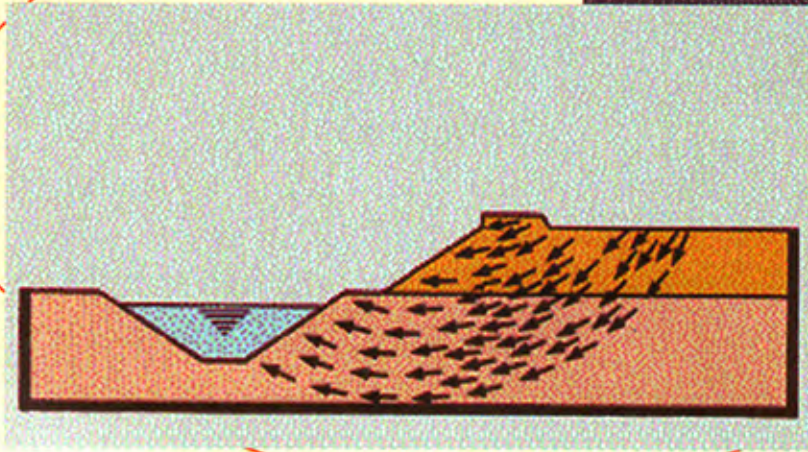
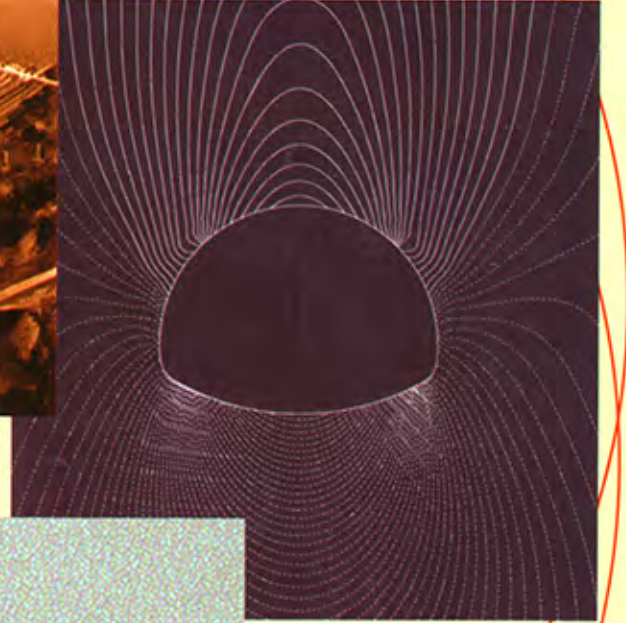
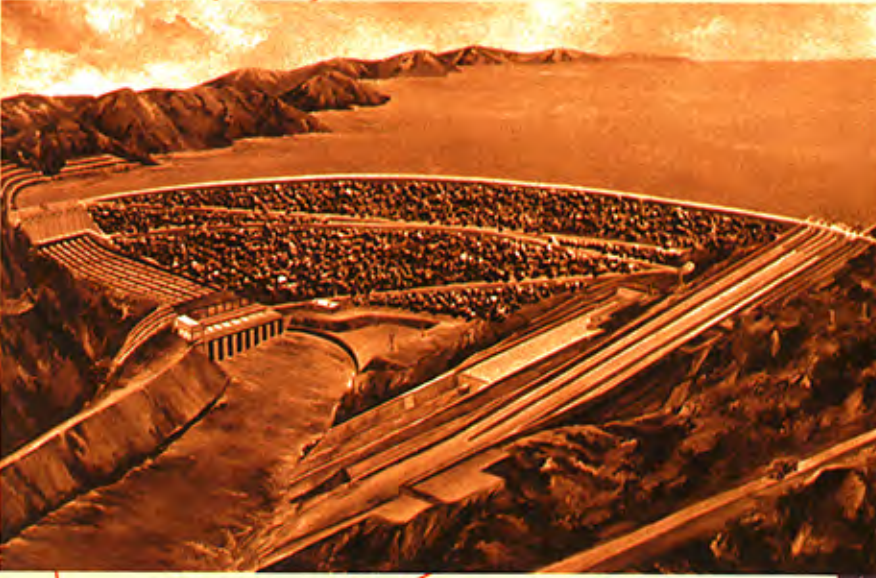




MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ BÜLTENİ BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

2005
SAYI:21



ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ YAYINI
PUBLICATION OF INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY AND
THE ENVIRONMENT TURKISH NATIONAL COMMITTEE

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ BÜLTENİ BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

Yayın Sahibi / Owner on Behalf of the Committee
Erdoğan YÜZER

Yazı İşleri Müdürü / Publication Director
Atiye TUĞRUL

Editörler Kurulu / Editorial Board
Reşat ULUSAY
Recep KILIÇ
Tamer TOPAL

Yardımcı Editor / Assistant Editor
Murat ERCANOĞLU

Yayın Danışma Kurulu / Advisory Board

Ergin ARJOĞLU	Okay GÜRPINAR
Can AYDAY	Remzi KARAGÜZEL
Remzi DİLEK	K. Erçin KASAPOĞLU
Vedat DOYURAN	Şakir ŞİMŞEK
Mehmet EKMEKÇİ	Atiye TUĞRUL
Mustafa ERDOĞAN	Necdet TÜRK
Okay EROSKAY	Mahir VARDAR
Aziz ERTUNÇ	Erdoğan YÜZER
Candan GÖKÇEÖĞLU	

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu

Executive Committee of International Association of Engineering Geology and the Environment Turkish National Committee

Başkan: Erdoğan YÜZER (İTÜ)
Genel Sekreter: Atiye TUĞRUL (İÜ)
Sayman: Tamer TOPAL (ODTÜ)
Üye: Aziz ERTUNÇ (ÇÜ)
Üye: Reşat ULUSAY (HÜ)
Üye: Remzi KARAGÜZEL (SDÜ)

Bültenin Kapsamı / Scope of the Bulletin

Bülten'de mühendislik jeolojisi ile ilgili yapılmış bilimsel araştırmalara ve/veya uygulamaya yönelik çalışmaların ürünü olan Türkçe yazılara yer verilir. Bülten yılda iki kez yayımlanır.

Bulletin of Engineering Geology is a medium to the publication of original scientific studies and/or applications in the field of engineering geology written in Turkish. The bulletin is published twice a year.

Yazı Göndereceklere Not / Note to Contributors

Gönderilecek yazılar, Bülten'in Yayın Amaç ve Yazın Kuralları'nda belirtilen ilkelere uygun olmalıdır. Yazılar üç kopya halinde yazışma adresleri aşağıda verilen editörlerden birine gönderilmelidir.

Manuscripts should be prepared in the form required in the instructions entitled "Guide for Authors". Three copies should be submitted to the one of the editors whose corresponding addresses are given below.

Yazışma Adresleri / Correspondence Addresses

Prof. Dr. Reşat Ulusay
Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06532 Beytepe, Ankara
e-mail: resat@hacettepe.edu.tr
Tel : (312) 297 77 67
Fax: (312) 299 20 34

Prof. Dr. Recep Kılıç
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Tandoğan, Ankara
e-mail: rkilic@eng.ankara.edu.tr
Tel: (312) 212 67 20 / 1343
Telefax: (312) 221 26 60

Doç. Dr. Tamer Topal
ODTÜ Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531 Ankara
e-mail: topal@metu.edu.tr
Tel: (312) 210 20 90
Fax: (312) 210 12 63

MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ BÜLTENİ

BULLETIN OF ENGINEERING GEOLOGY

Sayı (No.): 21 Aralık (December) 2005

İÇİNDEKİLER (CONTENTS)

Helaldi (Sinop) Dalgakıranında Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılacak Kayaların Kalitelerinin Belirlenmesi / Quality Assessment of the Armourstones for Helaldi (Sinop). Rubble Mound Breakwater / Özgür ACIR, Tamer TOPAL	1
Katı Atık Depolamada Yer Seçimi : Isparta Örneği / Land-fill Site Selection for Solid Waste Disposal : Isparta Example / Remzi KARAGÜZEL, Mahmut MUTLUTÜRK	19
Denizli İçin Jeolojik-Jeoteknik Kent Bilgi Sistemi / Geological-Geotechnical Urban Information System for Denizli / Halil KUMSAR, Sefer B. ÇELİK, Mustafa KAYA, Serkan TOPALOĞLU	35

HELALDI (SİNOP) DALGAKIRANINDA DOLGU MALZEMESİ OLARAK KULLANILACAK KAYALARIN KALİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Quality Assessment of the Armourstones for Helaldı (Sinop) Rubble Mound Breakwater

Özgür ACIR¹, Tamer TOPAL²

¹Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tandoğan, Ankara

²Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06531, Ankara

ÖZ

Helaldı, Orta Karadeniz Bölgesi'nde yer alan ve kaya dolgu tipi bir dalgakıran yapılması planlanan küçük bir balıkçı kasabasıdır. Dalgakıranın inşaatı için iyi kaliteli ve dayanıklı anroşman gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Helaldı kaya dolgu dalgakıran inşaatı için potansiyel oluşturan anroşmanların kalitesinin incelenmesidir. Ocak taşlarının kalite değerlendirmesi ise, esas olarak ayrıntılı saha ölçümleriyle desteklenen yoğun laboratuvar deneylerinin yapılmasıyla mümkündür. Bu bağlamda, potansiyel anroşmanların mühendislik özelliklerinin incelenmesi ve birbirleriyle karşılaştırılması için hem saha performanslarından, hem de laboratuvar deneylerinden yararlanılmıştır. Saha çalışmaları, taşocaklarında gerçekleştirilen süreksizlik analizlerini içermektedir. Ayrıca, potansiyel anroşmanların çeşitli çevre koşulları altındaki davranışlarının anlaşılabilmesi için de pek çok laboratuvar deneyi yapılmıştır. Bu çalışmada, Eosen filisi ve Kuvaterner çökellerinin inceleme alanındaki ana birimler olduğu belirlenmiş ve filis içerisindeki kalın tabakalı kireçtaşı ve kumtaşının potansiyel anroşman olabileceği düşünülmüştür. Söz konusu taşların blok büyüklüğü ve ocakların rezervleri göz önüne alındığında, her iki tip anroşman da amaca uygundur. Ancak, her iki anroşman üzerinde yapılan laboratuvar deney sonuçları, dayanıklılık değerlendirmeleri ve saha gözlemleri sonucunda kireçtaşının "iyi" kalite olduğu ve dalgakırandaki kullanılabileceği; kumtaşının kalitesinin ise "orta" ile "kötü" arasında olduğu ve bu amaçla kullanılmaması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anroşman, dalgakıran, dayanıklılık, kireçtaşı, kumtaşı, Sinop.

ABSTRACT

Helaldı is a small fishing town in the Central Black Sea Region where construction of a rubble mound breakwater is planned. The construction of the breakwater requires good quality durable armourstones. The purpose of this study is to investigate the quality of the potential armourstone sources for the Helaldı rubble mound breakwater. The quality assessment of the stone, mainly requires detailed laboratory work supported by detailed field measurements. In order to accomplish this task, both field and laboratory studies were carried out and compared with the engineering performance of the potential armourstones. The field studies involved detailed discontinuity survey on the armourstone sources. Several laboratory tests were also conducted to better understand the behaviour of the potential armourstones under different environmental conditions. Based on this study, it is found that the Eocene flysch and Quaternary deposits are the main units exposed in the study area. The field studies reveal that the thick bedded limestone and the sandstone may be potential armourstones. As far as block size and reserve of the stones are concerned, both stones are found to be suitable. However, the laboratory test results, durability assessments and field performance of both stones indicate that the limestone is a "good" quality armourstone and it can be used for the breakwater construction, whereas the sandstone is "marginal" to "poor" material, and should not be used for this purpose.

Key Words: Armourstone, breakwater, durability, limestone, sandstone, Sinop.

1. GİRİŞ

Dalgakıranlar, limanları açık denizden gelen etkilere karşı korumak için inşa edilen deniz yapılarıdır. Bu yapıların inşasında, yapı malzemesi teminindeki kolaylık dikkate alınarak çeşitli boyutlarda kayaçlar (anroşman) veya beton kullanılmaktadır. Beton kullanımı oldukça pahalı olduğu ve hazırlaması uzun zaman aldığı için, dalgakıran inşaatlarında çeşitli boyutlardaki kayaçların kullanılması tercih edilmektedir. Ancak, kayaçların bünyelerinde mikro-makro çatlaklar ve heterojenlikler bulunabilir. Ayrıca, mühendislik yapısındaki çevre koşulu genelde kayaçların oluşma ortamından farklıdır. Bu nedenlerden dolayı, bazı kayaçlar mühendislik yapısının yaşam süresi içerisinde ufalanmaya uğrayarak, gerçekleştirmesi gereken fonksiyonları yerine getiremeyebilirler. Böylesi bir durumda, dalgakıranın tahrip olması sonucu güvenlik sorunları ortaya çıkabilmektedir. Ayrıca, dalgakıran yapımı için harcanan ve onarımı için harcanacak para ülke ekonomisi açısından önemli bir kayıp olacaktır.

Sinop ili ve civarı, kıyı yapıları (liman ve balıkçı barınağı) inşası açısından Türkiye'nin aktif bir bölgesidir. Bu bölgede çeşitli dalgakıran inşaatları yapılmakta ve yapımı planlanmaktadır. Yapımı planlanan dalgakıranlardan biri, balıkçı barınağı olarak kullanılması düşünülen Sinop ili batısındaki Helaldı dalgakıranıdır. Bu dalgakıran 250 m uzunlukta olup, en fazla 7,4 m yükseklikteki dalgalara karşı koruma sağlayacaktır (Şekil 1). Dalga yüksekliği dikkate alınarak yapılan tasarıma göre, barınak yapımında 300.000 m³ anroşmana gereksinim duyulmaktadır (Acır, 2002). Helaldı dalgakıranının yakın civarında, farklı litolojik ve mühendislik özellikler gösteren sedimanter birimler bulunmaktadır. Dalgakıranın kullanım süresi 35 yıl olarak belirlenmiş olup, kullanılacak anroşmanların bu süre içinde çevre etkilerinden olumsuz yönde etkilenmemesi gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Helaldı dalgakıranında dolgu malzemesi (anroşman) olarak kullanılacak potansiyel kayaçların kalitelerinin belirlenerek uygun doğal yapı malzemesinin seçilmesidir.



Şekil 1. Heraldı balıkçı barınağı uygulama planı

Figure 1. Application plan of the Heraldı breakwater

Çalışma alanı, Orta Karadeniz'in Türkeli-Helaldı kesiminde olup, Sinop ilinin 60 km batısında ve Çatalzeytin ilçesinin 10 km doğusunda yer almakta (Şekil 2) olup, 1/25 000 ölçekli Kastamonu E32-b1 paftasında bulunmaktadır. Dalgakıran inşaatının yapılacağı Helaldı kasabası tipik bir Karadeniz yerleşim birimidir. İnceleme alanını bölgedeki diğer yerleşim merkezlerine bağlayan ana sistem, Doğu-Batı yönlü karayoludur. Helaldı kasabası düşük nüfuslu olup, geçimini balıkçılıkla sağlamaktadır. Çalışma alanı, kıyıya paralel oldukça dik ve engebeli dağlardan oluşan bir bölgededir. Bu nedenle, çok dar bir kıyı şeridi mevcuttur. Vadi kenarlarında genelde dentritik drenaj ağı gelişmiş ve bu ağların birleşimiyle kıyıya doğru her mevsim akan iki ana dere (Helaldı ve Türkeli) oluşmuştur.

Helaldı balıkçı barınağı için uygun anroşman seçimine yönelik olarak yapılan bu çalışma kapsamında, öncelikle saha incelemeleri yapılmıştır. Elde edilen veriler dikkate alınarak potansiyel olabilecek anroşmanlar belirlenmiştir. Potansiyel taş ocaklarında süreksizlik etüdüleri yapılmış, anroşmanların blok boyutları ile rezervleri hesaplanmış ve kayaç örnekleri alınmıştır. Bu örnekler üzerinde mineralojik-petrografik inceleme ile kimyasal, fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları, kıyı mühendisliği sınıflaması kullanılarak kalite açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, potansiyel anroşmanların dayanıklılık (durabilite) ve arazi performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçta, elde edilen veriler ve gözlemler, Helaldı balıkçı barınağında kullanılabilecek uygun anroşman seçimine yönelik değerlendirilmiştir.

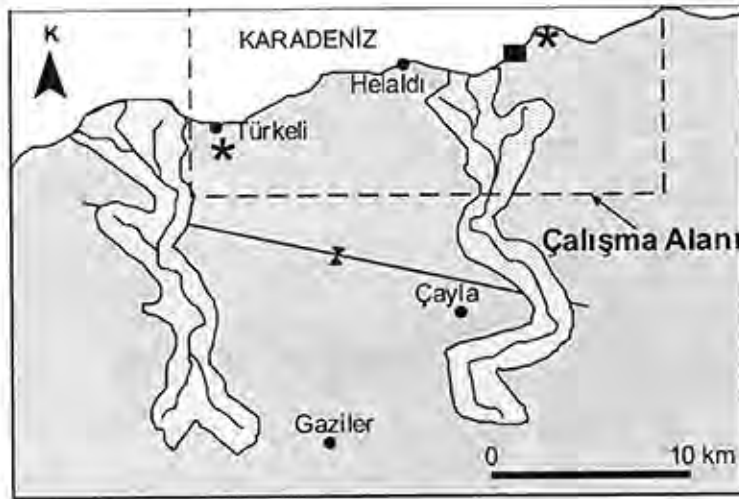


Şekil 2. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Figure 2. Location map of the study area.

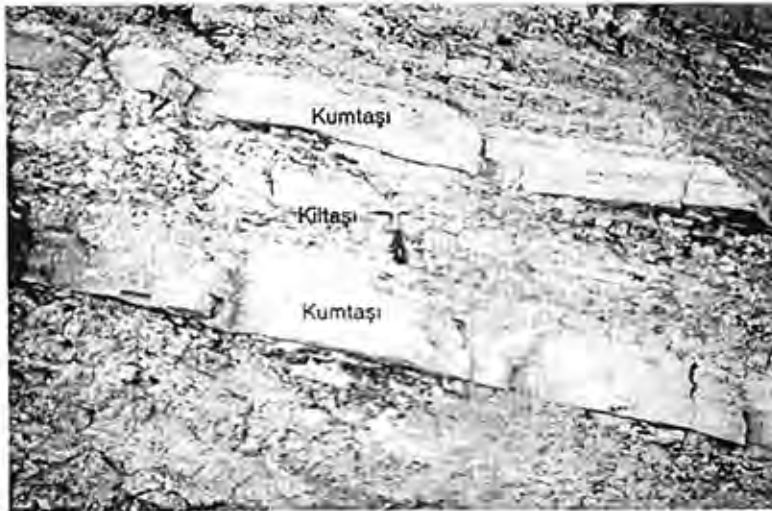
2. JEOLojİ

Eosen filişi, çalışma alanında yüzeyleyen başlıca birimi oluşturmaktadır. Bununla birlikte, çalışma alanındaki Türkeli ve Helaldı dereleri boyunca Kuvaterner yaşlı çökeller de gözlenmektedir (Şekil 3). Filiş, genelde kilaşı-marn-kumtaşı ardalanmasından oluşur (Şekil 4). Bu birimin içerisinde, merccekler halinde kalın tabakalı kumtaşı ve fosilli kireçtaşı bulunur. Kireçtaşının en kalın olduğu yer Helaldı taşocağı ve kumtaşının en kalın olduğu yer ise Türkeli taşocağıdır. Eosen filişi genelde; ince-orta tabakalı, gri marn-kilaşı ardalanması ile ince-kalın tabakalı sarımsı gri-koyu yeşil kumtaşlarından oluşur. Marn-kilaşı istifi ince taneli, kumtaşı istifi ise ince-iri tanelidir. Kalın tabakalı kireçtaşlarının ortalama eğim yönü ve eğimi 278/24; kalın tabakalı kumtaşlarının ki ise 056/23 olarak ölçülmüştür. Diğer bir ifadeyle, çalışma alanı yakın civarındaki filiş bölgesel kıvrımlanmadan etkilenmiştir. Marn ve kilaşları ayrışma etkilerine karşı dayanıklı değildir. Bu nedenle, tabaka kenarında çok sayıda kopmuş kil-silt boyutlu kırıntılar bulmak mümkündür. Diğer taraftan, kumtaşları ayrışmaya karşı daha dayanıklıdır.



