



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/makufebed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 7(1): 27-37 (2016)
The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 7(1): 27-37 (2016)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Lulu Adası'nın (Abu Dhabi) Jeoteknik İncelenmesi ve Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi

Mustafa Can CANOĞLU

Sinop Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sinop

Geliş Tarihi (Received): 07.12.2015, Kabul Tarihi (Accepted): 02.02.2016

✉ Sorumlu Yazar (Corresponding author): can.canoglu@suyapi.com.tr

☎ +90 0 368 2714151 📠 +90 368 2714152

ÖZ

Çalışmanın amacı Birleşik Arap Emirlikleri'ne bağlı Abu Dhabi'de bulunan Lulu isimli yapay adada inşası planlanan yapıların jeoteknik olarak incelenmesi ve inşaa aşamasında gerekli olan zemin dayanım ve parametrelerinin belirlenmesidir. Bu bağlamda, saha ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmaları kapsamında, sondajlar ve yerinde deneyler inşası planlanan her bir yapı yeri için gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sondajlardan elde edilen karot numuneleri üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yerinde deney olarak gerçekleştirilen standart penetrasyon (SPT) deneyinden elde edilen darbe sayılarından yola çıkarak, içsel sürtünme açısı ve elastisite modülü gibi mühendislik parametreleri elde edilmiştir. Laboratuvar çalışmaları ise, hidrometre testi ve tane boyu analizi, Atterberg limitleri ve Tek eksenli sıkışma dayanımı gibi temel laboratuvar testlerini kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar, 3 boyutlu blok diyagram üzerinde temsil edilecek şekilde modellenmiş ve her bir yapı yeri için alınan kesitler oluşturulmuştur. Laboratuvar deneylerinden direkt olarak elde edilemeyen bazı parametreler için ise literatürdeki araştırmacıların çalışmaları incelenerek belirlenmiş ve istatistiksel olarak dağılımları göz önüne alınarak 3 boyutlu blok diyagrama yansıtılmıştır. Sonrasında ise, belirlenen her bir mühendislik parametresi açısından alanın bölgede gerçekleştirilmesi planlanan inşaat çalışmaları için uygunluğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Lulu Adası, 3 Boyutlu Blok Diyagram, Zemin Dayanım Parametreleri

Geotechnical Investigations and Determination of Engineering Parameters of Lulu Island (Abu Dhabi)

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the soil strength parameters required for the construction stage and perform the geotechnical investigations for the structures planned to construct in an artificial island named Lulu situated in Abu Dhabi, United Arab Emirates. In this context, field and laboratory studies are performed. Within the scope of field studies, drill holes and in situ tests are implemented for each location planned for construction. Besides, laboratory tests are performed on the core samples handled from the drill holes. Engineering parameters like angle of internal friction and elasticity modulus are obtained based on the blow numbers of standard penetration test (SPT) realised as in-situ test. Laboratory works comprise, the basic laboratory tests as grain size analysis, hydrometer tests, atterberg limits, uniaxial compressive strength etc. The acquired results are simulated on 3D block model and

cross sections are generated for each structure location. The parameters which cannot be obtained directly from the laboratory tests are determined from the literature research of previous studies and reflected to 3D block diagram considering their statistical distributions. Afterwards, the suitability of each location for the planned construction works is determined based on the engineering parameters.

Keywords: Lulu Island, 3 Dimensional Block Diagram, Soil Strength Parameters

GİRİŞ

Denizin doldurulması ile inşa edilen yapay adalar, ülkelerin turizm gelirlerini ciddi oranlarda arttırmassından dolayı son yıllarda birçok ülke tarafından tercih edilmektedir. Ancak yapay adaların inşası için gereken jeolojik ve jeoteknik araştırmalar çok sayıda sondaj çalışması gerektirmekte olup, bazen bu sondaj maliyetleri inşa maliyetlerinden daha fazla olabilmekte ve bu tip projeler fizibilite aşamasını geçememektedir.

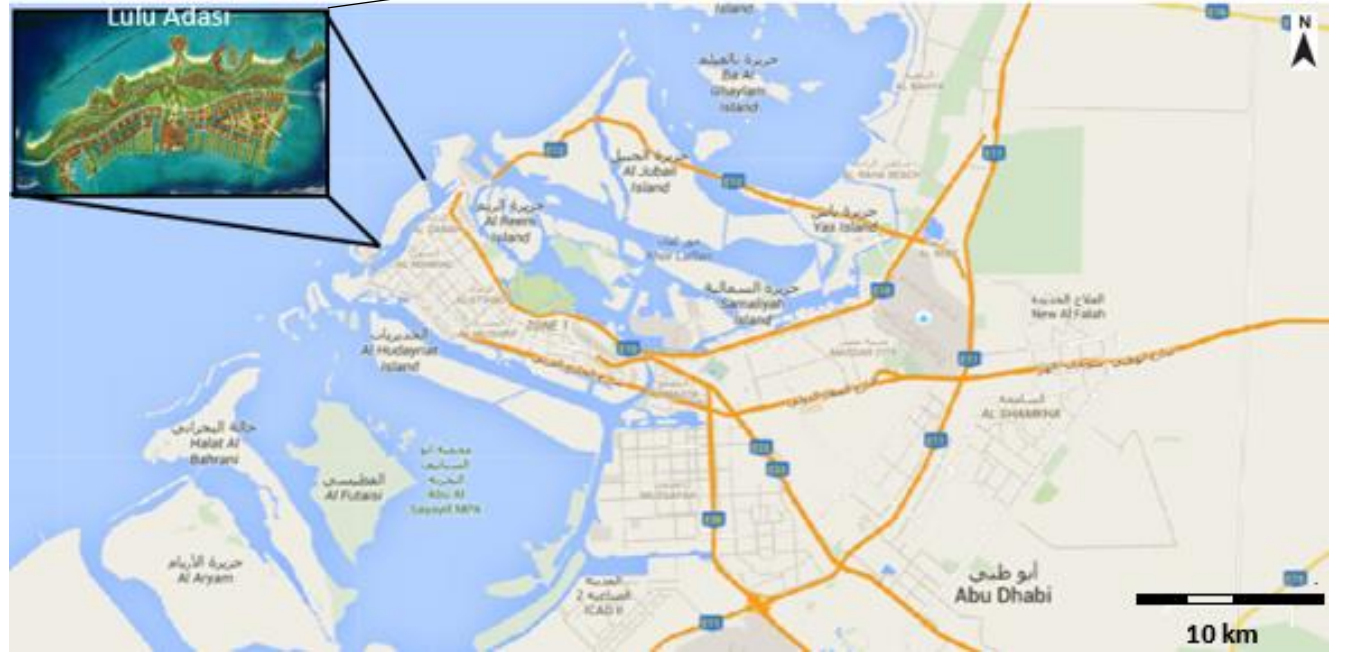
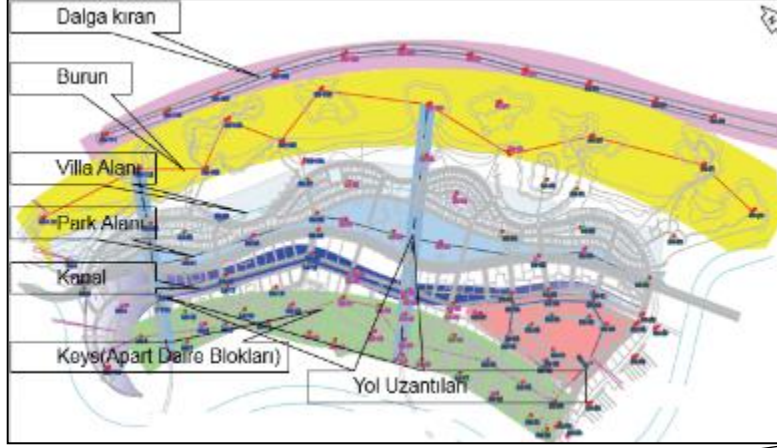
Lulu Adası'nın planlama aşamasında gerçekleştirilen saha ve laboratuvar çalışmaları Spektra Jeotek San. Ve Tic. AŞ.'nin yüklenimi altında yapılmıştır. Yapay adanın oturacağı zeminin 3 boyutlu blok modeli, inşa için gereken her bir zemin parametresi için oluşturulmuş böylece gerçekleştirilecek sondaj sayısı azaltılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, her bir zemin parametresinin alansal olarak 3 boyutta belirlenmesi çizilecek jeolojik ve jeoteknik kesitlerin daha net bir şekilde temsil edilebilmesine olanak sağlamıştır. 3 boyutlu blok modelin oluşturulabilmesi için RockWorks (Rockware, 2006) isimli yazılım kullanılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen yerinde deney olan standart penetrasyon deneyi (SPT) ile elde edilen darbe sayılarından yola çıkılarak, içsel sürtünme açısı ve elastisite modülü gibi mühendislik parametreleri bulunmuştur. Laboratuvar çalışmaları ise, hidrometre testi ve tane boyu analizi, Atterberg limitleri ve tek eksenli sıkışma dayanımı gibi temel laboratuvar testlerini kapsamaktadır. Yapılan bu çalışmaların sonunda, elde edilen verilerden, içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, gibi parametreler her sondaj lokasyonunda kaya ve zemin malzemeleri için belirlenmiştir ve Wagner (1957)'nin zeminlerin mühendislik uygulamalarındaki uygunluğu için önerdiği çalışma temel alınarak her bir bölgenin inşaat çalışmalarındaki uygunluğu ortaya koyulmuştur.

