



---

**Makale / Research Paper**

---

**Jeomorfolojinin Karayolu Geçkisi Altyapı Yapım Maliyetine Etkisinin  
Örnek Kesimde İrdelenmesi**

**Onur ÖZTÜRK\*<sup>1</sup>, Erkan BOZKURTOĞLU\*<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>İTÜ FBE, Jeoloji Mühendisliği, 34469, Ayazağa, İstanbul/ TÜRKİYE, [onur.ozturk@live.com](mailto:onur.ozturk@live.com)

<sup>2</sup>Jeoloji Mühendisliği, 34469, Ayazağa, İstanbul/ TÜRKİYE, [erkanbozkurtoglu@gmail.com](mailto:erkanbozkurtoglu@gmail.com)

**Received/Geliş:** 19.09.2017

**Revised/Düzeltilme:** 06.10.2017

**Accepted/Kabul:** 09.10.2017

**Öz:** Yolların projelendirilmesi ve uygun geçkinin belirlenmesi çalışmaları birçok aşamadan ve etüden oluşur ve etüdlere gerçekleştirilmesi için detaylı araştırma ve çalışma yapmak gerekir. Yol projesi yapılırken, tesviye eğrili haritadan yararlanarak, jeoloji ve hidrojeoloji haritaları dikkate alınarak belirlenen noktalar arasından yolun geçeceği geçkinin yaklaşık olarak belirlenmesi gerekir. Doktora tez çalışmasından elde edilen makale çalışmasında, örnek kesim olarak ‘Fatih Sultan Mehmet Köprüsü çıkışından 3. Hava Alanı’na kadar olan koridor seçilmiştir. Bu koridorda 5 alternatif geçki oluşturulup, inşa maliyeti açısından en uygun alternatif ve maliyet farkları araştırılmaktadır. Bunu sağlamak için oldukça güncel değerler kullanılarak ayrıntılı projelendirme çalışması yapılmıştır. Maliyetlere en fazla etki eden parametrenin ne olduğu ve mertebesi örnek kesim üzerinde somut olarak belirlenmeye çalışılmış ve sonuçta jeomorfolojik yapının en önemli faktör olduğu, maliyet değerleri ile ortaya konulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** jeomorfoloji, karayolu geçkisi, altyapı, inşa maliyeti.

---

**Determination of the effects of geomorphology on highway route  
substructure construction cost on sample zone**

**Abstract:** Studies about highway projecting and optimal route planning include many stages and etudes to do. In order to perform the necessary etudes, detailed hard-work is required. At projecting stage; contour maps, geology maps and hydrogeology maps are used to designate an approximate route. In the study subject of this paper, which is generated from the topic of doctorate thesis, the sample zone is chosen as the corridor “From Fatih Sultan Mehmet Bridge’s west exit, reaching up to the 3rd Airport”. On this corridor, 5 alternative routes were formed, the optimal route in terms of construction cost and cost differences of the alternative routes were studied. To provide that, the projecting study was done with detailed up-to-date data. The most effective parameter for costing and its cost amount, which was determined on the sample study zone, is identified. In conclusion, it is designated by cost comparisons as morphologic structure.

**Keywords:** Georphology, highway route, substructure, construction cost.

---

## 1. Giriş

Yolların projelendirilmesi ve uygun geçkinin belirlenmesi çalışmaları oldukça önemlidir. Bu çalışmalarda Şartnamelere de uygun olarak herbir geçki seçeneği için aşağıda öngörülen belgeler hazırlanmaktadır. Geçki geometrisinin etüdünde; geçki yatay geometrisi 1/5000 ölçekli harita üzerinde, geçki düşey geometrisi 1/5000-1/500 ölçekli boykesit üzerinde tasarımılanır. Ayrıca toprak hacmi ön hesabı yapmak için karayolunda uygun aralıklarla enkesit çıkarılır. Sanat yapısı yerleşimlerinde, yüksek yarma ve dolgu bölgelerinde toprak kayması olan veya riski bulunan

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Öztürk, O., Bozkurtoglu, E., “Jeomorfolojinin Karayolu Geçkisi Altyapı Yapım Maliyetine Etkisinin Örnek Kesimde İrdelenmesi” El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 298-309.

*How to cite this article*

Öztürk, O., Bozkurtoglu, E., “Determination of the effects of geomorphology on highway route substructure construction cost on sample zone” El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 298-309.

bölgelerde enkesitler sıklaştırılır. Boykesit ve enkesitlerin çıkarılmasında 1/5000lik haritaların yükseklik bilgilerinden yararlanılır. Ön jeolojik ve geoteknik etüde, geçki koridoru yaya dolaşarak yüzeysel jeolojik gözlemler yapılır, gerekli yerlerde araştırma çukurları açılır. Mevcut jeolojik haritalar, hava fotoğrafları, uzaktan algılama uydu görüntüleri de incelenerek, geçki koridorunun jeolojik ve geoteknik özelliklerini gösteren harita ve kesitler hazırlanır. Hidrolojik ve hidrolik etüde geçki koridorunu etkileyen sel yataklarının ve küçük-büyük akarsuların su toplama havzaları 1/25000 ya da 1/100000 ölçekli haritalar üzerinde belirlenir. Bu havzalara düşen yağış miktarları Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanarak taşkın (feyezan) debileri hesaplanır. Çok büyük akarsulara ait havzaların debileri için Elektrik İşleri İdaresi ve Devlet Su İşleri tarafından gerçekleştirilen doğrudan ölçüm değerleri esas alınır. Trafik Etüdü için, mevcut trafik bilgileri derlenir, gerekirse trafik sayımları yapılır ve 20-25 yıl sonrasının trafik değerleri tahmin edilerek trafik raporu hazırlanır. Yapım ve işletme maliyetini belirlemek yani maliyet hesabı yapmak için yukarıda sayılan çalışmalar boyutlandırılır (metraj) ve kuruşlandırılır.

