

## ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE AĞ SEVİYESİNDE DEĞERLENDİRMELER

E. Nazan ÜNAL<sup>1</sup> Muhammet KOMUT<sup>2</sup> Birol DEMİR<sup>2</sup>

### ÖZET

Yeni yapılacak yollara ve üstyapılara duyulan ihtiyaç kadar, mevcut üstyapıları öngörülen standartlarda veya daha yüksek hizmet seviyesinde tutmak için ihtiyaç duyulan kısa, orta ve uzun vadeli bütçe gereksinimleri de dikkate alınarak, üstyapılara ayrılması planlanan bütçelerin en etkin ve verimli şekilde kullanılması adına verilecek kararlara yardımcı olması amacıyla, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından başlatılan mevcut ÜYS sisteminin geliştirilmesi çalışmaları devam etmektedir.

Yapımı yeni tamamlanan yollarda üstyapı fonksiyonel ve yapısal durum verileri; tasarım ve proje uygunluk ölçütlerine, kullanılan malzeme, karışım özellikleri ve yapım tekniğine bağlı olarak başlangıç için öngörülen seviyelerdedir. Trafik yükleri, çevre ve iklim koşullarının etkisiyle zamanla meydana gelen bozulmalar başlangıçta çok yavaş olup, ihtiyaç duyulan periyodik bakım ve onarımlar zamanında yapılmadığında, çok daha pahalı çözümler teknik bir zorunluluk haline gelmektedir.

Bu çalışmada, karayolu ağının mevcut durumunu ortaya koymak, uygulanacak bakım/onarım stratejilerini belirlemek suretiyle hangi yola, ne zaman, ne tür bir müdahale yapılacağına teknik veriler doğrultusunda en elverişli çözümler ile belirlenmesi amacıyla yürütülen Üstyapı Yönetim Sisteminin (ÜYS) geliştirilmesi çalışmaları ve ağ düzeyinde bir uygulamanın sonuçlarının paylaşılması amaçlanmıştır.

### 1. GİRİŞ

Her türlü kalkınmanın (ekonomik, sosyal, kültürel) en temel altyapısını oluşturan, işletmeler, endüstriler ve tüketiciler arasında bağlantı sağlayan ulaşım; ekonominin önemli bir bileşeni olup, gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) kayda değer bir kısmını oluşturmaktadır. Ekonomik büyüme ve ulaşım altyapısı arasında karşılıklı bir ilişki vardır. Ulaşımın ekonomik büyümeye ve verimliliğe katkısı üzerine yapılan araştırmalar, karayollarına ve diğer ulaşım altyapılarına yapılan yatırımların, ulaşım kapasitesini, verimliliğini, güvenilirliğini ve hizmet kabiliyetini artırırken, ulaşım ve üretim maliyetlerini düşürdüğünü, ekonomik büyümeye ve üretkenliğe büyük oranda katkı sağladığını göstermektedir.

Karayolları, yük taşımacılığının %90'ını, yolcu taşımacılığının %89'unu gerçekleştirmesi, modlar arası geçişlere uyumlu olması, noktalar arasında kesintisiz bir taşımaya imkan vermesi, turizme getirdiği faydalar, ulusal güvenlik, ulusal ve uluslararası ağın bir parçası olması, diğer ulaşım türleri ile bütünlük göstermesi ve bölgesel gelişmelere sağladığı katkılar göz önüne alındığında, ulaşımın kilit taşı konumundadır.

---

1. Dr. Yük. Kimya Müh., KGM, ARGE Dai. Bşk., Ankara

2. Yüksek İnşaat Müh., KGM, ARGE Dai. Bşk., Ankara

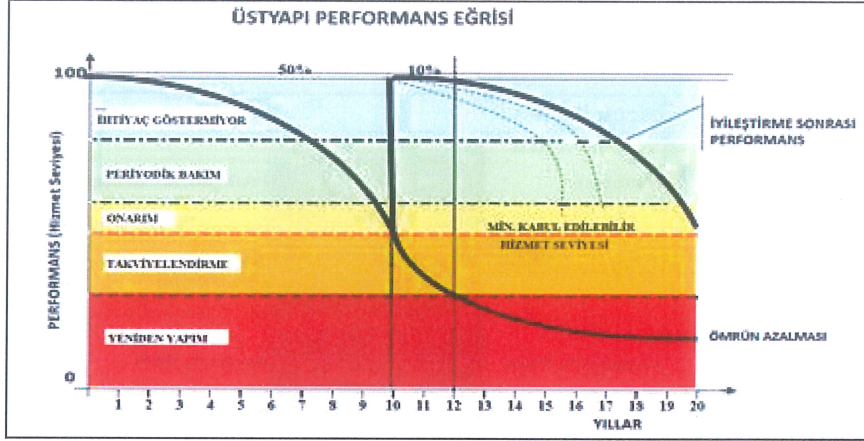
Ülkemizde, Karayolları Genel Müdürlüğü sorumluluğundaki karayolu ağı uzunluğu 2016 yılı sonu itibari ile 67.161 km, bölünmüş yol ağı uzunluğu 25.197 km, Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) kaplamalı yol ağı uzunluğu 21.188 km mertebelerine ulaşmıştır. Bununla birlikte 2003-2016 yılları arasında toplam motorlu kara taşıtları sayısı %137, karayolu üstyapılarının deformasyonunda en etkili unsurlardan biri olan ağır tonajlı yük taşıtlarını da (çekici, damberli kamyon, tanker, çöp kamyonu vb) kapsayan kamyon sayısı yaklaşık %42 artış gösterirken, yol ağı üzerindeki taşımalarda ton-km %66 artış göstermiştir. Bu durum ülkemizdeki gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan karayolu ihtiyacının artmasını, karayolu ağının fiziki ve geometrik standartlarının mevcut ve gelecekteki trafik hacminin gerektirdiği niteliklere yükseltilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğü Stratejik Planları, vizyonu, trafik güvenliğinin artırılması, fiziki ve geometrik standartların yükseltilmesi ile zaman ve taşıt işletme maliyetlerindeki kayıpların azaltılarak daha konforlu ulaşımın gerçekleştirilmesi hedefleri doğrultusunda, yaklaşık %31 'i BSK kaplamalı olarak tamamlanan yol ağının tümüyle BSK kaplamalı olarak tamamlanması planlanmaktadır. Yatırım bütçesinden yüksek oranda pay alan karayolu yatırımlarının yaklaşık %45-50'sini üstyapı harcamalarının teşkil ettiği bilinmektedir. Karayollarına şu ana kadar ayrılan yatırım paylarının; ekonomik büyümeye paralel şekilde, ulaşım ana planları, hedefler ve proje gereklilikleri doğrultusunda artarak devam edeceği, dolayısıyla üstyapı imalatlarına ayrılacak olan yatırım bütçelerinin de önemli düzeylere ulaşacağı görülmektedir.

