



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAÇ TİPİ VE TONAJINA GÖRE ORMAN YOLLARINDAKİ
DEFORMASYONUN BELİRLENMESİ

Şule Ceyda İZMİR

DANIŞMAN
Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK


Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 08.02.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Orman Mühendisliğı Anabilim Dalı, Orman Mühendisliğı Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ



Prof. Dr. Tolga Öztürk
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi



Prof. Dr. Murat Demir
İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa
Orman Fakültesi



Dr. Öğr. Üyesi Ebru Bilici
Giresun Üniversitesi - Dereli MYO



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete 'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

“*Araç Tipi ve Tonajına Göre Orman Yollarında Deformasyonun Belirlenmesi*” adlı bu çalışma, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Orman Mühendisliği Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmamın başından itibaren değerli bilgi, görüş, katkılarıyla beni yönlendiren ve desteğini esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Tolga Öztürk’e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin hazırlanması sırasında arazi çalışmaları, Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü, Bentler Orman İşletme Şefliği alanı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda bana yardımlarını esirgemeyen Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü Personeline teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca her zaman ve her türlü durumda, çalışmamın her aşamasında büyük bir sabır ve anlayışla bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bugünlerimi borçlu olduğum aileme sevgi ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

Ocak 2019

Şule Ceyda İZMİR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	ix
ŞİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. ORMAN YOLLARI.....	3
2.1.1. Ana Orman Yolu	4
2.1.2. Tali Orman Yolu.....	4
2.1.2.1. A Tipi Tali Orman Yolu.....	4
2.1.2.2. B Tipi Tali Orman Yolu	4
2.2. ORMAN YOL ÇEŞİTLERİ.....	5
2.2.1. Toprak Yollar	5
2.2.2. Stabilize Yollar	6
2.2.3. Asfalt Kaplı Yollar	6
2.2.4. Beton Yollar	7
2.3. ORMAN YOLU ÜST YAPISI VE ÖNEMİ.....	8
2.4. ORMAN YOLLARINDA ÜST YAPININ BOZULMASI VE BOZULMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	12
2.5. ÜST YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALARIN SINIFLANDIRMASI	14
2.6. ÜST YAPIDAKİ BOZULMALARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER	15
2.6.1. Manuel Yöntemler	16
2.6.2. Otomatik Yöntemler	16
2.7. BENKELMAN BEAM EĞİLME ÖLÇÜMLERİ İÇİN STANDART TEST PROSEDÜRÜ.....	23

3. MALZEME VE YÖNTEM.....	26
3.1. ARAŞTIRMA ALANININ GENEL TANITIMI	26
3.1.1. Topoğrafik Yapı	27
3.1.2. Jeolojik Yapı	28
3.1.3. Ekolojik Durumu	28
3.1.4. Bitki - Orman Toplulukları ve Özellikleri	29
3.1.5. Ağaç Türleri	29
3.1.6. Su Varlıkları	30
3.1.7. Yaban Hayatı.....	31
3.1.8. Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü Genel Yol Ağı.....	32
3.2. YÖNTEM	34
4. BULGULAR.....	35
4.1. ALANSAL BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.2. ORMAN YOLLARINA AİT BULGULAR VE TARTIŞMA.....	42
4.3. BENTLER ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ORMAN YOLLARI DURUMU	42
4.4. BENKELMAN BEAM ÖLÇÜMLERİNE AİT BULGULAR VE TARTIŞMA ..	45
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	52
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Toprak yol	5
Şekil 2.2: Stabilize yol	6
Şekil 2.3: Asfalt yol	7
Şekil 2.4: Beton yol	7
Şekil 2.5: Orman yollarında üst yapı tabakaları	8
Şekil 2.6: Granüle malzemenin içindeki tekerlek basıncının dağılımı.....	10
Şekil 2.7: Üst yapının bozulmasına etki eden faktörler.....	12
Şekil 2.8: Cetvel kullanım yöntemi.....	16
Şekil 2.9: Dynaflect	18
Şekil 2.10: Dynaflect.....	18
Şekil 2.11: Road Rater hız sensör ölçümleri	19
Şekil 2.12: Roat Rater.....	19
Şekil 2.13: FDW (Falling Weight Deflecometer)	20
Şekil 2.14: FDW ile yolun katman analizi.....	20
Şekil 2.15: FDW (Falling Weight Deflecometer)	21
Şekil 2.16: FDW (Falling Weight Deflecometer)	21
Şekil 2.17: Benkelman Beam'in AASHO testi.....	23
Şekil 2.18: Benkelman Beam Aparatı.....	23
Şekil 2.19: Benkelman Beam Aparatının boyutları.....	24
Şekil 2.20: Aparatın kamyon lastikleri arasına yerleştirilmesi.....	25
Şekil 3.1: Belgrad Ormanı 1983 yılına ait yol ağı planı.....	32

Şekil 4.1: Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü alanının topoğrafik harita görüntüsü.....	35
Şekil 4.2: Bentler Orman İşletme Şefliği alanının topoğrafik model görünüşü.....	36
Şekil 4.3: Bentler Orman İşletme Şefliği eğim grupları haritası.....	37
Şekil 4.4: Bentler Orman İşletme Şefliği bakı grupları haritası.....	39
Şekil 4.5: Bentler Orman İşletme Şefliği meşçere tipleri haritası.....	40
Şekil 4.6: Bentler Orman İşletme Şefliği fonksiyon haritası.....	41
Şekil 4.7: Bentler Orman İşletme Şefliği'nin genel yol durum.....	44
Şekil 4.8: Benkelman Beam aparatının yerleştirilmesi.....	45
Şekil 4.9: Benkelman Beam aparatı ile ölçüm değerlerinin okunması.....	46
Şekil 4.10: Nem ölçer ve sıcaklık – rüzgâr ölçer.....	48
Şekil 4.11: Kamyonun arka aksındaki iki lastik arasına aparatın yerleştirilmesi.....	49
Şekil 4.12: El penetrometresi ile yol zemininin sertliğinin belirlenmesi.....	49
Şekil 4.13: Penetrometre ölçüm noktaları.....	50

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Orman Yolları Geometrik Standartları (OGM, 2008)	3
Tablo 2.2: LTPP Bozulma Sınıflandırmaları.....	14
Tablo 2.3: Otomatik yöntem ve manuel yöntemin karşılaştırılması	15
Tablo 2.4: Benkelman Beam Aparatının Teknik Özellikleri.....	24
Tablo 3.1: Bahçeköy Orman İşletmesi ormanları (Belgrad Ormanı) toplam büyüklüğü.....	26
Tablo 3.2: Belgrad ormanı bakı analizi.....	27
Tablo 3.3: Meteorolojik Gözlem Değerleri Tablosu.....	33
Tablo 4.1: Bentler Orman İşletme Şefliğindeki yol durumu.....	43
Tablo 4.2: Benkelman Beam Aparatı ile yapılan ölçümler.....	47
Tablo 4.3: Çalışma alanında ölçüm yapılan kamyonların teknik özellikleri.....	48
Tablo 4.4: Penetrometre ölçüm değerleri.....	51

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
a	: Tekerlek Oturma Alanının Yarısı
ad/ha	: Hektardaki Adet Sayısı
cm	: Santimetre
d	: Serilen Malzemenin Yüksekliği
ha	: Hektar
HP – d/d	: Beygir Gücü – Dakika/ Devir
kg/cm²	: Kilogram / Santimetrekare
m	: Metre
m²	: Metrekare
m³	: Metreküp
mm	: Milimetre
m/ha	: Metre / Hektar
m/sn	: Metre / Saniye
Psi	: Pounds Per Square Inch
W	: Tekerlek Yüğü

Kısaltmalar	Açıklama
EBT	: Ekstrem B Tipi Tali Orman Yolları
NBT	: Normal B Tipi Tali Orman Yolları
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
SBT	: Standartları Yükseltmiş B Tipi Tali Orman Yolları

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ARAÇ TİPİ VE TONAJINA GÖRE ORMAN YOLLARINDA DEFORMASYONUN BELİRLENMESİ

Şule Ceyda İZMİR

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr.Tolga ÖZTÜRK

Orman yolları tüm ormancılık çalışmalarının gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan ana tesislerdir. Bu yolların planlama, yapım, bakım-onarım, sanat yapıları ve üst yapı çalışmaları büyük önem arz etmektedir. Orman yolları için yapılan tüm çalışmalarda çevre zararları, ekonomik, zaman, iş gücü ve makine seçimi önemlidir. Özellikle sanat yapıları ve üst yapı çalışmaları yolun kullanım ömrünü uzatmaktadır. Bu çalışmada Benkelman Beam aparatı yardımıyla toprak ve üst yapıya sahip yollarda yol yüzeyinin defleksiyon (eğilme) miktarları ölçülmüştür. Üst yapıya sahip yollarda eğilme miktarlarının daha düşük olduğu, toprak yollarda ise bu miktarların fazla çıktığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma neticesinde Benkelman Beam aparatının orman yollarında kullanımını incelenmiştir.

Ocak 2019, 59 sayfa.

Anahtar kelimeler: Orman yolu, Benkelman Beam. Üst yapı, Defleksiyon

SUMMARY

M.Sc. THESIS

DETERMINATION OF DEFORMATION ON FOREST ROADS ACCORDING TO VEHICLE TYPE AND TONNAGE

Sule Ceyda IZMIR

Istanbul University - Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies in Science and Engineering

Department of Forest Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tolga ÖZTÜRK

Forest roads are the main facilities what is the required for the realization of all forestry studies. Planning, construction, maintenance-repair, drainage structure and pavement investigations of these roads are of great significance. Environmental damage, economy, time, labor and machine selection are important in all studies conducted for forest roads. Especially drainage structure and pavement studies extend the lifetime of the road. In this study, the deflection amounts of the road surface were measured on the unpaved roads and pavement roads by the help of Benkelman Beam. It has been determined that the deflections amounts are lower on the roads with pavement while these amounts are higher on the unpaved. As a result of the study, the use of Benkelman Beam on forest roads was examined.

January 2019, 59 pages.

Keywords: Forest road, Benkelman Beam, Pavement, Deflection

1. GİRİŞ

Orman yolları, ormancılıkla ilgili idari işlerin gerçekleştirilmesi, hammadde odunun taşınması, ormanda kültürel çalışmaların sürdürülmesi, orman işçilerinin iş yerlerine kolaylıkla gidip gelmeleri, ormanın korunması, özellikle orman yangınları ve böcek afetlerinin kontrol altına alınması amaçlarını gerçekleştirmek amacıyla inşa edilen tesislerdir (Seçkin, 1984). Orman yolları düşük trafik yoğunluğuna sahip yollardır (Fertal, 1994; Trzcinski ve Kacmarzyk, 2006). Orman yollarının planlama ve yapım çalışmaları ekonomik ve ekolojik olarak önem içermektedir. Yol yapımına ilave olarak, yolun zaman içerisinde bakım-onarım ihtiyaçları da çeşitli harcamalara neden olmaktadır (Seçkin, 1984).

Ormanların işletmeye açılması, orman yollarından faydalanma ve bunların bakımlarının amaca uygun şekilde planlanması gibi faktörlerin önemli ölçüde etkisi altında kalmaktadır. Gerçekte orman yolları gereken hallerde uygulanan stabilize malzemeyle kaplanmak suretiyle olanaklar ölçüsünde düşük standartlarda inşa edilmekte ve ancak devamlı ve etkili bir bakım ile bu standartların kabul edilebilir masraflarla sürekliliği sağlanabilmektedir (Bayoğlu, 1997).

Orman yollarının yapım çalışmalarından sonra belirli periyotlardan sonra bakım ve onarım çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Öztürk ve Topatan 2015). Bakım ve onarım çalışmalarının düzenli ve planlı olarak yapılması yolun kullanım ömrünü uzatmaktadır (Öztürk ve Şentürk, 2009).

Yolların inşasından sonra belirli zaman aralıklarıyla bakım, drenaj, üst yapı ve onarım gibi çalışmaların yapılması gerekir (Akay, 2006; Kramer, 2001). Eğer bu bakım ve onarımlar gerçekleştirilemezse, yoğun kullanımdan dolayı yol yüzeylerinde büyük tahribatlar meydana gelebilmektedir. Orman yollarında yüklü kamyonların hareketleri esnasında yol güzergahı boyunca deformasyonlar oluşmaktadır (Bayoğlu, 1969)

Orman yolları, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) tarafından yürürlüğe konulan 292 sayılı tebliğe göre ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali orman yolları, B tipi tali orman yolları) ve traktör yolları olmak üzere 3 ana kısma ayrılmaktadır (OGM, 2008). Ülkemizde bulunan orman yolları çoğunluğu B tipi tali orman yolu olup, bunların büyük bir kısmı sınırlı oranda üst yapı içermektedir.

Ormancılık çalışmalarının yoğun olduğu pek çok ülkede üst yapı taşıma kapasiteleri ile ilgili problemler görülmektedir (Trzcinski ve Kaczmarzyk, 2006). Orman yolları üst yapısı da bütün yol üst yapılarında olduğu gibi çevresel etkenler (sıcaklık, nem, donma-erime döngüleri, yağış vb.), trafik koşulları (trafik yükü, aks sayısı, lastik basıncı vb.), üst yapı inşaatının yapım kalitesi gibi faktörlerinin etkisi ile zaman içerisinde degradasyona (bozulma) maruz kalmaktadır. Buna bağlı olarak yol platformunda değişimler söz konusu olmakta ve bu nedenle belirli aralıklarla yol bakım ve onarım çalışmalarına gereksinim duyulmaktadır (Saltan ve Karaşahin, 2001). Üst yapı taşıma kapasitesi üst yapı malzemesinin yapısına bağlıdır. Bununla birlikte, yolun temel toprak yapısı, toprağın fiziksel – mekaniksel yapısı ve toprak su seviyesi üst yapının niteliklerini etkileyen önemli faktörlerdendir (Kaminski ve Czerniah, 2001).

Bu tez çalışması, İstanbul Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü Bentler Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada şeflik sınırları içerisinde örnek bir orman yolu seçilmiş ve yolun çeşitli bölümlerinde Benkelman Beam aparatı ile yüzey defleksiyon ölçümleri yapılmıştır. Üst yapı bulunan ve aynı zamanda ham orman yolu şeklindeki ayrı ayrı bölümlerde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların sonucunda Benkelman Beam aracının ülkemiz orman yollarında üst yapı için kullanılabilirliği incelenmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. ORMAN YOLLARI

Orman yolları; yapım amaçları, planlama ilkeleri ve standartlarının farklı olması gibi özellikleriyle kara yollarından ayrılır (Hasdemir ve Demir, 2000). Ayrıca rekreasyonel amaçlı kullanım, orman ürünlerinin üretimi, özel amaçlı kullanımlar ve idari kullanımlar gibi çeşitli kullanım amaçlarına hizmette bulunmaktadır.

Günümüzde orman yolları, bir yıl içinde üzerinde taşınacak ürün miktarlarına, yapılış maksadına, trafiğin yoğunluğuna, seyir esnasındaki taşıtların büyüklüğüne ve tonajlarına dikkat edilerek başlıca ana orman yolları, tali orman yolları (A tipi tali orman yolu ve B tipi tali orman yolu) ve traktör yolları olarak üç grupta toplanmıştır (OGM, 2008) (Tablo 2.1).

Tablo 2.1: Orman yolları geometrik standartları (OGM, 2008)

Yol Tipi	Birim	Ana Orman Yolu	Tali Orman Yolu				Traktör Yolu
			A-Tipi	B-Tipi			
				SBT	NBT	EBT	
Platform	m	7	6	5	4	3	3,5
Şerit sayısı	Adet	2	1	1	1	1	1
Azami eğim	%	8	10	9	12	12	20
Asgari karp yarıçapı	m	50	35	20	12	8	8
Şerit genişliği	m	3	3	3	3	3	3
Banket genişliği	m	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	-
Hendek genişliği	m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	-
Üst yapı genişliği	m	6	5	4	3	3	-
Köprü genişliği	m	7+(2x0,6)	6+(2x0,6)	5+(2x0,6)		4+(2x0,6)	-

SBT: Standartları yükseltilmiş B Tipi tali orman yolları

NBT: Normal B Tipi tali orman yolları

EBT: Ekstrem B Tipi tali orman yolları

2.1.1. Ana Orman Yolları

Trafiğe uygun olarak platform genişliği 7 m, hendek genişliği 1 m olarak toplam genişlik 8 m olup, bu yollar ana dereleri izleyen yollardır. Bu yolun uygulanması için bir yılda o yol üzerinden geçecek araçların 50000 m³'ten fazla ürün miktarına sahip olmaları ve OGM tarafından verilen özel izin belgesinin alınması gerekmektedir. Bu çeşit yollar yapım çalışması sırasında yolun üzerine üst yapı olarak 6 m genişliğinde malzeme kaplanmalı, minimum 50 m yarıçaplı kurp, minimum %8 eğime ve standart trafik işaretlerine sahip olmalıdır (OGM, 2008).

2.1.2. Tali Orman Yolu

2.1.2.1. A Tipi Tali Orman Yolu

Trafiğe uygun olarak platform genişliği 6 m, hendek genişliği 1 m olarak toplam genişlik 7 m olan yollardır. Bu yolun uygulanması için bir yılda o yol üzerinden geçecek ürün miktarına 25000 ile 50000 m³ arasında sahip olmaları ve OGM tarafından verilen özel izin belgesinin alınması gerekmektedir. Bu çeşit yollar yapım çalışması sırasında yolun üzerine üst yapı olarak 5 m genişliğinde malzeme kaplanmalı minimum 35 m yarıçaplı kurp, minimum %10 eğime sahip olmalıdır (OGM, 2008).

2.1.2.2. B Tipi Tali Orman Yolu

Trafiğe uygun olarak platform genişliği 3-5 m, hendek genişliği 0,50-1 m olarak toplam genişlik 3,5-6 m olan yamaç ile dere yollarıdır. Bu yolun uygulanması için bir yılda o yol üzerinden geçecek ürün miktarına 25000 m³'ten az sahip olmaları ve nakliyat zamanı, nakledilecek ürünün türü, arazi yapısı vb. faktörler göz önünde bulundurularak yolların bir kısmı veya tamamına üst yapı olarak 3-4 m genişliğinde malzeme ile kaplanmalıdır. Yollar minimum 12 m yarıçaplı kurp ve normal eğim şartını sağlayan %9 eğime sahip olmalıdır. Kısa mesafelerde uygulanmak şartıyla minimum eğim %12 uygulanabilir (OGM, 2008).

2.2. ORMAN YOL ÇEŞİTLERİ

Orman yolları ülkemizde Toprak yollar, Stabilize yollar, Asfalt kaplamalı yollar ve Beton yollar olmak üzere 4 çeşittir.

2.2.1. Toprak Yollar

Toprak yollar en basit seviyede yol yapısını tanımlamaktadır. Eğer orman yolu taşımacılıkta aktif bir role sahip değilse ve üst yapısız halde kullanılıyorsa toprak yol olarak ifade edilir. Bu yolların oluşumu ilk önce zeminin belirli taşıma yeterliliği ve stabilize olması gerekmektedir. Yol platformu inşasının ardından yol yüzeyi düzlenip, yola %4-6 bombe sağlanarak taşımaya açılmaktadır. Bu tip yolların olumlu tarafı yapımının ucuz olması ve kısa bir zaman içinde tamamlanmasıdır (Erdaş, 1997).



