

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KOCAELİ İLİ GÜNEYİNİN AGREGA POTANSİYEL
ALANLARININ CBS KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

GAMZE GÜÇTEKİN

KOCAELİ 2017

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

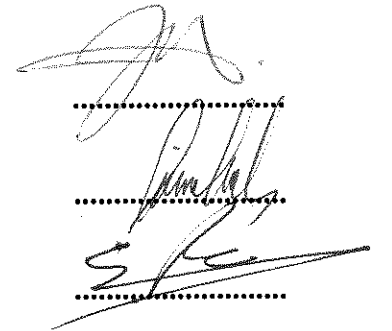
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ İLİ GÜNEYİNİN AGREGA POTANSİYEL
ALANLARININ CBS KULLANILARAK BELİRLENMESİ

GAMZE GÜÇTEKİN

Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Yrd. Doç. Dr. Şefik RAMAZANOĞLU
Jüri Üyesi, Sakarya Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 07.07.2017

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İlk çağlardan günümüze kadar gelişen teknoloji ve değişen yaşam koşullarıyla birlikte agregaya karşı olan ilgi ve ihtiyaç artmıştır. Dünyada fert başına en fazla tüketilen maddeler su ve agregadır. Bunun sonucunda insanlar agrega üretimine ve tüketimine yönelmişlerdir. Dünya genelinde agrega üretimi %58'lik payla tüm maden üretimi içinde birinci sıradadır. Başta inşaat sektörü olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Artan nüfusa bağlı olarak yükselen talebi karşılamak için yeni agrega kaynak alanların belirlenmesi gerekir. Özellikle kullanım alanlarına yakın olabilecek yeni kaynaklar daha önem kazanmaktadır. Bu kaynakların jeolojik olarak agrega için uygun olmasının yanında diğer agrega olabilme özelliklerini de taşıması gerekmektedir.

Bu kapsamda hazırlanan tezde mevcut agrega kaynakları ve bölgede bulunan formasyonların agrega olabilme özellikleri araştırılmış bunun yanında üretime etki edecek fonksiyonlar incelenmiştir. Yapılan çalışma ileride yapılacak olan çalışmalara örnek teşkil etmesi açısından önemlidir.

Bu konuda bana çalışma fırsatı veren, yüksek lisans ve tez çalışmam boyunca bilgisi ile her türlü desteği sağlayan, beni yönlendiren değerli hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a sonsuz saygımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana yardımcı olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Özkan CORUK'a ve yüksek lisans jüri üyesi olan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Şefik RAMAZANOĞLU'na sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım ve hayatım boyunca hiçbir zaman desteğini esirgemeyen değerli eşim, Yrd. Doç. Dr. Aykut GÜÇTEKİN ve çalışmalarım sırasında anlayışıyla beni destekleyen sevgili oğlum Hasan Tuna GÜÇTEKİN'e sonsuz minnet duygularımı sunuyorum.

Haziran-2017

Gamze GÜÇTEKİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
TABLolar DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER	2
1.1. İncelemenin Amacı.....	2
1.2. İnceleme Alanının Konumu	2
1.3. İnceleme Yöntemleri	5
1.4. Önceki Çalışmalar	7
1.4.1. Ulusal düzeyde yapılan çalışmalar	7
1.4.2. Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar	10
2. JEOLojİ.....	12
2.1. Önceki Jeolojik Çalışmalar	12
2.2. Bölgenin Jeolojisi	13
2.3. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	14
2.3.1. Pamukova metamorfitleleri (Pms)	14
2.3.2. İznik metamorfitleleri (Pzi).....	16
2.3.3. Acıelma kireçtaşı (Ka)	17
2.3.4. Bakacak formasyonu (Kb)	18
2.3.5. İncebel formasyonu (Ti).....	18
2.3.6. Sarısu formasyonu (Ts)	19
2.3.7. Aslanbey formasyonu (Ta).....	21
2.3.8. Alüvyon (Qal)	23
2.3.9. Dolgu (Qd)	23
2.4. Bölgesel Tektonik Konum.....	24
3. AGREGA	26
3.1. Agreganın Sınıflandırılması	26
3.1.1. Elde ediliş şekline göre sınıflandırma	27
3.1.1.1. Yapay agrega	27
3.1.1.2. Doğal agrega	28
3.1.2. Tane boyutlarına göre agrega	28
3.1.2.1. İnce agrega.....	29
3.1.2.2. İri agrega.....	29
3.1.3. Tane şekillerine göre agrega	29
3.2. Agregaya Kaynakları	30

3.2.1. Akarsu yatakları	31
3.2.2. Sel yatakları.....	32
3.2.3. Dere ve teras ocakları.....	32
3.2.4. Taş ocakları	32
3.3. Agregada Deneyleri	33
3.3.1. Agregalardan numune alma	33
3.3.2. Agreganın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler	33
3.3.2.1. Tane dayanımı.....	33
3.3.2.2. Aşınma deneyi (Los Angeles Deneyi).....	34
3.3.2.3. Agregalarda dona dayanıklılık.....	34
3.3.3. Agreganın fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneyler	34
3.3.3.1. Agregada rutubet durumu	34
3.3.3.2. Birim ağırlık.....	36
3.3.3.3. Özgül ağırlık	37
3.3.3.4. Kompasite	37
3.3.4. Agreganın içinde, betona zarar veren maddelerin belirlenmesi için yapılan deneyler (Zararlı maddeler)	38
3.3.4.1. İnce maddeler (Yıkanabilir maddeler).....	38
3.3.4.2. Alkali agregada reaksiyonu	38
3.3.4.3. Alkali karbonat reaksiyonu.....	39
3.3.4.4. Hafif maddeler	39
3.3.4.5. Organik maddeler	39
3.4. Agregada Standartları.....	40
3.5. Agreganın Kullanım Alanları.....	41
3.5.1. Beton yapımında kullanımı	41
3.5.2. Karayolu yapımında kullanılması	41
3.5.3. Demiryollarında agreganın balast olarak kullanımı	42
4. MEVCUT AGREGA KAYNAKLARININ İNCELENMESİ.....	44
4.1. Kartepe Cıvarı	45
4.2. Gölcük Cıvarı	48
4.3. Karamürsel Cıvarı	51
5. AGREGA POTANSİYEL ALANLARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	54
5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	54
5.1.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri	55
5.1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin çalışma şekli	58
5.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin avantajları.....	59
5.1.4. CBS ile agregada potansiyel alan belirleme	60
5.2. Uzaktan Algılama (UA)	60
5.2.1. Uzaktan algılama sistemlerinin elemanları	61
5.2.2. Kullanılan platformlara göre UA çeşitleri.....	61
5.2.2.1. Yer esaslı algılayıcılar	62
5.2.2.2. Hava esaslı algılayıcılar	62
5.2.2.3. Uzay esaslı algılayıcılar	62
5.2.3. Kullanılan enerjiye göre UA çeşitleri.....	62
5.2.3.1. Pasif algılama.....	62
5.2.3.2. Aktif algılama	63

5.2.4. Uzaktan algılama uygulama alanları	63
5.2.5. Uzaktan algılama ile agrega potansiyel alan belirleme	65
5.3. Jeoloji Çalışmaları	66
5.3.1. Arazi çalışmaları ve örnek alma	66
5.3.2. Sondaj	66
5.4. Jeofizik Yöntemler	67
5.4.1. Elektrik öz direnç (rezistivite) yöntemi	68
5.4.2. Elektrik öz direnç (tomografi) yöntemi	68
5.4.3. Yer radarı (GPR) yöntemi	69
5.4.4. Sismik yöntem	70
6. VERİ KATMANLARI	71
6.1. Jeoloji	71
6.2. Arazi Kullanımı	75
6.3. Yol Durumu	76
6.4. Yerleşim Alanlarına Uzaklık	77
6.5. Yükseklik Durumu	78
7. KOCAELİ GÜNEYİ AGREGA POTANSİYEL ALANLARIN CBS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ	80
7.1. Agrega Potansiyeli Yüksek Alanlar	80
7.2. Agrega Potansiyeli Orta Alanlar	82
7.3. Agrega Potansiyeli Düşük Alanlar	83
7.4. Diğer Alanlar	84
7.5. CBS Analizi	84
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	91
EKLER	97
ÖZGEÇMİŞ	106

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	İnceleme alanı yer bulduru haritası	4
Şekil 1.2.	Agrega potansiyel alanlarının belirlenmesi için izlenen akış diyagramı.....	6
Şekil 2.1.	Kocaeli güneyinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	16
Şekil 2.2.	Yuvacık barajının batısında Sarısu volkaniklerinin içindeki dayk	20
Şekil 2.3.	Yuvacık barajı doğusunda gözlenen soğan yapıları.....	21
Şekil 2.4.	Aslanbey’de bulunan Hereke Maden taş ocağından mostra görüntüsü.....	22
Şekil 2.5.	Marmara bölgesi kuzey Anadolu fay zonu ve kolları	25
Şekil 3.1.	Tane boyutlarına göre agregalar.....	29
Şekil 3.2.	Tane şekillerine göre agregalar (A): Yuvarlak, (B): Köşeli, (C): Yassı	30
Şekil 3.3.	Agregalardaki farklı rutubet halleri.....	35
Şekil 3.4.	Agreganın karayolu yapımında dolgu malzemesi olarak kullanımı	42
Şekil 3.5.	Agreganın demiryollarında balast olarak kullanılması	43
Şekil 4.1.	Kartepe civarında bulunan kırmataş ocaklarının Google Earth görüntüsü.....	46
Şekil 4.2.	Soylu-Kar taşocağında ait saha görüntüsü	48
Şekil 4.3.	Gölcük ve civarında bulunan ocakların Google Earth görüntüsü	49
Şekil 4.4.	As Elmaslar taş ocağına ait saha görüntüsü	51
Şekil 4.5.	Karamürsel ve civarında bulunan ocakların Google Earth görüntüsü.....	52
Şekil 4.6.	Tenocak maden firmasına ait taş ocağı görüntüsü	53
Şekil 5.1.	Bir CBS çalışmasının bileşenleri	56
Şekil 5.2.	CBS’ de coğrafi veriler	57
Şekil 5.3.	Vektör modeli yapıların nokta, çizgi ve poligon şeklinde gösterimi.....	58
Şekil 5.4.	Raster modeli, piksellerle temsil edilen mekânsal veriler.....	59
Şekil 5.5.	Uzaktan algılama uydularının enerji kaynaklarını kullanmalarına göre çalışma yöntemleri (1) Pasif algılama, (2) Aktif algılama	63
Şekil 5.6.	Çok elektrotlu direnç verileri için öz direnç modellerinin yorumlanması.....	68
Şekil 5.7.	Aktif kum ve çakıl taş ocağının yakınında toplanan GPR verilerinin yorumlanması	69
Şekil 7.1.	Agrega kaynak alanlarının uygunluk haritasının hazırlanmasında izlenen aşamaları gösteren akış diyagramı.....	85
Şekil A.1.	Kocaeli ili güneyinin jeoloji haritası	98
Şekil B.1.	Kocaeli ili güneyi litoloji tipine dayalı potansiyel haritası	99
Şekil C.1.	Kocaeli ili güneyi arazi kullanım haritası	100
Şekil D.1.	Kocaeli ili güneyi yerleşim merkezlerine uzaklık haritası	101

Şekil E.1.	Kocaeli ili güneyi ana yollara uzaklık haritası	102
Şekil F.1.	Kocaeli ili güneyi yüksekliğe uyarlanmış agrega potansiyel alan uygunluk haritası senaryo 1	103
Şekil G.1.	Kocaeli ili güneyi yüksekliğe uyarlanmış agrega potansiyel alan uygunluk haritası senaryo 2	104
Şekil H.1.	Kocaeli ili güneyi yüksekliğe uyarlanmış agrega potansiyel alan uygunluk haritası senaryo 3	105



TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Kırmataş Ham Maddelerinin Jeolojik Sınıflandırılması	31
Tablo 3.2. Agregat standartları tablosu	40
Tablo 4.1. Bölgede bulunan mevcut taş ocakları hakkında bilgiler	45
Tablo 4.2. Kartepe civarında bulunan ocaklardaki numunelerin deney sonuçları	47
Tablo 4.3. Gölcük ve civarında bulunan ocaklardan alınan deney sonuçları	50
Tablo 5.1. Temel alanlarda konuma dayalı problemlerin çözümünde UA'nın rolü	64
Tablo 6.1. İnceleme alanının formasyonlara göre agregat potansiyelleri.....	74
Tablo 6.2. Arazi sınıflarına göre agregat potansiyelleri	76
Tablo 6.3. Ana yollara uzaklığın uygunluk durumu.....	77
Tablo 6.4. Yerleşim merkezlerine uzaklığın uygunluk durumu	77
Tablo 6.5. Yükseklik sınıfına göre potansiyel uygunluk durumu	78
Tablo 7.1. Veri setlerine göre yüksek dereceli agregat potansiyel alanları	82
Tablo 7.2. Veri setlerine göre orta dereceli agregat potansiyel alanları	83
Tablo 7.3. Veri setlerine göre düşük dereceli agregat potansiyel alanları.....	84
Tablo 7.4. Uygun kırmataş alanların belirlenmesinde kullanılan veri katmanlarının ağırlık yüzdeleri.	86

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

k	: Kompasite
MgSO ₄	: Magnezyum sülfat
Na ₂ SO ₄	: Sodyum sülfat
P	: Porozite
V	: Hacim, (m ³)
W	: Su emme değeri, (%)
Δ	: Birim ağırlık, (ton/m ³)
Δa	: Agreganın özgül ağırlığı, (kg/dm ³)

KISALTMALAR

AAR	: Alkali Agregat Reaksiyonu
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AKKS	: Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı
ASTM	: American Society for Testing Materials (Amerikan Test Materyalleri Topluluğu)
AVNS	: Automatic Vehicle Navigation System (Otomatik Taşıt Navigasyon Sistemi)
BS	: British Standart (İngiliz Standartları)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
D-130	: Yalova-Kandıra Devlet Karayolu
DES	: Düşey Elektrik Sondajı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EN	: European Norm (Avrupa Standartları)
GB	: Güneybatı
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GPR	: Ground Penetrating Radar (Yer Radarı)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
Ka	: Acıelma Kireçtaşı
Kb	: Bakacak Formasyonu
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
KAFZ	: Kuzey Anadolu Fay Zonu
KD	: Kuzeydoğu
Pms	: Pamukova Metamorfikleri
Pzi	: İznik Metamorfikleri
Qal	: Alüvyon
Qd	: Dolgu
Ta	: Aslanbey Formasyonu
TEM	: Transit European Motorways (Avrupa Geçiş Yolu)
Ti	: İncebel Formasyonu

Ts	: Sarısu Volkanitleri
TS	: Türk Standartları
UA	: Uzaktan Algılama
USGS	: United States of Geological Survey (Birleşik Devletler Jeoloji Araştırma Kurumu)
WLR	: Weighted Logistic Regression (Ağırlıklı Lojistik Regresyon)
WofE	: Weights of Evidence (Kanıt Ağırlığı)



KOCAELİ İLİ GÜNEYİNİN AGREGA POTANSİYEL ALANLARININ CBS KULLANILARAK BELİRLENMESİ

ÖZET

Çalışmanın amacı, Kocaeli ili güneyinin mevcut kırmataş agrega potansiyelini incelemek ve potansiyel olabilecek alanların değerlendirilmesini yapmaktır. Kocaeli ili güneyinin yeni kırmataş agrega potansiyel alanlarının belirlenmesi için CBS yöntemleri kullanılmıştır. Veri yönetimi, işleme, analiz ve görüntüleme için ArcGIS 10.4.1 yazılımı kullanılmıştır. Mevcut ve potansiyel toplam kaynaklar ArcGIS'in yetenekleri dahilinde değerlendirilmiştir. Potansiyel alan belirlenirken beş ana kriter göz önünde bulundurulmuştur. Bu kriterler; jeoloji, arazi kullanımı, yol, yükseklik ve yerleşim yeri durumundan oluşmuştur. Her bir kriter için ArcGIS 10.4.1 programı kullanarak potansiyel olabilecek alanların yüksek, orta ve düşük olarak sınıflandırılmış haritaları üretilmiştir. Bu haritalar son haritaya ulaşmak için veri katmanları olarak kullanılmıştır. Katmanlar ArcGIS 10.4.1 programında üst üste bindirme (overlay) yöntemiyle üzerlenerek final haritası oluşturulmuştur. Basit öznitelik matematiği kullanılarak veri katmanlarına katsayılar verilmiş ve üç farklı ağırlıklandırma yapılmıştır. İlk ağırlıklandırmanın final haritasında uygun alanlar % 64, ikinci ağırlıklandırmanın final haritasında uygun alanlar % 63, son yapılan ağırlıklandırmada ise sonuç haritasında uygun alanlar % 69 olarak hesaplanmıştır. Buna göre Kartepe'de Yuvacık ve güneyi uygun alanlar olarak belirlenmiştir fakat yükseklik fazla olduğu için potansiyel olma olasılığını olumsuz etkilemektedir. Başiskele güneyi uygun alanlardır. Gölcük batısı ve İhsaniye güneyi, Karamürsel'de ise Akçay ve Kızderbent ile ilçenin batı sınırları uygun alanlar olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Agrega, CBS, Kocaeli Güneyi, Potansiyel Agrega Alanları.

DETERMINATION OF THE AGGREGATE POTENTIAL AREAS OF SOUTHERN KOCAELI PROVINCE USING GIS

ABSTRACT

The aim of the study is to examine the potential of the existing crushed stone aggregate of the southern Kocaeli province and to evaluate potential areas. GIS methods have been used to determine the new crushed stone aggregate potential areas of the southern Kocaeli province. ArcGIS 10.4.1 software is used for data management, processing, analysis and visualization. Current and potential total resources are evaluated within ArcGIS capabilities. Five main criteria were considered to define the potential aggregate areas. These criteria are; geology, land use, road, elevation and settlement. For each criterion, using ArcGIS 10.4.1 program, high, medium and low classified maps of potential areas were produced. These maps were used as data layers to reach the final map. The layers were overlaid in the ArcGIS 10.4.1 program and final map was created. Coefficients were given to the data layers using simple attribute mathematics and three different weightings were performed. The suitable areas of the initial weighting result map were calculated as % 64, the suitable area of the result weight of the second weighting was % 63, and the weight of the last weighting was % 69. According to this, South of Kartepe is determined as suitable areas, but because of the high altitude it is adversely affecting the possibility of being potential. South of Basiskele has suitable areas. Western Gölcük and southern Ihsaniye, in Karamürsel, Akçay and Kızderbent and the western borders of the county were determined as suitable areas.

Keywords: Aggregate, GIS, Southern Kocaeli, Potential of Aggregate Areas.

GİRİŞ

Dünyada, insanların en çok ihtiyaç duyduğu madde sudur. Sudan sonra en çok tüketilen madde ise agregadır. Dünyada agrega üretimi % 58' dir. Sanayi, nüfus artışıyla artan konut yapımı, yol çalışmaları, altyapı çalışmaları agregaya olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Yer kabuğunda ve su kaynaklarında doğal olarak bulunan, ekonomik ve ticari değeri olan petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları dışında kalan her türlü madde 3213 sayılı maden kanununa tabidir. Maden kanununa göre Ia. Grup madenler inşaat ve yol yapımında kullanılan ve tabiatta doğal olarak bulunan kum ve çakıldan oluşur. IIa. Grup madenler ise kalsit, dolomit, kalker, granit, andezit, bazalt gibi kayaçların kırılmasıyla elde edilir. Bu malzemeler agregaya ve mıcır olarak kullanılır. Mermer gibi blok halinde üretilen ayrıca dekoratif amaçla kullanılan kayaçlar da bu gruba girmektedir.

Yurdumuzda agregaya olabilecek alanlar fazladır fakat maliyete bağlı olarak faydanılan rezerv kısıtlıdır. Nakliye maliyeti, arazi kullanımı ve çevre sorunları da agreganın kullanım alanını sınırlamaktadır.

Kocaeli agregaya arzı için önemli bir lojistik bölgede konumlanmıştır. Kocaeli'nin batısında bulunan İstanbul kenti altyapısı, üstyapısı ve büyük mühendislik projeleri için büyük bir talebe sahiptir. Ayrıca sanayi kenti olan Kocaeli büyük oranda göç aldığından dolayı nüfus artışına bağlı olarak konut ihtiyacı gibi birçok sebepten dolayı agregaya ihtiyaç duymaktadır. Kocaeli ili güneyi agregaya potansiyelinin değerlendirildiği bu çalışmada arazi çalışmaları ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak mevcut agregaya durumu ile potansiyel olabilecek agregaya alanları belirlenmiştir.

1. GENEL BİLGİLER

Potansiyel olabilecek agrega alanların belirlenebilmesi için sınıflandırılmış jeoloji, arazi kullanım durumu, yerleşim merkezlerine uzaklık, yükseklik durumu ve ana yollara olan uzaklıklar ArcMap 10.4.1 kullanılarak oluşturulmuş ve yorumlanmıştır. Mevcut agrega durumu ile güncel olarak işletilen agrega ocakları değerlendirilmiştir. Bunun yanında mevcut kırmataş ocaklarının bulunduğu bölgeler ayrıntılı olarak incelenmiş ve raporları değerlendirilmiştir.

1.1. İncelemenin Amacı

İncelemenin amacı, Kocaeli ili güneyinde yer alan jeolojik formasyon ve birimlerin agrega potansiyeli açısından değerlendirilmesini, potansiyel olabilecek agrega alanlarının ve mevcut agrega ocaklarının litolojik özelliklerinin ve yıllık üretilen agrega miktarının belirlenmesi ve nerelerde kullanıldığını ortaya koymaktır.

Bu çalışma kapsamında Kocaeli ili güneyinde güncel agrega potansiyel alanları oluşturabilecek birimlerin belirlenmesi, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında gerekli haritaların üretilmesi, Kocaeli ili güneyinin agrega envanterinin 1/25.000 ölçekli sayısal jeolojik harita yardımıyla üretilmesi, yeni potansiyel agrega kaynak alanlarının ve mevcut agrega üretim alanlarının sayısal metotla belirlenmesi, agrega kaynak durumunun ayrıntılı bir şekilde ortaya konulması, elde edilen verilerin bir veri tabanında depolanması, güncellenmesi, kullanılması ve bu veri tabanını CBS ortamına aktarılmasının yanında potansiyel agrega alanları ve mevcut taşocaklarının konumunu harita üzerinde kolay ve anlaşılır hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

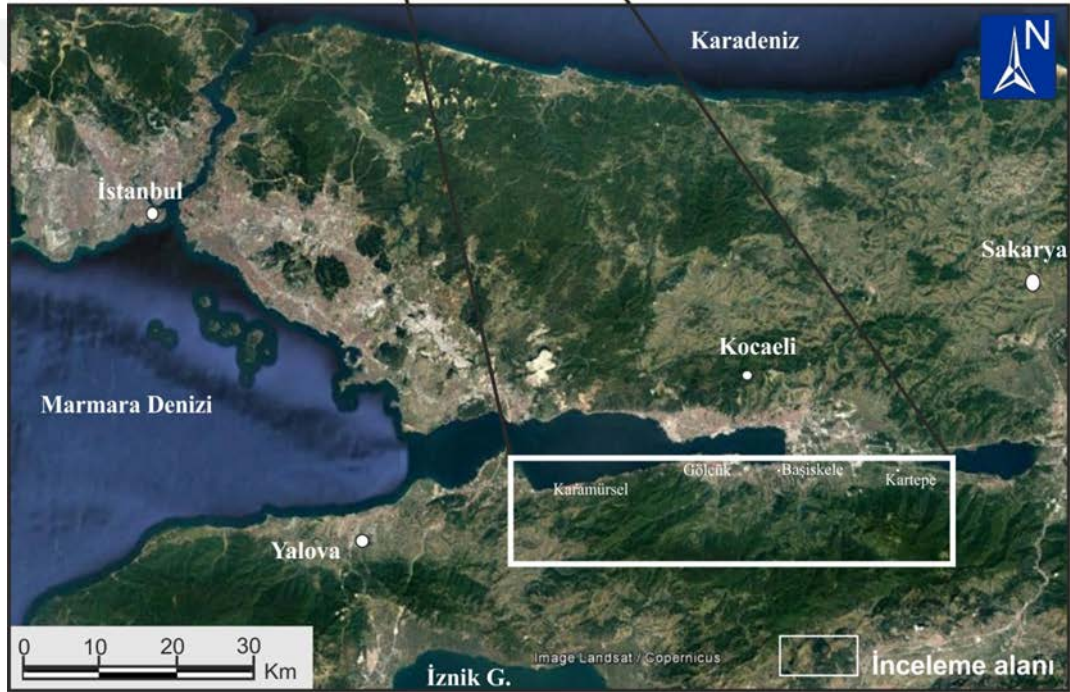
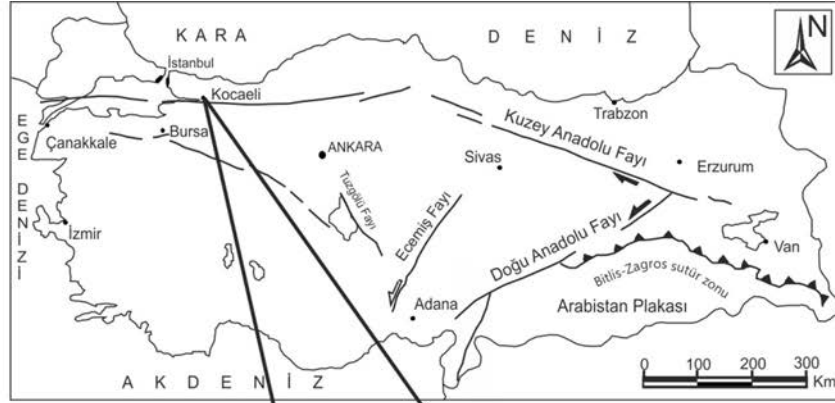
1.2. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı Marmara Bölgesi'nin doğusunda 40°43'-40°33' kuzey paralelleri ile 29°30'-30°09' doğu meridyenleri arasında bulunmaktadır. Batıda Yalova ili, doğuda Sakarya ili, kuzeyinde İzmit körfezi ve Kocaeli yarımadası, güneyinde ise batıdan doğuya doğru Bursa ve Bilecik illeri bulunmaktadır.

İnceleme alanı batıdan doğuya doğru Karamürsel, Gölcük, Başiskele ve Kartepe ilçelerini kapsamaktadır (Şekil 1.1).

Karamürsel; doğusunda Gölcük, güneyinde Bursa, batısında Yalova, kuzeyinde de İzmit Körfezi ve Marmara Denizi yer almaktadır. İlçenin güney kesiminde doğu-batı doğrultusunda uzanan Samanlı Dağları bulunmakta olup, bu dağlar aynı zamanda Bursa ile doğal sınırını oluşturmaktadır. Bu dağlardan kaynaklanan Yalakdere İzmit Körfezi'ne dökülür ve taşıdığı alüvyonlarla Hersek deltasını körfezin ağzında oluşturur. İzmit'e 34 km uzaklıktaki ilçenin yüzölçümü 258 km² olup, toplam nüfusu 46.229'dur.

Gölcük; doğusunda merkez ilçe, güneyinde İznik, kuzeyinde İzmit Körfezi, batısında Karamürsel ilçesi ile çevrilidir. İlçenin güneyini doğu-batı doğrultusunda uzanan ve uzantıları kıyıya kadar inen Samanlı Dağları kaplamaktadır. İzmit'e uzaklığı 16 km'dir. İlçenin yüzölçümü 199 km² olup, toplam nüfusu 108.843'tür.



Şekil 1.1. İnceleme alanı yer bulduru haritası

Başiskele; Kuzeyi İzmit Körfezi ve İzmit, güneyi Bursa ve Sakarya, doğusu Kartepe, batısı Gölcük ve Bursa ile çevrilidir. İlçenin nüfusu 63.091'dir. Yüzölçümü 215 km² olup, km²'ye yaklaşık 293 kişi düşmektedir.

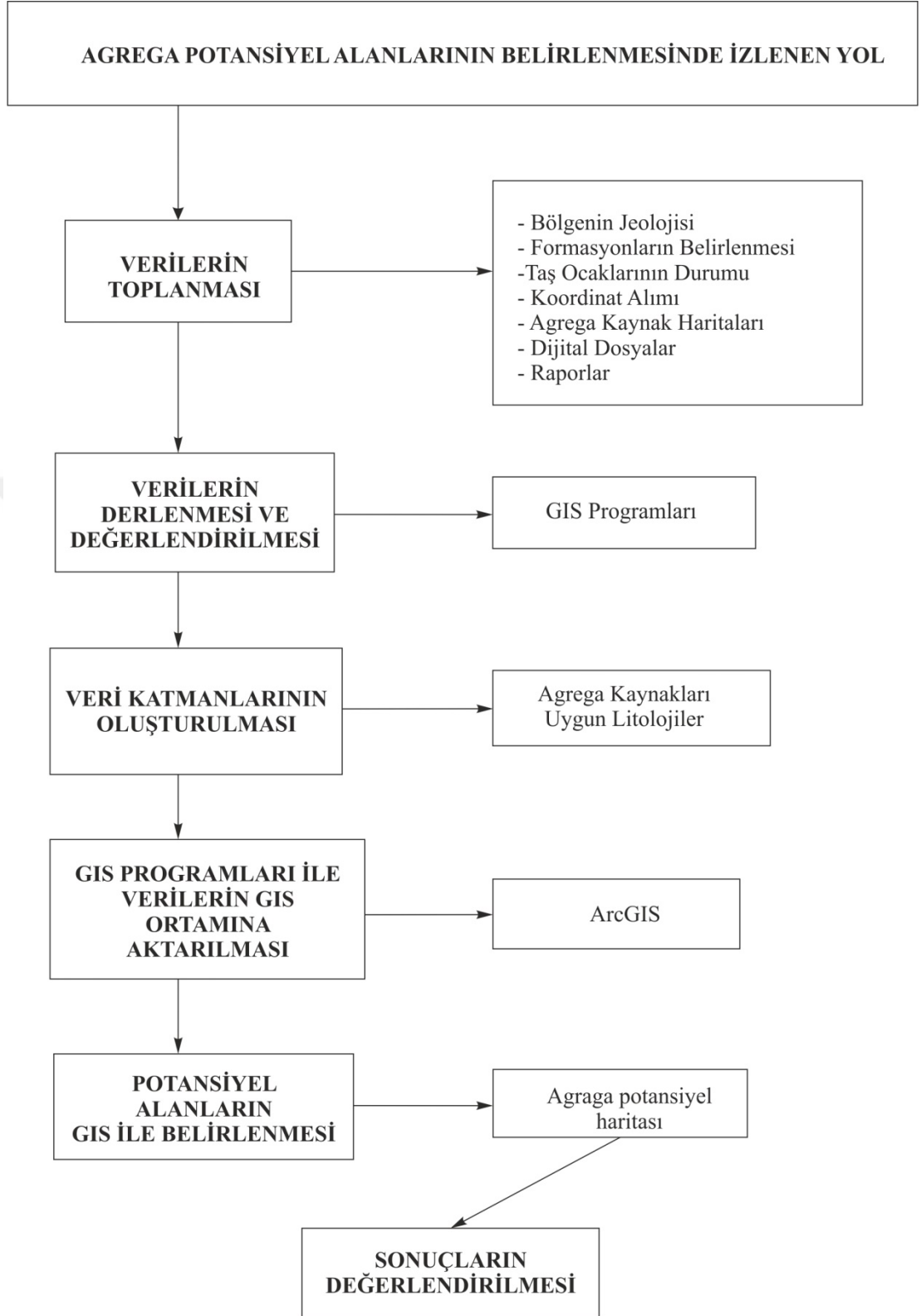
Kartepe; batıda Köseköy yerleşim alanından başlayarak doğuda Sapanca Gölü ve Sakarya sınırına, yine güneyde ve güneydoğuda Kartepe Dağı'nı içine alacak şekilde Sakarya sınırına, güneybatıda ve güneyde Başiskele ilçesine, kuzeyde İzmit İlçesine dayanmaktadır. Kartepe'nin güney kesimini, doğu-batı doğrultusunda uzanan ve yüksek bir kütle oluşturan Samanlı Dağları'nın orta bölümü meydana getirir.

1.3. İnceleme Yöntemleri

Çalışma yöntemi; arazi ve büro çalışmaları olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Arazi çalışmaları; agrega ocaklarının bulunduğu sahaların tespiti, sahaların ve çevresinin jeolojik araştırmaları, taş ocaklarının bulunduğu alanlarda üretilen agrega çeşitlerinin saptanması şeklinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın büro kısmında ise, araziden elde edilen veriler ile başka kaynaklardan elde edilen veriler birleştirilerek bilgisayar ortamına aktarılmış ve yorumlanmıştır. İnceleme alanında yer alan tüm agrega ocaklarının ruhsat süresi, ruhsat alanı (hektar), üretime başlama tarihi, hangi litolojik birim üzerinde çalışma yapıldığı, rezervi (ton/yıl), üretim ve tüketim miktarları (ton/yıl), elde edilen agreganın hangi amaçlar için kullanıldıkları belirlenerek değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler ilgili bölümlerde ele alınmıştır.

