

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL TUZLA KOYU DENİZ DİBİ ve KIYI ÇÖKELLERİNİN
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

YÜKSEK LİSANS

Jeoloji Müh. Barbaros ŞİMŞEK

**Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK**

KOCAELİ, 2008

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL TUZLA KOYU DENİZ DİBİ ve KIYI ÇÖKELLERİNİN
MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Müh. Barbaros ŞİMŞEK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 31 Aralık 2007

Tezin Savunulduğu Tarih: 21 Şubat 2008

Tez Danışmanı

Yrd.Doç.Dr. Özkan ÇORUK

(.....)

Üye

Doç.Dr. Erkan GÖKAŞAN

(.....)

Üye

Yrd.Doç.Dr.Ahmet KARAKAŞ

(.....)

KOCAELİ, 2008

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

İstanbul Tuzla Koyu Deniz Dibi ve Kıyı Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi konulu yüksek lisans tez çalışması, jeolojisi mühendisliği açısından kıyı çökelleri ve deniz tabanı çökellerinin deniz ile etkileşimlerinde göz önüne alınarak elde edilen sonuçların sunulması ile ortaya çıkarılmıştır.

Çalışmamı hazırlarken vermiş olduğu bilimsel destek, gösterdiği hoşgörü, sabır ve anlayıştan dolayı değerli hocam sayın Yrd.Doç.Dr. Özkan CORUK'a,

Çalışmanın hazırlanmasında özellikle oşinografik ve sismik veri temininde gerekli izin ve desteği sağlayan Dz.K.K.Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanı sayın Tuğamiral Musatafa İPTEŞ'e, sayın Dr.Y.Müh.Kd.Alb.Ahmet TÜRKER'e, sayın Dr.Y.Müh.Alb.Erhan GEZGİN'e, sayın Y.Müh.Bnb.Mustafa ÖZYALVAÇ'a, sayın Y.Müh.Bnb.Ahmet NURİ ÜNLÜ'ye, sayın Y.Müh.Kd.Yzb.Şeyhmus DİREK'e ve sayın Y.Müh.Yzb.Murat ELGE'ye,

Çalışmanın ortaya çıkmasında katkıları ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim Jeofizik Yüksek Mühendisleri Mehmet ŞİMŞEK'e, Emre TUNCER'e ve Şenol Avni DİNÇER'e, Jeoloji Mühendisleri Sinan ÜÇKARDEŞ'e, Şenol AYDIN'a ve Zafer YILDIRIM'a, Veri İşlem Uzmanları Ayşem BAŞARAN'a ve Hamide TUZİ'ye, Biyolog Lale Arzu YÜCESOY'a, Harita Teknikeri Baskın ELÖVER'e, Kimya Y.Müh. Aybala GENÇASLAN'a, Meteor.Y.Müh. İpek OSANMAZ'a, Astsb.Kd.Bşçvş.Melih NURAY'a, Oşinografi Teknikeri Fahri YEŞİLBAŞ'a, Laborant Hüseyin TOPAL'a, Elektronik Teknikeri Ali ÖZBATTAL'a ve Ersoy DEMİR'e, Astsb.Kd.Bşçvş.Sedat ERDOĞAN'a ve Astsb.Üçvş.Cem BİLİCİ'ye, Elek.Müh.Gökhan PARLAK'a, Bilgi İşlem Uzmanı Buket AKIN'a ve adına yer veremediğim tüm çalışma arkadaşlarıma,

Bilimsel çalışmalarını hiçbir koşul ileri sürmeksizin kullanmama izin veren, görüş ve önerileri ile çalışmamı katkıları olan sayın Yrd.Doç.Dr. Hüseyin TUR'a, sayın Doç.Dr.Erkan GÖKAŞAN'a ve sayın Prof.Dr. Bedri ALPAR'a,

Tezimi inceleyerek önerilerde bulunan sayın Yrd.Doç.Dr. Ahmet KARAKAŞ'a, görüş ve önerileri ile katkı sağlayan sayın Dr.Y.Müh.Kerim Tuncer SARIKAVAK'a ve sayın Dr.Y.Müh. Şükrü YURTSEVER'e, görüşleri ile mesleki gelişimime katkıda bulunan sayın Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU'na, sayın Prof.Dr.Nizamettin KAZANCI'ya ve sayın Prof.Dr.Mustafa ERGİN'e ve sayın Doç.Dr.Oya ALGAN'a,

Kıyı kesiminde yapılan imar planına esas çalışmaların bilimsel amaçla kullanılmasına izin veren ve kolaylık gösteren Tuzla Belediyesi çalışanlarına, veri temininde ellerindeki tüm raporları bilimsel amaçla kullanımına sunan Geosan A.Ş. sahipleri ve çalışanlarına,

Çalışmalarımı tamamlamam için bana destek olan annem Sevinç Şimşek'e, çalışmamı satır satır okuyarak düzeltme ve önerilerde bulunan dostlarım İnşaat Mühendisi Alp GEYİK'e ve İnşaat Mühendisi Duygu GEYİK'e,

Adını yazamadığım ancak bugüne kadar çeşitli sebeplerle tanıdığım, bilgi ve tecrübeleriyle ufku açan tüm insanlara teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ.....	iv
SİMGELER	v
ÖZET	vi
İNGİLİZCE ÖZET.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Önceki Çalışmalar	4
1.2. Kullanılan Materyal ve Yöntem	5
2. JEOLojİ	6
2.1. Kara Jeolojisi	6
2.2. Yapısal Jeoloji.....	12
3. MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ.....	19
3.1. Oşinografi	19
3.1.1. Marmara Denizi	19
3.1.2. Tuzla Koyu.....	21
3.2. Deniz Jeolojisi.....	25
3.2.1. Kıyı çökelleri	25
3.2.2. Deniz dibi çökelleri	35
3.2.3. Deniz dibi çökelleri mühendislik özellikleri	43
3.2.4. Kıyı çökelleri mühendislik özellikleri	50
4. SONUÇLAR.....	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası (ölçeksiz).....	2
Şekil 1.2: Tuzla Koyu uydu görüntüsü.....	3
Şekil 2.1: İnceleme alanı ve civarı genel jeoloji haritası	10
Şekil 2.2: İnceleme alanı ve civarı stratigrafik sütun kesit.....	11
Şekil 2.3: Anadolu'nun günümüzdeki hareket vektörü.....	15
Şekil 2.4: Marmara Denizi aktif fay geometrisi modelleri;	15
Şekil 2.5: Marmara Denizi batimetri verisi	16
Şekil 2.6: Marmara Denizi tabanında izlenen çizgisellik	16
Şekil 2.7:Marmara Denizi Aktif fay modelleri.....	17
Şekil 2.8: Tuzla Koyu sığ sismik hatları (ölçeksiz)	17
Şekil 2.9: a) Hat 1 sismik kesit; b) Hat 1 yorumlanmış sismik kesit	18
Şekil 2.10: a) Hat 2 sismik kesit; b) Hat 2 yorumlanmış sismik kesit.....	18
Şekil 2.11: a) Hat 3 sismik kesit; b) Hat 3 yorumlanmış sismik kesit.....	18
Şekil 3.1: Marmara Denizi derinlik (batimetri) haritası (ölçeksiz)	22
Şekil 3.2: Tuzla Koyu derinlik (batimetri) haritası (ölçeksiz).....	22
Şekil 3.3: Tuzla Koyu sıcaklık değişimleri A)Yaz dönemi, B) Kış dönemi	23
Şekil 3.4: Tuzla Koyu tuzluluk değerleri	24
Şekil 3.5: Tuzla Koyu oksijen değerleri	24
Şekil 3.6: Tuzla Koyu kıyı çökelleri sondaj bölgeleri	25
Şekil 3.7: Evliya Çelebi Mahallesi panel diyagramı	32
Şekil 3.8: Tersaneler Bölgesi panel diyagramı	33
Şekil 3.9: Cami Mah., Marmados Evleri, İstasyon Mah. panel diyagramı	34
Şekil 3.10: Tuzla Koyu dip numune noktaları (ölçeksiz)	35
Şekil 3.11: Folk-1974 Sınıflaması ve Tuzla Koyu tane boyu dağılımı	36
Şekil 3.12: Tuzla Koyu çakıl yüzdesi dağılımı	38
Şekil 3.13: Tuzla Koyu çakıl yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi.....	38
Şekil 3.14: Tuzla Koyu kum yüzdesi dağılımı	39
Şekil 3.15: Tuzla Koyu kum yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi	39
Şekil 3.16: Tuzla Koyu silt yüzdesi dağılımı	40
Şekil 3.17: Tuzla Koyu silt yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi.....	40
Şekil 3.18: Tuzla Koyu kil yüzdesi dağılımı	41
Şekil 3.19: Tuzla Koyu kil yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi.....	41
Şekil 3.20: Tuzla Koyu tane boyu dağılımı, numune noktaları ve derinlikleri	42
Şekil 3.21: Tuzla Koyu plastisite indisi değerlerinin derinlikle değişimi	45
Şekil 3.22: Casagrande plastisite diyagramı	46
Şekil 3.23: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri yoğunluk değerleri	49
Şekil 3.24: Tuzla Koyu kıyı çökelleri zemin türleri.....	57

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1: Evliya Çelebi Mahallesi kıyı çökelleri litolojisi.....	29
Tablo 3.2: Tersaneler Bölgesi kıyı çökelleri litolojisi	30
Tablo 3.3: Cami Mah., Marmados Evleri, İstasyon Mah. litolojisi.....	31
Tablo 3.4: Tuzla Koyu dip numune noktaları	35
Tablo 3.5: Tuzla Koyu tane boyu dağılımı	37
Tablo 3.6: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri likit limit değerleri	43
Tablo 3.7: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri plastik limit değerleri	44
Tablo 3.8: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri plastisite indisi değerleri.....	45
Tablo 3.9: Tuzla Koyu deniz dibi çökellerinin U.S.C.S sınıflanması.....	47
Tablo 3.10: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri tane boyu ve kıvam limitleri.....	48
Tablo 3.11: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri yoğunluk analizi sonuçları.....	49
Tablo 3.12: Tuzla Koyu kıyı çökelleri kıvam limitleri	54
Tablo 3.13: Tuzla Koyu kıyı çökelleri üç eksenli basınç dayanımı	55
Tablo 3.14: Tuzla Koyu kıyı çökelleri plastisite derecesi.....	56

SİMGELER

C°	: Santigrad Derece
cm ³	: Santimetre küp
gr	: Gram
G _s	: Tane Özgül Ağırlığı
kg	: Kilogram
L	: Sinyalin Katettiği Yol
l	: Litre
LL	: Likit Limit
m	: Metre
mg	: Miligram
Mn	: Numune Ağırlığı
Mnp	: Parafin Ağırlığı
ρ _n	: Yoğunluk
PL	: Plastik Limit
PI	: Plastisite İndisi
Pp	: Parafinin Doğal Birim Hacim Ağırlığı
sn	: Saniye
T	: Sinyal Geliş Gidiş Zamanı
V	: Sismik Hız
V _h	: Hacim
ø	: İçsel Sürtünme Açısı

Kısaltmalar

K.A.F.Z	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
S.H.O.D.B	: Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı
S.P.T	: Standart Penetrasyon Testi
U.S.C.S	: Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi

İSTANBUL TUZLA KOYU DENİZ DİBİ ve KIYI ÇÖKELLERİNİN MÜHENDİSLİK JEOLojİSİ

Barbaros ŞİMŞEK

Anahtar Kelimeler: Tuzla Koyu, Deniz Dibi ve Kıyı Çökelleri, Mühendislik Jeolojisi.

Özet: Bu çalışma, Tuzla Koyu Deniz Dibi ve Kıyı Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi konulu yüksek lisans tez çalışması olarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda Mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak kıyı çökelleri üzerinde yapılmış mevcut dokuz (9) adet sondajlı jeoteknik çalışma ve deniz dibi çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla da dokuz (9) adet çökel numunesi birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre sınıflandırılmıştır. Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde; deniz tabanı çökel dağılımı, çakıl oranı en fazla % 12.26, kum oranı % 1.06 - % 28.98, silt oranı % 41.98 - % 69.58, kil oranı ise % 26.5 - % 56.02 arasındadır. Dane boyu dağılımına göre kıyılarda kumlu çamur, üzerinde silt merceği ve derinliğin artmasıyla çamur biriminin saha genelinde dağılım yaptığı belirlenmiştir. İndeks özellikleri değerlendirildiğinde ise deniz tabanı birleştirilmiş zemin sınıflamasına (U.S.C.S) göre OH, OL ve CH sınıfı birimlerden oluşmaktadır. Kıvam limitleri, tane boyu analiz sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde, deniz tabanındaki birimlerin zayıf dayanımlı zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir. Kıyı çökellerinin ise, çakıl oranı en çok % 20.11, kum oranı % 4.30 - % 72, silt-kil oranı ise % 13.41 - % 95.70 arasında değişmektedir. Kıyı çökelleri mühendislik özellikleri değerlendirildiğinde ise CL sınıfı zeminlerin az plastik ve plastik davranış, CH sınıfı zeminlerin plastik davranış, SC sınıfı zeminlerin ise plastik ve az plastik davranış, SM-SC sınıfı zeminlerin ise az plastik veya plastik olmayan davranış, SM sınıfı zeminlerin ise plastik olmayan davranış gösterdiği belirlenmiştir. Kıyı çökellerinin, düşük kohezyon ve içsel sürtünme açıları nedeniyle zayıf dayanımlı zeminlerden oluştuğu belirlenmiştir.

ENGINEERING GEOLOGY OF BOTTOM AND COAST SEDIMENTS IN THE TUZLA BAY OF İSTANBUL

Barbaros ŞİMŞEK

Key Words: Tuzla Bay, Bottom and Coast Sediments, Engineering Geology.

Abstract: Engineering Geology of Tuzla Bay Bottom and Coast Sediments was studied for MSc degree thesis. The study included sea and land investigations. Engineering geology section consisted of nine geotechnical drilling holes data on Tuzla Coast and nine of sediment samples taken in Tuzla Bay. Samples obtained through drilling of Tuzla Coast and Tuzla Bay were classified based on U.S.C.S classification system. All of the data were utilized together to designate Engineering Geology of Tuzla Bay Bottom and Coast Sediments. Bottom sediments contained maximum gravel ratio as % 12.26, sand % 1.06 - % 28.98, silt % 41.98 - % 69.58, and clay % 26.5 - % 56.02 Grain size distribution of sea floor shows that the first layer is sandy mud spread on shore but this layer contains a silty lens and second layer is mud spread on floor and increases with depth. Index properties of these layers yield that on U.S.C.S system are OH, OL and CH group soils. These properties were evaluated together to describe bottom sediments consisting of low lean materials. Coast sediments consist of % 20.11 gravel, % 4.30 - % 72 sand, and % 13.41- % 95.70 silt-clay. Engineering properties of coast sediments show that CL group soil is plastic and semiplastic and CH group soil is plastic; SC group soil is plastic, semiplastic; SM - SC group soil is nonplastic, semiplastic; SM group soil is nonplastic. These features were assessed together to describe coast sediments consist of low lean materials because their low cohesion and low inner friction angle.

1.GİRİŞ

İstanbul Tuzla Koyu Deniz Dibi ve Kıyı Çökellerinin Mühendislik Jeolojisi konulu yüksek lisans tez çalışması, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr. Özkan CORUK yönetiminde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında mevcut kara ve deniz jeolojisi verileri derlenerek ve yeni veriler üretilerek, çalışma alanının mühendislik jeolojisi özellikleri değerlendirilmiştir.

Çalışma alanı, Marmara Bölgesinde Kocaeli Yarımadasının güneybatısında İstanbul ili Tuzla ilçesi sınırları içerisinde yer alır (Şekil 1.1). İnceleme alanının güneybatıdaki uç noktası Tuzla Burnu'dur ve Liman Burnu, Dalyan Burnu, Mankafa Burnu, Bal Burnu, Mağara Burnu, Son Burnu, Kale Burnu ile en güneydoğudaki Yelkankaya Burnu bölgenin diğer belirgin çıkıntılardır. En ileri çıkıntı Tuzla Burnudur ve güneyinde irili ufaklı adalar bulunur. En büyük ada Şemsiye Adası'dır. Kıyıları, tepelerin denize yakın olduğu kesimlerde ve genellikle burunlarda yüksek kıyı, tepelerin iç kısımlarında alçak kıyı niteliğindedir. Denize yakın kesimlerde oldukça geniş düzlükler yer alır. Düzlükler, platolar halinde tepelerin arasında uzanır. Denizden yükseklik 300 metreyi aşmaz. Aydınlı'daki Karatepe denizden 190 m Kavastepe 109 m yüksekliktedir. Tuzla koyunun en derin noktası ise yaklaşık 80 m derinliktedir. Tuzla Koyu uydu görüntüsü incelendiğinde Tuz Burnu ile Yelkenkaya Burnu arasındaki mesafenin 9.5 km, kıyıdan açığa mesafenin ise 5 km olduğu görülmektedir (Şekil 1.2).

İnceleme alanına İstanbul Kadıköy' den, Harem' den ve Gebze'den toplu taşıma araçlarıyla ulaşmak mümkündür. İnceleme alanında Akdeniz iklimi özellikleri görülür. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar yağışlı ve serindir. Yıllık ortalama sıcaklık 14 C° dir. Sıcaklık yaz ortalarında 39 C° ye yükselirken kış ortalarında sıfırın altında -10 C° ye kadar düşmektedir. Yıllık ortalama nem oranı yaklaşık % 72' dir. Yıllık yağış ortalaması ise yaklaşık 720 mm' dir. Yağışlar genelde yağmur şeklindedir. Deniz açısından poyraz ve lodos en çok esen rüzgarlardır. Lodosta, deniz fırtınası görülür. Bitki örtüsü, çalılıklar ve fundalıklardan oluşmakla beraber kırsal alanlarda genellikle makiler egemendir.



Şekil 1.1: İnceleme alanı yer bulduru haritası (ölçeksiz)



Şekil 1.2: Tuzla Koyu uydu görüntüsü (Google Earth uydu fotoğraflarından alınmıştır)

1.1.Önceki Çalışmalar

1963 Abdüsselamoğlu, tarafından hazırlanan Kocaeli Yarımadasının Jeolojisi, bölgeyle ilgili detaylı çalışmalardandır ve inceleme alanının içinde bulunduğu karasal bölgenin 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır.

1971-1978, Kaya; özellikle paleontolojik incelemelerle birimlerin yaşlandırılmasına katkıda bulunmuştur. İnceleme alanında yer alan kara jeolojisine ait bir çok formasyon adı bu araştırmacının önerdiği adlamalara göre kullanılmaktadır.

1976-1979, Sayar; İstanbul çevresinin jeolojik evrimine paleontolojik bulgulardan hareketle yorum ve açıklamalar getirmiştir.

1980-1987, Önalın; bölge sedimantoloji ve stratigrafisine önemli katkılar sağlamıştır. Birimlerin çökelme ortamlarını ve çökelme koşullarını özellikle Devoniyen birimlerini detaylı olarak açıklamıştır.

1990 Uygur' ın, hazırlamış olduğu İstanbul Boğazı Güneyinin Deniz Jeolojisi ve Jeomorfolojisi yüksek lisans tezi, deniz jeolojisi konusundaki özellikle tane boyu dağılımı özelliklerini veren detaylı çalışmalardandır.

2001 Baş, tarafından hazırlanan İstanbul Şelfi Kartal - Tuzla Arası Kara ve Deniz Alanları Yapısal Özellikleri konulu yüksek lisans tez çalışmasında sismik kesitler üzerinde değerlendirmeler yapılarak bölgedeki faylarla ilgili değerlendirmeler yer almıştır.

2002, Gazioğlu ve diğ.; Marmara Denizi dip morfolojisini çok ışınli batimetri verilerine göre değerlendirmiş ve deniz tabanındaki sediment üzerinde yer alan çizgiselliklerden bahsetmişlerdir.

2005, Terzioğlu, Batı Marmara için deniz dibi ve kıyı çökellerinden alınan numuneler üzerinde mekanik özellikleri belirleyerek mühendislik değerlendirmelerinde bulunduğu Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları ile Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması konulu yüksek lisans tez çalışmasını hazırlamıştır.

2005 Gedik ve diğ.; MTA adına yaptıkları 1/50.000 ölçekli genel jeoloji haritalarında ve raporlarında çalışma alanı ve çevresindeki birimleri günümüzde tekrar değerlendirerek litolojileri ayırt etmiş ve stratigrafik yorumlarda bulunmuşlardır. İnceleme alanı kara jeolojisi bölümündeki adlamalar bu çalışmadan alınmıştır.

2006, Van Andel ve diğ.; Late Quaternary depositional history of the North Evvoikos Gulf, Aegean Sea, Greece adlı çalışmalarında yüksek çözünürlüklü sismik verilerle Kuzey Evvoikos Körfezini, geçmiş ve şimdiki deniz seviyesi değişimleri yönünden incelemişlerdir.

2007 Tur, tarafından hazırlanan İstanbul Boğazı Marmara Denizi Çıkışı ile Tuzla Körfezi Arasında Kalan Şelf Alanında Olası Genç Fayların Sismik ve Multi-Beam Batimetrik Veriler Yardımıyla Araştırılması konulu raporda da bölgedeki faylar hakkında ve deniz tabanı çökelleri ile ilgili değerlendirmeler mevcuttur.

2008, Kayen, Investigating Damage Caused by Offshore Earthquake Near World's Largest Nuclear Power Plant in Japan, raporunda deniz içinde meydana gelen depremlerin karada meydana getirdikleri zararları araştırmıştır.

1.2.Kullanılan Materyal ve Yöntem

İnceleme alanıyla ilgili ayrıntılı kaynak taraması yapılarak bölgeyle ilgili tanımlamalar yapılmıştır. İnceleme alanında yapılmış sondajların logları ve deney, analiz sonuçları incelenmiştir.

Bölgede deniz içinde mevcut; Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (S.H.O.D.B) tarafından toplanan sığ sismik kesitler yeniden değerlendirilmiş ve alınan deniz dibi örnekleri; elek analizi ve pipet analizine (ıslak) tabi tutularak zeminlerin tane boyu yüzde olarak belirlenmiş ve Folk tane boyu sınıflama sisteminde sınıflandırılmıştır. Deniz dibi çökel örnekleri, yoğunluk; likit limit; plastik limit deneylerine tabi tutularak kıvam özellikleri belirlenmiştir ve plastisite indisi değerlerine ulaşılmıştır. Sonuçta çökeller birleştirilmiş zemin sınıflama sisteminde sınıflandırılmıştır.

Kıyı çökelleri üzerinde yapılmış sondajların litolojik ve deneysel sonuçları derlenerek zeminler birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre yeniden değerlendirilmiştir.

