



Kırıkkale İli Hafif Raylı Sistem Etüdünün Gerçekleştirilmesi

Realization of Light Rail System Preliminary Survey for Kırıkkale Province

Yağmur ARIKAN*¹, Özge Pınar AKKAŞ¹, Ertuğrul ÇAM¹

¹Kırıkkale Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 71451, Kırıkkale

Başvuru/Received: 31/10/2018

Kabul/Accepted: 7/12/2018

Son Versiyon/Final Version: 31/12/2018

Öz

Günümüzde hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme oranı, emisyon sorunu ulaşım sektöründeki sorunları artırmıştır. Özellikle bu sorunların çok yaşandığı yerlerde, ulaşımda raylı sistemler tercih edilmektedir. Kırıkkale ili Orta Anadolu, Orta ve Doğu Karadeniz ile Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinin kavşak noktası konumunda olması ile önemli bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Şehrin konumu, öğrenci sayısının çok olması, özellikle Kırıkkale-Ankara işlek yoluna sahip olması şehirdeki trafik sorunlarını artırmıştır. Son olarak ise uzun zamanadır yapımı devam eden ve kısa sürede bitmesi beklenen Ankara-Sivas yüksek hızlı trenin ildeki istasyon durağının Kırıkkale-Osmangazi mahallesi olduğu kesinleşmiştir. Bu çalışmada hem şehir içi trafiği rahatlatmak hem Osmangazi-Üniversite ring hattını oluşturmak, çevresel sorunların arttığı günümüzde çevreye katkıda bulunmak amacıyla şehir içi taşımacılığına hafif raylı sistemlerin eklenmesi durumu incelenmiştir. Bölgenin jeolojik ve elektrifikasyon sistemine ait raylı sistem güzergâhı oluşturulmuş, istasyon durakları belirlenmiş ve sistem maliyeti ve geri ödeme süresini hesaplayan ekonomik analizi yapılmıştır. Analizler sonucunda bu yapının uygulanabilirliği olumlu olarak görülmüştür.

Anahtar Kelimeler

“Hafif raylı sistemler, Ulaşım, Elektrifikasyon, Ekonomik Analiz”

Abstract

Today, rapid population growth, rapid urbanization rate, emission problem have increased the problems in transport sector. Railway systems are frequently preferred in public transportation especially in the metropolitan cities where these problems are common. Kırıkkale province is located an important geographical location between Central Anatolia, Central and Eastern Black Sea and East and South Anatolian regions, that is junction point. Besides the number of students in the city is very high and it has a very busy highway like Kırıkkale-Ankara. So, the traffic problems have increased in the city. Finally, it has known that Kırıkkale-Osmangazi district is the station stop on the Ankara-Sivas high-speed train, which has been under construction for a long time and is expected to be completed soon. In this paper, the addition of light rail systems to urban transport has been investigated in order to relieve the urban traffic, to create the Osmangazi-University ring line, and to contribute to the environment today when environmental problems are increasing. According to the province's geological and electrification system, a route of light rail system has plotted, stations have determined, and economic analysis has been performed to calculate system cost and repayment period. As a result of the analyzes, the applicability of this structure has been seen as positive.

Key Words

“Light rail systems, Transportation, Electrification, Economic analysis”

1. GİRİŞ

Günümüzün ve geleceğin en önemli toplu taşıma araçlarından biri olan raylı sistemler, ulaşımda yaşanan sıkıntılara ve temiz bir çevre için çözüm yöntemlerinden biri olarak görülmektedir. Tüm Dünya’da ciddi bir pazara sahip olan raylı sistemler için ülkemizde de 2003 yılıyla beraber ciddi atılımlar yapılmış ve 2023 yılına kadar gerçekleştirilmesi planlanan hedefler belirlenmiştir. Bu hedefler arasında 10.000 km YHT, 4000 km konvansiyonel olmak üzere 25.940 km demiryolu ağına ulaşılması, demiryolu ağında yerli katkının artırılması ve buna bağlı olarak 7000 adet tramvay, metro ve LRT araçlarının temin edileceği belirtilmektedir (Pektaş, 2017).

