Araştırma Makalesi / Research Article ESTU R X(X), 20XX, sy(x-x) DOI:

**[metin, yazı tipi, simge, sembol, logo içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu](https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience)**[](https://yube.eskisehir.edu.tr/)Eskişehir Teknik Üniversitesi

**Resilience**

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>

Serbest ağırlık düşürmeli elektronik kontrollü mobil sismik enerji kaynağının sığ zemin sismik araştırmalarında kullanımı

In shallow seismic surveys, an electronically controlled mobile seismic energy source with free-fall weight drop is used

Muammer TÜN1,\*[](https://orcid.org/0000-0002-7118-9977), Sunay MUTLU1[](https://orcid.org/0000-0002-3350-696X), Emir BALKAN1[](https://orcid.org/0000-0002-3540-879X)

ORCİD 0000-0002-7118-9977  
ORCİD 0000-0002-3350-696X  
ORCİD 0000-0002-3540-879X

1*Eskişehir Teknik Üniversitesi,Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555, Eskişehir, Türkiye*

**Öne Çıkanlar / Highlights**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | |  | | | * Elektronik kontrollü, mekanik ve hidrolik serbest ağırlık düşürmeli system | * Electronically controlled, mechanical, and hydraulic free-fall weight drop system | | * Değişken yükseklikten serbest düşürülebilen kontrollü atış | * Controlled shot that may be dropped freely from a configurable height | | * Serbest ağırlık düşürme enerji kaynaklı sismik kayıt | * Seismic recording using free-fall weight drop seismic energy source | |

*Makalenizin hangi “Küresel Amaçlar” ile ilişkili olduğunu belirtiniz (En az 1 en fazla 6 küresel amaç gösterebilirsiniz)* [*https://turkiye.un.org/tr/sdgs*](https://turkiye.un.org/tr/sdgs)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| metin, tasarım, kırmızı, logo içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu | metin, logo, yazı tipi, grafik içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu | metin, yazı tipi, tasarım, logo içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu | metin, yazı tipi, tasarım, ekran görüntüsü içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu | metin, grafik, logo, grafik tasarım içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu | metin, grafik, grafik tasarım, yazı tipi içeren bir resim  Açıklama otomatik olarak oluşturuldu |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Makale Bilgisi / *Article Info*** |  | **Özet**  Geoteknik araştırmalar kapsamında sığ zemin yapısı ve dinamik özelliklerinin araştırılmasında jeofizik yöntemler katkı sağlar. Bu kapsamda sismik yansıma ve kırılma yöntemleri öne çıkar. Bu araştırma yöntemlerinde iyi kalitede bir veri elde edebilmek için önemli parametrelerden birisi kullanılan sismik kaynağın türüdür. Bu tür sismik kaynakların kalitesini kapasiteleri, üretim maliyetleri ve saha koşullarındaki kullanımı belirler. Bu kapsamda geliştirilecek sismik kaynağın kütlesi, saha koşullarında hareketliliği ve elektronik kontrollü tekrarlı atış artırılmalıdır. Bu çalışma kapsamında, arazi koşullarında mobil serbest ağırlık düşürmeli (MSAD) tabanlı sismik enerji kaynağı kullanılarak sismik veri toplama sistemi önerilmiştir. Bu sistem, yüksek enerji elde etme problemini 500 kg kütlenin ayarlanabilir yükseklikten serbest düşürülmesi ile çözer. MSAD arazide belirlenen konuma götürülerek kütlenin istenilen yükseklikten serbest düşürülmesi ile tekrarlanabilir atışlar gerçekleştirilir. Bu işlem ile istenilen sismik enerji üretilerek sismik veri toplama süreci işletilir. 1 adet üretilen MSAD sistemi kullanılarak önceden belirlenen deney sahasında sismik veri toplanmasına yönelik deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Yapılan çalışmalar sonucunda sığ yeraltı yapısının iki boyutlu görüntülenmesinde jeolojik yapıya bağlı olarak 500-1000 m derinliğe kadar sismik yansıma kesitlerinin ve sismik dalga hızı ölçümünde ortalama 100 m derinliğe kadar hız profilinin elde edilebildiği görülmüştür. |
| Gönderim / Received: …/…/2024  Kabul / Accepted:  …/…/2024  **Anahtar Kelimeler**  Dayanıklılık  Sismik Yansıma  MASW  Sismik Kaynak |  |
| **Keywords**  Resilience  Seismic Reflection  MASW  Seismic Source |  |
|  |  | **Abstract**  Geophysical methods contribute to the investigation of near-surface soil structure and dynamic properties in the context of geotechnical research. In this context, seismic reflection and refraction methods come to the fore. In these research methods, the type of seismic source used is one of the most important parameters to obtain good quality data. The quality of such seismic sources is determined by their capacity, production costs and use in field conditions. In this context, the mass of the seismic source to be developed, the mobility under field conditions, and the electronically controlled repeated shooting count sholud be increased. In this study, a seismic data acquisition system using mobile free-fall weight drop (MWD) based seismic energy sources under field conditions is proposed. This system solves the problem of obtaining high energy by free falling a 500 kg mass from an adjustable height. MWD is brought to the planned place in the field and repeatable shots are made by dropping the mass freely from the desired height. This method is used to generate the desired seismic energy and operate the process of seismic data acquisition. Experimental studies were conducted to collect seismic data in the specified test area using an MWD system. As a result of the studies, it was found that in the two-dimensional imaging of the shallow subsurface structure, seismic reflection sections can be obtained up to a depth of 500-1000 m, depending on the geological structure, and in the measurement of seismic wave velocity, a velocity profile up to an average of 100 m can be obtained. |

