



**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

KONYAALTI SAHİLİNDE SEDİMAN HAREKETLERİNİN İNCELENMESİ

Amr GÜZEL

BURDUR, 2019

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KONYAALTI SAHİLİNDE
SEDİMAN HAREKETLERİNİN İNCELENMESİ**

Amr GÜZEL

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU

BURDUR, 2019

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Anıl GÜZEL tarafından Dr. Öğr. Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU yönetiminde hazırlanan “Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: / /

Dr. Öğr. Üyesi Alp KÜÇÜKOSMANOĞLU (Başkan)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....()

Dr. Öğr. Üyesi Özen A. KÜÇÜKOSMANOĞLU (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....()

Dr. Öğr. Üyesi Rıfat Tür (Jüri Üyesi)

Akdeniz Üniversitesi.....()

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu’nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

()

Prof. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi”** başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

.... / / 20..

()

Anıl GÜZEL

TEŞEKKÜR

Tüm ışıklar söndüğünde değerli fikirleri ile yolumu aydınlatan ağabeyim Dr. Alper Bereketli'ye, kıymetli vaktinden ayırarak deniz mühendisliği konusundaki yardımlarıyla inşaat mühendisliği mesleğine olan inancımı ve bağlılığımı pekiştiren Hocam Dr. Öğr. Gör. Cüneyt Baykal'a,

Bir insan ömrüne ne kadar bilgi sığdırılabilir sorusunu kendime sormama neden olan, engin akademik bilgisi ve mesleki tecrübesiyle hayatıma yeni bir yön veren, gerek bursiyeri olarak görev aldığım araştırma projesinde gerekse sunduğum bu yüksek lisans çalışmasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımcı olan, tanımış olmaktan onur duyduğum değerli Danışman Hocam Dr. Öğr. Gör. Alp Küçükosmanoğlu'na,

Yüksek lisans eğitimim boyunca yardımlarını esirgemeyen Sn. Hocam Dr. Öğr. Gör. Özen Arlı Küçükosmanoğlu'na ve bu yüksek lisans tezini destekleyen arazi çalışmaları süresince engin bilgilerinden faydalandığım Hocam Dr. Öğr. Gör. Rıfat Tür'e,

Tezimde faydalandığım laboratuvar çalışmaları konusunda yardımını esirgemeyen kadim dostum Sn. Hamit Parlak'a ve eski proje arkadaşım Ersin Bal'a,

0430-YL-17 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne, 113Y438 No'lu Proje ile tezimi bilimsel olarak destekleyen TÜBİTAK'a,

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen kıymetli aileme, sonsuz sevgi ve sadakat ile bağlı olduğum hayat arkadaşıma, teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2019

Anıl Güzel

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Literatür	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Yöntem	9
3.1.1. Hesap Yöntemleri	11
3.1.2. Sediman Bütçesi	22
3.2. Materyal.....	25
3.2.1. Çalışma Alanı	25
3.2.2. Batimetri ve Kıyı Profili	27
3.2.3. Dalga İklimi	31
3.2.4. Dalga Kırılması	37
3.2.5. Akıntı İklimi ve Deniz Suyu Özellikleri	51
3.2.6. Yatak Malzemesi	56
3.2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları	60
3.2.8. Hava Fotoğrafları.....	64
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	67
5. SONUÇLAR.....	82
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Farklı yıllara ait Konyaaltı Sahili fotoğrafları.....	3
Şekil 2.1. STRAND ve Kamphuis(1991) taşınım debilerinin karşılaştırılması	4
Şekil 2.2. CROSMOR2000 modeli ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması	5
Şekil 2.3. Farklı dalga yüksekliği ve yaklaşım açıları altında sediman taşınım oranları	6
Şekil 2.4. Geleneksel $K=0.39$, kalibre edilmiş K ve Kamphuis 1991 yöntemiyle taşınım debileri.....	7
Şekil 2.5. CERC K , kalibre edilmiş K , Kamphuis 1991 için K ve Kamphuis ve Readshaw için K ile hesaplanan taşınım debileri.....	8
Şekil 3.1. Dalga etkisiyle oluşan kıyı akıntısı (Weise ve White 1980).....	9
Şekil 3.2. Zig-zag formunda kıyı boyu taşınım (Yüksel ve Özkan Çevik 2009).....	10
Şekil 3.3. Antalya limanı mendireğindeki birikme	10
Şekil 3.4. Shields ve Soulsby yaklaşımlarıyla θ_{cr} değeri (Soulsby ve Whitehouse 1997)	19
Şekil 3.5. Kum tanesinin elek çapına göre kritik kayma gerilmesi.....	20
Şekil 3.6. Bir kıyı alanındaki sediman bütçesi	22
Şekil 3.7. Deniz sedimanı numune noktaları ve çalışma sınırları	23
Şekil 3.8. Konyaaltı Sahili'ne ait uydu görüntüsü (ESRI 2019).....	25
Şekil 3.9. Konyaaltı Sahili'ne dökülen akarsular.....	26
Şekil 3.10. Yatak Şekilleri.....	27
Şekil 3.11. Fırtına durumunda kıyı profili değişimi.....	28
Şekil 3.12. Konyaaltı Sahili'nin farklı tarihlerdeki batimetrik durumu.....	29
Şekil 3.13. Bir dalga periyodundaki kritik orbital hızları.....	31
Şekil 3.14. 36.75 N-30.70 E koordinatına ait mevsimlik dalga gülleri.....	32
Şekil 3.15. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için WSW, SW, SSW, S, SSE yönlerinden Log-normal dağılımlar	33
Şekil 3.16. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için SE, ESE, E, ENE, NE, NNE yönlerinden Log-normal dağılımlar	34
Şekil 3.17. Sonbahar ve Kış mevsimleri için WSW, SW, SSW, S, SSE yönlerinden Log-normal dağılımlar	35

Şekil 3.18. Sonbahar ve Kış mevsimleri için SE, ESE, E, ENE, NE, yönlerinden Log-normal dağılımlar.....	36
Şekil 3.19. Sığ su ortamına giren soluğan dalgalarının sapması	37
Şekil 3.20. Farklı taban şekillerinde dalga dönmesi.....	38
Şekil 3.21. 25 Nolu noktada dalga yaklaşma açısının kıyı şeridi ile değişimi	40
Şekil 3.22. Dalga dikliği ile dalga kırılma boyutsuz parametresi arasındaki bağıntı.....	46
Şekil 3.23. Dalga kırılma boyutsuz parametresi ile dalga kırılma derinliği boyutsuz parametresi arasındaki bağıntı	47
Şekil 3.24. Ağırlık dalgaları tablosu.....	49
Şekil 3.25. Hız profilleri.....	51
Şekil 3.26. Akıntı hızının ölçümü	52
Şekil 3.27. 16.04.2016 tarihli akıntı ölçümü	53
Şekil 3.28. Su yoğunluğunun sıcaklık ve tuzluluk ile ilişkisi	54
Şekil 3.29. Suyun kinematik viskozitesinin sıcaklık ve tuzluluk ile ilişkisi	55
Şekil 3.30. Numune alımı.....	56
Şekil 3.31. ASTM elek çapları	57
Şekil 3.32. Wentworth sediman sınıflandırması	59
Şekil 3.33. Topoğrafya ölçümü	60
Şekil 3.34. Konyaaltı Sahili'nin dijital yükseklik haritaları	61
Şekil 3.35. Surf bölgesinin dijital yükseklik haritaları.....	62
Şekil 3.36. Senelik sediman bütçesi farkı.....	63
Şekil 3.37. Yer kontrol noktası.....	65
Şekil 3.38. IHA yardımı ile elde edilen Konyaaltı Sahili Ortomozaik Görüntüsü.....	66
Şekil 4.1. Ortalama tane çapı histogramı	67
Şekil 4.2. Kıyı kesitleri.....	68
Şekil 4.3. Çalışmada göz önüne alınan taşınım bölgeleri	69
Şekil 5.1. Bölgesel sediman bütçeleri	84

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Kıyı boyu kum taşınım debisi formulleri	11
Tablo 3.2. Konyaaltı Sahili'ne ait farklı tarihli taban eğimleri	30
Tablo 3.3. 2016 yılı İlkbahar dönemi dalga yaklaşım açıları	41
Tablo 3.4. 2017 yılı İlkbahar dönemi dalga yaklaşım açıları	42
Tablo 3.5. 2017 yılı Yaz dönemi dalga yaklaşım açıları	43
Tablo 3.6. 2017 yılı Sonbahar dönemi dalga yaklaşım açıları.....	44
Tablo 3.7. 2017 yılı Kış dönemi dalga yaklaşım açıları	45
Tablo 3.8. Konyaaltı Sahili'ne gelen dalgalar için H_s, T_m, L_0, T_p , değerleri	51
Tablo 3.9. CBS yardımıyla elde edilen yıllık sediman bütçeleri	64
Tablo 4.1. Wentworth ölçeğine göre sediman sınıfları.....	70
Tablo 4.2. 2016 yılı İlkbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri	72
Tablo 4.3. 2017 yılı İlkbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri	73
Tablo 4.4. 2017 yılı Yaz mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri ..	74
Tablo 4.5. 2017 yılı Sonbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri	75
Tablo 4.6. Kış (ortalama) mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri	76
Tablo 4.7. CERC,1985 yöntemi ile hesaplanan sediman bütçeleri.....	77
Tablo 4.8. Kamphuis, 1991 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri.....	78
Tablo 4.9. Schoonees ve Theron, 1996 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri.....	79
Tablo 4.10. Soulsby ve Daamgard, 1997 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri.....	80
Tablo 4.11. Bölgelere göre 342 günlük net sediman bütçeleri	81
Tablo 5.1. CBS'den alınan sediman bütçelerinin hesap yöntemleri ile oransal farkları	85

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	:Coğrafi Bilgi Sistemi
CEM	:Coastal Engineering Manual
CERC	:Coastal Engineering Research Center
CORS	:Continuously Operating Reference Station
CTD	:Conductivity, Temperature, and Depth
DGPS	:Differential Global Positioning System
GPS	:Global Positioning System
IHA	:İnsansız Hava Aracı
ITRF-96	:International Terrestrial Reference Frame-1996
NATO TU-WAVES	:North Atlantic Treaty Organization, Wave Climatology of the Turkish Coast: Measurements-Analysis-Modelling.
NTRIP	:Networked Transport of TRCM via Internet Protocol
RTK	:Real Time Kinematic
SPM	:Shoreline Protection Manual
TUBİTAK	:Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TUROFED	:Türkiye Otelciler Federasyonu
UAV	:Unmanned Aerial Vehicle
USCS	:Unified Soil Classification System
WGS-84	:World Geodetic System 1984
N	:North
NNE	:North northeast
NE	:Northeast
ENE	:East northeast
E	:East
ESE	:East southeast
SE	:Southeast
SSE	:South southeast
S	:South
SSW	:South southwest
SW	:Southwest
WSW	:West southwest
W	:West
WNW	:West northwest
NW	:Northwest
NNW	:North northwest

$\cos$	:Kosinüs.
d	:Tane elek çapı.
D_*	:Birimsiz tane çapı.
d_n	:Tanelerin % n 'sinin geçtiği elek çapı.
d_{50}	:Ortalama tane çapı.
e	:2.718281828
$\exp(x) = e^x$	:Üssel fonksiyon.
f_w	:Dalga sürtünme faktörü.
f_{wr}	:Pürüzlü yatak için dalga sürtünme faktörü.
f_{ws}	:Düzgün yatak dalga sürtünme faktörü.
g	:Yerçekimi ivmesi.
h	:Su derinliği.
H	:Dalga yüksekliği.
q_b	:Birim zaman ve birim genişlikte taşınan hacimsel yatak yükü taşınma debisi
$Q_b = p_s q_b$	:Sediman taşınma debisi.
Q_{LS}	:Kırılma bölgesi boyunca birim zamandaki kıyı boyu taşınma debisi.
$\sin$	:Sinüs.
$\sinh$	:Hiperbolik sinüs.
T	:Dalga periyodu.
T_m	:Ortalama dalga periyodu.
$T_n = (h/g)^{1/2}$	:Dalgalar için ölçeklendirme periyodu.
T_p	:Pik dalga periyodu.
T_z	:Sıfırdan geçen dalga periyodu.
t	:Zaman.
$\tanh$	:Hiperbolik tanjant.
$\bar{U}$	:Ortalama derinlikteki akıntı hızı.
H_{bk}	:Kırılan dalga yüksekliği.
H_0	:Derin suda dalga yüksekliği.
H_{rms}	:Dalga yüksekliklerinin ortalamalarının karekökü.
H_s	:Belirgin dalga yüksekliği.
L	:Dalga boyu.
L_p	:Açıktaki dalga spektrumunun en yüksek dalga boyu.

L_0	:Derin deniz dalga boyu.
$\ln$	: e tabanındaki doğal logaritma.
$\log_{10}$	:10 tabanında logaritma.
$\bar{U}_{cr}$	:Ortalama derinlikteki eşik akıntı hızı.
U_{rms}	:Deniz tabanındaki dalganın yörüngesel hızı ortalamalarının karekökü.
U_w	:Deniz tabanındaki yörüngesel hız genliği
U_{wc}	:Dalga kreti altındaki taban yörüngesel hızı.



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi

Anıl Güzel

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Alp Küçükosmanoğlu

Ağustos, 2019

Ülkemizin en önemli kıyı alanlarından biri olan; kültürel, ekonomik ve çevresel öneme sahip Konyaaltı Sahili'ndeki sediman hareketleri incelenmiştir. Çalışmada; ilgili kıyı alanına ait dalga, sediman ve batimetri verileri kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde, yıllık kıyı boyunca taşınan sediman miktarları CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir.

Hesaplanan net taşınım miktarları, “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketlerinin İncelenmesi, Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” başlıklı TÜBİTAK-1001 projesinden elde edilen net sediman bütçeleri ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalar ile elde edilen sediman bütçeleri ile CBS uygulamalarından elde edilen sediman bütçeleri birlikte değerlendirildiğinde Konyaaltı Sahili genelinde kıyı erozyonu görüldüğü sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: kıyı boyu sediman taşınımı, CBS, oyulma, birikme

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi, TÜBİTAK tarafından 113Y438 proje numarası ile desteklenmiştir.

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi, Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi tarafından 0430-YL-17 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

The Investigation of Sediment Movements in Konyaaltı Coast

Anıl Güzel

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Civil Engineering Department**

Supervisor: Dr. Alp Küçükosmanoğlu

August, 2019

In this master thesis, sediment movements of Konyaaltı Beach, one of the most important cultural, economical and environmental place of Turkey were investigated. The annual longshore sediment transportation rates were determined by calculations of the wave, sediment and bathymetry data of the mentioned coastal area with CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees and Theron (1996) and Damgaard and Soulsby (1997) methods.

These calculated net sediment transport amounts were compared with the net sediment transport amounts obtained from the TÜBİTAK-1001 project titled "Investigation of Sediment Movements in Coastal Areas, Konyaaltı and Lara Beaches Applications". When the sediment budgets obtained from the calculations and the sediment budgets obtained from GIS applications were evaluated together, it was concluded that coastal erosion was observed throughout Konyaaltı Coast.

Keywords: longshore sediment transport, GIS, erosion, accretion

The present M.Sc. thesis was supported by TUBİTAK under the project number of 113Y438. The present M.Sc. thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University under the project number of 0430-YL-17.

1. GİRİŞ

Bir tasarım unsuru olarak sediman taşınımı; antik mezopotamya ve mısır şehirlerinin su temini projelerinden, yüzyıla yayılan modern çağ yaklaşımlarının ışığında hayata geçirilen çok amaçlı su yapıları yatırımlarına dek her dönemde etkili olmuştur. Kıyı sedimanının hareketi; liman yapılarının planlanması, kıyı erozyonunun ve taşkınlarının önlenmesi, deniz deşarjları ve deniz boru hatlarının projelendirilmesi gibi pek çok konuda dikkate alınan taban geometrisinde, dönemsel farklılıklara yol açmaktadır. Bu hareketin göz ardı edilmesi ciddi kayıplara yol açabilmektedir. Çok disiplinli bir mühendislik dalı olan deniz mühendisliği alanında, karmaşık problemlerle izah edilebilen deniz sedimanının hareketi için laboratuvar deneyleri ve arazi çalışmaları ışığında teorik yaklaşımlar geliştirilmiştir.

Deniz sedimanlarının taşınması prensiplerinin çoğunda, nehirlerdeki sediman hareketinin taşınımı için geliştirilen yöntemlerden esinlenilmiştir (Soulsby, 1997). Literatürde; alüvyon taşıyan kanal akımlarında, yatak üzerinde dönerek, kayarak ya da sekerek yer değiştiren sediman miktarının hesabında kullanılan yatak yükü hesaplarının sunulduğu (Einstein, 1950); nehirlerde sediman taşınımı temellerinin, hareket başlangıç olaylarının ve akıntı etkisiyle oluşan taban şekillerinin boyutlarının açıklandığı (Yalın, 1972); açık kanal ve kapalı boru akımlarında taşınan sedimanın viskozite üzerindeki etkisinin, sediman partiküllerinin çökme hızlarının, yataktaki ve askıdaki taşınan malzeme miktarlarının hesaplarının yanısıra (Graf, 1984) kanal akımları, akım türleri, akımlar tarafından indüklenen sediman hareketine bağlı bölgesel oyulmaların hesaplarında belirtildiği (Graf, 1998) çalışmalar yer almaktadır. Raudkivi (1990), kanal akımlarında eşik hareket koşulları, kohezyonlu sedimanın taşınım ilkeleri, yüzey rüzgarlarının sediman taşınımına etkileri gibi konularda yürüttüğü çalışmasında kıyısal alanlara da değinmiştir.

Kanal akımları için geliştirilen yaklaşımların kıyı alanlarına entegrasyonu sonrasında, sahillere için geniş kapsamlı hesap ve ölçüm kriterlerinin sunulduğu (Muir ve Fleming, 1981; Horikawa, 1988), sediman taşınımının da içerisinde olduğu pek çok kıyı probleminin ve bu problemlerin çözüm yöntemlerinin derlendiği (Sleath, 1984; Dyer, 1986; Fredsøe ve Deigaard, 1992; Nielsen, 1992; Van Rijn, 1993; Soulsby, 1997) ve kıyı alanları için yönetim planı niteliği taşıyan (CERC, 1984; Simm, vd., 1996; U.S. Army Corps of Engineers, 2002) çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Deniz tabanındaki sediman hareketini tetikleyen etmenlerin bilinmesi, kıyı geometrisindeki değişimlere neden olan, taşınımındaki taban ve askı malzemesi miktarının belirlenebilmesi bakımından önemlidir (Yüksel ve Özkan Çevik, 2009). Bir sediman tanesinin hareketi, bu taneye etkiyen kuvvetlerin yönü ve büyüklüğü ile ilişkilidir. Nielsen (1992), bir sediman tanesinin hareketinde etkili olan başlıca kuvvetleri; yerçekimi kaynaklı ağırlık kuvveti, bir akım içerisindeki tanenin akıma karşı gösterdiği hidrodinamik direnç kuvveti, su kütlesinin taneciğe uyguladığı hidrodinamik kaldırma kuvveti, salınımlı akım durumunda düzenli akıma kıyasla oluşan ek su kütlesinin kuvveti, dalganın basınç kuvveti, partiküle etkiyen diğer kuvvetlere zıt yöndeki atalet kuvveti ve tabanda hareket eden sedimanın yatakla arasındaki sürtünme kuvveti şeklinde tanımlamıştır. Bu durumda sediman taneciğine etkiyen hidrodinamik kuvvetlerin büyüklüğü, tanenin eylemsizliğini korumaya çalışan kuvvetlerin büyüklüğünü aştığında hareket gözlenmektedir. Deniz sedimanı; gel-git hareketleri, atmosferik basınç ve sıcaklık farkları, su yoğunluğundaki farklılıklar, dalga kaynaklı kuvvetler gibi etkilerle oluşan deniz akıntılarının yanı sıra, dalgalarla ve aynı zamanda dalga-akıntı bileşke kuvvetleri ile taşınabilmektedir. Bu taşınmanın miktarı, bir kıyı alanının geleceğinde önemli rol oynayabilmektedir. Sediman taşınımında doğal faktörler kadar kıyı alanlarında gerçekleştirilen ya da gerçekleştirilecek bayındırlık faaliyetleri, rekreasyon çalışmaları ve sahil kullanıcılarının olumsuz etkileri gibi beşeri etkilerin rolü de unutulmamalıdır.

Özellikle turizm sektöründen elde edilen gelirin, ülke ekonomisinde küçümsenemeyecek bir paya sahip olduğu ülkemizde, rağbet gören bir plajın popülerliğini kaybetmesi, istenmeyen bir senaryo olacaktır. Antalya İli, İstanbul'dan sonra ülkemizin turizm faaliyetlerinin en yoğun olduğu bölgedir (TUROFED, 2015). Antalya İli'nin en önemli iki plajından birisi olan Konyaaltı Plajı, şehir merkezi ile iç içe olması ve erişim sorununun bulunmaması nedeniyle, Lara Plajından önce gelişmiştir (Kapan ve Timor, 2018). Konyaaltı Sahili, halk plajı kapsamında hizmete açıldığı 1957 yılından (Gönüllü, 2010) günümüze kadar, dünya çapında ün kazanarak tatil turizminin uğrak yeri haline gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak kıyı şeridinin gerisindeki yerleşim yerlerinin sayısı zaman içerisinde artış göstermiştir (Şekil 1.1). Bu kapsamda ele alındığında Konyaaltı Sahili'ndeki olası sediman hacim kayıplarının, öncelikle sahil kullanıcıları ve şehir sakinleri, sonrasında şehir ve ülke ekonomisi için olumsuz sonuçlar doğuracağı açıktır.



1972¹ (sol-üst), 2016² (sağ-üst), 1980³ (sol-alt) ve 2012⁴ (sağ-alt) yıllarına ait Konyaaltı Sahili fotoğrafları. (Aydın, 2007)¹; (Gönüllü, 2010)²; (Hüseyin Çimrin Arşivi, 2018)³; (Konyaaltı Belediyesi, 2012)⁴

Şekil 1.1. Farklı yıllara ait Konyaaltı Sahili fotoğrafları

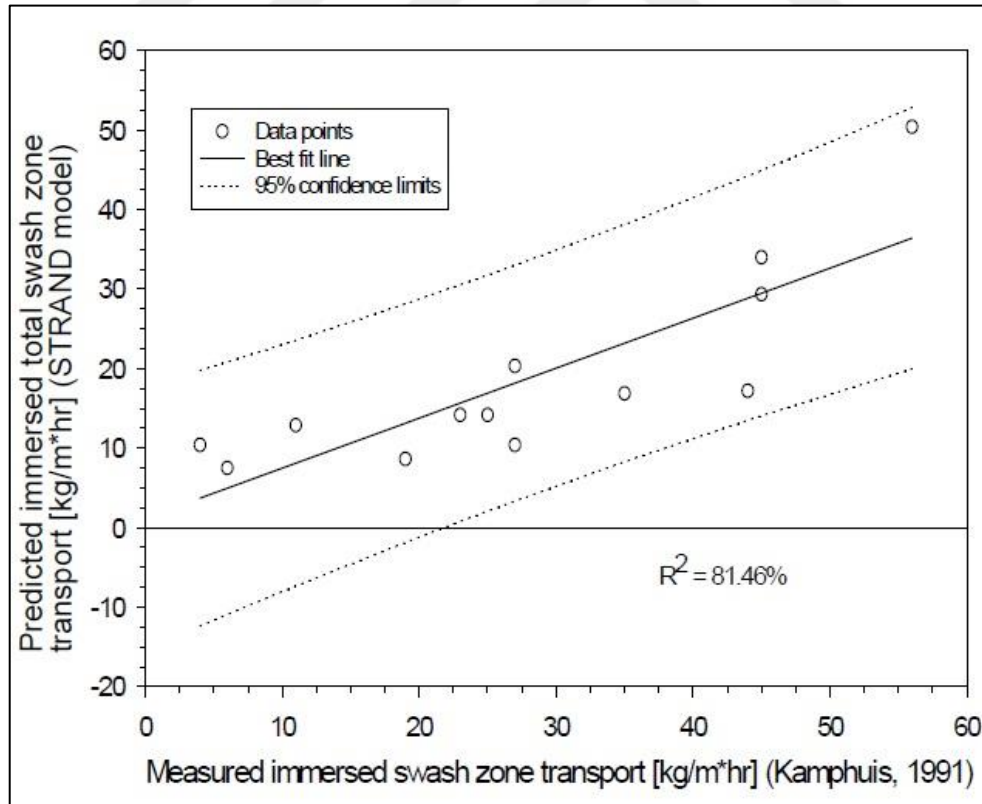
Konyaaltı Sahili'nin sediman taşınım hesapları; elde edilen sonuçların tutarlılığı açısından, sahil sedimanının elek analizi deneyleri; akıntı, tuzluluk, batimetri, topoğrafya ölçümleri ve insansız hava aracı (IHA) yardımıyla elde edilen hava fotoğrafları ile desteklenmiştir. Hesaplarda kullanılan yöntemler, literatürde kabul gören yaklaşımlar olup elde edilen bulgular, muhtemel nedenlerin ve olası sonuçların irdelendiği açıklamalarla birlikte ilerleyen bölümlerde sunulmuştur.

Bu yüksek lisans tezinin, ülkemiz kıyıları için gerçekleştirilmiş olan çalışmalar arasında Konyaaltı Sahili'ndeki ileriye yönelik kıyı uygulamalarında rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür

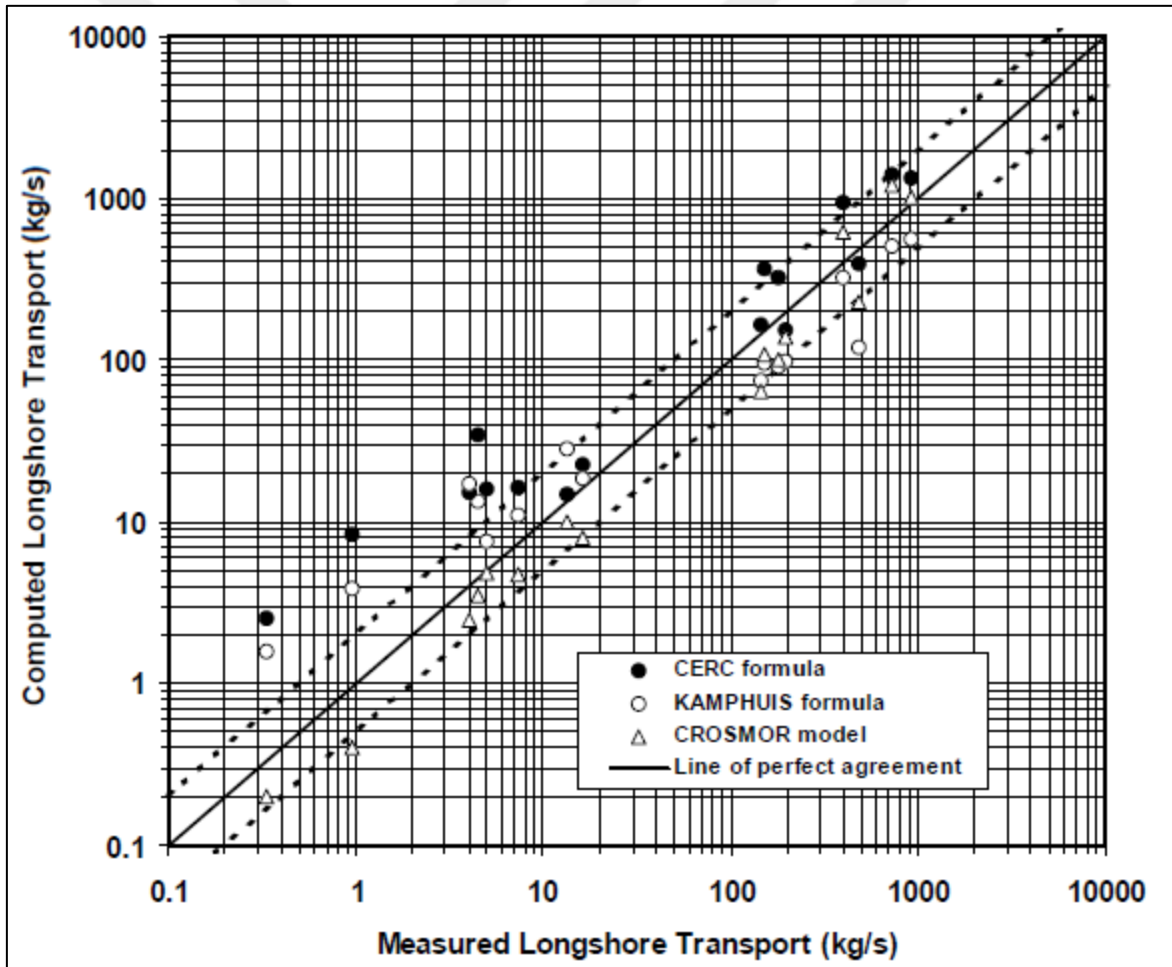
Kıyı alanlarında kıyı boyu sediman hareketinin incelenmesine yönelik literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. 21. yüzyıl içerisinde gerçekleştirilen güncel çalışmalardan bazıları bu bölümde sunulmuştur. Van Wellen vd. (2000) iri taneli sedimanlar için uygulanabilir olan 12 farklı taşınım formülü ile hesapladıkları taşınım miktarlarını çakıllı bir sahildeki arazi çalışmalarından elde ettikleri gerçek taşınım miktarları ile karşılaştırarak iri taneli sedimanların taşınımı için iki yeni ampirik denklem önermişlerdir. Ayrıca Van Wellen vd. (2000) gerçekleştirdikleri diğer bir çalışmada, dik plajlarda sakin su seviyesi üzerindeki iri taneli sedimanın hareketinin tayininde kullanılan STRAND adını verdikleri modeli sunmuşlardır. Geliştirdikleri model yardımıyla hesaplanan taşınım miktarları ile Kamphuis (1991) tarafından gerçekleştirilen laboratuvar deneylerinden elde edilen bulguları karşılaştırdıklarında sonuçların anlamlı derecede benzer olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Şekil 2.1).



(o): Veri noktaları, (-): En uygun doğru, (...): %95 güvenlik limitleri

Şekil 2.1. STRAND ve Kamphuis(1991) taşınım debilerinin karşılaştırılması

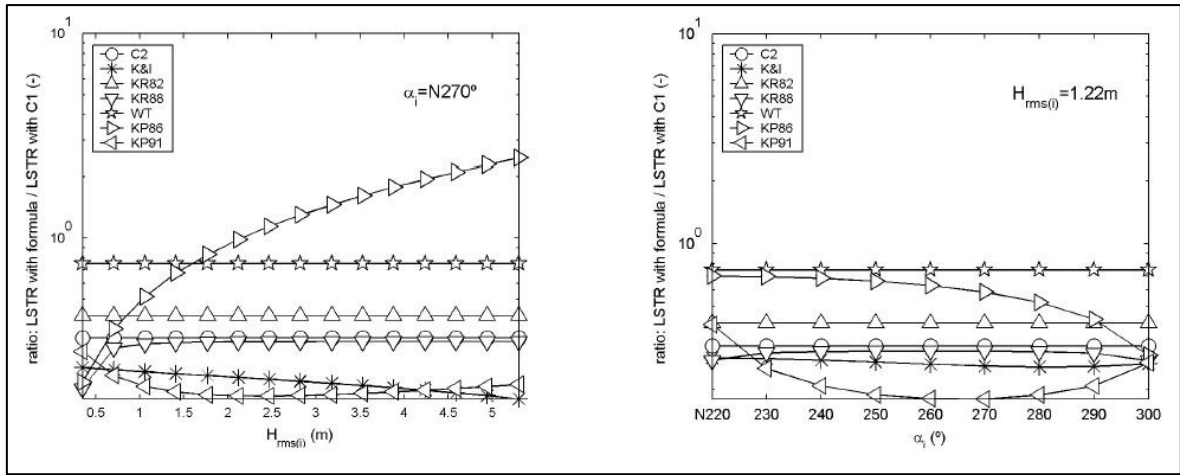
Wang vd. (2002), iki farklı dalga kırılma şeklinin (plunging, spilling) kıyı boyu kum taşınımı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında kıvrılarak gerçekleşen (plunging) kırılma durumunda, köpürerek gerçekleşen (spilling) kırılmaya göre 170% oranında daha fazla sediman taşınımı görüldüğü sonucuna ulaşmışlardır. Ayrıca çalışmalarında CERC (1984) yönteminin aksine dalga periyodunu da dikkate alan Kamphuis (1991) yönteminin daha tutarlı sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Van Rijn (2002) çalışmasında, kendisinin geliştirdiği CROSMOR2000 modeli ile hesaplanan kıyı boyu sediman taşınım miktarlarını, CERC (1985) ve Kamphuis (1991) yöntemlerinden elde edilen miktarlarla karşılaştırarak, ince ve iri taneli malzemeler için kullanılabilecek genel bir yaklaşım öne sürmüştür. Van Rijn (2002)'in CROSMOR2000 modeli ile elde ettiği sonuçların karşılaştırılması Şekil 2.2'de sunulmuştur.



(●): CERC (1985) formülü ile hesaplanan veri, (○): Kamphuis (1991) formülü ile hesaplanan veri, (Δ): CROSMOR (2000) modeli ile hesaplanan veri, (-): En uygun doğru

Şekil 2.2. CROSMOR2000 modeli ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması

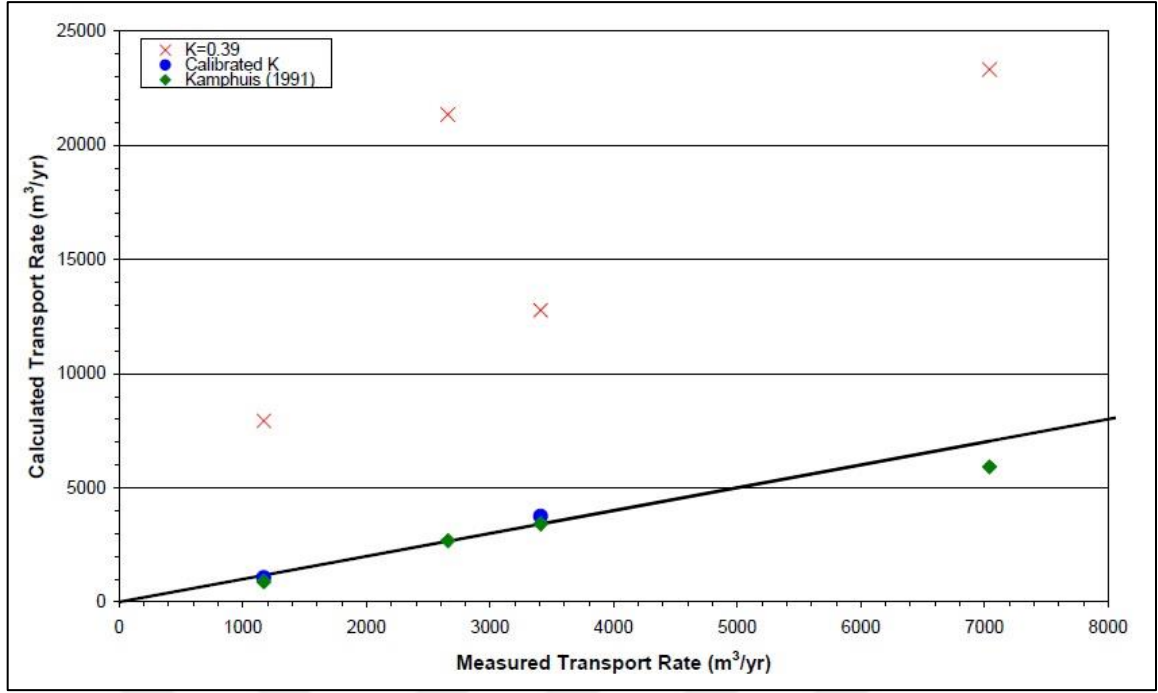
Larangeiro ve Oliveira (2003); Portekiz'in Buarcos plajında farklı dalga yükseklikleri ve dalga yaklaşım açıları altında gerçekleştirdikleri çalışmalar neticesinde; yedi farklı yöntemle Valle vd. (1993), Komar ve Inman (1970), Kraus vd. (1982), Kraus vd. (1988), Walton (1980), Kamphuis vd. (1986) ve Kamphuis (1991) hesapladıkları taşınım debilerini, Komar ve Inman (1970) tarafından geliştirilen diğer bir yöntemle hesaplanan taşınım miktarına oranladıkları eğriler sunmuşlardır (Şekil 2.3). Arazi şartları ile çalışma sonuçlarını karşılaştırdıklarında en tutarlı sonuçların Kamphuis (1991) yöntemiyle elde edildiğini belirtmişlerdir.



(○): Valle vd. (1993) formülü ile hesaplanan veri, (*): Komar ve Inman (1970) formülü ile hesaplanan veri, (Δ): Kraus vd. (1982) formülü ile hesaplanan veri, (▽): Kraus vd. (1988) formülü ile hesaplanan veri, (⊗): Walton (1980) formülü ile hesaplanan veri, (▷): Kamphuis vd. (1986) formülü ile hesaplanan veri, (◁): Kamphuis (1991) formülü ile hesaplanan veri

Şekil 2.3. Farklı dalga yüksekliği ve yaklaşım açıları altında sediman taşınım oranları

Smith vd. (2003), gerçekleştirdikleri geniş ölçekli fiziksel model deneylerinde, ölçtükleri kıyı boyu sediman taşınımı değerleri ile CERC yöntemiyle hesaplanan taşınım miktarlarını karşılaştırarak, yöntemin belirleyici parametresi olan K için dalga kırılma şekline göre kalibre edilmiş yeni bir değer önermişlerdir. Laboratuvar deneyleri ile karşılaştırıldığında geleneksel $K = 0.39$ değerinin kullanılması halinde CERC yöntemi, gerçek taşınım miktarlarından yüksek sonuçlar vermektedir (Şekil 2.4). Ayrıca Smith vd. (2003), kalibre edilmiş yeni CERC yöntemiyle hesaplanan sediman taşınım miktarları ile Kamphuis (1991) yöntemi yardımıyla hesaplanan taşınım miktarlarının oldukça uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.



