



KARAYOLU TÜNEL PROJELERİNİN FAYDA MALİYET ANALİZİ
SİVAS-TOKAT KARAYOLU ÇAMLİBEL TÜNELİ ÖRNEĞİ

AFŞİN TUĞRUL TRKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR

OCAK 2021

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KARAYOLU TÜNEL PROJELERİNİN FAYDA MALİYET ANALİZİ –
SİVAS-TOKAT KARAYOLU ÇAMLIBEL TÜNELİ ÖRNEĞİ

AFŞİN TUĞRUL TÜRKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR

OCAK 2021

Her hakkı saklıdır

Afşin Tuğrul TRKAY tarafından hazırlanan “**Karayolu Tünel Projelerinin Fayda Maliyet Analizi- Sivas-Tokat Karayolu Çamlıbel Tüneli rneği**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 21 OCAK 2021 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gazi Osman Paşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İNşAAT MüHENDİSLİğİ ANABİLİM DALI’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri yeleri

İmza

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR

Tokat Gaziosmanpaşa niversitesi

.....

ye

Doç. Dr. Gökhan DEMİR

Ondokuz Mayıs niversitesi

.....

ye

Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AğAOğLU

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

.....

ONAY

.....

Prof. Dr. Mehmet GüNEş

Lisanüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

..../..../2021

BEYAN SAYFASI

Bu yüksek lisans tezinde bilimsel araştırma ve etik kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı sonuçların başka bir yerden alınmadığını, faydalanan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını beyan ederim.

Afşin Tuğrul TRKAY

Ocak 2021

ÖZET

Karayolu Tünel Projelerinin Fayda Maliyet Analizi

Sivas-Tokat Karayolu Çamlıbel Tüneli Örneği

Afşin Tuğrul TÜRKAY

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR

21. yüzyılda ulaşım ihtiyacı artmakta ve yeni yatırımların yapılmasına gerek duyulmaktadır. Ulaşım yatırım maliyetlerinin yüksekliği sebebiyle, ülkelerin mevcut mali kaynaklarını etkin kullanması gerekmektedir. Bu sebepten kamu yatırımları yapılmadan önce sağlayacağı katkıyı değerlendirmek için gerekli ölçüm ve analizler yapılmalıdır. Fayda maliyet analizi bunu sağlayan en önemli analiz yöntemidir. Fayda maliyet analizi yönteminde, fayda ve maliyetlerin maddi değeri bulunarak karşılaştırılmaktadır. Bu çalışmada Sivas-Tokat karayolunda bulunan Çamlıbel Geçidine yapılması planlanan tünel projesi için fayda maliyet analizi yapılmıştır. Faydayı bulabilmek için taşıt işletme giderleri, yolcu ve yolcu zaman giderleri, kış bakım giderleri ve kaza maliyetlerinden sağlanacak faydalar hesaplanmıştır. Maliyet hesabına ise tünelin yapım maliyeti, aydınlatma ve havalandırma maliyeti, tünel işletme maliyeti dahil edilmiştir. Toplam fayda ve toplam maliyet bulunmuştur. Daha sonra faydalar ve maliyetler aynı tarihe güncellenmiştir. Fayda maliyet analizi üç yöntemle yapılmıştır. Net Bugünkü Değer Yöntemi ile yapılan fayda maliyet analizinde $\text{Net Bugünkü Değer} = 229\,527\,056 \text{ TL}$ olarak hesaplanmıştır. Fayda Maliyet Oranı yönteminde ise fayda maliyet oranı 1.43 olarak hesaplanmıştır. İki hesap yönteminde de projenin uygulanmasının faydalı olduğu anlaşılmıştır. İçsel Getiri Oranı yöntemi kullanılarak değişik iskonto oranlarına göre grafik çalışması yapılmıştır. İçsel getiri oranı % 14.2 olarak hesaplanmıştır. Bu oranın altında belirlenen iskonto oranlarında yatırım projesinin maddi olarak faydalı olduğu değerlendirilmiştir. Çamlıbel Tüneli yatırım projesinin mevcut verilere göre yaklaşık 14 yılda kendisini amorti ettiği anlaşılmıştır. Bütün bu hesaplamalar ve ulaşım sağlayacağı katkılar göz önünde bulundurulduğunda Çamlıbel Tüneli projesinin yapılmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

2021 81

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma Projeleri, Karayolu Tünelleri, Fayda Maliyet Analizi, Sivas-Tokat Karayolu, Çamlıbel Tüneli

ABSTRACT

Cost Benefit Analysis of Highway Tunnel Projects

Sivas-Tokat Highway amlıbel Tunnel Example

Afşin Tuğrul TÖRKAY

M. Sc. Thesis

Department of Civil Engineering

Asst. Prof. Dr. Ferit YAKAR

In the 21st century, the need for transportation is increasing and new investments are required. Due to high transportation investment costs, countries should use their existing financial resources effectively. For this reason, necessary measurements and analyzes should be made to evaluate its contribution before making public investments. Cost benefit analysis is the most important analysis method that provides it. In the cost benefit analysis method, benefits and costs are compared by finding their financial value. In this study, cost-benefit analysis has been made for the tunnel project planned to be built on the amlıbel Pass on the Sivas-Tokat highway. In order to find the benefit, the benefits to be obtained from vehicle operating costs, passenger and passenger time costs, winter maintenance costs and accident costs were calculated. For cost calculation, tunnel construction cost, lighting and ventilation costs, tunnel operating costs were evaluated. Total benefits and total costs have been found. Later benefits and costs are updated to the same date. Benefit cost analysis has been done with three methods. In the benefit cost analysis made with the Net Present Value Method, the Net Present Value was calculated as 229 527 056 TL. In the Cost Utility Ratio method, the cost utility ratio is calculated as 1.43. It has been found that the implementation of the project is beneficial in both calculation methods. According to different discount rates, graph has been drawn using the Internal Rate of Return method. The internal rate of return has been calculated as 14.2 %. At the discount rates determined below this value, the investment project is considered to be financially beneficial. According to the available data, it is understood that the amlıbel Tunnel investment project has paid for itself in about 14 years. Considering all these calculations and their contribution to transportation, it has been concluded that it would be beneficial to make the amlıbel Tunnel project.

2021 81

Keywords: Transportation Projects, Highway Tunnels, Cost Benefit Analysis, Sivas-Tokat Highway, amlıbel Tunnel

ÖNSÖZ

Yüksek yatırım maliyeti gerektiren altyapı projelerinde kamu kaynaklarının etkin kullanılması ve karar alıcılara yol gösterilmesi amacıyla Sivas Tokat karayolu Çamlıbel Tüneli projesi özelinde fayda maliyet analizi yapılmıştır.

Yüksek lisans boyunca derslerde, tez konusunun belirlenmesinde ve tez yazım aşamalarında gerekli yönlendirmelerle destek olan ve yol gösteren danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ferit YAKAR'a teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez jürimde yer alan ve değerlendirmek için emek harcayan hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Melih Naci AĞAOĞLU ve Doç. Dr. Gökhan DEMİR'e teşekkür ederim.

Tüm eğitim öğretim hayatım boyunca bana maddi manevi destek olan başta annem ve babam olmak üzere bütün aileme çok teşekkür eder, minnetlerimi sunarım.

Çalışmamın ülkemize ve bilim dünyasına faydalı olmasını dilerim.

Afşin Tuğrul TÜRKEY

Ocak 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	iv
SEMBOL VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1- GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Amaç	1
1.3. Fayda Maliyet Analizi Kavramı.....	2
1.4. Faydanın Tanımı	5
1.4.1. Direkt Fayda.....	6
1.4.2. Dolaylı Fayda	6
1.5. Maliyet Kavramı	6
1.5.1. Yapım Maliyeti	7
1.5.1.1. Etüt Safhası	7
1.5.1.2. Planlama Aşaması	8
1.5.1.3. Uygulama ve Kontrol Aşaması	8
1.5.1.4. Kabul Aşaması	8
1.5.2. Bakım ve Onarım Maliyeti.....	8
1.5.3. İşletme Maliyeti	9
1.5.4. Sürdürülebilirlik Maliyeti.....	10
1.5.5. Yıllık Maliyet Kavramı	10
1.6. Fayda ve Maliyetin Aynı Tarihe Güncellenmesi	10
1.7. Fayda Maliyet Analizinde Kullanılan Yöntemler	10
1.7.1. Net Bugünkü Değer Yöntemi.....	11
1.7.2. Fayda Maliyet Oranı	12
1.7.3. İçsel Getiri Oranı.....	12
1.8. Kamu Yatırımları Fayda Maliyet Analizinin Önemi	13
1.9. Karayolu Projeleri Karar Alma Süreci	14

2- MATERYAL	15
2.1. Tünel Uygulamaları Tarihçesi ve Karayolları Genel Durumu.....	15
2.2. Proje Çalışması.....	21
2.3. Sivas Tokat Karayolu.....	22
2.4. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları	23
2.5. Çamlıbel Tüneli Tasarım Bilgileri	26
2.6. Çamlıbel Tüneli Planlanan Yatay ve Düşey Hatları	28
2.7. Çamlıbel Tüneli Proje Kriterleri	29
2.8. Çamlıbel Tüneli Yapım Aşamasında Dikkat Edilecek Konular	36
2.9. Trafik Verileri	38
2.10. Trafik Projeksiyonu.....	41
2.11. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Karayolu Ulaşımına Katkısı	43
3- BULGULAR VE HESAPLAMALAR.....	44
3.1. Çamlıbel Tüneli Projesi İçin Faydaların Hesaplanması.....	44
3.1.1. Taşıt İşletme Giderlerinde Elde Edilecek Fayda Hesabı.....	44
3.1.2. Yolcu Zaman ve Yük Maliyetlerinden Elde Edilecek Faydalar	51
3.1.3. Kış Bakım Maliyetlerinden Sağlanacak Faydalar.....	55
3.1.4. Kaza Maliyetlerinin Azalmasından Sağlanacak Faydalar.....	60
3.1.5. Toplam Fayda.....	64
3.2. Çamlıbel Tüneli Maliyetinin Hesaplanması.....	66
3.2.1. Tünel İnşaat Tahmini Maliyeti.....	66
3.2.2. Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistem Maliyeti.....	68
3.3.3. İşletme Maliyeti	70
3.3.4. Toplam Maliyet.....	72
3.4. Fayda Ve Maliyet Hesaplarının Aynı Tarihe Güncellenmesi	74
3.5. Net Bugünkü Değer Yöntemi ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması	75
3.6. Fayda Maliyet Oranı ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması	75
3.7. İçsel Getiri Oranı ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması	76
4- SONUÇLAR.....	77
5- KAYNAKÇA	79
ÖZGEÇMİŞ	81

SEMBOL VE KISALTMALAR

KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü
NBD	:Net bugünkü değer
FBD	:Faydanın net bugünkü değeri
MBD	:Maliyetin net bugünkü değeri
FMO	:Fayda maliyet oranı
İGO	:İçsel getiri oranı
NATM	:Yeni Avusturya Tünel Methodu
YOGT	:Yıllık ortalama günlük trafik
i	:iskonto oranı
BSK	:Bitümlü sıcak karışım
ÇED	:Çevresel etki değerlendirme
V _p	:Tasarım hızı
R	:Çap

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1 Fayda Maliyet Analizi Kavramının Sembolik Gösterimi.....	3
Şekil 1.2. Fayda Maliyet Analizi Grafiği.....	4
Şekil 1.3. Faydaların Sınıflandırılması.....	5
Şekil 1.4. Maliyetin Sınıflandırılması.....	7
Şekil 1.5. Bakım Onarım Çalışmasına bir örnek.....	9
Şekil 1.6. Fayda Maliyet Analizi Yöntemleri.....	11
Şekil 1.7. İçsel Getiri Oranı Grafiği (Karayılmazlar ve İşler, 2019).....	13
Şekil 2.1. Cumhuriyetin İlk Dönemleri Karayolu Görüntüsü.....	16
Şekil 2.2. Karayolları Genel Müdürlüğü Bölgeler Haritası.....	17
Şekil 2.3. Karayolları Genel Müdürlüğü Yatırım Harcamaları.....	18
Şekil 2.4. Karayolları Genel Müdürlüğü Yol Ağı.....	19
Şekil 2.5. Tünel Uygulaması.....	20
Şekil 2.6. Sivas Tokat Karayolu Görüntüsü.....	22
Şekil 2.7. Sivas Tokat Karayolu Haritası.....	23
Şekil 2.8. Çamlıbel Geçidi Görüntüsü.....	24
Şekil 2.9. Çamlıbel Tüneli Projesi Harita Üzerinden Görünümü.....	25
Şekil 2.10. Çamlıbel Tüneli Girişi.....	27
Şekil 2.11. Ilıca ve İhsaniye Göleti.....	30
Şekil 2.12. Çamlıbel Tüneli 1. Kavşak Yapılacak Yeri.....	32
Şekil 2.13. Çamlıbel Tüneli Girişi.....	33
Şekil 2.14. Çamlıbel Tüneli 2. Kavşak Yapılacak Yeri	34
Şekil 2.15. Çamlıbel Tüneli Çıkışı	35
Şekil 2.16. 16. Bölge Müdürlüğü Trafik Sayımı.....	39
Şekil 2.17. Çamlıbel Tünel Hattı.....	43
Şekil 3.1. Kış Aylarında Çamlıbel Geçidinden Görünümü.....	55
Şekil 3.2. Kış Şartlarıyla Mücadele Aracı.....	57
Şekil 3.3. Karayolu Kaza İstatistiği.....	60
Şekil 3.4. Çamlıbel Bölgesi Trafik Kazası.....	61
Şekil 3.5. Tünel Aydınlatması.....	69
Şekil 3.6. Çamlıbel Tüneli İçin İçsel Getiri Oranı Grafiği	76

TABLolar DİZİNİ

	Sayfa No
Tablo 2.1. Tasarım Kriterleri (KGM, 2014).....	26
Tablo 2.2. 2014 Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2015).....	27
Tablo 2.3. 2009 Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2010).....	39
Tablo 2.4. 2019 Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2020).....	40
Tablo 2.5. 2019 Yıllık Yüzdesel Değişim.....	40
Tablo 2.6. 2020 Yılı Tahmini Ortalama Günlük Trafik Değerleri.....	41
Tablo 2.7. Trafik Projeksiyonu.....	42
Tablo 3.1. Otomobil Cinsi Taşıt İçin Oranlar.....	45
Tablo 3.2. Orta Yük. Tic. Taşıt İçin Oranlar.....	45
Tablo 3.3. Otobüs İçin Oranlar.....	45
Tablo 3.4. Kamyon İçin Oranlar.....	46
Tablo 3.5. Tır İçin Oranlar.....	46
Tablo 3.6. Taşıt İşletme Giderleri.....	47
Tablo 3.7. Bir Yıl İçerisinde Geçen Araç Sayıları.....	48
Tablo 3.8. 1 Km Mesafe İçin Taşıt İşletme Giderleri.....	49
Tablo 3.9. Toplam Mesafe Kısılmasının Sağlayacağı Taşıt İşletme Giderlerindeki Azalmalar.....	50
Tablo 3.10. Yolcu ve Yolcu Zaman Bedeli.....	51
Tablo 3.11. Ortalama Yolcu Sayıları.....	52
Tablo 3.12. Yük Taşıma Maliyeti.....	52
Tablo 3.13. Yük Taşıma Toplam Maliyeti.....	52
Tablo 3.14. 1 Km Mesafe Azalmasının Yolcu Zaman Ve Yük Taşıma Maliyetine Etkisi.....	53
Tablo 3.15. Toplam Mesafe Kısılmasının Sağlayacağı Yolcu Zaman Ve Yük Taşıma Maliyeti Giderlerindeki Azalmalar.....	54
Tablo 3.16. Kış Bakım Maliyeti	58
Tablo 3.17. Kış Bakım Maliyetindeki Azalmalar.....	59
Tablo 3.18. Kaza Maliyeti.....	62
Tablo 3.19. 1 Km Mesafe Kısılması İçin Milyon Taşıt Km Olarak Kaza Maliyeti.....	63
Tablo 3.20. Toplam Mesafe Kısılması İçin Milyon Taşıt Km Olarak Kaza Maliyeti.....	64
Tablo 3.21. Toplam Faydalar.....	65
Tablo 3.22. Tünel İnşaat Maliyeti.....	66
Tablo 3.23. Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistem Maliyeti.....	69
Tablo 3.24. Tünel İşletme Maliyeti.....	71
Tablo 3.25. Toplam Maliyet.....	73
Tablo 3.26. Fayda ve Maliyetin Güncellenme Hesabı.....	74

1- GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Ülkelerin ulaşım altyapısının iyi düzeyde ve standardı yüksek olması gelişmişliğinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde kara trafiği her geçen gün artmakta ve bu durum ulaşım hizmetlerinde önemli problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu nedenle ulaşım yatırımlarının proje ve yapım aşamalarında optimum çözümlerin üretilmesi şarttır. Ulaşım proje maliyetlerinin yüksekliği sebebiyle kaynak kullanımının iyi değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Modern devlet anlayışıyla birlikte kamu harcamaları da artmakta ve üstelik artan bu gereksinimler karşısında kaynaklar yetersiz kalabilmektedir (Durmuş, 2008). Mevcut mali rezervleri en iyi biçimde değerlendirmek ve yürütülen hizmetlerin etkinliğini arttırmak için yatırım projelerinin faydasının maliyetinden fazla olması gerekmektedir. Burada en önemli mesele projelerin ekonomik fayda ve maliyetlerini en geniş bakış açısıyla ele alabilmektir. Konuyu sadece ilk yapım maliyetleri açısından değerlendirmek yerine, oluşacak tüm fayda ve maliyetlerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Fayda maliyet analizi bunu sağlayacak bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tünel, yer altına veya dağ içine kazı yapılmak suretiyle oluşturulan geçit olarak adlandırılmaktadır (Yılmaz, 2010). Karayolu veya demiryolu ulaşımını sağlamak için yapılmaktadır. Özellikle kış aylarındaki olumsuz hava şartlarında da kesintisiz ulaşım yapılmasını sağlamaktadır. Yolculuk süresini kısaltmakta ve akaryakıt tasarrufu sağlamaktadır. Ancak tünel projeleri yüksek yatırım maliyeti gerektiren projelerdir. Tünel projeleri yüksek yatırım maliyeti gerektirmekte olduğundan dikkatli değerlendirilmesi ve en uygun projelerin seçilmesi gerekmektedir. Bütün kamu yatırım projelerinde olduğu gibi karayolu ve karayolu tüneli projelerinde de yatırıma karar verilmeden önce fayda maliyet analizi yapılmalıdır.

1.2. Amaç

Fayda maliyet analizi kamu yatırım projelerini etkinlik yönünden değerlendirmeye yarayan, topluma en yüksek katkıyı sağlayacak olan yatırımların seçiminde veya bu projelerin öncelik sırasının belirlenmesinde yararlanılan bir teknik olarak adlandırılmaktadır (Aktan ve Sakal, 1999). Çalışmanın amaçlarından birisi, yatırım

projelerinin değerlendirilmesi ve karar alma sürecini özetledikten sonra fayda maliyet analizi tekniğini detaylı olarak ele almaktır. Bir diğer amaç, tünel yapım tarihçesini gözden geçirdikten sonra yeni teknikler sayesinde kolaylaşan ve maliyetleri düşen karayolu tüneli yapımı konusunda güncel fiyatlarla bir fayda maliyet analizi yapmaktır. Çalışmanın uygulama bölümünde ise, Sivas–Tokat devlet karayolu üzerine yapılması planlanan Tokat Çamlıbel tünelinin bütüncül bir bakış açısıyla faydaları ve maliyetleri değerlendirilecek ve fayda maliyet analizi yapılacaktır. Yapılacak fayda maliyet analizinin karar vericilere kolaylık sağlaması öngörülmektedir.

Bu konuda daha önce yapılan çalışmalara baktığımızda Aktan ve Sakal (1999) ile Karayılmazlar ve İşler (2019), fayda maliyet analizi kavramını teorik olarak ele almıştır. Süttaş ve Öztaş (1983) çalışmasında karayolu yatırımlarının uygulama aşamaları detaylandırılmıştır. Yılmaz (2010) çalışmasında ise Araklı Bayburt Karayolunun fayda maliyet analizi spesifik bir konu üzerinden çalışılmıştır. Bir diğer çalışmada Başçuhadar (2014) taşıt işletme giderleri ve yolcu giderleri daha detaylı olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada Çamlıbel Tüneli için fayda maliyet analizi daha detaylı yapılacak olup kış bakım maliyetleri ve kaza maliyetleri de dahil edilecektir. Bu konuda Uçkun ve Kadioğlu (2016) ile Gerçek (2001) çalışmalarından faydalanılacaktır. Bütün bu literatür çalışmaları değerlendirilerek fayda ve maliyet kalemleri detaylı hesaplanarak fayda maliyet analizi çalışması yapılacaktır.

1.3. Fayda Maliyet Analizi Kavramı

Fayda maliyet analizi kavramı, bir yatırım projesinin katkı sağlayacağı bütün dönemler boyunca sağlayacağı faydaların ve maliyetlerin parasal değer olarak ifade edilmesidir. Fayda ve maliyetler parasal değer olarak ifade edildikten sonra belirli bir oranda iskonto edilerek, fayda ve maliyetlerin bugünkü değerleri karşılaştırılarak yatırım projesinin uygulanabilir olup olmadığı durumu hakkında bilgi edindirir(Tokatlıoğlu, 2005). Şekil 1.1’de gösterildiği gibi faydanın bugünkü değeri, maliyetin bugünkü değerinden büyükse bu yatırım yapılabilir kabul edilir (Aktan ve Sakal, 1999). Faydanın bugünkü değeri, maliyetin bugünkü değerinden küçükse proje yatırım karlı olmadığı anlaşılır.



