



Işıklı Beldesi (Denizli) Yerleşim Alanının Jeolojik ve Jeoteknik Özellikleri

Suat Taşdelen¹, Erdal Akyol¹, Sefer Beran Çelik^{1*}

¹ Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, 20017 Kınıklı Denizli

(Alınış Tarihi:25 Haziran 2015 Düzeltme Tarihi:7 Ağustos 2015 Kabul Tarihi:10 Ağustos 2015)

ÖZET

Yerleşim yeri seçiminde, yapıların projelendirilmesi ve imar planlarında maliyet ve emniyeti etkileyen en önemli faktörlerin başında yerin jeolojik ve jeoteknik özellikleri gelir. Jeolojik ve jeoteknik çalışmalar, modern kentleşmenin ilk ve en temel aşamalarından birisidir. İmar amaçlı mikro bölgeleme çalışmaları güvenli bir çevre ve sürdürülebilir bir kalkınma için önemlidir. Bu kapsamda Işıklı Beldesi'nin (Denizli) yerleşime uygunluğu araştırılmıştır. İnceleme alanı, Işıklı Gölü'nün batı kıyısındaki ovada alüvyonal birimler üzerinde bulunmaktadır. Ova, sismik bakımdan aktif kenar fayları ile çevrelenmiştir. İnceleme alanında çeşitli jeoteknik deneyler ile hidrojeolojik çalışmalar yapılmış, elde edilen veriler ışığında inceleme alanı yerleşime uygunluk özellikleri bakımından sınıflandırılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, inceleme alanının kuzeybatı kesiminde “yerleşime uygun alanlar”, orta kesimde “önemli alanlar”, doğuda ise “yerleşime uygun olmayan alanlar” belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Mikro bölgeleme; Jeoteknik; Işıklı; Denizli

Geological and Geotechnical Properties of Settlement Area of Işıklı Town (Denizli)

ABSTRACT

Geological and geotechnical properties are very important parameters which are directly affected the safety and project cost in the selection and planning of urbanization areas and design of engineering projects. Geological and geotechnical studies are the first and most basic step of the modern urbanization. Micro zonation studies are important for a safe environment and sustainable development. In this context, settlement suitability of Işıklı town soils (Denizli) was investigated. The study area is located on the alluvial plain on the west coast of the Işıklı lake. Plain, surrounded by active seismic faults. In the study area, geotechnical tests and hydrogeological studies were carried out and according to these data study area was classified in terms of settlement suitability. As a result; northwest, center and east parts of the study area were classified as “suitable for settlement areas”, “precautionary areas for settlement” and “areas not suitable for settlement” respectively.

Keywords: Micro zoning; Geotechnics; Işıklı; Denizli

1. Giriş

Dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde olan ülkemizde bugüne kadar meydana gelen depremlerde birçok yapının yıkılması ya da hasar görmesindeki en önemli etkenlerin jeolojik ve jeoteknik özellikler ile yapılaşmadaki yanlışlıklar olduğu gerçeği ortaya çıkmıştır.

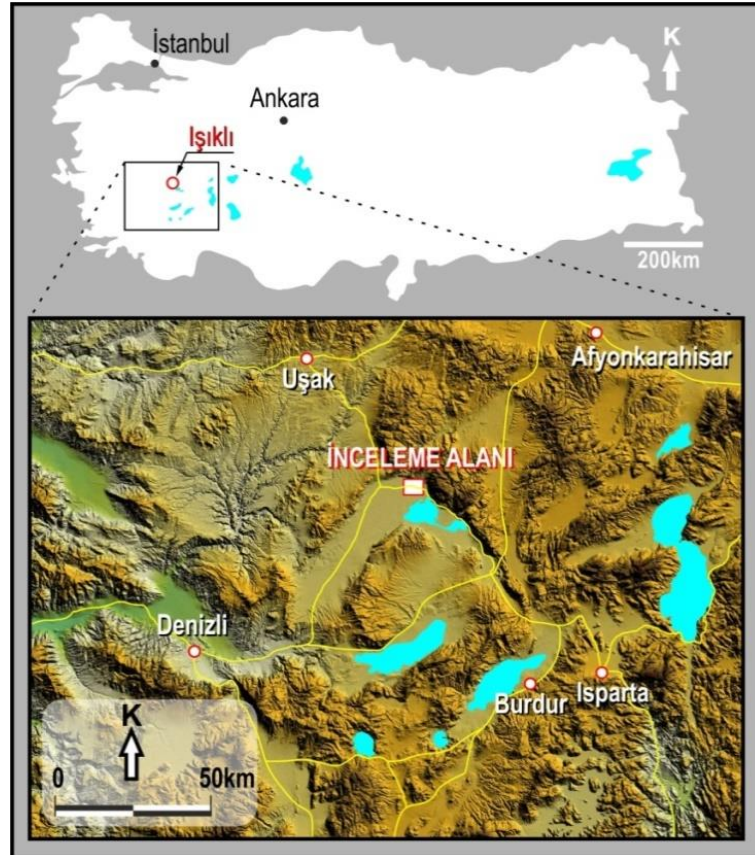
* Sorumlu yazar : scelik@pau.edu.tr (SB Çelik)

Yerleşim yeri seçimi projelerinde, imar planlarını ve yapılaşmayı yönlendirecek jeolojik ve jeoteknik çalışmalar, modern kentleşmenin ilk ve en temel aşamalarından birisidir. Özellikle deprem sırasında, zemin-yapı ilişkisine yönelik karmaşık dinamik kuvvetlerden kaynaklanan tehlike ve risk analizlerinin iyi yapılabilmesini sağlayan en önemli bilgiler, bu çalışmalarla üretilen verilerden elde edilir. Yapılaşma öncesinde zemin, yapı ve çevre ilişkisinin güvenilir olarak kurulabilmesi amacıyla, zeminin mühendislik özellikleri ile yerel ve çevresel afetlerin, muhtemel tehlike ve risklerinin analiz edildiği mikrobölgeleme çalışmaları yapılmaktadır [1]. Mikrobölgeleme, imara açılacak boş alanların ve yapılaşmış alanların afet risklerini, kentsel dönüşüm planlaması çalışmalarında ise stratejileri ve öncelikleri tespit etmek amacıyla yapılan çok disiplinli çalışmalardır [2, 3]. Mikrobölgeleme çalışmaları özellikle deprem beklenen çeşitli kentlerinde yapılmıştır [4, 5]. Bu kapsamda, Disaster Risk Management Institute ve Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından “Belediyeler için Mikrobölgeleme: El Kitabı” ve “Belediyeler için Mikrobölgeleme: 1. Bilimsel Son Durum” başlıklı çalışmalar yayınlanmış [6, 7] ve birçok yerleşim alanında araştırmalar yapılmıştır [8, 9, 10].

Bu çalışmada, deprem riski altında bulunan Işıklı Beldesi yerleşim alanlarının ayrıntılı jeolojik etüt ile arazi ve laboratuvar deneyleri destekli jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik etütleri yapılarak sahanın yerleşime uygunluğu değerlendirilmiştir

2. İnceleme Alanının Özellikleri

İnceleme alanı, Ege Bölgesinde Denizli İline 110 km uzaklıkta, Işıklı Gölü'nün yüzey drenaj alanı içinde yer alır. Coğrafi koordinat sistemine göre, Harita Genel Müdürlüğünce hazırlanan 1/25 000 ölçekli Uşak L23-b4 paftasında $29^{\circ} 50' 00''$ ve $30^{\circ} 51' 30''$ doğu boylamları ile $38^{\circ} 19' 00''$ ve $38^{\circ} 20' 10''$ kuzey enlemleri arasında kapsayan yaklaşık 5.4 km^2 lik bir alandır (Şekil 1).

