

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**SAKARYA NEHRİ’NİN ARIFIYE-BOĞAZKÖY ARASINDAKİ TAŞKIN OVASININ
GELİŞİMİ VE DEĞİŞİMİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN
ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal OKUR ERTURAÇ

Enstitü Anabilim Dalı : Coğrafya

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Korhan ERTURAÇ
Ortak Danışman : Doç. Dr. Alper GÜRBÜZ

HAZİRAN – 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**SAKARYA NEHRİ’NİN ARİFİYE-BOĞAZKÖY ARASINDAKİ TAŞKIN OVASININ
GELİŞİMİ VE DEĞİŞİMİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN
ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ**

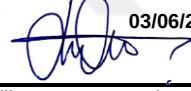
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hilal OKUR ERTURAÇ

Enstitü Anabilim Dalı : Coğrafya

**“Bu tez sınavı 17/06/2020 tarihinde online olarak yapılmış olup aşağıda isimleri bulunan
jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.”**

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Korhan Erturaç	Başarılı
Doç Dr. Alper Gürbüz	Başarılı
Doç Dr. Zerrin Karakuzulu	Başarılı
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Atalay Dutucu	Başarılı
Doç. Dr. Erman Özsayın	Başarılı

 SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU	Sayfa : 1/1
Öğrencinin		
Adı Soyadı	:	Hilal OKUR ERTURAÇ
Öğrenci Numarası	:	Y17602711
Enstitü Anabilim Dalı	:	Coğrafya Anabilim Dalı
Enstitü Bilim Dalı	:	
Programı	:	☒ YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	SAKARYA NEHRİ'NİN ARİFİYE-BOĞAZKÖY ARASINDAKİ TAŞKIN OVASININ GELİŞİMİ VE DEĞİŞİMİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE UZAKTAN ALGILAMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ
Benzerlik Oranı	:	%13
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,		
☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.		
 03/06/2020		
☐ Sakarya Üniversitesi Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafıma yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.		
Bilgilerinize arz ederim.		
...../...../20..... İmza		
Uygundur		
Danışman Unvanı / Adı-Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Korhan ERTURAÇ Tarih: 03.06.2020 		
☐ KABUL EDİLMİŞTİR ☐ REDDEDİLMİŞTİR EYK Tarih ve No:	Enstitü Birim Sorumlusu Onayı	

ÖNSÖZ

Çalışmada öncelikle bilgi ve birikimleri ile beni yönlendiren, yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocalarım; Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Korhan Erturaç ve Doç. Dr. Alper Gürbüz'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma 115Y132 ve 117Y426 No'lu TUBİTAK Projeleri ile 2019-7-24-98 No'lu SAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Çalışmam süresince değerli tecrübeleri ile beni ve çalışmayı destekleyen sayın hocalarım; Doç. Dr. Azad Sağlam Selçuk, Dr. Öğr. Üyesi Özlem Makaroğlu, Ar. Gör. Gülbahar Uzunay, Doç. Dr. Eren Şahiner ve Prof. Dr. Damase Mouralis'e çok teşekkür ederim.

Veri temini konusunda yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım; Dr. Öğr. Üyesi Aynur Dikbaş, Ar. Gör. Dr. Ufuk Tarı, Dr. Öğr. Üyesi Osman Sönmez ve Ar. Gör. Dr. Fatma Demir'e çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarındaki tüm yardımlarından dolayı arkadaşlarım; Ahmet Özkan Kul, Emre Parlakyıldız ve Seda Çetinle'ye çok teşekkür ederim.

Arazi çalışmaları sırasındaki destekleri ve misafirperverlikleri için Adliye ve Boğazköy Mahalleleri Muhtarlıklarına çok teşekkür ederim.

Daimi destekçilerim sevgili aileme ve çalışma ortamımın sakinlerine sonsuz sevgilerimi sunuyorum.

Hilal OKUR ERTURAÇ

Haziran, 2020

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
KISALTMALAR.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ.....	ix
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1. FİZİKİ COĞRAFİ ÇERÇEVE.....	16
1.1. İnceleme Alanı	16
1.2. Sakarya Nehri.....	18
1.3. Kuvaterner Devri Jeolojik Çerçevesi	22
1.3.1. Karapürçek Formasyonu.....	22
1.3.1.1. Değirmendere üyesi.....	24
1.3.1.2. Kumbaşı üyesi	25
1.4. Jeomorfolojik Çerçeve	26
1.4.1. Adapazarı Ovası	32
1.4.2. Geyve Boğazı	34
BÖLÜM 2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ	36
2.1. Saha Çalışmaları.....	36
2.1.1. Taraçaların Fasiyes İncelemesi.....	36
2.1.2. Taraça Seviyelerinin Tarihlendirilmesi	37
2.1.2.1. Radyokarbon Tarihlendirme	37
2.1.2.2. Optik Uyarımlı Luminesans Tarihlendirme (OSL).....	39
2.1.3. RTK- GPS Ölçümleri	41
2.1.4. IHA Fotogrametri	42
2.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	43
2.2.1. Mineral ayırma- OSL.....	43
2.3. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalışmaları	44
2.3.1. Uydu Görüntüleri.....	44
2.3.2. Koordinatlandırma ve Sayısallaştırma.....	46
2.3.3. Alan ve Hacim Hesabı.....	48
BÖLÜM 3. SAKARYA NEHRİ TAŞKIN OVASININ GELİŞİMİ.....	50
3.1. T2 Taraçası	50
3.2. T1 Taraçası	53

3.3.	T0 (güncel taşkın ovası)	55
BÖLÜM 4. SAKARYA NEHRİ BOYUNCA DEPOLANMALI YER ŞEKİLLERİ VE FASIYES ÖZELLİKLERİ		58
4.1.	Depolanmalı Yer Şekilleri.....	58
4.1.1.	Taşkın düzlüğü, taşkın kanalları	58
4.1.2.	Kanal Çökelleri.....	59
4.1.3.	Art-Bataklıklar.....	60
4.1.4.	Doğal Kanal Setleri	60
4.1.5.	Öküz Boynuzu Gölleri.....	60
4.2.	Fasiyes İncelemesi.....	61
4.2.1.	T2 Taraça basamağı A Kesiti	64
4.2.2.	T1 Taraça basamağı B Kesiti	66
4.2.3.	T0 Taraça basamağı- Güncel Taşkın Ovası C Kesiti	68
BÖLÜM 5. NEHİR ÇÖKELLERİNDEN KUM ÜRETİMİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ ve ÇEVRESEL ETKİLERİ.....		70
5.1.	Kum Ocaklarının İşletilme Prensibi: Kum Kapanı veya Mevcut Rezerv	90
5.2.	Alancuma	92
5.3.	Mollaköy	92
5.4.	Adliye- Kumbaşı	93
5.5.	Boğazköy.....	94
5.6.	Sakarya Nehir Kanalında Kum Madenciliğine Bağlı Değişimler.....	96
SONUÇ		98
KAYNAKÇA.....		104
ÖZGEÇMİŞ		109

KISALTMALAR

CBS	:	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DİE	:	Devlet İstatistik Enstitüsü
DSİ	:	Devlet Su İşleri
ETM	:	Enhanced Thematic Mapper
Ha	:	Hektar
HES	:	Hidroelektrik Enerji Santrali
KAFZ	:	Kuzey Anadolu Fay Zonu
SYM	:	Sayısal Yükseklik Modeli
TM	:	Thematic Mapper
UA	:	Uzaktan Algılama
UTM	:	Universal Transverse Mercator

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Başlıca yatak türleri. Menderesli= meandering, Düz= straight, Örgülü= braided ve çatallanmalı= anastomosing. (Miall, 1977; Kerey ve Erkal, 2014).....	2
Şekil 2: Taşkın ovasının jeomorfolojik birimleri (Kerey ve Erkal 2014' ten düzenlenerek).....	3
Şekil 3: A. Küresel verilerle, metalik olmayan madencilik tipleri, 1970-2010, milyon ton, B. Küresel verilerle, metalik olmayan minerallerin sektör başına kullanımları (UNEP, 2016).	8
Şekil 4: Dünyanın birçok yerinde artan gelişigüzel- düzensiz kum madenciliğinin yol açtığı, başta çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerinin tartışıldığı eserler.	11
Şekil 5: İnceleme alanının Turgut Bilgin (1984) tarafından hazırlanan jeomorfoloji haritası üzerinde gözlem noktalarının dağılımı.	14
Şekil 6: İnceleme Alanının Anadolu'nun temel fizyografik özellikleri içerisindeki konumu, diri faylar Emre vd., 2013'den alınmıştır.	16
Şekil 7: Çalışma alanının genel görünümü (altlık harita Google Maps uygulamasından alınmıştır).	17
Şekil 8: Sakarya Nehri'nin akaçlama alanı, yükselti ve akarsu ağı ASTER GDEM verisinden ArcHydroTools kullanılarak elde edilmiştir.	18
Şekil 9: Sakarya Nehri DSİ Durucası istasyonunda (Geyve Boğazı Kuzeyi) yıllık akım değerleri değişimi.	19
Şekil 10: Sakarya İli'nin önemli morfolojik öğeleri (Erturaç,2018'den düzenlenerek). 21	
Şekil 11: Adapazarı Ovası güneyi-Geyve Boğazı-Pamukova hattının jeoloji haritası (MTA; G24 ve H24 1/100.000 basılı jeoloji paftaları kullanılarak hazırlanmıştır (Timur ve Aksay, 2002; Gedik ve Aksay, 2002)).	23
Şekil 12: Karapürçek formasyonu Değirmendere ve Kumbaşı üyesine ait yüzlek ve kesitler A: Büyükdere Batısında bir kum ocağı, sedimantasyonla yaşıtlı faylanma gösteren, yataya yakın tabakalı ince-orta kum ve çakıl ardalanması; B: Boğazköy kuzeyinde kum ocağı, güneye eğimli ince taneli fasiyeslerin ardalanması; C: Yukarı Kirazca Köyü batısında T3 seviyesinde kanal çakılları ile uyumsuz Qkpc dokanağı; D: Karaçam Köyü'nde ince kumlu silt seviyeleri arasında çapraz katmanlanma gösteren gri renkli orta-kaba kum merceği. Ölçek 30 cm uzunluğundadır.	24
Şekil 13: İnceleme alanının genel fizyografisi ve önemli morfolojik öğeleri (Erturaç, 2018' den düzenlenerek üretilmiştir).	26
Şekil 14: İnceleme alanı ve çevresi için Turgut Bilgin (1984) tarafından üretilen jeomorfoloji haritası.	27
Şekil 15: 1975 yılı öncesine ait olması muhtemel Arifiye-Boğazköy taraçalarının jeomorfoloji haritası, (Bilgin, 1984).	28

Şekil 16: Sakarya Nehir kanalının 1945-1975 yılları arasındaki değişimi (Bilgin, 1984'den düzenlenerek).	29
Şekil 17: Sakarya Nehri'nin Arifiye ile Geyve Boğazı arasındaki alanda bırakmış olduğu menderes yarıklarından eski yatak izleri yorumu (Doğan, 2004).....	30
Şekil 18: Sakarya Nehri'nin Arifiye- Boğazköy arasında kalan vadideki son yüzyılda kullandığı yataklar (Doğan, 2004).	31
Şekil 19: Çalışma alanı Kuvaterner jeoloji haritası (Erturaç vd. 2019'dan düzenlenerek).	33
Şekil 20: Aşağı Sakarya Nehri Havzası Boğazları'nın bindirilmiş batı-doğu yönlü yükseklik profilleri (Erturaç, 2018'den düzenlenerek).....	35
Şekil 21: Kesitlerin temizlenmesi ve ölçülmesi çalışmaları.	37
Şekil 22: A. 14C yöntemi ile yaşlandırılan yatak yükü içerisindeki ağaç kütüğü, B. Lüminesans örnekleme araçları, C. OSL Örnekleme sürecinde ölçekli kesit çizimi.	41
Şekil 23: Karaçam- Boğazköy arasında örtüşen 5 uçuştan elde edilen hava fotoğraflarının fotogrametrik değerlendirmesi ile elde edilen 5 cm yersel çözünürlüklü ortofoto ve sayısal yükseklik modeli.	42
Şekil 24: Basitleştirilmiş mineral ayırma prosedür ve aşamaları.	43
Şekil 25: Google Earth görüntü listesi. A. Google Earth görüntülerinin indirilmesinde ve koordinatlandırılmasında kullanılan pafta sınırları. B. İndirilen ve koordinatlandırılan görüntülerin çalışma alanı üzerindeki görünümü. C. Çalışma alanının Google Earth ekranındaki genel bir görünümü.	47
Şekil 26: T2 seviyesine yönelik rtk-GPS profilleri ve saha görünümü A. Alancuma' mahallesi yakınlarında (SB-31) T1 seviyesinden +2.5 m yukarıda duran A ve B leve yapısı gösteren T2 seviyesi. C Rtk-GPS+IHA DEM profili boyunca Kirazca taraça basamaklanması, T2 seviyesi güncel taşkın ovasından +10 m yukarıda yer almaktadır. D. Kumbaşı mahallesi T2 taraça düzlüğüne kurulmuştur. E: Kirazca SB-12 T2 kesiti (c-d örnekleri), F: SB-12 kesiti tabanında kum-ince çakıl bar çökelleri.	51
Şekil 27: Yukarı Kirazca Köyü taraça sistematiği. Fotogrametri ile üretilmiş yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modeli üzerinde taraça profilleri ve gözlem/örnek konumları. Taraça sistematiğinin T2-T1 ve T0 seviyelerinin ilişkisi ve SB-12, SB-13 ve SB-10 örnek konumları. A-T2, B-T1 taraçası ayrıntılı fasiyes tanımlaması için kullanılan kesitlerdir.	52
Şekil 28: SB-16-I kesitin detay görünümü, örnek yerleri ve temel çökel fasiyesleri.	54
Şekil 29: T0 taraçasına ait kesitler A. Boğazköy Kum ocağı içerisinde kanal deposu ve üzerine gelen siltli-ince kumlu taşkın ovası fasiyesi (SB-26) . B. Boğazköy HES yakınlarında (SB-25 kanal deposu içerisinde bir ağaç fosilinin konumu (kırmızı beşgen) aynı zamanda SB-25C14 radyokarbon örneğinin yerini göstermektedir. C. Rtk-GPS ile yersel düzeltilmesi yapılmış IHA-fotogrametrik sayısal yükseklik modelinden kesit, taraça geometrisi ve kum ocağı kesitin konumunu göstermektedir.	55

Şekil 30: T0 seviyesinden içerisindeki meşe kütüğünden yapılan radyokarbon tarihi ve kalibrasyon grafiği (Erturaç vd., 2019; Okur vd., 2020).	56
Şekil 31: Arifiye-Boğazköy taraçalarının sentetik profili (Erturaç vd.,2019’dan düzenlenerek). Kırmızı çerçeve bu çalışmanın konusunu oluşturan kum-çakıl madenciliğinin faaliyet gösterdiği taraça basamaklarını ifade etmektedir.	57
Şekil 32: Menderesli akarsu sistemindeki ana jeomorfolojik özellikleri gösteren blokdiagram (Walker ve Cant, 1981; Kerey ve Erkal, 2014, den düzenlenerek).	59
Şekil 33: Çalışma alanı ayrıntılı fasiyes incelemesi yapılan A-B ve C kesitlerinin yerleri. Altlık harita olarak Bigin,1984 Arifiye taraça haritası kullanılmıştır. Haritada aynı zamanda güncel tarihli kum ocağı işletmeleri ve onlara bağlı göletler yer almaktadır.	63
Şekil 34: Yukarı Kirazca Mahallesi yakınlarındaki A kesiti, T2 taraça basamağında yer alır. 1 den 6’ya kesit tavanından tabanına belirgin fasiyes değişimlerinin görünümü. ..	65
Şekil 35: Yukarı Kirazca Mahallesi yakınlarındaki B kesiti, T1 taraça basamağında yer alır. Kırmızı çerçeve, kanal yapısı içerisindeki yumuşak çökel deformasyonunu göstermektedir.	67
Şekil 36: C kesiti güncel taşkın ovasında yer alır. 1’den 9’a kesit tavanından tabanına belirgin fasiyes değişimlerinin görünümü.	69
Şekil 37: Kum-Çakılın Maden Sektöründeki Yeri (Tablo 5; DİE, 1996, Yüksel ve Sandalcı 2007 verisi kullanarak üretilmiştir).	71
Şekil 38: Çalışmanın kuzeyden güneye 4 odak alanı.	75
Şekil 39: Altlık harita Turgut Bilgin'in bölgedeki ayrıntılı çalışması içerisinde yer alan 1975 yılı öncesine ait ‘Arifiye Güneyinde Ova ve Sakarya Taraçaları’ adlı haritasıdır. Yapılan sayısallaştırma işlemi taraça basamakları için, Erturaç vd., 2019’ dan yararlanılarak yeniden yapılmıştır. Bu harita çalışma alanının kum madenciliği öncesi, doğal gelişiminin bir örneğidir.	77
Şekil 40: 1975 Keyhole uydu görüntüsü üzerinde, Sakarya Nehri kanalı, kanal içerisinde yer alan kum adaları, tarla olarak kullanılan taşkın ovası alanları, doğal görünümlü taşkın ovasının sayısallaştırılması.	78
Şekil 41: 1980 Keyhole uydu görüntüsü üzerinde, Sakarya Nehri kanalı, kanal içerisinde yer alan kum adaları, tarla olarak kullanılan taşkın ovası alanları, doğal görünümlü taşkın ovası ve kum madenciliği başlangıcı gölet ve kum ocağı alanlarının sayısallaştırılması.	79
Şekil 42: Farklı bant kombinasyonları kullanılan Landsat 4-5 TM uydu görüntüleri ile onların sayısallaştırılması örnekleri.	80
Şekil 43: 1980 Keyhole ile 1987, 1988 ve 1989 yıllarına ait Landsat 4-5 TM uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.	82

Şekil 44: 1990, 1991, 1992 ve 1993 yıllarına ait Landsat 4-5 TM uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.....	83
Şekil 45: 1995 ve 1998 yıllarına ait Landsat 4-5 TM ve 2001 yılına ait Landsat 7 ETM+ Pan uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü. Son olarak 1987 yılından 2001 yılına kadar toplam işletilen alanların kesiştirilmiş görünümü.	84
Şekil 46: 2005, 2012,2013 ve 2015 yıllarına ait Google Earth görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.....	85
Şekil 47: 2016 ve 2017 yıllarına ait Google Earth görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.....	86
Şekil 48: Çalışma alanının Kuvaterner jeolojisi haritası üzerinde, 2019 yılına ait kum ocakları-göletler ile 1975 yılı öncesine ait nehir kanalı ve 2019 yılına ait nehir kanalının görünümü. Profiller rtk-GPS ile ölçülen topografik profil yerlerini göstermektedir (Erturaç vd., 2019’dan düzenlenerek).	87
Şekil 49: Rtk-GPS ölçümleri ile oluşturulan taraça basamakları ve Sakarya Nehri’ne ait topografik profiller.	89
Şekil 50: A. Boğazköy’de göletler ile birleştirilen nehir kanalı. B. Artan debi değerleri ile göletlerin asılı çökelleri kapanlaması. C. Nehir ile gölet alanları arasında açılan kanal görünümü.....	91
Şekil 51: 2019 Google Earth görüntüsü ve kum ocağı işletmesi yapılan alanların sınıflandırılmış haritası üzerinde odak alanlar (sarı ve mor çerçeveler).	92
Şekil 52: Mollaköy ve Adliye-Kumbaşı kum ocakları ve göletlerinin görünümü.....	93
Şekil 53: A. Boğazköy’de Sakarya Nehri’nin 2001 ve 2005 yıllarında kanal değişimi. 2005, burada yer alan kum işletmelerinin faaliyetlerinin arttığı yıldır. B. Sakarya Nehri ile göletler arasındaki bağlantının küçük kum barları ile sağlandığını göstermektedir. C. Elenmiş çakıl- blok tepeleri. D. Sakarya Nehri’nin Boğazköy’deki kanal değişimleri. E. Boğazköy kum ocağı ve göletlerinin KB yönünden çekilmiş hava fotoğrafı.....	95
Şekil 54: Geyve Boğazı çıkışında yer alan Doğançay-2 Hidroelektrik Enerji Santrali. Sarı oklar HES çalışmaları sebebiyle yapılan kanal düzenlemeleri kapsamında Sakarya Nehri’nde gözlenen kot düşümünü göstermektedir. Yaklaşık 5 metre olan düşüm sebebiyle güncel taşkın ovası nehirden yukarıda yer almaktadır.	96
Şekil 55: Sakarya Nehri'nin 1974 öncesi, 1980, 2005 ve 2019 tarihli kanal değişimi... 97	97
Şekil 56: 2019 yılı Arifiye- Boğazköy arasındaki Sakarya Nehri boyunca taşkın ovasında yer alan kum ocağı ve göletlerin durumu.	99
Şekil 57: 1980 yılından günümüze kadar süregelen kum- çakıl madenciliği kapsamında toplam işlenen alanların hektar cinsinden eklenik grafiği. 1980 ile 200 yılları arasındaki	

alansal artış büyük oranda Alancuma- Mollaköy sahalarında iken 2000 sonrasında günümüze artışın büyük çoğunluğunu Adliye- Kumbaşı- Boğazköy sahaları oluşturmaktadır. 2019 itibariyle toplam kullanılan alan 970 hektardır. 101

Şekil 58: Her işletme alanından Alan x (derinlik + işletilen taraça kalınlığı) formülü ile hesaplanan yıllara göre işletilen kum- çakıl hacmi. 2019 itibariyle toplam 41 milyon m³ ile 52 milyon m³kum-çakıl işletilmiştir. Bu verilen aralık gölet derinliklerinin 5 ya da 10 metre olarak kabul edilmesi ile hesaplanmıştır. 102

Şekil 59: 1980 yılı ve 2018 yılı arazi kullanımındaki değişimler. Çok sayıda tarım alanı alanı kum ocağı olarak işletilmiştir. Doğal taşkın ovası yok denecek kadar azdır..... 103



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Agrega madenciliğinin ana sonuçlarının özeti, (UNEP/ GEAS, 2014' ten düzenlenerek).....	10
Tablo 2: Bu çalışmada kullanılan Keyhole, Landsat-4-5 TM ve Landsat 7 ETM+Pan görüntü listesi.	45
Tablo 3: Alan ve hacim hesabı excel dosyalarının örnek görünümü	49
Tablo 4: T2 ve T1 taraça seviyelerinin radyokarbon, OSL ve Post-IR-IRSL yöntemleri ile yaşlandırma sonuçları (Erturaç vd., 2019'dan düzenlenerek).	56
Tablo 5: <i>Kum – Çakılın Türkiye Ekonomisine Sağladığı Katma Değerin Payı ((DİE, 1996, Yüksel ve Sandalcı 2007))</i>	71
Tablo 6: Sakarya Nehri Havzası'nda yer alan illerdeki ruhsatlı kum-çakıl ocağı dağılımları (TMMOB, 2012).	72

Sakarya Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Özeti

Yüksek Lisans	X	Doktora	
Tezin Başlığı: Sakarya Nehri'nin Arifiye-Boğazköy Arasındaki Taşkın Ovasının Gelişimi ve Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İncelenmesi			
Tezin Yazarı: Hilal Okur Erturaç		Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Korhan Erturaç	
Kabul Tarihi: 17.06.2020		Sayfa Sayısı: 10+103	
Anabilim Dalı: Coğrafya		Bilim Dalı:	
İnceleme alanı, Anadolu'nun Kuzeybatı kesiminde, Doğu Marmara Bölgesinde, Sakarya Nehri akaçlama alanı içerisinde yer almaktadır. Sakarya Nehri, yıllık ortalama 164.5 m³/s debisi ile Kuzeybatı Anadolu'nun büyük bir kısmını (60.000 km²) akaçlayarak yılda 23400 ton asılı çökeli Karadeniz'e ulaştırır. Bu çalışmanın odak noktası, Adapazarı Ovası'ndaki Sakarya Nehri'nin, Boğazköy ile Arifiye arasında yer alan 15 km uzunluğundaki taşkın ovasıdır. Çalışma iki ana aşamadan oluşmaktadır. Birincisi, Sakarya Nehri ve onun dinamiklerine bağlı doğal kontrollerle oluşan ve etkileşen taşkın ovasının gelişimini araştırmaktır. Bu aşamada Sakarya Nehri'nin Holosen içerisinde şekillendirdiği taraça basamakları ve güncel taşkın ovası yer almaktadır. Eklenik üç taraça basamağı ve zamansal ilişkileri ortaya konulmuştur. Çalışmanın ikinci aşaması ise alanda yer alan kum-çakıl ocağı işletmelerinin çevresel ve zamansal değişimlerinin izlenmesidir. Kum ocağı işletmelerinin alan genişliğini izlemek için 1970 den günümüze uydu görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi yöntemleri kullanılarak, 44 yıllık kum-çakıl madencilik faaliyetleri ile; kullanılan alan ve işletilen malzeme hacmi ortaya konulmuştur. Sakarya Nehri taraça basamakları içerisindeki taşkın ovası çökel paketinin yer aldığı çalışma alanı boyunca; güncel taşkın ovasının ve T1 taraça basamağının tamamına yakını, T2 taraça basamağının da büyük bir kısmı kum-çakıl madencilik faaliyetleri ile işletilmiştir. Toplam ~970 hektar alanda 41-52 milyon m³ malzeme işletilmiştir. İşletilen kum-çakıl boylu çökellerin toplam ağırlığı 107-137 milyon ton aralığındadır.			
Anahtar Kelimeler: Adapazarı Ovası, CBS, kum-çakıl madenciliği, taşkın ovası, uzaktan algılama.			

Sakarya University
Institute of Social Sciences Abstract of Thesis

Master Degree	X	Ph.D.	
Title of Thesis: Investigation of the Development and Change of the Sakarya River Floodplain between Arifiye-Boğazköy by Using Geographical Information Systems and Remote Sensing			
Author of Thesis: Hilal Okur Erturaç		Supervisor: Asist. Prof. Dr. Mehmet Korhan Erturaç	
Accepted Date: 17.06.2020		Number of Pages: 11+103	
Department: Geography		Subfield:	
The study area is located within the Sakarya River drainage area in the Northwestern part of Anatolia, in the Eastern Marmara region. Sakarya River drains most of NW Turkey (60.000 km²) with average annual discharge as 164.5 m³/s, carrying 23400 tons of suspended sediment load to the Black Sea. The focus of this study is the 15 km long floodplain of Sakarya River in Adapazarı Basin, between Arifiye and Boğazköy. The study consists of two main objectives. The first objective is to investigate the development of the Sakarya River deposits during the Holocene. Two terrace steps and the recent flood plain, are introduced with spatial and temporal relationships. The second objective of the study is to identify and monitor the sand-gravel mining activities in the study area, which in time cause the destruction of the recent floodplain and issued environmental and social problems in the area. The temporal expansion of the sand mines are investigated by using remotely sensed imagery from 1970 to the present and digitized to develop a geographic information system for the area. The collected data are used to define the surface area and volume of material exploited in time for the last 44 years. The results show that nearly all of the current flood plain (T0) and T1 terrace steps and a significant part of T2 terraces steps were operated by sand-gravel mining activities. The total amount material exploited is calculated as 41-52 million m³ in a total area of ~970 hectares. The gross total of the sand-gravel sediments operated is estimated as 107-137 million tons.			
Keywords: Adapazarı Plain, GIS, sand-gravel quarries, floodplain, remote sensing			

GİRİŞ

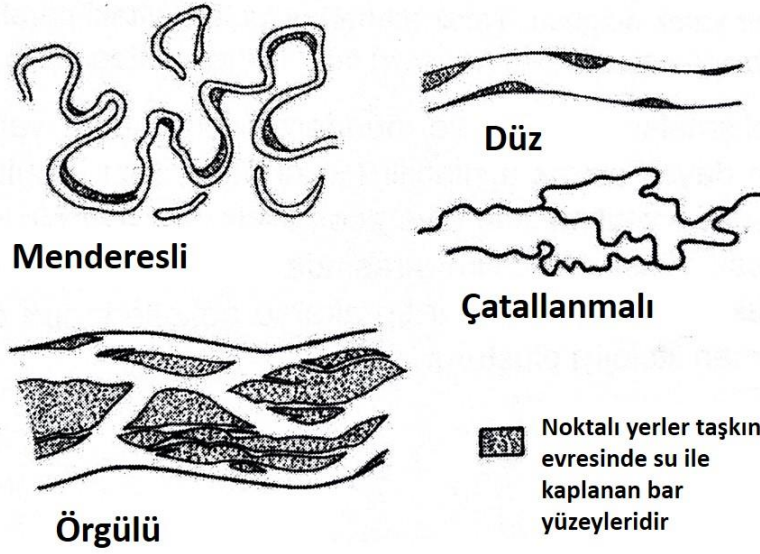
İnceleme alanı Kuzey Batı Anadolu'nun büyük bir kısmını akaçlayan Sakarya Nehri'nin Doğu Marmara Bölümünde yer almaktadır. Diğer bir ifade ile inceleme alanı Adapazarı Ovası'nın güneyinde, Geyve Boğazı çıkışı ile Sakarya İl merkezi arasında kalan 15 km uzunluğundaki güncel taşkın ovasıdır.

Akarsu ortamları, çökel havzaların ve karalardaki ortamların önemli bir bölümünü oluşturur. Jeolojik kayıtlarda oldukça yaygındırlar. Akarsu çökelleri aktif akarsular tarafından depolanırlar.

Flüvyal sistemlerde tortu tipik olarak daha yüksek alanlardan aşınır ve nehir yatak yükü içinde askıya alınarak taşınır. Kaba kum, tipik olarak sel zamanlarında kanal boyunca taşınırken, daha ince taneli malzemeler olan siltler ve killer normal akış dönemlerinde taşınır. Alüvyon birikimi, suyun hızı, sıvının onu taşıma kabiliyetini aştığında gerçekleşir (Shearer ve Hudson 2008). Nehirler taşkın yatağında çeşitli şekillerde hareket eder ve bu jeomorfolojik değişiklikler tortul ipuçları bırakır.

Akarsu çökellerinin çok değişken özellikte olduğu ve tek bir fasiyes modeli ile karakterize edilemeyeceği ortaya konulmuştur. Akarsu tipleri sürekli değişim gösterebilir de ayrı tiplerde, farklı kategorilerde toplanabilirler. Akarsu tiplerinin adlandırılması ve sınıflandırma şekilleri istiflerdeki çökel yapıları, kum ve çakıl kütlelerinin geometrisine, tane boyu değişimine, rezervuar karakteristiklerine, birikmesine ve hareketlerine bağlıdır. Buna göre akarsular yatak morfolojilerine göre menderesli (meandering), düz (straight), çatallanmalı (anastomosing) ve örgülü (braided) olmak üzere dört gruba ayrılarak incelenebilir (Şekil 1, Miall, 1977; Kerey ve Erkal, 2014).

Bu çalışmanın konusunu oluşturan Sakarya Nehri, Adapazarı Ovası'nda menderesli bir akarsu yatak morfolojisine sahiptir. Menderesli akarsular yüksek bir alan önünde, yatak eğiminin az, göreceli olarak debinin düşük olduğu, düşük eğimli alanlarda, menderesler oluşturarak akarlar. Menderesli akarsu ortamlarında eğim oldukça az olduğundan mevsimlik boşalım hızı duraylı, sürüklenen çökel de az olarak kabul edilir (Kerey ve Erkal, 2014).



Şekil 1: Başlıca yatak türleri. Menderesli= meandering, Düz= straight, Örgülü= braided ve çatallanmalı= anastomosing. (Miall, 1977; Kerey ve Erkal, 2014)

Menderesli akarsular daha düzenli bir dizilimle, kanal (yatak) işlemlerinin ve daha belirgin olmak üzere yatak, yatak arası ve kanal üstü ortamlarının rahat bir şekilde ayrılmasına olanak verir. Bu tip akarsular, belli bir zaman aralığında, jeomorfoloji literatüründe **taşkın ovası** olarak adlandırılan alüvyon düzlüğünün küçük bir parçasını işgal ederler. Yani akarsuyun yatağı, sınırları az çok belli bir kuşakta, menderes kuşağı içerisinde yer alır, mendereslenme bu kuşağın dışına çıkmaz.

Menderesler çizerek akan akarsu menderes kuşağı içerisinde yer değiştirir. Bu yer değiştirme menderesin büyüklüğünün bir fonksiyonudur. Bir menderesin yüksek bükümlü olması büyük oranda asılı yük taşıması ile ilgilidir.

Bir akarsuyun menderesli olabilmesi için; göreceli düşük eğim, yüksek miktarda asılı çökel yükü- yatak yükü oranı ve duraylı yatak kenarı çökel varlığı gibi bileşenlerin bir arada olması gerekir (Şekil 2, Kerey ve Erkal, 2014).

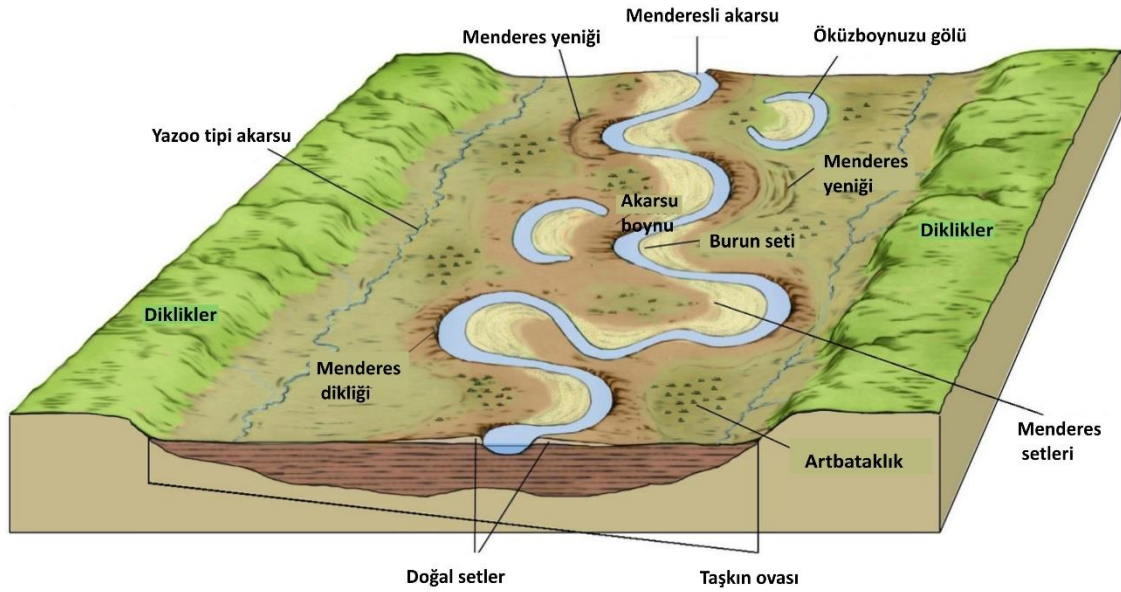
Taşkın ovalarının morfolojisi, onları şekillendiren nehir kanallarının biçimi ve davranışı ile ilişkilidir. Taşkın ovalarının oluşumu ve gelişiminde; çeşitli biriktirme, yeniden işleme ve erozyon süreçleri yer alır. Taşkın ovaları çeşitli çökel birikimi ile gerçekleşir. Üç ana çökel birikimi, nehir yatağının morfolojisine birebir bağlı, yatay, dikey ve bar birikimleridir.

Nanson ve Croke (1992) taşkın ovalarını temelde üç sınıfa ayırmışlardır;

Yüksek enerjili kohezyonsuz taşkın ovaları: Çoğunlukla yüksek irtifa nehirlerinde gözlenen, ani sel ve taşkın ile karakterize edilen vadiler içinde oluşur. Kaba kum ve çakıl boylu malzemelerin taşınabildiği, düşük sel ve taşkın koruması gösteren alanlardır.

Orta enerjili kohezyonsuz taşkın ovaları: İyi gelişmiş kanal ve taşkın ovasını ifade eder. Örgülü ve menderesli akarsular ile karakterize edilir.

Düşük enerjili kohezyonlu taşkın ovaları: Tek ana kanal ve geniş taşkın ovaları ile karakterize edilir. Fasiyes toplulukları kurak veya nemli iklim koşullarını yansıtır.



Şekil 2: Taşkın ovasının jeomorfolojik birimleri (Kerey ve Erkal 2014' ten düzenlenerek)

Bir akarsuyun akaçlama havzası kapsamında ürettiği kırıntılı çökel paketlerinden oluşan taşkın ovasının, akarsuyun kaide seviyesi değişimlerine gösterdiği tepkiye bağlı olarak derine kazarak asılı kalması ile oluşan çökel paketlerine Türkçe literatürde akarsu taraçası, terası ya da sekisi adı verilmektedir (Erinç, 1982). Akarsuların akış rejimi ve ilişkili olarak çökel taşıma kapasitesi, mutlak kaide seviyesi olan deniz seviyesinin değişimleri (Schumm, 1993) ile yağışlı/kurak dönem geçişlerine (Blum and Törnqvist, 2000; Vandenberghe, 2002; Bridgland ve Westaway, 2008; Macklin vd., 2012; Faust ve Wolf, 2017; Erturaç ve Kıyak, 2017) belirgin bir cevap verir. Bu cevap, akarsuyun evrimi içerisinde vadi tabanını derinleştirmesi ve genişletmesi, geriye doğru aşındırma hızının artması ile depolama ya da aşınma olarak ifade olmaktadır (Bull, 2008). Özellikle genç ve gençleşen morfojenetik bölgelerde önemli akarsuların ana kolları üzerinde belirgin taraça sistematiği (basamaklanması) oluşumu gözlenir (Erinç, 1982; Bull, 2008).

Taraçalar morfoloji ve çökel birikimine göre iki sınıfta değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki temel ya da bir önceki alüvyal deponun kazılması ile oluşan erozyonal (strath) taraçalardır (Bull, 2008). Bu tür taraçalar yer yer görece ince bir çökel örtü içerirler ve akarsu kanalının yanal ve düşey yönde belirgin göçünü ifade ederler.

Diğer bir sınıf ise eski taşkın ovası dolgusunun asılı kalması ile oluşan, bir diğer deyişle kalın ve iyi gelişmiş flüvyal fasiyeslerden oluşan depolanmalı taraçalardır (Pazzaglia, 2013). Bir akarsu havzası boyunca bu iki ana sınıfa (ve alt sınıflara) ait taraçalar depolanma/aşınma dönemlerine karşılık gelmektedirler. Yer şekillerinin oluşum süreçleri boyunca, özellikle tektonik olarak aktif bölgelerde, akarsuların aşınmalı ve depolanmalı yapıları olarak gelişen taraça sistemleri, düzenli olarak gençleşen bir bölgede bu gençleşmenin kanıtlarını içerisinde barındırmaktadır. Taraça sistematiğinin birbirleri ile mekânsal ve zamansal olarak ilişkilendirilmesi, oluşum kökenleri ve daha önemlisi nedenleri hakkında önemli bilgi kaynağıdır (Erturaç, 2019).

Taraça oluşumu bir akarsuyun enerjisindeki değişimlere bağlı olarak gerçekleşir. Küresel iklim değişikliklerinin (buzul ilerlemesi, gerilemesi ve buzul arası dönemleri) nehrin akış dinamiklerine (debi değişimlerine) etkisi, nehrin kaide seviyesi, içine akmış olduğu yerin ilksel morfolojisine ve buzul çağlarının bir sonucu olarak önemli kaide seviyesi

değişimleri ile birlikte genç tektonik yükselme/çökme ile denetlendiği ortaya konulmuştur (Schumm, 1993; Blum and Törnqvist, 2000; Macklin vd., 2002; Bull, 2008; Pazzaglia, 2013).

Özellikle orta Pleyistosen'de gerçekleşen değişim ile 41 bin yıllık yerine, 100 bin yıllık döngülerin egemen olmasıyla birlikte akarsuların derine kazma hızının arttığı ve akarsuların daha belirgin taraçalar oluşturduğu düşünülmektedir (Brideland ve Westaway, 2008). Bununla birlikte flüvyal sistemin iklim değişikliklerine gösterdiği cevap birden çok etkin bileşen (deniz seviyesi değişimi ile kurak dönemlerin aynı döneme denk gelmesi ve buzul çağları içerisindeki stadial ve interstadial dönemler) nedeniyle halen tartışılmakta olan bir konudur (Vandenberghe, 2008).

Akarsu taraçalarının mutlak tarihlendirilmesi, radyokarbon yönteminin kullanılmaya başlandığı 20. yüzyılın ikinci yarısının başlarında başlar. Yöntemin kullanımının artmasıyla özellikle Holosen içerisindeki taşkın ovası ve akarsu kanalı evrimi çalışmaları mutlak tarihlendirme ile birlikte değerlendirilmeye başlanmıştır (Blum and Törnqvist, 2000). Ar/Ar ve K/Ar vb. tarihlendirme yöntemleri, özellikle sürekli volkanizma etkisi altındaki bölgelerdeki akarsu taraça seviyelerini fosilleştiren volkanik malzemenin (lav ve tüf) yaşlandırılarak bu yapıların tarihlendirilmesinde kullanılmıştır (ör: Maddy vd., 2017). Son 20 yıl içerisinde kırıntılı çökellerin dolaysız tarihlendirilmesine yönelik yöntemler geliştirilerek uygulama ve laboratuvar anlamında yaygınlık kazanmıştır (Rixhon vd., 2017). Optik /Kızılötesi Uyarımlı lüminesans (OSL/IRSL) ve kozmojenik radyonükleid tarihlendirmeleri günümüzde akarsu çökellerinde en yaygın kullanılan Kuvaterner tarihlendirme yöntemleri arasındadır (Rhodes, 2011 ve Wallinga, 2002).

Yeryüzünde farklı jeolojik ve coğrafik özelliklere sahip önemli nehirlerin üzerine sayıları ve detayları hızla artan çalışmalar ile taraça gelişiminin nedenlerini açıklayan küresel ve bölgesel etkilerin tartışılması mümkün olmuştur (Erturaç, 2019).

Buzul çağları boyunca belirgin deniz seviyesi değişimleri, akarsuların kıyı bölgelerinde yakın kesimlerde hızla derine kazması ile sonuçlanmıştır. Bu etkinin kıyı gerisine doğru uzanımının miktarı, kara ve deniz morfolojisinde (örneğin akarsu profili ve şelf eğimi)

ölçülebilir birçok parametreye bağlıdır ve literatürde iyi tanımlanmış durumdadır (Schumm, 1993; Demoulin vd., 2017). Kronolojik çalışmalar, aktif dağ kuşağı oluşum bölgelerinde dahi taraça gelişiminin, bilinen önemli iklim değişikliklerine karşılık geldiğini ortaya koymakla birlikte, özellikle jeomorfolojik döngü içerisinde olgun olarak tanımlanan, denge profiline ulaşmış ve büyük drenaj alanına sahip akarsularda taraça gelişimi için sürekli tektonik yükselme bir ön koşul olarak kabul edilmektedir (Pazzaglia, 2013).

Flüvyal jeomorfoloji çalışmalarında taraçalar, paleo-jeodezik nirengi noktaları olarak değerlendirilmektedir (Erturaç ve Kıyak, 2017).

Tektonik yükselmenin etkisi, taraça yüksekliği/ yaş ilişkisi göz önünde alınarak belirlenebilmektedir. Buna göre tektonik aktivitesi yüksek bölgelerde belirgin yüksekliklere ulaşabilen bir taraça sistematigi Geç Pleyistosen içerisinde gelişebilirken (ör: Himalaya Burbank vd., 1996 ve Doğu Asya, Pan vd., 2003 nehirleri) bölgesel ve yavaş bir yükselme gösteren bölgelerde benzer bir sistematigin oluşması milyon yıl mertebesine yaklaşmaktadır (ör. Paris havzası nehirleri: Antoine vd., 2000; Kızılırmak: Çiner vd., 2015).

