

İstanbul'da Bulunan Formasyonlar İçin Titreşim Yayılım Karakteristiklerinin Araştırılması

Abdulkadir KARADOĞAN¹, Ülkü KALAYCI ŞAHİNOĞLU^{1*}, Ümit ÖZER¹, Meriç Can ÖZYURT¹,
Zeynep SERTABİPOĞLU¹

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Büyükçekmece, İstanbul

Sorumlu Yazar/Corresponding Author
E-mail: ukalayci@iuc.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article
Geliş Tarihi/Received: 10.07.2024
Kabul Tarihi/Accepted: 18.02.2025

Öz

İstanbul, sürekli büyüyen ve gelişen bir metropol olarak, pek çok inşaat ve altyapı projesine ev sahipliği yapmaktadır. Bu projeler sırasında patlatma teknikleri kaçınılmaz olarak kullanılmaktadır. Patlatmalar ekonomi ve proje bitirme süresi üzerine büyük avantajlar sağlamanın yanı sıra titreşim gibi olumsuz çevresel etkileri de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada, yapılan patlatmalar nedeniyle meydana gelen titreşimlerin kontrolü ve yönetimi açısından kullanılan titreşim yayılım denklemlerinin İstanbul genelinde kullanılabilirliğini belirleyebilmek üzere yapılan araştırmaları kapsamaktadır. Bu amaçla İstanbul bölgesinde hâkim formasyonlar titreşim yayılım karakteristiği bakımından ele alınmış, her bir formasyona ait yapılan çalışmaların titreşim yayılım denklemleri oluşturulmuş, yüksek korelasyonla sonuçlanan bu denklemlerin karakteristik dağılımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda verilen eğrilerle karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırma sonucunda her formasyonun kendine has ve başka bir formasyon yerine kullanılamayacak bir yayılım karakteristiği olduğu, bakanlık tarafından açık ocaklar için önerilen yayılım denkleminin sahada ölçülen verilerden elde edilen yayılım denklemiyle yüksek uyum gösterdiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Patlatma kaynaklı titreşim, saha sarsıntı yayılım karakteristiği, titreşim ölçümü, çevresel etki değerlendirme

Investigation of Vibration Propagation Characteristics for Formations in Istanbul

Abstract

Istanbul, as a continuously growing and developing metropolitan city, hosts numerous construction and infrastructure projects. During these projects, blasting techniques are inevitably employed. While blasting provides significant advantages in terms of economy and project completion time, it also brings about negative environmental impacts such as vibrations. This study encompasses the research conducted to determine the applicability of vibration propagation equations used for controlling and managing the vibrations caused by blasting across Istanbul. For this purpose, the dominant formations in the Istanbul region were examined in terms of their vibration propagation characteristics. Vibration propagation equations were established for each formation based on the studies conducted, and the propagation characteristic curves of these equations, which resulted in high correlation, were drawn and compared with the curves provided in the Guide to Blast Design and Environmental Effects of Blasting by the Ministry of Environment, Urbanization, and Climate Change. The research found that each formation has its unique propagation characteristic, which cannot be substituted for another formation. Furthermore, the propagation equation recommended by the ministry for open-pit mines showed high compatibility with the propagation equation derived from field-measured data.

Keywords: Blast induced vibration, field vibration attenuation characteristics, vibration monitoring, environmental impact assessment

Cite as;

Karadoğan, A., Kalaycı Şahinoğlu, Ü., Özer, Ü., Özyurt, M. C., Sertabipoğlu, Z. (2025). İstanbul'da Bulunan Formasyonlar İçin Titreşim Yayılım Karakteristiklerinin Araştırılması. *Recep Tayyip Erdogan University Journal of Science and Engineering*, 6 (1), 82-91. Doi: 10.53501/rteufemud.1513900

1. Giriş

İstanbul, hızla büyüyen nüfusu ve gelişen altyapısıyla birlikte sürekli olarak yeni inşaat projelerine ev sahipliği yapmaktadır. Özellikle büyük altyapı projeleri, tünel inşaatları, başta taş ocakçılığı olmak üzere diğer madencilik faaliyetleri, kentsel dönüşüm çalışmaları, patlatmalı temel kazılar gibi çalışmalarda patlatma teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple patlatma etkilerinin araştırılması, kent yapısını korumak ve bilimsel ilkelere uygun inşaat çalışmaları sürdürmek açısından çok önemli bir araştırma konusu olma özelliğindedir. İstanbul'da patlatma yapılacak projelerin çokluğu ve bu projelerin potansiyel jeolojik etkileri, bu tür işlemlerin uygun metotlarla yönetilmesini ve denetlenmesini gerektirir. Patlatma kaynaklı titreşimlerde risk analizi yapılarak titreşimlerin etkileri belirlenebilir.

Gerek ABD ve gerekse diğer ülkelerde yapılmış binlerce ölçüm, izleme ve istatistiki analiz sonucunda patlatma kaynaklı yer titreşimi tahmin formülü Eşitlik 1'de verilmektedir (ÇŞB, 2018).

$$PPV = k \times (SD)^{-\beta} \quad (1)$$

Bu formülde;

PPV: Tahmin edilecek olan (veya ölçülen) en yüksek (tepe) titreşim seviyesi, SD: ölçekli mesafedir (ÇŞB, 2018).

ABD'nde, şimdi lağvedilmiş olan Birleşik Devletler Maden Genel Müdürlüğü (USBM) ve halen faal olan Açık Ocak Madencilik Rehabilitasyon ve Denetim Ofisi (OSMRE) tarafından yapılan veya yaptırılan veya yararlanılan çok sayıda titreşim ölçüm sonuçlarının analizi sonucunda bazı madencilik türleri ve patlatma yapılan işkollarında geçerli, yer titreşimi tahmin formülleri Blasters' Handbook isimli kitapta verilmiş olup; aşağıda Tablo 1'te sunulmuştur.