Agrega potansiyel alanları için litolojiler belirlenmiş uygun alanlar haritada gösterilmiştir. Bunun yanında arazi kullanım, yükseklik, şehir merkezlerine ve yollara olan uzaklıklar uygunluk derecelerine göre sınıflandırılmış ve yorumlanmıştır. Bu sınıflandırmalar yapılırken ArcGIS 10.4.1 programı kullanılmış ve tek tek yorumlanmıştır. Elde edilen katmanlar üzerleme (overlay) yapıp son haritaya ulaşılmıştır.



Şekil 1.2. Agregat potansiyel alanlarının belirlenmesi için izlenen akış diyagramı

1.4. Önceki Çalışmalar

İnceleme konusu ile ilgili, geçmiş yıllarda değişik araştırmacılar tarafından yapılmış olan çalışmalar göz önünde bulundurularak gerekli altyapı ve birikimin hazırlanmasında kaynak teşkil etmiş ve bu çalışmanın oluşmasına katkı sağlamıştır. Bu alandaki çalışmalarla birebir örtüşen veya kısmen ilgili olan ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan incelemeler olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Bu çalışmalar kronolojik olarak ortaya konulmuştur.

1.4.1. Ulusal düzeyde yapılan çalışmalar

Buzkan (1996) Zonguldak bölgesi kum-çakıl-kırmataş yataklarının etüdünü incelemiştir. İncelemede Zonguldak bölgesi kum-çakıl ve kırmataş yataklarının jeolojisi ve endüstriyel özellikleri değerlendirilmiştir.

Aktaş (1998) Gebze-Dilovası arasındaki bölgenin jeolojisinin ve bölgedeki taş ocakları ekonomik jeolojisini incelemiş ve bölgenin 1/25.000 ölçekli haritasını oluşturmuştur.

Eren ve diğ. (1996) Kocaeli-Gebze ilçesi, Tavşanlı köyü civarındaki kireçtaşı sahalarının jeolojisi, rezerv analizi ve İstanbul metropolü yönünden önemini araştırmışlardır. Bu çalışma ile İstanbul boğazının doğu yakasında kalan kesimin agrega ihtiyacının Gebze Organize taşocakları bölgesinden sağlıklı olarak karşılanabileceği düşünüldüğünden dolayı işletmeciliğe esas olan Hereke formasyonunun petrografik özellikleri incelenmiş, jeolojik keşif yöntemi ile sahanın toplam ve üretilebilir kireçtaşı rezervi hesap edilmiştir.

Erdoğan ve diğ. (1999) Silivri çevresindeki Ergene formasyonunun agrega potansiyeli ve özelliklerini araştırmışlardır. Bu çalışmada bölgenin genel jeolojisi ve Ergene formasyonunun agrega potansiyeli çeşitli analizlerle incelenmiştir.

Halili ve Gözübol (1999) Hereke formasyonunun (Gebze kireçtaşı) kırmataş özelliği ve kırma-eleme tesislerindeki davranışını incelemişlerdir. Bu çalışmada Hereke formasyonunun kırmataş özellikleri, taş ocaklarının üretim şekli, üretim aşamaları ve kırma eleme işlemini etkileyen jeomekanik parametreler değerlendirilmiştir.

Karakaş ve Coruk (1999) agreganın ocaktan kullanım alanına ulaştırılmasında CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) kullanımının önemine değinmişlerdir. Colorado eyaleti "Front Range Corridor" bölgesi uygulanan bu çalışmada agrega dağılımının ulaşım ağı üzerindeki akışını izleyerek, bu akışa göre agrega için arz-talep durumunu değerlendirmişlerdir.

Kaynarkan ve diğ. (1999) Cendere (Kemerburgaz-Ayazağa İstanbul) kırmataş - beton ve asfalt üretim havzasında etüt ve değerlendirme yapmışlardır. Cendere havzası ve civarının jeolojisi, kırmataş-beton-asfalt üretim havzası özellikleri ve tesislerin kapasite ile üretim miktarları ele alınmıştır.

Arioğlu (2003) agrega sektörünün genel bir değerlendirmesini yaparak bu değerlendirmeler eşliğinde önerilerde bulunmuştur. Bu çalışmada global ölçekte agrega sektörü, inşaat sektörüne genel bakış, hazır beton sektörüne toplu bakış ve agrega sektörü sorunları ele alınmıştır.

Doğan ve diğ. (2003) İstanbul İli ve çevresinde bulunan kırmataş ocaklarının genel bir değerlendirilmesini yapmışlardır. Bu araştırmalarda, inceleme alanı dahilinde bulunan 25 adet kırmataş ocağının ruhsat bilgileri, personel bilgileri, rezerv, üretim yöntemleri, çevresel sorunları, yıllık üretim kapasiteleri, yıllık satış miktarları ile birlikte ocakta çalışan iş makineleri sayı ve kapasite bakımından incelenmiştir. Ayrıca her bölgedeki kayaç türü, mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından değerlendirilerek ocaklarda üretilen agreganın kullanım alanları araştırılmıştır.

Kılıç ve Keskin (2003), Doğu Akdeniz Yöresi taş ocakları malzemelerinin kırmataş olarak değerlendirilme olanaklarını araştırmışlardır. Bu çalışmada, Adana-Yıllankale, Ceyhan ilçesi giriş ve çıkışında bulunan 3 taş ocağından elde edilen kireçtaşlarının kırmataş (agrega) olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Uz ve diğ. (2003) İstanbul ve civarı agregalarının petrografik özellikleri ve beton dayanımına etkileri isimli çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmada İstanbul ve civarında agrega üretim ocaklarının jeolojik formasyonlara göre dağılımı, fiziksel ve mekanik özellikler açısından agregalar ve agrega türlerinin beton mukavemetindeki yeri araştırılmıştır.

Ünal (2003) Afyon yöresi agregaların fiziksel özelliklerini ele almıştır. Bu çalışmada, Afyon merkez ve çevresinde faaliyet gösteren ocaklardan alınan kum, çakıl ve kırmataş malzemelerinin özellikleri araştırılmıştır. Laboratuvara getirilen numuneler üzerinde elek analizi, su emme, özgül ağırlık, birim hacim ağırlık, organik madde miktarı ile aşınma deneyleri yapılarak sonuçlar standartlarla karşılaştırılmıştır.

Yılmaz ve diğ. (2003) Trabzon ilindeki taşocaklarını incelemiş ve agrega potansiyelini araştırmışlardır. Bu çalışmada taşocakları ile ilgili kısa değerlendirme yapılarak bölgenin agrega potansiyeli ortaya çıkartılmış ve sektörle ilgili genel değerlendirmeler yapılmıştır.

Zarif ve diğ. (2003) İstanbul'daki kireçtaşlarını agrega kalitesi yönünden değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada, farklı bileşim ve dokudaki kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmış ve kalite yönünden değerlendirilmesi yapılmıştır.

Demir (2010) Kocaeli ili kuzeyinin agrega potansiyelini incelemiştir. Potansiyeli belirlerken CBS kullanmış ve sonuçları yorumlamıştır.

Çakaoğlu (2011) Samsun ili kum, çakıl ve kırma taş rezervlerini araştırmıştır. Çalışmada Samsun ilindeki agrega potansiyeli ile ihtiyaç arasında analiz çalışması yapılmaya çalışılmıştır. Samsun iline ait bilgiler yorumlanmıştır.

Erkanol ve diğ. (2012) bu çalışma, Kocaeli İli, Gebze ilçesi civarında yeni agrega ocaklarının bulunmasına yöneliktir. Ana amaç; sahada gözlenen farklı yaş ve bileşimdeki kireçtaşlarının agrega-kırmataş olma niteliğinin belirlenmesidir.

Karaağaç ve diğ. (2013) Kocaeli-Yuvacık, Bursa-İznik arasındaki bölgede yüzeylenen Eosen yaşlı volkanitlerin litolojik dağılımları Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanarak haritalanmıştır. Volkanitlerin içindeki bazalt lav düzeyleri ayırt edilmiş ve bu düzeylerin agrega potansiyelleri araştırılmıştır.

Karakaş (2014) Kocaeli ilinin kuzeyinde coğrafi bilgi sistemi (CBS) kullanarak potansiyel kırma taş agrega kaynak alanlarının uygunluğu belirlemiştir. Çalışmada kırmataş agrega potansiyel alanları jeoloji, arazi kullanımı, yerleşim merkezleri, yollar göz önünde bulundurularak elde edilen son haritada kırma taş agrega için alanlar uygun olmayan, düşük uygun ve uygun olarak belirlenmiştir.

1.4.2. Uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar

Langer (1988) hazırladığı raporda 1/5.000.000 ölçekli 2 adet ABD'nin potansiyel doğal agrega kaynaklarını (kum-çakıl-ana kaya) gösteren harita yapmıştır.

Kuvalnit (1991) tez çalışmasında Colorado Larimer bölgesinde potansiyel kırmataş agrega kaynaklarını araştırmıştır.

Knepper ve diğ. (1994) doğal agrega kaynaklarının değerlendirilmesinde uzaktan algılama ve havadan uygulanan jeofizik yöntemleri adlı çalışmayı bir rapor olarak sunmuşlardır. Raporda tanımlanan yöntemler yanında agrega kaynak tipleri, agrega alanlarının ABD'de dağılımları, agreganın fiziksel özellikleri, geleneksel agrega kaynak alanları araştırma yöntemleri ve USGS doğal agrega değerlendirme işlemlerini anlatmışlardır.

Langer ve Knepper (1995) hazırladıkları raporda bir bölgenin toplam kırmataş agrega potansiyelini belirlemek için keşif yapan jeoloğun ihtiyacı olan faktörleri incelemişlerdir. Jeoloğu sahadaki gözlemlere yönlendirmiş ve kayaçların fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi vermişlerdir.

Langer ve diğ. (2004) yayınladıkları "Aggregate and The Environment" adlı kitapta agreganın önemi, kaynakları, çevreye olan etkisi, üretimi ve kalite kontrolü hakkında ayrıntılı bilgiler bölümler altında verilmiştir.

Robinson ve diğ. (2004) İngiltere'deki kırmataş agrega ocakları için uygun bölgeleri CBS analizleri ile değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada WofE ve WLR teknikleri ile agrega üretimi için uygun alanları belirlemek için jeolojik harita, ulaşım ağı ve nüfus yoğunluğu gibi mekansal verileri kullanan bir yöntem oluşturulmuştur.

Kerr ve diğ. (2005) yeni agrega kaynak alanlarının araştırılmasında CBS, uzaktan algılama ve GPS teknolojileri entegre edilerek Kanada eyaleti için potansiyel agrega kaynak alanları belirlenmiştir.

Joanne ve diğ. (2006) agrega kalitesinin araştırılması için yürütülen proje İsveç'te belirlenen 3 farklı alan için uygulanmıştır. Agrega kalitesinin karakterize edilmesi,

kaya kütleleri ve üzerlerinde gelişmiş ayırık buzul malzemesinin iyi kalitede agregalar olarak belirlenebilmesi için yöntemler geliştirilmiştir.

Brown (2010), bu çalışmada, İngiltere'nin doğusunda agregalar (kırmataş ve kum-çakıl) potansiyel alan belirlemede CBS kullanarak bu faktörlerin tümünü birleştirip haritalanması sağlanmıştır.

Barakat ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada Tadla-Azilal bölgesindeki agregalar kayaçlarını değerlendirmiş ve toplam kaynak olan alanları tanımlanmıştır. Tanımlanan alanlar ağırlıklı üzerleme analizi ile CBS yaklaşımı kullanılarak uygun alan seçimi yapılmıştır.



2. JEOLojİ

Kocaeli İli, jeolojik açıdan iki önemli tektonik ve yapısal birliği bir arada bulundurmaktadır. Bunlardan biri İzmit Körfezi'nin kuzeyinde yer alan ve Moezya platformundan kopup geldiği öne sürülen ve ağırlıklı olarak İstanbul Paleozoyik'i ile Kocaeli Triyasını içeren Kocaeli Yarımadası, diğeri ise İzmit Körfezi'nin güneyinde yer alan ve Sakarya zonunun bir bölümü olan Armutlu Yarımadası'dır. Bu iki birlik Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ile ayrılmakta olup, bu iki birlik arasında geçiş, uyum ve korelasyon imkanı bulunmamaktadır. İnceleme alanı Armutlu Yarımadası'nda yer almaktadır. Bundan dolayı Kocaeli ili güneyi ve Armutlu Yarımadası jeolojisi birlikte değerlendirilmiştir.

Yaklaşık 3750 km² yüzölçümüne sahip olan Armutlu Yarımadası'nın % 23'lük bir bölümü Kocaeli il sınırları içinde kalmaktadır. Yarımadanın jeolojisi Akartuna (1968) tarafından çalışılmıştır.

2.1. Önceki Jeolojik Çalışmalar

Akartuna (1968) "Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi" adı altındaki çalışmasında tüm yarımadanın jeolojisi, paleocoğrafik ve tektonik evrimini incelemiştir. İnceleme alanına giren litolojileri, kumtaşı konglomera (Triyas), filiş volkanik tüf kalker (Paleosen-Eosen), marn-kil-kum-çakıl (Pliyosen) olarak ayırt etmiştir.

Bargu ve Sakınç (1984) Armutlu Yarımadası'nda, Karamürsel ile İzmit Gölü arasında kalan bölgede yaptıkları araştırmada, Paleosen ve Eosen yaşlı birimlerin beraberce Üst Kretase üzerinde uyumsuz olarak bulunduklarını bölgenin güneyinde İzmit dolaylarında Üst Kretase üzerinde Alt-Orta Paleosenin uyumlu ve dereceli geçişli olduğunu belirtmişlerdir.

Bargu ve Sakınç (1987) Armutlu yarımadasında Kretase Paleosen ilişkisini incelemişlerdir. Çalışmanın amacı birimlerin arasındaki ilişkiyi kayaç özellikleri ve fosil topluluklarına göre saptamak ve elde edilen sonuçları bölgesel verilerle karşılaştırıp konuya açıklık getirmektir.

Sakınç ve Bargu (1989) İzmit Körfezi güneyindeki Geç Pleyistosen (Hreniyen) çökel stratigrafisi ve bölgenin neotektonik özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmanın amacı Karamürsel (Kaytazdere, Subaşı ve Hersek köyleri) yöresinde gözlenen Geç Pleyistosen (Tirenien) çökellerinin stratigrafik, paleontolojik ve bölgenin neotektonik özelliklerinin açıklanmasını amaçlar.

Aydos (1994) Karamürsel çevresindeki volkanik tüflerin ve zeolitleşmenin jeolojik, mineralojik ve petrografik özelliklerini incelemiş, Paleosen-Eosen yaşlı volkanosedimanter istif içinde yer yer zeolitleşme saptamıştır.

Emre ve diğ. (1998) Doğu Marmara bölgesinin Neojen-Kuvaternerdeki evrimini incelemiştir. Bölgenin morfotektonik evriminin şekillenmesini gruplandırmıştır.

Doğan (1998) “Yuvacık (İzmit)-Sapanca (Sakarya) dolayı orta Pleyistosen çökellerinin stratigrafisi ve Kuzey Anadolu Fay deformasyonel analizi” adlı çalışmada İzmit körfezi batısı ile Sapanca gölü arası ve yakın çevresini içeren alanda yaptığı çalışma ile Neojen öncesi birimler ile Orta Pleyistosen yaşlı Arslanbey formasyonunu adlandırmış ve Neojen tektoniği hakkında bilgiler vermiştir.

Uz ve diğ. (2003) Gölcük (İzmit) güneyi, Menekşeyayla, Aytepe-Subatun civarını jeolojik-petrografik ve mermer potansiyeli yönünden araştırmıştır. Bu çalışmada temeli oluşturan Permo-Karbonifer yaşlı metamorfik birimin en üst seviyesini oluşturan mermer ve kireçtaşlarını incelemiştir.

Canbay ve diğ. (2016) Armutlu yarımadasındaki volkanik kayaları jeofizik ve jeoteknik yöntemlerle incelemiştir. Çalışmada volkanik kayaların karakterizasyonu üzerinde durulmaktadır.

2.2. Bölgenin Jeolojisi

Kocaeli İli, Marmara denizinin bir uzantısı olan ve çöküntü havzası konumundaki İzmit körfezi tarafından, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) boyunca kuzey ve güney tektonik birlikleri olarak ikiye ayrılmıştır. Kuzeyde Kocaeli yarımadası ile güneyde Armutlu yarımadasına ait yükseltilerle çevrilmiştir.

Kocaeli ilinde dağlar toplam alanın %18,8'ini oluşturmaktadır. Kuzeyde Kocaeli yarımadası penepleşmenin etkisi ile tek tek tepeler halinde olup, güney kesiminde ise sıradağlar (Samanlı dağları) halindedir. Samanlı dağları, Armutlu yarımadasından başlayıp, güneybatıdan il alanına girer. Bu dağlar, batı-doğu doğrultusunda uzanır ve 130 km uzunlukta, 30 km genişliğindedir. Kocaeli ilinin en yüksek dağı, güneydoğusunda bulunan 1601 m yüksekliğindeki Kartepe'dir.

Yaklaşık 3750 km² yüzölçümüne sahip olan Armutlu Yarımadası'nın orta ve doğu bölümünün bir bölümü Kocaeli ilinin sınırları içinde kalmaktadır. Armutlu Yarımadası'nın jeolojisi Göncüoğlu ve diğ. (1986) çalışmasından yararlanılarak verilmiştir. Bölgedeki birimler Triyas-Kuvaterner aralığında yer almakta olup, ofiyolitik ve metamorfik birimler ağırlıklıdır.

Bu kesimde temeli genellikle metamorfik şist, kristalize kireçtaşı ve mermerlerden meydana gelen Paleozoyik yaşlı birimler meydana getirir. Kısmen Mesozoyik yaşlı formasyonların bulunduğu güney kesimde yaygın olarak diskordansla gelen Tersiyer yaşlı formasyonlar bulunur.

Ayrıca volkanik ve volkano-sedimanter birimler bu bölümde geniş alanları kaplar. İzmit Körfezi ile İzmit Gölü arasındaki yüksek dağ ve platolardan oluşan kesimlerde yer alan, kuzeydoğu ve doğuya doğru uzanarak Gölcük ve Maşukiye'ye kadar uzanan bu volkanitler esas olarak andezit ve dasitlerden ibarettir.

2.3. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanında bulunan temel birimler iki ana grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi düşük ya da nispi olarak daha yüksek dereceli metamorfik kayalar, diğeri ise metamorfik kayalar üzerinde Senomaniyen-Türoniyen yaşlı kireçtaşlarıyla uyumsuz olarak yer alan Kretase- Pliyosen yaş aralığındaki metamorfik olmayan volkanik ve çökel kayalardan oluşur.

2.3.1. Pamukova metamorfikleri (Pms)

Armutlu yarımadasını oluşturan kayalardan diğeri istiflere göre yüksek dereceli metamorfizma gösterenler Pamukova Metamorfikleri adı altında toplanmıştır. Bu birim Pamukova kuzeyindeki yamaçlarda Geyve boğazının doğu ve batı

yamaçlarında, Gölcük güneyinde, Başkiraz dere vadisi boyunca görülür. Yüksek dereceli metamorfizma göstermesi ve granitik Plüton ve dayklarla kesilmesi yüzünden yarım adanın en yaşlı kaya birimi olarak ele alınmıştır. Bölgede, tabanda düzenli kuvarsit, şist – kalkışist ve mermerler yer almıştır (Göncüoğlu ve diğ., 1992). Kıta kenarı topluluğunu anımsatan bu istif üzerinde mermer mercekleri içeren amfibolit ve meta-ultramafitler (Kaya, 1977) ile temsil edilmiş bir okyanusal topluluk gözlenir. Kalın tabakalı ve aşırı yeniden kristallenmeye uğramış olan mermerlerde fosil izine doğal olarak rastlanmamıştır. Yanal sürekliliği olan bu mermer düzeyinin üzerinde, yaklaşık 500 m kalınlıkta amfibolit fasiyesinde metamorfizma gösteren volkanik ve piroklastik kayalardan oluşan bir birim yer alır. Yer yer belirsizde olsa tabakalanmalı olan bu birim kimi yerde belirgin şistozite gösterir. Birimin temel litolojisi olan amfibolitler, yeşil, gri yeşil ya da çok koyu yeşil renkli homojen kütleler halinde bulunur. Amfibolit düzeyinin üzerinde bazen pembemsi granit çakılları içeren bir konglomera ile uyumsuz olarak meta kırıntılı bir birim yer alır. Genellikle metagrovak, kuvarsit ve sleytlerden oluşan bu birim aşırı ölçüde deformasyona uğramış ve genel olarak milonitik bir yapı kazanmıştır. Konglomera düzeyleri milonitik dokulu, kuvars ve plajiooklastan oluşan hamur içinde deforme granitik çakıllar taşır.

Sistem	Formasyon	Simge	Litoloji	Açıklamalar
Kuvaterner	Dolgu	Qd		Tutturulmamış çakıl, kum, kil
	Alüvyon	Qal		Tutturulmamış çakıl, kum, kil
Tersiyer	Aslanbey Formasyonu	Ta		Kumtaşı, kiltası, silttaşı, çakıltası
	Sarısu Formasyonu	Ts		Kumtaşı, çamurtaşı, kireçtaşı, andezitik tüf, andezit, bazalt
	İncebel Formasyonu	Ti		Kumtaşı, kiltası ardalınması
Kretase	Bakacak Formasyonu	Kb		Kireçtaşı, ofiyolit, filiş, olistostrom, amfibolit
	Acılma Kireçtaşı	Ka		Kireçtaşı, dolomit, mermer
Paleozoyik	İznik Metamor.	İmş		Mermer, rekristalize kireçtaşı, şist, dolomit, ofiyolitli şist
	Pamukova Metamor.	Pms		Kuarsit, mermer, sleyt, amfibolit, metagrovak

Şekil 2.1. Kocaeli güneyinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

2.3.2. İznik metamorfikleri (Pzi)

Sapanca'dan Gemlik kuzeyine kadar uzanan bir kuşak boyunca görülen, düşük dereceli bölgesel metamorfizmaya uğramış kayalar İznik Metamorfikleri adı altında Göncüoğlu ve diğ. (1986) tarafından tanımlanmıştır. Armutlu yarımadasının iki

metamorfik istifinden olup daha düşük dereceli metamorfizmaya uğramış kayalar Erendil ve diğ. (1991) tarafından İznik Metamorfikleri olarak adlandırılmıştır.

Metamorfik topluluğun kendi içerisinde stratigrafik dizilimi olup meta tuf-bazaltlar, mermer, olistrostomal nitelikli rekristalize kireçtaşı, mermer blok ve mercekleri içeren şistler ile rekristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Genel olarak kaba kırıntılı çökeller, devamsız kütleler halinde, mermer ve rekristalize kireçtaşları, dolomitler ve grafit şistler bu birimin ana litolojilerini oluşturur.

Kırıntılı kayalar istifte çoğunluktadır. Az yuvarlaklaşmış ve kötü boylanmışlardır. Silttaşı ve kuvars kumtaşları yanında kuvars konglomeralar ve olistrostomal konglomeratik düzeyler yaygındır. Düşük dereceli metamorfizma gösteren bu kayalar sık kıvrımlanmalı ve iyi gelişmiş şist yapılıdır. Çoğunlukla gri ve koyu renk hakimdir. Birimin üzerine Bakacak formasyonu uyumsuz olarak gelmektedir. Şist mermer birimi, Üst Triyastan yaşlı, ofiyolitli şist (İmo) birimi Üst Jura- Alt Kretase yaşlıdır.

2.3.3. Acielma kireçtaşı (Ka)

Birim ilksel halinin sedimenter bir karbonat istifi olduğu kabul edilmiştir. Kırıntılı silttaşı ve kumtaşı düzeyleri içerisinde türbiditik karakterli ve ara tabakalar şeklindeki karbonatlı kayaçların metamorfizma sonucu mermer, rekristalize kireçtaşı, dolomitik rekristalize kireçtaşı veya kalkşist özelliği kazandığı ifade edilmektedir. Birim yüzeyde koyu gri görünümde sert ve sağlam özelliktedir. Ayrışma yoktur, konkoidal kırıklı ve dolomitik ve daha belirgin kristalze görünüm sunar. Mermer ve rekristalize kireçtaşı düzeyleri daha güneyde Kartepe yükselimine doğru oldukça kalın mercek ve ara tabakalar şeklinde izlenir. Bu litolojinin kalınlığı hakkında kesin bir rakam belirtilmemesine karşın ilksel çökelme ortamındaki sedimantolojik koşullar etkisiyle farklı kalınlıklar sunması olağandır. Çökelmenin geliştiği havzadan değişik zaman ve alanlarda duraylı bir karbonat çökeliminin istiftteki karşılığıdır.

2.3.4. Bakacak formasyonu (Kb)

Bakacak formasyonunu oluşturan litolojiler yanal ve düşey yönler önemli farklılıklar gösterir. Formasyon, metamorfik istiflerin üzerinde değişik litolojilerden oluşan düzeylerle başlar. Bakacak formasyonu, türbiditik ve olistostromal gelişimini Kampaniyen (Bargu ve Sakıncı, 1990) – Maastrihtiyen (Göncüoğlu ve diğ., 1992) zaman aralığında metamorfik temel üzerinde transgresif aşmalı olarak sürdürmüştür. Kayma kökenli formasyon içi kireçtaşı blokları ve Devoniyen – Alt Kretase yaşlı kireçtaşı olistolitleri formasyon için özgündür. Mermer, ultramafit ve metabazit olistolitleri seyrek de olsa olağandır. Formasyon, alt kesimde olistostromal konglomera – türbidit kumtaşı ve kalsitürbit ağırlıklıdır ve üst kesimde matriksini pelajik mikrit, marn, çamurtaşının oluşturduğu olistos-tromal gelişim sergilemektedir (Göncüoğlu ve diğ., 1992). Bakacak formasyonunun çökeldiği ortam, tektonik yönden oynak ve hızla çöken – derinleşen bir havza özelliğindedir. Birimin üst sınırının Paleosen'e kadar çıkması olasıdır. Olistostrom kesiminin alt düzeylerinde ofiyolitik bloklar vardır. Çok nadir olarak ofiyolit blokları oldukça küçük boyutlu, aşırı derecede serpantinleşmiş peridotit kütlelerdir. Metamorfik istiflerin üst düzeylerini oluşturan metavolkanik kayalarla özdeş volkanik bloklar yanında, amfibolit ya da meta-granit bloklarına da rastlanır. Bu düzeyin üzerindeki kesim ise oldukça kalın bir fliş istifidir. Bu istif; kumtaşı, konglomera, marn, kireçtaşı gibi kaya türlerinin ardalanmasından oluşur.

2.3.5. İncebel formasyonu (Ti)

Göncüoğlu ve diğ. (1986) tarafından İncebel formasyonu olarak tanıtılmıştır. Fliş niteliği gösteren bir birimdir. Farklı bölgelerde değişik litolojilerde bulunduğu Akartuna (1968) tarafından belirtilmiştir.

İncebel formasyonu içerisinde, kumtaşı seviyeleri oldukça bol kaya kırıntıları içermekte olup, bazen de kuvars tanelerine rastlanmaktadır. Bu nedenle, kumtaşları litik grovak olarak tanımlanmıştır. Matriks %15'ten fazladır. Genellikle kumtaşı taneleri köşeli olmakla beraber, çok az da olsa yarı yuvarlak özellik göstermektedir. Tanelerin küresellikleri ise çok kötü olarak nitelendirilmektedir. Kumtaşı seviyelerinde olgunluk orta derecedir. Kumtaşları üzerinde herhangi bir sedimanter yapıya rastlanılmamıştır. Açık kahverengi ve açık renkli bir görünümündedir.

Formasyon içindeki kil seviyeleri önemli yer tutmaktadır. Bu seviyeler tam olarak diyajenez geçirmemiştir. Bundan dolayı dağılgandır. Genellikle sarımtırak, açık kahverengi görünümünde olup, üzerinde sedimanter bir yapı yoktur. Birim genelde inceleme alanında alterasyona uğramıştır.

İnceleme alanında İncebel formasyonunun altındaki birimlerle ilişkisi görülmemiştir. Bu formasyon üzerinde uyumlu olarak Sarısu volkanitleri bulunmakta olup, ikisi birlikte uyumsuzlukla Aslanbey formasyonu tarafından örtülür. İncebel formasyonu, Sarısu volkanitleriyle düşey olarak geçişlidir.

Fliş niteliğindeki formasyonda makro ve mikro fosile rastlanmıştır. Ancak Akartuna (1968) flişe ait fosilli kesimlerin olduğunu belirtmiştir. Marnlı seviyenin ince kesitlerinde, Truncorotalia, Globorina fosiller tespit edilmiş ve yaşı Orta Eosen olarak belirtilmiştir. Rodop-Pontid kıtası ile Sakarya kıtası arasındaki iç Pontid okyanusun kapanıp yükselmesiyle, fliş nitelikli İncebel formasyonu oluşmuştur.

2.3.6. Sarısu formasyonu (Ts)

İç Pontid okyanusunun kapanmasından sonra oluşan mağmatik aktivite sonucu andezitik Sarısu volkanikleri meydana gelmiştir. Bu volkanik istif yarımada'yı KD-GB yönünde yaklaşık ikiye bölen bir şerit halinde yaygın yüzeylemeler verir. Fazla altere olmamış masif volkanik kayaların yüzeylediği Sarısu köyü çevresi, istifin niteliği hakkında genel bir fikir verebilecek kesimdir. Bundan dolayıda istif Sarısu volkanitleri olarak adlandırılmıştır. İstif volkanizmanın gelişme sürecine bağlı olarak değişik yerlerde, değişik litolojilerin sıralanmasından oluşur.

Sarısu volkanitleri metamorfik kayalar üzerinde genellikle 5-10 m kalınlıkta bir volkano-sedimanter çökel düzeyi ile başlar. Bu düzey konglomera, çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşı gibi litolojilerden oluşur. Bütün bu istif, özellikle üst düzeylerinde gözlenen bazalt dayklarıyla kesilir (Şekil 2.2). Sarısu köyü çevresinde gözlenen masif lav akıntıları bu volkano sedimanter kısım üzerinde oldukça kalın bir lav örtüsü oluşturur. Bu kesim yeşil renkli ve sert andezitik tuf ve lav, zeolitli andezit ve tüflerden oluşur.



Şekil 2.2. Yuvacık barajının batısında Sarısu volkaniklerinin içindeki dayk

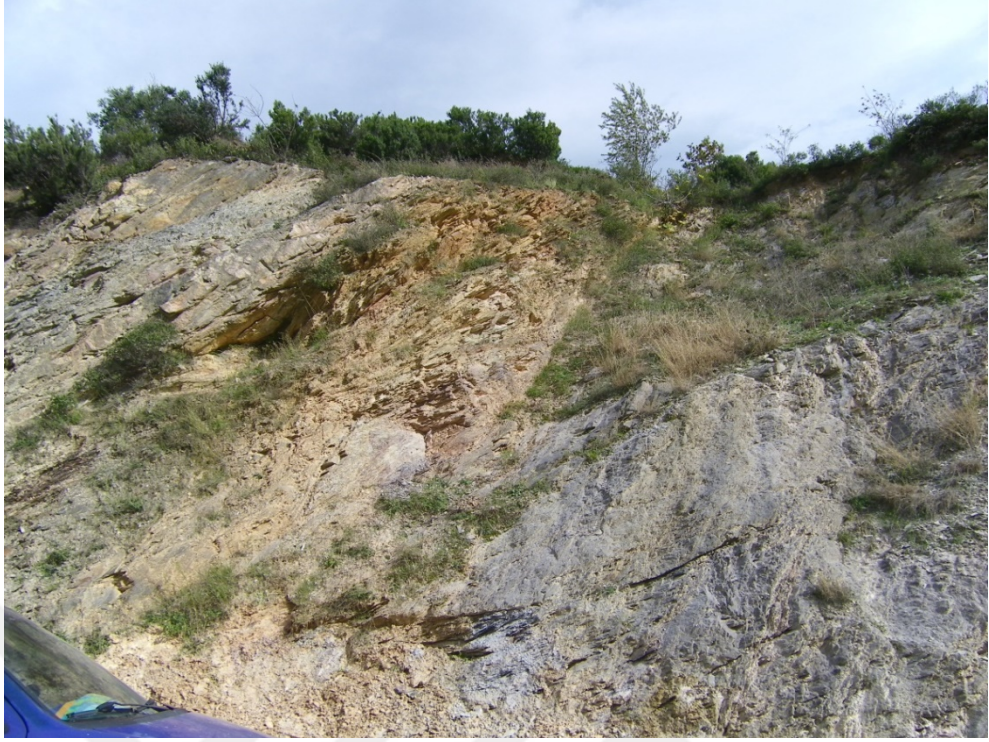
Andezitler alterasyonlara elverişlidirler. Birimin piroklastiklerce zengin kesimlerinde blok boyutlarında malzemeler görülür. Tüm bu kaba kırıntılı volkanik birim, yine volkanik kökenli kil ve tuf gibi ince taneli malzeme ile gevşek tutturulmuştur. Aglomeraların blokları çoğunlukla iyi yuvarlanmış ve çok iyi küresellik sunmaktadırlar. Alterasyon nedeniyle kaya çoğunlukla kırılkan bir nitelik sergiler. Formasyonda baraj inşaatının güneydoğusunda soğan yapısı gözlenmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Yuvacık barajı doğusunda gözlenen soğan yapıları

2.3.7. Aslanbey formasyonu (Ta)

Birim inceleme alanında önemli bir alan kapsar. Göncüoğlu ve diğ. (1986) çalışmasında Aslanbey formasyonu olarak adlandırmıştır. Pliyosen çökelleri genellikle kiltası, silttaşı, kumtaşı ve kötü tabakalanmalı konglomera ardalanmasından oluşur. Bunların arasında en yaygın litolojiye sahip olan birim kumtaşıdır.



