



## Coğrafi bilgi sistemleri ile Niğde-Kayseri arası hızlı tren hattı önerisi ve maliyet değerlendirilmesi

### High speed rail route proposing using GIS and evaluation of approximate cost between Niğde-Kayseri

Yusuf Kağan Demir<sup>1,\*</sup>, Murat Çoşkun<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 51240, Niğde Türkiye

<sup>2</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51240, Niğde Türkiye

#### Özet

Günümüzde yüksek hızlı tren (YHT) sistemleri belirli mesafelerde havayolu ulaşımına rakip olmakla beraber özellikle Avrupa bölgesinde havayolu türünün önemli ve tamamlayıcı parçası olarak işletilmektedir. Bu işletme türü düşük yoğunluklu kentlerin hava ulaşım hizmetine ulaşmasının yanında bağlantı kurduğu kentler arasındaki hareketliliğe de katkıda bulunmaktadır. Bu çalışma Türkiye'deki düşük yoğunluklu kentler için yerel havalimanı planlamalarının yerine mevcut demiryolu bağlantılarının iyileştirilmesi düşüncesi ile Niğde-Kayseri arasındaki demiryolu hattının YHT hattına dönüştürülmesini ve bunun kaba maliyetini hesaplamayı amaçlamaktadır. Çalışma sonucunda Niğde-Kayseri hızlı tren hattının uzunluğu 127 km, yolculuk süresi 60 dakika, kaba maliyeti 2,629,206,080.6 TL olarak hesaplanmıştır. Yerel bir havayolu inşasına göre hattın maliyeti dört kat yüksek tahmin edilmiştir. Ancak düşük yoğunluklu kentlerin ürettiği yetersiz havalimanı talebi düşünüldüğünde hızlı tren yolu hattının Niğde kentine orta ve uzun vadede sosyal ve ekonomik açıdan daha fazla katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Hızlı tren, Güzergah, CBS, Maliyet

#### 1 Giriş

Havalimanları sürdürülebilir ve etkili işletme için kentin ve çevre yerleşimlerin yarattığı sosyal ve ekonomik değişkenlere bağlı olan belirli bir düzeyde talebe ihtiyaç duyarlar. Niğde gibi düşük yoğunluklu kentlerde bu talebi yaratabilmek için nüfus yoğunluğu ve ekonomik faaliyetler yeterli olmamaktadır. Örneğin nüfusu Niğde'ye benzer büyüklükte olan Uşak havalimanını yılın en kalabalık ayı olan Ağustos ayında 2018'de günlük ortalama 698 yolcu kullanmıştır [1]. Düşük talep; daha az uçuş sıklıklarına, yüksek bilet fiyatlarına ve uçuş noktası çeşitliliğini azaltarak daha fazla aktarmaya neden olmaktadır. Bu nedenle çoğu zaman kente ait yerel bir havalimanı olmasına rağmen yolcular çevre kentlerde fiyat, aktarma ve sıklık bakımından olanakları daha uygun havalimanlarına yönelebilmektedir.

Çalışmanın temel çıkış amacı, yerel bir havalimanı yerine Niğde'yi Kayseri'ye ve Kayseri Havalimanına bağlayan bir

#### Abstract

High-Speed Rail (HSR) systems are being operated in the European region as an important complement part of air transportation systems though it competes with air transportation in certain distances. The integration of railway systems to air transportation not only gives cities mobility but also access to the airport for cities having a lack of an airport. The study aims to research development of the existing railway line between Niğde and Kayseri into an HSR system that may alternate to local airport construction and evaluate the approximate cost of HSR construction. As a result, the length, the average travelling time, and the total construction costs of the proposed HSR line between Niğde-Kayseri are 127 km, 60 minutes and 2.629.206.080,6 TL, respectively. The approximate construction cost of the proposed HSR line is about four times higher than new local airport construction. Considering that airports located in low-density population regions are far away from generating enough demand, the proposed HSR line may contribute to Niğde socially and economically more than a local airport in the middle and long terms.

**Keywords:** High speed train, Route, GIS, Cost

hızlı tren güzergahının önerilmesiyle kentin erişilebilirlik ve uçuş sıklığı bakımından uygun olan, düşük aktarmalı ve ucuz biletlerle erişim kolaylığı sağlayan bir havalimanına hızlı bağlantısının kurulması düşüncesine dayanmaktadır. Avrupa'da birçok büyük havalimanı demiryolu bağlantısına sahiptir. Örneğin Lufthansa havayolları demiryolu bağlantısı olan havalimanlarında Rail&Fly [2] programı kapsamında uçak ve tren biletlerini beraber satarak yolcuların tren-uçak ya da uçak-tren arası geçişlerini kolaylaştırmaktadır. Niğde için önerilen hızlı tren hattının da benzer bir model uygulanarak 45~60 dakikalık yolculukla doğrudan uçuşa geçebilecek biçimde işletilmesi mümkün görülmektedir.

Niğde ve Kayseri kentlerinin YHT ile birbirine bağlanmasının nedenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Karayolu ulaşım sistemlerine göre daha az gürültülü olması, karayoluna göre daha çevreci olması, yük ve yolcu için birim uzaklık başına düşük kirlilik değerlerine sahip olması,

\* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail ykdemir@ohu.edu.tr:(Y.K. Demir)

Geliş / Received: 31.03.2021 Kabul / Accepted: 05.05.2021 Yayınlanma / Published: 27.07.2021

doi: 10.28948/ngumuh.907098

- Modern, hızlı, konforlu, güvenli olması ve trafik sıkışıklığından etkilenmemesi,
- Zorlu hava veya iklim koşullarından diğer ulaşım türlerine göre daha az etkilenmesi,
- Kaza riskinin diğer ulaşım sistemlerine göre daha az olması,
- Taşıdığı yolcu sayısı ve taşıdığı navlun oranı dikkate alındığında diğer sistemlere göre avantajlarının olması,
- Uzun vadede Fayda-Maliyet oranlarının daha yüksek değerlere sahip olması
- Kullandığı elektrik enerjisinin üretiminin temiz ve sürdürülebilir kaynaklardan sağlanma olanağı
- İşletme aralıklarının düzenli olması
- İşletme süresince yüksek istihdama sahip bir ulaştırma türü olması.

Bu çalışmada, coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla Niğde-Kayseri arasında bulunan mevcut demir yolu hattının, hızlı demiryolu hattına çevrilmesi durumunda, yeni hatta ait güzergah çalışması yapmak ve hattın kaba maliyetini hesaplayarak raylı sistem seçeneğine dikkat çekilmek istenmiştir.

Dünyada raylı sistem güzergah araştırması için yeni yöntemler uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılan coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve uzaktan algılama temelli güzergah çalışmalarıdır. Bu alanda yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. [3-11]

## 2 Materyal ve Yöntem

### 2.1 Coğrafi bilgi sistemi ve güzergah tayini için çok kriterli karar verme

Coğrafi bilgi sistemi (CBS) ulaşım sistemlerinin planlanması, izlenmesi ve yönetilmesinde daha sık kullanılmaktadır. Sürdürülebilir bir ulaşım kararlarının alınması ve ulaşım sistemlerinin planlanmasında coğrafi bilgi sistemi (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılmaya başlanmıştır.

