

## İZMİR İLİ BUCA-ONAT TÜNELİ VE PROTAL YAPILARI VAKA ANALİZİ

### BUCA-ONAT TUNNEL AND TUNNEL PORTAL ANALYZE IN IZMIR CITY

Görkem Gedik<sup>1</sup>, Serbay Tatar<sup>2</sup>, Özgür Öngen<sup>3</sup>  
Furkan Can Yaşar<sup>4</sup>

#### ÖZET

Ulaştırma amaçlı tüneller sektörü, büyük şehirlerin artan nüfusu ile birlikte teknolojiye son gelişmelerle giderek önem kazanmıştır. Ülkemizde de son yıllarda ivmeli bir şekilde hızlanan tüneller sektörü, dünya standartlarını yakalamış ve birçok konuda sektöre yön verir hale gelmiştir. İzmir’de giderek artan şehir nüfusu, yapılaşmanın yoğunluğu, coğrafi koşullar kamulaştırma maliyet ve süreleri dikkate alındığında Bornova ve Buca ilçelerinin birbirlerine karayolu tünelleriyle bağlanmasını en uygun çözüm haline getirmiştir. Türkiye’deki en uzun karayolu tünellerinden biri olma özelliğine sahip, çift tüp toplamda 5051 metre uzunluğunda İzmir Buca-Onat Tüneli ve Portal yapıları için projelendirme yapılırken, 20. Yüzyılın ikinci yarısında şekillenip ve geliştirilmeye devam eden; tünelin, içinde açıldığı kaya ortamına kendi kendini taşıma temel prensibine sahip, değişken zemin/kaya koşullarına hızlı ve ekonomik bir şekilde adapte olabilen Yeni Avusturya Tünel Açma Yöntemi (NATM) tercih edilmiştir. (NATM) yöntemi esasları gözetilerek inşa edilecek bu tünellerden farklı kesitler alınarak 2 ve 3 boyutlu sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. Analizler neticesinde tünel boyunca B3, C2, C3 ve tünel portal bölgesinde C3 modifiye destek sistemleri belirlenmiştir. Tünel güzergâhı şehir içinde ve yapılaşmanın yoğun olduğu bir bölgede olmasından dolayı; ileriki yıllarda da yapılması olası tünel üstü yapılarla tünel etkileşimi farklı senaryolar oluşturularak 3 boyutlu çalışmalar ile ortaya koyulmuştur. Bu çalışmalarla imar planlarına altlık oluşturulması hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** NATM, 3D Tünel Modelleme, Tünel Destek Sistemleri

#### ABSTRACT

The transportation tunneling sector has become increasingly significant due to technological advancements and the growing populations in large cities. In our country, the tunneling sector has made remarkable progress in recent years, aligning with international standards and emerging as a key focus area. In light of the expanding urban population, construction density, geographical factors, expropriation costs, and timeframes in İzmir, the establishment of road tunnels connecting the Bornova and Buca districts has emerged as the most suitable solution. The design of the İzmir Buca-Onat Tunnel and Portal structures, spanning a total length of 5051 meters, represents one of Turkey's longest highway tunnels and has undergone continuous development since the latter half of the 20th century. To address the variable soil/rock conditions and achieve rapid and cost-effective adaptability during excavation, the New Austrian Tunneling Method (NATM) has been selected. Two and three-dimensional finite element models were created, incorporating various cross-sections of the tunnels to be constructed using the NATM method. The analysis led to the identification of modified support systems (B3, C2, and C3) along the tunnel, and specifically C3 in

<sup>1</sup> İnşaat Yüksek Mühendisi, Prowin Mühendislik, gorkem.gedik@prowinmuhendislik.com (Sorumlu yazar)

<sup>2</sup> İnşaat Yüksek Mühendisi, İzmir Büyükşehir Belediyesi, serbaytatar@gmail.com

<sup>3</sup> Maden Yüksek Mühendisi, Geoteknik Yüksek Lisans, İzmir Büyükşehir Belediyesi, ozgur.ongen@deu.edu.tr

