

Boğaçay (Antalya) Kıyı Ovası'nın Mühendislik Jeolojisi Değerlendirmeleri

Engineering Geological Evaluations of Boğaçay (Antalya) Coastal Plain

Nihat DİPOVA

Akdeniz Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampüs, ANTALYA

ÖZ

Kıyı ovalarında kentleşme amaçlı yapılan mühendislik faaliyetlerinin doğal yapıya ve jeolojik süreçlerin kent üzerine etkileri mühendislik jeolojisinin önemli konularındandır. Kıyı ovaları; taşkın, kıyı erozyonu, deprem, sediman birikmesi ve yeraltısuyu değişimleri gibi doğal olayların etkisi altında kalmaktadır. Bu çalışmada, Boğaçay (Antalya) kıyı ovasında kentleşme açısından dikkate alınması gereken mühendislik jeolojisi konuları irdelenmiştir. Ovanın jeolojik yapısı ortaya çıkarılmış, jeolojik birimlerin mühendislik özellikleri tanımlanmış, ovada kentleşmeyi etkileyebilecek doğal etkenler belirlenmiş, kentleşme faaliyetlerinin doğal yapıya uygunluğu irdelenmiş ve arazi kullanımına yönelik çözüm önerilerinde bulunulmuştur. Boğaçay kıyı ovası, turistik, doğal, tarımsal ve ekonomik değerleri ile Antalya'nın önemli bölgelerinden biridir. Bölgede yapılaşma yerlerinde zemin kaynaklı sorunlar yaşanmıştır. Zemin yapısı oldukça karmaşık olup lagüner çökellerden oluşmaktadır. Yüksek katlı yapılaşmaya izin verilmesi ve uygulamadaki mühendislik hataları, sorunların diğer nedenleridir. Bölge, üç diri fay kuşağının arasında yer almaktadır. Zemin kalınlığının fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti kayaya göre daha fazla hissedilecektir. Bölgedeki kum, çakıl ve taş ocakları doğal yapıya zarar vermiş ve çevre sorunlarına yol açmıştır. Ayrıca aşırı malzeme alımı Konyaaltı Plajı'nın sediman kaynağını azalttığından kıyı erozyonuna neden olmuştur. Çevresinde dik topoğrafyası olan ve anlık yüksek yağış alan bir düzlükte, sel ve taşkın riski bulunmaktadır. Mühendislik jeolojisi kriterleri değerlendirildiğinde; mevcut imar planının bazı sakıncalar içerdiği, yoğun yapılaşmanın büyük risk taşıdığı, imar planının jeolojik veriler ışığında revize edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antalya, Boğaçay Ovası, Kent jeolojisi, Lagüner çökeller, Mühendislik jeolojisi.

ABSTRACT

Effects of engineering works on the natural system during urbanization on a coastal plain, and effects of geological processes on a city are the research areas of engineering geology discipline. Coastal plains are under effect of natural processes such as flood, coastal erosion, earthquake, sediment accumulation and groundwater level change. In this study, engineering geological issues which should be considered for a coastal plain were examined for Boğaçay coastal plain (Antalya) case. Geology of the plain was defined, engineering properties of the geological units were explained, natural processes which may affect residential areas were determined, residential facilities were examined in accordance with the natural conditions, and solutions were recommended for the purpose of land-use. Boğaçay coastal plain is one of the most attractive region of Antalya for its touristic, natural, agricultural, and economical values. Some foundation problems were encountered on buildings constructed on the plain. Soil profile in lagoonal

deposits is complex. Allowance of high rise buildings and engineering mistakes are the other problems. The plain is located in the middle of three active fault zones. Due to the existence of very thick and soft soil near the surface, the earthquake intensities will be greater on the soil surface as compared to rock the strata lying at greater depths. Sand, gravel and rock quarries in the area destroyed the nature and caused some environmental problems. Excessive quarrying has resulted in reduction of sediment supply to Konyaaltı beach and thus promoting coastal erosion. There is high flood risk on the plain due to the existence of steep topography and high rainfall rates in the surrounding area. Based on engineering geological criteria, it is required to revise the current urban plans due to problems of the existing residential plans and high risk for densely populated areas.

Key Words: Antalya, Boğaçay plain, Urban geology, Lagoonal soils, Engineering geology.

GİRİŞ

Kıyı ovaları; akarsularla taşınan taneli malzemenin, dalga, akıntı, deniz seviyesi hareketleri gibi kıyı olayları ile kıyı bölgelerine yerleştirilmesi ile oluşan, deniz seviyesine yakın yükseltiyeye sahip düzlüklerdir. Her ne kadar deniz seviyesinin üzerinde kara parçaları olsalar da, bu alanlar taşkın, kıyı erozyonu, sediman birikmesi, yeraltısuyu değişimleri gibi doğal süreçlerin yoğun olarak etkisi altında kalan bölgelerdir. Kıyı bölgelerinde kentleşme söz konusu olduğunda bu doğal süreçlerin kent yaşamına etkilerinin araştırılması ve çözümlerin üretilmesi mühendislik jeolojisinin konusu haline gelmektedir. Kıyı ovalarında kentleşme sırasında doğal dengeyi bozacak mühendislik faaliyetleri veya kent üzerine olumsuz etkileri önceden kestirilmeyen doğal süreçler nedeni ile can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Kıyı ovalarında doğal yapıya ve kent gelişimine olumsuz etkileri en düşük seviyede tutabilmek için mühendislik jeolojisi çalışmalarının yapılması ve planlamaların bu doğrultuda yürütülmesi gerekmektedir.

Boğaçay kıyı ovası, dünyaca ünlü Konyaaltı Plajı'na sahip, Antalya'nın önemli bir turistik bölgesidir (Şekil 1). Buna ek olarak limanın ve serbest bölgenin bu bölgede bulunması, ovanın

kuzeyindeki tarım alanlarına yakınlığı, Kemer yolu üzerinde olması nedenleri ile ovada yapılaşma talebi ortaya çıkmıştır. Sonuçta, sulak alan ve narenciye bahçesi durumundaki araziler zamanla imara açılmıştır. 1995'e kadar yaklaşık %30'u yapılaşan ovada, bu tarihten sonra yapılaşma hızı düşmüştür. Bunun en önemli nedenlerinden biri yapılarda zeminden kaynaklanan hasarların ortaya çıkmasıdır. Duvarlarda çatlamlar ve yapının tümüyle eğilmesi gibi sorunlarla sık sık karşılaşmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde bazı hasarlı yapılar temel takviyesi yöntemleri ile onarılmış, ancak büyük bir kısmı sorunlu olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Diğer yandan sel riski, kıyı erozyonu, deprem açısından zayıf zeminlerin bulunması, arıtma tesisinin ve malzeme ocaklarının yol açtığı çevresel sorunlar da bölge halkını rahatsız etmiştir.