#### 2.1.1 Coğrafi bilgi sistemi

Coğrafi bilgi sistemi, dünya genelindeki karmaşık sosyal, ekonomik ve çevresel sorunları saptama, geniş alanların coğrafi verilerini toplama, depolama, işleme, yönetme, tematik analiz yapma, sorgulama ve sunma işlevlerini yerine getiren bir yazılım, donanım, coğrafi bilgi sistemidir [12]. Yani Coğrafi Bilgi Sistemi, teknolojik yöntemler kullanılarak dünyanın matematiksel haritalamasında kullanılan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bu sistem, olay ve nesnelerin coğrafi bir ilişki içinde hızlı biçimde belirlenmesini sağladığından stratejik olarak önemlidir.

Uydu teknolojileri ve veri işlemede kat edilen mesafe dikkate alındığında raylı sistem hat güzergahlarının belirlenmesinde yeni bir yaklaşım gün yüzüne çıkmıştır. CBS ve uzaktan algılama (UA) kullanımını dünya çapında yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar vermiştir.

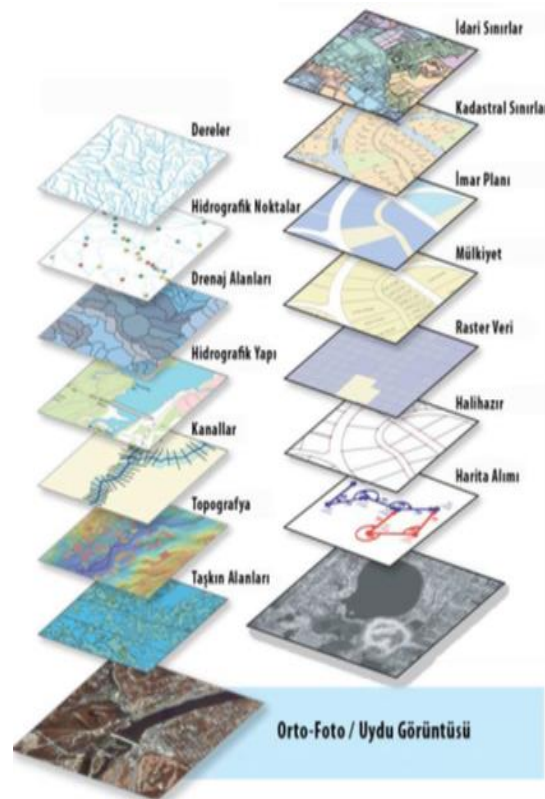
Arazide yapılacak pek çok çalışma, uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları sayesinde ofis ortamında yürütülebilmektedir. Toplanan veriler, eldeki diğer verilerle de entegre edilerek CBS platformlarında işlenebilmekte ve bu sayede çok çeşitli analiz ve sorgulama sonuçlarına

erişilebilmektedir [13]. Geleneksel yöntemlere bakılarak daha fazla iş gücünden, zamandan ve bütçeden tasarruf sağlanmaktadır. Ek olarak sayısal çizimlerle ifade edilemeyecek pek çok sözel detay coğrafi nesnelere kolayca ilişkilendirilmektedir.

Uzaktan Algılama; “Dünyanın karasal yüzeyinden belirli mesafelerde konumlandırılmış platformlara yerleştirilen ölçüm aletleri ile yeryüzündeki doğal veya doğal olmayan nesnelere hakkında bilgi edinme ve değerlendirme teknikleri olarak tanımlanmaktadır” [14]. Uzaktan Algılama teknolojisi başlıca şu alanlarda kullanılmaktadır:

- Baraj alanları ve su yataklarının belirlenmesi,
- Deniz ve kıyı araştırmaları ile kirlilik düzeylerinin ve coğrafi değişikliklerin ölçülmesi,
- Raylı sistem, karayolu, gaz ve petrol boru güzergahı seçimi,
- Arazi ve toprak haritalarının oluşturulması,
- Orman kaynakları için varlık değerlendirilmesi
- Orman yangınları, seller, toprak kaymaları gibi doğal afetlerin araştırılması,
- Minerallerin (madenlerin) araştırılmasında jeolojik araştırmaların gerçekleştirilmesi,
- Yerel yönetimlerin kadastro, imar planları ve arazi uygulamalarının yapılması,
- Kaçak inşaatların belirlenmesi vb.

CBS, basit veri katmanlarını nesne sınıfları olarak yönetir (Şekil 1) ve bu veri katmanlarıyla birçok ilişki elde edebilir.



Şekil 1. CBS katmanlama prensibi [15]

## 2.2 Raylı sistem hatları için güzergah belirleme

Raylı sistem planlamasının en önemli aşaması güzergah belirlemedir. Ulaşım etüdü yapılarak ihtiyaçlar bölgeye göre belirlenir, daha sonra bu bölgeye hizmet edecek hatta ait güzergah araştırmasına başlanır. Yolculuk talebinin yüksek olduğu alanlar belirlenir ve istasyon yerleri seçilir. İstasyon yerleri belirlendikten sonra güzergah bu istasyonlar arasında araştırmaya başlanır.

Yapılan etütler sonucunda bölgeye uygun ulaşım sistemi belirlenir ve hiç raylı sisteme ihtiyaç duymadan diğer ulaşım sistemleri ile çözülebilir. Eğer kara trafiği veya hava trafiği şartları uygun değilse raylı sistemler tercih edilir. Bölgeye en uygun raylı sisteme karar verildikten sonra güzergah araştırmasına başlanır.

Ulaşım yatırımlarının değerlendirilmesi sürecinde ülkeden ülkeye, hatta ülke içinde bölgeden bölgeye ve uygulayan kişiden kişiye değişen pek çok yöntem uygulanmaktadır. Fakat bunlar içinde yaygın kabul gören iki yöntem 'Çok Kriterli Karar Verme Sistemleri' ve 'Fayda Maliyet Analizi' olarak karşımıza çıkmaktadır. Fayda Maliyet analizi yatırıma tekil bir oransal değerle yaklaşır ve kentsel yapı, silüet, tarihi doku vb. bileşenleri hemen hemen tamamen göz ardı eder. Bu çözümle; maliyet kalemini oluşturan öğeleri ve sonuçta elde edilen faydaları listeleyip toplam maliyet ve faydaların oranlanmasına dayanır. Bu çözümlenme ile maliyet ve faydalara, çevre ve sosyal maliyet ve faydalar dâhil edilerek daha sürdürülebilir yatırımları öne çıkaran çözümlenmeler elde etmek mümkündür. Kamu hizmeti taşıyan projelerde maddi olarak ifade edilemeyecek pek çok diğer etken de dikkate alınmalıdır. Bu sebeplerden ötürü, raylı sistem güzergah tasarımı yapılırken konunun bütün açılardan değerlendirilebilmesi amacıyla "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemlerinden" öne çıkmaktadır. Bu yöntem "hem sayısal olarak ifade edilebilen hem de edilemeyen değişkenlerin bir arada değerlendirilmesini sağlamaktadır" [4]. Her iki çalışma da uzun ve detaylı analizler içerir. Çalışma sadece Niğde-Kayseri arasında önerilen hızlı tren hattının mevcut şartlar altında kaba maliyetini hesaplamaktadır. Ayrıca uygunluk (fizibilite) çalışmaları birden fazla güzergah önerisi içermelidir. Ancak bu çalışmada mevcut hattın hızlı tren hattına çevrilmesi durumundaki maliyet araştırıldığından farklı güzergah önerileri üzerinde çalışılmamıştır.