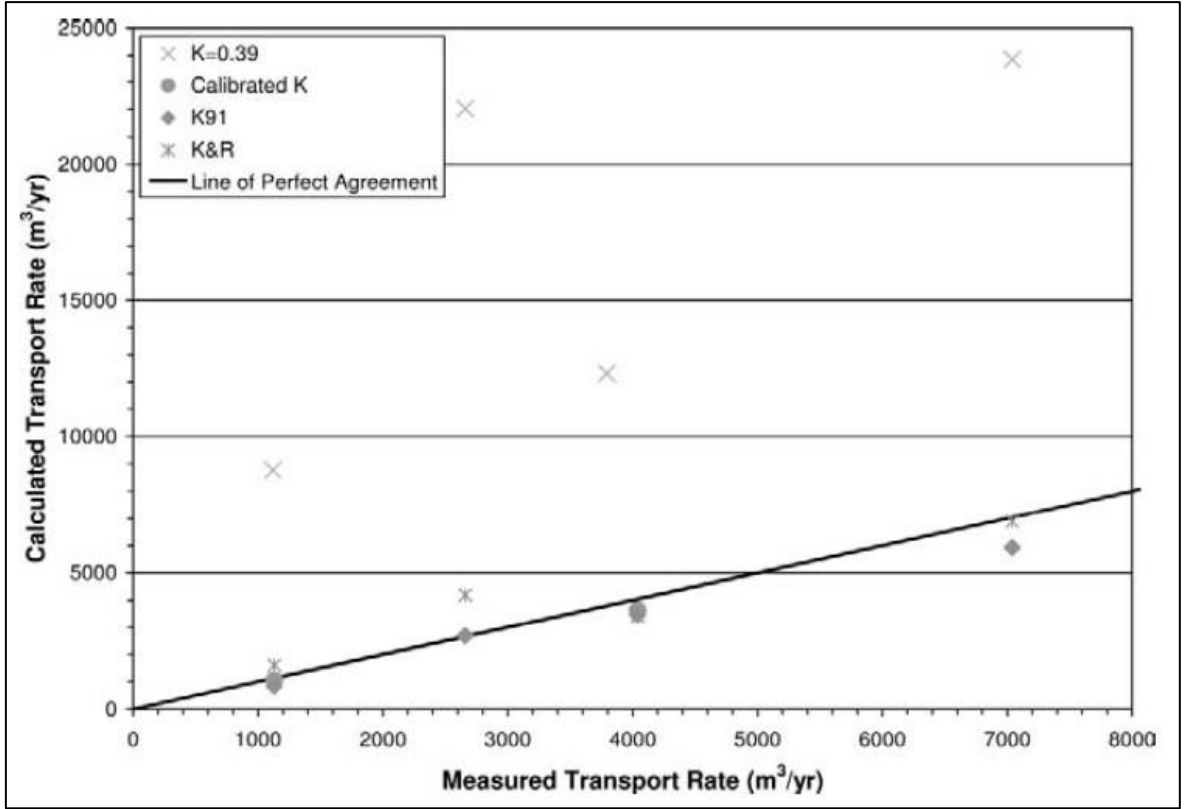
(×): Geleneksel $K=0.39$ ile hesaplanan veri, (●): Kalibre edilmiş K ile hesaplanan veri, (◆): Kamphuis (1991) formülü ile hesaplanan veri, (-): En uygun doğru

Şekil 2.4. Geleneksel $K=0.39$, kalibre edilmiş K ve Kamphuis 1991 yöntemiyle taşınım debileri

Literatürdeki diğer bir kıyı boyu sediman taşınım ifadesi, Bayram vd. (2007) tarafından geliştirilmiştir. Inman ve Bagnold (1963), CERC (1984), Kamphuis (2002) yöntemleri ile karşılaştırılan yeni formülün kıyı alanlarındaki uygulamalar kadar sayısal taşınım modelleriyle de uyumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ranasinghe ve Sato (2007), monokromatik dalgalara maruz kalan uniform tane çapına sahip güzgün bir plajda gerçekleştirdikleri küçük ölçekli laboratuvar deneylerinde, kıyı boyu sediman taşınımının kıyıya dik bileşeninin kıyının profiline ve dalgaların periyoduna bağlı olduğunu savunmuşlardır. Diğer yandan Kamphuis (1991) yöntemi ile hesapladıkları kıyı boyu taşınım miktarlarının deney düzeneklerinden gözlemledikleri miktarlardan daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Smith vd. (2009), geniş kapsamlı laboratuvar deneylerinde; dalga yüksekliği, dalga periyodu ve kırılma şeklinin toplam (yatak malzemesi ve askıda taşınan miktar) kıyı boyu taşınım debisi ve kıyı boyu taşınımının kıyıya dik bileşeni üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Araştırmalarında Kamphuis ve Readshaw (1978), CERC (1984) ve Kamphuis (1991) yöntemlerini kullanmış, CERC (1984) yöntemi için literatürdeki diğer K parametrelerini değerlendirmiş ve yeni bir K değeri kalibre etmişlerdir (Şekil 2.5).



(×): Geleneksel $K=0.39$ ile hesaplanan veri, (●): Kalibre edilmiş K ile hesaplanan veri, (◆): Kamphuis (1991) formülü ile hesaplanan veri, (*): Kamphuis ve Readshaw (1978) formülü ile hesaplanan veri, (-): En uygun doğru

Şekil 2.5. CERC K , kalibre edilmiş K , Kamphuis 1991 için K ve Kamphuis ve Readshaw için K ile hesaplanan taşınım debileri

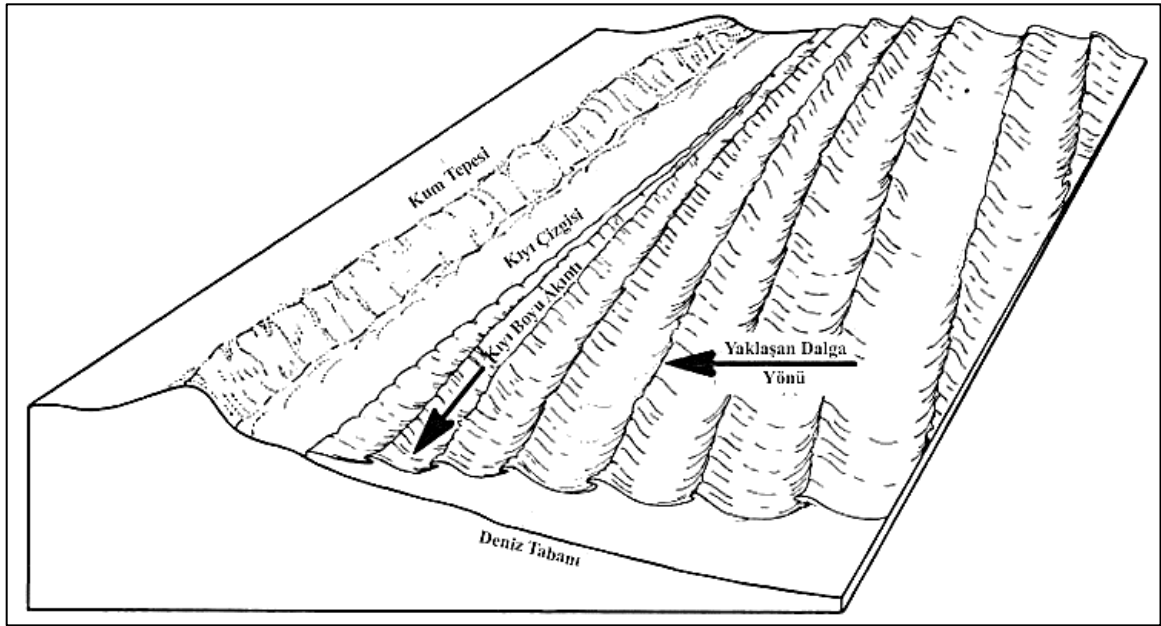
Tomasicchio vd. (2013) çalışmalarında, Lamberti ve Tomasicchio (1997) tarafından palyeli dalgakıranlar için geliştirilen stabilite parametresini (N_s^{**}) modifiye ederek, taşlardan kumlara kadar geniş ölçekte kullanılabilecek bir kıyı boyu sediman taşınımı modeli öne sürmüşler ve modellerini bilinen diğer kıyı boyu kum taşınımı yöntemleri ile karşılaştırmışlardır. Ayrıca Tomasicchio vd. (2015) geliştirilen bu geniş ölçekli model ile yine geniş kullanım alanına sahip diğer bir hesap yöntemi olan Van Rijn (2014) yöntemini karşılaştırmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yöntem

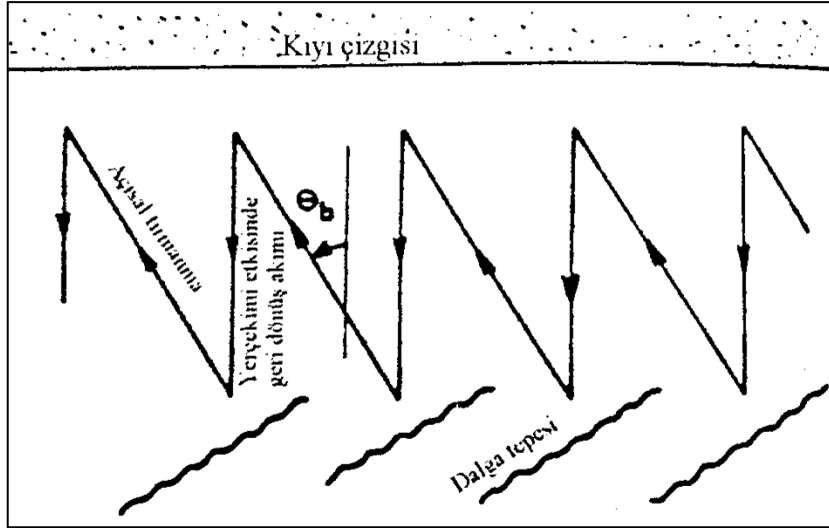
Hazırlanan bu tez çalışmasında, literatürdeki ilgili hesap yöntemleri kullanılarak Antalya Konyaaltı Sahili'nde kıyı boyunca taşınan sediman miktarları belirlenmiştir. Bu kapsamda izlenen prosedür ve kullanılan hesap yöntemleri bu bölümde sunulmuştur.

Kıyısal kum taşınımı, sahil sedimanının kıyı alanındaki, yani kıyı şeridine yakın bölgedeki hareketini ifade etmektedir. Kıyısal kum taşınımı kıyıya dik (cross-shore) ve kıyıya paralel (longshore) yönde sınıflandırılabilir.



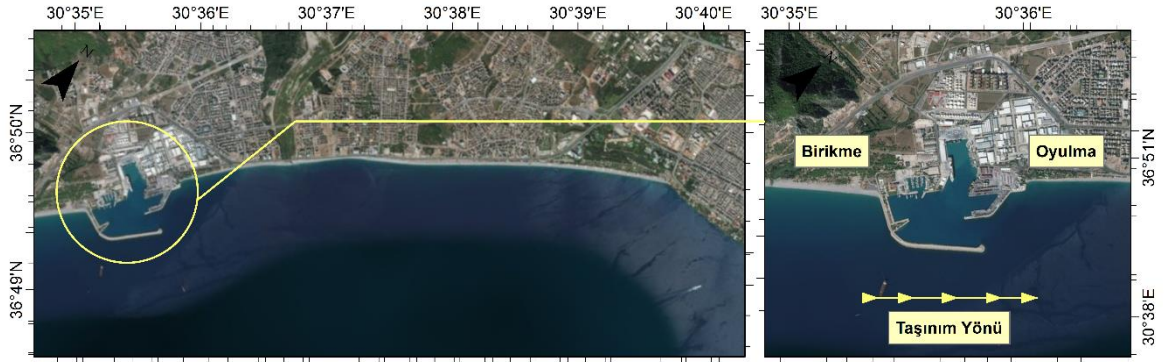
Şekil 3.1. Dalga etkisiyle oluşan kıyı akıntısı (Weise ve White, 1980)

Kıyı çizgisine göre açı ile kırılan dalgalar kıyıya paralel akıntılar oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 3.1). Oluşan bu akıntılar; kıyıya dik yönde dalga ve akıntı hareketi nedeniyle askı halinde bulunan veya kritik tane boyutuna sahip olupta tabanda duran sedimanları taşıyarak kıyı morfolojisinde önemli değişikliklere neden olabilmektedirler. Hakim olarak kum ihtiva eden kıyılarda kıyı boyu akıntılar; kıyıya paralel yönde taşınım gerçekleştirirken, hareket koşullarının kritik değerlerin altına indiği yerlerde taşınım durur. Çakıllı sahillerde ise bu taşınım kıyıya dik yönde zig-zag (Şekil 3.2) hareketi ile gözlenmekte ve bu taşınım kumsal kıyılara göre daha dik eğime sahip morfoloji meydana getirmektedir.



Şekil 3.2. Zig-zag formunda kıyı boyu taşınım (Yüksel ve Özkan Çevik, 2009)

Liman dalgakıranları ya da kıyı mahmuzları gibi deniz yapıları, bulundukları kıyı şeridinde baskın olan kıyı boyu sediman taşınımının yönü ve büyüklüğü üzerinde bir öngörü sağlayabilmektedir. Konyaaltı Sahili'nin batısında bulunan Antalya Limanı'nın ana mendireği ve tali mendireği arasındaki kıyı şeridinin süreksizliği kıyı boyu kum taşınımının varlığına, yalnızca ana mendirekte görülen birikim, bu taşınımın Kuzeydoğu yönüne doğru olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 3.3. Antalya Limanı mendireğindeki birikme

Kıyı boyunca taşınan sediman aynı bölgeye muhtemelen geri dönmeyecektir ancak kıyıya dik taşınımın ileri ve geri yöndeki hareketi, genellikle sedimanı aynı yerine tekrar taşır (Van der Velden, 1989).

3.1.1. Hesap Yöntemleri

Hazırlanan bu tez çalışmasında sunulan sediman taşınımı hesapları, Konyaaltı Sahili'ne ait sediman, akıntı, batimetri ve topoğrafya ölçümleri gibi arazi çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında, literatürce kabul görmüş kıyı boyu kum taşınımı yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kıyı boyunca taşınan sediman debisinin hesaplanabilmesi için geliştirilen yaklaşımlar Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1. Kıyı boyu kum taşınım debisi formülleri

<i>Komar ve Inman, (1970)</i>	$I_t = 0.28(EG)_b \cos \alpha_b \frac{V_l}{u_m}$ $u_m = \frac{1}{2} \gamma_b C_b; C_b = (gh_b)^{1/2}; \gamma_b = \frac{H_b}{h_b}; E = \frac{1}{2} \rho g H_{rms}^2$	(3.1)
<i>Komar ve Inman, (1970)</i>	$K=0.77$ $Q_l = K / [16\gamma_b^{1/2}(\rho_s - \rho)(1 - n)] \rho g^{1/2} H_b^{5/2} \sin(2\alpha_b)$	(3.2)
<i>Walton (1980)</i>	$Q_l = [K/(\rho_s - \rho)g(1 - n)]P_l$ $P_l = [\rho g H_b W V_l C_f] / \left[\frac{5\pi}{2} \frac{V}{V_0} \right]$ $\left(\frac{V}{V_0} \right) = 0.2 \left(\frac{Y}{W} \right) - 0.714 \left(\frac{Y}{W} \right) \ln \left(\frac{Y}{W} \right)$	(3.3) (3.4) (3.5)
<i>Kraus vd. (1982),</i>	$Q_l = 3.8 \times 10^{-4} / (\gamma_i) H_b^2 \bar{V}_l$ $Q_l = V_a b W; b = 0.027 H_b; V_a = 0.014 \bar{V}_l$	(3.6)
<i>CERC, (1984)</i>	$Q_{LS} = 0.023 g^{1/2} H_{sb}^{5/2} \sin(2\alpha_b) / (s - 1)$	(3.7)
<i>Kamphuis (1986)</i>	$Q = 1.28 / [(\rho_s - \rho)(1 - n)] H_b^{7/2} \tan \beta D_{50}^{-1} \sin(2\alpha_b)$	(3.8)
<i>Kraus vd. (1988)</i>	$I_l = 2.7(R - R_c)$ $R = \bar{V}_l W H_b; R_c = 3.9 m^3/s$	(3.9)
<i>Kamphuis (1991)</i>	$Q = 2.27 / [(\rho_s - \rho)(1 - n)] H_b^2 T_p^{1.5} \tan \beta^{0.75} D_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b)$	(3.10)

$$K = 1.4e^{(-2.5D_{50})}$$

$$\text{Valle vd., (1993)} \quad Q_l = K/[16\gamma^{1.2}(\rho_s - \rho)(1 - n)]\rho g^{1/2} H_b^{5/2} \sin(2a_b) \quad (3.11)$$

$$Q_{LS} = maks\{Q_{LS1}, Q_{LS2}\} \quad (3.12)$$

$$\hat{\theta}_{cr} < 1 \Rightarrow Q_{LS1} = \frac{0.19(g \tan \beta)^{1/2} (\sin(2a_b))^{3/2} H_b^{5/2} (1 - \hat{\theta}_{cr})}{12(s-1)} \quad (3.13)$$

$$\hat{\theta}_{cr} \geq 1 \Rightarrow 0 \quad (3.14)$$

Damgaard ve

$$\text{Soulsby, (1997)} \quad \theta_{wr} \geq \theta_{wsf} \Rightarrow Q_{LS2} = \frac{0.24f(\alpha_b)(g)^{\frac{3}{8}} d_{50}^{\frac{1}{4}} H_b^{\frac{19}{8}}}{12*(s-1)T^{\frac{1}{4}}} \quad (3.15)$$

$$\theta_{wr} < \theta_{wsf} \Rightarrow Q_{LS2} = \frac{0.046f(\alpha_b)(g)^{\frac{2}{5}} H_b^{\frac{13}{5}}}{12*(s-1)^{\frac{6}{5}} (\pi T)^{\frac{1}{4}}} \quad (3.16)$$

$$\theta_{max} \leq \theta_{cr} \Rightarrow Q_{LS2} = 0 \quad (3.17)$$

Yukarıdaki formüllerde Q_l ve Q_{LS} sediman taşınım debisini, ρ_s sedimanın yoğunluğunu, ρ su yoğunluğunu, g yerçekimi ivmesini, n sedimanın porozitesini, γ kırılma indeksini; H_b kırılan dalga yüksekliğini, α_b kırılan dalga ışınının kıyı çizgisinin ortogonalı ile yaptığı açığı, $(ECg)_b$ kırılma hattındaki enerji akısını, $\bar{V}_l$ ortalama kıyı boyu akıntı hızını, W surf bölgesinin genişliğini, $\tan \beta$ taban eğimini, V/V_0 Longuet-Higgins hız dağılımını, Y kıyı çizgisi ile kıyı boyu akıntı hızı vektörü arasındaki mesafeyi, C_f ise sürtünme katsayısını ifade etmektedir. Çalışmadaki kıyı boyu sediman taşınımı debilerinin tayininde, CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri kullanılmıştır.

3.1.1.1. Enerji Akısı (CERC) Metodu

CERC (1984) (Coastal Engineering Research Center, 1984) metodu, kıyı boyu sediman taşınım debisinin, surf bölgesindeki enerji akısının kıyıya paralel bileşenine bağlı olduğu kabulüne dayanmaktadır. Yöntemde, küçük genlikli dalga teorisi kullanılarak, kırılma bölgesi içerisinde sığlaşan dalgaların enerji akılarının korunduğu kabulü ile kırıldığı durumdaki enerji akısı ilişkilendirilmiştir (Shore Protection Manual, 1984). CERC (1984) kırılma bölgesi içerisindeki toplam sediman taşınım debisinin hesabında kullanılan en yaygın yöntem olup, en temel haliyle formül Denklem (3.18'de sunulmuştur.

$$\bar{P} = \bar{E}C_g = \frac{\rho g}{8} H^2 C_g \quad (3.18)$$

Burada g , yerçekimi ivmesini, ρ suyun yoğunluğunu, C_g grup hızını, $\bar{E}$ enerji akısını göstermektedir. Kıyıya α açısı ile yaklaşmakta olan dalgalar için sahilin birim uzunluğu içerisinde dalga ilerleme yönündeki enerji akısı Denklem (3.19'daki formül yardımıyla, enerji akısının kıyıya paralel bileşeni P_ℓ ise Denklem (3.20'deki bağıntı kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$\bar{P} \cos \alpha = \frac{\rho g}{8} H^2 C_g \cos \alpha \quad (3.19)$$

$$P_\ell = \frac{\rho g}{8} H^2 C_g \cos \alpha \sin \alpha = \frac{\rho g}{16} H^2 C_g \sin 2\alpha \quad (3.20)$$

Lineer dalga teorisi göz önüne alındığında sığ su şartlarındaki dalga hızı için $C_g \approx C$ kabul edilerek, kırılma derinliğindeki dalgaların enerji akısı Denklem (3.21 kullanılarak elde edilebilmektedir.

$$P_{\ell b} = \frac{\rho g}{16} H_b^2 C_b \sin 2\alpha_b \quad (3.21)$$

Denklem (3.20 ve Denklem (3.21 bir dalga periyodu ve bir dalga yüksekliğine sahip tek bir dalga katarı için geçerlidir. Rayleigh dağılımı ile ifade edilebilen doğadaki dalgalar, farklı dalga yüksekliklerine ve periyotlarına sahip olduklarından, Denklem (3.20'deki dalga yüksekliği değeri için H_{rms} kullanmak uygun olsa da çoğu dalga verisi belirgin dalga yüksekliği H_s ile ifade edildiğinden ve aynı zamanda kıyı mühendisleri tarafından belirgin dalga yüksekliği ifadesi daha çok kullanıldığından (Shore Protection Manual, 1984) Denklem (3.21'de s indisinin kullanılması daha uygun olacaktır (Denklem (3.22).

$$P_{\ell sb} = \frac{\rho g}{16} H_{sb}^2 C_b \sin 2\alpha_b \quad (3.22)$$

Belirgin dalga yüksekliği ile hesaplanan $P_{\ell s}$ değeri, Rayleigh dağılımına uyan sinüsoidal dalga yüksekliği ile hesaplanan gerçek enerji akısı P_{ℓ} değerinin yaklaşık iki katı olduğundan, $P_{\ell s}$ için “kıyı boyu enerji akısı faktörü” ifadesi kullanılmaktadır.

Surf bölgesine giren dalganın, enerji akısının kıyı boyu bileşeni ile taşınan kumun su altındaki ağırlığı arasındaki bağıntı Denklem (3.23)’te sunulmuştur.

$$I_{\ell} = KP_{\ell s} \quad (3.23)$$

Burada I_{ℓ} , kıyı boyunca taşınan malzemenin batık ağırlığını ifade etmekte olup birimi kuvvet/zaman’dır. K değeri ise boyutsuz bir katsayıdır. I_{ℓ} ’nin tayininde kullanılan diğer bir ifade Denklem (3.24)’te verilmiştir.

$$I_{\ell} = (\rho_s - \rho)ga'Q \quad (3.24)$$

Denklem (3.23 ve Denklem (3.24 birlikte yazıldığında;

$$Q = \frac{K}{(\rho_s - \rho)ga'}P_{\ell s} \quad (3.25)$$

ifadesi elde edilmektedir. Bağıntıdaki a' değeri, $(1 - n)$ olup n sembolü, sedimanın porozitesini ifade etmektedir. Denklem (3.25)’teki bağıntıda yer alan K sabiti için literatürde farklı yaklaşımlar geliştirilmiştir. SPM (1984)’de K boyutsuz sabiti için 0.39 kabul edilmesi önerilmişse de, Komar ve Inman (1970) yaptıkları çalışmada K’nın 0.77 değerini aldığını öne sürmüşlerdir. Değerler arasındaki yaklaşık iki katına ulaşan bu fark Komar ve Inman’ın yaptıkları hesaplarda belirgin dalga yüksekliği H_s yerine H_{rms} tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır (Shore Protection Manual, 1984). Dalga yüksekliği için H_s kullandıkları hesaplamalarda K parametresi için; Bodge ve Kraus (1991) K = 0.32, Schoonees ve Theron (1993) K = 0.20 sonucuna ulaşmışlardır.

Denklem (3.25)’deki $P_{\ell s}$ bileşeni açık formda yazıldığında;

$$Q = \frac{K\rho g H_{sb}^2 C_b \sin 2\alpha_b}{16(\rho_s - \rho)g(1 - n)} \quad (3.26)$$

halini almaktadır. Kırılan dalgaların grup hızı C_b 'nin Denklem (3.27)'deki gibi ifade edildiği durumda CERC (1984) formülü Denklem (3.28)'de sunulmuştur.

$$C_b = \left(\frac{gH_b}{\gamma} \right)^{1/2} \quad (3.27)$$

$$Q = \left[\frac{K}{16\sqrt{\gamma}} \rho g^{3/2} H_b^{5/2} \sin 2\alpha_b \right] \times \frac{1}{(\rho_s - \rho)g(1 - n)} \quad (3.28)$$

Denklem (3.28) yardımı ile hesaplanan kıyı boyu sediman taşınım miktarı seçilen dalga yüksekliğinin türüne, H_s, H_{rms} , kıyı sedimanının ve deniz suyunun yoğunluğuna, ρ_s, ρ , yaklaşan dalgaların kıyı çizgisi ile yaptığı α_b açısına ve kırılma indeksine $\gamma = H_b/h_b$ bağlıdır.

$H_s = \sqrt{2}H_{rms}$, $\gamma = 0.80$, $K = 0.77$ ve $\rho = 1030 \text{ kg/m}^3$ için CERC (1984) denklemi en basit formunu almaktadır.

$$Q_{LS} = \frac{0.023g^{1/2}H_{sb}^{5/2} \sin 2\alpha_b}{(s - 1)} \quad (3.29)$$

Burada Q_{LS} , m^3/s birimindeki sediman taşınım debisi olup boşluk hacmini içermemektedir. s parametresi ise ρ_s/ρ oranını ifade etmektedir. Ayrıca Denklem (3.29)'da sunulan CERC (1984) yaklaşımının $\tan \beta$, taban eğiminden ve d_{50} , sahil sedimanının ortalama tane boyutundan bağımsız olduğu görülmektedir.

CERC (1984) formülündeki katsayı, ortalama tane boyutu 0.6 mm 'den küçük olan, sediman taşınımının büyük bir bölümünün askıda gerçekleştiği kumul plajlardan elde edildiğinden; standart CERC (1984) formülünün (ağırlıkta yatak yükü şeklinde taşınım görülen) çakıl plajlara uygulanması halinde, hesaplanan değerler kum için hesaplanan değerlerden daha büyük miktarlara ulaşmaktadır.

Sunulan bu yüksek lisans tezinde CERC (1984) yöntemi ile hesaplanan sediman taşınım debisi için Denklem (3.29) kullanılmıştır.

3.1.1.2. Kamphuis Metodu

Kamphuis (1991), geliştirdiği üç boyutlu hidrolik modele ve arazi çalışmalarına dayanarak, düzenli ve düzensiz dalga koşullarında kıyı boyu sediman taşıyım debisinin hesabı için bir yaklaşıy öne sürmüştür.

$$\frac{Q_s}{\rho H_{sb}^3 / T_p} = 1.3 \times 10^{-3} \left(\frac{H_{sb}}{L_{0p}} \right)^{-1.25} \tan \beta^{0.75} \left(\frac{H_{sb}}{d_{50}} \right)^{0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (3.30)$$

Denklem (3.30’da sunulan bağıntı $kg s^{-1}$ birimindeki kıyı boyu taşıyım debisi olup, H_{sb} belirgin kırılan dalga yüksekliğini, T_p dalga kaydındaki pik periyodunu, d_{50} ortalama tane çapını, α_b ise kırılma açısını ifade etmektedir. $\rho = 1027 kg m^{-3}$ ve $g = 9.81 ms^{-2}$ için Kamphuis (1991), kıyı boyu sediman taşıyım debisi formülü Denklem (3.31’de sunulmuştur.

$$Q = 2.33 \times H_{sb}^2 T_p^{1.5} \tan \beta^{0.75} d_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (3.31)$$

Kamphuis (1991), yöntemi için $m^3 s^{-1}$ birimindeki kıyı boyu taşıyım debisi formülü Denklem (3.32’de sunulmuştur.

$$Q = 2.33 \times H_{sb}^2 T_p^{1.5} \tan \beta^{0.75} d_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b) \times \left[\frac{1}{\rho_s(1 - n)} \right] \quad (3.32)$$

Kamphuis (1991), kıyı boyu sediman debisi yaklaşımının çakıl ihtiva eden sahillerde uygulanması halinde, hesaplanan taşıyım miktarları, gerçekteki taşıyım debilerinden daha yüksek sonuçlar vermektedir. Çünkü yöntem, kritik kayma gerilmesini dikkate almadığından, kum tanecikler için doğru olsa da çakıl tanelerin de küçük dalga yüksekliklerinde hareket ettiğini kabul etmektedir (Kamphuis J. W., 2000). Sunulan bu yüksek lisans tezinde Kamphuis (1991) yaklaşımı ile yapılan hesaplamalarda Denklem (3.32’de verilen formül kullanılmıştır.

3.1.1.3. Schoonees ve Theron Metodu

Schoonees ve Theron (1996), kum sedimanlar için Kamphuis (1991) tarafından geliştirilen kıyı boyu sediman taşınımı formülünü (Denklem (3.30), farklı atmosfer ve sediman şartlarına uyarlayarak Kamphuis (1991) formülüne bağlı yeni bir yaklaşım öne sürmüşlerdir (Denklem (3.33)).

$$Q = K \times X_{Kamphuis} \quad (3.33)$$

Burada K parametresi 365 gün 6 saat için yıllık sediman taşınım debisi parametresi olup, $X_{Kamphuis}$ 'u veren formül Denklem (3.34)'te sunulmuştur.

$$X_{Kamphuis} = \frac{1}{(1-n)\rho_s} \left(\frac{\rho}{T_p} \right) L_{op}^{1.25} H_{bs}^2 \tan \beta^{0.75} d_{50}^{-0.25} \sin^{0.6}(2\alpha_b) \quad (3.34)$$

$$K = 0.0013 \times 60 \times 60 \times (24 \times 365 + 6) \quad (3.35)$$

En temel hali ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımını ifade eden Kamphuis (1991) formülü Denklem (3.36)'da sunulmuştur.

$$Q = 41\,024.88 \times X_{Kamphuis} \quad (3.36)$$

Schoonees ve Theron (1996), Denklem (3.36)'da sunulan formülü farklı şekillerde kalibre ederek, minimum R^2 değerine sahip K parametresinin 48 000 – 50 000 değer aralığında olduğunu öne sürmüşlerdir. Sadece çok sakin koşulların hüküm sürdüğü ve/ veya sahil sedimanının iri taneli olduğu yerlerde, Denklem (3.37)'nin daha iyi cevaplar vermesini beklemektedirler (Schoonees ve Theron, 1996). Sunulan bu yüksek lisans tezinde Schoonees ve Theron (1996), yaklaşımı ile yapılan hesaplamalarda Denklem (3.37)'de verilen formül kullanılmıştır.

$$Q = 50\,000 \times X_{Kamphuis} \quad (3.37)$$

3.1.1.4. Damgaard ve Soulsby Metodu

Kum sahillerde taşınan sediman; askı halinde ya da yatak yükü şeklinde taşınabilirken, iri taneli malzemeler çoğunlukla yatakta dönerek, kayarak veya zıplayarak hareket ederler. Damgaard ve Soulsby (1997), yatak yükü şeklindeki kıyı boyu sediman taşınım debisinin belirlenebilmesi için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Yöntem temelde iri taneli sediman ihtiva eden sahiller için kullanılabilir olsa da kum sahillerdeki taşınımın yatakta taşınan bileşeni için de uygulanabilmektedir. Yatak yükü şeklinde taşınan sediman taşınım debisi için geliştirilen Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemi Denklem (3.38'da sunulmuştur.

$$Q_{LS} = maks \{Q_{LS1}, Q_{LS2}\} \quad (3.38)$$

Q_{LS1} ve Q_{LS2} kıyı boyu kum taşınımının bileşenleri olup Denklem (3.39 ve Denklem (3.45'de sunulmuştur.

$$Q_{LS1} = \frac{0.19(g \tan \beta)^{1/2} (\sin 2\alpha_b)^{3/2} H_b^{5/2} (1 - \hat{\theta}_{cr})}{12 * (s - 1)} \Rightarrow \hat{\theta}_{cr} < 1 \quad (3.39)$$
$$0 \Rightarrow \hat{\theta}_{cr} \geq 1$$

Burada $\tan \beta$ taban eğimi, α_b kırılan dalga tepesinin kıyı çizgisi ile yaptığı açığı, H_b kırılan dalga yüksekliğini, s parametresi ise ρ_s/ρ oranını ifade etmektedir. Taşınım şartı olan $\hat{\theta}_{cr}$ ifadesi eşik değer faktörü olup Denklem (3.40) yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\hat{\theta}_{cr} = \frac{16.7\theta_{cr}(s - 1)d_{50}}{H_b(\sin 2\alpha_b)(\tan \beta)} \quad (3.40)$$

Denklem (3.40'deki θ_{cr} ifadesi kritik Shields parametresidir. Akıntı ve dalga etkisindeki sediman hareketinin anlaşılabilmesi için kritik hareket koşullarının bilinmesi gerekmektedir. Bir nehir ya da deniz yatağındaki sediman hareketinin başlangıcı, yatağın kesme gerilmesi ile açıklanabilmektedir. Yatak üzerindeki bir tanenin hareketine neden olan kuvvetlerin; bu harekete karşı koyan kuvvetlere oranı θ_{cr} , Shields (1936) parametresi ile ifade edilmektedir (Denklem (3.41).

$$\theta_{cr} = \frac{\tau_{cr}}{g(\rho_s - \rho)d} \quad (3.41)$$

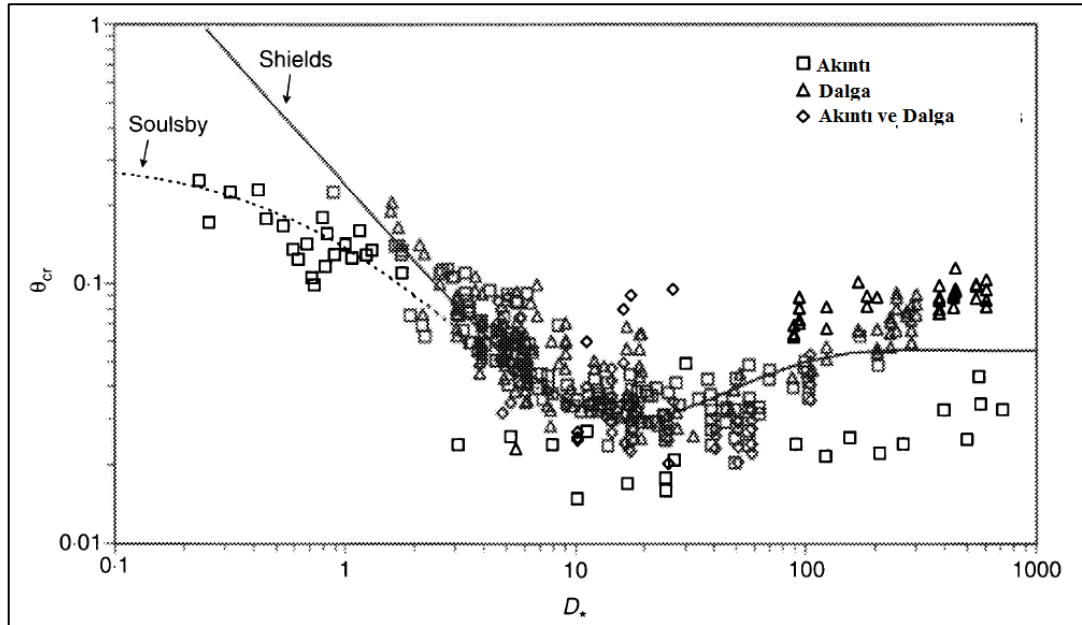
Burada τ_{cr} yatağın kritik kayma gerilmesidir. θ_{cr} ifadesi için, sedimanın D_* boyutsuz tane çapına bağlı olan diğer bir yaklaşım Soulsby ve Whitehouse (1997) tarafından geliştirilmiştir (Denklem (3.43)).

$$D_* = \left[\frac{g(s - 1)}{v^2} \right]^{1/3} d \quad (3.42)$$

$$\theta_{cr} = \frac{0.24}{D_*} + 0.055[1 - \exp(-0.020D_*)] \quad (3.43)$$

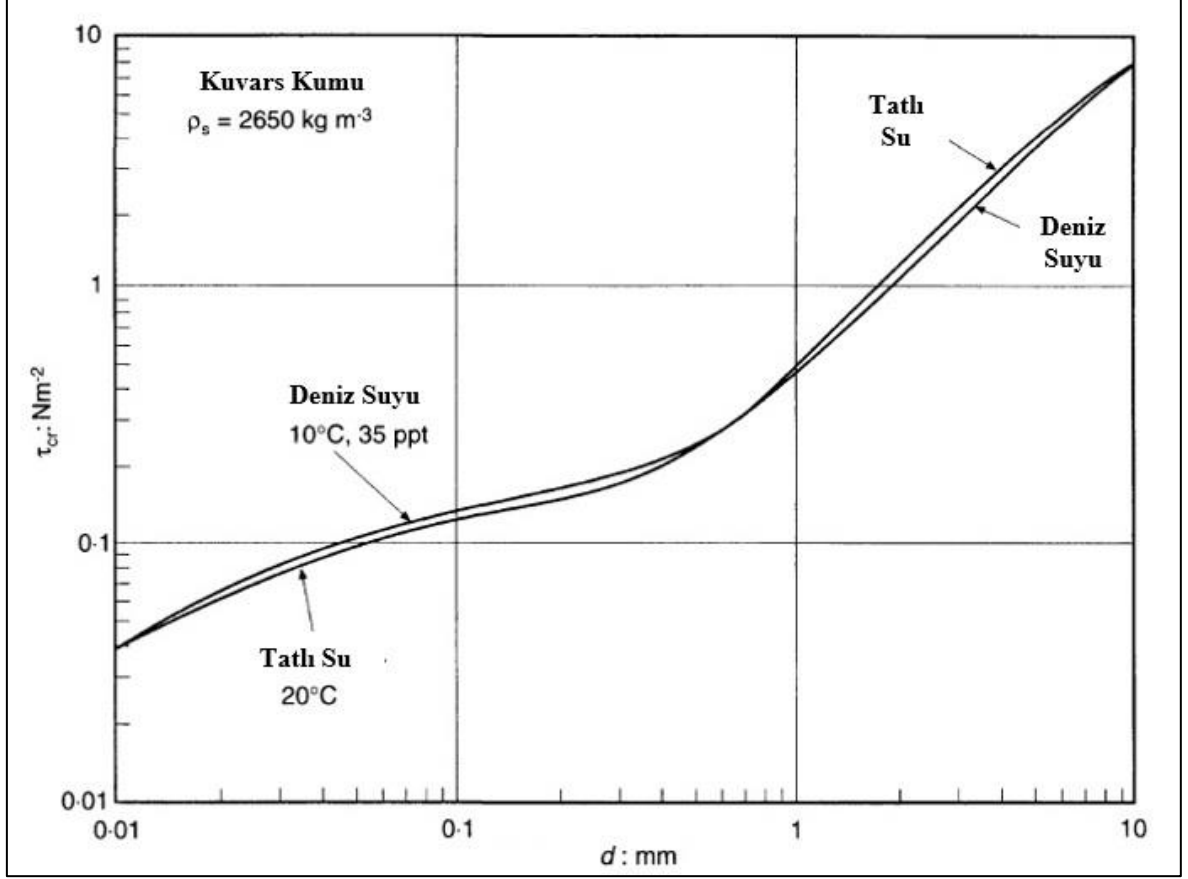
Soulsby ve Whitehouse (1997) literatürdeki gelişmelerin ışığında, çok ince taneli sedimanlarda yüksek sonuçlar veren Denklem (3.43)'deki kritik Shields parametresi ifadelerini geliştirerek Denklem (3.44)'daki eşitliği sunmuşlardır. Shields (1936) ve Soulsby (1997) yöntemleri ile elde edilen, boyutsuz tane çapına bağlı θ_{cr} değerleri Şekil 3.4'te sunulmuştur.

$$\theta_{cr} = \frac{0.30}{1+1.2D_*} + 0.055[1 - \exp(-0.020D_*)] \quad (3.44)$$



Şekil 3.4. Shields ve Soulsby yaklaşımlarıyla θ_{cr} değeri (Soulsby ve Whitehouse, 1997)

$g = 9.81 \text{ ms}^{-1}$, $\rho_s = 2650 \text{ kgm}^{-3}$ için 10°C sıcaklığa ve 35 ppt tuzluluğa sahip tipik deniz suyu içerisindeki kuma etkileyen τ_{cr} , kritik kayma gerilmesinin, tane çapına göre değişimi Şekil 3.5'te verilmiştir (Soulsby, 1997).