Bu konuda yapılan çalışmalara literatürden örnek verilecek olursa, Nedevska ve arkadaşları çalışmalarında Makedonya ve Yunanistan arasında bağlantı sağlayacak Bitola-Mesheishta arasında eğim, hat uzunlukları, kurp yarıçapı, tünel uzunlukları düşünülerek 2 farklı alternatif yol için fizibilite çalışması gerçekleştirmişlerdir (Nedevska, Krakutovski , Moslovac, Zafirovski, & Nedevska, 2015). Kumar ve arkadaşları, Hindistan’da Bhuntar ile Kullu arasındaki raylı sistem güzergâhı belirlemesini besleme noktalarına uzaklık, mesafe uzunluğu, toprak cinsi, drenaj sistemi gibi çeşitli faktörler açısından incelemiştir. (Kumar, Panchal, Ashish, & Singh, 2017). Tsimplokoukou ve arkadaşları Atina metrosundaki dördüncü yeni hat güzergâhının belirlenmesinde ekonomik şartları, sosyal şartları ve çevresel şartları göz önünde bulundurmışlardır (Tsimplokoukou, Sfakianaki, & Metexas, 2012). Erdoğan yaptığı tez çalışmasında Kocaeli ilinde hafif raylı sistemin tasarımı için coğrafik özellikleri, yolcu özelliklerini ve mali açıdan şartları incelemiştir (Erdoğan, 2011).

Kırıkkale ili Orta Anadolu, Orta ve Doğu Karadeniz ile Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgelerinin kavşak noktasında olması ile önemli bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Bölgede Makine ve Kimya Endüstrisi, Tüpraş Rafinerisi gibi önemli sanayi tesislerinin olması (Kırıkkale Valiliği, 2018), Kırıkkale Üniversitesi’nde öğrenci sayısının çok olması (2018 yılında yaklaşık 36000) (Kırıkkale Üniversitesi, 2018) bölgenin yüzölçümüne göre araç sayısının çok olması gibi nedenlerden dolayı bölgedeki trafik yoğunluğu artmıştır. Ayrıca Kırıkkale-Ankara gibi çok işlek olan bir karayoluna sahiptir.

Bunlara ek olarak, uzun zamanadır yapımı devam eden ve kısa sürede bitmesi beklenen Ankara-Sivas yüksek hızlı trenin ildeki istasyon durağının Kırıkkale-Osmangazi mahallesi olduğu kesinleşmiştir. Şekil-1’de yüksek hızlı trenin güzergâh haritası verilmiştir (TCDD, 2018). Özellikle Ankara’dan üniversiteye gelen öğrenciler için üniversitede bir istasyonun olmaması bir problem oluşturacaktır.



Şekil 1. Ankara-Sivas yüksek hızlı tren güzergâhı

Raylı sistemlerin gelişmesi ve Kırıkkale iline ait trafik sorunları düşünüldüğünde, bölgeye raylı sistem hizmetinin sunulması bölge trafiğine ciddi ölçüde yardımcı olacaktır. Bu çalışmada, bölgede kurulabilecek olan raylı sistem için, bölgenin jeolojik ve elektrifikasyon sistemine göre güzergâh planlaması yapılmış, istasyon durakları belirlenmiştir. Güzergâh ve istasyonların belirlenmesinde Kırıkkale Üniversitesi 2018/016 numaralı projede bölgeyle alakalı jeolojik ve jeoteknik açıdan hizmet alımı yapılmıştır. İstasyonlar sadece bu raporda sunulan jeolojik ve jeoteknik etüde bağlı kalınarak belirlenmemiştir. Burada ayrıca raylı sistemin geçeceği yolun eğimi, virajı, elektrifikasyon sistemi ve nüfus yoğunluğu göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçta bu kriterlere bağlı olarak toplamda 13 istasyonun olmasına karar verilmiştir. Daha sonra sistemin maliyeti ve geri ödeme süresini hesaplayan ekonomik analiz yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, bölgeye yapılabilecek olan bu yatırımın hem çevre için hem de işletmeci için olumlu katkılar sağlayacağı tespit edilmiştir.

