

## İstanbul-Atakent bölgesi (batı kısmının) yeraltı yapısının araştırılması ve modellenmesi

Ersin Dağ<sup>1\*</sup>, Ayhan Keskinsezer<sup>2</sup>

20.09.2016 Geliş/Received, 15.11.2016 Kabul/Accepted

doi: 10.16984/saufenbilder.296993

### ÖZ

Bu çalışmada, İstanbul-Atakent bölgesinde daha sonra yapılması planlanan mühendislik yapıları öncesi, zemin özellikleri ve yer hareketleri nedeniyle doğabilecek olan problemlere karşı alınması gereken tedbirler amacıyla yer altı yapılarının modellenme çalışması gerçekleştirilmiştir. Sondaj kuyularından elde edilen malzeme bilgileri ve litolojik kesit doğrultuları Ceylan Formasyonu, Danişmen Formasyonu ve Çekmece Formasyonu üzerindedir. Çalışmalarda jeofizik yöntemlerden çoklu elektrot yöntemi ile çok kanallı yüzey dalgası analizi (MASW) yöntemi uygulanmıştır ve elde edilen sonuçlar sondaj kesitleri ile karşılaştırılmıştır. Jeofizik yöntemlerden elde edilen özdirenç değişimleri, sismik ortamlar ve mevcut topografyada varlığı görülen derelerin izleri 2B ve 3B grafiklerde işaretlenmiştir. Tüm sonuçların uyum içerisinde olduğunun tespitinden sonra inceleme sahasının yeraltı modellemesi yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sondaj Kuyusu, Yüzey Dalgası Analizi, MASW Yöntemi, Elektrik Özdirenç, Modelleme

## İstanbul-Atakent region (the western portion) the underground investigation and modelling

### ABSTRACT

In study, the prior engineering structures planned to be done later in İstanbul-Atakent region, a modeling study of underground structures has been carried out for the purpose of to be taken against the problems that may arise due to soil properties and ground movements. Material information obtained from drilling wells and line sections are on the Ceylan Formation, Danişmen Formation and Çekmece Formation. Multiple electrode method from geophysical methods and Multi-channel surface wave analysis methods were used in the studies and obtained results were compared with the drilling sections. The resistivity changes obtained from geophysical methods, traces of seismic environments and existing skies of existing topography, it is marked in 2D and 3D graphics. Underground modeling of the examination area was made, after the determination that all the results are in accordance.

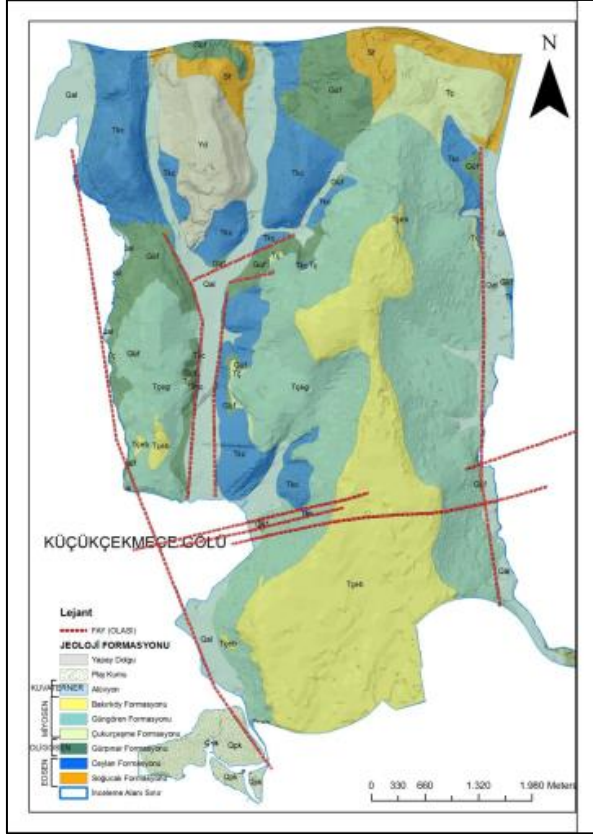
**Keywords:** Drilling Wells, Surface Wave Analysis, MASW Method, Electrical Resistivity, Modelling

\* Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği, Sakarya - ersindag1989@hotmail.com

2 Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği, Sakarya - ayhank@sakarya.edu.tr





Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (İ.B.B. 2007'den değiştirilerek) (Geology map of the study area) [3].

Danişmen Formasyon'u Trakya'da akarsu, ova, göl ve bataklık ortamlarında temsil edilmektedir. Yüksek oranda kumtaşı, çakıltaş ve miltaşı arakatlı, kiltası ve şeyllerle temsil edilir [1]. Formasyon toplamda beş üyeye ayrılmaktadır ve bunlardan sadece Gürpınar Üyesi inceleme sahasında gözlemlenmiştir [2]. Küçükçekmece gölünde batı kısımlarda ve kuzeyde gölün iki tarafında, yüksek oranda vadi tabanında ve yamaçlarda açığa çıkarak kendini göstermektedir. Gürpınar Üyesi gevşek kumtaşı ile miltaşı ara katlı kiltası-şeyl türü kırıntılardan meydana gelmektedir. Egemen kaya türü ince kum-mil ara katlı kil-kiltasıdır. Taze halinde kiltası morumsu, yeşil-koyu kül rengine, ayrılmış halinde boz-açık kül rengine sahiptir. Gürpınar Üyesi Üst-Miyosen yaşlıdır [1][2].

