ZEMİN SINIFI VE TABAKAŞMA'NIN ReMi (KIRILMA-MİKROKIRINIM) TEKNİĞİ İLE BELİRLENMESİ: ISPARTA, ÇÜNÜR ÖRNEĞİ

A. Silahtar [1] ve M.Z. Kanbur [2]

[1] *Araştırma Görevlisi, Jeofizik Müh. Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya*
[2] *Yardımcı Doçent Doktor, Jeofizik Müh. Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta*
Email: asilahtar@sakarya.edu.tr

ÖZET:

Sismik Kırılma-Mikrokırınım (ReMi) tekniği son yıllarda birçok araştırmacı tarafından 30 metre derinliğe kadar ki S-Dalgası hız bilgisini ortaya çıkarmak için kullanılan önemli bir tekniktir. Bu çalışmada Isparta yerleşim alanı kuzeyinde kalan Çünür bölgesinde zeminde oluşan tabakalaşmayı tespit etmek ve 30 m derinlikteki S-Dalgası hızını (V_S30) ortaya çıkararak üst yapıya ait mühendislik parametrelerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Deprem Yönetmeliği ve EC8 (Eurocode 8) tarafından zemin sınıfının tayininin V_S30 hız bilgisine göre yapılması önerildiğinden, zemine ait V_S30 üst yapı çalışmalarında kullanılan önemli bir bilgidir. Remi tekniği bu bilgiyi elde etmede kullanılan diğer teknikler için sorun yaratan şehir gürültüsünü kullanması ve pratik olarak uygulanması gibi özellikleri ile öne çıkmaktadır. Çalışma alanında 3 km'lik profil üzerinde belirlenen 13 noktadan elde edilen veriler değerlendirilerek Vs derinlik-hız kesiti elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde V_S30'un 277-309 m/s arasında değiştiği, yerel zemin sınıfına göre Z3, EC8 (Eurocode 8)'e göre zemin sınıfına göre ise C sınıfı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmayla yerleşim alanlarında 100 metre derinliğe kadar sismik kaynak kullanmadan zemine ait mühendislik parametrelerinin elde edilebildiği gösterilmiştir.

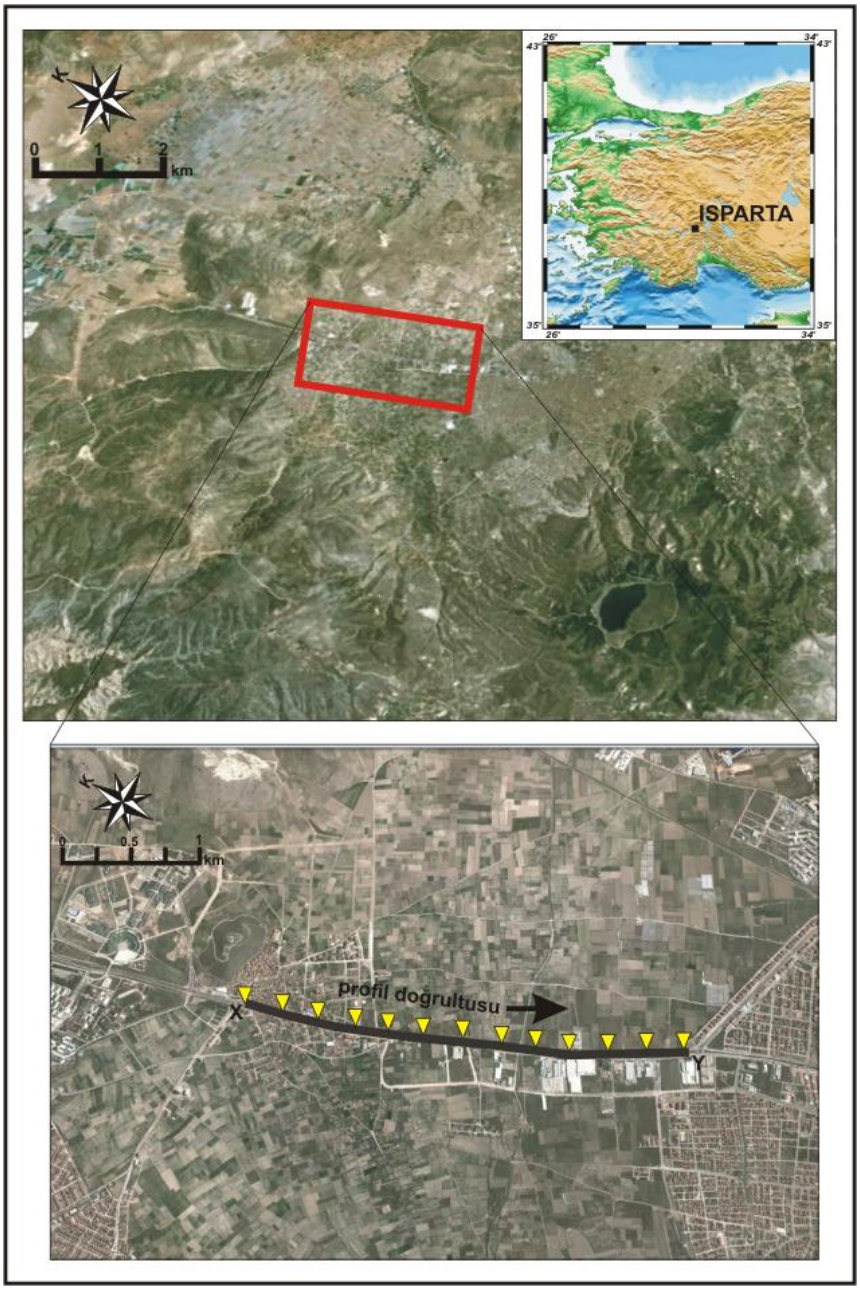
ANAHTAR KELİMELER: ReMi tekniği, Vs30, zemin sınıfı.