Şekil 2.4. Aslanbey’de bulunan Hereke Maden taş ocağından mostra görüntüsü

İnceleme alanında alüvyon yelpaze çökelleri genellikle açık renkte izlenmekte olup bazı kesimlerde ve altere olmuş kısımlarda kahverengi kıvrımtrak görülmektedir (Şekil 2.4).

Genelde düşeyde ve yatayda dane büyüklüğünde boylanma görülür. Boylanma her çökeltme ünitesinin içerisinde ayrı ayrı görülür ve oluştuğu dönemdeki akarsu rejiminin özelliklerini yansıtır. Belirgin bir katmanlanma izlenmemiştir.

Birim genelde orta çimentolanmış kolay dağılabilen olgunluk derecesi orta gelişmiş şekilde belirlenmiştir. Alüvyon yelpaze çökellerinin çakılları ise altere olmuştur. Çakıllar 5-10 cm boyutundan blok boyutuna kadar çıkmaktadır.

Formasyon içinde dane boyunun düşük eğim morfolojisinde yüksek eğim morfolojisine doğru irileştiği gözlenmiştir. Formasyon içerisindeki çakıllar andezitten oluşur.

Pliyosen çökelleri akarsuyla taşınan kırıntıların suyun enerjisinin azalmasıyla vadi tabanında çapraz tabakalı olarak birikmesiyle oluşmaktadır.

Birim Üst Miyosen-Pliyosen yaşında olup Orta Eosen yaşındaki çakıllardan oluştuğu Göncüoğlu ve diğ. (1986) tarafından belirtilmiştir. Formasyonun üzerinde uyumsuzlukla alüvyon birimi gelmiştir.

İnceleme alanındaki Aslanbey formasyonunun çökme ortamı karasaldir. Ayrıca Göncüoğlu ve diğ. (1986) tarafından yapılan çalışmada formasyonun Sarısu volkanitlerinden kopan çakıllar içerdiği belirlenmiştir.

2.3.8. Alüvyon (Qal)

Kapsadığı alan, geniş ve sahile doğru açılan düzlüklerdir. İzmit Körfezi kıyılarında yer alan bu birim Holosen çökellerini temsil eder. Alüvyonlar genellikle bölgede fazla olarak görülen akarsuların aşındırdıkları malzemeleri taşıması ve biriktirmesi sonucunda oluşmuşlardır. Bundan dolayı bünyeleri oldukça gevşektir.

Çakıl serisi; sarımsı kahverengi, tabakalanmasız ve gevşek tutturulmuştur. Taneler çekiç darbesi ile kolayca kurtulur. Tane boyları genel olarak 3-10 cm arasında değişmekte ise de yer yer 30-40 cm'ye varan çakıllar bulunmaktadır. İri çakıllar levhamsı, yuvarlak, küresel ve yarı küreseldir.

Çok kötü boyplanmalı birim kum ve kil matrikslidir. Tanelerin litolojisi andezitik lavlardır. Lav çakılları altere olmuş ve killeşmişlerdir. İkinci egemen çakıl türü ise kuvarstır. Birim genel olarak tane desteklidir. Ancak bazı kesimlerde içerisinde killi ve kumlu cepler ve mercekler bulunmaktadır. Killerin çakıl serisi üzerine geldiği gözlenmiştir.

Bargu (1982) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, Körfezin alüvyonlarında yer yer denizel canlıların kavrıkları bulunduğu belirtilmiştir. Bunlar daha çok güncel kavrıklardır. Alüvyal çökeller diğer tüm birimleri aşıl uyumsuzlukla örtmektedir.

2.3.9. Dolgu (Qd)

Gölcük ve Başiskele arasındaki kıyı sahasında kıyı alanı dolgu çalışmaları özellikle sanayi alanları ve donanma komutanlığının tersane alanı için denizden saha kazanmak amacıyla yapılmıştır. Uzun ve diğ. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada, Karamürsel'de rekreasyon alanları için yapılan dolgu faaliyetleri,

Altınova’da Hersek deltasının batı kıyılarının tamamen tersane bölgesi olması için 300 m’lik bir kıyı şeridinin doldurulması, Hersek burnu ve batısının İzmit Körfezi Köprü geçişi için dolgu faaliyetleri yapıldığı belirtilmiştir.

İzmit körfezi doğu kıyısı, kuzey ve güneyden yapısal diklikler, doğudan ise alüvyal dolgu alanı ile sınırlanmıştır. Alüvyal dolgu alanını Neojen ve Kuvaterner yaşlı sedimanlar teşkil eder. Kıyı bataklık halinde olup iç kesimlere doğru zeminin doğal nemi azalır, tarıma ve diğer kullanımlara kısmen uygun bir karakter kazanır.

2.4. Bölgesel Tektonik Konum

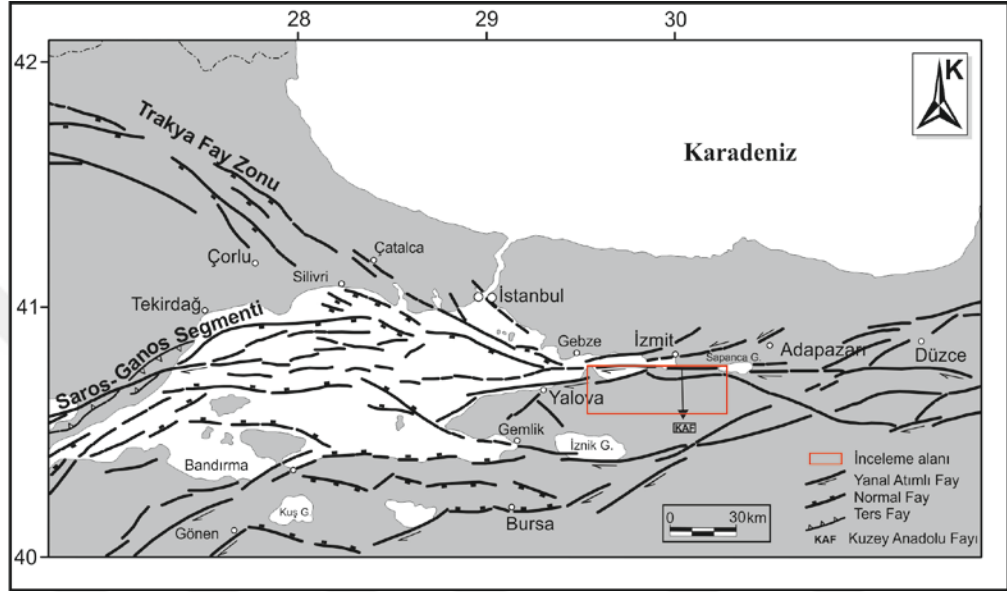
İnceleme alanında bulunan en önemli tektonik yapı Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)’dur. Türkiye’nin en büyük diri fayı olan KAF, Barka ve diğ. (2000) tarafından yapılan çalışmada karakter açısından sağ yönlü doğrultu atımlı fay olduğu ve Anadolu levhasını saatin ters yönünde döndürerek batıya doğru kaçmasını sağladığı belirtilmiştir.

KAF zonu yaklaşık 1200 km uzunluğunda, 100-10000 m genişliğe kadar değişiklik gösterebilen tek bir kuşaktan oluşur. Kuzey Anadolu Fayı doğuda dar bir fay zonu şeklinde başlar ve batıya doğru kollara ayrılır. Bolu batısında önce iki kola ayrılan fay, daha batıda, güney kolun tekrar bölünmesiyle üçe ayrılır. En kuzeyde yer alan kol, Sapanca gölü üzerinden İzmit körfezine, oradan da Marmara bölgesine uzanır. Üç kol arasında en etkili olanı kuzey koludur ve KAF üzerinde meydana gelen hareketin çoğunluğu bu kol üzerinde meydana gelir.

Kuzey Anadolu Fayı’nın yaşının Miyosen dönemlerinde oluştuğu çeşitli çalışmalarla vurgulanmıştır. Dewey (1986) KAF’ın Arabistan levhası ile Avrasya levhasının çarpışmasından hemen sonra oluştuğuna kanaat getirmiş ve bu nedenle yaşını Erken-Geç Miyosen olarak belirlemişlerdir.

Marmara bölgesinde büyük, sık ve yıkıcı depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerden 17 Ağustos 1999 depremi çek-ayır bölgeye karşılık gelen Gölcük ile Değirmendere kıyı hattının körfez içine kaymasına neden olmuştur. Fayın genel doğrultusu K80-85D’dur (Demirtaş, 1999). KAF inceleme alanının kuzeyinde Sapanca gölü içinden körfeze doğru doğu-batı uzanımlıdır. Gerede ile Ilgaz

arasındaki kesimde inceleme yapan Tokay (1973), fay zonundaki yatay kayma hareketlerinin, özellikle Orta Pliyosen'de başladığını belirtir ve o zamandan beri, 1-1,5 km/yıl'lık ortalama hızla, 60-80 kilometrelik sağ yönlü bir yer değiştirmenin oluşabileceğini savunur. Fay üzerindeki sağ yönlü atımın (yer değiştirmenin) bugüne dek saptanan en büyük değeri 85-90 km olarak verilmektedir (Seymen, 1975).



Şekil 2.5. Marmara bölgesi kuzey Anadolu fay zone ve kolları (Elmas, 2003)

3. AGREGA

Agrega, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş perlit, genleştirilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemedir (Özışık, 1998).

Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agreganın maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agrega betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Betonda agrega kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını artırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir.

Beton hacminin % 70-75'ini agrega meydana getirir. Agreganın dayanıklı olmalı ve çevresel faktörlere karşı dayanıklı olmalıdır. Agreganın fiziki ve mekanik özellikleri kullanılacağı yere göre gereken koşulları sağlamalıdır.

Agrega bileşeninin uygun bir tane boyu dağılımı (granülometri) göstermesi çok önemlidir, iyi bir granülometriye sahip agrega içindeki hava boşluğu, daha az olacaktır. Dolayısı ile yoğunluğu da artacaktır. Bu şekilde, toplam beton hacmi içinde çimento-su harcı daha ekonomik olarak kullanılabilir ve beton istenilen yere kolaylıkla, kalitesi bozulmadan yerleştirilebilir.

3.1. Agreganın Sınıflandırılması

Agregalar genellikle, elde ediliş şekline göre, tane boyutlarına göre ve tane şekillerine göre sınıflandırılırlar.

3.1.1. Elde ediliş şekline göre sınıflandırma

Agregalar elde ediliş şekillerine göre doğal ve yapay agrega olarak ikiye ayrılır;

- Yapay agrega
- Doğal agrega

3.1.1.1. Yapay agrega

Isıl veya diğer uygulamaları içeren endüstriyel işlemler sonucunda elde edilir. Yapay agregalar, beton üretimi ile doğrudan ilgisi bulunmayan bir endüstri kolunda yan ürün olarak ortaya çıkan malzemeden üretilen agregalar, veya bir malzemeye ısıl işlem uygulayarak beton yapımı için uygun duruma getirilen agregalardır. Yüksek fırın cürufu, uçucu kül agregası, perlit, ve genleştirilmiş kil, en çok kullanılan yapay agregalardır.

Yüksek fırın cürufu, demir elde etmek için demir oksidin yüksek sıcaklığa maruz bırakıldığında oluşan yan üründür. Fırından erimiş halde alınan ve kalsiyum, silis ve alüminyum bileşiminden oluşan sıcak cürufun ani olarak soğutulmasıyla üretilen amorf yapılı malzemeye yüksek fırın cürufu denilmektedir. Yavaş yavaş soğumaya bırakıldığında, kristal yapı oluşmaktadır. Amorf yapıya sahip olan imento içerisinde katkı maddesi olarak kullanılır. Kristal yapıya sahip olan ise, betonda agrega olarak kullanılır.

Genleştirilmiş kil agregası, kilin döner fırında 1000-1200 C’de pişirilmesi ile kil içerisinde bulunan gazlar hapsedilir. Böylece kilin hacmi artar ve yoğunluğu 1,4 ile 1,8 t/m³ arasında değişen hafif ve yuvarlak taneli malzeme oluşur. Bu malzemeye genleştirilmiş kil agregası denilmektedir.

Uçucu kül, termik santrallerde yakıt olarak kullanılan pulverize kömürün yanmasıyla açığa çıkan ve baca tarafından çekilen gazlarla birlikte yukarı çıkan çok ince kl tanecikleri imento üretiminde ve beton katkı maddesi olarak kullanılabilir. 1100-1200 C’ye kadar pişirilirse yuvarlak taneli agrega elde edilebilmektedir. Bu taneler hafif beton yapımında kullanılır.

Perlit, ani ısıya maruz bırakıldığında çok hafif ve gözenekli olan, inci parlaklığında, asidik bir volkanik camdır. Perlit kayadır. Ham perlit, 750-1100 C arasında

sıcaklığa getirildiğinde içerisinde bulundurduğu su buharlaşır ve hacmi 5-30 katına kadar çıkar. Buharlaşmadan sonra geriye çok gözenekli ve hafif bir cam kalır. Bu yolla elde edilen perlit inşaat, sanayi ve ziraatte kullanılır. Perlitler birbirinden çok farklı olabilir. Ham perlit koyu renk olmasına rağmen genleştirildiğinde beyaz renge dönüşür (Orhun, 1969).

Dünyada üretilen perlitin büyük bir kısmı, alçı ile karıştırılarak sıva imalinde kullanılmaktadır. Tane iriliği 1 mm den küçük, gevşek birim hacim ağırlığı 0,12 ile 0,24 g/cm³ olan perlitler sıva imalatına elverişlidir. Hafif beton agregası olarak kullanılacak perlitin iri taneli olması ve gevşek birim hacim ağırlığının 0,08 ile 0,19 g/cm³ civarında olması gerekir. Perlit en çok yapı malzemesi olarak kullanılır. Hafifliği, ısı ve ses izolasyonu ve ucuzluğu bakımlarından, hafif inşaat malzemesi imali için bilinen en uygun maddedir (Orhun, 1969).

3.1.1.2. Doğal agreg

Doğal agreg herhangi bir kimyasal işleme uğramamış olan mineral kaynaklarından oluşur. Doğal agreg, kum ocaklarından, dere yataklarından, eski alüvyal teraslardan ya da deniz kıyısından elde edilir.

Çakıl ve kum doğal agregadır. İkisinin bir arada bulunduğu malzemeye tüvenan agreg denir. Kum en sağlıklı olarak dere yatakları ve eski alüvyal teraslardan elde edilir. Deniz kumu tuz ve canlı kalıntıları içerdiğinden tercih edilmez. Çöl ve ova kumları ise çok ince taneli olduğu için beton yapımı için uygun değildir.

Kırmataş ana kayaçların veya büyük taşların tamamen agreg parçalarının kırılmış bir yüzeye sahip olabilecek şekilde kırılması sonucu oluşmaktadır. Kırmataş imalatında öncelikle ana kayaçlar taş ocağında patlatma yöntemiyle parçalanmakta daha sonra konkasörler tarafından kırılarak boyutsal olarak küçültülmektedir. Konkasörlerin uygun ayarlanması ile istenen boyutta agreg elde edilir. Kırmataş agregalar genellikle hazır betonlarda kullanılır.

3.1.2. Tane boyutlarına göre agreg

Tane boyutlarına göre agregalar ince ve iri taneli olarak iki gruba ayrılır (Şekil 3.1). Taneleri 0,25 mm ve daha küçük olan agregaya filler denir. İnce ve iri agreg

karışımına karışık agregâ ismi verilmektedir. Agregâ ocağından boy sınıflarına ayrılmadan olduğı gibi kullanılan doğal agregaya tuvenan agregâ adı verilir.



Şekil 3.1. Tane boyutlarına göre agregalar

3.1.2.1. İnce agregâ

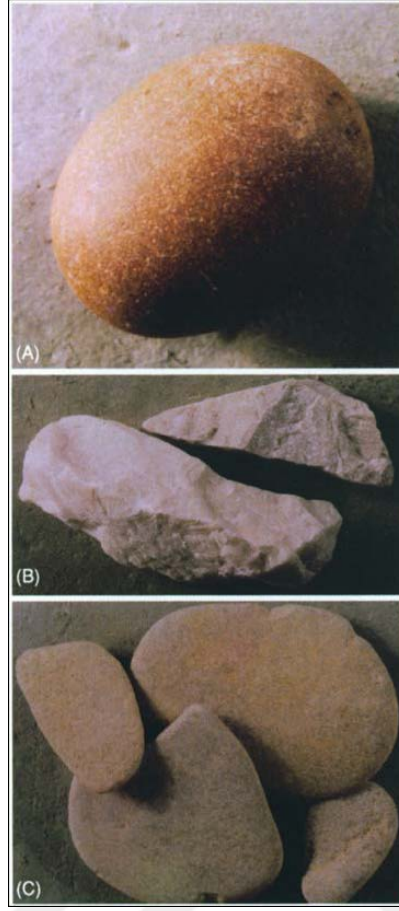
TS 706 beton agregaları standarda göre 4,00 mm göz açıklıklı kare delikli elekten geçebilen agregaya ince agregâ denir. Kum, kırma kum ve yapay kumdur. 0,25 mm göz açıklıklı kare delikli elekten geçen ince malzemeye taşınu veya filler denilmektedir.

3.1.2.2. İri agregâ

TS 706, 1980 beton agregaları isimli standarda göre 4,00 mm göz açıklıklı kare delikli elek üzerinde kalan agregaya iri agregâ denir. Çakıl, kırma taş ve yapay taşdır. Şantiyelerde iri agregâ "mıcır" ya da "çakıl", ince agregâ ise "kum" olarak isimlendirilir.

3.1.3. Tane şekillerine göre agregâ

Tane şekillerine göre agregalar yuvarlak, yassı ve köşeli olmak üzere 3 grupta incelenir (Şekil 3.2). Tane şekli agregaların bağlayıcı madde yeteneğini kontrol etme açısından önemlidir. Dairesel tanelere sahip agregaya yuvarlak agregâ denir. Genellikle dere yataklarında bulunurlar. Köşeli olan agregalar kırmataş agregalardır. Yassı ve uzun taneler şekilce kusurlu tanelerdir. TS 706'ya göre, agregâ taneleri arasında 3 kattan fazla büyüklük farkı varsa kusurlu olarak nitelendirilirler.



Şekil 3.2. Tane şekillerine göre agregalar (A): Yuvarlak, (B): Köşeli, (C): Yassı

3.2. Agregasyon Kaynakları

Doğal agregasyon, bulundukları bölgedeki kayaların petrografik özelliklerini bünyelerinde bulundurlar. Kayalar çeşitli minerallerin, taş parçacıkların veya tek bir mineralin çok sayıda birikmesinden meydana gelir. Örneğin, granit ve bazalt çeşitli minerallerdeki kumtaşı değişik kum tanelerinden, mermer ve kuvarsit tek bir mineralden oluşmuş kayalardır.

Kayalar magmatik, metamorfik ve sedimanter olmak üzere üç grupta incelenir. Doğal agregasyon bu kayaların petrografik özelliklerine sahip olurlar. Kırma taş olarak kullanılan bu kayalar, bağlayıcı malzemelerle birlikte asfalt betonu gibi sert kütleler oluşturur (Esenli, 1996). Kırma taş olarak kullanılan kayaların sınıflaması Tablo 3.1’de verilmiştir.

Ülkemizde agrega olarak kullanılan kayalar üç sınıftan oluşur. Bunlar sedimenter kökenli karbonat kayalar (kireçtaşı, dolomit ve kalsit), detritik kayalar (kumtaşı) ve volkanik kökenli kayalardır (bazalt ve andezit). Bu kayaların üretim dağılımı; % 96 karbonat kökenli kayalar, % 3 volkanik kökenli kayalar, % 1 detritik kayalar şeklindedir. Kırmataş üretimi ağırlıklı olarak karbonat kökenli kayalardan yapılmaktadır (Öztürk ve diğ., 2007).

Tablo 3.1. Kırmataş ham maddelerinin jeolojik sınıflandırılması (Lefond, 1983)

Grup	Genel Sınıflama	Kayaç	Yoğunluk
Magmatik	Plütonik	Granit	2,60
		Siyenit	2,70
		Diyorit	2,80
		Gabro	2,90
		Peridotit	2,90
	Volkanik	Riyolit	2,60
		Trakit	2,60
		Andezit	2,60
		Bazalt	2,80
		Diyabaz	2,90
Sedimanter	Kimyasal (Karbonatlı)	Dolomit Kireçtaşı	2,70 2,60
	Kırıntılı (Silisli)	Konglomera, Kumtaşı Kuvarsit, Arkoz, Kiltası Şeyl, Arjilit, Çört, Grovak	2,60
Metamorfik	Foliasyonlu	Amfibolit	3,00
		Şist	2,80
		Gnays, Sleyt	2,70
		Fillit	2,70
	Foliasyonsuz	Mermer	2,70
		Kuvarsit	2,80

3.2.1. Akarsu yatakları

Akarsu yataklarındaki agrega olabilecek malzeme doğal yıkanma sonucu kilden arınır. Akarsu içindeki hareketlerinden dolayı yuvarlak veya yassı olabilir. Uzun mesafeler boyunca sürüklenmeleri aşınma mukavemetini artırır. Bu da akarsu yataklarındaki malzemenin avantajı olarak değerlendirilir (Skrijelj, 2001). Bunun yanında malzemenin köşeli olmayışı dezavantaj olarak kabul edilir.

3.2.2. Sel yatakları

Yağışa ve mevsime bağlı olarak yatağında su bulunduran yataklara sel yatağı denmektedir. Şiddetli yağışlarla oluşan sellerin sürüklenme gücü yüksektir. Uzun mesafe malzeme taşımadıkları için tane şekilleri köşelidir (Skrijelj, 2001).

3.2.3. Dere ve teras ocakları

Akarsu, göl ve denizlerin yataklarında biriktirdikleri malzemeye teras denir. Dere ve teras ocaklarındaki mıcır veriminin yüksek olması için malzeme elenirken % 45' i elek üstünde kalmalıdır. Malzeme içinde 40 cm'den büyük taşların olması istenmez. Elek üstü verimi % 45'den az olursa mıcır verimi düşük olur ve kırılmışlık şartı sağlanamaz. Dere teras ocaklarından elde edilen mıcırların asfalt kaplama olarak kullanılması için elenip yıkanması gerekir. Çünkü bünyelerindeki kil istenmeyen bir malzemedir. Dere malzemelerine örnek olarak çakıl ve kum gösterilebilir. Çakıl ve kum doğal agregalardır.

Kayalar, çevresel faktörlerin yarattığı fiziksel ve kimyasal etkiler sonucu aşınır ve ayrışır. Ayrışma oluştuktan sonra ortaya çıkan ürünler genellikle su, rüzgâr veya buzul etkisiyle hareket eder ve değişik yerlerde birikir. Bu birikimler içinde çakıllar oldukça geniş bir yayılım gösterir ve içinde kum ve silt de bulundurur. Kumlu toprak karışımları içerisinde kil ve silt bulundurur. Malzemenin taşınış biçimine göre tane şekilleri belirlenir (Skrijelj, 2001).

3.2.4. Taş ocakları

Beton ve asfalt agregası olarak en çok kireçtaşı tercih edilir. Taş ocaklarının kum, çakıl ocaklarına göre üstün tarafları fazladır.

Bunlar;

- Malzemelerin homojen olması
- Kırılarak kullanıldığı için tamamının köşeli yüzeyler vermesi
- Malzeme miktarı yönünden de genellikle yeterli kapasitede olmasıdır

İşlem görmüş agregalar kırılmış ve elenmiş doğal çakıl veya taşları oluşur. Doğal çakılların asfalt kaplamada kullanılması için kırılması gerekmektedir. Kırma işlemi,

tanelerin yüzey yapısını değiştirir, yuvarlak şekilli taneleri köşeli olmasını sağlar ve tane boyu dağılımını iyileştirerek malzemenin kalitesini artırır. Büyük taşların veya kayaların kırılmasıyla elde edilen kırmataşlarda tüm agrega taneleri kırılmış yüzeylere sahiptir.

3.3. Agrega Deneyleri

3.3.1. Agregalardan numune alma

Agregalardan numune alma agrega yığınının temsil eden malzeme bölgeç kullanılarak çeyrekleme yöntemiyle elde edilir. Agrega yığınının ortası bulunur. Orta noktanın değişik yerlerinden örnek alınır. Alınan örnek bir yere boşaltılır. Oluşan yığın silindirik haline getirilir. Örnek yaklaşık olarak dörde bölünür. İki çeyrek parça alınarak yeni bir karışım yapılır. Yeni oluşturulan yığın da dörde ayrılıp karşılıklı iki parçası alınarak deney yapmak üzere karıştırılır.

3.3.2. Agreganın mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneyler

Agregaların mekanik özelliklerinin belirlenmesi için yapılan deneylerle agregaları oluşturan tanelerin dayanımı, aşınma dayanımı ve soğuk iklimlerde üretilecek betonlarda betonu oluşturan agregaların dona karşı dayanıklılığını belirlemek için yapılan deneylerden oluşmaktadır.

3.3.2.1. Tane dayanımı

Agreganın tane dayanımı, olduğu kayacın petrografik özelliklerinin bilinmesiyle değerlendirilebilir. TS 706' ya göre mekanik özellik ile ilgili sadece kayacın suya doygun haldeki basınç dayanımının en az 1000 kgf/cm² (98 N/mm²) olduğunun bilinmesi yeterlidir.

Tane dayanımı, basınç dayanımının 1000 kgf/cm² den küçük olması halinde Los Angeles deneyinin sonuçlarına bakılır. Eğer iri agrega olarak çakıl kullanılıyor ise aşınmaya dayanıklılık deneyleri uygulanarak karar verilir.

3.3.2.2. Aşınma deneyi (Los angeles deneyi)

Aşınma deneyi silindir şeklinde iki tarafı kapalı kendi etrafında dönebilen çapı 710 mm, boyu 508 mm olan çelik bir cihazla yapılır. Silindir içinde çelik bilyeler vardır. 100 ve 500 devir sonunda cihazdan çıkarılan malzeme 1,6 mm' lik kare gözlü elekten elenir. Elekten geçen malzemenin yüzdesi hesaplanır. Hesaplanan yüzde deneydeki kaybı temsil eder. TS 706' ya göre, 100 dönme sonunda ağırlıkça % 10, 500 dönme sonunda % 50'den az kayıp varsa agreganın yeterli dayanıma sahip olduğu kabul edilmektedir.

3.3.2.3. Agregalarda dona dayanıklılık

Hava koşulları soğuk olan yerlerde üretilen beton donmaya maruz kalabilir. Beton yüzeyinin soyulup parçalanmaması istenilen bir durumdur. Betonun dona dayanıklılığında agreganın etkisi büyüktür. Bu yüzden donmaya maruz kalacak betonlarda kullanılacak agreganın dona dayanıklı olması istenir. TS 706' ya göre, agreganın dona dayanımının olması için kırmataşın su emme oranı % 0,5' i geçmemesi gerekir. Agregayı oluşturan kayacın suya doygun haldeki küp basınç dayanımının 1500 kgf/cm², dan az olmaması istenir. Bu durumlar sağlandığında agreganın dona dayanıklı olduğu kabul edilir.

3.3.3. Agreganın fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneyler

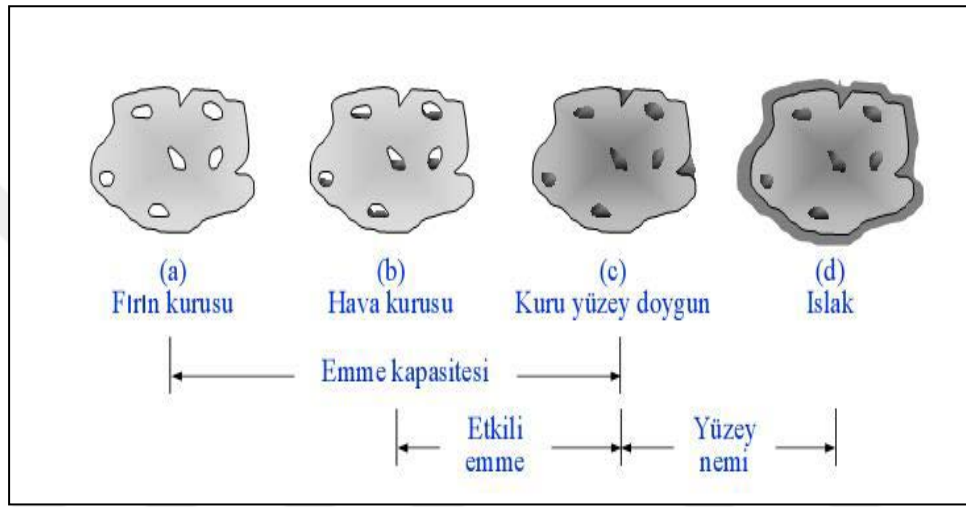
3.3.3.1. Agregada rutubet durumu

İri agrega tanelerinin porozitesinin az olması mukavemetlerini artırır. Porozitenin yüksek olması, agreganın donmaya dayanıklılığının azalmasına sebep olur. Agregaların % 12' den az su emmesi normal kabul edilir. Poroziteli malzemelerin doyma derecesi % 80' den küçük ise donmaya karşı dayanıklı olarak nitelendirilir (Güner, 1999).

Fırın kurusu, agrega tanelerinin tamamen kuru olması bünyelerinde hiç su bulundurmamaları durumudur. Agreganın etüvde 100-110 °C ısıtılmasıyla fırın kurusu elde edilir.

Hava kuru, agreganın kuru havada muhafaza edildiğinde yüzeyinden belirli derinlikte boşlukların rutubetsiz daha derinde olan iç kesiminin ise rutubetli olması durumudur.

Yüzey kuru, agreganın yüzeyinin kuru, içinde bulunan boşlukların ise su ile dolu olması durumudur. Islak, agrega tanelerinin tüm yüzeyi ve boşluklarının su ile dolu olması durumudur.



Şekil 3.3. Agregalardaki Farklı Rutubet Halleri (Ün, 2007)

Çimento pahalı bir malzemedir. Bu yüzden beton karışımı içinde dayanımı bozmadan çimentonun az kullanılması gerekir. Bu yüzden, beton karışımında kullanılan agreganın tane boyu dağılımı (granülometrisi), çimento hamuru miktarının belirlenmesinde önemli bir faktördür.

Granülometri bileşimi, agrega içinde boyutları belirli limitler içinde kalan tanelerin ne oranda olduğunu açıklar. Bu amaçla, kullanılmadan önce agreganın granülometrik bileşimi elek analizi deneyi ile belirlenip, aynı sınırlar içinde kalıp kalmadığı kontrol edilebilir. Bir agrega tanesinin geçebildiği en küçük eleğin delik çapı veya kenar uzunluğu o tanenin çapı olarak tanımlanır (Ün, 2007).

Agreganın porozitesi, permeabilitesi ve su emmesi, agrega ve çimento arasındaki aderansı, betonun donma ve çözülme dayanıklılığını, agreganın kimyasal duraylılığını ve aşınma mukavemetini etkileyen önemli faktörlerdir.

Agrega tanelerinde boşluk bulunabilir. Su emme deneyi ile tanelerdeki boşluk miktarı saptanır. Kurutulan iri agregatanelerinden bir miktar ($2-5 \text{ kg}=W$) alınarak bir gün suda bekletilir. Daha sonra taneler kurulanır böylece kuru yüzeyler doymuş hale gelir. Bu tanelerden W_1 ağırlığında malzeme alınarak etüvde kurutulur. Kurutulan malzemenin W_0 ağırlığı bulunur.

Agreganın ağırlıkça su emme miktarı,

$$(W_1 - W_0) / W_b \quad (3.1)$$

formülüyle % olarak bulunur.

Agreganın porozitesi (P) ise,

$$P = ((W_1 - W_0) / W_0) \times 100 \quad (3.2)$$

olarak bulunur.