Çekmece Formasyonu İstanbul'un batı yakasında Marmara denizi kıyıları ile Karadeniz kıyıları arasında bulunmaktadır. Formasyon'da en altta kum, üstünde ise kil-mil-kum-kireç bulunur. Formasyonu'nun egemen kaya birimi kireçtaşlarıdır [1]. İnceleme sahasında ise Çekmece Formasyonu'nun Güngören Üyesi gözlemlenmiştir. Üye kum-mil arakatlı killerden oluşmaktadır. Üye'de egemen birim cinsi yeşil renkli killerdir. Üye'ye ait net kesitler Küçükçekmece gölünün doğu kısımlarında, Avcılar ve Firuzköy sınırlarında

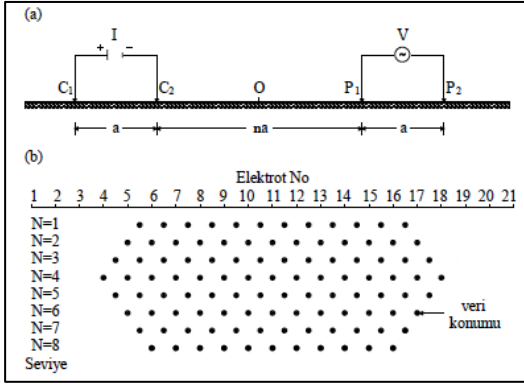
görülmektedir. Denizel ortam, göl veya bataklığı ifade etmektedir. Orta sertliğe sahip ve şişmeye duyarlı pekişmiş vaziyette ve Üst Miyosen yaşlıdır [1][2].

İnceleme sahasının da içerisinde yer alan bölge, yapılaşma bakımından son derece aktiftir. Bu nedenle çeşitli inşa ve alüvyon düzlüklerin doldurulması gibi kaynağı çokta bilinmeyen yapay zemin durumuna gelmiş dolgular bölgede yaygın durumdadır. Kalınlıklarının 3 ile 5 m'den yer yer 10 ile 40 m'lere kadar değiştiği ve hatta bazı bölgelerde bu rakamlarında üzerinde olduğu bilinmektedir. Tarihsel etkininde sebebiyet vermesi sonucu düzensiz yapıya kavuşmuş ve doğal zeminden ayırt etmek oldukça güçleşmiştir. İnceleme sahasında da olduğu gibi killerden oluşmaktadır ve içeriğindeki tuğla parçacıkları, moloz vb. unsurlar sayesinde ayırt edilebilmektedir.

### 3. YÖNTEMLER (METHODS)

#### 3.1. Çoklu Elektrot Sistemi (Multi Electrode System)

Son zamanlarda, gelişen elektronik ve bilgisayar biliminin evrimi, seçilen bir doğrultuda sondaj-profil ölçüsü elde edilmesine imkan verecek şekilde otomatik olarak değiştirilebilen çok elektrotlu özdirenç ölçü sisteminin geliştirilmesine neden olmuştur. Toplanan ölçüler sonucu ulaşılan görüntüye (yani görünür özdirenç yapma kesitine) bir ters çözüm algoritması uygulanarak doğrultu boyunca belirlilerin derinliğe bağlı özdirenç değerleri hesaplanır [4]. Bu şekilde toplanan ölçüler sistematığı sondaj ve profil ölçü alma şeklinin birleştirilmiş hali olarak da yorumlanabilir. Belirli aralıklarla seçilen bir hat üzerine sıralanmış DES istasyonları gibidir. Bu şekilde tasarlanan ölçü alma tekniği sayesinde yatay ve düşey doğrultudaki mevcut özdirenç değişkenlikleri hakkında veriler elde edilebilir (Şekil 3). Eskiden beridir kullanılan standart tek kanallı ya da analog cihazlarla bu ölçülerin toplanması fazlaca zahmetli ve meşakkatli olacaktır. Bu nedenle çok kanallı ya da çok elektrotlu prensibe uygun sistemler tercih edilmelidir. Böylece oluşturulan ölçü alma sistemlerinde kullanılan elektrotlar eşit aralıklarla bir doğrultu boyunca yerleştirildikten sonra, ölçü alma cihazının yönetiminde olduğu sisteme bağlanır ve verilerin toplanmasına başlanılabilir. Bu yöntemle sahadan toplanan görünür özdirenç verileri, yatay ekseninde doğrultu boyunca dizilen elektrotların koordinatları ile düşey ekseninde de derinliğe bağlı akım elektrotlarının uzaklığına göre ölçeklenen verilerin konumlarına ait olana değerler konturlanarak görünür özdirenç kesitleri oluşturulur [5].

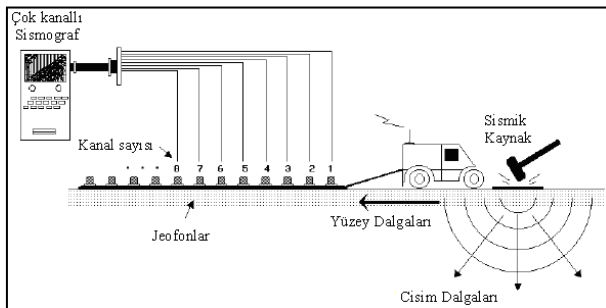


Şekil 3. Dipol-dipol elektrot diziliminde derinlik saptanması (Depth detection dipole-dipole of the electrode in lineup) [6]

### 3.2. Yüze Dalgalarının Çok Kanallı Analizi (Multi Channel Analysis of Surface Waves)

Yüze dalgalarının çok kanallı analiz yöntemi, şı mühendislik çalışmalarında son yıllarda tercih edilen yöntemler arasında yerini alan yüze dalgalarının spektral analiz yöntemi (SASW)'nin yanıt veremediği yerlere ışık tutmak amacıyla geliştirilen ve kullanılan bir yöntemdir. Yüze dalgalarının çok kanallı analizi ile çalışılırken balyoz, ağırlık düşürme, gun vb. aktif kaynaklı yöntemlerin yanı sıra doğal kaynaklı pasif dinleme yöntemi de kullanılabilir. (Şekil 4.). MASW yöntemi, Rayleigh dalgasının tabakalı olan yarı sonsuz yer küre modelinde yayılması ve S-dalga hızının belirleyici etkisine dayanan, bu şekilde de faz hızlarından S-dalgası hız profillerinin elde edildiği yöntemdir [7].