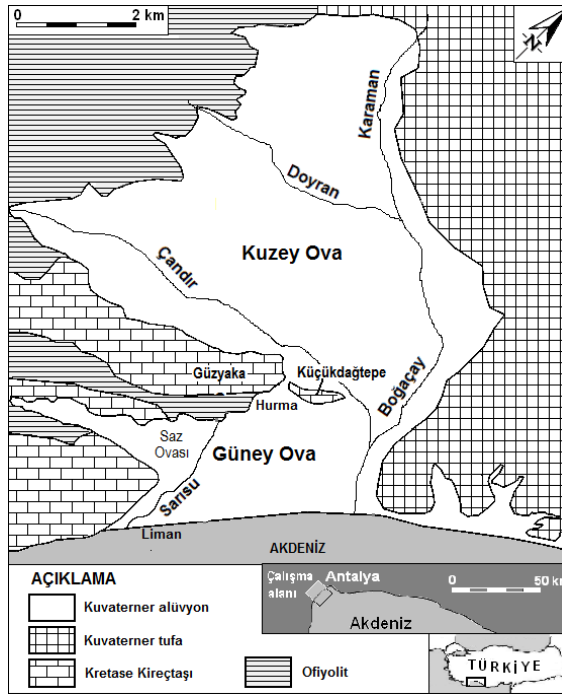
Bu çalışmanın amacı Antalya Boğaçay Ovası'nın jeolojik yapısını ortaya çıkarmak, jeolojik birimlerin mühendislik özelliklerini tanımlamak, ovada kentleşmeyi etkileyebilecek doğal süreçleri belirlemek, kentleşme faaliyetlerinin doğal yapıya uygunluğunu irdelemek ve çözüm önerilerinde bulunmaktır.

JEOLJİ

Antalya bölgesi batı Toroslar'ın güney kenarında bulunmaktadır. Bölgenin hakim kaya birimleri otokton ve allokton olarak iki gruba ayrılabilir. Platform tipi karbonat çökellerden oluşan Anamas-Akseki görelî otoktonu (Kambriyen-Eosen) ve Beydağları görelî otoktonu (Jura-Miyosen), allokton birimlerin yerleşeceği ve genç otokton birimlerin çökeleceği ana kaya görevi görürler. Genç otokton birimler ise; kumtaşı, çakıltaşı, kireçtaşı ve kilaşından oluşan Antalya Miyosen havzası çökelleri, Üst Miyosen-Pliyosen havzası çökelleri ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı tufa (traverten) dir. Antalya napları bölgenin allokton birimlerini oluşturur (Akay vd., 1985).

Boğaçay Ovası'nı çevreleyen kaya birimleri Jura-Kretase kireçtaşları, Geç Kretase yaşlı

ofiyolitik birim ve Pliyo-Kuvaterner tufadır (Şekil 1). Ovanın batısı Jura-Kretase kireçtaşları ile çevrilidir. Dik kayalıklar halinde gözlenen birim, kendi içinde yanıl atımlı faylarla kesilmiş olarak bulunur. Gri-koyu gri, ince taneli ve masif görünümlü birim içinde süreksizlikler ve erime boşlukları yaygındır. Kireçtaşının üzerine bindirme ile yerleşen birim Üst Kretase ofiyolitik birimidir. Birim, serpantin ve radyolarit ağırlıklıdır. Ovanın doğu bölümünde taban kayası tufadır. Karasal çökelim ürünü olan tufa, inceleme alanında deniz seviyesinin yükselmesi sonucu deniz ve ovanın altında kalmıştır. Düzlük alanlar, Boğaçay ve kollarının taşıdığı malzemeler ve lagün içi otojenik çökelim ürünü olan kil ve siltten oluşmuştur. Alüvyonun kalınlığı değişkenlik göstermekle birlikte 80 m'ye kadar çıkabilmektedir (Dipova, 1997).



Şekil 1. Boğaçay kıyı ovası ve çevresinin jeoloji haritası.

Figure 1. Geological map of the Boğaçay coastal plain and its surroundings.

Ovanın Jeolojik Evrimi

Bölgenin jeolojik evriminde tektonik kuvvetler önemli rol oynamıştır. Anadolu yarımadasındaki tektonik etkilerle Anadolu bloğu batıya doğru hareket etmiş ve sıkışma sonucu oluşan yükselme, Aksu Havzası'nın yarı graben şeklinde açılmasını sağlamıştır. Böylece Holosen öncesinde, kıtanın batıda alçalmasını, doğuda ise yükselmesini sağlamıştır (Glover ve Robertson, 1998a). Eski Antalya şehri (Kaleiçi) merkez kabul edilirse, Teke Yarımadası'nı içine alan batı bölüm boğulmuş (batmış) kıyı yapılarından oluşur. Doğu bölümde ise östatik deniz seviyesi artışı, karanın yükselmesi ile karşılanmış ve sınırlı birkaç alan dışında lagün oluşumu gerçekleşmemiştir.

Holosen sonrası jeomorfolojik evrim ise daha çok östatik ve relatif deniz seviyesi değişimleri, buna bağlı lagün oluşumları ve dolgu ile düzlüklere dönüşümleri şeklinde kendini göstermiştir. Son 15.000 yılda deniz seviyesinin yaklaşık 100 m yükselmesi ve tektonik gerekçeli batma sonucu günümüzden 6000 yıl önce Teke Yarımadası'ndaki eski kara topoğrafyası, boğulmuş kıyı yapıları ile koy ve körfezlere dönüşmüştür (Öner, 1997). Bu koy ve körfezlere akarsuların taşıdığı alüvyonlarla deniz dolmaya başlamış, lagünler meydana gelmiş, sonuç olarak, yer yer bataklık olan kıyı ovaları oluşmuştur.

Bölgenin evrimine paralel olarak, Boğaçay Ovası'nın bulunduğu bölgede son buzul çağı sonrası deniz seviyesinin yükselmesi ile akarsuların getirdiği malzemeler delta şeklinde dolgu oluşturmaya başlamıştır. Bu granuler malzeme dolgusu kıyı oku şeklinde günümüzde limanın bulunduğu bölgeye kadar ilerleyerek kuzeyinde kalan körfez parçasını lagüne dönüştürmüştür. Günümüzde Sarısu Deresi ise lagünün muhtemel çıkış ağzı olmalıdır. Lagün

içindeki sedimentasyonun ise başlıca iki kaynağı vardır. Birincisi; yeraltısuyu ile beslendiğinden kısmen tatlı su gölü niteliği kazanan lagün içinde mikro canlıların yaşamsal faaliyetlerinin yan ürünü olarak ortaya çıkan otojenik kil, taşınmış kil ve siltten oluşan ince taneliler, ikincisi ise taşkın dönemlerinde yamaçlardan ve kuzeydeki boğazdan taşınan granuler malzemedir.