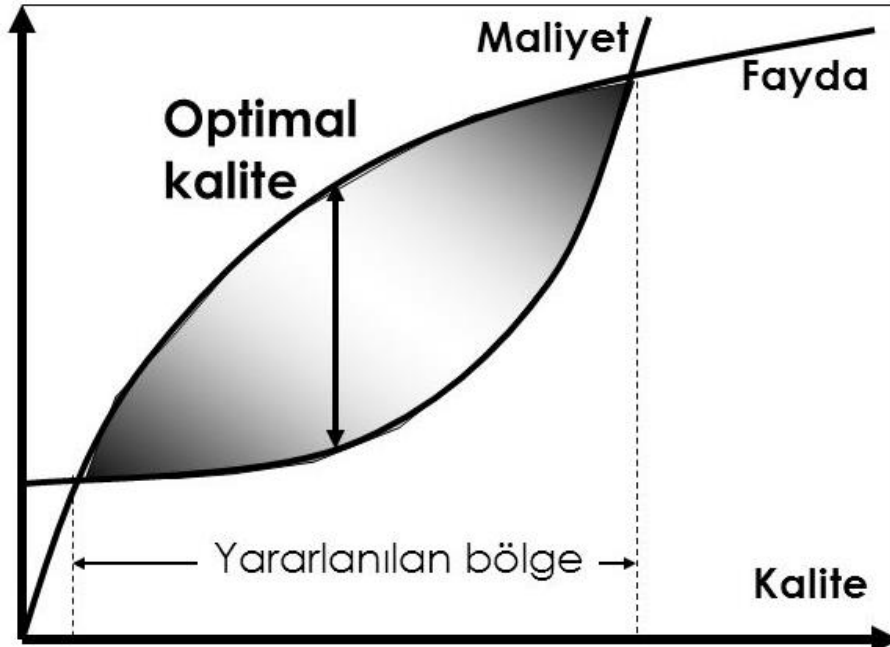
Şekil 1.1. Fayda Maliyet Analizi Kavramının Sembolik Gösterimi

Fayda maliyet analizi ile ilgili ilk çalışma 1844 yılında Fransız mühendis J.Dupuit tarafından teorik olarak yapılmıştır. Bayındırlık işlerinde faydanın ölçülmesi üzerine isimli çalışma ile teorik olarak konuyu ilk defa ele alan Dupuit'e göre kamusal hizmetlerin faydası bireylerin ödedikleri fiyat değil, ödemeyi kabul edeceği maksimum tutara eşittir (Dupuit, 1969). Bu teorik çalışmada fayda maliyet analizi, kamu kesiminde sınırlı bir alanda uygulama olanağı bulan bir teknik olarak tanımlanmıştır. Fayda maliyet analiziyle, fayda ve maliyetlerinin parasal olarak ölçülebilmesi mümkündür. Bu anlamda etkinlik yönünden önem taşımaktadır. Fayda maliye analizi ile kamu harcamaları etkinlik yönünden bir değerlendirmeye tabi tutulmaktadır (Karayılmazlar ve İşler, 2019).

Fayda maliyet analizinin kamu yatırım hizmetlerinde uygulanması hedeflenmektedir. Ancak tam kamusal nitelikte olan hizmetler, bu analizlerin yapılmasına imkan vermemektedir. Başka bir ifade ile kamu yatırımlarında etkinlik analizlerinin uygulanabilirliği, arz edilecek kamusal malın niteliği ile yakından ilgilidir. Fayda maliyet analizinin kamu kesimi tarafından üretilen bölünemez nitelikteki kamusal hizmetlerde uygulanması oldukça zordur. Örnek verecek olursak tam kamusal olarak da ifade edilebilecek savunma hizmetleri, milli güvenlik, emniyet hizmetleri ve adliye hizmetleri ile ilgili fayda ve maliyetlerin parasal değerlerle ifade edilebilmesi çok zor veya imkansız olabilmektedir. Bu manadaki kamusal hizmetlere tüketicilerin tercihlerini açıklamamaları ücretsiz yararlanma isteği, piyasa analiz yöntemlerinin bu mal ve hizmetler için uygulanamamasına sebep olmaktadır. Ama tam tersine havaalanı, metro, köprü, liman,

karayolu, tünel gibi ulaştırma projelerinde, eēitim ve saēlık hizmetleri gibi alanlarda fayda maliyet analizinden faydalanılmaktadır. Ulaştırma projeleri, saēlık hizmetleri, enerji projeleri, sulama ve baraj projeleri, teknik altyapı yatırımları, eēitim yatırımları gibi sosyal altyapı projeleri ile konut sektörü, şehir ve evre yönetiminde fayda maliyet analizlerinden yararlanılmaktadır. Bu tür hizmetler hem özel hem de toplumsal fayda saēlayan hizmetlerdir. Bu hizmetlerin üretimi için hazırlanan projelerin net sosyal faydalarının hesaplanması fayda maliyet analizleri ile mümkün olabilmektedir (Aktan ve Dileyici, 2012).

Fayda maliyet analizi ekonominin tüm aşamalarını içine almaktadır. Bir yandan projenin diēer benzerleriyle mukayesesinde ortaya çıkacak maliyetini deēerlendirirken diēer yandan yatırım girdi ve çıktılarını şekil 1.2'deki gibi doēru mukayese etmek gerekmektedir.



şekil 1.2. Fayda Maliyet Analizi Grafiēi

Bu tür projelerde fayda maliyet analizlerinin uygulanabilir olmasının temel sebebi kamu mallarının bölünebilir olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebeple kamusal hizmetlerden doēacak fayda ve maliyetler hesap edilebilecektir.

Fayda ve maliyet analizi yaptırılması gereken hizmetlerin yatırım sınıflarının hangisine girdiğini ve diğerleriyle ne ölçüde ve ne kadar ilgili olduğunun bilinmesi yararlı olacaktır. Yatırım sınıflarına ve özelliklerine göre uygulanacak teknikler değişmektedir.

Fayda maliyet analizi, üretilecek faydaların diğer faaliyet kollarından ne ölçüde ve ne derece etkilendiğini içermelidir.

1.4. Faydanın Tanımı

Mal ve hizmetlerin insan ihtiyaçlarını giderme özelliklerine fayda denilmektedir (Yılmaz, 2010). Fayda kavramı, kamu yatırım projesinin dolaylı ve dolaysız bütün etkilerini kapsamaktadır.

Bir ulaştırma projesinin ekonomik faydalarının ölçülmesi genellikle ekonomik maliyetlerin ölçülmesinden daha zor olmaktadır. Çünkü çok sayıda insan faydaların çoğundan uzun bir süre boyunca yararlanır, bu da zor ve uzun vadeli tahminleri gerektirmektedir (Adler, 1975). Faydalar Şekil 1.3’de görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.

Direkt Fayda	Dolaylı Fayda
Taşıt İşletme Giderleri Etkisi	İslah Etkisi
Yolcu Zaman Giderleri Etkisi	Ticaret Etkisi
Kaza Etkisi	Doğa Etkisi
İşletme Gelirleri Etkisi	Tedarikçi Sektör Etkisi
Yük Taşıma Giderleri Etkisi	Kültürel Etki

Şekil 1.3. Faydaların Sınıflandırılması

1.4.1. Direkt Fayda

Proje ürünlerini doğrudan kullananların elde ettikleri faydaya direkt fayda denir. Direkt faydayı, bu ürünleri kullanan bireylerin ödemeye hazır oldukları fiyat temsil eder. Taşıt işletme giderlerindeki azalmalar, yolcu giderlerindeki azalmalar, yük taşıma maliyetlerinden sağlanan faydalar zaman tasarrufu ile elde edilen faydalar bu kapsamda değerlendirilir (Sütaş ve Öztaş, 1983). Örneğin, bir sulama projesi uygulamasında, arazinin güzelleşmesi ve tarımsal üretimindeki artışlar projede sağlanan direkt faydalardandır. Akaryakıt giderlerinin azalması, yük taşıma maliyetlerinin azaltılması bir tünel projesinde direkt fayda olarak değerlendirilir.

1.4.2. Dolaylı Fayda

Proje ürünleri dışında kullananların dışarıdaki bireylerin elde etmiş oldukları faydaya dolaylı fayda denir. Dolaylı fayda, aynı zamanda endirekt fayda ve tali fayda olarak da bilinmektedir. Örneğin erozyonun önlenmesi amacıyla sulama projesi yapılması endirekt faydaya örnek teşkil etmektedir (Aktan ve Sakal, 1999).

Dolaylı faydaların tahmin edilmesi ve gelecek yıllara ait tahminlerde bulunmak için çok iyi istatistik verilere ihtiyaç olmaktadır. Bu nedenle etkili fizibilite etüdü her önemli proje için gereklidir.

1.5. Maliyet Kavramı

Belirli bir amaca yönelik kullanım ve tüketimlerin parayla ifadesine maliyet denir. Diğer bir deyişle vazgeçilen faaliyetlerin ekonomiye yapabileceği katkıyı ifade etmektedir (Aktan ve Sakal, 1999).

Fayda maliyet analizinde, faydaların ölçülmesine oranla kamu yatırım projelerinin maliyetlerin ölçülmesi daha kolaydır. Maliyet unsurlarını çoğunlukla parasal olarak ifade etmek, maliyet hesaplamalarında mümkündür (Yılmaz, 2010). Maliyetler Şekil 1.4' te görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 1.4. Maliyetin Sınıflandırılması

Bununla birlikte farklı finansman modellerinde farklı maliyetler ve farklı aktörler de yatırım sürecinde gündeme gelebilmektedir.

Ayrıca alternatif yatırım projelerinin karşılaştırılması gerektiğinde vazgeçilen projenin sağlayacağı getiriyi bulmak için fırsat maliyeti hesabı da yapılmaktadır.

1.5.1. Yapım Maliyeti

Yapım maliyetleri içinde; proje yapım harcamaları, yeni inşa edilen yollar için kamulaştırma maliyeti, toprak işleri maliyeti, sanat yapıların maliyeti, üst yapı maliyeti, aydınlatma ve işaretleme tesis maliyetleri yer alır. Proje etüdü, planlama evresi, uygulama ve kontrol evresi ve kabul işlemlerinden oluşan yapım aşamalarında ortaya çıkan maliyetler bu kapsama girmektedir. Yapım aşamasında ortaya çıkan bu maliyetleri, yapım evreleri temelinde değerlendirmek mümkündür.

1.5.1.1. Etüt Safhası

Proje tanımlama, dizayn aşaması gerçekleştirme, gerekli fizibilite etütleri ve değerlendirmeler, ihale süreci maliyetleri ile başlayan bu aşamada yapılmaktadır. Projenin organizasyon yöntemi, yapım için gerekli kaynak ihtiyacı ve proje maliyeti analiz edilerek ortaya konulması, bu etütlerin temelinde yapılmaktadır. Proje stratejisinin tayin edildiği bu aşamada, projenin uygunluğu tetkik edilirken hangi modelle hayata geçirileceği de tespit edilmektedir. Bu modeller arasında kamu-özel sektör iş birliği ya da kamu finansmanı alternatifleri gündeme gelecek seçenekler olabilmektedir.

1.5.1.2. Planlama Aşaması

Projenin planlama aşamasında tüm paydaşların (teknik müşavir firma, hukuk firması, mimari kadro, finans kurumu, müteahhit firma vb.) projeyi anlaması sağlanmakta ve iş paylaşımı yapılmaktadır. Zaman yönetimi bu aşamada bir maliyet kalemi olarak sürece eklenmektedir. Projede hedeflenen sonuç, süre, yer ve paydaşlar bu süreçte net bir şekilde tespit edilerek projenin toplam inşaat ve diğer süreç maliyeti oluşturulur.

1.5.1.3. Uygulama ve Kontrol Aşaması

Bu aşamada, planlama evresinin çıktıları uygulanmaya başlamaktadır. İnşaat süreci, projenin bu aşamasında kontrol edilmekte ve planın akışından sapmalar takip edilmektedir. Bu sapmaların, planın genel uygulamasına etkisi analiz edilirken, proje maliyetleri, zaman ve kalite parametreleri ışığında gerekirse tekrar planlanarak revize edilmektedir.

1.5.1.4. Kabul Aşaması

Bu aşamada proje tamamlanır ve yüklenici firmalarla olan sözleşmeler sonlandırılarak, finansal kapanış gerçekleştirilir. Yapım işinin kabul işlemleri yapılır. Proje genel değerlendirmeye tabi tutulmakla beraber projenin amacı ile kat edilen mesafenin başarısı ölçülür.

1.5.2. Bakım ve Onarım Maliyeti

Şekil 1.5’de görüldüğü üzere projede zaman zaman oluşabilecek arızaların onarılması, dolan hendek ve sanat yapılarının temizlenmesi, karla mücadele, kaplama üstü ve pano işaretlerinin yenilenmesi, yol boyunca peyzaj çalışmaları için yapılan harcamalar bakım onarım maliyeti içinde yer alır.



Şekil 1.5. Bakım Onarım Çalışmasına bir örnek

1.5.3.İşletme Maliyeti

İşletme maliyetini, yatırımın hizmet ömrü boyunca işletilmesi sırasında ortaya çıkan giderler oluşturmaktadır. İşletme maliyetleri içinde aydınlatma enerji giderleri, telefon, sinyalizasyon, servis aracı gibi öğelerin harcamaları yer alır.

Acil durum planı, sağlık hizmetleri, eğitim ve yangınla mücadele, güvenlik, araç kontrolü, insan ve yapıları etkileyen olaylar, personel temini, kafe-bar-restoran, mağazalar gibi kiraya verilen mekanların oluşturulması, tehlike anında kullanılacak araç gereç ve ekipmanın temini vs. sorumlu işletmelerin sorumluluk alanında bulunan faaliyetlerdendir.

1.5.4. Sürdürülebilirlik Maliyeti

Yatırımların ekonomik, sosyal ve ekolojik çevreye yaptığı etkiler sürdürülebilirlik kalemlerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla yatırımların yapıldığı bölgenin ekonomik rolüne katkısı ekonomik sürdürülebilirlik maliyetlerini oluştururken; doğal kaynakların verimli kullanımı, iklimin korunması ve atıkların yok edilmesi ise çevresel boyutunu oluşturmaktadır. Sağlık, güvenlik, uyum ve etik unsurlar sosyal sürdürülebilirlik maliyetlerini oluşturmaktadır.

1.5.5. Yıllık Maliyet Kavramı

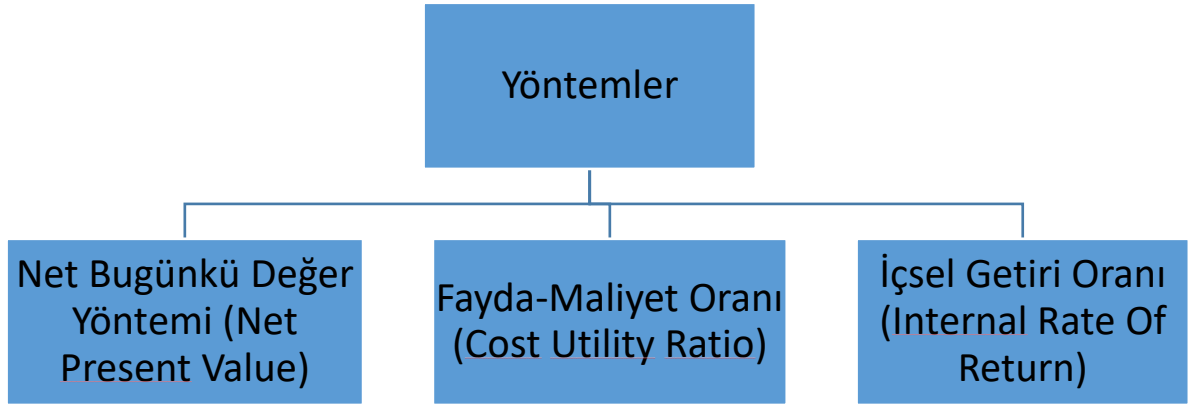
Yıllık maliyet, yapım ve bakım olmak üzere iki ana bölüme ayrılmaktadır. Yapım masrafları bir yatırımdır oysa bakım masrafları yıllık harcamalardır. Bakım harcamaları yapıldığı yıla mal edilebilir. Ama yapım maliyetleri yıllara yayıldığından amortisman uygulanarak ortalama yıllık yapım maliyetlerinin bulunması gerekir.

1.6. Fayda ve Maliyetin Aynı Tarihe Güncellenmesi

Ekonomik kurallar çerçevesinde, aynı miktar paranın bugünkü değerinin, gelecek yıldaki değerinden daima yüksek olduğu dikkate alındığında değişik yıllarda yapılan yatırımların veya elde edilen faydaların saf parasal değerlerinin hesaba katılması yerine karşılaştırmanın yatırımlarda ve faydalarda zaman yönünden aynı yapılması gerekir (Sütaş ve Öztaş, 1983). Bunun için tüm fayda ve maliyet kalemlerinin, para olarak karşılıkları belirlenen bir dönemdeki değerine çevrilmelidir. Yapılan bu işleme güncelleme adı verilir (Ilıcalı, 2010). Nakit karşılıkları belirli bir yıla indirgenen değerlere de güncellenmiş değer denilmektedir (Sütaş ve Öztaş, 1983).

1.7. Fayda Maliyet Analizinde Kullanılan Yöntemler

Fayda maliyet analizi genelde bir ekonomi politikasının sonuçlarını toplum açısından değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Fayda maliyet analizi, kamu yatırım projeleri açısından ele alınırsa, bir projeyi topluma yükleyeceği maliyetler ve sağlayacağı faydalar açısından değerlendirmektir. Fayda maliyet analizi yöntemleri Şekil 1.6'da görüldüğü gibi sınıflandırılabilir.



Şekil 1.6. Fayda Maliyet Analizi Yöntemleri

1.7.1. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Net bugünkü değer yöntemi, önceden belirlenen bir iskonto oranı baz alınarak yatırım harcamalarını ve yatırımın sağlayacağı faydaları aynı zaman noktasına indirgeyerek aralarındaki farkın karşılaştırılması olarak tanımlanır. Yani yatırım projesi için bir başlangıç tarihi belirlenir. Daha sonra projenin başlangıç maliyetine proje ömrü boyunca harcanacak maliyetler net bugünkü değere indirgenerek eklenir. Sonra faydalar için de aynı işlem tekrarlanır ve son olarak bu iki verinin arasındaki farka bakılarak ilgili yatırımın faydaları fazla ise proje kabul edilir, eğer maliyetleri fazla ise proje reddedilir (Karayılmazlar ve İşler, 2019).

Bu yöntemde, projenin net bugünkü değeri bulunmakta ve bu değer eğer pozitif çıkarsa ($NBD > 0$) proje verimli olarak kabul edilmektedir. Net bugünkü değer negatif çıkması durumunda ise proje verimsiz olarak kabul edilir. Birden fazla proje karşılaştırılması bahse konu olduğunda ise net faydaların net bugünkü değerleri pozitif ve en yüksek olan proje kabul edilir.

$$NBD = FBD - MBD \text{ şeklinde ifade etmek mümkündür.} \quad (1.1)$$

NBD = Net Bugünkü Değeri

FBD = Faydaların Net Bugünkü Değeri

MBD = Maliyetlerin Net Bugünkü Değeri

1.7.2. Fayda Maliyet Oranı

Bu analiz tekniğinde yatırımın tüm yaşamı boyunca yapılacak olan harcamalar ve elde edilecek faydalar günümüz değerine indirgenmekte ve bir fayda maliyet oranı hesaplanmaktadır. Yatırım projelerinin ölçekleri ve başlangıç maliyetleri belirgin farklar gösteriyorsa Net bugünkü değer ve fayda maliyet oranı yöntemleri farklı sonuçlar verebilmektedir. Bugüne indirgenmiş değerler ile fayda ve maliyetler parasal olarak karşılaştırılabilir hale gelmektedir. Böylece hangi yatırımın daha verimli olup olmadığına karar verilmektedir. Faydaların bugünkü değeri, maliyetlerin bugünkü değerinden büyük ise tek başına yatırımın yapılmasına karar verilebilir, eğer maliyetlerin bugünkü değeri, faydaların bugünkü değerinden büyük ise yatırımın verimli olmayacağı sonucuna yani uygulanabilir olmadığına karar verilebilmektedir (Karayılmazlar ve İşler, 2019).

Fayda maliyet oranı yöntemi de yaygın olarak kullanılan karar yöntemlerinden biridir. En yüksek Fayda Maliyet oranına sahip proje kabul edilir. Bu oran 1'den büyük ise (FMO>1), proje verimli kabul edilmekte olup, oran 1'den küçük ise (FMO<1) verimsiz kabul edilmektedir.

$$FMO = \text{Faydaların Net Bugünkü Değeri} / \text{Maliyetlerin Net Bugünkü Değeri} \quad (1.2)$$

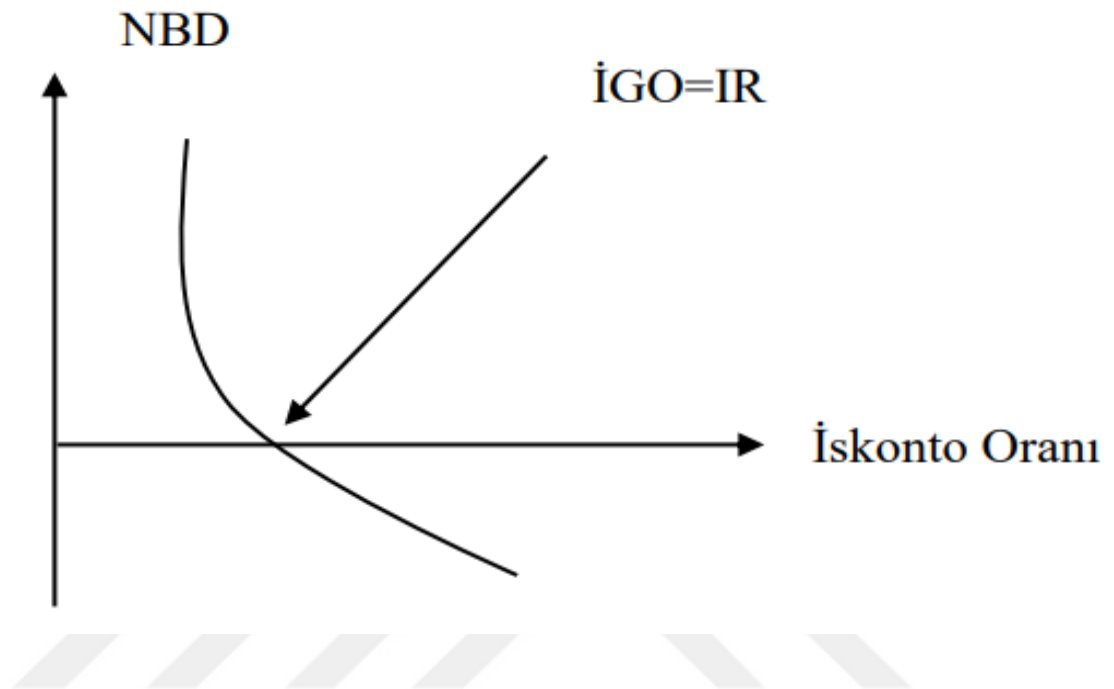
$$FMO = \text{Fayda Maliyet Oranı}$$

1.7.3. İçsel Getiri Oranı

İçsel Getiri Oranı yöntemi, fayda maliyet oranında ifade edilen net bugünkü değeri sıfıra eşitleyen iskonto oranı olarak değerlendirilir. Yatırım yapılacak projenin nakit giriş ve çıkışlarını birbirine eşitleyen iskonto oranının (Şekil 1.7) belirlenmesine dayalı bir metottur. (Karayılmazlar ve İşler,2019).

Bulunan içsel getiri oranı sosyal iskonto oranı ile karşılaştırılarak projenin yatırıma uygunluğuna karar verilir. Elde edilen içsel getiri oranı, sosyal iskonto oranından büyükse projenin verimli olduğuna, içsel getiri oranı sosyal iskonto oranından küçükse projenin verimsiz olduğuna karar verilir. Kullanılacak iskonto oranının belirlenmesi konusunda farklı öneriler getirilmektedir. Bazı ekonomistler özel yatırımların marjinal karlılık oranını, bazıları devlet tahvillerinin reel faiz oranlarını, bazıları ise birçok değişken ile belirlenecek sosyal zaman tercihi oranının kullanılmasını savunmaktadırlar.