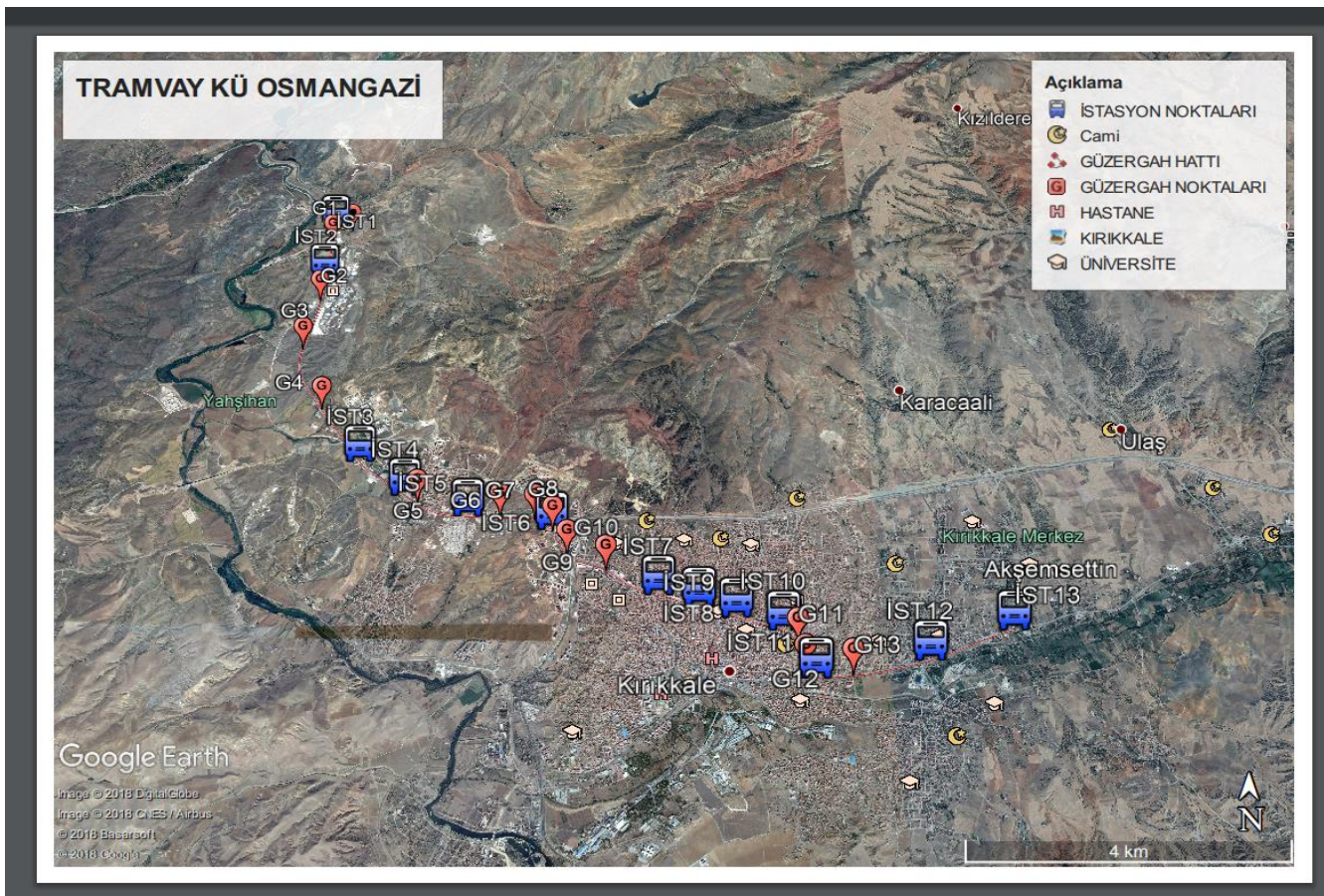
2. METOT

Bu kısımda, Kırıkkale iline raylı sistem kurulması takdirde bu sistemin güzergâhı nüfus yoğunluğu, jeolojik ve jeoteknik değerlendirmeye göre belirlenmiş, güzergâh için elektrifikasyon sistemi incelenmiş, daha sonra yapılacak yatırımın ekonomik açıdan uygunluğu araştırılmıştır.

