif özgül ağırlığı
Gk-z	:	Kaba agrega zahiri özgül ağırlığı
Gi-h	:	İnce agrega hacim özgül ağırlığı
Gi-z	:	İnce agrega zahiri özgül ağırlığı
Gf-z	:	Filler zahiri özgül ağırlığı
L	:	Numune yüksekliği
F	:	Filler yüzdesi
D	:	Teorik birim hacim ağırlık
Dt	:	Maksimum teorik özgül ağırlık
d	:	Pratik (ölçülen) birim hacim ağırlık
Pb	:	Bağlayıcı yüzdesi
Pba	:	Agreganın bitüm absorbsiyonu
Ps	:	Agrega yüzdesi
V	:	Boşluk hacmi
Va	:	Agrega hacmi yüzdesi
Vb	:	Bitüm hacmi yüzdesi
Vh	:	Hava hacmi yüzdesi
Vf	:	Asfaltla dolu boşluk
VFA	:	Asfaltla dolu boşluk
VMA	:	Agregalar arası boşluk
W_{doygun}	:	Havadaki doygun kuru yüzey ağırlık
W_{hava}	:	Havadaki kuru ağırlık
W_{suda}	:	Sudaki ağırlık
W_{opt}	:	Optimum su içeriği
σ	:	Yatay gerilmeler

1. GİRİŞ

1.1. Genel Bilgiler

Ülkemizdeki ulaşım ağları, dünya üzerindeki jeopolitik konumu ile kendi içerisindeki coğrafik özellikleri nedeniyle kat kat stratejik bir önem kazanmaktadır. Bu amaçla denizyolu, karayolu, havayolu ve demiryolu gibi çeşitli ulaşım sistemleri aktif olarak yer almaktadır. Tez konusu ile yapılan çalışma kapsamında en fazla ağa sahip olmasıyla birlikte aynı zamanda en fazla tercih edilen karayolu sistemleri imalatları hakkında çalışılmıştır. Karayollarında üstyapı imalatları en fazla esnek üstyapılar şeklinde tercih edilmektedir. Yaygın şekilde kullanılan esnek üstyapılarda sağlamlık, güvenlik, konfor, ekonomiklik vazgeçilemeyen gereksinimlerdir. Performans bakımından istenilen kriterleri sağlamak için ise çevre ve iklim koşulları, malzeme cinsi, agrega miktarları ile fiziksel özellikleri, dizayn karakteristikleri, kaplama cinsi ve kaplama imalat şekli gibi kritik maddeler rol alır.

Hızlı sanayileşme ve kentleşme sürecinde yapılardaki ani artış agrega gereksinimini artırırken yol ağlarının gelişmesine ve buna bağlı olarak asfalt üretimlerinin artmasını neden olmuştur. Ülkemizin aktif fay kuşaklarında yer alması, yerleşimlerin ovalık gibi tehlikeli bölgelerde yoğunlaşması gibi çeşitli nedenler yapılarda ve yol ağlarında kullanılacak agreganın uzun vadeye hizmet sunabilecek yüksek kalite standartlarında olmasını zaruri kılmıştır.

Esnek üstyapı, tesviye yüzeyi ile güçlü bir temas sağlayan ve üstüne gelecek trafik yüklerini çeşitli tabakalar vasıtasıyla taban zeminine dağıtan bir üstyapı profilidir. Esnek üstyapı imalatları için öncelikle uygun nitelikte agregaların üretilmesi gereklidir. Üst yapıdaki daneli tabakalar, çeşitli yükleri içine alarak bu yükleri azaltır ve kalan enerjiyi daha az dirençli olan taban zeminine aktarırlar. Bitümlü bağlayıcılar ise agrega tanelerini birbirine pekiştirerek farklı yükler altında dağılmasını önlemekte, oluşturdukları pürüzsüz yüzeyler sayesinde ise sürüş konforunu sağlamaktadırlar. Ayrıca bitümlü bağlayıcılar özellikle kohezyonu ile karışımın stabilitesini arttırmakta ve karışım içerisindeki boşlukları doldurarak geçirimsizliğini sağlamaktadır. Bu özelliğiyle de karışımlarda en önemli kullanım etkenini belirlemiş olacaktır.

Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK) laboratuvarda çeşitli fiziksel ve kimyasal testler sonucunda uygun kriter ve şartları sağladığında agregaya karakteristik dizayn yapılarak hazırlanan karışımlardır. Bu karışımlar sahada plentlerde hazırlanır arazide uygulandıklarında ise çevresel ve iklimsel koşullara bağlı birçok parametreden etkilenirler.

Etkilendikleri parametreler öncesinde doğru tespit edilememiş ise maruz kalınan etkenlere bağlı çeşitli kusurlar doğurabilmektedir.

Yol üstyapısının performansı taban zemininin fiziksel özellikleri ile doğrudan ilintilidir. Bunun yanında esnek üstyapılar tasarlanırken taşıt cinsi, taşıt miktarı ve dingil yükleri göz önüne alınarak hesaplanır. Servis kabiliyeti üstyapının belirli bir gözlem anında yeterli bir taşıma ve sürüş sağlama kabiliyetidir (Sağlık ve Güngör, 2008). Üstyapının servis kabiliyeti ile dingil yükleri tekerrür sayıları üstyapının boyutlandırılmasını mümkün kılar. Taşıtlardaki tekerrür sayısı ve dingil yüklerindeki artışa bağlı olarak da yol üstyapısında hasarlar oluşabilmektedir.

Bu çalışma ile agregaların elde edilebileceği jeolojik öneme sahip bölgelerden alınan örnekler incelenmiştir. Farklı yapısal veya farklı mineralojik kökenli kayaçlara yapılan testler neticesinde fizikomekanik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen verilerin bitümlü sıcak karışıma olan etkileşimleri ile karşılaşılan sorunların çözümü noktasında tespitler yapılmıştır. Bazalt örnekleri üzerinde oluşum şekillerine göre BSK için gerekli şartları sağlayabilmesi konusunda değişimler olup olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca daha önce BSK imalatlarında agrega olarak kullanımı konusunda üzerinde çalışılmamış Gabro kayacının da yine gerekli parametreleri sağlayabildiği görülmüştür. Elde edilen bu veriler ışığında saha çalışmalarına uyarlanarak karşılaşılabilecek sorunlar ve çözümleri değerlendirilmiştir.

1.2. Araştırmanın Amacı ve Kapsam

Tez çalışması kapsamında sütun bazalt örnekleri Ordu ili Ulubey ilçesi Doğlu Mevkiinden, masif yapıdaki bazalt örnekleri Giresun ili Bulancak ilçesi Kovanlık mevkiinden temin edilmiştir. Gabro örnekleri ise Samsun ili Bafra İlçesi Nebiyan çevresinden toplanmıştır. Araziden toplanan numunelere fiziksel ve jeokimyasal testler yapılarak sonuçlar kayıt altına alınmıştır. Geniş coğrafyaya yayılan ve bulundukları bölgelerinin karakteristik özelliklerini taşıyan bu numuneler yoğun fiziksel parametrelerle incelenmiş ve jeokimyasal analizlerle korelasyona gidilmiştir. Laboratuvar ile arazi uygulamalarından elde edilen bulgular nezdinde bu sahalardan alınan örneklerin Bitümlü Sıcak Karışımlarda (BSK) agrega olarak kullanılabilirliğini saptayacak gerekli verileri karşılayacaktır. Farklı nitelikli bazaltların bitümlü sıcak karışımlar için gerekli fiziksel şartları sağlayıp sağlayamayacağı belirtilmiş, sağlamadığı durumlara neden olan etkenler tespit edilmiştir. Bunun yanında çalışmaya konu olan kayaçların yol üstyapısında gösterecekleri performanslar tespit edilebilecektir. Yine daha önce BSK' da agrega olarak

kullanılmayan gabro kayacının fiziksel özellikleri saptanmış ve bitümlü sıcak karışımlar için uygun nitelikte olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen verilerin; optimal koşulları sağlaması için gerekli kriterleri sunması bakımından daha sonra yapılacak farklı mühendislik çalışmalara ışık tutması amaçlanmaktadır.

1.3. Araştırmanın Önemi

Ülkemizde karayolları ağlarının geliştiği bu dönemde yol yapımında bitümlü sıcak kaplamalar en fazla tercih edilen imalatlar olmaktadır. Bitümlü sıcak karışımın %90 üzerindeki kısmını oluşturan agregaların fiziksel özellikleri, hem sağlıklı imalat açısından hem de yolun servis ömrü açısından büyük öneme sahiptir.

Çalışma bölgesinde sıcak karışımlarda kullanılabilecek agrega ocaklarının çeşitli projeleri karşılamayacak kadar yetersiz olduğu bilinmektedir. Tespitli ocakların ise ana arter ulaşım ağlarına uzak olduğu görülmektedir. Mesafe analizine gidildiğinde ulaşımın uzun olması maliyet açısından değer kaybına yol açmakla birlikte özellikle ülke kaynaklarının hızlı tüketimine neden olabilmektedir. Bu bağlamda kısıtlı agrega sahalarına yenilerinin kazandırılması ve daha önce hiç denenmemiş gabro kaynaklarının da artık bulunduğu bölgelerde değerlendirilmesi açısından mühendislik hizmetlerine ışık tutacağı düşünülmektedir.

Yol yapımında kullanılan agregalarda bugüne kadar hiç çalışılmadığı için göz ardı edilmiş gabro kayacının bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Alışılmışın çok dışına çıkılarak üzerinde çalışılan ve yüksek yoğunluğa sahip bu kayaç türü ile servis kabiliyeti daha uzun olan konforu yüksek üstyapılar planlanmaktadır. Gerek fizikomekanik gerekse mineralojik açıdan değerlendirilen inceleme kayaçlarının bitümlü sıcak karışımlarda gösterdikleri performansları değerlendirilip bir sonuca bağlanmıştır.

Ayrıca farklı niteliklere sahip bazalt agregasının bitümlü sıcak karışımlar için gerekli fiziksel parametreleri incelenmiş ve bu parametrelerin değişimine neden olan etkenler mineralojik ve petrografik açıdan değerlendirilmiştir.

Şekil.1.1. Yer bulduru haritası ve numune alanlarının yeri (lokasyonlar) (Google Haritalar, 2019)

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Materyal

İnceleme alanı Karadeniz bölgesinde Samsun, Ordu ve Giresun illeri çevresinde yer alır. Bu teze konu olan Bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabilecek agregaların özelliklerine ait veriler yukarıda bahsi geçen illerden temin edilmiş örnekler üzerinden sağlanmıştır. Bu amaçla uzun süren saha çalışmaları yapılmıştır. Arazilerden litolojisini temsil eden karakteristik numuneler toplanmıştır. Toplanan örnekler laboratuvar testlerine tabi tutulmuştur. Gerekli veriler elde edilerek çeşitli incelemeler yapılmıştır. Kullanılan metotların sonraki aşamalarda benzer problemlere de uygulanabilirliği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra mevcut yöntemlere alternatif olabilecek ilave metotlar araştırılarak toplanan donelerin derlenip yazımı için ofis çalışması yapılmıştır.

2.2. Metot

Bu araştırmanın ortaya çıkarılması maksadıyla aşağıda belirtildiği gibi sırasıyla dört farklı aşamadan oluşan bir yöntem izlenmiştir.

2.2.1. Literatür Araştırmaları

Geçmiş yıllarda çalışma sahaları ile buralara yakın çevrelerde Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğüne yapılmış jeolojik araştırmalar ile Karayolları Bölge Müdürlüğünce yapılmış taşocağı araştırma raporları incelenmiştir. Araştırmaya başlanmadan izlenecek yöntemlere ışık tutacak veriler böylece elde edilmiştir.

2.2.2. Saha Çalışmaları

Arazi çalışmaları kapsamında bölgelerini en kapsamlı şekilde temsil edecek ve araştırmanın seyrini yönlendirecek nitelikte malzeme etüdüne çıkılmıştır. Bir yılı aşkın süre ve yoğun arazi ziyaretleri neticesinde çalışmaya konu olan ve istenilen evsafta malzeme tespiti yapılmıştır. Bu amaçla “40.770715 K, 38.139847 D” koordinatlarında bulunan Giresun ili Kovanlık mevkiinden som yapıdaki bazalt örnekleri temin edilmiştir. Sütunsal yapıdaki bir diğer bazalt kayacı örnekleri ise “40.890949 K, 37.769810 D” koordinatlarında bulunan Ordu ili Ulubey ilçesi mevkiinden temin edilmiştir. Ayrıca çalışmaya konu bir diğer kayaç olan gabro kayacı ise “41.329066 K,

35.973889 D" koordinatlarında bulunan Samsun ili Bafra ilçesi Nebiyan Dağı çevresinden temin edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında Laboratuvarda agrega üretiminde değerlendirilecek farklı yapı ve özelliklere sahip ayrışmamış blokların alınmasına dikkat edilmiştir. Bu bloklar temsil ettikleri jeolojik birimleri en yaygın ve geniş mostra yüzeylerine sahip kesimlerinden alınmıştır. Özellikle fiziksel ve atmosferik koşulların ulaşamayacağı derinlikten çıkarılması da ayrıca bir diğer tercih nedeni olmuştur. Bunun yanı sıra bazalt ve gabro kayaç örneklerinden oluşan blokların alındığı bu noktalar haritalara işlenmiştir.

Şekil.2.1 Giresun Kovanlık Bölgesi arazi çalışmalarından bir görüntü.

2.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Arazi çalışmaları neticesinde temin edilen numunelere test aşamasında kullanılmak üzere aşağıdaki çizelgede belirtilen kodlamalar yapılmıştır. Bu kodlamalar ile yoğun test yapım aşamasında karışıklığı gidermek ve tez yazım aşamasında ise kolaylık sağlaması amaçlanmıştır.

Arazi çalışmaları ile toplanan agrega olarak kullanılacak kayaçların fiziksel ve fizikomekanik özellikleri yapılan testlerle tespit edilmiştir. Ancak fiziksel parametreleri mineralojik ve petrografik özelliklerinden büyük çapta etkilendiği bilinmektedir. Bu

nedenle fiziksel parametrelerin yanında mineralojik özelliklerinde tespit edilip sonuçların korele edilmiştir.

Çizelge 2.1 Araştırmada kullanılan örnekler ve alındıkları lokasyonlar

Örnek No	Alındığı Lokasyon	Kayaç Türü
1-G	Giresun, Bulancak, Kovanlık	Masif Bazalt
2-O	Ordu, Ulubey, Doğlu	Sütun Bazalt
3-S	Samsun, Bafra, Nebiyan	Gabro

Numunelere yapılan fiziksel testler Ordu Büyükşehir Belediyesine hizmet vermekte olan Cengizler–CNG–Musfalt Ortaklığı Ordu Merkez Laboratuvarları'nda yürütülmüştür. Kayaçlarla ilgili mineralojik-petrografik çalışmalar ve kimyasal analizler Ankara Üniversitesi Yer Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (YEBİM) laboratuvarlarında yapılmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere farklı bölgelerden getirilen blok örnekler ilgili deneylere tabi tutulmak üzere hazırlık aşamasından geçirilmiştir. Bu bağlamda numunelerin laboratuvar tipi küçük kırıcı konkasörlerden kırılıp agrega boyutlarına alınması veya tek eksenli basınç dayanımının tespiti için küp şeklinde kesilmeleri gibi çeşitli hazırlık aşamaları tamamlanmış ve aşağıda belirtilen standartlarda teste tabi tutulmuşlardır.

Çizelge 2.2 Agrega deneyleri ve ilgili standartları

Deney	Deney Standardı
Elek Analizi (Tane Büyüklüğü Dağılımı)	TS EN 933-1 (1999)
Metilen Mavisi	TS EN 933-9 (2010)
Atterberg Limitleri	TS EN 1900-1
Yassılık Endeksi	TS EN 933-3 (1999)
İnce Malzeme İçeriği	TS EN 933-1 (1999)
Agrega Özgül Ağırlık (Tane Yoğunluğu)	TS EN 1097-6 (2002)
Los Angeles Aşınma Kaybı	TS EN 1097-2 (2010)
Absorbsiyon (Su Emme)	TS EN 1097-6 (2002)
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	TS EN 1926 (2000)
Soyulma Direnci	TS EN 12697-11 (2006)
$MgSO_4$ Don Zayiatı	TS EN 1367-2 (2011)

3. BÖLGENİN JEOLOJİSİ

3.1. Önceki Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında 3 (üç) ayrı lokasyondan numune alınarak, agrega ve bitümlü sıcak karışımlarda performans deneyleri yapılmıştır. Alınan numunelerden ikisi bazalt, birisi gabro türü magmatik kayalardır. Bu kayalar, Orta Karadeniz Bölgesine yakın alanlarda bulunmaktadır. Örnek alınan lokasyonlar:

1) Kovanlık (Giresun),
2) Ulubey (Ordu) ve
3) Nebiyan (Samsun)'dur.

İnceleme alanlarından biri olan Samsun ili Orta Karadeniz bölgesi içerisinde yer almaktadır. Samsun çevresinde detaylı şekilde jeolojik çalışmalar yapan Blumenthal (1940) ve Yalçınlar (1955)'dır. Gökırmak Vadisi (Boyabat) ile Karadeniz içinde kalan bölgede Tromp ve Ortyski (1942); Bafra-Ünye arasında Gayle (1959); Sinop-Ayancık dolaylarında Eren (1979); Taşköprü-Boyabat arasında Öztürk (1979); Lâdik-Destek bölgesinde Saner (1980); Bafra (Samsun) güneyinde Üst Kratese-Alt Tersiyer istifinde Yoldaş ve diğ. (1985); Çarşamba deltası ve güneyindeki alanda Sütçü ve diğ. (1994) çalışmalar yapmıştır.

Diğer çalışma sahaları olan Ordu ve Giresun çevresinde, en eski jeolojik çalışmalar Altınlı (1946), Zanki (1956) Wedding (1963) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Yine Doğu Karadeniz dağlarının tektoniği üzerinde Bora ve diğ. (1970), Ordu güneyinde maden prospeksiyonunda Türk – Yugoslav ekip (1970b), Gölköy yöresi paleokaldere ile cevherleşme konusu arasındaki ilişki üzerine Kalyoncu (1975), Giresun – Piraziz – Şebinkarahisar arasında kalan bölgede Altun ve diğ. (1994), Ünye – Fatsa – Kumru – Korgan dolaylarında Keskin ve diğ. (1998), Jeolojik harita alımında Ateş ve diğ. (2004), Ercan ve Gedik (1983) çalışmalar yapmış ve bölge jeolojisinin saptanmasına önemli katkılar sağlamışlardır.

3.2. Çalışma Alanları Genel Jeolojisi

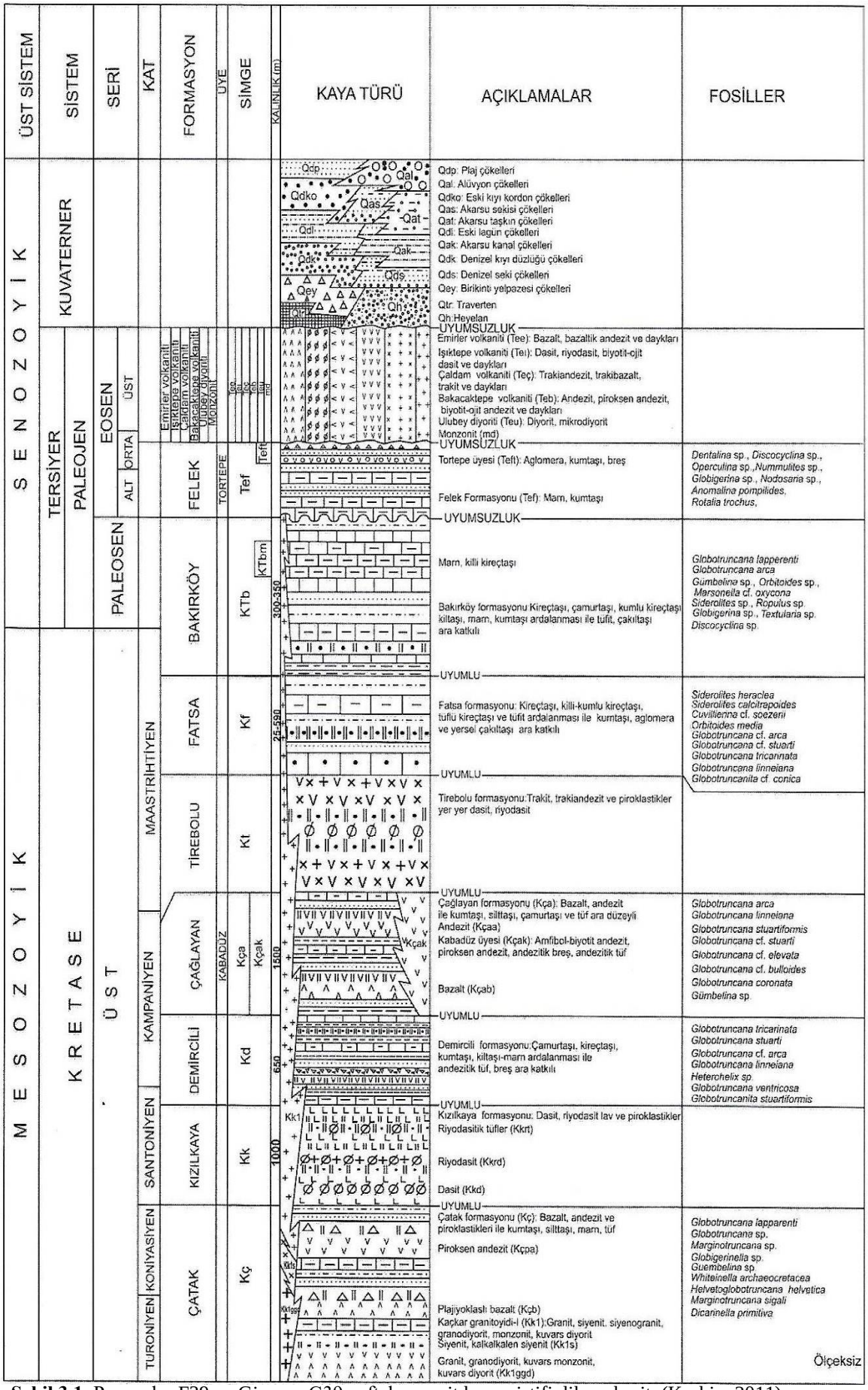
3.2.1. Ordu İli Perşembe F 39 Giresun G 20 Paftaları Çevresi Jeolojisi

Doğu Pontidler kuzey zonunda yer alır. Kuzey istifinde Turoniyen–Koniyasiyen yaşlı bazalt, andezit ve piroklastikleri ile kumtaşı, silttaşı ve kırmızı

kireçtaşı ara bandından oluşan Çatak Formasyonu, Santoniyen yaşlı dasit, riyodasit ve piroklastiklerinden oluşan Kızılkaya Formasyonu, Andezitik tüf – breş ara bantlı çamurtaşı, kumtaşı, killi kireçtaşı, kiltaşı ve marn ardalanmasından oluşan volkono-tortul istif Demircili formasyonu, ikinci evre bazik karakterli Kampaniyen – Maastrihtiyen yaşlı volkanit, volkanoklastik ve çökel kaya ardalanmasından oluşan Çağlayan Formasyonu, trakit, trakiandezit ve trakiandezitik tüflerden oluşan Tirebolu formasyonu, Maastrihtiyen yaşlı kireçtaşı, killi-kumlu ve tüflü kireçtaşı ve tüfit ardalanması ile kumtaşı aglomeralardan oluşan Fatsa formasyonu, Maastrihtiyen-Paleosen yaşlı kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, marn ardalanmasından oluşan Bakırköy formasyonu ve Erken-Orta Eosen yaşlı marn ve kumtaşlarından oluşan Felek formasyonu yüzeylenir.

Güney istifinde Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı aglomera, bazalt, andezit, kireçtaşı, tüfit ve kumtaşı ardalanmasından oluşan Mesudiye formasyonu, Geç Kampaniyen- Maastrihtiyen yaşlı trakit, trakitik tüf, traki andezit, trakiandezitik tüf ve kısmen Riyolit, Riyolitik tüf, tefradan oluşan Tirebolu formasyonu, Maastrihtiyen – Paleosen yaşlı resifal kireçtaşı ve kumlu kireçtaşlarından oluşan Ağıllar formasyonu, Paleosen yaşlı kireçtaşı, killi-tüflü kireçtaşı, tüfit ve kumtaşı ardalanmasından oluşan Gölköy formasyonu, Erken-Orta Eosen yaşlı kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve marndan oluşan Kumru formasyonu, Eosen yaşlı bazalt, andezit ve piroklastikler ile kireçtaşı, kumtaşı ve marn ara düzeylerinden oluşan Yeşilce formasyonu, Miyosen-Pliyosen yaşlı bazalt ve andezitten oluşan Canik volkanitleri, andezit, bazalt ve dasitten oluşan Pliyosen yaşlı Erdembaba volkaniti ve Kuvaterner yaşlı genç çökeller yüzeylenir.

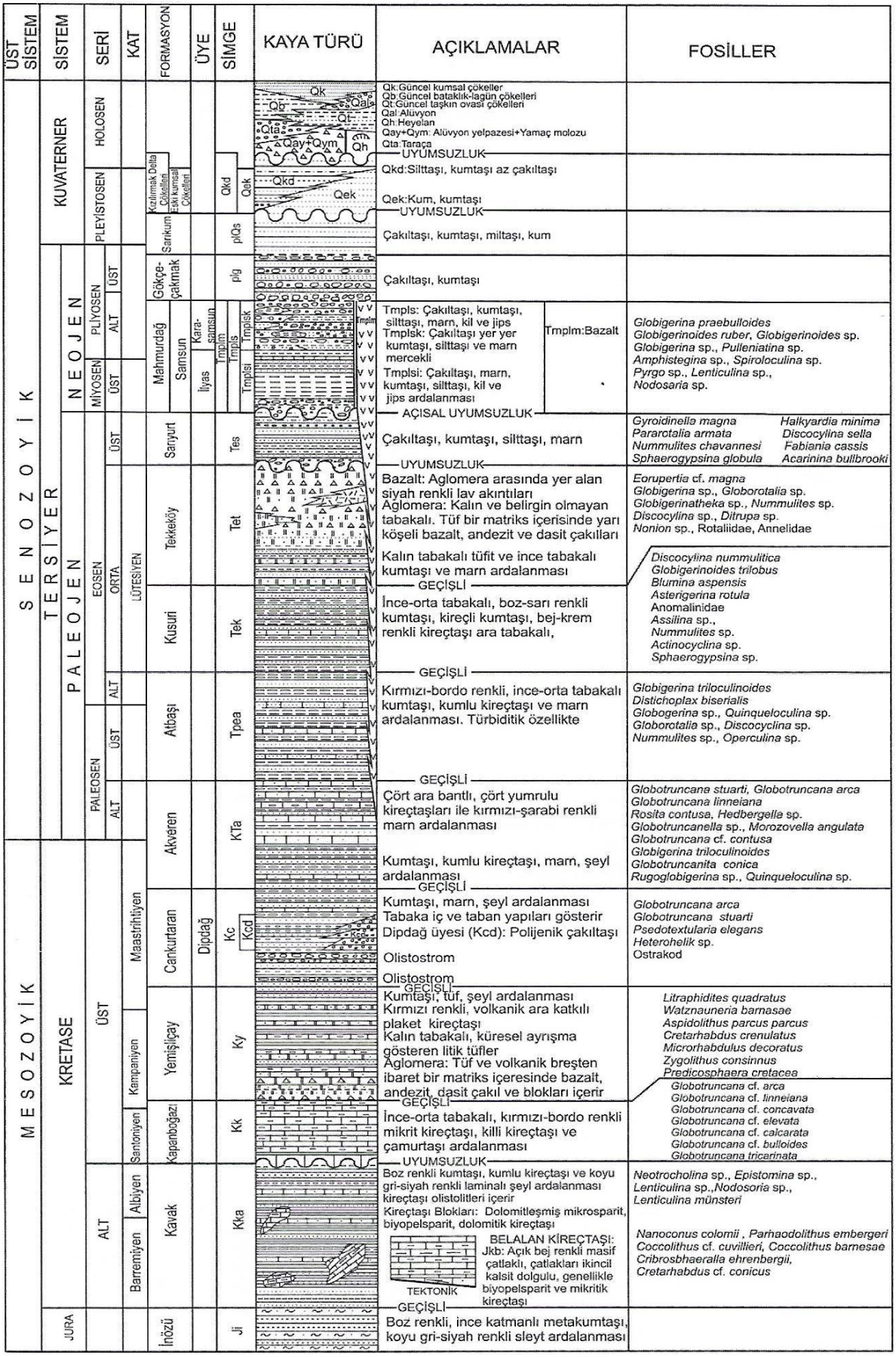
İnceleme alanında granit, siyenit, granadiyorit, monzonit, diyorit ve kuvar diyorit gibi kayalardan oluşan Geç Kratese-Paleosen aralığında intrüzyon yapmış Kaçkar granadiyoriti-I, Orta-Geç Eosen yaşlı diyorit ve mikrodiyoritten oluşan Ulubey diyoriti ile monzonit genç intrüzüf kayaçlar olarak izlenir. Ayrıca Geç Kratese- Eosen yaşlı birimleri kesen bazalt, bazaltik andezit, andezitik, trakiandezitik, dasitik daykları yer alır (Keskin, 2011).



Şekil.3.1. Perşembe-F39 ve Giresun-G39 paftalarına ait kuzey istifi dikme kesit, (Keskin, 2011)

3.2.2. Samsun İli E 36 ve F 36 Paftaları Çevresi Jeolojisi

Pontidler Tektonik Birliği (Ketin,1966) içinde Orta Pontidler'de yer alan inceleme alanında Erken Kretase (Barremiyen-Albiyen) yaşlı yer yer kireçtaşı blokları içeren kumtaşı ve şeylden gelişen Kavak formasyonu, allokton konumlu Geç Jura Erken Kretase yaşlı Belalan kireçtaşı, Santoniyen-Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşlarından oluşan Kapanboğazı formasyonu, Kampaniyen yaşlı volkano tortul bir istif olan ve kumtaşı, şeyl, tüf, tüfit ardalanmasından oluşan Yemişliçay formasyonu, Maastrihtiyen yaşlı kumtaşı-marn-şeyl ardalanmasından oluşan türbiditik fasiyesteki Cankurtaran formasyonu, Maastrihtiyen-Erken Paleosen yaşlı karbonat platformlarından gelişmiş ve türbidit akıntılar tarafından çökeltilen kireçtaşı, marn ve kumlu kireçtaşlarından doğan Akveren formasyonu, Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı kırmızı ve bordo renkli kumtaşı ve marn ardalanmasından oluşan Atbaşı formasyonu, Orta Eosen yaşlı kumtaşı, silttaşı ve marn ardalanmasından oluşan Kusuri formasyonu, Orta Lütesiyen yaşlı tabanda kumtaşı marn ve tüfit ardalanması ile bazalt ve aglomeralardan gelişen Tekkeköy formasyonunun volkanik ve volkano-tortul kayaları, Geç Eosen (Priyaboniyen) yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, ve silttaşından oluşan Sarıyurt Formasyonu inceleme alanı doğusunda; Eosen sonu bir volkanizma ürünü olan bazaltik lavlardan oluşan Mahmurdağ volkanitleri daha yaşlı birimleri keserek yerleşmiştir. Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı, alt kesimlerde denizel marn, jips ve kil ara düzeyli kumtaşı, silttaşı, çakıltaşlarından oluşan geçiş düzeyi ve en üstte silttaşı, kumtaşı, marn mercekleri kapsayan karasal çakıl taşlarından meydana gelen Samsun formasyonu çakıltaşı ve kumtaşından oluşan Pliyosen yaşlı Gökçeçakmak formasyonu, Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen yaşlı kum, miltaşı, çakıltaşı ve iyi tutturulmamış seyrek kumtaşından oluşan Sarıkum formasyonu ile Kuvaterner çökelleri inceleme alanında yüzeyleyen en genç çökelleri meydana getirir.

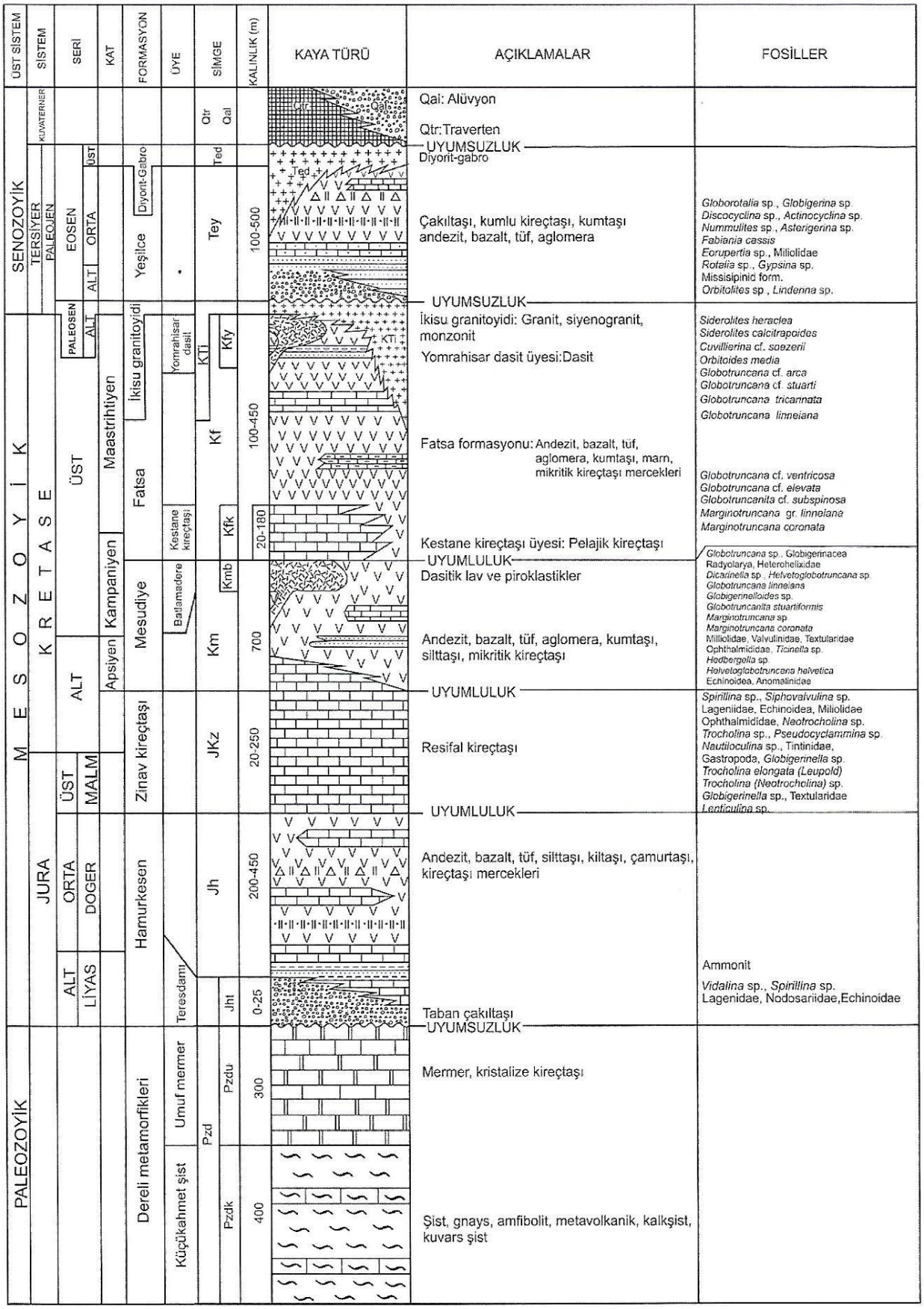


Şekil.3.2. Samsun – E36 ve - F36 paftalarına genişletilmiş dikme kesiti (Keskin, 2011)

3.2.3. Giresun İli G 40 Paftası Çevresi Jeolojisi

Bölgede Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar ile Liyas'tan başlayan ve günümüze değin oluşmuş volkanik, çökel ve magmatik kaya birimleri mostra vermektedir.

Bölgede en altta Paleozoyik yaşta olan Dereli metamorfiklerine ait Küçük ahmet şist üyesi ve Umuf mermer üyesi bulunur. Andezit, bazalt, tüf, aglomera, silttaşı, kiltaşı, çamurtaşı, çakıltaşı ve kireçtaşından oluşan Liyas-Doger yaşlı Hamurkesen formasyonu ile taban çakıltaşından oluşan Teresdamı üyesi, Dereli metamorfikleri üzerinde uyumsuz olarak gelir. Hamurkesen formasyonları üzerinde birbirleri ile uyumlu olan resifal kireçtaşlarından ogelişen Jura-Erken Kretase yaşlı Zinav Kireçtaşı; andezit, bazalt, tüf, kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ve mikritik kireçtaşlarından gelişen Apsiyen-Kampaniyen yaşlı Mesudiye formasyonu ile dasitik lav ve piroklastiklerinden meydana gelen Batlamadere üyesi; andezit, bazalt, tüf, aglomera, kumtaşı, marn, mikritik kireçtaşından oluşan Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı Fatsa formasyonu ile pelajik kireçtaşından oluşan Kestane kireçtaşı üyesi; dasitik lavdan oluşan Yomrahisar dasit üyesi bulunur. Granit, siyenogranit monzonitten oluşan Maastrihtiyen-Erken Paleosen yaşlı İkisu granitoyidi önceki tüm birimleri kesmiş ve çakıltaşı, kumlu kireçtaşı, andezit, bazalt, tüf ve aglomeralardan gelişen Geç Küviziyen-Lütesiyen yaşlı Yeşilce formasyonuna çakıl göstermiştir. Kuvaterner yaşlı çökeller, tüm birimleri uyumsuz olarak kesmektedir (Altun, 2013).