MASW yönteminde veri-işlem akış yolu sırasıyla, araziden elde edilen yani toplanan yüze dalgaları, faz hızı - frekans dönüşümü bir başka deyişle dispersiyon eğrisinin elde edilmesi ve S-dalgasının ters çözüm işlemine tabii tutulmasıdır. Burada sinyal/gürültü oranı dikkat edilmesi gereken önemli bir noktadır çünkü Vs hızının doğru şekilde bulunabilmesi için, sinyal/gürültü oranının yüksek olduğu, yerleşim yerlerinden uzak olacak alanlarda gürültü olabildiğince minimumlaştırılır.

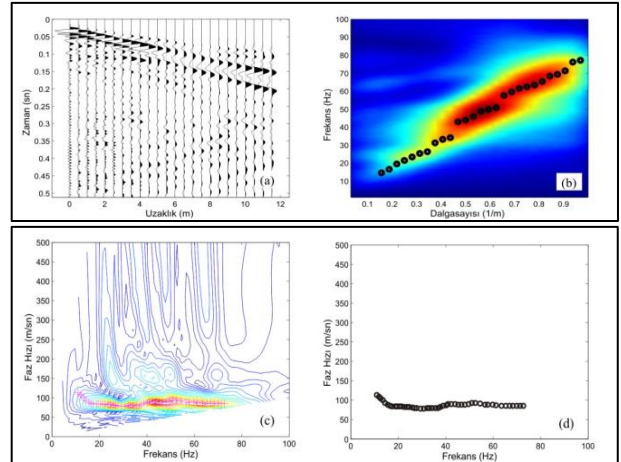


Şekil 4. Çok kanallı yüze dalgasının veri toplama düzeneği (Data acquisition mechanism of the multichannel surface wave) [8].

MASW yönteminde kaynak ile alıcılar aynı doğrusal doğrultuda dizildikten sonra çok kanallı sismik kayıtların

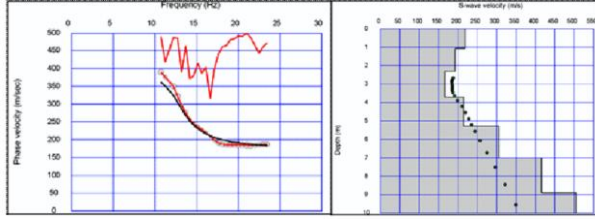
alımı kısmına geçilir. Kaynak ve alıcı aralığı ile ofset uzaklıklarına, elde edilmek istenen ground roll sinyallerinin kalitesini artırmak için dikkat edilmelidir [9]. Bu şekilde elde edilen saha kayıtlarının atış noktalarındaki değişik frekansları kullanılarak faz hızı hesaplamaları yapılmaktadır. Böylece verilerin frekansa ait faz hızları yani dispersiyon eğrileri elde edilmiş olur. Yer tepkisinin özelliklerine göre Rayleigh dalgasının dispersiyon eğrisi ile S dalgası hızı arasında bağ kurulur. Kurulan bu bağ sonucu ortaya çıkan ilişkinin birinci kısmı türev analizinden yüze dalgalarının yaklaşımı ortaya çıkar. Seçilen frekans aralığında, Rayleigh dalgasının dispersiyon eğrisi için tabakalı ortamlarda; P dalgası hızı, S dalgası hızı, kalınlık ve yoğunluk bilgilerinin elde edilmesi sağlanır. Rayleigh dalgasının dispersiyon eğrisinde “temel mod” olarak nitelenen baskın modda, S dalgası hızı kolaylıkla seçilebildiğinden bu değerlere ulaşılabilir [7] [10] [11].

Rayleigh dalgasının yüze dalgası analizi yönteminde en önemli nokta dispersiyon eğrisinin elde edilmesidir (Şekil 5.). Dispersiyon eğrisini elde etmek için farklı yöntem ve teknikler mevcuttur. Bunlar içerisinde en basit ve yaygın olan yöntem Guo ve Liu (1999)'e göre farklı konumlarda kaydedilen iki izin çapraz ilişkisi ile bulunmasıdır [7] [12].



Şekil 5. Dispersiyon eğrisinin çıkarılması (a) atış kaydı, (b) frekans-dalga sayısı (f-k) dönüşümü, (c) faz düzeltmesi ile hız spektrumu ve piklenmiş veri, (d) temel mod dispersiyon eğrisi (Removing the dispersion curves (a) shot record, (b) frequency-wave count f-k conversion, (c) phase correction with velocity spectrum and pickle up data, (d) basic mode dispersion curve) [7].