3.3.3.2. Birim Ağırlık

Yığın halindeki bir agreganın taneler arasındaki boşluklar da dahil birim hacminin ağırlığıdır. Birim ağırlık,

$$\Delta = P_a / V \quad (3.3)$$

Burada;

P_a = Agreganın ağırlığı, (g)

V = Ölçü kabı hacmi, (cm^3)

Agregaların birim ağırlıkları değişik faktörlere bağlıdır. Bunlar;

- Agreganın granülometrisi
- Agregatane şekli (tanelerin yuvarlak ya da köşeli olması)
- Kusurlu malzeme yüzdesi
- Yerleştirme şekli
- Agreganın özgül ağırlığı
- Agreganın su içeriği

Birim hacim ağırlık, hacmi belli olan kap içerisine agreganın koyulmasıyla bulunur. Yerleştirme şekline göre, sıkışık veya gevşek olarak saptanır. Beton bileşiminin bulunmasında ve beton üretiminde malzemenin ölçülmesinde, agreganın birim ağırlığının bilinmelidir. Bu değer tüvenan malzeme için genellikle 1,50-1,85 kg/lt arasında değişebilir. Kırmataşlarda bu değer 1,35-1,50 kg/lt değerlerine kadar düşebilir. Agreganın birim hacim ağırlığı kullanılarak, harç ile doldurulması gereken boşluk hacmi bulunur (Ün, 2007).

3.3.3.3. Özgül ağırlık

Agregaların özgül ağırlıkları gerçek birim hacminin miktarı olarak tanımlanmaktadır. Özgül ağırlık, laboratuvarında piknometre yardımıyla aşağıdaki formülle belirlenir,

$$\delta a = w_1 / (w_1 + w_2 - w_3) \quad (3.4)$$

Burada;

δa = Agreganın özgül ağırlığı

w_1 = Numune ağırlığı (g)

w_2 = Suyla dolu ölçü kabı ağırlığı (g)

w_3 = İçinde numune bulunan, su dolu kabın ağırlığı

Normal beton agregalarının özgül ağırlığı genel olarak 2,2 – 2,7 g/cm³ değerleri arasında değişir (Güner, 1999). Beton karışım hesabını yapabilmek için üretimde kullanılacak özgül ağırlıklarını bilmek gerekir. Diğer yandan bir agreganın özgül ağırlığı, üretildiği kayanın petrografisine bağlıdır.

3.3.3.4. Kompasite

Herhangi bir agreganın birim ağırlığı (Δ) ve özgül ağırlığının (δ) bilinmesiyle, aynı zamanda bu agreganın kompasitesi yani birim hacmindeki tanelerin oluşturduğu gerçek hacimidir.

Agreganın kompasitesi,

$$k = \Delta / \delta \quad (3.5)$$

Bunlar;

k= Agreganın kompasitesi

Δ = Agreganın birim ağırlığı (g/cm³)

δ =Agreganın özgül ağırlığı (g/cm³)

Kompasite daima 1' den küçük değer alır. Çünkü birim ağırlık özgül ağırlıktan her zaman küçüktür. Bir arada bulunan agregaların birim hacimdeki boşluk kompasitesi 1 değerini tamamlayan değerdir (Güner, 1999).

3.3.4. Agreganın içinde, betona zarar veren maddelerin belirlenmesinde yapılan deneyler

Zararlı maddeler, betonun parçalanmasına, dayanımının azalmasına sebep olan ve çevresel etkenlerle beton içindeki malzemenin bozuşmasını, olumsuz etkilenmesini sağlayan faktörler olarak tanımlanmaktadır (Özkul ve diğ., 1999).

3.3.4.1. İnce maddeler (Yıkanabilir maddeler)

Eski göl ve dere yataklarından üretilen agregalarda ince madde miktarı fazladır. Boyutları 63 mikrondan küçük taneler bulunduran malzemeler ince maddelerdir. Agregalarda bulunan ince maddeler istenmeyen zararlı maddelerdir. Agregalar güzelce yıkanarak kullanılabilir hale getirilir (Özkul ve diğ., 1999).

3.3.4.2. Alkali agrega reaksiyonu

Alkali-agrega reaksiyonu (AAR) betonda oluşan kimyasal reaksiyon olarak tanımlanır. Betonda çatlamalara sebep olur. Bazı agregalar reaksiyona girebilen silisten oluşan bileşenler içerebilir. Bu bileşenler betonun boşluk suyunda bulunan alkali hidroksit ile reaksiyona girer. Ayrıca çimento içindeki sodyum potasyum ile agregada bulunan aktif bileşenler de reaksiyona girebilir. Bu durumlar betonda parçalanmaya ve çatlamalara sebep olur.

3.3.4.3. Alkali karbonat reaksiyonu

Alkali karbonat reaksiyonunun etkileri her ne kadar alkali silika reaksiyonu etkilerine benzese de aslında bu iki reaksiyon birbirinden oldukça farklıdır. Alkali karbonat reaksiyonuyla ilgili ilk çalışmalar Kanada’da Kingston, Ontarino’ya yakın bir bölgeden getirilen killi kireçtaşı üzerinde yapılmıştır. Dünyadaki araştırmacılar alkali karbonat genişleme mekanizmasını açıklamak için çalışmalarına devam etmiştir ve çoğu hipotez de dolomitleşmenin olası rolünü vurgulamıştır (Sims ve Poole, 2003). Bazıları da dolomitleşmenin tek başına alkali karbonat reaksiyonuna bağlı genişlemeyi açıklamaya yeteceği sonucuna varmıştır (Min ve Ming-Shu, 1993).

İlk başta dolomitleşme reaksiyonunun kendisinin brusit ve kalsiyum karbonat oluşumu sebebiyle genişleme nedeni sorumlu tutulabileceği görülmüştür. Buna rağmen, yakın geçmişteki araştırmalar dolomitleşme reaksiyonunun ürünlerinin oluşturduğu hakim artışının reaktif dolomitten kaynaklanan hakim artışından daha az olduğunu göstermiştir. Dolomitleşme ürünleri tek başına bütün genişlemeyi oluşturacak kadar hacim genişmesi yaratmamaktadır. Alkali Karbonat reaksiyonu bu sebeple tam olarak açıklanamamıştır (Fournier ve diğ., 1991).

3.3.4.4. Hafif maddeler

Mineral kökenli agregaların yoğunluklarından düşük olan yumuşak taneler agregalarda bulunabilen hafif maddeler olarak tanımlanır. Bunlar kömür tanesi ya da odun parçası gibi yabancı maddeler olabilir. Bu maddeler agregalarda fazla bulunursa üretilen betonun dayanımı düşer.

Hafif taneler donla birlikte parçalanır. Bu maddelerin hacimleri sabit değildir. Eğer beton yüzeyine yakın bölgelerde bulunursa bünyelerinde su tutup şişerler ve betonu patlatırlar. Betonda bu maddelerin fazla olması betonun dayanımını olumsuz etkiler (Özkul ve diğ., 1999).

3.3.4.5. Organik maddeler

Genellikle kumlarda organik madde miktarı fazladır. Organik maddeler humus, turba ve organik balçık gibi malzemelerden oluşur. Bu maddeler betona zarar vereceğinden

içinde bulunması istenmez. Çünkü organik maddeler betonun dayanımının düşmesine ve bozulmasına sebep olur (Özkul ve diğ., 1999).

3.4. Agregada standartları

Agregalar kullanılacağı yere göre, tane boyu dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TS 706 standardına uygun olması gerekmektedir (Tablo 3.2). Ayrıca, suyla birlikte yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli ve bozuşmaya karşı direncini olumsuz olarak etkilememelidir.

Tablo 3.2. TSE agrega standartları

TS 706 EN 12620	Beton agregaları
TS 10088 EN 932-3	Agregaların Genel Özellikleri için Deneyler - Kısım 3- Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji
TS 3530 EN 933-1	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler: Bölüm 1- Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu
TS 9582 EN 933-3	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler: Bölüm 3- Tane Şekli Tayini – Yassılık Endeksi
TS 3814 EN 933-4	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler: Bölüm 4- Tane Şeklinin Tayini – Şekil İndisi
TS EN933-7	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Kısım 7: İri Agregalarda Kavkılarının Yüzdesi – Kavkı İçeriğinin Tayini
TS EN933-8	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 8: İnce Tanelerin Tayini – Kum Eş değeri Tayini
TS EN 933-9	Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini – Metilen Mavisini Deneyi
TS EN 1097-2	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler – Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini için Metotlar
TS EN 1097-3	Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri için Deneyler: Bölüm 3-Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini
TS EN 1097-6	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri için Deneyler – Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini
TS EN 1367-1	Agregaların Termal ve Atmosferik Etkilere Karşı Özellikleri için Deneyler - Bölüm 1:Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini,
TS EN 1367-2	Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler – Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi
TS EN 1367-4	Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler – Bölüm 4: Kuruma Çekmesi Tayini
TS EN 1744-1	Agregaların Kimyasal Özellikleri için Deneyler – Bölüm 1: Kimyasal Analiz

3.5. Agreganın Kullanım Alanları

Agrega dünyada fert başına en fazla tüketilen maddelerin başında gelir. Birçok alanda kullanılan agrega dünyada en çok üretilen madendir. Agregada, inşaat, sanayi, altyapı çalışmalarının en önemli hammaddesidir. İnşaat sektörünün temelini oluşturan beton ve çimentonun en önemli bileşenidir. Bunun yanında asfalt yapımında da kullanılmaktadır. Agreganın kullanım alanlarının birkaçı ayrıntılı olarak alt başlıklarda açıklanmaktadır.

3.5.1. Beton yapımında kullanımı

Agreganın beton yapımında ekonomik ve teknik yönden çok önemli bir konumu bulunmaktadır. Agregada maliyeti çimentoya göre oldukça düşük olduğundan, agrega betonda kullanılan ve oldukça ucuz olan bir dolgu malzemesi olarak kabul edilmektedir. Betonda agrega kullanılması, sertleşen betonun hacim değişikliğini önlemekte veya azaltmakta, çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını artırmakta ve kendi dayanım gücünün yüksekliği nedeniyle betonda gerekli dayanımın sağlanmasına yardımcı olabilmektedir.

Beton agregalarında elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun aralıklarla yapılarak kalite sürekliliği takip edilmelidir.

3.5.2. Karayolu yapımında kullanımı

Dolgu malzemesi olarak kolay sıkışan, boşluk bırakmayan, dayanıklı, mukavemeti güçlü olduğundan dolayı karayolları yapımında kullanılan en önemli malzemelerden biridir.

Karayolu üzerinde yükler sebebiyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin fazla olması yüzünden kaplamanın elastisite modülü yüksek olmalıdır. Bitümlü sıcak karışım; iri ve ince agrega, filler ve bitümün plentlerde 140-160°C sıcaklıkta birleştirilip düzgün bir tabaka halinde dökülüp sıkıştırılarak elde edilen bir yol kaplamasıdır (Şekil 3.4). Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda ağırlıkça % 93-96 arasında agrega bulunur. Bu yüzden agreganın tane boyu dağılımı önemli bir faktördür (Umar ve diğ., 1991).



Şekil 3.4. Agreganın karayolu yapımında dolgu malzemesi olarak kullanımı

3.5.3. Demiryollarında agreganın balast olarak kullanımı

Büyüklüğü 31,5-64 mm arasında değişen agrega balast olarak adlandırılır. Demiryolları traverslerinde destek malzemesi olarak kullanılır (Şekil 3.5). TS 7043 EN 13450 standardı kapsamında balastın genel tanımı yapılmakta, geometrik ve fiziksel özelliklerle ilgili ayrıntılar açıklanmakta olup deneylere ait standartlara atıfta bulunmaktadır. Traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve taneleri arasındaki sürtünme ile yayarak platforma ileten ve yol çerçevesine elastik bir yatak oluşturan, 30-60 mm ebadında kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam taşlara balast denir. Balast agregası olarak dere çakılı kullanılmamalıdır. Ayrıca balast malzemesinin drenaj kabiliyeti yüksek, çatlaksız, damarsız iyi teşekkül etmiş olacak, travers altında sürtünme direnci sağlayabilmesi için kırıldığında keskin köşeli ve aynı kayacıdan (homojen) olmalıdır.



Şekil 3.5. Agreganın demiryollarında balast olarak kullanılması

4. MEVCUT AGREGA KAYNAKLARININ İNCELENMESİ

İnceleme alanında mevcut agrega durumu değerlendirilirken işletilmekte olan kırma taş ocakları hakkında detaylı bir araştırma yapılmıştır. Kocaeli Valiliğinden alınan bilgiler doğrultusunda Tablo 4.1' de taş ocağı işletmelerinin koordinatları, ruhsat alanı, ruhsat tarihi, maden adı, yıllık üretim miktarları ve faaliyet durumu belirtilmiştir.

Araştırma sonucunda inceleme alanı içerisinde 12 farklı kırma taş ocağının olduğu tespit edilmiştir. Bunlardan 6 tanesinin faaliyette olduğu bilinmektedir. Bulundukları yerlere göre inceleme alanı mevcut agrega durumunu göstermek için bölge bölge incelenmiştir. Faaliyet halinde olan kırmataş ocakları, Karamürsel bölgesinde 3, Gölcük bölgesinde 2, Kartepe ve Başiskele'de faaliyet halinde agrega ocağı bulunmamaktadır. Gölcük güneyinde haritada il sınırında görünen ve faaliyette olan İznik maden işletmesi Kocaeli valiliğinden alınan resmi belgelerde görülmemiştir. Fakat haritada sınırlarımız içinde görüldüğü için incelenmiştir.

Kırmataş ocaklarında üretilen agreganın fiziksel ve mekanik özelliklerinin bilinmesi gerekir. Çünkü bu ocaklardan elde edilen agregalar birçok mühendislik yapılarında kullanılmaktadır. Bu yüzden yapılarda oluşabilecek zararlı etkileri azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için kaliteli agrega kullanımı gerekir. Kaliteli agreganın belirlenebilmesi için özgül ağırlık, kuru birim ağırlık, su emme miktarı, efektif porozite, tek eksenli basınç dayanımı, sodyum sülfata (Na_2SO_4) dayanıklılık, Los Angeles aşınma değeri, yassılık ve uzunluk indekslerinin bilinmesi gerekir. Bu bölümde işletmelerin erişilebilen bilgileri ayrıntılı olarak sunulmaktadır.

Çalışma alanındaki ocakların konumlarını belirlemek için ArcGIS 10.4.1 programı ile 1/25.000 ölçekli Kocaeli ilinin güneyinin jeoloji haritası üzerine ocakların koordinatları (x, y) girilerek hangi litolojiler içinde işletildiği belirlenmiştir.

Tablo 4.1. Kocaeli ili güneyinde bulunan taş ocakları hakkında bilgiler

İŞLETME ADI	İLÇE	KOORDİNAT	RUHSAT ALANI (hektar)	RUHSAT TARİHİ	LİTOLOJİ	ÜRETİM MİKTARI (Yıllık)	İŞLETME DURUMU
ALTINOVA YAZICI İNŞ. MÜH. MAD. OTO. HARF. NAK. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Karamürsel	X: 450210 Y: 714655	88,50	16.12.2015 16.12.2025	Kumtaşı	19,685 ton	Faaliyette
AS ELMASLAR NAK. HAFR. İNŞ. HAY. TAAH. TİC. VE LTD. ŞTİ.	Gölcük	X: 450970 Y: 732426	99,47	06.12.2012 06.12.2035	Kumtaşı	1,247,416 ton	Faaliyette
CAN-MERT MAD. SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.	Karamürsel	X: 450430 Y: 716390	232,03	03.03.2004 03.03.2014	Mermer	33,768 m ³	Faaliyet yok
HEREKE MADEN İŞLETMELERİ A.Ş.	Kartepe	X: 450744 Y: 249466	29,99	04.01.2011 04.01.2026	Kalker	503,833 ton	Faaliyet yok
İZNİK MADEN İŞLETMESİ İNCİ BAZALT	İznik	X: 449790 Y: 735212	100	*	Bazalt	250 ton/saat	Faaliyette
KARAMÜRSE L BELEDİYE BAŞKANLIĞI	Karamürsel	*	0,54	04.02.2005 04.02.2015	Tras	4,155 ton	Faaliyet yok
KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ERENLER	Gölcük	X: 450605 Y: 740500	6,5	*	Tras	*	Faaliyette
KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ KARAPINAR	Karamürsel	X: 450335 Y: 720050	1,25	*	Ariyet malzemesi	*	Faaliyette
ÖMER OĞUZ ERGÜNKUCB A	Gölcük	*	88,34	21.12.2004 21.12.2014	Kalker	108,740 ton	İptal
SİTAŞ MAD. İNŞ. TURZ. TİC. LTD. ŞTİ.	Gölcük	X: 450711 Y: 736983	100,00	06.11.2006 06.11.2016	Amfibolit (mıcır)	68,350 ton	Faaliyet yok
SOYLU-KAR MAD. NAK. İNŞ. SAN. TİC. LTD.ŞTİ.	Kartepe	X: 450775 Y: 251136	98,13	06.01.2005 06.01.2015	Kalker	463,456 ton	Faaliyet yok
TENOC AK MAD. NAK. TURZ. TİC. VE SAN. LTD. ŞTİ.	Karamürsel	X: 450420 Y: 715910	49,93	02.02.2016 02.02.2026	Tras	5,549 ton	Faaliyette

*Belirtilen yerlerden bilgi alınamamıştır. Ocaklar alfabetik sıraya göre sıralanmıştır.

4.1. Kartepe Civarı

Bu bölgede 2 adet kırmataş ocağı bulunmaktadır. Bunlar Hereke Maden İşletmeleri A.Ş ve Soylu-Kar Mad. Nak. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. firmalarına ait ocaklardır. Soylu-Kar Mad. Nak. İnş. San. Tic. Ltd. Şti. firmasına ait kırma taş ocağı faaliyetini 2015 yılında durdurmuştur (Şekil 4.2). Hereke Maden İşletmeleri A.Ş. firmasına ait taş

ocasının ruhsat tarihi 2026 yılına kadar olduğu belirtilmesine rağmen taş ocağında üretim ve satış durmuş vaziyettedir. Kırmataş ocakları koordinat sisteminde (x, y) değerlendirildiğinde birbirine çok yakın alanlarda işletilmekte oldukları harita üzerinde görülmektedir (Şekil 4.1). Ocaklar çalışma alanının doğusunda Kartepe ilçesinin Suadiye köyündedir.



Şekil 4.1. Kartepe civarında bulunan kırmataş ocaklarının Google Earth görüntüsü

Bu bölgede bulunan ocaklar Sarısu formasyonunun alt seviyesinde bulunan volkano sedimanter birim üzerinde üretim yapmaktadır. Ocaklarda kireçtaşıdan agrega üretimi yapılmıştır. Birçok ülkede kireçtaşının ana kullanım sahası % 40-70 oranıyla inşaat ve yapı sektörüdür. Kireçtaşı bu sektörde beton harcında agrega (mıcır) olarak ve yol yapımında agrega/dolgu malzemesi olarak kullanılır. İnşaat ve yapı endüstrisinde kullanılan yıllık agrega miktarı dünyada yaklaşık 1,5 milyar ton/yıl; Türkiye’de ise yaklaşık 180 milyon ton/yıl civarındadır. Bu değer Türkiye’deki toplam kireçtaşı üretiminin % 74’üne karşılık gelmektedir. Kireçtaşının diğer kullanım alanları ise; çimento ve kireç üretimi, metalürji, tarım, baca gazı arıtımı ve cam, soda, şeker, kağıt, lastik-plastik, kauçuk sanayilerinde, boya üretimi gibi çeşitli endüstriyel alanlarıdır. Ocaklarda kireçtaşı agrega olarak üretilmektedir. Üretilen agregalar hazır beton, asfalt, dolgu, yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Hereke Maden İşletmesi A.Ş firmasına bağlı kırmataş ocağında üretilen agreganın fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 4.2’ de verilmiştir.

Tablo 4.2. Kartepe civarında bulunan ocaklardaki numunelerin deney sonuçları

Özgöl ağırlık	Kuru birim ağırlık (ton/m ³)	Su emme (Sa) (%)	Sodyum sülfata (Na ₂ SO ₄) dayanıklılık (%)	Los Angeles Aşınma Değeri (500 devir) (%)	Yassılık İndeksi (%)
2,66-2,70	2,03-2,25	0,61- 0,69	1,7-3,85	21,1-21,3	5,4-10,8

Kartepe bölgesinde bulunan işletmelerden alınan deney raporlarına göre kireçtaşlarının özgül ağırlığı; 2,66 – 2,70, kuru birim ağırlık; 2,03 - 2,25 ton/m³, su emme değeri; % 0,61 - % 69, sodyum sülfata (Na₂SO₄) dayanıklılık; % 1,7 - % 3,85, Los Angeles aşınma değeri (500 devir); % 21,1 - % 21,3, yassılık indeksi; % 5,4 - % 10,8 olarak hesaplanmıştır.

Kireçtaşlarının ayrışma fazla ve kırıntı içeriği artarsa özgül ağırlık ve kuru birim ağırlık değerinde bir düşüş meydana gelir. Kuru birim ağırlık değeri ise çok önemli olup kayacın mekanik özellikleri ile yakından ilişkilidir (Shakoor ve diğ., 1982; Cargill, 1989).

Su emme değeri, beton agregası olarak kullanılacak olan kayaçların durabilitesini belirlemede önemli bir parametredir. Shakoor ve diğ. (1982) tarafından yapılan araştırmalarda; su emme değeri % 3’den büyük olduğu durumlarda donma-çözünme etkisinin önemli olduğu vurgulanmıştır.

Sodyum sülfata (Na₂SO₄) dayanım deneyi yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre (Na₂SO₄) dayanım değeri; % 1,7-3,85 arasında değişmektedir. İri agregalarda bu değer % 12’nin altında olmalıdır. Buna göre kireçtaşlarından elde edilen agreganın büyük çoğunluğu donma-çözünme ve ıslanma-kuruma etkilerine dayanıklıdır (Zarif ve diğ., 2003). TS 706’ ya göre agregaların dona dayanıklılık sınır değerleri ince agreg için % 15, iri agreg için % 18’i aşmamalıdır.

Kireçtaşı agregalarının dayanımı ve aşınabilirliğini belirlemek amacıyla Los Angeles aşınma deneyi yapılmıştır. Kireçtaşı agregalarının 500 devir sonunda Los Angeles aşınma değeri % 21,1-21,3 arasında değişmektedir. Betonda kullanılacak agregalar için 500 devir sonunda % 30’dan az olmalıdır.

Yassılık ve uzunluk indeksleri agregaların direncini kontrol eden önemli parametrelerdendir. Kireçtaşına ait yassılık indeksi; % 5,4-10,8 arasında değişmektedir. Kırmataşa ait yassılık indeksi maksimum % 40 olmalıdır.

Bu bölgede işletilen kireçtaşlarından elde edilen agregalar için yapılan deney sonuçlarını standartlarda verilen limitlerle karşılaştırıldığında başta beton agregası olarak tüm alanlarda kullanımı için uygundur. Ancak bu bölgede işletilmekte olan kireçtaşlarında görülen yoğun tektonizma etkisi altında kalan alanlarda oluşan deformasyon ve ayrışma, rezervi etkilemektedir.



Şekil 4.2. Soylu-Kar taşocağında ait saha görüntüsü

4.2. Gölcük Civarı

Bu bölgede işletilmekte olan 5 farklı kırmataş ocağı bulunmaktadır. Bunlar; As Elmaslar Nak. Hafr. İnş. Hay. Taah. Tic. Ltd. Şti., Ömer Oğuz Ergünkucba, Sitaş Mad. İnş. Trzm. Tic. Ltd. Şti., Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Erenler, İznik Maden İşletmesi İnci Bazalt, firmalarına ait ocaklardır. Ömer Oğuz Ergünkucba firmasına ait ocağın koordinat bilgilerine ulaşılamamıştır (Şekil 4.3). Ocaklar, Gölcük ilçesinin Halıdere ve Selimiye civarında bulunmaktadır.



Şekil 4.3. Gölçük ve civarında bulunan ocakların Google Earth görüntüsü

Bölgede bulunan ocaklardan As Elmaslar Nak. Hafr. İnş. Hay. Taah. Tic. Ltd. Şti., Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve İzmit Maden İşletmesi İnci Bazalt firmalarına ait olanlar faaliyettedir.

Halıdere mevkiinin yaklaşık 1 km güneyinde bulunan taş ocağı, 2005 yılından itibaren As Elmaslar Madencilik tarafından işletilmektedir (Şekil 4.4). Bölgenin genelde sedimanter oluşu ocağı ekonomik yönden ayrıcalıklı kılar. Bakacak formasyonunda bulunan ocakta yoğunluklu olarak kumtaşından agrega üretilmektedir. Bu ocakta üretilen ürünler gerek nitelik gerekse kaliteli oluşundan beton yapımı için çokça tercih edilen hammadde potansiyeline sahiptir. Civardaki birçok irili ufaklı inşaat ve hazır beton şirketlerine hizmet verdiği gibi aynı zamanda Nuh Çimento gibi birçok büyük şirketlere de hammadde temini sağlamaktadır. İzmit körfezinin diğer yakasında da benzer potansiyel ve oluşumlar olmasına karşın hammaddenin kaliteli bulunuşu ve amaca yönelik oluşundan dolayı tercih edilmektedir. Gölçük ve civarında bulunan taş ocaklarından alınan deney sonuçları Tablo 4.3' de gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Gölcük ve civarında bulunan ocaklardan alınan deney sonuçları

Kuru birim ağırlık (ton/m ³)	Los Angeles Aşınma Değeri (500 devir) (%)	Don Mukavemeti (MgSO ₄) (%)	Yassılık İndeksi (%)
2, 27	15,5	10,2	23,6

Kumtaşlarından alınan numunelerden yapılan deneyler sonucunda kuru birim ağırlık; 2,27 ton/m³, Los Angeles aşınma değeri (500 devir); % 15,5, don mukavemeti (MgSO₄); % 10,2 ve yassılık indeksi ise % 23, 6 olarak belirtilmiştir.

Halıdere mevkiinde Bakacak formasyonunun üzerinde bulunan As Elmaslar Maden'e ait ocaktan alınan numunelerin kuru birim ağırlık değeri 2,27 ton/m³ olarak bulunmuştur. Kuru birim ağırlık değeri betonun mekanik özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Betonun mekanik özelliklerinden özellikle çökme ve stabilite problemlerinde önem kazanan elastisite açısından önemlidir.

Agregaların dayanımı ve aşınabilirliğini belirlemek amacıyla Los Angeles aşınma deneyi yapılmıştır. Agregaların Los Angeles aşınma değeri % 30'dan düşük olması beklenir. Kumtaşı agregalarının 500 devir sonunda Los Angeles aşınma değeri % 15,5 çıkmıştır. Bu sonuçlar numunelerin agrega olarak kullanılabilirliğinin uygun olduğunu göstermiştir.

Yassılık ve uzunluk indeksleri agregaların direncini kontrol eden önemli parametrelerdendir. Kırmataşa ait yassılık indeksi maksimum % 40 olmalıdır. Yapılan deney sonuçlarına göre numunelerin yassılık indeksi % 23,6 olarak belirlenmiştir.

Kumtaşlarının kullanımında, hakim olan elemanların mineralojik bileşimi, şekli ve çimentosunun kimyasal bileşimi göz önünde tutulmalıdır. Çimentosunun bileşimi silisli ise, çimentonun tanelerin arasını doldurma derecesine bağlı olarak yoğun veya yumuşak olabilirler. Türkiye'de özellikle inşaatlarda işlenme kolaylığı açısından çimentosu karbonatlı olan kumtaşları kullanılmakla birlikte, silisli çimentoya sahip olanlar, dış etkilere dayanımlı olmaları nedeniyle tercih edilmekte ve daha çok liman, dalgakıran inşaatlarında kullanılmaktadır. Killi olanlar ise harçta tanelerin iyice yapışmasını engellediğinden özellikle inşaatlarda tercih edilmezler (Esenli, 1996).



Şekil 4.4. As Elmaslar taş ocağına ait saha görüntüsü

4.3. Karamürsel Civarı

Bu bölgede işletilmekte olan 5 farklı kırmataş ocağı bulunmaktadır. Bunlar; Altınova Yazıcı İnş. Müh. Mad. Oto. Hafr. Nak. San. Ve Tic. Ltd. Şti., Can-Mert Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti., Karamürsel Belediye Başkanlığı, Tenocak Mad. Nak. Turz. Tic. ve San. Ltd. Şti., Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Karapınar firmasına ait ocaklardır. Kırmataş ocaklarından üç tanesi halen faaliyettedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Karamürsel ve civarında bulunan ocakların Google Earth görüntüsü

Bölgede faaliyette bulunan Tenocak Mad. Nak. Turz. Tic. ve San. Ltd. Şti. firmasına ait ocak İncebel formasyonu üzerinde bulunmaktadır. Paleosen – Eosen yaşlı İncebel formasyonu, fliş fasiyesinde ve 1000 m’den daha kalın bir volkanotortul istif şeklindedir (Göçüoğlu ve diğ., 1992). Bu ocakta tras üretim ve satışı yapılmaktadır (Şekil 4.6). Asidik (riyolit) veya nötr (trakit, fenolit) bileşimli volkanik kayalara bağlı olarak oluşan iyi pekişmiş, camsı ve yüksek poroziteli volkanik malzemeye “tras” denilmektedir. Tras bir tuf adıdır. Tras tamamen beton katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Betona su içinde katılma özelliği kazandırmaktadır. Ayrıca tras katılmış betonlar ve tras katılarak üretilmiş yapı malzemeleri asidik bileşimli yer altı sularına yüksek dayanım göstermektedir.



Şekil 4.6. Tenocak maden firmasına ait taş ocağı görüntüsü

Bölgede faaliyette bulunan Altınova Yazıcı İnş. Müh. Mad. Oto. Hafr. Nak. San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasına ait ocak Aslanbey formasyonu üzerinde bulunup kumtaşından agrega üretim ve satışı yapmaktadır. Firmanın deney raporlarına ulaşılammıştır.

5. AGREGA POTANSİYEL ALANLARIN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Agrega kaynak potansiyel incelemelerinde alan araştırması ilk olarak kaynakta bulunan kayaların yayılımı ve karakteristik özelliklerinin incelenmesi ile yapılır. Bu haritalama, jeofizik ölçümler ve sondaj çukurlarının açılmasıyla belirlenir. Bunun yanında malzemenin petrografisine bakılır. Son olarak ise, malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin test edilmesidir.

Bu bölümde agrega potansiyel alanların belirlenmesi amacıyla kullanılan yöntemler genel olarak tartışılmaktadır. Bunlar;

- Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)
- Uzaktan Algılama (UA)
- Jeolojik Çalışmalar
- Jeofizik Yöntemler

Bu çalışmada bu yöntemlerden jeolojik çalışmalar ve CBS yöntemleri kullanılmıştır. Jeolojik çalışmalar olarak arazi araştırmaları ve numune alma yapılmıştır.

5.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi verilerin bilgisayar donanım ve yazılımları aracılığı ile belli bir amaç için toplanması, depolanması, güncelleştirilmesi, analiz edilmesi ve görüntülü bilgilere dönüştürülmesi işlemlerini gerçekleştiren sistemlerdir (ESRI, 1997).

CBS, 1960'lı yılların başlarında kullanılmaya başlanmıştır. İlk önce Kanada ve ABD' de askeri amaçlı daha sonra teknolojinin gelişmesi ile ticari bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. 1990 yılından itibaren programın yetenekleri arttırılmış ve daha kullanışlı hale gelmiştir. Bugün dünyada yüz binlerce insanın istihdam edildiği milyarlarca dolarlık bir endüstri halini almıştır.

Bir CBS, konuma bağılı olarak bilgileri depolayan, ilişki kuran ve gösterebilen bir karar vermeye yardımcı olan bir sistemdir. CBS, bir çeşit özel dijital veri tabanıdır. Veri tabanında, X, Y, Z (enlem, boylam ve yükseklik) koordinatları, ile birlikte posta kodları veya karayolu vb. isimler kullanılabilir. Bir CBS, aşağıdaki kısımlardan oluşur;

- Veri girişi için haritalar, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri ve diğer kaynaklar
- Veri saklanması, geriye çağırılması ve sorgulama
- Veri transformasyonu, çözümlemesi ve modelleme
- Veri raporu hazırlama (haritalar, raporlar ve planlar)

5.1.1. Coğrafi bilgi sistemlerinin bileşenleri

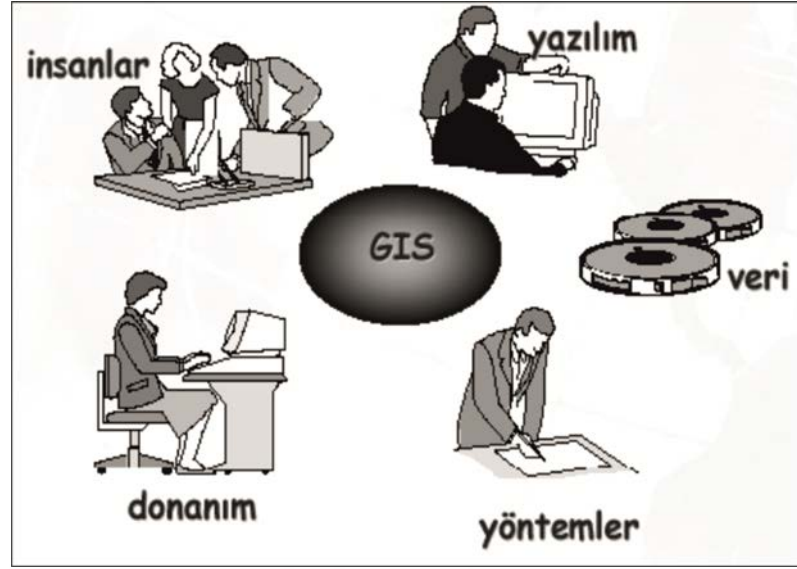
Bir CBS çalışmasının beş önemli bileşeni vardır (Şekil 5.1); donanım, yazılım, veri, kullanıcılar ve yöntemler (ESRI, 2004).