Üstyapı Yönetim Sistemine yönelik ÜYS yazılımının geliştirilmesi, bu yazılımla birlikte mevcut ve yeni elde edilecek verilerle performans modellemeleri oluşturularak ileriye dönük maliyet-performans analizlerinin yapılması, bakım-onarım önceliklerinin oluşturulması ve bu şekilde bütçe planlaması da yapılarak ülke kaynaklarının daha verimli kullanılması adına mevcut sistemin işlevsel bir kullanıma kavuşturulması hedeflenmektedir.

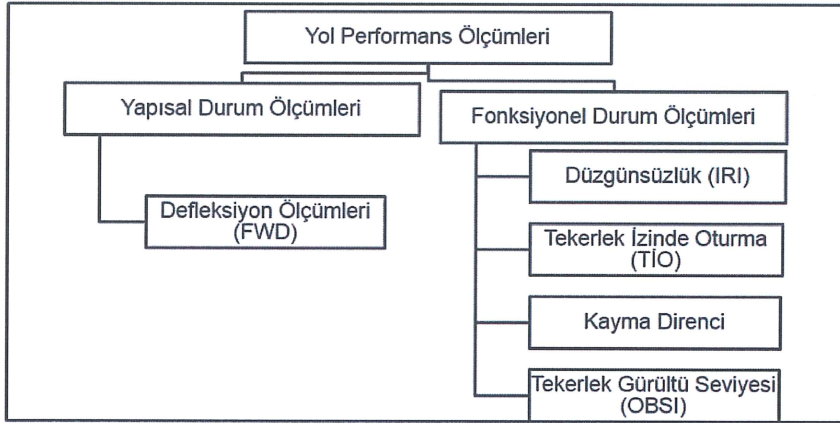
## 2 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİ (ÜYS)

Üstyapılar; karayolu ulaşım sisteminin konfor ve trafik güvenliğini sağlayan, bunu yaparken de çevre ve trafik etkilerine maruz kalan önemli bir bileşenidir. Trafik yükleri, çevre ve iklim koşullarının etkisiyle üstyapılarda zamanla meydana gelen bozulmalar başlangıçta çok yavaş olup, kabul edilebilir sınırlar içerisindeki bir üstyapı performansı için ihtiyaç duyulan periyodik bakım ve onarımlar zamanında yapılmadığında, çok daha pahalı çözümler teknik bir zorunluluk haline gelmektedir. Aşağıdaki grafik, üstyapılarda zamanla gelişen performans kayıplarına bağlı bakım/onarım, iyileştirme ve yeniden yapım gibi müdahalelerin, ekonomik ömür ile ilişkisinin bir göstergesidir.



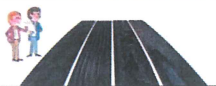
Şekil.1: Üstyapı Performans Eğrisi

Üstyapı değerlendirmesi yapılabilmesi için öncelikle yollara ait düzgünsüzlük (IRI), tekerlek izinde oturma (TİO), tekerlek gürültü seviyesi (OBSİ), üstyapı bozulmaları ve kayma direnci gibi fonksiyonel ölçümlerin yanında, defleksiyon ölçümleri (FWD) gibi yapısal durum ölçümlerinden elde edilecek üstyapı performans verilerinin belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil.2: Yol Performans Ölçüm Yöntemleri

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) bünyesinde gerçekleştirilen üstyapı performansı ölçüm araçları aşağıdaki şekilde görülmektedir.

| ÖLÇÜMAMACI                           | ÖLÇÜMARACI               | ÖLÇÜM SONUCU                                                                                                                 |
|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Rahatlık (sürüş konforu) ve Güvenlik | Profilometre             |  Profil (IRI, RN, Rutting vs.)              |
| Kaplama Gürültü Seviyesi             | Ses Şiddeti Ölçüm Cihazı |  Tekerlek-kaplama ara yüzeyi gürültüsü (dB) |
| Güvenlik                             | Sürtünme Ölç. Cihazı     |  Kayma sayısı(SN)                           |
| Yapısal Dayanım (Mukavemet)          | Deflektometre            |  Deformasyon                                |
| Kaplama Bozulmaları                  | Gözlem(Kamera)           |  Çatlak, Çukur, Soyulma, Yama Kuma vb.      |