Fakat kamu yatırımlarında genel kabul görmüş iskonto oranı, belirlenen gösterge faiz oranıdır (Karayılmazlar ve İşler, 2019).



Şekil 1.7. İçsel Getiri Oranı Grafiği (Karayılmazlar ve İşler, 2019)

1.8. Kamu Yatırımları Fayda Maliyet Analizinin Önemi

Kamusal yatırım projelerinde fayda maliyet analizlerinin uygulanabilmesi olasılığı devletin üretilip sunduğu mal ve hizmetin türüne göre farklılık gösterebilmektedir. Fakat devletin üretilip sunduğu mal ve hizmetlerin tümü aynı türde faydalar sağlamamaktadır. Bazı mal ve hizmetler tümüyle bölünemez nitelikte faydalar sağlarken, bazıları tümüyle özel nitelikli faydalar sağlayabilmektedir. Dolayısıyla milli savunma, milli güvenlik, sağlık, eğitim ve ulaştırma gibi alanlarda uygulanabilecek etkinlik analizlerinin birbirinden farklı olması gerekir. Çok çeşitli mal ve hizmet üretiminde fayda maliyet analizi uygulamalarına rastlamak mümkün olmaktadır (Karayılmazlar ve İşler, 2019).

Yapılacak olan kamu yatırımları veya özel sektör yatırımları için, uygulamaya geçmeden önce projenin teknik analizlerinin yapılması sonrasında, ekonomik ve sosyal analizinin

de yapılması gereklidir. Aksi halde bir birimlik gelir sağlayacak yatırımlar için çok daha fazla maliyetle karşılaşılması ihtimali muhtemel olmaktadır. Ekonomik ömürlerinin uzun olması ve büyük ölçekli yatırımlar olması sebebiyle özellikle kamu yatırım projelerinde bu analizlerin yapılması ülkeler için oldukça önemli olmaktadır. Kamu sektörlerinin amacı özel sektör gibi maksimum kar sağlamak olmayıp, sosyal refahı en üst düzeye çıkarmak, topluma yaymak olduğundan ve yöntemin sosyal fayda ve maliyetleri içermesi sebebiyle kamu otoriteleri tarafından tercih edilen bir yöntem olduğu kabul edilebilir. Uzmanlık gerektiren bu analizler, doğru argümanlar kullanılarak, ekonomik ömrü veya sağladığı fayda ve maliyetler abartılmadan, tarafsız olarak yapılması gerekmektedir. Bir ülkenin büyümesi, kalkınması ve istikrarlı bir gelir artışı sağlaması ancak bu şekilde mümkün olmaktadır.

Bir ekonomide sosyal refahın artırılması, sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması, yapılacak yatırımların etkinliği ile doğru orantılıdır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler için, kamu yatırımları yapılmadan önce kamu yatırımının fayda maliyet analizi yapılmalı, bu fayda maliyet analiz sonucunda projenin uygulanıp uygulanmayacağı gerektiğine karar verilmelidir. Katma değer yaratan yatırımların sayıları artırılabilmesi ve sadece oy kaygısı güdülerek yapılan verimsiz yatırımlar azaltılabilmesi, bu şekilde sağlanabilmektedir (Karayılmazlar ve İşler, 2019). Ayrıca verimli kamu yatırımlarının ülkelerin ekonomik büyümelerini pozitif etkileyeceği unutulmamalıdır. Kamu yatırım projeleri açısından ele alınırsa, fayda maliyet analizi, bir projeyi topluma yükleyeceği maliyetler ve sağlayacağı faydalar açısından değerlendirebilmektir.

1.9. Karayolu Projeleri Karar Alma Süreci

İki zorunlu nokta arasına inşa edilmesi kararlaştırılan bir karayolunun projelendirilmesinde mümkün olan birçok seçenektan en uygun olanının seçilmesinde veya önceden mevcut olan ve üzerinde belli bir trafik bulunan bir karayolunun geometrik standartlarının ve kaplamasının iyileştirilmesinde gözlenen amaçların en önemlisi yapılacak olan yatırıma karşılık en fazla faydanın elde edilmesi olacaktır.

En fazla faydanın hangi proje ile elde edilebileceği, daha önceki bölümlerde anlatılan proje değerlendirme yöntemlerine göre belirlenmesi mümkündür.

Kamu kaynaklarının kullanımı sebebiyle ülkelerde ihtiyaç duyulan karayolu yatırımlarının mümkün olan en düşük maliyetle yapılması istenir ve bunun için çeşitli yöntemler kullanılarak hangi yatırımın en ekonomik olduğuna karar verilmektedir. İki yerleşim yeri arasına yapılması planlanan veya yapılmış fakat ıslah edilmesi gereken bir yolun en kısa mesafede ve minimum maliyetle yapılması; taşıt işletme giderlerinde, yük hareketlerinde, yolcu ve sürücü zaman giderlerinde, zamandan tasarruf edilen sermaye maliyetlerinde fayda sağlamaktadır. Bu da fayda maliyet analizinin sonuçlarına göre değerlendirilebilir.

2- MATERYAL

2.1. Tünel Uygulamaları Tarihçesi ve Karayolları Genel Durumu

Karayolları Genel Müdürlüğü web sitesi verilerine göre Cumhuriyetin ilan edildiği 1923 yılında ülke sınırları içerisinde, 13.900 km'si stabilize şose ve 4.450 km'si toprak yol (Şekil 2.1) olmak üzere, toplam 18.350 km yol ve 94 köprü bulunmaktaydı. Ulaşımında, Cumhuriyetin ilk yıllarında, dönemin en çağdaş teknolojisi olan demiryolu yapımı ağırlık kazanmış, ancak bir süre sonra demiryolunun tek başına yeterli olmadığı, entegre bir ulaşım sistemi için karayoluna ihtiyaç olduğu görülerek, 1929 yılında Nafia Vekaleti (Bayındırlık Bakanlığı) içinde Şose ve Köprüler Reisliği kurulmuş ve çıkarılan yol kanunu ile karayolu yapım çalışmalarına hız verilmiştir. 1923-1947 yılları arasında yapılan çalışmalar sonucunda, karayolu ağı 43.743 km'ye ulaşılmıştır. 1948 yılında yapılan yeni bir atılımla, o zamana kadar kazma, kürek ve insan gücüne dayanan çalışmalardan makineli çalışma dönemine geçilerek mevcut yolların envanteri çıkarılmış ve Türkiye'nin ulaşım ihtiyacını karşılayabilecek karayolu ağı belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Cumhuriyetin İlk Dönemleri Karayolu Görüntüsü

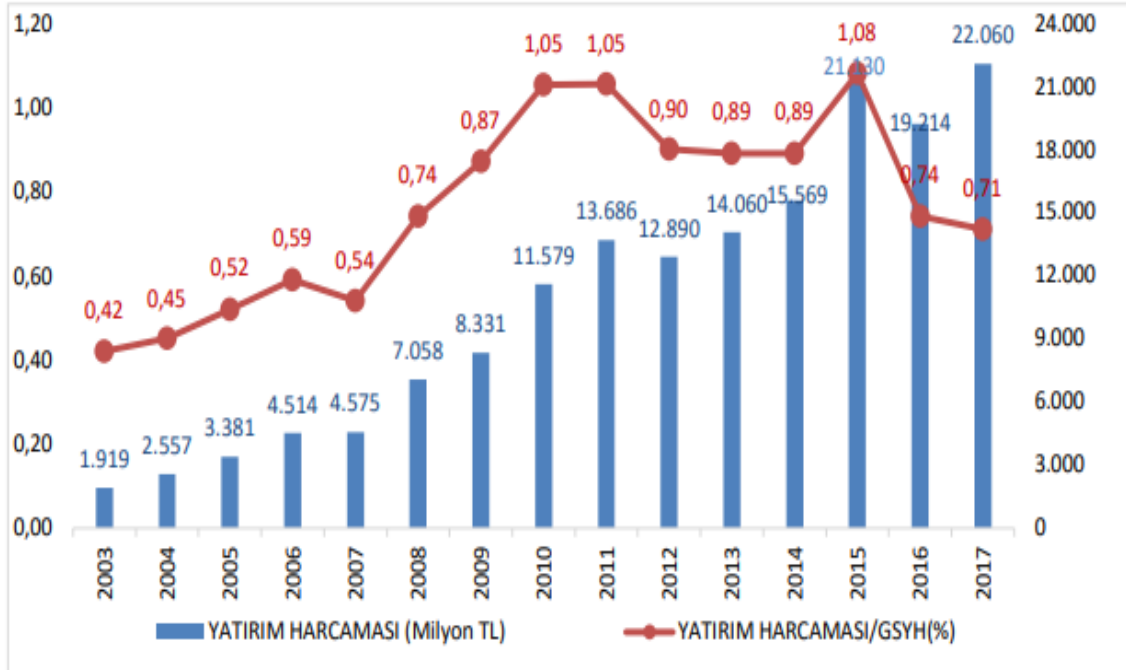
1950 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü kurulmuştur. Ülke geneli merkezi teşkilat olarak ulusal sınırlarının her yöresine ulaşabilmeyi hedeflemiştir. O dönemde motorlu taşıt trafiğinin çok az olmasından dolayı henüz yüksek standartlı yollar gerektirmiyordu. 1960'lı yıllara gelindiğinde, gelişen inşaat teknikleriyle beraber Türkiye'nin o günkü şartlara göre gereksindiği 60 000 km. lik bir yol ağı ortaya çıkarılmıştır. Fakat yol ağı belli bir düzeye eriştikten sonra, trafiğin artmasıyla birlikte 1960 - 1970 yılları arasındaki dönem asfalt kaplamaya ağırlık verilmiştir. 1980'li yıllarda ise, yüksek standartlı otoyolların yapımına ağırlık verilerek erişilebilirlik hedefli karayolu çalışmalarının yanı sıra otoyol hamlesi başlatılmıştır. Yine Karayolları Genel Müdürlüğü verilerine göre 2003 yılı başında karayolu ulaşımında hazırlanan Acil Eylem Planı ile kapasite yetersizliği, ulusal ve uluslararası ağ bütünlüğü ve trafik güvenliği esas alınarak bölünmüş yol çalışmalarına hız verilmiştir. Devam eden bölünmüş yol çalışmaları sonucunda, Nisan 2020 itibarıyla bölünmüş yol uzunluğu 27.216 km'ye ulaşmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü, 2020 itibarıyla Şekil 2.2 ve Şekil 2.4’de görüldüğü gibi 3095 km (%5) otoyol olmak üzere toplam 68 266 km uzunluğunda yol ağına sahiptir.

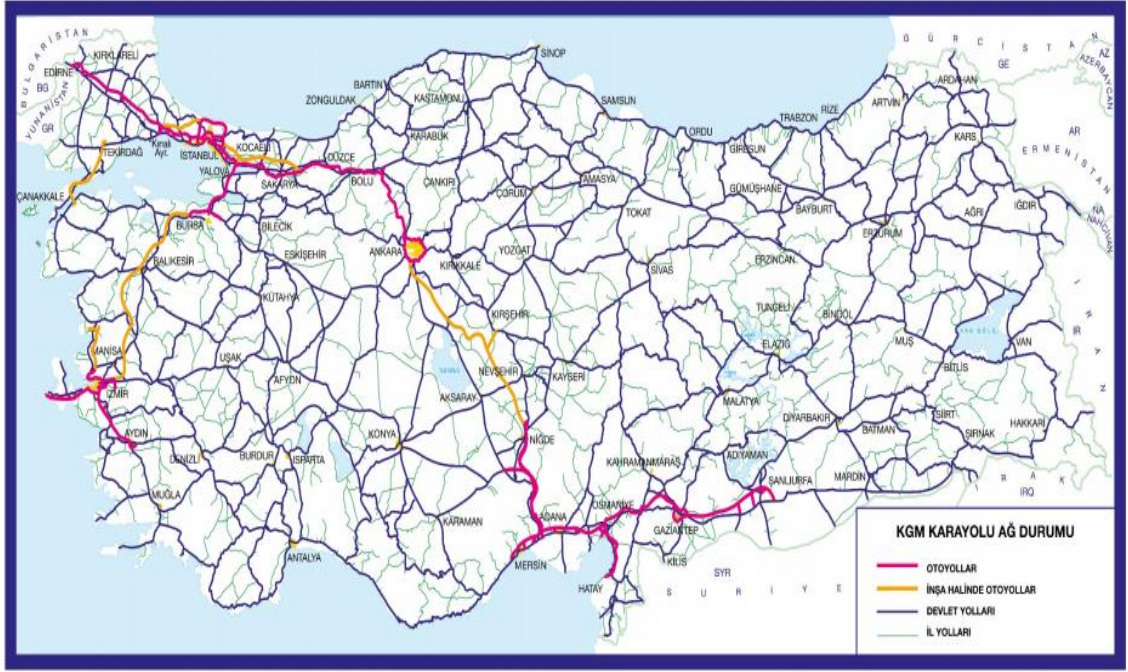


Şekil 2.2. Karayolları Genel Müdürlüğü Bölgeler Haritası

Karayolları Genel Müdürlüğünün Şekil 2.3'e göre 2017 yıl sonu itibarıyla yaptığı yatırım harcaması (cari nitelikli yatırımlar hariç) tutarı, toplam kamu yatırım harcamalarının % 31'ini, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının gerçekleştirdiği yatırım harcamalarının % 48'ini oluşturmaktadır.



Şekil 2.3. Karayolları Genel Müdürlüğü Yatırım Harcamaları



Şekil 2.4. Karayolları Genel Müdürlüğü Yol Ağı

Tünel, yer altından, nehir altından veya coğrafi engebeler altından geçiş sağlayan üstü kapalı yol olarak tarif edilmektedir. Tüneller, geçmiş dönemlerde maden çıkarmak maksadı ile kazılmış olsalar da, zaman geçtikçe karayolu ve demiryolu hatları içinde kullanılmaya başlanmıştır (Yılmaz, 2010). Bu sayede yol mesafeleri kısalmış, zaman tasarrufu sağlanmış ve yakıt giderleri azalmıştır.



Şekil 2.5. Tünel Uygulaması

Türkiye’deki karayolları tünellerinin yapımına ilk olarak 1950’li yıllarda başlandığı görülmektedir. İlk yapılan tüneller mesafeyi kısaltıp ulaşımı kolaylaştırmak için değil daha çok çığ düşmesi, heyelan gibi doğal afetlerden korunmak maksatlı yapılmıştır. 1980’lerin sonlarına doğru otoyolların yapımına hız verilmesiyle beraber; tünel yapımında yeni makineler ve Yeni Avusturya Tünel Metodu (NATM) gibi modern yapım teknolojileri ile tanışıldığı görülmektedir. Bu gelişmeler sayesinde Karayolları Genel Müdürlüğü yeni ve daha uzun tünellerin yapımı konusunda adımlar atmıştır. Şekil 2.5’de görüldüğü gibi üstünde kaplama tabakası ile örtülüdür. Çift tüplü tünellerin yapımına ise ancak 1990’ların başlarında başlamış olup; son yıllarda otoyol tünellerinden elde edilen yapım teknikleri ve özellikle de elektromekanik sistemlerle ilgili bilgi ve tecrübenin otoyollara da aktarıldığı görülmüştür. Bölünmüş yollar politikası kapsamında çok sayıda tünel projesi yapılmış ve bunların bir kısmı uygulamaya geçmiştir. 2000’li yıllara girdiğimiz yıllarda 5 km ve üzerindeki tüneller üzerinde çalışılırken, 2010’lu yıllarda artık

10 km ve daha uzun tüneller yapılmaya başlanmıştır (Ünal, 2008). Bu uzun tünellerle birlikte karayolu ulaşımında önemli ölçüde iyileştirme olacağı kuşkusuzdur.

Tünel yapımı eğimi sınırlandırılmış olan güzergâhlarda, öngörülen eğimle dağlık arazide aşılamayan sırt ve tepeleri geçebilmek iyi bir seçenektir. Mali açıdan uygun olduğu durumlarda inşası ile yol güzergâhını kısaltmakta, taşıt işletme giderlerini azaltmakta ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca karayolunu toprak kaymaları, kaya yuvarlanmaları ile çığlardan korumaktadır. Açısı yüksek virajlarda uygulandığında yol hattında dar bir vadinin ya da sırtın dönülmesi sırasında büyük dolgu, yarma, köprü veya viyadüklerin uygun görülmemesi durumlarında yapılarak ulaşımı kolaylaştırmaktadır. Özellikle dağlık arazi tipinde ulaşımı rahatlatmaktadır. Üzerindeki ulaşımı aksatmamak için akarsuların ya da boğaz teşkil eden derin suların altından geçilmek istendiğinde kullanılmaktadır. Bütün bu faydalarına ek olarak yapımı ve bakımı masraflı olan kendini tutamayan zeminlerdeki büyük yarmaların yapılmasından kurtarmaktadır. Atık su hattı ve temiz su hattı, elektrik ve telefon kabloları ile gaz boruları gibi çeşitli yatırımlar için ihtiyaç duyulan galeri boşluğunu sağlamaktadır. Karayolu yatırımlarında kamulaştırma maliyetlerinin yüksek olduğu bölgelerde yeni yol güzergâhının oluşmasına da olanak sağlamaktadır. Toplu taşıma ihtiyacına da cevap verebilmektedir (Önalp, 1982).

2.2. Proje Çalışması

Yapılan çalışmada Tokat Çamlıbel Tüneli projesi ele alınarak fayda maliyet analizi yapılmıştır. Tünel yapımı konusunda zaman içerisinde geliştirilen yeni teknikler sayesinde yapım işinin kolaylaştığı ve yapım maliyetleri düştüğünden, güncel verilerle yapılacak fayda maliyet analizinin başka tünel projeleri için yapılacak fayda maliyet analizlerine de ışık tutacağı düşünülmektedir.

Tokat Çamlıbel Geçidi, 1650 Rakımlı bir geçittir. Kış aylarının sert geçtiği bir iklimin yaşandığı bölgede her kış geçit defalarca kar ve buzlanma nedeniyle trafiğe kapanmakta, ulaşımında aksamalar yaşanmaktadır. Ayrıca, sarp bir topoğrafyada bulunmasından dolayı pek çok keskin viraj bulunan yol kesiminde her yıl çok sayıda trafik kazası da meydana gelmektedir. Bu nedenlerle Tokat-Sivas karayolunun bu kesiminin yapılacak bir tünelle geçilmesi gerektiği uzunca zamandır yörede konuşulan bir konudur. Ancak tünelin maliyetinin yüksek olacağı gerekçesiyle bu yatırım henüz gerçekleşmiş değildir.

Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli olan trafik ve maliyet verileri, Karayolları Genel Müdürlüğünden elde edilmiştir. Çalışma sırasında faydalanılacak önceki çalışmalar ise Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi veri tabanından faydalanılmıştır.

2.3. Sivas Tokat Karayolu

Sivas ve Tokat illerini birbirine bağlayan yol D850 Karayolu hattı içerisinde 108 km olup, yol güzargahında sırasıyla Sivas Yıldızeli Çamlıbel Tokat (Şekil 2.6-2.7) olarak sıralanmaktadır.



Şekil 2.6. Sivas Tokat Karayolu Görüntüsü



Şekil 2.7. Sivas Tokat Karayolu Haritası

2.4. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından, “Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Etüt ve Proje Danışmanlık Hizmet Alımı İşi” ihalesi 2014 yılında yapılmıştır. Ancak söz konusu proje henüz başlamamıştır. Tünelin maliyetinin yüksek olacağı gerekçesiyle bu yatırım henüz gerçekleşmiş değildir.

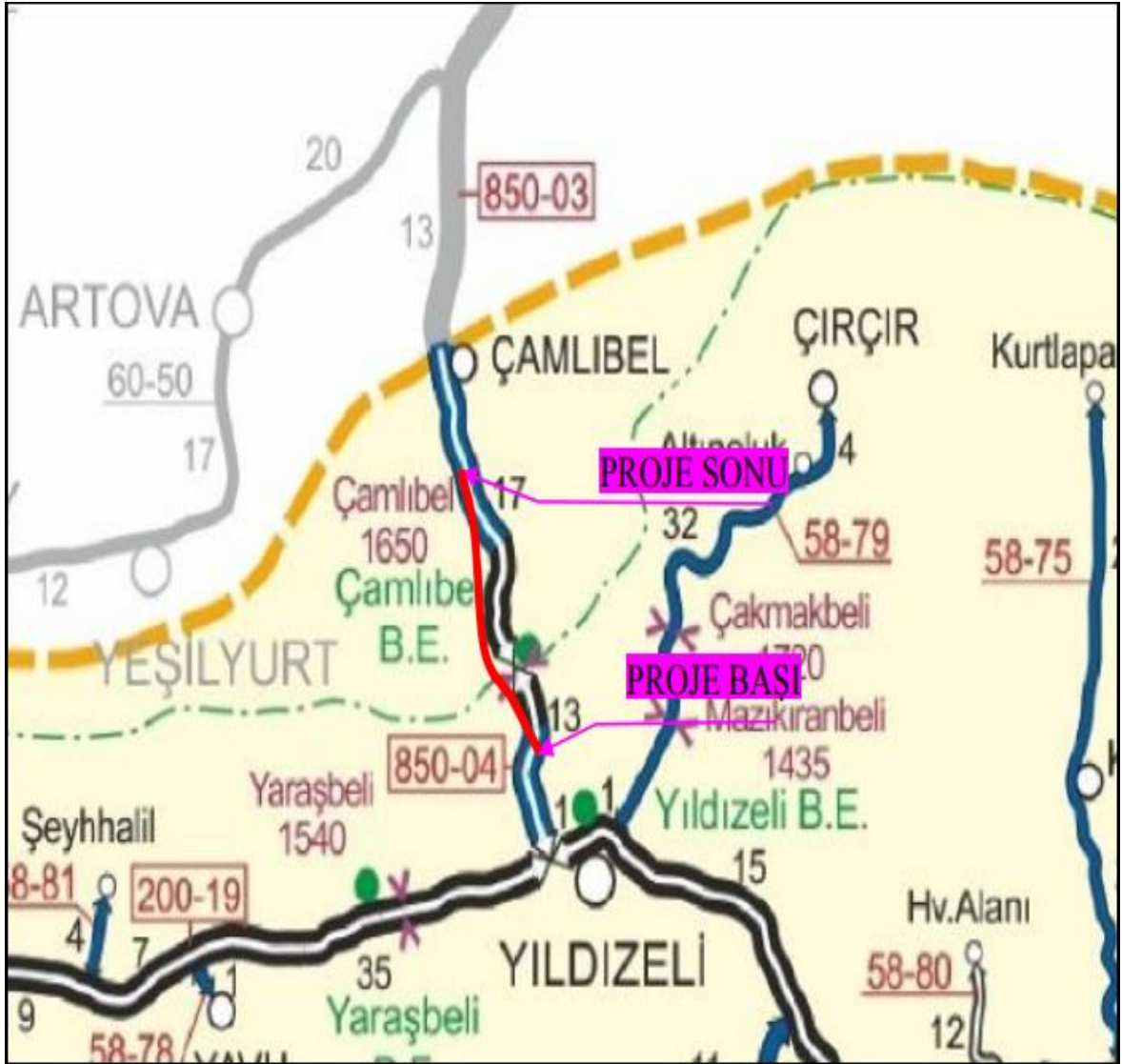


Şekil 2.8. Çamlıbel Geçidi Görüntüsü

Proje D850 Karayolu üzerindedir. Bu karayolu, Karadeniz sahilindeki Ünye ilçesinde başlayarak Kilis'te Suriye sınırındaki Öncüpınar sınır kapısında sona erer. Ordu, Tokat, Sivas, Malatya, Kahramanmaraş, Gaziantep ve Kilis illerinden geçen yolun toplam uzunluğu 743 km.'dir.