Akarsular ve onların taşkın ovaları insanlık tarihi boyunca en yoğun kullanılan alanların başında gelmektedir. Nehirler, su kaynakları, çevre alanları ise suya yakın tarım ve yerleşim alanı olarak tercih edilmiştir.

Yukarıda tanımlanan güncel taşkın ovası ve fosilleşmiş taşkın ovaları olarak tanımlanan akarsu taraça basamakları üzerinde, herhangi bir insan etkisinin olmaması kaçınılmazdır. Flüvyal sistemler üzerindeki insan etkileri karmaşık ve çok çeşitli olabilmektedir. Bunların başında tarımsal faaliyetler, kentleşme, arazi ıslahı, çeşitli boyutlarda barajlar, Hidroelektrik santralleri ve madencilik faaliyetleri gelmektedir. Bu tür insan faaliyetleri nedeniyle, nehirlerdeki tarihsel değişikliklere atıfta bulunmadan az sayıda flüvyal ortam anlaşılabilir.

Çakıl ve kum, binlerce yıl süren aşınma- taşınma süreçleri ile oluşan, inorganik ve endüstriyel ham maddelerdir. Kum- çakıl-mıcır, inşaat ve yapı sektöründe agrega olarak adlandırılır. Kırma ve doğal olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu malzemeler; başta beton, hafif beton üretiminde, yol dolgusu ve kaplamasında, inşaat sıvasında yoğun olarak kullanılmaktadır (Şekil 3).

Bu malzemeler başta boyut ve hacim olmak üzere çeşitli sınıflandırmalarla birbirlerinden ayrılırlar. Yapı malzemesi olarak kum 0.063-2 mm tane boyutunda gevşek dokulu klastik bir sedimandır. Tane boyutu 0.063-0.25 mm arasında ince kum, 0.25-1 mm arasında orta dereceli kum 1-2 mm arasında ise kum tanımı kullanılmaktadır. Kum kuvars, feldspat taneleri, kayaç artıkları, mika ve glokon gibi minerallerin bir karışımıdır. Tanelerin yüzey özellikleri, sertliği, kil ve silt fraksiyonlarının oranı, kumun özelliğini belirleyen önemli faktörlerdir. Bunun yanında, kalker (CaCO_2) kökenli kayaçların kırılması ve sınıflandırılması ile elde edilen yapay kumlar (taş unu) da yaygın olarak kullanılmaktadır (MTA, 2020).

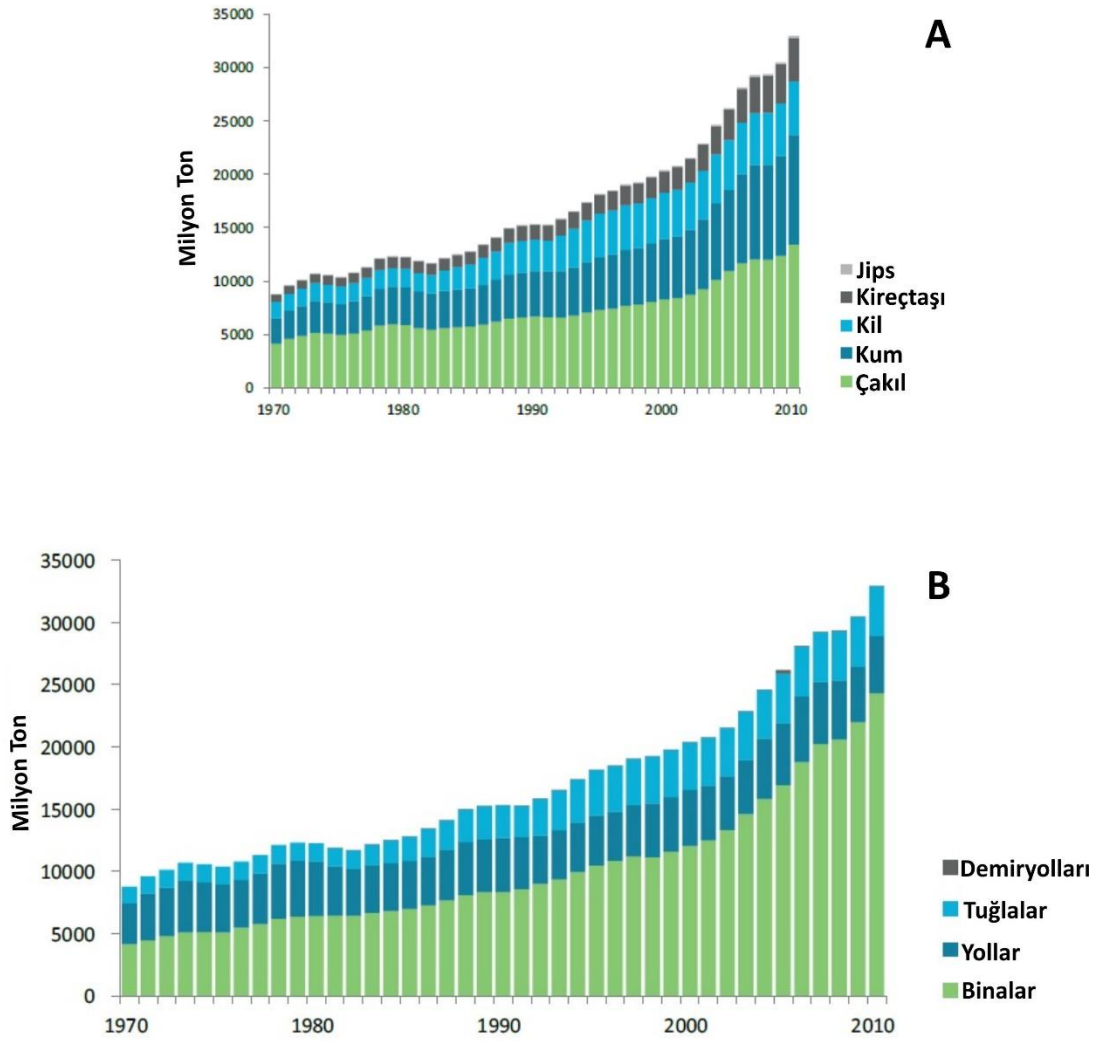
Çakıl olarak adlandırılan doğal hammaddeler ile mıcır olarak adlandırılan kırılmış agregaların tane boyutu 2-128 mm arasındadır. Tane boyutu 2-8 mm olanlara ince agrega, 8-32 mm arasında olanlara da iri agrega denir (MTA, 2020).

Kökenleri, üretim şekilleri ve tane büyüklüklerine bağlı olarak, ülkeler ve bölgeler arasında önemli standart ayrılıkları ve isimlendirme farklılıkları mevcuttur.

Küresel olarak yılda 47 ila 59 milyar ton inorganik malzeme madenciliği yapılmaktadır (Steinberger vd, 2010). Bunun % 65-85' ini kum ve çakıl madenciliği oluşturmaktadır (Krausmann vd, 2009).

Metalik olmayan madencilik işletmelerinin küresel olarak ana kısmını kum ve çakıl oluşturmaktadır. Büyüme hızı ise diğer metalik olmayan madenlere göre çok daha hızlıdır. Büyüme hızının en önemli bileşeni ise bina inşasıdır (Şekil 3, UNEP, 2016).

1900 ile 2010 yılları arasında, küresel ölçekte binalar ve ulaşım altyapısı için kullanılan doğal kaynakların hacmi 23 kat artmıştır. Serbest kum ve çakıl %79' luk oranıyla bu üretimin en büyük kısmını oluşturmaktadır (Torres, 2016).



Şekil 3: A. Küresel verilerle, metalik olmayan madencilik tipleri, 1970-2010, milyon ton, B. Küresel verilerle, metalik olmayan minerallerin sektör başına kullanımları (UNEP, 2016).

Kum ve çakıl genellikle kara taş ocaklarından, nehirlerden, gllerden, deniz tabanlarından ve kıyılardan çıkarılır. Farklı retim kaynakları mevcut olduğundan bu durum farklı maliyetleri de beraberinde getirmektedir. Örneğin: Deniz- kıyı kum madeni kaynakları, tuz içeriğinden kaynaklı yıkama ve sodyumdan arındırma maliyetleri içerir. l kumları, rüzgar erozyonu sebebiyle tane tutunması düşük, beton üretiminde kullanılamayan bir kum kaynağıdır. Kara taş ocakları ve özellikle serbest kum madenciliği, maliyeti en düşük ve en uygun malzemeyi sağlar (UNEP/GEAS, 2014).

Tüm dünyada oldukça yoğun bir şekilde madenciliği yapılan kum ve çakıl çıkarımına ait veriler oldukça sınırlıdır. Bu madencilik türüyle ilgili verilere, yalnızca bazı ülkelerde ve son yıllarda ulaşılabilmektedir (Krausmann vd, 2009).

Agrega madenciliği ile ilgili küresel verilerin bulunmaması çevresel değerlendirmeyi çok zorlaştırmakta ve bu konudaki farkındalık eksikliğine neden olmaktadır.

Agregaların küresel kullanımını dolaylı olarak tahmin etmenin bir yolu beton için imento üretimidir (beton; imento, su, kum ve çakıl ile yapılır). Çimento retimi 2012 yılında 150 ülke tarafından verilen raporlarla, yıllık toplam 3. 7 milyar ton olarak hesaplanmıştır (USGS, 2013a). Her ton çimentonun, yaklaşık altı ila yedi katı kadar kum ve çakıl ihtiyacı vardır (USGS, 2013b). Bu nedenle, dünyanın beton için agrega kullanımı, yalnızca 2012 için yılda 25. 9 milyar ila 29. 6 milyar ton olarak tahmin edilebilir. Agregalar ayrıca asfalt kaplamaların % 90'ını ve beton yolların % 80'ini oluştururlar (Robinson ve Brown, 2002).

Ayrıca kıyı düzenlemeleri, arazi ışlahı, yol setleri gibi yoğun kullanım alanlarında, miktarla alakalı bir tahmin yürütmek mümkün olmamaktadır (USGS, 2012).

Tüm bu tahminleri dikkate alarak, dünya çapında toplam tüketim için iyimser bir tahmin ile kum ve çakıl kullanımının yılda 40 milyar tonu aştığı gözlenebilir. Bu, dünyanın tüm nehirleri tarafından taşınan yıllık tortu miktarının iki katıdır (Milliman ve Syvitski, 1992).

Madenciliği yapılan kum ve çakıl malzemelerinin net bir şekilde bilinmemesinin en büyük sebebi de yaygın yasadışı işletmelerdir. Kum ve çakılın 200 den fazla kullanım alanı bulunmaktadır ve günümüzde en yaygın yapı malzemesi olma özelliğindedir.

Küresel olarak bu denli kullanım alanı olan ve ne kadar kullanıldığı bilinmeyen başka bir maden daha yoktur (Torres, 2016).

Kum ve çakıl madenciliği saptanamayan ölçütlerde olunca, artan insan nüfusu, kentleşme ve refah seviyesi ile doğru orantılı artarak, riskler ve biyolojik tehditleri de o oranda artırmaktadır (Sutherland vd, 2017).

Kum ve çakıl, doğal yollarla yenilenebilirliğini çok aşan oranlarda işletilen ve gittikçe daha da azalan bir kaynak haline gelmektedir. Uzun vadeli düşünmeden aşırı kullanımı; çıkarımı ve ticareti ile birlikte biyoçeşitlilik kaybının önemli bir aktörü konumundadır (Tablo1). Mevcut eğilimlere bakıldığında kum talebi gelecek yıllarda katlanarak artacaktır. Sonuç olarak, insanoğlu kum kıtlığı ile karşılaşacaktır ve bu önemli sosyo-politik, ekonomik ve çevresel etkileri olan bir konudur (Torres, 2018).

Tablo 1: Agrega madenciliğinin ana sonuçlarının özeti, (UNEP/ GEAS, 2014' ten düzenlenerek)

Biyoçeşitlilik	Kum işletimi yapılan yerlerdeki ekosistem direkt olarak etkilenir
Arazi Kaybı	Uzun dönemde akarsu ve kıyı boyunca erozyon ve toprak kaybı artar
Hidrolojik Etki	Su akımında değişim meydana gelir, uzun dönemde taşkın-sel olayları sonucu doğal dengenin bozulması gözlenir
Su kaynakları	Yeraltı su seviyesinde düşüş ve kirlenme meydana gelir
Altyapı	Köprü, hidroelektrik santral, nehir kenarı ve kıyı düzenleme yapılarında tahribat gözlenir
Doğal çevre	Kıyı erozyonu, delta kıyısı ve yapılarında erozyon gözlenir, nehir kirlenir
Olağandışı olaylar	Taşkın, sel, kuraklık gibi olağandışı olaylara karşı nehir sisteminin koruması azalır

Kum çıkarımı ve ticaretinin yarattığı yüksek kar yoğunlukla, sosyal ve politik çatışmalara yol açmaktadır. Çeşitli örnekler söz konusudur;

Hindistan'daki basamaklı bir suç örgütü olan kum mafyasının, yasal olmayan ocaklardan; kum çıkarma, yükleme, ulaşım ve depolama süreçlerinin her aşamasında yarattığı şiddet ortamı ve bundan etkilenen yüzlerce insan söz konusudur (Rege, 2016).

Güney Afrika'daki kırsal topluluklar için önemli bir gelir kaynağı olarak görülen kum madenciliği, özellikle genç yaş grubuna iş imkanı sunan ve mevcut yoksulluk koşullarında vazgeçilmesi imkansız bir endüstri haline gelmiştir (Mngeni, 2016)

Aşırı deniz agregaları madenciliği, Endonezya'daki kum adalarının ortadan kalkması ile uluslararası sınır değişikliğine neden olmuştur (New York Times, 2010; Guerin, 2003).

Singapur örneğinde kumun fiyatı 1995-2001 yılları arasında \$3/ton iken 2003-2005 arasında \$190/ton'a ulaşmıştır. Bu örnek, gelişen günümüz taşımacılık ağı göz önüne alındığında, kum üretim ve tüketimin yalnızca ulusal arz/talep dengesine bağlı olmaktan çıkarak uluslararası ticari bir değeri olduğunu ortaya koymaktadır (Okur vd., 2018). Yukarıda bahsedildiği gibi kum-çakıl kullanımı, çimento üretiminden dolayı olarak hesaplanır. Dünya'nın 5 büyük çimento üreticisi; Çin, Hindistan, ABD, Brezilya ve Türkiye'dir. Bu ülkeler Dünya'daki çimento üretiminin %70 ini oluşturmaktadırlar (UNEP, GEAS,2014).

UNEP Global Environmental Alert Service (GEAS)
Taking the pulse of the planet; connecting science with policy
Website: www.unep.org/geas E-mail: geas@unep.org

March 2014 Home Subscribe Archive Contact

Thematic focus: Ecosystem management, Environmental governance, Resource efficiency

Sand, rarer than one thinks

PERSPECTIVES

ENVIRONMENT

A looming tragedy of the sand commons
Increasing sand extraction, trade, and consumption pose global sustainability challenges

By Aurora Torres,^{1,2} Jodi Brandt,¹ Kristen Lear,¹ Jianguo Liu¹

Between 1990 and 2010, the global volume of natural resources used in buildings and transport infrastructure increased 23-fold (1). Sand and gravel are the largest portion of these primary material inputs (79% or 28.6

of activities that demand the use of increasing amounts of sand. In the following, we identify linkages between sand extraction and other global sustainability challenges.

ENVIRONMENTAL IMPACTS
Sand extraction from rivers, beaches, and seashores affects ecosystem integrity through erosion, physical disturbance of benthic

The effects of sand mining on rural communities

A. Mngeni¹, C. M. Musampa¹ & M. D. V. Nakin²
¹Department of Biological and Environmental Sciences, Walter Sisulu University, South Africa
²Risk and Vulnerability Science Centre, Walter Sisulu University, South Africa

Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use

Fridolin Krausmann^{1,2}, Dominik Wiedenhofer¹, Christian Lauk¹, Willi Haas¹, Hiroki Tanikawa³, Torger Fishman⁴, Alessio Miatto⁵, Heinz Schandl¹, and Helmut Haber¹

¹Institute of Social Ecology, Vienna, Austria; ²Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, Okazaki, Nagoya 464-8601, Japan; ³Center for Industry Ecology, School of Forestry and Environmental Studies, Yale University, New Haven, CT 06511; and ⁴Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Bush Mountain Laboratories, Adair, 3607 ACT, Australia

Edited by William C. Clark, Harvard University, Cambridge, MA, and approved January 5, 2017 (received for review August 26, 2016)

Journal of Geographical Sciences
© 2007 Science in China Press Springer-Verlag
DOI: 10.1007/s11442-007-0197-4

Impacts of the large amount of sand mining on riverbed morphology and tidal dynamics in lower reaches and delta of the Dongjiang River

JIA Liangwen¹, LUO Zhangren², YANG Qingshu², OU Shuying², LEI Yaping²
¹ Coastal Ocean Research Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
² Institute of Estuarine and Coastal Research, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China

Trends in Ecology & Evolution
CellPress
Feature Review
A 2017 Horizon Scan of Emerging Issues for Global Conservation and Biological Diversity

William J. Sutherland,^{1,2} Phoebe Bernard,² Steven Broad,³ Mick Clout,⁴ Ben Connor,⁵ Isabelle M. Côté,⁶ Lynn V. Dicks,⁷ Helen Doran,⁸ Abigail C. Entwistle,⁹ Erica Fleishman,¹⁰ Marie Fox,¹¹ Kevin J. Gaston,¹² David W. Gibbons,¹³ Zhigang Jiang,¹⁴ Brandon Kern,¹⁵ Fiona A. Lickorish,¹⁶ Paul Markello,¹⁷ Kathryn A. Monk,¹⁸ James W. Pearce-Higgins,^{1,19} Lloyd S. Peck,²⁰ Jules Pretty,²¹ Mark D. Spalding,^{1,22} Ferike H. Tonnecek,²³ Bonnie C. Wente,²⁴ and Nancy Ockendon¹

Şekil 4: Dünyanın birçok yerinde artan gelişigüzel- düzensiz kum madenciliğinin yol açtığı, başta çevresel ve sosyo-ekonomik etkilerinin tartışıldığı eserler.

Çalışmanın Konusu

Bu çalışmanın konusu, Sakarya Nehri boyunca yer alan Geyve Boğazı çıkışından Sakarya İl merkezine kadar olan; 1980 yılından günümüze faaliyetlerini sürdüren kum ocaklarının çalışma prensibi, kullanılan toplam alan ve çıkarılan malzeme hacminin ortaya konulmasıdır. Kum-çakıl madenciliği faaliyetleri çok sayıda çevresel ve sosyo-ekonomik çıktıları olan bir konudur ve bu çalışma Türkiye'deki en yoğun faaliyet gösteren alanlardan birinde yer almaktadır.

Çalışmanın Amacı Ve Kapsamı

Çalışmada amaç, Sakarya Nehri modern taşkın ovası ortamının anlaşılması ve taşkın ovası üzerinde etkili olan kum ve çakıl madenciliği faaliyetlerinin boyutları ve sonuçlarının ortaya konulmasıdır.

Bu çalışma iki ana aşamadan oluşmaktadır. Birincisi, Sakarya Nehri boyunca, Arifiye-Boğazköy arasındaki taşkın ovası Kuvaterner gelişimi ve etkili olan flüvyal süreçlerin ortaya konulmasıdır.

Çalışmanın ikinci aşaması ise insan etkisiyle taşkın ovasının zamansal ve mekânsal değişimidir.

Çalışmanın iki aşamadan oluşmasının asıl nedeni taşkın ovasının flüvyal süreçlerinin kontrolünden kısmen de olsa çıkıp, 1980 yılı itibari ile özellikle kum madeni işletmeleri sebebiyle insan kontrolüne geçmesinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın temelde iki ana konu üzerinde yürütülmesi oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu iki konu gelişim ve değişim olarak ifade edilmektedir. Gelişim başlığı altında Sakarya Nehri eklenik akarsu taraçaları olan yaşlıdan gence T2- T1 ve güncel taşkın ovası olan T0 basamaklarının gelişimi; depolanma ve aşınma aralıkları ortaya konulmuştur.

Değişim başlığı altında ise Arifiye- Boğazköy arasındaki son 40 yıldır devam eden kum madenciliği çalışmaları, kapsamı, tahrip oranı, alansal ve hacimsel gelişimi zaman ölçeğinde değerlendirilmiş -uydu görüntüleri ile takip edilerek ortaya konulmuştur.

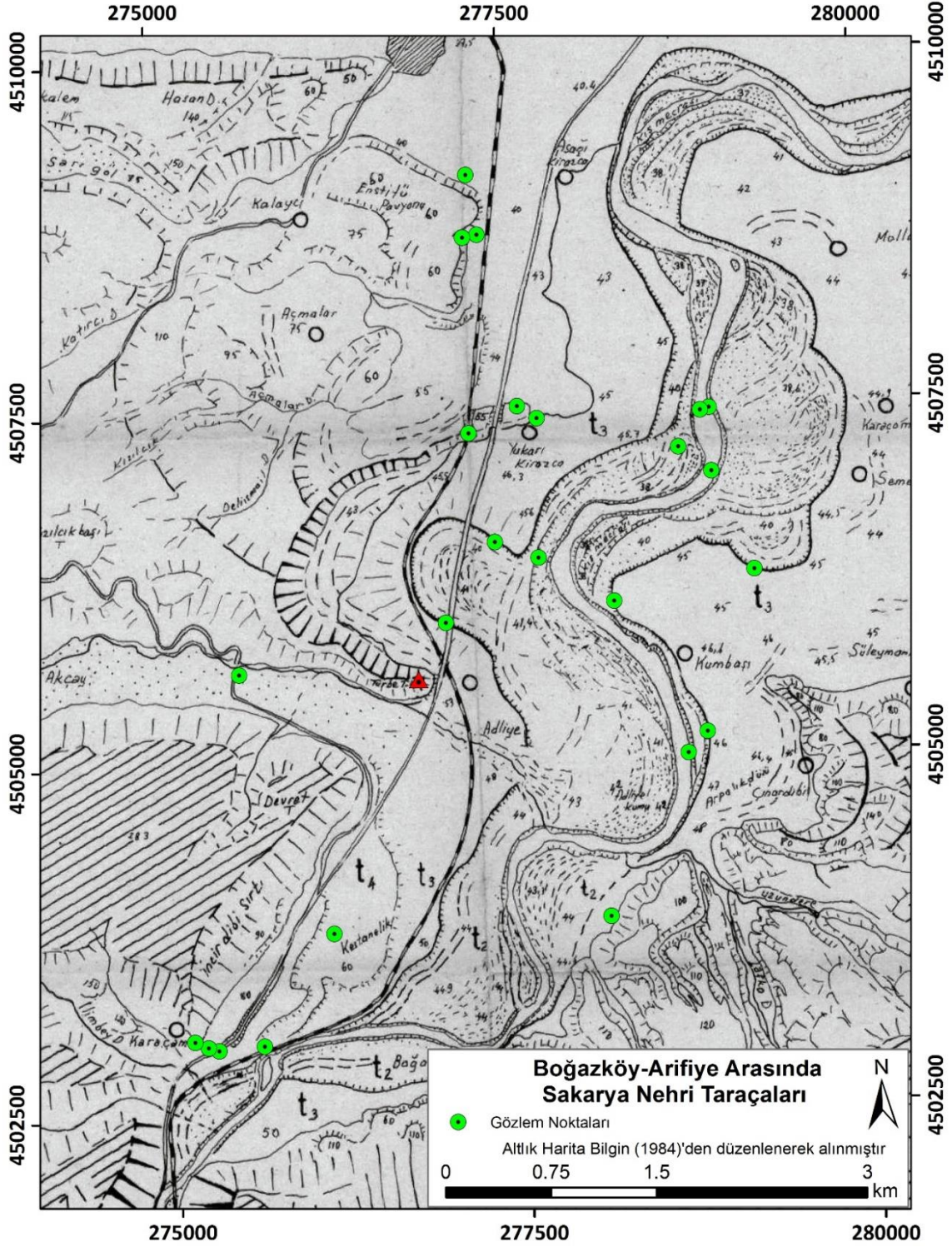
Bu çalışma, 115Y132 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi desteği ile yürütülmüş bir yüksek lisans tez çalışmasıdır. Çalışma ayrıca, 117Y426 numaralı TÜBİTAK 3501 projesi ile ve SAÜ BAPK 2019- 7- 24- 98 Numaralı Lisansüstü Tez Projesi ile desteklenmiştir.

115Y132 Numaralı “Sakarya Nehri ve Adapazarı Ovası'nın Orta-Geç Pleyistosen-Holosen Gelişiminde Tektonizma, İklim ve Karadeniz Seviye Değişikliklerinin İlişkisi: Geyve Boğazı Taraçalarının Işınım Yöntemleri ile Tarihlendirilmesi” başlıklı projede, Adapazarı Ovası'nı kateden Sakarya Nehri'nin çökel kayıtları ve ilişkili gelişmiş depolanmalı jeomorfolojik yapıları ışığında bölgenin Orta-Geç Pleyistosen içerisinde genç tektonizma, iklim (yağış rejimi) ve Karadeniz seviyesi değişiklikleri etkisinde gelişimi ortaya konulmuş ve Mayıs 2018 itibari ile de tamamlanmıştır.

Projede, Bilecik ve Sakarya illeri arasında, Kuzey Anadolu Fay Zonu içerisinde kalan 60 km uzunluğunda çizgisel bir hat boyunca, Sakarya Nehri'nin ana kolu üzerinde gelişmiş dört farklı taraça basamaklanması çalışılmıştır. Bu sistem, güncel taşkın ovasından +5 ve +80 metre arasındaki yüksekliklerde beş basamağa kadar haritalanmış, hassas jeodezik araçlarla ölçülmüş ve farklı lüminesans teknikleri ile sistematik olarak tarihlendirilmiştir (Şekil 5).

Erturaç vd., 2019, Geyve Boğazı kuzeyinde taraça gelişiminin iki farklı türde geliştiğini ortaya koymuşlardır. T3 akarsu taraça seviyesi olarak adlandırdıkları aşınmalı bir taraça özelliği göstermektedir. Bu seviye, önemli bir aşınma dönemini takiben 40-30 bin yıl arasında depolandıktan sonra belirgin ve şiddetli olarak aşınmıştır. Bu aşınma dönemi literatürde; Son Buzul Maksimum (LGM) öncesinden itibaren Karadeniz'in dış denizlerle bağlantısının koptuğu ve seviyesindeki hızlı düşüş ile ilişkilidir. T3 basamağı bu çalışmanın konusu değildir.

Basamaklanmadaki diğer sınıf ise T2- T1- Güncel taşkın ovası olan T0 ile ifade edilen eklenik taraça basamaklanmasıdır. Bu eklenik taraça basamakları Holosen içerisinde gelişmiş Sakarya Nehri'nin güncele yakın-modern taşkın ovası seviyeleridir. Çalışma alanı içerisinde birbiri ile yakın ilişkili şekilde bulunurlar. Kum ve çakıl madenciliği faaliyetleri de bu taraça basamaklarında gözlenmektedir. Bunun nedeni iyi gelişmiş taşkın ovası çökelleri olarak tanımlanan, kum ve çakıl madenciliğinin hedef çökelleri olan ince tane boylu kum, silt boylu malzemenin varlığıdır.



Şekil 5: İnceleme alanının Turgut Bilgin (1984) tarafından hazırlanan jeomorfoloji haritası üzerinde gözlem noktalarının dağılımı.

Çalışmanın Önemi

Çalışma konusu olan kum ve çakıl madenciliği çalışmaları özellikle son yıllarda önemli çalışma konularından biri konumundadır. İşletme aşamaları, alan kullanımı ile çevresel çalışma konuları olurlarken, maden çıkarımı bunların piyasa değerleri gibi endüstriyel değerleri olan bir konudur. Çalışma alanlarındaki insanların yaşamında çok çeşitli etkenlerle birebir bağlantılı sektörlerdendir. Tüm bu çeşitli etkileri ile çokdisiplinli çalışmalara konu olabilmektedir.

Çalışmanın önemi; 40 yıllık bir sürecin Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile izlenmesi ve mevcut bilançonun ortaya çıkarılması açısından literatüre katkı sağlamaktadır. Türkiye kum ve çakıl madenciliği faaliyetlerinin gelişimini anlamak için Sakarya ve özellikle çalışma alanı anahtar bir önem taşımaktadır.

Çalışmada Kullanılan Yöntemler

Bu çalışma saha, laboratuvar ve Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları olmak üzere temelde üç başlık altında yürütülmüştür. Saha çalışmaları, madencilik faaliyetlerinin yer aldığı farklı taraça basamakları ve bunların fasiyes incelemelerini içermektedir. Taraça basamaklarının tarihlendirilmesi için örnek alma çalışmaları ve yükseklik ölçümleri ile sayısal yükseklik modeli oluşturmak için yapılan GPS ve Fotogrametri çalışmaları sahada yürütülen diğer çalışmalardır.

Laboratuvar çalışmaları ise çalışmanın ilk kısmında yer alan taraça basamaklarının lüminesans tarihlendirme çalışmalarının için kullanılan hedef mineralin saflaştırılması çalışmalarıdır. Laboratuvar çalışmaları, Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'nde ve Sakarya Üniversitesi merkez laboratuvarları (SARGEM) bünyesinde yer alan MALTA laboratuvarında yürütülmüştür.

UA ve CBS çalışmaları ise uydu görüntüleri ve bunların ArcGIS ortamında işlenmesi aşamalarından oluşmaktadır. Yürütülen çalışmalar ilerleyen kısımlarda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

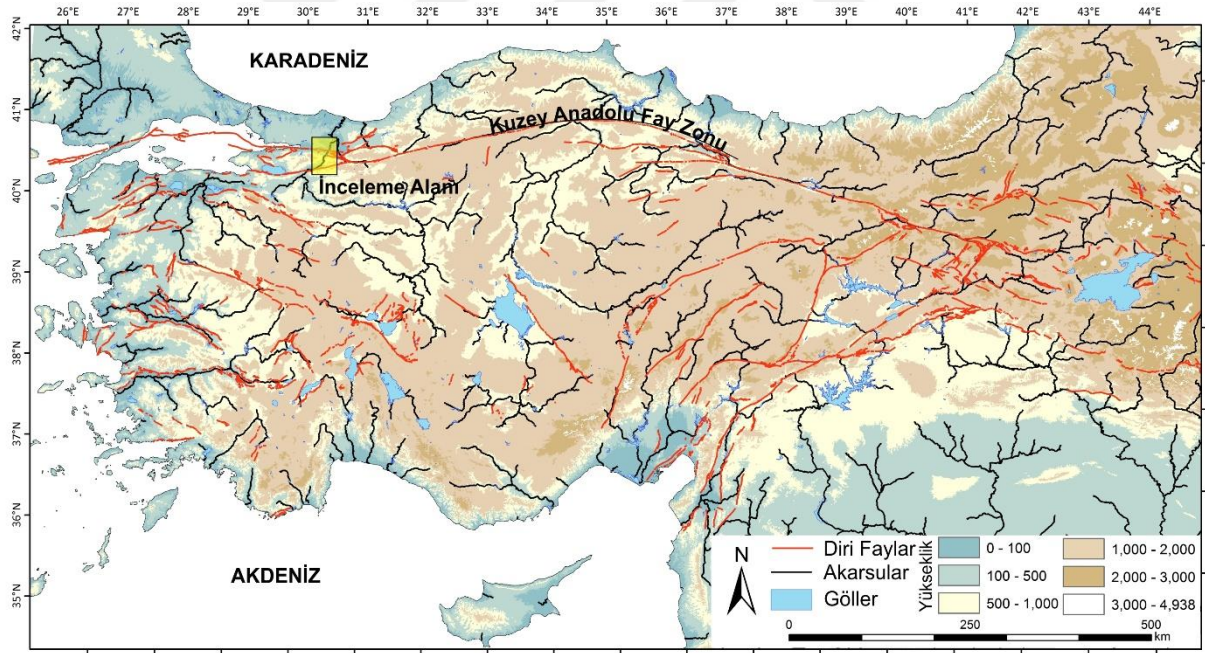
BÖLÜM 1. FİZİKİ COĞRAFİ ÇERÇEVE

1.1. İnceleme Alanı

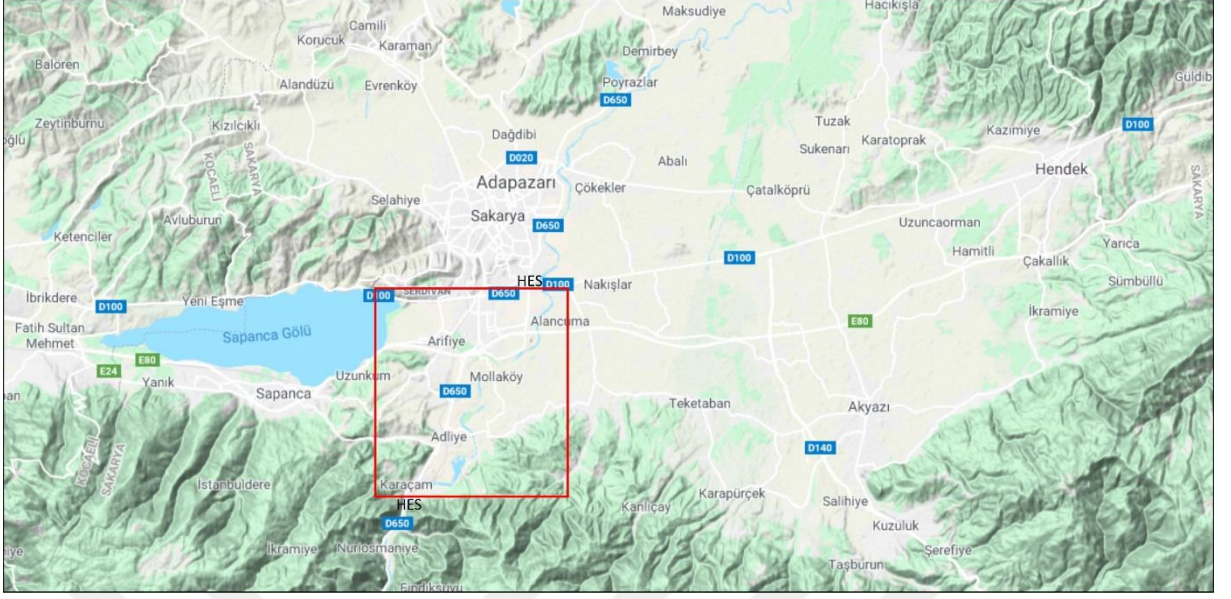
İnceleme alanı, Anadolu'nun Kuzeybatı kesiminde, Doğu Marmara bölgesinde, Sakarya Nehri'nin akaçlama alanı içerisinde yer almaktadır (Şekil 6). Alan, Sakarya Nehri boyunca, Adapazarı Ovası'nın güney kesiminde, Arifiye- Boğazköy arasındaki 15 km'lik taşkın ovasıdır.

Diğer bir ifade ile, inceleme alanı güney sınırını Geyve Boğazı içerisinde yer alan Doğançay-2, kuzey sınırını ise Adasu nehir tipi Hidroelektrik Santralleri oluşturmaktadır.

Bölgenin Pliyosen-Kuvaterner gelişimi Oligosen-Miyosen içerisinde yükselmiş Batı Karadeniz Dağlarını kesen ve öteleyen (Sunal ve Erturaç, 2012) Kuzey Anadolu Fayı ve ilişkili yapılar ile tanımlanan geniş bir makaslama zonu olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (Şengör vd., 2005) ve Sakarya Nehri tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 6).



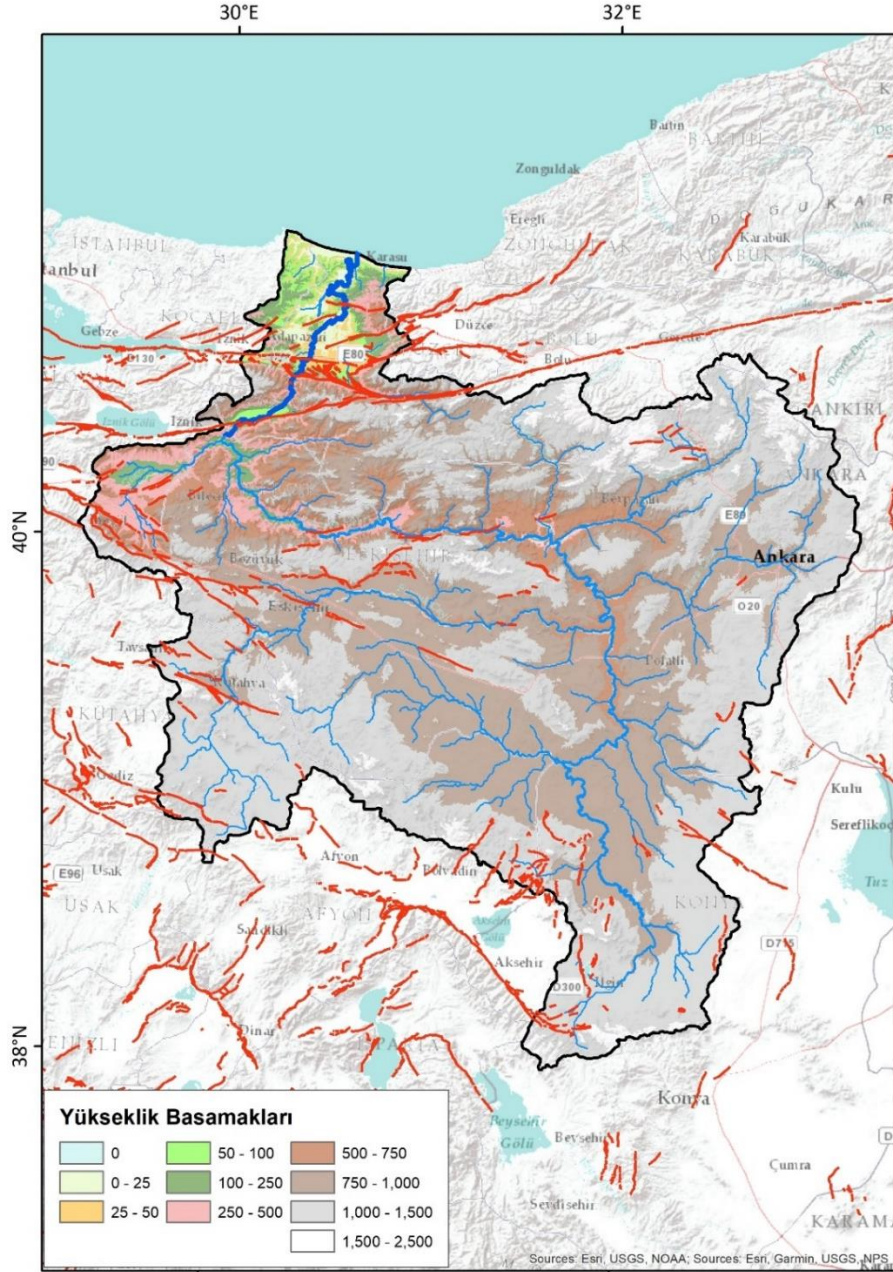
Şekil 6: İnceleme Alanının Anadolu'nun temel fizyografik özellikleri içerisindeki konumu, diri faylar Emre vd., 2013'den alınmıştır.



Şekil 7: Çalışma alanının genel görünümü (altlık harita Google Maps uygulamasından alınmıştır).

1.2. Sakarya Nehri

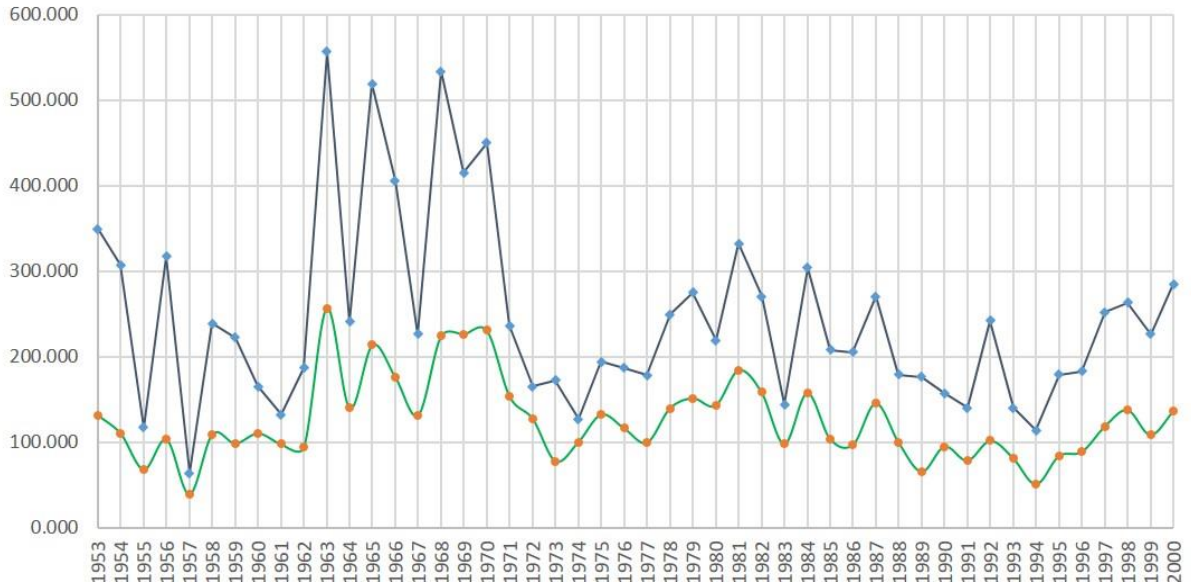
Bu çalışmanın konusunu oluşturan Sakarya Nehri, kuzeybatı Anadolu'nun büyük kısmını akaçlamaktadır. Sakarya Nehri, Karadeniz'e dökülen üç büyük akarsudan biridir. Nehrin uzunluğu DSİ verilerine göre 824 km olup, akaçlama havzasının alanı ASTER GDEM verisi ile elde edilen havza sınırlarına göre 63343.71 km² olarak hesaplanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8: Sakarya Nehri'nin akaçlama alanı, yükseltiler ve akarsu ağı ASTER GDEM verisinden ArcHydroTools kullanılarak elde edilmiştir.

Sakarya Nehri, Kuzeybatı Anadolu sıradağlarına paralel olarak doğu batı yönünde ~150 km ilerledikten sonra Bilecik güneyinde K-G rotasına ulaşır (Şekil 8). Koroğlu ve Samanlı Dağlarını dar ve derin kazılmış boğazlar ile KAFZ üzerinde gelişmiş Pamukova ve Adapazarı ovalarını geçerek Karasu’da dar ve enine uzanan bir delta oluşturarak Karadeniz’e ulaşmaktadır (Şekil 10).

Nehrin debisi, Geyve Boğazı kuzeyinde yer alan Doğançay istasyonundan (1953-2000, DSİ) elde edilen akım verileri ile ortalama akım $124 \text{ m}^3/\text{s}$, Şubat-Nisan arasında yüksek akım değerleri ve (1963-1970) yılları arasında $500 \text{ m}^3/\text{s}$ aşan akım değerleri ölçülmüştür (Şekil 9).



Şekil 9: Sakarya Nehri DSİ Durucası istasyonunda (Geyve Boğazı Kuzeyi) yıllık akım değerleri değişimi.