Şekil 3.5. Kum tanesinin elek çapına göre kritik kayma gerilmesi

Yatak sedimanının θ_{cr} değerinin bilinmesi, muhtemel taban şekilleri ya da akıntı tipi üzerinde bir öngörü sağlayabilmektedir. Soulsby (1997) ifadesiyle dalga ve akıntı etkisiyle taşınan sediman için;

- $\theta_{max,s} < \theta_{cr}$ ise yatakta hareket gözlenmemektedir ve tabanda dalgalı bir şekil meydana gelmemektedir.
- $\theta_{cr} \leq \theta_{max,s} \leq 0.80$ yatakta sediman hareketi vardır ve kum dalgacıkları oluşur.
- $\theta_{max,s} > 0.80$ yatak tabakalı hareketin etkisiyle düzgün bir şekle sahiptir.

Damgaard ve Soulsby (1997) metodunun diğer taşınım bileşeni olan Q_{LS2} ifadesi Denklem (3.45) kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$\begin{aligned}
 Q_{LS2} &= \frac{0.24f(\alpha_b)(g)^{3/8} d_{50}^{1/4} H_b^{19/8}}{12*(s-1)T^{1/4}} \Rightarrow \theta_{wr} \geq \theta_{wsf} \\
 Q_{LS2} &= \frac{0.046f(\alpha_b)(g)^{2/5} H_b^{13/5}}{12*(s-1)^{6/5}(\pi T)^{1/4}} \Rightarrow \theta_{wr} < \theta_{wsf} \\
 &0 \Rightarrow \theta_{max} \leq \theta_{cr}
 \end{aligned} \tag{3.45}$$

Denklem (3.45'deki $f(\alpha_b)$, θ_{wr} , θ_{wsf} ve θ_{max} ifadeleri sırasıyla; surf bölgesindeki kırılan dalgaların yön faktörünü, pürüzlü taban (kum dalgaları) üzerindeki dalgaın Shields parametresini, tabakalı akım halindeki düzgün taban üzerindeki dalgaın Shields parametresini ve en büyük Shields parametresini ifade etmektedir. θ_{max} eşitliğindeki θ_m ve θ_w ifadeleri için Denklem (3.50 ve Denklem (3.51 kullanılmaktadır.

$$f(\alpha_b) = (0.95 - 0.19 \cos 2\alpha_b)(\sin 2\alpha_b) \tag{3.46}$$

$$\theta_{wr} = \frac{0.15H_b^{3/4}}{(s-1)g^{1/4}(Td_{50})^{1/2}} \tag{3.47}$$

$$\theta_{wsf} = \frac{0.0040H_b^{6/5}}{(s-1)^{7/5}g^{1/5}T^{2/5}d_{50}} \tag{3.48}$$

$$\theta_{max} = [(\theta_m + \theta_w \sin \alpha_b)^2 + (\theta_w \cos \alpha_b)^2]^{1/2} \tag{3.49}$$

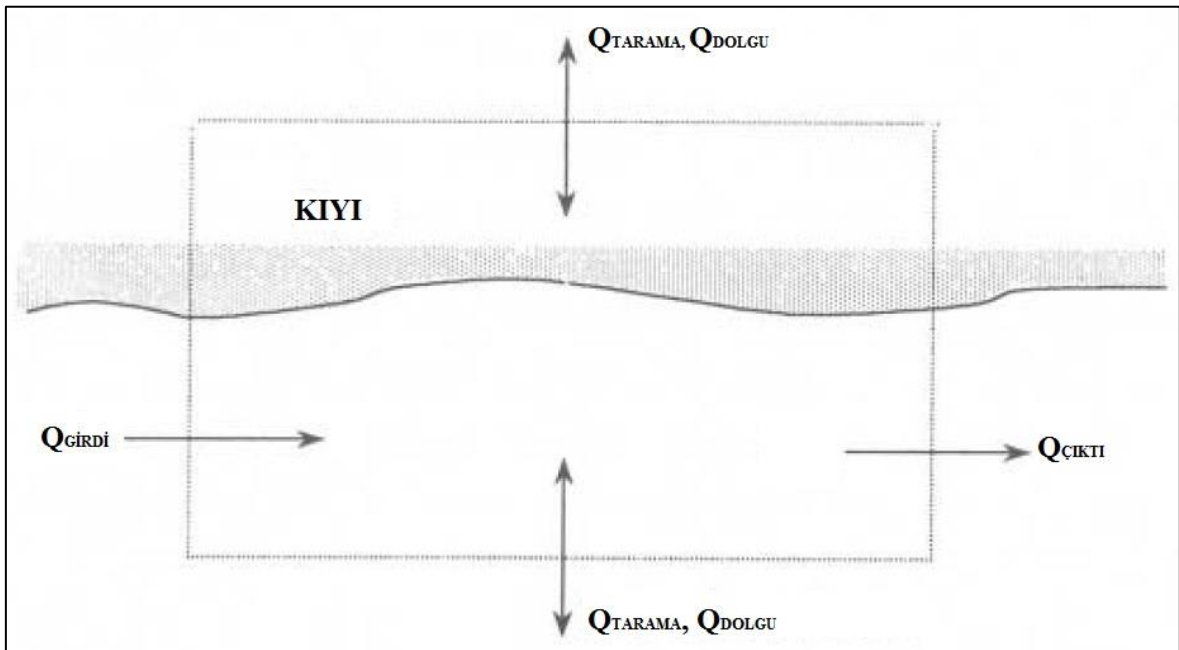
$$\theta_m = \frac{0.1H_b(\sin 2\alpha_b)(\tan \beta)}{(s-1)d_{50}} \tag{3.50}$$

$$\theta_w = maks(\theta_{wr}, \theta_{wsf}) \tag{3.51}$$

CERC (1984) yönteminin aksine Damgaard ve Soulsby (1997) metodu, T dalga periyodu ve $\tan \beta$ taban eğimi ifadelerini de içermektedir. Hakim olarak çakıl ihtiva eden sahillerde gerçekleştirilen sediman taşınımı çalışmalarında CERC (1984) yöntemi ile hesaplanan taşınım miktarları, Damgaard ve Soulsby (1997) yönteminden elde edilen taşınım miktarlarından ciddi farklılıklar gösterebilmektedir.

3.1.2. Sediman Bütçesi

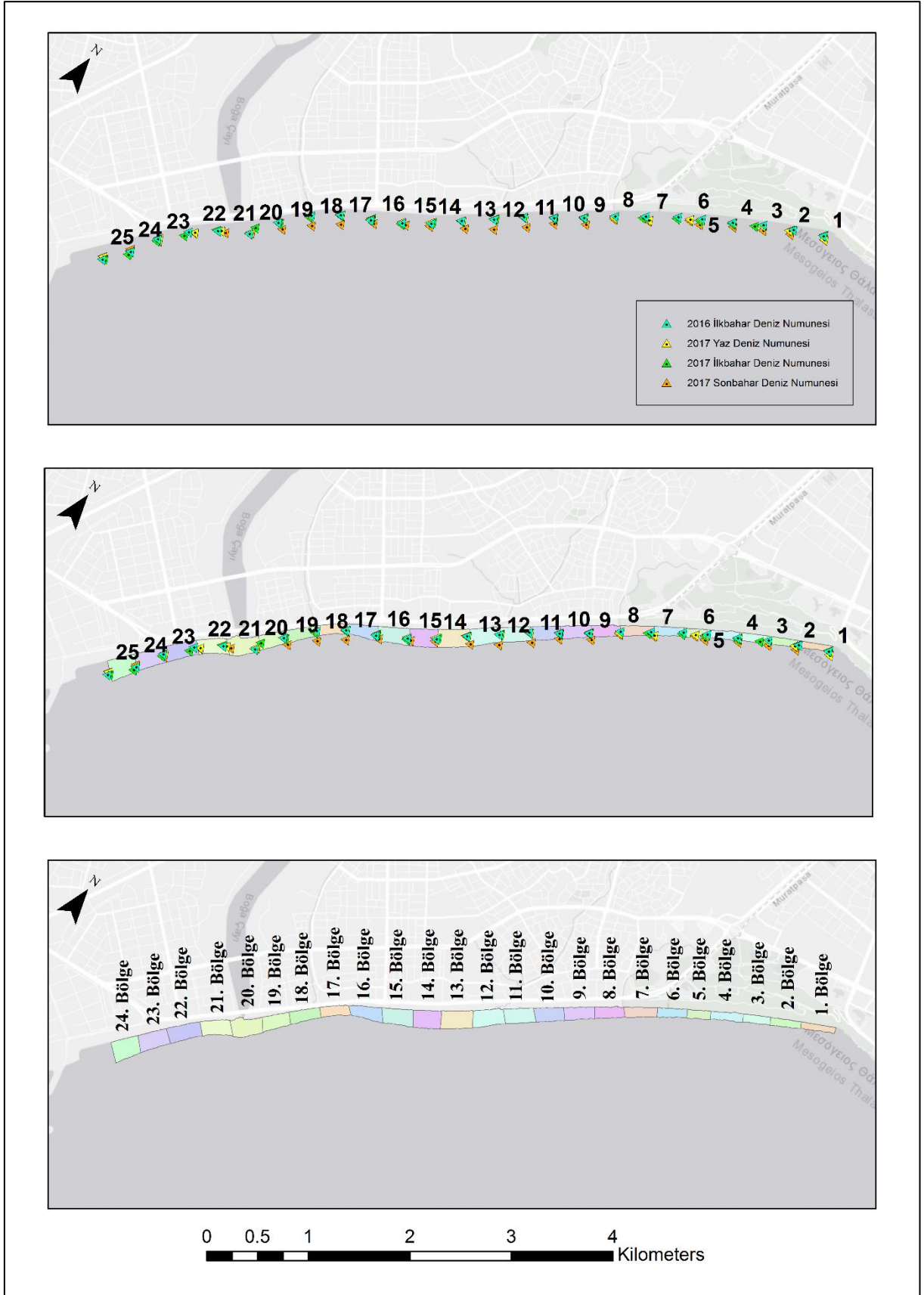
Literatürdeki kıyı boyu sediman taşınımına ilişkin hesap yöntemleri, sonsuz uzunluktaki kıyı boyunca sonsuz miktarda kum olduğu kabulüyle çalışmaktadır. Gerek bu yüksek lisans tezinde sunulan yöntemlerin gerekse literatürdeki diğer analitik taşınım formüllerinin kullanımında, bütün bir kıyı şeridi için tek bir kesitten alınan girdilerin tercih edilmesi, bir kıyı boyunca farklılık gösteren sediman çapı veya taban eğimi gibi parametrelerin göz ardı edilmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle kıyı boyu sediman taşınımının belirlenmesi için gerçekleştirilen çalışmalarda kıyıya dik yönde seçilen kesitlerin sayısı, kıyının sediman bütçesinin tayininde önemli yere sahiptir.



Şekil 3.6. Bir kıyı alanındaki sediman bütçesi

Temelde bir alandaki sediman bütçesi, akıntı, dalga veya çeşitli atmosferik olaylarla bu alana giren ve aynı etkilerle bu alandan çıkan sediman miktarları ile sahil dolguları ya da dip taraması gibi beşeri faaliyetlerin toplamı şeklinde ifade edilebilmektedir (Şekil 3.6).

Sunulan bu tez çalışmasındaki CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri, surf bölgesi sınırları özelinde oluşturulduğundan, çalışma alanlarının boyutları, kıyı şeridi ile kıyıya yaklaşan en yüksek dalganın azami kırılma derinliği arasında kalacak şekilde seçilmiştir (Bölüm 3.2.3).



Şekil 3.7. Deniz sedimanı numune noktaları ve çalışma sınırları

Hesaplamalarda kullanılan deniz sedimanının çap değerleri; 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi (TUBİTAK, 2014) kapsamında, yaklaşık 250 m aralıklarla 25 farklı noktadan alınan saha numunelerine dayandığından; Konyaaltı Sahili’ndeki sediman bütçesi, bu numune alım noktaları arasındaki 24 bölgenin (Şekil 3.7) sınır değerlerindeki H_{sb} , h_b , α_b , $\tan \beta$, d_{50} parametlerine göre hesaplanan sediman debilerinin vektörel toplamalarının toplamı şeklinde ifade edilmiştir. Her bir kesitteki net sediman debisi Denklem (3.52 ile hesaplanabilmekte olup sağa taşınan sediman miktarının sola taşınan sediman miktarından farkını ifade etmektedir.

$$Q_{NET,1-1} = Q_{SAĞ,1-1} - Q_{SOL,1-1} \quad (3.52)$$

$$Q_{SAĞ,1-1} > Q_{SOL,1-1} \Rightarrow \text{sağa taşınım}$$

$$Q_{SAĞ,1-1} < Q_{SOL,1-1} \Rightarrow \text{sola taşınım}$$

Herhangi iki kesit arasında kalan bölgedeki oyulma ya da birikme miktarları Denklem (3.53 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$Q_{NET,1} = Q_{NET,1-1} - Q_{NET,2-2} \quad (3.53)$$

$$Q_{NET,1} > 0 \Rightarrow \text{Birikme}$$

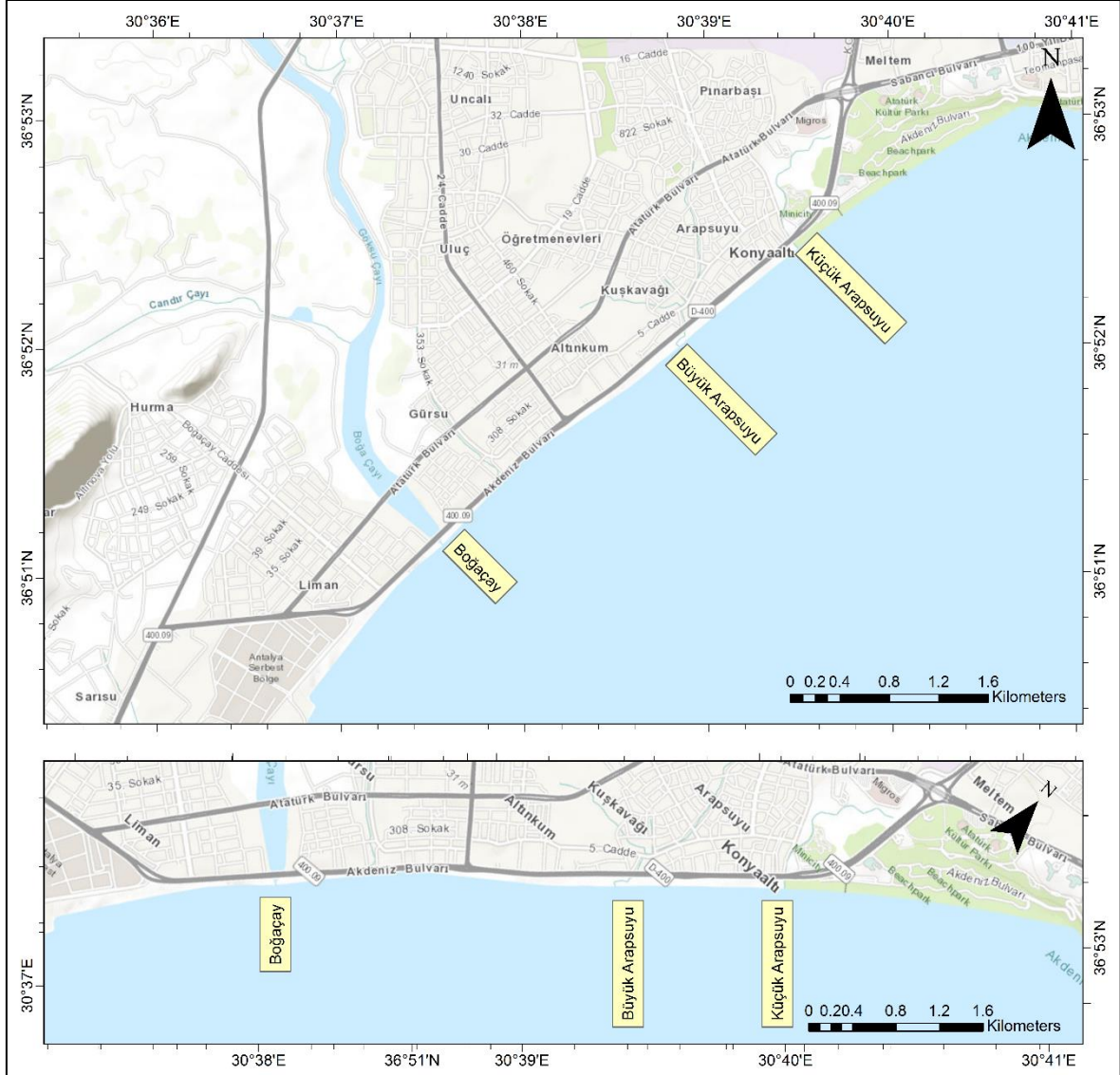
$$Q_{NET,1} < 0 \Rightarrow \text{Oyulma}$$

Konyaaltı Sahili genelindeki net sediman bütçesi 24 bölgenin toplam bütçesi olup Denklem (3.54 ile hesaplanabilmektedir.

$$Q_{NET} = Q_{NET,1} + Q_{NET,2} + \dots + Q_{NET,24} \quad (3.54)$$

Taşınan sedimanın sağa ya da sola ağırlıklı hareketi kıyı çizgisinin hakim dalga yönleri ile yaptığı açıya bağlı olarak değişmektedir. Diğer yandan, yöredeki akarsu ağızlarının kıyı bölgelerinin sediman bütçeleri üzerindeki etkisi göz ardı edilmemelidir.

Kuzeyinde D400 Karayolu ile sınırlanan Konyaaltı Sahili'nin; batısında Antalya Limanı doğusunda ise falezler bulunmaktadır. Araştırma alanında denize dökülen, Boğaçay, Büyük Arapsuyu ve Küçük Arapsuyu olmak üzere üç adet akarsu bulunmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Konyaaltı Sahili'ne dökülen akarsular

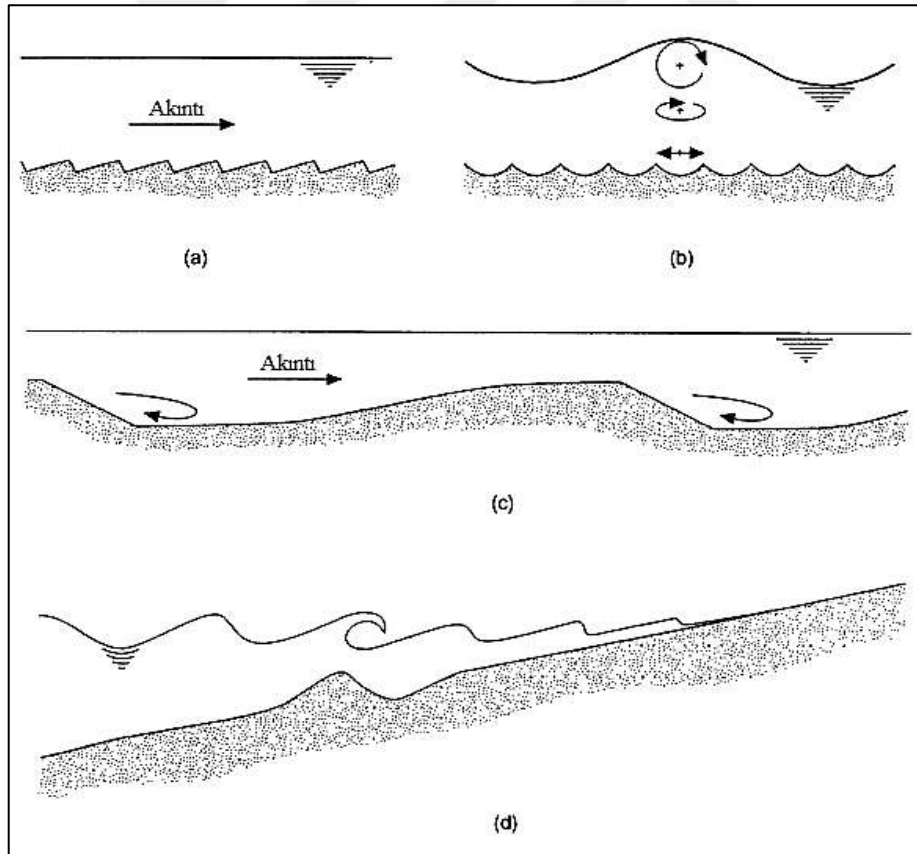
Akarsu ağızları, sahillerin sediman bütçesi için önemlidir ve bu nitelikteki akarsuların membalarındaki beşeri faaliyetlerde kıyı erozyonu riski göz önüne alınmalıdır. Örneğin yöredeki Boğaçayı; taşkınlarla getirdiği malzemeyi Akdeniz'e boşaltarak kıyı erozyonuna karşı bir denge unsuru olmuş, Konyaaltı plajının stabil kalmasında önemli bir rol oynamıştır. Ancak, membada uzun yıllar faaliyet gösteren kum ocakları nedeniyle denize malzeme akışı azaldığından, bu denge bozulmuştur (Jeoloji Mühendisleri Odası, 2018).

Konyaaltı sahilinin sediman bütçesi üzerindeki bir diğer çalışma, Dipova (2016) tarafından gerçekleştirilmiştir. Dipova, yöreye ait 1934 tarihli topoğrafik harita ve 2016 yılına ait uydu görüntüsünü karşılaştırdığı çalışmasında; kıyı çizgisindeki değişime dikkat çekerek, kumsal kaybının Boğaçay'ın sahile akarsu taşımaya engel olan faaliyetlerden kaynaklanabileceğini vurgulamıştır.

Geneli itibariyle akarsu ağzlarının, sahillerin sediman bütçelerinde önemli ve olumlu bir yere sahip olduğu açıktır. Boğaçay, Büyük Arapsuyu ve Küçük Arapsuyu akarsularının deniz tabanı sedimanının dağılımına ve davranışına etkisi sonuçlar bölümünde sunulmuştur.

3.2.2. Batimetri ve Kıyı Profili

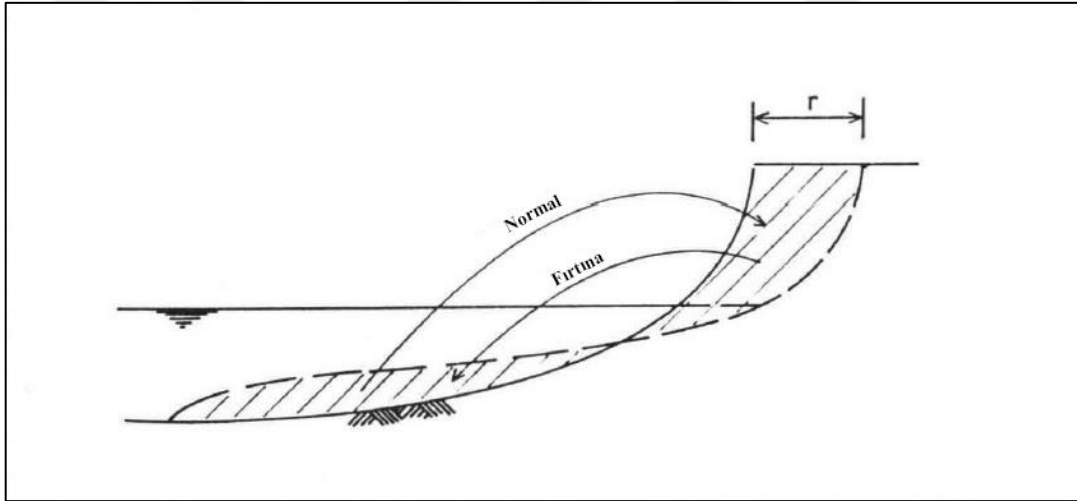
Kıyıya belirli bir açı ile yaklaşan dalgalar; yörüngesel hızlarının yatay (kıyıya paralel) ve düşey (kıyıya dik) bileşenleriyle kıyı profilinde değişikliklere neden olmaktadır, denizdeki dalga ve akıntı kuvvetleri tabanda farklı yüzey şekilleri oluştururlar (Şekil 3.10).



(a) Akıntı etkisiyle oluşan kum dalgacıkları. (b) Dalga etkisiyle oluşan kum dalgacıkları, (c) Kum dalgaları/ kum tepeleri, (d) Kırılma seddesi, (Soulsby, 1997)

Şekil 3.10. Yatak Şekilleri

Sediman tanesine etkiyen akıntı ve dalga kuvveti bileşenlerinin kiritik duruma ulaşmasıyla taban geometrisi; kum dalgacıklarından, kum tepelerine kadar farklı şekiller alabilmektedir (Şekil 3.10). Kum dalgacıkları, kritik koşulların üzerinde ancak çok yoğun olmayan akımlar nedeniyle, 0.8 mm tane çapına kadar tanecikler tarafından oluşturulan, küçük boyutlara sahip taban şekilleridir (Soulsby, 1997). Dikleşen dalgalar kırıldığında, dalga parçacığının yörüngesel hızı artmaya devam ederek tabakalı akımın kritik değerini aşar. Böylece kum dalgacıkları düzleşir ve yatak üzerinde hareket ederek askıdaki sediman konsantrasyonunu artırır (Van der Velden, 1989). Askıda taşınan sediman parçacıkları, akıntı kuvvetlerinin kritik değerlerin altına düşmesiyle çökerek farklı taban şekilleri oluşturmaktadırlar. Bu sediman döngüsü, deniz tabanının sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır.

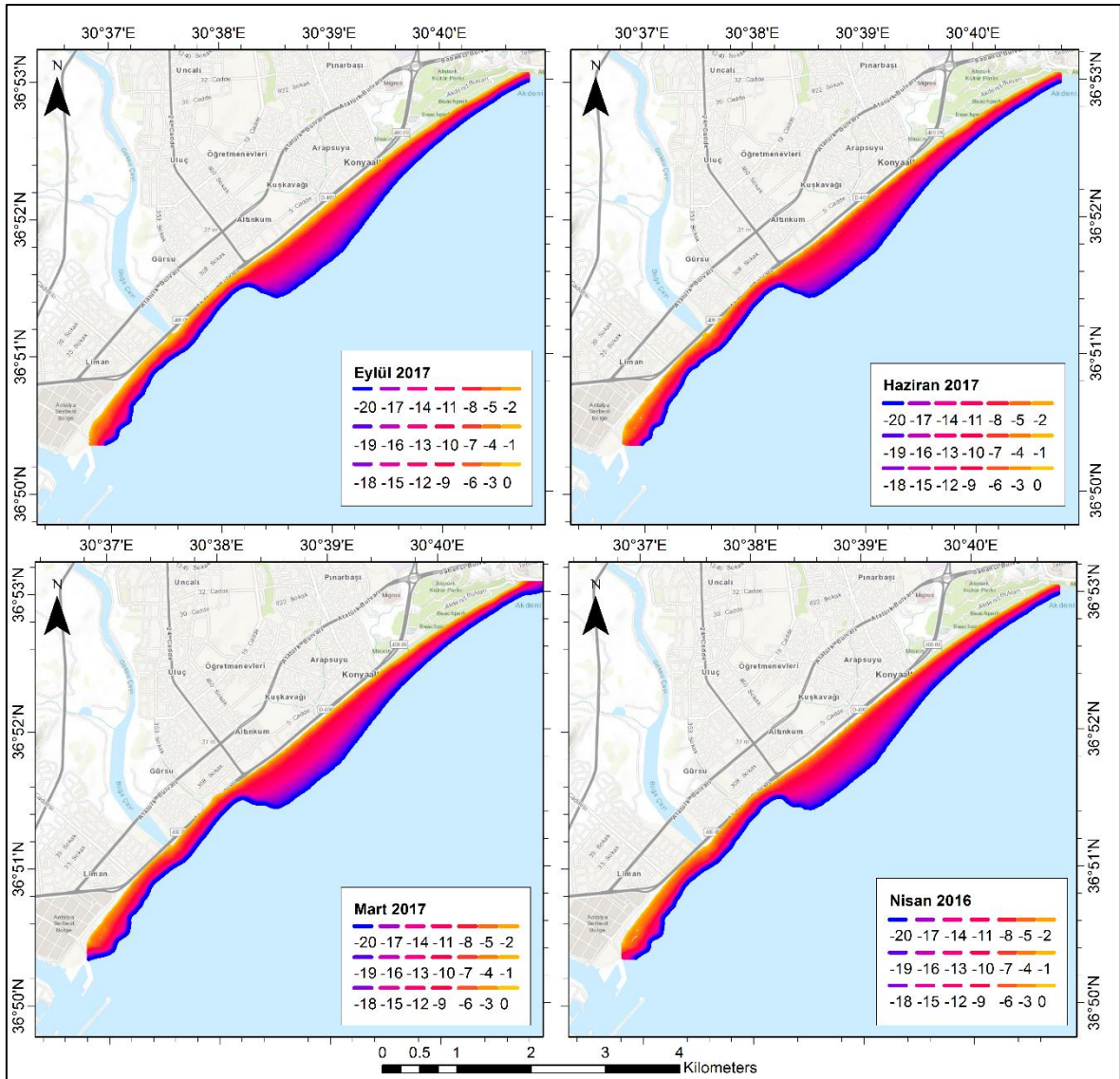


Şekil 3.11. Fırtına durumunda kıyı profili değişimi

Deniz tabanındaki taşınım olayının yanısıra; özellikle kırılma bölgesinde ve sahil topoğrafyasında etkili olan kıyıya dik taşınım olayları kıyı profilinde ve batimetride değişikliklere neden olabilir. Normal koşullarda kıyıya çarparak tırmanan dalgalar, sahildeki sızma nedeniyle daha düşük hacimlerle denize dönmektedirler (Şekil 3.11). Bu hareket yer çekiminin etkisiyle iri tanelerin kıyıda ince tanelerin ise daha açıkta biriktiği basamaklı bir kıyı profili oluşturmaktadır.

Fırtına koşullarında ise doygun hale gelen yer altı suyu nedeniyle; sahilde tırmanan dalga aynı hacimle geri döner ve ciddi miktarlarda sediman açığa taşınır. Bu etki askıda taşınan sediman konsantrasyonunu önemli ölçüde arttırmaktadır.

Tüm bu etkiler göz önüne alındığında, kıyı alanlarındaki dönemsel batimetrik ve topoğrafik farklılıklar, kıyı sedimanının hareketinin yönü ve miktarının tayininde bir öngörü sağlayabilmektedir. Sediman taşınım hesaplarında kullanılacak taban geometrisi verisinin temininde; 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilen batimetrik ve topoğrafik çalışmalardan yararlanılmıştır. Mevsimsel aralıklarla gerçekleştirilen arazi çalışmaları, CBS ortamında derlenerek dönemsel batimetri haritaları elde edilmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Konyaaltı Sahili'nin farklı tarihlerdeki batimetrik durumu

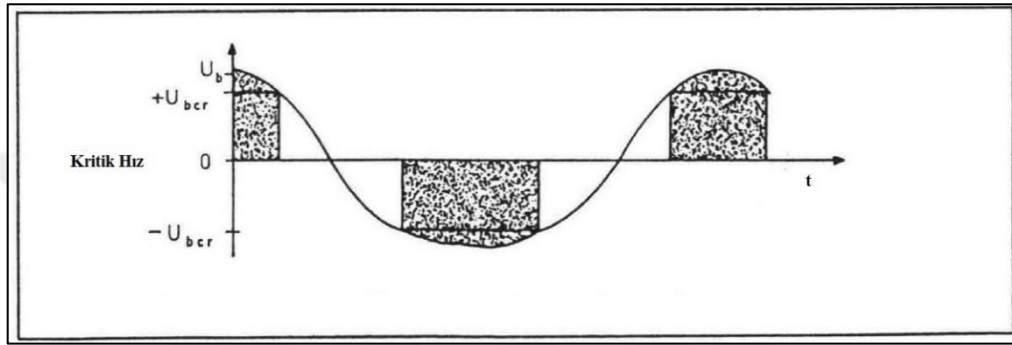
Bu tez çalışmasında dikkate alınan hesap yöntemleri göz önüne alındığında, Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri, kırılma olayının görüldüğü surf bölgesi içerisindeki $\tan \beta$, taban eğimi değerine ihtiyaç duymaktadır. Konyaaltı Sahili'nin mevsimlik taban eğimleri, Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları yardımıyla, Şekil 3.12'deki batimetri haritaları kullanılarak belirlenmiştir. Taban eğiminin dikkate alındığı -9.70 m 'lik azami su derinliği; her mevsimde Güney-Güneydoğu yönünden gelen en büyük belirgin dalga yüksekliğine sahip dalganın ($H_s = 5 \text{ m}$) kırıldığı su derinliğine karşılık gelmekte olup, bu derinlik Goda (1970) ve Weggel (1972) eğrileri kullanılarak hesaplanmıştır. Konyaaltı Sahili'nin, "Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması" projesi kapsamında gerçekleştirilen batimetri çalışmalarına dayanan taban eğimi verileri Tablo 3.2'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Konyaaltı Sahili'ne ait farklı tarihli taban eğimleri

No	İlkbahar 2016 $\tan \beta$	İlkbahar 2017 $\tan \beta$	Yaz 2017 $\tan \beta$	Sonbahar 2017 $\tan \beta$	Kış (Ortalama) $\tan \beta$
1	0.14	0.17	0.15	0.15	0.15
2	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14
3	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12
4	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
5	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
6	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
7	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
8	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09
9	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
11	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
12	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06
13	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
14	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
15	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06
16	0.10	0.06	0.06	0.07	0.06
17	0.10	0.09	0.10	0.08	0.09
18	0.08	0.10	0.09	0.10	0.10
19	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08
20	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06
21	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
22	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
23	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
25	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

3.2.3. Dalga İklimi

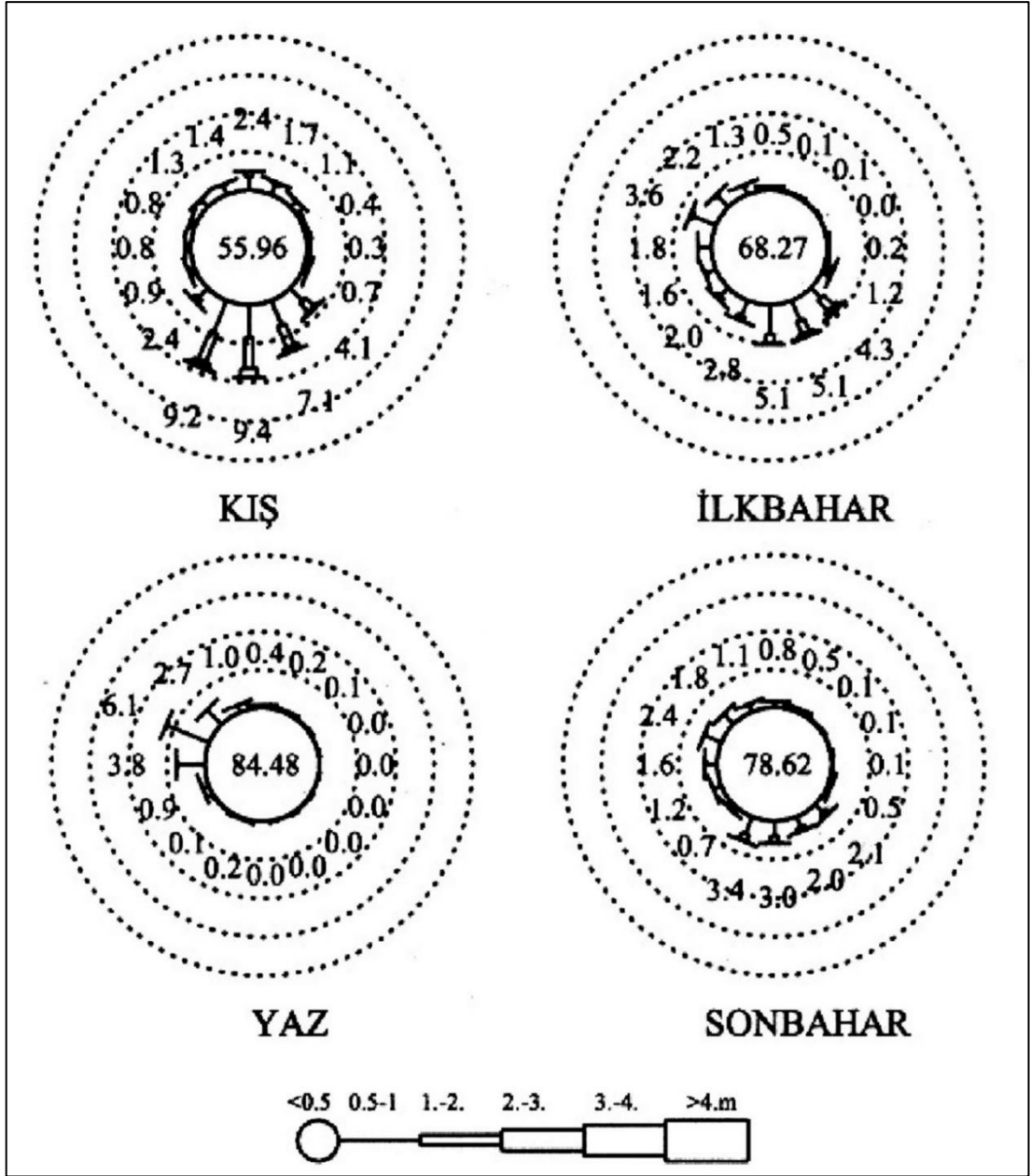
Sinüsoidal formda ilerleyen dalgalar, taban eğimindeki ani değişimler ve sıkışma nedeniyle formlarını kaybedebilirler. Sıkışma bölgesindeki dalgaanın asimetrik yapısı, dalga tepesi altında kıyıya doğru olan pik hızın dalga çukuru altındaki açığa doğru olan pik hızdan daha büyük olmasına yol açmaktadır. Dalga yörüngesel hızlarının bu yapısı, tabanda kum dalgacıklarının bulunması durumunda açığa doğru, düzlem taban halinde kıyıya doğru katı madde taşınımına neden olmaktadır (Yüksel ve Özkan Çevik, 2009).