Şekil.3:Yol Performans Ölçüm Araçları

Daha güvenli ve daha konforlu bir sürüş sağlamak amacıyla, yüzey düzgünlüğünü ölçmek için Uluslararası Düzgünlük İndeksi (IRI) yaygın olarak kullanılmaktadır. Düzgünlük, sürüş konforu ve emniyet açısından üstyapı performansının en önemli unsuru olarak düşünülmekle birlikte, taşıt işletme maliyetlerinin de önemli göstergesidir. Düzgünlük, yakıt, bakım – onarım, amortisman ve lastik maliyetleri olmak üzere taşıt işletme maliyetlerini artırmaktadır. Ülkemizde karayolları ağı kapsamında, yolların daha güvenli ve konforlu olarak en az onarım maliyeti ile hizmet vermesini sağlamak amacıyla yüzey düzgünlüğü performans ölçütleri belirlenmiş ve uygulamaya konulmuştur. 2017 yılı itibari ile KGM bünyesinde merkez ve bölge müdürlüklerinde bulunan toplam 18 adet profilometre aracı ile yeni yapılan yolların düzgünlük ölçümleri gerçekleştirilmekte, BSK kaplamalı yollarda elde edilen veriler gelinen seviye itibari ile bu konudaki olumlu sonuçları ortaya koymaktadır.

### 3 ÜYS AĞ DÜZEYİNDE UYGULAMALAR

Üstyapı Yönetim Sistemi veri miktarı ve kalitesine ve istenen analitik kabiliyete bağlı olarak genellikle proje ve ağ düzeyinde uygulanmaktadır. Bu çalışma kapsamında öncelikli olarak performans ölçümleri yapılan ve yol envanter veri girişi tamamlanan güzergahları içeren proje grupları için, ağ düzeyindeki uygulamalar (Bölge Müdürlüğü yol ağları v.b.) ve tüm karayolu (KGM yol ağı) üzerindeki bakım/onarımlar, iyileştirme ve yeniden yapım ile ilgili olarak, hangi yolların öncelikli olarak yapılacağı, ne zaman ve ne türde çalışmalar yapılacağı konusunda fikir vermek, ömür boyu maliyet analizleri yardımı ile bakım/onarımda öncelikli yol kesimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda Ky. 1-4-5-6-7-8-9-10 ve 16. Bölge Müdürlüğü sınırlarında ki yollardan bölünmüş yol olarak toplamda 1552,740 'km lik 35 adet güzergâh için, 9 adet bölge için ve Türkiye geneli için 20 yıllık bakım/onarım ve işletme maliyetleri belirlenmiştir.

### 3.1 Üstyapı Yönetim Sistemi (ÜYS) Veritabanı

ÜYS Analizlerinin yapılabilmesi için öncelikli olarak, tüm yol ağı ile ilgili yol envanter ve performans bilgilerinin girileceği veritabanı oluşturulmuştur.

**Envanter Verileri:** Bu kapsamda, Yol Envanteri, Kaplama (Binder + Aşınma + TMA), Bitümlü Temel, Temel, Alttemel gibi bileşenlerle ilgili olarak, yol sınıfı, geometrik sınıfı, şerit sayısı, uzunluğu, genişliği, kaplama türü, malzeme özellikleri, dizayn özellikleri vb bir çok veri, envanter verisi olarak Bölge Müdürlükleri Ar-Ge Başmühendislikleri tarafından *Üstyapı Yönetim Sistemi Yazılımı veritabanına* aktarılmıştır.

**Üstyapı Puanı Verileri:** Analiz edilecek yolların yapısal durumunu temsil etmesi amacıyla, performans ölçümü yapılan (1552.740 km) kesimlere ait, Üstyapı Puanı tabloları da doldurularak veri tabanına aktarılmıştır. Yüzey bozulma tanımlamaları ve performans sınıfı değerlendirme kriterleri için “Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi” Üstyapı Puanlama yöntemi kullanılmıştır.

**Profilometre Ölçümü Verileri:** Ar-Ge Başmühendislikleri tarafından Bölge Müdürlükleri RSP Profilometre Ölçüm Cihazları ile 1552.740 km yüzey düzgünsüzlüğü performans ölçümü yapılmış ve ÜYS Yazılımı veri tabanına veri girişi gerçekleştirilmiştir. Yazılıma aktarılan ölçüm dosyaları ÜYS yazılımı tarafından 20 m aralıklı olarak filtrelenmiş, filtrelenmiş IRI sonuçları yazılım tarafından veri tabanına aktarılmıştır.

### 3.2 Analizler

Önceliklendirme değerlendirmelerinde ve optimizasyon yöntemlerinde fayda/maliyet oranını esas alan yaklaşımlar kullanılmıştır. Üstyapı Yönetim Sisteminin geliştirilmesi kapsamında yapılan analizler, olağan bakım, onarım ve kalite standartları konusundaki mevcut uygulamalar, şartnameler ve güncel maliyetler dikkate alınarak, Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi ve AASHTO Mekanistik-Amprik Yöntemine uygun bozulma/performans tahmini modellerine göre gerçekleştirilmiştir.

Üstyapı Yönetim Sistemi gelecek hesaplamalarında Dünya Bankası tarafından geliştirilen Karayolu Tasarım ve Bakım Standartları Modeli (HDM-4; Highway Development & Management Manual) modelleri ve Mekanistik Amprik modeller kullanılmıştır. Bu kapsamda en düşük maliyetli alternatif bakım/onarım ve iyileştirme yöntemleri yanında, kullanıcı maliyetleri de analiz edilmiş, gelecek maliyetler güncel maliyetlere dönüştürülmüştür.