MATERYAL VE METOT

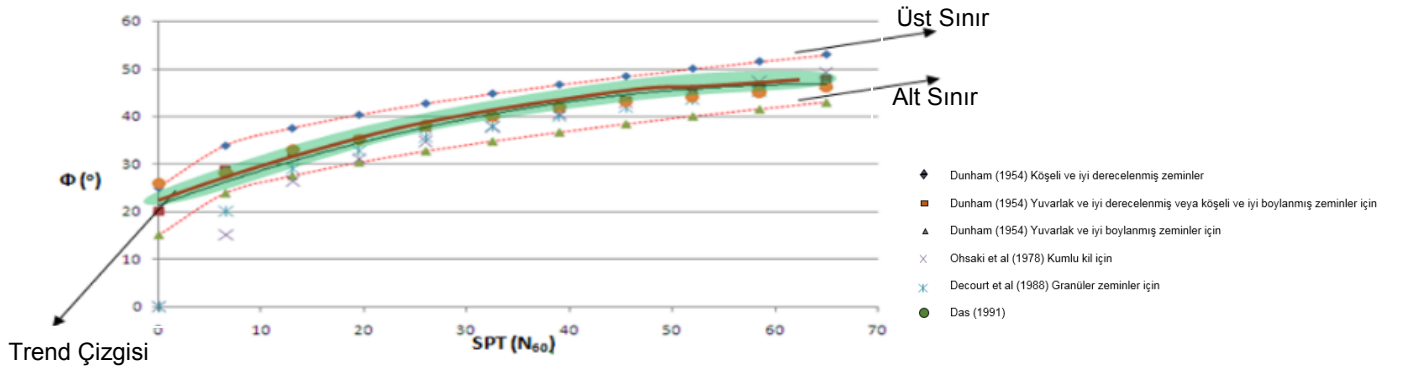
Çalışma alanı, Birleşik Arap Emirlikleri'ne bağlı Abu Dhabi'de yer almaktadır (Şekil 1). Yapay ada niteliğinde olan Lulu adası yaklaşık 600 hektarlık bir alanı kaplamaktadır. Proje dahilinde, 900 adet villa tipi ko-

nut, iş merkezi, 3 adet gökdelen ve adanın kuzeydoğu kıyısı boyunca dalga kıran inşa edilmesi planlanmıştır (Şekil 1). Abu Dhabi ve çevresinin genel jeolojisi, Eolien yaşlı kumullar ve Devonien yaşlı evaporitik çökellerden oluşmaktadır. Yapılan sondajlardan bölgenin stratigrafisiyle ilgili olarak, 0-2 metreye kadar siltli çakıl, 2-9 m arası kavrılı siltli kum, 9 metreden itibaren kumtaşı çamurtaşlı ardalı yer yer jipsli seviyeler gözlenmektedir.

In-situ ve laboratuvar testleri sonucunda elde edilen veriler laboratuvar deneyine tabi tutulacak numunenin nitelik ve nicelik durumundan dolayı sınırlı kalmıştır. Standart penetrasyon (SPT) deneyi, kohezyonsuz zeminlerden örselenmemiş numune alınması hemen hemen imkânsız olduğundan ve laboratuvar deneylerinden ilgili zemine ait mühendislik özelliklerinin belirlenememesinden dolayı tercih edilmektedir. Kohezyonlu zeminlerde gerçekleştirilen SPT deneyi ise dayanım hakkında bilgi verebilmektedir. Ayrıca, SPT'den elde edilen verilerin diğer bazı özellikleriyle karşılaştırılması durumunda, zemine ait içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, drenajsız makaslama dayanımı gibi mühendislik parametreleri de elde edilebilmektedir (Ulusay, 2010). Örneğin kayaçlar için yapılan üç eksenli sıkışma dayanımı testi sonucunda içsel sürtünme açısı elde edilmiştir. Ancak bu deney, toprak türü malzeme, yalnızca örselenmemiş numuneler üzerinde gerçekleştirilebilmektedir. Zeminin genel olarak kohezyonsuz nitelikte olması ve örselenmemiş numune alınmasının imkânsız olmasından dolayı, üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi laboratuvar ortamında gerçekleştirilememiştir. Ayrıca, gerçekleştirilen sondaj çalışmaları sırasında, kesme kutusu deneyinin yapılabileceği miktarda temsil edici numune de alınamamıştır. Dolayısıyla, toprak türü malzeme de içsel sürtünme açısı verileri eksiktir. Bu durum RockWorks yazılımı kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu blok modelde veri eksikliğine sebep olacaktır. Bu nedenle daha önce yapılan araştırmalar göz önüne alınarak SPT ve içsel sürtünme açısı arasındaki ilişki kullanılmıştır (Şekil 2). SPT ve içsel sürtünme açısı arasındaki ilişki literatürden araştırılırken çalışma sahasındaki zeminle benzer özellik gösteren zemin türleri göz önüne alınmış ve birçok değişik araştırmacının çalışması incelenmiştir (Dunham, 1954; Decourt et al., 1988; Oshaki et al., 1989; Das, 1991).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (Google haritalar'dan değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2. Çeşitli araştırmacıların önerdiği SPT darbe sayılarına karşılık gelen içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri

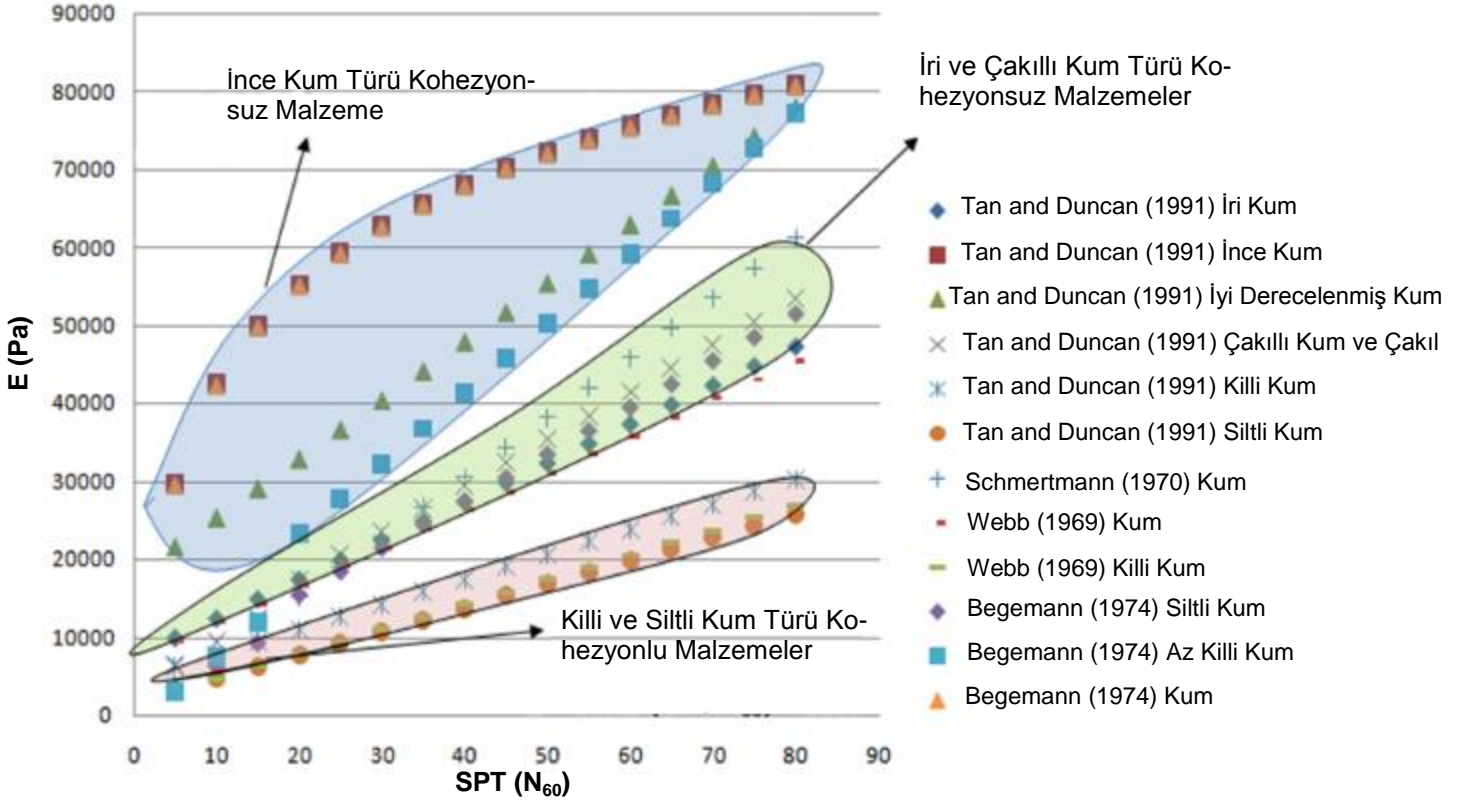
Şekil 2'de çeşitli araştırmacıların önerdiği SPT (N_{60}) değerlerine karşılık gelen içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri için Dunham (1954) tarafından önerilen yuvarlak ve iyi boylanmış zeminlerin alt sınırı, köşeli ve iyi derecelenmiş zeminlerin ise üst sınırı oluşturduklarını söylemek genel olarak mümkündür. Çeşitli çalışmalardan derlenen Şekil 2'deki bu grafikte trend çizgisine en yakın bulgular ise Das (1991) tarafından önerilen içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleridir. Söz konusu trend çizgisinin ϕ değeri cinsinden ikinci derece denklemi aşağıdaki gibidir (denklem 1).

$$\phi = -0.006 (\text{SPT } N_{60})^2 + 0782 (\text{SPT } N_{60}) + 21.38 \quad (1)$$

Denklem 1 için hesaplanan korelasyon katsayısı (R^2) 0.96 olarak belirlenmiştir. Korelasyon katsayısının 1

değerine yakın olması denklemin istatistiksel olarak gerçeği yansıttığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Aynı şekilde, Elastisite modülü değerleri de temsil edici nitelik ve nicelikte örnek alınmamasından ve tek eksenli sıkışma dayanımı deneyinin laboratuvar ortamında gerçekleştirilememesinden dolayı eksik kalmıştır. İnşası planlanan yapıların oturacağı zeminin elastik parametrelerinin 3 boyutlu blok modelde temsil edilmemesi, projelendirme aşamasında önemli veri eksikliklerine yol açacaktır. Bu nedenle SPT ve Elastisite modülü arasındaki ilişki konusundaki çalışmalar (Webb, 1969; Schmertmann, 1970; Begemann, 1974; Tan and Duncan, 1991) literatürden derlenmiş ve istatistiksel olarak bir sonuca varılmaya çalışılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çeşitli araştırmacıların önerdiği SPT darbe sayılarına karşılık gelen elastisite modülü (E) değerleri