Şekil 3. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası.

Figure 3. Geological map of the study area and its close vicinity



Şekil 4. Filiş içindeki kilaşı-kumtaşı ardalanması.

Figure 4. Claystone-sandstone alternation in the flysch

Sarı-açık kahverenkli kristalize kireçtaşı, yalnız Helaldı taşocağında görülmektedir. Burada tabaka kalınlığı 0.3 m ile 2 m arasında değişmektedir. Helaldı taşocağındaki fosilli kireçtaşları rekristalizasyon belirtileri göstermektedir. Oksidasyon etkisiyle, yüzeyde az miktarda renk farklılaşması mevcuttur. Yüzeye yakın kesimlerde tabaka ve eklem araları kil dolguludur. Yer yer genişlemiş eklem araları, kireçtaşında az miktarda erimenin varlığını göstermektedir. Kireçtaşında yapılan incekesit çalışmalarında, ana mineral olarak ince-orta taneli kalsitin varlığı saptanmıştır. Ayrıca, az miktarda kuvars ve opak mineralleri görülmüş olup, kireçtaşının oldukça homojen olduğu ve yapısal/dokusal heterojenlikler içermediği anlaşılmıştır.

Kumtaşları ise ince-kalın tabakalı olup, genelde ince-orta tanelidir. Kumtaşı tabakaları arasında yer yer çok ince kil laminaları vardır. Türkeli taşocağına ait kayaç örneğinden hazırlanan incekesite göre, kumtaşı içerisindeki ana mineral kuvarstır. Ayrıca, az miktarda, K-feldispat, biyotit, epidot, hornblend ve kaya parçacıkları bulunmaktadır. Kumtaşı içerisindeki taneler genelde ince-orta boyutlu olup, az miktarda iri kum boyutunda taneler de mevcuttur. Taneler arasında çok ince killi kalsit çimento bulunmaktadır. Kumtaşına ait incekesitte, yapısal/dokusal heterojenliklere rastlanmamıştır.

Çalışma alanı ve yakın civarında, etkili tektonik aktivite yoktur. Bu nedenle de aktif fay bulunmamaktadır (Şaroğlu vd., 1992). Ancak, çalışma alanının ortasından geçen ve Eosen filişini etkileyen Ayan-cık senklineali bulunmaktadır. Bu durum, Eosen filişine ait tabakalar içinde kıvrımlanmaya neden olmuştur. Helaldı kireçtaşı ile Türkeli kumtaşı da, bölgesel kıvrımlanmadan etkilenmişlerdir.

3. POTANSİYEL ANROŞMANLARIN MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanındaki birimlerin jeolojik özellikleri ve inşaat sahasına olan uzaklıkları dikkate alınarak yapılan ön değerlendirme sonucunda, Helaldı taşocağındaki kalın tabakalı kireçtaşı ile Türkeli taşocağındaki kalın tabakalı kumtaşı, Helaldı balıkçı barmağı için tabaka kalınlıkları açısından potansiyel anroşman malzemeleri olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle, her iki kayaç üzerinde ayrıntılı saha ve laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Saha çalışmaları sırasında, Helaldı ve Türkeli taşocaklarında süreksizlik etüdü yapılmış ve dalgakıran inşası için başlıca kaya kütlesi parametreleri incelenmiştir. Laboratuvar deneyleri için her iki ocaktan çok sayıda blok numunesi alınmış, gerekli şekil ve boyutlarda örnekler hazırlanarak deneyler yapılmıştır.

3.1. Kireçtaşı ve Kumtaşının Malzeme Özellikleri

Genelde taze olan kireçtaşı, yer yer az miktarda erimeye bağlı ayrışma özelliği göstermektedir. Kumtaşı ise kahverengimsi gri olup, ince-iri taneli ve az ayrışmıştır. Ayrışma, ufalanma ve kuvars dışındaki minerallerde kimyasal oksitlenme/hidrasyon şeklindedir. Kayaçlar üzerinde AFNOR (1980), ASTM (1989, 1990, 1992), BSI (1975, 1990a, 1990b), CIRIA/CUR (1991), ISRM (1981, 1985) ve TS699 (1987)'ye göre laboratuvar deneyleri yapılmış ve deney sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde, fiziksel ve mekanik özellikleri açısından kireçtaşının genelde kumtaşından daha iyi malzeme özelliğine sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 1. Kireçtaşı ve kumtaşının laboratuvar deney sonuçları.

Table 1. Laboratory test results of the limestone and sandstone.

Malzeme Özellikleri	Örnek Sayısı	Kireçtaşı	Kumtaşı
Etkili gözeneklilik (%)	20	0.82	5.17
Kuru birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	20	26.29	22.86
Islak birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	20	26.39	23.35
Ağırlıkça atmosfer basıncı altında su emme (%)	20	0.22	2.23
Hacimce atmosfer basıncı altında su emme (%)	20	0.58	5.37
Donma katsayısı	20	0.70	0.91
Ağırlıkça basınç altında su emme (%)	20	0.31	2.51
Hacimce basınç altında su emme (%)	20	0.82	5.90
Kuru tek eksenli basma dayanımı (MPa)	10	117.50	109.34
Islak tek eksenli basma dayanımı (MPa)	10	93.96	60.18
Kuru nokta yükleme dayanım indeksi (MPa)	20	6.70	5.75
Islak nokta yükleme dayanım indeksi (MPa)	20	6.21	3.26
Kuru çatlak tokluğu (MPa)	20	1.40	1.20
Islak çatlak tokluğu (MPa)	20	1.30	0.68
Kuru Schmidt setliği	20	50.00	43.00
Islak Schmidt sertliği	20	44.00	36.00
Kuru sonic hız (m/sn)	10	4754.75	2918.61
Islak sonic hız (m/sn)	10	4777.67	3887.04
Kuru indirek (Brazilian) çekme dayanımı (MPa)	10	11.52	8.39
Islak indirek (Brazilian) çekme dayanımı (MPa)	10	9.04	4.27
Suda dağılmaya karşı dayanıklılık (%)	20	99.60	97.90
Metilen mavisi değeri (g/100g)	2	0.67	1.33
Kasyon değiştirme kapasitesi (meq/100g)	2	1.52	3.04
Islanma-Kuruma kaybı (%)	3	0.35	7.00
Donma-Çözülme kaybı (%)	3	0.16	9.27
Kuru Los Angeles aşındırma kaybı-1000 devir sonrası (%)	2	13.00	30.00
Islak Los Angeles aşındırma kaybı-1000 devir sonrası (%)	2	28.00	36.00
Magnesium sülfat dayanıklılık kaybı (%)	2	0.44	12.05
Sodyum sülfat dayanıklılık kaybı (%)	2	0.42	6.60
Kuru agrega darbe dayanımı (%)	3	16.44	23.56
Islak agrega darbe dayanımı (%)	3	17.00	26.00
Değiştirilmiş agrega darbe dayanımı (%)	3	17.00	30.00
Kuru %10 ince değeri (kN)	3	450.40	222.20
Islak %10 ince değeri (kN)	3	220.20	153.50
Kuru agrega ezme dayanımı (%)	3	18.26	20.26
Islak agrega ezme dayanımı (%)	3	22.63	25.06

3.2. Kireçtaşı ve Kumtaşının Kütle Özellikleri

Potansiyel anroşmanların (kireçtaşı ve kumtaşı) kütle özellikleri, Helaldı ve Türkeli taşocaklarında incelenmiştir. Süreksizlik etüdleri ile kayaların içerdiği süreksizliklerin yönelimleri, aralıkları, devamlılıkları, açıkları, pürüzlülükleri, yüzey dayanımları, ayrışma ve dolgu durumları ile su durumu hakkında veri toplanmıştır. Ayrıca, her iki potansiyel anroşmanın rezervi saptanmıştır.

Taşocaklarında yapılan süreksizlik etüdlerinde, hat etüdü yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, her bir etüd boyunun 10 m'den daha uzun olmasına dikkat edilmiştir. Ölçüm hattını kesen süreksizlikler içim ayrıntılı tanım yapılmıştır. Hat etüdü sonucu Helaldı taşocağında, biri tabaka olmak üzere toplam 3 süreksizlik setinin bulunduğu anlaşılmıştır. Türkeli taşocağında ise, biri tabaka olmak üzere, toplam iki ana süreksizlik seti ayrıtlanmıştır (Şekil 5). Her iki taşocağından elde edilen kaya kütlesi özellikleri Çizelge 2 ve 3'te verilmiştir. Ayrışma ve blok boyutu dikkate alındığında, her iki potansiyel taş ocağının anroşman açısından uygun olduğu söylenebilir. Bu nedenle, her iki kayacın gerek rezerv, gerekse malzeme ve dayanıklılık (durabilite) açısından değerlendirilmesi uygun bulunmuştur.

Potansiyel anroşmanların yanal devamlılıkları ve kalınlıkları arazide ölçülmüştür. Buna göre, Helaldı taşocağında beklenen rezerv 500.000 m³ ve Türkeli taşocağında ise 450.000 m³'tür. Ancak, ocakların yüzeyden itibaren 0.5-1m derinliğe kadar olan kayaların ayrışma nedeniyle kullanılması mümkün değildir. Böylece, yaklaşık %10'luk bir rezerv azalması mümkündür. Bu durumda, kireçtaşı ve kumtaşındaki rezervin sırasıyla 450.000 m³ ve 400.000 m³ olduğu düşünülebilir. Helaldı balıkçı barınağındaki anroşman gereksiniminin 300.000 m³ olduğu dikkate alınırsa, her iki taşocağından da yeterli malzeme temin edebileceği beklenmektedir.



Şekil 5. (a) Kireçtaşı ve (b) kumtaşında gelişmiş süreksizlikler.

Figure 5. Discontinuities developed in (a) the limestone and (b) the sandstone.

Çizelge 2. Kireçtaşınnn kaya kütlesi özellikleri.

Table 2. Rock mass properties of the limestone.

SÜREKSİZLİK ÖZELLİKLERİ	KIREÇTAŞI (Helaldir Taş Ocağı)		
	Tabaka düzlemi	Eklemler	Eklemler
Eğim yönü/eğim	278/24	272/74	037/78
Aralık	0.30 m-2 m (ortalama-1.5 m)	0.30 m-1.3 m (ortalama 0.80 m)	0.40 m-1.6 m (ortalama-1.1 m)
Devamlılık	>20 m	0.30 m-2 m	0.30 m-2 m
Açıklık	<0.1 mm-0.5 mm -üst 0.50 m için, 1-2 cm	<0.1 mm-2.5 mm	<0.1 mm-2.5 mm
Pürüzlülük	Pürüzlü-düzlemsel	Pürüzlü-dalgali	Pürüzlü-dalgali
Süreksizlik yüzey dayanımı	Çok dayanıklı	Çok dayanıklı	Çok dayanıklı
Ayrışma	Az ayrılmış	Az ayrılmış	Az ayrılmış
Dolgu	Yok, kısmen killi	Yok, kısmen killi	Yok, kısmen killi
Su durumu	Kuru	Kuru-az miktarda sızıntı	Kuru-az miktarda sızıntı
Süreksizlik seti sayısı		3	
Blok boyutu* (En büyük), (En küçük), (V_{60})		(4.16), (0.03), (3.3)	
Hacimsel eklemler sayısı (J_v) (eklem/m ³)		2.83 (büyük blok)	
Blok şekli		Bloklu-düz	

* Taşocagında gözlemsel olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3. Kumtaşının kaya kütlesi özellikleri.

Table 3. Rock mass properties of the sandstone.

SÜREKSİZLİK ÖZELLİKLERİ	KUMTAŞI (Türkeli Taş Ocağı)	
	Tabaka düzlemi	Eklemler
Eğim yönü/eğim	056/23	125/62
Aralık	0.10 m-1.5 m (ortalama-0.5 m)	0.10 m-2 m (ortalama-0.5 m)
Devamlılık	>20 m	3 m-10 m
Açıklık	0.1 mm-20 mm	0.1 mm-20 mm -üst 2 m için, 1-2 cm
Pürüzlülük		Pürüzlü-düzlemsel
Süreksizlik yüzey dayanımı	Dayanıklı	Dayanıklı
Ayrışma		Az-orta ayrılmış
Dolgu		Kum
Su durumu		Kuru-az miktarda sızıntı
Süreksizlik seti sayısı		2
Blok boyutu* (En büyük), (En küçük), (V_{60})		(6.00), (0.01), (2.50)
Hacimsel eklemler sayısı (J_v) (eklem/m ³)	2 adet süreksizlik seti olması nedeniyle belirlenmemiştir	
Blok şekli	2 adet süreksizlik seti olması nedeniyle belirlenmemiştir	

* Taşocagında gözlemsel olarak değerlendirilmiştir.

4. POTANSİYEL ANROŞMANLARIN KALİTE DEĞERLENDİRMESİ

Değişik amaçlarla endüstride kullanılan doğal yapı taşlarının kaliteleri, çeşitli yöntemlerle değerlendirilir. Dalgakıranlarda kullanılan taşların performansı ise, dalga etkisi altında uzun süreli yapısal dayanıklılık ile ilişkilidir (Clark, 1988). Taşların uzun süreli dayanıklılığı (durabilite), saha ve laboratuvar çalışmaları ile anlaşılabilir (CIRIA/CUR, 1991; Iloş, 1999; Smith, 1999; Şiş, 2000; Acir ve Topal, 2002; Topal and Acir, 2004; Topal, 2005). Bu nedenle, anroşman kalite değerlendirme çalışmaları çeşitli ölçümleri içermelidir. Literatürde doğal yapı malzemeleri için çeşitli değerlendirme yöntemleri olmakla birlikte, bunlardan sadece birkaçı kıyı yapıları için geliştirilmiştir (Lienhart ve Stransky, 1981; Lienhart, 1994). Dalgakıran gibi kıyı yapıları uzun süreli çevresel dinamik koşullardan etkilendiği için, bu yapılara ait performans ve dayanıklılık değerlendirmeleri diğer mühendislik yapılarından farklılıklar göstermektedir (CIRIA/CUR, 1991).

Saha ve laboratuvar çalışmaları, kireçtaşı ve kumtaşının potansiyel anroşman malzemesi olabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada anroşmanların kalite ve dayanıklılık değerlendirmesi, dünyaca kabul görmüş CIRIA/CUR (1991) ve Lienhart (1998) tarafından önerilen yöntemler kullanılarak yapılmıştır.

4.1. CIRIA / CUR Sınıflaması

CIRIA/CUR (1991) sınıflaması, anroşman malzemesinin çeşitli deneylerdeki performansını dikkate alan bir yöntemdir. Bu yöntem, anroşmanları zayıf, vasat, iyi ve çok iyi olmak üzere dört ayrı sınıfa ayırmaktadır. Tercihen, anroşmanların “iyi” veya “çok iyi” sınıfında olması beklenmektedir. CIRIA/CUR (1991) yöntemine göre kireçtaşı ve kumtaşının sınıflaması Çizelge 4 ve 5’de verilmiştir. Çizelgelerdeki dayanım ilişkili parametreler, ıslak koşullar dikkate alınarak bulunmuştur. CIRIA/CUR (1991) sınıflaması dikkate alınarak yapılan değerlendirmeye göre, kireçtaşı iyi-çok iyi sınıfındadır. Çatlak tokluğu değeri ise, literatürde verilen (ISRM, 1988) az sayıdaki veri ile belirlenen korelasyon kullanılarak bulunmuştur. Bu nedenle, kireçtaşının orta çatlak (iyi’ye çok yakın) tokluğu dikkate alınmamıştır. CIRIA/CUR (1991) sınıflaması kullanılarak yapılan değerlendirmeye göre, kumtaşı zayıf-orta sınıfındadır. Bu durum, kireçtaşının kumtaşına göre daha iyi bir anroşman malzemesi olduğunu göstermektedir.

4.2. Kaya Mühendislik Puanlama Sistemi

Lienhart (1998), taşocağındaki koşulları ve anroşman özelliklerini dikkate alan bir sınıflama sistemi önermiştir. Bu sistemde jeolojik olaylar, üretim ve dalgakıran performans ölçütleri dikkate alınmıştır. Elde edilen veriler kullanılarak, CIRIA/CUR (1991) yöntemine benzer bir şekilde anroşmanlar zayıf, orta, iyi ve çok iyi olarak dört gruba ayrılmıştır.

Bu çalışmada, kullanılan parametrelerin büyük bir çoğunluğu belirlenebilmiştir. V_{80} ve bölgesel gerilmeler, arazi gözlemi yardımıyla tahmin edilmiştir. Kaya Mühendislik Puanlama Sisteminde gerekli olan laboratuvar verileri, Çizelge 1’den alınmış, kireçtaşı ve kumtaşının puanlamaları ise Çizelge 6 ve 7’de verilmiştir. Elde edilen verilere göre; kireçtaşı iyi (3.01), kumtaşı ise, orta (2.08) kategorisindedir. Lienhart (1998)’in önerdiği sistemle yapılan değerlendirme ile CIRIA/CUR (1991) sınıflaması her iki kayaç için benzer sonuçlar vermektedir.

Çizelge 4. Kireçtaşının CIRIA/CUR (1991) yöntemine göre kalite değerlendirmesi.

Table 4. Quality assessment of the limestone according to CIRIA/CUR (1991)

PARAMETRE	CIRIA/CUR SINIR DEĞERLERİ *				Kireçtaşı
	Çok iyi	İyi	Orta	Zayıf	
Özgül ağırlık (t/m^3)	≥ 2.9	2.6-2.9	2.3-2.6	≥ 2.3	2.68
Ağırlıkça su emme (%)	≤ 0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	≥ 6.0	0.22
Magnezyum sülfat kaybı (%)	≤ 2	2-12	12-30	≥ 30	0.44
Donma-çözülme kaybı (%)	≤ 0.1	0.1-0.5	0.5-2.0	≥ 2.0	0.16
Metilen mavisi değeri (g/100g)	≤ 0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	≥ 1.0	0.67
Çatlak tokluğu ($MPa.m^2$)**	≥ 2.2	1.4-2.2	0.8-1.4	≤ 0.8	1.30
Nokta yükleme dayanım indeksi (MPa)	≥ 8.0	4.0-8.0	1.5-4.0	≤ 1.5	6.21
Dinamik ezilme değeri (%)	≤ 12.0	12-20	20-30	≥ 30	17

*Mil dayanımı ve blok düşme deneyleri Türkiye’de yapılamadığı için, orijinal sınıflandırmada olmasına karşın bu çalışmada yer almamıştır.

**Nokta yükleme dayanım indeksi verileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 5. Kumtaşının CIRIA/CUR (1991) yöntemine göre kalite değerlendirmesi.

Table 5. Quality assessment of the sandstone according to CIRIA/CUR (1991).

PARAMETRE	CIRIA/CUR SINIR DEĞERLERİ *				Kumtaşı
	Çok iyi	İyi	Orta	Zayıf	
Özgül ağırlık (t/m^3)	≥ 2.9	2.6-2.9	2.3-2.6	≥ 2.3	2.33
Ağırlıkça su emme (%)	≤ 0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	≥ 6.0	2.23
Magnezyum sülfat kaybı (%)	≤ 2	2-12	12-30	≥ 30	12.05
Donma-çözülme kaybı (%)	≤ 0.1	0.1-0.5	0.5-2.0	≥ 2.0	9.27
Metilen mavisi değeri (g/100g)	≤ 0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	≥ 1.0	1.33
Çatlak tokluğu ($MPa.m^2$)**	≥ 2.2	1.4-2.2	0.8-1.4	≤ 0.8	0.68
Nokta yükleme dayanım indeksi (MPa)	≥ 8.0	4.0-8.0	1.5-4.0	≤ 1.5	3.26
Dinamik ezilme değeri (%)	≤ 12.0	12-20	20-30	≥ 30	26

*Mil dayanımı ve blok düşme deneyleri Türkiye’de yapılamadığı için, orijinal sınıflandırmada olmasına karşın bu çalışmada yer almamıştır.