Şekil.3.3. Giresun – G40 paftasının genelleştirilmiş stratigrafi kesiti (Altun, 2013).

3.3. STRATİGRAFİ

3.3.1. Çatak Formasyonu (Kç)

İnceleme alanında mostra veren bazalt, andezit, tüf ve aglomeradan oluşan volkanik istif Çatak formasyonu olarak isimlendirilmiştir. Adlanma ilk kez Güven (1993) tarafından yapılmıştır. Birim Doğu Pontidler'de daha önce araştırmacılar tarafından 'Alt Bazik Seri' adı altında değerlendirilmiştir.

Volkanitler Ordu ili güneybatısında Refahiye, Fermudetepe köyü, Karaoluk, Tomakin ve Adatepe mahalleleri civarında mostra verir. İnceleme alanı doğusunda birimin iyi şekilde yüzeylendiği yer Maçka güneyinde bulunan Çatak Köyü civarıdır.

Volkanik birim gri, siyah ve yeşilimsi renkli kompakt ve iri plajiyoklaslı bazalt (Kçb), andezit, piroksen andezit (Kçpa), tüf, breş ve aglomeralardan meydana gelir. Lavlar piroklastiklere göre daha geniş alanlarda mostra verir. Soğuma boşlukları kalsit, zeolit ve kuvars dolguludur. Kayaç hamuru mikrolit, opak mineraller ve değişik boyutta kayaç parçalarından oluşur. Lavların egemen olduğu birim içinde tüf, breş ve aglomera düzeyleride görülür. Andezit- andezitik tüfler, mikrolitik, porfirik dolgulu olup pilajiyoklas feno-mikro kristalleri içerir.

Plajiyoklaslı bazaltlar (Kçb), gri ve mor renkli, iri plaıyoklaslıdır olup dokusu holokristalin porfiriktir. Bazen kompakt görünümlü olabilir. İçinde cam plajiyoklas mikrolitleri, bol ojit kristalleri mevcuttur.

Piroksen andezitler (Kçpa) yeşilimsi gri ve gri siyah renkli olup porfirik dokuludur. İçinde bulunan piroksen ve plajiyoklas fenokristalleri görülebilmektedir. Plajiyoklastlar andezin ile labrodorit arasında değiştiği görülebilmektedir. Piroksenler ojit ve hiperstendir. Hamur çoğun alteredir. Ayrıca birim içerisinde kumtaşı, silttaşı, marn ve kırmızı killi kireçtaşı ara katkıları da gözlemlenebilir.

Birimin tabanı izlenemediğinden dolayı kalınlığı verilememiştir. İnceleme alanı dışında Güven (1998a) doğudaki çalışmalarında Çatak formasyonuna 550 – 900 metre arasında bir kalınlık olarak saptamıştır.

3.3.2 Kızılkaya Formasyonu (Kk)

İnceleme alanında dasit, riyolit, riyodasit bileşimli lav ve piroklastikleri Kızılkaya formasyonu olarak adlandırılmıştır. İsimlendirme ilk kez Güven (1993)

tarafından yapılmıştır. Birimi daha önce Doğu Pontid kuzey zonunda 'Alt Dasit Volkanik Seri' ismi ile incelenmiştir.

Birimin tip yeri inceleme alanı doğusunda Giresun ili Espiye ilçesinin güneyinde yer alan Kızılkaya dolayıdır. Birim, Ordu ili güneyinde, Melet ırmağı vadisinde, Susuz ve Talişman mahalleri dolayları, Yenisayaca – Akoluk, Koşaca, Karakiraz, Kovancı, Kirazlık ve Eymür köyleri civarında mostra verir.

Birimdeki volkanikler genellikle gri, beyaz-gri, sarımsı beyaz renkli Dasit (Kkd), Riyodasit (Kkrd), Riyodasit ve tüf (Kkrt) ile kuvars dasitlerden gelişir. Dasitik tüflerin ince kesitlerinde çokça kuvars ve biyotit kristalleri ile oldukça kloritleşmiş, serisitleşmiş, plajiyoklas kristalleri gözlemlenmiştir. Çimento ise çeşitli kristal parçaları, kalsit, serisit ve opak mineraller içerir.

Akoluk civarında dasit ve riyodasit, çok fazla altere olmuş, silisleşmiş ve kaolenleşmiştir. Ordu ili güneyinde yüzeylenen dasitler, breşik bir yapı gösterirler. Masif sert ve bol kuvars içeren dasitler Melet Irmağı vadisi boyunca izlenirler. Dasitik tüfler, kuvars, plajıyoklas ve biyotit fenokristalleri ile çoğunluğu kloritleşmiş, akışlı doku ve perlitik doku gösteren cam parçaları ile kayaç parçaları içerir.

Kızılkaya formasyonu altta yörenin en yaşlı volkanitleri olan Çatak formasyonu üzerinde uyumlu olarak görülür. Birim üstte demircili formasyonu ve kampaniyen – Maastrihtiyen yaşlı Çağlayan formasyonu tarafından uyumlu örtmektedir. Ancak Altun (1977) Üst Bazik serisinin altta yer alan Dasitik seri üzerinde uyumsuz olarak yer aldığını belirtir.

Birimin inceleme alanında kalınlığı 1000 metredir. Yılmaz ve diğerleri (1997) Kızılkaya formasyonunun yaşını belirleyecek bir fosil bulgusu olmadığını ancak birimin yaşının Troniyen – Santoniyen olabileceğini tespit eder. Dasitik volkanitlerin yaşı Santoniyen olarak kabul edilir. (Güven, 1988a).

Kızılkaya formasyonu, yay volkanizmasının etkin olduğu sığ-derin denizel bir ortamda sıkışmalı yay volkanizması koşullarında gelişmiştir.

3.3.3. Demircili Formasyonu (Kd)

İnceleme alanında çamur taşı, kireçtaşı, kumtaşı, kil taşı, marn ardalanması ile andezitik tüf Demircili formasyonu olarak adlandırılmıştır. İsimlendirme Giresun ili jeoloji çalışmalarında ilk kez Keskin (1993) tarafından yapılmıştır. Demircili formasyonu, Ordu ili Neneli, Akoluk, Ohtamış. Hasancıkpınarı köyü, Yeşilyurt

Yavaşköy, Kovanlı, Mersin dolaylarında mostra verir. Birimi oluşturan kayaç türlerinden kumtaşı - silttaşı, sarımsı gri, yeşil gri renkli, ince-orta kalın tabakalı, sık eklemli, tutturulmuş oldukça dağılgandır. Kumtaşı düzeyleri orta-kalın tabakalı, kumtaşı ara düzeylidir. Silttaşı- kil taşı çoğunlukla kumtaşı tabakalar arasında ince bant şeklinde izlenir. Killi kireçtaşı, yeşilimsi bej renkli, ince tabakalı, köşeli kırıklı, orta sağlam dayanımlıdır. Tüfit, killi kireçtaşı-kiltaşı ile ardalanmalı olduğu kesimlerde açık gri renkli, ince-orta tabakalı, orta sıkı tutturulmuştur. Aglomera ile geçişli olan düzeyleri, sarımsı gri, yeşil gri renkli, orta-kalın tabakali, gevşek-orta tutturulmuştur. Aglomera düzeyleri, koyu gri, yeşil renkli, tabakalanmasız yer yer kalın tabakalı, gevşek-orta sıkı tutturulmuştur. Seyrek olarak izlenen lavlar yeşil kahve renkli, sık çatlaklı ve eklemlidir (Ateş ve diğ, 2004). Çamur taşı ve kireçtaşı, kırmızı, pembe, şarabi renklidir. Tabaka kalınlıkları 10-40 cm arasında değişmektedir. Bol mikro formlar (Globotruncana) içerir. Kil taşı ve marnlar ince-orta tabakalıdır. Volkanik katkı daha çok andezitik tüf ve breş karakterli olup, kalınlıkları 1 -50 metre arasında gelişir. Yersel kıvrmlanma gösteren tabaka eğimleri 5-50 derece arasında değişmektedir. İstifi yer yer doleritler kestiği görülür. Birim, altta Catak formasyonu üzerine uyumlu olarak bulunur. Birim Üstte Caglayan Tormasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir (Çinar ve diğerleri, 1987). Volkano-tortul istifin ortalama kalınlığının yaklaşık 650 metre olduğunu gösterir (Çinar ve diğ, 1987). Çamur tası ve marn içinden alınan numunelerden saptanan; Globotruncana sp. Heterohelixsp., Radyolarya formlarına göre Geç Kretase yaşı verilmiştir (Tanımlayan: A. Ayaroğlu, Çinar ve diğerleri, 1987'den).

3.3.4. Çağlayan Formasyonu (Kça)

İnceleme alanında mostra veren bazalt, andezit ve piroklastikleri ile kumtaşı, silttaşı, çamurlaşı ve tüf aradüzeyli volkano tortul istif Çağlayan formasyonu olarak isimlendirilir. Adlama ilk kez Güven (1993) tarafından, asidik volkanitlerin üzerinde ikinci evre bazik karakterli volkanoklastik ve çökel kaya ardalanmasının oluşturduğu volkano-tortul istifte yapılmıştır. Birim, Doğu Pontidler'de daha önce çalışan araştırmacıların "Üst Bazik Seri" olarak tanımladıkları volkanitlerdir. Birim, Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından "Mesudiye formasyonu" olarak isimlendirir. İnceleme alanı doğusunda benzer volkanik istif için Altun ve diğerleri (1994), "Mesudiye formasyonu" ismini kullanmıştır. Çınar ve diğerleri (1987), birimi "Andezit, bazalt lav ve piroklastikleri" adı altında toplamıştır. Yılmaz ve diğerleri (1997) Türkiye-Gürcistan sınırı boyu jeoloji çalışmalarında "Çağlayan formasyonu" ismini kullanırlar.

Birimin egemen kaya türünü oluşturan bazalt, andezit ve piroklastiklerin arasında kumtaşı, marn ve kırmızı-bordo renkli killi kireçtaşı ara seviyeleri mevcuttur. Genellikle koyu olan lavlar sert, kırıklı ve çatlaklı yapıdadır. Boşluklar ikincil kalsit veya klorit dolguludur. Ince kesit incelemesinde porfirik dokulu olan lavlarda zonlu yapı gösteren plajiyoklas fenokristalleri ile plajiyoklas mikrolitleri çok bol klorit ve opak minerallerin oluşturduğu bir hamur görülür. Kloritleşme ve epidotlaşmanın yaygın olduğu lavlarda yer yer iyi gelişmiş yastık yapıları mevcuttur. İyi tabakalanmalı tüf ve breşler içinde lav parçaları yanında kireçtaşı ve killi kireçtaşlarının parçaları da bulunur. Gölköy batısında (G39-d1) Kızılcahasan köyü civarında izlenen Bazalt (Kçab), porfirik dokulu olup, zonlu yapı gösteren plajiyoklas feno-mikrokristallerinden meydana gelir. Plajiyoklaslar albitleşmiş bazıları serisitleşmiştir. Bol miktarda yer yer kloritleşmiş ve kalsitleşmiş piroksen fenokristalleri görülür. Kayaçta klorit yer yer kalsit dolgulu boşluklar da izlenmektedir, Kayaç hamuru, plajiyoklas tabletleri yer yer klorit ve opak mineral, mikrolit kristallerinden ibarettir (Güner ve diğerleri, 1989). Gölköy kuzeybatısında (G39-d1) Çatalarmut Mahallesi civarında gözlenen Andezit (Kçaa), mikrolitik porfirik dokuludur. Kayaç içindeki plajiyoklaslar şekilleri belli fenokristaller halinde izlenir. Kloritleşmiş yarı opaklaşmış ferromagnezyenler kahverenkli hornblend ve biyotitlerdir. Opak minerallerin şekilleri yer yer bellidir. Kayaç hamuru, mikrolit-submikroskobik malzeme ile mikro ve kriptokristalin opak minerallerinden oluşur.

Çuhadamı Mahallesi (G39-d1) civarında birim içinde gözlenen andezitik tüfler içindeki plajiyoklas feno-mikrokristaller halinde olup albitleşmiş ve ileri derecede serisitleşmiştir. Ferromagnezyen mineraller feno-mikrokristal halinde izlenir. Kalsitleşmenin yoğun olduğu kesimlerde kayaç parçaları görülür. Kayaç parçalarının bazıları ise mikrolitik porfirik dokuludur. Kayaç çimentosu mikrolitler, plajiyoklas tabletleri, klorit, kalsit, sekonder kuvars ve opak minerallerden gelişir (Güner ve diğerleri, 1989).

Çağlayan formasyonu altta inceleme alanında Kızılkaya ve Demircili formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunur. Birim üstte Tirebolu, Fatsa, Bakırköy ve Ağıllar formasyonları tarafından uyumlu olarak üzerlenir. İnceleme alanı doğusunda Çağlayan formasyonu, ikinci evreli riyolit-riyodasit lav ve piroklastiklerinden oluşan Çayırbağ formasyonu tarafından uyumlu olarak üstlenir (Güven, 1998a). İnceleme alanında çalışan Çınar ve diğ. (1987) birimin kalınlığının 1500 metre olduğunu belirtirler. Birimin kalınlığı inceleme alanı doğusunda Artvin yöresinde Yılmaz ve diğ. (1997) 100-500 metre arasında değiştiğini yer yer de kalınlığın 1000 metreye çıktığını

belirtirler. Doğu Pontitlerde formasyonun kalınlığı 100-600 metre arasındadır (Güven, 1998a).

Yılmaz ve diğ. (1997) inceleme alanı doğusunda yaptıkları incelemede (F47) Çağlayan formasyonundan saptadıkları; Globotruncana arca (Cushman), Globotruncana linneiana, Globotruncana stuaftiformis (Dalbiez), Globotruncana Cf. stuafti (de Lapparent), Globotruncana Cf. elevata (Brotzen) formlarına göre geç Santoniyen-Kampaniyen ya da Kampaniyen yaşını bulmuşlardır. Lav ve piroklastiklerin arasında bulunan kırmızı-bordo renkli kireçtaşlarından alınan ömeklerdeki; Globotruncana arca (Cushman), Globotruncana lapperenti-tricarinata (Quereau), Globotruncana Cf. bulloides Vogler, Globotruncana coronata Bolli, Globigerina sp. Gümbelina sp. formlarına göre Çağlayan formasyonunun yaş Kampaniyen-Maastrihtiyen olarak bulunmuştur (Güven, 1998a). Çağlayan formasyonu volkanizmanın yer yer etkin olduğu sığ-derin denizel bir ortamda çökelmiştir. Volkanikler toleyitik-kalkalkalen yay tipini yansıtırken, pelajik formlar içermesi dolayısıyla birimin genleşmeli yay ile birlikte sığ-derin deniz arasındaki geçiş ortam koşullarında çökelmiştir (Yılmaz ve diğ., 1997).

3.3.5. Kabadüz Üyesi (Kçak)

İnceleme alanında Çağlayan formasyonu içinde yüzeyleyen biyotit andezit, amfibol-biyotit andezit, piroksen andezit, hyalo andezit, andezitik breş ve andezitik tüf Kabadüz üyesi olarak adlandırılmıştır. Birim, homojen bir yapıda değildir. Piroksen andezit, biyotit andezit, amfibol-biyotit andezit ve andezitik piroklastikler olarak izlenir. Alterasyon gösterdiği kesimlerde mineralizasyon içerir. Amfibol ve biyotit andezitler G39-b3 ve b4 paftalarında yüzeylenir. Yer yer andezit, andezitik breş ve andezitik tüf olarak izlenir. Amfibol-biyotit andezit, taze yüzeyi açık kahverengi, bej ve grimsi, altere kışli3iiarda beyaz renklidir. Serisitleşme, silisleşme ve piritleşme izlenir. Kayacın mikroskopik incelenmesinde hipokristalin porfirik doku gösterdiği görülür. Camsı bir yapı içinde plajiyoklaslar serizitleşmiş ve kloritleşmiştir. Kayaçta taze biyotit izlenir. Monoklin piroksenler ve amfiboller gözlenir. Apatit ve opak mineraller de bulunur. Birim, Lütesiyen sonrasına ait bazaltik andezit daykları ile kesilmiştir. Bu daykların uzunlukları yaklaşık 500 metre ve genişlikleri 10-15 metre arasındadır (Türk-Yugoslav ekip, 1970b). Biyotit andezit, Şıhman Mahallesi ve Damarlı köyü dolayında gözlenir. Hidrotermal alterasyona uğramamış taze biyotit andezitler, gri renkli porfiritik bir yapıya sahip kayaçtır. Plajiyoklas, biyotit, hornblend ve nadir kuvars fenokristalleri mikrokristalin bir hamur içinde gözlemlenmektedir. Kayaç plajiyoklas mikrolitlerinden

gelişir. Plajiyoklas andezin olup, zonlanma gösterebilirler. Biyotitler kahve renkli, hornblend ise kahverengi ile yeşil renklidir (Bora ve diğ., 1970). Hyalo andezit, Şıhman Mahallesi güneyinde küçük mostralar halinde izlenir. Kayaç çoğu zaman çok fazla alterasyona uğramıştır. Koyu gri-kahve renklidir. Boşluklar yer yer silis tarafından doldurulmuştur. İnce kesitte ince iğ şeklinde cam, plajiyoklas ve ojit kristalleri görülür. Hyalo andezitlerin üzerinde, Ağıllar formasyonunun kireçtaşları uyumsuz olarak bulunur.

3.3.6. Tirebolu Formasyonu (Kt)

İnceleme alanı kuzey kesiminde yüzeyleyen trakit, trakiandezitik lav ve piroklastikleri Tirebolu formasyonu olarak isimlendirilir. Formasyon adlaması Güven (1993) tarafından yapılmıştır. Güven (1993), inceleme alanı doğusundaki çalışmalarında bazik karakterli volkano-tortul istifin (Çağlayan formasyonu) üzerine uyumlu olarak gelen riyolit ve dasitlerden oluşan ikinci evre asidik lav ve piroklastikleri "Çayırbağ formasyonu" olarak tanımlanır. Birimin Tirebolu-Espiye arasında trakiandezitik kayaçlara dönüştüğünü izleyen Güven (1993) bu kesimdeki trakiandezitik lav ve piroklastiklerini "Tirebolu formasyonu" olarak isimlendirilir.

Birim, inceleme alanı kuzeyinde Fatsa – Bolaman doğusunda ve Perşembe kuzeybatısındaki alanlarda görülür. İnceleme alanı güney kesiminde yüzeyleyen trakiandezit, zeolitli trakiandezitler trakiandezitik tüf ve breş, riyolit, riyolitik tüf ve tefra Tirebolu formasyonu olarak tanımlanır. Trakiandezit, tüf ve breşler alterasyondan dolayı gri kahverengi, gri-beyaz ve pembemsi gri gibi çeşitli renkler göstermektedir. Yer yer hematitli olabilmektedir. Sarp kenarlı koni şekilli tepeler oluşturmaktadır. Trakiandezitlerde, yer alan iri taneli sanidin ve biyotit kristalleri görülebilir. İnce kesitte, porfirik dokulu, albitleşmiş, serisitleşmiş plajiyoklas, sanidin ve biyotit fenokristalleri ile opak mineraller izlenir. Kayaç hamuru ise mikro kriptokristalen sekonder kuvars, albit, albitleşmiş mikrolitler, plajiyoklas tabletleri ile opak ve yarı opak minerallerden oluşur (Çınar ve diğ., 1987). İnceleme alanında (G39-a3) Çınar ve diğ. (1987) tarafından Kale Tepe'den alınan örnek trakiandezit olarak tanımlanmıştır. Kayaç dokusu porfirik (akışlı) olup, sanidin fenokristalleri ile bazıları zonlu yapı gösteren oldukça bol plajiyoklas fenokristalleri ve mikrokristalleri ve ender biyotit kristalleri izlenir. Kayaç hamuru akışlı doku göstermektedir. Hamur submikroskopik malzeme olarak klorit, demiroksit ve opak minerallerden ibarettir. Kayaçta ayrıca kırık ve çatlaklar boyunca silis dolguları (damarcıkları) gözlenir. Yukarı kızılın güneyinde,

Kabakkaya Tepe'den alınan örnek (G39-a3), trakit-trakiandezit olarak tanımlanmıştır. Kayaç porfirik dokulu olup, sanidin fenokristal ve mikrokristalleri izlenir. Kayaçta oldukça bol biyotit feno ve mikrokristalleri izlenir. Kayaç hamuru mikro ve kriptokristalen albit, sekonder kuvars, klorit, kalsit ile opak minerallerden oluşur (Çınar ve diğ., 1987). İnceleme alanı kuzey kesiminde mostra veren Tirebolu formasyonu altta Çağlayan formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Birim üstte Fatsa formasyonu tarafından uyumlu olarak üzerlenir. Güven (1993), Tirebolu formasyonunun, Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı Çağlayan formasyonu ile Maastrihtiyen-Paleosen yaşlı Bakırköy ve Ağıllar formasyonu arasında yer aldığını bu nedenle stratigrafik konumuna göre geç Kampaniyen-Maastrihtiyen yaşlı olması gerektiğini belirtir. Gedikoğlu (1970), Keskin ve diğ. (1998) trakiandezitlere Geç Kretase yaşını verirler.

3.3.7. Fatsa Formasyonu (Kf)

İnceleme alanında yüzeyleyen kireçtaşı, killi-kumlu kireçtaşı, tüflü kireçtaşı ve tüfıt ardalanması ile kumtaşı, aglomera ve yersel çakıltaşı ara katkılarından oluşan istif Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Fatsa formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim, Çınar ve diğ. (1987) tarafından çamurtaşı, konglomera ve kiltaşı ile kumtaşı-tüfit-kiltaşı-marn ardalanmasından oluşan çökel seri olarak tanımlanmıştır. Birimin, tipik mostraları; Fatsa'nın doğusu, Perşembe ve Çaka Mahallesi dolayında izlenir.

Birimi oluşturan kaya türlerinden kireçtaşı, genellikle gri, beya ve sarımsı renkli, orta kalın tabakalı, sert, konkoidal kırılma yüzeylidir. Çok az kumlu ve killi olup, yer yer ince tabakalı killi ara düzeylidir. Kireçtaşı bazen makro fosil kavkılı ve bol mikro fosil içerir. Killi-kumlu ve tüflü kireçtaşı, gri, mavimsi ve açık sarı renkli, ince-orta tabakalı olup, bu düzeylerde kil-tüf ve kum oranı oldukça fazladır, Kırılgan ve dağılgandır Yer yer kalın tabakalı kireçtaşı ara düzeylidir. Kireçtaşına göre daha yumuşak bir morfoloji oluşturur. Tüfıt, gri ve açık sarı renkli, ince tabakalı, oldukça gevrek ve kırılgandır. Çok az killi ve kumludur. Kumtaşı, gri ve yeşilimsi renkli, orta tabakalı, ince taneli, tanelerin büyük çoğunluğu volkanittir. Taneler orta yuvarlaklaşmış, kötü boylanmış ve karbonat çimentoludur. Birim içinde ince düzeyler halinde yer alır. Aglomera, formasyon içinde 0-5 metre kalınlığında halinde, tabakasız, çakılları andezit olup, çeşitli boyuttadır. Köşeli boylanmamış, çakıllar tüf çimento ile tutturulmuştur. Çakıl taşı, birimin alt düzeylerinde gözlenir. Bu çakıl taşı taban çakıl taşından çok yersel oluşan bir çakıl taşı özelliğindedir. Tabakasız, çakılları volkanit ve kireçtaşından

oluşur. Yuvarlaklaşmış kısmen boylanmalıdır. Tüf-kum ve kireç çimentoludur. Çökelme ile eş zamanlı (sinsedimenter) su altı kayma kıvrımları görülür. Makro fosil içeriği azdır. Fatsa formasyonu altta Çamaş kuzeybatısında ve kuzeydoğusunda Çağlayan formasyonu ve Tirebolu formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almaktadır. Fatsa formasyonunun Çamaş kuzeybatısında kalınlığı 590 metre kadardır. Genel olarak formasyonun kalınlığı 25-590 metre arasında değişmektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Çınar ve diğ. (1987), çökel birimin inceleme alanındaki kalınlığının yaklaşık 600 metre olduğunu belirtirler.

Formasyondan saptanan; Siderolites heraclea Arni, Siderolites calcitrapoides Lamarck, Cuvillierina Cf. soezerii Sirel, Orbitoides media (d'Archiac), Globotruncana cf. arca (Cushman), Globotruncana cf, stuarti (de'Lapparent), Globotruncana tricarinata (Quereau), Globotmncana linneiana (d'Orbigny.), Globotruncanita cf. conica (White) gibi foraminiferlere göre Geç Senoniyen (Maastrihtiyen) yaşı bulunmuştur (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Fatsa formasyonu, denizin yer yer derinleştiği ve volkanik etkinin az da olsa egemen olduğu bir ortamda çökelmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Fatsa formasyonu, Ketin ve Gümüş (1963)'ün Sinop-Ayancık arasındaki "Gürsökü formasyonu", Gedik ve Korkmaz (1984)'ün Sinop havzasındaki "Cankurtaran formasyonu" ile deneştirilebilir. Ayrıca Fatsa formasyonu, Akveren formasyonunun Maastrihtiyen yaşı alınan alt kesimlerine karşılık gelmektedir.

3.3.8. Bakırköy Formasyonu (KTb)

Kireçtaşı, çamur taşı, kumtaşı, kil taşı, marn ardalanmasından oluşan istif Bakırköy formasyonu olarak adlandırılmıştır. Formasyon, isimlendirmesi ilk kez Güven (1993) tarafından Bakırköy (Artvin) yöresinde yapılmıştır..

İnceleme alanı batısında benzer istif için Hakyemez ve diğerleri (1989), Keskin ve diğerleri (1998) "Akveren formasyonu" adlamasını kullanmışlardır. İnceleme alanı doğusunda Altun ve diğerleri (1994) "Fatsa formasyonu" adlamasını kullanırlar. Birim, Ordu-UIubey-Uzunisa arasında topografyanın genellikle aşındırılması nedeniyle, daha düşük kotlardaki senklinallerde korunmuş olarak yüzeylenir. Yanal ve düşey yönde fasiyes değişimleri sunar Kumlu kireçtaşı-kireçtaşı daha çok Ordu ili güneybatısında izlenir. Ordu-Ulubey dolaylarında killi kireçtaşı, aglomera, çakıl taşı ara katkılı kumtaşı, silttaşı, kil taşı, tüfit ardalanması daha yaygındır.

Birim, kireçtaşı, çamur taşı, kumtaşı, kiltaşı, marn ardalanması ile tüfit ve çakıl taşlarına katkısından oluşmuştur. Kırmızı, şarabi renkli çamur taşları ile başlar. Çamur taşları, ince tabakalı ve bol mikro fosilledir. Kireçtaşları, gri-beyaz renkli, orta-kalın tabakalı, bol makro ve mikro fosil içeriklidir. Kumtaşı, açık gri renkli, ince-orta tabakalı, ince taneli ve karbonat çimentoludur. Kiltaşı ve marn, genellikle gri-beyaz, sarımsı renkli ince tabakalıdır. Tüfıt, açık gri' kahverengimsi ve sarımsı renkli, ince-orta tabakalı olup, oldukça ayrışmıştır. Ara seviye kalınlığı 1-2 metre kadardır, Çakıltaşı, Ulubey kuzeydoğusunda izlenir. Çakılları volkanit ve çökel kayalardan oluşur. Çimentosu karbonat ve limonittir. Çakıl taşı seviyesinin kalınlığı 4-5 metre kadardır (Çınar ve diğ., 1987). Kumtaşı-silttaşı, gri, yeşil renkli, düzgün, ince-orta, bazen çok kalın tabakalı, yer yer killi kireçtaşı bloklu ve çakıllıdır. Kil taşı, sarımsı-gri, kızıl, bordo renkli, laminalı ince tabakalıdır.

Killi kireçtaşı, yeşilimsi-gri, açık renkli, laminalı, ince tabakalı ve köşeli kırıklıdır. Birkaç metre kalınlığında, seyrek olarak ara düzey halinde izlenen aglomera, bordo, kahve, koyu yeşil renkli, çeşitli boylarda, köşeli, andezit-bazalt çakıllı, tüf çimento ile gevşek tutturulmuştur.

Bakırköy formasyonu altta Çağlayan formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer almakta üstte ise Felek Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Birimin kalınlığı Ulubey – Ordu arasında 300 – 350 metre arasında değişir. Birim, denizin yer yer derinleştiği ve volkanik etkinliğin az da olsa hâkim olduğu bir ortamda çökelmiştir.

3.3.9. Mesudiye Formasyonu (Km)

İnceleme alanı güney kesiminde mostra veren bazalt, andezit, aglomera, kırmız: pelajik kireçtaşı kumtaşı, silttaşı, tüf ve tüfit ara seviyelerinden oluşan istif Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Mesudiye formasyonu olarak adlandırılmıştır

Mesudiye formasyonu, Gölköy-Aybastı hattının güneyinde kalan kesimde yüzeylemektedir. Birimin tip yeri Mesudiye kuzey batısıdır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Birimi oluşturan kaya türlerinden, bazalt ve andezit, porfirik ve mikrolitik porfirik dokulu olup, plajiyoklas, amfibol ve piroksen fenokristalleri ile opak mineraller bulundurur. Kayaç hamuru ise daha çok mikro ve kriptokristalen albit, kuvars, ayrışmış plajiyoklas, kalsit, serisit, epidot ve opak minerallerden meydana gelir. Andezitik tüf-breş, kalsitleşmiş, serisitleşmiş ve ferromagnezyen fenomikro kristaller bulndurur. Çimento ise mikro ve kriptokristalen sekonder kuvars, albit, serisit, klorit, kalsit ve opak minerallerden oluşur.

Birimin andezit, bazalt ve spilitik bazalt kesimleri, koyu gri, kahverengimsi, yeşilimsi ve mor renkli, değişik yönlerde çatlaklı ve çatlaklar yer yer kalsit dolguludur. İnce kesitte porfirik dokusu, serisitleşmiş ve albitleşmiş plajiyoklas kristalleri, az miktarda klinopiroksen (ojit), kuvars agregatları kloritik ve opak mineralden oluşan hamur içerisinde izlenir. Aglomera, koyu gri, kahverengi ve siyahımsı renklerde belli belirsiz tabakalıdır. Katmanlı olduğu kesimlerde çok kalın katmanlaşma gösterir. Aglomerayı oluşturan volkanik çakıllar çeşitli boyutlarda bazalt ve andezit çakıllarıdır. Çimentosu tüf ve volkanik çakıllar olup, gevşek yer yer sıkı tutturulmuştur. Masif kalın katmanlı aglomera seviyelerinin üst kesimlerinde gri ve kızıl renkli tüf seviyeleri bulunur (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Killeşme, kloritleşme ve silisleşme nedeniyle ayrışma ve parçalanma görülür. Renkleri ayrışmadan dolayı mor ve pembe olarak değişmiştir. Tüf ve tüfit, Mesudiye formasyonunun en hâkim kaya türüdür. Genellikle gri, yeşil, sarımsı yeşil ve kavuniçi renklerde görülür. İnce-orta tabakalı, yer yer Mesudiye-Yeşilce yolu üzerinde çapraz tabakalanmalıdır. Aglomera-tüf ardalanmasında aglomeranın üst seviyelerinde, tüf-killi kireçtaşı ardalanmasında, formasyonun üst kesimlerinde kil taşı tüf şeklinde izlenir. Hidrotermal ayrışma nedeniyle silisleşme, kloritleşme ve karbonatlaşma yaygındır. Tüflerin petrografik incelemesinde ayrışmış (serisitleşmiş-killeşmiş) plajiyoklas feno ve mikro kristalleri, kil minerallerinden oluşmuş akışlı-yönlü doku gösteren kayaç parçaları saptanmıştır. Çimento ayrışmış kristal parçaları, kil, albit mineralleri, serisit ile bol miktarda mikro kriptokristalin opak minerallerden meydana gelir. Kumtaşları, gri, boz, yeşilimsi-gri ve kirli sarı renklerde, ince-orta yer yer kalın tabakalıdır. Çapraz katmanlı, oygu-dolgu yapılı, taneleri volkaniktir. Küresel ayrışma gösterir. Çamurtaşları, kırmızı ve bordo renkli, ince-orta tabakalı oldukça kırıklıdır. Bol mikro fosil (Globotruncana) içermektedir. Birim, andezit, bazalt ve dasit daykları tarafından kesilmiştir. Andezitik dayklar daha sık izlenir. Formasyonun taban ilişkisini izleme olanağı olmamıştır (Terlemez ve Yılmaz, 1980). Birimin üzerinde Yeşilce formasyonunun Selecik kireçtaşı üyesi ve Asarcık üyesi uyumsuz olarak gelmektedir.

Mesudiye formasyonunun kalınlığı 100-300 metre arasında değişmektedir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Birimden saptanan; Globotruncana cf. helvetica Bolli, Globotruncana linneiana (d'Orbigny), Globotruncana cf. coronata Bolli, Globotruncana tricarinata (Quereau),

Globotruncana cf. fornicata (Plummer), Globotruncana cf. elevata (Brotzen) formlarına göre Senomaniyen-Kampaniyen yaşı verilmiştir (Terlemez ve Yılmaz, 1980).

Formasyon bir yay volkanizmasından oluşan üründür. Bazı kesimlerinde bir denizaltı volkanizmasının etkin olduğu bir ortam bazı kesimlerinde ise fliş çökelimine uygun denizel ortam koşullarında çökelmiştir.

3.3.10. Gölköy Formasyonu (Tpg)

Kireçtaşı, killi-tüflü kireçtaşı, tüfit ve kumtaşı ardalanması ile kömür ve seyrek aglomera ara katkısından oluşan istif Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından Gölköy formasyonu olarak adlandırılmıştır.

Birimin, en yaygın yüzeylemeleri ve tipik özellikleri inceleme alanında Gölköy dolayında izlenir. Ayrıca Gölköy-Aybastı yolu üzerinde, Topçam batısı Çukuralan köyü dolayında mostra verir. Gölköy civarı ve Aybastı yolu üzerindeki Aydoğan köprüsü tip yerlerdir. Birimi oluşturan kaya türlerinden kireçtaşı, koyu gri, gri ve sarı renkli, orta-kalın tabakalıdır. Yer yer sık dokulu, ince taneli, bazen kaba kum taneli ve iri kristallidir. Topçam batısındaki yüzeylenmesinde kum oranı artmaktadır. Seyrek ince tabakalı ve tüfit ara düzeyleri görülmektedir. Killi-tüflü kireçtaşı, gri, açık gri ve sarı renkli, ince-orta tabakalıdır. Kil oranı %50'ye kadar çıkmaktadır. Çok gevrek ve dağılgandır. Kalın tabakalı kireçtaşı, aglomera ve tüfit ara katkıları izlenir. Tüfit, gri ve mavimsi renkli, ince tabakalı, kırılgan, kireçli ve çok az kumludur. Kumtaşı, orta-kalın tabakalıdır. Taneleri çoğunlukla volkanit, orta yuvarlaklaşmış, kötü boylanmalı, kaba ve karbonatlı bir hamur içindedir. Gölköy formasyonunun içerisinde bulunan kömür damarlarının tabanındaki tüfitler mikrofosil, damarlar arasında ve kömürlü seri tavanında bulunan tüfitler ise makrofosil kavkı ve kalıpları ile dolu olduğu görülmektedir. Gölköy formasyonu alt düzeylerinde andezit çakıllı gevşek tüf çimentolu aglomera seviyesi ile üst düzeylerde kalınlığı 0,5 metre olan kömürlü seviyeler bulunmaktadır. Formasyonun kömür içeren üst seviyeleri kumtaşı, killi kireçtaşı ve kireçli tüfit seviyelerinden oluşur. Gölköy formasyonu altta bazı kesimlerde Ağıllar formasyonu olmaksızın Çağlayan formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Birim, Ağıllar formasyonu ile uyumludur. Topçam batısında, trakit üzerinde uyumsuzlukla yer alır. Birim üstte Selecik kireçtaşı ve Kumru formasyonu tarafından açışal uyumsuz olarak üzerlenir. Birimin kalınlığı Gölköy dolayında 75-100 metre güney kesimde 60 metredir.

Gölköy formasyonu içinden saptanan; Laffitteina bibensis Marie, Globigerina triloculinoides Plummer, Laffitteina sp., Orduina sp., Globorotalia sp., Nodosariidae formlara göre Paleosen yaşı tespit edilmiştir (Tanımlayan: E. Sirel, Terlemez ve Yılmaz, 1980'den). Türk-YugosIav ekip (1970a) G39-d3 paftasında Melet Irmağı güneyinde masif, gri renkli ve kalsit dolgulu bir kireçtaşı tanımlamışlardır. Kireçtaşı (Tpg) simgesi ile ayırtlanmıştır. Bol makro fosil içeren kireçtaşının 20 m kalınlığında 200-300 metre uzunluğunda mostra verdiğini belirtirler. Araştırmacılara göre kireçtaşının kuzey dokanağı siyenit ve trakitle tektonik, güney dokanağında ise volkano-tortullar ve piroksen andezitle gelişirler. Kireçtaşı içerdiği mikroformlara göre Geç Paleosen-ipresiyen yaşındadır. Birim, yer yer volkanik aktivitenin etkin olduğu, yer yer volkanik aktivitenin duraksadığı dönemlerde bataklık, derin olmayan sığ denizel bir ortamda çökelmiştir. Gölköy formasyonu, Özsayar ve diğerleri (1982)'nin Artvin-Ardanuç yöresinde 'Ziyarettepe formasyonu", Gedik ve Korkmaz (1984)'ün Samsun-Sinop batısındaki "Akveren formasyonunun üst düzeyleri" ile kısmen, Gedik ve Korkmaz (1987)'nin Rize-Fındıklı yöresinde 'Rize Formasyonu' ile korele edilebileceği söylenir.