1. **GİRİŞ / INTRODUCTION**

*Genişletilmiş özettir. Bu bölümde problem ve araştırma soruları literatür destekli tartışılır. Problem en genelden özele doğru referanslar ile birlikte verilirerek bu araştırmanın önemi ve literature katkısı vurgulanır. Çalışmanın amacı kısa ve net olarak ifade edilir ve amaca yönelik hangi araştırma yöntemlerinden yararlanıldığından kısaca bahsedilir.*

Geoteknik zemin araştırmalarında özellikle sığ zemin tabakalarının yapısal özellikleri ve bazı dinamik parametrelerinin belirlenmesinde jeofizik yöntemlerden yararlanılır. Sismik veri toplama çalışmalarında kullanılan enerji kaynaklarının üretim maliyetleri ve araştırma sahasındaki kullanım kolaylığı gibi parametreler sismik kaynağın tercih nedenlerinde önemlidir. Günümüzde sahadaki birçok uygulamada 10 kg kapasiteli balyoz kullanılarak sığ zemin özellikleri belirlenmeye çalışılmaktadır ancak bu kaynak yüksek çözünürlükte ve istenilen derinlikten veri almaya olanak sağlamaz. Sığ zemin tabakalarının yapısal özelliklerinin araştırılmasında sismik yansıma yöntemi kullanılırken zemin sismik hız profilinin belirlenmesinde sismik kırılma yöntemleri tercih edilir (Aki and Richards, 1980; Rabbel, 2006; Schuck and Lange, 2007; Steeples, 2000; Williams et al., 2003). Sismik yansıma yönteminin sığ zemin tabakalarında uygulanması üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Brabham et al., 2005; Ghose et al., 1998; Rabbel, 2006; Steeples, 1998; Steeples and Miller, 1988b). Aktif kaynaklı bu jeofizik araştırma yöntemlerinde kullanılan kaynağın türü veri kalitesinde belirleyici unsurlardan birisidir (Miller et al., 1992; Pullan and MacAulay, 1985; Tün et al., 2015; Wardell, 1970). En yüksek sismik çözünürlüğü elde edebilmek ve hedef araştırma derinliğine ulaşabilmek için yeterince büyük bir enerji ve geniş bir frekans aralığına ihtiyaç vardır (Scheffers et al., 1997; Suarez and Stewart, 2009). 1980 yılından günümüze yaygın olarak kullanılan sığ sismik yansıma yönteminde (Dankbaar et al., 1983; Doornenbal and Helbig, 1983; Hunter et al., 1984; Knapp and Steeples, 1986a, 1986b) ağırlık düşürmeli sismik enerji kaynakları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte asfalt yollara ve kentsel altyapıya zarar verme potansiyelinin oldukça düşük olması ağırlık düşürmeli sismik enerji kaynakları için ayrıca bir tercih sebebidir.