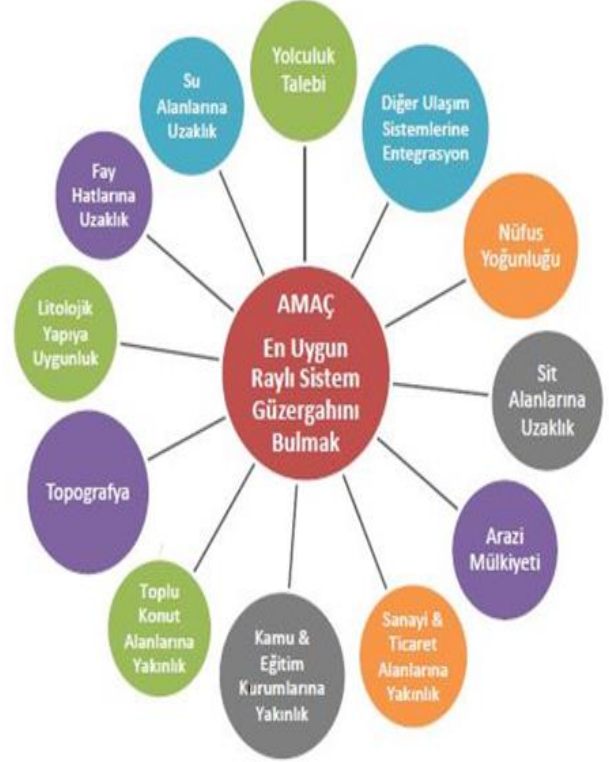
Raylı sistem türleri hakkındaki karar sürecinde değerlendirilmesi gereken ana ölçütler aşağıda verilmiştir [16].

1. Yolculuk taleplerine göre şekillenen sistem kapasitesi
2. İşletme hızı
3. Topografya
4. Lokomotifle bağlı vagon sayısı
5. Yatay kurb büyüklükleri
6. Sinyal sistemi
7. Karayolu ile kesişme oranı
8. İstasyon bölgelerindeki platform uzunlukları
9. İstasyonlar arası mesafe
10. Düşey eğimler
11. Sefer sıklığı

## 2.2.1 Raylı sistem güzergâh belirlemesine etki eden faktörler

Raylı sistem hattına ait güzergah çalışması için öncelikle ölçütlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin hepsinin bir arada değerlendirilerek en uygun çözümün üretilmesi gerekmektedir.

Şekil 2'de literatür taramalarının ardından Niğde-Kayseri arasındaki raylı sistem hattına güzergah çalışması için 12 faktör göz önüne alınmış ancak bunlardan en çok etkili olanları değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Raylı sistem güzergah tasarımına etki eden faktörler [4]

## 3 Bulgular ve tartışma

### 3.1 Niğde-Kayseri arasında raylı sistem hattı güzergahı

Raylı sistem çalışmalarının en önemli parçası hatta ait güzergahın belirlenmesidir. Güzergah belirlendikten sonra raylı sistem için fen ve mühendislik çözümlenmelerine geçilebilir. Mühendislik çözümünden sonra seçilen güzergahın ekonomik boyutları ele alınabilir.

#### 3.1.1 Yolcu talebi

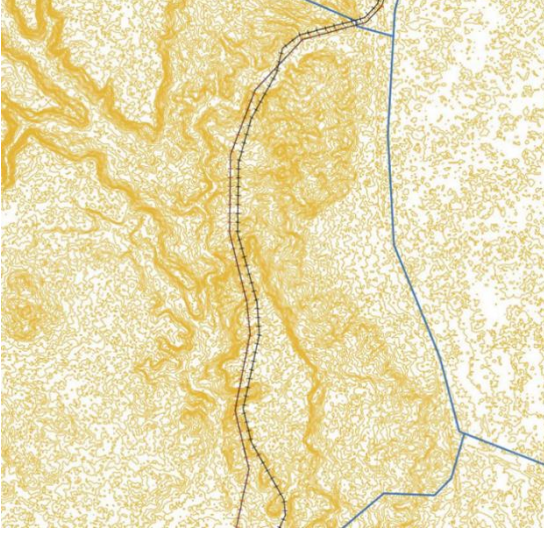
Niğde-Kayseri arasında havalimanına, büyük sağlık merkezlerine, alışveriş ve eğitim alanlarına günlük yoğun bir talepler oluşmaktadır. Niğde ve Kayseri arasında hafta için günlük tek yönde doğrudan 17 otobüs seferi [17] mevcuttur. 2019 verilerine göre yıllık ortalama günlük trafik 1705 otomobil ve 52 otobüs olarak kaydedilmiştir [18]. Otomobil dolulukları 2 kişi/otomobil olarak kabul edildiğinde Niğde-Kayseri arasında ortalama yolcu talebi günlük 3410 kişi olarak tahmin edilmektedir.





### 3.1.9 Topografya faktörü

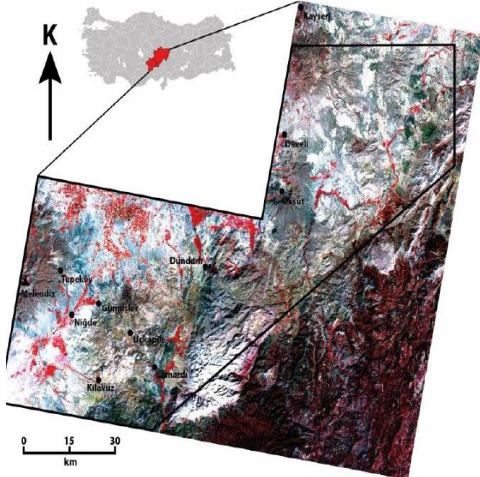
Arazideki eğim ve kot farklılıkları raylı sistem tasarım sürecinde çok önemlidir. Yüksek hızlı trenlerin yüksek hızlarda çalışması nedeniyle boyuna eğimin (maksimum %3.5) belirli sınırlar içinde kalması gerekir. Yeşilhisar-Araplı kesiminde topografya engebeli (Şekil 5) olduğundan bu bölge için yedi kilometre uzunluğunda bir tünel planlanmıştır.



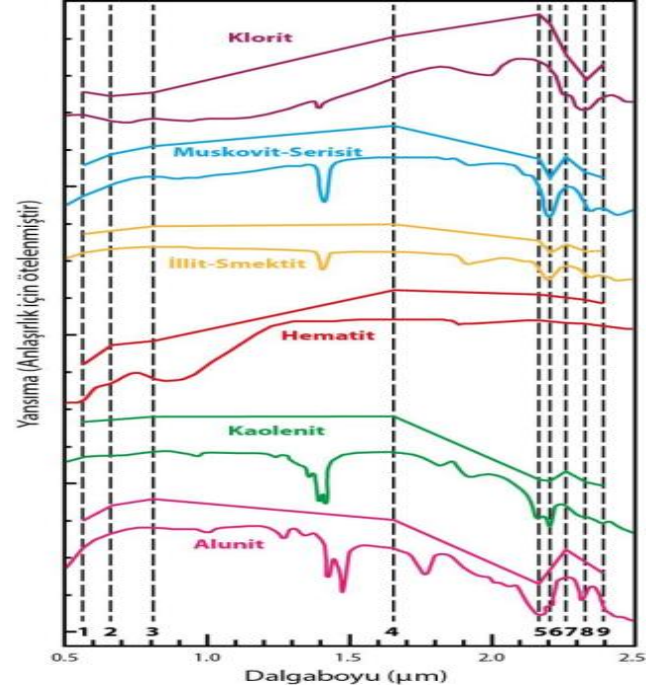
Şekil 5. Niğde-Kayseri hızlı tren hattının QGIS programı yardımıyla çıkarılmış topografik haritası

### 3.1.10 Litolojik yapıya uygunluk faktörü

Planlanan güzergahın litolojisi maliyet hesaplamaları için önemli bir faktördür. Sert yapıdaki zeminlerden geçen güzergahlarda yarma maliyeleri ve adam-saat süreleri artmaktadır. Aynı şekilde gevşek bir zeminden güzergahın geçmesi halinde ise güzergahta çökmeler meydana gelecektir. Hızlı trenlerde eğimin düşük olmasından dolayı çoğu zaman sanat yapıları yapılması zorunlu olmaktadır. Sanat yapılarının ve hattın iyi etüt edilmemiş zeminlerde yapılması sadece hizmetin aksamasına değil, kaza gibi ciddi sonuçlara neden olabilmektedir. Şekil 6'da Niğde-Kayseri arası uydu analizi yüzey kayaçları gösterilmiştir. Şekil 7'de bu kayaçların türünü göstermektedir.



