



YERLEŞİM YERİ PLANLAMA ÇALIŞMALARINDA COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİNİN KULLANIMI: MENEMEN (İZMİR) ÖRNEĞİ

Anıl ALKAN*

Menemen Belediyesi, Etüt ve Proje Müdürlüğü, Menemen, İzmir, Türkiye

Anahtar Kelimeler

*Coğrafi Bilgi Sistemleri,
İzmir,
Kent Jeolojisi,
Mühendislik Jeolojisi,
Yerleşime Uygunluk.*

Öz

İmar planı uygulamalarına veri kaynağı teşkil eden "İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt" çalışmaları, kapsamlı saha ve laboratuvar çalışmalarıyla birlikte "Yerleşime Uygunluk Haritaları"nın oluşturulmasında katkı sağlamaktadır. Gerçekleştirilen bu çalışmalar; şişme, oturma ve sıvılaşma gibi farklı problemler sergileyen zemin koşullarının belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu zemin koşullarına göre kent yerleşim alanlarının sınıflandırılması, kentin jeolojisinin ortaya konulmasında büyük öneme sahiptir. Çalışmalardan elde edilen arazi ve laboratuvar verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı uygulamalara aktarılması pek çok farklı parametreyi bir arada değerlendirme imkanı sunmakla birlikte karar verme süreçlerini de hızlandırmaktadır. Ayrıca, tüm zemin parametreleri ve yerleşime uygunluk haritalarının CBS yardımıyla bir arada değerlendirilmesi sağlıklı yapılaşma faaliyetleri açısından da büyük önem teşkil etmektedir. İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt çalışmaları kapsamında; İzmir İli, Menemen İlçesi'nde Menemen Belediyesi tarafından 16 mahalleyi kapsayan toplamda 9353,51 hektar alanda "İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışması" gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, zemin özelliklerinin belirlenmesi için jeofizik çalışmalar (rezistivite, düşey elektrik sondaj ve sismik kırılma) ile birlikte 123 adet (toplamda 1543 metre) sondaj faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Karot örnekleri içerisinde seçilen numuneler; zemin ve kaya mekaniği deneylerine tabi tutulmuştur. Tüm saha çalışmaları ve deney sonuçları değerlendirilerek ilgili alanların zemin özellikleri belirlenmiştir. Bununla birlikte, zemin özellikleri CBS ortamında işlenerek kategorize edilmiş ve "Yerleşime Uygunluk Haritaları" hazırlanmıştır. Söz konusu zemin parametrelerinin ve "Yerleşime Uygunluk Haritaları'nın" CBS ortamında erişilebilir olması, Menemen Belediyesi'nin "Kentsel Planlama" süreçleri için önemli bir veri bankası kaynağı oluşturmuştur. Sonuç olarak, bu çalışmada oluşturulan veri bankasının "Kentsel Planlama" karar verme mekanizmasının hızlanmasında ve sağlıklı bir şekilde değerlendirilmesinde önemli oranda katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

USE OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN SETTLEMENT PLANNING STUDIES: THE CASE OF MENEMEN (İZMİR)

Keywords

*Geographic
Information Systems,
İzmir,
Urban Geology,
Engineering Geology,
Eligibility for Residence.*

Abstract

Both extensive fieldwork, laboratory studies and "The Geological-Geotechnical Survey Based on the Urbanization Plan" studies, contribute to the creation of "Settlement Suitability Maps". These studies aim to determine soil conditions that exhibit different problems such as swelling, soil settlement and liquefaction. The classifying of the urban settlement areas is reckoned with the geology of the area. Digitizing the fieldwork and laboratory data and transferring them to Geographic Information System (GIS) based applications provides the opportunity to evaluate many different parameters together, and accelerates the decision-making processes. In addition, the evaluation of all soil parameters and maps of suitability for settlement together with the aid of GIS is of great importance for proper construction activities. In this study; "The Geological-Geotechnical Study Based on

* İlgili yazar / Corresponding author: alkan_anl@yahoo.com.tr, +90-444-8008-2033

the Urbanization Plan", implemented by the Menemen Municipality in the Menemen District of Izmir, was carried out on a total area of 9353.51 hectares, covering 17 neighborhoods. Within the scope of this study, 123 drilling activities in total of 1543 m length were carried out and the samples were subjected to Attenberg limits, sieve analysis, consolidation, triaxial compressive strength, water content, point loading tests, and also geophysical studies. According to the results of the test data, the soil properties were determined. The soil properties were processed and categorized in the GIS environment and "Settlement Suitability Maps" were prepared. The availability of the soil parameters and "Settlement Suitability Maps" in the GIS environment has created a valid database resource for the "Urban Planning" processes of the Municipality of Menemen. As a result, it is thought that the data bank created in this study will contribute significantly to the acceleration and healthy evaluation of the "Urban Planning" decision-making mechanism.

Alıntı / Cite

Alkan, A., (2023). Yerleşim Yeri Planlama Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı: Menemen (İzmir) Örneği, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 11(2), 607-630.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

A. Alkan, 0000-0001-7166-0485

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	28.11.2022
Revizyon Tarihi / Revision Date	21.02.2023
Kabul Tarihi / Accepted Date	22.02.2023
Yayın Tarihi / Published Date	28.06.2023

USE OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS IN SETTLEMENT PLANNING STUDIES: THE CASE OF MENEMEN (İZMİR)

Anıl Alkan^{1†}

Menemen Belediyesi, Etüt ve Proje Müdürlüğü, Menemen, İzmir, Türkiye

Highlights

- Geoscientific data classification using Geographic Information Systems.
- Creating a Geographical Information Systems-based database to be used in Urban Planning processes.
- Creating Settlement Suitability Maps with the help of Geographical Information Systems based programs.

Purpose and Scope

The aim of this study is to collect and evaluate geoscientific data in Geographic Information System-based programs in urban planning studies and to accelerate decision-making processes.

Design/methodology/approach

The samples taken within the scope of the geological and geophysical studies carried out were subjected to laboratory activities. During the field activities of the study, Google Earth Pro program was used effectively. The locations of the drilling and geophysical studies were transferred to this program, enabling the monitoring of all contents together and the comparison of the results. The created data set was transferred to the ready maps with the help of Geographic Information Systems-based programs and the ground classification process was carried out in order to benefit from the urban structuring.

Findings

With this study, the geological-geotechnical activities and ground properties that are the basis of the Zoning Plan of the Menemen District of İzmir Province were determined. The data obtained were categorized by processing in Geographic Information Systems-based programs and "Settlement Suitability Maps" were created. While categorizing the soils and creating the Settlement Suitability Maps, it creates a data source before the construction activities to be carried out; It allows the pre-detection of areas that may contain soil problems such as swelling, settlement and liquefaction.

Originality

It is thought that the data bank created in this study will contribute significantly to the acceleration and healthy evaluation of the "Urban Planning" decision-making mechanism. Having easily accessible data integrated into Geographical Information Systems-based programs in the inventory of local municipalities will enable the problems to be encountered in urban development areas in the future to be revealed as soon as possible, and will provide a significant acceleration in the operation.

1. Giriş (Introduction)

Günümüzde kent nüfuslarının hızlı bir şekilde artışına bağlı olarak güvenli yeni yerleşim alanlarına olan ihtiyaç hızla artmaktadır. Ancak, deprem, sel ve heyelan gibi doğal afetler; insan yerleşimleri, sanayi tesisleri, ulaşım-alt yapı güzergâhları ve benzeri yerleşim alanlarını olumsuz etkilemektedir. Örneğin, 30.10.2020 tarihinde merkez üssü Ege Denizi, Seferihisar-İzmir açıkları olan (Sisam Adası'nın hemen kuzeyinde, ülkemiz sınırları içinde Seferihisar ilçesinin kıyı kesimlerine yaklaşık 22 km uzaklıkta), aletsel büyüklüğü Mw=6.6 (AFAD), Mw=6.9 (B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü) büyüklüğünde, yerin 14.9 km derininde bir deprem meydana gelmiştir. 41. güne kadar aletsel büyüklüğü en çok 5.1 olan 5099 adet artçı deprem kaydedilmiştir. Deprem özellikle zemin etkisi ve yapısal problemlerden dolayı İzmir kent merkezinde Bayraklı mevkiinde can ve mal kaybına sebep olmuştur. Hasarın Bayraklı'da ve 7-10 katlı binalarda yoğunlaşmasının sebebi zemin büyütme etkisi nedeniyle bu binalara daha fazla deprem kuvvetlerinin etki etmiş olmasıdır (Çınar vd., 2020). Afetlerin yerleşim alanlarını en az şekilde etkilemesi ve doğru arazi kullanımı için "Kentsel Planlama" vazgeçilmezdir (Uzunçubuk, 2019). Bu kapsamda, belirli bir alan veya bölge için yapılan imar planları, sağlıklı yapılaşma ve kentlerin oluşturulabilmesi bakımından önemli bir role sahiptir. Bu planlar uzun vadeli ve geniş çaplı olmakla birlikte ileriye dönük olarak şehirleşmenin ve fiziki imkânların yüksek standartlarda oluşturulmasını amaçlamaktadır.

[†] İlgili yazar / Corresponding author: alkan_anl@yahoo.com.tr, +90-444-8008-2033

Planlama süreçlerine veri kaynağı teşkil eden “İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışmaları” sağlıklı kentleşmenin temel yapı taşı oluşturmaktadır. Yerleşim alanlarında saha ve laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen verilerin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı programlarda depolanması birçok parametrenin bir arada değerlendirilmesine ve kategorize edilmesine imkân sağlamaktadır. CBS her türlü coğrafi bilginin etkin olarak kullanıldığı, depolandığı, güncellendiği, analizlerinin yapıldığı ve sonuç ürün olarak haritaların sunulduğu çok yönlü bir sistemdir (Çabuk 2015). Bilgi sistemleri oluşturmanın ve kullanmanın temel amacı, mevcut veriler ile bir veri tabanı oluşturularak bilginin analiz edilmesini ve ihtiyaçlar doğrultusunda depolanmasını sağlamaktır. CBS birçok alanda olduğu gibi jeolojik çalışmalarda da önemli bir kullanım alanına sahiptir. Üretilen veri kaynakları, çalışılan alanların jeolojik yapı ve jeomorfolojisinin yorumlanmasında büyük katkı sağladığı gibi bir takım sayısal sonuçların da elde edilmesinde önemli kolaylıklar sağlamaktadır (Arca vd., 2011). CBS ile mevcut verilerden elde edilen analizler sayesinde hem doğru bilgiye ulaşmak hem de veri üzerinde çalışmak daha kolay hale gelmektedir (GISITU, 2012). Herhangi bir bölge için; kaya ve toprak zemin sınıflama haritası, kazılabilirlik haritası, topografik veriler kullanılarak eğim haritası, sondaj verileri depolanarak aynı özellikteki litolojik birimler için veya kaya kütlesi puanlarına göre mühendislik sınıflamasını gösteren harita ve kesitler, yerleşime uygun alanların seçimi, heyelan tehlike haritası, sıvılaşma potansiyeli haritalarının oluşturulması CBS'nin jeolojide uygulama alanlarına ait en tipik örneklerdir (Çelik, 2006).

Türkiye’de İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışmaları baskı formatta tesliminin yanı sıra Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bünyesinde oluşturulan Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Yer Bilimsel Etüt Bilgi Sisteminde (YERBİS) yüklenilmekte, kontrolleri yetkili personeller tarafından baskı ve sayısal veri bütünlüğü üzerinden sağlanmaktadır. Yer bilimsel etüt sürecine ait tüm raporlara hızlı ve güvenilir bir sistemden erişebilmeyi, harita servisleri ile web ortamında veri girişi, indirme ve veri yükleme işlemlerini yapmaya imkân sağlayan CBS altyapısında geliştirilen bu bilgi sistemi jeolojik-jeoteknik birçok verinin bir arada değerlendirilmesine ve çevrede gerçekleştirilen diğer çalışmalarla kıyaslanabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışmada Ege Bölgesi’nde İzmir İli sınırları içerisinde yer alan 200.904 nüfuslu Menemen İlçesinin şehir planlama çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt faaliyetlerine ait verilerin bir araya getirilerek CBS tabanlı veri bankası oluşturulması hedeflenmiştir. Yerel belediyeler bünyesinde İmar Planına Esas çalışmalara ait uygulamaların kullanılmasıyla oluşturulmuş olan CBS tabanlı veri bankaları, ilçe bütününde sağlıklı bir kentleşmeye imkân sağlamakla birlikte yapılaşma faaliyetleri esnasında gerçekleştirilen etüt çalışmalarının da değerlendirilmesinde verilerin birbirleri ile kıyaslanabilmesine katkı sunmaktadır. İlçe belediyeler bünyesinde zemin parametrelerinin tüm bu çalışmalar ile ortaya konulması, büyükşehir belediyeleri tarafından gerçekleştirilecek uygulamalara altlık teşkil edecek olmakla birlikte bu doğrultuda oluşturulacak veri bütünlüğü ile tüm bir kent genelinde sağlıklı yapılaşmaya olanak sağlayacaktır.

2. Çalışma Alanının Jeolojisi (Geology of Study Area)

İzmir ve çevresinin bölgesel jeolojik özellikleri değerlendirildiğinde Prekambriyen’den günümüze kadar oluşmuş çeşitli yaş ve türdeki kaya birimlerinin yüzlek verdiği gözlemlenmektedir (Şengör vd., 1984., Okay ve Siyako, 1991), (Şekil 1a,b). Çalışma sahasında yaşlıdan gence doğru; Kretase yaşlı melanaj birimleri, Erken Miyosen yaşlı kumtaşı-silttaşı-kireçtaşı birimi, Orta-Geç Miyosen yaşlı bazalt-andezit birimi, Orta Miyosen yaşlı kireçtaşı birimi ve Kuvaterner yaşlı alüvyon-alüvyon yelpazesi birimleri gözlenmektedir. İnceleme alanının kuzey, güney ve batısı genellikle alüvyon birimlerden oluşurken doğusu ise kaya birimlerden oluşmaktadır (Şekil 1c).