Bu aşamada yolların uzunlukları, trafik değerleri, şerit sayıları da değerlendirmeye alınarak belirlenen müdahale yapım maliyetleri ve ilgili kesimlerden geçecek her araç için taşıt işletme maliyetleri hesaplanmıştır.

### 3.3 ÜYS Düzgünsüzlük Performans Kriterleri ve Türkiye Geneli Üstyapı Durumu

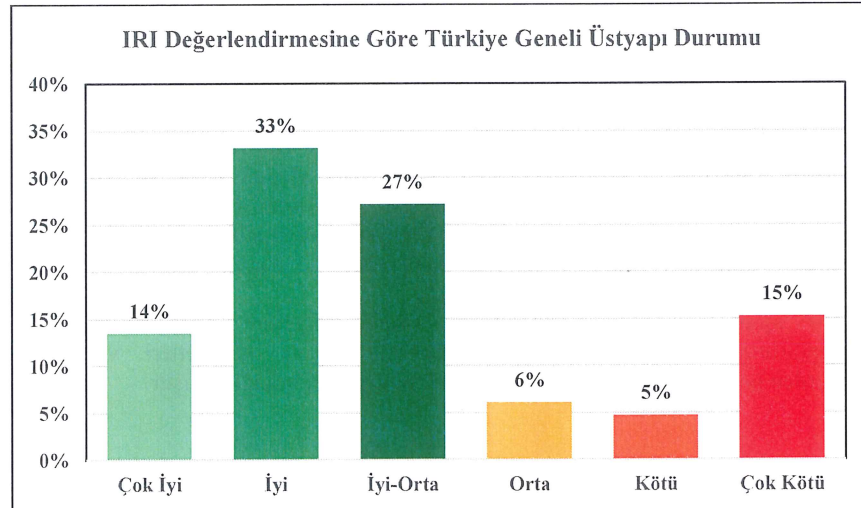
Düzgünsüzlük (IRI) analizlerinde, alternatif yöntemler kullanılmakla beraber, düzgünsüzlük değerlerinin ölçeklendirilerek üstyapı performansının değerlendirildiği yöntem, sınıflandırma kriteri olarak kullanılmıştır. KGM tarafından kabul edilen düzgünsüzlük ölçümleri (IRI) değerlendirme ölçeği aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge.1:KGM IRI Değerlendirme Ölçeği

| Düzgünsüzlük Değeri<br>(IRI-m/km) | Düzgünsüzlük<br>Sınıflaması | Bakım-Onarım<br>Öncelik Sıralaması |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 0-0,71                            | Çok İyi                     | 6                                  |
| 0,72-1,11                         | İyi                         | 5                                  |
| 1,12-1,58                         | Orta-İyi                    | 4                                  |
| 1,59-1,80                         | Orta                        | 3                                  |
| 1,81-2,13                         | Kötü                        | 2                                  |
| 2,13                              | Çok Kötü                    | 1                                  |

Üstyapı Yönetim Sistemi yazılımı tarafından, tüm güzergahlar için önerilecek eylemler ve bütçe dağılımlarını belirleyebilmek amacıyla, IRI performans ölçümleri ve üstyapı bozulmaları görsel puanlama verileri birlikte analiz edilerek otomatik olarak homojen kesimler oluşturulmuştur. Yazılım tarafından her homojen kesim için, üstyapı durumuna bağlı olarak en uygun zamanda uygulanması gereken en uygun bakım/ onarım yönteminin maliyetleri hesaplanmaktadır.

Buna göre, ÜYS geliştirilmesi çalışmalarından elde edilen düzgünsüzlük (IRI) performans verilerine göre, çalışma bünyesinde analiz edilen yolların performansının yaklaşık %74'ü iyi ya da çok iyi seviyede olduğu, %26'sının ise orta-kötü-çok kötü seviyede olduğu görülmektedir.



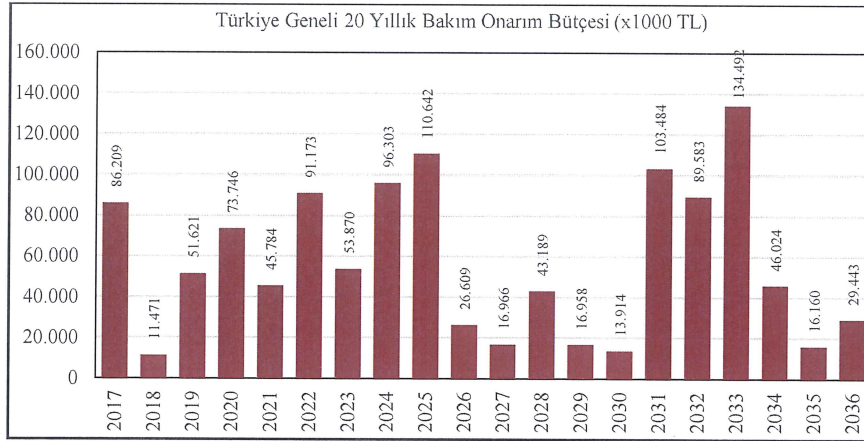
Şekil.5:IRI Değerlendirme Ölçeği 35 Adet Yol İçin Üstyapı Durumu

### 3.4 Bakım/Onarım Maliyetlerinin Belirlenmesi

ÜYS kapsamında Ky. 1.- 4.- 5.- 6.- 7.- 8.- 9.- 10. ve 16. Bölge Müdürlükleri sınırlarındaki yollardan bölünmüş yol olarak toplamda **1552.740 km'** lik uzunluğa sahip 35 adet güzergâhı kapsayan, bölgeler yol ağı ve Türkiye geneli için 20 yıllık bakım/onarım maliyetleri belirlenmiştir. Türkiye genelinde analiz edilen bölgeler için yol ağı kapsamında 20 yıllık bakım/onarım maliyetinin yıllara göre ve bölgeler bazında dağılımı aşağıdaki çizelge ve grafiklerde verilmiştir (**Çizelge.2, Şekil.6**).