Bütün bu işlemler her geçki seçeneği için "avan projeyi" oluşturur, bunlar hazırlandıktan sonra geçki seçenekleri arasında ekonomik karşılaştırma yapılır. Yatırımın karşılaştırılmasında kullanılabilir çeşitli ekonomik analiz yöntemleri varsa da en yaygın fayda/maliyet oranı yöntemidir. Ekonomik karşılaştırma ile birlikte geçki seçeneklerinin diğer özellikleri de dikkate alınarak en uygun geçki belirlenir. Ön etüdün üçüncü aşamasında en uygun geçki arazide incelenir, belirli aralıklarla örneğin 100m geçki noktalarının araziye aplikasyonu yapılır. Arazi ve büroda yapılan incelemeler sonunda en uygun geçkide de bazı değişikliklerin yapılması söz konusu olabilir. Bu değişiklikler yapıldıktan sonra kavşak, istasyon, köprü, viyadük vd. sanat yapılarının ön projeleri, peyzaj, aydınlatma projeleri ve istenen diğer bilgiler eklenerek "en uygun geçkinin ön projesi" hazırlanmış olur [1-3]. Uygulama projesi yani kesin proje aşaması; uygulama projesi inşa edilecek yolun tasarım halindeki modelidir. Bu modelde eksik ve birbiri ile çelişen bilgi bulunmamalıdır. Bu aşamada yapılacak işlemler;

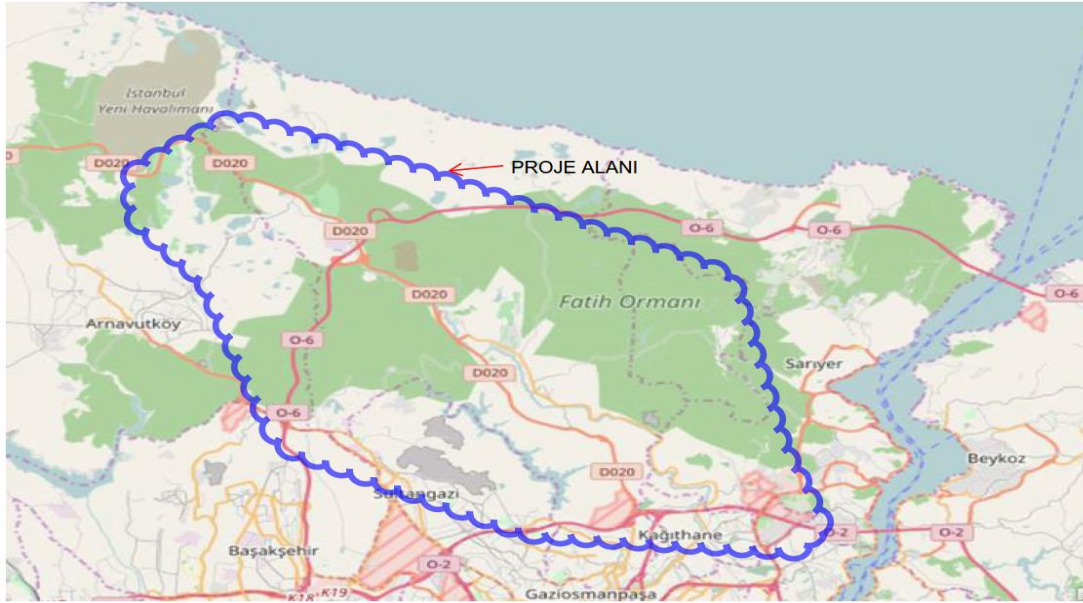
1. Ön etüd sonunda 1/5000 ölçekli harita üzerinde kabul edilmiş olan ve en uygun geçkiyi yaklaşık olarak ortasına alan şeritsel harita üretilir.
2. Onaylanmış olan en uygun geçki dikkate alınarak 1/1000-1/2000 ölçekli harita üzerinde geçki yatay geometrisi ayrıntılı olarak tekrar tasarımılanır.
3. Harita yükseklik bilgilerinden yararlanılarak, tasarımılanmış olan yatay geometri boyunca boykesit ve yatay geometriye dik doğrultuda genellikle 20m aralıklarla enkesitler hazırlanır. Boykesit altlığı üzerinde geçki düşey geometrisi tasarımılanır ve bu geometri enkesitlere aktarılır, buradan da toprak işi hesaplanır.
4. İkinci ve üçüncü adımlarda oluşturulan yol geometrisinin gerekli görülen bölümleri birkaç kez değiştirilerek en uygun geometriye ulaşılır. Bu şekilde oluşan geçki yatay geometrisi yetkili Kurumca onaylandığında kesinleşir.
5. Onaylanan yatay geometrinin ana noktaları ile genellikle 20m aralıklı ara noktaları araziye uygulanır. Bu noktaların siyah kotları arazide yapılan nivelman ölçmeleri ile belirlenir (boykesit). Ayrıca applike edilen (uygulanan) her noktadan arazide yapılan nivelman ölçmeleri ile geçkiye dik doğrultuda enkesitler çıkarılır. Tasarımlanan yol düşey geometrisi boykesit ve enkesitlere aktarılır; düşey geometrinin gerekli görülen yerlerinde küçük düzeltmeler yapılabilir.
6. Kübaj/toprak hacmi hesaplanır, Brückner Diyagramı hazırlanır, ortalama taşıma uzaklıkları belirlenir.
7. Geçki boyunca ve geçkiye dik doğrultuda gerekli görülen sıklıkta ve derinlikte sondaj yapılır/geoteknik etüd. Sondaj kuyularındaki gözlemlere ve alınan zemin örneklerine ilişkin laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak geoteknik rapor hazırlanır.
8. Yüzey sularının yola zarar vermesini önleyecek köprü, menfez vd. sanat yapılarının projelendirilmesinde ve drenaj projelerinde kullanılmak üzere ayrıntılı hidrolik ve hidrolojik etüd yapılarak istenen istenen raporlar hazırlanır.
9. Yeraltı ve yüzey sularına ilişkin drenaj uygulama projeleri hazırlanır.

10. Menfez, köprü, viyadük, tünel, kavşak, istasyon, istinad duvarı vd. sanat yapılarının uygulama projeleri yapılır,
11. Trafik işaretleri, sinyalizasyon, aydınlatma, peyzaj, tel çit korkuluk vd. uygulama projeleri hazırlanır,
12. Kamulaştırma planları ve listeleri hazırlanır,
13. Tüm projeler boyutlandırılarak metrajı yapılır ve kuruşlandırılır yani maliyeti belirlenir.

Bundan sonra inşaat aşamasına geçilir, [4-7]. Önemli olan ekonomik geçkinin uygulanmasıdır, geçki maliyetinin önemli bir kısmı da altyapı oluşturulması sırasında ortaya çıkar. Çalışmada örnek bir kesimde geçki alternatifleri araştırması yapılarak, jeomorfolojinin etkisini ortaya koyan altyapı maliyetleri irdelenmektedir.