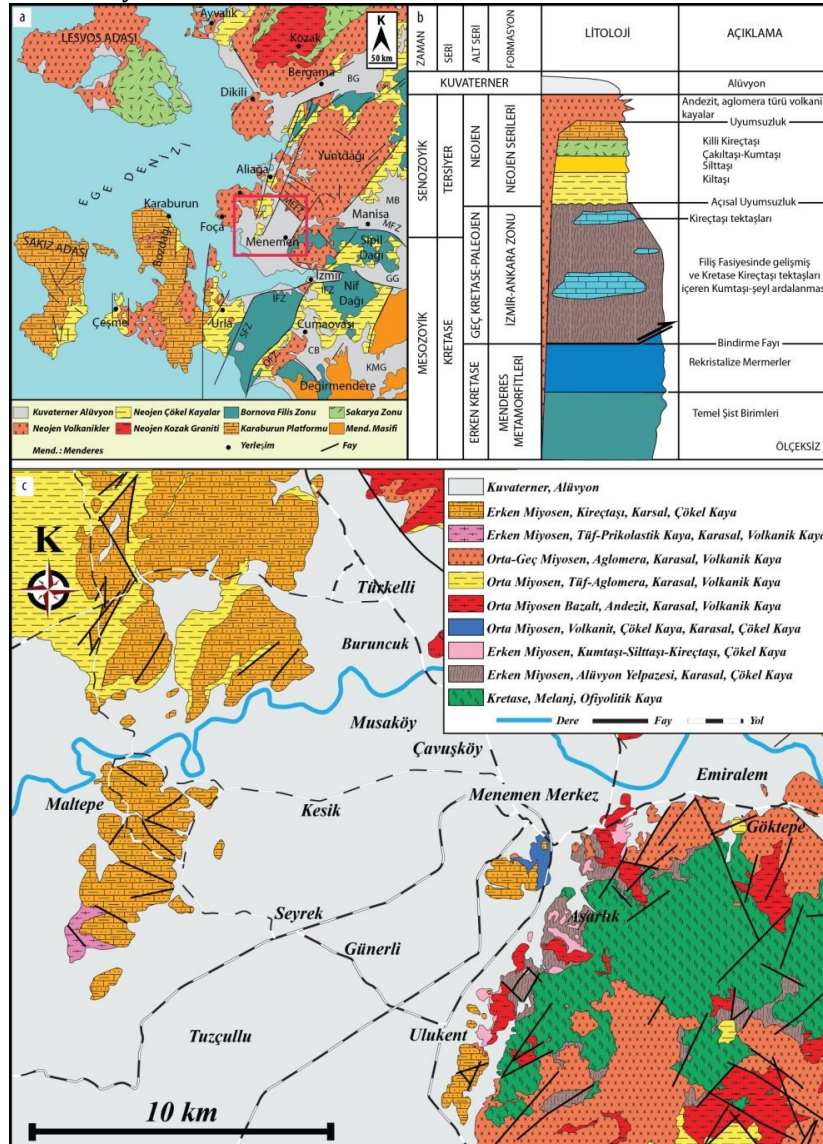
İnceleme alanında gerçekleştirilen saha çalışmaları ve araştırma sondajı verilerine göre; çalışma sahası jeolojisini genel olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon birimi oluşturmaktadır. Yapılan elek analizi sonuçlarına göre, alüvyon birimin genellikle siltli kum, çakıllı kumlu kil, siltli killi kum, silt, kum, iri bloklu çakıllı kum birimlerini içerdiği tespit edilmiştir. Alüvyonun üst kesimleri silt, alt kesimleri ise killi, çakıllı-kumlu, killi-kumlu, kumlu, killi-çakıllı seviyelerden oluşmaktadır. Alt seviyelerde şist ve filiş formasyonuna ait birimler bulunur. Delta alanının çevresindeki yüksek kesimlerden gelen akarsuların ağızlarında gözlenen çeşitli boyutlarda birikinti koni ve yelpazeler önem taşırlar. Alüvyon yelpazeleri çalışma sahası içerisinde Hatun Dere, Asarlık Deresi ve Koyundere mevkii çevresinde saptanırken, iri bloklu çakıllı kum biriminden oluştuğu gözlemlenmektedir.

Bölgede kısa süren bir Eosen transgresyonu olmasına rağmen, ardından gelen regresyon ve uzun bir aşınım devresi çökellerini büyük ölçüde ortadan kaldırmış ve Neojen başlarına kadar herhangi bir çökeltme safhası olmamıştır (Düzbastılar, 1976). Tersiyer birimler; Miyosen-Geç Miyosen yaşlı gölsel çökeller ve Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı andezitik, bazaltik volkanizma ürünleri ile temsil edilmektedir. Erken Miyosen yaşlı kumtaşı-silttaşı-kireçtaşı birimleri Ulukent ve Yahşelli çevresinde saptanmıştır. Bu birimler, açık kahve-kırmızımsı renkli, orta ve tamamen ayrıışmış zemin özelliği göstermektedirler.

Yine Ulukent ve Menemen Merkezde Orta Miyosen yaşlı sütlü kahve-sarımsı renkli, az-orta derecede ayrıışmış, orta sert-zayıf sertlikte ve orta derecede çatlaklı kireçtaşı ve marn birimleri gözlemlenmektedir. Bu lokasyonlarda marn ve kireçtaşı birimleri yer yer volkanitleri örttüğü gibi yer yer volkanitler tarafından şapka şeklinde örtülmektedirler. Bu durum yerel faylanmalara bağlı olarak Neojen tortullarını kesip yüzeye çıkan volkanitlerin bu tortulları örtmesi şeklinde açıklanabilir (Semenderoğlu 1990).

Orta-Geç Miyosen yaşlı andezit ve bazalt birimleri çalışma sahasında Türkelli, Buruncuk, Yahşelli, Ulukent, Göktepe, Emiralem ve Menemen Merkez de çeşitli lokasyonlarda gözlenmektedir. Andezit birimi, bej-gri renkli ve mühendislik özellikleri açısından, az-orta derecede ayrıışmış, orta-sert sertlikte, orta derecede çatlaklı ve yer yer silis dolguludur. Bazalt birimi, siyah renkli, az-orta derecede ayrıışmış, orta-sert sertlikte, orta dereceli çatlaklı ve yer yer silis dolguludur.

Geç Miyosen yaşlı killi kireçtaşı-kil taşı ve tuf birimleri Maltepe Bölgesi ve çevresinde yüzeyleme vermektedir. Killi kireçtaşı-kil taşı birimi, sütlü kahve-sarımsı renkli ve mühendislik özellikleri açısından az-orta derecede ayrıışmış orta sert-zayıf sertlikte ve orta derecede çatlaklıdır. Tuf birimi ise, beyaz, kirli beyaz-krem renkli az-orta derecede ayrıışmış orta sert-zayıf sertliktedir.



Şekil 1. a) İzmir ve çevresine ait basitleştirilmiş jeoloji haritası (Uzel vd.,2012) (Simplified geological map of Izmir and its surroundings), b) Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti (ölçeksizdir) (Generalized stratigraphic section of the region (not to scale)), c) Çalışma sahası ve çevresi 1/25.000 ölçekli genel jeoloji haritası (MTA jeoloji haritalarından revize edilerek alınmıştır) (1/25.000 scale general geological map of the study area and its surroundings (revised from MTA geological maps))

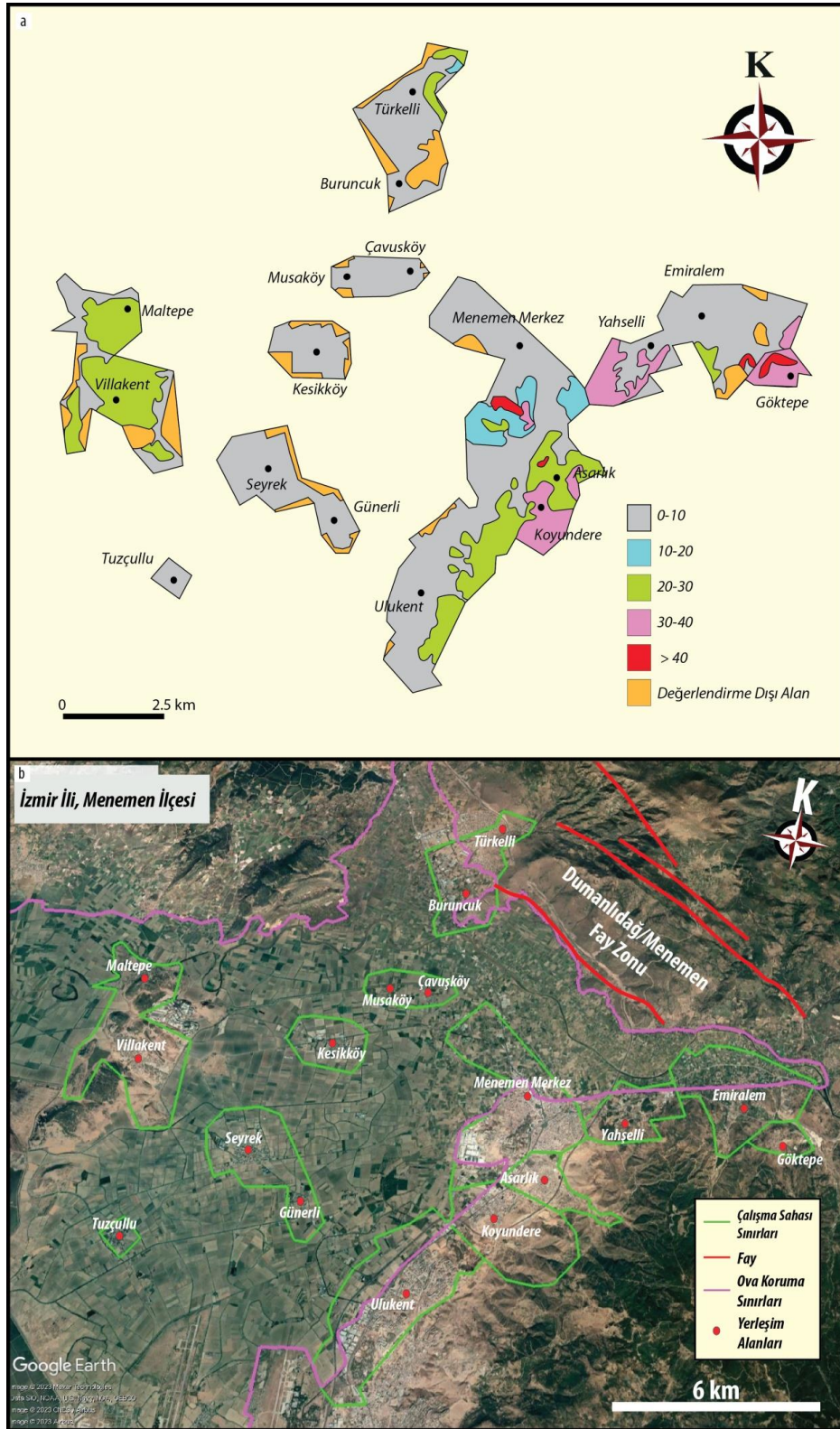
Çalışma sahası içerisinde Asarlık ve Koyundere hattının üst kesimlerinde Kretase yaşlı ofiyolitik melanj birimleri gözlenmektedir (Şekil 1c).

3. Yapısal Jeoloji ve Jeomorfoloji (Structural Geology and Geomorphology)

Menemen Ovası Gediz Havzası içerisinde, Gediz Nehrinin denize döküldüğü çöküntüde yer alan bir delta ovasıdır. Menemen'in üzerinde yer aldığı Gediz deltası ve Gediz grabeni geniş düzlükler oluşturmaktadır (Şekil 2a,b). Graben morfoloji içerisinde alüvyon yelpazesi ve nehir çökellerinden oluşan Kuvaterner çökelleri, graben kenarındaki faylar tarafından kesilerek yükseltilmiş ve basamaklı bir morfoloji kazanmıştır (Öğdüm, 1983).

Menemen kuzeyindeki Dumanlıdağ volkan kompleksi ile Gediz nehri taşkın ovası arasında yer alan ve KB-GD doğrultusunda uzanan faylar Menemen fay zonu olarak adlandırılmaktadır. Bu fay zonu ilk kez Şaroğlu vd. (1987, 1992) tarafından haritalanmış ve Dumanlıdağ fay zonu olarak tanımlanmıştır (Şekil 2b). Bu çalışmada fay adlamasında ilke olarak en yakın büyük yerleşme adının kullanılması nedeniyle Menemen Fay Zonu adlaması tercih edilmiştir. Kabaca biri birine paralel uzanan K60B genel doğrultulu dört eğim atımlı normal fay parçasından meydana gelen fay zonunun toplam uzunluğu 15 km'dir. Zondaki faylardan Dumanlıdağ zirvesinde yer alanların tümü Miyosen yaşlı strato-volkan konisini oluşturan lavları kesmektedir (Öğdüm, 1983, Eşder vd., 1991) (Şekil 2b). Fay zonunun genişliği 5 km'yi bulmaktadır. Fay zonunun kuzeybatı bölümünü oluşturan fay 8 km uzunluğundadır. Bu parça zonun genel doğrultusundan farklı olarak K50B uzanımlıdır. Zonun ortasında yer alan en uzun fay ise 12 km uzunluğundadır. Menemen fay zonunu meydana getiren faylardan en güneydeki ise Menemen kuzeyindeki Gediz nehri taşkın ovası ile Dumanlıdağ yükselimi arasında morfolojik diskordans oluşturmaktadır. K55B doğrultulu bu çizgisellik 8 km uzunluğundadır. Fay volkanitlerle Menemen ovasının alüvyonları arasında dokanak oluşturur (Şekil 2b).

Çalışma sahasında eğim %0 ile %35 arasında değişmektedir. İnceleme alanının genellikle batı, kuzey, güney kesimleri düz ova niteliğinde olup, eğimi %0-10 arasında değişmektedir. Ova dışında kalan özellikle inceleme alanının doğu kesimlerinde ise eğim değerleri %10-20, %20-30 ve %30-35 arasında değişmektedir (Şekil 2a).