Bu çalışmanın temel amaçlarından birincisi sığ sismik araştırmalar için sismik kaynak ve uygulama aracının tasarlanması ve geliştirilmesidir. İkinci olarak geliştirilen sismik kaynak ve aracının uygulamadaki performansının önceden belirlenen uygulama sahalarında test etmektir. Bu kapsamda, ağırlık düşürmeli sismik enerji kaynağındaki 500 kg ağırlığındaki kütle 1.5 m yükseklikten yerçekimi etkisiyle serbest düşmeye bırakılarak zemin üzerindeki tablaya vuruşuyla sismik kayıt elde edilmiştir. Düşük maliyetli, kolay ve pratik hareket kabiliyeti ve kolay kullanım özellikleriyle ağırlık düşürmeli mobil sismik kaynak (ESTÜ WD500) ile sismik enerjinin üretilmesi amacıyla sismik kaynağın bir prototipi Eskişehir Teknik Üniversitesi bilimsel araştırma projesi kapsamında üretilerek “hassas ölçüm yapmayı sağlayan sismik enerji kaynağı” buluş başlığı ile 13.01.20214 tarihinde TR 2014 00327 B nolu incelemeli patenti alınmıştır (Ecevitoğlu et al., 13 Ocak 2014)

1. **DENEYSEL METOT / EXPERIMENTAL METHOD**

*Bu bölümde araştırmada kullanılan yöntem veya yöntemlerin geliştirme süreci referanslar ile verilir. Yöntemin uygulanması süreciyle ilişkili olarak laboratuvar / araştırma alt yapısı / kullanılan yazılım, donanım, malzeme vb. ayrıntılı olarak verilir. Çalışma alanı, veri kümesi, bölge, saha ve veri toplama metodolojisi vs. ayrıntılı olarak verilir. Veri toplama ve veri analizi aşamaları gerekirse akış diyagramları ile gösterilir. Yöntem bölümünde bulgulara yer verilmez.*

Yer yüzeyinde sismik sinyal üretme yöntemi olarak 500 kg ağırlığın 1.5m yüksekliğinden serbest bırakılması uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında kullanılan ağırlık düşürme sisteminin şematik bir açıklaması Şekil 1’de verilmiştir.

saat, sayaç içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

**Şekil 1.** Düşen-ağırlık-plaka sisteminin şematik açıklaması. Kısaltmalar: m, düşen ağırlığın kütlesi; V, çarpma hızı; M, plaka kütlesi; R, plakanın yarıçapı; q, plakanın elastik özelliği; VP, P dalgası hızı; VS, S dalgası hızı; ρ, zemin yoğunluğu. (Abe et al., 1990) dan değiştirilmiştir.

**Figure 1.** (The dropped-weight-coupler mechanism is visualized. m, mass of dropped weight; v, impact velocity; M, mass of coupler; R, coupler radius; q, elastic property of coupler; VP, P-wave velocity; VS, S-wave velocity; d, density of soil)

Şekil 1 üzerindeki harfler, kaynağın aşağıdaki parametrelerini gösterir; parametre aralığı parantez içinde verilmiştir.

m: serbest düşmeye bırakılan ağırlığın kütlesi (Silindirik ağırlık kullanıldı) [500 kg]

v: çarpma noktasında ağırlığın hızı (Bu büyüklük düşme yüksekliğinden (h) hesaplanır) [5.42 m/s]

M: Genliği ve sismik verimi artırmak için çarpma noktasına yerleştirilen silindirik plakanın kütlesi. Biz buna "plaka (coupler)" diyoruz. [20 kg]

R: bağlayıcının yarıçapı [0.35 m]

q: plakanın malzemesi [çelik, ahşap ve kauçuk]