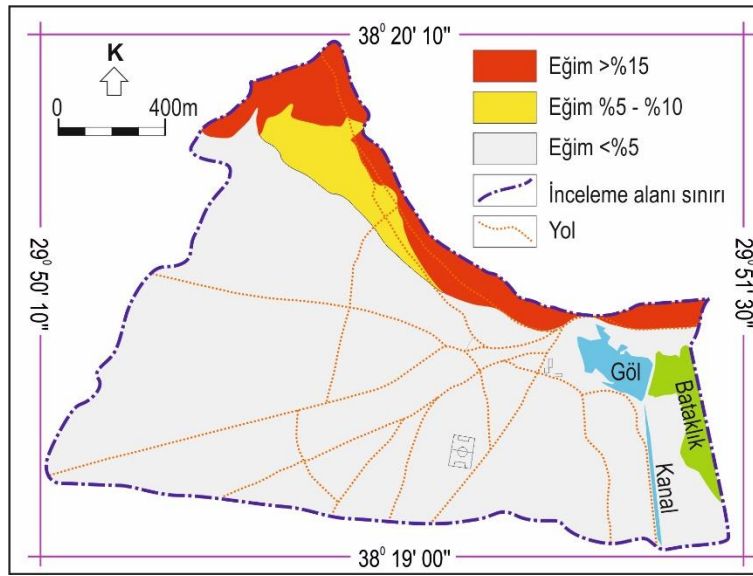


Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Üzerinde inceleme alanının da bulunduğu Çivril Ovası, Büyük Menderes Nehrinin iki önemli kolunun toplanma havzası özelliğinde, yaklaşık 400 km²'lik bir alana sahip olup, denizden yüksekliği ortalama 820 metredir [11, 12, 13]. Çivril Ovası, güneybatısındaki Baklan Ovası ve doğu-kuzeydoğusundaki Işıklı Ovası ile birlikte haritada ters V şekilli geniş bir düzlük oluşturur. Işıklı Beldesi, Işıklı Gölünün batısında yer alır. Yerleşim alanının kuzey tarafı dağlarla kuşatılmıştır. İnceleme alanında %15'den daha fazla eğimli alan bulunmamaktadır [14, 15], (Şekil 2).

3. İnceleme Alanının Jeolojik Özellikleri

Stratigrafik isimlendirme ve sınıflamalarda gözetilen öncelik kuralı gereği olarak, bu konuda önceki çalışmalara sadık kalınmış, Uşak L23 b4 paftası dahilindeki birimlerin anlatımı yapılmış (Şekil 3) ve bu birimler jeoloji haritasında gösterilmiştir.



Şekil 2. İnceleme alanının eğim haritası.

3.1. Paleozoyik

Örtü Şistleri (Pş): Menderes Masifini oluşturan kayaların, çekirdek gnaysları ve örtü şistleri olmak üzere iki bölümde incelenen metamorfiteğin örtü şistlerinin doğu uzantıları, inceleme alanı içinde Koçak ve Işıklı köylerinin kuzey kesimlerinde mostra verir.

Yeşilşist fasiyesinde gelişmiş olan örtü şistlerinin tabanını oluşturan çekirdek gnaysları inceleme alanında yüzeylenmez. Gnayslar üzerinde bulunan örtü şistleri, inceleme alanının jeoloji haritası dahilinde kendileri ile dokanak ilişkisi bulunmayan Selcen formasyonu tarafından uyumsuz olarak üzerlenir.

Menderes Masifinin örtü şistleri başlıca kuvars-muskovitşist, kuvars-serizit-biyotitşist, kloritşist, kuvars-klorit-aktinolitşist, serizitli kuvarsit, epidot-kloritşist, kalkşist ve metakuvarsitlerden oluşur. Bu kayalar birbirleriyle arakatmanlı olarak bulunurlar. Şistler faylı kesimlerde yapraklanma özelliklerini yitirmişler, ezik, parçalı ve ayrılmış bir örtü oluşturmuşlardır [16].

Şistlerle ara katmanlı olarak bulunan kuvarsitler, sarımsı, krem ve açık kahverenginde, sert ve kırılğan olup, kaldırım taşı şeklinde enine çatlaklarla parçalara ayrılmıştır. Kuvarsitler içerisinde yer yer birincil yapılar korunmuştur. Menderes masifinin gnaysları üzerinde kalın seriler oluşturan örtü şistleri, inceleme alanında masifin kenarını oluşturması nedeniyle büyük bir kalınlık göstermezler. Ölçülebilen en fazla kalınlık, Koçak-Işıklı arasında yapılan bir kesitte 300 m olarak saptanmıştır.

Bugüne kadar Menderes Masifine kesin yaş verilememiştir. Bu nedenledir ki, bölgede araştırma yapan birçok yerbilimci, saha gözlemlerine dayanarak farklı yaşlar belirlemişlerdir. Schuilling'e [17] göre Siluriyen, Wipern'e [18] göre Devoniyen, Metz [19] ve Kaaden'e [20] göre ise yine Siluriyen'dir. Bu ve bundan önceki çalışmalarda, diğer bölgelerde olduğu gibi, inceleme alanında da örtü şistlerine yaş verebilecek organizma kalıntıları bulunamamıştır. İnceleme alanı dışında örtü şistleri üzerinde kalınlığı binlerce metreye ulaşan mermerler bulunur. Mermerlerin şistlerle olan dokanağının hangi tip bir dokanak olduğu da kesin değildir.

Ortadağ Formasyonu (Po): Birim, gri renkli, iri kristalli, kalın katmanlı mermerlerle; süt beyaz renkli, çok küçük kristalli, ince katmanlı ve çok kırılğan mermerlerden oluşmuştur. Birimin Ortadağ yöresinde bütün özelliklerinin en iyi şekilde izlendiği gerekçesi ile Öztürk [21] tarafından formasyona bu ad verilmiştir.

İnceleme alanında, Işıklı Köyünün kuzey kesiminde örtü şistlerinin üzerinde dar bir alanda yüzeyler. Her iki birimin dokanakları boyunca tabaka doğrultu ve eğimlerinde bir uyumluluk gözlenir. Çağlayan Köyü çevresinde inceleme alanı sınırının hemen kuzeyinde karasal Neojen çökelleri bu formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir.

Ortadağ formasyonunun kalınlığı, Öztürk [21] tarafından Kaşıkçılar-Ortadağ arasında yapılan bir kesitte 400 metre dolayında ölçülmüş, aynı araştırmacı tarafından önceki çalışmalara dayanarak birimin yaşı Devoniyen (Paleozoyik) olarak kabul edilmiştir.

3.2. Mesozoyik

Işıklı çevresinde Mesozoyik yaşlı birimler, adını inceleme alanı dışındaki Çökelez Dağı'ndan alan Çökelez Grubunun en alt formasyonu olan Selcen Formasyonu ile temsil edilir.