**Nokta yükleme dayanım indeksi verileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 6. Kireçtaşının Kaya Mühendislik Puanlama Sistemine (Lienhart, 1998) göre kalite değerlendirilmesi.
 Table 6. *Quality assessment of the limestone according to Rock Engineering Rating System (Lienhart, 1998).*

(a) Ölçüt	(b) Kalite puanı				(c) Puan	(d) Sebep-etki puanı	(e) İndeks (d/d ortalama)	(f) Ağırlıklı puan (c*e)
	Çok iyi (=4)	İyi (=3)	Orta (=2)	Zayıf (=1)				
Litolojik sınıflama		✓			3	11.31	0.74	2.22
Bölgesel gerilme*	✓				4	14.14	0.93	3.72
Ayrışma derecesi			✓		2	14.14	0.93	1.86
Süreksizlik analizi*		✓			3	18.38	1.20	3.60
Yeraltısu durumu		✓			3	14.14	0.93	2.79
Üretim yöntemi			✓		2	15.56	1.02	2.04
Kaya kalitesi		✓			3	15.56	1.02	3.06
Bekletme süresi	✓				4	13.43	0.88	3.52
Blok bütünlüğü		✓			3	15.56	1.02	3.06
Petrografik değerlendirme		✓			3	18.38	1.20	3.60
Sonik hız		✓						
Nokta yükleme dayanım indeksi		✓						
Schmidt geri sıçrama değeri			✓		2.5	16.97	1.11	2.77
LA aşındırma			✓					
Yoğunluk		✓						
Su emme	✓				3.5	15.56	1.02	3.57
Adsorpsiyon/Su emme	-	-	-	-				
MgSO ₄ dayanıklılık	✓				3.3	15.56	1.02	3.36
Donma-çözülme kaybı		✓						
Islanma-kuruma kaybı		✓						
Ortalama =						15.28	Genel puan =	3.01

*Saha bilgileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

Çizelge 7. Kumaşının Kaya Mühendislik Puanlama Sistemine (Lienhart, 1998) göre kalite değerlendirilmesi.
 Table 7. *Quality assessment of the sandstone according to Rock Engineering Rating System (Lienhart, 1998).*

(a) Ölçüt	(b) Kalite puanı				(c) Puan	(d) Sebep-etki puanı	(e) İndeks (d/d ortalama)	(f) Ağırlıklı pu (c*e)
	Çok iyi (=4)	İyi (=3)	Orta (=2)	Zayıf (=1)				
Litolojik sınıflama			✓		2	11.31	0.74	1.48
Bölgesel gerilme*	✓				4	14.14	0.93	3.72
Ayrışma derecesi		✓			2	14.14	0.93	1.86
Süreksizlik analizi*		✓			2	18.38	1.20	2.40
Yeraltı suyu durumu		✓			2	14.14	0.93	1.86
Üretim yöntemi		✓			2	15.56	1.02	2.04
Kaya kalitesi		✓			2	15.56	1.02	2.04
Bekletme süresi					4	13.43	0.88	3.52
Blok bütünlüğü	✓			✓	1	15.56	1.02	1.02
Petrografik değerlendirme		✓			2	18.38	1.20	2.40
Sonik hız		✓						
Nokta yükleme dayanım indeksi		✓						
Schmidt geri sıçrama değeri				✓	1.66	16.97	1.11	1.84
LA aşındırma				✓				
Yoğunluk				✓				
Su emme			✓		1.5	15.56	1.02	1.53
Adsorpsiyon/Su emme		-	-	-				
MgSO ₄ dayanıklılık			✓					
Donma-çözülme kaybı				✓	1.33	15.56	1.02	1.36
İslanma-kuruma kaybı				✓				
					Ortalama =	15.28	Genel puan =	2.08

*Saha bilgileri kullanılarak tahmin edilmiştir.

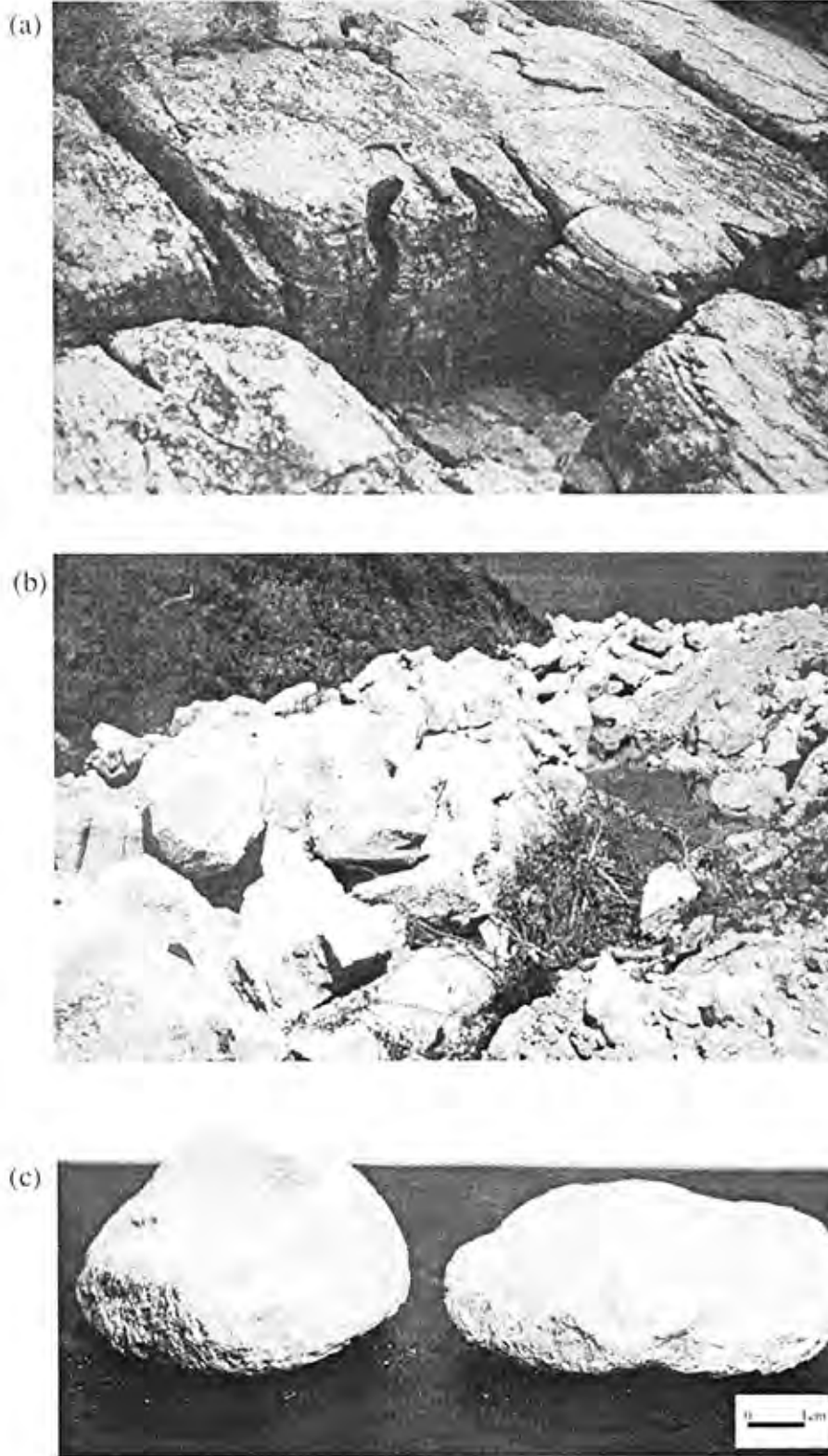
5. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanında Eosen filişi ve Kuvaterner çökelleri bulunmaktadır. Eosen filişi içindeki kalın tabakalı kireçtaşları ve kumtaşları blok boyutu açısından Helaldı balıkçı barmağı için potansiyel anroşmanları oluşturmaktadır. Dalgakıran inşaatı için 300.000 m³ kayaca gereksinim duyulmaktadır. Kireçtaşının rezervi 450.000 m³, kumtaşının rezervi ise 400.000 m³'tür. Bu nedenle, her iki kayaç için yeterli rezervin bulunduğu söylenebilir.

Laboratuvar çalışmaları, kireçtaşının düşük poroziteye ve yüksek birim hacim ağırlığa sahip olduğunu göstermiştir. Kumtaşları ise, orta poroziteye ve birim hacim ağırlığına sahiptir. İslanmanın kireçtaşının dayanımı üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Ancak, kumtaşı ıslanma nedeniyle önemli miktarda dayanım azalmasına maruz kalmaktadır. Islak-kuru dayanım oranını dikkate alan Winkler (1986) dayanıklılık sınıflamasına göre, kireçtaşı iyi-çok iyi (0.80), kumtaşı ise zayıf (0.55) sınıfındadır. Kumtaşındaki ıslanmaya bağlı dayanıklılık azalması, genelde kalsit ve kil içeren zayıf çimento ile açıklanabilir.

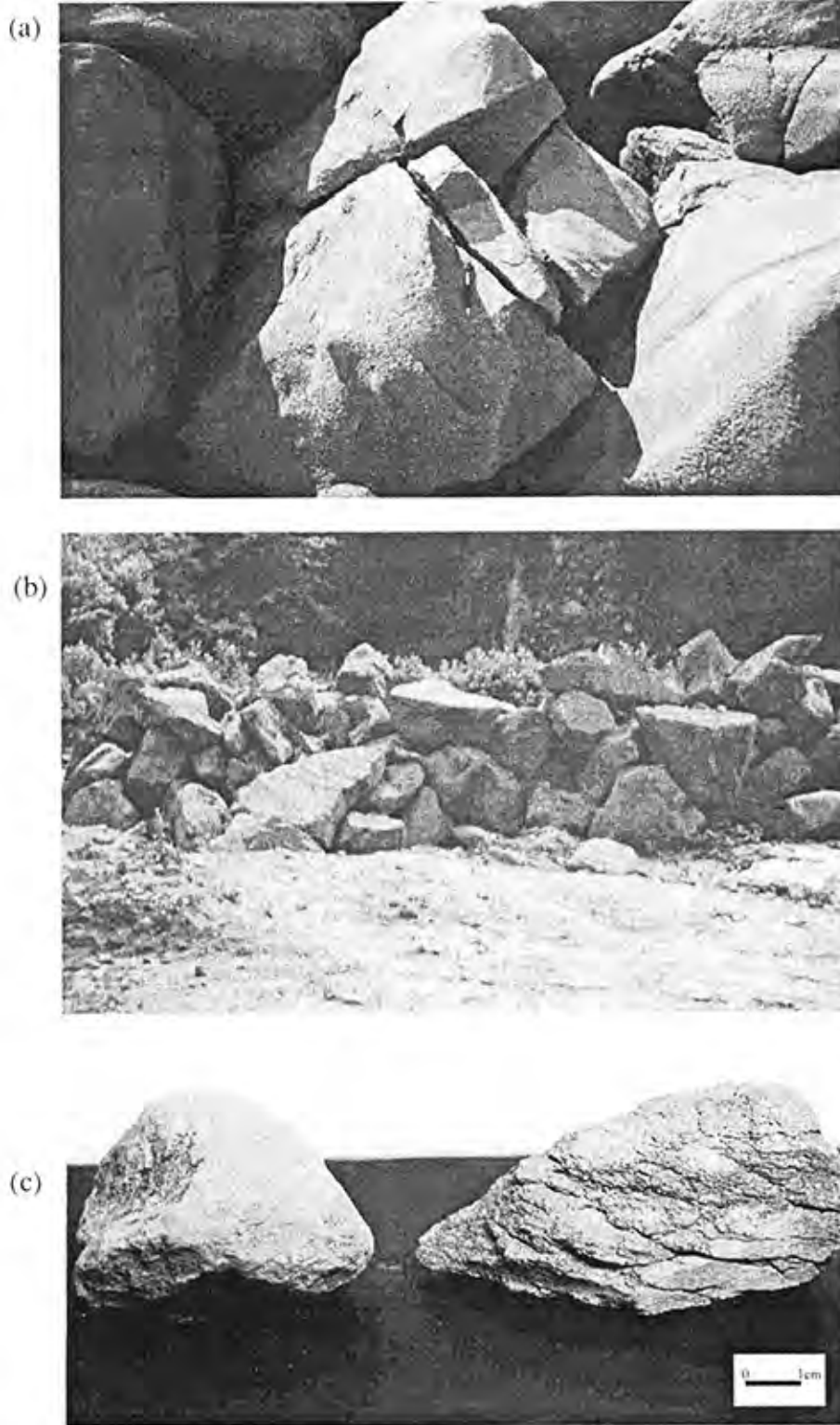
Donma katsayısı, kalite değerlendirmede diğer bir ölçüt olarak kullanılmaktadır (Schaffer, 1972). 0.90'dan daha büyük oranlar riskli sınıfa girmektedir. Kireçtaşı ve kumtaşının donma katsayıları sırasıyla 0.70 ve 0.91'dir. Bu nedenle, kireçtaşının dayanıklı, kumtaşının ise dayanıksız bir kayaç olduğu söylenebilir. CIRIA/CUR (1991) ve Lienhart (1998) sınıflamalarına göre kireçtaşı için iyi-çok iyi; kumtaşı ise orta-zayıf sınıfındadır. Kalite değerlendirmelerinde, kireçtaşının kalitesi kumtaşına göre daha iyidir. Saha gözlemlerine göre, kireçtaşı mostrası deniz kenarında olup, milyonlarca yıldır deniz ile teması nedeniyle herhangi bir ufalanmaya maruz kalmamıştır. Sadece eklemlerin kesişme bölgelerinde az miktarda erime mevcuttur (Şekil 6a). Taşocağından çıkarılan kireçtaşlarında, ocakta 1 yıl beledikten sonra bile yeni çatlaklar oluşmamaktadır (Şekil 6b). İslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristallenmesi deneyleri sonrasında bile önemli bir ayrılma-ufalanma olmamaktadır (Şekil 6c). Bu durum, yukarıda bahsedilen dayanıklılık değerlendirmeleri ile uyumludur. Kumtaşı ise, gerek deniz kıyısındaki çeşitli uygulamalarda (Şekil 7a) ve taşocağında (Şekil 7b), gerekse ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve tuz kristallenmesi deneyleri sonrasında (Şekil 7c) parçalanmıştır.

Elde edilen verilere göre, kumtaşı anroşman malzemesi olarak uygun değildir. Kireçtaşının ise; gerek proje sahasına olan yakınlığı, gerekse blok boyutu, rezerv, kalite, dayanıklılık ve saha performansı açısından uygun bir malzeme olduğu saptanmıştır. Bu nedenle, Helaldı dalgakıranının inşaatında kireçtaşının anroşman malzemesi olarak kullanılması önerilmektedir.



Şekil 6. (a) Deniz kıyısındaki kireçtaşı mostrasında eklem denetimli erime, (b) taşocağındaki kireçtaşlarının kazıdan bir yıl sonraki görünümü, (c) ıslanma-kuruma deneyi sonrası kireçtaşının görünümü (Soldaki örnek deneye tabi tutulmamıştır. Sağdaki örnekte ise herhangi bir ayrılma-ufalanma yoktur).

Figure 6. (a) Joint-controlled dissolution in the limestone at the coast, (b) a view of the limestone in the quarry one year after the extraction, (c) close-up view of the limestone after wetting-drying tests (A reference fresh sample is shown on the left. On the right, no detachment or disintegration exists in the tested sample).



Şekil 7. (a) Deniz kıyısındaki kumtaşında gelişen ikincil çatlaklar, (b) kumtaşı taşocağından çıkarılan bloklarda kazıdan sonra bir yıl içerisinde gözlenen ikincil çatlaklar, (c) ıslanma-kuruma deneyi sonrası kumtaşının görünümü (Soldaki örnek deneye tabi tutulmamıştır. Sağdaki örnekte ise önemli ikincil çatlaklar oluşmuştur).

Figure 7. (a) Secondary fractures developed in the sandstone at the coast, (b) secondary fractures developed in the rocks obtained from the sandstone quarry one year after the extraction, (c) close up view of the sandstone after wetting-drying tests (A reference fresh sample is shown on the left. On the right, significant secondary fractures have been developed in the tested sample).

KAYNAKLAR

- Acır, Ö., 2002. Quality assessment of the potential armourstones for the Helaldı rubble mound break-water (Sinop-Turkey), ODTÜ Yüksek Lisans Tezi, 102 s.
- Acır, Ö., ve Topal, T., 2002. Helaldı (Sinop) balıkçı barınağı dalgakıranında kullanılan anroşmanların mühendislik jeolojisi özellikleri. 4. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu, Cilt 2, 689-698.
- AFNOR, 1980. Essai au bleu de methylene, 18-592, AFNOR 80181, Paris La Defence.
- ASTM C 535, 1989. Standard test method for resistance to degradation of large-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine, 285-287.
- ASTM C88, 1990. Standard test method for soundness of aggregates by the use of sodium sulfate or magnesium sulfate, 37-41.
- ASTM D5313, 1992. Standard test method for evaluation of durability of rock for erosion control under wetting and drying conditions, 1347-1348.
- BSI, 1975. Testing aggregates: Part 2. Methods for determining the physical properties. British Standards Institution, 20 p, BSI 812
- BS 812, 1990a. Methods for determination of ten percent fines value (TFV), Part 111.
- BS812, 1990b. Testing aggregates, Methods for determination of aggregate impact value, Part 112.
- CIRIA/CUR, 1991. Manual on the use of rock in coastal and shoreline engineering. Construction Industry Research and Information Association, CIRIA Special Publication 83/ CUR Report 154, 607 p.
- Clark, A.R., 1988. The use of Portland stone rock armour in coastal protection and sea defence works. Quarterly Journal of Engineering Geology, London, 21, 13-136.
- Hoş, T., 1999. Dalgakıran inşaatlarında kullanılan kireçtaşlarının jeoteknik özellikleri, 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 32-38.
- ISRM, 1981. Rock characterization, testing and monitoring. International Society for Rock Mechanics, Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford, 211 p.
- ISRM, 1985. Suggested method for point load strength. International Journal of Rock Mechanics, Mineral Sciences and Geotechnical Abstracts, 22, 51-60.
- ISRM, 1988. Suggested method for the fracture toughness of rock. International Journal of Rock Mechanics, Mineral Sciences and Geotechnical Abstracts, 25, 71-96.
- Lienhart, D.A., 1994. Durability issues in the production of rock for erosion control, Rock Mechanics, Models, and Measurements, Challenges from Industry, Proc. 1st. North American Rock Mechanics Symposium, Balkema, Rotterdam, 1083-1090.
- Lienhart, D.A., 1998. Rock engineering rating system for assessing the suitability of armourstone sources, Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation. The Geological Society, Engineering Geology Special Publication, No:13, 91-106.

- Lienhart, D.A., and Stransky, T.E., 1981. Evaluation of the potential sources of rip-rap and armourstone-methods and considerations. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 8, 323-332.
- MTA, 1999. 1/1,000,000 scale geological map of Turkey, Geology Department Publications.
- Schaffer, R.J., 1972, The weathering of natural building stones, Department of Scientific and Industrial Researches, Special Report No.18, 1-97
- Smith, M.R., 1999, Stone: Building stone, rock fill and armourstone in construction. Geol. Soc.Engi-neering Geology Special Publication, No.16, 478 p
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşçu, İ., 1992. Türkiye diri fay haritası. MTA, Ankara.
- Şiş, H., 2000. Deniz yapılarında kullanılacak anroşmanların jeolojik ve jeoteknik özellikleri. 3üncü Ulusal Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, Çanakkale.
- Topal, T., 2005. Anroşman kalitesinin ve dayanıklılığının değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar, 5. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu, 5-7 Mayıs 2005, Bodrum, Cilt 1, 411-424.
- Topal, T., and Acır, Ö., 2004. Quality assessment of armourstone for a rubble mound break-water (Sinop-Turkey), Environmental Geology, Springer , 46, 905-913.
- TS 699, 1987. Doğal yapı taşlarının muayene ve deney metodları. Türk Standartları Enstitüsü, 84 s.
- Winkler, E.M., 1986. A durability index for stone. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 30, 99-101.

KATI ATIK DEPOLAMADA YER SEÇİMİ : ISPARTA ÖRNEĞİ

Land-fill Site Selection for Solid Waste Disposal : Isparta Example

Remzi KARAGÜZEL, Mahmut MUTLUTÜRK

Süleyman Demirel Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

ÖZ

Günümüzde nüfus artışı ve gelişen sanayiye koşut olarak, evsél ve endüstriyel katı atık miktarlarında yoğun bir artış gözlenmektedir. Katı atıkların bertarafı konusunda çok farklı teknikler geliştirilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan yakma ve kompost yöntemlerinin bile çevreye olan olumsuz etkileri tartışılmaktadır. Katı atıkların en ekonomik ve yeraltı-yerüstü sularının korunması açısından en güvenli şekilde bertaraf yöntemi geçirimsiz jeolojik ortamlarda düzenli depolanmasıdır. Bu çalışmada, Isparta Belediyesi'nin 2050 yılına kadar birikecek katı atıkların depolanması için uygun ortamın seçilmesine çalışılmıştır. Jeolojik, hidrojeolojik, özel koruma alanları, kütle hareketleri, taşkın alanları ve topoğrafik ölçütler dikkate alınarak, dört farklı alternatif depolama sahası belirlenmiştir. Bu alanların jeolojik, hidrojeolojik, meteorolojik, yerleşim alanlarına yakınlık, estetik, sosyo-ekonomik özellikleri gözönüne alınarak en uygun depolama sahası seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Düzenli depolama, Isparta, katı atık, yer seçimi.