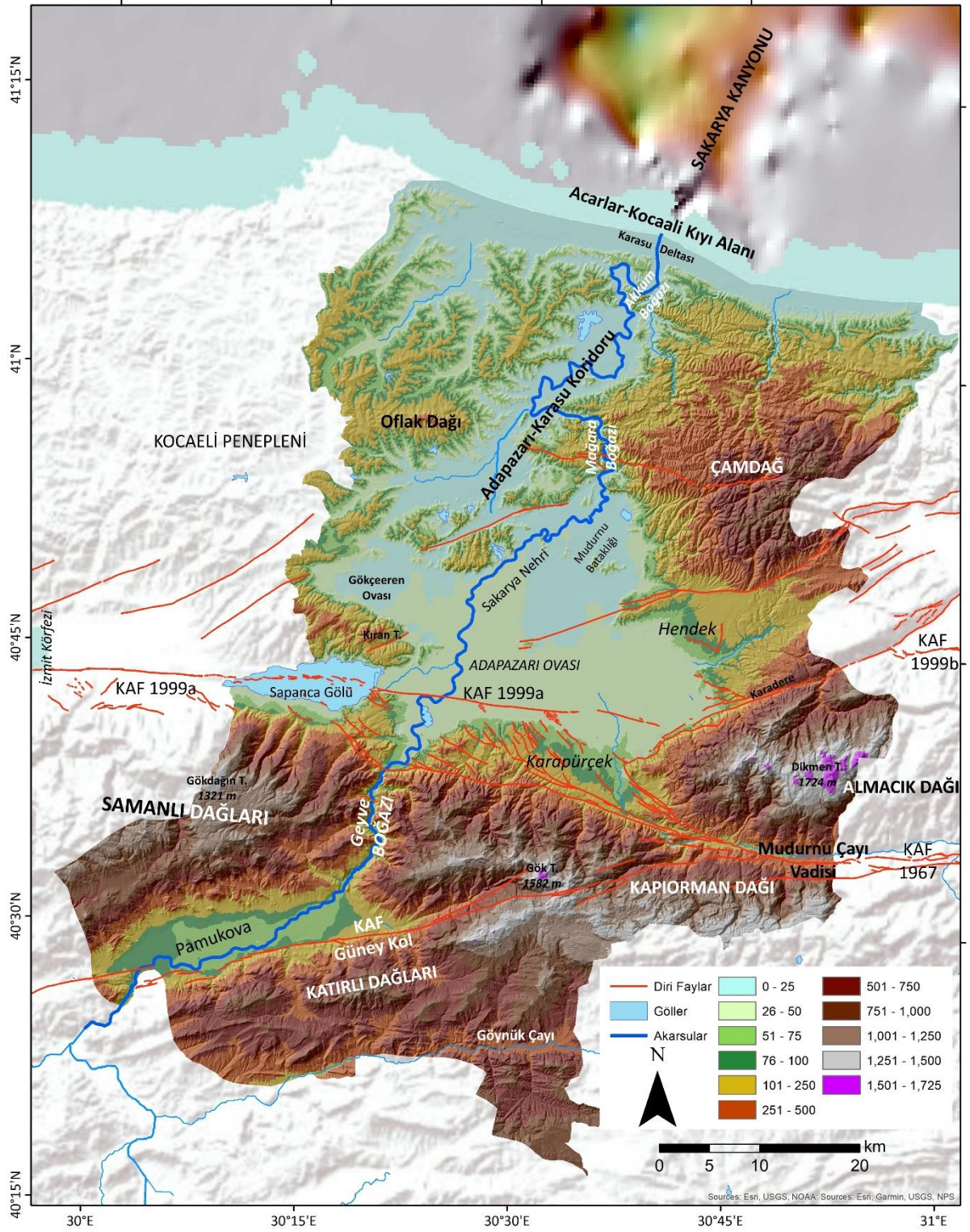
Sakarya Nehri, KAFZ içerisinde iki çöküntüyü geçer (Şekil 10, 13). Bunlardan ilki, güneyde ve zonun ortasındaki Pamukova’dır. Pamukova doğu- batı uzanmış bir oluk şeklinde, nehir için bir ön depolama havzasıdır. Nehir, bu çöküntü alanını küçük menderesler yaparak geçer (Doğan,2004).

İkinci çöküntü alanı ise Adapazarı çek-ayır havzasıdır. Adapazarı depolanmalı havzası bundan sonra Adapazarı Ovası olarak anlatılacaktır. Sakarya Nehri’nin aşağı kesimindeki en geniş depolanma havzası Adapazarı Ovası’dır (Şekil 10).

Nehir, Türkiye akarsuları içerisinde denizlere taşınan toplam asılı çökel yükünün %15.6’sını taşımaktadır (Öztürk, 1996). Havza genelinde, asılı taşınan toplam çökel

miktarı 182 ton/km² ve toplam yıllık yaklaşık asılı yük çökel taşıması 11.953.516 ton olarak hesaplanmıştır (1963-1991; Öztürk, 1996). Bu değere %10-50 oranında yatak yükü de eklendiğinde, Sakarya Nehri'nin çökel taşıma kapasitesi ortaya çıkar. Günümüzde nehrin akımı su toplama barajları ve batıdan doğuya Yenice, Gökçekaya ve Sarıyar Barajları ve Mekece-Geyve Boğazı-Adapazarı Ovası arasında kurulan hidroelektrik santraller ile kontrol edilmektedir.

Çalışma alanı boyunca Sakarya Nehri, kuş uçuşu 13 km'lik bir mesafede, kanal uzunluğu ~20 km'dir (Keyhole 1975 uydu görüntüsünden). Ortalama kanal genişliği ~70 m (STD 25 m). Menderes genliği 2.4 km, menderes dalga boyu ~2.6 km, ortalama menderes çapı ~500 m, sinüslük oranı 1.5 olarak ~10 menderes üzerinden hesaplanmıştır (Okur vd., 2018).



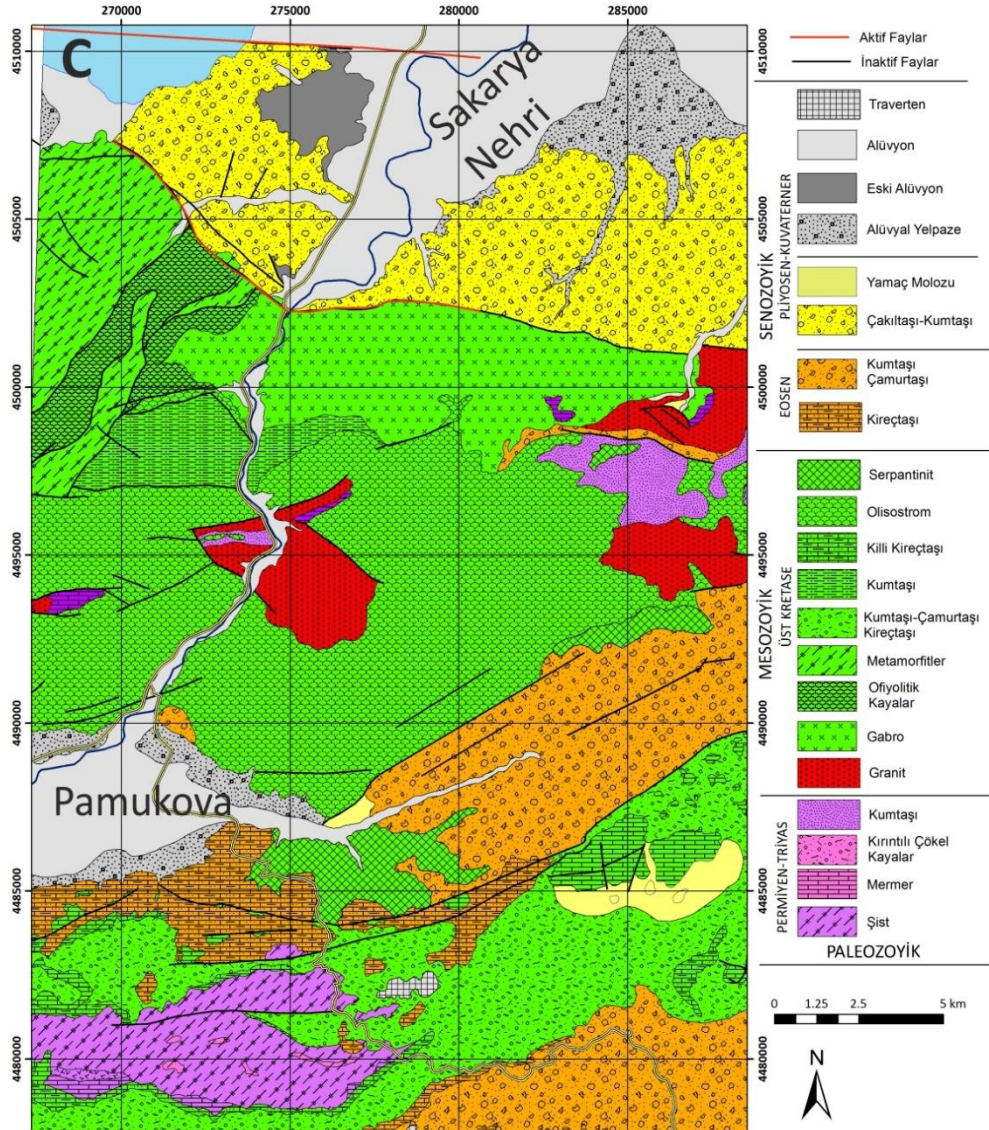
Şekil 10: Sakarya İli'nin önemli morfolojik öğeleri (Erturaç,2018'den düzenlenerek).

1.3. Kuvaterner Devri Jeolojik Çerçevesi

İnceleme alanı MTA G24 ve H24 1/100.000 jeoloji paftalarına girmektedir (Timur ve Aksay, 2002; Gedik ve Aksay, 2002; Şekil 11).

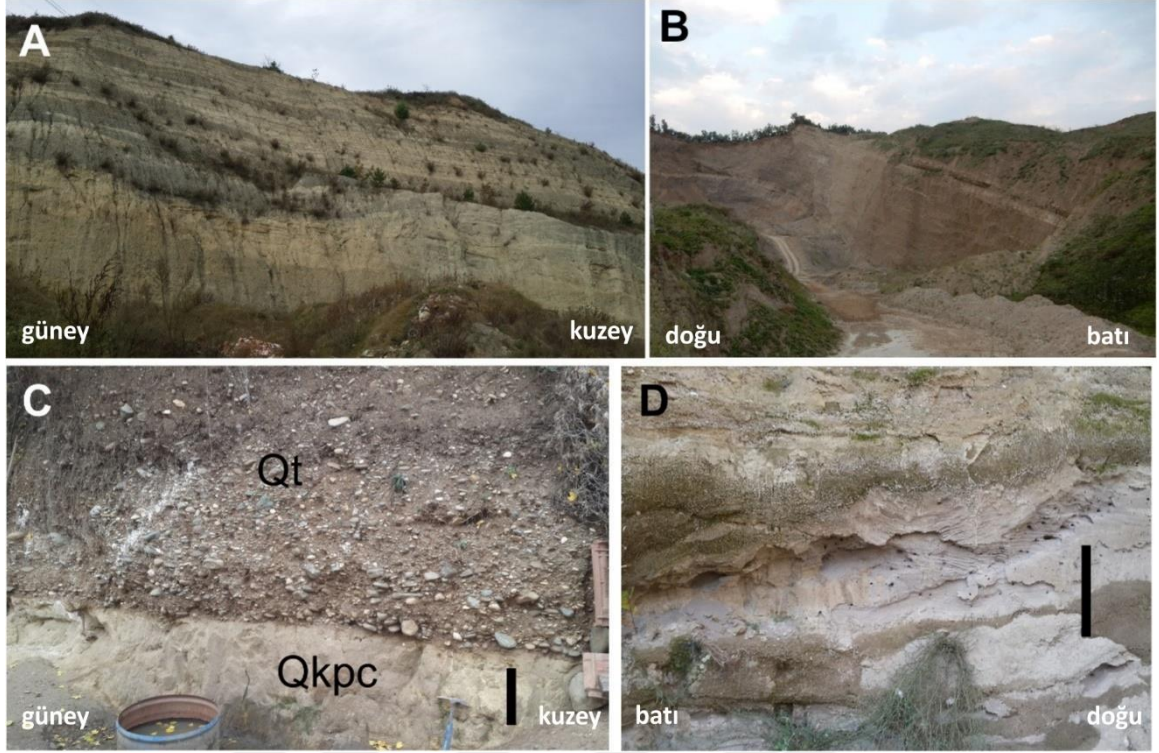
1.3.1. Karapürçek Formasyonu

Sapanca-Karapürçek-Hendek yöresinde Adapazarı Ovası'nı güneyden çevreleyen Karapürçek formasyonu (Qkpc), Sapanca-Izmit körfezi arasında da izlenir. Adapazarı Ovası'nın açılması sonrasındaki ilksel tektonik konumda depolanan akarsu çökellerini ifade eden Karapürçek formasyonu, günümüzde aktivitesini büyük oranda yitirmiş olan KAFZ Mudurnu Fayı'nın batı devamı önünde gelişmiştir (Emre vd., 1998; Şekil 11). Alüvyon yelpazesi ve akarsu dolgularından oluşur. Tabanı gözlenemeyen birim KAF zonunda Neojen öncesi temel kayalar üzerine aşıl uyumsuzlukla gelmektedir. Görünür kalınlığı 150 metre dolayında olan formasyon, Sakarya Nehri'nin Geç Pleyistosen yaşlı taraçaları ve Holosen dolguları tarafından uyumsuz olarak üzerlenir (Emre vd., 1998).



Şekil 11: Adapazarı Ovası güneyi-Geyve Boğazı-Pamukova hattının jeoloji haritası (MTA; G24 ve H24 1/100.000 basılı jeoloji paftaları kullanılarak hazırlanmıştır (Timur ve Aksay, 2002; Gedik ve Aksay, 2002)).

Birimin tabanı gözlenmemektedir. (Emre vd., 1998; Ünay vd., 2001). Karapürçek formasyonu'nun gözlenebilen taban yaşını kemirgen (rodent) faunasına dayanarak erken-orta Pleyistosen olarak tanımlamıştır (Ünay vd., 2001). Tarı, (2006) Karapürçek formasyonu'nun fasiyes özelliklerini ölçülü stratigrafik kesitlerle ortaya koymuştur. Bu çalışmada inceleme alanında gözlenen Değirmendere ve Kumbaşı üyesi tanıtılacaktır.



Şekil 12: Karapürçek formasyonu Değirmendere ve Kumbaşı üyesine ait yüzlek ve kesitler A: Büyükdere Batısında bir kum ocağı, sedimantasyonla yaşıt faylanma gösteren, yataya yakın tabakalı ince-orta kum ve çakıl araldanması; B: Boğazköy kuzeyinde kum ocağı, güneye eğimli ince taneli fasiyeslerin araldanması; C: Yukarı Kirazca Köyü batısında T3 seviyesinde kanal çakılları ile uyumsuz Qkpc dokanağı; D: Karaçam Köyü'nde ince kumlu silt seviyeleri arasında çapraz katmanlanma gösteren gri renkli orta-kaba kum merceği. Ölçek 30 cm uzunluğundadır.

1.3.1.1. Değirmendere üyesi

Karapürçek Formasyonunun tabanını oluşturur. Adapazarı ovası güneyinde Sapanca ile Karapürçek arasında yüzeyler. Birim alüvyon yelpazesi çökellerinden oluşur. Kaya türü ise kötü boylanmış, gri, boz, sarımsı renkli çakıltaşı ile gri, siyahımsı, sarı, kahve renklerdeki kumtaşı, silttaşı ve koyu gri, siyah, yeşil ve mavimsi gri renklerdeki kıltaşı araldanmasıdır (Emre vd., 1998). Bu kaya türleri yanal ve düşey yönde birbirine geçer. Çakıltaşı ve kumtaşları Akçay dere vadisinde ve Sakarya-Bilecik yolu üzerinde Türbe Tepe lokalitesinde iyi kesit vermektedir. Günümüzde çok yaygın olarak kum ocağı olarak işletilen birim çakıltaşı ve kumtaşları karbonat çimento ile sıkı tutturulmuş seviyeler içerir. Yelpazelerin distal kesimlerinde yer alan silttaşı ve kıltaşları ise tipik olarak Değirmendere vadisinde ve ocak yarmalarında izlenmektedir. Bunlar içerisinde bol gastropod kavkısı ve omurgalı kemikleri içeren düzeyler bulunur. Bu düzeyler içerisinde kanal dolgusu şeklinde çakıltaşı ve kumtaşları yer alır. Bu üye KAF morfolojisi içerisinde çökelmiş en yaşlı birimdir (Emre vd., 1998). Birimin çökelme ortamını oluşturan alüvyon

yelpazeleri KAF güneyindeki yüksek alandan beslenmiştir. Ancak bunların tabakaları Adapazarı çek-ayır havzasının oluşumuna yol açmış normal faylanmalar nedeniyle güney ve güneybatı yönünde 25° ye varan eğimlenmeler göstermektedir. Birim formasyonun Kumbaşı üyesi ile yanal geçişlidir (Emre vd., 1998).

1.3.1.2. Kumbaşı üyesi

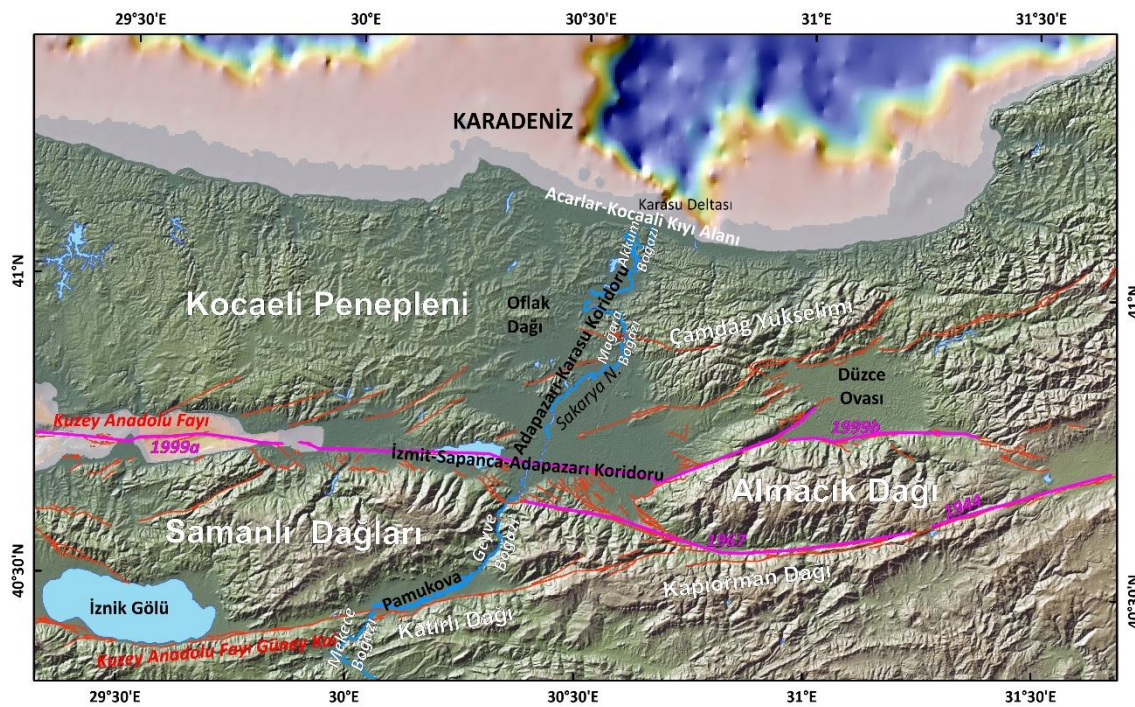
Adapazarı ovası güneyinde Sakarya nehri boyunca yüzeyleyen akarsu yatağı ve taşkın ovası çökelleri Kumbaşı üyesi olarak tanımlanmıştır. Tip kesiti Kumbaşı köyü yakın GB'sındaki çakıl ocağıdır. Gri, boz, açık renklerde çakıltası, gri, sarımtırak ve kahve renklerde kumtaşı, silttaşı ve koyu gri, siyah ve yeşilimsi renkli kiltası aralanmasından oluşmaktadır. Üst seviyelerde egemen litoloji olan çakıltalarının kalınlığı 30 metreyi bulur. Silttaşı ve kiltalarında tabaka kalınlığı 0.5-4 metre arasında değişir. Erozyonal tabanlı ve mercekli çakıltası ve kumlu seviyeleri akarsu yatağı, silt ve killeri ise taşkın çökeli karakterindedir. Tabanı gözlenememiş olan üyenin kalınlığı 60 metreyi bulmaktadır. Sakarya nehrinin eski çökelleri olarak yorumlanan birim Değirmendere üyesi ile yanal geçişlidir (Emre vd., 1998). Tip lokalitesinde birim içerisinde küçük memelilerden *Kalymnomys* sp. fosilleri bulunmuştur (Ünay vd., 2001). Bu fosil içeriğine göre Kumbaşı üyesi Erken Pleyistosen'de çökelmiştir (Ünay vd., 2001).

Günümüzde de bu birim taş ocağı olarak işletilmekte ve yüksek kesitler açılmaktadır. Bir akarsu ortamının neredeyse tüm fasiyesleri istif boyunca gözlenmektedir. Kanal depoları, menderesli akarsu çökelleri, taşkın ovası çökelleri, sık ve dar yayımlı göl/bataklık istifleri aralanmalı ve yanal geçişli olarak izlenmektedir. Tane litolojisi güncel taraça istifleri ile paralellik göstermektedir. Birimin tabakaları bazı kesimlerinde depolanma sonrası deformasyon sonucu belirgin olarak güneye çarpılmış durumdadır (Emre vd., 1998; Erturaç vd., 2018; Şekil 12; A ve B).

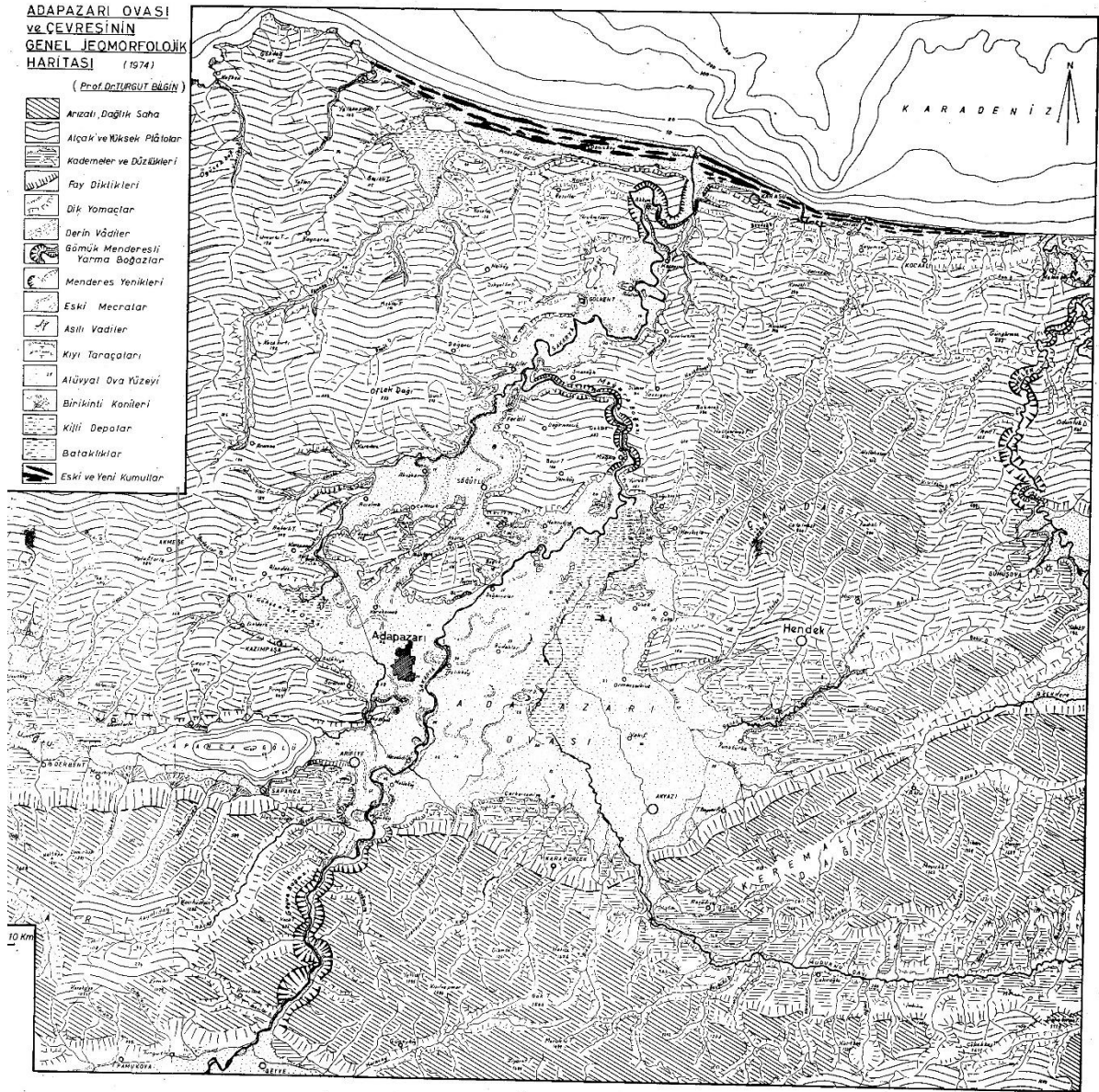
Kirazca formasyonu olarak tanımlanan Sakarya Nehri Taraça Sistematiği, Kuvaterner yaşlı Karapürçek formasyonu (Qkpç) üzerinde gelişmiştir (Emre vd., 1998). İki birim arasındaki dokanak ilişkisini gözlenebildiği kesimlerde açısallık ve aşınmalı ilişki belirgin olarak gözlenmektedir. Karapürçek formasyonu'nun tane litolojisinden bağımsız olarak egemen pas sarısı rengi ile güncel taraçalardan ayrılmasına olanak sağlamakla birlikte benzer tane litolojisi ve fasiyes özellikleri sınırlı yüzlelerde ayırtılmayı güçleştirebilmektedir (Erturaç vd., 2018; Şekil 12, C ve D).

1.4. Jeomorfolojik Çerçeve

Araştırma alanı Anadolu’ da paleotektonik ve neotektonik dönem yer şekillerinin bir arada bulunduğu ender alanlardan birisidir. Paleotektonik dönem rölyef grubu ilksel morfolojisini korumuş olduğu kesimlerde, tektonik çöküntü alanları hariç bölgenin en alçak topografyasını oluşturmaktadır. Marmara denizi kuzeyi ve Karadeniz kıyılarında ise bu dönem morfolojisi su altındaki şelf düzlüklerine karşılık gelmelidir. Neotektonik dönem rölyefi ise yüksek dağ kuşakları, fay zonları boyunca veya bunlar arasında yer alan tektonik çöküntü havzaları ve oluklar şeklindedir (Şekil 13; Emre vd., 1998).

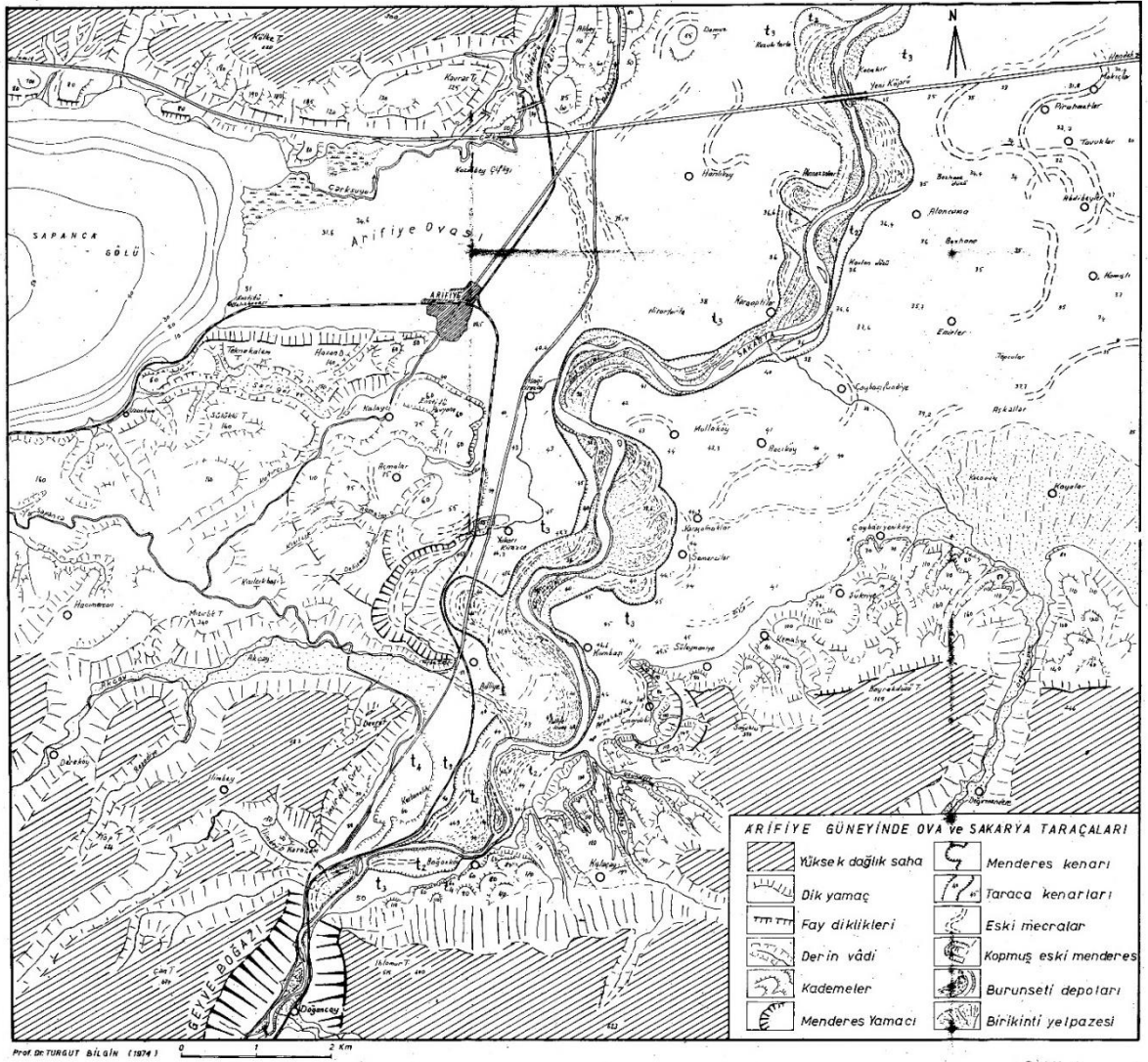


Şekil 13: İnceleme alanının genel fizyografisi ve önemli morfolojik öğeleri (Erturaç, 2018’ den düzenlenerek üretilmiştir).



Şekil 14: İnceleme alanı ve çevresi için Turgut Bilgin (1984) tarafından üretilen jeomorfoloji haritası.

Bölgenin en önemli akarsuyu olan Sakarya Nehri güneyde bulunan yükselimleri sırasıyla Sakarya, Lefke ve Geyve boğazlarından keserek havzaya girer. Yaklaşık boyutları 31x38 km olan paralelkenar şekilli Adapazarı Ovası'nın tamamen bu akarsuların çökelleri ile doldurulmuş durumdadır. Toplam çökel kalınlığının 1000 metreye kadar ulaştığı (Emre vd., 1998) ovada yüzeyden yaklaşık ~350 metre derinliğin fasiyes özellikleri DSI sondajları ile belirlenmiştir (Doğan, 2004).



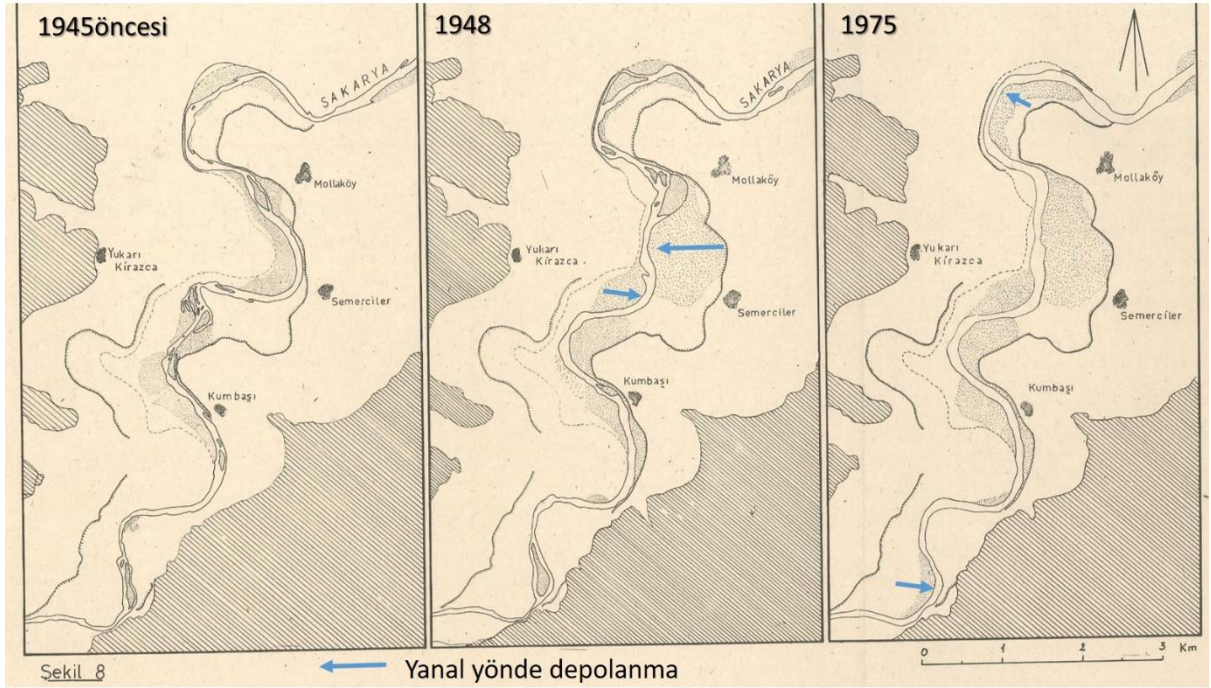
Şekil 4

Şekil 15: 1975 yılı öncesine ait olması muhtemel Arifiye-Boğazköy taraçalarının jeomorfoloji haritası, (Bilgin, 1984).

İnceleme alanında gerçekleştirilen kapsamlı çalışmalar (Bilgin, 1984; Demir vd., 2004 ve Doğan, 2004; Erturaç vd, 2019; Şekil 14; Şekil 15) Sakarya Nehri'nin Geyve Boğazı'nı geçerek Adapazarı Ovası'na giriş yaptığı kesimde iyi gelişmiş bir taraça sistematığı bulgulanmıştır. Kirazca formasyonu olarak tanımlanan (Doğan, 2004) bu taraçalar, en üst kotta tanımlanan aşınmalı seviyelerden güncel akarsu taşkın ovasına kadar (200, 60, 50-40, 30-25, 10 m) seviyelerinde gözlenir (Bilgin, 1984).

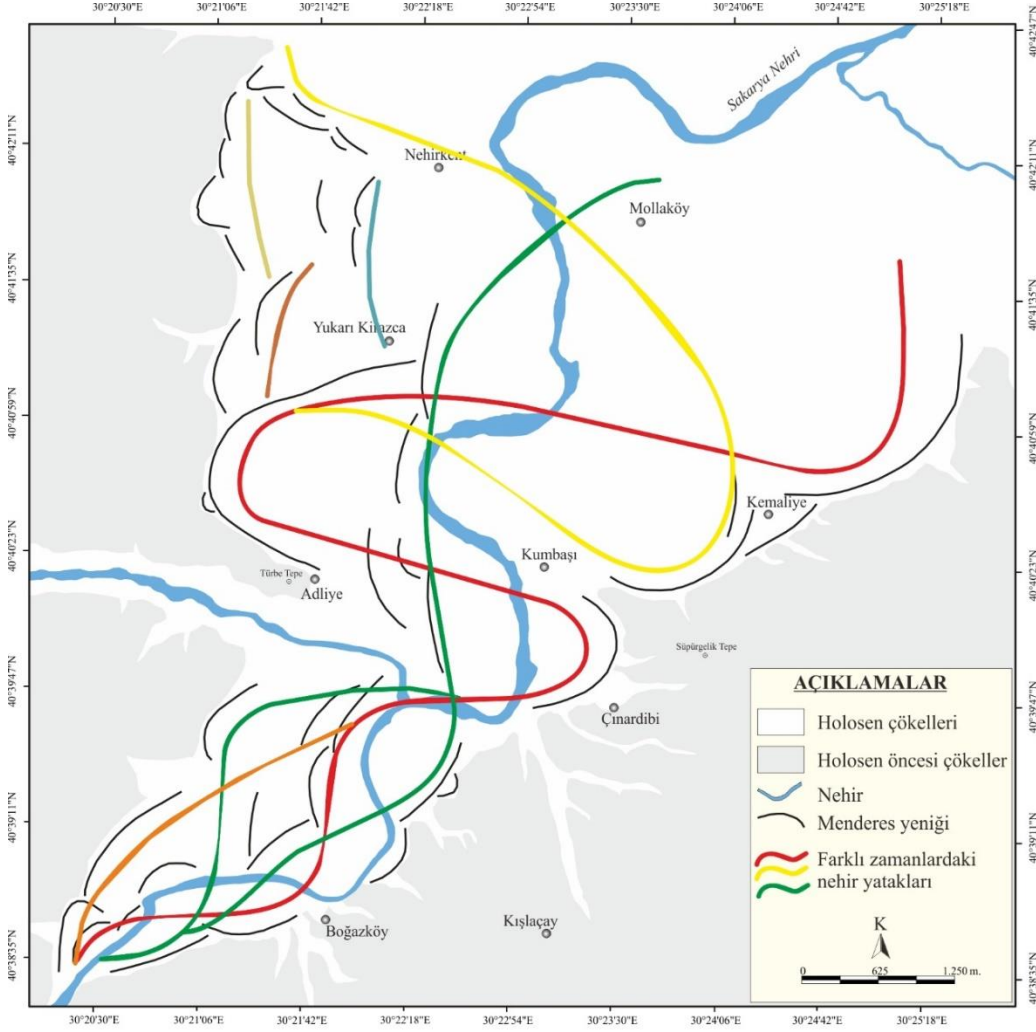
Sakarya Nehri ve Adapazarı Ovası'nda gözlenen taraça sistematığı üzerine ilk kapsamlı çalışma Boğazköy'de iki farklı seviye bulunduğunu ortaya koymuştur (Şekil 10; Bilgin, 1984). Bilgin (1984), çalışmasının taraça sistematığı ve Sakarya Nehri'ndeki

değişimlerini tartışan bölümlerinde farklı tarihlerde çekilmiş Hava Fotoğrafları ve DSI tarafından yapılmış 1/5000 ölçekli topoğrafik harita ile saha çalışmalarına dayandırmıştır (Şekil 15). Bölge jeomorfolojisi için ilksel nitelikte olan bu kapsamlı çalışmanın en önemli katkısı günümüzde hızla yapılaşan taraça düzlükleri ve özellikle de 1980'lerden itibaren kum ocağı işletmeleri tarafından şiddetli bir şekilde tahrip edilen taşkın ovasının özellikleri hakkında bilgi vermesidir. Bununla birlikte, Sakarya Nehri'nin bu 1945-1975 yılları arasında kanal göçleri konusunda detaylı harita üretilmiştir (Şekil 16).

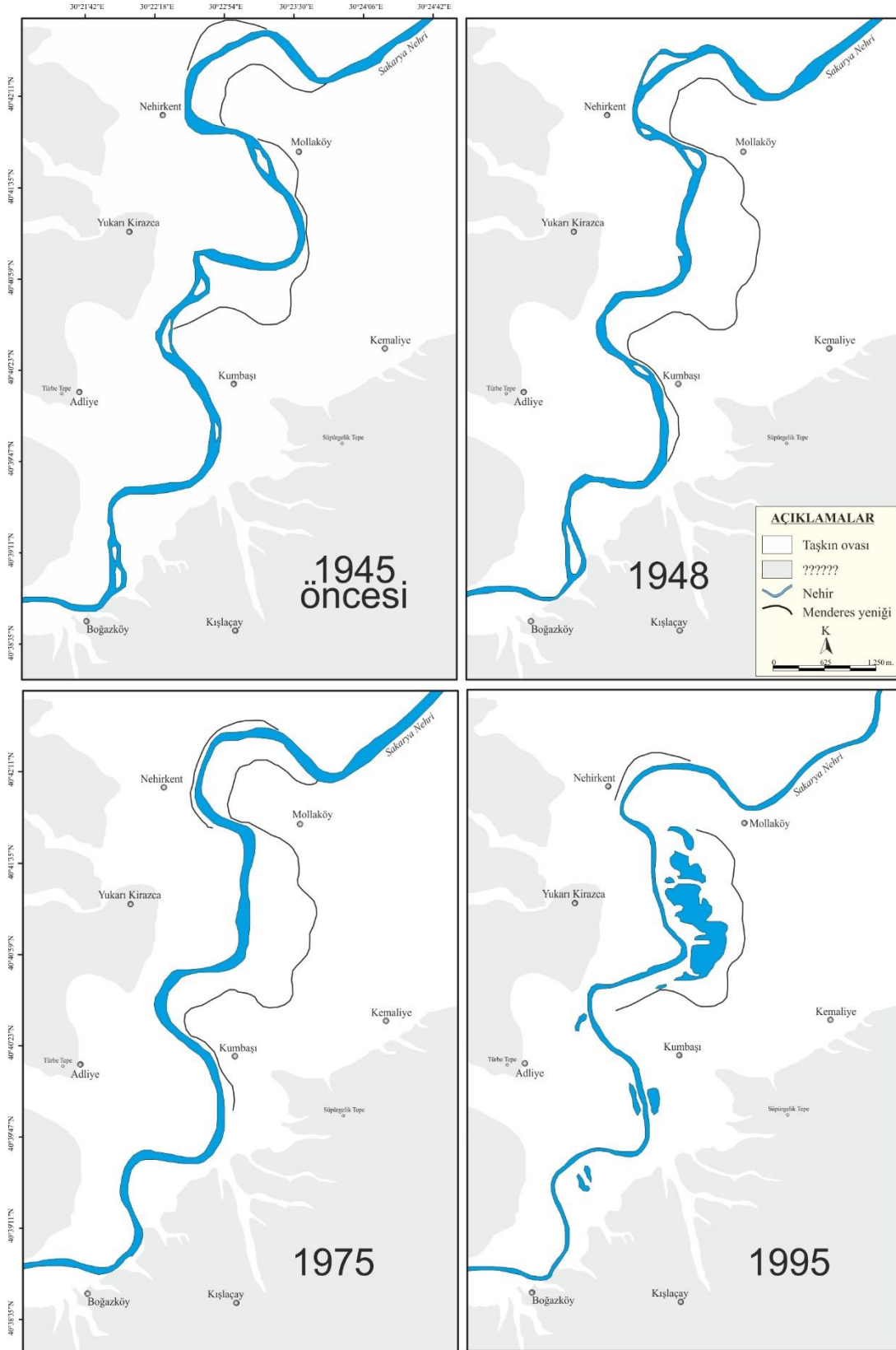


Şekil 16: Sakarya Nehir kanalının 1945-1975 yılları arasındaki değişimi (Bilgin, 1984'den düzenlenerek).

Doğan (2004), bölgedeki çalışmasında sondaj kayıtlarına dayanarak inceleme alanındaki Sakarya Nehri'nin havzanın büyük bir kısmında gezindiğini, farklı yatakları kullandığını ortaya koymuştur (Şekil 17; 18).



Şekil 17: Sakarya Nehri'nin Arifiye ile Geyve Boğazı arasındaki alanda bırakmış olduğu menderes yeniklerinden eski yatak izleri yorumu (Doğan, 2004).



Şekil 18: Sakarya Nehri'nin Arifiye- Boğazköy arasında kalan vadideki son yüzyılda kullandığı yataklar (Doğan, 2004).