Çizelge.2:Analizi Yapılan Bölgeler Listesi ve Yıllara Göre Bütçe Dağılımları

|                         | BÜTÇE     |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |        |        |        |         |        |         |        |        |        |
|-------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|
|                         | 2017      | 2018   | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   | 2024   | 2025    | 2026   | 2027   | 2028   | 2029   | 2030   | 2031    | 2032   | 2033    | 2034   | 2035   | 2036   |
| Türkiye Geneli          | 86.209    | 11.471 | 51.621 | 73.746 | 45.784 | 91.173 | 53.870 | 96.303 | 110.642 | 26.609 | 16.966 | 43.189 | 16.958 | 13.914 | 103.484 | 89.583 | 134.492 | 46.024 | 16.160 | 29.443 |
| 1.Bölge                 | 10.228    | 0      | 0      | 0      | 0      | 26.305 | 0      | 0      | 14.339  | 0      | 5.411  | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 14.339  | 0      | 0      | 0      |
| 4.Bölge                 | 8.536     | 11.471 | 11.114 | 10.837 | 1.894  | 6.691  | 0      | 0      | 8.046   | 11.471 | 11.114 | 10.837 | 1.894  | 6.691  | 0       | 0      | 8.046   | 11.471 | 11.114 | 10.837 |
| 5.Bölge                 | 0         | 0      | 14.824 | 4.627  | 9.541  | 10.410 | 290    | 0      | 4.616   | 1.727  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0       | 30.284 | 0      | 0      |
| 6.Bölge                 | 13.320    | 0      | 23.683 | 1.648  | 9.105  | 47.567 | 51.640 | 36.348 | 33.987  | 2.687  | 441    | 3.366  | 2.424  | 7.223  | 28.735  | 12.353 | 539     | 106    | 0      | 0      |
| 7.Bölge                 | 16.176    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 7.951  | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      |
| 8.Bölge                 | 0         | 0      | 0      | 18.606 | 12.640 | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 18.606 | 12.640 | 0      | 0       | 0      | 0       | 0      | 5.046  | 18.606 |
| 9.Bölge                 | 0         | 0      | 0      | 19.377 | 0      | 0      | 0      | 35.715 | 0       | 10.692 | 0      | 0      | 0      | 0      | 42.388  | 58.579 | 0       | 0      | 0      | 0      |
| 10.Bölge                | 37.949    | 0      | 0      | 18.651 | 0      | 0      | 0      | 16.389 | 49.654  | 32     | 0      | 0      | 0      | 0      | 3.478   | 18.651 | 42.875  | 4.163  | 0      | 0      |
| 16.Bölge                | 0         | 0      | 0      | 12.604 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0       | 0      | 0      | 10.380 | 0      | 0      | 29.063  | 0      | 68.693  | 0      | 0      | 0      |
| Toplam Bütçe (x1000 TL) | 1.157.641 |        |        |        |        |        |        |        |         |        |        |        |        |        |         |        |         |        |        |        |



Şekil.6:Türkiye Geneli Yıllara Göre Bakım/Onarım Bütçe Dağılımları

### 3.5 Gecikme Maliyetlerinin Belirlenmesi

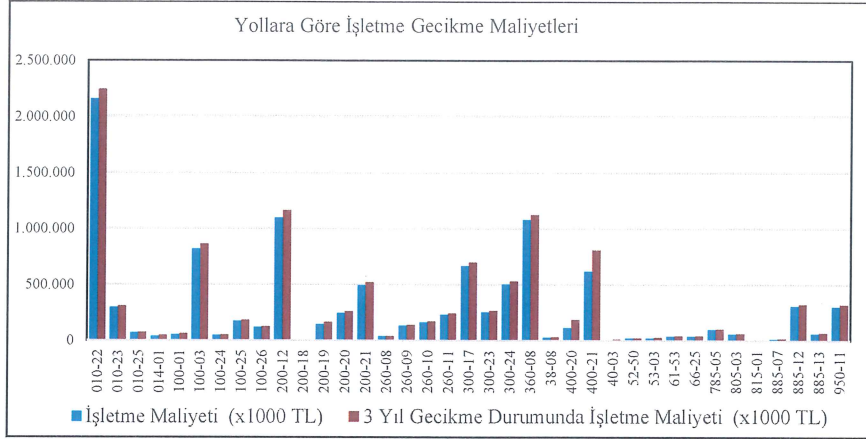
Türkiye genelinde analiz edilen bölgeler ve yol ağı kapsamında bakım/onarım ve işletme maliyetleri 20 yıl için hesaplanmış olup, bakım-onarım müdahalelerinin 3 yıl gecikmesi durumu için de gecikme maliyetleri ayrıca belirlenmiştir.

Bugün onarılması halinde oluşacak işletme maliyetinin, gecikme süresine bağlı olarak oluşacak işletme maliyetine oranlanması ile **«Gecikme Maliyeti Oranı»** hesaplanmakta olup, çalışma kapsamında 3 yıllık gecikme süresi için, ağ düzeyinde tüm yollar için bakım – onarım öncelik karşılaştırması yapılmıştır. Analiz yapılan yollar ve bölgeler için Gecikme Maliyet Oranları Çizelge.3’de verilmiştir.

