

**BARTIN YÖRESİ ORMAN YOLLARININ ÜSTYAPI KALINLIĞININ VE
TAŞIMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Tuğrul VAROL

**Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Doktora Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**Zonguldak
Aralık 2004**

KABUL:

Tuğrul VAROL tarafından hazırlanan “BARTIN YÖRESİ ORMAN YOLLARININ ÜSTYAPI KALINLIĞININ VE TAŞIMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Doktora tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. (03/12/2004)

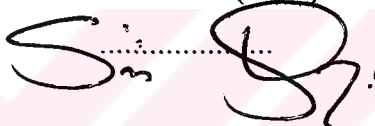
Başkan: Doç.Dr. Metin TUNAY (ZKÜ)



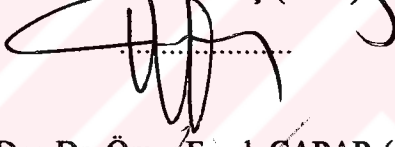
Üye: Prof. Dr. Mesut HASDEMİR (İÜ)



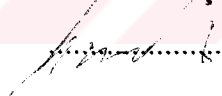
Üye: Prof.Dr. Sümer GÜLEZ (ZKÜ)



Üye: Prof.Dr. Metin SARIBAŞ (ZKÜ)

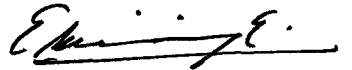


Üye: Yrd.Doç.Dr. Ömer Faruk ÇAPAR (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. (...../...../2004)



Prof.Dr. Ethem KIŞIOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



ÖZET

Doktora Tezi

BARTIN YÖRESİ ORMAN YOLLARININ ÜSTYAPI KALINLIĞININ VE TAŞIMA KAPASİTESİNİN BELİRLENMESİ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Metin TUNAY

Aralık 2004, 167 sayfa

Ülkemizde son yıllarda üretilen ve taşınması gereken odun miktarının önemli orandaki artışı karşısında bu materyalin en seri biçimde satış depolarına ya da fabrikalara taşınması gerekmektedir. Bu gereği yerine getirmek için yeni ve güçlü taşıma araçlarına ve bu araçlarla taşımayı sağlayabilecek nitelikte yollara ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemizde ise, orman yollarının çok önemli bir kısmı kaplamasız ve temelsiz toprak yol niteliğinde olup büyük bir kısmı drenaj tesislerinden yoksundur ya da mevcut olanlar yetersizdir.

Üst yapı sürekli ve düzenli trafiğin temini için önemli bir koşuldur. Bu nedenle, tüm orman yollarının ivedilikle üst yapı inşaat tekniğine uygun biçimde ekonomik bir üst yapıya kavuşturulması gerekmektedir. Orman yollarında üst yapı daima sağlam bir toprak taban üzerine getirilir. Bu nedenle sağlam ve elverişli bir temel toprağının seçimi herhangi bir inşaat projesinde en önemli husustur. Toprağın bu özelliği ve orman yollarında uygulanabilecek üst yapı tekniğinde işgal ettiği önemi nedeniyle incelenmesi gerekmektedir.

ÖZET (devam ediyor)

Gelişmiş ülkeler ormancılık çalışmalarında turbalık ve bataklık alanları gerekli üst yapı ve drenaj tesisleriyle donatarak bu alanlardan maksimum yararlanma olanağı aranmaktadır.

Bu bilgilerin ışığı altında “Orman Yollarının Üst Yapı Kalınlığının ve Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi” başlıklı proje Türkiye’de orman yollarının üst yapı inşaat tekniği ve ekonomiklik kriterleri dikkate alınarak hangi standartlara ulaştırılması gerektiğini belirlemek amacıyla düşünülmüştür.

Üstyapılar, kullanılan malzemeler ve davranışları göz önünde tutulduğunda; esnek üstyapılar ve rijit üstyapılar olmak üzere iki kısma ayrılırlar. Söz konusu çalışmada üstyapı olarak esnek üstyapılar (orman yolları için) seçildi. Üstyapıyı oluşturan tabakalar hakkında bilgi verildikten sonra projelendirme metotlarından GI (Grup İndeksi) ve AASHO (Birleşik Amerikan Karayolları Mensupları Birliği) metotları anlatıldı. Elek, likit limit ve plastik limit analizleri sonucunda elde edilen değerler formülde yerine konarak GI metoduna göre gerekli üstyapı kalınlıkları hesaplandı.

AASHO metodu ile esnek üstyapı projelendirilmesinde; dingil yükleri ve tekerrürleri ile iklim koşulları, taban zemini taşıma gücü ve üstyapıda kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri, tekerlek basıncı, toprağın zemin emniyet gerilmesi, lastik iç hava basıncı, trafik yoğunluğu parametre olarak hesaba katılmaktadır. AASHO yol deney formülü verildikten sonra son servis kabiliyeti indeksinin (Pt), bölge faktörünün (R) seçimi, zemin taşıma değeri (Si) ve günlük ortalama trafik sayısının hesaplanması anlatıldı. Bu değerler aracılığıyla tabaka kalınlıkları hesaplandı.

Çalışmanın son kısmında, Türkiye ormanlarında uygulanmakta olan GI metoduyla AASHO metodu karşılaştırıldı.

Anahtar Sözcükler: Üstyapı, CBR, Grup İndeksi, AASHO

Bilim Kodu: 502.04.01

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF THE PAVEMENT THICKNESS AND BEARING CAPACITY OF THE FOREST ROAD IN BARTIN REGION

Tuğrul VAROL

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forestry Engineering**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Metin TUNAY
December 2004, 167 pages**

The annual timber production in Turkey forests is increasing steadily in recent years and this volume has to be transported to the sales depots or mills within a short period of time. In order to be able to realize this task we need new and powerful equipment and roads which will fit their requirements. Most of the existing forest road in Turkey are earth roads without a base course and surfacing. Besides, in a great extent the drainage structures on these roads are insufficient or even do not exist.

Surfacing without a base course is essential for a given traffic volume. Therefore for all of the forest roads in every region pavement structures should be realized economically and in a way which will fit its technical specifications. Pavements in forest roads area always constructed on a stable subgrade. Therefore the selection of a stable and a suitable subgrade material is the most important part of the design of pavements. Soils should be surveyed as a construction material because of their changing peculiarities and their

ABSTRACT (continued)

important place in pavement construction.

Developed countries are searching to get maximum profit from peat and marsh areas by decking out necessary subgrade and drainage structure in forest working.

According to these information the project titled “Determination Of The Pavement Thickness And Bearing Capacity Of Forest Roads” has thought in order to determine which standardization could be reached by taking attention of pavement construction techniques and economical criteria forest roads in Turkey.

Pavements can be grouped in two categories as rigid pavements and flexible pavements with respect to the materials used for them and also according to their behaviour. This study is made for flexible pavements (for forest road). Following an explanation about layers forming a pavement, the methods of GI and AASHO are explained. Using the results of the values obtained from the sieve, liquid limit and plastic limit analyses, necessary pavement thicknesses was calculated according to GI method.

Bearing capacity of foundation soils, mechanical properties of materials used in pavements and also effects of seasonal variations are considered by AASHO method. AASHO road test equation, the criterion to chose serviceability level (Pt), climatic condition (R), subgrade soil (Si) and calculations of projected traffic capacity are given in this study. Layer thicknesses are calculated by this data.

At the study's last chapter the GI method practised by OGM and AASHO method has compared.

Key Words: Pavement, CBR, Group Index, AASHO

Science Code: 502.04.01

TEŞEKKÜR

Araştırmanın ülkemiz ve konu ile ilgilenenler için faydalı olmasını dilerken, bana bu konu üzerinde çalışma fırsatı veren, bütün çalışmam boyunca değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Metin Tunay'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca araştırmam süresince büyük yardımlarını gördüğüm, manevi desteğini benden esirgemeyen eşime şükranlarını sunarım.

Araştırmamın arazi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında ulaşım, veri toplama, yardımcı işçi vs. temininde büyük yardımlarını gördüğüm Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'ndeki teknik ve yardımcı personele teşekkür ederim.

Laboratuar çalışmalarında bana çok yardımları dokunan kardeşim Koray VAROL'a ve inşaat mühendisi Gökhan GÖLBAŞI'ya (Karayolları Genel Müdürlüğü) teşekkür ederim. Ayrıca Ankara'da gerçekleştirdiğim laboratuar çalışmalarında cihazlarından, deneyimlerinden faydalandığım jeoloji mühendisi Mustafa DEMİR'e ve istatistik değerlendirmelerde yardımını gördüğüm Sezar KARACA'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
 BÖLÜM 1 GENEL BİLGİLER.....	 1
1.1 ÜSTYAPI.....	2
1.1.1 Kaplama Tabakası.....	4
1.1.2 Temel Tabakası.....	4
1.1.3 Alt Temel Tabakası.....	4
1.2 ALT YAPI.....	5
1.3 ÜSTYAPILARDA GERİLME.....	6
1.3.1 Trafik Yüklerinden Doğan Mekanik Gerilmeler.....	6
1.3.1.1 Bandaj Altında Esnek Üstyapının Deformasyonu ve Gerilmeler..	8
1.3.1.2 İdeal Ortamlar İçindeki Gerilmeler.....	9
1.3.2 Sıcaklık ve Rutubetin Değişmesinden Doğan Fiziksel Gerilmeler.....	10
1.4 ÇALIŞMANIN AMACI.....	11
1.5 YOL ÜSTYAPISININ PROJELENDİRİLMESİ.....	13
 BÖLÜM 2 LİTERATÜR.....	 15
 BÖLÜM 3 MATERYAL.....	 32

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1 ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI.....	32
3.1.1 İklim.....	35
3.1.1.1 Yağış.....	35
3.1.1.2 Sıcaklık.....	35
3.1.1.3 Don Olayı.....	39
3.1.2 Topoğrafik Yapı.....	39
3.1.3 Toprak Yapısı.....	39
3.1.4 Jeolojik Yapı.....	44
3.2 ÖRNEKLERİN ARAŞTIRMA ALANINA DAĞILIMI.....	47
 BÖLÜM 4 METOT.....	 57
4.1 KIYASLAMA METODU.....	58
4.2 AASHO METODU.....	58
4.2.1 Son Servis Kabiliyeti İndeksinin (Pt) Seçimi.....	60
4.2.2 Bölge Faktörünün (R) Seçimi.....	61
4.2.3 Taban Zemininin Taşıma Değerinin (Si veya CBR) Saptanması.....	62
4.2.3.1 Proktor Analizi.....	64
4.2.3.2 CBR Deneyi.....	68
4.2.4 Proje Trafiğinin Hesaplanması.....	70
4.2.5 Üstyapı Sayısının (SN) Bulunması.....	74
4.2.6 Üstyapı Sayısının (SN) Yardımıyla Tabaka Kalınlıklarının Saptanması.....	 74
4.3 ZEMİNİN TAŞIMA YETENEĞİ METODU (CBR).....	75
4.4 GRUP İNDEKSİ METODU.....	75
4.4.1 Elek Analizi.....	78
4.4.1.1 İri Kısımın Analizi.....	80
4.4.1.2 İnce Kısımın Analizi.....	81
4.4.2 Likit Limit Analizi.....	81
4.4.3 Plastik Limit Analizi.....	82

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.4.4 Plastisite İndeksi.....	83
4.4.5 Taban Topraklarının Gruplandırılması.....	83
4.5 ÜSTYAPININ BOYUTLANDIRILMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER..	88
4.6 TABAN TOPRAKLARINDAN ÖRNEK ALMA YÖNTEMİ VE TOPRAK ÖRNEKLERİ.....	91
4.7 ÇALIŞMADA UYGULANAN İSTATİSTİKSEL ANALİZLER.....	94
 BÖLÜM 5 BULGULAR	 96
5.1 ALAPLI FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	98
5.2 ÇAKRAZ FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	101
5.3 ÇAYCUMA FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	104
5.4 DİNLENCE FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	106
5.5 KAZPINARI FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	109
5.6 KİLİMLİ FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	112
5.7 YILANLI FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	116
5.8 ZONGULDAK FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR.....	119
5.9 PROJE CBR DEĞERİNİN SEÇİMİ VE ÇEŞİTLİ ÜSTYAPI ÇÖZÜMLEMELERİ.....	122
 BÖLÜM 6 SONUÇ VE ÖNERİLER.....	 128
 KAYNAKLAR.....	 138
EK AÇIKLAMALAR A. FORMASYONLARIN ANALİZ SONUÇLARI.....	150
EK AÇIKLAMALAR B. LİKİT LİMİT İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI.....	159
EK AÇIKLAMALAR C. PROKTOR VE CBR ANALİZİ SONUÇLARI.....	162
ÖZGEÇMİŞ.....	167

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Üstyapı enkesiti.....	3
1.2 Yapı malzemesine bağlı olarak yüklenmenin dağıtılması.....	6
1.3 Çeşitli tekerlek yüklerine göre bandaj değme alanları ve bu alanlar üzerindeki gerilme dağılışları.....	7
1.4 Bandaj altında üstyapı yüzeyinin deformasyonu.....	8
1.5 Tek ve tandem bandajların etkisi ile meydana gelen gerilmeler.....	9
1.6 Üç tabakalı bir esnek üstyapıda yük eksenine etrafında oluşan düşey ve yatay gerilmeler.....	9
1.7 Yollarda düşey gerilme dağılışı (a-Tek tekerlek, b-Çift tekerlek).....	10
1.8 Don kabarması mekanizması.....	11
3.1 Bartın Orman İşletme Müdürlüğünün ülke ve Orman Bölge Müdürlüğü içindeki konumu.....	33
3.2 Araştırma alanının 1/25000 ölçekli gizli memleket haritalarındaki konumunu gösterir kroki.....	34
3.3 Yağış etkenliği potansiyeli.....	37
3.4 Ortalama sıcaklık dağılımı.....	38
3.5 Araştırma alanının topoğrafik yapısı.....	40
3.6 Araştırma alanının eğim sınıfları.....	41
3.7 Araştırma alanının bakı grupları.....	42
3.8 Büyük toprak grupları.....	43
3.9 Araştırma alanının jeolojik yapısı.....	45
3.10 Örneklerin araştırma alanına dağılımı.....	49
4.1 Esnek üstyapılar için projelendirme abağı ($P_t=1.5$).....	60
4.2 Kapalı kaplar içerisinde 16 saat bekletilen örnekler.....	65
4.3 Metot C'de kullanılan standart Proktor ekipmanları.....	67
4.4 Kurutma fırınında bekletilen Proktor örnekleri.....	67
4.5 CBR deneyi.....	69

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
4.6 Grup indeksi metoduna göre üstyapı kalınlığının tespiti.....	77
4.7 Tanelerin ufalanması.....	80
4.8 Dörtleme yöntemi.....	80
4.9 İri kısmın elek analizi.....	80
4.10 İnce kısmın elek analizi.....	80
4.11 Standart oluk.....	82
4.12 1 ile 1.5 cm'lik açıklığın kapanması.....	82
4.13 Cam üzerinde yuvarlama.....	83
4.14 Rutubet tayini için tartılma işlemi.....	83
4.15 Üstyapının boyutlandırılmasını ve seçimini etkileyen faktörler.....	89
4.16 Örnek alım derinliği.....	91
5.1 Alaplı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	99
5.2 Çakraz formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	102
5.3 Çaycuma formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	106
5.4 Dinlence formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	108
5.5 Kazpınarı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	111
5.6 Kilimli formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	114
5.7 Yılanlı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	118
5.8 Zonguldak formasyonu için kümeleme kombinasyonu.....	121
5.9 Formasyonlar için proje CBR değerinin seçimi.....	123
6.1 Bartın yöresi orman yollarından bir görüntü.....	137

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Üstyapı malzemeleri için granülometri özellikleri.....	2
3.1 Bartın meteoroloji istasyonu 1991-2003 yılları arası iklim verileri.....	36
3.2 Amasra meteoroloji istasyonu 1991-2003 yılları arası iklim verileri.....	36
3.3 Araştırma alanında bulunan jeolojik formasyonlara ilişkin özellikler.....	48
3.4 Alaplı (Kra) formasyonu (Marn-Killi kireçtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	50
3.5 Çakraz (PTrç) formasyonuna (Kırmızı kumtaşı-Kiltaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	50
3.6 Çaycuma (Tç) formasyonuna (Kumtaşı, Kiltaşı, Silttaşı, İlev volkanit üyesi Anglomera ve Tüfit) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	51
3.7 Dinlence (Krd) formasyonuna (Anglomera-Tüf) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	52
3.8 Kazpınarı (Krkz) formasyonuna (Andezit-Tüf-Anglomera) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	52
3.9 Kilimli (Krk) formasyonuna (Kumtaşı-Karbonatlı kumtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	53
3.10 Yılanlı (Dky) formasyonu (Kireçtaşı-Dolomitik Kireçtaşı-Dolomit) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	55
3.11 Zonguldak (JKrz) formasyonu (Kireçtaşı-Dolomitik kireçtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.....	55
4.1 Toplam standart dingil yüküne (8.2 t) bağlı olarak taban zemini proje emniyet yüzdesinin seçimi.....	63
4.2 Toprağın maksimum dane boyutuna göre kullanılan metotlar.....	64
4.3 Deneyin başlangıcında ilave edilecek su miktarı.....	65
4.4 Standart Proktor deney formu.....	66
4.5 CBR deney formu.....	71
4.6 Dingil eşdeğerlik faktörleri.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 Taşıt eşdeğerlik faktörleri.....	74
4.8 Grup indeksi metoduna göre üstyapı kalınlığının tespiti.....	77
4.9 Amerikan ve İngiliz standartlarına göre elekler.....	78
4.10 Elek analizi deney formu.....	85
4.11 Amerikan Karayolları (AASHTO) zemin sınıflandırma sistemi.....	85
4.12 AASHTO ve USCS sistemlerinde karşılaştırılabilir zemin grupları.....	88
4.13 Üstyapıda kullanılan malzemelerin yüzeysele tabaka katsayıları.....	90
4.14 Deneyler için gerekli malzeme ağırlıkları.....	92
4.15 Örnek etiketleri.....	93
5.1 Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	96
5.2 Formasyonların TYMANOVA sonuçları.....	97
5.3 Alaplı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.....	98
5.4 Alaplı formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	100
5.5 Alaplı formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	100
5.6 Çakraz formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları....	101
5.7 Çakraz formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	103
5.8 Çakraz formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	103
5.9 Çaycuma formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları..	104
5.10 Çaycuma formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	105
5.11 Çaycuma formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	105
5.12 Dinlence formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.	107
5.13 Dinlence formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	109
5.14 Dinlence formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	109
5.15 Kazpınarı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.	110

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
5.16 Kazpınarı formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	112
5.17 Kazpınarı formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	112
5.18 Kilimli formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.....	113
5.19 Kilimli formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	114
5.20 Kilimli formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	116
5.21 Yılanlı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.....	117
5.22 Yılanlı Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	119
5.23 Yılanlı formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	119
5.24 Zonguldak formasyonuna ait örneklerin sınıflandırılması ve üstyapı sonuçları.....	120
5.25 Zonguldak formasyonu için Bartlett testi ile grup varyans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.....	122
5.26 Zonguldak formasyonu TYMANOVA sonuçları.....	122
5.27 Formasyonlara göre ağırlıklı üstyapı sayıları ($\overline{SN}$).....	123
5.28 Alaplı formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	124
5.29 Çakraz formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	124
5.30 Çaycuma formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	125
5.31 Dinlence formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	125
5.32 Kazpınarı formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	126
5.33 Kilimli formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	126
5.34 Yılanlı formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	127
5.35 Zonguldak formasyonu için üstyapı çözümlemeleri.....	127
A.1 Alaplı formasyonunun sonuçları.....	151
A.2 Çakraz formasyonunun sonuçları.....	152
A.3 Çaycuma formasyonunun sonuçları.....	153
A.4 Dinlence formasyonunun sonuçları.....	154
A.5 Kazpınarı formasyonunun sonuçları.....	155

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No:</u>	<u>Sayfa</u>
A.6 Kilimli formasyonunun sonuçları.....	156
A.7 Yılanlı formasyonunun sonuçları.....	157
A.8 Zonguldak formasyonunun sonuçları.....	158
C.1 Örneklerin Proktor analizi sonuçları.....	163
C.2 Örneklerin CBR analizi sonuçları.....	165



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

2a	: tekerleğin iz genişliği
Cc	: eğrilik katsayısı
Cu	: üniformluk katsayısı
F	: 200 nolu elekten geçen örnek miktarı (%)
Dg	: meta kumtaşı-meta kıltaşı-meta silttaşı (Göktepe formasyonu)
Dky	: kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı-dolomit (yılanlı formasyonu)
Jh	: kumtaşı-kıltaşı-silttaşı-yersel konglomera (Himmetpaşa formasyonu)
JKrz	: kireçtaşı-dolomitik kireçtaşı (Zonguldak formasyonu)
Ka	: kumtaşı-kıltaşı-silttaşı (Alacaagız formasyonu)
kPa	: kilo pascal
Kr	: ayrılmamış
Kra	: marn-killi kireçtaşı (Alaplı formasyonu)
Krb	: marn-kıltaşı-kumtaşı-tüf (Başköy formasyonu)
Krc	: kumtaşı-silttaşı-kıltaşı (Cemaller formasyonu)
Krd	: anglomera-tüf (Dinlence formasyonu)
Krg	: exfoliasyon kumtaşı-kıltaşı-tüf (Gökçetepe formasyonu)
Kri	: killi kireçtaşı-kumtaşı-marn-tüf (İkse formasyonu)
Krk	: kumtaşı-karbonatlı kumtaşı(Kilimli formasyonu)
Krkz	: andezit-tüf-anglomera (Kazpınarı formasyonu)
m	: su içeriği
Pt	: son servis kabiliyeti
Ptrç	: kırmızı kumtaşı-kıltaşı (Çakraz formasyonu)
R	: bölgesel faktör
Qal	: alüvyon
Qp	: plaj kumu
Qymç	: yamaç molozu

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

S.D.	: Serbestlik derecesi
Si	: zeminin taşıma değeri
SN	: üstyapı sayısı
Std	: standart
T8.2	: Pt'ye düşünceye kadar tekerrür edecek (8.2 ton) dingil sayısı
Tç	: kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı (Çaycuma formasyonu)
Ty	: marn-Killi kireçtaşı (Yahyalar formasyonu)
V	: hacim
Wd	: kuru örnek ağırlığı
Wm	: su ağırlığı
γ	: yağ birim ağırlık
γ_d	: kuru birim ağırlık
σ_z	: düşey gerilme
σ_t	: yatay gerilme

KISALTMALAR

AASHO	: American Association of State Highway Officials
AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BSI	: British Standards Institution
CBR	: California Bearing Ration
DM	: Alman markı
EA	: Elek analizi
FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
GI	: Grup indeksi
GIS	: Geographic Information System
GPS	: Geographic Position System
İÜ	: İstanbul Üniversitesi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
LL	: Likit limit
LLA	: Likit limit analizi
MTA	: Maden Teknik ve Arama Enstitüsü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
Ön	: Örnek no
P.E.Y.	: Proje emniyet yüzdesi
PI	: Plastisite İndeksi
PL	: Plastik limit
PLA	: Plastik limit analizi
PSR	: Servis kabiliyeti derecesi
Sn	: Sıra no
SPSS	: Paket istatistik programı
TAB.	: Taban
TYMANOVA	: Tek yönlü çoğul varyans analizi
UNESCO	: United Nations Education Science Culture Organization
USCS	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması
USSR	: Union Soviet Socialist Republic

BÖLÜM 1

GENEL BİLGİLER

Tüm mühendislik yapılarında olduğu gibi, yol yapımında da amaç; yapının fonksiyonuna bağlı olarak, taşıtlardan doğacak statik ve dinamik etkilere, diğer dış etkilere ve yapıyı oluşturan malzemelerin fiziksel ve kimyasal niteliklerinden doğacak iç etkilere rağmen, gerek kendi bünyesinde ve gerekse oturduğu doğal zeminde, kalıcı deformasyonlar meydana getirmeden, önceden seçilebilecek belli bir süreç içinde, yeterli güvenlik ve konfor ile, kendinden istenen hizmeti en ekonomik biçimde sağlayacak yapıyı yapmaktır (Sonuç, 1976). Her mühendislik yapısında o yapının kullanış biçimine göre, belirli bir düzeyde güvenlik öngörülmekte ve bu da bir güvenlik katsayısıyla ifade edilmektedir. Genellikle bu katsayının gereğinden yüksek tutulması, ekonomik yönden bir pahalılık doğurmaktadır. Bu nedenle; çok yoğun bir trafiğe maruz kalmayan orman yollarının yapımında yüksek güvenlik katsayıları alarak, pahalı yollar yapmaktansa, bütün gereksiz fazla yatırımlara engel olacak, düşük güvenlik katsayıları kullanarak, makul riskleri göze almak daha ekonomik olmaktadır.

Bu küçük güvenlik katsayısının ve yatırımın sınırlı olması zorunluluğu, yol yapımında birçok zorluklarla karşılaşılmasına neden olur. Çünkü orman yolunun alt ve üstyapısının hemen hemen tümünü, yolun geçtiği yöredeki dere yataklarından sağlanan tuvenan (doğal kum, çakıl karışımı), taş ocaklarından çıkarılan taş ve mıcır, tortul kütlelerden elde edilen stabilize malzemeler oluşturmaktadır. Zeminin doğal halde ya da çok az katkıda bulunularak kullanılması, taşıtların sebep olduğu etkilere diğer iç ve dış etkilerin dahil olması sonucunda temel zemin davranışlarının sayısal değerlerle ifade edilmesi zorlaşmaktadır. Temel zemini bu etkilerden korumak için oluşturulan tabakalar, yollar fenni şartnamesinde “Alt yapı” ve “Üstyapı” olarak tanımlanmaktadır (K.G.M., 1973).

Şekil 1.1'den de görüleceği gibi üstyapı; kaplama, temel ve alt temel tabakalarından, alt yapı ise; doğal zemin yada ince tesviye (takviye) tabakası ile sanat yapılarından oluşmaktadır. Bu tabakalar ve yapılarındaki malzemeler aşağıda açıklanmıştır.

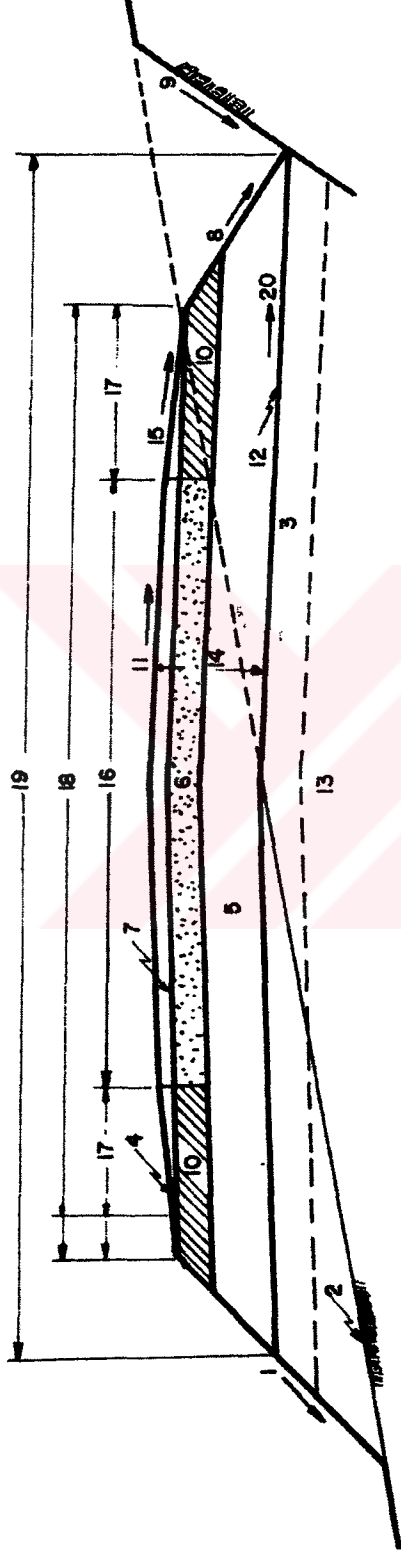
1.1 ÜSTYAPI

Üstyapıyı oluşturan tabakalarda kullanılacak malzemeler ülkemizde, Orman Genel Müdürlüğü (O.G.M.) tarafından A.A.S.H.O. şartnamelerinden aynen alınmıştır. Bu şartnameler; alt temel, temel ve kaplama tabakaları inşaatında kullanılacak çeşitli karışımların granülometrisini ve kalitesini içine almaktadır (O.G.M.). Bu şartnamelere göre söz konusu malzemeler;

- a. 10 nolu elek (2.0 mm) üzerinde kalan kaba agrega; Taş parçaları, çakıl veya cüruf, sert ve dayanıklı olmalıdır. Hiçbir zaman donarak, çözülerek, ıslanarak ve kuruyarak oluşmuş malzeme kullanılmamalıdır.
- b. 10 nolu elekten (2.0 mm) geçen ince agrega; Tabi veya konkasörle kırılarak elde edilen kum ve 200 nolu elekten (0.074 mm) geçen ince mineral taneleri ihtiva etmelidir.
- c. 200 nolu elekten (0.074 m) geçen kısmı 40 nolu elekten (0.42 mm) geçen kısmın 2/3'ünden fazla olmalıdır. 40 nolu elekten geçen kısmın likit limiti 25'den, plastisite indeksi ise 6'dan büyük olmamalıdır.
- d. Karıştırılmış malzeme organik maddeleri ve kil topraklarını içermemelidir. Çizelge 1.1'deki granülometri özelliklerine uymalıdır.

Çizelge 1.1 Üstyapı malzemeleri için granülometri özellikleri.

ELEKLER		Granül	Granül	Granül	Granül	Granül	Granül
İnç	mm	A	B	C	D	E	F
2	50	100	100	-	-	-	-
1	25	-	75-95	100	100	100	100
3/8	9.5	30-65	40-75	50-85	60-100	-	-
No.4	4.75	25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
No.10	2.0	15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
No.40	0.42	8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
No.200	0.074	2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25



- | | |
|--|--|
| 1- DOLGU ŞEVİ | 11- YOLUN ENİNE EĞİMİ |
| 2- DOĞAL ZEMİN | 12- TABAN YÜZEYİ (TESVİYE YÜZEYİ) |
| 3- SEÇME MALZEME TABAKASI (GEREKLİ OLDUĞU DURUMDA) | 13- YOL GÖVDESİ (TABAN ZEMİNİ) |
| 4- BANKET KAPLAMASI | 14- ÜSTYAPI PROJE KALINLIĞI |
| 5- ALT TEMEL | 15- BANKET EĞİMİ |
| 6- TEMEL TABAKASI | 16- TRAFİK ŞERİTLERİ GENİŞLİĞİ |
| 7- KAPLAMA TABAKASI | 17- BANKET GENİŞLİĞİ |
| 8- HENDEK ŞEVİ | 18- YOL GENİŞLİĞİ (PLATFORM GENİŞLİĞİ) |
| 9- KAZI ŞEVİ | 19- ÜSTYAPI TABAN GENİŞLİĞİ |
| 10- BANKET TEMELİ | 20- TABAN YÜZEYİNİN ENİNE EĞİMİ |

Şekil 1.1 Üstyapı enkesiti.

1.1.1 Kaplama Tabakası

Üst yapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle, daha yüksek bir elastisite modülüne sahip olması gerekmektedir.

Kaplama tabakasının; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini önlemek, düzgün ve emniyetli bir sürüş sağlamak, yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumak gibi işlevleri bulunmaktadır.

Kaplama tabakasında kullanılacak malzemenin, yukarıda ifade edilen beş özelliğe sahip olması ve Çizelge 1.1'deki C, D, E veya F'de gösterilen granülometriye uyması gerekmektedir. Orman yollarında bitümlü kaplama veya diğer bir kaplama yapılmadığından temel kaplamanın esas kaplama vazifesi göreceği durumlarda Çizelge 1.1'de C, D, E granülometrisi ile gösterilen 20 nolu elekten geçen asgari yüzdenin 8, yukarıda c maddesinde verilen limitler yerine de azami likit limitin 25, plastisite indeksinin ise 4-6 arasında olması gerekmektedir (O.G.M., 1984).

1.1.2 Temel Tabakası

Taşıt tekerleklerinden önce ince kaplama tabakasına gelen ve oradan da alta yayılan, dinamik ve statik kuvvetlerin meydana getirdiği gerilmeleri alan ve onların homojen dağılımını sağlayarak alt temele geçiren yolun en önemli tabakasını oluşturmaktadır.

Temel tabakasında kullanılacak malzeme, yukarıda ifade edilen dört özelliğe sahip olması ve Çizelge 1.1'deki A, B, C, D, E veya F'de gösterilen granülometriye uyması gerekmektedir.

1.1.3 Alt Temel Tabakası

Temel tabakasından gelen gerilmeleri, temele göre, daha ucuz bir yapı ile alt yapıya geçirmek üzere; alt yapıyla temel arasına konan tabakadır.

Alt temel malzemesi ekonomik koşullar göz önünde tutularak bölgede bulunan iyi kaliteli seçme malzemeden teşkil edilmelidir. Alt temelde kullanılacak malzemenin, şartnamelerde belirtilen dört özelliğe sahip olması ve Çizelge 1.1'deki A, B, C, D, E veya F'de gösterilen granülometriye uyması gerekmektedir.

1.2 ALT YAPI

Yolun üst yapısının altında kalan kısmıdır. Yukarıda da açıklandığı gibi, doğal zeminden oluştuğu gibi bazen de takviye (ince tesviye) tabakasından oluşmaktadır. Ancak orman yollarında takviye tabakası kullanılmamaktadır.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi; yol, taşıtlardan gelen gerilmeyi doğal zemine aktaran ve ona oturan, bünyesi taş, stabilize malzeme, çakıl, mıcır gibi esaslı doğal zemin olan bir yapıyı oluşturmaktadır.

Yolun üst yapısında ve taban zemininde gerekli kalite ve direnç sağlanmamışsa, modern bir yoldan beklenen yol yüzeyinin geometrik düzgünlüğü geçici olmaktadır. Çünkü bir süre sonra, yükler altında yolda kalıcı deformasyonlar oluşacak ve yolun yüzeysel düzgünlüğü bozulacaktır. Yolun yüzeysel düzgünlüğünün sürekli olabilmesi, taban zemininin iyi sıkıştırılmasına, yolun üst yapı tabakalarının yeterli kalınlıkta yapılmasına ve istenilen mekanik özellikleri taşımasına bağlıdır (Umar ve Ağar, 1991).

Burada, yolların düzgünlüğünün sürekli olabilmesi için bozulmalara neden olan gerilmelerin iyi bilinmesi gerekmektedir. Yolların geometrik düzgünlüğünün bozulmasına neden olan gerilmeler; trafik yüklerinden doğan mekanik gerilmeler (yol üzerinde seyreden taşıtların tekerlek bandajları aracılığıyla kaplama yüzeyine ulaştırdığı ağırlıkların sebep olduğu) ve iklim koşullarının değişiminden doğan fiziksel gerilmeler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Mekanik ve fiziksel gerilmelerin yolda oluşumu ve dağılışı üst yapı tiplerine bağlı olarak değişmektedir. Yolun üst yapısının önemini, gerekliliğini ve yaptığı işleri daha iyi açıklayabilmek için çeşitli etkiler altında gösterdiği mekanik direnç aşağıda açıklanmıştır.

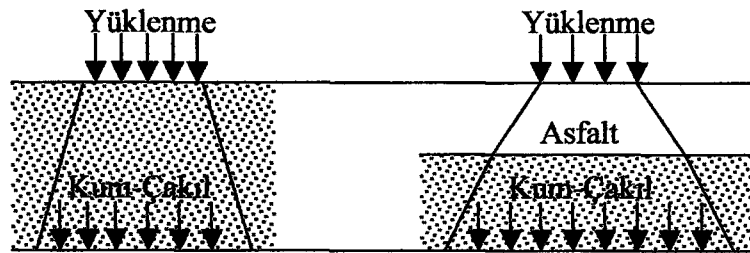
1.3 ÜSTYAPILARDA GERİLME

Esnek üst yapı alt temel, temel ve kaplama tabakalarından oluşan tabakalı bir sistemdir. Yolun üstünden taban zeminine doğru inildikçe, tabakalarda kullanılan malzemelerin özellikleri, kaliteleri düşmektedir. Trafiğin ve iklimin bozucu etkisine doğrudan doğruya maruz kalan kaplama tabakası genellikle bitümlü karışımlardan oluşmaktadır. Kaplama tabakasının oturduğu temel tabakasında belirli granülometriye sahip agrega kullanılır. Bazı hallerde agrega bir bağlayıcı ile muamele edilmektedir. Temel tabakasını taşıyan alt temel tabakası ise daha düşük kaliteli malzemeden oluşmaktadır. Bir çok hallerde temel ve alt temel tabakaları bir tek tabaka halinde yapılır ve temel adını alır. Değişik mekanik özellikteki bu malzemelerin yükü taşıma ve dağıtmaları da farklı olmaktadır (Şekil 1.2).

1.3.1 Trafik Yüklerinden Doğan Mekanik Gerilmeler

Bunlar hareket halinde olan veya duran motorlu taşıtların, tekerlek bandajları aracılığıyla yola uyguladıkları gerilmelerdir. Yolun yüzeyi ile tekerlek bandajı arasına etkiyen düşey yükler ve yatay kayma kuvvetleri yol tabakalarında basınç, çekme, eğilme ve kayma gerilmeleri doğurmaktadır.

Hareketli tekerlek yüklerinin etki süresi, hızlara bağlı olarak 0.1-0.01 saniye arasında değişir. Yapılan araştırma ve gözlemler yol yüzeyine, hızlı seyreden taşıtların, yavaş seyreden taşıtlara nazaran, daha düşük gerilmeler uyguladıklarını göstermiştir (Umar, 1973).

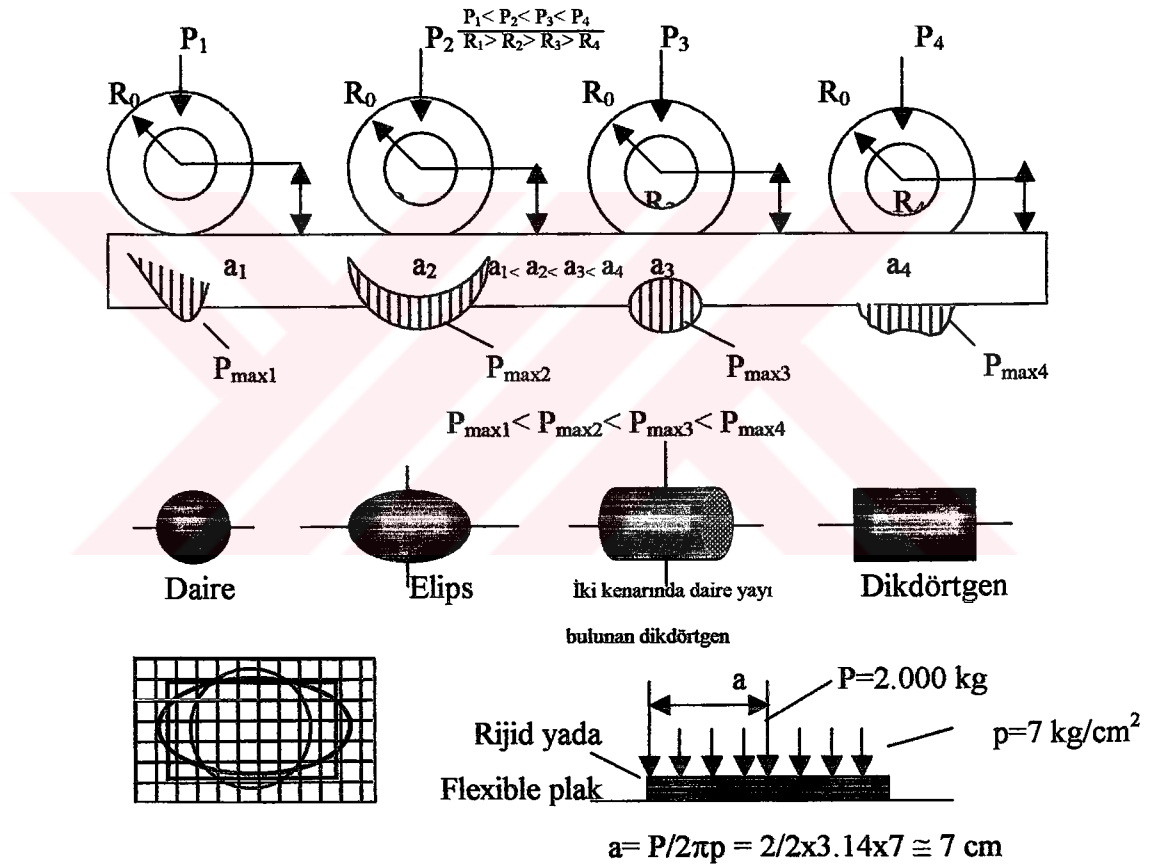


Şekil 1.2 Yapı malzemesine bağlı olarak yüklenmenin dağılımı.

Yol üst yapısına gelen yükler, bandajın değme alanı üzerinde ve yayılma şekilleri kesin olarak bilinmeyen tarzda kaplamaya iletmektedirler. Bir bandaj, kendisine etkiyen yükün şiddetine bağlı olarak kaplama üzerinde bir değme alanı oluşturmaktadır. Bu değme

alanına ait değişik şekiller ve değme alanları üzerinde gerilmelerin dağılış şekilleri Şekil 1.3’de verilmiştir.

Şekil 1.3’ün incelenmesinden anlaşılabacağı gibi, bandaja etkiyen tekil yükün büyüklüğü küçük ise, değme alanı bir daire olup, yükün değeri arttıkça bu daire önce bir elipse, ardından iki ucunda birer daire yayı bulunan bir dikdörtgene ve en sonunda da bir tam dikdörtgene dönüşmektedir. Bu sırada değme alanları üzerindeki gerilmelerin dağılışı; sırasıyla sivri bir yaydan basık bir yaya, dikdörtgenden yarım makara şekline doğru olmaktadır.

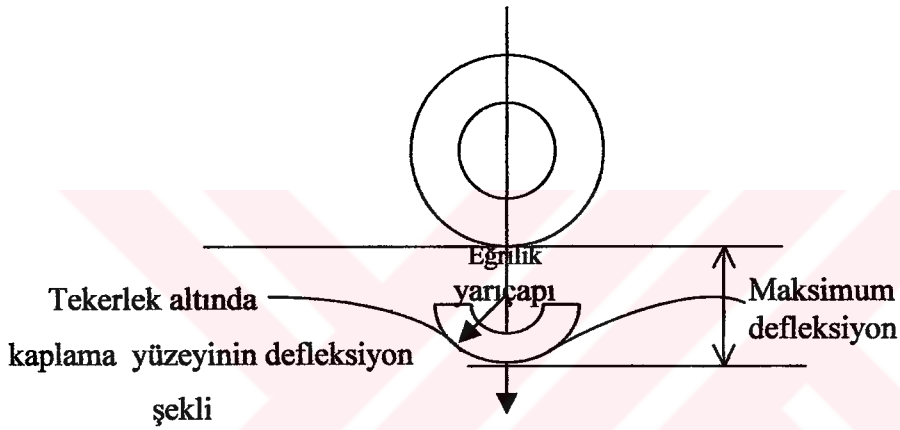


Şekil 1.3 Çeşitli tekerlek yüklerine göre bandaj değme alanları ve bu alanlar üzerindeki gerilme dağılışı (P:Bandaja etkiyen tekil yük, R₀:Bandaj yarıçapı, R_{1,2,3,4}:Yük altında bandaj merkezinin zeminden yüksekliği, a_{1,2,3,4}:Bandaja ait değme alanı yarıçapları).

Motorlu taşıt yapım tekniğinin ve yolların geometrik standartlarının bugünkü durumunda, nizami yüklenmiş bir taşıt için, bandajdan kaplamaya etkiyen maksimum gerilmeler 7 kg/cm² (100 Psi)’dir (Umar, 1973). Böyle bir maksimum gerilmeye karşı hesaplanan değme alanı yarıçapı Şekil 1.3’ün sağ alt tarafında gösterilmiştir.

1.3.1.1 Bandaj Altında Esnek Üstyapının Deformasyonu ve Gerilmeler

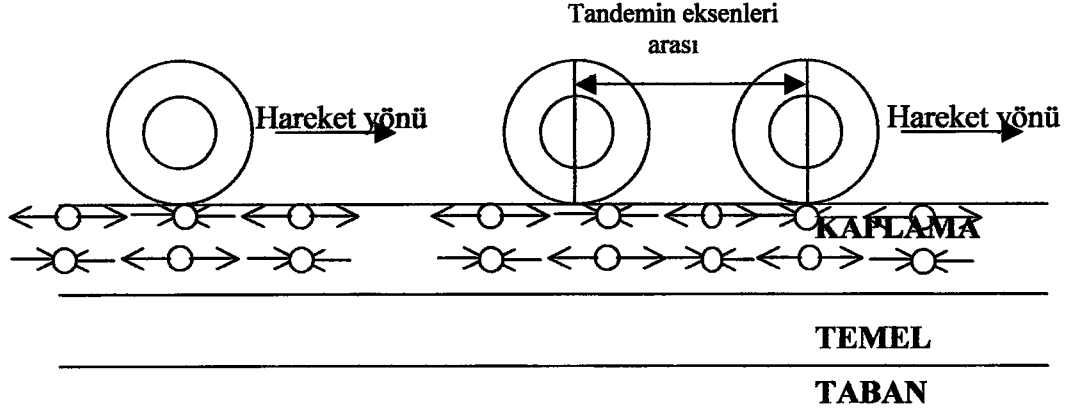
Yük altında bulunan bir bandajın etkisiyle yol üstyapısı deformasyona uğramaktadır. Deformasyona uğrayan bir esnek üstyapı yüzeyinin durumu Şekil 1.4’de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi bandaj ekseninin altına rastlayan noktada en büyük defleksiyon oluşmaktadır. Bu noktadan itibaren sağa ve sola doğru olan defleksiyonlar önce bir dairenin eğrilik yarıçapına uyarak küçülmektedir. Üstyapı deformasyonunun bu genel karakterine uygun olarak tek ve tandem bandajların hareketi ile gerilmelerin değişimi Şekil 1.5’de görülmektedir.



Şekil 1.4 Bandaj altında üstyapı yüzeyinin deformasyonu.

Şeklin solunda kaplamalı bir üstyapı üzerinden geçen bir tekil dingilin kaplama içerisinde oluşturduğu çekme ve basınç gerilmeleriyle, aynı şeklin sağ tarafında bir tandem dingile ait gerilmeler gösterilmiştir. Kaplamanın üst yüzeyindeki herhangi bir noktada, tekil dingilin her geçişinde, 2 kez çekme 1 kez basınç, tandem dingilin her geçişinde ise 3 kez çekme ve 2 kez basınç gerilmesi oluşmaktadır. İleriye doğru hareket sırasında, tekerleklerin emme etkisiyle agregayı kaplamadan söküp ayırmak isteyen çekme gerilmeleri oluşmaktadır.

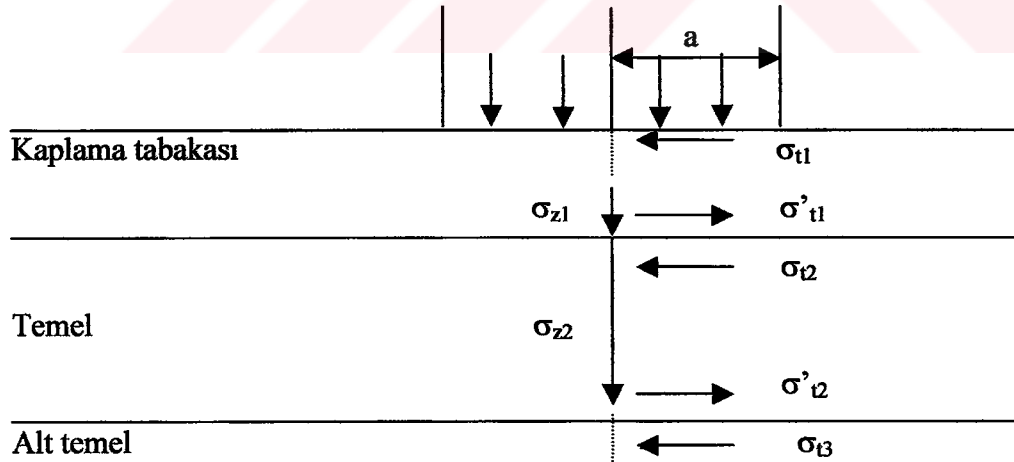
Üç tabakalı bir üst yapıda, yük eksenini etrafında oluşan düşey yatay gerilmeler Şekil 1.6’daki gibi gösterilmesi mümkündür (Coşgun, 1994).



Şekil 1.5 Tek ve tandem bandajların etkisi ile meydana gelen gerilmeler.

1.3.1.2 İdeal Ortamlar İçindeki Gerilmeler

Herhangi bir yatay düzleme etkiyen bir tekil yük etkisinde, yatay düzlem altındaki bir ideal ortam içinde, eşit düşey gerilmelerin çan yüzeyleri boyunca dağıldığı bilinmektedir. En büyük gerilmeler, yükün uygulanma noktasından geçen düşey düzlem üzerine rastlamaktadır. Yatay düzlemin hemen altında gerilme en büyük değerine ve teorik olarak sonsuzda da sıfıra ulaşmaktadır. Pratik sonuçlar için gerilmenin sınırlı bir derinlikte sıfır olduğunu kabul etmek mümkündür.



Şekil 1.6 Üç tabakalı bir esnek üstyapıda yük eksenini etrafında oluşan düşey ve yatay gerilmeler ($2a$ = Tekerleğin iz genişliği, σ_z = Düşey gerilme, σ_t = Yatay gerilmedir).

Şekil 1.7’de tek ve çift tekerlek halinde, düşey gerilmelerin yoldaki dağılışını göstermektedir. İki tekerleğin etkisi önce tek tek etkimektedir. Tekerlekler arası mesafenin (d) yarısına (d/2) inilince tekerleklerin etkisi yük ekseninden geçtiği farz edilen bir bölgede üst üste toplanmaktadır. 2S’den daha büyük bir derinlikte gerilmelerin ihmal edilebilir bir düzeye indiği ve sıfır olduğu kabul edilmektedir.