Şekil 3.13. Bir dalga periyodundaki kritik orbital hızları

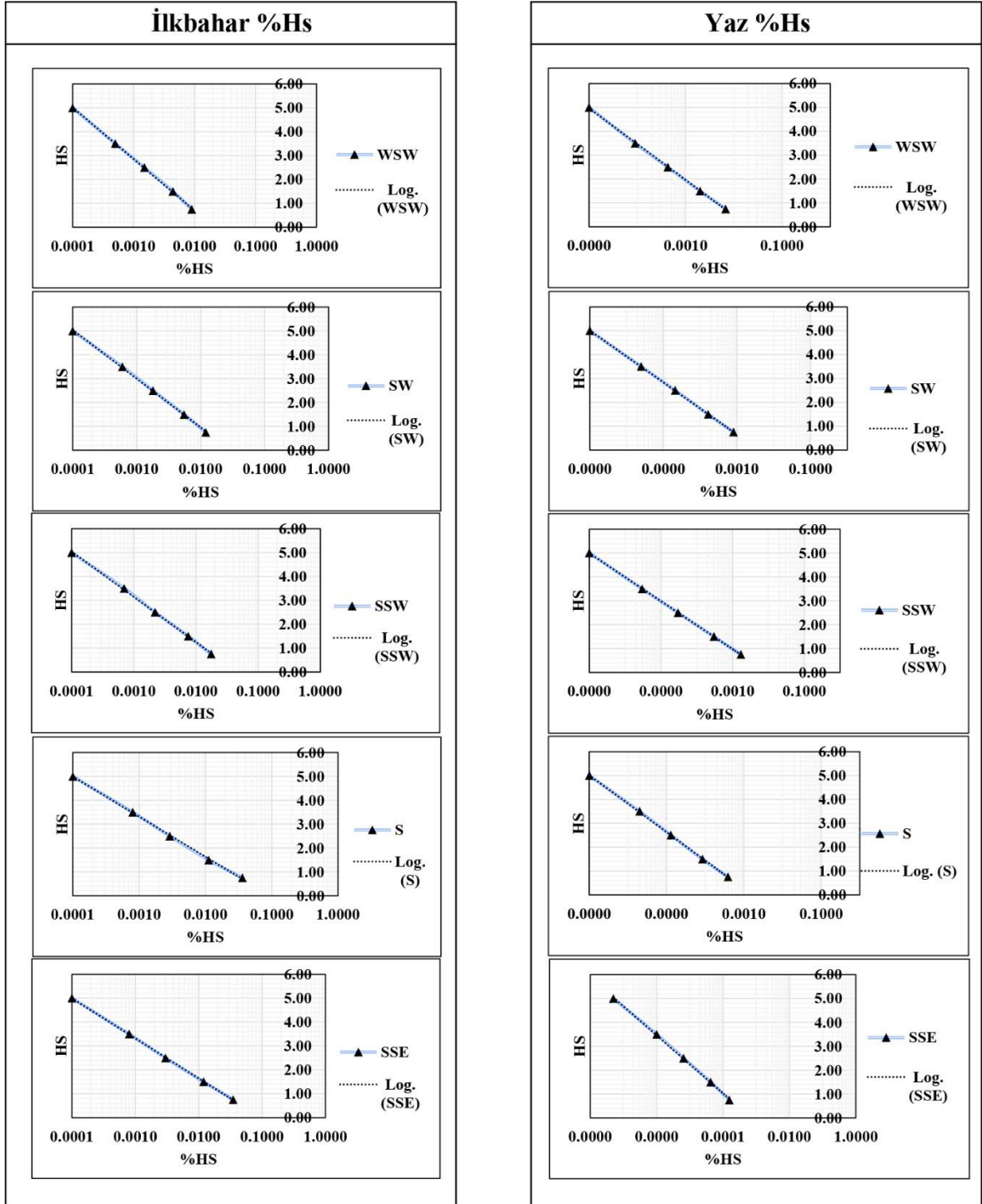
Dalgaların tepesindeki ve çukurundaki hızlardaki bu asimetri (Şekil 3.13), sediman taşınımının ana nedenlerinden biridir (Soulsby, 1997). Dolayısıyla kıyının maruz kaldığı dalgaların niteliklerinin bilinmesi, sediman taşınımı araştırmaları için teknik bir zorunluluktur.

Laboratuvar deneyleri ile matematiksel ve fiziksel uygulamalarda kullanılan monokromatik dalgalar tek bir dalga yüksekliği, H , ve dalga periyodu, T , ile gösterilirlerken, denizlerdeki dalgalar yüksekliklerinin, periyotlarının ve yönlerinin dağılımlarından oluşan Pierson-Moskowitz ya da JONSWAP gibi spektrumlarla ifade edilebilmektedirler. Bu tez çalışmasındaki sediman taşınım hesaplarında deniz dalgalarının dalga yüksekliği için belirgin dalga yüksekliği, H_s dalga periyodu için ortalama dalga periyodu, T_m , kullanılmıştır. Konyaaltı Sahili'nin mevsimlik belirgin dalga yüksekliği verisi için NATO TU-WAVES Projesi kapsamında hazırlanmış olan Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası (Özhan ve Abdalla, 1999) kullanılmıştır.

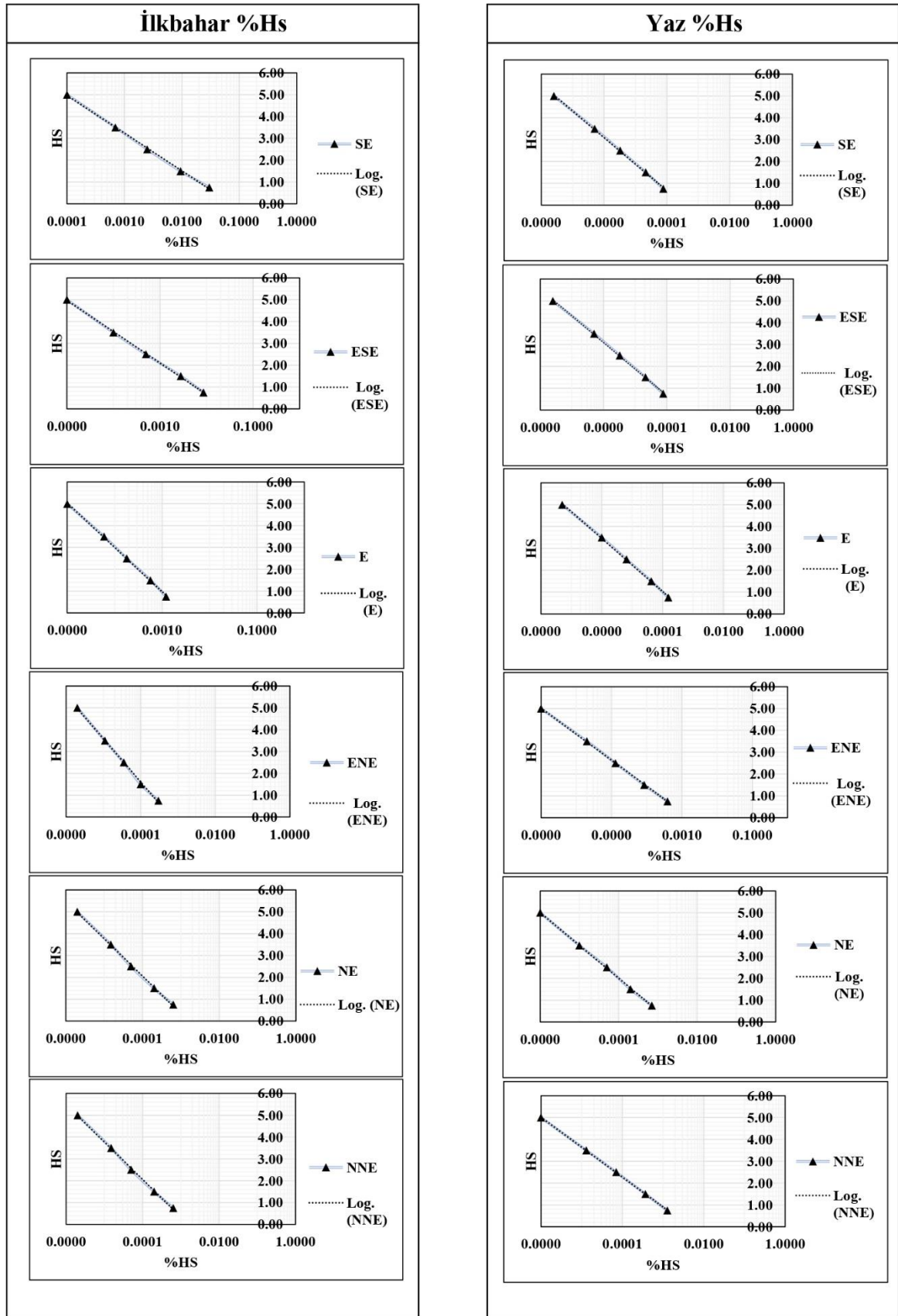


Şekil 3.14. 36.75 N-30.70 E koordinatına ait mevsimlik dalga gülleri

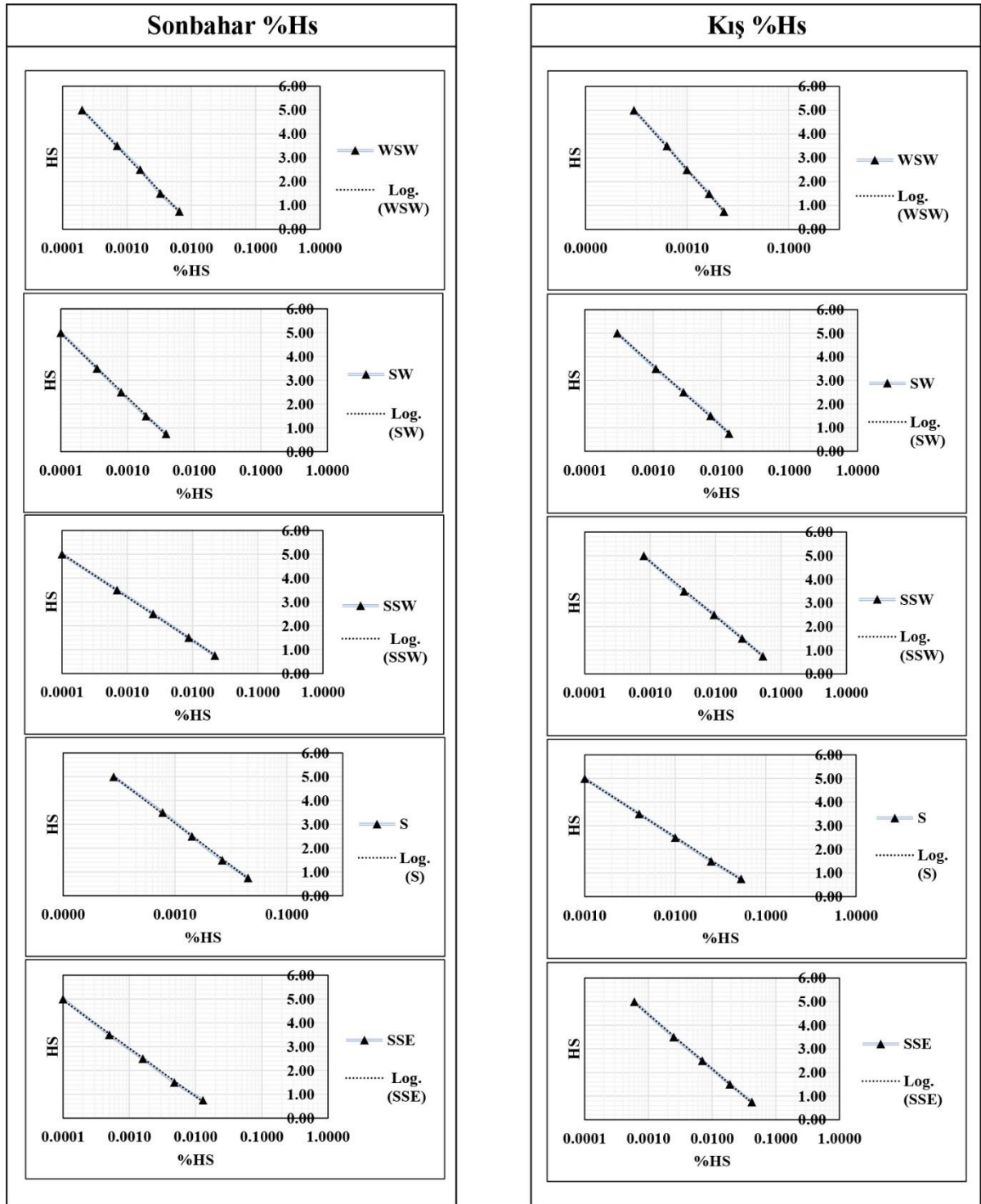
Kullanılan mevsimlik dalga güllü verileri (Şekil 3.14), Konyaaltı sahiline en yakın nokta olan 36.75 Kuzey (N) 30.70 Doğu (E) koordinatlarına ait olup, dalga gülleri incelendiğinde hakim dalga yönlerinin kış aylarında Güney-Güneydoğu ile Güney-Güneybatı aralığında, ilkbahar aylarında Güney ile Güney-Güneydoğu aralığında; yaz aylarında Batı-Kuzeybatı ve Batı yönünde, sonbahar aylarında ise Güney-Güneybatı ile Güneydoğu aralığında olduğu anlaşılmaktadır. Mevsimlik dalga güllerinden elde edilen olasılıklar, log-normal dağılım göz önüne alınarak yönlerine ve büyüklüklerine göre paylaştırılmıştır.



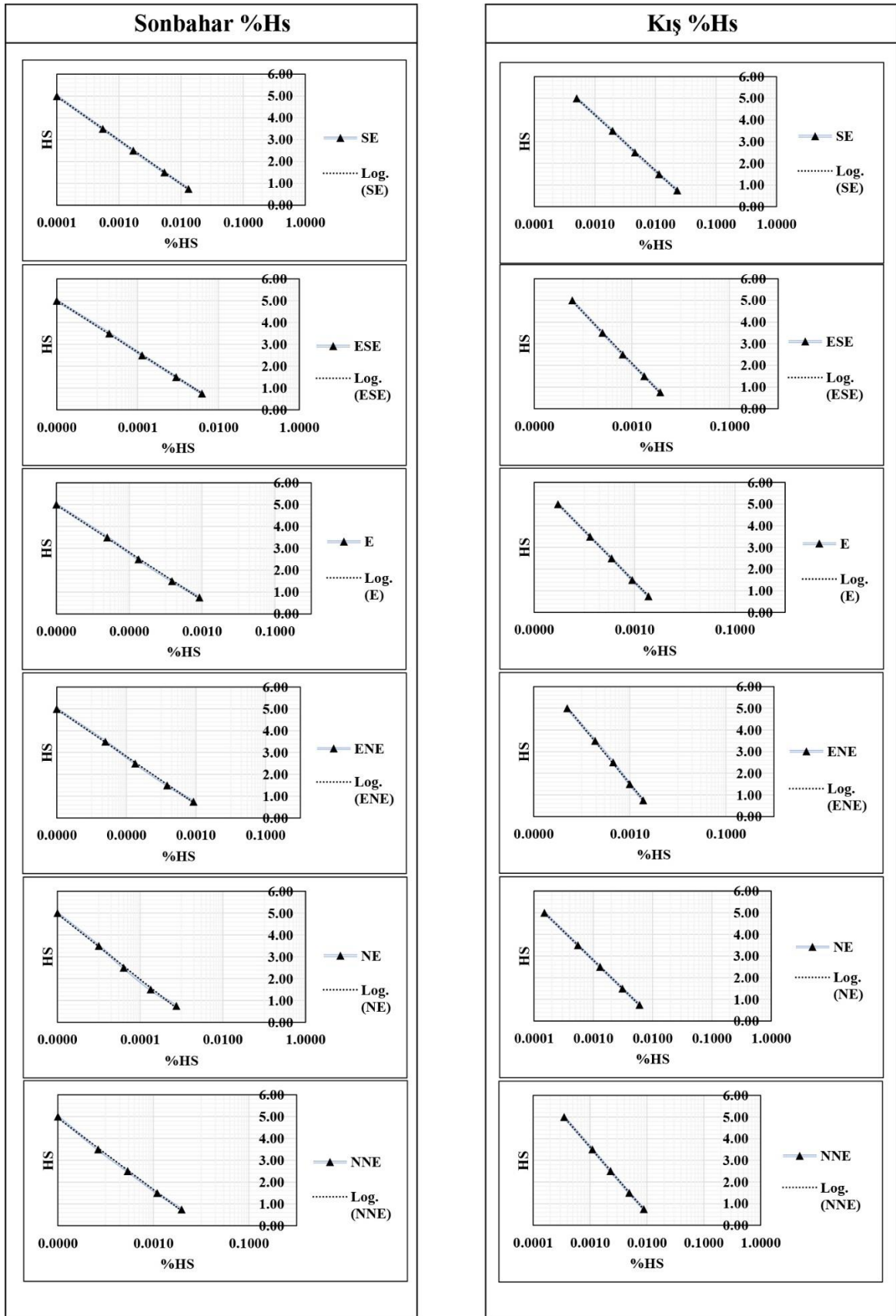
Şekil 3.15. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için WSW, SW, SSW, S, SSE yönlerinden Log-normal dağılımlar



Şekil 3.16. İlkbahar ve Yaz mevsimleri için SE, ESE, E, ENE, NE, NNE yönlerinden Log-normal dağılımlar



Şekil 3.17. Sonbahar ve Kış mevsimleri için WSW, SW, SSW, S, SSE yönlerinden Log-normal dağılımlar

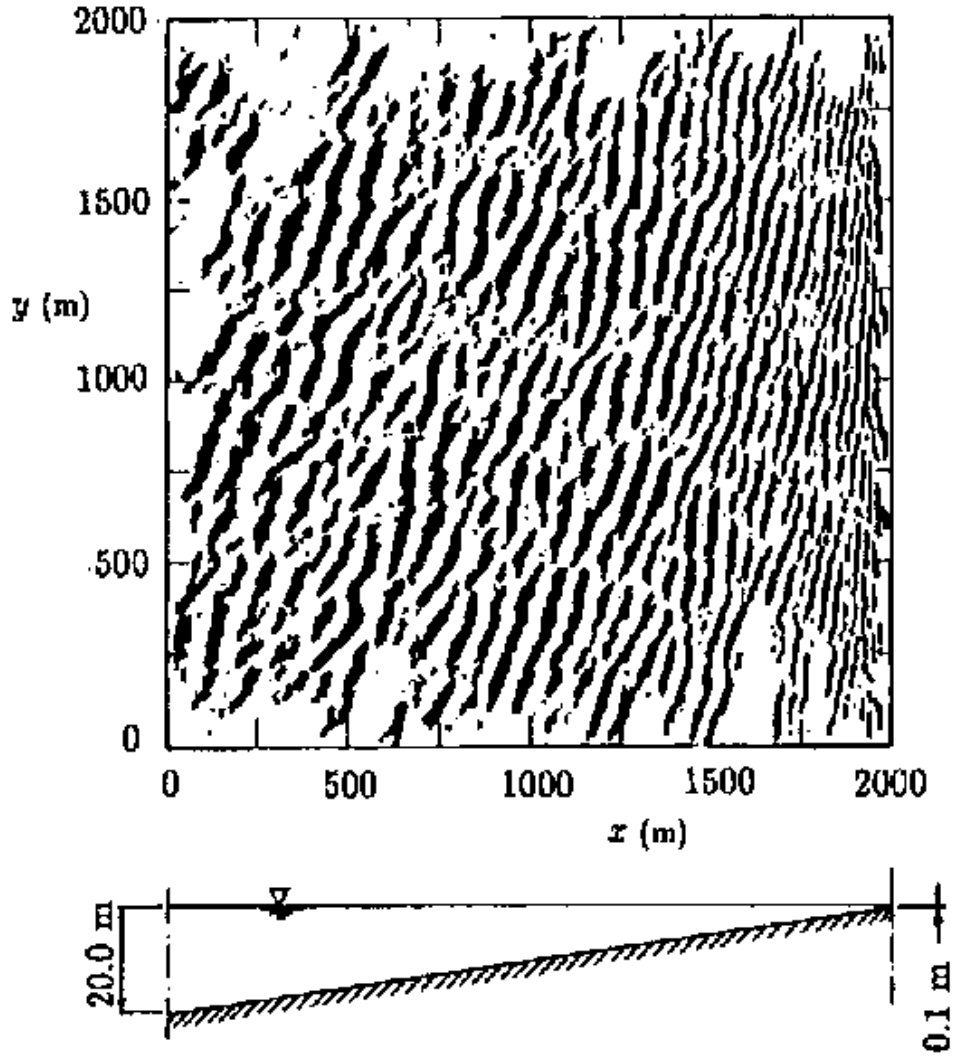


Şekil 3.18. Sonbahar ve Kış mevsimleri için SE, ESE, E, ENE, NE, yönlerinden Log-normal dağılımlar

Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17 ve Şekil 3.18’de sunulan görseller, 36.75 Kuzey 30.70 Doğu koordinatlarında ölçülen 0.75 m, 1.50 m, 2.50 m, 3.50 m ve 5.00 m yüksekliğindeki dalgaların, her bir yönden gelme olasılıklarını ifade etmektedir.

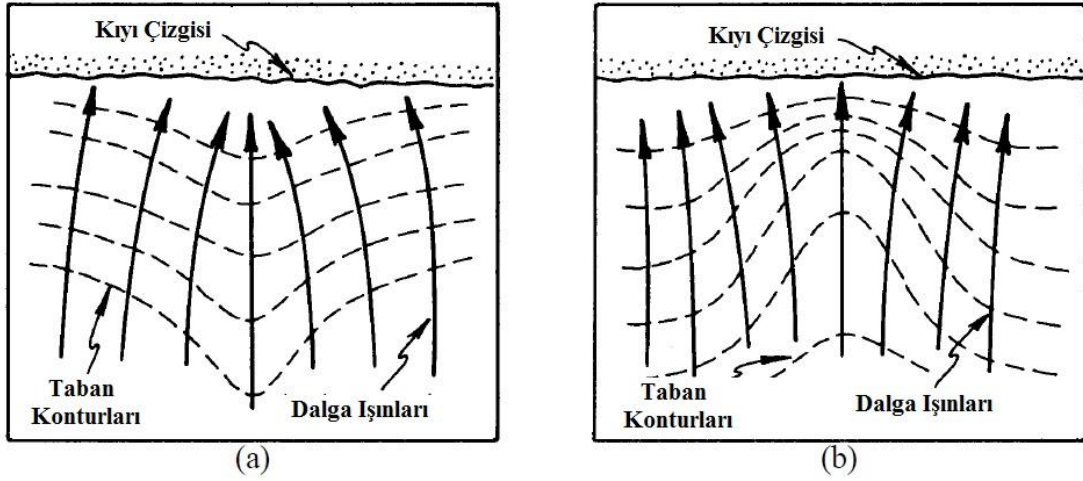
3.2.4. Dalga Kırılması

Su derinliğinin dalga boyunun yaklaşık yarısından (dalga genliğinden) büyük olduğu bir alanda, diğer bir deyişle derin suda, dalgaların deniz tabanından bağımsız şekilde ilerlediği kabul edilmektedir. Ancak, yaklaşan dalgalar sığ su bölgesine girdiğinde, dalga ilerlemesinin yönü dönmeye başlar (Şekil 3.19) ve dalga tepeleri deniz tabanının kontur çizgilerine paralel bir hal alır (Goda, 2010).



Şekil 3.19. Sığ su ortamına giren soluk dalgalarının sapması

Düzgün bir tabanda seyreden dalgalar Şekil 3.19'daki gibi yön değiştirirken deniz tabanındaki ani yükseklik değişimlerinin dalga sapması üzerindeki etkisi Şekil 3.20'de görülmektedir.



Şekil 3.20. Farklı taban şekillerinde dalga dönmesi

Deniz tabanındaki bir sırtı tırmanan dalgalar (Şekil 3.20-a), sırt eğrilerinin kıyı şeridinde kavuştuğu sahil bölümüne doğru odaklanma eğilimindeyken, iki sırt arasında kalan çöküntü içerisindeki dalgalar, birbirlerinden ayrılarak seyrederler (Şekil 3.20-b). İki dalga ışını arasında kalan dalga enerjisi sabit olduğundan, kıyıda harcanan toplam enerjinin büyük bir kısmı kıyı şeridindeki çıkıntılara odaklanmaktadır; sonuç olarak dalga sapması engebeli bir sahili düzleştirmektedir (Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, 1984).

Dalgalar kıyıya doğru ilerlerken; h_0 su derinliğinden, kıyı ortogonaline α_0 açı yaparak, H_0 dalga yüksekliği ile kıyıya yaklaşan dalgalar; seçilen bir h_d su derinliğinde, kıyı ortogonaline α_d açı yaparak, H_d dalga yüksekliğine sahip olurlar. Konyaaltı Sahili kıyısına paralel taban konturları üzerinde sahile yaklaşan dalgaların; kırıldığı su derinliğine dek sapmaya uğrayacağı, kırıldığı su derinliğinden kıyı çizgisine kadar ise aynı doğrultuda seyredeceği kabul edildiğinde, sapan dalgaların yüksekliği; kırılma derinliğine ulaşan ancak kırılmadan hemen önceki dalga yüksekliğine karşılık gelmektedir ve bu yükseklik H_0' ile ifade edilmektedir (Denklem (3.55)). Bu çalışmada dikkate alınan su derinliği, h_b , kırılma derinliği olduğundan bu noktadaki diğer dalga parametreleride b indisini almaktadır.

$$H_0' = H_0 \times K_r \quad (3.55)$$

Burada H_0 , derin deniz dalga yüksekliği olup, Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası'ndan (Özhan ve Abdalla, 1999) elde edilen, 36.75 Kuzey 30.70 Doğu koordinatlarına ait belirgin dalga yükseklikleridir. Dalga dönme parametresi, K_r , Denklem (3.56) yardımı ile hesaplanabilmektedir.

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_b}} \quad (3.56)$$

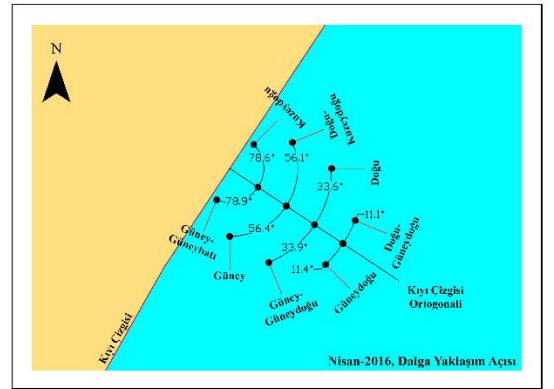
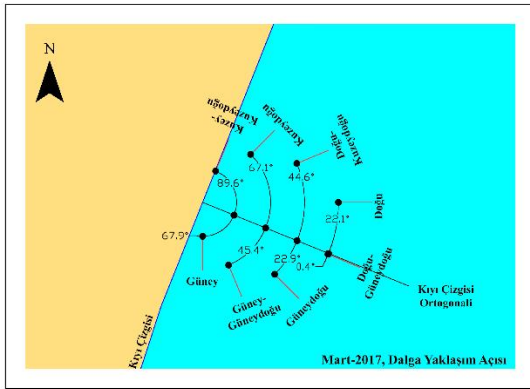
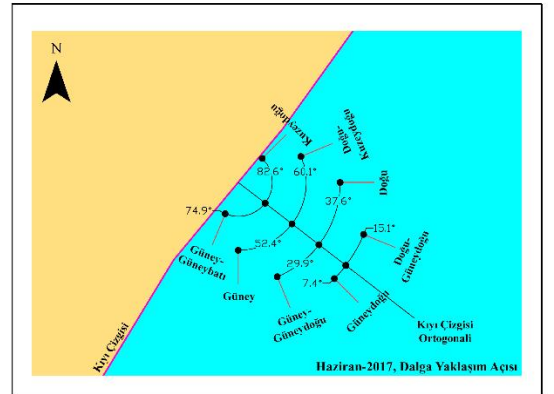
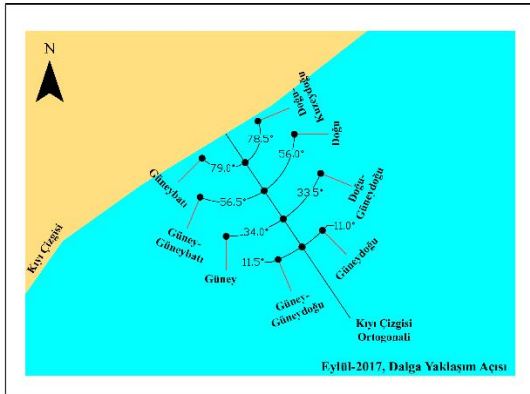
Denklemdaki α_0 , açıktaki dalganın kıyı çizgisinin normali ile yaptığı açığı, α_b ise kıyıya yaklaştıkça sapan ve kırılmak üzere olan dalganın kıyı çizgisinin normali ile yaptığı açığı ifade etmektedir. Snell kanunundan α_b değeri;

$$\frac{\sin \alpha_0}{\sin \alpha_b} = \frac{L_0}{L_b} = \frac{1}{\tanh kh_b} \quad (3.57)$$

$$\sin \alpha_0 \times \tanh kh_b = \sin \alpha_b \quad (3.58)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir.

Akıntı ve dalga etkileriyle kıyı profilinde meydana gelen dönemsel farklılıklar, kıyı çizgisinde ciddi şekil değişikliklerine yol açabilmektedir. Bu durum kıyıya yaklaşan dalgaların α_0 açısının, farklılaşan kıyı normali ile değişmesi anlamına gelmektedir. Şekil 3.21 incelendiğinde, 25 nolu kıyı noktasına gelen dalgaların α_0 yaklaşım açılarının, kıyı çizgisindeki dönemsel değişimlerle nasıl farklılık gösterdiği anlaşılmaktadır. Kıyı çizgisindeki dönme hareketi, kıyı normalini de aynı yönde hareket ettirmektedir. Mevcut kıyı şeridi, 2017 yılı içerisinde Mart ayından Eylül ayına dek daha batılı dalgalara maruz kalmaktadır. Sunulan bu tez çalışmasındaki α_0 değerleri; dalga gülündeki hakim dalga yönleri göz önüne alınarak, 113Y438 Nolu TÜBİTAK projesindeki arazi çalışmalarından elde edilen kıyı çizgisi verisi ışığında, toplamda 25 nokta olmak üzere her bir nokta için ayrı ayrı belirlenmiştir. Her bir noktanın kıyı çizgisi 5 metrelik bir alan kabul edilerek belirlenmiştir.



Şekil 3.21. 25 Nolu noktada dalga yaklaşma açısının kıyı şeridi ile değişimi

Tablo 3.3. 2016 yılı İlkbahar dönemi dalga yaklaşım açıları

No	İlkbahar 2016										
	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE
1	-	76	53	31	8	14	37	59	82	-	-
2	-	76	53	31	8	14	37	59	82	-	-
3	-	78	56	33	11	12	34	57	79	-	-
4	-	82	60	37	15	8	30	53	75	-	-
5	-	81	59	36	14	9	29	52	74	-	-
6	-	88	65	43	20	2	25	47	70	-	-
7	-	84	61	39	16	6	29	51	74	-	-
8	-	77	54	32	9	13	36	58	81	-	-
9	-	-	68	45	23	0.5	22	45	67	89.5	-
10	-	74	51	29	6	16	39	61	84	-	-
11	-	89	67	44	22	1	23	46	68	-	-
12	-	82	59	37	14	8	31	53	76	-	-
13	-	-	72	49	27	4	18	41	63	86	-
14	-	81	59	36	14	9	31	54	76	-	-
15	-	-	69	46	24	1	21	44	66	89	-
16	-	81	58	36	13	9	32	54	77	-	-
17	-	-	74	51	29	6	16	39	61	84	-
18	-	-	75	53	30	8	15	37	60	82	-
19	-	-	70	48	25	3	20	42	65	87	-
20	-	-	86	64	41	19	4	26	49	71	-
21	-	71	48	26	3	19	42	64	87	-	-
22	-	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-
23	-	-	71	49	26	4	19	41	64	86	-
24	-	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-
25	-	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-

Kırmızı bölge: kıyı normali itibariyle sağa taşınımına neden olan dalgaların yaklaşım açısını, mavi bölge: kıyı normali itibariyle sola taşınımına neden olan dalgaların yaklaşım açısını, “-” ifadesi o yönden dalga gelmediğini ifade etmektedir.

Tablo 3.4. 2017 yılı İlkbahar dönemi dalga yaklaşım açıları

No	İlkbahar 2017										
	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE
1	88	66	43	21	2	24	47	69	-	-	-
2	-	73	51	28	6	17	39	62	84	-	-
3	-	71	48	26	3	19	42	64	87	-	-
4	-	-	88	65	43	20	2	25	47	70	-
5	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-	-
6	-	88	65	43	20	2	25	47	70	-	-
7	-	88	65	43	20	2	25	47	70	-	-
8	-	-	68	45	23	0.5	22	45	67	89.5	-
9	-	74	52	29	7	16	38	61	83	-	-
10	-	89	67	44	22	1	23	46	68	-	-
11	-	68	46	23	1	22	44	67	89	-	-
12	-	80	57	35	12	10	33	55	78	-	-
13	-	83	61	38	16	7	29	52	74	-	-
14	-	73	51	28	6	17	39	62	84	-	-
15	-	88	65	43	20	2	25	47	70	-	-
16	-	76	53	31	8	14	37	59	82	-	-
17	-	86	64	41	19	4	26	49	74	-	-
18	-	87	64	42	19	3	26	48	71	-	-
19	-	81	58	36	13	9	32	54	77	-	-
20	-	-	78	56	33	11	12	34	57	79	-
21	-	82	60	37	15	8	30	53	75	-	-
22	-	-	79	57	34	12	11	33	56	78	-
23	-	-	72	50	27	5	18	40	63	85	-
24	-	-	77	55	32	10	13	35	58	80	-
25	-	-	-	68	45	23	0.5	22	45	67	89.5

Kırmızı bölge: kıyı normali itibariyle sağa taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, mavi bölge: kıyı normali itibariyle sola taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, “-” ifadesi o yönden dalga gelmediğini ifade etmektedir.

Tablo 3.5. 2017 yılı Yaz dönemi dalga yaklaşım açıları

No	Yaz 2017										
	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE
1	-	75	52	30	7	15	38	60	83	-	-
2	-	78	55	33	10	12	35	57	80	-	-
3	-	75	52	30	7	15	38	60	83	-	-
4	-	75	52	30	7	15	38	60	83	-	-
5	-	78	55	33	10	12	35	57	80	-	-
6	-	81	58	36	13	9	32	54	77	-	-
7	-	76	53	31	8	14	37	59	82	-	-
8	-	-	77	51	32	9	13	36	58	81	-
9	-	83	60	38	15	7	30	52	75	-	-
10	-	89	66	44	21	1	24	46	69	-	-
11	88	66	43	21	2	24	47	69	-	-	-
12	-	-	82	60	37	15	8	30	53	75	-
13	-	76	54	31	9	14	36	59	81	-	-
14	-	-	83	61	38	16	7	29	52	84	-
15	-	75	53	30	8	15	37	60	82	-	-
16	-	82	59	37	14	8	31	53	76	-	-
17	-	84	61	39	16	6	29	51	74	-	-
18	-	-	77	54	32	9	13	36	58	81	-
19	-	-	74	51	29	6	16	39	61	84	-
20	-	-	71	49	26	4	19	41	64	86	-
21	-	68	46	23	1	22	44	67	89	-	-
22	-	89	67	44	22	1	23	46	68	-	-
23	-	-	70	47	25	2	20	43	65	88	-
24	-	-	-	84	52	29	7	16	38	61	83
25	-	-	75	52	30	7	15	38	60	83	-

Kırmızı bölge: kıyı normali itibariyle sağa taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, mavi bölge: kıyı normali itibariyle sola taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, “-” ifadesi o yönden dalga gelmediğini ifade etmektedir.

Tablo 3.6. 2017 yılı Sonbahar dönemi dalga yaklaşım açıları

Sonbahar 2017											
No	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE
1	-	78	52	30	7	15	38	60	83	-	-
2	-	74	51	29	6	16	39	61	84	-	-
3	-	76	54	31	9	14	36	59	81	-	-
4	-	81	59	36	14	9	31	54	76	-	-
5	-	68	45	23	0.5	22	45	67	89.5	-	-
6	-	-	74	51	29	6	16	39	61	84	-
7	-	-	71	49	26	4	19	41	64	86	-
8	-	86	64	41	19	4	26	49	71	-	-
9	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-	-
10	-	-	73	50	28	5	17	40	62	85	-
11	-	88	66	43	21	2	24	47	69	-	-
12	-	-	79	57	34	12	11	33	56	78	-
13	-	81	59	36	14	9	31	54	76	-	-
14	-	70	47	25	2	20	43	65	88	-	-
15	-	-	70	47	25	2	20	43	65	89.5	-
16	-	78	55	33	10	12	35	57	80	-	-
17	-	77	55	32	10	13	35	58	80	-	-
18	-	-	70	47	25	2	20	43	65	88	-
19	-	-	71	49	26	4	19	41	64	86	-
20	-	-	72	49	27	4	18	41	63	86	-
21	-	-	70	47	25	2	20	43	65	88	-
22	-	-	72	50	27	5	18	40	63	85	-
23	-	-	77	55	32	10	13	35	58	80	-
24	-	-	69	46	24	1	21	44	66	89	-
25	-	79	56	34	11	11	34	56	79	-	-

Kırmızı bölge: kıyı normali itibariyle sağa taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, mavi bölge: kıyı normali itibariyle sola taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, “-“ ifadesi o yönden dalga gelmediğini ifade etmektedir.

