

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**ESNEK ÜSTYAPI VE RİJİT ÜSTYAPI TÜRLERİNİN MALİYET ARAŞTIRMASI  
VE SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON (SSB) YOLDA SIKIŞTIRMA  
KALİTESİNİN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ**

**ALİ ŞAHİN GÜNGÖR**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jüri Üyeleri :** **Dr. Öğr. Üyesi Füsun ÜÇER ÇİFTÇİ (Tez Danışmanı)**  
**Dr. Öğr. Üyesi Ayşe TURABİ**  
**Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AĞAOĞLU**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2025**



## **ETİK BEYAN**

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Türlerinin Maliyet Araştırması ve Silindire Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolda Sıkıştırma Kalitesinin Basınç Dayanımına Etkisi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

**Ali Şahin GÜNGÖR**

## ÖZET

**ESNEK ÜSTYAPI VE RİJİT ÜSTYAPI TÜRLERİNİN MALİYET ARAŞTIRMASI  
VE SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON(SSB) YOLDA SIKIŞTIRMA  
KALİTESİNİN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ALİ ŞAHİN GÜNGÖR  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR.ÜYESİ FÜSUN ÜÇER ÇİFTÇİ  
BALIKESİR, HAZİRAN - 2025**

Karayolları üzerinde trafik yükünü taşımak üzere kaplama, temel ve alttemel tabakalarından inşa edilen yapıya yol üst yapısı denir. Yol üst yapısı esnek üstyapı, rijit üstyapı ve kompozit üstyapı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Esnek üstyapı türü olarak sathi kaplama (SK) ve bitümlü sıcak karışım (BSK) yollar uygulanmaktadır. Rijit üstyapı türü olarak ise geleneksel yaş beton (GYB) yollar ve silindirle sıkıştırılmış beton yollar (SSB) ülkemizde uygulanmaktadır. Türkiyede il ve köy yollarında yol üst yapısı olarak genelde esnek üstyapılar tercih edilmekle beraber, petrolde dışa bağımlılık ve maliyetlerin yüksek olması birçok idareyi alternatif arayışlara sevk etmiştir. Bu arayışın sonucu olarak ülkemizin kırsal bölgelerinde köy yollarında rijit üstyapı türleri olan SSB yol ve GYB yol da tercih edilmektedir. Bu çalışmada yol üst yapısı olarak esnek üstyapı ve rijit üstyapı türlerinin maliyet açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Örnek olarak; Çanakkale il özel idaresi tarafından yapılan köy yolundaki durum incelenmiştir. Çanakkale köy yollarındaki kilometre maliyetlerinin karşılaştırılarak bu tartışmalara katkı sunulması hedeflenmektedir. Bunun yanında imalatı tamamlanan SSB köy yollarından alınan karotların 28 günlük basınç dayanımı ve yoğunluklarının karşılaştırması yapılarak silindirle sıkıştırma kalitesinin dayanıma etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; ilk yapım maliyetlerinin GYB yollarda SSB yollara nazaran %23,52 fazla olduğu, bakım ve onarım maliyetlerinin ise aynı olduğu görülmüştür. Esnek üstyapı türlerinde ise, ilk yapım maliyetlerinin SK yollarda BSK yollara nazaran %56,46 daha az olduğu anlaşılmıştır. Bakım ve onarım maliyeti en yüksek yollar esnek üstyapı türleridir. Rijit üstyapıların bakım ve onarım maliyeti daha azdır. Düşük ilk yapım maliyetine sahip SK yolların, bakım ve onarım masraflarıyla uzun vadede düşünüldüğünde ve yaşam döngüsü üzerinden yıllık maliyet hesabı yapıldığında SSB yollardan %6,24, GYB yollardan %16,35 daha uygun olduğu anlaşılmıştır. Ancak SK yolların ekonomik ömrünün 20 yıl olduğu düşünüldüğünde GYB yollar ve SSB yollardan maliyetli olduğunu söyleyebiliriz. Ayrıca, yapılan çalışmada SSB yollardan alınan karot numunelerinde yapılan testler sonucunda silindirle sıkıştırma kalitesinin yoğunlukla doğrudan ilişkili olduğu ve yoğunluğun arttıkça dayanımın da aynı oranda arttığı görülmüştür. Minimum basınç değerlerini sağlamak için en az %98 oranında sıkıştırmanın sağlanarak 2,40 gr/ cm<sup>3</sup> yoğunluğun elde edilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Sıkıştırma kalitesinin ve buna bağlı dayanımın arttıkça; ekonomik ömürün artacağı, bakım masraflarının azalacağı ve sıkıştırma kalitesinin yaşam döngüsü içerisindeki maliyete etki edeceği değerlendirilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Bakım ve onarım maliyeti, esnek üstyapı, ilk yapım maliyeti, rijit üstyapı, sıkıştırma kalitesi, ssb basınç dayanımı

Bilim Kod / Kodları : 91125

Sayfa Sayısı : 109

## ABSTRACT

**COST RESEARCH OF FLEXIBLE PAVEMENT AND RIGID PAVEMENT TYPES  
AND EFFECT OF COMPRESSION QUALITY TO COMPRESSIVE STRENGTH  
ON ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) PAVEMENT  
MSC THESIS  
ALİ ŞAHİN GÜNGÖR  
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
CIVIL ENGINEERING  
(SUPERVISOR: ASSIST.PROF.DR. FÜSUN ÜÇER ÇİFTÇİ )**

The structure built with surface, base, and subbase layers to carry traffic load on highways is called the road pavement structure. Road pavements are categorized into three types: flexible pavements, rigid pavements, and composite pavements. As types of flexible pavements, Surface Treatment (ST) and Hot Mix Asphalt (HMA) roads are applied. As types of rigid pavements, Conventional Cast-in-Place Concrete (CCC) roads and Roller Compacted Concrete (RCC) roads are implemented in our country. Although flexible pavements are generally preferred for provincial and village roads in Turkey, dependency on petroleum and high costs have led many administrations to seek alternatives. As a result of this search, rigid pavement types such as RCC and CCC roads are also being preferred for village roads in rural regions of our country. In this study, a cost comparison of flexible and rigid pavement types was investigated. As an example, a village road constructed by the Çanakkale Provincial Special Administration was examined. By comparing the cost per kilometer of roads in Çanakkale villages, this study aims to contribute to the ongoing discussions. Additionally, the compressive strength and density of core samples taken from completed RCC village roads were compared to investigate the effect of compaction quality on strength. As a result of the study, it was found that the initial construction costs of CCC roads are 23,52% higher than those of RCC roads, while the maintenance and repair costs are the same. For flexible pavement types, the initial construction cost of ST roads is approximately 56,46% lower than that of HMA roads. Flexible pavements have the highest maintenance and repair costs. Rigid pavements require lower maintenance and repair expenditures. Although ST roads have lower initial construction costs, when long-term maintenance and repair expenses are considered and annual life-cycle cost calculations are made, ST roads are found to be 6,24% more economical than RCC roads and 16.35% more economical than CCC roads. However, considering that the economic lifespan of ST roads is around 20 years, CCC and RCC roads may ultimately be more cost-effective in the long run. Furthermore, test results on core samples taken from RCC roads showed that compaction quality is directly related to density, and strength increases proportionally with density. To meet minimum compressive strength requirements, at least 98% compaction must be achieved, corresponding to a density of 2.40 g/cm<sup>3</sup>. It has been assessed that as compaction quality and corresponding strength increase, the economic lifespan will be extended, maintenance costs will decrease, and compaction quality will have a significant impact on the overall life-cycle cost.

**KEYWORDS:** Maintenance and repair cost, flexible pavement, initial construction cost, rigid pavement, compaction quality, rcc compressive strength

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>KISALTMA VE SEMBOL LİSTESİ</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ix</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>3</b>
<b>3. YÖNTEM</b> .....	<b>6</b>
<b>4. YOL ÜSTYAPISI</b> .....	<b>7</b>
4.1 Esnek Üstyapı .....	7
4.1.1 Sathi Kaplama Yollar .....	8
4.1.2 Bitümlü Sıcak Karışım Yollar (BSK) .....	11
4.2 Rijit Üstyapı .....	28
4.2.1 Geleneksel Yaş Beton Yol (GYB) .....	30
4.2.2 Sürekli Donatılı Beton Yol .....	30
4.2.3 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar .....	34
4.2.4 Köy Yollarında Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol .....	44
4.3 Kompozit Üstyapı .....	45
4.4 Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Kaplama Türlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırması .....	45
4.5 Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Kalite Kontrol Deneylerinin Karşılaştırması.....	47
4.6 Yol Üstyapısında Bozulmalar ve Bakım-Onarım .....	47
4.7 Kaplamanın Analiz Periyodu ve Yaşam Döngüsü.....	49
<b>5. BULGULAR</b> .....	<b>50</b>
5.1 Yol Üstyapısı Maliyet Araştırması .....	50
5.1.1 Tek Kat Sathi Kaplama .....	50
5.1.2 Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) .....	54
5.1.3 Geleneksel Yaş Beton Yol (GYB) .....	57
5.1.4 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol .....	60
5.1.5 İlk Yapım Maliyet Karşılaştırması.....	63
5.1.6 Toplam Maliyet Karşılaştırması.....	64
5.2 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolda Sıkıştırma Kalitesinin Basınç Dayanımına Etkisi .....	66
<b>6. SONUÇ</b> .....	<b>77</b>
<b>7. KAYNAKLAR (IEEE)</b> .....	<b>81</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>84</b>
EK A: Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Türlerinin Maliyet Araştırması.....	85
EK B: Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yolda Sıkıştırma Kalitesinin Basınç Dayanımına Etkisi.....	89
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>109</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 4.1: Sathi kaplama.....	8
Şekil 4.2: Tek kat sathi kaplama. ....	9
Şekil 4.3: Çift kat sathi kaplama. ....	9
Şekil 4.4: Bitümlü sıcak karışım yol. ....	11
Şekil 4.5: Bitümlü sıcak karışım tabakaları. ....	12
Şekil 4.6: Köy yolunda plent-miks temel tabakası. ....	14
Şekil 4.7: Köy yolunda binder tabakası. ....	16
Şekil 4.8: Çanakkale köy yolunda BSK.....	18
Şekil 4.9: Doymun yüzey hale getirilen agrega ve tel sepette kütle belirlenmesi.....	20
Şekil 4.10: Metilen mavisi deney seti ve filtre kağıdı.....	22
Şekil 4.11: Los angeles makinesi ve bilyeler. ....	23
Şekil 4.12: Elek analizi seti ve elek sarsıcı. ....	23
Şekil 4.13: Yumuşama noktası deneyinin aşamaları.....	24
Şekil 4.14: Marshall deneyinin aşamaları. ....	26
Şekil 4.15: Nükleer proktor test ile sıkışma kontrolü ....	26
Şekil 4.16: Nükleer olmayan zemin yoğunluk cihazı ile sıkışma kontrolü ....	27
Şekil 4.17: Kum konisi deneyi ile sıkışma kontrolü. ....	28
Şekil 4.18: ABD'nin ve dünyanın en eski geleneksel yaş beton yolu (Court avenue yolu-1891). ....	29
Şekil 4.19: Silindirle sıkıştırılmış beton yol (Çanakkale-2022).....	29
Şekil 4.20: Derzsiz donatılı beton yol.....	30
Şekil 4.21: Derzli donatılı beton yol.....	31
Şekil 4.22: Derzli donatısız beton yol.....	32
Şekil 4.23: Derzsiz donatılı geleneksel yaş beton köy yolu.....	33
Şekil 4.24: Plent-miks temel tabakası serme-sıkıştırma (Ayvacık-Tuzla grup yolu).....	35
Şekil 4.25: Beton santrali.....	37
Şekil 4.26: Finişerle beton serim uygulaması (Çanakkale köy yolları).....	38
Şekil 4.27: Silindirle sıkıştırma uygulaması (Çanakkale köy yolları).....	39
Şekil 4.28: Kimyasal kürlleme ve suyla kürlleme uygulamaları (Türkmenli-Sarıdüz yolu).....	40
Şekil 4.29: Karot alma uygulaması (Dalyan-Kestanbol yolu).....	42
Şekil 4.30: Karotta basınç dayanımı deneyi.....	42
Şekil 4.31: Taze betonda basınç dayanımı deneyi.....	43
Şekil 4.32: Kalınlık kontrolü (Umurbey-Hacıgelen yolu) (2020).....	44
Şekil 4.33: Yeniköy-Hacılar köy yolu SSB uygulaması (Yenice-Nisan 2024).....	45
Şekil 5.1: İlk yapım maliyetleri.....	64
Şekil 5.2: İlk yapım ve bakım-onarım maliyetleri (TL).....	65
Şekil 5.3: Kesilmiş ve başlıklanmış karot numuneleri.....	67
Şekil 5.4: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	69
Şekil 5.5: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	71
Şekil 5.6: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	73
Şekil 5.7: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	73
Şekil 5.8: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	76
Şekil 6.1: Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları.....	80

<b>Şekil B.1:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)	89
<b>Şekil B.2:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)	89
<b>Şekil B.3:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3).....	90
<b>Şekil B.4:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3).....	90
<b>Şekil B.5:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3).....	91
<b>Şekil B.6:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3).....	91
<b>Şekil B.7:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3).....	92
<b>Şekil B.8:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)....	92
<b>Şekil B.9:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)....	93
<b>Şekil B.10:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)..	93
<b>Şekil B.11:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)..	94
<b>Şekil B.12:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)..	94
<b>Şekil B.13:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)..	95
<b>Şekil B.14:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)..	95
<b>Şekil B.15:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 8-1, 8-2, 8-3)..	96
<b>Şekil B.16:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 9-1, 9-2, 9-3)..	96
<b>Şekil B.17:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)..	97
<b>Şekil B.18:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)..	97
<b>Şekil B.19:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)..	98
<b>Şekil B.20:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)..	98
<b>Şekil B.21:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)..	99
<b>Şekil B.22:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)..	99
<b>Şekil B.23:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)	100
<b>Şekil B.24:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)	100
<b>Şekil B.25:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)	101
<b>Şekil B.26:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)	101
<b>Şekil B.27:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)	102
<b>Şekil B.28:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 4-5-2, 5-3)	102
<b>Şekil B.29:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)	103
<b>Şekil B.30:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)	103
<b>Şekil B.31:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 8-1, 8-2, 8-3)	104
<b>Şekil B.32:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 9-1, 9-2, 9-3)	104
<b>Şekil B.33:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)	105
<b>Şekil B.34:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)	105
<b>Şekil B.35:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)	106
<b>Şekil B.36:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)	106
<b>Şekil B.37:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)	107
<b>Şekil B.38:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)	107
<b>Şekil B.39:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)	108

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 2.1:</b> Köy yollarına ait resmi istatistikler. ....	3
<b>Tablo 4.1:</b> Yol üstyapı türleri .....	7
<b>Tablo 4.2:</b> Alttemel sıkışma kriterleri.....	12
<b>Tablo 4.3:</b> Plent-miks temel gradasyon limitleri. ....	13
<b>Tablo 4.4:</b> Bitümlü temel tabakası için gradasyon limitleri. ....	15
<b>Tablo 4.5:</b> Binder tabakası için gradasyon limitleri. ....	16
<b>Tablo 4.6:</b> Aşınma tabakası için gradasyon limitleri. ....	17
<b>Tablo 4.7:</b> Bitümlü sıcak karışım yollarda kalite kontrol deneyleri .....	19
<b>Tablo 4.8:</b> Geçerli okumaların maksimum aralığı.....	25
<b>Tablo 4.9:</b> Örnek SSB reçetesi .....	37
<b>Tablo 4.10:</b> SSB kalite kontrol deneyleri. ....	41
<b>Tablo 4.11:</b> Kaplama türlerinin avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırması .....	46
<b>Tablo 4.12:</b> Kalite kontrol deneyleri karşılaştırması .....	47
<b>Tablo 4.13:</b> Analiz süresi içerisinde planlanan bakım ve onarım stratejisi.....	48
<b>Tablo 4.14:</b> Tavsiye edilen analiz periyodları .....	49
<b>Tablo 5.1:</b> Yol üstyapısı alternatif yöntemleri için seçilen analiz periyotları.....	50
<b>Tablo 5.2:</b> Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı.....	51
<b>Tablo 5.3:</b> Tek kat sathi kaplama yapılması maliyet hesabı.....	52
<b>Tablo 5.4:</b> Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi.....	53
<b>Tablo 5.5:</b> Tek kat sathi kaplama yol maliyeti (1 Km).....	54
<b>Tablo 5.6:</b> Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı.....	55
<b>Tablo 5.7:</b> Bitümlü sıcak karışım kaplama yapılması maliyet hesabı .....	55
<b>Tablo 5.8:</b> Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi.....	56
<b>Tablo 5.9:</b> Bitümlü sıcak karışım (BSK) yol maliyet hesabı (1 Km).....	57
<b>Tablo 5.10:</b> Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı.....	58
<b>Tablo 5.11:</b> Geleneksel yaş beton (GYB) kaplama yapılması maliyet hesabı .....	58
<b>Tablo 5.12:</b> Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi.....	59
<b>Tablo 5.13:</b> Geleneksel beton yol (GYB) maliyet hesabı (1 Km) .....	59
<b>Tablo 5.14:</b> Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı.....	60
<b>Tablo 5.15:</b> Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) kaplama yapılması maliyet hesabı .....	61
<b>Tablo 5.16:</b> Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi.....	62
<b>Tablo 5.17:</b> Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yol maliyet hesabı (1 Km) .....	62
<b>Tablo 5.18:</b> İlk yapım maliyetleri .....	63
<b>Tablo 5.19:</b> Yaşam döngüsü içerisindeki toplam maliyetler.....	65
<b>Tablo 5.20:</b> Beton yol kaplamaları teknik şartnamesi kriterleri. ....	67
<b>Tablo 5.21:</b> Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu karot basınç dayanımları .....	68
<b>Tablo 5.22:</b> Yoğunluk grupları .....	69
<b>Tablo 5.23:</b> Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu karot basınç dayanımları .....	70
<b>Tablo 5.24:</b> Yoğunluk grupları .....	70
<b>Tablo 5.25:</b> Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu karot basınç dayanımları.....	72
<b>Tablo 5.26:</b> Yoğunluk grupları .....	72
<b>Tablo 5.27:</b> Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu karot basınç dayanımları.....	74
<b>Tablo 5.28:</b> Yoğunluk grupları .....	74
<b>Tablo 5.29:</b> Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu karot basınç dayanımları .....	75
<b>Tablo 5.30:</b> Yoğunluk grupları .....	76

**TABLO LİSTESİ (devam)****Sayfa**

<b>Tablo 6.1:</b> Esnek üstyapı ve rijit üstyapı türlerinin maliyet karşılaştırmaları .....	78
<b>Tablo 6.2:</b> Yoğunluk grupları .....	80
<b>Tablo A.1:</b> Beton Kaplamada Onarıma Ait Birim Fiyat Analizi.....	85
<b>Tablo A.2:</b> Asfalt Yama Malzemesi Temini ve Nakliyesine Ait Birim Fiyat Analizi .....	86
<b>Tablo A.3:</b> Asfalt Yama Yapılması İşçiliğine Ait Birim Fiyat Analizi.....	87
<b>Tablo A.4:</b> C30/37 Beton Birim Fiyat Analizi .....	88

## KISALTMA VE SEMBOL LİSTESİ

<b>A</b>	: Zorluk katsayısı
<b>BSK</b>	: Bitümlü sıcak karışım
<b>cm<sup>3</sup></b>	: Santimetreküp
<b>da</b>	: dekar (1.000 m <sup>2</sup> )
<b>F</b>	: Nakliye bedeli (tl)
<b>fi</b>	: En düşük bireysel basınç değeri (mpa)
<b>fm</b>	: En düşük ortalama basınç değeri (mpa)
<b>g</b>	: Gram
<b>G</b>	: Taşınan malzemenin yoğunluğu (ton/m <sup>3</sup> )
<b>G<sub>kdy</sub></b>	: Doygun yüzey kuru özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>G<sub>kh</sub></b>	: Hacim özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>G<sub>kz</sub></b>	: Zahiri özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>GYB</b>	: Geleneksel yaş beton
<b>K</b>	: Taşıma katsayısı
<b>Km</b>	: Kilometre
<b>KTŞ</b>	: Karayolları teknik şartnamesi
<b>M</b>	: Taşıma mesafesi (km)
<b>MB</b>	: Beher kilogramı başına boya miktarı (g)
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>Mpa</b>	: Megapascal
<b>M1</b>	: Deney numunesinin ağırlığı (g)
<b>SK</b>	: Sathi kaplama
<b>SSB</b>	: Silindirle sıkıştırılmış beton
<b>TL</b>	: Türk lirası
<b>V1</b>	: Enjekte edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (ml)
<b>WA</b>	: Su emme yüzdesi (%)
<b>W<sub>opt.</sub></b>	: Optimum su içeriği (%)
<b>3h<sub>dmax</sub></b>	: Maksimum dane çapının 3 katı kalınlık (mm)
<b>\$</b>	: Dolar kuru

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her daim destek olan ve yol gösteren saygıdeğer danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Füsun ÜÇER ÇİFTÇİ'ye, akademik tecrübesinden istifade ettiğim saygıdeğer Dr.Öğr.Üyesi Mustafa Kemal AKBULUT'a, teknik ve fiziki imkanlarından faydalandığım kurumum Çanakkale İl Özel İdaresi'ne, aile ve iş hayatımın yanında eğitimime de vakit ayırmama verdiği destek ve sabrından dolayı kıymetli eşim Hilal GÜNGÖR'e, varlığına hergün şükrettiğim hayatımın neşesi canım kızım İlay Ece'ye, varlığımın ilk anından bugünlere beni sevgiyle getiren, her alanda destekleyen, okutan ve eğiten muhterem annem Fatma GÜNGÖR ve muhterem babam Mehmet GÜNGÖR'e, bana sağlık ve gayret ihsan eden yüce RAHMAN'a sonsuz minnettarlığımı ve en içten teşekkürlerimi sunarım.

**Balıkesir, 2025**

**Ali Şahin GÜNGÖR**

# 1. GİRİŞ

İnsanların ve eşyaların bir noktadan başka bir noktaya taşınmasına ‘ulaştırma’ denilmektedir. Ulaştırmanın birinci amacı; ülkenin sosyal ve ekonomik hedeflerinin gerektirdiği hizmeti vatandaşa en ekonomik, uzun ömürlü, emniyetli şekilde kesintisiz sağlamaktır. Karayollarına verilen önem; cumhuriyet döneminde motorlu kara taşıtlarının da artmasına paralel olarak artış göstermiştir. Bunun sonucu olarak 1950 yılında kurulan Karayolları Genel Müdürlüğü altında köyleri kasabalara ve şehirlere bağlamak maksadıyla Köy Yolları Daire Başkanlığı kurulmuş ve öncelikli olarak stabilize (Çakıllı kumun serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan yol) köy yolları oluşturulmuştur. Y.S.E. Genel Müdürlüğü’nün kurulmasına kadar geçen zamanda 18.482 km stabilize ve 8.258 km tesviyeli (Doğal zeminin düzeltilmesiyle oluşturulan yol) yol vatandaşların hizmetine sunulmuştur [1]. Tesviye seviyesindeki köy yollarına kaplama türü olarak bugün de ülkemizde en yaygın şekilde uygulanan sathi kaplama uygulanmaya başlamıştır. Dünyada teknoloji ve makineleşmenin artmasıyla birlikte yeni yol üstyapısı kaplama türleri olarak bitümlü sıcak karışım (BSK) ve geleneksel yaş beton yollar (GYB) literatüre girmiş ve uygulamaları artarak devam etmiştir. Sathi kaplama yolların toplam yol ağı içerisindeki oranı her geçen gün azalırken, 2009 yılı itibarıyla ülkemiz köy yollarında yeni bir alternatif olarak silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yollar uygulanmaya başlamış ve başarılı uygulamalar sonucunda yaygınlaşmıştır.

Köy yolları yapımından sorumlu büyükşehir belediyesi ve il özel idareleri yolların trafik yoğunluğu ve önemini göz önünde bulundurarak bahsedilen tüm yol üstyapı kaplama türlerinin uygulamasını yapmaktadır. Ancak bitümlü sıcak karışımın maliyetinin yüksek olması ve ülkemizin ekonomik koşulları idareleri ekonomik ve günlük çözümlere itebilmektedir. Bu koşullar altında sağlıklı fayda-maliyet analizleri yapılamamakta veya yapılsa bile genellikle doğru kararlar verilememektedir. İlk yapım maliyetleri hesabıyla yapımına karar verilen yolların bakım ve onarım maliyetleri göz ardı edilebilmektedir. Bazen de yeni olana duyulan korku ve alışlagelmiş olanın sağladığı konfor alanının terk edilememesi sebebiyle kalıcı yollar yapılamamakta ve ekonomik zararlar oluşabilmektedir.

Bu çalışmada; Çanakkale ilinin bir köy yolunda yapılabilecek rijit ve esnek üstyapı türlerinin ilk yapım ve yaşam döngüsü içerisindeki bakım-onarım maliyetleri kamu kurumlarına ait güncel poz ve rayiçlerle hesaplanarak fayda-maliyet analizi yapılmıştır. Bu

üstyapı türleri ve kaplamaları köy yolu için aynı standartları sağlayacak ve beklentileri karşılayacak şekilde dizayn edilmiştir. Alternatif üstyapı türlerinin imalat zorlukları ve kolaylıkları, mevsimsel güçlükler, konfor seviyeleri gibi özellikleri de fayda-maliyet analizinde göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır. Bu çalışmanın amacı; yol üstyapısı türlerinin maliyetlerini güncel olarak karşılaştırarak literatüre katkı sağlamaktır.

Çalışmanın ikinci kısmında; Türkiye'deki uygulamaları yakın zamanda başlayan ve literatürü yavaş yavaş genişleyen silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yollara katkı sunmak amacıyla Çanakkale'de uygulaması yapılmış SSB yollardan alınan karot numuneleri üzerinde yapılacak 28 günlük basınç dayanımı testleriyle, silindirle sıkıştırma kalitesinin dayanıma etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışma için 3 farklı ilçede 5 farklı yoldan 73 mm çapında 126 adet karot numunesi alınmış, hacim ve yoğunluk ölçme, basınç dayanımı tayini deney ve işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı; sıkıştırma kalitesinin dayanıma ve ekonomik ömre etkisini araştırarak literatüre katkı sağlamaktır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ülkemizde köy yolları yapımından sorumlu yerel yönetimler yol üstyapısı olarak genellikle esnek üstyapı ve rijit üstyapı türlerini uygulamaktadırlar. Üçüncü bir yöntem olarak bu iki yöntemin bir araya getirildiği kompozit üstyapı varlığını devam ettirmekle birlikte sıklıkla uygulanmamaktadır.