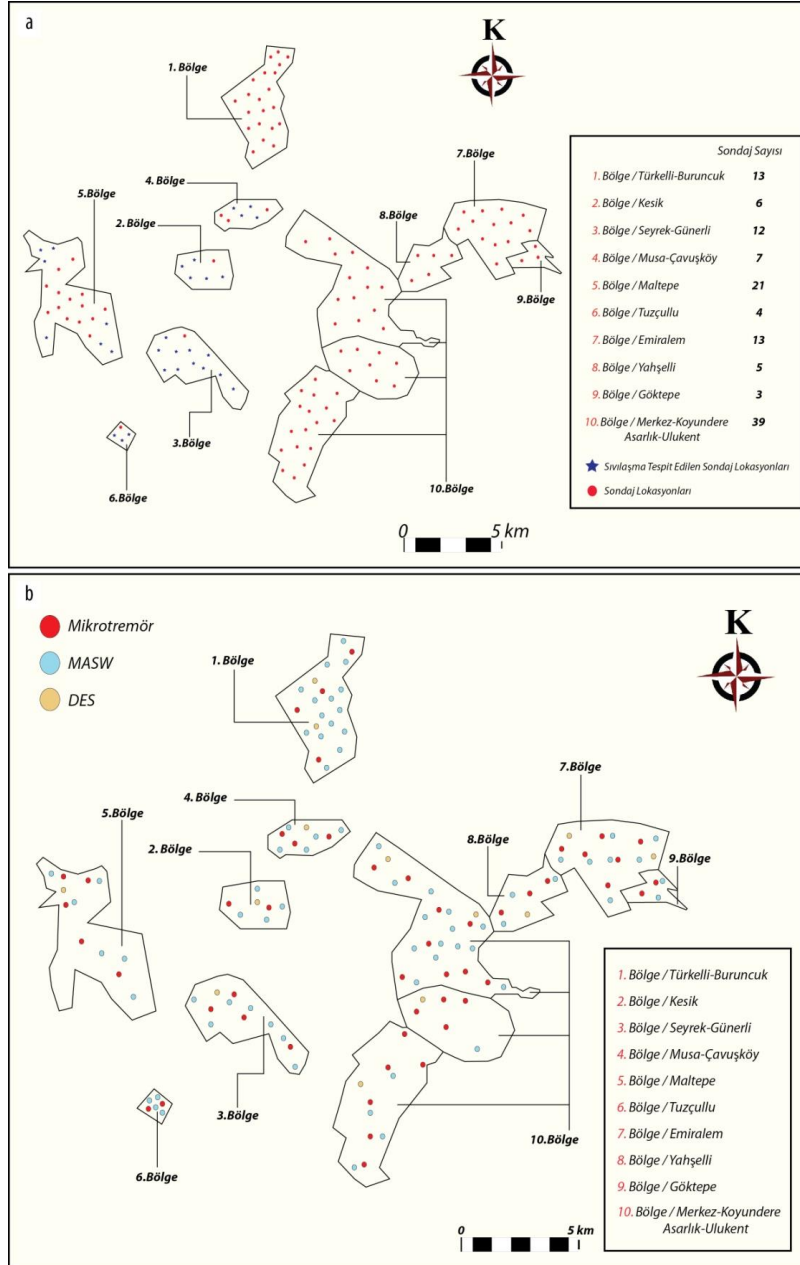


Şekil 2. (a) Çalışma sahasına ait eğim haritası (Slope map of the study area) (b) Çalışma sahası morfolojisini ve yerleşim alanlarını gösteren Google Earth görüntüsü (Google Earth image showing worksite morphology and residential areas)

Musaköy-Çavuşköy, Tuzçullu, Kesik, Seyrek-Günerli yerleşimlerinin eğimleri %0-10 arasında olup, tamamen düz ova niteliğindedir (Şekil 2a,b). Maltepe yerleşiminde eğim dağılımı %0-10, %10-20, %20-30 ve %30-40 arasında değişmektedir. Türkelli-Buruncuk yerleşimlerinde ise eğim dağılımı %0-10, %10-20, %20-30 ve %30-35 arasında değişmektedir (Şekil 2a). Kesik, Seyrek-Günerli, Musaköy-Çavuşköy ve Tuzçullu yerleşimlerinin tamamı ile Maltepe ve Türkelli-Buruncuk yerleşimlerinin ise bir kısmı düz ova niteliğindedir. (Şekil 2a,b). Emiralem, Yahşelli, Göktepe, Menemen Merkez, Ulukent, Asarlık, Koyundere yerleşimlerini kapsayan inceleme alanı, birbiriyle iç içe bağlantılı olmasından dolayı eğim durumu genel değerlendirilmiştir. İnceleme alanında genel anlamda topoğrafik eğim %0-%10, %10-%20, %20-%30 ve %30-%40 arasında belirlenmiştir (Şekil 2a).

4. Materyal ve Metot (Material and Method)

Çalışma kapsamında sondaj ve jeofizik çalışmaların gerçekleştirileceği lokasyonlar belirlenerek uygulamalar yapılmış bu uygulamalar dahilinde alınan örnekler laboratuvar çalışmalarına tabii tutulmuştur. İnceleme alanında yer alan birimleri tanımlayacak şekilde derinlikleri 5 ile 25 metre arasında değişen ve toplam derinliği 1,543 m olan 123 adet sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir (Şekil 3a), (Tablo 1). Türkelli yerleşim alanında eğimin çok yüksek olduğu kesimlerde sondaj çalışması yapılamadığından, 8 adet gözlem noktası oluşturulmuştur. Jeofizik çalışmalar kapsamında, 71 Serim Yüzey Dalgasının Çok Kanallı Analizi (Masw)-Kırılma, 13 Serim Düşey Elektrik Sondajı (DES) ve 50 Adet Mikrotremör ölçümü gerçekleştirilmiştir (Tablo 1).



Şekil 3. (a)Çalışma sahasında gerçekleştirilen sondaj faaliyetleri ve (b) jeofizik çalışmalara ait lokasyonları gösteren harita (Map showing the locations of (a) adrilling activities and (b) geophysical studies carried out in the study area)

Tablo 1. Çalışma sahasında gerçekleştirilen jeolojik-jeoteknik uygulamalar
(Geological-geotechnical applications in the study area)

<i>Yerleşim Yeri</i>	<i>Sondaj (Adet)</i>	<i>Araştırma Çukurları (Adet)</i>	<i>Masw-Kırılma (Adet)</i>	<i>Mikrotremör (Adet)</i>	<i>DES (Adet)</i>
<i>Türkelli-Buruncuk</i>	13	8	14	4	2
<i>Kesik</i>	6	0	4	2	1
<i>Seyrek-Günerli</i>	12	0	7	4	1
<i>Musaköy-Çavuşköy</i>	7	0	6	3	1
<i>Maltepe</i>	21	0	6	5	1
<i>Tuzçullu</i>	4	0	4	2	0
<i>Emiralem</i>	13	0	7	6	1
<i>Yahşelli</i>	5	0	4	3	1
<i>Göktepe</i>	3	0	2	2	1
<i>Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent</i>	39	0	17	19	4
<i>TOPLAM</i>	123	8	71	50	13

İnceleme sahasında farklı profillerde 71 adet MASW- Kırılma çalışması yapılarak zemine ait tabakaların yapısal durumu, fiziksel koşulları ve dinamik elastik parametreleri belirlenmiştir (Şekil 3b). MASW- Kırılma uygulamalarında Lakkolit X-M3 marka 24 kanallı Sismik cihaz kullanılmıştır. Ofset mesafesi 3.00 m, jeofon aralığı 3.00 m olan toplam 36.00 metre serilim yapılmış olup, örnekleme aralığı 1 ms, örnekleme frekansı 5.000 Hz ve kayıt uzunluğu 1 sn seçilerek 10 Hz ve 4.5 Hz düzey jeofonlar ile ölçüm yapılmıştır. Sismik kaynak olarak ise 10 kg ağırlığında balyoz kullanılmıştır.

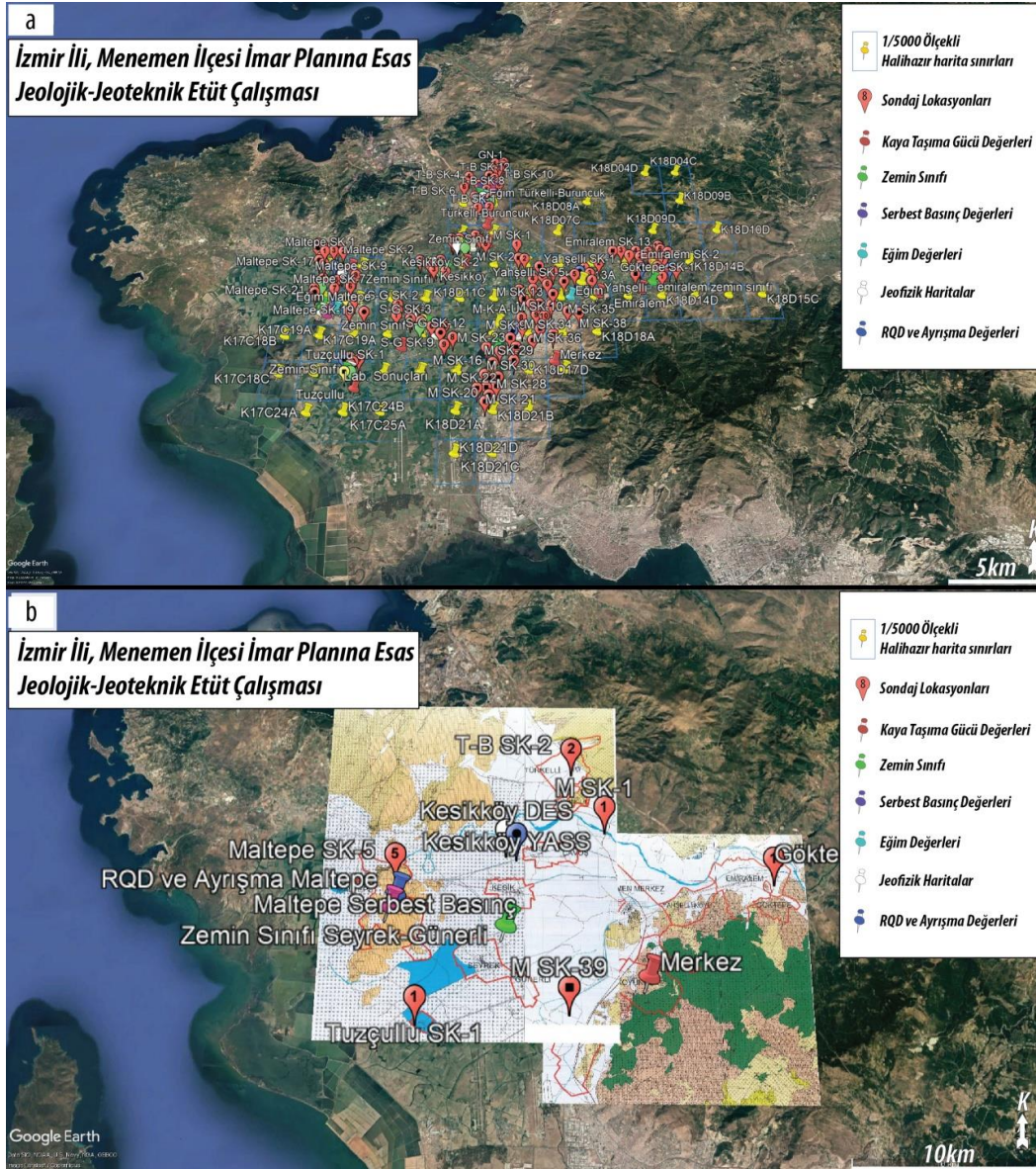
Bununla birlikte 71 profil Sismik Kırılma çalışması gerçekleştirilerek inceleme alanı zeminine ait tabakaların P hızları bu yöntemle düz ve ters atışlar yapılarak tespit edilmiştir (Şekil 3b). MASW çalışmaları sismik kırılma çalışmaları ile aynı hat boyunca yapılmış ve dispersiyon eğrilerinden yararlanılarak Vs hızları tespit edilmiştir. Tespit edilen Vs hızları sismik kırılma çalışmaları ile bulunan tabaka kalınlıklarına denk gelen Vs hızlarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır. MASW çalışmaları ile elde edilen veriler ile yeraltı hız yapısı, zeminin dinamik elastik özellikleri, zemin hakim titreşim periyotları ve zemin büyütme belirlenmiştir.

Çalışma sahasında 13 lokasyonda DES çalışması gerçekleştirilmiştir. Elde edilen arazi verileri IPI2win(Lite) tarafından geliştirilen bir Shareware yazılımı olan IPI2win programı yardımıyla değerlendirilip ortamın öz direnç, kalınlık ve derinlikleri tanımlanmıştır (Şekil 3b). DES çalışmaları toplam serim uzunluğu AB/2 =250-300m olarak yapılmıştır. Çalışma alanının jeolojik yapısına ve çalışma amacına göre en iyi sonucu verecek olan Schlumberger dizilim türü ile ölçümler alınmıştır.

Bu çalışmalarla birlikte veri çeşitliliğini sağlamak amacıyla 50 lokasyonda Mikrotremör (titreşimcik) ölçümü yapılarak, inceleme alanını oluşturan birimlerinin zemin hâkim titreşim periyotları ile zemin büyütme değerleri tespit edilmiştir (Şekil 3b). Mikrotremör ölçümlerinde, üç bileşen sismometre (AMBROGEO, HVSR 3, ECHO TROMO) hız ölçer mikrotremör kullanılmıştır. Sismometreler ivme, hız ve yer değiştirmeye duyarlı olup bu üç büyüklükten biri seçilerek kayıt alınabilmektedir. Kayıtlarda güç kaynağı olarak 12V'luk akü kullanılmıştır. Arazide kayıtlar doğrudan cihaz ile sayısal olarak alınmıştır. Alınan kayıtların örnekleme frekansı 100 Hz'dir. Mikrotremör ölçümlerinden zaman ortamında elde edilen üç bileşen kayıtları, H/V spektral oran yöntemi veya tek istasyon mikrotremör yöntemi olarak adlandırılan Nakamura yöntemine göre değerlendirilmiş, spektral analiz ile frekans ortamına aktarılıp spektral oranları alındığında, zeminin fiziksel özelliklerini yansıtan parametreler (baskın periyod ve büyütme) belirlenmiştir (Nakamura 1989).

Sondaj çalışmaları, kamyon üzerine monteli Crealius D-900 tipinde rotary sistem çalışan sondaj makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Arazi incelemeleri sırasında sondajlardan alınan örselenmiş (SPT) ve örselenmemiş (UD) zemin örneklerinden ve karot örneklerinden zeminin tipik özelliklerini belirleyecek olanlar seçilerek Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı onaylı laboratuvarlarda, Atterberg limitleri, su içeriği, birim hacim ağırlık ölçümü, kesme kutusu, konsolidasyon deneyleri ve elek analizi gibi zemin mekaniği, üç eksenli sıkışma, tek eksenli basınç ve nokta yükleme deneyleri gibi kaya mekaniği deneylerine tabi tutulmuştur. Saha gözlemleri, jeofizik ölçümler, sondaj faaliyetleri ve laboratuvar sonuçları değerlendirilerek zemin sınıflandırmaları yapılmış ve sonuç olarak Yerleşime Uygunluk Haritaları oluşturulmuştur.

Çalışmanın saha faaliyetleri aşamasında Google Earth Pro programı etkin olarak kullanılmıştır. Sondaj ve jeofizik çalışmalara ait lokasyonlar bu program üzerine aktarılarak tüm içeriklerin beraber takibine imkan sağlanmıştır (Şekil 4a,b).



Şekil 4. a) Jeolojik-jeoteknik etüt çalışmalarına ait lokasyonların Google Earth Pro programında görünümü ve b) Çalışmalarla ait lokasyonlar ve çalışma sahasına ait genel jeoloji haritalarının Google Earth Pro programında görünümü ((a) View of the locations of geological-geotechnical studies in Google Earth Pro program and (b) View of the locations of the studies and the general geological maps of the study area in the Google Earth Pro program))

Bu çerçevede oluşturulan veri seti, MapInfo programı yardımıyla sayısallaştırılan 1/5000 ve 1/1000 Ölçekli hali hazır haritalar üzerine aktarılmıştır. Sondaj loglarının ve jeofizik çalışmalara ait verilerin bir arada değerlendirilerek zemin gruplamalarının gerçekleştirilmesi işlemi veri görüntüleme, düzenleme ve çözümüleme yetenekleri sağlayan çoklu platform destekli ve açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan QGIS programı yardımıyla sağlanmıştır. Hali hazır haritaların ve saha çalışmalarına ait verilerin bir arada değerlendirilerek sonuç haritalarının (Eğim Haritaları, Yerleşime Uygunluk Haritaları, Jeoloji Haritaları), oluşturulması işlemi NetCAD programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Jeoloji Haritalarının çizilmesi ve diğer sonuç haritalarıyla korelasyonları Adobe Illustrator programında gerçekleştirilmiştir.