Donanım, CBS işlemlerini yürütecek olan bilgisayardır. Günümüzde, CBS yazılımları, sistemin durumuna göre (ağ ya da tek bilgisayar) çeşitli donanımlarda çalışır.

Yazılım, CBS yazılımları coğrafi bilgiyi saklamak, çözümlemek ve görüntülemek için bazı fonksiyonlara ve araçlara gereksinim duyar.

Önemli yazılım bileşenleri;

- Coğrafi bilginin girişi ve işlenmesi için araçlar
- Bir veri tabanı yönetim sistemi
- Coğrafi sorgulama, analiz ve gösteri için araçlar
- Araçlara kolay erişim için bir grafik kullanıcı ara birimi olarak bilinmektedir.



Şekil 5.1. Bir CBS çalışmasının bileşenleri (ESRI, 2004)

Veri, CBS' nin en önemli bileşeni verilerdir. Coğrafi veriler ve ilişkili veriler araziden ölçülebilir veya veri sağlayıcı ticari şirketlerden satın alınabilir. Bir CBS uzaysal verileri (konum) dikkate alan veri tabanı yönetim sistemi olarak kullanabilir.

Kullanıcılar, CBS teknolojisi, sistemi yönetecek, problemleri uygulayacak ve planları geliştirecek kişiler olmadan çalışamaz.

Yöntemler, bir CBS sisteminin başarısı, problem tipine göre iyi tasarlanmış plana ve iş kurallarına bağlıdır (ESRI, 2004).

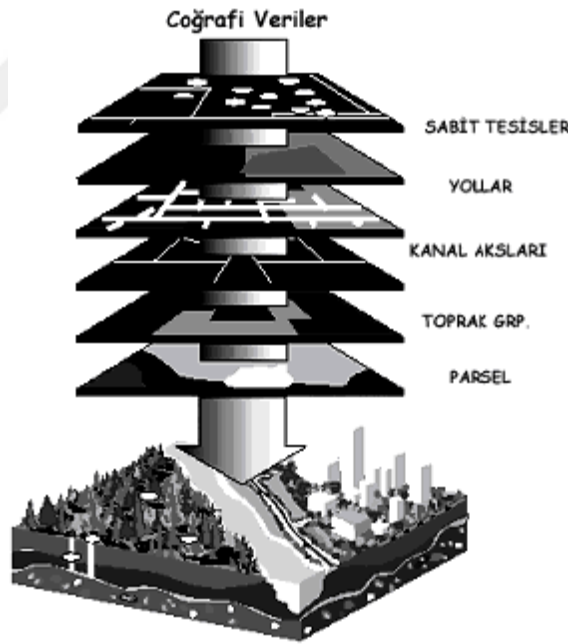
Mevcut haritalar, arazi verileri ve sensör ölçümleri, sayısallaştırıcı (digitizer), bilgisayar dosyaları, tarayıcılar ve diğer manyetik ortamlar vasıtasıyla veri girişi sağlanır. Uygun veriler bir program yardımıyla (genellikle paket programlar ESRI, Nercad ve Intergraph gibi) coğrafi veri tabanı oluşturulur. Oluşturulan veri tabanı sorgulamaya tabi tutulur.

Bilginin veri tabanında saklanma şekli sorun yaratabilir. Maguire ve diğ., 1993 yılında yaptıkları bir çalışmada üç muhtemel çözüm önermişlerdir. Bunlardan ilki, öznitelik verilerinde bir değişiklik olduğunda veri tabanında yeni bir düğüm noktası oluşturulmasıdır. Bu durum, veri tabanı tablolarında fazlalık oluşmasına neden olur. İkinci yöntem, her bir farklı tabakada öznitelik değişimi olduğunda düğüm noktası ile birden fazla tabaka üretmektir. Bu coğrafi veritabanında aynı nesne için birden çok kopya oluşturularak fazlalığa sebep olabilir. Son çözüm ise, dinamik ayrıştırma

olarak bilinir ve Fletcher tarafından 1987’ de ortaya atılmıştır. Burada nesneler için sadece bir kopya saklanır, fakat öznitelik verilerinin farklı setleri haritalanır veya lineer referans sistemi kullanılarak analitik işlemlerde kullanılır (Longley ve diğ., 1999).

CBS ’nin en önemli bileşeni, veri tabanıdır ve uzun sürede hazırlanır. CBS’de kullanılan veri tabanının konuma bağlı olması onu farklı kılar. Veri tabanında iki türlü veri olabilir:

Grafik veriler, genellikle katmanlar şeklinde, aynı konumu dikkate alan ve işlevsel olarak ilişkili harita elemanlarıdır. Örneğin bir ulaştırma planlaması için, otobüs yolları, topoğrafik harita, alışveriş merkezleri, mevcut yollar vb. Bu veriler, mevcut haritalar sayısallaştırılarak elde edilebilir. Eğer mevcut harita yoksa hava fotoğrafları sayısallaştırılarak da sayısal haritalar elde edilebilir. Eğer, yerleşim yerleri gibi önemli etkenler varsa, bu takdirde uydu görüntülerinden yararlanılabilir.

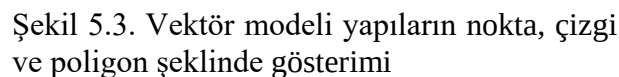


Şekil 5.2. CBS’ de coğrafi veriler

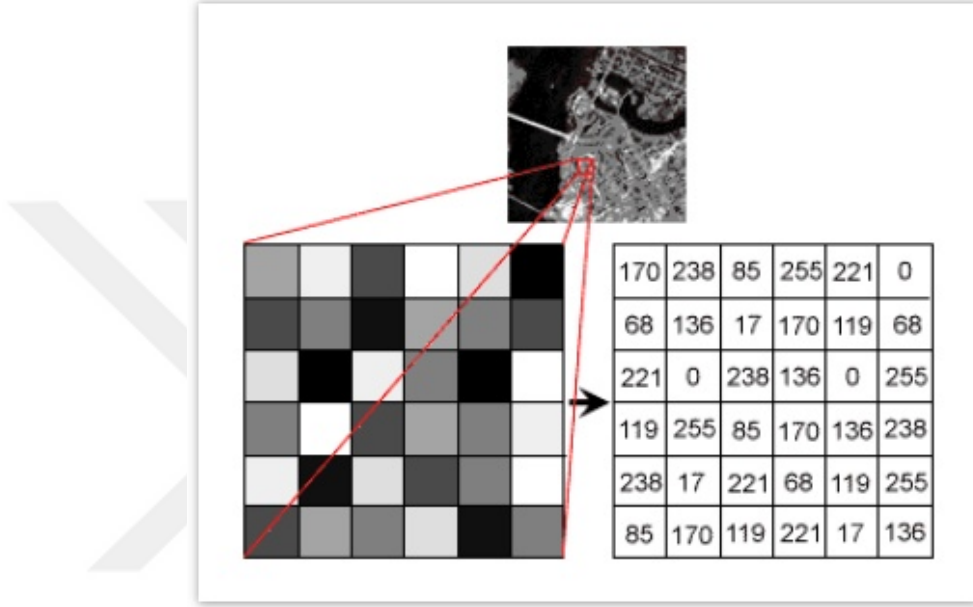
Grafik olmayan veriler, konuma bağlı olmayan ve özellikleri gösteren bilgilerdir. Örneğin belli bir karayoluna ait trafik hacmi, şerit sayısı, şerit genişliği gibi. Konum bilgisi, sayısallaştırılarak veya taranarak alınabilir. CBS için taranan veriler, genellikle vektörize edilmelidir ve bu nedenle tarama detaylı mühendislik işleri yerine genel planlama işlerinde kullanılır. Global Konum Belirleme Sistemi (Global

5.1.2. Coğrafi bilgi sistemlerinin çalışma şekli

CBS' nin yeryüzündeki herhangi bir noktanın yerini açık ve eksiksiz görebilmek için koordinat sistemi gibi bir sistemi vardır. Bu sisteme coğrafi kodlama adı verilir. Bu şekilde analiz gereken yerler belirlenebilir. Coğrafi kodlama vektör ve raster modeller olarak ikiye ayrılır. Vektör modelde çalışılan alanlar nokta, çizgi ve poligon sembolleriyle gösterilir (Şekil 5.3). Nokta sembolü ile gösterilen bir taş ocağı, poligon sembolü ile gösterilen bir formasyon, çizgi sembolü ile gösterilen bir fay hattı vektör modeli ile gösterilir.



Vektör model birbirinden farklı veriler için uygundur fakat değişkenlik gösteren coğrafi özellikler için yeterli değildir. Böyle durumlarda ‘raster’ modeli kullanılmaktadır (Şekil 5.4). Raster modelde veriler harita veya resim şeklinde saklanır. CBS, aynı anda iki modeli de kullanma imkanı sağlamaktadır. Raster ve vektör modelinde kendine ait kullanım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kullanıcı ihtiyacına göre modellerden aynı anda istediği kadar faydalanabilir.



Şekil 5.4. Raster modeli, piksellerle temsil edilen mekânsal veriler

5.1.3. Coğrafi bilgi sistemlerinin avantajları

CBS, son sözü söylemede kolaylıklar sağlamaktadır. Çünkü haritalarla görsel veri elde etmek mümkündür. Çok fazla sayıda senaryo üreterek, önemli olan etkenler belirlenebilir. Ayrıca grafik üzerinde imleç konumlandırıldığında o noktaya ait veri tabanı (mevcutsa) kullanıcıya gösterilebilir.

Veriler sürekli güncellenebilir ve başka kuruluşlarla paylaşılabilir. Bu durum, kuruluşlarda işlerin tek seferde açık bir şekilde yapılmasını sağlar. Böylece personel sayısı ve maliyet azalırken üretim hızı ve kalite artmaktadır.

5.1.4. CBS ile agrega potansiyel alan belirleme

Maden aramalarında, yatakların bulunması için çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemler; jeolojik haritalar, uydu görüntüleri, jeofizik ölçümler gibi verilerden oluşur. Tüm bu verileri bir araya getiren ve önemli bir sonuç almak için en iyi yöntem coğrafi bilgi sistemleridir. CBS, görüntü ve jeofiziksel veriyi işlemek için başka özel programlarla kolayca entegre olabilir. Uydu görüntüsü veya jeofizik görüntüler gibi raster görüntüleri CBS’de görüntülenebilir ve jeoloji, faylar ve jeokimyasal numuneler gibi vektör veriler ile üzerlenebilir.

5.2. Uzaktan Algılama (UA)

Uzaktan Algılama, temas olmadan, algılayıcı vasıtasıyla yeryüzü ile ilgili bilgi edinmeyi sağlayan bilimdir. Uzaktan Algılama teknolojileri yeryüzünden gelen ve yayılan enerjinin algılanması, kaydedilmesi, elde edilen materyalin işlenmesi ve analiz edilmesinde kullanılır.

Havadan uzaktan algılama 19. yüzyılın sonlarında 20. yüzyılın başlarında, fotoğrafın ve uçağın keşfi ile uzaktan algılama teknolojisinin kullanımından daha önce, ortaya çıkmıştır. Uçağın keşfinden önce kısa bir süre balonlar, uçurtmalar ve hatta göğüslerinde otomatik kameralar taşıyan güvercinler hava fotoğrafı çekiminde kullanılmıştır. Hava fotoğrafları ilk olarak askeri amaçlar ve haritacılık işlerinde değerlendirilmiştir. I. ve özellikle II. Dünya Savaşlarında uçak ve hava fotoğrafı çekimi alanında sağlanan teknolojik gelişmeler, fotoğrafların kullanım alanlarının sayısını da genişletmiştir.

Yeryüzü ile ilgili çalışmalar yapılırken kullanılan bilginin doğruluk payı başarıyı doğrudan etkileyen bir faktördür. Ayrıca kullanılan bilginin elde edilirken harcanan zaman ve maliyet de başarıyı tamamlar. Bu yüzden uzaktan algılama teknolojileri kazandırdığı önemli avantajlar ile yeryüzü ile ilgili yapılan birçok çalışmada aktif olarak kullanılan önemli bir veri kaynağı konumundadır. Uzaktan algılama teknikleri için yer, hava ve uydu platformlarından yararlanır. Uzaktan algılama tekniği ile yeryüzünün farklı konumsal, spektral, radyometrik ve zamansal çözünürlüklerde görüntülenmesi ve izlenmesi mümkündür. Bu durum kullanıcılara strateji belirleme ve zamanında karar verebilme olanağı sunar. Uydu görüntüleri farklı amaçlarla

kullanılabilmekte ve aynı bölgede farklı ölçeklerde çalışmaların aynı zamanda yapılabilmesine olanak sağlamaktadır. Yeryüzünün düzenli olarak izlenmesi, kontrolü ve ulaşımı zor coğrafi bölgelerde çalışabilme imkanı uzaktan algılama teknolojisinin diğer önemli avantajları olarak sıralanabilir (Kavzoğlu ve diğ., 2011).

5.2.1. Uzaktan algılama sistemlerinin elemanları

Tüm sınıflamalardan bağımsız olarak her uzaktan algılama sisteminin içerdiği 7 temel aşama vardır;

- Enerji kaynağı uzaktan algılamanın en temel elemanıdır ve bilgi sağlanacak nesnelere gönderilmek üzere elektromanyetik enerji sağlar.
- Kaynaktan çıkan enerji yeryüzündeki nesnelere ve geri yansıyarak sensörlere ulaşırken atmosferle sürekli etkileşim içinde bulunur.
- Elektromanyetik enerjinin yeryüzündeki nesnelerle girdiği etkileşim ve geri yansıması sonucu edinilen bilgiler bize nesnelerin yapısı hakkında bilgi sağlarlar.
- Sensörler yeryüzündeki nesnelerden yansıma, absorbe edilme ve aktarılma sonrasında geri gelen elektromanyetik enerjiyi kaydederler.
- Kaydedilen veriler bir yer istasyonuna sayısal olarak işlenmek ve görüntüye dönüştürülmek üzere gönderilirler.
- Elde edilen görüntüler belli bir amaç doğrultusunda bilgi elde etmek için görsel olarak veya bilgisayar destekli görüntü analiz yazılımlarıyla analiz edilir ve yorumlanır.
- Son aşamada ise analizler ve yorumlamalar kullanılarak yeni bilgiler üretilmiş veya bir sorun çözüme kavuşturulmuş olur.

5.2.2. Kullanılan platformlara göre UA çeşitleri

Yerden ışın yansıtan nesnelerin yaydığı ışını algılamak için geliştiren cihazlara "algılayıcı" diyoruz. Algılayıcılar bir de bulundukları yani yerleştikleri yere göre ayrılmaktadırlar. Bunlar yer, hava ve uzay olmak üzere 3 başlıkta incelenir.

5.2.2.1. Yer esaslı algılayıcılar

Yer esaslı algılayıcılar ayrıntılı bilgi edinmek için kullanılır. Görüntü aldıkları alan oldukça küçüktür. Mekansal çözünürlük ise yüksektir. Genel olarak vinçlere takılırlar.

5.2.2.2. Hava esaslı algılayıcılar

Bu tiplerde radyometrelerin uçaklara takılmasıyla elde edilirler. Bu tür algılayıcılar daha çok 2. dünya savaşı sırasında geliştirilip kullanılmıştır. Bu cihazlar yardımıyla düşmanın yerini tespit eden diğer güç nokta atışı yaparak düşmanın mevzilerini yok edebiliyordu. Ancak günümüzde bu cihazların yerini daha modern ve gelişmiş cihazlar almıştır.

5.2.2.3. Uzay esaslı algılayıcılar

Bu tip algılayıcılar ise radyometrelerin uzay araçlarına yerleştirilmesiyle oluşturulurlar. Bunlara uydu adı verilir.

5.2.3. Kullanılan enerjiye göre UA çeşitleri

Uzaktan algılamanın temelini oluşturan esas olay algılamadır. Algılayıcıların tipine göre sınıflandırılır. Uydular algılama tekniğinde kullandıkları enerji kaynaklarına göre aktif algılama ve pasif algılama olmak üzere ikiye ayrılırlar (Şekil 5.5).

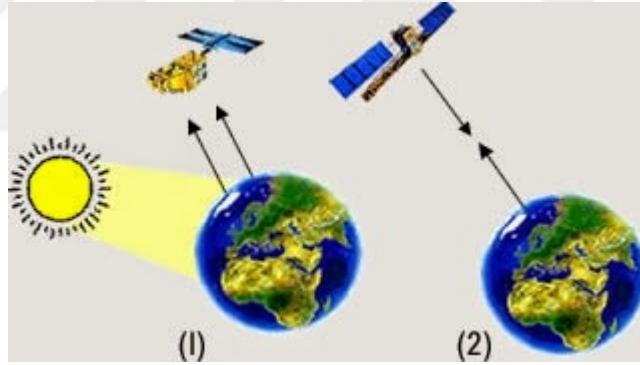
5.2.3.1. Pasif algılama

Pasif algılama başka bir kaynaktan gelen ışınların nesnelere çarpıp uyduya ulaşmasıyla oluşan algılama yöntemidir. Bu yöntemde gece ve gündüz olması başarıyı direk etkileyeceği gibi meteorolojik etkenler de etki eder. Bu tip algılama yapan algılayıcılar güneşin gönderdiği ışınlar aracılığıyla yansıyan nesnenin ışınlarını ölçerler. Bu tip algılayıcıların önemli iki özeliği vardır. İlk olarak sadece güneş varlığında algılama yaparlar, hava bulutlu ise algılama yapamazlar. İkinci önemli özeliği de maliyetsiz enerji kullanmaları ve bu sayede enerji tasarrufu sağlamaktadırlar. Ayrıca bu sistemler gündüz hava açıkken yansıyan tüm nesne görüntülerini algırlar. Ancak algılanan bu görüntüler saklanma maliyeti yüksek

olduğundan depolanamaz. Bu yüzden talep üzerine görüntü alınır ve kaydedilir böylece maliyet düşürülmüş olur.

5.2.3.2. Aktif algılama

Aktif algılama ise uydunun kendi kaynakları ile yaptığı algılamadır. Bu yöntemde gece gündüz olması veya meteorolojik etkenler çok önemli değildir. Bu tip algılayıcılar güneş enerjisine ihtiyaç duymazlar kendi ışınlarını kendileri gönderir ve tekrar geri almak suretiyle görüntü üretirler. Bu tür cihazlar çok fazla enerjiye ihtiyaç duyarlar. Ömürleri de kendilerine depolanan enerji kadardır. Bu tür sistemler gece gündüz demeden devamlı görüntü alma yeteneğine sahiptirler. Bu yüzden cisimleri siyah beyaz olarak algırlarlar. Trafik polislerini kullandığı radarlar da aktif algılayıcılara iyi bir örnektir. Bu tür uyduların her zaman % 10 yanılma payları vardır, bu da trafikte istenmeyen durumların ortaya çıkmasına neden olabildiği gibi profesyonel çalışmalar içinde sorun teşkil edebilmektedir.



Şekil 5.5. Uzaktan algılama uydularının enerji kaynaklarını kullanmalarına göre çalışma yöntemleri (1) Pasif algılama, (2) Aktif algılama

5.2.4. Uzaktan algılama uygulama alanları

Genel olarak uzaktan algılama uygulama alanları, bütünüyle yeryüzüne ait bilgilerin değerlendirilmesi ile ilgilidir. Nitekim uzaya gönderilen çeşitli uydular vasıtasıyla yeryüzü hakkında oldukça kapsamlı bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda problem belirlenmiş ve çeşitli çözümler üretilmeye çalışılmıştır. Uzaktan algılama teknikleri ile haritacılık, hidroloji, tarım, jeoloji, maden, ormancılık, çevre, şehircilik faaliyetleri ve diğer pek çok alanda ortaya çıkan problemler belirlenebilmekte ve gerekli çalışmalar yapılmaktadır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1. Temel alanlarda konuma dayalı problemlerin çözümünde UA'nın rolü (Kavzoğlu ve diğ., 2011)

Problem Alanı	Uzaktan Algılama
Haritacılık	Sayısal arazi modellerinin üretilmesi, yeryüzü deformasyonlarının izlenmesi, topoğrafik harita üretimi
Hidroloji	Su kalitesi analizleri, Su kirliliği izleme, Sel haritalaması ve izleme, Kar dağılımını ve miktarını belirleme, Buz erimesi ve buz hareketi gözlem, Gemi atıklarını izleme
Tarım	Arazi kullanımının belirlenmesi, Bitki tipini ayırma, Ürün çeşitliliğinin belirlenmesi, Bitki canlılığının izlenmesi, Bitki gelişimini izleme, Rekolte tahmini, Toprak nemi ve türünü belirleme
Jeoloji-maden	Jeolojik yapı araştırmaları, Fay, çizgisellik ve kırıkların tanımlanması, Jeotermal araştırmalar, Deprem araştırmaları, Volkanik araştırma çalışmaları ve izleme, Maden ve yeryüzü kaynaklarının aranması, Petrol aramaları, Kayaç tiplerinin tespiti, Petrol sızıntılarının tespiti
Ormancılık	Orman türlerinin haritalanması; Ağaç hastalıklarının izlenmesi; Ormansızlaşma ve çölleşme izleme; Kereste üretimi tahmini ve planlaması; Orman yangınlarının izlenmesi
Çevre	Ekolojik gelişmelerin sürekli ve geniş, ölçekte izlenmesi, Arazi örtüsü veya kullanımının haritalanması, Akarsu, deniz ve göl su kirliliklerinin belirlenmesi, Kıyı alanlarındaki değişimlerin izlenmesi, Sanayi alanları ve çevresindeki değişimlerin izlenmesi, Orman alanlarındaki değişimin izlenmesi
Şehircilik Faaliyetleri	Arazi örtüsü ve kullanımının belirlenmesi, Şehirleşmedeki gelişimin izlenmesi, Zaman içinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, Altyapı çalışmaları, Kaçak yapılaşmanın tespiti, Planlama çalışmaları, Sayısal yükseklik modeli üretimi

5.2.5. Uzaktan algılama ile agrega potansiyel alan belirleme

Uzaktan algılama, elektromanyetik spektrumun morötesi ışınları ile mikro dalga ışınları arasındaki bölümünden yararlanarak, havadan ve uzaydan cisimlerin özelliklerini kaydetme ve inceleme tekniğidir.

Maden yatakları aramalarında uygulanan uzaktan algılama, kuram olarak çekilen yer fotoğraflarının, manyetik kayıtlarının yorumuna dayanır. Önce yeryüzünün yansıyan güneş ışınları veya gönderilen ve yansıyan radar, lazer ve mikro dalga sinyalleri kodlanarak kaydedilirler. Daha sonra bunlar fotoğrafçılık teknikleri ile işlenerek görüntü ve fotoğraf haline getirilirler. Örneğin, koyu bir gabro, açık bir granitten, cevherli zonlar yan kayaçtan ve tektonik yapılar ayırt edilebilmektedir (Çelebi, 2007).

Bazı endüstriyel hammaddeleri gerek geniş alan kapladıkları için gerekse arazide gözle ayırt edilemedikleri için, uydu görüntülerinde tanımak mümkündür. Kil, bor, zeolit, agrega, kireçtaşı vs. gibi yataklar bunlara örnek olarak gösterilebilir. Bu tür madenleri ararken kullanılan görüntü işleme yöntemleri, litoloji ayırımında kullanılan yöntemlerin benzeri olup kullanılacak veya işlenecek bantlar seçilirken yine aranan minerallerin spektrasına bakmak gerekir.

Foto jeolojideki gelişmelerle maden yatakları arama olanakları büyük ölçüde özel kişilerin elinden alınmış bulunmaktadır. Ayrıca bir sahada maden aramak için ruhsat almayı ve masraf yapmayı gereksiz kılarak binlerce kilometrekarelik alanın haritasının çıkarılmasını sağlamaktadır. Bu aşamada ancak jeolojik ön araştırmalarda, geniş ve ulaşılması zor, çıplak bölgelerin yapısının, kayaç ilişkilerinin incelenmesinde veya ümitli sahaların sınırlandırılmasında faydalanılan uzaktan algılama, geleceğin maden arama yöntemlerinden sayılmaktadır. Bu yöntemle elde edilen haritalar bazen yerden yapılan haritalardan daha mükemmel olabilmektedir.

Endüstriyel minerallerin ortaya çıkarılması amacıyla uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri birlikte kullanılabilir. Kum ve çakıl yatakları; yüzeylemiş kayaçlar ve toprak, içerisindeki, silis içeriği, gece ve gündüz sıcaklık, değişimlerinden yararlanılarak multispektral termal kızılötesi spektral bantlar yardımıyla haritalanabilir. Kil, jips ve sülfür yataklarının yeryüzündeki oluşumları Landsat TM

görüntüleriyle; fosfatlar ise termal kızılötesi spektral bantlar' yardımıyla haritalanabilir. Zeolitler, kalsit, dolomit ve serisit ise hiperspektral algılayıcılar yardımıyla haritalanması mümkündür. Endüstriyel madenlerin çıkarıldığı, taş ocağı işletmeleri içinse dijital fotogrametri yöntemlerinden, faydalanmak daha yararlı olacaktır (Kavak, 1998).

5.3. Jeoloji Çalışmaları

Maden yataklarının aramalarında kullanılan jeolojik incelemeler, uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının değerlendirme sonuçlarını, arazi ile elde edilen jeolojik-tektonik haritaları, petrografik tayinleri ve maden yatakları çalışmalarını kapsar. Ayrıca bir dizi laboratuvar çalışması yapılır. Yapılan bu tür çalışmalarla yatak şekilleri ve büyüklükleri ile cevher dağılımları belirlenir ve böylece prospeksiyon yöntemlerinin seçimi için bazı önemli bilgiler elde edilir. Arazi çalışma yöntemi, ulaşılması istenen amaca, bölge hakkındaki mevcut bilgilere, eldeki malzemelere, yersel jeolojik ve yapısal imkanlara göre belirlenir.

5.3.1. Arazi çalışmaları ve örnek alma

Yüzey araştırma yöntemleri, bölgesel haritalamada kullanılan yöntemlerden daha ayrıntılıdır. Harcanan güç ve bunun sonucu olarak elde edilecek yararlar, yatağın şekline ve doğal kaynakların oluşum tipine bağlı olmasına karşın doğru ve kesin haritalama burada temeldir. Sözü edilenler basit saha yöntemleriyle incelenir ve laboratuvarda kimyasal ve fiziksel özelliklerinin saptanmasına olanak sağlamak amacıyla sık aralıklarla örnekler alınır. Maden ocakları ve yarmalar kum ve çakılın tanımlanması ve örnek alınması için yapay yüzeylemeler oluşturur. Bazı kumlu yataklarda el burgusu ile bilgi edinilebilir.

5.3.2. Sondaj

Kumlu yataklardaki sondaj delikleri için yüzey örtüsünü delici (shell and auger rings) takımlar kullanılır. Bu yöntem sulu ve susuz kullanılabilir. Güvenilirliği çoktur fakat yavaş ilerler. Daha hızlı sonuçlar kamyonu monte edilmiş mekanik burgu (auger) ile sağlanabilir. Çakıllı düzeylerin araştırılmasında mekanik bir kazıcının sondaja göre

daha uygun olmasına karşın, büyük çaplı yüzey örtüsünü delici takımlar (shell and auger rings) da kullanılabilir.

Sert kayalarda sığ sondajlar karot şeklinde örnek alınmasında yararlı olurlar. Artan derinlikle örneklerin kalitesinde düşme görülmüyorsa daha derin sondajlara gereksinim duyulur. Sert kayalara giriş bir dizi sondajı gerektirebilir. Bunlardan taş ocaklarda kullanılanlar; darbeli, delik boyunca döner darbeli, rotary veya kırıntı örnekli sondajlardır.

5.4. Jeofizik Yöntemler

Yerkürenin çok derin yapısının araştırılmasında kullanılan jeofizik özellikler ve yöntemler insanoğlunun ulaşabileceği derinliklerde yer alan doğal kaynakların veya bazı sığ jeolojik yapıların incelenmesi amacı ile de kullanılabilir. Yer yüzeyi üzerinde veya yakınında yapılan ölçümlerden kayaların yoğunluk, elastik dalga hızı ve elektrik öz direnci gibi birçok fiziksel özelliklerin yanal ve düşey yönde nasıl değiştiği ve bunun nasıl bir jeolojik yapıya karşı geldiği saptanabilir.

Jeofizik arama yöntemlerinin çalışma ilkeleri örtülü veya yüzlek (mostra) veren mineral hammaddenin saptanabilecek fiziksel özelliklerinin güvenilir bir duyarlılıkla ölçülmesine dayanır. Fotojeolojide sadece uzaydan veya havadan veri sağlanırken, jeofizik yöntemleriyle hem havadan (uçaktan, airborne geophysics), hem de yerden (car borne geophysics) ve sondajlardan yapılabilmektedir. Uydularla jeofizik yöntemlerinin geniş bölgelerden yerel incelemelere kadar uygulanmaları ve hızlı sonuçların alınması mümkündür (Çelebi, 2007).

Genellikle 1900'lerden sonra geliştirilen çeşitli jeofizik yöntemlerde incelenen fiziksel özelliğe bağlı olarak farklı değişkenler ölçülür ve buna bağlı bir kuramsal çözüm geliştirilir. Gerçekte kayaların fiziksel özellikleri çok çeşitli olabildiğinden çok farklı sayı ve türde yöntem geliştirilebilir. Ancak ölçümlerin iyi bir değerlendirilmesinin yapılabilmesi için, yürütülen araştırmanın amacına ve yerine bağlı olarak bu yöntemlerin genellikle birkaç tanesi bir arada ve özellikle jeolojik çalışmalarla birlikte yürütülmelidir.

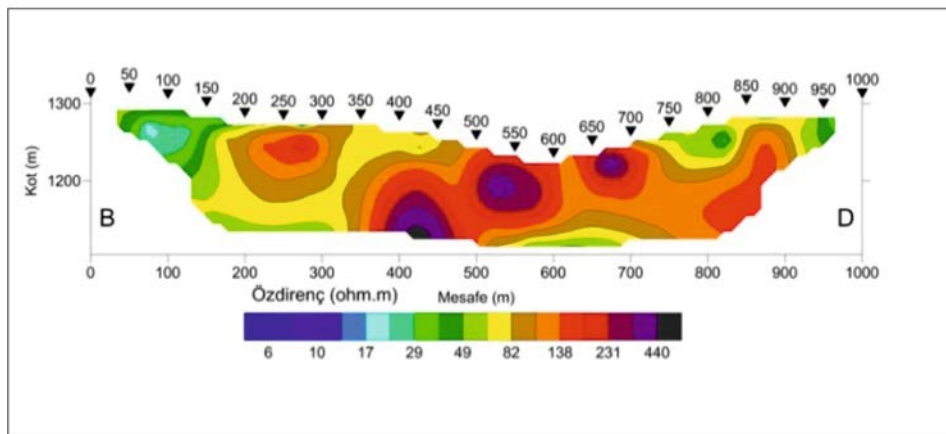
5.4.1. Elektrik özdirenç (rezistivite) yöntemi

Özdirenç (rezistivite) yöntemi olarak da bilinen düşey elektrik sondajı (DES) yöntemi, arama jeofiziğinde kullanılan başlıca jeofizik yöntemlerdendir. Bu yöntemde amaç, yer içinin jeolojik yapısını, elektrik özelliğine (özdirenç) göre haritalamaktır. Yöntem, maden, mineral, jeotermal enerji kaynağı ve petrol aramaları ile hidrojeoloji ve mühendislik jeolojisi problemlerinin çözümünde kullanılır.

5.4.2. Elektrik özdirenç (tomografi) yöntemi

Elektrik özdirenç çalışmalarında yanal ve düşey yönde özdirenç değişiminin saptanması amacıyla uygulanan elektrik tomografi yöntemi ile yeraltı yapılarının saptanmasında 2 ve 3 boyutlu olarak modellenmesi ile çözümler üretmektedir (Şekil 5.6). Kum ve çakıl çökelleri ile ilgili olarak rezistivite yöntemi, iri taneli kum ve çakılın derinliğini ve yanal boyutunu tespit eder.

Elektrik tomografi çalışmaları 2 ve 3 boyutlu olarak fay araştırmaları, arkeolojik yapıların tespiti, dolgu alanlarının ve heyelan potansiyeli olan alanların belirlenmesi, kömür gibi maden ve endüstriyel hammadde kaynaklarının hatlarının saptanması, yeraltı suyu tespitinde, jeotermal saha aramalarında ve çeşitli jeolojik sorunların saptanmasında kullanılmaktadır.