Bu karayolu Türkiye'deki kuzey güney hattındaki 5 ana karayolundan birisidir. Yolun en önemli geçitleri, Tokat Yıldızeli arasındaki Çamlıbel Geçidi (Şekil 2.8) (1650m.), Sivas Kangal arasında Yağdonduran Geçidi (1750m.), Doğanşehir Gölbaşı arasında Reşadiye Geçididir(1510m.).

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları projesinin tamamı (Şekil 2.9) 850-04 K.K nolu yol üzerinde Sivas İli Yıldızeli İlçesi ve Tokat İli Çamlıbel İlçesi sınırları içerisinde ilerlemektedir. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları projesine göre 4705m çift tüp tünel ve 3km bağlantı yolu bulunan projede platform genişliği 23m olup 2 adet hemzemin kavşak bulunmaktadır. Çamlıbel Tüneli eğimi % -1.85, giriş kotu 1449, çıkış kotu 1362m mevcut yol maksimum kotu 1689 m'dir. Mevcut yol uzunluğu yaklaşık 10 km olan ilgili güzergâhta proje uygulandığında yaklaşık 2.3 km kısalma olacaktır.



Şekil 2.9. Çamlıbel Tüneli Projesi Harita Üzerinden Görünümü

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları güzergahı, Sivas İline ait Yıldızeli İlçesini Kuzeyden kuşaklamakta olan (E88) Sivas-Yozgat yolunun, Yıldızeli ilçesi çıkışından (D850) Sivas-Tokat Devlet Yoluna hemzemin bir kavşak ile ayrılan bu yolun devamında yaklaşık 9 kilometre sonra solda bulunan Ilıca göleti yakınından başlayıp, Kuzeye doğru ilerleyen bir koridor içerisinden geçip, Tokat ilinin İhsaniye köyüne ait İhsaniye göletinin solundan geçecek ve Tokat İline ulaşımı rahatlatacak bir güzergahtır. Tünel yapımıyla bu koridor daha aktif olarak kullanılacaktır. Güzergah toplam uzunluğu 7700 metredir. Bölgede kış aylarında kar yağışı etkindir. Topografya olarak dağlık ve koridor dardır. Tümüyle 900 m üzerinde bir arazi kotundan geçmektedir. Bu sorunun çözümüne dair uzun dönemli

etütlerde trafik akışının devamlılığı amacıyla tünel yapılması düşünülmüştür. Bu proje yaklaşık 4500 metre tünel yapısı içermektedir. Ayrıca proje kapsamında mevcut yola bağlantı için kavşaklar bulunmaktadır. Projede tipkesit seçimi önem taşımaktadır. Daha az yer işgal edecek ve fonksiyonel bir tip kesit seçilmesi önemlidir. Tünel dışı bölümler de güzergah 2x2 bölünmüş bir yoldur. 23 m platform genişliğine sahip daraltılmış kesit uygulanmıştır. Projede anayol güzergahının her iki tarafında yarmada kar hendeği kullanılmıştır(KGM, 2014).

2.5. Çamlıbel Tüneli Tasarım Bilgileri

Karayolları Genel Müdürlüğü’nce hazırlanan “Yol Verileri Cetveli”ne göre proje hızı 80 km/sa olarak alınmıştır. Buna göre belirlenmiş proje kriterleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Tasarım Kriterleri (KGM, 2014)

Tasarım Hızı (km/h)	80 Max.
Boyuna Eğim (%)	8 - 3%
Geçiş Eğrisi (Klotoid)(m)	var
Max. Dever(%)	6
Standart Enine Eğim (%)	2
Şerit Sayısı	2x2
Genişliği (m)	3.5
Refüj Genişliği (m)	2
Banket Genişliği (m)	1/2.5
Platform Genişliği (m)	23
Tretuvar Genişliği (m)	yok
Tırmanma Şeridi	yok
Düşey Gabari (m)	5

Bu bilgiler doğrultusunda Yol Tip Enkesitleri hazırlanmıştır. Proje koridoru 900 m kotunun üstünde olduğundan karla mücadelenin yapılabilmesi için projede yol platformunun her iki tarafına kar hendeği uygulanmıştır. Ayrıca maksimum dever olarak 6 belirlenmiş ve uygulanmıştır. Giriş noktası Şekil 2.10’da görülmektedir.



Şekil 2.10. Çamlıbel Tüneli Girişi

Tablo 2.2’ de verilen değerlere göre 850 - 04 K.K. nolu kesim için trafik dağılımı %71 hafif, %29 ağır vasıta şeklinde olduğu görülmüştür.

Tablo 2.2. 2014 Yılı Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2015)

Taşıt Cinsi	2014 YOGT
Otomobil	1644
Orta yük. tic. Taşıt	139
Otobüs	62
Kamyon	381
Tır	292
Toplam	2518

2.6. Çamlıbel Tüneli Planlanan Yatay ve Düşey Hatları

Projede yatay güzergahta toplam 5 adet kurp kullanılmıştır. Yol verileri cetveline göre proje hızı $V_p = 80$ km/sa olarak belirlenmiştir. Projelendirilen yolun kamulaştırma ve çevresel koşullar göz önünde bulundurularak kaza riskini azaltmak amacı ile çok daha büyük çapta kurplar kullanılmıştır. Güzergah sadece başlangıcında ve sonunda mevcut hatta oturmaktadır. Geri kalan kesimde ham araziden ilerleyecek olan güzergah büyük oranda tünelde ilerleyecektir. Mevcut yatay güzergaha alternatif ve kar mücadelesini minimize edecek bir hat üzerine çalışılmıştır. Proje tasarım hızı $V_p = 80$ km/sa kabulü ile %6 maksimum dever değerinde kullanılabilecek minimum $R = 250$ m'dir. Ancak proje genel anlamda tünel içerisinde ilerlediğinden yatay geometri standardı yüksek tutulmuştur. Proje boyunca anayolda kullanılan en küçük yatay kurp çapı $R = 600$ m olup Karayolları Geometrik Elemanları Tasarım Esasları'na ve Yol Verileri Cetveli'ne göre ilgili proje hızında $R < 390$ m'lik kurplarda geçiş eğrisi kullanılma şartı geçersiz kalmıştır. Güzergah boyunca yüksek dolgulu kesitlerin olduğu kesimlerde otokorkuluk uygulaması için 1 m'lik banket genişlemesi uygulanmıştır. Yolun topoğrafik yapısı, estetik özellikler ve diğer çevresel faktörler göz önüne alınarak yatay kurplar tasarlanmıştır. Yol güvenliği açısından yatay kurplara uygun proje hızları uygulanmalıdır. Kavşak bölgelerinde proje hızı olarak 50 km/saat olarak belirlenmiştir. Bölünmüş yol kesiminde proje hızı 80 km/saat olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda Km:0+270-0+650, Km:6+650-7+065 arasındaki kurplarda kavşak bölgesinden dolayı hız kısıtlaması uygulanmıştır(KGM, 2014).

Düşey güzergah 1431.90 m. kotundan %5.686 eğim ile başlamaktadır. Mevcut yola uyumlu bir düşeyle başlayan güzergah düşeyi düşük eğimler kullanılarak iyileştirilerek ilerlenmiştir. güzergah yatay hattı ham arazide mevcut yola nispeten daha düşük kotlara doğru terk ettikçe, düşeyde kullanılan eğimlerde düşmüştür. Km: 0+154'ten itibaren +%2.5 eğime oturan güzergah K1 Güney Kavşağı bölgesini bu düşey eğimle geçip Km : 0+865'e kadar ilerlemiş, burada K değeri 41.377 olan 180 m uzunluğunda bir düşey kurp ile -%1.85 eğime dönmüştür. Bu bölgeden itibaren daha çok miks kesitte sol tarafta en fazla 9.5 m yüksekliğinde dolgularla ve sağda yarmalarla ilerleyecek olan güzergah, bu noktadan tünel girişine (Km:1+350) kadar sağlı sollu palyeli yarmalara girecektir.

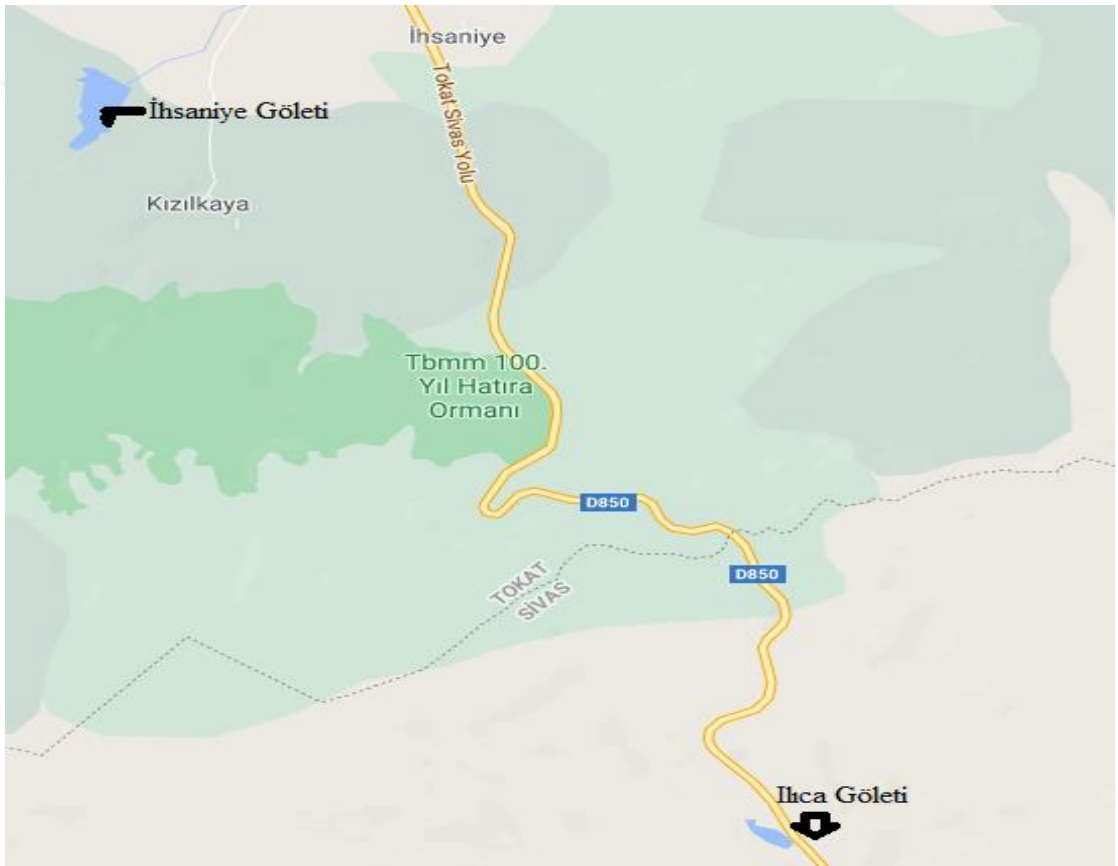
Tünel çıkış kilometresi 6+025 sağ tüp 6+085 sol tüptür. Bu düşey uygulama sayesinde tünel yapısı tek yönde tek eğim üzerinde teşkil edilecektir. Km:6+450'de bir düşey kurp kullanılarak -%4.00 eğime geçilmiştir. K değeri 116.291 olan bu düşey kurbun L boyu 250 metredir. Tünel çıkışından sonra sağlı sollu yarmalarda ilerleyecek olan güzergah, Km : 6+700'lerde miks kesite geçecektir. Sağ tarafta bazı aralıklarda sıyrma, bazı aralıklarda ise yüksekliği 3-4 metreyi geçmeyen dolgular ve bir kesimde 10-11 m aralığında azami yüksekliği olan istinat duvarı uygulanacaktır. Km : 7+340'a kadar bu eğimle ilerleyecek olan güzergahın sol tarafında palyeli yarmalar yapılacaktır. Bu kilometreden itibaren Eğim değeri -%6.6'ya K değeri 214.352 olan 300 m uzunluğunda bir dere tipi düşey kurp ile çekilmiştir. Bu değer mevcut yol eğimine oturan kesimdeki eğim değerine denktir. Bu eğimle mevcut yola Km:7+700'de kot olarak 1277,852'de oturulmuştur. Proje hızı $V_p = 80$ km/saat kabulü ile kullanılabilecek maksimum düşey eğim % 8.0'dir. Kavşak bölgelerinde proje hızı olarak 50 km/saat olarak belirlenmiştir. Bölünmüş yol kesiminde proje hızı 80 km/saat olarak belirlenmiştir(KGM, 2014). Düşey kurplarda L boyları belirlenirken Karayolları Geometrik Elemanları Tasarım Esasları'nda yer alan ve proje kriterlerinde belirtilen minimum duruş-görüş mesafelerini sağlayan K katsayıları dikkate alınmıştır.

2.7. Çamlıbel Tüneli Proje Kriterleri

Yatay ve düşey hat çalışmaları sırasında kritik kesimler dikkate alınarak güzergah çalışmaları yürütülmüştür. Kritik kesimler aşağıda sıralanmıştır. Proje başında güzergah mevcut yol üzerinden başlayıp, sol yamaca oturarak ilerleyecektir. Bu sayede mevcut yolun yüksek eğiminden kurtulup daha düşük eğimlerle ilerlenecektir (KGM, 2014).

Proje başlangıcındaki bir diğer hassas konuda sol tarafta bulunmakta olan Ilıca göletinin (Şekil 2.11) varlığıdır. Bu kesimde önemli olan yol dolgusunun gölete gitmemesi ve göl doğasının yapılan işten zarar görmemesidir. Bölgede bu şekilde göllerin varlığı eğimlerin yüksekliği ve topografyanın dağlık oluşu kesit yerleştirmede ve şev oluşturmada zorluklar çıkaracaktır. Palye yükseklikleri 10 m alınmıştır. Km:0+475'te K1-Güney Kavşağı adı ile bir dönel kavşak yapılarak, tünel yapısı imalatından sonra mevcut yolun gerekli hallerde kullanılması adına bağlantı sağlanacaktır (KGM, 2014). Ayrıca tünel yapısı içerisinde oluşturabilecekleri tehlikenin engellenmesi adına, dolu tankerlerin mevcut yolu kullanmalarını bu kavşak sağlayacaktır. Kavşak bölgesi sağ tarafında, bağlantı yolu

bölgesi ve anayolda palyeli yarmalar kalmaktadır. Bu yarmalardan kaynaklı nedenlerle arazinin yolu kullanan araç sürücülerinin görüşünü engelleyip, kazaya neden olabileceği göz önünde bulundurularak, kavşak bölgesi, giriş ve çıkışları görüş açısından rahatlatmak adına, Karayolları Tasarım El Kitabında bulunan tariflere göre geometriye uygun görüş üçgeni için kazı yapılması planlanmaktadır.



Şekil 2.11. Ilıca ve Ihsaniye Göleti

Ayrıca önemli unsurlardan birisi de güzergah üzerindeki yapıların tasarımları ve işlevsellikleri olacaktır. Öncelikle tünel portallarının uygun yerler de oluşturulması ileri imalat aşamalarını rahatlatacaktır. Tünel içi boyuna eğimin düşük olması işletme maliyetlerini düşürecektir. Bu proje kapsamında düşünülen tünel boyuna eğimi %1.85 olarak tasarlanmıştır. Proje kapsamında yol ve yapı imalatlarının korunması adına dikkat edilmesi gereken bir sistem olarak, drenaj sistemi önem arz etmektedir. Yol üst yapısından yağışla birikecek suyun alınıp uzaklaştırılması adına, kavşak bölgesi dışında ve tünel kesimi haricinde ortada hendek uygulaması yapılacaktır. Bu orta refüj hendeğinde birikecek su, güzergah boyunca hidrolik ve hidrolojik etüt raporuna uygun olarak konulmuş olan menfezlere drenaj raporunda belirtilen yerlerde, belirlenen şekilde deşarj edilecektir (KGM, 2014).

Tünel yapısı içerisinde, tip kesitte belirtilen yerlere, tip kesitte verilmiş olan çaplara uygun olarak, yapının çevresinde olabilecek yeraltı suyunun drenajı adına dren boruları konulacaktır. Bu borularda toplanan yeraltı suyu, drenaj projesinde tarifli yapılan şekilde yapıdan ve yoldan uzaklaştırılacaktır. Kavşak bölgesinde ise, alınması gereken drenaj önlemleri olarak, refüj kenarlarına konulacak ızgaralı baca ve kollektör boruları görev yapacaktır. Detay ve hesapları drenaj projesinde verilmiştir. Yol boyunca, yapılacak yarmalarda, yeraltı suyunun uzaklaştırılması için, hendek tabanlarına, belirli aralıklarla kontrol bacaları konularak dren boruları konulacaktır.

Proje kapsamında, 4 adet derivasyon kanalı çalışılmıştır. Bu kanallardan 3 adeti tünel yapısı giriş portalı çevresindedir. Tünel girişinde yolun eğimi tünel yapısı içerisine doğrudur. Bu kesimde yol platformundan gelen suyun tünele doğru gelmesini ve tünel içine girmesini engellemek adına, yol platformundan devalle hendeclere atılacak olan su, hendek içlerine yapılacak, derivasyon kanalları ile her iki tarafta ters eğim oluşturularak taşınacaktır. Diğer derivasyon kanalı ise yolun solunda akmakta olan derenin platforma doğru gelmesini engellemek için açılmıştır. 4. derivasyon kanalı K2 Kuzey kavşağının oturduğu kesimde, kavşak bağlantı yolunun altına yapılacak menfezi, anayol üzerinde yapılacak menfeze bağlayacak şekilde, görüş üçgeni içerisinde açılacaktır. Bu sayede gelen su kavşak bölgesinden sorunsuz bir şekilde uzaklaştırılacaktır. Km:6+560'ta K2-Kuzey Kavşağı adı ile bir dönel kavşak yapılarak, tünel yapısı imalatından sonra mevcut yolun gerekli hallerde kullanılması adına bağlantı sağlanacaktır(KGM, 2014).

Dikkat edilecek diğer bir unsur güzergahın sağındaki İhsaniye gölünün zarar görmemesi durumudur. Platform İhsaniye gölü solunda yine mevcut yolu kullanma adına yapılacak K2 kavşağından dolayı genişlemiştir. Bu genişlemeden dolayı sağ tarafta şevlerin uzamaması adına eksene mesafesi 20m-31m arasında değişken, Km: 6+415'den başlayıp, azami yüksekliği 11 m olarak tasarlanmış, Km : 6+585'te sona erecek bir duvar yapılacaktır. Bu yarmalardan kaynaklı nedenlerle arazinin yolu kullanan araç sürücülerinin görüşünü engelleyip, kazaya neden olabileceği göz önünde bulundurularak, kavşak bölgesi, giriş ve çıkışları görüş açısından rahatlatmak adına, Karayolları Tasarım El Kitabında tariflere göre geometriye uygun görüş üçgeni için kazı planlanmıştır.

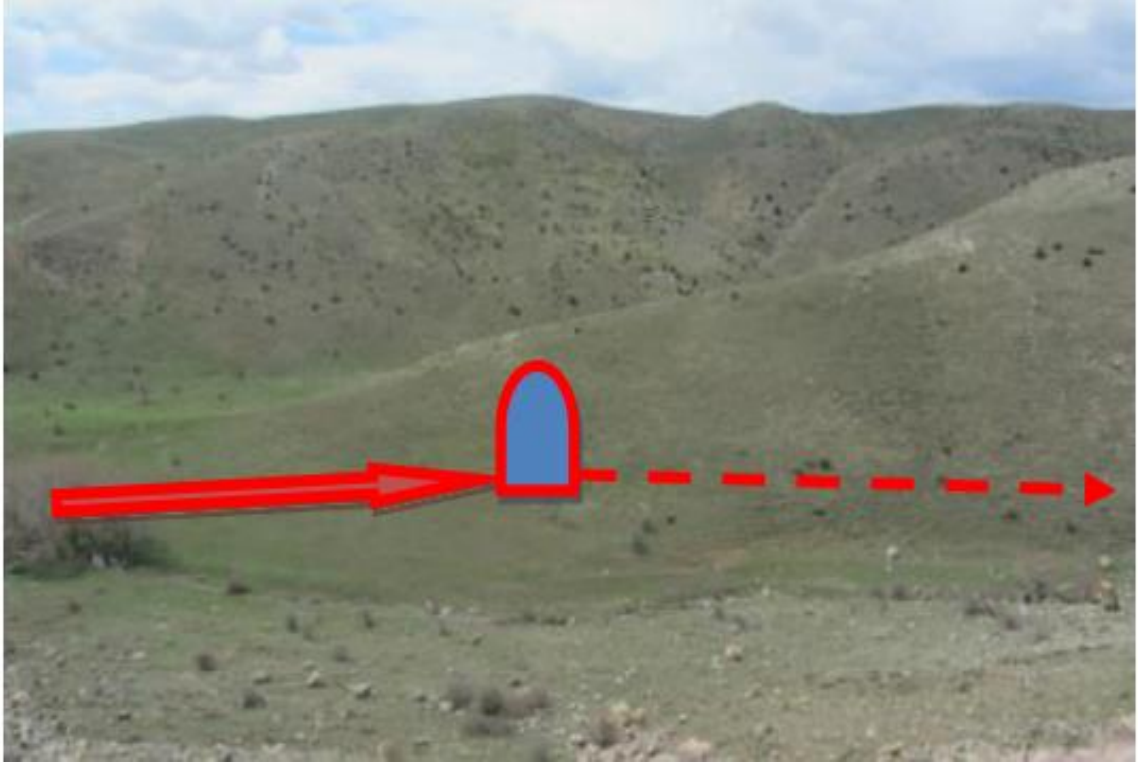
Tünel girişine yakın bir bölgeye kavşak yapılacaktır. Bu proje mevcut yola alternatif daha nitelikli bir ulaşım sistemi olarak yapıldığı için, yeni sistemin eski yola bağlantısının sağlanması amacıyla kavşak yapılmıştır. Şekil 2.12'de kavşağın yapılacağı yer tarif edilmiştir.