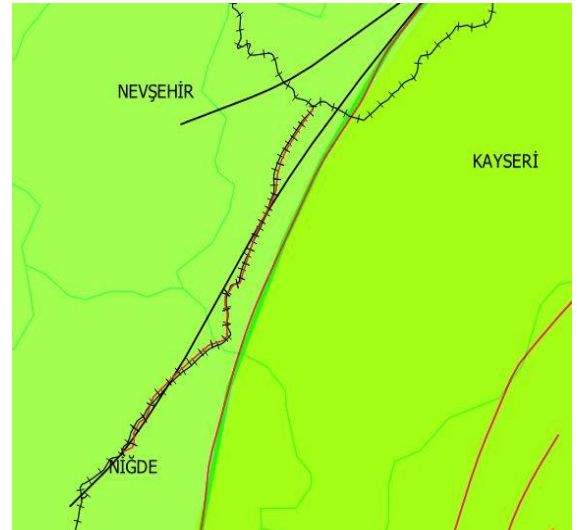
Şekil 6. Niğde-Kayseri bölgesi litolojik analiz [19]



Şekil 7. Niğde-Kayseri bölgesi litolojik analiz [19]

### 3.1.11 Fay hatlarına uzaklık faktörü

Deprem riski göz önüne alınması gereken bir diğer önemli faktördür. Güzergah çalışmaları sırasında fay hatlarının coğrafi konumları ve özellikleri çok iyi bilinmelidir. Fay hattının dikine yapılacak geçişler olası bir kırılmadan çok etkilenmeyecek olmakla beraber, fay hattının üzerinde ya da yakınında fay hattına paralel yapılacak bir geçiş uygun değildir. Bu nedenle fay hatlarının iyi tanınması ve mümkün olduğunca uzaktan geçilmesi gerekmektedir. Çalışılan güzergahta fay hatlarından kaçınılmaya çalışılmıştır (Şekil 8).



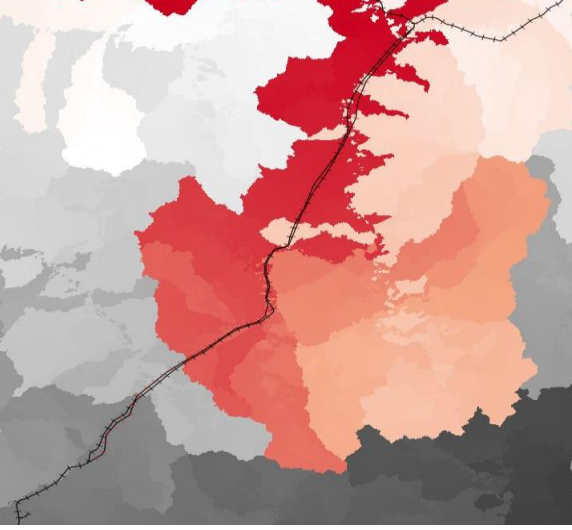
Şekil 8. Niğde-Kayseri bölgesi fay hatları

### 3.1.12 Su alanlarına uzaklık faktörü

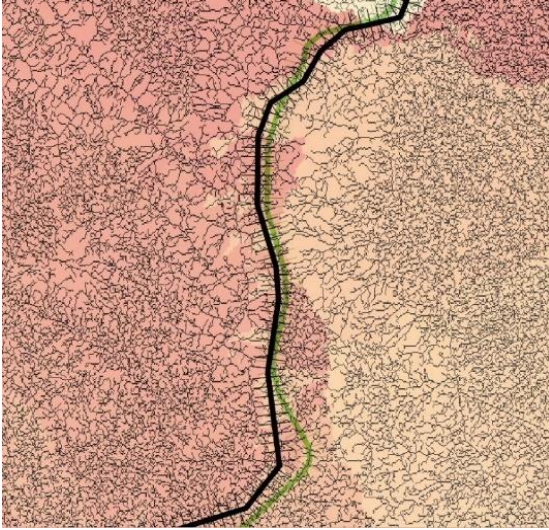
Son yıllarda gerçekleştirilen düzenlemelerle dere yataklarında ve havzalardaki yapılaşmalara çok ciddi kısıtlamalar ve yasaklar getirilmiştir. Özellikle içme suyu



havzaları için geniş ve çok katmanlı koruma kuşakları oluşturularak kentleşmenin bu alanlardaki etkileri kontrol altına alınmaya çalışılmıştır (Şekil 9). Yoğun nüfusa ve yolculuk değerlerine sahip olmayan bu alanlardan raylı sistem geçirilmesi konusunda duyarlılık gösterilmesi gerekmektedir. Seçtiğimiz güzergahta vadi alanlarından ve su toplanma havzalarından kaçınılmıştır (Şekil 10). Sel ve ani su baskını olan bölgelerden uzak tutulmuştur.



Şekil 9. Niğde-Kayseri bölgesi QGIS programı ile havza analizi



Şekil 10. Niğde-Kayseri bölgesi QGIS programı ile vadi analizi (Yeşil renk mevcut hat-siyah renk hızlı tren hattı)

### 3.2 Niğde-Kayseri YHT hattı güzergahının özellikleri

Yukarıdaki ölçütler dikkate alınarak Niğde-Kayseri hattı için seçilen güzergah Şekil 11’de belirlenmiştir. Bu güzergah mevcut tren hattına paralel olarak belirlenmiş, yükseltinin fazla olduğu yerlerde sanat yapıları ile geçilmeye çalışılmıştır. Hattın kent içindeki bölümü, mülkiyet durumu nedeniyle mevcut hattın üzerinden geçirilmiştir.

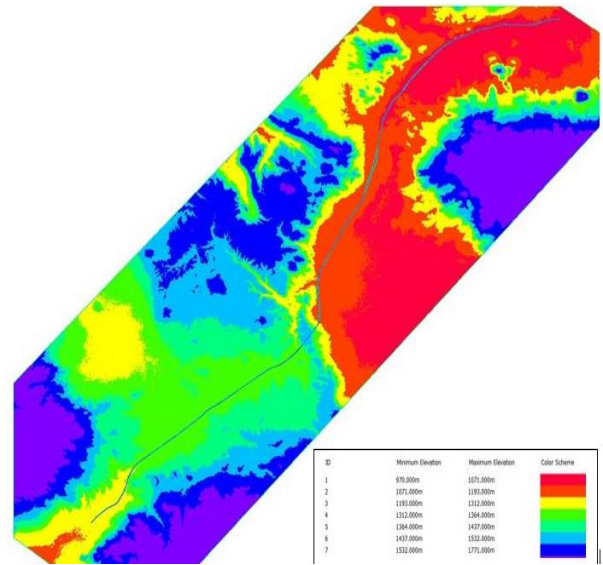
Niğde-Kayseri için belirlenen güzergahı başlangıç istasyonu 0+000,00 m, bitiş istasyonu 127+223.88 m

arasında toplam 127.224 km’dir. Hat; Kayseri-Yeşilhisar (0+000,00-73+000.00), Yeşilhisar-Araplı (73+000,00-80+000.00) ve Araplı-Niğde (80+000.00-127+223.88m) olmak üzere üç kesimden oluşmaktadır. Kayseri-Yeşilhisar kesimi balastlı üst yapı (Şekil 12), Yeşilhisar-Araplı kesimi rijit üst yapı (Şekil 13) ve Araplı-Niğde kesimi yine balastlı üst yapı (Şekil 12) biçiminde planlanmıştır. Ayrıca Yeşilhisar-Araplı kesimi yüksek hızlı demiryolu tasarımında maksimum boyuna eğimden dolayı (%2.5) bu bölümde yedi kilometre uzunluğunda bir tünel ile Şekil 13’deki gibi geçilmiştir. Tünelin İstanbul-Ankara arasındaki tünel benzer biçimde tasarlanmıştır.