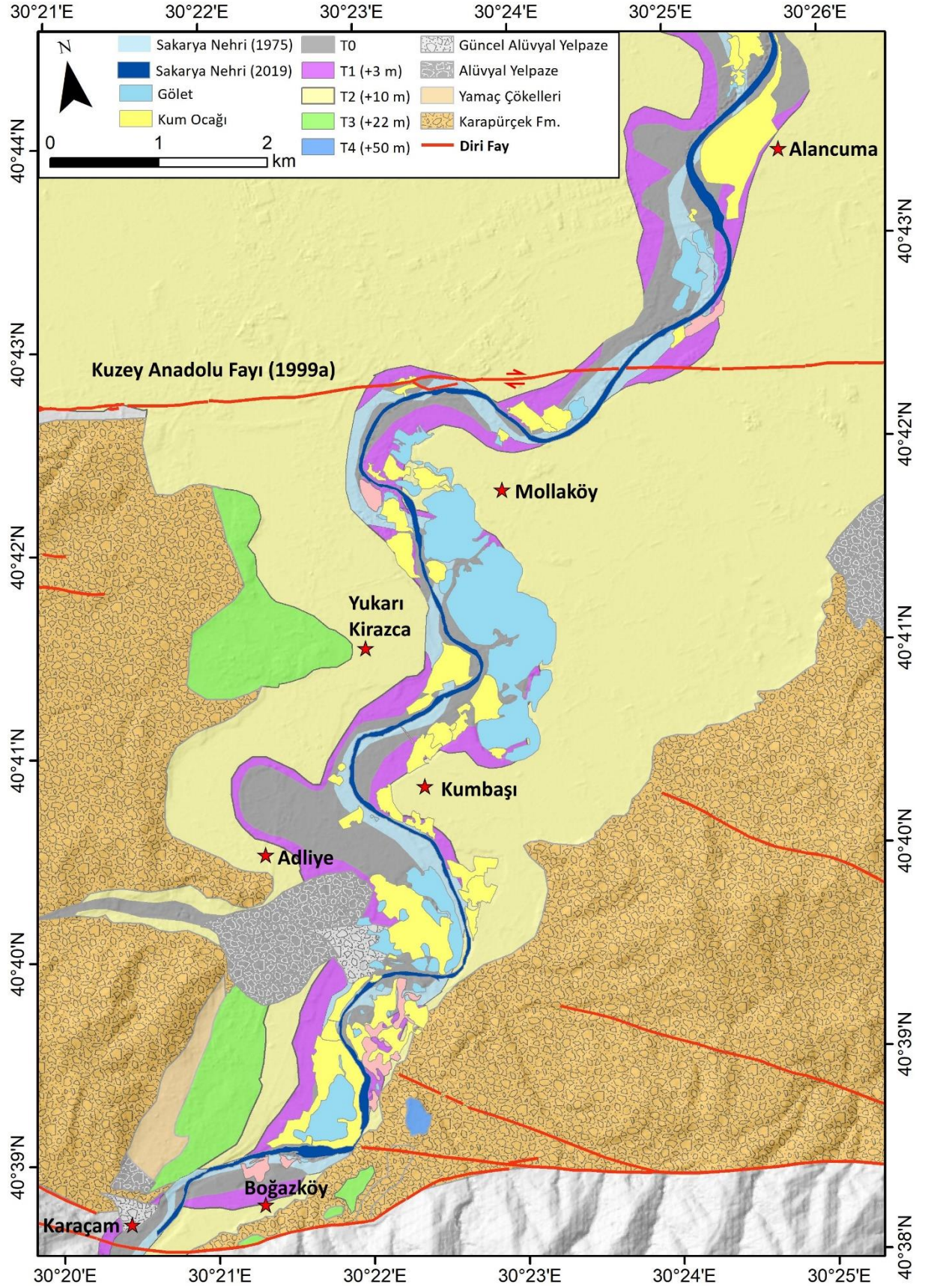
1.4.1. Adapazarı Ovası

İzmit- Sapanca- Adapazarı tektonik koridorunun en doğusunda yaklaşık 650 km² gibi geniş bir alan kaplayan Adapazarı Ovası yer almaktadır (İnandık, 1952). Kompozit bir tektonik havza olan Adapazarı Ovası, gelişimini erken Pleyistosen’ den itibaren Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) kontrolünde sürdüren İzmit- Sapanca- Adapazarı tektonik koridorunun önemli bir üyesidir (Şekil 13; Emre vd., 1998).

Ova, % 0.6- 0.8 eğim ile kuzeye doğru eğimli bir topografik düzlük oluşturur. Güneyde keskin bir biçimde KAF ve Samanlı- Keremali Dağları ile sınırlanan ovanın kuzey sınırı küçük tepeler ve çöküntü alanları ile parçalı bir morfoloji sunar (Şekil 13). Kuzeyde Çamdağ Yükselimi ve Kocaeli Penepleni ile sınırlanarak yakın zamanda bataklık olan, kurutulmuş Söğütlü ve Gökçeören alt-ovalarına uzanır. Adapazarı Ovası’nın doğu sınırı Düzce Ovası ile arasındaki 250-300 metre yüksekliğindeki bir sırt ile çizilmektedir (Erturaç, 2018; Şekil 13).

Ova, batıda Sapanca Gölü’ne dayanır. Kuzey batısında Kocaeli Penepleni’nin doğusundaki plato alanları ile sınırlanmıştır. Kuzeye doğru alüvyal tabana sahip dar oluk ve geçitler ile küçük ovalarla birleşir. Ova yüzeyi Sakarya Nehri, Mudurnu Çayı, Çark Suyu ve Dinsiz Dere akarsuları tarafından akaçlanmaktadır (Şekil 10). Ovanın güncel topografyasının oluşmasında Sakarya Nehri ve Mudurnu Çayı’nın aşındırma ve biriktirme faaliyetlerinin etkisi çok fazladır (Erturaç, 2018).

Adapazarı Ovası toplam çökel kalınlığının 1000 metreye kadar ulaştığı bilinmektedir ve yüzeyden yaklaşık 350 metre derinliğin fasiyes özellikleri DSİ sondajları ile belirlenmiştir (Emre vd., 1998; Doğan, 2004).



Şekil 19: Çalışma alanı Kuvaterner jeoloji haritası (Erturaç vd. 2019'dan düzenlenerek).

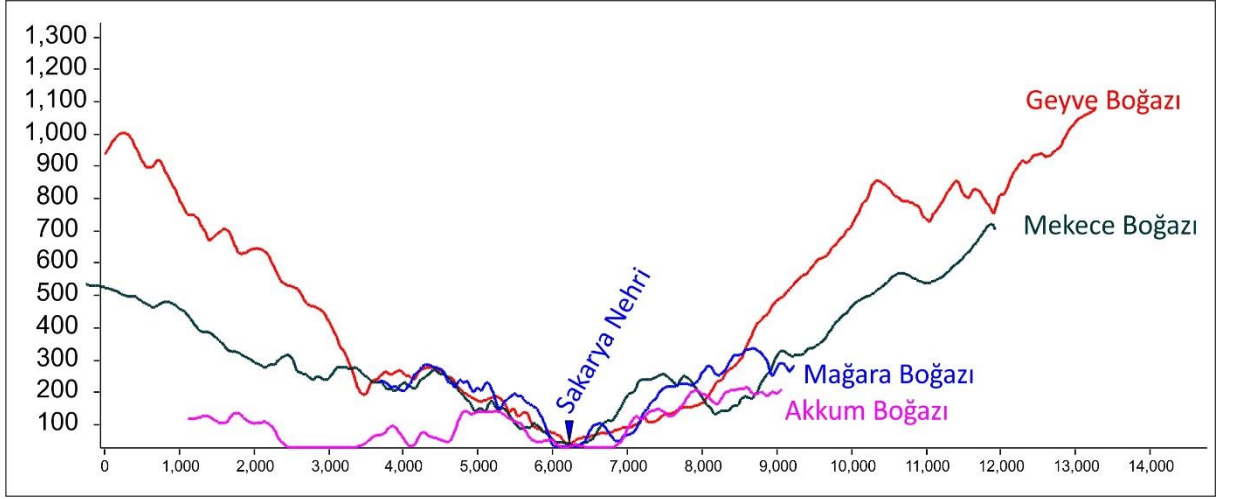
1.4.2. Geyve Boğazı

Sakarya Nehri; Aşağı Sakarya Havzası'nda yer alan 4 farklı boğazı aşarak Karadeniz'e kavuşur. Sakarya İli içinde geçtiği boğazlar güneyden kuzeye; Mekece, Geyve, Mağara ve Akkum olarak isimlendirilir. Yer aldıkları yükselimlerin morfolojisine bağlı olarak farklı yükseklik ve uzunluklara sahiptirler (Şekil 20, Erturaç, 2018).

Geyve Boğazı, Samanlı Dağları'nı kuzey- güney yönde kesen 13 km uzunluğundaki bir boğazdır. Güneyde Geyve ilçesi, kuzeyde Karaçam Mahallesi arasında yer alır (Şekil 19).

Sakarya Nehri boğaz içerisinde mendereslenerek akmaktadır. Bu durum bölgede gözlenen aktif tektonik yükselim ile Karadeniz seviye değişimlerine akarsu cevabının kanıtı niteliğindedir.

Bu boğazların Kuzey Batı Anadolu'nun günümüz akarsu ağının kurulmaya başladığı Geç Pliyosen (5 my) sonrasında Kuvaterner (~2.6 my) içerisinde geriye doğru aşındırma ve kapmalarla güneye doğru açıldığı düşünülmektedir (Ardos, 1996). KAF'ın bölgeye gelişini takiben Adapazarı Ovası'nın açılması ile Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen zaman aralığında depolanmaya başlayan ve görünür kalınlığı 250 metre olan Karapürçek Formasyonu, Sakarya Nehri'nin bilinen tarihlendirilmiş en eski çökel kaydını oluşturmaktadır. Formasyonun gözlenebilir tabanında yer alan Değirmendere Üyesi, yamaç önü yelpaze çökellerinden oluşurken üste doğru yanıl geçişli olarak gelen Kumbaşı Üyesi örgülü akarsu fasiyesinde çökellerden oluşur (Şekil 11). Böylelikle Sakarya Nehri'nin Adapazarı Ovası'na akaçlanma ve Geyve Boğazı'nın oluşumu Erken Pleyistosen'e tarihlendirilebilir (Erturaç, 2018; Erturaç vd., 2019).



Şekil 20: Aşağı Sakarya Nehri Havzası Boğazları'nın bindirilmiş batı-doğu yönlü yükseklik profilleri (Erturaç, 2018'den düzenlenerek).

BÖLÜM 2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışma Saha, Laboratuvar ve Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalışmaları başlıkları altında yürütülmüştür.

2.1. Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları; taraça basamaklarının tespiti çalışmaları ile başlamıştır. Ardından sırasıyla; taraçaların fasiyes incelemeleri, radyometrik tarihlendirme amaçlı örnekleme çalışmaları, Rtk-GPS ile hassas konum ölçümleri ve IHA fotogrametri çalışmaları gelmektedir.

2.1.1. Taraçaların Fasiyes İncelemesi

Çalışma boyunca tarihlendirme örnekleme, taraça fasiyes yapısının anlaşılabilmesi gibi sebeplerle her taraça basamağının çok sayıda kesiti çalışılmıştır. Bu çalışma kapsamında özellikle konuyu oluşturan T2- T1 ve T0 taraça basamaklarının her birinden ayrıntılı fasiyes incelemesi yapılmıştır.

Akarsu taraçaları kesitleri alandaki yoğun kum madenciliği çalışmaları sebebiyle çok sayıda açık kesit sunmaktadır. Ayrıntılı incelenen kesitlerin (A-B-C kesitleri) ortak özelliği, kabaca hepsinin kum ocağı faaliyeti sırasında işletme sınırlarını oluşturmasıdır. Çalışılan kesitlerin yığma olmadığından emin olduktan sonra gereken kesitler traktör kepçe yardımıyla temizlenmiştir. Kalınlık ölçümü yapılmış, arazide ölçekli olarak fotoğraflanmıştır (Şekil 21).



Şekil 21: Kesitlerin temizlenmesi ve ölçülmesi çalışmaları.

2.1.2. Taraça Seviyelerinin Tarihlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında iki farklı radyometrik tarihlendirme yöntemi kullanılmıştır.

2.1.2.1. Radyokarbon Tarihlendirme

Radyokarbon tarihlendirme günümüzden önce 50.000 yıllık bir süre zarfı için kullanılabilen bir tarihlendirme tekniğidir. Diğer radyometrik tarihlendirme yöntemlerine kıyasla kısa bir zaman aralığında kullanılabilmesine karşın dünya üzerinde en çok kullanılan tarihlendirme yöntemidir. Şüphesiz bu durumun en büyük nedeni, karbon içeren her türlü örneğin tarihlendirilebilmesidir. Örneğin ağaçlar, bitki kalıntıları, organik göl çökelleri, kemikler, kavrıklar en yaygın kullanılan örnek çeşitleridir (Öztürk, 2016).

Radyokarbon tarihlendirme yöntemi ile elde edilen tarihler günümüzden önce olarak ifade edilir (Before present- BP) ve günümüz olarak yani tarihin başlangıcı olarak da 1950 yılı kabul edilir.

Her canlı yaşadığı süre zarfında çevresinden sürekli ^{14}C alarak belirli bir ^{14}C yoğunluğuna ve radyoaktivitesine sahip olur (Özbakan, 2004). Canlıların ölmesi ile ^{14}C alımı durur ve zaman geçtikçe ^{14}C bozunuma uğrar, yoğunluğu ve radyoaktivitesi azalır. ^{14}C içeren bir örneğin günümüzdeki yaşayan örnekleriyle kıyaslanarak kaç yıl önce öldüğü bulunur. Bunu yapabilmek için ^{14}C bozulma oranını bilmek gerekir, ^{14}C 'ün yarı ömrü 5730 yıldır ve normal şartlarda ^{14}C aktivitesinin sınırı 8 yarı ömürdür. Bu da 8 yarı ömürde 45.000 yıla karşılık gelir ve örnekler bundan daha yaşlıysa büyük yaş olarak tanımlanır (Öztürk, 2016).

^{14}C oranında değişimler ve dalgalanmalar söz konusudur. Elde edilen yaşlardaki sapmaları azaltabilmek için; ağaç halkaları, mercan ve foraminifer analizlerinden üretilmiş kalibrasyon eğrileri kullanılır (Intcal). Birçok ölçüm tekniğinde olduğu gibi tarihlendirme çalışmalarında da referans standartlar kullanılır ve ölçümler kalibre edilir.

Bu çalışma kapsamında iki adet ^{14}C tarihlendirme yapılmıştır. Örneklerden biri ^{14}C tarihlendirme çalışmalarında sıkça karşılaşılan bir problem olan kirlenme yaşamış olması muhtemel kömür parçaları olduğu anlaşılmış ve değerlendirilememiştir.

Diğer ^{14}C yöntemi ile elde edilen ve oldukça anahtar bir öneme sahip olan SB-25-C kodlu örnek ise güncel taşkın ovasının kum ocaklarınca işletilen Boğazköy kesitinde, yatak yükü içerisinde yer alan Quercus (meşe)- ağaç kütüğünden elde edilmiş bir yaş verisidir. Yaş verileri ve ilişkileri ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır.

2.1.2.2. Optik Uyarımlı Luminesans Tarihlendirme (OSL)

Lüminesans tarihlendirme yöntemi kapsamlı ve gerçekleştirmesi oldukça zaman alan bir yöntemdir. Tarihlendirme yönteminin aşamaları

- Mineral ayırma aşamaları,
- Eşdeğer doz (De) ölçümleri,
- İstatistiksel analizler
- Jeokimya (U, Th, Rb, K) ölçümleri
- Nemlilik analizleri
- Çevre dozu (Dr) ve yaş hesaplanması

olarak tanımlanabilir. Bu aşamada Lüminesans Tarihlendirme yöntem esaslarından ve araziden örnekleme şeklinden bahsedilecektir. Mineral ayırma aşaması olan analizin başlangıç aşaması ise laboratuvar çalışmaları kısmında anlatılacaktır.

Tarihlendirme yönteminin esasları

Optik Uyarımlı Lüminesans Tarihlendirme Yöntemi, çökelme süreçleri sonucu ışık ve ısıdan soyutlanan çökel tanelerin içerisindeki lüminesans sinyalinin ölçülmesi esasına dayanır (Aitken,1998). Bu sinyal, içinde bulunduğu kaparlardan taşınma sırasında tamamen boşalmaktadır. Gömölme sonrasında çevrede bulunan U, Th, Rb ve K gibi radyoaktif elementlerden yayılan α , β ve γ parçacıklarının etkisiyle lüminesans tuzakları yeniden dolar. Araziden ışık görmeden alınan örneklerden hedef minerallerin karanlık ortamda ayrılması ve eş değer dozunun ölçülmesi ile yıllık çevre dozu oranının belirlenmesi, lüminesans yönteminin temelini oluşturur (Erturaç,2019).

Yöntem dış süreçler (eoliyen, flüvyal, kıyı vb.) kontrolünde depolanmaya uğrayan, yeryüzündeki en bol bulunan mineralleri hedeflemektedir. Bu özellikleri Kuvaterner çalışmalarında, diğer tarihlendirme yöntemlerinin hedef elementlerinin bulunmadığı ya da zaman aralığının dışında kaldığı yaygın durumlarda, depolanma tarihçesinin anlaşılmasında kullanılmaktadır (Rhodes, 2011; Duller, 2012).

Örnekleme tekniği

OSL tarihlendirme yöntemi için örnekleme kendine has standartlar içermesi gereken bir örnekleme şekline sahiptir. Bir kaya parçası ya da jeokimyasal analizler için alınan kum-

silt örneklemesinden oldukça farklıdır. Bunun sebebi tarihlendirme esası olan çökel içerisindeki kuvars kristalinin lüminesans sinyalinin saklı kalması ve doz ölçümüne (Lüminesans sinyal Ölçümü / Eşdeğer doz ölçümü) kadar bu sinyali saklı tutabilmesi durumudur.

Örneklenecek çökel paketinin durgun ortamda çökelmiş olması gerekmektedir. Bunun nedeni en son depolanma döngüsünü bulmaya çalışmakla alakalıdır. Kuvars/feldispat kristallerinin ısınım kapanlarının açılması için yeterli süre ışık görmesi gerekmektedir. İstenen tane boyu ince- orta kum ya da silt boylu çökellerdir. Flüvyal ortamda bu tane boyu özellikle taşkın ovası, ana kol ya da yan kollar içerisindeki kum barlarının kenarları başta olmak üzere çok çeşitli alanlarda iyi boylanmış olarak gözlenebilmektedir.

Kullanılan materyalin ışık geçirmez olması oldukça önemlidir. Bu sebeple bu çalışmada örnekleme amacıyla 7.5 cm çapında siyah PVC ve çelik boru kullanılmıştır. Boru uzunluğu çökelin tane boyu özelliğine göre 10-20 cm arasında değişiklik göstermektedir. Kesit temizlendikten sonra borular belirlenen fasiyese düz bir biçimde balyoz ve plastik tıpa yardımıyla çakılır. Örneklerin ışık izolasyonu alüminyum folyo, siyah bant ve siyah poşet yardımıyla sağlanır. Örnekleme sırasında ölçekli kesit çizimleri ve örneğin yüzeyden derinlik bilgilerinin derlenmesi de gerçekleştirilmiştir (Şekil 22).



Şekil 22: A. 14C yöntemi ile yaşlandırılan yatak yükü içerisindeki ağaç kütüğü, B. Lüminesans örnekleme araçları, C. OSL Örnekleme sürecinde ölçekli kesit çizimi.

2.1.3. RTK- GPS Ölçümleri

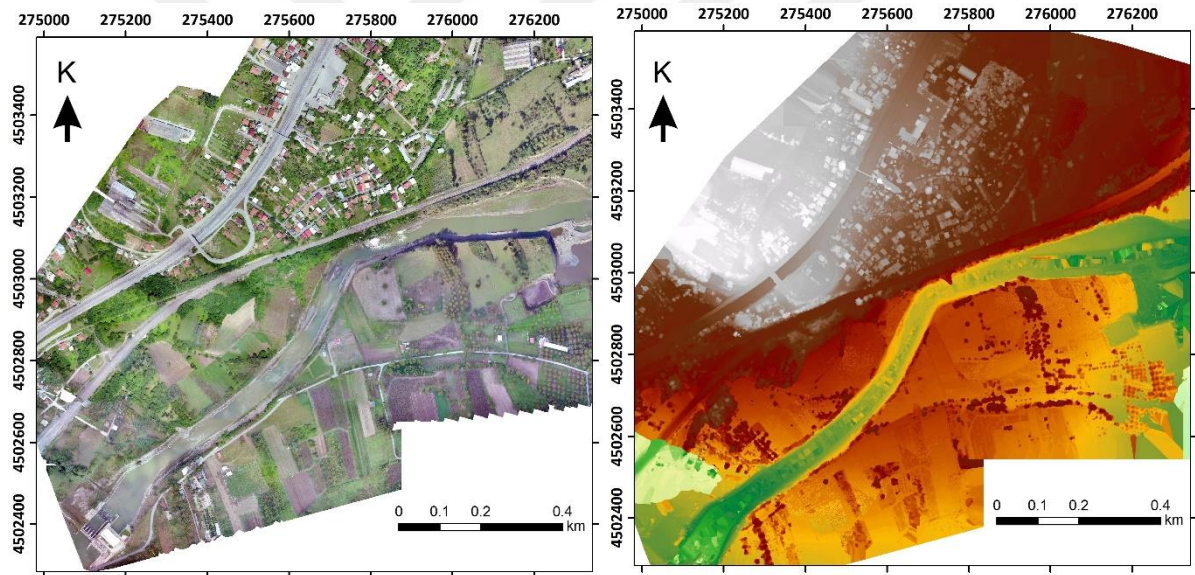
Arifiye-Boğazköy arasındaki alanda taraça sistematığının hassas (mm) olarak ölçülmesi için TOPCON GR-5 GNSS (global navigation satellite system) cihazı ile RTK (Real Time Kinematic)-GPS çalışması yapılmıştır. Bu ölçümlerde, konum bilgileri için European Datum 1950 datum, UTM Zone 36 koordinat sistemi referans alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, ilgi alanı olan Arifiye-Boğazköy, taraça basamaklanmaları boyunca ölçüm kampanyası düzenlenmiştir.

RTK sisteminin bileşenlerinden olan sabit istasyon, sahanın kapsama alanı içerisinde ulaşılabilir hakim tepe (Türbe Tepe) üzerinde konumlandırılmıştır. Baz istasyonumuzun konum bilgileri GNSS uydularından uzun süreli ölçüm ile belirlenmiştir. Çalışmada amaçlanan kadastral doğruluktan ziyade taraçalarının göreceli yüksekliklerin belirlenmesidir. Bu nedenle ölçümde herhangi bir kadastral konum düzeltmesi yapılmamıştır.

2.1.4. IHA Fotogrametri

Bu çalışmada DJI Inspire 1 Pro insansız hava aracı (IHA) ve Pix4D görüntü işleme yazılımı yardımıyla inceleme alanında mikrotopoğrafya ve ortofotoğraf üretimi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Drone üzerine bir gimble (yalpa çemberi) ile bağlı olan ZenMuse X5 fotoğraf makinasının çözünürlüğü 4608x3456 pixel seviyesindedir.

Hava fotoğraflarının fotogrametrik değerlendirilmesi Pix4D yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Kapsamlarına göre ayrı ayrı işlenmiş 2.5 cm pixel çözünürlüğünde sayısal arazi modeli ve ortofoto üretilmiştir (Şekil 23). İşleme sırasında X,Y ve Z eksenlerinde yersel doğruluk uçuş öncesi araziye dağıtılan yansıtıcıların RTK-GPS ile ölçümü ile sağlanmıştır. Bu uygulama ortofotoğraf (2D), nokta bulutu ve Sayısal yükseklik modeli'nin (3D) konumunun hassas olarak belirlenmesi için çok önemlidir.



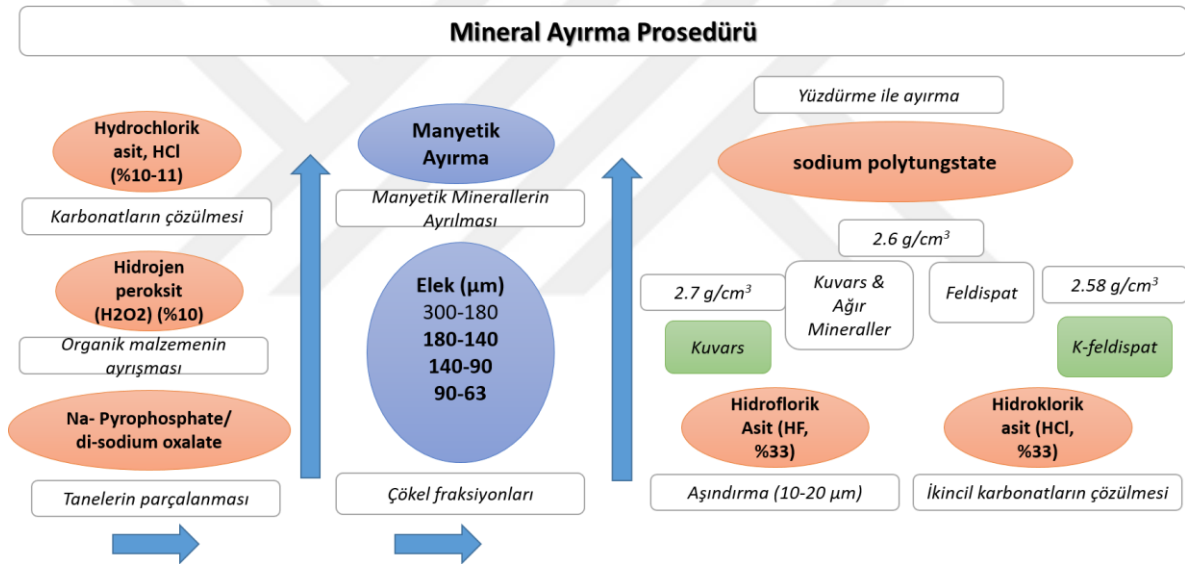
Şekil 23: Karaçam- Boğazköy arasında örtüşen 5 uçuştan elde edilen hava fotoğraflarının fotogrametrik değerlendirmesi ile elde edilen 5 cm yersel çözünürlüklü ortofoto ve sayısal yükseklik modeli.

2.2. Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışmada kullanılan Optik Uyarımlı Lüminesans (OSL) Tarihlendirme Yöntemi kapsamında mineral ayırma aşamaları gerçekleştirilmiştir.

2.2.1. Mineral ayırma- OSL

Lüminesans tarihlendirme için kullanılan hedef mineraller olan kuvars ve k-feldispat kristallerinin örnek tüpünden ayrıştırılması, kırmızı ışık ile aydınlatılmış karanlık odada yürütülmektedir. Testler ve eş değer doz ölçülmesi için için ~5 gr saf kristale ihtiyaç duyulmaktadır. Çökellerin çeşitli fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulması olarak tanımlanan bu ayırma aşamaları Şekil 24’de sunulmaktadır. Her aşama sonrasında kalan örnekler saf su ile en az 3 kere yıkanır ve ~35 °C ısıtılmış etüvde kurutulur.



Şekil 24: Basitleştirilmiş mineral ayırma prosedür ve aşamaları.

Bu çalışmalar Ankara Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü’nde bulunan ve kırmızı ışık ile aydınlatılmış karanlık odada ve Sakarya Üniversitesi, Araştırma ve Laboratuvar Merkezi (SARGEM) bünyesinde yer alan MALTA; Mineral Ayırma ve Lüminesans Tarihlendirme Laboratuvarı’nda sürdürülmüştür.

2.3. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Çalışmaları

Çalışmanın bu aşamasında, kullanılan uydu görüntülerinin özellikleri ve listesi sunulmuştur. Ardından Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yürütülen çalışmalardan koordinatlandırma ve sayısallaştırma esasları anlatılmıştır. Çalışmanın nicel çıktılarından oluşması aşamasında kullanılan yöntemler ve esasları ise alan ve hacim başlığı altında sunulmuştur.

2.3.1. Uydu Görüntüleri

Bu çalışma kapsamında, Sakarya Nehri taşkın ovasının gelişim ve değişiminin anlaşılması amacıyla, 1975 yılından 2019 yılına 44 yıl 8 ay 27 günlük bir zaman aralığı toplam 46 uydu görüntüsü ile incelenmiştir.

Başlangıç olarak 1975 ve 1980 tarihli ABD Corona casus uydu programına ait Keyhole (2002) uydu görüntüsü temel alınmıştır. Bu iki farklı tarihli görüntü ile Turgut Bilgin'in 1984 yayınında yer alan Arifiye- Boğazköy taraça haritası başta olmak üzere, bölgedeki kum ocaklarının çalışmaları öncesi Sakarya Nehri ve taşkın ovası ile taraçalarının ilksel morfolojisini sunması açısından oldukça önemlidir.

Keyhole uydu görüntüleri yaklaşık 5 m gibi oldukça yüksek mekânsal çözünürlük sunmaktadırlar. Keyhole görüntülerinde özellikle ova gibi düz alanlarda bu hata en aza inerken; yüksek, eğimli alanlarda hata payı artmaktadır. Bu durum diğer uydu görüntülerinde de geçerli olabilir ancak günümüz uydu algılama teknolojisi, uyduların yörünge ve konum bilgilerini kullanarak otomatik yersel düzeltilmesine izin vermektedir. Keyhole görüntüleri uydu üzerine yerleşmiş analog makinalar ile üretilmiş, yüksek çözünürlüklü uydu fotoğraflardır, bahsedilen düzeltme bu verilerde bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, Keyhole görüntüleri Google görüntüleri referans alınarak koordinat düzeltmeleri (rektifikasyon) yapılmıştır. Köy yolları kesişimi, eski köprüler gibi daha çok nehir kıyısında düzeltmeler, harita üzerinde eşit nokta dağılımına dikkat edilerek yapılmıştır.

Çalışmadaki ikinci uydu görüntüsü grubu ise Landsat 4-5 TM uydu görüntüleridir. 1987 yılından 1998 yılına kadar olan toplam 22 adet Landsat 4-5 TM uydu görüntüsü, amaca ve görüntü özelindeki bozulmalara dayalı olarak 6-5-1, 6-4-1, 4-3-2 gibi farklı bant

kombinasyonlarıyla kullanılmıştır. 1984 yılında Landsat 4, hemen ardından Landsat 5 uzaya fırlatılmıştır ve 30 m mekânsal çözünürlük sunmaktadırlar (Tablo 2).

Bu çalışmada uydu görüntülerinin farklı bantları kullanılarak otomatik ya da kontrollü sınıflandırma- sayısallaştırma yapılmamıştır. Bunun nedenleri; çeşitli dalga boylarında algılama yapan uyduların (Aster ve Landsat) yersel çözünürlüğünün, odak alanların boyutlarına kıyasla yetersiz oluşudur. Bu nedenle kum ocağı- gölet gibi alanların bu sınıflandırma ile birbirinden doğru ayrılammamaktadır. Sulak alanlar- göletler, kum ocakları alanda birbirleri ile iç içedir ve oldukça dinamiktir. Bunun yanı sıra bölgenin iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle farklı aylarda farklı manzaralar sunabilmektedir. Bu sebeplerle gözle sınıflandırma bu çalışma için daha uygun görülmüştür.

Tablo 2: Bu çalışmada kullanılan Keyhole, Landsat-4-5 TM ve Landsat 7 ETM+Pan görüntü listesi.

No	Algılayıcı	Çözünürlük	Tarih	Kod
1	Keyhole (2002)	~ 5m	18.07.1975	DZB1210-500162L003001
2		~ 5m	30.06.1980	DZB1216-500062L003001
3	Landsat 4-5 TM	30 m	1.08.1987	LT51790321987213AAA02
4		30 m	18.09.1987	LT51790321987261XXX03
5		30 m	2.09.1987	LT51790321987245XXX02
6		30 m	31.05.1988	LT51790321988152RSA00
7		30 m	3.08.1988	LT51790321988216RSA00
8		30 m	20.09.1988	LT51790321988264RSA00
9		30 m	22.10.1988	LT51790321988296RSA00
10		30 m	2.05.1989	LT51790321989122RSA00
11		30 m	4.12.1989	LT41790321989338XXX02
12		30 m	6.06.1990	LT51790321990157RSA00
13		30 m	13.11.1990	LT51790321990317RSA00
14		30 m	6.04.1991	LT51790321991096RSA00
15		30 m	8.05.1991	LT51790321991128RSA00
16		30 m	12.08.1991	LT51790321991224RSA00
17		30 m	27.06.1992	LT51790321992179RSA00
18		30 m	30.08.1992	LT51790321992243RSA00
19		30 m	15.09.1992	LT51790321992259RSA00
20		30 m	16.07.1993	LT51790321993197RSA00
21		30 m	21.09.1994	LT51790321994264RSA00
22		30 m	6.07.1995	LT51790321995187RSA00
23		30 m	12.06.1998	LT51790321998163RSA00
24		30 m	18.10.1998	LT51790321998291RSA00
25	Landsat ETM+Pan	30+15 m	12.06.2001	EPP179R032_7F20010612

Çalışmanın diğer uydu görüntüsü grubu 2001 yılı için 1 adet bulunan Landsat 7 ETM+Pan görüntüsüdür. 30+15 m mekansal çözünürlük sunmaktadır (Tablo 2). Landsat ve Keyhole uydu görüntüleri; earthexplorer.usgs.gov internet adresinden indirilmiştir.

Çalışmanın son uydu görüntüsü grubu ise Google Earth programında sunulan uydu görüntüleridir. Program içerisinde 2005 yılından 2019'a kadar olan, 5m' den daha düşük; oldukça yüksek çözünürlüklü 21 adet Google Earth görüntüsü kaydedilmiş ve ArcGIS ortamında 1/2500 m'lik referans sınırlar aracılığı ile koordinatlandırılmıştır (Şekil 25; A ve B).

Kum ocağı işletme başlangıcı olarak tespit edilen yıl 1980 yılıdır. Bu tarihten 2005 yılına kadar olan gelişim Keyhole ve Landsat uydu görüntüleri ile takip edilmiştir. Çalışmanın iki önemli sayısal- matematiksel çıktısı vardır. Bunlar kum ocaklarının alansal ve hacimsel büyümesinin takibidir. Çözünürlüğün Google görüntülerine göre çok daha düşük olması sebebiyle Landsat görüntülerinin güvenilirliği nispeten az olmaktadır. Özellikle alansal büyümeyi görmek için de yeterlidir. Google görüntüleri ile birlikte alansal hesaplamaların doğruluğu artar. Bunun yanı sıra Google görüntüleri ile işletme aşamaları da ortaya çıkarılabilmektedir.

2.3.2. Koordinatlandırma ve Sayısallaştırma

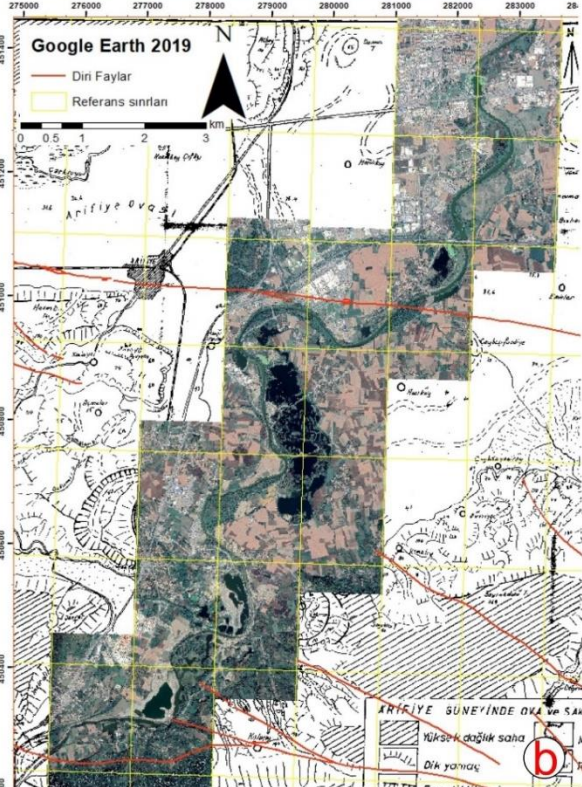
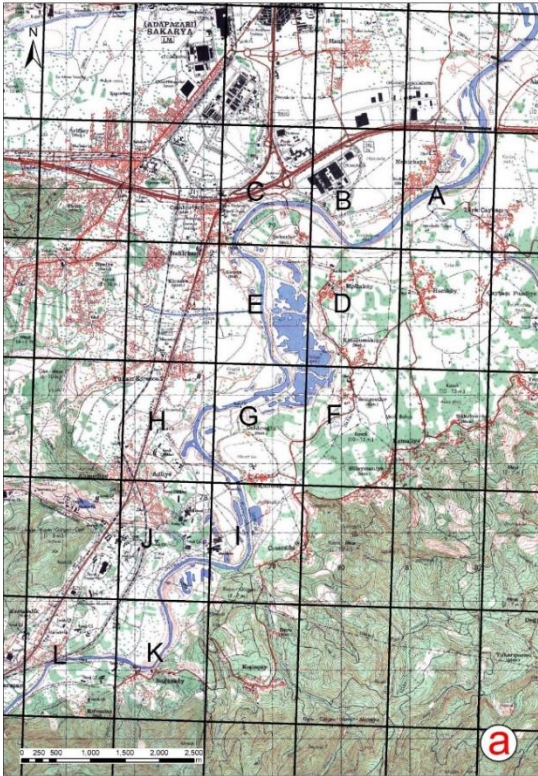
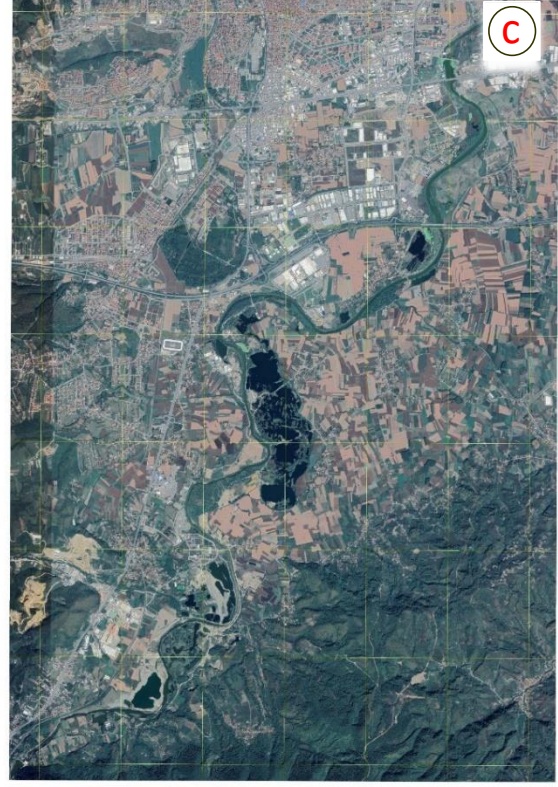
Bu çalışmada, European Datum 1950 datum, UTM Zone 36 koordinat sistemi referans alınmıştır. Tüm uydu görüntüleri bu koordinat sistemine çevrilerek ya da bu koordinat sisteminde gerekli düzeltmeleri yaparak kullanılmıştır. ArcMap, Georeferencing aracı kullanılarak koordinatlandırılmış ve yine ArcMap, Editor aracı ile sayısallaştırılmıştır.

Keyhole görüntüleri ve Turgut Bilgin'in 1975 (Bilgin,1984) yılı öncesine ait taraça haritası özelinde alanın ilksel morfolojisi ve kum ocakları öncesi durumu ortaya koymaktadır. Bu sınıflandırmalar çalışmanın 'Sakarya Nehri Arifiye-Boğazköy Arasındaki Taşkın Ovası Değişimleri' bölümünde ayrıntılı anlatılmaktadır.

Sayısallaştırma, birkaç ana bileşenden oluşmaktadır:

- Sakarya Nehri
- Kum Ocağı
- Gölet

No	Algılayıcı	Çözünürlük	Tarih
26	GoogleEarth	< 5 m	25.03.2005
27		< 5 m	9.11.2005
28		< 5 m	16.08.2011
29		< 5 m	24.09.2012
30		< 5 m	13.04.2013
31		< 5 m	16.05.2013
32		< 5 m	4.12.2013
33		< 5 m	30.09.2014
34		< 5 m	25.09.2015
35		< 5 m	24.05.2016
36		< 5 m	31.07.2016
37		< 5 m	30.04.2017
38		< 5 m	10.07.2017
39		< 5 m	16.03.2018
40		< 5 m	3.07.2018
41		< 5 m	28.09.2018
42		< 5 m	2.07.2019
43		< 5 m	6.08.2019
44		< 5 m	13.08.2019
45		< 5 m	5.09.2019
46		< 5 m	3.10.2019



Şekil 25: Google Earth görüntü listesi. A. Google Earth görüntülerinin indirilmesinde ve koordinatlandırılmasında kullanılan pafta sınırları. B. İndirilen ve koordinatlandırılan görüntülerin çalışma alanı üzerindeki görünümü. C. Çalışma alanının Google Earth ekranındaki genel bir görünümü.

Kum ocakları işletmelerin etkisi ile Sakarya Nehri kanalı üzerindeki değişimlerin tespit edilebilmesi için her bir görüntüde Sakarya Nehri kanalı sayısallaştırılmıştır. Kum ocağı olarak sınıflanan alanlar, kum alımı yapılmış fakat yer altı su seviyesine inmemiş ya da nehir kanalına temas etmemiş, yüzey işletmeleridir. Gölet olarak sınıflanan alanlar ise yer altı su seviyesine ulaşmış, derin kum işletmeleridir. Sakarya Nehri kanalıyla birleşmiş olanlar da bitişik göletler olarak sınıflandırılmış-sayısallaştırılmıştır (Okur ve Erturaç, 2018).

2.3.3. Alan ve Hacim Hesabı

Göletlerin ya da kum ocaklarının alanları poligon olarak çizildikten sonra, ArcMap kullanılarak mevcut her görüntüden alan hesabı yapılabilmektedir. Hacim hesabında ise, Erturaç vd., 2019 ve Bilgin, 1984 eserlerinden yola çıkarak, ve proje kapsamında yapılan Rtk-GPS profilleri ile topografik profiller kullanılarak, kum ocağı işletmelerinin yer aldığı taraça basamakları belirlenmiş ve yükseklik bilgileri atanmıştır (Şekil 51). Kum ocaklarının yoğun olduğu 4 odak alan seçilmiştir ve bu alanlarda her bir taraça basamağının ve Sakarya Nehri'nin göreceli konumlarına göre yükseklik bilgileri atanmıştır. Kum işletmelerinin bulunduğu Sakarya Nehri boyunca her alanda nehir ve diğer taraça basamaklarının yükseklikleri değişkendir. Örneğin; Geyve Boğazı çıkışında Boğazköy'de günümüzde 42 m'de bulunan nehir seviyesi Mollaköy'de 32 m'de bulunur (Şekil 51). Aynı eğim çeşitli sebeplerle de olsa taraça basamakları için de geçerlidir. Bu durumlar dikkate alınarak her alan özelinde, nehir ve taraçalarının göreceli yükseklikleri topografik profillere dayanarak alınmıştır. Bu göreceli yükseklikler ve farklılıkları 'Sakarya Nehri Arifiye-Boğazköy Arasındaki Taşkın Ovası Değişimleri' bölümünde topoğrafik profiller ile açıklanmaktadır. Alan hesabına dayanarak Hacim hesabı yapılırken, Yüzey kum ocağı hesaplamaları için taraça yüksekliğini hesaplamak yeterliyken, gölet alanlarında derinlik bilgileri gerekmektedir. Hesaplama taraça yüksekliğini 'üst', gölet derinliğini de 'alt' ibaresi karşılamaktadır. Kum ocaklarının nehir ile aynı seviyeye indirildiği, daha derine kazılmadığı varsayımı ile hareket edilmiştir. (Tablo 3).