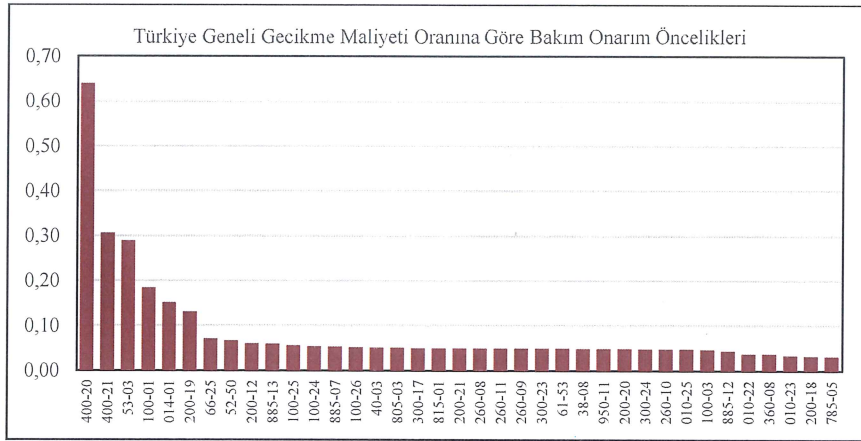
Ağ bazında yapılan ÜYS analizleri neticesinde envanter verileri, üstyapı puanı ve düzgünlük performans ölçüm verileri girilen 35 adet yol birlikte değerlendirilerek analiz edilen yolların, gecikme maliyet oranları ve düzgünlük (IRI) değerlerine göre bakım/onarım öncelikleri belirlenmiştir. Ayrıca analiz edilen yolların bulunduğu bölge müdürlükleri bazında da gecikme maliyet oranlarına göre bakım/onarım öncelikleri belirlenmiştir.

Çizelge.3:Yollara Göre İşletme Maliyetleri ve Gecikme Maliyet Oranları

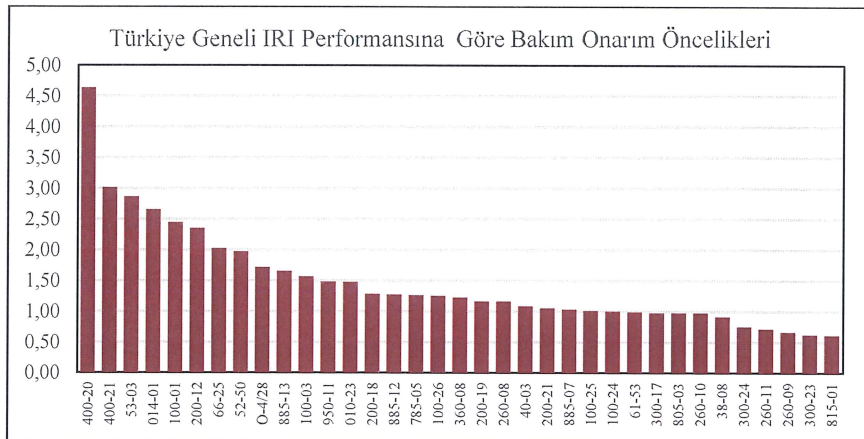
| Yolların Bakım-Onarım Ortalama Değerleri |                          |                           |                            |                                               |
|------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| KKNo                                     | Gecikme Maliyet Oranları | Onarım Maliyeti (1000 TL) | İşletme Maliyeti (1000 TL) | 3 Yıl Gecikmeli Ek İşletme Maliyeti (1000 TL) |
| 400-20                                   | 0,64                     | 14.824,00                 | 114.218,00                 | 73.136,00                                     |
| 400-21                                   | 0,31                     | 61.435,00                 | 619.457,00                 | 190.348,00                                    |
| 53-03                                    | 0,29                     | 7.641,00                  | 23.389,00                  | 6.796,00                                      |
| 100-01                                   | 0,19                     | 10.283,00                 | 55.186,00                  | 10.213,00                                     |
| 014-01                                   | 0,15                     | 21.633,00                 | 41.481,00                  | 6.355,00                                      |
| 200-19                                   | 0,13                     | 40.278,00                 | 147.545,00                 | 19.467,00                                     |
| 66-25                                    | 0,07                     | 28.824,00                 | 39.953,00                  | 2.887,00                                      |
| 52-50                                    | 0,07                     | 16.176,00                 | 23.056,00                  | 1.576,00                                      |
| 200-12                                   | 0,06                     | 142.064,00                | 1.097.907,00               | 67.211,00                                     |
| 885-13                                   | 0,06                     | 10.692,00                 | 66.673,00                  | 4.061,00                                      |
| 100-25                                   | 0,06                     | 10.380,00                 | 174.554,00                 | 10.010,00                                     |
| 100-24                                   | 0,06                     | 4.017,00                  | 50.242,00                  | 2.774,00                                      |
| 885-07                                   | 0,05                     | 5.046,00                  | 16.451,00                  | 897,00                                        |
| 100-26                                   | 0,05                     | 24.398,00                 | 121.153,00                 | 6.397,00                                      |
| 40-03                                    | 0,05                     | 8.175,00                  | 11.321,00                  | 596,00                                        |
| 805-03                                   | 0,05                     | 20.381,00                 | 62.302,00                  | 3.251,00                                      |
| 300-17                                   | 0,05                     | 74.854,00                 | 666.247,00                 | 34.054,00                                     |
| 815-01                                   | 0,05                     | 40.993,00                 | 123.376,00                 | 6.297,00                                      |
| 200-21                                   | 0,05                     | 25.208,00                 | 495.648,00                 | 24.984,00                                     |
| 260-08                                   | 0,05                     | 6.800,00                  | 39.832,00                  | 1.994,00                                      |
| 260-11                                   | 0,05                     | 53.917,00                 | 232.982,00                 | 11.660,00                                     |
| 260-09                                   | 0,05                     | 29.706,00                 | 136.291,00                 | 6.818,00                                      |
| 300-23                                   | 0,05                     | 25.280,00                 | 255.944,00                 | 12.800,00                                     |
| 61-53                                    | 0,05                     | 6.811,00                  | 41.069,00                  | 2.053,00                                      |
| 38-08                                    | 0,05                     | 24.812,00                 | 30.513,00                  | 1.525,00                                      |
| 950-11                                   | 0,05                     | 38.754,00                 | 305.565,00                 | 15.145,00                                     |
| 200-20                                   | 0,05                     | 16.459,00                 | 247.053,00                 | 12.217,00                                     |
| 300-24                                   | 0,05                     | 55.818,00                 | 504.781,00                 | 24.831,00                                     |
| 260-10                                   | 0,05                     | 26.228,00                 | 164.195,00                 | 8.067,00                                      |
| 010-25                                   | 0,05                     | 16.389,00                 | 72.942,00                  | 3.559,00                                      |
| 100-03                                   | 0,05                     | 38.906,00                 | 822.289,00                 | 39.244,00                                     |
| 885-12                                   | 0,04                     | 45.695,00                 | 308.596,00                 | 13.862,00                                     |
| 010-22                                   | 0,04                     | 123.699,00                | 2.162.451,00               | 84.219,00                                     |
| 360-08                                   | 0,04                     | 71.430,00                 | 1.082.005,00               | 41.572,00                                     |
| 010-23                                   | 0,04                     | 37.302,00                 | 298.596,00                 | 10.520,00                                     |
| 200-18                                   | 0,03                     | 1.881,00                  | 6.321,00                   | 208,00                                        |
| 785-05                                   | 0,03                     | 7.951,00                  | 100.087,00                 | 3.266,00                                      |