Bu çalışma, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen titreşim yayılım formüllerinin İstanbul'daki formasyonlarda uygulanabilirliğini, uygulanması durumunda güvenilirliğini araştırmak üzere gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla çalışma ekibi tarafından, İstanbul'un farklı yerlerindeki inşaat ve taş ocakçılığı faaliyetleri sırasında kaydedilmiş 697 adet veri değerlendirilmiştir.

Tablo 1. Patlatma yapılan işkolları için titreşim tahmin formülleri (ÇŞB, 2018)

Table 1. Vibration prediction equations for industries using blasting

Patlatma Türü	Formül	Uyum derecesi	Referans
Genel	$PPV = 1140 \times SD^{-1,6}$	En iyi uyum	Dupont (1978)
İnşaat	$PPV = 173 \times SD^{-1,6}$	Alt sınır eşitliği	Oriard (2005)
İnşaat	$PPV = 1730 \times SD^{-1,6}$	Üst sınır eşitliği	Oriard (2005)
İnşaat	$PPV = 4320 \times SD^{-1,6}$	Üst sınır-yüksek hapsedme	Oriard (2005)
İnşaat	$PPV = 53 \times SD^{-1,09}$	En iyi uyum	USBM RI 8507
Taşocağı	$PPV = 1090 \times SD^{-1,82}$	En iyi uyum	USBM Bülten 656

Bu kapsamda elde edilen veriler, data toplama noktasına göre İstanbul'da bulunana farklı jeolojik birimlere göre sınıflandırılmıştır. Sonrasında, ilişkili formasyondaki saha sarsıntı yayılım denklemleri, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma

Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda belirtilen formüllerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda İstanbul'da bulunan formasyonlar için titreşim yayılım karakteristik eşitliklerinin kullanılabilirlikleri irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar makalenin

ilerleyen bölümlerinde sırasıyla sunulmaktadır.

2. İstanbul'un Genel Jeolojisi

İstanbul'un jeolojik yapısı, tarih boyunca birçok doğal olayın ve süreçlerin etkisi altında kalmış ve bu süreçler İstanbul'un günümüzdeki karmaşık jeolojik yapısını oluşturmuştur. İstanbul il sınırları içinde, metamorfik olan ve metamorfizma göstermeyen iki büyük kaya stratigrafi birimi topluluğu yer alır. Bu iki topluluktan metamorfizma gösteren istif "Istranca Birliği", metamorfizma göstermeyen istif ise "İstanbul Birliği" olarak adlandırılmaktadır. İstanbul'un karmaşık jeolojik yapısı içerisinde ayrıca magmatik kayalar ve çeşitli çökel ve yığınlar da bulunmaktadır. (İBB, 2011).

Istranca Birliği, metamorfizma gösteren kayalardan oluşmaktadır. Bu birim, Tekedere Grubu, Kızılağaç Metagraniti, Şermat Kuvarsiti, Mahya Şisti alt birimlerini içerir. İstanbul Birliği ise metamorfizma göstermeyen kayalardan oluşur ve güncel birikintileri içerir. Bu birim, aşağıdaki alt gruplardan oluşur: Kumul, Plaj Kumsalı Alüvyon Yamaç Molozu Heyelan alt birimlerini ihtiva eder. Bunların yanı sıra inceleme alanında magmatik kayalar ve uyumsuzluklar geniş yer tutar. İstanbul Jeolojik haritası ve belli başlı birimler Şekil 1'de gösterilmektedir.

İstanbul'da geniş alanlarda yayılım gösteren ve Şekil 1'de basitleştirilmiş ve genelleştirilmiş halde sunulan jeolojik birimler aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

Danışmen Formasyonu (Td), Ağacli, Sinekli, Çantaköy Gürpınar, Silivri kumtaşı ve Süloğlu Şeyl üyelerinden oluşur. Ağacli Üyesi (Tda) İstanbul Avrupa yakasının kuzey kesimlerinde yer almakta olup kum, çakıl ve kil birimlerinden oluşmakta ve ayrıca kömür ara katmanları içermektedir. Sinekli Üyesi (Tdsi) Külrengi-boz renkte, kalın katmanlı, som ve kaba taneli kumtaşından oluşur; çakıltaşı merceklerine sahiptir. Cantaköy Tüf Üyesi (Tdç), boz ve kirli

beyaz renkte olup, devitrifiye ve felsik tüf-tüffit özellikleri gösterir. Gürpınar Üyesi (Tdg) Yeşilimsi, koyu gri ve mor renklerde olup, kıltaşı-şeyil, kumtaşı ve miltaşı ara katmanlarına sahiptir, ayrıca ince linyit ara düzeyleri içerir. Silivri Kumtaşı Üyesi (Tds), kaba taneli kumtaşı egemendir ve sıkı tutturulmuş çakıl, kil-mil ara katmanları ile karakterizedir (İBB, 2011).

Sultanbeyli Formasyonu (Ts) İstanbul Anadolu yakasında geniş yayılım gösterir. Kum, çakıl, kil ve yer yer blok boyutunda tutturulmuş gereçlerden oluşur; Orhanlı, Dudullu, Tuğlacıbaşı, Altın-tepe ve İkiz Tepeler yerleşimlerini kapsar.