Göletlerin derinliği standart olarak -5 m ve -10 m olmak üzere iki alternatif ile hesaplanmıştır (Tablo 3). İki farklı gölet derinlik bilgisi olmasının sebebi; 5 m den daha derin olduğu bilinen göletlerin varlığıdır (Ongun-Sevindik, vd., 2014).

Tablo 3: Alan ve hacim hesabı excel dosyalarının örnek görünümü

A	FID	Shape *	Tip	Alan	B	FID	Shape *	Tip	alan	kalinlik	alt	ust	Hacim
	0	Polygon	Sakarya_river	894618		0	Polygon	Gölet	70788.3	7	5	2	495518.1066
	1	Polygon	Bitisik_golet	35517.72		1	Polygon	Gölet	3680.823	7	5	2	25765.76318
	2	Polygon	Bitisik_golet	10097.66		2	Polygon	Gölet	41586.68	8	5	3	332693.4652
	3	Polygon	Bitisik_golet	10195		3	Polygon	Gölet	22210.92	7	5	2	155476.4477
	4	Polygon	Bitisik_golet	111878.7		4	Polygon	Gölet	4719.093	7	5	2	33033.65239
	5	Polygon	Bitisik_golet	1799.243		5	Polygon	Gölet	17695.53	7	5	2	123868.6805
	6	Polygon	Bitisik_golet	36835.59		6	Polygon	Gölet	36708.73	7	5	2	256961.138
	7	Polygon	Bitisik_golet	41971.85		7	Polygon	Gölet	7406.125	11	5	6	81467.37091
	8	Polygon	Golet	1748.402		8	Polygon	Gölet	7151.392	11	5	6	78665.31059
	9	Polygon	Golet	4480.856		9	Polygon	Kum ocagi	403362	10	0	10	4033620.219
	10	Polygon	Golet	2321.073		10	Polygon	Kum ocagi	39306.17	6	0	6	235837.0078
	11	Polygon	Golet	1524.701		11	Polygon	Kum ocagi	70196.95	10	0	10	701969.4711
	12	Polygon	Golet	1111.533		12	Polygon	Kum ocagi	26092.1	10	0	10	260921.042
	13	Polygon	Golet	5195.835		13	Polygon	Kum ocagi	15960.01	6	0	6	95760.08047
	14	Polygon	Kum_ocagi	29274.48		14	Polygon	Kum ocagi	7707.644	14	0	14	107907.0145
	15	Polygon	Kum_ocagi	429389.5		15	Polygon	Kum ocagi	77244.67	6	0	6	463467.9991
	16	Polygon	Kum_ocagi	5858.993		16	Polygon	Kum ocagi	3732.581	4	0	4	14930.3232
	17	Polygon	Kum_ocagi	116364.3		17	Polygon	Kum ocagi	70949.09	6	0	6	425694.5397
	18	Polygon	Kum_ocagi	42993.65		18	Polygon	Kum ocagi	48635.78	5	0	5	243178.909
	19	Polygon	Kum_ocagi	12043.79		19	Polygon	Kum ocagi	16702.87	12	0	12	200434.4353
	20	Polygon	Kum_ocagi	8867.757		20	Polygon	Kum ocagi	40814.15	6	0	6	244884.886

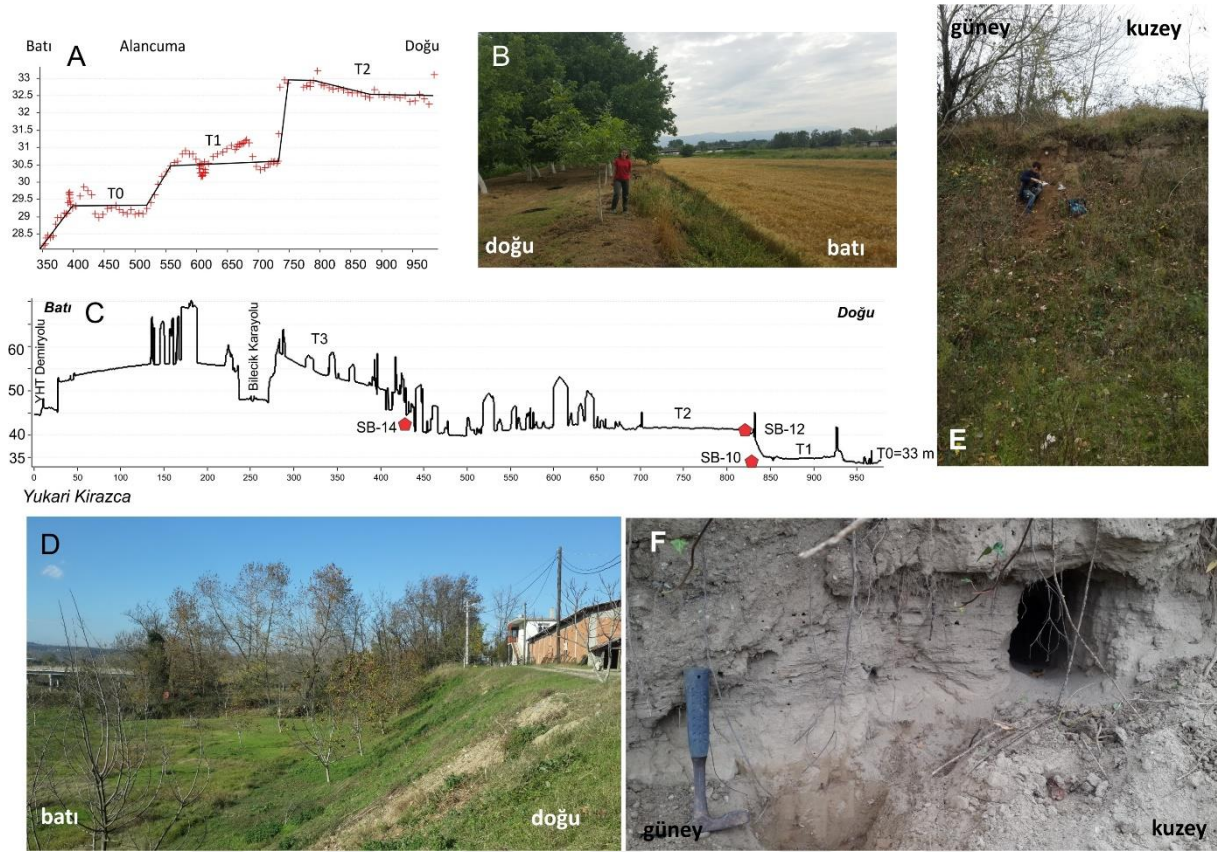
Bu çalışmada alan birimi olarak hektar ($1 \text{ ha} = 0,01 \text{ km}^2 = 10000 \text{ m}^2$), hacim birimi olarak m^3 ($\text{m}^2 \times h$ (taraça yüksekliği + gölet derinliği)) kullanılmıştır. Hacimi ağırlık birimi olarak ifade etmek içinse ton kullanılmıştır. Adapazarı Ovası'nda Sakarya Nehri'nin taşkın ovası çökellerinin özgül ağırlığı $2,6 \text{ g/cm}^3$ olarak kabul edilmiştir.

BÖLÜM 3. SAKARYA NEHRİ TAŞKIN OVASININ GELİŞİMİ

Arifiye-Boğazköy depolanmalı taraça basamaklanması Kuzey Anadolu Fayı ve Anadolu Otoyolu kuzeyinde yer alan Alancuma Köyü'nden güneyde Geyve Boğazı çıkışında yer alan Boğazköy-Karaçam Köyleri arasında gözlenmektedir. Bu basamaklanmalar, Erturaç vd, (2019) tarafından üç farklı seviyede, güncel taşkın ovasından göreceli yüksekliğine göre sırasıyla T3 (+22-25 m), T2 (+2-10 m), T1 (+1-3) ve güncel taşkın ovası (T0) olarak tanımlanmaktadır (Şekil 31). Bu seviyelerin üzerinde Karapürçek formasyonu üstünde gelişmiş farklı seviye ve eğim değerlerine sahip düzlükler aşınmalı taraça olarak değerlendirilmemiştir (Şekil 19). Çalışmanın bu aşamasında yer alan radyometrik yaş verilerinin tamamı, Erturaç vd., 2019 eserinden alınmıştır (Tablo 4; Şekil 31).

3.1. T2 Taraçası

Arifiye-Boğazköy taraça basamaklanması içerisinde T2 seviyesi, bölgenin Holosen morfolojik gelişimin anlaşılmasında anahtar rolü üstlenmektedir. Uzun bir aşınma dönemini (T3 sonrası) takiben gelişen taraça seviyesi Boğazköy-Kirazca arasında +10 metre kotuna kadar ulaşır. Kuzey Anadolu Fayı kuzeyinde ise +4 m kotuna devamında da T1 ve T0 seviyeleri ile birleşerek (derin kazılmış ve düzenlenmiş Sakarya Nehir kanalı kenarlarında) geniş Adapazarı Ovası düzlüğünü oluşturur. Birime ait kesitler Alancuma, Kirazca, Kumbaşı ve Boğazköy civarında açılan kum ocakları ve yol yarmalarında gözlenmektedir. Ancak bu kesitlerde yatak yükü fasiyesi izlenmemektedir. Yer yer laminalanma gösteren kil içeren ancak çoğunlukla silt ve inci kumlu seviyeleri ve bunların arasında yer alan orta-kaba kum ve ince çakıllı tekne yapısı gösteren kum barları ile karakterize olmaktadır (Şekil 26).



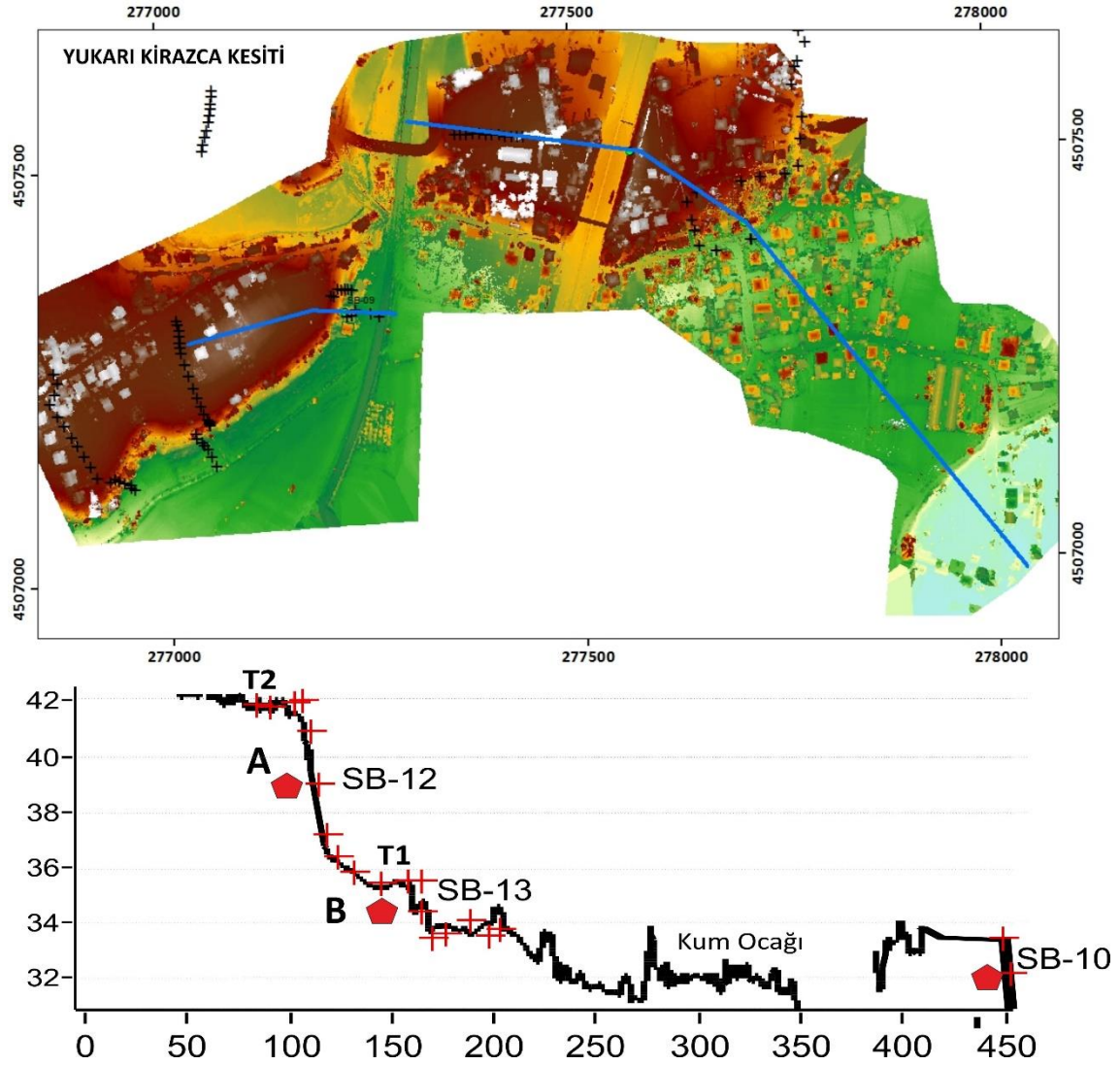
Şekil 26: T2 seviyesine yönelik rtk-GPS profilleri ve saha görünümü A. Alancuma' mahallesi yakınlarında (SB-31) T1 seviyesinden +2.5 m yukarıda duran A ve B leve yapısı gösteren T2 seviyesi. C Rtk-GPS+IHA DEM profili boyunca Kirazca taraça basamaklanması, T2 seviyesi güncel taşkın ovasından +10 m yukarıda yer almaktadır. D. Kumbaşı mahallesi T2 taraça düzlüğüne kurulmuştur. E: Kirazca SB-12 T2 kesiti (c-d örnekleri), F: SB-12 kesiti tabanında kum-ince çakıl bar çökelleri.

T2 seviyesi SB-10, SB-12 a,b,c,d; SB-32 kodlu örneklerle kapsamlı olarak tarihlendirilmiştir. Elde edilen yaşlara göre T2 seviyesi 9 binyıl önce oluşmaya başlamıştır ve depolanma 1. 8 binyıl önce sona ermiştir.

9 binyıl, boğazların kapanması ile göl özelliğine kavuşmuş Karadeniz seviyesinin afet derecesinde hızla yükseldiği ‘ Nuh Tufanı’ teorisi ile uyum göstermektedir. Hızla yükselmiş Karadeniz, derin kazılmış ve muhtemelen günümüz deniz seviyesine kadar ulaşmış Adapazarı Ovası’ na doğru bir miktar sokulmuş olabilir. Bir diğer ihtimal ise, deniz seviyesi akarsuyun akmasına bariyer teşkil edip nehrin çökellerini bırakmasına neden olmuş olabilir. Bu tarih aynı zamanda Adapazarı Ovası düzlüğünün de oluşum yaşına karşılık gelmektedir.

Bu depolanma dönemi günümüzden 1800 yıl öncesine kadar sürmektedir. 1800 yıl öncesi, aynı zamanda Sakarya Nehri yakınlarında T2 taraçasının aşınma tarihi olarak kabul edilebilir (Tablo 4; Erturaç vd, 2019).

T2 taraça basamağı ve depolanma aralığı süresince Sakarya Nehri'nin havzada gezinerek başka kanallar kullanmış olması muhtemeldir (Şekil 27).

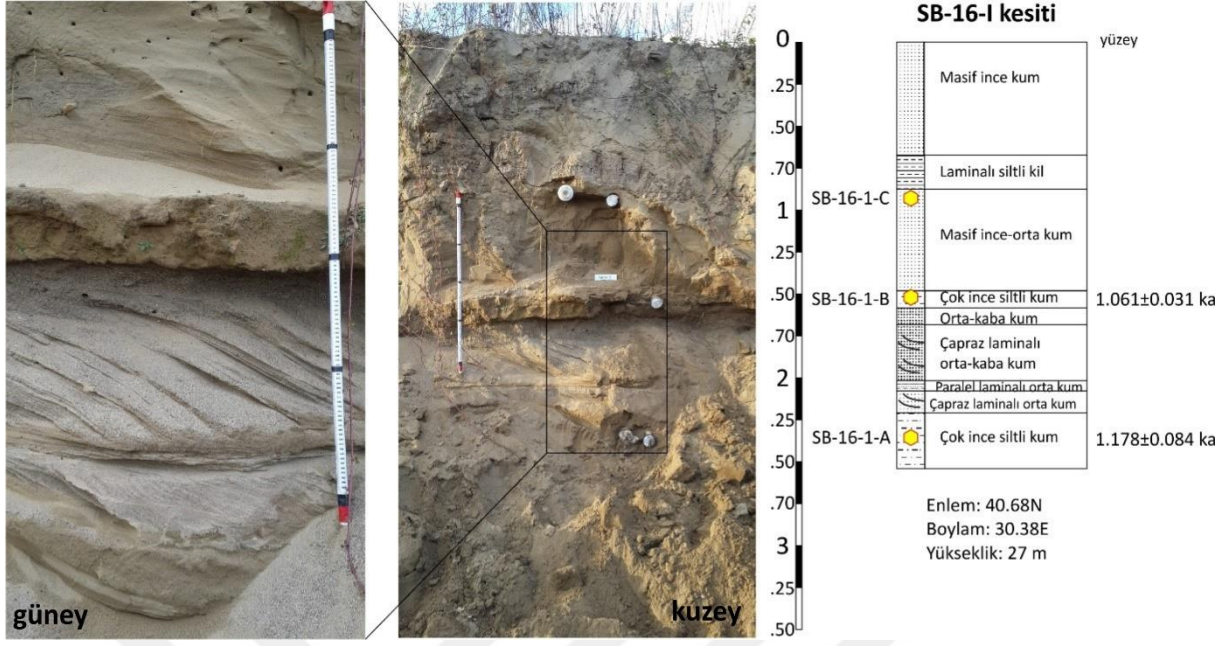


Şekil 27: Yukarı Kirazca Köyü taraça sistematığı. Fotogrametri ile üretilmiş yüksek çözünürlüklü sayısal arazi modeli üzerinde taraça profilleri ve gözlem/örnek konumları. Taraça sistematığının T2-T1 ve T0 seviyelerinin ilişkisi ve SB-12, SB-13 ve SB-10 örnek konumları. A-T2, B-T1 taraçası ayrıntılı fasiyes tanımlaması için kullanılan kesitlerdir.

3.2. T1 Taraçası

T2 seviyesinin altında yer alan T1 seviyesi güncel akarsu yanalına yakın yerlerde izlenmektedir. Güncel taşkın ovasının 1-3 m üstünde gözlenen T1 seviyesi, kum ocağı işletmeleri sayesinde geniş ve derin (0 m seviyesine kadar) kesitlerde gözlenebilmektedir. Yer yer orta-kaba çakıl mercekleri içeren menderesli akarsu, özellikle de menderes göçünü ifade eden çapraz katmanlanma göstermektedir (Şekil 28). Kesitin temel ile olan ilişkisi birçok kesitte gözlenememiştir anca ayrıntılı fasiyes incelemesi yapılan Kirazca B kesitinde kırmızı elastik kil özelliği gösteren Karapürçek formasyonu ile olan temel ilişkisi gözlenebilmektedir.

Enine ~20 m uzanan bir kazı alanında gözlenen SB-16-1 kesiti yaklaşık ~3 m ölçülebilir kesit sunmaktadır. Bu kesit üzerinde, menderesli akarsu ortamını yansıtan ince taneli, yer yer kanal ve tekne yapılı, çapraz katmanlı seviyeler bulunduran bir istif ölçülmüştür (Şekil 39). Bu istifin yüzeyden 0.90; 1.5 ve 2.3 m derinliklerde çok ince taneli, yatay fasiyeslerden 3 adet örnek alınmış ve bunlardan alt iki tanesi OSL yöntemiyle tarihlendirilmiştir (Şekil 28). Elde edilen tarihler stratigrafiye uygun, birbirleriyle tutarlı ve oldukça gençtir. SB-13 ve SB-16-1-A ve B lüminesans örnekleri bu taraça seviyesinden derlenmiştir ve elde edilen yaşlar taraçanın 1.2-1 binyıl aralığında depolandığını ortaya koymaktadır (Tablo 4).

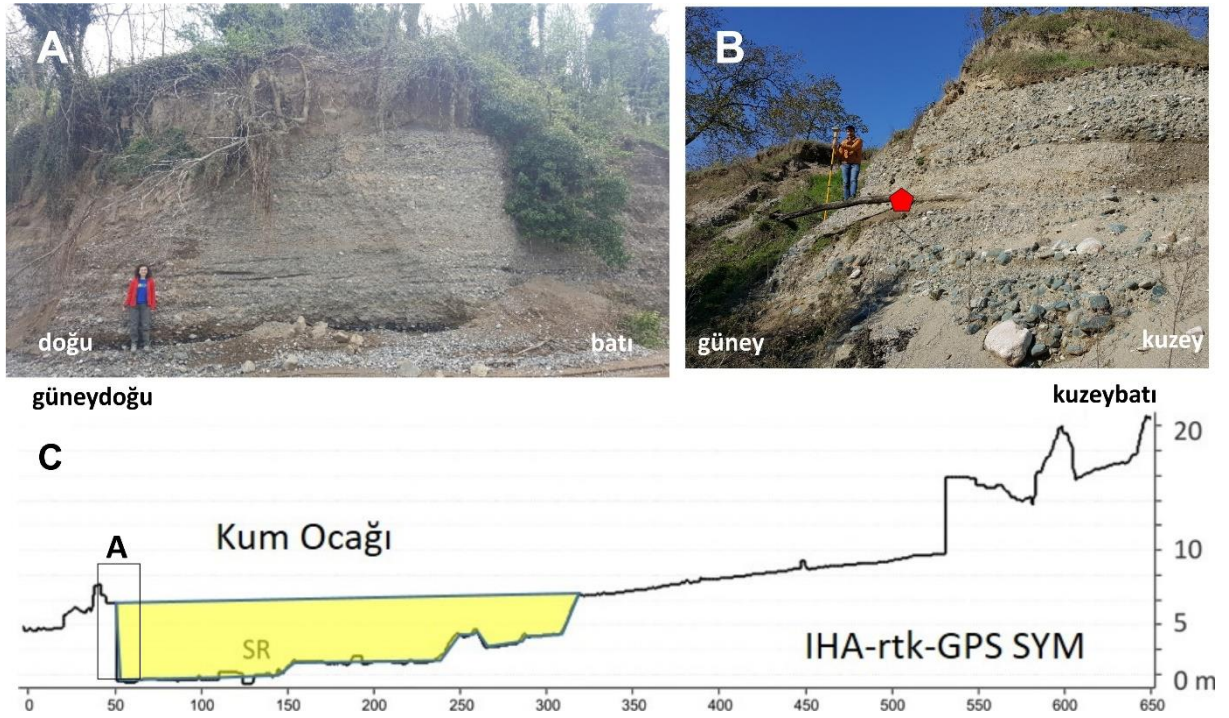


Şekil 28: SB-16-I kesitinin detay görünümü, örnek yerleri ve temel çökel fasiyesleri.

3.3. T0 (güncel taşkın ovası)

İnceleme alanında Sakarya Nehri güncel taşkın ovası günümüzde büyük oranda kum ocağı olarak işletilmektedir. 1980 yılından itibaren başlayan ocakların 2012 yılından itibaren hızlanarak toplam üretim alanı genişlemiştir. (Okur ve Erturaç, 2018).

Bu yapay kesitlerde ve Boğazköy hidroelektrik santrali için kanal derinleştirilmesi çalışmalarında T0 taraçasına ait yer yer 6 m yüksekliğe ulaşan kesitleri gözlenmiştir (Şekil 29).



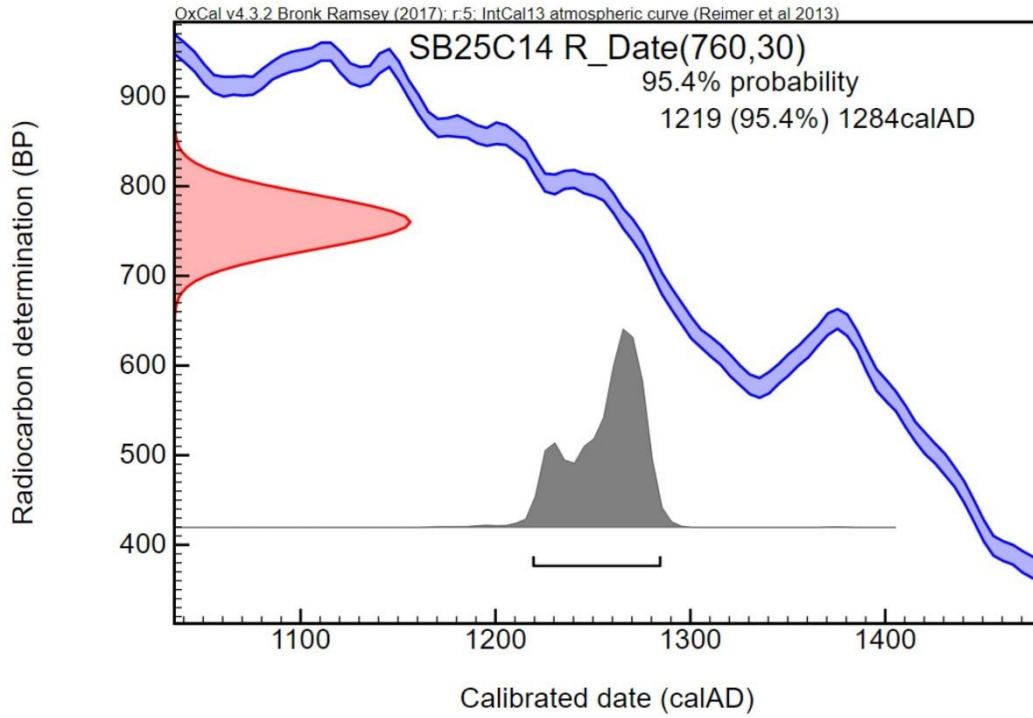
Şekil 29: T0 taraçasına ait kesitler A. Boğazköy Kum ocağı içerisinde kanal deposu ve üzerine gelen siltli-ince kumlu taşkın ovası fasiyesi (SB-26) . B. Boğazköy HES yakınlarında (SB-25 kanal deposu içerisinde bir ağaç fosilinin konumu (kırmızı beşgen) aynı zamanda SB-25C14 radyokarbon örneğinin yerini göstermektedir. C. Rtk-GPS ile yersel düzeltmesi yapılmış IHA-fotogrametrik sayısal yükseklik modelinden kesit, taraça geometrisi ve kum ocağı kesitinin konumunu göstermektedir.

Bu taraça deposu, tabanda 2 m kalınlığında yatak yükü blok ve çakılları (max:30 cm), üste doğru 2 m kalınlığında kaba çakıl ve kum setleri en üstte ise 2 m kalınlığında taşkın ovası sil ve killeri ile yer yer çapraz katmanlı kum barlarını içerir. Şekil 29-B de gösterilen kırmızı dörtgen kanal deposunun üst sınırında gömülmüş bir ağaç fosilinin yerini göstermektedir. Bu örnek radyokarbon yöntemi ile tarihlendirilmiştir.

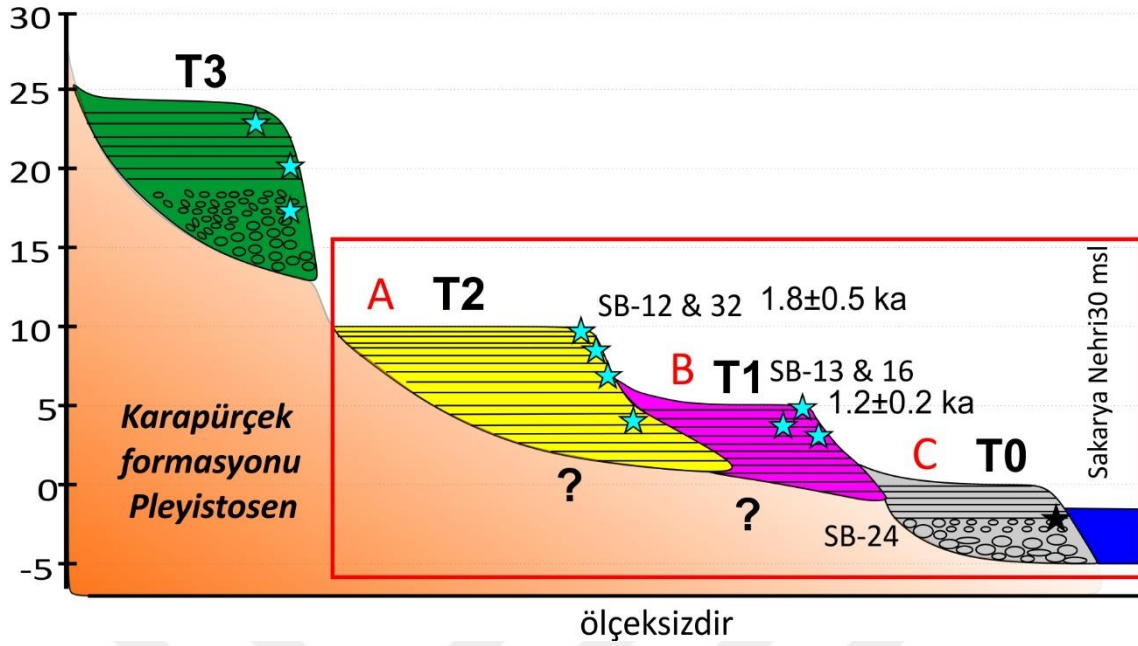
T0 seviyesinin depolanmaya günümüzden 750 yıl önce başladığı bu tarihle ortaya konulmuştur (Şekil 30).

Tablo 4: T2 ve T1 taraça seviyelerinin radyokarbon, OSL ve Post-IR-IRSL yöntemleri ile yaşlandırma sonuçları (Erturaç vd., 2019’dan düzenlenerek).

No	Örnek No	LAT	LON	Z (m)	Derinlik (cm)	Metod	Yaş (ka)	Taraça	Materyal
1	SB-16-B	40.68	30.37	20	150	OSL	1.06 ± 0.10	T1	İnce kum
2	SB-16-A	40.69	30.38	30	250	OSL	1.11 ± 0.20	T1	İnce kum
3	SB-32	40.71	30.41	30	50	OSL	1.87 ± 0.09	T2	İnce kum
4	SB-12-D	40.69	30.38	30	40	OSL	1.83 ± 0.20	T2	İnce kum
5	SB-12-C	40.69	30.38	30	240	P-IR-IRSL	3.84 ± 0.28	T2	İnce kum
6	SB-12-B	40.69	30.38	30	320	P-IR-IRSL	4.02 ± 0.36	T2	İnce kum
7	SB-12-A	40.69	30.38	20	420	P-IR-IRSL	4.95 ± 0.40	T2	İnce kum
8	SB-10	40.68	30.38	35	600	P-IR-IRSL	9.04 ± 0.40	T2	İnce kum
9	SB-25-C	40.62	38.35	40	500	C ¹⁴	1219-1284 AD	T0	Quercus(meşe)



Şekil 30: T0 seviyesinden içerisindeki meşe kütüğünden yapılan radyokarbon tarihi ve kalibrasyon grafiği (Erturaç vd., 2019; Okur vd., 2020).



Şekil 31: Arifiye-Boğazköy taraçalarının sentetik profili (Erturaç vd.,2019'dan düzenlenerek). Kırmızı çerçeve bu çalışmanın konusunu oluşturan kum-çakıl madenciliğinin faaliyet gösterdiği taraça basamaklarını ifade etmektedir.

BÖLÜM 4. SAKARYA NEHRİ BOYUNCA DEPOLANMALI YER ŞEKİLLERİ VE FASIYES ÖZELLİKLERİ

Taşkın ovaları yaygın olarak, taşkın düzlüğü, taşkın kanalları ve artbataklik, öküz boynuzu gölleri gibi morfolojik elemanlardan oluşur (Şekil 32). Bu elemanlar birbirleriyle yanal veya düşey yönde geçişlidir. Sakarya Nehri Havzası'nda özellikle nehir kıyısı boyunca, taşkın düzlüğü çökelleri ve bu çökellerin taşkın kanalları hakimdir (Şekil 32).

4.1. Depolanmalı Yer Şekilleri

4.1.1. Taşkın düzlüğü, taşkın kanalları

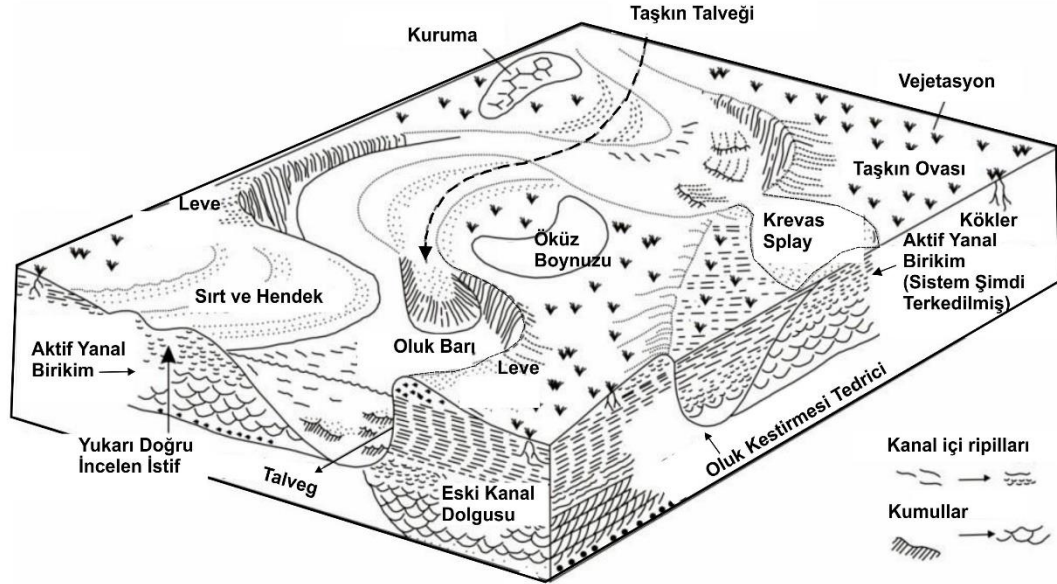
Sakarya Nehri 6-9 m arasında değişen güncel yatak derinliğine sahiptir. Nehir belli dönemlerde kendi yatağını doldurarak havzaya taşmaktadır. Nehir ve çevresi yoğun kum madenciliği çalışmalarından önce 1- 1.5 m arasında değişen doğal kanal setine sahiptir. Bu set, taşkın sularının akış enerjisini kaybettiği yerde, taşkın boyutuna göre, ince çakıl, kum, silt ve kil malzemesinin önce iri boyluları olmak üzere depolamaktadır. Bu durum menderesli akarsular için olağandır.

Sakarya Nehri Havzası'nın % 65 'e yakını taşkın ovası niteliğindedir. Güncel veya yakın dönem taşkınlarının çoğu nehir boyunca gerçekleşir. Güncel nehir kanalından uzak yerlerde de taşkın ovası niteliğinde oluşu ise ana nehir kanalının havza içinde yer değiştirdiğinin kanıtı niteliğindedir (Doğan, 2004).

Sakarya havza dolgusunun % 58,7 'si kil, % 32,5'i çakıl ve % 8,8'i siltli kum içermektedir (Koçyiğit vd, 1999). Dolgudaki ince taneliler taşkın sedimanı olarak kabul edilirse bu havza genelinin % 67,5'i demektir.

Havzanın taşkın ovası, 1960'lı yıllarda başlayan araçlı tarım ile topoğrafyanın düzenlenmesiyle tarım alanlarına dönüştürülmüştür. Havzanın nehir yakınlarında ise, tarım alanına dönüştürülmeyen kısımlarında; yarıntı, artbataklik, öküz boynuzu gölleri ve taşkın-silt yelpazeleri gibi morfolojik elemanlar yer almaktadır (Doğan, 2004).

Günümüzde, bu morfolojik elemanların çoğu, T0 olarak isimlendirdiğimiz güncel taşkın düzlüğü ve T2-T1 taraça seviyeleri üzerinde yer alan tarım alanları, yoğun kum madenciliği faaliyetleri ile tamamen yok edilmiştir.



Şekil 32: Menderesli akarsu sistemindeki ana jeomorfolojik özellikleri gösteren blokdiyagram (Walker ve Cant, 1981; Kerey ve Erkal, 2014, den düzenlenerek).

Taşkın kanalları, taşkın ovası içerisinde ters bir akaçlama göstererek nehirden taşkın ovasına doğru malzeme taşırlar. Taşkın kanalı, nehrin doğal setini sıg ve tekil bir yarıntı ile geçer ve taşkın ovası üzerinde kollara ayrılır. Taşkın sırasında önce kaba boylu malzemeyi bırakır ve ardından kil- silt boylu malzemeyi ova üzerine yayar. Nehir suyu, sediman giriş ve çıkışı için kullanılan taşkın kanalları zamanla derinleşebilir ve kanallar genellikle menderes bükümlerinde akışın dönmeye zorlandığı alanlarda gelişirler (Doğan, 2004).

4.1.2. Kanal Çökelleri

İyi yıkanmış ince kumdan kaba çakıla kadar malzeme içeren kanal çökelleri, nehre yakın taşkın ovası alanlarında gözlenir. Kaba boylu bu malzemeler ana yatak ve çevresinden çok uzaklaşma kabiliyeti barındırmazlar. Çökeller arasında yer yer çok kaba çakılların da olduğu gözlenebilir, bu durum sellenme döneminde nehrin taşıyabildiği tane boyutu olarak değerlendirilebilir. Nehir yüksek debi değerleriyle kaba boylu tane taşınımı mümkün olur (Şekil 29- B).

Sakarya Nehri Havzası'nda iyi yıkanmış, iyi yuvarlanmış, birçok farklı jeolojik kayadan beslenmiş kum boylu malzeme oldukça yaygındır.

Kum ocaklarınca açılmış yarmalarda gözlenebilen, iyi yıkanmış, çapraz tabakalı, yanal devamlılığı her zaman olmayan, kanal çökellerinin düşey yönde taşkın ovası çökelleri ile ardalanmalı olarak yer alır.

Kanal çökelleri dikey yönde 0.5 m'den 20 m' ye kadar kalınlık sunabilirler (Doğan, 2004).

4.1.3. Art-Bataklıklar

Taşkın ovası gelişmiş nehir havzalarında, taşkın malzemesinin enerjisinin azaldığı ve depolandığı alanların arkasında bataklıklar veya göller gelişebilir. Art-bataklıklar olarak Türkçe literatürde yer alan Backswamp' lar havza dolgusu ve temel birimler dokanağında gelişebileceği gibi, nehir doğal setinin hemen arkasındaki sırt ve hendek yapılarının hendek kısımlarında da gelişebilirler. Nispeten durgun bir ortam olduğundan kilce zengin çökeller barındırırlar (Şekil 32).

4.1.4. Doğal Kanal Setleri

Doğal kanal seti- leve, su seviyesinin yüksek olduğu dönemlerde, kanalı aşan suyun içinde asılı halde taşıdığı silt ve ince kumu nehir kenarı boyunca bırakmasıyla oluşan birikimdir. Özellikle nehirlerin mendereslendiği dirseğin dış kısmında yaygındır.

Yüksekliği ortalama 1-1,5 m arasında değişiklik göstermektedir.

Nehir ve çevresinin çeşitli yollarla tahribatı öncesi; Boğazköy Mahallesi karşı kıyısında, Kumbaşı ve Mollaköy' de belirgindir.

4.1.5. Öküz Boynuzu Gölleri

Menderesler yapan akarsu, menderes sapının zamanla incilmesi sonucu kopar. Kopmuş menderes halkası öküz boynuzu gölü olarak adlandırılan bir göle dönüşür ve bu göl kil, silt gibi ince tane boylu malzemeleri tutan bir kapan görevi görür.

4.2. Fasiyes İncelemesi

Bu çalışma kapsamında üç taraça basamağından (T2-T1-T0) birer kesit ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Sakarya Nehri boyunca kum ocakları tarafından açılmış kesitlerin sayısı oldukça fazladır. Kum ocağı faaliyetleri ova içerisinde üç taraça basamağının da içerisinde faaliyet göstermektedir. Ayrıntılı incelenen bu üç kesit her bir taraça basamağı için genellenebilir bir stratigrafi sunamamaktadır, flüvyal çökellerde yanal devamlılık gözlemek oldukça zordur. Kısa mesafelerde önemli fasiyes değişiklikleri, kanal ilişkileri gözlenebilmektedir. Bu nedenle A-B ve C kesitleri incelenen alanlar özelinde değerlendirilebilir.

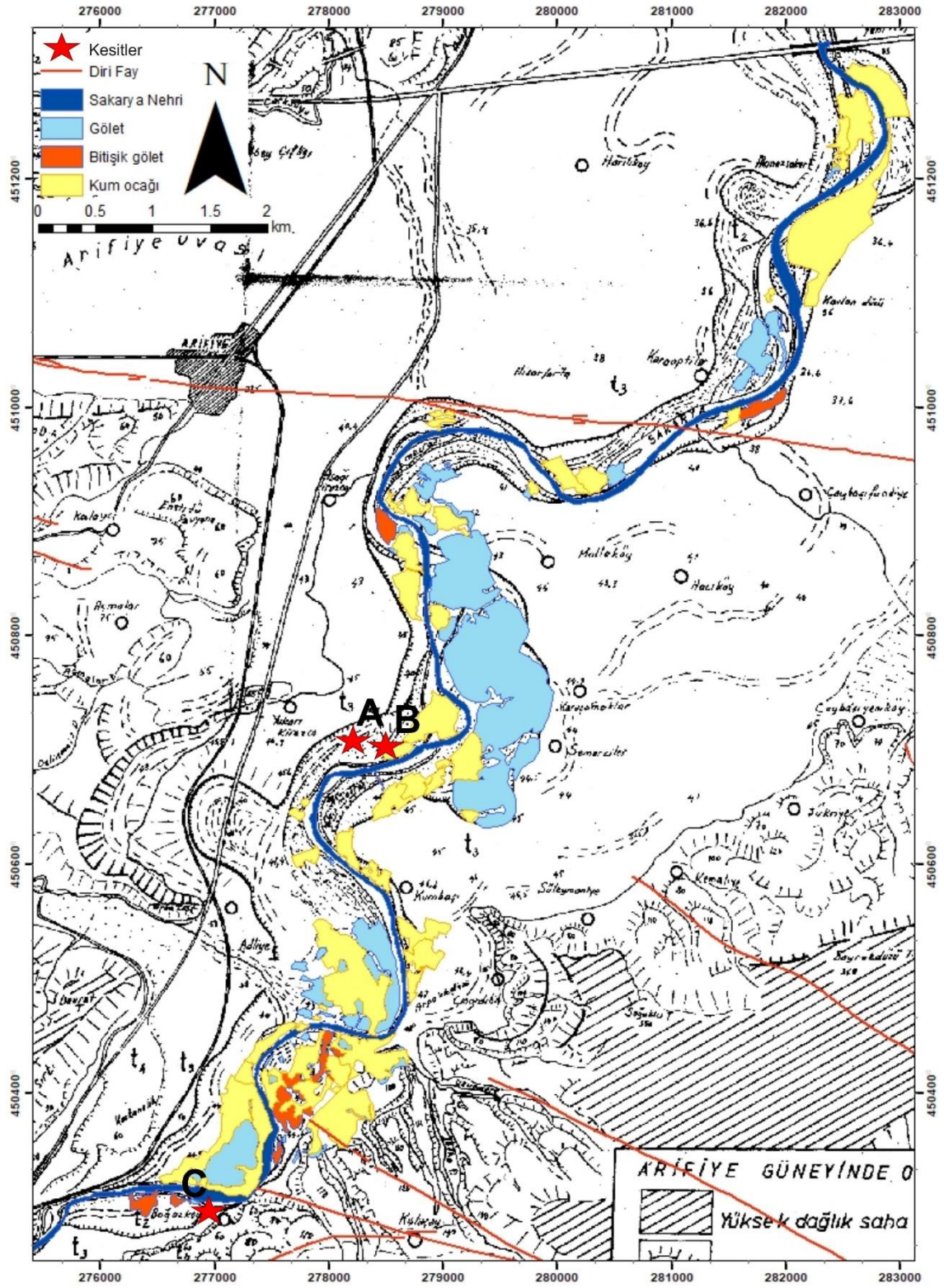
Sakarya Nehri taşkın ovası çökelleri için genel olarak söylenebilecek olan ince tane boylu çökellerden oluştuklarıdır. Çökel kalınlığı her T2 ve T0 basamakları için ortalama 4.5- 5 metre civarındadır. Kısa süreli bir depolanma dönemi olan T1 basamağı için 2-2.5 metre kesit kalınlıkları söz konusudur. Bu çalışmada T2 taraça basamağını A kesiti, T1 taraça basamağını B kesiti, T0 güncel taşkın ovasını ise C kesiti temsil etmektedir. Kesitler, kum ocağı işletmelerinin sınırlarında kalan, işletilmemiş fakat büyük oranda açılmış kesitlerden seçilmiştir.