Ülkemiz köy yollarında kullanılan üstyapılara ilişkin resmi istatistikleri Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) Yerel Yönetimler Genel Müdürlüğü, kümülatif olarak tutmakta ve verileri aşağıda Tablo 2.1’de sunulduğu gibi bakanlığın resmi internet sitesinde yayınlamaktadır [2].

Tablo 2.1’de görüldüğü gibi 2021 yılı itibarıyla her geçen yıl sathi kaplama yolların toplam uzunluğu azalmış ve diğer yol üstyapı türlerinin toplam uzunluğu ise artış göstermiştir.

**Tablo 2.1:** Köy yollarına ait resmi istatistikler [2]

Yıl	Yol Sınıfı	Esnek Üstyapı(km)		Rijit Üstyapı(km)	
		SK	BSK	GYB	SSB
2020	1.Derece	51956	11306	4272	352
	2.Derece	8137	434	605	14
	Köy İçi	5985	797	589	11
	Toplam	66078	12537	5466	377
2021	1.Derece	51611	12085	4210	713
	2.Derece	8220	455	573	30
	Köy İçi	6609	1063	730	73
	Toplam	66440	13603	5513	816
2022	1.Derece	50757	13354	4394	1048
	2.Derece	8244	518	630	36
	Köy İçi	6457	1239	760	91
	Toplam	65458	15111	5784	1175
2023	1.Derece	50414	14747	5710	1175
	2.Derece	8317	577	180	35
	Köy İçi	6511	1260	627	100
	Toplam	65242	16584	6517	1310
2024	1.Derece	50116	15601	5785	1257
	2.Derece	8407	584	172	39
	Köy İçi	6522	1277	657	111
	Toplam	65045	17462	6614	1407

BSK: Bitümlü sıcak karışım; SK: Sathi kaplama;  
GYB: Geleneksel yaş beton; SSB: Silindirle sıkıştırılmış beton

(Abut, 2017), SSB yol sistemlerinin rijit ve esnek üstyapı türlerinin çeşitli özelliklerini ve uygulama alanlarını bir araya getirdiğini belirtmiştir. Agregada gradasyonu açısından bitümlü sıcak karışımlarla benzerlik gösterse ve benzer sıkıştırma yöntemleri kullanılsa da, bu tür üstyapıların yapısal performansı ile kullanılan malzeme özellikleri bakımından geleneksel yaş beton yollarla daha fazla örtüştüğünü ifade etmiştir [3].

(Çetin, 2009), tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tezinde, beton yolların, beton santralleri aracılığıyla hazır beton kullanımı ve şekil değiştirmeyen kalıplarla üretilmesi sayesinde kalite güvencesinin sağlandığı ve bu durumun rijit üstyapı türlerinden biri olan beton yol yapım sürecini hızlandırdığı belirtilmiştir. 1960 ve 1970'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde yaklaşık 70.000 kilometrelik beton yol ağı inşa edilmiştir. Bu gelişmelerin ilk olarak ABD'de başlamasının ardından Almanya, Belçika ve Japonya gibi ülkelerde de benzer uygulamalara geçilmiş, günümüzde ise Hollanda'da bisiklet yolları da dahil olmak üzere yolların tamamının rijit üstyapı sistemleriyle inşa edildiği ifade edilmiştir. Ayrıca, beton yol teknolojisinde yaşanan; kayar kalıp sistemleri, hazır beton kullanımı, ön gerilmeli ve lifli beton uygulamaları, geçirimli beton teknikleri ile sürekli betonarme yapılar gibi ilerlemelerin, beton kaplamaları asfalt kaplamalara karşı güçlü bir alternatif hâline getirdiği vurgulanmıştır [4].

(Yağtu, 2019) tez çalışmasında; üstyapı seçimi yapılırken hangi yol ağında (il yolu, köy yolu, otoyol vb.) olursa olsun teknik ve ekonomik açıdan karşılaştırmalar yapılmalı, ülke içi arz durumu da dikkate alınarak FMA (fayda-maliyet analizi) yapılmalı ve geniş bir değerlendirme sonucunda üstyapı türüne karar verilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Rijit üstyapı türlerinin ilk yapım maliyetlerinin esnek üstyapı türlerinden daha maliyetli gibi gözükse de çok daha uzun ömürlü olan rijit üstyapıların fayda-maliyet analizi dikkate alındığında, daha ekonomik olduğunu ifade etmiştir. Üstyapı seçiminin, sadece ilk yapım maliyetine göre yapılmasının doğru olmadığını ve bakım-onarım-işletme masraflarının da dikkate alınarak yapılması gerektiğini belirtmiştir [5].

(Tatlı, 2004), yüksek lisans tezinde, yaygın kanının aksine, beton yolların ilk yapım maliyetlerinin yalnızca zeminin oldukça sağlam olduğu ve trafik hacminin düşük seviyede kaldığı koşullarda esnek üstyapılara göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Hatta bakım ve onarım giderleri hesaba katılmadan dahi beton yolların tercih edilmesinin daha uygun bir yaklaşım olduğunu savunmuştur. Ülkemiz yol ağının yaklaşık %40'ının ağır taşıt

trafiğine maruz kaldığı göz önüne alındığında, beton yolun yalnızca ekonomik açıdan değil, aynı zamanda zorunluluk olarak da değerlendirilmesi gerektiğini ifade etmiştir. Çalışmasında, düşük trafik hacimli yollar için esnek üstyapının maliyetinin rijit üstyapıya kıyasla yaklaşık %38 daha düşük olduğunu; buna karşın yüksek trafik hacmine sahip yol projelerinde rijit üstyapının esnek üstyapıya oranla %29 daha ekonomik olduğunu hesaplamıştır [6].

(Yaman ve Ceylan, 2013), hazır beton kongresinde yayınladıkları bildiriye, SSB yollar ve GYB yollar göz önüne alınırsa, SSB teknolojisinin geçmiş yıllarda ülkemizde daha çok baraj projelerinde uygulandığını ifade etmiştir [7].

(Akbelen vd.,2023), son yıllarda yapılan çalışmalar doğrultusunda sağladığı avantajlar sebebiyle SSB yolların pek çok ilimizde yerel yönetimler tarafından tercih edildiğini belirtmiştir. Kalıp kurularak yapılan donatılı veya donatısız inşa edilen GYB yol kaplamaların ise ülkemizde özellikle engebeli coğrafyalarda, zorlu arazi koşulları altında yapım kolaylığı ve dayanıklı olması nedeniyle tercih edildiğini ifade etmişlerdir [8].

(Akbelen ve Yaman, 2019), tarafından yayımlanan bildiriye, SSB yol sistemlerinin farklı zemin koşulları ve trafik yükleri altında, bitümlü sıcak karışım (BSK) yollarla kıyaslandığında daha ekonomik çözümler sunduğu ortaya konmuştur. Çalışmada, SSB yolların birinci sınıf yol kategorisinde ortalama %44, ikinci sınıf yollarda %37 ve üçüncü sınıf yollarda ise %28 oranında daha düşük maliyetle inşa edilebildiği hesaplanmıştır [9].

### 3. YÖNTEM

Esnek ve rijit üstyapıların ilk yapım ve bakım-onarım maliyetlerinin hesabında Karayolları Genel Müdürlüğü ve Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na ait pozlardan, bunlara ait birim fiyat ve rayiçlerden ve özel pozlardan yararlanılmıştır. Bakım ve onarım maliyetlerini hesaplamak için literatürdeki analiz periyodu ve yaşam döngüsü değerleri kullanılmıştır. Silindirle sıkıştırılmış beton yolda sıkıştırma kalitesinin basınç dayanımına etkisini araştırırken “Beton yol kaplamaları teknik şartnamesi” ve “Silindirle sıkıştırılmış beton yollar genel şartnamesi” ndeki kriter ve yöntemler takip edilmiştir.

## 4. YOL ÜSTYAPISI

Trafik yüklerinin zemine güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlamak amacıyla alttemel, temel ve kaplama tabakalarının bir araya gelmesiyle oluşturulan yapılar yol üstyapısı olarak tanımlanmaktadır. Yol üstyapıları; rijit üstyapı, esnek üstyapı ve kompozit üstyapı olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Köy yollarında uygulanan üstyapı türleri aşağıda Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1:** Köy yolu üstyapı türleri

Yol Üstyapıları	Esnek Üstyapılar	Sathi Kaplama (SK)	Tek Kat Sathi Kaplama
			Çift Kat Sathi Kaplama
		Bitümlü Sıcak Karışım Yol (BSK)	
	Rijit Üstyapılar	Geleneksel Yaş Beton Yol (GYB)	Sürekli Donatılı Beton Yol
			Derzli Donatılı Beton Yol
			Derzli Donatısız Beton Yol
		Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol (SSB)	-
	Kompozit Üstyapılar	Esnek ve Rijit üstyapıların birlikte kullanıldığı üst yapı türü	-

### 4.1 Esnek Üstyapı

Esnek üstyapılar; alttemel, temel ve kaplama tabakalarının bir araya gelmesiyle oluşturulan çok katmanlı sistemlerdir. Düşük standartlı yollar genellikle tek kat veya çift kat sathi kaplama ile inşa edilirken, yüksek standartlı yollar ise bitümlü sıcak karışım malzemeler kullanılarak oluşturulan temel, binder ve aşınma tabakalarından oluşmaktadır. Bu yollar, trafik yükü, zemin taşıma kapasitesi, bölgesel ve iklimsel koşullar ile tabaka özellikleri göz önünde bulundurularak farklı kalınlıklarda tasarlanmakta ve inşa edilmektedir [10]. Esnek üstyapılar ülkemizde ve dünyada en yaygın kullanılan üstyapı türüdür.

#### 4.1.1 Sathi Kaplama Yollar

Sathi kaplama uygulamaları, tek yönlü olarak 8,2 tonluk standart dingil yükünün 100.000 ile 2.000.000 arasında geçtiği yollar için uygun görülmektedir. Bitümlü bağlayıcı ile agreganın, önceden hazırlanmış yol yüzeyine sırasıyla serilerek sıkıştırılması yoluyla oluşturulan sathi kaplamalar, düşük maliyetleri ve hızlı uygulanabilirlikleri nedeniyle ülkemizde en yaygın tercih edilen üstyapı kaplama türlerinden biri hâline gelmiştir. Türkiye'deki ekonomik büyüme, teknolojik gelişmeler ve toplumun daha konforlu ulaşım talepleri doğrultusunda ulaştırma politikalarında yaşanan değişimlerle birlikte bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamaların kullanım oranı hızla artsa da, sathi kaplamalara olan ihtiyaç uzun yıllar devam edecektir. Ayrıca, sathi kaplamalar sundukları yüzey sızdırmazlığı, yüksek kayma direnci gibi avantajlarla, mevcut yol kaplamalarının hizmet ömrünü uzatmada etkili bir bakım yöntemi olarak da ön plana çıkmaktadır. Bu durum, hem yeni yol yapımında hem de mevcut yolların korunmasında sathi kaplama uygulamalarına olan gereksinimi artırmaktadır. Ancak, üretim sürecinde sağladığı pratikliğe rağmen, sathi kaplamaların performansı çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu performans; kullanılan bitüm ve agrega malzemelerinin özellikleri, agreganın temizliği ve tozluluk düzeyi, mevcut yüzeyin nitelikleri, yapım esnasındaki meteorolojik koşullar ve uygulama tekniklerine karşı oldukça duyarlıdır [11]. SK türüne ait uygulama örnekleri aşağıda Şekil 4.1' de verilmiştir.



Şekil 4.1: Sathi kaplama [12]

#### 4.1.1.1 Tek Kat Sathi Kaplama

Tek kat sathi kaplama, hizmet ömrü süresince 8,2 tonluk standart dingil yüküne maruz kalacak şekilde projelendirilen ve bu yükün toplam sayısının 100.000 ile 500.000 arasında olduğu yol kesimlerinde tercih edilmektedir [13].

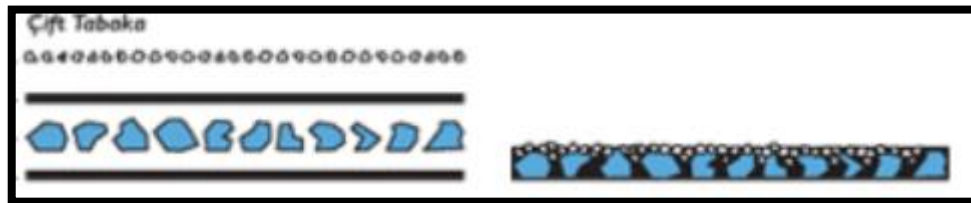
Tek kat sathi kaplamalar plent-mix temel tabakası, mevcut sathi kaplama veya bitümlü sıcak karışım üzerine bitümlü malzeme ve arkasından uygun gradasyonda bir kat agreganın serilmesi ile meydana gelir. Tek kat sathi kaplamada agrega gradasyonu birbirine çok yakın agregalardan oluşur. Örneğin; 15-22 mm, 19-25 mm, 15-25 mm vb. gibi. Tek kat sathi kaplama örneği aşağıda Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2: Tek kat sathi kaplama [14]

#### 4.1.1.2 Çift Kat Sathi Kaplama

Çift kat sathi kaplama uygulamaları, hizmet süresi boyunca 8,2 tonluk standart dingil yükünün toplamda 500.000 ile 2.000.000 arasında geçiş yapacağı öngörülen yol kesimlerinde tercih edilmektedir. Bu yöntemde, ilk olarak iri taneli agregayla birinci kat kaplama gerçekleştirilir, ardından ikinci katta bağlayıcı bitüm üzerine daha ince agreganın serilmesiyle işlem tamamlanır. Tek kat sathi kaplamaya kıyasla, çift kat uygulamalar suya karşı daha düşük geçirgenlik sağlamak ve taşıt yüklerine karşı daha yüksek dayanım sunmaktadır. Çift kat sathi kaplama örneği aşağıda Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3: Çift kat sathi kaplama [14]

#### 4.1.1.3 Sathi Kaplamanın Avantajları

- İlk yatırım maliyeti düşüktür, bu sebeple ekonomik ömrün kısa tutulduğu dizaynlarda maliyet açısından avantaj sağlar.

- Temel tabakasının su geçirimsizliğini sağlar.
- Yapımı en hızlı kaplama tekniğidir ve çok hızlı şekilde yol trafiğe açılır.
- Yol yüzeyindeki tozumu önler.
- Sürtünme direnci yüksektir ve fren mesafesini kısaltır.

#### **4.1.1.4 Sathi Kaplamanın Dezavantajları**

- Tekerlek kaynaklı gürültü seviyesi yüksektir ve bu durum sürüş konforunu olumsuz yönde etkilemektedir.
- Yüksek yüzey pürüzlülüğü nedeniyle sürtünme direnci artmakta, bu da taşıtların işletme maliyetlerinde yükselmeye yol açmaktadır.
- Kullanılan agregaların gevşek olması ya da zamanla gevşeyerek yüzeyden ayrılması durumunda, bu parçaların araçlar tarafından fırlatılması arkadan gelen taşıtlarda hasara neden olabilmektedir.
- Bakım ve onarım masrafları sık ve fazladır.
- Ekonomik ömrü kısa olduğundan ikinci kat kaplama veya yenilenme ihtiyacı oluşmaktadır. Bu da beraberinde uzun vadede maliyetleri artırmaktadır.
- Taşıma gücü yoktur ve taşıt yükünü temel tabakası karşılamaktadır. Bu sebeple taşıt trafiği yüksek güzergahlar için uygun değildir.

#### **4.1.1.5 Köy Yollarında Sathi Kaplama**

Büyükşehir belediyeleri ve il özel idareleri tarafından köy yolları yapımı planlanırken kısıtlı bütçeler sebebiyle genellikle sathi kaplama yollar tercih edilmektedir. Yine bu sebeple ilk yatırım maliyetini artırmamak için tek kat sathi kaplama yöntemi hali hazırda en yaygın şekilde kullanılmaktadır. Özellikle kış şartlarının çetin olduğu bölgelerde, sathi kaplama yolların hızlı şekilde yıpranması ve onarımının mevsim sebebiyle yapılamamasından dolayı tahribat katlanarak artmaktadır. Bu da bakım-onarıma bağlı maliyeti artırmaktadır. Sıcaklığın çok fazla olduğu bölgelerdeki köy yollarında ise bitümün erimesi suretiyle kuma meydana gelebilmekte ve yol platformunda lastik izleri oluşabilmektedir. Yerel idareler sathi kaplama yolları yaygın bir şekilde sürdürmekle birlikte, bakım ve onarım maliyetinin yüksekliği ve diğer sebeplerden dolayı alternatif arayışlara girmektedirler.

#### 4.1.2 Bitümlü Sıcak Karışım Yollar (BSK)

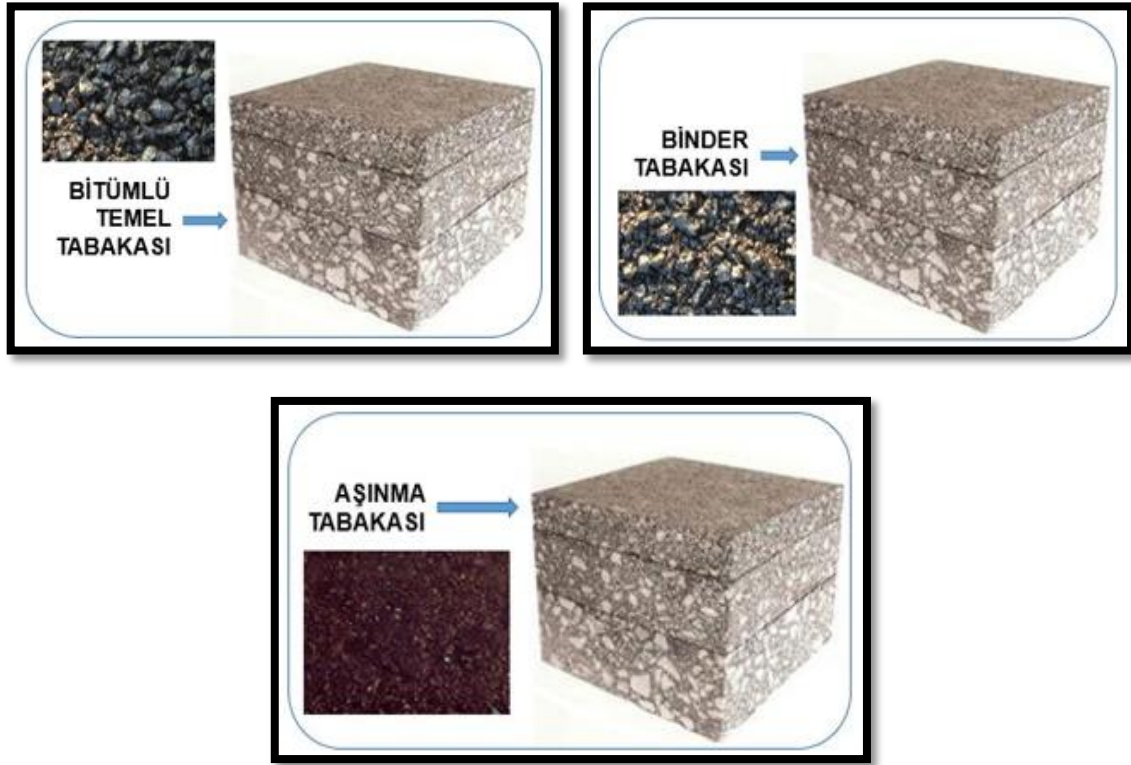
Esnek üstyapı kaplamaları, yol standardına bağlı olarak düşük ve yüksek kalite olmak üzere iki temel grupta üretilmektedir. Düşük standartlı esnek kaplamalar, günlük ağır taşıt trafiğinin 500 araçtan az olduğu ya da 8,2 tonluk standart tek dingil yükünün 20 yıllık süre zarfındaki tekrarlanma sayısının  $2 \times 10^6$ 'dan düşük olduğu, yani trafik yoğunluğunun sınırlı olduğu yollarda uygulanmakta; genellikle yüzeysel sathi kaplama ya da koruyucu kaplama tabakası şeklinde tasarlanmakta ve ekonomik açıdan yeterli bir performans sunmaktadır. Buna karşılık, yüksek standartlı yollar ve otoyollar için, bitümlü sıcak karışım (BSK) kullanılan tabakaların tercih edilmesi gerekmektedir. Bu tür kaplamalar, proje ömrü boyunca maruz kalacağı toplam standart dingil geçiş sayısının  $3 \times 10^6$ 'yı aştığı durumlarda ideal çözüm sunmakta ve dayanıklılık açısından önemli avantajlar sağlamaktadır [15]. Esnek üstyapı türlerine ait uygulama örnekleri aşağıda Şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4: Bitümlü sıcak karışım yol [16]

BSK'lar ince agrega, kaba agrega ve mineral fillerin belirli gradasyonda karıştırılarak ve  $140-180^{\circ}\text{C}$ ' de ısıtıldıktan sonra petrolün türevi olan ısıtılmış bitüm ile homojen bir şekilde karıştırılarak üretilmektedir. Karayolları teknik şartnamesi (KTŞ)'de yer alan gradasyon limitlerinde karışım sağlanarak bitümlü temel, binder ve aşınma tabakası olarak üretilerek

yol üstyapısı katmanları olarak serilip sıkıştırılmaktadırlar. Ağır taşıt trafiğine maruz bir yolda imal edilen bitümlü sıcak karışım tabakaları aşağıda Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5: Bitümlü sıcak karışım tabakaları [17]

#### 4.1.2.1 Alttemel ve Temel Tabakası

Doğal zemin üzerine serilen ve genellikle kırmataş, kum, çakıl ya da kil gibi malzemelerden oluşan tabaka, alt temel tabakası olarak adlandırılmaktadır. Bu tabakanın, sıkışabilir özellikteki malzemelerden oluşturulmasına özen gösterilir. Kullanılan agregaların maksimum dane çapı genellikle 2 ila 3 inç arasında sınırlandırılmaktadır. Tabaka kalınlığı ise yolun sınıfına ve taşıdığı öneme bağlı olarak değişmekte olup genellikle 10 ila 30 cm arasında tasarlanmaktadır. Alttemel sıkışma kriterleri aşağıda Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Alttemel sıkışma kriterleri [18]

Minimum Sıkışma (%)	98	Modifiye Proctor TS1900-1, AASHTO T 180
Optimum Su İçeriği (%)	Wopt ± 2 Modifiye Proctor	

Temel tabakası, yol üstyapısının önemli bileşenlerinden biri olup, alttemel ve zemin tabakasına iletilen basınç gerilmelerini kabul edilebilir seviyelere düşürmeyi ve sistemde

belirli bir esneklik sağlayarak kaplama tabakasında oluşabilecek çatlama veya kırılmaları önlemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca, üstteki kaplama katmanlarından gelen yükleri ve oluşabilecek ek gerilmeleri taşıyarak yapının bütünlüğünü koruma işlevi görür [19].

#### 4.1.2.2 Plent-Miks Temel Tabakası

Plent-miks temel tabakası, kırmataş, kırılmış çakıl, cüruf ve ince daneli malzemelerin, optimum su içeriği sağlanarak plentte homojen biçimde karıştırılmasıyla elde edilen yapısal bir tabakadır. Bu tabakada kullanılacak malzemenin gradasyonu, KTŞ tarafından belirlenen Tip-I (kaba) ve Tip-II (ince) gradasyon sınırları çerçevesinde tanımlanmakta olup, uygun bir karışımın sağlanabilmesi için en az üç farklı dane boyutunun bu iki tip malzemeyle dengeli oranlarda karıştırılması gerekmektedir. Uygulama sürecinde, karışımın serimi soğuk, yağışlı ya da don olaylarının yaşandığı hava koşullarında yapılmamalı; sıcak havalarda ise yüzeyin nem dengesinin korunması adına sulama işlemi gerçekleştirilmelidir. Sıkıştırılmış her bir tabaka kalınlığının ise 20 cm'yi geçmemesi gerekmektedir [15]. Plent-miks temel uygulaması Şekil 4.6'da ve plent-miks temel tabakasını oluşturan iki farklı agrega karışımının gradasyon limitleri aşağıda Tablo 4.3'de verilmiştir. Tip-I karışım 0-37,5 mm çap aralığında agregalardan, tip-II ise 0-25 mm çap aralığında agregalardan meydana gelmektedir. Karışım hazırlanırken tablodaki elekten geçen yüzde miktarlarına dikkat edilmelidir.

**Tablo 4.3:** Plent-miks temel gradasyon limitleri [18]

Elek Açıklığı		Elekten Geçen (%)	
mm	İnch	Tip-I	Tip-II
37,5	1 1/2	100	-
25	1	72-100	100
19	3/4	60-92	80-100
9,5	3/8	40-75	50-82
4,75	No 4	30-60	35-65
2,00	No 10	20-45	23-50
0,425	No 40	8-25	12-30
0,075	No 200	0-10	2-12



**Şekil 4.6:** Köy yolunda plent-miks temel tabakası [20]

#### **4.1.2.3 Bitümlü Temel Tabakası**

Bitümlü temel tabakası, agreganın belirli bir gradasyon limitlerinde asfalt çimentosuyla birlikte (AC) plent tesisinde karıştırılarak uygun sıcaklıkta finişer ile serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Plentin şantiye sahasına olan uzaklığı ve taşıma süresine dikkat edilmeli ve karışım soğumadan serme ve sıkıştırma işlemi tamamlanmalıdır. Lastik izleri kaybolana ve KTŞ'deki değerler sağlanana kadar sıkıştırma işlemi devam etmelidir. Sıkıştırma işlemi tamamlanan yolun hızlı şekilde trafiğe açılması sebebiyle avantaj sağlamaktadır. Bitümlü temel tabakasını oluşturan iki farklı agrega karışımının gradasyon limitleri aşağıda Tablo 4.4'de verilmiştir. Tip-A ve Tip-B karışımlar tabloda verilen 0-37,5 mm çap aralığında agregaların elekten geçen farklı yüzde oranları kullanılarak hazırlanmaktadır. BSK türlerini birbirinden ayıran özellik agrega dane dağılımlarıdır.