Şekil 3'deki grafikte çeşitli araştırmacıların önerdiği SPT darbe sayılarına karşılık gelen elastisite modülü (E) değerleri incelendiğinde 3 farklı bölgede kümelenme gözlenmektedir. Grafikte en altta gözlenen kümelenme killi ve siltli kumdan oluşan kohezyonlu malzemeleri, ortada bulunan kümelenme iri ve çakıllı kum türü kohezyonsuz malzemeleri, en üstteki kümelenme ise, ince kum ve yer yer az miktarda ince malzeme içeren kohezyonsuz malzemeleri temsil etmek-

tedir. Şekil 3'de gözlenen her bir kümelenmenin denklemi türetilmiştir. Killi ve siltli kumdan oluşan kohezyonlu malzemeler için denklem 2, iri ve çakıllı kum türü kohezyonsuz malzemeler için denklem 3, ince kum ve yer yer az miktarda ince malzeme içeren kohezyonsuz malzemeler için ise denklem 4 geçerlidir. Her bir denklem için hesaplanan korelasyon katsayısı değerleri 0.95'in üzerinde olup denklemlerin gerçeği yansıttığı söylenebilir.

$$E = 310.2 (SPT N_{60}) + 3285 \quad (2)$$

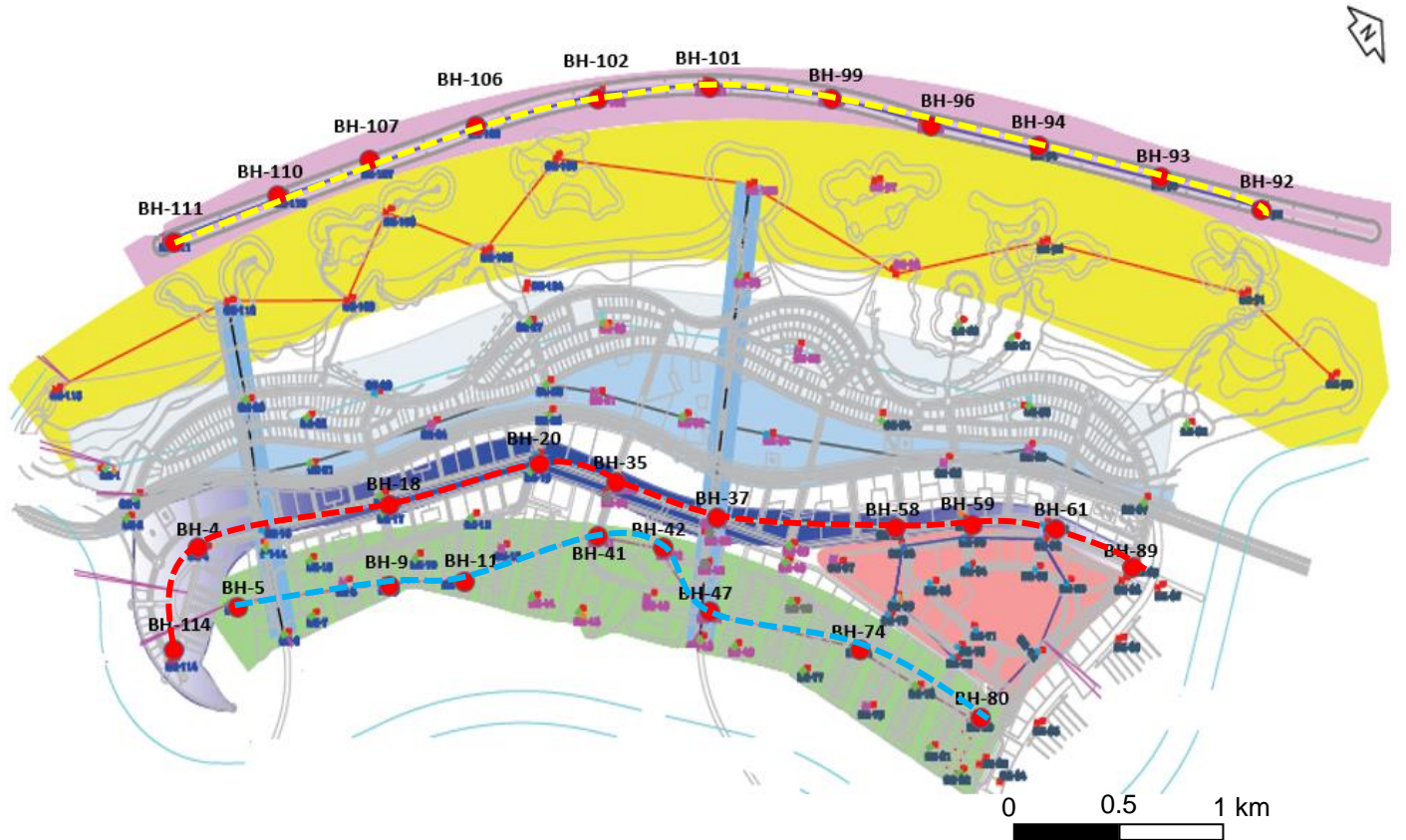
$$E = 630.4 (SPT N_{60}) + 3005 \quad (3)$$