Şekil 2.12. Çamlıbel Tüneli 1. Kavşak Yapılacak Yeri

K-1 Güney Kavşağı olarak adlandırılmış olan bu kavşak dönel olarak tasarlanmıştır. Km: 0+475'de mevcut yoldan daha ayrılmadan kavşak göbeği konulmuştur. Bu kesimde sol tarafta Ilıca göleti vardır. Bu gölete zarar vermemesi için yol mevcut yol üzerinde sağ tarafa yanaştırılarak tasarlanmıştır. Güzergah başlangıçtan yaklaşık 500 m sonra mevcuttan ayrılıp daha düşük kotlara doğru yamaca inmektedir. Bu şekilde ilerleyen güzergahın mevcut yola yatay ve düşeyde olan uzaklığı artmaktadır.

Bu nedenlerle daha mevcut yoldan ayrılmadan kavşak göbeği Km : 0+475'e konulmuştur. Bağlantının yapılacağı güzergah kesiminde anayol düşey eğimi %2,50'dir. Şekil 2.13'de Çamlıbel Tüneli girişi gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Çamlıbel Tüneli Girişi

Anayolda kullanılan 1000 m yarıçaplı kurp üzerinde kavşak bölgesi içinde araçların 50 km/saat hızla güvenli şekilde savrulmadan ilerlemeleri amacıyla Karayolları Tasarım El Kitabında tarif edildiği üzere deyer değeri pozitif 2 olarak alınmıştır. Bu sayede anayoldan yüksek kotlarda takip eden mevcut güzergaha düşeyde bağlanmakta avantaj sağlamıştır. Tasarımlarda yatay düşey güzergah uyumuna dikkat edilmiştir. Kavşak kolu eğim olarak nispeten yüksek olacağı için ve yarmada kalacağı için kavşak bağlantısının oluşturulacağı yerde kavşağı kullanacak olan araçların sürücülerinin görüş problemi yaşamamaları ve kazaların oluşmaması için, kavşak tali yolu sağına ve soluna yanal görüş üçgenleri tasarlanmıştır(KGM, 2014). Bu alanlar Karayolu Tasarımı El Kitabında, Kavşaklarda Görüş Mesafesi başlıklı konu ile anlatılmış olan şekilde ve formüllerle hesaplanarak yapılmıştır.

Kuzey Kavşağı, Km:6+560'ta projelendirilmiş olan bu kavşağın bulunduğu yerde herhangi bir mevcut kavşak ya da yan yol yoktur. Tünel çıkışına yakın bir yerde yapılacaktır. Bu proje mevcut yola alternatif daha nitelikli bir ulaşım sistemi olarak yapıldığı için, yeni sistemin eski yola bağlantısının sağlanması amacıyla kavşak yapılmıştır. Şekil 2.14'de kavşağın yapılacağı yer tarif edilmiştir.



Şekil 2.14. Çamlıbel Tüneli 2. Kavşak Yapılacak Yeri

Kuzey Kavşağı olarak adlandırılmış olan bu kavşak dönel olarak tasarlanmıştır. Km: 6+560'da mevcut yola yatay ve düşeyde yakın bir bölgede kavşak göbeği oluşturulması planlanmıştır. Bu kesimde proje başındaki duruma benzer olarak bu sefer sağ tarafta yapay bir gölet olan İhsaniye Göleti bulunmaktadır. Gölet sahasına girilmemesi için bu kesimde Km: 6+415 ile Km: 6+585 aralığında istinat duvarı uygulaması yapılmıştır. Ayrıca bu duvar üzerine nispeten yüksek eğimlerle tasarlanacak olan tali yoldan gelen araçların her hangi bir kontrol kaybı olasılığında gölete uçmalarını engelleyebilmek adına yapılması için oto korkuluk genişletmesi yapılmıştır. Bu aralığa Karayollarının uygun göreceği tipte bir oto korkuluk konulması önerilmektedir(KGM, 2014). Bağlantının yapılacağı güzergah kesiminde anayol düşey eğimi %-1,50 ve %-4,00 eğimleri arasındadır. Şekil 2.15'de Çamlıbel Tüneli çıkışı gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Çamlıbel Tüneli Çıkışı

Güney kavşağında olduğu gibi; Bu kavşakta da kol eğim olarak nispeten yüksek olacağı için ve yarmada kalacağı için kavşak bağlantısının oluşturulacağı yerde kavşağı kullanacak olan araçların sürücülerinin görüş problemi yaşamamaları ve kazaların oluşmaması için, kavşak tali yolu sağına ve soluna yanal görüş üçgenleri tasarlanmıştır. Bu alanlar Karayolu Tasarımı El Kitabında, Kavşaklarda Görüş Mesafesi başlıklı konu ile anlatılmış olan şekilde ve formüllerle hesaplanarak yapılmıştır.

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Projesinde proje başlangıcından (Km: 0+000) proje sonuna kadar (Km: 7+700) bölünmüş platform olup güzergah kapsamında yan yol bulunmamaktadır. Sanat Yapıları ile proje güzergahı boyunca irili ufaklı dereler geçilmiştir. Bunlardan güzergah üzerinde hidrolik amaçlı köprü gerektirecek olan bir dere bulunmamaktadır. Güzergahın büyük bir kesiminde hem yatayda hem de düşeyde hattın

iyileştirilmesi söz konusu olduğundan mevcut menfezler kesin projede kullanılmamış ve yerlerine yenileri projelendirilmiştir. Havza alanları ve yol şevli planı ile yerinde yapılan incelemeler göz önünde bulundurularak, kafa ve topuk hendekleri; yarma hendekleri ya da gerektiğinde derivasyon kanalları ile uygun deşarj noktalarına derive edilecek havzalar belirlenmiştir. Projedeki menfezlerle ilgili hesaplar teklif hattı aşamasında hazırlanan Hidrolik-Hidrolojik Etüt Raporu'nda bulunmaktadır. Teklif hattı sonrası yapılan drenaj çalışmaları ve sonrasındaki kesin proje çalışmaları sonrası yenilenen menfez listesi aşağıda verilmiştir. Kanal hesapları ise Drenaj Sistemi Açıklama Raporunda yer almaktadır(KGM, 2014).

Güzergah boyunca hidrolik amaçlı, drenaj amaçlı ve tarımsal altgeçit olarak kullanılmak üzere toplam 16 adet yeni kutu menfez projelendirilmiştir. Kavşak kolları üzerinde bulunan ve drenaj amaçlı menfezler projeye eklenmiştir. Menfezlerin enkesitleri hazırlanmış, metrajları çıkarılmış ve plan profil paftalarına bilgileri ile beraber işlenmiştir.

2.8. Çamlıbel Tüneli Yapım Aşamasında Dikkat Edilecek Konular

Mevcut yolun kullanılan kesimlerinde yapım süresince mevcut trafik akışının inşaat nedeniyle sağlanamayacağı bölümlerinde, servis yolları projelendirilerek trafik akışının sürekliliği sağlanmalıdır. Geçki boyunca heyelan gibi jeolojik jeoteknik bir olumsuzluğa rastlanmamıştır. Yapılan kaya sınıflamaları, zemin araştırma programı bulguları ve yüzey jeolojisi gözlemleri sonucunda yarma kazıları için İdare'nin uyarı ve görüşleri doğrultusunda şev oranları belirlenmiştir. Aynı yöntemle bu yarma kazılarından çıkacak olan malzemenin dolgu şev oranları da belirtilmiştir. Buna göre, tasarlanan yol boyunca yapılan arazi araştırmalarına göre jeolojik katmanların mühendislik parametrelerine uygun olarak, palyelerde kademe kademe değişen şevler verilmiştir. Yol boyunca yine jeolojik formasyonun değiştiği yerlerde yarma şev değerleri değiştirilmiştir. Tüm şev değerlerine ait detaylı hesaplamalar ve değerlendirmeler, Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporunda bulunmaktadır. Aşağıdaki veriler bu rapordan elde edilmiştir.

Kazılardan çıkacak malzemenin dolguda kullanılabilirliği arazi gözlemleri ve yol boyunca açılan araştırma çukurlarından alınan örneklerin deney sonuçlarına göre

değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucu kazı malzemesinin dolgularda kullanılabilir olduğu düşünülmüştür. Malzeme ocağı olarak iki adet taş ocağı ve iki adet ariyet ocağı belirlenmiştir. Bu ocakların rezerv ve ruhsat bilgilerine ilişkin ayrıntılar Jeolojik-Jeoteknik Etüt Raporu içerisinde verilmiştir. Taş ocaklarından alınan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonuçlarına göre her iki ocak malzemesi de konkasörde kırılıp, dane boyu dağılımı şartnamesine uydurularak aşınma, binder, bitümlü temel agregası, sathi kaplama, bitümlü sathi kaplama bitümlü koruyucu sathi kaplama, taş mastik asfalt malzemesi olarak kullanılabilir nitelikte olduğu değerlendirilmiştir. Bu ocaklardan elde edilecek malzemeler ayrıca aşınma ve binder agregası olarak kullanılabilir. Geçki boyunca Km 0+500’de yer alan Ilıca göleti ve Km 6+500’de yer alan İhsaniye göletine ait düzlük alanlarda mevsimsel olarak yüzey sularının birikmesi ve yeraltı suyu düzeyinin yükselmesi olasıdır. Bu nedenle yapım sırasında bu bölgelerde suya karşı önlemlerinin alınması gerekebilir. Gerekmesi durumunda patlatma ile yapılacak kazılarda düzgün kesme delme patlatma yöntemi uygulanmalıdır. Yapılacak tüm yüksek dolgularda dolgu yükleme plakalarının kullanıldığı aşamalı dolgu yöntemi uygulanmalıdır(KGM, 2014). Güzergahın üstyapı projelendirmesi hem BSK hem de sathi kaplamalı olarak hazırlanmıştır. BSK ve Sathi Kaplama hesaplamaları, ayrıntılı trafik hesaplamaları ve üstyapı tabaka kalınlıkları Üstyapı Projelendirme Raporu’nda verilmiştir.

Yol Banketlerinde üstyapı kompozisyonunun tamamı uygulanmalıdır. Üstyapı kompozisyonunda verilen tüm tabaka kalınlıkları sıkışmış kalınlıklardır. Proje sonunda yapılan kübaj hesaplarından elde edilen brükner eğrisinden çıka sonuca göre yarmalardan çıkan malzemeler dolgu ihtiyacını fazlasıyla karşılamaktadır. Her ihtimale karşı yol kazılarının dolgu malzemesi ihtiyacını karşılamadığı durumlarda dolgu malzemesinin temini için Kızık Ariyet Ocağı ve Pamukpınar Ariyet Ocağı adı ile iki adet ocak önerilmektedir.

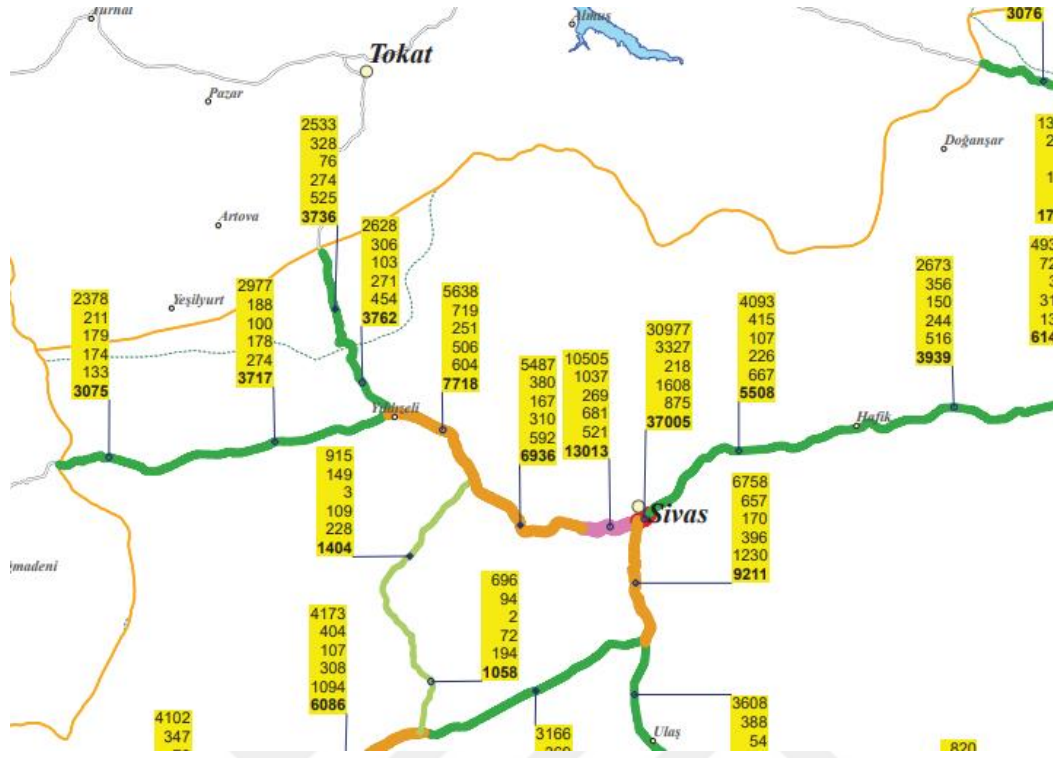
Temel ve Alttemel, asfalt mıcırı, beton agregası, aşınma, binder, bitümlü temel agregası, makadam sathi kaplama, bitümlü sathi kaplama bitümlü koruyucu sathi kaplama, taş mastik asfalt malzemesi ve sanat yapıları için gerekli ocak taşı temini için 2 ayrı taş ocağı önerilmektedir.

Kargın-1 taş ocağı proje geçkisine göre yaklaşık 7.7 km ileride ve solda Topçuluk Tepesi'nde konumlanmaktadır. Taş ocağına ulaşım stabilize yol ile sağlanmaktadır. Yol dört mevsim ulaşım açıktır. Kargın 1 taş ocağı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Birimde yapılan mühendislik jeolojisi incelemelerinde kayaç az ayrışmalı ve arazide çekiç darbesine gösterdiği tepkiye göre orta çok dayanımlı (50 – 100 MPa) kaya olarak nitelenmiştir. Taş ocağı kamu mülkiyetindedir. Alanda yeraltı suyunun varlığına ilişkin herhangi bir yüzey su çıkışı ve/veya kaynağı gözlenmemiştir. Kaya ocağının işletmesinde “Basamak Patlatması” yöntemi kullanılacak; işletmedeki serbest yüzeyler (patlatma yönü) kuzeydoğu yönünde düzenlenecektir. Ayrıca patlatma sırasında yeteri kadar “gecikmeli kapsül” kullanılarak titreşim, kaya fırlamaları ve ses kirliliği denetlenecektir.

Ocak alanından alınan örnekler üzerinde yapılan ve özet sonuçları aşağıda verilen deneylere göre ocak malzemesi; konkasörde kırılıp, dane boyu dağılımı şartnamesine uygun biçime getirilerek alt temel ve temel malzemesi olarak kullanılabilir olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ocaktan alınacak malzeme aşınma, binder, bitümlü temel agregası, makadam sathi kaplama, bitümlü sathi kaplama bitümlü koruyucu sathi kaplama, taş mastik asfalt malzemesi olarak kullanılabilir olarak değerlendirilmiştir. Kargın-2 taş ocağı proje geçkisine göre yaklaşık 7.7 km ileride ve solda Gökçeçam Tepesi'nde konumlanmaktadır. Taş ocağına ulaşım stabilize yol ile sağlanmaktadır. Yol dört mevsim ulaşım açıktır. Proje geçkisi çevresinde su ocağı olarak KM 0+500'de 500 m solda Ilıca Göleti ve KM 6+500'de 500 m sağda bulunan İhsaniye Göleti'nin kullanılabileceği değerlendirilmiştir(KGM, 2014).

2.9. Trafik Verileri

Şekil 2.16'da 16. Bölge Müdürlüğü 2019 yılı trafik verileri görülmektedir. Otomobil, orta yüklü ticari taşıt, otobüs, kamyon, tır sırasına göre sıralanmış veriler görülmektedir.



Şekil 2.16. 16. Bölge Müdürlüğü 2019 Yılı Trafik Sayımı

Tablo 2.3 ve 2.4’de 2009 ve 2019 yılları günlük ortalama trafik değerleri taşıt cinsine göre verilmiştir.

Tablo 2.3. 2009 Yılı Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2010)

Taşıt Cinsi	2009 YOGT
Otomobil	1383
Orta yük. tic. Taşıt	130
Otobüs	46
Kamyon	363
Tır	134
Toplam	2518

Tablo 2.4. 2019 Yılı Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri (KGM, 2020)

Taşıt Cinsi	2019 YOGT
Otomobil	2628
Orta yük. tic. Taşıt	306
Otobüs	103
Kamyon	271
Tır	454
Toplam	3762

Aşağıda Tablo 2.5’ de verilen 2009 2019 arasındaki 10 yıla göre YOGT değerleri incelenerek yıllık ortalama taşıt geçiş değerlerindeki değişim hesaplanmıştır. Taşıt cinsine göre ayırarak hesaplama yapılmıştır. Hesaplamalar için aşağıdaki formül (2.1) kullanılmıştır.

k: yıllık yüzdesel değişim

$$YOGT_{2019}=YOGT_{2009}*(1+k)^{10} \quad (2.1)$$

$$\text{Otomobil için } 2628 = 1383*(1+k)^{10}$$

$$\text{Orta yük. tic. Taşıt için } 306=130*(1+k)^{10}$$

$$\text{Otobüs için } 103=46*(1+k)^{10}$$

$$\text{Kamyon için } 271=363*(1+k)^{10}$$

$$\text{Tır için } 454=134*(1+k)^{10}$$

Tablo 2.5. Yıllık Yüzdesel Değişim

Taşıt Cinsi	Yıllık Yüzdesel Değişim % (k)
Otomobil	6.6
Orta Yük. Tic. Taşıt	8.9
Otobüs	8.4
Kamyon	-3.0
Tır	13.0
Toplam	6.3

Yıllık yüzdesel değişime baktığımızda kamyon hariç diğer araç cinslerinde artış olmaktadır. Taşımacılıkta büyük filoların ve tır sayısının artmasının kamyon geçiş sayısını azalttığı tahmin edilmektedir. Tablo 2.6’da 2020 yılı için yıllık yüzdesel değişim oranları kullanılarak tahmini günlük ortalama trafik değerleri hesaplanmıştır. Örneğin otomobil için 2019 yılı YOGT değeri 2628 (Tablo 2.4) iken yıllık yüzdesel değişim oranı % 6.6 (Tablo 2.5) ile artırılarak 2020 yılı için YOGT değeri bulunmuştur. Diğer araç cinsleri içinde aynı hesaplama yapılmıştır.

Tablo 2.6. 2020 Yılı Tahmini Yıllık Ortalama Günlük Trafik Değerleri

Taşıt Cinsi	2020 Tahmini YOGT
Otomobil	2785
Orta Yük. Tic. Taşıt	330
Otobüs	111
Kamyon	262
Tır	508
Toplam	3997

2.10. Trafik Projeksiyonu

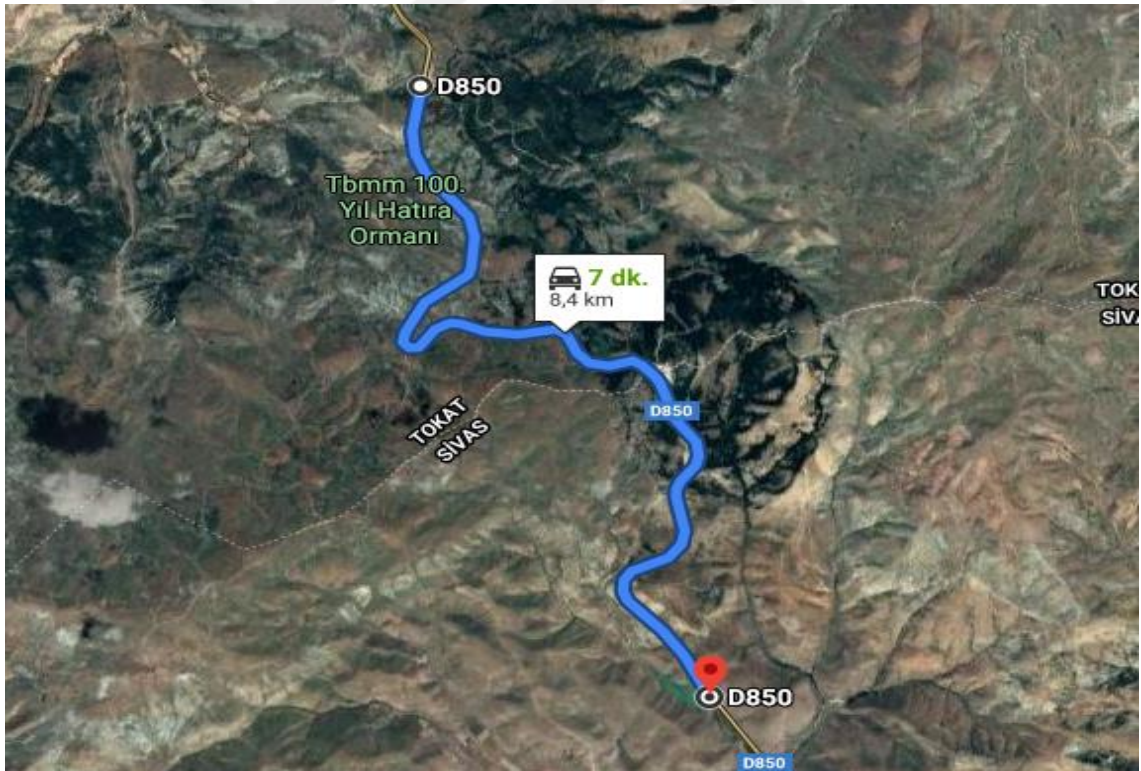
2014 yılında yapılan çalışmaya göre 2019 yılında tamamlanacağı öngörüldüğünden proje yapım süresi 5 yıl olarak kabul edilmiştir. 2020 yılı itibarıyla henüz başlamadığından hesaplamalar 2021 yılında başlayacağı, 5 yıllık yapım süresinin olacağı ve ek olarak 20 yıl boyunca hizmet sağlayacağı düşünülerek Tablo 2.7’de yıllara göre trafik projeksiyonu yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken 2020 yılı YOGT değerleri yıllık yüzdesel değişim oranı (Tablo 2.5) ile çarpılarak bir sonraki yılın YOGT değeri bulunmuştur. Örneğin tır cinsi araç için 2020 yılı YOGT değeri 508 ve yıllık artış oranı Tablo 2.5’de % 13 olduğundan 2021 yılı YOGT değeri 655’e ulaşmış olacaktır. Her sonraki yıl için aynı hesaplama yapılmıştır.