Şekil 2.1: Toprak yol

Diğer yandan ham yolların olumsuz yönleri ise taşımanın yolun kuru dönemlerinde yapılması zorunluluğudur. Toprak yollar yapıldıktan bir yıl sonra kullanılması gereklidir. Bu süre içerisinde taşıma yapılmaması yolun stabil hale gelmesi için önem taşımaktadır. Bu esnada yolun üst tabakasındaki siltli kısım yıkanarak taşınır, geriye kalan çakıllı ve kumlu tabaka yolu daha sabit hale getirir. Erozyona neden olan toprak yollar az eğimli olmalıdır. En önemli konulardan biri olan drenaj sorununun çözülmesidir. Bu sebeple yola doğru bir şekilde bombe verilerek, kenar hendekleri yapılması gerekir (Erdaş, 1997).

2.2.2. Stabilize Yollar

Yol yapım aşamasından sonra meydana gelen ham haldeki orman yoluna belirli miktarlarda çakıl, kum vb. üst yapı malzemeleri serilerek oluşturulmuş ya da ham haldeki zemini çeşitli yöntemler kullanıp sıkıştırılmasıyla oluşan yollara stabilize (sabitleştirilmiş) yollar denir (Erdaş, 1997).



Şekil 2.2: Stabilize yol

Yolun üst tabakasında gevşek malzeme bulunmamalı ve bu tabaka mümkün olan en iyi şekilde sıkıştırılmalıdır. Üst yapı malzemesinin zeminle daha iyi kaynaşması için en uygun zaman ilkbahardır. Serilen malzemenin artanı yol kenarında bırakılarak daha sonra yağmurdan sonra malzeme nemli iken tekrar serilir. Yol kenarındaki fazla malzeme bir greyderin bıçağı yardımıyla kenardan ortaya getirilir ve çukurlar doldurulur. Bundan dolayı, yol kenarlarında bu gibi durumlar için hazır malzeme bulundurulabilir (Bayoğlu, 1997).

2.2.3. Asfalt Kaplı Yollar

Trafik yoğunluğu daha fazla olan yollarda, yolun suların oyucu etkisine karşı korunması ve aynı zamanda yolun direncinin artırılması için yolun temel tabakası üzerine hidrokarbonlu bir yapıdan oluşan kaplama yapılır. Bu tip yollara asfalt kaplamalı yollar denir. Kaplama tabakalarının kalın olması temel tabakanın pekiştirilmesini sağlayarak ana tabakayı olumsuz etkilere karşı korur ve yolun direncini artırır (Erdaş, 1997).



Şekil 2.3: Asfalt yol

2.2.4. Beton Yollar

Ormancılıkta çok az kullanılan beton yollar, hazırlanan beton malzemenin zemin ile alt temel tabakanın üzerine dökülerek betonun sertleşmesi ile oluşturulur. Bu yol yapımı aşaması esnasında taşıma gücünün arttırılması için zeminin sıkıştırılmasının çok iyi bir şekilde ayarlanması gerekir. Aksi halde fazla sıkışmadan dolayı zemin dağılmaları meydana gelebilir. Bu gibi etkileri önlemek için beton dökümü işleminden önce alt temel tabaka dikkatlice oluşturulur. Bu tabakada kullanılacak malzemenin suya dayanıklı olması ve sıkıştırılmasının çok iyi bir şekilde yapılması gerekir (Erdaş, 1997).

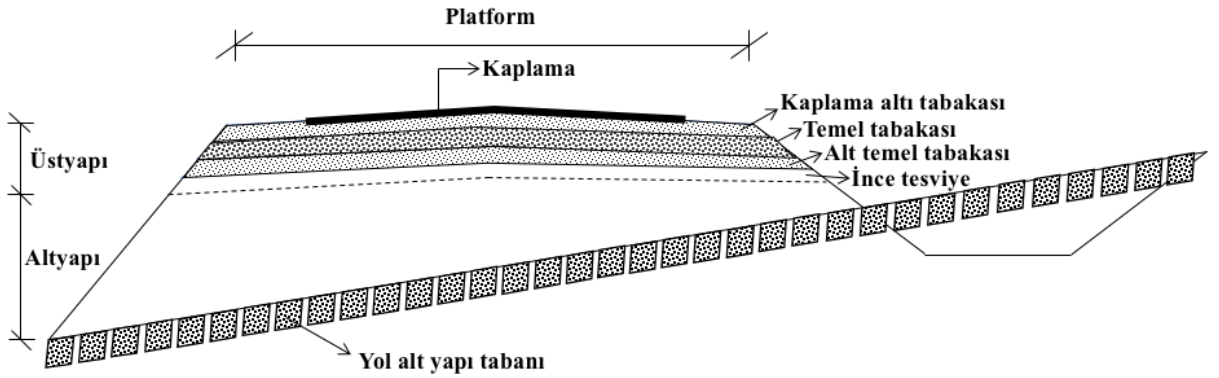


Şekil 2.4: Beton yol

2.3. ORMAN YOLU ÜST YAPISI VE ÖNEMİ

Trafik esnasında oluşan araç yüklerinin taşınması ve bu baskıdan doğacak gerilmenin zemine dağıtılması için mevcut alt yapının üzerine malzeme serilmesi doğrultusunda oluşan tabakaya üst yapı denir.

Orman yolları alt yapı ve üst yapı kısımlarından oluşur. Alt yapı kazı, dolgu, sanat yapısından oluşurken üst yapı ise alt temel tabaka ile temel tabakadan oluşur (OGM, 2008).



Şekil 2.5: Orman yollarında üst yapı tabakaları (OGM, 2008)

- **Platform:** Yolun banket ile dış sınırları arasındaki kısımdır.
- **Kaplama:** Yapımında beton, parke, bitüm, kum-çakıl gibi malzemeler ile oluşturulan motorlu araçlar, diğer taşıtlar ve yayaların geçtiği en üst tabakadır. Orman yolları kaplamasız bir şekilde yapılmaktadır.
- **Kaplama altı tabakası:** Temel tabaka ile kaplama tabakası arasında bağlantı, yükün dağılımı, sağlamlık ve düzgünlük gibi görevi olan tabakadır. Kaplamasız olarak yapılan orman yolları için kaplama altı tabakası söz konusu değildir.
- **Temel tabakası:** Yola gelen yükleri taşıyan ve alt temele geçişi ileten tabakadır.
- **Alt temel tabakası:** Alt yapı ile temel tabakanın arasında bulunan ve yola gelen yüklerin eşit bir şekilde dağılımını daha az maliyetle sağlayan tabakadır.
- **Üst yapı:** Kaplama, kaplama altı, alt temel ve temel gibi tabakaları içinde bulunduran yol yapısıdır. Kaplamasız yapılan orman yollarındaki üst yapı alt temel ve temel tabakalarından oluşmaktadır.
- **Alt yapı:** Kazı ve dolgular ile sanat yapılarının tamamı oluşturulan yolun üst yapısının altında kalan tabakadır.

- **İnce tesviye yüzeyi:** İnce tesviyesi yapılmış olan yol altyapısının en üst yüzeydir.
- **Yol altyapısı tabanı:** Yolun alt yapısına ait doğal zemin yüzeyidir.

Orman yolu tabakalarından alt temel ile temel tabakasının oluşturduğu üst yapı esas anlamda taşıyıcı nitelikte olup üzerlerine gelen araçların tekerlek yüklerinin yaptığı basıncı zemin üzerinde daha geniş bir alana dağıtmaktadır. Bu sayede zeminin yüzeyine gelen basınç, taşıma kapasitesinin altında kalır ve böylece yol yüzeyinde meydana gelebilecek deformasyon en aza indirilir (Bayoğlu, 1997).

Malzeme seçiminde taşıma kapasitesi yeterli bulunmayan toprakları dolgu olarak kullanmamak, bu topraklar yerine yol güzergâhının müsait olduğu bölgelerden ödünç malzeme alımı gerçekleştirilir. Buna benzer zeminlerde, ihtiyaç halinde yol platformunda kazıya rastlayan toprak kısımlarında taşıma gücü yetersiz topraklar kazılıp çıkarılarak yerine uygun özellikte malzeme getirilmelidir (Bayoğlu, 1997).

Pahalı kaplama yöntemleri, orman yollarında tercih edilmemesinden dolayı üst yapı kalınlıklarının belirlenmesi esnasında yapılan hataların neden olduğu kayıplar, maliyeti yüksek olan yollara göre daha düşüktür (Tavşanoğlu, 1973).

Alt yapıda taşıma kapasitesi zayıf noktalar trafik yükünün çökertici etkisiyle üst yapı tarafından belli bir süre için giderilse dahi, yavaş geçen ağır tonajlı kamyonlar eninde sonunda bu noktalarda çöküntülere neden olmaktadır. İşte bu sebepten dolayı yol inşaatında kaplama altı, kaplama, alt temel ve temel tabakalarının kısaca üst yapının bir bütün halinde ele alınması gerekmektedir. Çünkü taşıma kapasitesi yetersiz olan zeminler üzerine doğru malzeme ve yeterli kalınlıkta bir üst yapı serilerek inşa edildiği takdirde iyi sonuçlar almak mümkündür (Aykut, 1978).

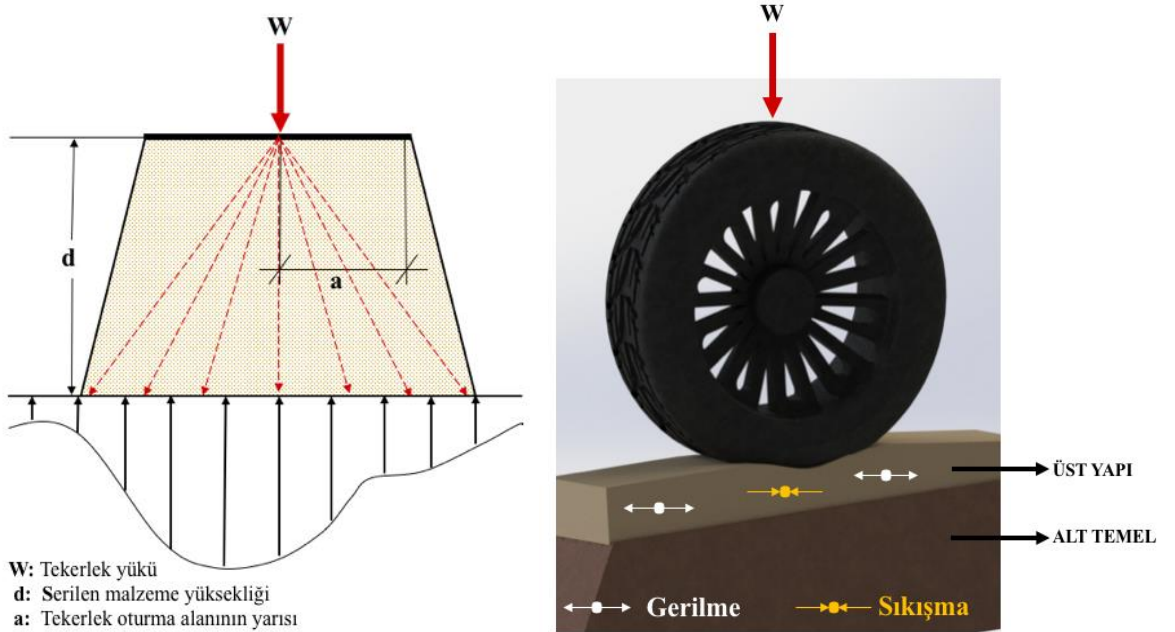
İyi bir üst yapı organizasyonu için, sistematik, iyi organize edilmiş, işlerin günü gününe yapılmış ve denetlenmiş olması gerekmektedir. Üst yapı yönetimi en geniş anlamda planlama, programlama, tasarım, yapım, bakım, onarım ve yenileme işlemlerinin tamamını içeren bir programdır. Bu sebeple üst yapının önemi göz ardı edilmemesi gereken bir konudur.

2.4. ORMAN YOLLARINDA STABİLİZE MALZEME VE ÖZELLİKLERİ

Orman yolları inşasında yol güzergahının sıkıştırılması için yapılması gereken tedbirler sağlanmadığında trafik yükü altındaki zeminde çökmeler başlar ve bunların onarılması bazen yapım masraflarından bile daha fazla masrafa neden olabilmektedir. Bu dolgu yapılarının trafik yükünde şekil değiştirmeden kalması için, başka bir ifadeyle topraktaki taşıma kapasitesinin artırılarak zeminde oluşabilecek bozulmaların en az seviyeye indirilmesinde dolguların sıkıştırılması sağlanmalıdır. Bir dolgunun stabilizesini sağlama için 3 adet koşulun oluşturulması gerekir (Bayoğlu, 1997).

1. Dolgunun üzerindeki temel zeminin stabilitesi sağlanmalıdır.
2. Dolgu gövdesinin ana yapısını oluşturan tabanın stabilitesi sağlanmalıdır.
3. Taban üzerine gelen üst yapının stabilitesi sağlanmalıdır.

Bir orman yolun yapımı esnasındaki kazı ve dolguların oluşturulmasında amaç, oluşturulacak yapının esnek bir şekilde üzerine gelen basıncın taban toprağına, taşıma kapasitesini aşmadan bir koni halinde intikal etmektedir (Şekil 2.6) (Bayoğlu, 1997).



Şekil 2.6: Granüle malzemenin içindeki tekerlek basıncının dağılımı (Aykut, 1978)

Yol üzerinde belli bir alana gelen tekerlek basıncı temel zemine gelinceye kadar daha geniş bir yüzeye dağılmaktadır. Bu dağılmanın 45 derecelik bir açı altında meydana geldiği kabul edilirse, yarıçapı a kadar olan bir yüzeyde etki eden W tekerlek yükü, d kalınlığındaki üst yapıyı geçerek temel zeminde r yarıçapında bir yüzeye dağılmaktadır (Şekil 2.6) (Aykut, 1978).

Elastiki bir yol yüzeyinde uygulanacak tekerlek basıncının sonucunda hem alt yapıda hem de üst yapıda şekil değişikliği ve bozukluğu (deformasyon) ortaya çıkarmaktadır. Üst yapı üzerinde çöküntüye neden olmayan bu deformasyona elastiki deformasyon denmektedir. Tekerlek yükü ya da basıncı geçtikten sonra ise yüzey eski formuna dönmektedir (Aykut, 1978).

Tekerlek basıncının etkisi sonucu üst yapının taşıma kapasitesinin aşılması veya alt yapının kenarlara doğru taşmasıyla bir çöküntü oluşmaktadır. Oluşan bu deformasyona plastik deformasyon denir (Bayoğlu, 1969; Umar, 1972).

Yol yapımında birinci esas, zeminde oluşan tekerlek yüklerinin üst yapının alt ve temel tabakaları tarafından taşınacağı konusudur. Bu tabaka kalınlıkları taban toprağı esas alınarak belirlenir. Üst yapıyı oluşturan alt temel ve temel tabakalar için taşıma kapasitelerinin yeterli olması için belli bir karışım miktarının oranına sahip olmaları gerekir (Bayoğlu, 1997).

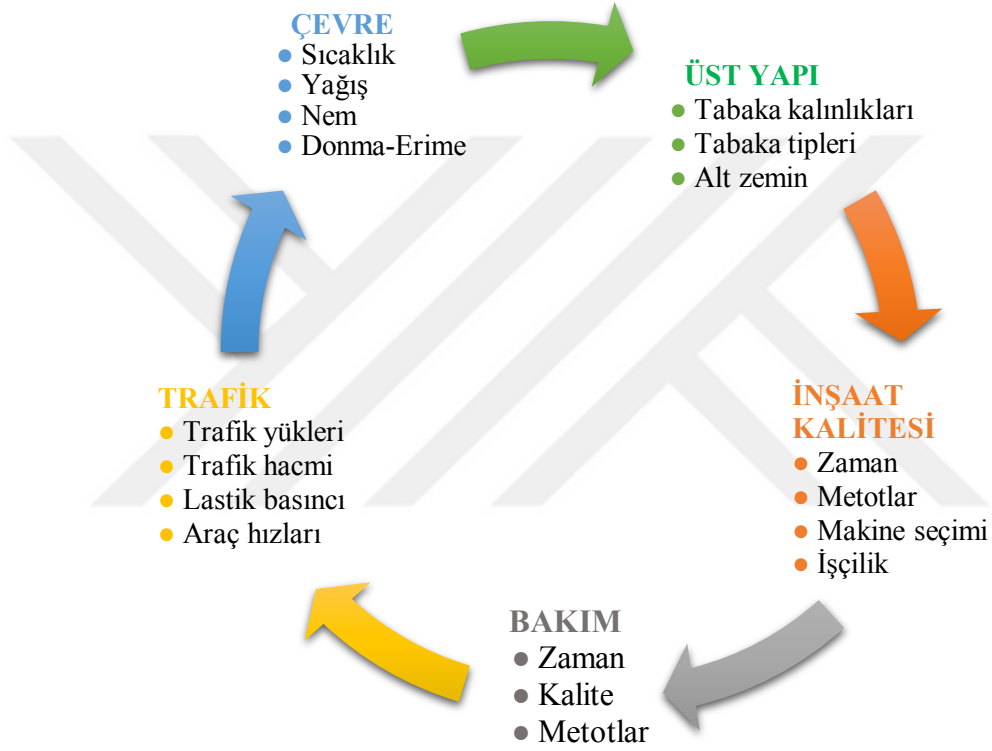
Yol yapımında ikinci önemli husus, üst yapının altındaki taban topraklarının tabakalar şeklinde serilerek laboratuvarında tespit edilen maksimum standarttaki yoğunluklara göre sıkıştırılmasıdır (Bayoğlu, 1997).

Üçüncü esas ise, drenaj probleminin tamamen halledilerek dolgu kısmının su ile temas etmesinin kesin bir şekilde ortadan kaldırılmasıdır. Drenaj problemi uygun bir şekilde çözülmediği sürece dolgularda meydana gelecek deformasyonu önlemek olası değildir (Bayoğlu, 1997).

Bu bağlamda bakıldığında orman yollarında stabilize malzeme çok büyük önem taşımaktadır. Ancak buna rağmen orman yolları ile ilgili çalışmalarda bu konunun göz ardı edildiği bariz bir şekilde görülmektedir. Üst yapı ve tabanda oluşan deformasyonlar, heyelanlar, artan bakım ve onarım faaliyetleri, yenileme masrafları ve trafikte oluşan aksaklıkların temelinde hep bu ihmaller oluşmaktadır (Bayoğlu, 1997).

2.4. ORMAN YOLLARINDA ÜST YAPININ BOZULMASI VE BOZULMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Orman yolları inşaatından sonra yolun kullanımı sonucu üst yapıda bozulmalar meydana gelebilir. Bu bozulmalar genellikle sıcaklık, nem, donma-erime gibi çevresel faktörler olabileceği gibi iklim, trafik yükü, kullanılan malzeme ve inşaat kalitesi, bakım çalışmaları, alt zemin tipi ve özelliklerinden de kaynaklanır.



Şekil 2.7: Üst yapının bozulmasına etki eden faktörler (Tighe ve diğ., 2003)

İnşaat kalitesi faktörü: Üst yapının bozulması sırasında en etkili unsurlardan bir olan inşaat kalitesi, alt zemin, çevre ve bakım ile direkt ilişkilidir. Üst yapı inşaatı sırasında uygunsuz nem koşulları, malzeme kalitesi ve sıkışma sonrası tabaka kalınlığı doğrudan üst yapı kaplamasının performansını etkiler (Adlinge ve Gupta, 2013).

Yol inşaatının yapıldığı bölgedeki toprak yapısı, üst yapı malzemesinin çeşidi ve kullanılan inşaat teknikleri de üst yapıya etki eden faktörlerdendir. Kullanılan malzemenin kaliteli olması durumunda çevre koşullarının etkisinde trafik yükünden kaynaklı bozulmalar en az seviyeye

iner. Kullanılacak malzemenin elastiklik, visko elastiklik, plastiklik, sıcaklık hassaslığı, sağlamlık ve yaşlanma karakteristiği gibi mekanik özelliklere sahip olması istenir (Fwa, 2005).