2.JEOLOJİ

İnceleme alanı ve çevresinde karada yüzeyleyen birimler ve bölgedeki yapısal unsurlar bu bölümde tanımlanmıştır. Litolojik adlamalarda ve tanımlamalarda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün tanımlamaları kabul edilmiştir.

2.1.Kara Jeolojisi

İnceleme alanınıda kapsayan bölgede yer alan ve haritada incelenebilen birimler (Şekil 2.1), Paleozoyik, Permo-Triyas, Geç Kretase-Orta Eosen, Geç Oligosen-Erken Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı çökel kayalar ile Permian, Permo-Triyas ve Geç Kretase yaşlı magmatik-volkanik kayalardan oluşmuştur.

Stratigrafik olarak incelendiğinde (Şekil 2.2), en altta İstanbul Paleozoyiğine ait Bakacak Formasyonu (Ob) yer alır. Yeşil ve grimsi yeşil renkli, ince, genel olarak orta tabakalı kumtaşı ve mor renkli, laminalı şeyl ardalanması ile temsil edilen birim altta Kocatöngel, üstte Kurtköy formasyonları ile dereceli geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 750 m'dir ve yaşı Erken Ordovisyan'dır (Gedik ve diğ., 2005).

Bu birimi Kurtköy Formasyonu (Oku) izler. Birim soluk mor, kırmızı ve nadiren yeşilimsi gri renkli, orta-kalın tabakalı, feldispatlı kumtaşı, çakıllı kumtaşı, koyu mor-bordo renkli, laminalı, feldispatlı şeyl ardalanmasından, arkoz ve arkozik birimlerden oluşur. Altta Bakacak Formasyonu ile dereceli geçişlidir ve üstteki Aydos Formasyonu ile uyumludur. Birimin kalınlığı yaklaşık 1000 m'dir ve yaşı Erken Ordovisyan'dır (Gedik ve diğ., 2005).

Bu birimin de üzerinde Aydos Formasyonu (Oa) yer alır. Birim genel olarak beyaz, açık gri, bej ve kırmızı-mor renkli, ince-kalın tabakalı, silis çimentolu, kuvars kumtaşı ve kuvars çakıldaşından oluşur. Birim altta Kurtköy Formasyonu ile uyumlu olup, üstte Gözdağ Formasyonu ile geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 10-100 m arasında değişmektedir ve birimin yaşı Erken Ordovisyan'dır (Gedik ve diğ., 2005).

Aydos Formasyonu üzerine Gözdağ Formasyonu (OSg) gelir. Birim yeşilimsi, gri, ince tabakalı ve laminalı silttaşı-şeyl ile koyu yeşil ve yeşilimsi gri renkli, ince- orta tabakalı kumtaşı araldanmasından oluşur. Birim altta Aydos, üstte Dolayoba formasyonları ile geçişlidir. Birim yaklaşık 200-500 m kalınlığındadır ve yaşı Orta Ordovisiyen- Alt Silüriyen'dir. Gözdağ Formasyonu içinde Aydınli Üyesi (OSga) olarak tanımlanan beyazımsı bej ve sarımsı kahverenkli, ince-orta tabakalı, feldispatlı kuvars kumtaşlarından oluşan, mercekler halinde feldispatlı kuvars kumtaşlarından oluşan üye yer alır. Üye altta ve yanal yönde kapsamında olduğu Gözdağ Formasyonu, üstte ise Dolayoba Formasyonu ile geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 70 m ve yaşı Alt Silüriyen'dir (Gedik ve diğ., 2005).

Bu birimde Dolayoba Formasyonu (SDyd) üzerler. Birim açık gri ve yer yer pembe, yer yer de açık kahve renkli, ince-kalın tabakalı resifal kireçtaşlarından oluşur. Birim altta Gözdağ, üstte İstinye Formasyonları ile dereceli geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 100 m' dir ve yaşı Alt - Üst Silüriyen'dir (Gedik ve diğ., 2005).

Bu birimin de üzerine İstinye Formasyonu (SDyi) gelir. Birim altta Sedefadası Üyesi ile başlar. Üye ince laminalı kireçtaşı-şeyl araldanmasından oluşur. Altta Dolayoba Formasyonu, üstte Gebze Üyesiyle geçişlidir. Üyenin kalınlığı yaklaşık 75 m'dir ve yaşı Üst Silüriyen-Alt Devoniyen'dir. Bu birimi Gebze Üyesi (SDyig) üzerler ve üye; ince-kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Üye altta Sedefadası ve üstte Kaynarca Üyesiyle geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 150 m'dir ve yaşı Üst Silüriyen-Alt Devoniyen'dir. Bu üyede Kaynarca Üyesi (SDyik) tarafından üzerlenir. Üye iri yumru kireçtaşı-şeyl araldanmasından oluşur. Altta Gebze Üyesi, üstte Kartal Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Üyenin kalınlığı yaklaşık 75 m'dir ve yaşı Üst Silüriyen-Alt Devoniyen'dir. İstinye Formasyonu genel olarak altta Dolayoba, üstte Kartal formasyonları ile geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 300 m'dir ve yaşı Üst Silüriyen-Alt Devoniyen'dir (Gedik ve diğ., 2005).

Bu formasyonda Kartal Formasyonu (Dk) tarafından üzerlenir. Formasyon; yeşilimsi gri renkli, ince-orta tabakalı, kumtaşı (grovak)-şeyl araldanmasından oluşur ve yer yer killi kireçtaşı arakatmanları içerir. Birim altta İstinye, üstte Büyükada Formasyonları ile dereceli geçişlidir. Kalınlığı 750 m'dir ve yaşı Alt-Orta Devoniyen'dir. Birime ait Kozyatağı Üyesi (Dkk) ise yeşilimsi gri, gri, siyah ve beyazımsı bej renkli, ince-orta tabakalı, kireçtaşı, biyoklastik ve biyomikritik kireçtaşı, türbidit özellikli kumlu kireçtaşı, laminalı kireçtaşı ile gri renkli karbonatlı şeyllerden

ve yer yer kireçtaşı-şeyl araldanmasından oluşur. Kartal Formasyonu'nun orta düzeylerinde yer alan üye, formasyonu oluşturan diğer kaya türleri ile yanal ve dikey yönde dereceli geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 50-100 m arasındadır ve yaşı Alt-Orta Devoniyen'dir (Gedik ve diğ., 2005).

Kartal Formasyonu üstte Büyükada Formasyonu (DCdb) tarafından üzerlenir. Formasyon; yumrulu kireçtaşı, kalkerli şeyl ve grovaplardan oluşur. Formasyonun en alt bölümünde Bostancı Üyesi (DCdbb) bulunur. Birim kireçtaşlarından oluşmuştur. Üye altta Kartal Formasyonu, üstte Yörükali üyesi ile dereceli geçişlidir. Üyenin kalınlığı yaklaşık 10-50 m arasındadır ve yaşı Orta Devoniyen'dir. Bu üyenin üzerine gelen Yörükali Üyesi (DCdby) ise formasyonun ortasında yer alır ve şeyl-çört araldanmasından oluşur. Üye altta Bostancı, üstte ise Ayinebumu üyesi ile dereceli geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 100 m'dir ve yaşı Orta – Üst Devoniyen'dir. Bu üyeninde üzerine ince yumrulu kireçtaşından oluşan Ayineburnu Üyesi (DCdba) gelir. Üye altta Yörükali Üyesi, üstte ise Baltalimanı Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 25-75 m arasındadır ve yaşı Üst Devoniyen'dir. Büyükada Formasyonu ise bütün olarak altta Kartal, üstte ise Baltalimanı Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Formasyonun kalınlığı yaklaşık 200 m kadardır ve yaşı Orta – Üst Devoniyendir (Gedik ve diğ., 2005).

Bu birimde Ballıkaya Formasyonu (Ttb) üzerler. Gri, koyu gri ve siyah renkli, ince-kalın tabakalı, dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur. Birim altta Demirciler, üstte Kazmalı Formasyonları ile dereceli geçişlidir. Kalınlığı yaklaşık 5-350 m arasında değişir ve birimin yaşı Alt-Orta Triyas'tır (Gedik ve diğ., 2005).

Ballıkaya Formasyonu üzerine Kayalitepe Formasyonu (Tomk) gelir. Birim beyaz, açık sarı ve nadiren kırmızı pembe zayıf tutturulmuş kuvars kumtaşı ve çakıltaşlarından oluşur. Formasyon, kendinden yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuz olarak gelir. Üstte ve yanal yönde Meşetepe Formasyonu ile geçişlidir. Birimin kalınlığı yaklaşık 100 m'dir ve yaşı Üst Oligosen–Alt Miyosen' dir (Gedik ve diğ., 2005).

Bu biriminde üzerinde Meşetepe Formasyonu (Tomm) yer alır ve formasyon yeşil, yeşilimsi gri ve beyaz renkli şeyl, marn, siltaşı ve kilitaşı ile kırmızı-pembe, oldukça zayıf tutturulmuş, çapraz tabakalı kumtaşı ve çakıltaşından oluşur. Formasyon, Kayalitepe Formasyonu ile altta ve yanal yönde geçişlidir ve Kayalitepe

Formasyonunun incelik kayboduğu bölümlerde kendinden yaşı birimler üzerinde açısız uyumsuz olarak yer alır. Birimin kalınlığı yaklaşık 100 m'dir ve yaşı Üst Oligosen-Alt Miyosen' dir (Gedik ve diğ., 2005).

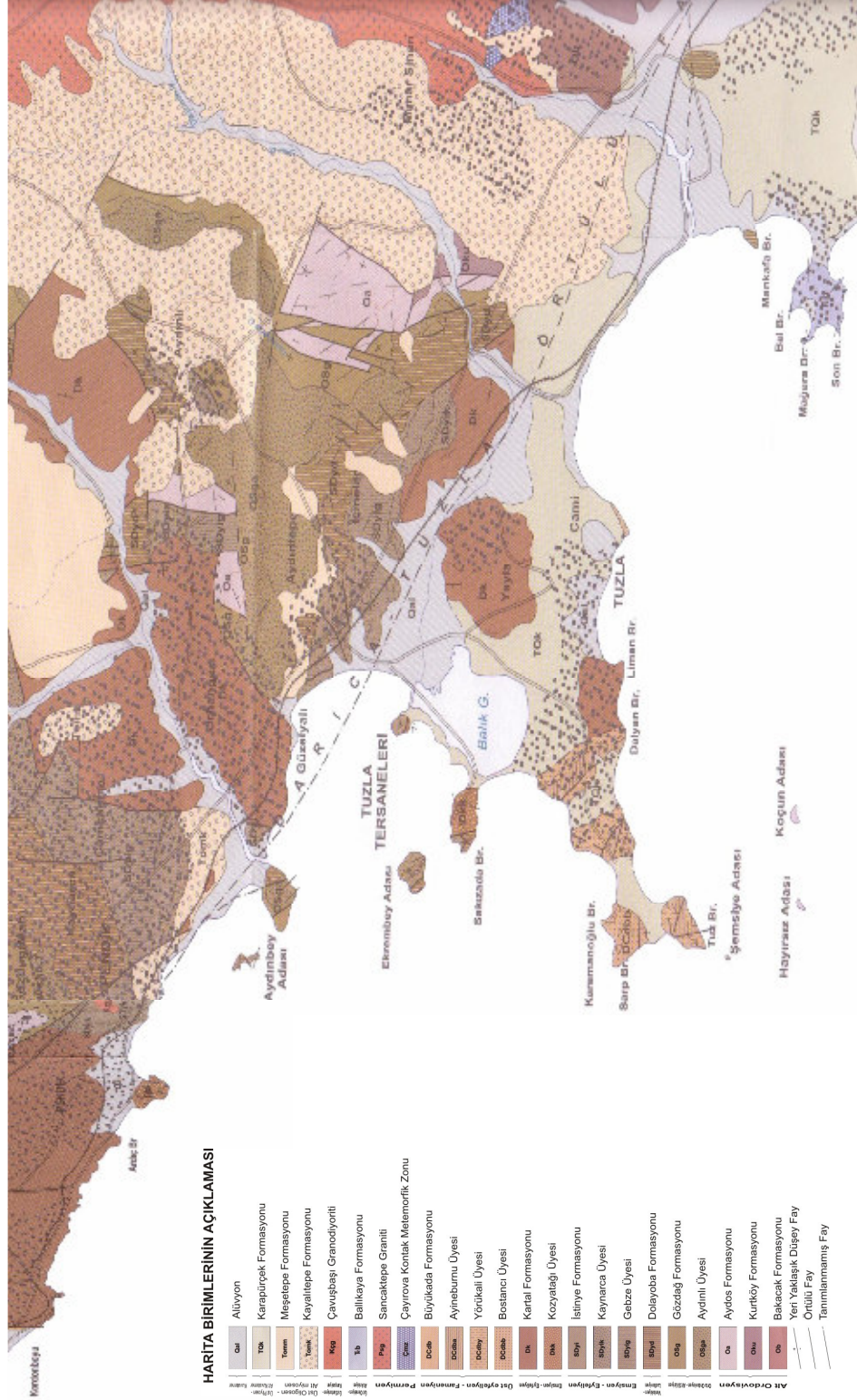
Bu formasyon üzerinede Karapürçek formasyonu (TQk) gelir. Birim sarı, sarımsı kahve ve kırmızı renkli, gevşek tutturulmuş kumtaşı, çakıllı kumtaşı, çakıltaşı ile yeşilimsi gri renkli silttaşı, kilttaşı ve çamurtaşlarından oluşur. Birim altta kendisinden yaşı birimlerle uyumsuz ilişkilidir ve üzerinde alüvyal çökeller yer alır. Birimin kalınlığı yaklaşık 30 m dolayındadır ve yaşı Üst Pliyosen - Alt Kuvaterner'dir (Gedik ve diğ., 2005).

Bölgede yer alan en genç birim Alüvyon' lardır (Qal). Akarsu vadilerinde görülen çakıl, kum, silt ve killerden oluşan birim kötü boylanmalı ve tutturulmamıştır. Birimin yaşı Kuvaterner'dir. Kıyı çökelleri kapsamında mühendislik özellikleri değerlendirilecek birimler bu birime aittir.

Bölgede mağmatik birimlerde bulunmaktadır. Sancaktepe Graniti (Psg) Gebze'nin yakın kuzey-kuzeybatısında yüzeyler ve pembe renklidir. Büyük eksenini 12 km, küçük eksenini ise 8 km kadardır. Makroskopik olarak pembe renkli, ortozlu ve kuvarslı derinlik kayacı karakterindedir. Sancaktepe granitinin Paleozoyik yaşı birimleri kestiği belirtilmektedir (Gedik ve diğ., 2005).

Sancaktepe granitinin Paleozoyik yaşı birimleri kesmesi nedeniyle çevre kayalarda kontak metamorfik zon gelişmiştir. Plütonun kesmiş olduğu Paleozoyik yaşı Bakacak ve Kurtköy formasyonlarında gözlenen bu zayıf kontak metamorfizma zonu Çayırova Kontak Metamorfik Zonu (Çmz)' dur. Söz konusu metamorfik zon klorit, epidot ve serisitten oluşan benekli şist karakterindedir. (Bürküt, 1966; Gedik ve diğ., 2005).

Bölgedeki diğer bir magmatik birimde Çavuşbaşı Granodiyoriti (Kçg)' dir (Gedik ve diğ., 2005). Plüton yaklaşık 5 km çaplı dairesel bir geometriye sahiptir. Birim pembe ve gri renkli, granodiyorit ve kuvarsdiyoritten oluşur. Aplit ve kuvars damarları ile dasit ve andezit daykları tarafından kesilen plüton, kestiği yan kayalara ait anklavlar içerir (Gedik ve diğ., 2005). Kestiđi Dolayoba Formasyonu'nu ve diğer çevre kayalarını başkalaşıma uğratmıştır (Abdüsselamoğlu, 1963; Gedik ve diğ., 2005).



Şekil 2.1: İnceleme alanı ve civarı genel jeoloji haritası (MTA 1/50.000 ölçekli Bursa G22a,G 22b paftalarından hazırlanmıştır)

2.2.Yapısal Jeoloji

Tuzla Koyu ve çevresindeki yapısal unsurlar özellikle Marmara Denizinin oluşumu ve dolayısıyla Kuzey Anadolu Fay Zonunun (K.A.F.Z) varlığı ve deprem etkinliği ile yakından ilgilidir. K.A.F.Z Afrika-Arabistan ve Avrasya Levhalarının Doğu Anadolu boyunca çarpışmaları sonucunda oluşmuştur. Yine bu çarpışma sonucu oluşan Doğu Anadolu Fay Zonu ile beraber K.A.F.Z üzerinde yılda ortalama 20 mm'ye varan bir hareket oluşmalıdır (Şekil 2.3, Mc Clusky ve diğ. 2000). Bu hareketin yer kabuğunun karmaşık yapısı nedeniyle yıllar içinde birikerek K.A.F.Z üzerinde Marmara Denizi ve bölgesinde neden olduğu depremler Tuzla Koyunu etkileyecek niteliktedir.

Bu nedenle Marmara Denizi içerisindeki deprem üretebilecek faylar araştırıldığında, biri İzmit Körfezi ile Ganos Dağları arasında, diğeri ise Gemlik Körfezi ile Kapıdağ Yarımadası arasında uzanan iki fayın varlığı ortaya çıkar (Şekil 2.4).

Bu iki faydan kuzeyde yer alanının yaklaşık -600 m ile -1200 m arasında değişen derinliklere sahip bir havza ve sırt zincirini izlemesinden dolayı, 17 Ağustos depremine kadar, Marmara Denizi kuzey morfolojisinin K.A.F.Z'nun kuzey kolu tarafından oluşturulduğu düşünülmüş ve Marmara Denizi kuzey morfolojisinin açıklanması amacıyla birbirinden oldukça farklı modeller ortaya konulmuştur (Şekil 2.4 a-b-c-d).

Bu modeller içerisinde Marmara Denizi'nin kuzey bölümünün bir graben olarak gelişmiş olduğunu savunanlar olduğu gibi, bir diğeri modelde, Marmara Denizi içerisindeki sırt-havza sisteminin varlığından hareketle Marmara Denizi kuzeyinin bir çek-ayır havzalar zinciri şeklinde geliştiğini ve K.A.F.Z' nun kuzey kolunun bu havzalardan geçtiğini iddia etmektedir (Şekil 2.4 b - c).

Marmara Denizi aktif tektoniği ve K.A.F.Z' nun kuzey kolunun bu alandaki kinematiğini açıklayan bu model, 17 Ağustos 1999 depremi öncesinde bilimadamlarının çoğunluğunca kabul edilmiş ve deprem sonrası Marmara Denizi'nde yapılan çalışmalar sonucunda kısmen evrimleşerek günümüzde de Marmara Denizi'nin aktif tektoniğini açıklayan önemli modellerden biri olmaya devam etmiştir (Şekil 2.4 c).

17 Ağustos 1999 depremi sonrası toplanan yeni veriler ışığında K.A.F.Z' nun Marmara Havzası içerisindeki geometrisi hakkında farklı yaklaşımlarda ayrıca geliştirilmiştir (Şekil 2.4 d). Tüm bu modeller, S.H.O.D.B tarafından Marmara Denizi Derin Çanağı boyunca toplanan çok ışınlı (multi-beam) batimetri verisinin yorumlanması ile temelden değişmiştir (Şekil 2.5 a - b).

Batimetriden belirlenen en önemli sonuç Ganos Dağ Sistemi'nden Büyükçekmece açıklarına kadar uzanan ve derin havzaları ve aralarındaki sırtları uyumsuzca kesen doğu-kuzeydoğu, batı-güneybatı uzanımlı bir çizgiselliğin varlığının belirlenmiş olmasıdır (Şekil 2.6). Marmara Denizi içerisindeki çukurlukları sınırlayan fayların günümüzde aktif olmadığı veya çok düşük aktiviteye sahip olduğunun da belirlenmesi ile, Marmara Denizi batı parçası boyunca izlenen fayın Marmara Havzası'nı geliştirmek yerine onu kesmiş olduğu ve havzanın oluşumu ile K.A.F.Z' nun kuzey kolunun aktivitesinin farklı olduğu ilk kez ortaya çıkarılmıştır (İmren ve diğ., 2001; Le Pichon ve diğ., 2001; Gökaşan ve diğ., 2003; Şengör ve diğ., 2005; Tur, 2007).

Bu veriler ışığında Marmara Denizi içerisindeki aktif fay modelleri değiştirilmiş veya revize edilmiştir (Şekil 2.7. a, b, c, d, e, f). Tüm bu modeller incelendiğinde inceleme alanını etkileyebilecek olası depremlerin Marmara Denizi ve çevresinde meydana gelebileceği ve ayrıca Çınarcık Çukurluğunda meydana gelebilecek deniz içi heyelanlarında bölge için risk oluşturabileceği değerlendirilmektedir.

Tuzla Koyunda S.H.O.D.B tarafından alınmış kesitler (Şekil 2.8) incelendiğinde ise koyun dip topoğrafyasının kıydan itibaren eğim kazandığı görülmektedir ve kesitler üzerinde farklı yansıma katsayılarına sahip üç çökel paketi ayırılmıştır. Bağını (2.1) kullanılarak yapılan kalınlık hesaplamalarından üstte görülen ilk birim A birimi olarak, ikinci birim B birimi olarak, son birimde C birimi olarak adlandırılmıştır. Kesitlerde düşey ölçek mili saniye cinsinden olup yorumlanmamış kesitlerde görülen ince iki çizgi arası 20 mili saniyedir.

$$L = \frac{1}{2} V t \quad (2.1)$$

V: Sismik Hız (1700 metre/saniye)

L: Sinyalin Katettiği Yol (metre)

t: Sinyal Geliş Gidiş Zamanı (saniye)

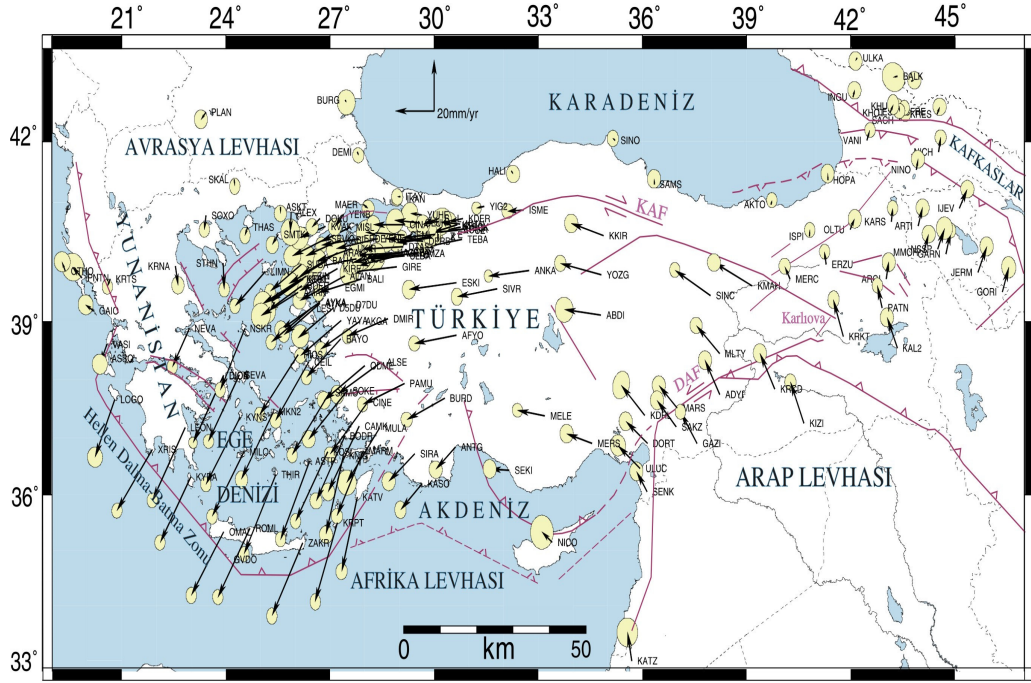
Hat-1 (Şekil 2.9) incelendiğinde A biriminin deniz tabanından itibaren kalınlığının 2,5 m ile 20 m arasında olduğu ve en kalın bölümünün hattın ortalarında yer aldığı görülmüştür. Hat-2 (Şekil 2.10) üzerinde ise aynı A birimi 2,5 ile 20 m arasında kalınlık değerlerine sahiptir.