2.1. Raylı Sistem Güzergâhının Belirlenmesi

Raylı sistem fizibilite çalışmalarında en önemli adımlardan biri güzergâhın belirlenmesidir. Literatürde güzergâh belirlenmesindeki en önemli kriterler şu şekilde belirlenmiştir; bölgenin nüfus yoğunluğu, güzergâh alternatiflerinin mesafeleri, jeolojik ve jeoteknik açılarından incelenmesi, topografik etütü, deprem olasılıkları, güzergâhın güç sistemine uzaklığı ve elektrifikasyon sistemin belirlenmesi, yatırımın maliyeti, geri ödeme süresi gibi yatırımın mali ve finansal analizi olarak görülmüştür (UBAK, 2011). Bu çalışmada da bu kriterler Kırıkkale ili açısından incelenmiştir.

Kırıkkale ilinin 2017 yılındaki nüfusu 278.749 olup, bölgedeki nüfus artışı 0.29'dur. Nüfus yoğunluğu ise 61/m² 'dir (Kırıkkale Valiliği, 2018). Bu durum düşünüldüğünde, bölge trafiğinde raylı sistem çeşitlerinden tramvayın tercih edilmesi maliyet açısından daha uygun olacaktır. Raylı sistem güzergâhının belirlenmesinde trafik yoğunluğu, yüksek hızlı trenin istasyon durağı, nüfus yoğunluğu ve yol eğimi düşünülerek raylı sistem güzergâhı şekil 2'deki gibi belirlenmiştir.



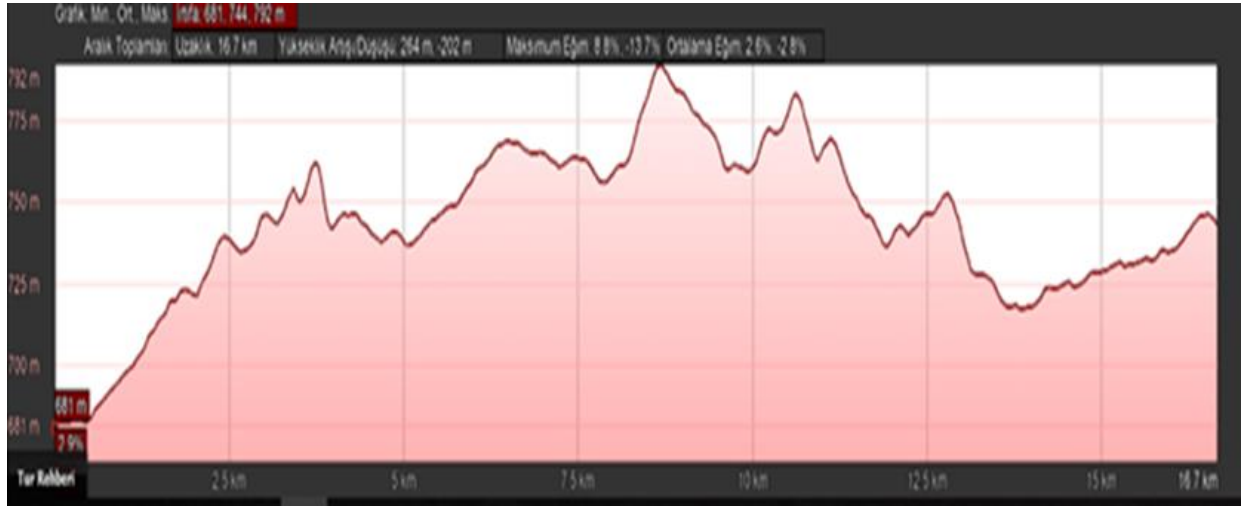
Şekil 2. tramvay KÜ-Osmangazi güzergâh hattı

Güzergâh hattı Kırıkkale-Irmak Bölgesinden başlamakta ve yüksek hızlı tren durağı olan Kırıkkale-Osmangazi Mahallesi'nde sonlanmaktadır. Hattın uzunluğu 16.7 km'dir. Bu güzergâha göre istasyon duraklarının yerleşimleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tramvay KÜ-Osmangazi istasyon durakları