$$E = -1.0018 (SPT N_{60})^2 + 961.81 (SPT N_{60}) + 7124 \quad (4)$$

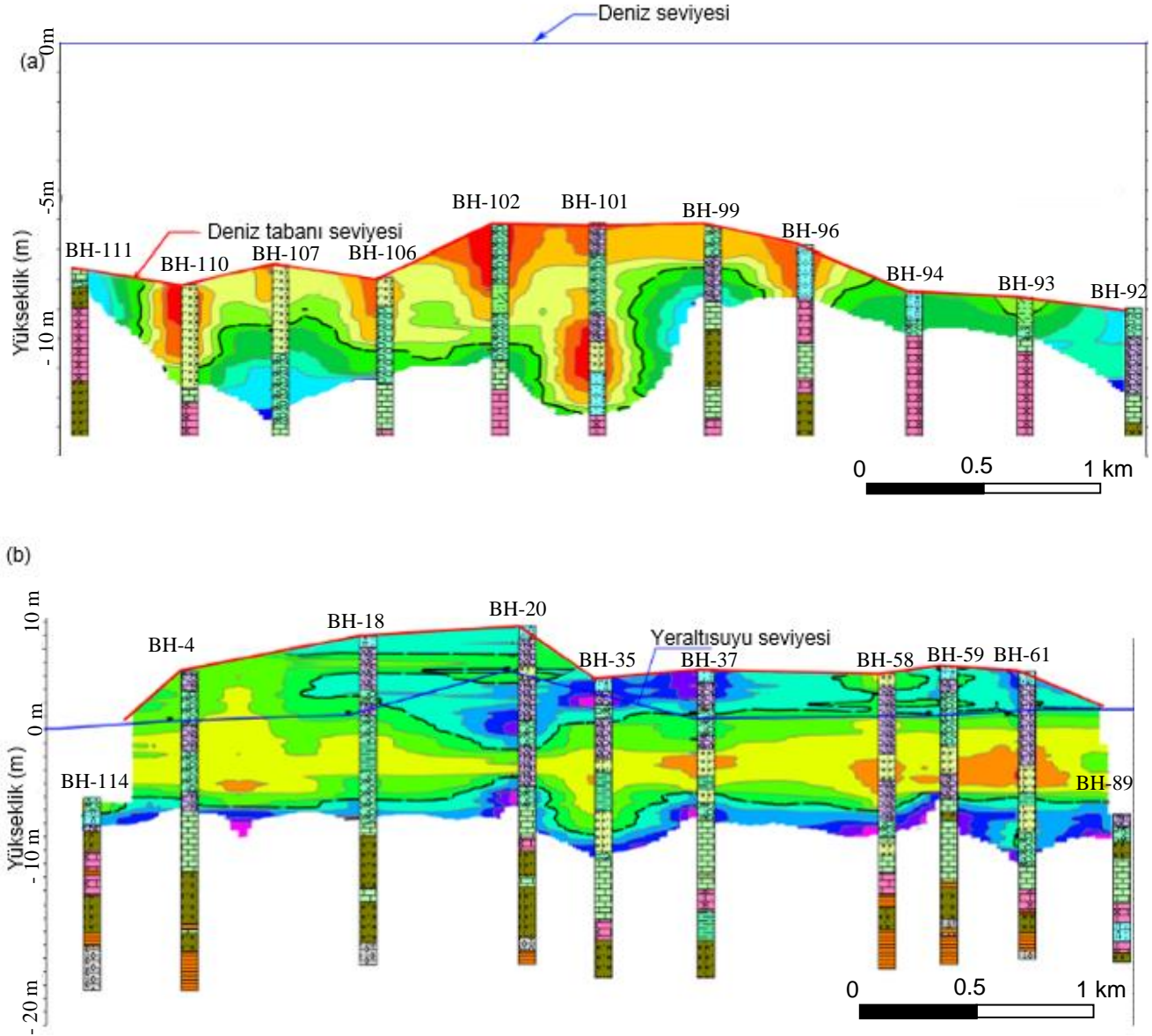
Böylece oluşturulacak olan 3 boyutlu blok modelde eksik olan elastisite modülü değerleri SPT'nin yapıldığı her sondaj lokasyonu ve derinliği için elde edilmiştir. Bu işlem gerçekleştirilirken, laboratuvarda yapılan elek analizi sonucunda birleşik zemin sınıflamasına göre sınıflanan toprak malzemesi türü, kullanılacak olan denklemin belirlenmesinde rol oynamaktadır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

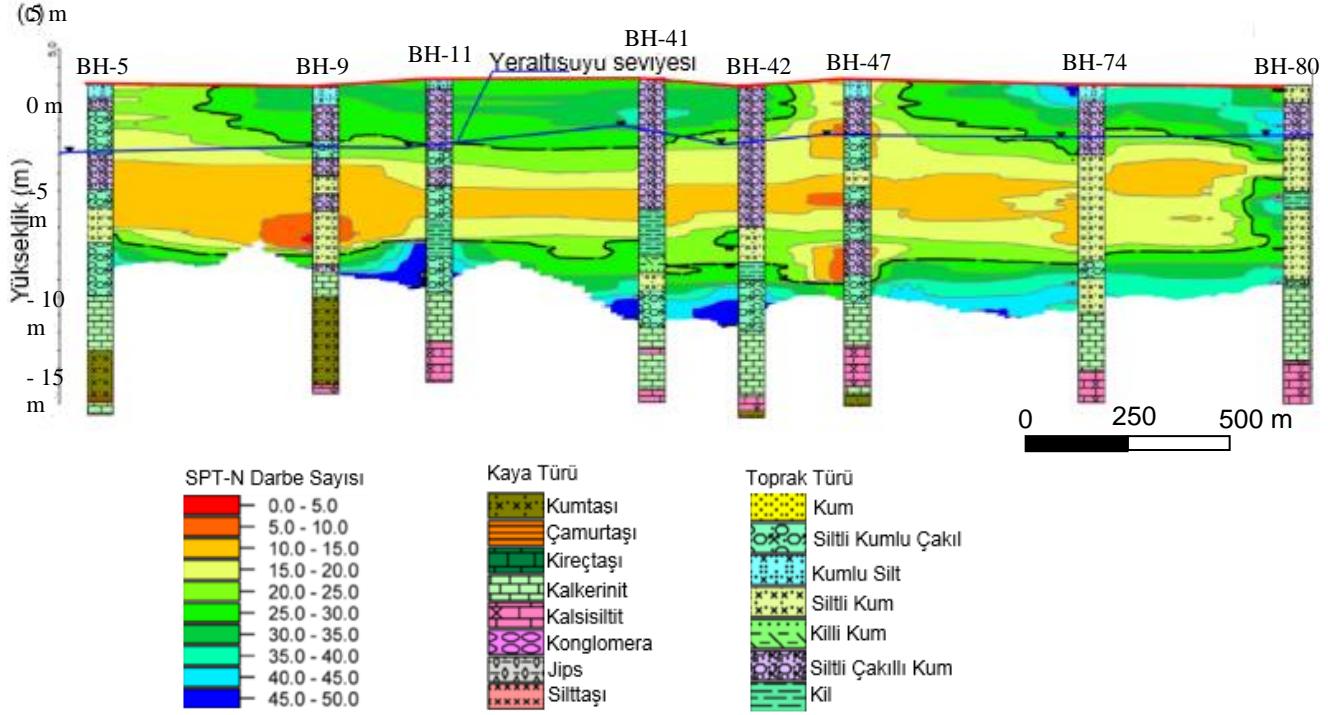
Şekil 1'de gösterilen dalgakıran, kanal ve "keys" isimli apart daire blokları için RockWorks yazılımı kullanılarak oluşturulan 3 boyutlu blok modelden alınan kesitlerin etki alanını temsil etmektedir. Jeoteknik parametrelerin alan-sal olarak modellenmesi, en yakın nokta yöntemi kullanılarak interpolasyon yapılmasıyla izoparametrik yüzeyler türetilerek elde edilmiştir. 3 boyutlu blok modelin temsil edilebilmesi için yatay düzlemde (X ve Y düzlemlerinde) 13,5 metrelik düşey düzlemde ise (Z düzleminde) ise 0,135 metrelik hücre boyutu kullanılmıştır. Buna göre elde edilen SPT kesitleri dalgakıran, kanal ve "keys" için şekil 4a, b ve c'de gösterilmiştir. Bu çalışmada temsil edilen her bir sondaj lokasyonu için veri girişi gerçekleştirilmiş olup, arazide yapılan sondaj çalışmalarının ve alınan kesitlerin yerini gösteren harita şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Sondaj çalışmaları ve kesitlerin yerlerini gösteren harita (--- dalgakıran için alınan kesit, -.-.- kanal için alınan kesit, -.-.- keys için alınan kesit)