## 2. Örnek Kesimde Yapılan Geçki Araştırması Çalışması

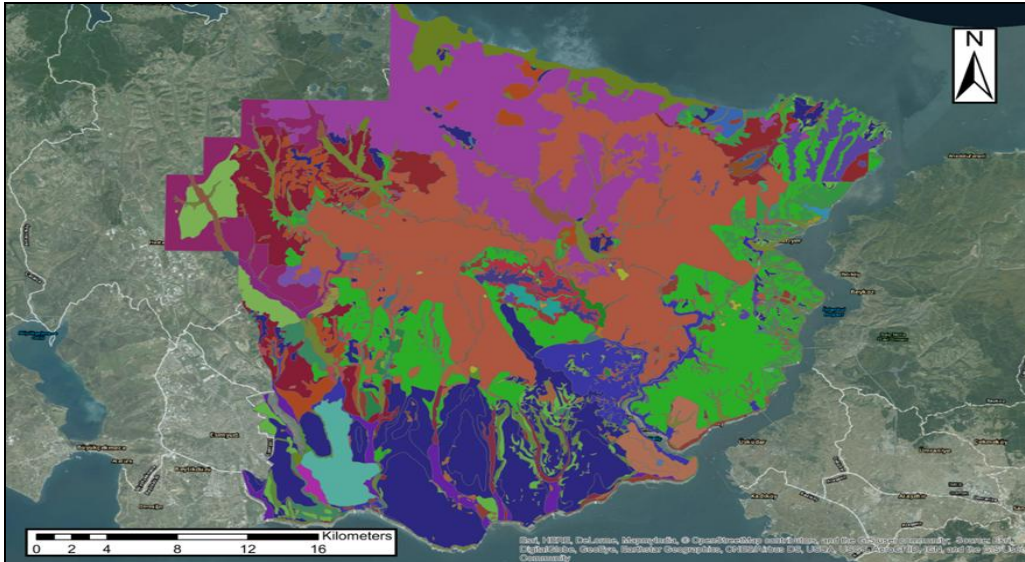
Düzeltilici Sürmekte olan doktora tez çalışmasından yararlanarak yapılan çalışmada; jeomorfolojinin inşa maliyetine etkisini araştırmak için örnek bir koridor esas alınarak, geçki araştırmasında maliyet değişiminde rol oynayan en etkin faktörler ortaya konmaya çalışılacaktır. Örnek kesim için ‘Fatih Sultan Mehmet Köprüsü çıkışından 3. Havaalanı’na’ kadar olan koridor seçilmiştir. Bu koridorda 5 alternatif geçki oluşturulup, altyapı maliyetleri belirlenerek, maliyet açısından en uygun alternatifin ve farklılığın mertebesi belirlenmeye çalışılmaktadır. Makale çalışmasında, jeomorfolojik yapıyı ortaya koyan eşyükselti eğrili dijital haritalardan, yeni imar planlarını ortaya koyan dijital imar planı haritalarından ve jeolojik yapıyı ortaya koyan jeoloji haritalarından faydalanılmaktadır. Yüksek standartlı yol için Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) tarafından belirlenen geometrik standartlar kullanılarak ‘Civil 3D’ programı yardımıyla 5 adet geçki seçeneği plan ve boykesiti ile belirlenmiştir. Daha sonra aynı program kullanılarak gerekli sanat yapıları, örnek bir kesim için enkesit tipleri ve hattın inşa maliyeti belirlenmiştir. Gerek duyulan kısımlarda ArcGIS programı kullanılarak 3 boyutlu çalışma yapılmıştır. Uygulama alanı için gerekli haritalar İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Maden Tetkik Arama (MTA) vb. Kurumlardan sağlanmaktadır. Proje, İstanbul İli içerisinde Fatih Sultan Mehmet Köprüsü’nden başlayıp, inşaatı devam eden 3. Havaalanı’na kadar tasarlanan beş farklı alternatif geçki çalışmasını kapsamaktadır, Şekil 1. Proje çalışmaları yürütülürken gerek kullanılan altlıklar, gerekse uyulan standartlar açısından uygulanabilecek bir avan proje hassasiyetinde çalışılmıştır. Proje alanındaki mevcut projeler de incelenerek gereken noktalarda bilgi aktarımı sağlanmıştır [4-6].



Şekil 1. Proje alanı

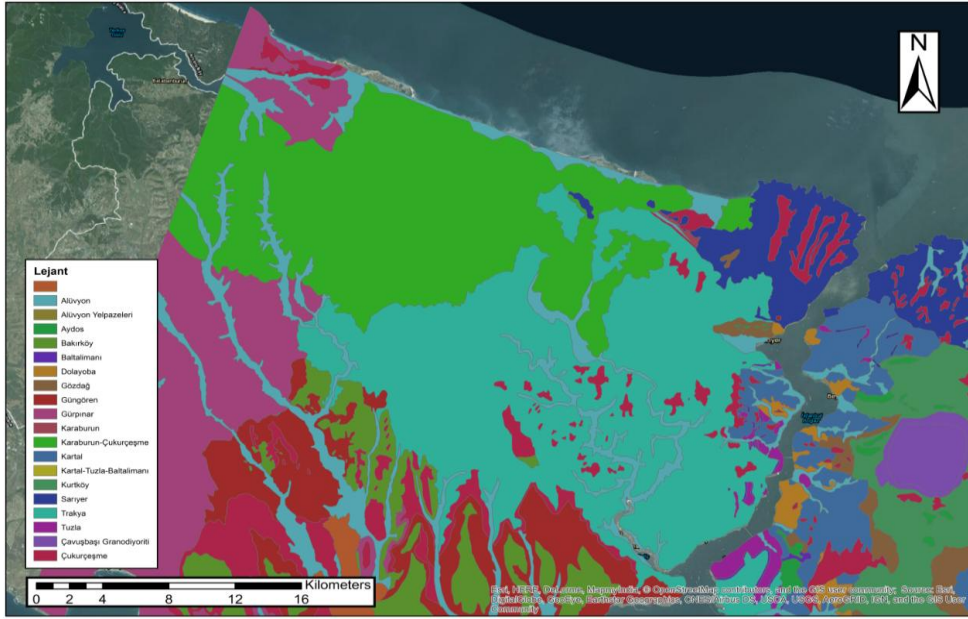
## 2.1. Projede Kullanılan Altlıklar

Proje kapsamında imar planı, halihazırlar, ortofotolar ve gerekli araştırmaların yapılabilmesi için jeolojik altlıklar kullanılmıştır. Kullanılan altlıkların tümü mevcut duruma kullanılan en güncel altlıklardır. İstanbul arazi kullanımları ve imar planları altlık olarak kullanılmıştır. 1/5000 ölçekli imar planları tercih edilmiştir. Topografik olarak 1/25000 lik altlık incelenmiş ancak özellikle şev detayları ve kübaj hesapları açısından çok genel bir yaklaşım olacağı düşünülerek proje 1/5000 lik halihazırlar kullanılarak yürütülmüştür. Halihazırlar İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından yayınlanan en güncel altlıklar olup, 2013 yılına aittir. Jeolojik açıdan İstanbul jeolojik Ana Planını ve formasyon detaylarını gösteren CBS ortamında altlıklar incelenmiştir, Şekil 2, 3.