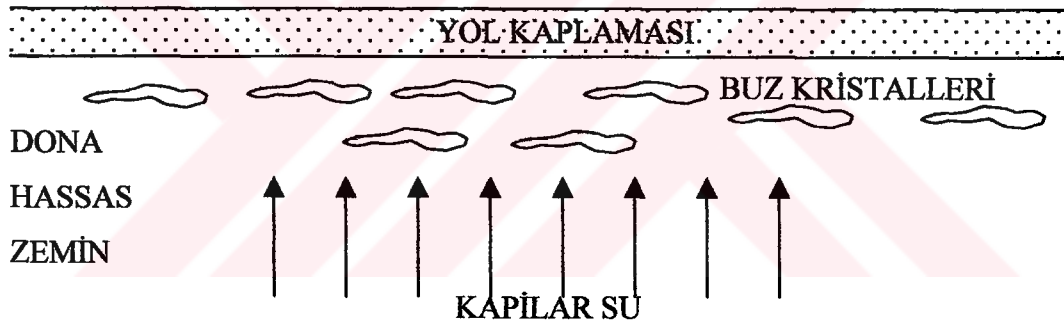
1.3.2 Sıcaklık ve Rutubetin Değişmesinden Doğan Fiziksel Gerilmeler

10

arasındaki bağlayıcı filminde çekme gerilmelerinin doğmasına sebep olmaktadır. Bu gerilmeler yeteri kadar büyükse oyukların oluşmasına neden olmaktadır.

Don kabarması olayı da kaplama tabakasında çekme gerilmelerinin oluşmasına yol açmaktadır. Don kabarması; kaplamanın, dona hassas olan taban zemini ve temel tabakasında oluşan buz merccekleriyle yukarı doğru yükselmesine denmektedir (Şekil 1.8).

Buz haline geldiği zaman suyun hacmi yaklaşık % 9 artmaktadır. Birçok durumda, şiddetli don kabarmalarına, buz kristallerinin şeklinin etkin olduğu saptanmıştır. Bazı hallerde don kabarması nedeniyle kaplama tabakasında oluşan çekme gerilmeleri kaplamanın direnç sınırını aşar, yolda enine ve boyuna yönde çatlaklar oluşabilir. Esnek üst yapılarıdaki çatlaklardan sadece termik gerilmeler sorumlu tutulamaz. Ancak onların esas faktör oldukları ve mekanik etkilerle birleşince tehlikeli bir durum yarattıkları unutulmamalıdır (K.G.M., 2001).



Şekil 1.8 Don kabarması mekanizması.

Üstyapıyı oluşturan tabakaların maruz kaldıkları etkileri bu sistemin ne kadar önemli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu bilgilerin ışığı altında aşağıda bu çalışmanın neden yapıldığı açıklanmıştır.

1.4 ÇALIŞMANIN AMACI

Hammaddenin sınırlı olduğu ülkelerde her yatırımın teknik, ekonomik ve enerji tüketimi açısından çok iyi değerlendirilmesi gerekir. Özellikle yatırımın miktarı çok büyük olan ulaştırma projelerinde bu konuya ağırlık verilmelidir. Üstyapı inşa maliyetlerinde ortaya çıkan büyük artışlar göz önüne alındığında, yol üstyapılarının çok daha uygun ve titiz bir

şekilde projelendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Günümüzde artan trafik dingil yükleri ve tekerrürleri karşısında yol üstyapısı projelendirme yöntemlerine daha çok önem verilmeye başlanmıştır. Böylece yolun hizmet ömrünün kısılmasının ve ileride yol üst yapısını korumaya yönelik çalışmalarda harcanacak ek maliyetin önüne geçilmiş olacaktır.

Yol üst yapısının projelendirilmesinde amaç; proje süresi boyunca üzerinden geçen trafiği büyük deformasyonlara, çatlamalara maruz kalmadan, güvenli bir şekilde taşıyabilecek üst yapının toplam kalınlığının ve tabakaların tek tek kalınlığının belirtilmesi, kullanılacak malzemelerin özelliklerinin saptanmasıdır.

İyi projelendirilmiş yollar sayesinde güvenli, hızlı, konforlu yolculuklar yapılacak aksi durumda ise yol hizmet ömrü kısılacak, aşırı zaman ve enerji kaybı oluşacaktır. Bu durum ise ülke ekonomisine büyük kayıplar getirecektir. Projelendirme parametreleri; trafik, çevre koşulları (bölgesel faktör), hizmet ömrü, doğal zemin özellikleri ve üst yapıda kullanılacak malzemelerin özelliklerinden oluşur. Bu parametrelerden malzeme özelliklerinin tespiti rasyonel yaklaşımlarla bulunabilen ve ayrıntılı araştırmayı gerektirmeyen konular olarak kabul edilebilir. Ancak gelecekteki trafik miktarı, dingil ağırlıkları, dingil kompozisyonları ve tekerrürleri, özellikle doğal zemin özelliklerinin doğru olarak tespiti oldukça önemlidir.

Bütün yollarda boyutlandırmaya esas olan zaman içerisinde yol geçişinde, trafik miktarında ve araç karakteristiklerinde bir değişim olmayacağı kabul edilmektedir. Bu nedenle de parametrelerin en önemlisinin doğal zemin özelliklerinin doğru olarak tespiti olduğu ileri sürülebilir. Bu amaçla, Bartın yöresi orman yollarında üst yapı kalınlıklarının belirlenebilmesi için doğal zemin özelliklerinin tespit edilmesi ve bu değerlerden yararlanarak üstyapının projelendirilmesi bu çalışmanın amacı olarak seçilmiştir.

Çalışmanın amacını bu şekilde açıkladıktan sonra, araştırma alanı orman yollarının niçin jeolojik formasyonlara göre sınıflandırıldığını da şu şekilde açıklayabiliriz. Geçmişten günümüze bir inceleme yaptığımızda literatürde jeolojinin hep üstyapıyla birlikte anıldığını görmekteyiz. Bu ifadeye örnek olarak; Whitmore'un (1950) "Askeri Yolların Yapımında Jeolojinin Önemi", Eckel'in (1953)"Karayolu Mühendisliği Araştırmalarında Jeolojik İnceleme", Young ve Pierce'in (1961) "Karayolu Mühendisliğinde Tennessee Formasyonun Karakteristiklerinin Önemi", Eckel'in (1962)"Jeoloji Haritalarının Yol Mühendisliğinde

Kullanımı”, Hartley’in (1970) “Yol Yüzey Materyallerinin Mekaniksel Özellikleri Üzerine Jeolojik Faktörlerin Etkisi”, Stone ‘un (1992) “Batı Arkansas’da Kompleks Yol Jeolojisine Bir Bakış” başlıklı çalışmaları verilebilir. Ülkemizde 2004 yılı için Bayındırlık ve İskan Bakanlığı’nın Cumhuriyet Üniversitesinden (CÜ) istediği çalışmalardan biride; Sivas yöresinde yol gövdesi oluşturma ve üstyapı işlerinde tercih edilen, kullanımdan kaçınılan kayaçlar, zeminler ve bunların mühendislik özelliklerinin yol çalışmalarında kullanılabilirliğinin belirlenmesidir (CÜ, 2004). Bu açıklamalardan da anlaşılacağı üzere zeminlerin jeolojik özellikleri üstyapı çalışmalarında, gerek kullanılacak üstyapının boyutlandırılmasında gerekse de üstyapıda kullanılacak malzemelerin mekaniksel özellikleri bakımından son derece önemli bir yer tutmaktadır. Bu doğrultuda araştırma alanı orman yolları jeolojik formasyonlara göre sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflandırma ve formasyonların özellikleri materyal bölümünde açıklanacaktır.

1.5 YOL ÜST YAPISININ PROJELENDİRİLMESİ

Bartın yöresi orman yollarının üstyapı projelendirilmesi kapsamında, burada diğer bölümlerde kullanılan bazı kavramların Balkır’dan (1980) alınan tanımları yapılacaktır. Projelendirme çalışmalarında kullanılan metotlar ayrı bir bölüm olarak ileride açıklanacaktır.

Bölgesel Faktör: Üstyapı sayısını (SN) iklim ve çevre koşullarına uydurmak için kullanılan sayısal bir faktör.

CBR (California Taşıma Oranı): Temel, alt temel ve taban zeminin taşıma gücünü belirleyen deney ve deney sonucu hesaplanan % cinsinden değer.

Eşdeğer Dingil Yüğü: Değişik ağırlıkta ve sayıdaki dingil yüklerinin bir üstyapıda yarattığı toplam etkiye eşdeğer bir etki yaratan 8.2 ton dingil yükünün tekerrür sayısı.

Hizmet (Servis) Kabiliyeti: Bir üstyapının belirli bir gözlem anında trafiğe hizmet edebilme kabiliyeti (Hizmet kabiliyeti derecesi A.A.S.H.O.’ya göre 5 ile 0 arasında bir sayı ile belirtilir).

Proje CBR Değeri: Proje kalınlıklarının hesaplanacağı yol kesiminde bulunan tüm zemin CBR (California Bearing Ration) değerlerini temsil eden değer.

Proje Kalınlığı: Bilinen proje verileri ve hesaplamalar sonunda belirlenen kaplama, temel ve alt temel tabakalarının kalınlıkları.

Son Servis Kabiliyeti İndeksi (P_t): Bir üstyapının proje süresi sonunda düşmesi beklenen hizmet kabiliyetinin derecesi.

Tabaka Katsayısı (a_1, a_2, a_3): Bir malzemenin üstyapı sayısı (SN) ile tabaka kalınlığı arasındaki ampirik bağlantıyı gösteren ve tabakaların mukavemetleri ile orantılı sayısal faktör.

Üstyapı Sayısı (SN): Trafik, taban zemini koşulları, bölgesel faktör ve son servis kabiliyetinin analizinden elde edilen ve üstyapının her tabakasnda kullanılmakta olan malzeme tipine uygun tabaka katsayılarının kullanılması suretiyle üstyapı tabakalarının kalınlığının bulunmasını sağlayan sayı.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR

Duhm (1947) “Modern Toprak Yollar” adlı çalışmasında mekanik kompozisyonların ve diğer toprak özelliklerinin toprak yollarda taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerini ve bütün hava koşullarında maksimum yol stabilitesini sağlamak için mekanik kompozisyonun doğru dizayn edilmesi gerekliliği teorisini açıklamıştır. Ayrıca gerekli toprak testleri tanımlanarak, yolun gelişimindeki profiller, karışım materyali, sıkıştırma, hazırlayıcı çalışmalar gibi belli başlı bazı pratik noktalar bu çalışmada vurgulanmak istenmiştir.

Casagrande (1948), plastik ve likit limitlerin belirlenmesi metodunu standardize etmiştir. Bu metotlar daha sonraları konik penetrometre aletinin kullanılmasıyla birlikte modifiye edilmiştir (British Standards Institution, BSI, 1990).

McLeod (1951) “Üretim Yollarında Üst Yapı” adlı eserinde yüzeyin asfaltlanması, temel ve alt temel tabakanın hazırlanmasında kullanılan materyal ve metotları tartışmıştır.

Berger (1954) “ Stabilize Orman Yollarının Yapımı” adlı çalışmasında Avusturya Ormancılık Servisinde 1950’den beri kullanılan yöntemlerle, yapısında hiç bir kayıp olmaksızın bütün hava koşullarında trafiğe açık olabilecek stabilize yollarının yapımını anlatmıştır.

Bagdasarjanz (1956) “Orman Yolları Yapımı ve Kaplama” adlı çalışmasında yol yapımında kullanılan çeşitli metotların maliyetlerinin karşılaştırması yapılmış ve araştırmacı tarafından Zürih eğitim ormanları için hangi metodun kullanılacağı belirlenmiştir.

Backmund (1957) “ Orman Yollarının Yapımında Toprak Stabilizasyonunun Kullanımı” adlı çalışmasında geleneksel yöntemlerin 35-60 DM arasında değişen maliyetlerine karşın

6 ile 25 DM/m arasında çeşitlilik gösteren maliyetlere sahip metotları ve bu metotlarda kullanılan ekipmanları eldeki verilerle açıklamıştır.

Roth (1957) “Orman Yolları Yapımında Modern Metotlar” adlı çalışmasında benzer tabaka kalınlıklarına sahip doğal yollara nazaran stabilize yolların taşıma mukavemetinin daha büyük olduğunu statik ve yuvarlanma testleri sonuçlarına dayanarak açıklamıştır. Stabilize yapılacak alanın 1 km’yi geçtiği takdirde maliyetin düşük olacağı belirlenmiş olup, stabilize kaplamanın tercih olunabilmesi için detaylı toprak analizlerine gerek olduğu açıklanmıştır.

Volkert (1959) “Toprak Stabilizasyonu” adlı çalışmasında yol yüzeyi materyalini ve bu materyal üzerinde ki hareketin etkilerini, tabaka derinliğinin ve kullanılan materyalin partikül boyutunun, toprak rutubetinin ve makina ile sıkıştırmanın pratikte kullanılabilecek en iyi karışıma ulaşmadaki önemini açıklamıştır.

Edwards, Townsend (1961) “Üretim Yollarının Yapımıyla İlgili Genel Görüş” adlı çalışmasında dizaynı etkileyen faktörler olarak toprak tipi, tekerlek yükü, donma aksiyonu, drenajı, geometrik standart, yatay ve düşey düzlemler, toprak stabilizasyon metotları (mekanik, bitümlü, çimento, kireç gibi), yüzey onarımı gibi unsurları tartışmıştır.

Terzaghi ve Peck (1962) Sürtünme direncinin komponentlerinin büyüklüğünü; toprak partiküllerinin dağılımı, şekli ile strüktürel ünitelerin stabilitesinin yanında doğal halleriyle birlikte sıkıştırılma sıklıklarına bağlamıştır.

McFarlane (1963) “Yol Yapımında Büyük Bir Faktör Olarak Alt Tabaka Düzenlemeleri” adlı çalışmasında Kanada kamyon yollarında tabakalanmanın sınıflandırılmadaki önemini, yolun performansına etkilerini, çeşitli faktörler karşısındaki davranışlarını ve yol dizaynına etkilerini tartışmıştır.

Pleckov (1964) “Yol Tesisi Olarak Yüzey Tabakaları” adlı çalışmasında su geçirmez plastik torbaların toprak ile doldurulmasıyla oluşan tabakaların (toprak partikül tipleri için optimum rutubet içeriğinde olan) kaplama yoğunluğunun asfalt yada stabilize kaplama için toprak profilinde bir dayanak olarak kullanılması anlatılmıştır. Testler yol yapımında, bu

metodun, aşırı rutubetin problem olduğu alanlarda pratik ve çok ekonomik olduğunu işaret etmektedir.

Billard, Croise (1965) “d’Abreschviller Eyalet Ormanlarında Yol Yapımı” adlı çalışmalarında yollar için benimsenen özelliklerin ve toprak stabilizasyonu tekniklerinin tanımlanması ile orman yollarının demiryolunun yerini almasının tarihsel gelişimini açıklamışlardır.

Makovnik (1965) “Orman Yollarının Taşıma Şekline Göre Daha İyi ve Daha Çok Dayanma Niteliği” adlı çalışmasında deformasyon modülleri dikkate alınarak farklı tipteki yol materyalleri için optimum parametrelerin hesaplanması yolunda teorik bir çalışma yapmıştır. Daha sonra yük taşıma kapasitesinin ölçümü için araç hızı ile titreşimdeki değişim miktarı ilişkisi tartışılmıştır.

Deneyisel toprak özellikleri için bu limitlerin hem kendi aralarında hem de plastisite indeksi ile aralarında bağlantı kurmak, onların arasındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla bir çok çalışmalar yapılmıştır (Skempton and Northey, 1953; Youssef et al.,1965).

Forster (1966) “Orman Yolu İnşaatı” adlı çalışmasında geçmişteki yol inşaatı teknikleri ile yeni teknikleri karşılaştırmış ve stabilizasyon metotları hakkında bilgi vermiştir.

Gleichmann (1967) “Heilsbronn’da Toprak Stabilizasyonunun 10 Yılı” adlı çalışmasında 1954 den beri orman yollarının yapımında toprak stabilizasyonu denemelerinin genel bir tartışması ile serilen materyal, bakım ve bağlayıcı metotlar anlatılmıştır.

Sachs (1967) “Stabilizasyon Yöntemiyle Orman Yolu Yapımı ve Bakımı Denemeleri” adlı çalışmasında orman yolları için toprak stabilizasyonunda kullanılan çeşitli materyaller için bir ekonomik durum analizi yapılmıştır.

McCraw (1967) “Üretim Limitlerinde Yol Yapımı” adlı çalışmasında 10 yıllık bir periyot için toplam uzunluğu 50 mili geçen yıllık tahmini 100 000 adet ünitenin (bölmenin) ulaşımı için çakıl, stabilizasyonlu çakıl ve toprak/çimento yol tiplerinin taşıma, bakım ve yapım masraflarını karşılaştırarak cetvel haline getirmiş ve en ekonomik yolun tahminini gerçekleştirmiştir.

McFarlene, Paterson, Dohaney (1968) “Orman Yolu İnşaat Materyalinin Kullanımı ve Seçimi” adlı çalışmalarında toprak karakteristikleri verilerini, yol direnci ölçme metotlarını (sıkıştırma, granüler stabilizasyon, ziftleme, betonlama, kireçleme, tuz ile eritme uygulamaları vs.), üstyapı dizaynını, orman yollarının özel problemlerini ve sonuçlarla beraber önerilerini açıklamışlardır.

Bayoğlu (1968) “Yol İnşaatı Yönünden Toprakların Sınıflandırılması” adlı çalışmasında toprak sınıflarının birbirinden ayrılmasını sağlayan testleri; elek analizi, likit limit, plastik limit, plastisite indeksi, grup indeksi olarak açıklamıştır. Ayrıca yol inşaatı yönünden taban topraklarının sınıflandırılmasında kullanılan toprak gruplarının özellikleri hakkında bilgi vermiştir.

Hirt (1972a) “Mevcut Yolların Geliştirilmesi Kapsamında Tali Yolların Dayanıklılık Gereksinimlerinin ve Taleplerinin Planlanması” adlı eserinde; İsviçre’de modern trafik için yeterli uygunlukta yapılmayan tali yolların ağ şebekelerine dönüştürülmesinde AASHO’nun yol testlerinin kullanımını anlatmaktadır. Testlerin geçerliliğine karar verebilmek için trafik yoğunluğu ile bölgesel ve yapısal faktörler ilişkilendirilmiştir.

Minota (1972) “Orman Yollarında Eğim Düzeltme Çalışmaları” adlı çalışmasında Hakkaido ormanlarının yapılmış olan yollarının yüzey karakteristikleri, taşıma kapasiteleri (toplam 6000 ton araç ağırlığı için), günlük yağışın, kazı ve dolduruların yapımının, yamaç yüzeyinin, yol kenarındaki hendeklerin derinliğinin taşıma kapasitesine etkileri tablolar ve diyagramlarla tanımlanmıştır.

Danielson (1972) “Kırılma Direnci Ölçümleriyle Toprakların Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi” adlı çalışmasında Norveç’de yapılan çeşitli tipteki toprakların taşıma kapasitelerinin belirlenmesi sonuçları sunulmuştur.

McFarlene, Paterson, Dohaney (1973) “Orman Yollarında Benkelman Kirişinin Kullanımı” adlı çalışmasında 1967’den beri New Brunswick Üniversitesinde bu aletlerin üst yapısız orman yollarında kullanılabilirliğine karar vermek için seri testler yapılmıştır. Otoyol mühendisleri tarafından da yol yüzeyinin üst yapısına bir aracın ağırlığının yansımalarının ölçülmesinde Benkelman Kirişi geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Benkelman kirişi bu tür yolların dizaynında ve değerlendirilmesinde, yolun faydalılığının

tain edilmesinde kullanılmıştır. İlkbaharda buzların erime zamanı dışında üst yapısız orman yollarında, üstyapılı yada üstyapısız tüm yollarda olduğu gibi yansımaların ölçülmesinde Benkelman kirişinin kullanılabileceği belirlenmiştir. Sert yüzey kaplamaları için yol çalışmalarını kolaylaştırmak amacıyla bunun gibi uygulamalı araştırmaların gerekliliği vurgulanmıştır.

Scholander (1973a) “Lastik Tekerlekli Araçlar İçin Bazı Orman Topraklarının Taşıma Kapasitesi” adlı bir çalışma yapmıştır.

Scholander (1973b) “Orman Topraklarının Yıpranma Direnci” adlı çalışmasında vejetasyon limitleri tarafından tain edilen toprağın yırtılma direnci benzer 14 toprak tipinde yılın farklı zamanlarında ölçülmüştür. Toprağın mekanik yırtılmasına karşı olduğu düşünülen direnci, vejetasyonun tain ettiği belirlenmiştir. Genelde yırtılma direnci tespit edilen her bir test alanında yüzeyin donmamış yada karla örtülü olmadığı periyotlar esnasında sediment toprakların, küme halindeki turbalıkların iyi bir tekstüre sahip olduğu kabul edilmiştir. Toprak tekstürüne, kök alanına ve üzerindeki vejetasyona bağlı olarak kırılma direncinin 4 sınıfı belirlenmiştir. Özellikle mineral topraklar için lastik tekerlekli araçların toprak/tekerlek mekaniğini açıklamak için daha çok testlerin düşünülmesinin gerekliliği açıklanmıştır. Sonuçların toprak tarayıcılarının dizaynı için de ilginç olduğu vurgulanmaktadır.

Marko (1973) “Slovakya da Yol Yapımı” adlı çalışmasında yamaç arazilerdeki hakim orman yollarında üst ve alt tabakaların derinliğinin (CBR ile) belirlenmesi için gerekli hesaplamaları anlatmıştır.

Bogosevich, Kharitonov (1973) “Lastik Tekerlekli Araçların Hareketi İle Meydana Gelen Tekerlek İzi Oranları” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Ivankovich, Smirnov (1973) “Geniş Profilli Tekerleklerin Yol Yüzeyine Etkisi” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Scholander (1973c) “Orman Topraklarının Sıkıştırılma Direnci” adlı çalışmasında toprakların elastik özellikleri ve sıkışma direnci (moren, kumlu, siltli, turba topraklarda) tek, tekrarlamalı sabit yükler altında ve yılın farklı zamanlarında İsveç’de 14 ayrı alanda

(30-60 cm çapındaki) elik plakların hidrolik olarak yüklenmesiyle test edilmiştir. Toprak tekstürü, kuru yoğunluk ve su içeriği kaydedilmiştir. Kullanılan metot tanımlanarak sonuçlar detayıyla açıklanmış ve tartışılmıştır. Tek bir yük ile batan kaplamaların elastikiyet oranları zayıftır (%10-25 mineral topraklar için, %40 organik topraklar için), fakat tekrarlanan yükler için bu elastikiyet oranı hızlı bir şekilde artar. Toprak elastikiyet modülü toprak kuru yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak donmamış topraklar için bulunmuştur. Toprak karakterlerine, toprağın kuru yoğunluğunun eklenmesinin gerekliliği hatırlatılmıştır.

Leonovich, Lyshchik (1974) “Su ve Sıcaklık Rejimi Düzenlemelerinin Yol Yüzeyi Mukavemetini Arttırması” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Biblyuk, Medvid (1974) “Tomruk Taşımada Kullanılan Kamyon-Treylerlerin Yarattığı Serbest Titreşim rneklerinin İncelenmesi” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Pavlov, Chernakova (1975) “Yol Yüzeyinde Kamyon Tekerleklerinin Etkileri” adlı çalışmalarında farklı kapasiteli lastik tekerlekli Sovyet kamyonlarının hareketleri altında 3 tabakalı çakıl yol yüzeyindeki basınç-gerilme araştırmalarının teorik sonuçları verilmiştir. Düşey sıkıştırma basıncı ile teğet halindeki basınçlar ve çeşitli noktalardaki batma derinliği belirlenmiştir. Yüzey tabakaları arasındaki zayıflık kontrol edilmiş ve sonuç olarak farklı lastik düzenlemeleri ile kamyonların etkileri grafiksel olarak gösterilmiştir.

Eisbacher (1975) “Orman Yolları İnşaatında Pratik Olarak Kullanılan Toprak Testleri” adlı çalışmasında hem elle hem de optik tekniklerle yapılan testlerin uygunluğunu tartışmıştır.

Kobayashi, Fukuda (1975) “Orman Yolları Yüzeyinin Taşıma Kapasitesini Etkileyen Faktörler” adlı çalışmalarında yol profilinin farklı kısımlarını temsil eden 10 ana, 7 tali orman yolundaki 284 noktada taşıma kapasitesi llmştir. Ölçümler hem yüklenmiş plak deneyi hem de CBR deneyiyle yapılmıştır. Taşıma kapasitesi olarak ana ve tali yollar arasında olduğu gibi yolun farklı bölümleri arasında da anlamlı farklar bulunmuştur. Bu farklar üzerinde yolun kullanım süresinin, kullanılan yapı materyalinin ve diğer faktörlerin etkisi olduğu açıklanmıştır.

Wroth ve Wood (1976) yeniden şekillenen toprak özellikleri ve bu limitler arasındaki korelasyonu düzeltmeye çalışmışlardır. Son zamanlarda Atterberg limitleri killi toprakların hem yoğunluk hem de kimyasal stabilitelerinin tayin edilmesinde kullanılmaktadır (Brandl, 1992). Sık sık literatürde de belirtildiği gibi mineralojinin önemli olduğu açık bir gerçektir. Örneğin thixotropik killer yüksek sıcaklıklarda pıhtılaşmakta ve böylece likit limitlerinde bir artış gözükmemektedir. Bu çalışmalar Reifer (1977) tarafından yapılmıştır.

Buldakov, Erykhov, Kolbas (1976) “Tomruk Transportunda Kullanılan Yollar İçin Yüzey Stabilizasyon Testlerinin Kullanımı” adlı çalışmalarında Leningrad da yüzey stabilizasyonunun mekanik özelliklerinin ölçülmesinde sesi aksettirme sistemi ile toprak örneklerinin titreşimlerinin doğal bükülme sıklığının ölçülmesi için bir aparat geliştirilmiştir. Alınan sonuçlar tek bir örnek ile direnç miktarının ölçülmesinin bu aparat ile mümkün olduğunu göstermiştir.

Pavlov, Zhdanov (1976) “Yol Yüzeyinin Statik ve Dinamik Testleri İçin Test Ekipmanı” adlı çalışmalarında çeşitli tipteki yol yüzeylerinde orman yolu materyali için USSR de geliştirilen özel bir donanımın resmedilerek tanımlanması yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları yol yüzeyindeki deformasyonu belirleyerek sunmuştur.

Marko (1977) “Turbalık Alanlarda Vibrodinamik Etkilerin Dolgu Alanlardaki Deformasyon Etkileri” adlı bir çalışma yapmıştır.

Pavlov (1977) “Lastik Tekerlekli Treylerlerin Yol Yüzeyine Etkileri” adlı bir çalışma yapmıştır.

Saarihahti (1978) “Orman Yol Ağındaki Turba Toprakların Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi” adlı bir çalışma yapmıştır.

Mollova (1978) “Yüzey Toprağının Stabilizasyonunun Sağlanmasında Ormanlardan Alınan Örneklerin İncelenmesi” adlı çalışmada Bulgaristan’daki kamyon yollarında çeşitli toprak tiplerinin özelliklerinin çimento veya toz kireç ile stabilizasyonunda çeşitli toprakların sıkışma direncinin belirlenmesinde su absorpsiyonundaki değişimlere dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

Kikuchi (1979) “Orman Yollarında Alt Tabakada Atterberg Limitleri ve Kaliforniya Taşıma Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi” adlı bir çalışma yapmıştır.

Erdaş (1979) “Taşıma Sırasında Taşıt ve Zemin Arasındaki Karşılıklı İlişkilerin Mekanik Yönden İncelenmesi” adlı çalışmasında yapılan denemeler sonucu, zemin içinde oluşan kuvvetler ilişkisinin teorik kısmının doğrulandığını ve burada çok sayıda gidiş-geliş olarak denenen orman içi taşımada su ile doymuş zeminin birkaç sefer sonunda az miktarda sıkıştırılabildiğini ve bundan sonraki seferlerin ise zemini yoğurduğu neticesine varmıştır.

Suparto, Arifin (1981) “Orman Yollarında Penetrometre İle Üst Tabakanın Taşıma Mukavemetinin Belirlenmesi” adlı çalışmalarında CBR metodundan daha ucuz olan konik penetrometre ile toprakların kırılma direnci indeksleri ölçülmüştür.

Faure (1981) tarafından yapılan laboratuvarlarda toprakların sıkıştırılması çalışmaları göstermiştir ki; kuru hacim yoğunluğunda su içeriğinin belirlenmesinde iki önemli nokta vardır. Bu iki noktanın belirlenmesinde kuru hacim yoğunluğundaki toprak partiküllerinin ebat, şekil ve dağılımı ve sıkıştırmada kullanılan enerji seviyesi etkin faktördür. Çalışmalar göstermiştir ki, bu iki önemli noktanın Atterberg’in likit ve plastik limit noktalarına karşılık geldiği ve her birinin spesifik enerji seviyesiyle alakalı olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle plastisite indeksi özdeş deneysel durumlar altında belirlenen iki karakteristik su içeriğiyle mukayese edilir.

Pulkki (1982) “Orman Yollarının Taşıma Kapasitesinin Ölçümü İçin Ekonomik Metotların Geliştirilmesi” adlı çalışmasında yol bölümlerindeki zayıflamalar, taşıma kapasitesi kavramı ve bu ölçümlerde kullanılan yüklenmiş plak deneyi, Benkelman kirişi, Kaliforniya taşıma oranı, Lacroix metodu ve FWD metodu tartışılmıştır.

Koger, Burt, Trowse (1983) “Çekişi Sağlayan Tekerleklerin Toprak Kasalarda Toprak Sıkışmasına Etkileri” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Kobayashi, Aono (1983) “Orman Yollarında Yüzeyin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma” adlı çalışmayı gerçekleştirmişlerdir.

Schroeder, Alto (1983) “Oregon ve Washington Sahillerindeki Dağlık Kesimlerde Yamaç Stabilizasyonu Analizi İçin Toprakların Özellikleri” adlı çalışmalarında göz önüne alınan 11 alanda 0-7 m derinlikten toprak örnekleri toplanmıştır. İndeks özellikleri (doğal m.c., likit limit, plastik limit, tane boyutu dağılımı, nispi yoğunluk, rutubet/yoğunluk ilişkisi) tahmin edilmiş ve bozulmamış örnekler için etkin direnç parametreleri üç eksenli basınç apreği ile belirlenmiştir. Doyurulmuş az yapışık siltli-kumlarda ünite ağırlığı ortalama 1.86 gr/cm³, ortalama iç sürtünme açısı 35.4 olarak bulunmuştur. Çökmelerin beklendiği yamaçlarda gerekli hesaplamalar için denklemler geliştirilmiştir.

Wong (1983) “Toprak Mukavemet Ölçümlerinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında Ontario da arazi direnci çalışmalarının değerlendirilme sonuçları sunulmuştur. Arazinin mekaniksel özellikleri araçlara monte edilen bevameter kullanılarak ölçülmüş ve taşınabilir otomatik veri yönetim sistemi ile analiz edilmiştir. Basınç-batma ilişkisi, kırılma karakteristiği ve tekrarlamalı yükler altında davranışlar ölçülmüştür.

Erdaş (1984) “Üstyapı Sayısı Yöntemi ile Orman Yollarında Üstyapının Boyutlandırılması” adlı çalışmasında bu metotla boyutlandırmanın nasıl yapılacağını ve üstyapı boyutlandırmasını etkileyen faktörleri açıklamıştır.

Buryak, Uvarov, Schelkunov (1985) “Çeşitli Zamanlarda Yüklerin Yol Zeminine Etkisi” adlı çalışmalarında zamanla çeşitli yüklerin iki tabakalı yollarda sebep olduğu gerilmeler ve deformasyonların teorik analizi yapılmıştır. Burada tesis edilen yolun ve yüzeyinin uygunluğunun hesaplanmasına da bir örnek verilmiştir.

Uvarov, Shchelkunov (1986) “Bataklık Alanlarda Çapraz Döşeme İle Kışın Tesis Edilen Kamyon Yollarının Mukavemetinin Hesaplanması” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Kosztka (1986) “Orman Yollarında Yol Bakım ve Üst Yapı Yönetim Politikası” adlı bir çalışma yapmıştır.

Kaminski, Janaszek (1987) “Farklı Yol Tabakaları ile Bitümlü Orman Yollarının Lastik Yükü Kapasitesinin Değerlendirilmesi” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Warkotsch, Neubert (1987) “Orman Yollarının Taşıma Yeteneğinin Geliştirilmesi Araştırmaları ve Dinamik Sıkıştırma Testi Denemeleri” adlı çalışmalarında Bavaria bölgesel ormanlarının yollarının taşıma kapasitesini geliştirmek için rutubetli havalarda mekanik stabilizasyon, hidrolik stabilizasyon veya yeni temel uygulamaları çalışmalarını anlatmaktadırlar. Stabilizasyon ölçümleri yapılmamış yerel orijinli olmayan materyal kullanılmış ve beton stabilizasyonunda en iyi sonuçlar alınmıştır. Benkelmen kirişi, yüklenmiş plak deneyi ve kompaktometreler ile taşıma kapasiteleri ölçülerek beton stabilizasyonunun en iyi metot olduğu ispat edilmiştir. Ayrıca bu arazideki yolun gelişimi için tavsiyelerde bulunulmuştur.

Kaminski, Janaszek (1987) “Farklı Yol Tabakaları İle Bitümlü Orman Yollarının Lastik Yüğü Kapasitesinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmalarında Poznan yakınlarındaki deneme ormanlarında yolların ıslah çalışmaları esnasında 4 cm lik katran-beton tabakası 4 farklı alana serilmiştir. a) doğal toprağın üzerindeki 14 cm’lik çimento-çakıl tabakası üzerine, b) tahmini 18 cm lik cürufu bir yol üzerine, c) eski kayalık bir yola, d) eski makadam bir yola. Deformasyon ve elastikiyet modülü orta seviyede trafik olan 3 yılın üzerindeki yollarda ölçülmüştür. Yolun çok ağır ve ağır trafik koşullarında sadece c ve d şıklarında uygun olduğu görülmüştür.

Bolling (1987) tekerlek merkezi altında meydana gelen maksimum toprak basıncının 0.82 Mg de 160 kPa 1.5 mg’de ise 170 kPa olduğunu ölçmüştür. Sonuç olarak, hızda meydana gelen 2-10 km/ha’lik artışın tekerlek merkezi altında meydana gelen basınçta 0.30 m derinlikte basınç azalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Özellikle ağır topraklarda düşük hızın etkisinin daha fazla olduğu belirtilmiştir. Bu konuda benzer sonuçlar da rapor edilmiştir (Horn et al., 1989).

Warkotsch, Neubert (1987) “Orman Yollarının Taşıma Kapasitesinin Dinamik Sıkıştırma Testleriyle Geliştirilmesi” adlı bir çalışma yapmışlardır.

Hadas (1987) “Benzer Statik ve Ağır Yüklerin Etkisi Altında Toprakların Sıkışması” adlı çalışmada, farklı su içeriklerine sahip toprak örneklerini Proktor metoduyla sıkıştırmışlardır. Sabit ve statik olmak üzere iki değişik yük sistemi kullanılmıştır. Sabit yüklerle sıkıştırma için anlık sıkışmalar ve bunların enerji girdileri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar sabit yüklerle sıkıştırılan örneklerde statik yük ile sıkıştırılan örneklerin

hacim yoğunluklarına ulaşılabilmesi için daha büyük enerji harcanması gerektiği belirlenmiştir.

Xu (1988) “Changbai Dağlık Orman Alanında Orman Yollarının Üst Yapı Dizaynında Trafik Hacmi Hesaplamaları İçin Alfa Katsayısı Tartışması” konulu bir çalışma yapmıştır. Okagbue ve Uma (1988) güney-doğu Nijerya’da yaptıkları çalışmada dolerit kayacının yolun tam altından yada içinden geçtiği kısımlarda yol problemlerinin en şiddetli olduğunu görmüşlerdir. Dolayısıyla da bölgenin jeolojik ve hidrolojik koşullarının yol problemi ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Örneğin yolun alt temel tabakası kırılmış, iklim etkisiyle yıpranmış şist formasyonu üzerine inşa edildiği belirlenmiştir. Sonuç itibariyle alt tabaka düşük bir taşıma kapasitesine sahiptir. Yol doğal yer altı suyu akıntısının yoğun olduğu sıra halindeki dik kayaların ayakları altındadır. Doğal su kaynaklarını da kapsayan boşaltma zonu artan yer altı su depoları ve anayol tabakası altındaki su tablosunun artışı nedeniyle çalışma zamanında hemen hemen tıkanmıştır. Bu da temel materyalin hızla bozulmasıyla sonuçlanmıştır. Dolerit kayacının zemindeki seviyesi yolun geçtiği kısımlarda 2 m’den daha azdır. Bu tabaka düşey infiltrasyonun yanında yanıl yer altı suyu akıntısıyla da ıslanmaktadır. Böylece, bu durum yolun temel ve alt temel tabakalarının sürekli ıslanmasıyla sonuçlanmaktadır. Sonuç olarak da jeolojinin yol üst yapısı üzerindeki etkisi bir kez daha kanıtlanmış olmaktadır.

Sutopo (1989) “Javada Orman Yollarının Taşıma Kapasitesi” adlı çalışmasında tomruk nakliyatında yükleme kapasitesi 3-10 m³ olan traktörlerin kullanımının ağırlıkta olması sebebiyle iyi orman yollarına gereksinim olduğunu açıklamıştır. Gandhi orman alanının toprak yapısı, yüksek yoğunlukta stabil olmayan ve düşük yük taşıma kapasitesine sahip saf killi grumusol topraktan oluşmaktadır. Yapılan inceleme sonucunda zarar gören birçok yolun alt tabakasının ortalama taşıma kapasitesi % 2.8 CBR, üstyapı kalınlığının 20 cm olduğu belirlenmiştir. Bu kalınlığın 3-5 ton aks yüküne sahip traktörler için orta dereceli trafik yoğunluğunda minimum değer olan 22.5 cm den daha az olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yolun zarar görmesine neden olarak yetersiz drenaj, alt temel toprak tabakasının dayanıksızlığı gösterilmiştir. Orman yolu yoğunluğunun 3.8 m/ha olduğu alanda, üst yapıllı yolların tüm yol uzunluğunun %93’ünü oluşturduğu, %7’lik bölümün ise sadece tekerlekli traktörler için üst yapıllı yollardan oluştuğu açıklanmıştır.

Kosztka (1989) “İnce Üst Yapının Dejenarasyonu Sürecinde Yol Testi İncelemeleri” adlı çalışmasında 1970’lerde Macar-Alma işbirliğiyle inşa edilen farklı tipteki topraklara sahip (tarımda ve ormancılıkta kullanılan) üzerlerinde suni trafik yükü oluşturulan yollardan alınan sonuçlar açıklanmıştır.

Becker, Hofmann, Roder (1989) “Killi Topraklarda Ormancılık Makinalarının Toprağa Zararı” adlı çalışmalarında Almanya’da sonbahar ve ilkbaharda killi topraklarda geçiş sayısını belirlemek için 1.5 ton ağırlığında mafsallı MB Trac 900 sürütücüyü kullanmışlardır. Ölçümler tekerlek derinliğinde CBR değeri, kuru yoğunluk, infiltrasyon oranı ve kök zararı olarak yapılmıştır. Sonuçlar özellikle rutubetin önemli olduğunu, bunun içinde mevsime ve hava şartlarına göre sürütme çalışmalarının planlanmasının gerekliliğini ortaya koymuştur. Toprağın suya doymaya yakın olduğu zamanlarda fırça şeklindeki dağılımın iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Özdemir (1989) “Taban Toprağının Fiziksel Özelliklerinden Yararlanılarak Laboratuvar CBR Değerinin Tahmini” adlı çalışmasında taban toprağının yaş CBR değerinin plastisite indeksi, kuru birim ağırlık ve optimum su içeriğiyle yüksek bir korelasyon gösterdiğini tespit etmiştir.

Morozov (1990) “Bataklık Alanlarda Kış Yollarında Zemin Mukavemetinin Değerlendirilmesi” adlı bir çalışma yapmıştır.

Wasterlund (1990) “Ormancılıkta Yeni Test Ekipmanları İle Toprak Mukavemetinin Ölçümü” adlı çalışmasında ormancılık makinalarının kullanımı ile zeminde ve ağaçlarda oluşan zararların tayini için kaplamanın mukavemet gücünün belirlenmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Bu çalışmalar 3 farklı alanda ve 4 farklı toprak tipinde yapılmıştır.

Kondo; Iwakawa, Suzuki (1990) “Orman Yollarının Bakım Masraflarının Azaltılmasında Üst Yapının Etkileri” adlı çalışmalarında orman yolları için 1971-85 yılları arasındaki veriler kullanılarak doğal sebeplerden dolayı yollarda meydana gelen zararların kaplamaya etkisi ve bakım maliyetleri araştırılmıştır. Devamlı yağışın <500 mm altında ise kaplamanın zararın tekerrür oranını azaltacağı ancak 600 mm yi geçerse etkili olamayacağı açıklanmıştır. Vadilerin alt kısımlarındaki yolların kaplamaları yamaç yolları

kaplamalarına göre zarardan daha az etkilenir. Kaplama yol eğimlerindeki ıslah çalışmalarının etkili olduğu oranda bakım masraflarını azalttığı belirtilmektedir.

Christaras (1991) “Girit Adasındaki Marnlarda Likit Limit Belirlenmesinde Kullanılan Casagrande ve Konik Penetrometre Metotlarının Karşılaştırılması” adlı çalışmada, her iki metotla elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ek olarak bu testler materyallerin değişik durumlarında (kalitatif ve kantitatif mineroloji, katı partiküllerin ağırlık özellikleri, farklı partiküllerin tabakalanması, Atterberg limitleri, Plastisite indeksi ve diğer aktiviteler gibi) tekrarlanmıştır. Yukarıda açıklanan özellikler arasında varolan ilişkiler diagramlar ve matematiksel ifadelerle belirlenmiş ve istatistiksel metotlar kullanılarak yorumlanmıştır. Sonuç olarak her iki metotta bu karşılaştırmalarda benzer sonuçlar vermiştir. Özellikle de saf killerde alınan sonuçlar çok büyük benzerlikler göstermektedir.

Fertal (1992) “Slovakya Ormanlarında Sürütme Yollarının Yüklenme Problemi” adlı bir çalışma yapmıştır.

Vilchez, Dance, Salas (1992) “Tropikal Yağmur Ormanlarında Orman Traktörlerinin Hareketi İçin Optimum Toprak Şartları” adlı çalışmada konik penetrometre ile ölçümler yapılmıştır. Çalışmada sürütücülerin optimum hareketi için bir nomogram geliştirilmiştir. Bu yöntemin hızlı karar vermek için çok uygun olduğu belirtilmekte olup rutubetin %35 veya daha az olduğu durumlarda optimum hareketin sağlanabileceğini açıklamıştır.

Gehrke, Schlaghamersky, Sterik (1992) çalışmalarında “Orman Toprağının Taşıma Kapasitesi” konusunu ele almışlardır. Dört çeşit penetrometre ile yapılan deneylerle (STE-II, WES, Sereda ve STE-III) toprakların taşıma kapasitesinin ve buradan da ormancılık araçlarının kullanılabilirliğinin (ulaşılabilirliğinin) belirlenmesindeki detaylar açıklanmıştır.

Archwichai ve arkadaşları (1993) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışma da, kuzeydoğu Tayland’da bölgesel yapım materyallerinin yetersizliği ile çok uzun bir süreden beri karşılaşıldığı belirtilmiştir. Bölgenin jeolojik durumundan dolayı uygun taş ocaklarına ulaşılması zor olmaktadır. Bununla birlikte kırmızı killi topraklar yaygın olarak bulunmaktadır. Çeşitli inşaat yapımlarında bölgesel mühendislik materyali olarak kullanılmasının oldukça eski bir geçmişi olmasına rağmen diğer mühendislik tesisleri (yol

ve havaalanlarında) için ilave araştırmalara ihtiyaç duyulmuştur. Bölgedeki 37 depodan toplanan 39 adet kırmızı kil toprağı örneğinin bazı mühendislik özellikleri bu makalede tanımlanmıştır. Laboratuar analizlerini; Los Angeles aşınma testleri, Atterberg limitleri, Standart kompaksiyon, CBR, kireç stabilitesi ve toprak pH'ı ölçümleri oluşturmaktadır. Yol yapımı ve diğer mühendislik çalışmalarında bu materyalin kullanılması tartışılmış ve sonuçlar özet bir şekilde sunulmuştur.

Schjonning ve Rasmussen (1994) “Yüksek aks yüküne sahip araçların toprak altı sıkıştırmasında Danimarka örneğı” adlı çalışmalarında, kaba kumlu topraklarla organik madde içerikli topraklar üç akslı ağır yükler taşıyan araçlarla sıkıştırılmıştır. Tek ve dört tekrarlı geçişler uygulanmıştır. Tek bir geçiş toprak tiplerinde ılımlı bir sıkışmaya sebep olmuştur. Dört tekrarlı geçişlerde ise toprak tiplerinde sıkışma etkisi en az 60 cm derinliğe kadar büyümüştür.

Coşgun (1994) “Dingil Yüklerinin Karayolu Üstyapısının Projelendirilmesine Etkisinin Değerlendirilmesi” adlı çalışmasında esnek üstyapıların AASHO yöntemi ve tabakalı hesap yöntemiyle projelendirilmesi yapılmıştır. AASHO yönteminin doğru bir projelendirme yapmada öncelikli bir yöntem olabileceğı sonucuna varmıştır. Dingil yüklerinin etkisi yöntemler içerisinde detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Fertal (1995) çalışmasında makadam kaplamalı bir yol ile bitümlü malzeme ile kaplanmış bir yolun karşılaştırılmasından elde edilen verileri sunmuştur.

Zelinka (1995) “Slovakya Ormanlarında Çalışmaların Etkinliği Açısından Bitümlü Malzeme Kullanılan Yolların Niteliğinin Belirlenmesi” adlı çalışmasında Slovakya’da 37 orman yolu için yol yüzeyi niteliklerini belirlemiştir. En iyi nitelikli olanların bitüm malzemesi boyutları 15 cm den daha büyük olanlar, en düşük kalitelilerin ise bitümlü malzeme tabakasının 10 cm den az olanlar olduğu belirlenmiştir.

Lofroth (1995) “Yüzey Tabakasında Yüksek Agregada Bulunan Deneme Yolları” adlı bir çalışma yapmıştır.

Grabosky, Bassuk (1996) “Üst Yapı Altında Kullanılan Toprak Materyalin Yapısal Testi” adlı bir çalışma yapmıştır. Çalışmada kaya-toprak karışımının yoğun olduğu Quercus robur

yetiştirme alanlarında kaplama temelinin yoğunluğu ve mukavemeti önemlidir. Bu materyalin içerisinde köklerin girmesi büyük miktarda artmakta, eşit miktarda kil ve organik madde bulunan topraklarla karşılaştırıldığında test materyalinin bir komponenti olan bu kil-organik madde karışımı toprak içinde meşe köklerinin ilerlemesi %50 azalmakta ve kuru kök ağırlığının 6 gr dan 3 gr a azalması yanı sıra hacim yoğunluğu 1.24 den 1.55 t/m³'e ulaşmaktadır. Kil-organik madde yoğunluğu 1.55 t/m³ ü aştığı alanlarda şiddetli kök direnci gözlenmiştir (AASHTO da en üst yoğunluk standardı % 90). AASHTO da en üst yoğunluk standardında kil-organik madde karışımında (1.67 t/m³ standart üst yapı düzeni için) kök büyümesi tamamen durur. Aksi durumda planlanan standart AASHTO nın en üst yoğunluğu (1.85 ile 2.07 t/m³ arasında) kuru ağırlığı 4-6 gr arasında değişen ana kökün girişimini sınırlamayacağı ve böylece de mukavemetin öneminin (Kaliforniya taşıma oranı 40 ile 80 arasında) ispat edildiği açıklanmıştır.

Lesnicky Univerzita (1996) da “Orman Yolları İçin Sert Olmayan Yolların Yapımına Yeni Bir Yaklaşım” adlı çalışmada Enstitü tarafından geliştirilen bir metot anlatılmaktadır. Bu yeni metodun aranma nedeni olarak eski tip yollarda (taşlı 20-30 cm’lik bir alt tabaka ve daha çok son zamanlarda 10 cm’lik bitümlü bir üst tabakadan oluşan) yeni teknolojilerin gelişmesiyle tüm ağaç ve tüm gövde yöntemiyle üretilen ürünlerin sürütülmesiyle yolların kullanılmaz hale gelmesi gösterilmektedir. Gelişimi 15 yıldan fazla süren modifiye metotlar orman yollarının partiküler durumunu ve eski Çekoslovakya da kullanılan normları temel almaktaydı. Kullanılan metot ile temel yol yüzeyi yapımının tüm tiplerinde kaplama partiküllerinin hareket yoğunluğunun, yol yüzeyi kaplamasının, alt tabakaların sıkışma kapasitesinin, yapı tabakalarının niteliğinin belirlenmesinin mümkün olduğu belirtilmektedir. 100 km den fazla olan ana orman yollarında bu metodun kullanımı uygun bulunmaktadır. Kullanımı 15 yılı aşan yollarda eski metotlarla yapılan yollara göre performansın ve niteliğin daha yüksek olduğu belirtilmektedir.

Douglas (1997) “Orman Yolları İçin Üstyapı Çalışmaları” adlı bir çalışma yapmıştır.

İnanır (1997) “Ayrık Liflerle Rasgele Donatılı Kum Zeminlerin Taşıma Kapasitesinin CBR Deneyleri İle Araştırılması” adlı çalışmada donatı tipi ve oranı parametre olarak alınarak bir dizi CBR deneyleri yapılmıştır. Ayrık liflerle rasgele donatılı zeminlere tatbik edilecek uygun sonlu elemanlar modeli araştırılmıştır.