**Tablo 4.4:** Bitümlü temel tabakası için gradasyon limitleri [18]

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

#### 4.1.2.4 Binder Tabakası

Binder tabakası, genelde köy yolları üstyapısında trafik yüklerinin doğrudan etkisine maruz kalan en üst katmanı oluşturmaktadır. Bu tabaka, maruz kaldığı yükler sonucunda oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyeye ulaştığı bölgedir. Bu nedenle, binder tabakasının elastisite modülünün, diğer üstyapı tabakalarına kıyasla daha yüksek olması gerekmektedir. Söz konusu tabaka, trafiğin aşındırıcı etkilerine direnç göstermek, temel tabakaya iletilen basınç ve kayma gerilmelerini azaltmak, yüzey suyunun alt tabakalara sızmasını engellemek, güvenli ve konforlu bir sürüş deneyimi sunmak ve yapıyı kalıcı hasarlara karşı korumak gibi işlevlere sahiptir [19].

Binder tabakası, agreganın belirli bir gradasyon limitlerinde asfalt çimentosuyla birlikte (AC) plent tesisinde karıştırılarak uygun sıcaklıkta finişer ile serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulmaktadır. Bitümlü tabakalarda uygulanan deneysel yöntemler ve belirlenen şartlar, binder tabakasına da aynen uygulanmaktadır. Binder tabakası uygulaması görseli Şekil 4.7’de ve binder tabakasını oluşturan agrega karışımının gradasyon limitleri aşağıda Tablo 4.5’de verilmiştir. Karışım tabloda verilen 0-37,5 mm çap aralığında agregaların elekten geçen yüzde miktarları dikkate alınarak hazırlanmaktadır.

**Tablo 4.5:** Binder tabakası için gradasyon limitleri [18]

Elek Açıklığı		Elekten Geçen (%)
mm	İnch	%
37,5	1 1/2	100
25	1	80-100
19	3/4	58-80
9,5	3/8	48-70
4,75	No 4	30-52
2,00	No 10	20-40
0,425	No 40	8-22
0,180	No 80	5-14
0,075	No 200	2-7



**Şekil 4.7:** Köy yolunda binder tabakası [21]

#### 4.1.2.5 Aşınma Tabakası

Aşınma tabakası köy yollarında uygulanması halinde araç lastiğine doğrudan temas eden ve sürtünme kuvvetine maruz kalan en üst kaplama tabakasıdır. İnce agrega ve filler oranı yüksektir. Bu özelliğiyle yol sürüş konforunu artırır ve yüzey suyunun alttemel tabakasına geçmesini büyük oranda önler.

Aşınma tabakasını oluşturan üç farklı agrega karışımının gradasyon limitleri aşağıda Tablo 4.6'da verilmiştir. Tip-1, Tip-2 ve Tip-3 karışımlar tabloda verilen 0-37,5 mm çap

aralığında agregaların elekten geçen farklı yüzde oranları kullanılarak hazırlanmaktadır. Aşınma tabakası BSK yolun en üst tabakası olduğu ve suyu uzaklaştırma görevi de üstlendiği için karışım türleri arasında iri agrega miktarı en az ve ince agrega miktarı en yoğun karışım türüdür.

**Tablo 4.6:** Aşınma tabakası için gradasyon limitleri [18]

Elek Açıklığı		Elekten Geçen (%)		
mm	İnch	Tip-1	Tip-2	Tip-3
37,5	1 1/2	100	-	-
25	1	88-100	100	100
19	3/4	72-90	80-100	90-100
9,5	3/8	-	-	25-33
4,75	No 4	42-52	55-72	23-31
2,00	No 10	25-35	36-53	20-27
0,425	No 40	10-20	16-28	12-18
0,180	No 80	7-14	8-16	-
0,075	No 200	3-8	4-8	7-11

#### 4.1.2.6 Bitümlü Sıcak Karışım Yolların Avantajları

- BSK yolların sürüş konforu yüksek olduğundan taşıt işletme maliyeti düşüktür.
- Sürüş konforunun yüksek olması seyahat süresini kısaltır.
- Esnek üstyapı olması sebebiyle trafik taşıt yükünün vereceği zararlara karşı dirençlidir.
- Geri dönüştürülebilir.
- Aşınma dirençleri yüksek olduğundan uzun vadeli performansları yüksektir.
- İmalat hızı yüksektir.
- Serme ve sıkıştırma işçiliği kolay ve riski azdır.
- Mukavemet kazanma süreci ve kütleme işlemi olmadığından yolun trafiğe açılma süresi çok kısadır.

#### 4.1.2.7 Bitümlü Sıcak Karışım Yolların Dezavantajları

- Kaplama rengi koyu olduğu için gece yolun görüşü kısıtlıdır.
- Petrol mamülü bir kaplama olduğundan maliyetindeki yerlilik oranı düşüktür.
- Sürtünme direnci nispeten düşük olup, kar ve buzlanmanın olduğu yollarda trafik güvenliği seviyesi diğer üstyapı türlerine göre düşüktür.
- Esnek üstyapı olması sebebiyle aşırı hava koşullarında aşınması yüksektir ve stabilite kayıpları oluşabilir.

- Çok sıcak ve çok soğuk havalarda uygulaması riskli ve sağlıksızdır.

#### 4.1.2.8 Köy Yollarında Bitümlü Sıcak Karışım Kaplama

Köy yollarında taşıt trafik yoğunluğu ve beklenen yol sürüş konforu göz önünde bulundurulduğunda minimum maliyetli bitümlü sıcak karışım yol inşa etmek için plent-miks temel tabakası üzeri binder tabakası yaygın şekilde tercih edilmektedir. Tek tabaka binderden oluşan platform genellikle ihtiyaca cevap vermektedir. Köy yollarında taşıt yükünün büyük bölümünü karşılayacak kalınlıkta dizayn edilip uygulanan plent-miks temel tabakası üzerine uygulanmaktadır. Yol trafik yüküne göre 8-10 cm kalınlık aralığında binder tabakası yapılabilir. Köy yollarında bitümlü sıcak karışım denildiğinde akla ilk gelen yöntem bu olmaktadır. Bunun yanında grup yollarında bitümlü temel ve binderden oluşan iki tabakalı kaplama da yapılmaktadır. Çanakkale’de plent-miks tabakası ve binderden oluşan BSK yol uygulaması görseli Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8: Çanakkale köy yolunda BSK

#### 4.1.2.9 Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Yollarda Kalite Kontrol Deneyleri

Uzun ömürlü ve konforlu bir bitümlü sıcak karışım yol yapılabilmesi için imalat sürecinin tamamını kapsayan birçok kalite kontrol deneyleri yapılmaktadır. Agregaya, bitüme ve karışıma uygulanan bu deneylere göre imalat yapılmadıkça doğru sonuca ulaşmak mümkün değildir. Agregaya ve bitüme uygulanan kalite kontrol deneyleri aşağıda Tablo 4.7’de verilmiştir.

**Tablo 4.7:** Bitümlü sıcak karışım yollarda kalite kontrol deneyleri

Deney Türü	Agregaya Uygulanan Deneyler	Bitüme veya Karışıma Uygulanan Deneyler
Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranının Tayini	+	-
Metilen Mavisi Deneyi	+	-
Los Angeles Deneyi	+	-
Elek Analizi Deneyi	+	-
Yumuşama Noktası Deneyi	-	+
Penetrasyon Deneyi	-	+
Marshall Deneyi	-	+
Nükleer Metotla Yerde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini Deneyi	+	+
Nükleer Olmayan Metotla Yerde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini Deneyi	+	-
Kum Konisi Deneyi	+	+

#### Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranının Tayini Deneyi

Bu deneysel yöntem, kaba agregaya tanelerinin ortalama yoğunluğunun belirlenmesini hedeflemekte olup, bu değer taneler arasındaki boşluk hacmi hariç tutulmak üzere bağıl yoğunluk (özgül ağırlık) ve su emme kapasitesinin tayinini kapsamaktadır.

Agrega numunesi,  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşana kadar kurutulur ve ardından sıcaklığı yaklaşık  $50^{\circ}\text{C}$ 'ye ininceye kadar, oda sıcaklığında 1 ila 3 saat arasında bekletilir. Daha sonra, agregalar 15 ila 19 saat süreyle oda sıcaklığında su içinde bekletilir. Su içerisinde çıkarılan agregalar, emici bir bez üzerine serilir ve taneler üzerinde gözle görülebilir su filmi tamamen kaybolana kadar iri taneler tek tek kurulur. Bu aşamada, agregaya boşluklarına giren suyun buharlaşmasının önlenmesine dikkat edilir. Doygun yüzey kuru haldeki numune tartılır (B). Numune, hemen ardından tel bir sepete konarak  $23 \pm$

1,7°C sıcaklık ve  $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğa sahip su içerisine daldırılır ve burada tartılır (C). Bu süreçte, tel sepet sallanarak suyun taneler arasına nüfuz etmesi sağlanır. Daha sonra numune sepetten alınarak tepsiye konur, tekrar  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'de sabit ağırlığa kadar kurutulur, oda sıcaklığında yaklaşık  $50^\circ\text{C}$ 'ye düşene kadar 1-3 saat bekletilir ve kuru hali tartılır (A) [22]. Özgül ağırlıkların hesabı denklem 4.1, denklem 4.2, denklem 4.3'de ve su emme yüzdesi hesabı denklem 4.4'de sunulmuştur.

$$G_{kh} = \frac{A}{(B-C)} \quad (4.1)$$

$$G_{kz} = \frac{A}{A-C} \quad (4.2)$$

$$G_{kdy} = \frac{B}{(B-C)} \quad (4.3)$$

$$WA = 100x \frac{B-A}{(A)} \quad (4.4)$$

$G_{kh}$ : Hacim özgül ağırlık

$G_{kz}$ : Zahiri özgül ağırlık

$G_{kdy}$ : Doygun-yüzey kuru özgül ağırlık

WA: Su emme yüzdesi

A: Kurutulmuş numune ağırlığı, g,

B: Doygun- yüzey kuru numune ağırlığı, g,

C: Doygun numunenin sudaki ağırlığı, g,

Özgül ağırlık ve su emme oranının tayini deneyinin görselleri Şekil 4.9'da verilmiştir.



**Şekil 4.9:** Doygun yüzey hale getirilen agrega ve tel sepette kütle belirlenmesi [22]

### **Metilen Mavisi Deneyi**

Metilen mavisi deneyi, agrega karışımında 2 mm'lik elekten geçen ince malzemenin kil içeriği ve kirlilik seviyesinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Deneyde kullanılan ekipmanların basit yapısı ve uygulama kolaylığı nedeniyle saha koşullarında rahatlıkla gerçekleştirilebilir. Deneyin başlaması için öncelikle metilen mavisi çözeltisi hazırlanır. Bu amaçla, litre başına 10 gram metilen mavisi içerecek şekilde, 10 gram metilen mavisi tozu 105°C'de 24 saat kurutularak içindeki nem uzaklaştırılır. Ardından, 1 litre damıtık su 40°C'ye ısıtılarak bu toza eklenir. Tozun tamamen çözünmesi için karışım 45 dakika boyunca karıştırılır ve sonrasında 20°C'ye kadar soğutulur. Hazırlanan çözelti, deneylerde kullanılmak üzere, 28 gün içerisinde tüketilmek şartıyla tamamen karanlık bir ortamda saklanmalıdır.

Deney aşamasında, metilen mavisi deney seti kullanılır. 500 ml damıtık suya 200 gram 2 mm elekten geçen, önceden etüvde kurutulmuş ince agregaya eklenir ve bu karışım 5 dakika boyunca 600 devir/dakika hızında karıştırılır. Takip eden aşamada, 5 ml metilen mavisi çözeltisi ilave edilerek karışım 1 dakika boyunca 400 devir/dakika hızında karıştırılmaya devam edilir. Karıştırma tamamlandıktan sonra, cam bir çubuk yardımıyla alınan bir damla süspansiyon filtre kağıdına damlatılır ve burada mavi renkli bir merkez çevresinde açık mavi bir halka oluşup oluşmadığı gözlemlenir. Eğer halka gözlenmezse, 1 dakikalık aralıklarla 5 ml çözeltinin ilavesine devam edilerek gözlem tekrarlanır [23]. Beher kilogramı başına boya miktarı hesabı denklem 4.5'de sunulmuştur.

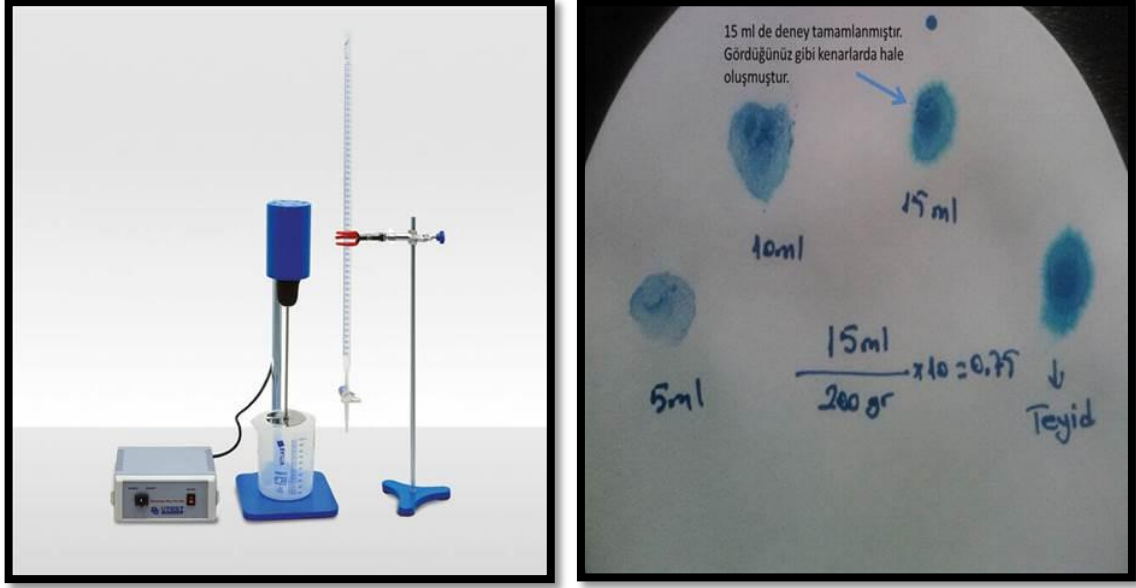
$$MB = \frac{V_1}{M_1} \times 10 \quad (4.5)$$

M1: Deney numunesinin ağırlığı, (g)

V1: Enjekte edilen boya çözeltisinin toplam hacmi, (ml)

MB: Beher kilogramı başına boya miktarı, (g)

Metilen mavisi deney seti ve filtre kağıdı aşağıda Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10: Metilen mavisi deney seti ve filtre kağıdı [24]

#### Aşınma (Los Angeles) Deneyi

Bu deney, 75 mm'den küçük agrega tanelerinin aşınma dayanımını ölçmek amacıyla uygulanmaktadır. Deney için toplamda 5000 gramlık numune, 75 mm, 63 mm, 50 mm, 37,5 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 3 mm ve 2,36 mm çapındaki eleklerden elenir. Numune, içerisindeki tozlardan arındırılana kadar yıkanır ve ardından 110°C'de etüvde sabit ağırlığa ulaşana dek kurutulur. Genişliği 71 cm olan tamburun içine, ağırlıkları 390-445 gram arasında değişen 11 adet bilye yerleştirilir. Tamburun ağzı kapatıldıktan sonra, cihaz 5000 devir olacak şekilde ve dakikada 30-33 devir hızında çalıştırılır. İşlem tamamlandıktan sonra, malzeme 1,70 mm'lik elekten elenir; elekten kalanlar yıkanıp 100°C'de sabit ağırlığa ulaşana dek etüvde kurutulur ve tartılır. Agreganın aşınma miktarı ise aşağıda verilen formül kullanılarak hesaplanmaktadır [25]. Aşınma kaybı hesabı denklem 4.6'da sunulmuştur.

$$\text{Aşınma kaybı (\%)} = \frac{B-C}{C} \times 100 \quad (4.6)$$

B: İlk ağırlık, (g)

C: Son ağırlık, (g)

Los angeles makinesi ve bilyeleri görseli aşağıda Şekil 4.11'de verilmiştir.



**Şekil 4.11:** Los angeles makinesi ve bilyeler [22]

### **Elek Analizi Deneyi**

Elek analizi deneyi, karışımın eleme yoluyla dane boyutu ve dağılımının belirlenmesi için yapılır. Numune iyice karıştırıldıktan sonra çeyrekleme metoduyla dörde bölünür ve elenecek karışım rastgele seçilir. Seçilen numune tartıldıktan sonra en üst elek üzerine boşaltılır. Her elekte kalan ve 0,075(No200) mm elekten geçen agregalar ayrı ayrı tartılarak not edilir. Her bir elekten geçen agreganın ağırlığı ve yüzdesi hesap edilerek dane dağılımı belirlenmiş olur. Elek analizi seti ve elek sarsıcısı görselleri aşağıda Şekil 4.12’de verilmiştir.



**Şekil 4.12:** Elek analizi seti ve elek sarsıcısı [26]

### Yumuşama Noktası Deneyi

Bu deney, TS EN 1427 standardına göre "Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar – Halka Bilye Yöntemi" kullanılarak gerçekleştirilir ve bitümün sıcaklığa karşı duyarlılığını belirlemeyi amaçlar. Deneyde, akışkan hale getirilen bitüm, başlangıç sıcaklığı 5°C olan ve tabanında yaklaşık 9 cm su bulunan bir beher içerisindeki su banyosu içine yerleştirilen halkalara konur. Halkalar arasına yaklaşık 0,5 cm mesafede bir termometre yerleştirilir. Su banyosuna, sıcaklık dakikada 5°C olacak şekilde kademeli olarak artırılarak ısıtma yapılır. Isınma sırasında bilyelerin ağırlığı nedeniyle bitüm, gravite etkisiyle beherin tabanına doğru hareket eder. Bitümün tabana değdiği an termometrede okunan sıcaklık değeri olarak yumuşama noktası belirlenir [25]. Yumuşama noktası deneyinin aşamaları aşağıda Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13: Yumuşama noktası deneyinin aşamaları [27]

### Penetrasyon Deneyi

Bitümün kıvam özelliklerinin belirlenmesi amacıyla penetrasyon deneyi uygulanır. Bu kapsamda, numune yumuşama noktasının yaklaşık 100 °C üzerindeki bir sıcaklığa kadar ısıtılarak temiz bir kaba aktarılır. Numunenin kaba konmasının hemen ardından, içindeki kabarcıkların yok olması ve tozdan korunması için deney kabı, uygun büyüklükteki bir

beher ile kapatılır. Bu işlem iki adet numune için tekrarlanır. Numuneler, oda sıcaklığında 1 ila 1,5 saat bekletilerek soğutulur, ardından 25 °C'lik su banyosunda yine 1 ila 1,5 saat süreyle bekletilir. Penetrasyon iğnesi, benzin ile temizlendikten sonra kuru ve temiz bir bezle silinip tutucuya yerleştirilir. İğneye 100 gramlık bir ağırlık takılır ve numune kabı penetrasyon cihazına yerleştirilir. İğne, numune yüzeyine sıfır temas edecek şekilde konumlandırılır ve cihaz sıfırlanır. Ardından iğne, 5 saniye boyunca serbest bırakılır ve numuneye yaklaşık 1 cm kenar uzunluğunda eşkenar üçgen oluşturacak şekilde üç farklı noktadan batırılır. İğnenin üzerinin bitümlle kaplanması durumunda doğru ölçüm yapılamayacağından, her ölçümde temiz bir iğne kullanılmalıdır. Üç ölçüm arasındaki farklar, Tablo 4.8'de belirtilen sınırları aşmadığı sürece sonuçlar geçerli kabul edilir. Son olarak, ölçümlerin aritmetik ortalaması hesaplanarak penetrasyon değeri milimetrenin onda biri (0,1 mm) cinsinden belirlenir [27]. Penetrasyon deneyi okumalarının maksimum aralığı Tablo 4.8'de verilmiştir.

**Tablo 4.8:** Geçerli okumaların maksimum aralığı [27]

0,01 mm olan penetrasyon	<49	50-149	150-249	>250
En büyük fark (%)	2	4	6	8

### **Marshall Deneyi**

Bitümlü sıcak karışım için kullanılacak olan optimum bitüm miktarını tayin etmek için marshall deneyi yapılır. Bitümlü sıcak karışımlarda stabilite ve akma parametrelerini referans alarak marshall metoduyla tasarım yapılmaktadır. Aynı karışımdan hazırlanan 101,6 mm çapında ve 63,5 mm yüksekliğinde 3 adet numune ile deney yapılmaktadır. Deney başlamadan önce Marshall stabilite cihazı temizlenir ve yağlanır. Alt ve üst kırma çeneleri deney aletine yerleştirilir. Deneyi gerçekleştirirken üst çene sabit olup, alt çene 50 mm' lik hızda yükleme yapmaktadır. Yükleme yapıldıkça stabilite değeri artar ve maksimum yüke ulaştığında numune kırılır. Kg cinsinden maksimum yük değeri "Marshall stabilitesi" dir. Deney tamamlandıktan sonra, numunenin çökme miktarı milimetre (mm) cinsinden ölçülür ve bu değer akma özelliğini gösterir [25]. Marshall deneyinin aşamalarına ait görseller Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14: Marshall deneyinin aşamaları [25]

#### Nükleer Metotla Yerinde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini

Nükleer proktor testi, malzemenin sıkışma düzeyini kontrol etmek için kullanılan bir yöntemdir ve malzemenin yoğunluk ile nem oranını anlık olarak ölçme imkânı sağlar. Kum konisi deneyine kıyasla en önemli avantajı, çok kısa sürede ölçüm yapılabilmesidir; böylece bir gün içinde pek çok farklı noktada veri toplanabilir. Ayrıca, elde edilen sonuçlar saha ortamında anında değerlendirilerek kullanılabilir. Ancak, bu yöntemin en büyük dezavantajı yüksek maliyet gerektirmesidir. Nükleer proktor testi ile gerçekleştirilen sıkışma kontrolüne ilişkin görseller aşağıda Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15: Nükleer proktor test ile sıkışma kontrolü

#### Nükleer Olmayan Metotla Yerinde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini

Nükleer olmayan zemin yoğunluk ölçüm cihazı radyoaktif kaynak gerektirmez ve kullanımı daha pratiktir. Sıkıştırılmış toprak, bitümlü sıcak karışım ve betonun nemini ve

yoğunluğunu arazide belirlemek için kullanılmaktadır. Ölçüme başlamadan önce kum konisi deneyinden elde edilen yoğunluk ve nem değeri cihaza girilir. Daha sonra hızlı bir şekilde ölçümler yapılarak anlık veriler elde edilir. İmalat esnasında günlük ve anlık kontroller yapılarak sıkıştırma işlemi izlenebilmektedir. Özellikle prizini aldığı anda geri dönüşü olmayan SSB imalatlarında silindiraj devam ederken büyük öneme sahiptir. Nükleer olmayan zemin yoğunluk cihazı ile sıkışma kontrolü görselleri aşağıda Şekil 4.16'da verilmiştir.



Şekil 4.16: Nükleer olmayan zemin yoğunluk cihazı ile sıkışma kontrolü

### Kum Konisi Deneyi

Kum konisi deneyi sıkıştırılmış zeminin kuru birim ağırlık, ıslak birim ağırlık, sıkışma ve nem oranı gibi değerlerini bulmak için kullanılır. Kum konisi levhası yere sabitlendikten sonra zemin boşaltılarak çıkarılan malzeme ıslak ve kuru şekilde tartılır. Boşaltılan hacim kum ile doldurularak boşaltılan hacim hesap edilir. Elde edilen değerler yardımıyla sıkışmanın şartnamede istenen seviyede gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilir. Bu deney yöntemi diğer yöntemlere göre basit ve maliyeti düşüktür. Dezavantajı ise uzun sürmesi ve pratik olmayışıdır. Kum konisi deneyi ile sıkışma kontrolü görselleri aşağıda Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17: Kum konisi deneyi ile sıkışma kontrolü [28]

## 4.2 Rijit Üstyapı

Rijit üstyapılar kaplamasının bağlayıcı maddesi çimento olan üstyapı türüdür. Rijit üstyapılar geleneksel yaş beton (GYB) yol ve silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yol olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Beton kaplamalar rijit üstyapılar olarak taşıt yüklerini daha geniş alana yayarak zemine ilettikleri için taşıma kapasiteleri yüksek ve ekonomik ömürleri uzundur.

Dünyada'ki ilk beton yol uygulaması uzun ömürlü bir yol üstyapı arayışı sonrasında 1891 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Ohio eyaletinde Court avenue yolunda yapılmıştır. Aradan geçen 133 yılda sadece küçük bakım-onarımlarla hizmet vermeye devam etmektedir. ABD'de beton yol uygulamalarının başlamasını ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. 133 yıllık beton yol serüveninin neticesinde bugün ABD'de ağır taşıt trafiğini taşıyan yolların yaklaşık %50'si beton yoldur. ABD en uzun beton yol ağına sahip ülkedir.

ABD öncülüğünde başlayan beton yollar 20. yüzyılın ilk yarısında Avrupa'da yaygınlaşmaya başlamış ve ülkemizde ise ilk masabaşı çalışmalar 1961 yılında başlamasına rağmen ilk uygulama 2002 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü ile Türkiye çimento müstahsilleri birliği arasında imzalanan protokol neticesinde Afyonkarahisar ilinde yapılmıştır. Bu başarılı uygulamanın neticesinde kırsal bölgelerdeki köy yollarından beklenen performansı karşılaması sebebiyle daha çok yerel yönetimler tarafından uygulanmıştır. Bugün Türkiye' nin çoğu ilinde uygulamaları devam etmektedir. Dünyanın en eski rijit üstyapısı ve geleneksel yaş beton yolu olan "Court avenue yolu" görseli Şekil 4.18'de ve silindirle sıkıştırılmış beton yol örneği Şekil 4.19'da verilmiştir.