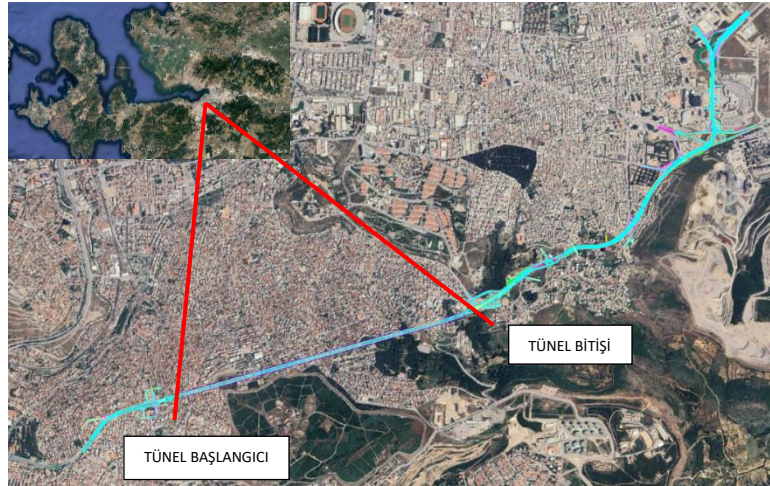
<sup>4</sup> İnşaat Yüksek Mühendisi, Prowin Mühendislik, furkancan.yasar@prowinmuhendislik.com

the tunnel portal region. Given the urban and densely populated nature of the tunnel route, it was crucial to examine the interaction between the tunnel and potential future structures in the surrounding area. Through comprehensive 3D studies encompassing different scenarios, this research aims to establish a foundation for future zoning plans.

**Keywords:** NATM, 3D Tunnel Modelling, Tunnel Support Systems

## 1. GİRİŞ

Ulaştırma amaçlı tünelcilik sektörü, büyük şehirlerin artan nüfusu ile birlikte teknolojiye son gelişmeler sayesinde giderek önem kazanmıştır. Ülkemizde de son yıllarda ivmeli bir şekilde hızlanan tünelcilik sektörü, dünya standartlarını yakalamış ve birçok konuda sektöre yön verir hale gelmiştir. Şehirlerde giderek artan nüfus, yoğun yapılaşma, zorlu coğrafi koşullarda, kamulaştırma maliyetlerinin yüksekliği ve uzun hukuki süreçler dikkate alındığında; günümüz koşullarında ulaşım problemlerinin tünel projeleri ile çözüme kavuşturulması daha fizibil hale gelmiştir. Bu nedenlerle İzmir Büyükşehir Belediyesi tünelciliğe önem vermekte ve ulaşım projeleri ekibi ile kesintisiz trafik akışını sağlayacak çeşitli proje çalışmalarını yürütmektedir. Buca Onat Caddesi ile Şehirlerarası Otobüs Terminali ve Çevre Yolu arası kesintisiz trafik akışını sağlayacak projemiz bu çalışmalarımızdan biridir. Bu çalışmamızda çeşitli alternatifler incelenmiş, proje çalışmaları yapılmış, Buca Onat Caddesi ile Şehirlerarası Otobüs Terminali ve Çevre Yolu Arası Bağlantı Yolu ile Onat Caddesi'nden Otogar ve Çevre Yolu'na kadar devam etmesini sağlayacak bağlantıyla Buca, Gürçeşme, Eşrefpaşa, Yeşilyurt, Bozyaka, Eskiizmir, Karabağlar, Yeşildere ve buradaki semtlerden İzmir Otogarı'na ulaşımı kolaylaştıracak "Buca Onat Caddesi İle Şehirlerarası Otobüs Terminali Ve Çevre Yolu Arası Bağlantı Yolu Uygulama Projeleri" tamamlanmıştır. Söz konusu 7.1 km uzunluğundaki proje ile kesintisiz trafik akışını sağlamak amacı ile bu yolda araç alt-üst geçitleri, tünel (2 gidiş-geliş 2x2,5km) ile yaya geçitleri düzenlenmiştir.