Bölgede deniz seviyesi yükselmesi Milat yıllarına kadar sürmüştür, bundan sonra fazla bir jeomorfolojik değişim gözlenmemiştir. Sedimentasyon durduktan sonra Saz Ovası batısı ve Hurma Köyü çevresinde yamaç sürüntüsü ve taşkın malzemelerinden oluşan alüvyon yelpazelerinin ortasında sulak alan niteliğinde suya doymuş zeminler kalmıştır. Ovayı denizden ayıran kum-çakıl bariyeri, Boğaçay'ın taşıdığı malzemelerle denize doğru gelişimini sürdürmüş, geçmişte lagün ağzı olan bölüm ise Sarısu Deresi olarak, karstik kaynaklardan ve yeraltısuyundan beslenen bir akarsu kanalı halini almıştır. Çakıl bariyeri kuzeybatıya doğru da gelişip tufanın önünü kapatarak Konyaaltı Plajı'nı oluşturmuştur. Bu ilerleme, Milat yıllarına kadar devam etmiştir. Plaj dolgusu, bir tufa kanyonu içine kurulu liman kenti olan Olbia'nın liman işlevini yitirmesine neden olmuş ve Olbia halkı Attelia'nın (eski Antalya) kuruluşuna katılmıştır (Çevik, 1994). 20. yüzyılın başlarında bir sulak alan niteliğindeki ovada kanallar açılarak çeltik tarımı yapılmaya başlanmıştır. Sulak alan niteliğini koruyan bölgelerde 1970'li yıllara kadar yabani kuş avcılığı yapıldığı bilinmektedir.

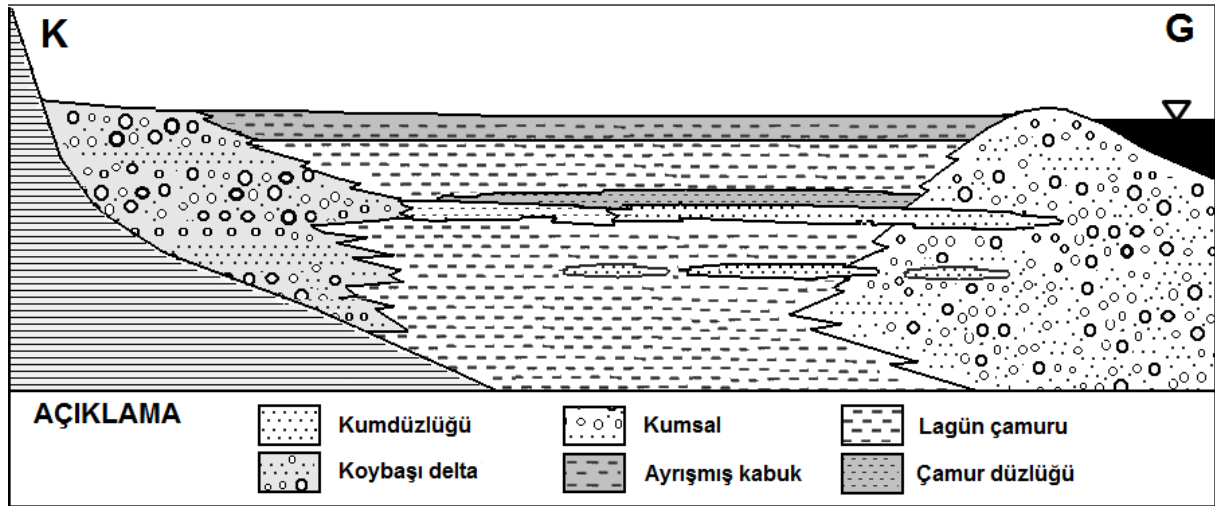
ZEMİNLERİN JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİ

Boğaçay Ovası'nın kuzey bölümü alüvyon ve taşkın ovası niteliğinde iken, güney ova daha karmaşık bir yapı sunar. Kuzey ovanın imara açık olmaması ve jeoteknik verinin yetersiz

olması nedeni ile çalışmanın bu bölümünde güney kesim üzerine yoğunlaşmıştır. Yapılan araştırmalarda (Dipova, 1997, 2010) ovanın lagün kökenli olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, 6 ayrı fasiyes karmaşık bir şekilde yerleşmiştir. Zeminler, çökelim sonrası oluşan fiziksel-kimyasal değişimler sonucu son derece karmaşık bir yapıya sahip olmuşlardır. Şekil 2’de gösterildiği gibi, ovanın deniz tarafı kıyı bariyerinden (kumsal) ve kuzey kesimi ise koybaşı delta olarak tanımlanabilecek iri taneli zeminlerden oluşur. Orta kesimde ise lagün çamuru hakim olmakla birlikte ilk 3-4 m’lik üst kesimler ıslanma-kuruma evreleri ile ayrışma geçirerek göreceli olarak sert bir kabuk halini almıştır. Zemin profilinin 8-10 m derinliklerinde kum düzlüğü ve yer yer turbaya rastlanmaktadır.

Ova zeminlerinin ayrıntılı jeoteknik değerlendirmesi Dipova (2010)’da verilmiştir. Burada kısa bir özet yapılarak zeminlerin mühendislik özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

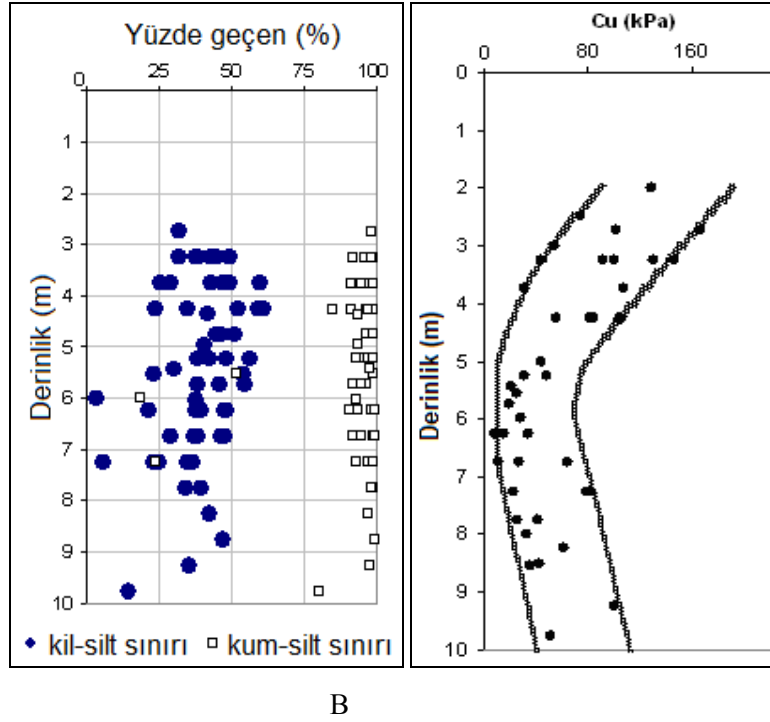
Jeoteknik sorunların en fazla yaşandığı lagün çamuru (mavi-yeşil kil) birim üzerinde yapılan tane boyu dağılımı analiz sonuçları Şekil 3A’da gösterilmiştir. Kum oranı % 10’u geçmezken, kil ve silt oranı yaklaşık olarak eşittir. Tane boyu verilerinde derinlikle birlikte fazla değişim görünmezken, Şekil 3B’de görüldüğü gibi dayanım özelliklerindeki farklılık dikkat çekicidir. Bunun nedeni fasiyes farklılığı ve çökelim sonrası oluşan değişimlerdir.