Şekil 5. a) Dalgakıran için RockWorks'de modellenen SPT kesitleri b) Kanal için RockWorks'de modellenen SPT kesitleri



Şekil 5. c) Keys için RockWorks'de modellenen SPT kesitleri

Şekil 5'de gösterilen SPT kesitlerinden dalgakıran, kanal ve keys için içsel sürtünme açısı kesitleri denklem 1 kullanılarak ve elastisite modülü kesitleri zemin sınıfına göre denklem 2, 3 ve 4 kullanılarak hesaplanmıştır. İçsel sürtünme açısı kesitleri Şekil 6a, b ve c'de elastisite modülü kesitleri ise Şekil 7a, b ve c'de gösterilmiştir.

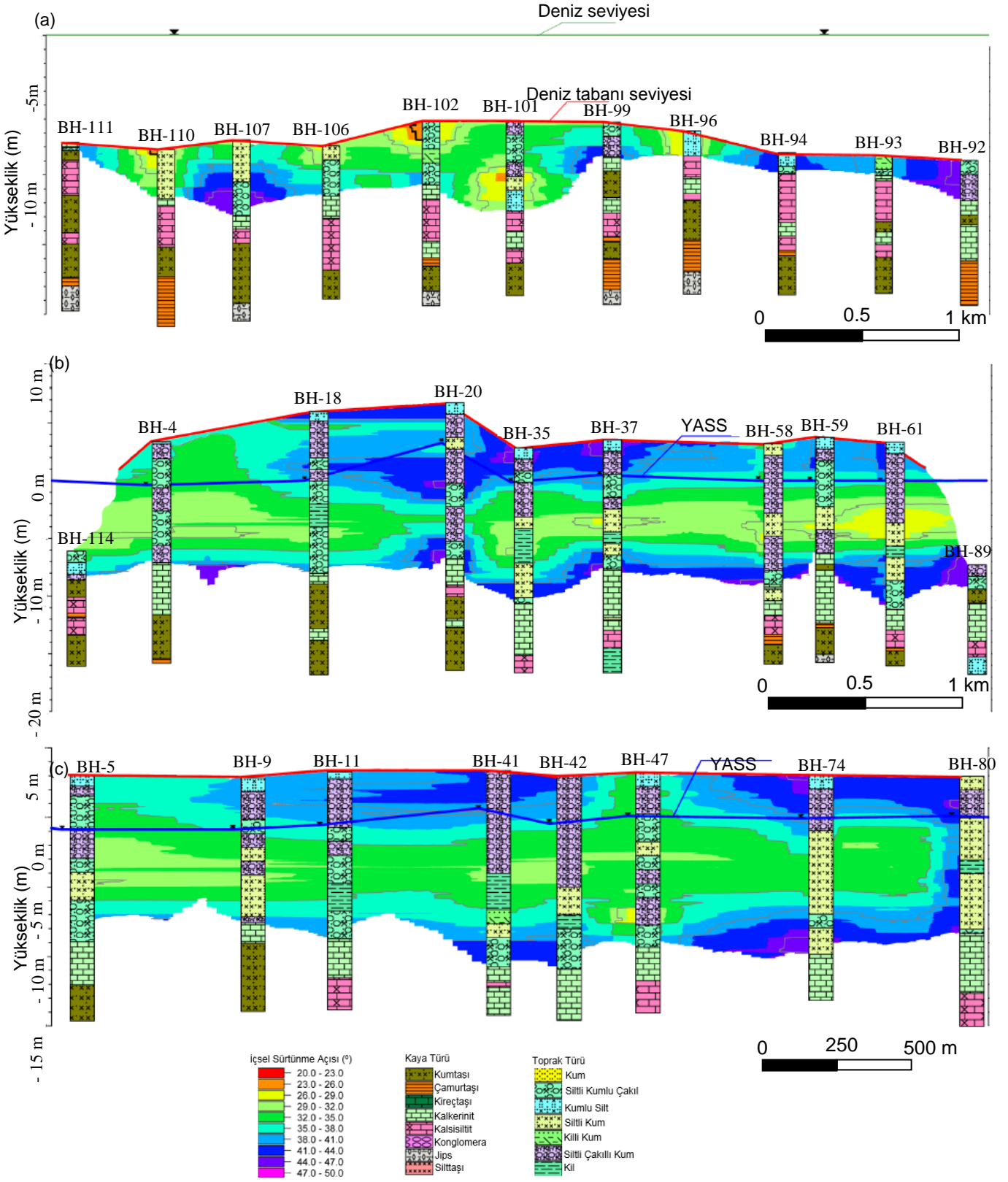
Kanal bölgesindeki içsel sürtünme açısını inceleyecek olursak, SPT ile olan benzerlik daha da ön plana çıkmıştır (Şekil 5 ve 6). İçsel sürtünme açısı değerleri bölgenin genelinde 30'un üzerindedir. Ancak, kumlu zeminlerdeki düşüş dikkati çekmektedir. Bununla beraber standart penetrasyon testi darbe sayıları keys ve kanalda dalgakıran bölgesine nazaran daha yüksek çıkmıştır (Şekil 4). Bunun ana nedeni kanal olarak planlanan bölgede SPT deneyi su altında yapılmamıştır. Bilindiği gibi su altında yapılan SPT testleri boşluk suyu basıncının yüksek olmasından dolayı daha az darbe sayısı vermektedir. Bu nedenle SPT darbe sayılarına Peck et al. (1974)'ün önerdiği şekilde su düzeltmesi uygulanmıştır (Denklem 5).