ABSTRACT

Owing to the present population increase and industrial developments, the amount of residential and industrial solid wastes are increasing rapidly. Many different techniques have been developed to overcome the problems of solid waste disposal. However, most of these techniques, even the thermic and biological methods, have some undesirable environmental impacts that are being hotly debated. In sanitary land-fills, impermeable geological areas, are the most economic and the most preferred techniques for solid-waste disposal. The objective of this study is to select a suitable sanitary land-fill site to the Municipality of Isparta for the disposal of solid wastes that will be generated until 2050. Four different sites were determined considering geological, hydrogeological, and topographical criteria and factors such as environmental protection area, landsliding, and flooding. The best land-fill site was selected, among the four, by considering their geological, hydrogeological, meteorological characteristics distances to the settlements, and aesthetic and socio-economic merits.

Key Words: Landfill, Isparta, solid waste, site selection.

1. GİRİŞ

Dünyada nüfus artışı ve gelişen sanayiye koşut olarak, evsel ve endüstriyel katı atık miktarlarında yoğun bir artış gözlenmektedir. Katı atıkların bertarafı konusunda termal (yakma), biyolojik (kompost) ve mekanik (depolama) yöntemleri geliştirilmiştir (Harfst, 1982; Voigt, 1982). Bunlardan gelişmiş ülkelerde en yaygın olarak kullanılan termal ve biyolojik yöntemlerin çevreye olan olumsuz etkileri tartışılmakta ve bunların uygulanması halinde bile depolanacak atıklar ortaya çıkmaktadır. Dünyada düzenli depolama güvenli ve ekonomik bir depolama tekniği olarak yaygın uygulama alanı bulmaktadır. Ülkemizdeki 3.215 belediyeden sadece 11'inde düzenli depolama tesisi bulunmaktadır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004). Yerleşim merkezlerinde, belediyelerin her türlü hizmetin yanı sıra, katı atıkların bertaraf edilmesi de başlıca görevlerindendir.

Isparta il merkezi Göller Bölgesi'ndeki önemli yerleşim merkezlerinden biri olup, belediye sınırları içerisinde resmi kayıtlara göre 149.000 kişi yaşamaktadır. Isparta Belediyesi katı atıkları, Minasın Deresi mevkiinde düzensiz bir şekilde depolanmaktadır (Şekil 1). Ancak, böylesi bir çözümün çevre açısından neden olduğu yüzey ve yeraltısuyu kirliliği, hava kirliliği vb. olumsuzluklar yetkililer tarafından zamanında görülerek; çağdaş ayırma, arıtma ve depolama tesisleri için uygun alanların aranması amacıyla girişimler başlatılmıştır.

Katı atık yönetimi genel olarak dört temel aşamadan oluşmaktadır; (i) bertaraf edilecek atık miktarının ve niteliğinin belirlenmesi için atık envanterinin yapılması, (ii) ihtiyaca uygun alternatif depolama alanları ve bunların arasından en uygun lokasyonun seçimi, (iii) seçilen deponi alanının ayrıntılı jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve depolama tesislerinin projelendirilmesi, (iv) projenin uygulanması, işletilmesi ve kontrollük hizmetlerinin verilmesidir. Bu temel aşamaların ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

I. Atık Envanteri

- Atıkların geri kazanımının teşvik edilmesi
- Depolanacak atıkların özelliklerinin belirlenmesi (evsel, endüstriyel)
- Atık miktarının belirlenmesi
- Bertaraf yöntemleri (yakma, depolama vb.)

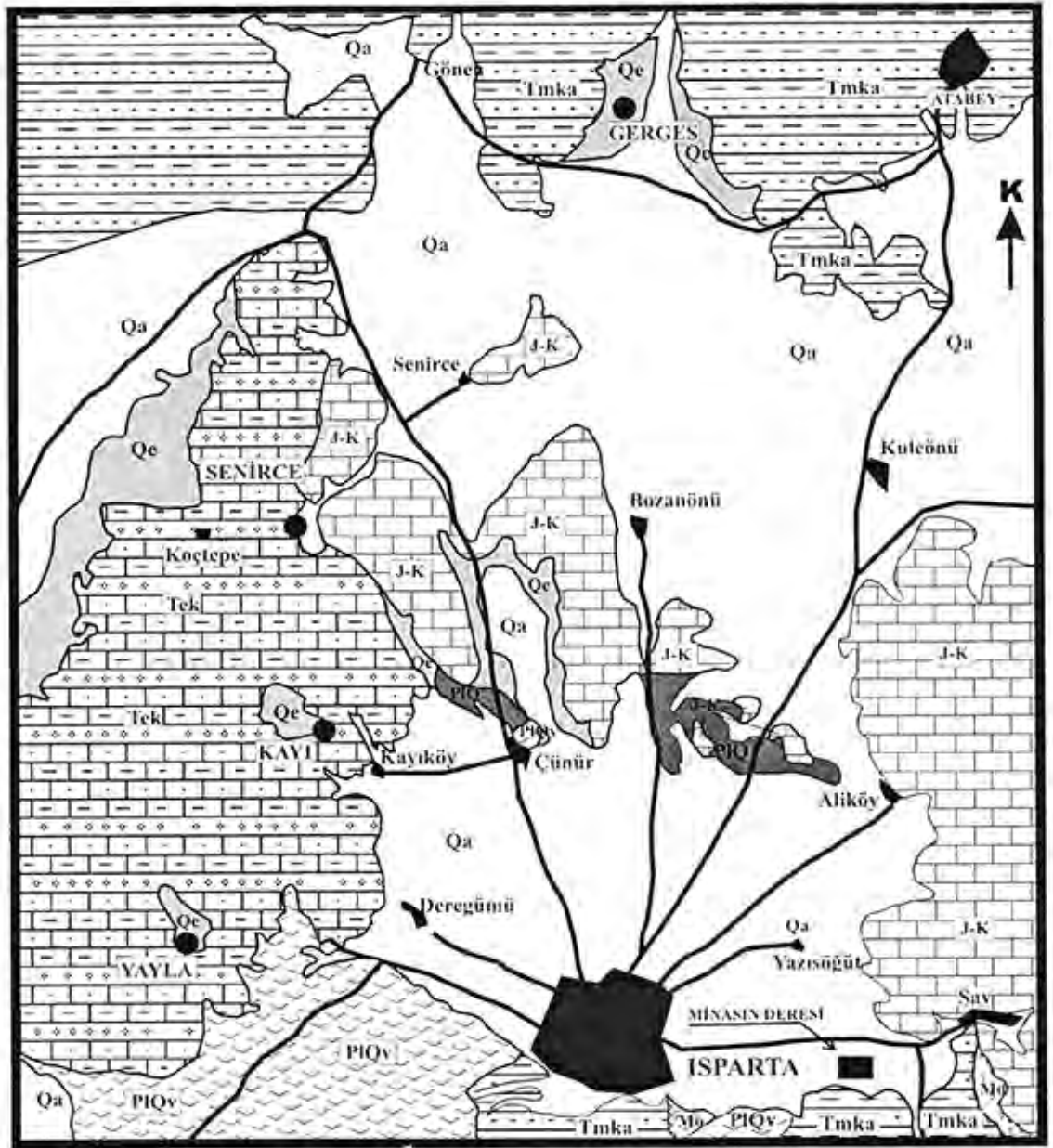
II. Alternatif Depolama Yerlerinin Seçimi

- Jeoloji
- Hidrojeoloji
- Koruma alanları
- Yerleşim alanlarına yakınlık
- Morfoloji
- Taşkın, heyelan ve çığ alanları

Sonuç: Uygun bölgelerde alternatif alanların belirlenmesi

III. Yer Seçimi

- Litolojik özellikler
- Tektonik özellikler



AÇIKLAMALAR

	Yeni - Eski Alüvyon (Kuvaterner)		Yerleşim merkezi
	Kumtaşı, çamurtaşı, kiltası (Pliyo-Kuvaterner)		Ana yol
	Tüf, tüfit, andezit (Pliyo-Kuvaterner)		Birim sınırı
	Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı, kiltası (Miyosen)		Bindirme
	Kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, kireçtaşı (Eosen)		Araştırılan alternatif depolama yerleri
	Karbonatlı kayalar (Jura-Kretase)		Mevcut depolama alanı
	Ofibolitik Kayalar (Mesozoyik)		

Şekil 1: Isparta bölgesinin jeolojî haritası (MTA, 1997).

Figure 1. Geological map of the Isparta region (MTA, 1997).

- c) Hidrojeolojik özellikler
 - d) Malzeme
 - e) Tesis suyu
 - f) Ulaşım
 - g) Toprak sınıfı ve sahanın mevcut kullanımı
 - h) Görünüm ve toplumsal kabul
- Sonuç: En uygun depolama yerinin seçilmesi

IV. Depolama Yeri Ayrıntılı Jeoteknik Özellikleri

Arazi Çalışmaları:

Mühendislik jeolojisi harita ve kesitleri (1: 500 - 1: 1000)

- a) Sondaj
- b) Jeofizik
- c) Permeabilite deneyleri
- d) Taşıma gücü hesabı

Laboratuar Çalışmaları

- a) Tane boyu dağılımı
- b) Geçirimsizlik deneyleri
- c) Kompaksiyon deneyleri

Kontrol Sistemlerinin Yerleştirilmesi

- a) Yeraltısu akım yönünde gözlem kuyuları
- b) Suların kimyasal analizleri
- c) Su bilançosu

Sonuç:

- a) Doğal geçirimsizlik yeterli
- b) Yapay geçirimsizlik elementleri gerekli

V. Depolama Tekniği ve Projelendirilmesi

- a) Depolama tekniği (yerüstü, yeraltı)
- b) Deponi suyu (sızıntı su)
- c) Deponi gazı
- d) Kontrol sistemi

VI. Uygulama Sırasında Kontrol ve Danışmanlık

VII. İşletme Sırasında Kontrol ve Danışmanlık

Yukarıda verilen proje aşamalarının yer seçimi ile ilgili olan ilk üç adımı, bu çalışma kapsamında ele alınmış ve uygun depolama alanının yer seçimi hedeflenmiştir. Diğer proje aşamaları yer seçimini tamamlanmasından sonra yapılması gereken çalışmalar olduğundan, bu makalenin kapsamı dışında tutulmuştur. Bu çalışmada; 2050 yılına değin nüfus projeksiyonu yapılarak, buna bağlı evsel ve evsel nitelikli sanayi katı atık envanteri hazırlanmıştır. Elde edilen istatistiksel verilerden yararlanılarak ayırma, arıtma ve depolama tesisleri için ihtiyacı karşılayabilecek alternatif alanlar seçilmiştir. Belirlenen dört alanın çeşitli ölçütlere göre uygunlukları araştırılmış, sonuçlar karşılaştırılmış ve en uygun depolama yeri seçilmiştir.

2. ATIK ENVANTERİ

Düzenli atık depoları planlanmadan önce, ekonomik ve güvenli bir çözüm açısından, atık miktarı ve özelliklerinin sağlıklı olarak belirlenmesinde yarar görülmektedir. Atık miktarının belirlenmesi için ilk aşamada:

- a) nüfus artış projeksiyonunun yapılması,
- b) kişi başına üretilen atık miktarının belirlenmesi ve
- c) 2050 yılına kadar üretilecek toplam atık miktarının belirlenmesi

gerekmektedir.

2. 1. Nüfus

2000 yılında yapılan son nüfus sayımına göre Isparta kent merkezinin nüfusu 149.000 kişidir. Ancak aşağıda belirtilen faktörlerden dolayı, katı atık envanterinin esasını oluşturan nüfus projeksiyonu için nüfusun 170.000 olarak alınması uygun görülmüştür.

- a) Süleyman Demirel Üniversitesi'nin hızlı gelişimine bağlı bir nüfus artışı beklenmektedir.
- b) Organize Sanayi Bölgesi'nin faaliyete geçmesiyle nüfus artışı beklenecektir.
- c) Refah düzeyinin artmasıyla daha fazla atık üretilecektir. Ancak bu atığın, daha çok paket türü ve geri kazanılabilir nitelikte olacağı tahmin edilmektedir.

Yukarıda da değinildiği gibi, 170.000 olarak kabul edilen nüfusun İller Bankası (1985) verilerine göre % 2.5 artışla 2050 yılında yaklaşık 660.000 kişiye ulaşacağı hesaplanmıştır.

2. 2. Atık Miktarı

Isparta Belediyesi tarafından günlük toplanan çöp miktarı yaz aylarında 150 t/gün, kış aylarında ise 250 t/gün olarak belirlenmiştir. Isparta halkının yaşam koşulları ve standartları değerlendirilerek, kentte kişi başına düşen ortalama atık miktarının 250 kg/yıl olarak alınması uygun görülmüş ve 2050 yılına kadar beklenen nüfus artışı dikkate alınarak yaklaşık 5.000.000 ton katı atık birikeceği hesaplanmıştır.

Nording GmbH- Elmshorn (Almanya) firması tarafından 1992 yılında yapılan araştırma sonucunda Isparta Belediyesi çöp bileşenleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir (Karagüzel vd., 1995).

Isparta Belediyesi'nin 2050 yılına kadar biriktireceği toplam 5 milyon ton katı atığı iki şekilde bertaraf etmek mümkündür:

- a) Kompost tesislerinin kurulması durumunda 2050 yılında depolanacak katı atık miktarı: % 24 küller ve ayrılabilen veya kompost tesislerine uygun olmayan tahmini % 10' luk katı atık, toplam (% 34) 1.700.000 ton olacaktır. Evsel katı atıkların birim hacim ağırlığı 8 kN/m³ ile 15 kN/m³ arasında değişmektedir. En düşük birim hacim ağırlık 8 kN/m³ dikkate alındığında, 1.360.000 m³ depolama hacmine gereksinim duyulacaktır.
- b) Kompost tesislerinin kurulmaması durumunda: toplam 5 milyon ton atıktan % 13' lük bölümü (650.000 ton) plastik, kağıt, cam ve metal türü geriye dönüşümlü olarak tekrar kullanılabilir. Geriye kalan 4.350.000 ton atığın depolanması gerekmektedir. En düşük birim hacim ağırlık

olarak 8 kN/m^3 değeri dikkate alındığında, depolama hacmi $5.437.500 \text{ m}^3$ olacaktır. Depolamada atık yüksekliği 20 m olarak seçilirse, 271.875 m^2 lik depolama alanına gerekliliği olacaktır. Atıkların sıkıştırılarak depolanması durumunda (15 kN/m^3), gerekli olan depolama hacmi yaklaşık % 50 oranında azalacaktır.

3. ALTERNATİF DEPOLAMA ALANLARININ SEÇİMİ

Çalışmanın bu aşamasında, Isparta Belediyesinin evsel ve evsel nitelikli sanayi katı atık probleminin çözümünde gerekli olan ayırma, yakma ve depolama tesisleri için yer seçimi konularına açıklık getirilmiştir. Bunun için, Isparta Belediyesi mücavir alanı içinde ve yakın çevresinde yaklaşık 700 km^2 lik bir alanda inceleme yapılmıştır.

3.1. Jeolojik ve Hidrojeolojik Özellikler

Bölgede stratigrafik olarak tabanda ofiyolitler ve bunları üzerleyen Jura-Kretase yaşlı karbonatlı kayalar yer almaktadır (Şekil 1). Isparta Ovası'nın batısındaki kumtaşı, çamurtaşı ve kilitaşı ardalanmasından oluşan Eosen yaşlı filişler ile güneyde ve kuzeydeki çakıltası, kumtaşı, kilitaşı ve çamurtaşı ardalanması ile temsil edilen Miyosen yaşlı filişler karbonatlı kayaları uyumsuzlukla örterler. Isparta Ovası'nın güneyinde geniş yayılım gösteren Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik birimler andezit, trakiandezit, tüf, tüfit, pomza ve aglomerallardan oluşmaktadır. Kuvaterner yaşlı alüvyal çökeller ise, bütün birimleri uyumsuzlukla örtmektedir (MTA, 1997).

İnceleme alanında geniş yüzlekler veren kireçtaşları ve çakıltıtaşları çatlaklı ve erime boşluklu yapılarından dolayı geçirimlidirler. Alüvyonlar ise, gözenekli olmaları nedeniyle geçirimli olup, bölgede içme, kullanma ve sulama suyunun sağlandığı önemli akiferlerdir. Bölgedeki filişler ve ofiyolitik karmaşıklar geçirimsiz olup, içerdikleri kireçtaşı katmanlarının önemli bir kalınlığa ulaşmadığı yerlerde, atıklardan süzülen sular için doğal bariyer özelliği taşımaktadırlar (İrdayıcı, 1998). Bu özellikler dikkate alınarak bölge için bir sentez haritası hazırlanmış ve depolama tesisleri için uygun olan ve olmayan bölgeler gösterilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2'de verilen sentez haritasında gösterilen uygun bölgeler içinde tesis inşaatı için, uygun jeomorfolojik özellikler de dikkate alınarak, Kayı, Senirce, Gerges ve Yayla isimli alternatif katı atık depolama alanları belirlenmiştir (Şekil 1). Alternatif alanlar, Çevre Bakanlığı Katı Atık Yönetmeliği'nde (Çevre ve Orman Bakanlığı, 1991) belirtilen düzenli depolama alanı için yer seçimi ölçütleri doğrultusunda ve depolama tesislerinin inşaa ve işletme aşamalarında ortaya çıkabilecek çevresel sorunları da dikkate alarak incelenmiştir. Değerlendirme ölçütleri ve sonuçları ilgili çizelgelerde verilmiştir (Çizelge 3-6).

3.2. Kayı Alternatif Depolama Alanı

Kayı alternatif alanı: Isparta kent merkezine 12 km uzaklıkta olup, bölgede geçirimsiz kabul edilen jeolojik birimler bu alanın seçilmesindeki en önemli etkidir. Bu alan, morfolojik olarak etrafı tepelerle çevrili, kısmen makilik kısmen de verimli olmayan kuru tarım arazisidir. Belirlenen depolama alanı Kayı köyünün kuzeybatısında yer almakta ve köy yaklaşık 2.5 km kuş uçuşu uzaklıktadır (Şekil 2). Bu alana, Kayı köyünden her türlü hava koşulunda ulaşımın sağlanabileceği stabilize bir yol ile ulaşılabilir. Bölge ile ilgili ayrıntılı proje özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge1. Isparta Belediyesi çöp bileşenleri ve yüzde dağılımları (Karagüzel vd., 1995).

Table 1. Solid waste components and percent distribution of the Isparta Municipality (after Karagüzel et al., 1995).

Çöp bileşeni	Yaz (%)	Kış (%)	Ortalama (%)
Mutfak (organik)	71.0	30.0	50.0
Plastik	5.0	5.0	5.0
Kağıt	3.0	3.0	3.0
Yeşillik-kül	6.0	-	6.0
Cam	3.0	3.0	3.0
Metal	2.0	2.0	2.0
İnşaat atıkları	3.0	1.0	2.0
Pazar yeri	5.0	-	3.0
Bahçe-park	1.0	0.5	1.0
Mezbaha	0.5	0.5	1.0
Kömür-odun-kül	-	55.0	24.0
Diğer	0.5	-	-
Toplam	100.0	100.0	100.0

Çizelge 2. Isparta Belediyesi katı atık envanteri (Karagüzel vd., 1995).

Table 2. Solid waste inventory of the Isparta Municipality (after Karagüzel et al., 1995).