Tablo 2.7. Trafik Projeksiyonu

Yıl	Otomobil	Orta Yük. Tic. Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır
2021	2986	363	121	255	580
2022	3183	395	131	247	655
2023	3394	430	142	240	740
2024	3618	469	154	233	836
2025	3856	510	167	226	945
2026	4111	556	181	219	1068
2027	4382	605	196	212	1207
2028	4671	659	213	206	1364
2029	4980	718	231	200	1541
2030	5308	782	250	194	1741
2031	5659	851	271	188	1968
2032	6032	927	294	182	2224
2033	6430	1010	319	177	2513
2034	6855	1099	345	172	2839
2035	7307	1197	374	166	3209
2036	7789	1304	406	161	3626
2037	8303	1420	440	157	4097
2038	8851	1546	477	152	4630
2039	9436	1684	517	147	5231
2040	10058	1834	560	143	5912
2041	10722	1997	607	139	6680
2042	11430	2175	658	134	7548
2043	12184	2368	714	130	8530
2044	12988	2579	774	127	9639
2045	13846	2808	839	123	10892

2.11. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Karayolu Ulaşımına Katkısı

Çamlıbel tüneli projesinde kuzey ve güney olmak üzere 2 kavşak bulunmaktadır. Kuzey Kavşağı Km:6+560'da olup Güney Kavşağı Km:0+475'de planlanmış bulunmaktadır. İki kavşak arasında 6085 m mesafe olacaktır. Mevcut yolda ise kavşak yapılması planlanan noktalar arasında Şekil 2.17'de görüldüğü gibi 8400 m mesafe bulunmaktadır. Çamlıbel tüneli sayesinde 2315 m yol kısılacaktır. Ayrıca tünel ve bağlantı yolları birlikte düşünüldüğünde 3770 m yol dağlık arazi yol standardından düz arazi yol standardına geçmektedir. Sadece yolun kısılması değil arazi standardının değişmesi de ulaşımaya fayda sağlayacaktır. Kış aylarındaki ulaşım aksaklıklarını da ortadan kaldırarak ulaşım sürekliliğini de sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca trafik kazalarının azalmasına da yardımcı olacaktır. Yöre turizmine de olumlu etki edecektir.



Şekil 2.17. Çamlıbel Tünel Hattı

3- BULGULAR VE HESAPLAMALAR

3.1. Çamlıbel Tüneli Projesi İçin Faydaların Hesaplanması

Çamlıbel Tüneli Projesi için fayda hesabında taşıt işletme giderlerindeki azalmadan dolayı faydalar, yolcu ve sürücü zaman giderlerindeki azalmadan sağlanacak faydalar ve karayolu kış şartlarından dolayı işletme maliyetlerinden azalacak faydalar olarak hesap yapılmıştır.

3.1.1. Taşıt İşletme Giderlerinde Elde Edilecek Fayda Hesabı

Taşıt işletme giderleri olarak akaryakıt giderleri, yağ tüketimi, lastik giderleri, bakım onarım giderleri, sürücü giderleri, amortisman giderleri, sigorta ve vergi giderleri olarak değerlendirilmektedir (Bakırcı, 2005).

Karadeniz Teknik Üniversitesinde yapılan Araklı-Bayburt Karayolunun Fayda Maliyet Analizi çalışmasında, kaplama ve arazi cinsine göre taşıt işletme maliyeti birim bedeli hesabında kullanılan verilerden birim katsayı olarak faydalanılmıştır (Yılmaz, 2010). Çünkü tünel projesiyle birlikte 3770 m yol dağlık yol standardından düz yol standardına çıkmaktadır.

Örneğin otomobil için, mevcut yol eski kaplama dağlık yol olduğu için taşıt işletme gideri birim maliyeti 0.3099 iken, yeni tünel projesi ile birlikte yeni kaplama düz yol standardına geçecek ve taşıt işletme birim maliyeti 0.2895'e düşecektir (Yılmaz, 2010). Böylelikle eski ve yeni yol arasında % 7.05 maliyet farkı oluşacaktır. Standardı yükselecek yol 3770 m olduğundan % 7.05 oranı ile çarpıldığında 266 m iyileşecek yol katkısı oluşacaktır. 2315 m'de tünelden dolayı yol kısalacağından toplam 2581 m yol için maliyet azalışı oluşacaktır. Taşıt cinsine göre taşıt işletme birim maliyeti farklı olduğundan iyileşecek yol etkisi farklılık gösterecektir. Bu sebeple Tablo 3.1, Tablo 3.2, Tablo 3.3, Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'de her cins taşıt için ayrı hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.1. Otomobil Cinsi Taşıt İçin Oranlar

Otomobil	
Yeni Kaplama Düz Yol	0.2895
Eski Kaplama Dağlık Yol	0.3099
Oranı	1.0705
Yüzdesel Fark %	7.05%
İyileşecek Yol (m)	3770
İyileşecek Yol Katkısı (m)	266
Kısalacak Yol (m)	2315
Toplam (m)	2581

Tablo 3.2. Orta Yük. Tic. Taşıt İçin Oranlar

Orta Yük. Tic. Taşıt İçin	
Yeni Kaplama Düz Yol	0.2895
Eski Kaplama Dağlık Yol	0.3099
Oranı	1.0705
Yüzdesel Fark %	7.0500%
İyileşecek Yol (m)	3770
İyileşecek Yol Katkısı (m)	266
Kısalacak Yol (m)	2315
Toplam (m)	2581

Tablo 3.3. Otobüs İçin Oranlar

Otobüs	
Yeni Kaplama Düz Yol	1.8179
Eski Kaplama Dağlık Yol	2,3789
Oranı	1.3086
Yüzdesel Fark %	30.86%
İyileşecek Yol (m)	3770
İyileşecek Yol Katkısı (m)	1163
Kısalacak Yol (m)	2315
Toplam (m)	3478

Tablo 3.4. Kamyon İçin Oranlar

Kamyon	
Yeni Kaplama Düz Yol	1.2856
Eski Kaplama Dağlık Yol	2.0133
Oranı	1.5660
Yüzdesel Fark %	56.60%
İyileşecek Yol (m)	3770
İyileşecek Yol Katkısı (m)	2134
Kısalacak Yol (m)	2315
Toplam (m)	4449

Tablo 3.5. Tır İçin Oranlar

Tır	
Yeni Kaplama Düz Yol	2.2765
Eski Kaplama Dağlık Yol	3.4288
Oranı	1.5062
Yüzdesel Fark %	50.62%
İyileşecek Yol (m)	3770
İyileşecek Yol Katkısı (m)	1908
Kısalacak Yol (m)	2315
Toplam (m)	4223

Gazi Üniversitesinde Yapılan Türkiye Şehirlerarası Karayolu Taşıt İşletim ve Birim Taşıma Maliyetleri Çalışmasına Göre;

Otomobil cinsi taşıt için: 0.4591 \$

Orta Yük. Tic. Taşıt cinsi için: 0.4132 \$

Otobüs için: 1.4044 \$

Kamyon için: 1.0103 \$

Tır için: 1.2817 \$

Taşıt İşletme gideri Taşıt – Km birim (Tablo 3.6) bedeline göre hesaplanmıştır (Başçuhadar, 2014).

Hesaplamalarda dolar kuru için 2020 yılı kur ortalaması olarak 6.89 TL değeri kullanılmıştır.

Tablo 3.6. Taşıt İşletme Giderleri

	Taşıt işletme gideri (\$)	Taşıt işletme gideri (TL)
Otomobil	0.4591	3.16 TL
Orta yük. tic. Taşıt	0.4132	2.85 TL
Otobüs	1.4044	9.68 TL
Kamyon	1.0103	6.96 TL
Tır	1.2817	8.83 TL

Tablo 2.7'deki trafik projeksiyonuna göre bulduğumuz günlük araç geçiş sayıları 365'le çarpılarak bir yıl içerisinde geçen araç sayısı Tablo 3.7'de hesaplanmıştır.

Tablo 3.7. Bir Yıl İçerisinde Geçen Araç Sayıları

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır
2026	1 500 440	202 866	66 120	79 922	389 850
2027	1 599 469	220 921	71 674	77 524	440 531
2028	1 705 034	240 583	77 695	75 198	497 800
2029	1 817 566	261 995	84 221	72 942	562 514
2030	1 937 526	285 313	91 296	70 754	635 641
2031	2 065 402	310 705	98 965	68 631	718 274
2032	2 201 719	338 358	107 278	66 572	811 649
2033	2 347 032	368 472	116 289	64 575	917 164
2034	2 501 937	401 266	126 058	62 638	1 036 395
2035	2 667 064	436 979	136 647	60 759	1 171 127
2036	2 843 091	475 870	148 125	58 936	1 323 373
2037	3 030 735	518 222	160 567	57 168	1 495 411
2038	3 230 763	564 344	174 055	55 453	1 689 815
2039	3 443 993	614 571	188 676	53 789	1 909 491
2040	3 671 297	669 268	204 524	52 176	2 157 725
2041	3 913 603	728 832	221 704	50 610	2 438 229
2042	4 171 900	793 698	240 328	49 092	2 755 199
2043	4 447 246	864 338	260 515	47 619	3 113 374
2044	4 740 764	941 264	282 398	46 191	3 518 113
2045	5 053 654	1 025 036	306 120	44 805	3 975 468

Tablo 3.8’de 1 km mesafe için taşıt işletme giderleri hesaplanmış ve Tablo 3.9’da toplam mesafe kısalmasının sağlayacağı taşıt işletme giderlerindeki azalmalar bulunmuştur.

Tablo 3.8. 1 Km Mesafe İçin Taşıt İşletme Giderleri (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır
2026	4 741 391	578 168	640 045	556 254	3 442 378
2027	5 054 322	629 625	693 809	539 567	3 889 887
2028	5 387 908	685 662	752 089	523 380	4 395 572
2029	5 743 510	746 686	815 264	507 678	4 966 997
2030	6 122 581	813 141	883 746	492 448	5 612 706
2031	6 526 672	885 510	957 981	477 675	6 342 358
2032	6 957 432	964 321	1 038 451	463 344	7 166 864
2033	7 416 622	1 050 145	1 125 681	449 444	8 098 557
2034	7 906 120	1 143 608	1 220 238	435 961	9 151 369
2035	8 427 923	1 245 390	1 322 738	422 882	10 341 047
2036	8 984 166	1 356 229	1 433 848	410 195	11 685 383
2037	9 577 121	1 476 934	1 554 292	397 890	13 204 483
2038	10 209 211	1 608 381	1 684 852	385 953	14 921 066
2039	10 883 019	1 751 527	1 826 380	374 374	16 860 804
2040	11 601 299	1 907 413	1 979 796	363 143	19 052 709
2041	12 366 984	2 077 172	2 146 099	352 249	21 529 561
2042	13 183 205	2 262 041	2 326 371	341 681	24 328 404
2043	14 053 297	2 463 362	2 521 786	331 431	27 491 097
2044	14 980 814	2 682 601	2 733 616	321 488	31 064 939
2045	15 969 548	2 921 353	2 963 240	311 843	35 103 381

Tablo 3.9. Toplam Mesafe Kısalmasının Sağlayacağı Taşıt İşletme Giderlerindeki Azalmalar (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır	Toplam
2026	12 237 529	1 492 252	2 226 076	2 474 776	14 537 161	32 967 795
2027	13 045 206	1 625 063	2 413 066	2 400 533	16 426 992	35 910 861
2028	13 906 190	1 769 694	2 615 764	2 328 517	18 562 501	39 182 666
2029	14 823 998	1 927 196	2 835 488	2 258 661	20 975 626	42 820 971
2030	15 802 382	2 098 717	3 073 669	2 190 902	23 702 458	46 868 128
2031	16 845 340	2 285 503	3 331 857	2 125 175	26 783 777	51 371 651
2032	17 957 132	2 488 912	3 611 733	2 061 419	30 265 668	56 384 865
2033	19 142 303	2 710 425	3 915 119	1 999 577	34 200 205	61 967 629
2034	20 405 695	2 951 653	4 243 989	1 939 589	38 646 232	68 187 158
2035	21 752 470	3 214 351	4 600 484	1 881 402	43 670 242	75 118 949
2036	23 188 134	3 500 428	4 986 925	1 824 960	49 347 373	82 847 819
2037	24 718 550	3 811 966	5 405 827	1 770 211	55 762 532	91 469 085
2038	26 349 975	4 151 231	5 859 916	1 717 105	63 011 661	101 089 887
2039	28 089 073	4 520 690	6 352 149	1 665 591	71 203 177	111 830 681
2040	29 942 952	4 923 032	6 885 729	1 615 624	80 459 590	123 826 927
2041	31 919 187	5 361 181	7 464 131	1 567 155	90 919 337	137 230 991
2042	34 025 853	5 838 327	8 091 118	1 520 140	102 738 851	152 214 288
2043	36 271 559	6 357 938	8 770 772	1 474 536	116 094 901	168 969 706
2044	38 665 482	6 923 794	9 507 516	1 430 300	131 187 238	187 714 331
2045	41 217 404	7 540 012	10 306 148	1 387 391	148 241 579	208 692 534

3.1.2. Yolcu Zaman ve Yük Maliyetlerinden Elde Edilecek Faydalar

Çamlıbel tüneli ve bağlantı yolları projesi yolcu, yolcu zaman ve yük taşımacılığı maliyetlerine sağlayacağı faydalar çalışılmıştır.

Otomobil cinsi taşıt için: 0.2676 \$

Orta Yük. Tic. Taşıt cinsi için: 0.1175 \$

Otobüs için: 1.1364 \$

Yolcu ve yolcu zaman gideri Yolcu- Km birim bedeline göre hesaplanmıştır (Başçuhadar, 2014).

2007 yılı istatistik verilerine göre otomobil için taşıt için ortalama yolcu sayısı 2.5 otobüs cinsi taşıt için ortalama 28.3 Orta yük. tic. Taşıt cinsi için ortalama yolcu 13.5 olarak değerlendirilmiştir (KGM, 2008). Orta yük. tic. Taşıt hem yük hem yolcu taşıdığı ve tam sayıları bilinmediği için, hesaplamalar yarısının yük yarısının yolcu taşıdığı varsayılarak yapılmıştır.

Tablo 3.10'da yolcu ve yolcu zaman bedeli araç başına hesabı yapıldıktan sonra Tablo 3.11'de gösterildiği gibi ortalama yolcu sayılarıyla çarpılarak toplam bedel hesaplanmıştır.

Tablo 3.10. Yolcu ve Yolcu Zaman Bedeli

	Yolcu ve Yolcu Zaman Bedeli (\$/ yolcu km)	Yolcu ve Yolcu Zaman Bedeli (TL/ yolcu km)
Otomobil	0.2676	1.84 TL
Orta Yük. Tic. Taşıt	0.1175	0.81 TL
Otobüs	0.1364	0.94 TL

Tablo 3.11. Ortalama Yolcu Sayıları

	Ortalama Yolcu Sayısı	Toplam
Otomobil	2.5	4.61 TL
Orta Yük. Tic. Taşıt	13.5	10.93 TL
Otobüs	28.3	26.60 TL

Yük taşıma bedeli için ise;

Kamyonet cinsi taşıt için: 0.1952 \$

Kamyon cinsi taşıt için: 0.1454 \$

Tır cinsi taşıt için: 0.1186 \$

Yük taşıma maliyeti Ton- Km birim bedeline göre hesaplanmıştır (Başçuhadar, 2014).

2010-2014 arası Karayolu Yük Taşımacılığı istatistiklerine göre kamyon cinsi taşıt için ortalama 7,7 ton, tır cinsi taşıt ortalama 10,6 ton yük taşımaktadır (KGM, 2015). Orta yüklü ticari taşıtın ise 1 ton yük taşıdığı kabul edilmiştir. Tablo 3.12’de yük taşıma birim maliyeti ve Tablo 3.13’de yük taşıma toplam maliyeti hesaplanmıştır.

Tablo 3.12. Yük Taşıma Maliyeti

	Yük Taşıma Bedeli (\$/ton km)	Yük Taşıma Bedeli (TL/ton km)
Orta yük. Tic. Taşıt	0.1952	1.34
Kamyon	0.1454	1.00
Tır	0.1186	0.82

Tablo 3.13. Yük Taşıma Toplam Maliyeti

	Ortalama Yük (t)	Toplam (TL)
Orta yük. Tic. Taşıt	1.0	1.34
Kamyon	7.7	7.71
Tır	10.6	8.66

Tablo 3.10 ve 3.13’de yolcu ve yük taşıma maliyetleri belirlendikten sonra Tablo 3.7’de hesaplanan bir yıl içerisinde geçen araç sayıları ile çarpılarak Tablo 3.14’de 1 km mesafe azalmasının yolcu zaman ve yük taşıma maliyetine etki hesabı ve Tablo 3.15’de toplam mesafe kısılmasının sağlayacağı yolcu zaman ve yük taşıma maliyet giderlerindeki azalmalar hesaplanmıştır.

Tablo 3.14. 1 Km Mesafe Azalmasının Yolcu Zaman Ve Yük Taşıma Maliyetine Etkisi (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır
2026	6 917 029	1 244 583	1 758 801	616 196	3 376 103
2027	7 373 553	1 355 351	1 906 540	597 710	3 814 997
2028	7 860 207	1 475 978	2 066 690	579 779	4 310 946
2029	8 378 981	1 607 340	2 240 292	562 385	4 871 369
2030	8 931 994	1 750 393	2 428 476	545 514	5 504 647
2031	9 521 505	1 906 178	2 632 468	529 148	6 220 251
2032	10 149 924	2 075 828	2 853 595	513 274	7 028 884
2033	10 819 820	2 260 576	3 093 297	497 876	7 942 639
2034	11 533 928	2 461 768	3 353 134	482 939	8 975 182
2035	12 295 167	2 680 865	3 634 798	468 451	10 141 956
2036	13 106 648	2 919 462	3 940 121	454 398	11 460 410
2037	13 971 687	3 179 294	4 271 091	440 766	12 950 263
2038	14 893 818	3 462 251	4 629 862	427 543	14 633 797
2039	15 876 810	3 770 392	5 018 771	414 716	16 536 191
2040	16 924 679	4 105 956	5 440 348	402 275	18 685 896
2041	18 041 708	4 471 387	5 897 337	390 207	21 115 062
2042	19 232 461	4 869 340	6 392 713	378 500	23 860 020
2043	20 501 803	5 302 711	6 929 701	367 145	26 961 823
2044	21 854 922	5 774 652	7 511 796	356 131	30 466 860
2045	23 297 347	6 288 597	8 142 787	345 447	34 427 552

Tablo 3.15. Toplam Mesafe Kısalmasının Sağlayacağı Yolcu Zaman Ve Yük Taşıma Maliyeti Giderlerindeki Azalmalar (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır	Toplam
2026	17 852 851	3 212 270	6 117 110	2 741 455	14 257 284	44 180 970
2027	19 031 140	3 498 162	6 630 947	2 659 211	16 110 731	47 930 190
2028	20 287 195	3 809 498	7 187 947	2 579 435	18 205 126	52 069 200
2029	21 626 150	4 148 544	7 791 734	2 502 052	20 571 792	56 640 271
2030	23 053 475	4 517 764	8 446 240	2 426 990	23 246 125	61 690 594
2031	24 575 005	4 919 845	9 155 724	2 354 180	26 268 121	67 272 875
2032	26 196 955	5 357 711	9 924 805	2 283 555	29 682 977	73 446 003
2033	27 925 954	5 834 547	10 758 488	2 215 048	33 541 764	80 275 802
2034	29 769 067	6 353 822	11 662 201	2 148 597	37 902 193	87 835 881
2035	31 733 826	6 919 312	12 641 826	2 084 139	42 829 479	96 208 582
2036	33 828 258	7 535 131	13 703 740	2 021 615	48 397 311	105 486 055
2037	36 060 923	8 205 758	14 854 854	1 960 966	54 688 961	115 771 462
2038	38 440 944	8 936 070	16 102 662	1 902 137	61 798 526	127 180 339
2039	40 978 046	9 731 381	17 455 285	1 845 073	69 832 334	139 842 120
2040	43 682 597	10 597 473	18 921 529	1 789 721	78 910 538	153 901 859
2041	46 565 649	11 540 649	20 510 938	1 736 029	89 168 908	169 522 172
2042	49 638 982	12 567 766	22 233 856	1 683 949	100 760 866	186 885 419
2043	52 915 154	13 686 298	24 101 500	1 633 430	113 859 778	206 196 161
2044	56 407 555	14 904 378	26 126 026	1 584 427	128 661 550	227 683 936
2045	60 130 453	16 230 868	28 320 612	1 536 894	145 387 551	251 606 379

3.1.3. Kış Bakım Maliyetlerinden Sağlanacak Faydalar

Sivas Tokat karayolunda bulunan Çamlıbel Dağları, Deveci Dağları'nın güneyinde doğu-batı yönünde bulunmaktadır. Bu dağ sırasının kuzeyinde bulunan alüvyon bölgesinde Çamlıbel beldesi, güneyinde bulunan alüvyon bölgesinde ise Yıldızeli ilçesi bulunmaktadır. Çamlıbel Dağları'nda İç Anadolu Bölgesi'ndeki karasal iklim özellikleri görülür. İklim şartları bölgede ulaşımı engelleyen en önemli doğal çevre faktörüdür. Yıldızeli Meteoroloji İstasyonu bu bölgede bulunmaktadır. Bu alandaki verilere göre yıllık ortalama sıcaklık değeri 7,57 °C'dir. Kış dönemi aralık, ocak ve şubat aylarında ortalama sıcaklık değerleri 0 °C'nin altına düşmektedir. Ortalama sıcaklık aralık ayında -1,8 °C'dir. Ocak ayında -5,5 °C olmakta ve şubat ayında ise -2,4 °C'dir. Temmuz ve ağustos aylarında ise sıcaklık ortalamaları 17,6 ile 18 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama 24 gün kar yağışı olmaktadır(Uçkun ve Kadioğlu, 2016). Şekil 3.1' de kış aylarında Çamlıbel Geçidinin durumu görülmektedir.



Şekil 3.1. Kış Aylarında Çamlıbel Geçidinden Görünümü

Bölgede kış döneminde yağmur, kar, sis, dolu, rüzgâr, tipi ve buzlanma gibi olumsuz hava koşulları sebebiyle kısa süreliğine de olsa trafik aksaklıkları yaşanmaktadır. Olumsuz hava durumu, Çamlıbel Geçidi'nde bakım ve onarım çalışmalarının sık sık yapılmasına sebep olmaktadır.

Karayolu bakım onarım çalışmalarının aksamadan yürütülmesi için Çamlıbel Geçidi'nin zirvesinde Karayolları Sivas 16. Bölge Müdürlüğü'ne bağlı Çamlıbel Bakımevi hizmet vermektedir. Çamlıbel Bakımevi, olumsuz hava koşullarının etkili olduğu eylül ayından nisan ayına kadar sekiz aylık dönemde faaliyet göstermektedir. Yaz aylarında ise kapatılmaktadır. Bakım evinde personel bulundurulmakta ve özellikle kış döneminde trafiği etkileyen yoğun kar yağışı ve buzlanma gibi olumsuz hava şartlarına karşı yolu trafiğe açık tutmaya çalışmaktadır. Tüm bu önlemlere rağmen bazı yıllar hava muhalefeti yolda trafik akışının durduğu gözlemlenmiştir. Kar yağışı ve tipi durumunda Tokat ve Sivas çıkışında trafik kontrolleri yapıp kar lastiği olmayan ve zincirsiz araçlar kontrol noktalarında durdurulmaktadır. Bu kontroller uzun süreli yol kapanmalarına engel olmak için yapılmaktadır (Uçkun ve Kadioğlu, 2016).