3.3.11. Kumru Formasyonu (Tek)

İnceleme alanında Gölköy-Aybastı arasında yüzeyleyen kumlu kireçtaşı, kumtaşı, marn, silttaşı ardalanmasından oluşan istif Kumru formasyonu olarak adlandırılmıştır. Adlama inceleme alanı batısında Keskin ve diğerleri (1998) tarafından yapılmıştır. Birim doğu-batı yönünde Gölköy-Aybastı yolu boyunca ve Gölköy güneyinde izlenir. Birim karbonatlı kumtaşı ara seviyeli çakıltaşı ile başlar. Sarımsı gri renkli çakıl taşı, ortakalın tabakalı, çoğun volkanik çakıllı, seyrek kireçtaşı çakıllı ve karbonat çimentolu olup, orta sıkı tutturulmuştur. Çakıl taşı üzerine gri, sarımsı gri, boz renkli, orta-kalın tabakalı masif, yer yer erime boşluklu kireçtaşı ve kumlu kireçtaşı gelir. Masif kireçtaşı-kumlu kireçtaşı düzeyinin üzerine sarı renkli killi kireçtaşı-kiltaşı ardalanması gelir. Bu düzeyler ince-orta tabakalı olup, Nummulites fosillidir. İnceleme alanında, Kumru formasyonu altta Gölköy dolayında Paleosen yaşlı Gölköy formasyonu üzerinde açışal uyumsuzla yer alır. Birimin üzerinde Yeşilce formasyonu uyumlu ve geçişli olarak yer almaktadır. Ancak birimin üstte Yeşilce formasyonuna yersel uyumsuzlukla geçtiği yerlerde izlenir.

Güner ve diğerleri (1989)'ne göre inceleme alanında, yaklaşık 150 metre kalınlık gösterir. Formasyondan saptanan; Assilina cf. exponens (Sowerby), Nummulites cf. burdigalensis (de la Harpe), Globigerapsis sp., Sphaerogypsina sp., Europertia sp., Actinocyclina sp., Rotalia sp., Nummulites spp. Operculina sp. formlara göre Erken-Orta Eosen yaşı bulunmuştur (Tanımlayan: Ş. Acar, Keskin ve diğerleri, 1998'den). Planktonik foraminiferlerden, Globorotafia cf. aragonensis Nuttall, Globigerina linepefta Finlay, Turborotalia cf. cerroazulensis frontosa, Globigerina primitiva formları saptanarak Erken-Orta Eosen (Küviziyen-Orta Eosen) yaşı verilmiştir (Tanımlayan: A. Hakyemez, Keskin ve diğerleri, 1998).

Formasyon başlangıçta sığ denizel ortam çökellerinden oluşmaktadır. Bol Nummulites'lerin bulunması ortamın sığ ve sıcak olduğunu gösterir. Gözlenen mercanlar açık şelfin özgün formlarıdır. Kumtaşlarında görülen Bauma istifinin birkaçı türbidit akıntıların etkisini yaratır.

3.3.10. Kuvaterner Çökelleri

Heyelanlar, genellikle ayrışmış, zayıf çimentolu ve sık çatlaklı kayaçlarda görülür. Heyelanların kayma yüzeyleri dairesel, dairesel düzlemsel, düzlemsel, kama, dil ve kaşık şeklinde olabilir. Doğu Karadeniz Bölgesi heyelanları genelde yağışlı mevsimlerde şiddetli ve uzun süreli yağışlardan sonra oluşur. Morfolojik durum, yağışlar, kazılar, akarsu aşındırmaları, kayaçların ayrışması, bitki örtüsünün yok edilmesi veya değiştirilmesi ve zemin özellikleri heyelanları oluşturan faktörlerden sayılabilir. Yüzeysel bir hareket olan heyelanlar zeminin su içeriğine bağlı olarak kayma ve akma halinde gelişirler. Topoğrafik eğim ve kazılara bağlı olarak kayma hareketleri, düşme hareketiyle gelişebilir. İnceleme alanında G39-d3 paftasında Bayraklı köyü kuzeyinde piroksen andezit ile aglomera ve tüflerin izlendiği zeminde oluşan heyelan dil şeklindedir. Akma yönü kuzeyden güneydoğuya doğrudur. Fatsa güneyinde Elekçi Irmağı ve Bolaman Çayı drenaj alanlarında ve Ulubey-Uzunisa dolaylarında Bakırköy formasyonunun yüzeylendiği bölgeler ile Gölköy batısındaki alanlarda heyelanların yoğunlaştığı gözlenir, Fatsa ilçesi 5 km güneyinde bulunan Gaga Gölü topuk bölgesi yakınında oluşan bir heyelan gölüdür. Ordu yöresindeki heyelanlar derin kaymalar şeklinde gelişmiş olup, bu heyelanların büyük çoğunluğu aktif olmayan türdedir.

Denizel Seki Çökelleri (Qds), Karadeniz kıyısında 6-25 metre seviyesinde temel kayalar üzerinde uyumsuzlukla yer alan çökellerdir. Tabanında fosil kırıntıları, gri renkli çakıl ve kum bulunur. Bunların üzerine kırmızı okside, ince kum-silt karışımı (eoliyen karakterli) gelmektedir. Bu seviyenin üzerinde ise kolüvyal katkılı, kırmızı-kahve renkli bir toprak örtüsü bulunur.

Eski Lagün Çökelleri (Qdl), Çoğunlukla kil, magnetit, tutturulmamış ince kum, şilt, kil ve kavkılardan oluşur.

Eski Kıyı Kordonu Çökelleri (Qdko), ince düzeyler halinde tutturulmamış çakıl, iyi yıkanmış magnetitli şilt, ince kum ve kumdan oluşur. Çökeller genellikle açık gri, magnetitli düzeyler koyu gri renklidir.

Akarsu Taşkın Çökelleri (Qat), akarsu çökel türlerinin tümünün veya belirli bir kısmının birlikte görüldüğü çökellerdir. Tutturulmamış blok, çakıl, kum, şilt ve kilden oluşur.

Birikinti Yelpazesi Çökelleri (Qey), tutturulmamış, köşeli blok, çakıl, kum, şilt ve kilden oluşur. Denizel seki çökelleri, Eski kıyı kordonu çökelleri, Eski lagün çökelleri, taşkın alanı çökelleri ile geçişlidir.

Plaj Çökelleri (Qdp), Karadeniz kıyısı boyunca uzanan, iyi yıkanmış çakıl, kum ve az şiltten oluşur.

Alüvyon (Qal), İnceleme bölgesinde ayırtlanmayan Kuvaterner birimleri (Qal) simgesi ile gösterilmiştir. En geniş alüvyon yayılımı Melet Irmağı ve Bolaman deresi vadileri boyunca görülmektedir. Akarsu vadileri boyunca gelişen kuvaterner birimleri gevşek kum, çakıl, silt ve milden meydana gelmektedir.

3.4. Yapısal Jeoloji

İnceleme alanı Doğu Pontid Tektonik Birliği Kuzey bölgesinde yer almaktadır. Geç Kretase'de bölge K-G yönlü sıkışma tektoniği etkisinde kalmıştır. Buna bağlı olarak bölgede, DB ve KD-GB yönlü kıvrım sistemleri, normal ve ters faylar meydana gelmiştir.

Çalışma alanı güneyinde, Mesudiye formasyonu içinde küçük ölçekli birkaç antiklinal ve senklinal gözlemlenir. Tektonik yapılar, genellikle Karadeniz'e bakan yamaçların, sahile yakın kesimlerindedir. Bu kesimde çoğunlukla Bakırköy formasyonunun yayılım gösterdiği alanları kapsamaktadır. Bakırköy formasyonu, düşük

yükseltilerde senklinallerde korunmuş olarak yer alır. Bu formasyonda oluşan kıvrım eksenleri daha çok K-G, KD-GB yönünde gelişmiştir.

Faylar da, K-G KD-GB doğrultusunda olup, daha çok Bakırköy formasyonu ile diğer formasyonların dokunaklarında belirlenir. Tektonik hatların en önemlileri Çamaş ilçesi güneyinde, Fatsa ve Çağlayan formasyonlarını, doğu yönünde devamında Fatsa ve Tirebolu formasyonlarını sınırlayan normal fay olduğu görülmektedir. Ayrıca Kayaköy doğusunda başlayarak, K-G yönde Bolaman doğusundan Karadeniz'e kadar uzanan normal fay, Fatsa, Çağlayan ve Tirebolu formasyonlarını sınırlandırmaktadır.

Çalışma sahasındaki önemli faylardan biri de, Samsun 1/500.000'Iik jeoloji haritasının yapımı sırasında haritalanmıştır. Turnasuyu Irmağı'nın Karadeniz'e döküldüğü kesimin doğusundan başlayan bu fay, bu kesimden itibaren güneybatı yönünde uzanır. Melet Irmağı vadisini izleyerek Yolbaşı köyüne doğru batıya doğru gelişir. Yolbaşı köyünün güneyinde Üst Kretase Paleosen karbonatları ile Çağlayan formasyonunu sınırlayarak, Gürgentepe yönünde gelişmektedir. Fay, normal fay özellikleri göstermektedir. İzlenen faylar doğrultu ya da eğim atılımlı normal faylar olup, eğilimleri dike yakın olduğu görülür(Ateş ve diğerleri, 2004).

Geç Kretase, Doğu Pontidler'de şiddetli yay magmatizmasının etkin olduğu bir dönemi kapsar. İnceleme alanında yaygın olarak görülen tüfit, kumtaşı, andezitik-bazaltik lav ve pelajik kireçtaşı ara katkılı birimler, birçok yerbilimci tarafından ada yayı volkanizmasının ürünleri olarak kayda alınır.

Andezit ve trakiandezitler kırık ve çatlaklı bir yapısal nitelik gösterirler. Özellikle andezit ve trakiandezitler içerisinde kırık sistemlerine bağlı olarak çeşitli cevher damarları beraberinde gelişmiştir. Kabadüz yöresinde bu kırık sistemlerine bağlı olarak Cu-Pb-Zn içerik cevher damarları oluşmuştur. Kıvrım eksenlerinin genel doğrultusu KD-GB’dir. Eğimler ise KB'dir.

Faylar da bu genel yöne yaklaşık uyum göstermektedir. İzlenen faylar doğrultu ya da eğim atımlı olup, eğimleri dike yakındır. Çökel birimler oldukça düzgün tabakalıdır. Eğimleri genel olarak 50-300 derece arasında değişir. Bazen yersel kıvrımlanmalar neticesinde tabakaların dikleştiği görülür (Çınar ve diğerleri, 1987).

Ercan ve Gedik (1983) volkanitlerin şoşonitik ve alkalen karakterde olduklarını, ada yayı volkanizması ürünü özellikleri taşıdıklarını nitelerler.

4. KARAYOLU YAPISI VE ASFALT BETONU KAPLAMALARDA ARANAN ÖZELLİKLER

Karayolları önceden saptanan geometrik standartlara uygun projelendirilmiş olan bir güzergâh boyunca, doğal zeminin istenilen kota getirilebilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların belirli hız, güvenlik ve konfor koşullarında manevra sağlayabilmesi amacıyla imal edilmiş yapıların tümü olarak adlandırılabilir. Karayolu yapıları farklı birtakım özellikleri nedeniyle altyapı ve üstyapı olmak üzere iki bölümde incelenmektedir.

4.1. Karayolu Yapısı

4.1.1. Karayolu Altyapısı

Yolun, toprak işleri neticesinde daha önceden tespit edilen kot, koordinat ve enkesitleri ile projesine uygun hale getirmiş şekline denir. Bir başka deyişle ise tesviye yüzeyi ile doğal zemin sınırı arasındaki bölgeye altyapı denir. Yolun esas taşıyıcı kısmını oluşturan kesim altyapıdır.

Altyapı yarma ve dolguları kapsayan kısımdır. Altyapı gövdeleri dolgu kesimlerinde ihtiyaç olunan toprak malzemesi ile yarma kesimlerindeki doğal malzemeleri de kapsamaktadır. Yolun standartlarına uygun daha uzun vadeye hizmet vermesini sağlayacak nitelikte oluşması için yapılan menfez, istinat duvarları, köprü, viyadük ve tünel gibi yapılar yol altyapısı olarak ta kabul görmektedir.

Şekil 4.1 Altyapı çalışmalarından bir görüntü

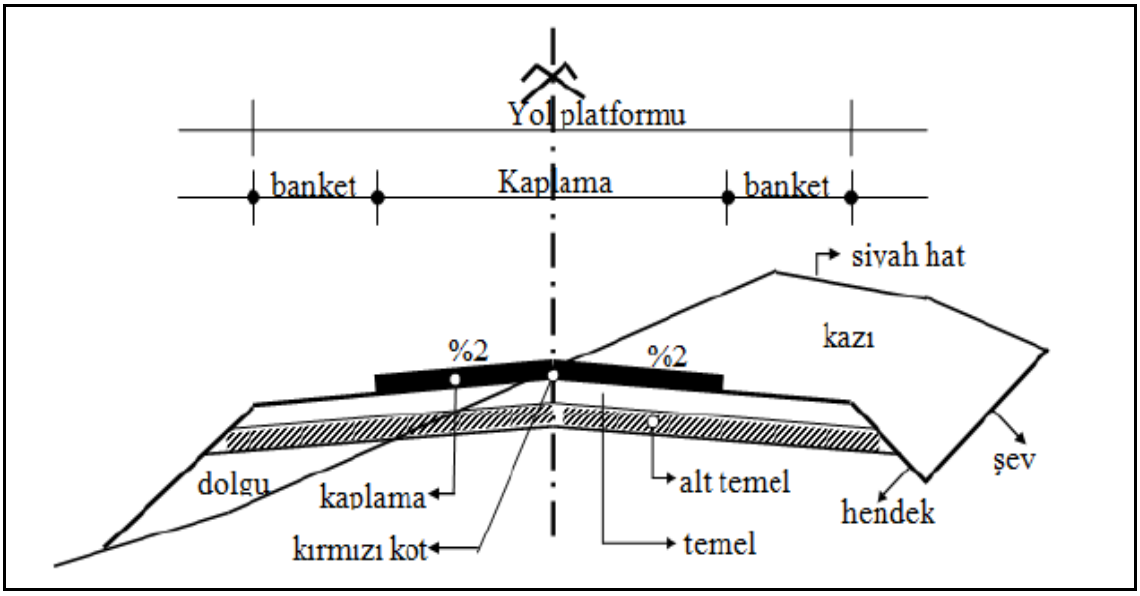
Altyapının görevleri arasında istenilen kotta düzgün bir satıh oluşturmak, üstyapı tarafından iletilen yükleri daha geniş bir alana yayarak taşımak önemli yer kaplar. Bu görevleri yerine getirmek için trafik yüklerine karşı dayanıklı olmanın yanı sıra don ve suyun olumsuz etkenlerini de karşılayabilmesi gerekmektedir. Altyapının oluşturulmasında nebati bitkisel toprak, çürük zemin gibi sıkıştırmaya elverişli olmayan birimlerin kullanılmaması gerekmektedir. Bu nedenle altyapıyı oluşturan zeminlerin fiziksel nitelikleri çok iyi etüt edilmelidir (Ilıcalı, 1988).

Altyapıyı teşkil eden tabakaların iyi sıkıştırılması kayma direncini arttırdığı gibi taşıma gücünü de benzer şekilde artırmaktadır. Yine suyun zararlı etkenlerine karşı olan direnci de olumlu yönde gelişmektedir. Nitekim permabilite ve su emme kabiliyeti uygun sıkışmayla azalmaktadır. Uygun zemin koşullarını sağlamak için optimum su muhtevasında maksimum yoğunluğa erişilinceye kadar sıkıştırma işlemine devam edilmelidir.

4.1.2. Karayolu Üstyapısı

Yolun trafik yüklerini taban zeminin taşıma gücünü aşmayacak şekilde taban yüzeyine dağıtarak taşıyan kaplama tabakalarından oluşan kısma denir. Yolun üzerine gelecek yükleri taşımak içinse alttemel, temel ve kaplama tabakalarından oluşan kısımlar imal edilir. Doğal tabakalardan oluşmuş altyapı üzerine getirilen ve genelde kırmataş, çakıl, kum, silt, kil malzemelerden oluşturulan tabakaya alttemel tabakası adı verilir. Kaplama ile alttemel arasına yerleştirilen trafiğin doğrudan temas etmediği doğal kum, çakıl, silt, kil ve bitüm karışımları gibi malzemelerden oluşan tabaka ise temel tabakası olarak adlandırılır.

Üstyapılar kaplama tabakasında kullanılan malzemelerin niteliklerine, türlerine ve yapım yöntemlerine göre Rijit Üstyapı (Beton yol), Esnek Üstyapı (Asfalt yol) ve Yarı Rijit Üstyapı olmak üzere üç kısımda incelenirler. Üstyapı tipine karar verilirken taban zemini, trafik, çevresel şartlar, ekonomik etkenler dikkate alınır.

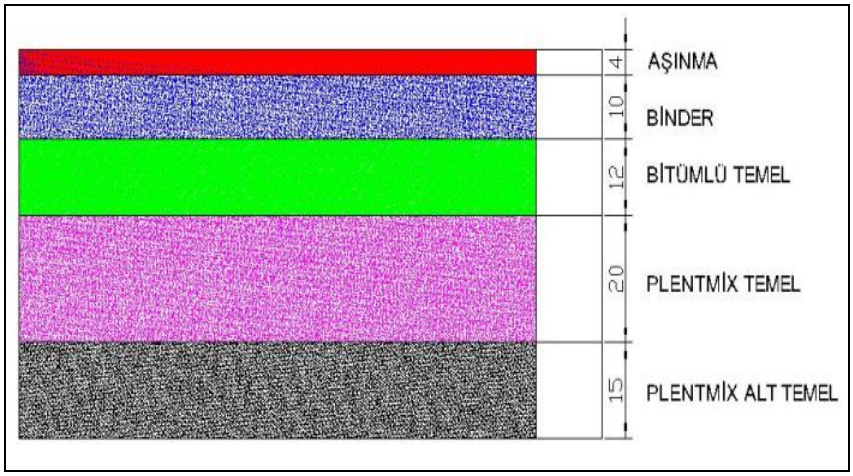


Şekil.4.1.1. Tipik bir karayolu enkesiti (MEB, 2011).

Çimento betonu ile yapılan kaplamalar ile meydana gelen üstyapıya 'Rijit Üstyapı' denir. Yol kaplaması olarak betonun görevi trafik yüklerini tabana iletmek ve bu sırada tabanda oluşabilecek deformasyonu önlemektir. Bir beton kaplamanın davranışı, kaplama altına serilen temel ve alttemel tabakaları ile mevcut taban zemininin özeliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Beton yollar boyuna ve enine derzlerle birbirinden ayrılmış 20 – 25 m² alandaki plaklar halinde imal edilirler. Üstyapı tabanının dayanımına bağlı olarak plakanın altına temel tabakası yapılıp yapılmayacağına karar kılınır.

Bitümlü kaplama tabakaları ile geliştirilen üstyapı şekillerine ise 'Esnek Üstyapı' denir. Esnek üstyapı tesviye sathı ile sıkı bir temas sağlayan ve trafik yüklerini kaplama, temel ve alttemel tabakaları aracılığı ile taban zeminine dağıtan bir üstyapı şeklidir. Stabilitesi agrega kenetlenmesine, tane sürtünmesine dolayısıyla kohezyona bağlıdır. Bir esnek üstyapı aşınma tabakası, temel tabakası ve alttemel tabakalarından oluşur. Üstyapının üst kısmından taban zeminine doğru inildikçe malzeme evsafındaki kalite değerleri azalır. Bu tabaka özelliklerini belirleyen proje ömrü, trafik hacmi, malzemelerin fiziksel parametreleri ve taban zemini nitelikleri gibi parametrelerdir.

Yarı Rijit üstyapı ise, bitümlü kaplamada bir veya birden fazla hidrolik bağlayıcılı tabakalardan oluşmuş yükleri geniş bir yüzeye yayarak tabana aktaran bir üstyapı şeklidir.



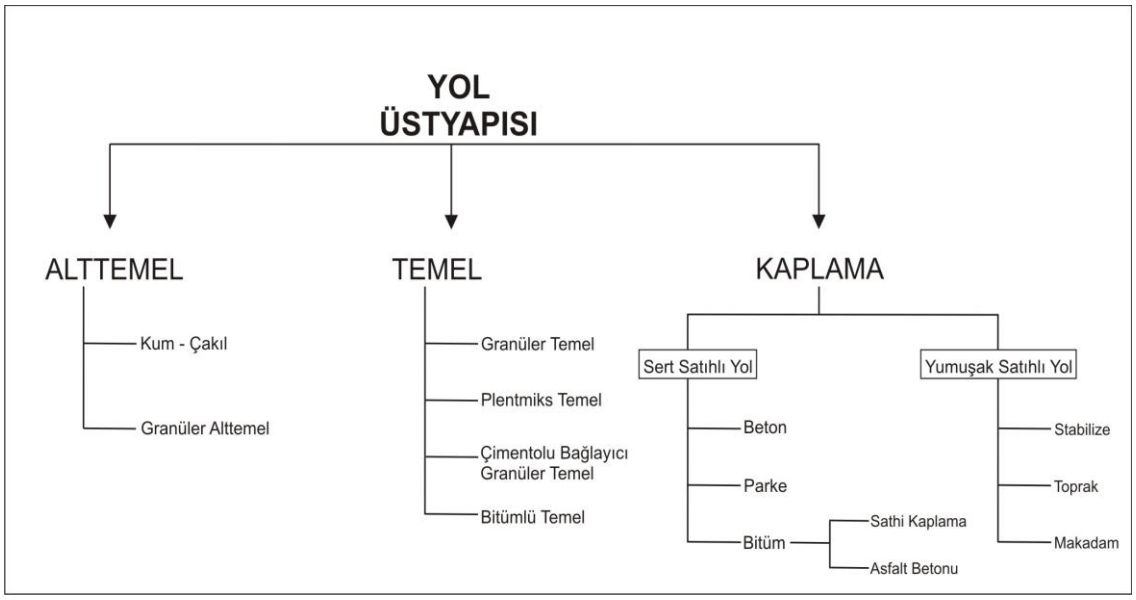
Şekil.4.1.2. Tipik bir esnek üstyapı kesiti.

Tesviye yüzeyi altında kalan yarma ve dolgularda üstyapının taşıma gücüne etkisi olabilecek bir derinliğe kadar devam eden seviyeye üstyapı tabanı denmektedir. Bu tabanının Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) değeri üstyapı tabaka kalınlıklarını belirleyen en önemi faktördür.

Esnek üstyapılarda en üstteki tabaka kaplama tabakasıdır. Bu tabaka aşınma ve binder olarak iki kısımdan oluşur. Bu tabakalar emniyetli ve konforlu bir satıh oluşturmak için yeterli pürüzlülükte üniform bir yuvarlanma yüzeyine sahip olmalıdır.

Esnek üstyapılarda oluşan gerilmeler yolun üst tabakasından alta doğru inildikçe düştüğü için, kullanılacak malzemelerin mekanik özellikleri de bu gerilme dağılışına uygun olarak tasarlanır. Bitümlü karışımlarla yapılan kaplama tabakası trafik ve iklim gibi dış etkenlerin bozucu etkisine doğrudan maruz kaldığı için yüksek elastisite modülü, kaymaya direnç yanında geçirimsizlik özelliğine de sahip olmalıdır.

Bitümlü aşınma tabakası altında üstyapının oturduğu doğal zemin olan taban zeminini koruyan temel tabakası mevcuttur. Temel tabakası bir veya birden fazla tabakadan oluşabilir. Temel tabakası duruma göre çimentolu veya bitüm bağlayıcılı karışım, stabilize edilmiş granüler malzeme olabilmektedir. Trafik yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde bitümlü karışımlar daha yaygın olarak kullanılır.

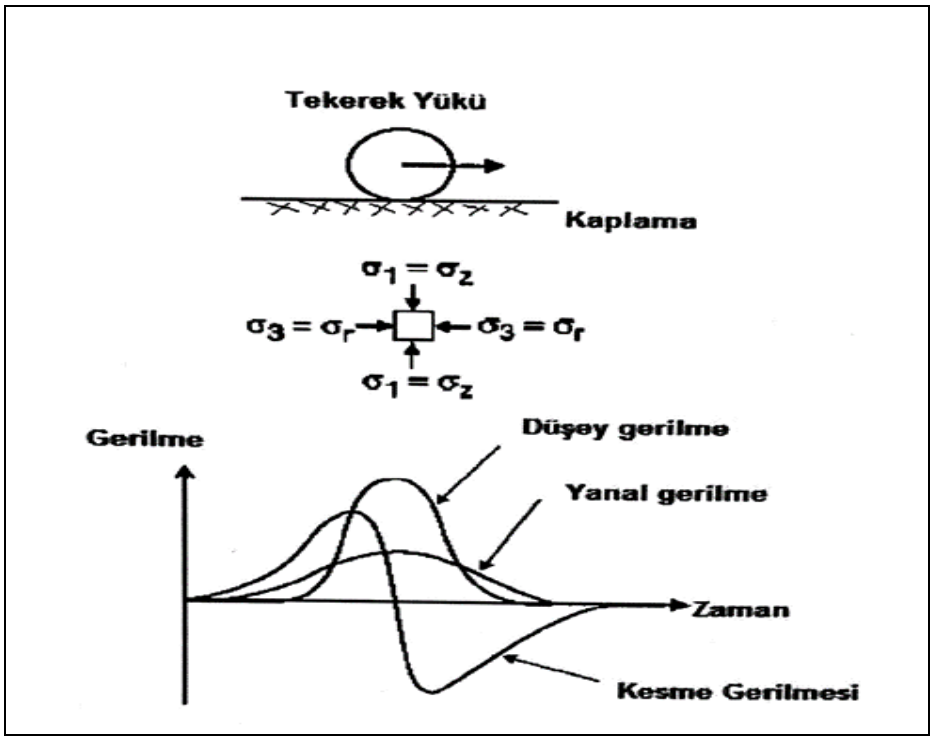


Şekil.4.1.3. Üstyapı tabakaları ve türleri.

Yol üstyapısındaki gerilme durumu genellikle malzemenin maruz kaldığı yatay ve düşey gerilmelerle ilgilidir.

Üstyapıya çeşitli yönleriyle etkileyen gerçek gerilmeler tekrarlı düşey ve yatay gerilmeler ile kesme gerilmesinden meydana gelir. Gelişen bu gerilmeler tekerlek yükü aracılığıyla oluşan σ_1, σ_2, σ_3 temel gerilmelerinin bir varyasyonudur.

Üstyapının belirli bir kesitinden geçen düşey yük zamana bağlı olarak yarım sinüs dalgası şeklinde vukua olur. Trafiğin gelişimine göre de yükleme frekansı da zamanla değişir (Shaw, 1980).



Şekil.4.1.4. Tekerlek yükü altındaki üstyapıyı etkiyen gerilmeler (Lekarp, 2000).

4.1.3. Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü sıcak karışımlar, temel tabakaları üzerine kaba, ince ve filler malzemesinin belirli bir gradasyon limitleri dahilinde asfalt çimentosunun plentte karıştırılarak belli bir sıcaklıkta finişer ile serilip sıkıştırılmasıyla meydana gelmektedir.

4.1.3.1. Aşınma Tabakası

Hareketli yüklerin yol yüzeyi ile temas ettiği en üst tabakadır. Trafiğe ve çevresel etkilere doğrudan maruz kalır. Ağır tonajlı ve yoğun trafik sayısına sahip yollarda bu tabakada kullanılacak agregaların dayanımı yüksek özellikle magmatik kayaçlardan elde edilmiş kırma taşlardan tercih edilmelidir. Böylece trafik yüklerinin yarattığı gerilmelere karşı yeterli direnç sağlanmış olacaktır.

Çizelge.4.1. Aşınma tabakası gradasyonu şartname limitleri (KTŞ 2013).

Elek Boyu mm (in, No)	**Tip – 1**	**Tip – 2**	**Tip-3 Çok İnce Aşınma**
19 (3/4’’)	100		
12,5 (1/2’’)	88 - 100	100	100
9,5 (3/8’’)	72-90	80 - 100	90 - 100
6,0 (1/4’’)	-	-	25 -33
4,75 (No.4)	42 - 52	55 - 72	23-31
2,00 (No.10)	25 - 35	36 - 53	20 - 27
0,425 (No.40)	10 -20	16 - 28	12- 18
0,180 (No.80)	7 – 14	8 - 16	
0,075 (No.200)	3 - 8	4-8	7- 11

4.1.3.2. Binder Tabakası

Asfalt betonu kaplama tabakalarında temel tabakası ile aşınma tabakası arasında bulunan kaplama cinsidir. Binder tabakası aşınma tabakası ile birlikte yol üstyapısının kaplama kısmını oluşturmaktadır. Üst tabakasındaki aşınma seviyesine taşıtlardan doğrudan gelen yükleri temel tabakasına aktararak dayanımına yardımcı olan tampon görevi görmektedir.

Binder karışımlarında kullanılacak agregalarda diğer bitümlü sıcak karışımlarda kullanılacak agregalar gibi dayanıklılık, kayma direnci, gerilme ve yorulma, işlenebilirlik, ısıl değişikliğe duyarlılık, nem etkisi ile oluşacak hasarlara karşı dirençli olma gibi niteliklere sahip olmalıdır.

Karayolları teknik şartnamesinde binder tabakası ile aşınma tabakası için aranan şartname limitleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge.4.2. Binder tabakası gradasyon şartname limitleri (KTŞ, 2013).

Elek Açıklığı		**% Geçen**
Mm	**İnch**	
25	1	100
19	3/4	80-100
12,5	1/2	58-80
9,5	3/8	48-70
4,75	No 4	30-52
2,00	No 10	20-40
0,425	No 40	8-22
0,180	No 80	5-14
0,075	No 200	2-7

Çizelge.4.3. Binder ve Aşınma tabk. ince agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri (KTŞ, 2013).

DENEY		**Şartname Limitleri**		**Deney Standardı**
		Binder	**Aşınma**	
Plastisite İndeksi, %		NP	NP	TS 1900-1
Organik Madde, (%3 NaOH ile)		Negatif	Negatif	TS EN 1744-1 Madde 15.1
Su Emme, %		≤ 2,5	≤ 2,0	TS EN 1097-6
Metilen Mavisi, g/kg	İnce agreganın 0/2 mm kısmına	≤ 1,5 ≤ 3,0 *	≤ 1,5 ≤ 3,0 *	TS EN 933-9
	Öğütülmüş magmatik agreg. 0/2 mm kısmına	≤ 3,0 *	≤ 3,0 *	
* Magmatik kökenli kayaçlarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agegada İstenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.				

Çizelge.4.4. Binder ve Aşınma tabakası kaba agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri (KTŞ, 2013).

Deney	**Şartname Limitleri**		**Deney Standardı**
	Binder	Aşınma	
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp	≤ 30	≤ 27	TS EN 1097-2 (AASHTO T96)
Aşınma Direnci (Mikro - Deval), % Kayıp	≤ 25	≤ 20	TS EN 1097-1
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, (MgS04 ile), % kayıp	≤ 18	≤ 16	TS EN 1367- 2
Kırılmışlık, ağırlıkça % (Tüm yüzeyi kırılmış - tüm yüzeyi yuvarlak)	≥ 95 - ≤ 0	≥ 95 - ≤ 0	TS 933-5
Yassılık İndeksi, %	≤ 30	≤ 25	BS 812
	≤ 25	≤ 20	TS EN 933-3
Cilalanma Değeri, %	≥ 35	≥ 50	TS EN 1097-8
Su Emme, %	≤ 2,5	≤ 2,0	TS EN 1097-6
Soyulma Mukavemeti, % Bitimle Kaplı Yüzey (24 saat 60 ^{o}C suda bekletmeden sonra)	≥ 60	≥ 60	TS EN 12697-11 (Kısım 403 EK-A)
Kil Topakları ve Ufalanabilir Daneler, %	≤ 0,3	≤ 0,3	ASTM C 142 AASHTO T 112

Çizelge.4.5. Binder ve Aşınma tabakası dizayn kriterleri (KTŞ, 2013).

Özellikler	**Binder**		**Aşınma Tip-1, Tip-2**		**Aşınma Tip-3**		**Deney Standardı**
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	
Briket yapımında uygulanacak darbe sayısı	75		75		75		TS EN 12697-30
Marshall Stabilitesi, kg	750		900		400		TS EN 12697-34
Boşluk, %	4	6	3	5	5	12	TS EN 12697-8
Asfaltla Dolu Boşluk, %	60	75	65	75	-	-	TS EN 12697-8
Agregalar arası boşluk (VMA), %	13	15	14	16	-	-	TS EN 12697-8
Akma, mm (10^{-2} in)	2(8)	4 (16)	2(8)	4 (16)	2(8)	4 (16)	TS EN 12697-34
Filler/Bitüm Oranı	-	1,4	-	1,5			
Bitüm (ağırlıkça, 100'e)	3,5	6,5	4	7	5	8	TS EN 12697-1
Sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min. %	80		80		80		AASHTO T 283
Tekerlek İzinde Oturma (30.000 devirde 60 °C'de), Maks. %	-		8		-		TS EN 12697-22
Tekerlek İzinde Oturma (30.000 devirde 60 °C'de 5 cm kalınlığında numune), Maks. %	-		-		7		TS EN 12697-22
Not: Tabakalar arası yapışma dayanımı TS EN 12697-4 e göre yapılabilecektir.							

4.1.3.3. Bitümlü Temel Tabakası

Kırılmış ve belirli gradasyonda elenmiş kaba, ince ve mineral fillerin yine belirli limitler dahilinde bitümlü bağlayıcılar ile plentte karıştırılarak belirli sıcaklıkta finişer vasıtasıyla sahada serilip sıkıştırılması oluşturulan temel tabakasıdır. Uygulamaya geçilmeden yeteri deneme karışımı yapılmalı hazırlanan dizayn metodunun ön gördüğü kriterler deneysel olarak sağlanmalıdır.

Çizelge.4.5. Bitümlü temel tabakası gradasyon limitleri (KTŞ, 2013).

Elek Boyu mm (in, No)	**Tip-A**	**Tip-B**
37,5 (11/2")	100	100
25 (1")	72 - 100	80 - 100
19 (3/4")	60 - 90	70 - 90
12,5 (1/2")	50 - 78	61 -81
9,5 (3/8")	43 - 70	55 - 75
4,75 (No.4)	30 - 55	42 - 62
2,00 (No.10)	18 - 42	30 - 47
0,425 (No.40)	6 - 21	15 - 26
0,180 (No.80)	2 - 13	7 - 17
0,075 (No.200)	0 - 7	1 - 8

Çizelge.4.6. Bitümlü temel tabakası kaba agrega özellikleri (KTŞ, 2013).

Deney	**Şartname Limitleri**	**Deney Standardı**
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp	≤ 30	TS EN 1097-2 AASHTO T 96
Aşınma Micro -Deval), % Kayıp	≤ 25	TS EN 1097-1
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, (MgS04 ile kayıp), %	≤ 18	TS EN 1367-2
Kırılmışlık, ağırlıkça % (Tüm yüzeyi kırılmış - tüm yüzeyi yuvarlak)	≥ 95 - ≤ 0	TS EN 933-5
Yassılık indeksi, %	≤ 30	BS 812
	≤ 25	TS EN 933-3
Su Emme, %	≤ 2,5	TS EN1097-6
Soyulma Mukavemeti, % bitümle kaplı yüzey (24 saat 60 ^{o}C suda bekletmeden sonra)	≥ 60	TS EN 12697-11 (Kısım 403 EK-A)
Kil Topakları ve Ufalanabilir Tane Oram, %	≤ 0,3	ASTM C 142 AASHTO T 112

Çizelge.4.7. Bitümlü temel tabakası ince agrega özellikleri (KTŞ, 2013).

Özellikler		**Deney Metodu**	**Şartname Limitleri**
Plastisite İndeksi, %		TS 1900-1	NP
Organik Madde, % 3 NaOH ile		TS EN 1744-1	Negatif
Su Emme, %		≤ 2,5	TS EN 10970-6
Metilen Mavisi, g/kg	ince agreganın 0/2 mm kısmına	TS 933-9	≤ 2 ≤ 3,5 *
	öğütülmüş magmatik agreganın 0/2 mm kısmına		≤ 3,5 *
* Magmatik kökenli kayaçlarda, şantiye konkasöründe üretilmiş ince agregada istenen şartname değerinin sağlanamaması durumunda bu şart aranacaktır.			

BSK üretimi yapılırken bitümlü bağlayıcı ve sıcaklıkların belirlenen şartname limitleri dâhilinde bulunması imalatın sağlıklı yapımı için en önemli kıstası oluşturmaktadır.

Şekil.4.2. Bitümlü sıcak karışımların serim aşamasından.

4.2. Asfalt Betonu Kaplamalarda Aranan Özellikler

Taş mastik aşınma, aşınma, binder ve bitümlü temel gibi Bitümlü sıcak karışımlarda kullanılacak agregaların fiziksel ve mekanik nitelikleri ayrı ayrı öneme sahiptir.