Bakım faktörü: Üst yapının sağlıklı bir şekilde devamlılığı için önemli bir etkidir. Yol inşaatı esnasında üst yapı ne kadar iyi tasarlanarak yapılmış olsa dahil trafik yoğunluğu, iklim koşulları, hava durumu, yararlanılan malzemenin özellikleri gibi etkenler zaman içerisinde bozulmaya uğramaktadır. Bu faktörler göze alındığında yoldan istenen performans alınabilmesi için düzenli bakım yapılması gerekmektedir. Bakım bir yolun hizmet verimliliğini artırıp uzun ömürlü olmasını sağlamakla beraber yol sürüş güvenliğini de sağlar (NZFOA, 2011).

Alt zemin faktörü: Tekerlek yüklerini destekleyen toprak tabakaya alt zemin denir. Yol üstünde oluşan trafik yükü kaynaklı tekerlek basıncı alt zemin tarafından desteklenemiyorsa, üst yapının esnemesine ve performans kaybına neden olur (Adlinge ve Gupta, 2013).

Trafik faktörü: Üst yapıya direk etki eden ve üst yapı performansını değiştiren ana nedendir. Üst yapı performansını etkileyen trafik faktörleri; lastik basıncı, araç hızı, trafik hacmi ve trafik yüküdür. Trafik yükü alt zemin ve üst yapıda gerilme oluşturarak kademeli bir şekilde üst yapıların bozulmasına neden olur (Fwa, 2005).

Çevresel faktör: Sıcaklık, nem, rüzgâr gibi çevresel koşullar üst yapının randımanını etkileyen faktörlerdir. Ancak sıcaklık, yağış, donma-erime döngüleri daha baskındır. Yüksek sıcaklık değişimlerinde görülen donma ve erime üst yapıyı olumsuz etkiler. Sıcaklık değişimleri benzer mevsimde donma noktasının altında ve üstünde olur ve kötü drenajlı durumda alt zemin desteği azalacağından dolayı kısa sürede üst yapıda bozulmalar meydana gelebilir (Fwa, 2005).

Kar erimleri üst yapı üzerinde oldukça sert hasarlar meydana getirebilir. Dolan ve pekişmeyen üst yapı, yoğun araç kullanımlarında zarara uğrar. Bu sebepten dolayı orman yolları karla kaplı veya erimeden sonra kullanılmamalıdır (Phillips ve diğ., 2004).

Zayıf drenajın yolun üst tabakasına etkisinin araştıran çalışmalarda nem miktarının artması ile üst yapısının zayıfladığı bulunmuştur. Bu sebeple zayıf drenaj zamanından önce üst yapıda bozulmalara neden olur (Abhijit ve diğ., 2011).

2.5. ÜST YAPILARDA GÖRÜLEN BOZULMALARIN SINIFLANDIRMASI

Birçok üst yapı kuruluşunca belirlenen üst yapı bozulmaları çeşitli tiplerde, önem derecesine ve yoğunluğuna göre boyutlandırılır. Üst yapı bozulmalarının belirlenmesinde kullanılan yöntemler arasında farklılıklar görülse bile genellikle ölçülen değerler veya bileşenler bakımından benzerlik gösterir.

Amerika’da 1993 yılında tamamlanan Stratejik Yollar Araştırma Programı (Strategic Highway Research Program – SHRP) tarafından yürütülen LTPP çalışması sonucunda oluşturulmuş bozulma tanımlama kılavuzunun bozulma sınıfları Tablo 2.2’de görülmektedir.

Tablo 2.2: LTPP Bozulma Sınıflandırmaları (Miller J. ve Bellinger W., 2003)

Bozulma Tipi	Ölçüm Birimi	Yoğunluk Düzeyi Tanımlama
A. Çatlaklar		
1. Yorulma Çatlağı	Metre kare	Evet
2. Blok Çatlak	Metre kare	Evet
3. Kenar Çatlağı	Metre	Evet
4a. Tekerlek İzi Boyuna Çatlak	Metre	Evet
4b. Tekerlek Alanı Dışı Boyuna Çatlak	Metre	Evet
5. Yansıma Çatlakları		
Enine Yansıma Çatlakları	Ölçülmez	Belirsiz
Boyuna Yansıma Çatlakları	Ölçülmez	Belirsiz
6. Enine Çatlaklar	Sayı, Metre	Evet
B. Yamalar ve Oyulmalar		
7. Yama/ Yama Bozulmaları	Sayı, Metre kare	Evet
8. Oyulmalar	Sayı, Metre kare	Evet
C. Yüzey Deformasyonu		
9. Tekerlek İzi	Milimetre	Hayır
10. Toplanma	Sayı, Metre kare	Hayır
D. Yüzey Kusurları		
11. Kusma	Metre kare	Hayır
12. Cilalanma	Metre kare	Hayır
13. Sökülme	Metre kare	Hayır
E. Çeşitli Bozulmalar		
14. Şerit-Banket Düşüklükleri	Ölçülmez	Belirsiz
15. Yağış Oyulmaları	Sayı, Metre	Hayır

2.6. ÜST YAPIDAKİ BOZULMALARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Trafik güvenliği bakımından oldukça önem taşıyan trafiğin yoğun ve hız limitinin yüksek olduğu yollarda üst yapıda oluşan bozulmalardan dolayı yollar denetlenmelidir. Üst yapının kalan kullanım süresinin saptanması, en uygun bakım yöntemi, zamanı ve ne kadar bakıma ihtiyacının olduğunun belirlenmesi için bozulma şeklinin, miktarının tespit edilmesi gerekir (Brockenbrough ve Boedecker, 2003).

Üst yapıdaki bozulmaların belirlenmesinde manuel ve otomatik yöntem olmak üzere iki kullanım yöntemi yer almaktadır. Bu iki yöntemde güvenlik, zaman, objektiflik, veri yöntemi, veri boyutu, işveren boyutu, maliyet ve kapsam gibi özelliklerinden dolayı farklılıklar göstermektedir (Tablo 2.3) (Attoh-Okine ve Adarkwa, 2013).

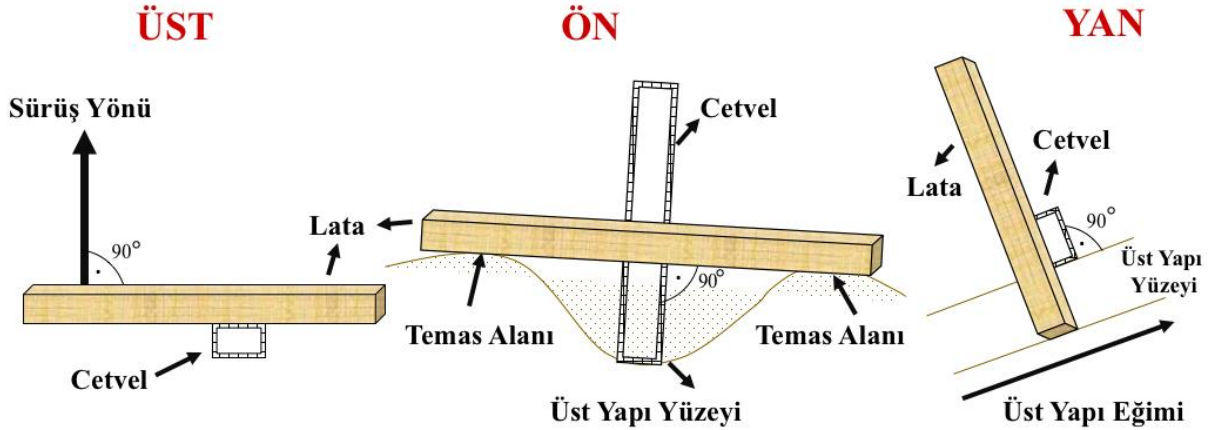
Tablo 2.3: Otomatik yöntem ve manuel yöntemin karşılaştırılması (Attoh-Okine ve Adarkwa, 2013)

DEĞİŞKENLER	OTOMATİK VERİ TOPLAMA	MANUAL VERİ TOPLAMA
<ul style="list-style-type: none"> •ZAMAN •GÜVENLİK •OBJEKTİFLİK •MALİYET •VERİ BOYUTU •VERİ YÖNETİMİ •İŞVERENLER •KAPSAM 	<ul style="list-style-type: none"> •Veri toplama zamanı azdır •Verilerin toplanması daha güvenlidir •Objektif ölçüme dayalıdır •Donanım maliyetleri çok pahalıdır •Donanımın kapasitesine bağlı olarak geniş miktarda veri toplama ve depolama •Sübjektif yazma hataları yoktur •Birimlerin işçi sayısını azaltılması için uygundur •Veri toplama araçlarının tekerlek izlerinden dolayı yol yüzeyini tamamen kaplamak için çoklu tekrarlara ihtiyaç duyulabilir 	<ul style="list-style-type: none"> •Uzun veri toplama zamanı söz konusudur •Veri toplanması sırasında personel risk altındadır •Personelin tecrübesine bağlı olduğu için genellikle sübjektiftir •Kısmen daha az pahalı •Birimler belli bir zaman içinde sadece az miktarda veri toplayabilir •Sübjektif yazma hataları Değerlendirme personeli için iş kaynağı •Denetleyiciler yol genişliğini tamamen kısmen kolay kaplayabilir.

2.6.1. Manuel Yöntemler

Üst yapılarda kullanılan manuel yöntemler, araştırma sahasında ölçümleri yapan kişinin değerlendirmesine bağlı olduğundan bu tip değerlendirmeler öznel niteliktedir. Manuel yöntem ile yapılan ölçümlerde; ölçümü yapan kişi araştırma alanı üzerinde üst yapı bozulmalarını yürüyerek saptadığından dolayı bozulmanın miktarı, şiddeti ve tipi hakkında detaylı bilgi edinmiş olur. Bu tarz çalışmalarda ölçümler 2 kişi tarafında yapıldığı için yolun bozulma miktarı ve değerlendiricinin tecrübesine bağlı olarak daha yavaş ve yoğun ilerler.

Üst yapılarda oluşan tekerlek izleri genellikle cetvel metodu kullanılarak ölçülür. Bu yöntemde üst yapıda oluşmuş tekerlek izinin derinliği cetvel ve ölçü kullanılarak direk ölçülür. Trafik yönüne doğru dik olarak üst yapıya yerleştirilen cetvel alt yüzeyi ile üst yapıya temas ettiği yer arası dik olarak ölçülür (Serigos, 2012) (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Cetvel kullanım yöntemi (ASTM, 2010)

2.6.2. Otomatik Yöntemler

Üst yapı bozulmalarında kullanılan otomatik yöntemler veri toplama, kaydetme ve işleme aşamalarından oluşur. Bunların içerisinde en önemli kısım veri toplama sürecidir. Bu aşamada veri toplayan ve hızlı hareket eden araçlar kullanılarak ölçümler yapılır (Timm ve dig., 2004).

Otomatik veri toplama yöntemleri McGhee (2004)'e göre 2' ye ayrılır;

- Üst yapı yüzeylerinin fotoğraf ve videoları çekilerek görüntüleme
- Uzaktan algılama (kızılötesi, lazer ve akustik) yöntemi kullanılarak detaylı görünüş ölçümü

Wang (2000), son zamanlarda üst yapıdaki bozulmaları otomatik toplayan sistemleri ve bu sistemlerin uygulama prensiplerini gelişimleriyle birlikte açıklayarak sistemlerle ilgili genel bir analiz yapmıştır. Bunlara ek olarak zaman geciktirme ve bütünleştirme teknolojilerini kullanan kameralarla aynı zamanda işlem yapan bilgisayarlar kullanılarak çoğu problemin çözülebileceğini açıklamıştır. Otomatik yöntemler verilerin elde edilmesi, verilerin işlenmesi, verilerin gösterilmesi ve bu verilerin depolanması aşamalarından oluşmaktadır.

Otomatik veri toplama yöntemleri ve uzmanların topladıkları üst yapı envanterleri değerlendirerek, envanterleri toplanan alana ait hizmet verebilme oranı değerlerini tahmin eden bir model oluşturmuştur. Bunun neticesinde, üst yapılarda gereken bakım ve onarımların belirlenmesinde bu verilerin etkin olduğu ve kullanılması gerektiğini sergilemiştir.

Yol üst yapılarının bakımların planlanması bütün dünyada nakliyat çalışmaları için güncelliğini korumaktadır. Yolların kullanım ömürlerinin uzatılabilmesi için iyi bir bakım planlanmasının yapılması zorunludur. Bu amaçla tüm karayolu, köy yolları ve orman yollarının üst yapılarının periyodik olarak belirli aralıklarla yapısal taşıma kapasitelerinin incelenmesi oldukça önem kazanmaktadır.

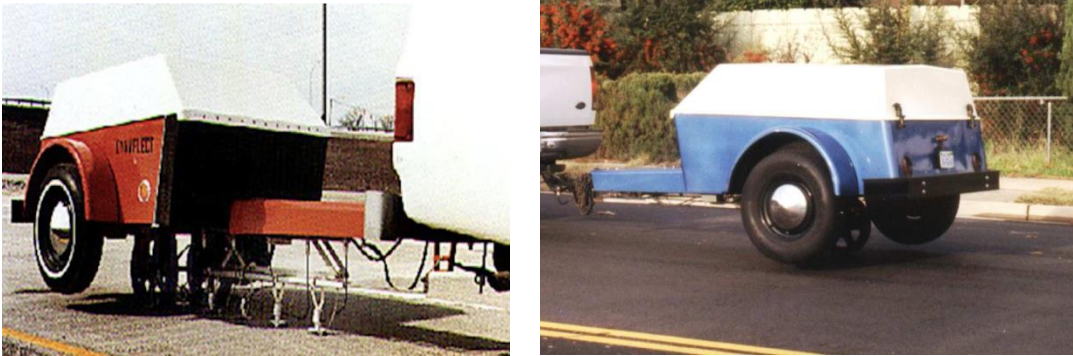
Üst yapıların yapısal analiz verilerinin belirlenebilmesi için son yıllarda tahribatsız test aletleri kullanılmaktadır. Bunların önemlileri Dynaflect, Benkelman Beam aparatı, Road Rater ve FWD (Falling Weight Deflecometer)'dir. Benkelman Beam aparatı ve Dynaflect sadece yük altındaki defleksiyonu ölçmektedir. Defleksiyon belli bir yük altındaki üst yapının elastik tepkisinin ölçülmesidir. Üst yapıda ölçülen defleksiyon üst yapının mevcut durumu hakkında güncel bilgiyi vermektedir. Defleksiyon ölçü değerlerinin büyüklüğü nedeniyle üst yapı hakkında fikir elde edilebilir. Gerçekleştirilen defleksiyon testleri bir üst yolun taşıma kapasitesini tahribatsız olarak belirlemede kullanılmaktadır. Bu yöntemin ana avantajlarından biri yol üzerinde pek çok noktada veri toplanmasına olanak sağlamasıdır. Veriler kısa sürede değerlendirilecek üst yapı hakkında bilgi edilebilir (Saltan, M. Ve Karaşahin, M., 2001).

Dynaflect: Üst yapının dayanıklılığını ölçmek için kullanılan tahribatsız bir test cihazıdır. Küçük bir römork içine yerleştirilen cihaz, üst yapının dayanıklılık gücünü ölçer. Salımlı ağırlıklar, kaldırımın üst yapı yüzeyine sürülen bir araca benzer şekilde sapmasına ve geri tepmesine neden olur. Zayıf bir üst yapı, genellikle güçlü bir üst yapıdan daha fazlasını saptırır. Hareket algılayıcı sensörler, ağırlıkların salınımından kaynaklanan sapma miktarını ölçer. Sapma verileri, daha sonra belirlenmiş bir trafik hacminde gelecekte deformasyon olup olmayacağını belirlemek için analiz edilir (Chai, L.T., 2005).



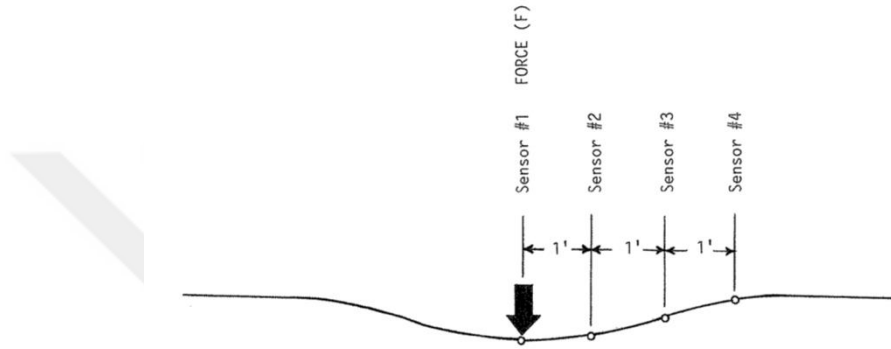
Şekil 2.9: Dynaflect (Chai, L.T., 2005)

Çoğu yöntemin aksine, Dynaflect defleksiyon tasarımları, mevcut üst yapının ölçülmüş direncine dayanmaktadır. Bundan dolayı şartlar ne olursa olsun tüm üst yapılar için doğru sonuçlar sağlar. Test verileri öngörülen trafik yükleriyle birleştirir ve yapının istenen kullanım süresi için ne eksik ne de fazla kusursuz ve uygulanabilir bir tasarım sağlar. Özellikle birçok yol rehabilitasyon projesinin sınırlı fonlar için rekabet ettiği durumlarda, defleksiyon testi ve analizi, üst yapı koşullarının kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayan veriler sağlar (URL-1).



Şekil 2.10: Dynaflect (URL-1, URL-2)

Road Rater: Üst yapının yapısal yeterliliğini belirlemek için kullanılan dinamik bir sapma ölçüm cihazıdır. Büyük bir kütleyi hidrolik olarak kaldırıp indirilir ve bir yükleme kuvveti üretmek için bir otomatik değerinden salınır. Bu kuvvet esnek kaldırımlarda 360 kg ile 900 kg arasında, sert ve kompozit kaldırımlarda ise 180 kg ile 1080 kg arasında değişmektedir. Ortaya çıkan sapma, dört hız sensörüyle ölçülür ve 4 farklı değer oluşur (Şekil 2.11) (Charles J. P. ve diğ., 1989).