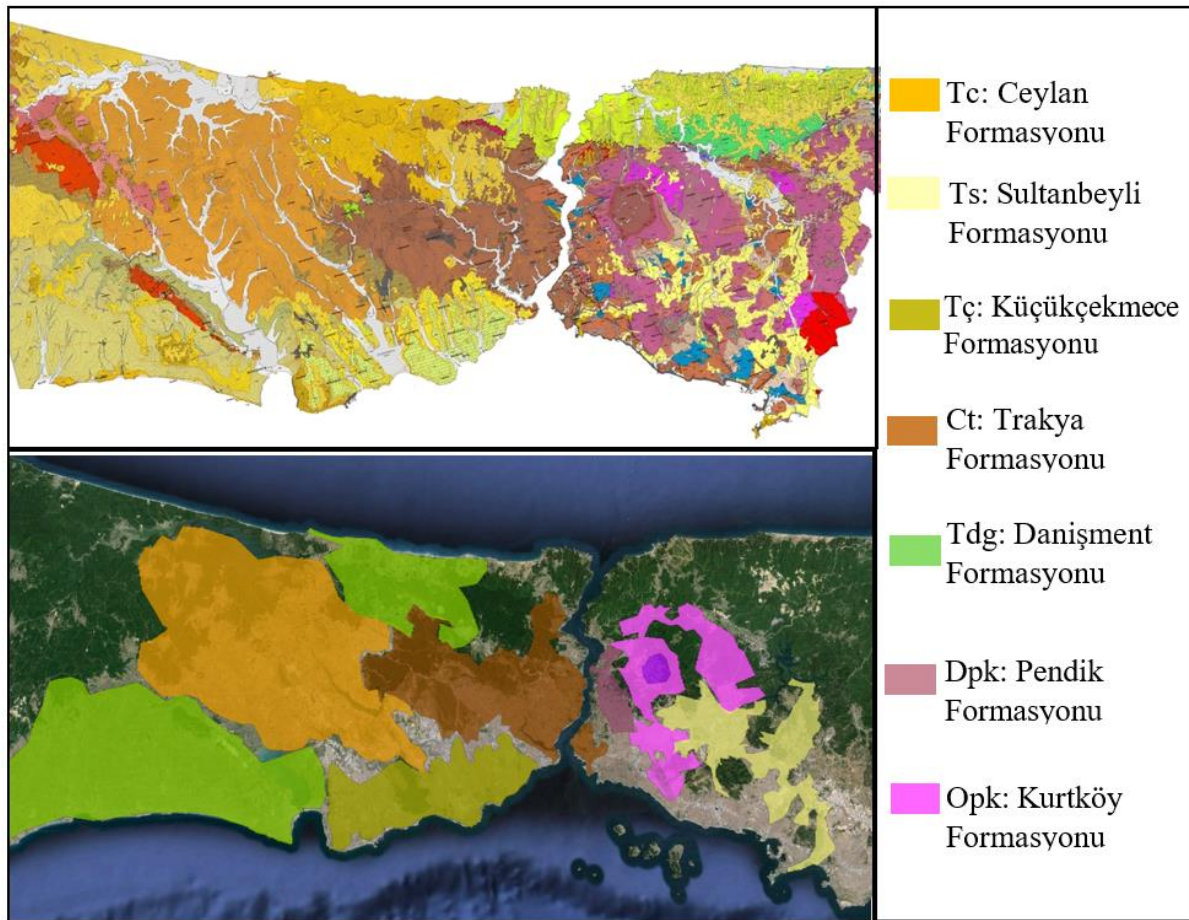
Çekmece Formasyonu (Tç), İstanbul Avrupa yakası Marmara sahili kesiminde yayılım gösterir. Bakırköy, Güngören ve Çukurçeşme üyelerini içerir. Bakırköy Üyesi (Tçb), beyaz ve bej renkte olup, ince-orta katmanlı kireçtaşı egemendir; killi kireçtaşı, kiltagi ve marn ara katmanları içerir, bol miktarda makrofosil bulunur. Güngören Üyesi (Tçg), Kum-mil ara katmanlı, yeşil-gri kil egemendir; üst düzeylerinde kireçtaşı ara katmanları bulunur. Çukurçeşme Üyesi (Tçç), Sarımsı boz ve gri renkte olup, bol mika pullu, orta boylanmış, çapraz katmanlı ve tutturulmamış kaba kum ve çakıldan oluşur.

Kurtköy Formasyonu (Opk) Arkoz olarak da adlandırılan bu formasyon İstanbul Anadolu yakasında yüzeylenir. Eflatun, mor, orta-kalın katmanlı, çapraz katmanlı çakıltaşı, miltaşı mercekleri ve ara düzeyli kumtaşı (Süreyyapaşa Üyesi) egemendir; altta mor-boz renk ardalanmalı, yer yer laminalı, kumtaşı-miltaşı düzeylerini (Bakacak Üyesi) kapsar.

Trakya Formasyonu (Ct), İstanbul birliği üyesi olup, kara, koyu gri, bozunmuş açık kahverengi, ince-orta katmanlı, bol mika pullu, türbiditik kumtaşı-şeyil ardışığı; yer yer çakıltaşı mercekli, alt kesimlerinde seyrek kireçtaşı mercekleri ve ara katmanları içerir. Küçükköy, Kartaltepe, Acıbadem ve Cebeciköy Kireçtaşı üyelerini kapsar.