Hat-3 (Şekil 2.11) üzerinde yapılan yorumlarda da A biriminin 7,5 m ile 20 m arasında değişen kalınlıklarda yer aldığı görülmektedir. Birimin koy içinde yaklaşık 2,5 ile 20 m kalınlık değerine ulaştığı ve tutturulmamış gevşek, yüksek su içeriğine sahip, çakıldan kile farklı çaplarda malzemedan oluştuğu değerlendirilmektedir.

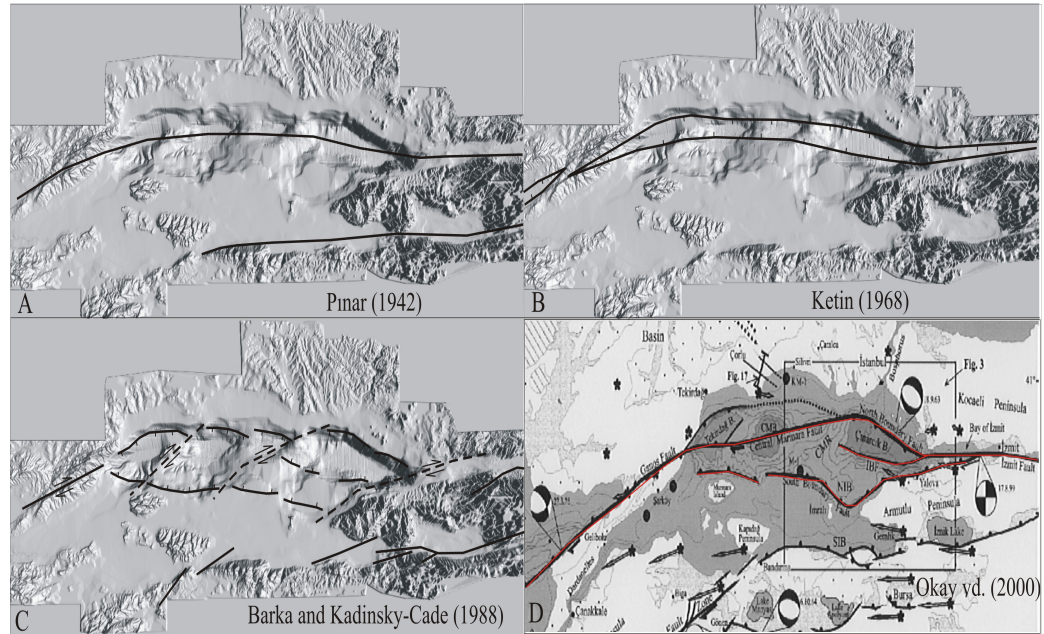
Hat-1 üzerinde A birimi altında izlenen B birimi ise 2,5 m ile 20 m arasında kalınlık değerlerine sahiptir. Hat-2 üzerinde aynı birime hat sonunda rastlanılmaktadır ve kalınlık değerleri 7,5 m ile 15 m arasındadır. Hat-3 üzerinde yapılan yorumda ise B biriminin 7,5 ile 40 m kalınlıkta yer aldığı görülmektedir.

Birimin C birimi üzerinde yer aldığı görülmüştür. Birimin koy genelinde 2,5 ile 40 m kalınlıkta olduğu ve kıydan açıkta derinliğin artmasıyla çökeldiği muhtemelen A birimine oranla daha sıkı bir yapıda olduğu ve ince tane oranının nispeten fazla olabileceği değerlendirilmiştir.

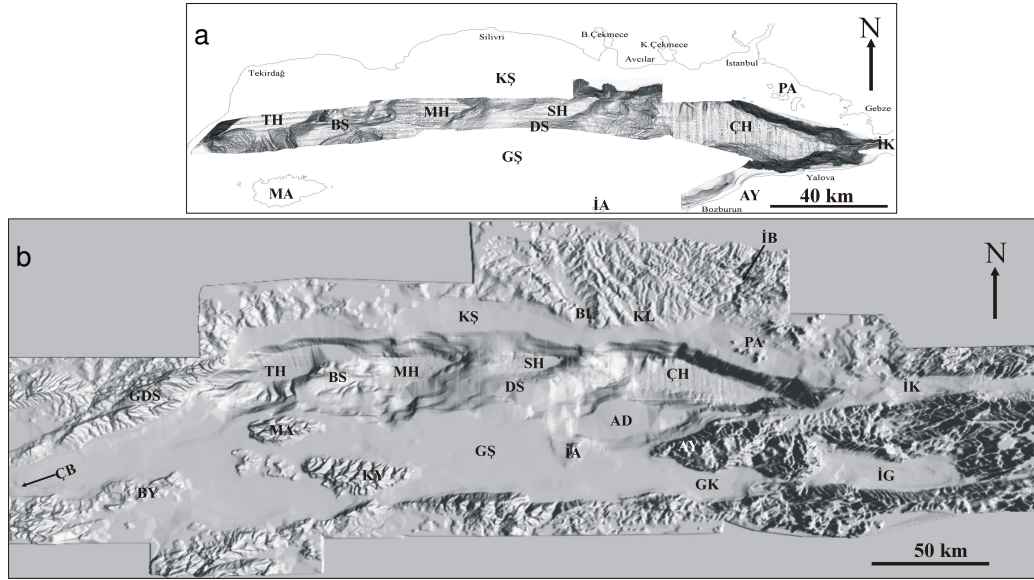
Kesitler üzerinde C biriminin kalınlığı belirlenememiştir ancak tavan kotu olarak koy genelinde deniz tabanından itibaren -2,5, -7,5, -15, -40 m derinlikte yer aldığı Tuz Burnu yakınında (Şekil 2.9) yüzeye çıktığı ve A ve B birimlerinin topoğrafyaya uygun olarak bu C birimi üzerinde çökeldiği belirlenmiştir.



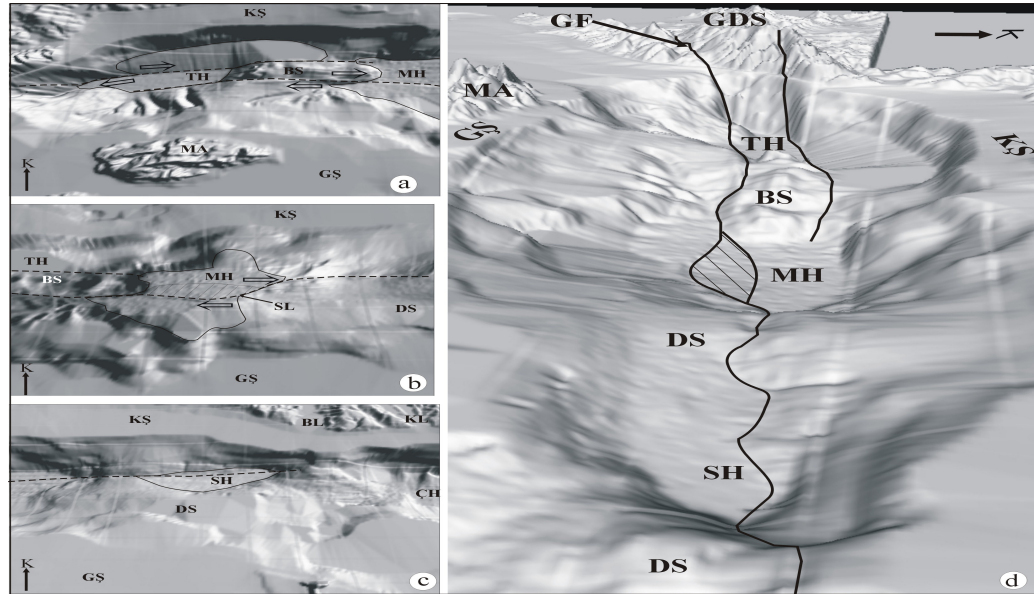
Şekil 2.3: Anadolu'nun günümüzdeki hareket vektörü (Mc Clusky ve diğ. 2000, Tur, 2007'den)



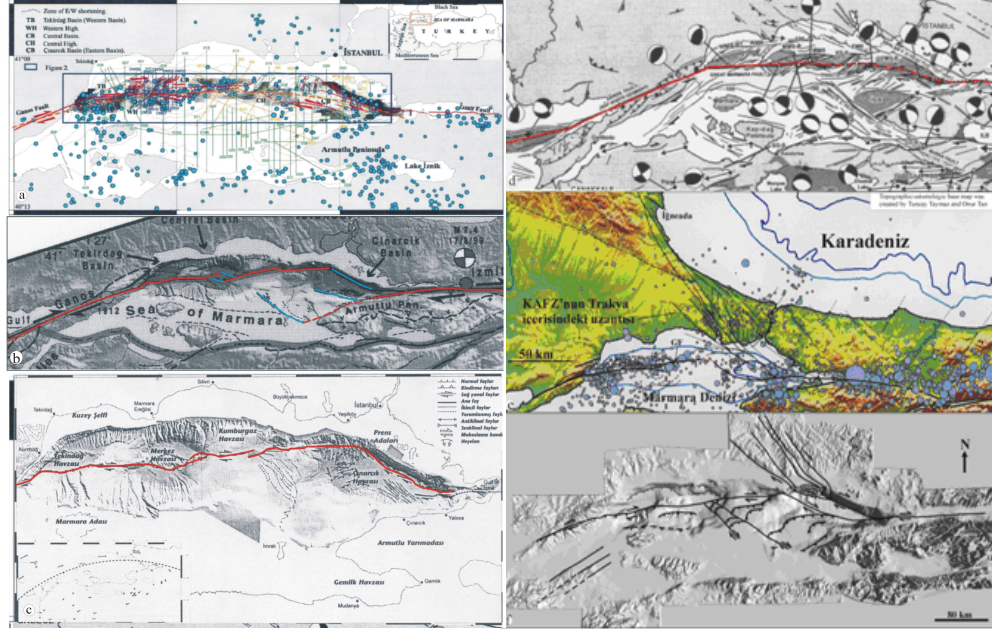
Şekil 2.4: Marmara Denizi aktif fay geometrisi modelleri; A) Pınar, (1942); B) Ketin, (1968); C) Barka ve Kadinsky-Cade, (1988); D) Okay vd. (2000), (Tur, 2007' den)



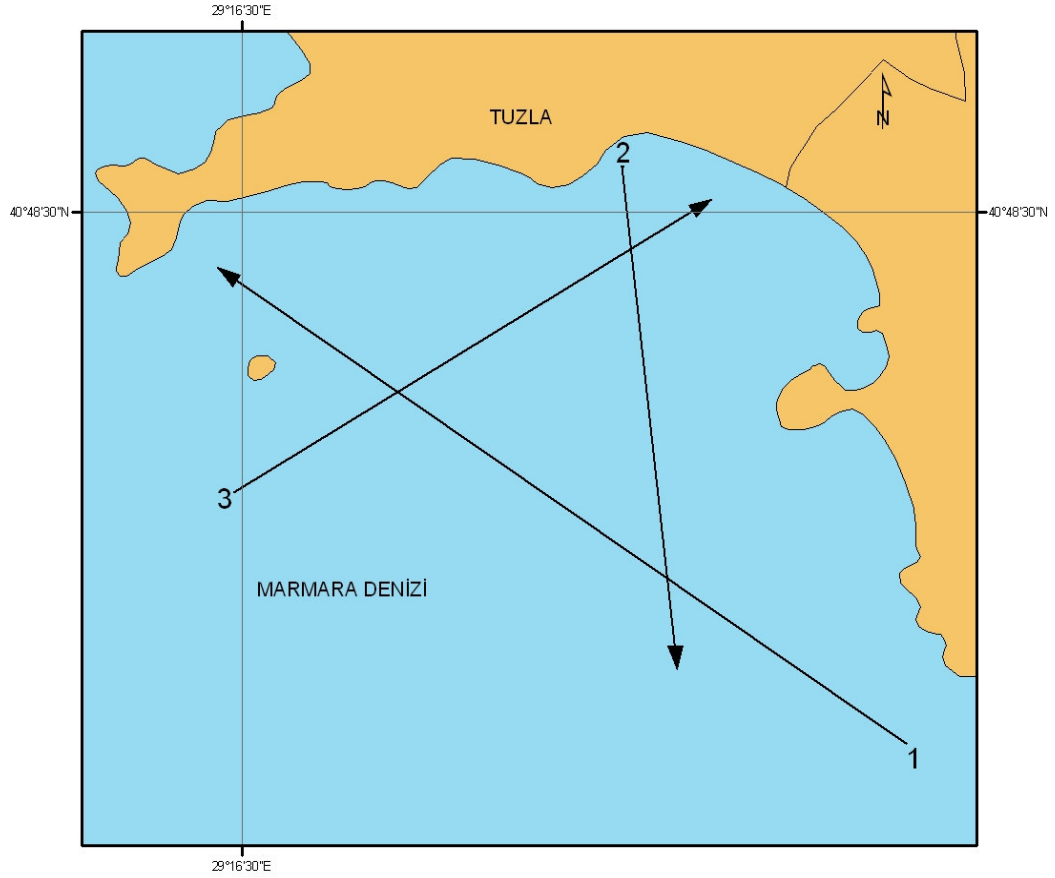
Şekil 2.5: Marmara Denizi batimetri verisi (a), (Ecevitöğlü ve diğ. 2000). İ.Ü. Deniz Bil. ve İşlt. Enst. Berkarda CBS Lab.'da kara topografya verisi ile birleştirilerek elde edilen sayısal arazi modeli (Gazioğlü ve diğ., 2002). İB, ÇB=İstanbul ve Çanakkale Boğazları, BL, KL=Büyükçekmece ve Küçükçekmece Lagünleri PA=Prens Adaları, İA, MA =İmralı ve Marmara Adaları, KŞ, GŞ =Kuzey Güney Şelfler, İK, GK =İzmit ve Gemlik Körfezleri, KY, AY, BY=Kapıdağ, Armutlu ve Biga Yarımadalrı, AD=Armutlu Düzlüğü, TH, MH, SH, ÇH =Tekirdağ, Merkez, Silivri ve Çınarcık Havzaları, BS, DS =Batı ve Doğu Sırtları, İG=İzmit Gölü; (b), (Tur, 2007' den)



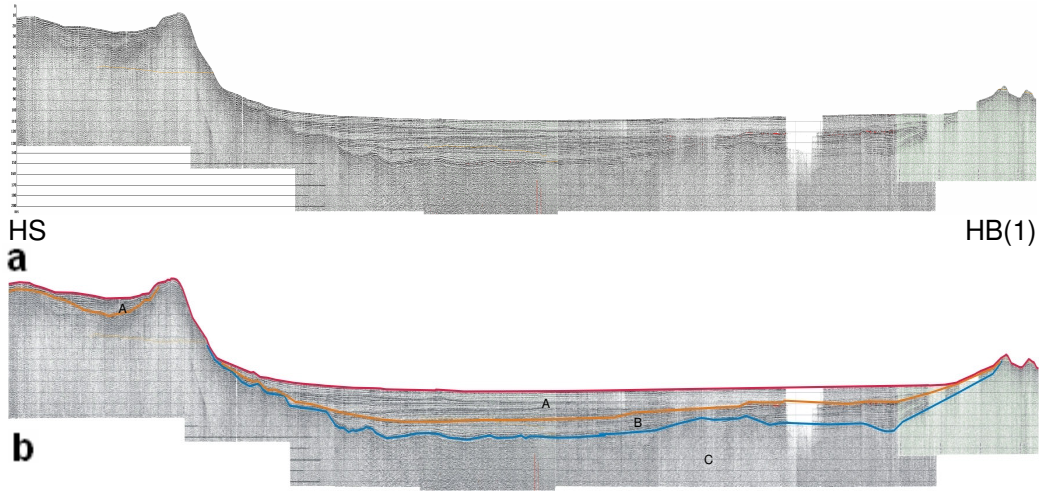
Şekil 2.6: Marmara Denizi tabanında izlenen çizgisellik. Tekirdağ Merkez ve Silivri Havzaları'na yukarıdan (a-c) ve doğudan (d) bakışlar; (Tur, 2007' den)



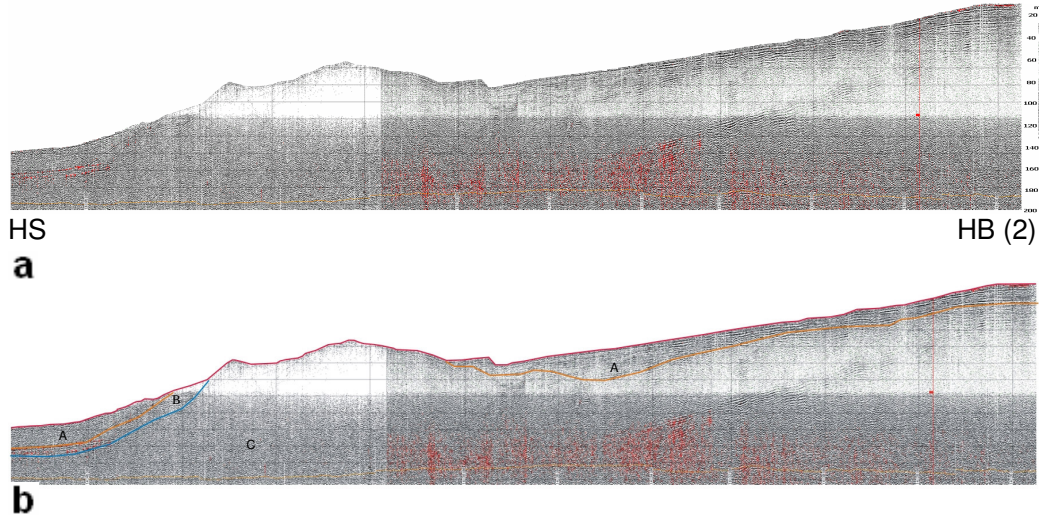
Şekil 2.7: Marmara Denizi aktif fay modelleri (İmren ve diğ., 2001 (a); Armijo ve diğ., 2002 (b); Le Pichon vd., 2001 (c); Yalıtık 2002 (d); Gökaşan ve diğ., 2002 (e); Gökaşan ve diğ., 2003 (f), Tur 2007'den)



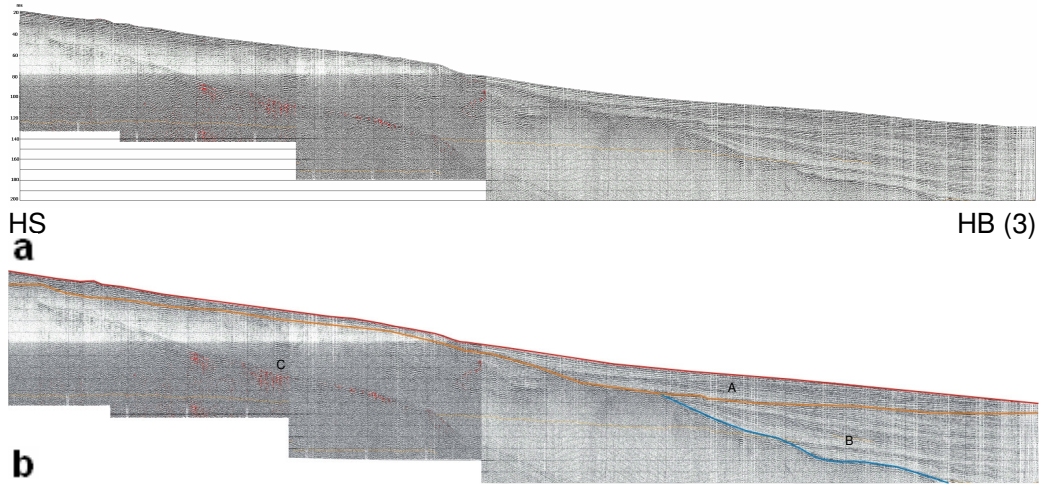
Şekil 2.8: Tuzla Koyu sığ sismik hatları (ölçeksiz)



Şekil 2.9: a) Hat 1 sismik kesit; b) Hat 1 yorumlanmış sismik kesit



Şekil 2.10: a) Hat 2 sismik kesit; b) Hat 2 yorumlanmış sismik kesit



Şekil 2.11: a) Hat 3 sismik kesit; b) Hat 3 yorumlanmış sismik kesit

3.MÜHENDİSLİK JEOLJİSİ

Tuzla Koyu, deniz dibi ve kıyı çökellerinin mühendislik özellikleri belirlenirken bölgede mevcut oşinografik koşullar Marmara Denizi ve Tuzla Koyu oşinografik özellikleri olarak değerlendirilmiş olup kıyı çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla inceleme alanında mevcut dokuz (9) adet sondaj logu, deney ve analiz sonuçları değerlendirilmiş ve deniz dibi çökellerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarakta S.H.O.D.B tarafından Tuzla Koyu' ndan alınan dokuz (9) adet numune üzerinde deney ve analizler yapılmıştır.

3.1.Oşinografi

İnceleme alanının oşinografik özellikleri Marmara Denizi' nin genel oşinografik özellikleri ve Tuzla Koyu oşinografik özellikleri olarak açıklanmıştır.