VP, P dalgası hızı; VS, S dalgası hızı; ρ, toprak yoğunluğu

**2.1. Ağırlık Düşürmeli Sismik Enerji Kaynağı (ESTÜ WD500) / Weight-Drop Seismic Energy Source and Vehicle (ESTU WD500)**

Çok Kanallı Yüzey Dalgaları Analizi (MASW), sismik yansıma ve sismik kırılma jeofizik yöntemlerinde Şekil 2’de ana üniteleri gösterilmiş olan Eskişehir Teknik Üniversitesi Mobil “serbest-düşürmeli” Ağırlık Düşürmeli Enerji Kaynağı (ESTÜ WD500) ve aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ESTÜ WD500 parçaların listesi Tablo 1’de verilmiştir.

taslak, diyagram, harita, çizim içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu

**Şekil 2**. Eskişehir Teknik Üniversitesi Mobil “serbest-düşürmeli” Ağırlık Düşürmeli Sismik Enerji Kaynağı (ESTÜ WD500) Parçaları

**Figure 2**. (The Pieces Eskişehir Technical University Mobile “free-fall” Weight-Drop Seismic Energy Source and Vehicle “ESTU WD500”)

**Tablo 1**. Şekil 3’de gösterilen Eskişehir Teknik Üniversitesi Mobil “serbest-düşürmeli” Ağırlık Düşürmeli Sismik Enerji Kaynağı (ESTÜ WD500) Parçaları

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Şekil 3a’daki elemanlar | | Şekil 3b’deki elemanlar | | Şekil 3c’deki elemanlar | |
| (1) | bağlantı platformu |  |  |  |  |
| (2) | kule | (2) | kule | (2) | kule |
| (3) | kule devirme pistonu |  |  |  |  |
| (4) | asansör | (4) | asansör | (4) | asansör |
|  |  | (5) | asansör pistonu | (5) | asansör pistonu |
| (6) | ağırlık | (6) | ağırlık | (6) | ağırlık |
| (7) | ağırlık başı | (7) | ağırlık başı | (7) | ağırlık başı |
| (8) | alt tabla | (8) | alt tabla | (8) | alt tabla |
|  |  |  |  | (9) | Elastik eleman |
| (10) | lastikler | (10) | lastikler | (10) | lastikler |

Gravite verilerinin spektral analizi ile yeraltı tabakalarının ortalama derinlikleri, bölge hakkında herhangi bir jeolojik bilgi ve yoğunluk bilgisi gerektirmeden hesaplanabilir. Radyal genlik değeri, 2 boyutlu Fourier dönüşümü sonucu elde edilen genlik spektrumunun

 (1)

merkez noktası  olan bir

 (2)

**2.2. MASW Yöntemi / MASW Methods**

Günümüzde zemin karakterizasyonu çalışmalarında genellikle Vs30 değerini yani yüzeyden itibaren 30 m derinliğe kadar olan ortalama kayma dalgası hızı ve 1-boyutlu hız profilleri standart olarak kullanılmaktadır (Boore et al., 1993; Borcherdt, 1994). Bu değer günümüzde kullanılan ulusal ve uluslararası tasarım kodlarında (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, TBDY 2019; Euro Code 8, European Standard Norm 2018; ve IBC-2016 tasarım kodu, International Code Council, ICC 2016) zemin sınıflandırması yapmak ve zemin büyütmesi karakteristiklerini ve zemin temel periyodunu hesaplamak için kullanılır. Ayrıca, günümüzde Vs30 değeri, mühendislik kaya derinliğinin belirlenmesi ile birlikte yeni nesil azalım ilişkisi modellerinde bir zemin sınıflandırma parametresi olarak da kullanılmaktadır (Abrahamson and Silva, 2008; Boore and Atkinson, 2008). (MASW: Multi-Channel Analysis of Surface Waves) bağlı dispersiyon eğrisi elde edilecektir. (Park et al., 1997) tarafından geliştirilen MASW yöntemi katmanlı bir zemin modelinde Rayleigh dalgasının oluşmasında baskın bir etkiye sahip S dalgasının dönüşmüş faz hızının tersinden bir boyutlu S dalga hızını elde etmede kullanılmaktadır (Park et al., 2001, 2007). MASW yöntemi ile 0.1 Hz-50 Hz frekans aralığına sahip yüzey dalgalarının dispersif özellikleri kullanılarak mühendislik sismolojisine dönük sığ yapıların özelliklerinin belirlenmesi amaçlanır. MASW yöntemi veri toplama, dispersiyon eğrisinin belirlenmesi ve ters çözüm olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilir.