1. GİRİŞ

Çökel havzalarda ana kaya topografyası ve ana kaya üzerindeki çökellerin deprem dalgasına karsı tepkilerinin bilinmesi depremle mücadele açısından çok önemli konulardan biridir. Zeminine ait dinamik parametreler deprem esnasında zeminin nasıl hareket edeceğini göstermektedir. (Scott vd., 2004, Anderson vd., 2007, Kanbur vd., 2008, Kanbur ve Kanbur, 2009). Bu sebep itibariyle deprem etkilerini önceden tahmin edebilmek ve depremle etkili bir şekilde mücadele etmek için, zemin sınıflaması gibi yer özelliklerini ortaya koymak gereklidir. Zeminin deprem dalgalarına karşı nasıl hareket edeceğini gösteren en önemli parametre V_S30 bilgisidir.

Son yıllarda Vs30 bilgisini elde etmek için geliştirilen en önemli tekniklerden biri ReMi yöntemidir. Yöntem yeterli açılım ile kaynak kullanmaksızın 100 m derinliğe kadar zeminin tabaklaşmasını ve bu tabakalaşma içerisindeki kayma dalgası hız yapısı belirlemede etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Louie, 2001; Antony J.M. ve John G.D., 2004; Anderson vd., 2007; Kanbur vd., 2008; Kanbur vd., 2011). Şehir gürültüsünün yoğun alanlarda bile standart sismik kırılma ekipmanı ile kolay uygulanabilirliği ekonomik açıdan da yöntemin önemini ortaya koymaktadır.

Araştırma bölgesinin kuzeyinde Kanbur vd. (2008)'de yaptıkları çalışmada üç ana Vs hız seviyesi tespit etmişlerdir. Hız değerler ilk 10-15 m derinlik için 220-350 m/s, orta seviye olarak değerlendirilen 50 m derinliğe kadar ki seviye için 350-550 m/s, en alt seviye olarak kabul edilen 50-100 m derinlik değerlerinde 750-1200 m/s olarak tespit edilmiş.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Benzer şekilde Kanbur ve Kanbur (2009)'da Isparta'nın güneyinde 4 km^2'lik alanını kapsayan çalışmalarında Vs30 hız değerlerini ve Vs30'a göre ana kaya seviyesi olarak kabul edilen 760 m/s hız değerlerine ulaştığı noktalarda zemin hakim titreşim periyodlarını hesaplamışlardır. Bu veriler doğrultusunda çalışma alanın zemin hakim titreşim periyodu ve Vs30 haritalarını oluşturmuşladır. Bu haritalar ışığında çalışma alanın EC8'e (Tablo 1) göre C ve D olmak üzere 2 ayrı zemin sınıfı grubuna girdiğini ortaya koymuşlardır.