Şekil 2. Güney ovadaki jeolojik fasiyeslerin yatay yönde kesiti (ölçeksiz).

Figure 2. Cross-section of the geological facies of the south plain (not to scale).

Dipova

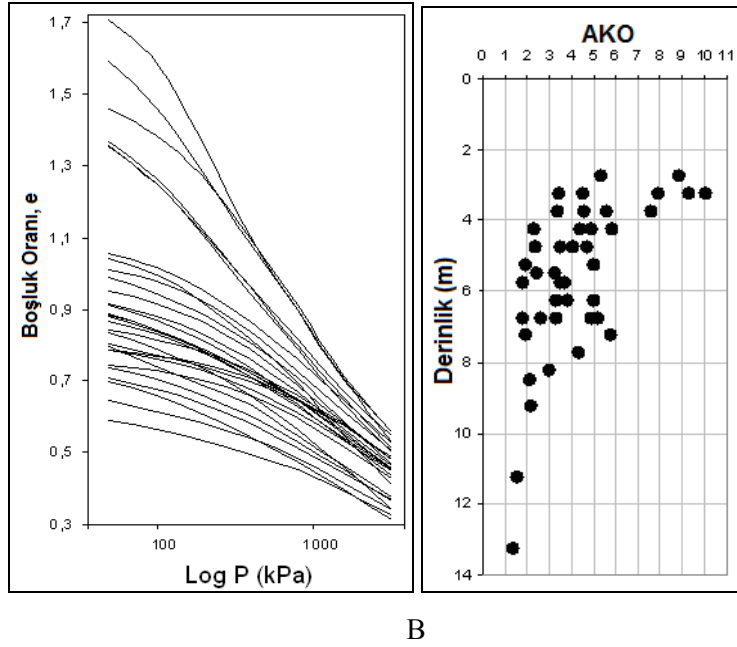


Şekil 3. A) Tane boyu-derinlik ilişkisi, B) Drenajsız makaslama dayanımı-derinlik ilişkisi.

Figure 3. A) Grain size-depth relationship, B) Undrained shear strength-depth relationship.

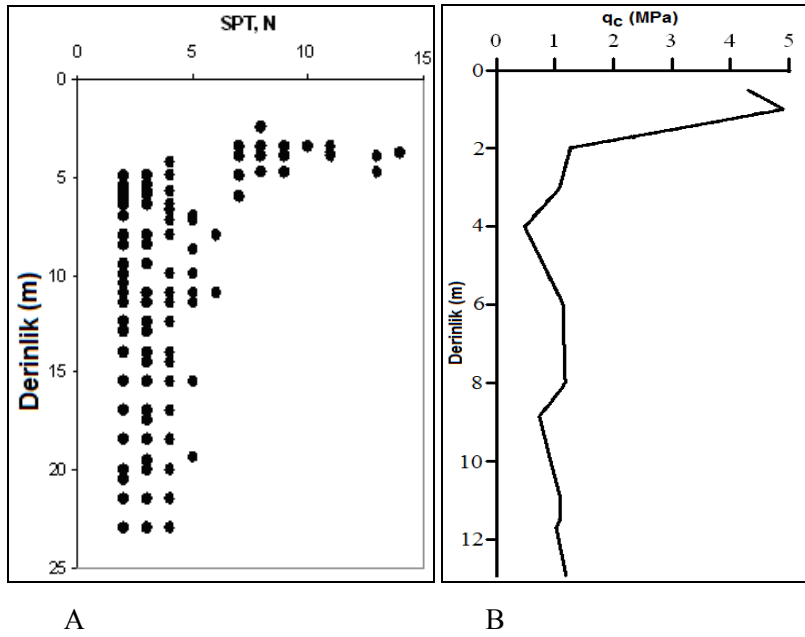
Zeminlerin konsolidasyon özellikleri Şekil 4A'da gösterilmektedir. Boşluk oranı 1.3'ün üzerindeki zeminlerde organik malzeme içeriği olmasına karşın, lagün çamurundan alınan numunelerde de davranış farklılıkları dikkat çekicidir. Bu durum Aşırı Konsolidasyon Oranı (AKO)-derinlik ilişkisine de yansımaktadır. Zemin, üst kotlarda ıslanma-kuruma kaynaklı görünür AKO nedeniyle yüksek dayanıma sahipken, alt kotlara inildikçe normal konsolide kil halini almaktadır (Şekil 4B). Görünür aşırı konsolide durum arazi deneylerinde de kendini göstermektedir. SPT ve CPT deneylerinde

derinlikle birlikte sayısal değişim önemli büyüklüklere ulaşmaktadır. Yeraltı suyu seviye değişimleri sonucu ortaya çıkan görünür aşırı konsolide durum nedeniyle üst kotlarda dayanım yüksek olmakta ve buna paralel olarak da SPT-N ve CPT uç direnci (q_c) değerleri yüksek çıkmaktadır. Derinlikle birlikte görünür aşırı konsolidasyon etkisi azaldığından SPT-N ve q_c değerlerinde de azalma gözlenmektedir. Belirli bir derinlikten sonra zemin tekrar normal konsolide duruma dönüşmekte ve değerler artmaya başlamaktadır (Şekil 5).



Şekil 4. A) Boşluk oranı-Log P ilişkileri, B) AKO-Derinlik ilişkisi.

Figure 4. A) Void ratio-Log P relationship, B) OCR-depth relationship.



Şekil 5. A) SPT (N)-derinlik ilişkisi, B) CPT uç direnci (q_c)'nin derinlikle değişimi.