3.1.1.Marmara Denizi

Marmara Denizi 40° 20' ve 41° 10' enlemleri ve 27° ve 29° 30' boylamları arasında yer alır. Marmara Denizi 278 km uzunluğunda ve 74 km genişliğindedir. Türkiye toprakları ile sınırlı bir iç denizdir (Şekil 3.1). Avrupa ve Asya kıtalarını birbirinden ayırır ve yüzölçümü 11.352 km² dir. Eşik derinliği 65 m olan Çanakkale Boğazı'yla Ege Denizi'ne ve eşik derinliği 35 m olan İstanbul Boğazı ile Karadeniz'e bağlanır.

Armutlu ve Kapıdağ yarımadaı bölgedeki iki büyük yarımadaıdır ve iki yanında yer alan İzmit, Gemlik, Bandırma ve Erdek körfezleri en önemli doğal limanları oluşturmaktadır.

Marmara Denizi morfolojik olarak doğu-batı doğrultusunda Armutlu Yarımadaı Marmara Adası çizgisi boyunca kuzey ve güney olarak ikiye ayrılabilir. Kuzey kısım 1250 m'ye varan derinlikteki çukurların yer aldığı derin bölümdür ve güney kısım 100 m konturu ile sınırlı sığ bölümdür.

Marmara Denizi'ndeki en büyük ada Marmara Adası'dır ve bunun dışında Avşa takımadaları, Imralı Adası ve Prenses Adaları olarak bilinen Büyük, Kınalı, Heybeliada ve Burgaz adaları ve diğer bir çok küçük ada Marmara Denizinde yer alır.

Marmara Denizinde, tuzluluğu ‰ 38.5 olan Akdeniz suyu altta ve tuzluluğu ‰ 18 olan Karadeniz suyu üstte yer alır (Ünlüata ve diğ., 1990). Marmara Denizindeki karışım ve difüzyon olaylarından dolayı Marmara Denizi' nin tuzluluğu yüzeyde ‰ 22 iken 30 m derinde ‰ 37.5, 150 m derinde ‰ 38.5 olarak ölçülür (Barka ve diğ., 1999).

Akdeniz ve Karadeniz suyunu ayıran tuzluluk sınırı (haloklin) yaklaşık 20 m derinlikte yer alır. Boğazların sığ eşik derinlikleri ile Akdeniz ve Karadeniz kökenli suların tuzluluk farklılığı, boğazlarda ve Marmara Denizi' nde iki yönlü bir akıntı sisteminin oluşmasını sağlamakta ve alt suyun etkin dolaşımını engellemektedir. Bu akıntı İstanbul Boğazı' ndan bir yelpaze gibi çıkar ve Çanakkale Boğazı' na doğru tekrar daralır. Marmara Denizi içindeki akıntılarının hızı saatte 750 m ile 2.5 km (21-70 cm/s) arasında değişmektedir. Dolaşımın engellenmesinden dolayı alt suda oksijen miktarı 1-2 mg/l düzeylerine düşmektedir (Çağatay ve diğ., 2000).

Temmuz ayında yüzey suyu sıcaklığı 23-25°C, derinde yaklaşık 14°C' dir ve daha derinlerde sıcaklık sabit kalır. Kışınsa yüzey suyu sıcaklığı 9°C' a kadar düşer ancak derinde yine 14°C olarak sabitlenir.

Marmara Denizi'nde gel-git olayları farkedilmeyecek kadar azdır. Buna karşılık kuvvetli rüzgarların suyu itmesi sebebiyle kuzey ve güney kıyılarda 1 m'ye varan seviye değişiklikleri meydana gelmektedir.

Özellikle Lodos, Kible ve Keşişleme rüzgarları ile denizin suları güneyden kuzeye itilir ve bu durum kuzey kıyılarında ve İstanbul Boğazı çevresinde yükselmelere sebep olur. Poyraz, Yıldız ve Karayel ise güney kıyılarda yükselme meydana getirir (Barka ve diğ., 1999).

Marmara Denizi'ne önemli nehir girdisi sadece güneyden Biga, Gönen ve Kocasu çayları ile olmaktadır. Ancak nehir su girdisi, İstanbul Boğazı'nda Karadeniz'den Marmara Denizi'ne giren 605 km³/y miktarındaki acı su ve Marmara Denizi'nden

Karadeniz'e çıkan 376 km³/y miktarındaki tuzlu su miktarları ile karşılaştırıldığında çok küçük kalmaktadır (Ünlüata ve diğ., 1990; Çağatay ve diğ., 2000). Günümüzde çevresindeki yoğun yerleşim nedeniyle Marmara Denizi'nde kirlenme söz konusudur.

3.1.2.Tuzla Koyu

Tuzla Koyunda yapılan çalışmalardan elde edilen batimetrik veriler incelendiğinde koyun en derin yerinin yaklaşık 80 m derinlikte olduğu, sığ bölümünün ise kıydan itibaren 5 m derinlikle koyun kıyı kesiminde yer aldığı görülmektedir (Şekil 3.2).

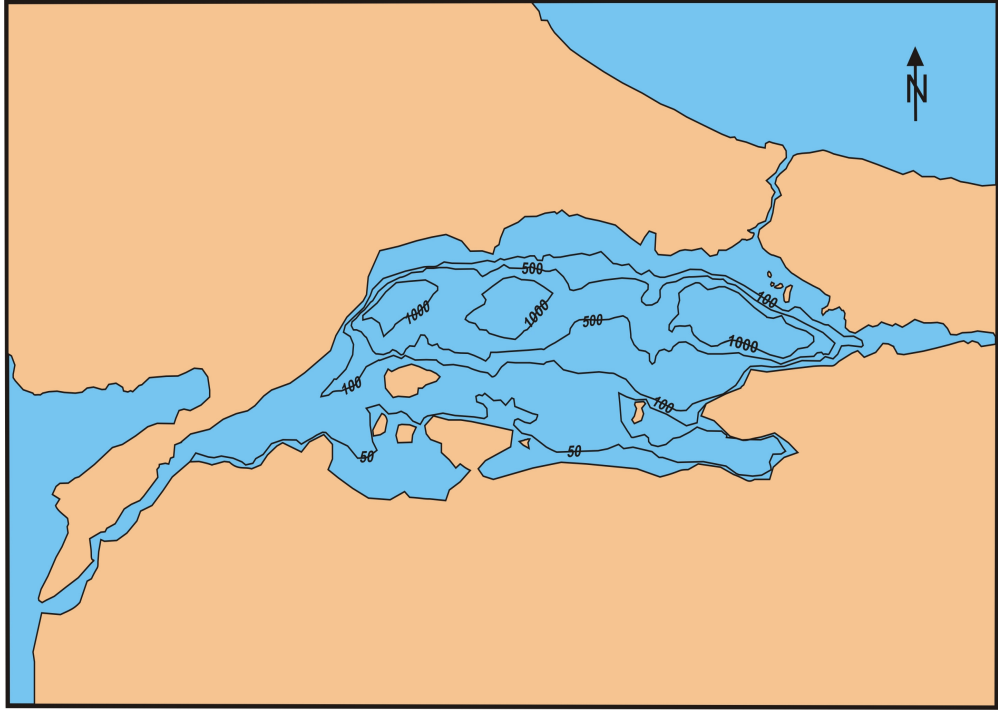
Oşinografik olarak Tuzla Koyu sıcaklık değerleri incelendiğinde yıllık ortalamaların yaz döneminde yüzeyde 19 C° olduğu ve yaklaşık 30 m derinlikten itibaren sıcaklığın 14 C°'ye düşerek bu değerinde sabitlendiği görülmektedir (Şekil 3.3).

Kış döneminde ise yüzey suyu sıcaklık değerinin 8 C° olduğu ve derinlikle birlikte 7 C° değerine düştüğü ve yaklaşık 35 m derinlikten itibaren 14 C° olarak sabitlendiği görülmektedir (Şekil 3.3).

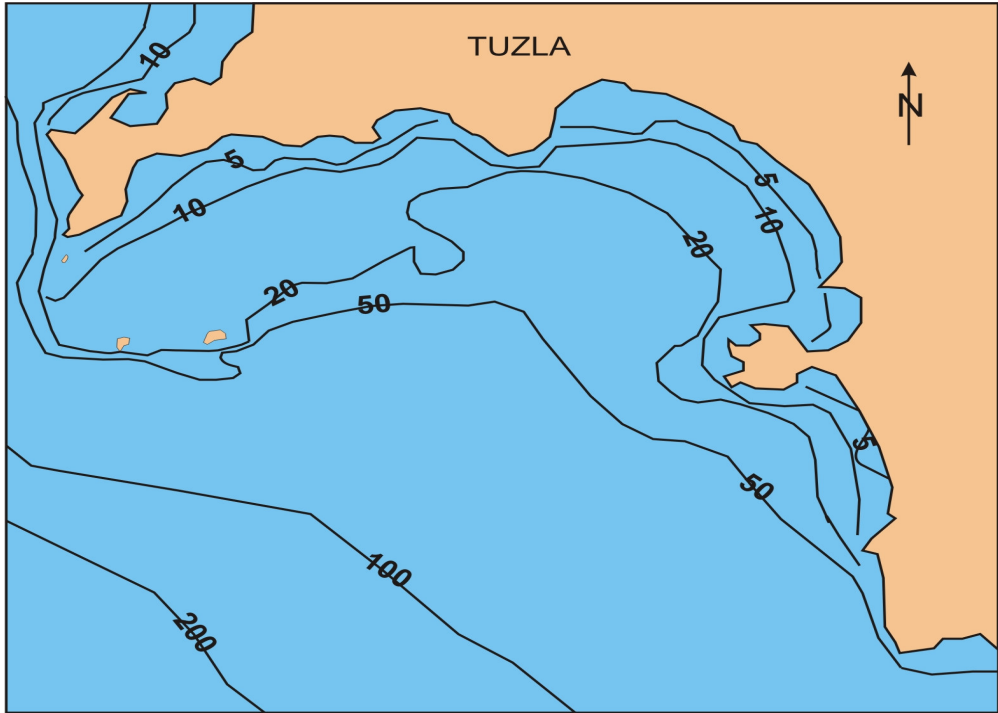
Tuzluluk değerleri incelendiğinde ise yüzey suyu tuzluluk değerinin ortalama ‰ 25 olduğu ve 10 m derinliğe kadar devam ettiği, bu derinlikten itibaren bir miktar artarak ‰ 26.69 değerine ulaştığı, bu noktadan derine doğru sürekli artarak yaklaşık 30 m derinlikte ‰ 36.69 değerine ve 45 m derinlikte de ‰ 38.11 değerine ulaştığı görülmektedir.

Bu derinlikten itibaren tuzluluk değeri nispeten sabit bir halde devam ederek yaklaşık 75 m derinlikte Akdeniz suyunun tuzluluk değeri olan ‰ 38.5 değerine ulaşmaktadır (Şekil 3.4).

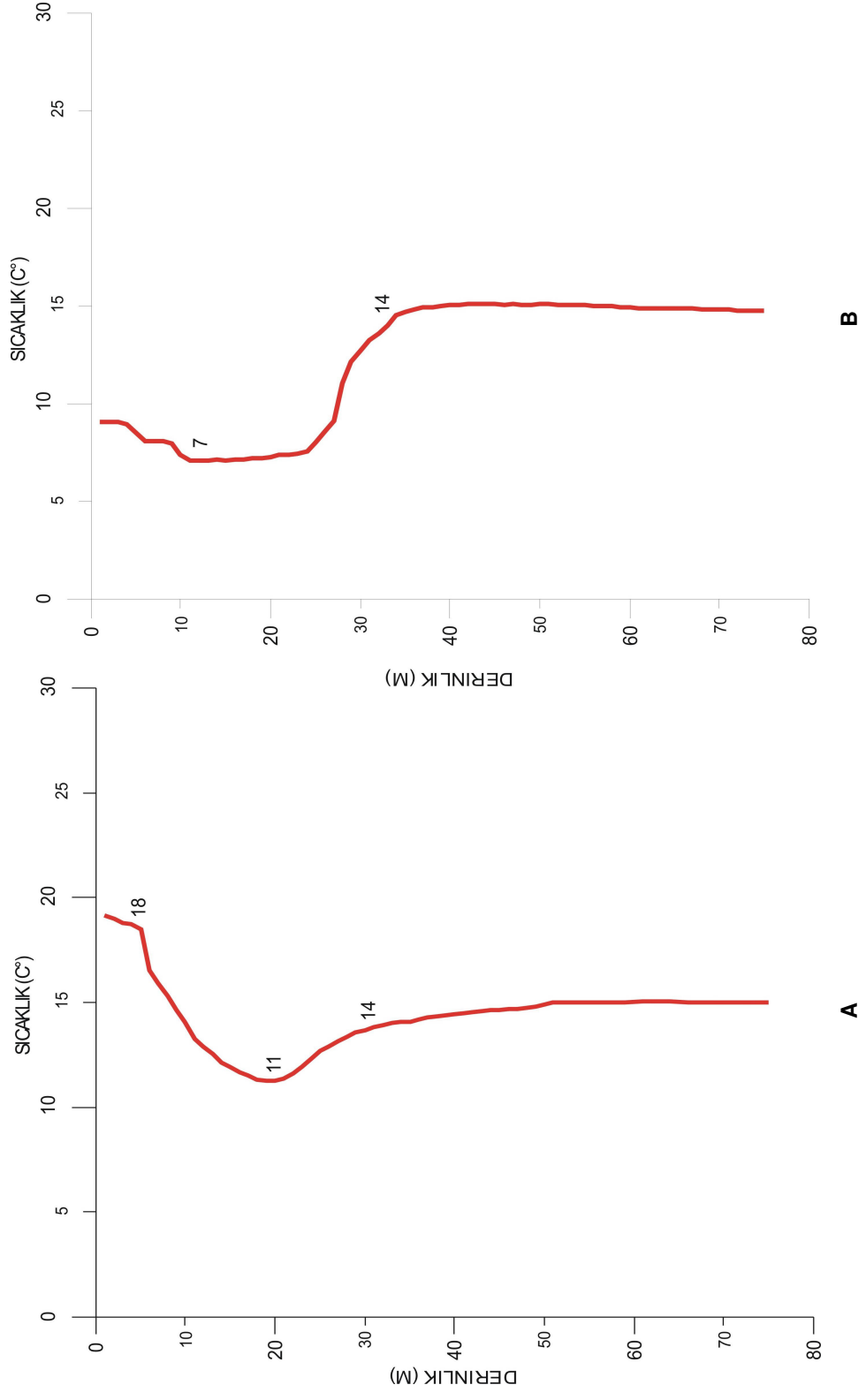
Koyun oksijen durumu incelendiğinde ise yüzeyde oksijen değerinin 4.25 mg/l değerinde olduğu ve derinlikle birlikte azalarak 30 m derinlikten itibaren yaklaşık 1 mg/l ve daha alt değerlere indiği görülmektedir (Şekil 3.5).



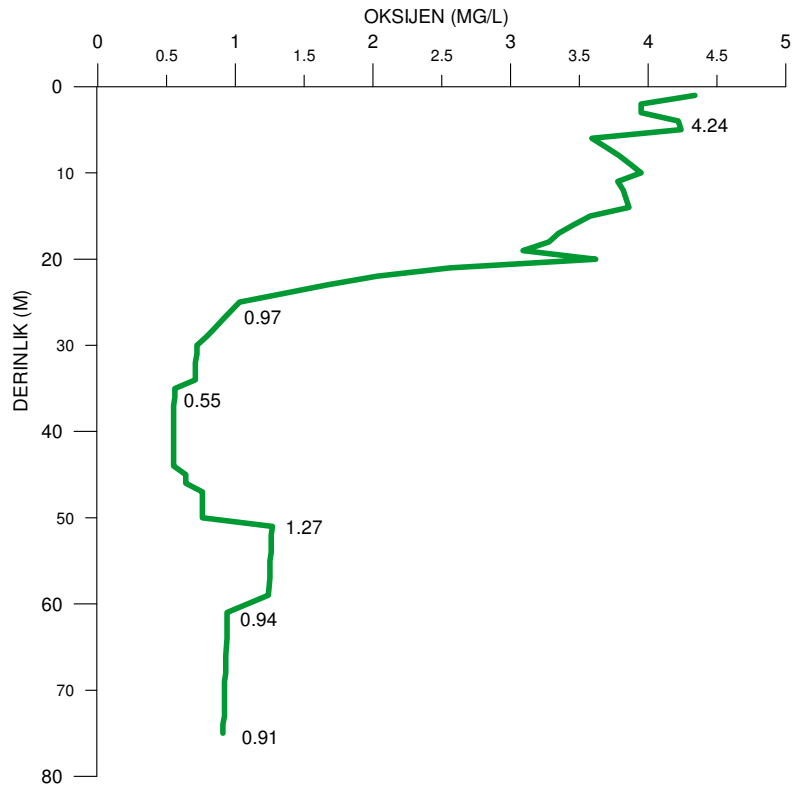
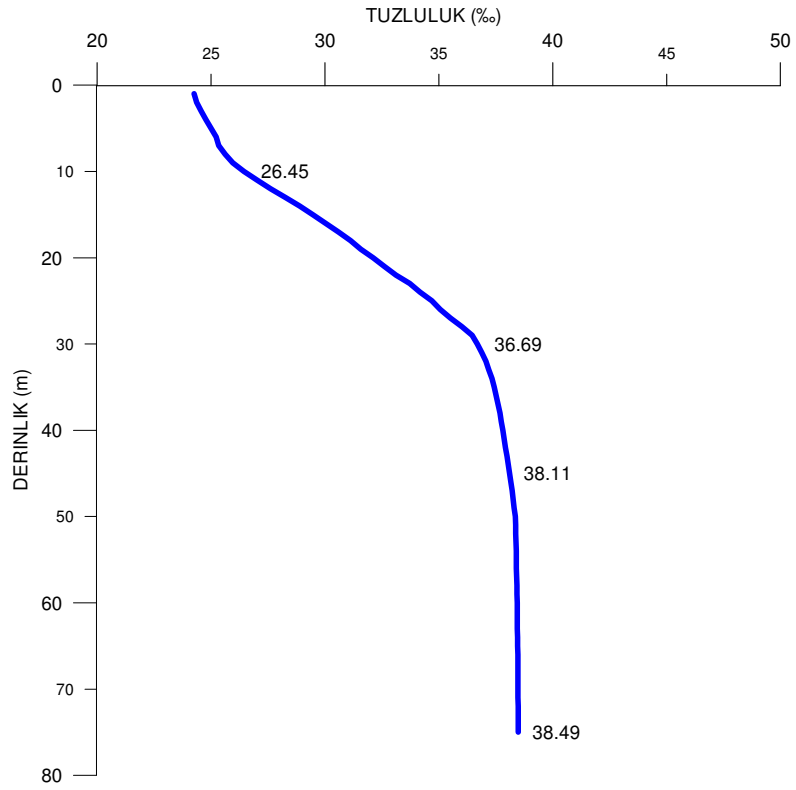
Şekil 3.1: Marmara Denizi derinlik (batimetri) haritası (ölçeksiz)



Şekil 3.2: Tuzla Koyu derinlik (batimetri) haritası (ölçeksiz)



Şekil 3.3: Tuzla Koyu sıcaklık değişimleri A)Yaz dönemi, B) Kış dönemi

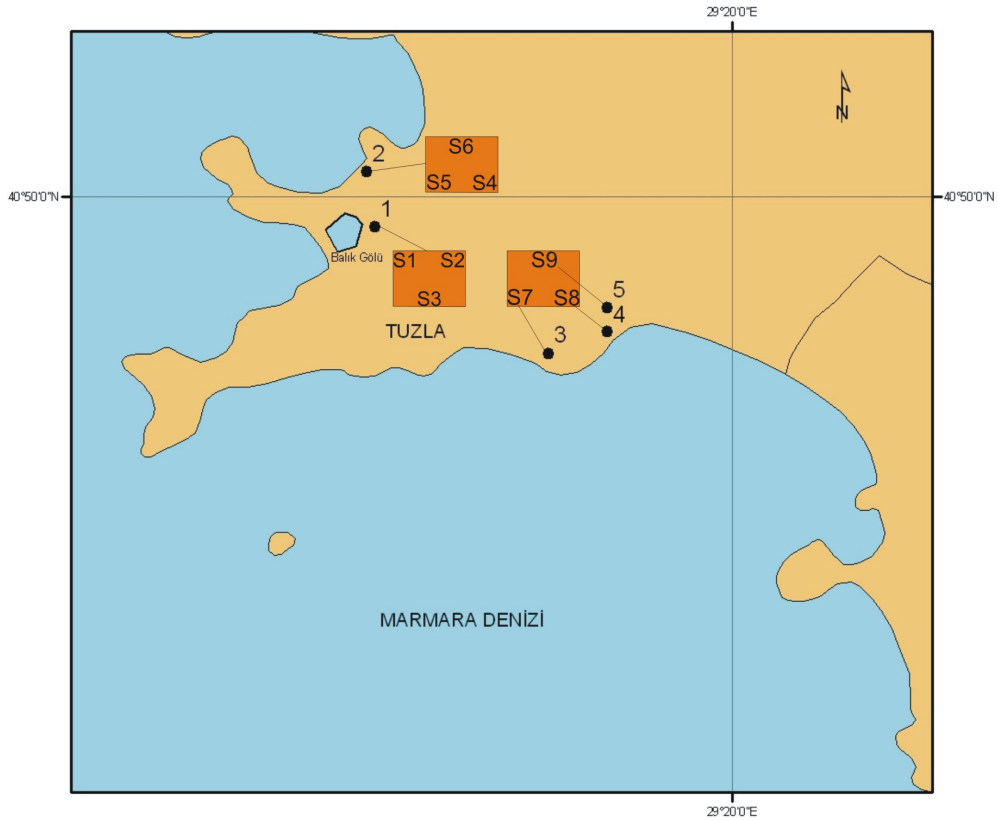


3.2.Deniz Jeolojisi

İncelenme alanı içinde bulunan kıyı ve deniz dibi çökellerinin tane boyu özellikleri bu bölümde değerlendirilmiştir.

3.2.1.Kıyı çökelleri

Kıyı çökellerini değerlendirmeye yönelik olarak bölgede mevcut dokuz adet sondaj verisi beş bölge (Şekil 3.6) halinde derlenmiş ve çökellerin litolojik özellikleri ile tane boyu analizleri değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6: Tuzla Koyu kıyı çökelleri sondaj bölgeleri

Haritada (Şekil 3.6) bir (1) numara ile gösterilen kesimde yer alan Evliya Çelebi Mahallesiinde yapılmış S1, S2, S3 sondajlarının litolojik tanımlamaları (Tablo 3.1) değerlendirildiğinde, S1 sondajında litolojinin yüzeyden itibaren 2.50 m derinliğe kadarki bölümün kaya dolgu, 2.50–8.50 m arasının kahverengi koyu grimsi siltli kil olduğu ancak 4.00-7.00 m aralığında koyu grimsi kavrıllı killi kum biriminin yer aldığı, 8.50-13.00 m arasının açık kahverengi az killi iri kum, 13.00-16.00 m arasınında açık kahverengi sarımsı orta iri çakıllı killi kum olduğu görülmektedir.