5. Bulgular (Results)

Çalışma İzmir İli, Menemen İlçesi'nde İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt faaliyetleri kapsamında planlanmış olup 16 mahallede toplam 9353,51 hektar alanda gerçekleştirilmiştir. Jeofizik ölçümler, sondaj faaliyetleri, alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen laboratuvar çalışmalarının dağılımını gösterebilmek adına birbirlerine olan uzaklıkları dikkate alınarak çalışma sahası;

1. Bölge Türkelli-Buruncuk, 2. Bölge Kesik, 3. Bölge Seyrek-Günerli, 4. Bölge Musaköy-Çavuşköy, 5. Bölge Maltepe, 6. Bölge Tuzçullu, 7. Bölge Emiralem, 8. Bölge Yahşelli, 9. Bölge Göktepe, 10. Bölge Menemen Merkez, Koyundere, Asarlık ve Ulukent yerleşimleri olmak üzere on alana bölünmüştür (Şekil 3a,b).

5.1. Saha ve Laboratuvar Çalışmaları (Field and Laboratory Studies)

Çalışma alanının en kuzeyinde yer alan Türkelli-Buruncuk inceleme alanında; 0.00-0.30 metrede nebati toprak, 0.30-15.00 metreler arası killi kum, siltli kum, çakıllı kumlu kil ve siltli çakıl (Birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine (USCS-ASTM D2487-11) göre SC-SM-CL-GM) birimleri saptanmıştır. Türkelli-Buruncuk yerleşimindeki inceleme alanının alüvyon birimi dışında kalan bir kısmı ise volkanik birimlerden andezit ve bazalt birimlerinden oluşmaktadır (Şekil 1c). Bu alanda gerçekleştirilen jeofizik çalışmalar neticesinde Türkelli yerleşiminin kuzeyine doğru gidildikçe Vs ve Vp hızlarının artış sergilediği gözlenmektedir. Vs ve Vp hızlarındaki bu artış daha sıkı zemine giriş şeklinde yorumlanmıştır, saha gözlemlerinde topografik olarak yükseltinin artıyor olması da bu verileri desteklemektedir. Bu kısımdaki Vp hızları 700-2000 m/s aralığında, Vs hızları ise 450-868 m/s aralığında değişim sunmaktadır. Türkelli yerleşiminin güneyine doğru gidildikçe sismik hız değerlerinin azaldığı belirlenmiş olup, Vp hızları 300-900 m/s ve Vs hızları 237-420 m/s aralığında değerler almaktadır.

Türkelli yerleşiminde gerçekleştirilen düşey elektrik sondaj (DES) çalışması sonucunda; yüzeyde yaklaşık 1,2m kalınlık sunan 34 ohm-m özdirenç değeri veren örtü tabakasından sonra ortalama 14,8m derinliğe kadar siltli kum biriminin bulunduğu (yaklaşık 22 ohm-m özdirenç değeri sunan) sondaj loglarıyla birlikte değerlendirilerek belirlenmiştir. Bu derinlik seviyesinden sonra ise özdirenç değerlerinin 28m derinliğe kadar 8 ohm-m ve devamında 190m derinliğe kadar 30 ohm-m seviyelerine yükselerek siltli kum biriminin devam ettiği gözlenmiştir. Yerleşim alanında iri bloklu alüvyon biriminden oluşan zemin için SPT N30 değerinin 17-refü (R) arasında, Vs30 değerinin 178 m/s – 384 m/s arasında değiştiği gözlemlenmekle birlikte, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY 2018) göre yerel zemin sınıflaması ZD olarak saptanmıştır. Yine bu alanda Miyosen yaşlı volkaniklerden andezit ve bazalt biriminden oluşan zeminlerin Vs30 değerleri 446 m/s – 794 m/s arasında değiştiğinden Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflamaları ZC, ZB olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

Türkelli yerleşiminin güneyinde yer alan Buruncuk yerleşiminde Alüvyon zeminde Vp hızları 320-1110 m/s aralığında, Vs hızları ise 147-197 m/s aralığında değerler sunmaktadır. Topografik olarak yükseltinin başladığı alanın doğusunda hızlar artış göstermektedir. Yüzeyden ortalama 2-3m derinliğe kadar gevşek zeminden (Vs hızı 193-196m/s aralığında değişim sunan) sonra sıkı zemine giriş artan Vs hız değerlerinden açıkça gözlenmektedir. Buruncukta gerçekleştirilen DES çalışması sonucunda; yaklaşık 168 m derinlik seviyesine kadar sondaj loglarından da hareketle siltli kumlu kil nitelikli alüvyon birimlerin varlığı (6-16 ohm-m arası değişim sunan) muhtemeldir.

Türkelli-Buruncuk inceleme alanındaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisinleri "yumuşak-çok sert" aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Türkelli-Buruncuk inceleme alanı için 0.207-0.306 arasında "orta" sıkışabilir özellikte tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). Bu alanda yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre 1.Bölge Türkelli-Buruncuk inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %16, en yüksek %22 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi "plastik" ve kuru dayanımı "orta" olarak belirlenmiştir (Şekil 5).

Mt31, Mt32, Mt33, Mt34 mikrotremör ölçümleri 1.Bölge Türkelli, Buruncuk yerleşim alanlarını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla "A, B, B, B", "düşük, orta, orta, orta tehlike düzeyi" ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

Türkelli-Buruncuk	Musaköy-Çavuşköy	Kesikköy
<p>SPT N : 17-R Çakıl : % Kum : %3.97-59.36 Kil+Silt : %15.00-75.32 Likit Limit W_{LL} : %NP-44 Plastik Limit W_{PL} : %NP-22 Plastisite İndisi W_{PI} : %NP-22 Su muhtevası (Wn) : %7.62-22.63 Zemin Sınıfı : CL,SC,GM,SM DES : 30-34 ohm-m Vp : 300-2000 m/s Vs : 237-868 m/s Vs30 : 178-794 m/s</p>	<p>SPT N : 5-R Çakıl : % 0.00-0.52 Kum : % 0.00-13.62 Kil+Silt : % 15.47-98.21 Likit Limit W_{LL} : % NP-63 Plastik Limit W_{PL} : % NP-29 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-35 Su muhtevası (Wn) : % 7.89-45.57 Zemin Sınıfı : CL,MH,SM,ML DES : 4-83 ohm-m Vp : 318-1900 m/s Vs : 143-231 m/s Vs30 : 176-213 m/s</p>	<p>SPT N : 5-R Çakıl : % 0.00-5.23 Kum : % 0.00-9.30 Kil+Silt : % 16.26-97.14 Likit Limit W_{LL} : % NP-53 Plastik Limit W_{PL} : % NP-28 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-28 Su muhtevası (Wn) : % 11.13-49.61 Zemin Sınıfı : CL,CH,SM,ML DES : 1-3.83 ohm-m Vp : 350-1600 m/s Vs : 105-194 m/s Vs30 : 147-177 m/s</p>
Maltepe	Seyrek-Günerli	Tuzçullu
<p>SPT N : 1-R Çakıl : % 0.00-0.53 Kum : % 0.00-56.82 Kil+Silt : % 13.67-97.91 Likit Limit W_{LL} : % NP-54 Plastik Limit W_{PL} : % NP-32 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-30 Su muhtevası (Wn) : % 8.10-41.29 Zemin Sınıfı : CL,CH,SC,ML,MH,GM DES : 1-84 ohm-m Vp : 250-3500 m/s Vs : 140-1040 m/s Vs30 : 169-923 m/s</p>	<p>SPT N : 5-R Çakıl : % 0.00-0.52 Kum : % 0.00-13.62 Kil+Silt : % 15.47-98.21 Likit Limit W_{LL} : % NP-63 Plastik Limit W_{PL} : % NP-29 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-35 Su muhtevası (Wn) : % 7.89-45.57 Zemin Sınıfı : CL,CH,ML,SM DES : 17-364 ohm-m Vp : 268-1626 m/s Vs : 120-245 m/s Vs30 : 159-221 m/s</p>	<p>SPT N : 5-R Çakıl : % 0.00-0.78 Kum : % 1.69-5.66 Kil+Silt : % 17.22-98.67 Likit Limit W_{LL} : % NP-51 Plastik Limit W_{PL} : % NP-23 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-29 Su muhtevası (Wn) : % 7.18-43.61 Zemin Sınıfı : CL,CH,ML,SM DES : - Vp : 340-1850 m/s Vs : 137-190 m/s Vs30 : 174-175 m/s</p>
Emiralem	Yahşelli	Menemen-Koyundere-Asarlık-Ulukent
<p>SPT N : 9-R Çakıl : % 0.00-4.09 Kum : % 0.00-9.81 Kil+Silt : % 15.07-97.61 Likit Limit W_{LL} : % NP-45 Plastik Limit W_{PL} : % NP-25 Plastisite İndisi W_{PI} : % NP-23 Su muhtevası (Wn) : % 8.98-34.7 Zemin Sınıfı : CH,SM,ML DES : 5.5-113 ohm-m Vp : 342-1443 m/s Vs : 167-686 m/s Vs30 : 208-528 m/s</p>	<p>SPT N : 14-R Çakıl : % 0.00-0.36 Kum : % 6.19-9.15 Kil+Silt : % 64.31-95.16 Likit Limit W_{LL} : % 33-52 Plastik Limit W_{PL} : % 18-25 Plastisite İndisi W_{PI} : % 14-28 Su muhtevası (Wn) : % 16.45-30.05 Zemin Sınıfı : CL,CH DES : 38-76 ohm-m Vp : 350-1536 m/s Vs : 198-645 m/s Vs30 : 483-539 m/s</p>	<p>SPT N : 12-R Çakıl : % 0.00-26.43 Kum : % 0.00-47.59 Kil+Silt : % 8.53-95.85 Likit Limit W_{LL} : % 33-52 Plastik Limit W_{PL} : % 18-25 Plastisite İndisi W_{PI} : % 14-28 Su muhtevası (Wn) : % 8.44-45.21 Zemin Sınıfı : CL,SC,GM,SM,ML,GC DES : 11.6-91 ohm-m Vp : 300-1233 m/s Vs : 126-718 m/s Vs30 : 161-613 m/s</p>

Şekil 5. İnceleme alanında yer alan zemin özelliklerini gösteren diyagram
(Diagram showing ground properties in the study area)

2. Bölge Kesikköy inceleme alanında; 0.00-0.3 metrede nebati toprak, 0.3-15.00 metreler arası siltli kum, çakıllı kumlu kil, inorganik kil birimi ve siltli killi kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-CL-CH-ML), 15.00-40.00 metreler siltli kum ve çakıllı kumlu kil siltli killi kum birimi (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SM-CL) saptanmıştır. Tamamıyla alüvyon üzerinde bulunan Kesikköy yerleşiminde yapılan sismik çalışmalar, gevşek alüvyon birimlerin etkisini açıkça göstermektedir. Vp hızları 350-1600 m/s aralığında, Vs hızları ise 105-194 m/s aralığında değerler sunmaktadır.

Bu alanda gerçekleştirilen DES çalışması sonucunda, yaklaşık 67m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 1-3,8 ohm-m arasında değişim gösterdiği gözlenmekle birlikte killi alüvyon birimlerin etkisi sondaj loglarıyla beraber değerlendirilerek saptanmıştır. 2.Bölge Kesikköy inceleme alanının jeolojisini oluşturan

alüvyon biriminin SPT N30 değerinin 5-R arasında, Vs30 değerinin ise 147 m/s – 177 m/s arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZE, ZF olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

Alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri “çok yumuşak-çok sert” aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Bu birimde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Kesikköy inceleme alanı için 0.225 ile 0.387 arasında “orta” sıkışabilir özellikte olarak tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Kesikköy inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %13, en yüksek %28 olarak belirlenmiştir. Zeminin Plastisite derecesi “az plastik” – “plastik” arasında ve kuru dayanımı “düşük” ile “orta” olarak belirlenmiştir. Laboratuvarında yapılan konsolidasyon deneyi sonuçlarından elde edilen şişme yüzdesine ve şişme basınç değerlerine bağlı olarak; Kesikköy’e ait kil ve siltlerin şişme dereceleri “Düşük-Orta” derecededir (Şekil 5).

2.Bölge Kesikköy inceleme alanında alüvyon birimde açılan 6 adet sondajda 1.5-2 ve 2.5-3 m seviyelerinde yer altı suyuna rastlanmış olup, Seed De Albe yöntemi ile sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizi sonucunda SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-5 no’lu sondajlarda sıvılaşma tespit edilmiş olup, SK-6 no’lu sondajda CH-CL birimleri tespit edildiğinden sıvılaşma beklenmemektedir (Şekil 3a).

Mt38, Mt39 mikrotremör ölçümleri 2.Bölge Kesik yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “D, D”, “çok yüksek, çok yüksek tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

3.Bölge; Seyrek-Günerli inceleme alanında; 0.00-0.3 metrede nebati toprak, 0.3-15.00 metreler arası siltli kum, çakıllı kumlu kil, inorganik kil birimi ve siltli killi kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-CL-CH-ML), 15.00-40.00 metreler siltli kum ve çakıllı kumlu kil siltli killi kum birimi (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-CL), saptanmıştır.

Seyrek ve Günerli yerleşimleri tamamıyla alüvyon birim üzerinde bulunmaktadır. Gevşek alüvyon birimlerin etkisi sismik hız değerlerinden açıkça gözlenmektedir. Vp hız değerleri 268 -1626 m/s aralığında, Vs hızları 120-245 m/s aralığında değerler almaktadır.

Gerçekleştirilen DES çalışmaları sonucunda, yaklaşık 5,17 m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 17 ohm-m seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu derinlikten 45m derinliğe kadar özdirenç değeri 1,1 ohm-m seviyesinde gözlenirken bu noktadan araştırma derinliği boyunca pekleşerek devam ettiği ve özdirenç değerinin 364 ohm-m seviyelerine yükseldiği tespit edilmiştir.

3.Bölge; Seyrek-Günerli inceleme alanının jeolojisini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değerinin 5-R arasında, Vs30 değerinin ise 159 m/s – 221 m/s arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZE-ZF olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

Alandaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri “yumuşak-çok sert” aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Seyrek-Günerli inceleme alanı için 0.225 ile 0.477 aralığında “orta sıkışabilir” ile “yüksek sıkışabilir” özellikte tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Seyrek-Günerli inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %5, en yüksek %35 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi “plastik değil” ile “plastik” arasında ve kuru dayanımı “çok düşük” ile “orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan kil ve siltlerin şişme dereceleri “Düşük-Orta” olarak saptanmıştır (Şekil 5).