Agrega ve asfalt malzemeleri daha önce üzerlerinde çok sayıda testler yapılarak bir standarda bağlanmış olan teknik şartnamede belirtilen koşulları sağlamak zorundadır. Bu koşullar sağlanırken karşımda stabilite, durabilite, rijitlik, fleksibilite, kaymaya karşı direnç, yorulmaya karşı direnç, işlenebilirlik, geçirimsizlik gibi çeşitli özelliklerin varlığı dikkate alınmaktadır.

4.2.1. Stabilite

Kaplamalar üzerine gelecek trafik yüklerine, ötelenmelere ve tekerlek izlerinden kaynaklanan deformasyonlara karşı direnç gösterme yeteneği olarak tanımlanabilir. Uygun stabilite trafik yüklerine karşı oluşabilecek deformasyonları karşılayabilecek değerde olmalıdır. Fakat düşük stabilite deformasyonlara neden olurken yüksek stabilite ise kaplamaların esneklik yapısını bozarak çatlamalara neden olabilmektedir.

Karışımın kayma mukavemeti, agrega taneleri arasındaki içsel sürtünme ile agrega bitüm arasındaki bağ kuvvetlerinin etken olduğu kohezyondan kaynaklıdır. Yani içsel sürtünmeden agrega, kohezyondan ise bitüm sorumludur. İçsel sürtünme açısının büyük olması durumunda deformasyon direnci yüksek olmaktadır. Bunun yanında düşük ısı ve hızlı yüklemelerinde kohezyona etkisi oldukça fazladır.

Isının stabilite üzerine etkisi incelendiğinde; ısı artışına bağlı olarak agrega bitüm absorbsiyonu arttığından agrega-bitüm adezyonu da artarak karışımın stabiliteside olumlu etki yaratır. Asfaltın viskozluğu düşerek karışımın sıkışmaya karşı direnci azalmakta daha kolay sıkışma olacağından karışımın yoğunluğu artarak daha yüksek stabilite elde edilmektedir. Ancak ısı artışı zamanla devam ettikçe karışım kohezyonu azalır ve stabiliteside buna bağlı olarak düşmektedir.

Karışımın trafik yüklerinden kaynaklı yer değiştirmelere karşı direnci Eylemsizlik direnci olarak kabul edilir. Yükleme hızı arttıkça, kaplama kalınlığı artıkça ve yükün miktarı azaldıkça eylemsizlik direnci de artmaktadır.

Bu çalışmada fiziki yeterliliğe sahip olan 1G ve 3S örneklerine ait kayaçlardan bitümlü sıcak karışım dizaynı yapılmıştır. Bu bağlamda stabilite değerleri Marshall

yöntemiyle tespit edilmiştir. 1G örneğinde 1150 kg, 3S örneğinde ise 1428 kg gibi yüksek değerler elde edilmiştir.

4.2.2. Durabilite (Dayanıklılık)

Trafik, hava, su ve sıcaklık gibi çeşitli çevresel ve fiziksel etkenlere bağlı gelişen agreganın kırılmasına ve bitümün agrega yüzeyinden soyulmasına karşı asfalt beton kaplamaların göstermiş olduğu dirence denir.

Durabilite düşük penetrasyonlu asfalt, kalın film tabakası, yüksek bitüm oranı, yüksek soyulma direnci, iyi sıkışma ve yoğun gradasyon ile artış göstermektedir. Karışımın aşınma ve şişmeye karşı dayanım göstermesi bünyesindeki agreganın aşınma ve şişme gibi karakteristik özelliklerine bağlıdır.

Aşınma tabakasında daha yüksek durabilite elde etmek adına daha sert agrega kullanılmaktadır. Yine karışım içerisindeki bitüm miktarının azalmasıyla agregalar arası bağ kuvveti azalacağından zamanla kopmalar oluşarak, kaplamada bozulmalar meydana gelmektedir.

Durabiliteyi etkileyen etkenlerden biride nemdir. Karışımın nem durumunda soyulmaya karşı direnci, agreganın asfalt absorbsiyonu ile alakalıdır. Asfaltın oksitlenmeye karşı direnci ise yaşlanma karakteristikleri ve karışımın boşluk oranı ile doğrudan ilişkilidir. Oksitlenmenin artması sırasında penetrasyon düşerek kaplama kırılgan bir hal almaktadır. İnceleme örneklerinin durabilitesi hakkında değerlendirme yapabilmek için özellikle soyulma ve aşınma deneyleri yapılmış sonuçlar deneysel çalışmalar kısmında verilmiştir.

4.2.3. Esneklik

Yol üstyapısını oluşturan alttemel ve temel tabakalarında meydana gelebilecek oturma ve deformasyonlara karşı asfalt betonu kaplamasının çatlamadan uyum gösterip eğilebilme yeteneğine verilen addır.

Yetersiz esneklik yol sathında çatlamalara neden olmaktadır. Bitüm oranı, mineral filler oranı, sıcak karışım kıvamı, sıcaklığa karşı olan duyarlılık ve düktilite esnekliği etkileyen faktörlerdir. Esnek bir asfalt karışımı elde etmek için yazın kıvamını koruyup kışın ise kırılgan hale gelmeyen ve çevresel koşulların etkisiyle oluşabilecek yorulmaya karşı dayanıklı bir bağlayıcıya gerek duyulur.

4.2.4. Rijitlik

Bitümlü sıcak karışımlar, termoplastik ve vizikoelastik evsaflı olup değişik reolojik hallerde bulunduğundan, mekanik niteliklerinin tespitinde rijitlik modülü kullanılmaktadır. Rijitlik, bitümlü sıcak asfalt karışımların yükleme süresi ve hızında, ısı altında gerilme ile deformasyon arasındaki ilişkinin ifadesi olarak ifade edilir. Bir diğer deyişle genel olarak asfaltın penetrasyonunun azalması ve yükleme hızının artmasıyla yükseliş göstermektedir.

4.2.5. İşlenebilirlik

Karışımın hazırlanması, serilmesi ve sıkıştırılması sırasındaki kolaylık olarak tanımlanabilir. Yani karışımı istenen kıvamda üniformluk derecesinde sıkıştırmasıdır.

Bu özellik ile agrega granülometrisi, asfalt çimentosu oranı, en büyük tane boyutu, tanelerin şekli ve agrega yüzey dokusu ile yakından ilgilidir. Breşik yapıya sahip köşeli agregalar ve kumlar stabiliteyi artırırken, yuvarlak taneli yapıya sahip kumlar ise işlenebilirliği artırmaktadır. Kaba agrega ve filler miktarı yüksek olan karışımlarda işlenebilirlik zorlaşmaktadır. Ancak işlenebilirliği çok yüksek olan karışımlar yumuşak karışımlar olup bu tür yapıların trafik yükü altında deformasyona uğramaları çok daha kolaydır.

4.2.6. Yorulmaya Karşı Direnç

Asfalt betonlarının yorulmaya karşı dirençleri tekrar eden yükler etkisinde kaplamada çatlama olmadan eğilmeye, kalıcı olmayan deformasyonlara müsaade etme yeteneğidir. Karışımdaki boşluk yüzdesi ile asfaltın vizkositesi yorulmaya karşı direnci etkileyen faktörlerdir. Yorulma mukavemeti, rijitliğin artması, kaplama kalınlığının artması, eğilme gerilmesinin azalması, gradasyon ve yoğunluğun artması, asfalt miktarının artması, asfalt penetrasyonunun artması gibi değişik durumlarda artış sağlar. Bunların yanı sıra kaplamanın yeterli sıkışması yorulma mukavemetini artıran önemli noktalardan biridir.

4.2.7. Kaymaya Karşı Direnç

Asfalt kaplamanın üzerindeki taşıtın, her hava koşulunda kabul edilebilir bir mesafede durabilmesi için yeterli sürtünme kabiliyetine sahip olmasıdır.

Yüksek kayma direnci; sert, pürüzlü agrega kullanılarak ve karışım gradasyonunda ara malzemeye yoğunluk verilerek sağlanabilir. Bitüm yüzdesi fazla olan yoğun gradasyonlu karışımlarda kayma direnci daha düşük olmaktadır.

Yüksek stabilite elde etmek için gerekli olan etkenler yüksek kayma direnci sağlamak içinde gereklidir. Farklı aşınma ve cilalanma niteliklerine sahip ve yapısında cilalanmaya karşı dirençli malzeme içeren agregalar, kaymaya karşı daha dayanıklı bir satıh ve kaplama dokusu içermektedir. Beton asfalt karışımlarında, kalın asfalt tabakası kaplamanın yaş olması durumunda kayma direncinin yetersizliğinden dolayı tercih edilmemektedir.

4.2.8. Geçirimsizlik

Geçirimsizlik; asfalt kaplamanın bünyesine hava ve suyun geçişine karşı göstermiş olduğu dirence denir. Geçirimsizlik karışımdaki hava boşluğunun tespiti ile belirlenebilir. Düşük bitüm yüzdesi ve dizaynda tespit edilen boşluk değerinden daha yüksek miktarda boşluk yüzdesi tabakayı yüksek geçirimli yapar.

Geçirimlilik artıkça hava ve suyun etkisi ile asfaltın yaşlanması hızlanır, soyulmaya karşı görülen mukavemet azalır ve donma çözünme tekrarının artışından kaynaklı agregalarda parçalanma meydana gelir. Geçirimsizlik genel olarak bitüm miktarı, sıkıştırma miktarı, agrega gradasyonu ve karışım yoğunluğunun artmasına bağlı olarak artmaktadır.

Bitümlü sıcak karışımlarda minimum boşluk oranı, asfaltın sıcak havalarda genleşmesinden ötürü terleme ve kusma ile kaplama dışına çıkmasını engellemek için gereklidir. Karışımdaki maksimum boşluk oranına ise içsel sürtünme açısının azalmasını önlemek, geçirgenliği azaltarak asfaltın sertleşmesini azaltmak için ihtiyaç duyulur.

Bitümlü sıcak karışım imalatına uygun olan 1G ve 3S agregalarına hazırlanan dizayn ile yapılan deneyler sonucunda, 1G örneği için boşluk değeri % 4,76 olarak, 3S örneği içinse % 5,41 olarak hesaplanmıştır. Briket hazırlanarak teste tabi tutulan bu örneklerden elde edilen veriler geçirimsizlik için kabul edilebilir değerlere sahiptir.

5. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN HAZIRLANMASI

Bitümlü sıcak karışımların imalatı için ilk olarak uygun nitelikte ve gradasyonda agrega üretimi yapılmalıdır. Bu amaçla taş ocaklarından çıkarılan kaya kütleleri konkasör tesislerinde kırılarak istenen tane çapında ayrı ayrı stok edilir.

Amacına ve kullanım yerine göre kırılan farklı fraksiyonlardaki agregalar birbirine karışmayacak şekilde üretime kadar depolanır. Kırılarak elde edilen her bir agrega gurubuna ait elek analizleri yapılır ve istenilen gradasyona göre ilgili yüzdelik oranları saptanır.

İmalatı yapılacak asfalt agregasına ve asfalt karışımına ait gerekli tüm deneyler yapılır. Dizayn tamamlanıp akabinde iş yeri karışım formülü hazırlandıktan sonra bitümlü sıcak karışımın üretimi için plente reçete verilir ve imalata geçilir.

Şekil.5.1. Kırma eleme konkasör tesisinden agrega üretimi aşaması.

5.1. Asfalt Betonunun Hazırlanması

Karayolları şartname kriterlerine göre hazırlanan granülometrik mineral, agrega ve asfalt çimentosu plentlerde üretilir. Asfalt plentleri sürekli karıştırma tipi ve harman tip olmak üzere iki çeşittir. Harman tipi plentler üzerinde elek sisteminin var olması nedeniyle istenilen karışım oranlarının mükemmel oranda sağladığı için tercih nedeni

olmaktadır. Bu tip plentlerde dizaynda yüksek başarı ama mikser kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle üretimde düşük kapasitede elde edilmektedir.

Plent için hazırlanan reçete üretime geçince karıştırma işleminden önce agrega ve bitüm Çizelge.5.1'deki sıcaklıklara kadar ısıtılmalıdır. Özellikle agrega ve bitüm sıcaklıkları arasındaki fark 20 °C den fazla olmamalıdır.

Çizelge.5.1. Malzemelerin karıştırma sıcaklıkları (KTŞ, 2013).

Bitümlü Bağlayıcı	**Asfalt Çimentosu**		**Agrega**	
	Min °C	Maks °C	Min °C	Maks °C
40/60 , 50/70 Penetrasyonlu Bitüm ile hazırlanan karşım	145	160	150	165
75/100 Penetrasyonlu Bitüm ile hazırlanan karşım	140	155	145	160

Şekil.5.2. Harman tipi asfalt plent tesisi.

Şekil.5.3. Asfalt plent tesisi bitüm ve kızgın yağ üniteleri.

Bitümlü sıcak karışımlar plentte üretildikten sonra kamyonlar vasıtasıyla serim yerine getirilir. Serim bölgesinde serim işlemi finişerlerle yapılır. Projede belirtilen kalınlık ve eğim finişerler aracılığı ile serim sırasında sağlanır.

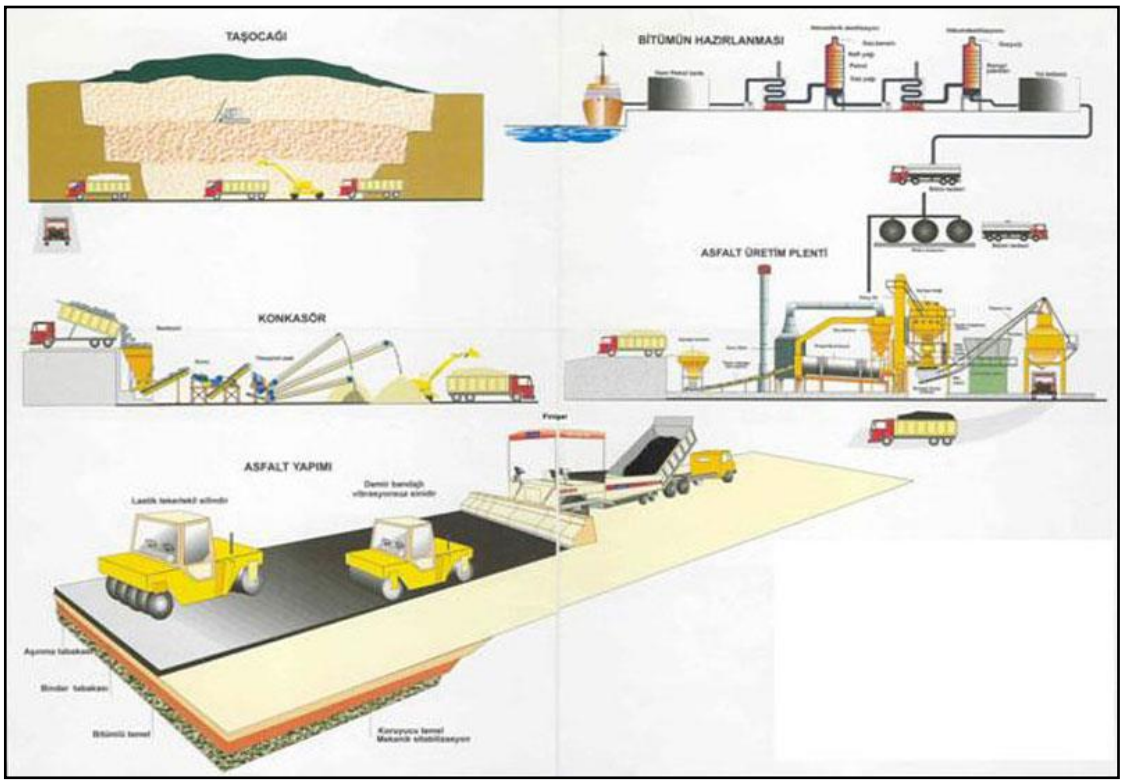
Bitümlü sıcak karışımın ısısı plentten çıktıktan sonra yaklaşık 155 °C civarındadır. Serim yapılacak yere kadar taşınma sırasında belli bir miktarda ısı kaybına uğrar. Finişer'e taşınan karışımın serim sıcaklığı 135 °C den az olmamalıdır.

Çizelge.5.2. Plentten çıkan karışım sıcaklıkları (KTŞ, 2013).

Hava Sıcaklığı (Gölgede)	**Karışım Sıcaklığı (Minimum)**
5 – 15 °C arası için	155 °C
15.1 – 30 °C arası için	145 °C
30°C den yukarısı için	140 °C

Yol imalatlarında ister dolgu isterse üstyapı aşamasında sıkıştırma işlemi, yolun hizmet ömrü açısından çok önemli kıstas olup dikkatle uygulanmalıdır. İlk silindiraj finişer seriminin hemen arkasından başladığı için karışım ısısı yüksek olur. Bu nedenle ilk silindiraj dikkatle yapılmadığı takdirde düzeltilmesi olanaksız bozulmalara yol açabilir. Çelik bandajlı tandem silindirlerde karışımın bandaja yapışmasını engellemek amacı ile bandaj yeterince ıslatılmalıdır. Yine lastik tekerlekli vabil silindirlerde tekerleklerin soğuması karışımın lastik yüzeyine yapışmasına neden olabilmektedir.

Ara silindiraj ilk silindirajdan sonra uygulanıp son silindirajdan önceki tüm pasları kapsamaktadır. Ara silindirajda pnömatik silindirler ile birlikte vibrasyonlu silindirlerde kullanılabilmektedir. Ara silindirajda amaç kılcal çatlakların kapanmasının yanı sıra ilk silindirajın izlerinin de kapanmasını sağlamaktır. Tüm bunların sağlanması için lastik iç basıncı sürekli takip altında olmalıdır.



Şekil.5.4. Bitümlü sıcak kaplamanın hazırlanma ve uygulanma aşamaları (Asfalt Müt. Derneği, 2019)

Son silindiraj sıkıştırmanın son aşaması olup tüm silindir izleri ile kılcal çatlaklar giderilir ve kaplama üzerinde ütüleme görevi görür.

Sıkıştırma sıcaklığına 135°C de başlanıp tüm işlemler 90°C ye kadar tamamlanmalıdır. Aksi takdirde sıcaklıktan kaynaklı silindiraj hataları oluşmaktadır. Modifiye edilmemiş kaplamalarda finişer sergisinden sonra uygun sıcaklık için beklenilebilinir. Ancak modifiye edilmiş Taş Mastiik asfalt kaplamalarında finişer seriminin hemen akabinde silindiraj başlamalıdır. Taş mastik asfalt seriminde lastik tekerlekli vabil silindirler kullanılmamaktadır. Bunun yerine sadece çelik bandajlı tandem silindir kullanılır. Ayrıca sıkıştırma işlemleri sırasında vibrasyon kullanılmaksızın silindiraj yapılmaktadır. Taş mastik asfalt seriminde iki finişer için en az dört adet çelik bandajlı silindire ihtiyaç duyulup bu silindirler arasında 15 cm gibi bir bindirmeyle uygun serim işlemi sağlanabilir.

6. DENEYSEL ARAŞTIRMALAR

Genel olarak arazi, laboratuvar ve üretim olarak üç kısımdan meydana gelen çalışmanın bu bölümde laboratuvar aşamaları ele alınmıştır. Asfalt betonu üretilerek yapılan test sonuçları gözlemlenmiştir. Böylece farklı bölgelerden temin edilen bazalt ve gabro örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespit edilip bitümlü sıcak kaplamalarda gösterecekleri reaksiyonlar incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak agregaların fiziksel testleri yapılmıştır.

Samsun, Ordu ve Giresun illerinden toplanan örnekler öncelikle laboratuvar ortamında mobil çeneli kırıcılar ile istenilen çaptaki sınıflarda kırılıp birbirinden ayrılarak deneylere hazır hale getirilmiştir. Yine bu kayaç örneklerinden silindirik ve kübik şekillerde kesimler yapılarak tek eksenli basınç dayanımlarının tespiti için numuneler hazır hale getirilmiştir.

Ayrıca inceleme bölgelerinden toplanan ve toplandığı bölgeleri temsil eden bu örnekler, Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Araştırma Merkezinde petrografik açıdan değerlendirilmiştir. Bu çalışma bünyesinde her bir kayaç türü için ince kesitler hazırlanmış ve elde edilen minerolojik bileşimlerin diğer fizikomekanik testler üzerindeki etkileşimi değerlendirilmiştir.

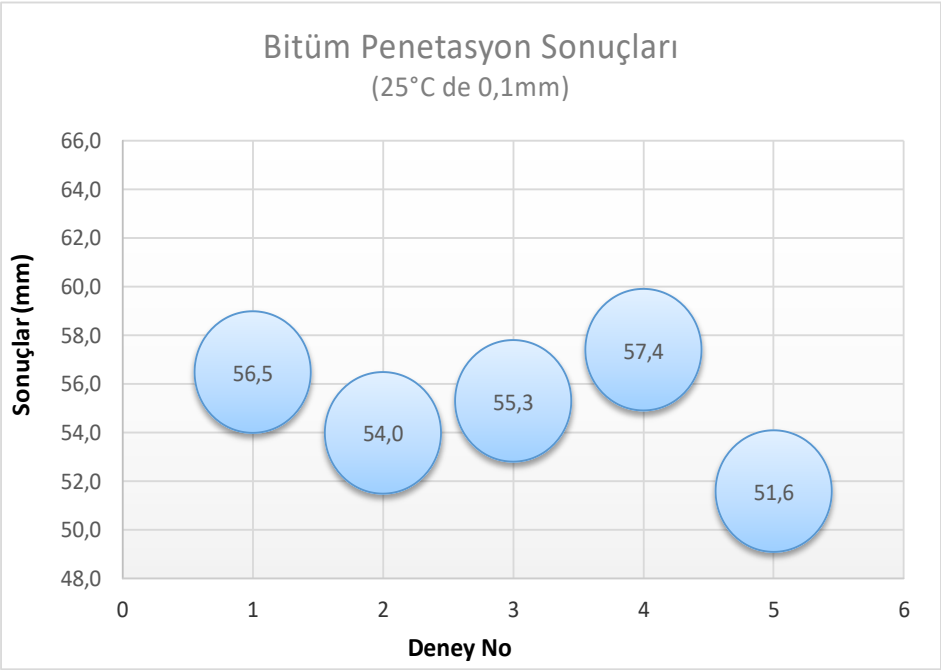
Şekil.6.1. Araştırmalara tabi tutulacak kayaçların deney öncesi hazırlık aşamalarından.

6.1. Bitüm Deneyleri

Sıcak karışım deneylerinde kullanılan bitüm Kırıkkale Rafinerisinden temin edilmiştir. Araştırma neticesinde BSK yapımına uygun nitelikteki agregalar tespit edildikten sonra hazırlanacak dizayn için bitüm özelliklerinin bilinmesi gerekir. Bu nedenle kullanılacak 50/70 penetrasyonlu bitüme yapılan testler ve test sonuçları aşağıda verilmiştir.

6.1.1. Bitüm Penetrasyon Deneyi (TS 118 EN 1426)

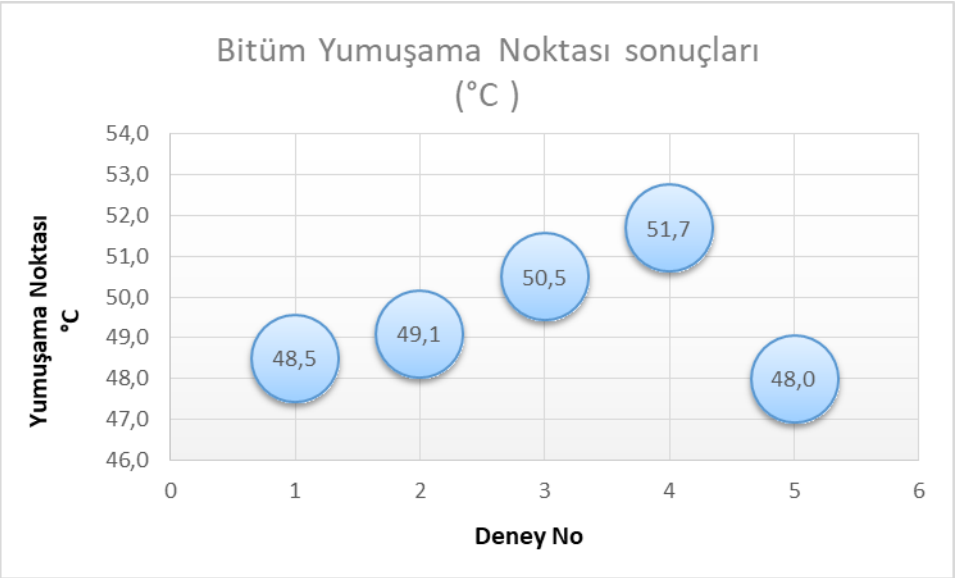
Bitümlü bağlayıcılar arasından düşük kıvamlı asfalt çimentoları soğuk iklimli bölgelerde, yüksek kıvamlı bitümlerin ise sıcak iklimli bölgelerde kullanılması tavsiye edilmektedir. Bitümün sertliğini veya kıvamını belirlemek amacıyla yapılmış olan bu deney bitüm kıvamının amprik bir ölçümüdür. Standart penetrasyon deneyi 100 gr ağırlığındaki bir iğnenin 25 °C sıcaklıkta ve 5 saniye süreyle bitüm içerisine battığı düşey mesafe olarak tanımlanmaktadır (TCK bitümlü karışımlar laboratuvar el kitabı, 1993). Şekil.6.2 de BSK dizayn çalışmasında kullanılacak Kırıkkale Rafinerisi AC 50/70 bitümüne yapılan penetrasyon deneylerine ait sonuçlar verilmektedir.



Şekil.6.2. B50/70 Bitüm penetrasyon deneyi sonuçları.

6.1.2. Bitüm Yumuşama Noktası Deneyi (TS 118 EN 1427)

Bitümün yumuşama sıcaklığını tespit etmek amacıyla yapılan bir deneydir. Standardında belirtilmiş olan kalınlık ve çapta bir halka içine ısıtılarak akıcı hale getirilen bitüm bırakılır. Bir beher 5 °C ye kadar soğutulmuş saf su ile doldurulur. Numuneyi taşıyan halkanın alt üst yüzü su banyosunun tabanından 2,5 cm yukarıda olacak şekilde yerleştirilir. Bu sırada bilye suya konur -2 ile 80 °C arasında bölmelenmiş termometre; civa haznesinin ucu halkanın alt yüzü ile aynı düzeyde ve halkadan 0,5 cm uzaklıkta bulunacak şekilde su banyosuna sarkıtılır. Su banyosunun sıcaklığı 15 dakika süreyle 5 °C de sabit tutulur. Daha sonra bilye, uygun bir maşa yardımıyla halka içindeki numunenin tam ortasına yerleştirilir. Beherdeki su ilk 3 dakikadan sonra dakikada 5 °C yükselecek şekilde ısıtılır. Sıcaklığın artması ile yumuşayan malzemenin banyonun tabanına değdiği anda termometreden okunan sıcaklık yumuşama noktası olarak kaydedilir. Aşağıdaki Şekil.6.3'te yer alan grafikte Kırıkkale Rafinerisi AC 50/70 bitümüne yapılan yumuşama noktası deney sonuçları yer almaktadır.



Şekil.6.3. B50/70 Bitüm yumuşama noktası deney sonuçları.

6.1.3. Bitüm Özgül Ağırlık Deneyi (TS 1087)

Karışım hesaplarında, hidrokarbonlu bağlayıcının cinsinin belirlenmesi amaçlı ve ağırlıkla hacim arasındaki değerlerin belirlenmesinde asfaltın özgül ağırlığının bilinmesi gereklidir.

Bitüm özgül ağırlığı, piknometre yardımıyla belli hacimdeki ağırlığının aynı hacimdeki saf su ağırlığına oranı olarak tespit edilmektedir. Boş kap önce kuru olarak tartılır daha sonra aynı kap 25 °C deki saf su ile doldurularak tartılır. Kuru boş kabın içerisine hava kabarcığı kalmayacak şekilde 2/3 oranında erimiş bitüm konulur ve tartılır. Son olarak 2/3'ü bitümle dolu piknometrenin üzeri ağzına kadar saf su ile doldurularak tartım yapılır. Elde edilen veriler aşağıda verilen özgül ağırlık formülüne işlenerek deney sonucu bulunur. Özgül ağırlık hesabı Formül.6.1'de verilmiştir.

(Formül.6.1)

Kap : A

Kap + Su : B

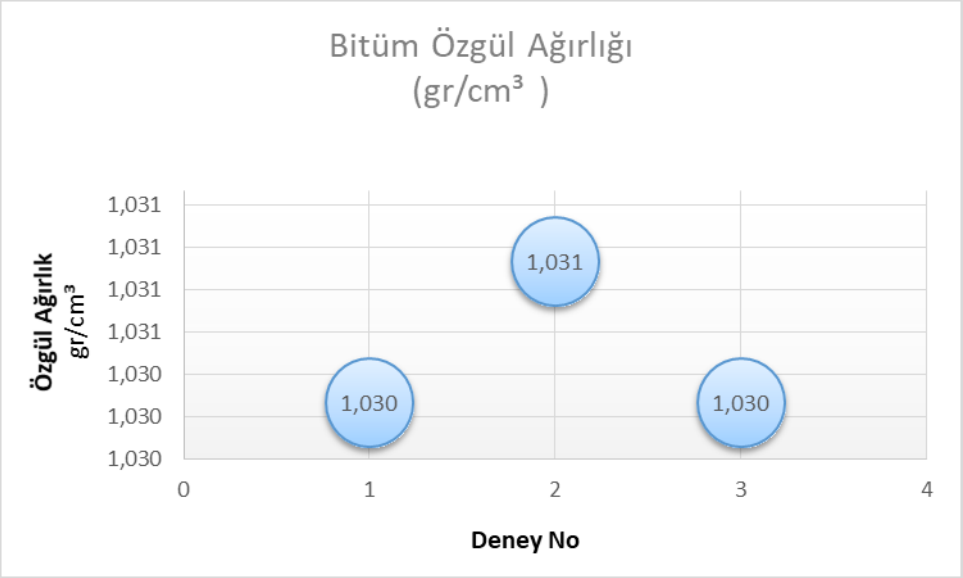
Kap + Bitüm : C

Kap + Bitüm + Su : D

$$\text{Özgül Ağırlık} = \frac{C - A}{B - A - (D - C)}$$

Yukarıdaki formül ve deney metodu kullanılarak Kırıkkale rafinerisine ait bitümün özgül ağırlık değerleri tespit edilmiştir. Dizayn hesaplamalarında kullanılmak üzere AC 50/70 bitümüne yapılan özgül ağırlık deney sonuçları aşağıdaki Şekil.6.5 te verilmiştir.

Şekil.6.4. Bitüm özgül ağırlık deneyi yapım sırasından bir görüntü.



Şekil.6.5. Kırıkkale Rafinerisi AC 50/70 bitümü, özgül ağırlık deneyi sonuçları.

Dizayn yapımına başlanmadan gerek bitüm hakkında bilgi edinmek gerekse dizayn karakteristik hesaplamalarını yapabilmek adına yukarıdaki grafikte belirtildiği şekilde bitüm değerleri test sonuçları elde edilmiştir.

Penetrasyon deneyi için TS EN 1426, Yumuşama noktası deneyi için TS EN 1427 ve Bitüm Özgül Ağırlığı için TS 1087 standartlarında belirtilen şartlar doğrultusunda deneyler gerçekleştirilmiştir.

6.2. Agrega Fiziksel Deneyleri

Bu bölümde agregalar üzerinde yapılmış tüm deneyler ele alınmaktadır. Yapılan testler sonucunda elde edilen veriler çizelgelere işlenmiş ve bu veriler grafikler şeklinde karşılaştırılmıştır.

Şekil.6.6. Agrega deneyleri yapım aşamalarından bir görüntü.

6.2.1. Metilen Mavisi Deneyi (TS EN 933-9)

Araştırma konusu ince agregalarda gerek kayacın yapısından kaynaklı gerekse agrega kırımı sırasında çevresel faktörlerden kaynaklı istenmeyen kirlilik oluşturacak, kil miktarının tespiti için yapılmıştır.

İnce agrega numuneleri 2 nolu elekten 200gr elenmiş ve bir beher içerisinde bulunan 500 gr saf su içerisine konmuştur. Beher içindeki saf su ve ince agrega karışımı deney aletleri vasıtası ile 600 devirde 5 dakika boyunca karıştırılır. Titrometre 100 ml kadar (daha önce hazırlanmış) metilen çözeltisi ile doldurulur. 5 dakika sonra 5 ml metilen mavisi çözeltisi eklenerek 400 devirde 1 dakika boyunca karıştırılır. Karıştırma bitiminde cam baget karışıma daldırılıp filtre kâğıdına damlatılır ve turkuaz renkte hale meydana gelip gelmediği kontrol edilir. Bu işleme; 5 ml eklenip 400 devirde 1 dakika karıştırılıp filtre kâğıdına damlatılan sıvıda hale görününceye dek devam edilir. Yapılan işlemler neticesinde deney sonucu aşağıda formül.6.2 de verildiği şekilde hesaplanmış ve çizelge 6.1 gibi tablo haline getirilmiştir.

(Formül.6.2)

M1 : Deney numunesi kütlesi, gr

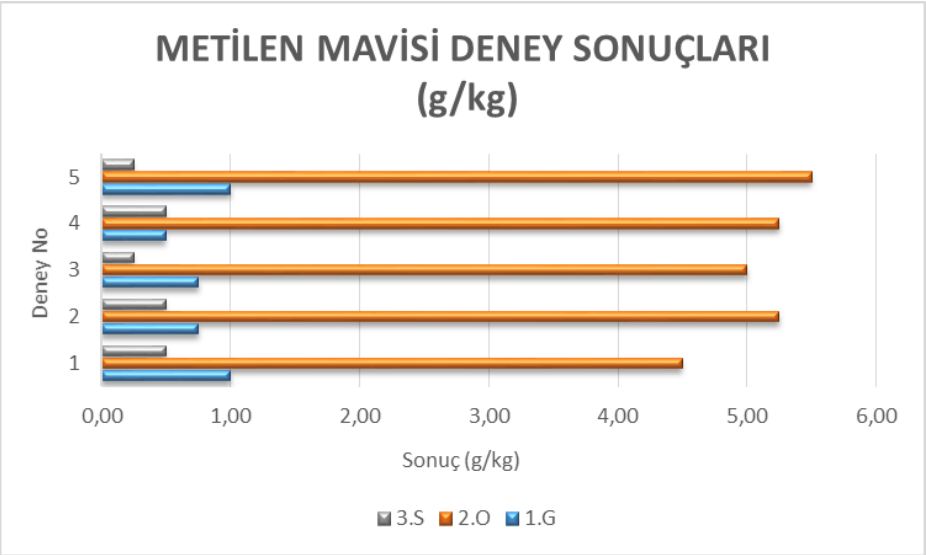
V1 : İlave edilen çözelti miktarı, ml

MB : 0-2 mm aralığında beher kg için kullanılan boya miktarı, 0,1g

MB = V1/M1*10 şeklinde hesaplanmıştır.

Çizelge.6.1. Metilen mavisi deney sonuçları.

METİLEN MAVİSİ DENEYİ (g/kg)			
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	1,00	4,50	0,50
2	0,75	5,25	0,50
3	0,75	5,00	0,25
4	0,50	5,25	0,50
5	1,00	5,50	0,25



Şekil.6.7. Metilen Mavisi Deney Sonuçları Korelasyonu.

Metilen mavisi deney sonuçlarına bakıldığında killilik oranı en yüksek 5,50 değerini bulan Ulubey sütun bazaltlarının BSK yapımı için uygun değerin çok üzerinde yer aldığı görülmüştür. Yine 0,25 ile 1,00 değerleri arasında seyreden Kovanlık bazaltı ve gabro kayacı ise killilik kriterlerini rahatlıkla sağlamaktadır.

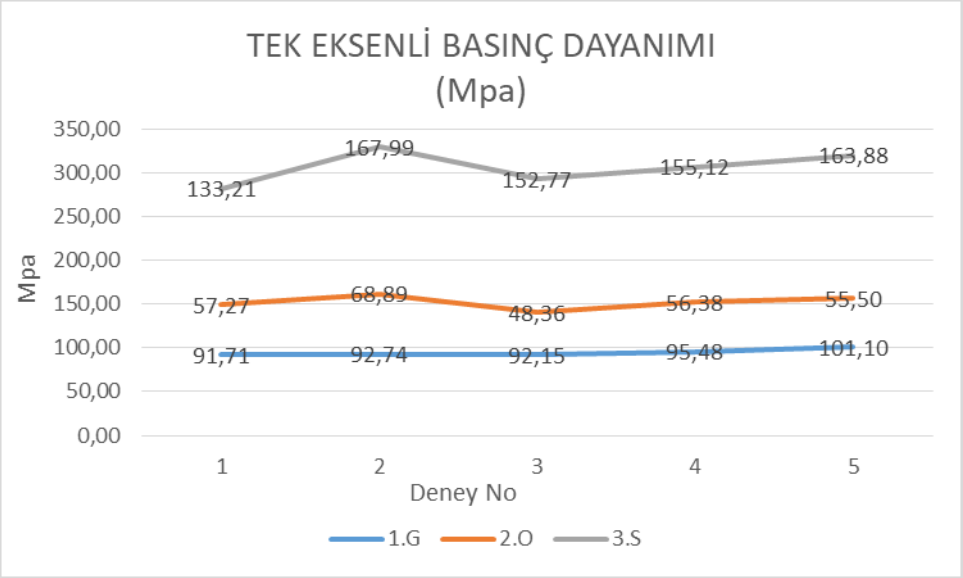
6.2.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı (TS EN 1926)

İnceleme konusu kayaçlarda üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kaya numunelerinin, kırılmadan önce dayanma yeteneğinin tespiti amaçlı yapılmıştır.