Şekil 2. Avrupa yakası zemin yapısı formasyonları

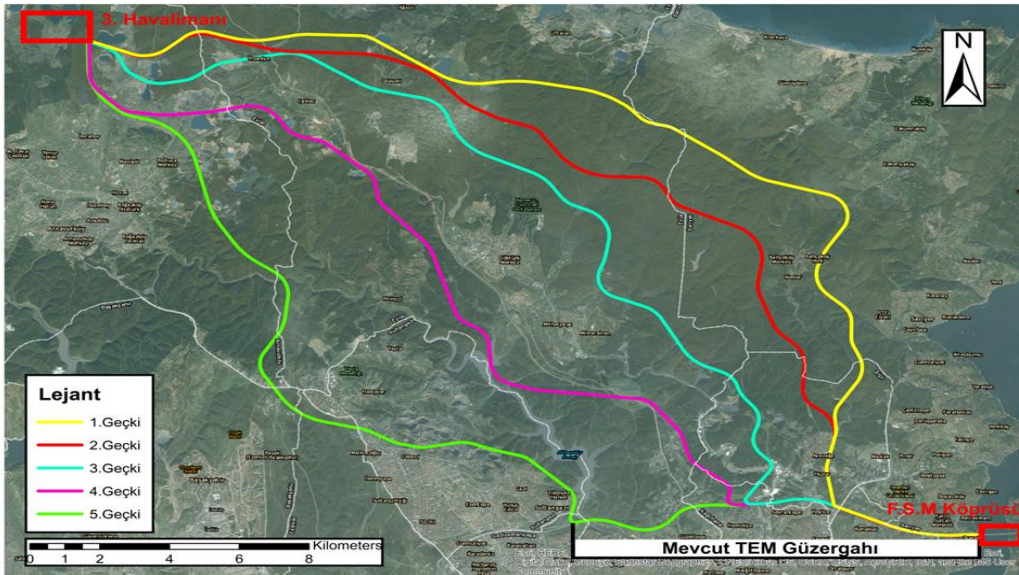




Şekil 3. İstanbul jeoloji master planı

## 2.2. Proje standartları

Proje standartları KGM tarafından yayınlanan ve Türkiye’de karayolu proje tasarımlarında kılavuz olarak kullanılan “Karayolu Tasarımı El Kitabı” na uygun olarak belirlenmiştir. Bu proje rehberi AASHTO standartlarını temel almaktadır. Aşağıda (Şekil 4) kullanılan standartlara da bağlı olarak oluşturulan geçkiler verilmektedir, [7-9].



Şekil 4. Çalışma kapsamında oluşturulan geçkiler

Aşağıda bu projede kullanılan standartlar belirtilmektedir. Proje hızı 100 km/sa olarak belirlenmiştir. Proje bölgesi topografik açıdan değerlendirildiğinde her ne kadar “dalgalı” formda değerlendirilebilecek nitelikte olsa da, gerek yolun iki otoyol arasında bağlantı kurması nedeniyle, gerekse İstanbul’da planlanan diğer yolların geometrik standartları incelendiğinde proje hızının 80 km/sa’ten 100 km/sa’e çıkarılması uygun bulunmuştur.

### 2.2.1. Yatay geometri standartları

Yatay geometri belirlenirken uygulanan standartlar aşağıda başlıklar halinde sıralanmaktadır; Aliyman Tasarımı; Yatay geometride birbirini takip eden kurplar arasında bırakılması gereken minimum uzunluk 165m olarak seçilmiştir. Proje, kurplarda işletme hızının azalmayacağı şekilde tasarlanmış olup (TEM karayolu çıkış kurpları hariç olmak üzere) KGMne ait tablodan seçim yapılmıştır. Projede dever uygulama boyları ve geçiş eğrisi uygulamaları düşünülerek kurplar arasındaki mesafenin minimum 200 m olmasına dikkat edilmeye çalışılmıştır [10-11]. Minimum Kurp Yarıçapı ve Dever Tasarımı; Projedeki maksimum dever miktarı, otoyollar için de geçerli olan bir değer olarak % 6 olarak belirlenmiştir. Karayolu projelerinde uygulanması gereken dever miktarı maksimum % 8 olup, şehiriçi yollar için bu değer % 4 dür. 100 km/s proje hızı ve % 6 dever miktarı için uygulanması gereken minimum kurp yarıçapı 435 m'dir. Maksimum dever rakortman boyu 72 metredir. En olumsuz durum olan iki ters yönlü maksimum deverin uygulandığı kurp tasarımında bile kurplar arasında bulunan aliyman mesafesi deverin uygulanmasına imkan sağlamaktadır, ( $72 \times 2 = 144 < 165m$ ).