Figure 5. A) SPT (N)-depth relationship, B) CPT tip resistance-depth relationship.

Dipova

Boğaçay Ovası'ndaki zeminlerin karmaşık yapısına ilave olarak, zemin etüdlerinin gerekli ayrıntıda yapılmamış olması, buna bağlı olarak uygun olmayan projelendirme ve imar planında yüksek katlı yapılaşmaya izin verilmesi, jeoteknik kaynaklı sorunların boyutunu artırmıştır. Dayanım ve konsolidasyon parametrelerinin kolay yoldan belirlenmesi ve parametre sayısının artırılması amacı ile Kılıcı (2005), Cangir (2008) ve Dipova ve Cangir (2010) indeks parametreler yardımı ile dayanım ve konsolidasyon parametresi tahminleri için yöntemler araştırmışlardır.

SU KAYNAKLARI

Ovanın yüzey su kaynakları Boğaçay ve Sarısu'dur. Boğaçay, Konyaaltı Bölgesi'nin batısından gelen Doyran ve Çandır Çayları ile, kuzeyden gelen Karaman Çayı'nın birleşmesinden oluşmuştur. Çandır ve Doyran Çayları ancak yağışlı mevsimlerde akmaktadır. Karaman Çayı'nda ise sürekli akım olup, su debisi kış ve ilkbahar aylarında yüksek değerlere ulaşmaktadır. Yaz aylarında ise Karaman, Doyran ve Çandır Çayı sularının çok azalması nedeniyle, Boğaçay akımları ancak traverten kaynaklarının boşalımları ile sürmektedir. Boğaçay yaklaşık 25 km uzunluğunda yatağı ile 833 km²'lik bir alanı drene etmektedir. Günümüzde havza yağış rejimine bağlı olarak zaman zaman taşkınlara neden olan, çevresi düzenlenmemiş bir durumdadır. Sarısu Çayı ise ovanın güneybatısında yer almakta, kireçtaşlarından süzülen Hurma kaynakları ile beslenerek, kısa bir akımdan sonra denize dökülmektedir. Kolu olan Gökdere Çayı ile birleşerek bahar aylarında 500-600 l/s civarında debiye sahip olan Sarısu Çayı'nın kurak dönemlerde yalnızca yeraltısuyu drenajı halini aldığı gözlenmektedir.

Ovada yeraltısı seviyesi yaz sonunda 1.5-2.0 m arasındadır. Bahar aylarında su seviyesi ovanın orta kesimlerinde doğal zemin kotuna kadar çıkmakta, ovanın batı kesimindeki Saz Ovası ise yer yer sulak alan görünümü kazanmaktadır. İnce taneli zeminlerin hakim olduğu orta bölümleri yeraltısuyu kullanımı için uygun değildir. Ancak zemin içindeki kum bantlarından süzülme sureti ile sınırlı bir su elde edilebilmektedir. Kayalıklara yakın bölgelerde ayrılmış kaya içinden su alınabilmektedir. Hurma Köyü civarında bulunan iri taneli zeminlerden oluşan delta çökellerinde, Boğaçay yatağına yakın yerlerde ve Saz Ovası'nda alüvyonun altındaki kireçtaşlarına kadar uzanan kuyularda yeraltısuyu elde edilebilir. Kuzey ovada tufa-alüvyon sınırında, güney ovada kireçtaşı-alüvyon sınırında olmak üzere çok sayıda kaynak bulunmaktadır. Bu kaynaklar, Antalya içme suyu temini için kullanılmaktadır.

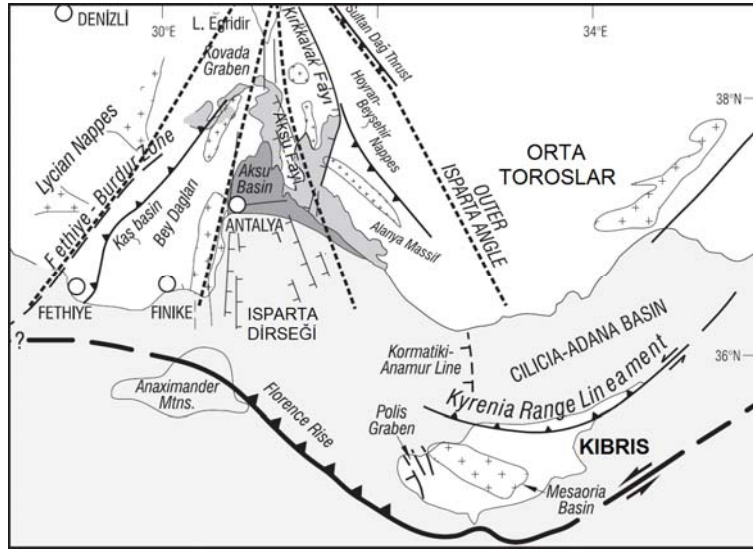
DEPREMSELLİK

Antalya ve çevresi, (1) Fethiye-Burdur Fay Zonu, (2) Helenik-Kıbrıs Fayı'nın Antalya Körfezi'nde uzanan bölümü (3) Kırkkavak Fayı ve Aksu Fayı boyunca uzanan fay zonundan etkilenmektedir (Şekil 6). Büyük depremler genellikle Helenik-Kıbrıs Yayı boyunca yoğunlaşmaktadır. Bununla birlikte Antalya Körfezi içerisinde ve Boğaçay Ovası'nı da içine alan karasal bölgede yoğun mikro deprem etkinliği gözlenmektedir. En yakın deprem kaynağı 20 km uzakta bulunan Aksu Fay Zonu'dur. Çalışma alanı Aksu Havzası'nın batı sınırında bulunmaktadır. Şenel (1997) ve Glover ve Robertson (1998a) Aksu Havzası'nın batı sınırını normal fay ile açıklamaktadır. Çalışma alanında bu tezi destekleyecek bulgular elde edilmiştir. Hurma kuzeyindeki Güzyaka Dağı ve Küçükdağtepe'yi birbirinden ayıran dokanağın

bir oblik fay olduğu düşünülmektedir. Küçükdağtepe'nin enişelon yapısı yanıl atım bileşeninin belirtisi olarak kabul edilmiştir. Benzer bir yapı Hurma'nın 8.5 km kuzeyindeki Karaman Boğazı'nda da gözlenmektedir.

Çalışma alanını merkez kabul eden 100 km yarıçaplı daire içinde $M=4.0-6.4$ büyüklüğünde

1900-2010 tarihleri arasında 212 deprem kaydedilmiştir. Anakaya derinliğinin fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti kayaya göre daha fazla hissedilecektir. Kil oranı % 10'un altında silt veya ince kum tabakalarına rastlanmadığından sıvılaşma riskinin düşük olduğu söylenebilir.