İstasyon Durak Sayısı	Yer
İST-1	Hacıbalı Köyü-Irmak
İST-2	Organize Sanayi Bölgesi
İST-3	Kırıkkale Üniversitesi
İST-4	Yenişehir Mahallesi
İST-5	Yeni Sanayi Bölgesi
İST-6	Yüksek İhtisas Hastanesi
İST-7	Kırıkkale Otogar
İST-8	Bölge Trafik
İST-9	Çalıöz Mahallesi
İST-10	Makro
İST-11	Eski Sanayi Bölgesi
İST-12	Etiler Kavşağı
İST-13	Osmangazi Mahallesi

Güzergah belirlenmesinde en önemli kriterlerinden biri de güzergahın ivmesidir. Tramvay ana hat tasarım kriterlerine göre, güzergahın uygun olması açısından güzergahın yanal ivmesi maksimum 0.65, maksimum ivmesi %7 ve geçiş eğrileri minimum 25 metre olmalıdır (UBAK, 2011) Buna göre belirlenen güzergâh tramvay ana hat tasarım kriterlerine uymakta olup, güzergâhın ortalama eğimi % 2.6 ile % 2.8 arasında değişmektedir. Güzergâhın eğimi şekil 3'te gösterilmiştir.

**Şekil 3.** hatta bağlı güzergâhın eğimi

2.2. Güzergâhın Jeolojik ve Jeoteknik Açısından Araştırılması

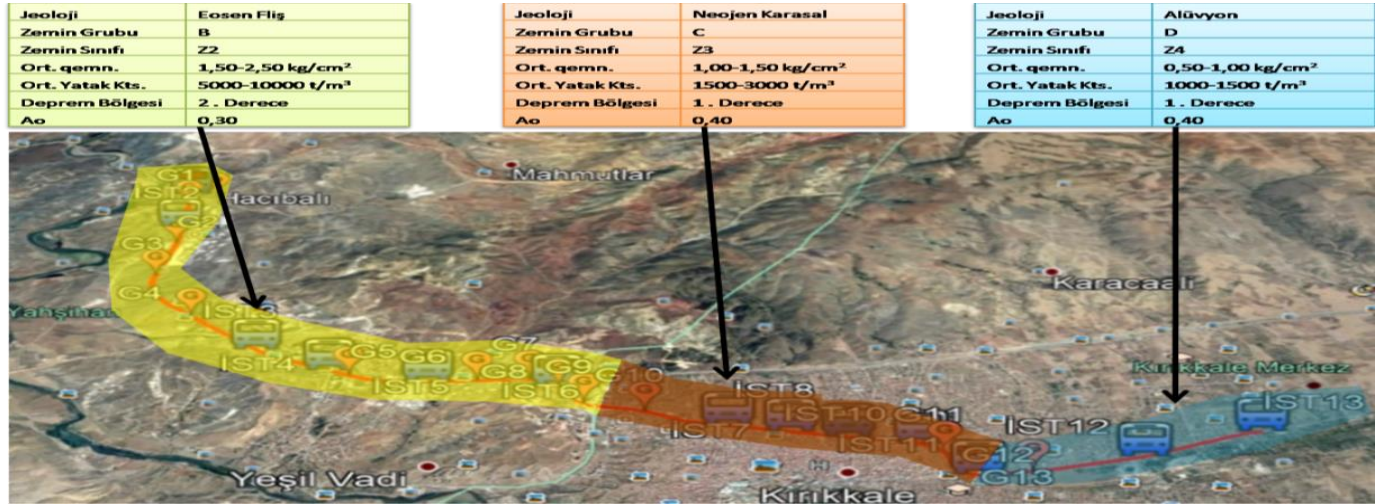
Kırıkkale ili için belirlenen güzergâhın zeminine ait jeolojik ve jeoteknik açıdan araştırılması yapılmıştır. İncelenen alanın genelleştirilmiş jeolojik haritası Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2. Güzergâhın jeolojik haritası

Konum	Birim
İST 1-9	Eosen Fliş / Kumtaşı, Kıltaşı
İST 10-12	Neojen Karasal birimler / Kumlu Kil, Killi Kum
İST 12-13	Alüvyon / Suya Doygun Çakıllı kumlu killi birimler

Bölgenin jeoteknik etüdü için gerekli çalışmalar Kırıkkale Üniversitesi 2018/016 projede hizmet alımı ile yaptırılmıştır. Bu değerlendirme sonucu şekil 4'te gösterilmiştir. Bu değerlendirmeye göre, tramvay yapısının yer altı ve yer üstü suların etkilenmemesi için gerekli görülecek yerlerde drenaj yapılmalıdır. Sahanın istinat yapıları ile desteklenmesi gerek ve şarttır.