### 2.2.2. Düşey geometri standartları

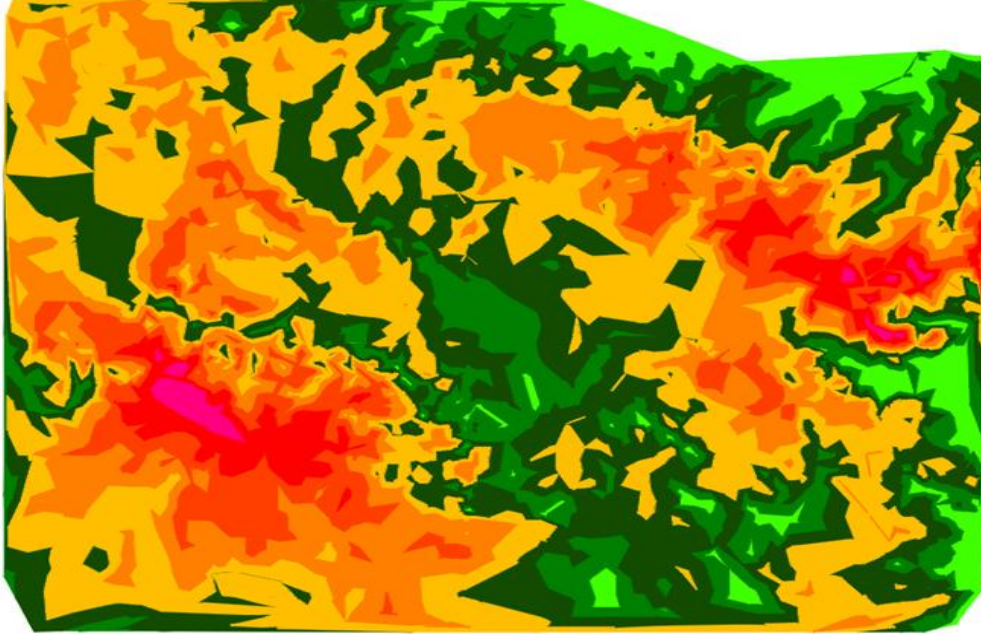
Doktora tezi için çalışılan Projede kullanılan düşey geometri standartları aşağıdaki gibidir. Eğim; Boyuna eğimin maksimum değeri araştırılan geçkiler için % 6 olarak belirlenmiştir. Düşey Kurplar; Projede 100 km/sa proje hızına karşılık gelen minimum tepe düşey kurp K katsayısı 73, minimum dere düşey kurp katsayısı ise 44 olarak belirlenmiş ve kullanılmıştır. Standartlara karşılık gelen duruş görüş mesafesi ise projede 180 metredir. Seçilen Enkesit Tipi; Yol enkesiti karayolu kapasitesini ve güvenliğini etkileyen önemli bir eleman olup, trafik şeritleri, banket, refüj, üstyapı, hendek ve yarma ve dolgu şevlerinden oluşmaktadır. Herhangi bir karayolunda uygulanacak enkesit tipinin seçimi yolun sınıfına, topoğrafik yapısına, tasarım hızına ve trafik hacmine bağlıdır. Şerit, Banket ve Refüj Genişliği; Proje enkesit tipi belirlenirken bölünmüş yol olarak 2x3 şeritli tasarlanmıştır. KGM otoyol dışındaki devlet yollarının 2x2 olarak planlanmasını öngörmektedir. Ancak söz konusu geçkilerin iki otoyolu birbirini bağlayacak konumda olması (Kuzey Marmara ve TEM Otoyolu) nedeniyle trafik yoğunluğu düşünülerek, yol kapasitesi 3 şerit ile fazla tutulmuştur. Mevcut durumda ağır taşıtların Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nü kullanıyor olması da projelendirilen güzergah için trafikteki ağır taşıt oranının yüksek olması öngörülmektedir. İstanbul'da planlanan benzeri bağlantı yollarında şerit sayısının en az 2x3 olacak şekilde planlanması görülmektedir. Örneğin O-3 TEM Bağlantı Yolu düzenlemeler ile banket genişliğinde azaltmaya gidilerek 2x4lük forma dönüştürülmüştür. Yine O-2 Hasdal-Okmeydanı Bağlantı Yolu da 2x3 şeritli olacak şekilde düzenlenmiştir. Şerit sayısının belirlenmesinde bu mevcut örnekler göz önüne alınmıştır. Projede şerit genişlikleri 3.5 metre olarak seçilmiş olup banket genişliği ise 2.5 metre olarak belirlenmiştir. Genişlikler KGM örnek tip-kesitlerinden yararlanılarak belirlenmiş olup, refüj genişliği 3m olarak kullanılmıştır. Kaplama üzerinde aliymanda kullanılan enine eğim (çatı deveri) % 2.5 olarak belirlenmiştir.

## 3. Proje tasarım aşamaları

Çalışma kapsamında hazırlanan projenin tasarım aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Proje alanını kapsayan altlıklar temin edilmiştir. Kullanılan güncel 1/5000 lik imar planları, 1/5000'lik halihazırlar, orto-fotolar ve bölgenin jeolojik yapısını gösteren altlıklar süperpoze edilerek proje tasarımına uygun hale getirilmiştir.
- Planlanacak 5 adet farklı geçki tasarımı için ilk aşamada imar planları kullanılarak plan sınıfına dikkat edilerek ön geçki çalışması yapılmış ve güzergahlar belirlenmiştir. Özellikle konut bölgeleri, koruma bölgeleri (su kaynakları, dere, havza vb. koruma alanları), karayollarına ait bölgeler belirleyici rol oynamaktadır.

- 1/5000 ölçekli halihazırlar kullanılarak, 3 boyutlu arazi modeli oluşturulmuştur. 'Dgn' formatında edinilen halihazırlar 'dwg' formatına çevrilmiş ve çalışma alanına denk gelen paftalar birleştirilmiştir. Model oluşturmak için halihazır üzerinde kot değeri bulunan noktalar, eş yükseklik eğrileri, kotlu çizgiler kullanılmış olup üçgen model oluşturulmuştur. Arazi modeli altlıkla tekrar çakıştırılıp kot bulunmayan veya kot değeri yanlış girilmiş olan noktalardan meydana gelen bozukluklar düzeltilmiştir, Şekil 5.
- İmara göre belirlenen ön güzergahlar temel alınarak 3 boyutlu model üzerinde eğim standartlarına göre sıfır poligonu çalışması yapılmıştır. Viyadük ile geçilecek bölgeler işaretlenmiştir.
- Proje standartları temel alınarak geçkilerin geometrik tasarımı yapılmıştır. Yatay kurplar ve aliymanlar yerleştirilmiştir. Kurplarda TEM ile kavşak oluşturacak bölgeler dışında hız kısıtlamasına gidilmemiştir.