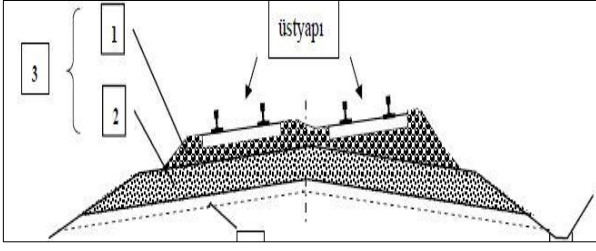
Oluşturulan güzergah üzerinde, Autodesk CIVIL 3D programı yardımı ile dever, eksik dever ve fazla dever hesaplamaları yapılmış ve hat üzerine uygulanmıştır. Şehir merkezlerinde yapılan iyileştirmeler nedeniyle bu kısımlarda hız düşük tutulmuştur. Toplamda 51 yatay kurp oluşturulmuştur. Her bir yatay kurp için dever hesabı yapılmıştır. Yatay kurplardan biri için Şekil 14’de örnek dever grafiği verilmiştir.

Dever hesabından sonra güzergah boy kesiti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu boy kesite yapılan kırmızı çizgi (kot) çalışması sonucunda maksimum hat eğimi %2.5 olmuştur. Bu eğim Yeşilhisar-Araplı kesimindeki tünel kısmında kullanılmıştır. Diğer kesimlerde eğim maksimum %1.25 olmuştur. Şekil 15’de güzergaha ait boy kesit görülmektedir.

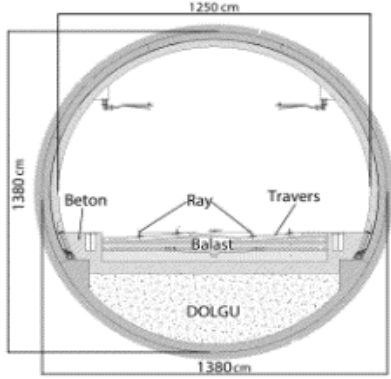
Autodesk CIVIL 3D programı yarma ve dolgu miktarlarını hesaplamıştır. Kayseri-Yeşilhisar, Yeşilhisar-Araplı ve Araplı Mevki-Niğde arası ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kayseri-Yeşilhisar kesiminde 6,838,609.0 m<sup>3</sup> yarma, 3,748,145.5 m<sup>3</sup> dolgu yapılması gerekmektedir. Yeşilhisar-Araplı kesiminde tünel işleri olduğundan sadece yarma hesabı yapılmıştır. Tünel yarma miktarı 933,665.3 m<sup>3</sup> dür. Araplı-Niğde kesiminde yarma 46,802.1 m<sup>3</sup>, dolgu 3,305,139.1 m<sup>3</sup>’dür. Hattın kütle diyagramı Şekil 16’da görülmektedir.



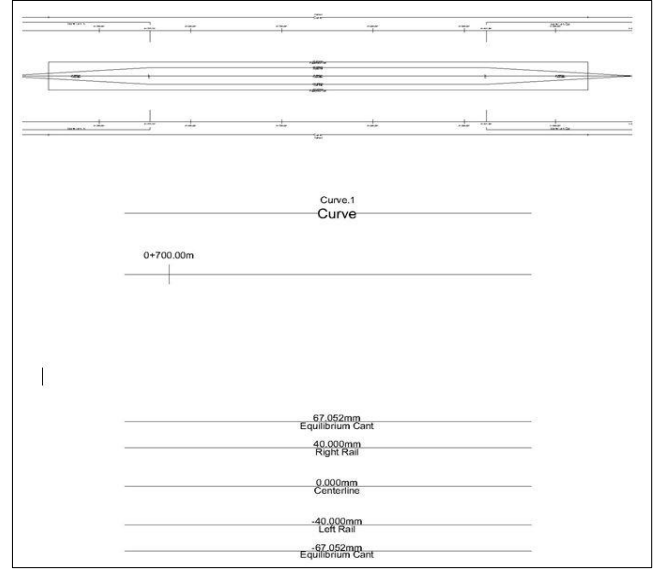
Şekil 11. Niğde-Kayseri arasındaki belirlenen güzergahı