Şekil 6. Çalışma alanını etkileyebilecek deprem kaynakları (Glover ve Robertson 1998b'den değiştirilerek).

Figure 6. Earthquake sources which may affect the study area (Modified from Glover and Robertson 1998b).

TAŞKIN

Antalya merkezde 1200 mm dolayında olan yıllık ortalama yağışın %54'ü kış aylarında düşer (Yılmaz, 2008). 2001 yılında ise 1892 mm yağış ile 1969 yılındaki 1914 mm değerinin ardından son 100 yılın ikinci büyük yağışı kaydedilmiştir. Daha dikkat çekici olanı ise bu yağışın 1390 mm'sinin (yıllık toplamın % 74'ü) kasım ve aralık aylarında gerçekleşmiş olmasıdır (Dipova, 2009). Boğaçay Havzası yağış alanının %14'ü 1500 m kotu üzerinde olup, denize 27 km yatay mesafede kot 2000 m'ye çıkmaktadır. Havzada kireçtaşı ağırlıklı olmakla birlikte ofiyolit türü

geçirimsiz kayalar da bulunmaktadır. Yüksek eğim ve anlık yüksek yağış Boğaçay'ın "boğa" gibi hızlı ve korkutucu akmasına neden oluştur ki halk çaya Boğaçay ismini vermiştir.

Boğaçay Havzası'ndaki yerleşim yerleri her zaman sel ve taşkın riski altında kalmıştır. Tarım arazisinde su birikmeleri ve sel sularının getirdiği taş, çakıl, moloz gibi malzemelerin geniş bir alana yayılması çok kez tekrar etmiştir. Bölgenin imara açılması ile sel ve taşkın hasarlarının boyutu daha da büyümüştür. 2003 aralık ayında meydana gelen fırtına sonrasında Boğaçay mansabında bulunan karayolu köprüsü büyük

hasar görmüştür. Köprüde meydana gelen hasar, fırtına sırasında bu çayın taşkın debisinin köprü ayağı temellerinde meydana getirdiği yerel oyulmadan kaynaklanmıştır. 260 m genişliğindeki çay kanalının tümüyle dolduğu,

köprü ayakları kazık temelle inşa edilen kuzeydeki diğer köprünün tabliye seviyesine kadar suyun yükseldiği, yer yer de yatak dışına taşıdığı ve imar alanlarını bastığı görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. Bir taşkın döneminde Boğaçay'ın taşması.

Figure 7. Overflow of Boğaçay stream during a flood period.

KIYI EROZYONU

2000'li yıllarda Boğaçay Köprüsü doğu kesiminde kıyı erozyonu sorunları ortaya çıkmıştır. Yol ve kaldırımlarda gözlemlenen hasarlar taş dolgu (anroşman) yapılarak geçici olarak çözülmüştür. 2004 kışında meydana gelen fırtına sonrasında Konyaaltı Plajı'nda plaja paralel Antalya-Kemer karayolunun deniz tarafı, kıyı duvarları ve anroşmanda plaj boyunca özellikle Gürsu sahili civarında hasarlar oluşmuştur. Bunun üzerine plajın yaklaşık 800 m'lik kesimine dairesel yüzeyli kıyı duvarı inşa edilmiştir.

Kıyıdaکی erozyonun büyüklüğünü araştırmak için Harita Umum Müdürlüğü

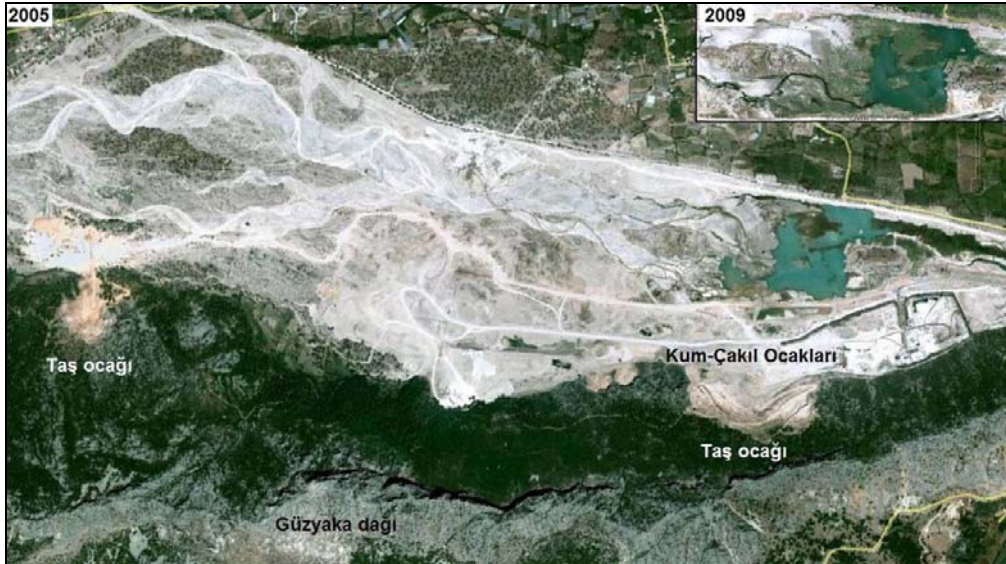
tarafından 1934 tarihinde yapılan 1:25000 ölçekli topografik harita 2010 tarihli uydu görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Arazide dik yarılar ve kanyonlar bulunduğundan çakıştırma ve karşılaştırma işlemi güvenilir bir şekilde yapılabilmektedir. Şekil 8'de görüldüğü gibi limanın doğu kesiminde erozyon belirgin olarak görülürken (kırmızı bölgeler), limanın batısında birikme gözlenmektedir (sarı bölge). Bu değişimde liman büyük mendireği önemli rol oynamıştır. Ancak kırmızı bölgenin sarı bölgeden fazla oluşu başka gerekçelerin de rol aldığını göstermektedir. Bunun sebebinin, plajı besleyen sediman kaynağında ortaya çıkan azalma olduğu düşünülebilir.

Konyaaltı Plajı'nın ana sediman kaynağı Boğaçay'dır. Boğaçay'da uzun yıllar sürdürülen agrega alımı sediman kaynağını azaltarak kıyı dengesini olumsuz yönde değiştirmiştir. Şekil 8'deki kıyı çizgisi farklarından, Boğaçay çıkış ağzı civarında 70 m, kıyı duvarı inşa edilmek zorunda kalınan Gürsu sahilinde ise 50 m'ye ulaşan gerilemeler ölçülmüştür. Günümüzde Boğaçay'dan malzeme alımı durdurulmuş olmasına rağmen, işletme sırasında oluşan

çukurlar dolup çay yatağı eski haline gelinceye kadar sediman eksikliği yaşanacaktır. Şekil 9'daki büyük resimde, 2005 yılında çay yatağında malzeme alımı sonucu ortaya çıkan göl görülmektedir. Sağ üst köşedeki küçük resim ise 2009 tarihli uydu görüntüsü olup, ocakların kapalı olduğu dönemde gölün dolmaya ve hacminin azalmaya başladığını göstermektedir. Çay yatağından malzeme alımı yapılmadığı sürece doğa kendini tamir edecektir.