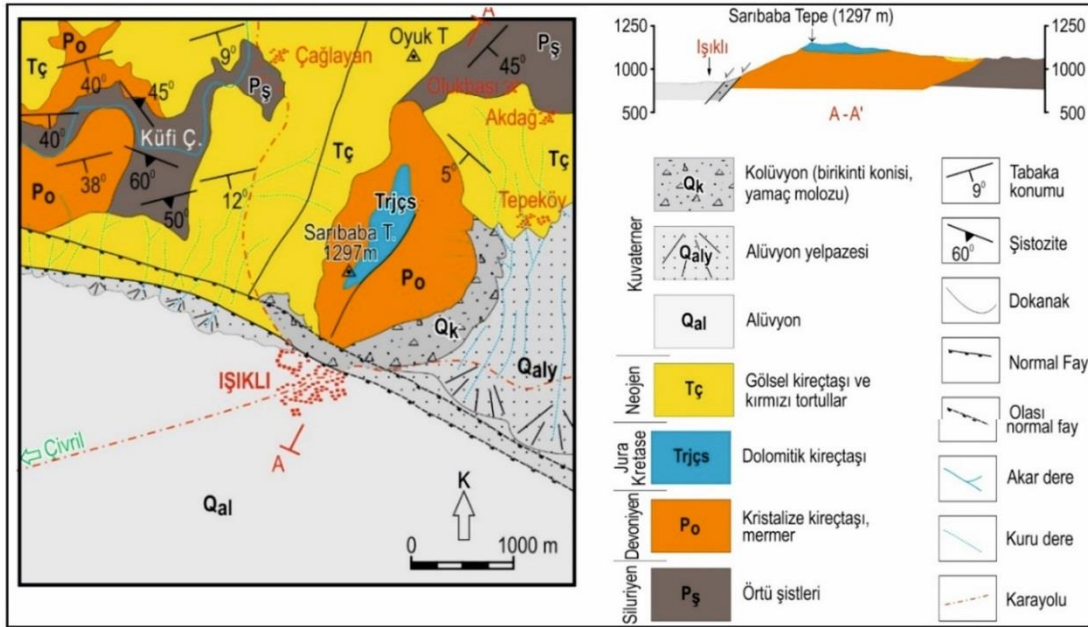
Selcen Formasyonu (Trjçs): Bekilli grubunu bindirmeli dokanakla üzerleyen ve dört formasyondan oluşan Çökelez Grubunun düşük dereceli metamorf kırıntılılardan oluşan en alt formasyonudur. Sun ve diğ., [22] tarafından Selcen formasyonu adı ile anılmıştır. Formasyon, adını Uşak L22 c3 paftasındaki Selcen Köyünden almıştır. Formasyonun kalınlığı önceki çalışmacılar tarafından 250 metre olarak ölçülmüştür. Formasyon, tabanının gözlenemediği yerlerde, metakonglomera ile başlar. Bu birim üste doğru arkozik metakumtaşı ve metasilttaşları ile ardalıdır. Asimetrik dönemler şeklinde devam eden ardalı, formasyonun tavanına kadar devam eder. Metakonglomera, kirli sarı, alacalı ve boz renklerde, kalın tabakalı, yersel kaba yapraklanmalıdır. Çoğunlukla iyi yuvarlaklaşmış süt kuvars, kuvarsit, mermer ve dolomit çakıllarından yapıldır. Orta boylanma gösteren çakılların arası, klorit ve kalsit içeren silt boyutunda kırıntılardan oluşan bir matriksle doldurulmuştur. Metakumtaşı, yeşilimsi, kahverengi, kirli sarı, kırmızı, mor renklerde, sıkı, orta tabakalı, çoğunlukla şisti yapılı ve kaba yapraklanmalıdır. Matrikste serizit ve klorit yaygındır. Bazen kabarcığa benzeyen klorit yumruları içeren kumtaşları, kırmızı, benekli görünümlü ve silis çimentoludur. Metasilttaşı, yeşil, kırmızı, mor renklerde, düzenli, ince yapraklanmalı, belirgin şisti yapılı, iki yönde buruşma lineasyonlu, çubuksu ayrışmalıdır. Metakumtaşı, gri, boz yeşil, koyu yeşil renkli, belirgin buruşma lineasyonlu, ince yapraklanmalı, şisti yapılıdır. Yersel akma kırıklıdır. Bazen kalınlığı 1-5 cm arasında değişen çört bantları içerirler [21].

3.3. Senozoyik

Işıklı çevresinde Neojen yaşlı karasal tortullar yüzeyler. Bu tortullar Öztürk [21] tarafından Çağlayan Formasyonu adı altında incelenmiştir.

Çağlayan Formasyonu (Tç): Bu formasyon Uşak Neojen sahasının güneydoğuya doğru bir uzantısıdır. Yüksek dağlar arasında bulunan çöküntü bölgelerinde yaygın olarak gözlenir. Tabanı kendisinden daha yaşlı birimlerle açılı uyumsuzluk gösterir. Üstten yer yer Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi ve kolüvyon gibi geç tortullarla örtülmüştür. İnceleme alanı dışında Mesozoyik ve Tersiyer yaşlı kayalarla, bazı yerlerde de Menderes masifi ile faylı dokanağa sahiptir. Formasyon, tabanda 50

metre kalınlığında, yatay tabakalı, bitki kırıntıları içeren gölsel kireçtaşı ile başlar. Bunun üzerine yaklaşık 100 metre kalınlığında çakıltası ve kumtaşı ara seviyeli kırmızı killer gelir. En üstte ise tabanı kireçtaşı ile geçişli olan kalın katmanlı ve kalınlığı ortalama 70 metre olan çakıltaları bulunur. Öztürk [21] tarafından alınan örneklerde yaş verebilecek fosile rastlanmamıştır. Aynı birimler Uşak yöresinde Ercan ve diğ., [23] tarafından Neojen olarak yaşlandırılmıştır.



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası ve kesiti [15].

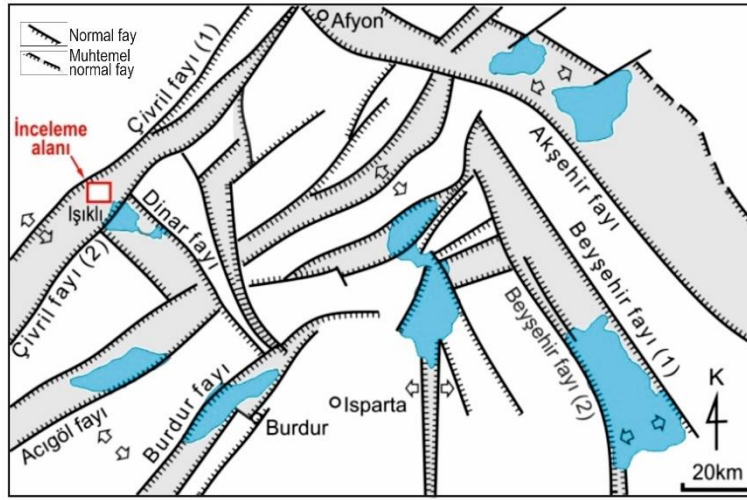
Alüvyon (Qal): Işıklı Beldesi büyük çapta alüvyonlar üzerinde kuruludur. Çivril Ovasında, altlarındaki bütün yaşlı birimleri uyumsuz olarak örten çökeller, Menderes ve Küfi Çayı ile kuru derelerin çevredeki dağlardan yağışlı mevsimlerde getirdikleri alüvyonlarıdır. Ovayı kuşatan dağları oluşturan birimlerden beslenen alüvyon, çakıl, kum, silt ve kil boyutundaki bileşenlerden meydana gelir. Bu nedenle dağ eteklerinde biraz kaba bileşenli çökellerin, yanal olarak havza ortasına doğru giderek daha küçük bileşenli elemanlara dönüştüğü gözlenir. Alüvyon, Işıklı'nın doğusunda Işıklı kaynağının oluşturduğu sulak alanlara geçer. Kaynaktan çıkan suların güneydoğuya doğru drene olduğu yatak, batıdaki alüvyonlardan birkaç metre yükseklikteki bir sırtla ayrılır. Drenaj hattının doğusu su seviyesindeki mevsimsel değişimlere bağlı olarak zaman zaman çayır ve sazlık alanlara dönüşebilmektedir. Alüvyonun kalınlığı hakkında kesin bir rakam vermek zordur. DSİ tarafından yapılan sondajlarda 100 m'yi geçen sondajlar da dahil olmak üzere tabanı gözlenememiştir.

Alüvyon Yelpazesi (Qaly): İnceleme alanının kuzey kesimindeki dağların güneye bakan yamaçlarında yağışlara bağlı akan derin, dar ve dik vadilerin ovaya açıldığı yerlerde yukarılardan taşınan malzemeler dağ yatağından uzaklaştıkça, su akışının yavaşlaması ve tortu taşıma gücünün azalması ile yayılmaya başlar, derinliği azalır ve genişliği artar. Akarsuyun dağıtım kolları arttıkça ve akma hızı azaldıkça, gölsel kireçtaşları ile şistlerden oluşan blok, çakıl ve kum boyutundaki gereçlerin çapı da küçülür ve ova ortasına doğru, giderek kum, silt ve kil ağırlıklı alüvyal malzemeler hakim olmaya başlar.