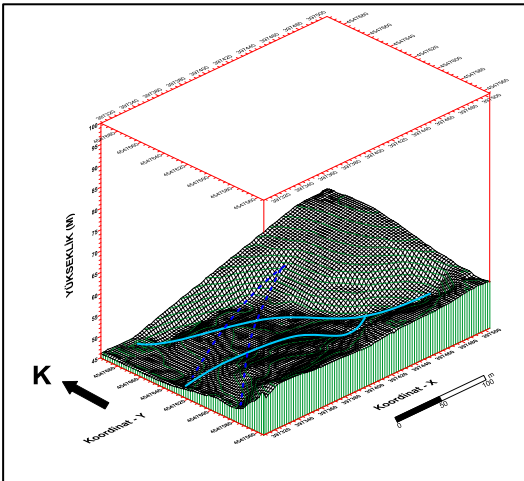
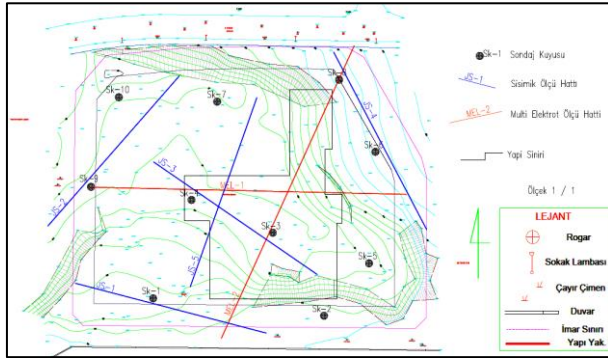
Frekans dalga sayısı analizlerinin neticesinde ulaşılan Rayleigh dalgası dispersiyon eğrilerine, ters çözüm işlemi uygulanır ve S dalgası hız modeli sonuçlarına ulaşılır. Bu aşamada, dispersiyon eğrilerinin çoğunlukla “temel mod” olarak bilinen baskın modu işleme alınır (Şekil 6.).



Şekil 6. Dispersiyon eğrisi ve S dalgası hız modeli (Dispersion curves and S-wave velocity model)

#### 4. UYGULAMALAR (APPLICATIONS)

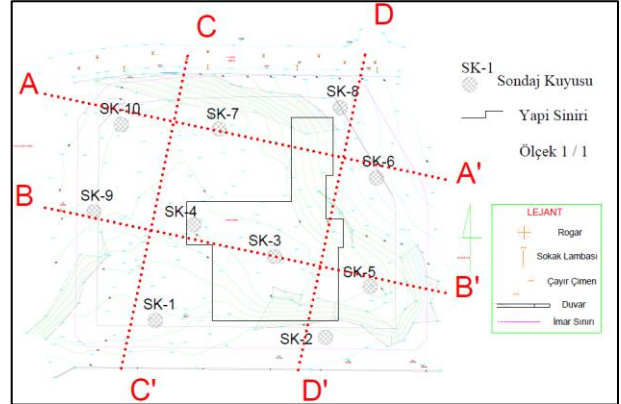
İstanbul ili Küçükçekmece ilçesi Atakent bölgesi batı kısmında yer alan arazi çalışmalarına ait lokasyon haritası Şekil 7.a.'da verilmiştir. Yaklaşık 20.000 m<sup>2</sup> alana sahip arazide 10 adet zemin araştırma sondajı, 2 adet çoklu elektrot uygulaması (kırmızı hatlar) ve 5 adet sismik profil (mavi hatlar) çalışmaları yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmalı olarak değerlendirilerek yorumlara gidilmiştir. İnceleme alanı kendi içinde ~15 m'lik bir kot farkına sahip olup, KB-GD doğrultulu (açık mavi kesik çizgi) çevresel etki ve zaman kavramı nedeniyle oluşmuş vadi tipi dere yatağı göze çarpmaktadır. Diğeri ise net olmasa da bu forma uyduğu düşünülen KD-GB doğrultulu (koyu mavi kesik çizgi) bir dere yatağı mevcuttur (Şekil 7.b.).



Şekil 7. (a) İnceleme alanı çalışma lokasyon haritası (b) 3B görünümü  
(a) Study area location map (b) 3D view

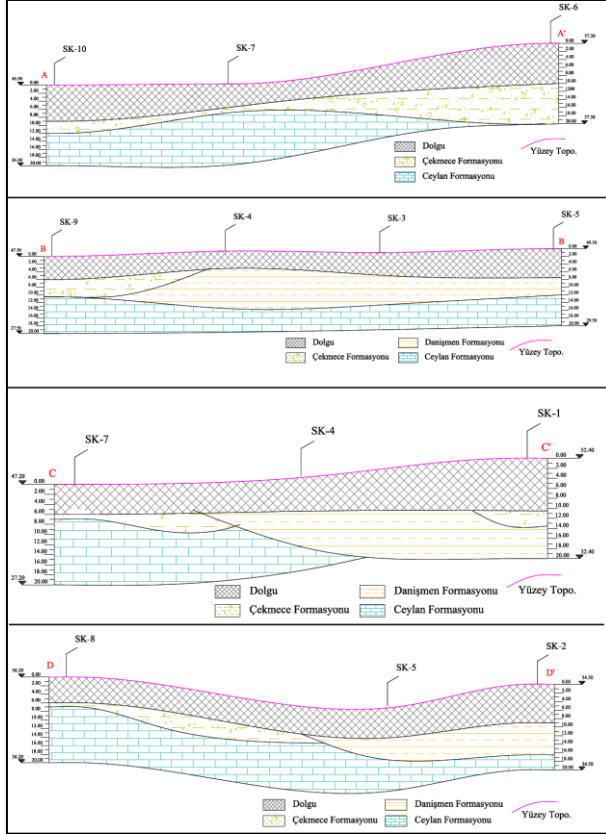
#### 4.1. Litolojik Kesitler (Lithological Sections)

İnceleme alanında malzeme bilgisi ve model yapısının oluşturulmasına yönelik litolojik kesitleri elde edebilmek amacıyla derinlikleri 20 m olan 10 adet sondaj kuyusu açılarak Şekil 8.'de ki plana göre 4 adet doğrultuda kesitler oluşturulmuştur.