$$N' = 15 + 0.5 (N-15) \quad (5)$$

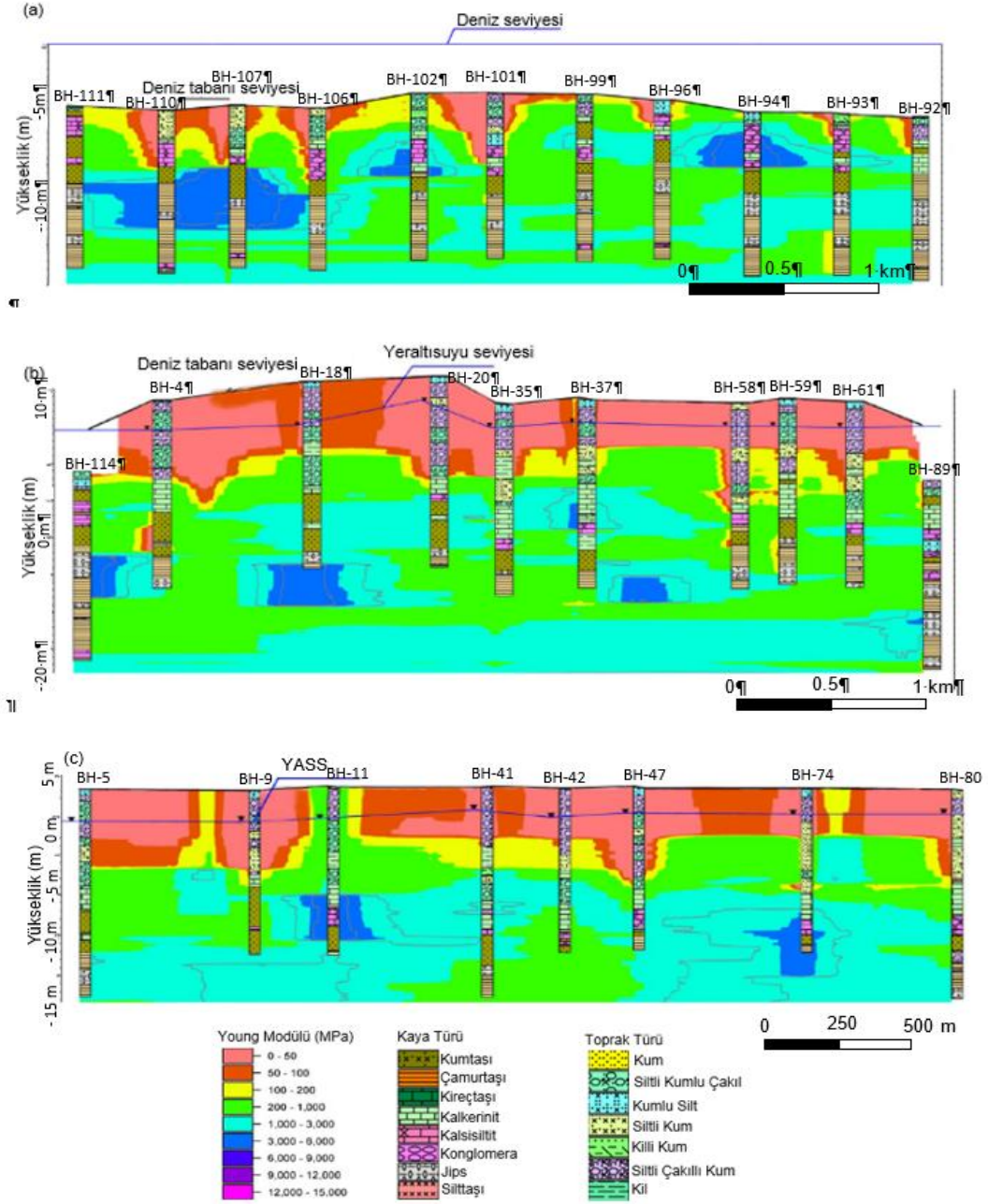
Denklem 5'de belirtilen N, SPT darbe sayısını, N' ise su düzeltmesi yapılmış olan SPT değerini göstermektedir. Yeraltı suyu ile karşılaşılacak zonlardan elde edilen SPT darbe sayıları yukarıdaki denklemde (Denklem 5) belirtildiği gibi yeraltı suyu düzeltmesine tabi tutulmuştur.

Bununla beraber, Wagner (1957)'nin zeminlerin mühendislik uygulamalarındaki uygunluğu için önerdiği tablonun oluşturulabilmesi için gerçekleştirilen temel laboratuvar testleri sonuçlarının ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de belirtilen her bir yapı yerinin tane boyu dağılımları, ince malzeme miktarının kum-çakıla oranla çok daha az olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, ada genelindeki toprak malzeme plastik özellikler göstermemektedir. Malzemenin likit limit ortalaması ise %22,2 ile %14,3 arasında değişkenlik göstermektedir. Ada genelindeki malzemenin genel olarak kohezyonsuz özellikte olmasından dolayı serbest basınç dayanımı deneyi gerçekleştirilememiş olup Tablo 1'deki serbest basınç dayanımı değerleri cep penetrometresi ile elde edilmiştir.



Şekil 6. a) Dalgakıran için RockWorks'de modellenen ϕ kesitleri b) Kanal için RockWorks'de modellenen ϕ kesitleri c) Keys için RockWorks'de modellenen ϕ kesitleri



Şekil 7. a) Dalgakıran için RockWorks'de modellenen "Young Modülü" kesitleri b) Kanal için RockWorks'de modellenen "Young Modülü" kesitleri c) Keys için RockWorks'de modellenen "Young Modülü" kesitleri

Tablo 1. Laboratuvar testi sonuçlarının ortalamaları

	Kil %	Silt %	Kum %	Çakıl %	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndeksi	Birim Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Serbest Basınç Dayanımı (MPa)
Dalgakıran	3	6	68	23	22.2	NP	-	1.82	0.05
Kanal	4	5	72	19	16.4	NP	-	1.97	0.09
Keys	5	3	75	17	14.3	NP	-	2.04	0.13

SONUÇLAR

Bu çalışmada, yapay bir ada olan Lulu Adası üzerine inşa edilmesi planlanan yapı yerlerinde jeolojik ve jeoteknik etütler gerçekleştirilmiştir. Bu etütler sonucunda elde edilen mühendislik parametreleri 3 boyut-

lu blok diyagram üzerinde modellenmiştir. Daha sonra, her bir bölge için kestiler halinde belirlenen mühendislik parametreleri göz önünde bulundurularak, Wagner (1957)'nin zeminlerin mühendislik uygulamalarındaki uygunluğu için önerdiği tablodan (Tablo 2) her bir bölgenin inşaat çalışmalarındaki uygunluğu belirlenmiştir.