**Şekil 4.18:** ABD'nin ve dünyanın en eski geleneksel yaş beton yolu (Court avenue yolu-1891) [29]



**Şekil 4.19:** Silindirle sıkıştırılmış beton yol (Çanakkale-2022)

#### 4.2.1 Geleneksel Yaş Beton Yol (GYB)

Geleneksel yaş beton yollar rijit üstyapılar olup; üzerine gelen tekerlek yüklerini plak halinde davranarak taşıma ve geniş bir alana yayma özelliğine sahiptir. Temel tabakasındaki kusurları ve zayıflıkları büyük oranda tolere ederek kaplamada çökmeleri engeller ve hizmet vermeye devam eder. GYB yollar içerisine yerleştirilebilecek donatı ve yüzeye uygulanabilecek derz bakımından üçe ayrılmaktadır. Bunlar; sürekli donatılı beton yol, derzli donatılı beton yol ve derzli donatısız beton yoldur.

#### 4.2.2 Sürekli Donatılı Beton Yol

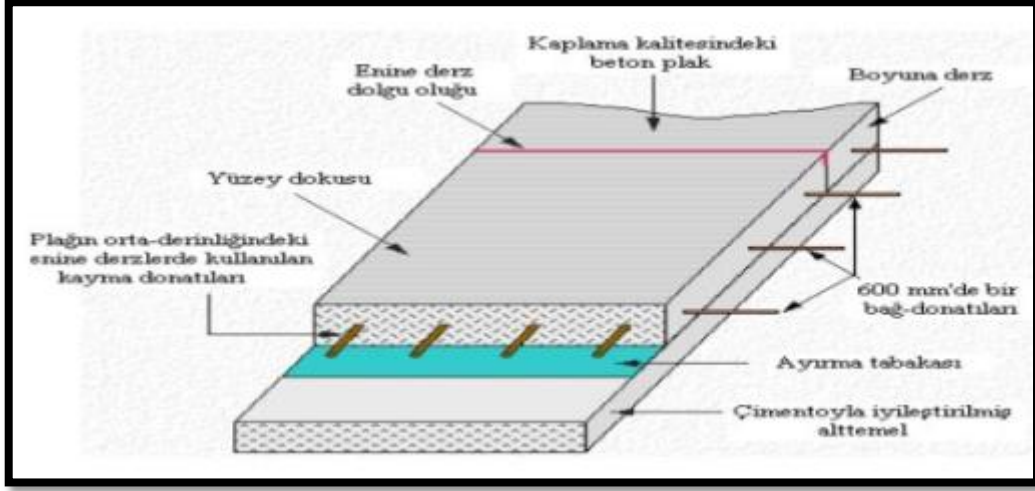
Bu beton yol kaplaması, sürekli boyuna çelik donatılar içerir ve enine büzülme veya genişleme derzleri ya hiç bulunmaz ya da çok geniş aralıklarla yer alır. Boyuna donatılar, genellikle plakanın orta derinliğinde tek sıra halinde konumlandırılır. Uygulamada, sabit kalıp veya kayar kalıp teknikleriyle bir veya iki tabaka şeklinde inşa edilir. Özellikle yüksek trafik yoğunluğuna sahip karayollarında tercih edilir. Ayrıca, aşırı ağır taşıt yüküne maruz kalan bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalı yollarda üstyapının güçlendirilmesi amacıyla temel katman olarak kullanılabilir. Bu kaplama, uzun yıllar boyunca düzgün yüzey kalitesini koruyarak hizmet verir, bakım ihtiyacı düşüktür ve servis ömrü uzundur. Ancak, başlangıçta derzli ve donatısız beton kaplamalara kıyasla yapım maliyeti daha yüksek olup, hem inşaat hem de onarım süreçleri daha karmaşıktır [30]. Sürekli donatılı beton yol uygulaması görseli aşağıda Şekil 4.20’de verilmiştir.



Şekil 4.20: Sürekli donatılı beton yol [29]

#### 4.2.2.1 Derzli Donatılı Beton Yol

Derzli donatılı beton yolun, dersiz donatılı beton yoldan farkı enine ve boyuna derz kesilmesi ve kesilen bölgelerde bağ ve kayma donatıları kullanılmasıdır. Bu derz işleminin maksadı beton içerisindeki ısıl genişleme-büzülme ve trafik kaynaklı stresi almak ve betonun stabilitesini koruyarak ömrünü uzatmaktır. Derzli donatılı beton yol kesit görseli aşağıda Şekil 4.21’de verilmiştir.



Şekil 4.21: Derzli donatılı beton yol [31]

#### 4.2.2.2 Derzli Donatısız Beton Yol

Beton yol kaplamalarında enine derz aralıkları genellikle 3,5 ila 6 metre arasında değişmektedir. Bu döşemeler, donatısız olarak tasarlanmakta ve yük transferi, enine derzler arasına yerleştirilen kayma çubukları veya agrega kenetlenmesi yoluyla gerçekleştirilmektedir. Enine derzler çoğunlukla yaklaşık 5 metre aralıklarla konumlandırılır ve büzülme derzi işlevi görür. Ayrıca, agrega kenetlenmesini artırmak amacıyla, kesit kalınlığının yaklaşık üçte biri ya da dörtte biri derinliğinde yalancı derzler oluşturulmaktadır. Gerekliğinde, genişleme derzleri 60 metrelik aralıklarla yerleştirilebilir; özellikle kireçtaşı kaynaklı iri agrega kullanımında bu mesafeler artırılabilir. Derzli ve donatısız beton yollar, çeşitli uygulamalarda güvenle tercih edilmektedir [32]. Derzli donatısız beton yol uygulaması aşağıda Şekil 4.22’de verilmiştir.



**Şekil 4.22:** Derzli donatısız beton yol [30]

#### **4.2.2.3 Geleneksel Yaş Beton Yolların Avantajları**

- Taşıma gücü yüksektir.
- Rijit üstyapı olduğundan zayıf zeminlerde de performansı yüksektir.
- Kayma sürtünme katsayıları yüksektir ve fren mesafesi kısadır.
- Rijit olduğundan tekerlek izi oluşmaz.
- Her mevsim ve her koşulda imalatı yapılabilir.
- Sürüş konforu yüksektir ve buna bağlı taşıt işletme maliyetlerini düşürür.
- Ekonomik ömürleri uzundur.
- Yerlilik oranı yüksektir.
- Açık rengi sebebiyle gece görüşünü artırır.

#### **4.2.2.4 Geleneksel Beton Yolların Dezavantajları**

- Yapım ve trafiğe açma süreleri uzundur.
- Altyapı çalışmaları için betonun kesilmesi ve taşınması gerekmektedir.
- Onarım işlemi detaylı ve uzun olabilmektedir.
- Onarım sonrası hemen trafiğe açılmamaktadır.

#### 4.2.2.5 Köy Yollarında Geleneksel Yaş Beton Yol

Köy yolları yapımında maliyetin en önemli faktör olması sebebiyle donatılı beton yol genellikle tercih edilmemektedir. Derzli donatılı ve sürekli donatılı yolların ağır taşıt trafiğinin olduğu bazı yollarda bazen tercih edildiği görülmektedir. Derzli donatısız beton yollar maliyet ve uygulama avantajı sebebiyle yaygın metot olarak uygulanmaktadır. Yolun trafik yükünün büyüklüğüne bağlı olarak farklı dizaynlarda plent-miks tabakası teşkil edilmelidir. Taşıt trafiğinin az olduğu yollarda ise terasman tabakası tesviye edilerek üzerine tesviye amaçlı minimum  $3h_{dmax}$  kalınlıkta temel tabakası serme ve sıkıştırma işlemi yapılabilir. Köy yollarında genellikle çelik ve ahşap kalıplar kullanılarak geleneksel yöntemlerle beton yol işçiliği yapılmaktadır. Sınırlı bütçe imkanlarıyla çok geniş alanlara hizmet veren büyükşehir belediyeleri ve il özel idareleri GYB yol inşa ederken de ilk yapım maliyetini ön planda tutmaktadırlar. Köy yolunda geleneksel beton yol uygulaması görseli Şekil 4.23’de verilmiştir.

$h_{dmax}$ : En büyük agrega dane çapının yüksekliği

$3h_{dmax}$ : En büyük agrega dane çapı yüksekliğinin üç katı



Şekil 4.23: Sürekli donatılı geleneksel yaş beton köy yolu [32]

### 4.2.3 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar

Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) kaplamalar, rijit yol üstyapı yapım tekniklerinden biri olup, geleneksel yaş beton (GYB) kaplamalara kıyasla daha yeni bir beton kaplama türüdür. SSB, yola serilip sıkıştırılırken esnek üstyapı yapımında kullanılan benzer yöntemlerden faydalanılarak inşa edilmektedir. GYB kaplamalara göre su/çimento oranı oldukça düşük olan SSB kaplamalar, bitümlü yol yapımında kullanılan ekipmanlarla taşınmakta, serilmekte ve sıkıştırılmaktadır. Bu özellikleri sayesinde SSB kaplamalar hızlı ve ekonomik bir şekilde uygulanabilmekte ve alternatif üstyapı çözümleri arasında yer almaktadır. Başlangıçta yüksek yüzey pürüzlülüğü nedeniyle daha çok ağır yüklerin taşındığı ve düşük hızlarda kullanıldığı endüstriyel saha zeminlerinde tercih edilen SSB kaplamalar, günümüzde şehiriçi ve şehirlerarası yollarda da yaygınlaşmıştır. Türkiye’de ise ilk olarak baraj yapımında kullanılan SSB kaplamalar, son yıllarda bazı yerel yönetimler tarafından tercih edilerek şehir içi yol üstyapılarında da uygulanmaya başlanmıştır [7].

SSB yol kaplamaları ilk olarak 1970’lerde ABD’de başlamış ve daha sonra Avrupa’da yaygınlaşmıştır. Türkiye’de ise SSB teknolojisi ilk olarak 1982-1983 yıllarında Karakaya barajı gövde inşaatında kullanılmıştır. Yollarda SSB’nin kullanılması ise ilk olarak 2009 yılında Antalya büyükşehir belediyesi tarafından cadde üzerinde olmuştur. 150 m uzunluğundaki caddede kompozit kaplama imalatı yapılmıştır. Daha sonra Kocaeli, Denizli, Samsun ve Tekirdağ gibi büyükşehirlerde başarılı uygulamaların neticesinde bugün itibarıyla 57 ilimizde SSB yol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu şehirlerdeki yerel yönetimlerin çoğu tarafından köy yollarında aktif olarak uygulanmaktadır.

#### 4.2.3.1 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolların Avantajları

- SSB yollar, yüksek dayanıklılığa sahiptir. Aşınma ve yıpranmaya karşı yüksek direnci sebebiyle uzun ömürlüdürler.
- SSB yollar, yüzeylerinin düzgünlüğü sebebiyle konforlu bir sürüş sağlar.
- Donma ve çözölmeye karşı oldukça dayanıklıdır ve sert iklime sahip bölgelerde avantaj sağlar.
- Beton yolların, rijit üstyapı olmaları sebebiyle taşıma gücü yüksektir.
- Beton yolların bakım ve onarım maliyetleri diğer yollara göre daha azdır.
- Yapım hızı yüksektir.
- Beton yollar yüksek yerlilik oranına sahiptir ve cari açığa katkı sağlar.

#### 4.2.3.2 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolların Dezavantajları

- Betonun hızla priz almaya başlaması ve değişken hava koşulları sebebiyle yapım süreci zor ve zahmetlidir.
- Yolun trafiğe açılma süreci asfalt yollara göre uzundur.
- Konfora olumsuz etkisi olmasa da zamanla içsel gerilme çatlakları oluşarak yolun görsel bütünlüğü bozulabilir.
- Bakım ve onarımı asfalt yollara göre daha zahmetli ve tekniktir.

#### 4.2.3.3 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolun Yapım Süreci

SSB yolun yapım aşamaları; “Yol sathının hazırlanması”, “Karışımın hazırlanması”, “Karışımın işyerine taşınması”, “Serme”, “Sıkıştırma”, “Kürleme”, “Derz kesme” ve “Kalite kontrol” ‘den oluşmaktadır.

#### Yol Sathının Hazırlanması

Beton kaplama yapılmadan önce yolda yapılacak alttemel ve temel çalışmalarına “yol sathının hazırlanması” denir. Karışım yola taşınmadan yol altyapısında iyileştirmeler tamamlanmalı ve temel tabakası olarak plent-miks tabakası teşkil edilmeli veya minimum kalınlıkta malzeme ile tesviye edilmelidir. Serim öncesinde varsa gevşek kısımlar mutlaka onarılmalı ve sıkıştırılmalıdır. Sağlam ve uzun ömürlü bir beton yolun ön şartı sağlam bir zemindir. Platforma verilecek eğim temel tabakasında da verilmeli ve yol sathının düzgünlüğü sağlanmalıdır. Bu şekilde daha konforlu bir platform elde edilecek ve beton zayıfatı verilmeyecektir. Plent-miks temel uygulaması görselleri aşağıda Şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.24: Plent-miks temel tabakası serme-sıkıştırma (Ayvacık-Tuzla grup yolu)

### **Karışımın Hazırlanması**

Beton santralinde hazırlanan reçeteye göre üretimin yapılmasına “karışımın hazırlanması” denir. Silindirle sıkıştırılmış beton karışımını hazırlamadan önce şartname kriterlerine uygun min. 270 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42.5 çimento, elek analizi yapılmış agreganın uygun gradasyonu, hava koşulları ve taşıma mesafesine uygun su miktarlarıyla üretim reçetesi hazırlanmalıdır. Bu reçete ile üretilen numunelerden alınan basınç değerleri şartnamenin minimum basınç değerlerini sağlamalıdır. İmalatın yapılacağı günkü hava koşullarına göre uygun reçete kullanılarak karışım hazırlanmalıdır. Agregaya ve çimento suyuyla karıştırılmadan homojen karıştırılmalı ve su ilave edildikten sonra karışımın süresi homojenliği sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Örnek SSB reçetesi aşağıda Tablo 4.9’da ve karışımı hazırlayan beton santrali görseli Şekil 4.25’de verilmiştir.

Ocakta hazırlanan üç farklı agrega karışımı santrale geldikten sonra her birinin elek analizleri yapılarak dane dağılımları belirlenir. 1 m<sup>3</sup> betonda kullanılan 2.050 kg agrega bu dağılımlar kullanılarak üç sınıf agreganın karışımıyla oluşturulmaktadır. Oluşturulan agrega karışımı şartnamede yer alan ve Tablo 4.9’da verilen alt ve üst limitleri sağlamalıdır. Örneğin; bu beton reçetesinde 2.050 kg agrega, 300 kg Cem-I çimento ve 115 lt su kullanılarak hazırlanmıştır. Agregaya karışımı 880 kg 0-4 mm agrega, 730 kg 4-12 mm agrega ve 440 kg 16-22,4 mm agrega ile hazırlanmıştır. 4,74 mm elekten kalan agrega miktarları sırasıyla; 2,46 gr, 439,46 gr ve 10,25 gr’dır. Beton karışımı içerisinde toplam 452,18 gr 4,74 mm elekten kalan agrega bulunmaktadır. Bu elekten geçen agrega yüzdesi %51,50 olarak hesaplanmıştır ve şartname limitlerini sağlamaktadır.

**Tablo 4.9:** Örnek SSB reçetesi

C30/37 SSB REÇETESİ													
Elek	0-4		4-16		16-22.4				KARŞILAŞTIRMA SÜTUNLARI		Cem-I Çimen to(Kg)	Su(Lt)	
Malzeme Miktarı(Gr)	880		730		440				GENEL ŞARTNAME LİMITLERİ		300	115	
mm	Elekte Kalan (%)	Miktar (gr)	Elekte Kalan(%)	Miktar (gr)	Elekte Kalan(%)	Miktar (gr)	Toplam( gr)	Toplam Kalan Yüzde(%)	Toplam Geçen Yüzde(%)	Alt Limit Yüzde(%)	Üst Limit Yüzde(%)	---	---
31,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	---	---
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	---	---
19	0,00	0,00	0,00	0,00	10,64	46,82	46,82	2,28	97,72	82,00	98,00	---	---
12,7	0,00	0,00	1,88	13,72	59,34	261,10	274,82	13,41	84,31	70,00	94,00	---	---
9,5	0,00	0,00	13,52	98,70	27,69	121,84	220,53	10,76	73,55	56,00	79,00	---	---
4,74	0,28	2,46	60,20	439,46	2,33	10,25	452,18	22,06	51,50	38,00	58,00	---	---
2,36	19,13	168,34	22,95	167,54	0,00	0,00	335,88	16,38	35,11	28,00	48,00	---	---
1,19	1,86	16,37	1,40	10,22	0,00	0,00	26,59	1,30	33,81	19,00	38,00	---	---
0,6	20,52	180,58	0,05	0,37	0,00	0,00	180,94	8,83	24,99	14,00	28,00	---	---
0,3	14,14	124,43	0,00	0,00	0,00	0,00	124,43	6,07	18,92	8,00	22,00	---	---
0,15	7,39	65,03	0,00	0,00	0,00	0,00	65,03	3,17	15,75	2,00	15,00	---	---
0,074	16,32	143,62	0,00	0,00	0,00	0,00	143,62	7,01	8,74	0,00	7,00	---	---
0,074 altı	20,36	179,17	0,00	0,00	0,00	0,00	179,17	8,74	0,00	---	---	---	---
Toplam(gr)	100,00	880,00	100,00	730,00	100,00	440,00	2.050,00	---	---	---	---	2350	2465



**Şekil 4.25:** Beton santrali

### Karışımın Taşınması

Beton karışımının üretim santralinden inşaat sahasına nakline “karışımın taşınması” denir. SSB karışımının taşınması damperli kamyonlar ile yapılır. Nakliye mesafesi ve süresi dikkate alınarak su oranı belirlenen karışımın nemini koruması için gerekli önlemler nakliye sırasında alınmalıdır. Nakliye aracı bekleme yapmadan ve zaman kaybetmeden iş yerine ulaşmalı ve karışımın serimi gerçekleştirilmelidir. Maksimum su miktarıyla üretilen

karışımın yola serilmesi, sıkıştırılması ve kalitesinde problem gözleniyorsa katkı kullanılmalı veya santralin konumu yeniden planlanmalıdır. Bu durum sıcak havada yaşanıyorsa sıcaklıkların düşük olduğu günlerde veya gece döküm yapılabilir.

### Serme

Beton karışımın finişer vasıtasıyla istenen genişlikte yola serilmesine “serme” denir. SSB serme işlemi planlanırken işin yapılacağı günün yağışlı olmamasına, 0 °C'nin altına düşmemesine ve 35 °C'nin üzerine çıkmamasına dikkat edilmelidir. Yağışın başlayacağı anlaşıldığında iş bırakılmalıdır. Hava sıcak ve buharlaşma yüksekse serim öncesi serilecek yüzey uygun miktarda ıslatılmalıdır. Beton priz almadan işçiliğin tamamlanabilmesi ve yol sathının düzgün olması için serme işlemi sürekli ve kesintisiz devam etmelidir. Santral veya nakliye sebebiyle işte aksama meydana gelirse finişer kaldırılarak beton kesilmeli ve problem çözüldüğünde finişer tekrar oturtularak devam edilmelidir. Aksi durumda finişerin bulunduğu kısımda bozulmalar ve ondülasyonlar meydana gelecektir. Kayar kalıplı finişer ile en az %85 sıkışma ayarıyla çalışılmalıdır. İki finişerle çalışılması gerektiği durumlarda finişerlerin arasındaki mesafe hava koşullarına göre 15-30 dk arasında olmalı ve arada soğuk derz oluşmasına izin verilmemelidir. Finişerle beton serim uygulaması görselleri Şekil 4.26'da verilmiştir.



**Şekil 4.26:** Finişerle beton serim uygulaması (Çanakkale köy yolları)

### Sıkıştırma

Yola serilen beton karışımın ardından silindirler vasıtasıyla sıkıştırılması işlemine “sıkıştırma” denir. Sıkıştırma işlemine betonun kıvamına bakılarak hemen yada bir süre

bekledikten sonra başlanabilir. Sıkıştırma işleminin yöntemine ve pas sayısına yolun ilk kısımlarında uygulama yapılarak karar verilmelidir. Karışımın kıvamında değişiklik yapılması gerekiyorsa yeni karışım serildikten sonra sıkıştırma süresi ve yönteminde değişiklik yapılabilir.

Sıkıştırma işlemi, minimum 11 ton ağırlığa sahip, statik çizgisel yükü 30 kg/cm<sup>2</sup>'den fazla olan ve çift frekanslı vibrasyon sistemine sahip düz bandajlı silindirler ile her lastiğe en az 3.500 kg yük düşen lastik tekerlekli silindirler kullanılarak gerçekleştirilmelidir [33].

Sıkıştırma işlemi ilk olarak lastik tekerlekli silindir ile başlamalı ve ardından demir bandajlı silindirle sıkışma tamamlanana ve yüzey düzgünlüğü sağlanana kadar devam etmelidir. Bazı uygulamacılar tarafından sıkıştırma işlemi demir bandajlı silindirle başlatılıyor olsa da, bu yöntemle gevşek haldeki karışım malzemesinin demir bandaj önünde yığılma yaptığı ve ondülasyona sebep olduğu uygulamalar sonucunda görülmüştür. Sıkışma oranı en az %96 oranında olmalı ve nükleer veya nükleer olmayan yoğunluk tayin cihazlarıyla ölçülmelidir. Yüzey bozulmaları ve segregasyonlar oluşması halinde bu kısımlar beton priz almadan onarılmalı ve sıkıştırılmalıdır. Yüzey sıkıştırma işlemi tamamlanan kısımlarda şev sıkıştırması vibrasyonlu el kompaktörleriyle veya benzeri yöntemlerle yapılmalıdır. Silindirle sıkıştırma uygulaması görselleri aşağıda Şekil 4.27'de verilmiştir.



**Şekil 4.27:** Silindirle sıkıştırma uygulaması (Çanakkale köy yolları)

### **Kürleme**

Sıkıştırılan betonun içerisindeki nemi kaybetmemesi için yol yüzeyine su veya kimyasal malzeme püskürtülmesine “kürleme” denir. SSB kürlemenin birçok farklı yolu vardır.

Ancak bunlardan en etkili ve uygulanabilir olanları su ile kütleme ve kimyasal kütlemedir. Kimyasal kütleme sıkıştırma işleminin hemen ardından  $0,350 \text{ l/m}^2$  miktarda yapılmalıdır. Kimyasal kütleme beton içerisinde bulunan suyun buharlaşarak dışarıya çıkmasını engeller ve betonun mukavemetini kazanmasını sağlar. Bu işlem el ile manuel olarak veya traktör arkası fıskiye ile yapılabilir. Su ile kütleme yöntemi ise iki aşamada yapılır. Sıkıştırmanın tamamlandığı gün imalatın güvenliği sebebiyle arazöz ile sulamak mümkün olmadığından; sıkıştırmanın hemen ardından lastikleri soyulmuş traktör ile fıskiyelemek suretiyle kütleme yapılır. Bu yöntem prizini tamamlamamış beton yüzeyine zarar vermez ve lastik izi bırakmaz. İlk gün bu yöntemle kütleme yapıldıktan sonraki en az 6 gün boyunca arazöz ile sürekli olarak kütleme yapılmalıdır. Suyun tüm yüzeye ve şevlere ulaşması sağlanmalıdır. Yolun ve taşıtların güvenliğinin sağlanması açısından mümkünse bu 1 hafta boyunca yol trafiğe kapalı tutulmalıdır. Mümkün olmadığı durumlarda ise en az 3 gün olmak kaydıyla daha erken açılabilir. Su ile kütleme ve kimyasal kütleme uygulama görselleri aşağıda Şekil 4.28’de verilmiştir.



**Şekil 4.28:** Kimyasal kütleme ve suyla kütleme uygulamaları (Türkmenli-Sarıdüz yolu)

### **Derz Kesme**

Betonda meydana gelebilecek içsel gerilme çatlaklarını önlemek amacıyla yol yüzeyinin enine ve boyuna şeklide kesilmesine “derz kesme” denir. Derz kesme işlemi beton prizini aldıktan ve kesme bıçağı tarafından dağıtılmağı görüldükten hemen sonra başlamalı ve en kısa sürede tamamlanmalıdır. Derz kesme geciktirildikçe kesmek zorlaşacak ve rötre çatlakları oluşmaya başlayacaktır. Enine derzler 6-8 metre aralıklarla, tabaka kalınlığının

1/3 veya 1/4' ü derinliğinde kesilmelidir. Boyuna derz ise platformun orta ekseninden olacak şekilde tabaka kalınlığının 1/3 veya 1/4' ü derinliğinde olmalıdır.

### **Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollarda Kalite Kontrol Deneyleri**

Beton yolun yapımı esnasında veya sonrasında yapılan uygunluk kontrollerine “kalite kontrol” adı verilir. SSB karışımının basınç değerleri, tabakanın sıkışma ve kalınlık değerleri ölçülmeli ve müdahale edilmesi gerekiyorsa işin devamında gerekli düzeltmeler yapılmalıdır. Silindirle sıkıştırılmış beton yollar genel teknik şartnamesi’nde istenen kalite kontrol deneyleri Tablo 4.10’da verilmiştir.

**Tablo 4.10: SSB kalite kontrol deneyleri [33]**

<b>Deney Adı</b>	<b>Standardı</b>	<b>Minimum Deney Sayısı ve Sıklığı</b>
Kum Konisi Yöntemi	TS 1900-1, AASHTO T 191	Her 800 m <sup>2</sup> ,ye 1 adet
Nükleer Yöntem	AASHTO T 310-11	Her 200 m <sup>2</sup> ,ye 1 adet
Nükleer Olmayan Yöntem	ASTM D 6938-10	Her 200 m <sup>2</sup> ,ye 1 adet
Basınç Dayanımı Tayini (Taze Betonda)	TS EN 12390-3	Her 200 m <sup>3</sup> ,de 3 adet
Basınç Dayanımı Tayini (Karot)	TS EN 12504-1, TS EN 12390-3, TS EN 13877-2	Her yol şeridi için 1500 m <sup>2</sup> ,de 2 adet
Kalınlık Kontrolü (Karot)	TS EN 13863-3	Her yol şeridi için 1500 m <sup>2</sup> ,de 2 adet

“Kum konisi yöntemi”, “Nükleer yöntem” ve “Nükleer olmayan yöntem” deneyleri agrega deneylerinde açıklandığı gibi uygulanır.