Tablo 3.7. 2017 yılı Kış dönemi dalga yaklaşım açıları

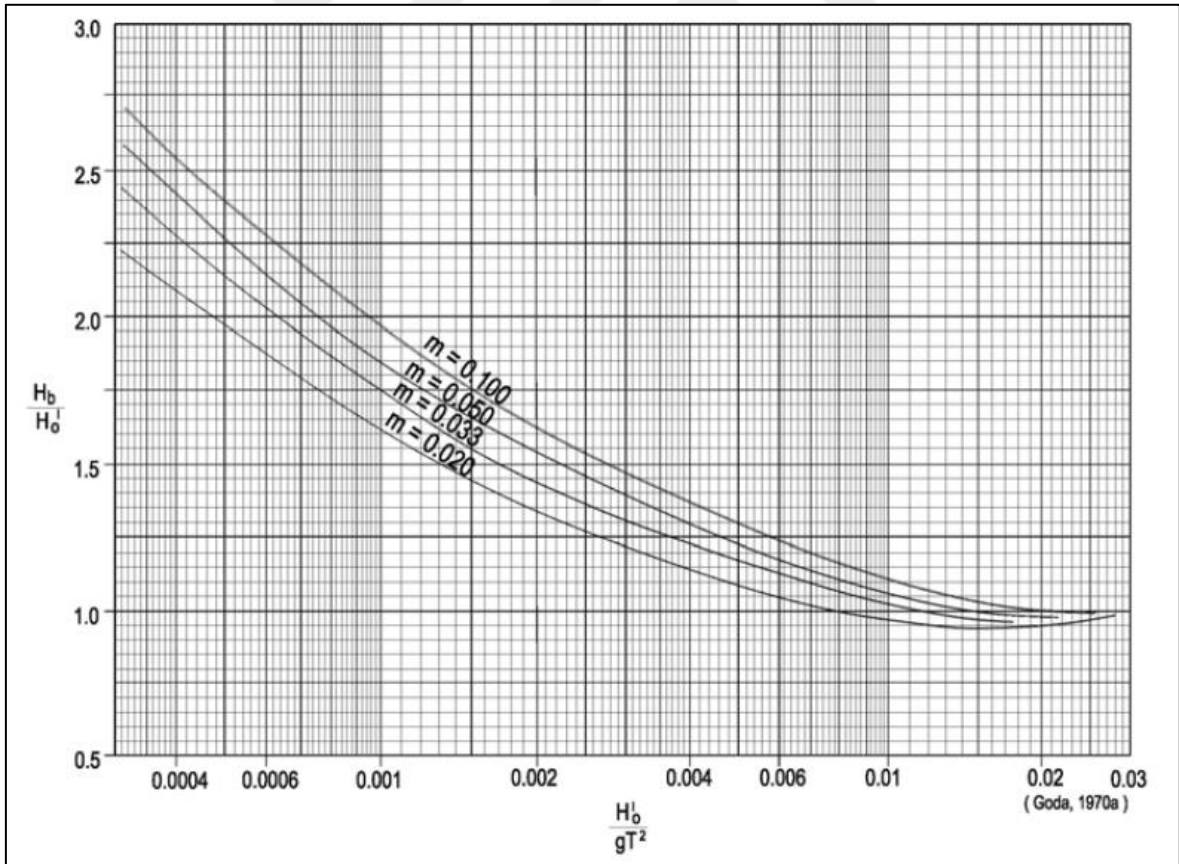
No	Kış -Ortalama-										
	WSW	SW	SSW	S	SSE	SE	ESE	E	ENE	NE	NNE
1	-	76.3	53.8	31.3	8.83	13.7	36.2	58.7	81.2	-	-
2	-	75.3	52.8	30.3	7.75	14.8	37.3	59.8	82.3	-	-
3	-	75	52.5	30	7.5	15	37.5	60	82.5	-	-
4	-	79.3	56.8	34.3	11.8	10.7	33.2	55.7	78.2	-	-
5	-	76.5	54	31.5	9	13.5	36	58.5	81	-	-
6	-	85.7	63.2	40.7	18.2	4.33	26.8	49.3	71.8	-	-
7	-	82.7	60.2	37.7	15.2	7.33	29.8	52.3	74.8	-	-
8	-	-	72.5	50	27.5	5	17.5	40	62.5	85	-
9	-	78.7	56.2	33.7	11.2	11.3	33.8	56.3	78.8	-	-
10	-	84	61.5	39	16.5	6	28.5	51	73.5	-	-
11	-	81.7	59.2	36.7	14.2	8.33	30.8	53.3	75.8	-	-
12	-	81	58.5	36	13.5	9	31.5	54	76.5	-	-
13	-	80	57.5	35	12.5	10	32.5	55	77.5	-	-
14	-	74.7	52.2	29.7	7.17	15.3	37.8	60.3	82.8	-	-
15	-	-	69.5	47	24.5	2	20.5	43	65.5	88	-
16	-	79.3	56.8	34.3	11.8	10.8	33.3	55.8	78.3	-	-
17	-	82.3	59.8	37.3	14.8	7.67	30.2	52.7	75.2	-	-
18	-	-	74	51.5	29	6.5	16	38.5	61	83.5	-
19	-	-	71.7	49.2	26.7	4.17	18.3	40.8	63.3	85.8	-
20	-	-	76.3	53.8	31.3	8.83	13.7	36.2	58.7	81.2	-
21	-	73.7	51.2	28.7	6.17	16.3	38.8	61.3	83.8	-	-
22	-	-	76.7	54.2	31.7	9.17	13.3	35.8	58.3	80.8	-
23	-	-	72.5	50	27.5	5	17.5	40	62.5	85	-
24	-	-	75	52.5	30	7.5	15	37.5	60	82.5	-
25	-	-	77	54.5	32	9.5	13	35.5	58	80.5	-

Kırmızı bölge: kıyı normali itibariyle sağa taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, mavi bölge: kıyı normali itibariyle sola taşınma neden olan dalgaların yaklaşım açısını, “-” ifadesi o yönden dalga gelmediğini ifade etmektedir.

Farklı tarihlerdeki dalga yaklaşım açıları Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5, Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de sunulmuştur. Kış ayındaki α_0 açıları için diğer ölçümlerin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır. Her bir α_0 açısına karşılık gelen α_b açılarının belirlenebilmesi için, h_b kırılma derinliğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu h_b su derinliği ile kıyı çizgisi arasında kalan alan kırılma ya da surf bölgesi adını almaktadır.

Surf bölgesi içinde kırılan dalgaların zamana göre ortalaması tanımlanabilen kıyıya dik ve kıyıya paralel katı madde konsantrasyonlarının surf bölgesi dışındaki taşınımına göre tarif edilmeleri daha kolaydır. Çünkü bu bölgede dalga kırılması sonucunda meydana gelen net akışkan kütlesi taşınımı belirgin biçimde akıntı yapısı oluşturmaktadır ve bu yapı zamansal ortalama akım parametreleri ile tanımlanabilmektedir (Yüksel ve Özkan Çevik, 2009).

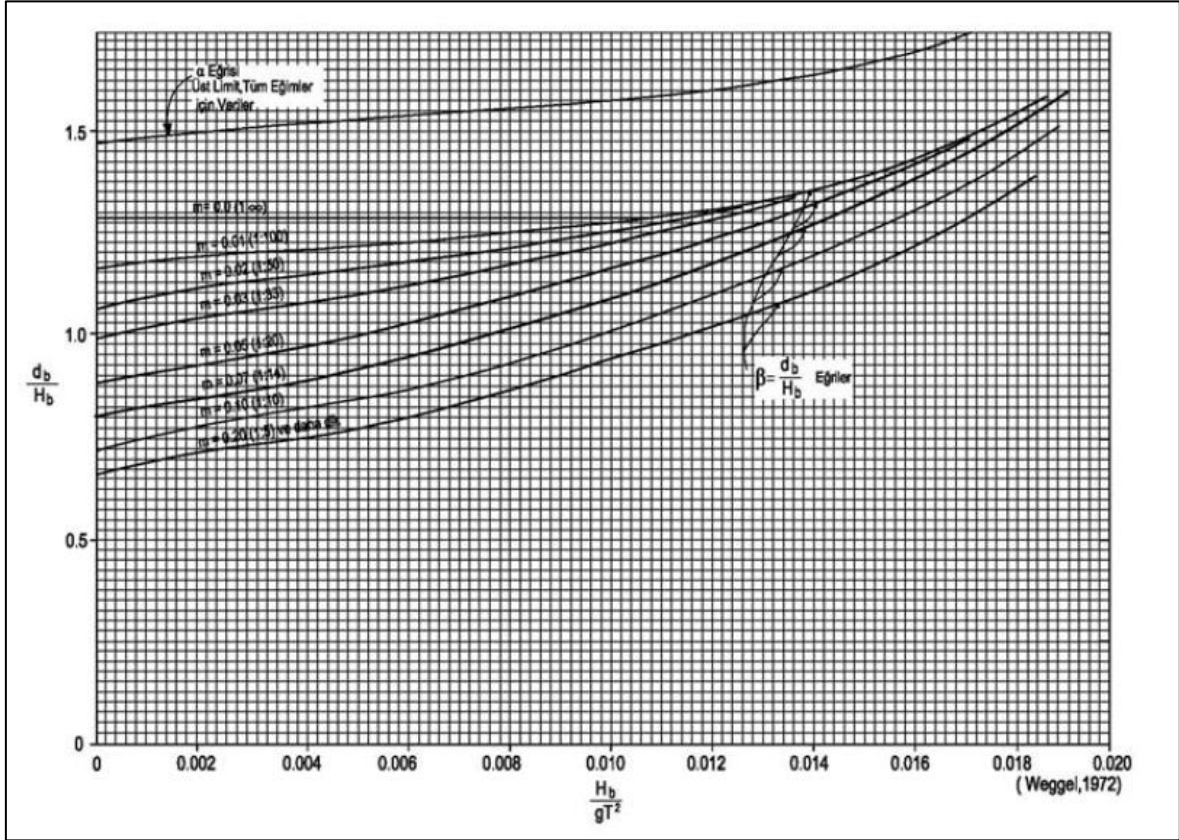
Surf bölgesi, kırılan dalgalar ve kıyı akıntıları nedeniyle sediman taşınımı ve batimetri değişiminin en yoğun görüldüğü kıyı alanıdır (U.S. Army Corps of Engineers, 2003). Konyaaltı Sahili'ne yaklaşan dalgaların kırıldıkları su derinliğinin (h_b) ve kırılan dalga yüksekliğinin (H_b) belirlenmesi gerekmektedir. Kırılma bölgesindeki dalgalar, kritik dalga dikliği (H/L) değerine ulaştıklarında, taban eğimi ($\tan \beta$) ve relatif derinliğin (h/L) bir fonksiyonu ile kırılmaktadırlar. H_0' derin su dalga yüksekliğine denk gelen, H_s belirgin dalga yüksekliği ile kıyıya yaklaşan dalgaların kırıldıkları durumdaki H_b , kırılan dalga yüksekliği Goda (1970) yöntemiyle belirlenebilmektedir (Şekil 3.22).



Kaynak: (Yüksel Proje, 2007)

Şekil 3.22. Dalga dikliği ile dalga kırılma boyutsuz parametresi arasındaki bağıntı

Surf bölgesinin sınırlarının belirlenebilmesi için H_b dalga yüksekliğine sahip dalganın kırılacağı su derinliğinin bilinmesi gerekmektedir. H_s , belirgin dalga yüksekliği ile kıyıya yaklaşan dalgaların kırılacakları olası su derinlikleri Weggel (1972) yöntemiyle belirlenebilmektedir (Şekil 3.23).



Kaynak: (Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları, 2007)

Şekil 3.23. Dalga kırılma boyutsuz parametresi ile dalga kırılma derinliği boyutsuz parametresi arasındaki bağıntı

Bu durumda H_0' derin su dalga boyuna sahip bir dalga, $\tan \beta$ (m) taban eğimine sahip bir kıyıda $h_{b,min}$ ve $h_{b,maks}$ su derinlikleri arasında H_b dalga yüksekliği ile kırılacaktır. 2016 yılı ilkbahar verileri kullanılarak Güneybatı yönünden 1 nolu ölçüm noktasına gelen 0.75 m belirgin dalga yüksekliğine sahip dalganın kırılma derinliği, kırılma açısı ve kırılan dalga yüksekliği aşağıdaki matematiksel hesaplamalar yardımı ile belirlenmiştir.

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9.81 \times 3.709^2}{2\pi} = 21.478 \text{ m}$$

$$\alpha_0 \xrightarrow{\text{Tablo 3.3}} 76^\circ$$

1. İterasyon

- i. $h_{b,kabul} = 0.45 \text{ m}$
- ii. $\frac{h_{b,kabul}}{L_0} = 0.021$
- iii. $\tanh kh_b \xrightarrow{\text{Şekil 3.24}} 0.354$
- iv. $\sin \alpha_0 = 0.970 \xrightarrow{\text{Snell Kanunu}} \sin \alpha_b = 0.344, \alpha_b = 20.121^\circ$
- v. $K_r = \sqrt{\frac{\cos 76^\circ}{\cos 20.121^\circ}} = 0.508$
- vi. $H'_0 = H_0 \times K_r = 0.75 \times 0.508 = 0.381 \text{ m}$
- vii. $\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{0.381}{9.81 \times 3.709^2} = 0.0028 \xrightarrow{\text{Şekil 3.22}} \frac{H_b}{H'_0} = 1.548, H_b = 0.590$
- viii. $\frac{H_b}{gT^2} = \frac{0.590}{9.81 \times 3.709^2} = 0.0044 \xrightarrow{\text{Şekil 3.23}} \frac{h_b}{H_b} = 0.804, h_{b,hesap} = 0.474 \neq h_{b,kabul}$
- ix. i. adımdan tekrar hesaplanır.

2. İterasyon

- i. $h_{b,kabul} = 0.474 \text{ m}$
- ii. $\frac{h_{b,kabul}}{L_0} = 0.022$
- iii. $\tanh kh_b \xrightarrow{\text{Şekil 3.24}} 0.362$
- iv. $\sin \alpha_0 = 0.970 \xrightarrow{\text{Snell Kanunu}} \sin \alpha_b = 0.351, \alpha_b = 20.548^\circ$
- v. $K_r = \sqrt{\frac{\cos 76^\circ}{\cos 20.548^\circ}} = 0.508$
- vi. $H'_0 = H_0 \times K_r = 0.75 \times 0.508 = 0.381 \text{ m}$
- vii. $\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{0.381}{9.81 \times 3.709^2} = 0.0028 \xrightarrow{\text{Şekil 3.22}} \frac{H_b}{H'_0} = 1.548, H_b = 0.590$
- viii. $\frac{H_b}{gT^2} = \frac{0.590}{9.81 \times 3.709^2} = 0.0044 \xrightarrow{\text{Şekil 3.23}} \frac{h_b}{H_b} = 0.804, h_{b,hesap} = 0.474 = h_{b,kabul}$
- ix. Hesaplanan derinlik ✓

$\frac{d}{L_o}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s
0.00	0.000	0.0000	0.000	0.000	1.000	-
0.01	0.248	0.0403	0.253	0.256	1.032	1.440
0.02	0.347	0.0576	0.362	0.370	1.066	1.230
0.03	0.420	0.0714	0.448	0.463	1.102	1.120
0.04	0.480	0.0833	0.523	0.547	1.140	1.060
0.05	0.531	0.0942	0.592	0.627	1.180	1.020
0.06	0.575	0.1040	0.655	0.703	1.222	0.993
0.07	0.614	0.1140	0.716	0.779	1.267	0.971
0.08	0.649	0.1230	0.774	0.854	1.315	0.955
0.09	0.681	0.1320	0.831	0.930	1.366	0.942
0.10	0.709	0.1410	0.886	1.007	1.419	0.933
0.11	0.735	0.1500	0.940	1.085	1.475	0.926
0.12	0.759	0.1580	0.994	1.166	1.536	0.920
0.13	0.780	0.1660	1.050	1.254	1.604	0.917
0.14	0.800	0.1750	1.100	1.336	1.669	0.915
0.15	0.818	0.1830	1.150	1.421	1.737	0.913
0.16	0.835	0.1920	1.200	1.509	1.811	0.913
0.17	0.850	0.2000	1.260	1.621	1.905	0.913
0.18	0.864	0.2080	1.310	1.718	1.988	0.914
0.19	0.877	0.2170	1.360	1.820	2.076	0.916
0.2	0.888	0.2250	1.410	1.926	2.170	0.918
0.21	0.899	0.2340	1.470	2.060	2.290	0.920
0.22	0.909	0.2420	1.520	2.177	2.395	0.923
0.23	0.918	0.2510	1.580	2.324	2.530	0.926
0.24	0.926	0.2590	1.630	2.454	2.650	0.929
0.25	0.933	0.2680	1.680	2.590	2.776	0.932
0.26	0.940	0.2770	1.740	2.761	2.936	0.936
0.27	0.946	0.2850	1.790	2.911	3.078	0.939
0.28	0.952	0.2940	1.850	3.101	3.259	0.942
0.29	0.957	0.3030	1.900	3.268	3.418	0.946
0.30	0.961	0.3120	1.960	3.479	3.620	0.949
0.31	0.965	0.3210	2.020	3.703	3.835	0.952
0.32	0.969	0.3300	2.080	3.940	4.065	0.955
0.33	0.972	0.3390	2.130	4.148	4.267	0.958
0.34	0.975	0.3490	2.190	4.412	4.524	0.961
0.35	0.978	0.3580	2.250	4.691	4.797	0.964
0.36	0.980	0.3670	2.310	4.988	5.087	0.967
0.37	0.982	0.3770	2.370	5.302	5.395	0.969
0.38	0.984	0.3860	2.420	5.578	5.667	0.972
0.39	0.986	0.3960	2.480	5.929	6.013	0.974
0.40	0.988	0.4050	2.540	6.300	6.379	0.976
0.41	0.989	0.4140	2.600	6.695	6.769	0.978
0.42	0.990	0.4240	2.660	7.113	7.183	0.980
0.43	0.991	0.4340	2.720	7.557	7.623	0.982
0.44	0.992	0.4430	2.790	8.110	8.171	0.983
0.45	0.993	0.4530	2.850	8.615	8.673	0.985
0.46	0.994	0.4630	2.910	9.151	9.206	0.986
0.47	0.995	0.4720	2.970	9.720	9.772	0.987
0.48	0.995	0.4820	3.030	10.324	10.373	0.988
0.49	0.996	0.4920	3.090	10.966	11.011	0.990
0.50	0.996	0.5020	3.150	11.647	11.689	0.990

Şekil 3.24. Ağırlık dalgaları tablosu

Bir diğer dalga yüksekliği tanımı dalga yüksekliklerinin ortalamasının kareköküdür ve H_{rms} ile gösterilmektedir. Dalgaların Rayleigh dağılımına uyduğu durumda H_s ve H_{rms} arasındaki ilişki Denklem (3.59)'da sunulmuştur.

$$H_{rms} = H_s / \sqrt{2} \quad (3.59)$$

Bir dalganın tanımlanabilmesi için gereken bir diğer parametre, dalga periyodudur (T). H_s dalga yüksekliğine sahip dalganın periyodu, ortalama dalga periyodu (T_m) ya da, sıfırı yukarı kesen dalga periyodu (T_z) ile ifade edilebilmektedir. Kırılma bölgesi dışında, bir dalga kaydındaki en yüksek dalgaların 1/3'ünün ortalaması ($H_{1/3}$) ile belirgin dalga yüksekliği ($H_{1/3} \cong H_s$) ve ortalama dalga periyodu ile sıfırı yukarı kesen dalga periyodu, ($T_m \cong T_z$) neredeyse aynı değerleri almaktadır (Soulsby, 1997). Dalga spektrumunun maksimum enerjisine karşılık gelen periyot ise pik periyottur (T_p). İki farklı spektrum yaklaşımı için T_m (veya T_z) – T_p ilişkisi Denklem (3.60 ve Denklem (3.61)'te sunulmuştur.

$$\text{Pierson-Moskowitz:} \quad T_z = 0.710 T_p \quad (3.60)$$

$$\text{JONSWAP:} \quad T_z = 0.781 T_p \quad (3.61)$$

Konyaaltı Sahili'ne etkiyen dalgaların L_0 , belirgin dalga boylarının belirlenmesi için Denklem (3.62)'de verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$L_0 = gT^2 / 2\pi \quad (3.62)$$

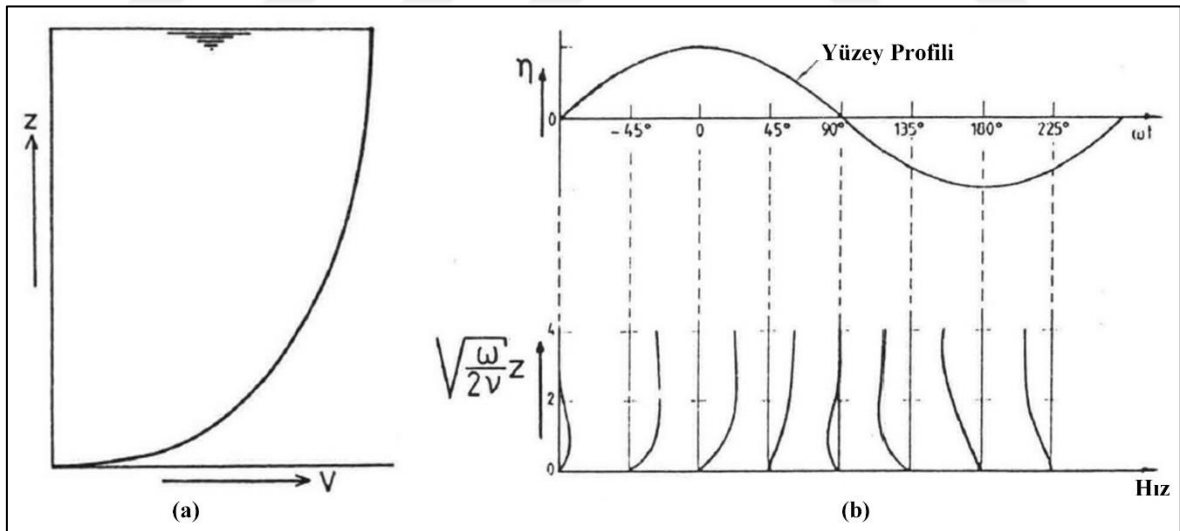
Sunulan bu tez çalışmasındaki sediman taşınımı hesaplarında, dalga gülünde yer alan 0.5 m – 1 m aralığındaki dalgalar için 0.75 m, 1.0 m – 2.0 m aralığındaki dalgalar için 1.5 m, 2.0 m – 3.0 m aralığındaki dalgalar için 2.5 m, 3.0 m – 4.0 m aralığındaki dalgalar için 3.5 m ve 4.0 m'den büyük dalgalar için 5.0 m olmak üzere 5 farklı dalga yüksekliği kullanılmıştır. Hesaplarda kullanılan başlıca dalga bileşenleri Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. Konyaaltı Sahili'ne gelen dalgalar için H_s, T_m, L_0, T_p , değerleri

	H_s (m)	T_m (s)	L_0 (m)	T_p (s)
1	0.750	3.709	21.478	4.749
2	1.500	5.310	44.023	6.799
3	2.500	6.780	71.771	8.681
4	3.500	8.050	101.177	10.307
5	5.000	9.625	144.641	12.324

3.2.5. Akıntı İklimi ve Deniz Suyu Özellikleri

Deniz akıntıları gel-git hareketleri, atmosferik basınç farklılıkları, yoğunluk farklılıkları, nehir ağızları ya da dalga hareketi gibi pek çok sebepten meydana gelebilmektedir. Akıntılar etkisiyle taşınan yataktaki ve askıdaki sedimanın hareketinin yönü; büyük ölçüde hakim akıntı yönünde olsa da, sediman taşınım debisi, deniz tabanından itibaren yüzeye kadar devam eden hız profiline yanısıra dalganın yörüngesel hareketine de bağlı olduğundan, uzun vadedeki net sediman hareketinden farklı olabilmektedir.

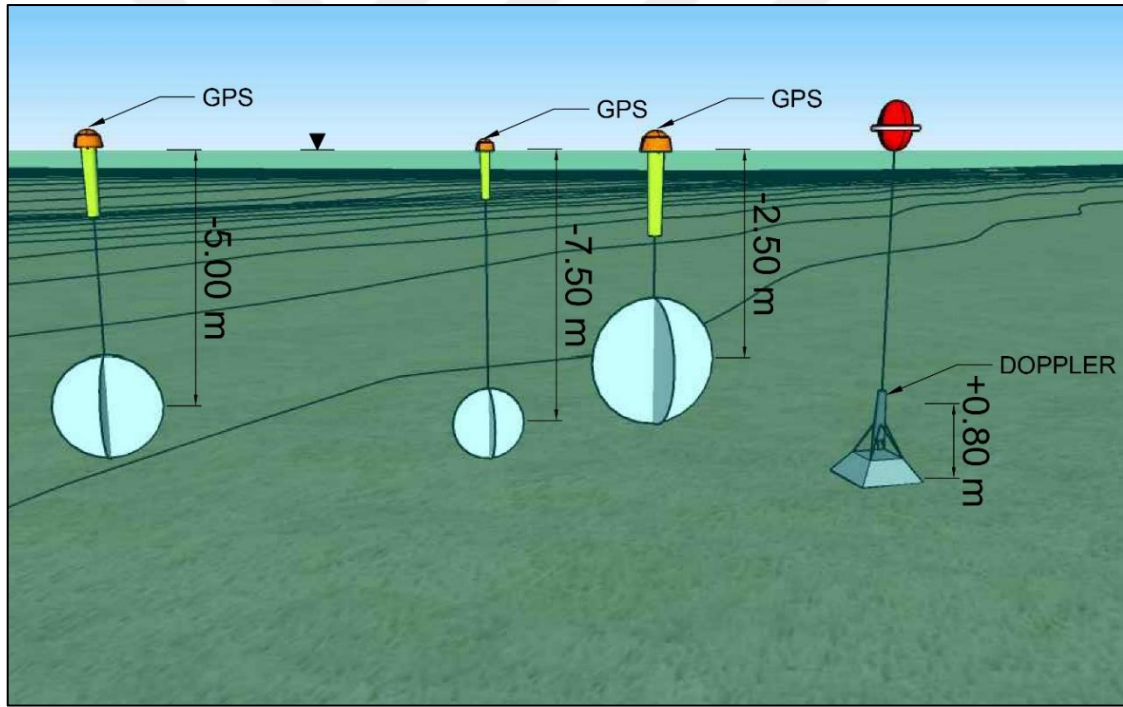


Uniform akıma ait hız profili, (b) Farklı faz açılarında, taban yakınındaki hız profilleri (Van der Velden, 1989)

Şekil 3.25. Hız profilleri

Kararlı bir kanal akımında, akıntı hızı tabandan itibaren artarak su yüzeyinde ya da yüzeye yakın bir noktada maksimum değerine ulaşırken (Şekil 3.25-a), dalga hareketi altındaki su sütununun hız profili (Şekil 3.25-b), dalganın faz açısına göre tabandan itibaren farklılık gösterebilmektedir.

Sediman taşınım hesaplarında kullanılmak üzere akıntı verisi için, 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi ve FBA-2015-141 Numaralı “Konyaaltı Sahili Akıntı Paterninin Belirlenmesi” Başlıklı Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (2015) çalışmaları kapsamında gerçekleştirilen farklı tarihlerdeki akıntı ölçümlerinden faydalanılmıştır. Ölçümlerde farklı derinliklerdeki akıntının şiddeti ve yönü etkisinde hareket eden yüzen GPS cihazları ile sabit bir konumda tabandan 0.80 m yükseklikteki akıntının yönünü ve şiddetini ölçen doppler cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.26).

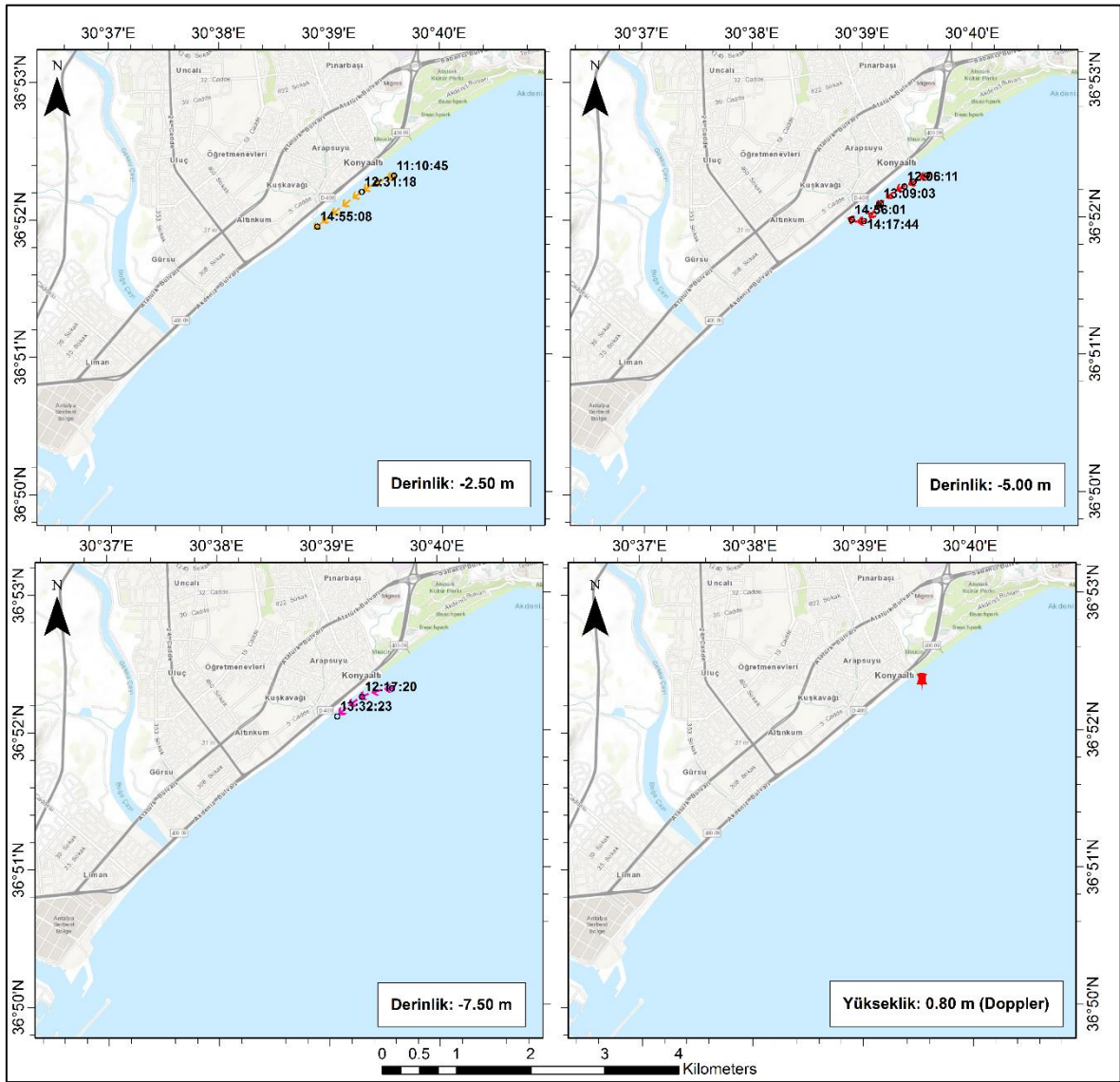


Şekil 3.26. Akıntı hızının ölçümü

Konyaaltı Sahili'nin akıntı hızı profili, farklı derinliklerdeki akıntı hızı verileri kullanılarak belirlenmiştir. Sediman taşınımı hesaplarında kullanılacak akıntı hızı değeri, $\bar{U}$, derinliğe göre ortalaması alınmış akıntı hızıdır. $\bar{U}$ değeri derinlik boyunca akıntı hızı ölçümleri yapıldığı durumda Denklem (3.63'te verilen bağıntı yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$\bar{U} = \frac{0.5}{h} [U_1 z_1 + (U_1 + U_2)(z_2 - z_1) + (U_2 + U_3)(z_3 - z_2) \dots + (U_{n-1} + U_n)(z_n - z_{n-1}) + 2U_n(h - z_n)] \quad (3.63)$$

Sahil alanlarındaki akıntı ölçümlerinde; en az 6 farklı derinlikte ölçüm yapılması, en düşük seviyedeki ölçümün yataktan 0.20 m'nin üzerinde olmaması, maksimum ölçüm derinliğinin ortalama su derinliğinin üzerinde olması ve ölçümlerin eş zamanlı gerçekleştirilmesi Denklem (3.63 ile hesaplanan $\bar{U}$ değeri için yeterli sonuçlar vermektedir (Soulsby, 1997).



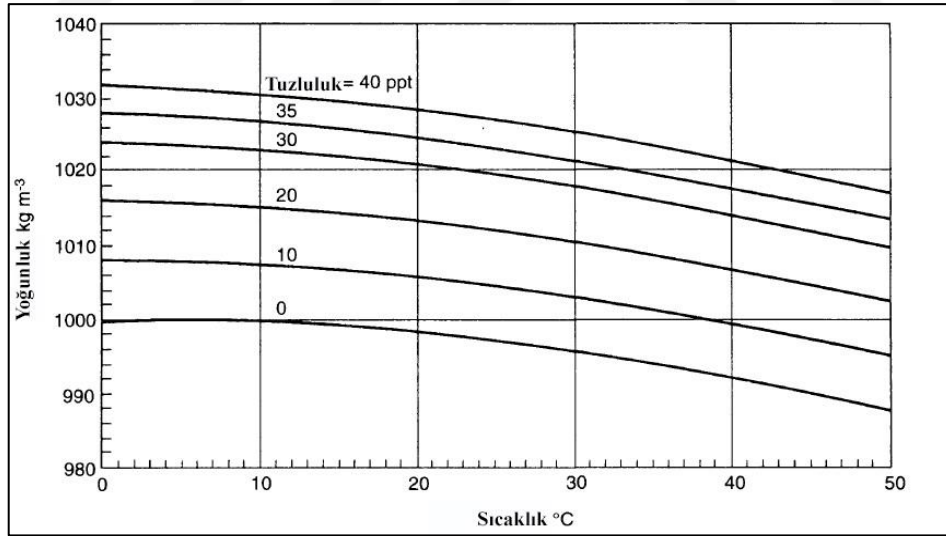
Şekil 3.27. 16.04.2016 tarihli akıntı ölçümü

Üç farklı mevsimde, geneli itibariyle kırılma bölgesinin hemen dışında ve toplam 11 ayrı günde gerçekleştirilmiş olan akıntı ölçümleri incelendiğinde akıntı yönünün Güneybatı yönünde ve kıyıya paralel olduğu anlaşılmaktadır. 2016 yılı İlkbahar mevsiminde $h = -10\text{ m}$ su derinliğinde yapılmış bir akıntı hızı ölçümü Şekil 3.27’de sunulmuştur.

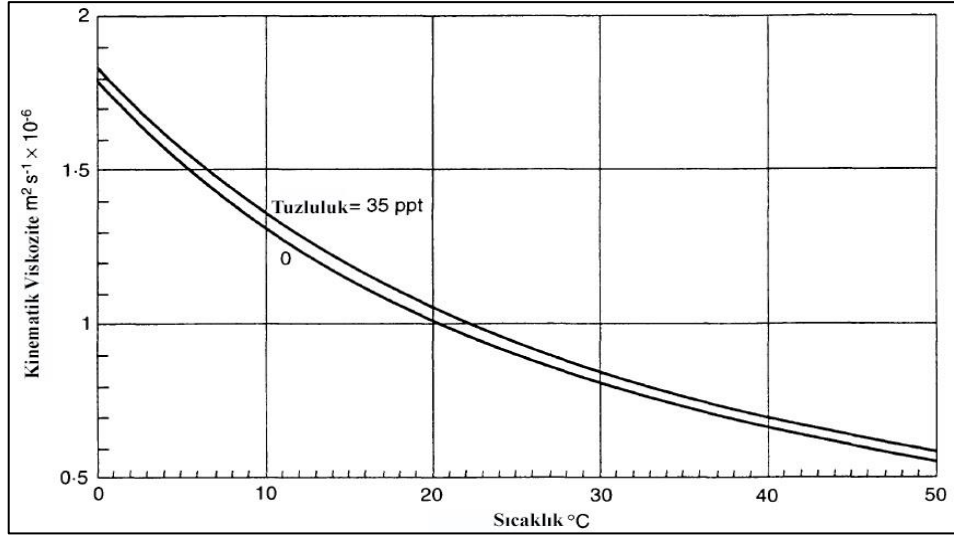
Diğer yandan mevcut kıyı şeridi ile hakim dalga yönleri birlikte incelendiğinde, kıyı boyu sediman taşınımına neden olan dalga kaynaklı kıyı boyu akıntı yönünün Kuzeydoğu olduğu anlaşılmakta, Antalya Limanı ana mendireği etrafındaki sediman birikimi (Şekil 3.3) ise buna kanıt gösterilebilmektedir.

Literatürde kıyı boyu akıntıları için hesap yöntemleri bulunmaktadır. Ancak tez çalışmasında dikkate alınan sediman taşınımı hesap yöntemleri kıyı boyu akıntı hızına ihtiyaç duymadığından Konyaaltı Sahili’ndeki akıntı hızlarının belirlenmesi hususunda daha detaylı bir çalışma yapılmamıştır.

Kıyı alanlarındaki sediman taşınımı hesaplarında kullanılan diğer parametreler ise v , deniz suyunun kinematik viskozitesi (ν) ve ρ , deniz suyu yoğunluğudur (ρ). Suyun kinematik viskozitesi su sıcaklığındaki artışla azalırken, tuzluluktaki artış kinematik viskoziteyi artırır.



Şekil 3.28. Su yoğunluğunun sıcaklık ve tuzluluk ile ilişkisi

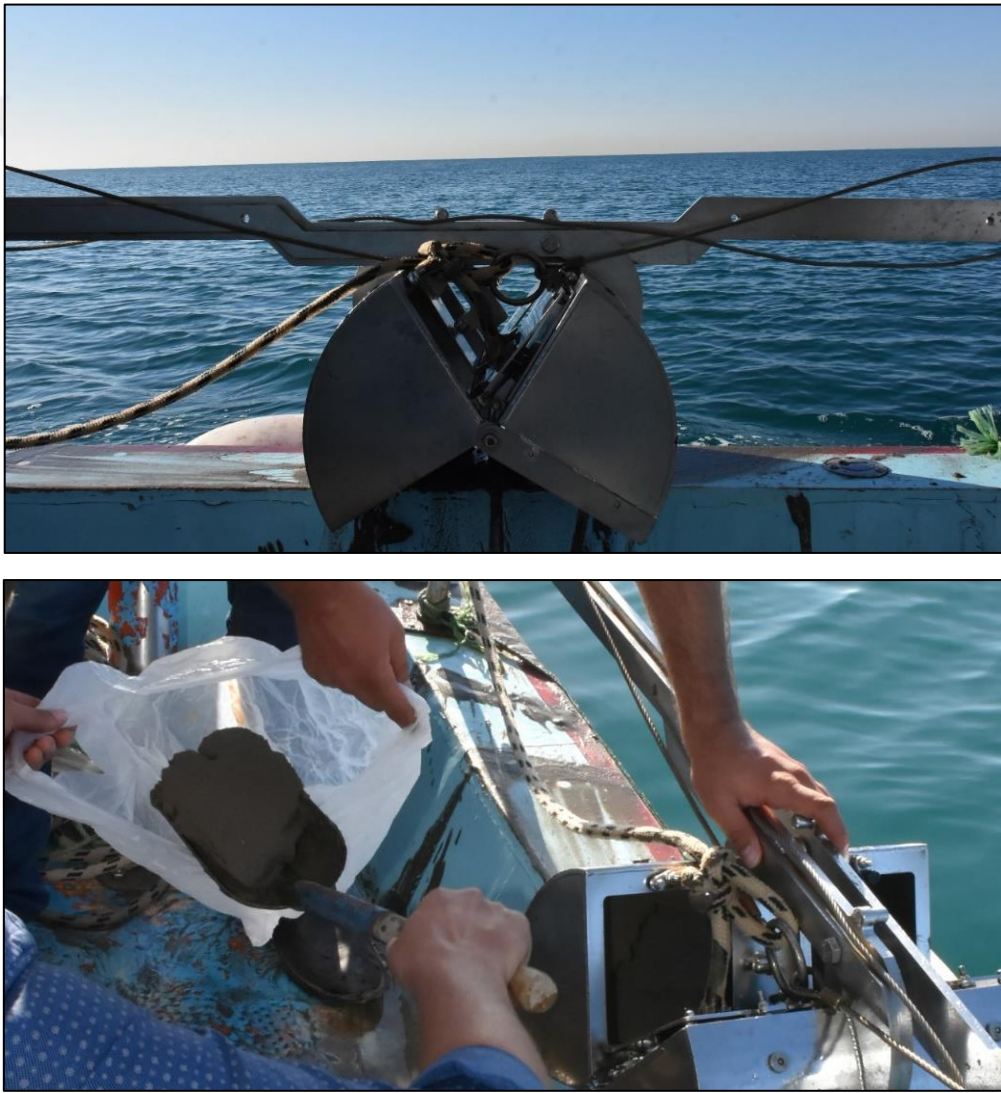


Şekil 3.29. Suyun kinematik viskozitesinin sıcaklık ve tuzluluk ile ilişkisi

Gerçekleştirilen 2016 yılı Nisan ayındaki arazi ölçümleri itibarıyla Konyaaltı Sahilindeki deniz suyu sıcaklığı $\sim 20^{\circ}C$, deniz suyu tuzluluğu 38 ppt ve deniz suyunun yoğunluğu $1027 kg m^{-3}$ ölçülmüştür. Deniz suyunun kinematik viskozitesi $1.36 \times 10^{-6} m^2 s^{-1}$ kabul edilmiştir.