Dünder (1998) “Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması” adlı çalışmasında Yol Notu 29 amprik tasarım yöntemiyle, Shell analitik tasarım yöntemini karşılaştırmış, her iki yöntem içinde çözümler verilmiştir.

Hirt (1998) “Orman ve Köy Yollarında 40 Tonluk Kamyonlar” adlı bir çalışma yapmıştır. Burada halen ulaşımında 28 tonluk kamyonların kullanıldığı fakat gelecekte 5 akslı traktör-treylere benzeyen 40 ton ağırlığında kamyonların ortaya çıkacağına işaret etmektedir. Ormanlardaki ve kırsal alanlardaki köy yollarında kamyonların kullanılmasının etkileri tespit edilmiş ve yolda meydana gelen zararın umulandan az olduğu görülmüştür. Birbiri ardına dizilmiş 2 çift aks ile 4 akslı kamyonlar, 2 tek akslı ve arka arkaya 1'er olmak üzere 3 akslı kamyonların yol üst yapısında düzenli basınç dağılımına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu tür kamyonların tomruk nakliyatında normal kapasitesinden %15 daha fazla yüklenen şu anki kamyonlardan daha az zararlı olduğu açıklanmıştır. Böylece İsviçre orman ve köy yollarında üst yapı dizaynında değişikliğe gerek olmadığı ve 40 tonluk kamyonların kullanımının ekonomik, ekolojik ve teknik olarak uygunluğu belirlenmiştir.

FAO-UNESCO tarafından toprak tekstür sınıflamaları çeşitli tablo ve grafiklerle verilmiştir. Ancak gelecekte Amerika'da (Schoeneberger et al., 1998) ve İngiltere'de ki (Hodgson, J.M., 1997) gibi yapılacak daha kompleks toprak tekstürü sınıflamalarının toprakların sıkışma miktarlarının belirlenebilmesinde daha ideal olacağını açıklanmıştır.

Aragon ve arkadaşları (2000) “Proktor testiyle Arjantin topraklarının sıkışabilirliğinin belirlenmesi” adlı çalışmalarında zeminlerdeki sıkışmanın bir çok bölgede tarımsal faaliyetlerde olduğu kadar ormancılıktaki üretim çalışmalarında da gittikçe artan bir problem olarak ortaya çıktığını söylemişlerdir. Proktor testi metodunu, belirli bir su içeriğinde karıştırılmış toprakların sıkıştırılabilirliğinin belirlenmesinde standart bir metot olarak kabul etmişlerdir. Çalışmalarının amaçlarını, farklı özellikteki topraklarda kritik su içeriği değerlerinin belirlenmesinde maksimum hacim yoğunluklarının tespiti ve bilinen toprak özellikleri ile maksimum hacim yoğunlukları arasındaki ilişkiyi belirlemek olarak açıklamışlardır. Arjantin'de altı farklı mevkiden otuz toprak örneği alınmıştır. Bulunan veriler Amerika'daki iki çalışmanın verileri ile karşılaştırılmış ve kritik su içeriği ile maksimum hacim yoğunlukları arasındaki ilişkinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Sadece kendi çalışmalarında maksimum hacim yoğunluğu ile organik karbon içeriği arasındaki ilişkinin eğiminin, diğer iki çalışmayla kıyaslandığında %50'den daha az olduğunu

belirtmişlerdir. Maksimum hacim yoğunluğunun çoğunlukla organik karbon içeriği ve alüvyon içeriği ile bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Çoklu regresyonun tanımlanan katsayısı ise 0.88 olarak açıklanmıştır.

İrlanda'da turba toprağı serilen orman giriş yollarında yol tabakalarının kalınlığının önemi değerlendirilmiştir (O'Mahony et al., 2000). Yolun deneysel taşıma kapasitesi, Benkelman kırışı kullanılarak yolda meydana gelen deformasyonlar aracılığıyla belirlenmiştir. Kış, sonbahar ve yaz mevsimlerindeki ortalama deformasyonlar 2.7, 5.1 ve 5.4 mm olarak bulunmuş ve en küçük kış değerleri, donmuş yollarda ve çamurlu topraklarda belirlenmiştir. Doğada zayıf bir üst yapı tabakası olarak bilinen 1000 mm'den daha kalın turba tabakasındaki üst yapı kalınlığının azalmasıyla deformasyonda bir artış meydana geldiği belirlenmiştir. Turba tabakasının kalınlığının, nakliyatta kullanılacak araçların özelliklerinin belirlenmesinde ya da trafiğin çevreye verdiği etkilerinin asgaride tutulmasında yol gösterici olabileceği açıklanmıştır.

Burt et al. ve Tijink tarafından ortalama temas yüzeyi basıncı, temas alanındaki dikey basınçların ortalama değeri olarak tahmin edilmiş ve detaylı bir şekilde tetkik edilmiştir. Tekerlek altında cantın modelinden ve tekerleğin yapısından dolayı kompleks bir hal alan basınç dağılımı, cantın ve katı tekerlek duvarının altında çeşitli karelere bölünerek temas yüzeyi basıncı tahmin edilmiştir (Smith, 1985; Burt. et al., 1992 and Gysi et al., 2002).

Jones et al. (2003) çalışmalarında; ideal olarak toprak altı sıkışmaların ve toprakların yararlanmalarının, taşıma kapasitelerinin bulunması yoluyla belirlenmesi gerekmesine rağmen uygulamada pratik olmayan yöntemler kullanılmakta olduğunu belirtmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL

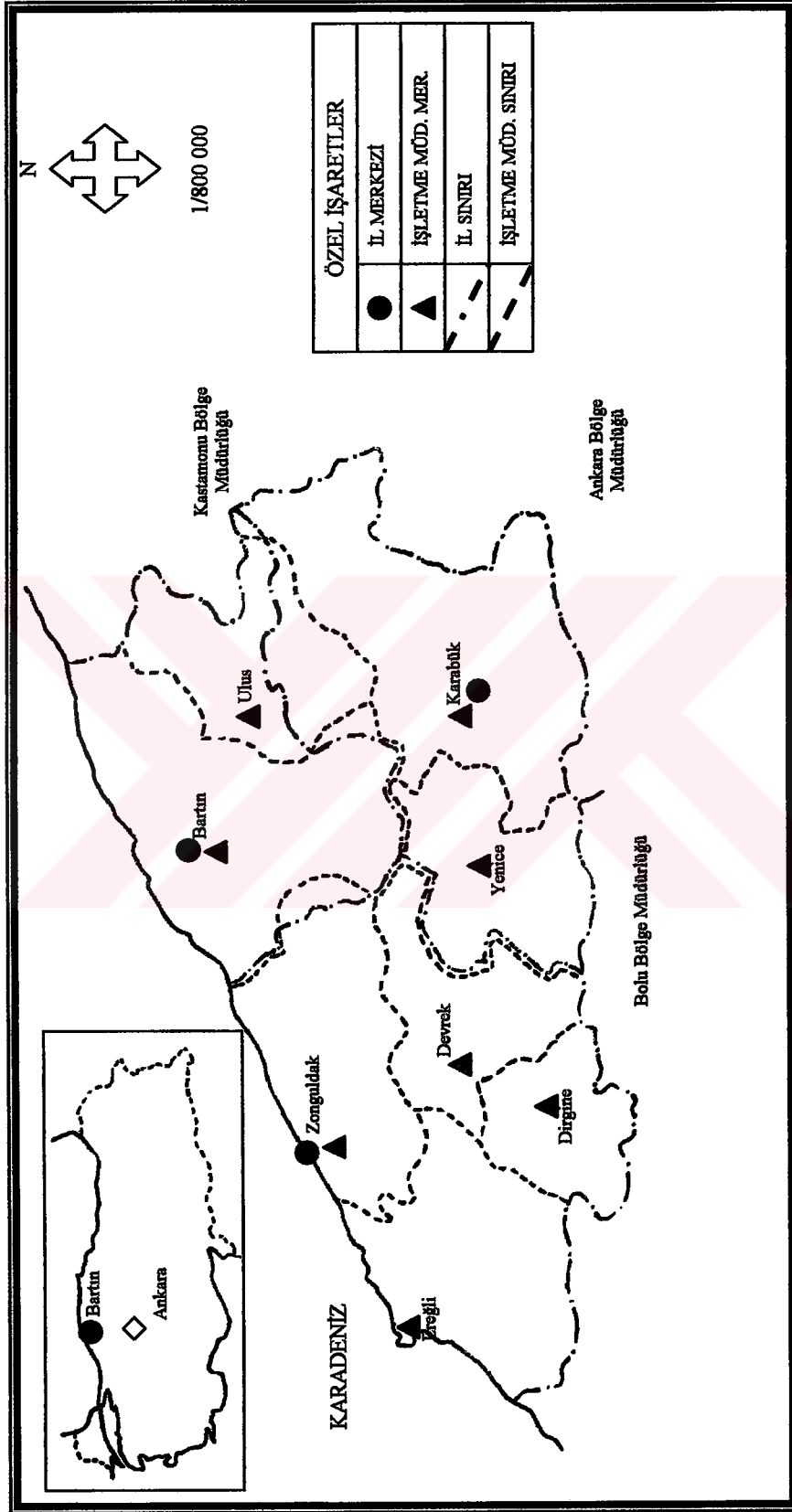
Araştırma alanını, Bartın Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki orman yolları oluşturmaktadır. Mülki sınırlara göre yapılan çalışmalar, genellikle sonuçların hatalı olmasına neden olmaktadır. Çünkü, idari sınırlar ile işletme sınırları çoğunlukla farklılık arz etmektedir (Şekil 3.1).

3.1 ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI

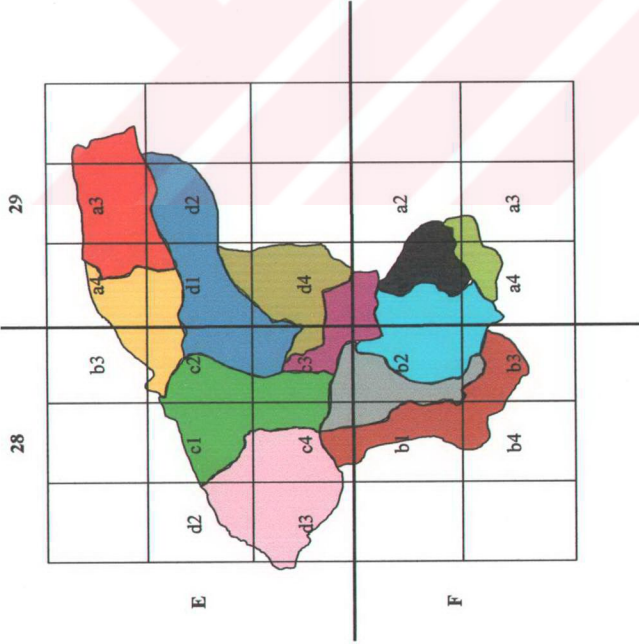
Bartın Orman İşletme Müdürlüğü; 32° 22' doğu boylamı, 41° 40' kuzey enlemi arasında yer almaktadır. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'nün alanı 175479 ha olup Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'nün % 18.57'sini oluşturmaktadır.

Bartın Orman İşletme Müdürlüğü içerisinde; Amasra, Ardeş, Arıt, Dumanlı, Günye, Hasankadı, Kozcağız, Kumluca, Kurucaşile, Merkez, Sökü, Yenihan Orman İşletme Şeflikleri bulunmaktadır. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü yaklaşık 961+960 km ile Bölge Müdürlüğü bünyesindeki en uzun orman yoluna sahip olup, uzunluk olarak tüm Bölge Müdürlüğü yol şebekesinin % 15.97'sini (Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı 8 adet Orman İşletme Müdürlüğü bulunmaktadır) oluşturmaktadır (O.G.M., 2004). Bu uzunluğun şefliklere göre dağılımı; Amasra Orman İşletme Şefliğinde (OİŞ) 56+500 km, Ardeş OİŞ 62+600 km, Arıt OİŞ 134+580 km, Bartın OİŞ 113+975 km, Dumanlı OİŞ 62+300 km, Günye OİŞ 62+600 km, Hasankadı OİŞ 67+200 km, Kozcağız OİŞ 71+045 km, Kumluca OİŞ 116+210 km, Kurucaşile OİŞ 84+800 km, Sökü OİŞ 68+690 km, Yenihan OİŞ 61+460 km dir (O.G.M., 2004).

İşletme şefliği sınırlarıyla birlikte araştırma alanının 1/25000 ölçekli gizli memleket haritasındaki konumu Şekil 3.2'de verilmiştir. Bu başlık altında araştırma alanının iklimi, topoğrafik yapısı, toprak yapısı ve jeolojik yapı özellikleri incelenmiştir.



Şekil 3.1 Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'nün ülke ve Orman Bölge Müdürlüğü içindeki konumu.



ARAŞTIRMA ALANI	
b3	Pafta bölümlemesi
	İşletme Şefliği sınırları
	Anasra İşletme Şefliği
	Ardıc İşletme Şefliği
	Arit İşletme Şefliği
	Dumanlı İşletme Şefliği
	Günye İşletme Şefliği
	Gürganpınarı İşletme Şefliği
	Karaçaydere İşletme Şefliği
	Kozağaz İşletme Şefliği
	Kumluca İşletme Şefliği
	Kurucasıle İşletme Şefliği
	Sokut İşletme Şefliği
	Yenihan İşletme Şefliği

Şekil 3.2 Araştırma alanının 1/25000 ölçekli gizli memleket haritalarındaki konumunu gösterir kroki.

3.1.1 İklim

Bartın yöresinde tipik deniz iklimi görülmektedir. Yazlar serin, kışlar ılık ve yağışlı geçmektedir. Hemen her mevsimde yağış alan Bartın yöresi, özellikle sonbaharda ve kışın fazla yağış almaktadır. Yağışlar yazları yağmur, kışları yağmur ve kar şeklindedir (Anonim, 1999). Denize yakınlığı ve pek yüksek olmayan dağ sıralarının kıyıya paralel oluşu, genellikle kıyı şeridi üzerinde sıcaklık farklarının azalmasına, rutubetin artmasına ve Balkanlardan gelen hava kütlelerinin etkisinde kalmasına neden olmaktadır.

Araştırma alanının iklimi, Bartın ve Amasra olmak üzere iki meteoroloji istasyonuna ait 1991-2003 yıllarına ait iklim verilerine göre analiz edilmiştir (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2). Üstyapı projelendirilmesini etkileyen yağış, sıcaklık, don faktörleri incelenmiştir.

İklim verilerine ait haritaların oluşturulmasında, Yılmaz'ın 1991-2001 yılları için yapmış olduğu çalışmaya 2002 ve 2003 yıllarının verileri de eklenerek yağış, sıcaklık haritaları oluşturulmuştur.

3.1.1.1 Yağış

Bartın yöresi, yağış parametresi yönünden çok yüksek, yüksek, orta ve düşük potansiyellere sahiptir. Alanın kuzeyi çok yüksek potansiyel göstermektedir. Güneye doğru gidildikçe potansiyel değer kademeli olarak düşmektedir. Şekil 3.3'de de görüldüğü gibi düşük potansiyel gösteren alanlar, yörenin güneyindeki 29 plankareyi (her bir plankare 4 km²'lik alan kapsamaktadır) oluşturmaktadır (Yılmaz, 2001).

3.1.1.2 Sıcaklık

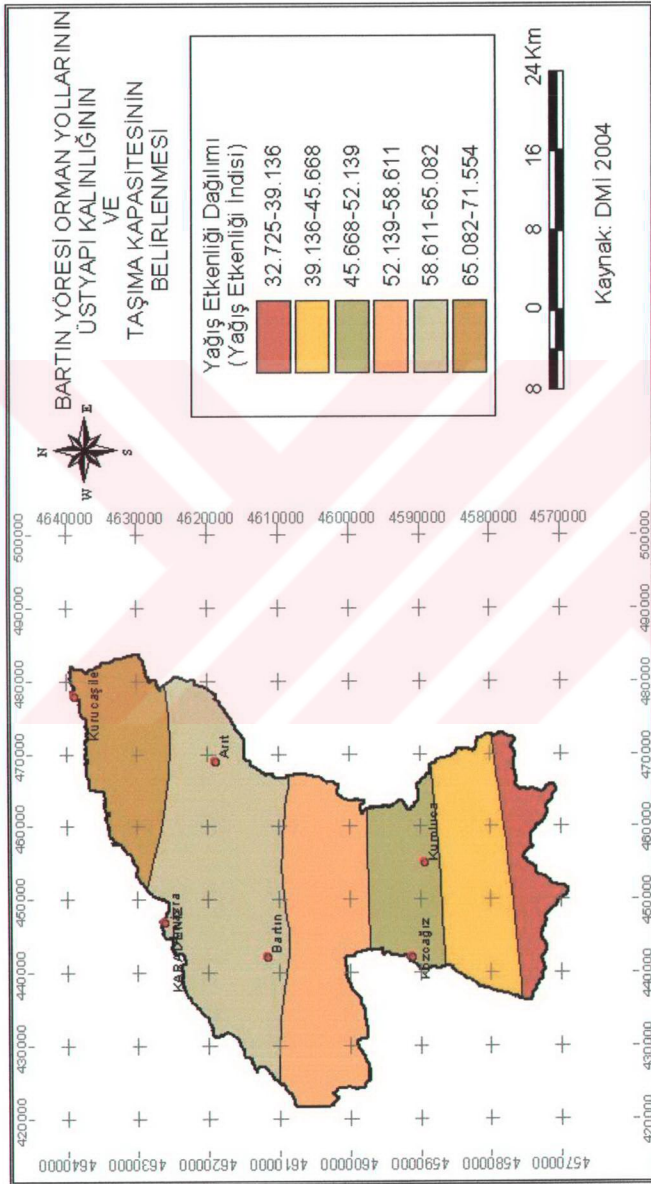
Bartın ve Amasra meteoroloji istasyonlarına ait ortalama sıcaklık değerleri 1.1°C'lik farka sahiptir. Bu nedenle Bartın yöresinde ortalama sıcaklık dağılımı 12.9-13.5°C arasında değişmektedir. Amasra ve Kurucaşile Şefliklerinin yer aldığı kıyı kesimlerinde ortalama sıcaklık 12.8-13.5°C arasında değişmektedir. Bu değer, kuzeybatı kesimlerde 12.4-12.8°C arasındadır. İç kesimlerde; Kozcağz, Kumluca, Hasankadı işletme şefliklerinin bulunduğu güney ve güneybatı alanlarda ortalama sıcaklık 12°C'ye kadar düşmektedir (Şekil 3.4).

Çizelge 3.1 Bartın meteoroloji istasyonu 1991-2003 yılları arası iklim verileri.

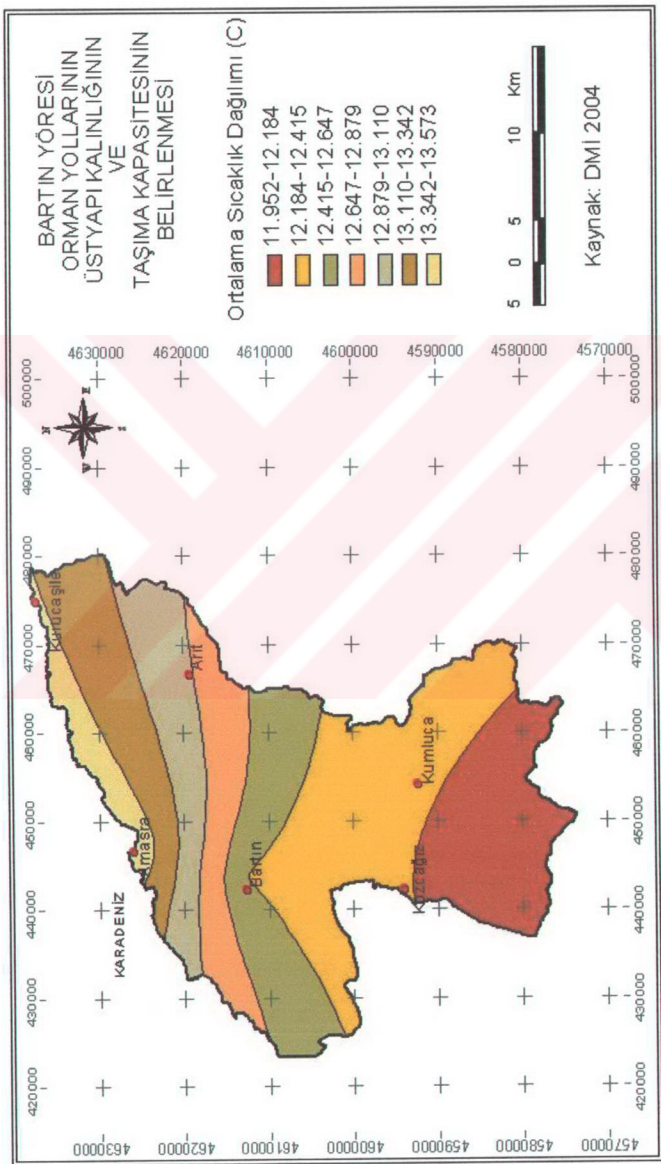
METEOROLOJİK VERİLER	Rasat Süresi	AYLAR												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama sıcaklık (°C)	13	4.8	4.8	7.4	10.7	15.5	20.0	23.2	22.3	18.2	14.2	9.3	4.7	12.9
Ortalama yüksek sıcaklık (°C)	13	9.6	10.7	13.7	17.0	22.2	26.3	29.2	29.0	25.1	21.0	15.9	9.3	19.1
Ortalama düşük sıcaklık (°C)	13	1.2	0.4	2.6	5.8	9.7	13.6	17.2	16.3	13.0	9.3	5.0	1.2	7.9
En yüksek sıcaklık (°C)	13	22.4	23.7	30.4	34.1	35.2	36.1	42.8	40.1	36.0	37.1	29.0	22.4	42.8
En düşük sıcaklık (°C)	13	-12.2	-14.6	-5.9	-2.4	0.6	5.6	9.6	10.3	3.3	-0.4	-5.0	-9.2	-14.6
Ortalama toplam yağış (mm)	13	77.2	78.3	67.9	56.1	37.2	80.0	73.3	84.6	115.8	117.8	109.1	124.0	1021.0
Günlük en çok yağış miktarı (mm)	13	45.0	34.7	34.1	20.2	93.3	101.2	100.9	74.2	91.8	56.7	44.8	41.0	101.2
Ortalama donlu günler sayısı (gün)	13	8	12	7	1	0	0	0	0	0	1	2	14	44

Çizelge 3.2 Amasra meteoroloji istasyonu 1991-2003 yılları arası iklim verileri.

METEOROLOJİK VERİLER	Rasat Süresi	AYLAR												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama sıcaklık (°C)	13	8.9	6.3	8.2	10.1	14.8	19.6	23.1	22.7	19.6	15.9	12.0	6.9	14.0
Ortalama yüksek sıcaklık (°C)	13	9.9	9.8	11.9	13.6	18.1	23.0	26.5	26.1	23.1	19.5	15.5	9.8	17.2
Ortalama düşük sıcaklık (°C)	13	4.2	3.3	5.0	7.4	11.7	16.3	19.9	19.5	16.6	12.8	9.2	4.3	10.8
En yüksek sıcaklık (°C)	13	22.4	24.2	28.5	32.5	34.4	33.8	38.4	34.4	33.6	36.4	29.0	23.2	38.4
En düşük sıcaklık (°C)	13	-5.3	-6.0	-4.4	-0.2	4.2	9.0	12.6	13.4	9.2	1.3	-1.2	-4.0	-6.0
Ortalama toplam yağış (mm)	13	84.3	75.6	60.4	56.2	32.4	65.4	72.7	62.1	122.6	109.2	112.6	140.5	993.8
Günlük en çok yağış miktarı (mm)	13	29.80	26.20	21.20	15.20	71.80	88.40	90.20	62.90	78.80	67.70	55.70	37.40	90.20
Ortalama donlu günler sayısı (gün)	13	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5



Şekil 3.3 Yağış etkenliği potansiyeli (Yılmaz'dan [2001] değiştirilerek).



Şekil 3.4 Ortalama sıcaklık dağılımı (Yılmaz'dan [2001] değiştirilerek).

3.1.1.3 Don Olayı

Bartın ve Amasra meteoroloji istasyonlarına ait donlu günler sayısına bakacak olursak arada 39 günlük bir farkın olduğu gözükmektedir. Aylar itibariyle bir inceleme yapıldığında da her iki istasyon sonuçlarında da 1-4 ve 10-12 aylar arasında don olayının meydana gelmediği görülmektedir.

3.1.2 Topoğrafik Yapı

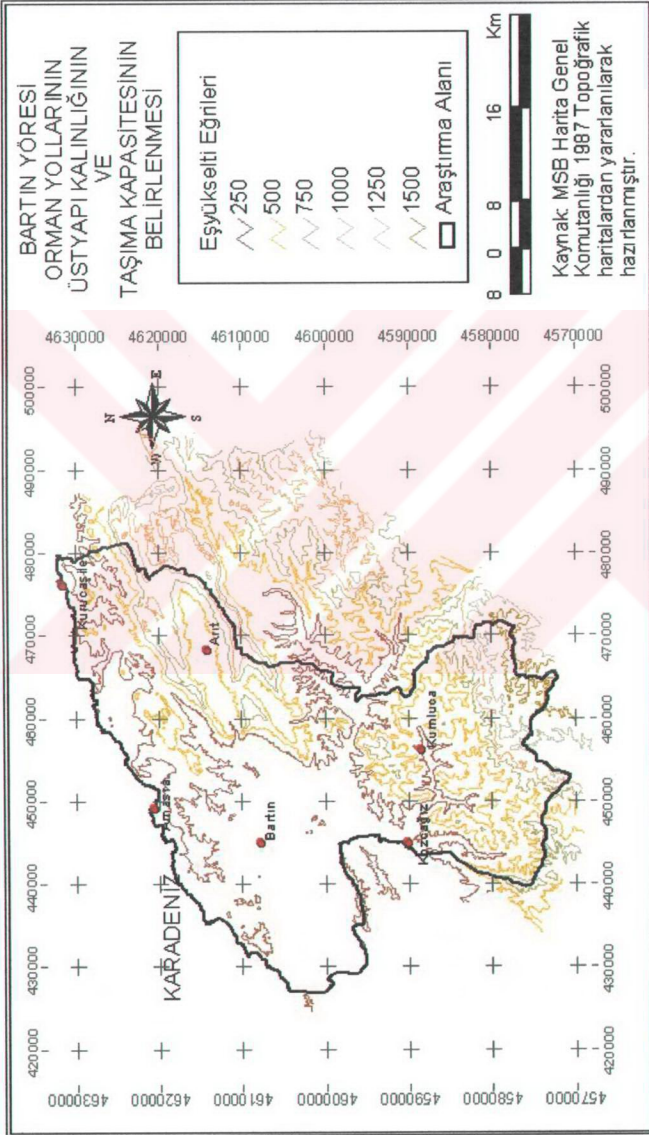
Bartın yöresi; doğu, batı ve kuzey yönden yüksekliği yaklaşık 2000 m'ye ulaşan dağlarla çevrelenmiştir. Dağlar yüksek olmamakla birlikte diktir ve özellikle sahil kısımlarına doğru sarp ve kayalıktır.

Araştırma alanında en yüksek noktaları; Kumluca işletmesindeki Sarıççek Tepe (1726 m), Fincankaya Tepe (1496 m), Efendioğlu Tepe (1256 m), Kozcağız işletmesindeki Gök Tepe (808 m), Avlaboğazı Tepe (1304 m), Kındıralık Tepe (1300 m) ve Arıt işletmesindeki Karadağ Tepe (1169 m)'leridir. Araştırma alanının topoğrafik yapısı Şekil 3.5'de verilmiştir.

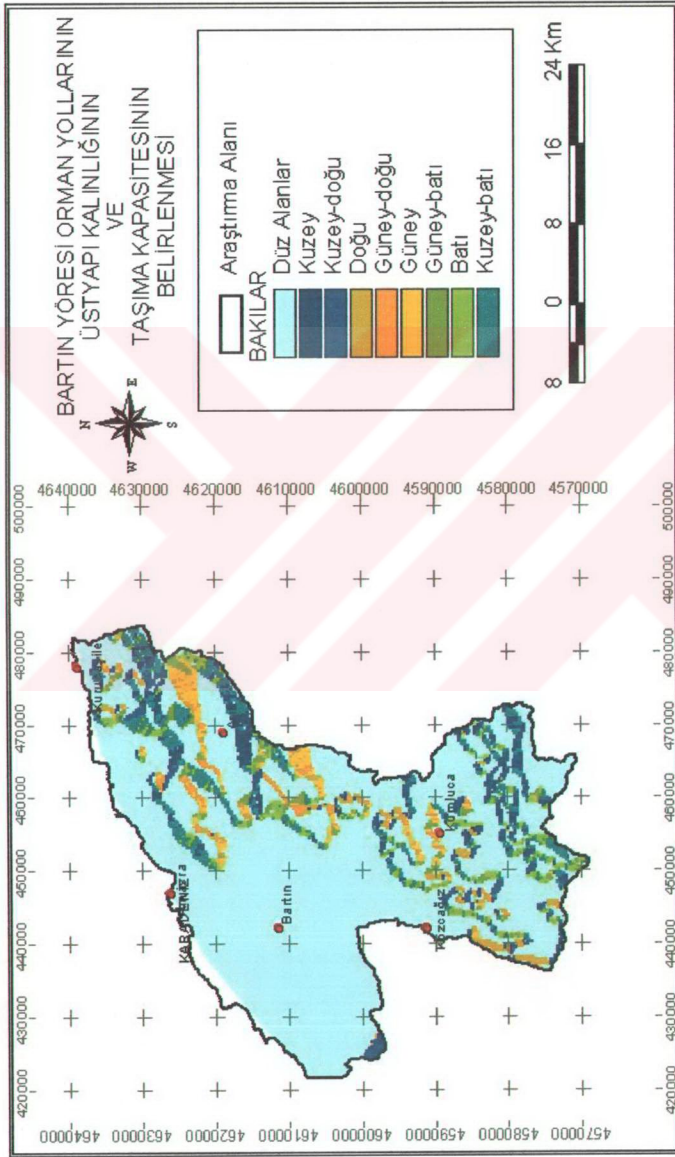
Bartın Çayı ve kolları tarafından derin bir biçimde parçalanmış araştırma alanı çok engebeli bir görünüm arz etmektedir. Araştırma alanının topoğrafik yapısına ilişkin eğim sınıfları haritası Şekil 3.6'da, bakı haritası ise Şekil 3.7'de verilmiştir.

3.1.3 Toprak Yapısı

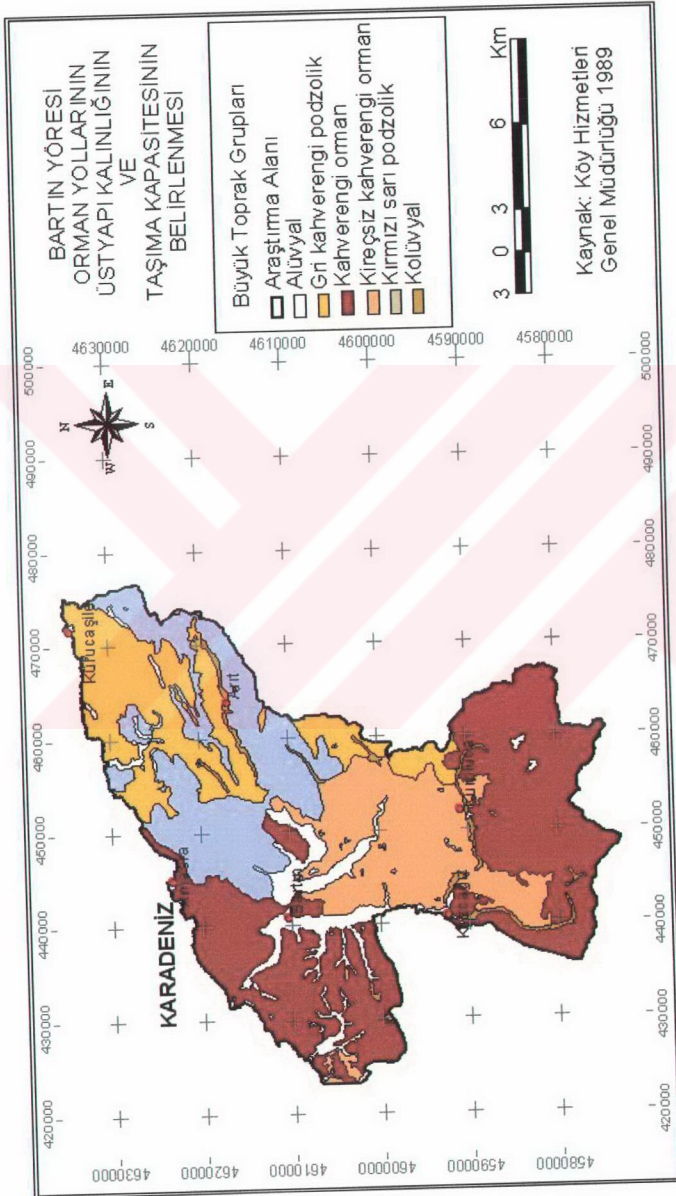
Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından ayrıntılı bir şekilde hazırlanan toprak haritası incelendiğinde, araştırma alanında birbirinden farklı altı büyük toprak grubuna rastlanmaktadır. Bartın Orman İşletme Müdürlüğü çevresinde yaygın olarak Kahverengi Orman (44660 ha), Gri Kahverengi Podzolik (29952 ha), Kırmızı-sarı Podzolik (32405 ha), Kireçsiz Kahverengi Orman (17848 ha), Alüvyal (10123 ha) ve Kolüvyal topraklar (2066 ha) görülmektedir (KHGM, 1989) (Şekil 3.8).



Şekil 3.5 Araştırma alanının topoğrafik yapısı.



Şekil 3. 7 Araştırma alanının bakı grupları.



Şekil 3.8 Büyük toprak grupları.

Araştırma alanında en yaygın olarak görülen büyük toprak grubu, kahverengi orman topraklarıdır. Bu topraklar, Bartın Çayı'nın batısında ve alanın güney kesimlerinde yer alır. Kireççe zengin ana madde üzerinde gelişen bu topraklar, dağlık-tepelik-meyilli arazilerde ve geniş yapraklı orman örtüsü altında oluşmuşlardır.

Kırmızı-sarı podzolik topraklar, Arıt bölgesi ve çevresinde geniş alanlar kaplamaktadır. Bu alanın büyük bir bölümünü orman olarak kullanılan topraklar oluşturmaktadır. Araştırma alanındaki kireçsiz kahverengi orman toprakları da genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında oluşur. Eğimleri dik ve çok dik, derinlikleri ise sığ ve çok sığdır.

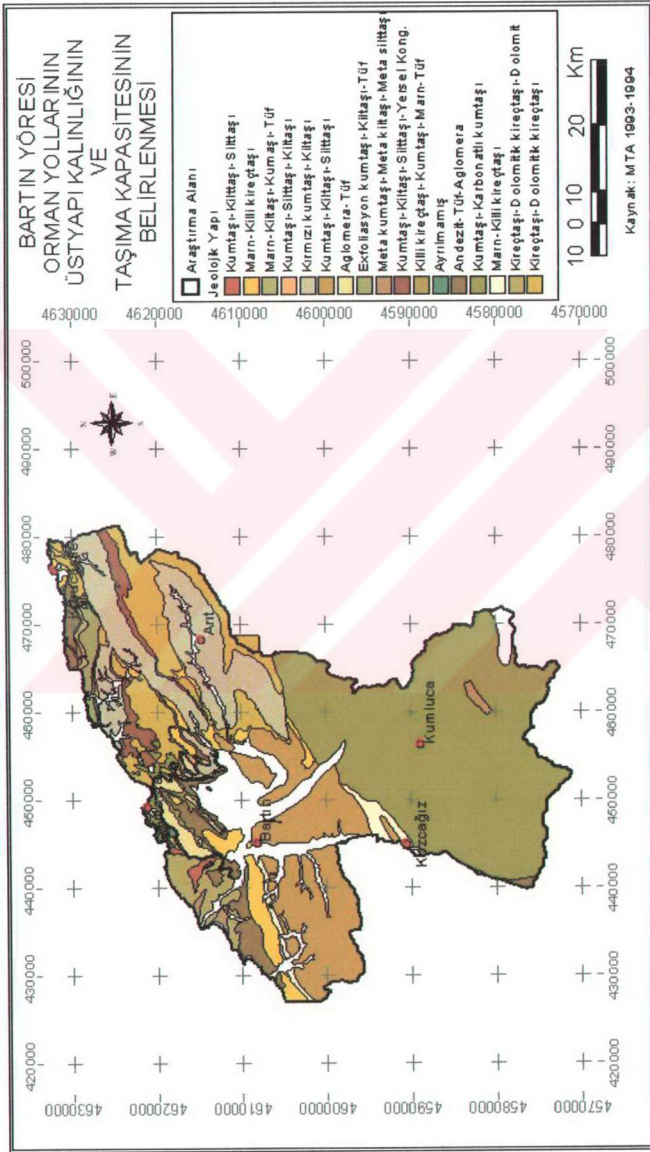
Vadi tabanlarında yer yer 2 km'yi bulan alüvyal topraklar, en verimli alanları oluşturur. Kum, kil ve mil içerikli alüvyal topraklar, Bartın Çayı ve Gökırmak vadileri boyunca uzanır. Ayrıca, Arıt Çayı'nın güney kesimlerinde, Epçiler köyü ve çevresinde geniş alanlar kaplar.

Araştırma alanında en az yer tutan büyük toprak grubunu, kolüvyal topraklar oluşturmaktadır. Genellikle dik eğimlerin eteklerinde ve vadi ağızlarında yer alan bu toprak grubu merkezde görülmektedir.

3.1.4 Jeolojik Yapı

MTA Genel Müdürlüğü tarafından Batı Karadeniz Bölgesi için ayrıntılı bir şekilde hazırlanan 1/100 000 ölçekli Jeoloji Haritası incelendiğinde Bartın yöresinin çeşitli jeolojik formasyonlar içerdiği görülmektedir. Alanın jeolojisi, I. Zamanın Karbon Devri, II. Zamanın Tebeşir Devri ve Yeni Zamanın Tersiyer Kuvaterner Devri arazilerinden oluşan bir yapı arz etmektedir. Bu araziler kalker, kumtaşı, kil, çakıl, şist, marn, serpantin, konglomera, andezit, spilit ve orfilit ihtiva ederler (Anonim, 1993).

Araştırma alanı, jeolojik yapı bakımından kıyı kesimlerinde karmaşık bir yapı sergilerken, iç kesimlerde daha sade bir görünüm arz etmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Araştırma alanının jeolojik yapısı.

Araştırma alanında Senezoyik ve Mesozoyik yaşlı tortul kayalar bulunmaktadır. Bunlardan başlıca görülenleri; Senezoyik olanlar, Tersiyer'e ait Yahyalar formasyonu (Ty), Çaycuma formasyonu (Tç) ile Kuvaterner'e ait Alüvyon (Qal) formasyonudur. Mesozoyik yaşlı olanlar ise Kretase'ye ait Kazpınarı (Krkz) ve Alaplı (Kra) formasyonlarıdır.

Alandaki en yaşlı kayaları permien yaşlı kireçtaşları oluşturur. Bu kayalar, Arıt antiklinalinin yapısında ve Kurucaşile'nin güneyinde bulunur. Kireçtaşları genellikle açık sarı ve beyaz renklidir. Arıt yöresi ve çevresinde yer alan paleozoik ve jurakretase yaşlı kalkerlerin kalınlığı bazı kesimlerde 1000 m'yi bulur.

Alanda Kretase yaşlı kumtaşı, karbonatlı kumtaşı içeren Kilimli formasyonu (Krk), yine Kretase yaşlı ve kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı Zonguldak formasyonu ile Tersiyer yaşlı ve kumtaşı, kilitaşı, silttaşından oluşan Çaycuma formasyonu (Tç) büyük alanlar kaplamaktadır.

Kretase yaşlı Kilimli formasyonu (Krk), Ulus ile Kozcağız ve Kumluca beldelerinin büyük bir bölümünü kaplamaktadır.

Çaycuma ve Kilimli formasyonları, yer yer kıvrımlı ve kırıklı bir yapıya sahiptirler. Bunlar aşınmaya karşı dayanıksızdırlar. Bu nedenle topoğrafyada belirgin girinti çıkıntılar bulunmaz. Yamaçlardaki eğim kırıklıkları belirgin değildir. İlçe merkezinin güneybatısında Çaycuma formasyonunun oluşturduğu tepeler alçak ve basık özelliktedir. Genellikle uzun sırtlar ve bunlar arasındaki geniş tabanlı vadiler topoğrafyaya hakim bir yapı sergiler (Şahin, 1998).

Zonguldak formasyonu (JKrkz), Amasra'nın batısı, Kurucaşile, Arıt ve Cide civarlarında görülür. Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve bunların arasındaki karasal çökeller olarak görülen konglomera, kumtaşı, çamurtaşından oluşur (Anonim, 1994).

Alüvyon (Qal); akarsu, dere vadileri ve düzlüklerdeki çakıl, kum ve çamur depolanmalarıdır. Araştırma alanında, özellikle Bartın çayı ve kollarının oluşturdukları geniş tabanlı vadiler içinde yer alır.

Çaycuma formasyonu (Tç); Çaycuma-Bartın arasında geniş bir alanda mostra vermektedir. Kumtaşı, silttaşı, kiltası aralanmalarından ve volkanik anglomera, tuf, tüfit ve marn ara seviyelerinden meydana gelir. Sarımsı, açık yeşil renklidir. 1222 m kalınlıkta olup, yaşı alt-orta Eosendir. Formasyon içinde anglomera, tüfit andezit, bazalt çakılları ve marn bantlarından oluşan ilav volkanik üyesi bulunmaktadır. Kalınlığı 100-150 m arasındadır (Anonim, 1994).

Çakraz formasyonu (Ptrç); kırmızı kumtaşı, kiltası içerir. Amasra, Kurucaşile ve Art arasında geniş alanlar kaplamaktadır.

Alaplı formasyonu (Kra); Bartın merkez ilçede Arıönü, Dalıca; Kaman, Kirlik, Karainler ve Doğaşı köyleri civarlarında bulunur. Killi kireçtaşı, tuf, silttaşı ara seviyeleri mevcuttur. Açık sarı, beyaz, pembemsi renklidir. 80-250 m arasında kalınlık gösterir (Anonim, 1994). Bartın ve yakın çevresinde bulunan tüm jeolojik formasyonlar ve alanları Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

3.2 ÖRNEKLERİN ARAŞTIRMA ALANINA DAĞILIMI

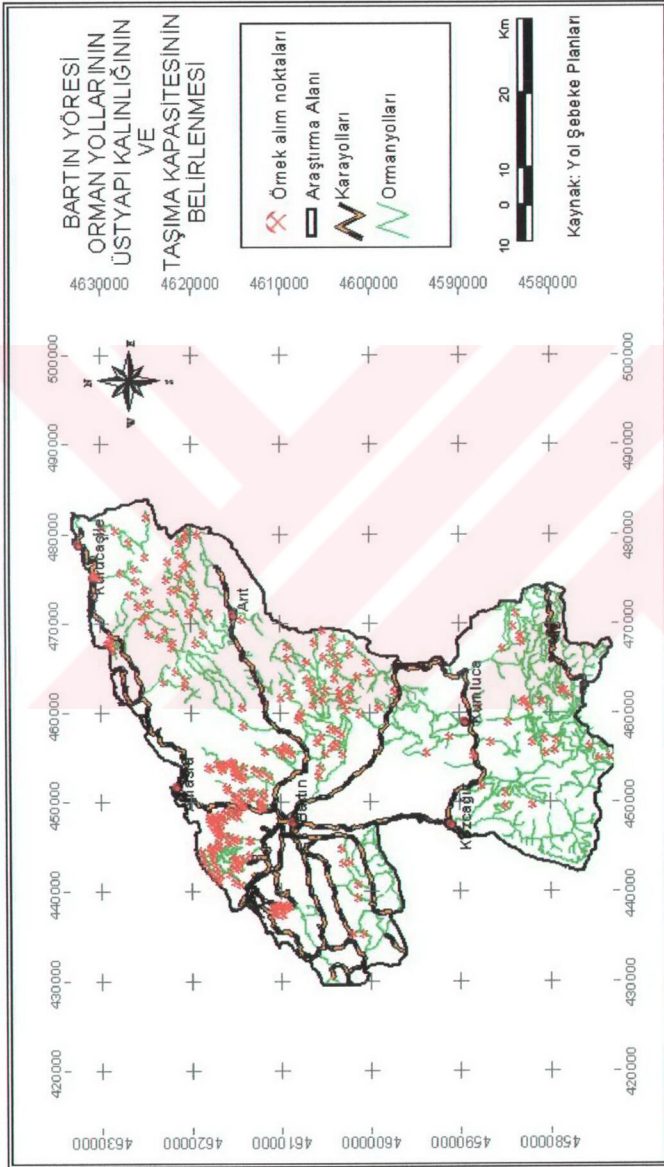
Araştırma alanında örneklerin toplanması için ilk önce sondaj noktaları belirlenmiştir. Bu amaçla GIS ortamında bütün işletme şeffiklerinin yol şebeke planlarının birleştirilmesiyle oluşturulan harita Zonguldak MTA'dan elde edilen jeolojik haritayla karşılaştırılmıştır. Bu iki haritanın karşılaştırılması sonucunda, yol şebeke planı üzerinde hangi kod nolu yolların hangi jeolojik yapı içerisinde kaldığı belirlenmiştir (8 farklı jeolojik yapı; Alaplı formasyonu, Çakraz formasyonu, Çaycuma formasyonu, Dinlence formasyonu, Kazpınarı formasyonu, Kilimli formasyonu, Yahyalar formasyonu, Yılanlı formasyonu, Zonguldak formasyonu.). Farklı renklerle ifade edilen bu jeolojik yapılar (Şekil 3.9) ve araştırma alanı üzerindeki sondaj noktaları (Şekil 3.10) aşağıda görülmektedir. Araştırma alanında bulunan 9 jeolojik yapının (formasyonun) sadece 8 tanesinde orman yolları bulunmaktadır. Bu nedenle Yahyalar formasyonunda sondaj noktaları alınmamıştır. Diğer formasyonlara düşen sondaj noktaları bağlı oldukları şeffikler ve koordinatlarıyla birlikte Çizelge 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11'de verilmiştir. Yukarıda adı geçen tablolarda; Günye-Hasankadı-Kozcağız-Sökü Orman İşletme Şeffikleri yol şebeke planları birlikte olduğundan sadece Kozcağız adıyla, Amasra-Kurucaşile Orman İşletme Şeffikleri yol şebeke planları birlikte olduğundan sadece Kurucaşile adıyla, Dumanlı-Yenihan Orman İşletme Şeffikleri yol

şebeke planları birlikte olduğundan sadece Dumanlı adıyla, Gürgenpınarı-Karaçaydere Orman İşletme Şeflikleri yol şebeke planları birlikte olduğundan sadece Merkez Orman İşletme Şefliği adıyla verilmiştir.

Çizelge 3.3 Araştırma alanında bulunan jeolojik formasyonlara ilişkin özellikler (Anonim, 1994).

SİMGE	YAŞI	FORMASYON	AÇIKLAMA	ALANI (km ²)
Krk	Kretase	Kilimli	Kumtaşı-Karbonatlı kumtaşı	1382.97
Tç	Tersiyer	Çaycuma	Kumtaşı-Kiltaşı-Silttaşı	358.39
JKrz	Kretase	Zonguldak	Kireçtaşı-Dolomitik kireçtaşı	301.25
Ptrç	Jura	Çakraz	Kırmızı kumtaşı-Kiltaşı	238.14
Qal	Kuvaterner		Alüvyon	118.31
Kra	Kretase	Alaplı	Marn-Killi kireçtaşı	109.14
Krkz	Kretase	Kazpınarı	Andezit-Tüf-Anglomera	86.20
Ty	Tersiyer	Yahyalar	Marn-Killi kireçtaşı	40.47
Dky	Karbonifer	Yılanlı	Kireçtaşı-Dolomitik kireçtaşı-Dolomit	37.29
Kr	Kretase		Ayrılmamış	32.65
Krd	Kretase	Dinlence	Anglomera-Tüf	19.94
Qymç	Kuvaterner		Yamaç molozu	1.53
Qp	Kuvaterner		Plaj kumu	1.02

Araştırma alanında gerek arazi çalışması gerekse büro çalışmasıyla kesinleştirilen sondaj noktaların koordinatları el GPS'i (GARMIN GPS 12XL) yardımıyla belirlenmiştir. Böylece belirlenen sondaj noktalarından tekrar örnek alımı gerektiğinde (deneylerin yapılması sırasında materyal yetersizliği söz konusu olursa) yersel bir hata yapılmasının önüne geçilmiş olunacaktır. Bu nedenle aşağıda verilen çizelgelere koordinat bölümü eklenmiştir.



Şekil 3.10 Örneklerin araştırma alanına dağılımı.

Çizelge 3.4 Alaplı (Kra) formasyonuna (Marn-Killi kireçtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
61	Kurucaşile	35	0445882/4614798
61	Kurucaşile	37	0446443/4614778
66	Karaçaydere	116	0451455/4616578
66	Karaçaydere	117	0451152/4616376
68	Karaçaydere	123	0450953/4615076
64	Karaçaydere	124	0450390/4614933
67	Karaçaydere	125	0451112/4612831
64	Karaçaydere	126	0450730/4612257
64	Karaçaydere	127	0448763/4613425
64	Karaçaydere	128	0448582/4612819
63	Karaçaydere	129	0448074/4611835
63	Karaçaydere	130	0448671/4611801
65	Karaçaydere	131	0447347/4612212
68	Karaçaydere	132	0447048/4611772
61	Kurucaşile	133	0448667/4614150
61	Kurucaşile	134	0447987/4613268
66	Karaçaydere	135	0447035/4612090
66	Karaçaydere	136	0450070/4614155
68	Karaçaydere	137	0450442/4614100
64	Karaçaydere	138	0451334/4615001
67	Karaçaydere	139	0451849/4615167
64	Karaçaydere	140	0451789/4615259
64	Karaçaydere	141	0450999/4614578
64	Karaçaydere	142	0451499/4614022
63	Karaçaydere	143	0450985/4611938
63	Karaçaydere	144	0450401/4611157
65	Karaçaydere	145	0447600/4612214
65	Karaçaydere	146	0453288/4611563
244	Arıt	147	0456040/4613939
245	Arıt	148	0458215/4614194

Çizelge 3.5 Çakraz (PTrç) formasyonuna (Kırmızı kumtaşı-Kiltaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
107	Dumanlı	1	0458476/4606244
106	Dumanlı	2	0459032/4605260
271	Arıt	9	0477000/4620573
273	Arıt	10	0474225/4620219
108	Dumanlı	17	0459787/4606062
110	Dumanlı	19	0461050/4606462
111	Dumanlı	20	0461300/4606837
109	Dumanlı	21	0460337/4606537
293	Kurucaşile	32	0466279/4624598

Çizelge 3.5 (devam ediyor).