Şekil 12. Balastlı üst yapı

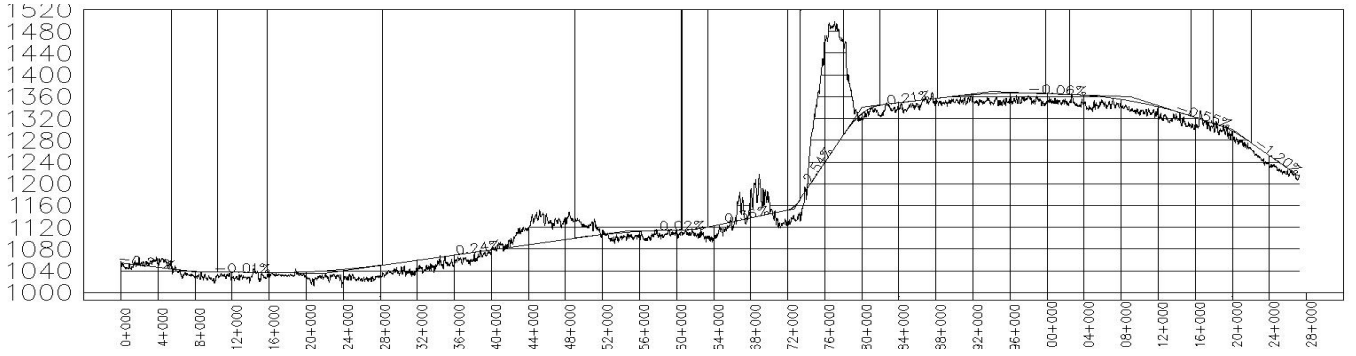


Şekil 13. Yeşilhisar-Araplı arası tünel tip enkesiti

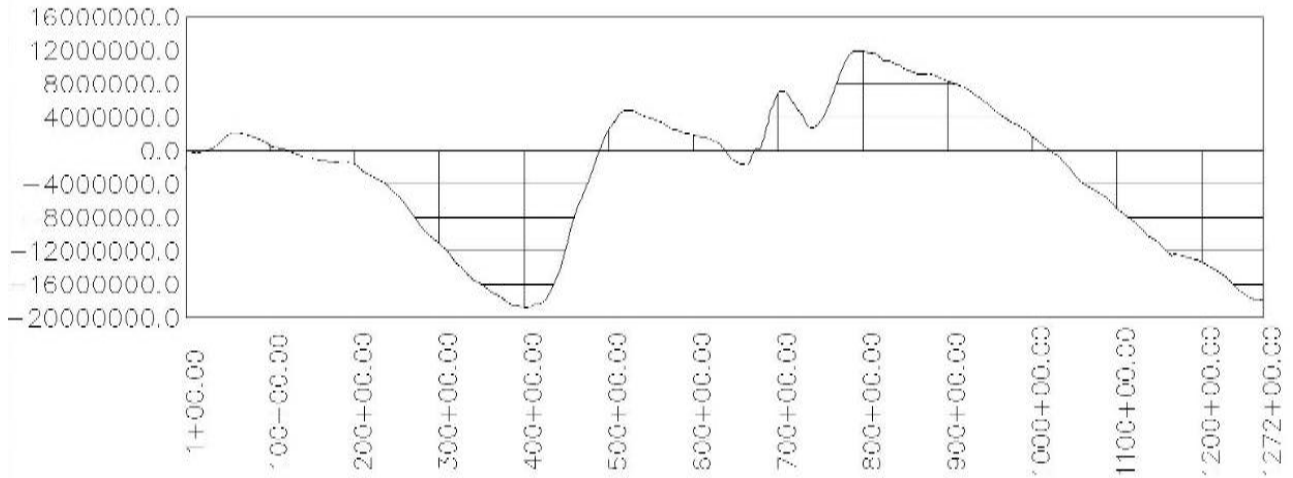


Şekil 14. Yatay karp dever değeri

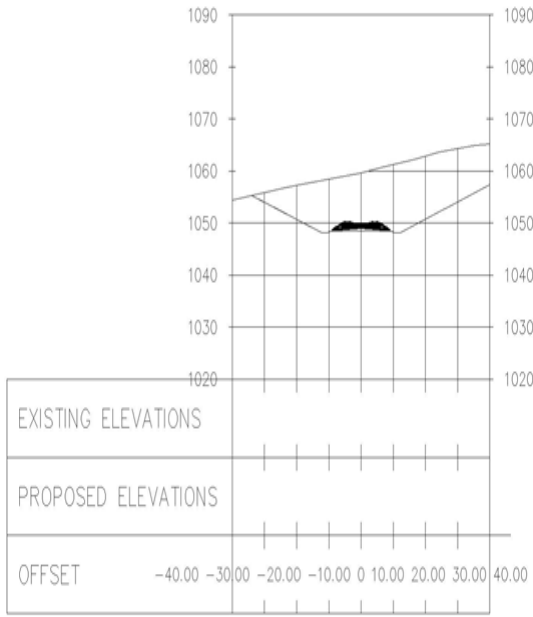
Toplam 1757 adet enkesit oluşturulmuştur. Hat genişliği olarak Fransız TGV hat genişliği alınmıştır. Enkesitler hattın uzun olması sebebi ile 100 metrede bir, kurplarda 50 metrede bir oluşturulmuştur. Şekil 17'de örnek en kesit görülmektedir.



Şekil 15. Niğde-Kayseri arası hızlı tren boy kesiti



Şekil 16. Niğde-Kayseri arası kütle diyagramı



Şekil 17. Uygulanan en kesitten örnek

### 3.3 Niğde-Kayseri arası hızlı tren hattı maliyeti

Türkiye'nin son yıllarda yapılan İstanbul-Ankara, Ankara-Konya ve Ankara-Sivas hızlı tren hatları ile ilgili maliyet çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalar sayesinde Niğde-Kayseri hızlı tren hattına ait önerilen güzergahın yaklaşık maliyet çalışması yapılmıştır.

İstanbul-Ankara Hızlı Tren Hattı;

Proje, mevcut hattan bağımsız ve tamamen elektrik sinyalli, Ankara ile İstanbul arasında 250 km/saat hızda, yeni bir çift hatlı yüksek hızlı demiryolu yapımını içermektedir. Projenin toplam uzunluğu 533 km'dir. Projenin kesimleri Şekil 18'de gösterilmiştir.



Şekil 18. Ankara ile İstanbul hızlı tren projesi güzergahı ve proje bölümleri [11]

Ankara ile İstanbul hızlı tren hattının toplam maliyeti Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Ankara ile İstanbul hızlı tren hattı maliyeti [11]

Ankara- İstanbul Kesimleri	Uzun (km)	Toplam Bedel (TL)	Birim Maliyet (TL/km)
Ankara-Sincan Kuzey Hattı	24	92,000,000	3,833,333.00
Sincan-Esenkent	15	116,000,000	7,333,333.00
Esenkent-Eskişehir	206	1,849,000,000	8,975,728.15
Eskişehir-Gar Geçişi	2.2	293,000,000	133,181,818.18
Eskişehir-İnönü	30	168,000,000	5,600,000.00
İnönü-Vezirhan	54	2,148,000,000	39,777,777.00
Vezirhan-Köseköy	71	2,790,000,000	39,295,774.64
Geyve-Arifiye	36	168,000,000	4,666,666.00
Köseköy-Gebze	56	854,000,000	15,250,000.00
Gebze-Pendik	20	476,000,000	8,500,000.00
Toplam	514.2	8,954,000,000	17,413,457.79

Ankara-Konya Hızlı Tren Hattı;

Toplam uzunluğu 306 km olan hattın 94 kilometresi Ankara-İstanbul Hızlı Tren Projesi kapsamındaki Ankara-Polatlı kesiminden oluşmaktadır. Projenin toplam hat uzunluğu 212 km olup, ihaleye 2 ayrı parça halinde çıkmıştır (Şekil 18). Bölüm 1 (0 + 00-100 + 00 km arası) ilk 100 km, Bölüm 2 (100 + 00 -212 + 50 km arası) 112.5 km olarak belirlenmiştir. Hattın genel özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Ankara ile Konya arasındaki hızlı tren hat özellikleri [11]

Tanımı	Hat Özellikleri	Birimi
Toplam Uzunluk	306	km
İnşa edilen uzunluk	212	km
Hat sayısı ve tipi	Çift hat, elektrikli, sinyalli	
Hız	250	km/saat
Dingil Yüğü	23	ton
Ekartman	1435	mm
Min Kurp Yarıçapı	6500	m
Maksimum Eğim	%0.16	
Maksimum Dever	130	mm
Düşey gabari	6,72	m
Ray tipi	UIC-60	
Ray Boyu	36	m
Kaynaklı Uzunluk	Sürekli Kaynak	
Ray Kalitesi	900 A	
Traversler	Ön-germeli, ön çekmeli monoblok B70 tipi beton [8].	
Subbalast Miktarı	670000	m <sup>3</sup>
Balast Miktarı	988000	m <sup>3</sup>
Toplam Ray Miktarı	56135	ton
Travers Miktarı	137687	adet

Güzergah üzerindeki toplam hafriyat miktarı yaklaşık 27,000,000 m<sup>3</sup>, toplam dolgu miktarı yaklaşık 13,000,000 m<sup>3</sup>'tür.





Şekil 19. Ankara-Konya hızlı tren güzergahı [11].

Tablo 3' de görüldüğü üzere Ankara ile Konya hattının kilometre başına maliyeti 3,776,780.26 TL'dir. Dünyadaki örnekleri incelediğimizde (Tablo 4) kilometre yapım maliyetleri arasında farklılıklar görülmektedir.