Şekil.7: Yollara Göre İşletme Gecikme Maliyetleri



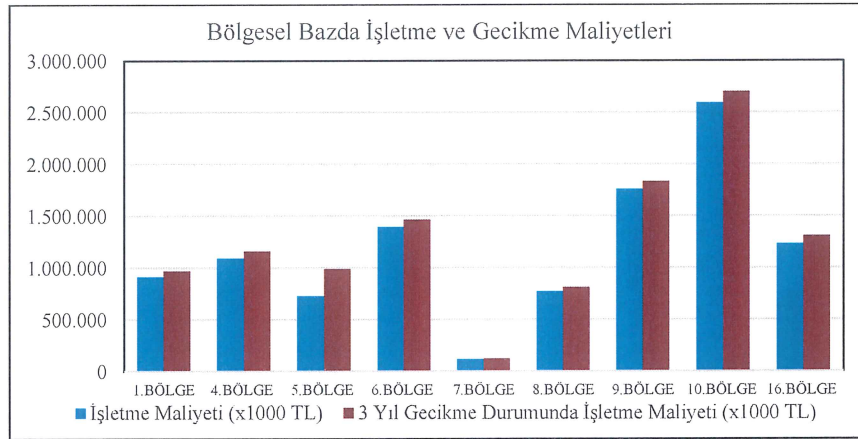
Şekil.8: Gecikme Maliyet Oranına Göre Bakım/Onarım Öncelikleri



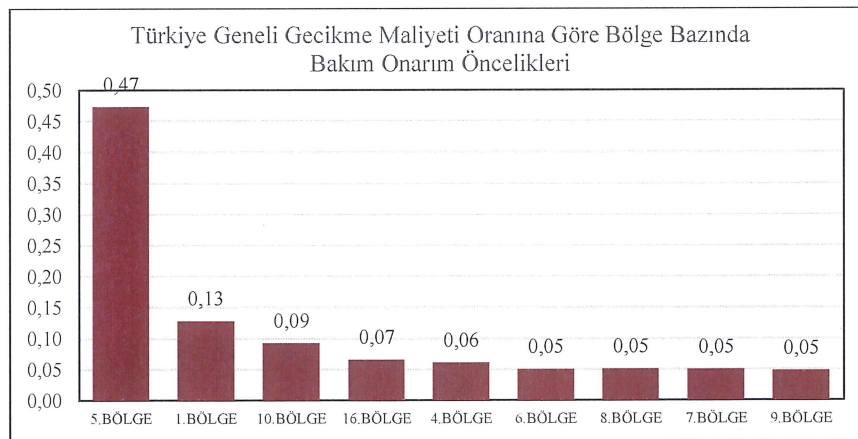
Şekil.9: Düzgünsüzlük (IRI) Performansına Göre Bakım/Onarım Öncelikleri