Şekil 8. İnceleme alanı kullanılan litolojik kesit doğrultuları (Lithological section lines used in the study area)

Sırasıyla elde edilen A-A', B-B', C-C' ve D-D' kesitlerinden; yüzeyden başlayarak 7-7,5 m'ye kadar içerisinde silt-çakıl bulunan genellikle kil oranı daha fazla, yapay dolgu malzemesi izlenmektedir. Dolgular uzun zamanın vermiş olduğu etki ve düzensiz yapısı nedeniyle doğal zeminle iç içe girmiştir. İçerisindeki beton, tuğla, moloz vb. parçalar sayesinde ayırt edilebilmektedir. Dolgu malzemesinin altında zemin özellikleri gösteren 12,5-15 m arası kadar uzanan Çekmece Formasyonunun Güngören Üyesi'ne ait Üst Miyosen yaşlı sarı-haki-yeşil renkli katı-çok katı sert, ince çakıllı kil ile Gürpınar Üyesi'nin özelliklerini gösteren kiltası yer yer yanal durumda da olacak şekilde bulunmaktadır. Sarı-yeşil-haki renkli olan kiltaları, Orta Oligosen- Erken Miyosen yaşlıdır. Zayıf dayanıma sahiptir ve ince tabakalı, ayrılmış özelliktedir. Bu seviyelerden sonra en altta ise, inceleme sahasının kendi lokal yapısı içinde temel kaya niteği özelliği gösterebilecek Ceylan Formasyonuna ait kireçtaşları bulunmaktadır. Bu kireçtaşları Üst Eosen-Alt/Orta Miyosen yaşlı olup mavi-gri-kül rengine sahiptirler. İçerisinde kil yoğunluğu bulunan bu kireçtaşları orta-sağlam, ince-orta tabakalı ve az ayrılmış niteliğe sahiptirler (Şekil 9.).



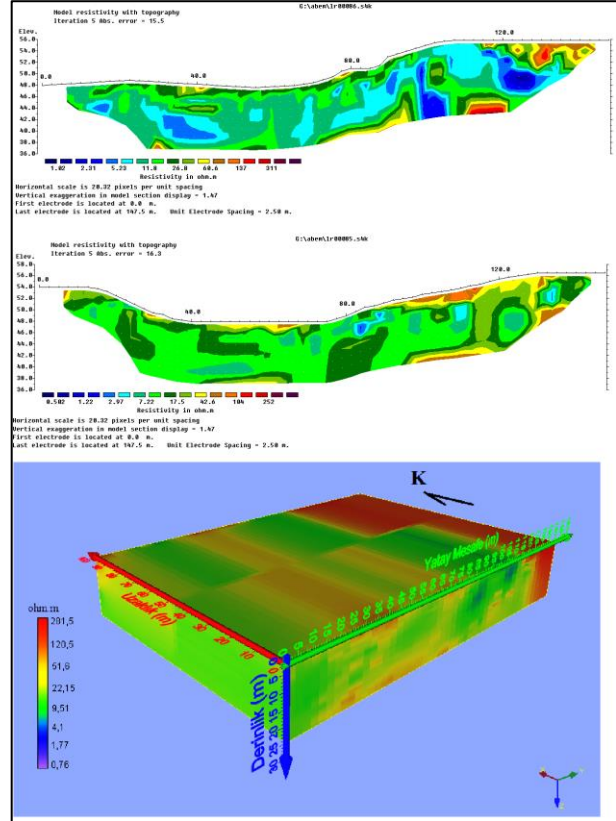
Şekil 9. İnceleme sahası litolojik kesitleri (Lithological sections in the review stage)

#### 4.2. Çoklu Elektrot Sisteminin Uygulaması (The Application of Multi Electrode Systems)

İnceleme alanı içerisinde özdirenç bağılı değişimleri modellemek amacıyla iki profil boyunca özdirenç ölçüleri alınmıştır. Ölçümler sırasında detay bilgi edinebilmek için 60 elektrottan oluşan düzenek yardımıyla çoklu elektrot profilleri boyunca dipol-dipol dizilim tekniği uygulanmıştır. Ölçülerin alınması sırasında ABEM markasının SAS 1000 modeli olan özdirenç ölçü cihazı kullanılmıştır. Elektrot ayırıcı olarak ise 60 yol ayırabilen ABEM Lund ayırıcı tercih edilmiştir. Elektrot özelliği olarak da 40 cm uzunluğunda ve 12 mm çapında özel bakır alaşımli çelik elektrotlardan yararlanılmıştır. Cihazın çalışması ve yere göndereceği akımı elde etmek amacıyla 45 amper 12 V değerlerine sahip kuru tip akü, kablo olarak da 5,00 m elektrot açıklığı uzunluğunda, her birinde 21 istasyon bulunan 4 x 100 m uzunluğuna sahip kablolar kullanılmıştır. 2,5 m elektrot aralığı ile çalışılmış ve toplam uzunluğu 147,5 m olan iki adet hat oluşturulmuştur. Arazideki ölçü planı ve gps yardımıyla elde edilen hatların koordinatları da kayıt edilmiştir.

Her iki hattan da 663 noktadan data toplanmıştır. MEL-1 profilinde elde edilen görünür özdirenç değerleri

minimum 0,84 ohm.m ve maksimum 862,52 ohm.m değerleri arasında değişmektedir. MEL-2 profilinde ise bu değerler 0,40-764,25 ohm.m arasındadır. Elde edilen ham verilere Res2dinv programı yardımıyla çözüm işlemine başlanmıştır. Çözüm işlemine elektrotların kot dağılımları da eklenerek topografik değerlerle birlikte final kesitleri oluşturulmuştur. Topografik değerlerin yanı sıra GPS yardımıyla her bir elektrotun koordinatları kullanılarak kesitler birleştirilmiş ve 3B grafik elde edilmiştir (Şekil 10.).