Sakarya Nehri Taşkın Ovası üzerinde 30-40 cm aralığında toprak zonu gelişmiştir. Çökeller çoğunlukla kum ve silt tane boylu ve açık sarı- gri renkli yer yer yeşil- gri kil tabakaları içermektedir. Genel olarak kum-silt ve kil araldanması ile kaba kum ve çok ince çakıl bantları araldanmaları gözlenebilmektedir. Çökel tane boyu tabandan tavana çoğunlukla incelmektedir. Ayrıntılı incelenen kesitlerde C kesitinde taban çakılları gözlenirken, B kesitinde Sakarya Nehri Taşkın Ovası için Pleyistosen temel olarak nitelenen Karapürçek Formasyonu ile dokanağı gözlenmiştir. A kesitinde ise taban çakılları gözlenememiştir.

Holosen ile daha yaşlı birimlerin çalışma alanında birbirinden ayırt edilmesi oldukça güçtür. Flüvyal bir depo özelliği gösteren Karapürçek Formasyonu taraça çökelleriyle tane ve renk benzerliği sunmaktadır. Fakat Holosen taraça çökellerine göre daha pekişmiş ve çimentolanmış olarak gözlenir. Karapürçek Formasyonu yapılan gözlemlere göre oldukça iri kanal yükü, parça ve blok boylu malzemelerin yanı sıra yeşil-gri ya da kırmızı masif kil tabakaları içerir. Yine yapılan gözlemlere dayanarak Holosen taraçalarında bu denli kalın, pekişmiş kil tabakaları yer almamaktadır. Bu sebeptendir ki kum madenciliği

faaliyetlerinde taban noktasının Karapürçek Formasyonu olması oldukça muhtemeldir. Pekişmiş, çimentolanmış bu çökel paketi, ana hedefi kum olan bir çalışma kolu için istenilen malzemeyi sunmamaktadır. Taşkın ovasına göre çok daha zor işletimi de söz konusudur ve Sakarya ili içerisinde Karapürçek Formasyonu taş ocağı işletmeleri de oldukça yaygındır.





Şekil 33: Çalışma alanı ayrıntılı fasiyes incelemesi yapılan A-B ve C kesitlerinin yerleri. Altlık harita olarak Bigin,1984 Arifiye taraça haritası kullanılmıştır. Haritada aynı zamanda güncel tarihli kum ocağı işletmeleri ve onlara bağlı göletler yer almaktadır.

4.2.1. T2 Taraça basamağı A Kesiti

A kesiti, T2 taraça basamağında, , Sakarya Nehir kanalına 140 metre kuş uçuşu mesafede nehrin iç bükey dönüş yaptığı bir yerde bulunmaktadır (Şekil 33). Alan kum ocağı olarak işletilmektedir, nehire kadar olan 140 metrelik alanın tamamı değiştirilmiş ve yeniden düzenlenmiştir. Kesit traktör kepçe yardımıyla temizlenmiş ve çalışılmıştır. Toplam 450 cm kesit ölçülmüştür. 20-30 cm toprak seviyesinden, 240 cm siltli ince kum, orta kaba kum seviyelerinden; 180 cm kil, siltli kil seviyelerinden, yaklaşık 20 cm mercek yapılı yanal devamlılığı olmayan kum seviyelerinden oluşmaktadır (Şekil 34). Kesitte tabana indikçe tane boyu kaba kum olarak kabalaşmaktadır fakat kesin tavanında da kaba kum-orta çakıl yer almaktadır. A kesitinde taban ilişkisi ya da kanal çakılları gözlenmemektedir (Şekil 34).



Şekil 34: Yukarı Kirazca Mahallesi yakınlarındaki A kesiti, T2 taraça basamağında yer alır. 1 den 6'ya kesit tavanından tabanına belirgin fasiyes değişimlerinin görünümü.

4.2.2. T1 Taraça basamağı B Kesiti

B kesiti, T1 taraça basamağında, nehire 120 m, A kesitine 20 m kuş uçuşu mesafede bulunmaktadır. Alan kum ocağı işletmesinin yolu olarak kullanılmış, kum ocağı olarak işletilmemiş fakat kesiti açılmıştır (Şekil 33). Toplam 220 cm kesit ölçülmüştür. 5-10 cm toprak seviyesinden, 80 cm orta kum, 10-30 cm çok kaba kum seviyelerinden; 90-110 cm masif silt, 10 cm kil seviyelerinden oluşmaktadır. Kesitte Karapürçek Formasyonu ile dokanak ilişkisi gözlenmektedir (Şekil 35). Karapürçek Formasyonu içerisinde yer alan masif kırmızı kil, taraça kesitinde kil yumruları olarak gözlenmektedir. Nehrin akış sırasında killeri tabandan koparıp, bir süre akışta sürükledikten sonra depoladığı ihtimali kuvvetle muhtemeldir (Şekil 35).

B kesitinde bir miktar yanal devamlılığı olan, oldukça kaba kumdan oluşan çapraz katmanlı bir kanal yapısı ve kanalın içerisinde yumuşak çökel deformasyonu gözlenmektedir. (Şekil 35).



Şekil 35: Yukarı Kirazca Mahallesi yakınlarındaki B kesiti, T1 taraça basamağında yer alır. Kırmızı çerçeve, kanal yapısı içerisindeki yumuşak çökel deformasyonunu göstermektedir.

4.2.3. T0 Taraça basamağı- Güncel Taşkın Ovası C Kesiti

C kesiti güncel taşkın ovasında yer almaktadır. Kum ocağı işletmesi yer alması görmemizin mümkün olmayacağı bu basamakta, 450 cm boyunca C kesiti ölçülmüştür. Oldukça yoğun bir işletme alanının kıyısında yer alan C kesiti kesiti nehrin hemen kıyısında yer almaktadır (Şekil 33). C kesitinde taban çakılları gözlenmektedir. Bu kesitte diğerlerinden farklı olarak, belli seviyelerin uzun süreli devamlılığı gözlenmemektedir. Kesitin büyük bir çoğunluğunda 3-4 cm ile 10-30 cm aralığında değişen kil-silt seviyeleri aralanmalı olarak gözlenir (Şekil 36).

Kesit tabanında taban çakıllarının üstünde, silt-kil boylu taşkın ovası çökellerinin altında yer alan ağaç kütüğü (fosili) ^{14}C tarihlendirme yöntemi ile günümüzden 750 yıl önceye tarihlendirilmiştir. Bu taraça seviyesinde çok sayıda benzer ağaç fosilleri yer almaktadır (Şekil 36).



Şekil 36: C kesiti güncel taşkın ovasında yer alır. 1’den 9’a kesit tavanından tabanına belirgin fasiyes değişimlerinin görünümü.

BÖLÜM 5. NEHİR ÇÖKELLERİNDEN KUM ÜRETİMİNİN ZAMANSAL DEĞİŞİMİNİN İNCELENMESİ ve ÇEVRESEL ETKİLERİ

Serbest kum binlerce yıl içerisinde gerçekleşen erozyon ve depolanma süreçleri ile oluşan önemli bir hammadde (UNEP/GEAS, 2014). Serbest kum alanları aynı zamanda, insan faaliyetleri ve diğer canlı ekosistemlerinin en önemli ortamlarını oluşturmaktadır.

Türkiye’ de serbest kum madenciliği olarak tanımlanan madencilik türünde yaygın kullanılan alanlar; akarsular, akarsu taşkın ovaları, göller, deniz tabanları ve kıyılardır.

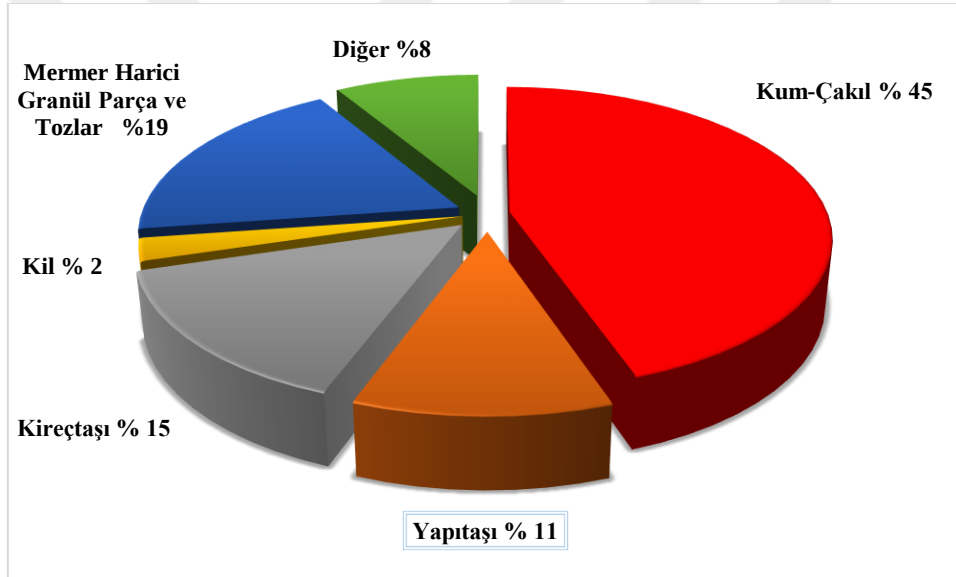
Türkiye’ de daha önceki yıllarda agrega üretiminin büyük bir kısmı taşocaklarından sağlanmaktaysa da günümüzde bu serbest kum-çakıl madenciliğine doğru yönelmiştir (Tablo 5, Şekil 37). Bu değişimin itici gücünün, maliyet farklılıkları olması muhtemeldir. Serbest kum madenciliği diğer inorganik madencilik türlerine göre çok daha basit bir mekanizmayla çalışır ve hızlı üretim sağlar.

Bu madencilik türünde uluslararası düzeyde geçerli olan probleme paralel olarak yıllık kullanım miktarları direkt olarak tespit edilememektedir. Ruhsatlı kum ocaklarının sayısından çok daha fazlası kaçak işletmelerdir. Kum madenciliği, yasal çerçeveye göre I (A) grubu kapsamındaki; inşaat ile yol yapımında kullanılan ve tabiatla doğal olarak bulunan kum ve çakıl olarak tarif edilmektedir. Bu madenlerin doğadaki fonksiyonlarının, diğer bir ifade ile su rejimi, kıyı ovalarının oluşması, sahil kesimlerinde kıyı hattının su ve kara dengesi üzerindeki belirleyici özelliği göz ardı edilmekte, yönetmeliklerde bu konuya değinilmemektedir (TMMOB, 2012).

TÜİK’ in verilerine göre maden gruplarında en büyük payı %45 ile kum çakıl sektörü oluşturmaktadır (Tablo 5). Bu payda en büyük söz sahibi olan il ise yaklaşık %18’lik bir dilimle Sakarya’dır (Yüksel ve Sandalcı 2007).

Tablo 5: Kum – Çakılın Türkiye Ekonomisine Sağladığı Katma Değerin Payı (DİE, 1996, Yüksel ve Sandalcı 2007).

Maden Grupları	İşyeri Sayısı	Çalışanların Ortalaması	Üretim Miktarı (ton)	Katma Değer (000 TL)	Katma Değer Payı (%)
Kum ve Çakıl	521	4 446	71 602 652	12 916 869 335	44,73
Yapıtaşı	163	861	11 587 724	3 158 444 126	10,94
Kireçtaşı (kalker)	84	620	12 089 298	4 230 085 933	14,65
Kil	30	135	4 053 680	693 070 162	2,40
Mermer haricindeki taşların granül parça ve tozları	110	1 510	17 163 584	5 387 782 563	18,66
Diğer (Mermer, granit, bazalt, toprak, alçıtaşı, dolomit, pomza)	104	860		2 490 291 199	8,62



Şekil 37: Kum-Çakılın Maden Sektöründeki Yeri (Tablo 5; DİE, 1996, Yüksel ve Sandalcı 2007 verisi kullanarak üretilmiştir).

Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığının Türkiye genelinde 1996 yılında yaptığı araştırmaya göre (DİE, 1996) Sakarya İli kum-çakıl sektöründe %9 la Türkiye genelinde en çok faaliyet gösteren il konumundadır. 1996 yılında Sakarya’da 8 adet ruhsatlı ocak bulunurken bu sayı 2004 yılında 25’e 2006 yılında ise 40 cıvalarına ulaşmış bulunmaktadır. Sakarya ili kum çakıl sektöründe 2006 verilerine göre, Türkiye genelinde %18 gibi büyük bir dilime sahip olup bu oran her geçen gün daha da artmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü Başkanlığının bu konu ile ilgili olarak Türkiye genelindeki ruhsatlı

maden ocakları üzerinde yapmış olduğu çalışma sonuçlarına göre çıkan istatistiki veriler sektörün katma değer payları ile birlikte Tablo 5’de verilmiştir (Yüksel ve Sandalcı 2007).

Sakarya Nehir havzasından çok sayıda kum alımı yapılmaktadır. Kum ocaklarının büyük bir kısmı özel işletmeler tarafından işletilirken, bir kısmı da belediyeler ve DSİ gibi kamu kurumları tarafından işletilmektedir.

Sakarya Nehri Havzası’nda yapılan kum ve çakıl madenciliğine ilişkin havza içinde yer alan Sakarya, Bolu, Bursa, Ankara, Bilecik, Eskişehir, Kütahya, Afyon, Konya, illerinde elde edilebilen ruhsatlı kum-çakıl ocağı işletmelerine ait sayısal değerler Tablo 3’ de belirtilmektedir. Kayıtlı işletmeler dışında çok sayıda kaçak işletme olduğu bilinmektedir.

Sakarya’da 2007 yılında yaklaşık 25 adet ruhsatlı ocak, 60 adet ise ruhsatsız kaçak ocak bulunurken, ruhsatlı ocak sayısının 2012 de 87 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 6; TMMOB, 2012; Yüksel ve Sandalcı, 2007).

Tablo 6: Sakarya Nehri Havzası'nda yer alan illerdeki ruhsatlı kum-çakıl ocağı dağılımları (TMMOB, 2012).

İli	Grubu	Cinsi	Özel	Kamu	Toplam
Sakarya	I (A)	Kum- Çakıl	77	10	87
Bolu	I (A)	Kum- Çakıl	0	0	0
Bursa	I (A)	Kum- Çakıl	4	0	4
Ankara	I (A)	Kum- Çakıl	30	3	33
Bilecik	I (A)	Kum- Çakıl	20	1	21
Eskişehir	I (A)	Kum- Çakıl	6	5	11
Kütahya	I (A)	Kum- Çakıl	1	1	2
Afyon	I (A)	Kum- Çakıl	3	0	3
Konya	I (A)	Kum- Çakıl	0	0	0
TOPLAM			141	20	161

Sakarya ilinin hali hazır durumdaki toplam kum-çakıl potansiyeli yaklaşık 78.500.000 m³ olarak tespit edilmiş olup bu tespit; il genelinde kum çakıl ve yan ürünü olan elek üstü oturtulmuş malzemelerin muhtemel rezervleri göz önüne alınarak ve kullanım olmadığı kabul edilerek köprülerden, yollardan, yerleşim birimlerinden 1000 uzaklıktaki mesafeleri dikkate alınarak tahmini olarak hesaplanmıştır. Bu potansiyelin 2012 yılı itibariyle kurulu bulunan kum çakıl ocağı işletmeleri tarafından % 20 sinin kullanıldığı

düşünüldüğünde mevcut potansiyel rezerv miktarının yaklaşık 62.800.000 m³ e tekabül ettiği tahmin edilmektedir (DİE.,1996, ATSO., 1994).

Bu potansiyel ve coğrafi konum itibari ile Sakarya ilindeki kum-çakıl sektörü Marmara Bölgesinin ihtiyaçlarına cevap verir durumdadır. Kum çakıl işletmelerinin Türkiye genelinde %18 gibi büyük bir dilimini oluşturan Sakarya İli kum ve çakıl madeni işletmelerine de dayanarak söylenebilir ki ilin en önemli maden işletmeciliği kum ve çakıl madenciliğidir. Sakarya'da faaliyet gösteren kum-çakıl işletmelerinin çalışma sistemleri genelde sallama kepçe yöntemine dayanmaktadır. Ortalama olarak bir kum ocağında yan sektörleri ile birlikte 60 kişi istihdam edilmekte ve il genelinde bu sektörde 1500 kişi istihdam edilmektedir (Yüksel ve Sandalcı, 2007).

Sakarya'nın kum ve çakıl madenciliğinde bu denli büyük bir paya sahip olmasının en önemli nedeni kuşkusuz mevcut rezerv, Sakarya Nehri taşkın ovası çökelleri ve İstanbul gibi büyük ve inşaat sektöründe önemli bir şehre yakınlığıdır.

Türkiye kum madenciliği faaliyetlerini anlamak ve ortaya koymak için Sakarya İli oldukça önemli bir örnek teşkil etmektedir. Bu çalışmanın konusu Sakarya İli'nde faaliyet gösteren kum- çakıl madenciliğinin tümü değildir, ancak çalışma alanı yaklaşık kuş uçuşu Kuzeyde- Arifiye Güneyde- Boğazköy arasında kalan 15 km uzunluğunda, Sakarya İli'nin en yoğun işletme alanıdır. Bunun birçok ekonomik ve coğrafi nedeni vardır. Bunların coğrafi nedenlerinin başında serbest kum madenciliği çatısı altında değerlendirilen bu madencilik türünün en önemli kaynak alanlarından olan ova, taşkın düzlüğü ve dinamik nehir kıyısı alanlarıdır. Bu özelliklerin tümünü barındıran,

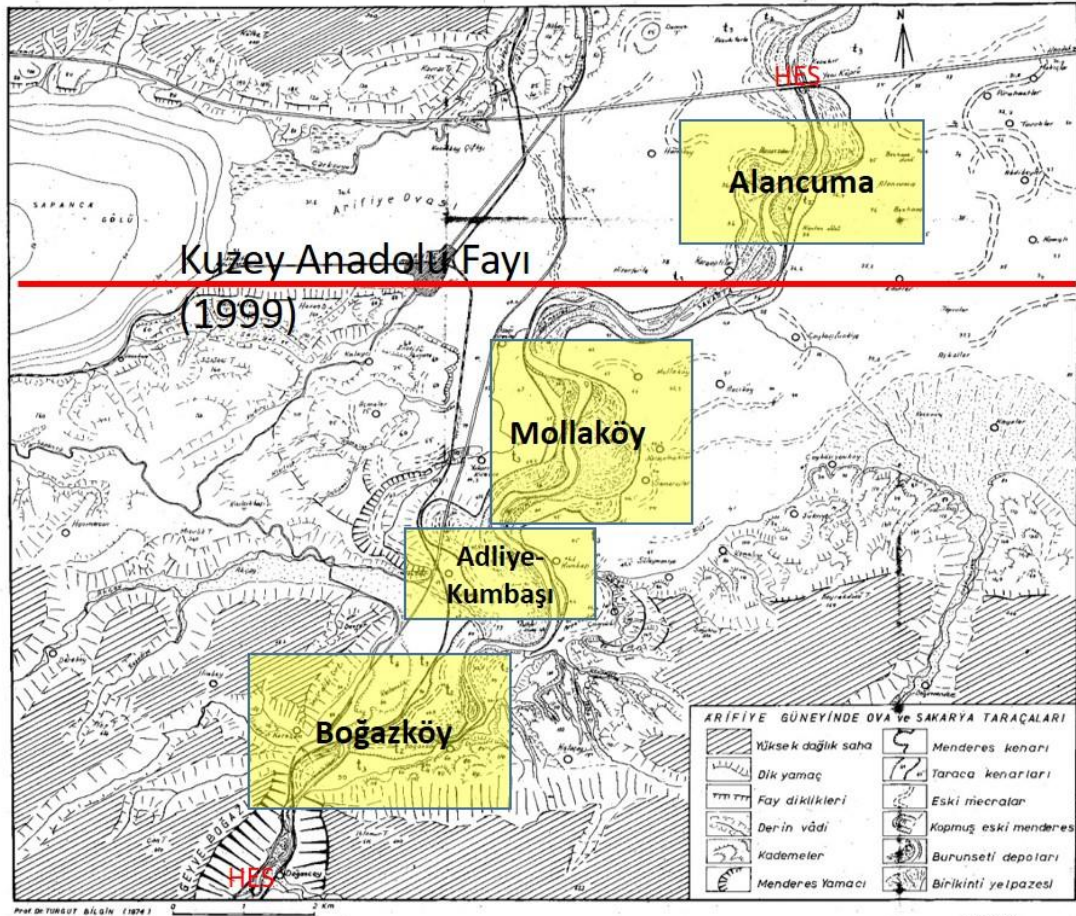
- Türkiye'nin en uzun üçüncü nehri olan Sakarya Nehri'nin kıyısında, Karadeniz'e dökülmeden önce geçtiği son büyük çöküntü alanı olan Adapazarı Ovası'na girdiği ve ova içerisinde aktığı ilk alan olan ova güneyinde kum-çakıl alımı yapılmaktadır (Şekil 13; 19).
- Bu alan, Anadolu Otoyolu ve D100 karayollarının kesişiminde ve hemen yakınında yer alır. Ayrıca bölgenin alt ve üst yapısını önemli ölçüde tahrip eden 1999 depremleri sonrasında bina stoğunun yenilenmesinde kullanılabilecek en uygun kum kaynağı olmasıdır.

Bu çalışma kapsamında kum ocağı işletmeleri; yeraltı su seviyesine kadar inmiş, derin kum ocağı işletmesi sonucu gölet oluşmuş veya Sakarya Nehri kanalı ile bağlantı kurulmuş- nehir kanalı ile birleşmiş kum ocağı işletmeleri olmuş olan alanlar **gölet** alanları olarak sınıflandırılmıştır. Bir diğer sınıf ise yüzey işletmelerini kapsayan **kum ocağı** sınıflaması olmuştur. Bu alanlar gölet alanlarına göre derinliği az olan alanlardır. Taban kotunun Sakarya Nehri yüzeyinden daha derine indirilmediği varsayımı kabul edilmiştir.

Çalışma alanı içerisindeki en yoğun kum üretimi yapılmış veya yapılan 4 alan çalışılmış ve haritalanmıştır. 4 alan kuzeyden güneye, işletme başlangıç yılları dikkate alınarak birbirlerinden ayrılmıştır (Şekil 38). Alanlarda yürütülen madencilik faaliyetinde her bir odak alanın, morfolojik özellikleri, işletme yılları gereği muhtemelen teknik gelişmelerle birlikte ‘işletme mantığı’ değişkendir. Uzaktan algılama teknikleri kullanılarak takip edilmiş kum madenciliği alan değişimleri işletme mantığı konusunda da fikir verebilmektedir. 4 odak alan aşağıdaki gibidir.

- Alancuma (1980-2000)
- Mollaköy (1980-2015)
- Adliye-Kumbaşı (1980-2012→)
- Boğazköy (1993-2005→)

Yıllar, her bir alan için, kum madenciliği faaliyetlerinin başlangıcını, belirgin ve alansal olarak arttığı yılları ve faaliyet bitiş yıllarını ifade etmektedir.



Sekil 4

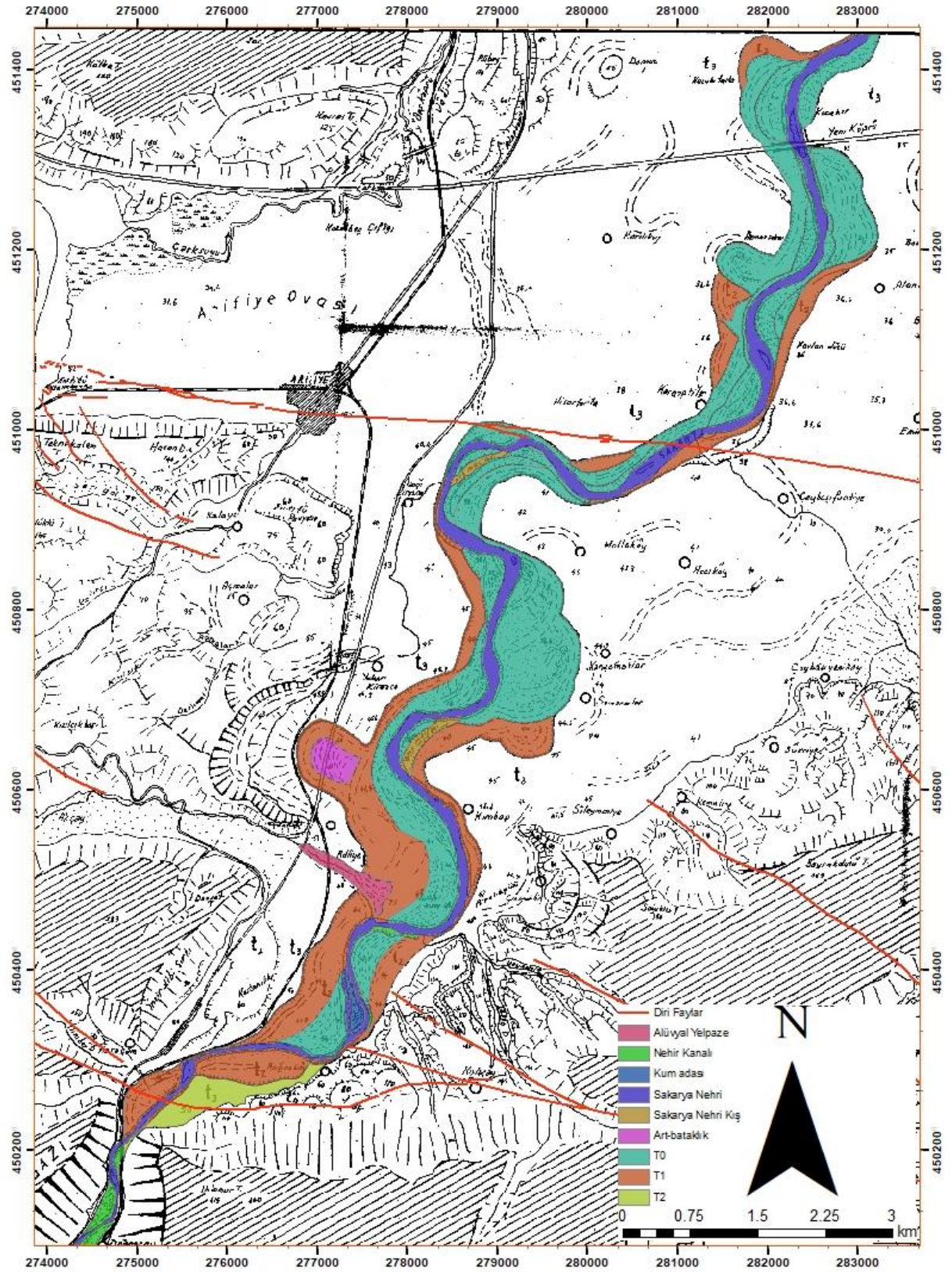
Şekil 38: Çalışmanın kuzeyden güneye 4 odak alanı.

Çalışma alanında kum ocaklarının 1980 yılında başladığını ve bu tarihten itibaren sürekli büyüdüğünü ve güneye göç ettiğini uydu görüntüleri aracılığı ile takip edebilmekteyiz. Çalışma alanında başlayan ve büyüyen işletmelerin tamamının aynı yoğunlukta çalışmadığı söylenebilir. Bazı işletmeler uzun yıllar kum alımına devam etmiş bazı kum alımları daha yerel ve kısa süreli olmuştur.

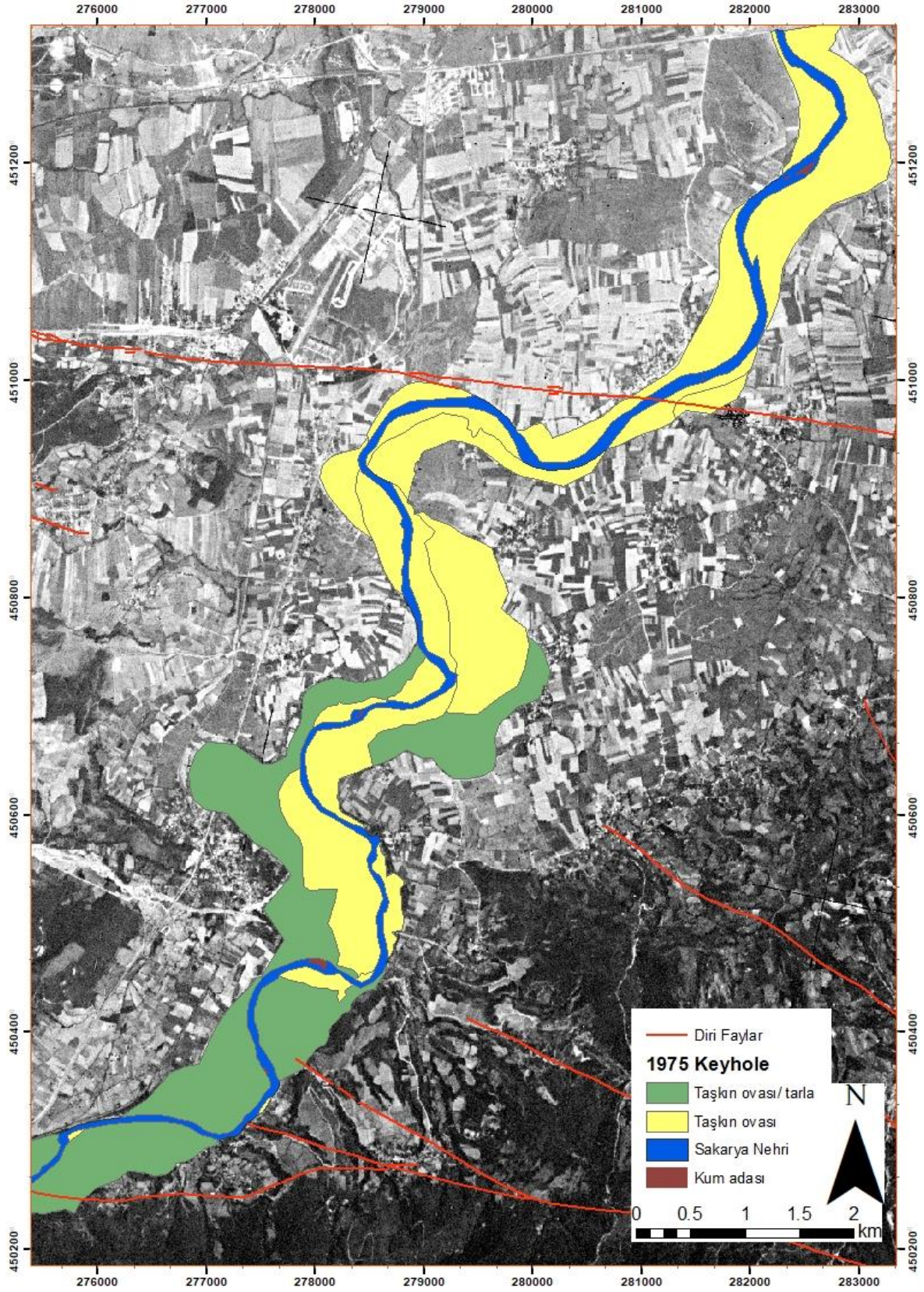
Bu çalışma kapsamında yapılan çalışmaların ilk adımını, kum ocağı başlangıç tarihlerinin tespitinin ardından, kum alımı öncesi alanların doğal, çalışma alanı boyunca Sakarya Nehri'nin doğal gelişimindeki taşkın ovasının tespitidir. Taşkın ovaları çoğunlukla düz ve nehir kıyısında elverişli tarım alanları olarak kabul edilir. Bu sebeple 1980 yılında başladığı gözlenen kum ocağı işletmeleri öncesi arazi kullanımının anlaşılabilmesi için taşkın ovası sınıflandırılmış ve çizilmiştir. Bu aşamada çalışmanın temel veri seti Keyhole 1975 ve 1980 uydu görüntüleri ile Turgut Bilgin'in 1984 eserinde yer alan ve 1975 yılı öncesine ait olduğu bilinen Arifiye-Boğazköy taraça haritasıdır. Turgut Bilgin'in

‘Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğunun Alüvyal Morfolojisi ve Kuvaterner’deki Jeomorfolojik Tekamülü’ adlı eseri bölgedeki ilk kapsamlı taraça çalışmasıdır. Erturaç vd., (2019) bölgenin taraça basamaklanması- alandaki dağılımları ve onların sınırları; radyometrik yaş tayinleri, topografik yükseklik bilgileri gibi pek çok veriye yer vermiştir. Bu iki eser bu çalışmada kullanılan taraça basamaklanması ve anlaşılmasında temeli oluştururlar. Bu iki esere dayanarak, çalışma alanının Kuvaterner jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 19). Bu çalışma kapsamında elde edilen rtk-GPS ölçümleri yardımıyla, kum ocağı olarak işletilen alanların, yükseklik verileri- nehre göre göreceli yükseklikleri belirlenmiştir (Şekil 49).

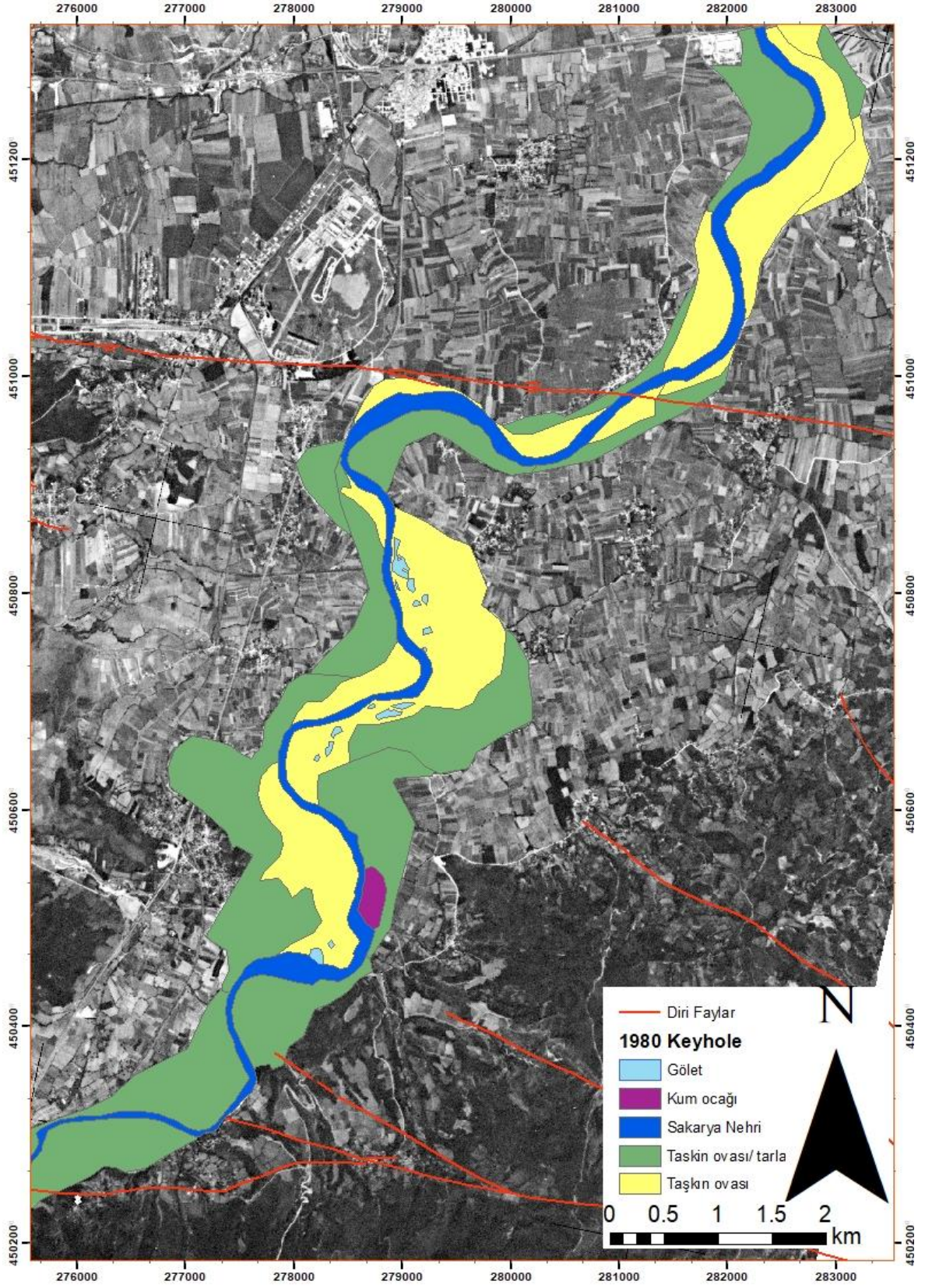
Bu veri seti kapsamında Sakarya Nehri, taşkın ovası boyunca yer alan farklı taraça basamakları, gözlenebilen taşkın ovası jeomorfolojik birimleri ile tarım amaçlı kullanılan alanlar sayısallaştırılmıştır. 1975 Keyhole uydu görüntüsü üzerinden çizilen ve ArcMap’te hesaplanan alan hesabına göre 1975 yılında, Sakarya Nehri boyunca çalışma alanında 496 hektar tarım arazisi yer almaktadır (Şekil 40). Kum alımı faaliyetlerinin büyük bir kısmı eskiden tarım arazisi niteliğinde olan araziler üzerinde gerçekleşmektedir. Bu sınıflandırmanın amacı kum madenciliği faaliyetleri ile değişmiş-yok edilmiş arazinin niteliğinin doğru bir şekilde ortaya konulmasıdır.



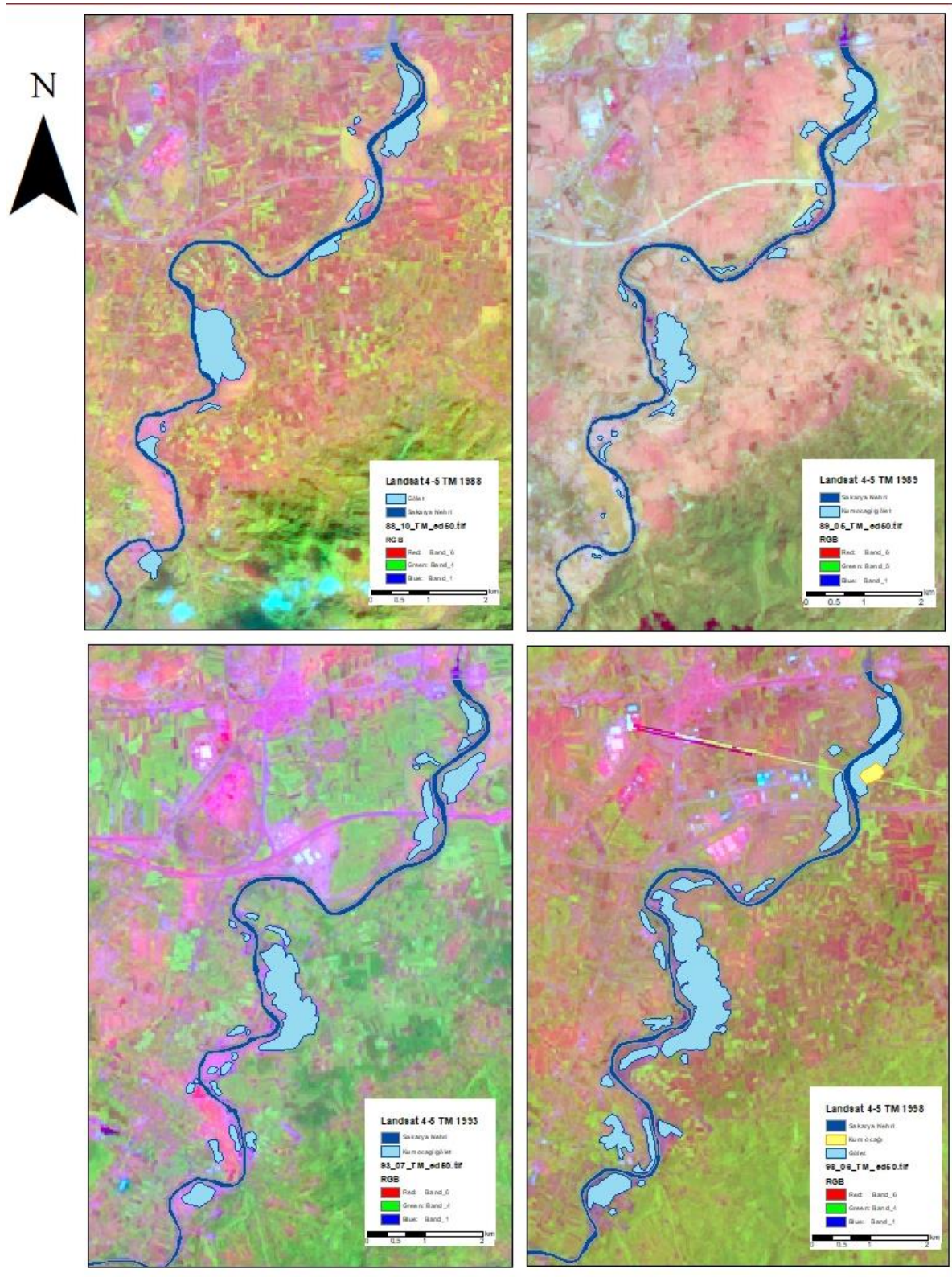
Şekil 39: Altlık harita Turgut Bilgin'in bölgedeki ayrıntılı çalışması içerisinde yer alan 1975 yılı öncesine ait 'Arifiye Güneyinde Ova ve Sakarya Taraçaları' adlı haritasıdır. Yapılan sayısallaştırma işlemi taraça basamakları için, Erturaç vd., 2019' dan yararlanılarak yeniden yapılmıştır. Bu harita çalışma alanının kum madenciliği öncesi, doğal gelişiminin bir örneğidir.



Şekil 40: 1975 Keyhole uydü görüntüsü üzerinde, Sakarya Nehri kanalı, kanal içerisinde yer alan kum adaları, tarla olarak kullanılan taşkın ovası alanları, doğal görünümlü taşkın ovasının sayısallaştırılması.



Şekil 41: 1980 Keyhole uydu görüntüsü üzerinde, Sakarya Nehri kanalı, kanal içerisinde yer alan kum adaları, tarla olarak kullanılan taşkın ovası alanları, doğal görünümlü taşkın ovası ve kum madenciliği başlangıcı gölet ve kum ocağı alanlarının sayısallaştırılması.



Şekil 42: Farklı bant kombinasyonları kullanılan Landsat 4-5 TM uydu görüntüleri ile onların sayısallaştırılması örnekleri.