296	Kurucasıle	33	0465471/4621894
297	Kurucasıle	34	0468396/4624923
302	Kurucasıle	36	0469796/4624471
301	Kurucasıle	38	0470625/4626825
300	Kurucasıle	42	0477953/4628304
300	Kurucasıle	43	0476589/4626857
298	Kurucasıle	44	0466772/4622770
303	Kurucasıle	50	0471295/4624949
304	Kurucasıle	51	0473588/4626162
179	Ardıç	94	0478315/4629852
303	Kurucasıle	95	0473230/4627644
175	Ardıç	96	0472274/4626007
302	Kurucasıle	97	0469500/4625767
293	Kurucasıle	149	0467869/4625332
296	Kurucasıle	150	0465838/4623410
293	Kurucasıle	151	0464820/4622072
113	Dumanlı	152	0463179/4607070
113	Dumanlı	153	0464981/4609087
113	Dumanlı	154	0463725/4609147
251	Art	155	0467983/4614095
260	Art	156	0468715/4617889

Çizelge 3.6 Çaycuma (Tç) formasyonuna (Kumtaşı, Kıltaşı, Silttaşı, İlev volkanit üyesi Anglomera ve Tüfit) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
282	Art	22	0452773/4609731
282	Art	23	0453596/4610298
281	Art	24	0453395/4609427
281	Art	25	0453688/4609482
280	Art	26	0453352/4609000
280	Art	27	0453628/4609169
279	Art	28	0452919/4608570
279	Art	29	0452971/4608639
235	Art	30	0450597/4605620
235	Art	31	0451458/4605548
14	Kozcağız	61	0452991/4604870
14	Kozcağız	62	0453625/4604113
12	Kozcağız	63	0452978/4602963
12	Kozcağız	64	0454013/4603619
10	Kozcağız	65	0454196/4603674
10	Kozcağız	66	0455158/4603133
11	Kozcağız	67	0455606/4603657
11	Kozcağız	68	0454822/4605322
15	Kozcağız	69	0455759/4604355
15	Kozcağız	70	0454264/4605833

Çizelge 3.6 (devam ediyor).

18	Kozcağız	74	0456858/4607865
7	Kozcağız	75	0457088/4607682
7	Kozcağız	76	0457616/4607652
9	Kozcağız	77	0442426/4603088
9	Kozcağız	78	0440658/4602910
8	Kozcağız	79	0440852/4602300
8	Kozcağız	80	0438291/4601341
14	Gürgenpınarı	157	0436798/4601379
17	Gürgenpınarı	158	0432774/4601887
17	Gürgenpınarı	159	0432830/4600767

Çizelge 3.7 Dinlence (Krd) formasyonuna (Anglomera-Tüf) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
111	Kumluca	89	0447089/4614012
111	Kumluca	90	0447336/4613995
111	Kumluca	91	0447520/4614305
111	Kumluca	92	0447762/4614541
111	Kumluca	93	0448055/4614829
62	Karaçaydere	121	0451394/4617976
62	Karaçaydere	122	0451303/4617747
61	Karaçaydere	160	0448187/4615105
61	Karaçaydere	161	0448934/4615800
61	Karaçaydere	162	0449159/4615973
61	Karaçaydere	163	0445491/4616237
61	Karaçaydere	164	0445628/4616507
61	Karaçaydere	165	0445830/4616651
61	Karaçaydere	166	0446031/4616858
61	Karaçaydere	167	0445778/4617163
61	Karaçaydere	168	0445565/4617375
61	Karaçaydere	169	0445939/4617881
57	Karaçaydere	170	0445565/4617853
57	Karaçaydere	171	0445175/4617663
60	Karaçaydere	172	0444962/4617283
60	Karaçaydere	173	0445157/4617019
60	Karaçaydere	174	0444783/4616783
57	Karaçaydere	175	0444674/4617301
57	Karaçaydere	176	0444508/4616686
57	Karaçaydere	177	0444117/4616926
57	Karaçaydere	178	0443668/4616800
59	Karaçaydere	179	0443881/4616404
59	Karaçaydere	180	0443663/4615697
57	Karaçaydere	181	0444485/4617192
58	Karaçaydere	182	0443329/4615392

Çizelge 3.8 Kazpınarı (Krkz) formasyonuna (Andezit-Tüf-Anglomera) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
72	Karaçaydere	107	0441212/4613946
72	Karaçaydere	108	0441667/4613367
303	Kurucaşile	115	0472750/4630893
303	Kurucaşile	118	0472875/4630580
303	Kurucaşile	119	0472778/4630395
303	Kurucaşile	120	0472611/4630092
64	Karaçaydere	183	0452052/4615365
61	Karaçaydere	184	0446311/4616030
61	Karaçaydere	185	0446092/4615439
61	Karaçaydere	186	0446654/4615483
61	Karaçaydere	187	0446727/4614600
61	Karaçaydere	188	0446909/4614301
2	Gürgenpınarı	189	0434898/4610643
2	Gürgenpınarı	190	0435280/4610564
2	Gürgenpınarı	191	0435630/4610783
2	Gürgenpınarı	192	0435880/4610787
2	Gürgenpınarı	193	0436016/4610576
2	Gürgenpınarı	194	0435997/4610315
2	Gürgenpınarı	195	0435903/4609992
4	Gürgenpınarı	196	0435474/4609828
4	Gürgenpınarı	197	0434983/4609723
3	Gürgenpınarı	198	0435923/4609793
3	Gürgenpınarı	199	0435880/4609454
3	Gürgenpınarı	200	0435966/4609189
3	Gürgenpınarı	201	0435876/4609045
3	Gürgenpınarı	202	0435822/4608951
63	Karaçaydere	261	0451875/4616913
64	Karaçaydere	262	0451795/4616555
64	Karaçaydere	263	0451815/4616258
64	Karaçaydere	264	0415734/4615844

Çizelge 3.9 Kilimli (Krk) formasyonuna (Kumtaşı-Karbonatlı kumtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
101	Dumanlı	3	0459939/4603233
105	Dumanlı	4	0460432/4602118
117	Dumanlı	5	0461561/4601273
104	Dumanlı	6	0461983/4599915
116	Dumanlı	18	0462912/4603487
54	Kozcağız	52	0454686/4580537
56	Kozcağız	53	0454587/4579112
55	Kozcağız	54	0453433/4579305
53	Kozcağız	55	0453139/4580322

Çizelge 3.9 (devam ediyor).

34	Kozcağız	56	0453847/4575446
52	Kozcağız	57	0454225/4581788
47	Kozcağız	58	0448542/4584840
46	Kozcağız	59	0447312/4581891
42	Kozcağız	60	0449315/4587446
32	Kozcağız	71	0452650/4373158
31	Kozcağız	72	0452490/4574363
19	Kozcağız	73	0447174/4584833
136	Kumluca	81	0460100/4578592
130	Kumluca	82	0459475/4577695
135	Kumluca	83	0460148/4578245
128	Kumluca	84	0458825/4580775
119	Kumluca	85	0458175/4582075
117	Kumluca	86	0458750/4582937
120	Kumluca	87	0458887/4582650
107	Kumluca	88	0456550/4584572
170	Ardıç	98	0467194/4583905
169	Ardıç	99	0468647/4583595
168	Ardıç	100	0466188/4583175
167	Ardıç	101	0465470/4583052
165	Ardıç	102	0464722/4585175
5	Dumanlı	203	0465443/4606107
5	Dumanlı	204	0466803/4605224
5	Dumanlı	205	0465833/4603966
5	Dumanlı	206	0464792/4604385
5	Dumanlı	207	0463736/4605137
5	Dumanlı	208	0463953/4603792
115	Dumanlı	209	0463114/4604298
6	Dumanlı	210	0464083/4602288
6	Dumanlı	211	0465110/4602128
116	Dumanlı	212	0461421/4603864
6	Dumanlı	213	0463244/4600291
114	Dumanlı	214	0460075/4604848
106	Dumanlı	215	0459251/4603257
105	Dumanlı	216	0458644/4603011
105	Dumanlı	217	0459092/4602041
201	Yenihan	218	0457833/4602606
201	Yenihan	219	0457472/4601000
202	Yenihan	220	0458108/4598975
202	Yenihan	221	0459975/4597108
101	Kumluca	222	0453074/4593665
107	Kumluca	223	0454810/4591032
101	Kumluca	224	0452814/4588385
102	Kumluca	225	0454217/4586418
109	Kumluca	226	0458195/4587820

Çizelge 3.10 Yılanlı (Dky) formasyonuna (Kireçtaşı-Dolomitik Kireçtaşı-Dolomit) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
51	Karaçaydere	103	0438593/4616362
51	Karaçaydere	104	0440162/4616915
74	Karaçaydere	105	0440553/4614926
74	Karaçaydere	106	0440076/4614528
73	Karaçaydere	109	0441193/4615243
73	Karaçaydere	110	0443204/4613190
57	Karaçaydere	111	0442678/4616827
57	Karaçaydere	112	0443095/4616818
69	Karaçaydere	113	0443375/4614608
69	Karaçaydere	114	0443204/4613456
69	Karaçaydere	227	0443204/4614972
69	Karaçaydere	228	0442980/4615797
56	Karaçaydere	229	0442400/4617041
55	Karaçaydere	230	0442575/4617684
54	Karaçaydere	231	0442323/4617788
55	Karaçaydere	232	0442072/4617600
54	Karaçaydere	233	0441995/4618711
52	Karaçaydere	234	0441380/4618529
55	Karaçaydere	235	0441674/4617411
52	Karaçaydere	236	0440695/4618494
52	Karaçaydere	237	0439822/4617893
52	Karaçaydere	238	0439297/4617229
52	Karaçaydere	239	0439319/4616642
51	Karaçaydere	240	0439528/4615692
74	Karaçaydere	241	0440297/4615175
53	Karaçaydere	242	0440814/4617474
51	Karaçaydere	243	0438277/4614455
51	Karaçaydere	244	0438634/4614979
74	Karaçaydere	245	0440832/4614597
73	Karaçaydere	246	0441315/4614851

Çizelge 3.11 Zonguldak (JKrz) formasyonuna (Kireçtaşı-Dolomitik kireçtaşı) ait örnek numaraları ve yol kodları.

Yolun Kodu	Şefliği	Örnek No	Koordinatları
269	Arıt	7	0475219/4621207
270	Arıt	8	0476550/4621125
272	Arıt	11	0470594/4619357
266	Arıt	12	0477793/4620336
268	Arıt	13	0477522/4619121
262	Arıt	14	0471335/4621328
65	Arıt	15	0472825/4621224
263	Arıt	16	0471268/4621994
306	Kurucaşile	39	0472475/4622662

Çizelge 3.11 (devam ediyor).

307	Kurucasıle	40	0462583/4623118
305	Kurucasıle	41	0474455/4622437
292	Kurucasıle	45	0460926/4622947
309	Kurucasıle	46	0460416/4621482
310	Kurucasıle	47	0459032/4620322
309	Kurucasıle	48	0459172/4619218
310	Kurucasıle	49	0459843/4619483
288	Kurucasıle	247	0460542/4620587
290	Kurucasıle	248	0461269/4620476
288	Kurucasıle	249	0462233/4621538
259	Arit	250	0465364/4619330
258	Arit	251	0466301/4618463
258	Arit	252	0468775/4620141
261	Arit	253	0469474/4619567
266	Arit	254	0472046/4619833
266	Arit	255	0473807/4620685
294	Kurucasıle	256	0468747/4621734
308	Kurucasıle	257	0479370/4624823
239	Arit	258	0459475/4608780
241	Arit	259	0460310/4609055
240	Arit	260	0459175/4609815

BÖLÜM 4

METOT

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)'nın 1960 yılında yol projelerinin aplikasyonu hakkında yayınladığı el kitabında “Yol mühendisine, yapımı olanak dahilinde olan yol üstyapı tipleri arasında kesin olarak kıyas ve seçme imkanı veren teorik ve rasyonel bir metot yoktur” denmektedir. Bu ifade; karar vermeye esas teşkil eden koşulların ancak bazıları nitelik yönünden ele alınabildiğinden veya hesaplanabildiğinden doğru sayılmaktadır.

Orman yollarında üstyapı tabakalarının boyutlandırılmasında metotların veya bir metoda göre bulunan varyantların kıyaslanmasında aşağıdaki kriterler göz önüne alınmalıdır (Erdaş, 1997).

- a. Yapım giderleri,
- b. Bakım giderleri,
- c. Yapı malzemesinin varlığı,
- d. Yapı makinelerinin varlığı ve teknik olanaklar,
- e. Bakım ve onarım varlığı,
- f. Değişen taşıma ve ulaşım koşullarına uygunluk,
- g. Çevreye uygunluk,
- h. Çevredeki aynı üstyapı tiplerinin durumu,
- i. Daha önceki yapılardan izlenimler.

Sayılan bu kriterlerden orman yolları için en önemlisi yol yapım ve bakım giderlerinin minimal olmasıdır. Bu nedenle her iki faktör ayrı ayrı düşünülmeli, yani; yol yapım giderleri + yol bakım giderleri = Minimum ilkesinin aranması gerekmektedir.

Orman yollarında üstyapı tabakalarının boyutlandırılmasında şu metotlardan yararlanılmaktadır:

- a. Kıyaslama metodu
- b. AASHO metodu
- c. Zemin taşıma kapasitesi metodu (C.B.R. metodu)
- d. Grup indeksi metodu

Bu sayılan metotların her biri aşağıda açıklanmıştır. Bunun amacı; çalışmada hangi metodun neden seçildiğini açıklamak ve metotların avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymaktır.

4.1 KIYASLAMA METODU

Laboratuvar olanakları bulunmayan orman işletmelerinin, hemen hemen tamamen bitirilmiş yollarda, uygulananlara dayanarak üstyapı kalınlığını belirlediği bir yöntemdir.

Özellikle, hatalı tahmin ve kıyaslara dayanarak yapılan boyutlandırmalar ya olduğundan fazla bir kalınlık seçilmesine neden olmakta ve masraflı bir üstyapı doğurmakta yada gerekli olduğundan daha ince bir üst yapı kalınlığı seçilmekte, bu da yolun kısa zamanda bozulması sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Bilimsel bir metot olmadığından kullanılması önerilmemektedir. Uygulaması bilgi ve deneyim gerektirmektedir.

4.2 AASHO METODU

Bu metot AASHTO tarafından Illinois eyaletinin Ottawa kentinde yapılan deneme yolu sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Deneme yolu; 1956-58 yılları arasında inşa edilmiş olup çeşitli tip ve kalınlıkta kaplamalar bulunmaktadır. Yolun farklı dingil yüklerini içeren trafik altındaki davranışı ve hizmet düzeyi 2 yıl boyunca gözlenmiştir. Ölçümler sonucunda elde edilen veriler bilgisayarlardan da yararlanmak suretiyle değerlendirilmeye tabi tutulmuş, mevcut diğer projelendirme yöntemleri ile teorik bilgileri

destekleyen yeni bir projelendirme yöntemi “AASHO Projelendirme Geçici Rehberi” adı altında 1961’de yayınlanmış ve 1972’de rehberin ikinci baskısı yapılmıştır.

Bu metot ile esnek üstyapıların projelendirilmesi; kısmen deneyimlere dayandırılmakla beraber, taban zemini taşıma gücü, trafik dingil yükleri ve tekerrürü ile yerel koşullar, üstyapıda kullanılan malzemelerin birbirlerine oranla direnç özellikleri de hesaba katılmaktadır. AASHO yol deneyinden yararlanılarak üstyapı kalınlıklarının hesabında kullanılmak üzere, üstyapıyı etkileyen faktörleri içine alan “AASHO Deney Yolu Denklemi” kurulmuştur:

$$\log T_{8.2} = 9.36 \log(SN+1) - 0.20 + \{G_t / [0.40 + (1094 / (SN+1)^{5.19})]\} + \log(1/R) + 0.372(S_i - 3.0) \quad (4.1)$$

$$G_t = \log [(4.2 - P_t) / (4.2 - 1.5)] \quad (4.2)$$

Bu formülde:

P_t : Son servis kabiliyeti

$T_{8.2}$: P_t ’ye düşünceye kadar tekerrür edecek (8.2 ton) dingil sayısı

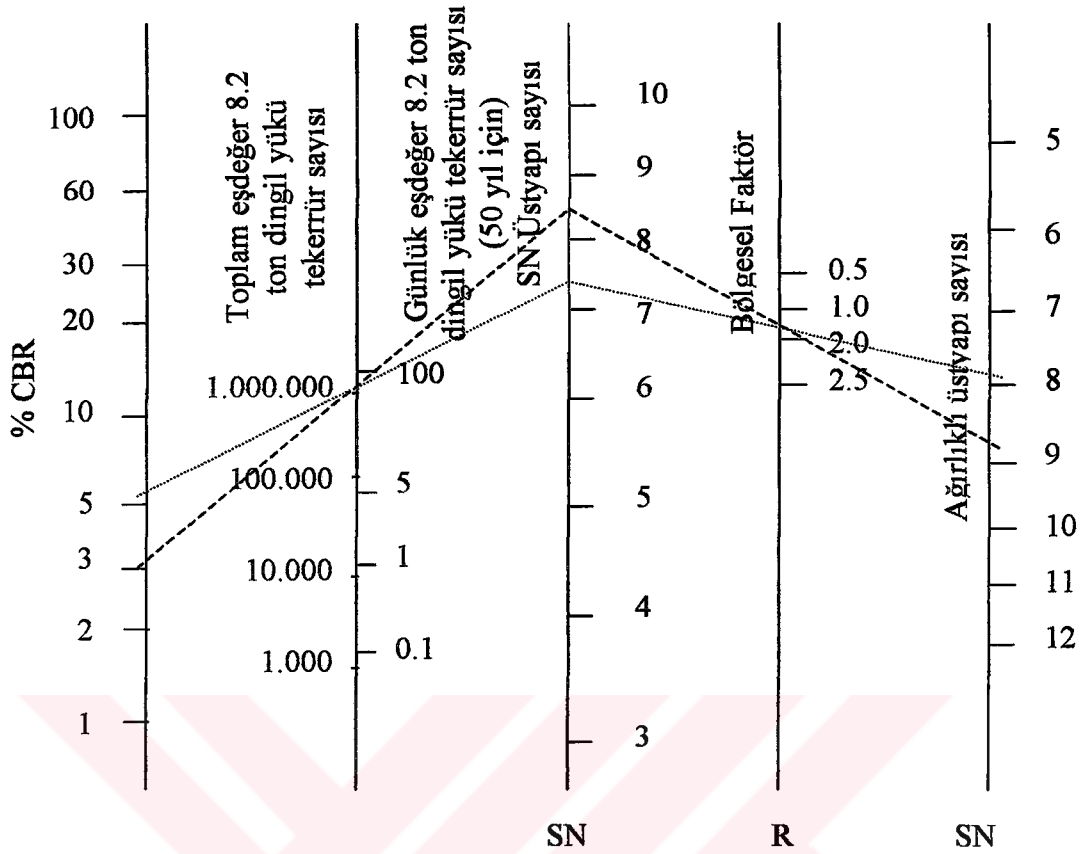
SN : Üstyapı sayısı

R : Bölge faktörü

S_i : Zemin taşıma değeridir.

Üstyapı kalınlıklarının hesaplanması için, $T_{8.2}$, P_t , R ve S_i değerleri yardımıyla 4.1 ve 4.2 nolu denklemler çözülerek SN değeri bulunabilir. Ayrıca Şekil 4.1 deki abakda denklemin $P_t:1.5$ için nomogram çözümü verilmiştir. Bu abaklar kullanılarak üstyapının projelendirilmesi, aşağıdaki sıraya göre verilerin seçilmesi ve hesaplanması ile yapılmıştır.

- Son servis kabiliyeti indeksi (P_t) seçilmiş,
- Bölge faktörü (R) seçilmiş,
- Taban zemininin S_i (veya CBR) değeri saptanmış,
- Proje trafiği hesaplanmış,
- P_t , S_i , R ve proje trafiği değerlerine karşılık olan üstyapı sayısı (SN), ilgili abaktan okunmuş,
- Üstyapı kompozisyonu, üstyapı tabakalarında kullanılacak malzeme cinsleri seçilmiştir.



Şekil 4.1 Esnek üstyapılar için projelendirme abağı ($P_t=1.5$).

Bu değerlerin nasıl seçildiği ve tabaka kalınlıklarının tayini için kullanılacak formüller ileriki bölümlerde anlatılmıştır.

4.2.1 Son Servis Kabiliyeti İndeksinin (P_t) Seçimi

Bir üstyapının servis kabiliyeti, yüksek hız ve hacimdeki trafiğe hizmet edebilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. AASHO deneme yolunda üstyapıların servis kabiliyeti derecesinin belirli zaman aralıklarında değerlendirilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Mevcut servis kabiliyeti derecesi (PSR) diye isimlendirilen değer elde edildiği yöntemde, karayolu mühendisliğinin bütün konularında uzun deneyimi olan seçme uzmanlardan oluşmuş bir kurulun, karayolundan yararlanan kimseler sıfatı ile verdikleri bireysel değerlendirmelerin ortalaması alınır. Mevcut servis kabiliyeti derecesi için 0 ile 5 arasında değişen bir ölçek tespit edilmiştir. Burada 5 değeri en yüksek, 0 değeri ise en düşük servis kabiliyeti derecesini göstermektedir (Umar ve Açar, 1991).

AASHO deneme yolu bilgilerinden, esas proje denklemlerini geliştirmek için hizmet etme kabiliyeti ile üstyapı davranışı arasında bir ilişkinin bulunması gerekmektedir. AASHO deneme yolu üstyapılarının davranışı, yapının bitimi sırasında ve bundan belirli bir süre sonra saptanan servis kabiliyeti indeksleri cinsinden ifade edilmektedir. Bu hizmet kabiliyeti-davranış kavramı bu proje rehberinin temel felsefesini oluşturmaktadır. styapılar, seçilen bir trafik analiz dönemine veya belirli bir toplam trafik hacmine veya dingil tekerrrne maruz kaldıktan sonraki servis kabiliyeti indeksine göre projelendirilebilmektedir. Son hizmet kabiliyeti indeksinin (P_t) seçimi, yeniden takviye yada bakım gerekmeden müsaade edilebilecek en düşük hizmet kabiliyetine bağlı olarak seçilmektedir. Son servis kabiliyeti (P_t) seçilirken, trafik hacmi ve yolun önemi göz önünde tutulmalıdır. Bu nedenle yolun standardına ve trafiğine bağlı olarak (P_t) değeri, orman yolları için 1.5 olarak alınabilir (Erdaş, 1984). (P_t)'nin seçilmesi ile hangi abağın projelendirmede kullanılacağı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle yukarıda şekil 4.1'de esnek üstyapılar için projelendirme abağı olarak ($P_t=1.5$) verilmiştir.

4.2.2 Bölge Faktörünün (R) Seçimi

evre ve iklim koşulları, üstyapı projelendirilmesinde dikkate alınan önemli bir konuyu oluşturmaktadır. Bu koşulların, üstyapının davranışını oldukça etkilediği, yapılan araştırmaların sonucu olarak açık bir şekilde belirlenmektedir. Yağışsız ve kurak bir bölgede iyi bir sonuç veren üstyapı, yağışlı bir bölgede, evre ve iklim koşullarından dolayı daha kısa bir hizmet süresine sahip olabilmektedir. Koşullar uygun olmadığı zaman (yağışlardan, don zlmelerinden dolayı taban zeminlerinin suya doygun hale gelmesi gibi) trafik yükünün yola verdiği zarar, uygun koşullar altında vereceği zarardan çok daha büyük olmaktadır.

AASHO yol deneyinin en önemli eksikliklerinden birisi, çok çeşitli yapısal farklılıklar gösteren styapıların değişik trafik yükleri ve sayıları karşısında davranışlarının incelenmesine rağmen, tek bir evre ve belirli koşullarda yapılmış olmasıdır (Umar, 1973).

AASHO yol deneyinin yapıldığı bölge, yıllık ortalama yağışı 860 mm, ortalama yaz sıcaklığı 24°C, ortalama kış sıcaklığı -3°C olan ılıman bir iklime sahiptir. Zemin, kışın genellikle, yüzeyde donma-zlme olaylarına uğrayan, donmuş bir tabaka halinde

bulunmaktadır. Normal olarak don derinliği 70 cm civarında bulunmaktadır (Umar ve Ağar, 1991).

Bölge faktörünün tespit edilmesi için birçok değişik yöntemler bulunaktadır. Bölge faktörünün belirlenmesinde aşığıdaki etkenlerden birinin yada bir kaçının göz önüne alınması gerekmektedir (Erdaş, 1997).

- a. Topoğrafya
- b. Yol deneyinin yapıldığı yere benzerlik
- c. Yağış
- d. Don derinliği
- e. Isı
- f. Yer altı su seviyesi
- g. Taban yüzeyi tipi
- h. Mühendislik takdiri
- i. Yolun sağladığı olanakların düzeyi
- j. Drenaj koşulları
- k. Yıllık donma-çözülme periyotları
- l. Büyük hacimli ağır trafiği olan dik eğimler

Bölgesel faktör $R = 0.5-5.0$ arasında değişmekte ve yol yapılacak arazi yukarıda sayılan hususların etkinliği oranında ($0.5-5.0$ arasında) yöreye uygun bir sayıya intibak ettirilmektedir (Sonuç, 1976). Türkiye’de orman yolları yapımında normal koşullarda $R=1.5$ alınmalıdır, sert iklim koşullarında ise $R = 2.0$ olarak alınabilir (Erdaş, 1997). Bu nedenle ve materyal kısmında verilen araştırma alanı iklim verilerinin ışığı altında bölge faktörü $R=1.5$ olarak alınmıştır.

4.2.3. Taban Zemininin Taşıma Değerinin (S_1 veya CBR) Saptanması

Taban zeminin üstyapı projelendirilmesine esas olan taşıma gücü, CBR değerı ile tanımlanmaktadır. CBR değerı, dinamik yaş CBR deneyi (ASTM-D 1883) ile bulunaktadır. Taban zeminlerinin taşıma gücü bulunurken tesviye yüzeyinin altındaki 40 cm’lik kesimi dikkate alınmalıdır. Üstyapı projelendirilmesi sırasında tesviye yüzeyi henüz

hazırlanmamışsa, taban zemininin oluşturulacağı malzemelerin dikkate alınması gerekmektedir.

Yol geçkisi boyunca taban zemini sistematik bir değişiklik gösteriyorsa, her değişik taban zemininin sınırlarının belirlenmesi ve bu kesimleri temsil edecek CBR deneylerinin yapılması gerekir. Taban zeminlerinin sistematik bir değişim göstermediği veya değişik taban zemini uzunluklarının çok kısa olduğu durumlarda, üstyapı projelendirilmesine esas olacak CBR değeri ve kapsadığı uzunluğun, düzensiz aralıklarla yapılacak yeterli sayıda CBR deneyleri sonucunda bulunması gerekir. Farklı kaplama kalınlıklarının öngörülmesi ulaşım yapılarında gerek uygulama gerekse projelendirme aşamasında arzulanmamaktadır. Bu nedenle sabit bir kaplama kalınlığı belirlenmelidir (Tunç, 2001). Bu amaçla proje CBR değeri hesaplanmıştır.

Proje CBR değeri aşağıda anlatılan şekilde hesaplanmıştır:

- Yol güzergahı üzerindeki her değişik taban kesimi için CBR deneyleri yapılmıştır.
- Bilinen toplam eşdeğer standart dingil tekerrür sayısı ($T_{8.2}$) yardımı ile taban zemini proje emniyet yüzdesi Çizelge 4.1'den seçilmiştir.
- Ölçülen CBR değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanıp, her birinden büyük veya eşit CBR sayısı yüzdesi bulunmuştur.
- Bulunan değerler (CBR değerleri ve büyük eşit %'leri) grafik üzerine işaretlenmiş, bu noktalardan geçen eğri çizilmiştir.
- Bu eğri üzerinden Çizelge 4.1'den seçilecek uygun proje emniyet %'si yardımıyla proje CBR değeri seçilmiştir. Bulunan CBR değerinin S_i olarak karşılığı ise abak yardımıyla seçilebilmektedir.

Çizelge 4.1 Toplam standart dingil yüküne (8.2 t) bağlı olarak taban zemini proje emniyet yüzdesinin seçimi.

Toplam Eşdeğer Dingil Yüğü Sayısı ($T_{8.2}$)	Taban Zemini Proje Emniyet Yüzdesi
$T_{8.2} < 10^4$	60
$10^4 < T_{8.2} < 10^6$	75
$T_{8.2} > 10^6$	90

Proje CBR'nın belirlenmesinde kullanılan CBR deneylerinde izlenen yolu anlatacak olursak; ilk önce CBR ölçümüne geçilebilmesi için gerekli olan maksimum kuru birim ağırlıkların ve optimum su içeriğinin belirlenmesi için Proktor analizi yapılmıştır. Daha sonra CBR deneyleri gerçekleştirilmiştir.

4.2.3.1 Proktor Analizi

Toprakların kuru birim ağırlık-su içeriği ilişkileri laboratuarda orman yollarındaki taban zeminleri kohezyonsuz granüler malzeme içermediğinden Standart Proktor metoduyla analiz edilmiştir. Standart Proktor metodunda toprakların tane büyüklüklerinin dağılımına göre kuru birim ağırlık-su içeriği ilişkileri 4 ayrı metotla (Çizelge 4.2) bulunmaktadır (Aytekin, 2000).

Çizelge 4.2 Toprağın maksimum tane boyutuna göre kullanılan metotlar.

Metot	Kullanılacak kalıp çapı	Toprağın cinsi	Düzeltilme
A	10.16 cm (4") lik	4.75 mm elek üzerinde kalan $\leq$ %7	Gerektirmez
B	15.24 cm (6") lik	4.75 mm elek üzerinde kalan $\leq$ %7	Gerektirmez
C	15.24 cm (6") lik	19 mm elek üzerinde kalan $\leq$ %10	Gerektirmez
D	15.24 cm (6") lik	%10<19 mm elek üzerinde kalan<%30	İkame yapılır

Deneyi yapılacak örnek ilk önce 60°C'lik fırında kurutulmuştur. Sonra agreganın yapısı bozulmadan toprağın içindeki iri taneler lastik bir tokmakla havanda ezilmiştir. Örnek iyice ufalandıktan sonra Metot C'ye göre 19 mm elekten elenmiştir. Metot C kullanıldığından herhangi bir ikame yapılmamıştır.

Hazırlanmış örnekten Metot C kullanıldığı için 10 kg örnek alınmıştır. Toprağın cinsine uygun bir miktar su (İlave edilen suyun toprağa iyice karıştırılması önemlidir) ilave edilmiştir (Çizelge 4.3). İlave edilen suyun homojen bir şekilde dağılması için örnekler deneyden önce kapalı bir kap içerisinde Şekil 4.2'de de görüldüğü gibi en az 18 saat bekletilmiştir. Toprak-su karışımı, yaka kısmı takılmış 15.24 cm (6") lik kalıpta, 3 eşit tabakada ve her tabakaya ayrı ayrı 56 darbe uygulanacak şekilde 2.49 kg'lık tokmakla sıkıştırılmıştır (Şekil 4.3 a ve b). Sıkıştırma esnasında kalıp düzgün bir beton kütle

üzerinde bulundurulmuştur. Sıkıştırımdan sonra kalıbın ilave yakası çıkarılıp dikkatli bir şekilde kalıbın üst kenarına kadar çelik bir cetvelle düzeltilmiştir. Kesilip atılan bu zeminin yüksekliğinin 6 mm'yi aşmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra kalıp ve içindeki yaş örnek tartılarak ağırlığı gerekli forma kaydedilmiştir (Çizelge 4.4). Deneyler sonucunda elde edilen bulgular Ek Açıklamalar kısmında verilmiştir.

Çizelge 4.3 Deneyin başlangıcında ilave edilecek su miktarı.

Deney metodu	Malzeme cinsi	Yaklaşık olarak uygulanan başlangıç su içeriği
Standart Proktor	Kumlu-Çakıllı	%4-%6
Standart Proktor	Kohezyonlu	% (PL-8) ile % (PL-10)
Modifiye Proktor	Kumlu-Çakıllı	%3-%5
Modifiye Proktor	Kohezyonlu	% (PL-12) ile % (PL-16)



Şekil 4.2 Kapalı kaplar içerisinde 18 saat bekletilen örnekler.

Sıkıştırılan toprak kalıptan çıkarılmış ve her örneğin tamamı rutubet örneği olarak alınmıştır. Rutubet örnekleri 110°C'lik fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar (en az 12 saat) bekletilmiştir (Şekil 4.4). Kuru örnekler soğutulduktan sonra tekrar tartılarak ağırlığı deney formuna kaydedilmiştir.

Sıkıştırma kalıbından çıkartılan örnekler tekrar kullanılmamıştır. Başta hazırlanan örneklerden ikinci bir örnek alınıp karıştırma kabı içerisinde ufalanmış ve 19 mm elekten geçirilmiştir. Bu şekilde elde edilen örneğe uygun artımlarda (%1-%3) su katılarak aynı işlemler yenilenmiştir. Deney beş değer verecek şekilde yinelenmiştir.

Çizelge 4.4 Standart Proktor deney formu.

KURU BİRİM AĞIRLIK-SU İÇERİĞİ BAĞINTISININ SAPTANMASI

Proje:		Örneğin	Lab. No:	A alındığı	Km:
			Arazi no:	yer	Derinlik: 0-60
				Cinsi	
Sıkıştırma yöntemi	Tokmak (kg)	Tabaka	Vuruş	Tek Örnek	
	2.5	3	56	Ayrı ayrı örnekler	

KURU BİRİM AĞIRLIĞININ SAPTANMASI

Kalıp numarası					
Kalıp+yaş örnek ağırlığı (W_2) g					
Kalıp ağırlığı (W_1) g					
Yaş örnek ağırlığı ($W_2 - W_1$) g					
Kalıp hacmi (V) cm^3					
Yaş birim ağırlığı [$\gamma = (W_2 - W_1)/V$] t/m^3					
Kuru birim ağırlığı [$\gamma_d = 100\gamma/(100+m)$] t/m^3					

SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI

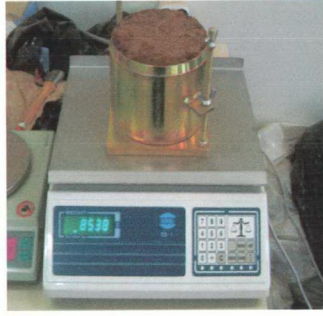
Kap numarası					
Kap ağırlığı (W_1) g					
Kap+yaş örnek ağırlığı (W_2) g					
Kap+kuru örnek ağırlığı (W_3) g					
Su ağırlığı ($W_m = W_2 - W_3$) g					
Kuru örnek ağırlığı ($W_d = W_3 - W_1$) g					
Su içeriği ($m = 100W_m/W_d$) %					

Maksimum kuru birim ağırlık: t/m^3

Optimum su içeriği: %



a. 15.24 cm (6") lik kalıp ve 2.49 kg lık tokmak.



b. Kalıp içinde tartılan yaşı örnek.

Şekil 4.3 Metot C’de kullanılan Standart Proktor ekipmanları.

Standart Proktor formunda görülen formüller ile sıkıştırılmış toprak örneklerinin her biri için su içerikleri ve kuru birim ağırlıkları saptanmıştır. Apsise su içerikleri, ordinata kuru birim ağırlıkları yazılarak sonuçlar işaretlenmiştir. Oluşturulan bu noktalar üzerinden düzgü bir eğri çizilmiştir. Eğri üzerindeki maksimum noktadan (tepe noktası) optimum su içeriği ve maksimum kuru birim ağırlık bulunmuştur. Karşılaştırma amacıyla aynı grafikler üzerine sıfır, %5 ve %10 hava boşluğu yüzdelerini gösteren eğriler bulgular bölümünde görülmektedir.



Şekil 4.4 Kurutma fırınında bekletilen proktor örnekleri.

4.2.3.2 CBR Deneyi

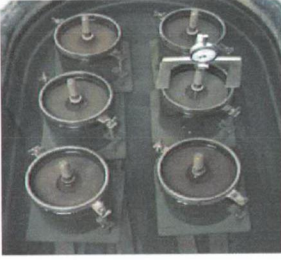
Çalışmada yaş CBR metodu kullanılmıştır. CBR ölçümleri; Standart Proktor metoduna göre optimum su içeriği ve maksimum kuru birim ağırlığı bulunan malzemeden, optimum su içeriğinde 6'şar kg'lık örnekler hazırlanmıştır (Örnekler yukarıda anlatılan Proktor analizinde verildiği gibi hazırlanmıştır).

Sıkıştırma işlemi sırasında, ilave yakası takılan kalıp taban plakası üzerine bağlanmış ve aralık diski yerleştirilmiştir. Aralık diski üzerine, kalıp çapında kesilmiş olan filtre kağıdı konmuş ve örnek yukarıda anlatıldığı gibi sıkıştırılmıştır.

Sıkıştırma işlemi bittikten sonra ilave yaka çıkarılmış ve kalıbın üst seviyesi hizasında çelik cetvel ile örnek yüzeyi tesviye edilmiştir. Örnek yüzeyindeki iri malzemeden dolayı oluşan boşluklar, daha ince malzeme ile doldurulmuştur. Delikli taban plakası ve aralık diski çıkarıldıktan sonra kalıp ve sıkıştırılmış örnek tartılarak ağırlığı kaydedilmiştir.

Sıkıştırmanın başlangıcında ve sıkıştırmadan sonra artan malzemeden su içeriğini bulmak için 500 gr'lık örnek alınmıştır. Hazırlanan örnek 4 gün suda bekletilmiştir (Şekil 4.5a). Ayarlanabilir çubuklu şişme plakası kalıptaki toprak örneğinin üzerine yerleştirilmiş ve üzerine ağırlıklar konulmuştur (2.27 kg'lık 2 adet yani 4.5 kg). Üzerine gösterge takılmış olan üç ayak, kalıbın üzerine yerleştirilmiş ve göstergenin sıfırda durması için şişme plakasının çubuğu ayarlanmıştır. Örneğinin üstünden ve altından su girebilecek şekilde, kalıp su tankının içerisine yerleştirilmiştir. Islatma esnasında kalıbın içerisindeki su seviyesinin örneği en az 2.5 cm aşmasına dikkat edilmiştir.

Suda bekleme sırasında kabarma okumaları 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 ve 96 saat aralıklarla alınmış ve son okumadan sonra malzemenin şişmesi, örneğin ilk yüksekliğinin yüzdesi olarak hesap edilmiştir.



a. 4 gün su tankında kalan örnekler.



b. Örneğin sıkıştırılması.

Şekil 4.5 CBR deneyi

$$\text{Şişme Yüzdesi} = \frac{\text{Islatma sonundaki kabarma miktarı (mm)}}{116.4} \times 100 \quad (4.3)$$

Suda bekletme süresinin sonunda su tankından çıkarılan örneğin serbest suyunu akıttıktan sonra, kalıp biraz eğik vaziyette tutularak 15 dakika drene olması için bırakılmıştır. Suyun akıtılışı esnasında örnek yüzeyinin bozulmamasına dikkat edilmiştir. Daha sonra ağırlıklar ve delikli plaka çıkarılıp örnekli kalıp ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir (Çizelge 4.5). deneyler sonucunda elde edilen bulgular Ek Açıklamalar kısmında verilmiştir.

Sıkıştırılmış örnek üzerine; toplamı daha önceden suda bekletilirken konan ilave ağırlıklara eşit olacak şekilde 2.27 kg'lık ağırlıklar konulmuştur. Toprağın ilave ağırlıklar içinde kabarmasını engellemek için penetrasyon pistonunu yerleştirmeden önce ilk olarak halka şeklindeki ağırlık, bunun üzerine de ortadan kenara doğru yarığı olan ağırlık konulmuştur.

Yük ve penetrasyon göstergelerinin her ikisi de sıfıra ayarlanmıştır. Başlangıçtaki bu yük, pistonun örnek yüzeyine tam temasını sağlamak içindir ve yük-penetrasyon ilişkisinin tespiti sırasında sıfır olarak kabul edilir (Demirel ve ark., 1999).

Penetrasyon pistonuna hızı dakikada yaklaşık 1.25 mm (0.05 inç) olacak şekilde yük uygulanmıştır. 0.625, 1.25, 1.825, 2.50, 5.00, 7.50, 10.00, 12.50 mm (sırasıyla 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.200, 0.300, 0.400, 0.500 inç) penetrasyonlara karşı gelen yükler okunmuştur.

Yatay eksene penetrasyon, düşey eksene basınç değerleri yazılarak basınç-penetrasyon eğrisi çizilmiştir. Eğrinin en yüksek eğimli teğeti yatay eksene kadar uzatılarak düzeltme yapılmıştır. Çizilen teğetin 1.25 mm (0.05 inç) penetrasyon noktasının solunda kaldığı yer başlangıç noktası kabul edilmiştir. Yeni penetrasyon noktaları 2.54 mm (0.1 inç) ve 5.08 mm (0.2 inç) olarak alınmış ve bu noktalara karşılık gelen yeni basınç değerleri okunmuştur.

2.54 mm (0.1 inç) ve 5.08 mm (0.2 inç)'lik penetrasyonlara karşılık gelen düzeltilmiş basınç değerleri yardımıyla Kaliforniya Taşıma Oranları bulunur. 2.54 mm (0.1 inç)'lik basınç değeri 70.31 kg/cm²'ye, 5.08 mm (0.2 inç)'lik penetrasyondaki düzeltilmiş basınç değeri 105.46 kg/cm²'lik standart basınç değerlerine oranlanıp 100 ile çarpılarak CBR değerleri bulunmuştur.

$$\text{CBR} = \text{Düzeltilmiş Basınç} / \text{Standart Basınç} \times 100 \quad (4.4)$$

Çıkan değerler içinde 2.54 mm (0.1 inç)'lik batmaya karşılık gelen CBR değeri, 5.08 mm (0.2 inç)'lik batmaya karşılık gelen CBR değerinden büyük ise CBR değeri olarak bu sonuç alınmıştır. Eğer küçük çıkmışsa deney tekrarlanmıştır. Tekrar aynı sonuçla karşılaşıldığında da 5.08 mm (0.2 inç)'lik batmaya karşılık gelen değer CBR değeri olarak kabul edilmiştir.

4.2.4 Proje Trafiğinin Hesaplanması

Trafik analiz süresi genellikle 20 yıl olarak alınır. Bu zaman içerisinde yol geçkisinde bir değişiklik yapılmayacağı ve araç karakterlerinde bir değişim olmayacağı kabul edilir. Bununla birlikte trafik günlük veya toplam 8.2 tonluk tek dingil yükü uygulama sayıları cinsinden ifade edildiği için herhangi bir analiz süresi kullanılabilir. Orman yollarında amaç kısa sürede değişmeyeceğinden 40-50 yıl gibi süreler amaca uygun düşmektedir (Erdaş, 1997).

Çizelge 4.5 CBR deney formu.

KALİFORNİYA TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI (CBR)

Proje Adı:	Örneğin	Lab. No:	Alındığı yer	Km:
		Arazi No:	Cinsi:	Derinlik: 0-60 cm
				Taban toprağı

CBR	Yaş		Sıkıştırma Yöntemi	Dinamik	Tokmak (kg)	Tabaka	Vuruş
	Kuru			Statik	2.5	3	56
Piston taban alanı: 19.35 cm ²					Yük:.....		
					Kalıp hacmi (V): 2124 cm ³		

KURU BİRİM AĞIRLIĞIN SAPTANMASI

Örneğin Durumu	Suya Yatırılmadan Önce	Sudan Çıkarıldıktan Sonra	Suya Yatırılmadan Önce	Sudan Çıkarıldıktan Sonra
Kalıp No				
Kalıp ağırlığı, gr				
Kalıp hacmi, cm ³				
Kalıp+Yaş örnek ağırlığı, gr				
Yaş örnek ağırlığı, gr				
Yaş birim ağırlık, t/m ³				
Kuru birim ağırlık t/m ³				

SU İÇERİĞİNİN SAPTANMASI

Kap No				
Kap ağırlığı, gr				
Kap+Yaş örnek ağırlığı, gr				
Kap+Kuru örnek ağırlığı, gr				
Su ağırlığı, gr				
Kuru örnek ağırlığı, gr				
Su içeriği %				

ŞİŞME SONUÇLARI

Tarih	Saat	Göstergede Okunan	Şişme % [(ts-t)/4.584*]x100	Göstergede Okunan	Şişme % [(ts-t)/4.584*]x100
Yatırıldığı:		t		t	
Çıkarıldığı:		ts		ts	

TAŞIMA ORANININ SAPTANMASI

PENETRASYON		Standart basınç kg/cm ²	Okunan Yük			Düzeltilmiş CBR		Okunan Yük			Düzeltilmiş CBR	
inç	mm		lb [#]	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	%	lb [#]	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.025	0.625											
0.050	1.250											
0.075	1.825											
0.100	2.500	70										
0.200	5.000	105										
0.300	7.500	134										
0.400	10.000	162										
0.500	12.500	183										

* 1 lb= 0.454 kg,

* Şişme ölçümleri mm'lik dial ile alınırsa 4.584 yerine 116.4 kullanılmalıdır.

% CBR =	Düzeltilmiş Yük (kg/cm²)x100
	Standart Basınç

Şişme %
CBR

Deneyi Yürütenin	
Adı-Soyadı	İmzası
Tuğrul Varol	

Aks yükleri büyük veya daha küçük olan araçların aks yükleri norm aks yüküne (8.2 ton) dayandırılıp eşdeğerlik faktörü adı verilen bir değerle yola etki dereceleri ifade edilmektedir. Örneğin aks yükü 8.2 ton olan bir kamyonun eşdeğerlik faktörü 1.0 iken, yüklü bir traktörünki 0.01, bir taksinin ki 0.0001'dir. bu değerlerden de anlaşılacağı gibi bir kamyonun yol üzerinde yaptığı strüktürel zarara 10000 binek otomobilin yaptığı zarar eşittir. Bu nedenle eşdeğerlik faktörü üstyapının boyutlandırılmasında ağır aks yüklerinin esas alınmasının gerektiğini, buna karşılık binek otomobillerin, yüksüz traktörlerin boyutlandırmada ihmal edilebileceğini göstermektedir (Hirt, 1972b und Burlet, 180). Bu ifade, bir diğer çalışmada aşağıdaki cümlelerle desteklenmektedir.

“Özel araçların uyguladığı yüklemeler üstyapıda belirgin bir hasara yol açmadığı için tasarıma esas olarak yalnızca ticari araçlar ve onların dingil yükleri alınmakta, yapılacak hesaplamalarda bunlar kullanılmaktadır.”(Dündar, 1998)

Yolun hizmete açıldığında trafiğe ilk trafik, trafik analiz süresi sonundaki trafiğe de son trafik denir. İlk ve son trafik yardımıyla trafik analiz süresi için saptanan trafik, üstyapı hesabında proje trafiği olarak kullanılmıştır. İlk yıl için günlük trafik (t_0) ve trafik artış katsayısı (r) ile t sene sonraki günlük trafik;

$$t_t = t_0 (1+r)^t \quad (4.5)$$

formülü ile bulunmuştur. Bu formülde, grup indeksi metodu sonucunda bulunan üstyapı kalınlığı ile karşılaştırmak için t_0 değeri 50 ve orman yollarında trafik artış yüzdesi çok düşük olduğundan (% 1) alınmış; $t_t = 82$ olarak bulunmuştur.

İlk (t_0) ve son yıl (t_t) için günlük trafik belirlendikten sonra t süresi için ortalama günlük analiz trafiği (t_p):

$$t_p = 0.4343 (t_t - t_0) / \log (t_t / t_0) \quad (4.6)$$

formülü ile $t_p = 65$ bulunmuştur. Yoldan analiz süresince geçecek toplam trafik (T_p):

$$T_p = t_p \times 365 \times t \quad (4.7)$$

formülü ile $T_p = 1179680$ olarak bulunmuştur.

Yukarıda da belirtildiği gibi tek dingil yüklerini, standart dingil (8.2 ton) sayısına dönüştürmek için ülkemizde Çizelge 4.6 kullanılmaktadır (Umar ve Ağar, 1991). Ayrıca belirlenmesi gereken taşıt eşdeğerlik faktörleri (orman yollarında üretim çalışmalarında sadece kamyonların görev alması ve yukarıda açıklandığı gibi otomobil ve traktörlerin boyutlandırma ihmal edilebilmesinden dolayı) Çizelge 4.7'den bulunmuştur.

Çizelge 4.6 Dingil eşdeğerlik faktörleri.

Dingil Yüğü	Tek Dingil Eşdeğerlik Faktörü	Tandem Dingil Eşdeğerlik Faktörü	Tridem Dingil Eşdeğerlik Faktörü
1 ton	0.0002	0.000014	0.000006
2 ton	0.004	0.0002	0.00009
3 ton	0.02	0.0012	0.0004
4 ton	0.06	0.004	0.0013
5 ton	0.14	0.01	0.003
6 ton	0.29	0.02	0.007
7 ton	0.53	0.04	0.01
8 ton	0.90	0.07	0.02
9 ton	1.45	0.11	0.03
10 ton	2.21	0.17	0.05
11 ton	3.24	0.26	0.07
12 ton	4.59	0.37	0.10
13 ton	6.32	0.51	0.13
14 ton		0.69	0.18
15 ton		0.92	0.23
16 ton		1.19	0.30
17 ton		1.53	0.38
18 ton		1.94	0.47
19 ton		2.42	0.58
20 ton		2.98	0.71
21 ton			0.86
22 ton			1.04
23 ton			1.23
24 ton			1.45
25 ton			1.70

Çizelge 4.7 Taşıt eşdeğerlik faktörleri.