Kolüvyon (Qk): Sarıbaba Tepe'nin güney yamacında yüksek kotlardaki temel kayalarından türeyen kaba kırıntılar kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Işıklı fayının düşen bloğu üzerinde kolüvyal tortulları oluşturmuştur. Kolüvyonlarda malzeme almak amacıyla yapılan kazılar sonucu Işıklı fayının fay düzlemi açığa çıkmıştır. Kolüvyonlar, Sarıbaba tepedeki Çökelez kireçtaşlarından beslenmiştir. Kolüvyonlardan oluşan yamaçların eğimleri oldukça yüksek olup, % 15-20 arasındadır. Kolüvyal tortullar, güney- güneybatı yönünde ovaya doğru alüvyonlar ile yanal geçişlidir. Kaba kırıntılı bileşenler henüz tutturulmamıştır. Eumenia antik kenti kısmen yamaç molozu, kısmen de alüvyon üzerinde kurulmuştur.

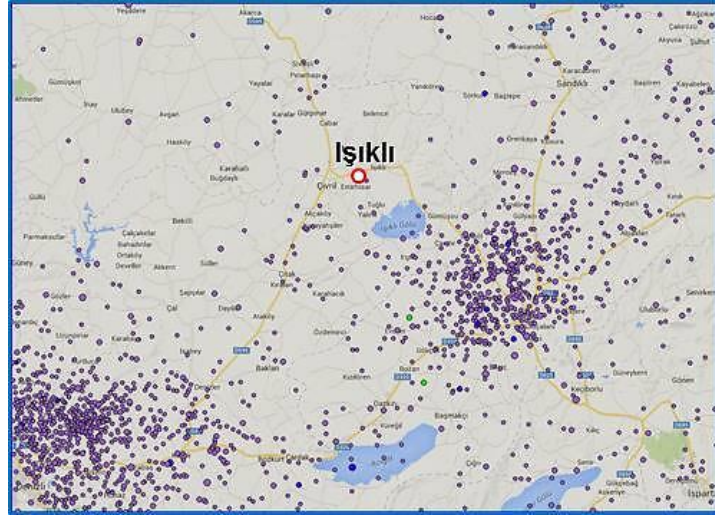
3.4. Yapısal Jeoloji

Göller Bölgesi olarak bilinen ve kabaca Denizli-Burdur-Isparta-Afyon arasında yer alan inceleme alanı, yapısal olarak Ege horst-graben sisteminin doğu uzantısını oluşturur (Şekil 4). Miyosen sonunda oluşmaya başlayan ve son 5 milyon yıldır da açılma türü bir tektonik rejimin denetimi altında gelişimini sürdüren Ege horst-graben sistemi, Türkiye'nin batı kesimini karakterize eden bir yapıya sahiptir. Bu sistem, çoğunlukla doğu-batı, bazen de kuzeybatı-güneydoğu ve kuzeydoğu-güneybatı gidişli eğim ve verev atımlı normal faylarla karakterize edilir. Bu tür normal faylanmanın büyük ölçüde ve çok sayıda geliştiği bölgede, değişik şekil ve büyüklükte çöküntü havzaları (grabenler) ve yükseltiler (horstlar) oluşmuştur. Ege Bölgesine genel olarak bakıldığında, Gediz Irmağı Vadisi, Büyük ve Küçük Menderes nehirlerinin vadileri birer çöküntü alanına, yani grabenlere karşılık gelirken; Manisa Dağı, Çaldağ, Dibek Dağı, Bozdağ gibi yerler ise yükseltilere, yani horstlara karşılık gelir.



Şekil 4. İnceleme alanı çevresindeki horst-graben alanlarının basitleştirilmiş haritası [25].

Işıklı yöresi de Ege Bölgesinin doğu uzantısında iyi gelişmiş aktif bir horst-graben sistemidir. Yani, Çivril-Baklan-Işıklı ovaları ile bu ovaları kuşatan dağları sınırlayan kenar fayları sismik bakımdan aktiftir. Yörede bu güne kadar kaydedilen depremlerin (Şekil 5) genellikle orta büyüklükte olması, büyük enerji birikiminin gecikmesini sağlar. Işıklı yöresinin jeolojik yapısı incelendiğinde, bu bölgenin yaklaşık dik açı ile kesişen iki fay takımı ile karakterize edildiği görülür. Bunlardan birincisi yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı gidişli olup, bunlar Çivril, Acıgöl ve Burdur grabenlerini sınırlar. İkinci fay takımı ise kuzeybatı-güneydoğu gidişli Dinar fayları olup, Dinar Grabenini sınırlar. Işıklı Beldesi ve yakın çevresinde, bu iki fay takımının doğrultusuna paralel iki ana fay bulunur. Bunlardan ilki, Çivril-Baklan ovasının kuzeybatı sınırını oluşturan keskin bir çizgi şeklinde gözlenen kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu faydır. Söz konusu fay, Işıklı'nın kuzeybatısındaki Küfi yatağından başlayıp Kocakaya-Sarılar köylerinin güneyinden geçerek, Aşağı Seyit Köyüne kadar uzanır. Daha sonra Çökelez Dağı güneyinde yüzeyleyir. Bu fay zonundaki faylar düşey atımlıdır. Bununla birlikte bir miktar yanal atımlarının olabileceği düşünülebilir. Sahaya daha geniş ölçekte; güney Ege bazında bakılacak olursa, bu fay zonunun diğer araştırmacılar tarafından söz edilen ve Gökova körfezinden başlayarak Tavas üstünden, Çivril-Baklan Ovasının kuzeybatısına uzanan fay zonunun bir parçası olduğu görülür [24]. Çivril-Baklan Ovasının kuzeybatı sınırında Neojen öncesi temel kayalarla, Holosen çökellerini bir dokanağa getiren bu fayın, günümüzde de diri olduğu açıktır. Fay dikliği eteklerinde, fay düzlemi boyunca yanal yönde oluşumu günümüzde de süren, oldukça kalın breşik alüvyon yelpazelerinin çökeli mi genç fayların kontrolü altındadır.



Şekil 5. İnceleme alanı ve çevresinde 1970 - 2015 yılları arasındaki magnitüdü 3 ve daha büyük deprem kayıtları [26].

Diğer bir fay ise kuzeybatı-güneydoğu gidişli olan ve Dinar'ın güneydoğusundan başlayıp, Dinar'ın kuzeydoğu kenarından ve içinden geçerek daha kuzeybatıdaki Işıklı Beldesi'ne kadar devam eden, yaklaşık 70-80 km uzunluğundaki eğim atımlı normal faydır. Güneybatı yönüne ortalama 60° ile eğimli olan bu kırık, daha önce Çağlayan ve diğ. [24] ve Koçyiğit [25] tarafından haritalanmış ve Dinar fayı olarak adlandırılmıştır. 1 Ekim 1995 Dinar depreminin odak çözümlemesi yapıldığında, depremin derinliğinin 33 km, merkezinin ise Dinar'ın yaklaşık 90 km güneybatısında yer aldığı görülür. Elde edilen saha ve aletsel değerler birlikte değerlendirilip, açılma ve sıkışma değerleri yorumlandığında, depreme Dinar fayı boyunca oluşan hareketin yol açtığı kolayca anlaşılır.

İnceleme alanı ve yakın çevresindeki blok faylanma sistemini oluşturan başlıca yapı elemanlarından biri de Çivril grabeninin doğu sınır fayı olan kuzeydoğu-güneybatı gidişli Baklan fayıdır. Yaklaşık uzunluğu 10 km'den fazla olan Baklan fayı, Çivril depresyon havzasına doğru gelişen genç tortullaşmanın denetçisi olmuştur. Egemen çökme yönünde basamak faylar oluşturarak gençleşmiş ve etkinliğini günümüze kadar sürdürmüştür. Baklan ile Işıklı gölü arasında Kuvaterner çökelleri ile daha yaşlı birimleri karşı karşıya getirmiştir.