Deney yapım aşamasında örneklerin boy (L) ve çap (D) değerleri kumpas yardımıyla ölçülerek kaydedilmiştir. Numune, hidrolik pres tablaları arasına yerleştirilir. Yükün numune üzerine homojen şekilde yayılmasını sağlamak amacıyla numune alt ve üst kısmına numune ile aynı çapta olan çelik diskler konulur. Hidrolik preslerde numunenin üzerine konulduğu alt tabla yukarı doğru hareket eder. Prese bağlı bilgisayar aracılığıyla numune üzerine düşey yük uygulanır. Yük, saniyede 0,5 – 1 MPa gerilme oluşturacak şekilde sürekli ve sabit bir hızla uygulanır. Numune yenildiği anda bilgisayardan yenilme yükü (Fc) okunarak kaydedilir. Bu deney ile kırılmadan önceki silindir veya prizma şeklinde hazırlanan numunelerin, tek eksenli ve düşey olarak uygulanan yükler altında dayanım sınırı, aşağıdaki Çizelge 6.2 de verildiği gibi tespit edilmiştir.

Çizelge.6.2. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları.

TEK EKSENLİ BASINÇ DAYANIMI (Mpa)			
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	91,71	57,27	133,21
2	92,74	68,89	167,99
3	92,15	48,36	152,77
4	95,48	56,38	155,12
5	101,10	55,50	163,88



Şekil.6.8. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deney Sonuçları Korelasyonu.

İnceleme örnekleri içinde en düşük tek eksenli basınç dayanımı 91,71 MPa değerinde olan Ulubey sütun bazaltlarında görülmüştür. Buna karşın tek eksenli basınç dayanımı en yüksek olan ve en iyi sonucu veren ise 167,99 MPa değeriyle Nebiyan gabroları olmuştur.

6.2.3. Los Angeles Aşınma Kaybı (TS EN 1097–2)

Araştırma kayaçlarından elde edilmiş agregaların; çeşitli faktörlerce maruz kaldığı aşınma etkilerine karşı olan mukavemetini tespit etmek amacıyla TS EN 1097–2 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Agregaların durabilitesi yani aşınmaya karşı dayanıklılığını gösteren bu deney Los Angeles aşınma makinesi ile yapılır. Alet iki ucu kapalı iç çapı 710 mm. ve iç uzunluğu 510 mm. olan içi boş çelik bir silindirden oluşur. Aşındırma sürecini kısaltmak için 46,8 mm. çapında ve 390 – 444 gram ağırlığında çelik bilyeler kullanılır. İstenilen granülometri sınıfında hazırlanan deney numuneleri aşındırıcı yükler ile birlikte aşınma makinasına konur ve makine ağzı çalışınca numune kaybına yol açmayacak şekilde sıkıca kapatılır. Makine dakikada 30 – 33 devir hızla dönerek 500 devir sonra kapatılır ve numuneler içinden alınır. Çıkan numuneler 1.70 mm'lik elekten elenir. Kalan kısım yıkanır ve 110 °C'de değişmez ağırlığa kadar kurutulur ve tartılır. Numunenin ilk ağırlığı cinsinden bulunan yüzde, malzemenin aşınma kaybıdır.

Yapılan deneyler neticesinde deney sonucu aşağıda formül.6.3 de verildiği şekilde hesaplanmış ve çizelge 6.3'teki gibi tablo haline getirilmiştir.

Çizelge.6.3. Los Angeles Aşınma Kaybı Deney Sonuçları.

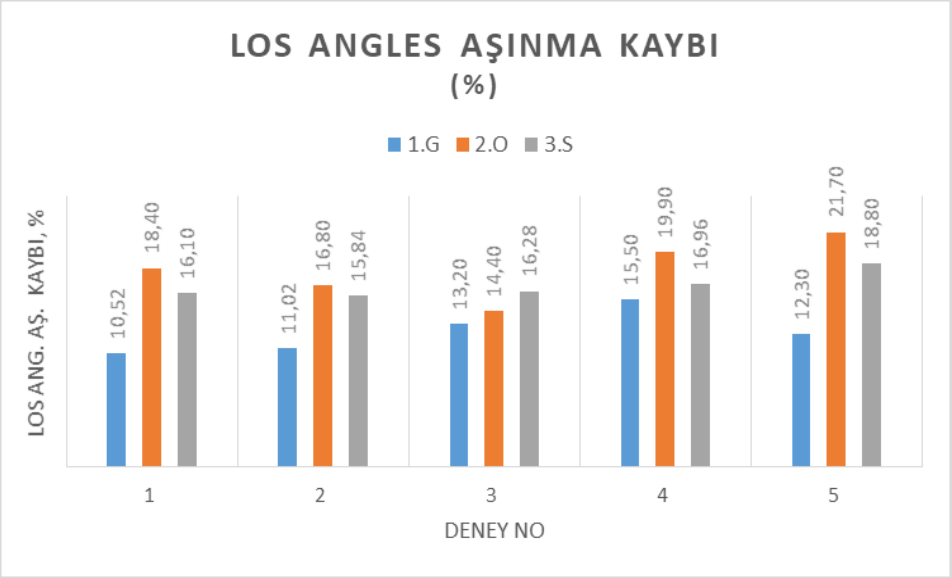
	LOS ANGELES AŞINMA KAYBI (%)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	10,52	18,40	16,10
2	11,02	16,80	15,84
3	13,20	14,40	16,28
4	15,50	19,90	16,96
5	12,30	21,70	18,80

(Formül.6.3)

A : Numunenin ilk ağırlığı, (gr)

B : Numunenin son ağırlığı, (gr)

Aşınma Yüzdesi = [(A-B)/A] * 100 şeklinde hesaplanmıştır.



Şekil.6.9. Los Angeles Aşınma Kaybı Deney Sonuçları Korelasyonu.

Araştırma örnekleri içinde Los Angeles aşınma kaybı değeri en yüksek olan birim %18,24 ortalamasıyla Ulubey sütun bazaltlarında görülmüştür. Yüzde kayıp olarak en yüksek değer Ulubey sütun bazaltlarında görülse de her üç kayaç örnekleri BSK yapımı için uygun nitelikte aşınma kaybına sahiptir.

6.2.4. Hava Tesirlerine Karşı Dayanım (TS EN 1367-2)

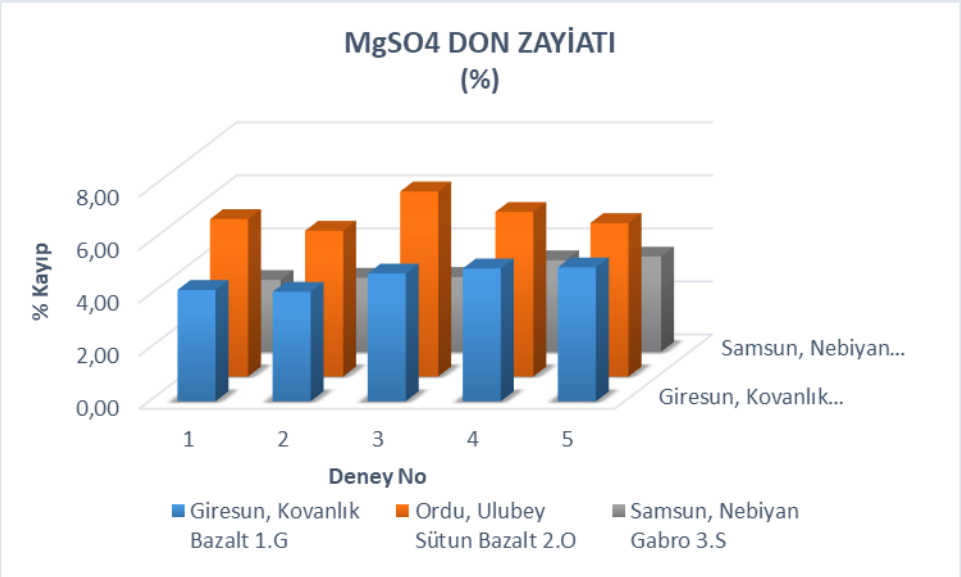
İncelme konusu agregaların arka arkaya donma ve çözülme etkisine maruz bırakılması hâlinde gösterdiği davranış biçimi hakkında bilgi edinmek için TS EN 1367-2 (2011) standardında yapılan bir deneydir.

Şartname sınırları içinde kalacak şekilde elenerek hazırlanmış ve 110 °C'de kurutulmuş olan agregalardan belirtilen miktarda tel sepetler ve elekler üzerine konur. Agrega yüzeyinden yukarı en az 2 cm kaplanacak şekilde MgSO4 çözeltisi içerisine daldırılır ve kabın üzeri kapatılır. Sıcaklığı 21 °C olan ortamda en az 16 en fazla 18 saat olacak şekilde bekletilir. Daldırma süresi sonunda agrega numunesi çözeltiden çıkartılır 5 dakika boyunca süzülmeye bırakılır. Daha sonra 110 °C etüvde değişmez ağırlığa kadar kurutulur. Kuruyan numuneler etüvden çıkartıldıktan sonra oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulur. Bu işlemler zinciri 5 defa tekrarlanır. En son tekrardan sonra etüvden çıkartılan numune soğutulup ardından çözelti tamamen temizleninceye kadar suyla yıkanır. Yıkama işleminden sonra tekrar değişmez ağırlığa kadar etüvde kurutulup tartılır. Deney sonrasında elek üzerinde kalan numune ağırlığı ile ilk numune ağırlığı

arasındaki fark donma kaybıdır. Tespit edilen kaybı ilk ağırlığa göre yüzdesi ise donma kaybı yüzdesidir.

Çizelge.6.4. MgSO4 Don Kaybı Deney Sonuçları.

Hava Tesirlerine Karşı Dayanım (MgSO4 ile % Kayıp)			
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	4,20	5,94	2,71
2	4,13	5,50	2,79
3	4,82	6,98	2,82
4	5,01	6,21	3,45
5	5,05	5,79	3,59



Şekil.6.10. MgSO4 Don Kaybı Deney Sonuçları Korelasyonu.

Araştırma örnekleri içinde hava tesirlerine karşı dayanımı en az olan yani don kaybının en yüksek olduğu kayaç % 6,08 ortalamayla Ulubey sütun bazaltları olmuştur. Yine hava tesirlerine karşı dayanımı en yüksek olan kayaç ise % 3,07 ortalamayla Samsun Nebiyan Gabrosu olmuştur.

6.2.5. Kaba Agrega Özgül Ağırlık Deneyi (TS EN 1097)

İnceleme konusu iri agreganın birim hacimdeki ağırlığını tespit etmek için yapılmıştır. Bunun yanında dizayn çalışmalarında kullanılmak üzere doygun yüzey özgül ağırlık ile görünen özgül ağırlığının tespiti TS EN 1097 – 6 (2002) standardında belirtildiği şekliyle yapılmıştır.

Numunelerin 4.00 mm.'lik elek üzerinde kalan kısmından en az 2 kg alınır ve su ile yıkama yapılarak temizlenir. Numunenin etüvde kurutulmuş ağırlığı, doygun yüzey kuru durumdaki ağırlığı ve sudaki ağırlığı tespit edilir. Formül 6.4 te verildiği gibi gerekli hesaplamalar yapılır.

(Formül.6.4)

A : Etüvde kurutulmuş ağırlık, (gr)

B : Doygun yüzey kuru durumdaki ağırlık, (gr)

C : Sudaki ağırlık, (gr)

Kuru Özgül Ağırlık = [A / (B - C)]

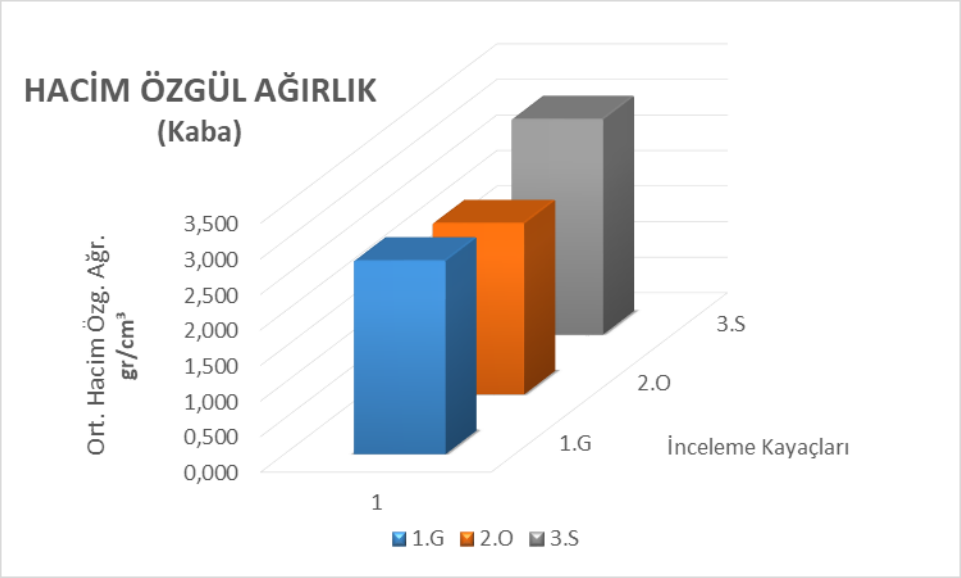
Doygun Yüzey Özgül Ağırlık = [B / (B - C)]

Zahiri Görünür Özgül Ağırlık = [A / (A - C)]

Araştırma konusu kaba agrega örneklerine yapılan deneyler ve elde edilen sonuçları aşağıda yer alan Çizelge.6.5'e işlenmiştir.

Çizelge.6.5. İri Agrega Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.

	İRİ AGREGA HACİM ÖZGÜL AĞIRLIK (gr/cm³)		
	Giresun, Kovanlık Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	2,737	2,422	3,043
2	2,731	2,412	3,040
3	2,712	2,413	3,013
4	2,712	2,407	3,016
5	2,735	2,403	3,051
Ortalama	**2,725**	**2,411**	**3,033**



Şekil.6.11. İri Agrega Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları Korelasyonu.

6.2.6. İnce Agrega Özgül Ağırlık Deneyi (TS EN 933-1)

Yıkanmış ve kurutulmuş ince malzemeden yaklaşık 500 gr numune alınır. Hazırlanan bu numune boş ağırlığı önceden alınan özgül ağırlık piknometresine konur ve piknometreyle birlikte tartılır. Daha sonra piknometre yarısına kadar damıtık suyla doldurulup 24 saat bekletilir. Bu süre sonunda vakum yardımı ile piknometre içindeki hava emilir. Üst kısımda tamamen berrak su görülünce piknometre ağzından su taşıncaya kadar damıtık su ile doldurulur. İçerisinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde kapağı kapatılır ve 25 °C'deki su banyosunda 1 – 1,5 saat bekletilir. Piknometre havlu ile kurutulup 0,1 gr hassasiyetli terazide tartımı yapılır. Bu aşamalar iki adet numune üzerinde yapılır ve elde edilen sonuçların ortalaması alınır.

(Formül.6.5)

A : Piknometre boş ağırlığı, (gr)

B : Piknometre + saf su ağırlığı, (gr)

C : Piknometre + kuru numune ağırlığı, (gr)

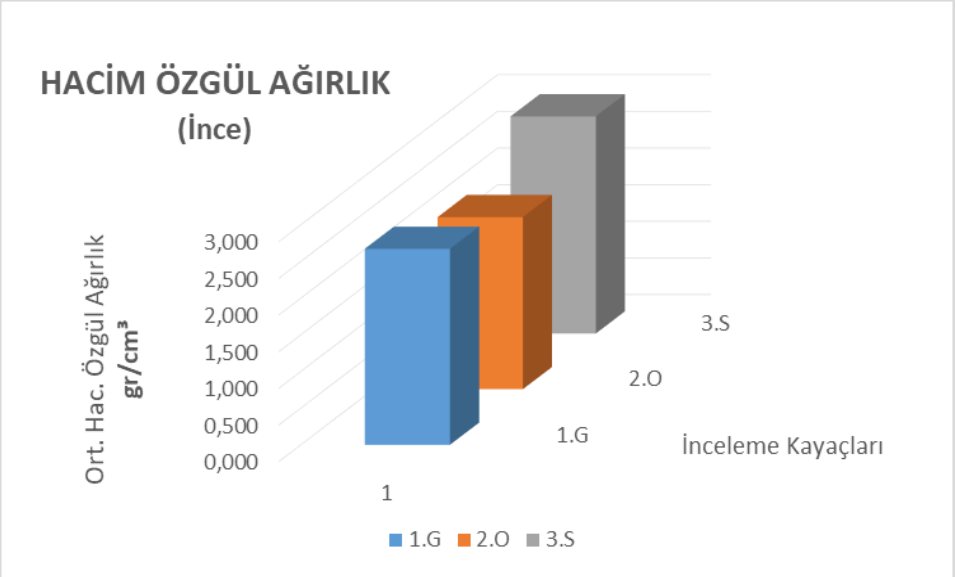
D : Piknometre + Numune + Saf Su, (gr)

Görünür Zahiri Özgül Ağırlık = (C-A) / [(B-A) – (D-C)]

Çizelge.6.6. İnce Agrega Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları.

	İNCE AGREGA HACİM ÖZGÜL AĞIRLIK (g/cm³)		
	Giresun, Kovanlık Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	2,657	2,347	3,000
2	2,660	2,360	2,947
3	2,675	2,351	2,978
4	2,686	2,305	2,957
5	2,687	2,371	2,928
Ortalama	**2,673**	**2,347**	**2,962**

Araştırma örneklerine konu olan İnce agregaların gerçek birim hacmine karşılık gelen ağırlığının tespiti için yapılan deney sonuçları Çizelge 6.6 da verilmiştir. Buna göre ince agregada en yüksek hacim özgül ağırlık değeri 2,962 gr/cm³ ortalamasıyla Nebiyan gabrosunda, ardından 2,673 gr/cm³ ortalamasıyla Kovanlık som yapılı bazaltında daha sonra en düşük yoğunluğa 2,347 gr/cm³ ortalamasıyla Ulubey sütun bazaltında rastlanmıştır.



Şekil.6.12. İnce Agrega Hacim Özgül Ağırlık Deney Sonuçları Korelasyonu.

6.2.7. Kaba Agrega Absorbsiyon Deneyi (TS EN 1097 – 6)

Çalışma konusu olarak incelenen agregaların; dane yüzeylerini birbirine bağlayan suyun dışındaki malzeme içerisindeki boşluklara suyun girmesinden dolayı agrega ağırlığındaki artış miktarı, kuru agrega yüzdesi olarak ifade edilen absorbsiyon değerleri TS EN 1097 standardında gerçekleştirilmiştir.

Deney yapım aşamaları ise kaba agregada özgül ağırlık deneyi için anlatılan kıstaslar tekrar edilerek gerçekleştirilir. Su emme yüzdesi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

(Formül.6.6)

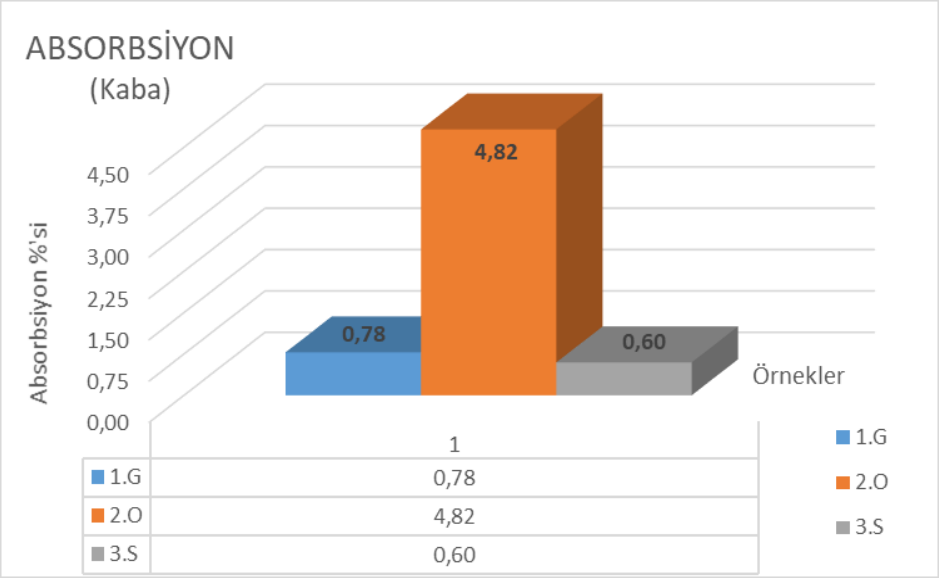
Absorbsiyon Yüzdesi = [(B - A) / A]

Agregada yüksek absorbsiyon değeri bitümlü sıcak karışımlarda, bitüm miktarındaki artışa neden olmakta beraber asfalt çimentosunda kusma, erken yaşlanma, yüzey kaymaları vb. gibi olumsuz etkilere de yol açabilmektedir.

Araştırma örneklerine yapılan deneylerle bulunmuş absorbsiyon yüzdeleri ve bu örneklerin ortalama Absorbsiyon yüzdeleri Çizelge 6.7'de verilmiştir.

Çizelge.6.7. Kaba Agrega Absorbsiyonu Deney Sonuçları.

	KABA AGREGA ABSORBSİYONU (%)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	0,71	4,85	0,59
2	0,78	4,97	0,54
3	0,75	4,72	0,64
4	0,85	4,76	0,63
5	0,80	4,81	0,58
Ortalama	**0,78**	**4,82**	**0,60**



Şekil.6.13. Kaba Agrega Absorbsiyonu Deney Sonuçları Korelasyonu.

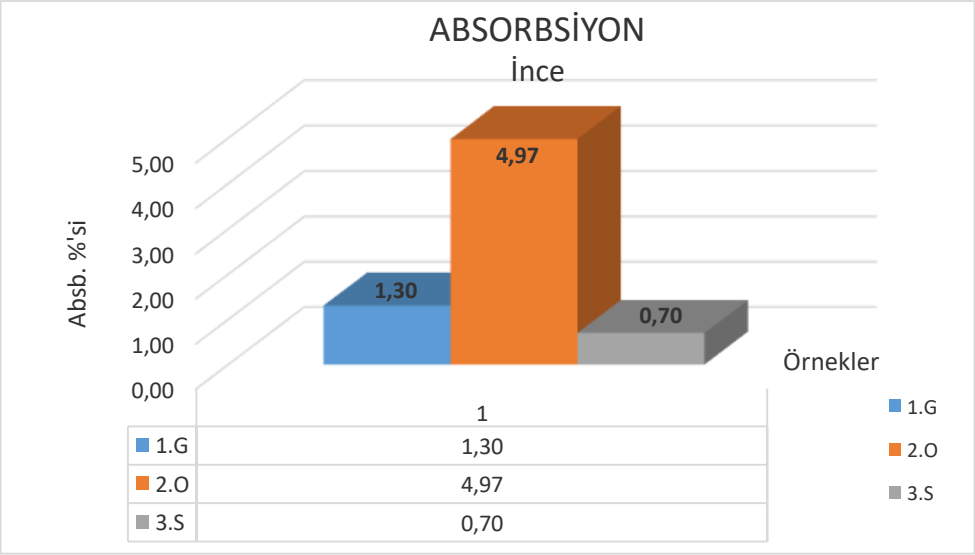
6.2.8. İnce Agrega Absorbsiyon Deneyi

İnce agreganın su emme yüzdesi, numunenin doygun yüzey kuru durumdaki ağırlığıyla kuru ağırlığı arasındaki farkın; numunenin kuru ağırlığına bölünmesiyle elde edilir. Deney yapımı ince agreganın özgül ağırlığının tespiti süreci ile paralel gerçekleşir.

Çizelge.6.8. İnce Agrega Absorbsiyon Deney Sonuçları.

	İNCE AGREGA ABSORBSİYONU (%)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	1,28	4,90	0,63
2	1,31	4,92	0,63
3	1,34	4,91	0,64
4	1,28	5,03	0,79
5	1,31	5,11	0,80
Ortalama	**1,30**	**4,97**	**0,70**

Doygun yüzey kuru hali gözle tespit edildiği için deneyi yürüten kişinin tecrübesi çok önemlidir. Doygun yüzey kuru hali kesik koni yöntemi kullanılarak da tespit edilebilir. Bu yöntemde ince agrega konik kaba yerleştirilir ve 25 defa tokmaklanır. Kalıp dik olarak kaldırıldığında nem fazlaysa ince agrega konik şeklini muhafaza eder. Bu durumda kurutma işlemi sürdürülür. Konikliğin serbestçe bozulması ince agreganın doygun yüzey kuru hale geldiğini gösterir ve bu halindeki tartımı doygun yüzey kuru ağırlığı vermektedir.



Şekil.6.14. İnce Agrega Absorbsiyon Deney Sonuçları Korelasyonu.

6.2.9. Organik Madde Tayini Deneyi (%3 NaOH ile)

Araştırma örneklerinde organik kökenli maddelerin tespiti amaçlı Sodyum Hidroksit ile yapılan deneylerden elde edilmiş veriler Çizelge 6.9'da verilmiştir. Organik Kökenli Maddeler: Sodyum Hidroksit ile yapılan deneyde sıvı rengi sarı, kahverengi veya kırmızı olmayacaktır (TS-3673). Deney için 500 gr 8 mm kare gözlü eleğin altına geçen malzemeden alınır ve hava kurusu durumuna getirilir. Bu numuneden TS 707'ye uygun olarak yaklaşık 200 gr. numune alınır ve ölçü kabına konur. Ölçü kabına konan numune ölçü kabının 1/3 ine kadar doldurulur. Sonra bu numunenin üzerine % 3'lük sodyum hidroksit çözeltisi doldurulur. Sodyum hidroksit çözeltisi (% 3'lük); 3 gr. sodyum hidroksit (NaOH) 97 gr. damıtık su içinde çözünerek hazırlanır. Hazırlanan bu % 3'lük sodyum hidroksit çözeltisi ölçü kabının 2/3 sine kadar

doldurulur. Ölçü kabının ağzı kapatılarak bütün agregalar ıslanacak şekilde iyice çalkalanır. Bütün numunelerin ıslandığından emin olduktan sonra ölçü kabı fazla ışık olmayan bir yerde 24 saat kendi haline bırakılır. Bu süre sonunda numunenin üzerindeki sıvının rengi referans renk skalasıyla karşılaştırılır.

Sonuçlar referans renk durumlarıyla karşılaştırılarak eriyik renginin hangi referanslar arasında olduğu görülür.

Çizelge.6.9. Organik Madde Tayini Deney Sonuçları.

	ORGANİK MADDE TAYİNİ (%3 NaOH ile)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	Negatif	Negatif	Negatif
2	Negatif	Negatif	Negatif
3	Negatif	Negatif	Negatif
4	Negatif	Negatif	Negatif
5	Negatif	Negatif	Negatif

Yapılan organik madde tayini deneyinde araştırma konusu kayaçların herhangi birinde organik maddeye rastlanmamıştır. Bu durumda bitümlü sıcak karışım imalatları için istenen bir diğer parametreyi sağlamış olmaktadır.

6.2.10. Yassılık İndeksi Tayini Deneyi (TS EN 933-3)

Araştırma örneklerinin 4,75 mm'den büyük olan kaba agregalarına uygulanan yassı ve uzun tanelerin tespiti amaçlı TS EN 933-3 standardında yapılmış bir deneydir.

Kaba agrega danelerinin maksimum boyutunun minimum boyuta oranının beşten büyük kısmının ağırlıkça yüzdesini ifade etmektedir. Yassı agrega tanelerinin en küçük boyutunun anma boyutuna oranının 0,6'dan küçük olması şeklinde de tanımlanabilir. Agrega tanelerinde şekil olarak ince, uzun ve yassı miktarının çok az olması veya hiç olmaması istenir. Çünkü yassı tanelerden oluşan bir yapı trafik yükü altında stabil bir davranış gösterememektedir. Ayrıca yassı taneler yük altında kolay kırılabileceğinden dolayı karışım mukavemetini düşürmektedir.Bu deney 63,50 mm.'lik elek üzerinde kalan ve 6,35 mm.'lik elekten geçen malzemeler için uygulanmaz.

Çizelge.6.10. Yassılık indeksi tayini için alınacak minimum numune miktarı.

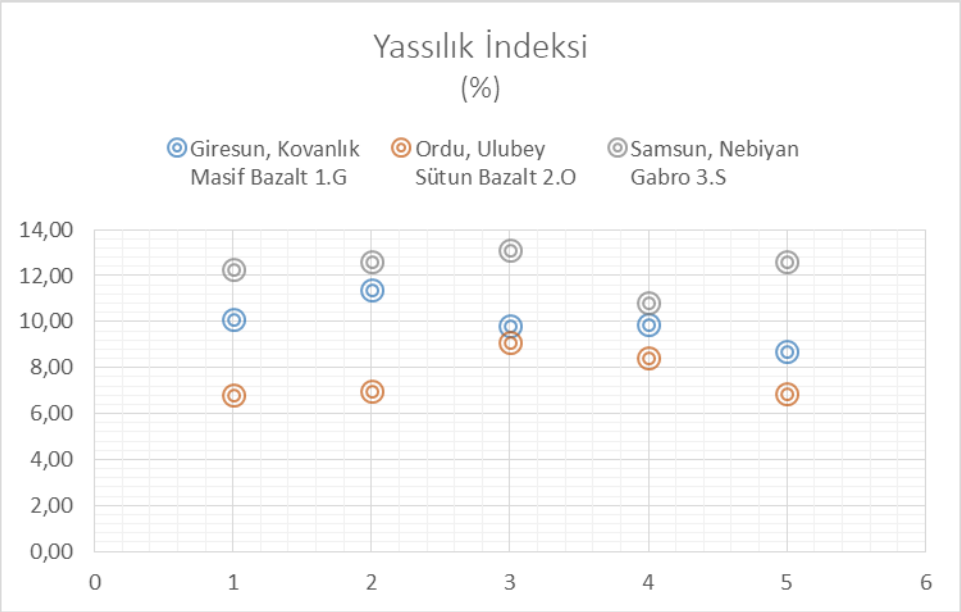
Maksimum Tane Boyutu (mm)	Maksimum Miktar (Kg)
63,50	25,00
50,00	20,00
37,50	15,00
25,00	10,00
12,50	5,00
9,50	2,50
6,35	2,00

Deneye tabi tutulacak numunelere elek analizleri yapılır ve her elek üzerinde kalan malzeme tartılır. Tartımı alınan malzemeler ağırlıklarına göre her elek arasında kalan yüzde bulunur. Yassılık indeksi aleti yardımı ile her elek arasında kalan malzemenin teker teker alet üzerindeki ilgili tane çapına ait deliklerden geçip geçmediği kontrol edilir. Daha sonra ölçme aletinden geçen bütün malzeme tartılır. Elde edilen sonuç ilk malzeme miktarına oranlanarak yassılık indeksi değeri tespit edilmiş olur.

İnceleme kayaçlarına yapılan Yassılık indeksi deneyine ait deney sonuçları Çizelge 6.11' da verilmiştir.

Çizelge.6.11. Yassılık İndeksi Deney Sonuçları.

	Yassılık İndeksi (%)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	10,10	6,80	12,30
2	11,40	7,00	12,60
3	9,80	9,10	13,10
4	9,90	8,45	10,80
5	8,70	6,88	12,60
Ortalama	**9,98**	**7,65**	**12,28**



Şekil.6.15. Yassılık İndeksi Deney Sonuçları Korelasyonu.

Deney sonuçları incelendiğinde inceleme kayaçları örneklerinden agrega elde edilirken kırım sırasında en yüksek yassılık oranına %12,28 oranıyla Samsun Nebiyan gabrosu, en düşük yassılık ortalamasına ise %7,65 oranıyla Ordu Ulubey sütun bazaltlarında görüldüğü tespit edilmiştir. Kayaçlardan elde edilen her üç ortalama değer BSK imalatları için uygun şartname değerlerini sağlamaktadır.

6.2.11. Soyulma Mukavemeti (TS EN 12697)

İnceleme örneklerinde, agrega yüzeyi ile bitümlü bağlayıcı arasındaki adeziv bağın; suyun etkisi ile kırılmasından kaynaklı gelişen sonuçların tespiti amaçlı TS EN 12697 -11 standardında yapılmış bir deneydir.

Soyulma, agrega ile bitüm arasındaki bağın kopması anlamına gelir. Su agrega ile bitüm arasına girer. Agrega yüzeyinin su ile olan reaksiyonu bitümünkinden daha fazladır ve böylece oluşan bağın kopmasına neden olacaktır. Soyulmanın gerçekleşme oranı; sıcaklık, agreganın mineralojik bileşimi ile bitümün viskozitesi ve bileşenlerine bağlı olarak değişiklik gösterir.

Boyutu 10-6,3 mm. arasında olan 600 gr. kırılmış agrega numunesi 6,3 mm'lik elekten yıkanarak elendikten sonra 110 ± 5 ºC'lik etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulur. Yıkanmış kurumuş malzemeden 150 adet agrega numunesi bir kapta, yeterli

miktarda bitümlü bağlayıcı ayrı bir metal kapta olmak üzere, karıştırma kabı ile birlikte TS EN 12697-35'de verilen sıcaklıklara uygun olarak ısıtılır. Isıtılmış karıştırma kabının içerisine agrega numunesi konulduktan sonra agreganın ağırlıkça %5'ine eşit miktarda ısıtılmış bitüm numunesi agreganın üzerine dökülerek karıştırılır. Agrega ve bitüm numunesi karıştırma işlemi; agregalar bitüm ile tamamen kaplanıncaya kadar devam ettirilir.

Karışım numunesi yeterli çaptaki düz tabanlı iki petri kabına eşit miktarda aktarılır ve kaplanmış mıcırlar birbirinden tamamen ayrı olacak şekilde cam bagetle çok hafif darbelerle düzeltilerek yerleştirilir. Petri kapları, 1 saat ±5 dakika laboratuvar sıcaklığında bekletildikten sonra, saf su ile dolu derin bir tepsi içerisine batacak ve petri kaplarının üzerinde en az 3 cm su olacak şekilde yerleştirilir. 24 saat süreyle bekletilmek üzere 60 ºC 'lik etüve konur. Bu sürenin sonunda petri kabı dışarı alınır ve suyu değiştirilir. Daha sonra petri kaplarına yandan bir ışık vererek gözle inceleme yapılır.

Deney sonunda tüm agrega danelerinin soyulmamış yüzeylerinin (kahverengimsi, saydam kısımlar soyulmamış kabul edilir) bütün yüzeye oranı, TS EN 12697-11'e uygun olarak belirlenerek en yakın %5'e yuvarlanır ve soyulmaya karşı dayanıklılık olarak ifade edilir.

Çizelge.6.12. Soyulma mukavemeti deney sonuçları.

	Soyulma Mukavemeti (50/70 Saf Bitüm ile, %)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	70 - 75	60 - 65	65 - 70
2	70 - 75	60 - 65	60 - 65
3	75 - 80	65 -70	60 - 65
4	75 - 80	60 - 65	65 - 70
5	70 - 75	55 - 60	65 - 70

Yapılan deneyler sonucunda inceleme kayaçlarında bitüm ile kaplı yüzeylerin genel olarak karayolları teknik şartnamesinde istenilen şartname limitlerinin alt

seviyesine yakın olduğu gözlemlenmiştir. AC 50/70 bitüm ile yapılan test sonuçlarına bakıldığında Kovanlık masif yapılı bazaltı diğer örneklere nazaran bitüm ile daha sıkı bir bağ oluşturmuştur. İnceleme örneklerine AC 50/70 penetrasyonlu bitüm ile yapılan soyulma mukavemeti deney sonuçları Çizelge.6.12'de verilmiştir.

Kayaçlarındaki soyulma olayını engellemek ve kayaç ile bitüm arasında daha kuvvetli bir bağ oluşturmak amacıyla anti-stripping denilen soyulma mukavemetini artırıcı katkı malzemeleri kullanılarak deney tekrarlanmıştır.

Bu malzemeler bitümün içine düşük oranlarda karıştırılarak soyulma olayı engellenmeye çalışılır. Amin bazlı bu dop katkıları agrega ile bitüm arasında kuvvetli bir bağ oluşturmanın yanı sıra iyi bir koruyucu vazifesi üstlenerek asfaltın ömrünü de uzatmaktadır. Çalışma örneklerinde AC 50/70 bitüm ve kullanılan bitüm miktarının % 0,2 oranı kadar dop karıştırılarak soyulma mukavemeti deneyi tekrarlanmış ve sonuçlarına Çizelge.6.13'de yer verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan görüleceği üzere çalışma konusu tüm kayaç örneklerinde soyulmaya karşı direncin arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge.6.13. Katkı oranı % 0,2 olan Dop ile yapılmış soyulma mukavemeti deney sonuçları.

	Soyulma Mukavemeti (50/70 %0,2 DOPLU Bitüm ile, %)		
	Giresun, Kovanlık Masif Bazalt	**Ordu, Ulubey Sütun Bazalt**	**Samsun, Nebiyan Gabro**
Deney No	**1.G**	**2.O**	**3.S**
1	90 - 95	85 - 90	80 - 85
2	90 - 95	85 - 90	80 - 85
3	90 - 95	85 - 90	85 - 90
4	90 - 95	90 - 95	85 - 90
5	85 - 90	90 - 95	90 - 95

Şekil.6.16. Deney yapım aşamalarından bir görüntü.

Şekil.6.17. Deney yapım aşamalarından bir görüntü.