Seyrek-Günerli inceleme alanında alüvyon birimde açılan 12 adet sondajda 1-1.5-1.8-2 m seviyelerinde yer altı suyuna rastlanmış ve Seed De Albe yöntemi ile sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizi sonucunda SK-1, SK-2, SK-3, SK-4, SK-6, SK-7, SK-8, SK-9, SK-10, SK-11, SK-12 no’lu sondajlarda sıvılaşma tespit edilmiş olup, SK-5 no’lu sondajda ML-CH-CL birimleri tespit edildiğinden sıvılaşma beklenmemektedir (Şekil 3a).

Mt45, Mt46, Mt47 mikrotremör ölçümleri 3.Bölge Seyrek, Günerli yerleşim alanlarını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “D, D, D”, “çok yüksek, çok yüksek, çok yüksek tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

4.Bölge; Musaköy-Çavuşköy inceleme alanında 0.00-0.30 metrede nebati toprak, 0.30-15.00 metreler arası Siltli kum, çakıllı kumlu kil, siltli killi kum ve inorganik silt (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-CL-ML-MH) birimleri saptanmıştır. 15.00-40.00 m siltli kum ve çakıllı kumlu kil birimi

(Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-CL) gözlenmektedir.

Musaköy ve Çavuşköy yerleşimlerinde gerçekleştirilen jeofizik çalışmalar alanın tamamını oluşturan alüvyon birim üzerinde yapılmıştır. Tüm serimler göz önüne alındığında V_p hızları 318-1900 m/s aralığında, V_s hızları ise 143-231 m/s aralığında değerler olarak gevşek alüvyon birimlerin varlığını ortaya koymaktadır.

Gerçekleştirilen DES çalışması sonucunda; yaklaşık 0,8m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 4-68 ohm-m mertebelerinde olduğu gözlenmektedir. Yaklaşık 10m derinliğe kadar özdirenç 1,61 ohm-m ye düşüş göstermektedir. 198m derinlik seviyesine kadar 10 ohm-m özdirenç değeri gözlenmiştir. Bu değerlerin siltli kumlu birimlerini ifade ettiği sondaj loglarıyla kıyaslanarak belirlenmiştir. Araştırma derinliği boyunca özdirenç değerleri 83 ohm-m ye yükseldiği gözlenmekle birlikte bu durum alüvyon birimlerin nispeten pekleşerek devam ettiği şeklinde yorumlanmıştır.

4.Bölge; Musaköy-Çavuşköy inceleme alanının jeolojisini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değerinin 5-R arasında, V_{s30} değerinin ise 176 m/s – 213 m/s arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Tüm zemin parametreleri değerlendirildiğinde Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZD-ZE olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

Bu alandaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri “yumuşak-çok sert” aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($C_c=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Musaköy-Çavuşköy inceleme alanı için 0.230-0.369 arasında “orta” sıkışabilir özellikte tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre 4.Bölge Musa-Çavuşköy inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %13 en yüksek %23 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi “az plastik-plastik” arasında ve kuru dayanımı “düşük-orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan kil ve siltlerin şişme derecelerinin “Düşük” derecede olduğu saptanmıştır (Şekil 5).

Musaköy-Çavuşköy inceleme alanında alüvyon birimde açılan 7 adet sondajda 1-1.8-2-2.1 m seviyelerinde yer altı suyuna rastlanmış olup, Seed De Albe yöntemi ile sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizi sonucunda SK-1, SK-3, SK-6, SK-7 no’lu sondajlarda sıvılaşma tespit edilmiş olup, SK-2 no’lu sondajda CL, SK-4 no’lu sondajda MH-CL birimleri tespit edildiğinden ve SK-5 no’lu sondajda yer altı suyu olmadığından sıvılaşma beklenmemektedir.

Mt35, Mt36, Mt37 mikrotremör ölçümleri 4.Bölge Musaköy, Çavuşköy yerleşim alanlarını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “D, D, C”, “çok yüksek, çok yüksek, yüksek tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

5.Bölge; Maltepe inceleme alanında 0.00-0.30 metrede nebati toprak, 0.30-15.00 metreler arası killi çakıl, siltli çakıl, siltli kum, killi kum, çakıllı kumlu kil, inorganik kil birimi, siltli killi kum ve inorganik silt (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) GC-GM-SM-SC-CL-CH-ML-MH) birimleri ve 15.00-18.00 metreler arası siltli kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM) birimleri saptanmıştır (Şekil12c). Maltepe yerleşim yerlerindeki inceleme alanlarının alüvyon birimi dışında kalan bölümleri, Miyosen yaşlı killi kireçtaşı-kıltaşı, tuf-tüfitten, oluşmaktadır.

Çalışma alanının kuzey batısında yer alan Maltepe yerleşimi için Masw-Kırılma ve DES çalışmaları yapılmıştır. Yerleşimin ortasında yer alan ve bariz yükseltiye sahip Villakent olarak adlandırılan bölgede yapılan çalışmalarda yüksek hız değerleri gözlenmiştir. Bu alandaki V_p hızları 1600-3500m/s aralığında, V_s hızları ise 640-1040 m/s aralığında değerler almaktadır. Saha çalışmalarında bu alanda Miyosen yaşlı kireçtaşlarının gözlenmesi hız değerlerini teyit eder niteliktedir. Alüvyonel alanlarda yapılan çalışmalarda ise V_p hızları 250-1600 m/s aralığında, V_s hızları 140-400 m/s aralığında değerler olarak nispeten gevşek zeminleri ifade etmektedir.

Maltepe yerleşiminde yapılan DES çalışması sonucunda; yaklaşık 0,8m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 168 ohm-m mertebelerinde olduğu saptanmıştır. Yaklaşık 1,78m derinliğe kadar özdirenç 10 ohm-m ye düşüş göstermektedir. 4m derinlik seviyesine kadar 84 ohm-m özdirenç değeri gözlenmiştir. Bu değerlerin siltli kumlu birimleri ifade ettiği sondaj loglarıyla kıyaslanarak belirlenmiştir. Bu derinlik seviyesinden sonra ise özdirenç değerlerinin 1 ohm-m seviyelerine kadar azalım gösterdiği görülmektedir. Araştırma derinliği boyunca öz direnç değerleri 12 ohm-m ye yükselerek devam etmektedir.

5.Bölge; Maltepe inceleme alanının jeolojisini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değerlerinin 1-R arasında, V_{s30} değerlerinin ise 169 m/s - 181 m/s arasında değiştiği gözlenmektedir. Bu doğrultuda inceleme alanının,

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZE olarak belirlenmiştir. İnceleme alanındaki Miyosen yaşlı killi-kireçtaşı-kiltaşı, tuf-tüfit birimlerinin ise sınıflaması Vs30 değerleri 270 m/s - 923 m/s arasında kalmakla birlikte Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfları ZD, ZC, ZB şeklindedir.

Bu alandaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlılık indisleri “çok yumuşak-çok sert” aralığında kıvamlılık özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Maltepe inceleme alanı için 0.063-0.396 arasında “orta-düşük” sıkışabilir özellikte tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Maltepe inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %3, en yüksek %30 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi “plastik değil-plastik” arasında ve kuru dayanımı “çok düşük-orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan kil ve siltlerin şişme dereceleri “Orta-Düşük” derecededir (Şekil 5).

Maltepe inceleme alanında alüvyon birimde açılan 10 adet sondajda 1-1.5-2-3.4-3.5 m seviyelerinde yer altı suyuna rastlanmış olup, Seed De Albe yöntemi ile sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizi sonucunda SK-1, SK-12, SK-13, SK-14, SK-16, SK-17, SK-10 no’lu sondajlarda sıvılaşma tespit edilmiş olup, SK-15 no’lu sondajda CL-ML, SK-18 no’lu sondajda CL ve SK-20 no’lu sondajda CL-CH birimleri tespit edildiğinden sıvılaşma beklenmemektedir (Şekil 3a).

6.Bölge; Tuzçullu inceleme alanında yapılan sondajlarda 0.00-0.30 metrede nebati toprak, 0.30-15.00 metreler arası siltli kum, çakıllı kumlu kil ve siltli killi kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SM-CL-ML) birimleri ve 15.00-40.00 metreler arası siltli kum, çakıllı kumlu kil ve inorganik kil (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SM-CL-CH) birimleri saptanmıştır.

Mt40, Mt41, Mt42, Mt43, Mt44 mikrotremör ölçümleri 5.Bölge Maltepe yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “B, D, A, C, C”, orta, çok yüksek, düşük, yüksek, yüksek tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

Çalışma alanın güneybatısında yer alan Tuzçullu yerleşiminde yapılan Masw-Kırılma çalışmaları neticesinde Vp hız değerlerinin 340-1850 m/s aralığında, Vs hız değerlerinin ise 137-190 m/s aralığında olduğu saptanmıştır. Bu değerler gevşek alüvyon birimleri ifade ettiği sondaj logları ile kıyaslanarak belirlenmiştir.

6.Bölge; Tuzçullu inceleme alanının jeolojisini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değerlerinin 5-R arasında, Vs30 değerlerinin ise 174 m/s – 175 m/s arasında değiştiği saptanmıştır. Bu doğrultuda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZE olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

İnceleme alanındaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlılık indisleri “yumuşak-çok sert” aralığında kıvamlılık özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Tuzçullu inceleme alanı için 0.225-0.369 arasında “orta” sıkışabilir özellikte tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Tuzçullu inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %14, en yüksek %29 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi “az plastik-plastik” arasında ve kuru dayanımı “düşük-orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan kil ve siltlerin şişme dereceleri “Orta-Düşük” derecededir (Şekil 5).

Tuzçullu inceleme alanında alüvyon birimde açılan 4 adet sondajda 1-1.2 m seviyelerinde yer altı suyuna rastlanmış olup, Seed De Albe yöntemi ile sıvılaşma analizi yapılmıştır. Yapılan sıvılaşma analizi sonucunda SK-1, SK-2, SK-3 no’lu sondajlarda sıvılaşma tespit edilmiş olup, SK-4 no’lu sondajda CL birimi tespit edildiğinden sıvılaşma beklenmemektedir (Şekil 3a).

Mt49, Mt50 mikrotremör ölçümleri 6.Bölge Tuzçullu yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “D, B”, “çok yüksek, orta tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 4).

7.Bölge; Emiralem’de yapılan zemin sondajı çalışmalarında 0.00-0.30 metreler arasında bitkisel toprak, 0.30-15.00 metreler arasında siltli kum, çakıllı kumlu kil ve siltli killi kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SM-CL-ML) birimleri ve 15-20 metreler arasında siltli kum (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS-ASTM D2487-11) göre SM) birimi saptanmıştır.

İnceleme alanının kuzey doğusunda yer alan Emiralem yerleşiminde yapılan sismik çalışmalar neticesinde; alanın kuzeyine doğru nispeten daha düşük sismik hızlar gözlenmiştir. Bu bölgede Vp hızları 342-969 m/s aralığında, Vs hızları 167-347 m/s aralığında değerler almaktadır. Emiralem’in güneyine ve özellikle güney doğusuna doğru gidildikçe sismik hızların artış gösterdiği ve nispeten daha sıkı zemine giriş olduğu bu hız

değerlerinden anlaşılmaktadır. Vp hız değerleri 450-1443 m/s , Vs hızları ise 348-686 m/s değerlerine kadar artış göstermektedir.

7.Bölge Emiralem yerleşiminde 2 farklı lokasyonda DES çalışması gerçekleştirilmiştir. Şekil 9'da lokasyonu verilen çalışmalardan DES1 sonucunda; 3,2m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 5,5 ohm-m mertebelerinde olduğu, yaklaşık 20m derinliğe kadar özdirenç değerlerinin 2 ohm-m ye düşüş gösterdiği gözlenmektedir. Bu derinlik seviyesinden sonra ise özdirenç değerlerinin arttığı (20 ohm-m seviyelerine kadar) saptanmıştır. DES2 çalışması sonucunda; yaklaşık 6,7 m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 129 ohm-m seviyelerinde olduğu, bu derinlikten 15m derinliğe kadar 43 ohm-m özdirenç değeri veren andezit birimi yaklaşık 79m derinliğe kadar ortalama 113 ohm-m özdirenç değeri sunmaktadır. Bu derinlikten sonra özdirenç değerlerinin araştırma derinliği boyunca yükselerek devam ettiği gözlenmektedir.

Emiralem inceleme alanında zemini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değeri 9-R arasında değiştiği, Vs30 hızlarının ise genellikle 208-403 m/sn arasında değiştiği saptanmıştır. Bu doğrultuda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZD olarak belirlenmiştir (TBDY 2018). Emiralem inceleme alanında gözlenen Miyosen yaşlı andezit biriminden oluşan zemin için Vs30 değerleri 403 m/s–528 m/s arasında değişmektedir. Bu alanlarda yerel zemin sınıfı ZC olarak belirlenmiştir.

Emiralem inceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri “sıkı-sert-çok sert” aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Emiralem inceleme alanı için 0.213 ile 0.315 arasında “orta” sıkışabilir özellikte olarak tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). Bu alanda yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Emiralem inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %13, en yüksek %23 olarak belirlenmiştir. Zeminin Plastisite derecesi “az plastik” – “plastik” arasında ve kuru dayanımı “düşük” ile “orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan kil ve siltlerin şişme dereceleri “Düşük-Orta” derecededir (Şekil 5).

Emiralem yerleşim alanında açılan 13 adet sondajda kesilen alüvyon birimin belli seviyelerinde yer altı suyuna rastlanılmıştır ve bu alanda yapılan sıvılaştırma analizleri sonucunda sadece bir kuyuda sıvılaştırma tespit edilmiştir.

Mt1, Mt2, Mt3, Mt4, Mt5, Mt6 mikrotremör ölçümleri 7.Bölge Emiralem yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “A, A, B, B, A, C”, “düşük, düşük, orta, orta, düşük, yüksek tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

8.Bölge; Yahşelli’de yapılan zemin sondajlarında 0.00-0.30 metreler arasında bitkisel toprak, 0.30-16.00 metreler arasında çakıllı kumlu kil, inorganik kil (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) CL-CH) birimi saptanmıştır.

Yahşelli yerleşiminde yapılan Masw-Kırılma çalışmaları neticesinde alanın kuzeyine doğru sismik hız değerleri düşüş göstermektedir. Yerleşim alanının kuzeyinde Vp hızları 350-650m/s aralığında, Vs hızları 198-238 m/s aralığında değerler sergilemektedir. Yerleşim alanının güneyinde yüzeyden 3-5 m kalınlık sunan gevşek birimlerden daha derine gidildikçe daha sıkı birimlere geçiş olduğu sismik hızlardaki artıştan belirlenmiştir. Vp hızları 400-1536 m/s, Vs hızları 613-645 m/s değerlerine kadar artmaktadır.