### **Basınç Dayanımı Deneyi (Karot)**

Yapımı tamamlanmış kaplama tabakalarından, teknik şartnamelerde belirtilen adetlerde alınan karot numuneleri üzerinde deney yapılır. Bitümlü sıcak karışımda olgunluk yaşı aranmazken beton karotları 28 günlükken kırılır. Boy/Çap oranı 1’e eşit olmayan kartalarda düzeltme katsayıları kullanılır ve uygunluk değerlendirmeleri teknik şartname kriterlerine göre yapılır. Karot alma uygulaması görselleri aşağıda Şekil 4.29’da ve karotta basınç dayanımı deneyi görselleri aşağıda Şekil 4.30’da verilmiştir.



Şekil 4.29: Karot alma uygulaması (Dalyan-Kestanbol yolu)



Şekil 4.30: Karotta basınç dayanımı deneyi

SSB yollar GYB ile kıyaslandığında agregaların iyi sıkışması sonucunda SSB 'de %20-28 oranında daha az çimento ile aynı dayanım elde edilebilmektedir. SSB yol kaplamalarında 3 ile 28 gün arasında elde edilen basınç dayanımları 27.6-69 MPa arasında değişmektedir [34]. İstenen beton dayanım sınıfı C30/37 MPa olması durumunda, bütün karotlardan elde edilen değerlerin ortalaması  $\geq 31$  (30+1) MPa ve tek bir karot sonucu  $\geq 26$  (30-4) MPa olmalıdır [33].

### **Basınç Dayanımı Deneyi (Taze Beton)**

Taze karışımdan teknik şartnamelerde belirtilen adetlerde alınan ve hazırlanan numuneler üzerinde deney yapılır. Numuneler kırılacağı zamana kadar kürde bekletilir. Taze karışımlardan alınan küp ve daire numuneler 1 günlük ve 7 günlük gibi farklı yaşlarda kırılarak uygunluk kontrolleri yapılır. Bu sayede imalat esnasında karışım uygunluk denetimi yapılmış olur ve gerekiyorsa üretim reçetesine müdahale edilir. Taze beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilecek deneylerle belirlenen minimum karakteristik basınç dayanımı, C30/37 dayanım sınıfından düşük olmamalıdır. Taze betonda basınç dayanımı deneyi görseli Şekil 4.31’de verilmiştir.



**Şekil 4.31:** Taze betonda basınç dayanımı deneyi

### **Kalınlık Kontrolü**

Yapımı tamamlanan kaplamadan teknik şartnamelerde belirtilen adet/m<sup>2</sup> miktarınca karotlar alınarak kalınlık kontrolleri yapılır. Bunun yanında beton priz almadan çelik çubuk yardımıyla kalınlık kontrolleri de yapılabilir. Kalınlığın uygunluk kontrolünde

şartnamelerdeki  $\pm$  toleranslar göz önünde bulundurulur. Kalınlık kontrolü görseli Şekil 4.32’de verilmiştir.



**Şekil 4.32:** Kalınlık kontrolü (Umurbey-Hacıgelen yolu) (2020)

Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) tabakasının kalınlığı, karot numunelerinden elde edilen ölümlerin ortalaması esas alınarak belirlenmeli ve bu ortalama değer, tasarımda öngörülen kalınlığın altında olmamalıdır. Bireysel bir karot numunesi için yapılan dört farklı ölümün ortalaması dikkate alındığında, izin verilen maksimum kalınlık sapması 10 mm’yi geçmemelidir [33].

#### **4.2.4 Köy Yollarında Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol**

SSB yollar son yıllarda köy yollarında yaygın şekilde tercih edilir olmuştur. Bunun en belirgin sebebi sathi kaplamaya kıyasla konforu ve ekonomik ömrünün daha uzun olmasıdır. SSB yollarda yolun trafik yükünün büyüklüğüne bağlı olarak farklı dizaynlarda plent-miks tabakası teşkil edilmelidir. Taşıt trafiğinin az olduğu yollarda ise terasman tabakası tesviye edilerek üzerine tesviye amaçlı minimum  $3h_{dmax}$  kalınlıkta plent-miks temel tabakası yapılabilir. Bunun zerine de genellikle sıkışmış 15 cm kalınlığında SSB tabakası yapılmaktadır. Ağır taşıt yüküne maruz yollarda yüksek gerilme kuvvetleri sebebiyle çok iyi bir derz kesme işlemi uygulanmalıdır. Aksi takdirde kaplamada gerilme çatlakları oluşacak ve yüzey dağılarak stabilite bozulacaktır. Yeniköy-Hacılar köy yolu SSB uygulaması görselleri aşağıda Şekil 4.33’de verilmiştir.



**Şekil 4.33:** Yeniköy-Hacılar köy yolu SSB uygulaması (Yenice-Nisan 2024)

### **4.3 Kompozit Üstyapı**

Kompozit üstyapılar esnek ve rijit üstyapı tabakalarının birlikte kullanılması ile inşa edilen üstyapı tipidir. Geleneksel yaş beton türleri veya silindirle sıkıştırılmış beton üzerine bitümlü sıcak karışım kaplama yapılarak oluşturulurlar. Kompozit üstyapı ile rijit ve esnek kaplama birlikte kullanılarak sağlam bir yol yapısı hedeflenmektedir.

### **4.4 Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Kaplama Türlerinin Avantaj ve Dezavantajlarının Karşılaştırması**

Aşağıda Tablo 4.11’de yol üstyapı türlerine ait avantaj ve dezavantajlar karşılaştırılmıştır. Birbirlerine karşı üstün ve zayıf yönlerinin kolayca anlaşılması amaçlanmıştır. ”+” işareti karşısında yazan özelliğe sahip olduğunu, “++” ise daha güçlü şekilde sahip olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo 4.11:** Kaplama türlerinin avantaj ve dezavantajlarının karşılaştırması

Avantaj ve Dezavantajlar	Esnek Üstyapılar		Rijit Üstyapılar	
	Sathi Kaplama	Bitümlü Sıcak Karışım	Geleneksel Yaş Beton Yol	Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol
İlk yatırım maliyeti düşüktür.	+	-	-	+
Bakım/onarım masrafları sık ve fazladır.	+	-	-	-
Ekonomik ömrü uzundur.	-	+	+	+
Sürüş konforu yüksektir.	-	++	+	+
Yapım hızı yüksektir.	++	+		+
Trafiğe açılma süresi kısadır.	++	+	-	-
Geri dönüştürülebilir.	++	++	+	+
Taşıma gücü yüksektir.	-	+	++	++
Bakım ve onarımı kolaydır.	++	+	-	-
Gece yol görüşü yüksektir.	-	-	+	+
Aşınmaya karşı direnci yüksektir.	-	+	+	+
Yapım aşaması zor ve zahmetlidir.	-	+	++	++
Bakım ve onarım maliyetleri düşüktür.	-	-	+	+
İçsel gerilme çatlakları oluşabilir.	-	-	+	+
Rijit plak olduğu için tekerlek yükünü geniş alana yayar	-	-	+	+
Temel tabakasının su geçirimsizliğini sağlar.	+	+	+	+
Yol yüzeyindeki tozumu önler.	+	+	+	+
Sürtünme direnci yüksektir.	+	-	+	+
Yüksek sürtünme direncinden ötürü taşıt işletme giderleri yüksektir.	+	-	-	-
Yerlilik oranı yüksektir.	-	-	+	+
Zayıf zeminlerde performansı yüksektir.	-	-	+	+
Fren mesafesi kısadır.	++	+	++	++
Tekerlek izi oluşmaz.	-	-	+	+
Her mevsim ve her koşulda imalatı yapılabilir.	-	-	-	-
Donma ve çözölmeye karşı dirençlidir.	-	-	+	+

#### 4.5 Esnek Üstyapı ve Rijit Üstyapı Kalite Kontrol Deneylerinin Karşılaştırması

Aşağıda Tablo 4.12’de 4 farklı kaplama türünün uygunluk kontrollerinde kullanılan kalite kontrol deneyleri verilmiştir. ”+” işareti bu kaplama türünde deney metotunun kullanıldığını ifade etmektedir.

**Tablo 4.12:** Kalite kontrol deneyleri karşılaştırması

Deney Türü	Esnek Üstyapılar		Rijit Üstyapılar		Deneyin Amacı
	SK	BSK	GYB	SSB	
Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranının Tayini	+	+	+	+	Kaba agreganın özgül ağırlık ve su emme oranını tayin eder.
Metilen Mavisini Deneyi	+	+	+	+	İnce agreganın kirlilik seviyesini ölçer.
Los Angeles Deneyi	+	+	+	+	Agrega danelerinin aşınmaya karşı direncini ölçer.
Elek Analizi Deneyi	+	+	+	+	Agrega dane boyutunu ve dağılımını ölçer.
Yumuşama Noktası Deneyi	-	+	-	-	Bitümün sıcaklığa karşı hassasiyetini ölçer.
Penetrasyon Deneyi	+	+	-	-	Bitümün kıvamını ölçer
Marshall Deneyi	-	+	-	-	Bitümlü sıcak karışım için kullanılacak olan optimum bitüm miktarını ölçer.
Nükleer Metotla Yerinde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini	+	+	+	+	Zemin sıkışma miktarını ölçer.
Nükleer Olmayan Metotla Yerinde Yoğunluk ve Sıkışma Tayini	+	+	+	+	Zemin sıkışma miktarını ölçer.
Kum Konisi Deneyi	+	+	+	+	Zemin sıkışma miktarını ölçer.
Basınç Dayanımı Deneyi (Karot)	-	+	+	+	Basınç dayanımı değerini ölçer.
Basınç Dayanımı Deneyi (Taze Beton)	-	-	+	+	Basınç dayanımı değerini ölçer.
Kalınlık Kontrolü	-	+	+	+	Zemin ve kaplama kalınlık uygunluğunu kontrol eder.

#### 4.6 Yol Üstyapısında Bozulmalar ve Bakım-Onarım

Tüm üstyapı türleri farklı ekonomik ömürlere ve yaşam döngüsüne sahip olsa da zamanla bozulmalara maruz kalırlar. Bu bozulmaların türü ve miktarı bakım-onarım maliyetini belirler. Örneğin; rijit ve esnek üstyapılarda meydana gelen yapısal olmayan çatlaklar ve kısmi bozulmaların maliyete etkisi düşükken, ileri düzeydeki yapısal bozulmalar maliyeti ciddi anlamda artırır. Rijit ve esnek üstyapılara ait bozulma tipleri ve onarım metotları aşağıda Tablo 4.13’de verilmiştir.

**Tablo 4.13:** Analiz süresi içerisinde planlanan bakım ve onarım stratejisi [3]

FAALİYET TİPİ	FAALİYET PERİYODU	GERÇEKLEŞME ORANI	BOZULMA TİPİ VE ONARIM METOTU
<b>GELENEKSEL YAŞ BETON YOL VE SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL</b>			
Rutin Bakım	Yılda 1 defa	50	<b>Çatlak Dolgusu (Bitüm veya Reçine)</b>
			Yapısal Olmayan Düşük veya Orta Düzey Çatlaklar
			Derz Bölgelerinde Kısmi Bozulmalar
Periyodik Bakım	10 yılda 1 defa	15	<b>Taze Beton İle Bölgesel Onarma</b>
			Derz Bölgelerinde Kabarma
			Derz Bölgelerinde Pompaj Etkisi
			Çanaklaşma
			Cıllanmış Agrega
			Pullanma
			Yüzey Soyulması
			Kavlanma, Yüzey Dökülmesi
			10 mm'den Büyük Boyuna ve Enine Çatlaklar
Köşe Çatlakları			
Rehabilitasyon (Onarım)	20 yılda 1 defa	10	<b>Tam Derinlikli Yeni Yüzey Kaplaması</b>
			Blokların Oturması veya Ayrılması
			Durabilite (D) Çatlakları
			Harita Çatlakları
<b>BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM</b>			
Rutin Bakım	2 yılda 1 defa	5	<b>Çatlak Dolgusu (Bitüm)</b>
			Enine Çatlak
			Boyuna Çatlak
			Blok Çatlak
Yansıma Çatlağı			
Periyodik Bakım	3 yılda 1 defa	5	<b>Asfalt Yama</b>
			Timsah Sırtı Çatlak
			Kusma veya Tekerlek İzinde Oturma
			Çukurlar
			Ötelenme
			İnce Yüzey Kaplaması
			Cıllanmış Agrega
Sökülme veya Çanaklaşma			
Rehabilitasyon (Onarım)	10 yılda 1 defa	15	<b>Tam Derinlikli Yeni Yüzey Kaplaması</b>
<b>SATHİ KAPLAMA</b>			
Rutin Bakım	Yılda 1 veya 2 defa	5	<b>Asfalt Yama</b>
			Timsah Sırtı Çatlak
			Kusma veya Tekerlek İzinde Oturma
			Çukurlar
			Cıllanmış Agrega
Sökülme veya Çanaklaşma			

#### 4.7 Kaplamanın Analiz Periyodu ve Yaşam Döngüsü

Her yol kaplama alternatifi, aynı trafik yükü, hizmet ömrü ve güvenilirlik düzeyi esas alınarak tasarlanmalı; tüm tasarım parametreleri kullanıcıya benzer performans koşulları sunacak şekilde yapılandırılmalıdır. Her alternatifin yaşam döngüsü stratejileri, bakım ve iyileştirme faaliyetlerini ve bu faaliyetlerin zamanlamasını içermelidir [3].

Eşdeğerlik sağlandıktan sonra, her bir alternatif için yaşam döngüsü maliyetleri hesaplanmalı ve bu maliyetler karşılaştırmaya tabi tutulmalıdır. Bu aşamada, kaplama performansı ile analiz periyoduna ilişkin verilerin gerçekçi ve güvenilir kaynaklara dayanması büyük önem taşımaktadır [3].

Analiz periyodu, maliyetlerin ekonomik olarak değerlendirildiği zaman aralığını ifade eder. Yaşam döngüsü maliyet analizinde kullanılan bu süre, uzun vadede tasarım stratejileri arasındaki maliyet farklarını yansıtacak kadar geniş kapsamlı ve her bir alternatifte en az bir iyileştirme işlemi içerecek kadar uzun olmalıdır [35].

Walls ve Smith (1998) tarafından sunulan kapsamlı yaşam döngüsü maliyeti analiz kılavuzuna göre, hem rehabilitasyon hem de yeniden yapım projeleri dahil olmak üzere tüm kaplama tasarımlarında önerilen minimum analiz süresi 35 yıl olarak belirlenmiştir. Ancak, bazı rehabilitasyon durumlarında, nihai yeniden yapım aşamasına kadar geçen sürenin (örneğin 10 yıl) dikkate alınması halinde, daha kısa analiz sürelerinin kabul edilebilir olduğu belirtilmektedir [3]. AASHTO' ya göre tavsiye edilen analiz periyodu değerleri aşağıda Tablo 4.14'de verilmiştir.

**Tablo 4.14:** Tavsiye edilen analiz periyotları [36]

Üstyapı Tipi	Analiz Periyodu (Yıl)
Yüksek Trafik Hacimli Kent Yolları	30-50
Yüksek Trafik Hacimli Kırsal Yollar	20-50
Düşük Trafik Hacimli Kaplamalı Yollar	15-25
Düşük Trafik Hacimli Sathi Kaplamalı Yollar	10-20

## 5. BULGULAR

### 5.1 Yol Üstyapısı Maliyet Araştırması

İlk yapım ve bakım-onarım yaşam döngüsü içerisinde toplam maliyeti oluşturmaktadır. Kaplama türünün ilk yapım maliyeti düşükken bakım onarım maliyetleri yüksek olabilir veya yapım maliyeti yüksekken bakım-onarım maliyetleri düşük olabilir. Bu durum her iki maliyeti birlikte objektif ve gerçekçi şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir. Kaplama türüne karar verirken sadece ilk yapım maliyetini göz önünde bulundurmamak hatalı olacaktır. Bakım ve onarım türlerini bilmek ve yaşam döngüsü içindeki maliyetini doğru hesaplayabilmek büyük öneme sahiptir. Bu çalışma ile köy yolları standartlarında inşa edilecek 6,50 m genişliğinde sathi kaplama (SK), bitümlü sıcak karışım (BSK) yol, geleneksel yaş beton (GYB) yol ve silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yolun 1 m<sup>2</sup> ve 1 km' lik maliyetleri hesaplanacak ve mukayese edilecektir. Dolar kuru 08.04.2025 tarihli merkez bankası verilerinden 38,00 TL olarak alınmıştır.

Yol üstyapısı maliyet hesaplarında bakım ve onarım maliyetlerini hesap ederken aşağıda Tablo 5.1'de yer alan analiz periyotları kullanılmıştır.

**Tablo 5.1:** Yol üstyapısı alternatif yöntemleri için seçilen analiz periyotları

	<b>Sathi Kaplama</b>	<b>Bitümlü Sıcak Karışım</b>	<b>Geleneksel Yaş Beton Yol</b>	<b>Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol</b>
Analiz periyotları, Ekonomik ömür	20	30	30	30

#### 5.1.1 Tek Kat Sathi Kaplama

Tek kat sathi kaplama yol için 20 yıllık ekonomik ömür öngörülmüştür. 20 cm kalınlığında plent-miks temel üzeri tek kat sathi kaplama olarak tasarım yapılmıştır. Nakliye birim fiyat hesabına esas olan denklem aşağıda denklem 5.1'de sunulmuştur [37].

$$F = AxKx(0,0007xM+0,01)xG \quad (5.1)$$

F: Nakliye Bedeli

A: Zorluk Katsayısı=1,70

K: Taşıma katsayısı=1750 (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2025 yılı rayiç bedeli)

G: Taşınan Malzemenin Yoğunluğu

M: Taşıma Mesafesi

Maliyetlerin oluşturulmasında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve Karayolları Genel Müdürlüğü 2025 yılı birim fiyatları kullanılmıştır. Asfalt birim fiyatları hesabında 08.04.2025 tarihli Tüpraş (İzmir rafineri) fiyatları kullanılmıştır. Nakliyenin güç şartlar altında yapıldığı durumlarda zorluk katsayısı 1,0-2,0 arasında alınabilir. Çanakkale’ de örnek yol ile ocak arasındaki ulaşım yolu %15’ten fazla eğimli ham yol olduğu için  $A=1,70$  kabul edilmiştir [38]. 20 cm kalınlığındaki plent-miks temel tabakası maliyeti aşağıda Tablo 5.2’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.2:** Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı

Sıra No	Poz No	Poz Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	KGM/4102	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş 25 mm (1") ve 19 mm (3/4") lik Agregası Hazırlanması	m <sup>3</sup>	365,00	482,56	176.134,40
2	KGM/4105	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş 12,5 mm (1/2") ve 9,5 mm (3/8") lik Agregası Hazırlanması	m <sup>3</sup>	210,00	549,31	115.355,10
3	KGM/4107	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş 4,75 mm (No:4) ve Daha Küçük Agregası Hazırlanması	m <sup>3</sup>	475,00	582,59	276.730,25
4	KGM/4465	Plent-Miks Alttemel ve Temel Karışımı Hazırlanması	Ton	1.890,00	67,84	128.217,60
5	KGM/4466/5	Plent-Miks Alttemel ve Temel Karışımlarının Elektronik Duyargalı Finişerle Serilmesi ve Silindirle Sıkıştırılması	Ton	1.890,00	162,58	307.276,20
6	KGM/15.047	Arazöz ile Sulama	Ton	18,90	133,30	2.519,37
7	Nakliye/20	Plentmiks Malzemenin Plentten Nakli (20 Km) ( $F=A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) \times 1,25$ )	Ton	1.890,00	89,25	168.682,50
<b>Toplam:</b>						1.174.915,42
<b>Toplam (\$):</b>						30.918,83

1 km uzunluğunda tek kat sathi kaplama yapılmasına ait ilk yapım maliyeti aşağıda Tablo 5.3’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.3:** Tek kat sathi kaplama yapılması maliyet hesabı

Sıra No	Poz No	Poz Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	04.610/1D-A	Dökme Asfalt (İzmir Rafinerisi) (%25 Yüklenici Karı Dahil)	Ton	10,50	20.068,75	210.721,87
2	Özel-2	FM2_B2 Astar Bedeli (%25 Yüklenici Karı Dahil)	Ton	10,50	35.406,25	371.765,62
3	Nakliye/280	Bitüm ve Astarın Nakli (280 km) (F=AxKx(0,0007xM+0,01) x1,25	Ton	21,00	450,62	9.463,02
4	KGM/4393	Distribütör Makinası ile Astar Bitümlü Malzemesi Püskürtülmesi (Boru ile)	da	7,42	976,64	7.246,67
5	KGM/4358/1	Katı bitümlü malzemenin sarnıç veya tanklarda emiş derecesinden tatbik derecesine kadar ısıtılması (Makine ile)	Ton	10,50	509,04	5.344,92
6	KGM/4407	Distribütör Makinası ve 19 mm (3/4 inç) lik Agregası (Mıçır) ile Bir Tabaka Bitümlü Sathi Kaplama Yapılması (Alan 1000 m <sup>2</sup> )	da	7,42	4.397,86	32.632,12
7	Özel-4	19 mm (3/4 inç) lik Agregası (Mıçır) Temini (%25 Yüklenici Karı Dahil)	Ton	225,00	406,25	91.406,25
8	Nakliye/20	19 mm (3/4 inç) lik Agregası (Mıçır) Nakli (20 km) (F=AxKx(0,0007xM+0,01) x1,25	Ton	225,00	89,25	20.081,25
<b>Toplam:</b>						748.661,72
<b>Toplam (\$):</b>						19.701,62

SK yol bakım ve onarımına ait birim maliyet ekler bölümü Tablo A.2 ve Tablo A.3’de hesaplanmış ve yaşam döngüsü bakım-onarım maliyeti hesabında kullanılmıştır. Tek kat sathi kaplamaya ait 20 yıllık bakım ve onarım maliyetleri aşağıda Tablo 5.4’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.4:** Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi

YIL	FAALİYET TİPİ	GERÇEKLEŞME ORANI (%)	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )	MALİYET (TL)
1	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
2	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
3	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
4	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
5	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
6	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
7	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
8	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
9	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
10	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
11	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
12	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
13	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
14	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
15	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
16	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
17	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
18	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
19	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
20	Rutin Bakım	5	551,14	27,56
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/m <sup>2</sup> )				551,20
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/km)				3.582.800,00
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (\$/km)				94.284,21

22 cmx650 cm enkesitli 1 km tek kat sathi kaplama yol maliyeti aşağıda Tablo 5.5’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.5:** Tek kat sathi kaplama yol maliyeti (1 Km)

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	1.174.915,42	1.174.915,42
2	Tek Kat Sathi Kaplama Yapılması	Km	1,00	748.661,72	748.661,72
3	Bakım-Onarım Maliyeti (20 Yıllık)	Km	1,00	3.582.800,00	3.582.800,00
<b>Genel Toplam:</b>					5.506.377,14
<b>Genel Toplam (\$):</b>					138.170,52

Alternatif yol üstyapısı kaplama yöntemlerinden olan tek kat sathi kaplama, köy yolu için 20 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde plent-miks tabakası üzerine 650 cm genişliğinde kaplama yapılacak şekilde tasarlanmış ve sonuç olarak 5.506.377,14 TL (138.170,52 \$) tutarında maliyeti hesaplanmıştır. Bu maliyetin %21,34’ ünü plent-miks temel tabakası, %13,60’ını sathi kaplama ve %65,06’sini 20 yıllık bakım ve onarım maliyetleri oluşturmaktadır.

### 5.1.2 Bitümlü Sıcak Karışım (BSK)

Bitümlü sıcak karışım yol için 30 yıllık ekonomik ömür öngörülmüştür. 20 cm kalınlığında plent-miks temel üzeri 10 cm kalınlığında binder tabakası olarak tasarım yapılmıştır. Nakliye birim fiyat hesabına esas denklem aşağıda denklem 5.1’de sunulmuştur [37]. Asfalt birim fiyatları hesabında 08.04.2025 tarihli Tüpraş (İzmir rafineri) fiyatları kullanılmıştır.

$$F = AxKx(0,0007xM+0,01)xG \quad (5.1)$$

F: Nakliye bedeli

A: Zorluk katsayısı=1,70

K: Taşıma katsayısı=1750

G: Taşınan malzemenin yoğunluğu

M: Taşıma mesafesi

20 cm kalınlığındaki plent-miks temel tabakası yapılması maliyeti aşağıda Tablo 5.6’da hesaplanmıştır.

**Tablo 5.6:** Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	1.174.915,42	1.174.915,42
<b>Toplam (\$):</b>					30.918,83

1 km uzunluğunda bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplama yapılmasına ait ilk yapım maliyeti aşağıda Tablo 5.7’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.7:** Bitümlü sıcak karışım kaplama yapılması maliyet hesabı

Sıra No	Poz No	Poz Tanımı	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	KGM/6320	Asfalt Betonlu Binder Tabakası Yapılması (Kırılmış ve Elenmiş Ocak Taşı ile)	Ton	1.560,00	938,83	1.464.574,80
2	04.610/1D-A	Dökme Asfalt (İzmir Rafinerisi) (%25 Yüklencici Karı Dahil)	Ton	78,00	20.068,75	1.565.362,50
3	Nakliye/280	Bitüm Nakli (280 km) (F=A <sub>x</sub> K <sub>x</sub> (0,0007x M+0,01) x1,25	Ton	78,00	450.62	35.148,36
4	KGM/4358/1	Katı bitümlü malzemenin sarnıç veya tanklarda emiş derecesinden tatbik derecesine kadar ısıtılması (Makine ile)	Ton	78,00	509,04	39.705,12
5	Nakliye/20	Bitümlü Sıcak Karışımın damperli taşıtlarla işbaşına nakli ve finishere boşaltılması (20 km) (F)	Ton	1.560,00	89,25	139.230,00
<b>Toplam:</b>						3.244.020,78
<b>Toplam (\$):</b>						85.368,98

BSK yol bakım ve onarımına ait birim maliyet ekler bölümü Tablo A.2 ve Tablo A.3’de hesaplanmış ve yaşam döngüsü bakım-onarım maliyeti hesabında kullanılmıştır. Bitümlü sıcak karışım (BSK) yola ait 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri aşağıda Tablo 5.8’de verilmiştir.