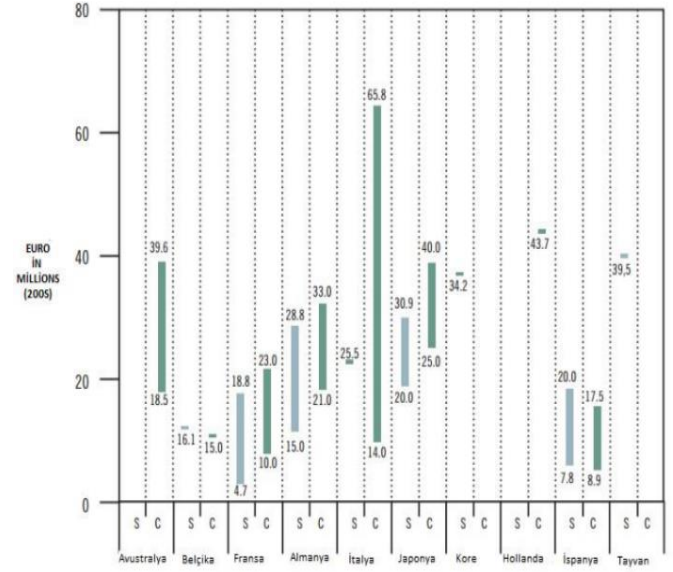
Tablo 3. Ankara-Konya hızlı tren maliyeti [11]

Yapım maliyeti	Toplam (TL)
1. Kesim altyapı işleri	74,890,624.82
1. Kesim altyapı ikmal işleri (keşif artış dâhil)	79,597,097.18
2. Kesim altyapı işleri	83,156,832.00
2. Kesim altyapı ikmal işleri	35,250,000.00
Üstyapı ve elektromekanik işleri	539,630,533.86
Genel toplam	800,677,415.30

Niğde-Kayseri hızlı tren hattı için önerilen güzergahın 1. (Kayseri-Yeşilhisar) ve 3. (Araplı Kesimi-Niğde) kesimleri Ankara-Konya hattı ile benzer özellikler sergilemektedir. Ankara-Konya hızlı tren hattının km maliyeti 2011 yılında 3,776,780.00 TL olup 2011 yılındaki dolar kuru da 1.65 TL'dir. Buna göre dolar cinsinden maliyet 2,288,958.00 \$/km (3,776,780/1.65) olarak hesaplanmaktadır. Hattın 1. Bölümü 73 km, 3. Bölümü 47.2 km uzunluğundadır. Buna göre maliyetler 1. Bölüm için 167,093,934.00 \$, 3. Bölüm için 108,038,818.00 \$ hesaplanmıştır.

Yeşilhisar-Araplı kesimi üzerinde yedi kilometrelik çift hatlı tünel mevcuttur. Bu kesimde jeolojik özellikler açısından, genelde volkanik kayalardan olan, pomzadan oluşmaktadır. Pomza kayacı kolay kazılabilen ve kendini tutabilen bir kayaç türüdür. Tünel kesitinin kazılırken, kazı maliyetlerini aşağıya çekmektedir. HS2 (High Speed Two) verilerine göre çift tüplü tünel maliyeti km başına 33,000,000.00 € olarak belirtilmiştir. Yedi kilometrelik bir tünelin maliyeti buna göre 241,000,000.00 € olarak hesaplanmıştır. Amerikan doları-Euro arasındaki kur oranı 1.188 kabul edilirse tünel maliyeti 284,380,000.00 \$ olmaktadır.

Tablo 4. Yüksek hızlı demiryolu hatları ortalama kilometre yapım maliyetleri [11].



Niğde-Kayseri Arası Hızlı tren hattı kaba maliyeti yaklaşık 392,418,818.00 \$, 2020 kur oranları ile 2,629,206,080.6 TL (392,418,818.00x6.7) bulunmuştur. Tablo 5'de Niğde-Kayseri arası önerilen hızlı tren hattına ait özellikler listelenmiştir.

#### 4 Sonuçlar

Çalışmada, Niğde iline ulaştırma yatırımlarının hangisinin daha uygun ve sürdürülebilir olduğu irdelenmiştir. Bu kapsamda Niğde ilini Kayseri iline daha hızlı bir ulaşım sistemi ile bağlayarak Niğde halkının sosyal, ekonomik ve sağlık alanlarını etkin kullanımı amaçlanmıştır.

Tablo 5. Önerilen Niğde-Kayseri hattına ait özellikler

Hat sayısı ve tipi	Çift hat, elektrikli, sinyalli	
Hız	250	km/sa
Dingil yükü	23	ton
Ekartman	1435	mm
Min. karp yarıçapı	6300	m
Maksimum eğim	%2.5	
Maksimum dever	180	mm
Düşey gabari	6.72	m
Ray tipi	UC-60	
Ray boyu	36	m
Kaynak uzunluğu	Sürekli kaynak	
Ray kalitesi	900 A	
Traversler	Öngermeli, önçekmeli monoblok B70 tipi beton [8]	
Alt balast miktarı	395,237	m <sup>3</sup>
Balast miktarı	971,265	m <sup>3</sup>
Toplam ray miktarı	30,592	ton
Travers miktarı	336,902	adet
Yarma	781,076	m <sup>3</sup>
Dolgu	705,328,4	m <sup>3</sup>
Alt temel	632,452	m <sup>3</sup>
Hazırlanmış toprak tabakası	667,244	m <sup>3</sup>

Coğrafi bilgi tabanlı ve çok kriterli karar analizi süreçleri, güzergah seçimlerinde etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilgisayar tabanlı programların ve bilgisayar donanımlarının gelişmesiyle birlikte büyük ölçekli alanların etkin analizleri yapılabilmektedir. Bu sayede, yüksek başarılı bilgisayarlar yardımıyla ulaştırma yatırımlarının ön çalışmasını kısa sürelerde tamamlama şansı sunmaktadır. Bu alanda çalışma yapan mühendislere kolaylık sağlamaktadır.

Ayrıca çalışmada programların ne kadar etkili olduğu da irdelenmiştir. Bu çalışmada QGIS [20] ve Autodesk CIVIL 3D programları kullanılmıştır. Açık kaynak kodlu olan QGIS programı etkin analizler yapabilmektedir. QGIS programı, topografik analiz, hidrolojik analiz, harita birleştirme, harita çıkartma gibi birçok işlem ve çözümlenmeyi yapabilmektedir. Program üçüncü taraf uygulamaları için destek vermektedir. Araştırmacı kendi çözümlenme kütüphanesini yazma (Python) ve dağıtma olanağına da sahiptir. Autodesk CIVIL 3D programı, QGIS programında oluşturulan harita ve güzergahları, desteklediği geniş dosya biçimi sayesinde kendi çalışma ortamına aktararak işleyebilmektedir. Autodesk CIVIL 3D oluşturulan bir güzergah üzerine yol yatağı tabakalarını oluşturabilmekte, ayrıca boy kesiti oluşturarak tasarımcıya kolaylıklar sağlamaktadır. Boy kesite kırmızı kotu ekleyerek güzergah alanı üzerinde yarma-dolgu hesaplamalarını, enkesitleri ve güzergah üzerinde kullanılacak rayın, balast tabakasının, alt balast tabakasının, alt temel ve toprak işlerinin analizlerini kolaylıkla yapabilmektedir. Ancak tünel girdilerini tasarımcı kendi oluşturmak zorundadır. Tünel kısmının analizlerinde bazı problemler mevcuttur. Burada tasarımcının tünel kısmındaki verileri kendinin hesaplaması daha faydalı olacaktır.