Tablo 2. Dalgakıran, kanal ve keys için mühendislik uygulamalarındaki uygunluk durumu (Wagner, 1957'den uyarlanmıştır)

Uygulama	Uygunluk Durumu			Açıklamalar
	Dalgakıran	Kanal	Keys	
Kazı İçin Uygunluk	Zayıf	İyi	İyi	Genel olarak toprak ve yumuşak kaya türü malzeme. Dalgakıran boyunca kaya seviyesi deniz yatağı seviyesinde yakın.
Dolgu	İyi	İyi	İyi	Dolgu inşa edilirken, ince taneli malzemenin sınırlanması durumunda dolguya uygundur
Yol	Uygulanamaz	İyi	İyi	Üstteki siltli yer yer lös içerikli malzeme kaldırılır ve iyi bir kompaksiyon sağlanırsa yol yapımı için uygundur.
Yeraltı Drenaj Sistemi	Uygulanamaz	İyi	İyi	Boru hattının oturacağı kısım iyi kompakte edilmelidir.
Talima Gücü Kapasitesi ve Sığ Temllerde Oturma	İyi	İyi	İyi	Üstteki siltli yer yer lös içerikli malzemenin sınırlanması gerekmektedir. Taşıma gücü kapasitesinin inşa edilecek yapılar için kontrolü şarttır.
Talima Gücü Kapasitesi ve Derin Temllerde Oturma	Uygulanamaz	İyi	İyi	Derin temellerin uç taşımayı sağlayacak katmanı kabul edilebilir derinliktedir (kaya seviyesi).
Drenaj Kanalları	Uygulanamaz	Zayıf	Zayıf	Zemin çok geçirimli, çok güçlü bir pompalama ve fazladan efora ihtiyaç var
Destekleme (Shoring)	Uygulanamaz	İyi	İyi	Geçirimsiz destekleme tercih edilmesi uygundur
Sığ Çukur Açma	Uygulanamaz	İyi	İyi	Yeraltısu seviyesi yeterince derin, sığ çukur açmada problem yaşanmaz.
Erozyona Karşı Direnç	Zayıf	Zayıf	Zayıf	Hidrodinamik modelleme ve erozyon çalışmalarını gerektirmektedir.

Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşmak mümkündür;

- Kazı için uygunluk, dalgakıran için zayıf, kanal ve keys olarak adlandırılan apart daire blokları için uygundur. Dalgakıran ve yakın çevresinde genel olarak toprak ve yumuşak kaya türü malzeme bulunmaktadır. Bu nedenle kazı işlemi sırasında kazı duvarlarında bazı duraysızlıklar meydana gelebilir. Ayrıca, dalga kıran boyunca kaya seviyesi deniz tabanı seviyesinin altında olmasından dolayı, kazı işlemi deniz seviyesinin altında gerçekleştirilecektir. Bu nedenle kazı alanına gelecek suyun deşarj edilmesi gerekmektedir.
- Dolgu açısından ise, 3 bölge için de sorun yoktur, ancak ince taneli malzemenin kaldırılması oturma açısından dolguyu daha duraylı hale getirecektir. Burada sözü geçen ince taneli malzeme Abu Dhabi ve Dubai'de sıkça rastlanan kohezyonsuz löslerdir.

- Yol inşası için dalgakıran bölgesi su altında kaldığı için uygun değildir. Keys ve kanal ise üstteki siltli malzeme kalkar ve iyi bir kompaksiyon sağlanırsa uygundur.
- Yer altı drenaj sistemi dalgakıran için gene su altında olduğundan uygulanması çok pahalıdır ve gereksiz bir işlemdir. Ancak geriye kalan bölgeler için, boru hattının üstüne oturacağı zemin iyi sıkıştırılırsa yer altı drenaj sistemi için uygun bir zemin yapısı vardır.
- Zemine taşıma gücü kapasitesi ve sığ temllerde oturma açısından bakıldığında, her üç bölge de sorunsuz kabul edilebilir. Ancak üstteki siltli ve yer yer lös içerikli malzeme sınırlırsa ilerde düşük bir ihtimal de olsa oturma riski azalmış olur. Ayrıca, taşıma gücü kapasitesinin yapılması planlanan yapılar için güvenlik katsayısı göz önünde bulundurularak hesaplanması daha doğru sonuç verecektir.

- Derin temellerde oturma incelenecek olursa, dalgakıran için uygunsuz ve de inşa edilecek yapı göz önüne alınınca gerekli değildir. Ayrıca, derin temelin deniz üzerinde yapılması da son derece pahalı bir işlemdir. Diğer iki alan için derin temellerin uç taşımayı sağlayacak katmanı yani kaya zonu, kabul edilebilir derinliktedir. Bu nedenle derin temeller için de bir sorun beklenmez.
- Drenaj kanalları, dalgakıran bölgesi için zaten su altında olduğundan dolayı uygulanamaz, diğer iki bölge için, zemin çok geçirimli olduğundan, güçlü bir pompalamaya ve fazladan mali kaynaklara ihtiyaç vardır.
- Destekleme geçirimsiz destekleme yapıldığı takdirde keys ve kanal bölgeleri için uygundur.
- Yer altı su seviyesi yeterince derin olduğundan sığ çukurları açmada herhangi bir problem yaşanmaz.
- Erozyona karşı direnç için detaylı hidrodinamik modelleme yapmak gereklidir.

TEŞEKKÜR

Yazar bu çalışmada araştırma maliyetlerini yüklenen Spektra Jeotek San. ve Tic. AŞ ailesine, özellikle çalışmaya katkıda bulunan Jeoloji Mühendisi Sn. A. Levent Okay ve ekibine teşekkür eder.

KAYNAKLAR

Begemann, H. K. (1974). General Report – Central And Western Europe. *Proceedings Of The European Symposium On Penetration Testing*, 1974, Stockholm, Sweeden, Book of Proceedings, Vol. 2.1, P.33.

Das, (1991). *Advanced Soil Mechanics*. Taylor and Francis Group, New York, 567 p.

Decourt L., Muromachi T., Nixon I.K., Schmertmann J.H., Thornburn S. y Zolkov E. (1988). Standard Penetration Test Procedure. *Penetration Testing*, ISSMFE, pp 27-51.

Dunham, J. M. (1954) Pile foundations for buildings. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division* Vol. 80(1):1-21.

Ohsaki, Y., Hara, A., Kiyota, R. (1978). Stress Strain Model For Soils and Seismic Analysis. 5. *Japan Earthquake Engineering Symposium*, 1978 Tokyo, Japan.

Peck, R. B., Hanson, W. E., Thornburn, T. H. (1974). *Foundation Engineering*. John Wiley and Sons. Inc., New York, 410 p.

RockWare. (2006). *RockWorks V.2006 - Earth Science and GIS Software*. RockWare, Golden, CO, USA. Available at http://www.rockware.com/assets/products/165/downloads/documentation/11/rw2006_manual.pdf (accessed 16 October 2011).

Schmertmann, J.H. (1970). Static Cone To Compute Static Settlement Over Sand. *ASCE Journal of Soil Mechanics & Foundations Division* 96 (3), 1011-1043.

Tan, C. K., Duncan, J. M. (1991). Settlement of Footings on Sands: Accuracy and Reliability. *Geotechnical Engineering Congress*, ASCE, Vol. 1, pp. 446-455.

Ulusay, R. (2010). Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Güncellenmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı, Yayın No. 38, 458 s

Wagner, A. A. (1957). The use of the Unified Soil Classification System by the Bureau of Reclamation: *4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 1957, London, Book of Proceedings, Vol. 1, p. 125.

Webb, D. L. (1969). Settlement of Structures on Deep Alluvial Sandy Sediments in Durban, South Africa. *Proceedings of the Conference on in situ Investigations in Soils and Rocks*, BGS., Book of Proceedings, pp. 181-187.