Şekil 2.11: Road Rater hız sensör ölçümleri (Charles J. P. ve diğ., 1989)



Figure 1
The Road Rater



Figure 2
Road Rater Control Console

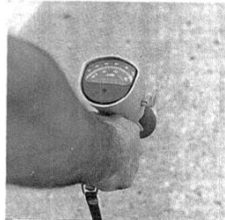


Figure 3
Raytek Infrared
Temperature Gun

Figure 2
Model 400 Road Rater

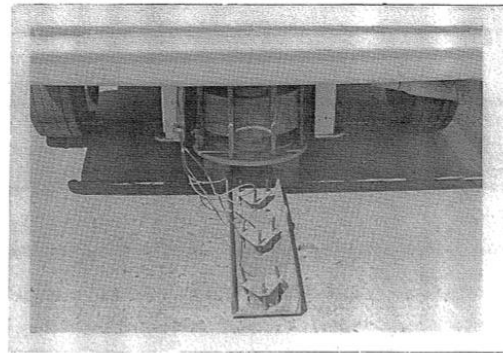
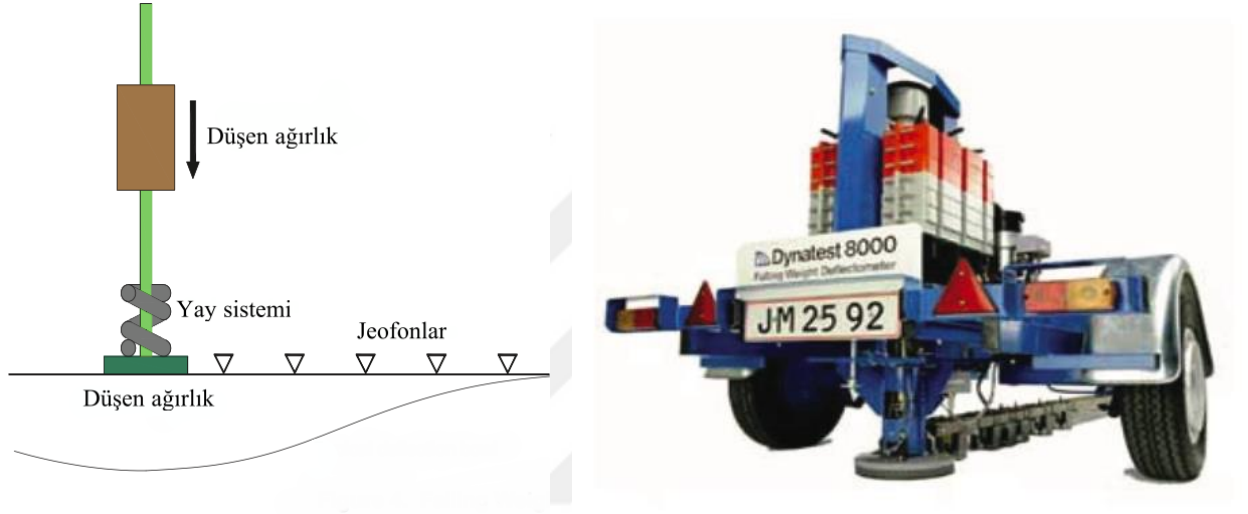


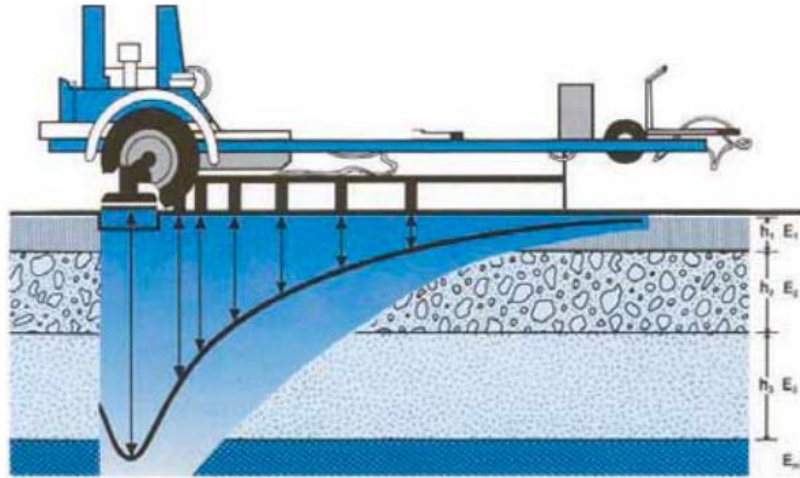
Figure 3
Mass and Sensors

Şekil 2.12: Road Rater (Charles J. P. ve diğ., 1989)

Fwd (Falling Weight Deflecometer): Yoğun trafik koşullarında oluşan yükün ve üst yapının bu yüke tepkisini ölçen önemli bir araştırma ve tasarım aracıdır. (Chai, L.T., 2005) 1960'ların sonunda Fransızlar tarafından tanıtılan FDW, üst yapıyı farklı bir yöntem olan defleksiyon kaplarını kullanarak ölçer. FDW, test sırasında sabit durması gereken küçük bir römorkun üzerine inşa edilerek kullanılır. Test öncesi, yol yüzeyine bir dizi jeofon indirir (Şekil 2.13). FWD üst yapının esnemesine neden olacak şekilde yüzey üzerine bir ağırlık düşürür. Jeofonlar, yolun yüzeyinde oluşan esnemeleri defleksiyon kapları ile ayrı noktalarda ölçer.



Şekil 2.13: FDW (Falling Weight Deflecometer) (URL-3)



Şekil 2.14: FDW ile yolun katman analizi (URL-3)

FWD çalışma prensibinde hareketli bir tekerleğin yüklenmesini simüle eden dinamik bir yük uygular. Üst yapının tepkisi, her modellenen katmanın elastik modüllerini, gerilmelerini ve basıncını belirlemek için ELMOD (Katman Modüllerinin Değerlendirilmesi ve Kaplama Tasarımının Değerlendirilmesi) yazılımıyla analiz edilir (URL-4).



Şekil 2.15: FDW (Falling Weight Deflecometer) (URL-4)

Ağırlıkların etkisi üst yapının bükülmesine neden olur, bu yöntem bir kamyon geçerken üst yapının nasıl büküldüğünü yakından gösterir. Uygulanan yük, yük plakasından daha küçük olacak sapmalarla birlikte bir sapma havuzu oluşturur. Bir dizi sensör üst yapı sapmasını ölçer. Özel bilgisayar donanımı ve yazılımı yük ve sapma verilerini kaydeder. Uygulanan maksimum kuvvet 7200 kg'dır (URL3).



Şekil 2.16: FDW (Falling Weight Deflecometer) (URL-3)

FWD'ler çeşitli kaldırım analiz tekniklerinde kullanılabilir. Tipik olarak, bir FWD ağ seviyesi üst yapı yönetiminde veya üst yapı tasarım projelerinde kullanılır. FWD tüm yol ağını test edebilir. Toplanan bilgiler, o yol ağı genelinde onarım ve bakım önceliklerini belirlemeye yardımcı olabilir. Testin kırsal alanlardaki yaklaşık 150 m aralıklarla ve kentsel alanlardaki 30 m aralıkta yelpazesi bulunmaktadır. Bu da yol ağı hakkında yeterli ayrıntı sağlar (URL-3).

FWD testi ile üst yapının zayıf bölümlerini tespit edebilir. Daha karmaşık kaldırım yönetim sistemlerinden bazıları, verilen bir yüke yanıt olarak değişimi ölçmek için FWD'ler veya benzer cihazlar kullanır. FWD testi yol gücünün nerede değiştiğini görmek oldukça kolaydır (URL-3).

Toplanan veriler kaldırım tasarımı için kullanılabilir. Bu, geri hesaplama tekniğini ve belirli yazılımlar kullanarak daha ayrıntılı bir analiz gerektirir. Bu yazılım için yolun her katmanının gerçek kalınlığını bilmeniz gerekir (Nega,A., diğ, 2016).

FWD, bakım ve onarım planlaması amacıyla tüm yol ağının yönetiminde yararlı olabilecek çok yönlü bir araç olmasının yanında ayrıca yolun belirli bir bölümünün ayrıntılı bir analizini sağlar. Ayrıca kaldırım yapısı tasarlanması veya onarım planının yapılması da yardımcı olur.

Geri hesaplama yöntemini kullanarak katman modüllerini tahmin etmek için üst yapıların yapısal durumunu değerlendirmek için kullanılan FWD'lerin dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin öngörülen üst yapı katmanı modülleri, hesaplanan ve ölçülen defleksiyon havzası standardı yerine getirmiş ve hatta kabul edilebilir sınıra uyumlu bile olsa bazen doğru sonuçlar vermeyebilir. Üst yapı katman kalınlığı, sıcaklık değişimi ve üst yapının özellikleri, öngörülen üst yapının yapısal kapasitesini ve geriye hesaplanan katman modülünü etkiler. Bu da sonuçları makul kılsa bile çeşitli üst yapı katmanlarının sabitlenmesi için dikkat edilmelidir (Nega,A., diğ, 2016).

2.7. BENKELMAN BEAM EĞİLME ÖLÇÜMLERİ İÇİN STANDART TEST PROSEDÜRÜ

Benkelman Beam Aparatı yüklü taşıtların lastik basıncı altında esnek üst yapının esneme miktarlarını belirlemek için kullanılan bir araçtır. Benkelman Beam Aparatı ilk olarak American Association of State Highway Organizations (AASHO) tarafından 1958 yılında kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.17: Benkelman Beam'in AASHO testi (Rabaiotti, 1975)

Aparat; iki parçalı inceleme kirişi, kiriş gövdesi (250 cm), basit ayarlama kolları ve eğilimi gösteren ibrelili göstergeden oluşmaktadır (Şekil 2.18). Aparatın teknik özellikleri Tablo 2.4'te verilmiştir (Rabaiotti, 1975).



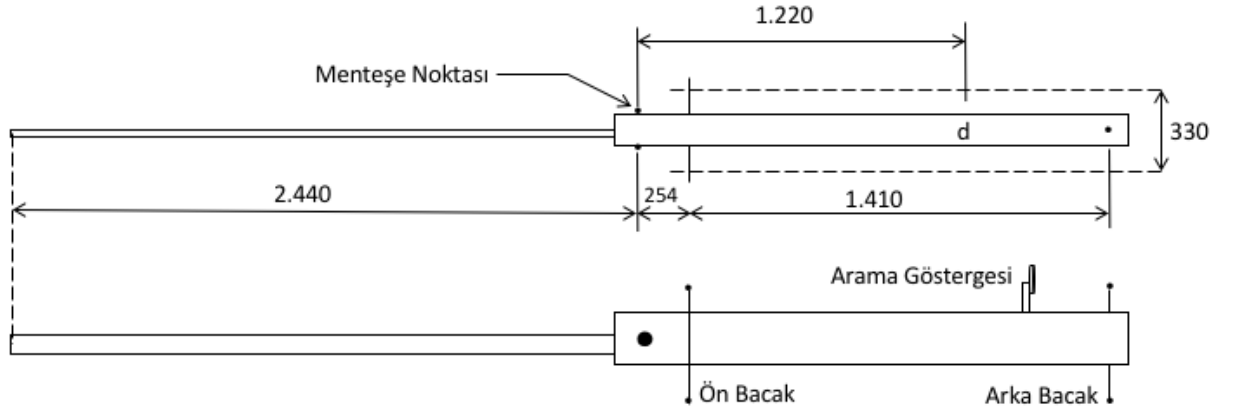
Şekil 2.18: Benkelman Beam Aparatı (Rabaiotti, 1975)

Tablo 2.4: Benkelman Beam Aparatının Teknik Özellikleri

TEKNİK ÖZELLİK	AÇIKLAMA
Ana gövde	1397 mm uzunluğunda, alüminyum
Araştırma kirişi	Alüminyum, 2.4 m uzunluğunda, depolama için mevcut teleskopik düzenek
Araştırma dayanak noktası	Bilyalı mil yatağı, 2:1 seviye oranı verir
Vibratör sistemi	Araç bölümlerinin üzerinde monte edilmiş çalışma anahtarı
İbrelî gösterge	Direkt okumalar için kompanse edilmiştir
Tesviye tekerleği	Uygun yükseklik için ayarlanabilir kiriş
Toplam uzunluk	3.7m
Ağırlık	15 kg

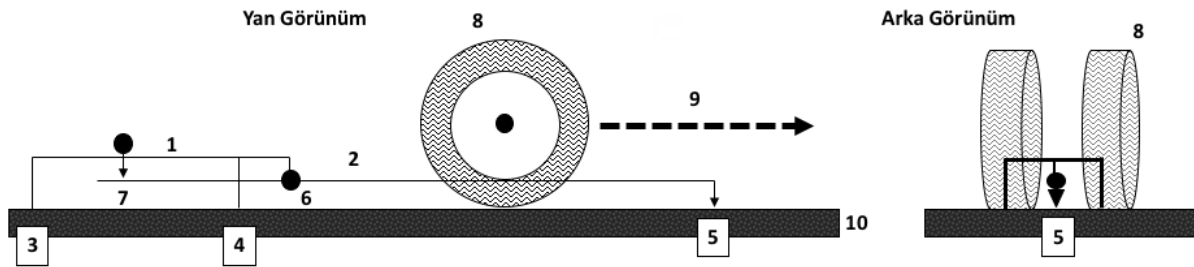
Benkelman Beam'in önemli özellikleri aşağıdaki gibidir:

- Çalışma alanlarına kolay taşıyabilmek için hafif alüminyum gövde
- Kolay kurulum için teleskopik tasarım ve azalan depolama boşluk ihtiyaçları
- Hızlı ve doğru eğilim ölçümleri için direkt okumalı ibrelî gösterge
- İbrelî göstergede doğruluk ve tekrar okunabilirlik sağlamak için dâhili vibrasyon sistemi

**Şekil 2.19:** Benkelman Beam Aparatı'nın boyutları (NZFAO, 2011)

Benkelman Beam Aparatı kullanımında kamyonun maksimum lastik basıncının 116 psi ve kamyon aks yükünün minimum 8000 kg olması gerekmektedir. 8.00 +0.15 tonluk bir aks yükü ile bir kamyon veya treyler çalışma alanında bir lastik üzerine gelen basınç $0.048 + 0.0002 \text{ m}^2$ alanda lastik temas alanı sağlamak için gerekli olan basınç çalışan iki çift lastik üzerinde eşit olarak dağılmaktadır. Aparat ile ölçümler yapılırken kirişin ucu sabit duran kamyonun arka çift lastik arasına yerleştirilmesi ile başlamaktadır. Test yapılacak alanda aparat 1.40 m kadar mesafede yerleştirilir. Test noktasına bağlı olan inceleme kirişinin ucu merkezdedir. Vibratör

sistemi açıldığında ve arka desteklerin pozisyonu ayarlandığında gösterge sıfıra ayarlanır. Vidanın kilitlenmesi ile yerdeki arka (bacak) destekler (sabitlenerek) kilitlenir. Eğer ilave ayarlar gerekli ise kiriş ön bacaklarının yüksekliği göz önüne alınarak yeniden pozisyon alınabilir. Aparat üzerindeki göstergenin sıfırlanmasından sonra kamyonun öne doğru yavaş bir şekilde (m/sn) hareketi sonucunda yol üst yapısında meydana gelen eğilme, aparatın göstergesinde okunarak kaydedilmektedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Aparatın kamyon lastikleri arasında yerleştirilmesi (Visser, A.F.H.M. ve diğ., 2000)

Ölçüm sonucunda yolun üst yapısında meydana gelen eğilme (çökme) miktarı sonucunda kamyon yükü – lastik basıncına göre yol deformasyonunun ölçülmesi sağlanmış olmaktadır. Kamyonun yüklü olan arka lastiklerinin zemine yaptığı basınç sonrasında yolun kaplama veya üst kısmında meydana gelen eğilme, çökme ve zemine göre deformasyonlar belirlenmiş olacaktır. Benkelman Beam Aparatı üst yapı materyalin 40 mm'den fazla çökmesi halinde sağlıklı ölçüm yapamamaktadır. Benkelman Beam, Rundlauf testleri için kullanılmış ve yer değiştirme, kirişin sol ucundaki mekanik yer değiştirme dönüştürücüsü ile ölçülmüştür.

Benkelman ışın testi, Rundlauf tesislerinde yazar tarafından kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Rabaiotti ve Caprez, 2007). Bu test prosedürüne ilişkin ana yanlışlık kaynağı, saptırma çanağının uzunluğu olup, kirişin ayakları, 0 yer değiştirmesiyle bir alana yerleştirilmezse ölçümler sağlıklı yapılmamaktadır. Bu testin sonuçlarının yorumlanmasına yönelik analitik çözümler, üç boyutlu sınır değer problemi ve eşit olmayan temas gerilmeleri nedeniyle de mümkün değildir. Test sonuçlarının analizi, günümüzde sayısal yöntemler, yani Sonlu Elemanlar Yöntemi ile gerçekleştirilebilir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ARAŞTIRMA ALANININ GENEL TANITIMI

Belgrad Ormanı, Marmara Bölgesi'nin olduğu kadar, ülkemizin de önemli yerleşim odağı olan İstanbul'un kuzeyindeki eski orman kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Belgrad Ormanı coğrafi yönden; Trakya'nın kuzeydoğusunda, Karadeniz ile İstanbul Boğazı arasında, Istranca Dağları'nın Karadeniz'e uzanan kısımlarının güney bakısında bulunmaktadır. Orman, Karadeniz'e kuzey sınırı ile 4-5 km, İstanbul Boğazı'na 3-4 km yaklaşmaktadır.

Mevcut Amenajman Planına göre alan, kuzeyde Virankule ve Arapdere Serilerine ilişkin ormanlar; doğuda yine Virankule Serisinin bir bölümü, Bahçeköy yerleşimi ve Bilezikçi Çiftliği Özel Ormanı; güneyde Fatih Ormanı, Azizpaşa Ormanı ve Kemberburgaz yerleşimi; batıda ise Arapdere Serisi baltalıkları ve Ağaçlı- Kemberburgaz sırt yolu ile sınırlandırılmıştır.

Belgrad ormanı Greenwich'e göre 28° 00'55" – 29° 00'55" doğu boylamları ile Ekvatora göre 41° 09'44" – 41° 14'40" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Plan ünitesi, mülki bakımdan İstanbul ili, Eyüp ve Sarıyer ilçelerinin mülki sınırları içerisinde kalmaktadır (Anonim, 2007). Bahçeköy Orman İşletmesi ormanları (Belgrad Ormanı) toplam büyüklüğü, orman alanı, açıklıklar ve Bent alanları dâhil 5441.71 ha'dır. Bu konudaki alansal dağılım Tablo 3.1'de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.1: Bahçeköy Orman İşletmesi ormanları (Belgrad Ormanı) toplam büyüklüğü

İşletme Şefliği Adı	Ormanlık Alan (ha)	Açık Alan (ha)	Toplam Orman Alanı (ha)
Bentler	2404,64	289,21	2693,85
Kurt kemeri	2562,89	184,97	2747,86
Toplam	4967,53	474,18	5441,71

3.1.1. Topoğrafik Yapı

Belgrad Ormanı, Marmara Coğrafi Bölgesi, Çatalca Yarımadası Orman Yetiştirme Bölgesindedir. Ormanın bulunduğu yetiştirme bölgesi, Trakya Müstevisi denilen eski bir Peneplen'dir. Plan ünitesi Istranca silsilesinin en doğu ucunu oluşturan yayvan bir arazi üzerinde, genellikle kuzeyden güneye doğru alçalan pek çok ana ve yan sırtlar ile, bu sırtlar üzerinde lokal yükseltiler yer almaktadır.

En yüksek nokta Kartaltepe 230 m en alçak nokta güneyde Kurudere ve ortalama yükseklik 135 m'dir. Plan ünitesi içindeki önemli tepelerden bazılarını kuzeyden güneye ve batıdan doğuya doğru şöyle sıralamak olanaklıdır; Büyükalan Tepesi (183 m), Hacabahçesi Tepesi (171 m), Kuyularbarakası Tepesi (149.9 m), Bozalan Tepesi (185 m), Korkmuş Tepesi (219 m), Devebayırı Tepesi (219 m), Kumluk Tepesi (204 m), Sırtıolu Tepesi (219 m), Çatalçeşme Tepesi (150 m), Kunduz Tepesi (94 m), Papazçeşme Tepesi (112 m), Kavaklar Tepesi (135 m) ve Burunsuz Tepesi (178 m)'dir. Plan ünitesindeki önemli bazı sırtları ise şöyle sıralamak mümkündür: Elhazarlı Sırtı, Kartaltepe Yolu Sırtı, Bozalan Yolu Sırtı, Kokmuş Bayırı Sırtı, Kemerbaşı Sırtı, Davutpaşa Merası Sırtı ve Burgaz Sırtı'dır.