Işıklı Fayı: Dinar fay zonunun en kuzeybatı ucunda yer alan Işıklı Fayı kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı normal bir faydır. Batıya doğru Koçaklı üzerinden Çivril'e doğru uzanır. Işıklı merkezi ile kuzeydeki Sarıbağ Tepe arasında kristalize kireçtaşları ile kolüvyonlar arasında tektonik bir dokanak oluşturur. Bu özellik fayın aktif olduğuna dair önemli bir veridir. Ayrıca belde merkezinin doğu kesiminde, Dinar yönündeki çıkışında, yol boyunca ve Işıklı kaynakları çevresinde kalıntıları görülen Eumenia antik kenti muhtemelen tarihi depremler sonucu yıkılmış olmalıdır. Fay inceleme alanı dışında batı kuzeybatıya doğru Çağlayan Formasyonu adı verilen Üst Miyosen ve Pliyosen yaşlı karasal tortulları etkiler. Sarıbağ Tepe'nin güney yamacında Çökelez kireçtaşlarında gelişmiş fay aynaları beldeye batıdan, girişte yoldan net bir şekilde görülmektedir. Fay aynalarında $K75^\circ B$, $55^\circ GB$; $K80^\circ B$, $53^\circ GB$; $K62^\circ B$, $54^\circ GB$; $K80^\circ B$, $53^\circ GB$; $K85^\circ B$, $52^\circ GB$, D-B, $53^\circ G$, $K70^\circ B$, $50^\circ GB$, $K60^\circ B$, $52^\circ GB$, $K45^\circ B$, $57^\circ GB$; ve $K38^\circ B$, $68^\circ GB$ duruşlar ölçülmüştür.

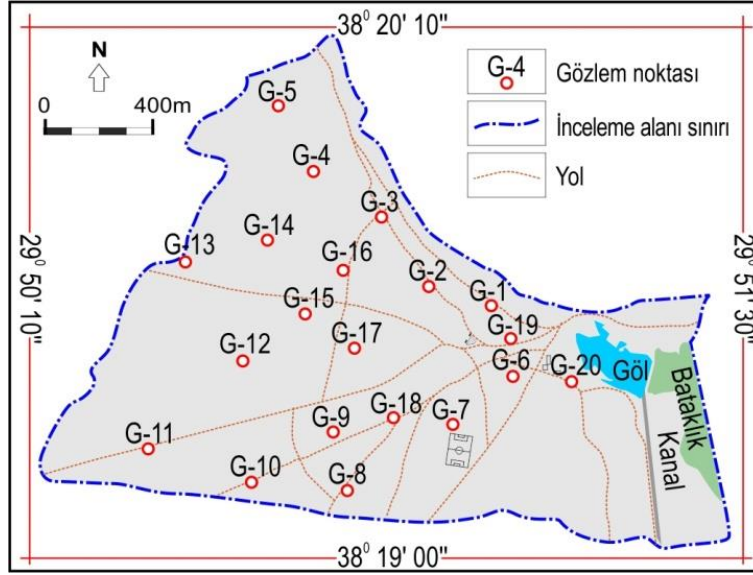
4. Bulgular ve Tartışma

4.1. Jeoteknik Çalışmalar

Jeoteknik amaçlı çalışmalar sırasında, özel bir sondaj firmasına ait sondaj makinası ile 20 adet temel sondajı açılmış ve gerekli görülen muhtelif derinliklerde presiyometre testleri yapılmıştır. Işıklı Belediyesi'nce açtırılan 20 adet gözlem çukurunda zemin özellikleri yerinde incelenmiş, örselenmiş ve selbi tüpleri ile alınan örselenmemiş örnekler üzerinde gerekli laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

Laboratuvar deneyleri için örselenmiş ve örselenmemiş (şelbi tüpleri ile) numunelerin elde edilmesi amacıyla yönelik olarak 20 adet gözlem çukuru açılmıştır. Sondaj noktasındaki taşıma gücü ve elastisite modülü dışındaki laboratuvar da belirlenecek olan diğer zemin özelliklerinin de aynı zemini temsil etmesi açısından gözlem çukurları ile sondajlar aynı noktalarda yapılmıştır (Şekil 6).

Açılan sondajlarda zeminlerin taşıma gücünün hesaplanmasında daha güvenilir sonuçlarından, lokal zemin değişimlerinden daha az etkilenmesinden ve her türlü zemin ortamında uygulanabilirliğinden dolayı Menard presiyometre testi kullanılmıştır. Dolayısıyla, standart penetrasyon testinin yapılmasına gerek kalmamıştır. Sondajlarda soğutma suyu kullanılmaksızın 76 ve 66 mm çapında auger kullanılmıştır. Sulu rotari sondaj sistemi yerine auger deliciler kullanılarak, sondaj suyu ile zeminlerin mekanik değişime uğramaları önlenmiştir.



Şekil 6. Sondaj lokasyon haritası.

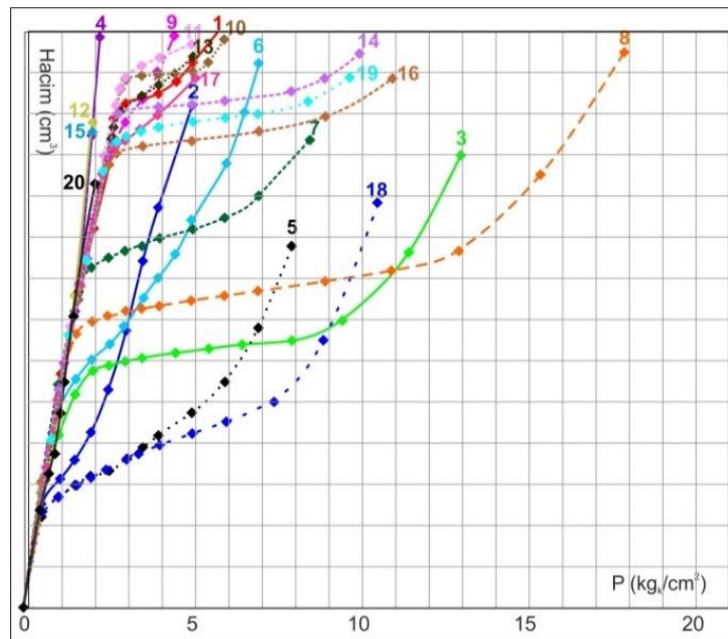
Gözlem çukurları ise laboratuvar deneyleri için örselenmiş ve örselenmemiş (şelby tüpleri ile) numunelerin elde edilmesi amacıyla yönelik olarak açılmıştır. Sondaj noktasındaki taşıma gücü ve elastisite modülü dışındaki laboratuvar da belirlenecek olan diğer zemin özelliklerinin de aynı zemini temsil etmesi açısından gözlem çukurları ile sondajlar aynı noktalarda yapılmıştır. Zeminlerin blok ve çakıl boyutunda malzeme içermesinden dolayı, tüm gözlem çukurlarından örselenmemiş numune alınamamıştır. Örselenmiş numuneler üzerinde likit limit, plastik limit, elek analizi deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerin sonucunda, zeminlerin kıvam indisleri ve birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre zemin sınıfları tayin edilmiştir. Bünye özelliklerinden dolayı, bazı zemin örneklerinin adlanması, elek analizinden elde edilen sonuçlara göre yapılmıştır.

Açılan tüm gözlem çukurlarından alınan numuneler üzerinde Atterberg kıvam limitleri belirlenmiştir. Likit limit değerleri % 21.0 (12 nolu gözlem noktası) ile % 44.0 (10 nolu gözlem noktası) arasında değişmektedir. Yapılan plastik limit deneylerinde ise, değerler % 14.0 (12 nolu gözlem noktası) ile % 38.0 (10 nolu gözlem noktası) arasında değişmektedir. Plastisite indisi değerleri ise en düşük 15 nolu gözlem noktasında 1.0 ve en yüksek ise 5 nolu gözlem noktasında 14 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Elde edilen numunelerin doğal birim hacim ağırlığı minimum 15.2 kN/m^3 (12 nolu gözlem noktası), maksimum 21.0 kN/m^3 (19 nolu gözlem noktası) olarak bulunmuştur. Hesaplanan doğal su muhtevaları % 6 (12 nolu gözlem noktası) ile % 40.0 (19 nolu gözlem noktası) arasında değişmektedir.