8.Bölge Yahşelli yerleşiminde yapılan DES çalışması sonucunda; yaklaşık 2,6m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 38 ohm-m seviyelerinde, bu derinlikten 33m derinliğe kadar 14 ohm-m seviyelerinde ve 114m derinliğe kadar ise ortalama 35 ohm-m seviyelerinde olduğu gözlenmektedir. Bu derinlikten sonra araştırma derinliği boyunca özdirenç değerleri 76 ohm-m seviyelerine yükselmektedir.

Yahşelli inceleme alanında zemini oluşturan alüvyon birimin SPT N30 değerinin 14-R arasında değiştiği gözlenmektedir. Vs30 hızları ise genellikle 223 m/sn olan zeminin Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflamasındaki yeri ZD olarak belirlenmiştir. Yerleşim alanındaki Miyosen yaşlı kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ve andezit biriminden oluşan zemin için Vs30 değerinin 483 m/s-539 m/s arasında olduğu saptanmıştır. Bu alanlarda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıfının ZC olduğu belirlenmiştir (TBDY 2018).

İnceleme alanındaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri “sert-çok sert” aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Yahşelli inceleme alanı için 0.207 ile 0.378 arasında “orta” sıkışabilir özellikte olarak tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre Yahşelli inceleme alanı için en

düşük Plastisite İndisi %14, en yüksek %28 olarak belirlenmiştir. Zeminin Plastisite derecesi “az plastik – plastik” arasında ve kuru dayanımı “düşük” ile “orta” olarak belirlenmiştir. Bu alanlarda yer alan kil ve silt birimlerinin şişme dereceleri “Düşük-Orta” derecededir (Şekil 5).

Yahşelli yerleşim alanında açılan 5 sondajda yer altı suyuna rastlanılmamıştır. Bu doğrultuda alanda sıvılaşma riski beklenmemektedir.

Mt9, Mt10, Mt11 mikrotremör ölçümleri 8.Bölge Yahşelli yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “B, A, A”, “orta, düşük, düşük tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

9.Bölge; Göktepe yerleşim alanında yapılan zemin sondajlarında 0.00-0.30 metreler arasında bitkisel toprak, 0.30-7.50 metreler arasında volkanik birimlerden andezit saptanmıştır.

Çalışma alanının kuzey doğusunda yer alan Göktepe yerleşimi için yapılan sismik çalışmalar neticesinde tüm serimlerde ilk seviye yaklaşık 3-4 m kalınlık sunmakta olup 288-358m/s arasında Vs hız değerleri ile nispeten gevşek tabakadan sonra hem Vs, hem Vp hızları artış göstermektedir. Vs hız değerleri 587-617 m/s, Vp hız değerleri ise 1183-1489 m/s değerlerine kadar yükselmektedir.

İnceleme alanında zemini oluşturan andezit biriminin Vs30 hız değerleri 485-510 m/sn aralığında olduğundan, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZC olarak belirlenmiştir (TBDY 2018). Bu alanda gerçekleştirilen sondaj faaliyetlerinde yer altı suyuna rastlanılmamıştır.

Mt7, Mt8 mikrotremör ölçümleri 9.Bölge Göktepe yerleşim alanını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla “A, B”, “düşük, orta tehlike düzeyi” ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

10.Bölge; Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent’de yapılan zemin sondajlarında 0.00-0.30 metreler arasında bitkisel toprak, 0.30-15.00 metreler arasında siltli kum, killi kum, çakıllı kumlu kil, killi ince kum, inorganik silt, siltli çakıl ve killi çakıl (Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre (USCS-ASTM D2487-11) SM-SC-CL-ML-MH-GM-GC) birimleri saptanmıştır.

İnceleme alanı kuzey batısında yer alan 10.Bölge Menemen yerleşiminde yapılan sismik çalışmalar neticesinde; alanın tamamında ilk seviyelerde gevşek zemin özellikleri (alüvyon birimler) gözlenmektedir. Çalışma alanının doğusuna doğru gidildikçe ve derinlik arttıkça sismik hızlarında arttığı belirlenmiştir. Tüm serimlerde ilk seviyenin Vs hızları 126-400 m/s aralığında değerler almaktadır. Bu ilk seviyeden sonra alüvyon üzerinde alınan ölçümler de Vs hız değerleri 192-369 m/s aralığında değerler almaktadır. Vp hızları ise 300-1100 m/s aralığında değişim sunmaktadır. Nispeten daha sıkı zemini ifade eden hız değerleri alanın genellikle doğusunda gözlenmiş olup Vs hız değerleri 450-718m/s aralığında, Vp hız değerleri ise 490-1233 m/s aralığında değerler almaktadır.

10.Bölge içerisinde olan Asarlık DES çalışması sonucunda; yaklaşık 29m derinlik seviyesine kadar özdirenç değerlerinin 91-99 ohm-m arasında değerini aldığı gözlenmekle birlikte örtü tabakayı ifade ettiği düşünülmektedir. Bu derinlikten sonra ise araştırma derinliği boyunca 54 ohm-m özdirenç değerine yükseldiği ve sondaj loglarıyla korele edildiğinde kireçtaşı biriminin nispeten pekleşerek devam ettiği söylenebilir.

Menemen Merkezde gerçekleştirilen DES çalışması sonucunda; yüzeyde yaklaşık 2,6m kalınlık sunan 30 ohm-m özdirenç değeri veren örtü tabakasından sonra, ortalama 13m derinliğe kadar siltli kumlu kil biriminin bulunduğu (yaklaşık 8,45 ohm-m özdirenç değeri sunan) sondaj loglarıyla birlikte değerlendirilerek belirlenmiştir. Bu derinlik seviyesinden sonra ise özdirenç değerlerinin 30m derinliğe kadar 5,7 ohm-m olarak devam ettiği ve devamında araştırma derinliği boyunca 11,6 ohm-m seviyelerine yükselerek siltli kumlu killi alüvyon birimlerin devam ettiği öngörülmektedir.

Koyundere DES çalışması sonucunda; yaklaşık 8,6m derinlik seviyesine kadar 16 ohm-m özdirenç değeri saptanmıştır. Bu tabakadan sonra yaklaşık 37m derinliğe kadar 5 ohm-m özdirenç değeri veren siltli kum birimi, devamında yaklaşık 115m derinliğe kadar özdirenç değerlerinin 3,5 ohm m’ye kadar düştüğü belirlenmiştir.

Ulukent DES çalışması sonucunda; yaklaşık 2,5m derinlik seviyesine kadar 20 ohm-m özdirenç değeri saptanmıştır. Bu tabakadan sonra yaklaşık 22 m derinliğe kadar 4 ohm-m özdirenç değeri veren siltli kumlu kil birimi, devamında yaklaşık 58m derinliğe kadar özdirenç değerlerinin 1,7 ohm m’ye kadar düştüğü belirlenmiştir.

10.Bölge; Menemen Merkez-Ulukent-Koyundere-Asarlık inceleme alanındaki zemini oluşturan alüvyon biriminin SPT N30 değerleri 8-R arasında, Vs30 hızları ise genellikle 161-396 m/sn arasında değişmektedir. Bu doğrultuda

inceleme alanında, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZE, ZD olarak belirlenmiştir. Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent inceleme alanındaki Miyosen yaşlı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, andezit ve Kretase yaşlı ofiyolit biriminden oluşan zemin için Vs30 değerleri 435 m/s-613 m/s arasında değiştiğinden bu alanda Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine göre yerel zemin sınıflaması ZC olarak belirlenmiştir (TBDY 2018).

10.Bölge; Menemen Merkez-Ulukent-Asarlık-Koyundere inceleme alanındaki alüvyon biriminde zeminlerin hesaplanan kıvamlilik indisleri "sıkı-sert-çok sert" aralığında kıvamlilik özelliği göstermektedir. Alüvyon biriminde Terzaghi-Peck formülü ($Cc=0.009*(LL-10)$) kullanılarak hesaplanan zemin sıkışabilirlik değerleri Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent inceleme alanı için 0.08-0.43 arasında "düşük" ve "yüksek" sıkışabilir aralığında tespit edilmiştir (Terzaghi vd., 1996). İnceleme alanında yer alan alüvyon biriminde zeminler üzerinde yapılan Atterberg Limitleri deneyi sonucunda elde edilen verilere göre 10.Bölge Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent inceleme alanı için en düşük Plastisite İndisi %3, en yüksek %25 olarak belirlenmiştir. Zeminin plastisite derecesi "plastik değil-plastik" ve kuru dayanımı "çok düşük-orta" olarak belirlenmiştir. Bu alanda yer alan ait kil ve siltlerin şişme dereceleri "Düşük-Orta" derecededir (Şekil 5).

Menemen Merkez-Ulukent-Koyundere-Asarlık'da açılan 39 adet sondaj çalışmasında alüvyon birimlerin belirli seviyelerinde yer altı suyuna rastlanılmıştır ve bu alanda alüvyonda yapılan sıvılaşma analizleri sonucunda sadece bir kuyuda sıvılaşma gözlenmiştir. Çalışma sahasının genelinde sıvılaşma potansiyeli olmadığı tespit edilmiştir.

Mt12, Mt13, Mt14, Mt15, Mt16, Mt17, Mt18, Mt19, Mt20, Mt21, Mt22, Mt23, Mt24, Mt25, Mt26, Mt27, Mt28, Mt29, Mt30 mikrotremör ölçümleri 10.Bölge Menemen Merkez, Koyundere, Asarlık, Ulukent yerleşim alanlarını kapsamakta olup Zemin Hakim Titreşim Periyotlarına göre sırasıyla "A, B, D, D, C, A, B, A, A, B, B, A, A, B, A, A, D, C, A", "düşük, orta, çok yüksek, çok yüksek, yüksek, düşük, orta, düşük, düşük, orta, orta, düşük, düşük, orta, düşük, çok yüksek, yüksek, düşük tehlike düzeyi" ölçütüne girmektedir (Şekil 3b).

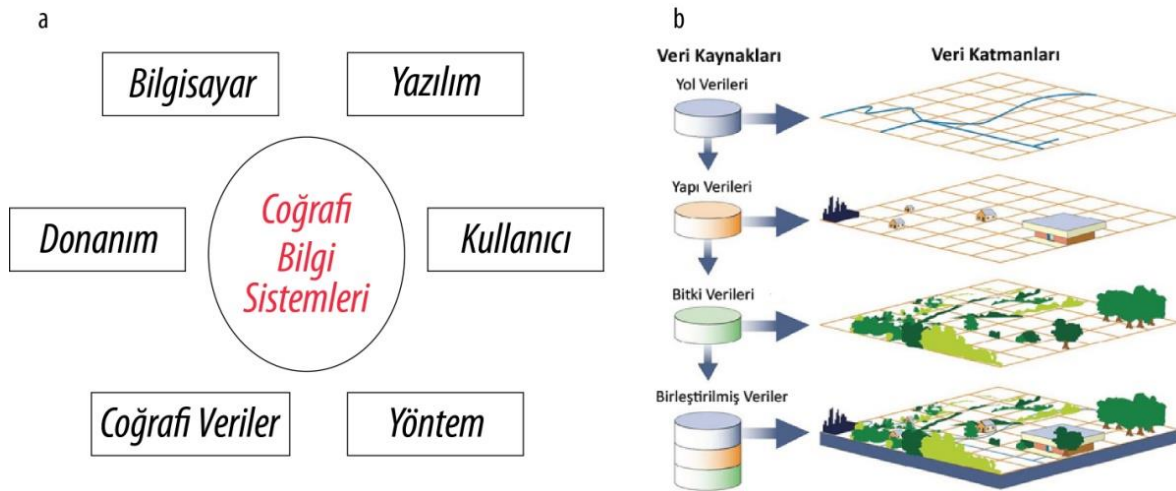
5.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems)

Coğrafi Bilgi Sistemleri, coğrafi verilerin toplanması, bilgisayar ortamına aktarılması, depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve sunulması amacıyla bir araya getirilmiş bilgisayar donanımı, yazılım, insan kaynakları ve coğrafi bilgilerden oluşan bir bütündür. Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bilgi sistemlerinden farkı; sistemin değişik nesnelere ait öznitelik bilgilerine ilave olarak konum bilgilerini de içermesidir (Sağlam vd., 2004). Coğrafi veri yapısı, temel olarak mekansal ve tanımlayıcı bilgiler olmak üzere iki gruba ayrılır. Mekansal veriler, özelliklerin yerini, şeklini ve diğer mekansal veriler ile ilişkilerini belirler. Tanımlayıcı bilgiler ise özelliklere ait bilgilerin veri tabanında tutulmasıdır. CBS'nin bileşenleri temel olarak donanım (bilgisayar), yazılım (kullanılan CBS programları), coğrafi veriler, veri yönetim ve çözümleme yöntemleri ve kullanıcıdır (Yomralıoğlu, 2000), (Şekil 6a).

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde temel amaç çalışma sahasına ait bilgileri belirli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, güncelleştirme, kontrol etme, analiz etme ve görüntüleme gibi işlemlere olanak sağlayan bir karar destek sistemi oluşturmaktır (Yomralıoğlu, 2000). CBS'nin veri yönetimi ve işleyişindeki en önemli özelliklerinden birisi de katmanlı yapısıdır. CBS'nin kendine has bu yapısında veriler farklı katmanlar halinde depolanır ve işlemler yapılır (Şekil 6b). Temel olarak CBS'de zamansal, konusal ve mekansal olmak üzere üç farklı türde veri kullanılmaktadır. Zamansal veri kullanılan verinin zamanını, konusal veri konuyu ve mekansal veri verinin dünya üzerindeki konumunu belirtmektedir (Heywood vd., 1998). Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin bilgi sistemlerinden farkı; sistemin değişik nesnelere ait öznitelik bilgilerine ilave olarak konum bilgilerini de içermesidir (Sağlam vd., 2004). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), mekânsal kökenli bilgilerin (grafik ve öznitelik) bilgisayar ortamında toplanması, girilmesi, saklanması, sorgulanması, mekânsal analizlerinin yapılması, görüntülenmesi ve farklı formatlarda çıktı alınması için oluşturulan bir bilgi sistemidir (Aranoff, 1989).