Araştırılan Niğde-Kayseri hızlı tren hattının tren setleri ile kaba maliyeti 2,629,206,080.6 TL hesaplanmıştır. Yerel bir hava havalimanı için yaklaşık maliyetin 620,849,394.00 TL [21] olduğu düşünüldüğünde dört katı maliyet çıkmaktadır. Ancak işletme maliyetlerinin havalimanlarında %71,6 [21], hızlı tren işletmeciliğinde %25,5 [22] düzeyindedir. Ayrıca hızlı tren, uçuş sıklığı, uçuş noktası çeşitliliği, bilet fiyatı ve aktarma sayısı gibi avantajlı bir havalimanı erişimi sağlamanın yanında Niğde kentinin erişilebilirliğine katkıda bulunacaktır. Diğer yandan, yerel havalimanı benzer yoğunluktaki illerdeki havalimanları göz önüne alındığında, yetersiz talep nedeniyle istenen işletme koşullarını sağlamada yetersiz kalması olasılığının yaratabileceği düşük sıklığa sahip uçuşlar ve yüksek bilet fiyatları, kullanıcıların yeniden çevre illerdeki havalimanlarına yönelmesine yol açabilecektir. Bu da havalimanını, hızlı tren karşısındaki maliyet avantajını orta ve uzun dönem içinde kaybetme tehlikesini beraberinde getirmektedir.

Niğde-Kayseri hattı üzerindeki Yeşilhisar-Araplı kesiminde topografyanın ani değişmesi sebebi ile yedi kilometre uzunluğunda bir tünel planlanmıştır. Bu tünel Niğde-Kayseri hızlı tren hattı maliyetinin önemli parçasını oluşturmaktadır.

Maliyet hesaplamaları ülkemizde yapılmış ve halen devam etmekte olan projelerin kilometre maliyetleri göz önüne alınarak yapılmıştır. İstanbul-Ankara hızlı tren

hattının 2009 yılındaki maliyeti 8,954,000,000.00 TL'dir. Birim maliyeti 17,413,457.79 TL/km olup 2009 yılı dolar kuru (1.65) göz önüne alındığında 10,553,610.78 \$/km'dir. Günümüzde fiyatları ile bu maliyet 71,236,872.78 TL'dir. Ankara-Sivas hızlı tren hattının proje bedeli 13,172,263,000.00 TL, birim maliyeti ise 32,284,958.33 TL/km'dir. Niğde-Kayseri hızlı tren hattı toplam maliyeti 2,629,206,080.6 TL olarak kestirilmiştir. Kilometre başına düşen maliyet ise 20,702,410.09 TL/km'dir. Günümüzde dolar kuruna göre karşılığı 3,089,911.95 \$/km'dir. Dünya'daki örneklerle kıyasladığımızda kilometre başına hat maliyetinin Fransa TGV'sinde 3-5 milyon Euro civarında olduğu görülmektedir.

Hattın uzunluğu 127 km ve proje hızı 200 km/s olarak düşünüldüğünde iki uç istasyon arasındaki mesafe tünel geçişleri ve istasyon duraklamaları ile toplam 60 dakika olarak hesaplanmıştır. Havalimanı erişiminde bu süre 45 dakikaya kadar düşmektedir. Niğde kent merkezinden uluslararası bir havalimanına trenle yapılan 45 dakikalık erişim süresi, bu tür bir erişim için uygun olmasının yanında, Kapadokya bölgesindeki turizm hareketliliğine Niğde'nin de uzun vadede eklenmesini sağlayabilir.

Ayrıca hızlı tren yatırımlarının sadece maliyet açısından değerlendirilmesi hatalı olacaktır. Dünya üzerinde karlı işletmeye sahip tren hatları nadirdir. Ülkeler için dikkatli planlanmış ve bütünleştirilmiş raylı sistemler sürdürülebilirlik açısından ulaştırma politikası olarak benimsenmelidir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (Turnitin): %8

#### Kaynaklar

- [1] D.H.M.İ., Hava ulaşımı istatistikleri, 2021. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/Istatistikler.aspx> (Erişim Mar. 28, 2021).
- [2] Lufthansa, Rail&Fly Lufthansa. <https://www.lufthansa.com/us/en/rail-and-fly> (Erişim Mar. 31, 2021).
- [3] Y. Bakış, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) tabanlı katı atık toplama güzergah optimizasyonu için örnek bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [4] C. Kırılangoçlu, Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı raylı sistem güzergah tasarımı: İstanbul örneği, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2014.
- [5] A. Djenaliev, Multicriteria decision making and GIS for railroad planning in Kyrgyzstan, Master Thesis, KTH, Stockholm (closed 20110301), 2007.
- [6] J. E. Kennedy, S. Lyle, R. Smith, ve G. Jeffress, Using cadastral maps to accommodate high-speed rail systems in Texas. The ACSM Annual Conference, Survey Summit, San Diego, CA, July 7-12, 2011.
- [7] J. Hasse, A Geographic evaluation of gloucester county commuter rail corridor options a geographic evaluation of gloucester county commuter rail corridor options, Research Report, 2006.



- [8] G. C. Martin R., High speed rail alignment generation and optimization using GIS, Esri International User Conference, San Diego, CA: ESRI, 2012.
- [9] W. Bin Zhang, Economic geography and transportation conditions with endogenous time distribution amongst work, travel, and leisure, J. Transp. Geogr., 15(6), 476–493, 2007. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2007.01.001.
- [10] O. Ekim, Yüksek hızlı demiryolları için geometrik özellikler ve altyapı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [11] A. N. Yüce, Ülkemizde planlanan, yapılmakta olan ve yapılan yüksek hızlı demiryolu hatlarının incelenmesi ve karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- [12] HKMO, Coğrafi Bilgi Sistemleri. [https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/KOTM\\_588e674d3f0faf9\\_ek.pdf](https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/KOTM_588e674d3f0faf9_ek.pdf), İstanbul, 2005. (Erişim Mart 2021)
- [13] X. Wei, Using GIS technology for railway design and management, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 978–981.1996
- [14] MTA Genel Müdürlüğü. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/birimler/uzaktan-algilama>(Erişim Mar. 28, 2021).
- [15] About ArcGIS | Mapping & Analytics Software and Services. <https://www.esri.com/en-us/arcgis/about-arcgis/overview> (Erişim Mar. 28, 2021).
- [16] İBB, İstanbul metropoliten alanı kentsel ulaşım ana planı (İUAP), İstanbul, 2011.
- [17] Biletall, Uçak ve Otobüs Bileti Satış Sitesi. <https://www.biletall.com/otobus-seferler?NeredenId=990&NereyeId=738&GTarih=29.03.2021&gidisDonusMu=false&DTarih=05.04.2021>(Erişim Mar. 28, 2021).
- [18] K.G.M., Trafik hacim haritaları. <https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Trafik/TrafikHacimHaritasi.aspx> (Erişim Mar. 28, 2021).
- [19] K. Tözün ve A. Özyavaş, Niğde ve Kayseri Bölgelerinde yüzeylemiş kayaların alterasyon özelliklerinin ASTER uydu görüntüleri yardımıyla tespit edilmesi, 6. Uzaktan algılama-CBS sempozyumu (UZAL-CBS 2016), sayfa 557-566, Adana, 5-7 Ekim 2016.
- [20] QGIS Development Team, QGIS Geographic Information System. 2021, [Çevrimiçi]. Available at: <https://www.qgis.org>.
- [21] D.H.İ.G.M., Havayolu Sektör Raporları. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/HavaYoluSektorRaporlari.aspx> (Erişim Mar. 28, 2021).
- [22] A. Levinson, D. Gillen, ve D. Kanafani, UC Berkeley The Full Cost Of Intercity Transportation-A Comparison Of High Speed Rail, Air And Highway Transportation In California Publication Date, June. Research Reports, 1996.