6.3. Marshall Metodu ile Karışım Dizaynı

Marshall metodu kavramı; bitüm mühendisi Bruce Marshall tarafından formüle edilmiştir. U.S. Corps of Engineers kapsamlı araştırma ve çalışmalarıyla karışım dizayn kriterlerini geliştirmiştir. Marshall test metodu 'American Society for Testing and Materials' ca standartlaştırılmıştır.

Marshall yöntemi maksimum tane boyu 25 mm. veya daha küçük çapta agrega ihtiva eden penetrasyon veya viskozite ile sınıflandırılmış asfalt çimentosu içeren sıcak asfalt karışımlarına uygulanır. Bu metotta Marshall aleti kullanılarak bitümlü karışımın plastik akmaya karşı göstermiş olduğu direnci tespit edilir.

Marshall numunelerinin hazırlanması için dizayn edilmiş olan agrega karışımından belli elekler için tespit edilmiş miktarlarda alınarak yaklaşık 1150 gram oluşan karışım etüve konur ve ısıtılır. Bu sırada bitümlü bağlayıcı da aynı şekilde ısıtılarak karışım sıcaklığına getirilir. Karışım sıcaklığına erişen agrega alınarak homojen hale gelinceye kadar karıştırılır. Sonra ortasına bir çukur açılarak karışım sıcaklığına gelmiş bağlayıcıdan gerekli miktar bu çukura konur ve agrega bitümlü madde ile tamamen kaplanıncaya kadar karıştırılır. Karışımdan sonra, sıkıştırma sıcaklığından yaklaşık 10 dereceden daha yüksek sıcaklığa ayarlanmış bir etüvde kür tamamlanıncaya kadar havalandırılır (Yeterli kür, sıvı petrol asfaltı çözücüsünün yüzde 50'sinin uçtuğu andır). Kür tamamlandıktan sonra sıkıştırma işlemine geçilir. Bu işlemden önce kalıplar iyice temizlenir ve tokmağın sıkıştırma kafasında artık malzeme olmamasına dikkat edilmelidir. Sıkıştırma tokmağı 90 ila 150 dereceye kadar ısıtılır. Malzeme konmadan önce numune kalıbının dibine bir filtre kağıdı konur. Hazırlanan karışım kalıba aktarılarak 15 defa kenardan ve 10 defa ortadan spatula ile şişlenir. Kalıp tutucusu yerine yerleştirilerek üzerine filtre kağıdı konur ve tokmak 457 mm'den yükseklikten serbest olarak düşürülür. Devlet yolları ve otoyollar için 75, normal yollar için 50 darbelik sıkıştırma sayısı ile sıkıştırma işlemi yapılır. Daha sonra numune ters çevrilerek öbür yüzüne de aynı sıkıştırma sayısı uygulanır ve karışım briket haline getirilir. Yeterli stabiliteye erişmesi için numuneler sıkıştırmadan hemen sonra kalıptan çıkarılmaz. 24 saat soğumaya bırakıldıktan sonra kalıptan numune çıkarıcısı yardımıyla çıkartılır ve laboratuvar ortamında bekletilir. Daha sonra standarda göre sıkıştırılmış ve soğumuş numunelerin yükseklikleri ölçülerek kaydedilir.

Asfalt çimentosuyla hazırlanmış numuneler sıcaklığı 60+1 derecede olan su banyosunda 30-40 dakika, katranla hazırlanan da ise 38 derecede tutulur. Sıvı petrol

asfaltı ile deney numuneleri ise 25 derece hava banyosunda en az 2 saat bekletilir. Kırma kafasının, kırılacak numunenin sıcaklığına bağlı olarak 20 ila 40 derece sıcaklık arasında olması sağlanır. Sonra briket, kırma kafasının alt başlığı üzerine yerleştirilir. Akma ölçme aleti kırma kafası üzerinde bulunan yerine düzgünce yerleştirilir ve sıfırlanır. Numunelere Marshall Yükleme Aygıtı ile yükleme yapılır. Yükleme 51mm./dk.'lık sabit bir deformasyon hızıyla, en büyük yük değerine erişinceye kadar devam eder. En büyük yük değeri not edilir. En büyük yük değerine eriştiği anda flowmetre (akma aleti) yerinden çıkarılır ve akma değeri kaydedilir. Buraya kadar olan işlemlerin tümü 30 saniye içerisinde bitirilmelidir.

KTŞ'de 63,5 mm yüksekliğindeki Marshall numuneleri için bulunan stabilite değerleri gerçek değerlerdir. Bu kalınlıklardan farklı olan numunelerde düzeltme faktörleri katsayıları kullanılarak düzeltilmiş stabilite değerleri hesaplanır.

Farklı yüksekliklere sahip numuneler için stabilite düzeltme katsayıları Formül 6.7'teki bağıntı yardımıyla hesaplanır.

(Formül 6.7)

h = Numune Yüksekliği, (mm)

c = Düzeltme katsayısı

$c = 5{,}24 * e^{(-0{,}0258*h)}$ şeklinde hesaplanır.

Deney yoluyla elde edilen stabilite ve akma değerlerinden; stabilite ortalamasından %15 farklı stabilite değerine sahip olan numuneler ile akma ortalamasından %20 farklı akma değerine sahip numuneler değerlendirmeden çıkartılmaktadır. Geri kalan numunelerin ortalamaları alınarak stabilite ve akma değerlerinin sapma miktarları belirlenir.

Marshall deneyine tabi tutulan briket numunelerin stabilite ve akma değerlerinin yanı sıra; havadaki ağırlıkları, sudaki ağırlıkları, karışım agregasının özgül ağırlığı, karışım içerisindeki agrega ve bitüm miktarlarına bağlı olarak numunelerin teorik ve pratik özgül ağırlıkları, boşluk yüzdeleri, asfaltla dolu boşluk yüzdeleri ve agregalar arası boşluk yüzdeleri hesaplanarak tablo haline getirilir.

(Formül 6.8)

$ß_{agrega}$: Karışım agregasının özgül ağırlığı, gr/cm³

P_{iri} : Karışım agregasındaki iri agrega miktarı, gr

P_{ince} : Karışım agregasındaki ince agrega miktarı, gr

P_{filler} : Karışım agregasındaki filler agrega miktarı, gr

$ß_{iri}$: İri agreganın özgül ağırlığı, gr/cm³

$ß_{ince}$: İnce agreganın özgül ağırlığı, gr/cm³

$ß_{filler}$: Fillerin özgül ağırlığı, gr/cm³

$$ß_{agrega} = [\ 100 / ((P_{iri} / ß_{iri}) + (P_{ince} / ß_{ince}) + (P_{filler} / ß_{filler}))\ ]$$

şeklinde hesaplanır.

(Formül 6.9)

D : Teorik birim hacim ağırlık, gr/cm³

P_{agrega} : Numunedeki agrega miktarı, gr

$P_{bitüm}$: Numunedeki bitüm miktarı, gr

$ß_{agrega}$: Karışım agregasının özgül ağırlığı, gr/cm³

$ß_{bitüm}$: Bitümün özgül ağırlığı, gr/cm³

$$D = [\ 100 / ((P_{agrega} / ß_{agrega}) + (P_{bitüm} / ß_{bitüm}))\ ]$$

şeklinde hesaplanır.

(Formül 6.10)

d : Pratik (ölçülen) birim hacim ağırlık, gr/cm³

W_{hava} : Numunenin havadaki ağırlığı, gr

W_{su} : Numunenin sudaki ağırlığı, gr

V : Boşluk hacmi, %

D : Teorik birim hacim ağırlık, gr/cm³

$$\mathbf{d} = [\ W_{hava} / (W_{hava} - W_{su})\ ]$$

$$\mathbf{V} = [\ ((D - d) / D) * 100\ ]$$ şeklinde hesaplanır.

(Formül 6.11)

V_b : Numunedeki bitüm hacmi, cm^3

$P_{bitüm}$: Numunedeki bitüm ağırlığı, gr

$ß_{bitüm}$: Bitümün özgül ağırlığı, gr/cm^3

d : Pratik (ölçülen) birim hacim ağırlık, gr/cm^3

$$\mathbf{V_b} = [\ (P_{bitüm} / ß_{bitüm}) * d\ ]$$ şeklinde hesaplanır.

(Formül 6.12)

VFA : Asfaltla dolu boşluk yüzdesi, %

V_b : Numunedeki bitüm hacmi, cm^3

V : Boşluk hacmi, %

$$\mathbf{VFA} = [\ V_b / (V_b + V)\ ]$$ şeklinde hesaplanır.

Yukarıda verilen formüller yardımıyla yapılan deney sonuçları hesaplanarak ilgili grafiklere aktarılmıştır. Grafik çizimleri ardından boşluk oranları takip edilmiş ve optimum bitüm muhtevası belirlenmiştir.

Akma değerlerinin bitüm yüzdesiyle değişim eğrisi çizilip tespit edilen optimum bitüm muhtevasına karşılık gelen akma değeri ayrıca kontrol edilmiştir.

6.3.1. Giresun Kovanlık Bazaltı (1G) Dizayn Çalışması

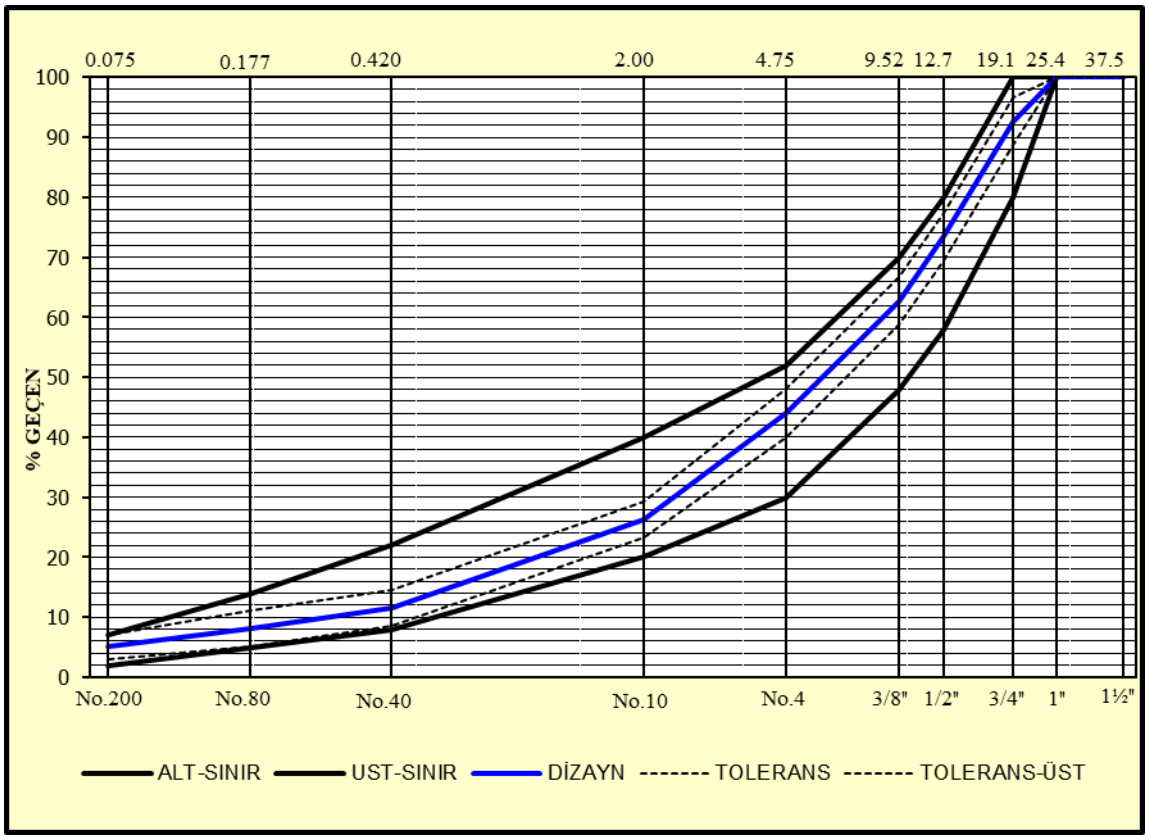
Giresun Kovanlık bazaltlarının, yapılan fiziksel ve mekanik deneyler sonucunda bitümlü sıcak karışımlarında kullanılabilmesi için gerekli özelliklere ve dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

Bundan sonraki aşamada binder kaplaması örnek olacak şekilde bir BSK dizaynı yapılmıştır. Bu amaçla (1G) agregasına Çizelge.6.14'te de görüleceği üzere ilk olarak elek analizleri serisi yapılmıştır. Bu elek serilerin ortalamalarından binder tabakası için agrega karışım yüzdeliği ve karışım gradasyonu bulunmuştur.

Karayolları teknik şartnamesi gradasyon şartname limitleri sınırlarında hazırlanan ve 160 - 165°C ısıtılan agregaya, 150 – 155 °C sıcaklıkta bitüm ilave edilmiştir. Bitüm miktarı %3 - %6,5 aralığında olan sıcak karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan bitümlü sıcak karışımlardan otomatik Marshall tokmağı ile 75 darbe sayısında 150 - 155°C'de sıkıştırılmış briketler hazırlanmıştır. Gradasyonu belli her bir karışımın ağırlığı 1150 gr olan toplamda 21 adet briket deneye tabi tutulmuştur. Yapılan sıcak karışım dizaynında; optimum bitüm, yoğunluklar, boşluk, agregalar arası boşluk, teorik özgül ağırlıklar ile bu briketlerin Marshall stabilite ve akma değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında bitümlü sıcak karışımlardan binder tabakası için örnek bir dizayn oluşturulmuştur.

Çizelge.6.14. Kovanlık Bazaltı Binder Tabakası Elek Analizi Çizelgesi.

ELEK ANALİZLERİ										
Filler%= 0,9 ELEK AÇIKLIĞI		%11	%23	%23	%43	%100		BİNDER	TOLR	TOLERANS
mm	inch	19 -25	12-19	5-12	0-5	ŞANTİYE	DİZAYN	KTŞ-2013		SINIRLARI
37,5	1½"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 - 100	±4	100,0 - 100,0
25	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100 - 100	±4	100,0 - 100,0
19	3/4"	33,1	100,0	100,0	100,0	92,6	92,6	80 - 100	±4	88,6 - 96,6
12,5	1/2"	0,1	32,4	100,0	100,0	73,5	73,5	58 - 80	±4	69,5 - 77,5
9,5	3/8"	0,1	0,9	84,7	100,0	62,7	62,7	48 - 70	±4	58,7 - 66,7
4,75	No.4	0,1	0,1	4,5	100,0	44,1	44,1	30 - 52	±4	40,1 - 48,1
2,00	No.10	0,1	0,1	0,1	60,9	26,2	26,2	20 - 40	±3	23,2 - 29,2
0,425	No.40	0,1	0,1	0,1	26,5	11,5	11,5	8 - 22	±3	8,5 - 14,5
0,180	No.80	0,1	0,1	0,1	18,7	8,1	8,1	5 - 14	±3	5,1 - 11,1
0,075	No.200	0,1	0,1	0,1	13,6	5,9	5,0	2 - 7	±2	3,0 - 7,0



Şekil.6.18. Kovanlık Bazaltı, Binder Tabakası Elek Analizi Grafiği.

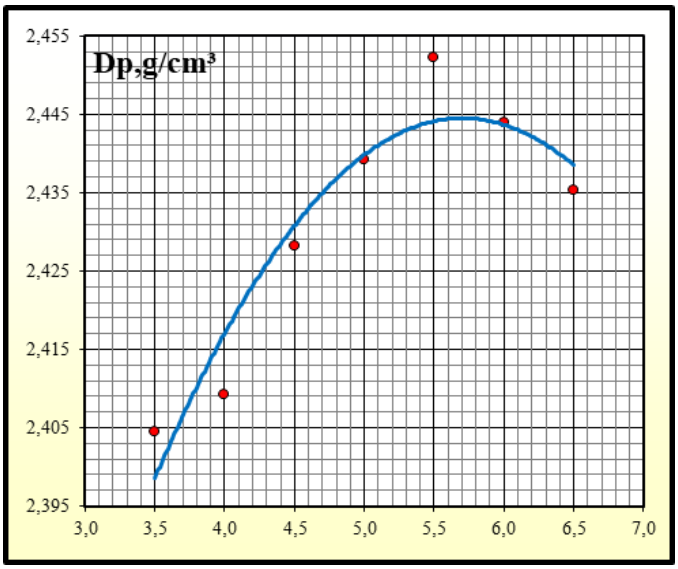
Gradasyon ortalamaları incelendiğinde filler oranının yüksek olması nedeniyle karışım oranında ince malzemeden %0,9 oranında tutul filler belirlenmesi uygun olacaktır. Sıcaklığın boşluk oranı üzerindeki etkisi laboratuvar sıkıştırma yöntemlerine göre arazide daha etkili olmaktadır. Bu nedenle gerek dizayn yapımında gerekse arazi koşullarında uygun sıcaklığın kullanılması büyük önem taşımaktadır.

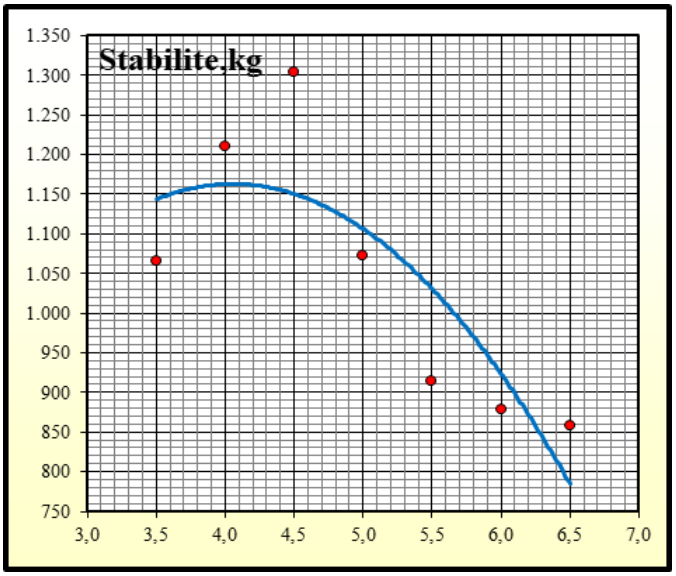
Çizelge.6.15. Kovanlık Bazaltı (1G), Binder tabakası Marshall Deneyi ve Hesaplamaları.

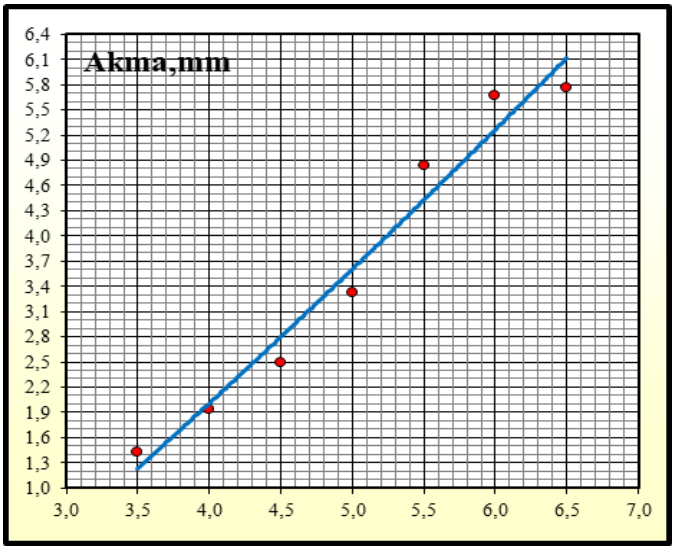
MARSHALL DİZAYNI

Bitüm Penetrasyonu=	AC 50/70	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G_{k-h}	2,709		$V=B-C$
Bitüm Özgül Ağırlığı,G_b=	1,029	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{k-z}	2,780	Agrega Hacim %'si, V_a= 84,96	$D_p=A/V$ $D_t=(100+W_a)/(100/G_{eff}+W_a/G_b)$
Agrega Bitüm Absorps, P_{ba}=	0,42	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G_{i-h}	2,693	Bitüm Hacim %'si,V_b= 10,16	$V_h=(D_t-D_p)\times100/D_t$
Agrega Effektif Özg. Ağırlığı,G_{ef}=	2,735	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{i-z}	2,770	Hava Hacim %'si,V_h= 4,88	$G_{sb}=100/(\%K/G_{k-h}+\%İ/G_{i-h}+\%F/G_{f-z})$
Agrega Hacim Özg. Ağırlığı,G_{sb}=	2,705	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{f-z}	2,744		$G_{sa}=100/(\%K/G_{k-z}+\%İ/G_{i-z}+\%F/G_{f-z})$
Agrega Zahiri Özg. Ağırlığı,G_{sa}=	2,774	Effektif Özgül Ağırlık(deneyle),$G_{ef-deney}$=	2,735		$VMA=100-(D_p\times(100-W_a/(1+W_a/100))/G_{sb})$
Karışımdaki Mıcır miktarı=	1 150 g	Effektif Özgül Ağırlık(hesapla),$G_{ef-hesap}$=	2,739		$V_f=(VMA-V_h)\times100/VMA$
Darbe Sayısı=	75				$P_b=100\times G_b\times(G_{ef}-G_{sb})/(G_{ef}\times G_{sb})$

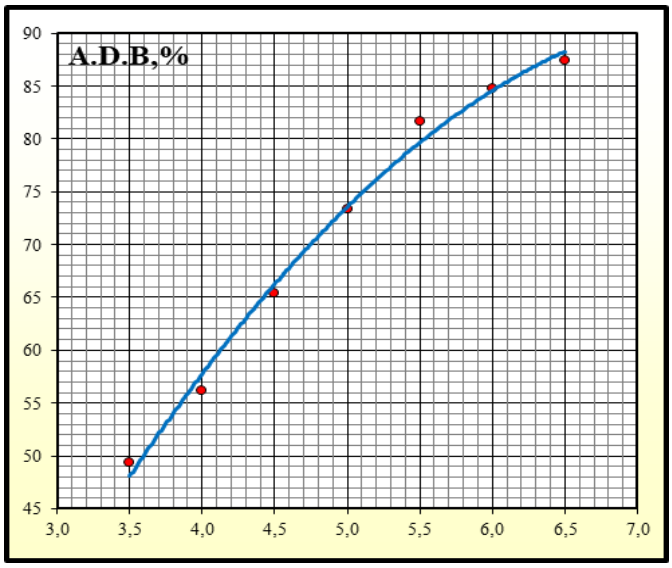
No	BİTÜM Wa,%	BİTÜM g	Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm 1	2	3	ortlm	Havada Ağırlık,g A	Sudaki Ağırlık,g B	Doy.Yüz Ağırlık,g C	Hacim cm³ V	Hacim Özg.Ağırl Dp	Maks.Teo. Özgül Ağ. Dt	% Boşluk Vh	% V.M.A	Asf.Dol Boşluk Vf	Akma mm	Stabilite kg	Düzltme Faktörü	Düzeltm Stabilite kg	ELEK AÇIKLIĞI	% GEÇEN
1	**3,50**	40,3		65,5	64,5	63,5	64,5	1173,5	696,5	1184,5	488,0	2,405					1,80	1187	0,975	1 158		
2	3,50	40,3		65,5	64,5	64,0	64,7	1179,0	699,0	1188,5	489,5	2,409					1,50	1055	0,972	1 025		
3	3,50	40,3		63,5	63,4	63,5	63,5	1184,5	699,0	1192,5	493,5	2,400					1,00	1012	1,000	1 012		
												2,404	2,590	**7,14**	**14,11**	**49,4**	**1,43**			**1 065**		
4	**4,00**	46,0		64,5	63,5	62,4	63,5	1174,0	692,0	1178,5	486,5	2,413					2,20	1201	1,000	1 201		
5	4,00	46,0		63,5	64,5	64,5	64,2	1185,5	698,5	1193,5	495,0	2,395					1,90	1238	0,983	1 217		
6	4,00	46,0		65,6	64,5	64,5	64,9	1194,0	705,0	1198,5	493,5	2,419					1,70	1253	0,967	1 212		
												2,409	2,571	**6,29**	**14,35**	**56,2**	**1,93**			**1 210**		
7	**4,50**	51,8		64,5	64,6	64,5	64,5	1189,5	706,0	1196,0	490,0	2,428					2,10	1323	0,975	1 290		
8	4,50	51,8		63,6	64,5	64,5	64,2	1195,0	706,0	1197,5	491,5	2,431					2,60	1292	0,982	1 269	37,5	100,0
9	4,50	51,8		63,5	63,5	63,5	63,5	1197,0	707,5	1201,0	493,5	2,426					2,80	1354	0,999	1 353	25,4	100,0
												2,428	2,552	**4,87**	**14,09**	**65,4**	**2,50**			**1 304**	19,1	92,6
10	**5,00**	57,5		64,0	63,5	63,5	63,7	1178,5	699,0	1181,0	482,0	2,445					2,90	1003	0,995	998	12,7	73,5
11	5,00	57,5		62,5	62,5	63,0	62,7	1192,0	704,0	1193,0	489,0	2,438					3,30	1132	1,020	1 155	9,52	62,7
12	5,00	57,5		63,5	63,5	62,4	63,1	1195,5	705,5	1196,5	491,0	2,435					3,80	1057	1,008	1 066	4,76	44,1
												2,439	2,535	**3,77**	**14,11**	**73,3**	**3,33**			**1 073**	2,00	26,2
13	**5,50**	63,3		63,0	63,0	62,5	62,8	1197,5	709,0	1197,5	488,5	2,451					5,20	843	1,016	857	0,42	11,5
14	5,50	63,3		62,4	62,4	62,3	62,4	1191,0	706,0	1191,5	485,5	2,453					4,80	932	1,029	959	0,177	8,1
15	5,50	63,3		62,5	62,4	62,1	62,3	1195,5	708,5	1196,0	487,5	2,452					4,50	900	1,030	927	0,075	5,0
												2,452	2,517	**2,58**	**14,06**	**81,7**	**4,83**			**914**		
16	**6,00**	69,0		63,5	63,2	63,7	63,5	1191,0	704,0	1191,5	487,5	2,443					5,30	896	1,000	896	İri %'si	=55,9
17	6,00	69,0		62,1	62,7	62,5	62,4	1198,0	708,0	1199,0	491,0	2,440					5,80	852	1,027	875	İnce %'si	=39,0
18	6,00	69,0		63,8	63,8	63,8	63,8	1189,0	705,0	1190,5	485,5	2,449					5,90	871	0,992	864	Filler %'si	=5,0
												2,444	2,500	**2,24**	**14,75**	**84,8**	**5,67**			**878**		
16	**6,50**	74,8		63,1	63,5	63,3	63,3	1195,0	704,0	1195,5	491,5	2,431					6,00	861	1,004	864		
17	6,50	74,8		63,8	63,5	63,5	63,6	1190,0	702,5	1192,0	489,5	2,431					5,50	857	0,997	854		
18	6,50	74,8		63,8	63,7	63,3	63,6	1192,5	705,0	1193,0	488,0	2,444					5,80	860	0,997	857		
												2,435	2,483	**1,94**	**15,45**	**87,5**	**5,77**			**859**		
	4,50		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)									2,428	2,552	4,76	14,00	66,3	2,80	Fill/Bit	Stb/Akm	1 150		
	4,50		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla $G_{eff\,hesap}$)									2,428	2,556	5,02	14,10	64,4	2,80	1,12	411	1 150		
	4,50		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Deneyle $G_{eff\,deney}$)									2,428	2,552	4,88	14,10	65,4	2,80			1 150		
	(3,5-6,5)		BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ											(4-6)	(13-15)	(60-75)	(2-4)	max 1,4		min 750		

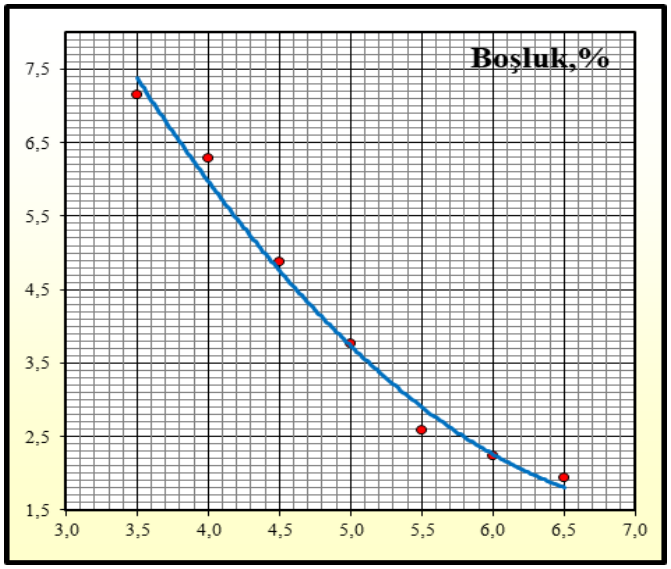


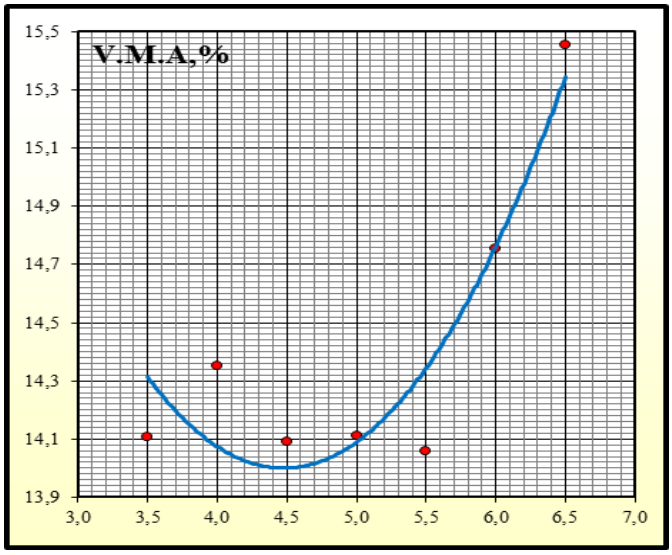




Şekil.6.19. 1G, Pratik Özgül Ağırlık, Stabilite ve Akma Değerlerine ait Marshall Grafik Verileri.







Şekil.6.20. 1G, Asfalt Dolu Boşluk, Boşluk, Agregalar arası boşluğa ait Marshall Grafik Verileri.

Çizelge.6.16. Kovanlık Bazaltı, Binder Tabakası Dizayn Sonuçları.

Optimum Bitüm, %	**4,50**
Pratik Özgül Ağırlık, kg/cm³	**2,428**
Stabilite, kg	**1 150**
Boşluk, %	**4,76**
Asfaltla Dolu Boşluk, %	**66,3**
V.M.A, %	**14,00**
Akma, mm	**2,80**

6.3.2. Samsun Nebiyan Gabroları (3S) Dizayn Çalışması

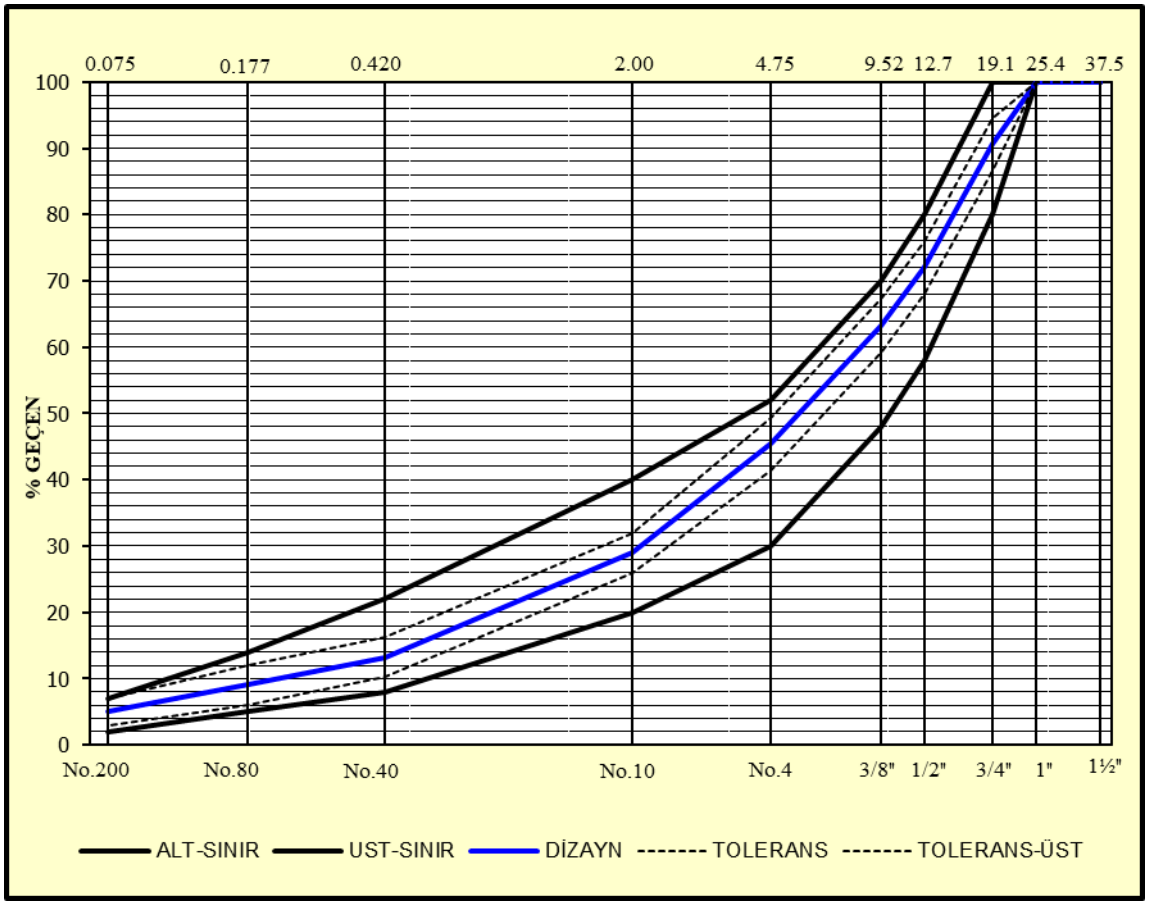
Samsun Nebiyan bölgesinde yer alan ve daha önce bitümlü sıcak karışımlarda kullanılmamış olan Gabro kayacının bu ihtiyaç doğrultusunda araştırılması çalışmalara ayrıca bir yön ve anlam katmıştır. Nitekim bölgede çok ciddi bir sorun olan, uygun nitelikteki agrega temini sıkıntısını çözecek ve bu kayacın bulunduğu diğer bölgeler için de kullanılabilmesi açısından çalışmalara ışık tutacaktır.

Samsun Nebiyan bölgesi Gabro kayaçlarından elde edilmiş agregaya yapılan fiziki testler ve dayanımların bitümlü sıcak karışımlarda kullanılabilirliği konusunda gerekli fiziksel şartları rahatlıkla sağladığı tespit edilmiştir. Bu aşamadan sonra binder tabakası BSK dizaynı yapılmıştır.Bu bağlamda (3S) agregasına Çizelge 6.17 da görüleceği üzere ilk olarak elek analizleri serisi yapılmıştır. Binder tabakası için optimum yoğunluğu verecek uygun agrega karışım yüzdeliği belirlenmiştir.

Çizelge.6.17. Samsun Nebiyan Gabrosu, Binder Tabakası Elek Analizi Çizelgesi.

ELEK ANALİZLERİ									
-Filler%= 0 **ELEK AÇIKLIĞI**		**%28**	**%30**	**%42**	%100		**BİNDER**	**TOLR**	**TOLERANS**
mm	**inch**	**15-25**	**5-15**	**0-5**	**ŞANTİYE**	**DİZAYN**	**KTŞ-2013**		**SINIRLARI**
37,5	**1½"**	100,0	100,0	100,0	**100,0**	**100,0**	100 - 100	±4	100,0 - 100,0
25	**1"**	100,0	100,0	100,0	**100,0**	**100,0**	100 - 100	±4	100,0 - 100,0
19	**3/4"**	66,5	100,0	100,0	**90,6**	**90,6**	80 - 100	±4	86,6 - 94,6
12,5	**1/2"**	3,5	97,0	100,0	**72,1**	**72,1**	58 - 80	±4	68,1 - 76,1
9,5	**3/8"**	0,6	70,3	100,0	**63,2**	**63,2**	48 - 70	±4	59,2 - 67,2
4,75	**No.4**	0,1	11,2	99,9	**45,4**	**45,4**	30 - 52	±4	41,4 - 49,4
2,00	**No.10**	0,1	0,6	68,4	**28,9**	**28,9**	20 - 40	±3	25,9 - 31,9
0,425	**No.40**	0,1	0,2	31,3	**13,2**	**13,2**	8 - 22	±3	10,2 - 16,2
0,180	**No.80**	0,1	0,2	21,4	**9,1**	**9,1**	5 - 14	±3	6,1 - 12,1
0,075	**No.200**	0,1	0,1	11,8	**5,0**	**5,0**	2 - 7	±2	3,0 - 7,0

Karayolları teknik şartnamesi gradasyon şartname limitleri sınırlarında hazırlanan ve 160 - 165°C ısıtılan agregaya, 150 – 155 °C sıcaklıkta bitüm ilave edilmiştir. Bitüm miktarı %3 - %6,5 aralığında olan sıcak karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan bitümlü sıcak karışımlardan otomatik Marshall tokmağı ile 75 darbe sayısında 150 - 155°C'de sıkıştırılmış briketler hazırlanmıştır. Gradasyonu belli her bir karışımın ağırlığı 1150 gr olan toplamda 21 adet briket deneye tabi tutulmuştur. Yapılan sıcak karışım dizaynında; optimum bitüm, yoğunluklar, boşluk, agregalar arası boşluk, teorik özgül ağırlıklar ile bu briketlerin Marshall stabilite ve akma değerleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında bitümlü sıcak karışımlardan binder tabakası için örnek bir dizayn oluşturulmuştur.