Şekil 5. 3B arazi modeli görseli

- Geçkiler planlanırken, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nden itibaren mevcut TEM güzergahı kullanılmış ve 3. Havaalanı doğrultusuna yönelebilmek için kuzey doğrultusunda TEM'den ayrılıp uygun şekilde devam etmektedir. İmar planları halihazırlar ve mevcut durum incelendiğinde TEM'den çıkış için kullanılacak alanların kısıtlı olduğu görülmektedir. En uygun bölgeler TEM'den çıkış için belirlenmiş olup kurplarda hız sınırlamasına sadece bu bölgelerde gidilmiştir. Mevcut TEM'den çıkış kavşakları da incelendiğinde kullanılacak yeterli alanlar bulunamadığından kurp yarıçaplarının kısıtlı olduğu görülmektedir. Bu alanlar kavşak bölgesi olarak nitelendirildiğinden hız düşürülmesi kabul edilmiştir.
- Geçkilerin boykesitleri oluşturulmuştur. Gereken bölgelerde (arazi çizgisinin engebeli olduğu, fazla yarma dolgu gerektiren bölgeler) yatay geometri değiştirilip, geçki güzergahları kaydırılarak en ekonomik geçki güzergahının bulunması amaçlanmıştır. Civil 3D programının dinamik çalışan altyapısı sayesinde geçkide yapılan bir değişikliğin anında boykesit üzerine yansması nedeniyle geçki güzergahları revize edilebilmiştir.
- Arazi modeli incelenerek mevcut su yolları ve dereler ile su toplama çizgileri etüt edilip, uygun yerlere menfezler yerleştirilmiştir. Menfezlerin adedi ve kilometre bilgisi Excel verisi olarak oluşturulmuştur. Ayrıca gereken yerlerde istinat duvarları gösterilmiştir.
- Geçki güzergahları incelenerek, geçkilerin mevcut ara yolları kestiği kısımlarda yolun iki tarafında kalan bölgelerin ulaşımını sağlamak amacıyla altgeçitler oluşturulmuştur. Her geçki için altgeçitlerin adedi ve kilometre bilgileri verilmiştir. Bölgedeki mevcut ana yollar ile bağlantılar,

proje kapsamında ancak katlı kavşaklar ile çözülebileceğinden herhangi bir işlem yapılmamış ve kavşak detaylarına girilmemiştir.

- Geçkilerin genel görünümü, şevli planları ve boykesitleri de elde edilmiş, ancak makaleye konulmamıştır.
- “Karayolları Planlama Bilgileri El Kitabı” referans alınarak 2015 için verilen birim maliyetlere göre geçkilerin yaklaşık maliyetleri hesaplanmıştır. Aşağıda maliyet hesabının detayları bulunmaktadır.

### 3.1. Çalışmada Oluşturulan Geçkilerin Maliyet Hesabı

Geçkilerin yaklaşık maliyetleri, arazi tipine göre toprak işleri maliyeti, sanat yapıları maliyeti ile tünel ve viyadük maliyetleri göz önüne alınarak “Karayolları Planlama Bilgileri EL Kitabı” ndan alınan 2015 yılı verilerine göre hesaplanmıştır.

#### 3.1.1. Birim maliyetler

Yolların yaklaşık maliyetinin hesaplanması için kullanılan birim maliyet değerleri Çizelge 1’de görülmektedir.

Çizelge 1. 2015Yılı KGM’nün birim fiyatları

2015 Yılı Birim Fiyatları (TL/Km)			
Arazi Tipi	Düz	Dalgalı	Dağlık
Toprak İşleri	715,641 TL	874,669 TL	1,523,894 TL
Sanat Yapıları	214,692 TL	437,334 TL	1,066,726 TL
Üstyapı	2,068,972 TL	2,068,972 TL	2,068,972 TL
<b>TOPLAM</b>	<b>2,999,305 TL</b>	<b>3,380,975 TL</b>	<b>4,659,592 TL</b>

Kübaj hesapları sonucunda arazi tipinin seçimi ise Çizelge 2’ye göre yapılmaktadır.

Çizelge 2. Toprak işleri maliyetleri hesaplamasında kullanılacak hacimler

Toprak İşleri Maliyetleri Hesaplamasında Kullanılacak Hacim Miktarları			
ARAZİ CİNSİ	PLATFORM GENİŞLİĞİ	MİKTAR (m <sup>3</sup> )	
		YARMA	ARİYET
DÜZ	12	-	35400
	10	-	30800
	8	-	26200
DALGALI	12	42000	12725
	10	38250	10925
	8	34500	9125
DAĞLIK	12	98000	9200
	10	88000	5200
	8	78000	1200

Maliyet hesabına göre dalgalı ve dağlık arazide yarma kazısının %60’ı dolguda kullanılmış, kalan %40’ı ise depoya gönderilmiştir. Kalan dolgu ihtiyacı ise ocak ariyetinden (ödünçten) karşılanmıştır. 1 km yolun yapım maliyeti hesaplanırken sanat yapıları maliyeti; düz arazi tiplerinde toprak işlerinin %30’u, dalgalıda %50’si, dağlıkta ise %70’i olarak kabul edilmiş olup, bu hesaba köprü-tünel gibi büyük sanat yapıları dahil edilmemiştir. Oluşturulan projede tünel yer almamaktadır, viyadüklerin maliyetleri için Çizelge 3’den yararlanılmıştır.



Çizelge 3. Ortalama köprü/viyadük yapım maliyeti

Ortalama Köprü Yapım Maliyeti	
Platform Genişliği=12m	
Öngerilmeli basit kiriş yüzeysel temel	30,600 TL
Öngerilmeli basit kiriş kazıklı temelli	35,400 TL
Ortalama	33,000 TL

### 3.1.2. Geçki geometrik standart özellikleri özet tabloları

Çizelge 4’de ise projede kullanılan standartlar ve projede kullanılan bazı büyüklükler özet şeklinde görülmektedir.

Çizelge 4. Proje standartları tablosu

Proje Standartları Özeti	
Proje hızı	100 km/sa
Minimum yatay karp yarıçapı	435
Maksimum dever miktarı	% 6
Dolgu sevi eğimi	3/2
Yarma sevi eğimi	2/1
Tepe düşey karp minimum K değeri	73
Dere düşey karp minimum K değeri	44
İki karp arası minimum mesafe	165
Maksimum eğim	% 6
Şerit genişliği	3,5 m
Banket genişliği	2,5 m
Refüj genişliği	3 m
Yol kesiti	2 x 3
Platform genişliği	35 m

### 3.1.3. Geçki maliyetleri

Yapılan maliyet hesapları sonucunda geçkiler için bulunan yaklaşık maliyetlerin detayları Çizelgelerle sunulmaktadır. Geçkilere ait önemli verileri özet şeklinde gösteren Çizelge 5’de proje kapsamında elde edilen bazı önemli sonuç değerler görülmektedir.