Birimlerin mekanik bazı mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu kapsamda elastisite modülü (E) ve presiyometre limit basıncı (PL) hesaplanmıştır. Buna göre elastisite modülünün 3.2–19.0 MPa, limit basıncının 0.6 kg/cm^2 – 16.7 kg/cm^2 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 2). Presiyometre deney sonuçları ise Şekil 7’de verilmiştir.

Çizelge 1. Gözlem çukuru örneklerinin deney sonuçları.

Gözlem noktası ve derinliği	Kıvam Limitleri			Granülometrik özellikler			BZS simgesi
	LL	PL	PI	% Çakıl	% Kum	% Silt+kil	
1 (2m)	29	27	2	27	26	47	GM
2 (2m)	30	25	5	37	36	27	GM
2 (3m)	27	NP		55	38	7	--
3 (2m)	23	NP		52	38	10	--
4 (2m)				62	30	8	--
5 (2m)	37	23	14	7	46	47	SC
6 (2m)	25	22	3	38	23	39	GM
6 (3,5m)	27	21	6	3	21	76	CL-ML
7 (2m)				2	77	21	--
7 (2m)	33	20	13	1	12	87	CL
8 (2m)				2	77	21	SP
8 (3,5m)	33	20	13	1	12	87	CL
9 (2m)				0	49	51	--
10 (2m)	38	31	7	1	3	96	ML
10 (3,5m)	44	38	6	1	15	84	ML
12 (2m)	21	14	7	3	39	58	CL ML
13 (2m)	30	23	7	1	14	85	ML
14 (2m)	29	22	7	58	12	30	SM-SC
15 (2m)	30	23	7	0	15	85	ML
15 (3,5m)	24	23	1	17	29	54	ML
16 (2m)	28	19	9	46	35	19	GC
17 (2m)	26	21	5	0	10	90	ML
18 (2m)	35	32	3	0	3	97	ML
18 (3,5m)	32	25	7	1	10	89	ML
19 (2m)	39	NP		17	24	59	--
20 (2m)	27	20	7	11	18	71	CL ML



Şekil 7. Presiyometre deney sonuçları (rakamlar sondaj numaralarıdır).

Çizelge 2. Menard presiyometre test sonuçları.

Sondaj no	E (MPa)	P _L (kg _i / cm ²)	Deney derinliği (m)
1	6.8	4.1	2-3
2	15.2	3.9	2-3
3	14.6	12.3	1.5-2.5
4	0.54	0.6	1-2
5	5.6	7.3	1-2
6	1.86	5.5	2-3
7	6.8	8.0	1-2
8	3.2	7.5	2.5-3.5
9	13.2	16.7	1.5-2.5
10	1.88	2.8	1-2
11	1.94	4.0	2.5-3.5
12	13.8	3.4	2.5-3.5
13	5.4	4.3	2.5-3.5
14	0.28	0.6	1.5-2.5
15	3.2	3.9	1.5-2.5
16	19.0	8.8	1.5-2.5
17	0.3	0.6	1.5-2.5
18	12.2	10.3	0.5-1.5
19	3.6	4.3	2.5-3.5
20	5.6	10.0	1.5-2.5

Zeminlerin laboratuvar ortamında mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla örselenmemiş numuneler üzerinde kesme kutusu deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çakıl yüzdelerine ve zemin koşullarına bağlı olarak kesme kutusu deneyleri ancak 5 gözlem noktasından alınan örselenmemiş örnekler üzerinde gerçekleştirilebilmiştir (Çizelge 3). Ayrıca presiyometre verileri ve kesme dayanımı parametreleri karşılaştırılmıştır. Ancak sınırlı sayıda kesme dayanımı verileri ışığında sadece Menard elastisite modülü ile kohezyon değerleri arasında Şekil 8’de verilen ilişki elde edilebilmiştir. Bu ilişkinin daha çok çalışılan ince taneli zeminlerde sınırlı veri üzerinde belirlendiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 3. Kesme kutusu deney sonuçları.

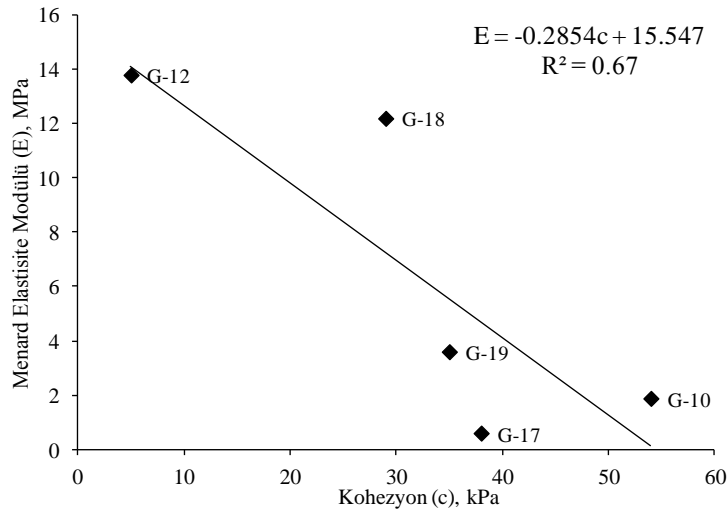
Gözlem çukur no	Derinlik (m)	γ_d (g/cm ³)	w_d (%)	LL	PL	P I	Çakıl I (%)	Kum (%)	Silt-kil (%)	BZS	c (kPa)	ϕ (°)
10	2.0	1.70	22.5	38	31	7	1	3	98	ML	54	21
12	2.0	1.52	6.0	21	14	7	3	39	58	CL-ML	5	34
17	2.0	1.90	21.0	26	21	5	0	10	90	ML	38	29
18	2.0	1.85	24.0	35	32	3	0	3	97	ML	29	23
19	2.0	2.10	40.0	39	NP	-	17	24	59	-	35	31

γ_d : doğal birim hacim ağırlığı, w_d : doğal su içeriği, LL: likit limit, PL: plastik limit, PI: plastisite indisi, BZS: birleştirilmiş zemin sınıfı, c: kohezyon, ϕ : içsel sürtünme açısı.

4.2. Yeraltı suyu Durumu

Işıklı Beldesi'nin güneydoğusunda Işıklı Gölü bulunur. Bu göl büyük ölçüde Dinar'dan gelen ve Menderes olarak adlandırılan akarsu ile Sarıbaba Tepe'nin güney eteğinden çıkan Işıklı kaynağı tarafından beslenir.

Bu çalışma sırasında açtırılan bazı sondajlardaki su seviyeleri ve doğal kaynakların konumları, yeraltı suyunun güneydeki düzlük kesimlerde yüzeye daha yakın olduğunu gösterir. İmar alanı dahilinde Işıklı Kaynağı ve gölden uzaklaştıkça yeraltı su seviyesinin yüzeyden itibaren derinliği artmaktadır. En sığ, doğu kesimde (SK20) 2.30 metre; en derin kesimde ise (SK8 ve SK9) 9.5 metredir (Çizelge 3, Şekil 9).



Şekil 8. Presiyometre deneyinden elde edilen elastisite modülü ile kesme kutusu deneyinden elde edilen kohezyon değerlerinin karşılaştırılması.