**Tablo 5.8:** Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi

YIL	FAALİYET TİPİ	GERÇEKLEŞME ORANI (%)	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )	MALİYET (TL)
2	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
3	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
4	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
6	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
8	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
9	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
10	Onarım	15	1.102,29	165,34
12	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
14	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
15	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
16	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
18	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
20	Onarım	15	1.102,29	165,34
21	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
22	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
24	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
26	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
27	Periyodik Bakım	5	1.102,29	55,11
28	Rutin Bakım	5	23,46	1,17
30	Onarım	15	1.102,29	165,34
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/m <sup>2</sup> )				1.001,37
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/km)				6.508.905,00
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (\$/km)				171.286,97

30 cmx650 cm enkesitli 1 km bitümlü sıcak karışım yol maliyeti aşağıda Tablo 5.9'da hesaplanmıştır.

**Tablo 5.9:** Bitümlü sıcak karışım (BSK) yol maliyet hesabı (1 Km)

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	1.174.915,42	1.174.915,42
2	Bitümlü Sıcak Karışım Yapılması	Km	1,00	3.244.020,78	3.244.020,78
3	Bakım-Onarım Maliyeti (30 Yıllık)	Km	1,00	6.508.905,00	6.508.905,00
<b>Genel Toplam:</b>					10.927.841,20
<b>Genel Toplam (\$):</b>					287.574,77

Alternatif yol yapım yöntemlerinden olan BSK, köy yolu için 20 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde plent-miks tabakası üzerine 10 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde binder kaplama olarak tasarlanmış ve sonuç olarak 10.927.841,20 TL (287.574,77 \$) tutarında maliyeti hesaplanmıştır. Bu maliyetin %10,75'ini plent-miks temel tabakası, %29,69'unu BSK kaplama ve %59,56'sını 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri oluşturmaktadır.

### 5.1.3 Geleneksel Yaş Beton Yol (GYB)

Geleneksel yaş beton yol için 30 yıllık ekonomik ömür öngörülmüştür. 8 cm kalınlığında plent-miks temel üzeri 15 cm kalınlığında C30/37 derzli donatısız beton tabakası olarak tasarım yapılmıştır. Nakliye birim fiyat hesabına esas olan denklem aşağıda denklem 5.1'de sunulmuştur [37].

$$F = AxKx(0,0007xM+0,01)xG \quad (5.1)$$

F: Nakliye bedeli

A: Zorluk katsayısı=1,70

K: Taşıma katsayısı=1750

G: Taşınan malzemenin yoğunluğu

M: Taşıma mesafesi

Maliyetlerin oluşturulmasında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve Özel poz birim fiyatları kullanılmıştır. Çevre ve şehircilik beton

pozunda beton nakli ve pompa bedeli bulunması sebebiyle özel poz oluşturulmuş ve yükleniciye ait santral ile üretim yapıldığı kabul edilmiştir. C30/37 sınıfında beton üretim maliyet analizi ekler bölümü Tablo A.4’de verilmiştir. 8 cm kalınlığındaki plent-miks temel tabakası maliyeti aşağıda Tablo 5.10’da hesaplanmıştır.

**Tablo 5.10:** Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Ton	756,00	621,65	469.967,40
<b>Toplam (\$):</b>					12.367,56

1 km uzunluğunda geleneksel beton kaplama yapılmasına ait ilk yapım maliyeti aşağıda Tablo 5.11’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.11:** Geleneksel yaş beton (GYB) kaplama yapılması maliyet hesabı

Sıra No	Poz No	Poz Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Y.16.05 0/16-A	Beton Santralinde Üretilen C30/37 Basınç Dayanım Sınıfında Beton Dökülmesi (Beton Nakli ve İşçilik Hariç)	m <sup>3</sup>	975,00	1.656,00	1.614.600,00
2	Nakliye /20	1 m <sup>3</sup> betonun taşıtlarla işbaşına nakli ve finishere boşaltılması (20 km)	m <sup>3</sup>	975,00	214,20	208.845,00
3	Özel-3	Kayar Kalıplı Beton Finişeri ile Yol Betonu Serilmesi	m <sup>3</sup>	975,00	950,00	926.250,00
4	15.150. 5111	Beton Yol Yüzeyinin Elle Kürlenmesi, Perdahlanması ve Pürüzlendirilmesi	m <sup>2</sup>	6.500	69,38	450.970,00
5	15.190. 1011	Silindir ile Sıkıştırılmış Beton Yollarda Beton Kalınlığının 1/3-1/4 ü oranında Derz Kesilmesi	m	1.930,0	27,43	52.939,90
<b>Toplam:</b>						3.253.604,90
<b>Toplam (\$):</b>						85.621,18

Beton yol bakım ve onarımına ait birim maliyet ekler bölümü Tablo A.1’de hesaplanmış ve yaşam döngüsü bakım-onarım maliyeti hesabında kullanılmıştır. Geleneksel yaş beton (GYB) yola ait 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri aşağıda Tablo 5.12’de verilmiştir.

**Tablo 5.12:** Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi

YIL	FAALİYET TİPİ	GERÇEKLEŞME ORANI (%)	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )	MALİYET (TL)
3	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
6	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
9	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
10	Periyodik Bakım	15	835,67	125,35
12	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
15	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
18	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
20	Onarım	10	835,67	83,57
21	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
24	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
27	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
30	Periyodik Bakım	15	835,67	125,35
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/m <sup>2</sup> )				439,84
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/km)				2.858.960,00
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (\$/km)				75.235,79

23 cmx650 cm enkesitli 1 km geleneksel yaş beton yol maliyeti aşağıda Tablo 5.13’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.13:** Geleneksel beton yol (GYB) maliyet hesabı (1 Km)

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	469.967,40	469.967,40
2	Geleneksel Yaş Beton Yol Kaplama Yapılması	Km	1,00	3.253.604,90	3.253.604,90
3	Bakım-Onarım Maliyeti (30 Yıllık)	Km	1,00	2.858.960,00	2.858.960,00
<b>Genel Toplam:</b>					6.582.532,30
<b>Genel Toplam (\$):</b>					173.224,53

Alternatif yol yapım yöntemlerinden olan geleneksel yaş beton yol, köy yolu için 8 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde plent-miks tabakası üzerine 15 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde derzli donatısız beton kaplama olarak tasarlanmış ve 6.582.532,30 TL (173.224,53 \$) tutarında maliyeti hesaplanmıştır. Bu maliyetin %7,14’ünü plent-miks

temel tabakası, %49,43'ünü GYB kaplama ve %43,43'ünü 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri oluşturmaktadır.

#### 5.1.4 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol

Silindirle sıkıştırılmış beton yol için 30 yıllık ekonomik ömür öngörülmüştür. 8 cm kalınlığında plent-miks temel üzeri 15 cm kalınlığında C30/37 beton tabakası olarak tasarım yapılmıştır. Nakliye birim fiyat hesabına esas olan denklem aşağıda Denklem 5.1'de sunulmuştur [37].

$$F = AxKx(0,0007xM+0,01)xG \quad (5.1)$$

F: Nakliye bedeli

A: Zorluk katsayısı=1,70

K: Taşıma katsayısı=1750

G: Taşınan malzemenin yoğunluğu

M: Taşıma mesafesi

Maliyetlerin oluşturulmasında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü ve özel poz birim fiyatları kullanılmıştır. ÇŞİDB beton pozunda beton nakli ve pompa bedeli bulunması sebebiyle özel poz oluşturulmuş ve yükleniciye ait santral ile üretim yapıldığı kabul edilmiştir. C30/37 sınıfında beton üretim maliyet analizi Ek Tablo A.4'de verilmiştir. 8 cm kalınlığındaki plent-miks temel tabakası maliyeti aşağıda Tablo 5.14'de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.14:** Plent-miks temel yapılması maliyet hesabı

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Ton	756,00	621,65	469.967,40
<b>Toplam (\$):</b>					12.367,56

1 km uzunluğunda silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) kaplama yapılmasına ait ilk yapım maliyeti aşağıda Tablo 5.15’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.15:** Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) kaplama yapılması maliyet hesabı

Sıra No	Poz No	Poz Tanımı	Birim	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Y.16.050 /16-A	Beton Santralinde Üretilen C30/37 Basınç Dayanım Sınıfında Beton Dökülmesi (Beton Nakli ve İşçilik Hariç)	m <sup>3</sup>	975,00	1.656,00	1.614.600,00
2	KGM/44 66	Büyük Plent Ünitesi ile Hazırlanmış Olan Çimento Karışımının (Çimento Stabilizasyonu) Büyük Finişerle Serilmesi ve Silindirle Sıkıştırılması	Ton	2.340,0	275,10	643.734,00
3	KGM/44 68	Plent Ünitesi ile Hazırlanmış ve Serilip Sıkıştırılmış Çimento Karışımının (Çimento stabilizasyonu)Kürü	da	6,50	2.149,70	13.973,05
4	Nakliye/2 0	1 m3 betonun damperli taşıtlarla işbaşına nakli ve finishere boşaltılması (20 km)	m <sup>3</sup>	975,00	214,20	208.845,00
5	15.190.1 011	Silindir ile Sıkıştırılmış Beton Yollarda Beton Kalınlığının 1/3-1/4 ü oranında Derz Kesilmesi	m	1.930,0	27,43	52.939,90
6	KGM/15. 050	Her cins (Titreşimli,Darbeli) Motorlu Kompaktörle Sıkıştırma	sa	10,50	981,35	10.304,17
<b>Toplam:</b>						2.544.396,12
<b>Toplam (\$):</b>						66.957,79

Beton yol bakım ve onarımına ait birim maliyet ekler bölümü Tablo A.1’de hesaplanmış ve yaşam döngüsü bakım-onarım maliyeti hesabında kullanılmıştır. Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yola ait 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri aşağıda Tablo 5.16’da hesaplanmıştır.

**Tablo 5.16:** Yaşam döngüsü bakım-onarım maliyet analizi

YIL	FAALİYET TİPİ	GERÇEKLEŞME ORANI (%)	BİRİM FİYAT (TL/m <sup>2</sup> )	MALİYET (TL)
3	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
6	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
9	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
10	Periyodik Bakım	15	835,67	125,35
12	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
15	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
18	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
20	Onarım	10	835,67	83,57
21	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
24	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
27	Rutin Bakım	50	23,46	11,73
30	Periyodik Bakım	15	835,67	125,35
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/m <sup>2</sup> )				439,84
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (TL/km)				2.858.960,00
Yaşam Döngüsü Bakım Onarım Maliyeti (\$/km)				75.235,79

23 cmx650 cm enkesitli 1 km silindirle sıkıştırılmış beton yol maliyeti aşağıda Tablo 5.17’de hesaplanmıştır.

**Tablo 5.17:** Silindirle sıkıştırılmış beton (SSB) yol maliyet hesabı (1 Km)

Sıra No	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Fiyatı (TL)	Tutarı (TL/Km)
1	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	469.967,40	469.967,40
2	Silindirle Sıkıştırılmış Beton Kaplama Yapılması	Km	1,00	2.544.396,12	2.544.396,12
3	Bakım-Onarım Maliyeti	Km	1,00	2.858.960,00	2.858.960,00
<b>Genel Toplam:</b>					5.873.323,52
<b>Genel Toplam (\$):</b>					154.561,14

Alternatif yol yapım yöntemlerinden olan silindirle sıkıştırılmış beton yol, köy yolu için 8 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde plent-miks tabakası üzerine 15 cm kalınlığında ve 650 cm genişliğinde SSB kaplama olarak tasarlanmış ve 5.873.323,52 TL (154.561,14 \$)

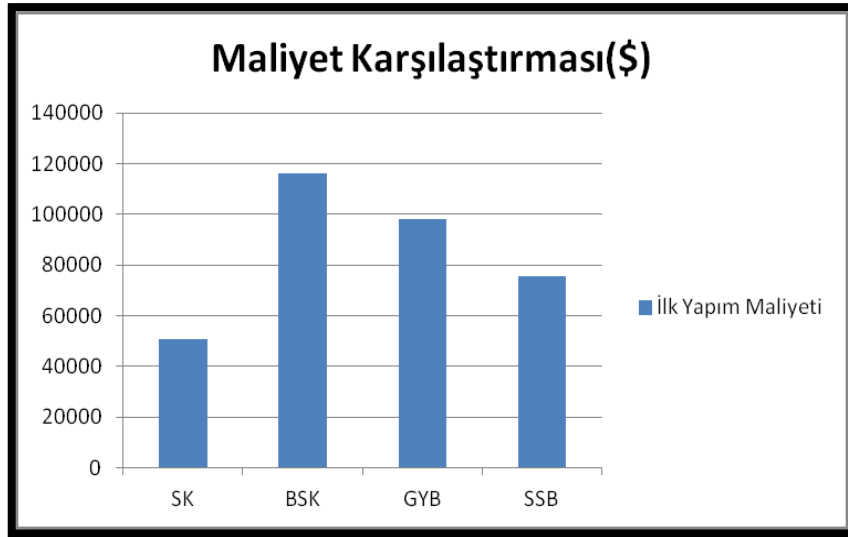
tutarında maliyeti hesaplanmıştır. Bu maliyetin %8,00'ini plent-miks temel tabakası, %43,32'sini SSB kaplama ve %48,68'ini 30 yıllık bakım ve onarım maliyetleri oluşturmaktadır.

### 5.1.5 İlk Yapım Maliyet Karşılaştırması

Üstyapı türlerine ait ilk yapım maliyetleri karşılaştırması Tablo 5.18 ve Şekil 5.1'de verilmiştir. Dolar kuru 08.04.2025 tarihli Merkez bankası verilerinden 38,00 TL olarak alınmıştır.

**Tablo 5.18:** İlk yapım maliyetleri

Yöntem	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Tutarı (TL/Km)
<b>SATHİ KAPLAMA(SK)</b>	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	1.174.915,42
	Tek Kat Sathi Kaplama Yapılması	Km	1,00	748.661,72
<b>Toplam:</b>				<b>1.923.577,14</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>50.620,45</b>
<b>BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM(BSK)</b>	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	1.174.915,42
	Bitümlü Sıcak Karışım Yapılması	Km	1,00	3.244.020,78
<b>Toplam:</b>				<b>4.418.936,20</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>116.287,79</b>
<b>GELENEKSEL YAŞ BETON YOL(GYB)</b>	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	469.967,40
	Geleneksel Yaş Beton Yol Kaplama Yapılması	Km	1,00	3.253.604,90
<b>Toplam:</b>				<b>3.723.572,30</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>97.988,74</b>
<b>SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL(SSB)</b>	Plent-miks Temel Yapılması	Km	1,00	469.967,40
	Silindirle Sıkıştırılmış Beton Kaplama Yapılması	Km	1,00	2.544.396,12
<b>Toplam:</b>				<b>3.014.363,52</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>79.325,35</b>



**Şekil 5.1:** İlk yapım maliyetleri

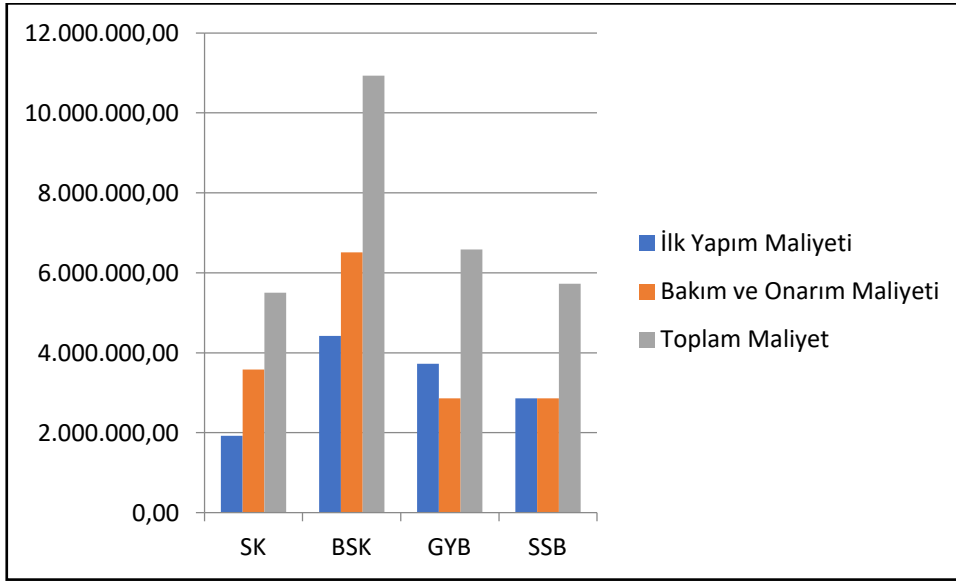
20 yıllık ekonomik ömür için ilk yapım maliyeti 1.923.577,14 TL (50.620,45 \$) olan tek kat sathi kaplama alternatifler arasında en ekonomik yöntemdir. 30 yıllık ekonomik ömür için ilk yapım maliyeti 4.418.936,20 TL (116.287,79 \$) olan BSK yol ise ilk yapım maliyeti en yüksek yöntemdir. Silindirle sıkıştırılmış beton yol BSK'ya göre %31,78 uygun, GYB'ye göre %19,04 uygundur. Sathi kaplamanın ilk yapım maliyeti SSB'den %36,19 daha az olmasına rağmen ekonomik ömrünün de 10 yıl az olması sebebiyle aslında bu fark daha azdır. Örneğin 60 yıllık bir periyotta 3 kez sathi kaplama ilk yapım maliyeti oluşurken, diğer kaplama türleri için 2 kez ilk yapım maliyeti oluşacaktır. Bu hesap üzerinden değerlendirme yapacak olursak SK için  $3 \times 1.923.577,14 = 5.770.731,42$  TL, SSB için  $2 \times 3.014.363,52 = 6.028.727,04$  TL ilk yapım maliyeti oluşacaktır. Böylelikle SK maliyeti SSB'den %4,27 az, BSK'dan %34,71 ve GYB'den %22,51 daha azdır diyebiliriz.

### 5.1.6 Toplam Maliyet Karşılaştırması

Alternatif kaplama yöntemlerinin birbiriyle sağlıklı mukayese edilebilmesi ve yönetime karar verilebilmesi ilk yapım maliyeti ve yaşam döngüsü içerisinde oluşan bakım ve onarım maliyetinin her yöntem için belirlenmesi gerekir. Üstyapı türlerine ait ilk yapım, bakım-onarım ve toplam maliyetlerin karşılaştırması Tablo 5.19'da ve Şekil 5.2'de verilmiştir.

**Tablo 5.19:** Yaşam döngüsü içerisindeki toplam maliyetler

Yöntem	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Tutarı (TL/Km)
<b>SATHİ KAPLAMA(SK)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	1.923.577,14
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	3.582.800,00
<b>Toplam:</b>				<b>5.506.377,14</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>144.904,66</b>
<b>BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM(BSK)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	4.418.936,20
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	6.508.905,00
<b>Toplam:</b>				<b>10.927.841,20</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>287.574,77</b>
<b>GELENEKSEL YAŞ BETON YOL(GYB)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	3.723.572,30
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	2.858.960,00
<b>Toplam:</b>				<b>6.582.532,30</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>173.224,53</b>
<b>SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL(SSB)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	3.014.363,52
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	2.858.960,00
<b>Toplam:</b>				<b>5.873.323,52</b>
<b>Toplam (\$):</b>				<b>154.561,14</b>



**Şekil 5.2:** İlk yapım ve bakım-onarım maliyetleri (TL)

20 yıllık ekonomik ömür için toplam maliyeti 5.506.377,14 TL (144.904,66 \$) olan tek kat sathi kaplama alternatifleri arasında en ekonomik yöntemdir. 30 yıllık ekonomik ömür için toplam maliyeti 10.927.841,20 TL (287.574,77 \$) olan BSK yol ise toplam maliyeti en yüksek yöntemdir. SK yol SSB yola göre %6,24, GYB'ye göre %16,35 ve BSK yola göre

ise %49,61 uygundur. Aslında SK'nın ekonomik ömrünün 10 yıl daha az olması sebebiyle toplam maliyeti SSB ve GYB'den daha fazladır.

SSB'nin ilk yapım maliyetinin BSK'dan az olduğu, bakım ve onarım maliyetinin ise esnek üstyapılardan az olduğu düşünüldüğünde; ekonomik ömür koşulları da sağlanan SSB yollar idareler için optimum üstyapı türü olacaktır. Adından da anlaşılacağı üzere SSB'yi GYB'den ayıran en önemli fark betonun silindirle sıkıştırılmasıdır. Bu sebeple SSB'nin ekonomik ömrünü artırmanın öncelikli yolunun betonun sıkıştırma kalitesini artırmaktan geçtiği düşünülmektedir. Bunun deneysel ispatını yapmak amacıyla daha önce imalatı tamamlanmış SSB yollardan karot numuneleri alınmış ve bunlar üzerinde analizler yapılmıştır.

## **5.2 Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yolda Sıkıştırma Kalitesinin Basınç Dayanımına Etkisi**

Bu çalışmada Çanakkale il özel idaresinin yapmış olduğu SSB yollardan alınan 28 günlük karot numuneleri üzerinde yoğunluk tayini ve basınç dayanımı tayini deneyleri yapılmıştır. Çalışma ile yoğunluğu üzerinden karar verilen sıkıştırma kalitesinin beton dayanımına etkisi araştırılmıştır. Bunun için 3 farklı ilçedeki 5 farklı yoldan toplam 126 adet 73 mm çapında karot alınmıştır. Serimi yapılan her günden 3 adet karot alınarak 1 takım oluşturulmuştur. Bu şekilde her günün numuneleri kendi içinde değerlendirilmiş ve sonrasında yolun tamamı için değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmeleri yaparken beton dayanımına etki eden kütleme ve hava koşulları gibi etkenler de göz önünde bulundurulmuştur. Sahadan alınan karotlar Çanakkale il özel idaresi laboratuvarına getirildikten sonra yüksekliği çapına eşit olacak şekilde kesildikten sonra kumpas ve hassas tartı yardımıyla hacim ve ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu değerler kullanılarak karotlara ait yoğunluklar hesaplanmıştır. Yoğunluğu tespit edilen başlıklanmış karot numuneleri basınç testine tabi tutulmuştur. Elde edilen hacim, ağırlık, yoğunluk ve karot basınç dayanımı değerleri aşağıdaki tablolarda verilmiş ve her yol için ayrı ayrı değerlendirmeler yapılmıştır. Karot numune sayısı ve basınç dayanımı sınır değerleri Karayolları Genel Müdürlüğü'nün "Beton yol kaplamaları teknik Şartnamesi" nde yer alan Tablo 5.20'deki kriterlere göre belirlenmiştir. Kesilmiş ve başlıklanmış karot numuneleri görselleri aşağıda Şekil 5.3'de verilmiştir

**Tablo 5.20:** Beton yol kaplamaları teknik şartnamesi kriterleri [39]

Karot Numune Sayısı	1/1000 m <sup>2</sup>
Basınç Dayanımı (Karot Numunesi)	Karot Basınç Dayanım Sınıfı: min.C30/37 için; $f_i \geq 26 \text{ N/mm}^2$ (en düşük bireysel değer) (28 günlük) $f_m \geq 34 \text{ N/mm}^2$ (en düşük ortalama değer) (28 günlük)
Boy/Çap Oranı=1,00	Düzeltilme Faktörü=1,00



**Şekil 5.3:** Kesilmiş ve başlıklanmış karot numuneleri

Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar köy yolundan alınan 27 adet karot numunesine ait yoğunluk ve basınç dayanımı değerleri aşağıda Tablo 5.21’de verilmiştir.

**Tablo 5.21:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu karot basınç dayanımları

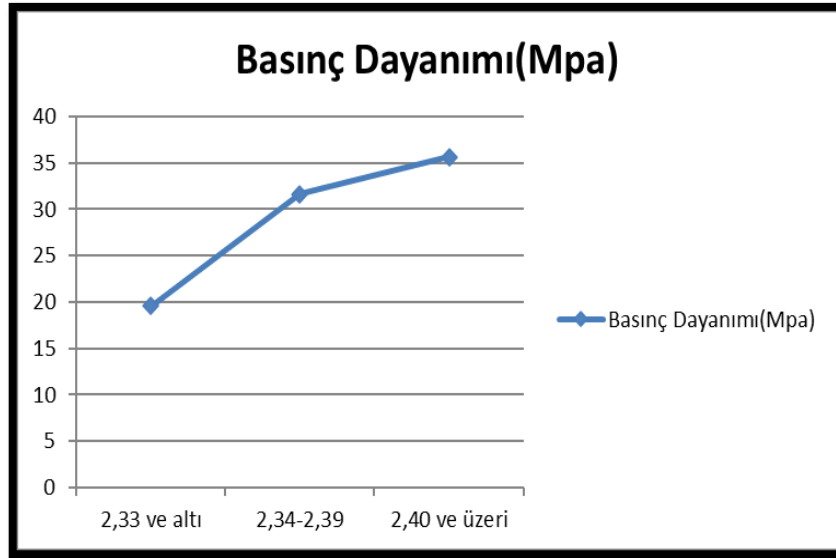
Numune No	Karot Çapı (mm)	Karot Yüksekliği (mm)	Karot Ağırlığı (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1-1	73,00	72,00	705,00	301,20	2,34	31,16	26,44
1-2	73,00	73,00	700,00	305,38	2,29	13,55	
1-3	73,00	72,00	720,00	301,20	2,39	34,62	
2-1	73,00	72,00	736,00	301,20	2,44	37,87	43,55
2-2	73,00	72,00	724,00	301,20	2,40	47,17	
2-3	73,00	74,00	758,00	309,56	2,45	45,61	
3-1	73,00	72,00	714,00	301,20	2,37	34,60	32,44
3-2	73,00	72,00	710,00	301,20	2,36	31,18	
3-3	73,00	72,00	727,00	301,20	2,41	31,54	
4-1	73,00	72,00	723,00	301,20	2,40	37,70	34,86
4-2	73,00	72,00	736,00	301,20	2,44	35,36	
4-3	73,00	74,00	748,00	309,56	2,42	31,52	
5-1	73,00	74,00	743,00	309,56	2,40	31,90	33,07
5-2	73,00	74,00	710,00	309,56	2,29	28,67	
5-3	73,00	70,00	697,00	292,83	2,38	38,64	
6-1	73,00	73,00	746,00	305,38	2,44	32,76	27,90
6-2	73,00	73,00	704,00	305,38	2,31	16,53	
6-3	73,00	73,00	742,00	305,38	2,43	34,41	
7-1	73,00	72,00	720,00	301,20	2,39	30,23	31,62
7-2	73,00	72,00	715,00	301,20	2,37	28,41	
7-3	73,00	72,00	724,00	301,20	2,40	36,22	
8-1	73,00	73,00	721,00	305,38	2,36	26,43	31,45
8-2	73,00	73,00	750,00	305,38	2,46	34,91	
8-3	73,00	73,00	740,00	305,38	2,42	33,02	
9-1	73,00	71,00	717,00	297,01	2,41	34,19	31,25
9-2	73,00	73,00	717,00	305,38	2,35	29,72	
9-3	73,00	71,00	724,00	297,01	2,44	29,84	
<b>Genel Ortalama (Mpa):</b>						<b>32,51</b>	

Tablo 5.21’de gösterilen basınç dayanımı testi sonuçlarına göre 2,33 g/cm<sup>3</sup> ve altındaki yoğunluğa sahip 2 adet numune en düşük bireysel değer (26 Mpa) altında, 1 adet numune ise üzerinde kalmıştır. 2,34 g/cm<sup>3</sup> ile 2,39 g/cm<sup>3</sup> yoğunluk değeri aralığındaki numelerin tamamı en düşük bireysel değer (26 Mpa) üzerinde, 3 tanesi ise her iki değeri de sağlamıştır. 2,40 g/cm<sup>3</sup> ve üzeri yoğunluk değerindeki numunelerin ise tamamı en düşük bireysel değer (26 Mpa) üzerinde çıkmış ancak 6 adet numune en düşük ortalama değerin (34 Mpa) altında kalmışlardır. Bu köy yolunda 2. ve 4. gün imalatı yapılan beton yol

kaplamaları bireysel ve ortalama değerleri sağlamış ve kalite kontrolden geğmişlerdir. Oluşturulan 3 farklı yoğunluk grubunun ortalama basınç dayanımı değerleri de aşağıda Tablo 5.22'de ve Şekil 5.4'de gsterilmiştir. Karot alınan blgelerin Aralık 2024'de çekilen grselleri de ekler kısmı Şekil B.8-Şekil B.16'da verilmiştir.