**3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA / THE RESEARCH FINDINGS AND DISCUSSION**

*Çalışmanın amacına yönelik uygulanan yöntemler sonucunda neler bulunduğu verilir ve tartışılır. Birden fazla yöntem kullanılmış ise her bir yöntemden elde edilen bulgular kendi içinde değerlendirilir ve yorumlanır. Kullanılan yöntemlerin karşılaştırması yapılır ve tartışılır. Elde edilen bulgular, istatistik yöntemlerle yorumlanır ve tartışılır.*

Kaydın başlangıcı doğrudan gelen ve kırılarak gelen P-dalgası ile işaretlenir. Kaydın devamında hidrolik çekicin oluşturduğu vuruş sesi farklı filtreler kullanılarak kayıt üzerinde ayırt edilebilir. Beklenildiği gibi ses dalga hızı kayıt üzerinde yaklaşık 340 m/s’dir. Kaydın son bölümünü ise dispersif özelliğiyle dikkat çeken Rayleigh dalgalarından oluşur (Şekil 3).

**metin, çizgi, öykü gelişim çizgisi; kumpas; grafiğini çıkarma, diyagram içeren bir resim

Açıklama otomatik olarak oluşturuldu**

**Şekil 3**. Eskişehir Sakintepe MASW ölçüm kaydı. Toplam hat uzunluğu 235m, atış mesafesi -15m, jeofon aralıkları 5m’dir. Kayıt üzerinde ana dalga fazları işaretlenmiştir.

**Figure 3**. MASW measurement record for Sakintepe location. The line length is 235 meters, the shot distance is -15 meters, and the geophone intervals are 5 meters. On the seismic section, the main wave phases are marked.

**4.SONUÇLAR / RESULTS**

*Bu bölümde, öncelikle girişteki amaç ifade edilerek, bulgular ve tartışma bölümündeki en önemli değerlendirmeler, kısa, öz ve anlaşılır cümlelerle farklı biçimde ifade edilerek, araştırmanın literatüre olan katkısı, yaygın etkisi ve geliştirme önerilerine yer verilir.*

Ağırlık miktarı arttırılmış serbest ağırlık düşürmeli sismik bir kaynak olan ESTÜ WD500 temel özelliklerinin yanı sıra kent içi ve eğimli arazilerde kullanım, güvenli taşıma ve uygulama özellikleriyle sismik yansıma, sismik kırılma ve MASW yöntemlerinde sismik kaynak ihtiyacını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. 10 kg balyoz verileri, geliştirilmiş 500 kg serbest ağırlık düşürmeli sismik kaynak verilerine kıyasla daha yüksek frekanslı sinyallerle karakterize edilirken, geliştirilmiş kaynak, daha geniş bir frekans aralığında daha yüksek sinyal enerjisi iletimi ve daha fazla sinyal penetrasyonu olan sinyaller üretebilmiştir. ESTÜ WD500’ün, P Gun ve 300 kg ağırlık düşürmeli sistemlerle de kıyaslandığında frekans aralığı ve genliğinin beklenen performansta olduğu görülmüştür. Ayrıca geliştirilen sismik kaynağın tekrarlanabilirliği balyoz ve diğer kaynaklara göre oldukça yüksektir.

4.TEŞEKKÜR / ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışma 22ADP020 numaralı ESTÜ-102-Araştırma Destek Projesi kapsamında Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

**KAYNAKLAR / REFERENCES**

[*Atıf ve kaynaklar için* ***APA6*** *kuralları geçerlidir.*](https://apastyle.apa.org/instructional-aids/reference-examples.pdf)

Abe, S., Kobayashi, Y., Ikawa, T., 1990. Seismic characteristics of the weight-dropping source. Journal of Physics of the Earth 38, 189-212.