S2 sondajının ise yüzeyden itibaren ilk 1.50 m' sinin kaya dolgu olduğu, 1.50-2.50 m arasında kahverengi az kumlu kil biriminin bulunduğu, 2.50- 4.00 m arasının ise kahverengi az killi kum, 4.00-7.00 m arasının koyu grimsi az killi iri ince çakıllı kum biriminden oluştuğu, 7.00-10.00 m arasının kahverengi az killi iri ince çakıllı kum, 10.00-11.50 m arasının açık grimsi kumlu kil ve 11.50-16.00 m açık kahverengi sarımsı orta iri çakıllı killi kum biriminden ibaret olduğu görülmektedir.

S3 sondajının ise ilk 3.20 m'lik bölümünün kaya dolgu olduğu, 3.20-4.70 m arasının kahverengi az kumlu kil, 4.70-7.20 mleri arasının grimsi mavi az kumlu kil olduğu, 7.20-11.50 m arasının ise koyu grimsi az killi iri kum biriminden oluştuğu ve 11.50-16.00 m derinliklerinde kahverengi killi kum biriminden oluştuğu görülmektedir. Evliya Çelebi Mahallesinde yer alan bu üç sondaj (S1, S2, S3) kendi içinde korele edildiğinde (Şekil 3.7), kahverengi az kumlu kil briminin tüm sondajlarda devamlı olduğu ancak S1 sondajında kahverengi koyu grimsi siltli kile geçiş yaptığı ve koyu grimsi kumlu seviye içerdiği, S3 sondajında grimsi mavi az kumlu kil seviyesi içerdiği ve kalınlığının 1.00-6.00 m arasında değiştiği ve standart penetrasyon testi (S.P.T) değerlerinin 2-15 arasında dağılım gösterdiği, brimin genel olarak mevcut yeraltı su seviyesi üzerinde kaldığı görülmektedir.

Haritada (Şekil 3.6) iki (2) numarayla gösterilen alanda yer alan S4, S5, S6 sondajları litolojik olarak incelendiğinde (Tablo 3.2),

S4 sondajının ilk 2.50 m' si dolgu zemindir. 2.50-5.50 m arasının koyu gri silt, 5.50-11.50 m arasının gri kum olduğu ve 11.50-14.50 m arasının açık kahverengi kil, 14.50-20.50 m arasının açık kahverengi kumlu kil' den oluştuğu görülmektedir.

S5 sondajının ise ilk 2.50 m' lik bölümünün dolgu zemin, 2.50-5.50 m' sinin koyu gri silt, 5.50-9.20 m arasının koyu gri kum, 9.20-11.50 m arasının grimsi kahverengi kil, 11.50-13.00 m arasının grimsi kahverengi killi kum olduğu, 13.00-17.50 m derinlikte ise açık kahverengi kilin yer aldığı ve 17.50-23.00 m arasında da açık kahverengi çakıllı kilin bulunduğu görülmektedir.

S6 sondajının ise ilk 2.50 m' sinin dolgu zemin, 2.50-8.50 m arasının gri kum, 8.50-14.50 m arasının kahverengi kumlu kil, 14.50-26.00 m arasının açık kahverengi az çakıllı kil ve 26.00-30.00 m arasının koyu gri ayrıışmış silttaşından oluştuğu görülmektedir.

Tersaneler Bölgesinde yer alan bu üç sondaj (S4, S5, S6) kendi içinde korele edildiğinde (Şekil 3.8) koyu gri silt birimi, dolgunun altında S4, S5 sondajlarında devamlıdır ve kalınlığı 3.00 m, S.P.T değerleri 8-21 arasındadır. S6 sondajında ise birim görülmemektedir.

Gri kum birimi ise tüm sondajlarda görülmektedir ve yaklaşık kalınlığı 3.70-6.00 m arasındadır ve S.P.T değerleri ise 2-27 arasındadır. Açık kahverengi kil birimi ise S4 ve S5 sondajlarında devamlı olup S6 sondajında görülmez. Birimin kalınlığı 3.00-4.50 m arasındadır ve S.P.T değerleri 25-27 arasındadır.

Gri kum ile açık kahverengi kil birimleri arasında S5 sondajında yer alan ve kalınlığı 2.30 m, S.P.T değeri 11 olan grimsi kahverengi kil birimi ile kalınlığı 1.50 m, S.P.T değeri 24 olan grimsi kahverengi killi kum birimleri yer alır.

S4, S6 sondajlarında görülen açık kahverengi kumlu kil biriminin kalınlığı 6.00 m' dir ve S.P.T değerleri 23->50 arasındadır. Birim S5 sondajında kalınlığı 2.30 m, S.P.T değeri 11 olan grimsi kahverengi kil birimi ile ve kalınlığı 1.50 m, S.P.T değeri 24 olan grimsi kahverengi killi kum ve kalınlığı 3.00-4.50 m, S.P.T değerleri 25-27 arasında olan açık kahverengi kil birimine geçiş yaparak sonlanır.

Açık kahverengi az çakıllı kil birimi ise S5, S6 sondajlarında izlenir. Kalınlığı 5.50-11.50 m arasındadır. S.P.T değerleri 26->50 arasındadır.

Koyu Gri Ayrışmış Silttaş birimi ise S6 sondajında 4.00 m kalınlıkta ve >50 S.P.T değeri gösterir. S4 sondajında izlenen şeyl ise 2.50 m kalınlığında ve >50 S.P.T değerlerine sahiptir.

Haritada (Şekil 3.6) üç (3), dört (4) ve beş (5) numarayla gösterilen alanlarda yer alan S7, S8 ve S9 sondajları litolojik olarak incelendiğinde (Tablo 3.3), S7 sondajının ilk 0.50 m' lik kesiminin bitkisel dolgu toprak, 0.50-8.00 m arasının koyu kahverengi yeşilimsi kil ve 8.00-20.00 m' lik kesiminin de kireçtaşı olduğu görülmektedir. S8 sondajının ilk 1.00 m' lik kısmının ise bitkisel dolgu toprak, 1.00-20.00 m arasının bej siyah kil olduğu görülmektedir. S9 sondajının ise ilk 0.50 m'sinin bitkisel dolgu toprak, 0.50-13.00 m aralığının sarımsı kahverengi çakıllı kum olduğu ve birimin 6.00-7.80 m arasının sarımsı grimsi kahverengi siltli kil içerdiği, 13.00-20.00 aralığının ise çakıllı kumlu kahverengi kil biriminden oluştuğu görülmektedir.

Cami Mahallesi, Marmados Evleri ve İstasyon Mahallesinde bulunan bu üç sondaj (S7, S8, S9) kendi içinde korele edildiğinde (Şekil 3.9), S9 sondajında yer alan Çakıllı Kumlu Kahverengi Kil biriminin kalınlığının 7.00 m olduğu,

S8 sondajında kalınlığı 19 m, S.P.T değerleri 24-27 olan Bej Siyah Kil birimine ve S7 sondajında kalınlığı 7.50 m, S.P.T değerleri 2-44 arasında olan koyu kahverengi yeşilimsi kil birimine geçiş gösterdiği değerlendirilmiştir.

Birimin S.P.T değeri 24->50' dir. Aynı sondajda yer alan sarımsı kahverengi çakıllı kum biriminin kalınlığı 12.50 m, S.P.T değerleri 6-49' dur. Birim kalınlığı 1.80 m, S.P.T değerleri 3-9 olan sarımsı grimsi kahverengi siltli kil seviyesi içermektedir. Diğer sondajlarda bu birime rastlanmaz. S7 sondajında 12.00 m kalınlığında S.P.T değeri >50 olan kireçtaşına rastlanır.

Tablo 3.1: Evliya Çelebi Mahallesi kıyı çökelleri litolojisi

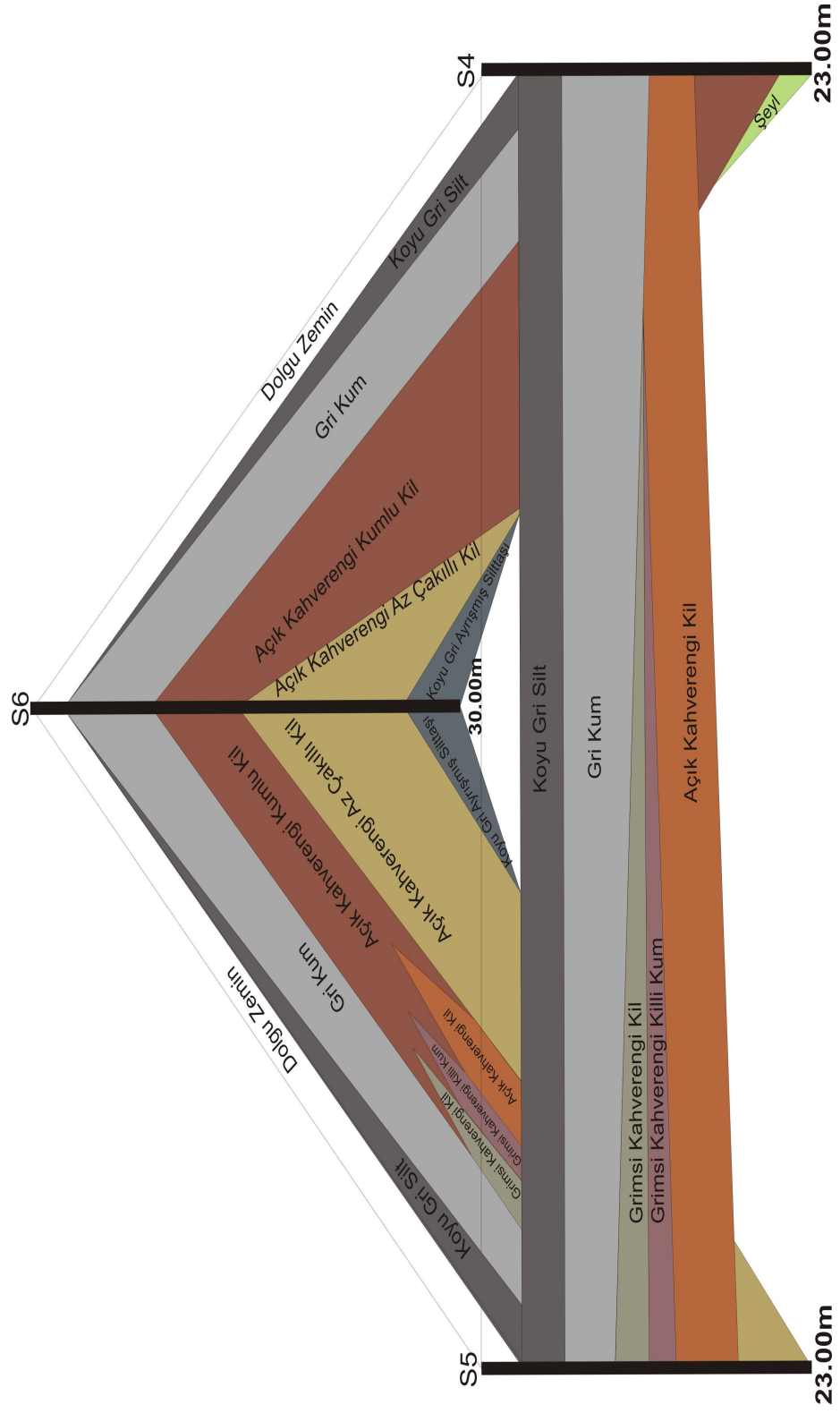
Bölge No	Bölge	Sondaj No	Kuyu Sonu Derinliği (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Sondaj Derinliği (m)	SPT (N ₃₀)	Litolojik Tanımlama
1	Evliya Çelebi Mahallesi	S-1	16.00	3.50	0.00-2.50	11-20	Kaya Dolgu
					2.50-4.00	11-15	Kahverengi Grimsi Siltli Kil
					4.00-7.00	5-15	Koyu Grimsi Organik Kavkılı Killi Kum
					7.00-8.50	5-14	Koyu Grimsi Plastik Siltli Kil
					8.50-13.00	5->50	Açık Kahverengi Az Killi İri Kum
		13.00-16.00	>50	Açık Kahverengi Sarımsı Orta İri Çakıllı Killi Kum			
		S-2	16.00	3.50	0.00-1.50	5-10	Kaya Dolgu
					1.50-2.50	10-12	Kahverengi Az Kumlu Kil
					2.50-4.00	5-10	Kahverengi Az Killi Kum
					4.00-7.00	2-25	Koyu Grimsi Az Killi İri İnce Çakıllı Kum
					7.00-10.00	10-27	Kahverengi Az Killi Az İnce Çakıllı Kum
		S-3	16.00	3.50	10.00-11.50	8-10	Açık Grimsi Kumlu Plastik Kil
					11.50-16.00	9->50	Açık Kahverengi Sarımsı Orta İri Çakıllı Killi Kum
					0.00-3.20	8-10	Kaya Dolgu
					3.20-4.70	2-13	Kahverengi Az Kumlu Kil
4.70-7.20	5-7				Grimsi Mavi Az Kumlu Kil		
			7.20-11.50	7-27	Koyu Grimsi Az Killi İri Kum		
			11.50-16.00	15->50	Kahverengi Killi Kum		

Tablo 3.2: Tersaneler Bölgesi kıyı çökelleri litolojisi

Bölge No	Bölge	Sondaj No	Kuyu Sonu Derinliği (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Sondaj Derinliği (m)	SPT (N ₃₀)	Litolojik Tanımlama
2	Tersaneler Bölgesi	S-4	23.00	2.10	0.00-2.50	25	Dolgu Zemin
					2.50-5.50	13-21	Koyu Gri Silt
					5.50-11.50	24-27	Gri Kum
					11.50-14.50	27	Açık Kahverengi Kil
					14.50-20.50	23->50	Açık Kahverengi Kumlu Kil
					20.50-23.00	>50	Şeyl
		S-5	23.00	2.10	0.00-2.50	17	Dolgu Zemin
					2.50-5.50	8-16	Koyu Gri Silt
					5.50-9.20	24-26	Koyu Gri Kabuklu Kum
					9.20-11.50	11	Griimsi Kahverengi Kil
					11.50-13.00	24	Griimsi Kahverengi Killi Kum
					13.00-17.50	25	Açık Kahverengi Kil
		S-6	30.00	1.30	17.50-23.00	26->50	Açık Kahverengi Çakıllı Kil
					0.00-2.50	17	Dolgu Zemin
					2.50-8.50	2-18	Gri Kabuklu Kum
					8.50-14.50	28-31	Kırmızımsı Kahverengi Kumlu Kil
					14.50-26.00	>50	Açık Kahverengi Az Çakıllı Kil
					26.00-30.00	>50	Koyu Gri Ayrışmış Silttaşı

Tablo 3.3: Cami Mah., Marmados Evleri, İstasyon Mah. litolojisi

Bölge No	Bölge	Sondaj No	Kuyu Sonu Derinliği (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Sondaj Derinliği (m)	SPT (N ₃₀)	Litolojik Tanımlama
3	Cami Mahallesi	S-7	20.00	4.00	0.00-0.50	-	Bitkisel Toprak Dolgu
					0.50-6.00	2	Koyu Kahverengi Yeşilimsi Kil
					6.00-8.00	44	Kahverengi Kil (yer yer kilitaşı)
					8.00-20.00	>50	Kireçtaşı
4	Marmados Evleri	S-8	20.00	2.00	0.00-1.00	-	Bitkisel Toprak Dolgu
					1.00-20.00	24-27	Bej Siyah Kil
5	İstasyon Mahallesi	S-9	20.00	4.50	0.00-0.50	-	Bitkisel Toprak Dolgu
					0.50-6.00	17-40	Sarımsı Kahverengi Çakıllı Kum
					6.00-6.70	3	Griimsi Kahverengi Siltli Kil
					6.70-7.80	9	Sarımsı Griimsi Siltli Kil
					7.80-13.00	6-48	Kahverengi Çakıllı Kum
13.00-20.00	>50	Çakıllı Kumlu Kahverengi Kil					



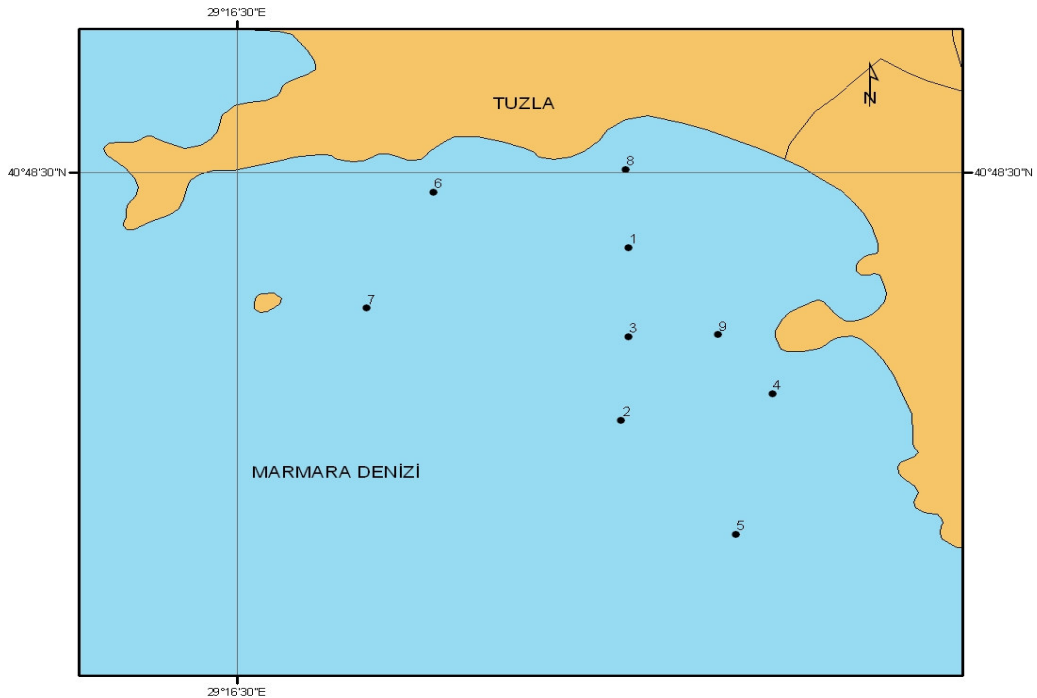
Şekil 3.8: Tersaneler Bölgesi panel diyagramı

3.2.2. Deniz dibi çökelleri

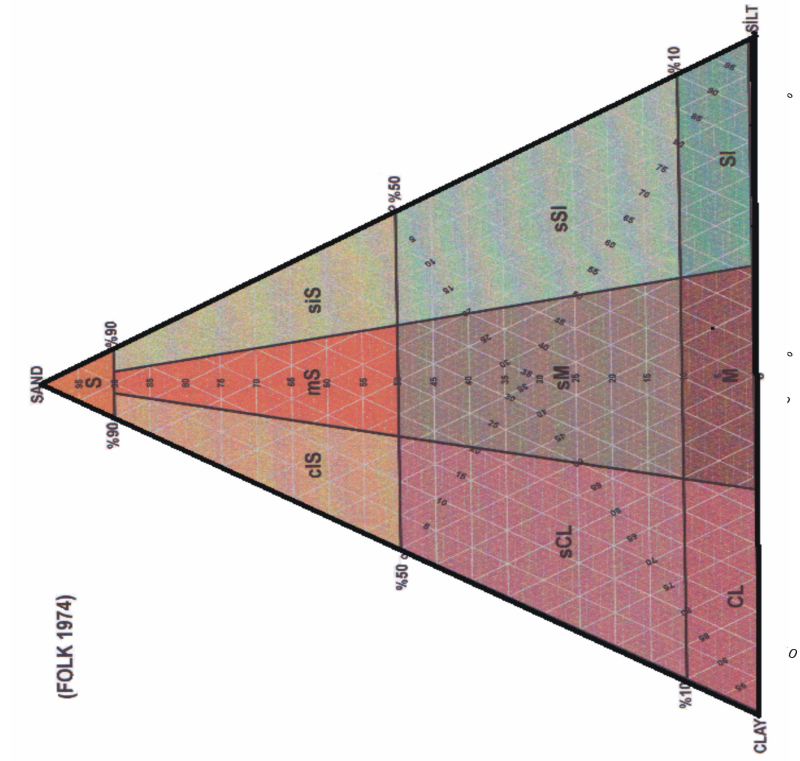
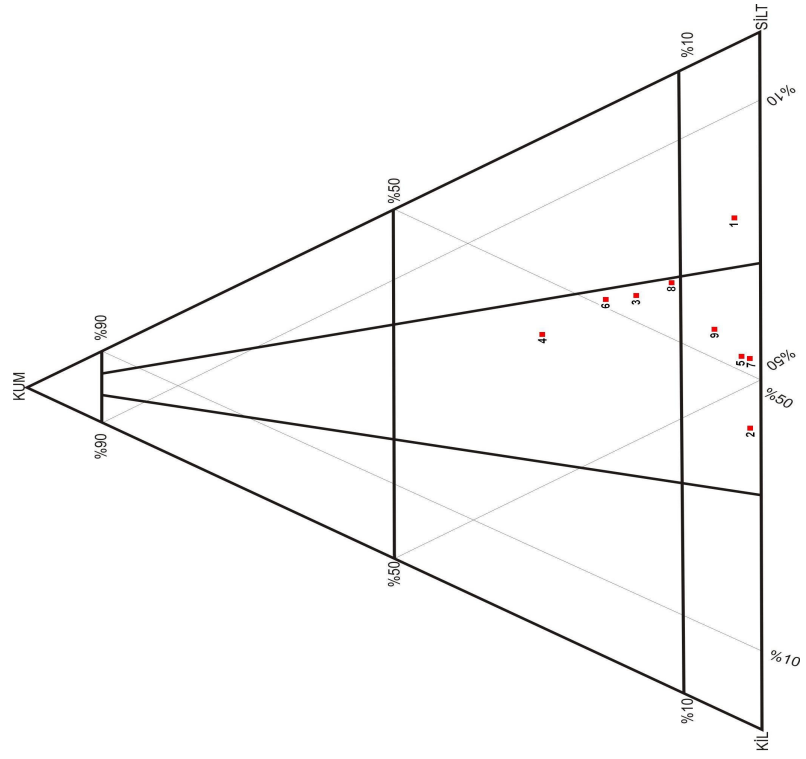
Tuzla Koyu deniz dibi çökel özelliklerini belirlemek amacıyla S.H.O.D.B Mesaha 2 botu tarafından orange peel deniz dibi jeolojik örnekleme cihazı ile alınan dokuz (9) adet numune (Tablo 3.4, Şekil 3.10) üzerinde yapılan tane boyu analizleri Folk-1974'e (Şekil 3.11, Tablo 3.5) göre adlandırılarak deniz tabanı çökel dağılımı değerlendirilmiştir.