Çizelge 5. Geçki özellikleri özeti ve maliyet tablosu

	Geçki-1	Geçki-2	Geçki-3	Geçki-4	Geçki-5
Kilometre	39+750.93	36+580.10	37+429.50	35+715.17	38+277.986
Viyadük Sayısı	4	2	2	3	2
Toplam Viyadük Uzunluğu (m)	2634.30	1083.70	1402.00	929.10	1979.33
Hemzemin (km’si)	37+116.63	35+496.4	38+831.5	34+786.07	36+298.66
Yarma Miktarı (m <sup>3</sup> )	10180122.47	7281517.18	6846258.28	4883114.07	8096536.89
Dolgu Miktarı (m <sup>3</sup> )	7881571.13	6741415.58	6151039.16	4651564.06	7248826.34
Yaklaşık Maliyet (TL)	<b>321,087,173.1</b> <b>1</b>	<b>200,477,165.9</b> <b>9</b>	<b>225,906,590.34</b>	<b>186,596,508.02</b>	<b>269,690,100.97</b>

Menfez Adedi	39	49	25	33	22
Altgeçit Adedi	4	3	8	7	4
Nüfus	244037	233080	262837	338506	654954
Maksimum Eğitim Aralığı (Eğim>%5) (Maks. Eğitim=%6)	8+160- 8+555 10+506- 11+075 13+383- 15+239 19+031- 19+730 32+156- 32+923 33+769- 33+851	17+383- 17+650 18+495- 19+229 31+825- 33+782	15+735- 16+031	23+259- 24+410	18+057- 18+447 23+991- 25+282 26+135- 26+387 31+754- 32+157 35+240- 35+476

Çizelge 1, 2, 3, 4 ve 5 den yararlanılarak elde edilen her bir geçkiye ait maliyet bileşenlerinin ayrıntıları Çizelge 6-10'da verilmektedir, arazi dalgalı tipe girdiği için buna ait değerler kullanılmıştır.

Çizelge 6. Beş Geçkiye ait maliyet bileşenleri

Değerler	Geçki-1	Geçki-2	Geçki-3	Geçki-4	Geçki-5
Toplam Km	39,75093	36,58010	37,42950	35,71517	38,27799
Yarma Miktarı (m <sup>3</sup> )	10180122,47	7281517,18	6846258,28	4883114,07	8096536,89
Dolgu Miktarı (m <sup>3</sup> )	7881571,13	6741415,58	6151039,16	4651564,06	7248826,34
Köprü-Viyadük (m)	2634,3	1083,7	1402	929,1	1979,33
Hemzemin (km)	37,11663	35,4964	36,027504	34,78607	36,298656
<b>Arazi Tipi İçin</b>					
Platform Gen. 35/12=2,92					
Yarma Miktarı / 2,92	3486343,312	2493670,267	2344609	1672299,339	2772786,606
1 km'ye Düşen Yarma Miktarı	87704,69802	68170,13259	62640,66443	46823,22215	72438,15299
<b>Geçki Yaklaşık Maliyeti</b>					
Birim Maliyeti x Hemzemin km (TL)	125.490.398,11	120.012.440,99	121.808.090,34	117.610.833,02	122.724.848,47
Viyadük Ort Maliyeti x Viyadük Uzunluğu x 2 (TL)	195.596.775,00	80.464.725,00	104.098.500,00	68.985.675,00	146.965.252,50
"Viyadük birim fiyat genişliği 12 metre, projede 27 metre olduğundan 2.25 ile çarpıldı"					
Toplam Maliyet (TL)	<b>321.087.173,11</b>	<b>200.477.165,9</b>	<b>225.906.590,34</b>	<b>186.596.508,02</b>	<b>269.690.100,97</b>

En ekonomik geçki 186,596,508.02 TL ile Geçki-4 olurken, maliyeti en yüksek geçki ise 321,087,173.11 TL ile Geçki-1 olmuştur, Çizelge 11.

Çizelge 7. Geçkilerin yaklaşık altyapı inşa maliyetleri

Geçkilerin Yaklaşık Maliyetleri (TL)				
GEÇKİ-1	GEÇKİ-2	GEÇKİ-3	GEÇKİ-4	GEÇKİ-5
321,087,173.11	200,477,165.99	225,906,590.34	186,596,508.02	269,690,100.97