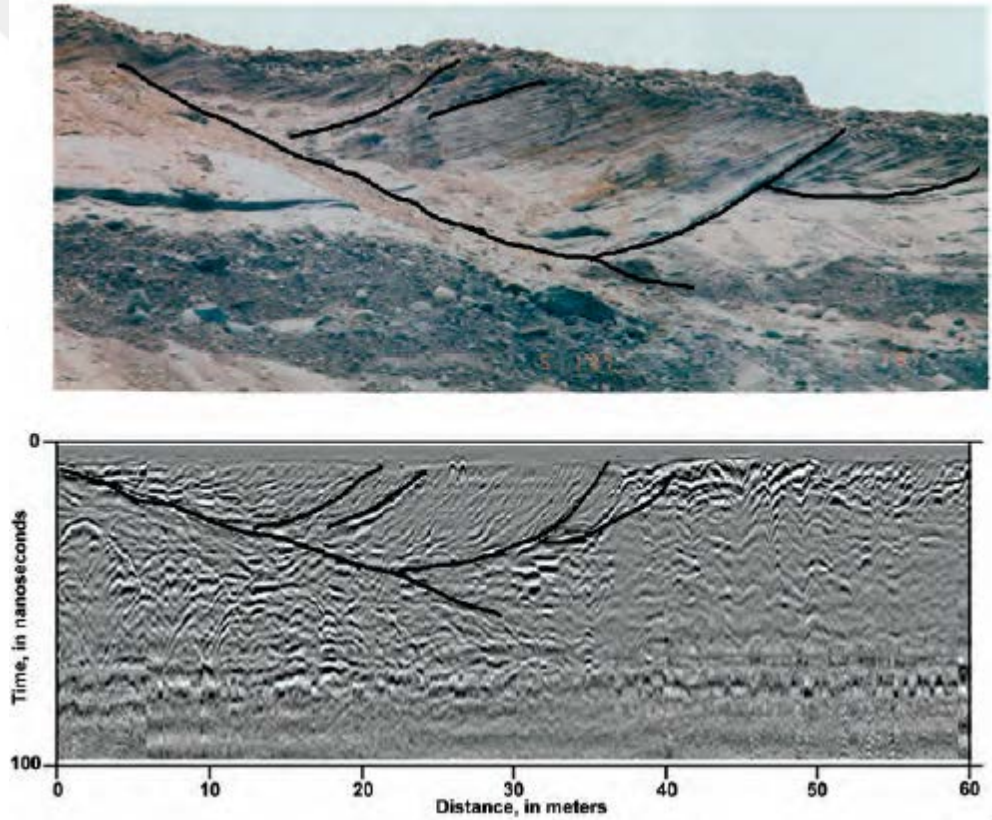


Şekil 5.6. Çok elektrotlu direnç verileri için özdirenç modellerinin yorumlanması

5.4.3. Yer radarı (GPR) yöntemi

GPR, zeminde yüksek frekanslı elektromanyetik enerjinin yayılımına bağlı olan elektromanyetik yöntemdir (Şekil 5.7). GPR, kum ve çakıl yataklarını belirlemede genellikle kullanılmaz fakat diğer jeofizik yöntemlerle karşılaştırıldığında daha yüksek çözünürlüğün belirli alanlarda yararlı olabilir.

Yer içinde ilerleyen dalgalar anomali verecek bir nesne ile karşılaştığında yansıma veya saçılmaya uğrayarak tekrar yukarı çıkarlar ve yüzeydeki alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçı yardımı ile zamanın bir fonksiyonu olarak kayıt edilirler. Bu yöntem başlıca yapısal araştırmalarda toprak stratigrafisinin ortaya çıkarılmasında, yüzeye yakın jeolojik birimlerin tespitinde kullanılır.



Şekil 5.7. Aktif kum ve çakıl taş ocağının yakınında toplanan GPR verilerinin yorumlanması

GPR yöntemi genellikle ek jeolojik bilgi bulunmadığı sürece kumla çakılın belirlenmesinde kullanılmaz.

5.4.4. Sismik yöntem

Sismik yöntemler, yeryüzünden yerküresinin merkezine kadar inceleme ve araştırma yapabilen jeofizik mühendisliğinin en kapsamlı ve en yaygın kullanılan yöntemlerinden biridir. Sismik yöntemlerin prensibi, herhangi bir noktada doğal oluşan veya yapay oluşturulan dalganın yayılma başlangıç zamanı ve diğer birçok noktaya varış zamanları arasındaki yol zaman ilişkisinden dalga yayılım hızının saptanarak geçtiği ortamların özelliklerinin açığa çıkarılması esasına dayanır. Sismik yöntem ile stratigrafi, yeraltı yapısı ve özellikleri belirlenebilir.

Sismik yöntemler, kaynaktan yayılan sismik dalgaların takip ettiği ışın yollarına göre sismik kırılma (refraction) ve sismik yansıma (reflection) olmak üzere iki farklı yöntem şeklinde uygulanır.

6. VERİ KATMANLARI

Potansiyel agregâ üretimi için uygun alanların belirlenmesi, CBS ile uyumlu veri setlerini gerekli kılmaktadır. Muhtemel yeni agregâ kaynak alanlarının belirlenmesinde, jeoloji, arazi kullanımı, yükseklik, ana yollara uzaklık ve yerleşim yerlerine uzaklık veri setleri kullanılmıştır. Veri setlerinin ayrıntılı açıklaması aşağıda verilmektedir.

6.1. Jeoloji

Toplam potansiyel agregâ alanlarının belirlenmesi esas olarak uygun kaya litolojilerine bağlıdır. İnceleme alanı içerisinde yer alan formasyonlar ikinci bölümde detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Formasyonların litolojilerinin agregâ potansiyeli için değerlendirilmeye ihtiyacı vardır. Bu bölümde inceleme alanında bulunan formasyonlar ve birimler sınıflandırılmış jeoloji olarak, sedimenter, volkanik ve metamorfik kayâçlardan oluşmakta olup agregâ olabilmesi yönünden incelenmiştir.

Genel olarak, sedimenter, karbonatlı kayâçlardan sert, yoğun kireçtaşı ve dolomitler genelde kırmataş için iyi kaynaklardır ve kırmataş üretiminin yaklaşık % 71'ini oluşturur. Bununla birlikte bazı kireçtaşı ve dolomitler yumuşak ve ufalanabilir olabilir bu da zayıf kaliteli agregâya neden olur. Çört ve çakmaktaşı kırmataş olarak kullanılabilir ancak beton agregâsı olarak kullanıldığında alkali ile kimyasal reaksiyona neden olabilir. Çakıltaşı, breş ve kumtaşı içeren kırıntılı tortul kayâçlar bölgesel olarak kullanılır. Bu kayâçlardan kumtaşı sert ve yoğun olduğunda çoğunlukla kırmataş olarak kullanılır ve bazı bölgelerde önemli bir agregâ kaynağıdır.

Agregâ endüstrisinde volkanik kayâçların belirlenmesi öncelikli olarak kristal boyutu ve rengine dayanır. Volkanik cüruflar kırma taş kaynağı olarak kullanılırlar ancak toplam üretimin sadece % 0,2'sini oluşturur.

Volkanik kayaçlar sıklıkla sert, dayanıklı ve yoğundur bu yüzden mükemmel bir agrega kaynağıdır. Bununla birlikte bazı volkanik kayaçların çok gözenekli olması iyi agrega üretimini kısıtlar. Diğer yüksek silisli volkanik kayaçlar betonda agrega olarak kullanıldığında çimentonun alkali kısmı ile kimyasal reaksiyona girme eğilimindedir. Bazı iri kristalli volkanik kayaçlardaki kırıklar agrega kullanımı için çok düşük dayanıma sebep olabilir. Aynı nedenlerden dolayı bazı lav akışlı kayaçlar, akma bandı içeren, bol çatlaklı, kabarcıklı ve breşleşmiş üyeler içeriyorsa agrega için uygun olmayabilir. Kül veya tuf gibi volkanik malzemeler üst üste birikip ısıyla birlikte sıkışıp sertleşmedikçe agrega olarak kullanılamazlar.

Termal aktiviteyle oluşan kayaçlar haricinde, bölgesel metamorfik kayaların çoğu, fillosilikat minerallerinin (mika) kristalleşmesinden kaynaklanan düzlemsel yapraklanma gösterir. Bu yapraklanma agregada arzu edilmeyen zayıf yönlü düzlemler üretir. Şist agrega olarak az tercih edilir ya da hiç tercih edilmez. Mermer toplam kırmataş üretiminin % 0,34' ünü, sleyt % 0,14' ünü oluşturur. Metamorfik kuvarsitler fiziksel olarak sedimanter silika-çimentolu kumtaşına benzemektedir ve rapor edilen üretim şekillerinde ikisi ayrılmamıştır. Benzer şekilde agrega üreticileri için gnays iri parçalanmış volkanik kayaçlara benzemektedir.

İnceleme alanı olan Kocaeli bölgesinin güneyi sedimanter, metamorfik ve volkanik kayaçlardan oluşmaktadır (Ek-A). Ana kaya potansiyel haritasında jeolojik formasyon ve birimler dört farklı kategoride sınıflandırılmıştır. Litoloji tipine dayanan bu kategoriler yüksek, orta, düşük ana kaya potansiyel alanlar ve diğer alanları kapsamaktadır (Ek-B). Bu kategoriler ana kayanın öznitelik potansiyel haritasında sırasıyla 3, 2, 1 ve 0 değerleri verilmiştir (Tablo 6.1). Bölgedeki agrega için en uygun kayaç grupları sert ve sağlam karbonat istifleridir. Bu birimler yüksek kategoriyi oluşturur. Volkaniklerde bulunan andezitler alterasyona uğramış ve kırılmalıdır yapıda olduğu için orta kategoride bulunur. İnceleme alanında bulunan metamorfik kayaç grubundan olan şistler de metamorfizmaya uğradıklarından dolayı orta düzeyde agrega malzemesi olarak sınıflandırılır. Mermerler, inşaat sektöründe kullanılan çok önemli bir malzemedir. Kaplama taşı olarak da kullanılırlar. Kalsit kristallerinden oluşan mermerler, kalsit tanelerinin büyüklüklerine bağlı olarak değerlendirilirler (Esenli, 1996). Alüvyon birimler, zayıf çimentolu veya gevşek karasal çökeller ve aşırı derecede ayrılmış kayalar haritada diğer kategorileri

oluşturmaktadır. Bu sınıflama genel anlamda sadece litoloji türüne dayalı olarak en uygun olandan en az uygun olan agrega kaynaklarını karakterize eder.

İnceleme alanında bulunan Acıelma kireçtaşına ait sert sağlam karbonat istifi yüksek potansiyel alanlardır. Bu birimin içinde kumtaşı, kireçtaşı dolomit ve mermer blokları bulunmaktadır. Formasyon inceleme alanının doğusunda yüzeylenmektedir. Dolomit, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak sanayide, yol inşaatlarında dolgu malzemesi ve beton olarak kullanılır.

Sarıs formasyonunun içinde bulunan bazalt daykları da yüksek potansiyel alanlar olarak belirlenmiştir. Bazalt ince taneli, sert, dayanıklı ve koyu renkli bir volkanik kayaç olan gabro grubundan volkanik kökenli bir kayaçtır. Çok sert ve dayanıklı bir kayaçtır. Temellerde, yol ve köprü gibi yerlerde dolgu malzemesi olarak kullanılır. Homojen yapıya sahip olan bazalt düzgün kırılma yüzeyleri olduğu için yapıtaşları konusunda önemli bir kayaçtır. Sarıs formasyonunun içinde bulunan andezitler alterasyona uğradıkları için orta dereceli potansiyel alanlardır. Birim inceleme alanında kuzeydoğu güneybatı boyunca gözlemlenmektedir. Volkanik kökenli olan andezit çok az kuvars içerir. Kayacın renk, doku ve sertlik açısından uygun olan bazı türlerinden parke taşı, döşeme taşı, kaplama taşı olarak kullanılır. Andezitler alterasyona uğradığında renk, sertlik ve dayanım yönleri ile sorun yaratabilirler.

Bakacak formasyonu Karamürsel'in doğusu ve güneyinde az miktarda yüzeylenir ve bünyesinde filiş ve olistostrom bulundurur. Olistostrom çamur şeklindeki hamur içinde çökel bloklardan oluşur. Bu birimlerin üzerinde serpantinleşmiş ofiyolit blokları vardır. Bu yüzden formasyon orta dereceli potansiyel alanlar olarak belirlenmiştir.

İncebel formasyonu Karamürsel'in kuzey sınırı boyunca görülmektedir. Filiş niteliğinde olan birimde yüzeylenen kumtaşları bol kırıntılı ve seviyeler düşük dereceli potansiyel alanlardır. Birimde kil seviyeleri bulunur fakat dağılgandır bu yüzden bu bölümler düşük potansiyel alanlardır. Kumtaşlarının ince taneli, gri renkli ve silisçe zengin tabakalı olanları parke taşı olarak kullanılmaktadır.

İznik metamorfikleri Başiskele ve Kartepe'nin güneyinde yüzeylenmektedir. Birimde genel olarak kaba kırıntılı çökeller, devamsız kütleler halinde mermer ve rekristalize

kireçtaşı-dolomit ve şist bulunur. Düşük dereceli metamorfizma gösteren kayalar orta dereceli potansiyel alanları oluşturur.

Pamukova metamorfikleri Gölcük batısı ve Karamürsel’de yüzeylenmektedir. Temelini kuvarsitlerin oluşturduğu birimin üzerine 500 m kalınlıkta amfibolit fasiyesinde metamorfizma gösteren volkanik ve piroklastik kayalardan oluşan birim gelir. Bünyesinde granitik çakıllar bulunduran formasyon orta dereceli potansiyel alan olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.1. İnceleme alanının formasyonlara göre agrega potansiyelleri

Formasyonlar	Litoloji	Potansiyel Alan Sınıfı	Potansiyel Alan Derecesi
Su	-	Diğer alanlar	0
	Yamaç molozu	Diğer alanlar	0
	Alüvyon	Diğer alanlar	0
Aslanbey Formasyonu	Kiltaşı, silttaşı	Düşük	1
İncebel Formasyonu	Kiltaşı	Düşük	1
Sarısu Formasyonu	Andezit, tuf	Orta	2
İncebel Formasyonu	Kumtaşı	Orta	2
Bakacak Formasyonu	Filiş	Orta	2
İznik Metamorfikleri	Şist	Orta	2
Pamukova Metamorfikleri	Amfibolit, şist	Orta	2
Acıelma Formasyonu	Kireçtaşı, dolomit, kumtaşı	Yüksek	3
Sarısu Formasyonu	Bazalt	Yüksek	3

Aslanbey formasyonu Gölcük, Başiskele ve Kartepe’nin kuzeyi boyunca doğu batı yönlü, Karamürsel’in ise güneyinde yüzeylenmektedir. Formasyonda en yaygın birim kumtaşıdır. Bunun yanında silttaşı, kiltaşı ve konglomera ardalanması bulunur.

Formasyondaki çakıllar andezitten oluşmuştur. Alterasyon yoğundur bu yüzden düşük potansiyel alan olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanında alüvyon, yamaç molozu ve su ise diğer alanlar olarak ayrılmıştır.

6.2. Arazi Kullanımı

Arazi kullanım kabiliyeti sınıfı (AKKS) bilgileri Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin illeri için hazırlanan toprak haritalarında bulunan önemli bilgilerden birisidir. Türkiye'de var olan araziler 8 sınıftan oluşmaktadır (Alparslan, 2004). İnceleme alanında ise I, III, V ve VI. sınıf araziler bulunmaktadır. I. sınıf araziler yerleşim merkezi, tarım ve sanayi alanı, III. sınıf araziler az yoğunluklu yerleşim, tarım ve sanayi alanı, V. sınıf araziler az nüfuslu yerleşim, bağ, bahçe ve çayır alanları, VI. sınıf araziler ise orman, çayır ve mera alanları olarak tanımlanır.

Kocaeli güneyinin arazi kullanımını agrega potansiyeli açısından değerlendirirken işletim yapılabilecek ocakların bulunacağı yerler önemlidir. Agregat ocaklarının işletildiği alanlarda çevresel kirlilik ve patlatma sonucu arazide meydana gelebilecek toprak kayması, kaya düşmesi gibi olumsuzluklara maruz kalınabilir. Bunları önlemek için arazi kullanım durumları incelenerek en uygun bölgelerde işletme açılır. Ocakların bulunacağı yerler bakımından en az uygun olan yerler yerleşim merkezleri, kültürel ve sanayi alanlarıdır. En uygun olacağı yerler ise orman, çayır ve mera gibi alanlardır. İnceleme alanında arazi kullanımına göre potansiyel olabilecek alanlar hazırlanan haritada sınıflandırılmıştır.

Yapılan çalışmada arazi kullanım sınıflarına Tablo 6.2'de 1'den 4'e kadar sayı atanmıştır. Sınıf 1 en az uygun arazi kullanımını gösterirken sınıf 4 agrega üretimi için en çok uygun olan alanları belirtir. En az uygun olan alanlar yerleşim, tarım ve sanayi alanları gösterirken, en uygun alanlar ise orman, çayır ve mera alanlarından oluşur (Ek-C).

Tablo 6.2. Arazi sınıflarına göre agrega potansiyelleri

Arazi Sınıfı	Arazi Durumu	Potansiyel Alan Olma Uygunluk Derecesi
I. sınıf arazi	Yerleşim, tarım, sanayi	1
III. sınıf arazi	Az yoğun yerleşim, tarım, sanayi	2
V. sınıf arazi	Az nüfuslu yerleşim, bağ, bahçe, çayır	3
VI. sınıf arazi	Orman, çayır, mera	4

Bölgede en çok VI. sınıf araziler bulunmaktadır. Kartepe, Başiskele, Gölcük'ün güneyi ve Karamürsel'in doğusunda büyük bir alanı kapsamaktadır. En az ise V. Sınıf araziler bulunmaktadır. Bunlar, Kartepe ve Karamürsel'in kuzeydoğusunda bulunan arazilerdir.

6.3. Yol Durumu

Kocaeli bir sanayi kenti olması, İstanbul-Ankara arasında bir geçiş yolu olması sebebiyle yolları geliştirmiştir. Gelişen bu yollar beraberinde ekonomiyi de canlandırmıştır. Potansiyel agrega alanlarının ana yollarına olan uzaklığı önemlidir. Agreganın ocaktan çıkarılıp kullanılacak yere götürülmesi agrega maliyetini belirleyen faktörlerden biridir. Toplam kaynakların ana yollara yakın olması, ürünlerin teslimatı için karayolu ağına kolay erişim imkanı sağladığı için gerekli görülür (Barakat ve diğ., 2016). Doğal agrega ve kırma taş ocakları yerleşim alanı ile beton santrallerinin yakınında olması istenmektedir. Betonun bekleme süresinin sınırlı olması bu santrallerin kullanım alanına yakınlığını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle agrega ve beton taşımacılığı ulaşım hattının belirli bir düzen içinde gerçekleştirilmesi gereklidir. Taşıma maliyetlerinin en aza indirilebileceği ana yollara yakın yerler değerlendirilmelidir. Hazırlanan haritada ana yollara olan uzaklıklar uygunluk derecesine göre sınıflandırılmıştır (Tablo 6.3).

İnceleme alanında iki büyük ana yol bulunmaktadır. Bunlar, TEM ve D-130 karayollarıdır. Ana yollara olan uzaklıklar 0-5 km, 5-10 km 10-15 km, 15-20 km olarak sınıflandırılmıştır (Ek-E). Mevcut kırmataş ocaklarından Kartepe ve civarında bulunan ocaklar TEM otoyolunun güneyinde, Gölcük ve Karamürsel civarında bulunan ocaklar ise D-130 karayolunun güneyinde bulunmaktadır. İnceleme alanında Karamürsel ve Gölcük civarında bulunan ocaklar TEM otoyoluna oldukça uzaktır.

Tablo 6.3. Ana yollara uzaklığın uygunluk durumu

Ana Yollara Uzaklık	Uygunluk Durumu	Uygunluk Derecesi
0-5 km	Çok uygun	4
5-10 km	Uygun	3
10-15 km	Az uygun	2
15-20 km	Uygun değil	1

6.4. Yerleşim Alanlarına Uzaklık

Kocaeli güneyinde yerleşim merkezleri İzmit körfezi kıyı şeridi boyunca yoğundur. Samanlı dağlarından kaynaklanan yükseklik nüfusu kıyı şeritlerine taşımıştır. İnceleme alanında bulunan Gölcük ve Kartepe ilçelerinde nüfus diğerlerine göre daha yoğundur. Yerleşim merkezlerinde nüfus arttıkça agregaya olan ihtiyaç artar. Agreganın değerinin düşmemesi için potansiyel pazara yakın üretilmelidir. Bu yüzden agreganın uzun mesafe taşınması, ürünün genel maliyetini arttırabilir (Leighton, 1991). Bu nedenle ulaşım maliyetini düşürmek için agrega ocakları yerleşim alanlarının yakınına kurulmalıdır. Şehir merkezlerine olan uzaklıklar bölgelere ayrılmış (Ek-D) ve uygunluk durumuna göre derecelendirilmiştir (Tablo 6.4). Kentsel alanlara yakınlık görsel etki, gürültü, toz ve titreşim agrega üretiminde ana sorun olan çevre sorunlarıdır (Smith and Collis, 2001).

Tablo 6.4. Yerleşim merkezlerine uzaklığın uygunluk durumu

Yerleşim Merkezlerine Uzaklık	Uygunluk Durumu	Uygunluk Derecesi
0-5 km	Çok uygun	3
5-10 km	Uygun	2
10-15 km	Uygun değil	1

6.5. Yükseklik Durumu

Kocaeli' de, dağlar toplam alanın % 18,8'ini oluşturmaktadır. Kocaeli'nin güney kesimini, doğu-batı doğrultusunda uzanan ve yüksek bir kütle oluşturan Samanlı Dağları'nın orta bölümü meydana getirir. Samanlı Dağları, Armutlu Yarımadası'ndan başlayıp, güneybatıdan il alanına girer. 130 km uzunlukta, 30 km genişliğindedir. İzmit Körfezi ile İzmit Gölü, kısmen de Sakarya Nehri arasındaki su bölümü sahasını teşkil eden bu bölüm çeşitli yüksekliklerdeki platolardan oluşur. Özellikle 1602 rakımlı Kartepe, Karlık Dağı (892 m), Dikmen Dağı (702 m) ve Naldöken Dağı (1125 m) gibi önemli yükseltileri bulunmaktadır. Yükseklik agregası üretiminde maliyet açısından önemlidir. Yükseklik arttıkça maliyet artar. İnceleme bölgesinde bulunan ocaklar 105 m ile 950 m arasında değişmektedir.

Kartepe bölgesinde bulunan ocaklar 240-242 m yüksekliklerde bulunmaktadır. Gölçük bölgesindeki ocaklar 105-215 m yüksekliklerde işletilmektedir. Kocaeli İzmit sınırında bulunan İzmit Maden İşletmesine ait İnci Bazalt taş ocağı 950 m yükseklikte bulunmaktadır. Kocaeli Valiliğinden alınan bilgilerde İnci Bazalt taş ocağına ait verilere rastlanılmamıştır. Bu yüzden yükseklik değerlendirmesinde dikkate alınmamıştır. Karamürsel bölgesinde bulunan ocaklar 150-390 m yüksekliklerde bulunmaktadır.

Bölgenin yükseklik durumu agregası üretimi açısından değerlendirilmiş ve hazırlanan haritalarda bölgelere ayrılmıştır. Sınıflanan bölgelerde uygunluk durumları öznetelik tablolarında derecelendirilmiştir (Tablo 6.5).

Tablo 6.5. Yükseklik sınıfına göre potansiyel uygunluk durumu

Yükseklik Sınıfları	Yükseklik Durumu	Uygunluk Durumu	Uygunluk Derecesi
0-200 m	Çok alçak kesimler	Çok uygun	4
200-400 m	Alçak kesimler	Uygun	3
400-600 m	Yüksek kesimler	Az uygun	2
> 600 m	Çok yüksek kesimler	Uygun değil	1

Yapılan sınıflamaya göre inceleme alanındaki mevcut kırma taş ocaklarının uygun ve çok uygun sınıfta yer aldığı görülmektedir. Bu durum maliyeti olumlu yönde etkilemektedir. Potansiyel alanların belirlenmesi için hedeflenen final haritalarında yüksekliğin durumuna göre yorum yapılmıştır.



7. KOCAELİ GÜNEYİ AGREGA POTANSİYEL ALANLARIN CBS YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), mekansal (grafik ve öznitelik) veriyi derlemek, işlemek, analiz etmek, görüntülemek ve arşivlemek için özel olarak tasarlanmış kapsamlı bir teknolojidir. Bu sayede kullanıcı daha kolay, hızlı ve doğru haritalar yapabilir. Her türlü tematik ve dağılım haritaları üretmek, bunları istenilen şekilde görselleştirmek ve analiz etmek mümkündür.

CBS analizi, Kocaeli güney bölgesinin agrega potansiyel alanları uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan son haritaya ulaşılmasını sağlamıştır. Veri setleri Kocaeli Valiliği aracılığıyla elde edilmiştir. Vektör veri dosyaları, agrega kaynakları için uygun alanları hesaplamak üzere düzenlenmiştir. Analizde litoloji, arazi kullanımı, yerleşim merkezlerine olan mesafe, yükseklik ve ana yollara olan uzaklıklar veri katmanları kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, uygun kırmataş agrega üretilebilecek kaynak alanların belirlenmesidir. Agrega potansiyeli olabilecek alanlar CBS ile ArcGIS 10.4.1 programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Üzerinde çalışılan veri katmanları kendi içinde alt sınıflara ayrılmıştır. Bunun nedeni daha hassas düzeyde potansiyel analizin yapılabilmesidir. Kendi aralarında sınıflandırılan her bir kriter için ArcGIS 10.4.1 programında katmanlar oluşturulmuş ve üst üste çakıştırılarak (overlay) potansiyel alanların uygunluğunu gösteren son haritaya ulaşılmıştır. Veri katmanları potansiyel olabilecek agrega alanları kendi içinde sınıflandırılırken yüksek, orta, düşük ve diğer alanlar olmak üzere ayrılmışlardır.

7.1. Agrega Potansiyeli Yüksek Alanlar

Yapılan çalışmada, litolojiye göre uygunluk derecesi jeoloji haritası üzerinde sınıflandırılmıştır. Yapılan sınıflama ve uygunluk dereceleri Tablo 7.1’de belirtilmiştir. İnceleme alanının doğusunda bulunan Acıelma kireçtaşı sedimenter bir karbonat istifidir. Birimde, kireçtaşı, dolomit ve kumtaşı bulunmaktadır. Ayrıca birimde mermer mercekleri de bulunmaktadır. Birim yüzeyde koyu gri görünümde sert ve sağlam özelliktedir. Bu özelliklerinden dolayı yapılan

agrega potansiyel alan uygunluk derecesinde yüksek olarak değerlendirilmiştir. Acıelma kireçtaşı inceleme alanının doğusunda Kartepe Balaban köyü güneydoğusunda yüzeilenmektedir. Sarısu formasyonu içinde bulunan bazalt daykları agrega için uygundur. Bazaltın termik genleşme katsayısı, ısı iletimi ve ısı iletim hızı düşüktür. Bu yüzden sıcaklık artışı, soğuma sırasında çatlak oluşturmazlar. Bazaltın bu özellikleri betonda kullanılmasını sağlar. Yuvacık barajının doğusunda bulunan bazaltlar agrega için yüksek dereceli potansiyel alanlar olarak belirlenmiştir.

Kocaeli güneyi arazi kullanım haritasında yüksek agrega potansiyeli VI. sınıf arazilerdir. VI. sınıf arazi orman, çayır ve meradan oluşmaktadır. Hazırlanan öznitelik tablolarında en uygun olan alanlar 4 ile numaralandırılmıştır. İnceleme alanının 46,681 hektarlık kısmını oluşturur.

İnceleme alanında 0-200 m yükseklikteki bölgeler işletmeler için en uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Hazırlanan öznitelik tablolarında 4 olarak numaralandırılmıştır.

Agrega üretim yerlerinin ana yollara olan uzaklığı maliyeti etkileyen bir faktördür. Bu yüzden işletmelerin ana yollara yakın olması tercih edilir. Ana yollara 0-5 km yakınlıktaki alanlar üretim için en karlı alanlardır. Hazırlanan haritada öznitelik tablolarında bu alanlar 4 ile numaralandırılmıştır.

Agrega potansiyeline etki eden bir diğer faktör ise yerleşim yerlerine olan uzaklıklardır. Kentsel alanlara yakınlık, toz, gürültü ve görsel etkiler yönünden sorun yaratsa da ulaşım maliyeti açısından avantajlıdır. Yapılan çalışmada agrega üretiminden maksimum kar sağlanması istendiği için yerleşim yerlerine yakınlık istenen bir durumdur. Yerleşim yerlerine 0-5 km uzaklıktaki alanlar üretim için en uygun bölgelerdir. Hazırlanan öznitelik tablolarında 3 olarak numaralandırılmıştır.

Tablo 7.1. Veri setlerine göre yüksek dereceli agrega potansiyel alanları

Veri Setleri	Yüksek Dereceli Agrega Potansiyel Alanlar
Jeoloji	Acıelma kireçtaşı
Arazi Kullanımı	VI. sınıf (orman, çayır ve mera)
Yükseklik Durumu	0-200 m
Anayollara Uzaklık	0-5 km
Şehir Merkezine Uzaklık	0-5 km

7.2. Agrega Potansiyeli Orta Alanlar

İnceleme alanında litolojiye göre kırmataş agrega için uygun alanlar sınıflandırıldığında Sarısu formasyonu, Bakacak formasyonu, İznik metamorfikleri ve Pamukova metamorfikleri orta dereceli olarak belirlenmiştir. Sarısu formasyonu içindeki andezitlerin alterasyona uğramış olması agrega olarak kullanımını güçleştirir. Birim inceleme alanında kuzeydoğu güneybatı boyunca gözlemlenmektedir. Bakacak formasyonu bünyesinde filiş ve olistostrom bulundurulur. Bu birimlerin üzerinde serpantinleşmiş ofiyolit blokları vardır. İznik metamorfikleri devamsız kütleler halinde mermer ve rekristalize kireçtaşı, dolomit ve şist içerir. Pamukova metamorfikleri amfibolit fasiyesinde metamorfizma gösteren volkanik ve piroklastik kayalardan oluşur. Metamorfitlerdeki birimlerin altere olması agrega potansiyel alan değerlendirmesinde orta dereceli olarak nitelendirilmesine sebep olur.

Bölgede arazi kullanım haritasında belirtilen alanlar potansiyel olabilme durumlarına göre sınıflandırıldığında III. ve V. sınıf araziler orta dereceli olarak nitelendirilir. Bu alanlar az yoğun yerleşim, tarım, sanayi ve az nüfuslu yerleşim, bağ, bahçe, çayırdan oluşan bölgelerdir.

Yükseltisi fazla olan inceleme alanında ulaşım koşulları maliyeti oldukça etkilemektedir. Bölgedeki 200-400 m ve 400-600 m yükseklikteki alanlar orta dereceli potansiyel alanlar olarak değerlendirilir.

Agrega üretim yerlerinin ana yollara yakın olması maliyeti etkileyen bir faktördür. Bu yüzden ana yollara 5-10 km ve 10-15 km uzaklıktaki bölgeler kırmataş potansiyel alan olabilme açısından orta dereceli olarak nitelendirilir.

Şehir merkezi noktalarından oluşturulan yerleşim merkezlerine olan uzaklıklar analiz edildiğinde 5-10 km arasındaki bölge orta dereceli agrega potansiyel alan olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında orta dereceli agrega potansiyel alanlar Tablo 7.2’de özetlenmiştir.

Tablo 7.2. Veri setlerine göre orta dereceli agrega potansiyel alanları

Veri Setleri	Orta Dereceli Agrega Potansiyel Alanlar
Jeoloji	Sarısu Formasyonu Bakacak Formasyonu İznik Metamorfikleri Pamukova Metamorfikleri
Arazi Kullanımı	III. sınıf (az yoğun yerleşim, tarım, sanayi) V. sınıf (az nüfuslu yerleşim, bağ, bahçe, çayır)
Yükseklik Durumu	200-400 m 400-600 m
Anayollara Uzaklık	5-10 km 10-15 km
Şehir Merkezine Uzaklık	5-10 km

7.3. Agrega Potansiyeli Düşük Alanlar

İnceleme alanında bulunan Aslanbey formasyonu içinde kumtaşı, silttaşı, kıltaşı ve konglomera ardalanması bulundurulur. Birim kırıntılı ve yoğun alterasyona uğramış olduğu için potansiyel alan sınıflamasında düşük olarak değerlendirilmiştir. İncebel formasyonu filiş niteliğindedir ve birimde yüzeylenen kumtaşları bol kırıntılıdır. Bu yüzden düşük potansiyelli alanlar olarak belirlenmiştir.

Kocaeli güneyi arazi kullanım haritalarından faydalanılarak yapılan arazi sınıflamasında yerleşim, tarım ve sanayi bölgeleri olan I. sınıf araziler düşük potansiyel alanlar olarak değerlendirilmiştir.