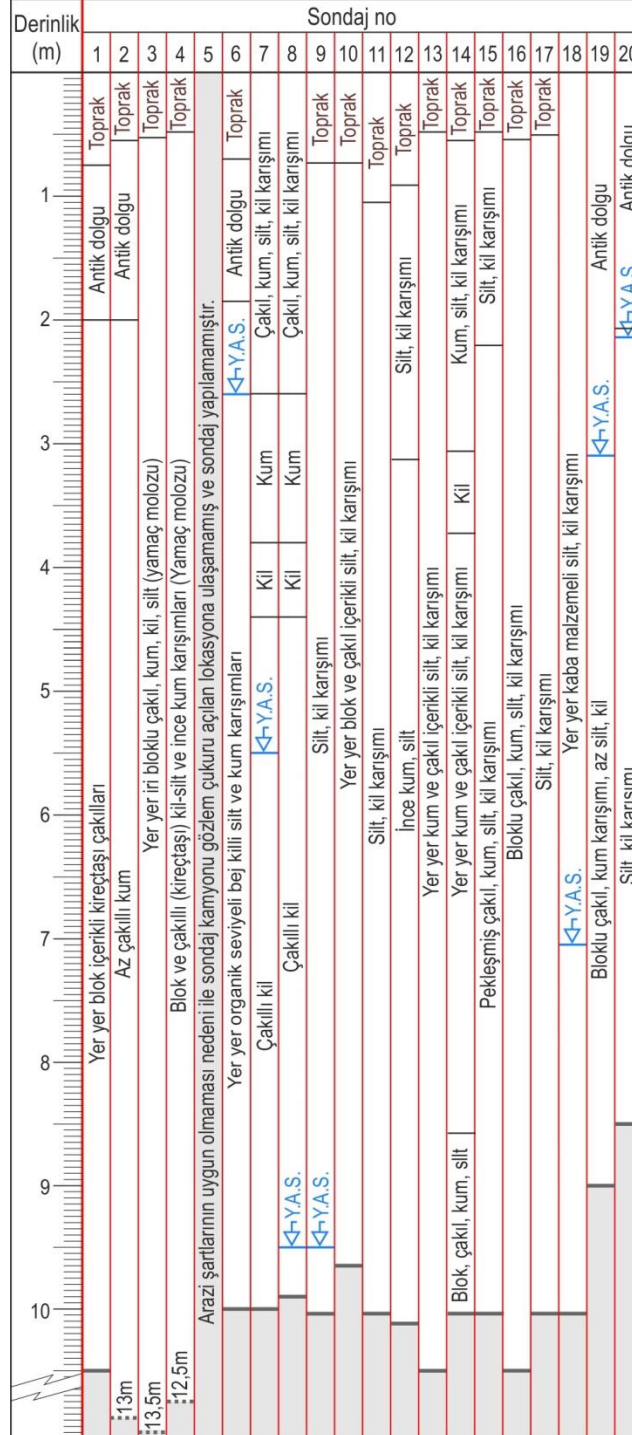
Çizelge 3. Bazı gözlem noktalarındaki yeraltı suyu derinlikleri.

Gözlem noktası	YAS derinliği (m)
6	2.7
7	5.5
8	9.5
9	9.5
18	7.1
19	3.2
20	2.3

4.3. Yerleşime uygunluk

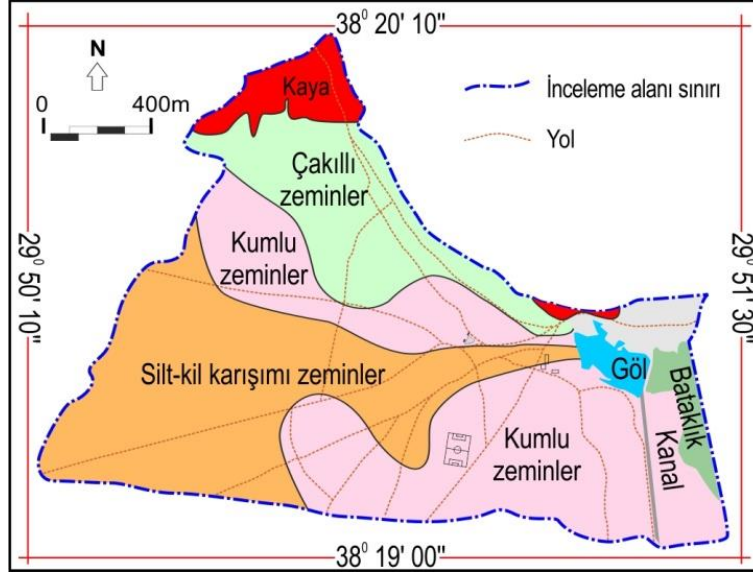
İnceleme alanı içerisinde kalan birimlerin çok yaygın olarak kil boyutundan blok boyutuna kadar değişen farklı boydaki tanelerin karışımlarından oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 10). Işıklı Beldesi yerleşim alanlarında kuzeyden güneye ve güneybatıya doğru gidildiğinde ise blok boyundan daha küçük boyutlu tanelere doğru bir geçiş izlenmektedir.

İmara esas jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda sahaların “uygun”, “önemli uygun” ve “uygun değil” şeklinde sınıflandırılması beklenmektedir (Şekil 11). Tanımlamadan da anlaşılacağı üzere jeolojik ve jeoteknik açıdan uygun alanlarda imar açısından herhangi bir sorun olmamakla birlikte, uygun olmayan alanlarda kesinlikle imar izni verilmemesi gerekmektedir. Önemli uygun alanlarda ise yapılarda zemine uygun yapı ve temellerin inşa edilmesi gerekmektedir.



Şekil 9. Sondaj derinlikleri, kesilen birimler ve yeraltı suyu konumu.

Işıklı yerleşim alanı genel olarak güneyden kuzeye doğru yüksekliği artan morfolojik bir yapı sunmaktadır. Buna paralel olarak aynı yönde küçük boyutlu danelerden blok boyutundaki danelere doğru bir geçiş görülmekte, hatta bazı kesimlerde kaya birimleri ortaya çıkmaktadır. Kaya ve iri taneli birimler temel açısından genel olarak daha uygun yapı sunmaktadırlar. Tam aksine ince taneli birimler genel anlamda daha düşük taşıma gücü karakteri göstermektedirler. Tablo 1 ve 2’de verilen değerlere bakıldığında düşük elastisite modülü ve limit basıncının kuzey kesimlerde daha düşük olduğu ve güneye doğru arttığı gözlenmektedir. Bunun karşısında eğim çok fazla olduğunda ise, imar maliyeti artacağı için jeolojik olarak uygun olmasına rağmen yerleşime uygun olmayan alan olarak sınıflandırılmaktadır.



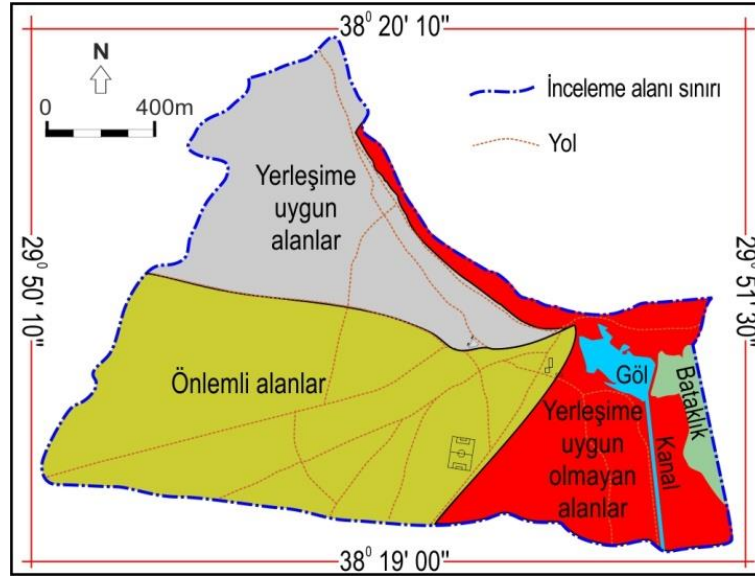
Şekil 10. İnceleme alanındaki zemin türleri.

Bu değerlendirme kriterleri ışığında, inceleme alanında yerleşime uygunluk açısından “uygun”, “önlemlenmiş uygun” ve “uygun” alanlar Şekil 11’de gösterilmiştir. İnceleme alanının güneydoğu kesimleri “yerleşime uygun olmayan alanlar” olarak sınıflandırılırken, kuzey kesimler ise “yerleşime uygun alan” olarak belirlenmiştir. Bu iki kısım arasında kalan kesim ise bir geçiş zonu şeklinde olup yapılaşmadan önce zemine uygun tasarım yapılması ve/veya gerekli jeoteknik önlemlerin alınması gereken bölgedir. İnceleme alanının kuzey-kuzeydoğusunda dar bir alan kaya zemin olmasına rağmen “yerleşime uygun olmayan alan” olarak tanımlanmıştır.