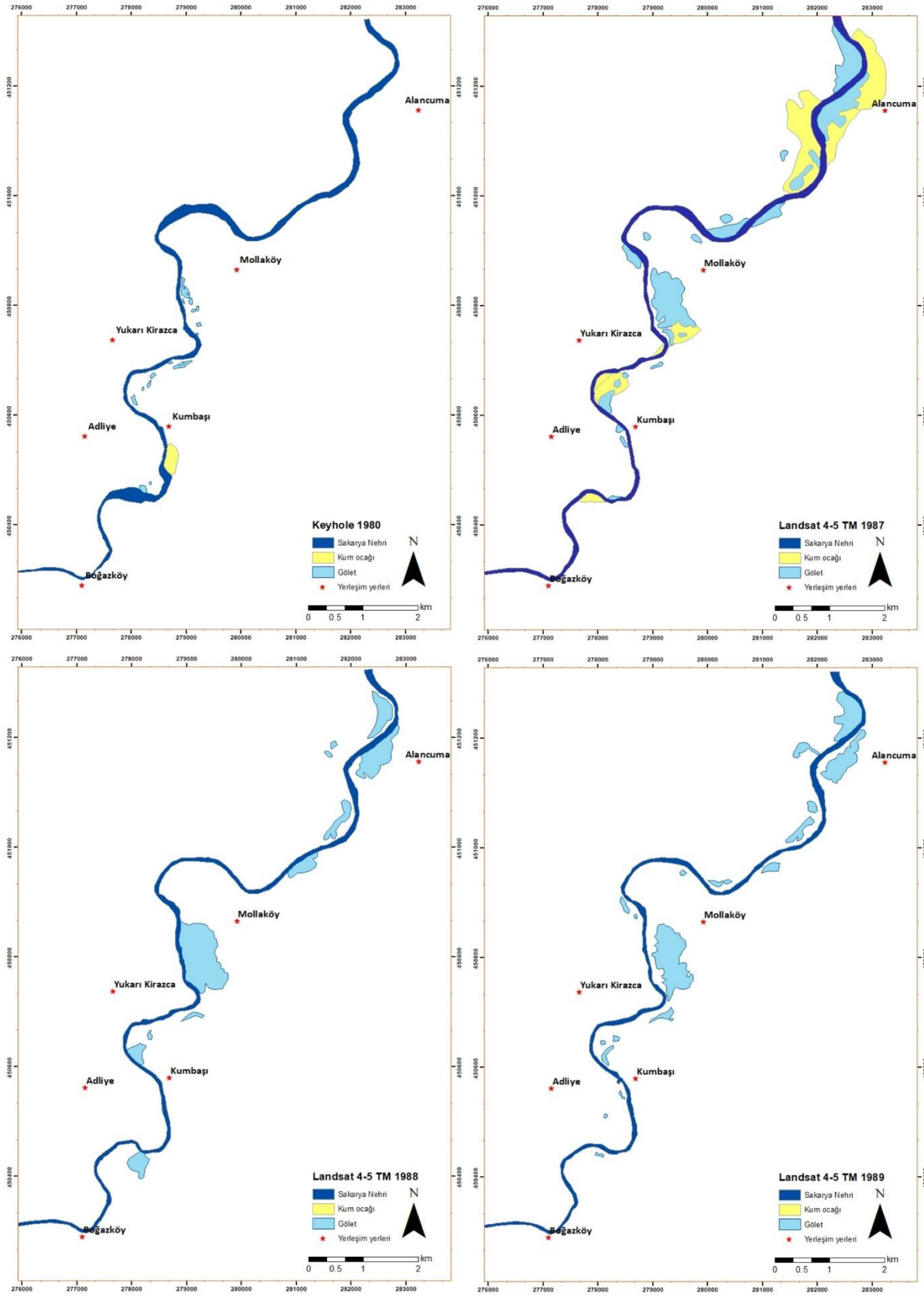
Alanda 1987- 1998 yılları arası kum ocakları gelişim ve değişiminin Landsat 4-5 TM uydu görüntüleri ile sağlanmıştır. 30 m mekânsal çözünürlük sunan bu görüntüler çalışmanın bu aşaması için yeterli olmuştur. 1998-2001 yılından sonra Mollaköy göletleri gibi başlı başına büyük alanlar işletilmemiştir. Fakat Boğazköy göletleri olarak tanımladığımız alanın toplamında, daha derin işletmelerle Mollaköy kadar kum alımı yapılmıştır. Uydu görüntülerinde farklı bant kombinasyonları kullanılmıştır (Şekil 42). Bunun nedeni her görüntüde gölet ve kum ocaklarının görülebilirliğinin değişmesidir.

1987 yılına ait olan ilk Landsat görüntüsünde görülebildiği gibi kum ocakları gelişimi, çalışma alanının kuzeyinde başlamıştır. 1980 yılına kıyasla çok hızlı bir artış söz konusu olmuştur. Artıştaki en büyük nedenin, yine çalışma alanı içerisindeki 1984 yılında hizmete giren Anadolu Otoyolu inşaatı olması muhtemeldir.

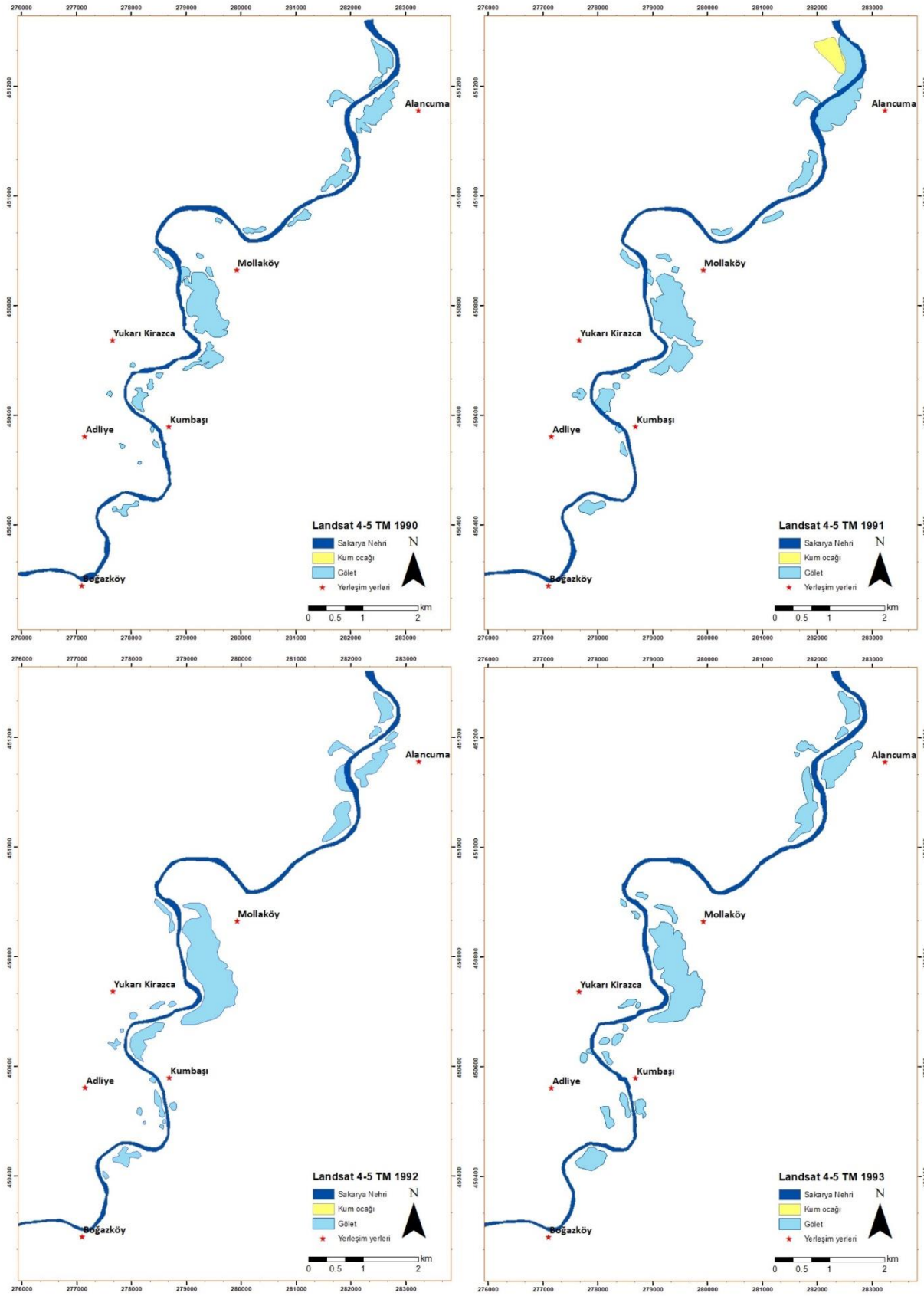
Google Earth görüntüleri 2005 yılından itibaren çalışma alanı için kullanılabilir görüntü sunmaktadır. Mekansal çözünürlükleri oldukça yüksektir. Google Earth görüntülerinde Alancuma' daki işletmelerin çoğunun son bulunduğunu ve Mollaköy işletmelerinin ise faaliyetlerinin yeni alanlar işleterek değil mevcut alanlarda sürdürdüğü görülmektedir. Adliye-Kumbaşı ve Boğazköy alanlarında ise faaliyet hızı, alan genişletilmesi ile artmıştır. Bu nedenle Toplam işletilen alan ve hacim hesaplarında iki farklı trend göze çarpmaktadır. Bunlarda 1980-2001 yılları arasındaki işletmede büyük rol oynayan işletmeler Alancuma'dan Güney Mollaköy göletlerine kadar olan kısımdır (Şekil 43, 44, 45). İkinci trend ise 2001'den günümüze faaliyetlerini sürdüren Adliye-Kumbaşı ve Boğazköy işletmeleridir (Şekil 46, 47).

Bu çalışmada ikinci trend olarak gözlenen 2000 yılı sonrası kum ve çakıl madenciliğindeki artışın en büyük nedeni bina stoğunun yenilenmesidir. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi ve 12 Kasım Düzce Depremi sonrasında yıkılan onlarca bina bu süreçte yeniden yapılmıştır. Afet sonrası Adapazarı İli ve çevre iller için en yakın ve korozyon tehlikesi barındırmayan nehir kumu-çakılı kaynağı bu alandır. Sakarya İli'nin sınırlarını genişletmesi, büyümesi yine benzer tarihlere karşılık gelmektedir.

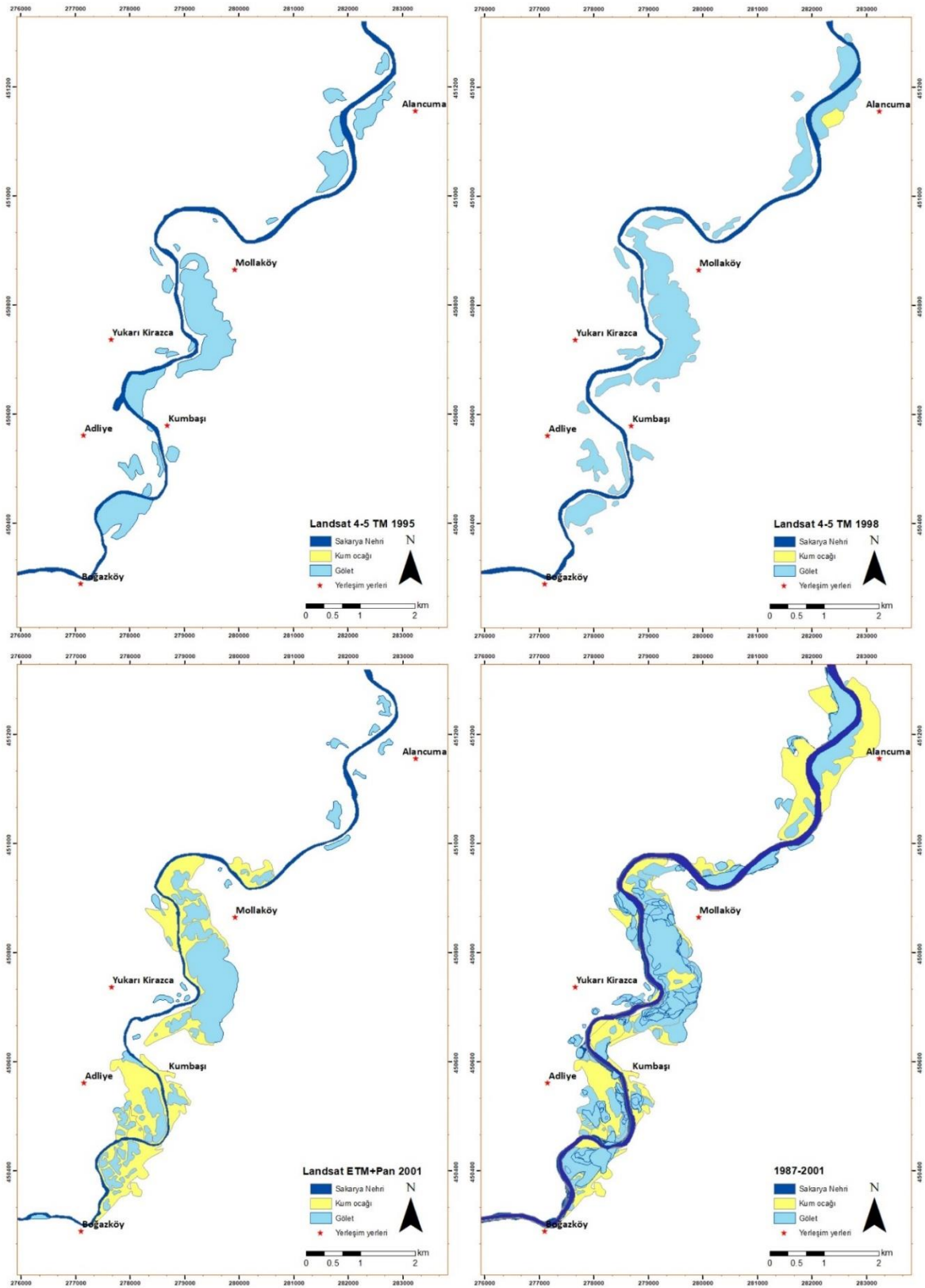
Başlangıçtan günümüze kum ocaklarının alansal gelişimi şu şekildedir:



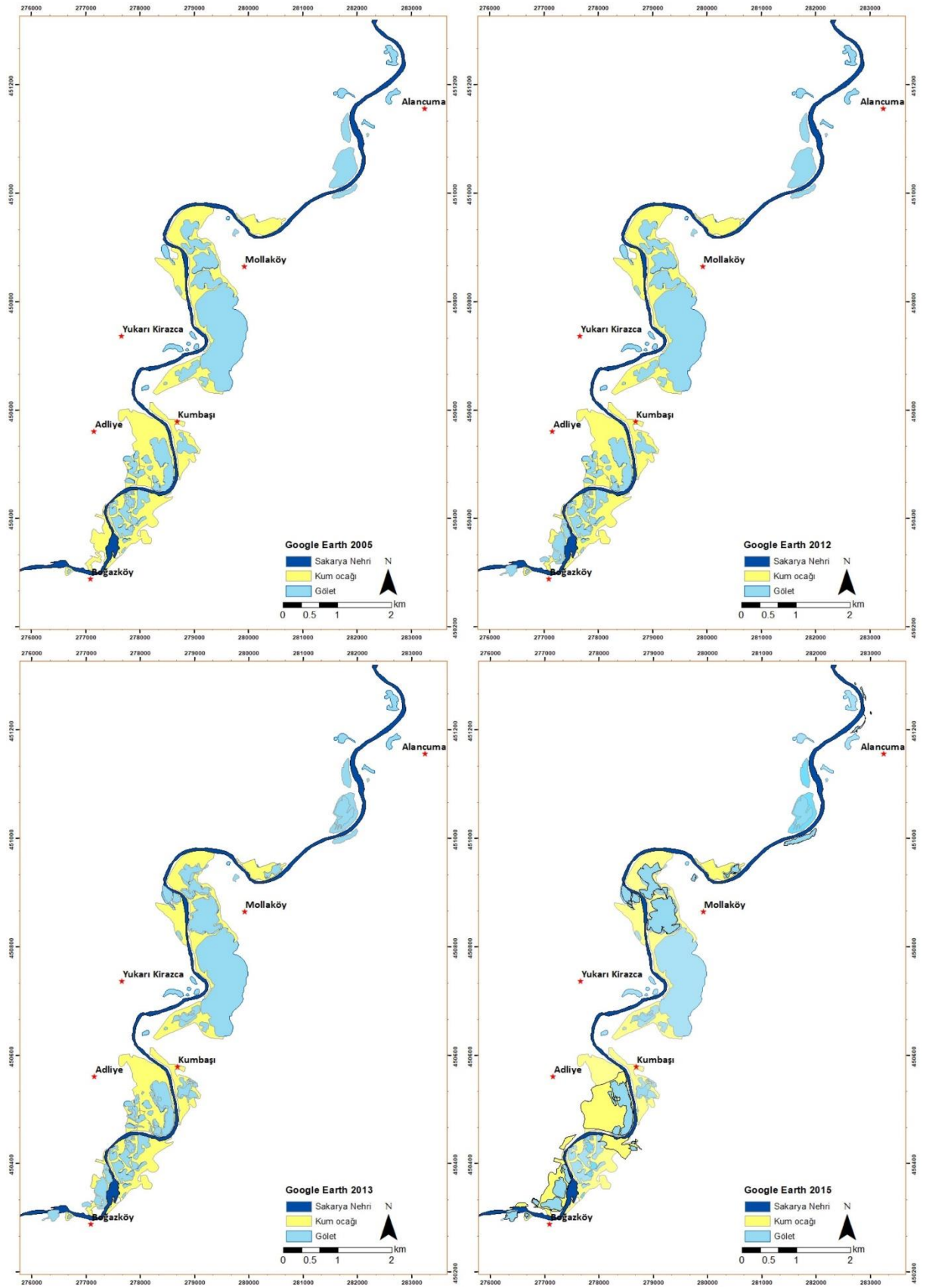
Şekil 43: 1980 Keyhole ile 1987, 1988 ve 1989 yıllarına ait Landsat 4-5 TM uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.



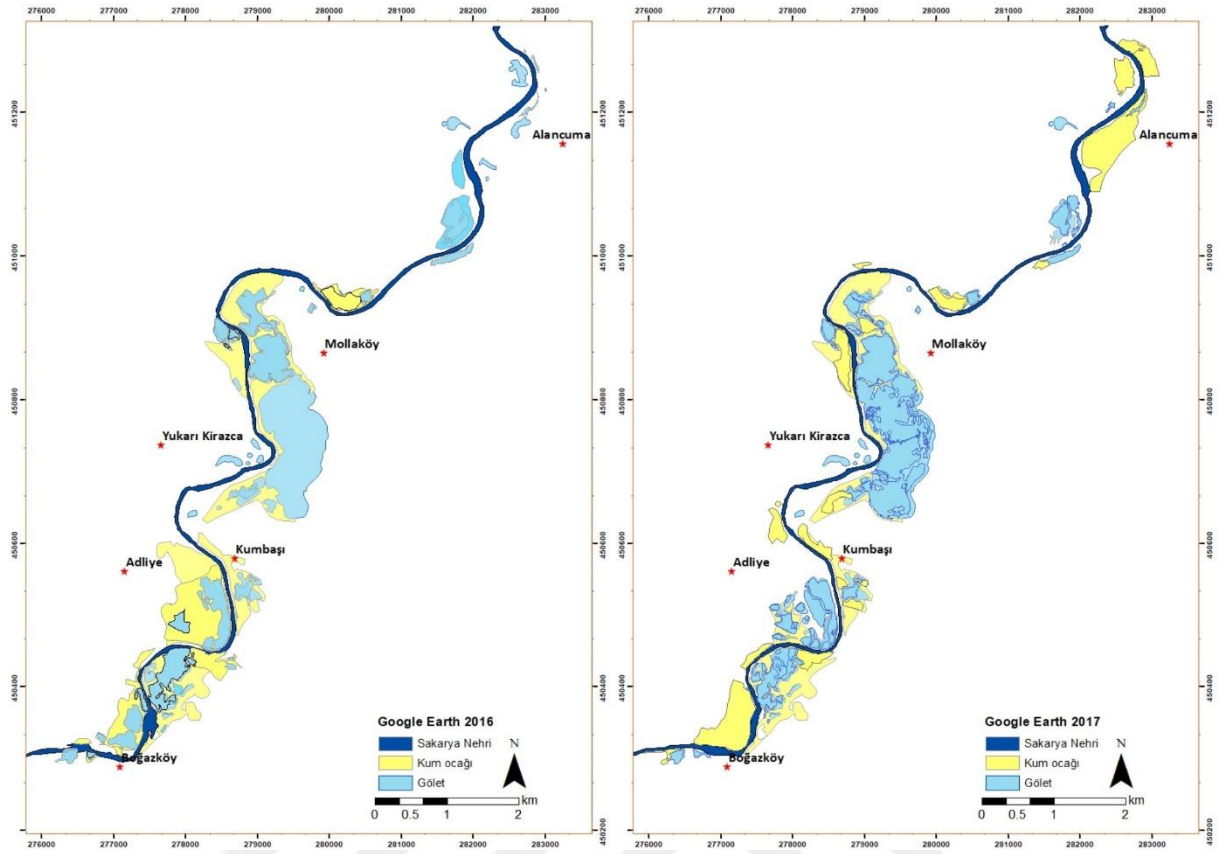
Şekil 44: 1990, 1991, 1992 ve 1993 yıllarına ait Landsat 4-5 TM uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.



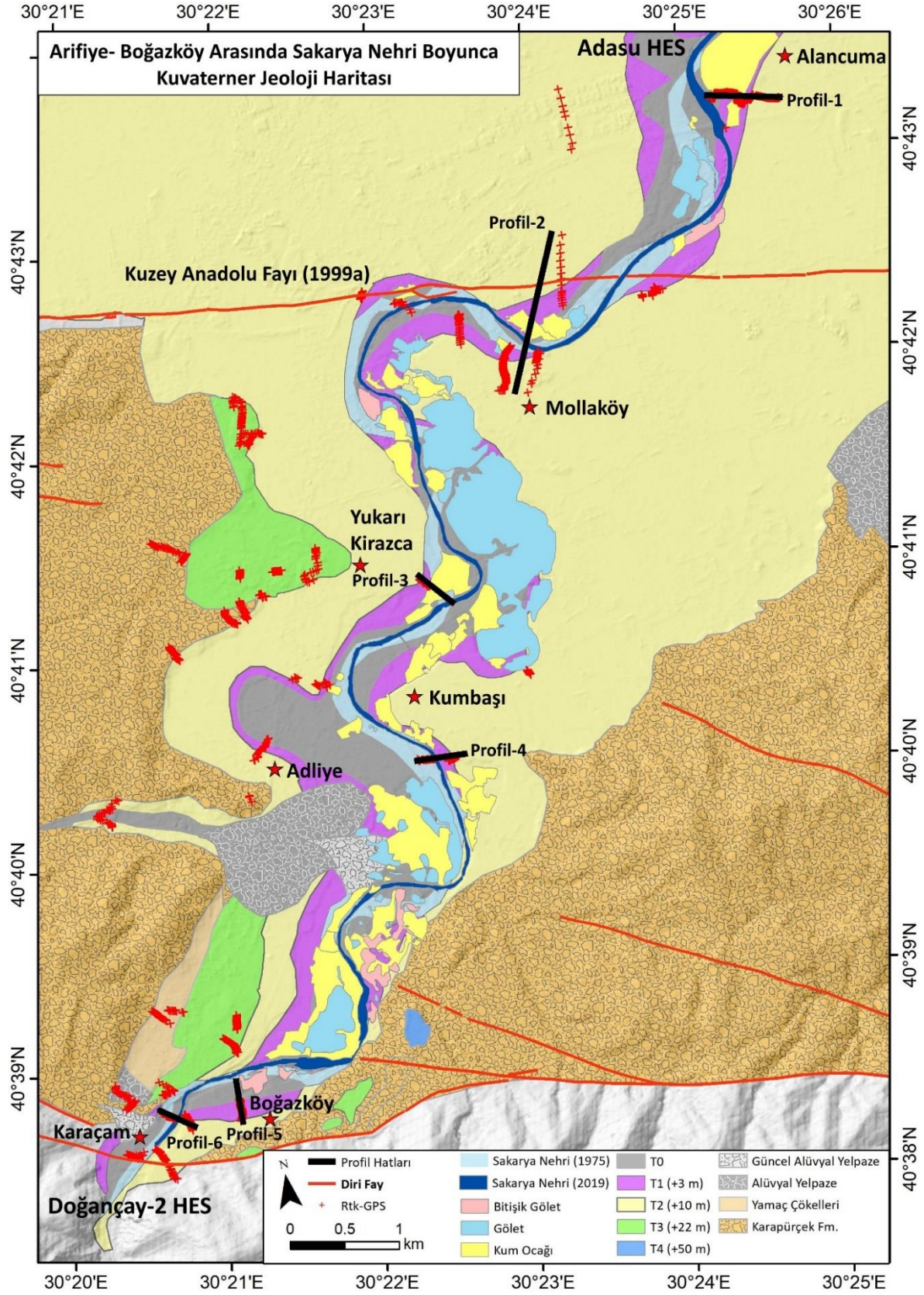
Şekil 45: 1995 ve 1998 yıllarına ait Landsat 4-5 TM ve 2001 yılına ait Landsat 7 ETM+ Pan uydu görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü. Son olarak 1987 yılından 2001 yılına kadar toplam işletilen alanların kesiştirilmiş görünümü.



Şekil 46: 2005, 2012, 2013 ve 2015 yıllarına ait Google Earth görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.



Şekil 47: 2016 ve 2017 yıllarına ait Google Earth görüntülerinden yapılan sayısallaştırma ile ortaya konulan Sakarya Nehri Kanalı, gölet ve kum ocaklarının görünümü.



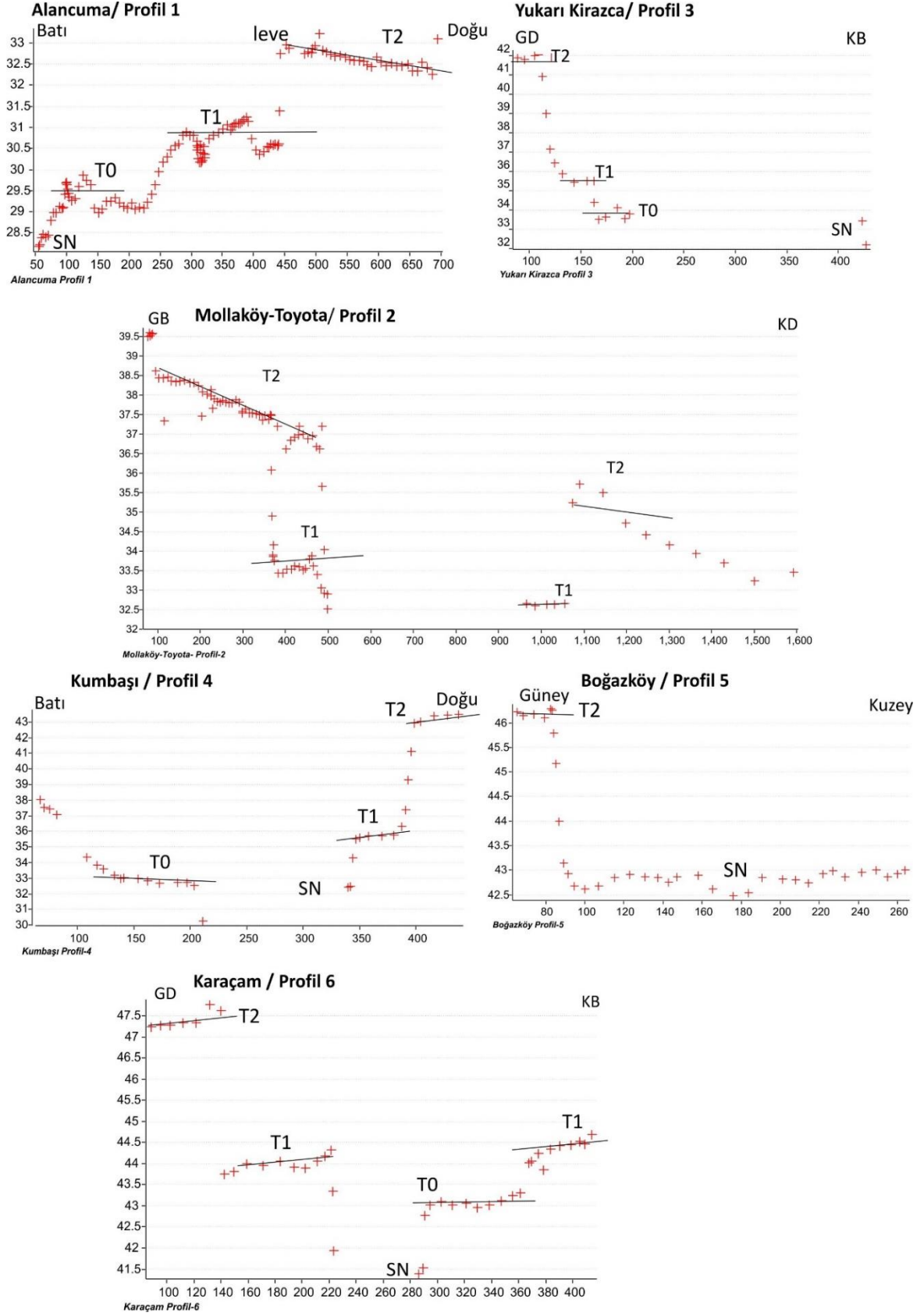
Şekil 48: Çalışma alanının Kuvaterner jeolojisi haritası üzerinde, 2019 yılına ait kum ocakları-göletler ile 1975 yılı öncesine ait nehir kanalı ve 2019 yılına ait nehir kanalının görünümü. Profiller rtk-GPS ile ölçülen topografik profil yerlerini göstermektedir (Erturaç vd., 2019'dan düzenlenerek).

Bu çalışma kapsamında Sakarya Nehri ve üç taraça seviyesinin yükseklik değerleri 115Y132 projesi ve bu tez kapsamında yürütülen arazi çalışmalarında, çizgisel hatlarda rtk- GPS ile ölçülmüştür. Güncel taşkın ovası ile Sakarya Nehri yüksekliklerinin birbirlerinden çok farklı olmaması beklenirken kum ocağı işletmeleri ve HES' lerin çalışmaları sebebiyle güncel taşkın ovası pek çok alanda nehirde 5-6 metre yukarıda, asılı durumda gözlenmektedir. Kum ocaklarınca T2, T1 ve güncel taşkın ovası olan T0 seviyesi işletilmiştir. Çalışma alanı boyunca güneyden kuzeye, yani Geyve Boğazı çıkışından Adapazarı Ovası'na gidildikçe nehir ve taraça seviyelerinin yükseklikleri değişmektedir, azalmaktadır (Şekil 48). Bu durum, nehrin güncel eğimi ve her bir taraça basamağının paleoeğimi ile ilişkilidir (Şekil 49).

Kuzey Anadolu Fayı bu taraçaları kesmekte ve ötelemektedir. Dikbaş vd., (2018) çalışmalarında, Abdibey- Nehirkent mahalleleri yakınlarında yaptıkları çalışmalarında T1 taraçasının 17 Ağustos 1999 depremini oluşturan Sapanca- Akyazı Segmenti boyunca kesilerek 18.5 m sağ yönlü ötelendiğini bulgulamışlardır. Buna göre T1 taraçasının yaşı (~1000 yıl) göz önünde bulundurularak fayın kayma hızı 16.9 mm/yıl hesaplanmıştır (Zabcı, 2019).

Erturac (2020), T2 ve T1 taraçalarında KAF'ın kuzey ve güney kesimlerindeki düşey yönlü yer değiştirmeyi kullanarak Adapazarı Ovası'nın yılda 1.5 mm hızla çöktüğünü ortaya koymuştur.

Kum ocağı faaliyetlerinde 2019 itibari ile toplam çıkarılan malzemenin hacmini hesaplamak için her bir odak alanda, topografik profiller kullanılmış ve üst kotlar bu değerlere göre Sakarya Nehri yüksekliğine göre göreceli olarak alınmıştır (Şekil 49).



Şekil 49: Rtk-GPS ölçümleri ile oluşturulan taraça basamakları ve Sakarya Nehri'ne ait topografik profiller.

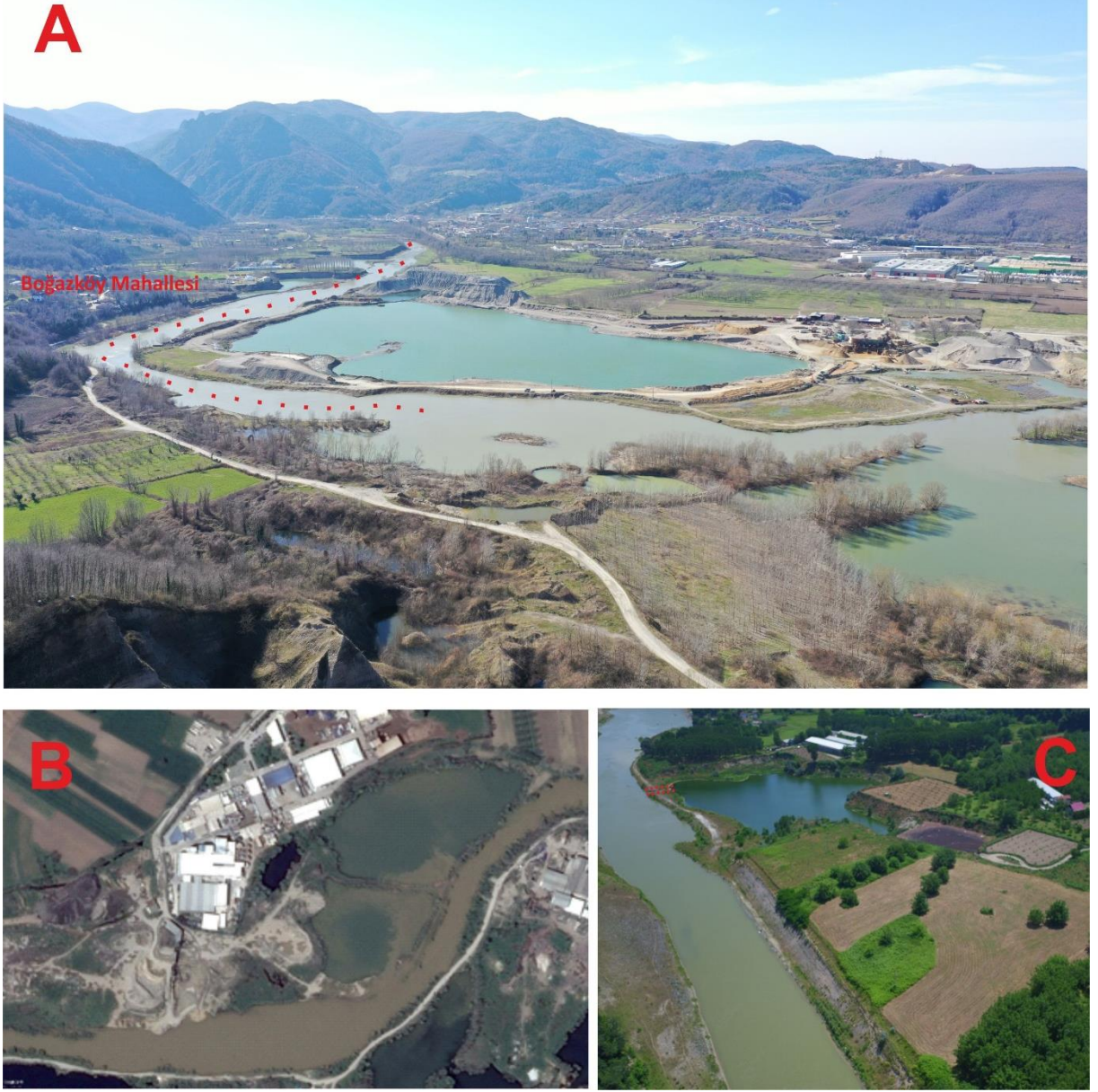
5.1. Kum Ocaklarının İşletilme Prensibi: Kum Kapanı veya Mevcut Rezerv

1975 yılında çalışmaya başlayan Gökçekaya Barajı bu tarihten itibaren Aşağı Sakarya Havzası'nda; hidrolojik özellikler, nehir rejimi, nehrin morfolojik yapısı ve katı madde taşınımında önemli değişiklikler meydana getirmiştir (Saltabaş vd., 2003). Baraj rezervuarları katı maddeyi tutmaktadır. Katı madde olarak nitelendirilen özellikle kum boylu malzemenin taşınımı nehrin debi değerleri ile doğru orantılıdır. Sakarya Nehri'nin aşağı havzasında 1956 Sarıyar ve 1975 Gökçekaya barajlarından sonra özellikle kum boylu çökel taşınımının azaldığı bilinmektedir. Çalışma alanı bu iki büyük barajdan kuş uçuşu 240 km mesafede bulunmaktadır. Adapazarı Ovası'na henüz kavuşan nehir ve taşıdığı çökel miktarındaki değişimin asıl nedeni kum ocağı işletmeleridir.

Bu çalışmada bitişik göletler olarak sınıflandırılan gölet grupları, kış aylarında işletme yapılmayan, çoğunlukla akışa paralel kanallar ile nehre bağlanan ve bahar aylarında işletilen alanlardır. Nehrin leve yapıları ve doğal kanalı tamamen değiştirilir ve işletilir (Şekil 50). Kum kapanı çalışma mantığı son yıllarda Boğazköy- Adliye-Kumbaşı ve Alancuma'da küçük birkaç gölette görülmektedir.

Mollaköy göletleri ise mevcut rezervin kullandığı bir alandır. Oldukça geniş bir alanda, menderes yeniklerinden oluşan, burun setleri gibi taşkın ovası depolanma ortamlarından oluşurlar (Şekil 48).

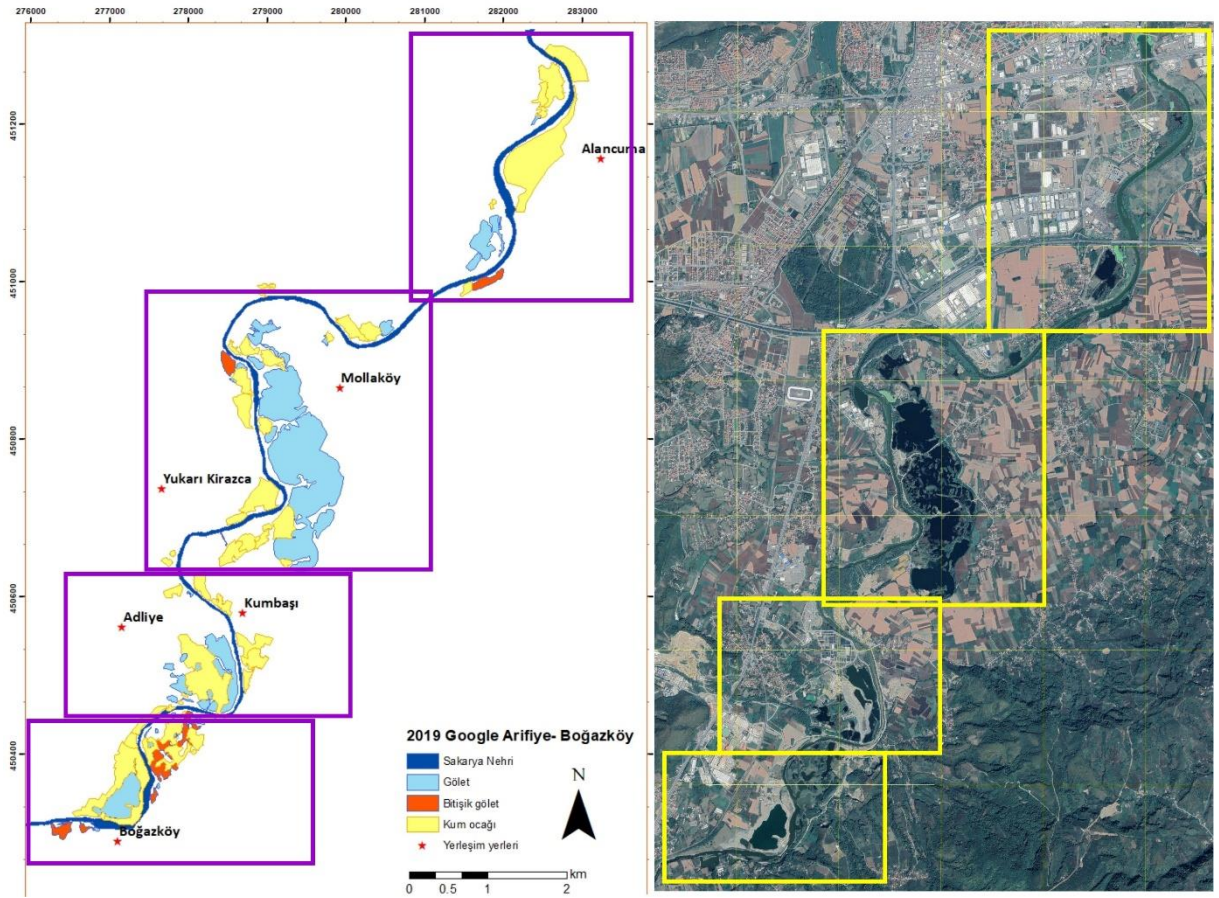
Her iki yaklaşımda da önce kum ocağının yer aldığı taraça basamağının ince tane boylu çökelleri işletilir. Nehirle bağlantısı yoksa taban suyunun derinliğine göre gölet alanlarına dönüşür (Şekil 50). Kum ocağı işletmelerinde taban seviyesinin görece işletilmesi zor, çimentolanmış-pekişmiş Karapürçek Formasyonu olduğu, işletmeleri bu formasyondan kum alımı yapmaktan kaçındığı arazi gözlemleri ile de desteklenmiştir (Şekil 50).



Şekil 50: A. Boğazköy’de göletler ile birleştirilen nehir kanalı. B. Artan debi değerleri ile göletlerin asılı çökelleri kapanlaması. C. Nehir ile gölet alanları arasında açılan kanal görünümü.

5.2. Alancuma

Alancuma, çalışma alanının kuzey kısmını oluşturur. Bu alanda işletme 1980-2000 yılları arasında aktif olarak sürdürülmüştür. Kum ocağı işletmeleri bu alanda, 20 yıl gibi diğer işletmelere kıyasla daha kısa süre kullanılmıştır. Alancuma mahallesinden Mollaköy'e kadar olan alanda alansal olarak nispeten küçük, nehre paralel açılmış ve nehirle bağlantılı olan gölet alanları mevcuttur.



Şekil 51: 2019 Google Earth görüntüsü ve kum ocağı işletmesi yapılan alanların sınıflandırılmış haritası üzerinde odak alanlar (sarı ve mor çerçeveler).

5.3. Mollaköy

Mollaköy göletleri, çoğu güncel taşkın ovasında ve T1 taraçasında yer alan eski menderes yarıklarının oluşturduğu burun seti depolarının işletilmesi sonucu oluşmuştur.

İşletmeler, 1980 yılından başlayarak 2001 yılına kadar hızla sürmüş, ardından daha az alanı işleterek devam etmiştir. 2015 yılında ise kum alımı sona ermiştir. Mollaköy göletleri bugün 40 yıllık göletlerdir.

Mollaköy Göletlerinde diğer işletmelere kıyasla nehir ile olağan bağlantısı dışında bağlantı sağlanmamıştır. Alanda kum kapanı çalışma mantığı ile değil mevcut rezervin işletilmesi mantığı ile çalışılmıştır.

Ongun-Sevindik, vd., (2014), Kuzey Mollaköy göletleri 3,5 ve 8,15 m gibi değişken derinlik değerlerine sahip olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 52: Mollaköy ve Adliye-Kumbaşı kum ocakları ve göletlerinin görünümü.