Şekil 8. 1934 ve 2010 yıllarına ait kıyı çizgilerinin karşılaştırması.
Figure 8. Comparison of shorelines of 1934 and 2010 years.



Şekil 9. Güzyaka Dağı kuzeyindeki malzeme ocakları.
Figure 9. Quarries at the north of Güzyaka Mountain.

MALZEME OCAKLARI

Antalya ilinde nüfus artışı ve turizm yapılaşmasına paralel olarak, 1980'li yılların sonundan itibaren büyük oranda agrega ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu talep şehir merkezine en yakın olan Boğaçay Havzası'ndan karşılanmıştır. Bu süreçte Maden Kanunu kapsamında çalışan firmalar, Valilik izni ile çalışan kurumlar, yerel yönetimler ve kaçak olarak çalışan firmalar tarafından malzeme alımı yapılmıştır. Ancak bu süreç içinde uygulamada birçok olumsuzluk yaşanmıştır.

İşletme kusurları, Boğaçay Havzası'nın yakınlarında kurulu olan yerleşim birimlerinde olumsuz çevresel etkiler yaratmıştır. Geniş alanlardan malzeme alınması, çay yatağının yer değiştirmesine neden olmuştur. Ocak sınırlarına uyulmadan malzeme alındığı, Özel İdare'ce 5 m derinlikten malzeme alınmasına müsaade edildiği halde, ocakların 10 m derinliğe kadar işletilip malzeme alındığı gözlenmiştir. Aşırı kot düşürülmesinden dolayı göllenmeler oluşmuştur (Şekil 9). Yıkama ve eleme tesislerinde yıkamadan kaynaklanan siltli atık suların doğrudan mecraya verildiği, aşağı kotlarda ilkel olarak yapılan sedde ile atık sudaki siltin çökeltilmeye çalışıldığı ancak, feyezana dönemlerinde biriken siltin doğrudan denize taşındığı ve Konyaaltı Plajı'nda büyük kirlenmeye yol açtığı gözlenmiştir. İşletmelerdeki elek üstü malzemelerinin düzensiz olarak bırakıldığı da görülmüştür.

Agrega alımına ek olarak Güzyaka Dağı'nın kuzeydoğuya bakan kireçtaşı mostralarında kırma taş ve öğütme tesisleri kurulmuştur (Şekil 9). Taş ocakları galeri patlatma yöntemiyle işletildiğinden tesislerin yoğun şekilde toz bulutları yaydığı gözlenmiştir. Yine patlama ile

Hurma yeraltısuyu kaynaklarının etkilendiği yöre halkı tarafından iddia edilmiştir.

KENT JEOLJİSİ

Yürürlükteki imar planına göre ovanın güney kısmını içine alan yaklaşık 13 km²'lik bir alan imara açıktır. 42 km²'lik kuzey bölüm ise henüz yapılaşmaya açık olmamakla birlikte, yöre halkının bu konuda talepleri olduğu bilinmektedir. İmara açık güney kısımda 90'lı yıllarda sınırsız kat ve yüksek emsal uygulamaları ile çok katlı yapılaşmaya izin verilmiş ve sonuçta 15 kata kadar inşaatlar yapılmıştır. İmar planı hazırlanırken jeoloji bilgilerinin mevcut olmadığı veya dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Konyaaltı Belediyesi'nin kaya üzerine oturan mahallelerinde en fazla 4 katlı yapılara izin verilirken, yumuşak kil kalınlığının en fazla olduğu bölümlerde 15 kata kadar yapıların bulunması bunun en önemli kanıtıdır. Özellikle ovanın orta kesimlerindeki yapı hasarları, yapıya uygun olmayan bir zemine temel mühendisliği çözümleri uygulanmaksızın inşaat yapılması sonucunda ortaya çıkmıştır.

Statik stabilite sorunlarına ek olarak çok katlı yapılaşma, deprem riski açısından da sakıncalıdır. Anakaya derinliğinin fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti, kayaya oturan yapılara göre daha fazla hissedilecektir. Yapılar inşa edilirken zemin iyileştirmesi veya kazık temel uygulaması yapılabilmektedir. Ancak bu tedbirler statik taşıma kapasitesinin artırılmasına dönük olarak projelendirilmekte ve büyük çoğunlukla da anakayaya ulaşmadan yüzer vaziyette kalmaktadır. Bölgedeki yapılar için olası bir deprem durumunda hasar riski büyüktür.

Taşkın riski imar alanlarını etkileyebilecek bir diğer doğal problemdir. DSİ Antalya Şubesi

tarafından yapılan hesaplara göre 1000 yıllık tekrarlanma aralığı için taşkın durumunda hemen hemen tüm imar alanının sular altında kalacağı rapor edilmiştir (DSİ, 1997). Ancak uygulamada 500 yıllık tekrarlanma aralığına göre debi alınarak Boğaçay yatak genişliği 260 m olarak belirlenmiştir. Bu durum Boğaçay Ovası'ndaki yerleşim alanları için taşkın riskinin bulunmakta olduğunu göstermektedir. İmar planı hazırlanmadan önce bu konuların değerlendirilmiş olması, çay yatağının geniş tutulması ve Boğaçay kıyısındaki bölgelerde yoğun yapılaşmaya izin verilmemiş olması gerekirdi.

Kentsel gelişime paralel olarak ihtiyaçlar da artmaktadır. Antalya'ya yapılması düşünülen ikinci bir yat limanı için Boğaçay yatağı öngörülmektedir. Çay yatağının kazılarak derinleştirilmesi, denizin yatağa girmesinin sağlanması ve bu yolla bir yat limanı elde edilmesi düşünülmektedir. Bu proje için önemli sakıncalardan birisi yeraltı su kaynaklarının tuzlanması ve kirlenmesidir. Diğer bir sakınca ise Boğaçay'ın taşıdığı sedimanın sürekli olarak limanı dolduracağı ve işletme maliyetini artıracaktır. Biriken sedimanın taranarak çıkarılmasının maliyeti bir yana, Konyaaltı Plajı'nın sediman kaynağında azalma olacak ve kıyı erozyonu sorunu ortaya çıkacaktır.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Boğaçay Ovası, akarsularca taşınmış granuler malzemeler ile lagüner kökenli ince taneli zeminlerden oluşmuştur. Ovanın özellikle orta bölümleri "yeşil-koyu mavi, yumuşak kil" ağırlıklıdır. Boğaçay Ovası'nın kuzey bölümü alüvyon ve taşkın ovası niteliğinde iken, güney ova daha karmaşık bir yapı sunar. Zeminin zayıf ve karmaşık karakterine ilave olarak, zemin etüdlerinin gerekli ayrıntıda yapılmamış olması,

buna bağlı olarak uygun olmayan projelendirme ve imar planında yüksek katlı yapılaşmaya izin verilmiş olması jeoteknik kaynaklı sorunlara neden olmuştur.