Tablo 2. Data seti tanımlamaları**Table 2.** Description of the data set

Formasyon		Proje Türü	k	β	R	Veri Sayısı
Ceylan Formasyonu	Tc	Yol kazısı	66,811	-0,64	0,86	34
Pendik Formasyonu	Dpk	Temel kazısı	316,23	-1,19	0,82	68
Trakya Formasyonu	Ct	Temel kazısı	852,7	-1,83	0,92	16
Kurtköy Formasyonu	Opk	Temel kazısı	2311,5	-1,65	0,85	63
Sultanbeyli Formasyonu	Ts	Temel kazısı	565,08	-1,26	0,86	20
Küçükçekmece Formasyonu	Tç	Tünel kazısı	1237,3	-1,39	0,71	371
Danişmen Formasyonu	Tdh	Açık ocak	623,14	-1,65	0,8	75

**Şekil 1.** (a) İstanbul Jeolojik haritası, (b) Sadeleştirilip genelleştirilmiş İstanbul Jeolojik haritası (İBB 2011'den değiştirilerek)**Figure 1.** (a) Geological map of Istanbul (b) Simplified and generalized Istanbul Geological Map (Modified from İBB 2011)

Pendik Formasyonu (Dp) İstanbul Anadolu yakasında bulunan ve İstanbul birliği üyesi olan Pendik formasyonu Kartal ve Kozyatağı üyelerini içerir. Kartal Üyesi (Dpk), Mikalı şeyil, kıltaşı ve miltaşı içerir. Kara ve koyu külrengi, ince-orta

katmanlı olup, brakiyopod, trilobit gibi makrofosil kavkıları içerir. İnce katmanlı ve bol makrofosilli seyrek kireçtaşı ara katmanları bulunur. Kozyatağı Üyesi (Dpkz) Kireçtaşı, killi kireçtaşı ve kireçli kıltaşı içerir. Kıltaşı ara

katmanları bulunur ve formasyonun üst yarısında Kartal Üyesi'nin kırıntılarıyla yanal ve düşey geçişli ara düzeyler oluşturur.

2.1. İstanbul'da Bulunan Farklı Formasyonlara Ait Titreşim Yayılım Karakteristikleri

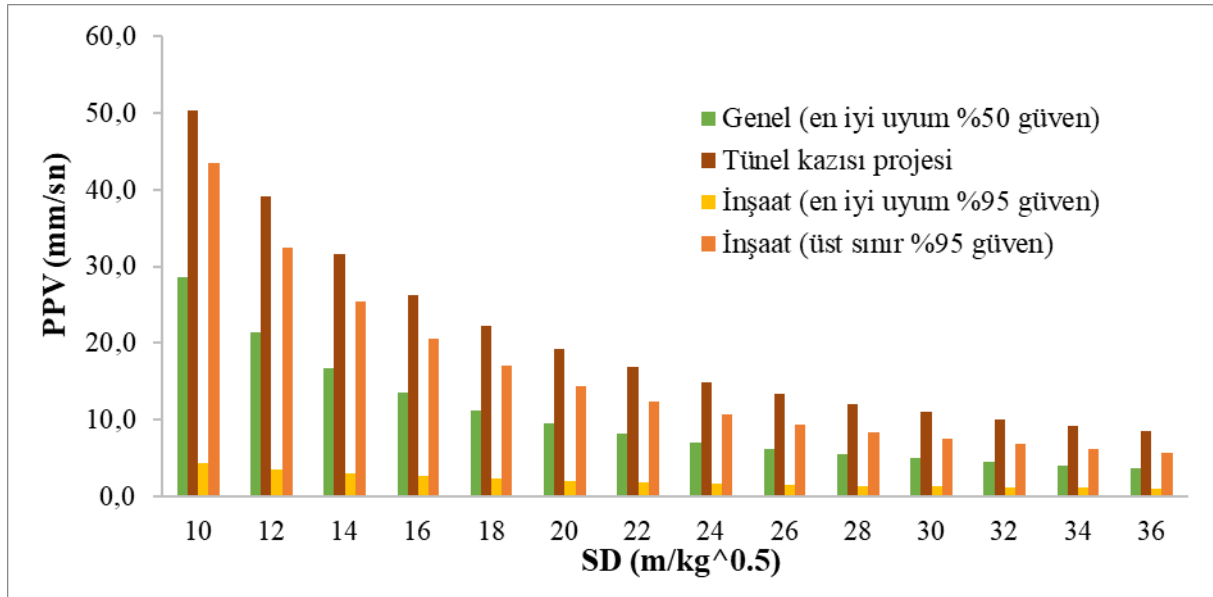
Çalışma kapsamında yazarların veri havuzunda bulunan, İstanbul'un farklı yerlerindeki inşaat ve taş ocakçılığı faaliyetleri sırasında kaydedilmiş 697 adet data, data toplama noktasına göre İstanbul'da bulunan farklı jeolojik birimlere göre sınıflandırılmıştır. Sonrasında, ilişkili formasyondaki saha sarsıntı yayılım denklemleri, kılavuzda belirtilen formüllerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda İstanbul'da bulunan formasyonlar için titreşim yayılım karakteristik eşitlikleri Tablo 2'de sunulmaktadır (Özer vd., 2002; 2019a; 2019b; 2021a; 2021b; 2021c; 2023a; 2023b; Kahrıman vd., 2002; Kalaycı, 2011).