Trafik Grubu	Trafik Kategorisi (taşıt / gün)				
	0-250	250-500	500-1500	1500-3000	> 3000
Kamyon	1.74	1.83	1.96	2.04	2.18

Orman yolları tek şeritli ve sadece yukarıdan aşağıya (tek yönlü) yani üretim sahasından depolara trafiğe açık olduğundan yön dağıtma faktörü 1, hesap şeridi de 1 alınmıştır. Böylece;

Kamyon : $1 \times 1 \times 1.74 \times 65 = 113$ standart dingil / gün (Günlük toplam Wg)

Günlük toplam Wg; $P_t=1.5$ abağından da görüleceği gibi günlük eşdeğer 8.2 ton tek dingil yükü tekerrür sayısını ifade etmektedir. 50 yıllık toplam ise;

$T_{8.2} = 113 \times 50 \times 365 = 2062250$ standart dingil / 50 yıl olarak bulunmuştur.

4.2.5 Üstyapı Sayısının (SN) Bulunması

P_t , S_i , R ve proje trafiği değerlerine karşılık olan (SN) üstyapı sayısı, Şekil 4.1'deki abaktan bulunmaktadır. Üstyapı sayısı; verilen bir zemin taşıma değeri, toplam eşdeğer standart dingil yükü tekerrürü, son servis kabiliyeti indeksi ve bölge faktörü kombinasyonu için gerekli üstyapı direncini soyut bir sayı olarak ifade etmektedir.

4.2.6 Üstyapı Sayısı (SN) Yardımıyla Tabaka Kalınlıklarının Saptanması

Hesaplanan SN, üstyapı tabakalarının izafi mukavemet katsayıları ile bağlantılı olarak üstyapı kalınlıklarına dönüştürülmektedir. Tabaka kalınlıklarının tayini için kullanılacak formül:

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 + a_3 \times D_3 \quad (4.8a)$$

veya;

$$SN = \sum_{i=1}^n a_i D_i \quad (4.8b)$$

Bu formülde :

- a_1, a_2, a_3 : Sırasıyla kaplama, temel ve alt temel tabakalarında kullanılan malzemelere ait tabaka katsayıları,
- D_1, D_2, D_3 : Sırasıyla kaplama, temel ve alt temel tabakalarının kalınlıkları (cm).

4.3 ZEMİNİN TAŞIMA KAPASİTESİ METODU (C.B.R.)

CBR değerine, uygulanan yüklere, lastik iç basıncına, yüklerin tekrarlanma sayılarına bağlı olarak yolların gövde toplam kalınlıklarını veren bir çok abak vardır.

CBR metodu, genellikle grup indeksi metodunun verdiği kadar az üstyapı kalınlıkları verir. Oldukça sık kullanılan bu metod için kritikler şunlardır (Erdaş, 1997):

- Deney sonuçları aynı laboratuarda bile ortalama % 30 farklı sonuçlar vermektedir. Özellikle orta ve zayıf taşıma yeteneği olan zeminlerde deney sonuçları çok duyarlı değildir.
- Kumlar için deney genellikle yüksek değer verir.
- Zemin direnci su içeriğine oldukça bağlıdır. Bu nedenle su ile doyurulma olanağı az olan zeminler için deneyde, zemin dolu silindirlerin 4 gün su içinde bırakılması yeterli olmayabilir. O takdirde, yörenin drenaj, jeoloji ve iklim koşullarını göz önüne alarak laboratuardaki 4 günlük ıslatma süresini uzatmak gerekmektedir.

4.4 GRUP İNDEKSİ METODU

Grup indeksi esas itibariyle ampirik bir sabitedir ve bir toprağın dahil bulunduğu grup içerisinde temel malzemesi olarak elverişlilik derecesinin ölçüsünü vermektedir. Dolayısıyla grup indeksi tek başına bir zeminin hangi gruba dahil olduğunu tahmine yaramamaktadır (Erdaş, 1997).

Bir taban zeminin grubu her şeyden önce tane büyüklük dağılımı ile likit limit ve plastisite indekslerinin değerleriyle ortaya çıkmaktadır. Yine bir zeminin grup indeksi değeri yükseldikçe buna paralel olarak taban yada temel zemini malzemesi özelliği de bozulmaktadır.

Grup indeksi bir formül yardımıyla hesap edilmekte olup, bu formül esas itibarıyla toprağın 200 nolu standart elekten (200 nolu standart elek: Elek açıklığı 0.075 mm olan elek) geçen miktarı ile likit limit ve plastisite indekslerinin bir fonksiyonundan oluşmaktadır. Grup indeksi değerleri 0-20 arasında değişmektedir (Bayoğlu, 1968).

Grup indeksi formülü şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\text{Grup indeksi (GI)} = \underbrace{(F-35)}_{\text{I}} [0.2+0.005(LL-40)] + 0.01 \underbrace{(F-15)}_{\text{II}} (PI-10) \quad (4.9)$$

Bu formülde $F=0.075$ mm elekten geçen kısmın tam sayı olarak yüzdesini ifade etmektedir. Bu değer formülün I. kısmında 35'den küçük 75'ten büyük alınmaz. 35 ile 75 arasında gerçek değeri, bu değerler dışında ise en yakın limit değeri alınmıştır. Aynı şekilde formülün II. kısmında F değeri, 15'den küçük 55'den büyük olamaz. F değeri bu değerler arasında ise gerçek değeri, dışında ise en yakın limit değeri alınmıştır.

LL=Likit limit değeridir. Bu değer 40'dan küçük 60'dan büyük olamaz. LL değeri bu değerler arasında ise gerçek değeri, dışında ise en yakın limit değeri alınmıştır. PI=Plastisite indeksi değeridir. Bu değer 10'dan küçük 30'dan büyük olamaz. PI değeri bu değerler arasında ise gerçek değeri, dışında ise en yakın limit değeri alınmıştır.

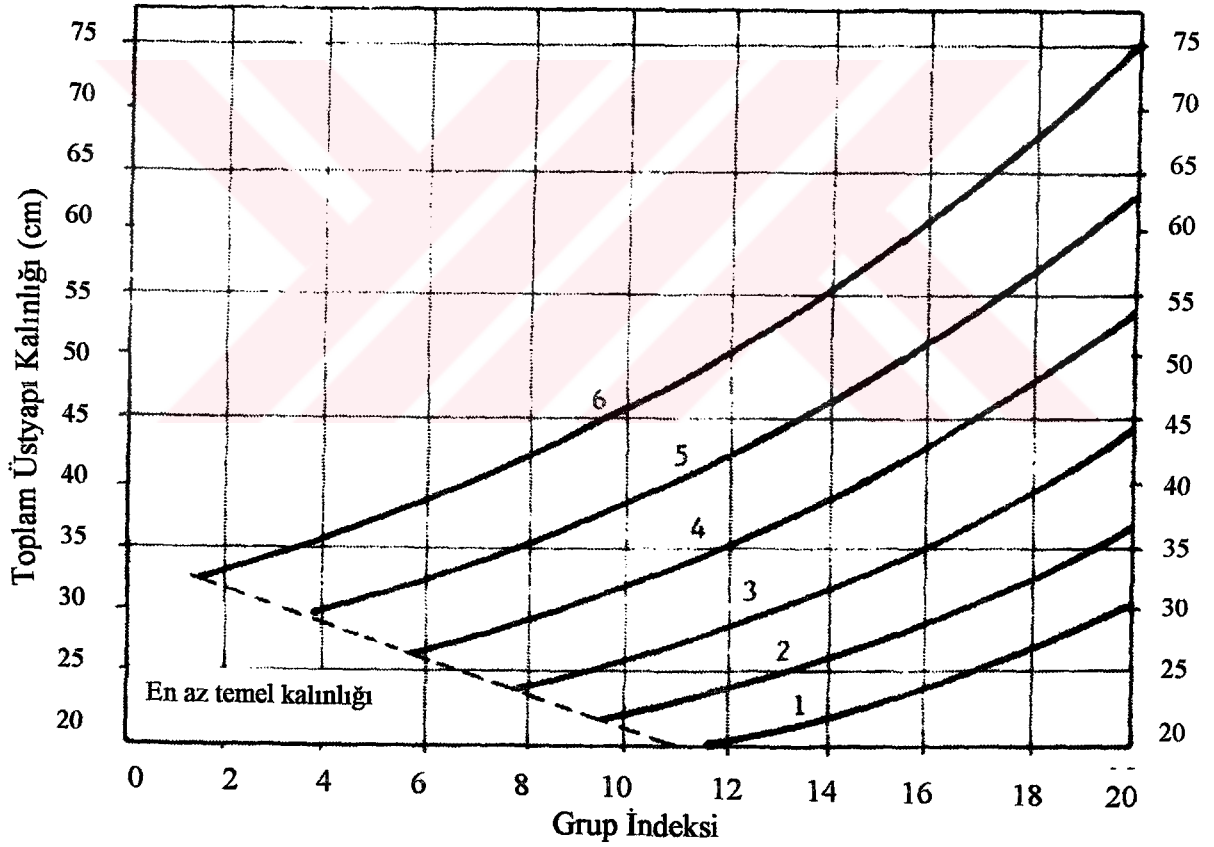
Bu yöntemle göre yol üzerine serilecek malzeme yada getirilecek üstyapı kalınlığının hesabında iki ayrı veriden yararlanılmaktadır. Bunlardan birincisi taban zemininin yada temel zeminin grup indeksi, ikincisi ise günlük ortalama trafik sayısı yada yoğunluğu olmaktadır.

Araziden alınmış bulunan zemin örnekleri için laboratuarda elde edilmiş bulunan değerler grup indeksi formülünde yerine konulmuş ve o örnekler için grup indeksi değerleri bulunmuştur. Bu değerlerden yararlanarak taban zemininin günlük ortalama trafik sayısına

göre kaç santimetre kalınlıkta bir üstyapıya ihtiyaç gösterdiği bu amaç için hazırlanmış bulunan üstyapı kalınlıklarını veren grafikten (Aykut, 1977b) elde edilmiştir (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.6).

Çizelge 4.8 Grup indeksi metoduna göre üstyapı kalınlığının tespiti.

Günlük Ortalama Trafik Sayısı (İki Akslı Taşıt)		
Eğri	Aks Yüğü (kg)	
No	8163 kg	10884 kg
1	< 50	-
2	50-124	< 50
3	125-274	50-124
4	275-750	125-274
5	> 750	275-750
6	-	> 750



Şekil 4.6 Grup indeksi metoduna göre üstyapı kalınlığının tespiti.

Bir taban zeminin grubunun her şeyden önce tane büyüklük dağılımı ile likit limit ve plastisite indekslerinin değerleriyle ortaya çıktığı daha önce belirtilmişti. Bu nedenle tane büyüklük dağılımının belirlenmesi için elek analizi, likit limit değerinin belirlenmesi için

Casagrande (likit limit) analizi, plastisite indeksi değerin belirlenmesi içinse plastik limit analizinin yapılması gerekmektedir. Bulunan bu değerin ışığı altında taban topraklarının gruplandırma yöntemi de aşağıda açıklanmıştır.

4.4.1 Elek Analizi

Değişik sınıflandırma sistemleri incelendiğinde, zeminin tane boyu dağılımının sınıflandırmada temel unsur olduğu görülmüştür. Zeminlerin mühendislik özelliklerini etkileyen en önemli faktör, zemin içerisindeki değişik boyuttaki tanelerin miktarlarıdır (Demirel ve ark., 1999). Elek analizi yöntemi de, herhangi bir zeminden alınan bir toprak örneği içinde bulunan 0.075 mm den daha büyük tanelerin iştirak oranlarını saptamak için uygulanmaktadır. Bu araştırmada, Karayolları Genel Müdürlüğü'nce kabul edilmiş bulunan Standart Amerikan elekleri esas alınmıştır. Bu elekler standart açıklıklar ihtiva etmekte ve yine standart kalınlıktaki tellerden yapılmış bulunmaktadır. Amerikan ve İngiliz standart elekleri (Uzuner, 1998) aşağıda verilmiş olup araştırmada kullanılan Amerikan elekleri koyu olarak belirtilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9 Amerikan ve İngiliz standartlarına göre elekler.

Amerikan Elekleri ASTM : E 11/39-1961		İngiliz Elekleri BS : 410-1962		Tyler Serisi Karşılığı
İnç ve Elek No	mm	İnç ve Elek No	mm	mesh
3"	75.000	3"	75.000	
2 1/2"	63.000	2 1/2"	63.000	
2"	50.800	2"	50.800	
1 1/2"	38.100	1 1/2"	38.100	
1	25.400	1	25.400	
3/4"	19.050	3/4"	19.050	
3/8"	9.530	3/8"	9.530	
4	4.750	4	4.750	4
5	4.000	5	3.353	5
7	2.830	6	2.812	
8	2.380	7	2.411	
10	2.000	8	2.057	9
12	1.680	10	1.676	10
14	1.410	12	1.405	
16	1.190	14	1.204	
18	1.000	16	1.003	
20	0.850	18	0.853	20
25	0.707	22	0.699	
30	0.590	25	0.599	28

Çizelge 4.9 (devam ediyor).

35	0.500	30	0.500	
40	0.420	36	0.422	35
45	0.354	44	0.353	
50	0.297	52	0.295	
60	0.250	60	0.251	
70	0.210	72	0.211	
80	0.177	85	0.178	
100	0.149	100	0.152	
120	0.125	120	0.124	
170	0.088	170	0.090	
200	0.075	200	0.076	200
230	0.063	240	0.066	
270	0.053	300	0.053	
325	0.044	350	0.045	
400	0.037			

Bu eleklerin hepsinde açıklıklar ya da elek delikleri kare biçimindedir ve elek numaraları bir inçlik bir kenardaki delik sayısını ya da elek teli sayısını ifade etmektedir

Laboratuara getirilen örnekler, bir branda üzerine serilerek oda sıcaklığında kurutulmuştur. Örnekler kurutulduktan sonra havanda lastik uçlu tokmak (Şekil4.7) ile taneleri kırmadan dövülerek birbirine yapışmış olan taneciklerin ayrılması sağlanmıştır.

Bu şekilde hazırlanan örneğin tamamı deneye alınamayacağı için, malzemenin gerçek durumunu temsil edecek şekilde dörtleme yöntemiyle (Şekil 4.8) miktarı azaltılmıştır. Örnek bu amaçla kürekle iyice karıştırılmış ve konik bir yığın halinde toplanmıştır. Bu yığın üzerinden bastırılarak her tarafı aynı kalınlıkta bir daire şekline sokulmuştur. Daha sonra bu malzeme dört eşit parçaya ayrılmıştır.

Bu yönteme göre göz önünde tutulacak başlıca esas, toprak örneğinin kaba ve ince kısım olarak ikiye ayrılması ve rutubet düzeltmesinin sadece 4 nolu standart elekten geçen kısmı üzerinde yapılmasıdır. Buna göre kaba kısım 4 nolu standart elek üzerinde kalan kısım ve ince kısımda 4 nolu elekten geçen kısım olarak tanımlanmıştır.



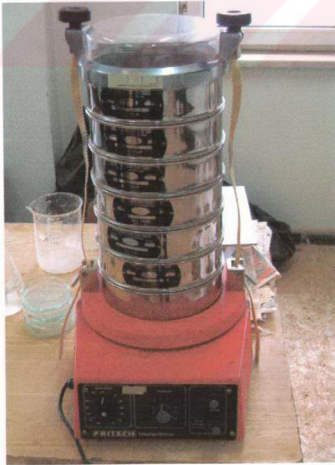
Şekil 4.7 Tanelerin ufalanması.



Şekil 4.8 Dörtleme yöntemi.

4.4.1.1 İri Kısımın Analizi

Lastik tokmakla havanda dövülerek hazırlanan örnekler sırası ile 75 mm, 50.8 mm, 38.1 mm, 25.4 mm, 19.05 mm, 9.53 mm ve 4.75 mm eleklerde shaker ile elenmiş (Şekil 4.9) ve her bir elek üzerinde kalan malzeme 20 kg kapasiteli 1 gr hassasiyetteki, 3 kg kapasiteli 0.01 gr hassasiyetteki terazilerle ölçülerek Çizelge 4.10'da görülen deney kartına yazılmıştır. Elde edilen deney sonuçları Ek Açıklamalar bölümünde verilmiştir. Eleme işlemi sırasında 25 mm ve daha büyük elekler üzerinde kalan agregalar tek tek el ile denenererek kontrol edilmiştir.



Şekil 4.9 İri kısmın elek analizi.



Şekil 4.10 İnce kısmın elek analizi.

4.4.1.2 İnce Kısım Analizi

Elek analizi için 4.75 mm'den geçen ince kısım su ile dolu bir kap içerisinde yaklaşık 18 saat bekletilerek örnek içerisindeki yumuşak ve birbirine yapışmış kısımların ayrılması sağlanmıştır. Daha sonra bu örnek 0.075 mm açıklığa sahip elekler üzerine boşaltılmıştır. Bu elek serisine konulan malzeme alttan berrak su akana kadar musluk suyuyla yıkanmıştır (Şekil 4.10). Yıkama işlemi sonucunda, elekler üzerinde kalan malzeme bir kaba alınarak 110°C'lik fırında sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Daha sonra fırından çıkarılan malzeme sırasıyla 2, 0.42 ve 0.075 mm eleklerden elenerek, her elek üzerinde kalan malzeme tartılarak deney formuna yazılmıştır.

Elek analizi için 4.75 mm elekten geçen kısmın kuru ağırlığının bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle bir rutubet örneği alınarak rutubet düzeltmesi yapılmış ve kuru ince malzeme miktarı bulunmuştur. Deneyle ilgili hesaplamalar elek analizi deney formunda görüldüğü gibi yürütülmüştür. Deney sonucunda elde edilen veriler ve bunlar aracılığıyla elek analizi grafikleri çizilmiştir. Ancak çok fazla yer kaplamaması için yer verilmemiştir.

4.4.2 Likit Limit Analizi

Bir örneğin likit limiti, bu örneğin plastik halden likit hale geçtiği anda ihtiva ettiği rutubet miktarıdır. Örneğin içerdiği su oranında bir azalma olduğunda örnek likit durumdan plastik duruma geçer. Likit limit denemeleri Casagrande aleti ile 40 nolu elekten geçen (0.42 mm) iyice kurutulmuş yaklaşık olarak 100 gr.lık bir örnek ile yapılmıştır. İlk önce örneğe 15-20 gr saf su ilave edilir ve bu karışımdan bir miktar alınarak aletin pirinç çanağına konur. Spatula ile en kalın noktadaki yükseklik 1 cm olacak ve içinde hava boşluğu kalmayacak şekilde örnek çanağına yayılmıştır. Standart kanal açma bıçağı ile kabın çapı boyunca bir oluk açılmıştır. Bu konumda motorlu likit limit aletinin pirinç çanağı saniyede iki düşüş yapmaktadır. Bu düşüşler oluğun 1 ile 1.5 cm uzunluğundaki kenarların birbirine yapışincaya kadar devam ettirilmiştir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12) ve bu zamana kadar tespit edilen darbe sayısı kaydedilmiştir. Denemelere, bu sonuca 30-40, 30-20, 20-10 darbe sayısında ulaşılacak şekilde örnek sulandırılarak devam edilmiştir. Burada örneğin sahip olduğu rutubet miktarı her defasında yaş ve 110°C de kurutulmuş ağırlıklarından faydalanılarak bulunmuştur. Rutubet miktarları ile bunlara karşılık gelen darbe sayıları likit limit grafiğine çizilmiştir. Bu grafik 3 veya daha fazla noktaya mümkün olduğu kadar

yakın olarak çizilen bir doğrudan ibarettir. Örneğin likit limit değeri 25 darbe adedinden çıkarılan dakin grafiği kestiği noktaya karşılık gelen rutubet miktarı olarak bulunmuştur. Ayrıca Ek Açıklamalar B'de verilen ve tarafımdan hazırlanan bilgisayar programıyla da alınan sonuçlar kontrol edilerek karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.11 Standart oluk.



Şekil 4.12 1 ile 1.5 cm'lik açıklığın kapanması.

Likit limit deneyi yapılırken ayrıca aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmıştır:

- Toprağın su ile karıştırılması 5 ile 10 dakika arasında yapılmıştır.
- Çamurun pirinç kaba serilmesi ve deneyin yapılması 3 dakika içerisinde tamamlanmıştır.
- Su ilavesi ve tekrar karıştırma süresi de 3 dakikadır.
- Oluk açma bıçağı ile açılan oluk en çok 6 harekette açılmıştır.
- Bazı zeminlerde oluk, zeminin akması yoluyla kapanacağına zeminin kap içerisinde kayması yoluyla kapanmaktadır. Böyle durumlarda, zeminde akma görülene kadar deney tekrarlanmıştır.
- Yatırılmış olan örneğe hiçbir şekilde kuru toprak ilavesi yapılmamıştır.

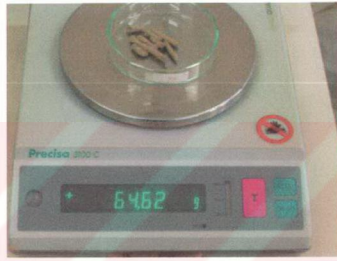
4.4.3 Plastik Limit Analizi

Bir örneğin plastik limiti, plastik haldeki en düşük rutubet miktarıdır. Başka bir ifadeyle plastik limit, su ile karıştırılarak top haline getirilen örneğin kopmadan 3 mm çapında silindirik teşkil edecek şekilde elle yuvarlanabildiği en düşük rutubet miktarıdır.

Plastik limit analizi de 40 Nolu standart elekten geçen malzeme ile yapılmıştır. Önce hava kuru malzemeye saf su ilave edilerek top haline getirilir ve cam üzerinde ince silindirler oluşturacak şekilde yuvarlanır (Şekil 4.13). Bu yuvarlamalar sonucu silindirin çapı 3 mm ye indiğinde tekrar örnek top yapıp 3 mm veya daha büyük silindirler çatlayıp parçalanıncaya kadar (Şekil 4.14) devam edilir. Bu anda örneğin rutubet içeriği (yukarıda anlatılan diğer yöntemlerde olduğu gibi) tespit edilerek bu değer örneğin plastik limit değeri olarak kaydedilir.



Şekil 4.13 Cam üzerinde yuvarlama.



Şekil 4.14 Rutubet tayini için tartılma işlemi.

4.4.4 Plastisite İndeksi

Bir örneğin plastisite indeksi likit limit değerleri ile plastik limit değerleri arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Plastisite indeksi kuru ağırlığın yüzdesi olarak da ifade edilmektedir. Aşağıda verilen formül yardımıyla plastisite indeksi değerleri saptanmış ve Ek Açıklamalar A'da çeşitli formasyonların Atterberg limitleri sonuçlarında gösterilmiştir.

$$\text{Plastisite indeksi (PI)} = \text{Likit limit (LL)} - \text{Plastik limit (PL)} \quad (4.10)$$

4.4.5 Taban Topraklarının Gruplandırılması

Birleşik Amerika Devlet Karayolları Mensupları Birliği Sınıflandırmasında yukarıda açıklanan analiz yöntemleriyle gruplar birbirinden ayrılmaktadır. Bu sınıflandırma sisteminde topraklar yedi esas gruba ayrılmaktadır. Toprakların hangi gruba dahil olduğu aşağıda bulunan Çizelge 4.11 yardımıyla bulunmuştur. Elde edilen veriler bu tabloya uygulanarak soldan sağa doğru grupların elimine edilmesi sonucundan örneklerin hangi

grubun özelliğine uyduğunun belirlenmesiyle yapılmıştır. Bu sınıflandırmada deney sonuçları ile saptanabilen ve tanımlamada geçen çakıl, iri kum, ince kum ve silt-kil terimlerinin granülometrik özellikleri şöyledir:

Çakıl: 3 inç delikli elekten geçen ve 10 nolu elek üzerinde kalan malzeme,

İri kum: 10 nolu elekten geçen ve 40 nolu elek üzerinde kalan malzeme,

İnce kum: 40 nolu elekten geçen ve 200 nolu elek üzerinde kalan malzeme,

Silt-kil karışımı: 200 nolu elekten geçen malzeme,

Silt terimi, plastisite indeksi (PI), 10 veya daha aşağı, kil terimi ise plastisite indeksi (PI), 11 veya daha yukarı olan malzemeler için kullanılmaktadır.

Taneli malzemeler, 200 nolu elekten geçen miktarı %35 veya daha az olan malzemelerdir. Bu terimleri kullanarak AASHO zemin sınıflandırmasındaki grupların özelliklerine geçsek;

Grup A-1: Bu grup, taş parçaları veya çakıl, iri kum, ince kum ve nonplastik veya az plastik bağlayıcı zeminin iyi granülometrilili bir karışımıdır.

Alt grup A-1-a: Bağlayıcı ince malzemesi bulunan veya bulunmayan, iyi granülometrilili ve büyük kısmı taş parçaları veya çakıl olan zeminlerdir.

Alt grup A-1-b: Bağlayıcı ince malzemesi bulunan veya bulunmayan iyi granülometrilili ve büyük kısmı iri kum olan zeminlerdir.

Grup A-3: İçinde silt ve kil bulunmayan veya çok az nonplastik silt bulunan ince plaj veya çöl kumudur. Ayrıca bozuk granülometrilili ince kum ve belirli miktarda iri kum ve çakılın da bulunduğu nehir çökelti malzemesi de bu grup içindedir.

Grup A-2: A-1 ve A-3 gruplarının sınırları arasında olan taneli malzemelerin geniş çeşidini ve A-4, A-5, A-6 ve A-7 gruplarının silt-kil malzemelerini içerir. İçindeki ince malzeme miktarı veya plastisitesi yada her ikisi gerekli sınırları aştığı için, A-1 veya A-3 gruplarına girmeyen ve %35 veya daha azı 200 nolu elekten geçen bütün malzemeler bu gruba girer.

Çizelge 4.10 Elek analizi deney formu.

BÖLGE ADI	ÖRNEK NO	YOL KODU	KOORDİNATLAR	MESAFE	DERİNLİK
I TARTILAR					
a) Örnek + kap		II SU İÇERİĞİ TAYİNİ		III NO.4 DEN GEÇEN BÖLÜNMÜŞ ÖRNEK	
b) Kap		a) Kap + yaş örnek		a) Örnek + kap	
c) Örnek (a-b)		b) Kap + kuru örnek		b) Kap	
d) Kaba kısım		c) Su ağırlığı (a-b)		c) Örnek (a-b)	
e) İnce kısım		d) KAP		d) Kuru örnek =	
f) Düzeltilmiş ince kısım = $[(1e * 100) / (100 + w)]$		e) Kuru örnek (b-d)		$[(111e * 100) / (100 + w)]$	
Elek Açıklığı	mm	w) % su içeriği = $(11c * 100) / 11e$		e) Toplam kuru örnek ağırlığı L = (1d + 1f)	
İnç		(A) TOPLAM ELEKTE KALAN	(B) TOPLAM ELEKTE KALAN %	(C) TOPLAM ELEKTE KALAN %	
3	75	(A * 100 / L)			
2	50				
1 1/2	37.5				
1	25				
3/4	19				
3/8	9.5				
No 4	4.75				
		(D)	(E)	(F)	(G)
			(E * 100 / III d)	(F * C No 4 / 100)	(H)
No 10	2.00				(C No 4 - G)
No 40	0.42				
No 200	0.075				

Çizelge 4.11 Amerikan Karayolları (AASHTO) zemin sınıflandırma sistemi.

GENEL SINIFLANDIRMA	Taneli malzemeler (%35 ya da daha az kısmı 200 nolu standart elekten geçen malzemeler)										Silt-kil malzemeleri (>%35 kısmı 200 nolu std. elekten geçen)		
GRUP SINIFLANDIRMASI	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
ELEK ANALİZİ													
Yüzde geçen													
No-10	max.50	max.50	max.51										
No-40	max.30	max.25	max.10										
No-200	max.15			max.35	max.35	max.35	max.35	min.36					
40 nolu elekten geçen kısmın özellik.													
LİKİT LİMİT													
PLASTİSİTE İNDEKSİ													
GRUP İNDEKSİ													
Toprağı teşkil eden önemli malzemeler													
Taş parça., çakıl ve kum													
Taban olarak elverişlilik değeri													

Alt grup A-2-4 ve Alt grup A-2-5: 40 nolu elekten geçen kısmı A-4 ve A-5 gruplarının özelliklerini taşıyan ve 200 nolu elekten geçen kısmı %35 veya daha az olan, çeşitli taneli malzemeleri kapsar. Ayrıca, siltli veya plastisite indeksi A-1 grubunun limitlerini aşan, çakıl ve iri kumlar içinde nonplastik silt bulunan ve A-3 grubunun limitlerini aşan ince kumlarda bu alt gruplara girerler.

Alt grup A-2-6 ve Alt grup A-2-7: Alt grup A-2-4 ve Alt grup A-2-5 deki malzemelere benzeyen fakat ince kısmı A-6 ve A-7 gruplarının özelliklerini taşıyan, plastik killi malzemelerdir. Bu alt grupların grup indeksi değerlerinin 0-4 arasında olması gerektiğinden, plastisite indeksleri yaklaşık 10 ve 200 nolu elekten geçen yüzdesi de 15'i geçen malzemeler bu alt gruba alınmazlar.

Grup A-4: Genellikle %75 veya daha fazlası 200 nolu elekten geçen nonplastik veya orta derecede plastik silt zeminlerdir. Bu grup aynı zamanda ince siltli zemin ve %64'ü veya daha azı 200 nolu elek üzerinde kalan kum ve çakıl karışımlarını da kapsar. Bu grubun, grup indeksi değerleri 1-8 arasında değişir, iri malzeme yüzdesinin artmasıyla grup indeksi değerleri küçüleceğinden, böyle iri tane yüzdesi yüksek olan zeminler bu gruba giremezler.

Grup A-5: Bu grubun tipik malzemesi, Grup A-4 de açıklanan malzemeye benzerse de, genellikle diyomatik veya mikalı karakterde olup yüksek likit limit değerinin gösterdiği gibi çok elastik olabilir. Grup indeksi değerleri likit limitin artması ve iri malzeme yüzdelерinin azalmasına bağlı olarak 1-12 arasında değişir.

Grup A-6: 200 nolu elekten geçen kısmı, genellikle %75 veya daha fazla olan plastik killi zeminlerdir. Bu grup aynı zamanda killi ince zeminlerle, %64 veya daha az miktarı 200 nolu elek üzerinde kalan kum ve çakıl karışımlarını da kapsar. Bu gruba giren malzemeler ıslandıklarında çok şişerler. Grup indeksi değerleri, plastisite indeksinin artması ve iri malzeme yüzdelерinin azalmasına bağlı olarak 1-16 arasında değişir.

Grup A-7: Bu grubun tipik malzemesi A-6 grubundaki malzemeye benzer. Fakat A-5 grubunun yüksek likit limit özelliğini gösterir. Islanma ile yüksek hacim değişikliği gösterebileceği gibi, elastikte olabilir. Grup indeksi değerleri; likit limitler ve plastisite indekslerinin artması ve iri malzeme yüzdelерinin azalmasına bağlı olarak 1-20 arasında değişir.

Alt grup A-7-5: Bu grup büyük hacim değişiklikleri gösterebilen, yüksek derecede elastik olabilen ve likit limite bağlı olarak orta değerlerde plastisite indeksleri veren malzemeleri kapsar.

Alt grup A-7-6: Büyük hacim değişiklikleri gösterebilen ve likit limite bağlı olarak yüksek plastisite indeksleri veren malzemeleri kapsar. Sonuç olarak;

A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 ve A-3 gruplarına giren malzemeler ve zeminler, taşıyacağı trafiğe uygun kalınlıkta bir Alt Temel ve Temel+Kaplama tabakası altında, eğer iyi drene edilmiş ve sıkıştırılmış iseler, taban zemini olarak yeterlidirler yada az miktarlarda doğal veya yapay bağlayıcı eklenerek yeterli duruma getirilebilirler.

A-2-4 ve A-2-5 gibi iyi taban zeminlerinin, trafik yüküne karşı yeterli direnç sağlamak için, üzerine bir alt temel veya arttırılmış bir temel tabakasına gerek gösteren zeminlerle karşılaştırılmasından; A-2-6, A-2-7 gruplarına giren killi taneli A-4, A-5, A-6 ve A-7 gruplarına giren silt-kil zeminlerinin taban toprağı olarak kalitesi saptanır.

Grup indeksi formülü daha öncede belirtildiğı gibi 1-20 arasında değışen değerler verecektir. Bu formüldeki üç değışkenin her birinin maksimum etkisi, 200 nolu elekten geçen yüzde için 8, likit limit için 4 ve plastisite indeksi için 8 oranındadır ve grup indeksi sıfır olan bir zemin yol için iyi bir taban, 20 olansa çok kötü bir taban anlamına gelir.

İri taneli zeminlerin mühendislik özellikleri üzerinde tane çapı dağılımının (granülometri), ince taneli zeminlerde ise su muhtevasının ve kıvam (Atterberg) limitlerine göre konumunun çok etkili olduğu bilinmektedir. İri taneli zeminler granülometri özelliklerine göre iyi derecelenmiş ve kötü derecelenmiş olarak iki sınıfa ayrılmakta ve bunlar sırası ile USCS sınıflandırma sisteminde (W) ve (P) sembolleri ile gösterilmektedir. İnce taneli zeminlerin ise, plastisite özelliklerine göre, düşük plastisiteli ve yüksek plastisiteli olarak Casagrande kartı yardımıyla sınıflandırılmaktadır. Düşük plastisiteli zeminler için (L), yüksek plastisiteli zeminler için ise (H) sembolü kullanılmaktadır (Özaydın, 1999). Değişik zemin grupları için semboller; GW-İyi derecelenmiş çakıl, GP-Kötü derecelenmiş çakıl, SW-İyi derecelenmiş kum, SP-Kötü derecelenmiş kum, GM-Siltli çakıl, GC-Killi çakıl, SM-Siltli kum, SC-Killi kum, ML-Düşük plastisiteli silt, MH-Yüksek plastisiteli silt, CL-Düşük plastisiteli kil, CH-Yüksek plastisiteli kil, OL-Düşük plastisiteli organik zemin,

OH-Yüksek plastisiteli organik zemin, Pt-Turba zemin olarak verilmektedir. Bu bilgiler kullanılarak bulgular kısmında AASHTO ve USCS sınıflandırma sistemlerine göre araştırma alanı toprakları sınıflandırılmıştır.

Çalışmada AASHTO zemin sınıflama sistemiyle sınıflandırılan örnekler aşağıdaki çizelge 4.12 (Kayabalı, 2002) ile zeminin derecelenme şekli, likit limit, plastisite indeksi değerleri birlikte kullanılarak USCS (Birleşik zemin sınıflama sistemi) sisteminde ki karşılıkları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar bulgular bölümünde verilmiştir.

Çizelge 4.12 AASHTO ve USCS sistemlerinde karşılaştırılabilir zemin grupları.

AASHTO Sis. Zemin Grubu	Birleşik Sistemdeki Kıyaslanabilir Zemin Grupları		
	En Muhtemel	Mümkün	Mümkün Fakat İmkân Dışı
A-1-a	GW,GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	-
A-3	SP	-	SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM	-	GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC	-	GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL	-	SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MH, GC, GM, SM

4.5 ÜSTYAPININ BOYUTLANDIRILMASINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Üst yapının boyutlandırılmasını etkileyen faktörler; zeminin taşıma yeteneği, trafik, yöresel koşullar, zemin emniyet gerilmesi, tekerlek basıncı, lastik içi hava basıncı ve yapı malzemesi olarak açıklanmaktadır. Zemin taşıma kapasitesi, trafik ve yöresel koşullar (bölge faktörü) etkenleri hakkında daha önce üstyapının boyutlandırma metotları kısmında yeteri kadar bilgi verildiğinden burada sadece yapı malzemesinin etkileri hakkında bilgi

verilecektir. Ayrıca Şekil 4.15’de boyutlandırma şemasında bütün etmenler bir arada verilmiştir.

Üstyapı tabakalarında kullanılan malzemelerin özelliği yolun yüklenmeye karşı gösterdiği reaksiyon yönünden büyük önem arz etmektedir. Hidrokarbonlu malzemelerin (asfalt gibi) yük dağıtma özelliği kum, çakıl malzemesine oranla daha yüksek olmaktadır (Blumer, 1972) (Şekil 1.2).

Buna göre yol zemininde taşıma yeteneği değerine uygun olarak belli bir yük dağılımı isteniyorsa ya kalın bir kum-çakıl tabakasının seçilmesi yada ince bir asfalt ile bir kum-çakıl tabakasını kombine etme yolunun denenmesi gerekmektedir.



Şekil 4.15 Üstyapının boyutlandırılmasını ve seçimini etkileyen faktörler.

AASHO metoduna göre üstyapı sayısı ile boyutlandırmada söz konusu edilecek yüzeysel tabaka katsayıları ($a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$) üstyapıda kullanılan malzemelerin stabilite ve mukavemet değerlerine bağlı olup Çizelge 4.13’de görüldüğü gibi malzemeden malzemeye değişmektedir (Sonuç, 1976). Çizelgeden önemli olan şu iki sonuç ortaya çıkmaktadır (Erdaş, 1997):

- Üst tabakadaki malzemelerde gerilme oldukça yüksek olup derinliğe doğru azalır. Bu pratik olarak üst tabakalardaki materyallerin mukavemet değerlerinin çok yüksek olması gerektiğini göstermektedir.
- Tabaka kalınlığını artırmak zorunluluğu doğuyorsa yüksek mukavemetteki yapı malzemesi seçilmesi tabaka kalınlığını düşük tutmak açısından daha uygun bulunmaktadır.

Çizelge 4.13 Üstyapıda kullanılan malzemelerin yüzeysel tabaka katsayıları.

Tabakanın ismi	Tabakanın cinsi	Yüzeysel tabaka katsayıları		
		a_1	a_2	a_3
Kaplama	Yüksek stabiliteli bitümlü kaplama	0.44		
	Düşük stabiliteli bitümlü kaplama	0.20		
Temel	Stabilize ve kırmataş karışımı tabaka		0.11	
	Doğal çakıl ve asfalt tabakası		0.20	
	Çimento ile stabilize edilmiş gevşek beton tabaka		0.23	
Alttemel	Ocak artığı taş tabaka			0.08
	Yüksek fırın cürufu tabaka			0.11
	Doğal stabilize malzeme tabakası			0.11
	Kırmataş tabaka			0.15
	Çimento ile stabilize edilmiş çakıl tabakası			0.15

Orman yollarında üstyapı malzemesi olarak kullanılan materyaller arazide çeşitli şekillerde elde edilebilmektedir. Akarsu yatakları malzemeleri sürekli doğal yıkanmanın sonucu bağlayıcı kilden yoksun bulunmaktadır. Bu malzemeler yuvarlak ve yassı olup bağlayıcı kil eklenmeden temel tabakalarında kullanılması olanaksız bulunmaktadır (Aykut, 1977a).

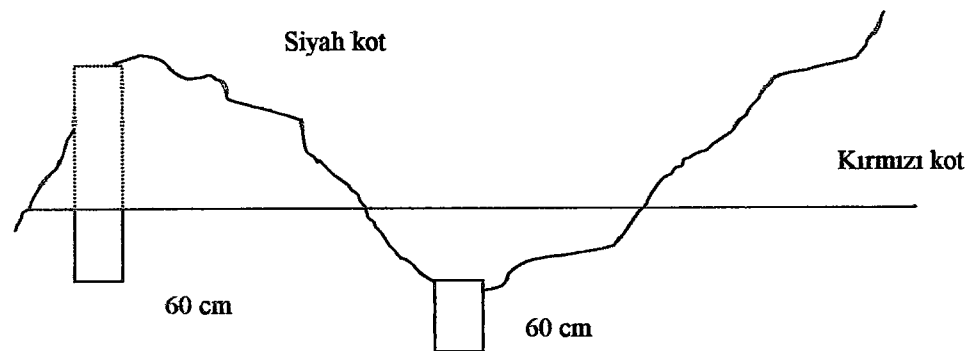
Sel yatakları, istenilen kilin malzeme arasında bulunması nedeniyle malzeme ocağı olarak arzu edilen yerler arasında bulunmaktadır. Malzemeler uzun süre sürüklenmeden depo edildiğinden taneler çok defa yuvarlaklaşma olanağı bulamamakta ve bu nedenle köşeli olmaktadır. Bu da sel yatağı malzemelerinin kalitesini yükseltmektedir.

Birikinti konileri malzemeleri, sağlam kayalardan meydana gelmelerine rağmen, yuvarlaklaşma için yeter miktarda sürüklenmediklerinden genellikle köşeli taneler içermektedirler. Bu gibi malzemelerin dona karşı dirençleri azdır ve çabuk aşınmaya eğilimlidirler. Birikinti konilerinin aşağı kesimlerine malzemeler ince yapıda ve plastik özellikte olup kil ve silt ihtiva etmektedirler. Birikinti konilerinin üst kesimlerinde ise hiç kile rastlanmayabilmektedir. Bu nedenle birikinti konilerinin orta kesimleri en uygun malzemeyi içerdikleri için üstyapı temel malzemeleri bu kesimlerden alınması gerekmektedir (Aykut, 1977a).

Doğal malzemelerin bulunmadığı yol geçki kesimlerinde çevreden konkasörde kırılacak uygun taşların sağlanması yoluna gidilmesi gerekmektedir. Ancak söz konusu taşın, konkasörde kırılarak istenilen granülometride çakıl üretimine elverişli ve homojen olması gerekir. Böyle taşlar çevrede açılmış veya açılmamış taş ocaklarından yada irili ufaklı molozların bulunduğu dere yataklarından sağlanabilmektedir. Taş ocaklarının yerleri seçilirken konkasörün kurulmasına ve işletilmesine uygun bir yerin bulunmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

4.6 TABAN TOPRAKLARINDAN ÖRNEK ALMA YÖNTEMİ VE TOPRAK ÖRNEKLERİ

Araştırma bölgesindeki taban topraklarından sondaj kuyuları yöntemiyle örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler örselenmiş örneklerdir ve kazı alanlarından alınmışlardır. Örnekler, alınacakları yerler seçildikten sonra derinliği kırmızı kotun en az 60 cm altına (Şekil 4.16) kadar devam edecek şekilde bir çukur açılarak alınmıştır.



Şekil 4.16 Örnek alım derinliği.

İlk önce GIS ortamında sayısallaştırılan jeoloji haritası ve yol şebeke planları karşılaştırılmıştır. Böylece hangi kod nolu yolların hangi jeolojik formasyonlara tekabül ettiği belirlenmiştir. Daha sonra büroda belirlenen noktalar arazi yaya olarak gezilip incelenerek kesinleştirilmiştir. Kesinleştirilen noktalar materyal bölümünde bulunan Şekil 3.9'da verilmiştir. Bu noktaların hangi formasyonlara ait olduğu ve yerleri Çizelge 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11 de verilen koordinatların ölçekli olan Şekil 3.9 üzerine uygulanmasıyla bulunmaktadır. Belirlenen bu noktalardan o alanı temsil edecek nitelikte olmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Bazı standart deneyler için gerekli yaklaşık örnek ağırlıkları Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Deneyler için gerekli malzeme ağırlıkları (Demirel ve ark., 1999).

Deneyin Adı	Zemin Grupları		
	İri taneli	Orta taneli	İnce taneli
Tane boyutu dağılımı	20 kg	5 kg	500 g
Kıvam limitleri	1000 g	500 g	250 g
Sıkıştırma deneyleri	40 kg (10 kg)	40 kg (10 kg)	40 kg (10 kg)
Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR)	12 kg	12 kg	12 kg

Çizelge de iri taneli zemin içerdiği tanelerin en az %90'ı 37.5 mm elekten geçen, orta taneli zemin içerdiği tanelerin en az %90'ı 19.0 mm elekten geçen, ince taneli zemin ise içerdiği tanelerin en az %90'ı 2.00 mm elekten geçen zeminler olarak tanımlanmaktadır (Parantez içindeki ağırlıklar sıkıştırma sırasında taneleri ezilmeye yatkın olmayan malzemeler içindir). Çalışmada materyal eksikliği çekilmemesi için Çizelge 4.14'deki verilerin ışığında araştırma alanından her biri 70 kg olacak şekilde 264 adet toprak örneği elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu örnekler araştırmacı tarafından laboratuvar ortamına taşınmıştır.

Bilindiği gibi orman yol şebekesi genellikle dere ve yamaç yollarından oluşmaktadır. Arazinin incelenmesinde bu yolların bulunduğu yamaçların, yamaç tarafındaki kazı şevlerinden geniş ölçüde yararlanılmıştır. Bu kazı şevinde açılan çukurdan alınan örneğin kazı bünyesindeki malzemeyi temsil edecek şekilde olması gerekmektedir. Bunun için çukur açıldıktan sonra dibi iyice temizlenmiş ve branda serilmiştir. Çukurun duvarlarından biri üzerinde, yüzeydeki bitkisel toprağın altından itibaren çukurun dibine kadar kazma

yardımıyla bir oluk açılmıştır. Böylece tabana yayılı branda üzerindeki malzeme kürekle karıştırılarak örnek torbasına alınmıştır. Bu arada, kaya ya da saf halde bulunan kum ve çakıl gibi sıfır grup indeksi önceden bilinen kesimlerden, taban malzemesi olarak örnek almaya gerek olmadığı için, araştırma bölgesinde bu nitelikli olan yerlerden toprak örneği alınmamıştır.

Alınan örneklerin laboratuara gönderilmesi sırasında sıkı dokunmuş çuvalar kullanılmıştır. Örneklerin karışmaması için bir örnek etiketi çuvalın içine (B etiketi), bir tanesi örnek ambalajına (A etiketi) eklenmiştir. Üçüncü bir etikette (C etiketi), örnek alıcı tarafından nerelerden hangi örneklerin laboratuara getirildiğini belirlemek için örnek alıcı tarafından saklanmıştır (Çizelge 4.15). Örneklerin doğal su içeriklerinin belirlenmesi için, açılan çukurdan madeni kaplar içine yeteri kadar rutubet örnekleri alınmış ve su kaybını önlemek amacıyla ağızları bantlanmıştır.

Çizelge 4.15 Örnek etiketleri.

ÖRNEK ETİKETİ A (ÖRNEK AMBALAJINA EKLENİR)		
BÖLGE ADI	ÖRNEK NO	YOLUN ADI VE KODU
ÖRNEĞİN CİNSİ VE TİPİ		

ÖRNEK ETİKETİ B (ÖRNEK İÇİNE KONULUR)				
BÖLGE ADI	ÖRNEK NO	YOLUN ADI VE KODU		
ÖRNEĞİN CİNSİ VE TİPİ				
Örneğin Alındığı Yer		Km	M	Derinlik
Örneğin Cinsi ve Tipi				
Örneği Alan ve Alış Tarihi				
Alınan Örnek Miktarı				

ÖRNEK ETİKETİ					
C (ÖRNEK KONTROLÜ İÇİN SAKLANIR)					
BÖLGE ADI	ÖRNEK NO	YOLUN ADI VE KODU			
ÖRNEĞİN CİNSİ VE TİPİ					
Örneğin Alındığı Yer		Km	M	Derinlik	Açıklamalar (Koordinatlar)
Örneğin Cinsi ve Tipi					
Örneği Alan ve Alış Tarihi					
Alınan Örnek Miktarı					

4.7 ÇALIŞMADA UYGULANAN İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Materyal bölümünde de belirtildiği gibi Grup İndeksi metoduyla üstyapı kalınlıklarının belirlenmesinde 264 adet örnekte elek analizi, likit ve plastik limit analizleri uygulanmıştır. Daha sonra 264 adet örnek tek yönlü çok değişkenli varyans analizine (SPSS 10.0 paket programı ile) tabi tutulmuş ve örnekleri oluşturan formasyonların bu üç özellik (elek analizi, likit ve plastik limit analizleri) bakımından birbirlerinden farklı olup olmadıkları test edilmiştir.

CBR ölçümlerinin, istatistiksel anlamda aynı özellikler taşıyan örneklerde ölçümlerin tekrarlanmaması için, Cluster (Kümeleme) analizi (SPSS 10.0) uygulanmıştır. Kümeleme analizi sonucunda elde edilen grupların doğruluğu ise yine tek yönlü çok değişkenli varyans analiziyle test edilmiştir. Tek yönlü çok değişkenli varyans analizinde popülasyona ilişkin kurulan H_0 ve H_1 hipotezleri test edilmiştir.

İki ve daha fazla (çalışmada 8 grup) bağımsız gruplarda çok değişkenli normal dağılım gösteren popülasyonlara ilişkin kurulan hipotezlerin test edilmesinde, Tek Yönlü Çok Değişkenli Varyans Analizi (TY Multivariate ANalysis Of VAriance) kullanılır. Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi çalışmada TYMANOVA analizi kullanılmıştır. Çok değişkenli normal dağılım varsayımına göre kurulan çok değişkenli hipotezlerin test edilmesinde Hotelling T^2 ve MANOVA analizleri kullanılmaktadır. Çalışmada Hotelling T^2 testi bağımlı ve bağımsız çok değişkenli iki toplumu parametre vektörlerine göre test etmekte kullanılmaktadır. Grup sayısı ikiden fazla olduğunda T^2 yöntemi çalışmamakta ve MANOVA ile analizler yapılmaktadır (Özdamar, 2002). Bu nedenle Çok değişkenli Varyans Analizi tercih edilmiştir.

Varyans analizi hakkında kısaca bilgi verirse; çalışmalarda işlemler sonucunda elde edilen değerlerin genel ortalamalardan farklı olduğu gözükmemektedir. Bu farklılık (varyasyon) iki ana etkenden kaynaklanmaktadır (Ercan, 1997). Bunlar, denenen işlem veya konuların sebep olduğu farklılık yada deneysel hata olarak tanımlanan ve sonsuz sayıda dış etkenden kaynaklanan farklılıklardır. Bu iki sebep, her varyantın genel ortalamadan farklı olmasına neden olmaktadır. İşte varyans analizinin esası, varyantların genel ortalamadan ayrış kareler toplamını, bu ayrışlara sebep olan varyasyon kaynaklarının kareler toplamlarına göre kısımlara bölüp analiz etmektir.