Dünya üzerindeki karmaşık sosyal, ekonomik, çevresel vb. sorunların çözümüne yönelik konuma dayalı karar verme süreçlerinde kullanıcılara yardımcı olmak üzere, büyük hacimli coğrafi verilerin; toplanması, depolanması, işlenmesi, yönetimi, konumsal analizi, sorgulanması ve sunulması fonksiyonlarını yerine getiren CBS bölgesel planlamada hemen hemen her alanda kullanılmaktadır (Sarı vd., 2011). Kentsel planlama süreçlerinde büyük öneme sahip olan Coğrafi Bilgi Sistemleri; artan maliyetler ile beraber verinin kazandığı önem, zamandan edilen tasarruf ve farklı veri kaynaklarının bir arada değerlendirilebilmesine imkan sağlaması açısından etkin kullanım alanlarına sahiptir (Alkan vd., 2018, Özkan vd., 2017, Çörtük vd., 2018, vb.). Gerçekleştirilen bu çalışma ile birlikte hali hazır, jeoloji, jeofizik haritalar ile saha gözlemleri, jeofizik ölçümler, sondaj faaliyetleri ve laboratuvar sonuçları değerlendirilerek bir araya getirilmiş, anlamlı bir veri bankası sistemi oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri bankası ile birlikte birçok parametrenin bir arada değerlendirilebilmesine ve sayısal ortamda depolanarak gerçekleştirilecek olan çalışmaların fizibilite aşamalarında fikir teşkil etmesine olanak sağlanmıştır.



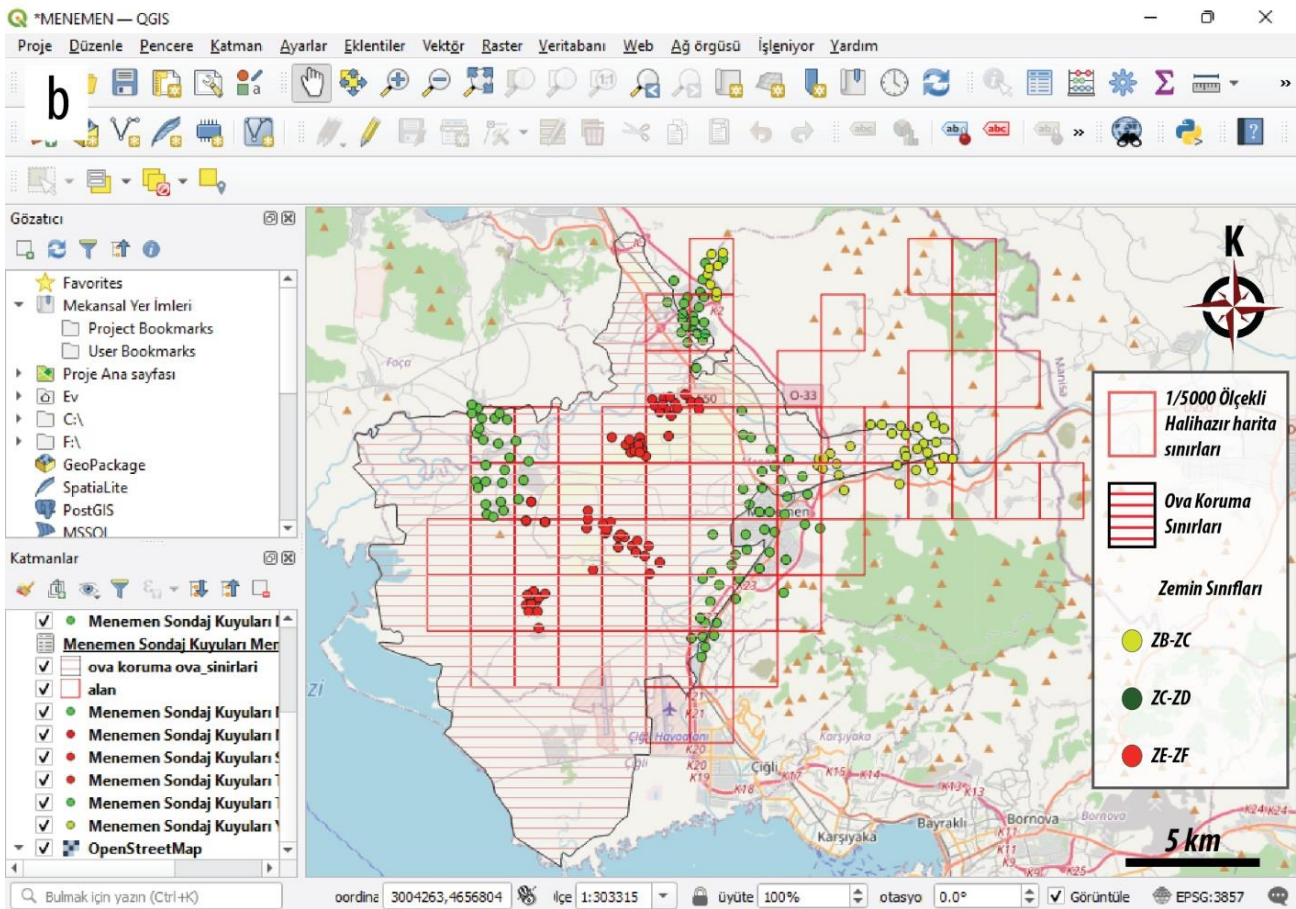
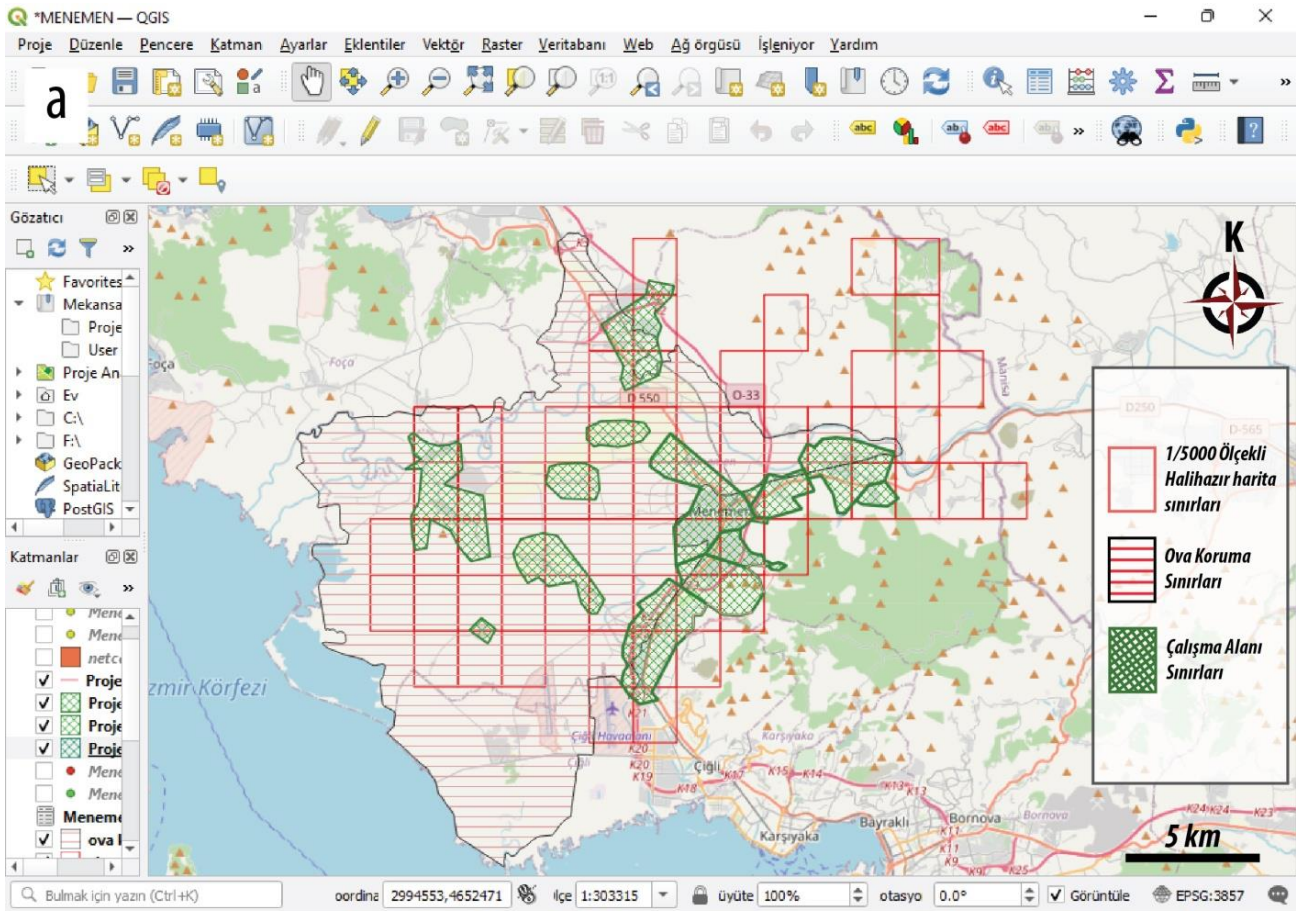
Şekil 6. a) Coğrafi Bilgi Sistemi bileşenleri b) Coğrafi Bilgi Sistemleri katmanlı yapısı ((a) Geographic Information System components (b) Layered structure of Geographic Information Systems) (Yomralıoğlu, 2000).

Çalışmanın saha faaliyetleri ve elde edilen verilerin değerlendirme aşamalarında Google Labs tarafından geliştirilen Google Earth Pro programı etkin olarak kullanılmıştır. Google Earth Pro (GEP), Google Earth (GE) güçlendirilmiş donanımlı hali olup 2015 yılında ücretsiz kullanıma açılmıştır. GEP, GE ile aynı görüntüleri kullanmakta ancak kullanıcılar için tasarlanmış ek araçlar sunmaktadır. Google Earth Pro programı, aynı anda birden çok noktanın haritalanmasına ve demografik, grafik veri katmanlarına erişilmesine imkan tanımaktadır (Alkan 2019), (Şekil 4a,b). Bu program ile görüntü üzerinde gelişmiş ölçümler yapılabilmekte, yüksek çözünürlükte çıktılar alınabilmekte, E-tablolar, coğrafi bilgi sistemi dosyaları (ESRI shapefile (.shp) ve MapInfo (.tab)) formatlarıyla programa aktarılabilen ve yüksek çözünürlükte sanal uçuş videoları oluşturulabilmektedir (Dervişoğlu vd., 2021). GE/GEP programlarının ücretsiz olması ve erişim kolaylığı, akademik ve günlük amaçlara yönelik kullanımını artırmakta ve diğer Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları ile birlikte coğrafi bilginin erişilebilirliğine, otomasyonuna ve dijital olarak üretilmesine katkı sağlamaktadır (Atak, 2019). Çalışmada jeofizik faaliyetler ile sondaj lokasyonları bu program üzerine işlenerek sonuçların birbirleri ile kıyaslanabilmesine imkan sağlanmıştır (Şekil 4a,b). Daha sonra, Jeolojik-Jeoteknik çalışmalara ilişkin lokasyonlar nokta-koordinat şeklinde kaydedilerek "QGIS" programına aktarılmıştır.

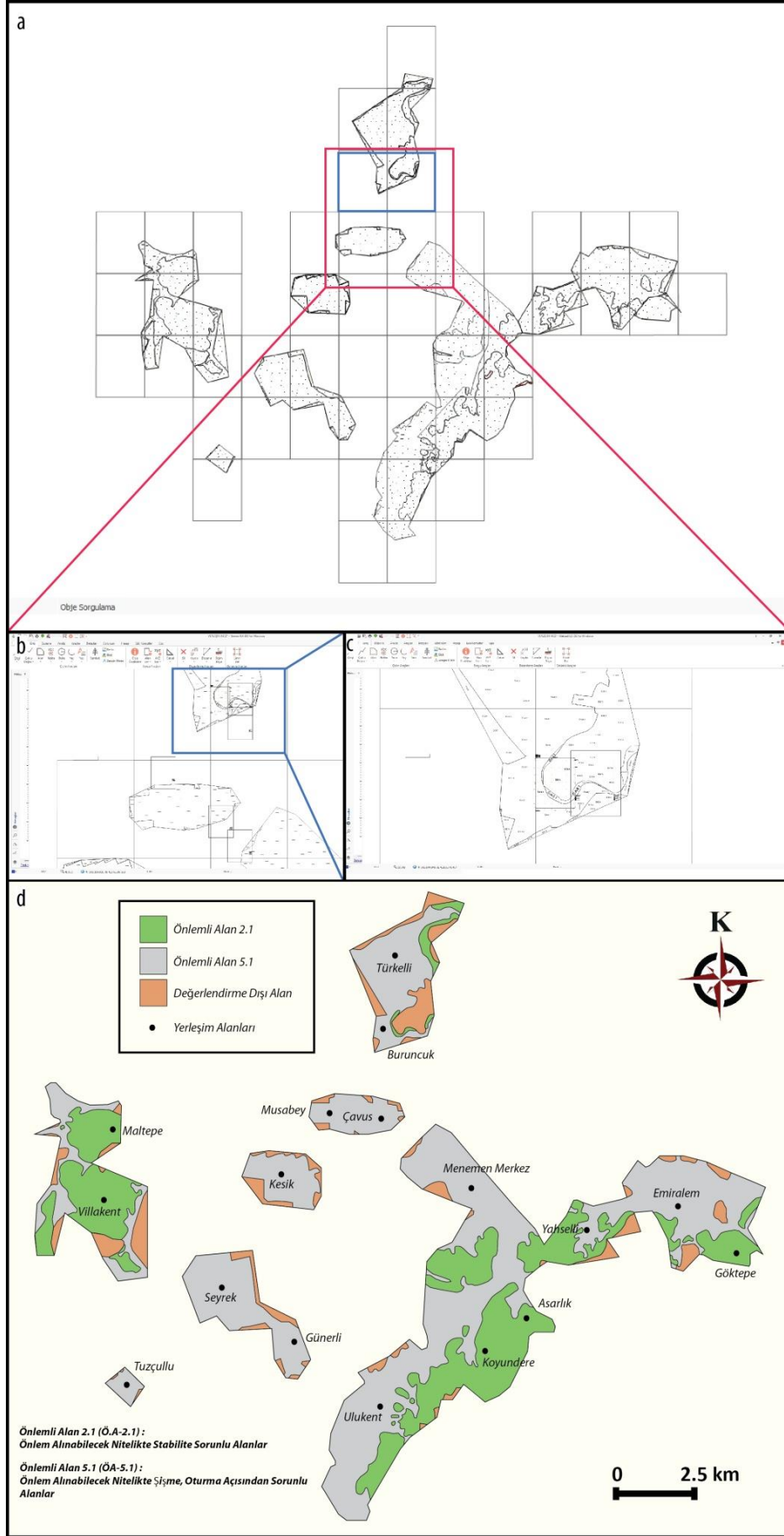
Sondaj logları, jeofizik ölçümler "QGIS" programı ile sınıflanarak hali hazır ve jeoloji haritaları ile korele edilmiştir (Şekil 7a,b). Program içerisinde sınıflandırma işlemi denetimli ve denetimsiz olmak üzere iki yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada denetimli sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Denetimli sınıflandırma, görüntü üzerinde kullanıcının tanımladığı örnekler kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırmadır. Görüntü üzerinde gerçekleştirilen örnek tanımlamalar belirli bir dosyaya aktarılır. Bu örnek veriler sayesinde, denetimli sınıflandırma ile benzer değerlere sahip hücreler toplanır ve bunlar belirli sınıflar olarak tanımlanır. Her örnek veride bulunan hücrenin istatistiksel analizi Esri sınıflandırma tanım dosyası (.ecd file) oluşturmak için kullanılmaktadır. Örnek veriler oluşturulurken Jeolojik-Jeoteknik çalışmalar, yer altı suyu, jeoloji ve jeofizik haritalar ile birlikte değerlendirilmiştir. Haritaların sayısallaştırılma işlemi MapInfo programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen tüm harita ve sınıflandırmaların bir araya getirilerek, yerleşime uygunluk haritalarının oluşturulması işlemi NetCAD yazılımı Anonim Şirketi tarafından geliştirilen "NetCAD" programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 8a,b,c). NetCAD temel olarak mühendislik ve coğrafi bilgi sistemleri kullanıcıları için tasarlanmış, uluslararası standartları destekleyen çizim ve coğrafi bilgi sistemleri teknolojisidir. Program çalışma içerisinde farklı veri gruplarının bir arada değerlendirilmesine imkan tanımıştır.