Tüm orman alanındaki düz ve düze yakın yerlerin oranı % 9.1, hafif eğimli yerlerin % 21.0, orta eğimli yerlerin % 45.1, çok eğimli yerlerin % 23.2 ve çok dik eğimli yerlerin oranı da % 1.6 olarak hesaplanmıştır. Ortalama eğim % 16'dır. Görüldüğü gibi, orman arazisinin yarıya yakın kesimi orta eğimli araçlardan oluşmaktadır. Buna düz ve düze yakın yerlerin oranı eklendiğinde, rekreasyon açısından orman genelinde önemli bir eğim sorununun olmadığı görülmektedir (Anonim, 2007). Belgrad ormanına ait genel bakı analizi Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Belgrad ormanı bakı analizi

Bakılar	Oran (%)
Batı Yamaçlar	18,4
Güney Yamaçlar	11,5
Kuzey Yamaçlar	10,5
Doğu Yamaçlar	15
Kuzeybatı Yamaçlar	11,1
Kuzeydoğu Yamaçlar	9,4
Güneybatı Yamaçlar	11,4

Topoğrafik yapının sunduğu bu koşullar içerisinde, alan içi drenaj modeli esas itibariyle kuzey-güney yönünde şekillenmektedir. Genelde güneye doğru uzanan üç ana boşaltım aksını (Şeytandere, Kurudere, Kurtkemerı deresi ve kolları), doğu-batı yönündeki çeşitli tali akslar beslemektedir. Orman bütününe ilişkin hesaplanan dere sıklığı 0.04 ad/ha, drenaj yoğunluğu 18.3 m/ha'dır. Bu değerler orman drenajı için iyi bir değeri ifade etmektedir.

3.1.2. Jeolojik Yapı

Mıntıkanın jeoloji temelini, plaozoik taşlar (Devon) teşkil etmekte ve ayrıca neojen, kuvarter ve eruptif taşlardan ibaret formasyonlar bulunmaktadır. Devon formasyonu, yamaçlarda ve bazı tümseklerde ortaya çıkmakta, boz-yeşil şistlerden oluşmakta, genellikle taşlı, sıg ve az derin topraklar meydana getirmektedir. Bu topraklarda kaba ve ince taneli, hatta toz gibi ince mikalı gri taşlarından, balçık şistlerine içeren sahalar mevcuttur. Bunların ortak niteliği, büyük kısımları itibariyle kuvarslardan meydana gelmeleri ve karbonat kalsiyumu ihtiva etmeleridir. Neojen formasyonu ise Devon'un üzerinde ve çeşitli kalınlıktaki tabakalar halinde yer almakta, derin topraklar meydana getirmektedir (Anonim, 2007).

3.1.3. Ekolojik Durumu

Yapılmış olan arazi ve büro çalışmaları neticesinde şu tipler ortaya çıkmıştır:

- a) Sıg-mutedil derecede kuru-geçirir-esmer orman toprağı
- b) Orta derin-mutedil derecede serin- geçirir-esmer orman toprağı
- c) Derin-serin-geçirir orman toprağı
- d) Derin-pek derin-serin-geçirir-boz esmer podsölümsü orman toprağı
- e) Derin-pek derin-serin-çok geçirir-boz esmer podsölümsü orman toprağı
- f) Derin-pek derin-serin-az geçirir-boz esmer-podsölümsü orman toprağı
- g) Derin-pek derin-serin-az geçirir-gleyli boz esmer podsölümsü orman toprağı
- h) Derin-pek derin-serin-az geçirir-pseudogley ve stagnogley esmer orman toprağı

Bu yetişme muhiti tiplerinde rutubet bakımından üç, geçirgenlik bakımından üç, derinlik bakımından üç ve toprak tipi bakımından dört kategorilerin kombinasyonu görülür. Yetişme ortamı tiplerine göre aşağıdaki vejetasyon tipleri tespit edilmiştir (Anonim, 2007).

- a) Erica arborea+Cystus salviifeline+Arbutus unedo = Er + Cy + A
- b) Erica arborea+Pteridium aquilinum = Ee + Pt
- c) Erica arborea+Pteridium aquilinum+Hedera helix = Ee + Pt + He

- d) *Pteridium aguilinum*+*Hedera helix*+*Epimedium pubigerum* = Pt + He + Ep
 e) *Epimedium pubigerum*+*Pteridium aguilinum* = Ep + Pt
 f) *Hedera helix*+*Epimedium pubigerum*+*Epimedium pubigerum* = He + Pt + Ep
 g) *Pteridium aguilinum*+*Hedera helix* = Pt + He
 h) *Hedera helix*+*Trachystemon eriontae*+*Fructioccus* = He + Tr

3.1.4. Bitki- Orman Toplulukları ve Özellikleri

Belgrad Ormanı'nda mevcut ağaç türleri başında meşe türleri gelmektedir. Bitki sosyolojisi bakımından Belgrad Ormanı “Çoruh Meşçeresi-Gürgen Ormanı” ana tipi içine girmektedir. Ormanda bu ana tipin aşağıda belirtilen üç alt birimi bulunmaktadır:

- *Quercus frainetto* birimi
- *Fagus orientalis* birimi
- Tipik alt birim

Birinci birim Çoruh meşesi, Gürgen ve Macar meşesinden; ikinci alt birim, Çoruh meşesi, gürgen ve doğu kayınından; üçüncü alt birim ise, Çoruh meşesi ve gürgenden oluşmaktadır (Anonim, 2007).

3.1.5. Ağaç Türleri

Belgrad Ormanı'nın esas ağaç türü meşe olup, genel orman alanının % 75'ini kapsar

(*Q. cerris*, *Q. pendunculiflora*, *Q. frainetto*, *Q. dschorochensis*, *Q. infectoria*). Kuzeye bakan yamaçlarda (*Fagus orientalis*) ve dere içlerinde gürgen (*Carpinus betulus*) ve güney yamaçlarda kestane (*Castanea sativa*) meşçerelerine rastlanır. Tek tek veya kümeler halinde bulunan diğer ağaç türleri, kızılbaş (*Alnus glutinosa* subsp. *glutinosa*), kavak (*Populus tremula*), ıhlamur (*Tilia tomentosa*), Akçaağaç (*Acer campestre*, *Acer trautvetteri*), karaağaç (*Ulmus minor* subsp. *minor*), söğüt (*Salix alba*, *Salix cinrea*), üvez (*Sorbus torminalis*)'dir.

Ağaççık ve çalılar ise, muşmula (*Mespilus germanica*), fındık (*Corylus avellana*), kızılçık (*Cornus australis*), katır tırnağı (*Spartium junceum*), defne (*Daphnea pontica*), laden (*Cistus creticus*)'dir. Ayrıca toprak florası elemanı olarak, birçok odunsu çalı türleri ile 400'ü aşkın otsu bitki türü de bu formasyon içinde bulunmaktadır (Anonim, 2007).

3.1.6. Su Varlıkları

Genelde yayvan bir arazi yapısına sahip olmakla beraber, Belgrad Ormanı içinde pek çok ana ve yan dere bulunmaktadır. Bunları besleyen su kaynaklarının çokluğu nedeniyle ki, önemli dereler üzerinde Osmanlı İmparatorluğunun çeşitli devrelerinde 7 adet su bendi inşa edilmiştir.

Belgrad Ormanı'nın en önemli iki deresi, Kurtkemer Deresi ile Kuru Dere'dir. Yine oldukça büyük havzaların suyunu toplayan çok sayıda ana dere tarafından beslenen bu dereler, iki ayrı İşletme Şefliği içinde yer alırlar.

Kurtkemer Deresi, her biri ana dere niteliğine sahip üç sulu dere ile beslenir. Bu dereler Barka Dere, Orta Dere ve Ayvat Bendi deresidir. Bu üç dere dışında Kurtkemer Dere'sine iki yan dere daha birleşir ki bunlar, Altıparmak Deresi ve Devecioğlu Deresidir.

Kuru Dere'yi besleyen ana dereler, Büyük Bend'in su toplama havzasını oluşturan Kömürcübent Deresi, Ağaçay Deresi, Kilise Dere ve Kirazlıbent Dere'sidir.

Belgrad Ormanı içinde bu iki ana dere dışında iki ayrı havza daha vardır ki bunlardan birisi Paşa Dere'sidir. Bu derenin suları da Kuru Dere'ye boşalmaktadır. Diğer havza ise 2. Mahmut Bendi, Valide Sultan Bendi ve Topuzlu Bent'in içinde bulunduğu Şeytan Dere Havzası'dır.

Belgrad Ormanı'nda mevcut derelerin dışında, İstanbul'un su ihtiyacını karşılamak amacıyla 1620-1893 tarihleri arasında inşa edilmiş ve bugün hala işlevlerini sürdüren 8 adet bent bulunmaktadır. Bu bentler, Kömürcü Bent (1620), Büyük Bent (1748), Topuzlu Bent (1750), Ayvat Bendi (1765), Valide Sultan Bendi (1796), Kirazlı Bent (1818), II. Mahmut Bendi (1839), Elmalı Bent (1893)'dir. Bu bentlerin toplam su kapasitesi 2.279.520 metreküptür. Bu bentlerin suları İstanbul'a Taksim ve Kırçeşme suyolları ismi ile anılan hatlardan ulaşır. Bu ulaşım Bahçeköy Kemer, Kurtkemer, Malova Kemer, Güzelce Kemer, Paşa Kemer, Eğri Kemer adlarıyla bilinen Tarihi Kemerler aracılığıyla sağlanır (Anonim, 2007).

3.1.7. Yaban Hayatı

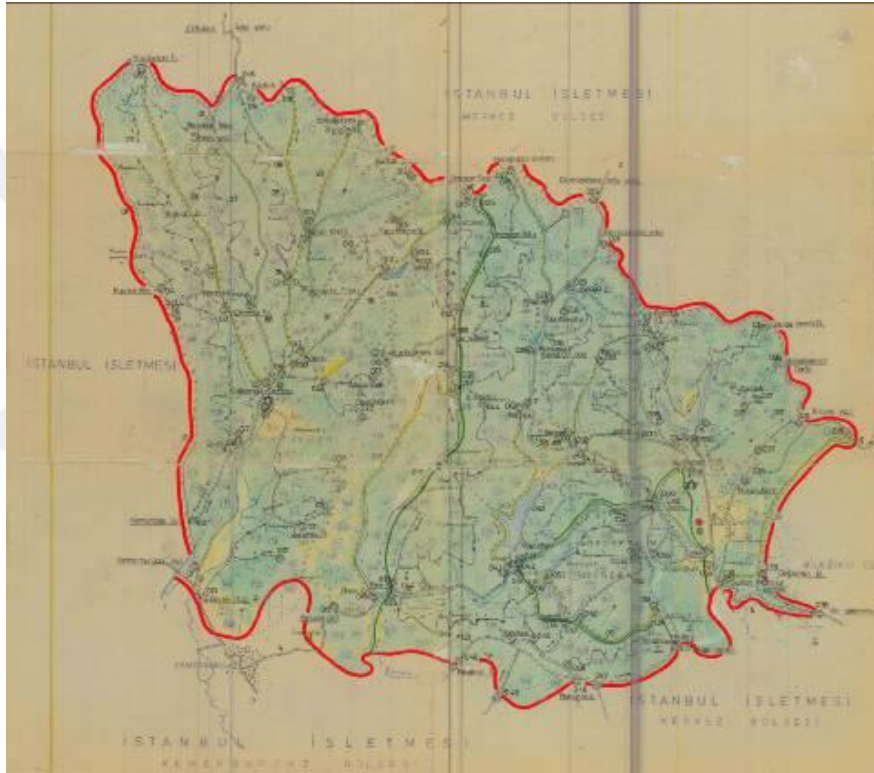
Araştırma alanı, yaban hayatı bakımından oldukça zengin sayılabilecek bir hayvan varlığına sahiptir. Özellikle av hayvanları bakımından, tüm yörede olduğu gibi, Belgrad Ormanı'nda da büyük bir çeşitlilik göze çarpmaktadır. Üstelik avlanma yasağının getirdiği koruyucu önlemler, mevcut yaban hayatının daha sağlıklı ölçülerde gelişmesine katkıda bulunmaktadır. Ayrıca 103 ha büyüklüğündeki “Av Üretim Sahasında” doğal koşullarda sürdürülen geyik yetiştirme faaliyetlerinde bu katkıyı büyük ölçüde güçlendirmektedir.

Ormandaki yaban hayatını tanımlayan başlıca hayvan varlığı “kuşlar” ve “memeliler” olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Milli Parklar Dairesi ve Av ve Yaban Hayatı Şube Müdürlüğünden sağlanan bilgiler ve tür dizinlerine göre; ormanda 71 kuş, 18 memeli hayvan türü mevcuttur. Bunlardan ilk grupta yer alan kuşların en önemlilerini, yeşilbaş (*Anas platyrhynchos*), bıldırcın (*Coturnix coturnix*), üveyik (*Streptopelia turtur*), karabatak (*Phalacrocorax corba*), balaban (*Botarus stellaris*), leylek (*Ciconia ciconia*), atmacalar (*Accipiter gentilis* ve *Accipiter nisus*), kızıl şahin (*Buteo buteo*), sülün (*Phasianus colchinus*), guguk (*Cuculus canorus*), puhu (*Bubo bubo*), ağaçkakan (*Dendrocopos major*), bülbül (*Luscinia megarhynchos*), kara tavuk (*Turdus pilaris*), ispinoz (*Fringilla coelebs*), saka (*Carduelis carduelis*) ve saksığan (*Pica pica*) gibi türler oluşturmaktadır.

İkinci gruptaki memelilerden ise, daha çok gelincik (*Mustela nivalis*), ağaç sansarı (*Martes martes*), porsuk (*Meles meles*), kokarca (*Putorius putorius*), tilki (*Vulpes vulpes*), geyik (*Cervus elaphus*), karaca (*Capreolus capreolus*), çakal (*Canis aureus*), tavşan (*Lepus europaeus*), sincap (*Sciurus vulgaris*) ve kirpi (*Erinaceus europaeus*) türleri önem taşımaktadır (Anonim, 2007).

3.1.8. Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü Genel Yol Ağı

Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü yol ağı planları tam olarak bitirilmiştir. Ormanı oluşturan her iki şeflik içindeki orman yolları şeflik alanlarının tüm noktalarına erişebilmektedir. Belgrad ormanının en önemli özelliklerinden biri olan rekreasyon sahalarından dolayı bölge içinde standardı yüksek asfalt orman yolları da bulunmaktadır. Bölgeye ait 1983 yılına ait yol ağı planı halen geçerliliğini sürdürmekle birlikte, bu plan üzerinde geçen yıllar ve çalışmalar boyunca birçok yeni eklemeler yapılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Belgrad Ormanı 1983 yılına ait yol ağı planı

Tablo 3.3: Meteorolojik Gözlem Değerleri Tablosu

Meteoroloji İstasyonu: Bahçeköy
 Enlem: 41° 29' Kuzey
 Boylam: 29° 03' Doğu
 Rakım : 110 m

Gözlemler	Aylar												Yıllık	Vejetasyon Süresince
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
Ort. Sıcaklık (°C)	4.7	5.1	6.0	10.4	15.0	19.2	21.6	21.6	17.8	14.2	10.9	6.9	12.8	16.4
En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.0	23.5	27.9	32.2	34.0	36.6	36.6	39.7	35.1	31.7	25.8	21.4	39.7	33.9
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15.8	-9.2	-8.4	-2.6	1.7	5.0	9.0	5.7	4.6	0.6	-7.7	-10.4	-15.8	-7.7
Ort. Yağış (mm)	161.2	107.8	113.2	50.8	42.5	39.0	29.9	51.1	75.6	116.2	126.6	172.2	1093.3	531.7
Ort. Nisbi Nem (%)	84	82	83	82	82	80	79	79	81	83	87	85	82	81.1
Karlı Günler Sayısı	4.4	4.5	2.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	1.5	12.7	0.3
Donlu Günler Sayısı	11	7	7	1	-	-	-	-	-	-	2	5	33	3
En Hızlı Rüzgâr Yönü	NW-NE	NW-NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	-	-
Ort. Rüzgâr Hızı (m/sn)	2.7	2.7	2.6	2.1	1.8	1.8	2.4	2.2	1.6	2.1	1.9	2.2	2.2	1.9
Ort. Buhar Basıncı (mb)	5.3	6.0	5.5	7.3	10.1	12.7	14.6	14.7	12.3	9.7	7.8	6.1	9.3	11.1

3.2. YÖNTEM

Araştırmaya öncelikle işletme şefliklerine ait verilerin toplanması ve haritaların sayısal hale çevrilerek coğrafi bilgi sistemleri veri tabanına depolanması ile başlanmıştır. Verilerin toplanması Bentler Orman İşletme Şefliğine ait alanda yapılan arazi çalışmaları ile gerçekleştirilmiştir. Coğrafi bilgi sistemi veri tabanına aktarılan haritalar araştırma alanına ait 1/25000 ölçekli memleket haritalarıdır. Sayısallaştırma işlemi manuel yöntemle ve tablosal öznitelik verilerinin de veri kütüklerine işlenmesi şeklinde yapılmıştır. Haritaların sayısallaştırma işlemi ve coğrafi bilgi sistemi veri tabanı oluşturmak için ArcGIS 9.3 yazılımı kullanılmıştır.

Bentler Orman İşletme Şefliklerine yönelik olarak coğrafi yapının belirlenmesi amacıyla sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Bölgeye ait 1/25000 ölçekli haritalardan 50 m’de bir geçen eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılarak, topoloji oluşturulmuş ve öznitelik verisi olarak yükseklik bilgileri girilmiştir. Araştırma alanına ait meşçere haritaları, su bentleri, meşçere alanları, dereler, orman yolları sayısallaştırılarak coğrafi bilgi sistemi katmanları haline getirilerek veri tabanı sorgulaması için hazırlanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında, GPS (Global Position System) ile örnek orman yolları koordinatları alınmıştır.

Örnek olarak seçilen yolların seçiminde üst yapılı ve ham orman yolu olarak iki adet örnek alan seçilmiştir. Bu yollar üzerinde üretim alanının konumu ve ara depoların yerlerine göre Benkelman Beam Aparatı’nın kullanılacağı yerler tespit edilmiştir. Bu alanlarda aparat ile kamyonların geçiş güzergâhı üzerinde denemeler yapılmıştır. Ham orman yolu ve stabilize malzeme ile eski yıllarda yapılmış üst yapılı yollarda belli yük miktarına sahip kamyonların yol yüzeyinde meydana getirdikleri defleksiyon miktarları belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. ALANSAL BULGULAR VE TARTIŞMA

Bentler Orman İşletme Şefliği alanının topoğrafik yapısının detaylı bir şekilde anlaşılması ve çeşitli analizlerde kullanılmak üzere sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Sayısal arazi modelini oluşturmak için öncelikle çalışma alanına ait İstanbul F21-c2 pafta nolu 1/25000 ölçekli memleket haritası daha önceden de açıklandığı gibi ArcGIS 9.3 programı ile sayısallaştırılmıştır (Şekil 4.1).