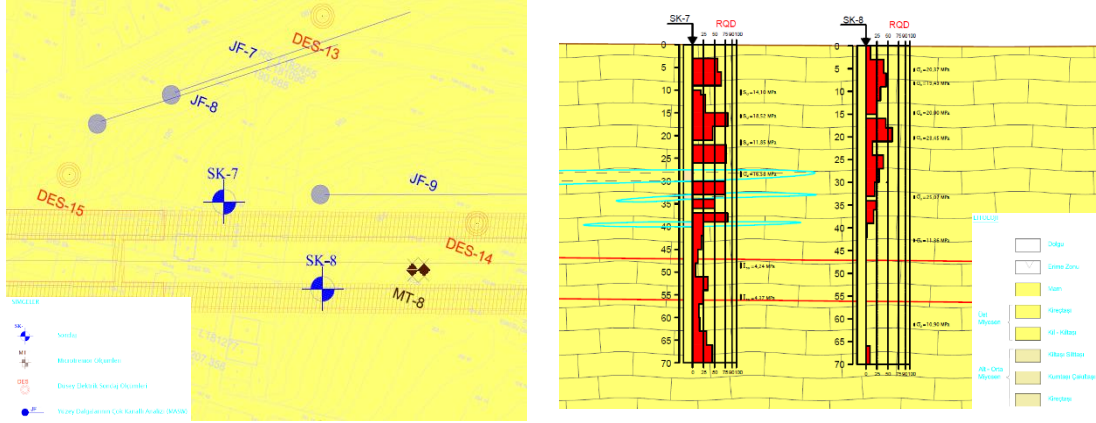


Şekil 1. Yer Bulduru Haritası

## 2. SAHA ARAŞTIRMALARI VE ZEMİN/KAYA ÖZELLİKLERİ

Genel zemin/kaya yapısı itibariyle proje sahasında göl ortamı çökeli Miyosen yaşlı kireçtaşı birim yüzeylenmekte, bu birimin altında ise kıltaşı ve kumtaşı silttaşı birimler yer almaktadır. Marn ve kıltaşı ara seviyeleri içeren kireçtaşı birim içerisinde süreksizlik zonlarına bağlı olarak erime boşlukları gelişmiştir (Koçyiğit, 1984). Çıkış portalı civarında ise yüzeyde kıltaşı-silttaşı ardanması mostra vermektedir. Yer yer çakıltaşı ve kumtaşı seviyeleri içeren bu birim pekleşmemiş/ayrışmış olup yumuşak kayaç niteliğindedir. Zemin araştırmaları kapsamında proje sahasında uygun lokasyonlarda derinlikleri 30m ile 85m arasında değişen 27 adet sondaj kuyusu açılarak toplam 1580 metre uzunlukta karotlu sondaj yapılmıştır. Çıkış portalı civarında yapılan sondajlarda yeraltı suyuna rastlanmış olmakla birlikte, bunun esasen bölgede yer alan geçirimsiz katmanlar üzerinde biriken tünek su olduğu düşünülmektedir. Sondajlar sırasında alınan kayaç numuneleri üzerinde çok sayıda nokta yükleme, tek eksenli ve üç eksenli yükleme testleri; zemin numuneleri üzerinde ise sınıflandırma, su içeriği ve serbest basınç deneyleri yapılmıştır. Sahada ayrıca, jeofizik testler kapsamında resistivite, mikrotremor deneyleri yapılmış ve MASW yöntemiyle dalga hızları ölçülmüştür. Elde edilen kayma

dalgası hızları 370m/s – 1020m/s aralığında değişmekte olup bu hızlar sondaj loglarında tanımlanan litolojik yapı ile uyumludur.