Abrahamson, N., Silva, W., 2008. Summary of the Abrahamson & Silva NGA ground-motion relations. Earthquake spectra 24, 67-97.

Aki, K., Richards, P., 1980. Quantitative Seismology, Theory and Methods, Vol. 1, WH Freeman and Co. San Francisco, California.

Baeten, G., Fokkema, J., Ziolkowski, A., 1988. Seismic vibrator modelling Modelisation de vibrateur sismique. Geophysical Prospecting 36 (1), 22-65.(1988).

Blau, L.W., 1937. Seismic reflection method. Google Patents.

Boore, D.M., Atkinson, G.M., 2008. Ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods between 0.01 s and 10.0 s. Earthquake spectra 24, 99-138.

Denness, B., Conway, B.W., McCann, D.M., Grainger, P., 1975. Investigation of a coastal landslip at Charmouth, Dorset. Quarterly Journal of Engineering Geology 8, 119-140.

Doornenbal, J., Helbig, K., 1983. High Resolution Reflection Seimics on a tidal flat in the Dutch Delta-acquisition, processing and interpretation. First Break 1, 9-20.

Hampshire, J., O’Donnell, J., 2013. The Seismic HammerTM: A 16 MJoule seismic source with flat output spectrum from 10 s to 250 Hz, The 2013 IRIS Seismic Instrumentation Technology Symposium.

Hartantyo, E., 2016. A test of mobile weight-drop for surface wave seismic data acquisition, AIP Conference Proceedings. AIP Publishing LLC, p. 100004.

Hunter, J.A., Burns, R.A., Gagne, R.M., Good, R.L., MacAulay, H.A., 1982. Mating the digital engineering seismograph with the small computer-some useful techniques. Geological Survey of Canada In: Current Research, Part B, 131-139.

Kasahara, K., 1955. 28. Experimental Studies on the Mechanism of Generation of Elastic Waves V.

Knapp, R.W., Steeples, D.W., 1986a. High-resolution common-depth-point seismic reflection profiling: Instrumentation. Geophysics 51, 276-282.

Knapp, R.W., Steeples, D.W., 1986b. High-resolution common-depth-point reflection profiling: Field acquisition parameter design. Geophysics 51, 283-294.

Kurt, H., İşseven, T., Tün, M., 2020. Sapanca Gölü ve Civarının Aktif Tektoniğinin Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması. TÜBİTAK

Lankston, R.W., 1989. The seismic refraction method: A viable tool for mapping shallow targets into the 1990s. Geophysics 54, 1535-1542.

Lei, X., Zhang, J., Jin, W., Han, C., Xu, X., 2020. The application of ambient noise and reflection seismic exploration in an urban active fault survey. Interpretation 8, SU1-SU10.

Mereu, R., Uffen, R., Beck, A., 1963. The use of a coupler in the conversion of impact energy into seismic energy. Geophysics 28, 531-546.

Miller, R.D., Pullan, S.E., Steeples, D.W., Hunter, J.A., 1992. Field comparison of shallow seismic sources near Chino, California. Geophysics 57, 693-709.

Mooney, H.M., 1974. Some numerical solutions for Lamb's problem. Bulletin of the Seismological Society of America 64, 473-491.

Olafsdottir, E.A., Bessason, B., Erlingsson, S., 2018. Combination of dispersion curves from MASW measurements. Soil Dynamics and Earthquake Engineering 113, 473-487.

Omnes, G., Robert, P., 1982. P-shooter—A Fast Seismic Source for Shallow Exploration. AAPG Bulletin 66, 1697-1697.

Özdemir, A., 2013. Geliştirilmiş Ağırlık Düşürme Tipi Sismik Kaynak Donanımlı Araç Tasarımı. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (elektronik) 11, 61-73.