Kocaeli ili güneyinde 1602 m yüksekliğe ulaşan bölgeler bulunmaktadır. Bu yüzden 600 m ve daha yüksek alanlar agrega üretiminde maliyeti arttıracığı için düşük potansiyel alanlar olarak değerlendirilmiştir.

İnceleme alanında anayollara olan uzaklıklar analiz edildiğinde yollara olan 15-20 km arası uzaklıklar düşük potansiyelli alanlar olarak belirlenmiştir.

Yerleşim merkezlerine uzaklıklar değerlendirilirken merkezlere mesafesi 10-15 km arası olan bölgeler düşük potansiyel alanlar olarak değerlendirilmiştir. İnceleme alanında kullanılan veri setlerinin uygunluk dereceleri Tablo 7.3’de belirtilmiştir.

Tablo 7.3. Veri setlerine göre düşük dereceli agrega potansiyel alanları

Veri Setleri	Düşük Dereceli Agrega Potansiyel Alanlar
Jeoloji	Aslanbey Formasyonu İncebel Formasyonu
Arazi Kullanımı	I. sınıf (Yerleşim, tarım, sanayi)
Yükseklik Durumu	>600 m
Anayollara Uzaklık	15-20 km
Şehir Merkezine Uzaklık	10-15 km

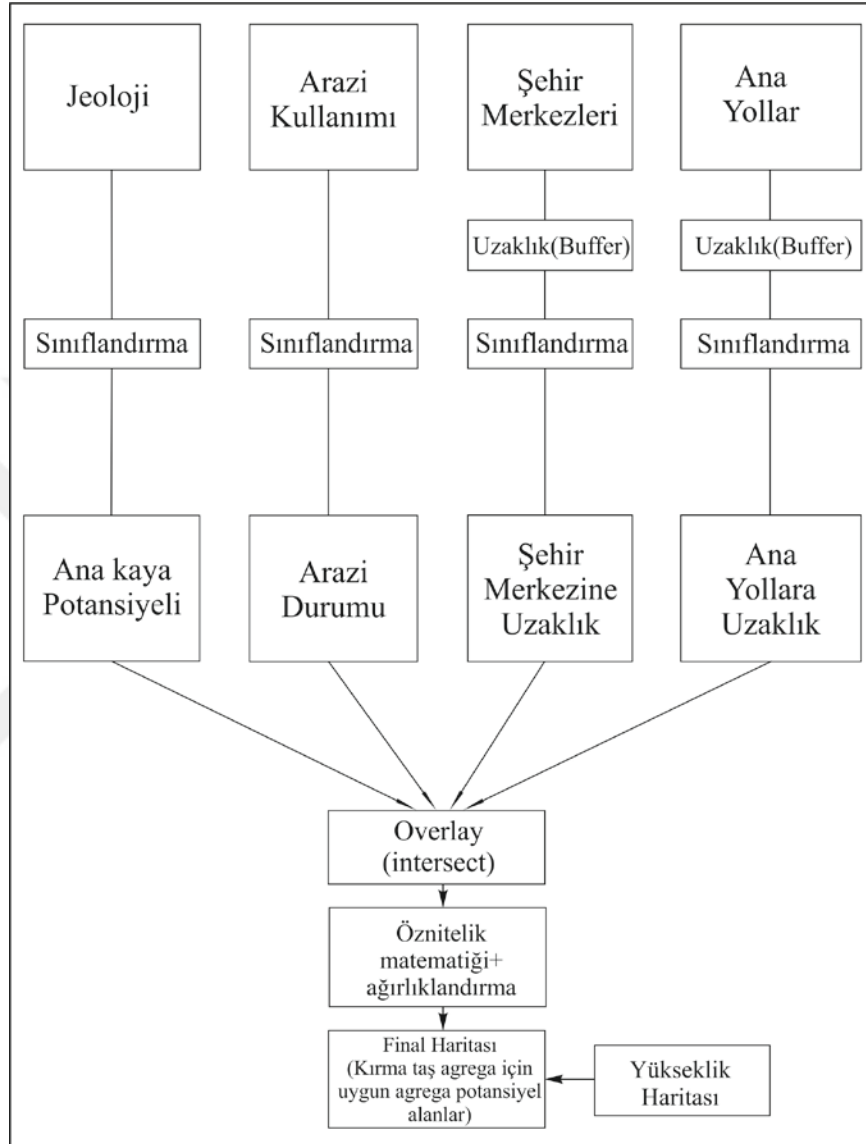
7.4. Diğer Alanlar

Yapılan çalışmada kırmataş agrega potansiyel alanları araştırılmaktadır. Bu kapsamda ana kaya dışında kalan su (deniz, göl), alüvyon ve yamaç molozu gibi birimler kırmataş potansiyeline sahip olmadıklarından diğer alanlar olarak tanımlanmıştır.

7.5. CBS Analizi

Kırmataş agrega için uygun alanların belirlenmesinde bindirme (overlay) yöntemi kullanılmıştır. Bindirme analizi sırasında 4 poligon vektör katmanı (jeoloji, arazi kullanımı, şehir merkezlerine uzaklık ve anayollara olan mesafeler) üzerlenmiştir. Vektör bindirme yöntemi katmanlar için poligon vektör formatını gerektirir. Jeoloji ve arazi kullanım katmanları poligon vektör formatında ama yerleşim merkezi nokta özelliğinde, anayollar ise çizgi özelliğinde kullanılmıştır. Nokta ve çizgi özellikleri CBS’nin mesafe (buffer) ve arabellek yetenekleri dahilinde poligon formatına dönüştürülmüştür. Her bir vektör katmanı, bindirme analizini gerçekleştirmek için her kategori 1’den 4’e kadar tamsayı değerleri verilerek yeniden sınıflandırılmış ve

0,15 ile 0,40 arasında bir ağırlık değeri verilmiştir. Yapılan son harita alt katmanların tüm özelliklerini içermektedir. Son sınıflandırma her katmanın ağırlığı dikkate alınarak basit öznitelik matematiği ile yapılmıştır (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Agregas kaynak alanlarının uygunluk haritasının hazırlanmasında izlenen aşamaları gösteren akış diyagramı

Üç farklı ağırlıklandırma senaryosu geliştirilerek bölge için uygun potansiyel kırmataş alanlar belirlenmiştir (Tablo 7.4). İlk ağırlıklandırma senaryosunda (S1), jeoloji için 0,4, arazi kullanımı için 0,2, şehir merkezlerine uzaklıklar için 0,2 ve ana yollara olan mesafeler için 0,2 ağırlık değerleri kullanılmıştır. İlk ağırlıklandırmanın final haritası 0,80 ile 3,0 arasında değerlere sahiptir. Bu aralıktaki uygunluk değerleri üç kategoriye ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada 0,8 - 1,6 arası uygun olmayan, 1,61 -

2,20 arası düşük, 2,21 - 3.0 arasındaki bölgeler ise uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir (Ek-F).

Tablo 7.4. Uygun kırmataş alanların belirlenmesinde kullanılan veri katmanlarının ağırlık yüzdeleri

Veri Katmanı	Kategori	Uygunluk Derecesi	Senaryo 1 Ağırlık Oranı (%)	Senaryo 2 Ağırlık Oranı (%)	Senaryo 3 Ağırlık Oranı (%)
Jeoloji	Yüksek	3	40	40	35
	Orta	2			
	Düşük	1			
	Diğer	0			
Arazi Kullanım	VI. Sınıf	4	20	30	30
	V. Sınıf	3			
	III. Sınıf	2			
	I. Sınıf	1			
Yerleşim Merkezlerine Uzaklık (km)	0-5	3	20	15	15
	5-10	2			
	10-15	1			
Ana Yollara Uzaklık (km)	0-5	4	20	15	20
	5-10	3			
	10-15	2			
	15-20	1			

Yapılan ikinci ağırlıklandırma senaryosunda (S2), jeoloji için 0,4, arazi kullanımı için 0,3, şehir merkezlerine mesafeler için 0,15 ve ana yollara olan uzaklıklar için 0,15 değerleri hesaba katılmıştır. Elde edilen ikinci ağırlığın son haritası 0,60 ile 3,15 arasında değerlere sahiptir. Katman özellikleri penceresindeki doğal kırılmalar sınıflandırma yöntemiyle otomatik olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlamaya göre 0,60 – 1,75 arası uygun olmayan, 1,76 – 2,35 arası düşük, 2,36 – 3,15 arası ise uygun alanlar olarak değerlendirilmiştir (Ek-G).

Üçüncü ağırlıklandırma senaryosunda (S3) ise, jeoloji için 0,35, arazi kullanımı için 0,30, şehir merkezlerine uzaklık için 0,15 ve ana yollara olan mesafeler için ise 0,20 değerleri kullanılmıştır. Elde edilen üçüncü ağırlığın son haritasında 0,7 ile 3,15 arasında değerlere ulaşıldı. Katman özellikleri penceresindeki doğal kırılmalar

sınıflandırma yöntemiyle otomatik olarak tanımlandı. Bu tanımlamaya göre 0,70 – 1,75 arası uygun olmayan, 1,76 – 2,35 arası düşük, 2,36 – 3, 15 arası uygun olarak belirlenmiştir (Ek-H).

Üretilen tematik katmanlara üç farklı ağırlık değerleri verilerek uygulanan üzerleme işlemi, uygun kırmataş agrega alanlarının belirlenmesi için vektör bindirmelerinin üç farklı çıktısı ile sonuçlanmıştır. Vektör bazlı analizin 0,80 – 1,60, 1,61 – 2,20, 2,21 – 3,0 sınıfları ile birinci nihai sonuç haritasında uygun olmayan, düşük uygun ve uygun alanlar sırasıyla yaklaşık % 4, % 32 ve % 64 olarak belirlenmiştir. Vektör bazlı analizin 0,60 – 1,75, 1,76 – 2,35 ve 2,36 – 3,15 sınıfları ile ikinci nihai sonuç haritasında uygun olmayan, düşük uygun ve uygun alanlar sırasıyla % 13, % 24 ve % 63 olarak hesaplanmıştır. Vektör bazlı analizin 0,70 – 1,75, 1,76 – 2,35 ve 2,36 – 3,15 sınıfları ile üçüncü nihai sonuç haritasında uygun olmayan, düşük uygun ve uygun alanlar sırasıyla % 8, % 23 ve % 69 olarak hesaplanmıştır.

İkinci ağırlıklandırmada arazi kullanım katmanının ağırlığındaki % 10'luk bir artış uygun olmayan arazileri % 9 arttırmıştır. Üçüncü ağırlıklandırmada kullanılan ana yollara uzaklık için kullanılan ağırlığın % 5 oranında arttırılması uygun olmayan arazileri % 5 aşağıya çekip uygun alanları % 5 oranında arttırmıştır.

Uygun alanlar kırmataş agrega için ana hedef alanlardır. Hazırlanan haritada, Kartepe'de Yuvacık güneyi uygun alanlar olarak belirlenmiştir fakat bu bölgede yükseklik fazla olduğu için maliyeti olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden uygun alan olarak kısıtlı alanlardır. Başiskele'de Karşıyaka ve Bahçecik güneyi ve güneybatısı uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Gölcük'ün büyük bir bölümü uygun potansiyel alanlardır. Özellikle batısı ve İhsaniye güneyi en uygun alanlardır. Karamürsel'in güneydoğusunda bulunan Akçay ve Kızderbent bölgeleri ve batı sınırları uygun alanlar olarak değerlendirilebilir. Karamürsel'deki mevcut kentsel yayılım ve arazi sahipliği sorunları nedeniyle bu bölgenin büyük bir bölümündeki alanlar agrega kaynağı olarak kullanımı zor bulunmaktadır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kocaeli ili güneyinin mevcut ve potansiyel kırmataş agrega kaynakları CBS yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bölgenin agrega potansiyeli ve agrega ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde yapılan çalışmalar hakkında literatür taraması yapılmıştır. Bölgede yer alan birimler derlenerek stratigrafik kesit oluşturulmuş var olan formasyonlar ve birimler yaş sırasına göre ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Bölgenin 1/25.000 ölçekli sayısal jeoloji haritası kullanılarak ArcGIS 10.4.1 programıyla formasyonlar ve birimler çalışılmıştır.

Aktif agrega kaynakları, bölgedeki mevcut agrega pazarı olarak değerlendirilmiştir. Kocaeli Valiliği'nden alınan bilgiler doğrultusunda bölgede 11 adet kırmataş işletmesi olduğu belirlenmiştir. Güney sınırında bulunan İzmit Maden resmi kayıtlarda görülmemektedir fakat haritada inceleme alanı sınırında bulunduğu için çalışmada işletme hakkında bilgi verilmiştir. İnceleme alanında İzmit Maden işletmesine bağlı taş ocağı dahil olmak üzere 6 tane aktif taş ocağı bulunmaktadır. Bilgilerine ulaşılan işletmelerin yıllık üretimleri 1.272.650 ton olarak belirtilmiştir. İnceleme alanında işletilen ocaklardaki malzemenin fiziksel ve mekanik özellikleri firmaların yaptırmış olduğu deney raporlarında incelenmiş ve tablolar halinde sunulmuştur. Artan agrega talebini karşılamak ve bölgedeki alternatif agrega arz kaynaklarını geliştirmek için yeni agrega kaynak alanları tanımlanmalıdır. Çalışma alanındaki jeolojik formasyon ve birimlerdeki litolojiler, yeni kırmataş agrega kaynak alanlarının belirlenmesinde temel oluşturmuştur.

İnceleme alanında mevcut agrega durumunun belirlenmesinin yanı sıra ileride potansiyel olabilecek alanlar da belirlenmiştir. Belirlemede jeoloji, arazi kullanımı, şehir merkezlerine olan uzaklık ve ana yollara olan mesafeler kullanılmıştır. Bu veriler ArGIS 10.4.1 programında katman olarak oluşturulmuştur. Jeoloji katmanında bölgede bulunan volkanik, metamorfik ve sedimanter kayaların içeriklerine göre agrega olma durumları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre karbonatlı kayalar en uygun, volkanik ve metamorfik kayalar orta, silttaşı, kiltası içeren

formasyonlar düşük, alüvyon, yamaç molozu ve su uygun olmayan potansiyel alanlar olarak belirlenmiştir. Öznitelik tablolarında sırasıyla 3, 2, 1, 0 olarak değerler verilmiştir. Arazi kullanım katmanında orman, mera ve çayır içeren VI. sınıf araziler en uygun alanlar olarak belirlenirken, yoğun yerleşim, tarım ve sanayi olan I. Sınıf araziler en az uygun olarak belirlenmiştir. Bu alanlar 4 ile 1 arasında değerler verilerek öznitelik tablolarına işlenmiştir. Şehir merkezlerinde uzaklık katmanında ise yerleşim noktalarından itibaren 0 – 5 km, 5 – 10 km, 10 – 15 km uzaklıklar sırasıyla uygun, az uygun ve uygun olmayan alanlar olarak sınıflandırılmış ve 3, 2, 1 olarak değerlerler verilmiştir. Ana yollara olan mesafeler katmanında inceleme alanında bulunan D – 130 ve TEM otoyollarına olan uzaklıklar 0 – 5 km, 5 – 10 km, 10 – 15 km, 15 – 20 km olarak sınıflandırılmış ve 4, 3, 2, 1 değerleri verilmiştir. Potansiyel alan belirlemelerinde yükseklik haritası da kullanılmıştır. 0 – 200 m arası yükseklikler çok uygun alanlar, 200 – 400 m arası uygun, 400 – 600 m arası az uygun, 600 m ve üzeri yükseklikler uygun olmayan alanlar olarak belirlenmiş ve sırasıyla 4, 3, 2, 1 olarak sınıflandırılmıştır. Katmanlar oluşturulduktan sonra yapılan analizde üst üste bindirme (overlay) yöntemi kullanılmıştır. Tüm vektör katmanlarını üzerleyen, alt katmanların bütün öznitelik özelliklerine sahip birleşik bir katman oluşturulmuştur. Son sınıflandırma ise ağırlıkları içeren basit öznitelik matematiği ile gerçekleştirilmiştir.

Kırmataş agrega kaynaklarının tanımlanmasında farklı faktörlerin etkilerini değerlendirmek için üç farklı ağırlıklandırma senaryosu yapılmıştır. Yapılan ilk senaryoda ağırlıklar jeoloji için % 40, arazi kullanımı için % 20, şehir merkezlerine olan uzaklıklar için % 20, anayollara olan mesafeler için ise % 20 değerleri kullanılmıştır. Elde edilen son haritada ise bu ağırlıklandırma için 0,80 – 1,60 arası uygun olmayan, 1,61 – 2,20 arası az uygun, 2,21 – 3,0 arası ise uygun olarak kategorilere ayrılmıştır. Bu kategoriler katman özellikleri penceresindeki doğal kırılmalar sınıflandırma yöntemiyle otomatik olarak tanımlanmıştır. Bu aralıktaki arazilere bakıldığında uygun olmayan % 4, az uygun alanlar % 32, uygun alanlar ise % 64 olarak bulunmuştur. Yapılan ikinci senaryoda ağırlıklar jeoloji % 40, arazi kullanımı % 30, şehir merkezlerine olan uzaklıklar için % 15, anayollara olan mesafeler için ise % 15 değerleri kullanılmıştır. Elde edilen son haritada 0,6 – 1,75 arası uygun olmayan, 1,76 – 2,35 arası az uygun, 2,36 – 3,15 arası uygun olarak

katman özellikleri penceresindeki doğal kırılmalar sınıflandırma yöntemiyle otomatik olarak tanımlanmıştır. Bu aralıktaki alanlara bakıldığında uygun olmayan % 13, az uygun alanlar % 24, uygun alanlar ise % 63 olarak bulunmuştur. Yapılan üçüncü senaryoda ağırlıklar jeoloji % 35, arazi kullanımı % 30, şehir merkezlerine olan uzaklıklar için % 15, anayollara olan mesafeler için ise % 20 değerleri kullanılmıştır. Elde edilen son haritada 0,7 – 1,75 arası uygun olmayan, 1,76 – 2,35 arası az uygun, 2,36 – 3,15 arası uygun olarak katman özellikleri penceresindeki doğal kırılmalar sınıflandırma yöntemiyle otomatik olarak tanımlanmıştır. Bu aralıktaki alanlara bakıldığında uygun olmayan % 8, az uygun alanlar % 23, uygun alanlar ise % 69 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu üç senaryonun final haritasına yükseklik haritası üzerinden 600 m'ye kadar olan alanlar uygun zonlar olarak çizilmiştir. Bu zonlar içinde içinde 0-200 m arası bölgeler en uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Senaryo 1'in yükseklik uyarlanmış final haritasında Karamürsel'in İzmit körfezine olan kıyı şeridi ile Yalakdere batısı, Gölcük'te Halidere, Gölcük'te D-130 güneyi ile İhsaniye çevresi, Başiskele'de Yuvacık civarı, Kartepe'de ise Maşukiye civarı agrega potansiyel alan olarak en umut verici bölgelerdir (Ek-F). Senaryo 2'in yükseklik uyarlanmış final haritasında Karamürsel'in körfez kıyıları ile Yalakdere batısı, Gölcük'te Halidere, Başiskele'de Bahçecik ve Yuvacık agrega potansiyel alan olarak en umut verici bölgelerdir (Ek-G). Senaryo 3'ün yükseklik uyarlanmış final haritasında Karamürsel'in körfez kıyıları ile Yalakdere batısı, Gölcük'te Halidere ile İhsaniye Yazlık arası, Başiskele'de Yuvacık civarı, Kartepe'de ise Maşukiye, Suadiye ve Aslanbey agrega potansiyel alan olarak en umut verici bölgelerdir (Ek-H).

CBS yöntemleri ile yeni kırmataş agrega kaynak alanlarının belirlenmesi gelecekteki kaynak planlaması, arazi kullanım, imar planı ve bölgedeki agrega piyasa koşulları için hayati önem taşır. Ana yollar ve talep bölgelerine yakın olan uygun alanlar Marmara bölgesindeki agrega pazarı üzerinde büyük ekonomik etkiye sahiptir.

Tanımlanan yeni potansiyel alanlar, agreganın uzun yıllar üretilmesini sağlamak için olası bir kentsel yayılım tehlikesine karşı korunmalıdır. Agrega için farklı litolojilerin kullanılması araştırılmalıdır. Yeni potansiyel alanlar, saha araştırmaları ve laboratuvar testleri muhtemel agrega kalitesini belirlemek için incelenmelidir.

KAYNAKLAR

Akartuna M., Armutlu Yarımadası'nın Jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri*, 1968, **20**, 42-58.

Aktaş E., Gebze-Dilovası Arasındaki Bölgenin Jeolojisinin ve Taşocaklarının Ekonomik Jeolojisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 1998.

Alparslan E., Aydöner C., Arazi Kullanım Kalibiyet Sınıfı Bilgilerinin Topoğrafya Bilgileriyle Birlikte Analizi: Kocaeli İli Uygulaması, *3. Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri*, Gebze, Türkiye, 6-9 Ekim 2004.

Arıoğlu E., Agregâ Sektörüne Genel Bir Bakış, *3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, 3-4 Aralık 2003.

Aydos Z., Karamürsel ve Çevresindeki Volkanik Tüflerin ve Zeolitleşmenin Jeolojik, Minerolojik ve Petrografik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994.

Barakat A., Ouargaf Z., Touhami F., Identification of Potential Areas Hosting Aggregate Resources Using GIS Method: A Case Study of Tadla-Azilal Region, Morocco, *Environ Earth Sci*, DOI: 10.1007/s12665-016-5613-6.

Bargu S., İznik-Yenişehir Bursa-Osmaneli Alanının Jeolojisi, *İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Dergisi*, 1982, **3**, 191-233.

Bargu S., Sakınç M., Armutlu Yarımadası'nda Karamürsel ile İznik Gölü Arasındaki Kesimin Doğal Agregâ Potansiyelinin Araştırılması ve Değerlendirilmesi, *TÜBİTAK, TBAG-587*, 206, 1984.

Bargu S., Sakınç M., Armutlu Yarımadası'nda Kretase-Paleosen İlişkisi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 1987, **30**, 41-48.

Bargu S. Ve Sakınç M., İzmit Körfezi ile İznik Gölü Arasında Kalan Bölgenin Jeolojisi ve Yapısal Özellikleri, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 1990, **6**, 45-76.

Barka A.A., Akyüz H.S., Cohen A.H., Watchorn, F., Tectonic Evalotion of the Niksar and Tasova-Erbâa Pull - Apart Basins, North Anatolian Fault Zone: Their Significance for the Motion of the Anatolian Block, *Tectonophysics*, 2000, **322**, 243-264.

Brown T.J., Mineral Potential Mapping – A New Spatial Decision Support Tool for Industry and Planners, *Proceedings of the 16th Extractive Industry Geology Conference*, Wuhan, China, 17-18 July 2010.

Buzkan I., Investigation of the Sand-Gravel-Crushed Stone Deposits in the Zonguldak Region, *First Symposium on Crushed Stone*, İstanbul, Turkey, 7-8 October 1996.

Canbay M., Kurtuluş C., Ramazanoğlu Ş., Evaluation of Mechanical and Engineering Properties of Volcanic Rocks, *Tehnički Vjesnik*, DOI: 10.17559/TV-20141125115420.

Cargill J.S., Evaluation of Emprical Methods of Measuring the Uniaxial Compressive Strength of Rock, Unpublished Master Thesis, Department of Geology, Kent State University, Kent, OH, 1989.

Çakaoğlu A.H., Samsun İli Kum, Çakıl ve Kırmı Taş Rezervleri, *Samsun Sempozyumu*, Samsun, Türkiye, 13-16 Ekim 2011.

Çelebi H., Maden Yataklarının Aranması, İncelenmesi ve Değerlendirilmesi Ders Notları, *MEÜ Yayını*, 2007, **33**, 128.

Demir D., Kocaeli Kuzeyinin Agrega Potansiyelinin Belirlenmesi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2010, 283033.

Demirtaş R., 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi, *Mavi Gezegen Popüler Yerbilimleri Dergisi*, 1999, **1**, 16-26.

Dewey J.F., Hempton M.R., Kidd W.S.F., Şaroğlu F., Şengör A.M.C., Shortening of Continental Lithosphere; the Neotectonics of Eastern Anatolia Young Collision Zone, *Geological Society Publications*, London, 1986, **19**, 3-36.

Doğan B., Yuvacık (İzmit)- Sapanca (Sakarya) Dolayı Orta Pleyistosen Çökellerinin Stratigrafisi ve Kuzey Anadolu Fayı Deformasyonel Analizleri, 2. *Aktif Tektonik Araştırma Grubu İkinci Toplantısı*, İstanbul, Türkiye, 10-11 Aralık 1998.

Doğan T., Karadoğan A., Kahriman A., Durdu İ., Akaya G.U., İstanbul İli ve Çevresinde Bulunan Kırmataş Ocaklarına Genel Bir Bakış, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Aralık 2003.

Elmas A., Late Cenozoic Tectonics and Stratigraphy and Northwestern Anatolia: The Effects of the North Anatolian Fault to the Region, *International Journal of Earth Science*, 2003, **92**, 380-396.

Emre Ö., Erkal T., Tchepalyga A., Kazancı N., Keçer M., Ünay E., Doğu Marmara Bölgesi'nin Neojen-Kuvaterner Evrimi, *MTA Dergisi*, 1998, **120**, 119-145.

Erdoğan M., Eren R.H., Oktay F.Y., Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonunun Agrega Potansiyeli ve Özellikleri, 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Haziran 1999.

Eren R.H., Nasuf E., Ökten G., Evergen T., Kocaeli-Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü Civarındaki Kireçtaşı Sahalarının Jeolojisi, Rezerv Analizi ve İstanbul Metropolü Yönünden Önemi, *1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 7-8 Ekim 1996.

Erendil M., Göncüoğlu M.C., Tekeli O., Aksay A., Kuşçu İ., Ürgün B., Tunay G., Temren A., Armutlu Yarımadasının Jeolojisi, *MTA Derleme Rapor*, 9165, (yayımlanmamış), 1991.

Erkanol D., Aydındağ A., Gebze (Kocaeli) Agregası-Kırmataş Maden Jeolojisi, *MTA Dergisi*, 2013, **16**, 241-242.

Esenli V., Kırmataş Hammaddeleri ve Standartları, *1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 7-8 Ekim 1996.

Environmental Systems Research Institute (ESRI), *Understanding GIS: The ARC/INFO Method, Self-Study Workbook*, California, 1997.

Environmental Systems Research Institute (ESRI), *Getting Started with ArcGIS*, California, 2004.

Fletcher D., Modeling GIS Transportation Networks, *Proceedings of URISA*, 1987, **2**, 84-92.

Fournier B., Berube M.A., Bergeron G., A Rapid Autoclave Mortar Bar Method to Determine the Potential Alkali Silica Reactivity of St. Lawrence Lowlands Carbonate Aggregates (Quebec, Canada), *Cement, Concrete and Aggregates*, 1991, **13**, 58-71.

Göncüoğlu M.C., Erendil M., Tekeli O., Ürgün B.M., Aksay A., Kuşçu İ., Armutlu Yarımadası'nın Doğu Kesiminin Jeolojisi, *MTA Raporu*, 7786, 48, 1986.

Göncüoğlu M.C., Erendil M., Tekeli O., Aksay A., Kuşçu İ., Ürgün B.M., Introduction to the Geology of Armutlu Peninsula, *MTA Guide Book*, 1992, **92**, 26-35.

Güner M.S., *Malzeme Bilimi Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi*, Birinci Baskı, Aktif Yayınevi, İstanbul, 1999.

Halili A., Gözübol A.M., Hereke Formasyonu'nun (Gebze Kireçtaşı) Kırmataş Özelliği ve Kırma-Elleme Tesislerindeki Davranışı, *2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Haziran 1999.

Karaağaç S., Karakaş A., Coruk Ö., Yuvacık (Kocaeli) ve Civarındaki Eosen Yaşlı Volkanitlerin Agregası Potansiyeli, *3. Uluslararası Mermer ve Doğal Taşlar Kongresi*, İzmir, Türkiye, 5-7 Şubat 2013.

Karakaş A., Coruk Ö., Agreganın Ocaktan Kullanım Alanına Ulaştırılmasında GIS Uygulamaları, *2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Bildirileri*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Haziran 1999.

Karakas A., Defining the Suitability of New Crushed Rock Aggregate Source Areas in the North of Kocaeli Province Using GIS, *Bull Eng Geol Environ*, 2014, **73**, 1–15.

Kavak K.S., Uzaktan Algılamanın Temel Kavramları ve Jeolojideki Uygulama Alanları, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 1998, **52**, 63-75.

Kaya O., Gemlik-Orhangazi Alanının Paleozoyik Temel Yapısına Yaklaşım, *HÜ Yerbilimleri Dergisi*, 1977, **3**, 115-128.

Kaynarkan S., Uz B., Dural C., Cendere (Kemerburgaz-Ayazağa-İstanbul) Kırmataş-Beton ve Asfalt Üretim Havzasında Etüd ve Değerlendirilmesi, 2. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Haziran 1999.

Kavzoglu T., Colkesen I., Entropic Distance Based K-Star Algorithm for Remote Sensing Image Classification, *Fresenius Environmental Bulletin*, 2011, **20**(5), 1200-1207.

Kerr B., Ferbey T., Levson V.M., Implementing Geomatics Tecnology For Aggregate Exploration, *BC Ministry of Energy and Mines*, 2005, **1310**, 76-79.

Kiliç A.M., Keskin M.Ö., Doğu Akdeniz Yöresi Taş Ocakları Malzemelerinin Kırmataş Olarak Değerlendirilme Olanakları, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Aralık 2003.

Knepper D.H., Langer W.H., Miller S.H., Remote Sensing and Airbone Geophysics in the Assessment of Natural Aggregate Resources, *U.S. Geological Survey Open-File Report*, CO-80225, 94-158, 1994.

Kulvanit P., Preliminary Investigation of Crushed Stone Aggregate Sources in Larimer County, Colorado and Adjacent Areas of Albany and Laramie Counties, Wyoming, M.E. Thesis, Colorado School of Mines, Golden, 1991.

Langer W.H., Natural Aggregates of the Conterminous United States, *U.S. Geological Survey Bulletin*, 1988, **33**, 1594.

Langer W.H., Knepper D.H., Geologic Characterization of Natural Aggregate, *U.S. Geol. Survey*, 1995, **32**, 95-582.

Langer W.H., Drew L.J., Sachs J.S., Aggregate and the Environment, *U.S. Geological Survey*, 2004, **8**, 64.

Lefond E.L., *Industrial Minerals and Rocks*, 5th ed., American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Michigan, 1985.

Leighton M.W., Industrial Minerals Resource Identification and Evaluation. In: Bush AL, Hayes TS (ed) *Industrial Minerals of the Midcontinent-Proceedings of the Midcontinent Industrial Minerals Workshop*, *U.S. Geol Surv Bull*, 1991, **2111**, 9-20.

Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., *Geographical information systems*, 2nd ed, John Wiley & Sons, New York, 1999.

Maden Kanunu 3213, T.C Resmi Gazete 18785, 15.06.1985.

Maguire D.J., Goodchild M.F., Rhind D.W., An Overview and Definition of GIS, *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, 1993, **1**, 319-335.

Min D., Ming-Shu T., Mechanism of Dedolomitization and Expansion Rocks, *Cement and Concrete Research*, 1993, **23**(6), 140-1397.

Orhun O., Perlit, *Erdemir Dergisi*, 1969, **7**, 4.

Özkul H., Taşdemir M.A., Tokyay M., Uyan M., *Her Yönüyle Beton*, Üçüncü Baskı, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, 1999.

Özişik G., *Beton*, Birinci Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1998.

Öztürk Ö., Çelikel M., Erkan M., Türkiye Agregası Sektör Raporu, *Hazır Beton*, 2007, **84**, 52-56.

Robinson G.R., Kapo K.E., Raines G.L., A GIS Analysis to Evaluate Areas Suitable for Crushed Stone Aggregate Quarries in New England, *Nat Resour Res*, 2004, **13**(3), 143–159.

Sakınç M., Bargu S., İzmit Körfezi Güneyindeki Geç Pleyistosen (Tireniyen) Çökel Stratigrafisi ve Bölgenin Neotektonik Özellikleri, *TJK Bült.*, 1989, **32**, 51-64.

Seymen İ., Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Tektonik Özelliği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul, 1975.

Shakoor A., West T.R., Scholer C.F., Physical Characteristics of Some Indiana Argillaceous Carbonates Regarding Their Freeze-Thaw Resistance in Concrete, *Bulletin of the Association of Engineering Geologists*, 1982, **19**(4), 371-384.

Smith M.R., Collis L., *Aggregates-Sand, Gravel and Crushed Rock Aggregates for Construction Purposes*, 3rd ed. The Geological Society, London, 199–224, 2001.

Skrijelj S., Kırmataşların (Agregaların) Yol İnşaatlarındaki Kullanımının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2001.

Sims I., Poole A., Advanced Concrete Technology, *Concrete Properties*, 2003, **13**, 1-11.