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, bakanlık tarafından verilen kılavuzdaki eşitliklerin, sahada yapılan gerçek ölçümlerle karşılaştırması yapılmıştır. Bu karşılaştırmada Tablo 1 ve Tablo 2'deki veriler kullanılmıştır. Çalışma kapsamında İstanbul'da bulunan farklı formasyonlara ait 697 adet veri formasyon türüne göre sınıflandırılmış ve karakteristik titreşim yayılım eğrisi çizilmiştir. Çizilen eğriler, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda verilen karakteristik yayılım gösteren verileri

karşılaştırılmıştır. Eğriler, karşılaştırma kolaylığı sağlayabilmek amacıyla, belirli ölçekli mesafe değerlerine karşılık, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda verilen denklemlerden inşaatlar için en iyi uyum gösteren (güven aralığı %95) ile genel projeler için en iyi uyum gösteren Genel (güven aralığı %50) karakteristik dağılımı ile, Tablo 2'de verilen ve çalışma ekibi tarafından farklı projeler süresince toplanan datalarda her formasyon için belirlenen yüksek korelasyonlu PPV-SD eşitliklerinden edinilen dağılım kullanılmıştır. Diğer inşaat (üst sınır yüksek hapsedme denklemi) ise çok daha yüksek PPV değerleri hesapladığı ve grafiklerde birlikte göstermek mümkün olmadığı için değerlendirme gösteriminde yer verilmemiştir. Alt sınır denklemi ile en iyi uyum denklemi de ayırt etmeye müsaade etmeyecek kadar birbirlerine yakın değerlerdedir. Her formasyon ve her proje türü için yapılmış olan bu karşılaştırmalara ait sonuçlar Şekil 2-8'de sırasıyla sunulmaktadır.

Küçükçekmece formasyonunda sahada gerçekleştirilen tünel kazılarından toplanan datalarla elde edilen karakteristik yayılım denklemi eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, en iyi uyumu İnşaat (üst sınır %95 güven) denkleminin verdiği görülmektedir.

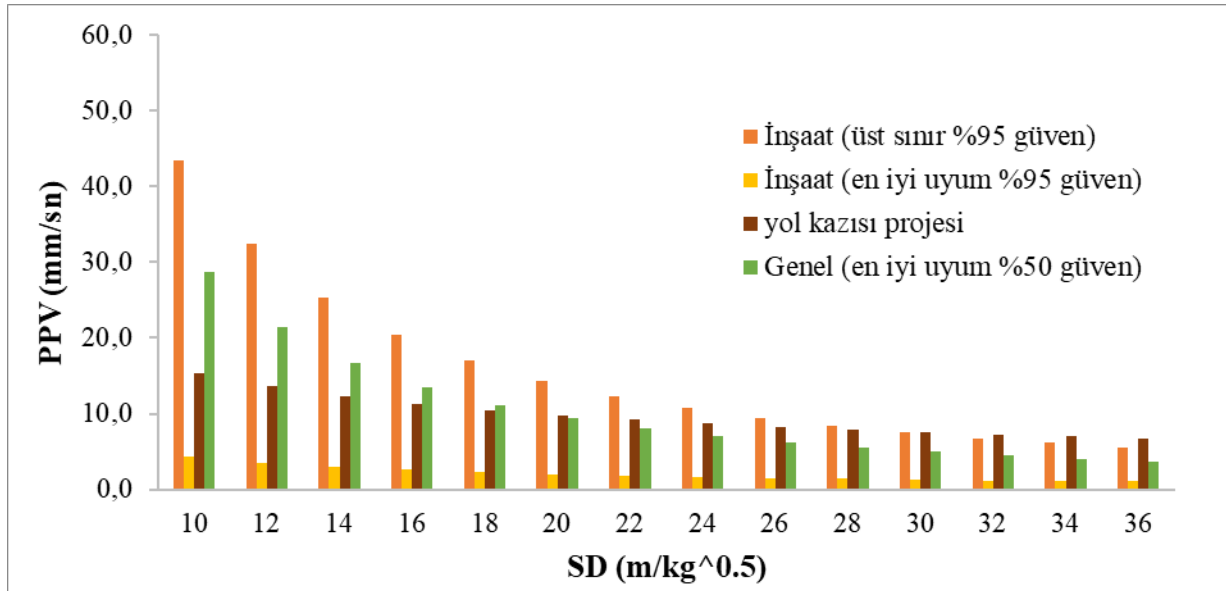


Şekil 2. Küçükçekmece formasyonu tünel kazısı patlatmasına ait titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması

Figure 2. Comparison of vibration propagation characteristics for blasting in tunnel excavation of Küçükçekmece formation

Ceylan formasyonunda sahada gerçekleştirilen temel kazılarında toplanan datalarla elde edilen karakteristik yayılım denklemi eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve

Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, en iyi uyumu genel yayılım denkleminin verdiği görülmektedir.



Şekil 3. Ceylan formasyonu yol kazısı patlatmasına ait titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması

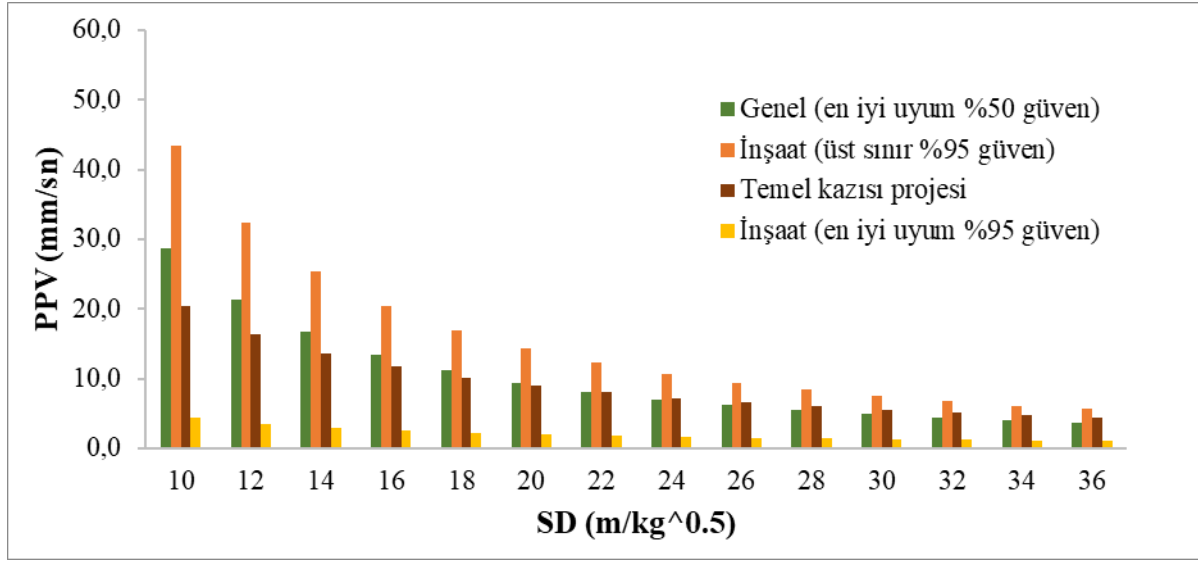
Figure 3. Comparison of vibration propagation characteristics for blasting in road excavation of Ceylan formation