Çöp bileşeni	Ağırlık (Ton)	Ağırlık (%)
Mutfak	2.500.000	
Yeşillik	300.000	
Pazaryeri	150.000	
Bahçe-Park	50.000	
Toplam	3.000.000	60.0
Kağıt	150.000	
Cam	150.000	
Metal	100.000	
Toplam	650.000	13.0
Kömür-Odun-Kül	1.200.000	
Toplam	1.200.000	24.0
İnşaat (Hafriyat)	100.000	
Mezbaha	25.000	
Toplam	125.000	2.5
Diğer	25.000	
Toplam	25.000	0.5
Genel toplam	5.000.000	100.0

3.3. Senirce Alternatif Depolama Alanı

Senirce alternatifi, Isparta'nın kuzeybatısında yer almaktadır. Sahanın ortalama yüksekliği 1050 m olup, Isparta kent merkezine 19 km uzaklıktadır (Şekil 2). Senirce alternatifinin tabanı ve çevresi geniş alanlarda gözlenen filiş birimlerin kumtaşı, ince taneli çakıtaşı, çamurtaşı ve kilaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Sahada doğal bariyer özelliğindeki tenrel kaya üzerinde yaklaşık 10 m kalınlığa ulaşan ve kum ara katmanlarını içeren bir kil tarafından örtülmektedir. Saha ile ilgili bilgiler Çizelge 4' de verilmiştir.

3.4. Gerges Alternatif Depolama Alanı

Atabey-Gönen bağlantısının 3.5 km'sinde bulunan bu alan, Isparta'ya yaklaşık 25 km uzaklıktadır. Bölgedeki geçirimsiz filişler bu alanın seçiminde en belirleyici etken olmuştur (Şekil 2). Sahaya çeşitli güzergahlardan ulaşmak mümkündür. Atık ayırma, yakma, depolama vb. her türlü tesisin yapımı için geniş bir alanın bulunduğu bölge ormana ait makiyiktir. Bunların yanı sıra, sahanın doğu sınırındaki derenin her mevsimde su bulundurması, suyun kirlenmesi açısından bir risk taşımaktadır. Ancak bu saha, su kirliliğine karşı önlemlerin alınması halinde uzun vadeli kalıcı bir çözüm alternatifi olarak değerlendirilebilir. Bölge ile ilgili ayrıntılı proje özellikleri Çizelge 5' de verilmiştir.

3.5. Yayla Alternatif Depolama Alanı

Yayla alternatif çöp depolama alanı, Yakaören köyünün 3 km batısında kalmaktadır. Isparta kent merkezine uzaklığı 10 km olan bu alana Isparta-Yakaören köyü yolu üzerinden ulaşılabilir. Bu yolun 7 km'si asfalt ve köyden sonra 3 km'si yüksek eğimli ve hamdır. Geçirimsiz jeolojik birimler üzerinde bulunan alan, morfolojik olarak çöp depolama için uygun olmasına karşın, hidrojeolojik olarak filiş içerisindeki kireçtaşları ve kumtaşlarının kilaşları ile olan dokanaklarından boşalan küçük debili mevsimsel kaynakların bulunmasından dolayı su kirliliği riski taşımaktadır (Şekil 2). Ayrıca bölge tarıma uygun olup, son yıllarda ekonomik değeri yüksek olan kirazcılık faaliyetleri sürdürülen bir alan özelliğine sahiptir. Bölge ile ilgili ayrıntılı proje özellikleri Çizelge 6' da verilmiştir.

3.6. Alternatif Depolama Alanlarının Karşılaştırılması ve Yer Seçimi

Alternatif alanların depolama tesisi inşasına uygunluğunu belirlemede kullanılan ve Çizelge 3-6'da belirtilen her özellik kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada sahalar, her bir özellik için avantaj ve dezavantajlarına göre iyiden kötüye doğru sıralanarak 4 (çok iyi), 3 (iyi), 2 (orta) ve 1 (kötü) şeklinde puanlandırılmıştır (Çizelge 7). Yapılan sıralamada eşdeğer özellikler eşit puanlandırılmıştır. Bu değerlendirme sonucunda en yüksek puanı alan Senirce alternatifi (88 puan) en uygun depolama yeri olarak seçilmiştir. Bu sahanın en yüksek puanı almasına karşın, bazı olumsuzluklar içermesi ; (a) benzer olumsuzlukların diğer alternatif alanlarda da bulunması ve (b) bunların projelendirme aşamasında teknik önlemler alınarak giderilebilecek boyutta olması gibi nedenlerden dolayı, Senirce alternatifinin en uygun olarak sınıflanmasına bir engel oluşturmayacağı düşünülmektedir.

Çizelge 3. Kayı alternatifi proje özellikleri.

Table 3. Project properties of the Kayı alternative.

Mevkii	Kayı Köyü kuzeybatısı
Arazi kotu	1200 m
En yakın yerleşim birimine uzaklık	6 km – Çünür (Isparta) 3 km – Kayı Köyü
Isparta kent merkezine uzaklık	12 km
Yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu	Kayı Köyü'ne kadar asfalt, son 4 km her türlü hava şartlarında kamyon taşımacılığına uygun stabilize yol, 1 km > % 30 eğimli.
Şehir imar planı ile ilişkisi	Mücadir alan dışında
Sahanın çevreden görünümü	Yerleşim birimlerinden görünmüyor. Dağlar arasında kalan bir çukur.
Trafik durumu	Ana ulaşım yollarından 6 km uzaklıkta, trafik yok.
Sahanın mevcut kullanım şekli ve sahibi	Kuru tarım arazisi ve/veya orman arazisi Kayı köylülerine ait tapulu arazi
Toprak sınıfı	Tarım toprağı
Depolama kapasitesi	Sınırsız. (Ayrırma ve kompost tesisleri için yeterli alan mevcut)
Taşkın tehlikesi	Yok
Heyelan riski	Yok
Çığ riski	Yok
İşletme ve kamyon temizliği için gerekli su durumu	Yok, ancak Kayı köyü yakınına kamyon yıkama tesisleri yapılabilir, tesis suları Isparta kanalizasyonuna bağlanabilir.
Yüzeysel suların (kaynak, dere) kirlenme riski	Kaynak ve sürekli akan yüzeysel su bulunmuyor.
Jeolojik yapı	Bölgede temel kaya filişlerden oluşmaktadır.
Hidrojeolojik durum	Filişlerde yeraltısu bulunmamaktadır.
Yeraltısu hareket yönü	Filişlerde yeraltısu hareketi yoktur.
Sahanın koruma alanları ile ilgisi	Isparta Ovası su toplama havzası içerisinde yer almaktadır. Doğa, milli park vb. koruma alanları ile ilgisi yok.
Temel kaya/zemin doğal geçirimsizliğin yeterliliği	Temel kaya filiş, ancak örtü kalınlığı (bitkisel toprak, yamaç molozu vs.) kalınlığı araştırılmalıdır. Bölgedeki filişler geçirimsiz kabul edilmektedir. Ancak, kumtaşı ve kireçtaşı bantları geçirimsizliğe neden olabilirler. Ayrıntılı araştırmalar bölümünde geçirimsizlik deneyleri yapılmalıdır.
Doğal geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, geçirimsiz kil malzemenin nereden temin edileceği, rezerv ve uzaklık	Sahaya 15 km uzaklıkta kil malzeme bulunmaktadır.
Drenaj malzemesi, yer, rezerv ve uzaklık	Isparta Ovası'ndan temin edilebilir.
Sızıntı suyu drenajı, arazi eğimi	Arazinin eğimli olması nedeniyle, sızıntı suları pompaj çalışmalarına gerek kalmaksızın, cazibe ile lagünlerde toplanabilecektir.
Sızıntı suyu bertaraf arıtma yöntemi	Lagünlerde toplanan sızıntı suları Isparta Belediyesi kanalizasyon şebekesine verilebilecektir.
Gaz drenajı ve bertaraf yöntemi	Gaz drenajı yapılmalıdır. Arıtmaya gerek olmayabilir. En yakın yerleşim olan Kayı köyünün 3 km uzaklıkta olması nedeniyle, olumsuz etkilenmesi beklenilmemektedir.
Deponi örtü malzemesi temini, kil, bitkisel toprak	Kayı yaylasından ve planlanan deponun yakın dolayından temin edilebilecektir.
İşletme şekli	Projelendirilmelidir.
Kontrol sistemleri, yüzey ve yeraltısu, toprak, hava kirliliği gözlemleri	Kayı köyü güneyinde kontrol kuyuları açılarak Isparta Ovası yeraltısu kalitesine etkisi araştırılacaktır.
Genel Değerlendirme	Uygun

Çizelge 4. Senirce alternatifi proje özellikleri.

Table 4. Project properties of the Senirce alternative.

Mevkii	Koçtepe köyü güneydoğusu
Arazi kotu	1050 m
En yakın yerleşim birimine uzaklık	1.2 km (Koçtepe köyü)
Isparta kent merkezine uzaklık	19 km
Yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu	14 km asfalt 5 km stabilize
Şehir imar planı ile ilişkisi	Mücadir alan içerisinde
Sahanın çevreden görünümü	Etrafı tepeler ile çevrili
Trafik durumu	Kısmen yoğun
Sahanın mevcut kullanım şekli ve sahibi	Kuru tarım arazisi, istimlak problemi var
Toprak sınıfı	Tarım toprağı
Depolama kapasitesi	Yeterli
Taşkın tehlikesi	3.5 km ² drenaj alanına sahip
Heyelan riski	Yok
Çığ riski	Yok
İşletme ve kamyon temizliği için gerekli su durumu	Daha yüksek kotlardaki kaynak suyundan sağlanacak
Yüzeysel suların (kaynak, dere) kirlenme riski	Kuru derenin yağışlı mevsimlerdeki taşkın sularının kirlenme riski vardır
Jeolojik yapı	En 5m kalınlığında alüvyon örtü altında filiş
Hidrojeolojik durum	Filişlerde yeraltısu bulunmamaktadır.
Yeraltısu hareket yönü	Filişlerde yeraltısu hareketi yoktur.
Sahanın koruma alanları ile ilgisi	Senirce Ovası su toplama havzası içerisinde
Temel kaya/zemin doğal geçirimsizliğin yeterliliği	Yüzeydeki kil tabakası ve tabanda bulunan filişler doğal bariyer oluşturmaktadır. Yapay geçirimsiz tabana gereksinim ayrıntılı jeoteknik araştırmalardan sonra karar verilebilecektir.
Doğal geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, geçirimsiz kil malzemenin nereden temin edileceği, rezerv ve uzaklık	Sahaya 15 km uzaklıkta kil malzeme bulunmaktadır.
Drenaj malzemesi; yer, rezerv ve uzaklık	Bozanönü tren istasyonu yakınından temin edilebilir. Rezerv mevcut, uzaklık 5 km
Sızıntı suyu drenajı, arazi eğimi	Sahanın eğimi sızıntı suyunun drenajına uygun.
Sızıntısu bertaraf (arıtma) yöntemi	1. Arıtma tesisine gereksinim var. 2. Lagünlerde toplanan sızıntı su yağmurlama sistemi ile çöplerin üzerine verilerek buharlaştırılır veya bünye suyu olarak tutulur.
Gaz drenajı ve bertaraf yöntemi	Gaz drenajı gerekli. Uzun vadede işletme tesislerinde kullanılabilir.
Deponi örtü malzemesi temini, kil, bitkisel toprak	Geçirimsiz temel malzemesi sahasından temin edilecektir.
İşletme şekli	Projelendirilmelidir.
Kontrol sistemleri, yüzey ve yeraltısu, toprak, hava kirliliği gözlemleri	Kontrol sistemlerine gerek vardır
Genel Değerlendirme	Uygun

Çizelge 5. Gerges alternatifi proje özellikleri.

Table 5. Project properties of the Gerges alternative.

Mevkii	Gönen-Atabey arası Gerges Çiftliği kuzeyinde Kavak Dere sağ sahili
Arazi kotu	1000 m
En yakın yerleşim birimine uzaklık	5 km - Gönen 5 km - Kumacık çiftliği 8 km - Senirce
Isparta kent merkezine uzaklık	25 km
Yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu	18 km asfalt, 7 km stabilize tarla yolu, yokuş yok
Şehir imar planı ile ilişkisi	Mücadir alan dışında
Sahanın çevreden görünümü	Gönen - Atabey yolundan 3 km daha içeride
Trafik durumu	Seyrek
Sahanın mevcut kullanım şekli ve sahibi	Orman arazisi (maki)
Toprak sınıfı	Tarım toprağı
Depolama kapasitesi	Sınırsız / Ayırma ve kompost tesisleri için alan yeterli
Taşkın tehlikesi	Kavak dere yatağından uzak kalmak şartıyla yok.
Heyelan riski	Yok
Çığ riski	Yok
İşletme ve kamyon temizliği için gerekli su durumu	Kavak dere suyundan yararlanılabilir
Yüzeysel suların (kaynak, dere) kirlenme riski	Kavak deresinin kirlenme riski var. Koruma önlemlerinin alınması gereklidir
Jeolojik yapı	Filiş üzerinde kil tabakası bulunmaktadır. Ayrıntılı jeolojik çalışma gereklidir
Hidrojeolojik durum	Bölgede yeraltı su seviyesi bilinmemektedir
Yeraltı suyu hareket yönü	Gönen Ovası'na
Sahanın koruma alanları ile ilgisi	Gönen Ovası beslenme alanı içerisinde kalmaktadır
Temel kaya/zemin doğal geçirimsizliğin yeterliliği	Temel kaya üzerinde kalınlığı bilinmeyen kil örtü bulunduğu için geçirimsiz olduğu tahmin edilmektedir. Yerinde sızma deneyleri yapılmalıdır
Doğal geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, geçirimsiz kil malzemenin nereden temin edileceği rezerv ve uzaklık	Geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, kil malzeme yerinde sıkıştırılmak suretiyle istenilen geçirimsizlik sağlanabilir
Drenaj malzemesi; yer, rezerv ve uzaklık	Kavak Dere yatağından temin edilecektir, alan içerisinde yeterli malzeme olduğu tahmin edilmektedir.
Sızıntı suyu drenajı, arazi eğimi	Drenaj için arazide eğimin uygun olmadığı kesimlerde tesviye çalışmaları yapılacaktır

Çizelge 6. Yayla alternatifi proje özellikleri.

Table 6. Project properties of the Yayla alternative.

Mevkii Arazi kotu	Yakaören Köyü kuzeybatısı 1460 m
En yakın yerleşim birimine uzaklık	2.5 km Yakaören Köyü
Isparta kent merkezine uzaklık	10 km
Yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu	7 km asfalt (son 3 km ham yol), yüklü kamyonların çıkamayacağı diklikte ve yeni ulaşım yolu gerekmektedir.
Şehir imar planı ile ilişkisi	Mücadir alan dışında
Sahanın çevreden görünümü	Görüntü kirliliği yok.
Trafik durumu	Tarım araçları trafiği
Sahanın mevcut kullanım şekli ve sahibi	Kaynak ve yeraltı suyu ile sulanabilir tarım arazisi, ancak su potansiyeli bilinmiyor. Bölgede ihraç değeri olan kirazcılık yapılmaktadır.
Toprak sınıfı	Tarım toprağı
Depolama kapasitesi	Sınırsız
Taşkın tehlikesi	Yok
Heyelan riski	Yok
Çığ riski	Yok
İşletme ve kamyon temizliği için gerekli su durumu	Araştırılması gereklidir. Filiş içerisinde sınırlı kapasitede yeraltı suyu olabilir.
Yüzeysel suların (kaynak, dere) kirlenme riski	Burdur gölü ve bölgedeki düşük kotlu kaynakların kirlenme riski vardır.
Jeolojik yapı	Filiş
Hidrojeolojik durum	İşletilebilir kapasitede yeraltı suyu yok. Mevsimlik kaynaklar bulunmaktadır.
Yeraltı suyu hareket yönü	Süreksizlik düzlemlerinden boşalan çatlak kaynakları yönünde
Sahanın koruma alanları ile ilgisi	Burdur Gölü yüzey su toplama alanı içerisinde
Temel kaya/zemin doğal geçirimsizliğin yeterliliği	Temel kayayı oluşturan filiş üzerinde killi bitkisel toprak mevcuttur. Geçirimsiz olduğu düşünülen örtü tabakasının permeabilitesi belirlenmelidir
Doğal geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, geçirimsiz kil malzemenin nereden temin edileceği, rezerv ve uzaklık	Isparta Ovası (10 km) ve Gelincik Ovası'nda (3 km) araştırılacaktır.
Drenaj malzemesi; yer, rezerv ve uzaklık	Gelincik Ovası alternatif olabilir.
Sızıntı suyu drenajı, arazi eğimi	Drenaja uygun eğim verilebilir.
Sızıntı suyu bertaraf (arıtma) yöntemi	Kurak mevsimlerde lagünlerde toplanarak atık üzerine yağmurlama yapılabilir. Yağışlı mevsimlerde, ön arıtma yapılarak, Isparta kanalizas- yon sistemine bağlanması için uygun topoğrafik koşullar bulunmaktadır.
Gaz drenajı ve bertaraf yöntemi	Gerekli, ancak arıtma (yakma) gerekli değildir.
Deponi örtü malzemesi temini, kil, bitkisel toprak	Isparta Ovası (10 km) ve Gelincik Ovası'nda (3 km) araştırılacaktır.
İşletme şekli	Projelendirilmelidir.
Kontrol sistemleri, yüzey ve yeraltı suyu, toprak, hava kirliliği gözlemleri	Yüzey ve yeraltı suyu kirliliği kontrol sistemleri mutlaka gerekecektir.
Genel Değerlendirme	Uygun

Çizelge 7. Alternatif alanların karşılaştırılması.
Table 7. Comparison of the alternative sites.

Alan adı	Puan			
	Kayı	Senirce	Gerges	Yayla
En yakın yerleşim birimine uzaklık	3	3	4	3
Isparta kent merkezine uzaklık	3	2	1	4
Yolun kamyon taşımacılığına uygunluğu	1	4	2	1
Şehir imar planı ile ilişkisi	4	4	4	4
Sahanın çevreden görünümü	3	4	3	4
Trafik durumu	2	3	3	3
Sahanın mevcut kullanım şekli ve sahibi	3	4	3	1
Toprak sınıfı	3	3	2	1
Depolama kapasitesi	2	3	4	1
Taşkın tehlikesi	4	3	2	4
Heyelan riski	4	4	4	4
Çığ riski	4	4	4	4
İşletme ve kamyon temizliği için gerekli su durumu	3	3	4	3
Yüzeysel suların (kaynak, dere) kirlenme riski	2	2	2	2
Jeolojik yapı	3	4	3	4
Hidrojeolojik durum	4	4	3	2
Yeraltısuyu hareket yönü	4	4	2	1
Sahanın koruma alanları ile ilgisi	3	3	3	1
Temel kaya/zemin doğal geçirimsizliğin yeterliliği	3	4	2	3
Doğal geçirimsizliğin yetersiz olması durumunda, geçirimsiz kılmalzemesinin nereden temin edileceği, rezerv ve uzaklık	3	4	4	3
Drenaj malzemesi: yer, rezerv ve uzaklık	3	4	4	3
Sızıntı suyu drenajı, arazi eğimi	4	4	2	4
Sızıntı suyu bertaraf (arıtma) yöntemi	1	1	1	1
Gaz drenajı ve bertaraf yöntemi	3	3	2	3
Deponi örtü malzemesi temini, kil, bitkisel toprak	3	4	4	3
TOPLAM PUAN	78	88	74	71

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Isparta Belediyesi katı atık düzenli depolama alanı yer seçimi ile ilgili yapılan bu çalışmada, 2050 yılına kadar birikebilecek atık miktarı belirlenmiş ve bu atıkların depolanması gereken miktarı için en uygun yer araştırılmıştır. İnceleme alanında jeolojik, hidrojeolojik, koruma alanları, yerleşim alanları, taşkın, heyelan, çığ gibi özellikler dikkate alınarak uygun bölgeler belirlenmiştir. Bu bölgeler arasından tesis ünitelerinin yapımına uygun morfolojik özellikler gözetilerek, dört alternatif alan saptanmıştır. Bu alanlar, Çevre Bakanlığı Katı Atık Yönetmeliği'nde belirlenen düzenli depolama alanı için yer seçimi ölçütleri yanında tesislerin inşası ve işletilmesi aşamalarında ortaya çıkabilecek sorunları da dikkate alan ölçütler çerçevesinde incelenmiştir. Yapılan çalışmada, incelenen dört alternatif alanda yer seçimine etkiyen çeşitli ölçütler dikkate alınarak puanlandırma yapılmıştır. En yüksek puanı alan Senirce alternatifi en uygun yer olarak seçilmiştir. Seçilen en uygun alanda, katı atık depolama tekniği proje aşamalarından "Depolama Yeri Ayrıntılı Jeoteknik Özellikleri" çalışmalarının yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

-  evre ve Orman Bakanlığı, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete.
-  evre ve Orman Bakanlığı, 2004. <http://www.cevreorman.gov.tr>.
- Harfst, W., 1982.  kologische orientierung der abfallwirtschaft. Der Fischer  ko Almanach, Frankfurt, 82/83:253-254.
- Irlayıcı, A., 1998. Eđirdir – Burdur g lleri arasının hidrojeoloji inceleme. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- İller Bankası, 1985. İçme suyu projesine ait  ehir ve kasaba içme suyu projelerinin hazırlanmasına ait yönetmelik. 22 Nisan 1985 tarih, 19733 sayılı Resmi Gazete.
- Karagüzel, R., Akyol, E. ve Mutlut rk, M., 1995. Isparta Belediyesi alternatif katı atık arıtma ve depolama tesisleri alanlarının araştırılması:  n inceleme raporu. SD  Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Döner Sermaye Projesi (yayımlanmamış).
- MTA, 1997. Isparta 1/11 paftası jeoloji haritası. MTA Yayını, Ankara.
- Voigt, H. P., 1982. Grundwasser Ver nderung durch Abfalldeponien, mehrj hrige Beobachtungen. Ver ff. Ins. Stadtbauwesen TU Braunschweig, 34, "Antropogene Einflüsse auf die Grundwasser Beschaffenheit in Niedersachsen, Fallstudien 1982" Braunschweig, 343-380.