Bu çalışmada bu iki alan arasında kalan Çünür bölgesinde (Şekil 1) olası bir deprem esnasında zeminin nasıl bir özellik göstereceği Vs30 hız bilgisine dayanarak ortaya konması hedeflenmiştir. Elde edilen sonuçların bölgedeki yapılaşmada zemin-yapı etkileşimine katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Tablo 1. EC8 göre zemin sınıflaması(Kanbur ve Kanbur 2009'dan düzenlenmiştir)

Zemin Cinsi	Zemin Özelliği	S-dalgası Vs30 m/s
A	Kaya	>760
B	Sıkı zemin yada zayıf kaya	360-760
C	Sıkı zemin	180-360
D	Gevşek zemin	<180

2. YÖNTEM

Bu çalışmada, Louie (2001) tarafından geliştirilen ReMi tekniği 100 metre derinliğe kadar tabakaların derinlik ve Vs30 hız bilgisini ortaya koymak için kullanılmıştır. Yöntem, Isparta'nın Çünür bölgesinde 3 km'lik bir hat boyunca uygulanmıştır(Şekil 1).Yöntem doğal gürültülerin yanında doğal olmayan gürültülerden yer içerisinde dispersiyon özelliği gösteren Rayleigh dalgalarının analizini sağlayarak Vs hızının elde edilmesini sağlar. ReMi yer içerisinde titreşim oluşturacak çevresel gürültülerin kaydedilmesi ve bu gürültülerin frekans ortamına aktarılıp değerlendirilmesi olmak üzere iki prensibe dayanır.

Çalışma sahasından metodolojiye uygun şekilde gürültü kaydı elde edilmesinden sonra kayma dalgası hız bilgisinin elde edilmesi temel olarak 3 adımdan oluşmaktadır. Birinci adım aşağıda verilen ifadeyle düşey parçacık hızının $p-\tau$ dönüşümünün yapılmasıdır (Thorson ve Clearbout, 1985).

$$A(p = p0 + ldp, \tau = kdt) =$$

$$\Sigma A(x = jdx, t = idt = \tau + px \tag{1}$$

$p-\tau$ dönüşümü, çeşitli x noktalarında aynı anda ölçülmüş izlerden oluşan bir sismik kayıt $(A(x,t))$ boyunca çizgisel entegral olarak tanımlanmaktadır. Yavaşlık olarak tanımlanan $p = dt/dx, x$ doğrultusundaki eğimi verir. x ve t Δx ve Δt şeklinde ayrıklaştırılır. Yavaşlık entegrali bu ayrık değerlerin toplamından oluşur. Dönüşümde ortaya çıkan eğimler boyunca belirlenen τ değerine karşı gelen x değerlerinden p değeri belirlenir. Eğimi veren bu doğru boyunca her izdeki genliklerin toplamı, belirlenen τ ve p çiftine karşılık gelecektir ki bu faz hızını verir. İkinci adım veriyi $p-\tau$ ortamından $p-f$ ortamına McMechan ve Yedlin (1981)'in gösterdikleri gibi Fourier dönüşümü yapılır.