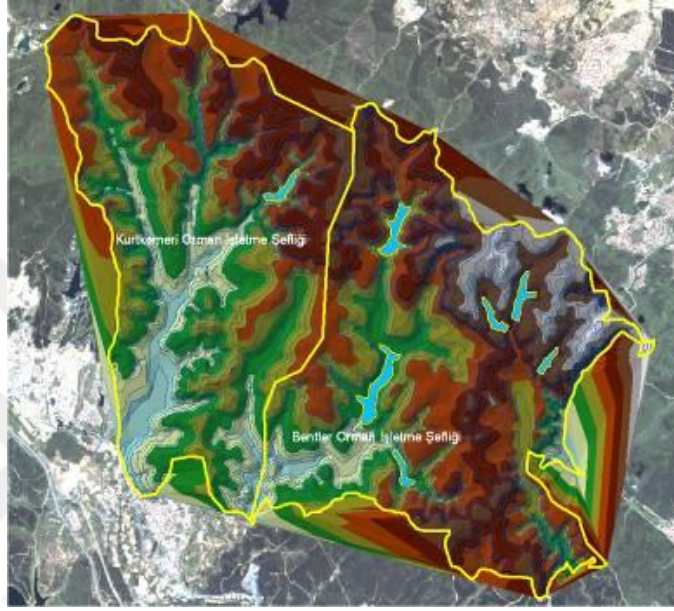


Şekil 4.1: Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü alanının topoğrafik harita görüntüsü

Bilgisayar ortamına aktarılmış olan ve araştırma alanına ait 1/25000 ölçekli memleket haritaları üzerindeki 50 m’de bir geçen eşyüksele eğrilerinin sayısallaştırılmasından elde edilen noktasal verilerin (X,Y,Z) değerlerinden yararlanılarak Bentler Orman İşletme Şefliklerinin çalışma alanını gösteren topoğrafik model hazırlanarak Şekil 4.2 ’de verilmiştir.

Bentler Orman İşletme Şefliklerinin sayısal arazi modeli oluşturulurken, Harita Genel Komutanlığı’nın ürettiği (İstanbul F21-c2) 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar kullanılmıştır. Bu haritalarda araziye sembolize etmek, üç boyutlu bir görüntü kazandırmak için çizilen ve her

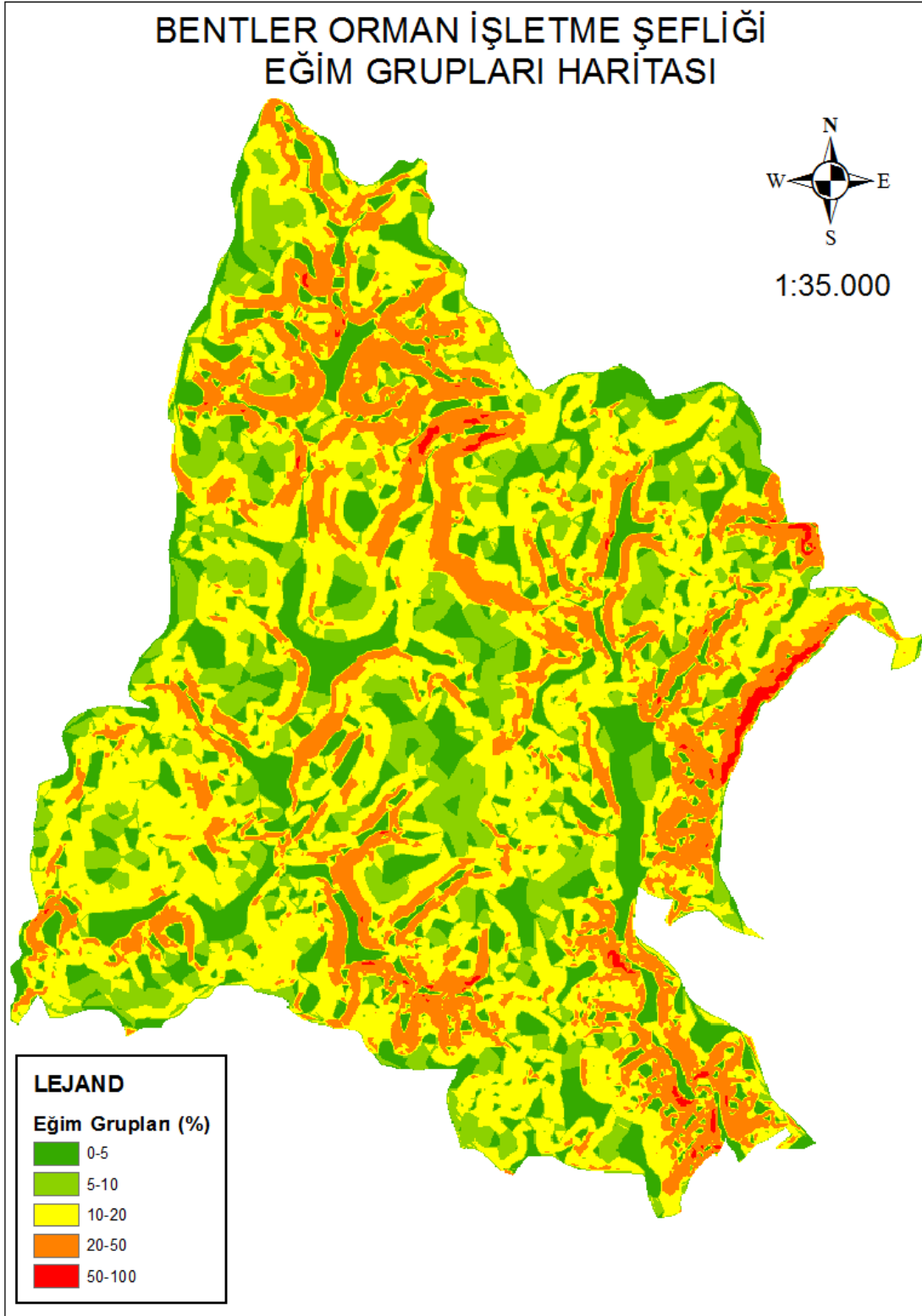
50 m’de bir koyu çizgi ile geçirilmiş olan ana eşyüksekti eğrileri sayısallaştırılmıştır. Sayısal modelin gerçek araziye yansıtma hassasiyeti bu eğrileri sayısallaştırılmasından elde edilen dayanak noktalarının araziye temsil etmesine bağlıdır. Model üzerinde düz olarak görülen alanlar yerleşim alanlarıdır. Bu alanlar 10 m’de bir geçen eşyüksekti eğrilerinin sayısallaştırılması ile gerçek arazi eğimlerine kavuşacaktır.



Şekil 4.2: Bentler Orman İşletme Şefliği alanının topoğrafik model görünüşü

Şeflik alanının eğim durumunun belirlenmesi ve eğim gruplarının oluşturulması amacıyla eğim haritaları hazırlanmıştır. Eğim haritalarının oluşturulmasında sayısal arazi modelinden yararlanılmıştır. ArcView 9.3 yazılımının Surface modülü kullanılarak hazırlanan eğim haritası, eğim sınıflarına göre gruplandırılarak değişik renklerle gösterilmiştir. Sayısal arazi modeli ve eğim haritaları incelendiğinde Bentler Orman İşletme Şefliklerinin alanının güneybatı kısımlarında yerleşim alanlarının yoğun olduğu kuzey bölümlerinde ise ormanlık alanların fazla olduğu anlaşılmaktadır. Eğimler genellikle %0-20 arasında yoğunluk göstermekte %50’den büyük eğime sahip alanlar alan içerisinde fazla bir dağılış göstermemektedir (Şekil 4.3).

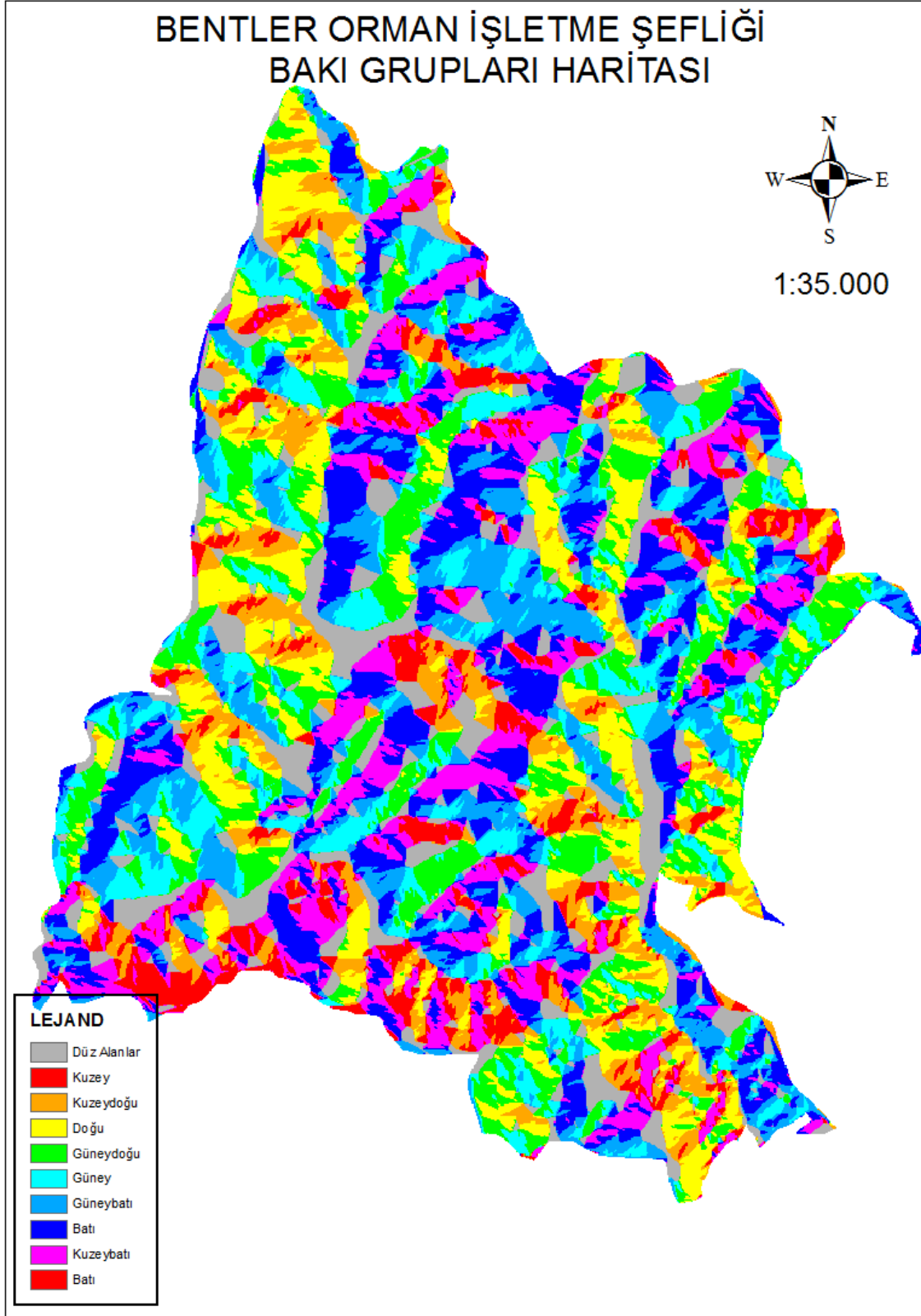
Eğim sınıflarının oluşturulması için literatürde yer alan 5 eğim grubu kullanılmıştır. Eğimin çok dik olduğu alanlarda yağıştan sonra yüzeysel erozyon riski olduğundan bu alanlarda drenaj tesislerinin kurulması gerekmektedir. Bunun yanında eğimin %45’e kadar olan alanlarda dolgu ve kazı şevinin oluşturulmasında hiçbir sorun yaşanmamaktadır.



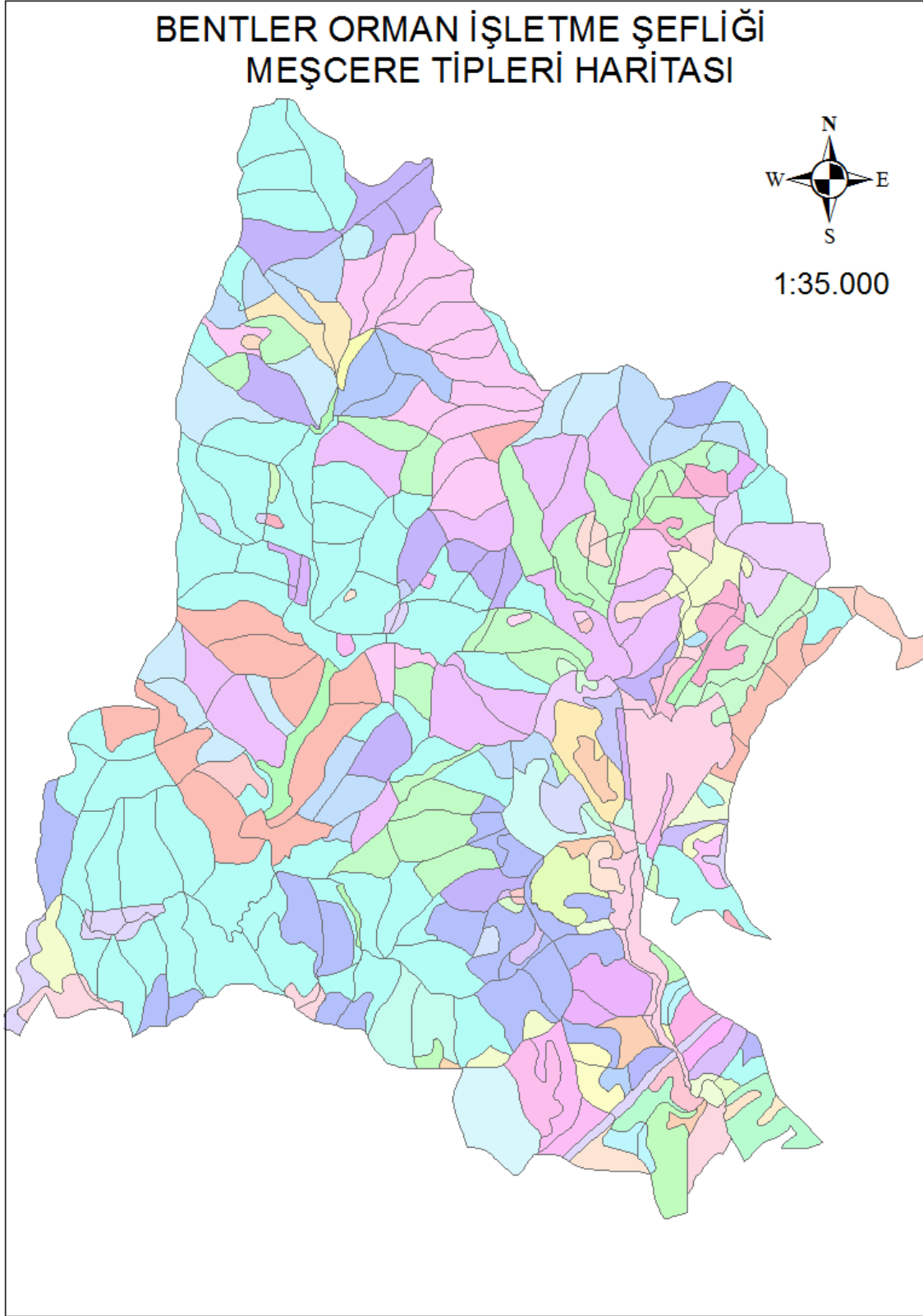
Şekil 4.3: Bentler Orman İşletme Şefliği eğim grupları haritası

Sayısal arazi modeli kullanılarak Bentler Orman İşletme Şeflikleri alanının bakı haritası da oluşturulmuştur. Sayısal arazi modelinden öznitelik bilgisi olarak 0-360° bakı değerlerini bulunduran yeni bir katman elde edilmiştir (Şekil 4.4). Bu katman üzerinde yeniden sınıflandırma fonksiyonu kullanılarak açı değeri olarak verilen bakılar 8 yön olarak gruplandırılmıştır. Orman transport tekniğinde bakı yönleri, yolların güneşlenme sürelerine ve alanın yağış alma durumu üzerinde etkilidir. Kuzey yamaçlarda yağış daha fazla olacağından bu alanlarda drenaj problemlerinin çözümü önemlidir.

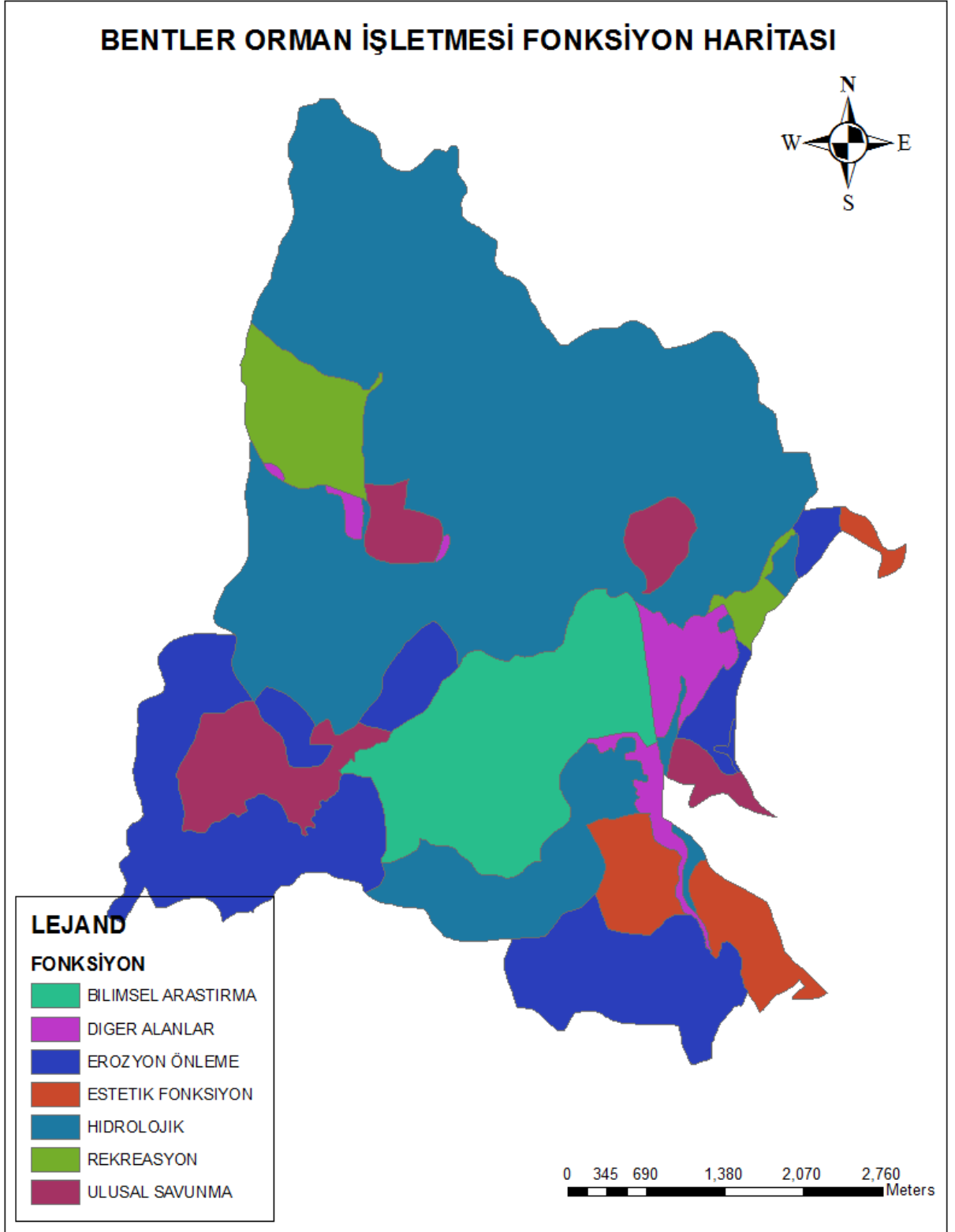
Çalışma alanının doğal durumunun ortaya çıkarılması ve alandaki mevcut yolların, sanat yapılarının ve üretim yerlerinin ve üretim biçimlerinin belirlenebilmesi amacıyla, araştırma alanlarının Amenajman Planı kapsamında yapılmış olan 1/25000 ölçekli meşçere haritasının sayısallaştırılması ile sayısal meşçere tipleri haritası da oluşturulmuştur. Ayrıca orman amenajman planı da sayısallaştırılarak meşçere haritası ile Coğrafi Bilgi Sistemi overlay analizi kullanılarak birleştirilmiştir (Şekil 4.5). Çalışma alanlarındaki yol bilgilerinin, sanat yapıları bilgilerinin bilgisayar ortamında belirlenebilmesi için meşçerelere ait tüm veriler bu katmana girilmiştir. Bentler Orman İşletme Şeflikleri alanlarının kullanım şekline göre oluşturulan fonksiyon haritaları da Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.4: Bentler Orman İşletme Şefliği bakı grupları haritası