DENİZLİ İÇİN JEOLJİK-JEOTEKNİK KENT BİLGİ SİSTEMİ *Geological-Geotechnical Urban Information Sysyem for Denizli*

Halil KUMSAR, Sefer B. ÇELİK, Mustafa KAYA, Serkan TOPALOĞLU

Pamukkale Üniveristesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü, 20017, Denizli

ÖZ

Yerleşim alanlarının seçiminde, jeolojik ve jeoteknik amaçlı arazi ve laboratuvar çalışmaları yapılarak, değişik bilgileri içeren farklı türde haritalar hazırlanmaktadır. Bu çalışmada, Denizli yerleşim alanına ait jeolojik ve jeoteknik veriler değerlendirilerek Denizli ili Jeolojik ve Jeoteknik Kent Bilgi Sistemi (JEO-KBS) C++ programlama dilinde yazılmış ve uygulamaya başlanmıştır. Kent bilgi sistemi içinde; topografya, imar, jeoloji, jeoteknik, sondaj, yeraltısuyu seviyesi ve jeofizik veri tabanları oluşturulmuştur. Ayrıca bölgenin depremselliği ve faylanma sistemleri ile ilişkisinin incelendiği deprem veri tabanı da hazırlanmıştır. Bu sistem aracılığıyla; inceleme alanındaki her sondaj yeri için sıvılaşma potansiyeli analizleri yapılmıştır. Yerleşim alanında yapılan jeofizik ölçümlere ilişkin veriler de sistemin veri tabanında yer almaktadır. Tüm veriler değerlendirilerek; yerleşim açısından mühendislik önemi alınmasını gerektiren, yerleşime kapalı tutulması gereken ve yerleşime uygun olan alanlar belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Denizli, jeoloji, jeoteknik, kent bilgi sistemi.

ABSTRACT

Geological and geotechnical field and laboratory studies need to be carried out and thus maps are required for land use planning in urban areas. In this study, geological and geotechnical data of Denizli settlement area were evaluated and geological-geotechnical city information system of Denizli was established. The system was written in C++ programming language and called as "Geological-Geotechnical Urban Information System for Denizli (JEO-KBS)", and it has been used in application. In JEO-KBS system, topography, land use planning, geology, geotechnique, borehole, groundwater level and geophysics databases were constituted. Moreover, seismicity and its relation with the fault systems in the study area were investigated and earthquake database was also formed. By using the system, liquefaction potential analyses of soils from each borehole was carried out. Geophysical data were also stored in the system. The JEO-KBS system may help planners and engineers to find suitable and non-suitable sites for settlement, recreation and industrial areas.

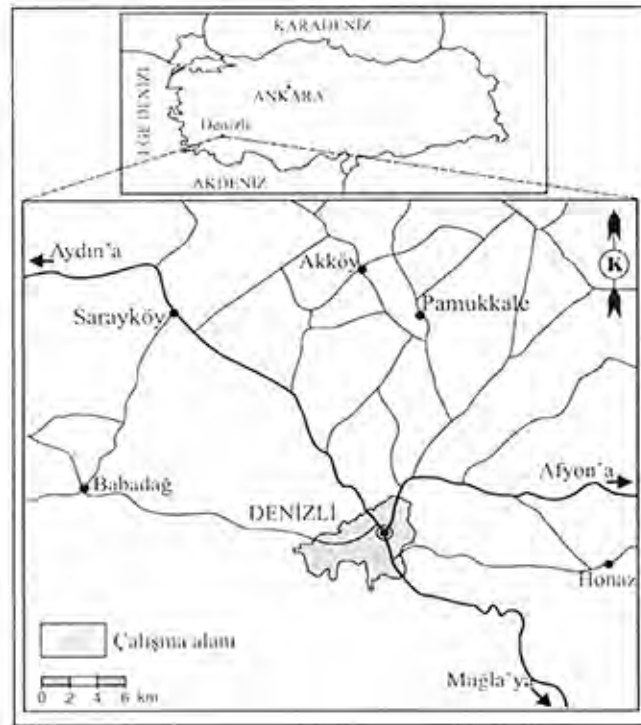
Key Words: Denizli, geology, geotechnique, urban information system.

1. GİRİŞ

Kentleşmeye yönelik uygulamalarda, imar planlarına esas jeolojik ve jeoteknik araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan elde edilen veriler değerlendirilerek sondajların, jeofizik ölçümlerin ve araştırma çukurlarının yerlerini gösteren konum, genel jeoloji, eğim, mühendislik jeolojisi ve yerleşime uygunluk haritalarının 1/1000 veya 1/2000 ölçekli hazırlanıp, bunların ilgili resmi kuruma onaylatılması yasal bir zorunluluktur. Bu çalışmaların arşivlenmesi, kullanılması ve haritalardaki verilere proje raporları içinde ulaşılması ve uygulamaya aktarılması, zaman ve iş gücü açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır.

Günümüzde kent bilgi sistemleri (KBS) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bilgi sistemlerinin özelliği, aranan verilere erişimin aynı koordinat sistemi kullanılarak noktasal tanımlama kodları ile sağlanmasıdır. Bu uygulamalarda veri türleri ayrıştırılabilmekte ve her veri türüne göre ayrı bir Kent Bilgi Sistemi (KBS) uygulaması yapılabilmektedir. Kentlerin jeolojik yapısına bağlı olarak toplanan verilerin derlenmesi ve kente ait jeolojik bilgi sisteminin oluşturulması özel çalışma yöntemlerinin yanı sıra, jeolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi konularında bilgi birikimini gerektirir. Bu nedenle, jeolojik ve jeoteknik bilgileri imar haritası ve topoğrafik haritaları sayısal ortamda değerlendirebilen bilgi sistemlerinin Jeoloji Mühendisliği'nde geliştirilmesi ve uygulamaya aktarılması bir gereksinim haline gelmiştir.

Bu çalışmada, Denizli yerleşim alanına ilişkin (Şekil 1) jeolojik ve jeoteknik içerikli projede (PAÜ, 2002) elde edilen verilere kolay ulaşılabilmesi ve sayısal ortamda değerlendirilmesi amacıyla, C++ programlama dilinde yazılmış ve JEÖ-KBS isimli jeolojik-jeoteknik içerikli bir kent bilgi sistemi tanıtılmıştır. Sistem içinde; topoğrafya, imar, jeolojik, jeoteknik, sondaj, yeraltısuyu seviyesi ve



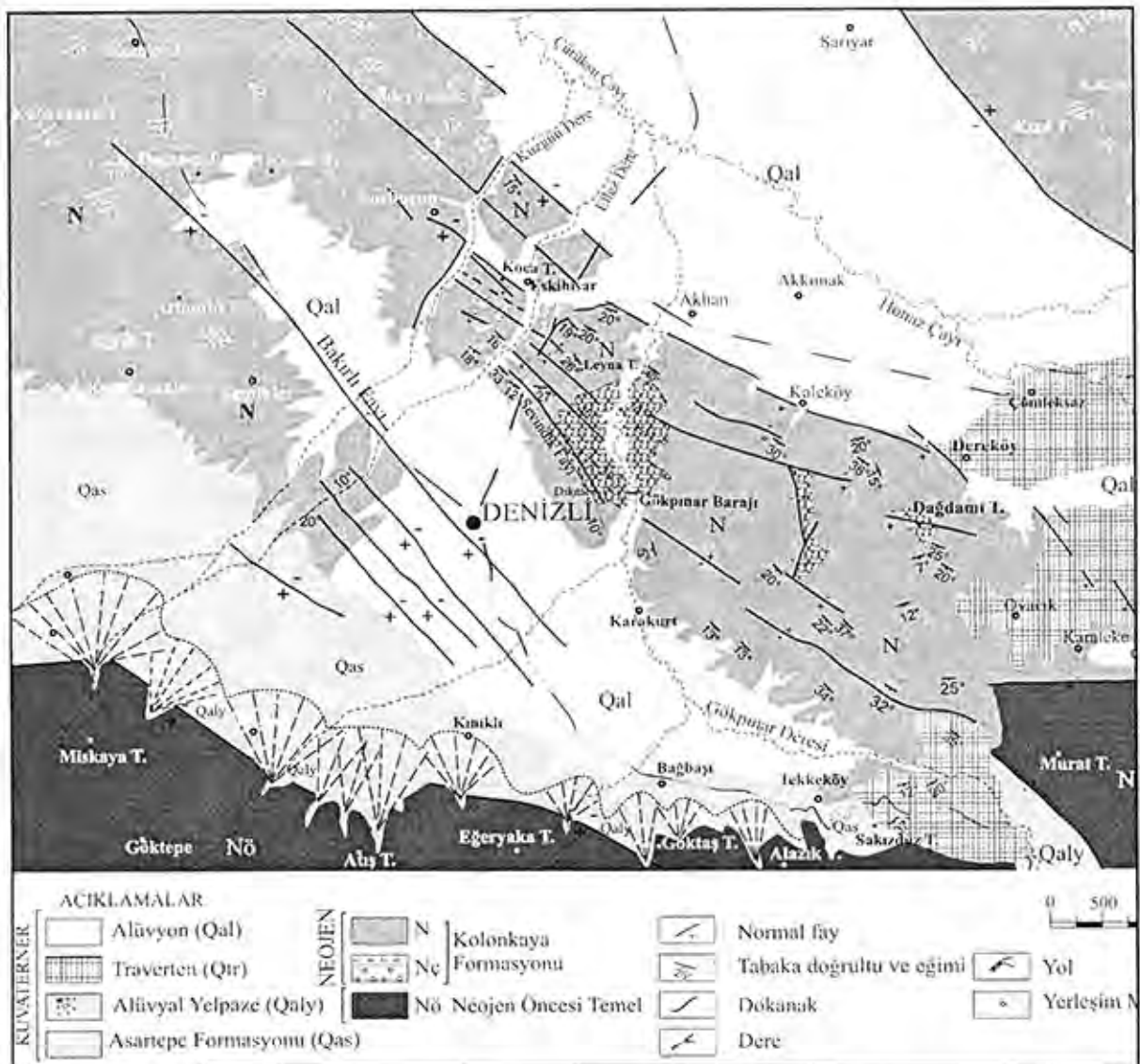
Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

jeofizik veri tabanları oluşturulmuştur. Ayrıca, bölgenin depremselliği ve faylanma sistemleri ile ilişkisinin incelendiği bir deprem veri tabanı da hazırlanmıştır. Bu sistemde; jeolojik ve jeoteknik veriler ile sisteme aktarılan farklı analiz yöntemleri kullanılarak her sondaj yeri için sıvılaşma potansiyeli değerlendirilebilmektedir. Ayrıca yerleşim alanı içinde yapılan sismik kırılma ölçümlerine ilişkin veriler de sistemin veri tabanında yer almaktadır. Yukarıdaki veriler değerlendirilerek imar planına ilişkin yerleşime uygunluk haritası hazırlanabilmektedir.

2. DENİZLİ VE ÇEVRESİNİN JEOLojİSİ

Denizli il merkezi ve yakın çevresinde yüzeyleyen kaya birimleri, Neojen öncesi temel kayaları ve Neojen birimleri ile Kuvaterner çökelleridir (Şekil 2). Bunlardan Neojen öncesi temel kayalar daha çok havzayı çevreleyen, yüksek ve dağlık kesimlerde görülür. Bunların çoğu Menderes Masifi'ne ait metamorfik kayalardır. Havzanın değişik kesimlerinden alınan jeoloji kesitlerinde Menderes metamorfitleri



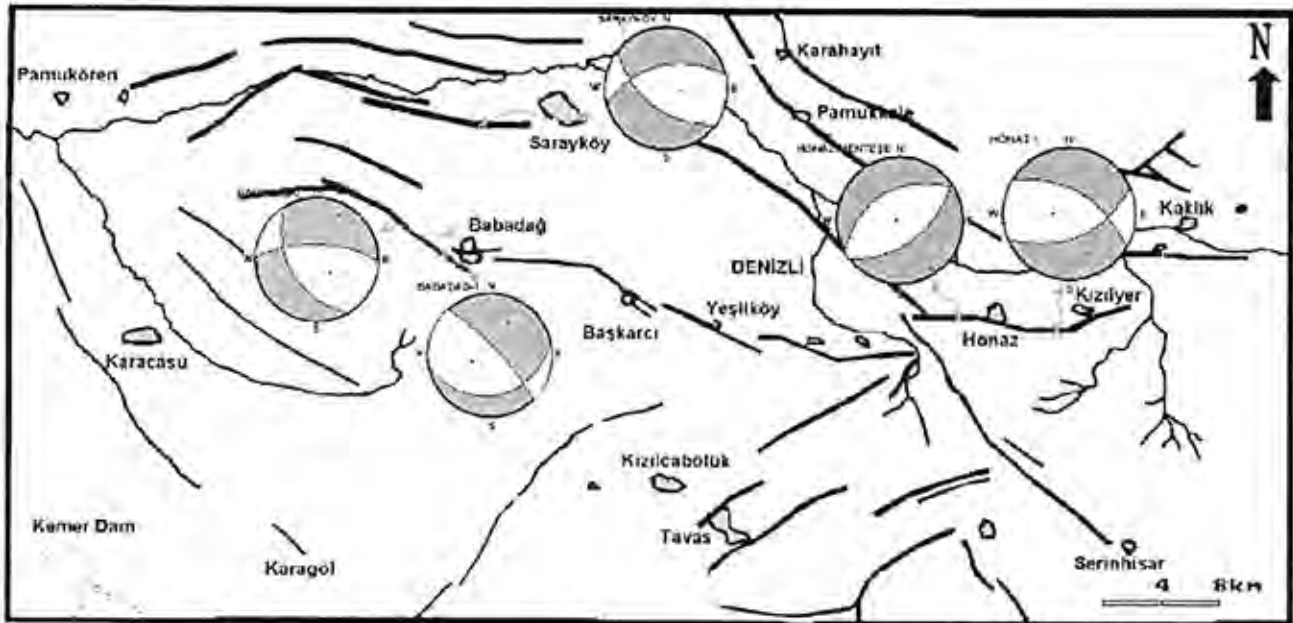
Sekil 2. Denizli ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Sun (1990) ve Topal (2003)'dan değiştirilerek).

Figure 2. Geological map of Denizli and its close vicinity (modified from Sun (1990) and Topal (2003)).

yaşlıdan gence doğru: gnays, şist, kuvarsit ve mermerlerle temsil edilmektedir. Neojen birimleri; alüvyal yelpaze, yelpaze deltası, göl ve akarsu ortamlarında depolanmış olup, graben dolguları olarak nitelendirilebilecek çökellerden oluşmaktadır (Şimşek, 1984). Göl ve akarsu ortamlarında depolanmış, genellikle havza kenarlarında ve havza ortası bazı yükselim alanlarında yüzeylenen Neojen birimlerine Taner (2001) tarafından Geç Miyosen (Ponsiyen) yaşı verilmiştir. Neojen yaşlı çökellerden Kolonkaya Formasyonu inceleme alanında geniş bir yayılım göstermektedir. Bu formasyonun egemen kaya türünü oluşturan kumtaşları; sarımsı, açık pas ve koyu kahverenkli, genellikle gevşek tutturulmuş ve dağınık, parlak mika pullu, tane destekli, iyi boyanmalı, bazı düzeylerde çakıllı, genellikle paralel ve yersel çapraz katmanlıdır. Formasyonun adı ilk kez Şimşek (1984) tarafından verilmiştir. İnceleme alanında görülen Kuvaterner yaşlı Asartepe Formasyonu, konglomera, kumtaşı ve silttaşlarından oluşur. Alüvyal kökenli bu çökellerden oluşan formasyon Ercan vd. (1977) tarafından adlandırılmıştır. Bu çökellerde genelde kırmızımsı, kahverengi ve turuncu renkler hakim olup, yer yer kirli beyaz ve sarımsı renkler de görülmektedir. Orta-kalın ve az belirgin tabakalanma gösteren çakıltı-kumtaşı-silttaşı-çamurtaşı düzensiz ardalanması başlıca kaya topluluğunu oluşturur. Formasyon, yer yer kilaşı ve marn merccekleri de içermektedir. Neojen çökel istifinin üzerinde yer yer görülen traverten, eğim atımlı normal fayların sıçrama yaptığı alanlarda depolanmıştır (Çakır, 1999). Travertenler yeşilimsi gri, krem renkli göl bataklık çökelleri ve kırmızımsı kahverenkli alüvyal çökeller, eski toprak ve kaba kırıntılı geçici akarsu çökelleri ile yanal ve düşey geçişlidir (Özkul vd., 2002).

3. DENİZLİ VE ÇEVRESİNİN DEREMSELLİĞİ

Denizli graben havzası Batı Anadolu genişleme bölgesinde Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin kesiştiği alanın doğusunda yer alır. (Şekil 3). Genel olarak KB-GD uzanımlı olan graben, eğim atımlı normal faylarla sınırlanmıştır. Kuzeyde KB-GD doğrultulu Pamukkale-Karahayıt fayı, güneyde KB-



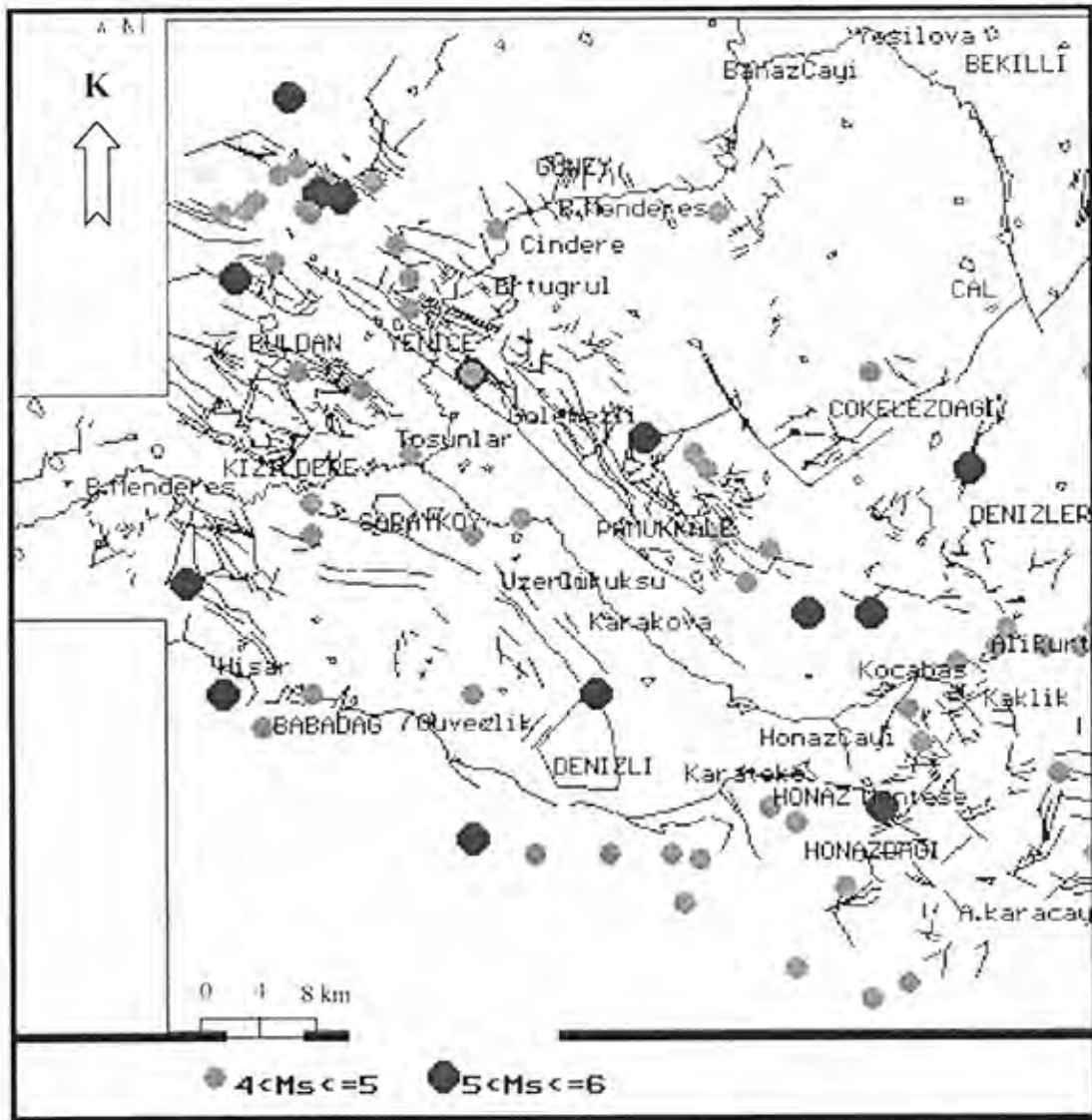
Şekil 3. Denizli ve yakın çevresinin tektonik haritası ve Babadağ, Sarayköy ve Honaz yakınlarındaki faylara ait faylanma mekanizması çözümleri (Aydan vd., 2001).