Tablo 3.4: Tuzla Koyu dip numune noktaları

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)
1	40° 47' 54" N - 29° 19' 16" E	37
2	40° 46' 23" N - 29° 19' 13" E	78
3	40° 47' 07" N - 29° 19' 16" E	42
4	40° 46' 37" N - 29° 20' 19" E	40
5	40° 45' 23" N - 29° 20' 03" E	75
6	40° 48' 23" N - 29° 17' 51" E	23
7	40° 47' 21" N - 29° 17' 22" E	76
8	40° 48' 35" N - 29° 19' 15" E	20
9	40° 47' 08" N - 29° 19' 55" E	19



Şekil 3.10: Tuzla Koyu dip numune noktaları (ölçeksiz)

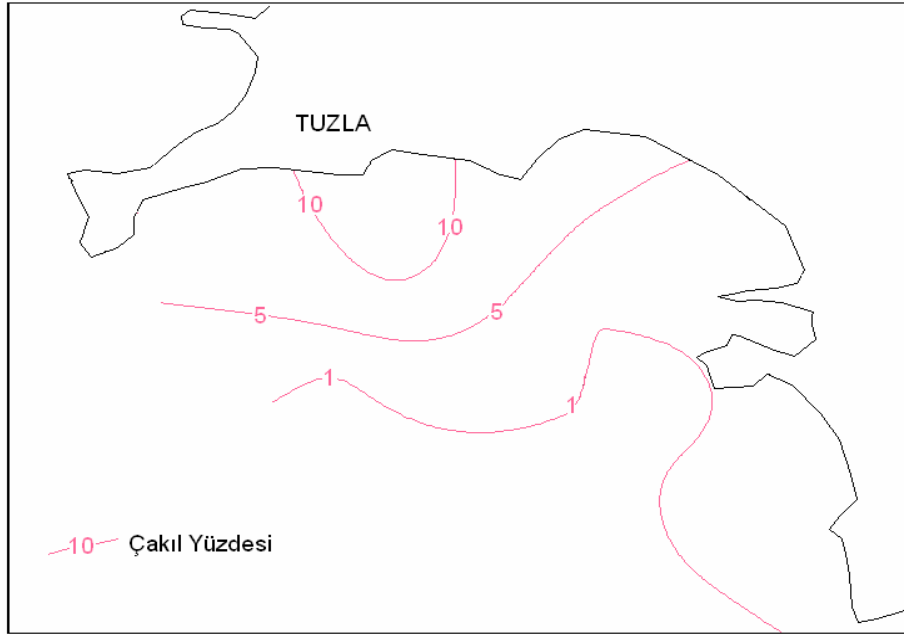


Şekil 3.11: Folk-1974 sınıflaması ve Tuzla Koyu tane boyu dağılımı

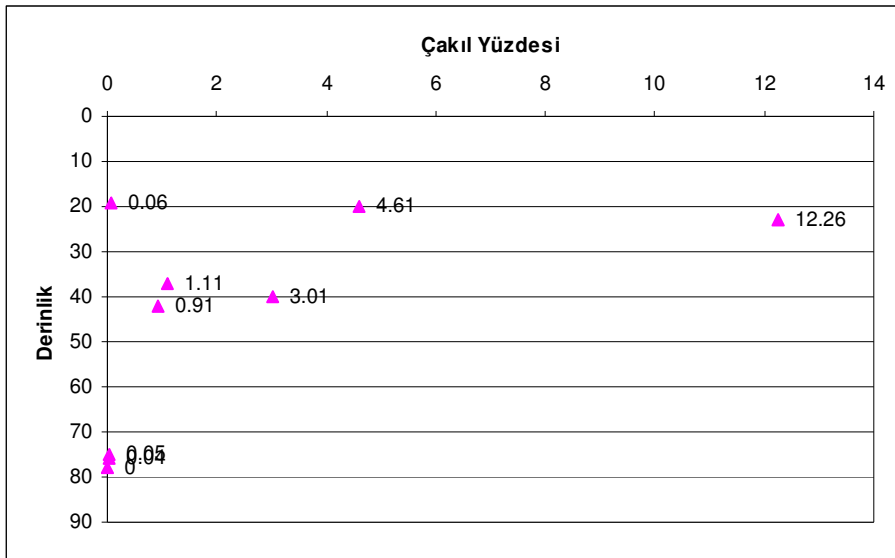
Tablo 3.5: Tuzla Koyu tane boyu dağılımı

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Elek Analizi Sonuçları		Pipet Analizi Sonuçları		Tane Boyu Sınıflaması (Folk 1974)
			Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	1.11	2.81	69.58	26.5	Silt
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	0	1.06	42.92	56.02	Çamur
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	0.91	15.32	54.05	29.72	Kumlu Çamur
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	3.01	28.98	41.98	26.03	Kumlu Çamur
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	0.05	2.56	53.18	44.21	Çamur
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	12.26	8.64	51.7	27.4	Kumlu Çamur
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	0.04	1.22	53.51	45.23	Çamur
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	4.61	8.36	58.02	29.01	Kumlu Çamur
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	0.06	6.62	53.97	39.35	Çamur

Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri tane boyu dağılımı incelendiğinde, dip çökel dağılımında en az yüzdeye sahip tanenin çakıl olduğu, en yüksek yüzdeye sahip tanenin ise kil olduğu görülmektedir. Çakıl yüzdesinin açıkta yaklaşık 60 m derinlikte %1 değerine düştüğü ve kıyılarda ise yaklaşık %10 değerine ulaştığı görülmektedir (Şekil 3.12). Derinliğe bağlı çakıl oranı değişiminin (Şekil 3.13) karadan gelen sediman akıntıları ve denizde oluşan akıntılar etkisiyle oluştuğu değerlendirilmektedir.

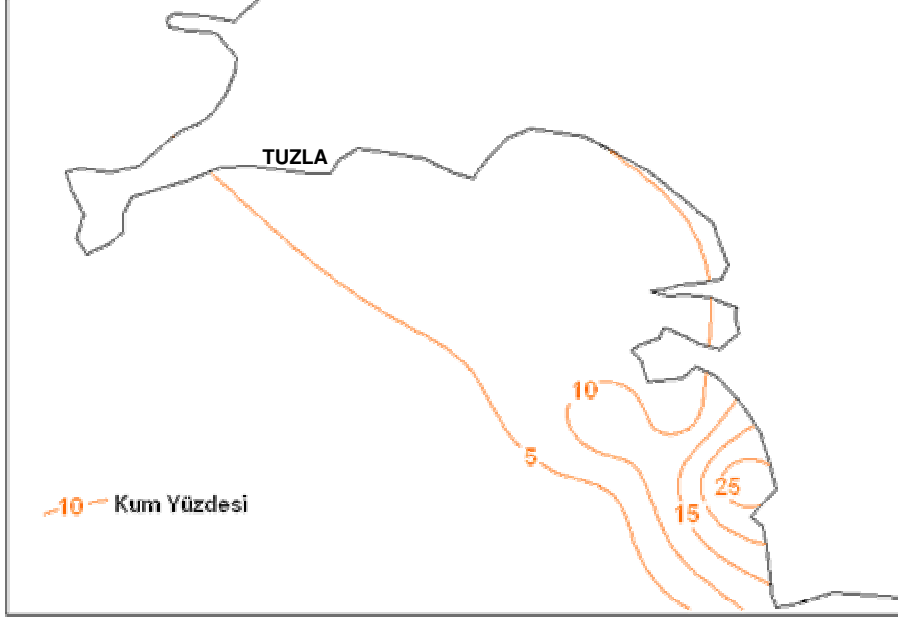


Şekil 3.12: Tuzla Koyu çakıl yüzdesi dağılımı

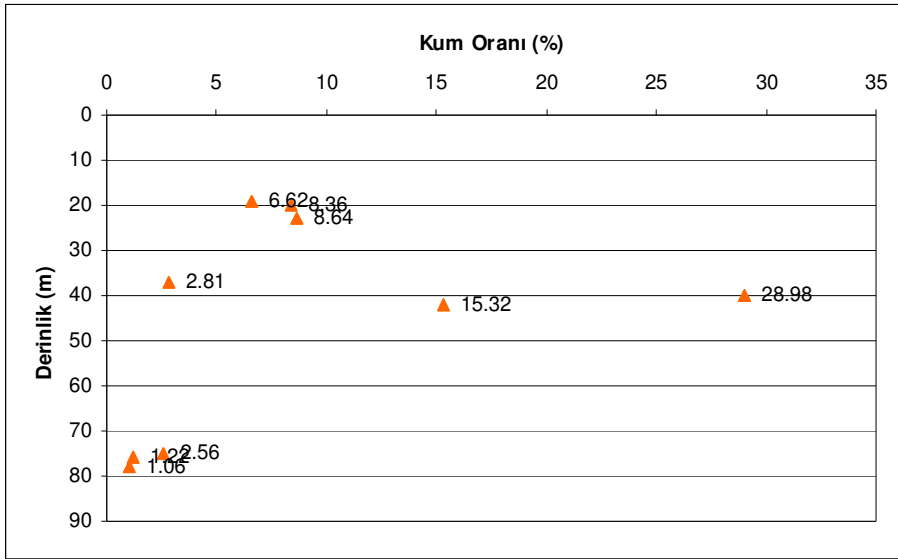


Şekil 3.13: Tuzla Koyu çakıl yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi

Tuzla Koyu kum yüzdesi dağılımı incelendiğinde ise değerlerin %5 ile %25 arasında değiştiği ve özellikle koyun güney doğusunda kalan alanda dip akıntıları nedeniyle kum yüzdesinde artış olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 3.14). Derinliğe bağlı olarak kum yüzdesi incelendiğinde ise (Şekil 3.15) 45 m derinliğe kadar olan bölümde kum yüzdesinin % 2.81 ile % 28.98 arasında değiştiği ve derinliğin artmasıyla değerlerin azaldığı görülmektedir.

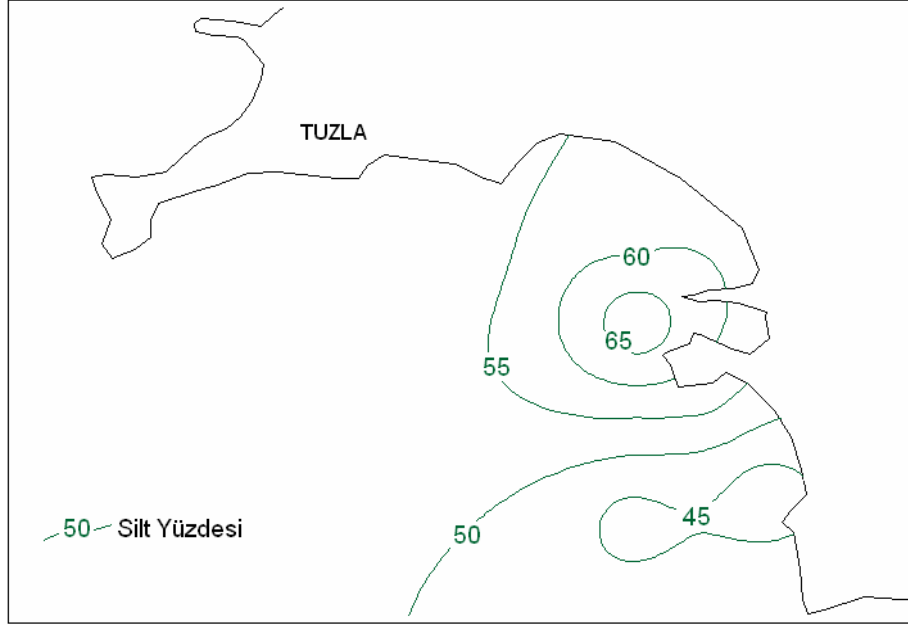


Şekil 3.14: Tuzla Koyu kum yüzdesi dağılımı

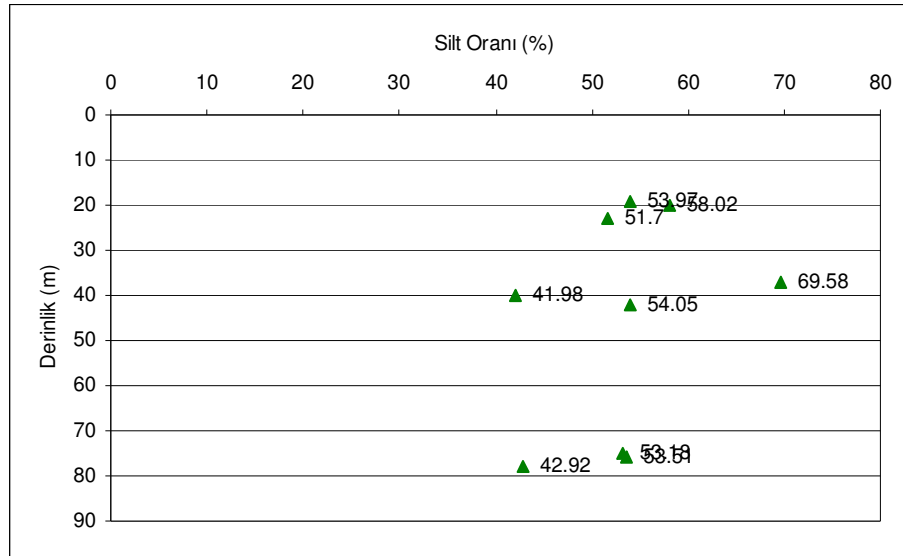


Şekil 3.15: Tuzla Koyu kum yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi

Tuzla Koyu silt yüzdesi dağılımı incelendiğinde ise değerlerin % 45 ile % 70 arasında değiştiği görülmektedir. Koyun dip akıntıları etkisiyle deniz içinde sürükleyerek ufaladığı kum ve çakılların silt yüzdesinin artmasında etkili olduğu ve dağılımın dip morfolojisine uygun olarak arttığı değerlendirilmektedir (Şekil 3.16). Kıydan itibaren silt yüzdesinin derinliğe bağlı değişimi de % 41.98 ile % 69.58 arasında değerler almaktadır (Şekil 3.17).

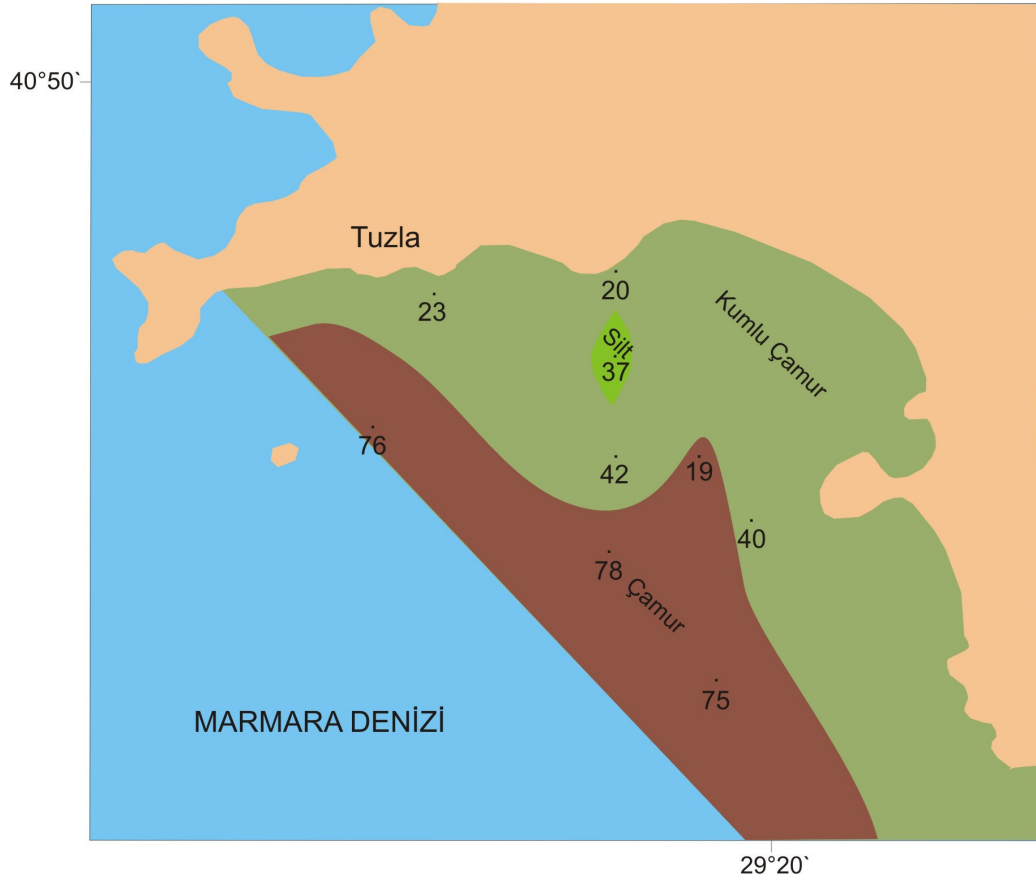


Şekil 3.16: Tuzla Koyu silt yüzdesi dağılımı



Şekil 3.17: Tuzla Koyu silt yüzdesi değerlerinin derinlikle değişimi

Tane boyu yüzdeleri ve derinlikle ilişkileri (Şekil 3.12 – Şekil 3.19) incelendiğinde Tuzla koyu deniz dibi çökellerinin kıyıya paralel ve yaklaşık 40 m su derinliğine kadar olan bölümde saha genelinde yaygın olarak kum bileşeni % 8.36 ile % 28.98 arasında değişen ve çamur (silt ve kil) bileşeni % 68.01 ile % 87.03 arasında olan malzemeden oluşan ve tane boyu özellikleri bakımından kumlu çamur özelliği gösteren malzemeden oluştuğu ve bu birim üzerinde kaba daneli (kum ve çakıl) malzeme miktarı % 3.92 olan, silt bileşeni % 69.58 ve tane boyu sınıflamasına göre silt özelliği gösteren malzemeden oluşan birimin merceklenme yaptığı ve ayrıca; saha genelinde derinliğin artmasıyla kaba daneli malzeme bileşeni % 1.06 ile % 6.68 arasında değişen çamur biriminin dağılım yaptığı görülmektedir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20: Tuzla Koyu tane boyu dağılımı, numune noktaları ve derinlikleri

3.2.3. Deniz dibi çökelleri mühendislik özellikleri

Deniz dip numuneleri öncelikle tane boyuna göre sınıflandırılmıştır ve bu veriler Deniz Jeolojisi bölümünde verilmiştir. Bu bölümde ise numunelerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak, tüm numunelerde 200 no'lu elek altında kalan kısmın % 50'den fazla olduğu görülmüş ve bu nedenle likit limit ve plastik limit analizleri ile yoğunluk analizleri yapılarak değerlendirilmelerde bulunulmuştur.

Numuneler üzerinde yapılan likit limit analizi sonuçları (Tablo 3.6) incelendiğinde, likit limit değerlerinin % 48 ile % 110 arasında değiştiği, plastik limit değerlerinin ise %27 ile %69 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 3.7).