Şekil 4.5: Bentler Orman İşletme Şefliği meşcere tipleri haritası



Şekil 4.6: Bentler Orman İşletme Şefliği fonksiyon haritası

4.2. ORMAN YOLLARINA AİT BULGULAR VE TARTIŞMA

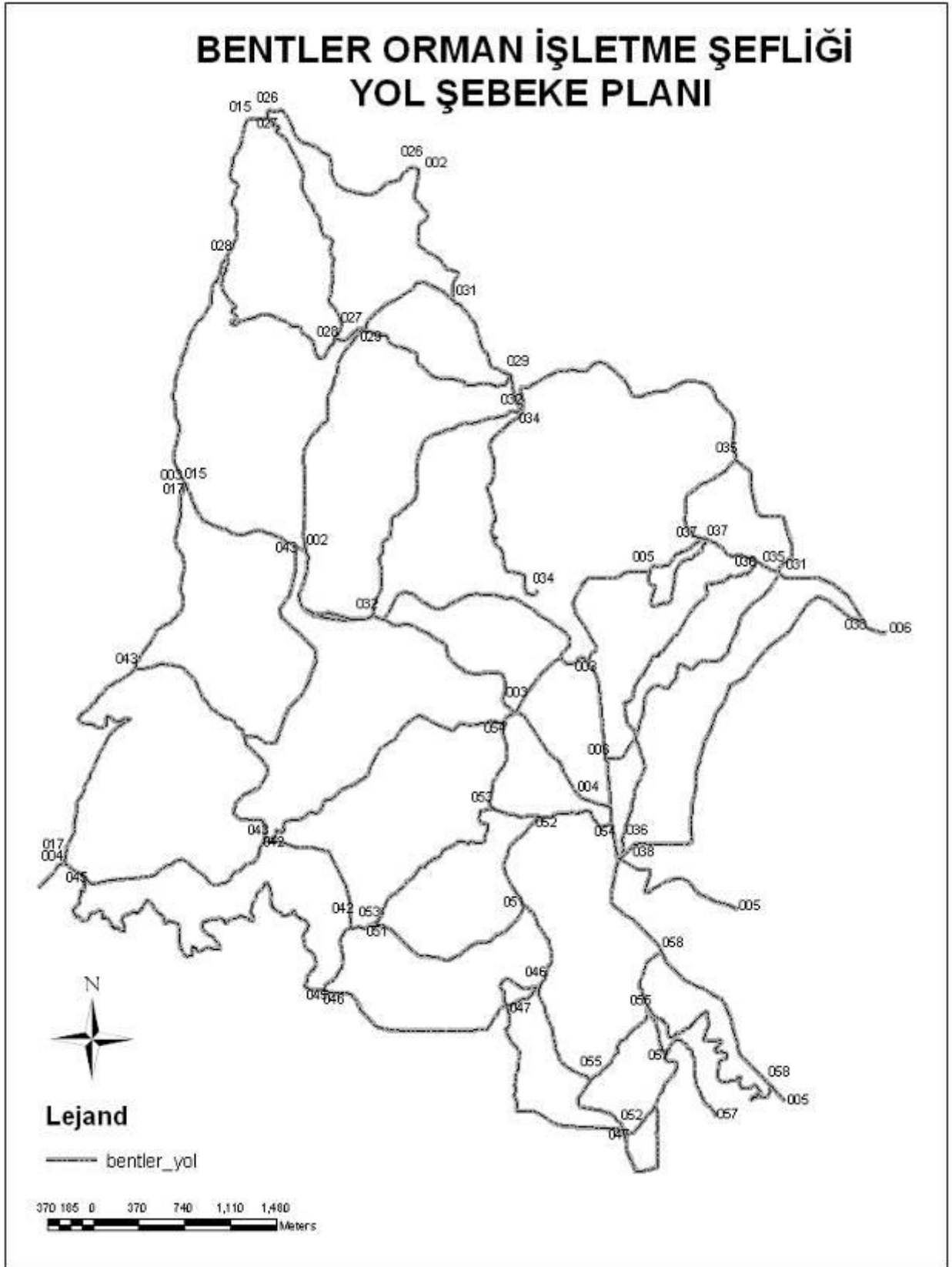
Bentler Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer alan orman yolları hem A hem de B tipi orman yollarıdır. Bunun yanında, her alan içerisinde birçok traktör yolu (sürütme yolu) da mevcuttur. B tipi yolların ortalama yarısı stabilize bir üst yapı malzemeye sahiptir. Geri kalan yollar ise toprak (ham) orman yoludur. A tipi yolların ise tümü asfalt kaplama ile kaplıdır. Araştırma alanlarının içerisindeki orman yolları bir ağ şeklinde kaplanmış olup, yol yoğunluğu standartların üzerindedir. Bu nedenle alan içinde yeni yol yapımına ihtiyaç bulunmamaktadır. Sadece belirli yolların bakım ve onarım ihtiyacı bulunmaktadır. Bentler Orman İşletme Şefliğine ait orman yollarının durumları ayrı ayrı başlıklar altında verilecektir.

4.3. BENTLER ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ ORMAN YOLLARI DURUMU

Bentler Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde toplam 31 adet kod numaralı yol bulunmaktadır. A tipi orman yolu sayısı 3 adet olup, B tipi orman yolu sayısı ise 28'dir. A tipi yolların hepsi asfalt kaplamadır. B tipi orman yolların 16 adeti stabilize üst yapıya sahipken, 10 adeti ise toprak yoldur. Alan içerisindeki toplam yol uzunluğu 87596 m'dir. Bölge içerisindeki tüm yolların genel ve teknik özellikleri Tablo 4.1 de ve yolların mevcut görünüşü ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.1: Bentler Orman İşletme Şefliğindeki yol durumu (Öztürk ve diğ., 2010)

Sıra No	Yol Kodu	Yol Uzunluğu (m)	Yol Tipi	Üst Yapı Durumu	Yol üzerindeki sanat yapısı tipi ve sayısı		
					Büz	Menfez	Köprü
1	2	3750	A Tipi	Asfalt	3	2	2
2	3	6176	A Tipi	Asfalt	5	1	-
3	4	5620	A Tipi	Asfalt	1	1	2
4	5	4600		Asfalt	-	-	-
5	6	3396		Asfalt	-	-	-
6	15	2844	B Tipi	Stabilize	-	-	-
7	17	3970	B Tipi	Stabilize	-	-	-
8	26	2510	B Tipi	Stabilize	-	-	-
9	27	2108	B Tipi	Stabilize	4	-	-
10	28	1761	B Tipi	Toprak	1	-	-
11	29	1430	B Tipi	Stabilize	-	10	-
12	31	4750	B Tipi	Stabilize	1	1	-
13	32	2440	B Tipi	Stabilize	9	-	-
14	34	1947	B Tipi	Toprak	-	-	-
15	35	1546	B Tipi	Toprak	-	-	-
16	36	3067	B Tipi	Toprak	-	-	-
17	37	2264	B Tipi	Toprak	-	-	-
18	38	3385	B Tipi	Stabilize	-	-	-
19	40	585	B Tipi	Stabilize	-	-	-
20	42	1165	B Tipi	Stabilize	1	1	-
21	43	4528	B Tipi	Stabilize	1	-	1
22	45	4945	B Tipi	Stabilize	9	-	-
23	46	2005	B Tipi	Stabilize	-	-	-
24	47	1863	B Tipi	Stabilize	-	-	-
25	50	530	B Tipi	Toprak	3	-	-
26	51	1509	B Tipi	Stabilize	-	-	-
27	52	3304	B Tipi	Toprak	-	7	-
28	53	1800	B Tipi	Toprak	5	-	-
29	54	1832	B Tipi	Toprak	-	-	-
30	55	1340	B Tipi	Toprak	-	-	-
31	56	1340	B Tipi	Stabilize	-	-	-
32	57	906	B Tipi	Toprak	-	-	-
33	58	2380	B Tipi	Toprak	-	-	-
TOPLAM					43	23	5



Şekil 4.7: Bentler Orman İşletme Şefliği'nin genel yol durum (Öztürk ve diğ., 2010)

4.4. BENKELMAN BEAM ÖLÇÜMLERİNE AİT BULGULAR VE TARTIŞMA

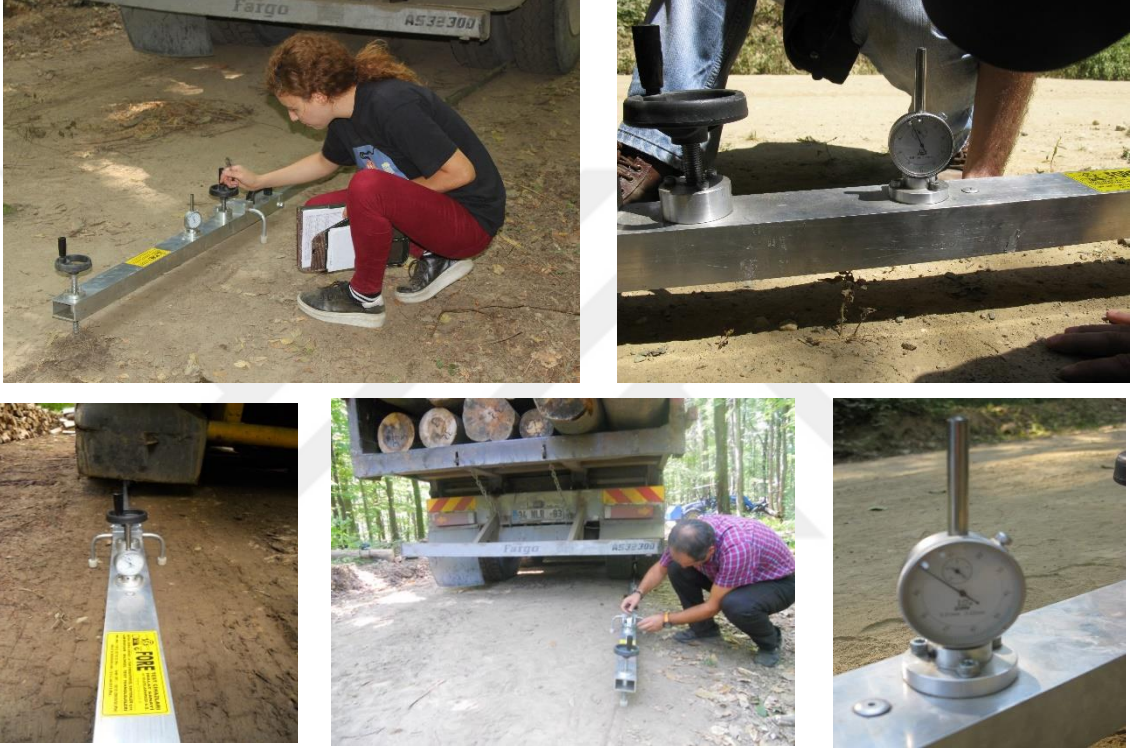
Bu çalışmada, Benkelman Beam Aparatı kullanılarak orman yolu üzerinde araç geçişleri sırasında meydana gelen eğilme ve esnemelerin ölçümü yapılmıştır. Aparat ile ölçümlerin yapılabilmesi için Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde yer alan Bentler Orman İşletme Şefliği içerisindeki 43 ve 53 nolu orman yolları örnek olarak seçilmiştir. Seçilen bu yollar B tipi orman yolu olup, stabilize malzeme ve toprak yol şeklinde farklı kısımlardan oluşmaktadır. Üst yapıya sahip olan bölümlerdeki üst yapı kalınlığı 15-20 cm kırma taş kaplama şeklinde olup, yol eski inşa tarihlidir. Stabilize olan orman yolunun bazı kısımlarında üst yapı sağlamken bazı kısımlarında üst yapıda zaman içerisinde bozulmalar meydana gelmiştir. Her iki yolun güzergâhı boyunca toprak tipleri killi kumlu olup, göreceli olarak ağır toprak tipidir.

Arazi ölçümleri 2017 yılı Eylül ve Haziran ayları içerisinde yapılmıştır. Bölmeler içerisinde yapılan üretimin sekonder transportunda kullanılan farklı model kamyonların yol güzergâhı boyunca hareketi sırasında Benkelman Beam ile ölçümler yapılmıştır. Benkelman Beam ile yapılan ölçümler esnasında kamyon yol üzerinde sabit olarak dururken aparatın ölçüm çubuğu kamyonun arka iki lastiği arasına düzgün bir şekilde yerleştirilir (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: Benkelman Beam aparatının yerleştirilmesi

Aparatın arka ve orta kısımdaki ayar kollarından aparatın düz bir şekilde konumlanması sağlanır. Daha sonra araç yavaş bir biçimde öne doğru hareket ettirilir. Aracın aparat boyunca hareketi esnasında ilk okuma yapılmış bu okumada aracın toplam ağırlığı neticesinde aparat okuma bölümünde zemindeki eğilme değeri ölçülmüştür. Daha sonra aracın hareketi devam ettiği için aparat bacağının son kısmında ikinci okuma yapılmıştır. Benkelman Beam aparatı ile orman yolları üzerinde yapılan ölçümler Tablo 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.9: Benkelman Beam aparatı ile ölçüm değerlerinin okunması

Tablo 4.2’de görüldüğü üzere 15 farklı ölçüm yapılmıştır. Bu ölçümlerin 10 tanesi üst yapıya sahip orman yolunda, 5 tanesi ise ham orman yolu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler yapılırken orman yolunun üzerinde nemölçer ile toprak nemi ölçülmüş ve aynı zaman da havanın sıcaklığı da kayıt altına alınmıştır (Şekil 4.10).

Tablo 4.2: Benkelman Beam aparatı ile yapılan ölçümler

Sıra No	Yol Tipi	Üst Yapı	Toprak Nemi	Hava Sıcaklığı (C°)	Kamyon Lastiği basıncı (Psi)	Kamyon modeli	Boş ağırlık (ton)	Yük miktarı (ton)	I. Okunan değer (cm)	II. Okunan değer (cm)	Açıklama
1	B	Mevcut	2	13	120	Ford Cargo	14,5	18	0.80	0.33	
2	B	Mevcut	2	13	120	Ford Cargo	14,5	18	0.32	0.17	
3	B	Mevcut	3	14	120	Ford Cargo	14,5	18	Okunamadı	--	Lastik aralığında sıkıştı
4	B	Mevcut	3	14	120	Ford Cargo	14,5	18	2.50	2.00	
5	B	Mevcut	4	16	120	Ford Cargo	14,5	18	Okunamadı	--	
6	B	Ham yol	2	21	125	Fargo AS	13	14	0.83	0.44	
7	B	Ham yol	2	21	125	Fargo AS	13	14	1.25	0.92	
8	B	Ham yol	4	21	125	Fargo AS	13	14	2.35	1.90	
9	B	Ham yol	4	21	125	Fargo AS	13	14	Okunamadı	--	
10	B	Ham yol	3	21	125	Fargo AS	13	14	Okunamadı	--	Lastik aralığında sıkıştı
11	B	Mevcut	1	30	120	Ford Cargo	14,5	18	0.17	0.05	
12	B	Mevcut	1	28	120	Ford Cargo	14,5	18	0.25	0.15	
13	B	Mevcut	1	28	120	Ford Cargo	14,5	18	1.40	1.00	
14	B	Mevcut	2	30	120	Ford Cargo	14,5	18	1.70	1.15	
15	B	Mevcut	4	28	120	Ford Cargo	14,5	18	0.60	0.35	



Şekil 4.10: Nem ölçer ve sıcaklık – rüzgâr ölçer

Üst yapıya sahip orman yolundaki üst yapı kırmataş malzemeden yapılmış olup, yapım tarihi eskidir. Ham orman yolunda ise toprak kumlu balçık topraktır. Ölçüm alanında orman ürünlerini taşıyan kamyonlar Ford Cargo 4136D ve Fargo AS 32300 model kamyonlardır. Çalışmada kullanılan kamyonların teknik özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3: Çalışma alanında ölçüm yapılan kamyonların teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Kamyon Modelleri	
	Fargo AS 32.300	Ford Cargo 4136D
Motor Tipi	MAN D0836 Turbo Intercooler	Ford-Ecotorq Turboşarjlı
Silindir adedi	6	6
Silindir hacmi (cm ³)	6871	8974
Güç (HP – d/d)	292 – 2400	360 – 2200
Tork (Nm)	1136 / 1200 – 1700 d/d	1400 / 1200-1700 d/d
Ağırlık (kg)	8850	10806
Azami yüklü ağırlık	32000	32000
Yakıt deposu (lt)	300	315
Lastik ebatları	315 / 80 R22.5	315 / 80 R22.5

Tablo 4.2'den görüldüğü üzere, üst yapıya sahip orman yollarında en yüksek eğilim miktarı 2.50 cm, en düşük eğilim miktarı 0.25 cm olarak ölçülmüştür. Üst yapıya sahip orman yolunda yol yüzeyinde nemin fazla olduğu durumlarda eğilimin fazla olduğu görülmüştür. Nem derecesinin düşük olduğu alanlarda üst yapıdan dolayı eğilme miktarları düşük bulunmuştur.

Ham orman yolundaki ölçümlerde eğilim oranları daha yüksek bulunmuştur. Nemin yüksek olduğu bazı alanlarda ve yol yüzey sathının bozuk olduğu alanlarda ölçüm yapmaya imkân bulunamamıştır. Bunun nedeni, özellikle nemin fazla olduğu alanlarda kamyon yüklü bir şekilde yol sathından geçerken yol yüzeyinde eğilim 2.5 cm'den daha fazla olmakta ve aparat ölçüm yapamamaktadır. Aynı zamanda, kamyon lastiğinin düşük olduğu ve yükün fazla olduğu bazı ölçüm noktalarında ise Benkelman Beam aparatının ölçüm çubuğu iki lastik arasına uzatıldığı için lastiklerin yanak kısımları aparatın çubuğuna dokunmakta ve bu durumda da ölçüm imkânı ortadan kalkmaktadır (Şekil 4.11).