### 3.1.4. Maliyet değişimlerinin irdelenmesi

Çalışmada, 5 farklı geçki seçeneği araştırması T.C. KGM'nün belirttiği kriterlere ve Standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiş ve güncel birim maliyetler kullanılarak maliyet değerlendirmesi yapılmıştır. Böylece yol yapım maliyetini etkileyen en önemli faktörün ne olabileceği ve mertebesi örnek kesim üzerinde araştırılmaya çalışılmıştır. Geçkilerin maliyeti hesaplanırken, öncelikle kübaj hesaplarına göre denk geldikleri arazi tipi belirlenmiştir. Toprak işleri tablosunda platform genişlikleri 8 ile 12 metre arasında değişmektedir. Projedeki platform genişliği 35m olduğu için, geçkilerden hesaplanan toprak işi miktarı 2.92'ye bölünerek, verilen tabloları kullanmaya uygun hale getirilmiştir. KGM hazırladığı tablodan seçilen arazi tipine göre maliyet tablosuna geçilmiştir ve geçkilerin hemzemin kilometreleri göz önüne alınarak toprak işleri, sanat yapıları toplamı hesaplanmıştır. Viyadükler için ise ortalama köprü yapım maliyeti kullanılarak her geçki için viyadük boylarına göre hesabı yapılmıştır. Projedeki viyadük platform genişliği genellikle yapılan uygulamalara dayanarak, banket genişliğinin azaltılmasıyla birlikte 27m olarak kabul edilmiştir. Platform genişliği maliyet tablosunda 12m olarak verildiğinden, maliyet değerleri viyadükler için 2,25 katına çıkarılmıştır. Yaklaşık maliyet değerleri geçki 1'den geçki 5'e doğru sıralamada aşağıdaki gibi elde edilmiştir; Maliyeti yüksekten düşük olana doğru sıralama yapılırsa geçki 1, geçki 5, geçki 3, geçki 2, geçki 4 gelmektedir. Maliyetleri etkileyen birçok faktör olmakla birlikte burada yolun yatay ve düşey standartları ve kaplama türü aynı alınmıştır. Arazi yapısının dalgalı olması toprak işlerini arttırdığı için maliyetleri doğrudan olumsuz yönde etkilemektedir. Geçki uzunlukları bir miktar farklılık göstermektedir, geçki 1 en uzun, geçki 4 ise en kısa geçki olup, aralarında sadece 4 km fark bulunmaktadır. 5 geçki arasında ortalama 1'ler km uzunluk farkı olmakta ve maliyet sıralaması ile geçki uzunluğuna göre sıralama asıl neden bu olmamasına rağmen örtüşmektedir. Maliyeti etkileyen önemli bir faktör geçki uzunluğu olmakla birlikte, bu örnekte geçki boyları çok yakın olduğundan sanat yapısı uzunluğu, ya da yarma/dolgu hacim miktarı kadar maliyetler üzerinde etkili olmadığı görülmektedir. En pahalı seçenek olan Geçki 1'de 4 adet viyadük yer alırken, en düşük maliyetli geçki olan Geçki 4'de 3 adet viyadük, diğer geçkilerde (Geçki 2, 3 ve 5) 2 adet viyadük bulunmaktadır. Viyadük uzunlukları ise Geçki 1'de en fazla, Geçki 4'te en az olmaktadır. Yarma ve dolgu miktarı Geçki 1'de en fazla olup, yine Geçki 4'te en az olmaktadır. Menfez sayısı Geçki 2'de en fazla, Geçki 5'te ise en az olmakla birlikte, bunlar maliyeti en yüksek veya en düşük geçkiyi oluşturacak kadar etkili olmamaktadır. Alt geçit sayısı da en az Geçki 2'de en fazla Geçki 3'te olup yine toplam maliyeti, sıralamayı değiştirecek kadar etkilememektedir. En ekonomik geçki seçeneği olan Geçki 4'ün maliyeti Geçki 1'in maliyetinin sadece %58'i kadar olmaktadır. Oluşturulan projede 5 geçki de dalgalı araziden geçmektedir, Geçkilerin bir kısmı düz, bir kısmı dalgalı bir kısmı dağlık araziden geçmesi durumunda altyapı maliyetlerindeki değişim çok fazla olacak ve dağlık arazideki hafriyat miktarı ve sanat yapısı ihtiyacı fazla olacağı için maliyet çok önemli artış gösterecektir. Bu nedenle geçkinin bir miktar ötelenmesi sanat yapılarında ve yarma dolgu ihtiyacında önemli azalma sağlıyorsa, diğer koşullar da elverişli ise, bunu uygulamakla büyük ekonomik avantaj sağlanacaktır.

#### 4. Sonuçlar

Yol altyapı inşası sırasında maliyet değişimini etkileyen faktörü ortaya koymak için örnek alınan kesimde gerçek ve güncel değerler kullanılarak geçki araştırması yapılmış ve jeomorfolojik yapının etki derecesini saptamak üzere altyapı inşa maliyetleri belirlenmiştir. KGM'nün yaklaşım tarzı ve güncel değerler kullanılmıştır. Yapılan irdelenmeden yarma ve dolgu hacmi miktarlarının ve sanat yapısı ihtiyacının toplam inşa maliyeti üzerinde en etkili bileşenler olduğu görülmüştür. Başlangıç ve sonu aynı ve yol standartları eşit olan 5 geçki seçeneği için yapılan incelemede, yol uzunluğu, menfez sayısı, alt geçit sayısı, sanat yapısı ihtiyacı, yarma miktarı, dolgu miktarı gibi birçok faktör toplam inşa maliyetini etkilemekle birlikte, en etkili olan faktör yolun geçtiği arazinin jeomorfolojik özelliklerine bağlı olarak sanat yapısı uzunluğu, yarma/dolgu hacimleridir. Araştırma Projesinde jeomorfolojisi yol inşasına daha uygun olan geçki ile daha elverişsiz olan geçki arasında önemli altyapı maliyet farkı söz konusudur. En ekonomik geçki seçeneği olan Geçki 4'ün maliyeti Geçki 1'in maliyetinin sadece %58'i kadar olmaktadır. Çalışma kapsamında iki önemli noktayı birleştirmek üzere oluşturulan projede 5 geçki de dalgalı araziden geçmektedir. Geçkilerin bir kısmının düz, bir kısmının dalgalı bir kısmının dağlık araziden geçmesi durumunda ise altyapı maliyetlerindeki değişim çok fazla olacak ve dağlık arazideki hafriyat miktarı ve sanat yapısı ihtiyacı fazla olacağı için toplam maliyet çok önemli artış gösterecektir. Yani dağlık araziden geçen geçki ile düz araziden geçen geçkinin altyapı maliyeti arasında çok büyük maliyet farklılıkları ve ayrıca inşa süresinde önemli uzamalar söz konusu olacaktır. Ulaşım yapılarının jeomorfolojik yapısı düzgün olan araziden geçmesi hem inşa süresini kısaltması hem de yapım maliyetini düşürmesi açısından büyük avantaj sağlamaktadır. Ancak mutlaka yolun uğraması gereken noktalar var ise, bu durumda maliyet ikinci derecede önem arz edecektir.

#### Kaynaklar

- [1] Karayolları Genel Müdürlüğü, “Yol Altyapısı” (2010).
- [2] Baykal O., “Mühendislik Ölçmeleri-I, Kara ve Demiryollarında Geçki Geometrisi Tasarımı ve Aplikasyonu”, Cilt I, Birsen Yayınevi, (2009).
- [3] Avcıoğlu M., “Karayolu İnşaatı”, Birsen Yayınevi, (2011).
- [4] Anonim, “Karayolu Teknik Şartnamesi”, Yayın No: 267, KGM Yayınları, Ankara, (2006).
- [5] Anonim, “KGM 2010 yılı Çalışma Programı”, KGM, Ankara, (2010).
- [6] Yayla, N., “Karayolu Mühendisliği”, İ.T.Ü., Birsen Yayınevi, (2013).
- [7] “Karayolları Genel Müdürlüğü Yollar Teknik Şartnamesi” Kısım 313, (2013).
- [8] Özgül, N., “Stratigraphy and Some Structural Features of the Istanbul Palaeozoic, Turkish Journal of Earth Sciences”, TÜBİTAK, 2012, 21: 817-866.
- [9] “Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolu Tasarım El Kitabı”, (2014).
- [10] Aashto, “A policy on Geometric Design of Highways and Streets”, (2001).
- [11] Lamm, R., Psarianos, B., Maillaender, T., “Highway design and Traffic Safety Engineering Handbook”, (1999).