Bu çalışmada zemin özelliklerinin formasyonlar üzerine etkileri arandığı için ortaya atılan hipotez “Formasyonlar arasında zemin özellikleri bakımından fark yoktur” şeklindedir. Dikkat edileceği üzere bu hipotez, zemin özelliklerinden kaynaklanması beklenen varyasyona dayanmaktadır. Bu denemedeki hipotez bir bakıma “*grupların aynı popülasyondan çekilmiş, aynı ortalamaya sahip bir tesadüf örneği olduklarını*” iddia etmektedir. Varyans analizi ile yapılan kontrol bunun doğru olup olmadığıdır. Normal popülasyonlar birbirinden aritmetik ortalama ve varyansları ile ayrılmaktadırlar. Varyans analizi, grupları ortalamaları bakımından inceler. Ancak hipotezin tam olarak kabul veya reddi için, grup varyanslarının da farklı olup olmadıklarının bilinmesi gerekmektedir. Yani Bartlett testi ile varyansların (kovaryans matrislerinin) homojenliğinin kontrolü gerekir (Ercan, 1997). Bu nedenle varyans analizi ile birlikte Bartlett testi de uygulanmıştır.

Kümeleme Analizi (KA, Cluster Analysis), veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen birimleri, değişkenleri yada birim ve değişkenleri birbiri ile benzer olan alt kümeler (grup, sınıf) ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur (Özdamar, 2002). Bu nedenle birimleri, değişkenler arası (elek analizi, likit ve plastik limit sonuçları) benzerlik (similarity) yada farklılıklara (dissimilarity) dayalı olarak hesaplanan bazı ölçülerden yararlanarak, homojen gruplara bölmek amacıyla kullanılmıştır. Bu analizde uzaklık ölçüsü olarak kare uzaklık ölçüsü (chi-square measure) tercih edilmiştir (ölçümler sayısal değerler olarak yapıldığından). Kümeleme yöntemi olarak Birleştirici Aşamalı Kümeleme Yöntemi (Agglomerative Hierarchical Clustering Methods) kullanılmıştır. Bu yöntem başlangıçta tüm birimlerin ayrı birer küme oluşturduğunu kabul ederek, n birimi aşamalı olarak sırasıyla $n, n-1, n-2, \dots, n-r, \dots, 3, 2, 1$ kümeye yerleştirmeyi amaçlamaktadır. Birimlerin birbirleriyle birleştirilmesinde; bir birimin küme olarak hangi birim yada kümelerle birleştirileceği, birimlerin yeni oluşan kümelerle olan uzaklıkları dikkate alınarak belirlenmiştir. Bu yöntemde m . kümenin, daha önce oluşan k . ve l . kümelerden hangisi ile birleşerek oluşacağını belirlemek için j . küme ile k . ve l . kümelerin uzaklıklarına bakılmaktadır. Bu uzaklıklar k ve l kümelerinin eleman sayısı ile çarpılarak ağırlıklandırılmaktadır. Elde olunan toplam, yeni oluşacak m . küme eleman sayısına bölünmektedir. En çok benzer çiftin bulunmasında grup içi benzerlik ortalaması k ve l kümelerine ait çiftlerin benzerlik ölçülerinden ve birim sayılarından yararlanılarak hesaplanmaktadır. Analizler sonucunda elde edilen sonuçlar tablolar ve grup kombinasyonları bulgular kısmında verilmiştir.

BÖLÜM 5

BULGULAR

Tüm örneklerin (264 adet) tabi tutulduğu elek ve Atterberg limitleri analizleriyle elde olunan sonuçlar Ek Açıklamalar bölümünde verilmiştir. Bu analiz sonuçları kümeleme analizine tabi tutulup formasyonlarda örnekler kümeler haline getirilmiştir. Aşağıdaki çizelgelerde örneklerin yer aldığı gruplar ve AASHTO ve USCS sınıflandırma sistemlerine göre grup sınıflandırmaları yer almaktadır. Aynı çizelgelerde örneklerin GI değerleri ve kümelerin CBR değerleri de sunulmuştur. Çizelgelerdeki derecelenme bilgileri üniformluk ve eğrilik katsayıları aracılığıyla metot kısmında anlatıldığı gibi hesaplanmıştır.

Formasyonlar halinde sonuçları vermeden önce, 8 adet formasyondan elde edilen veriler aracılığıyla araştırma alanındaki formasyonların (200 nolu elekten geçen % miktar, Plastik limit, likit limit değerlerine göre) birbirlerinden farklı olup olmadıkları TYMANOVA ile test edilmiştir.

Çizelge 5.1 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	4.582
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.1 sonucunda SPSS’de grup kovaryans matrisleri homojen bulunmuştur. Bartlett testi için kurulan homojenlik hipotezi H_0 (zemin özelliklerine bakımından grup kovaryans matrisleri homojendir) X^2_{hesap} değerinin X^2_{tablo} değerinden küçük olması ($4.582 < 11.070$) nedeniyle hipotez kabul edilmiştir. Bu sonuç, TYMANOVA’nın grupların önemliliği analizinde kullanılabileceğini göstermektedir.

Burada uygulanan her üç zemin analizi içinde varyans analizinde kullanılacak H_0 hipotezi:

H_0 : Elek analizi sonucunda elde edilen değişkenler (formasyonlar) arasında fark yoktur,

H_0 : Plastik limit analizi sonucunda elde edilen değişkenler arasında fark yoktur,

H_0 : Likit limit analizi sonucunda elde edilen değişkenler arasında fark yoktur. Şeklinde kurulmuştur. Buna karşın H_1 hipotezi ise:

H_1 : Elek analizi sonucunda elde edilen değişkenler (formasyonlar) arasında fark vardır,

H_1 : Plastik limit analizi sonucunda elde edilen değişkenler arasında fark vardır,

H_1 : Likit limit analizi sonucunda elde edilen değişkenler arasında fark vardır, şeklinde kurulmuştur.

Çizelge 5.2'den anlaşılabacağı gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde formasyonlar satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır (Çizelgelerde EA elek analizini, PLA plastik limit analizini, LLA ise likit limit analizini ifade etmektedir).

Çizelge 5.2 Formasyonların TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Formasyonlar	EA	7830.639	7	1118.663	11.775	0.000
	PLA	1600.857	7	228.694	5.109	0.000
	LLA	4409.473	7	629.925	6.264	0.000
Hata	EA	24320.800	256	95.003		
	PLA	11459.381	256	44.763		
	LLA	25745.159	256	100.567		

EA için; $F(7,256)=11.775$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(7,256)=5.109$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için ise; $F(7,256)=6.264$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri formasyonlara göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir (*: 0.05 olasılığı, **: 0.01 olasılığı, ***: 0.001 olasılığı ifade etmektedir).

5.1 ALAPLI FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR

Grup indeksi metoduna göre üstyapı kalınlığı tespiti, ülkemizde 202 sayılı tebliğde açıklandığı gibidir:

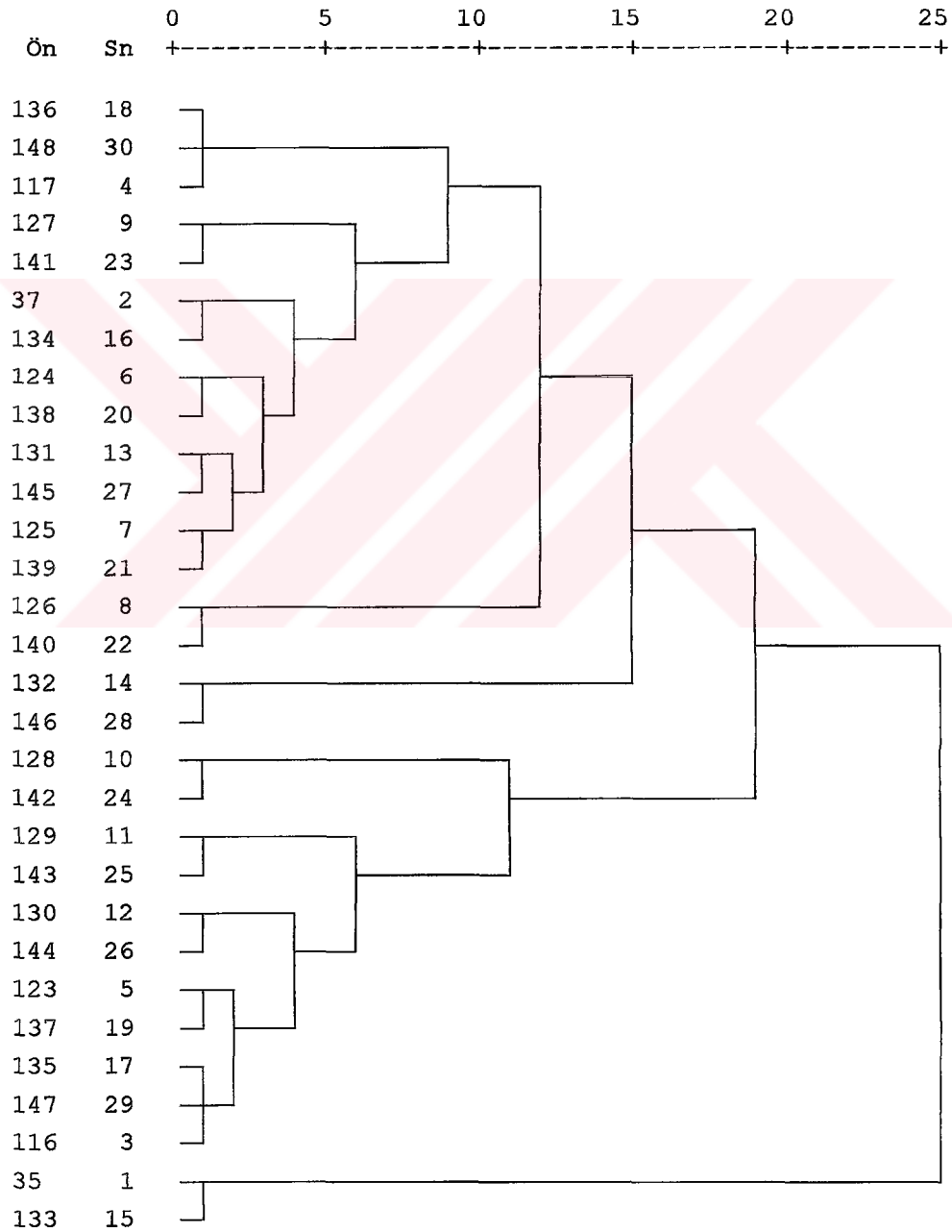
“Orman içindeki tali yolların çoğunda günlük ortalama trafik sayısı 50’nin altında bulunduğundan bu yollardaki üstyapı kalınlığının belirlenmesi için şekil 4.6’da 1 nolu eğriden faydalanılacak, ana orman yollarında günlük ortalama trafik sayısı 50’yi aşıya bile büyük çoğunlukla 125’in altında bulunacağından bu gibi yollarda üstyapı kalınlığının belirlenmesinde 2 nolu eğriden faydalanılacaktır.” (OGM, 1984)

Bu nedenle aşağıda oluşturulan çizelgelerde tüm formasyonlar için 1 ve 2 nolu eğriler dikkate alınmıştır. Ancak bulunan en büyük Grup İndeksi (GI) değeri (tüm formasyonlar için) 5 olduğundan hangi eğri kullanılırsa kullanılsın bulunan toplam üstyapı kalınlığı 25 cm olmuştur (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 Alaplı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
	AASHTO	USCS			
117	A-2-6	SC	0	25	8
136	A-2-6	SC	0	25	
148	A-2-6	SC	0	25	
126	A-4	SC	1	25	4
140	A-6	SC	2	25	3
132	A-6	SC	2	25	
146	A-6	SC	2	25	
128	A-1-a	GP	0	25	33
142	A-1-a	GP	0	25	
35	A-4	SM	1	25	8
133	A-4	SM	1	25	
116	A-2-7	SC	1	25	
123	A-2-7	SM	1	25	4
129	A-2-6	SC	1	25	
130	A-2-7	SC	1	25	
135	A-2-7	SC	1	25	
137	A-2-7	SM	1	25	
143	A-2-6	SC	1	25	
144	A-2-7	SC	1	25	
147	A-2-7	SC	1	25	
37	A-2-4	SM-SC	0	25	4
124	A-2-4	SM	0	25	
125	A-2-6	SM	0	25	
131	A-2-4	SC	0	25	
134	A-2-4	SM-SC	0	25	
138	A-2-4	SM	0	25	
139	A-2-6	SM	0	25	
145	A-2-4	SC	0	25	
127	A-5	ML-OL	3	25	8
141	A-5	ML-OL	3	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Alaplı formasyonu 8 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.1) görülmektedir. Belirlenen 8 kümede bulunan örnekler aşağıda verilmiştir. Burada küme rakamları önünde verilen harfler Ek Açıklamalarda görülen Proktor analizi ve CBR analizi deney formlarındaki laboratuvar numaralarını ifade etmektedir. Tüm kümeleme kombinasyonlarında, Ön: örnek numarasını, Sn: SPSS programındaki satır numarasını göstermektedir.



Şekil 5.1 Alaplı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Formasyonun kümelemeleri şu şekilde oluşmuştur:

P1= 117,136,148

P2= 126,140

P3= 132,146

P4= 128,142

P5= 35,133

P6= 116,123,129,130,135,137,143,144,147

P7= 37,124,125,131,134,138,139,145

P8= 127,141

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; Bartlett testi sonucunda SPSS’de grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{hesap}=6.114 < X^2_{tablo}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdilemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	6.114
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.5’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.5 Alaplı formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	849.911	7	121.416	50.987	0.000
	PLA	573.244	7	81.892	34.499	0.000
	LLA	1298.944	7	185.563	32.996	0.000
Hata	EA	52.389	22	2.381		
	PLA	52.222	22	2.374		
	LLA	123.722	22	5.624		

EA için; $F(7,22)=50.987$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(7,22)=34.499$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için; $F(7,256)=32.996$

$P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri kümelerine göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

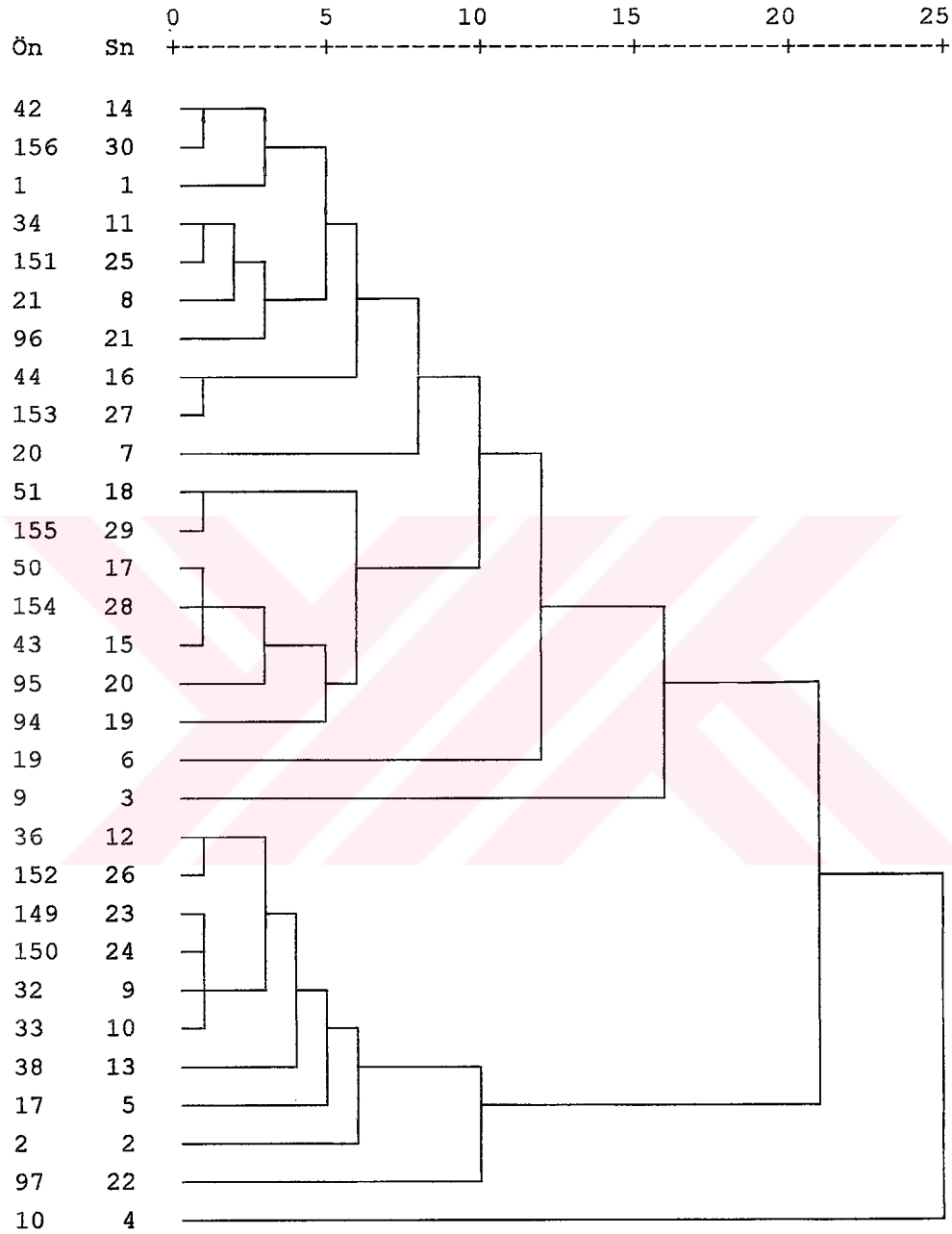
5.2 ÇAKRAZ FORMASYONU İLGİLİ BULGULAR

Çakraz formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI'ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Çakraz formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
AASHTO	USCS				
32	A-2-4	SM	0	25	7
33	A-2-4	SM	0	25	
36	A-2-4	SM-SC	0	25	
149	A-2-4	SM	0	25	
150	A-2-4	SM	0	25	
152	A-2-4	SM-SC	0	25	
9	A-4	ML-OL	1	25	4
19	A-4	ML-OL	1	25	
2	A-2-4	SM	0	25	2
17	A-2-4	SM-SC	0	25	
38	A-2-4	SC	0	25	
97	A-3	SP	0	25	11
43	A-2-7	SM	1	25	
50	A-2-6	SC	0	25	
94	A-2-4	SM-SC	0	25	
95	A-2-4	GM-GC	0	25	
154	A-2-6	SC	0	25	
1	A-2-4	SC	0	25	8
42	A-2-6	SC	0	25	
156	A-2-6	SC	0	25	
21	A-2-4	SM-SC	0	25	6
34	A-2-4	SM	0	25	
96	A-2-4	SM-SC	0	25	
151	A-2-4	SM	0	25	
20	A-1-a	GP	0	25	6
44	A-4	ML-OL	0	25	
153	A-4	SC	0	25	
51	A-6	SC	1	25	2
155	A-6	SC	1	25	
10	A-5	ML-OL	3	25	4

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Çakraz formasyonu 9 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.2) görülmektedir.



Şekil 5.2 Çakraz formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Formasyonda belirlenen 9 kümede bulunan örnekler şöyledir:

AM1= 32,33,36,149,150,152

AM2= 9,19

AM3= 2,17,38,97

AM4= 43,50,94,95,154

AM5= 1,42,156,

AM6= 21,34,96,151

AM7= 20,44,153

AM8= 51,155

AM9= 10

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{hesap}=10.409 < X^2_{tablo}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdilemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	10.409
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.8’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.8 Çakraz formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	1521.733	8	190.217	3.756	0.007
	PLA	694.017	8	86.752	2.816	0.027
	LLA	1699.017	8	212.377	3.725	0.007
Hata	EA	1063.467	21	50.641		
	PLA	646.950	21	30.807		
	LLA	1197.283	21	57.013		

EA için; $F(8,21)=3.756$ $P=0.007^{**}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(8,21)=2.816$ $P=0.027^*$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için; $F(8,21)=3.725$ $P=0.007^{**}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri kümelere göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.3 ÇAYCUMA FORMASYONU İLGİLİ BULGULAR

Çaycuma formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI'ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Çaycuma formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması AASHTO	USCS	GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
68	A-2-7	SM	1	25	7
75	A-2-4	SM-SC	0	25	
76	A-2-7	SM	0	25	
77	A-2-4	SM	0	25	
157	A-2-4	SM	0	25	
158	A-2-7	SM	0	25	
159	A-2-4	SM	0	25	
22	A-2-7	SM	0	25	2
23	A-2-7	SM	0	25	
24	A-2-7	SM	0	25	
25	A-2-7	SM	0	25	
28	A-2-7	SM	1	25	
29	A-2-7	SM	1	25	
30	A-2-7	SM	0	25	
31	A-2-7	SM	0	25	
74	A-2-7	GM	0	25	
64	A-5	ML-OL	1	25	4
67	A-5	ML-OL	0	25	
26	A-7-5	MH-OH	4	25	2
27	A-7-5	MH-OH	4	25	
65	A-7-5	MH-OH	3	25	
78	A-7-5	MH-OH	3	25	
61	A-5	ML-OL	1	25	3
62	A-5	ML-OL	1	25	
63	A-5	MH-OH	1	25	
66	A-5	ML-OL	1	25	
69	A-5	ML-OL	1	25	
70	A-5	ML-OL	1	25	
79	A-5	ML-OL	1	25	
80	A-5	ML-OL	1	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Çaycuma formasyonu 5 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.3) görülmektedir. Belirlenen 5 kümede bulunan örnekler şöyledir:

T1= 68,75,76,77,157,158,159

T2= 22,23,24,25,28,29,30,31,74

T3= 64,67

T4= 26,27,65,78

T5= 61,62,63,66,69,70,79,80

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{hesap}=10.012 < X^2_{tablo}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdelemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

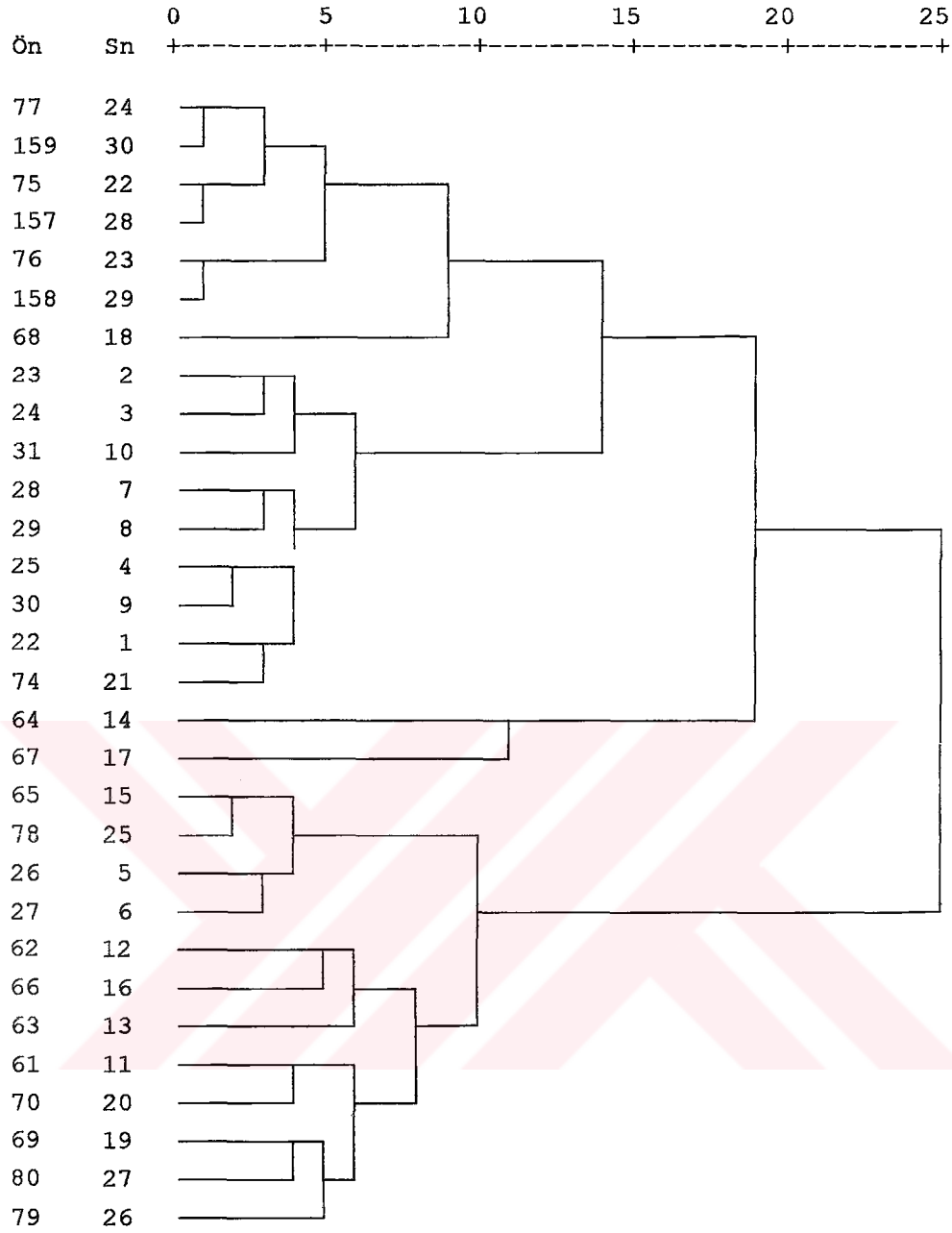
X^2	10.012
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.11’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.11 Çaycuma formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	1588.527	4	397.132	37.990	0.000
	PLA	345.711	4	86.428	2.010	0.124
	LLA	914.911	4	228.728	2.872	0.044
Hata	EA	261.339	25	10.454		
	PLA	1075.089	25	43.004		
	LLA	1991.089	25	79.644		

EA için; $F(4,25)=37.990$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(4,25)=2.010$ $P=0.124$ H_0 kabul edilir, LLA için; $F(4,25)=2.872$ $P=0.044^*$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA ve LLA değişkenleri kümelerle göre önemli düzeyde farklılık göstermekte olup PLA farklılık göstermemektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.



Şekil 5.3 Çaycuma formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

5.4 DİNLENCE FORMASYONU İLE İLGİLİ BULGULAR

Dinlence formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI'ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.12'da verilmiştir.

Çizelge 5.12 Dinlence formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
AASHTO	USCS				
121	A-4	SM	1	25	13
122	A-4	SM	0	25	
166	A-4	SM-SC	1	25	
169	A-4	SM-SC	1	25	
170	A-4	SM-SC	1	25	
173	A-4	SM-SC	1	25	
174	A-4	SM-SC	1	25	
181	A-4	SM	1	25	
182	A-4	SM	0	25	
167	A-6	SC	2	25	1
168	A-6	SC	2	25	
171	A-6	SC	2	25	
172	A-6	SC	2	25	
175	A-6	SC	2	25	
89	A-2-6	SM-SC	0	25	3
90	A-2-6	SM-SC	0	25	
91	A-2-7	SM-SC	0	25	
92	A-2-6	SM-SC	0	25	
93	A-2-7	SC	0	25	
176	A-2-6	SC	0	25	
177	A-2-6	SC	0	25	
178	A-2-7	SM-SC	0	25	
179	A-2-6	SC	0	25	
180	A-2-7	SC	0	25	
160	A-5	ML-OL	2	25	1
161	A-5	ML-OL	3	25	
162	A-5	ML-OL	2	25	
163	A-5	ML-OL	3	25	
164	A-5	ML-OL	2	25	
165	A-5	ML-OL	3	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Dinlence formasyonu 4 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.4) görülmektedir.

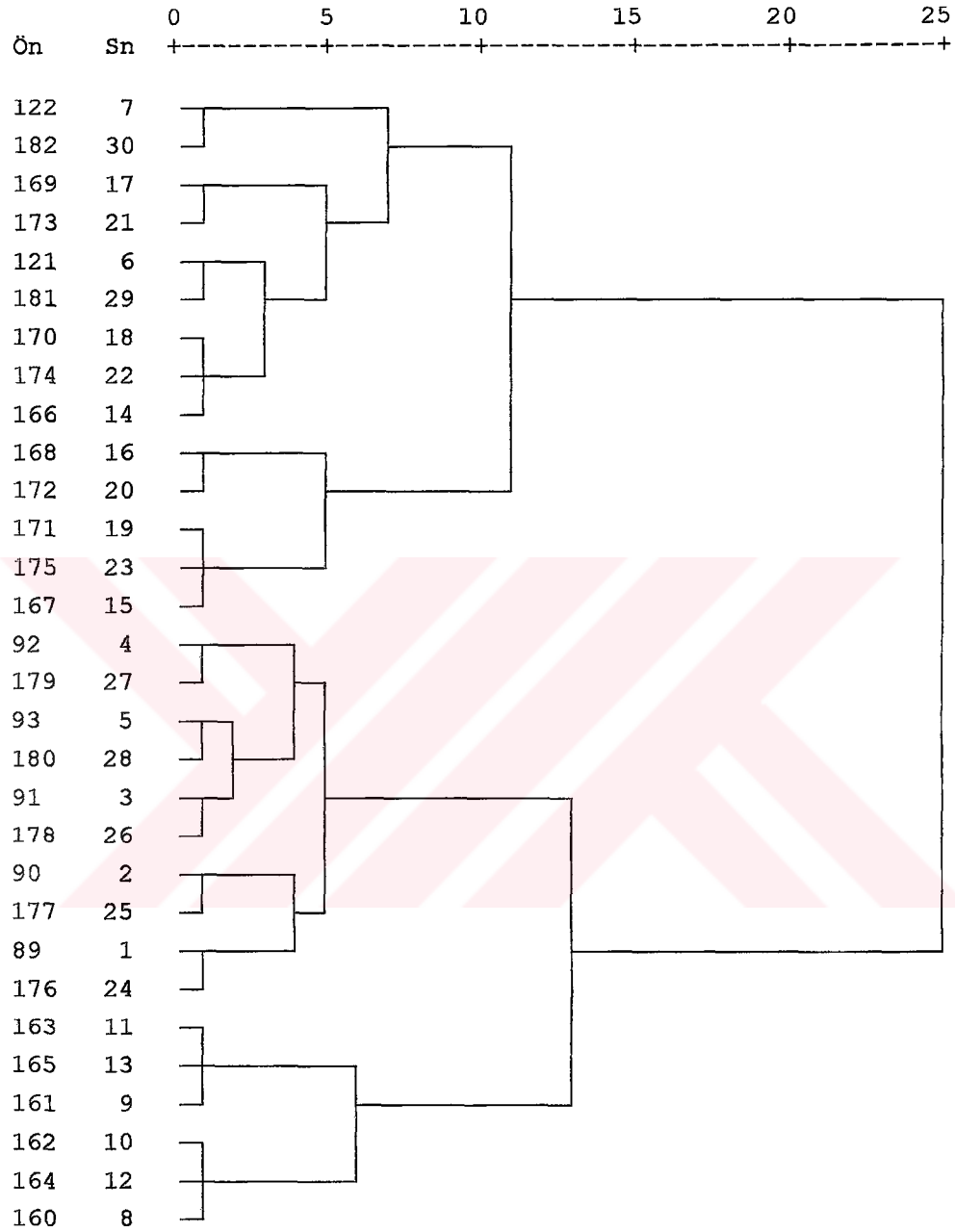
Dinlence formasyonda oluşan 4 kümede aşağıda belirtilen örnekler yer almaktadır (CBR ölçümlerinde gruplarda koyu renkle gösterilen örnekler kullanılmıştır):

AY1= **121**,122,166,169,170,173,174,181,182

AY2= **167**,168,171,172,175

AY3= 89,90,91,92,93,176,177,178,179,180

AY4= 160,161,162,163,164,165



Şekil 5.4 Dinlence formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{\text{hesap}}=2.835 < X^2_{\text{tablo}}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdelemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

χ^2	2.835
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.14’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.14 Dinlence formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	2504.211	3	834.737	208.506	0.000
	PLA	344.711	3	114.904	23.131	0.000
	LLA	2125.244	3	708.415	63.457	0.000
Hata	EA	104.089	26	4.003		
	PLA	129.156	26	4.968		
	LLA	290.256	26	10.164		

EA için; $F(3,26)=208.506$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(3,26)=23.131$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için; $F(3,26)=63.457$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri kümelerle göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.5 KAZPINARI FORMASYONU İLE İLGİLİ BULGULAR

Kazpınarı formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI’ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.15’de verilmiştir.

Çizelge 5.15 Kazpınarı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
AASHTO	USCS				
198	A-5	MH-OH	3	25	8
262	A-5	ML-OH	2	25	
264	A-5	MH-OH	3	25	
107	A-7-5	MH-OH	5	25	4
108	A-7-5	MH-OH	4	25	
115	A-4	SC	2	25	17
120	A-2-4	SC	0	25	
184	A-2-6	SC	0	25	
185	A-2-6	SM	0	25	
188	A-2-6	SC	0	25	
189	A-2-6	SC	0	25	
192	A-2-6	SC	0	25	
197	A-2-5	GM	0	25	21
199	A-2-7	GM	0	25	
200	A-2-7	SM	0	25	
201	A-2-4	SM	0	25	
202	A-2-4	SM	0	25	
263	A-2-5	GM	0	25	
261	A-3	SP	0	25	13
118	A-2-6	SM	0	25	4
119	A-2-6	SM	0	25	
183	A-2-7	SM	1	25	
186	A-2-4	SM	0	25	
187	A-2-7	SM	1	25	
190	A-2-4	SM	0	25	
191	A-2-7	SM	1	25	
193	A-2-4	SM	0	25	
194	A-2-4	SM	0	25	
195	A-2-4	SM	0	25	
196	A-2-4	SM	0	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Kazpınarı formasyonu 6 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.5) görülmektedir.

Kazpınarı formasyonunda oluşan 6 kümede aşağıda belirtilen örnekler yer almaktadır (CBR ölçümlerinde gruplarda koyu renkle gösterilen örnekler kullanılmıştır):

KY1= 198,262,264

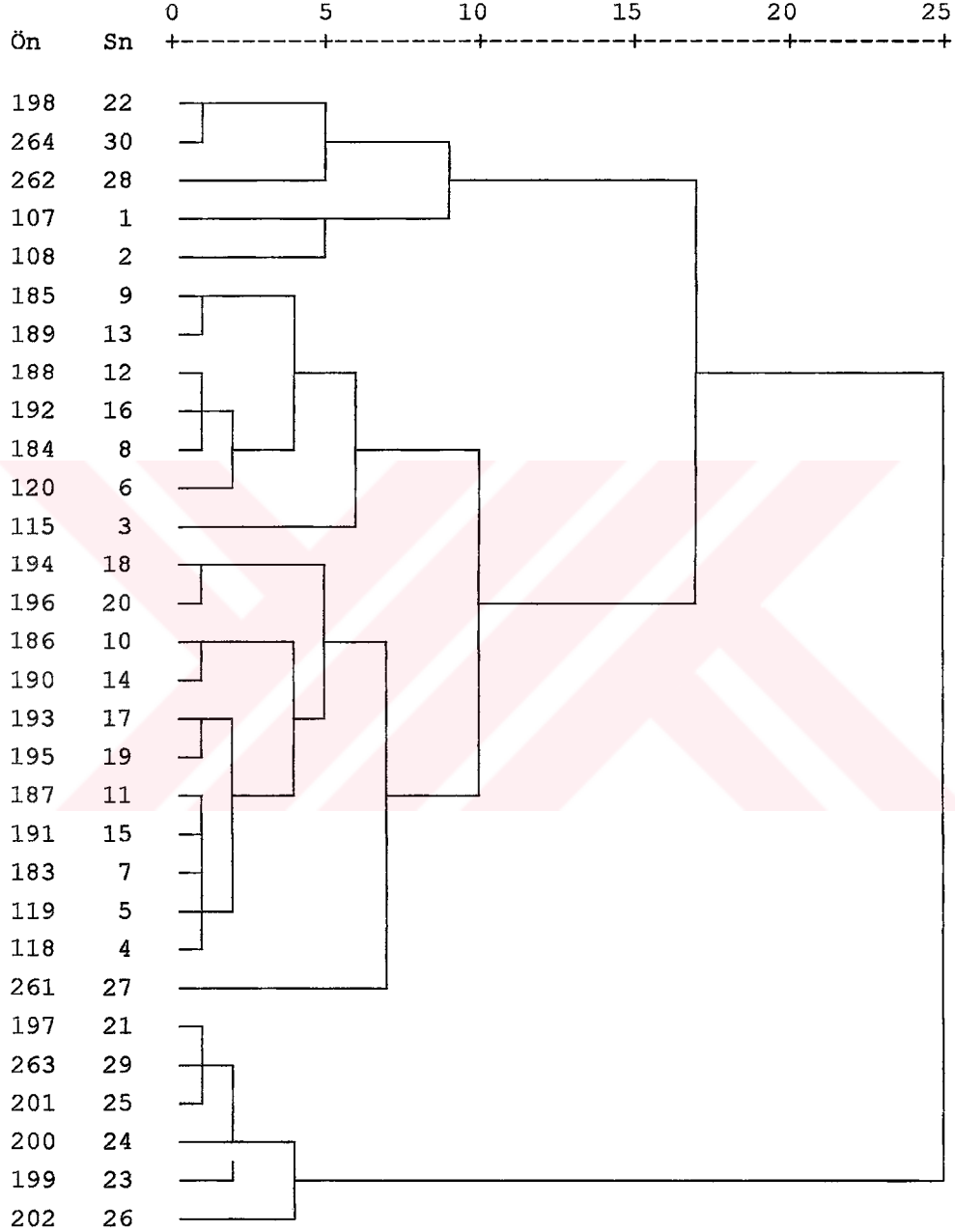
KY2= 107,108

KY3= 115,120,184,185,188,189,192

KY4= 197,199,200,201,202,263

KY5= 261

KY6= 118,119,183,186,187,190,191,193,194,195,196



Şekil 5.5 Kazpınarı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{hesap}=2.605 < X^2_{tablo}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdilemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	2.605
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.17’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.17 Kazpınarı formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	5090.843	5	1018.169	102.404	0.000
	PLA	2094.390	5	418.878	53.395	0.000
	LLA	3089.241	5	617.852	32.828	0.000
Hata	EA	238.623	24	9.943		
	PLA	188.277	24	7.845		
	LLA	451.706	24	18.821		

EA için; $F(5,24)=102.404$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip, H_1 kabul edilir, PLA için; $F(5,24)=53.395$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip, H_1 kabul edilir, LLA için; $F(5,24)=32.828$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip, H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri kümelere göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.6 KİLİMLİ FORMASYONU İLE İLGİLİ BULGULAR

Kilimli formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI’ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18 Kilimli formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması AASHTO	USCS	GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
52	A-2-4	GM	0	25	6
59	A-2-4	SC	0	25	
81	A-2-4	SM	0	25	
84	A-2-4	SM	0	25	
208	A-2-4	GM	0	25	
215	A-2-4	SM	0	25	
224	A-2-4	SC	0	25	
226	A-2-4	SM	0	25	
18	A-6	SC	2	25	4
72	A-4	SM	1	25	
83	A-5	MH-OH	3	25	
87	A-7-5	MH-OH	5	25	
88	A-7-5	MH-OH	4	25	
100	A-4	SM	1	25	
101	A-4	SC	0	25	
207	A-5	MH-OH	3	25	
213	A-6	SC	2	25	
217	A-5	ML-OL	3	25	
218	A-5	ML-OL	3	25	
221	A-4	SM	1	25	
222	A-4	SM	1	25	
225	A-5	ML-OL	2	25	
86	A-2-4	SM	0	25	9
216	A-2-4	SM	0	25	5
4	A-4	SC	0	25	
60	A-2-7	SM	1	25	
98	A-2-4	SM	0	25	
99	A-2-7	SM	0	25	
204	A-2-4	SM	0	25	
211	A-2-4	SM	0	25	
219	A-2-7	SM	0	25	
220	A-2-4	SM	0	25	7
73	A-2-7	SC	0	25	
214	A-2-7	SM	0	25	3
57	A-2-7	SC	0	25	
210	A-2-7	SM	0	25	3
3	A-4	SC	1	25	
6	A-6	SC	2	25	
71	A-7-5	MH-OH	4	25	
85	A-7-5	MH-OH	3	25	
203	A-7-5	MH-OH	3	25	
206	A-4	SM	1	25	
212	A-7-5	MH-OH	4	25	5
5	A-4	SC	0	25	
53	A-4	SM	0	25	5
55	A-4	SM	1	25	
82	A-4	SM-SC	1	25	
102	A-4	SM	1	25	
205	A-4	SM	1	25	
209	A-4	SM-SC	1	25	
223	A-4	SM	1	25	
54	A-2-4	SM	0	25	4
56	A-2-4	SC	0	25	
58	A-2-4	SC	0	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Kilimli formasyonu 9 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.6) görülmektedir. Kilimli formasyonunda oluşan 9 kümede aşağıda belirtilen örnekler yer almaktadır (CBR ölçümlerinde gruplarda koyu renkle gösterilen örnekler kullanılmıştır):

K1= 52,59,81,84,208,215,224,226

K2= 18,72,83,87,88,100,101,207,213,217,218,221,222,225

K3= 86,216

K4= 4,60,98,99,204,211,219,220

K5= 73,214

K6= 57,210

K7= 3,6,71,85,203,206,212

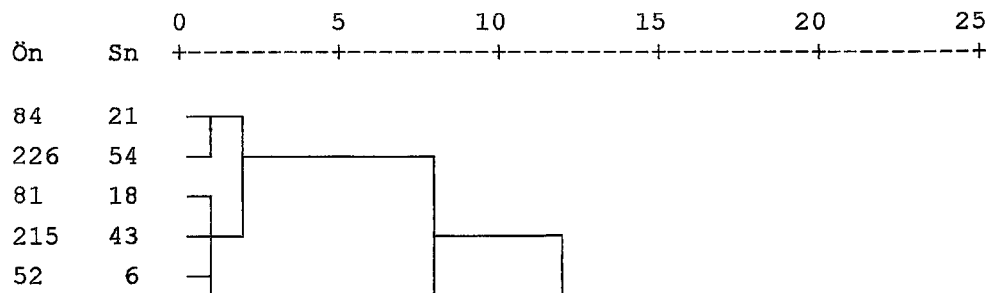
K8= 5,53,55,82,102,205,209,223

K9= 54,56,58

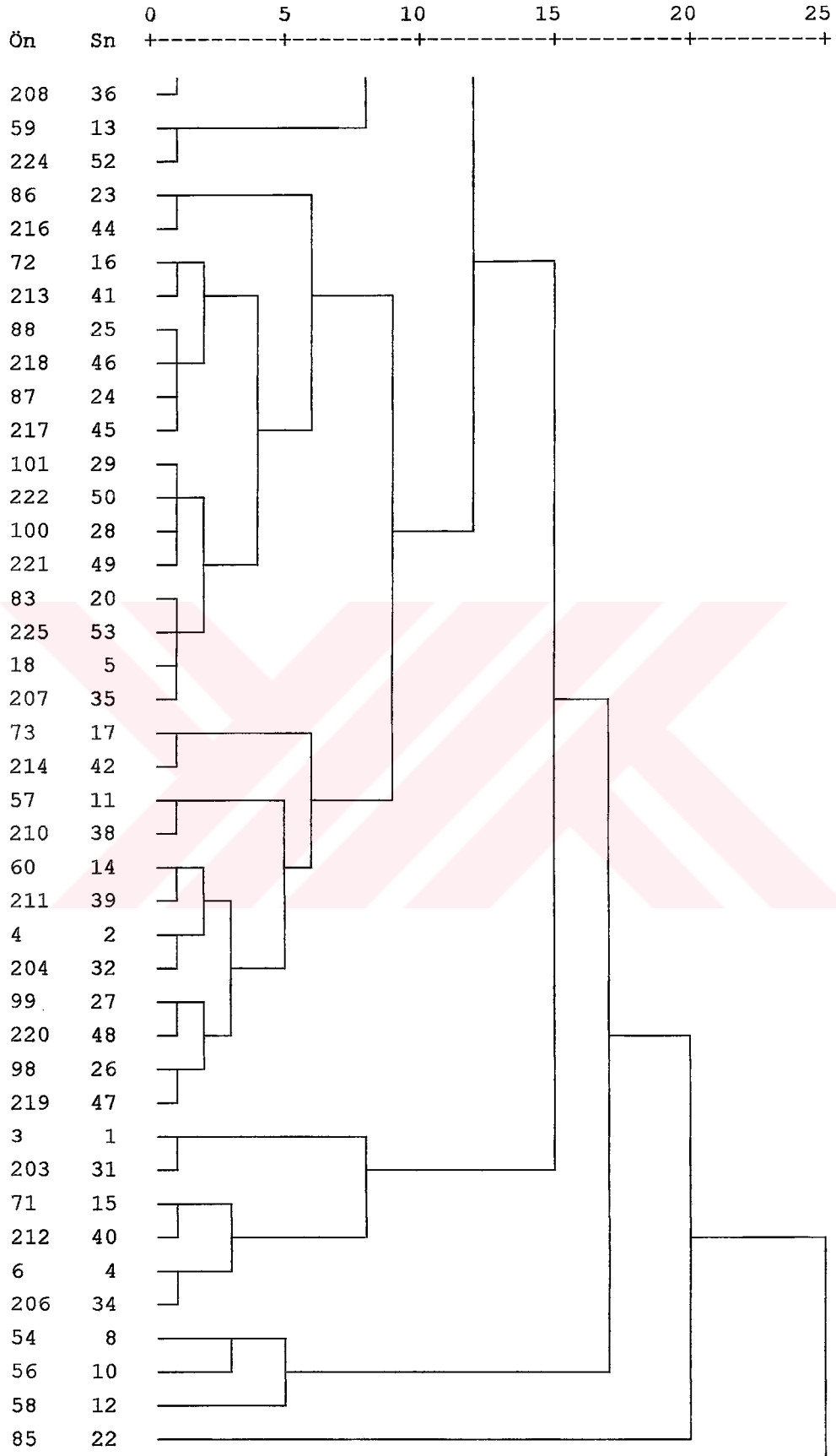
Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS'de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{\text{hesap}}=1.346 < X^2_{\text{tablo}}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdelemede TYMANOVA'nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

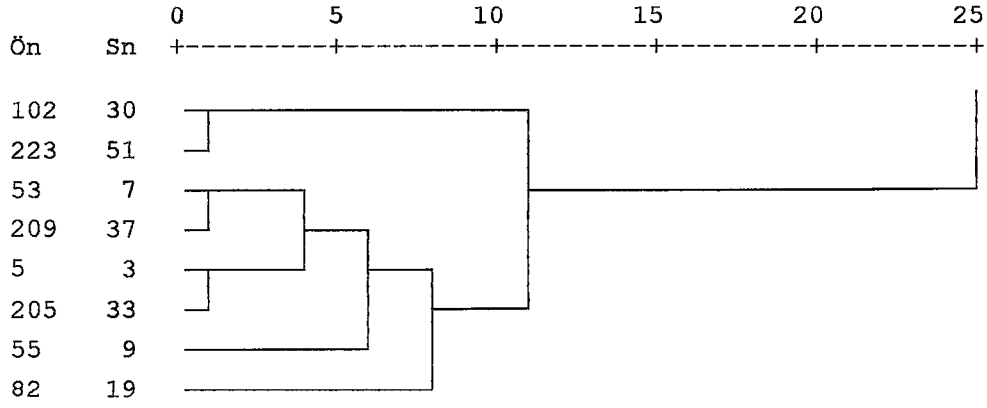
X^2	1.346
S.D.	5
P	0.000



Şekil 5.6 Kilimli formasyonu için kümeleme kombinasyonu.



Şekil 5.6 (devam ediyor).



Şekil 5.6 (devam ediyor).

Çizelge 5.20’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.20 Kilimli formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	1816.690	8	227.086	64.347	0.000
	PLA	372.821	8	46.603	1.858	0.091
	LLA	1355.389	8	169.411	3.256	0.005
Hata	EA	158.810	45	3.529		
	PLA	1128.661	45	25.081		
	LLA	2341.470	45	52.033		

EA için; $F(8,45)=64.347$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(8,45)=1.858$ $P=0.091$ H_0 kabul edilir, LLA için; $F(8,45)=3.256$ $P=0.005^{**}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, LLA değişkenleri kümelere göre önemli düzeyde farklılık göstermekte olup PLA kümelere göre farklılık göstermemektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.7 YILANLI FORMASYONUyla İLGİLİ BULGULAR

Yılanlı formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI’ göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.21’de verilmiştir.