Pendik formasyonunda sahada gerçekleştirilen tünel kazılarında toplanan datalarla elde edilen

karakteristik yayılım denklemi eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, en iyi

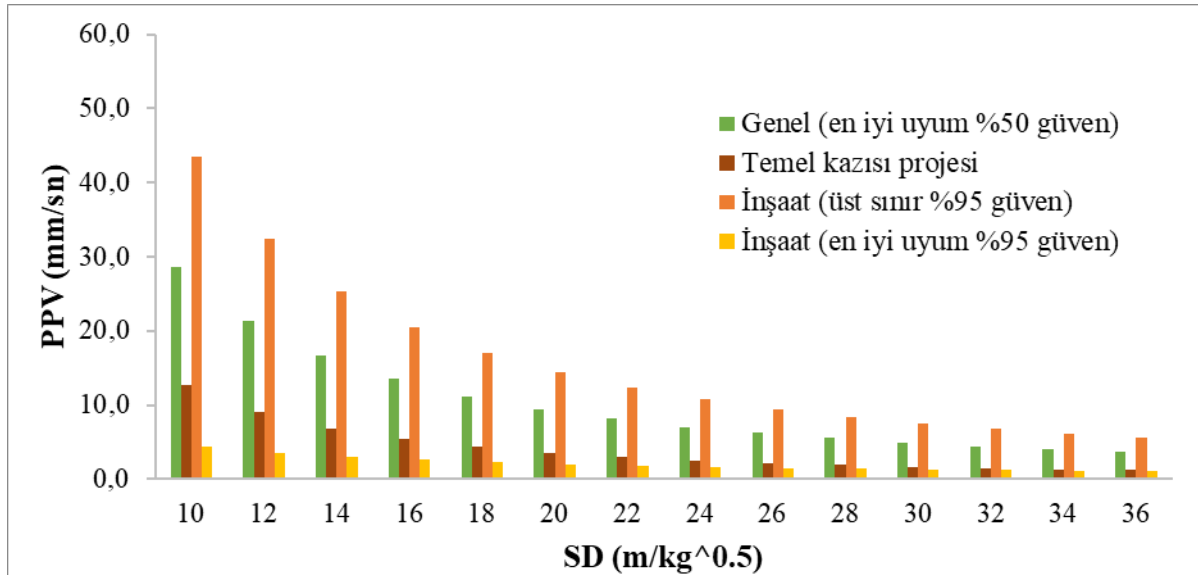
uyumu genel yayılım denkleminin verdiği görülmektedir.



Şekil 4. Pendik formasyonu temel kazısı patlatmasına ait titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması
Figure 4. Comparison of vibration propagation characteristics for blasting in foundation excavation of Pendik formation

Trakya formasyonunda sahada gerçekleştirilen temel kazılarında toplanan datalarla elde edilen karakteristik yayılım denklemi eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve

Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, en iyi uyumu inşaat denkleminin verdiği dağılım olduğu görülmektedir.