$$F(p, f = mdf) = \sum A(p, \tau = kdt)e^{i2\pi mkdf} \tag{2}$$

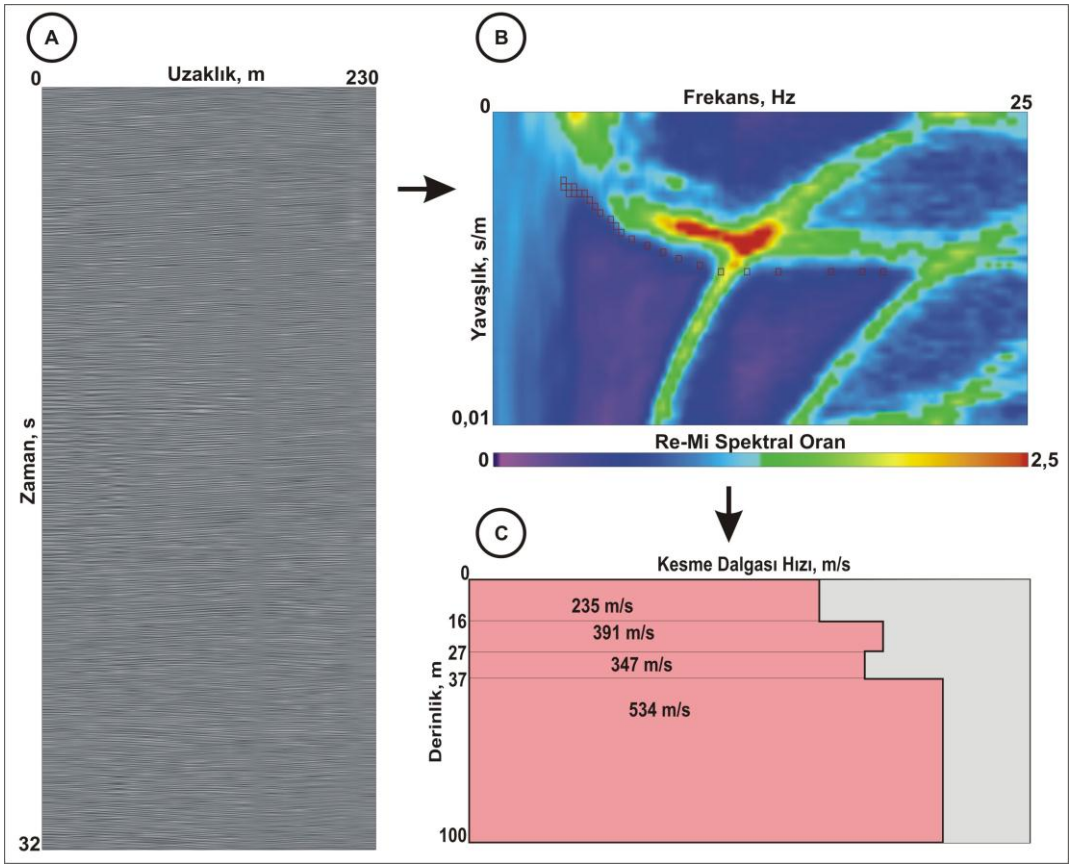
Bu dönüşümün ardından üçüncü adımda da Louie (2001) tarafından gösterildiği gibi güç spektrumu alınır. Güç spektrumu $F(p, f)$ ile onun karmaşık eşleniğinden oluşur. Bu şekilde alıcı profili boyunca $p-\tau$ çiftinin düz ve ters yöndeki dönüşümlerinin toplamı alınır. Böylece her iki yöndeki yavaşlık değerlerinin tek bir $|p|$ ekseninde toplanması sağlanır ve toplam $S(|p|,f,)$ $|p|$, f uzayında elde edilmiş olur. Bu dönüşümden arka arkaya uygulanması sonucunda uzaklık zaman (x,t) ortamında bulunan sismik kayıt hızın tersi olan yavaşlama ve frekans (p, f) ortamına dönüştürülmüş olur.

2.1. Yöntemin Uygulaması

Teorisini anlattığımız yöntem uygulamada veri kazanımı, veri işlem ve ters çözüm olmak üzere üç adımda gerekleşmektedir(Şekil 2). Çalışmada 24 adet 4.5Hz'lik jeofon 10 metre doğrusal olarak aralıklandırılmış ve maksimum açılım 230 m'ye ulaşması sağlanmıştır. Maksimum açılım 230 m olduğu için 32 sn'lik gürültü kaydı 2ms örnekleme aralığı ile örneklenmiş ve 13 ölçüm noktasında 10-15 aralığında gürültü kaydı alınarak ReMi spektral oranının yükseltilmesi hedeflenmiştir.

Şekil 2a profil üzerinde altı numaralı ölçüm noktasında alınan ReMi kayıtlarından birini göstermektedir. Bu şekilde araziden veri toplama işlemi gerçekleştirildikten sonra ikinci aşamaya geçilir. Burda yapılması gereken zaman-uzaklık ortamındaki veriyi τ-p dönüşümü yapılarak güç spektrumlarının elde edilmesi işlemidir (Şekil 2b). Bu aşamada her bir ölçüm noktasında 10-15 aralığında alınan gürültü kayıtlarının güç spektrumları tek tek incelenip, üst üste yığılarak ortalamaları alınmış ve veri kalitesi arttırılmıştır. Şekil 2b' de siyah kutucuklar ile ReMi spektral oranın ortalaması olan açık mavi bölgede disperiyon eğirisi (her bir frekans değerine karşılık gelen yavaşlık değeri) seçimi gerçekleştirilmiştir. Burada önemli olan mümkün olduğunca seçilen kutucukların bu bölgenin dışına taşmamasıdır.