Çamlıbel Bakımevi'nde toplam 8 personel dönüşümlü olarak görev yapmaktadır. İhtiyaç durumunda yakın çevredeki karayolları bakım evlerinden personel takviyesi yapılmaktadır. Çalışanlar olumsuz hava olaylarının trafiği etkilediği kış günlerinde gece ve gündüz boyunca 24 saat karayolunu trafiğe açık tutabilmek için mücadele etmektedir. Karayolu personeline ek olarak 5 yüklenici şirket personeli de çalışmaktadır. Görevli personeller bakımevinde yatılı kalmaktadır. Bakımevinde 2 adet karayollarına ait ekipmanlı kamyon (Şekil 3.2) bulunmaktadır. Ayrıca özel şirkete ait 2 adet ekipmanlı kamyon, 1 adet greyder ve 1 adet yükleyici bulunmaktadır. Araçlar özellikle yolun trafiğe kapanmasını engelleme amacıyla kar kürümesi ve tuzlama gibi bakım çalışmalarında kullanılmaktadır. Tuzlamada kullanılan tuzlar bakımevinin tuz hangarında muhafaza edilmektedir (Uçkun ve Kadioğlu, 2016).



Şekil 3.2. Kış Şartlarıyla Mücadele Aracı

Karayolları Sivas 16. Bölge Müdürlüğünde 2006 2007 Yılları kış dönemi için karayolları yol güvenliği için 1627 Ton Tuz Kullanılmıştır. Uzman görüşlerine göre yaklaşık % 25 oranında (400 ton) Çamlıbel bölgesinde kış aylarında kullanıldığı düşünülmektedir. İthalatta Korunma Önlemlerine İlişkin Tebliğ verilerine göre 2005 Yılı İçin ortalama tuz fiyatı 27 \$ olarak belirtilmiştir.

Hesaplamalar iş makinelerinin 24 gün için 12 saat çalıştığı varsayımı ile yapılmıştır. Bu veriler ışığında yapılan hesaplamalarda aşağıdaki tabloda belirtilen kış bakım maliyeti hesaplanmıştır. Bakım onarım ve işletme genel maliyetlerinin devam edeceği ancak karla mücadele kapsamında bu maliyetin Çamlıbel Tüneli yapılmasıyla ortada kalkacağı düşünülmüştür.

Tablo 3.16’da kış bakım maliyeti hesaplanmıştır. Ancak trafik sayım verilerine göre yıllık % 6.3 oranında (Tablo 2.5) artış olduğu düşünüldüğünde bu maliyetin yıllık olarak artacağı ve dolayısıyla iklim şartlarından kaynaklanan maliyet azalmasının bu oranda azalacağı düşünülerek Tablo 3.17’de hesaplama yapılmıştır.

Tablo 3.16. Kış Bakım Maliyeti

Sıra No	Poz No	Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (KDV Dahil)	Tutar
1	03.508	Motor greyder’in 1 saatlik ücreti (80 HP den yukarı güçte takriben 9 ton)	Sa	576.00	217.49	125 273.52
2	03.521	Lastik tek.yükleyici 1 saat ücreti (1.5 yd3,80 dhp	Sa	576.00	200.90	115 715.52
3	KGM/70.003	Kış Programında Kar Ve Buzla Mücadele Amacıyla Kamyon Çalıştırılması	Sa	2 304.00	203.68	469 278.26
4	Özel	Kar ve Buzla Mücadele Kapsamında Tuz Kullanılması	Ton	400	186.03	74 412.00
Toplam						784 679.30

Tablo 3.17. Kış Bakım Maliyetindeki Azalmalar

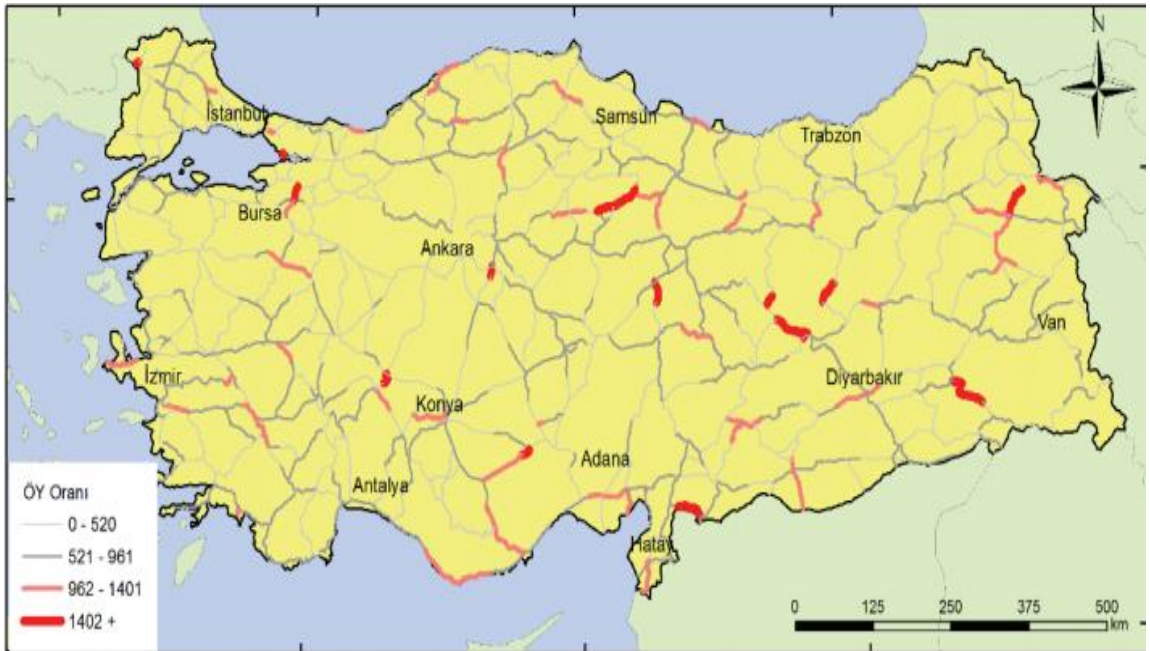
Yıl	Kış Bakım Maliyetindeki Azalmalar
2026	1 134 142
2027	1 205 593
2028	1 281 545
2029	1 362 282
2030	1 448 106
2031	1 539 337
2032	1 636 315
2033	1 739 403
2034	1 848 985
2035	1 965 471
2036	2 089 296
2037	2 220 922
2038	2 360 840
2039	2 509 573
2040	2 667 676
2041	2 835 739
2042	3 014 391
2043	3 204 298
2044	3 406 168
2045	3 620 757

3.1.4. Kaza Maliyetlerinin Azalmasından Sağlanacak Faydalar

Türkiye'de trafik kazalarında her yıl beş bine yakın insan ölmekte ve yaklaşık iki yüz binden fazla kişi de yaralanmaktadır. Yaralananlardan bazıları ömür boyu sakatlıkla sonuçlanmaktadır. Bu kazalar insanların yaşamlarının önemli bir bölümünün tamamen veya kısmen yok olması anlamına gelmektedir. Trafik kazaları buna ek olarak ciddi mali kayıplara da yol açmaktadır.

Ülkemizde trafik kaza verileri çoğunlukla bütüncül olarak verilmektedir. Bu istatistikler, toplam kaza sayısını, kazaya karışan araçların sayısını ve türünü, toplam ölüm ve yaralanma sayılarını içermektedir. Ancak detaylı kaza verilerinin olmaması nedeniyle, trafik güvenliğindeki bölgesel ve taşıt tipine bağlı değişimler kesin olarak belirlenememiştir. Ölüm ve yaralanma bulunan trafik kazaları trafik polisi ve jandarma birimleri tarafından kendi sorumluluk bölgelerine göre raporlanır ve saklanır. Maddi hasarlı kazalar ise ilgili sürücüler tarafından raporlanır ve toplanan veriler trafik sigortası bilgi merkezi veri tabanında saklanır (Özen ve Zorlu, 2018).

Şekil 3.3' de kaza verilerine göre ölüm ve yaralanma içeren kaza sayısı milyar taşıt km olarak verilmiştir (Özen ve Zorlu, 2018). Yıldızeli-Tokat arası trafik kazası sayısının Türkiye ortalamasından yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 3.4'de Yıldızeli Çamlıbel arasında meydana gelen bir kaza görülmektedir.



Şekil 3.3. Karayolu Kaza İstatistiği

Trafik kazalarının maliyet değeri ise üç ana başlıktan oluşmaktadır. Birincisi trafik kazasının araçlarda meydana getirdiği maddi hasardır. 1994 kaza istatistik bilgilerine göre ülkemizde milyon taşıt km başına 8.23 kaza olmuştur. Kaza başı ortalama hasar ise 657.54 \$ olarak değerlendirilmiştir (Gerçek, 2001). Diğer ana başlıklar ise ölüm ve yaralanmalardır. Trafik kazalarındaki ölüm ve yaralanmaların maliyet hesabı için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi insanın istihdam sürecine katkısı üzerinden ölüm ve yaralanmanın sebep olduğu kayıpların hesabına dayanır. Diğer bir yaklaşımda ise insanların ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarına maruz kalmamak için ödemeye razı olduğu bedeli esas alır. Milyon taşıt km başına yıllık ölüm maliyeti 658 \$ ve yıllık yaralanma maliyeti 13.089 \$ olarak hesaplanmıştır (Gerçek, 2001).



Şekil 3.4. Çamlıbel Bölgesi Trafik Kazası

Bu çalışmada mevcut yolun kaza oranının ortalama karayolu kaza oranının iki katı olduğu varsayımı ile hesaplamalar yapılmış ve tünel projesi tamamlandığında karayolunun kaza ortalamasının ülke ortalamasına ineceği düşünülmüştür. Tablo 3.18’de gösterilen kaza maliyeti değerleri üzerinden hesaplama yapılmış Tablo 3.19’de 1 km mesafe kısalması için milyon taşıt km olarak kaza maliyeti hesaplanmıştır. Daha sonra Tablo 3.20’de gösterildiği şekilde toplam mesafe kısalması için milyon taşıt km olarak kaza maliyeti hesabı tamamlanmıştır.

Tablo 3.18. Kaza Maliyeti

Kaza Başı (milyon taşıt km)	Ortalama Tahmini Maliyeti (\$)	Ortalama Tahmini Maliyeti (TL)	Kaza Ortalaması (8,23 adet/milyon taşıt km)
Maddi Hasar Maliyeti	657.54	4 530.45	37 285.61
Ölüm Maliyeti	658.00	4 533.62	37 311.69
Yaralanma Maliyeti	13.09	90.19	742.26
Toplam	1 328,63	9 154.26	75 339.57

Tablo 3.19. 1 Km Mesafe Kısalması İçin Milyon Taşıt Km Olarak Kaza Maliyeti (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır
2026	113 043	15 284	4 981	6 021	29 371
2027	120 503	16 644	5 400	5 841	33 189
2028	128 457	18 125	5 854	5 665	37 504
2029	136 935	19 739	6 345	5 495	42 380
2030	145 972	21 495	6 878	5 331	47 889
2031	155 607	23 408	7 456	5 171	54 114
2032	165 877	25 492	8 082	5 016	61 149
2033	176 824	27 761	8 761	4 865	69 099
2034	188 495	30 231	9 497	4 719	78 082
2035	200 935	32 922	10 295	4 578	88 232
2036	214 197	35 852	11 160	4 440	99 702
2037	228 334	39 043	12 097	4 307	112 664
2038	243 404	42 517	13 113	4 178	127 310
2039	259 469	46 301	14 215	4 052	143 860
2040	276 594	50 422	15 409	3 931	162 562
2041	294 849	54 910	16 703	3 813	183 695
2042	314 309	59 797	18 106	3 699	207 575
2043	335 054	65 119	19 627	3 588	234 560
2044	357 167	70 914	21 276	3 480	265 053
2045	380 740	77 226	23 063	3 376	299 510

Tablo 3.20. Toplam Mesafe Kısalması İçin Milyon Taşıt Km Olarak Kaza Maliyeti (TL)

Yıl	Otomobil	Ticari Taşıt	Otobüs	Kamyon	Tır	Toplam
2026	291 763	39 448	17 326	26 789	124 034	499 359
2027	311 019	42 958	18 781	25 985	140 159	538 902
2028	331 546	46 782	20 359	25 205	158 379	582 271
2029	353 428	50 945	22 069	24 449	178 969	629 860
2030	376 755	55 479	23 922	23 716	202 235	682 107
2031	401 620	60 417	25 932	23 004	228 525	739 499
2032	428 127	65 794	28 110	22 314	258 234	802 580
2033	456 384	71 650	30 471	21 645	291 804	871 954
2034	486 505	78 027	33 031	20 995	329 738	948 297
2035	518 614	84 971	35 806	20 366	372 604	1 032 361
2036	552 843	92 534	38 813	19 755	421 043	1 124 988
2037	589 331	100 769	42 074	19 162	475 779	1 227 114
2038	628 227	109 738	45 608	18 587	537 630	1 339 789
2039	669 689	119 504	49 439	18 029	607 522	1 464 184
2040	713 889	130 140	53 592	17 489	686 500	1 601 609
2041	761 006	141 722	58 093	16 964	775 744	1 753 530
2042	811 232	154 336	62 973	16 455	876 591	1 921 587
2043	864 773	168 072	68 263	15 961	990 548	2 107 617
2044	921 848	183 030	73 997	15 482	1 119 319	2 313 677
2045	982 690	199 320	80 213	15 018	1 264 831	2 542 072

3.1.5. Toplam Fayda

Tablo 3.21’de gösterildiği gibi taşıt işletme giderlerindeki azalmalar (Tablo3.9), yolcu zaman ve yük taşıma giderlerindeki azalmalar (Tablo 3.15), kış bakım maliyetlerindeki azalmalar (Tablo 3.17), kaza maliyetlerindeki azalmalar (Tablo3.20) toplanarak faydaların toplamı hesaplanmıştır.

Tablo 3.21. Toplam Faydalar

Yıl	Taşıt İşletme Giderlerindeki Azalmalar	Yolcu Zaman ve Yük Taşıma Giderlerindeki Azalmalar	Kış Bakım Maliyetlerindeki Azalmalar	Kaza Maliyelerindeki Azalmalar	Toplam (TL)
2026	32 967 795	44 180 970	1 134 142	499 359	78 782 266
2027	35 910 861	47 930 190	1 205 593	538 902	85 585 546
2028	39 182 666	52 069 200	1 281 545	582 271	93 115 682
2029	42 820 971	56 640 271	1 362 282	629 860	101 453 385
2030	46 868 128	61 690 594	1 448 106	682 107	110 688 935
2031	51 371 651	67 272 875	1 539 337	739 499	120 923 363
2032	56 384 865	73 446 003	1 636 315	802 580	132 269 763
2033	61 967 629	80 275 802	1 739 403	871 954	144 854 788
2034	68 187 158	87 835 881	1 848 985	948 297	158 820 321
2035	75 118 949	96 208 582	1 965 471	1 032 361	174 325 363
2036	82 847 819	105 486 055	2 089 296	1 124 988	191 548 157
2037	91 469 085	115 771 462	2 220 922	1 227 114	210 688 583
2038	101 089 887	127 180 339	2 360 840	1 339 789	231 970 855
2039	111 830 681	139 842 120	2 509 573	1 464 184	255 646 557
2040	123 826 927	153 901 859	2 667 676	1 601 609	281 998 070
2041	137 230 991	169 522 172	2 835 739	1 753 530	311 342 432
2042	152 214 288	186 885 419	3 014 391	1 921 587	344 035 685
2043	168 969 706	206 196 161	3 204 298	2 107 617	380 477 781
2044	187 714 331	227 683 936	3 406 168	2 313 677	421 118 112
2045	208 692 534	251 606 379	3 620 757	2 542 072	466 461 741

3.2. Çamlıbel Tüneli Maliyetinin Hesaplanması

Bu bölümde Çamlıbel tünel projesinin inşaat yapım maliyeti, aydınlatma ve havalandırma maliyeti ile işletme maliyeti hesaplanmıştır. Tünel projesine alternatif bir proje olmadığı ve vazgeçilen getiri bulunmadığından fırsat maliyeti hesabı yapılmamıştır.

3.2.1. Tünel İnşaat Tahmini Maliyeti

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Karayolları Genel Müdürlüğü 2020 yılı birim fiyatlarına göre Tablo 3.22 hazırlanmıştır (ÇSB, 2020).

Tablo 3.22. Tünel İnşaat Maliyeti

Poz No	Tanımı	Birim	Miktar	Birim Fiyat	Tutar
15.150.1004	Beton Santralinde Üretilen Veya Satın Alınan Ve Beton Pompasıyla Basılan, C 20/25 Basınç Dayanım Sınıfında, Gri Renkte, Normal Hazır Beton Dökülmesi (Beton Nakli Dahil)	M3	9 600.00	244.88	2 350 848.00
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 Mm Nervürlü Beton Çelik Çubuğu, Çubukların Kesilmesi, Bükülmesi Ve Yerine Konulması	TON	409.60	4 444.21	1 820 348.42
15.160.1004	Ø 14- Ø 28 Mm Nervürlü Beton Çelik Çubuğu, Çubukların Kesilmesi, Bükülmesi Ve Yerine Konulması.	TON	435.20	4 362.90	1.898 734,08
15.180.1002	Ahşaptan Düz Yüzeyle Beton Ve Betonarme Kalıbı Yapılması	M2	26 214.40	63.98	1.677 197,31
15.435.1005	8 Cm Yüksekliğinde Normal Çimentolu Buhar Kürlü Beton Parke Taşı İle Döşeme Kaplaması Yapılması (Her Ebat, Renk Ve Desende)	M2	28 200.00	59.29	1.671 978,00
KGM/15.052/6	Titreşimli Silindirle Sıkıştırma Yapılması (90-110 Hp)	SA	98 560.00	335.05	33 022 528,00
KGM/2003	Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine Göre B1 Sınıfı Zeminde Tünel Kazısı	M3	394 800.00	109.43	43 202 964,00
KGM/2006	Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemine Göre C2 Sınıfı Zeminde Tünel Kazısı	M3	413 600.00	214.29	88 630 344.00
KGM/2011	Tünelde Püskürtme Betonu Yapılması	M3	180 480.00	191.58	34 576 358.40
KGM/2012-1	Tünelde 2" Dış Çapında Çelik Boru İle Enjeksiyonsuz Süren Yapılması	MT	201 600.00	80.15	16 158 240.00
KGM/2017	Tünelde 28 Mm.Çapında Pg Tipi Kaya Bulonu Tesis Edilmesi	MT	134 400.00	81.46	10 948 224.00
KGM/2020	Tünelde 32 Mm.Çapında Pg Tipi Kaya Bulonu Tesis Edilmesi	MT	179 200.00	87.76	15 726 592.00
KGM/2021	Tünelde Hazır Nervürlü Hasır Çelikten İksa Yapılması	TON	1 776.60	6 183.50	10 985 606.10
KGM/2022	Tünelde Su Yalıtımı Yapılması	M2	338 400.00	123.63	41 836 392.00
KGM/2024-HR	Tünel Nihai Beton Kaplamasının Yapılması (C 30/37 Hazır Beton Harcı İle)	M3	210 560.00	427.10	89 930 176.00
KGM/2026/4	Tünelde 4" Çapında Umbrella Arch Metodu İle Süren Yapılması	MT	241 920.00	362.98	87 812 121.60
KGM/21.060	Tünel İskelesi (Serbest Açıklığı 10 M Den Büyük)	M3	507 600.00	28.48	14 456 448.00
KGM/2205	Her Cins Toprağın Sulanması Ve Sıkıştırılması	M3	84 600.00	3.29	278 334.00

Tablo 3.22. Tünel İnşaat Maliyeti (Devamı)

KGM/3360	Ocak Taşı İle Yaya Kaldırım Bordürü	Mt	9 400.00	99.48	935 112.00
KGM/3780/15	Refüj Geçişleri İçin Açılabilir Otokorkuluk Yapılması	Mt	7 700.00	232.65	1 791 405.00
KGM/4438	Büyük Plent Ünite.İle Karışım.Elekt.Duyargalı Finişer Serme-Silindir Sıkış.	Ton	293000.00	17,95	5 259 350.00
KGM/60.200	Soğuk Yol Çizgi Boyası İle Yol Çizgilerinin Çizilmesi	M2	107 800.00	29.43	3 172 554.00
KGM/60.205	Soğuk Yol Çizgi Boyası İle Yaya Geçitleri Ve Yavaşlama Uyarı Çizgilerinin Çizilmesi	M2	107 800.00	50.75	5 470 850.00
KGM/6010	Elenmiş Çakıllı Malzeme İle Alttemel Yapılması	M3	207 900.00	15.98	3 322 242.00
KGM/6040	Temel Yapılması [Kırılmış Ve Elenmiş Ocak Taşı İle (1'')]	M3	138 600.00	51.46	7 132 356.00
KGM/6220/S	Bitümlü Sıcak Temel Yapılması (Kırılmış Ve Elenmiş Sert Taş İle)(Tip A)	Ton	110 880.00	101.52	11 256 537.60
KGM/6308/S	8 Cm Sıkışmış Kalınlıkta 1 M2 Asfalt Betonu Binder Tabakası Yapılması (Kırılmış Ve Elenmiş Sert Taş İle)	M2	138 600.00	19.97	2 767 842.00
KGM/6450-1	Taş Mastik Asfalt (Tma) Aşınma Tabakası Malzemesinin Temini (Tip-1) (Kırılmış Ve Elenmiş Ocak Taşı İle)	Ton	92 400.00	37.10	3 428 040.00
TNL-1.1	1/25 000 Ölçekli Tünel Mühendislik Jeolojisi Ön Etütü Yapılması Ve Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	23 459.00	2 205 146.00
TNL-1.2	1/25 000 Ölçekli Tünel Jeolojik - Jeoteknik Ön Etüdü Ve Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	19 568.00	1 839 392.00
TNL-1.3	1/25 000 Ölçekli Tünel Ön Etüt Proje Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	13 031.00	1 224 914.00
TNL-2.1	1/5 000 Ölçekli Tünel Ön Proje Mühendislik Jeolojisi Etütü Yapılması Ve Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	29 976.50	2 817 791.00
TNL-2.10	Enerji Temini Ön Projelerinin Hazırlanması	100 M	94.00	13 579.00	1 276 426.00
TNL-2.11	Tünel Ön Proje Metraj Ve Keşiflerinin Hazırlanması	100 M	94.00	3 426.00	322 044.00
TNL-2.2	1/5 000 Ölçekli Tünel Ön Proje Jeolojik - Jeoteknik Etüdü Ve Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	86 515.50	8 132 457.00
TNL-2.3	1/5 000 Ölçekli Tünel Ön Proje Hesap Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	44 279.00	4 162 226.00
TNL-2.4	Tünel Ön Proje Portal Jeolojik Jeoteknik Etüdü Ve Raporunun Hazırlanması	Paket	1.00	43 185.00	43 185.00
TNL-3.11	Tünel Kontrol Sistemi Kesin Projesinin Hazırlanması	100 M	94.00	40 548.50	3 811 559.00
TNL-3.13	İdari Binalar Genel Yerleşim Planı Ve Kesin Projelerinin Hazırlanması	Paket	1.00	26 076.00	26 076.00
TNL-3.19	Tünel Kesin Proje Metraj Ve Keşiflerinin Hazırlanması	Paket	1.00	35 573.50	35 573.50
TNL-3.2	1/500 - 1/1 000 Ölçekli Tünel Kesin Proje Jeolojik Keoteknik Etüdü Ve Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	58 091.00	5 460 554.00
TNL-3.3	1/500 - 1/1 000 Ölçekli Tünel Kesin Proje Hesap Raporunun Hazırlanması	100 M	94.00	131 721.00	12 381 774.00
TNL-3.4	Tünel Kesin Proje Portal Jeolojik Jeoteknik Etüdü Ve Raporunun Hazırlanması	Paket	1.00	72 399.50	72 399.50
Toplam					585 331 240
Toplam (KDV Dahil)					690 690 863

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı yolları projesi maliyetini en önemli kısmını tünel inşaat maliyeti oluşturmaktadır. Tünel maliyeti hesaplanırken proje detayları(zemin tipleri, kullanılacak bulon ve süren çapları vb.) net bilinemediğinden metrajlar geçmiş projelerin ve uzman görüşlerinin ışığında tahmini olarak metrajlanmıştır.