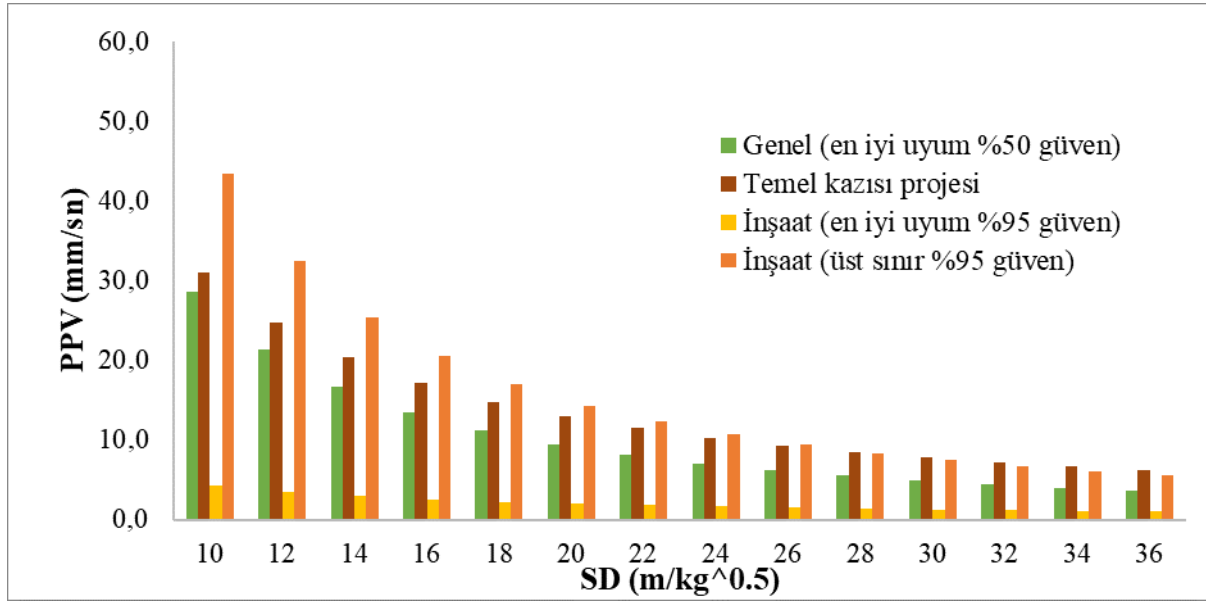


Şekil 5. Trakya formasyonu temel kazısı patlatmasına ait titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması
Figure 5. Comparison of vibration propagation characteristics for blasting in foundation excavation of Thrace formation

Sultanbeyli formasyonunda sahada gerçekleştirilen temel kazılarında toplanan datalarla elde edilen karakteristik yayılım veri dağılımı, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği

Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen veri dağılımları ile

karşılaştırıldığında, en iyi uyumu genel yayılım denkleminin verdiği sütun grafiklerden görülmektedir.

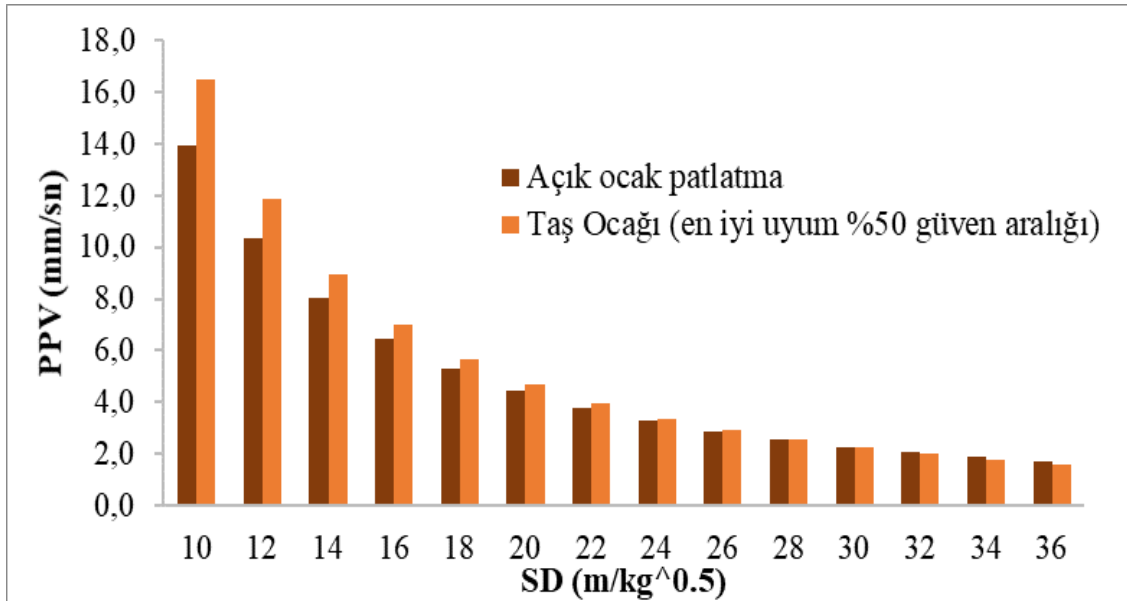


Şekil 6. Sultanbeyli formasyonu temel kazısı patlatmasına ait titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması

Figure 6. Comparison of vibration propagation characteristics for blasting in foundation excavation of Sultanbeyli formation

Kurtköy formasyonunda sahada gerçekleştirilen temel kazılarında toplanan datalarla elde edilen karakteristik yayılım denkleminin eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve

Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, en iyi uyumu inşaat yayılım denkleminin verdiği görülmektedir.



Şekil 8. Danişmen formasyonu taşocağı titreşim yayılım karakteristiği karşılaştırması

Figure 8. Comparison of vibration propagation characteristics of Danişmen formation quarry

Danışmen formasyonunda sahada gerçekleştirilen taşocağı kazılarında toplanan verilerle elde edilen karakteristik yayılım denklemi eğrisi, Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda önerilen eğriler ile karşılaştırıldığında, bakanlık kılavuzu tarafından taş ocakları için önerilen eşitliğin yüksek uyum gösterdiği görülmüştür.

4. Sonuçlar

İstanbul, sürekli büyüyen ve gelişen bir metropol olarak, büyük ölçekli inşaat ve altyapı projelerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu projeler sırasında patlatma teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu araştırmalar, doğal çevrenin korunması, insan sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve daha sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik rol oynamaktadır. Yapılan bu çalışma kapsamında İstanbul bölgesi farklı formasyonlara göre titreşim yayılım karakteristiği bakımından ele alınmış, her bir formasyona ait yapılan çalışmaların titreşim yayılım denklemleri oluşturulmuş, yüksek korelasyonla sonuçlanan bu denklemlerin yayılım karakteristik dağılımları Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yayımlanan Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu'nda verilen eğrilerle karşılaştırılmıştır.