Tablo 3.6: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri likit limit değerleri

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Vuruş Sayısı	Numune Ağırlığı (Islak) (gr)	Numune Ağırlığı (kuru) (gr)	Su Ağırlığı (gr)	Su İçeriği (%)	Likit Limit (%)
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	7	10.94	5.00	5.94	118.80	58
			5	9.44	3.79	5.65	149.08	
			5	14.52	6.17	8.35	135.33	
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	4	13.87	5.38	8.49	157.81	100
			4	11.28	4.33	6.95	160.51	
			3	12.72	4.86	7.86	161.73	
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	5	12.07	5.84	6.23	106.68	86
			3	14.93	6.97	7.96	114.20	
			4	13.21	6.30	6.91	109.68	
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	5	9.08	4.68	4.40	94.02	62
			5	11.04	5.61	5.43	96.79	
			4	12.09	6.14	5.95	96.91	
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	3	14.02	5.58	8.44	151.25	52
			4	9.95	4.01	5.94	148.13	
			3	12.46	4.92	7.54	153.25	
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	6	16.82	6.50	10.32	158.77	48
			5	13.18	4.76	8.42	176.89	
			5	9.56	3.28	6.28	191.46	
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	7	10.43	4.26	6.17	144.84	50
			6	13.84	5.28	8.56	162.12	
			6	10.62	4.00	6.62	165.50	
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	5	12.56	5.76	6.80	118.06	98
			6	12.78	5.93	6.85	115.51	
			6	7.81	3.62	4.19	115.75	
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	6	10.79	4.50	6.29	139.78	110
			7	11.53	4.84	6.69	138.22	
			6	12.38	5.18	7.20	139.00	

Tablo 3.7: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri plastik limit değerleri

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Numune Ağırlığı (ıslak) (gr)	Numune Ağırlığı (kuru) (gr)	Su Ağırlığı (gr)	Su İçeriği (%)	Plastik Limit (%)
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	30.28	21.13	9.15	43.30	43
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	11.26	6.68	4.58	68.56	69
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	10.68	6.39	4.29	67.14	67
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	8.94	5.99	2.95	49.25	49
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	11.12	8.78	2.34	26.65	27
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	16.29	11.74	4.55	38.76	39
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	10.51	7.5	3.01	40.13	40
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	16.35	9.75	6.6	67.69	68
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	4.74	3.13	1.61	51.44	51

Birleştirilmiş zemin sınıflama sisteminde (U.S.C.S) sınıflama yapılması amacıyla likit limit ve plastik limit verilerinden, bağıntı (3.1) kullanılarak elde edilen plastisite indisi değerleri (Tablo 3.8) incelendiğinde, çökellerin plastisite indisinin %10 ile %59 arasında değiştiği görülmektedir. İndisin derinlikle değişimi (Şekil 3.21) ve plastisite kartındaki (Şekil 3.22) değerlendirme ile çökeller, birleştirilmiş zemin sınıflamasına (U.S.C.S) göre adlandırılmıştır (Tablo 3.9).

$$PI = LL - PL \quad (3.1)$$

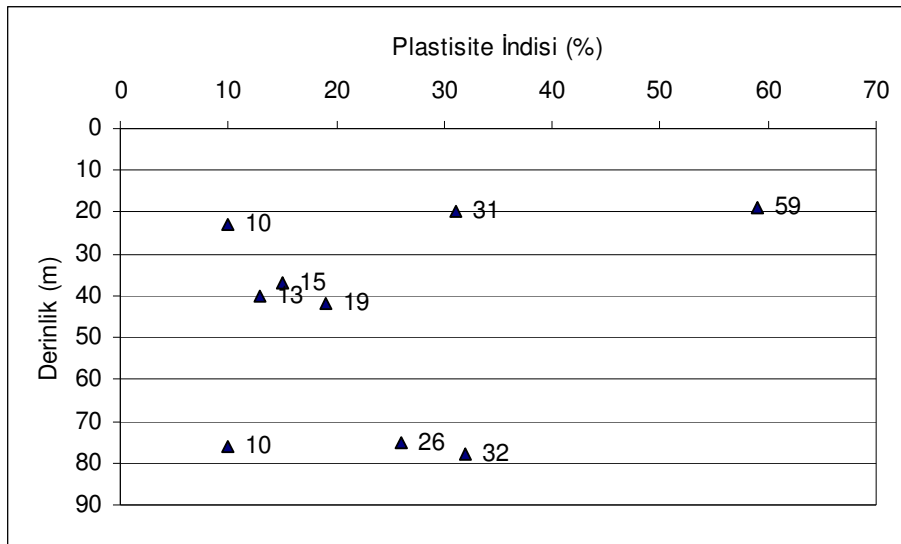
PI : Plastisite İndisi

LL : Likit Limit

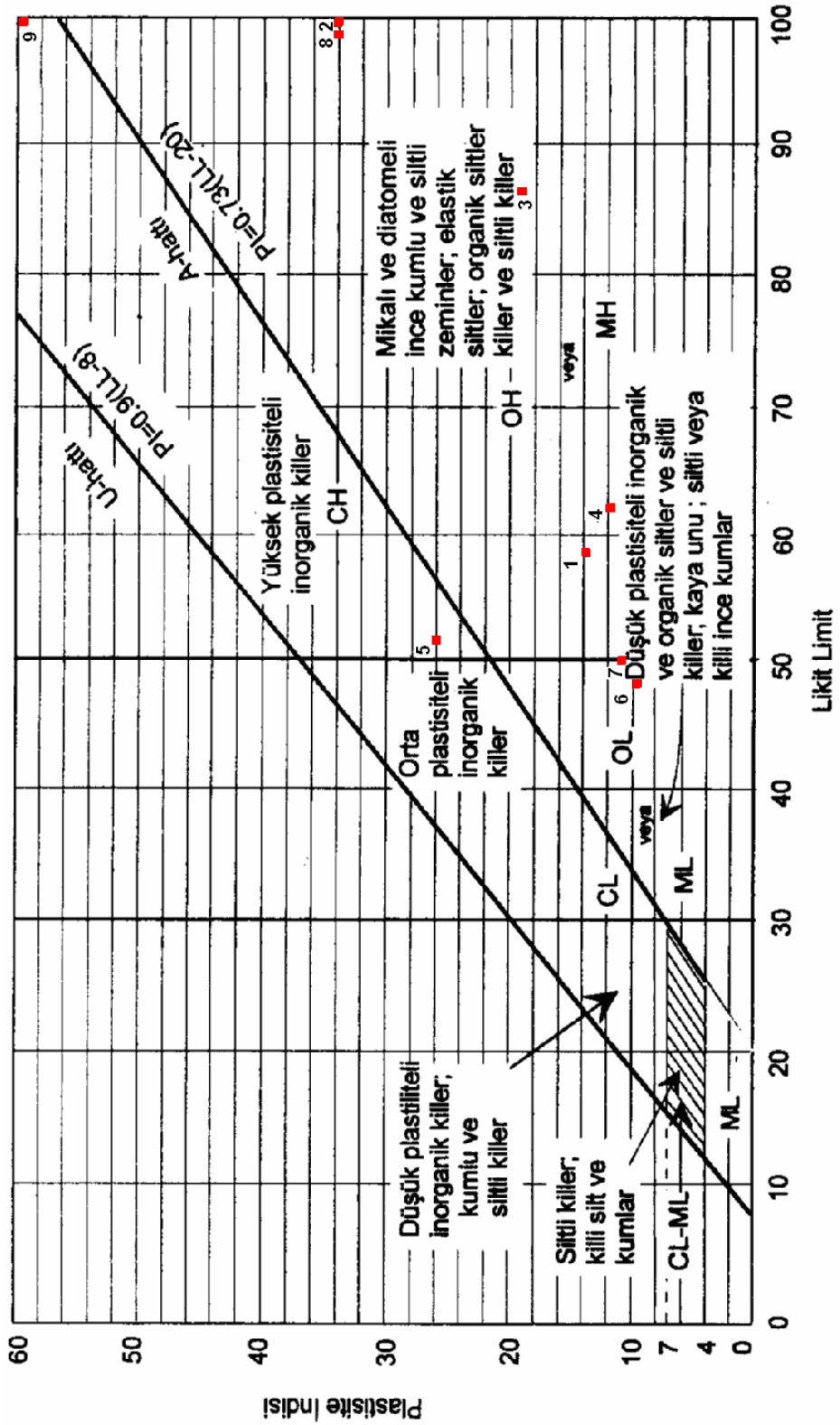
PL : Plastik Limit

Tablo 3.8: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri plastisite indisi değerleri

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (IP)
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	58	43	15
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	100	69	32
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	86	67	19
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	62	49	13
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	52	27	26
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	48	39	10
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	50	40	10
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	98	68	31
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	110	51	59



Şekil 3.21: Tuzla Koyu plastisite indisi değerlerinin derinlikle değişimi



Şekil 3.22: Casagrande plastisite diyagramı (Casagrande 1984, Holtz ve diğ. 2004)

Tablo 3.9: Tuzla Koyu deniz dibi çökellerinin U.S.C.S sınıflandırması

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Likit Limit(LL) (%)	Plastisite İndisi (IP)	Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Açıklama
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	58	15	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	100	32	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	86	19	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	62	13	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	52	26	CH	Yağlı Kil
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	48	10	OL	Organik Zemin LL % 50'den küçük
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	50	10	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	98	31	OH	Organik Zemin LL % 50 ve daha fazla
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	110	59	CH	Yağlı Kil

Zeminlerin tamamına yakını plastisite kartında A hattı altındaki alanda kalmış olup 1, 2, 3, 4, 7, 8 numaralı numuneler birleştirilmiş zemin sınıflandırmasına göre OH sınıfında likit limiti % 50 ve daha fazla olan organik zemin özelliği göstermektedir. Numune 6 ise OL sınıfı likit limiti % 50'den küçük organik zemin özelliği göstermektedir. Numune 5 ve 9 ise A hattı üzerinde kalmış ve 5 ve 9 numaralı numuneler CH sınıfı yağlı kil özelliği göstermektedir. Kıvam limitleri ile tane boyu analiz sonuçları beraber değerlendirildiğinde, Folk 1974'e göre silt; çamur ve kumlu çamur olarak adlandırılan ve ince daneli malzeme miktarı %50'den fazla olan numunelerin birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine (U.S.C.S) göre organik zemin veya yağlı kil özelliği gösterdiği görülmektedir. Ayrıca likit limit değerleri incelendiğinde % 48 - % 110 arasında değiştiği görülmektedir. Deniz tabanının zayıf dayanımlı malzemedan oluştuğu değerlendirilmiştir (Tablo 3.10).

Tablo 3.10: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri tane boyu ve kıvam limitleri

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi	Birleştirilmiş Zemin Sınıfı	Çakıl (%)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tane Boyu Sınıflaması
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	58	43	15	OH	1.11	2.81	69.58	26.5	Silt
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	100	68	32	OH	0	1.06	42.92	56.02	Çamur
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	86	67	19	OH	0.91	15.32	54.05	29.72	Kumlu Çamur
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	62	49	13	OH	3.01	28.98	41.98	26.03	Kumlu Çamur
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	52	26	26	CH	0.05	2.56	53.18	44.21	Çamur
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	48	38	10	OL	12.26	8.64	51.7	27.4	Kumlu Çamur
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	50	40	10	OH	0.04	1.22	53.51	45.23	Çamur
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	98	67	31	OH	4.61	8.36	58.02	29.01	Kumlu Çamur
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	110	51	59	CH	0.06	6.62	53.97	39.35	Çamur

Aynı numuneler üzerinde yapılan yoğunluk (ıslak) analiz sonuçları (Tablo 3.11) incelendiğinde, değerlerin 1.28 gr/cm³ ile 3.42 gr/cm³ arasında dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3.23). Değerler bağıntı (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$p_n = \frac{M_n}{V - \left(\frac{M_{np} - M_n}{\rho_p} \right)} \quad (3.2)$$

p_n : Yoğunluk (gr / cm³)

V: Numune Hacmi (cm³)

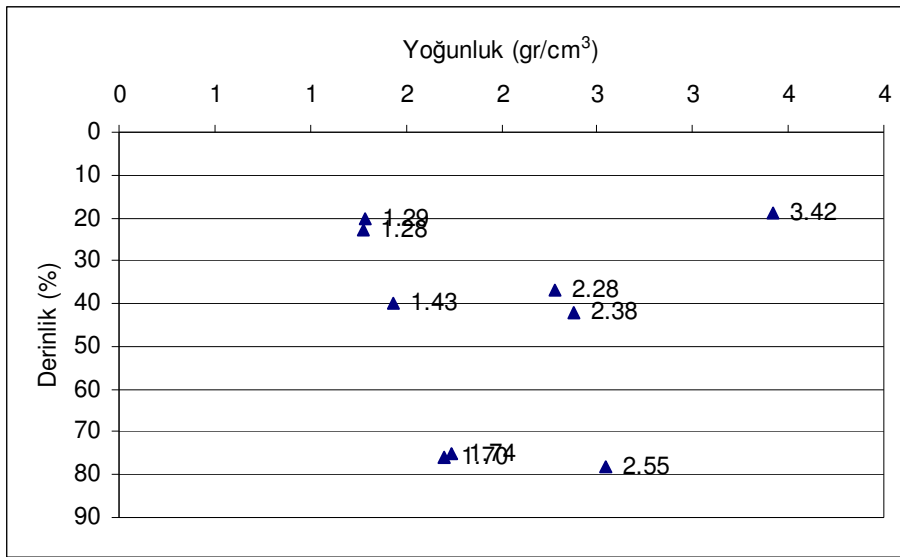
M_{np} : Parafin Ağırlığı (gr)

M_n : Numune Ağırlığı (gr)

ρ_p : Parafinin Doğal Birim Hacim Ağırlığı (0.80 gr / cm³)

Tablo 3.11: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri yoğunluk analizi sonuçları

Numune No	Koordinat	Derinlik (m)	Numune Ağırlığı (ıslak) (gr)	Numune + Parafin Ağırlığı (gr)	Parafin Ağırlığı (gr)	Numune Hacmi (cm ³)	Yoğunluk (gr/cm ³)
1	40° 47' 54" N 29° 19' 16" E	37	22.70	22.74	0.04	10	2.28
2	40° 46' 23" N 29° 19' 13" E	78	10.25	11.03	0.78	5	2.55
3	40° 47' 07" N 29° 19' 16" E	42	18.39	18.61	0.22	8	2.38
4	40° 46' 37" N 29° 20' 19" E	40	30.04	30.14	0.10	21	1.43
5	40° 45' 23" N 29° 20' 03" E	75	35.27	35.62	0.35	20	1.74
6	40° 48' 23" N 29° 17' 51" E	23	28.48	29.11	0.63	23	1.28
7	40° 47' 21" N 29° 17' 22" E	76	33.24	33.63	0.39	20	1.70
8	40° 48' 35" N 29° 19' 15" E	20	24.40	24.51	0.11	19	1.29
9	40° 47' 08" N 29° 19' 55" E	19	16.54	16.68	0.14	5	3.42



Şekil 3.23: Tuzla Koyu deniz dibi çökelleri yoğunluk değerleri

3.2.4 Kıyı çökelleri mühendislik özellikleri

Kıyı çökelleri mühendislik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, inceleme alanında yer alan (Şekil 3.6) sondajlardan ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler değerlendirilerek inceleme alanının mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Kıvam limitleri ve tane boyu analiz sonuçları ile sondaj verileri birlikte değerlendirildiğinde (Tablo 3.12, 3.13, 3.14; Şekil 3.24) koyun batı bölümünde (Şekil 3.6) yer alan S1 sondajının 4.50-4.90 m arasından alınan örnek birleştirilmiş zemin sınıflamasında killi kum (SC) olarak sınıflanmıştır ve sondajın devamında 10.50-10.95 m arasından alınan örneğin birleştirilmiş zemin sınıflamasında kumlu düşük plastisiteli kil (CL) özelliği gösterdiği, 13.50-13.80 m arasından alınan örnekte siltli killi kum (SC-SM) olarak sınıflanmıştır.

Aynı bölgede yer alan S2 sondajı 6.00-6.45 m derinlikten alınan numune de siltli killi kum (SC-SM) sınıfı zemin özelliği göstermekte olup, aynı sondajın 12.00-12.45 m derinlikten alınan numune de killi kum (SC) sınıfındadır.

S3 sondajından 10.50-10.95 m derinlikten alınan numunenin ise siltli killi kum (SC-SM) zemin özelliği gösterdiği görülmektedir.

S4 sondajından 6.00-6.45 m derinlikten alınan örneğin ise siltli kum (SM) sınıfında yer aldığı 12.00-12.50 m derinlikten alınan numunenin ise düşük plastisiteli kil ve az kum (CL) özelliği gösterdiği, aynı sondajdan 15.00-15.45 m derinlikten alınan numunenin ise kumlu düşük plastisiteli kil (CL) özelliği gösterdiği ve aynı bölgede yer alan,

S5 sondajından 6.00-6.45 m derinlikten alınan örneğinde siltli kum (SM) zemin sınıfında yer aldığı, 13.50-13.95 m ve 16.50-17.00 m derinlikten alınan örneklerin de kumlu düşük plastisiteli kil (CL) olduğu değerlendirilmiştir.

S6 sondajından 9.00-9.50 m derinlikten alınan örneğin ise kumlu düşük plastisiteli kil (CL) olduğu aynı sondajdan 15.00-15.45 m derinlikten alınan numunenin ise birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre düşük plastisiteli kil ve az kum (CL) sınıfı zemin özelliği gösterdiği görülmektedir.

Kıyı çökelleri batı bölümünde SC sınıfı zeminlerin çakıl yüzdesinin en fazla % 1.91, kum yüzdesinin % 63.80 - % 66.51, silt-kil yüzdesinin % 31.58 - % 36.20 arasında değiştiği görülmektedir (Tablo 3.12). SC sınıfı zeminlerin kıvam limitleri incelendiğinde likit limit değerlerinin % 25 - % 30 arasında, plastik limit değerlerinin % 11 - % 13 arasında, plastisite indisi değerlerinin % 14 - % 17 arasında değiştiği, S.P.T değerlerinin ise 9-13 arasında değiştiği görülmektedir. SC zemin sınıfına ait S1 sondajı 4.50-4.90 m derinlikten alınan numuneye üç eksenli basınç dayanımı uygulanmış kohezyon 0.23kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 2.3° , doğal birim hacim ağırlık ise 2 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

SC–SM zemin sınıfına ait zeminlerin çakıl yüzdesinin % 8.22 - % 20.11, kum yüzdesinin % 57.26 - % 65.53, silt-kil yüzdesinin % 13.41 – % 28.26 arasında değiştiği görülmektedir. SM-SC sınıfı zeminlerin kıvam limitleri incelendiğinde likit limit değerlerinin % 20 - % 22 arasında, plastik limit değerlerinin % 15 - % 17 arasında, plastisite indisi değerlerinin 4-6 arasında değiştiği, Standart Penetrasyon Testi (S.P.T) değerlerinin ise 7->50 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Tablo 3.12).

SM zemin sınıfına ait zeminlerin çakıl yüzdesinin % 5 - 10, kum yüzdesinin % 69 - % 72, silt-kil yüzdesinin % 21 – % 23 arasında değiştiği, S.P.T değerlerinin ise 24-25 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Tablo 3.12).

CL sınıfı zeminlerin çakıl yüzdesinin % 1 - % 6, kum yüzdesinin % 11 - % 44, silt-kil yüzdesinin % 54 - % 85 arasında değiştiği görülmektedir. CL sınıfı zeminlerin kıvam limitleri incelendiğinde likit limit değerlerinin % 28.30 - % 40.10 arasında, plastik limit değerlerinin % 14 - % 21.20 arasında, plastisite indisi değerlerinin % 8.2 - % 20 arasında değiştiği, S.P.T değerleri ise 5->50 arasında değişmektedir (Tablo 3.12).

CL zemin sınıfına ait S4 sondajı 12.00-12.50 m derinlikten alınan numuneye üç eksenli basınç dayanımı uygulanmış olup kohezyon 1.52 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 4° , doğal birim hacim ağırlık 1.99 gr/cm^3 , kuru birim hacim ağırlık 1.58 gr/cm^3 , tane özgül ağırlığı 2.69 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

S5 sondajı 16.50-17.00 m derinlikten alınan numuneye de üç eksenli basınç dayanımı uygulanmıştır ve kohezyon 1.45 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 9° , doğal birim hacim ağırlık 2.01 kg/cm^3 , kuru birim hacim ağırlık 1.63 kg/cm^3 tane özgül

ağırlığı 2.68 olarak belirlenmiştir. S6 sondajı içinde 9.00-9.50 m derinlikten alınan numuneye de üç eksenli basınç dayanımı uygulanmıştır ve kohezyon 1.34 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 6° , doğal birim hacim ağırlık 1.98 kg/cm^3 , kuru birim hacim ağırlık 1.59 gr/cm^3 tane özgül ağırlığı 2.68 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Kıyı çökelleri kıvam limitleri ve tane boyu analiz sonuçları incelendiğinde eldeki veriler kapsamında koyun doğu bölümünde (Şekil 3.6) yer alan sondaj verileri ve numune analiz sonuçları birlikte değerlendirilmiştir (Tablo 3.12, 3.13, 3.14, Şekil 3.24), Bölge 3 içinde yer alan S7 sondajı 3.45-6.00 m derinlikten alınan numunenin ve bölge 4 içinde yer alan S8 sondajı 4.45-4.75 m derinlikten alınan numunenin birleştirilmiş zemin sınıfına göre yağlı kil (CH) sınıfı zemin olduğu görülmektedir. Bölge 5 içinde yer alan S9 sondajı 5.50-6.00 m derinlikleri arasından alınan numunenin ise birleştirilmiş zemin sınıflamasında düşük plastisiteli kil ve az kum (CL) sınıfında zemin olduğu görülmektedir (Tablo 3.12).

Kıyı çökelleri doğu bölümünde CH sınıfı zeminlerin çakıl yüzdesinin en fazla % 0.70, kum yüzdesinin % 4.30 - % 7.80, silt-kil yüzdesinin % 91.50 - % 95.70 arasında değiştiği görülmektedir. CH sınıfı zeminlerin kıvam limitleri incelendiğinde likit limit değerlerinin % 60 - % 62 arasında olduğu, plastik limit değerlerinin % 24 değerinde olduğu, plastisite indisi değerlerinin % 36 - % 38 arasında değiştiği, S.P.T değerlerinin ise 2-27 arasında değişim gösterdiği görülmektedir (Tablo 3.12).

CH zemin sınıfına ait S7 sondajı 3.45-6.00 m derinlikten alınan numuneye üç eksenli basınç dayanımı uygulanmış olup kohezyon 0.55 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 4.5° , doğal birim hacim ağırlık ise 1.84 gr/cm^3 , tane özgül ağırlığı 2.72 olarak belirlenmiştir. CH zemin sınıfına ait S8 sondajı 4.45-4.75 m derinlikten alınan numuneye üç eksenli basınç dayanımı uygulanmış olup kohezyon 1.20 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 3° , doğal birim hacim ağırlık ise 1.99 gr/cm^3 , tane özgül ağırlığı 2.72 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Doğu bölümü CL zemin sınıfına ait zeminin çakıl bileşeninin bulunmadığı, kum yüzdesinin % 25.60, silt-kil yüzdesinin % 74.40 olduğu görülmektedir. CL sınıfı zeminin kıvam limitleri incelendiğinde likit limit değerinin % 32 olduğu, plastik limit değerinin % 16 olduğu, plastisite indisi değerinin 16 olduğu, S.P.T değerinin ise 17 olduğu görülmektedir (Tablo 3.12).

Aynı numune üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı sonuçları ise, kohezyon 0.90 kg/cm^2 , içsel sürtünme açısı 6° , doğal birim hacim ağırlık ise 12.06 gr/cm^3 , tane özgül ağırlığı 2.72 olarak belirlenmiştir (Tablo 3.13).

Tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde CL sınıfı zeminlerin plastik, az plastik ve plastik davranış özellikleri gösterdiği ve bu durumun zeminin % 50' den fazlasının ince taneli malzemedan oluşmasından ileri geldiği değerlendirilmiştir (Tablo 3.14).

CH sınıfı zeminlerin ise %100' e yakın oranda ince taneli malzemedan oluşmasından dolayı plastik davranış gösterdiği, SC sınıfı zeminlerin plastik ve az plastik davranış özelliği göstermesinin sebebi olarak da içerdiği yüksek kum oranının ince kumdan oluşmuş olabileceği değerlendirilmiştir (Tablo 3.14).

SM-SC sınıfı zeminlerin ise az plastik veya plastik olmayan davranış göstermelerinin içerisindeki yüksek çakıl ve kum oranına dolayısıyla iri taneli malzemenin çokluğunun neden olduğu değerlendirilmiştir (Tablo 3.14).

SM sınıfı zeminler ise plastik olmayan davranış göstermektedir. Bunun nedeni olarakta içerdiği yüksek kum oranının kaba kumdan oluştuğu değerlendirilmiştir. Ayrıca plastik ve az plastik özellik gösteren zeminlerin plastisite indislerinin plastik olmayanlardan yüksek olduğu da görülmektedir (Tablo 3.14).