Bölgenin 1. ve 2. Deprem bölgelerinde olmasından dolayı 'Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik Hükümleri' ne uyulması gerekmektedir (Resmi Gazete, 14.07.2007).



Şekil 4. güzergâhın jeoteknik değerlendirmesi

2.3. Raylı Sistemin Elektrifikasyonu

Günümüzde raylı sistemler için ulusal elektrik şebekesi kullanılır. Yeraltındaki metro sistemleri genellikle ulusal şebekede bir sorun çıktığında enerji alabilecekleri başka kaynaklara bazen kendi enerji santrallerine sahiptirler (Bonnett, 2005). Bu sistemde de yer altı bir sistem olmadığından tramvayın elektrik ihtiyacını ulusal şebekeden sağlanması düşünülmüştür. Sistem 2 ayrı kaynaktan beslenmeli ve bu kaynakların gücü toplam sistem yükünü karşılayabilecek kapasite olması gerekmektedir.

Raylı sistemlerde genelde 25 kV AC sistemi ya da 750 V DC tercih edilmektedir. Kırıkkale tramvayı için 750 VDC sistemin kullanılması mantıklıdır. Bunun sebebi ise; yüksek kapasiteli, yüksek yoğunluklu alçak hızlı sistemlerde trenler sadece dakika aralıklarla çalışıyorsa DC sistem AC sistemden ekonomiktir. Yüksek hızlı, yüksek güçlü şehirlerarası çalışan ve sıklıkları daha az olan trenler için AC sistem daha ekonomiktir (Bonnett, 2005).

Sistem için gerekli enerji Kırıkkale Organize Sanayi-Kırıkkale Üniversitesi arasındaki 154 kV yüksek gerilim hattından alınarak (Kırıkkale Enerjisa, 2018), ilk olarak indirici trafolar yardımıyla orta gerilime dönüştürülür. Daha sonra 3-7 km aralıklarla kurulan indirici merkezlerle uygun değere dönüştürülüp doğrultularak iletken raylara verilir. Elektrifikasyon tek hat diyagramı şekil 5'teki gibi olmalıdır (Bonnett, 2005), (Açıkbaz, 2008).



Şekil 5. elektrifikasyon tek hat diyagramı

3. EKONOMİK ANALİZ

Raylı sistemlerin yatırım maliyetleri genel olarak güzergâha, güzergâhta tünel, viyadük ve yüzey kesimlerinin uzunluklarına, zemin cinsine ve yapılaş şekline bağlı olarak değişmektedir (Akbulut & Eyiçıtak, 2006). Kırıkkale için düşünülen raylı sistemin güzergâhında fazla engebeli bir yapının olmaması, eğiminin yüksek olmaması, sisteme ilave edilecek yerli katkılarda sistemin maliyeti diğer tramvay sistemlerine göre daha uygun bir maliyetle yapılabilir.

Kırıkkale ilinde Irmak bölgesinden başlayıp, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Otogar gibi önemli yerlerde istasyonun olduğu ve son durak olarak yapımı devam eden Ankara-Sivas yüksek hızlı trenin Kırıkkale'deki durağı olarak seçilen Osmangazi Bölgesi seçilen ve yaklaşık 16.7 km'lik güzergâhının ray, ray malzemeleri, tramvay temini, mekanik çalışmalar, elektrik ve sinyalizasyon çalışmaları ve inşaat ve alt yapı çalışmaları gibi tüm yatırım maliyetlerinin toplamının yaklaşık 117 milyon dolar olması beklenmektedir. Bu rakam Dünya Bankası Raporu'na göre hesaplanmıştır. Bu rapora göre yer üstünde yapılacak raylı sistemlerin

inşaat maliyetleri 6 ile 10 milyon dolar/km, yer yüzeyinden yükseltilmiş inşaatların maliyetleri 25 milyon dolar/km ve yer altında bir sistemin maliyeti 40 milyon dolar/km'ye çıkmaktadır (Akbulut & Eyiçitak, 2006). Bu verilere göre raylı sistemin uzunluğu $16.7 \times 7 = 116.9$ milyon/dolar ve araç maliyeti ise yerli üretimler kullanılması durumunda yaklaşık 1.4 milyon/dolar olup toplam sistemin maliyeti ise 118.3 milyon dolara çıkmaktadır.