Özel, O., Yalçınkaya, E., Tün, M., Pekkan, E., Kaplan, O., Özmen, Ö.T., 2019. Kabuk Depremleri Nedeniyle Oluşan Kuvvetli Yer Hareketinin Tahmini için Jeolojik Yapıların Modellemesi Ortak Araştırması. TÜBİTAK

Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., 1997. Multi-channel analysis of surface waves using Vibroseis (MASWV), SEG Technical Program Expanded Abstracts 1996. Society of Exploration Geophysicists, Kansas Geological Survey, pp. 68-71.

Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., Ivanov, J., 2007. Multichannel analysis of surface waves (MASW)—active and passive methods. The Leading Edge 26, 60-64.

Pullan, S., MacAulay, H., 1985. A new source for engineering seismic surveys, SEG Technical Program Expanded Abstracts 1985. Society of Exploration Geophysicists, pp. 168-170.

Rabbel, W., 2006. Seismic methods, Groundwater geophysics. Springer, pp. 23-83.

Raptakis, D., Makra, K., 2015. Multiple estimates of soil structure at a vertical strong motion array: Understanding uncertainties from different shear wave velocity profiles. Engineering Geology 192, 1-18.

Safar, M., 1976. The radiation of acoustic waves from an air‐gun. Geophysical Prospecting 24, 756-772.

Scheffers, B.C., Arts, R., Meekes, S.A., Otte, W., 1997. Special aspects of acquisition of 2D HRS data using dynamite and Vibroseis sources, 59th EAGE Conference & Exhibition. European Association of Geoscientists & Engineers, pp. cp-131-00306.

Schuck, A., Lange, G., 2007. Seismic methods, Environmental Geology. Springer, pp. 337-402.

Seyitoğlu, G., Esat, K., Oruç, B., Pekşen, E., Kaypak, B., Koca, B., Aktuğ, B., Mutlu, S., 2021. Bursa Civarında Deprem Kaynağı Olabilecek Diri Fayların Jeolojik ve Jeofizik Yöntemlerle Saptanması. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Ulusal Deprem Araştırma Programı (UDAP).

Sharpe, J.A., 1942. The production of elastic waves by explosion pressures. I. Theory and empirical field observations. Geophysics 7, 144-154.

Sopacı, E., Akgün, H., 2015. Geotechnical assessment and engineering classification of the Antalya tufa rock, southern Turkey. Engineering Geology 197, 211-224.

Steeples, D.W., 1998. Shallow seismic reflection section—Introduction. Geophysics 63, 1210-1212.

Steeples, D.W., Miller, R.D., 1988b. Seismic reflection methods applied to engineering, environmental, and ground-water problems, 1st EEGS Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems. European Association of Geoscientists & Engineers, pp. cp-214-00005.

Steeples, D.W., Miller, R.D., 1998. Avoiding pitfalls in shallow seismic reflection surveys. Geophysics 63, 1213-1224.

Suarez, G.M., Stewart, R.R., 2009. Seismic source comparison for compressional and converted-wave generation at Spring Coulee, Alberta, 2009 SEG Annual Meeting. OnePetro.

Tün, M., Pekkan, E., Mutlu, S., Ecevitoğlu, B., 2015. Alternative Energy Sources in Seismic Methods, EGU General Assembly Conference Abstracts, p. 8719.

Wardell, J., 1970. A comparison of land seismic sources. Geoexploration 8(3-4), 205-229.

Williams, R.A., Stephenson, W.J., Odum, J.K., 2003. Comparison of P-and S-wave velocity profiles obtained from surface seismic refraction/reflection and downhole data. Tectonophysics 368, 71-88.

Yilmaz, O., Eser, M., Berilgen, M., 2006. Seismic, geotechnical, and earthquake engineering site characterization, SEG Technical Program Expanded Abstracts 2006. Society of Exploration Geophysicists, pp. 1401-1405.

Yordkayhun, S., Suwan, J.N., 2012. A university-developed seismic source for shallow seismic surveys. Journal of Applied Geophysics 82, 110-118.

Ziolkowski, A., Lerwill, W., 1979. A simple approach to high resolution seismic profiling for coal. Geophysical prospecting 27, 360-393.