Ovanın yüzey su kaynakları Boğaçay ve Sarısu'dur. Ovada yeraltı suyu seviyesi yaz sonunda 1.5-2.0 m arasındadır. Kış aylarında su seviyesi ovanın orta kesimlerinde doğal zemin kotuna kadar çıkmakta, ovanın batı kesimindeki Saz Ovası civarında ise yer yer sulak alan görünümü kazanmaktadır. İnce taneli zeminlerin hakim olduğu orta bölümleri yeraltı suyu kullanımı için uygun değildir.

Antalya ve çevresi, Fethiye-Burdur Fay Zonu, Helenik-Kıbrıs Fayı'nın Antalya Körfezi'nde uzanan bölümü ile Kırkkavak Fayı ve Aksu Fayı boyunca uzanan fay zonunun etkisi altındadır. Anakaya derinliğinin fazlalığı ve zeminin yumuşaklığı nedenleri ile deprem şiddeti, bu alanlardaki yapılarda kayada bulunan yapılara göre daha fazla hissedilecektir.

Konyaaltı Plajı'nda erozyon nedeni gerileme sonucunda Antalya-Kemer karayolunun deniz tarafı, kıyı duvarları ve anroşmanda fırtına dönemlerinde hasarlar oluşmuştur. Kıyı erozyonunun bir nedeni Antalya Limanı büyük mendireğinin sediman taşınmasına engel olmasıdır. Diğer bir gerekçe ise plajı besleyen sediman kaynağında ortaya çıkan azalmadır. Boğaçay'da uzun yıllar sürdürülen agrega alımı sediman kaynağını azaltarak kıyı dengesini olumsuz yönde değiştirmiştir

Boğaçay'ndaki kum çakıl ocaklarında yıkamadan kaynaklanan siltli atık suların doğrudan mecraya verildiği, siltin denize taşındığı, işletmelerdeki elek üstü malzemelerinin düzensiz olarak bırakıldığı, derinden malzeme alınarak göllenmelere neden olduğu, taş ocaklarının galeri açıp patlatılmasıyla işletildikleri kırma tesislerinin de

yoğun şekilde toz bulutları yaydığı ve patlama ile yeraltısuyu kaynaklarının olumsuz etkilendiği gözlenmiştir.

Ova imara açılırken jeoloji bilgilerinin mevcut olmadığı veya dikkate alınmadığı anlaşılmaktadır. Bölgede inşa edilen yapılarda gözlenen limitlerin üzerinde oturma ve eğilmeler, kil zeminin sıkışma potansiyelinin yüksekliğinden, kil katmanının kalınlığından ve zemin profilinin heterojenliğinden kaynaklanmaktadır. 1000 yıllık tekrarlama debisinde bir taşkın durumunda hemen hemen tüm imar alanının sular altında kalacağı rapor edilmiştir. Mühendislik jeolojisi kriterleri değerlendirildiğinde, özellikle ovanın güney bölümünün orta kesimleri için mevcut yoğun yapılaşmanın büyük risk taşıdığı ve mevcut imar durumunun jeolojik veriler ışığında revize edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Boğaçay Ovası'nda gelecekte yapılacak projelerde de mühendislik jeolojisi değerlendirmeleri yapılarak uygulamaya geçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akay, E., Uysal, Ş., Poisson, A., Cravatte, J., ve Müller, C., 1985. Antalya Neojen havzasının stratigrafisi. T.J.K. Bülteni, 28 (2), 105-121.
- Cangir, B., 2008. Hurma ve Sarısu (Antalya) bölgelerindeki zeminlerin geoteknik özelliklerinin araştırılması. Akdeniz Üniversitesi FBE, İnşaat Müh. Ana Bl. Dalı.
- Çevik, N., 1994. Localisation of Olbia at the north of Pamphilia, Lykia, Anadolu-Akdeniz Arkeolojisi, Akdeniz Üniversitesi Likya Araştırma Merkezi ve Arkeoloji Bölümü Süreli Yayını.
- Dipova, N., 1997. Assessment of soil behaviour in the Konyaaltı region (Antalya), M.S.Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.
- Dipova, N., 2009. Preliminary assessments on the modes of instability of the Antalya (SW-Turkey) coastal cliffs. Environmental Earth Sciences, 59 (3), 547-560.
- Dipova, N., 2010. Geotechnical characterization and facies change detection of the Bogacay coastal plain (Antalya, Turkey) soils. Environmental Earth Sciences, DOI: 10.1007/s12665-010-0575-6
- Dipova, N., Cangir, B., 2010. Lagün kökenli kil-silt zeminde sıkışabilirlik özelliklerinin regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri ile belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 21 (3), 5069-5086.
- DSİ, 1997. Boğa Çayı Taşkın Raporu, DSİ 13. Antalya Bölge Müdürlüğü.
- Glover, C.P., Robertson, A.H.F., 1998a. Role of regional extension and uplift in the Plio-Pleistocene evolution of the Aksu Basin, SW Turkey. Journal of Geological Society, London, 155, 365-387.
- Glover, C.P., Robertson, A.H.F., 1998b. Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic arcs: extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle, SW Turkey. Tectonophysics, 298, 103-132.
- Kılıcı, R.E., 2005. Antalya Liman Mahallesi'ndeki killi zeminin geoteknik özelliklerinin belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi FBE, İnşaat Müh. Ana Bl. Dalı.
- Öner, A., 1997. Teke yarımadası (Antalya) güneyinde kıyı-kenar çizgisi değişimleri, I. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları, Ulusal Konferansı Bildiriler Kitabı, Ankara.
- Şenel, M., 1997. 1:100.000 Türkiye Jeoloji Haritası, Antalya L11 Paftası. MTA Yayınları, Ankara.
- Yılmaz, F.K., 2008. Antalya'nın günlük yağış özellikleri ve şiddetli yağışların doğal afetler üzerine etkisi, Sosyal Bilimler Dergisi, 10 (1), 19-65.