Sonuçta kıyı çökelleri yerel olarak değişim göstermekle birlikte tüm zemin grupları plastik olmayan, az plastik ve plastik davranış özellikleri göstermekte olup düşük kohezyon ve içsel sürtünme açısı nedeniyle zayıf dayanımlı zeminler olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 3.12: Tuzla Koyu kıyı çökelleri kıvam limitleri

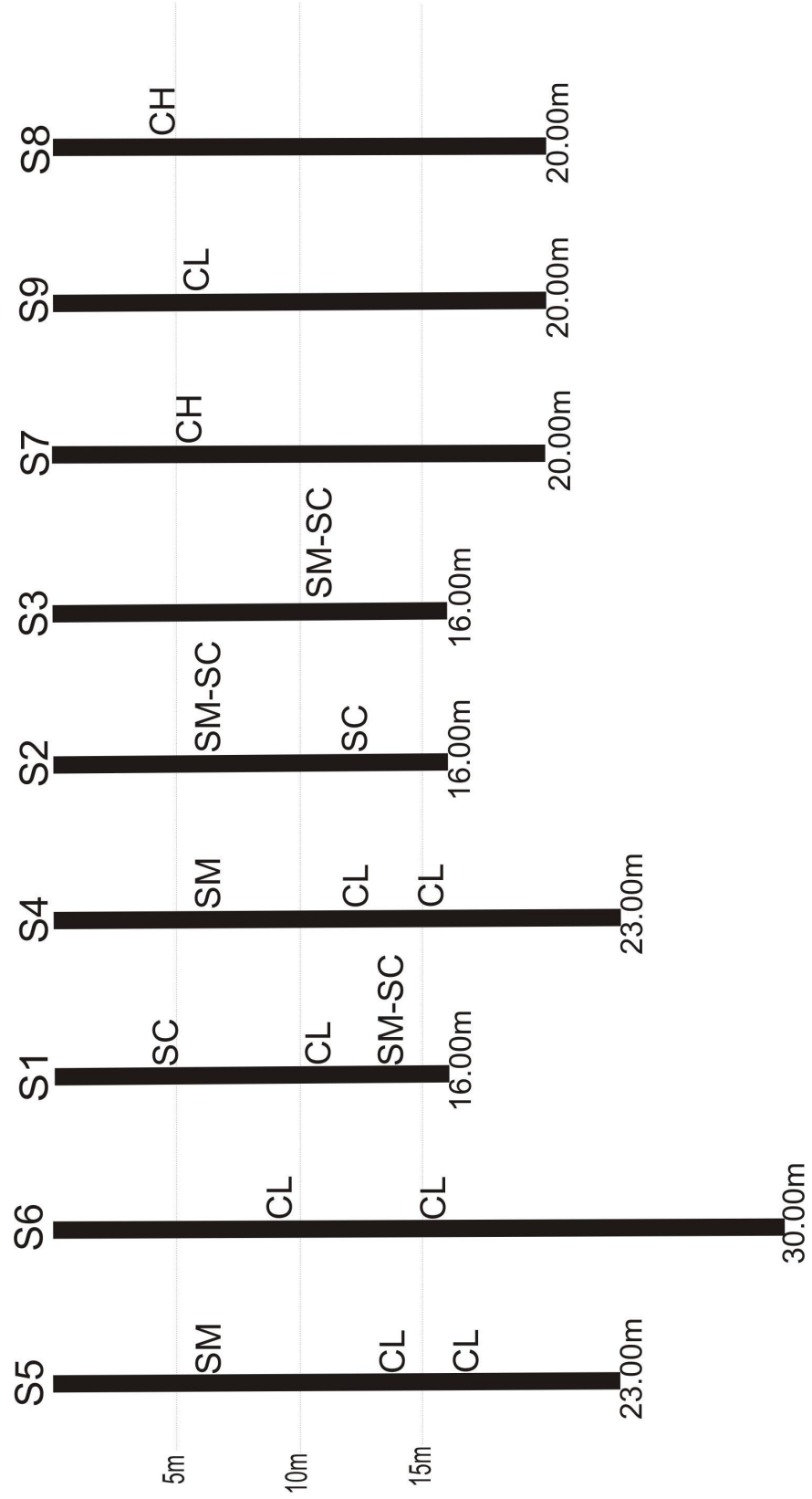
Bölge No	Bölge	Sondaç No	Kuyu Sonu Derinliği (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Analiz Derinliği (m)	SPT (N30)	Kıvam Limitleri			USCS Zemin Sınıfı	Eleğ Analizi			
							Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)		Çakıl (%)	Kum (%)	Silt-Kil (%)	
1	Eviya Çelebi Mahallesi	S-1	16	3.5	4.50-4.90	11-13	30	13	17	SC	1.91	66.51	31.58	
					10.50-10.95	5-8	34	14	20	CL	1.88	40.80	57.32	
					13.50-13.80	>50	22	17	5	SM-SC	20.11	57.26	22.63	
		S-2	16	3.5	6.00-6.45	18-20	21	15	6	SM-SC	19.95	66.64	13.41	
					12.00-12.45	9-12	25	11	14	SC	0.00	63.80	36.20	
					10.50-10.95	7-10	20	16	4	SM-SC	8.22	65.53	28.26	
		S-3	16.00	3.50	6.00-6.45	25			Non Plastik		SM	5.00	72.00	23.00
					12.00-12.50	27	40.1	21.2	18.9	CL	1.00	18.00	81.00	
					15.00-15.45	35	28.3	20.1	8.2	CL	6.00	37.00	57.00	
S-4	23.00	2.10	6.00-6.45	24			Non Plastik		SM	10.00	69.00	21.00		
			13.50-13.95	29	34.3	20.8	13.5	CL	2.00	44.00	54.00			
			16.50-17.00	25	29.90	20.20	9.7	CL	1.00	37.00	62.00			
S-5	23.00	2.10	9.00-9.50	9	36.4	20.8	15.6	CL	2.00	35.00	63.00			
			15.00-15.45	>50	35.6	20.4	15.2	CL	4.00	11.00	85.00			
			3.45-6.00	2	62	24	38	CH	0.70	7.80	91.50			
S-6	30.00	1.30	4.45-4.75	27	60	24	36	CH	0.00	4.30	95.70			
			5.50-6.00	17	32	16	16	CL	0.00	25.60	74.40			
2	Tersaneler Bölgesi	S-5	23.00	2.10	6.00-6.45	24		Non Plastik		SM	10.00	69.00	21.00	
					13.50-13.95	29	34.3	20.8	13.5	CL	2.00	44.00	54.00	
					16.50-17.00	25	29.90	20.20	9.7	CL	1.00	37.00	62.00	
		S-6	30.00	1.30	9.00-9.50	9	36.4	20.8	15.6	CL	2.00	35.00	63.00	
					15.00-15.45	>50	35.6	20.4	15.2	CL	4.00	11.00	85.00	
					3.45-6.00	2	62	24	38	CH	0.70	7.80	91.50	
		S-7	20.00	4.00	4.45-4.75	27	60	24	36	CH	0.00	4.30	95.70	
					5.50-6.00	17	32	16	16	CL	0.00	25.60	74.40	
S-8	20.00	2.00	6.00-6.45	25			Non Plastik		SM	5.00	72.00	23.00		
			12.00-12.50	27	40.1	21.2	18.9	CL	1.00	18.00	81.00			
			15.00-15.45	35	28.3	20.1	8.2	CL	6.00	37.00	57.00			
S-9	20.00	4.50	6.00-6.45	24			Non Plastik		SM	10.00	69.00	21.00		
			13.50-13.95	29	34.3	20.8	13.5	CL	2.00	44.00	54.00			
			16.50-17.00	25	29.90	20.20	9.7	CL	1.00	37.00	62.00			

Tablo 3.13: Tuzla Koyu kıyı çökelleri üç eksenli basınç dayanımı

Bölge No	Bölge	Sondağ No	Kuyu Sonu Derinliği (m)	Yeraltı Suyu Derinliği (m)	Analiz Derinliği (m)	Kohezyon (kg/cm ²)	İçsel Sürtünme Açısı (ø)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr/cm ³)	Tane Özgül Ağırlığı (Gs)
1	Emiya Çelebi Mahallesi	S-1	16.00	3.50	4.50-4.90	0.23	2.3	2.00	-	-
2	Tersaneler Bölgesi	S-4	23.00	2.10	12.00-12.50	1.52	4	1.99	1.58	2.69
		S-5	23.00	2.10	16.50-17.00	1.45	9	2.01	1.63	2.68
3	Cami Mahallesi	S-6	30.00	1.30	9.00-9.50	1.34	6	1.98	1.59	2.68
		S-7	20.00	4.00	5.45-6.00	0.55	4.5	1.84	-	2.72
4	Marmados Emri	S-8	20.00	2.00	4.45-4.75	1.20	3	1.99	-	2.72
5	İstasyon Mahallesi	S-9	20.00	4.50	5.50-6.00	0.90	6	2.06	-	2.72

Tablo 3.14: Tuzla Koyu kıyı çökelleri plastisite derecesi

Bölge No	Bölge	Sondaj No	Analiz Derinliği (m)	Kıvam Limitleri			Plastisite Derecesi
				Likit Limit (%)	Plastik Limit (%)	Plastisite İndisi (%)	
1	Eviya Çelebi Mahallesi	S-1	4.50-4.90	30	13	17	Plastik
			10.50-10.95	34	14	20	Plastik
			13.50-13.80	22	17	5	Plastik Değil
2	Tersaneler Bölgesi	S-2	6.00-6.45	21	15	6	Az Plastik
			12.00-12.45	25	11	14	Az Plastik
			10.50-10.95	20	16	4	Plastik Değil
3	Cami Mahallesi	S-3	6.00-6.45	Non Plastik			Plastik Değil
			12.00-12.50	40.1	21.2	18.9	Plastik
			15.00-15.45	28.3	20.1	8.2	Az Plastik
4	Marmados Everi	S-4	6.00-6.45	Non Plastik			Plastik Değil
			13.50-13.95	34.3	20.8	13.5	Az Plastik
			16.50-17.00	29.90	20.20	9.7	Az Plastik
5	İstasyon Mahallesi	S-5	9.00-9.50	36.4	20.8	15.6	Plastik
			15.00-15.45	35.6	20.4	15.2	Plastik
			3.45-6.00	62	24	38	Plastik
6	Marmados Everi	S-6	4.45-4.75	60	24	36	Plastik
			5.50-6.00	32	16	16	Plastik



Şekil 3.24: Tuzla Koyu kıyı çökelleri zemin türleri

4. SONUÇLAR

Tuzla Koyu oşinografik özellikleri incelendiğinde, sıcaklık değerlerinin yaz aylarında yüzeyde 19°, kış aylarında 8° olduğu ve yaklaşık 30-35 m derinlikten itibaren sıcaklık değerinin 14° ye düşerek sabitlendiği görülmektedir. Tuzluluk değerleri ise yüzeyde ortalama ‰ 25 olup 75 m derinlikten itibaren ‰ 38.5 değerine ulaşmaktadır. Bu durum Marmara Denizini oluşturan Karadeniz ve Akdeniz suyunun karışımının koy içinde de meydana geldiğini göstermektedir. Oksijen değerleri ise yüzeyde 4.25 mg/l olup 30 m derinlikten itibaren 1 mg/l değerine düşmektedir. Koyun atmosferle ilişki içindeki yüzey kesiminde oksijen değerlerinin yüksek olduğu ancak derinde kirlenmemin etkisiyle değerlerin azaldığı görülmektedir.

Tuzla Koyu ve civarını etkilemesi muhtemel depremler Marmara Denizi içinde yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve özellikle bölge yakınında bulunan Çınarcık havzasında yer alan fay sistemlerinin üreteceği depremlerdir. Bu hareketler sonucu oluşabilecek deniz altı heyelanları sonucu kıyıları etkileyebilecek dev deniz dalgası (tusunami) riski de mevcuttur ancak konuyla ilgili çalışmalar henüz devam etmektedir. Tuzla Koyunda farklı yansıma katsayılarına göre ayırd edilebilen üç birim tanımlanmıştır. Gevşek, kırıntılı malzemedan oluşan ve su içeriği yüksek A birimi, nispeten daha az su içeren ve daha sıkı olan B birimi ve tavan kotunun -2.5, -7.5, -15, -40 m derinlikte yer aldığı değerlendirilen C birimi deniz tabanında yer almaktadır.

Deniz tabanı çökel özellikleri incelendiğinde çakıl oranı en fazla % 12.26 olarak belirlenmiştir. Bu boyuttaki kırıntıların kökeni karadan gelen sediman akıntılarıdır, kum yüzdesi % 1.06-% 28.98 arasındadır ve koyun güneyinde dip akıntıları etkisiyle kum yüzdesinde bir artış söz konusudur. Silt yüzdesi ise % 41.98-% 69.58 arasında değişmektedir ve dip morfolojisine uygun olarak yüzde değerleri artmaktadır. Kil yüzdesi ise % 26.5-% 56.02 arasındadır ve dip topoğrafyasının değişimine uygun olarak yüzdesinin arttığı değerlendirilmektedir. Dane özellikleri değerlendirildiğinde tane boyuna göre kumlu çamur biriminin kıyından itibaren geniş bir alanda dağılım yaptığı ve üzerinde mercak halinde silt biriminin yer aldığı ayrıca çamur biriminin derinliğin artmasıyla saha da yer aldığı görülmektedir.

Deniz dibi çökelleri mühendislik özellikleri değerlendirildiğinde ise birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre OH sınıfında likit limiti % 50 ve daha fazla olan organik zemin,.OL sınıfı likit limiti % 50'den küçük organik zemin, CH sınıfı yağlı kil özelliği gösteren birimlerden oluştuğu değerlendirilmiştir.

Kıvam limitleri, tane boyu analiz sonuçları ile beraber değerlendirildiğinde, mühendislik açısından deniz tabanının zayıf dayanımlı malzemedan oluştuğu değerlendirilmiştir.

Kıyı çökelleri tane boyu dağılımı değerlendirildiğinde ise çakıl yüzdesinin en çok % 20.11, kum yüzdesinin % 4.30 - % 72.00 arasında, silt-kil yüzdesinin ise % 13.41 - % 95.70 arasında değişmekte olduğu görülmektedir.

Kıyı çökelleri mühendislik özellikleri değerlendirildiğinde ise CL sınıfı zeminlerin az plastik ve plastik davranış özellikleri gösterdiği ve bu durumun zeminin %50' den fazlasının ince taneli malzemedan oluşmasından ileri geldiği, CH sınıfı zeminlerin ise %100' e yakın oranda ince taneli malzemedan oluştuğundan plastik davranış gösterdiği, SC sınıfı zeminlerin ise plastik ve az plastik davranış özelliği gösterdiği ve bunun nedeninin içerdiği yüksek kum oranının ince kumdan oluşmasından ileri gelebileceği, SM-SC sınıfı zeminlerin ise az plastik veya plastik olmayan davranış göstermelerinin içerisindeki yüksek çakıl ve kum oranına bağlı olduğu değerlendirilmiştir. SM sınıfı zeminler ise plastik olmayan davranış göstermektedir. Bunun nedeni olarak ise içerdiği yüksek kum oranının kaba kumdan oluştuğu değerlendirilmiştir. Ayrıca plastik ve az plastik özellik gösteren zeminlerin plastisite indislerinin plastik olmayanlardan yüksek olduğu da belirlenmiştir.

Sonuçta kıyı çökelleri yerel olarak değişim göstermekle birlikte genelde plastik olmayan, az plastik ve plastik davranış özellikleri göstermekte olup düşük kohezyon ve içsel sürtünme açıları nedeniyle zayıf dayanımlı zeminler olarak değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Abdüsselamoğlu, Ő., “Kocaeli Yarımadası'nın Jeolojisi”, **MTA Raporu No: 3249, Ankara**, 1-20, (1963).

Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A., Barka, A., “Westward propogation of the North Anatolian Fault into the northern Aegean: timing and kinematics”, **Geology** 27:267-270 (1999).

Armijo, R., “Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation process of the North Anatolian Fault”, **Terra Nova**, 14, 80-86 (2002).

Arpat, E., Őentürk, K., “Marmara Denizi'nin Gelişimi”, **Marmara Denizi Sempozyumu**, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 11-12 Kasım İstanbul, 231-237, (2000).

Aytekin, M., “Deneysel Zemin Mekaniđi”, **Teknik Yayınevi, Ankara**, 36-46, 83-99, 102-137, (2004).

Baş, M., “İstanbul Şelfi Kartal-Tuzla Arası Kara ve deniz Alanlarının Yapısal Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü**, İstanbul, 1-52, (2001).

Baş, M., Alpar, B., “Structural Features of the Tuzla Region”, **Turkish Journal Marine Sciences**, V 9 (2), 97-110, (2003).

Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., “Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity”, **Tectonics**, V 7, No:3, 663-684 (1988).

Bürküt, Y., “Kuzeybatı Anadolu'da Yer Alan Plütonların Mukayeseli Jenetik Etüdü”, Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi**, İstanbul, 272s. (1966) Yayınlanmamış.

Çağatay, N., Algan O., “Marmara Denizi Son Buzul Dönemi-Holosen Paleooşinografisi ve Akdeniz ve Karadenizle Olan Bağlantıları”, **Marmara Denizi Sempozyumu**, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 11-12 Kasım İstanbul, 264-273, (2000).

Ema Mühendislik, “Tuzla İlçesi Merkez Mahallesi İmar Planına Esas” **Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu**, (2006).

Ergin, M., “Marmara Denizi Tabanında Güncel ve Yaşlı Sedimentler”, **Marmara Denizi Sempozyumu**, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, 11-12 Kasım İstanbul, 260-263, (2000).

Folk, L., “Petrology of Sedimentary Rocks”, **Hemphill Publication Company, Austin-Texas**, 1-182, (1974).

Gedik, İ., Timur, E., Duru, M., Pehlivan, Ş., "MTA 1:50.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bursa-G22a ve G22b Paftası", **MTA, Ankara**, 1-42, 1-58 (2005).

Gazioğlu, C., Gökaşan, E., Algan, O., Yücel, Z.Y., Tok, B., Doğan, E., "Morphologic features of the Marmara Sea from multi-beam data", **Marine Geology** 190(1-2): 333-356 (2002).

Gökaşan, E., Gazioğlu, C., Alpar, B., Yücel, Z.Y., Ersoy, S., Gündoğdu, O., Yalıtırak, C., Tok, B., "Evidences of NW extension of the North Anatolian Fault Zone in the Marmara Sea; a new approach to the 17 August 1999 Marmara Sea earthquake", **Geo-Marine Letter** 21:183-199 (2002).

Gökaşan, E., Ustaömer, T., Gazioğlu, C., Yücel, Z.Y., Öztürk, K., Tur, H., Ecevitöğlü, B., Tok, B., "Morpho-tectonic evolution of the Marmara Sea inferred from multi-beam bathymetric and seismic data", **Geo-Marine Letters**, 23/1, 19-33 (2003).

Hedef Mühendislik, "İstanbul ili Tuzla İlçesi Camii Mahallesi İmar Planına Esas" **Jeolojik Jeoteknik Etüt Raporu** (2007).

Holtz, R., Kovacs, W., "Geoteknik Mühendisliğine Giriş", Çev: Kayabalı, K., **Gazi Kitabevi, Ankara** 9-68, (2002).

İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitöğlü, B., Görür, N., "The North Anatolian Fault within the Sea of Marmara: a new evaluation based on multichannel seismic and multi-beam data", **Earth Planet Science Letter** 186:143-158 (2001).

Ketin, İ., "Relations between general tectonic features and the main earthquake regions in Turkey", **MTA Bülteni** 71:129-134 (1968).

Kayen, R., "Investigating Damage Caused by Offshore Earthquake Near World's Largest Nuclear Power Plant in Japan", **United States Geology Survey Report** (2008).

Ketin, İ., "Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış", **İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi**, İstanbul, İTÜ Kütüphanesi S.1259, 595s. (1983).

Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Cağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçılar, R., Tok, B., "The active main Marmara Fault", **Earth Planet Science Letter**, 192:595-616, (2001).

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., "Global Positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the Eastern Mediterranean and Caucasus", **Journal of Geophysic Research**, 105, 5695-5719 (2000).

Önalın, M., "İstanbul Devoniyen Çökellerinin Sedimanter Özellikleri ve Çökelleme Ortamları", **İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi**, Cilt 6, Sayı 1-2, 92-108, (1987).

Okay, A.I., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E., Kuşçu, I., "Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: a multichannel seismic reflection study", **Tectonophysics** 321:189-218 (2000).

Pınar, N., "Geologique et meteorologque sismiques du bassin de la mer de Marmara", ***İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası***, Seri A, Cilt VII, S: 3/4, 121,182 (1942).

Smith, A.D., Taymaz, T., Oktay, F.Y., Yüce, H., Alpar, B., Başaran, H., Jackson, J.A., Kara, S., and Şimşek, M., "High-resolution seismic profiling in the Sea of Marmara (northwest Turkey): Late Quaternary sedimentation and sea-level changes", ***GSA Bulletin***, 107/8, 923-936 (1995).

Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakiinç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X., Rangin, C., "The North Anatolian Fault: A New Look", ***Earth Planet Sciences.***, 33:1-75 (2005).

Terzioğlu, C., "Büyükçekmece – Marmara Ereğlisi Arası Kıyı ve Deniz Çökellerinin Jeomekanik Davranışları ile Deniz İçi Heyelan Olasılıklarının Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul 1-146, (2005).

Tur, H., "İstanbul Boğazı Marmara Denizi Çıkışı ile Tuzla Körfezi Arasında Kalan Şelf Alanında Olası Genç Fayların Sismik ve Multi-Beam Batimetrik Veriler Yardımıyla Araştırılması", ***İstanbul Üniversitesi Araştırma Projeleri 75/15052003 Proje Raporu, İstanbul***, 1-52 (2007).

Ulusay, R., "Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler", ***TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Yayın No:38, Ankara***, 96-103, (1994).

Uygar, H., "İstanbul Boğazı Güneyinin Deniz Jeolojisi ve Jeomorfolojisi", Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü***, İstanbul, 12-26, (1990).

Van Andel, T.H. ve Perissoratis, C., "Late Quaternary depositional history of the North Evvoikos Gulf, Aegean Sea, Greece", ***Marine Geology***, V: 232, 157–172, (2006).

Wong, H. K., T., Uluğ, A. and Görür, N., "The Sea of Marmara, a Plate Boundary Sea in Escape Tectonic Regime", ***Tectonophysics***, 244, 231-250 (1995).

Yılmaz, İ., "Sancaktepe Granitinin (Kocaeli Yarımadası) Mutlak Yaşı ve Jenezi", ***Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni***, Ankara, C.20, S.1, 17-20 (1977).

Yaltırak, C., "Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings", ***Marine Geology*** 190(1-2): 493-529 (2002).

ÖZGEÇMİŞ

Barbaros ŞİMŞEK 1978 yılında Ankara'da doğdu. 1993 yılında İlk ve 1995 yılında lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2001 yılında Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2002-2003 yıllarında askerlik görevini tamamladıktan sonra 2004 yılında Bilfer Madencilik A.Ş.'de Sivas ve Malatya'da krom ve demir aramacılığında çalıştı. 2005 yılından itibaren ise İstanbul'da bulunan Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığında deniz jeolojisi ve deniz jeotekniği ile deniz sismiği konularında çalışmalarına devam etmektedir.