5.4. Adliye- Kumbaşı

Adliye- Kumbaşı kum ocakları faaliyetlerine 1980 yılında başlamışlardır ve 2012 yılı itibari ile çalışmaları hız kazanmış, günümüzde aktif kum ocağı alanlarıdır. Kum ocakları işletilen alan kadar şantiyeleri ve kum-çakıl eleme sistemleri ile de çok geniş alanlarda çalışmaktadırlar (Şekil. 52).

5.5. Boğazköy

Boğazköy kum ocakları, 1991-1993 yıllarında başlamış 2005 yılında alansal olarak oldukça genişlemiş ve günümüzde aktif ve artan bir hızla sürdüğü alanlardan biridir.

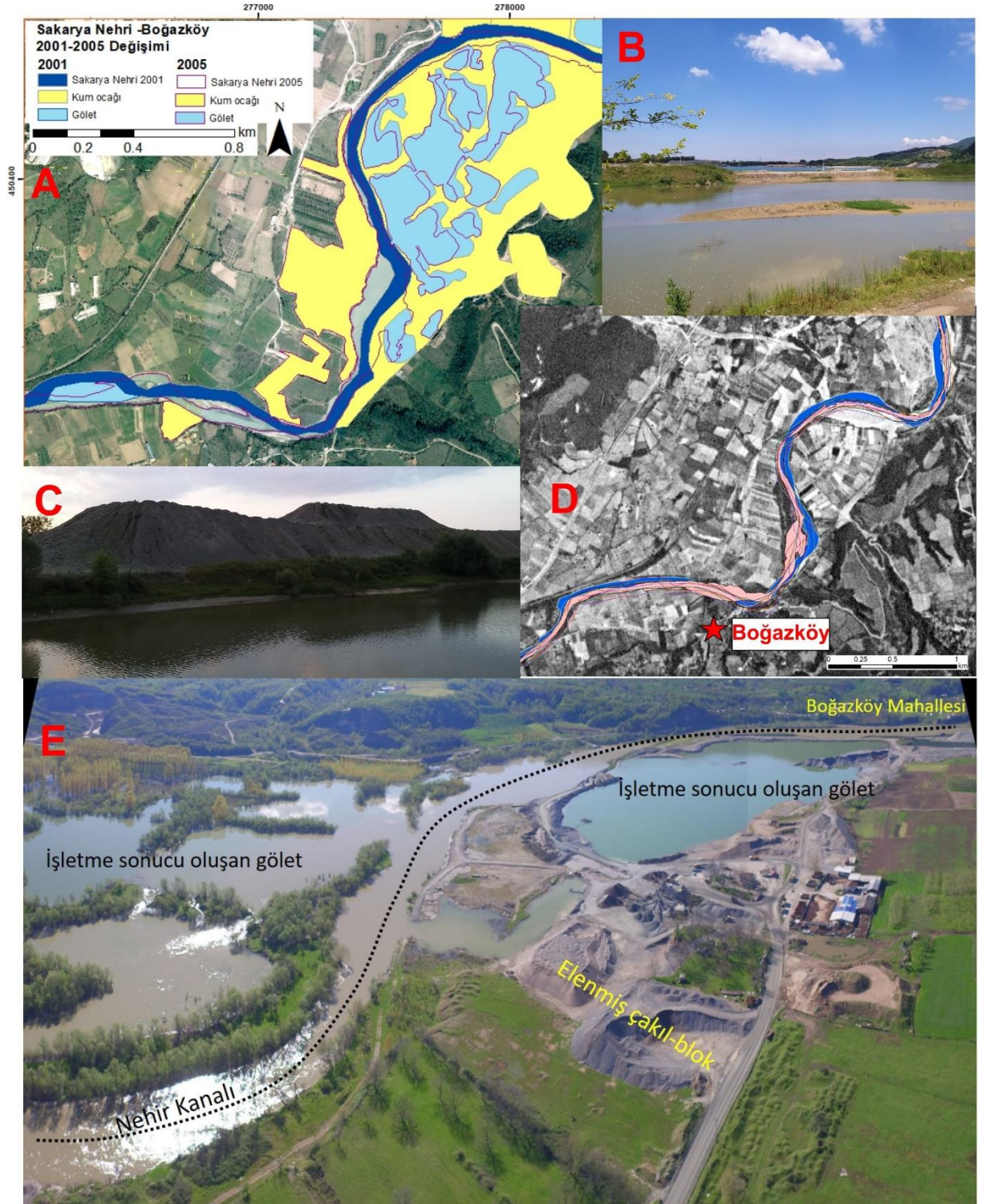
Boğazköy, Geyve Boğazının hemen çıkışında yer alır. Nehir bu boğaz çıkışında, akış dinamikleri açısından yatağının genişlemesi ile enerji azalması yaşadığı için yükünün kaba taneli kısmını burada bırakır. Bu sebeple de Boğazköy-Karaçam arası alan, Geyve Boğazı çıkışı ovaya henüz girmiş olan nehir için, ön depolama havzasıdır.

Bu durum 2014 yılına kadar bu denklemlerle devam etmişse de, Doğançay 1 ve Doğançay 2 Hidroelektrik Santrallerinin çalışmaya başlamasının ardından, başta Boğazköy' e ve ardından tüm ovaya gelen çökel miktarında bir azalma yaşanmış olması muhtemeldir.

Sakarya Nehri üzerinde faaliyet gösteren çok sayıda HES ve boyutları değişkenlik gösteren baraj vardır. Barajların ve HES' lerin nehir dinamikleri ve ekosistemi üzerinde çok sayıda etkisi söz konusudur. Bu konu Dünyada ve ülkemizde ayrıntılı, çok sayıda çalışmanın yapıldığı bir konudur ve bu çalışmanın konusu değildir.

Sakarya Nehri'ne Boğazköy' de, Doğançay-2 HES sebebiyle yaklaşık 5 metre kot düşümü yapılmıştır (Şekil 54).

Boğazköy aynı zamanda çalışma alanında incelenen kum madenciliği faaliyetleri arasındaki en yoğun işletmedir. Geniş bir alanda kum- çakıl eleme sistemleri, elenmiş çakılların oluşturduğu tepeler de yer almaktadır. Göletlerin çoğu nehir ile bağlantılıdır, nehir kanalı doğal kanalının 2-3 katı oranda genişlemiş durumdadır. Yine bu alanda Sakarya Nehir Kanalı'nda maksimum yer değiştirme- kum ocakları faaliyetleri ile insan etkisiyle ötelenme gözlenmektedir (Şekil 53).



Şekil 53: A. Boğazköy’de Sakarya Nehri’nin 2001 ve 2005 yıllarında kanal değişimi. 2005, burada yer alan kum işletmelerinin faaliyetlerinin arttığı yıldır. B. Sakarya Nehri ile göletler arasındaki bağlantının küçük kum barları ile sağlandığını göstermektedir. C. Elenmiş çakıl- blok tepeleri. D. Sakarya Nehri’nin Boğazköy’deki kanal değişimleri. E. Boğazköy kum ocağı ve göletlerinin KB yönünden çekilmiş hava fotoğrafı.

5.6. Sakarya Nehir Kanalında Kum Madenciliğine Bağlı Değişimler

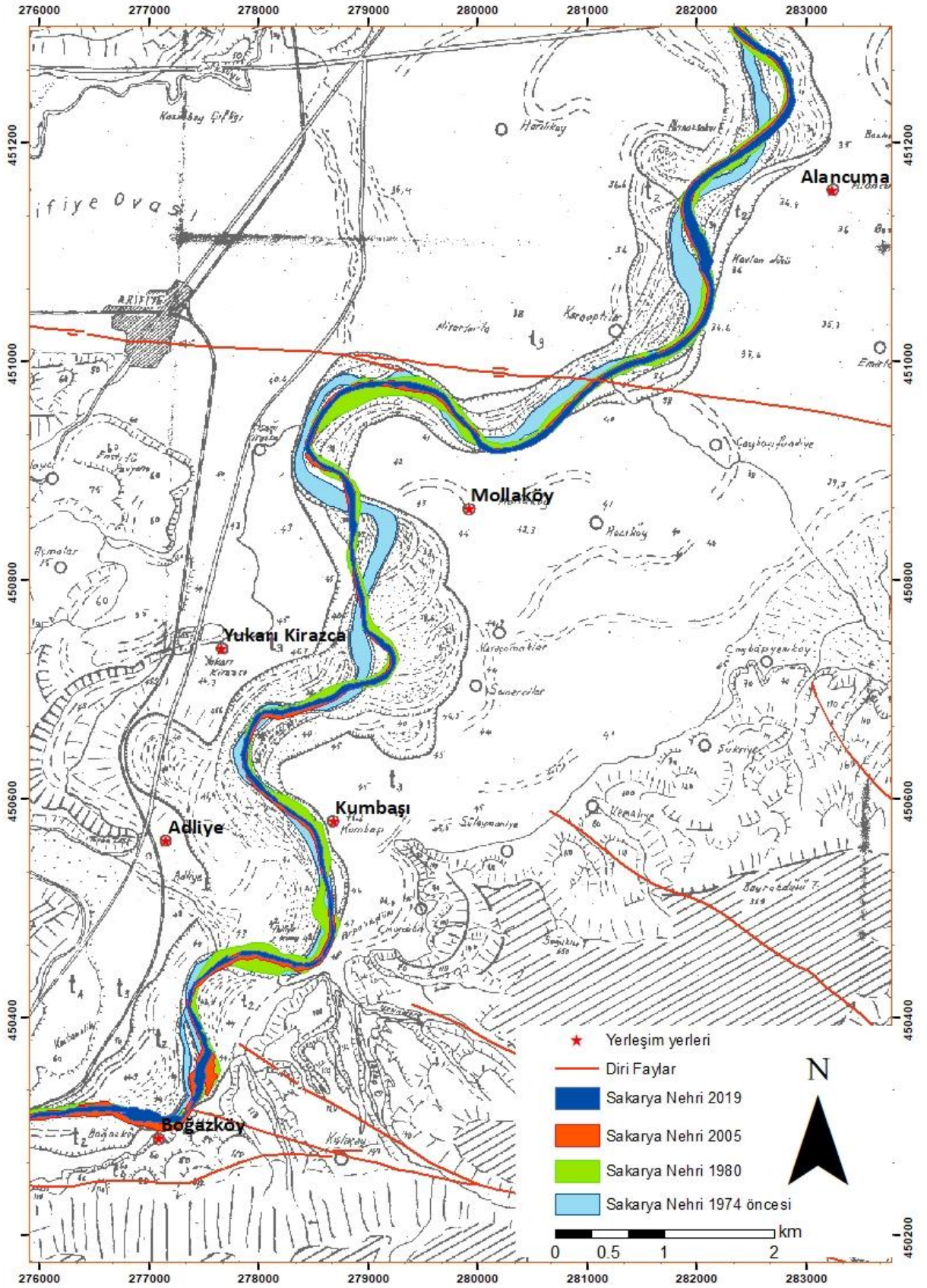
Sakarya Nehri 40 yıllık kum madenciliği faaliyetleri ve çalışma alanının güney ve kuzey sınırlarında yer alan HES'ler ile çeşitli şekillerde etkilenmiştir. Kum ocakları nehir boyunca, tespit edilebilen büyük değişikliklere sebep olmadıysa da özellikle son dönem işletmelerinde gözlenen, nehir ve kum ocaklarının mevsimsel olarak bağlantısının insan eliyle sürekli kontrol edildiğidir (Şekil 53;55). Tespiti zor olan diğer önemli konu ise, bölgesel olarak nehir kanalının ötelendiği, yer değiştirildiğidir. Nehir kanalının kum madenciliği işletmelerinin alanına dahil edildiğidir.

Çalışma alanında yer alan HES'ler nehir tipi grubuna girer. Bu nedenle mevcut düşümü artırmak ve olası taşkın riski gibi sebeplerle çıkış kısmında nehir kanalı yaklaşık 5 metre düşürülmüştür (Şekil 54).

Çalışma alanı boyunca 1974'den günümüze genel olarak bakıldığında Sakarya Nehri Kanalı daraltılmıştır (Şekil 55).



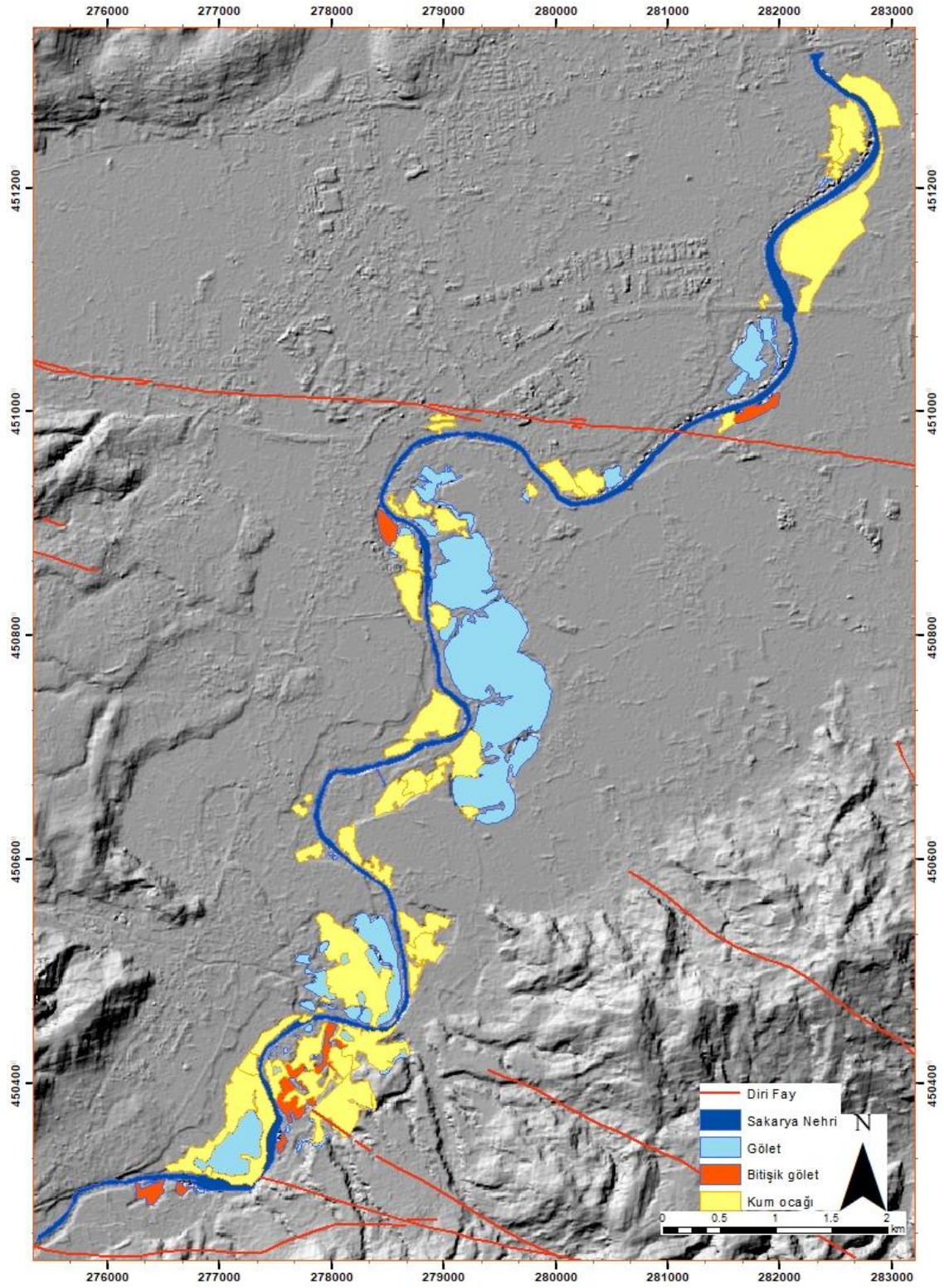
Şekil 54: Geyve Boğazi çıkışında yer alan Doğançay-2 Hidroelektrik Enerji Santrali. Sarı oklar HES çalışmaları sebebiyle yapılan kanal düzenlemeleri kapsamında Sakarya Nehri'nde gözlenen kot düşümünü göstermektedir. Yaklaşık 5 metre olan düşüm sebebiyle güncel taşkın ovası nehirten yukarıda yer almaktadır.



Şekil 55: Sakarya Nehri'nin 1974 öncesi, 1980, 2005 ve 2019 tarihli kanal değişimi.

SONUÇ

- Son 40 yıl içerisinde yürütülen sürekli kum- çakıl madenciliği sonucu 2019 yılı verilerine dayanarak, **~970 ha** alan işletilmiştir (Şekil 56; 57). Gölet derinliklerinin ortalama 5 m olduğu kabulü ile yaklaşık **41000000 m³** ; göletlerin derinliklerinin ortalama 10 m kabulü ile ise yaklaşık **52000000 m³** işletilen kum-çakıl hacmi hesaplanmıştır (Şekil 58). İşletimi yapılan malzemelerin ortalama özgül ağırlıkları olan 2.6 g/cm³ değeri ile çarpılması sonucunda da bu alan içerisinde toplam yaklaşık **107** milyon ton ile **137** milyon ton arasında değişen kum ve çakıl/blok çıkarılmıştır.
- Çalışma alanında Sakarya Nehri boyunca taşkın ovasında yer alan, 1975 Keyhole uydu görüntüsü ile sınıflandırılan **496** hektar tarım alanı mevcuttur. Bu alanın **174** hektarlık kesimi 2019 itibari ile kum madenciliği alanı olarak kullanılmıştır. Bu oran çalışma alanındaki tarım arazilerinin **% 35**'ini ifade etmektedir.
- Kum ocaklarının çökel kapanı olarak çalışması sebebiyle kıyıya taşınan çökel miktarında ciddi azalma meydana gelmiştir ve bu da özellikle Karasu deltası batı kısmında kıyı gerilemesini artıran önemli bir sebeptir.
- Kum-çakıl madenciliğinin çalışma alanındaki yoğunluğunun nedenleri şunlardır:
 1. Sakarya Nehri taşkın ovası çökelleri rezerv oluşturur. Adapazarı Ovası'nın güneyinden başlayan bu yoğun işletim, Sakarya şehir yerleşimine kadar devam eder.
 2. İstanbul'a ve ana yollara yakınlığı ile ulaşımı oldukça kolaydır.
 3. Deprem sonrası çevre Düzce, Yalova ve Adapazarı gibi illerdeki konut ihtiyacına yönelik yoğun kum ihtiyacı söz konusu olmuştur.
 4. Sakarya İli'nin büyümesi, göç alan, öğrenci kapasitesi git gide artan bir şehir olması sebepleri ile artan konut ihtiyacı.

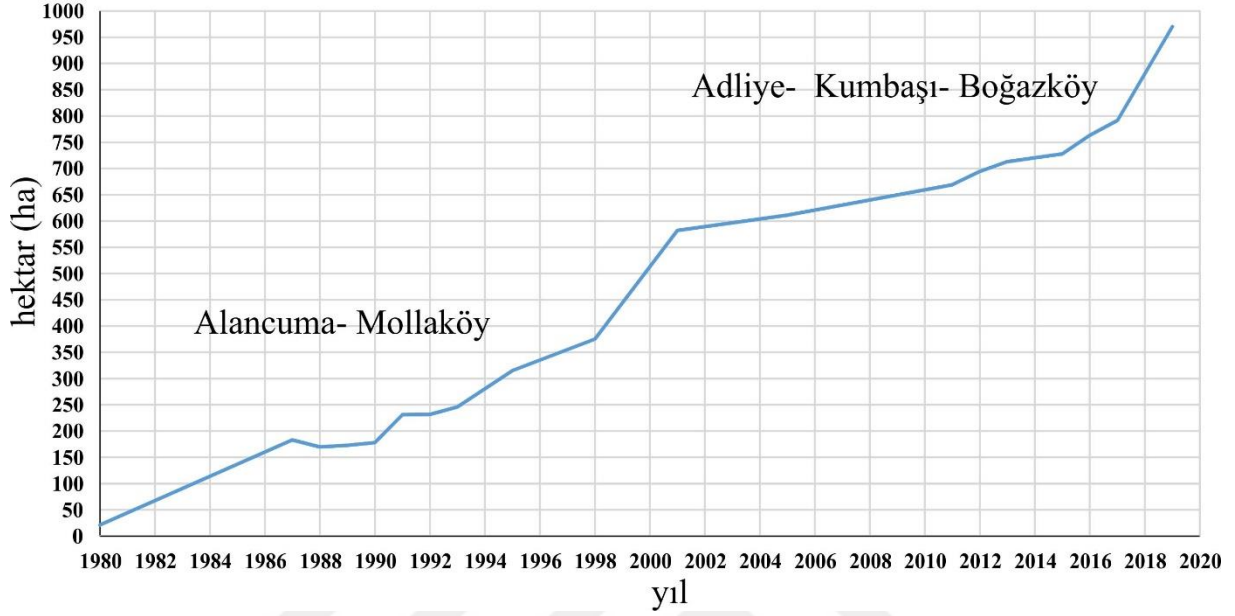


Şekil 56: 2019 yılı Arifiye- Boğazköy arasındaki Sakarya Nehri boyunca taşkın ovasında yer alan kum ocağı ve göletlerin durumu.

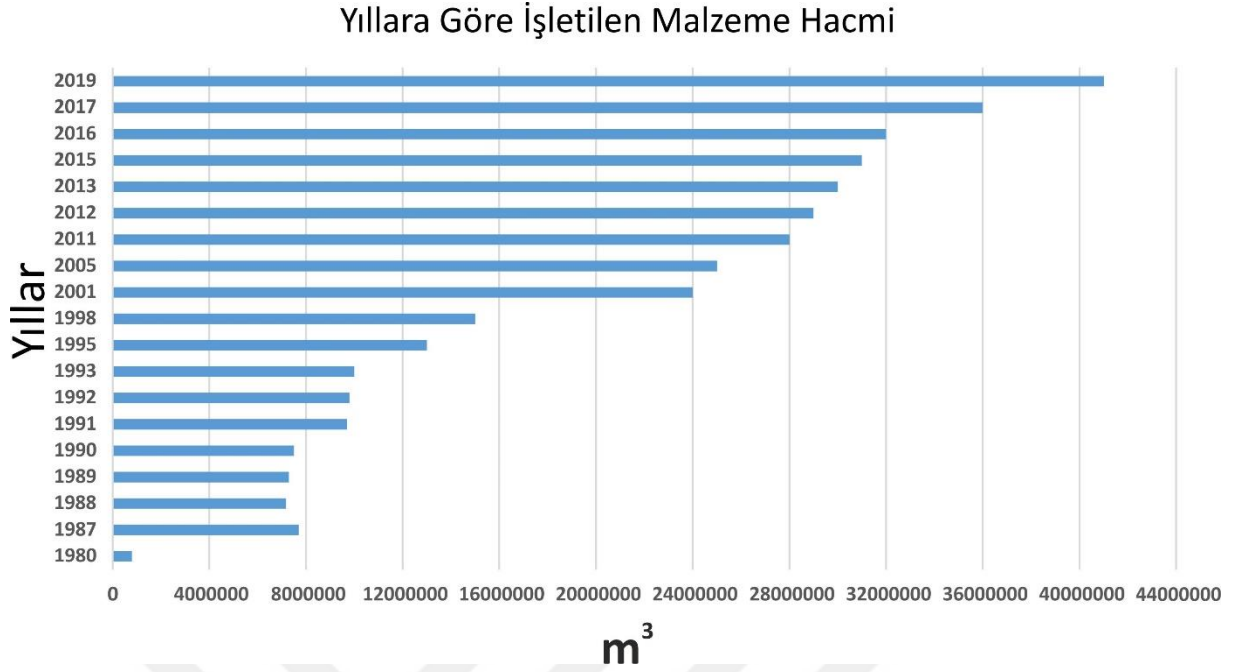
- 40 yıldır süregelen kum madenciliği faaliyetleri sonucunda çalışma alanındaki Sakarya Nehri boyunca değiştirilmemiş taşkın ovası yok denecek kadar azdır. Kum madenciliği faaliyetleri güncel taşkın ovasının neredeyse tamamının (T0), T1 ve T2 taraçalarının büyük bir kısmının tahrip edilmesi ile sonuçlanmıştır (Şekil 56).
- Nehir yatağı- taşkın ovası için DSI'nin belirttiği 2-2,5 metre derinliğe inilmesi gerekirken, açılan hendeklerin derinliklerinin 13-15 metreyi bulabildiği bilinmektedir. Yeraltı su seviyesine ulaşmış kum üretim alanları, yer altı su seviyesinin belirgin biçimde düşmesine neden olmaktadır. Bu durum çevredeki tarım arazisini olumsuz yönde etkilemektedir. Çevresinde işletme yapılan çoğu tarım alanı parseli, asılı kalmış durumdadır (Şekil 59).
- Bölge için herhangi bir restorasyon planı henüz bulunmamaktadır ve işletmeler faaliyetine hızla devam etmektedir.
- Aktif kum işletmeleri nehir kanalı kenar yapılarında yüksek şev oluşturmakta ve erozyonu arttırmaktadır. Bu durum işletme ile komşu yerleşim ve tarım alanlarını tehdit etmektedir. Kanal şevlerin yamaç yenilgileri artış gösterir.
- İşletme ocak ve tesisleri yerel yerleşimlere (~5000 kişi) çok yakındır (~25-100 m). Bu durum görüntü ve ses kirliliği ile birlikte çok sayıda sosyal problemin oluşmasına ön ayak olmaktadır.
- Dünya'da birçok ülkede çalışma konuları olmuş, işletimden uluslararası taşınımına, doğal çevreye olan zararından ekonomik getirilerine kadar tartışılan yoğun kum-çakıl madenciliği konusu için ortak öneri uluslararası bir eylem planı gerektirdiğidir. 200'den fazla kullanım alanı olan bu doğal kaynağın sürdürülebilirliği tartışmaları devam etmektedir. Bir çok alanda yenilenebilirliğinin üstünde tüketim söz konusudur. Birçok çalışma bu yoğun işletmeler sebebiyle, gelecekte 'kum kıtlığı' kavramı ile baş başa kalınacağına vurgu yapmaktadır.
- Yoğun bir biçimde, dünyanın birçok ülkesinde faaliyet gösteren bu madencilik türü 'serbest kum' olarak nitelenen, dünyada görece az bulunan doğal

ekosistemler üzerinde çalışmaktadır. Bu faaliyetlerin, doğal sisteme olan etkisine ek olarak sosyo-ekonomik çıktıları da söz konusu olmaktadır.

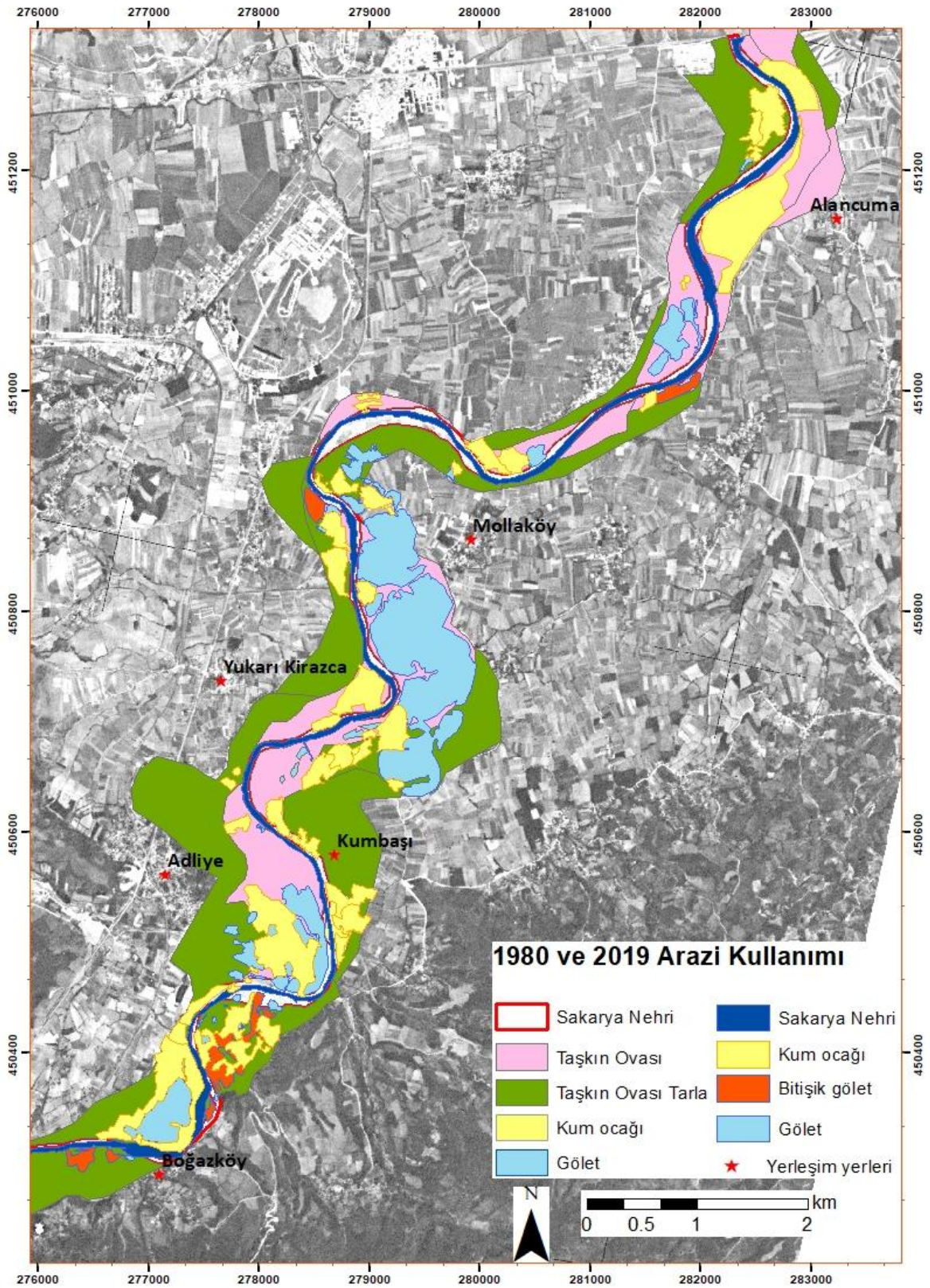
Yıllara Göre Alansal Artış



Şekil 57: 1980 yılından günümüze kadar süregelen kum- çakıl madenciliği kapsamında toplam işlenen alanların hektar cinsinden eklenik grafiği. 1980 ile 2000 yılları arasındaki alansal artış büyük oranda Alancuma- Mollaköy sahalarında iken 2000 sonrasında günümüze artışın büyük çoğunluğunu Adliye- Kumbaşı- Boğazköy sahaları oluşturmaktadır. 2019 itibariyle toplam kullanılan alan 970 hektardır.



Şekil 58: Her işletme alanından Alan x (derinlik + işletilen tıraş kalınlığı) formülü ile hesaplanan yıllara göre işletilen kum- çakıl hacmi. 2019 itibariyle toplam 41 milyon m³ ile 52 milyon m³ kum-çakıl işletilmiştir. Bu verilen aralık gölet derinliklerinin 5 ya da 10 metre olarak kabul edilmesi ile hesaplanmıştır.



Şekil 59: 1980 yılı ve 2018 yılı arazi kullanımındaki değişimler. Çok sayıda tarım alanı alanı kum ocağı olarak işletilmiştir. Doğal taşkın ovası yok denecek kadar azdır.

KAYNAKÇA

Ardos, M. (1996). Türkiye’de Akarsu Şebekesinin Kuvaterner’deki Oluşum ve Gelişimi. *Coğrafya Dergisi*, 4.

Atalay-Dutucu, A. (2018). Sakarya’nın Hidrografik Özellikleri. İkisel. C. (Der.), Sakarya’nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri içinde (ss.219-249). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.

Bilgin, T. (1984). Adapazarı Ovası ve Sapanca Oluğunun Alüvyal Morfolojisi ve Kuaterner’deki Jeomorfolojik Tekamülü. *İst. Üniv. Edeb. Fak.Yay.*, 2572, 199 s.

Blum, M. D., & Törnqvist, T. E. (2000). Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. *Sedimentology*, 47, 2-48.

Bridgland, D., & Westaway, R. (2008). Climatically controlled river terrace staircases: a worldwide Quaternary phenomenon. *Geomorphology*, 98(3-4), 285-315.

Brown, C. A., & Robinson, D. M. (2002). Skewness and kurtosis implied by option prices: A correction. *Journal of Financial Research*, 25(2), 279-282.

Bull, W. B. (2008). *Tectonic geomorphology of mountains: a new approach to paleoseismology*. John Wiley & Sons.

Çiner, A., Doğan, U., Yıldırım, C., Akçar, N., Ivy-Ochs, S., Alfimov, V., ... & Schlüchter, C. (2015). Quaternary uplift rates of the Central Anatolian Plateau, Turkey: insights from cosmogenic isochron-burial nuclide dating of the Kızılırmak River terraces. *Quaternary Science Reviews*, 107, 81-97.

Demir, T., Yeşilnacar, İ., ve Westaway, R. (2004). River terrace sequences in Turkey: sources of evidence for lateral variations in regional uplift. *Proceedings of the Geologists' Association*, 115(4), 289-311.

Doğan, A. (2004). Sakarya Havzası (Plio-Kuvaterner) Güney Kesimi Holosen İstifinin Sedimanter Özellikleri ve Jeolojik Evrimi, *Yüksek Lisans Tezi*, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Doğan, E., Sönmez, O., Yapan, E., Othan, K., Özdemir, S., & Çitgez, T. (2013). Aşağı Sakarya Nehrinde taşkın yayılım haritalarının elde edilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(3), 363-369.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., & Şaroğlu, F. (2013). 1/1.125. 000 ölçekli Türkiye diri fay haritası. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi*.

Emre, Ö., Erkal, T., Tchepalyga, A., Kazancı, N., Keçer, M., & Ünay, E. (1998). Doğu Marmara Bölgesinin Neojen-Kuvaternerdeki Evrimi. *MTA Dergisi*, 120, 289-314.

Erinç, S. (1982). Jeomorfoloji-I-İstanbul Üniv. *Ede. Fak. Yayın*, (2931), 3-4.

Erturaç, M.K. (2018). Sakarya'nın Jeolojik Özellikleri. İkiel. C. (Der.), Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri içinde (ss.97-127).Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.

Erturaç, M.K. (2018). Sakarya'nın Jeomorfolojik Özellikleri. İkiel. C. (Der.), Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri içinde (ss.127-151).Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.

Erturaç, M.K. ve Kıyak, N. G. (2017). Yeşilirmak taraçalarında (Orta Kuzey Anadolu) geç pleystosen iklim değişiklikleri ve düşey yönlü deformasyona akarsu cevabının araştırılması. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 60(4), 615-636.

Erturaç, M.K., Şahiner, E., Zabcı, C., Okur, H., Polymeris, G.S., Meriç, N., İkiel, C. (2019). Fluvial response to rising levels of the Black Sea and to climate changes during the Holocene: Luminescence chronology of the Sakarya Terraces, The Holocene.

Faust, D., & Wolf, D. (2017). Interpreting drivers of change in fluvial archives of the Western Mediterranean-A critical view. *Earth-Science Reviews*, 174, 53-83.

İnandık, H. (1952). Adapazarı Ovası ve çevresinin jeomorfolojik etüdü. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 2(3-4), 107-138.

John, E. (2009). The impacts of sand mining in Kallada river (Pathanapuram Taluk), Kerala, *Journal of basic and applied biology*, 3 (1 ve 2), 108-113.

Karakuzulu, Z. ve Arıcı, F. (2018). Sakarya'nın Tarım ve Hayvancılık Özellikleri. İkiel. C. (Der.), Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri içinde (ss.459-515). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.

Kerey, İ.E. ve Erkal, T. (2014). Sedimentoloji. Ankara: Nobel Yayınları.

Kondolf, G.M. (1994). Geomorphic and environmental effects of instream gravel mining. *Landscape and Urban Planning* 28, 225-243.

Krausmann, F., Gingrich, S., Eisenmenger, N., Erb, K-H., Haber, H., Fischer-Kowalski, M. (2009). Growth in global materials use, GDP and population during the 20th century. *Ecological Economics* 68, 2696-2705.

Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., ... & Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(8), 1880-1885.

Kurt, S. ve Duman, E. (2016). Sakarya İli'nde Kentsel Gelişim Sürecinin Arazi Kullanımı Ve Jeomorfolojik Birimler Üzerindeki Etkisinin Zamansal Değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (34), 268-282.

Miall, A. D. (1977). Fluvial sedimentology: an historical review.

Miall, A. D. (1978). Tectonic setting and syndepositional deformation of molasse and other nonmarine-paralic sedimentary basins. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 15(10), 1613-1632.

Milliman, J. D., & Syvitski, J. P. (1992). Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *The journal of Geology*, 100(5), 525-544.

Milliman, J. D., & Syvitski, J. P. (1992). Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *The journal of Geology*, 100(5), 525-544.

Mngeni, A., Musampa, C. M., & Nakin, M. D. V. (2017). The effects of sand mining on rural communities. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 210, 443-453.

Nanson, G. C., & Croke, J. C. (1992). A genetic classification of floodplains. *Geomorphology*, 4(6), 459-486.

New York Times. (2010). Indonesia's Islands Are Buried Treasure for Gravel Pirates, March 28, 2010. The New York Times. <http://www.nytimes.com/2010/03/28/weekinreview/28grist.html?_r=0> (accessed 12.02.20).

Okur, H., ve Korhan Erturaç, M. (2018). Temporal monitoring of vast sand extraction at Sakarya River floodplain (NW Turkey): Implications for environmental impact and natural hazards. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 20, p. 847).

Okur, H., Erturaç, M.K., Mouralis, D. (2019). Investigation of Holocene palaeo-hydrological changes using fluvial archives: A case study for Sakarya River terraces, NW Anatolia. *International Union for Quaternary Research in Ireland*. (P-3833).

Okur, H., Mouralis, D., Gürbüz, A., Erturaç, M.K., Makaroğlu, Ö., Şahiner, E., Köse, N., ... (2020). Investigation of Holocene palaeo-hydrological changes using fluvial archives: A case study for Sakarya River terraces, NW Anatolia(Turkey). *Journées des Jeunes Géomorphologues* in France. (Session 2, 8-9).

Özbakan, M. (2004). Radyokarbon Tarihleme Yöntemi. *TAY-Türkiye Arkeolojik Yerleşmeleri*, 14.

Özcan, O. (2012). Environmental impact analysis of quarrying activities established on and near a river bed by using remotely sensed data. *Fresenius Environmental Bulletin*, Volume 21 – No 11. 2012.

Öztürk, F. (1996). Suspended sediment yields of rivers in Turkey. *IAHS Publications-Series of Proceedings and Reports-Intern Assoc Hydrological Sciences*, 236, 65-72.

Öztürk, M. Z., Çetinkaya, G., & Aydın, S. (2017). Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Coğrafya Dergisi*, 35, 17-27.

Öztürk, M.Z. (2016). Kuvaterner Araştırmalarında Kullanılan Başlıca Radyometrik Tarihlendirme Yöntemleri. Özgen, N. ve Karadoğan, S. (Der.), Fiziki Coğrafyada Araştırma Yöntemleri ve Teknikler içinde (ss.164-182). Ankara: Pegem Akademi Yayınları.

Pazzaglia, F. J. (2013). 9.22 Fluvial Terraces. *Treatise on geomorphology*, 379-412.

Peduzzi, P. (2014). Sand, rarer than one thinks. *Environmental Development*, 11, 208-218.

Peng, F., Prins, M. A., Kasse, C., Cohen, K. M., Van der Putten, N., Toonen, W. H. J., & van Balen, R. T. (2018). An improved method in paleoflood reconstruction and flooding phases identification for the Lower Meuse.

Rege, A. (2016). Not biting the dust: using a tripartite model of organized crime to examine India's Sand Mafia. *International Journal of Comparative and Applied Criminal Justice*, 40(2), 101-121.

Saviour, N., 2012., Environmental impact of soil and sand mining: a review. *International Journal of Science, Environment and Technology* 1(3), 125-134.

Schumm, S. A. (1993). River response to baselevel change: implications for sequence stratigraphy. *The Journal of Geology*, 101(2), 279-294.

Sevindik, T. O., Tunca, H., Önem, B., & Tamer, S. A. (2014). Temporal fluctuations of the phytoplankton community in an isolated floodplain lake (North Mollaköy Lake) of the Sakarya River (Northern Turkey). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43(4), 381-392.

Sreebha, S., Padmalal, D., 2011. Environmental impact assessment of sand mining from the small catchment rivers in the Southwestern Coast of India: a case study. *Environmental Management* 47, 130-140. DOI 10.1007/s00267-0109571-6.

Steinberger, J. K., Krausmann, F., & Eisenmenger, N. (2010). Global patterns of materials use: A socioeconomic and geophysical analysis. *Ecological Economics*, 69(5), 1148-1158.

Sunal, G., & Erturaç, M. K. (2012). Estimation of the pre-North Anatolian Fault Zone pseudo-paleo-topography: A key to determining the cumulative offset of major post-collisional strike-slip faults. *Geomorphology*, 159, 125-141.

Sutherland, W. J., Barnard, P., Broad, S., Clout, M., Connor, B., Côté, I. M., ... & Fox, M. (2017). A 2017 horizon scan of emerging issues for global conservation and biological diversity. *Trends in ecology & evolution*, 32(1), 31-40.

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., Imren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., ... & Rangin, C. (2005). The North Anatolian fault: A new look. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 33, 37-112.

Tarı, U. (2007). İzmit Körfezi ve Çevresinin Morfotektoniği, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü.

Torres, A., Brandt, J., Lear, K., & Liu, J. (2017). A looming tragedy of the sand commons. *Science*, 357(6355), 970-971.

UNEP and CSIRO. (2011). Resource Efficiency: Economics and outlook for Asia and the Pacific. United Nations Environment Programme, Bangkok.

UNEP., Fischer-Kowalski, M., West, J., Giljum, S., Dittrich, M., Eisenmenger, N., Krausmann, F. (2016). Global material flows and resource productivity. *Assessment report for the UNEP international resource panel. United Nations Environment Programme, Nairobi.*

UNEP/GEAS (2014). Sand Rarer Than One Thinks. *Thematic focus: Ecosystem management, Environmental governance, Resource efficiency.*

USGS. (2013a). Cement, statistics and information. U.S. Geological Survey, Reston.

USGS. (2013b). Sand and gravel (construction) statistics, in: Kelly, T.D., Matos, G.R., (Eds.), Historical statistics for mineral and material commodities in the United States. U.S. Geological Survey Data Series 140, Reston.

USGS. (2013c). The 2011 Minerals Yearbook, Cement, U.S. Geological Survey, Reston. Global Material Flows and Resource Productivity. An Assessment Study of the UNEP International Resource Panel, syf:159, Ocak,2016.

Vandenbergh, J. (2002). The relation between climate and river processes, landforms and deposits during the Quaternary. *Quaternary International*, 91(1), 17-23.

Vandenbergh, J. (2008). The fluvial cycle at cold–warm–cold transitions in lowland regions: a refinement of theory. *Geomorphology*, 98(3-4), 275-284.

Yiğit, M. G., Doğan, E., & Köklü, R. (2017). Sakarya nehri'nde kum-çakıl madenciliği kaynaklı arazi kullanım değişimleri. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 8(1), 25-32.

ÖZGEÇMİŞ

Hilal OKUR ERTURAÇ, 27.09.1994’de Samsun’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Zonguldak’ta tamamladı. 2013 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü’ne başladı. 2017’ de lisans öğrenimini tamamladıktan sonra aynı yıl Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. 2018 yılında 117Y426 No’lu TUBİTAK Araştırma Projesinde Yüksek Lisans bursiyeri olarak çalışmaya başladı. Halen bu görevi sürdürmektedir.