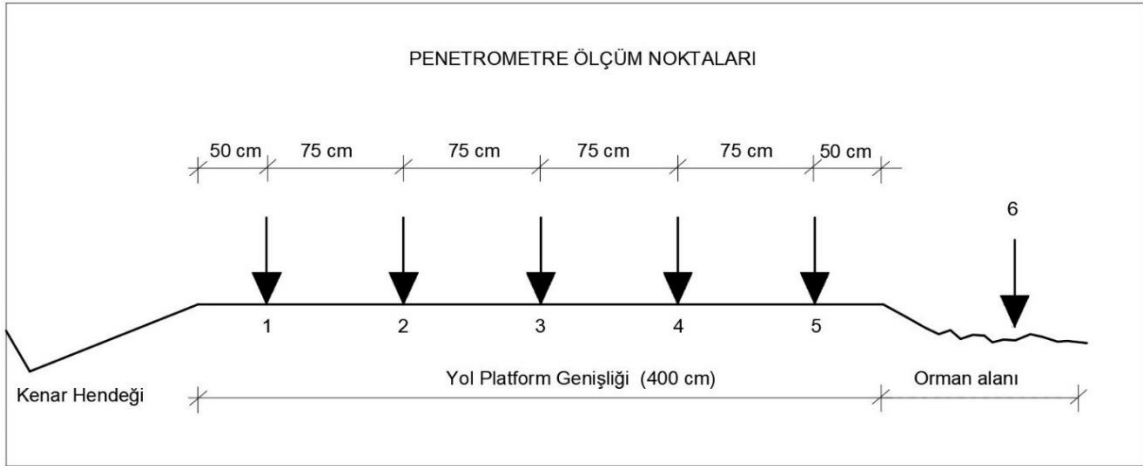


Şekil 4.11: Kamyonun arka aksındaki iki lastik arasına aparatın yerleştirilmesi

Bu çalışmada seçilen orman yolları üzerinde Benkelman Beam aparatı ile ölçüm yapılan her alanda el penetrometresi ile yol zemininin sertliği belirlenmiştir (Şekil 4.12). Yol yüzeyi üzerinde 5 farklı noktada ölçüm yapılmış ve aynı zamanda orman alanı içerisinde de zeminin ölçümü gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.13).



Şekil 4.12: El penetrometresi ile yol zemininin sertliği belirlenmesi



şekil 4.13: Penetrometre ölçüm noktaları

El penetrometresi ile yapılan ölçümlerin ortalama değerleri tablo 4.4’te verilmiştir. Tablo 4.4’e göre; üst yapıya sahip orman yolu kısımlarında (1 – 5 ölçüm aralığında) yolun orta kısmındaki zeminin sertlik değeri 2.90 kg/cm^2 olarak belirlenmiştir. Toprak yol üzerinde (6 – 10 ölçüm aralığında) penetrometre ile yapılan ölçümler de yolun orta kısmındaki zemin sertlik değeri 1.90 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda, üst yapıya sahip orman yolunda (11-15 ölçüm aralığında) yolun orta kısmında bulunan sertlik değeri 2.25 kg/cm^2 ’dir. Orman alanı içerisindeki toprak zeminde penetrometre ile yapılan ölçümlerde toprağın sertlik değerleri 1.20 ile 1.90 kg/cm^2 arasında değişiklik göstermiştir. Ham orman yolu olarak adlandırdığımız toprak yol zeminlerinde ise zemin sertliği düşük çıkmıştır. Özellikle yol yüzeyi üzerinde nemin fazla olması zemin sertliğinin değişmesine neden olmaktadır.

Yol yüzeyinin nem miktarının fazla olduğu durumlarda penetrometre değerinin düşük çıkması yol yüzey zemininin ağır araçların geçişi sırasında zeminin lastik basıncına karşı mukavemetini düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum aynı alanda Benkelman Beam aparatı ile yapılan ölçümlerde de zeminin defleksiyon miktarının fazla çıkmasına neden olmuştur. Bunun yanında, nemin fazla olduğu bu alanların bazılarında ölçümler gerçekleştirilememiştir. Üst yapıya sahip olan orman yolunda zeminin sertlik değerleri toprak yola göre daha yüksek bulunmuştur. Zemin sertliğinin göreceli olarak fazla çıkması Benkelman Beam aparatının defleksiyon miktarının daha düşük çıkması demektir.

Tablo 4.4: Penetrometre ölçüm değerleri

Ölçüm aralığı	1.ölçüm Kg/cm²	2.ölçüm Kg/cm²	3.ölçüm Kg/cm²	4.ölçüm Kg/cm²	5.ölçüm Kg/cm²	6.ölçüm Kg/cm²
1-5	2.60	2.35	2.90	2.65	2.10	1.90
6-10	0.80	0.3	1.90	0.7	1.10	1.75
11-15	1.80	1.95	2.25	2.20	1.70	1.20

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması Bahçeköy Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Bentler Orman İşletme Şefliği içerisinde yer alan iki adet kodlu yolda gerçekleştirilmiştir. Çalışma için seçilen orman yolları B tipi orman yolları olup, bu yolların bazı bölümleri ham orman yolu bazı bölümleri ise stabilize malzeme kaplıdır. Seçilen orman yollarında Benkelman Beam aparatı ile zeminin eğilme miktarları ölçülmüştür. Her iki yolda toplam 15 adet ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde farklı yük miktarlarına sahip kamyonlar kullanılmıştır. Kamyonların yükleri odun hammaddesinden oluşmuştur. Çalışmada ölçümler yapılırken hava sıcaklığı zeminin toprak nemi ve yolun sertliği gibi bilgiler toplanmıştır. Yol platformunun sertliği el penetrometresi ile ölçülmüş ve kg/cm² olarak belirlenmiştir.

Ham orman yolu olarak adlandırılan toprak yollarda Benkelman Beam aparatı ile yapılan herhangi bir literatür çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışma ilk olarak denenmiş bir çalışmadır. Ham orman yolunda yapılan çalışmalarda yol platformunun nem miktarının fazla olduğu ve ayrıca kamyonla geçişlerinden dolayı yol üst yüzeyinin dalgalı bir yapıya dönüştüğü bölümlerde Benkelman Beam aparatı ile ölçüm gerçekleştirilememiştir. Bunun nedeni, yukarıda bahsedilen şekilde nemli ve dalgalı bir yapıya sahip toprak yolların üzerinden ağır tonajlı kamyonlar geçerken yol sathının eğilme miktarı 2.5 cm'den fazla olmasıdır. Ayrıca, ağır tonajlı kamyonların arka akslarındaki iki lastik arasına Benkelman Beam aparatının çubuk kısmı konduğu için tekerleklerin arasında kalan toprak kısmı ağırlıkta dolayı yukarı doğru yükselmekte ve ölçümlerin yapılmasında hata olmasına neden olmaktadır. Ham orman yollarında toprak neminin görece düşük olduğu veya kuru orman yollarında eğilme değerleri ölçülmüştür. Toprak neminin düşük olduğu (1 – 2 aralığında) orman yolu platform ölçümlerinde 0.83 – 1.25 / 2.35 cm gibi değerler okunmuştur.

Üst yapıya sahip orman yollarında yapılan ölçümlerde ise; toprak neminin düşük olduğu (1 – 2 aralığında) zeminlerde yapılan ölçümlerde yol yüzeyinin eğilme direnci 0.17-0.25 cm gibi düşük eğilme direncine sahiptir. Toprak neminin biraz daha fazla olduğu (4 – 5 aralığında) yol yüzeyinde yapılan ölçümlerde eğilme oranları 2.0 – 2.5 cm aralıklarında çıkmıştır. Eskioglu ve Efthymiou (1996) tarafından yapılan çalışmada, 20 cm üst yapıya sahip çakıl – kum karışımlı üst yapıya sahip yollarda eğilme miktarı yaklaşık 0.53 cm, 20 cm üst yapı kalınlığına sahip %7 çimento karışımına sahip yollarda eğilme miktarı 0.35 cm, 20 cm üst yapı kalınlığına sahip,

içerisinde %7 çimento ve %20 kül karışımına sahip yollarda yapılan Benkelman Beam ölçümlerinde eğilme miktarı 0.2 cm olarak ölçülmüştür (Eskioglu ve Efthymiou, 1996). Benkelman Beam aparatı çoğunlukla asfalt kaplamalı yollarda kullanılmaktadır. Bununla ilgili Marko ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, 15 cm kaplama kalınlığına sahip orman içi yollarda yapılan ölçümlerde eğilme miktarları 0.89 – 1.85 mm aralığında olduğu ölçülmüştür (Marko ve diğ., 2012).

Benkelman Beam aparatı ile yapılan bu ölçümlerde yol yüzeyindeki eğilme miktarlarının belirlenmesinde araç lastik basınçları önemlidir. Bu çalışmada, araç lastik basınçları 120 ve 125 psi arasında değişiklik göstermiştir. Diğer ülkelerde de yapılan birçok çalışmada, araç lastik basınçları 125 psi dolayında olması önerilmiştir (Rabaiotti, 1975). Lastik basınçlarının düşük olması ölçümlerin yapılması sırasında sıkıntılara neden olmaktadır. Benkelman Beam aparatı kamyonların arka aksında bulunan iki lastik arasına yerleştirilerek ölçüm yaptığı için arka lastiklerin basıncının düşük olması durumunda lastiklerin yanak kısımları Benkelman aparatının çubuğuna dokunmakta veya yaslanmaktadır. Bundan dolayı aparatın üzerinde okuma yapılamamaktadır. Lastik basınçlarının ölçüm öncesi kontrol edilmesi önemlidir.

Bu tez çalışmasının ışığında çeşitli öneriler getirilmiştir;

- Üst yapıya sahip orman yollarında yol zeminin defleksiyon miktarları toprak yol zeminlerine göre daha az çıktığı için ülkemizdeki orman yollarının üst yapı çalışmalarına ağırlık verilerek, üst yapı çalışmalarının özellikle üretimin yoğun olduğu alanlardaki orman yollarında tamamlanması gerekmektedir.
- Orman yollarının güzergâhları boyunca drenaj çalışmalarının eksiksiz yapılması gerekmektedir. Özellikle yol yüzeyindeki suların drenajı ve kenar hendeklerindeki suyun yol çevresinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Suyun yol yüzeyinde ve kenar hendeklerinde uzun süre kalması yol yüzeyinin nemli olmasına ve bu durumda kamyon geçişleri sırasında yol yüzeyinin çabuk bozulmasına neden olmaktadır.
- Yeraltı taban sularının da alandan uzaklaştırılması çok önemlidir. Bu sular yol güzergahından uzaklaştırılmadığında zeminin sürekli nemli kalmasına ve kamyon geçişlerinden sonra deformasyonun artmasına neden olurlar.
- Benkelman Beam aparatının ölçüm miktarı 2.5 cm'ye kadar olduğu için toprak orman yollarında kullanımı çok sınırlı kalmıştır. Özellikle kamyon geçişlerinde yol yüzeyinin sağa ve sola doğru yüklü kamyon ağırlığına bağlı olarak hareket etmesi zeminin

bozulmasına neden olmaktadır. Bu hareket Benkelman Beam aparatının ölçüm yapmasını sınırlandırmaktadır. Asfalt kaplamalı orman yollarında Benkelman Beam aparatının kullanımı daha uygun olacaktır. Asfalt zemin üzerindeki defleksiyon miktarlarının ölçümü daha kolay ve anlamlı olacaktır.

- Orman yollarında kullanılan kamyonların lastik basınçlarının 120-125 psi aralığında olması yollar için daha uygundur. Özellikle lastik basıncının düşük olduğu ağır tonajlı kamyonların geçişi sırasında lastik yüzey alanının fazla olması lastiğin temas ettiği yol yüzeyinin fazla olmasından dolayı deformasyona uğrayan alan büyüklüğü artmaktadır.
- Orman yollarında kullanılan kamyonların tonajlarının mutlaka karayolları için belirtilen sınırla içerisinde kalması gereklidir. İstihap haddinden fazla yüklenen kamyonların yolun yüzeyine fazla zarar verdiği yapılan çalışmada gözlemlenmiştir. Bundan dolayı, kamyon tonajlarının mümkün olduğunda kontrol edilmelidir. Özellikle, orman yollarının kullanan ve karayolları üst sınırına göre yüklenmiş ağır tonajlı kamyonlar düşük standartlı orman yollarının yol yüzeyine büyük zarar verebilmektedir.

KAYNAKLAR

Abhijit, P. ve Jalindar, P., 2011. Effects of bad drainage on roads. *Civil and Environmental Research*, 1(1).

Adlinge, S.S. ve Gupta, A. K., 2013. Pavement Deterioration and its Causes. *International Journal of Innovative Research and Development*, 2(4): 437-450.

ASTM. 2010. *Standard Test Method for Measuring Rut-Depth of Pavement Surfaces Using a Straightedge*, ASTM E1703/E1703M, American Society for Testing and Materials (ASTM).

Attoh-Okine, N. ve Adarkwa, O., 2013. *Pavement Condition Surveys—Overview of Current Practices*, Delaware Center for Transportation, University of Delaware: Newark, DE, USA.

Akay, A. E., 2006. Minimizing Total Cost of Forest Roads with Computer-Aided Design Model, *Sadhana*, 31(5): 621 – 633.

Aykut, T., 1978. *Kastamonu Mıntıkası Orman Yollarında Üst yapı Tekniği Üzerine Araştırmalar*, İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No 238, İstanbul.

Anonim, 2007. *Bentler Orman İşletme Şefliği Amenajman Planı*, (2002-2007), İstanbul.

Bayoğlu, S., 1969. Orman yollarında uygulanabilecek stabilize malzeme kalınlıkları ve bu malzemelerin özellikleri, *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*, 19 (B1).

Bayoğlu, S., 1997. *Orman Transport Tesisleri ve Taşıtları*, İ.Ü. Yayın No.3969, Orman Fakültesi Yayın No.434, İstanbul.

Brockenbrough, R. L. ve Boedecker, K. J., 2003. *Highway engineering handbook: building and rehabilitating the infrastructure*, McGraw-Hill Professional.

Chai, L.T., 2005. *Evaluation of Cracks and Disintegrations Using Close-Range Digital Photogrammetry and Image Processing Technique*, Master of Engineering Thesis, Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia.

Charles J. P. ve Dirke, K.L., 1989. *Pavement Evaluation Using the Road Rater Deflection Dish*, Highway Division Iowa Department of Transportation, Final Raport for MLR-89-2, USA.

Erdaş, O., 1997. *Orman Yolları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayın No: 188/26, 744 Sayfa, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon.

Eskioglu, P. ve Efthymiou, P.N., 1996. *Alternative Stabilization Methods of Forest Roads for an Efficient and Gentle Mechanization of Wood Harvesting Systems*, FAO/ECE/ILO, Environmentally Sound Forest Roads And Wood Transport, Romanya.

Fertal, D., 1994. Transport Intensity in Forest Hauling Road, *Zpravy Lesnickeho Vyzkumu*, 2:34-37.

Fwa, T. F., 2005. *The handbook of highway engineering*, CRC Press.

Hasdemir, M. ve Demir, M., 2000. Türkiye’de orman yollarını karayollarından ayıran özellikler ve bu yolların sınıflandırılması, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 50(2): 85-95.

Kaminski B. ve Czerniak, A., 2001. *The Impact of The Ground on Bearing Capacity the Pavements Broken Stone*, Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych PTPN. T. 90: 47– 59.

Kramer, W.B., 2001. *Forest Road Contracting, Construction and Maintenance for Small Forest Wood Landowners*, Oregon State University, Forest Research Laboratory, Research Contribution 35, Oregon, USA.

Marko, G., Primusz P., Peterfalvi J., 2012. Measuring Bearing Capacity of Forest Roads with the Advanced Benkelman Beam Apparatus, Forest Engineering-Concern, Knowledge and Accountability in Today’s Environment, FORMEC2012, Croatia.

Marko G., Primusz P., Peterfalvi J., 2013. Measuring Bearing Capacity of Forest Roads with the Advanced Benkelman Beam Apparatus, *Acta Silv. Lingn Hung.*, Vol. 9: 97-109.

McGhee, K. H., 2004. *Automated pavement distress collection techniques* (Vol. 334). Transportation Research Board.

Miller J.S. ve Bellinger W.Y., 2003. *Federal Highway Administration*, Distress identification manual for the long- term pavement performance program.

Nega, A., Nikraz, H., Al-Oadi, I.L., 2016. Dynamic Analysis of Falling Weight Deflectometer, *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 3(5): 427-437.

NZFAO, 2011. *New Zealand Forest Road Engineering Manual*, Forest Owners Association.

OGM, 2008. *Orman yolları planlaması, yapımı ve bakımı*, Orman Genel Müdürlüğü, Tebliğ No 292, Ankara.

Öztürk, T. ve Şentürk, N., 2009. Analysis of Pavement Construction on a Sample Forest Road Section in Sarıyer Region, *İ.Ü.Orman Fakültesi Dergisi*, A 59 (2).

Öztürk, T., İnan, M., Akgül, M., Bilici, E., 2010. **Orman Yollarında Drenaj Yapılarının Boyutlandırılması ve Konumlandırılmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması**. İstanbul Üniversitesi Rektörlüğü, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, Proje No: YADOP – 4181, İstanbul.

Öztürk, T. ve Topatan, H., 2015. Orman Yolları Üst Yapı Çalışmalarında Benkelman Beam Aparatının Kullanımı, *IV. Orman İnşaatı-Transportu ve Teknolojileri Çalıştayı ve Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu*, 5-6 Haziran, Ilgaz, Kastamonu.

Phillips, H., Ramsay, J., Dempsey, J., 2004. *Forest Road Manual: Guidelines for The Design, Construction and Management of Forest Roads*, COFORD, National Council for Forest Research and Development, Dublin.

Rabaiotti, C., 1975. *Inverse Analysis in Road Geotechnics*, Doctor of Sciences, Laurea in Ingegneria Civile, Università Degli Studi di Parma, Italy, 12-14.

Rabaiotti, C. ve Caprez, M., 2008. Planning for the maintenance of the Swiss highways: A base course layer materials contest in Full Scale Circular Test Track “RUNDLAUF”. *APT'08. Third International Conference Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) Transportation Research Board*, Madrid, Spain.

Saltan, M. ve Kardeş, M., 2001. Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Esnek Üst Yapılarda Tabaka Özelliklerinin Geri Hesaplanması, *IMO Teknik Dergi*, 163: 2379-2400.

Seçkin, Ö.B., 1984. Orman yol şebekesi ve yol ağı, *Journal of the Faculty of Forestry, Istanbul University (JFFIU)* 34(25): 59-68.

Serigos, P. A., Prozzi, J. A., Nam, B. H., Murphy, M. R. 2012. Field Evaluation of Automated Rutting Measuring Equipment (No. FHWA/TX-12/0-6663-1).

Tavşanoğlu, F., 1973. *Orman transport tesisleri ve taşıtları*, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayın No. 1744/182.

Tighe, S., Haas, R., Ponniah, J., 2003. Life-cycle cost analysis of mitigating reflective cracking. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (1823): 73-79.

Timm, D. H., McQueen, J. M., 2004. A Study of Manual Vs Automated Pavement Condition Surveys. *Alabama, EE. UU: Auburn University*.

Trzcinski, G. ve Kacmarzyk, S., 2006. Estimation of Carrying Capacity of Slag and Gravel Forest Road Pavements, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 27(1): 27-36.

Umar, A.F., 1972. *Yol inşaatı dersleri*, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Ders Notu, İstanbul.

URL-1, <http://www.aecconsultants.com/pdf/deflection-testing-handout.pdf>,

URL-2, <https://slideplayer.com/slide/4974374/>

URL-3, https://www.clrp.cornell.edu/nuggets_and_nibbles/articles/2005/fwd.html

URL-4, <https://www.dynatest.com/falling-weight-deflectometer-fwd>

Visser, A.F.H.M. ve Koesrindartono, 2000. Towards a Mechanistic Analysis of Benkelman Beam Deflection Measurements, *Heron*, 45(3): 177-195.

Wang, K.C.P., 2000. Design and Implementation of Automated Systems for Pavement Surface Distress Survey, *ASCE Journal of Infrastructure Systems*, 6(1): 24-32.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Şule Ceyda İZMİR
Doğum Yeri	Meriç
Doğum Tarihi	29.08.1991
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	+90 554 512 12 34
E-Posta Adresi	suleceyda91@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	01.07.2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Orman Mühendisliği Programı