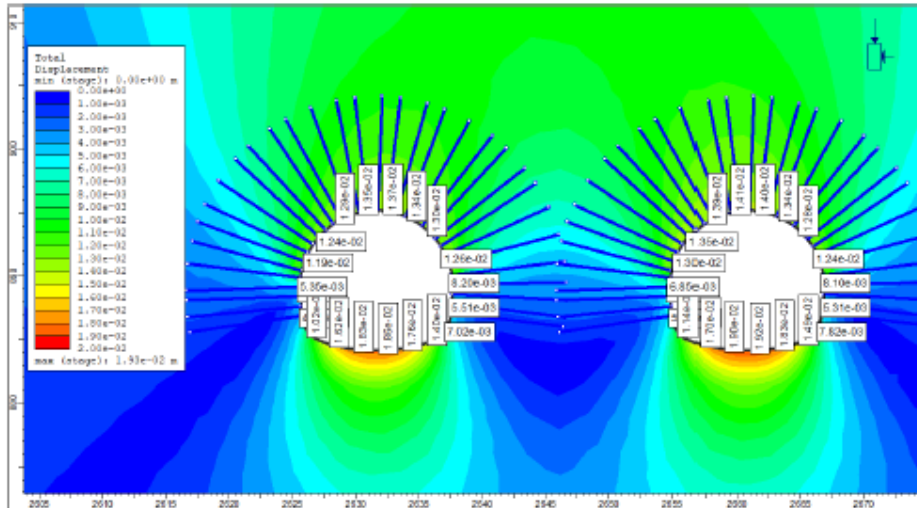


Şekil 2. Etüt Çalışmaları Örnek Plan ve Sondaj Kesiti

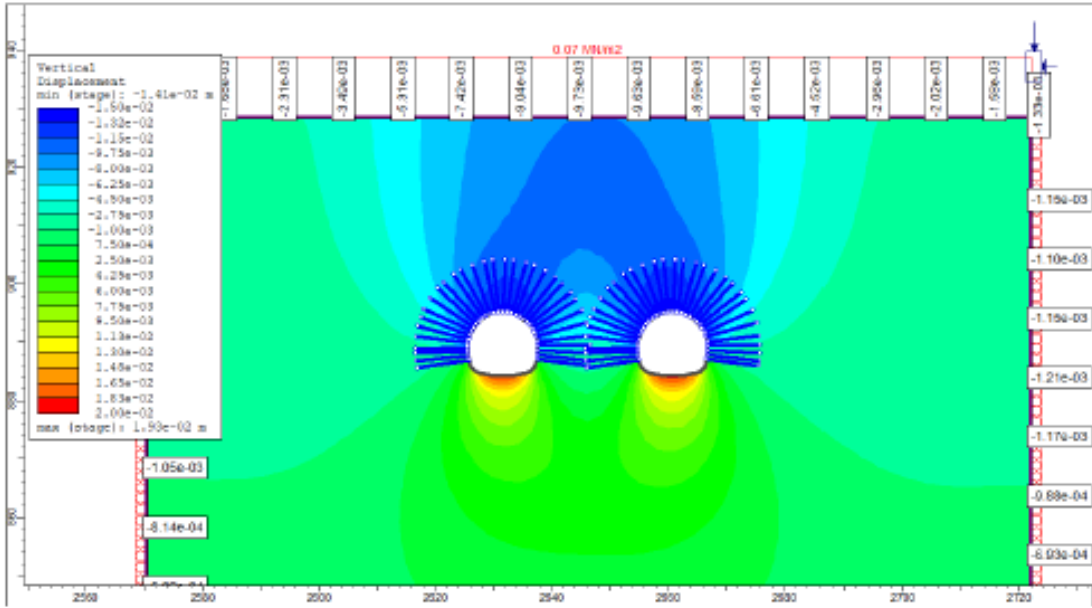
### 3. KAYA KÜTLE PARAMETRELERİ VE NATM DESTEK SİSTEMİNİN BELİRLENMESİ

NATM yöntemi tünel inşası sırasında kazı çevresinde oluşan gerilmelerin mümkün olduğunca zemine taşıtılması prensibine dayanması nedeniyle emniyetli ve ekonomik uygulamalara imkân vermektedir. Onat tünelinin NATM yöntemi kullanılarak inşa edilmesi öngörülmüştür. Tünel güzergahında yapılacak analizler için gerekli olan kaya kütle davranışını temsil eden parametreler ve NATM destek sistemi sınıflamaları, elverişli masif numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde elde edilen sonuçlar ve kaya kütle sınıflandırma yöntemleri birlikte kullanılarak ampirik yaklaşımlarla elde edilmiştir. (Öngen ve Güzel, 2015). Bu amaçla kullanılan girdi parametreleri özetle Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı, Jeolojik Dayanım İndeksi, Hoek & Brown Sabiti, Örselenme Faktörü, Masif kayaç elastisite modülüdür. Tünel eksenı boyunca geoteknik koşullar itibarıyla beş farklı bölüm tanımlanmıştır (Terzaghi, 1991 & Sönmez ve Ulusay, 2002). Bölümlerin her biri için pik (örselenmemiş) ve rezidüel (örselenmiş) kaya kütle parametreleri ile NATM destek sistemleri belirlenmiştir. Hesaplamalarda RocData ve RocLab yazılımlarından yararlanılmıştır. Çıkış portalı civarı dışında kalan kesimlerde Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013 uyarınca B3 ve C3 NATM destek sistemleri, çıkış portalına yakın kesimde ise birimin kaya – zemin geçişi niteliğinde olması; ayrıca, bu kesimde örtü yükünün oldukça düşük olması nedeniyle C3/özel destek sistemi tasarlanmıştır.