Üçüncü ve son aşamada güç spektrumu üzerinde uyumlu faza karşılık gelen frekans değerleri işaretlenerek frekans bağımlı faz hızı eğrisi elde edilmesinin ardından kurumsal veri ile frekans bağımlı yavaşlık eğrisinin ters çözümü ile derinlik Vs hız kesitinin elde edilmesidir(Şekil 2c).



Şekil 2. Remi verisinin analiz aşamalarının 6 numaralı atış üzerinde gösterimi

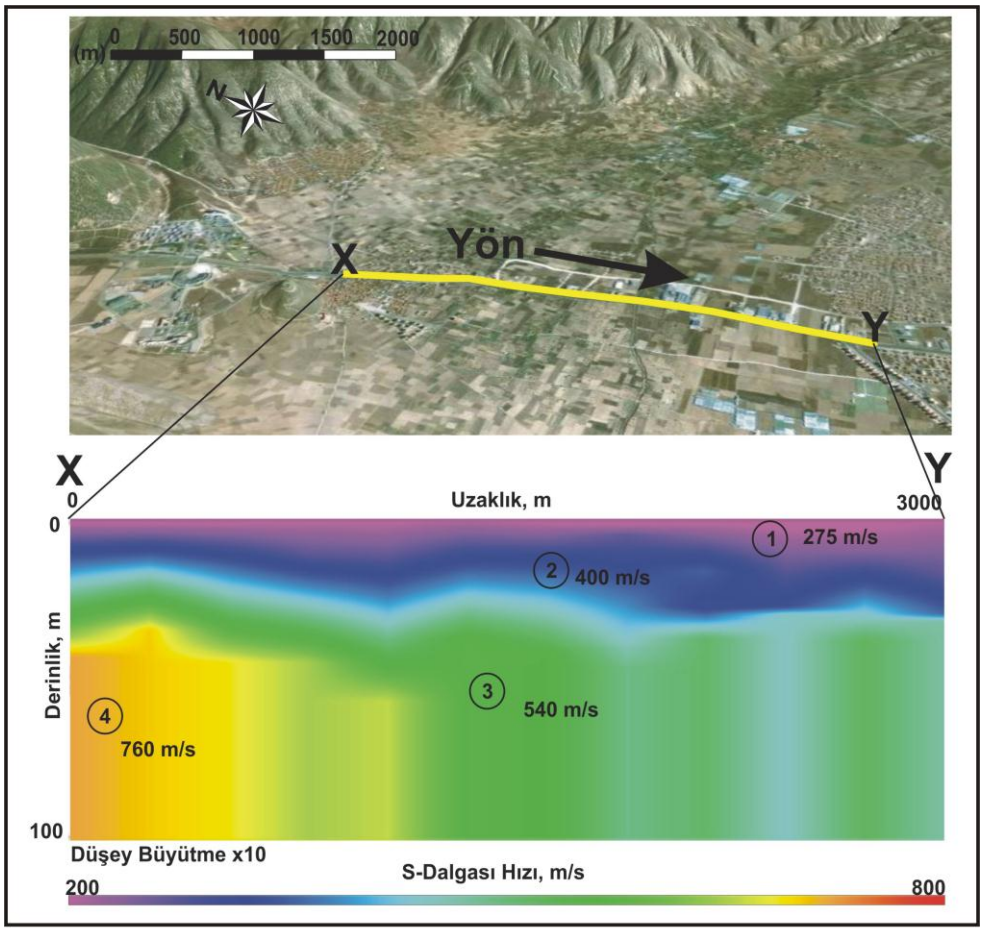
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Isparta'nın Çünür yerleşim alanını kapsayan bölgede kayma dalgası hızı ve V_S30 hızı yüzey dalgası analiz yöntemlerinden ReMi tekniği ile ortaya çıkarılamaya çalışılmıştır.