3.2.2. Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistem Maliyeti

Aydınlatma, araç sürücülerinin tünel içerisine girdikten itibaren ortamın aydınlık adaptasyonuna uyum sağlayacak olan ve tünelin sürücüye güven duygusu içinde yolculuk etmesini sağlamaktadır (Şekil 3.5). Aydınlatması yetersiz olan tüneller, yaklaşan bir sürücü için kara delik izlenimini doğurur ve sürücünün görüş kaybına uğramasına neden olur. Bunun sonucunda da ölümlü kazalar meydana gelebilmektedir. Sürücülerin tünel içerisinde görüş kaybına uğramamaları için tünellerin kademeli aydınlatılması gerekmektedir (Rüstemli ve Avcil,2018).

Ayrıca karayolu tünellerinin güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için uluslararası standartlarda belirtilen şartlara göre acil durum havalandırmasını sağlayacak mekanik sistemler kurulmaktadır (Ünal,2008). Bu mekanik havalandırma sistemleri sayesinde, günlük havalandırmada tüneli kullanan araçların zehirli egzoz gazlarının tünel içerisinden uzaklaştırılmaktadır. Ayrıca yangın gibi acil durumlarda oluşabilecek dumanın tünelden tahliyesinin sağlamaktadır. Bu sayede tünel içerisinde seyahat eden araçlarda bulunan insanların acil kaçış tüplerine ve tünel dışına çıkarken dumandan ve sıcaklıktan minimum düzeyde etkilenmesi sağlanmış olacaktır.



Şekil 3.5. Tünel Aydınlatması

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı yolları projesi yapım maliyetine mekanik ve elektrik sistemlerinin maliyeti de eklenmekte ve yüksek rakam tutmaktadır. Tünel aydınlatma ve havalandırma sistem m² birim maliyeti 2007 yılı için 400 TL olarak belirtilmiştir (Yılmaz,2010). Bu bedeli 2020 yılına dönüştürdüğümüzde 1 369.22 TL olmaktadır. Tablo 3.23’de bu hesap gösterilmiştir.

Tablo 3.23. Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistem Maliyeti

	Yaklaşık Birim Maliyet (m)(TL)	Tahmini Maliyet (9 400 m)(TL)
Tünel Aydınlatma ve Havalandırma Sistem Maliyeti	1 369.22	12 870 668

Tünel İnşaat ve Aydınlatma -Havalandırma Sistem Maliyetleri toplandığında Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı yolları projesi için toplam tahmini maliyet 703 561 531 TL olmaktadır.

3.3.3. İşletme Maliyeti

Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı yolları projesi tamamlandığında işletilmesi belirli bir maliyet getirecektir. Projenin hizmet ömrü boyunca işletilmesi sırasında ortaya çıkan bütün giderler bu işletme maliyetinin kapsamındadır. Hizmet süresi boyunca bakım onarım giderleri, trafik hizmetleri giderleri, personel giderleri oluşacaktır. Karayolları Genel Müdürlüğü Devlet ve İl Yolları İşletme Maliyeti verilerine göre 2018 yılı için proje bölgesini kapsayan 16. Sivas Bölge 161. Şube için kilometre başına toplam işletme maliyeti 67 146 TL olarak verilmiştir. Bu değer 2020 yılı için güncellendiğinde 90 634.41TL olmaktadır. Proje toplam 7700 m olduğundan dolayı ortalama işletme maliyeti 697 884.96 TL olacaktır. Trafik sayım verilerine göre yıllık % 6.3 oranında (Tablo 2.5) artış olduğu düşünüldüğünde bu işletme maliyetinin yıllık olarak artacağı düşünülerek hesaplama yapılmıştır. Aşağıdaki Tablo 3.24'te tünel işletme maliyeti hesabı yapılmıştır.

Tablo 3.24. Tünel İşletme Maliyeti

Yıl	İşletme Maliyeti (TL)
2026	1 006 893
2027	1 070 328
2028	1 137 758
2029	1 209 437
2030	1 285 631
2031	1 366 626
2032	1 452 724
2033	1 544 245
2034	1 641 533
2035	1 744 949
2036	1 854 881
2037	1 971 739
2038	2 095 958
2039	2 228 003
2040	2 368 368
2041	2 517 575
2042	2 676 182
2043	2 844 782
2044	3 024 003
2045	3 214 515

3.3.4. Toplam Maliyet

Tünel yapım maliyeti ve tünel işletme maliyeti toplanarak yıllara göre toplam maliyet Tablo 3.25’ de hesaplanmıştır. Hesaplama 2021 yılından 2045 yılına kadar olan dönemi kapsamaktadır.

Tünel yapımı 5 yıl süreceği öngörülmüş olup 2021 yılından başlayarak 2025 yılına kadar süreceği düşünülmüştür. Çamlıbel tünelinin 2026 yılı itibariyle hizmete gireceği düşünülerek işletme maliyeti 2026 yılından itibaren başlatılmıştır. Yıllara göre toplam maliyet hesabı yapılmıştır. Yapım maliyeti 5 yıla eşit bölünerek hesaplama yapılmıştır.



Tablo 3.25. Toplam Maliyet (TL)

Yıl	Tünel Yapım Maliyeti	Tünel İşletme Maliyeti	Toplam Maliyet (TL)
2021	140 712 306		140 712 306
2022	140 712 306		140 712 306
2023	140 712 306		140 712 306
2024	140 712 306		140 712 306
2025	140 712 306		140 712 306
2026		1 006 893	1 006 893
2027		1 070 328	1 070 328
2028		1 137 758	1 137 758
2029		1 209 437	1 209 437
2030		1 285 631	1 285 631
2031		1 366 626	1 366 626
2032		1 452 724	1 452 724
2033		1 544 245	1 544 245
2034		1 641 533	1 641 533
2035		1 744 949	1 744 949
2036		1 854 881	1 854 881
2037		1 971 739	1 971 739
2038		2 095 958	2 095 958
2039		2 228 003	2 228 003
2040		2 368 368	2 368 368
2041		2 517 575	2 517 575
2042		2 676 182	2 676 182
2043		2 844 782	2 844 782
2044		3 024 003	3 024 003
2045		3 214 515	3 214 515

3.4. Fayda Ve Maliyet Hesaplarının Aynı Tarihe Güncellenmesi

Fayda ve maliyet kalemlerinin, maddi olarak karşılıkları hesaplamalarda (Tablo 3.21 ve 3.25) belirlendikten sonra bugünkü değerine güncelleme yapılmıştır. Son 10 yıllık dönemdeki yıllık üretici fiyatı endeksine göre ortalama fiyat artışı yıllık %10.8 olarak gerçekleşmiştir. Güncelleme işlemi bu iskonto oranı baz alınarak hesaplanmıştır. Aşağıda gösterilen Tablo 3.26’da bu fayda ve maliyetin güncellenme hesabı yapılmıştır.

Tablo 3.26. Fayda ve Maliyetin Güncellenme Hesabı

Yıl	Toplam Fayda (TL)	Toplam Maliyet (TL)	Faydaların Bugüne Güncellenmiş Değeri	Maliyetlerin Bugüne Güncellenmiş Değeri	Net Bugünkü Değer
2021		140 712 306		126 996 666	-126 996 666
2022		140 712 306		114 617 930	-114 617 930
2023		140 712 306		103 445 785	-103 445 785
2024		140 712 306		93 362 622	-93 362 622
2025		140 712 306		84 262 294	-84 262 294
2026	78 782 266	1 006 893	42 578 455	544 183	42 034 273
2027	85 585 546	1 070 328	41 746 695	522 082	41 224 614
2028	93 115 682	1 137 758	40 992 532	500 878	40 491 654
2029	101 453 385	1 209 437	40 309 619	480 535	39 829 084
2030	110 688 935	1 285 631	39 692 331	461 019	39 231 312
2031	120 923 363	1 366 626	39 135 677	442 295	38 693 382
2032	132 269 763	1 452 724	38 635 225	424 332	38 210 893
2033	144 854 788	1 544 245	38 187 038	407 098	37 779 939
2034	158 820 321	1 641 533	37 787 610	390 565	37 397 045
2035	174 325 363	1 744 949	37 433 822	374 702	37 059 120
2036	191 548 157	1 854 881	37 122 893	359 484	36 763 409
2037	210 688 583	1 971 739	36 852 341	344 884	36 507 456
2038	231 970 855	2 095 958	36 619 949	330 877	36 289 072
2039	255 646 557	2 228 003	36 423 737	317 439	36 106 298
2040	281 998 070	2 368 368	36 261 931	304 547	35 957 384
2041	311 342 432	2 517 575	36 132 944	292 178	35 840 766
2042	344 035 685	2 676 182	36 035 352	280 312	35 755 040
2043	380 477 781	2 844 782	35 967 878	268 927	35 698 951
2044	421 118 112	3 024 003	35 929 376	258 005	35 671 371
2045	466 461 741	3 214 515	35 918 817	247 526	35 671 290
Toplam	4 296 107 387	741 817 660	759 764 222	530 237 166	229 527 056

3.5. Net Bugünkü Değer Yöntemi ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması

Yüzde 10.8 iskonto oranı ile maliyet ve faydalar benzer zaman noktasına getirilmiştir.

$$FBD=759\ 764\ 222$$

$$MBD=530\ 237\ 166$$

$$NBD=FBD-MBD \quad (3.1)$$

$$NBD=759\ 764\ 222- 530\ 237\ 166= 229\ 527\ 056$$

Net Bugünkü Değer pozitif çıktığından dolayı bu yatırım projesinin faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

3.6. Fayda Maliyet Oranı ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması

Fayda ve maliyet toplamlarını oranlayarak bulunacaktır.

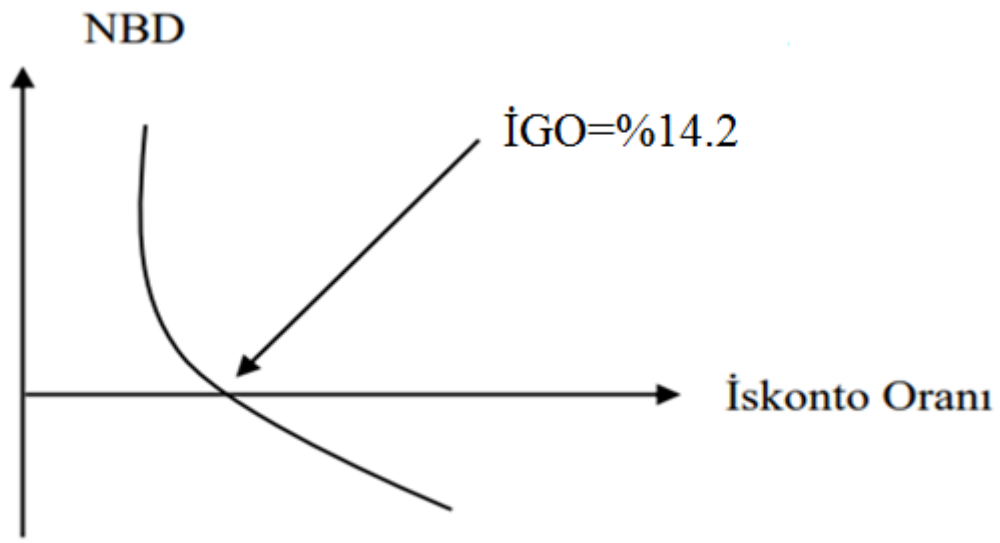
$$FMO= \text{Faydaların Net Bugünkü Değeri} / \text{Maliyetlerin Net Bugünkü Değeri} \quad (3.2)$$

$$FMO=759\ 764\ 222/ 530\ 237\ 166= 1.43$$

Fayda maliyet oranı $1.43 > 1$ olduğundan projenin faydalı olduğu görülmektedir.

3.7. İçsel Getiri Oranı ile Fayda Maliyet Analizi Yapılması

Yüzde 10.8 iskonto oranı ile maliyet ve faydalar aynı zaman noktasına getirilmiştir. Bu noktada projenin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı hesaplanacaktır. Şekil 3.6’da içsel getiri oranı grafiği çizilmiştir.



Şekil 3.6. Çamlıbel Tüneli İçin İçsel Getiri Oranı Grafiği

Yapılan hesaplamalarda içsel getiri oranı yüzde 14.2 olarak bulunmuştur. Yani proje için güncelleme yapılırken iskonto oranı yüzde 14.2’den daha büyük seçilirse yatırım faydalı olmayacaktır. Bu değerin altında belirlenecek iskonto oranı ile yatırımın faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

4- SONUÇLAR

Çamlıbel Geçidi, 1650 Rakımlı bir geçit olup özellikle kış aylarının sert geçtiği bir iklimin yaşandığı bölgede bulunmaktadır. Kar yağışının yoğun olduğu dönemlerde geçit defalarca kar ve buzlanma nedeniyle trafiğe kapanmakta, ulaşım da aksamalar yaşanmaktadır. Ayrıca zor coğrafyada bulunmasından dolayı pek çok keskin viraj bulunan yol kesiminde çok sayıda trafik kazası olmaktadır. Bu nedenlerle Sivas- Tokat karayolunun bu kesiminin yapılacak bir tünelle geçilmesi gerektiği uzunca zamandır planlanmaktadır. Yüksek yatırım maliyeti sebebiyle proje beklemektedir. Bu sebeple Sivas-Tokat karayolunda bulunan Çamlıbel Geçidine yapılması planlanan tünel projesi için fayda maliyet analizi yapılmıştır. Böylelikle proje detaylı olarak irdelenmiştir. Son 10 yıllık trafik verileri kullanılarak trafik projeksiyonu yapılmıştır. Günlük ortalama trafik geçişi araç cinsine göre hesaplanmıştır. Otomobil cinsi araç için % 6.6, Orta yüklü ticari taşıt için % 8.9, Otobüs için % 8.4, Kamyon için % -3, Tır için % 13 oranlarında yıllık artış olacağı düşünülmüştür. Toplam araç geçişi için ise % 6.3 artış yıllık gerçekleşecektir. Tüm bu varsayımlara göre trafik projeksiyonu 20 yıllık zaman için yapılmış, fayda ve maliyetler 20 yıl baz alınarak çalışılmıştır.

Daha sonra fayda maliyet analizi kavramı ele alınmıştır. Fayda ve maliyet kavramları teorik olarak anlatılmıştır. Faydayı bulabilmek için taşıt işletme giderleri, yolcu ve yolcu zaman giderleri, kış bakım giderleri ve kaza maliyetlerinden sağlanacak faydalar hesaplanmıştır. Maliyet hesabına ise tüneli yapım maliyeti, aydınlatma ve havalandırma maliyeti, tünel işletme maliyeti dahil edilmiştir. Fergat edilen kazanç bulunmadığından fırsat maliyeti hesabı yapılmamıştır. Toplam fayda ve toplam maliyet bulunmuştur. Daha sonra faydalar ve maliyetler aynı tarihe güncellenmiştir. Daha sonra fayda ve maliyet hesabı yapılmıştır. Fayda hesabına taşıt işletme giderleri, yolcu ve yolcu zaman giderleri, kış bakım giderleri ve kaza maliyetlerinden sağlanacak faydalar dahil edilmiştir. Maliyet hesabında ise Çamlıbel Tüneli yapım maliyeti, aydınlatma ve havalandırma maliyeti, tünel işletme maliyeti üzerinden çalışılmıştır. Faydalar ve maliyetler toplanmıştır. Fayda maliyet analizi kavramında anlatıldığı üzere faydalar ve maliyetler aynı tarihe güncellenmiştir. Güncelleme iskontosu olarak son 10 yıllık dönemdeki yıllık üretici fiyatı endeksine göre ortalama fiyat artışı olan yıllık %10.8 değeri alınmıştır.

3 analiz yöntemi kullanılarak fayda maliyet analizi yapılmıştır. Net Bugünkü Değer Yöntemi ile yapılan fayda maliyet analizinde Net Bugünkü Değer = 229 527 056 TL olarak hesaplanmış ve bu yatırım projesi faydalı bulunmuştur. Fayda Maliyet Oranı yönteminde ise fayda maliyet oranı 1.43 olarak hesaplanmış ve yine projenin faydalı olduğu anlaşılmıştır.

İçsel Getiri Oranı yöntemi kullanılarak değişik iskonto oranlarına göre grafik çalışması yapılmıştır. İçsel getiri oranı % 14.2 olarak hesaplanmıştır. Bu oranın üzerinde belirlenen iskonto oranlarında yatırım projesinin maddi olarak faydalı olmadığı değerlendirilmiştir.

Bütün bu değerlendirmeler ışığında Çamlıbel Tüneli yatırım projesinin mevcut verilere göre yaklaşık 14 yılda kendisini amorti ettiği anlaşılmıştır. Ayrıca hesaplamalara dahil edilemeyen dolaylı faydalar ve ulaşım sağlayacağı katkılar göz önünde bulundurulduğunda Çamlıbel Tüneli projesinin yapılmasının faydalı olacağı kanaatine varılmıştır. Sonuç olarak kamu kaynaklarının verimli kullanılması ve karar alıcılara yol göstermesi açısından kamu yatırım projelerinde spesifik olarak fayda maliyet analizinin yapılmasının etkili olacağı bir gerçektir.

5- KAYNAKÇA

- Adler, H.A., 1975. Ulaştırma Projelerinin Ekonomik Değerlendirilmesi. KGM Matbaası, Ankara.
- Aktan C.C., Vural İ.Y.ve Dileyici D., 2005. Altyapı Ekonomisi. Seçkin Yayınları, Ankara.
- Aktan, C.C. ve Dileyici, D., 2012. Devlet Niçin Başarısız? Kamu Ekonomisindeki Etkinsizliklerin Kaynakları. T.C. Maliye Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara.
- Aktan, C.C. ve Sakal M., 1999. Kamu Yatırım Projelerinde Karar Alma Ve Fayda Maliyet Analizi. Yeni Türkiye Dergisi.
- Anonim, 2005. Karayolları Tasarım El Kitabı. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2008. Karayolları Ulaşım İstatistikleri. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2010. 2009 Trafik ve Ulaşım Bilgileri. KGM Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014. Çamlıbel Tüneli ve Bağlantı Yolları Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014. Çamlıbel Tüneli Ve Bağlantı Yolları Etüt ve Proje Danışmanlık Hizmetleri İşi Proje Sonu Raporu. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2015. Karayolları Yük Taşımacılığı İstatistikleri. Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2015. 2014 Trafik ve Ulaşım Bilgileri. KGM Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2020. 2019 Trafik ve Ulaşım Bilgileri. Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2020. 2020 Birim Fiyat Kitabı. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu, Ankara.
- Bakırcı, E., 2005. Taşıt İşletme Maliyetleri Bileşenlerinin İrdelenmesi, Tasarruf Bakışının Yerleştirilmesi. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi. İstanbul.
- Başçuhadar, M. K., 2014. Türkiye Şehirlerarası Karayolu Taşıt İşletim ve Birim Taşıma Maliyetleri (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dupuit J., 1969. Bayındırlık İşlerinde Faydanın Ölçülmesi, Maliye Enstitüsü Tercümeleri, Ankara, 65.
- Durmuş D., 2008. Kamu Ekonomisi, Gazi Kitabevi. Ankara, 324.
- Gerçek, H., 2001. Otoyolların Mali ve Ekonomik Değerlendirilmesi. 5. Ulaştırma Kongresi, 89-100.

İlcalı, M., 2010. Yolların Sınıflandırılması Geometrik Standartlar Geçki Araştırmasına Giriş Yatay Kurbalar. Bahçeşehir Üniversitesi Ulaştırma Uygulama Araştırma Merkezi, İstanbul.

Karayılmazlar, E. ve İşler, İ., 2019. Kamu Yatırım Projelerinde Fayda Maliyet Analizi. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, sayı 35, Denizli.

Önalp, A., 1982. İnşaat Mühendisliğinde Geoteknik Bilgisi. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayını, Trabzon.

Özen, M. ve Zorlu F., 2018. Türkiye’de Devlet Karayollarında Kaza Oranlarının ve Kaza Örüntüsünün Analizi. Teknik Dergi.

Rüstemli S. ve Avcil S., 2018. Tünel Aydınlatmasında Led Armatür Kullanımı. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 168-181.

Sütaş, İ. ve Öztaş, G., 1983. Karayolu İnşaatında Uygulama ve Projelendirme, Yardımcı Ders Kitabı. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Tokatlıoğlu M.Y., 2005. Fayda Maliyet Analizi, Aktüel Akademi Yayınları. İstanbul, 71.

Uçkun, E., Kadioğlu, Y., 2016. Ankara Ulaşım ve Yerleşme Üzerindeki Etkileri Açısından Çamlıbel Geçidi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, Ankara.

Ünal, I., 2008. Karayolu Tünel Güvenlik Kriterleri. Yapı Dünyası Dergisi.

Yılmaz, B., 2010. Araklı-Bayburt Karayolunun Fayda-Maliyet Analizi ve Bölge Açısından Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Afşin Tuğrul TÜRKAY

Uyruğu: T.C.

Doğum Yeri: Sivas

Doğum Tarihi: 1988

E-posta: afsintugrul@gmail.com.tr

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim

Lise: Sivas Fen Lisesi

Lisans: ODTÜ İnşaat Mühendisliği