Tokay M., Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile İlgaz Arasındaki Kısımında Jeolojik Gözlemler, *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu Kitabı*, Birinci Baskı, MTA Enstitüsü, Ankara, 12-29, 1973.

TS 706, Beton Agregaları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 1980.

TS 7043 EN 13450, Demiryolu Balastları İçin Agregalar, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2006.

Umar F., Ağar E., *Yol Üstyapısı*, Dördüncü Baskı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1991.

Uz B., Bacak G., Özdamar Ş., Yılmaz M., Gölcük (İzmit) Güneyi, Menekşeyayla, Aytepe-Subatun Civarının Jeolojik-Petrografik ve Mermer Potansiyeli Yönünden İncelenmesi, *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 18-19 Aralık 2003.

Uzun S.M., Garipağaoğlu N., Kıyı Çizgisi Değişiminin Yaratacağı Riskler Açısından İzmit Körfez Kıyılarının Değerlendirilmesi, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2014, 7, 470-480.

Ün H., *Yapı Malzemesi Ders Notları*, Birinci Baskı, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği, Denizli, 2007.

Ünal O., Afyon Yöresi Agregalarının Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Aralık 2003.

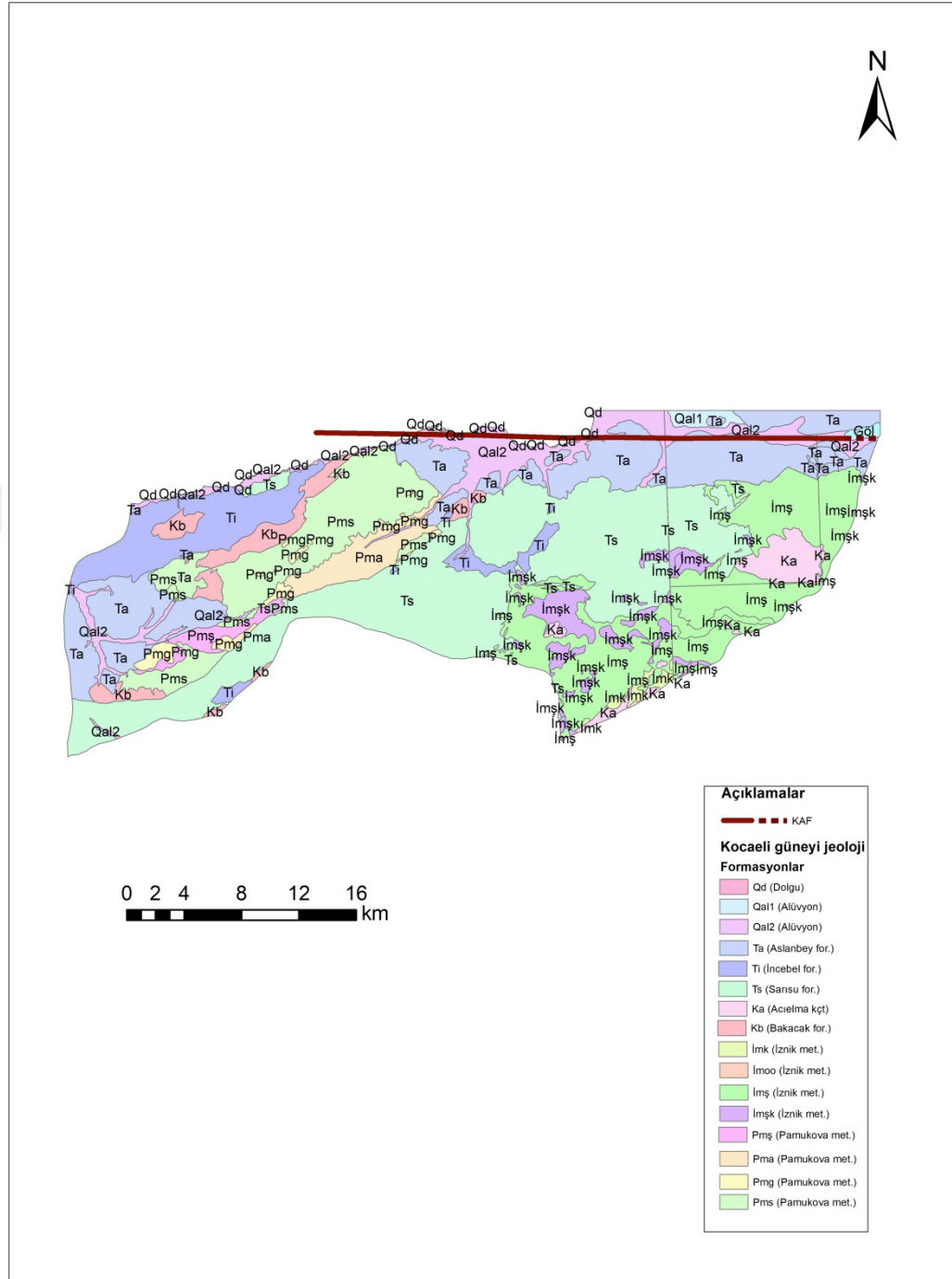
Yılmaz A.O., Alp İ., Kaya R., Çavuşoğlu İ., Trabzon İlindeki Taşocaklarının İncelenmesi ve Agregat Potansiyelinin Belirlenmesi, 3. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye, 3-4 Aralık 2003.

Zarif İ.H., Tuğrul A., Dursun G., İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agregat Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi, *İ.Ü. Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 2003, 16(2), 61-70.



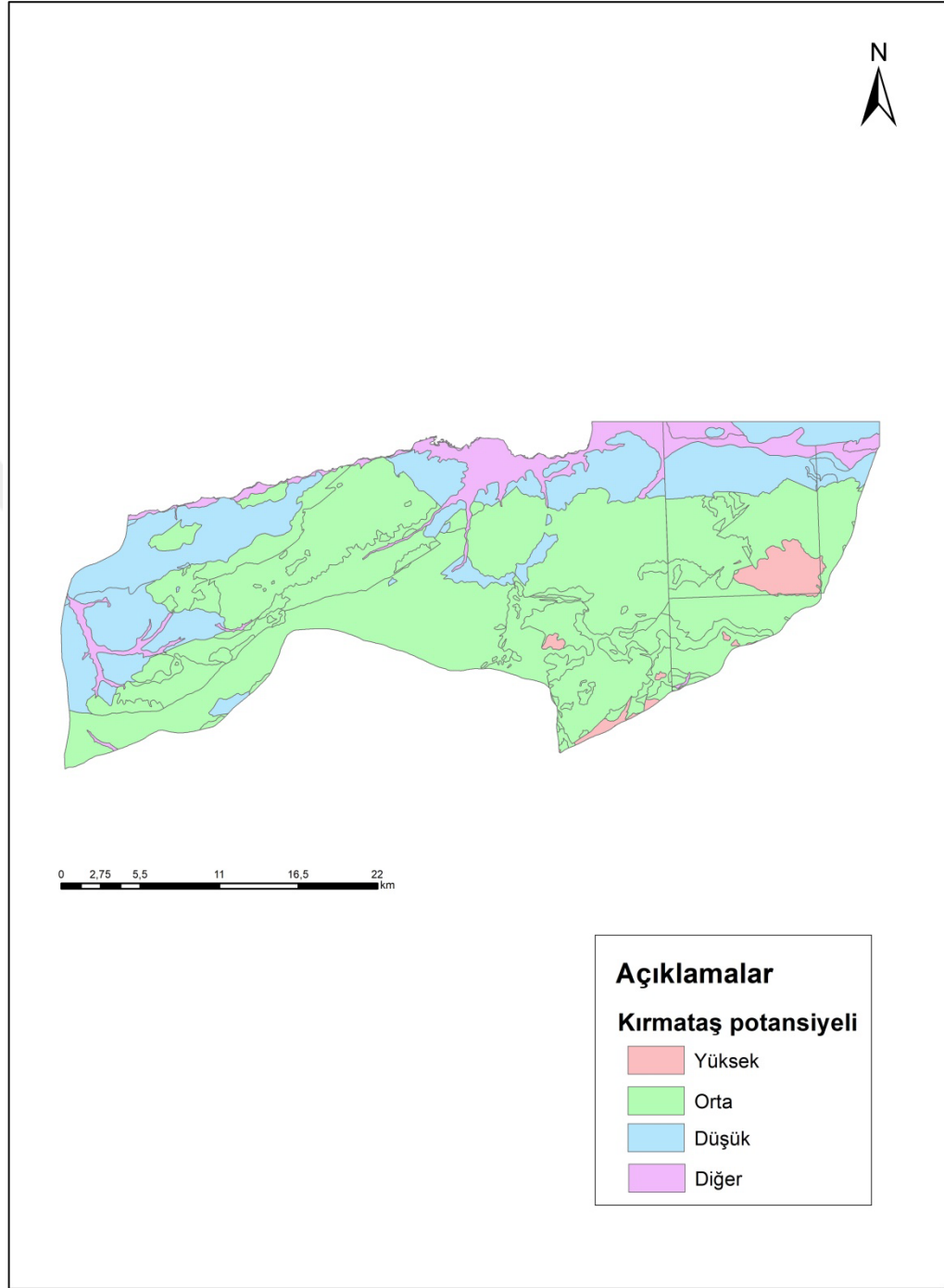
EKLER

Ek-A KOCAELİ İLİ GÜNEYİNİN JEOLojİ HARİTASI



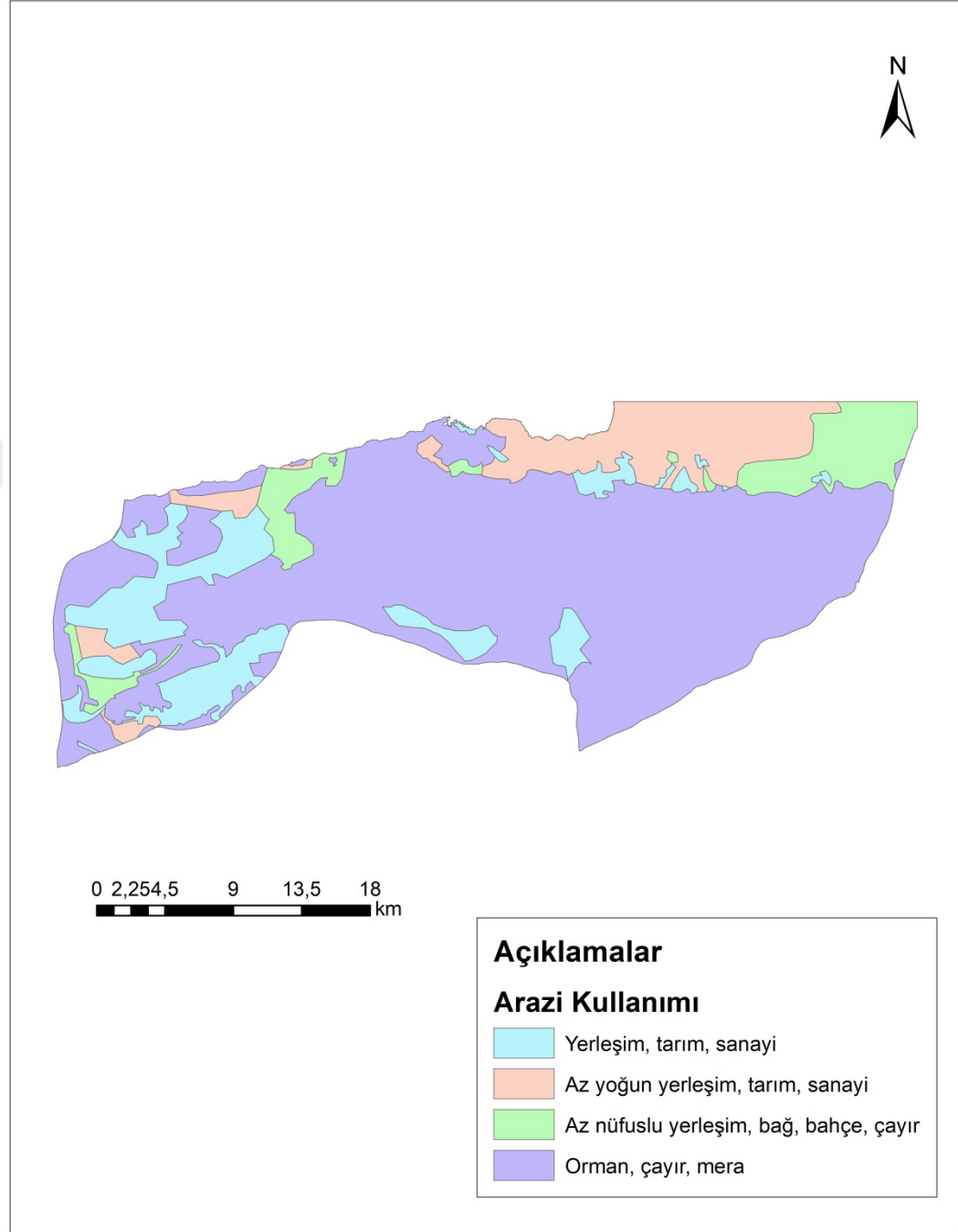
**KOCAELİ İLİ GÜNEYİ LİTOLOJİ TİPİNE DAYALI
POTANSİYEL HARİTASI**

Ek-B



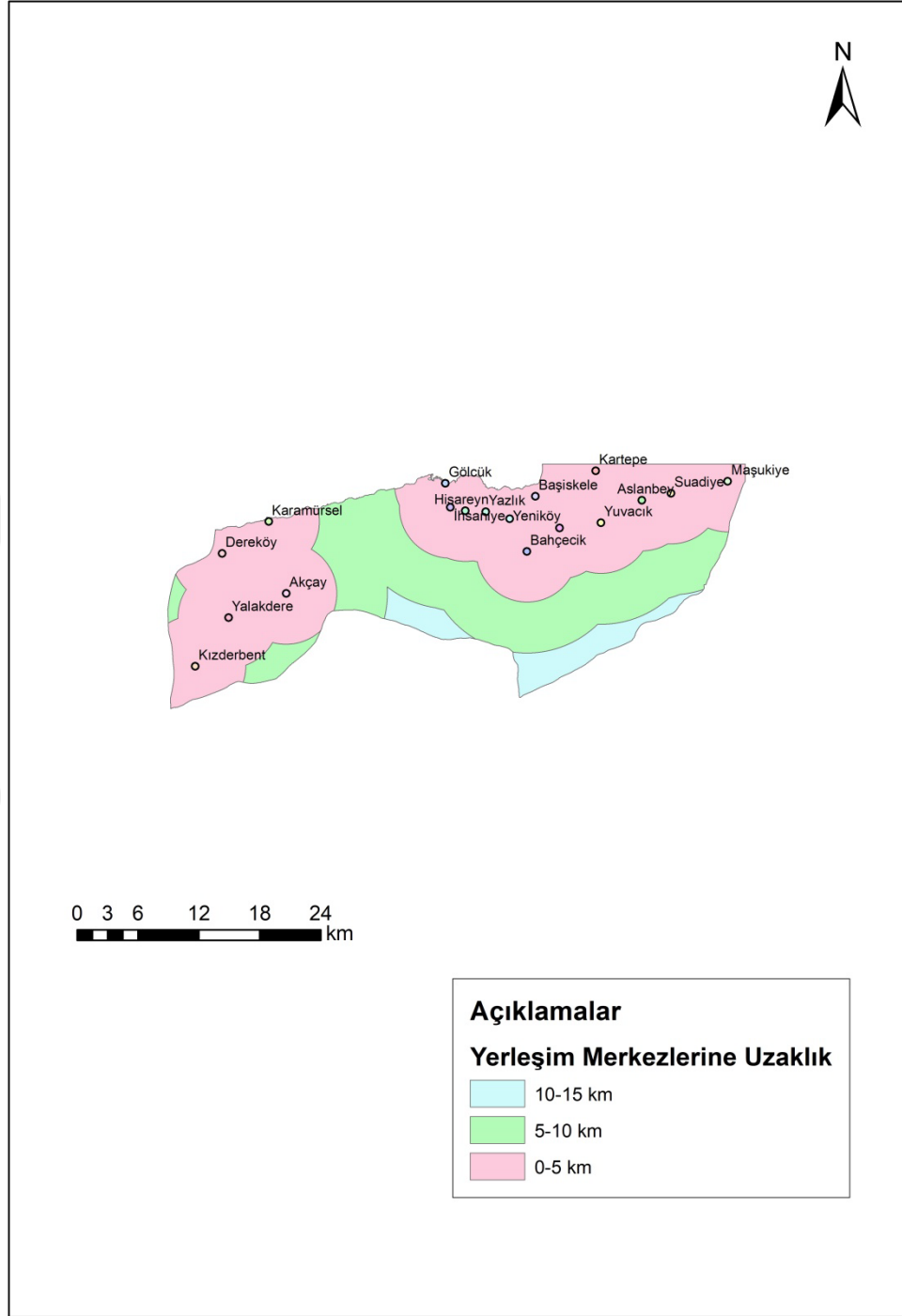
Ek-C

KOCAELİ İLİ GÜNEYİ ARAZİ KULLANIMI HARİTASI



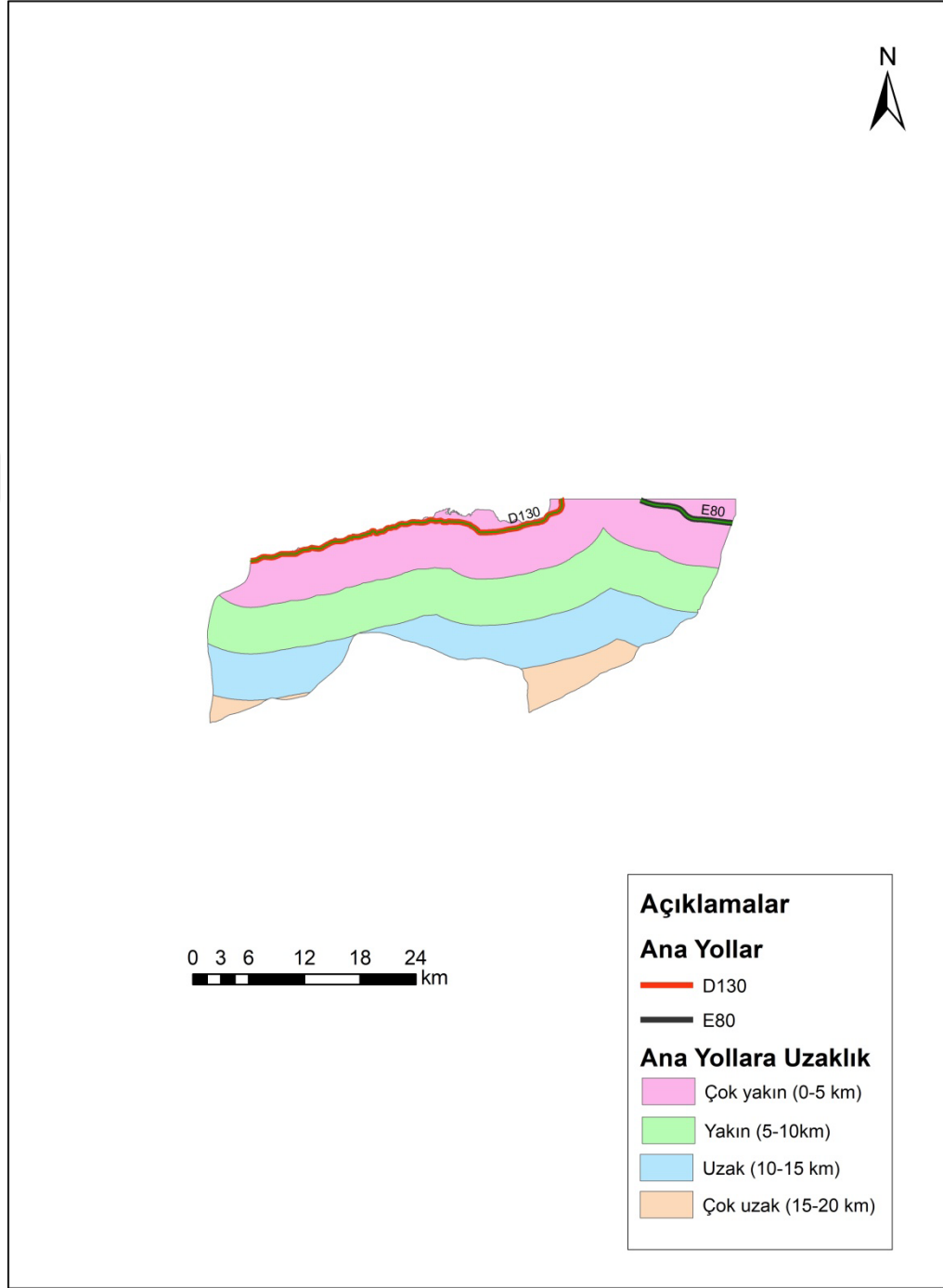
**KOCAELİ İLİ GÜNEYİ YERLEŞİM MERKEZLERİNE
UZAKLIK HARİTASI**

Ek-D



KOCAELİ İLİ GÜNEYİ ANA YOLLARA UZAKLIK HARİTASI

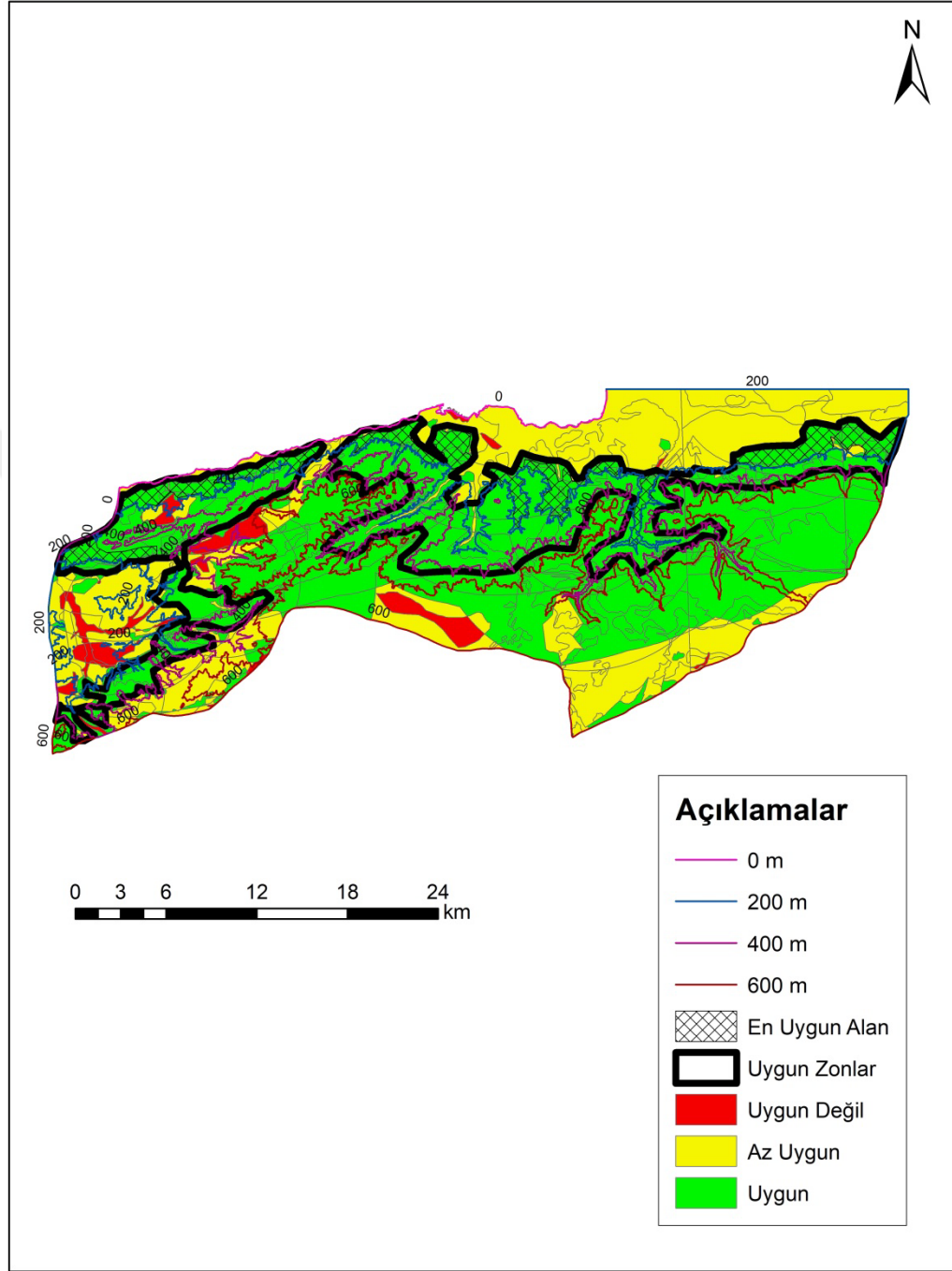
Ek-E



KOCAELİ İLİ GÜNEYİ YÜKSEKLİĞE UYARLANMIŞ AGREGA POTASİYEL ALAN UYGUNLUK HARİTASI

Ek-F

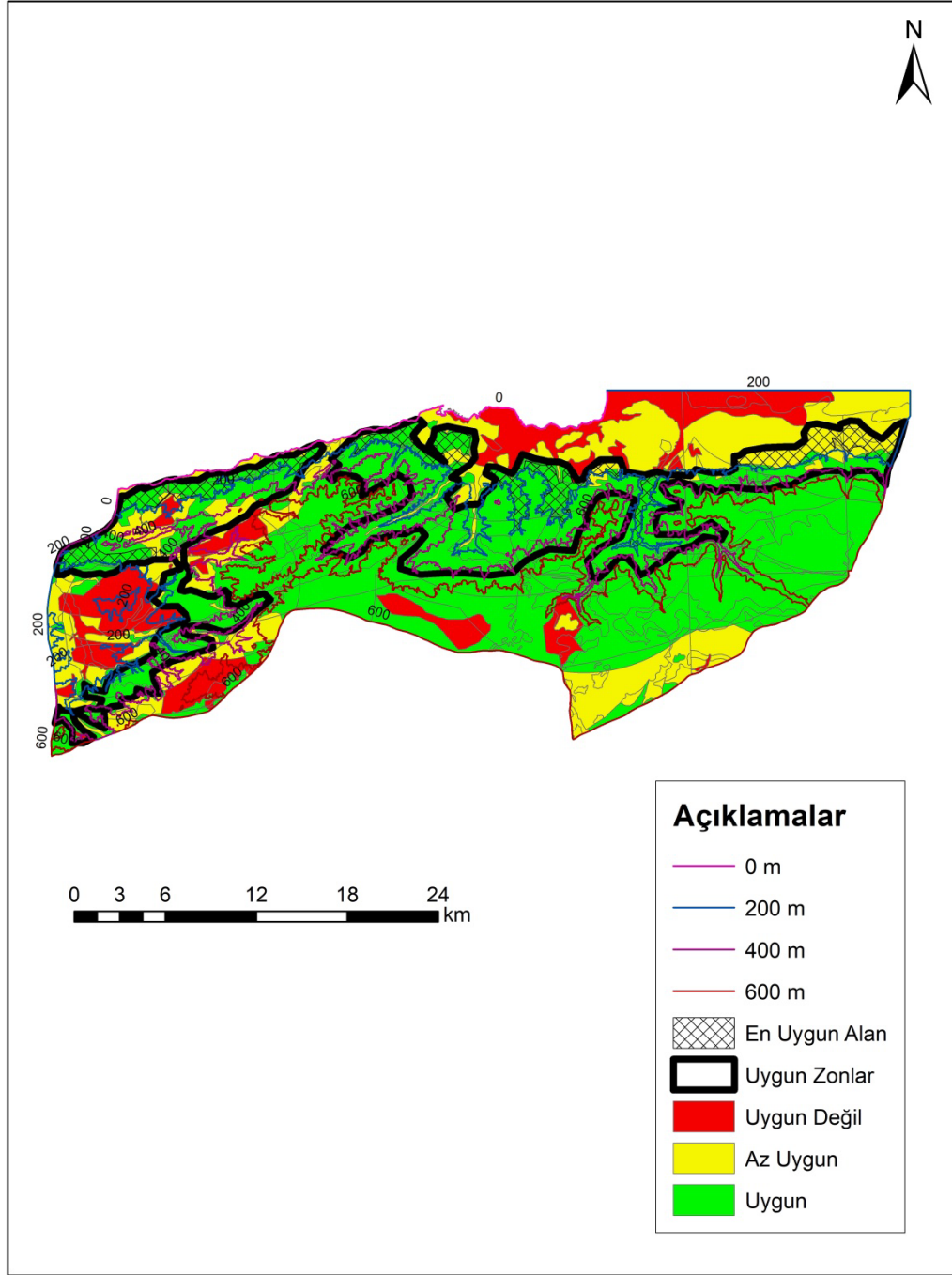
SENARYO 1



KOCAELİ İLİ GÜNEYİ YÜKSEKLİĞE UYARLANMIŞ AGREGA POTASİYEL ALAN UYGUNLUK HARİTASI

Ek-G

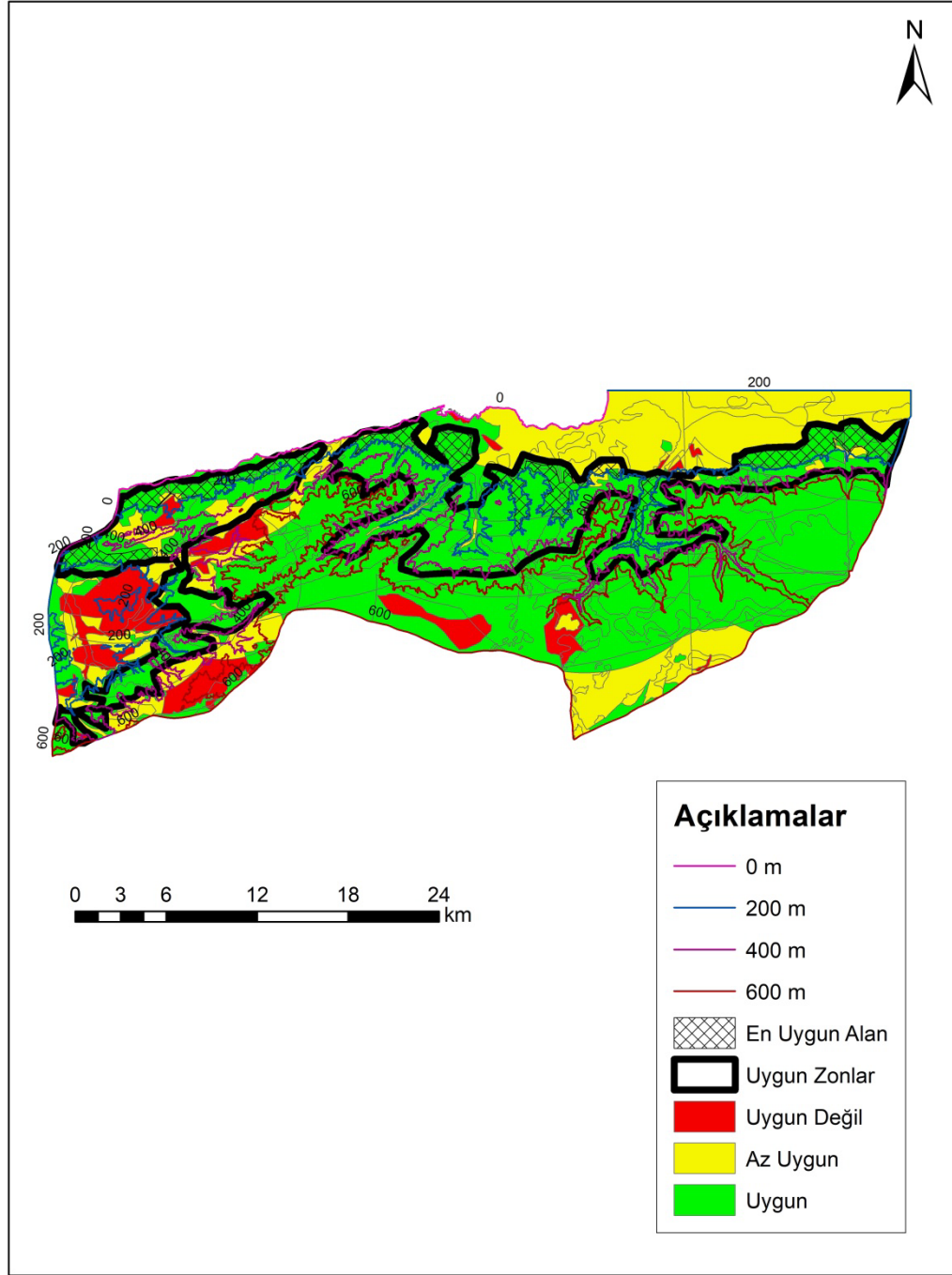
SENARYO 2



KOCAELİ İLİ GÜNEYİ YÜKSEKLİĞE UYARLANMIŞ AGREGA POTASİYEL ALAN UYGUNLUK HARİTASI

Ek-H

SENARYO 3



ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Aydın'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Aydın'da tamamladı. 2003 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nden 2007 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu. 2009 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2011 yılında tez aşamasında ara verdiği eğitimini 2017 yılında tamamladı.