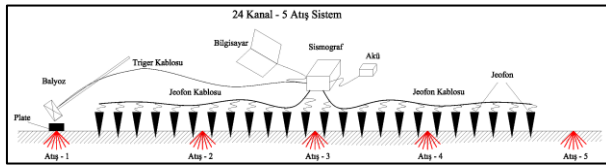


Şekil 10. (a) MEL-1 final kesiti (b) MEL-2 final kesiti (c) Birleştirilmiş 3B saha grafiği ((a) MEL-1 final section (b) MEL-2 final section (c)3D combined field graphics))

Her iki kesit birlikte değerlendirildiğinde arazinin boşluklu yapısı özdirenç değerlerinin dolgu seviyelerinde yüksek çıkmasına neden olmuştur. Yine dolgu içerisindeki yüksek kil oranı bu birimin özdirenç değerlerinde farklılığa neden olmuştur. Arazinin boşluklu yapısı ve bahar aylarında alınan ölçülere mevsimsel yağışlar etki etmiştir. Yüzeýden daha derinlerde karşımıza çıkan ve ufak kapanımlarla görünen düşük özdirençli değerler, geçirimsiz özelliği olan kil-kiltası seviyelerinin üzerinde bulunan su birikintisi izleridir. Yüzeýde görülen mevcut dere yataklarının, kesitlerde daha derinlerdeki izleri göze çarpmaktadır.

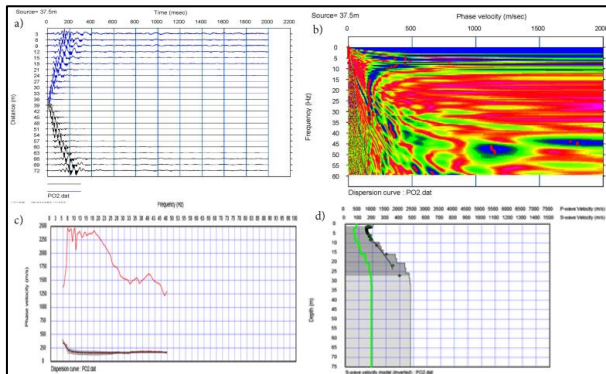
#### 4.3. Çok Kanallı Yüzeý Dalgası Analizi Uygulamaları (Multi Channel Analysis of Surface Waves Applications)

İnceleme alanında her profilde 5 adet atış olacak şekilde 25 adet MASW ölçüsü alınmıştır. Aktif enerji kaynağı tercih edilmiş ve bu doğrultuda 10 kg'lık balyoz kullanılmıştır. Sismik cihaz olarak Seismic Source marka DAQ III model 24 kanallı sismografla ölçümler alınmıştır. Ölçülerimizde örnekleme aralığı 0,25 msn olup kayıt uzunluğu ise 2 sn'dir. Sistemimizde 3,00 m grup aralığı ve 3,00 m ofset mesafesi kullanılmıştır. Toplamda 24 kanallı çalışılan sistemde 69,00 m grup mesafesi ve 72,00 m sistem mesafesi oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem içerisinde 3 m mesafeli ofset uzaklıklarından düz ve ters atışlar yapılmasının yanı sıra ayrıca 6-7, 12-13 ve 18-19 no'lu jeofonların aralarına girilerek bu noktalardan da atışlar yapılmıştır (Şekil 11.)

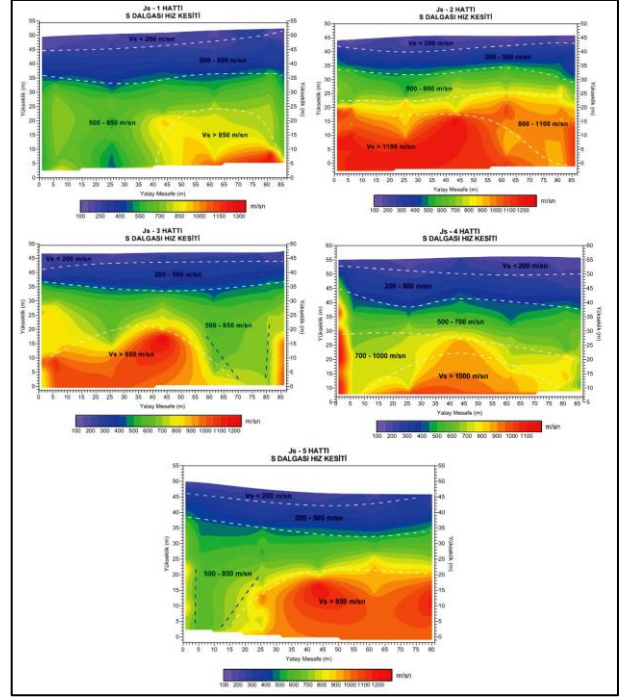


Şekil 11. Sismik profillere ait ölçüm geometrisi (Measurement geometry relating to the seismic profile)

Bu şekilde sahada alınan sismik kayıtlar çözüm programları yardımıyla değerlendirilerek her bir noktaya ait frekansa bağlı faz hızları eğrileri yani bir başka deyişle dispersiyon eğrileri elde edilmiştir. Elde edilen dispersiyon eğrilerine ters çözüm işlemi uygulanmış ve S dalgası modelleri çıkarılmıştır (Şekil 12.). Her serimin kendi içindeki 5 atış kaydının 1B S dalgası hız yapısı gps ve topografik değerler yardımıyla birleştirilerek 2B derinlik-hız kesitleri oluşturulmuştur (Şekil 13.). Yüzyden gözlemlenen dere yatağının sismik kesitteki izleri 3. ve 5. profilde mavi kesik çizgi ile işaretlenmiştir.