3.2.6. Yatak Malzemesi

Kritik hareket koşulları itibariyle, tane boyutu bakımından kum olarak nitelendirilen sedimanlar kum su konsantrasyonu halinde askıda hareket edebilirken, çakıl veya daha iri sediman ihtiva eden kıyılardaki taşınım olayı, genellikle yatak malzemesinin dönmesi, kayması ya da sekerek ilerlemesi şeklinde meydana gelmektedir. Hem hareketin niteliğinin bilinmesi açısından hem de bu tez çalışmasında kullanılan hesap yöntemlerinin ortalama sediman çapına (d_{50}) ihtiyaç duyması nedeniyle sahil sedimanının tane büyüklüğünün bilinmesi gerekmektedir.



Şekil 3.30. Numune alımı

Kullanılan sediman çapları 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilen farklı tarihlerdeki arazi çalışmalarına dayanmaktadır. İlgili arazi çalışmalarında 2016 yılı içerisinde İlkbahar mevsiminde, 2017 yılı içerisinde İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde yaklaşık –5 m su derinliğinden yatak numuneleri alınmıştır (Şekil 3.30). Alınan bu sediman numunelerinin tane çapları, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen elek analizi deneyleri ile belirlenmiştir.

Elek analizi deneyi, kütlesi bilinen bir kuru sediman örneğinin, birbiri ardına küçülen açıklıklara sahip eleklerden elenerek çap dağılımının belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Deneyde kullanılan elek açıklıkları, ASTM (2017) (American Society for Testing and Materials) Standartları’na kabul edilen elek açıklıkları olup Şekil 3.31’de sunulmuştur.

Sediman Tane Boyutları			
Amerikan Sediman Sınıfı	Amerikan Standart Elek çapları	mm Ölçeği	Phi Ölçeği
Blok	12 in. (300 mm)	256.	-8.0
Taş	3 in. (75 mm)	76.11	-6.25
Kaba akıl	3/4 in. (19 mm)	19.03	-4.25
İnce akıl	4 (4.75 mm)	4.76	-2.25
Kaba Kum	10 (2.0 mm)	2.00	-1.0
Orta Kum	40 (0.425 mm)	0.420	1.25
İnce Kum	200 (0.075 mm)	0.074	3.75

Şekil 3.31. ASTM elek çapları

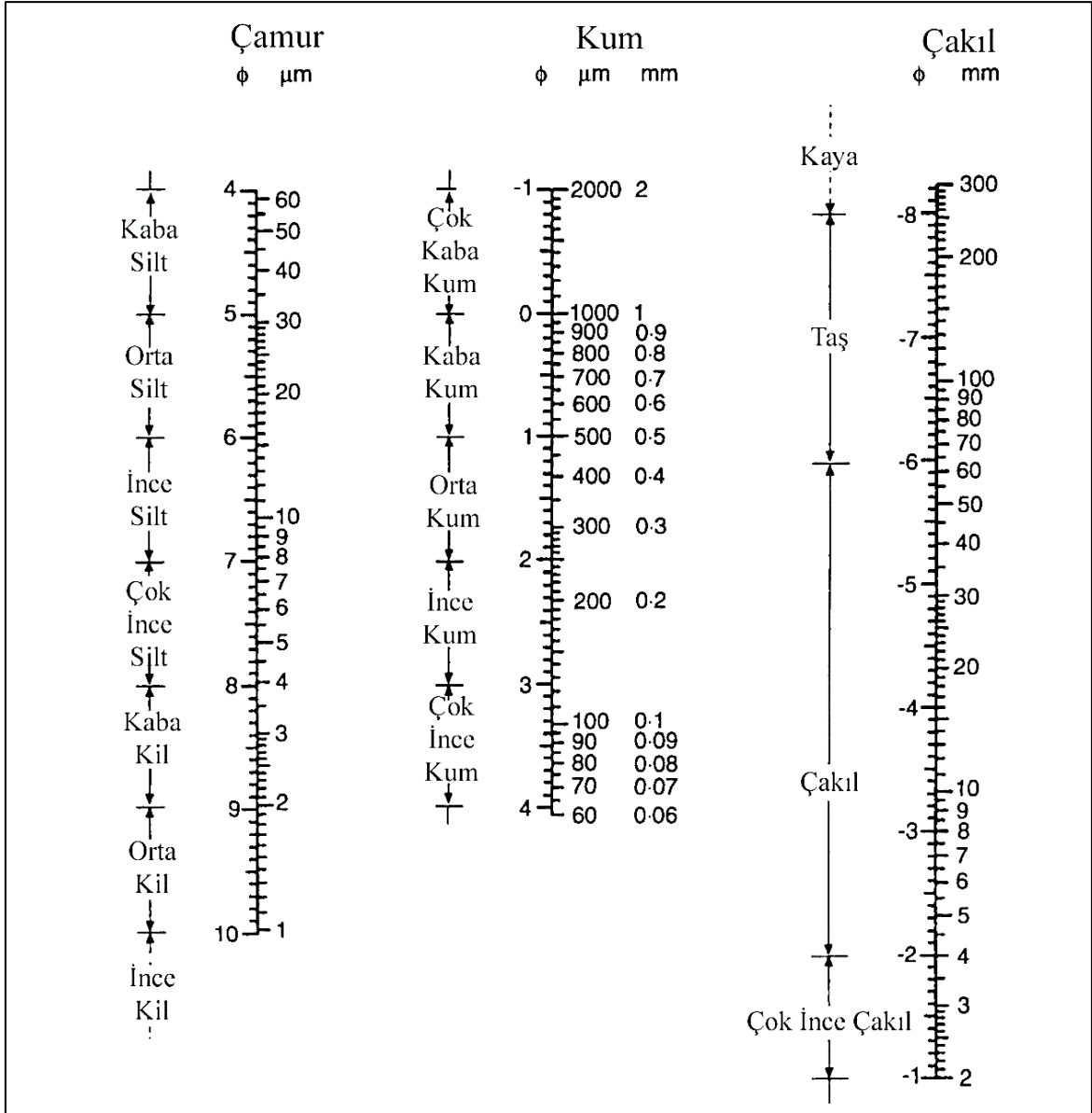
Sahadan alınan sediman örnekleri genellikle, d_{50} , ortalama tane çapı ile ifade edilirler. Bu çap, elek analizi deneyi ile belirlenen, toplam numune miktarının kütlece yarısının geçtiği elek çapıdır. Genel olarak n indisi kütlece tanelerin $n\%$ 'inin geçtiği elek çapını ifade etmekte olup en yaygın kullanılan karakteristik tane çapı ifadeleri d_{10} , d_{16} , d_{35} , d_{50} , d_{65} , d_{84} , d_{90} olarak sıralanabilmektedir.

Bu tez çalışmasında kullanılan 25 farklı noktadan alınan sediman örneklerine ait ortalama tane çapları 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilen elek analizi deneylerinden elde edilmiştir.

Araziden alınmış sediman örneğinin tane çapı dağılımı log-normal dağılıma uymaktadır. Sahil sedimanının ortalama tane çapının (d_{50}) ve standart sapmasının (σ) bilinmesi halinde, diğer karakteristik sediman çapları log-normal eğrisi kullanılarak belirlenebilmektedir. Bir diğer sediman çapı ifadesi ϕ ölçeği olup, d çapında bir sedimanın ϕ cinsinden ifadesi Denklem (3.64) yardımı ile yapılabilmektedir.

$$\phi = -\log_2 d \quad (3.64)$$

Sediman tanelerinin ϕ ve mm çaplarına göre sınıflandırılmasında kullanılan bir diğer yöntem Wentworth (1922) ölçeğidir. Şekil 3.32 incelendiğinde Wentworth (1922) tarafından belirtilen çakıl aralığı, ϕ ölçeği ile $-6 < \phi < -5$ arasında kalan çap değerleri için çok kaba çakıl, $-5 < \phi < -4$ arasında kalan çap değerleri için kaba çakıl, $-4 < \phi < -3$ arasında kalan çap değerleri için orta çakıl ve $-3 < \phi < -2$ arasında kalan çap değerleri için ince çakıl terimleri kullanılabilmektedir.

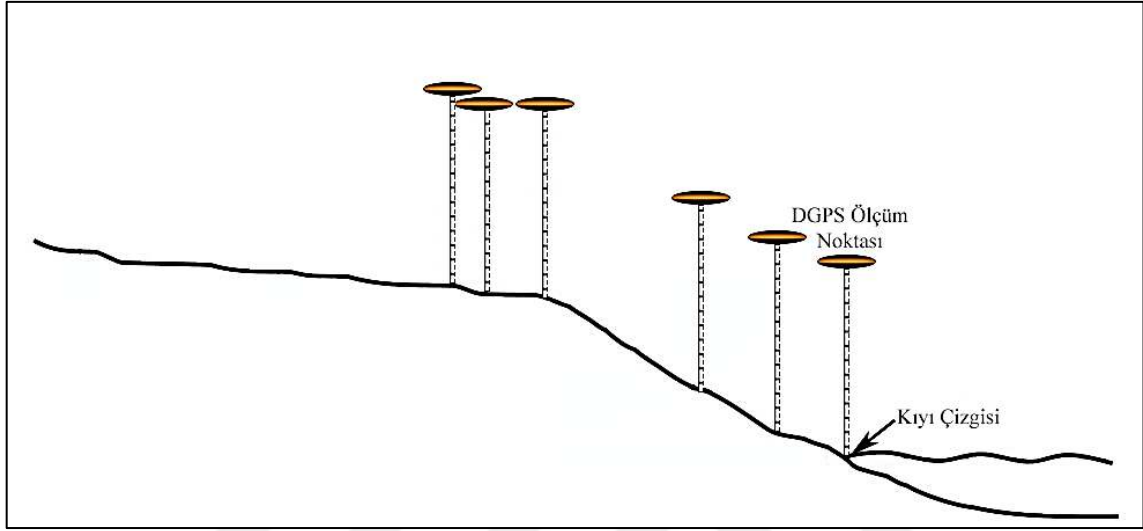


Şekil 3.32. Wentworth sediman sınıflandırması

ASTM veya Wentworth ölçekleri ile elek analizi bulguları birlikte incelendiğinde Konyaaltı Sahili sedimanının ağırlıkta çakıl olduğu anlaşılmaktadır. Sediman taşınımı hesaplarında kullanılan sahil sedimanının yoğunluğu için $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ kabul edilmiştir.

3.2.7. Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları

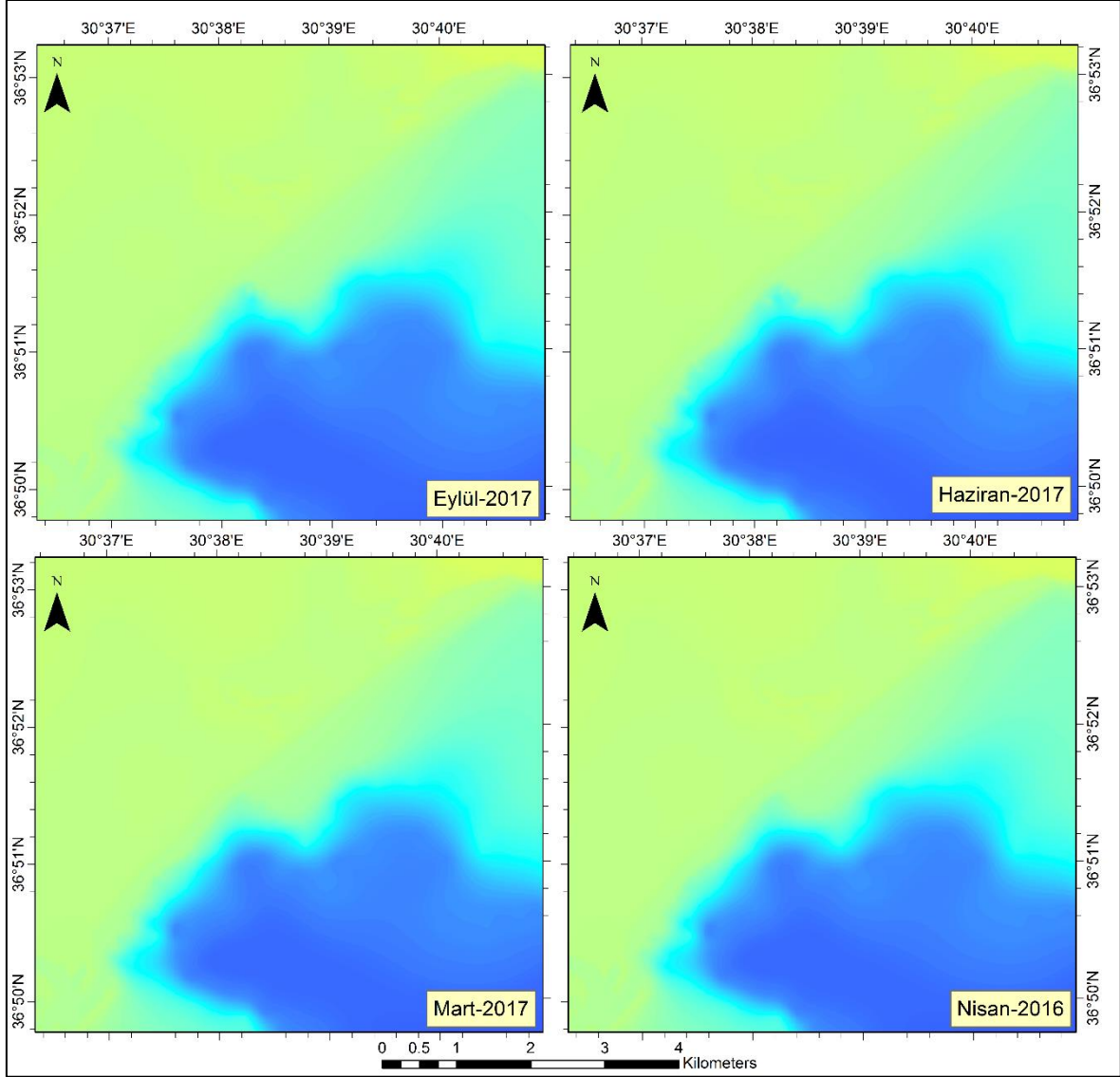
Konyaaltı Sahili'nin kırılma bölgesi içerisindeki sediman bütçesinin tayininde, “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında hazırlanan, çok sayıda batimetri ve topoğrafya ölçümüne dayanan dijital yükseklik modelleri kullanılmıştır.



Şekil 3.33. Topoğrafya ölçümü

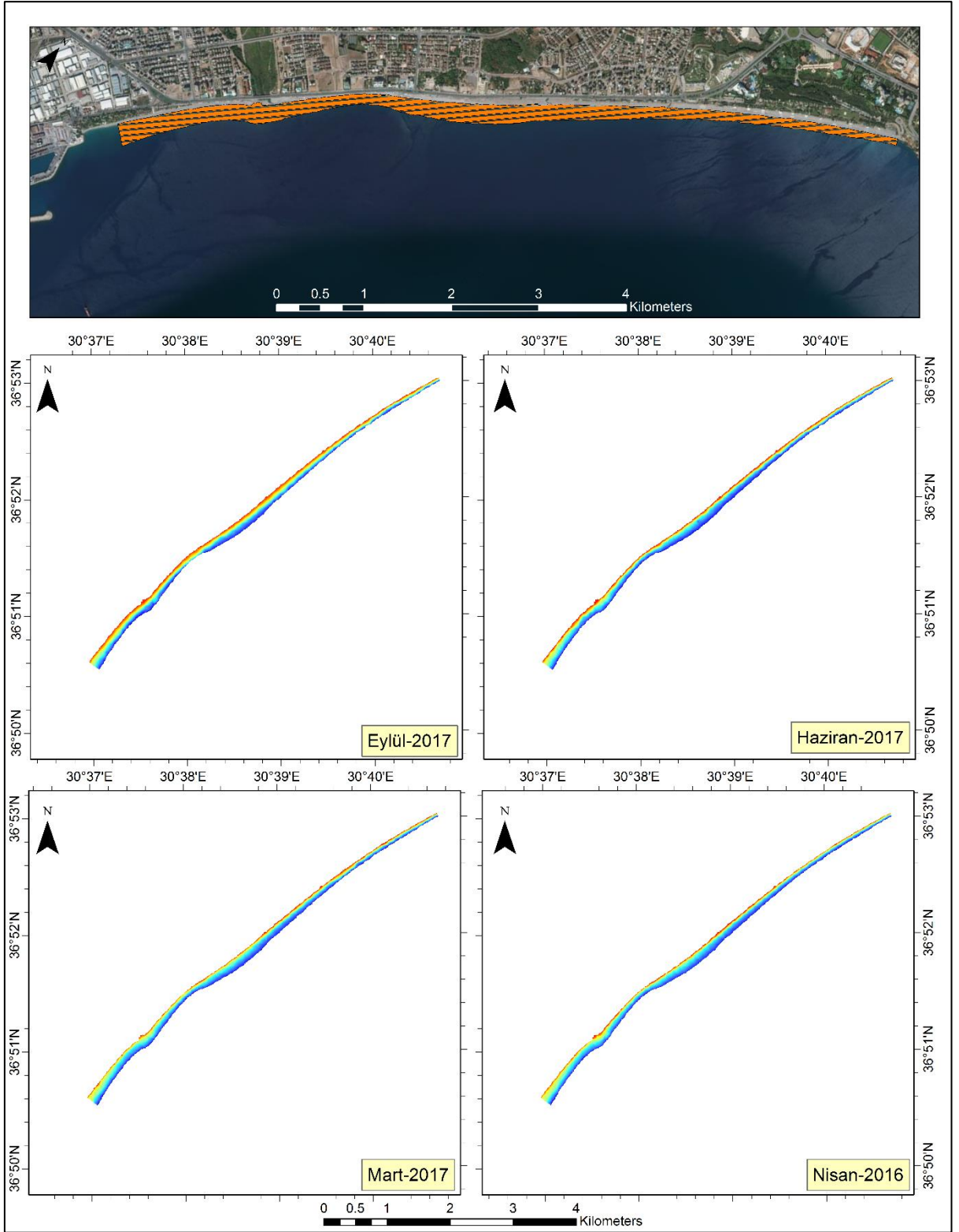
Kıyı topoğrafyası için gerçekleştirilen tüm arazi çalışmalarında, kıyı kesitindeki her bir konkav ya da konveks kesişim noktasından (Şekil 3.33) DGPS yardımıyla konum verisi toplanmıştır. Analizlerde kullanılan tüm konum verileri, NTRIP protokolü üzerinden sağlanan Antalya Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ait Cors-tr yayıncısından elde edilen düzeltilmiş konum verileri olup, bu veriler sahilden GRS 1980 elipsoidini referans kabul eden, başlangıç meridyeni Greenwich olan ITRF-96 (International Terrestrial Reference Frame-1996) datumunda ve metrik şekilde ölçülmüştür. İlgili proje kapsamında Konyaaltı denizinde 21 m derinliğe dek yaklaşık 50 m aralıklarla derinlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde kullanılan echosounder cihazı bir bilgisayar kontrol arayüzü yardımıyla yönetilmiştir. Ölçülen derinlikler gerek montaj sonrasında gerekse çalışmanın farklı safhalarında el iskandili ile teyit edilmiştir. Analizlerde kullanılan batimetri verilerinde, araziden alınan ham batimetri rakamları kullanılmamış olup, gerçek batimetri değeri olarak ölçüm tarihine ait Harita Genel Komutanlığı, Deniz Seviyesi İzleme Sistemi'nden alınan 15 dakikalık deniz seviyesi değişimlerinin yansıtıldığı batimetrik durum göz önüne alınmıştır.

Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımları kullanılarak derlenen farklı mevsimlere ait bu topoğrafya ve batimetri verileri bir arada işlenerek bütünlük dijital yükseklik modelleri elde edilmiştir (Şekil 3.34).



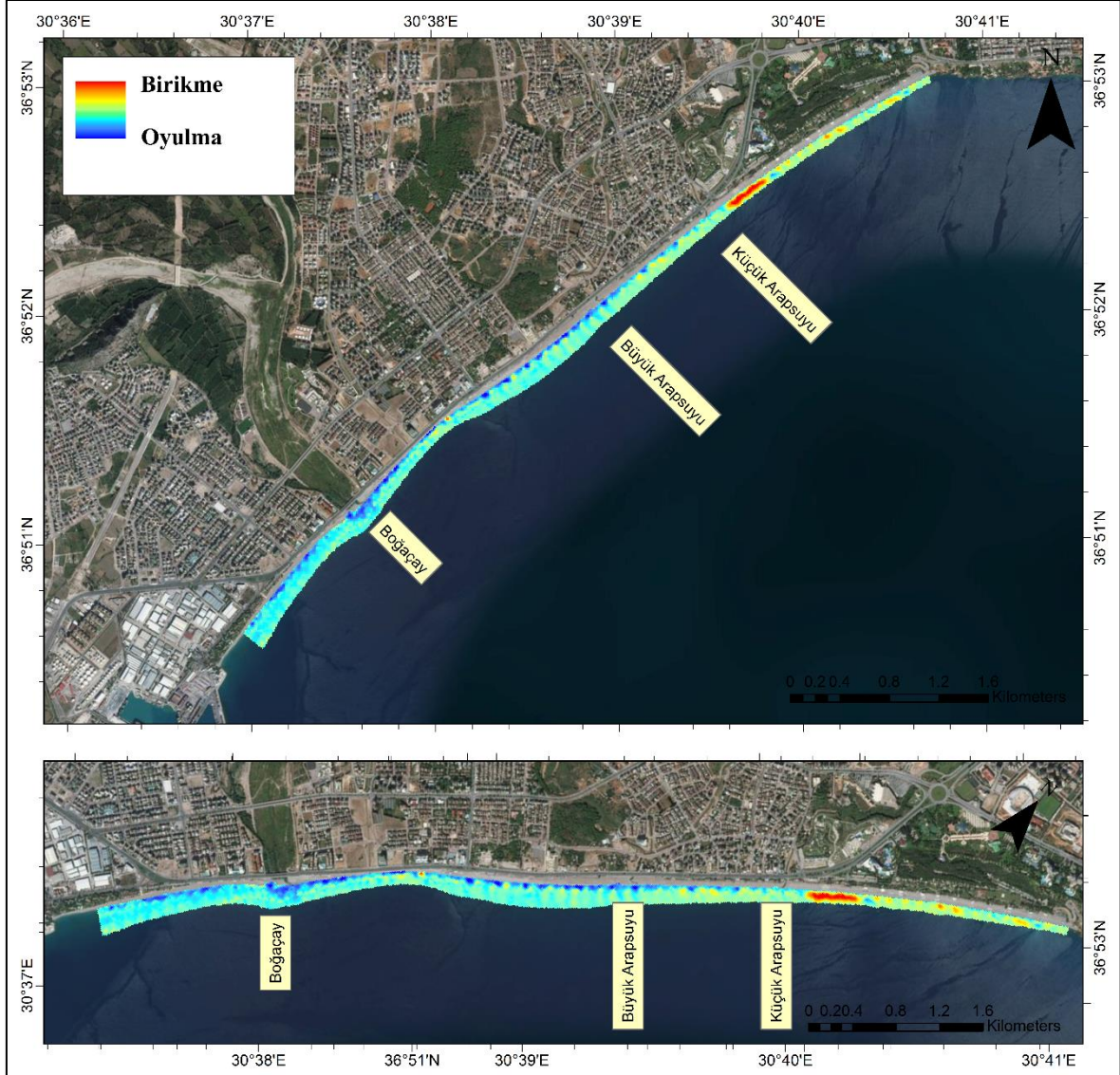
Şekil 3.34. Konyaaltı Sahili'nin dijital yükseklik haritaları

Şekil 3.34'te sunulan haritalar, surf bölgesi olarak adlandırılan kıyı çizgisi ve hesaplanan azami kırılma derinliği ($h_b = -9.70 m$) arasındaki alan özelinde tekrar değerlendirildiğinde; sediman bütçesinde dikkate alınacak çalışma alanı Şekil 3.35'de verilmiştir.



Şekil 3.35. Surf bölgesinin dijital yükseklik haritaları

2016 yılı Nisan ayı dijital yükseklik verisi ile 2017 yılı Mart ayı dijital yükseklik verisinin birlikte değerlendirildiği, yaklaşık bir yıllık sediman bütçesindeki değişim Şekil 3.36'da sunulmuştur.



Şekil 3.36. Senelik sediman bütçesi farkı

Şekil 3.36 incelendiğinde Konyaaltı Sahili'nin kırılma bölgesine denk gelen alanda, yaklaşık bir senelik süreçte sediman erozyonu ve yer yer birikme görülmektedir. Şekil 3.7'de sunulan ve gerçekleştirilen sediman taşınım hesaplamalarında dikkate alınan çalışma sınırları göz önüne alındığında, her bir arazi parçası için yıllık sediman bütçesi miktarları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9. CBS yardımıyla elde edilen yıllık sediman bütçeleri

Bölge No.	24	23	22	21	20	19
Bütçe (m^3)	-29 000.0	-33 000.0	-36 000.0	-23 000.0	-43 000.0	-25 000.0

Bölge No.	18	17	16	15	14	13
Bütçe (m^3)	-20 000.0	-12 000.0	-17 000.0	-29 000.0	-26 000.0	-27 000.0

Bölge No.	12	11	10	9	8	7
Bütçe (m^3)	-29 000.0	-21 000.0	-11 000.0	-9 000.0	-8 000.0	13 000.0

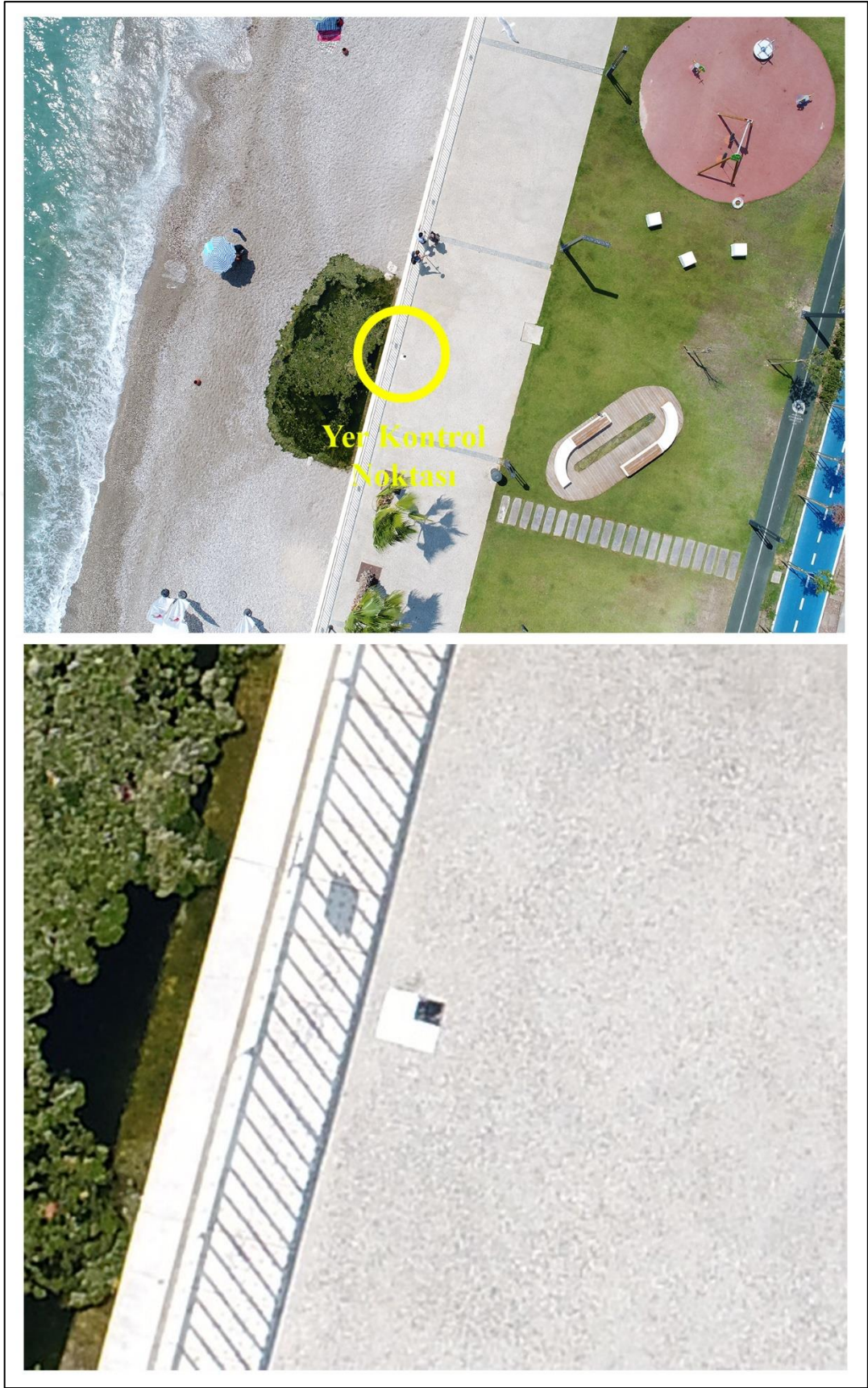
Bölge No.	6	5	4	3	2	1
Bütçe (m^3)	18 000.0	1 000.0	4 000.0	2 000.0	-1 000.0	-1 000.0

Konyaaltı Sahili Geneli	
Bütçe (m^3)	-362 000.0

3.2.8. Hava Fotoğrafları

Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi başlıklı yüksek lisans tezi çalışmasında, son yıllarda kullanılmaya başlanılan yeni bir veri elde etme yöntemi olarak, insansız hava aracı (Drone) yardımı ile Konyaaltı Sahili'ne dökülen Boğaçay ve Küçük Arapsuyu akarsuları arasındaki sahil bandının hava fotoğrafları çekilmiştir. Yapılan bu çalışma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi tarafından 0430-YL-17 nolu “Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi” başlıklı yüksek lisans projesi (2017) ile desteklenmiştir.

Hava fotoğrafları, metrik şekilde WGS-84 datumunda yerden 40m yükseklikte çekilmiştir. Hava fotoğraflarının koordinat dönüşümleri; belirli mesafelerle sahil yüzeyinde oluşturulan yer kontrol noktalarından DGPS yardımıyla metrik ITRF-96 datumunda alınan konum verilerinin ilgili CBS ve uzaktan algılama yazılımları ile birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.37). Çekilen hava fotoğrafları itibarıyla, Konyaaltı Sahili'nin dikkate alınan bölümünün ortometrik görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 3.38). Çalışmada ayrıca, Konyaaltı Sahili'nin uzaktan algılama yazılımları ile dijital yükseklik modelinin oluşturulması hedeflenmiş, ancak sonuç alınamamıştır. Bu sorun; IHA trafiğine kapalı olan kıyı alanındaki çalışmanın, ilgili kurumların yasal izinleri çerçevesinde sabah saatlerinden gün batımına dek tek bir gün içerisinde tamamlanmasının gerekliliği ve öğle saatlerinde alınan görüntülerin modellemeye elverişsiz olması ile yorumlanabilmektedir.



Şekil 3.37. Yer kontrol noktası



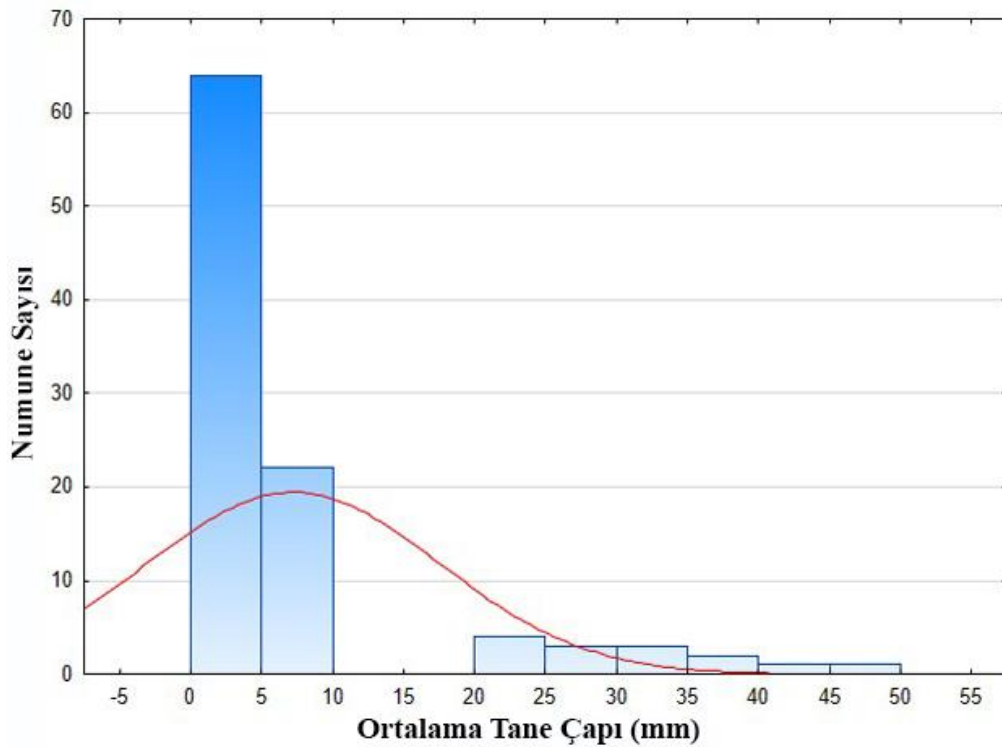
Şekil 3.38. IHA yardımı ile elde edilen Konyaaltı Sahili Ortomozaik Görüntüsü

Ayrıca Konyaaltı Sahili'nin dijital yükseklik modelinin oluşturulamamasında, en ve boy oranı itibarıyla orantısız, ince-uzun sahil şeklinin üçgenleme için elverişsiz olmasının ve izin verilen çalışma süresi içerisinde yerleştirilen 5 adet yer kontrol noktasının rektifikasyon için yetersiz kalmasının etkili olduğu düşünülmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

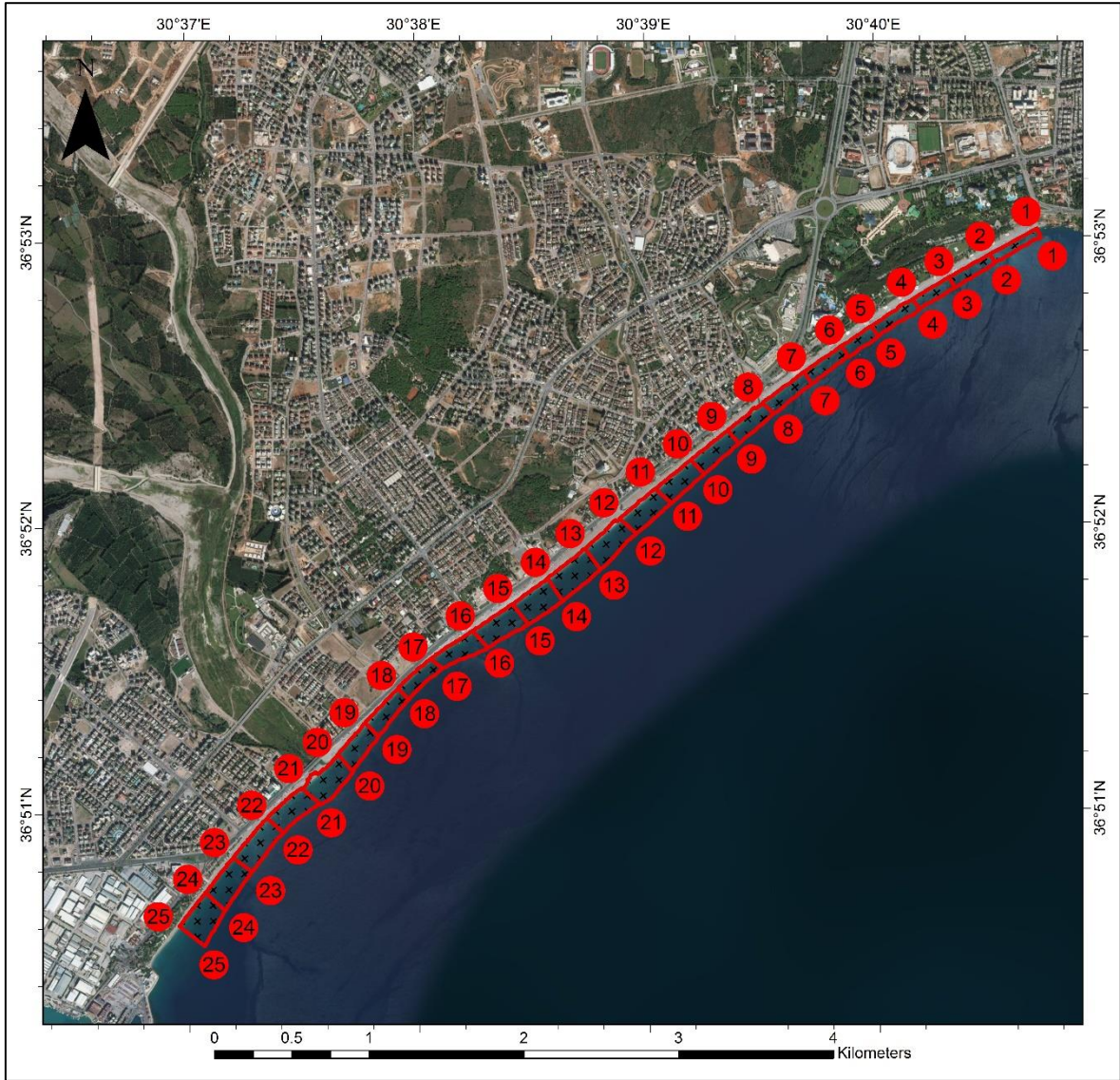
Bu tez çalışması Konyaaltı Sahili sedimanının kıyı boyunca hareketinin ve bu hareketin sonuçlarının belirlenebilmesi amacıyla hazırlanmıştır. Bu kapsamda literatürde kabul gören CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri ve yaklaşık iki yıla yayılan arazi çalışmalarından elde edilen saha verileri kullanılmıştır. Belirtilen yöntemlerde geçen taban eğimi, ortalama tane çapı, belirgin dalga yüksekliği gibi temel hesap parametreleri; saha verilerinin bilgisayar destekli tasarım ve coğrafi bilgi sistemi yazılımları yardımıyla değerlendirilmesi sonucunda elde edilmiştir.