**Tablo 5.22:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	19,58
2,34-2,39 arası	31,66
2,40 ve üzeri	35,60



**Şekil 5.4:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

Tablo 5.23'de gsterilen basınç dayanımı testi sonuçlarına gre 2,33 g/cm<sup>3</sup> ve altındaki yoğunluğa sahip numuneler en dşuk bireysel değerin (26 Mpa) altında kalmıştır. 2,34 g/cm<sup>3</sup> ile 2,39 g/cm<sup>3</sup> yoğunluk değeri aralığındaki numelerden 2 tanesi en dşuk bireysel değerin (26 Mpa) ve en dşuk ortalama değerin (34 Mpa) altında kalırken, 2 tanesi ise iki değeri de sağlamıştır. 2,40 g/cm<sup>3</sup> ve üzeri yoğunluk değerindeki numunelerden ise 7 tanesi en dşuk bireysel değerin (26 Mpa) üzerinde, en dşuk ortalama değerin (34 Mpa) altında kalmıştır. 9 adet numune ise her iki değeri de sağlamıştır. Bu ky yolunda 3., 5., 6. ve 7. gn imalatı yapılan beton yol kaplamaları bireysel ve ortalama değerleri sağlamış ve kalite kontrolden geğmişlerdir. Oluşturulan 3 farklı yoğunluk grubunun ortalama basınç dayanımı

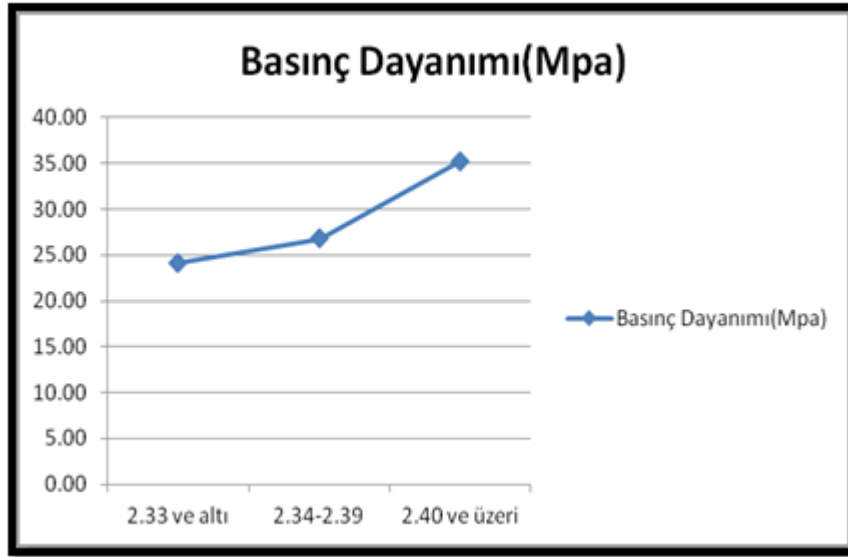
değerleri de aşağıda Tablo 5.24’de ve Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Karot alınan bölgelerin Aralık 2024’de çekilen görselleri de ekler kısmı Şekil B.17-Şekil B.23’de verilmiştir.

**Tablo 5.23:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu karot basınç dayanımları

Numune No	Karot Çapı (mm)	Karot Yüksekliği (mm)	Karot Ağırlığı (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1-1	73,00	72,00	710,00	301,20	2,36	20,62	29,35
1-2	73,00	73,00	755,00	305,38	2,47	33,76	
1-3	73,00	72,00	745,00	301,20	2,47	33,67	
2-1	73,00	73,00	720,00	305,38	2,36	21,07	27,66
2-2	73,00	72,00	738,00	301,20	2,45	28,39	
2-3	73,00	73,00	753,00	305,38	2,47	33,52	
3-1	73,00	73,00	749,00	305,38	2,45	39,83	37,82
3-2	73,00	72,00	747,00	301,20	2,48	37,89	
3-3	73,00	74,00	750,00	309,56	2,42	35,74	
4-1	73,00	73,00	750,00	305,38	2,46	28,99	33,68
4-2	73,00	73,00	750,00	305,38	2,46	31,85	
4-3	73,00	74,00	757,00	309,56	2,45	40,19	
5-1	73,00	73,00	743,00	305,38	2,43	38,95	36,76
5-2	73,00	73,00	740,00	305,38	2,42	35,98	
5-3	73,00	73,00	720,00	305,38	2,36	35,36	
6-1	73,00	73,00	740,00	305,38	2,42	34,41	34,07
6-2	73,00	73,00	743,00	305,38	2,43	35,84	
6-3	73,00	73,00	735,00	305,38	2,41	31,95	
7-1	73,00	72,00	733,00	301,20	2,43	42,55	34,46
7-2	73,00	73,00	695,00	305,38	2,28	24,08	
7-3	73,00	72,00	708,00	301,20	2,35	36,75	
<b>Genel Ortalama (Mpa):</b>						<b>33,40</b>	

**Tablo 5.24:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	24,08
2,34-2,39 arası	28,45
2,40 ve üzeri	35,22



**Şekil 5.5:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

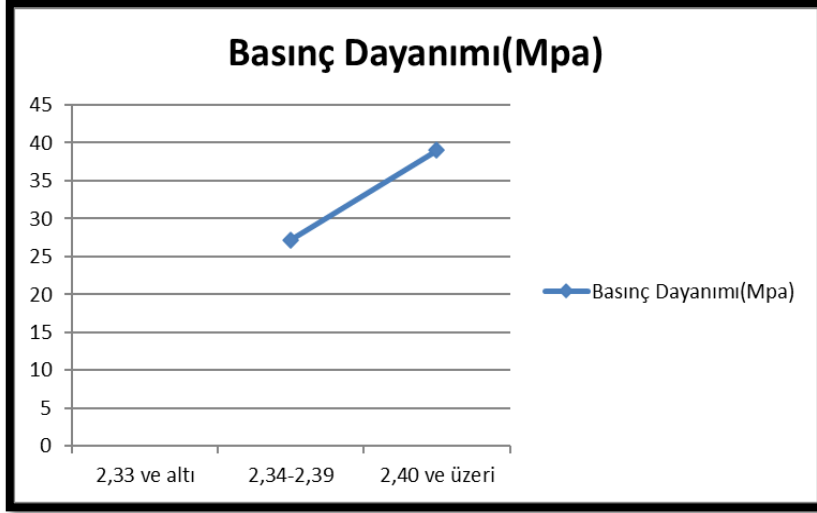
Tablo 5.25’de gösterilen basınç dayanımı testi sonuçlarına göre  $2,34 \text{ g/cm}^3$  ile  $2,39 \text{ g/cm}^3$  yoğunluk değeri aralığındaki 1 adet numune en düşük bireysel değerin (26 Mpa) üzerinde ve en düşük ortalama değerin (34 Mpa) altında kalmıştır.  $2,40 \text{ g/cm}^3$  ve üzeri yoğunluk değerindeki numunelerden ise 4 tanesi en düşük bireysel değerin (26 Mpa) üzerinde, en düşük ortalama değerin (34 Mpa) altında kalmıştır. 22 adet numune ise her iki değeri de sağlamıştır. Bu köy yolunda 2. gün hariç diğer tüm günler imalatı yapılan beton yol kaplamaları bireysel ve ortalama değerleri sağlamış ve kalite kontrolden geçmişlerdir. Oluşturulan 3 farklı yoğunluk grubunun ortalama basınç dayanımı değerleri de aşağıda Tablo 5.26’da ve Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Karot alınan bölgelerin Aralık 2024’de çekilen görselleri de ekler kısmı Şekil B.24-Şekil B.32’de verilmiştir.

**Tablo 5.25:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu karot basınç dayanımları

Numune No	Karot Çapı (mm)	Karot Yüksekliği (mm)	Karot Ağırlığı (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1-1	73,00	75,00	773,00	313,74	2,46	51,92	47,53
1-2	73,00	72,00	741,00	301,20	2,46	51,66	
1-3	73,00	73,00	733,00	305,38	2,40	39,02	
2-1	73,00	73,00	744,00	305,38	2,44	33,33	31,96
2-2	73,00	73,00	745,00	305,38	2,44	37,11	
2-3	73,00	74,00	753,00	309,56	2,43	25,45	
3-1	73,00	73,00	716,00	305,38	2,34	27,21	36,13
3-2	73,00	73,00	745,00	305,38	2,44	43,87	
3-3	73,00	73,00	756,00	305,38	2,48	37,30	
4-1	73,00	75,00	780,00	313,74	2,49	42,60	43,04
4-2	73,00	75,00	762,00	313,74	2,43	46,42	
4-3	73,00	76,00	776,00	317,93	2,44	40,09	
5-1	73,00	73,00	765,00	305,38	2,51	41,19	40,98
5-2	73,00	73,00	747,00	305,38	2,45	40,57	
5-3	73,00	71,00	720,00	297,01	2,42	41,17	
6-1	73,00	72,00	746,00	301,20	2,48	38,59	37,59
6-2	73,00	73,00	756,00	305,38	2,48	42,91	
6-3	73,00	71,00	730,00	297,01	2,46	31,28	
7-1	73,00	72,00	745,00	301,20	2,47	38,71	36,56
7-2	73,00	73,00	746,00	305,38	2,44	36,41	
7-3	73,00	74,00	744,00	309,56	2,40	34,55	
8-1	73,00	71,00	713,00	297,01	2,40	36,39	36,99
8-2	73,00	71,00	720,00	297,01	2,42	40,36	
8-3	73,00	72,00	728,00	301,20	2,42	34,22	
9-1	73,00	71,00	718,00	297,01	2,42	37,25	36,20
9-2	73,00	72,00	743,00	301,20	2,47	33,38	
9-3	73,00	73,00	748,00	305,38	2,45	37,97	
<b>Genel Ortalama (Mpa):</b>						<b>38,55</b>	

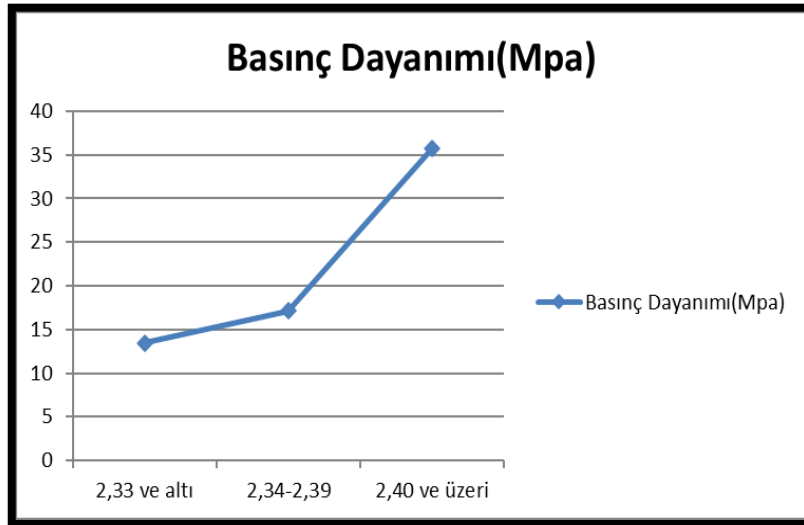
**Tablo 5.26:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	Yok
2,34-2,39 arası	27,21
2,40 ve üzeri	38,99



**Şekil 5.6:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

Tablo 5.27’de gösterilen basınç dayanımı testi sonuçlarına göre  $2,33 \text{ g/cm}^3$  ve altındaki yoğunluğa sahip 1 adet numune en düşük bireysel değerin (26 Mpa) altında kalmıştır.  $2,34 \text{ g/cm}^3$  ile  $2,39 \text{ g/cm}^3$  yoğunluk değeri aralığındaki numelerin tamamı iki değeri de sağlamamıştır.  $2,40 \text{ g/cm}^3$  ve üzeri yoğunluk değerindeki numunelerden ise 5 tanesi en düşük bireysel değerin (26 Mpa) üzerinde, en düşük ortalama değerin (34 Mpa) altında kalmıştır. 10 adet numune ise her iki değeri de sağlamıştır. Bu köy yolunda 6. gün imalatı yapılan beton yol kaplaması bireysel ve ortalama değerleri sağlamış ve kalite kontrolden geçmişlerdir. Oluşturulan 3 farklı yoğunluk grubunun ortalama basınç dayanımı değerleri de aşağıda Tablo 5.28’de ve Şekil 5.7 de gösterilmiştir. Karot alınan bölgelerin Aralık 2024’de çekilen görselleri de ekler kısmı Şekil B.33-Şekil B.39’da verilmiştir.



**Şekil 5.7:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

**Tablo 5.27:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu karot basınç dayanımları

Numune No	Karot Çapı (mm)	Karot Yüksekliği (mm)	Karot Ağırlığı (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1-1	73,00	73,00	740,00	305,38	2,42	39,73	32,31
1-2	73,00	73,00	733,00	305,38	2,40	37,44	
1-3	73,00	73,00	730,00	305,38	2,39	19,76	
2-1	73,00	73,00	727,00	305,38	2,38	24,87	27,45
2-2	73,00	73,00	741,00	305,38	2,43	44,01	
2-3	73,00	72,00	702,00	301,20	2,33	13,48	
3-1	73,00	72,00	732,00	301,20	2,43	29,80	30,86
3-2	73,00	75,00	770,00	313,74	2,45	39,85	
3-3	73,00	72,00	727,00	301,20	2,41	22,94	
4-1	73,00	72,00	715,00	301,20	2,37	10,85	20,53
4-2	73,00	74,00	725,00	309,56	2,34	9,32	
4-3	73,00	73,00	738,00	305,38	2,42	41,43	
5-1	73,00	71,00	711,00	297,01	2,39	20,93	32,77
5-2	73,00	73,00	747,00	305,38	2,45	34,31	
5-3	73,00	73,00	745,00	305,38	2,44	43,08	
6-1	73,00	74,00	755,00	309,56	2,44	36,72	34,99
6-2	73,00	72,00	743,00	301,20	2,47	39,40	
6-3	73,00	76,00	790,00	317,93	2,48	28,86	
7-1	73,00	72,00	736,00	301,20	2,44	37,46	32,88
7-2	73,00	71,00	725,00	297,01	2,44	31,61	
7-3	73,00	74,00	743,00	309,56	2,40	29,58	
<b>Genel Ortalama (Mpa):</b>						<b>30,25</b>	

**Tablo 5.28:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	13,48
2,34-2,39 arası	17,14
2,40 ve üzeri	35,75

Bayramiç ilçesi Daloba grup köy yolundan alınan 30 adet karot numunesinde yapılan ve aşağıda Tablo 5.29'da gösterilen basınç dayanımı testi sonuçlarına göre 2,34 g/cm<sup>3</sup> ile 2,39 g/cm<sup>3</sup> yoğunluk değeri aralığındaki 1 adet numune her iki sınır değeri de sağlamamıştır. 2,40 g/cm<sup>3</sup> ve üzeri yoğunluk değerindeki numunelerden ise 2 tanesi her iki sınır değerinin altında, 5 adet numune en düşük bireysel değerinin (26 Mpa) üzerinde, en düşük ortalama değerinin (34 Mpa) altında kalmış ve 22 adet numune ise her iki değeri de sağlamıştır. Bu

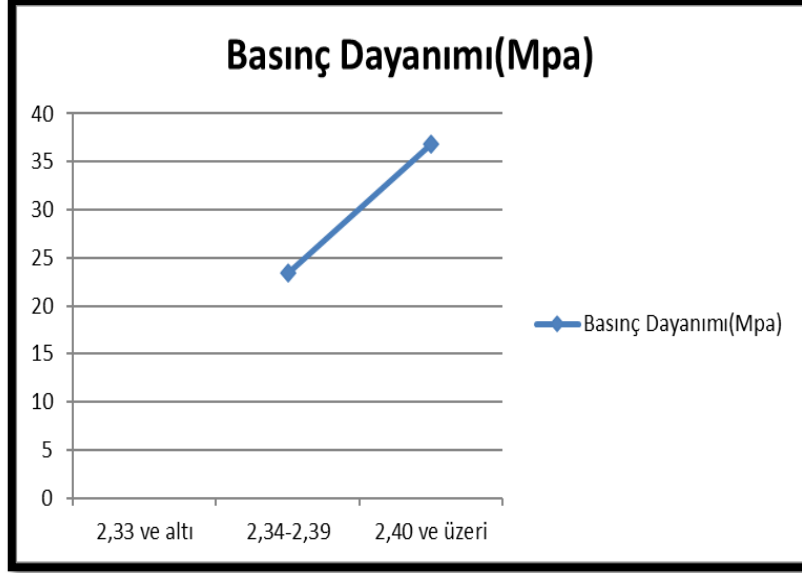
köy yolunda 3., 7. ve 10. gün hariç diğer tüm günler imalatı yapılan beton yol kaplamaları bireysel ve ortalama değerleri sağlamış ve kalite kontrolden geçmişlerdir. Oluşturulan 3 farklı yoğunluk grubunun ortalama basınç dayanımı değerleri de aşağıda Tablo 5.30'da ve Şekil 5.8'de gösterilmiştir. Karot alınan bölgelerin Aralık 2024'de çekilen görselleri de ekler kısmı Şekil B.1-Şekil B.7'de verilmiştir.

**Tablo 5.29:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu karot basınç dayanımları

Numune No	Karot Çapı (mm)	Karot Yüksekliği (mm)	Karot Ağırlığı (g)	Hacim (cm <sup>3</sup> )	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
1-1	73,00	74,00	767,00	309,56	2,48	40,71	39,89
1-2	73,00	73,00	750,00	305,38	2,46	44,15	
1-3	73,00	73,00	753,00	305,38	2,47	34,81	
2-1	73,00	73,00	753,00	305,38	2,47	43,70	34,61
2-2	73,00	72,00	713,00	301,20	2,37	23,42	
2-3	73,00	74,00	751,00	309,56	2,43	36,70	
3-1	73,00	74,00	748,00	309,56	2,42	32,76	32,94
3-2	73,00	74,00	748,00	309,56	2,42	29,12	
3-3	73,00	74,00	764,00	309,56	2,47	36,94	
4-1	73,00	74,00	752,00	309,56	2,43	41,84	41,64
4-2	73,00	75,00	778,00	313,74	2,48	43,13	
4-3	73,00	73,00	740,00	305,38	2,42	39,94	
5-1	73,00	71,00	727,00	297,01	2,45	39,02	38,14
5-2	73,00	74,00	758,00	309,56	2,45	35,12	
5-3	73,00	74,00	746,00	309,56	2,41	40,28	
6-1	73,00	73,00	739,00	305,38	2,42	40,83	39,17
6-2	73,00	73,00	741,00	305,38	2,43	38,09	
6-3	73,00	74,00	750,00	309,56	2,42	38,59	
7-1	73,00	76,00	773,00	317,93	2,43	23,92	33,26
7-2	73,00	76,00	770,00	317,93	2,42	37,70	
7-3	73,00	74,00	757,00	309,56	2,45	38,16	
8-1	73,00	75,00	763,00	313,74	2,43	33,09	35,43
8-2	73,00	74,00	752,00	309,56	2,43	39,23	
8-3	73,00	75,00	767,00	313,74	2,44	33,98	
9-1	73,00	74,00	761,00	309,56	2,46	34,00	37,63
9-2	73,00	73,00	734,00	305,38	2,40	40,31	
9-3	73,00	73,00	741,00	305,38	2,43	38,59	
10-1	73,00	75,00	755,00	313,74	2,41	22,63	31,02
10-2	73,00	74,00	745,00	309,56	2,41	29,87	
10-3	73,00	74,00	765,00	309,56	2,47	40,57	
<b>Genel Ortalama (Mpa):</b>						<b>36,37</b>	

**Tablo 5.30:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	Yok
2,34-2,39 arası	23,42
2,40 ve üzeri	36,82



**Şekil 5.8:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

## 6. SONUÇ

Bu çalışma ile agrega ocağında kurulu tesise 20 km mesafedeki Çanakkale İl Özel İdaresi köy yolu için alternatif üstyapı maliyetleri hesaplanmış ve Tablo 5.19'da verilmiştir. Hem ilk yapım hem de bakım onarım maliyeti en yüksek yöntemin 10.927.841,20 TL (287.574,77 \$) maliyete sahip bitümlü sıcak karışım (BSK) yol olduğu görülmüştür. Toplam maliyeti en düşük yöntemin ise 5.506.377,14 TL (144.904,66 \$) maliyetle tek kat sathi kaplama olduğu görülmüştür. Sathi kaplama maliyetinin SSB yola göre %6,24, GYB'ye göre %16,35 ve BSK yola göre ise %49,61 az olduğu görülmüştür. Ancak sathi kaplamanın ekonomik ömrünün 20 yıl olduğu ve diğer yöntemlerin 30 yıl olduğu düşünüldüğünde en ekonomik yöntem olarak SSB yol öne çıkmaktadır. SSB ile GYB arasında ciddi bir maliyet farkı olmadığı görülmüş ancak yapım süresi ve kolaylığı göz önünde bulundurulduğunda SSB'nin daha avantajlı olduğu söylenebilir. Köy yolunda yapılan BSK tasarımında tek kat binder tabakası olması sebebiyle beton yola göre konfor avantajı bulunmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple köy yolları taşıt trafiği ve standartları göz önünde bulundurulduğunda SSB yolun 2025 maliyetleriyle seçilebilecek en uygun yöntem olduğu değerlendirilmiştir. Taşıt trafiğinin yoğun olduğu grup köy yollarında ise rijit üstyapı üzerine esnek üstyapı gelecek şekilde kompozit kaplama tercih edilebilir. Örneğin; bitümlü temel ve binder tabakasından oluşan bir esnek üstyapı tercih etmek yerine SSB üzerine 5-6 cm kalınlığında bir aşınma tabakası serilmek suretiyle kompozit bir yol yapılabilir. Sonuç olarak yol yapım metotuna karar vermeden önce taşıt trafiğine göre dizaynı yapılmış üstyapı yöntemlerinin ilk yapım ve bakım-onarım maliyet hesapları yapılmalı, faydası yüksek ve maliyeti düşük yöntem tercih edilmelidir.

Ülkemizde uzun yıllardır yol kaplaması olarak kullanılan sathi kaplama bugün de ilk yapım maliyetinin düşük olması sebebiyle yaygın şekilde uygulanmaktadır. Bitümlü sıcak karışım yollar dışa bağımlılığı ve maliyeti yüksek olmasına rağmen genellikle sağladığı konfor sebebiyle tercih edilmektedir. Bunun sebepleri arasında altyapının ve işçiliğin bu yöntemlere göre gelişmiş olması ve yeniliğe duyulan güvensizlik de sayılabilir. Rijit ve esnek üstyapı türlerinin daha geniş bir zeminde bilimsel verilerle değerlendirilip kıyaslanması ihtiyacı açıktır. Bu minvalde hesaplanan ilk yapım maliyetleri arasında %23,52 fark olan SSB yol ve GYB imalat süresi ve sürüş konforu bakımından birbirinden ayrılmaktadır. GYB'nin, SSB yola göre ilk yapımı %23,52 maliyetli, bakım-onarım maliyetleri ise aynıdır. SSB yol daha hızlı imal edilebilmekte, satıh düzgünlüğü ve sürüş konforu bakımından daha üstün performans göstermektedir. Çalışma ile ilk yapım

maliyetinin iki katı bakım-onarım maliyeti olduğu görülen sathi kaplama yolun; kaplamanın taşıyıcı özelliği bulunmaması, düşük sürüş konforu gibi diğer negatif özelliklere rağmen ilk yapım maliyetinin düşük olması sebebiyle hala yaygın olarak tercih edildiği görülmektedir. Çalışma ile en yüksek ilk yatırım ve bakım-onarım maliyetine sahip olduğu görülen BSK yollar, nüfus yoğunluğu yüksek ve işlek grup köy yolları düşünüldüğünde güçlü bir tercih olarak önümüze çıkmaktadır. Yüksek sürüş konforu ve imalat kolaylığı BSK yollara talebin en önemli sebepleridir. Yapılan çalışma sonucunda ekonomik ömür de düşünüldüğünde rijit üstyapıya sahip yolların esnek üstyapıya sahip yollara göre ekonomik ve bakım-onarımının daha az olduğunu söyleyebiliriz. Bunun yanında betonun yerlilik oranının daha yüksek ve petrolde dışa bağımlı olmamız sebepleriyle rijit üstyapıların cari açığa ve ülke ekonomisine katkısı yüksektir. Unutulmamalıdır ki yol üstyapı türü ne olursa olsun doğru araçlarla doğru şekilde inşa edilmedikçe kamu kaynakları sürdürülemez şekilde tüketilmiş olacaktır.