Nümerik modellemeler yapılarak ampirik yaklaşımlarla belirlenmiş olan kesitler sonlu elemanlar yöntemiyle analiz edilmiş olup, analizler sonucunda gerek tünel çevresinde gerekse zemin yüzeyinde hesaplanan deplasmanlar ve plastik bölge oluşumları ile destek elemanları üzerine etkileyen kesit tesirleri (moment, kesme kuvveti ve basınçlar) incelenmiştir. Örnek olarak, 3+300km kesimde örtü kalınlığı yaklaşık 30 m civarında, çok zayıf dayanımlı, çok ayrılmış nitelikte kiltaş-silttaş ardalımasında içerisinde açılacak olan tünelin NATM kazı klasının C3 olacağı değerlendirilerek hesaplamalara ait bazı sonuçlar aşağıda verilmiştir.



Şekil 3. Sağ ve Sol Tüp Alt Yarı Kazı ve C3 Destekleme Sonrası Deplasman



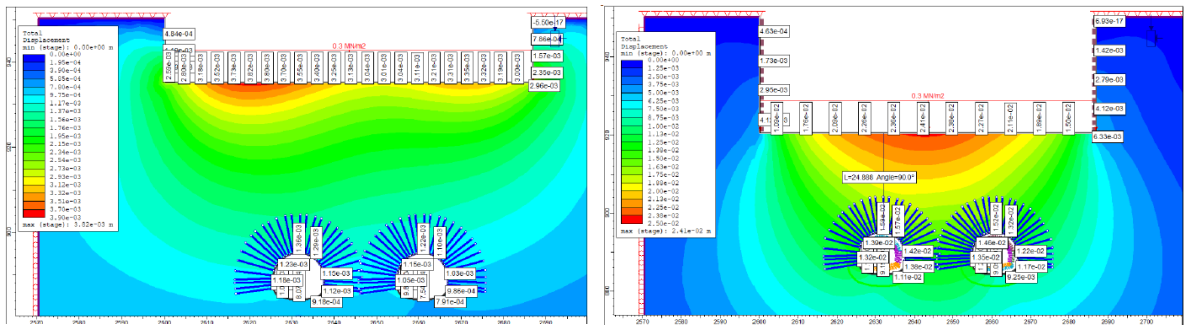
Şekil 4. Tam Kazı Sonrası Yüzey Deplasmanı

#### 4. TÜNEL ETKİ ALANI

Tünel güzergâhı üzerinde; ileriki yıllarda da yapılacak tünel üstü yapılarla tünel etkileşimine yönelik farklı senaryolarla (3 boyutlu modelleme çalışmaları) projeler hazırlanmıştır. Etki alanı doğrultusunda 1/1000 ölçekli imar planları oluşturulmuştur. Tünel imalatının tamamlanmasının ardından yapılması olası kazı ve tünel üstü yapılarına göre farklı senaryolar oluşturulmuş ve numerik analizler ile tünele etkileri irdelenmiştir. Buna göre iki senaryo örneklendirilmiştir.

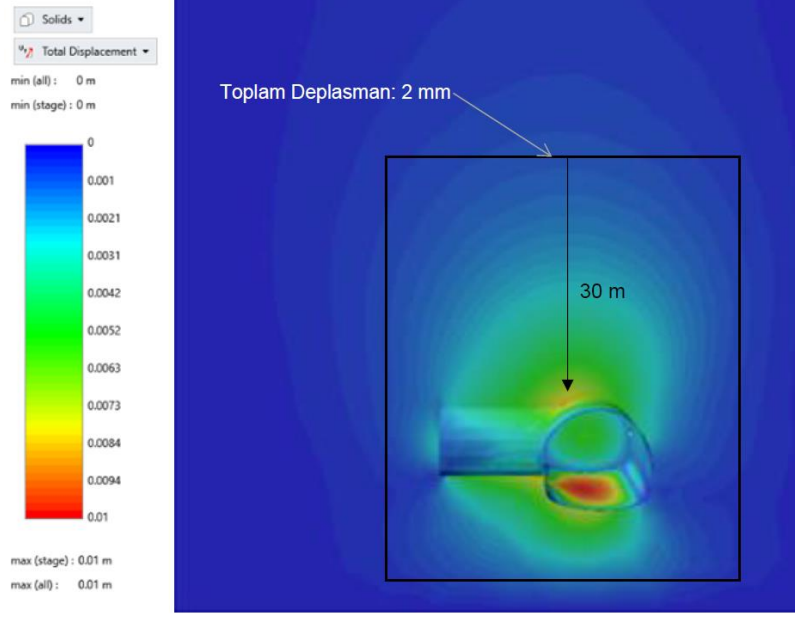
**Senaryo 1:** 15 metrelik bir kazı gerçekleştirilmesi ve üzerine 20 katlı bir bina inşa edilmesi ile kazı ve bina yapımı sonrası tünel çevresinde yaklaşık 2mm, yüzeyde yaklaşık 4 mm deplasman oluşumu beklenmektedir.