Kullanılan hesap yöntemlerince kabul edilen sınır şartları göz önüne alındığında; kıyı boyu sediman taşınımı olayları, kırılma derinliği ile kıyı çizgisi arasında kalan kıyıya dik bir su kesitinde gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle kullanılan yöntemlerden herhangi biri ile hesaplanan net sediman taşınım miktarları, sağa ya da sola taşınan sediman miktarının farkını ifade etmekte olup yönü ve büyüklüğü olan bir vektördür. Bu ifade bir kıyı alanındaki sediman birikiminin ya da kıyı erozyonunun belirlenebilmesi açısından kullanışlı olmamaktadır. Bu nedenle kırılma bölgesindeki sediman bütçesinin tayininde birbirini takip eden iki kıyı kesitinin vektörel toplamı kullanılmıştır.

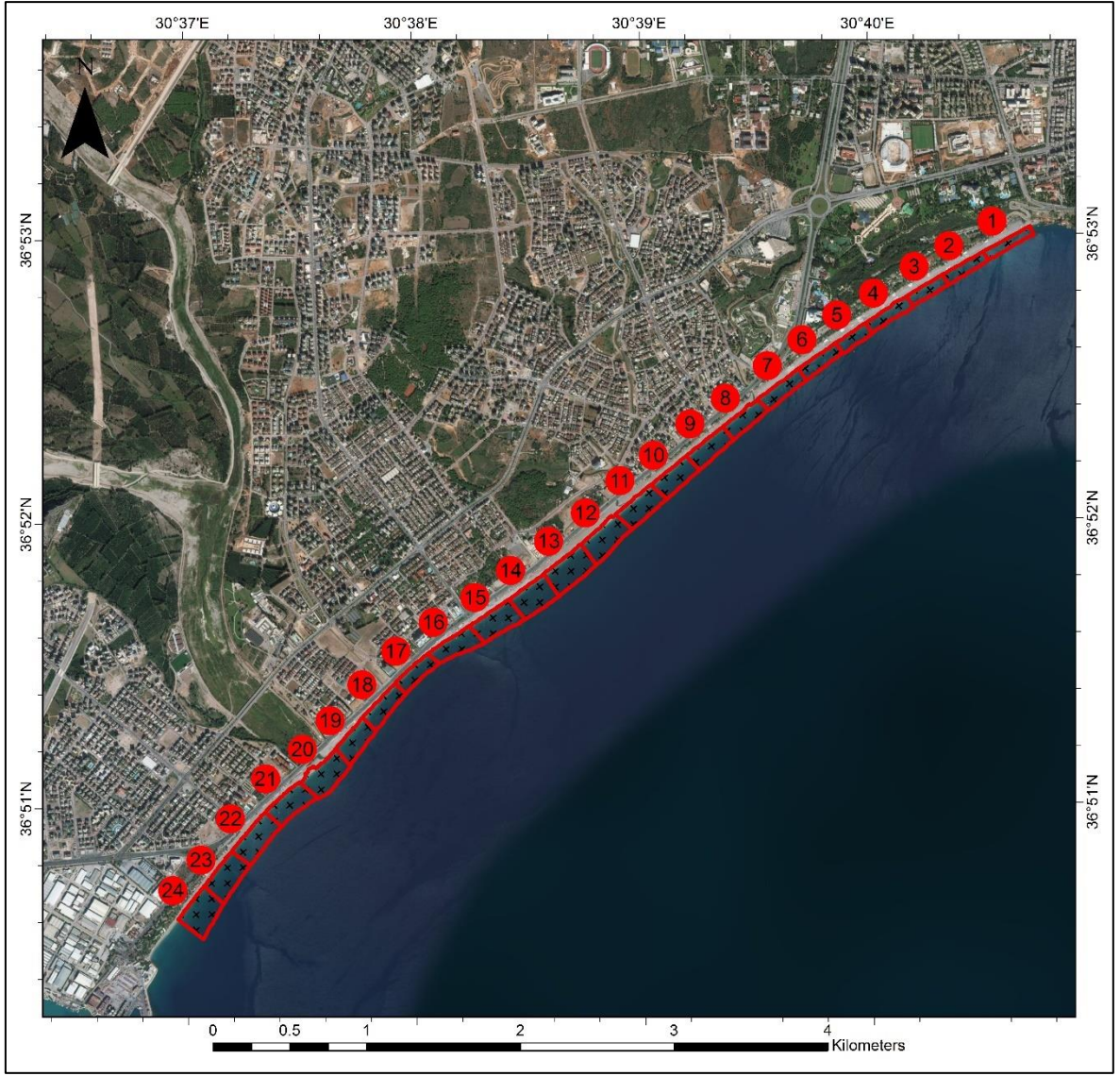


Şekil 4.1. Ortalama tane çapı histogramı

Çalışmanın ilk safhalarında bu kesitlerin sayısı, sahil sedimanının ortalama tane çapına bağlı olarak belirlenmek istense de (örneğin; kumdan çakıla ya da ince çakıldan çok kaba kuma), hesaplamalarda kullanılan 4 farklı mevsime ait sediman örneklerinin ortalama tane çaplarının normal dağılımı incelendiğinde (Şekil 4.1) anlamlı bir gruplandırma yapılamamıştır. Bu nedenle Konyaaltı sahili boyunca kıyı çizgisi ile kırılma derinliği arasında alınan kesitlerin sayısı ve konumu (Şekil 4.2) sahilten alınan sediman örneklerinin konumuna denk gelecek şekilde seçilmiştir. Dolayısıyla sediman taşınımı hesapları belirlenen bu 25 kesit arasındaki 24 bölgenin her birinde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.2. Kıyı kesitleri



Şekil 4.3. Çalışmada göz önüne alınan taşınım bölgeleri

Kuzeydoğu-Güneybatı yönlerinde uzanan Konyaaltı Sahili'nin sediman özellikleri 1 nolu bölgeden 24 nolu bölgeye dek değişmektedir. Konyaaltı Sahili'nin farklı tarihlerde alınan sediman numunelerinin elek analizi deneylerinden elde edilen d_{50} , ortalama tane çapı boyutları Wentworth (1922) ölçeği ile birlikte değerlendirildiğinde sahil boyunca karşılaşılan sediman sınıfları Tablo 4.1'de sunulmuştur. İlgili tablo incelendiğinde Konyaaltı Sahili'nin hakim sediman sınıfının çakıl olduğu anlaşılmaktadır. Arazi çalışması yapılamayan kış mevsimine ait ortalama tane çapı değerleri için diğer dört arazi çalışmasından elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Wentworth ölçeğine göre sediman sınıfları

	İlkbahar 2016	İlkbahar 2017	Yaz 2017	Sonbahar 2017	Kış (Ortalama)
No	Sediman Sınıfı	Sediman Sınıfı	Sediman Sınıfı	Sediman Sınıfı	Sediman Sınıfı
1	Orta Çakıl	Kaba Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl
2	Orta Çakıl	Çok Kaba Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl
3	İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl
4	İnce Çakıl	Kaba Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	İnce Çakıl
5	İnce Çakıl	Çok Kaba Çakıl	Kaba Çakıl	İnce Çakıl	Orta Çakıl
6	Kaba Çakıl	Çok Kaba Çakıl	Kaba Çakıl	İnce Çakıl	Orta Çakıl
7	İnce Çakıl	Çok Kaba Çakıl	Çok İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl
8	İnce Çakıl	İnce Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Kum
9	İnce Çakıl	Orta Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Kum
10	İnce Çakıl	Orta Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl
11	Çok İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Kum	Kaba Kum
12	İnce Kum	Orta Kum	Çok İnce Çakıl	Kaba Kum	Kaba Kum
13	Çok İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum
14	İnce Kum	Kaba Çakıl	Orta Kum	Orta Kum	Çok İnce Çakıl
15	İnce Kum	İnce Çakıl	Orta Kum	Orta Kum	Çok Kaba Kum
16	Orta Kum	Kaba Kum	Orta Kum	Orta Kum	Kaba Kum
17	Çok İnce Çakıl	Kaba Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Kum	Çok İnce Çakıl
18	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Çakıl	İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	İnce Çakıl
19	Çok Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum	Çok İnce Çakıl	Kaba Kum
20	Kaba Çakıl	Orta Kum	Orta Çakıl	Orta Çakıl	İnce Çakıl
21	Çok İnce Çakıl	Çok İnce Çakıl	Çok Kaba Çakıl	Orta Çakıl	İnce Çakıl
22	Çok Kaba Kum	Çok Kaba Kum	Çok Kaba Kum	Çok Kaba Kum	Kaba Kum
23	Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum
24	Orta Kum	Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum	Kaba Kum
25	Orta Kum	Kaba Kum	Orta Kum	Orta Kum	Kaba Kum

Konyaaltı Sahili'nin bu çakıl ağırlıklı yapısı nedeniyle kıyı boyu sediman taşınımı hesaplamalarında, Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) gibi iri taneli malzemeler için geliştirilen hesap yöntemlerinin kullanılması daha doğru olsa da, sahildeki kum varlığı nedeniyle CERC (1984) ve Kamphuis (1991) metodları da dikkate alınmıştır.

Konyaaltı sahilindeki kıyı boyu sediman taşınım debileri, yukarıdaki bölümlerde sunulan; ortalama tane çapı (d_{50}), ortalama dalga periyodu (T_m), belirgin dalga yüksekliği (H_s), taban eğimi ($\tan \beta$) ve gelen dalga açısı (α_0) parametrelerinin yanısıra bu parametrelerin kullanımıyla elde edilen belirgin kırılan dalga yüksekliği ($H_{s,b}$), kırılan dalga yüksekliği ($H_{rms,b}(H_b)$), pik dalga periyodu (T_p) ve kırılan dalga açısı (α_b) değerleri kullanılarak; her bir kıyı kesiti için dört farklı yöntemle hesaplanmıştır. Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası'ndan (Özhan ve Abdalla, 1999) alınan karakteristik dalga verileri dışındaki tüm veriler 113Y438 Numaralı "Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması" Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarına dayanmaktadır. İlgili proje süresince yaşanan teknik ve idari aksaklıklar nedeniyle Kış mevsiminde arazi çalışması gerçekleştirilemediğinden, hesaplarda kullanılan Kış verileri, 2016 yılı içerisinde İlkbahar, 2017 yılı içerisinde İlkbahar, Yaz, Sonbahar mevsimleri verilerinin aritmetik ortalamaları ile belirlenmiştir.

"Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması" projesi dahilinde gerçekleştirilen çalışmaların ışığında, 2016 yılı İlkbahar mevsimi ile 2017 yılı İlkbahar Mevsimi arasındaki 342 günlük dönemde, surf bölgesi içerisinde $362,000 m^3$ 'lük erozyon görülmektedir. Buradan hareketle; coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenen bu sediman bütçeleri, analitik yöntemlerle hesaplanan sediman bütçeleri ile karşılaştırılmıştır. 2016 yılı ile 2017 yılı arasındaki sediman taşınımının karşılaştırılabilmesi için 2017 yılı içerisindeki Sonbahar ve Yaz mevsimi taşınım debilerinin 2016 yılı içerisinde de aynı olacağı kabul edilmiştir. 2016 yılı ile 2017 yılı arasındaki 342 günlük taşınım olaylarının 53 günü İlkbahar aylarında, 92 günü Yaz aylarında, 91 günü Sonbahar aylarında ve 16 günü 2017 yılının İlkbahar mevsiminde gerçekleşmiştir.

Seçilen kıyı kesitinin kıyı çizgisi ile bulunduğu noktanın normali itibariyle sağa ya da sola taşınan yıllık sediman miktarları Tablo 4.2, Tablo 4.3, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'da sunulmuştur. Analitik yöntemlerle hesaplanan net sediman bütçeleri Tablo 4.7, Tablo 4.8, Tablo 4.9, Tablo 4.10 ve Tablo 4.11'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. 2016 yılı İlkbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri

Kesit No.	$Q_{LS,SAG}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,SOL}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,NET}(m^3/yıl)$			
	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98
1	457,368.5	137,023.3	167,000.3	32,118.1	144,276.3	46,721.7	56,943.2	8,698.5	313,092.2	90,301.6	110,057.1	23,419.5
2	466,882.0	146,578.7	178,646.0	33,930.6	147,158.4	49,951.5	60,879.6	9,063.5	319,723.6	96,627.1	117,766.5	24,867.1
3	461,460.4	137,345.8	167,393.3	31,230.5	129,147.2	43,347.5	52,830.8	7,458.0	332,313.2	93,998.3	114,562.5	23,772.5
4	461,933.4	137,595.6	167,697.7	30,415.2	100,641.0	37,076.3	45,187.6	5,601.7	361,292.4	100,519.3	122,510.2	24,813.5
5	461,277.6	127,142.6	154,958.0	30,038.0	106,022.0	35,581.7	43,366.0	5,991.3	355,255.6	91,561.0	111,592.0	24,046.7
6	452,642.4	80,477.4	98,083.6	32,035.8	58,071.0	14,207.4	17,315.6	4,176.0	394,571.3	66,270.0	80,768.1	27,859.8
7	441,680.6	116,079.8	141,474.9	26,692.2	84,137.1	28,500.6	34,735.7	4,500.9	357,543.5	87,579.2	106,739.1	22,191.3
8	414,440.9	96,525.2	117,642.3	23,929.2	124,288.3	31,893.6	38,871.1	6,596.1	290,152.5	64,631.6	78,771.2	17,333.2
9	427,192.0	93,172.1	113,555.6	23,809.9	39,536.5	8,700.5	10,604.0	2,066.3	387,655.5	84,471.6	102,951.6	21,743.5
10	383,191.2	82,589.9	100,658.3	20,105.6	134,828.8	30,285.1	36,910.6	6,510.1	248,362.5	52,304.8	63,747.6	13,595.5
11	416,611.8	86,532.2	105,463.0	22,004.4	45,026.7	12,653.2	15,421.3	2,204.2	371,585.1	73,879.0	90,041.7	19,800.2
12	397,899.8	142,504.4	173,680.4	18,251.1	87,751.5	38,636.8	47,089.5	3,437.8	310,148.3	103,867.6	126,591.0	14,813.3
13	422,707.6	72,099.6	87,873.1	19,816.6	33,960.5	6,000.1	7,312.7	1,548.8	388,747.1	66,099.6	80,560.3	18,267.8
14	407,093.3	157,876.4	192,415.5	20,217.7	94,249.7	44,218.1	53,891.8	3,833.8	312,843.6	113,658.3	138,523.7	16,383.9
15	420,918.3	176,074.0	214,594.2	23,378.6	37,729.4	15,998.2	19,498.2	1,854.8	383,188.9	160,075.8	195,096.0	21,523.8
16	437,381.2	220,618.6	268,883.9	27,689.3	103,192.8	62,542.7	76,225.3	5,031.3	334,188.4	158,075.9	192,658.5	22,658.0
17	474,544.9	134,407.4	163,812.1	29,734.2	35,352.3	10,655.8	12,987.0	1,903.4	439,192.5	123,751.7	150,825.1	27,830.8
18	460,814.4	107,177.4	130,624.9	25,761.2	32,702.6	8,232.8	10,034.0	1,655.7	428,111.8	98,944.6	120,591.0	24,105.5
19	423,032.0	97,298.8	118,585.1	21,281.6	36,512.8	8,470.0	10,323.1	1,635.3	386,519.1	88,828.7	108,262.0	19,646.3
20	438,498.7	47,852.3	58,321.1	32,516.8	17,796.9	2,574.8	3,138.1	1,307.5	420,701.9	45,277.5	55,183.0	31,209.2
21	357,700.1	80,916.3	98,618.5	17,677.3	146,281.2	33,120.4	40,366.2	6,446.5	211,418.9	47,795.9	58,252.3	11,230.8
22	453,391.6	126,993.4	154,776.1	24,668.3	27,591.2	8,921.0	10,872.6	1,240.2	425,800.4	118,072.4	143,903.4	23,428.1
23	429,744.8	118,946.2	144,968.4	21,963.8	35,674.5	10,077.5	12,282.1	1,571.3	394,070.4	108,868.8	132,686.3	20,392.5
24	445,830.3	143,691.6	175,127.4	22,802.4	27,108.9	10,087.9	12,294.9	1,130.0	418,721.5	133,603.7	162,832.5	21,672.4
25	437,667.1	141,478.3	172,429.8	20,705.2	26,624.5	9,935.0	12,108.6	1,054.5	411,042.5	131,543.2	160,321.3	19,650.7

Tablo 4.3. 2017 yılı İlkbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri

Kesit No.	$Q_{LS,SAG}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,SOL}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,NET}(m^3/yıl)$			
	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98
1	421,288.3	105,834.4	128,988.1	31,738.1	223,221.5	62,841.7	76,589.8	16,033.5	198,066.7	42,992.7	52,398.3	15,704.6
2	444,268.9	89,763.3	109,401.1	34,558.4	161,239.8	33,482.1	40,807.0	12,751.2	283,029.1	56,281.3	68,594.1	21,807.2
3	404,853.5	120,756.1	147,174.3	26,847.2	165,301.4	49,353.2	60,150.3	9,591.7	239,552.1	71,403.0	87,024.0	17,255.6
4	487,713.2	90,895.2	110,780.6	34,996.7	17,140.7	4,261.5	5,193.8	1,203.2	470,572.4	86,633.7	105,586.7	33,793.5
5	450,629.4	82,851.1	100,976.6	34,043.1	120,755.3	25,471.5	31,043.9	9,267.2	329,874.0	57,379.6	69,932.7	24,775.9
6	452,642.4	73,546.6	89,636.6	34,822.6	58,071.0	12,983.9	15,824.4	4,554.1	394,571.3	60,562.8	73,812.3	30,268.5
7	443,310.0	64,102.1	78,125.9	35,862.6	56,728.8	11,309.9	13,784.2	4,679.0	386,581.2	52,792.2	64,341.7	31,183.7
8	435,557.8	102,957.6	125,481.9	25,472.6	40,267.1	9,605.5	11,707.0	2,185.8	395,290.7	93,352.1	113,774.9	23,286.7
9	397,976.6	80,222.1	97,772.5	22,386.3	137,496.2	28,958.8	35,294.1	7,519.2	260,480.3	51,263.3	62,478.3	14,867.1
10	416,611.8	68,932.9	84,013.5	23,247.5	45,026.7	10,079.7	12,284.9	2,517.6	371,585.1	58,853.2	71,728.6	20,729.9
11	342,918.3	67,369.9	82,108.5	17,009.4	157,577.1	30,490.3	37,160.7	7,323.1	185,341.3	36,879.6	44,947.8	9,686.4
12	401,162.3	133,191.0	162,329.6	19,888.1	100,551.6	39,237.1	47,821.1	4,092.6	300,610.7	93,953.9	114,508.5	15,795.5
13	403,523.8	74,583.5	90,900.3	18,516.3	81,374.5	19,092.2	23,269.1	3,446.4	322,149.3	55,491.3	67,631.3	15,069.9
14	371,153.3	40,545.1	49,415.2	25,474.9	134,578.3	15,112.7	18,419.0	9,431.4	236,575.0	25,432.3	30,996.2	16,043.6
15	400,461.9	58,829.8	71,700.2	19,837.2	51,064.6	10,339.2	12,601.1	2,536.1	349,397.3	48,490.6	59,099.0	17,301.1
16	386,887.0	113,808.0	138,706.1	19,324.5	122,476.6	38,938.6	47,457.3	5,018.0	264,410.4	74,869.4	91,248.7	14,306.5
17	438,028.0	69,666.0	84,907.0	30,177.0	68,078.5	14,794.5	18,031.1	4,756.8	369,949.6	54,871.5	66,875.9	25,420.2
18	444,045.0	70,084.3	85,416.8	33,132.1	63,211.9	13,718.4	16,719.6	4,792.0	380,833.1	56,365.9	68,697.2	28,340.1
19	419,064.0	143,001.1	174,285.8	23,710.3	98,878.2	40,541.5	49,410.9	4,427.0	320,185.8	102,459.5	124,874.9	19,283.3
20	447,175.0	157,918.5	192,466.7	22,864.0	28,231.2	11,336.5	13,816.6	1,166.2	418,943.9	146,582.0	178,650.1	21,697.8
21	408,512.8	77,527.3	94,488.2	20,279.4	88,640.7	20,829.9	25,386.9	4,147.6	319,872.1	56,697.4	69,101.3	16,131.8
22	455,701.4	124,721.0	152,006.5	24,691.8	27,513.6	8,722.1	10,630.3	1,235.6	428,187.8	115,998.9	141,376.2	23,456.1
23	433,145.9	121,086.3	147,576.7	22,132.6	34,569.8	10,000.7	12,188.5	1,505.5	398,576.1	111,085.6	135,388.1	20,627.2
24	444,790.0	126,057.7	153,635.7	22,670.0	29,287.2	9,268.8	11,296.6	1,217.8	415,502.8	116,788.9	142,339.1	21,452.2
25	417,043.1	96,861.3	118,051.9	19,958.6	11,776.2	2,985.7	3,638.9	506.4	405,266.9	93,875.6	114,413.0	19,452.2

Tablo 4.4. 2017 yılı Yaz mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri

Kesit No.	$Q_{LS,SAG}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,SOL}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,NET}(m^3/yıl)$			
	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98
1	6,610.0	1,757.2	2,141.6	503.8	1,214.4	360.9	439.8	90.4	5,395.6	1,396.3	1,701.8	413.4
2	6,337.0	1,681.3	2,049.2	483.4	1,341.1	392.8	478.8	100.5	4,995.9	1,288.5	1,570.4	383.0
3	6,204.5	1,478.7	1,802.2	423.8	1,138.3	303.4	369.8	76.4	5,066.2	1,175.3	1,432.4	347.4
4	6,204.5	1,527.9	1,862.1	430.2	1,138.3	313.5	382.1	77.1	5,066.2	1,214.4	1,480.0	353.1
5	5,938.5	1,011.9	1,233.2	449.1	1,254.9	236.3	287.9	93.3	4,683.6	775.6	945.3	355.8
6	5,482.3	843.6	1,028.2	433.8	1,321.7	221.8	270.3	102.3	4,160.5	621.8	757.9	331.6
7	5,858.7	1,391.2	1,695.5	380.5	1,123.6	297.6	362.7	71.0	4,735.1	1,093.6	1,332.8	309.5
8	3,207.0	731.2	891.2	200.9	2,477.2	596.4	726.9	155.1	729.8	134.8	164.3	45.8
9	4,910.0	949.5	1,157.3	284.6	1,299.1	270.5	329.7	74.7	3,610.9	679.0	827.6	209.9
10	4,085.6	727.3	886.4	227.2	1,398.5	259.8	316.6	77.0	2,687.0	467.5	569.8	150.1
11	7,214.8	1,480.7	1,804.6	364.0	799.0	160.2	195.2	40.5	6,415.8	1,320.5	1,609.4	323.5
12	2,329.9	436.5	531.9	120.5	2,860.7	532.1	648.5	149.3	-530.9	-95.6	-116.5	-28.7
13	5,276.8	897.4	1,093.7	254.8	1,058.3	199.7	243.4	50.4	4,218.5	697.7	850.3	204.4
14	2,181.5	660.7	805.2	108.4	2,008.4	621.8	757.9	98.3	173.1	38.8	47.3	10.2
15	5,446.4	1,678.7	2,046.0	299.3	1,040.2	357.6	435.8	55.2	4,406.2	1,321.2	1,610.2	244.2
16	4,865.8	1,427.8	1,740.2	268.8	1,228.2	390.4	475.8	66.5	3,637.6	1,037.4	1,264.4	202.3
17	4,990.2	1,225.2	1,493.2	328.7	1,385.5	363.6	443.1	90.4	3,604.7	861.6	1,050.1	238.3
18	3,096.2	664.2	809.5	186.6	2,421.5	547.9	667.7	145.1	674.7	116.3	141.8	41.5
19	3,378.4	1,043.3	1,271.6	213.5	2,083.8	694.7	846.6	128.9	1,294.6	348.7	425.0	84.6
20	3,558.0	486.9	593.4	209.9	1,784.7	268.1	326.7	103.3	1,773.3	218.8	266.7	106.6
21	5,796.2	541.6	660.1	477.7	803.9	82.4	100.4	64.5	4,992.3	459.2	559.7	413.2
22	4,012.5	871.4	1,062.1	231.2	1,434.6	322.0	392.4	82.1	2,577.9	549.5	669.7	149.1
23	3,628.4	871.1	1,061.7	200.4	1,607.6	418.2	509.6	86.4	2,020.8	452.9	552.0	114.0
24	952.6	287.2	350.0	49.8	4,718.5	1,397.4	1,703.1	258.9	-3,766.0	-1,110.2	-1,353.1	-209.2
25	3,092.2	824.1	1,004.4	157.0	2,069.0	591.0	720.3	102.9	1,023.3	233.1	284.1	54.1

Tablo 4.5. 2017 yılı Sonbahar mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri

Kesit No.	$Q_{LS,SAG}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,SOL}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,NET}(m^3/yıl)$			
	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98
1	350,385.0	111,087.3	135,390.2	26,356.4	80,107.5	29,520.0	35,978.2	4,565.4	270,277.5	81,567.3	99,412.0	21,791.0
2	346,664.3	103,698.7	126,385.2	25,121.5	82,219.1	28,109.4	34,258.9	4,604.3	264,445.2	75,589.4	92,126.3	20,517.2
3	337,248.0	93,073.1	113,434.9	22,643.6	71,620.6	23,503.8	28,645.8	3,752.0	265,627.4	69,569.2	84,789.1	18,891.6
4	341,750.8	106,202.3	129,436.4	23,729.9	51,906.8	21,803.5	26,573.5	2,548.1	289,844.0	84,398.7	102,862.9	21,181.8
5	308,890.0	93,132.7	113,507.6	21,084.3	98,383.9	31,458.0	38,340.2	5,712.8	210,506.1	61,674.7	75,167.4	15,371.5
6	322,652.8	83,283.1	101,503.2	20,812.5	11,247.2	2,866.5	3,493.7	662.4	311,405.6	80,416.6	98,009.5	20,150.1
7	317,406.5	83,956.0	102,323.3	19,931.6	11,831.7	2,998.1	3,654.0	652.2	305,574.8	80,957.9	98,669.2	19,279.3
8	314,921.5	79,778.8	97,232.2	19,038.3	28,968.9	11,693.1	14,251.2	1,377.3	285,952.7	68,085.7	82,981.0	17,661.1
9	312,452.3	76,539.8	93,284.6	17,847.8	55,530.9	17,332.7	21,124.6	2,460.3	256,921.3	59,207.1	72,160.0	15,387.5
10	295,359.1	63,798.6	77,756.0	15,892.6	10,528.7	2,224.6	2,711.3	529.8	284,830.4	61,573.9	75,044.6	15,362.8
11	291,468.7	67,075.2	81,749.5	15,092.9	19,215.8	7,436.3	9,063.1	804.5	272,252.9	59,639.0	72,686.3	14,288.4
12	286,299.4	82,202.7	100,186.4	14,692.1	8,920.1	2,668.3	3,252.1	392.4	277,379.3	79,534.3	96,934.3	14,299.7
13	295,576.0	76,313.5	93,008.8	14,016.3	44,977.3	15,683.6	19,114.8	1,630.7	250,598.7	60,629.9	73,894.0	12,385.6
14	275,482.3	87,552.6	106,706.7	13,056.1	79,871.2	27,309.5	33,284.0	3,108.9	195,611.0	60,243.1	73,422.7	9,947.2
15	288,731.1	106,840.1	130,213.7	15,321.8	10,904.2	3,834.4	4,673.3	490.1	277,826.9	103,005.6	125,540.5	14,831.7
16	304,926.0	122,658.2	149,492.4	16,905.1	57,678.9	28,864.5	35,179.3	2,242.6	247,247.0	93,793.7	114,313.2	14,662.5
17	312,011.5	99,400.4	121,146.5	18,213.1	62,321.5	24,162.3	29,448.4	2,619.4	249,690.1	75,238.1	91,698.1	15,593.7
18	312,728.9	86,300.6	105,180.8	19,979.8	11,924.4	3,143.2	3,830.9	652.3	300,804.6	83,157.3	101,349.9	19,327.5
19	304,619.2	82,696.3	100,788.0	17,872.8	11,311.4	2,944.5	3,588.7	564.0	293,307.8	79,751.8	97,199.3	17,308.8
20	295,092.8	52,319.1	63,765.1	16,244.3	10,767.6	1,848.9	2,253.4	630.8	284,325.2	50,470.2	61,511.7	15,613.6
21	288,731.1	44,800.4	54,601.5	15,615.9	11,013.5	1,632.2	1,989.3	647.5	277,717.6	43,168.2	52,612.2	14,968.3
22	297,298.9	81,742.6	99,625.6	16,540.1	10,828.0	2,880.9	3,511.1	507.7	286,470.9	78,861.7	96,114.5	16,032.4
23	289,121.6	87,587.4	106,749.2	14,969.4	9,430.3	2,910.6	3,547.4	404.2	279,691.3	84,676.8	103,201.8	14,565.2
24	287,840.4	88,460.3	107,813.0	15,281.0	11,194.1	3,284.1	4,002.5	506.2	276,646.3	85,176.2	103,810.4	14,774.8
25	295,187.8	92,075.5	112,219.1	14,103.4	52,374.0	20,826.6	25,382.9	1,877.4	242,813.8	71,248.9	86,836.2	12,226.0

Tablo 4.6. Kış (ortalama) mevsimi verileri ile yıllık kıyı boyu sediman taşınımı debileri

No.	$Q_{LS,SAG}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,SOL}(m^3/yıl)$				$Q_{LS,NET}(m^3/yıl)$			
	CERC-85	KAMP-91	SCTH-96	DASO-98	CERC-86	KAMP-92	SCTH-97	DASO-99	CERC-86	KAMP-92	SCTH-97	DASO-99
1	1,551,690.2	552,348.6	673,187.3	118,404.0	246,478.3	103,664.5	126,343.4	14,730.1	1,305,211.9	448,684.1	546,843.9	103,673.8
2	1,510,448.7	468,383.2	570,852.6	109,013.8	252,010.1	90,555.2	110,366.1	14,630.5	1,258,438.5	377,828.1	460,486.5	94,383.2
3	1,444,864.7	534,739.5	651,725.9	100,472.2	244,359.7	104,288.0	127,103.4	13,573.3	1,200,505.0	430,451.5	524,622.4	86,898.9
4	1,491,734.7	466,385.2	568,417.5	102,367.6	201,224.5	79,028.6	96,317.9	10,745.3	1,290,510.2	387,356.6	472,099.6	91,622.3
5	1,456,966.9	394,822.2	481,198.4	96,451.4	229,003.6	73,634.8	89,744.0	12,714.8	1,227,963.2	321,187.4	391,454.4	83,736.7
6	1,466,389.0	329,350.3	401,403.1	93,526.1	127,287.3	41,026.2	50,001.6	7,549.2	1,339,101.7	288,324.1	351,401.5	85,976.9
7	1,437,657.0	348,360.1	424,571.7	88,457.7	158,544.1	51,819.3	63,155.9	8,578.6	1,279,112.9	296,540.8	361,415.8	79,879.1
8	1,379,435.4	437,830.2	533,615.4	87,426.8	81,509.0	27,838.5	33,928.8	4,832.2	1,297,926.4	409,991.7	499,686.7	82,594.6
9	1,360,082.6	395,224.7	481,689.1	78,228.1	191,654.4	68,831.1	83,889.5	8,525.0	1,168,428.1	326,393.6	397,799.6	69,703.1
10	1,346,024.9	342,676.1	417,644.3	73,516.3	134,650.9	47,614.0	58,030.7	6,107.2	1,211,374.0	295,062.1	359,613.6	67,409.1
11	1,321,656.6	368,141.9	448,681.2	67,661.2	155,910.1	57,254.1	69,779.8	6,425.3	1,165,746.5	310,887.8	378,901.5	61,235.9
12	1,318,741.1	366,551.2	446,742.5	67,354.6	161,276.5	58,353.8	71,120.1	6,591.7	1,157,464.6	308,197.3	375,622.4	60,762.8
13	1,293,580.8	347,605.5	423,652.1	61,080.3	168,506.0	57,651.9	70,264.6	6,517.1	1,125,074.8	289,953.6	353,387.5	54,563.2
14	1,248,119.4	223,168.5	271,991.7	57,324.5	214,976.7	44,026.0	53,657.7	9,010.4	1,033,142.7	179,142.5	218,334.0	48,314.2
15	1,298,396.8	345,581.8	421,185.6	68,361.4	72,084.8	20,269.7	24,704.2	3,572.0	1,226,312.0	325,312.1	396,481.5	64,789.4
16	1,313,937.3	391,412.8	477,043.2	67,113.5	179,088.2	66,801.3	81,415.5	7,175.4	1,134,849.1	324,611.6	395,627.7	59,938.1
17	1,408,201.6	380,445.4	463,676.4	84,847.8	158,371.7	57,346.0	69,891.7	7,798.6	1,249,829.9	323,099.4	393,784.7	77,049.2
18	1,402,743.7	369,803.9	450,706.9	89,334.9	85,818.2	24,481.4	29,837.3	5,149.2	1,316,925.5	345,322.5	420,869.6	84,185.7
19	1,350,217.9	488,768.7	595,698.0	82,013.9	78,533.1	30,484.3	37,153.4	4,471.6	1,271,684.8	458,284.4	558,544.5	77,542.3
20	1,269,607.7	223,679.9	272,615.0	64,648.9	83,397.8	15,897.2	19,375.1	4,189.3	1,186,209.9	207,782.7	253,239.8	60,459.5
21	1,255,784.4	227,306.4	277,034.8	62,350.9	226,841.2	46,209.6	56,319.0	10,635.3	1,028,943.2	181,096.8	220,715.8	51,715.6
22	1,285,046.5	448,523.5	546,648.2	72,965.6	84,895.2	32,045.7	39,056.4	4,586.0	1,200,151.4	416,477.8	507,591.8	68,379.6
23	1,296,662.7	413,305.4	503,725.3	68,920.3	76,912.7	26,354.4	32,120.0	3,822.6	1,219,750.0	386,951.0	471,605.3	65,097.7
24	1,284,219.4	390,322.3	475,714.2	68,103.7	81,109.9	26,657.8	32,489.8	4,050.8	1,203,109.4	363,664.5	443,224.4	64,053.0
25	1,244,594.3	320,225.3	390,281.9	60,533.6	82,859.7	23,074.3	28,122.3	3,862.0	1,161,734.6	297,151.1	362,159.6	56,671.7

Tablo 4.7. CERC,1984 yöntemi ile hesaplanan sediman bütçeleri

Bölge No.	İlkbahar (53 gün)	Yaz (92 gün)	Sonbahar (91 gün)	Kış (90 gün)	İlkbahar (16 gün)	Toplam (m ³)
24	-1,115.0	1,207.1	-8,435.0	-10,202.0	-448.7	-18,993.5
23	3,579.5	-1,458.6	-759.2	-4,103.2	742.0	-1,999.4
22	-4,607.4	-140.4	-1,690.3	4,832.5	-1,298.0	-2,903.6
21	31,129.4	-608.5	2,182.3	42,215.7	4,748.1	79,667.0
20	-30,389.0	811.3	-1,647.4	-38,778.1	-4,342.9	-74,346.0
19	4,963.5	120.7	-2,239.5	-21,076.0	4,329.1	-13,902.2
18	-6,039.5	156.2	-1,869.1	-11,155.2	-2,658.5	-21,566.0
17	-1,609.0	-738.5	12,743.6	16,544.1	477.1	27,417.3
16	15,247.2	-8.3	609.1	28,351.4	4,626.4	48,825.8
15	-7,115.1	-193.7	-7,624.0	-22,552.5	-3,725.5	-41,210.9
14	10,214.5	1,067.0	20,497.7	47,630.8	4,945.6	84,355.6
13	-11,021.6	-1,019.7	-13,709.3	-22,668.2	-3,751.2	-52,169.9
12	11,413.0	1,197.1	-6,676.8	-7,986.5	944.2	-1,109.1
11	-8,921.0	-1,751.0	1,278.1	-2,042.1	5,052.9	-6,383.0
10	17,892.6	939.9	-3,135.8	-11,250.6	-8,164.1	-3,718.0
9	-20,226.1	-232.9	6,958.2	10,589.4	4,870.3	1,958.9
8	14,158.0	726.2	-7,237.9	-31,931.1	-5,909.5	-30,194.3
7	-9,785.5	-1,009.6	-4,892.1	4,638.9	381.8	-10,666.5
6	-5,376.6	144.8	-1,453.7	-14,791.8	-350.3	-21,827.5
5	5,708.9	-131.8	25,155.8	27,404.0	2,836.0	60,972.9
4	-876.6	-96.4	-19,780.1	-15,422.5	-6,167.6	-42,343.3
3	4,207.9	0.0	6,037.6	22,193.1	10,126.9	42,565.5
2	1,828.1	17.7	294.7	-14,285.0	-1,905.8	-14,050.3
1	962.9	-100.7	-1,454.1	-11,533.2	3,724.4	-8,400.7
$\Sigma(m^3)$	14,222.9	-1,102.1	-6,847.1	-35,378.0	9,082.7	-20,021.5

Tablo 4.8. Kamphuis, 1991 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri

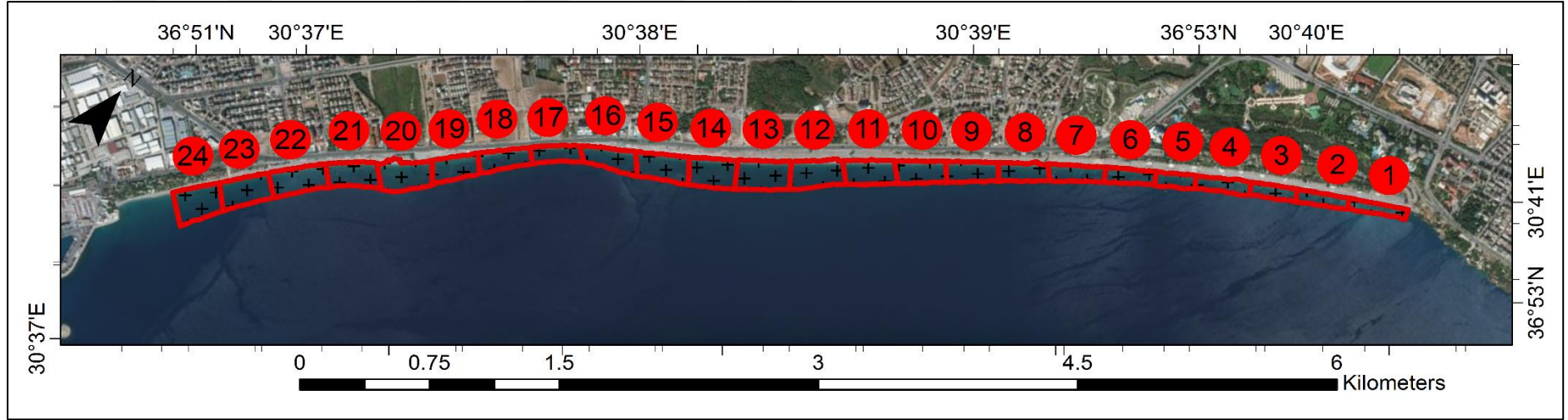
Bölge No.	İlkbahar (53 gün)	Yaz (92 gün)	Sonbahar (91 gün)	Kış (90 gün)	İlkbahar (16 gün)	Toplam (m ³)
24	-299.2	338.6	-3,472.3	-16,400.6	-1,004.4	-20,837.9
23	3,591.6	-394.0	124.5	-5,741.9	250.0	-2,169.7
22	-1,336.4	-24.3	1,449.8	-7,280.6	-215.4	-7,406.9
21	10,204.5	22.7	8,898.9	58,039.2	2,599.5	79,764.9
20	365.7	60.6	-1,820.5	-6,580.1	-3,940.1	-11,914.5
19	-6,323.9	-32.7	-7,300.3	-61,767.6	1,934.1	-73,490.4
18	-1,468.9	58.6	-849.0	27,853.6	2,020.5	27,614.8
17	-3,602.1	-187.8	1,974.4	5,479.7	65.5	3,729.6
16	-4,984.1	-44.3	-4,626.2	-372.9	-876.6	-10,904.0
15	-290.4	-71.5	-2,296.7	-172.7	1,156.3	-1,675.0
14	6,740.1	323.2	10,661.3	36,041.8	1,010.8	54,777.2
13	6,905.8	-166.1	-96.4	-27,323.3	-1,317.7	-21,997.6
12	-5,484.1	200.0	-4,713.2	-4,498.4	-1,686.0	-16,181.8
11	4,354.5	-356.9	4,960.2	-663.4	2,501.9	10,796.3
10	3,132.7	215.0	-482.4	3,902.2	-963.2	5,804.3
9	-4,670.8	-53.3	590.1	-7,725.6	332.7	-11,526.9
8	2,880.9	137.2	-2,213.6	-20,613.2	-1,845.0	-21,653.7
7	-3,332.1	-241.7	-3,209.2	27,974.2	1,778.0	22,969.2
6	3,094.2	118.9	135.0	2,026.0	-340.6	5,033.5
5	-3,672.4	-38.8	4,672.6	-8,103.3	139.5	-7,002.3
4	-1,300.8	-110.6	-5,665.4	-16,315.7	-1,282.4	-24,674.9
3	946.9	9.8	3,697.2	-10,626.1	667.6	-5,304.5
2	-381.7	-28.5	-1,500.9	12,975.6	662.9	11,727.3
1	918.5	-27.2	-1,490.4	-17,471.3	582.5	-17,487.9
$\Sigma(m^3)$	5,988.5	-293.2	-2,572.5	-37,364.3	2,230.5	-32,011.0