Aşağıda Tablo 6.1’de görüldüğü gibi ilk yapım maliyeti en düşük üstyapı türü SK iken bakım ve onarım maliyeti en düşük üstyapı türünün GYB ve SSB olduğu görülmüştür.

**Tablo 6.1:** Esnek üstyapı ve rijit üstyapı türlerinin maliyet karşılaştırmaları

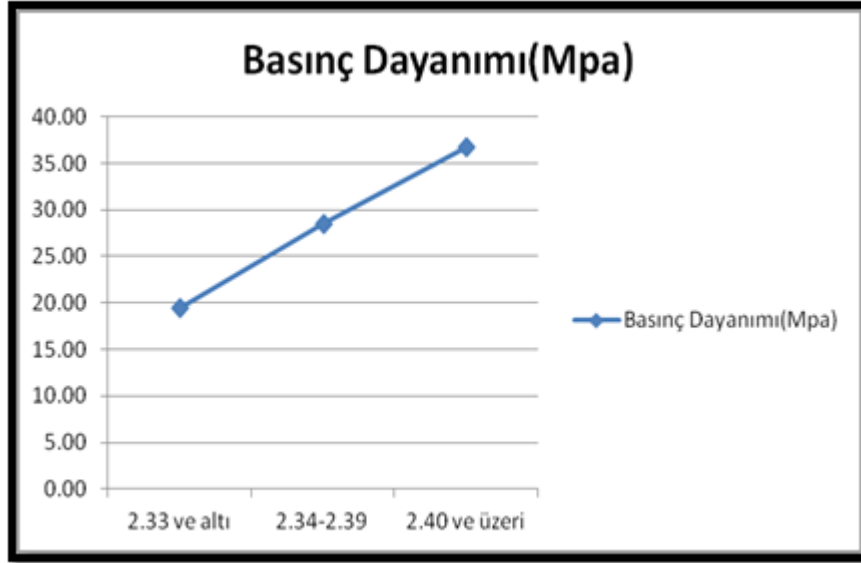
Yöntem	İşin Tanımı	Birimi	Miktarı	Tutarı (TL/Km)
<b>SATHİ KAPLAMA(SK)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	1.923.577,14
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	3.582.800,00
<b>BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM(BSK)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	4.418.936,20
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	6.508.905,00
<b>GELENEKSEL YAŞ BETON YOL(GYB)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	3.723.572,30
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	2.858.960,00
<b>SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL(SSB)</b>	İlk Yapım Maliyeti	Km	1,00	3.014.363,52
	Bakım ve Onarım Maliyeti	Km	1,00	2.858.960,00

Çalışmanın ikinci kısmında Çanakkale'nin 3 ilçesinde yapımı tamamlanan 5 tane yoldan alınan 126 adet karot numunesi üzerinde yapılan basınç deneyi sonuçları bize sıkışmadaki her birim artışın mukavemet artışı olduğunu göstermiştir. İstenen minimum basınç değerlerini sağlayan karot numunesi yoğunluklarının  $2,40 \text{ gr/cm}^3$  olduğu görülmüştür. Bu da betonun en az %98 oranında sıkıştırılması gerektiğini göstermektedir. Ancak  $2,40 \text{ g/cm}^3$  ve üzeri yoğunluğu sağlayan sıkıştırmanın tek başına yeterli olmadığı bazı karot numunelerin ortalama sınır değer altında kalmasından anlaşılmaktadır. Kürleme eksikliği olmayan betonun sıkışma oranı %100'e yaklaştıkça beton sınıfının C45/55beton sınıfına kadar yükseldiği görülmüştür. Bazı numunelerin aynı yoğunluğa sahip olmasına rağmen farklı basınç dayanımlarının olması kürlemenin ve hava şartlarının da önemli olduğunu bize göstermektedir. Yolun yapım çalışmaları, deneyler ve imalat sonrası gözlemler bize sıkışmanın ne kadar önemli olduğunu ispatlamıştır. SSB'nin minimum sıkışma oranı sağlanamadığında beton basınç değeri çok düşük çıkmakta ve kısa sürede yüzey bozulmaktadır. Yolların imalat sonrası ve ertesini yıl çekilen ve ekler bölümünde karşılaştırmalı olarak verilen fotoğraflar da bunu doğrulamaktadır. İyi bir sıkıştırmanın yolun ekonomik ömrünü artırdığını söyleyebiliriz. Düşük dayanımlar betonun rijit malzeme olması sebebiyle deformasyonu artırmaktadır. Fazla silindirajda ise imalat esnasında pullanmalar meydana gelerek yüzeydeki aderans bozulmaktadır. Bunun sonucunda erken dönemde oluşan yüzeysel bozulmalar taşıt trafiğiyle giderek büyümekte ve kalıcı stabilite kayıplarına neden olmaktadır. Bunun için sıkıştırma işçiliği optimum sürede gerçekleştirilmelidir. Beton priz almadan kalite kontrol deneyleri yapılmalı ve gerekiyorsa anında müdahale edilmelidir. Silindirle sıkıştırılmış beton yollarda yeterli seviyede sıkıştırma yapılması yaşam döngüsü içerisindeki bakım-onarım maliyetlerini azaltır ve ekonomik ömrü uzatır. "Toplam maliyet/Ekonomik ömür" oranının azalmasını sağlayarak tasarruf sağlar.

Aşağıda Tablo 6.2 ve Şekil 6.1’de görüldüğü gibi silindirle sıkıştırma kalitesi ve buna bağlı yoğunluk arttıkça beton basınç dayanımının arttığı görülmüştür.

**Tablo 6.2:** Yoğunluk grupları

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı Ortalaması (MPa)
2,33 ve altı	19,40
2,34-2,39 arası	28,45
2,40 ve üzeri	36,78



**Şekil 6.1:** Yoğunluk grupları basınç dayanımı ortalamaları

## 7. KAYNAKLAR (IEEE)

- [1] **F. Melikoğlu**, “Köy Yollarında Sathi Kaplama İle BSK Yapımının Fayda ve Maliyet Analizi Kütahya İli, Aslanapa İlçe Merkezi – Altıntaş İlçe Merkezi Grup Köy Yolu”, Y.Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye, 2019, s. 3-4.
- [2] **M. C. Yılmaz**, “Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yol Kaplama Performansının Taban Zemini Açısından Değerlendirilmesi”, Y.Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye, Ocak 2024, s. 8.
- [3] **Y. Abut**, “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol: Kocaeli İlinde Bir Durum Çalışması”, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, Haziran 2017, s. 6-116.
- [4] **O. Çetin**, “Beton Yollarda Yeni Teknolojiler Silindirle Sıkıştırılan Beton Yol”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2009, 26-28.
- [5] **İ. Yağtu**, “Rijit Üstyapıların Köy Yollarında Uygulanabilirliği: Eskipazar Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye, Haziran 2019, s. 66.
- [6] **B. Tatlı**, “Esnek ve Rijit Üstyapıların Performans Maliyetlerinin Karşılaştırılması”, Y.Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, Nisan 2024.
- [7] **İ. Ö. Yaman ve H. Ceylan**, “Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yollar”, Hazır Beton Kongresi, Ankara, Türkiye, Mayıs-Haziran 2013, s. 1-23.
- [8] **B. Akbelen, İ. Bulut ve İ. Ö. Yaman**, “İklim Değişikliği ile Mücadelede Beton Yolların Potansiyeli”, Beton 2023 Kongresi, İstanbul, 8-10 Kasım 2023, s. 260-275.
- [9] **B. Akbelen ve İ. Ö. Yaman**, “Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) ve Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Yolların Teknik ve Ekonomik Analizi”, 1.Beton Yollar Kongresi ve Sergisi, Ankara, 13-14 Kasım 2019, s. 261-273.
- [10] **Karayolları Genel Müdürlüğü**, Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi, Ankara, Türkiye, 2008.
- [11] **S. N. Tutan ve M. Komut**, Sathi Kaplama Dizayn Rehberi, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2020, s. 1.
- [12] “Sathi Kaplamanın Püf Noktası: Emülsiyon”, Haber Teknik, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.haberteknik.com.tr/sathi-kaplamanin-puf-noktasi-emulsiyon/>

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [13] **A. Sağlık ve A. G. Güngör**, Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, 2008, s. 23.
- [14] “Sathi Kaplama Hizmetleri,” *Asfalt Kaplama*, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.asfaltkaplama.com/hizmetler/sathi-kaplama>
- [15] **A. S. Karakaş**, “Bitümlü Sıcak Karışımların Trafik Etkisi Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, T.C. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye, Temmuz 2014, s. 36-43.
- [16] “Sıcak Asfalt Hizmetleri”, Aksan Asfalt, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.aksanasfalt.com/hizmetlerimiz/sicak-asfalt/>
- [17] “Yol ve Üstyapı Malzeme Üretimleri”, Simge Grup, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.simgemat.com.tr/tr/FaaliyetAlanlari/YolVeUstyapiMalzemeUretimleri>
- [18] **Karayolları Genel Müdürlüğü**, Karayolları Teknik Şartnamesi, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, Türkiye, 2013, s. 218/5-407/2.
- [19] **H. Güneş**, “Ankara İlinde Bitümlü Sıcak Karışım Kaplamalı Yollarda Kullanılan Agregaların Uygunluklarının Belirlenmesi ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Sınıflandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya, Türkiye, Ocak 2019, s. 24.
- [20] “Plent Miks Temel”, Bizim Yaka Kocaeli Gazetesi. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.bizimyaka.com/...>
- [21] “Gülümbe ve Çukuroren köyleri arası yolunun 2 kilometrelik kısmı asfalt yol oldu”, TRT Haber. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.trthaber.com/haber/guncel/gulumbe-ve-cukuroren-koyleri-arasi-yolunun-2-kilometrelik-kismi-asfalt-yol-oldu-768054.html>.
- [22] **Ulaştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı Üstyapı Geliştirme Şubesi Başkanlığı**, Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, Ankara, Türkiye, 2021, ss. 103–105.
- [23] “Metilen Mavisi Deneyi”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://volkanatabey.com.tr/metilen-mavisi-deneyi/>
- [24] “Metilen Mavisi Deneyi”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://volkanatabey.com.tr/metilen-mavisi-deneyi/>
- [25] **S. Demirbay**, “Bitümlü Sıcak Karışımlarda Agreg Boyutu ve Tabaka Kalınlığı İlişkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye, 2020, s. 41-57.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- [26] “PDF dokümanı”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://static.ohu.edu.tr/uniweb/media/portallar/insaatmuhendisligi/duyurular/11729/bv0vc\\_pup.pdf](https://static.ohu.edu.tr/uniweb/media/portallar/insaatmuhendisligi/duyurular/11729/bv0vc_pup.pdf).
- [27] **K. Çevrim**, “Penetrasyon Deneyi”, Batman Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Laboratuvarı, Batman, Türkiye. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: [https://batman.edu.tr/images/files/Penetrasyon\\_Deney\\_Foyu.pdf](https://batman.edu.tr/images/files/Penetrasyon_Deney_Foyu.pdf)
- [28] “Kum Konisi Testi”, Zeminrastirma.com. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://zeminrastirma.com/dolgu-testleri/kum-konisi-testi/>.
- [29] **B. Bulut**, “Dünyanın en eski beton yolları – 1 (ABD) / World’s Oldest Concrete Roads – 1”, LinkedIn. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://tr.linkedin.com/pulse/d%C3%BCnyanın-en-eski-beton-yollari-1-abd-worlds-oldest-concrete-bulut>.
- [30] **Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB)**, “Neden Beton Yollar”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.thbb.org/teknik-bilgiler/beton-yollar/>
- [31] **V. Atabey**, “Beton Yol Kaplama Tasarım Sınıfları”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://volkanatabey.com.tr/beton-yol-kaplama-tasarim-siniflari/>
- [32] “Köy Yolları Beton İle Kaplanıyor”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.betonvecimento.com/beton-2/beton-koy-yollari>
- [33] Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Genel Teknik Şartnamesi, Ankara, Türkiye, ss. 10–15.
- [34] **Yrd. Doç. Dr. Ş. Yazıcı**, “Silindirle Sıkıştırılmış Beton - SSB”, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, s. 27.
- [35] **J. Walls ve M. R. Smith**, Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design — Interim Technical Bulletin, Federal Highway Administration, FHWA-SA-98-079, 1998, ss. 9–32.
- [36] **AASHTO**, Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC, ABD, 1993.
- [37] “Nakliye Analizi”, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.hakedis.org/nakliye-analizi/>
- [38] *Mevzuat Dergisi*, [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://www.mevzuatdergisi.com/1999/02a/04.htm>
- [39] **Karayolları Genel Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**, Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi, , Ankara, Türkiye, 2016, ss. 68–70.

# **EKLER**

## EKLER

### EK A: ESNEK ÜSTYAPI VE RİJİT ÜSTYAPI TÜRLERİNİN MALİYET ARAŞTIRMASI

**Tablo A.1:** Beton Kaplamada Onarıma Ait Birim Fiyat Analizi

Analiz No:1	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi No	Beton Kaplamalı Yollarda Bakım Yapılması (15 cm Kalınlığında)				Ölçü Birimi
KGM/70.042-AN-2					m <sup>2</sup>
Poz No	Tanımı	Ölçü	Miktar	Birim Fiyat	Tutarı
KGM/18.185	Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması	m <sup>3</sup>	0,05	420,39	21,02
KGM/21.011	Düz Yüzeyle Beton ve Betonarme Kalıbı	m <sup>2</sup>	0,13	403,25	52,42
Y.16.050/16	Beton Santralinde Üretilen veya Satın Alınan ve Beton Pompasıyla Basılan, C30/37 Basınç Dayanım Sınıfında Beton Dökülmesi (Beton Nakli Dahil) Satırların El İle Tokmaklanarak Sıkıştırılması Karşılığı	m <sup>3</sup>	0,15	2.621,02	393,15
01.502	Erbab İşçi	sa	0,75	160,00	120,00
KGM/60.006	Yol Bakım ve Onarımlarında Geçici Trafik İşaretleme İçin Malzeme Temini, İşaretleme Yapılması ve Emniyet Tedbirlerinin Alınması	gün	0,01	7.235,81	55,18
Nakliye/20	$F=A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01) \times G$	Ton	0,375	71,40	26,77
	A:Zorluk Katsayısı=1,70				
	G:Taşınan Malzemenin Yoğunluğu=0,375 Ton/m <sup>2</sup>				
	K:Taşıma Katsayısı=1750				
	M:Taşıma Mesafesi=20 Km				
<b>Karsız Toplam</b>					668,54
<b>%25 Kar ve Genel Giderler</b>					167,13
<b>Toplam Tutar (TL/m<sup>2</sup>)</b>					<b>835,67</b>
<b>Toplam Tutar (TL/m<sup>3</sup>)</b>					<b>5.571,13</b>
<b>Toplam Tutar (\$/m<sup>3</sup>)</b>					<b>146,61</b>

**Tablo A.2:** Asfalt Yama Malzemesi Temini ve Nakliyesine Ait Birim Fiyat Analizi

Analiz No:2	İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ				
İş Kalemi No	Asfalt Betonlu Binder Tabakası Malzemelerinin Temini (Kırılmış ve Elenmiş Ocak Taşı İle) Bitüm Bedeli Dahil				Ölçü Birimi
KGM/6300-A					Ton
Poz No	Tanımı	Ölçü	Miktar	Birim Fiyat	Tutarı
KGM/4102(T)	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş 25 mm (1") ve 19 mm (3/4") lik Agregaya Hazırlanması	Ton	0,306	241,28	73,83
KGM/4105(T)	Ocak Taşından Konkasörle Kırılmış ve Elenmiş 12,5 mm (1/2") ve 9,5 mm (3/8") lik Agregaya Hazırlanması	Ton	0,259	274,66	71,14
KGM/4107(T)	Ocak Taşından Kırılmış ve Elenmiş 4,75 mm (No:4) ve Daha Küçük Agregaya Hazırlanması	Ton	0,392	291,30	114,19
KGM/4365	Sarnıçlı Vagon, Tanker, Kamyon ve Roley Tank Gibi Kaplarla Taşınan Bitümlü Malzemenin Depolanması	Ton	0,043	32,78	1,41
KGM/4358	Katı Bitümlü Malzemenin Sarnıç veya Tanklarda Emiş Derecesine Kadar Isıtılması	Ton	0,043	466,68	20,07
KGM/4366	Bitümlü Malzemenin Asfalt Pompası İle Bir Kaptan Diğer Bir Kaba Aktarılması	Ton	0,086	19,51	1,68
04.610/1D-A	Dökme Asfalt (İzmir Rafinerisi)	Kg	50,00	16,05	802,50
Bitümün Nakliyesi (280 km, A=1,00)	$F=A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01)$	Ton	0,05	360,50	18,02
Binderin Nakliyesi(20k)	$F=A \times K \times (0,0007 \times M + 0,01)$	Ton	1,00	71,40	71,40
	A:Zorluk Katsayısı=1,00-1,70				
	G:Taşınan Malzemenin Yoğunluğu				
	K:Taşıma Katsayısı=1750				
	M:Taşıma Mesafesi=20 Km				
<b>Karsız Toplam</b>					1.174,24
<b>%25 Kar ve Genel Giderler</b>					293,56
<b>Toplam Tutar (TL/Ton)</b>					<b>1.467,80</b>
<b>Toplam Tutar (\$/Ton)</b>					<b>38,63</b>

**Tablo A.3:** Asfalt Yama Yapılması İşçiliğine Ait Birim Fiyat Analizi

Analiz No:3	<b>İNŞAAT İŞ KALEMLERİ BİRİM FİYAT ANALİZLERİ</b>				
İş Kalemi No	Sıcak Karışım Kaplamalı Yollarda Asfalt Yaması Yapılması İşçiliği				Ölçü Birimi
KGM/70.031					m <sup>3</sup>
Poz No	Tanımı	Ölçü	Miktar	Birim Fiyat	Tutarı
	Yama Yapılacak Asfalt Zeminin Sökülmesi, Temizlenmesi, Süpürülmesi, Astarlanması, Road-mix Malzemesi İle Doldurulması ve Sıkıştırılması Karşılığı:				
01.501	Düz İşçi (İnşaat İşçisi)	sa	7	165,00	1.155,00
01.409	Formen	sa	1	360,00	360,00
03.540	Her Cins Titreşimli Darbeli Motorlu Kompaktörün 1 Saatlik Ücreti	sa	1	785,08	785,08
03.517	Kompresörün 1 Saatlik Ücreti	sa	1	1.991,73	1.991,73
KGM/03.538/2	Kamyonun 1 Saatlik Ücreti	sa	1	1.040,84	1.040,84
03.538/1	Arazöz(pick-up) 1 Saatlik Ücreti	sa	1	667,50	667,50
<b>Karsız Toplam</b>					<b>6.000,15</b>
<b>%25 Kar ve Genel Giderler</b>					<b>1.500,04</b>
<b>Toplam Tutar (TL/m<sup>3</sup>)</b>					<b>7.500,19</b>
<b>Toplam Tutar (TL/Ton)</b>					<b>3.125,08</b>
<b>Toplam Tutar (\$/Ton)</b>					<b>82,24</b>

Tarifi:

Karayolu Bakım El Kitabı ve KTŞ'nin ilgili kısımlarındaki esaslar ve şartlar dâhilinde, sıcak karışım kaplamalı yollarda asfalt yaması yapılması işçiliği (bitümlü sıcak karışım, yapıştırıcı ve distribütör İdareden). Birim Fiyata Dâhil Olan Masraflar: Makine, ekip ve ekipmanın iş başında temini, yama yapılacak asfalt zeminin kare ya da dikdörtgen şeklinde tebeşirle çizilmesi, çizgi üzerinden kesilmesi, kazma ve kürek gibi aletlerle gevşetilerek sökülmesi, temizlenmesi, varsa kompresörle tozunun uçurulması, bitümlü sıcak karışımın ve yapıştırıcının yüklenmesi, boşaltılması, distribütörde yapıştırıcının ısıtılması ve

temizlenen zemine ve yama cidarına püskürtülmesi, yama alanının bitümlü sıcak karışım ile doldurulması, doldurulan malzemenin tırmık ve gelberi ile düzeltilmesi, kompaktör ya da bakım silindiri ile sıkıştırılması, yama etrafındaki serbest malzemenin süpürülerek temizlenmesi, yama yapılacak alandan çıkan malzemenin çevre kirliliğine sebep olmayacak şekilde çalışma alanından uzaklaştırılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dâhil Olmayan Masraflar" başlığı altında sayılanlar dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici kârı ve genel masraflar. Birim Fiyata Dâhil Olmayan Masraflar: Bitümlü sıcak karışımın taşınması. Ölçü: Kullanılan asfalt yama malzemesinin metreküp cinsinden miktarıdır. Ödeme: Birim Fiyat Teklif Cetvelinde Poz KGM/70.031'deki "Sıcak Karışım Kaplamalı Yollarda Asfalt Yaması Yapılması İşçiliği (Sıcak karışım Malzemesi, Yapıştırıcı Bitüm Malzemesi ve Distribütör İdareden)" m<sup>2</sup> birim fiyatı üzerinden yapılır.

**Tablo A.4: C30/37 Beton Birim Fiyat Analizi**

<b>BETON SANTRALİNDE ÜRETİLEN, C30/37 BASINÇ DAYANIM SINIFINDA BETON DÖKÜLMESİ (BETON NAKLİ VE İŞÇİLİK HARİÇ) ANALİZİ (Y.16.050/16-A)</b>					
<b>Poz No</b>	<b>CİNSİ</b>	<b>BİRİM</b>	<b>MİKTAR</b>	<b>BR. FİYAT</b>	<b>TUTAR (TL)</b>
04.008/2B-A	Portland çimentosu (Dökme) (TS EN 197-1 CEM 1 42,5 N) (Nakli Dahil)	Ton	0,300	2.400,00	720,00
07.006/K-I	Çimento Nakli (M=20 km, A=1,40, K=1750)	Ton	0,300	58,80	17,64
KGM/08.023/ K	Ocak taşından konkasörle kırılmış ve elenmiş 30 mm'ye kadar kırma taş hazırlanması (betonarme ve kaliteli beton için)	m <sup>3</sup>	1,280	389,92	499,10
04.031-C	Su	m <sup>3</sup>	0,100	35,00	3,50
04.109-D	Mazot(motorin)	kg	0,800	40,25	32,20
01.404-E	Operatör makinist	sa	0,014	430,00	6,02
01.405-F	Yükleyici Operatör	sa	0,014	430,00	6,02
01.406-G	Operatör yardımcısı	sa	0,014	430,00	6,02
03.570-H	Otomatik beton santralinin (120 m <sup>3</sup> /saat) 1 Saatlik Ücreti	sa	0,014	2.450,00	34,30
07.006/K-I	Çakıl Nakli (0 km)	m <sup>3</sup>	1,28	0,00	0,00
	Kar ve Genel Masraflar	%	25,00	<b>Toplam:</b>	<b>1.324,80</b>
	Kar ve Genel Masraflar Dahil 1 m <sup>3</sup> Birim Fiyatı			<b>A=</b>	<b>1.656,00</b>
				<b>(\$/m<sup>3</sup>)</b>	<b>43,58</b>

## EK B: SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON(SSB) YOLDA

### SIKIŞTIRMA KALİTESİNİN BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ



Şekil B.1: Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)



Şekil B.2: Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)



**Şekil B.3:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)



**Şekil B.4:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)



**Şekil B.5:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)



**Şekil B.6:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)



**Şekil B.7:** Bayramiç ilçesi Daloba grup yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)



**Şekil B.8:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)



**Şekil B.9:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)



**Şekil B.10:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)



**Şekil B.11:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)



**Şekil B.12:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)



**Şekil B.13:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)



**Şekil B.14:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)



**Şekil B.15:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 8-1, 8-2, 8-3)



**Şekil B.16:** Yenice ilçesi Yeniköy-Hacılar yolu 2024 görselleri (Karotlar 9-1, 9-2, 9-3)



**Şekil B.17:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)



**Şekil B.18:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)



**Şekil B.19:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)



**Şekil B.20:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)



**Şekil B.21:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 5-2, 5-3)



**Şekil B.22:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)



**Şekil B.23:** Yenice ilçesi Örencik-Hıdırlar yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)



**Şekil B.24:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 1-1, 1-2, 1-3)



**Şekil B.25:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 2-1, 2-2, 2-3)



**Şekil B.26:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)



**Şekil B.27:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)



**Şekil B.28:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 5-1, 4-5-2, 5-3)



**Şekil B.29:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 6-1, 6-2, 6-3)



**Şekil B.30:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)



**Şekil B.31:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 8-1, 8-2, 8-3)



**Şekil B.32:** Ezine ilçesi Dalyan-Kestanbol yolu 2024 görselleri (Karotlar 9-1, 9-2, 9-3)



**Şekil B.33:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karatlar 1-1, 1-2, 1-3)



**Şekil B.34:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karatlar 2-1, 2-2, 2-3)



**Şekil B.35:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 3-1, 3-2, 3-3)



**Şekil B.36:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 4-1, 4-2, 4-3)



**Şekil B.37:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karatlar 5-1, 5-2, 5-3)



**Şekil B.38:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karatlar 6-1, 6-2, 6-3)



**Şekil B.39:** Ezine ilçesi Uluköy-Yahyaçavuş yolu 2024 görselleri (Karotlar 7-1, 7-2, 7-3)

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Ali Şahin GÜNGÖR

Doğum tarihi ve yeri : 1991-Yenice/Çanakkale

e-posta : aligungor\_17@hotmail.com

## Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Ahmet Yesevi Üniversitesi/Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi	2016
Lisans	Sakarya Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2013
Lise	Çan İbrahim Bodur Anadolu Lisesi	2009