Çizelge 5.21 Yılanlı formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
103	A-2-7	GM	0	25	22
104	A-2-7	GM	0	25	
105	A-2-7	GM	0	25	
106	A-2-7	GM	0	25	
113	A-2-5	GM	0	25	
111	A-7-6	SC	1	25	4
114	A-7-5	MH-OH	3	25	
234	A-7-6	SC	4	25	
236	A-7-6	SC	4	25	
238	A-7-6	SC	4	25	
110	A-2-6	SC	0	25	14
112	A-2-4	SM	0	25	
233	A-2-4	SM	0	25	
235	A-2-4	SC	0	25	
237	A-2-4	SC	0	25	
239	A-2-4	SM	0	25	3
109	A-3	SP	0	25	
227	A-2-7	SC	1	25	
228	A-2-7	SC	2	25	
229	A-2-7	SC	0	25	
230	A-2-7	GM	0	25	14
231	A-2-7	SC	0	25	
232	A-2-4	SM	0	25	
240	A-2-7	SM	1	25	
243	A-2-4	SM	0	25	
244	A-2-7	SM	1	25	4
241	A-2-6	SC	0	25	
242	A-2-6	SC	0	25	
245	A-2-6	SC	0	25	
246	A-2-6	SC	0	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Yılanlı formasyonu 7 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.7) görülmektedir. Yılanlı formasyonunda oluşan 7 kümede aşağıda belirtilen örnekler yer almaktadır (CBR ölçümlerinde gruplarda koyu renkle gösterilen örnekler kullanılmıştır):

S1= 103,104,105,106,113

S2= 111, 114,234,236,238

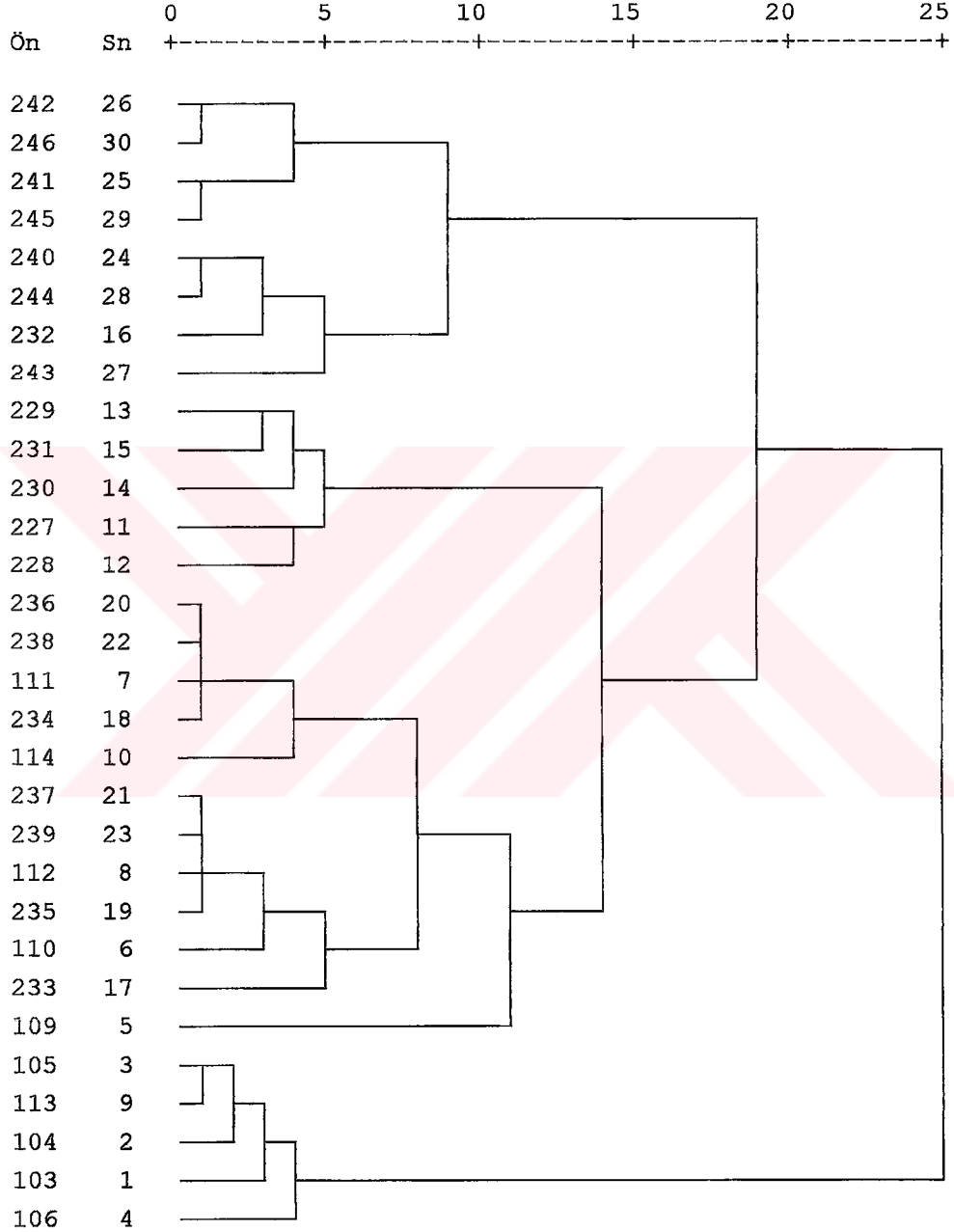
S3= 110,112,233,235,237,239

S4= 109

S5= 227,228,229,230,231

S6= 232,240,243,244

S7= 241,242,245,246



Şekil 5.7 Yılanlı formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{\text{hesap}}=4.292 < X^2_{\text{tablo}}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdlemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.22).

Çizelge 5.22 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	4.292
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.23’de görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

Çizelge 5.23 Yılanlı formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	3424.433	6	570.739	108.458	0.000
	PLA	1078.983	6	179.831	29.611	0.000
	LLA	2847.817	6	474.636	27.405	0.000
Hata	EA	121.033	23	5.262		
	PLA	139.683	23	6.073		
	LLA	398.350	23	17.320		

EA için; $F(6,23)=108.458$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(6,23)=29.611$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için; $F(6,23)=27.405$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, LLA değişkenleri kümelerle göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.8 ZONGULDAK FORMASYONU İLE İLGİLİ BULGULAR

Zonguldak formasyonuna ait örneklerin derecelenme, grup sınıflaması, GI, GI’ne göre üstyapı kalınlığı ve CBR değerleri Çizelge 5.24’da verilmiştir.

Çizelge 5.24 Zonguldak formasyonuna ait örneklerin sınıflandırma ve üstyapı sonuçları.

Örnek No	Grup Sınıflandırması		GI	GI'ne göre Üstyapı Kalınlığı (cm)	CBR %
AASHTO	USCS				
15	A-4	SC	4	25	7
257	A-4	SC	4	25	
14	A-2-4	SM	0	25	32
39	A-2-4	SM-SC	0	25	
45	A-2-7	SM	0	25	
48	A-2-4	SM-SC	0	25	
49	A-2-4	SC	0	25	
250	A-2-4	SM-SC	0	25	
251	A-2-4	SC	0	25	
256	A-2-4	SM	0	25	
258	A-2-4	SM-SC	0	25	
13	A-4	SM	2	25	11
255	A-4	SM	2	25	
7	A-1-b	SM	0	25	7
247	A-1-b	SM	0	25	
11	A-2-7	GC	0	25	8
12	A-2-6	SC	0	25	
16	A-2-7	SM	0	25	
253	A-2-7	GM	0	25	
254	A-2-6	SC	0	25	
260	A-2-6	SM	0	25	
8	A-2-6	SC	0	25	7
40	A-2-4	SC	0	25	
41	A-1-b	SW-SM	0	25	
46	A-2-7	SM	1	25	
47	A-2-7	SM	1	25	
248	A-2-7	SM	1	25	
249	A-2-7	SM	1	25	
252	A-2-6	SM	0	25	
259	A-2-4	SC	0	25	

Uygulanan Cluster analizi sonucunda Zonguldak formasyonu 6 kümeye ayrılmıştır. SPSS'in maksimum bağlantı uzaklığını 25 kabul ederek diğer uzaklıkları uygun dönüştürmeyle çizdiği grafiksel kümeleme aşağıda (Şekil 5.8) görülmektedir. Formasyonda oluşan 6 kümede aşağıda belirtilen örnekler yer almaktadır (CBR ölçümlerinde gruplarda koyu renkle gösterilen örnekler kullanılmıştır):

L1= 15,257

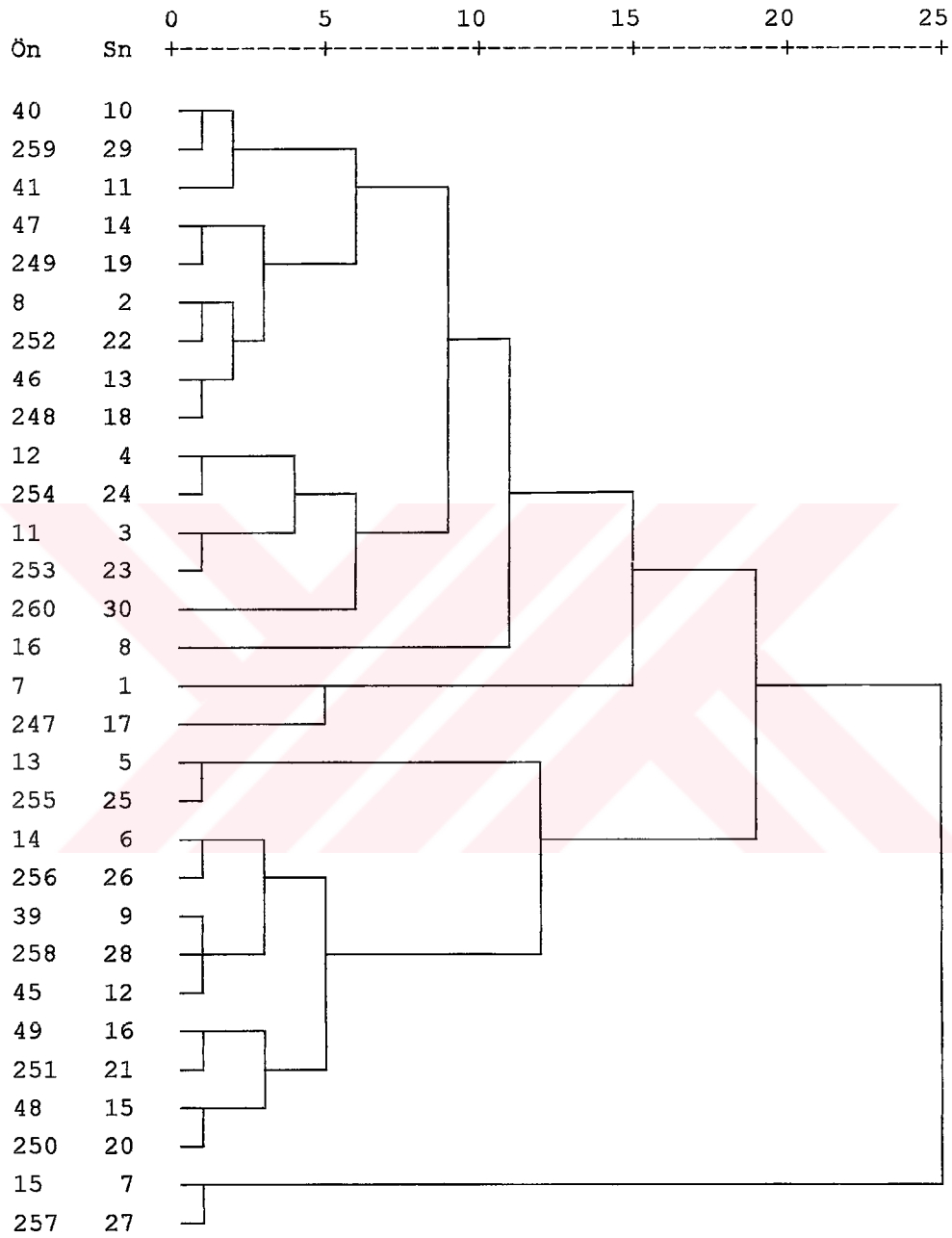
L2= 14,39,45,48,49,250,251,256,258

L3= 13,255

L4= 7,247

L5= 11,12,16,253,254,260

L6= 8,40,41,46,47,248,249,252,259



Şekil 5.8 Zonguldak formasyonu için kümeleme kombinasyonu.

Elde edilen sonuçlar TYMANOVA ile irdelendiğinde; SPSS’de Bartlett testi sonucunda grupların kovaryans matrislerinin homojen olduğu ($X^2_{\text{hesap}}=1.308 < X^2_{\text{tablo}}=11.070$ ve H_0 kabul) ve bu irdilemede TYMANOVA’nın kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 5.25).

Çizelge 5.25 Bartlett testi ile grup kovaryans matrislerinin homojenliğinin test edilmesi.

X^2	1.308
S.D.	5
P	0.000

Çizelge 5.26’da görüldüğü gibi değişkenlerin (EA, PLA, LLA) grupların farklılığına etkisi vardır. Değişkenler gruplara göre önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Önemliliklerin belirlenmesinde kümelemeler satırında yer alan değerlerden yararlanılmıştır.

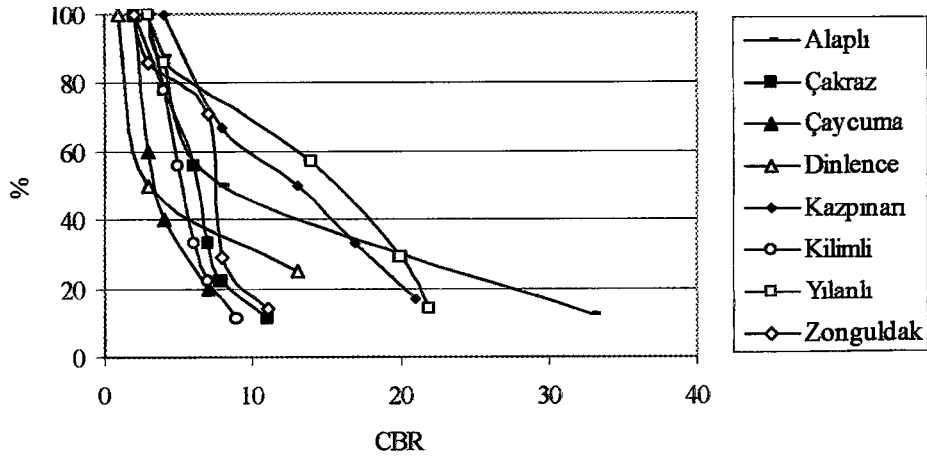
Çizelge 5.26 Zonguldak formasyonunun TYMANOVA sonuçları.

Varyasyon Kaynağı	Bağımlı Değişkenler	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F	P
Kümelemeler	EA	4912.478	5	982.496	38.515	0.000
	PLA	1026.578	5	205.316	3.141	0.025
	LLA	1761.689	5	352.338	2.191	0.089
Hata	EA	612.222	24	25.509		
	PLA	1568.889	24	65.370		
	LLA	3859.111	24	160.796		

EA için; $F(5,24)=38.515$ $P=0.000^{***}$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, PLA için; $F(5,24)=3.141$ $P=0.025^*$ H_0 reddedilip H_1 kabul edilir, LLA için; $F(5,24)=2.191$ $P=0.089$ H_0 kabul edilir. Dolayısıyla SPSS sonucuna göre EA, PLA, değişkenleri kümelerle göre önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Fakat LLA değerleri kümelerle göre önemli düzeyde farklı değildir. Bulunan grupların Proktor ve CBR ölçüm sonuçları deney formlarına işlenmiş şekilde Ek Açıklamalar C kısmında verilmiştir.

5.9 PROJE CBR DEĞERİNİN SEÇİMİ VE ÇEŞİTLİ ÜSTYAPI ÇÖZÜMLEMELERİ

Bütün formasyonlar için Proje CBR değerleri, %60 ($T_{8.2}=10^4$), %75 ($T_{8.2}=10^5$) ve %90 ($T_{8.2}=10^7$) proje emniyet yüzdelerinde (P.E.Y.) Şekil 5.9 yardımıyla bulunmuştur. Bulunan bu CBR değerleri Şekil 4.1’deki abak üzerine uygulandığında formasyonlar için elde edilen ağırlıklı üstyapı sayıları aşağıdaki Çizelge 5.27’de verilmiştir.



Şekil 5.9 Formasyonlar için proje CBR değerinin seçimi.

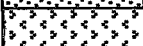
Alaplı for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=5.8, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=4.8, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=4.0
Çakraz for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=4.7, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=4.0, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=3.2
Çaycuma for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=3.0, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=2.6, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=2.3
Dinlence for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=2.1, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=1.6, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=1.3
Kazpınarı for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=9.7, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=6.3, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=5.1
Kilimli for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=5.2, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=4.1, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=3.5
Yılanlı for. : $T_{8.2}=10^4$ için CBR=13.0, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=7.8, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=3.5
Zonguldak for.: $T_{8.2}=10^4$ için CBR=7.5, $T_{8.2}=10^5$ için CBR=6.4, $T_{8.2}=10^7$ için CBR=2.1

Çizelge 5.27 Formasyonlara göre ağırlıklı üstyapı sayıları ($\overline{SN}$)

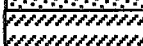
Formasyonu	Ağırlıklı Üstyapı Sayısı		Formasyonu	Ağırlıklı Üstyapı Sayısı	
	P.E.Y. %60	P.E.Y %75		P.E.Y. %60	P.E.Y %75
Alaplı	7.9	8.2	Kazpınarı	7.1	7.7
Çakraz	8.4	8.7	Kilimli	8.1	8.5
Çaycuma	8.9	9.3	Yılanlı	6.6	7.4
Dinlence	9.7	10.5	Zonguldak	7.6	7.9

Boyutlandırma çalışmalarında tali yollar için proje emniyet yüzdeleri %50-80 arasında alınabilmektedir (Dündar, 1998). Bütün formasyonlar için hem %60 hem de %75 proje emniyet yüzdelerinde çeşitli çözümler verilmiştir (Çizelge 5.28, 5.29, 5.30, 5.31, 5.32, 5.33, 5.34, 5.35).

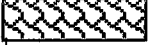
Çizelge 5.28 Alaplı formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		% 5.9 (% 60 proje emniyeti)			% 4.8 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 7.9 (abaktan)			: 8.2 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a- değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a- değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		25	0.11	2.8	26	0.11	2.9
Kırmataş tabaka		34	0.15	<u>5.1</u>	35	0.15	<u>5.3</u>
Zemin				7.9			8.2
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		72	0.11	<u>7.9</u>	74	0.11	<u>8.2</u>
Zemin				7.9			8.2
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		39	0.20	<u>7.9</u>	41	0.20	<u>8.2</u>
Zemin				7.9			8.2
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		53	0.15	<u>7.9</u>	55	0.15	<u>8.2</u>
Zemin				7.9			8.2
Asfalt makadam kaplama		10	0.34	3.4	10	0.34	3.4
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		41	0.11	<u>4.5</u>	44	0.11	<u>4.8</u>
Zemin				7.9			8.2

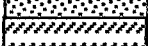
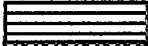
Çizelge 5.29 Çakraz formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		% 4.7 (% 60 proje emniyeti)			% 4.0 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 8.4 (abaktan)			: 8.7 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a- değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a- değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		30	0.11	3.3	30	0.11	3.3
Kırmataş tabaka		34	0.15	<u>5.1</u>	36	0.15	<u>5.4</u>
Zemin				8.4			8.7
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		76	0.11	<u>8.4</u>	79	0.11	<u>8.7</u>
Zemin				8.4			8.7
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		42	0.20	<u>8.4</u>	43	0.20	<u>8.7</u>
Zemin				8.4			8.7
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		56	0.15	<u>8.4</u>	58	0.15	<u>8.7</u>
Zemin				8.4			8.7
Asfalt makadam kaplama		10	0.34	3.4	10	0.34	3.4
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		45	0.11	<u>5.0</u>	48	0.11	<u>5.3</u>
Zemin				8.4			8.7

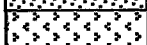
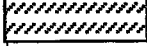
Çizelge 5.30 Çaycuma formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 3.0 (% 60 proje emniyeti)			% 2.6 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 8.9 (abaktan)			: 9.3 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		21	0.11	2.3	22	0.11	2.4
Kırmataş tabaka		44	0.15	<u>6.6</u>	46	0.15	<u>6.9</u>
Zemin				8.9			9.3
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		81	0.11	<u>8.9</u>	84	0.11	<u>9.3</u>
Zemin				8.9			9.3
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		45	0.20	<u>8.9</u>	46	0.20	<u>9.3</u>
Zemin				8.9			9.3
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		59	0.15	<u>8.9</u>	62	0.15	<u>9.3</u>
Zemin				8.9			9.3
Asfalt makadam kaplama		12	0.34	4.1	12	0.34	4.1
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		44	0.11	<u>4.8</u>	47	0.11	<u>5.2</u>
Zemin				8.9			9.3

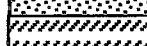
Çizelge 5.31 Dinlence formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 2.1 (% 60 proje emniyeti)			% 1.5 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 9.7(abaktan)			: 10.5 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		31	0.11	3.4	34	0.11	3.7
Kırmataş tabaka		42	0.15	<u>6.3</u>	44	0.15	<u>6.8</u>
Zemin				9.7			10.5
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		88	0.11	<u>9.7</u>	95	0.11	<u>10.5</u>
Zemin				9.7			10.5
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		48	0.20	<u>9.7</u>	52	0.20	<u>10.4</u>
Zemin				9.7			10.4
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		65	0.15	<u>9.7</u>	70	0.15	<u>10.5</u>
Zemin				9.7			10.5
Asfalt makadam kaplama		14	0.34	4.8	15	0.34	5.1
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		45	0.11	<u>4.9</u>	49	0.11	<u>5.4</u>
Zemin				9.7			10.5

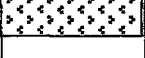
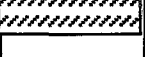
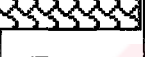
Çizelge 5.32 Kazpınarı formasyonu için üstyapı çözümleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 9.7 (% 60 proje emniyeti)			% 6.3 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 7.1 (abaktan)			: 7.7 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		21	0.11	2.3	24	0.11	2.6
Kırmataş tabaka		32	0.15	<u>4.8</u>	34	0.15	<u>5.1</u>
Zemin				7.1			7.7
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		64	0.11	<u>7.1</u>	70	0.11	<u>7.7</u>
Zemin				7.1			7.7
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		35	0.20	<u>7.1</u>	38	0.20	<u>7.7</u>
Zemin				7.1			7.7
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		47	0.15	<u>7.1</u>	51	0.15	<u>7.7</u>
Zemin				7.1			7.7
Asfalt makadam kaplama		10	0.34	3.4	10	0.34	3.4
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		43	0.11	<u>4.7</u>	39	0.11	<u>4.3</u>
Zemin				7.1			7.7

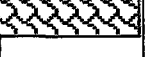
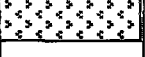
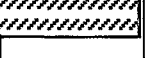
Çizelge 5.33 Kilimli formasyonu için üstyapı çözümleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 5.2 (% 60 proje emniyeti)			% 4.1 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 8.1 (abaktan)			: 8.5 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		22	0.11	2.4	23	0.11	2.5
Kırmataş tabaka		38	0.15	<u>5.7</u>	40	0.15	<u>6.0</u>
Zemin				8.1			8.5
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		74	0.11	<u>8.1</u>	77	0.11	<u>8.5</u>
Zemin				8.1			8.5
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		41	0.20	<u>8.1</u>	42	0.20	<u>8.5</u>
Zemin				8.1			8.5
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		54	0.15	<u>8.1</u>	57	0.15	<u>8.5</u>
Zemin				8.1			8.5
Asfalt makadam kaplama		12	0.34	4.1	12	0.34	4.1
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		36	0.11	<u>4.0</u>	40	0.11	<u>4.4</u>
Zemin				8.1			8.5

Çizelge 5.34 Yılanlı formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 13.0 (% 60 proje emniyeti)			% 7.8 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 6.6 (abaktan)			: 7.4 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		22	0.11	2.4	24	0.11	2.6
Kırmataş tabaka		28	0.15	<u>4.2</u>	32	0.15	<u>4.8</u>
Zemin				6.6			7.4
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		60	0.11	<u>6.6</u>	67	0.11	<u>7.4</u>
Zemin				6.6			7.4
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		33	0.20	<u>6.6</u>	37	0.20	<u>7.4</u>
Zemin				6.6			7.4
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		44	0.15	<u>6.6</u>	49	0.15	<u>7.4</u>
Zemin				6.6			7.4
Asfalt makadam kaplama		7	0.34	2.4	8	0.34	2.7
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		38	0.11	<u>4.2</u>	43	0.11	<u>4.7</u>
Zemin				6.6			7.4

Çizelge 5.35 Zonguldak formasyonu için üstyapı çözümlmeleri.

Zemin taşıma yeteneği		: % 7.5 (% 60 proje emniyeti)			% 6.4 (% 75 proje emniyeti)		
Üst yapı sayısı		: 7.6 (abaktan)			: 7.9 (abaktan)		
		Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı	Tabaka kalınlığı (cm)	a-değeri	Üst yapı sayısı
Doğal yuvarlak killi çakıl malzeme		23	0.11	2.5	23	0.11	2.5
Kırmataş tabaka		34	0.15	<u>5.1</u>	36	0.15	<u>5.4</u>
Zemin				7.6			7.9
Killi aşınma Tabakası		10	-	-	10	-	-
Stabilize ve kırmataş tabakası		69	0.11	<u>7.6</u>	72	0.11	<u>7.9</u>
Zemin				7.6			7.9
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Çimento stabilize		38	0.20	<u>7.6</u>	39	0.20	<u>7.9</u>
Zemin				7.6			7.9
Killi aşınma tabakası		10	-	-	10	-	-
Kırmataş tabakası		51	0.15	<u>7.6</u>	53	0.15	<u>7.9</u>
Zemin				7.6			7.9
Asfalt makadam kaplama		10	0.34	3.4	10	0.34	3.4
Doğal yuvarlak çakıl malzeme		38	0.11	<u>4.2</u>	43	0.11	<u>4.5</u>
Zemin				7.6			7.9

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bartın yöresi orman yollarının üstyapı kalınlığının bulunmasında ilk önce OGM’ce halen kullanılmakta olan GI yöntemi kullanılmıştır. Bulgulardan da anlaşılacağı gibi bu yöntemle bulunan kalınlık bütün yol kesimleri için aynı bulunmuştur. Grup indeksi yöntemi üstyapı kalınlığının hesabında iki ayrı veriden yararlanmaktadır. Bunlar grup indeksi değeri ve günlük ortalama trafik sayısıdır. Yani boyutlandırmayı etkileyen faktörlerden sadece iki tanesini dikkate almaktadır. Yöresel koşulları, zeminin taşıma yeteneğini ve yapı malzemesinin özelliklerini dikkate almamaktadır. Bu nedenle GI yöntemi birçok kuruluş tarafından uzun süredir terkedilmiştir.

Bartın yöresi yollarının grup indeksi değerleri 0 ile 5 arasında değişmektedir. Orman yollarında trafik yoğunluğu çok az olduğundan çözümlemede 1 yada 2 nolu eğri kullanılmaktadır. 0 ile 5 arasında çıkan değerler örneklerin GI metoduna göre taban zemini malzemesi olarak iyi ve orta seviyede olduğunu göstermektedir. Ancak boyutlandırmada 1 yada 2 nolu eğriler kullanıldığından taban zemini olarak elverişlilik derecesi kötü çıksaydı bile gerekli üstyapı kalınlığı 20-35 cm arasında bulunacaktı. Bu sonuç bize taban zemini olarak kullanılması mümkün olmayan zeminler için bile 35 cm üstyapı kalınlığının yeterli olduğunu söylemektedir. Orman yolları, çok yoğun bir trafiğe sahip olmasa bile orman ürünleri gibi ağır yüklerin taşındığı yollar olduğundan bu tür çözümlerle beklenen faydanın sağlanamayacağı ortadadır. Ayrıca yol yapım maliyetlerinin % 4.82’sini bakım masraflarına ayırmamız da bu sonucu destekler mahiyettedir. Günümüzde gelişmiş ülkeler yol üstyapısı projelendirme yöntemlerine ve uygulama esaslarına daha çok önem vermeye başlamışlardır. Böylece yolun hizmet ömrünün kısalmasının ve ileride yol üstyapısını korumaya yönelik çalışmalarda harcanacak ek maliyetin önüne geçmiş olacaklardır.

Yapılan literatür çalışmasında da GI yönteminin uzun süredir terkedilmiş olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanında AASHO metoduyla ilgili yayınlara 1970’li yıllardan beri rastlanmaktadır. Coşgun (1994) çalışmasında; AASHO yönteminin trafik yükü, bölge ve iklim koşulları, zemin taşıma gücü ve üstyapıda kullanılan malzeme özellikleri gibi birçok faktörü dikkate aldığı için, doğru bir projelendirme yapmada öncelikli bir yöntem olabileceği sonucuna varmıştır. Hirt (1972) İsviçre’de modern trafik için yeterli uygunlukta yapılmayan tali yolların ağ şebekelerine dönüştürülmesi sırasında AASHO yönteminin kullanımını anlatmıştır. Sayılan nedenlerden dolayı Bartın yöresi orman yolları formasyonlara göre, birde AASHO metoduyla boyutlandırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla araştırma alanında zeminlerin taşıma yeteneği CBR yöntemiyle ölçülmüştür. Yapılan analizler sonucunda; bütün formasyonlardan alınan örneklerin % 48.2’sinde (26/54) CBR değeri %5’in altında bulunmuştur. Bu sonuç çok önemlidir. Çünkü mevcut formasyonlardaki zeminlerin neredeyse yarısının taşıma yeteneği çok düşük demektir. Yapılan incelemeler zemin taşıma yeteneğinin CBR değeri olarak en az %5 olması gerektiğini ortaya koymuştur (Erdaş, 1997). Bu tür zeminlerin elverişli hale gelmeleri için; yeterince kurutulup sıkıştırılması, tabanın en üst tabakasının stabilizasyonu yada mekanik stabilizasyon gibi çeşitli tedbirler gerekmektedir. Araştırma alanındaki formasyonlar tek tek incelendiğinde ortalama CBR değerlerinin; Alaplı formasyonu için % 9, Çakraz formasyonu için % 5.6, Çaycuma formasyonu için % 3.6, Dinlence formasyonu için % 4.5, Kazpınarı formasyonu için % 11.2, Kilimli formasyonu için % 5.1, Yılanlı formasyonu için % 11.6, Zonguldak formasyonu için % 12 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlarla bulgular kısmında verilen çözümlemeler birlikte düşünüldüğünde Bartın yöresi orman yolları için gerekli üstyapı kalınlığının 25 cm’nin çok üzerinde olması gerektiği görülmektedir.

Üstyapı çalışmalarında boyutlandırmaya konu olan alan uzadıkça maliyette azalmaktadır. Roth çalışmasında; çalışılacak alan 1 km’yi geçtiğinde doğal yollara nazaran taşıma mukavemetinin stabilize yollarda daha büyük olacağını maliyetin ise buna nazaran düşük olacağını belirtmiştir. Kobayashi ve Fukuda tarafından 10 ana, 7 tali orman yolunda 284 noktada CBR ölçümü yapılmıştır. Taşıma kapasitesi olarak ana ve tali yollar arasında farklılık olduğu gibi yolların farklı bölümlerinde de anlamlı farklar bulunmuştur. Bu da yapılan çalışmada araştırma alanındaki jeolojik formasyonlarda yakın değerler bulunmasıyla birlikte bazı farklı sonuçların da (örneğin Zonguldak formasyonunda L2’nin CBR değerinin % 32 çıkması gibi) çıkmasını açıklamaktadır. Kikuchi tarafından da Atterberg limitleri ve CBR arasındaki ilişki incelenmiştir. Sutopo yaptığı incelemede zarar

gören bir çok orman yolunun % 2.8 taşıma kapasitesine sahip olduğunu ve bu yolların 20 cm'lik üstyapı kalınlığıyla donatıldığını belirtmiştir. Orta dereceli trafik yoğunluğunda 22.5 cm'lik üstyapı kalınlığının da 3-5 ton aks yüküne sahip traktörler için minimum değer olabileceğini ifade etmiştir. Okagbue ve Uma yaptıkları çalışmada jeolojinin temel materyali ve yol üstyapısı üzerindeki etkisinin ne derece önemli olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu nedenle de araştırma alanı jeolojik formasyonlara bölünüp üstyapı boyutlandırılmasına konu edilmiştir.

Bununla birlikte American Association of State Highway Officials (AASHO)'nun 1960 yılında yol projelerinin aplikasyonu hakkında yayınladığı el kitabında “Yol mühendisine, yapımı olanak dahilinde yol üstyapı tipleri arasında kesin olarak kıyas ve seçme imkanı veren teorik ve rasyonel bir metot yoktur” cümlesi yer almaktadır. Bu ifade; karar vermeye esas teşkil eden koşulların ancak bazıları nitelik yönünden ele alınabildiğinden veya hesaplanabildiğinden doğru kabul edilmektedir (Erdaş, 1997). AASHO metodunun kullanımının uygun olacağı belirtilirken bu metodun eksik yanlarının da ifade edilmesi gerekir. Bu metoda göre zeminin taşıma yeteneği, trafik, yöresel koşullar ve yapı malzemesinin özellikleri göz önüne alındığında orman yollarında üstyapının boyutlandırılması olanak dahilinde olmaktadır.

AASHO Yol Deneyinin en önemli eksikliklerinden birisi, çok çeşitli yapısal farklılıklar gösteren üstyapıların değişik trafik yükleri ve sayıları karşısında davranışlarının incelenmesine karşın, tek bir çevre ve belirli iklim koşullarında yapılmış olmasıdır. Bu durumda çeşitli iklim ve çevre koşulları gösteren ülkemizde bölge faktörünün belirlenmesinin zorluğu ortadadır. Bu nedenle yapılan çalışmalar, projeyi hazırlayanın kendi gözlemleri ve proje özel koşulları dikkate alınarak bu faktör belirlenmelidir.

AASHO Yol Deneyi üstyapılarında kullanılan malzemeler için tabaka katsayılarının ortalama değerleri deneylerin sonuçlarından belirlenmiştir. Ancak farklı malzemeler için katsayı değerleri arazi tecrübesine, öteki deney yollarına ve tabakalı elastisite teorisinin uygulanmasına dayanılarak geliştirilmiştir (Umar ve Ağar, 1991). Bu nedenle malzemelerin şartnamelerde belirtilen özellikleri değiştiğinde aynı katsayıların kullanılması uygun olmamaktadır. Bunlar AASHO yönteminin eksikleri olarak görülmektedir.

Bu çalışmada AASHO (1972) dizayn metodu kullanılmıştır. Yukarıda açıklanan eksiklikler henüz ülkemizde kullanılmamakta olan 1986 AASHO dizayn metodunda giderilmeye çalışılmıştır. Bu metot daha realistik yaklaşımlar ve kavramlar getirmiştir (Tunç, 2001). Bu metotta zemin taşıma gücü yerine zemin esneklik modülü (M_R), bölgesel faktör (R) yerine rasyonel değerlere dayalı çevre etkileri, trafik tahminine bağlı hata risklerini azaltmak amacıyla güvenilirlik katsayısı, tabaka katsayılarının M_R ile belirlenebilmesi ve drenaj şartları, kademeli inşaat kavramı, performans analizi gibi kavramlar sunulmuştur. Burada güvenilirlik katsayısından kasıt, geleceğe yönelik trafik tahminlerinde ve 8.2 ton tek-dingil yüküne dönüştürme faktörlerindeki yanılmaların elimine edilebilmesi için güvenilirlik riskinin belirlenmesidir. Bu yaklaşımda dizayncı emniyetli tarafta kalmak amacıyla dizayn parametreleri için aşırı tahminlerde bulunmak yerine her bir dizayn parametresi için ortalama değerleri seçip güvenilirlik seviyesinin üst sınırını kullanabilecektir. Zira çevre etkileri arttıkça kaplama kalınlığı da artacaktır.

Bulgular kısmında ve yukarıda açıklanan bilgilerin ışığı altında Bartın yöresi orman yollarının özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Zemin özellikleri yeterli olmadığında seçilecek birkaç yol bulunmaktadır. Bunlar; kötü zemini bir yöntemle geçerek temelleri sağlam tabakaya oturtmak, yapı temellerini zayıf zeminin taşıyabileceği özelliklerde yapmak, kötü malzemeyi tamamen kaldırarak ıslah ettikten sonra tekrar yerleştirmek, zeminin özelliklerini yerinde yapılan işlemlerle iyileştirmektir. İnşaat yerinin değiştirilmesi veya istenilen özelliklere sahip olmayan zeminlerin atılarak yerine elverişli zeminlerin kullanılması ise teknolojik ve ekonomik nedenlerle çoğu kere uygun çözümler olarak kabul edilmemektedir (Önalp, 1982). Bu gibi durumlarda zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde de kullanılabilecek yöntemler iki ana başlık altında incelenebilir (Özaydın, 1999):

- a. Toprak dolgularda kullanılacak zeminlerin malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi ve uygun dolgu hazırlama yöntemleridir. Bu yöntemler; sıkıştırma (kompaksiyon) ve katkı malzemeleri (kireç, çimento, baca külü, asfalt, kimyasal maddeler gibi) kullanılması ile zemin özelliklerinin iyileştirilmesi yöntemleridir.
- b. Tabii zemin tabakalarının özelliklerini yerinde iyileştirme yöntemleri olarak; ön yükleme, drenaj, enjeksiyon ve dinamik stabilizasyon yöntemleri sayılabilir.

Bu yöntemler arasından hangisinin kullanılacağı elde bulunan imkanlar ile ekonomik veriler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir. Eğer sıkıştırma yöntemi kullanılacaksa zeminin cinsine, uygulanacak kompaksiyon enerjisine ve elde edilmesi istenen sıklık derecesine bağlı olarak seçilecek serilme kalınlığının 15-50 cm arasında olması gerekmektedir. Bu sıkıştırma işleminin en verimli şekilde yerine getirilebilmesi için kohezyonsuz (temiz kumlar ve çakıllar) zemin tabakalarının arazide sıkıştırılmasında en etkili makineleri oluşturan (Özaydın, 1999) titreşimli silindirler kullanılabilir. Kohezyonlu (Siltli ve killi) zeminlerin sıkıştırılmasında da aslında her iki zemin içinde kullanılabilen lastik tekerlekli silindirler kullanılabilir.

Eğer katkı maddeleri kullanılarak bir iyileştirme söz konusu olacaksa kömürle çalışan termik santrallerin bacalarından toplanan taneli malzeme (baca külü) ile birlikte kireç zemine karıştırılabilir. Böylece baca külü, iri taneli zeminlerin arasını doldurduğu gibi kil mineralleri ile kireç arasında ortaya çıkan pozzolonik reaksiyonlar sonucu bir çeşit çimentolama nedeni ile zeminin mukavemetini arttırmaktadır. Çimento yada asfalt stabilizasyon yöntemleri de kullanılabilir. Bölüm 5’de verilen bulgulara göre bütün formasyonların stabilizasyon çalışmasına söz konusu olması kaçınılmazdır. Bu nedenle CBR değerleri 0-10 arasında bulunan yolların zeminleri elverişli hale getirilmelidir. Orman yolları açısından zemin stabilizasyonu mekanik, kireçle, çimentoyla ve bitümlü maddelerle gerçekleştirilmektedir (Erdaş, 1997). Orman yolları için ekonomik olan kireç-baca külü karışımı daha uygun gözükmemektedir. Gerekli materyal bölgeye çok yakın olan Ereğli Demir Çelik fabrikasından temin edilebilecektir. Ancak temin edilen materyalin çalışma sahasına getirilme masrafları ayrıca hesaplanmalıdır. Çıkan sonuç diğer yöntemlerin maliyetleri ile karşılaştırılarak karar verilmelidir.

Zemin tabakalarının yerinde özelliklerinin iyileştirilmesi, kaplama ve kaplama altı tabakalarının özelliklerinin iyileştirilmesi için elverişli bir yöntem oluşturmaktadır. İri taneli zeminlerin mühendislik özelliklerinin en etkili şekilde sıklık derecelerini arttırmakla, ince taneli zeminlerin ise sıklık derecesinden daha önemli olarak su muhtevalarını azaltmakla iyileştirilebileceği bilinmektedir. Bu nedenle orman yollarında iri taneli zeminlerde zemin yüzeyinde titreşimli yükler uygulanması yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemin dışında inşaat mühendisliğinde vibroflotation, kum kazıklar, dinamik kompaksiyon yöntemleri de kullanılmaktadır (Önalp, 1982). İnce taneli zemin

tabakalarının sıkıştırılmasında ise ön yükleme, yer altı su seviyesinin indirilmesi ve enjeksiyon yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu yöntemlere değinecek olursak; Ön yükleme yönteminde amaç kullanılacak arazinin yapısında önce yüklenmesi yoluyla yapının uzun vadeli oturmalarını hızla oluşturmak, bunun sonucu siltli ve killi zeminin taşıma gücünü arttırmaktır. Bu yöntemde önemli olan gerçek yükler altında oluşacak toplam sıkışmayı temin edecek ön gerilmenin zaman limitinin hesaplanması ve verilen ek yükün etkisi altında istenen sıkışmanın ne kadar zaman alacağını kestirilmesidir. Bu yöntem uzun vadeli bir çalışma istemesi (orman yollarında çalışma periyodunun kısa olması) ve uygulamasının geniş alanlarda söz konusu olması nedeniyle orman yollarında uygulanabilirliği yoktur. Bunun yanı sıra ek yükün kalkmasından sonra da tabakanın önemli bir bölümünde oturmaların sürdüğü izlenmektedir. Buna karşın drenaj sınırlarındaki kesimlerde yük hızla boşalmaktadır. Bundan dolayı doğacak şişmeler ihmal edilebilirse de tabaka ortasında konsolidasyon tamamlanmadığından uzun vadede olumsuz etkileri mevcuttur. Bu yöntemde konsolidasyonu sağlamak için en çok kullanılan yük taneli malzemelerdir. Bunun yanında tanklar içinde su, yeraltı su düzeyinin düşürülmesi, yüzeye bir miktar yük altında serilen plastik örtü yardımıyla vakum uygulanması başvurulmuş yollar arasında sayılabilir (Önalp, 1982).

Silt ve siltli kil gibi ince taneli zeminlere doğru akım uygulandığında boşluk suyunun anottan (+) katot'a (-) hareket ettirilmesine elektro-osmoz denir. Eğer katottan toplanan su sistem dışına pompalanır bu sırada anot yeni suyla beslenmezse etkin bir iyileştirme mekanizması kurulmuş olacaktır. Bu sırada anot tarafından özel sıvılar bırakıldığında zemin ek bir stabilizasyon etkisi almaktadır. Açıklamalardan da anlaşılacağı üzere bu yöntemin uygulama alanını arsalar oluşturmaktadır. Ek olarak elektrik sarfı dolayısıyla da ekonomik bir yöntem olmadığından orman yolları için uygulanması söz konusu değildir.

Enjeksiyon uygulamaları üç ana gruba ayrılabilir: Sızıntı (permeasyon), kompaksiyon ve kaplama. Sızıntı grubunda şırınga edilen malzeme orta, iri kum boşlukları ve kayaç çatlaklarını doldurmaktadır. Ortamın hacminde değişiklik olmaz. Kompaksiyon enjeksiyonunda koyu bir sıvı kullanılmaktadır ve zeminde oluşan ampuller boşlukları doldurduğu gibi çevrede sıkıştırma görevi yapmaktadır. Kaplama türü doğal olarak parçalanmış yada topaklı ortama yüksek basınçta sıvı yollayarak gerçekleştirilmektedir.

Burada amaç boşluklara kadar girme yerine ayrı parçalar arasında oluşturulan merceklerle kaplamanın gerçekleştirilmesidir. Bu yöntemin en çok kullanıldığı alan baraj temelleridir. Türkiye’de de bir çok baraj projesinde (Hirfanlı barajı) kullanılmıştır.

Isıl işlemler yüksek sıcaklıkta stabilizasyon ve dondurma yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Silt ve killer ortam sıcaklığının olağan limitler üzerine çıkartılmasıyla kuvvetlendirilebilmektedir. 110°C dolaylarında ısıtıldığında zeminin suya karşı isteği bir ölçüde azalmaktadır. Killer 900°C de tuğlaya dönüşmektedir. Edinilen deneyim 400-600°C a ısıtıldığında killerin önemsenecek rutubet almayacak kadar değişikliğe uğradığını göstermektedir. Isı uygulaması birkaç istisna dışında doğu bloğu ülkelerinde kullanılmıştır (Önalp, 1982). Kendini kısa süre de olsa tutamayarak akma ve göçme eğilimi gösteren ortamlarda kuyu temel yada tünel gibi önemli kazıların stabilitesi yeterli bir bölgenin dondurulması ile geçici olarak sağlanabilmektedir. Genel olarak her ortamda dondurma yapılabilmektedir. Ancak çoğu zaman kabul edilemeyecek kadar yükselmektedir. Dolayısıyla bu iki yönteminde orman yolları için uygulanması söz konusu değildir.

Son yıllarda incelenen zemin stabilizasyon türlerinden en çok ilgi çekeninin donatı işlemleri olduğu söylenmektedir. Donatının genel uygulaması zeminin içine serbest yada bir ön gerilme ile yerleştirilen yabancı cismin son karışıma basınç, çekme, eğilme yada makaslama direnci vermesi yada geçirimsizlik ve sıkışabilirliği azaltması sonucunu gözetmektedir. Taş kazıklar, ankraj, kök kazıkları, çivileme, donatı ve geotekstil uygulamaları en çok tanınan donatı yöntemlerini oluşturmaktadır.

Taş kazıklar 0.6-1 m çaplı, su jeti yada kuru titreşen bir silindirin zemine indirilmesi, oluşan hacmin titreşimli sonda ile 40-80 cm tabakalar halinde sıkıştırılması ile oluşturulur. Ankraj, yüzeyden sağlam tabakaya delinen deliğe yerleştirilerek ortama fiziksel-kimyasal yada mekanik olarak bağlanan çelik çubuğa gerekirse ön gerilme verilerek tabakaların güçlendirilmesi işlemidir. Çoğunlukla tünel çalışmalarında kullanılmaktadır. Zeminin çivilenmesi yöntemi; desteklenecek kitlede açılmış deliklere demir çubuklar sokarak bunların enjeksiyonla tesbit edilmesinden oluşmaktadır. Bu yöntem yamaç kazı dengesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Kök kazıklar yöntemi İtalyan patentlidir. Bu yöntem genellikle bir şapkaya bağlanan kazıklar kök gibi yayıldığından bu adı almıştır. Bu yöntem kullanım alanları ve uygulama bakımından çivileme yöntemine büyük benzerlikler göstermektedir. Çivileme yönteminden farklı olarak donatı çubuğu yerleştirildikten sonra

çimentosu fazla, küçük agregalı betonla delikler doldurulmaktadır. Bu yolla zeminle tam uyum sağlandığı gibi çevredeki boşluk ve çatlaklar da doldurulmuş olmaktadır. Donatılı zemin, zemin mekaniğinde yeni ve önemli bir aşama olarak nitelendirilmektedir. Donatı köprü ayakları, dolgu ve küçük barajlar, cevher depoları, yol temelleri, rezervuar ve eğimli arazideki hafif evlerin güvenliği için uygulanabilmektedir. Salt yük taşımayan donatılara geotekstil denmektedir. Geotekstillerin en önemli uygulaması hidrolik mühendisliğindedir. Yollarda, daha çok yer altı suyunun yol yapısına girmesini engellemek için kullanılmaktadırlar (Özaydın, 1999). Açıklamalardan da anlaşılacağı üzere, orman yollarında donatı işlemleri arasında kullanılabilecek yöntem olarak geotekstiller gözükmektedir. Diğer yöntemler geniş alanların (arsalar), pahalı ve önemli yapıların bulunduğu zeminlerin ıslahında uygulanmaktadır.

Katkı maddeleri ile stabilizasyonda yukarıda bahsedilen kireç, çimento ve bitümle stabilizasyonun yanında zeminlere katılan kimyasal maddelerde bulunmaktadır. Ancak bu tip çalışmalar özel koşullarda ve kısıtlı hacimlerde ekonomik olabilmektedir. Örneğin elektrik santrallerinin yan ürünü olan uçucu fırın külü, başarılı bir dolgu malzemesi ve kireçle stabilizasyonda pozzolonik reaksiyonu hızlandıran bir katkı olarak ifade edilmektedir. Ancak uygulaması taşıma masrafları nedeniyle antrallerin yoğun olduğu bölgelerle kısıtlıdır. Bu güne kadar önerilen yüzlerce katkı maddesi arasında ekonomik olan ve başarı kazanılanlar tuz, kalsiyum florür, fosforik asit, fosfor tuzları, kostik soda, reçine ve polimerler ile lignin gösterilmektedir (Önalp, 1982).

Tuz ve kalsiyum florür zeminin birim hacim ağırlığını, dolayısıyla kayma direncini arttıran özellikleri nedeniyle kaplamasız ve kaplamalı yollarda kullanılmıştır. Boşluk suyunda artan tuz yoğunluğu donma derecesini de düşürdüğünden donmadan oluşan zararların önleendiği kamsı da uyanmıştır. Bu yöntemin en olumsuz yönü yağış ve yer altı su düzeyindeki oynamalar sonucu tuzların hızla yıkanarak etkisini kaybedebilmesidir. Dolayısıyla tuz uygulaması çok ucuz olması nedeniyle düşünülebilir. pH değerinin 7'nin altında olması durumunda stabilizasyon yöntemi olarak fosforik asit katkısı düşünülmektedir. Ekonomik olarak sağlanabildiği ABD'de kile %2-10 arası katılıp, rutubetli ortamda küre bırakılığında asitle kil mineralleri ve bunlara bağlı iyonlar arasında oluşan reaksiyonlar sonucu çok sıkı bağlı bir ürün elde edildiği bildirilmiştir. Buna benzer bir etkinin zemine katılacak çok değerlikli iyonlarla sağlanabileceği öne sürülmektedir. Zemine havayla temas sağlanması koşulu ile eklenen alüminyum klorür yada demir tozu

ile getirilen Fe^{+++} ve Al^{+++} iyonları zemin tanelerini bağlamaktadır. Ticari adı Calgon olan sodyum-fosfor tuzlarının donmaya duyarlı olan zeminleri etkin olarak stabilize ettiği öne sürülmüştür. Sudkostik adıyla da bilinen sodyum hidroksit (NaOH) çok uygulanmamakla birlikte ucuzluğu ve etkinliği nedeniyle ilgi çekmektedir (Önalp, 1970).

Reçineler zeminin suya karşı isteğini %1-2'lik uygulama ile azaltarak stabiliteyi sağlayan katkı maddeleridir. Yapılan çalışmalarda doğal reçineler organik ayrışmaya uğradığından vinsol olarak bilinen yapay reçine kullanılmaya başlanmıştır.

Zemin stabilizasyonu için önerilen polimerler çok çeşitlidir. Bunlar arasından çok uygulananları katyonik türünden poliakrilamid ve iyonik olmayan katkı maddesinin tipik türü polivinil alkoldür (Önalp, 1982).