5. Sonuçlar

İnceleme alanı “Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı” (AFAD) tarafından hazırlanan “Türkiye deprem bölgeleri haritası”na göre birinci ve ikinci derece deprem bölgesi sınırında yer almaktadır. Yerleşim alanı aktif Dinar fayı ile Çivril Fayı’nın kesişim noktasının hemen güneyinde yer almaktadır. Bu nedenle bölge deprem riski altında bulunmaktadır.

Jeoteknik amaçlı açılan sondajlarda çeşitli laboratuvar ve yerinde deneyler yapılmıştır. Örneklerin fiziksel özellikleri için yapılan deneylerde likit limit değerlerinin % 21.0-% 44.0, plastik limit değerlerinin % 14.0-38.0, plastisite indisi değerlerinin 1.0-14, doğal birim hacim ağırlığın 15.2 kN/m³-21.0 kN/m³, doğal su muhtevasının ise % 6.0-% 40.0 arasında değiştiği gözlenmiştir. Hesaplanan elastisite modülü değerlerinin 3.2MPa-19.0MPa, presiyometre deneyi sonucu bulunan limit basınç değerlerinin 2.0 kg_k/cm²-17.9 kg_k/cm² arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 11. İnceleme alanının yerleşime uygunluk haritası [22].

İnceleme alanında Işıklı Gölüne yaklaştıkça yeraltı su seviyesinin yüzeyden itibaren derinliği azalmakta ve göl kıyısında sıfırlanarak göl kotu ile eşitlenmektedir. En sığ, kuzey kesimde 2.4 metre; en derin ise daha güneyde 10 metredir. Buna paralel olarak eş su yükselti eğrileri arasındaki mesafe kuzeydeki düzlük kesimlere doğru gidildikçe açılmakta, kenarına yaklaştıkça hidrolik eğim azalmaktadır.

Beklendiği şekilde inceleme alanının kuzey kesimleri “yerleşime uygun olmayan alanlar”, güney kesimleri ise “yerleşime uygun alan” olarak belirlenmiştir. Bu iki kısım arasında kalan kesim ise bir geçiş zonu şeklinde olup yapılaşmadan önce zemine uygun tasarım yapılması ve/veya gerekli jeoteknik önlemlerin alınması gereken bölgedir. İnceleme alanının batı-güneybatısında dar bir alan kaya zemin olmasına rağmen yüksek eğimli olduğu için “yerleşime uygun olmayan alan” olarak sınıflandırılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Ansal A. Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering, and Microzonation (Ed.), Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 2004.
- [2] Bell FG, Crips JC, Culshaw MG, O'Hara M. Aspects of geology in planning. In: Culshaw M.G, Bell, F.G, Crips J.C, O'Hara M, (eds.), Planning and Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Pub. No: 4, 1-38, 1987.
- [3] Legget RF. The Value of Geology In Planning. In: Culshaw MG, Bell FG, Crips JC, O'Hara M, (eds.), Planning and Engineering Geology, Geological Society Engineering Geology Special Pub. No: 4, 53-58, 1987.
- [4] Fah D, Ruttener E, Noack T, Kruspan P. Microzonation of the city of Basel. Journal of Seismology, 87(1), 102, 1997.
- [5] Campolunghi MP, Capelli G, Funicello R, Lanzini M. Geotechnical Studies For Foundation Settlement In Holocenic Alluvial Deposits In The City of Rome (Italy)". Engineering Geology, 89 (1-2), 9-35, 2007.
- [6] Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, Belediyeler İçin Sismik Mikro bölgeleme: El Kitabı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2004a.
- [7] Afet Risk Yönetimi Dünya Enstitüsü, Belediyeler İçin Sismik Mikrobölgeleme: Bilimsel Son Durum. Afet İşleri Genel Müdürlüğü. 2004.
- [8] Topal T, Doyuran V, Karahanoğlu N, Toprak V, Süzen ML, Yeşilnacar E. Microzonation for earthquake hazards: Yenişehir settlement, Bursa, Turkey. Engineering Geology, 70 (1-2), 93-108, 2003.

- [9] Ansal A, Birol Y, Erken A, Gülerce Ü. Seismic Microzonation: A case study. *Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering*, 1, 253-266, 2004.
- [10] Kılıç H, Özener PT, Ansal A, Yıldırım M, Özaydın K, Adatepe Ş. Microzonation of Zeytinburnu region with respect to soil amplification: A case study. *Engineering Geology*, 86 (4), 238–255, 2006.
- [11] Ardos M. Türkiye Jeomorfolojisinde Neotektonik. İst. Üniv. Coğr. Enst. Yay. No . 113, İstanbul, 1979.
- [12] Yılmaz Y, Genç SC, Gürer F, Bozcu M, Yılmaz K, Karacık Z, Altunkaynak S, Elmas A. When did the western Anatolian grabens begin to develop? *Journal of the Geological Society of London*, 173, 353–384, 2000.
- [13] Şengör AMC, Görür N, Saroğlu F. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonicscape: Turkey as a case study. In: Biddle KT, Christie-Blick N, eds, *Strike-slip deformation, basin formations and sedimentation: Society of Econ. Paleontology Mineralogy, Special Publication*, v. 37, 227–264, 1985.
- [14] Taşdelen S, Akyol E, Bülbül A. Çivril ilçesi (Denizli) ve yakın çevresinin hidrojeoloji incelemesi. *PAÜ. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 261-267, 2001.
- [15] Akyol E, Taşdelen S, Özkul M, Çelik SB, İmançlı G. Işıklı Belediyesi (Çivril-Denizli) Yerleşim Alanlarının Jeolojik ve Jeoteknik İncelemesi. Pamukkale Üniversitesi, Teknik Rapor, 2001.
- [16] Öztürk A. Homa-Akdağ (Denizli) yöresinin stratigrafisi. *TJK Bülteni*, 24(1) 75-84, 1981.
- [17] Schuiling RD. Menderes masifine ait bir gözlü gnays üzerinde zirkon etüdü. *MTA. Dergi no. 51*, 38-41, 1958.
- [18] Wippert J. Menderes Masifinin Alpidik Dağ Teşekkülü İçindeki Durumu. *MTA. Dergi no. 62*, 71, 1964.
- [19] Metz K. Zur Verbindung zwischen Taurus und Helleniden. *Berg-u. Hüttenm. Mh. montan. Hochschule Leoben*, 101, 26-27, 1956.
- [20] Kaaden G. Gutachten über die Geologie und Chromitlagerstätten vom Gebiet Nördl. Gürleyik Köy (Vilâyet Muğla)”. *MTA. Rap. no. 2039 (neşredilmemiş)*, 1953.
- [21] Öztürk A. Işıklı (Çivril) Akdağ yöresinin stratigrafisi. *Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Matematik, Fizik ve Biyoloji Bilimler Araştırma Grubu, TBAG-272*, 1981.
- [22] Sun S. Denizli-Uşak Arasının Jeolojisi ve Linyit Olanakları. *MTA Rapor No. 9985*, 1990.
- [23] Ercan T, Dinçel A, Günay E, Türkecan A. Uşak Yöresinin Jeolojisi ve Volkanitlerinin Petrolojisi. *MTA Rapor No: 6354*. 1977.
- [24] Çağlayan MA, Öztürk EM, Öztürk Z, Sav H, Akat U. Menderes Masifi Güneyine Ait Bulgular ve Yapısal Yorum. *Jeo. Müh. Dergisi*, s. 9, 17, 1980.
- [25] Koçyiğit A. Tectono-stratigraphic characteristics of Hoyran Lake region (Isparta Bend). In: Tekeli O, Göncüoğlu MC, (eds.), *Geology of the Taurus Belt. Proceedings. International Symposium*, 53-68, 1984.
- [26] Son depremler <http://www.iris.washington.edu>