Tablo 4.9. Schoonees ve Theron, 1996 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri

Bölge No.	İlkbahar (53 gün)	Yaz (92 gün)	Sonbahar (91 gün)	Kış (90 gün)	İlkbahar (16 gün)	Toplam (m^3)
24	-364.6	412.7	-4,231.9	-19,988.6	-1,224.2	-25,396.6
23	4,377.4	-480.2	151.8	-6,998.0	304.7	-2,644.4
22	-1,628.8	-29.7	1,767.0	-8,873.4	-262.5	-9,027.3
21	12,437.0	27.7	10,845.8	70,736.5	3,168.2	97,215.3
20	445.7	73.8	-2,218.8	-8,019.6	-4,802.1	-14,521.0
19	-7,707.4	-39.9	-8,897.5	-75,280.6	2,357.3	-89,568.1
18	-1,790.2	71.4	-1,034.8	33,947.2	2,462.6	33,656.2
17	-4,390.2	-228.9	2,406.3	6,678.5	79.8	4,545.5
16	-6,074.4	-54.0	-5,638.3	-454.4	-1,068.4	-13,289.6
15	-353.9	-87.2	-2,799.1	-210.5	1,409.3	-2,041.4
14	8,214.6	393.9	12,993.8	43,926.8	1,231.9	66,761.0
13	8,416.6	-202.4	-117.5	-33,300.9	-1,605.9	-26,810.1
12	-6,683.9	243.7	-5,744.3	-5,482.6	-2,054.9	-19,722.0
11	5,307.2	-435.0	6,045.4	-808.5	3,049.2	13,158.2
10	3,818.0	262.0	-588.0	4,755.9	-1,174.0	7,074.1
9	-5,692.6	-65.0	719.2	-9,415.7	405.5	-14,048.7
8	3,511.1	167.2	-2,697.8	-25,122.8	-2,248.6	-26,391.0
7	-4,061.1	-294.5	-3,911.3	34,094.2	2,166.9	27,994.2
6	3,771.1	144.9	164.5	2,469.3	-415.1	6,134.7
5	-4,475.8	-47.2	5,694.9	-9,876.1	170.1	-8,534.2
4	-1,585.4	-134.8	-6,904.9	-19,885.1	-1,562.9	-30,073.1
3	1,154.0	12.0	4,506.1	-12,950.8	813.7	-6,465.0
2	-465.2	-34.8	-1,829.3	15,814.3	807.9	14,293.0
1	1,119.4	-33.1	-1,816.4	-21,293.6	710.0	-21,313.8
$\Sigma(m^3)$	7,298.6	-357.3	-3,135.3	-45,538.6	2,718.5	-39,014.2

Tablo 4.10. Soulsby ve Daamgard, 1997 yöntemiyle hesaplanan sediman bütçeleri

Bölge No.	İlkbahar (53 gün)	Yaz (92 gün)	Sonbahar (91 gün)	Kış (90 gün)	İlkbahar (16 gün)	Toplam (m^3)
24	-293.6	66.4	-635.4	-1,820.0	-87.7	-2,770.4
23	185.8	-81.4	52.3	-257.6	36.2	-64.8
22	-440.8	-8.9	-365.8	-809.2	-124.0	-1,748.7
21	1,771.1	-66.6	265.3	4,108.9	321.1	6,399.8
20	-2,901.0	77.3	-160.9	-2,156.0	-244.0	-5,384.6
19	1,679.0	5.6	-422.6	-4,212.2	105.8	-2,844.4
18	-647.5	10.9	-503.3	-1,638.1	-397.0	-3,175.0
17	-540.9	-49.6	930.9	1,759.7	128.0	2,228.0
16	751.1	9.1	232.2	4,219.2	487.2	5,698.7
15	164.7	-10.6	-42.2	-1,196.2	-131.3	-1,215.5
14	746.3	59.0	1,217.8	4,062.4	55.1	6,140.6
13	-273.5	-49.0	-607.9	-1,540.9	42.7	-2,428.6
12	501.6	58.8	-477.2	-1,528.7	-31.8	-1,477.3
11	-724.1	-88.8	2.8	-116.6	267.8	-658.9
10	901.0	43.7	-267.9	-1,522.2	-484.1	-1,329.5
9	-1,183.1	-15.1	-6.2	-565.6	257.0	-1,513.0
8	640.4	41.4	-566.8	-3,178.7	-369.1	-3,432.9
7	-705.4	-66.5	-403.5	669.6	-346.2	-852.0
6	-823.1	-5.6	-217.1	-1,503.6	40.1	-2,509.2
5	553.7	-6.1	1,191.4	552.4	240.8	2,532.1
4	-111.3	0.7	-1,448.6	-1,944.4	-395.3	-3,898.9
3	151.2	1.4	571.0	1,164.7	725.0	2,613.2
2	-158.9	-9.0	-405.3	-1,845.5	-199.5	-2,618.2
1	210.2	-7.7	-317.6	-2,290.8	267.5	-2,138.4
$\Sigma(m^3)$	-547.3	-90.6	-2,384.7	-11,589.6	164.3	-14,447.8



Tablo 4.11. Bölgelere göre 342 günlük net sediman bütçeleri

	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13
CBS	-29,000.0	-33,000.0	-36,000.0	-23,000.0	-43,000.0	-25,000.0	-20,000.0	-12,000.0	-17,000.0	-29,000.0	-26,000.0	-27,000.0
CERC-84	-18,993.5	-1,999.4	-2,903.6	79,667.0	-74,346.0	-13,902.2	-21,566.0	27,417.3	48,825.8	-41,210.9	84,355.6	-52,169.9
KAMP-91	-20,837.9	-2,169.7	-7,406.9	79,764.9	-11,914.5	-73,490.4	27,614.8	3,729.6	-10,904.0	-1,675.0	54,777.2	-21,997.6
SCTH-96	-25,396.6	-2,644.4	-9,027.3	97,215.3	-14,521.0	-89,568.1	33,656.2	4,545.5	-13,289.6	-2,041.4	66,761.0	-26,810.1
DASO-97	-2,770.4	-64.8	-1,748.7	6,399.8	-5,384.6	-2,844.4	-3,175.0	2,228.0	5,698.7	-1,215.5	6,140.6	-2,428.6
	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
CBS	-29,000.0	-21,000.0	-11,000.0	-9,000.0	-8,000.0	13,000.0	18,000.0	1,000.0	4,000.0	2,000.0	-1,000.0	-1,000.0
CERC-84	-1,109.1	-6,383.0	-3,718.0	1,958.9	-30,194.3	-10,666.5	-21,827.5	60,972.9	-42,343.3	42,565.5	-14,050.3	-8,400.7
KAMP-91	-16,181.8	10,796.3	5,804.3	-11,526.9	-21,653.7	22,969.2	5,033.5	-7,002.3	-24,674.9	-5,304.5	11,727.3	-17,487.9
SCTH-96	-19,722.0	13,158.2	7,074.1	-14,048.7	-26,391.0	27,994.2	6,134.7	-8,534.2	-30,073.1	-6,465.0	14,293.0	-21,313.8
DASO-97	-1,477.3	-658.9	-1,329.5	-1,513.0	-3,432.9	-852.0	-2,509.2	2,532.1	-3,898.9	2,613.2	-2,618.2	-2,138.4

5. SONUÇLAR

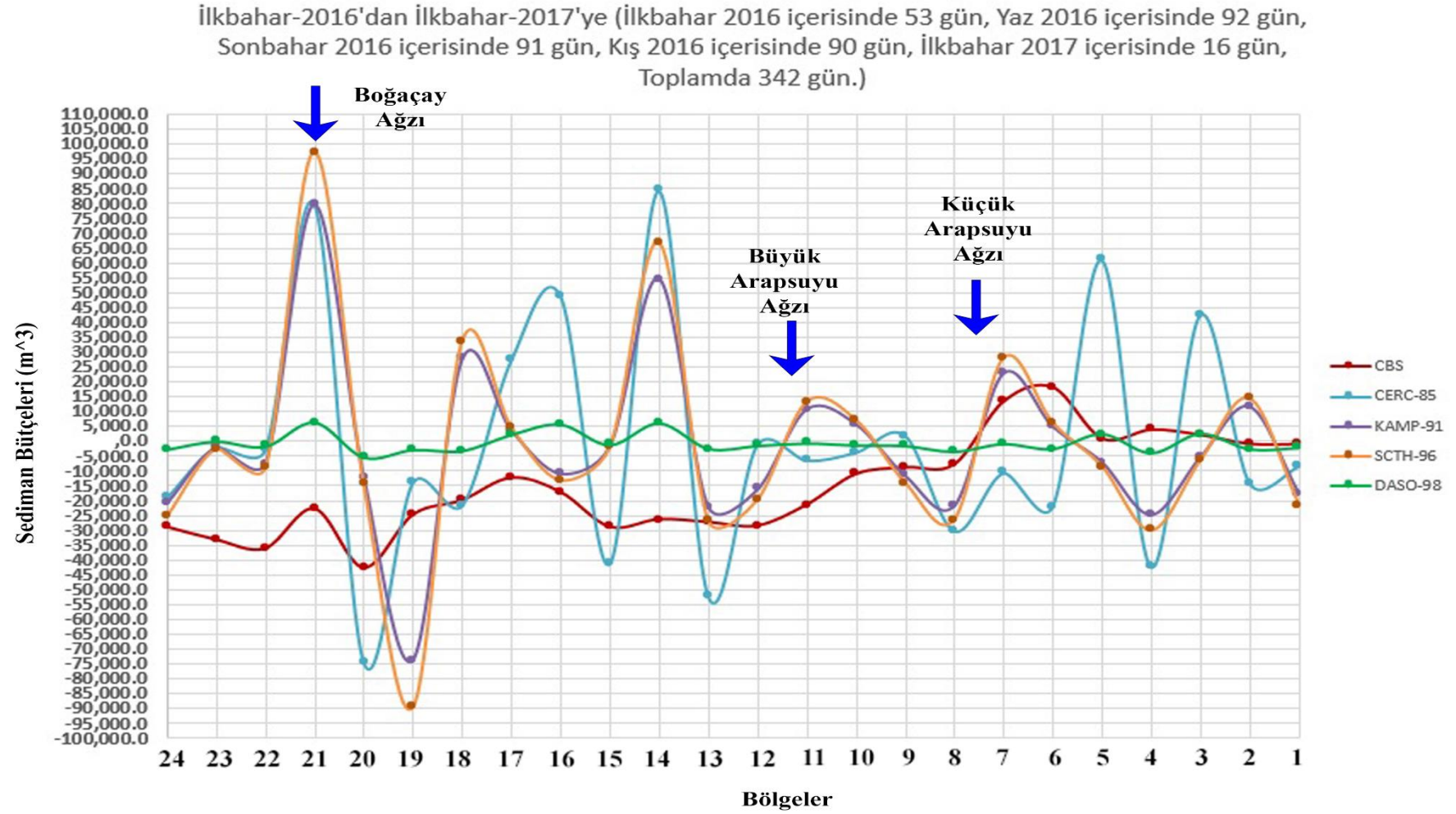
Hazırlanan bu yüksek lisans çalışmasında Konyaaltı Sahili'ndeki kıyı boyu sediman taşınımı, CERC (1984), Kamphuis (1991), Schoonees ve Theron (1996) ve Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemleri kullanılarak hesaplanmıştır. İlgili hesaplamalarda yer alan ortalama tane çapı (d_{50}), taban eğimi ($\tan \beta$) ve gelen dalga açısı (α_0) parametreleri için 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi kapsamında gerçekleştirilen arazi çalışmalarından; ortalama dalga periyodu (T_m), belirgin dalga yüksekliği (H_s) için ise Türkiye Kıyıları İçin Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası'ndan (Özhan ve Abdalla, 1999) yararlanılmıştır. Hesaplar neticesinde elde edilen sediman bütçeleri; 113Y438 Numaralı “Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması” Başlıklı TÜBİTAK Projesi dahilinde gerçekleştirilen coğrafi bilgi sistemleri çalışmalarına dayanan 342 günlük net sediman bütçeleri ile karşılaştırılmıştır.

Net sediman bütçeleri, çalışmada dikkate alınan 24 farklı taşınım bölgesinin her birinde ve kullanılan her bir yöntem için farklılık göstermektedir. Birbirini takip eden iki kıyı kesiti arasındaki bölgenin sediman bütçesindeki bu farklılıklar, her bir kesitten geçen 342 günlük sediman taşınım debilerinin; ortalama tane çapı (d_{50}), taban eğimi ($\tan \beta$), gelen dalga açısı (α_0), ortalama dalga periyodu (T_m) ve belirgin dalga yüksekliği (H_s) ile değişiklik göstermesinden kaynaklanmaktadır.

Örneğin dalga yüksekliği, dalga periyodu, yaklaşım açısı, taban eğimi gibi diğer dalga parametrelerinin sabit olduğu durumda; Kamphuis (1991) ve Schoonees ve Theron (1996) yöntemleri ile hesaplanan kıyı boyu sediman taşınım debileri ortalama tane çapındaki artışla azalmakta, Damgaard ve Soulsby (1997) yöntemi ile hesaplanan kıyı boyu sediman taşınım debileri ortalama tane çapındaki artışla artmaktadır. Ayrıca sediman çapındaki artma ya da azalma, sediman boyutunu dikkate almayan CERC (1984) yönteminin kullanıldığı hesaplamalarda değişikliğe neden olmamaktadır. Diğer yandan taban eğiminin artması hesaplarda dikkate alınan tüm yöntemler için hesaplanan sediman taşınımı miktarlarını arttırmaktadır. Taban eğimini dikkate almayan CERC (1984) yöntemindeki bu debi artışı, formüldeki kırılan belirgin dalga yüksekliği parametresinin taban eğimiyle artmasından kaynaklanmaktadır.

Yöntemlerden elde edilen sediman bütçeleri, coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarına dayanan 342 günlük sediman bütçeleri ile karşılaştırıldığında, Konyaaltı Sahili'nin surf bölgesi içerisinde yer yer birikmeye rastlanılsa da sahil genelinde önemli miktarlarda kıyı erozyonu görülmektedir. Özellikle Boğaçay'ın batısındaki 20., 21., 22., 23., 24. bölgelerin CBS verilerinden elde edilen toplam sediman erozyonu miktarı, aynı bölgelerde yöntemlerle hesaplanan sediman erozyonu miktarının yaklaşık 4 katıdır. Gerçekteki bu erozyon Antalya Limanı'nın, Güneybatı yönünden Kuzeydoğu yönüne seyreden kıyı boyu sediman taşınımına engel olması ve Boğaçay aracılığı ile sahile dökülen nehir sedimanının bu yöndeki kıyı boyu akıntıları etkisinde batıya taşınamaması ile açıklanabilmektedir.

Diğer yandan 22-22 ve 21-21 kesitleri arasında kalan 21. bölgede, kullanılan tüm hesap yöntemleri ile sediman birikmesi meydana geleceği sonucuna ulaşılsa da, CBS verileri bölgede yaklaşık $23,000 m^3$ erozyon meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum; kullanılan hesap yöntemlerinin, küçük olan sedimanın daha büyük hacimlerle taşınacağı kabulüne dayanması ile açıklanabilmektedir. Tablo 4.1'deki sunulan sediman sınıfları incelendiğinde, tüm arazi ölçümlerinde 22-22 kesitindeki sediman sınıfının kum, 21-21 kesitindeki sediman sınıfının çakıl olduğu anlaşılmaktadır. Doğal olarak aynı deniz koşulları 21-21 kesitine göre; 22-22 kesitinde daha fazla miktarlardaki sedimanı harekete geçirmektedir. Diğer bir deyişle 21 nolu bölgeye giren sediman miktarı çıkan sediman miktarından fazla olmaktadır. Analitik hesaplamalara dayanan miktarlar arasındaki bu bütçe birikme sonucunu vermektedir. Soldan sağa taşınan sedimanın çapının büyümesi, 21-21 kesitinin Boğaçay akarsuyu ağzına denk gelmesi ile açıklanabilmektedir. Diğer yandan bu bölgedeki büyük miktarlardaki sediman erozyonunda, Antalya Limanı mendireğinin etkiside unutulmamalıdır. Büyük Arapsuyu ve Küçük Arapsuyu akarsularının Konyaaltı Sahili'ne döküldüğü yerlerde de benzer taşınım davranışları görülmektedir. Hesaplanan sediman miktarları itibarıyla CBS verilerine en yakın sediman bütçesi, çakıl ihtiva eden 13. bölgede Schoonees ve Theron (1996) metoduyla elde edilmiştir. Konyaaltı Sahili genelindeki CBS verilerinden ve hesap yöntemlerinden elde edilen sediman bütçeleri değişimi Şekil 5.1'de sunulmuştur. Şekil incelendiğinde, akarsu ağzı gibi doğrudan ilave bir sediman kaynağı bulunmayan, sadece kıyı boyu sediman taşınımının görüldüğü ve çakıllı yatak malzemesi barındıran 1., 2., 3., 4., ve 5. bölgelerde Damgaard ve Soulsby (1997) metodu gerçek sediman bütçelerine oldukça yakın sonuçlar vermektedir. Şekil 5.1'den elde edilen oransal farklılıklar, özet tablosu halinde Tablo 5.1'de sunulmuştur.



Şekil 5.1. Bölgesel sediman bütçeleri

Tablo 5.1. CBS'den alınan sediman bütçelerinin hesap yöntemleri ile oransal farkları

	24. Bölge		23. Bölge		22. Bölge		21. Bölge		20. Bölge		19. Bölge	
CBS	29,000.0	Erozyon	33,000.0	Erozyon	36,000.0	Erozyon	23,000.0	Erozyon	43,000.0	Erozyon	25,000.0	Erozyon
CERC-84	-34.5%	Erozyon	-93.9%	Erozyon	-91.9%	Erozyon	+246.4%	Birikme	+72.9%	Erozyon	-44.4%	Erozyon
KAMP-91	-28.1%	Erozyon	-93.4%	Erozyon	-79.4%	Erozyon	+246.8%	Birikme	-72.3%	Erozyon	+194.0%	Erozyon
SCTH-96	-12.4%	Erozyon	-92.0%	Erozyon	-74.9%	Erozyon	+322.7%	Birikme	-66.2%	Erozyon	+258.3%	Erozyon
DASO-97	-90.4%	Erozyon	-99.8%	Erozyon	-95.1%	Erozyon	-72.2%	Birikme	-87.5%	Erozyon	-88.6%	Erozyon
	18. Bölge		17. Bölge		16. Bölge		15. Bölge		14. Bölge		13. Bölge	
CBS	20,000.0	Erozyon	12,000.0	Erozyon	17,000.0	Erozyon	29,000.0	Erozyon	26,000.0	Erozyon	27,000.0	Erozyon
CERC-84	7.8%	Erozyon	+128.5%	Birikme	+187.2%	Birikme	+70.4%	Erozyon	+224.4%	Birikme	+93.2%	Erozyon
KAMP-91	27.6%	Birikme	-68.9%	Birikme	-35.9%	Erozyon	-94.2%	Erozyon	+110.7%	Birikme	-18.5%	Erozyon
SCTH-96	40.6%	Birikme	-62.1%	Birikme	-21.8%	Erozyon	-93.0%	Erozyon	+156.8%	Birikme	-0.7%	Erozyon
DASO-97	-84.1%	Erozyon	-81.4%	Birikme	-66.5%	Birikme	-95.8%	Erozyon	-76.4%	Birikme	-91.0%	Erozyon
	12. Bölge		11. Bölge		10. Bölge		9. Bölge		8. Bölge		7. Bölge	
CBS	29,000.0	Erozyon	21,000.0	Erozyon	11,000.0	Erozyon	9,000.0	Erozyon	8,000.0	Erozyon	13,000.0	Birikme
CERC-84	-96.2%	Erozyon	-69.6%	Erozyon	-66.2%	Erozyon	-78.2%	Birikme	+277.4%	Erozyon	-18.0%	Erozyon
KAMP-91	-44.2%	Erozyon	-48.6%	Birikme	-47.2%	Birikme	+28.1%	Erozyon	+170.7%	Erozyon	+76.7%	Birikme
SCTH-96	-32.0%	Erozyon	-37.3%	Birikme	-35.7%	Birikme	+56.1%	Erozyon	+229.9%	Erozyon	+115.3%	Birikme
DASO-97	-94.9%	Erozyon	-96.9%	Erozyon	-87.9%	Erozyon	-83.2%	Erozyon	-57.1%	Erozyon	-93.4%	Erozyon
	6. Bölge		5. Bölge		4. Bölge		3. Bölge		2. Bölge		1. Bölge	
CBS	18,000.0	Birikme	1,000.0	Birikme	4,000.0	Birikme	2,000.0	Birikme	1,000.0	Erozyon	1,000.0	Erozyon
CERC-84	+21.3%	Erozyon	+5997.3%	Birikme	+958.6%	Erozyon	+2028.3%	Birikme	+1305.0%	Erozyon	+740.1%	Erozyon
KAMP-91	-72.0%	Birikme	+600.2%	Erozyon	+516.9%	Erozyon	+165.2%	Erozyon	+1072.7%	Birikme	+1648.8%	Erozyon
SCTH-96	-65.9%	Birikme	+753.4%	Erozyon	+651.8%	Erozyon	+223.3%	Erozyon	+1329.3%	Birikme	+2031.4%	Erozyon
DASO-97	-86.1%	Erozyon	+153.2%	Birikme	-2.5%	Erozyon	+30.7%	Birikme	+161.8%	Erozyon	+113.8%	Erozyon

Şekil 5.1 incelendiğinde, 13. Bölgede CBS verilerine göre $27\ 000\ m^3$ sediman erozyonu görülmekteyken, hesaplanan sediman bütçelerinde;

- CERC 1984 metodu ile, gerçek bütçeden %93.2 kadar daha fazla ($52\ 169.9\ m^3$)
- Kamphuis 1991 metodu ile, gerçek bütçeden %18.5 kadar daha az ($21\ 997.6\ m^3$)
- Schoonees ve Theron 1996 metodu ile, gerçek bütçeden %0.7 kadar daha az ($26\ 810.1\ m^3$)
- Daamgard ve Soulsby 1997 metodu ile, gerçek bütçeden %91 kadar daha az ($2\ 428.6\ m^3$)

erozyon hesaplanmaktadır.

Hesaplanan sediman bütçeleri ile CBS uygulamalarından elde edilen sediman bütçeleri arasında ciddi farklılıklar gözlenmektedir. Bu farklılıklar Konyaaltı Sahili'ne dökülen Boğaçay, Büyük Arapsuyu, Küçük Arapsuyu gibi akarsuların getirdiği sediman miktarları; çalışma bölgesinin batısındaki Antalya Limanı'nın Batı'dan Doğu'ya seyreden kıyı boyu sediman hareketine engel olması; Konyaaltı Sahili'nin gerek yöre halkı gerekse yerli ve yabancı turistlerce yoğun kullanımı sırasında kumsalda gerçekleştirilen düzenlemelerin etkisi ile izah edilebilmektedir.

Hesaplanan sediman bütçeleri göz önüne alındığında, yöntemlerin birbiri arasında %2400'e varan çok ciddi farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda da; bu farklılıkların hesap yöntemlerinin sediman tane çapına bağlı olarak geliştirilmesi başta olmak üzere pek çok nedenden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Hem CBS uygulamaları hemde hesap yöntemleri itibariyle Konyaaltı Sahili genelinde sediman erozyonu görülmektedir. İleri dönemde çalışma sahasında planlanacak her türlü bayındırlık çalışmalarında, sahilin sediman bütçesindeki azalmanın göz önüne alınması, plan safhasında sahil erozyonu konusunda ön çalışmaların yapılması Konyaaltı Sahili'nin sürekliliği açısından önem arz etmektedir.

Sunulan bu tez çalışmasında kullanılan saha verileri yaklaşık iki yıla yayılan mevsimlik arazi çalışmalarına dayanmaktadır. Konyaaltı Sahili'nin sediman bütçesinin daha detaylı şekilde incelenebilmesi için daha geniş kapsamlı, daha uzun bir zamana yayılan daha küçük ölçüm periyotlarına sahip araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nitelikteki kapsamlı verilere dayanan hesaplamalarla gerçekleştirilecek çalışmalar, ülkemiz için göz ardı edilemeyecek öneme sahip Konyaaltı Sahili'nin geleceği konusunda bilimsel öngörü sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, 2015. *FBA-2015-141 Numaralı “Konyaaltı Sahili Akıntı Paterninin Belirlenmesi” Bilimsel Araştırma Projesi*. Antalya.
- American Society for Testing and Materials, 2017. *D6913 / D6913M*. ASTM, West Conshohocken.
- Arı Güner, H.A., Yüksel, Y., Özkan Çevik, E., 2011. Determination of Longshore Sediment Transport and Modelling of Shoreline Change. S. S. Ginsberg, *Sediment Transport Intech*, Rijeka, 117-136.
- Aydın, E.Ö., 2007. Cumhuriyetin Kentteki Etkileri. K. v. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, *Dünden Bugüne Antalya*, T.C. Antalya Valiliği, Antalya, 200-204.
- Bayram, A., Larson, M., Hanson, H., 2007. A new formula for the total longshore sediment transport rate. *Coastal Engineering*, 700-710.
- Bodge, K.R., Kraus, N.C., 1991. Critical Examination of Longshore Transport Rate Magnitude. *Proceedings Coastal Sediments '91*. ASCE, New York, 139-155.
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. Washington DC: US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Centre, US Govt. Printing Office, Washington DC.
- Damgaard, J.S., Soulsby, R.L., 1997. Longshore Bed-Load Transport. *Proceedings of 25th Conference on Coastal Engineering*, 3, 361-362.
- Dept. of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, 1984. *Shore Protection Manual* (Cilt 1). Washington: Dept. of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Washington DC, 652 s.
- Dipova, N., 2016. Antalya Konyaaltı Sahilinde Kıyı Erozyonu Tehlikesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 34, 71-84.
- Dyer, K.R., 1986. *Coastal and Estuaries Sediment Dynamics*. Wiley, New York, 358 s.
- Einstein, H.A., 1950. *The Bed-Load Function for Sediment Transportation in Open Channel Flows*. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service, Washington DC, 74 s.
- ESRI, 2018. *Woldmap*. Arcgis. (Erişim Tarihi: 13.04.2019).
- Fredsøe, J., Deigaard, R., 1992. *Mechanics of Coastal Sediment Transport*:3. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., London, 392 s.
- Goda, Y., 1970. A Synthesis of Breaker Indices. *Transactions of the Japan Society of Civil Engineers*, 2, 227-230.

- Goda, Y., 2010. *Random Seas and Design of Maritime Structures*. World Scientific, London, 732 s.
- Gönüllü, A.R., 2010. *Cumhuriyet Döneminde Antalya: 1923-1960*. Tarihçi Kitabevi, İstanbul, 520 s.
- Graf, W.H., 1984. *Hydraulics of Sediment Transport*. Water Resources Publications, Colorado, 524 s.
- Graf, W.H., 1998. *Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry*. Chichester, New York, 692 s.
- Horikawa, K., 1988. *Nearshore Dynamics and Coastal Processes: Theory, Measurement, and Predictive Models*. University of Tokyo Press, Tokyo, 522 s.
- HRS., 1980. *Design of Seawalls Allowing for Wave Overtopping*. Hydraulics Research Station, Wallingford, 546 s.
- Inman, D.L., Bagnold, R.A., 1963. Littoral Processes. M. N. Hill, *The Sea, The Earth Beneath the Sea History*, Interscience, New York, 3, 529-533.
- Jeoloji Mühendisleri Odası, 2018. *TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, Antalya Büyükşehir Belediyesi Boğaçay Projesi Değerlendirme Raporu*. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara, 114 s.
- Kamphuis, J.W., 1991. Alongshore Sediment Transport Rate. *Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering*, 117, 624-641.
- Kamphuis, J.W., 2000. *Introduction to Coastal Engineering and Management*. World Scientific, Singapore, 472 s.
- Kamphuis, J.W., 2002. Alongshore transport of sand. *28th International Conference on Coastal Engineering*. ASCE, Cardiff, 2330-2345.
- Kamphuis, J.W., Readshaw, J.S., 1978. A Model Study of Alongshore Sediment Transport Rate. *16th International Conference on Coastal Engineering*. ASCE, Hamburg, 1656-1674.
- Kamphuis, J.W., Davies, M.H., Nairn, R.B., Sayao, O.J., 1986. Calculation of littoral sand transport rate. *Coastal Engineering*, 10, 1-21.
- Kapan, K., Timor, A.N., 2018. Turizm Gelişme Modellemeleri Açısından Antalya Şehri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 71, 53-61.
- Komar, P.D., Inman, D.L., 1970. Longshore sand transport on beaches. *Journal of Geophysical Research*, 75, 5514-5527.

- Kraus, N.C., Gingerich, K.J., Rosati, J.D, 1988. Towards an Improved Empirical Formula for Longshore Sand Transport. *Proceedings of 21st International Conference on Coastal Engineering*, ASCE, New York, 1183-1196.
- Kraus, N.C., Isobe, M., Igarashi, H., Sasaki, T.O., Horikawa, K., 1982. Field Experiments on Longshore Transport in the Surf Zone. *Proceedings of 18th International Conference on Coastal Engineering*. ASCE, Cape Town, 969-988.
- Lamberti, A., Tomasicchio, G.R., 1997. Stone mobility and longshore transport at reshaping breakwaters. *Coastal Engineering*, 29, 263-289.
- Larangeiro, S. H., Oliveira, F. S., 2003. Assessment of the longshore sediment transport at Buarcos beach (west coast of Portugal) through different formulations. *CoastGIS*, Genova.
- Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, 2017. *Konyaaltı Sahilinde Sediman Hareketlerinin İncelenmesi*. Burdur.
- Muir, A.M., Fleming, C.A., 1981. *Coastal Hydraulics*. John Wiley and Sons, New York, 472 s.
- Nielsen, P., 1992. *Coastal Bottom Boundary Layers and Sediment Transport*. World Scientific, Singapore, 340 s.
- Özhan, E., Abdalla, S., 1999. *Türkiye Kıyıları için Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası*. Ankara: İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deniz Mühendisliği Araştırma Merkezi, ODTÜ.
- Ranasinghe, R.S., Sato, S., 2007. Longshore Sand Transport Rate Measurements Using Small-Scale Physical Models. 6. *International Symposium on Coastal Engineering*, 68-81.
- Raudkivi, A.J., 1990. *Loose Boundary Hydraulics*. Pergamon Press, Oxford, 538 s.
- Sarı, C., 2010. Antalya'nın Genel Coğrafya Özellikleri. A. V. Türkiye Cumhuriyeti, *Dünden Bugüne Antalya*. Antalya İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Antalya, 1, 48-64.
- Schoonees, J.S., Theron, A.K., 1996. Improvement of the Most Accurate Longshore Transport Formula. *Proceedings of 25th Conference on Coastal Engineering*, ASCE, Orlando, 3652-3665.
- Schoonees, J.S., Theron, A.K., 1993. Review of the field-data base for longshore sediment transport. *Coastal Engineering*, 19, 1-25.
- Shields, A., 1936. *Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung*. Preussischen Versuchsanstalt für Wasserbau, Berlin, 26 s.
- Simm, J.D., Brampton, A.H., Beech, N.W., Brooke, J.S., 1996. *Beach Management Manual*. Construction Industry Research and Information Association, London, 448 s.

- Sleath, J.F., 1984. *Sea Bed Mechanics*. Wiley, New York, 335 s.
- Smith, E.R., Wang, P., Zhang, J, 2003. *Evaluation Of The Cerc Formula Using Large-Scale Model Data*. University of South Florida, Geology Faculty Publications, Florida.
- Smith, E.R., Wang, P., Ebersole, B.A., Zhang, J., 2009. Dependence of Total Longshore Sediment Transport Rates on Incident Wave Parameters and Breaker Type. *Journal of Coastal Research*, 675-683.
- Soulsby, R.L., 1997. *Dynamics of Marine Sands: A Manual For Practical Applications*. Thomas Telford Publications, London, 249 s.
- Soulsby, R.L., Whitehouse, R.W., 1997. Threshold of sediment motion in coastal environments. *Pacific Coasts and Ports '97: Proceedings of the 13th Australasian Coastal and Ocean Engineering Conference and the 6th Australasian Port and Harbour Conference*. Centre for Advanced Engineering, Cristchurch, 1, 149-154.
- Tomasicchio, G.R., Alessandro, F.D., Barbaro, G., Musci, E., De Giosa, T.M., 2015. Longshore transport at shingle beaches: An independent verification of the general model. *Coastal Engineering*, 69-75.
- Tomasicchio, G.R., D'Alessandro, F., Barbaro, G., Malara, G., 2013. General longshore transport model. *Coastal Engineering*, 28-36.
- TUBİTAK, 2014. *113Y438 Nolu Kıyı Alanlarında Sediman Hareketinin İncelenmesi: Konyaaltı ve Lara Plajları Uygulaması Araştırma Projesi*. Antalya.
- TUROFED, 2015. *Turizm Raporu*. Akdeniz Üniversitesi Turizm Fakültesi Yayın Kurulu, Ankara.
- URL-1, 2018. Hüseyin Çimrin Arşivi. *Antalya Eski Fotoğrafları*. <http://wowturkey.com/forum/viewtopic.php?t=47040>, (Erişim Tarihi: 13.04.2019).
- URL-2, 2012. Konyaaltı Belediyesi. *Konyaaltı Fotoğrafı*. <https://www.konyaalti.bel.tr/Uploads/001.jpg>, (Erişim Tarihi: 13.04.2019).
- U.S. Army Corps of Engineers, 2002. *Coastal Engineering Manual (CEM)* (110-2-1100 b.). U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, 3.
- U.S. Army Corps of Engineers, 2003. *Coastal Engineering Manual (CEM)* (1110-2-1100 b.). U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC, 3.
- Valle, R., Medina, R., Losada, M., 1993. Dependence of Coefficient K on Grain Size, Technical Note No. 3062. *Journal of Waterways, Port, Coastal and Ocean Engineering (ASCE)*, 119(5), 568-574.
- Van der Velden, E., 1989. *Coastal Engineering*. Delft: TU Delft, Department Hydraulic Engineering, 294 s.

- Van Rijn, L.C., 1993. *Principles of Sediment Transport in Rivers, Estuaries and Coastal Seas*. Aqua Publications, Amsterdam, 790 s.
- Van Rijn, L.C., 2014. A simple general expression for longshore transport of sand, gravel, and shingle. *Coastal Engineering*, 90, 23-39.
- Van Rijn, L.C., 2002. Longshore Sand Transport. *28th International Conference on Coastal Engineering*, 3, 2439-2451.
- Van Wellen, E., Baldock, T., Chadwick, A.J., Simmonds, D.J., 2000. STRAND – a Model for Longshore Sediment Transport in the Swash Zone. *Proceedings of the 27th International Conference on Coastal Engineering*. ASCE, Sydney, 3139-3150.
- Van Wellen, E., Chadwick, A.J., Mason, T., 2000. A review and assessment of longshore sediment transport equations for coarse-grained beaches. *Coastal Engineering*, 40, 243-275.
- Walton, T.L., 1980. Littoral Sand Transport from Longshore Currents. *Journal of the Waterway, Port, Coastal, and Ocean Division*, 106, 483-487.
- Wang, P., Ebersole, B.A., Smith, E.R., 2002. *Longshore Sand Transport – Initial Results from Large-Scale Sediment Transport Facility*. ERDC/CHL CHETN-II, 46, 10.
- Weggel, J.R., 1972. Maximum Breaker Height. *Journal of the Waterways, Harbors and Coastal Engineering Division*, 98, 529-548.
- Weise, B.R., White, W.A., 1980. *Padre Island National Seashore: A Guide to the Geology, Natural Environments, and History of a Texas Barrier Island*. Bureau of Economic Geology, University of Texas, Austin, 94 s.
- Wentworth, C.K., 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*, 30, 377-392.
- Yalın, M.S., 1972. *Mechanics of Sediment Transport*. Pergamon Press, Oxford, 290 s.
- Yüksel Proje, 2007. *Kıyı Yapıları ve Limanlar Planlama ve Tasarım Teknik Esasları*. Türkiye Cumhuriyeti, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Ankara, 355 s.
- Yüksel, Y., Özkan Çevik, E., 2009. *Kıyı Mühendisliği*. Beta Basım A. Ş., Ankara, 732 s.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Anıl Güzel
Doğum Yeri ve Yılı : Ankara, 1992



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Etimesgut Anadolu Lisesi	2006-2010
Lisans : Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü	2010-2014
Yüksek Lisans : Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2016-2019

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
1- Selkut İnşaat Ltd. Şti.	2014-2015
2- Refiz Refrakter Ltd. Şti.	2015-2016
3- Hidra Mühendislik ve Danışmanlık Ltd. Şti.	2017-2019
4- Zorlu Holding, Zorluteks Tekstil San. Tic. A.Ş.	2019-

Yayınları (SCI ve diğer makaleler)

- 1- Küçükosmanoğlu, A., ve Güzel, A., 2017, Doğu Karadeniz Bölgesi Yük Tahmini, 1. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Bilim Kongresi , s:375-384, Antalya