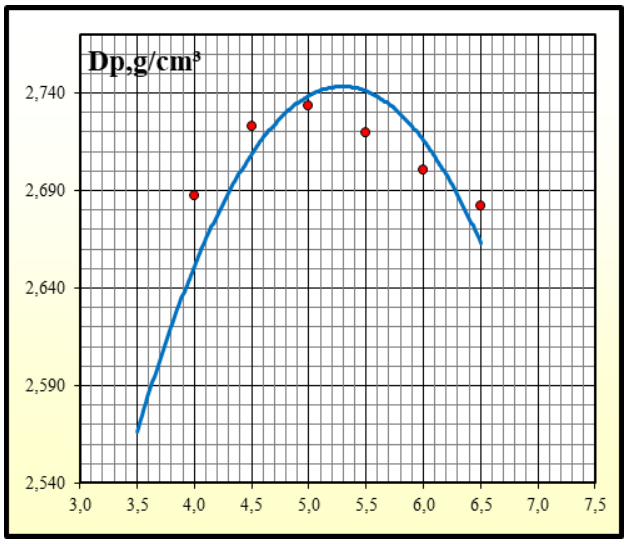
Şekil.6.21. Samsun Nebiyan Gabrosu, Binder Tabakası Elek Analizi Grafiği

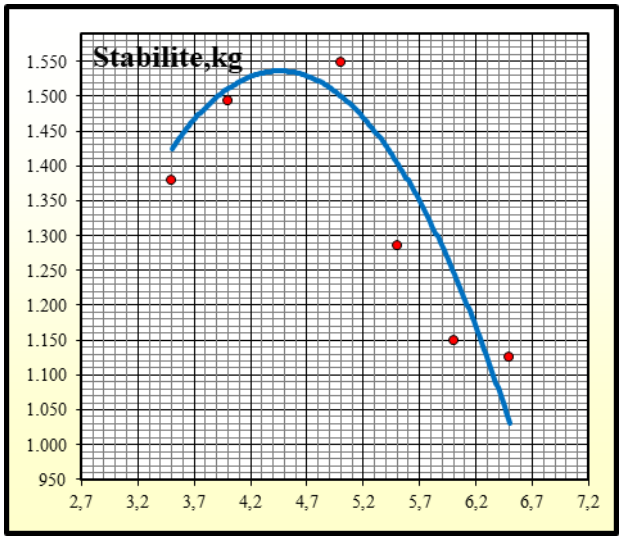
Çizelge.6.18. Samsun Nebiyan Gabro (3S), Binder tabakası Marshall Deneyi ve Hesaplamaları.

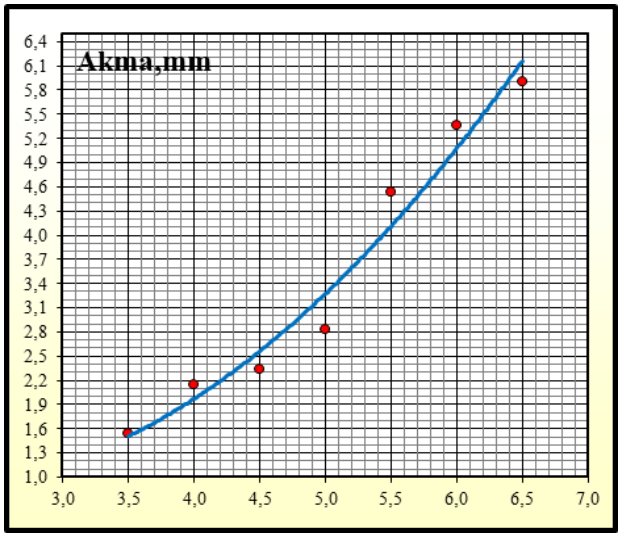
MARSHALL DİZAYNI

Bitüm Penetrasyonu=	AC 50/70	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G_{k-h}	3,005		V=B-C
Bitüm Özgül Ağırlığı,G_b=	1,030	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{k-z}	3,137	Agrega Hacim %'si, V_a= 85,23	D_p=A/V D_t=(100+W_a)/(100/G_{eff}+W_a/G_b)
Agrega Bitüm Absorps, P_{ba}=	0,54	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı,G_{i-h}	2,918	Bitüm Hacim %'si,V_b= 10,00	V_h=(D_t-D_p)×100/D_t
Agrega Effektif Özg. Ağırlığı,G_{ef}=	3,021	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{i-z}	3,035	Hava Hacim %'si,V_h= 4,77	G_{sb}=100/(%K/G_{k-h}+%İ/G_{i-h}+%F/G_{f-z})
Agrega Hacim Özg. Ağırlığı,G_{sb}=	2,974	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı,G_{f-z}	3,117		G_{sa}=100/(%K/G_{k-z}+%İ/G_{i-z}+%F/G_{f-z})
Agrega Zahiri Özg. Ağırlığı,G_{sa}=	3,094	Effektif Özgül Ağırlık(deneyle),$G_{ef-deney}$=	3,021		VMA=100-(D_p×(100-W_a/(1+W_a/100))/G_{sb})
Karışımdaki Mıcır miktarı=	1 150 g	Effektif Özgül Ağırlık(hesapla),$G_{ef-hesap}$=	3,034		V_f=(VMA-V_h)×100/VMA
Darbe Sayısı=	75				P_b=100×G_b×(G_{ef}-G_{sb})/(G_{eff}×G_{sb})

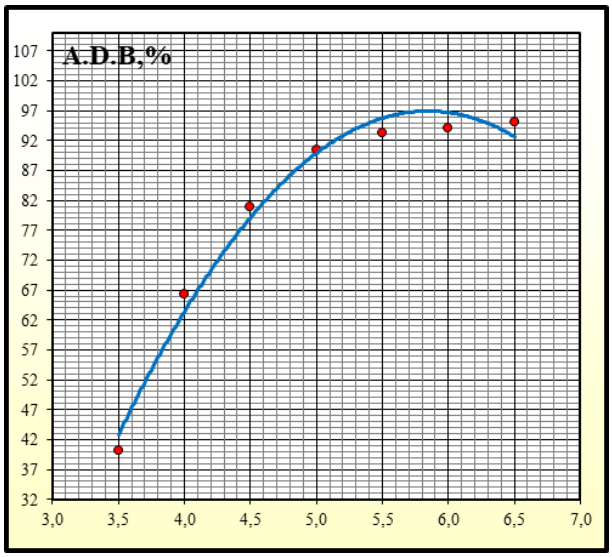
No	BİTÜM		Sıcaklık	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada Ağırlık,g	Sudaki Ağırlık,g	Doy.Yüz Ağırlık,g	Hacim cm³	Hacim Özg.Ağrl	Maks.Teo. Özgül Ağ.	% Boşluk	%	Asf.Dol Boşluk	Akma	Stabilite	Düzltme Faktörü	Düzeltm Stabilite		
	W_a,%	g	°C	1	2	3	ortlm	A	B	C	V	D_p	D_t	V_h	V.M.A	V_f	mm	kg		kg		
1	**3,50**	40,3		55,7	55,6	55,7	55,7	1179,5	725,0	1189,5	464,5	2,539					1,50	1187	1,248	1 481		
2	3,50	40,3		55,6	55,5	55,6	55,6	1180,5	724,5	1189,5	465,0	2,539					1,60	1098	1,252	1 375		
3	3,50	40,3		55,5	55,6	55,5	55,5	1179,0	721,5	1186,0	464,5	2,538					1,50	1025	1,253	1 285		
												2,539	2,836	**10,48**	**17,53**	**40,2**	**1,53**			**1 380**		
4	**4,00**	46,0		56,7	56,5	56,4	56,5	1178,0	744,5	1183,5	439,0	2,683					2,10	1235	1,215	1 500		
5	4,00	46,0		56,4	56,1	56,4	56,3	1189,5	753,0	1195,5	442,5	2,688					2,15	1210	1,223	1 480		
6	4,00	46,0		57,0	57,3	56,8	57,0	1185,5	750,0	1190,5	440,5	2,691					2,20	1253	1,197	1 500		
												2,688	2,812	**4,43**	**13,12**	**66,2**	**2,15**			**1 494**	ELEK	%
7	**4,50**	51,8		55,7	55,2	55,0	55,3	1189,0	754,5	1192,0	437,5	2,718					2,10	1318	1,263	1 665	AÇIKLIĞI	GEÇEN
8	4,50	51,8		54,8	55,4	54,9	55,0	1186,5	751,5	1187,0	435,5	2,724					2,30	1288	1,275	1 642	37,5	100,0
9	4,50	51,8		54,9	54,9	55,1	55,0	1189,0	754,0	1190,0	436,0	2,727					2,60	1340	1,278	1 712	25,4	100,0
												2,723	2,789	**2,36**	**12,39**	**80,9**	**2,33**			**1 673**	19,1	90,6
10	**5,00**	57,5		54,7	54,8	54,7	54,7	1189,0	755,5	1190,0	434,5	2,736					2,50	1233	1,289	1 589	12,7	72,1
11	5,00	57,5		55,0	55,0	54,8	54,9	1187,0	753,0	1187,5	434,5	2,732					3,00	1201	1,279	1 536	9,52	63,2
12	5,00	57,5		55,2	55,2	54,6	55,0	1189,5	754,5	1190,0	435,5	2,731					3,00	1192	1,276	1 521	4,76	45,4
												2,733	2,766	**1,20**	**12,48**	**90,4**	**2,83**			**1 549**	2,00	28,9
13	**5,50**	63,3		55,2	54,7	54,9	54,9	1193,0	763,0	1203,0	440,0	2,711					4,70	1010	1,279	1 292	0,42	13,2
14	5,50	63,3		55,0	55,5	54,8	55,1	1190,0	762,5	1199,5	437,0	2,723					4,50	1020	1,272	1 297	0,177	9,1
15	5,50	63,3		55,6	55,0	55,1	55,2	1188,0	765,0	1201,0	436,0	2,725					4,40	1001	1,266	1 267	0,075	5,0
												2,720	2,745	**0,90**	**13,33**	**93,2**	**4,53**			**1 286**		
16	**6,00**	69,0		54,8	54,7	54,9	54,8	1186,0	758,0	1197,0	439,0	2,702					5,00	912	1,286	1 172	İri %'si	=54,6
17	6,00	69,0		55,0	55,3	54,9	55,1	1188,0	759,5	1199,5	440,0	2,700					5,50	945	1,273	1 203	İnce %'si	=40,3
18	6,00	69,0		55,4	55,4	55,0	55,3	1190,5	760,5	1201,5	441,0	2,700					5,60	850	1,264	1 075	Filler %'si	=5,0
												2,700	2,723	**0,84**	**14,35**	**94,2**	**5,37**			**1 150**		
16	**6,50**	74,8		54,0	53,5	55,0	54,2	1209,0	760,0	1210,0	450,0	2,687					5,90	861	1,318	1 135		
17	6,50	74,8		55,1	54,0	54,7	54,6	1213,0	760,5	1214,0	453,5	2,675					6,00	857	1,295	1 110		
18	6,50	74,8		53,8	54,0	55,0	54,3	1211,0	761,0	1212,0	451,0	2,685					5,80	860	1,313	1 129		
												2,682	2,702	**0,74**	**15,33**	**95,2**	**5,90**			**1 125**		
	4,00		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Grafikten)									2,678	2,812	5,41	14,10	61,4	3,30	Fill/Bit	Stb/Akm	1 428		
	4,00		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla $G_{eff_{hesap}}$)									2,678	2,823	5,13	13,43	61,8	3,30	1,25	433	1 428		
	4,00		OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Deneyle $G_{eff_{deney}}$)									2,678	2,812	4,77	13,43	64,5	3,30			1 428		
(3,5-6,5)			BİNDER DİZAYN KRİTERLERİ											(4-6)	(13-15)	(60-75)	(2-4)	max 1,4		min 750		

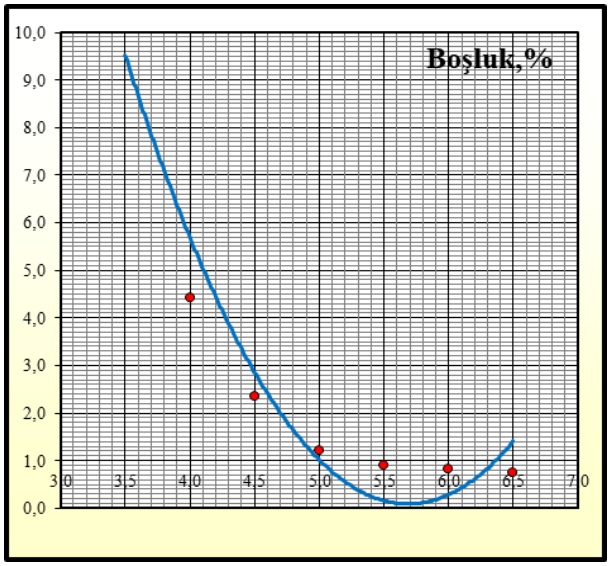


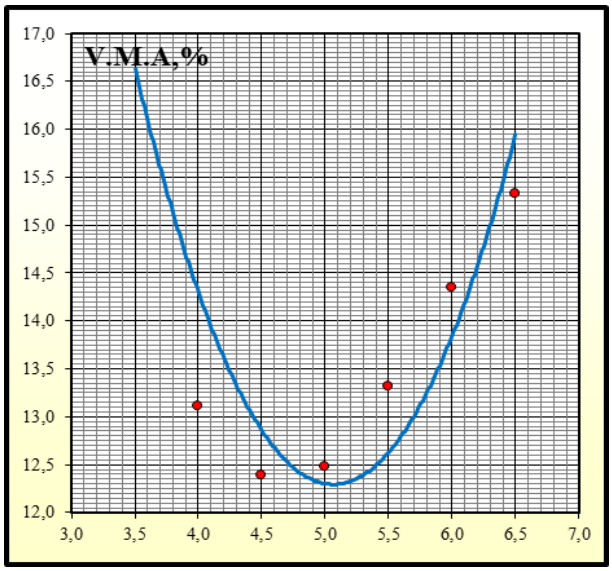




Şekil.6.22. 3S, Pratik Özgül Ağırlık, Stabilite ve Akma Değerlerine ait Marshall Grafik Verileri.







Şekil.6.23. 3S, Asfalt Dolu Boşluk, Boşluk, Agregalar arası boşluğa ait Marshall Grafik Verileri.

Çizelge.6.19. Samsun Nebiyan Gabrosu, Binder Tabakası Dizayn Sonuçları.

Optimum Bitüm, %	**4,00**
Pratik Özgül Ağırlık, kg/cm³	**2,678**
Stabilite, kg	**1 428**
Boşluk, %	**5,41**
Asfaltla Dolu Boşluk, %	**61,4**
V.M.A, %	**14,10**
Akma, mm	**3,30**

6.4. Kayaçların Minerolojik, Petrografik Özellikleri

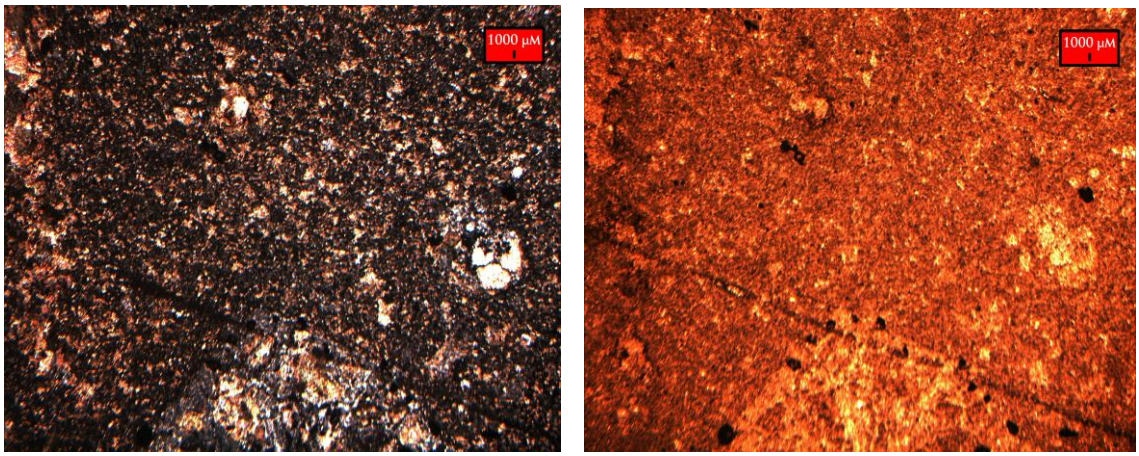
Nebiyan (Samsun), Kovanlık (Giresun) ve Ulubey (Ordu) bölgelerindeki üç (3) ayrı araziden üç ayrı kaya türünden blok halinde örnekler alınmıştır. Mermer kesim atölyelerinde blokların boyutları küçültülmüştür. Laboratuvara gönderilen her bir blok kaya örneğinden 4'er adet karot alınmış ve bunlar üzerinde jeomekanik dayanım deneyleri yapılmıştır. Bunların yanı sıra kayaçların kimyasal analizleri yaptırılmıştır. Her bir karottan birer ince kesit yapılarak polarizan mikroskopta incelenmiş ve kayaç tanımlaması/adlanması yapılmıştır. İnce kesitlerin tek nikol ve çift nikol görüntüsüne ait fotoğrafları çekilmiştir. Mikroskop incelemesi sırasında seçilen ince kesitlerin Raman Spektrometresi çekilmiştir. Aşağıda bu kayaçlara ait detay bilgiler yer almaktadır.

6.4.1. Giresun Kovanlık Bazaltları Mineralojik Değerlendirme (1.G)

Kovanlık bölgesine ait som bazaltları temsil eden farklı karakterdeki dört adet örnek alınmıştır. Alınan bu örneklerden ince kesitler çıkartılmış ve tespitler aşağıda dört başlıkta toplanmıştır.

- **1G, İnce Kesit-1**

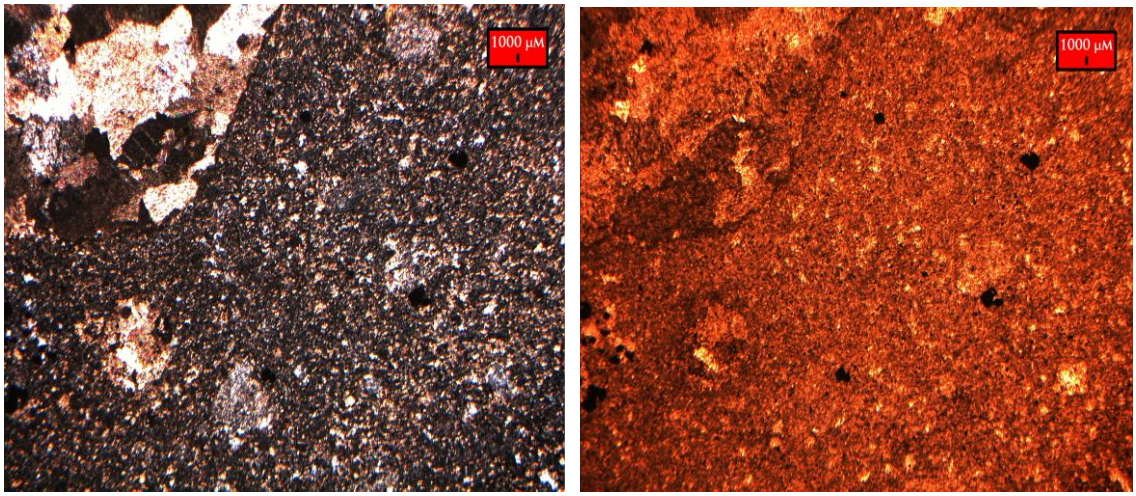
Yapılan ince kesit incelemesinde kayaçta içerisinde silisleşme ve matrikste ise karbonatlaşma görülmektedir. Silisleşme, kayacın anortit oranının yüksek olduğunu işaret etmektedir. Kayacın içerisindeki, ilmenit ve pirit gibi, mafik minerallerin önemli bir bölümü opaklaşma ve volpasitleşme göstermektedir. Tüm özellikleri göz önüne alındığında kaya, silisleşmiş alkalen bazalt (şoşenitik karakterli alkalen bazalt) olarak adlandırılmıştır. Karadeniz Bölgesi'ndeki Eosen yaşlı bazaltlara oldukça benzemektedir.



Şekil.6.24. Kovanlık (Giresun) 1. Grup (1-G-1) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **1G, İnce Kesit-2**

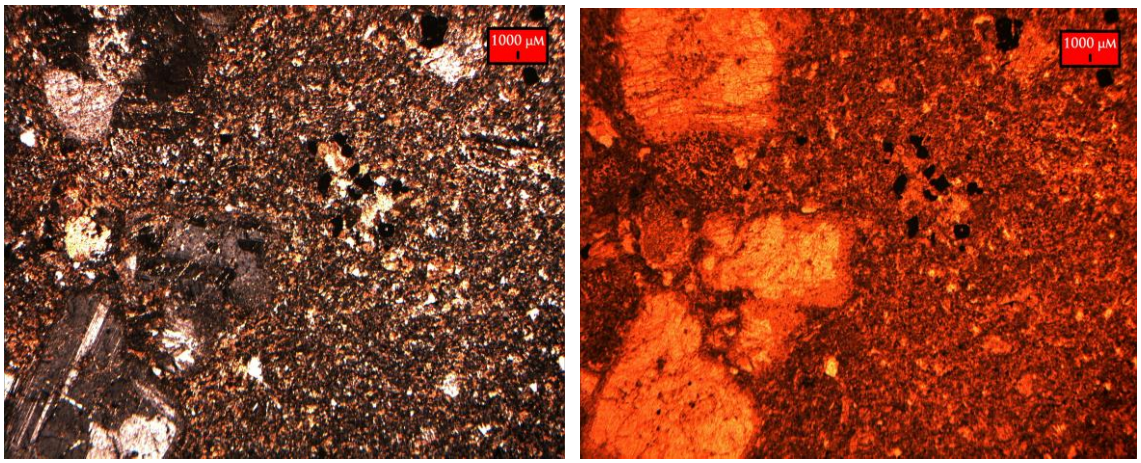
Bu kesit örneğinde kayaç içerisindeki karbonatlaşma oldukça fazladır. Genel olarak hiyelopilitik porfiritik dokulu Plajioklaslar, pleomonoporfirik dokusu göstermektedir. Özellikle yoğun boşluk içeren bu kayaçta boşluklar rekristalize kalsit mineralleri tarafından doldurulmuştur. Bu örnekte serizitleşme ve silisleşme görülmektedir. Bozuşma tipleri için ideal bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu kaya bazalt olarak adlandırılmıştır. Fakat silisleşmiş ve karbonatlaşmış bir bazalt olarak adlandırılabilir.



Şekil.6.25. Kovanlık 2. Grup (1-G-2) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **1G, İnce Kesit-3**

Bu örnek diğer kesitlere nazaran daha taze yapılı olmakla beraber aynı serinin devamı niteliğinde görülmektedir. 3 nolu bu kesitte plajioklasların anortit içeriği daha net ölçülebilmektedir. Bu plajioklaslar andezin ve labrador bileşiminde oluşmuştur. Mafik minerallerin önemli bir bölümü kesitte net bir şekilde yer edinmiş olup ayrıca opaklaşma görülmektedir. Yine bu örnekte hiyepolitik porfiritik dokulu, plajioklasların belirli noktalarda kümelenmelerinden kaynaklı glomonoporfirik doku göstermektedir. Bu kayaç içerisinde kloritleşme olduğu için, yeşilimsi renk tonunda olması ve içerisinde küçük beyaz benekler olması beklenirdi. Bu benekler rekristalize kalsite karşılık gelmektedir. Dolgu halinde sipilitik dokuya benzer boşluklar mevcuttur. Vesküler boşluklar rekristalize kalsit tarafından doldurulmuştur. Bu örnekte bir bazalttır. Karbonatlaşmış ve silisleşmiş bir bazalt örneği olarak adlandırılabilir.



Şekil.6.26. Kovanlık 3. Grup (1-G-3) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

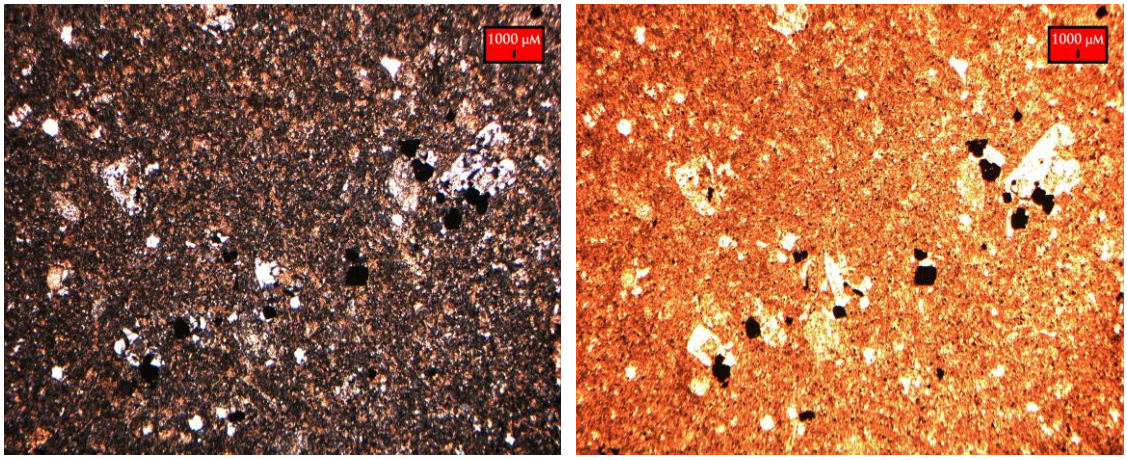
- **1G, İnce Kesit-4**

Bu örnekte kayaç içerisinde silisleşme daha fazla görülmektedir. Karbonatlaşma diğer örneklerde de bulunmaktaydı ancak kesitte silisleşmeyle beraber pirit oluşumları da izlenmektedir.

Örnek hiyelopilitik porfiritik dokular içermekte ancak, bu kesitte oldukça fazla alterasyon izlenmektedir. Bu kayaçta karbonatlaşan boşluklar, rekristalize karbonat tarafından doldurulmuş. Bu karbonatlar daha sonra, ortama gelen sıcak sular tarafından taşınan demir oksit (FeO) çözeltileri etkisi altında kalarak çeperlerinden itibaren hematit

ve limonit oluşumlarına neden olmuştur. Bu durum, çok yüksek sıcaklıkta olmasa dahi, demirce zengin çözeltilerin etkisinde kaldığının göstergesi olarak yorumlanmaktadır. Ayrıca, kayanın içerisinde volkanik bir kaya bileşimi/parçası olan anklav da bulunmaktadır. Bu anklavlar kendisinden daha felsik bir ürünü içine almış ve dokanak itibari ile de biraz daha sığ oluşumlu bir yapı göstermektedir. Bu durum peş peşe püsküren iki ayrı volkanizma/magmatizma ürünü olduğunun göstergesi şeklinde yorumlanmıştır. Bu veri, iki volkanizmadan birisinin diğerini içerisine alabildiğine işaret etmektedir. Başkaca kesitler yapılması durumunda, bu durum daha net görülebilecektir. Bu nedenle bu kayacın kimyası, çok farklı çıkabilir. Hatta karmaşık bir kayaç kimyası ortaya çıkabilecektir. Bir kayanın kimyası diğer bir kayanın kimyası ile örtüşmeyebilecektir. Çünkü içerisinde çok fazla anklav bulunmaktadır.

Bu kayaçtaki plajiyoklazların özellikle de mafik minerallerin bu kadar opaklaşması, sıcak su çözeltilerinin etkisi altında kaldığının işaretidir. Hidrotermal sıcak akışkanların etkisi oldukça fazladır. Bu durum, kayanın dayanım gücünü ve özelliğini değiştirebilir. Silisleşme kayanın dayanım gücünü arttırmıştır. Çünkü volkan camları silisleşmiş, plajiyoklazlar silisleşmiş ve boşluk miktarını azaltmıştır. Bütün boşluklar rekristalize karbonat tarafından, kalsit tarafından doldurulmuş olup bazı boşluklar basınç ikizi içeriyor. Basınç ikizi içermesinin anlamı bu kayanın aynı zamanda bir basınç etkisine maruz kaldığını ifade etmektedir.

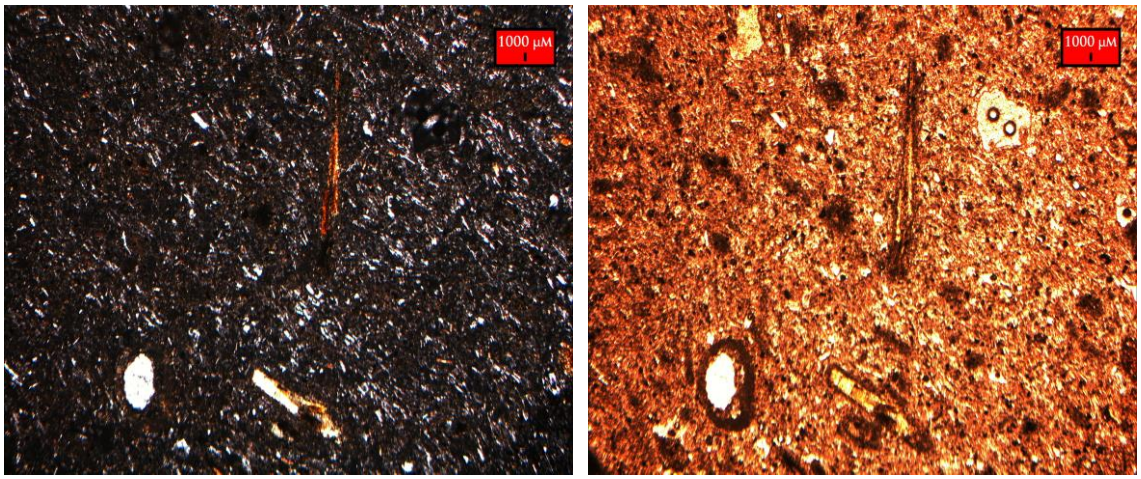


Şekil.6.27. Kovanlık 4. Grup (1-G-4) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

6.4.2. Ordu Ulubey Sütun Bazaltları Mineralojik Değerlendirme (2.O)

- **2O, İnce Kesit-1**

Ulubey bazaltlarından alınan bu kaya, traki bazalt kayası olup, daha çok trakitik doku gösteriyor. Plajiyoklaz, mikrolit ve kristalitlerinlerde belirgin bir şekilde yönlenme izlenmektedir. İçerisinde plajiyoklaz mikrolitinin yanında piroksen ve tremolit, aktinolit içerdiği görülmektedir. Tremolit, aktinolitler, çubuksu-lifsi şekildedir. Bu da hidratasyon etkisi altında fazla kaldığı ve hızlı soğuduğunu da ifade etmektedir. Bu tremolit-aktinolitler yükselim sırasında kristalleşirken magma ile birlikte çok hızlı hareketlerinden kaynaklı kristalizasyon süreçleri fazla sürmemiştir. Soğumanın hızlı olmasından ötürü kesitte daha çok çubuksu ve prizmatik yapı izlenmiştir. Kayaç içerisinde mafik mineral oranı oldukça az olup mafik minerallerin tane boyutu ise çok küçüktür. Bu örnekte karbonatlaşma bulunmayıp, kloritleşme, çok az oranda ise killeşme ve serizitleşme tespit edilmiştir. Bu özelliklerinden ötürü kayaca traki bazalt adlaması yapılmıştır. Bünyesinde saf halde silika mineralleri bulunduran bu kayaç içerisindeki boşluklarda, yer yer rekristalize kuvars minerallerine rastlanmıştır. Kuvarsların boşluğu doldurması; kaya katılaştıktan sonra bölgeye silisçe zengin bir çözeltinin aktığının göstergesidir. Bu nedenlerden ötürü kayaç isimlendirilirken bazalt yerine, traki bazalt olarak adlandırılmıştır.

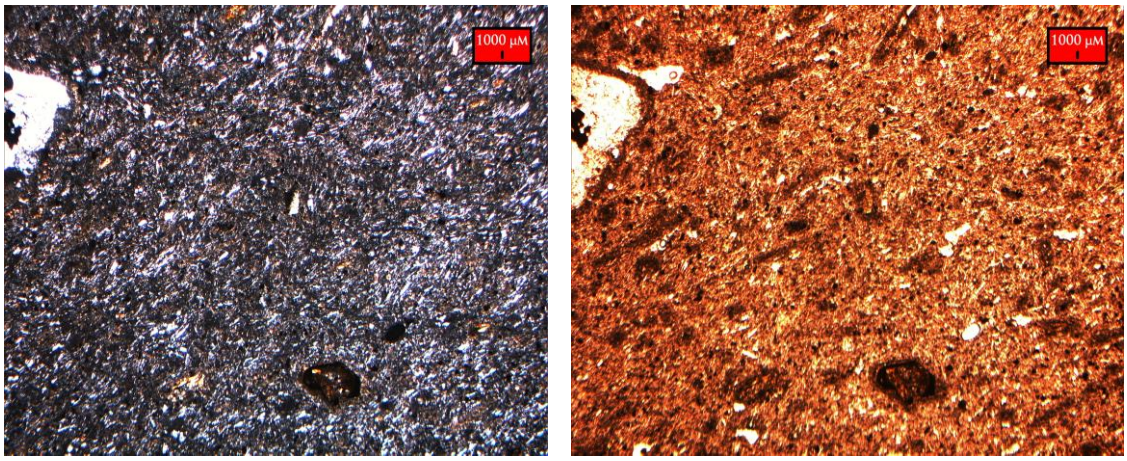


Şekil.6.28. Ulubey (Ordu) 1. Grup (2-O-1) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **2O, İnce Kesit-2**

İnceleme kesitindeki bu örnek trakitik doku göstermektedir. Kaya adı Traki bazalt olup kesit içerisinde sanidin gözlenmektedir. Bundan dolayı potasyum değerinin yüksek olması beklenmektedir.

Kayacın kimyasal bileşimlerinde, demir ve magnezyum bulunmaktadır. Su kaybı, bir önceki kesitte yer alan örneğe nazaran bu kesitte yer alan örnekte daha az yaşanmıştır. Bu kayaçta da gelişen boşluklar yine silika mineralleri tarafından doldurulmuştur. Dolayısıyla buradaki silikanın yüksek oluşu, esas kayadan değil, boşlukların içerisindeki rekristalize ikincil kuvarslardan kaynaklanmaktadır. Opak minerallerin bir kısmı, tremolit ve aktinolitlerin opaklaşması ve opalsitleşmesi ile karşımıza çıkmaktadır. Kayaç içerisinde ilmenit ile çok az oranda manyetitle karşılaşılmıştır. Alkali feldispat olarak sanidin mevcuttur. Bu örnekte plajiyoklaz ve andezin ağırlıkla bulunmakta olup kısmen de labrador içerdiği için bu kayaç traki bazalt olarak adlandırılmıştır.



Şekil.6.29. Ulubey (Ordu) 2. Grup (2-O-2) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **2O, İnce Kesit-3**

Bu örnekte yer alan kayaçta benzer bir doku göstermektedir. Kayaç tremolit ve aktinolit içermekte olup minerallerinin merkezinden itibaren opaklaşmış olarak manyetit ve ilmenit mineraline dönüştüğü tespit edilmiştir. Bu kesite Raman yapılarak ne tür bir opak mineral olduğu tam belirlenebilecektir.

Tremolit ve aktinolitlerin bir kısmının killeşmesi nedeniyle simektit olduğu düşünülmektedir.

Plajioklas-Andezin bulunup labrador ve çok belirgin olarak sanidin yer almaktadır. Kesitte zonlu doku gösteren plajioklas dokular da görülmektedir. Tremolit-Aktinolit yine çubuğumsu şekilde bulunmaktadır.

Bu kesit zonlu bir doku gösterip çok net bir şekilde Tremolit-Aktinolit grubu minerali bulunduruyor ki bu durum da oldukça ilginçtir. Bu kayaç da Traki Bazalt olarak isimlendirilmiştir.

6.4.3. Samsun Nebiyan Gabroları Mineralojik Değerlendirme (3.S)

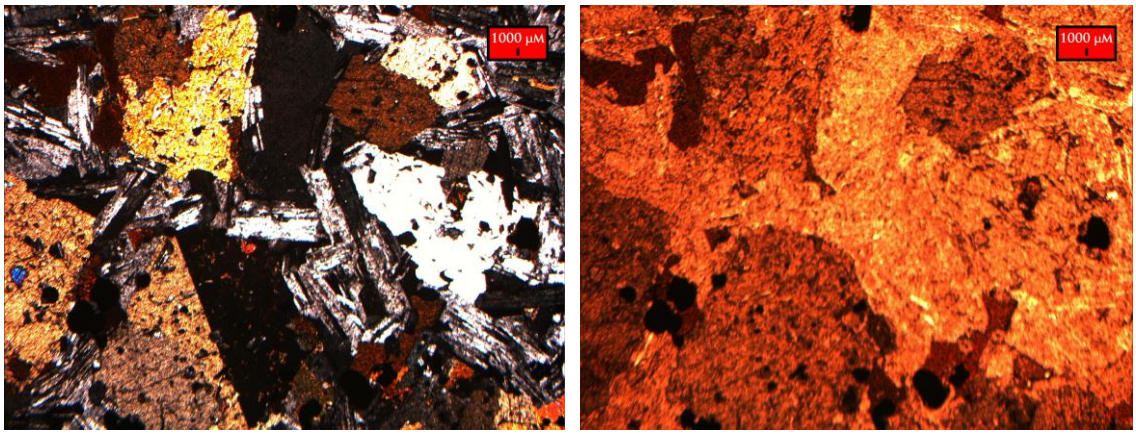
- **3S, İnce Kesit-1**

Bu kayaç holokristalin porfirik kavramı içerisinde inceleniyor, Kayaç önceki çalışmalarda Monzo gabro olarak isimlendirilmiştir. Ancak monzo gabro genel anlamda bir alkali feldispat içerir. Bu Örnekte iri plajioklaslardan ziyade ofitik doku gösteren bir doku yer alır.