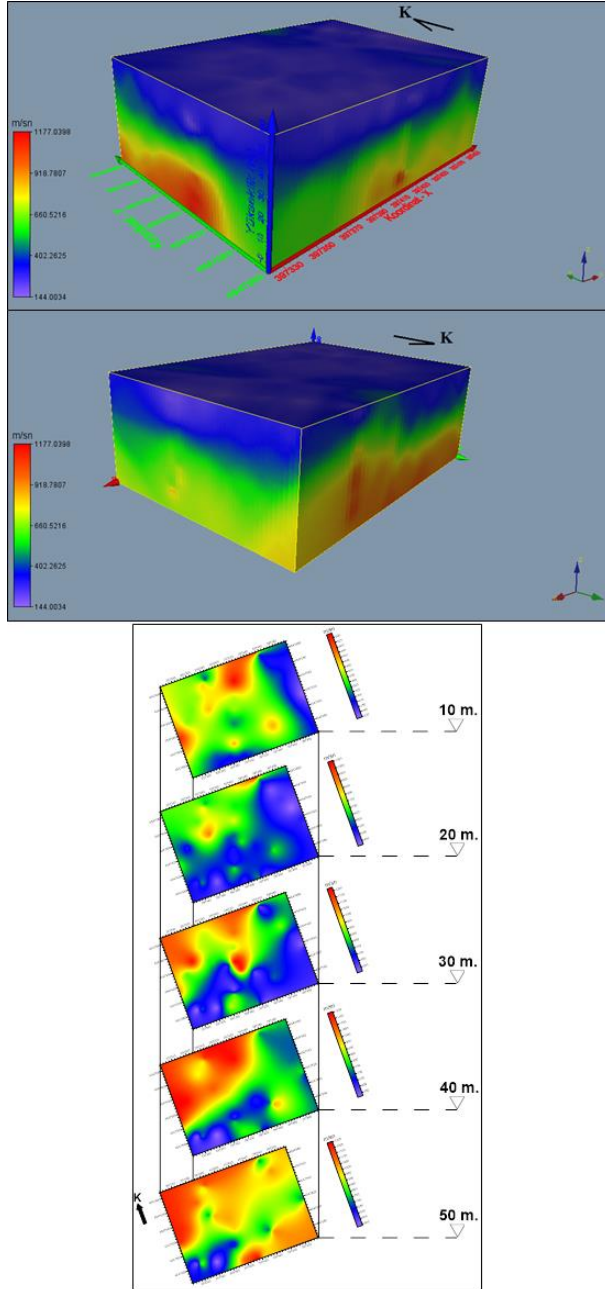


Şekil 12. Yüzy dalgası çözümü işlem aşamaları (Process steps of the surface wave solution)



Şekil 13. Sismik profillerin derinlik-S dalgası hız kesitleri (Depth-S wave velocity sections of the seismic profile)

Sismik hızlar yardımıyla modellenen iki boyutlu yer altı kesitlerimiz, kaynak alıcı mesafeleri ve bunların koordinatları kullanılarak yüzy dalgalarının çok kanallı analizi yardımıyla S dalgasının tüm sahaya yayılan 3B farklı açılardan oluşturulan grafikleri ve yüzyden başlayarak 10 m'de bir çıkarılan kat haritaları Şekil 14.'deki gibi elde edilmiştir.



Şekil 14. (a) İnceleme sahasının farklı açılardan 3B görüntüleri (b) Kat haritaları ((a) 3D views from different angles of the study area (b) layer map)

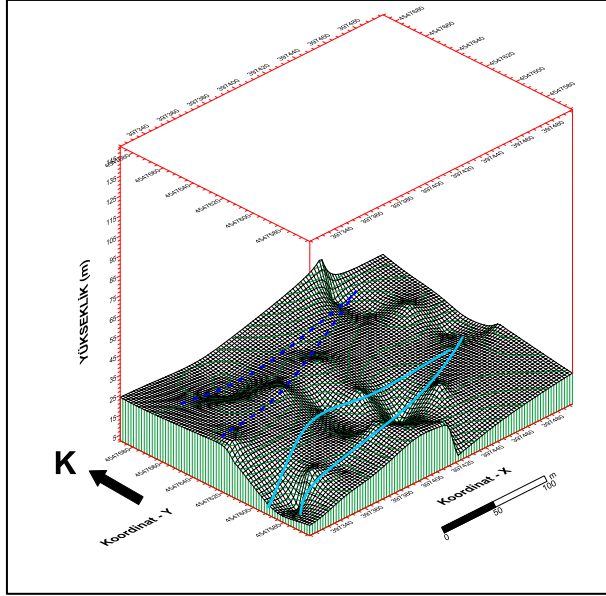
## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

İstanbul ili Atakent bölgesinin batı kısmında yer alan bölgedeki arazinin mühendislik ana kayası ve üzerindeki tabakaların yer altı modelinin çıkarılmasına yönelik yapılan bu çalışmada sondaj kuyuları, özdirenç çalışmaları ve sismik çalışmalardan yararlanılmıştır. Arazide Ceylan Formasyonu, Danişmen Formasyonu ve Çekmece Formasyonu üzerinde çalışılmıştır. İnceleme