Figure 3. Tectonic map of Denizli and its close vicinity, and focal plane solutions of the faults near Babadağ, Sarayköy and Honaz (after Aydan et al., 2001).

GD doğrultulu Babadağ-Denizli fayı ve havzanın doğusunda yaklaşık D-B doğrultulu Honaz fayı bölgede deprem üreten ana faylardır (Şekil 3).

Tarihsel dönemde meydana gelen depremlere ait veriler değerlendirildiğinde, günümüzde Pamukkale olarak adlandırılan ve antik dönemde adı Hierapolis olan kenti etkileyen yıkıcı depremlere ait kayıtlar mevcuttur. Bu verilere göre, MS 17, MS 60, 150, 350 ve 640 tarihlerinde Hierapolis ağır hasar görmüştür (D'Andria, 2003). 1358 yılında meydana gelen deprem Pamukkale'de çok büyük hasara neden olmuş ve bunun sonucunda da Pamukkale terk edilmiştir. 1878 depreminde de Pamukkale ve çevresinde önemli hasarlar meydana gelmiştir (Kumsar ve Aydan, 2005).

1900 yılından bu yana inceleme alanı ve çevresindeki deprem odaklarının dağılımı ve faylarla olan ilişkileri Şekil 4'de verilmiştir. 1965 yılında aletsel büyüklüğü 5.7 olan Honaz merkezli depremle ilgili



Şekil 4. Denizli ve çevresinde 1900-2005 yılları arasında meydana gelen depremlerin merkez üstleri ve başlıca tektonik hatlar.

Figure 4. Epicentres of the earthquakes occurred in Denizli region between 1900 and 2005 and main tectonic lines.

olarak Karateke köyü, Honaz ilçesi ve Kızılyer köyü arasındaki alanda KD-GB doğrultulu ve 15 km boyunca bir yüzey kırığının oluştuğu, bu depremi yaşayan yöre halkı tarafından ifade edilmiştir. 21 Nisan 2000'de 5.2 büyüklüğünde ve merkez üssü Honaz olarak verilen deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden sonra, Denizli Ovası içinde yer alan yerleşim yerlerini tedirgin eden çok sayıda küçük depremler meydana gelmiştir. 23 ve 26 Temmuz 2003 tarihlerinde merkez üsleri Buldan ilçesi yakınlarında olan 5.2 ve 5.6 büyüklüğündeki depremler meydana gelmiş olup, yığma ve kerpiç evlerde hasara neden olmuştur (Kumsar vd., 2003).

4. JEOLÖJİK VE JEOTEKNİK KENT BİLGİ SİSTEMİ

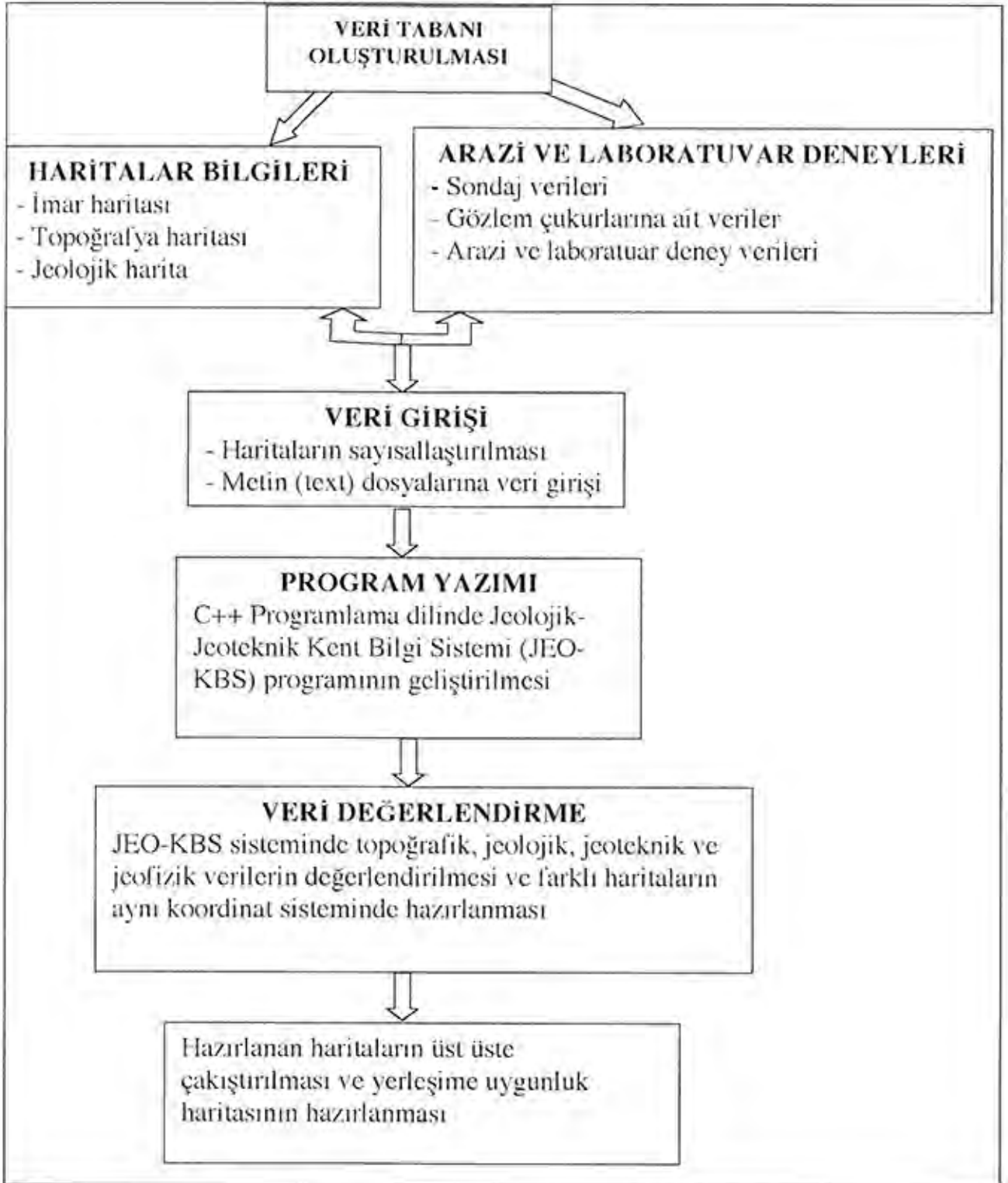
Bu çalışmada; Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü araştırma ekibi tarafından yürütülen "Denizli Belediyesi Yerleşim Alanlarının Jeolojik, Jeoteknik ve Hidrojeolojik Özellikleri" (PAÜ, 2002) adlı projede üretilen veriler esas alınarak jeolojik ve jeoteknik kent bilgi sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemin programı yazarlar tarafından yazılmıştır. Geliştirilen bu bilgisayar programı yazılımında, C++ programlama dili kullanılmış ve programa JEO-KBS adı verilmiştir. Sistemde; topoğrafik veriler, imar adaları, jeolojik ve tektonik bilgiler, jeoteknik sondaj logları, sondajlardan alınan örselenmiş ve örselenmemiş örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri, arazi deney sonuçları, yeraltısuyu seviyesi verileri ile sondajların koordinatlarını içeren jeoteknik veriler için ayrı veri tabanları oluşturulmuştur (Şekil 5).

Arazi gözlemleri, sondajlar, gözlem çukurları ve jeofizik ölçümlerden elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan jeoloji ve mühendislik jeolojisi haritalarının sayısallaştırılarak sisteme aktarılmasıyla oluşturulan jeoloji ve jeoteknik veri tabanı ile istenilen mahallenin, hatta imar adasının yüzey jeolojisi ve jeoteknik özellikleri hakkında bilgi edinilmesi mümkün olmaktadır.

JEO-KBS sisteminde istenilen her bir veri farklı altlık olarak tanımlanan haritalar üzerinde çizilmekte ve bu veriler görülebilmektedir. Verilerin değerlendirilmesinde kullanılan sondaj noktalarının konumları ve SK3 nolu sondaj kuyusu logu örnek olarak Şekil 6'da verilmiştir. Bu sondaj logunda; SK3 sondajının yerinin koordinatları, yeraltısuyu seviyesi, sondaj derinliği, sondaj boyunca karşılaşılan jeolojik birimlerin kalınlıkları ve tanımları, sondajda farklı derinliklerde elde edilen SPT darbe sayıları, sondaj boyunca zemin karotlarından alınan örneklerin indeks özellikleri, zemin sınıfları, elek analizi deney sonuçları ve örneklerin alındıkları derinlikler belirtilmiştir.

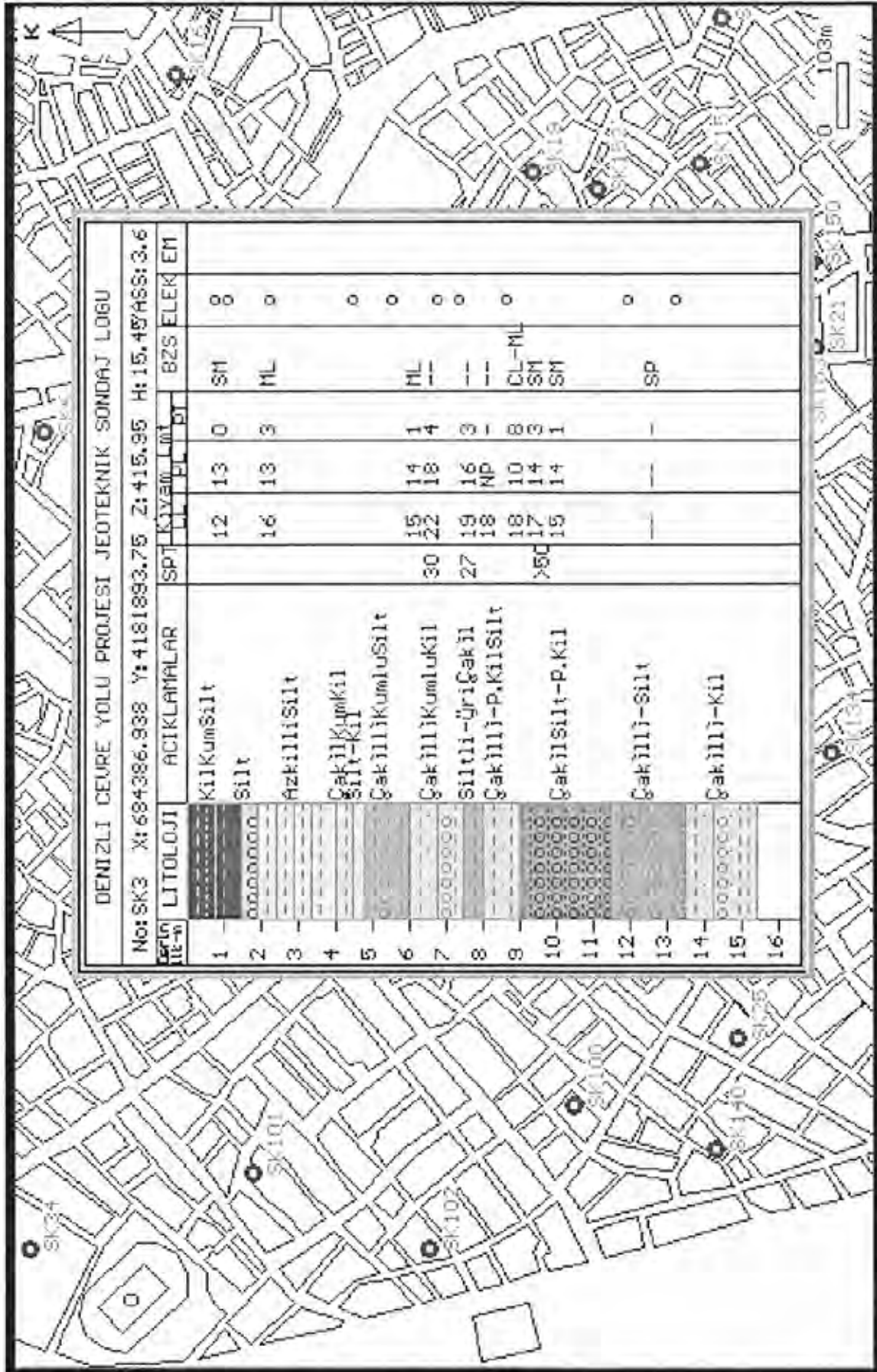
JEO-KBS sisteminde yeralan sondaj loglarındaki yeraltısuyu seviye verileri kullanılarak yeraltısuyu eş derinlik haritası hazırlanabilmektedir. Denizli iline ait yeraltısuyu eş derinlik haritası Şekil 7'de verilmiştir. Denizli il merkezinde yeraltısuyu derinliği yüzeyden 1 ile 10 m arasında değişen derinliklerdedir.

JEO-KBS sisteminde Denizli ilini önemli ölçüde etkileyebilecek bir depremin büyüklüğü Aydan vd., (2001) tarafından 6.3 ve odak derinliği 17.6 km olarak belirlenmiştir. Söz konusu depremin dış merkezinin Denizli il merkezine yakın olacağı varsayılmıştır. Odak derinliği, dış merkez ve sondaj noktasının koordinat verileri de kullanılarak, sondaj noktalarındaki yer ivmesi değerleri Aydan vd. (2001) tarafından geliştirilen azalım ilişkisi kullanılarak her sondaj için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu değerlendirme esas alınarak arazi ve zemin mekaniği laboratuvar deneylerinin sonuçları değerlendiril-



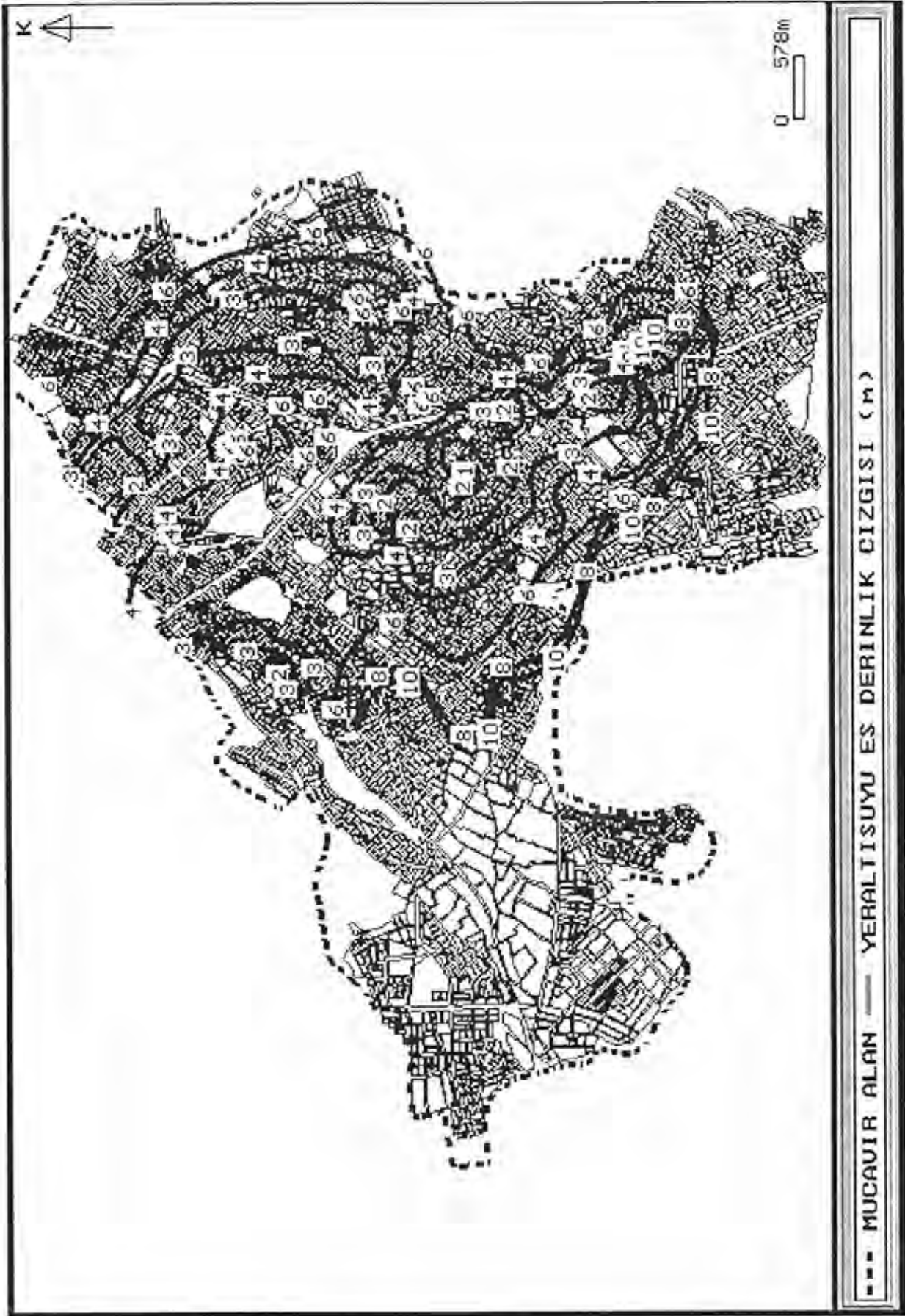
Şekil 5. Jeolojik-jeoteknik kent bilgi sistemi (JEO-KBS) akış diyagramı.

Figure 5. Flow chart of the geological-geotechnical information system (JEO-KBS).



Şekil 6. Sondaj noktalarının Denizli yerleşim alanındaki dağılımı ve SK3 no.lu sondaja ait jeoteknik log.

Figure 6. Distribution of boreholes in Denizli settlement area and geotechnical log of borehole SK3.



Şekil 7. İnceleme alanının yeraltısuyu eş derinlik haritası.
 Figure 7. Groundwater contour map of the study area.

miştir. JEÖ-KBS sisteminde Yoshimi (1983) ve Youd vd. (2001) tarafından önerilen iki ayrı sıvılaşma analiz yöntemi kullanılabilmektedir. Denizli il merkezi zeminlerinin sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi için Youd vd. (2001) tarafından önerilen ve SPT verisini esas alan sıvılaşmaya karşı güvenlik katsayısı (FL) hesaplama yöntemi kullanılmıştır. Hesaplanan FL değerleri, Iwasaki vd. (1982) tarafından önerilen sıvılaşma potansiyeli indeksi (IL) hesaplamasında kullanılmış ve inceleme alanının sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir (Şekil 8). İnceleme alanı zeminlerinin sıvılaşma potansiyeli derecesi Iwasaki vd. (1982) sınıflamasına göre yapılmış ve $IL=0$ için çok düşük, $0 < IL \leq 5$ için düşük, $5 < IL \leq 10$ için orta, $10 < IL \leq 15$ için yüksek ve $IL > 15$ için çok yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip alanlar belirlenmiştir.