Çünür ve şehir merkezi arasında kalan ova üzerinde yaklaşık 3 km'lik bir profil boyunca elde edilen ReMi verisi tek tek işlenerek hız-derinlik ortamına dönüştürülmüş ve tek boyutlu bu bilgiler birleştirilerek iki boyutlu hız-derinlik kesiti elde edilmiştir(Şekil 3). Kesit yatayda 3000 metre uzaklığı düşeyde 100 metreyi göstermektedir. Kesit incelendiğinde, düşey yönde 4 farklı ana hız ortamı göze çarpmaktadır. Bu hızlar aşağıdaki eşitlikte yerine konularak V_S30 hızının, 277-309 m/s arasında değiştiği hesaplanmıştır.

$$V_{ort} = \sum_{i=1}^{n} \frac{v_i t_i}{t_i} \qquad (3)$$

Burada V_{ort} kesme dalgasının istenilen derinliğe kadar ki hızını, t zamanı ifade etmektedir.



Şekil 3. Çalışma alanından elde edilmiş iki boyutlu ReMi kesiti

Profil boyunca hesaplanan V_S30 hızları tablo 1 de gösterilen EC8'e göre C sınıfı, tablo 2 de gösterilen yerel zemin sınıfında ise Z3 sınıfını ifade ettiği ortaya konmuştur.

Tablo 2. Deprem yönetmeliğine göre zemin sınıflaması

Zemin Cinsi	Kayma Dalgası Hızı(Vs) m/s
Z1- Çok Sert	>700
Z2-Sıkı- Katı	400-700
Z3-Orta Sıkı	200-400
Z4 -Bozuşmuş Gevşek Yumuşak	<200

Araştırma bulgularının çalışma alanı çevresinin kuzey kısmını kapsayan Kanbur vd., (2008)' in yaptığı çalışma ile uyum gösterdiği ve sonuçların birbirini desteklediği görülmüştür. Ancak bu çalışmadan farklı olarak 50-100 m arsında değişen derinliklerde sadece profilin ilk 750 m' lik kısmında maksimum V_S hızı değeri 760 m/s' ye kadar ulaşabildiği görülmüştür. Buradan ana kayanın çalışma alanında daha derinde olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum Kanbur ve Kanbur (2009)' da Çünür bölgesinin güneyinde kalan şehir merkezini kapsayan çalışmadan da açıkça görülebilmektedir.

Sonuç olarak; pasif kaynaklı 24 kanallı sismik ekipman kullanımıyla yerleşim alanlarının Vs30 hız yapısı, değişimi ve tabakalaşması etkin bir şekilde belirlenebilir, Göreli sığ veya 100 m'yi geçmeyen havza kenarlarında ana kaya derinlik dağılımı elde edilebilir.

KAYNAKLAR

Anderson, N., Thitimakorn, T., Ismail, A. and Hoffman, D. (2007). A comparison of four geophysical methods for determining the shear wave velocity of soils. Environmental and Engineering Geoscience 13 (1), 11-23.

Antony J.M. and John G.D. (2004). Practical experience using a simplified procedure to measure average shear-wave velocity to a depth of 30 meters (Vs30). 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada August 1-6, Paper No. 952

Kanbur, Z., Görmüş, M., Kanbur, S. (2008). Isparta yerleşim alanı kuzey kesiminin sığ S-Dalgası kesitinin çıkarılmasında Kırınım-Mikrotitreşim Tekniğinin (ReMi) kullanılması. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri dergisi 29(2), 76-86.

Kanbur, Z., Kanbur, S. (2009). Isparta Şehir Merkezi Kuzeyinin Sismik Kırılma-Mikrotitreşim (ReMi) Tekniği ile S-Dalgası Hız Dağılımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 13(2), 156-172.

Kanbur, Z., Silahtar, A., Özsoy, C.(2011). Sığ Sismik Yansıma, MASW ve ReMi Yöntemleri ile Sığ Yapıların İncelenmesi: Isparta Yerleşim Merkezi Kuzeyi Pliyo-Kuvaterner Çökel Yapı Örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 15-3(2011), 224-232.

Louie, J.N. (2001). Faster, better: shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays. Bulletin of the Seismological Society of America 91(2), 347-364.

McMechan, G.A. and Yedlin, M.J. (1981). Analysis of dispersive waves by wave-field transformation. Geophysics 46, 69-874.

Scott JB., Clark M., Rennie T., Pancha A., Park H., Louie JN. (2004). A shallow shear-wave velocity transect across the Reno, Nevada, area basin. Bulletin of the Seismological Society of America 94(6), 2222

Thorson, J.R. and Claerbout, J.F. (1985). Velocity-Stack and Slant-Stack Stochastic Inversion. Geophysics 50, 2727-2741.