Çizelge.4: Bölgelere Göre İşletme Maliyetleri ve Gecikme Maliyet Oranları

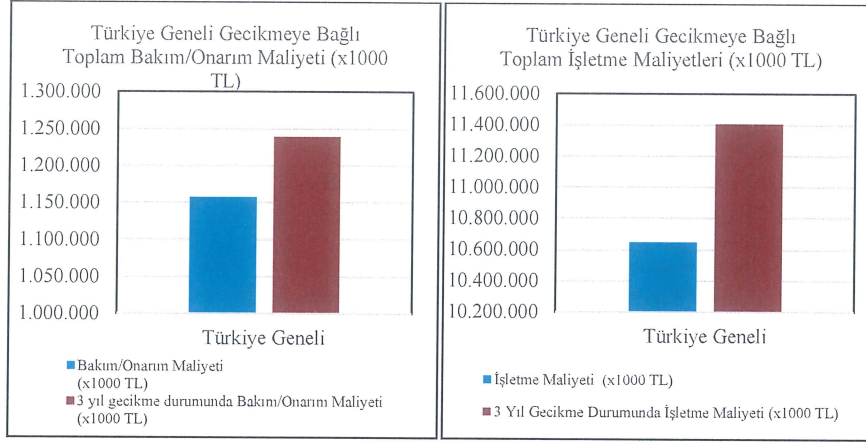
| Bölgelerin Bakım-Onarım Ortalama Değerleri |                          |                           |                            |                                               |
|--------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|
| Bölge                                      | Gecikme Maliyet Oranları | Onarım Maliyeti (1000 TL) | İşletme Maliyeti (1000 TL) | 3 Yıl Gecikmeli İşletme Ek Maliyeti (1000 TL) |
| MERSİN                                     | 0,47                     | 76.259,00                 | 733.675,00                 | 263.484,00                                    |
| İSTANBUL                                   | 0,13                     | 70.822,00                 | 918.956,00                 | 55.812,00                                     |
| TRABZON                                    | 0,09                     | 191.842,00                | 2.598.447,00               | 107.147,00                                    |
| SİVAS                                      | 0,07                     | 120.740,00                | 1.236.195,00               | 75.849,00                                     |
| ANKARA                                     | 0,06                     | 142.064,00                | 1.097.907,00               | 67.211,00                                     |
| KAYSERİ                                    | 0,05                     | 316.571,00                | 1.513.333,00               | 77.357,00                                     |
| ELAZIĞ                                     | 0,05                     | 86.144,00                 | 777.176,00                 | 38.528,00                                     |
| SAMSUN                                     | 0,05                     | 24.127,00                 | 123.143,00                 | 4.842,00                                      |
| DİYARBAKIR                                 | 0,05                     | 166.571,00                | 1.762.839,00               | 74.640,00                                     |



Şekil.10: Bölgelere Göre İşletme ve Gecikme Maliyetleri



Şekil.11: Bölgeler Bazında Gecikme Maliyet Oranına Göre Bakım/Onarım Öncelikleri



Şekil.12:Türkiye Geneli Bakım/Onarım ve İşletme Maliyetleri

#### 4.SONUÇLAR

Çalışma içerisinde gerçekleştirilen fayda/maliyet analizleri bozulma ve performans tahmin modellerine göre belirlendiğinden, proje seviyesinde analizlerde bakım/onarım ya da yeniden yapım işlerine esas teşkil edecek veriler ve maliyetler, detaylandırılmış proje bazlı iyileştirme veya Takviye Üstyapı Projelendirme Raporları hazırlanmak suretiyle oluşturulacak nihai raporlar dikkate alınarak belirlenecektir.

Yapılan analizler neticesinde; belirli seviyede yolun nispeten çok daha az bir maliyet ile onarılması mümkün olabileceken, onarımın birkaç sene geciktirilmesi durumunda, yüksek bozulma hızı nedeniyle bakım-onarım maliyetlerinin yüksek oranda arttığını 3 yıllık gecikme maliyetleri ortaya koymaktadır.

ÜYS geliştirilmesi kapsamında bu rapor içerisinde toplam 1552,740 km yol ağı için elde edilen analiz sonuçlarına göre önümüzdeki 20 yıl içerisinde bakım/onarım maliyetleri ve öncelik sıralamaları belirlenmiştir. Ancak bilindiği üzere 01.01.2017 tarihi itibarı ile BSK kaplamalı tüm yol ağıımız 20801 km mertebesine ulaşmış ve hedef olarak tüm karayolu ağıımızın BSK kaplamalı üstyapı olarak tamamlanması ve hizmet vermesi planlanmaktadır. Bu bağlamda ÜYS; kısa, orta ve uzun vadede yapılacak bakım/onarım alternatiflerinin seçimi, öncelik sıralamasının belirlenmesi, bütçe ayrılması gibi hususlara ilişkin plan ve programların yapılmasında, temeli teknik verilere dayalı aydınlatıcı bir sistem olacaktır.

Üstyapı Yönetim Sisteminin yapısal durum verileri ile değerlendirilebilmesi için, defleksiyon (FWD) ölçümleri yapılarak yazılıma aktarılması, üstyapı ağılarını öngörülen standartlarda veya daha yüksek bir hizmet seviyesinde tutmak için ihtiyaç duyulan kısa ve uzun vadeli bütçelerin tahminleri, önceliklendirme ve optimizasyon çalışmalarına dahil edilmesi bundan sonraki aşamalar için planlanmaktadır.

**KAYNAKLAR**

- 1.Haas, R., Hudson, W.R., (1978) Pavement management system, McGraw Hill Book Company, USA
- 2.AASHTO, (1962) The AASHTO Road Test, Report 5, Pavement Research, Highway Research Board, No:954 National Academy of sciences, Washington
- 3.KGM, 2013, Karayolu Teknik Şartnamesi
- 4.KGM, 2017 <http://www.kgm.gov.tr/>, (Erişim Tarihi 2017)
- 5.Karayolları Genel Müdürlüğü 2017-2021 Stratejik Planı, KGM
- 6.ASTM E 1926 -98 (1998) “Standard Practice for computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements”.