İnceleme alanında yapılan 112 adet sismik kırılma ölçümünden elde edilen makaslama dalgası hızları (V_s) kullanılarak zemin büyütmesi faktörü (A) Midorikawa (1987) tarafından önerilen aşağıdaki ampirik ilişki kullanılarak hesaplanmış olup, kent için eş zemin büyütme eğrisi haritası Şekil 9'da verilmiştir.

$$A = 68 V_s^{-0.6} \quad (1)$$

Neojen temel üzerindeki alüvyonun ortalama kalınlığı (H) 50 m alınarak inceleme alanındaki zeminlerin doğal salınım süreleri (T_p) eşitlikle 2'den (Kramer, 1996) hesaplanmış ve Şekil 10'da verilmiştir.

$$T_p = \frac{4H}{V_s} \quad (2)$$

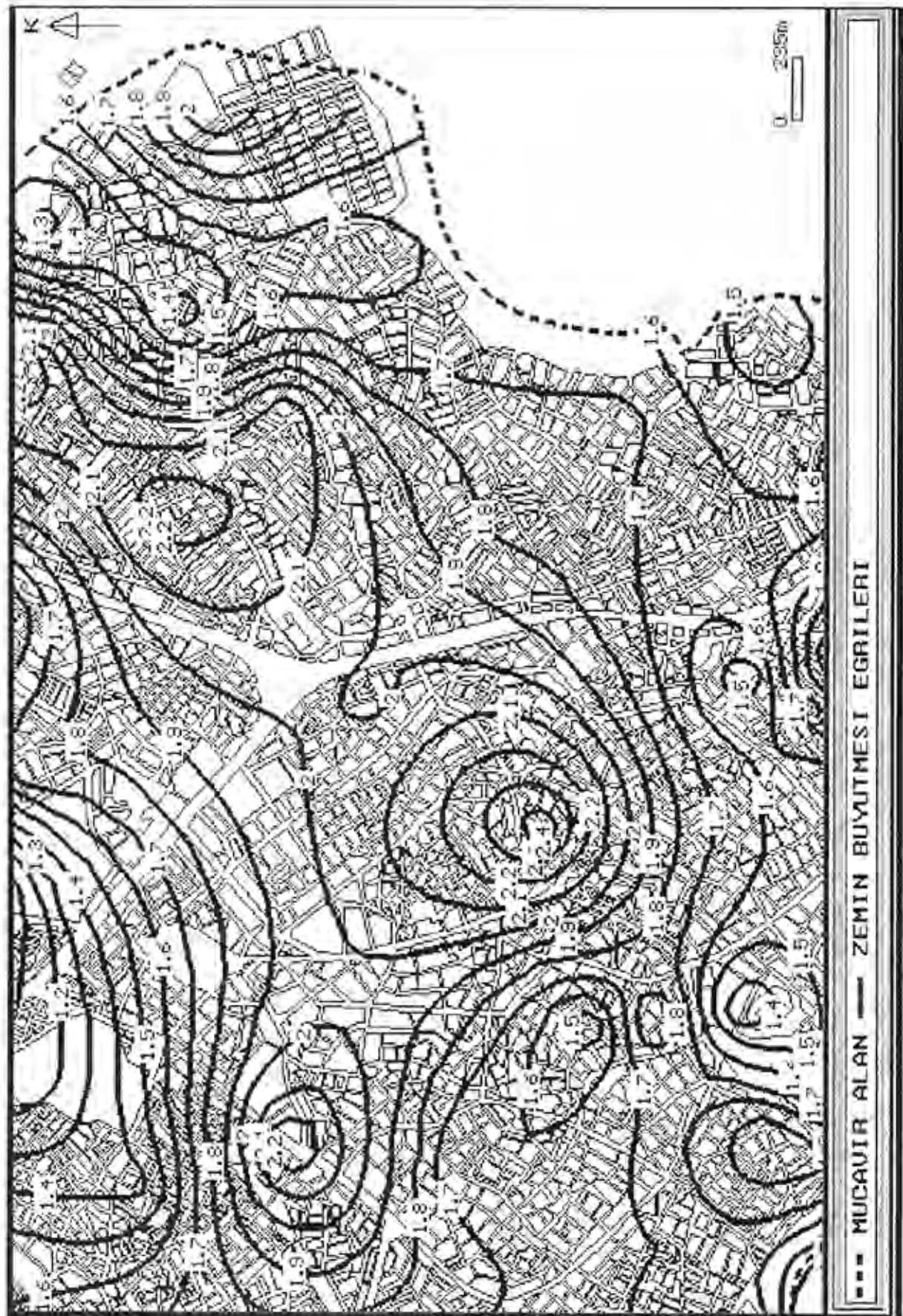
İmar planı çalışmalarında şehir planlamacıları tarafından esas alınan yerleşime uygunluk haritalarının hazırlanması için jeoloji, eğim, yeraltısuyu eş derinlik, jeoteknik ve jeofizik verilerin değerlendirildiği haritalar kullanılmaktadır. Denizli Belediyesi mevcut mücavir alanının yerleşime uygunluk haritasının hazırlanmasında elde edilen tüm haritalar sırayla üst üste çakıştırılmış, jeolojik, jeoteknik ve jeofizik veriler ışığında; yerleşime (yapılaşmaya) önlem alınarak uygun alanlar (UÖA), yerleşime uygun alanlar (UA) ve DSİ tarafından korunması düşünülen dere yatakları, kanal güzergahları boyunca yerleşime uygun olmayan alanlar (UOA) belirlenmiştir (Şekil 11).

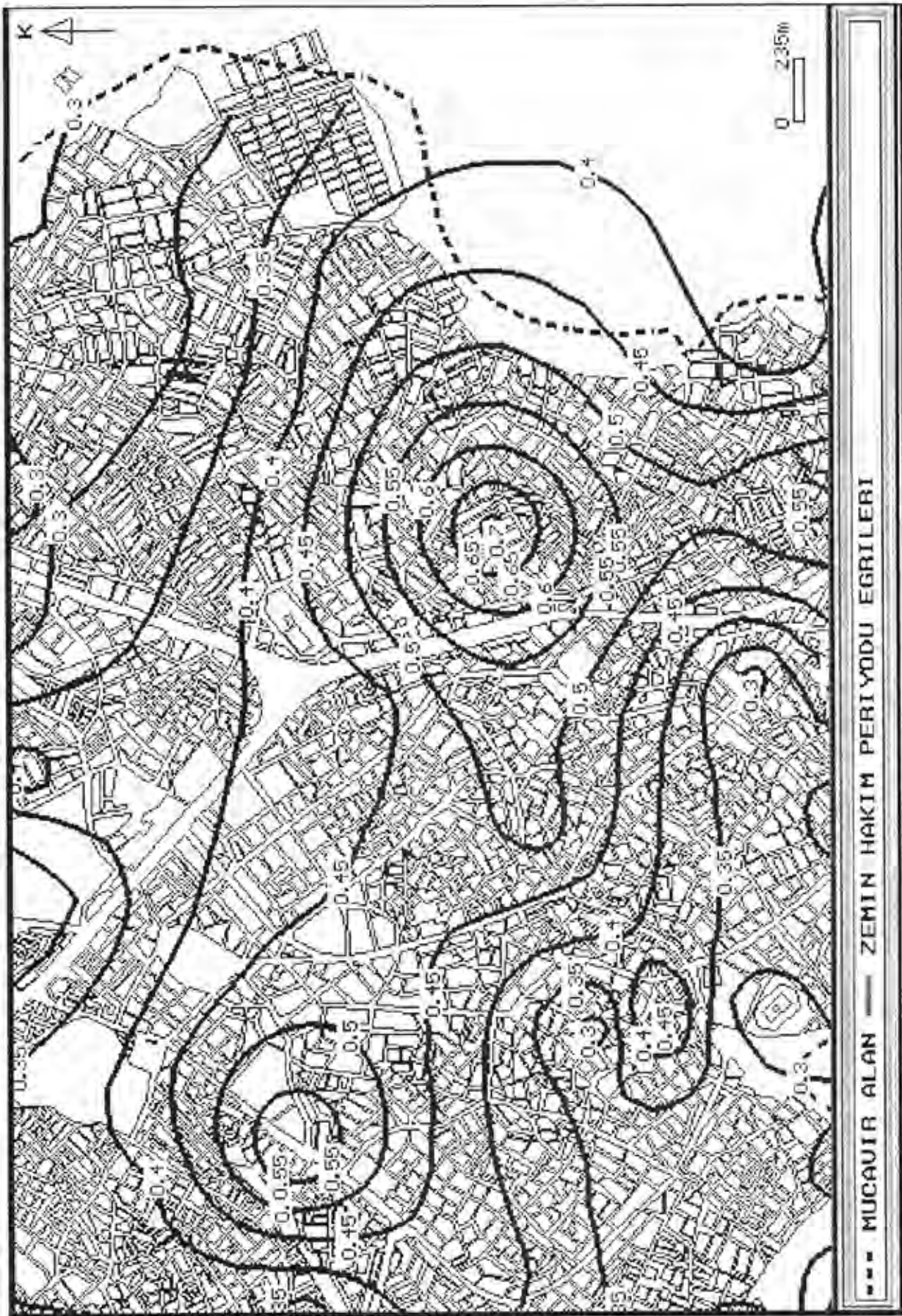
Yerleşime önemli uygun alanların belirlenmesinde zemin büyütmesi değerleri (A) 2.0 ve üzerindeki alanlar, kayma dalgası hızı (V_s) 350 m/sn ve altındaki alanlar, yeraltısuyu seviyesi 10 m'den düşük alanlar, yamaç eğimi %20'den yüksek alanlar, jeolojik haritada çakıl, kum ve silt-kil'den oluşan alüvyon zeminlerin yayılımı ve çalışma alanındaki tektonik yapı dikkate alınmıştır. Her verinin değerlendirildiği haritalar aynı koordinat sisteminde JEÖ-KBS sistemine aktarılmış, bir veya birden fazla parametreye bağlı önemli alanlar tanımlanmıştır. Önemli uygun alan (ÖUA) ve uygun olmayan alanların (UOA) dışında kalan kesimler ise yerleşime uygun alanlar (UA) olarak tanımlanmıştır.

Önemli alanların belirlenmesinde, etkili olan değişkene bağlı olarak, tekil veya sürekli temel derin temel tipi seçimi, zemin iyileştirmesi, yeraltısuyu ve yüzey suyu drenajı, şev duraylılığını artırıcı mühendislik çalışmalarının yapılması önerilmiştir. PAÜ (2002) tarafından yapılmış bu çalışma, Denizli Belediyesi için genel içerikli jeolojik ve jeoteknik bir çalışmadır. Parsel bazındaki çalışmalarda ayrıntılı inceleme yapılması, bu çalışmadan elde edilecek sonuçlara göre mühendislik önlemleri öneriler belirlenmelidir. JEÖ-KBS bilgi sisteminde yeralan sayısal veriler, projelendirme ve yapılaşma sırasında uygulayıcılara ışık tutacaktır.

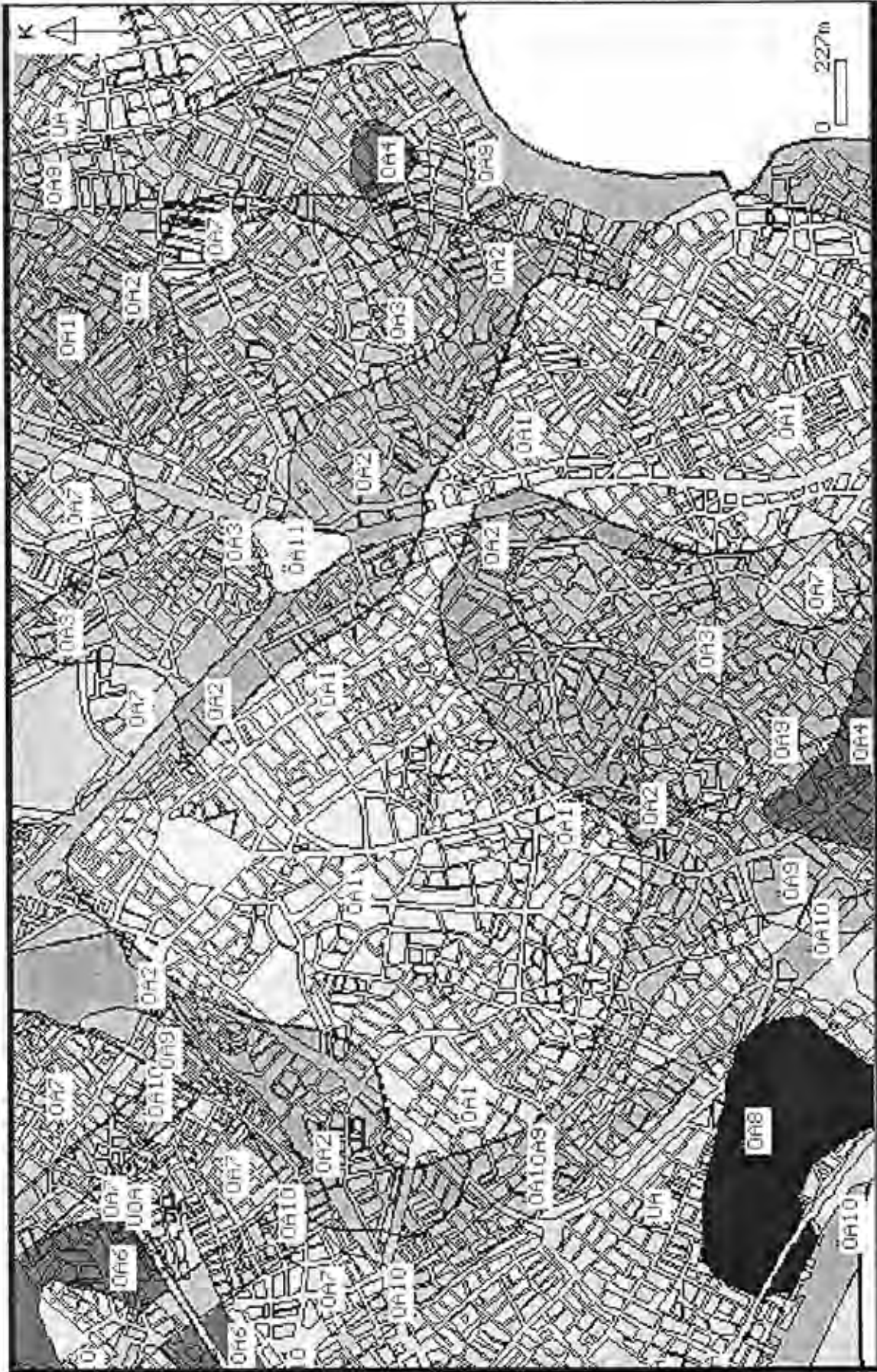


Şekil 8. İnceleme alanının sivilleşme potansiyeli indeksi konturları
 Figure 8. *Laquefaction potential index contours of the study area.*





Şekil 10. Zemin hakim periyodu eşdeğer eğrileri haritası.
 Figure 10. Map of soil period contours.



Şekil 11. Denizli ilinin yerleşime uygunluk haritası.
Figure 11. Settlement suitability map of Denizli city.

5. SONUÇLAR

Borland C++ programlama dili kullanılarak geliştirilen JEO-KBS sistemi sayesinde; kentleşmeye yönelik jeolojik ve jeoteknik çalışmalarda, verilerin sayısal ortamda koordinat sistemi kullanılarak noktasal bazda saklanması ve kullanıcı tarafından talep edildiği anda ulaşılması sağlanmıştır. Jeolojik ve jeoteknik verilerin aynı koordinat sisteminde mahalle ve imar haritaları üzerinde çizdirilmesi sonucu kentleşme ile ilişkisi gösterilmektedir. Yerleşime uygunluk haritasının hazırlanmasında, farklı bilgiler içeren ve aynı koordinat sisteminde çizilmiş haritalar JEO-KBS sisteminde üst üste çakıştırılmakta ve ekran üzerinde belirlenen alanlar sayısallaştırılabilmektedir.

İnşa edilecek binalara ilişkin jeoloji ve jeoteknik etüt raporlarındaki verilerin JEO-KBS sistemine girilmesiyle mevcut veri bankası genişleyecektir. Artan veri sayısına bağlı olarak; jeolojik ve jeoteknik değerlendirmeler sistem içinde tekrar yapılacak, kentin mikro bölgelendirme haritaları sürekli yenilenerek daha ayrıntılı çalışmalar yürütülecek ve uygulamaya aktarılacaktır. Bu özelliği ile de JEO-KBS kent bilgi sistemi sürdürülebilir bir jeolojik-jeoteknik bilgi sistemi özelliğindedir.

6. KATKI BELİRTME

Yazarlar; bu çalışmanın yürütülmesi için araştırma alt yapısının gelişmesine destek sağlayan Pamukkale Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Hasan Kazdağlı'ya ve JEO-KBS sisteminin veri tabanına esas oluşturan jeolojik ve jeoteknik verilerin üretilmesinde önemli katkıları olan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve elemanlarına teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Aydan, Ö., Kumsar, H., and Ulusay, R., 2001. How to infer the possible mechanism and characteristics of earthquakes from striations and ground surface traces of existing faults. *Seismic Fault Induced Ground Failures*, Tokyo, 153-162.
- Çakır, Z., 1999. Along-strike discontinuity of active normal faults and it's influence on Quaternary travertine deposition: Examples from Western Turkey. *Journal of Earth Sciences*, 8, 67-80.
- D'Andria, F., 2003. Hierapolis (Pamukkale) Arkeoloji Rehberi. Ege Yayınları, İstanbul, 240s.
- Ercan, T., Dinçel, A., Günay, E. ve Türkecan, A., 1977. Uşak yöresinin jeolojisi ve volkanitlerinin petrolojisi. MTA Derleme No: 6354.
- Iwasaki, T., Tokida, K., Tatsuoka, F., Watanabe, S., Yasuda, S., and Sato, H., 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *Proceedings of the 3rd International Earthquake Microzonation Conference, USA*, 1319-1329.
- Kramer, S. L., 1996. *Geotechnical Earthquake Engineering*. Prentice-Hall, NJ, 653 p.
- Kumsar, H., and Aydan, Ö., 2005, Faulting and shaking characteristics of earthquakes in the Denizli Province (Turkey). *Proceedings of International Earth Sciences Colloquium on the Aegean Region, IESCA-2005, İzmir*, p 232.

- Kumsar, H., Çelik, S. B., and Aydan, Ö., 2003. Some characteristics of recent earthquakes in western Turkey: Seferihisar (İzmir) and Buldan (Denizli) earthquakes. An International Colloquium on the Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, Koriyama, Japan, 111-122.
- Midorikawa, S., 1987. Prediction of isoseismal map in the Kanto Plain due to hypothetical earthquake. Journal of Structural Engineering, 33B, 43-48.
- Özkul, M., Varol, B. ve Alçıçek, M. C., 2002. Denizli travertenlerinin petrografik özellikleri ve depolanma ortamları. MTA Dergisi, 125, 13-29.
- PAÜ, 2002. Denizli Belediyesi yerleşim alanlarının jeolojik, jeoteknik ve hidrojeolojik özellikleri. Pamukkale Üniversitesi Döner Sermaye Projesi, Denizli, 766.
- Şimşek, Ş., 1984. Denizli, Sarayköy-Buldan alanının jeolojisi ve jeotermal enerji olanakları. İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Yayın Organı, 3, 145-162.
- Sun, S., 1990. Denizli-Uşak arasının jeolojisi ve linyit olanakları. MTA Raporu, No. 86.
- Taner, G., 2001. Denizli bölgesi Neojen'ine ait katların stratigrafik konumlarında yeni düzenleme. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 54-79.
- Tokimatsu, K. and Yoshimi, Y., 1983. Empirical correlation of soil liquefaction based on SPT-N value and fines content. Soil and Foundations, 23(4), 56-74.
- Topal, S., 2003. Denizli neojen istifinin stratigrafisi ve tektonik özellikleri, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (yayınlanmamış).
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Arango, I., Castro, G., Cristian, J.T., Dobry, R., Liam Finn, W.D., Harder Jr., L.F., Hynes, M.E., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson III, W.F., Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B., and Stokoe, K.H., 2001. Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on evaluation of liquefaction resistance of soils. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, 127, 817-832.