NetCAD programında çizim işlemleri gerçekleştirilen 1/1000 ölçekli Yerleşime Uygunluk Haritaları Adobe Illustrator programına aktarılarak çalışma alanı geneli için sonuç haritası oluşturulmuştur (Şekil 8d).



Şekil 7. (a) QGIS programı yardımıyla gerçekleştirilen zemin sınıflandırma işlemi ((a) Correlation of different data components with the help of QGIS program (b) Ground classification process performed with the help of QGIS program)



Şekil 8. NetCAD programı yardımıyla Yerleşime Uygunluk Haritalarının çizilmesi, (b) ve (c) Bu haritalara dair detay görüntüleri, (d) Yerleşime Uygunluk Durumu sonuç haritası ((a) Drawing of Settlement Suitability Maps with the help of NetCAD program, (b) and (c) Detail views of these maps, (d) Result map of Eligibility for Settlement)

5.2. Sonuç ve Öneriler (Conclusion and Recommendations)

Bu çalışma, İzmir İli, Menemen İlçesi'nde Menemen Belediyesi tarafından uygulamaya konulan İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik Etüt Çalışmaları kapsamında 16 mahalleyi içerisine alan 9353,51 hektar alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında jeofizik çalışmalar ile beraber 123 adet, toplamda 1543 metre sondaj faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Sondaj çalışmaları doğrultusunda alınan numuneler; Atterberg limitleri, elek analizi, konsolidasyon, üç eksenli sıkışma dayanımı, su içeriği ve nokta yükleme deneylerine tabii tutulmuştur. Tüm saha çalışmaları ve deney sonuçları değerlendirilerek ilgili alanların zemin özellikleri belirlenmiştir.

Bununla birlikte saha ve laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen veriler CBS ortamında işlenerek kategorize edilmiş ve "Yerleşime Uygunluk Haritaları" oluşturulmuştur (Şekil 8d). Yerleşime uygunluk değerlendirmesi, farklı ölçeklerde ki planlama çalışmalarında plan kararlarını yönlendirici nitelikte alan tanımlamalarını ve bu alanlarda alınması gereken önlemleri içeren bir sentez çalışmasıdır. Dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de bu değerlendirmelerde inceleme yapılan alan; yerleşime uygun alanlar (UA), önemli alanlar (ÖA), jeoteknik etüt gerektiren alanlar (JEGA), ayrıntılı jeoteknik etüt gerektiren alanlar (AJE), yerleşime uygun olmayan alanlar (UOA) olarak gruplandırılmaktadır. Oluşturulan bu haritalar değerlendirildiğinde; 1.Bölge Türkelli Buruncuk, 2.Bölge Kesikköy, 3.Bölge Seyrek-Günerli, 4.Bölge Musaköy-Çavuşköy, 5.Bölge Maltepe, 6.Bölge Tuzçullu, 7.Bölge Emiralem, 8.Bölge Yahşelli, 9.Bölge Göktepe ve 10.Bölge Menemen Merkez-Koyundere-Asarlık-Ulukent yerleşime uygunluk açısından eğimin %0-10 arasında değiştiği, alüvyon ve alüvyon yelpazesi biriminden oluşan alanlar "Önemli Alanlar-5.1 (ÖA-5.1) önlem alınabilecek nitelikte şişme, oturma vb. sorunlu alanlar" olarak değerlendirilmiştir. 5.Bölge Maltepe inceleme alanında eğimin %10-20, %20-30 ve %30-40 ve 1.Bölge Türkelli-Buruncuk inceleme alanında eğimin %10-20, %20-30 ve %30-35 olduğu alanlar ve eğimin %10-20, %20-30 ve %30-35 olduğu andezit, bazalt, melanj ve kumtaşı-silttaşı-kireçtaşı birimlerinin gözlemlendiği alanlar "Önemli Alanlar-2.1 (ÖA-2.1) önlem alınabilecek nitelikte stabilite sorunlu alanlar" olarak değerlendirilmiştir (Şekil 2a ve 8d).

Zeminlerin kategorize edilerek Yerleşime Uygunluk Haritaları'nın oluşturulması gerçekleştirilecek yapılaşma faaliyetleri öncesinde veri kaynağı oluşturmakla birlikte; şişme, oturma ve sıvılaşma gibi zemin problemleri içerebilecek alanların önceden tespit edilmesine imkan sağlamaktadır. Kentin daha sağlıklı ve planlı gelişmesi için yersel ve fotogrametrik yöntemlerle üretilen büyük ölçekli sayısal ve çizgisel haritaları günün gelişen teknolojilerini kullanarak üretmek, ortofoto haritaları ve uydu görüntülerini temin etmek büyük öneme sahiptir. Bu çalışma ile konumsal ve öznelik bilgilerini içeren coğrafi bilgi sistemi veri tabanı oluşturulmuş ve birçok projede altlık olarak kullanılmak üzere tüm veri kaynakları bir araya getirilmiştir.

Son yıllarda endüstride, devlette ve akademik çevrede çalışan jeoloji mühendisleri CBS teknolojisi ile farklı alanlarda jeoloji veri modelleri oluşturmaktadırlar. Bu doğrultu da jeoloji bilgisinin bölgesel ve ulusal platformda bir araya getirilmesi, saklanması ve yönetilmesi kapsamında MTA tarafından Türkiye jeoloji veri bankası, çevre şehircilik ve iklim değişikliği bakanlığı tarafından imar planına esas jeolojik-jeoteknik etüt çalışmalarının kaydedilerek takibinin sağlandığı yer bilgi sistemi (YERBİS) ve büyükşehir belediyeleri bünyelerinde oluşturulan yer bilgi sistemleri veri bilginin korunması, işlenebilmesi ve gelecek çalışmalara altlık teşkil etmeleri açısından büyük önem taşımaktadırlar.

Kentsel planlama süreçleri ile birlikte yapılaşma faaliyetleri kapsamında parsel bazlı zemin etüt çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Yapı parametrelerinin hesaplanmasında büyük öneme sahip olan zemin etüt çalışmaları ülkemizde, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne uygun bir şekilde gerçekleştirilmekte ve kontrolleri bağlı oldukları ilçe belediyelerinin ilgili birimlerince sağlanmaktadır. Zemin özellikleri her parsel için değişkenlik gösterebilmekle beraber elde edilen sonuçların bu çalışmayla oluşturulan veri setine entegrasyonu tek başına bir değerlendirme imkanı sunmasa da zemin sınıfları açısından değerlendirildiğinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Envanterde kolay ulaşılabilir verilerin olması, gelecekte kentsel gelişme alanlarında karşılaşılabilecek sorunların en kısa sürede ortaya konulmasına imkan sağlamakla birlikte işleyişte önemli bir ivmelenme sağlayacaktır.

Katkı Belirtme (Contributing Contribution)

Bu çalışma İzmir İli, Menemen İlçesi sınırları içerisinde İmar Planı çalışmalarına esas olarak gerçekleştirilmiş olup, Menemen Belediyesi tarafından uygulamaya koyulmuştur. Bu kapsamda çalışmaya verdiği önem ve işleyişine sunduğu katkılardan dolayı Menemen Belediyesi Başkan Vekili Sayın Aydın PEHLİVAN'a teşekkürlerimi sunarım. Sahada gerçekleştirilen çalışmaları eksiksiz yerine getiren ve plan çalışmaları kapsamında raporlama süreçleri içerisinde yer alan yükleneci firmaların temsilcileri, Bülent TURHANLAR ve Hulki DERYAOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar (References)

- Alkan, A., Çelik, Ö., Çörtük, M., Özkan, M., (2018). Pınarbaşı Ofiyolitinin ASTER Uydu Görüntüleriyle Haritalanması, 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 23-27 Nisan, Ankara
- Alkan, A., (2019). Pınarbaşı Ofiyoliti ve Ofiyolit Tabanı Metamorfitlelerinin Jeokimyasal Özellikleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile Haritalanması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli
- Aranoff, S. (1989). "Geographical Information Systems: A Management Perspective", WDL Publications, Ottawa, Canada.
- Akdeniz, N., Konak, N., Öztürk, Z. ve Çakır, M.H., 1986, İzmir-Manisa dolaylarının jeolojisi. MTA Raporu, Ankara, Derleme No: 7929, 164
- Akyürek, B. ve Soysal, Y., 1983, Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. MTA Dergisi, 95/96, 1-2
- ASTM D2487-11, (2011). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Atak, V. O., 2019. Google Earth Uydu Görüntülerinin Konumsal Doğruluğu. Harita Dergisi, 85 (161), 11-25
- Aranoff 1989. Geographical Information Systems; A Management Perspective, WDL Publications, Ottawa, Canada
- Arca, D., Keskin Çıtıröglü, H., 2011, Coğrafi Bilgi Sistemi ve Jeolojideki Uygulama Alanları, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 4(1), 48-57
- Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A. (Eds.), Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area, Geological Society, London, Special Publication 173, 353-384
- Celik, Y. (2006). Isparta Ovası Mühendislik Jeolojisi Haritası Veri Tabanı Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta
- Çörtük, M., Çelik, Ö., Alkan, A., Özkan, M., Özyavaş A., 2020, Distribution of rocks in Pınarbaşı Ophiolite from central Anatolia (Turkey) based on analysis of ASTER and Landsat-8 data, Geological Journal, 55(2), 1-13
- Dervişoğlu 2021 Analysis of the Temporal Changes of Inland Ramsar Sites in Turkey Using Google Earth Engine, International Journal of Geo-Information, 10 (8), 521-533
- Düzbastılar, M.E. (1976), Yamanlar Bölgesi'nin Batı Kısmının Jeolojisi Hakkında. Ege Üniversitesi, İzmir, Fen Fakültesi raporlar serisi, 186
- Eşder, T., Yakabağı, A., Sarıkaya H. ve Çiçekli, K., 1991, Aliğa (İzmir) yöresinin jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, Derleme Rapor No: 9467
- Heywood, I., Cornelius, S., Carver, S. (1998). An Introduction to Geographical Information Systems, Longman, New York., s.11-12
- Genç, Ş.C. ve Yılmaz, Y., 2000, Aliğa dolaylarının jeolojisi ve genç tektoniği. Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu (BADSEM 2000), Bildiriler Kitabı, İzmir, 152-159
- Genç,Ş.C., Altunkaynak, Ş., Karacık, Z., Yazman, M., Yılmaz, Y., 2001, The Çubukludağ graben, south of İzmir: tectonic significance in the Neogene geological evolution of the Western Anatolia. Geodinamica Acta, 14, 1-12
- GISITU 2012. Jeoloji Sektöründe CBS, <http://www.gis.itu.edu.tr/content/jeoloji>
- Kaya, O., 1979, Ortadoğu Ege çöküntüsünün (Neojen) stratigrafisi ve tektoniği. TJK Bülteni, 22, 35-58
- Kaya, O., 1981, Miocene reference section for the coastal parts of west Anatolia, Newsletter Startigr., Berlin, 10, 164-191
- Koçyiğit, A., Yusufoglu, H. ve Bozkurt, E., 1999, Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey. Journal of the Geological Society, London, 156, 605-616
- Nakamura Y., 1989, A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface. Quarterly Report of RTRI, 30: 25-33.
- Okay A.İ. ve Siyako M., 1991, The new position of the İzmir-Ankara Neo-Tethyan suture between İzmir and Balıkesir. In: Turgut S. (Ed.), Tectonics and Hydrocarbon Potential of Anatolia and surrounding regions, Ozan Sungurlu Symposium Proceedings, p. 333-355
- Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R. ve Akyüz, S., 1996, Paleo- and Neo- Tethyan events in northwestern Turkey: Geologic and geochronologic constraints: In: Yin, A. ve Harrison, M. (eds) Tectonics of Asia. Cambridge University Press, 420-441
- Öğdüm, F., 1983, Menemen Dumanlıdağ volkan konisi ve kalderasının jeomorfolojisi-evrimi. Jeomorfoloji Dergisi, 11, 45-52
- Özkan, M., Çelik, Ö., Özyavaş, A., Lithological discrimination of accretionary complex (Sivas, northern Turkey) using novel hybrid color composites and field data, Journal of African Earth Sciences, 138

- Sağlam, A., Düzgün, H.S.B. ve Usul N., (2004). Çanakkale Savaşlarına Farklı Bir Yaklaşım: Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Gelibolu 1915", Çanakkale Araştırmaları Türk Yılığ - The Turkish Yearbook of Gallipoli Studies, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Atatürk ve Çanakkale Savaşları Araştırma Merkezi, 2 (1), 117-133, Çanakkale
- Saroglu, F., O. Emre, and A. Boray. 1987, "Türkiye'nin diri fayları ve depremsellikleri." MTA Raporu, Rapor (8174)
- Semenderoğlu, A., (1990). Gediz Deltası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Sarı, F., Erdi, A., Kırtıloğlu S., 2011, Kampüs Bilgi Sistemi Oluşturma Çalışmaları ve Panoramik Görüntüler; Konya Selçuk Üniversitesi Örneği, 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ., 1992, Türkiye Diri Fay Haritası, 1:2,000,000 ölçekli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara
- Şengör, A.M.C., Satır, M., Akkök, R., 1984, Timing of tectonic events in the Menderes Massif, Western Turkey: implications for tectonic evolution and evidence for Pan-African basement in Turkey. *Tectonics*, 3 (1), 693-707
- TBDY. (2018). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. and Mesri, G. 1996, *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Uzel B., Sözbilir H., Özkaymak Ç., 2012, Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, Turkey, 21 (4), 439-471
- Uzunçubuk, L. 2019, Afet ve Risk Yönetiminde İnsansız Hava Araçları (İHA)'ın Önemi. *Ekonomi, Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 2-15
- Yomraloğlu, T., 2000, Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademi Kitabevi, Sivas, 2. Baskı B., 2005. The Exploration/Exploitation Tradeoff in Dynamic Cellular Genetic Algorithms. *IEEE, Transactions on Evolutionary Computation*, 9, 26-142