Kırıkkale ilinde tramvay güzergâhını kullanacak yolcu sayısı yaz aylarında azalmakla birlikte aylık yolcu sayısı 1.500.000-2.500.000 arasında değişmektedir. Yıllık yolcu sayısı da toplamda yaklaşık 23.000.000 bulmaktadır. Bu durumda, yatırımcı sistemin düzgün çalışması sonucunda yaklaşık 4-4,5 yıl gibi kısa sürede sistem yatırım maliyetini karşılayacak ve kara geçmiş olacaktır.

4. SONUÇLAR

Günümüzde hızlı nüfus artışı, hızlı kentleşme oranı, emisyon sorunu ulaşım sektöründeki sorunları artırmıştır. Bunun sonucu olarak özellikle bu sorunların çok yaşandığı yerlerde toplu taşımacılıkta raylı sistemleri zorunlu kılmıştır. Bu çalışmada, Kırıkkale ili için hafif raylı sistemin projelendirilmesi, güzergâhının belirlenmesi, jeolojik etüdü, elektrifikasyon işleminin yapılması ve maliyet analizi yapılmıştır. İlerdeki trafik yoğunluğunu azaltmak, ilerde yüksek hızlı trenin faaliyete girmesiyle ile ve Kırıkkale Üniversitesi kampüsüne ring hattı oluşturmak ve çevreye katkıda bulunması açısından bu yapının uygulanabilirliği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi (2018/016) nolu BAP projesi ile desteklenmiştir. Verilen bu destek nedeniyle Kırıkkale Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

REFERANSLAR

- Açıkbaş, S. (2008). Çok Hatlı Çok Araçlı Raylı Sistemlerde Enerji Tassarrufna Yönelik Sürüş Kontrolü, Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi
- Akbulut, H., & Eyiçitak, Z. (2006). Afyonkarahisar İli Mevcut Kent İçi Ulaşım Planı İçerisinde Raylı Sistem Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Teknolojik Araştırmalar(1), 13-19.
- Bonnett, C. F. (2005). Practical Railway Engineering. Imperial College PRESS.
- Erdoğan, Ç. (2011). Kocaeli İli Hafif Raylı Taşıma Sistemi Fizibilite Raporu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Kırıkkale Enerjisa. (2018).
- Kırıkkale Üniversitesi. (2018). Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı. www.oidb.kku.edu.tr. Son erişim tarihi: 20.04.2018
- Kırıkkale Valiliği. (2018). Kırıkkale Nüfusu. www.kırıkkale.gov.tr. Son erişim tarihi: 15.06.2018
- Kumar, Y., Panchal, S., Ashish, A., & Singh, B. (2017). Feasibility Study on Railway Line in Hilly Region Using Gis. *ijoe*, 183-191.
- Nedevska, I., Krakutovski, Z., Moslovac, D., Zafirovski, Z., & Nedevska, I. (2015). Feasibility Study on Railway From Urban Zone Bitola to Urban Zone Mesheishta. *Procedia Engineering*, 534-543.
- Pektaş, İ. (2017). Raylı Ulaşım Sistemleri Sektör Analizi. www.anadoluraylısistemler.org.
- Resmi Gazete. (14.07.2007). Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik.
- TCDD. (2018). Ankara-Sivas Yüksek Hızlı Demiryolu Projesi. Şubat 5, 2018 tarihinde <http://www.tcdd.gov.tr/content/59>
- Tsimplokoukou, K., Sfakianaki, E., & Metexas, G. (2012). A Feasibility Study Approach for Underground Railways- a case study : Line 4 of Athens Metro. *Global Journal of Engineering Education*, 91-98.
- UBAK. (2011). *Tramvay Tasarım Kriterleri*.