Her formasyon bir diğerinden farklı yayılım karakteristiği göstermektedir. Taş ocakları için verilen bakanlık denklemi, yapılan taş ocağı atımlarından elde edilen denklemleri ile karşılaştırıldığında, denklem katsayıları farklı olsa bile (k ve B) yüksek derecede uyum göstermektedir. Yol projeleri için genel yayılım denklemi pek çok projede uyum göstermiştir. Şehir içi altyapı ve temel kazıları ile ilgili inşaat projelerindeki genel, inşaat ve temel kazı denklemleri uyum göstermemektedir. Çevresel risk unsurlarının daha fazla ve daha yakın olduğu kentsel alanlardaki inşaat ve temel kazılarında, bu tür projeler için klavuzda verilen denklemlerin kullanılması durumunda uygulamaya geçildiğinde istenmeyen sonuçların doğabileceğini ve projelerin sürdürülebilirliğinin

olumsuz etkilenebileceğini göstermektedir. İstanbul'un gelecekteki gelişim projelerinin çevresel etkilerini minimize etmek ve sürdürülebilir bir kentleşme sağlamak için bu tür araştırmalara daha fazla önem verilmelidir.

Teşekkür

Araştırma ekibi çalışmanın yapıldığı sahaların yetkili ve çalışanlarına, ayrıca İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi Dekanlığı'na teşekkür eder.

Finansman Beyanı

Bu araştırma herhangi bir fon kuruluşundan, ticari veya kar amacı gütmeyen sektörlerden özel bir hibe almamıştır.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik Standartlar

Bu çalışma için Etik Kurul Kararı gerekmektedir.

Kaynaklar

- ÇŞB. (2018). Patlatma tasarımları ve patlatma kaynaklı çevresel etkiler kılavuzu. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, 26s. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/patlatma-tasarimlari-ve-patlatma-kaynakli-cevresel-etkiler-kilavuzu-20180319120154.pdf>
- Dupont. (1978). Blasters Handbook 175th Anniversary 16th Edition. Dupont, ISBN-10: 1122712804, Wilmington, North Carolina, USA.
- İBB. (2011). İstanbul il alanının jeolojisi, Kent Jeolojisi Projesi. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Dairesi Başkanlığı, İstanbul, Türkiye. <https://mapelse.github.io/istanbulJeoloji/> 27 Ağustos 2024
- Kahriman, A., Gorgun, S., Karadoğan, A., Bargu, S., Tuncer, G., Tansev, E., Kucukertem, D.

- (2002). Analysis of measurements results of the ground vibration induced by blasting during the tunnelling for Istanbul Subway in Turkey. *28th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique*, 10 - 13 February 2002, Nevada, USA.
- Kalaycı, Ü. (2011). Patlatmada harcanan faydalı enerji ile patlatma verimi arasındaki ilişkinin araştırılması, Yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, Türkiye.
- Oriard, L.L. (2005). Explosives engineering, construction vibrations and geotechnology. Intl Society of Explosives, ISBN-13: 978-1892396136, Cleveland, USA, pp. 680.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Kalaycı, Ü., Özyurt, M.C. (2019a). “Kuzey Marmara Otoyolu Km 129+500 – 151+500 Arası Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun Ölçümü Değerlendirilmesi” Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 06.12.2016 tarih ve 74933216-939.02/440693, Nisan 2019.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Şahinoğlu, Ü.K., Özyurt, M.C. (2019b). Güney Cebeci taş ocağında patlatma kaynaklı titreşim ve hava şoku ölçümü ve değerlendirilmesi. Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 12.06.2019-86294, Haziran 2019-Ağustos 2020.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Kalaycı Şahinoğlu, Ü., Özyurt, M.C. (2021a). İstanbul İli Sarıyer İlçesi Ayazağa Mahallesi Kemberburgaz Yolu Caddesi No: 10/5 adresinde bulunan taşocağında patlatma kaynaklı titreşim ve hava şoku ölçümü ve değerlendirilmesi. Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 31/03/2021-64728.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Kalaycı Şahinoğlu, Ü., Özyurt, M.C. (2021b). May Yapı Ltd. Şti. uhdesinde rödevansçı olan 680 ruhsat numaralı Göktaş Agrega İnşaat Madencilik San. ve Tic. A.Ş. Şirketinin kalker ocağında patlatmalı kazılardan kaynaklanan titreşim ve hava şokunun ölçümü ve değerlendirilmesi. Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 02/09/2021-173471, Aralık 2021.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Kalaycı Şahinoğlu, Ü., Özyurt, M.C. (2021c). Dijitalpark Teknokent Çekmeköy Projesi işi kapsamında patlatma kaynaklı titreşim ve hava şoku ölçümlerinin değerlendirilmesi. Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 17/03/2021-54743, Mayıs 2021.
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Kalaycı, Ü., Özyurt, M.C., (2023a). İstanbul ili, Pendik ilçesi, Orta ve Dumlupınar Mahalleleri Riskli Alan 1. Etap Yapım İş Projesi Kapsamında Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şokunun Ölçümü ve Değerlendirilmesi, Sayı: 05.07.2023-726722
- Özer, Ü., Karadoğan, A., Sertabipoğlu, Z., Özyurt, M.C. (2023b). Kömürcüoda Sızıntı Suyu Arıtma Tesisi Yapım İş Kapsamında Patlatmalı Kazılardan Kaynaklanan Titreşim ve Hava Şoku Ölçümlerinin Değerlendirilmesi, Döner Sermaye Projesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, İstanbul, Proje Kodu: 24.02.2023 / 630213, Mart 2023.
- USBM (1971). US Dept of Interior, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement USBM Bulletin 656. Blasting vibrations and their effects on structures. Pittsburgh, PA 15220.
- USBM (1980). US Dept of Interior, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement USBM RI 8507. United States Bureau of Mines Report of Investigation 8507, Structure response and damage produced by ground vibration from surface mine blasting. Pittsburgh, PA 15220.