sahasında öncelikle 10 adet sondaj kuyusu açılarak arazi hakkında malzeme bilgisi ve tercih edilen doğrultularda litolojik kesitler elde edilmiştir. Sahanın iletkenlik durumu, su oranı ve özdirenç değişimlerini saptamak amacıyla 2 adet 60 elektrotlu 147,5 m uzunluğunda çoklu elektrot uygulaması yapılmıştır. Yaklaşık 14 m elde edilen penetrasyon sonucu 0,76-281,5 ohm.m aralığında değişen gerçek özdirenç değerlerine ulaşılmıştır. Özdirenç kesitlerinde su izleri ve mevcut topografyadaki dere yataklarının belirtileri ile jeolojik birimler saptanmıştır. Buna göre dolgu ve Danişmen Formasyonu'nun geçirimsiz kiltaşları ile Çekmece Formasyonu'nun killeri net bir şekilde, Ceylan Formasyonu'nun kireçtaşları ise hedeflenen derinliğün tam olarak yakalanmamasına karşın azda olsa gözlemlenmiştir. Sismik temel ve üzerindeki tabakaların hız yapılarının tespitine yönelik, inceleme sahasında 5 profilde 25 noktada sismik ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümlere çok kanallı yüzey dalgası analizi uygulanarak S dalgası hız modelleri çıkarılmıştır. Profillere ait 1B modeller birleştirilerek 2B hız kesitleri oluşturulmuştur. Bu kesitler kendi içinde sismik ortamlara ayrılarak yaklaşık dolgu seviyelerine ait S dalga hızları 200 m/sn'den düşük olarak bulunmuştur. Ceylan Formasyonu'nun kireçtaşı seviyelerine ait S dalgası hızları ise 850-1000 m/sn arasında değişmektedir. Bu iki sismik ortam arasında bazı kesitlerde bir, bazı kesitlerde ise iki sismik ortam görülmektedir. Bunlar 200-500 m/sn arasında değişen S dalga hızına sahip Çekmece Formasyonu'nun killeri ile 500-800 m/sn arasında değişen S dalga hızına sahip Danişmen Formasyonu'nun kiltaşlarıdır. 3. ve 5. profilde topografyada görülen mevcut derelerin izleri sismik çalışmalarda da gözlemlenmiş ve işaretlenmiştir. Daha sonrasında 2B hız kesitleri birleştirilmiş ve 3B hız grafiği elde edilmiştir. Yüzeiden başlayarak 10 m'de bir kat haritaları da çıkarılarak arazinin sismik temeli ile hız yapısının detaylı incelemesi yapılmıştır. Buna göre özellikle 30 m seviyelerinden sonra arazinin KB tarafının daha hızlı olduğu görülmektedir.

Tüm bu çalışmalar sonucunda inceleme sahasında uygulanan yöntemlerin sonuçları değerlendirilmiş ve birbirleri ile korele edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler uygulanan yöntemlerin sonuçlarının uyum içerisinde olduklarını göstermektedir. Son olarak mühendislik ana kayasının yer içindeki seyri ve dere yataklarının izlerinin de olduğu Şekil 15.'deki grafik elde edilmiştir.





Şekil 15. Mühendislik ana kayasının yer içindeki 3B seyri (3D image in place of the engineering main rock)

Yer altının kompleks yapısının ifadesi sırasında sondaj kuyuları vb. yöntemler bu karmaşıklığın açıklanmasında tek başına yeterli olamamakta ve maliyetleri yukarı çıkarmaktadır. Aynı zamanda tek boyutta çözümler üreten bu gibi yöntemler yer altı yapısını olduğu gibi tam anlamıyla yansıtamamaktadır. Jeofizik yöntemlerin devreye girmesiyle birlikte yer altı yapısının temel fiziksel özellikleri, gerçeğe en yakın biçimde sondaj kuyuları ile de doğrulanarak tercih edilen boyutlarda saptanabilmektedir.

#### KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] İ.B.B. Mikrobölgeleme Rapor ve Haritalarının Hazırlanması Avrupa Yakası Güney, Yerleşim Amaçlı Mikrobölgeleme Çalışmaları Sonucu Hazırlanan İmar Planlarına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüd Raporu. Deprem Risk Yönetim ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, Nihai Rapor, 2007.
- [2] N. Özgül, K. Üner, İ. Bilgin, R. Korkmaz, İ. Özcan, İ. Akmeşe, Z. Yıldız, Ü. Yıldırım, Ö. Akdağ, M. Tekin, İstanbul İl Alanının Genel Jeoloji Özellikleri. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, 2005.
- [3] G. Karaoğlu, İstanbul Küçükçekmece ilçesinin mühendislik jeolojisi ve yerleşime uygunluk değerlendirmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
- [4] J. Bernard, L. Orlando, F. Vermeersch, "Electrical resistivity imaging for environmental applications." 16 th International Geophysical

Congress and Exhibition of Turkey, Abstracts Book, 376-379, 2004.

- [5] İ. Akça, "JFM 312 Uygulamalı jeofizik ders notları." Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 2012.
- [6] S. Yılmaz, "Dipol-Dipol görünür öz direnç verilerinin 2-b ters çözümü için pratik bir yaklaşım." İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yer Bilimleri Dergisi, C. 18, S. 1, SS. 113-122, 2005.
- [7] Ç. Çaylak, "Çok kanallı yüzey dalgası verisinin ters çözüm teknikleri ile çok sığ yapıların araştırılması." Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2009.
- [8] C.B. Park, R.D. Miller, J. Xia, "Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record." The Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, 1377-1380, 1998.
- [9] C.B. Park, R.D. Miller, J. Xia, "Multi-channel analysis of surface waves (MASW)." Geophysics, 64, 800-808, 1999.
- [10] J. Xia, R.D. Miller, C.B. Park, "Estimation of near-surface shear wave velocity by inversion of Rayleigh waves." Geophysics, 64, 691-700, 1999.
- [11] Y. Xia, H. Tong, W. K. Li, "Single-index volatility models and estimation." Statistica Sinica, 12, 785-799, 2002.
- [12] T. Guo, L. Liu, "Non-intrusive evaluation of submarine tunnel foundation using dynamic high-frequency surface wave prospecting Proc". Symp. on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (Environmental and Engineering Geophysics Society), Oakland, 67-74, 1999.