Yaklaşık olarak 3 mm – 3.5 mm çapında iri mega kristalin piroksen mineralleri içermektedir. Kayaçta oldukça taze, aralarında magma karışımından dolayı veya kabuklan etkileşiminden dolayı biyotit kristalleri yer alabiliyor. Piroksenlerin çeperinden itibaren bir kısmının biyotite dönüştüğü çok net şekilde görülmektedir.

Bu kayaç içerisinde yer yer tremolit aktinolit oluşumları bulunmaktadır. Bu örnek aslında çok güzel bir magma karışım ürünü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlara Gabro kayası denebilir. Monzo gabro denmesi anlamsız gelmektedir çünkü alkali feldispattan ziyade bunların içerisinde çok net labrador, bitovnit ve plajioklas bulunmaktadır.

Kayaç opak mineraller olarak manyetit ve ilmenit içermekle beraber çok az da olsa rutil içermektedir. Örnekte bozuşma ürünü olarak kloritleşme görülmektedir. Özellikle piroksenlerin kloritleşmesi ve tremolit aktinolitlerin oluşumuna bağlı olarak da çok az da olsa uralitleşme izlenmektedir. Bütün bu tanımlamalara bağlı olarak bu kayaca gabro adı verilmiştir.

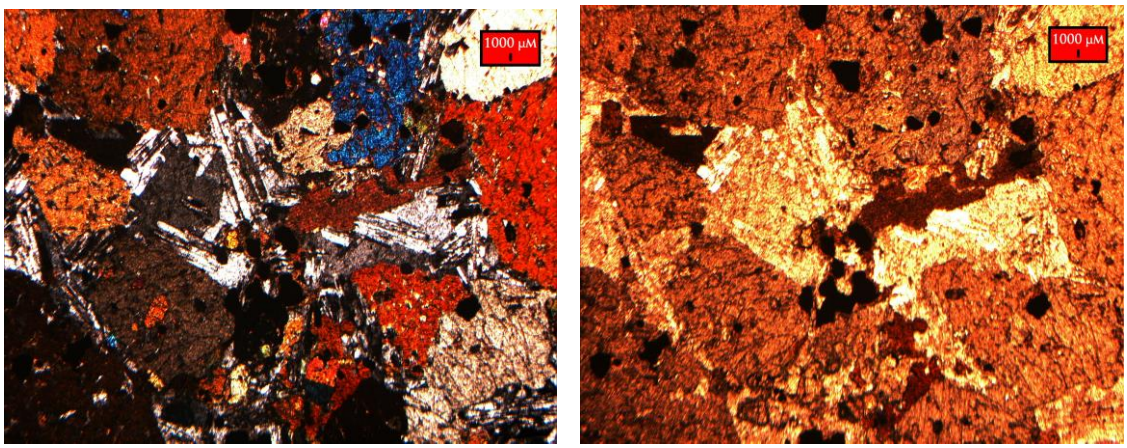


Şekil.6.30. Nebiyan **(**Samsun) 1. Grup (3-S-1) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **3S, İnce Kesit-2**

Bu inceleme kesitinde holokristalin porfiritik kloritleşme, ikincil biyotit oluşumu, biyotitleşme ile karşılaşılmıştır. Uralitleşme ile üç farklı bozunma tespit edilmiştir.

Örnek içerisinde manyetit ağırlıkta olup ilmenit ve manyetit opak mineral olarak görülmüştür. Bu nedenle titan değerlerinde yüksek oranlar görülmektedir. Demir içerik oranları da 6'nın üstünde olup 10'a yaklaşabilir. Bu gruptaki biyotit, piroksen ve plajioklas değişimlerinin görülebilmesi adına Raman yapılmasında fayda vardır.



Şekil.6.31. Nebiyan **(**Samsun) 2. Grup (3-S-2) ince kesitlerin polarizan mikroskopta (x2.5 büyütme) a) Çift nikol ve b) Tek nikol görüntüleri.

- **3S, İnce Kesit-3**

Kayaçta genel anlamda, holo kristalin porfirik doku görülmektedir. Kayaya porfirik kavramını sağlayan iri mega kristalin piroksenlerdir. Kayacın içerisinde apatit bulunmaktadır. Magma karışımla ilgili belirgin şekilde çubuğumsu görünümlü apatitler yer alır.

Piroksenlerin önemli bir bölümü mega kristalin piroksenler olup bir bölümü porfiritik dokuludur. İçerisinde bol miktarda manyetit, biyotit kapanımları mevcuttur. Manyetit ve biyotitler esasen ikincil olarak gelişmiş ancak az da olsa içerisindeki labrador türü plajioklasların porfiritik doku oluşumlarına neden olmuştur.

Bu örnek bir önceki kesitle benzer mineralojik bileşim, benzer bozunma ile benzer doku içermektedir. Kesitte ayrıca özel doku olarak ofitik doku da yer almaktadır.

6.5. İnceleme Kayaçlarının Kimyasal Bileşimleri

Kayaç tespitlerinde en önemli özellik kayaların sertliği, silika içeriği ve minerolojik, petrografik nitelikleridir. Kayaçların bitümlü sıcak karışımda sağlıklı ve uzun ömürlü olabilmeleri için alkali feldspat içeriklerinin mümkün olduğu kadar oransal olarak en az seviyelerde olması gereklidir. Bu kayalardaki alkali bileşim demek özellikle alkali feldspat, ortoklas, anortoklas, mikroklin gibi minerallerdir. Ayrıca biyotitte bunlardan biridir. Çünkü biyotit bünyesinde potasyum içermekte ve buda alkali değerlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu kayaçların içerisinde normal şartlarda biyotit beklenmez ancak bozuşma veya magma mixingden ötürü bir biyotit oluşumu gözlenebilir ve bunlarında oranı kesinlikle piroksen oranını geçmemelidir.

Alkali feldspatların alkali içerik değerleri yüksek olmasından kaynaklı zamanla bozuşmayla birlikte ayrışarak killeşebilmektedir. Buda bazalt gibi kayaçlarda tane boyutunun hızlı dağılmasıyla ufalanmasına yol açmaktadır. Bu nedenle tercihen alkali feldspat oranı düşük olabilen bir kayaç seçilmelidir. Bu tür kayalar daha çok magmatik kaya ve mafik bileşimli kayalar olmalıdır. Bunlar bazalt, diyabaz ve gabrolardır. Ancak bu kayalarda jeolojik koşullar altında hidrotermal faktörlerinde etkisiyle silisleşebilir, alterasyona uğrayarak demiroksitleşebilir, karbonatlaşabilir ve bozuşabilir.

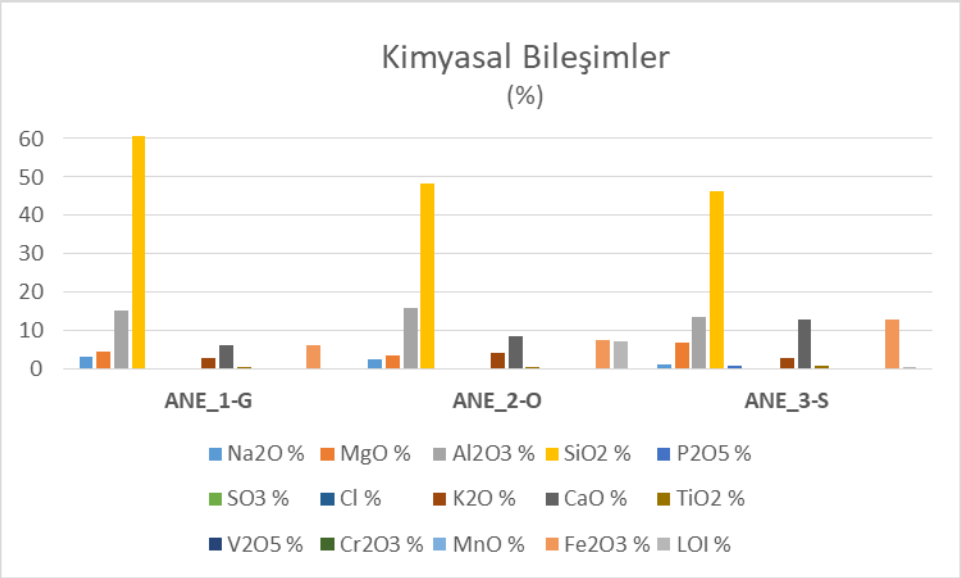
Bu nedenle bu kayaçlarda seçileceği zaman petrografik özelliklerininde incelenmesi gerekir. Mineraller tamamıyla birincil olmalı, alkali feldspat içerikleri %1 – 2 civarında,

silika içerikleri %54 ten fazla olmamalıdır. Aksi taktirde mafik özellikleri kaybolmuş nötr bileşimlerine doğru kaymış olacaklardır. Ayrıca alkali bileşik oranları sodyum, potasyum toplamı %4 ün altında olmalıdır. Özellikle birincil mineraller içinde amfibol oranı piroksenlerden mutlaka az olmalıdır.

Nebiyan (Samsun), Kovanlık (Giresun) ve Ulubey (Ordu) bölgelerindeki üç (3) ayrı araziden üç ayrı kaya türüne (1G, 2O ve 3S inceleme kayaçlarına) ait jeokimyasal analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Element	**Na2O**	**MgO**	**Al2O3**	**SiO2**	**P2O5**	**SO3**	**Cl**
Dimension	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
ANE_1-G	3,26	4,74	15,26	60,62	0,2824	0,141	0,00627
ANE_2-O	2,62	3,74	16,04	48,27	0,355	0,1216	0,02473
ANE_3-S	1,18	6,93	13,74	46,44	1,061	0,1547	0,03094

Element	**K2O**	**CaO**	**TiO2**	**V2O5**	**Cr2O3**	**MnO**	**Fe2O3**
Dimension	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**	**%**
ANE_1-G	2,875	6,255	0,5391	0,0286	0,0011	0,0855	6,371
ANE_2-O	4,432	8,716	0,5352	0,0295	0,0011	0,1779	7,551
ANE_3-S	2,851	12,86	0,927	0,064	0,01058	0,2466	12,89



Şekil.6.32. İnceleme kayaçlarının kimyasal bileşimleri (%).

Örneğin Andezit kayacında alkali bileşimlerinin yüksek olmasından ötürü killeşebilmektedir. İçerisindeki volkan camları ayrışarak, demiroksitleşerek killeşmeninde etkisiyle tane boyutunun ufalanmasına dağılmasına yol açmaktadır. Bu nedenle andezit tercih edilmemelidir.

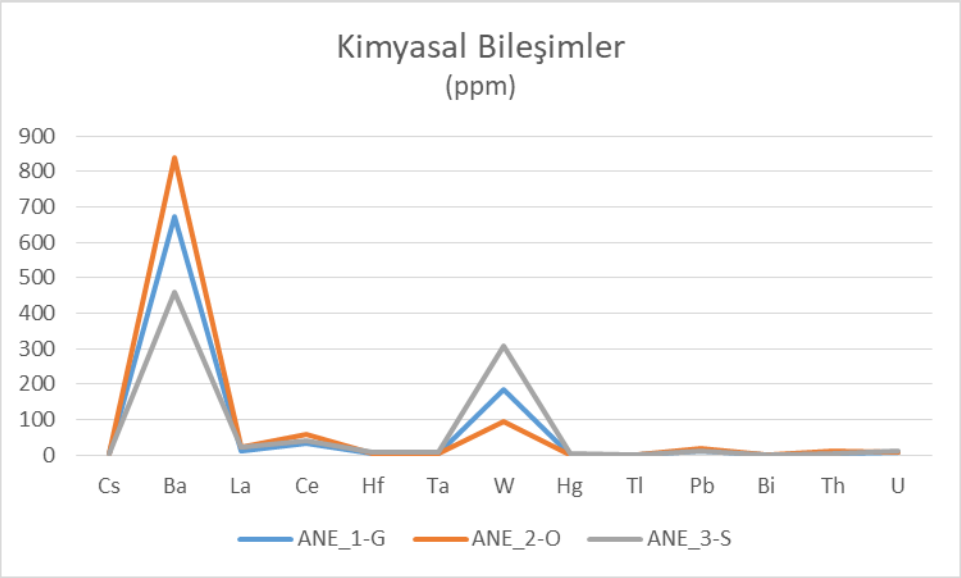
Araştırmalarda korelasyona gidebilmek amacı ile kayacın kimyasal bileşimlerinin tespiti birinci kriterdir. Birinci kritere bakıldığında SiO2 miktarı %54'ü geçmemelidir. Kayanın özellikle alkali bileşimine bakmak demek Na2O ve K2O toplamı %4'ü geçmemelidir. Bununla birlikte petrografik olarak alterasyon oranına bakıldığında %2 yi geçmemelidir. Yani toplam killeşme, serisitleşme, kloritleşme veya uralitleşme %2'nin altında olan taze kayalar tercih nedeni olmalıdır. Bu durumda kayacın fizikomekanik niteliklerini şekillendirerek iyileştirmektedir. 1G, 2O VE 3S inceleme kayaçlarına ait jeokimyasal analiz sonuçlarının devamı aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

Element	**Co**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**Ga**	**Ge**	**As**
Dimension	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
ANE_1-G	54,4	19,5	60,4	55,8	19,9	1	0,8
ANE_2-O	52,5	5,3	43,1	74	16,6	1,5	0,4
ANE_3-S	101	39,1	194,7	78,1	14,8	1	0,6

Element	**Se**	**Br**	**Rb**	**Sr**	**Y**	**Zr**	**Nb**
Dimension	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
ANE_1-G	0,4	0,2	48	1130	9,6	74,9	3,8
ANE_2-O	0,4	0,2	114,4	509	20,6	127,7	7,4
ANE_3-S	0,6	0,3	58,1	859,3	22,3	80,7	4,1

Element	**Mo**	**Cd**	**In**	**Sn**	**Sb**	**Te**	**I**
Dimension	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
ANE_1-G	3	0,8	0,9	1	0,8	1,2	2,1
ANE_2-O	3,2	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	2,2
ANE_3-S	3,8	1	1	0,9	0,9	1,3	2,2

Element	**Cs**	**Ba**	**La**	**Ce**	**Hf**	**Ta**	**W**
Dimension	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**	**ppm**
ANE_1-G	3,6	671,4	10,7	33,9	4,1	5,4	186,1
ANE_2-O	3,8	840,1	22,7	58,7	3,4	4	94,7
ANE_3-S	3,8	458,1	22,3	38,6	7,4	8,9	308,5



Şekil.6.33. Kayaç gruplarının kimyasal bileşimleri (ppm).

Kayaç gruplarında inceleme yapılırken kimyasal bileşimleri ile petrografik bileşimleri korele edilerek kontrol edilmelidir. Bu korelasyon dışında ateşteki kayıp miktarı Loss on ignition (LOİ) miktarının da tespit edilmesi ve bulunan değerinde %2 den az olması önem arz etmektedir. Bu değerin %2'nin üzerinde çıkması, kayacın bir tür bozuşma geçirdiğinin kanıtı olarak değerlendirilecektir.

Bazalt, diyabaz ve gabro arasından tercih yapılmak istenildiği zaman öncelikle gabro, sonra diyabaz ve daha sonra bazalt tercih edinilebilir. Çünkü gabrolarda tane boyutu tüm kristalli olması gözenek miktarının daha düşük oluşmasına neden olmaktadır. Diyabaz kayacında irili ufaklı minerallerin yer almasıyla birlikte volkan camının çok az olması tercih nedeni olmaktadır. Bazaltlarda ise volkan camı miktarının fazla olmasından kaynaklı su emme oranlarının yüksek çıkması diğer kayaçlara nazaran farklılık göstermektedir. Bu özelliklerle beraber bu kayaçların içerisinde kil olup olmadığı tespit edilmelidir.

7. SONUÇLAR

Bu çalışma bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan farklı özelliklere sahip bazalt ve traki bazalt kayaçlarından elde edilmiş agregalar ile daha önce sıcak karışımlarda kullanılmamış olan gabro kayacının fiziksel ve mekanik niteliklerinin tespiti amacıyla hazırlanmıştır. Araştırmalar neticesinde elde edilen fiziko mekanik sonuçlar ve bu sonuçların mineralojik açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır.

Deneysel çalışma tespitleri maddeler halinde şu şekilde özetlenebilir.

- Metilen mavisi deney sonuçlarına bakıldığında; killilik oranı en yüksek 5,50 değerini bulan Ulubey sütun bazaltlarında görülmüştür. Bu değer BSK yapımı için KTŞ'de belirtilen uygun kriterin çok üzerinde yer almaktadır. Yine 0,25 ile 1,00 değerleri arasında düşük değerlerde seyreden Kovanlık bazaltı ve gabro kayacı ise BSK yapımı için gerekli killilik parametrelerini rahatlıkla sağlamaktadır.
- Araştırma örnekleri içinde Los Angeles aşınma kaybı değeri en yüksek olan birim %18,24 ortalamasıyla Ulubey sütun bazaltlarında görülmüştür. Bunu % 16,80 oranıyla Samsun Gabrosu ve %12,51 ortalamasıyla Giresun Traki Bazaltları takip etmektedir. Yüzde kayıp olarak en yüksek değer Ulubey sütun bazaltlarında görülse de her üç kayaç örnekleri BSK yapımı için uygun nitelikte aşınma kaybına sahiptir.
- Araştırma örnekleri içinde hava tesirlerine karşı dayanımı en az olan yani don kaybının en yüksek olduğu kayaç % 6,08 ortalamayla Ulubey sütun bazaltlarında görülmüştür. Yine hava tesirlerine karşı dayanımı en yüksek olan kayaç ise % 3,07 ortalamayla Samsun Nebiyan Gabrosuna ait agregalar olmuştur. Her üç inceleme örneği BSK yapımı için uygun nitelikte olup şartname limitlerini karşılamaktadır.
- İnceleme kayaçları yeterli özgül ağırlık değerlerine sahiptir. Samsun Nebiyan gabrosunun araştırma örnekleri içinde en yüksek yoğunlukta yer alması yüksek basınç ve sıcaklıkta gelişmiş olması ile SiO2'ce oldukça zengin olmasını destekler niteliktedir. Kaba ve ince agregada ortalama hacim özgül ağırlıklar sırasıyla;

  1G : 2,725 / 2,673 (gr/cm³)

  2.O : 2,411 / 2,347 (gr/cm³)

  3.S : 3,033 / 2,962 (gr/cm³) şeklinde bulunmuştur.

- Absorsiyon yüzdeleri karşılaştırıldığında Ordu Ulubey sütun bazaltlarında kaba agrega için su emme değeri % 4,82 olarak inceleme kayaçları içinde maksimum değerde yer alır. Bunu %0,78 oranla sütun yapıdaki Giresun traki bazaltı ardından % 0,60 oranla Samsun Nebiyan gabroları takip etmektedir. Ortalama su emme oranları ince agregada da aynı sıra ile gelişmiştir. Yüzey alanının artmasına bağlı ince agregada su emme ortalamaları kaba agregaya nazaran daha yüksek çıkmıştır. Ordu, Ulubey traki bazaltı gerek iri agregasında gerekse ince agregasında bitümlü sıcak karışım imalatları için karayolları teknik şartnamesinde yer alan maksimum su emme şartname limitleri üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

  Absorbsiyon oranlarının yüksek olması BSK imalatlarına fazla bitüm sarfiyatına neden olmaktadır. Ayrıca agregaların bünyesine bitüm emişi artacağından asfalt çimentosunda stabilite, işlenebilirlik, boşluk oranları ve kaymaya karşı direnç gibi birtakım parametrelerde olumsuz değişimler meydana gelebilecektir.
- Araştırma konusu örneklere yapılan organik madde tayini testleri sonucunda agregalar içerisinde herhangi bir organik maddeye rastlanmamıştır.
- İnceleme kayaçları örneklerinden agrega elde edilirken kırım sırasında en yüksek yassılık oranına %12,28 oranıyla Samsun Nebiyan gabrosu, en düşük yassılık ortalamasına ise %7,65 oranıyla Ordu Ulubey sütun yapılı traki bazaltlarında görüldüğü tespit edilmiştir. Kayaçlardan elde edilen her üç ortalama değer BSK imalatları için uygun şartname değerlerini sağlamaktadır. Samsun Nebiyan gabrolarındaki yüksek yassılık oranı, kayacın mineralojik dokusundan kaynaklı ve daha sert karakterde olmasından ötürü gelişmiştir.
- Agregaların bitümle bir bağ kurarak, tüm yüzeyinin bitümle kaplı olması sağlıklı asfalt betonu oluşturmak açısından önemli bir faktördür. Bu bakımdan Trakya rafinerisine ait 50/70 penetrasyonlu bitümle yapılan soyulmaya karşı direnç testinde soyulma miktarları minimum % 55 – 60 oranlarında, maksimum % 75 – 80 oranlarında olduğu tespit edilmiştir. Kayaçların mineralojik – petrografik özellikleri ile bitüm niteliklerinden kaynaklı bu durumun önüne amin bazlı kimyasal dop katkıları kullanılarak geçilmiştir. Farklı yapıdaki dop katkılarından bitümün % 0,2 oranında alınarak teste tabi tutulmuştur. Böylece bitüm ile agrega arasındaki adeziv bağ güçlendirilerek karayolları teknik şartnamesinde yer alan sıcak karışımlar için gerekli soyulma mukavemetini üst

seviyelerde sağlayan değerler elde edilmiştir. Sonuç olarak 2.O ve 3S numuneleri için dop katkıları kullanılarak agregaların soyulmaya karşı direnci arttırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde aşağıdaki değerlendirmeler yapılabilir;

- Ordu Ulubey sütun bazaltları bitümlü sıcak karışımlar için gerekli fiziksel ve mekanik koşulların tümünü sağlayamamıştır. Bu anlamda her bazaltın sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılabileceği yaygın görüşü anlamını yitirmektedir. Su emme oranlarının yüksek olması ve metilen mavisi killilik değerlerinin istenilen limitlerin üstünde olması sebebiyle bitümlü sıcak karışımlarda sağlıklı bir asfalt çimentosu elde edilemeyeceği için bu agrega örneğine dizayn çalışması yapılmamıştır.

  Agrega fiziksel özelliklerinin gerekli şartları sağlayamaması durumunda buna etken olan sebepleri araştırabilmek amacıyla kayacın kimyasal analizleri ve minerolojik özelliklerinin tespiti ihtiyacı doğmuştur. Absorbsiyon ve killilik gibi fiziksel parametrelerin uygun özellikte olmayışının nedeni kimyasal analizden görüleceği üzere kayacın Na2O ve K2O alkali bileşimlerinin %4 ün üzerinde, yüksek çıkmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Hazırlanan ince kesitlerde kayacın içinde mafik mineral oranı oldukça az ve mafik minerallerin tane boyutunun oldukça küçük çapta olduğu görülmektedir. Kayaçta yer alan boşluklar içerisinde rekristalize ikincil kuvars mineralleri oluşumlarına rastlanılmıştır. Kaya içerisinde ilmenit bulunmaktadır. Çok az miktarda manyetitte yer almaktadır. Alkali feldispat olarak sanidin tespit edilmiştir. Alkali bileşimlerinin yüksek olması ve mafik mineral miktarındaki azlık kayaç üzerinde yüksek absorbsiyon ile yüksek metilen oranlarının çıkmasına neden olmaktadır.

- Giresun Kovanlık bazaltları karayolları teknik şartnamesinde yer alan bitümlü sıcak karışımlar için gerekli fiziksel şartları sağlamaktadır. Bu nedenle binder kaplaması için örnek bir bitümlü sıcak karışım dizaynı hazırlanmıştır. Optimum bitüm oranı, yoğunluklar, boşluk oranları, Marshall stabilite ve akma gibi

değerlerin, gerekli tüm şartları sağladığı görülmüş ve tespit edilen bu değerler ilgili bölümde verilmiştir.

Kimyasal parametreleri incelendiğinde kayaç içerisinde %60,62 oranına varan SiO2 miktarı dikkat çekmektedir. Hazırlanan ince kesitler incelendiğinde kayaçta silisleşme ve matrikste karbonatlaşma görülmektedir. Silisleşme, kayacın anortit oranının yüksek olduğunu işaret etmektedir. Kayacın içerisindeki, ilmenit ve pirit gibi, mafik minerallerin önemli bir bölümü opaklaşma ve volpasitleşme gösteriyor. Tüm özellikleri göz önüne alındığında kaya, silisleşmiş alkalen bazalt (şoşenitik karakterli alkalen bazalt) olarak adlandırılmıştır.

Sonuç olarak Giresun kovanlık bazaltları işlenebilir, yorulmaya karşı dirençli, dayanımı güçlü uzun vadede hizmet verebilecek kaliteli bitümlü sıcak karışım agregası olarak değerlendirilebilir.

- Samsun Nebiyan Gabro kayacı, karayolları teknik şartnamesinde yer alan sıcak karışımlar için gerekli fiziksel deneylerin şartname değerlerini rahatlıkla sağlamaktadır. Bölge genelinde asfalt betonu için uygun nitelikte agrega temini çok zor koşullarda ve uzun mesafe aralıklarından sağlanmaktadır. Bu anlamda mesafe analizi ile gerek yakıt giderini kısarak gerekse çok daha kaliteli bir imalat yaparak ülke ekonomisine değerli katkıları olacaktır. Daha önce bitümlü sıcak karışımlarda kullanılmamış olan gabro kayacının farklı bölgelerde değerlendirilmesi açısından çalışmalara ışık tutacaktır. Kayaçlardan alınan örneklerden hazırlanan dizayn çalışması ve elde edilen optimum bitüm oranı, yoğunluklar, boşluk oranları, Marshall stabilite ve akma gibi dizayn değerleri ve sonuçları kısım 6.3 teki ilgili bölümde yer almaktadır. Gabro kayacında kırım sonrası yapılan elek analizlerinden de görüleceği üzere yoğun miktarda filler elde edilebilmektedir.

  Gabro agregasından elde edilen (No.40) elekten %100, (No.200) elekten %70 - 100 arasında geçen ve hacim özgül ağırlığı yüksek olan filler malzemesinin seramik sanayinde değerlendirilmesi gibi farklı bir amaca hizmet durumu da bir başka araştırma konusu olabilecektir.

  Fizikomekanik deney sonuçlarına bakıldığında gabro kayacının üstyapı imalatlarında kullanılabilmesi tercih nedeni olabilmektedir. Ancak bitümlü sıcak karışımlarda agrega olarak kullanılırken soyulmaya karşı mukavemetini

arttırmak için soyulma önleyici (dop) katkıların kullanılması gerekmektedir. Gabro kayacının fiziksel parametreleri incelendiğinde üstyapı imalatlarında hizmet süresini uzamasına katkı sağlayacağı görülmektedir. Yine yapılan dizayn çalışması neticesinde hazırlanan asfalt betonunda daha az bitümle daha fazla yoğunluk ve stabilite değerleri saptanmıştır.

Kimyasal analizlerde fiziksel parametreleri destekler nitelikte sonuç vermiştir. Nitekim analizlerde alkali oranlarının diğer örnek kayaçlara nazaran daha düşük seviyede izlenmesi kayacın dayanımı üzerindeki olumlu etkileri doğurmaktadır. İnce kesitler incelendiğinde genel anlamda, holo kristalin porfirik dokulu bir yapı mevcuttur. Kayaya porfirik kavramını sağlayan iri mega kristalin piroksenlerdir. Kayacın içerisinde apatit bulunmaktadır. Manyetit, Biyotit kapanımları; bu manyetitle, biyotitler esasında ikincil olarak oluşmuş, ama yer yer de olsa içinde plajioklast, labrador türü plajioklasların porfiritik doku oluşumlarına neden olmuştur. Opak mineraller olarak manyetit ve ilmenit bulunmaktadır. Bütün bu tanımlamalar neticesinde kayaç Gabro olarak adlandırılmıştır.

Sonuç olarak Nebiyan Gabrosu iri kristalize oluşumu ile düşük geçirimlilik özelliğine sahip yoğun, işlenebilir, yorulmaya ve kaymaya karşı mukavemeti olan Marshall stabilitesi uygun kaliteli bir esnek üstyapı agregası olarak kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR

AASHTO 1986. Guide for Design of Pavement Structures. American Association of Sate Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C.

Akbulut, H., Çetin, S., Gürer, C, 2009. Andezit agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında kullanılabilirliğinin Araştırılması. 5. Uluslararası ileri teknolojiler Sempozyumu, Karabük.

Altınlı, E.I., 1946. Ordu ve Giresun Vilayetlerinin jeolojik incelemesi, MTA, Ankara.

Altun, Y. 1977. Çayeli – Madenköy Bakır-Çinko Yatağının Jeolojisi ve cevherleşmeye ilişkin sorular. MTA Dergisi, No:89, 9 – 21, Ankara.

Ağar, E., Umar, F., 1985. Yol Üstyapısı, 3. Baskı İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası.

Altun, E., 2013. Giresun – G40 Paftası Jeoloji Haritası. No:186, Jeoloji Etütleri dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2013. Karayolları Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, (No:267), Ankara.

Anonim, 2008. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, KGM, Ankara.

Ateş, Ş., Keçer, M., Mutlu, G., Bulut, A., 2004. Ordu İlinin Yerbilim Verileri ve Doğal Afet Özellikleri, MTA Rapor No:10667, Ankara (yayımlanmmış).

Bora, E., Erler A. ve Yıldız, T. 1970 Giresun –G39-a2 ve G39-a3 Paftalarının Jeolojik Etüdleri ve Maden Prospeksiyonu Raporu. MTA Rapor No:4438, Ankara.

Ceylan,S, 2006.Bitümlü Sıcak Karışımlarda Filler Olarak Carboniferous-Triassic Kayaç Tozlarının Kullanılması ve Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Ünv, Konya.

Delen, Z., 2014. Bitümlü Sıcak Karışımların (BSK) Şartname Sınır Değerleri Arasında Kalan Üretim Hatalarının Karışım Performansına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul.

Ercan, T. ve Gedik, A. 1983. Pontidlerdeki Volkanizma. Jeoloji Mühendisliği Degisi, 18, 3-21, Ankara.

Gedik, A. ve Korkmaz, S. 1984. Sinop Havzasının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, C19, 53-79, Ankara.

GoogleHaritalar.2019.https://www.google.com.tr/maps/@41.5390696,35.1305705,7.71 z?hl=tr(Erişim Tarihi: 22.08.2019).

Güner, S., Güç, A. Z.,Yazıcı, E. N., Köse, Z, Çuvalcı, F., Yaprak, S, 1989. Ordu-Gölköy Yöresi Maden Jeolojisi Rapor. MTA Rapor No:9012, Ankara.

Güven, İ.H. 1993. Perşembe F39, Giresun G39 Paftalarının1/100.000 Ölçekli jeoloji Haritası. Maden Tetkik Arama Müdürlüğü Arşiv No: 42896/5, Ankara.

Hakyemez, Y, H. Tekin, F., Erkal, T., Karabıyıkoğlu, M., Mengi, H. 1989. Çarşamba (Samsun) Dolayının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No:8895, Ankara.

Kalyoncu, A., Yaşar, M. ve Karabulut A. 1975. Reşadiye Bentonit Sahalarında Ayrıntılı Çalışma Raporu, MTA Rapor No: 5395, Ankara (yayımlanmamış).

Keçeciler, A.F.,Akkol, G., Gümrükçüoğlu, A., Gökçe, A. F., Bitümlü Malzemeler Laboratuvar El Kitabı, KGM Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Keskin, İ. 1993. Giresun İlinin Jeoloji Haritası. MTA Genel Müdürlüğü Arşiv:43011/1.

Keskin, İ., 2011. Perşembe - F39 ve Giresun – G39 Paftası Jeoloji Haritası. No:152, Jeoloji Etütleri dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Keskin, İ., 2011. Samsun – E36 ve F36 Paftaları Jeoloji Haritası. No:149, Jeoloji Etütleri dairesi, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

Ketin, I. 1966 Anadolunun Tektonik Birlikleri, Maden Tetkik Arama Dergisi, Ankara.

Ketin, İ. ve Gümüş, O. 1963. Sinop-Ayancık arasında 3. Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor. TPAO Genel Müdürlüğü Rapor No:288, Ankara.

Orhan, F., 2012. Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları, Araştırma Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü, KGM, Ankara.

Özsayar, T., Pelin, S, Gedikoğlu, A., Eren, A.A., Çapkınoğlu, Ş. 1982. Ardanuç (Artvin) Yöresinin Jeolojisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yer Bilimleri Dergisi C-2, S 1-2, S 21 – 27, Trabzon.

Öztürk, A.1979 Ladik-Destek dolayının stratigrafisi, Türkiye Jeoloji Kurumu, Ankara.

Ilıcalı, M., Tayfur, S, Özen, H., Sönmez, İ., Eren, K, 2001. Asfalt ve Uygulamaları. İsfalt Bilimsel Yayın No:1.

Terlemez, İ. ve Yılmaz, A.1980. Ünye, Ordu, Koyulhisar, Reşadiye Arasında Kalan Yörenin Stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 23/2, 179-191, Ankara.

Tosun N., Bitümlü Kaplamalar Uygulama El Kitabı. KGM 14. Bölge Müdürlüğü Bursa.

Türk-Yugoslav ekip.1970b. Ordu Kabadüz Sahası1/25.000 Ölçekli Jeoloji Etüdü ve Prospeksiyon Raporu. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Rapor No:4596, Ankara.

TS EN 1097-6 ve 1097-2 Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 118 EN 1426 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar İğne Batma Derinliği Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 9582 EN 933-3 Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 933-9 Metilen Mavisi Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 706 Agrega Malzemelerinin karışım özellikleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12697 - 11 Çözünür Bağlayıcı Muhtevası Tayini, TSE, Ankara.

TS EN 1367-2 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 1083, (1972) Yol Üstyapısında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 1087 Bitümlü Maddelerde Özgül Ağırlık Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 706, 1980, Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3530 EN 933–1, 1999**,** Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 9582 EN 933- 3, 1999, Agregaların Yassılık Endekslerinin Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Yassılık Endeksi Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği, 2019. Türkiye Asfalt Müteahhitleri Derneği, 2019.http://www.asmud.org.tr/asfalt.php?sayfa=29 (Erişim Tarihi: 10.07.2019).

Turhan, İ,. 2013 Arazi ve Laboratuvar Sıkıştırma Şartlarının Bitümlü Sıcak Karışımların Hacimsel ve Mekanik Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi, İnşaat Mühendisliği, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

Umar, A. F., Ağar, E., Yol Üstyapısı, İTÜ İnşaat Fakültesi, 1985, İstanbul.

Wedding, H. 1963.Kelkit Hattı Jeolojisine ait Düşünceler ve Kelkit-Bayburt Çevresindeki Jura Stratigrafisi. MTA Dergisi Sayı:61, Say: 31 – 66, Ankara.

Yılmaz, İ. 1977. Çaykara Granitlerinin Petrojenetik ve Jeokronometrik etüdü.Tübitak Doğu Bilimleri Dergisi 8, s.29-35.

Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Granit, S., Kalkan, I. 1985. Samsun ve Dolayının Jeolojisi ve Petrol Olanakları. MTA Rapor No: 8130, Ankara.

Zanki, H. 1959, Harşit Vadisi Bölgesinde Yapılan Maden Yatakları ile İlgili Jeolojik Etüd Hakkında Rapor, MTA Rapor No: 2751, Ankara (yayımlanmamış).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı	A. Nedim EKER	
D. Yeri ve Tarihi	SİLVAN, 1985	
Mezuniyet/ Branşı	Çukurova Ünv./ Jeo Mühendisliği. Batman Ünv./ Yüksek Lisans.	
Tel / E-Mail	0532 600 24 91 / nedim.eker21@hotmail.com.tr	
Uzmanlık Alanı	*Kalite Kontrol : Asfalt-Beton-Zemin *Yol : Altyapı, Üstyapı, Köprü ve Tünel. *Su İşleri : Su Yapıları ve Sondaj. * İleri Zemin İyileştirme Teknikleri. * İmar Planına Esas Jeolojik Çalışmalar.	

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Silvan Lisesi, Silvan/ DİYARBAKIR	2002
Üniversite	:	Çukurova Üniversitesi, Balcalı, ADANA	2008
Yüksek Lisans	:	Batman Üniversitesi, BATMAN	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2008 - 2010	Silvan Belediyesi	Sular İdaresi Müd. V.
2010 - 2013	Açılım - BSK O.G	Kalite Kontrol Müh.
2013 - 2015	Karayolları 11. Bölge (Eser Müş. Müh.)	Üstyapı Kontrol Müh.
2014 - 2019	Cengizler Yol İnşaat	Kalite Kontrol Müdürü

SERTİFİKALAR :

Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü, A Sınıfı Amt. Telsiz İşletme.
İş Sağlığı ve Güvenliği **C** Sınıfı Uzmanı.
ISO 9001 : 2008 'Kalite Yöntem Sistemi Temel Eğitimi'
ISO 19011 : 2002 'Kuruluş içi Kalite Sistem Tetkikçisi'
Afet Yönetimi.

YAYINLAR

2012 Adana Metrosu Jeoteknik Uygulamaları, 2012, Adana.
(Çukurova Ünv. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yarışması, ödüllü bölüm birinciliği).