Kağıt endüstrisinin artık maddesi olan potasyum di-kromat'ın etkin katkı maddesi olabileceği öne sürülmektedir. Bu yöntem kullanılacaksa yöreye yakın bulunan Çaycuma ve Kastamonu kağıt fabrikalarından yararlanılabilir.

Sonuç olarak, orman yollarımızın kendilerinden beklenen görevleri dört mevsim yerine getirebilmeleri için ivedilikle uygun bir üstyapıya kavuşturulması gerekmektedir. Bu üstyapının belirlenmesinde de metot kısmında her biri açıklanan diğer 3 yöntemle göre (kıyaslama, GI, zemin taşıma yeteneği metotları) daha fazla değişkeni dikkate alan AASHO metodunun kullanılması uygun olacaktır. Gerekli üstyapı kalınlığı belirlenen Bartın yöresi orman yollarında ya zeminin en üst tabakası yada temel tabakası seçilecek stabilizasyon yöntemiyle güçlendirilmelidir.

Orman yollarının kendi karakteristik yapısı gereği uygulanacak stabilizasyon yöntemi, bu yöntemlerin ekonomik anlamda karşılaştırılması ile belirlenmelidir. Çünkü orman yolları orman ürünlerinin ekonomik olarak taşınmasının yanı sıra orman içinde ekim, dikim, doğal gençleştirme için ulaşım sorununun çözümü, ormanın sürekli ve kontrollü biçimde korunması için gerekli malzeme ve personelin taşınması, orman yangınlarının ve böcek afetlerinin denetim altına alınması, malzeme ve personelin ormana taşınması, orman işçilerinin denetimi için ulaşımın gerçekleştirilmesi, dağınık orman iç köyler arasında ulaşım sorununun çözülmesi, orman içi turistik yerlerin ulaşımına açılması, yurt savunmasına ulaşım ve hizmet açısından katkıda bulunması gibi görevleri de yerine

getirmektedir. Orman yolları hiçbir zaman iki noktayı birbirine bağlayan bir tesis olmayıp ormanın tüm bölme ve bölmeciklerinin içinden ve yakınından geçen ve böylece ormanın her köşesinden yararlanmayı mümkün kılan tesislerdir. Herhangi bir orman alanında yolun ihtiyaca cevap verememesi ilk etapta kesimi ve üretimi etkilemektedir. Bu ihtiyaca cevap vermeyen yol üzerinde orman ürününün taşınması mümkün olmayacağından ya kesim yapılmaması söz konusu olur ki bu orman ürünleri piyasasında arz talep dengesini bozduğu gibi hem orman amenajmanı planını hem de silvikültür planını olumsuz yönde etkiler. Ayrıca orman yolları kısa süreler için hem çalışma hem de depo görevi yapabilmektedirler. Bu sayede de yükleme ve boşaltma işleri azaltılmış ve taşıma giderleri de düşürülmüş olmaktadır.

Bu çalışmanın ardından orman yollarının bahsedilen tüm görevleri değerlendirilerek yöre için en uygun stabilizasyon tekniğinin seçimi bir sonraki çalışmanın konusu olmalıdır. Bütün bu değinilenlerin yanında, orman yollarının bütün yıl kendisinden beklenen görevleri yerine getirebilmesi için sadece uygun bir üstyapiya kavuşturulması yeterli olmayabilir. Bu amaçla yolların yoğun olarak kullanılmadığı zamanlarda bile hizmete açık tutulabilmesi için farklı yapılara da gerek vardır. Eğer ek olarak bu tedbirler uygulanmazsa gerekli üstyapiyla araçların etkisinde korunan yollar iklim faktörleri nedeniyle zarar görecektir (Şekil 6.1). Söz konusu bu durumdan korunmak için yolların uygun sanat yapılarıyla donatılması, şev hendeklerinin açılması ve temizlenmesi gibi bir dizi tedbirler gerekmektedir. Dolayısıyla pahalı bir yapı olan yollar, uygun bir üstyapının yanında gerekli alt yapı elemanlarıyla da desteklenmelidir.



Şekil 6.1 Bartın yöresi orman yollarından bir görüntü.

KAYNAKLAR

- Anonim** (1993) Batı Karadeniz Taşkömürü Havzası, 1/100 000 ölçekli jeoloji haritası (II), MTA, Ankara.
- Anonim** (1994) *Batı Karadeniz Taşkömürü Havzası Hakkında Özet Bilgi*, MTA, Batı Karadeniz Bölge Müdürlüğü, Zonguldak, 26 s.
- Anonim** (1999) *1998 Yılı Bartın İlinin Yıllık Sanayi, Ekonomik ve Ticari Durumu Hakkında Rapor*, Bartın Valiliği, İl Sanayi ve Ticaret Müdürlüğü, Bartın, 49 s.
- Aragon, A., Garcia, M.G., Filgueira, R.R., Pachepsky, A.** (2000) Maximum Compactibility Of Argentine Soils From The Proctor Test, *Soil and Tillage Research*, Vol. 56, pp.197-294.
- Archwichai, L., Youngme, W., Somphadung, S., Changsuwan, S., Wannakao, P., Hokjaroen, S., Wannakao, L.** (1993) Engineering Properties Of Lateritic Soils From Khoen Kaen And Its Vicinity, Thailand, *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, Vol. 8, pp. 549-556.
- Aykut, T.** (1977a) Yol İnşaatlarında Kullanılan Üstyapı Malzemelerinin Arazide Araştırılması Yöntemleri ve Özellikleri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri B, Cilt 27, Sayı 1, İstanbul, s. 160-175.
- Aykut, T.** (1977b) Kastamonu Mintıkası Orman Yollarında Üstyapı Tekniği Üzerine Araştırmalar, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, Seri A, Cilt 27, Sayı 1, İstanbul, s. 115-206.
- Aytekin, M.** (2000) *Deneysel Zemin Mekaniği*, Akademi Yayınevi, Trabzon, 262 s.
- Bagdasarjanz, B.** (1956) Forest Road Construction And Surfacing, *Wald u. Holz.*, Vol. 37, pp. 226-234.
- Backmund, F.** (1957) The Use Of Soil Stabilization In Forest Road Construction, *Mitt. St. Forstverw. Bayerns*, Vol. 29, pp. 213-225.
- Balkır, T.** (1980) *Yol Notu 29*, Yeni Yapılacak Yollarda Üstyapının Projelendirilmesi İçin Bir Rehber, K.G.M. Teknik Bülteni No.70, Ankara.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Bayoğlu, S.** (1968) Yol İnşaatı Yönünden Toprakların Sınıflandırılması, *İ.Ü. Orman Fak. Der.*, Seri B, Cilt 2, Sayı:2, s. 183-194.
- Bayoğlu, S.** (1968) Yol İnşaatında Zemin Etütleri, *İ.Ü. Orman Fak. Der.*, Seri B, Cilt 18, Sayı:1, s. 71-90.
- Becker, G., Hofmann, R., Roder, A.** (1989) Soil Damage By Forestry Machines On Clay Sites, *Forst-und-Holz*, Vol. 44, pp. 507-512.
- Berger, J.** (1954) The Construction Of Stabilized Forest Roads, *Forstwiss Cbl.*, Vol. 73, pp. 329-349.
- Biblyuk, Ni., Medvid, SI.** (1974) Experimental Investigation Of The Free Vibrations Of A Lorry-plus-trailer Used For Timber Transport, *Lesnoi-Zhurnal*, Vol. 17, pp. 47-51.
- Billard, C., Croise, R.** (1965) Road Construction In The State Forests Of The d'Abreschviller Inspectorate, *Rev. For. Franc.*, Vol. 17, pp. 483-497.
- Blumer, M.** (1972) *Praktischer Strassenbau*, Band I-II, Baufachverlag, Zürich.
- Bogosevich, Ai., Kharitonov, AF.** (1973) The Rate Of Rut Fotmation With The Movement Of A Wheeled Tractor, *Nauchnye-Trudy-Leningradskaya-Lesotekhnicheskaya-Akademiya*, No.154, pp. 14-17.
- Bolling, I.** (1987) Boden Verdichtung Und Triebkraftverhalten Bei Reifen-Neue Mess-Und Rechenmethode, *Forschungs bericht Agrartechnikdes Arbeitskreises Forschung un Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft (MEG)*, Vol. 13, No. 3, 274 pp.
- Brandl, H.** (1992) Mineral Liners For Hazardous Waste Containment, *Geotechnique* 42, pp. 57-65.
- British Standard Institution,** (1990) British Standard Methods Of Test For Soils For Civil Engineering Purposes, *British Standard Institution BS 1377*, Vol. 1, No. 3.
- Buldakov, SI., Erykhov, BP., Kolbas, NS.** (1976) Use Of A Non-destructive Method Of Testing Stabilized Earths Used For Roads For Timber Transport, *Lesnoi-Zhurnal*, Vol. 4, No. 2, pp. 48-51.
- Burlet, E.** (1980) *Dimensionierung Und Vertaerkung Von Strassen Mit Geringen Verkehr Und Flexiblen Oberbau*, ETH Diss., No. 6711.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Burt, E.C., Wood, R.K. and Bailey, A.C.** (1992) Same Comparison Of Average To Peak Soil-tire Contact Pressures, *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, Vol. 35, pp. 414-404.
- Buryak, ES., Uvarov, BV., Schelkunov, VV.** (1985) The Effects On The Road Surface Of Loads Varying With Time, *Lesnoi-Zhurnal*, Vol. 2, No. 4, pp.27-31.
- Casagrande, A.** (1948) Classification And Identification Of Soils, *Trans., ASCE 113*, pp. 901-991.
- Christaras, B.** (1991) A Comparison Of The Casagrande And Fall Cone Penetrometer Methods For Liquid Limit Determination In Marls From Crete, Greece, *Engineering Geology*, Vol. 31, No. 2, pp. 131-142.
- Coşgun, T.** (1994) Dingil Yüklerinin Karayolu Üstyapısının Projelendirilmesine Etkisinin Değerlendirilmesi, Yüksek Müh. Tezi (yayınlanmamış), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 80 s.
- CÜ** (2004) Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Tarafından Önerilen Tez Konuları, Cumhuriyet Üniversitesi, <http://www.cumhuriyet.edu.tr>.
- Demirel, Z., Aray, S., Kadioğlu, M., Orhan, F., Alp, A.** (1999) *Toprak ve Stabilizasyon Laboratuvarı El Kitabı*, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, Ankara, 180 s.
- Dündar, G.** (1998) Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Müh. Tezi (yayınlanmamış), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 105 s.
- Danielson, PG.** (1972) Soil Bearing capacity Determined By Measuring The Shearing Strength, *Tidsskrift-for-Skogbruk*, Vol. 4, No. 2, pp. 507-514.
- Douglas, RA.** (1997) Pavement Management Applied To Forest Roads, *ASAE Annual International Meeting*, Minneapolis, Minnesota, USA, 10-14 August, 1997, No.975031, 8 pp.
- Duhm, J.** (1947) Modern Earth Roads, *Cbl. Ges. Forstw.* Vol. 70, No. 2, pp. 97-114.
- Eckel, E. B.** (1953) Contributions By The U.S. Geological Survey To Highway Engineering Research, *Fourth Annual Symposium on Geology As Applied To Highway Engineering*, Morris Harvey College and West Virginia State Road Commission-Charleston, West Virginia.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Eckel, E. B.** (1962) Use Of Engineering Geology Maps, Thirteenth *Annual Highway Geology Symposium*, Phoenix, Arizona.
- Edwards, HM., Townsend, DL.** (1961) General Aspects Of Haul Road Construction, *Pulp Paper Mag. Can.*, Vol. 6, No. 9, pp. 153-170.
- Eisbacher, J.** (1975) Soil Tests For Practical Application In Forest Road Building, *Forstarchiv*, Vol. 10, No. 18, pp. 204-210.
- Ercan, M.** (1997) *Bilimsel Araştırmalarda İstatistik*, Orman bakanlığı, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmit, s. 97-98.
- Erdaş, O.** (1979) Taşıma Sırasında Taşıt ve Zemin Arasındaki Karşılıklı İlişkilerin Mekanik Yönden İncelenmesi, *K.T.Ü. Orman Fak. Dergisi*, Cilt:2 Sayı:2, s. 302-312.
- Erdaş, O.** (1984) Üstyapı Sayısı Yöntemi ile Orman Yollarında Üstyapının Boyutlandırılması, *K.T.Ü. Orman Fak. Dergisi*, Cilt:7 Sayı:1.
- Erdaş, O.** (1997) *Orman Yolları*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No.188, Fakülte Yayın No.26, Cilt II.
- Faure, A.** (1981) A New Conception Of The Plastic And Liquid Limits Of Clays, *Soil and Tillage Research*, Vol. 1, pp. 97-105.
- Fertal, D.** (1992) The Problem Of Loading Of Forest Hauling Roads In The Slovak Republic, *Acta-Instituti-Forestalis-Zvolenensis*, Vol. 8, pp. 215-232.
- Fertal, D.** (1995) Data Utilization From Of The State Of Bituminous Surfaces Of Forest Roads With A Macadam Wear Course, *Zpravy-Lesnickeho-Vyzkumu*, Vol. 3, pp. 54-58.
- Forster, P.** (1966) Forest Road Building, *Allg. Forstzeitschr*, Vol. 21, No. 26, pp.443-460.
- Gehrke, JT., Schlaghamersky, A., Sterik, NK.** (1992) Bearing Capacity And Vehicle-Accessibility Of Forest Soils, *Forst-und-Holz*, Vol. 8, No. 11, pp. 205-207.
- Gleichmann, E.** (1967) Ten Years Of Soil Stabilization In Heilsbronn, *Allg. Forstzeitschr*, Vol. 22, No. 24, pp. 416-436.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Grabosky, J., Bassuk, N.** (1996) Testing Of Structural Urban Tree Soil Materials For Use Under Pavement To Increase Street Tree Rooting Volumes, *Journal of Arboriculture*, Vol. 6, No. 8, pp. 255-263.
- Gysi, M., Maeder, V., Weisskopf, P.** (2002) Pressure Distribution Beneath Agricultural Tyres, (in preparation).
- Hadas, A.** (1987) Soil Compaction Under Quasi-Static And Impact Stress Loading, *Soil and Tillage Research*, Vol. 9, No. 2, pp. 181-186.
- Hartley, A.** (1970) The Influence Of Geological Factors Upon The Mechanical Properties Of Road Surfacing Aggregates, *Twenty-First Annual Highway Geology Symposium*, The University of Kansas-Lawrence, Kansas, State Highway Commission of Kansas, State Geological Survey of Kansas.
- Hillel, D.** (1996) *Fundamentals Of Soil Physics*, 3rd ed., Academic Press, New York, pp. 349.
- Hirt, R.** (1972a) Planning The Dimensions And Required Strength Qualities Of Minor Roads, Including The Improvement Of Existing Roads, *Schweiz. Z. Forstw.*, Vol. 3, pp. 129-159.
- Hirt, R.** (1972b) *Dimensionierung Und Vertaerkung Von Schwach Beanspruchten Strassen*, SZF, No. 3.
- Hirt, R.** (1998) 40-tons Trucks On Forest And Rural Roads, *Schweizerische-Zeitschrift-fur-Forstwesen*, Vol. 1, No. 5, pp. 33-40.
- Hodgson, J.M. (Ed.)** (1997) *Soil Survey Field Handbook*, Soil Survey Technical Monograph No.5, Harpenden, 116 pp.
- Horn, R., Blackwelland, R.W.** (1989) The Effeckt Of Speed Of Wheeling And Soil Stresses, Rut Depth And Soil Physical Properties In An Ameliorated Transitional Red-Brown Earth, *Soil Tillage and Research*, Vol.13, pp. 353-364.
- Ivankovich, AS., Smirnov, BN.** (1973) Effect Of Wide-profile (Lorry) Tyres On The Road Surface, *Lesnaya-Promyshlennost*, No.10, 25 pp.
- İnanır, O.E.** (1997) Ayrık Liflerle Rasgele Donatılı Kum Zeminlerin Taşıma Kapasitesinin CBR Deneyleri İle Araştırılması, Yüksek Müh. Tezi (yayınlanmamış), İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 107 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Jones, R.J.A., Spoor, G., Thomasson, A.J.** (2003) Vulnerability Of Subsoils In Europe To Compaction: A Preliminary Analysis, *Soil and Tillage Research*, Vol. 73, No. 1, pp.131-143.
- Kaminski, B., Janaszek, K.** (1987) Evaluation Of The Wheel Load Capacity Of Bituminous Forest Roads With Different Road Bases, *Sylwan*, Vol. 1, No. 10, pp. 39-45.
- Kayabali, K.** (2002) *Geoteknik Mühendisliğine Giriş*, 1. Basım, Gazi Kitabevi, Ankara, s.70.
- K.G.M.** (1973) *Yollar Fenni Şartnamesi*, Ankara.
- K.G.M.** (2001) *Karayolları Esnek Üstyapıları Projelendirme Rehberi*, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- KHGM** (1989) *Zonguldak İli Arazi Varlığı*, Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl rapor No.69, Ankara, s. 93.
- Kikuchi, M.** (1979) A Study Of The Realation Between California Bearing Ration And Atterberg Limits Of The Subsoil Of Forest Road, *Journal-of-the-Japanese-Forestry-Society*, Vol. 3, No. 4, pp. 94-100.
- Kobayashi, H., Fukuda, M.** (1975) Some Factors Influencing Bearing Capacity Of Forest Road Surfaces, *Journal-of-the-Japanese-Forestry-Society*, Vol. 5, No. 9, pp. 135-143.
- Kobayashi, H., Aona, M.** (1983) Studies On The Evaluation Methods Of Forest Road Surfaces, *Bulletin-of-the-Utsunomiya-University-Forest*, No.19, En Captions, pp. 35-30.
- Koger, J.L., Trowse, A.C., Burt, E.C.** (1983) Multiple Pass Effects Of Skidder Tires On Soil Compaction In Soil Bins, *American Society Of Agricultural Engineers*, Paper No. 83-1619, Michigan.
- Kondo, K., Iwakawa, O., Suzuki, T.** (1990) The Effect Of Pavement On Reduction Of Forest Road Surface Maintenance Costs, *Bulletin-of-the-Faculty- of-Agriculture,- Shizuoka-University*, No.40, pp. 7-12.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kosztka, M.** (1986) Pavement Management System And Road Maintenance Policy Of Forest Roads, *Erdeszeti-es-Faipari-Tudomanyos-Kozlemenyek*, No.2, pp. 153-164.
- Kosztka, M.** (1989) Observation Made On The Testing Road at Makk-pusztka, Hungary, On The Process Of Degeneration Of Thin Road Pavement Structure, *Erdeszeti-es-Faipari-Tudomanyos-Kozlemenyek*, No.2, pp. 25-36.
- Leznicka Univerzita** (1996) A New Approach To The Construction Of Non-solid Roadways For Forest Roads, *Lesnický-Casopis*, Vol. 42:1, pp. 37-48.
- Leonovich, IL., Lyshchik, PA.** (1974) Improving The Strength Of Road Surfaces By Regulating The Water And Heat Regime, *Lesnoi-Zhurnal*, Vol. 17:6, pp. 37-41.
- Lofroth, C.** (1995) *Balsjovagen-trial Road With High Aggregate Content In Surface Layer*, Redogorelse-SkolgForsk, No. 8, 80 pp.
- Makovnik, S.** (1965) Better And More Lasting Quality Of Carriage-ways On Forest Roads, *Lesn. Cas.*, Vol. 15(3), pp. 211-24.
- Marko, J.** (1973) Road Construction In The Flysch region Of Slovakia, *Lesnický-Casopis*, Vol. 19:1, pp. 11-22.
- Marko, YY.** (1977) *The Effect Of Vibrodynamic Loads On The Deformation Of Road Fills On A Peat Base*, Lesotekh.Inst., Archangel, USSR.
- McCraw, WE.** (1967) Road Construction On Timber Limits, *Pulp Paper Mag. Can.*, Vol. 3, pp. 49-79.
- McFarlane, HW.** (1963) The Sub-grade-a Major Factor In Road Construction, *Pulp Paper Mag. Can.*, Vol. 6, pp. 417-428.
- McFarlane, HW., Paterson, WG., Dohaney, WJ** (1968) The Selection And Use Of Forest Road Building Materials: A Literature Review, *Woodl. Pap. Pulp Pap. Res. Inst. Can.*, Vol. 9, 175 pp.
- McFarlane, HW., Paterson, WG., Dohaney, WJ.** (1973) Use Of The Benkelman Beam On Forest Roads, *Logging-Research-Reports,-Pulp-and-Paper-Research-Institute-of-Canada*, No. 49, 41 pp.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- McLeod, NW.** (1951) Pavement For Logging Roads, *Pulp Paper Mag. Can.*, Vol. 7, pp. 178-183.
- Minota, K.** (1972) Studies On Subgrade Soil Of Forest Road, *Research-Bulletins-of- the-College-Experiment-Forests,-Hokkaido-University*, Vol. 29:2, No. 10, pp. 121-153.
- Mollova, N.** (1978) Investigation On Soil Samples From The G.St.Avramov Experimental Forest, In Relation To The Making Of Stabilized Earth Roads, *Gorskostopanska-Nauka*, Vol. 15:6, No. 11 , pp. 93-101.
- Morozov, VS.** (1990) Evaluation Of The Stress State Of Foundations of Winter Roads On Bogs, *Izvestiya-Vysshikh-Uchebnykh-Zavedenii, Lesnoi-Zhurnal*, No.1, pp. 37-43.
- O.G.M.** (1984) *202 Sayılı Tebliğ*, Orman Yolları Planlanması ve İnşaat İşlerinin Yürütülmesi, O.G.M. İnşaat Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- O.G.M.** (2004) Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğü 2004 Yılı Çalışma Programı, Zonguldak.
- Okagbue, C.O., Uma, K.O.** (1988) The Impact Of Geology On The Performance Of A Bituminous Surfaced Pavement A Case Study From Southeastern Nigeria, *Journal of African Earth Sciences*, Vol. 7, No. 1, pp. 257-264.
- O'Mahony, M.J., Ueberschaer, A., Owende, P.M.O., Ward, S.M** (2000) Bearing Capacity Of Forest Access Roads Built On Peat Soils, *Journal of Terramechanics*, Vol. 37, No. 3, pp. 127-138.
- Önalp, A.** (1970) The Mechanism Of Frost Heave In Soils With Particular Reference To Chemical Stabilisation, Ph. D.Thesis, University Newcastle Upon Tyne, 195 s.
- Önalp, A.** (1982) *Geoteknik Bilgisi I-II*, Karadeniz Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayın No.187, s. 1145.
- Özaydın, K.,** (1999) *Zemin Mekaniği*, Birsan Yayınevi, İstanbul, 261 s.
- Özdamar, K** (2002) *Paket Programlar İle İstatistiksel Veri Analizi (Çok Değişkenli Analizler)*, 2. Cilt, Kaan Kitabevi, 4. Baskı,Eskişehir, 513 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özdemir, S.** (1989) Taban Toprağının Fiziksel Özelliklerinden Yararlanılarak Laboratuar CBR Değerinin Tahmini, Yüksek Müh. Tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 89 s.
- Paul, C.L., DeVries, J.** (1979) Effect Of Soil Water Status And Strength On Trafficability, *Can. J. Soil Sci.*, No. 59, pp. 313-324.
- Pavlov, FA., Chernakova, NN.** (1975) The Effect Of Lorry Wheels On The Road Surface, *Lesnoi-Zhurnal*, No.2, pp. 162-165.
- Pavlov, FA., Zhanov, VN.** (1976) A Test Rig For Dynamic And Static Testing Of Road Surfacing And Foundations, *Lesnoi-Zhurnal*, No.1, pp. 57-79.
- Pavlov, FA.** (1977) Effect Of The Wheels Of Timber Lorries Plus Trailers On The Road Surface, *Lesnaya-Promyshlennost'*, No.4, pp. 25-26.
- Pleckov, MF.** (1964) Bags Of Earth As A (Road) Foundation, *Lesn.Prom.*, Vol. 11, pp. 28-29.
- Pulkki, RE.** (1982) The Development Of An Economical Method For Measuring The Bearing Capacity Of Forest Roads, *Tiedonantoja,-Helsingin-Yliopiston-Metsateknologian-Laitos*, No.42, 85 pp.
- Reifer, G.H.** (1997) *The Effect Of Temperature And Mineralogy Upon The Atterberg Limits And Mechanical Properties Of Cohesive Soils*, Undergraduate Project Report, Lanchester Polytechnic, Coventry.
- Roth, C.** (1957) Modern Methods Of Forest Road Construction, *Schweiz.z.Forstw.*, Vol. 9, pp. 505-519.
- Saarilahti, M.** (1978) Determination Of The Bearing Capacity Of Peat Soils In Forest Road Planning, *Tiedonantoja,-Helsingin-Yliopiston-Metsateknologian-Laitos*, No.37, 98 pp.
- Sachs, W.** (1967) Experience In Road Construction And Maintenance With Stabilization Processes, *Allg. Forstzeitschr*, No.22, pp. 431-434.
- Schjonning, P., Rasmussen, K.J.** (1994) Danish Experiments On Subsoil Compaction By Vehicles With High Axle Load, *Soil and Tillage Research*, Vol. 29, No. 2, pp. 215-227.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., Broderson, W.D.** (1998) *Field Book For Describing And Sampling Soils*, Natural Researches Conservation Service, USDA, National Soil Survey Center, Lincoln.
- Scholander, J.** (1973a) The Bearing Capacity Of Some Forest For Wheeled Vehicles, *Rapporter-och-Uppsatser*, -Institutionen-for-Skogsteknik, No.64, 120 pp.
- Scholander, J.** (1973b) Tearing Resistance Of Forest Soils, *Rapporter-och-Uppsatser*, -Institutionen-for-Skogsteknik, No.61, 69 pp.
- Scholander, J.** (1973c) The Compressive Strength Of Forest Soils, *Rapporter-och-Uppsatser*, -Institutionen-for-Skogsteknik, No.59, 66 pp.
- Schroeder, W.L., Alto, J.V.** (1983) Soil Properties For Slope Stability Analysis; Oregon And Washington Coastal Mountains, *Forest-Science*, Vol. 29, No. 4, pp. 823-833.
- Skempton, A.W., Northey, R.D.** (1953) The Sensitivity Of Clays, *Geotechnique* 3, pp.30-53.
- Smith, D.L.O.** (1985) Compaction By Wheels: A Numerical Model For Agricultural Soils, *J. Soil Sci.*, Vol. 36, pp. 621-632.
- Sonuç, T.** (1976) *Karayolu Tekniği*, Cilt 1 ve 2, İstanbul.
- Stone, C. G.** (1992) Overview Of The Complex Highway Geology In West-Central Arkansas, *Forty-Third Annual Highway Geology Symposium*, University of Arkansas Dept. Of Civil Engineering, Arkansas State Highway and Transportation Department and Arkansas Geological Commission-Fayetteville, Arkansas, pp. 297-307.
- Suparto, R.S., Arifin, Z.** (1981) Subgrade Bearing Strength Evaluation With Cone Penetrometer On The Riung Gunung-Gambung Road, At The Bandung Selatan Forest Sub District, *Laporan*, -Balai-Penelitian-Hasil-Hutan, No.158, pp. 31-41.
- Sutopo, S.** (1989) Forest Road Bearing Capacity In Gundih Forest District, Central Java, *Duta-Rimba*, Vol. 15, pp. 113-114.
- Şahin, S.** (1998) Bartın İlinin Beşeri Coğrafyası, Doktora Tezi (Basılmamış), Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Ankara, 233 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Terzaghi, K., Peck, R.B.** (1962) *Soil Mechanics In Engineering Practice*, 12th ed. Wiley, Newyork.
- Tijink, F.G.J.** (1994) *Quanification Of Vehicle Running Compaction In Crop Production, Developments In Agricultural Engineering*, Elsevier, Vol. 11, pp. 391-416.
- Tunç, A.** (2001) *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, Atlas Yayınları, Yayın No.1, I. Baskı, İstanbul, s. 272.
- Umar, F.** (1973) *Yol İnşaatı Dersleri*, İ.T.Ü., İstanbul.
- Umar, F., Ağar, E.** (1991) *Yol Üstyapısı*, İ.T.Ü. Yayın No. 1451, İstanbul.
- Uvarov, BV., Schelkunov, VV.** (1986) *Calculating The Strength Of The Foundation Of Winter Lorry Roads On Bogs With A Transverse Flooring*, *Lesnoi-Zhural*, No.3, pp. 43-47.
- Uzuner, B.A.** (1998) *Temel Zemin Mekaniği*, Teknik Yayınevi, Mühendislik, Mimarlık Yayınları, 4. Baskı, Trabzon, 375 s.
- Vilchez, B.H., Dance, C.J., Salas, P.D.** (1992) *Optimum Condition Of The Soil For The Movement Of Forest Tractors In A Tropical Rain Forest*, *Revista-Forestal-del-Peru*, Vol. 19, pp. 117-126.
- Volkert, E.** (1959) *Soil Stabilization*, *Forst-u. Holzw.*, Vol. 14, pp. 150-155.
- Wagner, L.E., Ambe, N.M., Ding, D.** (1994) *Estimating A Proctor Density Curve From Intrinsic Soil Properties*, *Trans. ASAE*, Vol. 37-4, pp. 1121-1125.
- Warkotsch, W., Neubert, R.** (1987) *Investigations On Improving The Carrying Capability of Forestry Roads, And Proving It By Dynamic Compression Testing*, *Forstliche-Forschungsberichte-Munchen*, No.85, 70 pp. + appendix.
- Wasterlund, I.** (1990) *Soil Strength In Forestry Measured With A New Kind Of Test Rig*, *Proceedings Of The 10th International Conference Of The ISTVS*, Kobe, 20-24 August 1990, pp. 73-82.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Whitmore, F. C.**, (1950) The Importance Of Geology In Military Highway Construction, *Second Annual Symposium on Geology As Applied To Highway Engineering*, Virginia Department Of Highways-Richmond, Virginia, pp. 311-324.
- Wong, JY.** (1983) *Evaluation Of Soil Strength Measurements*, Publication,-National-Research-Council-Canada, No. NRCC 22881, 47 pp.
- Wroth, C.P., Wood, D.M.** (1978) The Correlation Of Index Properties With Some Basic Engineering Properties Of Soils, *Canadian Geotechnical Journal* 15, pp. 137-145.
- Xu, SW.** (1988) Discussion Of Coefficient Alpha For Calculation Of Traffic Volume In Pavement Design Of Forest Roads In Changbai Mountain Forest Area, *Journal of North East Forestry University*, Vol. 16:2, pp. 117-122.
- Yılmaz, B.** (2001) Bartın İli ve Yakın Çevresi Peyzaj Potansiyelinin Saptanması ve Değerlendirilmesi Üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi (yayınlanmamış), A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara, 215 s.
- Young, N.C., Pierce, T.R.** (1961) Principal Highway Engineering Characteristics Of Some Tennessee Formations, *Twelfth Annual Symposium On Geology As Applied To Highway Engineering*, Engineering Experiment Station, Bulletin Number 24, The University Of Tennessee, Knoxville.
- Youssef, M.S., Ramli, A.H. EL., Demery, M. EL.** (1965) Relationships Between Shear Strength, Consolidation, Liquid Limit And Plastic Limit For Remoulded Clays, *In: Proceedings of the 6th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Montreal, Vol. 1, pp. 126-129.
- Zelinka, L.** (1995) The Quality Of Forest Hauling Roads With Bituminous Surface With Respect To Their Operational Efficiency In Slovakia, *Lesnictvi-Forestry*, Vol. 41:8, pp. 372-378.
- Zurikova, A.** (1990) Forest Skidding Roads Without Bitumen, *Lesnický-Casopis*, Vol. 36:2, pp. 107-121.

EK AÇIKLAMALAR A
FORMASYONLARIN ANALİZ SONUÇLARI

Çizelge A.1 Alaplı formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
35	5	41	27	36	9
37	7	29	21	28	7
116	6	31	27	41	14
117	1	34	21	33	12
123	6	33	28	44	16
124	7	35	27	37	10
125	7	33	24	35	11
126	2	41	19	27	8
127	8	51	31	41	10
128	4	12	26	30	4
129	6	33	26	39	13
130	6	32	25	42	17
131	7	30	22	31	9
132	3	43	10	23	13
133	5	41	27	36	9
134	7	29	21	28	7
135	6	31	27	41	14
136	1	34	21	33	12
137	6	33	28	44	16
138	7	35	27	37	10
139	7	33	24	35	11
140	2	41	15	27	12
141	8	51	31	41	10
142	4	12	26	30	4
143	6	33	26	39	13
144	6	32	25	42	17
145	7	30	22	31	9
146	3	43	10	23	13
147	6	31	27	41	14
148	1	34	21	33	12

Çizelge A.2 Çakraz formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
1	5	18	17	25	8
2	3	28	15	16	1
9	2	39	28	38	10
10	9	51	31	41	10
17	3	31	16	20	4
19	2	39	20	22	2
20	7	10	15	18	3
21	6	22	20	26	6
32	1	30	19	22	3
33	1	30	19	22	3
34	6	29	28	36	8
36	1	29	18	23	5
38	3	33	19	27	8
42	5	31	28	40	12
43	4	35	28	41	13
44	7	36	23	32	9
50	4	31	24	36	12
51	8	36	21	36	15
94	4	31	24	31	7
95	4	31	27	34	7
96	6	30	31	38	7
97	3	2	NP	NP	NP
149	1	30	19	22	3
150	1	30	19	22	3
151	6	29	28	36	8
152	1	29	18	23	5
153	7	36	23	32	9
154	4	31	24	36	12
155	8	36	21	36	15
156	5	31	28	40	12

Çizelge A.3 Çaycuma formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
22	2	20	33	50	17
23	2	21	32	46	14
24	2	20	32	46	14
25	2	18	32	46	14
26	4	40	52	72	20
27	4	40	50	68	18
28	2	21	41	60	19
29	2	21	39	58	19
30	2	20	37	52	15
31	2	20	29	44	15
61	5	38	36	42	6
62	5	38	40	42	2
63	5	38	47	51	4
64	3	38	40	42	2
65	4	38	43	60	17
66	5	38	35	44	9
67	3	36	35	43	8
68	1	33	29	42	13
69	5	38	39	42	3
70	5	38	37	45	8
74	2	16	28	42	14
75	1	22	28	35	7
76	1	22	30	42	12
77	1	22	27	37	10
78	4	39	45	64	19
79	5	39	42	49	7
80	5	38	40	49	9
157	1	22	28	35	7
158	1	22	30	42	12
159	1	22	27	37	10

Çizelge A.4 Dinlence formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
89	3	34	27	33	6
90	3	31	21	27	6
91	3	11	25	50	25
92	3	34	27	33	6
93	3	11	27	50	23
121	1	41	28	37	9
122	1	36	29	37	8
160	4	43	37	45	8
161	4	47	35	44	9
162	4	43	37	45	8
163	4	47	35	44	9
164	4	43	37	45	8
165	4	47	35	44	9
166	1	41	27	31	4
167	2	44	21	33	12
168	2	41	15	27	12
169	1	41	26	32	6
170	1	41	27	31	4
171	2	44	21	33	12
172	2	41	15	27	12
173	1	41	26	32	6
174	1	41	27	31	4
175	2	44	21	33	12
176	3	34	21	33	12
177	3	31	15	27	12
178	3	11	25	50	25
179	3	34	21	33	12
180	3	11	27	50	23
181	1	41	28	37	9
182	1	36	29	37	8

Çizelge A.5 Kazpınarı formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
107	2	45	43	59	16
108	2	46	49	61	12
115	3	47	21	30	9
118	6	31	28	40	12
119	6	31	27	40	13
120	3	31	17	26	9
183	6	31	27	41	14
184	3	34	21	33	12
185	3	31	15	27	12
186	6	31	26	32	6
187	6	31	27	41	14
188	3	34	21	33	12
189	3	31	15	27	12
190	6	31	26	32	6
191	6	31	27	41	14
192	3	34	21	33	12
193	6	31	27	37	10
194	6	26	29	37	8
195	6	31	27	37	10
196	6	26	29	37	8
197	4	1	33	43	10
198	1	45	41	51	10
199	4	1	29	43	14
200	4	1	31	43	12
201	4	1	30	40	10
202	4	2	30	40	10
261	5	2	NP	NP	NP
262	1	43	21	31	10
263	4	1	33	43	10
264	1	45	41	51	10

Çizelge A.6 Kilimli formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
3	7	41	19	27	8
4	4	36	23	32	9
5	8	36	29	37	8
6	7	41	15	27	12
18	2	43	10	23	13
52	1	17	25	27	2
53	8	36	29	37	8
54	9	32	24	34	10
55	8	41	28	37	9
56	9	25	18	27	9
57	6	15	24	41	17
58	9	32	21	31	10
59	1	19	18	28	10
60	4	33	29	42	13
71	7	40	50	68	18
72	2	41	27	36	9
73	5	13	26	46	20
81	1	14	21	22	1
82	8	41	27	31	4
83	2	45	41	51	10
84	1	15	21	24	3
85	7	38	43	60	17
86	3	15	33	36	3
87	2	45	43	59	16
88	2	46	49	61	12
98	4	22	28	35	7
99	4	22	30	42	12
100	2	41	27	36	9
101	2	36	23	32	9
102	8	41	26	32	6
203	7	39	45	64	19
204	4	22	27	37	10
205	8	41	27	31	4
206	7	41	28	37	9
207	2	45	41	51	10
208	1	17	25	27	2
209	8	41	27	31	4
210	6	15	24	41	17
211	4	22	28	35	7
212	7	40	52	72	20
213	2	43	10	23	13
214	5	13	26	46	20
215	1	14	21	22	1
216	3	15	33	36	3
217	2	51	31	41	10
218	2	51	31	41	10
219	4	22	30	42	12
220	4	22	27	37	10
221	2	39	28	38	10
222	2	39	20	22	2
223	8	41	26	32	6
224	1	19	18	28	10
225	2	43	21	31	10
226	1	15	21	24	3

Çizelge A.7 Yılları formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
103	1	1	29	43	14
104	1	1	31	43	12
105	1	1	30	42	12
106	1	2	30	42	12
109	4	2	NP	NP	NP
110	3	13	19	31	12
111	2	36	27	42	15
112	3	17	25	34	9
113	1	1	33	43	10
114	2	36	30	51	21
227	5	21	24	48	24
228	5	25	29	59	30
229	5	11	25	50	25
230	5	10	28	53	25
231	5	11	27	50	23
232	6	31	27	37	10
233	3	26	29	37	8
234	2	43	27	45	18
235	3	17	25	34	9
236	2	43	27	45	18
237	3	17	25	34	9
238	2	43	27	45	18
239	3	17	25	34	9
240	6	31	27	41	14
241	7	34	21	33	12
242	7	31	15	27	12
243	6	31	26	32	6
244	6	31	27	41	14
245	7	34	21	33	12
246	7	31	15	27	12

Çizelge A.8 Zonguldak formasyonunun sonuçları.

Örnek No	Küme No	200 Nolu elekten geçen miktar (%)	PL	LL	PI
7	4	1	19	24	5
8	6	15	25	36	11
11	5	13	29	46	17
12	5	11	20	35	15
13	3	47	27	36	9
14	2	26	27	36	9
15	1	53	9	15	6
16	5	7	35	49	14
39	2	25	20	27	7
40	6	10	20	21	1
41	6	9	18	21	3
45	2	24	32	43	11
46	6	26	45	66	21
47	6	27	44	61	17
48	2	28	20	27	7
49	2	30	20	29	9
247	4	1	16	21	5
248	6	26	45	66	21
249	6	27	44	61	17
250	2	28	20	27	7
251	2	30	20	29	9
252	6	15	25	36	11
253	5	13	29	46	17
254	5	11	20	35	15
255	3	47	27	36	9
256	2	31	27	36	9
257	1	53	9	15	6
258	2	25	20	27	7
259	6	10	20	21	1
260	5	9	27	38	11

EK AÇIKLAMALAR B
LİKİT LİMİT İÇİN BİLGİSAYAR PROGRAMI

2

CLS

PRINT "*****BU PROGRAM ZEMİNLERİN LİKİT LİMİTTEKİ*****"

PRINT "*****SU MUHTEVALARINI AKMA EĞRİSİNDEN HESAPLAMAK İÇİN*****"

PRINT "***** TUĞRUL VAROL TARAFINDAN YAPILMIŞTIR. 23/12/2002 *****"

PRINT "*****"

PRINT " "

5 INPUT "Output'unuzu nerede istersiniz?:(1-Ekran 2-Printer 3-Disk 4-Çıkış)"; DES

IF DES < 1 OR DES > 4 THEN 2

IF DES = 3 THEN 6

IF DES = 4 THEN CLS : PRINT " Program sona erdi..Bye": END

IF DES = 1 THEN OPEN "O", #1, "scrn:" ELSE OPEN "Ipt1:" FOR RANDOM AS #1

GOTO 8

6 OPEN "out.bas" FOR OUTPUT AS #1

8 CLS : PRINT "Likit limitin belirlenmesi =1 (akma eğrisinden)"

INPUT " =2 (tek nokta yöntemi ile)"; SEC

IF SEC = 2 THEN 90

IF SEC <> 1 THEN 8

'N=NOKTA SAYISI

1 DIM X1(2, 2), X2(2, 2), X3(2, 1), A(2, 1)

INPUT "DENEYDEN ELDE EDİLEN NOKTA SAYISI"; N

INPUT "PLASTİK LİMİT "; PL

INPUT "DOĞAL SU MUHTEVASI "; DS

DIM W(N, 2), X(N, 2), Y(N, 2), X0(2, N)

FOR I = 1 TO N: READ W(I, 1), W(I, 2): W(I, 1) = LOG(W(I, 1)) / LOG(10): NEXT I

FOR I = 1 TO N: X(I, 1) = 1: X(I, 2) = W(I, 1): Y(I, 1) = W(I, 2): NEXT I

PRINT #1, :

PRINT #1, "DOĞAL(N)", "SU MUHTEVASI"

PRINT #1, "____", "____"

FOR I = 1 TO N: PRINT #1, 10 ^ W(I, 1), W(I, 2): NEXT I

,

'MATRİS İŞLEMLERİ BAŞLIYOR X0=TRN(X) HESABI

,

FOR I = 1 TO 2: FOR j = 1 TO N: X0(I, j) = X(j, I): NEXT j: NEXT I

,

'X1=X0*X İN HESABI

FOR I = 1 TO 2

FOR j = 1 TO 2: FOR L = 1 TO N: X1(I, j) = X1(I, j) + X0(I, L) * X(L, j): NEXT L

NEXT j

NEXT I

,

'X2=INV(X1) İN HESABI

,

FOR I = 1 TO 2: X2(I, I) = 1: NEXT I

FOR j = 1 TO 2

T = X1(j, j)

FOR L = 1 TO 2: X1(j, L) = X1(j, L) / T: X2(j, L) = X2(j, L) / T: NEXT L

FOR I = 1 TO 2

P = X1(I, j)

IF I = j THEN 540

FOR L = 1 TO 2

X1(I, L) = X1(I, L) - P * X1(j, L)

X2(I, L) = X2(I, L) - P * X2(j, L)

NEXT L

540 NEXT I

NEXT j

FOR I = 1 TO 2

```

FOR j = 1 TO 1
FOR L = 1 TO N: X3(L, j) = X3(L, j) + X0(L, L) * Y(L, j)
NEXT L
NEXT j
NEXT I
,
' A=X2*X3 HESABI
,
FOR I = 1 TO 2
FOR j = 1 TO 1
FOR L = 1 TO 2: A(L, j) = A(L, j) + X2(L, L) * X3(L, j): NEXT L
NEXT j
NEXT I
,
' Y NIN ARİTMETİK ORTALAMASI
,
Y0 = X3(1, 1) / N
,
' KORELASYON KATSAYISININ HESABI
,
T1 = 0: T2 = 0
FOR I = 1 TO N
AA = (A(1, 1) + A(2, 1) * W(I, 1) - Y0) ^ 2
T1 = T1 + AA
T2 = T2 + (Y(I, 1) - Y0) ^ 2
NEXT I
R = SQR(T1 / T2)
,
' SONUCLARIN YAZILMASI
,
' PRINT #1,
' PRINT #1,"REGRESYON KATSAYILARI"
' PRINT #1,"_____"
' PRINT #1,"A0=";A(1,1)
' PRINT #1,"A1=";A(2,1)
PRINT #1, : PRINT #1, "KORELASYON KATSAYISI="; R
PRINT #1,
WLIK = LOG(25) / LOG(10) * A(2, 1) + A(1, 1): GOTO 95
90 INPUT "VURUS SAYISI="; EN
PRINT EN; "VURUSA KARŞILIK GELEN SU MUHTEVASI="; : INPUT WN
WLIK = WN * (EN / 25) ^ .112
95 PRINT #1, "LIKİT LİMİT=% "; WLIK
PRINT "PLASTİSİTE İNDİSİ=%"; WLIK - PL
PRINT "LİKİTLİK İNDİSİ=% "; (DS - PL) / (WLIK - PL)
PRINT "KIVAM İNDİSİ=% "; (WLIK - DS) / (WLIK - PL)
END

```


EK AÇIKLAMALAR C

PROKTOR VE CBR ANALİZİ SONUÇLARI

Çizelge C.1 Örneklerin Proktor analizi sonuçları.

Örnek No	Laboratuar No	Arazi no	Maksimum Kuru Birim Ağırlık (t/m ³)	Optimum Su İçeriği (%)
9	AM2	1	1.597	12.6
15	L1	2	1.870	16.2
126	P2	3	1.648	16.4
18	K2	4	1.768	15.4
22	T2	5	1.636	11.9
167	AY2	6	1.427	17.5
103	S1	7	1.657	14.6
86	K3	8	1.749	18.4
4	K4	9	1.633	20.5
32	AM1	10	1.602	21.9
73	K5	11	1.791	12.7
57	K6	12	1.730	16.5
52	K1	13	1.761	18.6
107	KY2	14	1.516	16.5
111	S2	15	1.745	20.8
68	T1	16	1.573	21.9
64	T3	17	1.481	16.2
117	P1	18	1.481	18.5
14	L2	19	1.365	19.5
198	KY1	20	1.544	22.6
132	P3	21	1.760	18.6
110	S3	22	1.793	14.8
115	KY3	23	1.632	21.0
13	L3	24	1.555	23.5
121	AY1	25	1.837	15.7
89	AY3	26	1.586	21.8
2	AM3	27	1.700	16.0
197	KY4	28	1.747	16.2
261	KY5	34	1.630	21.1

Çizelge C.1 (devam ediyor).

109	S4	32	1.316	35.4
227	S5	33	1.762	18.3
1	AM5	31	1.736	17.3
21	AM6	30	1.710	17.7
43	AM4	29	1.683	18.5
7	L4	36	1.718	19.2
128	P4	37	1.893	12.5
35	P5	38	1.725	18.7
11	L5	39	1.706	19.0
20	AM7	35	1.530	21.1
8	L6	40	1.808	15.2
116	P6	41	1.601	15.6
51	AM8	42	1.637	15.5
160	AY4	43	1.431	17.4
26	T4	44	1.481	16.2
3	K7	45	1.768	15.4
37	P7	46	1.767	15.6
61	T5	47	1.610	12.6
127	P8	48	1.796	16.4
118	KY6	49	1.511	17.1
5	K8	50	1.715	17.8
232	S6	51	1.658	15.3
54	K9	52	1.773	16.3
10	AM9	53	1.590	13.1
241	S7	54	1.622	20.2

Çizelge C.2 Örneklerin CBR analizi sonuçları.

Örnek No	Laboratuvar No	Arazi no	CBR	Şişme (%)
9	AM2	1	3.9	2.2
15	L1	2	7.2	1.2
126	P2	3	4.0	1.6
18	K2	4	4.3	1.1
22	T2	5	1.9	4.6
167	AY2	6	0.9	3.3
103	S1	7	21.7	0.0
86	K3	8	8.9	0.5
4	K4	9	4.7	0.3
32	AM1	10	6.8	0.3
73	K5	11	6.7	0.5
57	K6	12	3.0	0.2
52	K1	13	6.4	0.3
107	KY2	14	4.0	0.5
111	S2	15	4.2	0.8
68	T1	16	6.8	1.9
64	T3	17	3.6	2.5
117	P1	18	8.5	0.8
14	L2	19	32.0	0.0
198	KY1	20	8.2	0.1
132	P3	21	3.5	0.0
110	S3	22	14.3	0.3
115	KY3	23	16.6	0.3
13	L3	24	11.2	0.2
121	AY1	25	12.9	0.4
89	AY3	26	2.8	3.4
2	AM3	27	1.7	2.6
197	KY4	28	21.5	0.2
261	KY5	34	13.2	0.4
109	S4	32	3.5	2.2

Çizelge C.2 (devam ediyor).

227	S5	33	13.7	0.5
1	AM5	31	8.2	0.3
21	AM6	30	5.9	0.2
43	AM4	29	11.0	0.4
7	L4	36	7.4	0.7
128	P4	37	32.7	0.7
35	P5	38	7.9	0.1
11	L5	39	7.6	0.2
20	AM7	35	6.3	0.2
8	L6	40	7.4	1.2
116	P6	41	4.2	1.6
51	AM8	42	1.7	2.6
160	AY4	43	0.9	3.3
26	T4	44	1.7	4.6
3	K7	45	3.0	0.2
37	P7	46	3.6	0.0
61	T5	47	3.5	2.8
127	P8	48	8.5	0.8
118	KY6	49	4.0	0.5
5	K8	50	4.7	0.2
232	S6	51	4.2	0.7
54	K9	52	4.3	1.1
10	AM9	53	4.0	2.2
241	S7	54	20.0	0.0

ÖZGEÇMİŞ

Tuğrul VAROL 1972’de Trabzon’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Trabzon Lisesi’nden mezun olduktan sonra 1988 yılında K.T.Ü. Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü’ne girdi; 1992 yılında mezun olduktan sonra 1993 yılında K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsünde Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisansa başladı; bir yıl sonra buradan ayrılarak Z.K.Ü. Bartın Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü’nde Eylül 1994’de Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı; 1994’de girdiği Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’ndan 1997’de Orman Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu; halen Z.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Bartın Orman Fakültesi
 74100 BARTIN

Tel: (378) 227 7422

Cep tel: (505) 369 7403

E-posta: varoltugrul@hotmail.com