**Senaryo 2:** 30 metrelik bir kazı gerçekleştirilmesi ve üzerine 20 katlı bir bina inşa edilmesidir. Kazı ve bina yapımı sonrası tünel çevresinde yaklaşık 1.6 cm, yüzeyde yaklaşık 2.4 cm deplasman oluşumu beklenmektedir.



Şekil 5. Senaryo 1 ve 2 için kazı sonrası deplasmanlar

Etki alanının daha yüksek olacağı tünel bağlantı bölgeleri 3 boyutlu numerik modeller ile analiz edilerek tünel üzeri ile yüzey arasında deformasyonların ihmal edilebilir seviyelere geldiği katmanlar belirlenmiştir. Bağlantı tüneli kesitte tünel tavanından 30 metre yukarıda deformasyonların 2 mm mertebelerine gerilediği gözlemlenmiş, (Şekil 5) bu katman ötesinde yüzeye etki edecek bir deformasyon olmayacağı yaklaşımları yapılmıştır.



Şekil 5. Bağlantı Tüneli 3 Boyutlu Analizi ve Etki Alanı

## 5. SONUÇLAR

Söz konusu çalışma tünel bölgesinde gerçekleştirilen etüt (sondajlar, laboratuvar deneyleri ve gözlemsel incelemeler) çalışmaları esas alınarak tünel gövdesinin duraylılığını irdelemek ve tünel etki alanını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Buca-Onat tüneli; kazı çevresinde oluşan gerilmelerin mümkün olduğunca zemine taşıtılması prensibine dayanması nedeniyle, emniyetli ve ekonomik uygulamalara imkân veren NATM yöntemi kullanılarak Karayolları Teknik Şartnamesi 2006 ve 2013 doğrultusunda inşa edilmesi öngörülmüştür. Tasarımda, tüneller civarında daha sonra oluşabilecek yapılaşma veya kazıların tünel üzerindeki olası etkileri değerlendirilerek etki alanı tanımlanması yapılmaktadır. Buca Onat Tüneli için bu amaçla yapılan analizler sonucunda, teknik literatürde tünel civarında genellikle önerilen 2 çap kadar bir mesafenin yeterli olmayabileceği belirlenmiş, modelleme yapılarak etki alanı detaylandırılmıştır. Projede verilen etki alanı sınırları içerisinde planlanan her projenin ayrıntılı olarak proje özelinde analiz edilmesi ve hesaplamalarının yapılması gerekmektedir. Tünelin açılması sırasında gerekli destek elemanlarının doğru zamanda uygulanabilmesi amacıyla deplasmanların sürekli izlenmesi ve değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Yapım çalışmaları sırasında jeolojik koşulların izlenmesi, belirlenen jeolojik modelden daha farklı bir durumla karşılaşılması halinde; tasarımın revize edilmesi uygun olacaktır.

## TEŞEKKÜR

*Yazarlar bildirinun sunulmasında maddi ve manevi katkıları için İzmir Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı'na teşekkür eder.*

## KAYNAKLAR

- KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) (2006 ve 2013), Ankara.
- Koçyiğit, A. (1984), Güneybatı Türkiye ve yakın dolayında levha içi yeni tektonik gelişim. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 27(1), 1-15.
- Öngen, Ö., Güzel, A., (2015), Farklı Kaya Sınıfları İçin Yapılan Sayısal Modelleme Çalışmalarının Karşılaştırılması-Örnek Uygulama. CBÜ Fen Bil. Dergi., 11(2), 253-264.
- Sönmez, H., ve Ulusay, R. (2002), Kaya Kütlelerinin Mühendislik Özellikleri, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No :60, ss: 243, Ankara.
- Terzaghi (1991), Rock Mass Properties and Classifications T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası.