

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ HEREKE DOLAYINDAKİ KARBONATLI
KAYAÇLARIN MALZEME ÖZELLİKLERİNE GÖRE KULLANIM
ALANLARININ BELİRLENMESİ

MURAT ÖZTÜRK

KOCAELİ 2022

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KOCAELİ HEREKE DOLAYINDAKİ KARBONATLI
KAYAÇLARIN MALZEME ÖZELLİKLERİNE GÖRE KULLANIM
ALANLARININ BELİRLENMESİ

Murat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ
Danışman, Kocaeli Üniv.

.....

Dr. Öğr. Üyesi Özkan CORUK
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

.....

Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL
Jüri Üyesi, İTÜ

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 06.06.2022

ETİK BEYAN VE ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ

Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez/proje çalışmada,

- Bu tezin/projenin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu,
- Çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı,
- Bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi,
- Bu çalışmanın Kocaeli Üniversitesi'nin abone olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olduğunu,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Tezin/Projenin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez/proje çalışması olarak sunmadığımı,

beyan ederim.

☒ Bu tez/proje çalışmasının herhangi bir aşaması hiçbir kurum/kuruluş tarafından maddi/alt yapı desteği ile desteklenmemiştir.

☐ Bu tez/proje çalışması kapsamında üretilen veri ve bilgiler tarafından no'lu proje kapsamında maddi/alt yapı desteği alınarak gerçekleştirilmiştir.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

.....

Murat ÖZTÜRK

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI

Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/projemin tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullarla kullanıma açma izninin Kocaeli Üniversitesi'ne verdiğimi beyan ederim. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin/projemin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanımı bana ait olacaktır.

Tezin/projenin kendi özgün çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin/projenin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim kurulu tarafından yayınlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricinde YÖK Ulusal Tez Merkezi/ Kocaeli Üniversitesi Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- ☐ Enstitü yönetim kurulu kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.
- ☐ Enstitü yönetim kurulu gerekçeli kararı ile tezimin/projemin erişime açılması mezuniyet tarihinden itibaren 6 ay ertelenmiştir.
- ☒ Tezim/projem ile ilgili gizlilik kararı verilmemiştir.

.....
Murat ÖZTÜRK

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Kocaeli İli Körfez İlçesi Hereke beldesinde bulunan Nuh Çimento Fabrikasının yarı mamul olan klinker malzemesi ve mamul olarak üretilen Çimento ürünlerinin %90 seviyesinde ihracat yapan firmanın hammaddesi olan karbonat türü malzemelerin üretimi yapılmaktadır.

Yüksek Lisans Tezimi için bu üretim sahasında yapmış olduğum çalışmada desteğini esirgemeyen Nuh Çimento yöneticilerime, Tez danışmanın Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞ'a, tez jüri üyeleri Dr. Öğretim Üyesi Özkan CORUK'a ve Doç. Dr. Ömer ÜNDÜL'e ve tezimin hazırlanması aşamasında yardımlarını esirgemeyen Jeoloji Mühendisi Halit DEMİRKAN'a teşekkür ederim.

Haziran – 2022

Murat ÖZTÜRK



İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN VE ARATIRMA FONU DESTEĞİ	i
YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. İncelemenin Amacı	2
2.2. İnceleme Alanı	2
2.3. Jeomorfoloji	2
2.4. İklim ve Bitki Örtüsü	5
2.5. Bölgede Yapılmış Önceki Çalışmalar	5
2.6. İnceleme Konusu İle İlgili Önceki Çalışmalar	7
3.GENEL JEOLojİ	12
3.1. Bölgesel Jeoloji	12
3.2. İnceleme Alanı Jeolojisi	13
3.2.1. Ballıkaya Formasyonu (TRb)	15
3.2.2. Kazmalı Formasyonu (TRk)	16
3.2.2.1. Kuşca Üyesi (TRkk)	16
3.2.3. Tepeköy Formasyonu (TRt)	17
3.2.4. Çerkeşli Formasyonu (TRç)	18
3.2.5. Kutluca Formasyonu (Kk)	19
3.2.6. Akveren Formasyonu (KTa)	20
3.2.7. Alüvyon (Qal)	21
3.2.8. Yapay Dolgu (Qd)	21
3.3.Yapısal Jeoloji	21
4.KARBONATLI KAYAÇLARDAN ÜRETİLEN YAPI MALZEMELERİ	23
4.1. Agregat	23
4.2. Çimento	25
4.3. Hafif Yapı Malzemesi	26
5.MALZEME VE YÖNTEM	28
5.1. Malzeme	28
5.2. Yöntem	29
5.2.1. İnceleme Alanından Numune Alımı	29
5.2.2. Kimyasal Analiz Metodu	31
5.2.3. Toplam Alkali ve LSF Faktörü Hesaplanması	37
5.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)	37
6. BULGULAR	41
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	58
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	İnceleme alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 2.2.	1 Nolu Ocaktan bir görünüm	4
Şekil 2.3.	2 Nolu Ocaktan bir görünüm	4
Şekil 2.4.	3 Nolu Ocaktan bir görünüm	5
Şekil 3.1.	İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası	14
Şekil 3.2.	İnceleme alanındaki Ballıkaya Formasyonu içindeki dolomitik kayaçların görünümü	15
Şekil 3.3.	İnceleme alanındaki Kazmalı Formasyonu içindeki mikritik Kireçtaşı'nın Görünümü	16
Şekil 3.4.	İnceleme alanındaki Kuşca Üyesinin içindeki kırmızı yumrulu kireçtaşı görünümü	17
Şekil 3.5.	İnceleme alanındaki Tepeköy Formasyonu içindeki kireçtaşı'nın görünümü	18
Şekil 3.6.	İnceleme alanındaki Çerkeşli Formasyonu içindeki kireçtaşı'nın görünümü	19
Şekil 3.7.	İnceleme alanındaki Teksen Formasyonu içindeki kireçtaşı'nın görünümü	20
Şekil 3.8.	İnceleme alanındaki Akveren Formasyonu içindeki marn birimin görünümü	21
Şekil 3.9.	İnceleme alanı ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti	22
Şekil 4.1.	Agrega tesisinde kırma ve eleme sonrası	24
Şekil 4.2.	Tane boylarına göre agrega sınıflaması	24
Şekil 4.3.	Çimento üretim aşaması	25
Şekil 4.4.	Gaz betonun inşaat sektöründe kullanımı	26
Şekil 4.5.	Satışa hazır gaz beton ürünü	27
Şekil 5.1.	Tez çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış diyagramı	28
Şekil 5.2.	H derinliğinde açılan numune delik kuyusu	29
Şekil 5.3.	İnceleme alanındaki kaya delici makinesinin arazide görünümü	30
Şekil 5.4.	Kaya delici makinesi ile çıkarılan delik tozu numunesi	30
Şekil 5.5.	İnceleme alanından numune alımı	31
Şekil 5.6.	Kızdırma kaybı ölçmek için kullanılan fırın	32
Şekil 5.7.	Rutubet ölçmek için kullanılan etüv	33
Şekil 5.8.	Öğütmede kullanılan cihaz	33
Şekil 5.9.	Numunenin platin krozeye koyulması	34
Şekil 5.10.	Eritiş yapılması için kullanılan ocak	34
Şekil 5.11.	Kroze içindeki numunelerin tablete dökülme anı	35
Şekil 5.12.	Tablet üzerine dökülen numunenin soğumuş durumu	35
Şekil 5.13.	Kimyasal değerleri belirlemek için kullanılan XRF cihazı	36
Şekil 5.14.	XRF cihazın kimyasal verileri bilgisayara aktarması	36
Şekil 6.1.	İnceleme alanından alınan örneklerin yerleri	41
Şekil 6.2.	1 Nolu Ocak sahasından alınan örneklerin yerleri	41
Şekil 6.3.	1 Nolu Ocak LSF değerleri dağılım haritası	42
Şekil 6.4.	1 Nolu Ocaktaki MgO dağılım haritası	43
Şekil 6.5.	1 Nolu Ocaktaki toplam alkali dağılımı	43
Şekil 6.6.	1 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme	

	metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini karşılaştırarak kullanım alanlarını gösterilmesi	44
Şekil 6.7.	2 Nolu ocak sahasından alınan örneklerin yerleri	45
Şekil 6.8.	2 Nolu ocaktaki LSF dağılımı.....	45
Şekil 6.9.	2 Nolu ocaktaki MgO dağılımı.....	46
Şekil 6.10.	2 Nolu ocaktaki toplam alkali dağılımı.....	47
Şekil 6.11.	2 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini karşılaştırarak kullanım alanlarını gösterilmesi	47
Şekil 6.12.	3 Nolu ocak sahasından alınan numune yerleri	48
Şekil 6.13.	3 Nolu ocaktaki LSF dağılımı	48
Şekil 6.14.	3 Nolu ocaktaki MgO dağılımı	49
Şekil 6.15.	3 Nolu ocaktaki toplam alkali dağılımı	49
Şekil 6.16.	3 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini karşılaştırarak kullanım alanlarını gösterilmesi	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Al	: Alüminyum
Al ₂ O ₃	: Alüminyum Oksit
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum Oksit
CaCO ₃	: Kalsiyum Karbonat
(CaMg(CaCO ₃))	: Dolomit
H ₂ S	: Sülfür
Fe ₂ O ₃	: Demir Oksit
K	: Potasyum
K ₂ O	: Potasyum Oksit
Mg	: Magnezyum
MgO	: Magnezyum Oksit
Na	: Sodyum
Na ₂ O	: Sodyum Oksit
Si	: Silisyum
SiO ₂	: Silisyum Oksit
SO ₃	: Kükürt

Kısaltmalar

ArcGIS	: Arc Geographical Information System (Ticari Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu)
ArcSDE	: Mekânsal veri tabanı işletim motoru
CBS	: Geographical Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer (İndüktif eşleşmiş plazma– Kütle Spektrometresi)
IDW	: Inverse Distance Weighted (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği)
I.S.R.M	: International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering (Uluslararası Kaya Mekaniği Birliği)
İVTYS	: İlişkisel veri tabanı yönetim sistemi
LSF	: Kireç doygunluk faktörü
NTE	: Nadir Toprak Elementi
SOAP	: Simple Object Access Protocol (Basit Nesne Erişim Protokolü)
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
XRF	: X-Işını Flüoresans

KOCAELİ HEREKE DOLAYINDAKİ KARBONATLI KAYAÇLARIN MALZEME ÖZELLİKLERİNE GÖRE KULLANIM ALANLARININ BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, Kocaeli Hereke bölgesindeki Alt–Orta Triyas ve Üst Kretase yaşlı karbonatlı kayaç malzemelerin jeokimyasal özellikleri incelenerek, farklı formasyonlar içindeki litolojik farklılıkları belirlenmiştir. Çalışma süresince 3 farklı taş ocağında inceleme yapılmıştır. Ballıkaya Formasyonu, Kazmalı Formasyonuna ait Kuşca Üyesi, Kazmalı Formasyonu, Tepeköy formasyonu 1 Nolu Ocak içerisinde bulunurken, 2 Nolu Ocağı temsil eden formasyonlar, Çerkeşli formasyonu, Kutluca formasyonu, Akveren Formasyonlarıdır. 3 Nolu ocağı temsil eden formasyon ise Akveren Formasyonudur. 3 farklı ocak içinde malzeme kullanımını belirleyici ana jeokimyasal özellikler toplam alkali, MgO oranı ve kireç standardı (LSF) değerleri tespit edilmiştir. Aynı formasyon içindeki LSF, MgO ve toplam alkali değerlerinin jeokimyasal analiz sonuçlarının farklı olduğu belirlenmiştir. Bölgenin jeolojik olarak formasyon geçişlerin takip edilmesi ile birlikte, inceleme alanından alınan taş tozu numunelerin jeokimyasal analiz sonuçlarını CBS verileri (LSF, MgO ve toplam alkali katmanları) kullanılarak ArcGIS programı yardımıyla eşit ağırlıklı üzerleme metodu (overlay-weighted sum) uygulanıp LSF değeri 400 ile 600 arasında olması, MgO değerinin % 0.90 ila %1.20 arasında olması, toplam alkali değerlerinin % 0.26 ila % 0.36 arasında olması durumunda gaz beton hammadde yönünden, LSF değerinin 400’ün altında olması, MgO değerinin % 0.41 ila % 0.9 arasında olması, toplam alkali değerinin % 0.35 ila % 0.99 arasında olması durumda klinker hammadde yönünden, LSF değerlerinin 600 ve üzerinde olması durumunda, MgO değerinin %1.20 üzerinde olması durumunda, toplam alkali değerinin % 0.25 altında olması durumunda, agrega hammadde yönünden uygun olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanındaki formasyon özelliklerine göre de kullanım alanları belirlenmiştir. Kazmalı Formasyonu, Tepeköy Formasyonu, Kutluca Formasyonu karbonatlı kayaçları gaz beton hammadde yönünden uygun olduğu, Kuşca Üyesi, Akveren Formasyonu karbonatlı kayaçları klinker hammadde yönünden uygun olduğu, Ballıkaya Formasyonu ve Çerkeşli Formasyonu karbonatlı kayaçları ise agrega hammadde yönünden uygun olduğu belirlenmiştir. Karbonatlı kayaçların sedimentolojik çökme ortamına bağlı olarak jeokimyasal içeriğin değişimi yapı malzemesi olarak kullanım alanını belirleyen en önemli parametre olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hammadde, Hereke, Jeokimyasal Özellik, Karbonatlı Kayaç.

DETERMINATION OF USAGE AREAS OF CARBONATE ROCKS IN KOCAELI HEREKE REGION IN TERMS OF MATERIAL PROPERTIES

ABSTRACT

In this study, geochemical properties of Lower-Middle Triassic and Upper Cretaceous carbonate rock materials in Kocaeli Hereke region were examined and lithological differences in different formations were determined. During the study, 3 different quarries were investigated. While Ballıkaya Formation, Kuşca Member of Kamala Formation, Kazmalı Formation, Tepeköy formation are found in Quarry No. 1, formations representing Quarry No. 2 are Çerkeşli formation, Kutluca formation and Akveren Formations. The formation representing the quarry No. 3 is the Akveren Formation. The main geochemical properties determining the material usage in 3 different quarries, total alkali, MgO ratio and lime standard (LSF) values were determined. It was determined that the results of geochemical analysis of LSF, MgO and total alkali values in the same formation were different. By following the geological formation transitions of the region, the results of the geochemical analysis of the stone dust samples taken from the study area were applied using the GIS data (LSF, MgO and total alkaline layers) with the help of ArcGIS program and the overlay-weighted sum method was applied and the LSF value was between 400 and 600. If the MgO value is between 0.90% and 1.20%, the total alkali value is between 0.26% and 0.36%, in terms of aerated concrete raw material, the LSF value is below 400, the MgO value is between 0.41 and 0.9%, the total alkali value is between It was determined that it is suitable for clinker raw material in case it is between 0.35% and 0.99%, in case of LSF values of 600 and above, in case of MgO value above 1.20%, if the total alkali value is below 0.25%, it is suitable for aggregate raw material. Usage areas were determined according to the formation characteristics in the study area. It was determined that Kazmalı Formation, Tepeköy Formation, Kutluca Formation carbonate rocks are suitable for gas concrete raw material, Kuşca Member, Akveren Formation carbonate rocks are suitable for clinker raw material, Ballıkaya Formation and Çerkeşli Formation carbonate rocks are suitable for aggregate raw material. The change in the geochemical content of the carbonate rocks depending on the sedimentological depositional environment stands out as the most important parameter that determines the usage area as a building material.

Keywords: Raw material, Hereke, Geochemical Property, Carbonate Rock.

1. GİRİŞ

Ülkemizin sürekli gelişim içinde olması ve nüfusun artması; yeni konut, yol, köprü, metro hatlarının projelendirilmesi ihtiyacına neden olur. Nüfusun artması ve kentleşme sürecinin hızlı şekilde oluşması gibi durumlar, ülkemizin aktif tektonik bir yapıya sahip olması nedeniyle depremler sonucunda oluşan yapı hasarları oluşması gibi durumlar agrega, çimento, hafif yapı malzeme üretimi ve kullanımını öne çıkarmasına neden olur. Nüfusun artması ile birlikte kentleşmenin de artması daha önce açılmış sürekli agrega ve malzeme ihtiyacını karşılayan taş ocaklarının şehir içlerinde kalmasına neden olur. Bu nedenle kentleşme sürecinde taş ocakların konumu önem arz eder. Bu sebeple taş ocakları yönetilemez ve ürün üretilemez hale gelmesine yol açar. Taş ocaklarının uzun bir dönem kısıtlamalara takılmadan işletilebilmesi için uygun lokasyonlarda açılarak üretim yapılması planlanmalıdır. Bu tez kapsamında inceleme alanı olan Kocaeli İli Hereke Bölgesinde bulunan malzemelerin jeokimyasal veriler incelenmiş ve malzemelerin jeokimyasal verileri neticesinde belirli bir karakteristik özelliğin olduğu gözlemlenmiştir. Malzemelerin jeokimyasal değerleri belirli bir karakteristik özelliği olmasından dolayı çimento, agrega ve hafif yapı malzeme kullanmasında etkin rol oynadığını gözlemlenmiştir. Hereke, Kocaeli il merkezi ile İstanbul arasında demiryolu, karayolu ve deniz ulaşımı açısından lojistik olarak önemli bir yere sahiptir. Bölgedeki hammadde endüstriyel açıdan büyük önem arz etmektedir. Uygun jeokimyasal ve mineralojik bileşime sahip hammadde bulunmaması durumunda, istenen özellikteki malzeme, değişik nitelik ve kimyasal bileşimdeki kayaçların bir oran ve esasa göre harmanlanması ile elde edilir. Kayaçların kimyasal değerleri belirli bir karakteristik özelliğe sahip olması nedeniyle çimento, agrega ve hafif yapı malzeme kullanmasında etkin rol oynamaktadır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. İncelemenin Amacı

Bu çalışmanın amacı Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi hazırlamaktır. Bu amaçla tez kapsamında Kocaeli ili Körfez ilçesi Hereke bölgesinin kuzeyinde yer alan kireçtaşı, dolomit ve marn türü kayaların jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal verilerinin değerlendirilmesi, bu değerlendirme sonucu söz konusu kayaç malzemelerin agrega, çimento ve hafif yapı malzemesi gibi kullanım alanlarını tespit etmektir. Bu çalışma kapsamında Yukarı Hereke bölgesinin batısında inceleme alanı içinde yer alan kalker ocaklarından çıkartılan malzemelerin jeokimyasal özellikleri göz önüne alınarak, elde edilen toplam hammadde cinsine ve oranına göre marnın, kireçtaşının ve dolomitik kalkerin muhtemel kullanım alanları belirlenmiştir.

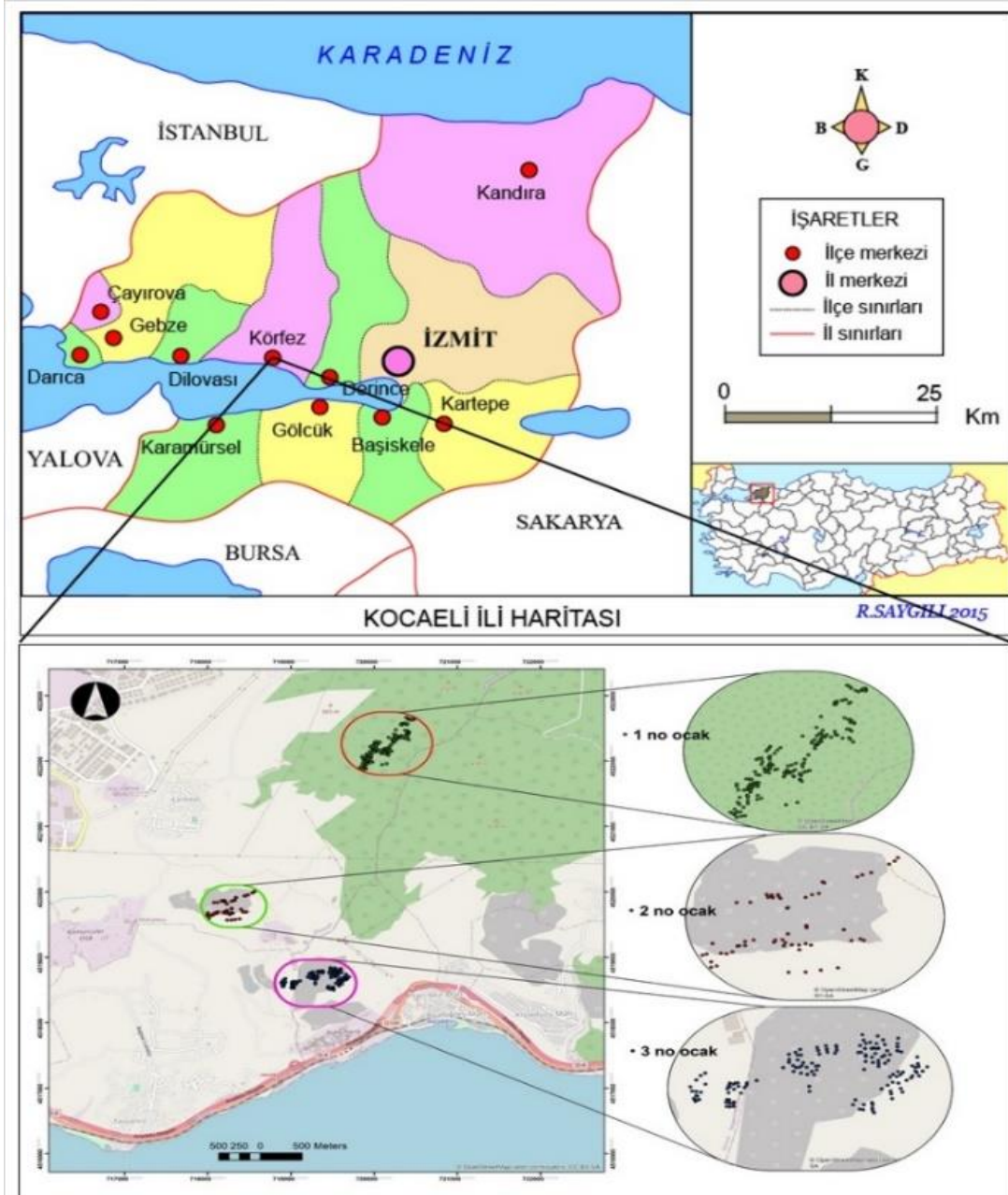
2.2. İnceleme Alanı

İnceleme alanı 1/25000 ölçekli Bursa G23a paftasının güney kesimlerinde, Kocaeli iline bağlı Körfez ilçesinin batısında, Hereke bölgesinin kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 2.1). İnceleme alanı içinde üç farklı taş ocağı mevcuttur. 1 Nolu Ocak kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı taş ocağı olup inceleme alanının kuzeyinde, Çerkeşli bölgesinin doğusunda yer alır(Şekil 2.2). 2 Nolu Ocak kireçtaşı ve marn ocağı olup Kömürcüler OSB bölgesinin doğusunda yer alır (Şekil 2.3). 3 Nolu Ocak marn ocağı olup, Yukarı Hereke bölgesinin batısında yer alırken güneyinde çimento fabrikası, kuzeyinde ise kireç fabrikası bulunmaktadır (Şekil 2.4).

2.3. Jeomorfoloji

Kocaeli ilinin Körfez İlçesine bağlı olan Hereke beldesi düzlük bir alanda kurulmuştur. Ortalama yükseklik 200 metreyi civarındadır. Kocaeli platosunu oluşturan tepeler İzmit'ten Kocaeli yarımadasının batısına doğru uzanır. Derince, Yarımca, Kalburcu, Tütünçiftlik gibi tarıma elverişli olması nedeniyle yerleşmelerin oluşmasını ve gelişmesini geciktirmiştir. Hereke 'de tepeler birden kıyıya yaklaşır. Derelerin dar çevreleri ve denize yakın deltaları yerleşime elverişlidir. İlçenin kuzey bölgesi Çene Dağ'ının devamıdır. Bu yükselti Hereke sırtlarını oluşturur. Körfez ilçesinin batısında yer

alan Yarımcanın eş yükseltisi Hereke' ye doğru yükselir. Kıyı kesimi düzdür. Çalışma alanına yakın önemli dağları, Saman Dağlarıdır. Çevresinde akarsu bulunmamaktadır. Mevsimsel durumlardan dolayı kış aylarında yağmurun fazla olması nedeniyle denize dökülen derelerde akıntı olmaktadır. Çalışma alanının çevresinde su kaynaklarının yeterli olmaması sonraki zamanlarda kuraklığa sebep olacaktır (URL-1: <http://www.korfez.gov.tr/cografi-ve-nufus-durumu>).



Şekil 2.1. İnceleme alanının yer bulduru haritası



Şekil 2.2. 1 Nolu Ocaktan bir görünüm



Şekil 2.3. 2 Nolu Ocaktan bir görünüm



Şekil 2.4. 3 Nolu Ocaktan bir görünüm

2.4. İklim ve Bitki  rt s 

Körfez İlçesine bağlı olan Hereke beldesini iklimi, geçiş iklimi olması nedeniyle yazları sıcak kışları ise oldukça yağı lıdır. Hereke ilçesinde makro tipi Akdeniz iklim hakimdir. Yağış ortalaması yıllık 819,3 mm, ortalama sıcaklık 14,4  C, en düşük sıcaklık (Ocak) 0,8  C (-8), en yüksek sıcaklık (Aėustos) 24,2  C, en düşük sıcaklık ortalaması 10,5  C, en yüksek sıcaklık ortalaması 19,2  C'dir. İklimle bağlı olarak alçak kesimlerde zeytinlikler, kısa çalılar, yüksek alanların tahrip edilmesi sebebiyle ise ince toprak tabakası erozyona uğramıştır (URL-1: <http://www.korfez.gov.tr/cografi-ve-nufus-durumu>).

2.5. Bölgede Yapılmış  nceki  alı malar

İnceleme alanını içine alan Kocaeli Yarımadası bölgesinde daha önce yapılmış jeolojik, petrografik ve endüstriyel hammadde araştırmaları derlenerek bu bölüm altında kronolojik olarak verilmektedir.

Tchihatcheff (1867) Gebze'nin doğusundaki kireçtaşlarının  st Kretase ya lı olduğunu ve doğuya doğru eğimli olduğunu belirtmiştir. Gebze Bölgesindeki  st Kretase ya lı

kireçtaşlarının Ereğli bölgesindeki Üst Kretase yaşlı kireçtaşlarına benzediğini belirtmiştir.

Penck (1919) İzmit Körfezinin kuzey ve güneyindeki kireçtaşlarının jeomorfolojik evrimini incelemiştir. Yüksek kesimlerde bulunan kuvarsarenitlerin, fosil kapsayan Devoniyen yaşlı grovak ve şistlerin üzerinde olduğunu bunun da bir diskordansla ayırdığını belirtmiştir.

Erguvanlı (1949) Değirmenköy civarındaki kireçtaşlarının marnlı, plaketli, dolomitik kalkerli yapılarından oluştuğunu belirtmiştir. Muallimköy civarındaki kireçtaşlarını alt ve üst üyelere ayırmıştır. Kazmalı civarındaki kireçtaşlarının Ladiniyen yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Altınlı (1968) Kocaeli iline bağlı İzmit-Hereke-Kurucadağ alanında kalan bölgenin jeolojisini incelemiştir. Bu çalışmada stratigrafik kolon kesintinde Sopalı Formasyonun Alt Ordovisiyen yaşlı olduğunu, Kapaklı Formasyonun Alt Triyas yaşlı olduğunu, Hereke Formasyonun Orta Triyas yaşlı olduğunu, Kutluca ve Şemsettin Formasyonlarını Üst Kretase yaşlı olduğunu belirtmiştir.

Adil ve diğ. (1999) Kocaeli Hereke Tavşanlı Taşkaldıran mevkiinde geniş mostralar veren Triyas yaşlı Hereke formasyonuna ait kireçtaşlarının jeomekanik ve kimyasal parametreleri incelenmiş ve malzemelerin kalın katmanlı masif bir yapıya sahip olduğunu fakat faylanma ve deformasyon etkisinden dolayı da yer yer ezik zonların olduğunu belirlemişlerdir. Bu malzemelerin teknolojik ve kimyasal özelliklerine göre kırmataş üretiminde elverişli olduğunu belirlemişlerdir.

Çerikcioğlu (2001) Kocaeli yarımadasında yüzeylenen Triyas istifi içindeki dolomitlerin petrografik ve izotopik özelliklerine bakılarak evaporit içermeyen dolomitler olduğu belirlemişlerdir. Dolomitlerin iki fazlı sonucu geliştiğini, petrografik özelliklerine bağlı olarak birinci faz dolomitlerin çözünmesiyle açığa çıkan çatlak ve boşluklar doldurmasıyla çimentolayıcı dolomit oluştuğu, ikinci fazın dolomitlerin mikro çatlakların olması daha öz şekilli bir yapıya sahip olduğunu ayrıca bu iki fazın da duraylı izotop olduğunu belirlemiştir.

Zarif ve diğ. (2003) İstanbul Avrupa ve Anadolu kesimleri ile Gebze ve Hereke dolaylarındaki dolomitik kireçtaşlarının kimyasal özelliklerini ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer) metodu ile belirlemişlerdir. Malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için ISRM (1981) esas alınarak yapmışlardır. Petrografik ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak malzemelerinin agrega ve diğer kullanım alanları için uygunluğu belirlemişlerdir.

Öztürk ve diğ. (2019) Kocaeli Hereke bölgesindeki karbonatlı kayaçların malzeme özelliklerine bağlı olarak kullanım alanları belirlemişlerdir. İnceleme alanında farklı jeolojik birimlerin oluşturduğu karbonatlı kayaçların jeokimyasal verilerine göre agrega, çimento, hafif yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği belirlemişlerdir.

2.6. İnceleme Konusu İle İlgili Önceki Çalışmalar

İnceleme konusu ile ilgili daha önce Türkiye ve dünyanın farklı lokasyonlarında gerçekleştirilmiş araştırmalar kronolojik olarak bu bölüm altında verilmektedir.

Ramsay ve diğ. (1974) Farklı yapıda oluşmuş kireçtaşın kırmataş olarak üretilmesi sonrasında oluşan malzemenin petrografik özelliklerini incelemiştir. Üretimden çıkarılan malzemenin kırma ve darbe dayanımlarının önemli oranda farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir.

Al-Jassar ve Hawkins (1991) Bristol civarındaki kireçtaşı ocaklarından almış oldukları örnekler üzerinde petrografik, kimyasal ve mineralojik analizler yaptırmışlardır. Ayrıca Alınan örneklerde tek eksenli basınç dayanım testlerini de uygulamışlardır. Laboratuvar koşullarında yapılan deneylerden elde ettikleri verilere göre farklı litoloji özelliğindeki kireçtaşlarının dirençlerini etkilediğini, alkali seviyesi yüksek olan kireçtaşlarının direncin önemli oranda düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Fookes (1991) Agrega ürünü olarak düşünülen malzeme de ayrışma olması agrega ürünü olarak kullanılma özelliklerini önemli oranda etkilediğini belirtmiştir. Ayrıca agrega olma niteliğini etkileyen parametrenin mühendislik özellikleri ile agrega darbe dayanımlarında önemli parametreler olduğunu belirtmişlerdir.

Harrison (1993) masif kireçtaşlarının endüstride büyük öneme sahip olduğunu belirtmiştir. İngiltere’de farklı kireçtaşı ocaklarından almış olduğu örnek numuneler üzerinde petrografik ve kimyasal özelliklerini inceleyerek karşılaştırma yapmıştır.

Uribe-Afif (1994) kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Kireçtaşında oluşacak ayrışmanın ve içerisindeki kil miktarının %7’ den fazla olması durumunda agrega kalitesini etkileyeceğini belirtmişlerdir.

Erdoğan (1996) alkali-dolomit ve alkali-kalsit reaksiyonlarını araştırarak kalsit minarelerinden oluşan agregaların betonda ve çimento kullanımında herhangi bir olumsuz bir durum olmadığını belirlemiştir. Ayrıca alkali-dolomit reaksiyonunda ise tane ya da kristal boyutunun farklılığı taş üzerinde olumsuz bir durum gözlemlenmediğini belirtmiştir.

Eren ve diğ. (1996) Kocaeli-Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü civarındaki bölgesinin jeolojisini incelemiştir. İnceleme alanı kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kireçtaşı sınırlarını belirleyerek İstanbul için önemli olan kireçtaşlarının rezerv miktarını hesaplamıştır. Bölgedeki kireçtaşlarının maksimum verimin ile üretilebilmesi için organizasyon ve planlamaya çok önem verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Hereke Formasyonunun petrografik özelliklerine bakarak, Hereke Formasyonun kireçtaşı-dolomitik kireçtaşlarından olduğunu ifade belirtmişlerdir. İnceleme alanındaki yapıların yoğun tektonizma altında kalması nedeniyle formasyonun kırıklı ve kıvrımlı bir hal aldığını, tektonizma sonucunda belirli bir derinliğe kadar ayrışma devam ettiğini, derinlere doğru tabakaların daha kalın ve masif olacağını dolayısıyla kalın tabakalı kesimlerdeki ince kristalli kireçtaşlarının yapı taşı olarak üretildiğini belirtmişlerdir.

Taylor (1997) çimento üretimindeki MgO değerinin % 5 geçmesi durumunda çimento kalitesi açısından olumsuz etkileneceğini belirlemiştir.

Poitevin (1999) kireçtaşından üretilen agregaların betondaki kullanılabilirliği ve dayanıklılığını, çimento ve beton üzerindeki kompozitleri incelemiştir.

Tasong (1999) yaygın olarak kullanılan beton agregaları kuvarsit, bazalt ve kireçtaşlarının beton ve çimento üzerinde jeokimyasal özelliklerinin mikro yapı gelişimi üzerindeki etkisini incelemiştir.

Onaka (2000) çimento üretim aşamasındaki ilk adımın ocaktaki hammadde üretimi ve işlenmesi olduğunu, eğer ham madde ocaklarının sıkı takip yapılmadığı takdirde çabuk tüketileceği ve bu durumun da çimento üretimin imkânsız hale gelebileceğini bu nedenle de tüm ana hammaddelerin en uygun şekilde kullanılması gerektiğini belirlemiştir.

Özpınar ve diğ. (2001) Denizli Kocabaş bölgesinde bulunan travertenlerin jeolojik araştırmalarını yaparak fiziko-mekanik özelliklerini belirlemiş ve agrega hammaddesi açısından uygunluğunu belirtmişlerdir.

Kuşcu ve diğ. (2001) Isparta Menteşe dolomitlerin jeokimyasal özelliklerine bağlı olarak demir çelik, refrakter sanayide, ayna, cam, gübre sanayisi ve endüstriyel hammadde olarak kullanılabilecek özellikte olduğunu belirlemişlerdir. Kimyasal analiz sonucundaki iz elementlerine bakılarak kullanım alanlarında bir etkilerin bulunmadığını belirlemişlerdir.

Yüce ve diğ. (2002) kireçtaşların mineralojik, fiziksel, kimyasal ve kalsinasyon özelliklerini belirlemişlerdir. Jeokimyasal ve petrografik özelliklerine göre demir çelik sektöründe yüksek fırınlarda kireç olarak kullanılabilirliğini düşey şaftlı (Maerz tipi) fırınlarda kullanılabilecek üçgen diyagram geliştirilerek kireçtaşlarına ilişkin bir metalürjik kireçtaşı olarak adlandırılmasını önermişlerdir.

Uysal ve diğ. (2003) farklı mermer türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini göre inşaatlarda yapı ve kaplama malzemesi olarak uygunluğunu araştırmışlardır.

Almeida ve diğ. (2004) Güney Portekiz’de bir taş ocağı işletmesinde çimento üretimi için kullanılan kireçtaşı ve marnın kalite değişimini jeokimyasal yöntemlerle belirlemişlerdir.

Atabey ve diğ. (2006) Denizli Güney ilçesine bağlı kireçtaşının fiziksel ve mekanik özellikleri, jeokimyasal ve teknolojik özelliklerini belirlemişlerdir. NTE (Nadir Toprak Elementi) analizlerinde ağır metalleri belirlenmiş jeokimyasal açıdan istenmeyen bileşimlerin olmadığı gözlemlenmiştir. Jeokimyasal verileri sonucunda doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini belirlemişlerdir.

Gözübol ve diğ. (2008) Cebeciköy civarındaki kireçtaşlarının jeokimyasal açısından inceleyerek kullanım alanlarını belirlemişlerdir. Petrografik, fiziksel ve mekanik

özelliklerini belirleyerek kuzey batıdan doğuya doğru MgO oranlarının arttığını ve buna bağlı olarak agrega kalitesinin düşük olduğu belirlemişlerdir.

Teymen ve diğ. (2011) yapılan çalışmada yedi adet kireçtaşı, beş adet mermer ve iki tane de traverten kullanılmıştır. Kalsiyum karbonatlı farklı türdeki kayaçların fiziksel, mekanik ve petrografik özellikleri incelenmiştir. Deney sonuçlarının TS 10449, TS 11137 ve TS 11143'e göre değerlendirerek kullanım alanlarını belirlemişlerdir.

Elçi ve diğ. (2014) İzmir Karaburun Yarımadasındaki kireçtaşların jeokimyasal yöntemlerle saflığı yüksek olan agregaların kaliteli beton agregası olarak kullanılabilirliğini belirlemişlerdir. Kireçtaşının jeolojik formasyon özelliklerin sürekli değişerek jeokimya özelliklerindeki silis miktarının değişmesine neden olduğu için heterojen bir yapıya dönüştüğünü belirtmişlerdir.

Tuncay ve diğ. (2015) Antalya Karagöz civarındaki dolomitik kireçtaşının mineralojik-petrografik özellikleri, jeokimyasal ve petrografik özelliklerine göre beton agregası olarak kullanılabilirliği belirlemişlerdir.

Özbek (2016) Kahramanmaraş ve çevresinde yüzeylenen Tut Formasyonu, Andırın kireçtaşı, Koçali karmaşığı, Ahırdağı Formasyonu ve Parpiyayla Formasyonuna ait seçilmiş beş farklı formasyonuna ait kireçtaşının petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerini inceleyerek agrega kullanım yönünden araştırarak agrega taşı olarak kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Slim ve diğ. (2016) Kuzeydoğu Tunus kireçtaşlarının agrega, çimento ve doğal yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğini kireçtaşlarının petrografik, jeokimyasal ve mekanik özelliklerini belirleyerek tanımlamışlardır. Semerci (2017) Mardin kireçtaşlarının fiziksel, kimyasal ve içyapı özellikleri tespit ederek kireçtaşlarının yapı malzemesi açısından kullanılabilirliğini olduğunu belirtmiştir.

Korkmaz (2021) hammadde proses optimizasyonu ve çimento üretimine etkisi konu başlıklı çalışmada iki farklı hammadde harmanlama yöntemi incelemiştir. Bunun için farin üretimi performans kriterleri ve hedefleri belirlenerek optimizasyon öncesi ve sonrasında elde edilen kalite parametrelerinin karşılaştırılmasıyla performans değerlendirilmesi yapmıştır. Performans değerlendirmelerinde klinker üretiminin en

kritik unsurlarından olan kireç doygunluk faktörü (LSF), silikat modülü, alümina modülü ve alit (C_3S) parametresi dikkate almıştır. Performans kriteri olarak farin üretimindeki standart sapmaların %6'nın altına düşürülmesi amaçlamıştır. Bunun için ilk olarak ocak üretim aynaları, patlatmalar ve delik paternleri, hammadde hazırlama prosesi, kırıcı, istifleyici ve kazıyıcı ekipman operasyonları gözden geçirilerek NetCAD Netpromine programından yararlanmıştır. Farin standart sapmaları her iki harmanlama yönteminde de %6'nın altına düşürmüş ve daha istikrarlı homojen bir üretim gerçekleştirilmesini sağlamıştır.



3. GENEL JEOLojİ

3.1. Bölgesel Jeoloji

Kocaeli, jeolojik açıdan iki önemli tektonik birlikten oluşmuştur. Bunlardan biri İzmit Körfezi'nin kuzeyinde bulunan Moezya platformundan kopup geldiği ileri sürülen ve İstanbul Paleozoyiği ile Kocaeli Triyası'nı içeren Kocaeli Yarımadası, diğeri ise İzmit Körfezi'nin güneyinde bulunan ve Sakarya Zonu'nun bir kesimi olan Armutlu Yarımadası'dır (Görür ve diğ., 1983). Bu Paleozoyik istif olasılıkla pasif bir kıta kenarını temsil etmektedir (Abdüsselamoğlu ve diğ., 1977). Armutlu Yarımadası, temel kayaçları meta sedimentlerden, mermerlerden, metamorfizmlerden ve bu birimleri kesen granit ve mikro granitten oluşur. Kocaeli Bölgesi temel kayaları Paleozoyik yaşlı çökel kayalardan oluşmaktadır. Bu çökelmiş kayaların yaşları Ordovisiyen-Tersiyer (Üst Oligosen-Alt Miyosen) aralığında değişmektedir (Seymen, 1995) Gebze Bölgesi'nde gözlenen kıvrımlar genellikle KD-GB yönelimli olup, Hersiniyen Orojenezi' nin ürünüdür. Paleozoyik istifi düzenli bir paket şeklinde kıvrımlandıran gerilme KB-GD yönelimlidir. Bu kıvrımlar genellikle kumtaşı ve kireçtaşlarında olduğu için litoloji etkisiyle paralel tipte gelişmiştir (Önalın, 1982). Paleozoyik temel çökel kayalar çamurtaşı-şeyl, kumtaşı, arkozik birimlerinden oluşan Kurtköy Formasyonu ile başlar. Yaşlı çökel kayaların üzerine uyumlu denizel kuvars kumtaşlarını temsil eden Aydos Formasyonu yer almaktadır. Üste doğru lagün-şelf çökeli kumtaşı şeyl araldanmasını temsil eden Gözdağ Formasyonu çökelmiştir. Bu çökelen kayaların üzerine resifal kireçtaşları olarak tanımlanan Dolayoba Formasyonu gelmektedir. Bu formasyon üzerine derin deniz çökeli laminalı kireçtaşı, yumrulu kireçtaşları olan İstinye Formasyonu yer alır. Kocaeli Yarımadası'nda daha önce yapılan jeolojik araştırma çalışmasında, bölgede Triyas serisinin eksiksiz bir istif sunduğu kabul edilmektedir. Triyas serisi, Paleozoyik temel üzerinde uyumsuz olarak izlenir. Serinin en alttaki birimi olan, Alt Skitiyen yaşlı kırmızı renkli karasal birimini temsil eden Kapaklı Formasyonuna aittir. Hereke grubunda ise birimin üsteleyen, denizel karakterli kireçtaşı ve marn litolojisinden oluşmuştur. Hereke grubunun tabanında Erikli Formasyonu vardır. Bu Formasyonu temsil eden birimler marnlı kireçtaşlarından oluşur. Killi mikritik kireçtaşı, marn ve mikritik kireçtaşı araldanmasından oluşan Demirciler Formasyonunda Vermesli seviyeler karakteristiktir (Gedik ve diğ., 2005). Hereke grubunun yaşı daha önceki çalışmalarda Alt Triyas olarak tanımlanmıştır (Özdemir ve diğ., 1973). İstif, kireçtaşı ara tabakalı derin denizel ortamda

oluşan Trakya Formasyonuna ait son formasyondur. Bu istif granit-granodiyorit-diyoritler türü olan Permian ve Geç Kretase yaşlı tarafından kesilmektedir. Çökel kayalar içindeki Granitik kayaçların kontak metamorfizma belirtilerin gözlemlendiğini, Çınarlı dere Formasyonun tabanından üste doğru sığlaşan şeyl-kumtaşı ardalanması ile başlamaktadır. Aydos Formasyonu içindeki kaya türüne ait ve renkleri kırmızı olan kuvars kumtaşları izlenmektedir. Birimin en altında bulunan Soğuksu Formasyonunun içinde ilkel brakiyopod içermektedir. Büyükkada Formasyonu ile Baltalıman Formasyonu arasında tektonik ilişkilidir. Formasyon içindeki birimler, transgresif aşmalı olarak Permo-Triyas yaşlı kayaçlar örttüğü, Paleozoyik yaşlı birimlere benzeyen üç farklı istif halinde bulunmaktadır (Gedik ve diğ., 2005). İstiflerden birincisi Kapaklı Formasyonudur. Bu formasyon da en alttaki çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı-şeylden oluşan akarsu çökelleri bulunmaktadır. Kapaklı Formasyonunun üzerine Erikli Formasyonu çökelmiştir. Erikli Formasyonu sığ deniz çökeli olan kuvars kumtaşlarından oluşmuştur. İstifin üstünde doğru Demirciler Formasyonuna bulunmaktadır. Bu formasyon da Şelf çökellerinden oluşan denizel fasiyesteki kireçtaşı, şeyl, killi kireçtaşı, silttaşı, oluşmaktadır. Bölgedeki Ballıkaya Formasyonu Dolomit ve dolomitik kireçtaşından oluşmaktadır. Yumrulu, killikireçtaşı, silttaşı-şeyl ardalanması ile yumrulu kireçtaşlarının olan Kazmalı Formasyonunu ile Tepeköy Formasyonuna içinde yer alan kumtaşı ve marn yapıdan oluşan birimler, Bakırlıkıran Formasyonu ve bu birimin yanıl eşdeğeri olan Çerkeşli Formasyonu oluşmaktadır. Formasyon içindeki birimler üzerinde yaşlı çökelmiş kayalar yer alır. Bu çökelen kayalar Teksen Formasyonu temsil edip karasal ve sığ denizel çakıl taşlarından oluşmaktadır. Teksen Formasyonunun üzerine Hereke ve Kutluca Formasyonu yer alır. Bu formasyonlarda kireçtaşı ve Resifal kireçtaşlarından oluşmuştur (Gedik ve diğ., 2005).

3.2. İnceleme Alanı Jeolojisi

İnceleme alanında yer alan 1 Nolu Ocak, 2 Nolu Ocak ve 3 Nolu Ocakların açıldığı kayalar İstanbul Paleozoyik sedimanter serisi içinde önceki jeolojik çalışmalar kapsamında adlandırılmış formasyonlar yer almaktadır (Gedik ve diğ., 2005). 1 Nolu Ocak, 2 Nolu Ocak ve 3 Nolu Ocakların işletildiği formasyonlar (Şekil 3.1), en yaşlıdan en gence sırasıyla Triyas yaşlı Ballıkaya Formasyonu, Kazmalı Formasyonu ve Kuşca

Şekil 3.1. İnceleme alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Gedik ve diğ., 2005'ten değiştirilerek).

Üyesi, Tepeköy Formasyonu, Çerkeşli Formasyonu, Kretase yaşlı Kutluca Formasyonu, Üst Kretase-Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu şeklindedir. Bu formasyonlar üzerinde uyumsuz olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qal) ve güncel dolgular (Qd) yer almaktadır.

1 Nolu Ocak sınırları içerisinde en yaşlıdan en gence doğru sırasıyla Ballıkaya Formasyonu, Kazmalı Formasyonuna ait Kuşca Üyesi, Kazmalı Formasyonu, Tepeköy Formasyonları gözlenmektedir. 2 Nolu Ocak sınırları içerisinde Kutluca Formasyonu gözlenmektedir. 3 nolu ocak sınırları içerisinde Akveren Formasyonu gözlenmektedir.

3.2.1. Ballıkaya Formasyonu (TRb)

İnceleme alanında da gözlenen Ballıkaya Formasyonu ince kristalli, genellikle dolomitik, dolotaşlı kireçtaşı şeklinde litolojiler içerir (Yurtsever, 1982). Ballıkaya Formasyonundaki kayalar genellikle gri, koyu gri renkli dolomit ve dolomitik kireçtaşlarından oluşur. Dolomitik kireçtaşı kırıldığında H₂S (sülfür) hissi verir. Üst düzeyleri yoğun krinoidli, brakiyopod ve diğer makrofosiller içerir. Alt düzeyleri gri renkli dolomitik kireçtaşlarından oluşur; fakat dolomitik kireçtaşların ara katmanlarında yer yer ince tabakalı mikritik kireçtaşları gözlenir (Yurtsever, 1982). Ballıkaya Formasyonu altında Demirciler, üstte Kazmalı Formasyonları ile dereceli geçişlidir. Formasyonun kalınlığı 5-350 m arasında değişmektedir Ballıkaya Formasyonun yaşı geç Olenekiye-erken Anisiyendir (Çerikçioğlu, 2001). Dolomitik yapılar inceleme alanın kuzeyinde ve gri renkli yapılardan oluşmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. İnceleme alanındaki Ballıkaya Formasyonu içindeki dolomitik kayaların görünümü

3.2.2. Kazmalı Formasyonu (TRk)

Kazmalı Formasyonu ilk kez İrtem (1968) tarafından adlandırılmıştır. Ballıkaya Formasyonunun üstünde yer almaktadır. Ballıkaya Formasyonu ile benzer özellik göstermektedir. Formasyon genellikle gri, koyu gri renkli, ince orta tabakalı mikritik ve killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kazmalı Formasyonun kireçtaşlarında ammonitli, foraminifer ve konodont fosilleri içerir. Formasyon altında Ballıkaya, üstünde ise Tepeköy Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Birim kalınlığı çok değişkendir. Kocaeli Yarımadası'nın kuzey bölgesinde 10 ile 400 m kalınlığındadır. Kocaeli Yarımadası'nın iç bölgelerde Tepecik ve Çerkeşli köyleri civarındaki Kazmalı Formasyonu yaklaşık 5 ile 40 m kalınlığındadır. Güney kesimlerindeki tabaka kalınlığı ise yaklaşık 300 m civarındadır (Özdemir ve diğ., 1973). Kazmalı Formasyonun yaşı geç Anisiyen erken Karniyen'dir. İnceleme alanındaki kireçtaşları mikritik yapılardan oluşur (Şekil 3.3).

3.2.2.1. Kuşca Üyesi (TRkk)

İlk defa Yurtsever (1982) tarafından adlandırılmıştır. Altınlı ve diğ. (1970) tarafından ise tabakalara ayırmıştır. Alt tabakasında krem ve siyah görünümlü olduğu, üst tabakasında ise kırmızı renkli, yer yer ince ve yer yer orta kalınlıkta gözlendiğini belirtmişlerdir. Kuşca Üyesi bol ammonitli ve başka makro fosil kavkıları içerir. Üye adını Kuşca Pınar'ından almıştır. Altta Kazmalı Formasyonu ile geçişlidir. Üstte ise Tepeköy Formasyonu ile geçişlidir. Üyenin kalınlığı yaklaşık 30 m civarındadır. İnceleme alanındaki Kuşca Üyesi kırmızı renkli, yumrulu kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. İnceleme alanındaki Kazmalı Formasyonu içindeki mikritik kireçtaşının görünümü



Şekil 3.4. İnceleme alanındaki Kuşca Üyesinin içindeki kırmızı yumrulu kireçtaşı görünümü

3.2.3. Tepeköy Formasyonu (TRt)

Tepeköy Formasyonu kumtaşı ve kireçtaşı aratabakalı halobiyalı şeyllerden oluşmaktadır. Bu formasyon ilk kez Altınlı (1970) tarafından verilmiştir. Tepeköy Formasyonu Tepecik köyü civarında gözlenir. Tepeköy Formasyonu yeşil-yeşilimsi kumtaşı arakatmanlı seviyelerden oluşmaktadır. Formasyon Çerkeşli köyü civarında sarımsı gri, ince tabakalı, kırıntılı şeklinde gözlenir. Kireçtaşları özelliğinde olduğunu, Tepecik Köyü civarındaki bu formasyon şeyl-kumtaşı oluşurken, Çerkeşli Köyü etrafında, ince katmanlı, aratabakaları ile kireç çakıltası içermektedir (Gedik ve diğ., 2005). Bu formasyon fosil bakımından oldukça zengindir ve halobiya faunası içermektedir. Formasyonun yaş analiz tayinindeki verileri değerlendirilmesi sonucunda Tepeköy Formasyonu'nun yaşı geç Karniyen olarak belirlenmiştir (Gedik ve diğ., 2005). Formasyonun ince taneli birimlerden olması, açık şelfte çökelmiş olabileceğini göstermektedir. Tepecik Köyü bölgesinde formasının Üste doğru kumtaşı hareketinin artması, Çerkeşli Köyü etrafında kalkarenit ve kireç çakıltası gözükmesi, formasyonun benzer karakterde olduğunu göstermektedir (Gedik ve diğ., 2005). Tepeköy Formasyonu inceleme alanında gri, sarı renkli kireçtaşlarından oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. İnceleme alanındaki Tepeköy Formasyonu içindeki kireçtaşı'nın görünümü

3.2.4. Çerkeşli Formasyonu (TRÇ)

Çerkeşli Formasyonu kireçtaşı, çakıllı kireçtaşı, çakıltaşı ve çakıllı şeylden oluşur. Formasyon ismini Çerkeşli Köyü'nden (Hereke kuzeybatısı) alır. Çerkeşli Formasyonu, Tepeköy Formasyonu oluşturan halobiyalı şeyller, en üstte gri renkli, ince-orta tabakalı, dereceli, türbidit Özelliği, kırıntılı kireçtaşı (kalkarenit) tabakaları ile geçişlidir. Bu formasyonun alt birim seviyeleri şeyl ve şeyl arakatlı çakıltaşı niteliğindedir. Orta-üst düzeydeki birimin esas karakterini belirtir. Bu düzeyler gri renkli, ince-kalın tabakalı, kötü boylanmalı ve kötü derecelenmelidir. Tane boyları kum ile blok arasında olduğunu, formasyon içindeki birimin, kireççakıltaşı ile başlamakta, kalkarenit ile sona ermektedir. Tanelerin tamamı, Triyas yaşlı karbonatlarından oluşmuştur (Yurtsever, 1982). Çerkeşli Formasyon birimlerin içindeki kalkerli yapılar içinde mercan blokları gözlendiğini Tepeköy Formasyonu ile kademeli geçişlidir. Tepeköy Formasyonu'nun bulunmadığı hatlarda Kazmalı Formasyonunun Kuşça üyesi üzerinde uyumlu olarak gelmiştir. Çerkeşli Formasyonu Teksen Formasyonu ile açısız uyumsuzlukla örtülür. İki birimin yer aldığı Çerkeşli Formasyonu ile Teksen Formasyonu doğrultu atımlı fay birbirinden ayırır. Çerkeşli Formasyonun kalınlığı 50 ila 70 m arasındadır. Kuşça üyesinin üzerinde yer almaktadır. Formasyon içindeki kalker yapıları kötü boylanmalı, kötü derecelenmeli ve

türbidit benzeri özelliktedir (Gedik ve diğ., 2005). Çerkeşli Formasyonu inceleme alanında gri renkli kireçtaşlarından oluşmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. İnceleme alanındaki Çerkeşli Formasyonu içindeki kireçtaşının görünümü

3.2.5. Kutluca Formasyonu (Kk)

Kutluca Formasyonu, biyoklastik kireçtaşı, kumlu ve çakıllı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Formasyon ismini ilk kez Altınlı (1968) tarafından verilmiştir. Kutluca Formasyonunu oluşturan kireçtaşı yapıların içinde mikritik yapılar gözlenmektedir. Bu durum Hereke çakıltaşları kapsamında Kutluca Formasyonu yerine kireçtaşı üyesi olarak belirtilmiştir. İsmi Kutluca Köyü'nden almaktadır (Gedik ve diğ., 2005). Kutluca Formasyon genellikle açık gri, bej ve pembe renkli, ince kalın tabakalı, genellikle yığışım halinde oluşmuştur. Formasyon içindeki kırmızı renkli çamurtaşları, Neojen yapısına benzerlik göstermektedir (Özer ve diğ., 1990). Kutluca Formasyonu, yaşlı birimler üzerinde aşıl uyumsuzlukla yer aldığını, Hereke ve Teksen Formasyonları ile yanall yönde ile geçişli olup, Akveren Formasyonu ile de geçişlidir. Formasyon kalınlığı 0-70 m arasında değişmektedir. Kutluca Formasyonu makro ve mikro fauna bakımından oldukça zengindir (Özer ve diğ., 1990). Kutluca Formasyonu inceleme alanında koyu gri, kalın tabakalı yapılardan oluşmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. İnceleme alanındaki Teksen Formasyonu içindeki kireçtaşının görünümü

3.2.6. Akveren Formasyonu (KTa)

Şeyl-marn arakatkılı killi-mikritik kireçtaşlarına "Akveren Formasyonu" adı uygulanmıştır. Sinop yöresinde yüzeylenen Geç Kretase (Maastrichtiyen) yaşlı benzer kaya türlerine Ketin ve Gümüş (1962) "Akveren Formasyonu" ismini kullanmıştır. Ancak, Gedik ve Korkmaz (1984), bu adın aynı birimlerine ilk kez Sinop yöresinde çalışmış olan Badgley (1959) tarafından verilmiştir. Formasyon ismini Ayancık ilçesi güneyindeki Akviran (Akveren) Köyü'nden almıştır. Akveren Formasyonu beyaz, bej ve pembe renkli, ince-orta tabakalı, mikritik ve killi kireçtaşı, kalkarenit, marn ve yeşilimsi gri-yeşil renkli şeyllerden oluşmuştur. Akveren Formasyonun görüldüğü bazı bölgelerde beyaz, gri, bej ve pembe renkli, ince tabakalı, porselenimsi görünümlü, killi, mikritik kireçtaşı karakterinde iken; bazı bölgelerde kireçtaşı-marn ve türbiditik kireçtaşı ardalanması özelliğindedir. Formasyon birimi bazı bölgelerinde mercekli kumtaşları bazı bölgelerinde kumtaşlarında çört yumruları gözlenmektedir. Formasyonun altında mercekler hâlinde bazı bölgelerinde ise kireçtaşı aratabakalı şeyl ve marn içermektedir. Formasyon içindeki şeyl ve marnlar "Çelebi üyesi" olarak tanımlanır. Akveren Formasyonu altta Teksen Formasyonunun ait Yemişliçay grubu birimleri ile, üstte de Atbaşı Formasyonu ile dereceli geçişlidir. Yoğun olarak ekinid fosilleri içermektedir. Formasyonun yaşı Geç Kampaniyen-Geç Paleosen olarak tanımlanır. Akveren Formasyonu genellikle farklı ortamlarda çökelmiştir (Gedik ve diğ., 2005). İnceleme

alanında Akveren Formasyonu bej ve pembe renkli, ince tabakalı, killi olarak gözlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. İnceleme alanındaki Akveren Formasyonu içindeki marn birimin görünümü

3.2.7. Alüvyon (Qal)

Akarsu yataklarında rastlanır. En önemli alüvyon birikintisi Tavşanlı dere ile Ova dere vadisindedir. Mil-kum, killi, kum-çakıl-killi çakıldan oluşur. Kötü boylanmalı ve tutturulmamıştır.

3.2.8. Yapay Dolgu (Qd)

Zayıf zeminler killi, siltli, organik madde içeren zeminler, gevşek ince kumlu alüvyon zeminler ile kontrolsüz şekilde oluşturulmuş yapay dolgular olarak adlandırılabilir.

3.3. Yapısal Jeoloji

Kocaeli Yarımadası'nda yüzeyleyen birimlerinde yaşlara göre allokton, yarı otokton, otokton olarak sınıflanmıştır. Bunlar; Paleozoyik ve Triyas yaşlı olanlara allokton, Geç Kretase-Eosen yaşlı olanlara yarı otokton, Oligosen ve Kuvaterner yaşlı olanlara da otokton olarak tanımlanır. Geç Kretase-Erken ve Miyosen dönemi birimleri süreklilik göstermesi nedeniyle yarı otokton-otokton sınırını belirlemek oldukça zordur (Gedik ve diğ., 2005). Kocaeli Yarımadası'nda yüzeyleyen birimlerinde Paleozoyik yaşlı iki istif ve Permo-Triyas yaşlı üç istif bulunmaktadır. Tektonik hareket sonucunda farklı ortamlarda

çökelmiş iki faklı istifler dilimler hâlinde bir araya gelmiştir. (Gedik ve diğ., 2005). Kocaeli Yarımadası'nda çok kırıklı yapıların geliştiğini bunun ise çok yoğun tektonik hareketler sonucundan dolayı oluşmaktadır. Bölgede çalışma alanının çevresinde Kuzey Anadolu Fayı'na bağlı, en önemli tektonik yapılar Yarımada'nın kuzey-kuzeybatısında yer alan Sarıyer-Şile Bindirmesi, İzmit kuzeyindeki Belen-Sepetçi Ters Fayı, Darıca-Tuzla Örtülü Fayı ile Darıca-Tuzla yarım adacıklarında gözlenir.

Bu faylar doğu-batı uzanımlı olduğunu, bu uzanımların dışında (K-G, D-B, KB-GD, KD-GB uzanımlı) büyük-küçük yönlü birçok fay mevcuttur. Belirtilen bu faylar normal, düşey, ters, doğrultu atımlı ve sürüklenim niteliğindedir. Paleozoyik birimlerin tektonik olaylardan en çok etkilenen bir istiftir. Bu sebepten dolayı tabakalar bozuk ve parçalar halindedir (Gedik ve diğ., 2005). Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesiti Şekil 3.9 'de verilmiştir.

SİSTEM	SERİ	FORMASYON /ÜYE	YAŞ	SEMBOL	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
SENEZOYİK	KUVATENER	YAPAY DOLGU	HOLOSEN	Qd		Blok, çakıl, kum, silt karışımı
		ALÜVYON		Qal		Çakıl, kum, silt ve kil karışımı
MESOZOYİK	TERSİYER	AKVEREN	ÜST KRETASE-PALEOSEN	KT a		Şeyl, marn, arakath killi mikritik kireçtaşı
	KRETASE	KUTLUCA	ÜST KRETASE	Kk		Resifal kireçtaşı
		ÇERKEŞLİ	ÜST TRİYAS	TRç		Kireçtaşı, kalkerenit
	TRİYAS	TEPEKÖY	ÜST TRİYAS	TRt		Şeyl, marn, ince taneli kumtaşı, kireçtaşı
		KUŞÇA	ORTA-ÜST TRİYAS	TRkk		Kırmızı yumrulu kireçtaşı
		KAZMALI	ORTA-ÜST TRİYAS	TRk		Gri yumrulu kireçtaşı
		BALLIKAYA	ALT-ORTA TRİYAS	TRb		Dolomit, dolomitik kireçtaşı, kireçtaşı

Şekil 3.9. İnceleme alanı ve civarının genelleştirilmiş stratigrafik kesiti

4. KARBONATLI KAYAÇLARDAN ÜRETİLEN YAPI MALZEMELERİ

Karbonat kayaçların en temel elementleri kalsiyum (Ca), magnezyum (MgO), karbon (C) ve Oksijendir(O₂). Bu elementlerin dışında Si, Al, K, Na gibi birçok element kalsiyum veya magnezyumla yer değiştirir. Bu elementlerin miktarı sadece kayacın mineralojisi ile değil ortamda bulunan organizmaların (fosillerin) tipi ve miktarına bağlıdır. Bazı fosiller belli elementleri iskelet yapımında kullanırlar. Dolayısıyla bu tip fosillerin kayaç içerisindeki miktarı ilgili elementin kayaç içerisindeki konsantrasyonunu da belirlemiştir. Sedimanter kayaçlarda, kırıntılı sedimanlarda, özel tabaka düzlemleri ve paleokarstik yüzeylerdir (Folk 1959 ve 1962). Kireç taşları en büyük tane büyüklüğünden küçüğüne doğru kalsiruditler (>2mm), kalsiarenitler (2 mm-62 mm) ve kalsilutitler (<62mm) olmak üzere üç gruba ayrılır. Sedimanter kayaçların mikro ve makro fosil içermeleri diğer kayaçlardan ayıran en önemli özelliktir. Arazide %10'lık HCl döküldüğünde köpürür. Bileşiminde MgO değeri artıka köpürme azalır. Kireç taşı içinde kalsit (CaCO₃) minerali var ise kireçtaşı, dolomit (CaMg(CaCO₃)) minerali var ise dolomit (dolotaşı) olarak adlandırılır. Her iki mineralinde kayaçta bulunması halinde çok bulunan mineral dikkate alınarak kayaca dolomitik kireçtaşı veya kalsitik dolomit denir (Folk 1959 ve 1962). Bazı durumlarda kayaç içerisinde kum, silt, kil tane boyunda kırıntılı malzemede bulunabilmektedir. Bu tür kayaçlara da marn denilmektedir (Folk 1959 ve 1962). Karbonatlı kayaçların sanayi sektöründe tane boyutlarına göre çimento, agrega, hafif yapı malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Aşağıda karbonatlı kayaçlardan üretilen temel malzemeler tanıtılmaktadır.

4.1. Agrega

Agrega, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırmataş gibi doğal kaynaklı taneli malzemedir. Betonda kullanılan kırmataş agrega ve çimentoda kullanılan by-pass ince taneli malzeme kireçtaşı veya dolomitik kireçtaşından elde edilir. Kireçtaşı veya dolomitik kireçtaşı ocaklarında üretilen tüvenan malzeme agrega tesisine taşınır ve agrega tesisinde kırılır. Kırılan malzemeden çıkan ürün; kum, çakıl ve kırmataş olarak adlandırılır (Şekil 4.1). Agrega hazır beton sektöründe stratejik olarak büyük öneme sahiptir. Birçok sektörün başlıca kullanım malzemesi oluşturdukları için bu tür

malzemelerin işlenmesi büyük önem arz etmektedir. Agreganın, elek açıklığına bağlı olarak kendi arasında da sınıflandırılır.



Şekil 4.1. Agregatasyon tesisinde kırma ve eleme işlemi sonrası

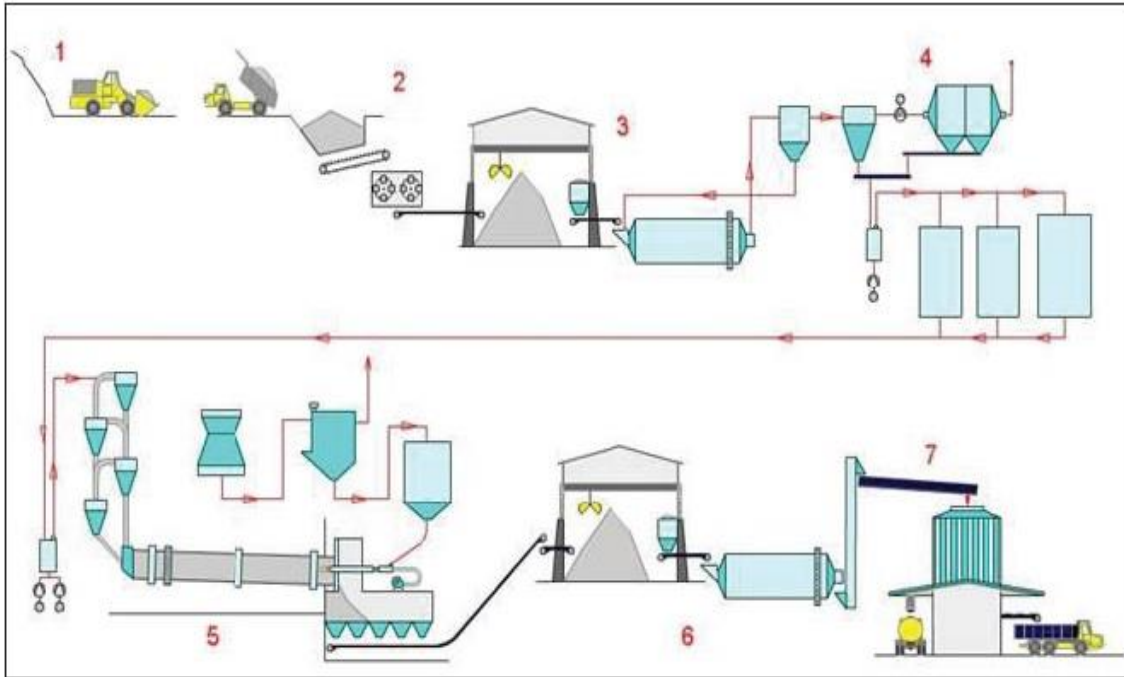
Agreganın kaliteli olabilmesi için gereken özellikler; dayanıklı ve boşluksuz olmalı, zayıf taneler içermemeli, basınca ve aşınmaya dayanıklı olmalı, yassı ve uzun taneler içermemelidir. Agreganın kirli olması çimento içinde su ihtiyacını artırmaktadır. TS706 EN 12620 standartlarına göre elek analizi, yassılık, özgül ağırlık ve su emme gibi deneyler uygun olmalıdır. Beton içindeki agrega kullanımı, agreganın temiz olmasına bağlıdır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Tane boylarına göre agrega sınıflaması

4.2.Çimento

"Çimento" kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince "caementum" sözcüğünden türemiş, sonraları "bağlayıcı" anlamında kullanılmaya başlanmıştır. Çimento, ana hammaddeleri kalkerle kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket vs.) yapıştırmada kullanılan bir malzemedir. Çimento üretimi aşamaları Şekil 4.3'te verilmektedir. 1. aşamada kimyasal değerleri belli olan marn ve kireçtaşı kademelerinden elde edilen malzemeler, laboratuvarın belirlemiş olduğu kalite hedefine göre harman yapılır. 2. aşamada konkasör kırıcılar da kırılarak 50 mm boyutuna kadar indirilir. 3. aşamada kırılan malzeme içine laboratuvarın belirlemiş olduğu kalite hedefine göre belirli oranlarda demir ve alüminyum içerikli malzeme ile karıştırılarak farin değirmenlerinde değirmenlerde öğütülür. 4. aşamada farin adını alan karışım pişirilmek üzere farin stoklarında stoklanır. 5. aşamada farin malzemesi 1450°C fırınlarda pişirilir. Fırınlardan çıkan ürün klinker olarak adlandırılır. 6. aşamada fırınlardan çıkan klinker yarı mamul ürün soğutucularda soğutulur ve klinker stok holüne stoklanır. 7. Aşamada üretilecek çimento, kalite laboratuvarının belirlemiş olduğu oranlarda belirli orandaki klinker ile belirli orandaki alçıyı değirmenlerde öğütülür. Değirmenlerde öğütüldükten sonra çıkan nihai ürüne de çimento adı verilir (Kapkaç, 2013).



Şekil 4.3 Çimento üretim aşaması (Kapkaç, 2013)

4.3. Hafif Yapı Malzemesi

Kirecin hammaddesi olan ve doğada bol miktarda bulunan kireçtaşı, karbonatlı tortul kayaç ve fosiller için kullanılan addır. Jeolojik formasyon, mineralojik yapı, kristal yapısı, kimyasal bileşim, renk ve sertlik özelliklerine göre gruplandırılır. Hafif yapı malzemesi; silis kumu, bağlayıcı olarak kullanılan çimento ve kireç ile birlikte suyla karıştırılarak üretilir. Kireç su ile reaksiyona girdiğinde ortama ısı vererek toz haline dönüşür. Bu duruma sönmüş kireç adı verilir. Kullanım alanları genellikle inşaat sektöründe kullanılmaktadır (Şekil 4.4). Yüksek sıcaklıktaki fırınlarda ısıtılarak çıkan kirece de kalsiyum oksidin ticari adı sönmemiş kireç adı verilir. Kullanım alanları demir-çelik, şeker, soda, gaz beton, karpit endüstrisinde kullanılmaktadır. Kireçtaşı kırma ünitelerinde çeneli, konik, darbeli ve silindir kırıcılar kullanılır.



Şekil 4.4 Gaz betonun inşaat sektöründe kullanımı



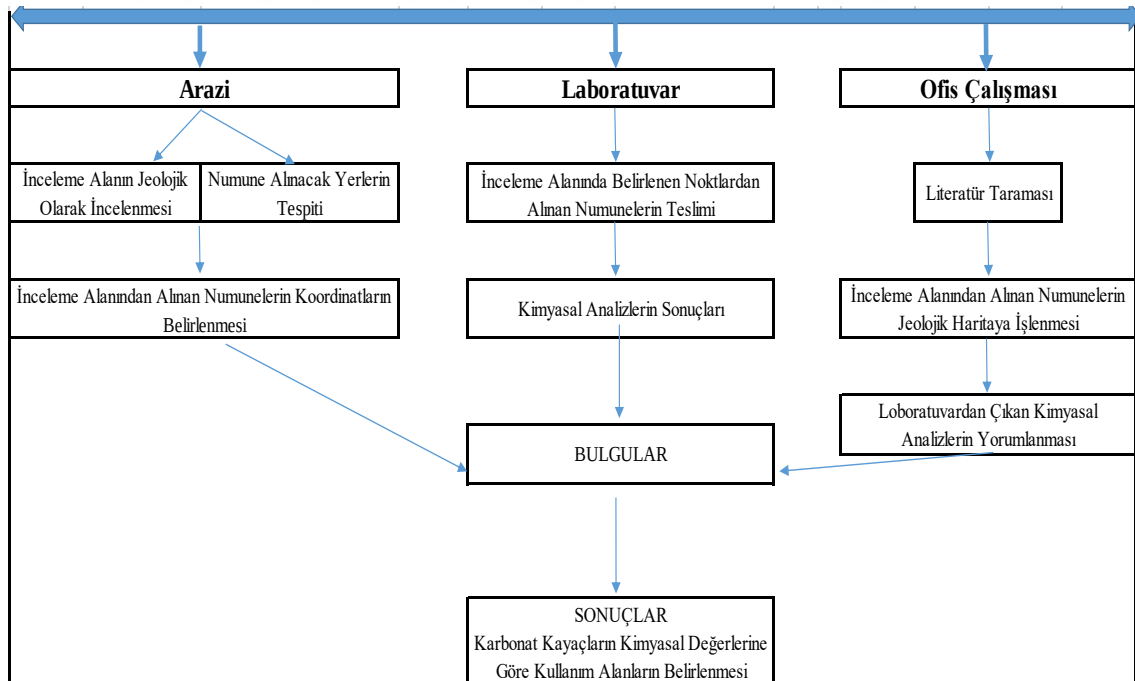
Şekil 4.5. Satışa hazır gaz beton ürünü

Hammadde ocaklarında delme, patlatma yöntemiyle çıkarılan kireçtaşı, kırıcılarda kırılıp elenir. Fırınlara beslenecek boyuttaki malzemeler 10-200 mm aralığındadır. Belli boyuta indirilmiş malzeme ortalama 900-1000°C derecedeki fırınlarda pişirilerek kireç oluşumu sağlanır. Şekil 4.5 satışa hazır olan gaz beton ürünü göstermektedir.

5. MALZEME VE YÖNTEM

5.1. Malzeme

Bu çalışma, bölgedeki hammaddenin yoğun olarak değerlendirildiği Hereke kuzeybatısındaki işletme sahasında gerçekleştirilmiştir. İncelemenin ilk aşamasını saha çalışmaları oluşturmuştur. Arazi çalışmaları ile delme patlatma sonucu kademelendirilmiş kaya aynalarının belirlenen noktalarından kaya delicisinden çıkan tozdan numuneler (delik numuneleri) alınmıştır. Numune alınan noktaların koordinatları kaydedilerek jeoloji haritası üzerine eklenmiştir. Bu amaçla inceleme alanındaki genelde karbonatlı kayalardan oluşan Balıkaya Formasyonu, Kazmalı Formasyonuna bağlı Kuşca Üyesi, Kazmalı Formasyonu, Tepeköy Formasyonu, Çerkeşli Formasyonu, Kutluca Formasyonu ve Akveren Formasyonlarında yer alan açık işletme ocaklarındaki kademelerinin farklı noktalarından numuneler alınmıştır. İkinci aşamada araziden alınan numuneler laboratuvar ortamında standartlara uygun jeokimyasal deneylere tabi tutulmuştur. Laboratuvar deney sonuçlarına göre elde edilen jeokimyasal değerler yorumlanarak malzemenin nihai kullanım alanı belirlenmiştir. Arazi ve laboratuvar çalışması tamamlandıktan sonra ofis çalışmasına başlanmıştır.



Şekil 5.1. Tez çalışma süreci ve içeriğini gösteren akış diyagramı

İlk olarak literatür taraması yapıldıktan sonra arazi ve laboratuvar verilerini jeolojik haritaya işlenmiştir. Laboratuvardan çıkan analiz sonuçları yorumlanmıştır. Arazi, laboratuvar ve ofis çalışmalarından çıkan veriler değerlendirdikten sonra kayaçların jeolojik, mineralojik, jeokimyasal özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklere göre de kullanım alanları tespit edilmiştir (Şekil 5.1).

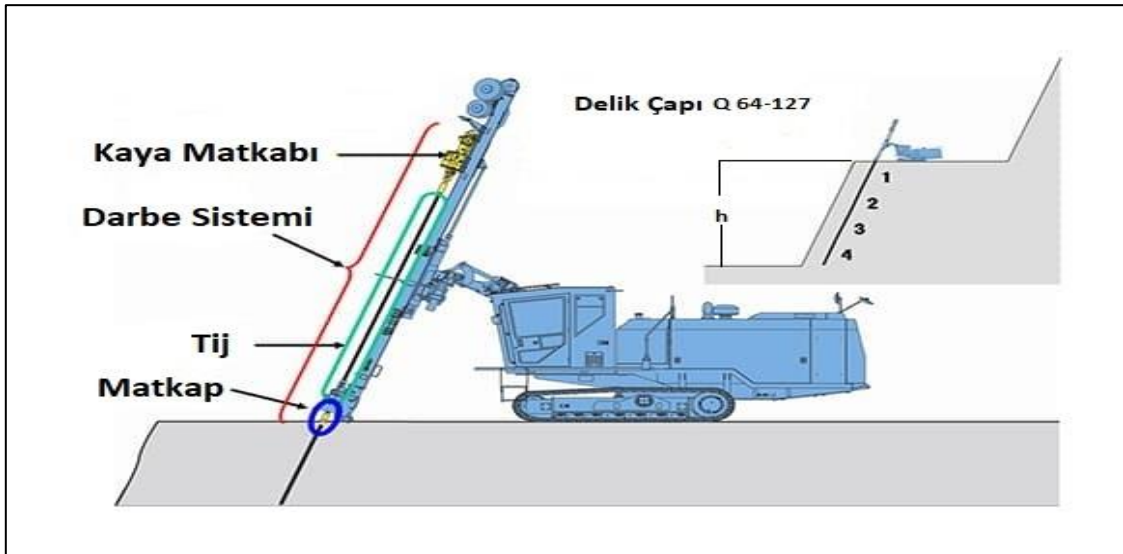
Çalışma alanı olan 1 Nolu Ocaktan 176 adet, 2 Nolu Ocaktan 61 adet ve 3 Nolu Ocaktan 162 adet toplamda 394 adet delik tozu numunesi alınmıştır.

5.2. Yöntem

Bu bölüm altında tez konusunun gerçekleştirilmesi amacıyla kullanılan yöntemler sırasıyla aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

5.2.1.İnceleme Alanından Numune Alımı

Üretimi planlanmış bölgenin alan sınırları çevrilir. Sınırları çevrilen alan içinde patlatma yapılabilmesi için birinci aşamasında malzeme özelliklerine göre delme yöntemi, delik çapı ve delik sayısı belirlenir. (Şekil 5.2). İkinci aşamasında kaya delici iş makinesi ile maden işletme projesinde beyan edilen maksimum ayna yüksekliğine (h) uygun şekilde kuyular açılır (Şekil 5.3). Kaya delici makinesi ile açılan her bir kuyuda (yüzeyden H derinliğine kadar) 0-25 mm boyutlu toz oluşmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.2. H derinliğinde açılan numune delik kuyusu (URL-2 <https://www.furukawa-rockdrill.com/technology/drifter/>)

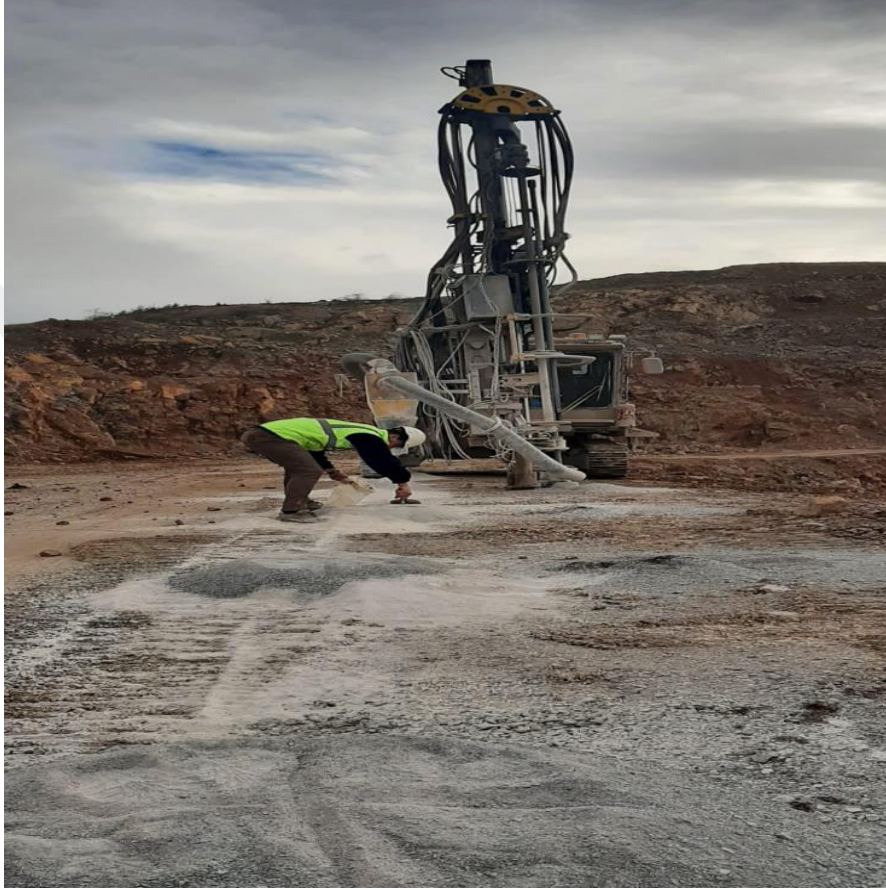


Şekil 5.3. İnceleme alanındaki kaya delici makinesinin arazide görünümü



Şekil 5.4. Kaya delici makinesi ile çıkarılan delik tozu numunesi

Üretimi yapılacak bölgenin kimyasal analizlerini belirlemek amacıyla kaya delici makinesinin açmış olduğu her bir delik tozundan (Şekil 5.5) standartlarına uygun şekilde çeyreklemeye yöntemini kullanarak numune alınır (TS EN 196-2, 2014). Alınan numune üzerine etiketleme yapılarak kademelerin adı, bulunduğu bölgenin koordinatları ve numune alım tarihi yazıldıktan sonra Nuh Çimento A.Ş. laboratuvarına teslim edilmiştir.



Şekil 5.5. İnceleme alanından numune alımı

5.2.2. Kimyasal Analiz Metodu

Bu tez çalışmasında üretim yapılan ocaklardan numune alınarak SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , Na_2O , K_2O ve kızdırma kaybı değerlerinin sonuçlarına göre kullanım alanlarını belir amacıyla yapılmıştır. Üretim alanından delik tozlarından alınan numuneler laboratuvara teslim edilir. Laboratuvara teslim edilen numuneni ilk olarak kızdırma kaybı belirlenir. Numune poşeti içinden 1 gr numune alınır. 975 ± 25 °C çok yüksek sıcaklıkta etüvde 15 dakika bekletilir. Sabit kütle elde edilinceye kadar ısıtım işlemi devam eder ve sonucunda kızdırma kaybı denklemi uygulanır (Şekil 5.6).

- Kızdırma Kaybı= $1000 * ((\text{İlk tartım} - \text{Sabit Kütle Tartımı}) / \text{İlk Tartım})$ Denklem 5.1

Bu değer % olarak ifade edilmektedir (TS EN 196-2, 2014). Kızdırma kaybı sonucu XRF cihazına yazılır. Analizi yapılacak numunenin rutubetini ölçmek için $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ deki etüvde sabit kütle elde edilinceye kadar bekletilir (TS EN 1097-5) (Şekil 5.7). XRF cihazında ölçüm yapılabilmesi için numune 350-400 mikron seviyesine kadar öğütülür (Şekil 5.8). XRF metodu 0,6 gram öğütülmüş numune, 0,03 gram lityum iyodür ve 4,6 gram dilityum tetraborat platin kroze içine yerleştirilmiştir (Şekil 5.9). Bir spatula malzeme ile kroze içinde karıştırılarak homojen bir karışım haline getirilmiştir (Şekil 5.10). Eritiş cihazı için hazırlanan kroze içerisindeki homojen malzeme tablet kalıba yerleştirilmiştir (Şekil 5.11). Dört aşamalı çalışan eritiş cihazı ilk 10 dakika ısıtma, 5 dakika eritme, son 5 dakika soğutma ve boşaltma programlarında çalışır (Şekil 5.12). Eritiş cihazında oluşturulan cam tabletler X-ışını Flüoresans spektrometresinde okutulur. (TS EN 196-2, 2014) (Şekil 5.13). XRF Spektrometre metodu ile analiz sonuçları belirlenir (Şekil 5.14).



Şekil 5.6. Kızdırma kaybı ölçmek için kullanılan fırın



Şekil 5.7. Rutubet ölçmek için kullanılan etüv



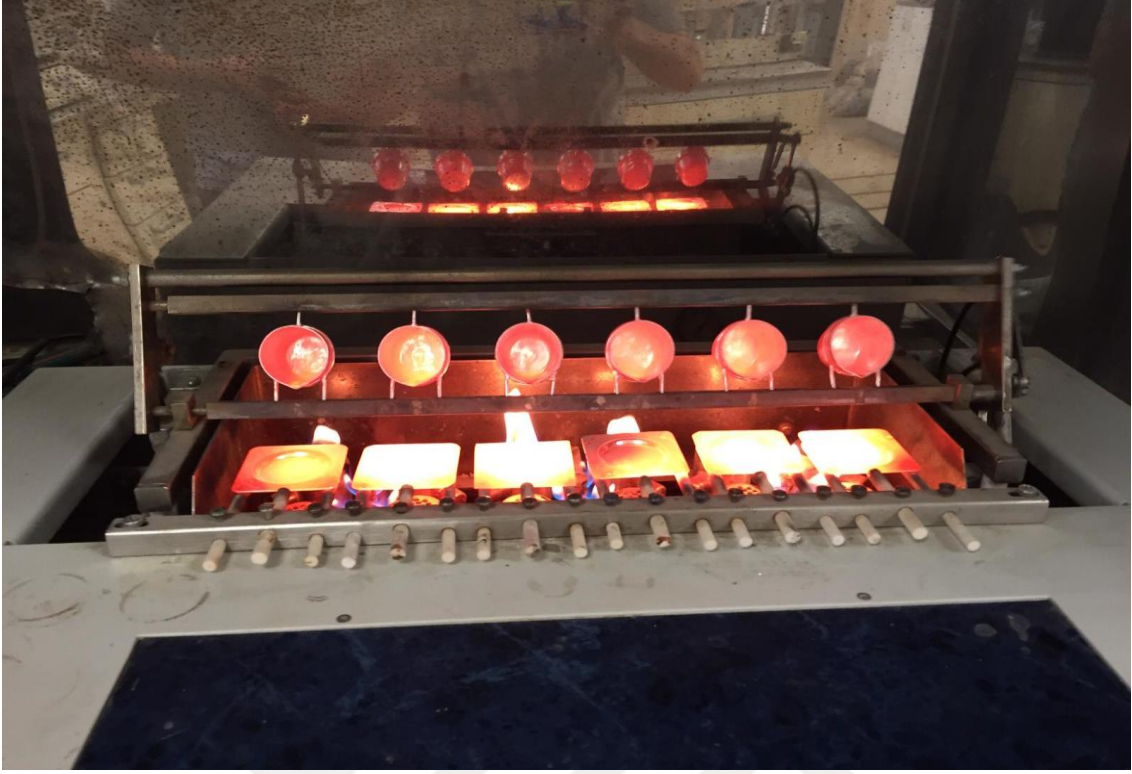
Şekil 5.8. Öğütmede kullanılan cihaz



Şekil 5.9. Numunenin platin krozeeye koyulması



Şekil 5.10. Eritiş yapılması için kullanılan ocak



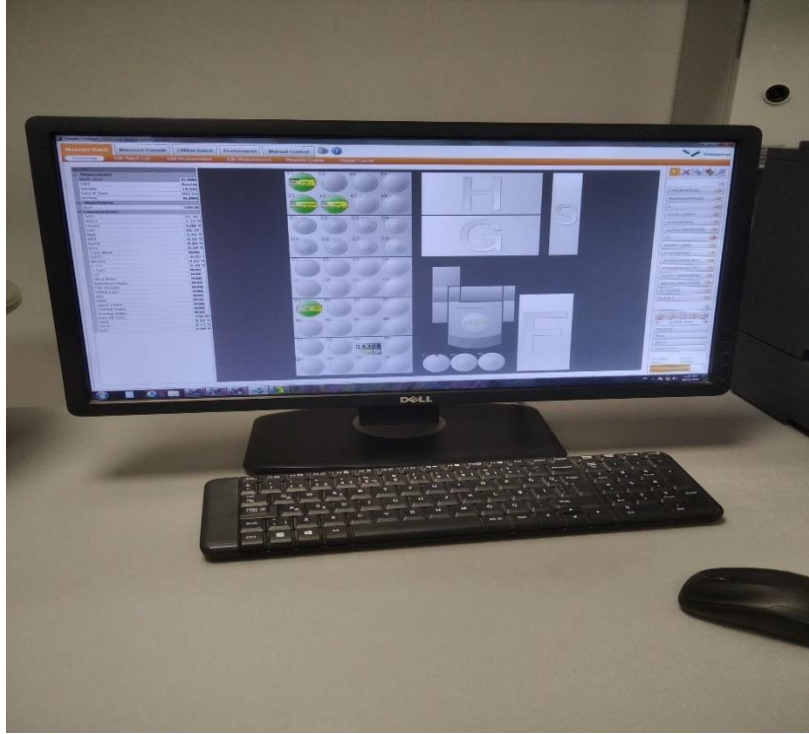
Şekil 5.11. Kroze içindeki numunelerin tablete dökülme anı



Şekil 5.12. Tablet üzerine dökülen numunenin soğumuş durumu



Şekil 5.13. Kimyasal değerleri belirlemek için kullanılan XRF cihazı



Şekil 5.14. XRF cihazın kimyasal verileri bilgisayara aktarması

5.2.3. Toplam Alkali ve LSF Faktörü Hesaplanması

Bu değerlerden faydalanarak çalışma alanındaki alkali değerleri ve kireç doygunluk faktörü (LSF) değerleri hesaplanmıştır. Alkali değeri ASTM C150 formülüne göre ($\text{Na}_2\text{O}_3 + 0,65\text{K}_2\text{O}_3$) şeklinde hesaplanır. LSF faktörü hammadde karışımının hazırlanmasında, klinker fazların oluşabilmesi için gerekli olan CaO miktarının tespiti için kullanılan kalite parametresidir. LSF faktörü $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ oranına bağlı olarak değişmektedir.

- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ oranının 0,64'ten büyük olduğu durumda Denklem (5.2);

$$\text{LSF} = \text{CaO} / (2,8\text{SiO}_2 + 1,65\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,35\text{Fe}_2\text{O}_3) \quad (5.2)$$

- $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3$ oranının 0,64'ten küçük olduğu durumda ise Denklem (5.3);

$$\text{LSF} = \text{CaO} / (2,8\text{SiO}_2 + 1,1\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,7\text{Fe}_2\text{O}_3) \quad (5.3)$$

kullanılır.

Çimento endüstrisinde hammadde karışımları yaygın olarak kalite kontrol parametreleri olarak tanımlanan hammadde ve/veya klinker içerisindeki değişik oksitlerin oranları ile belirlendiğini belirtmişlerdir (Bye, 1983; Maas and Kupper, 1993; Schafer, 1989). Bu tez çalışmasında da aşağıdaki Denklem (5.3)'teki LSF formülü kullanılarak belirlenmiştir.

$$\text{LSF} = \text{CaO} / (2,8\text{SiO}_2 + 1,18\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65\text{Fe}_2\text{O}_3) \quad (5.4)$$

Bu oranların önemi sadece ulaşılabilecek komponentlerin kompozisyonları ile sınırlı kalmadığını üretilecek çimentonun da potansiyel olarak kalitesini de gösterdiğini belirtmiştir. Bu oranlar klinkerleşme ve diğer proses karakteristikleri ile de yakından ilişkilide olduğunu belirtmiştir (Bye, 1983; Maas and Kupper, 1993; Schafer, 1989).

5.2.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Karmaşık planlama ve yönetim sorunlarının çözülebilmesi için tasarlanan; mekândaki konumu belirlenmiş verilerin kapsanması, yönetimi, işlenmesi, analiz edilmesi, modellenmesi ve görüntülenebilmesi işlemlerini kapsayan donanım, yazılım ve yöntemler sistemi olarak tanımlanmaktadır. CBS, dünya üzerindeki bölgeleri tarif eden,

verileri saklayan ve kullanan bilgisayar sistemi olarak da tanımlanabilir. Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mekânsal verilere bağlı sözel bilgileri bütünleşik bir şekilde depolayan bir yapıya sahiptir. Coğrafi bilgi sisteminin kurulabilmesi ve kullanılabilmesi için gerekli olan elemanlar: yazılım, donanım, veri tabanı, yöntemler ve insanlardır. Bunlara ek olarak ortak bir ağ sistemi (network) de coğrafi bilgi sistemleri için vazgeçilmez unsurlardandır. Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarının çalıştırılacağı bilgisayar sistemleridir. Bunun yanında yan donanımlar olan yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner) ve sayısallaştırıcı (digitizer) gibi araçlar da CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Donanım sistemlerinin seçimi kişisel bilgisayarlar olabildiği gibi çok kullanıcıli ağ donanımlı bilgisayarlar olabilmektedir. Fakat asıl önemli olan bilgisayarların yazılımı iyi bir şekilde çalıştırabilecek yeterli düzeyde işlemciye ve ayrıca yoğun bilgi girişi ve depolamaya elverişli olan bir hafızaya sahip olmasıdır. Coğrafi bilgiyi depolama, analiz etme ve görüntüleme özelliklerine sahip olan CBS yazılımlarıdır. ArcInfo, ArcGIS, QGIS, Autocad MAP, NetCAD GIS, Intergraph, MapInfo, Idrisi, Ilwis, Grass bu yazılımlardan bazılarıdır. CBS yazılımları, bütün bu istekleri karşılarsa da kullanıcı ara yüzleri farklılıklar gösterebilmektedir. Bu da farklı kişilerin farklı CBS yazılımı kullanma alışkanlıklarını doğurur. CBS'ne yönelik bir yazılımda olması gereken temel unsurlar şöyledir:

- Coğrafi veri/bilgi girişi ve işlemi için gerekli araçları bulundurması,
- Veri tabanı yönetim sistemine sahip olması,
- Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemesi,
- Ek donanımlar ile olan bağlantılar için ara yüz desteğidir.

Bu tez çalışmasında ArcGIS yazılımı içinde bulunan jeostatistik analiz enterpolasyon yöntemlerinden “Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Tekniği” (Inverse Distance Weighted, IDW) kullanılarak inceleme alanından alınan numunelerin kimyasal analiz verileri harita üzerinde gösterilmiştir. Harita üzerinde gösterilen kimyasal verilere göre de ocak içindeki malzemelerin kullanım alanları tespit edilmiştir. Bu yöntemde daha önceden tanımlanmış ve bilinen örnek noktalarına ait veriler yardımıyla bilinmeyen veya tanımlanmamış noktalara ait hücre değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan enterpolasyon tekniklerinden biridir (Taylan ve Damçayırı, 2016). Genel bir ifade anlatılacak olursa, verilen bir aralıktaki bilinen değerlerden faydalanılarak bu aralık içerisindeki bilinmeyen değerlerin hesaplanması olarak ifade edilebilmektedir

(Vatansever ve Doğalı, 2011). Bu ifadeden hareketle ilgili hücrelerden mesafe olarak uzaklaşan birbirinden farklı noktalar değerlendirilir (Taylan ve diğ., 2016). CBS yazılım bileşenlerinin ortak kütüphanesi “ArcObjects” üzerine kurulmuştur. ArcGIS teknolojisi aşağıdaki bölümleri içermektedir: ·

1. Desktop GIS: Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarının bütünü kapsar.
2. Mobile GIS: Arazide Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarının yapmanızı sağlar. ·
3. Server GIS: Ortak Coğrafi Bilgi Sistemi yazılım objeleri kütüphanesidir. Sunucu tarafından bütün Coğrafi Bilgi Sistemi uygulamalarının, “SOAP” tabanlı web servislerini ve web uygulamalarına erişim sağlamak maksadı ile kullanılır.
4. Online GIS: Güncel Coğrafi Bilgi Sistemi verilerine ve kullanım araçlarına düşük maliyetlerle ulaşmamıza olanak veren servislerdir.

Bu sistemler bir yandan, coğrafi verilerin ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi (İVTYS) içinde yönetilebilmesine imkân sağlarken bir yandan da ArcSDE teknolojisiyle veri tabanı yönetimine olanak sağlamaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, 2018). ArcGIS, desktop ve sunucu tarafından, tekli veya çoklu kullanıcılara CBS uygulamaları için ölçeklendirilebilir bir altyapı sağlamaktadır. ArcGIS sistemlerinin birbirinden farklı yerlerini ve bu kısımların CBS içindeki rollerini anlamınıza yardımcı olacaktır. CBS’nin güçlü mekânsal analizlerini içeren 3 boyutlu analiz araçlarının konseptini daha iyi kavramamıza yardımcı olması amaçlanmıştır (Esri, 2013). Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği (IDW) ile mevcut verilerin genel dağılımı, anizotropi, eğilimi ve kümelenmesi gibi birçok özellik incelenebilmektedir. Genel anlamda verilerin lokal olarak değerlendirilip, birbiri ile kıyaslaması yapılmaktadır. Bu yöntem deterministik bir yöntem olarak nitelendirilmektedir (Taylan ve diğ., 2005). IDW enterpolasyon yöntemi örnekleme alınan noktasal verilerin enterpolasyon vasıtası ile ilişkili ağırlarını üretmek için genelde kullanılan ortak metotlardan biridir. “IDW” enterpolasyon yöntemi enterpole edilecek alanda mesafe olarak yakın konumdaki noktaların uzak konumdaki noktalardan daha çok ağırlık derecesine sahip olması temeline dayandırılmaktadır (Kol ve Küpçü, 2008, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü). Bu yöntem enterpole edilecek noktadan mesafe olarak uzaklaştıkça ağırlığını da azaltarak ve örneklem noktalarının ağırlıklı ortalamasını da temel olarak bir yüzey enterpolasyonu hesaplar. IDW yöntemleri arasında en bilinen yöntem ise “Shaperd’s Metodu”dur (Turoğlu, 2011; Korkmaz Başel ve diğ., 2013; Arslanoğlu ve

Özçelik, 2005; Yanalak, 2002; Zengin Kazancı ve Tanır Kayıkçı, 2014). IDW yöntemi ortalama enterpolasyon için yaygın kullanılan bir yaklaşımdır ve tam bir ara değer üretici olmasından dolayı verilerin değerlerini pekiştirir. IDW fonksiyonunun matematiksel ifadesi Denklem (5.5)'deki gibidir (Philip and Watson 1982; Lloyd, 2007).

$$z_p = \sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i}{d_i^p} \right) / \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^p} \right) \quad (5.5)$$

Tahminlerin yapıldığı z_p değeri, komşu ölçümlerinin bir fonksiyonudur (z_p ve $i=1,2,\dots,n$); p gözlemlerin her birinin atanmış ağırlığını belirleyen üstür ve d gözlem lokasyonu z_i ile tahmin lokasyonu z_p 'yi ayıran mesafedir. Üs büyüdükçe, tahmin lokasyonundan uzak mesafedeki gözlemlerin atanmış ağırlığı küçülür. Üssün artması, tahminlerin en yakındaki gözlemlere çok benzediğini gösterir.

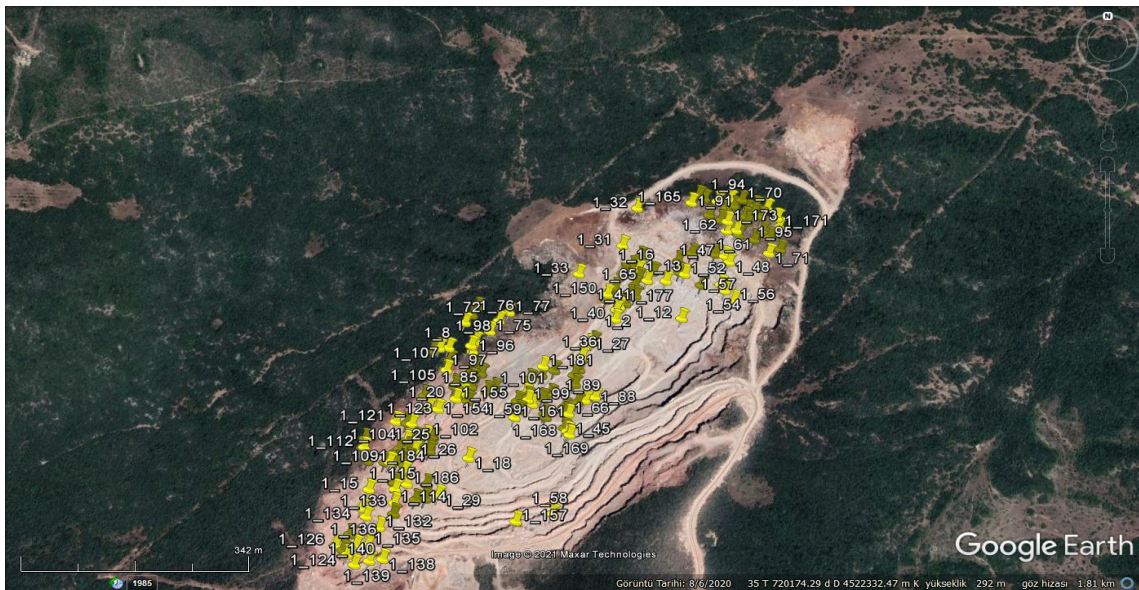
6. BULGULAR

Bu çalışmada 1 Nolu Ocaktan 176 adet, 2 Nolu Ocaktan 61 adet, 3 Nolu Ocaktan 157 adet toplam da 394 adet toz numunesi alınmıştır (Şekil 6.1). Yapılan çalışma neticesinde jeokimyasal analizler sonucu malzemelerin jeokimyasal bileşim değerlerinin litoloji bakımından kendi içinde de değiştiği belirlenmiştir.



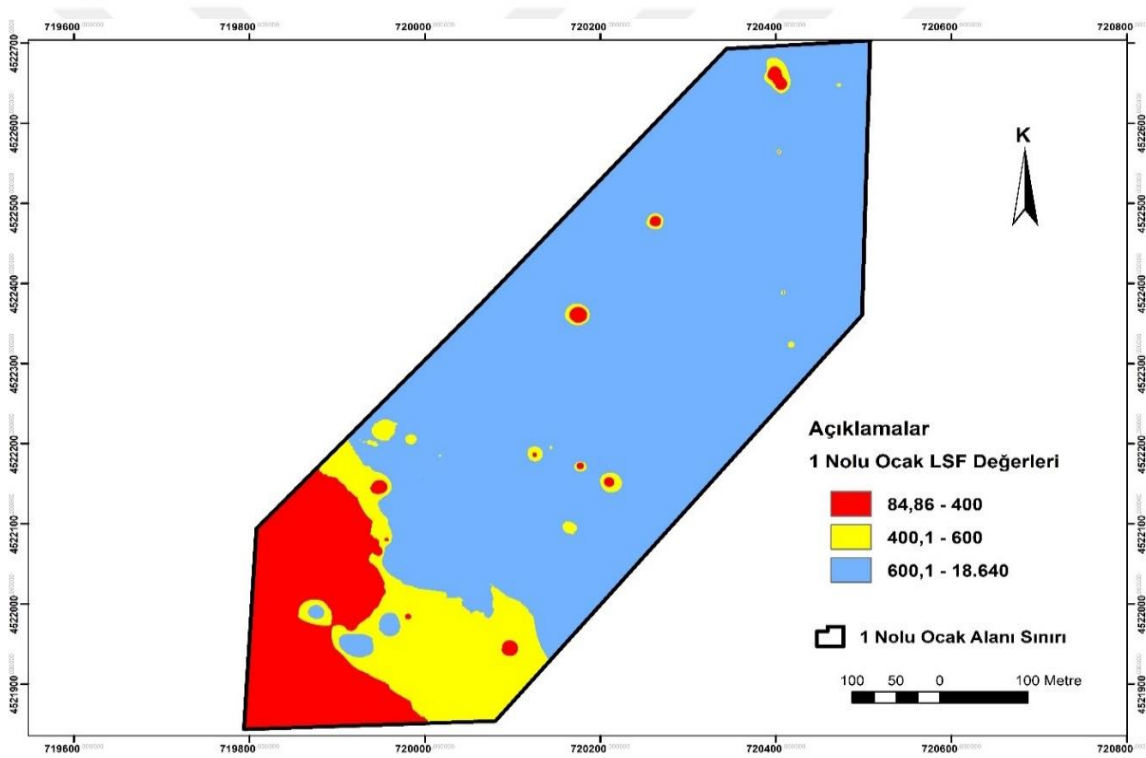
Şekil 6.1. İnceleme alanından alınan örneklerin yerleri

1 Nolu Ocak'ta inceleme alından alınan numunelerin yerleri gösterilmiştir (Şekil 6.2). 1 Nolu Ocak'ın Balıkaya Formasyonu (TRb), Kazmalı Formasyonu (TRk), Kuşca üyesi (TRkk), Tepeköy Formasyonunu (TRt), temsil etmektedir.



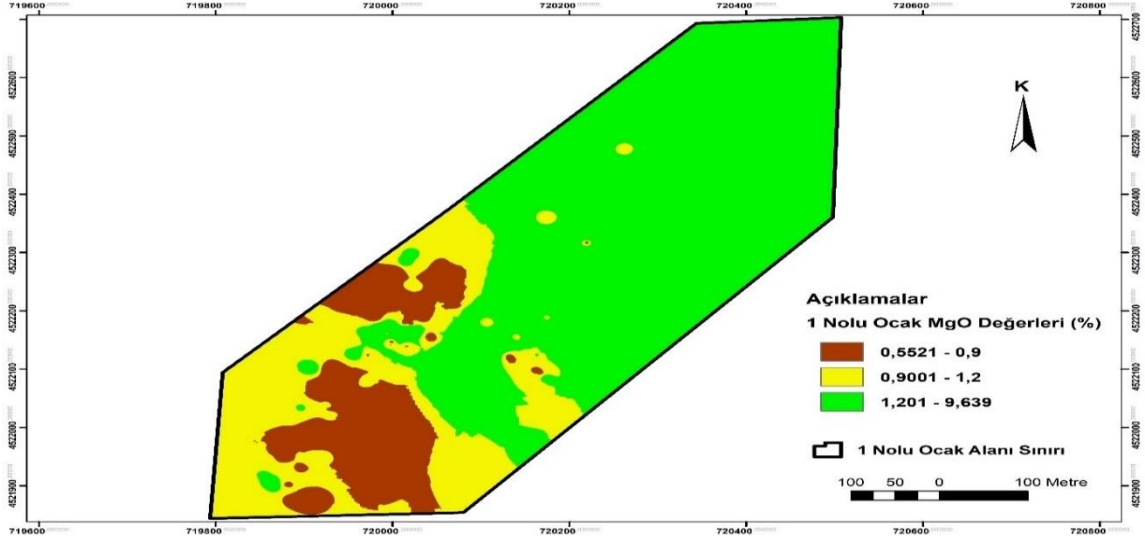
Şekil 6.2. 1 Nolu Ocak sahasından alınan örneklerin yerleri

1 Nolu Ocağın jeokimyasal analiz sonucu elde edilen CaO, AlO ve FeO % değerleri kullanılarak hesaplanan LSF değerleri 84.90 ila 18640 arasında değişmektedir (Şekil 6.3). Çalışma alanının GD tarafında kuzey güney yönlü uzanan ve kırmızı renkle gösterilen alanda LSF değerlerinin 84.90 ila 400 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre bu alan klinker hammaddesi için uygun LSF değerlerine sahiptir. Çalışma alanının doğu-batı uzanımlı sarı renkle gösterilen alanında LSF değerlerinin 400 ila 600 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bu alan gaz beton hammaddesi için uygun LSF değerleri sunmaktadır. Çalışma alanının KD tarafında kalan mavi renk ile gösterilen alanda LSF değerlerinin 600 ila 18640 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre bu alan agrega hammaddesi için uygun LSF değerlerine sahiptir.



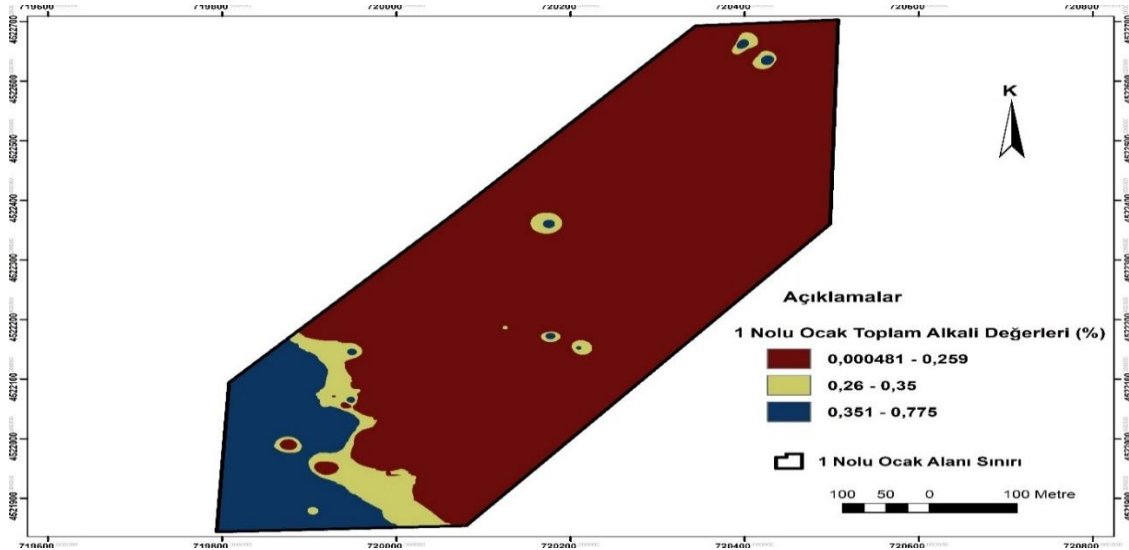
Şekil 6.3. 1 Nolu Ocak LSF değerleri dağılım haritası

1 Nolu Ocağın MgO (%) dağılımı Şekil 6.4'te gösterilmiştir. 1 Nolu Ocak sahasının MgO aralığı % 0.5 ile % 9.639 değerleri arasında değişmektedir. MgO dağılıma göre % 0.5 ila % 0.9 aralığını temsil eden kahve renkli alanların klinker hammadde açısından uygun, % 0.9 ila %1.20 aralığını temsil eden sarı renkli alanların gaz beton hammadde açısından uygun olduğu, %1.20 ila %9.64 aralığını temsil eden yeşil renkli alanların agrega hammaddesi açısından uygun olduğu alanları temsil etmektedir.



Şekil 6.4. 1 Nolu Ocaktaki MgO dağılım haritası

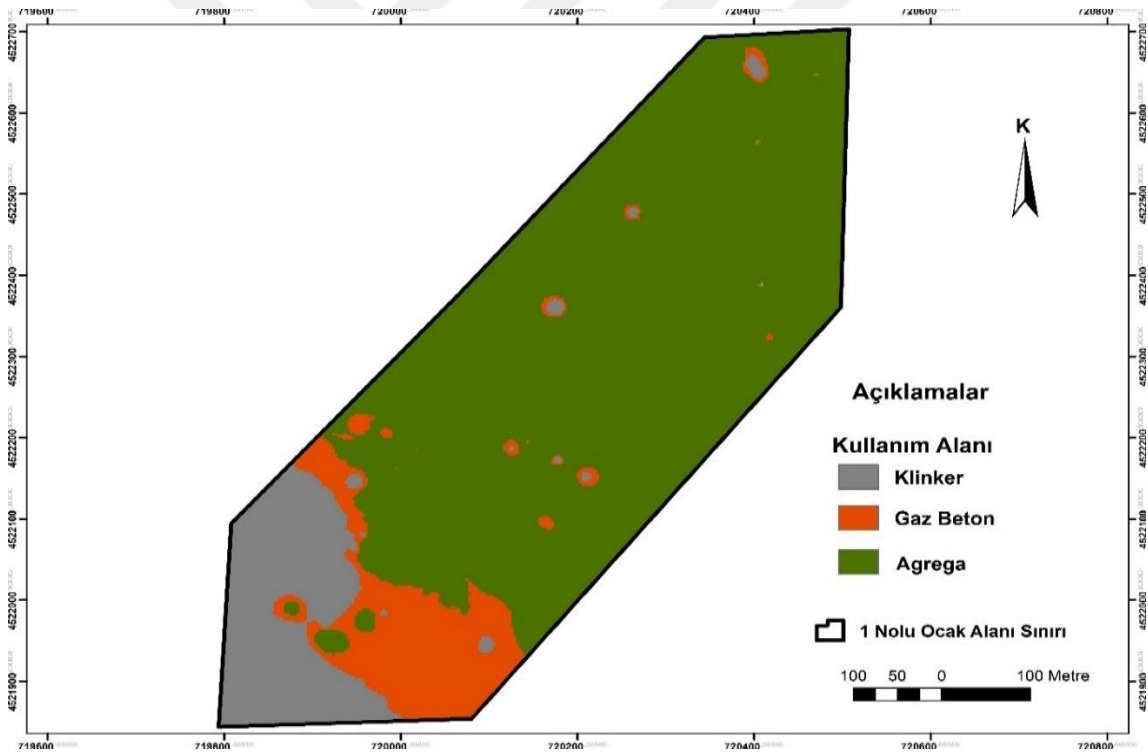
1 Nolu Ocağın toplam alkali değerleri Şekil 6.5'te gösterilmiştir. İnceleme alanının toplam alkali değer aralığı % 0.0004 ila % 0.77 değerleri arasında değişmektedir. Toplam alkali dağılıma göre % 0.0004 ila % 0.2 aralığını temsil eden kahve renkli alanların agrega hammaddesi açısından uygun, % 0.2 ila %0.35 aralığını temsil eden krem renkli alanların gaz beton hammadde açısından uygun, % 0.34 ila % 0.77 aralığını temsil eden mavi renkli alanların klinker hammaddesi açısından uygun olan alanları temsil etmektedir.



Şekil 6.5. 1 Nolu Ocaktaki toplam alkali dağılımı

1 Nolu Ocağın sayısal CBS verileri (LSF, MgO ve toplam alkali katmanları) kullanılarak ArcGIS programı yardımıyla eşit ağırlıklı üzerleme metodu (overlay-weighted sum)

uygulanmıştır. Bu metot yardımı ile LSF, toplam alkali ve MgO değerlerini içeren tematik katmanlar üst üste çakıştırılarak 1 Nolu Ocak alanındaki karbonatlı kayaların bölgesel olarak kullanım alanları belirlenmiştir. LSF, toplam alkali, MgO değerlerini üzerleme metodu ile üst üste çakıştırıldığında ocağın güneybatı tarafındaki bölgesinde gri renkli alan ile gösterilen ve Kazmalı Formasyonun Kuşça üyesini temsil eden kırmızı yumrulu kireçtaşı alan klinker hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir. 1 Nolu Ocak alanında kuzeybatı-güneydoğu yayınlı turuncu renkle gösterilen ve Kazmalı Formasyonunu ve Tepeköy Formasyonunu temsil eden mikritik yapılı ve masif kireçtaşı özelliğine sahip alanın gaz beton hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Ocağın kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı alanında ve haritada yeşil renk ile gösterilen Ballıkaya Formasyonunu temsil eden açık gri renkli dolomitik kireçtaşlarının da agrega hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.6).



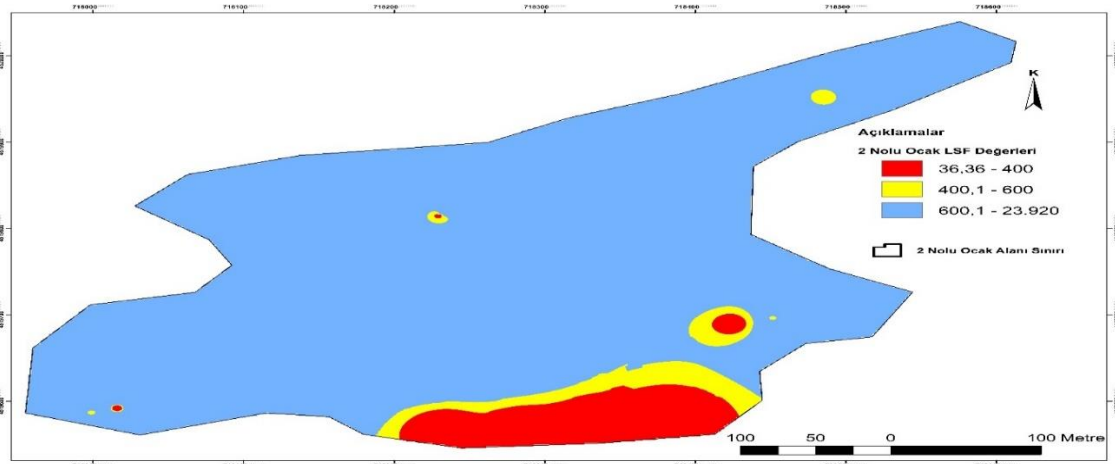
Şekil 6.6. 1 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini çakıştırılarak kullanım alanlarını gösterilmesi

2 Nolu Ocak'ta inceleme alından alınan numunelerin yerleri Şekil 6.7 da gösterilmiştir. Bu çalışma alanı Çerkeşli Formasyonu, Kutluca Formasyonu ve Akveren Formasyonunu temsil eden formasyonlardan oluşmaktadır.



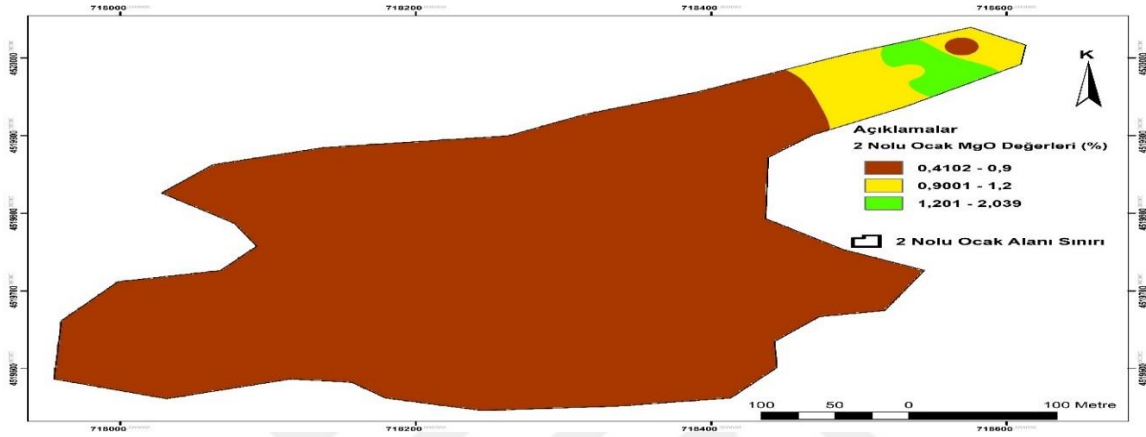
Şekil 6.7. 2 Nolu Ocak sahasından alınan numune yerleri

2 Nolu Ocağın jeokimyasal analiz sonucu elde edilen CaO, AlO ve FeO % değerleri kullanılarak hesaplanan LSF değerleri 36 ila 23920 arasında değişmektedir. Çalışma alanının güney tarafında güney doğu yönlü uzanan ve kırmızı renkle gösterilen alanda LSF değerlerinin 36 ila 400 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre bu alan klinker hammaddesi için uygun LSF değerlerine sahiptir. Çalışma alanının güney yönünde doğu-batı yayınlı sarı renkle gösterilen alanında LSF değerleri 400 ila 600 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bu alan gaz beton hammaddesi için uygun LSF değerleri sunmaktadır. Çalışma alanının Kuzey tarafında kalan mavi renk ile gösterilen alanda LSF değerlerinin 600 ila 18640 arasında olduğu belirlenmiştir. Bu değerlere göre bu alan agrega hammaddesi için uygun LSF değerlerine sahiptir.



Şekil 6.8. 2 Nolu Ocak LSF dağılımı

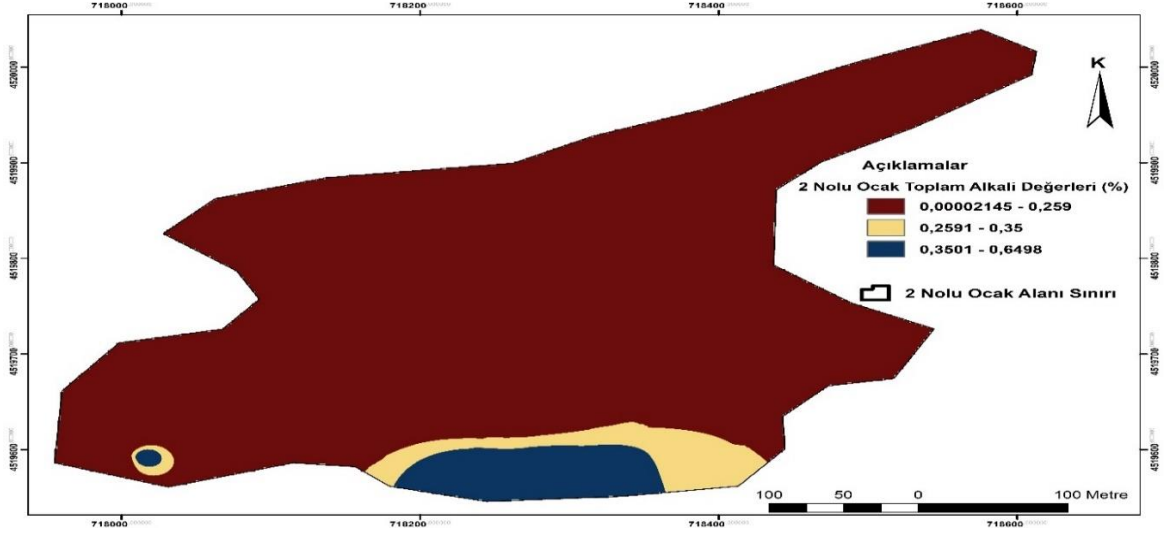
2 Nolu Ocağın MgO dağılımı Şekil 6.9'te gösterilmiştir. Çalışma sahasının MgO aralığı % 0.4 ile % 2.039 değerleri arasında değişmektedir. MgO dağılıma göre % 0.4 ile % 0.9 aralığını temsil eden kahve renkli alanların klinker hammadde açısından uygun, % 0.9 ile %1.20 aralığını temsil eden sarı renkli alanların gaz beton hammadde açısından uygun olduğu, %1.20 ile %9.64 aralığını temsil eden yeşil renkli alanların agrega hammaddesi açısından uygun olduğu alanları temsil etmektedir.



Şekil 6.9. 2 Nolu Ocağın MgO dağılımı

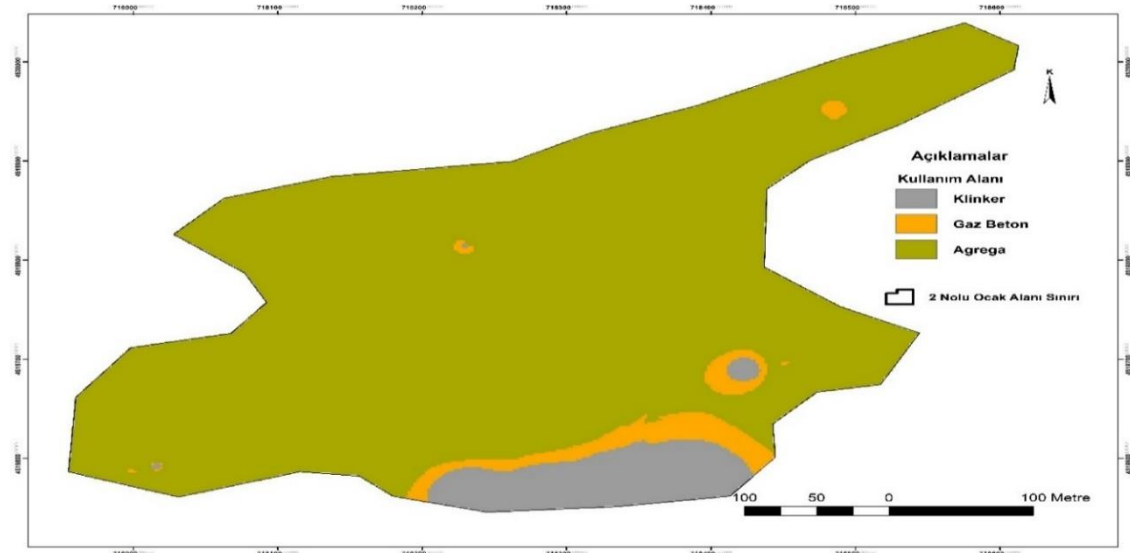
2 Nolu Ocağın toplam alkali değerleri Şekil 6.10'te gösterilmiştir. Çalışma sahasının toplam alkali değer aralığı % 0.000021 ile % 0.6498 değerleri arasında değişmektedir. Toplam alkali dağılıma göre % 0.000021 ile % 0.25 aralığını temsil eden kahve renkli alanların agrega hammaddesi açısından uygun olması, % 0.25 ile %0.35 aralığını temsil eden krem renkli alanların gaz beton hammadde açısından uygun olduğu, % 0.35 ile % 0.64 aralığını temsil eden mavi renkli alanların klinker hammaddesi açısından uygun olduğu alanları temsil etmektedir.

2 Nolu Ocağın sayısal CBS verileri (LSF, MgO ve toplam alkali katmanları) kullanılarak ArcGIS programı yardımıyla eşit ağırlıklı üzerleme metodu (overlay-weighted sum) uygulanmıştır. Bu metot yardımı ile LSF, toplam alkali ve MgO değerlerini içeren tematik katmanlar üst üste çakıştırılarak 2 Nolu Ocağın alanındaki karbonatlı kayaların bölgesel olarak kullanım alanları belirlenmiştir. LSF, toplam alkali, MgO değerlerini üzerleme metodu ile üst üste çakıştırıldığında ocağın güney tarafındaki bölgesinde gri renkli alan ile gösterilen ve Akveren Formasyonu temsil eden marn biriminden oluşmuş yapıların klinker hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6.10. 2 Nolu Ocaktaki toplam alkali dağılımı

2 Nolu Ocak alanında güney bölgesinde doğu batı yayınlı turuncu renkle gösterilen ve Kutluca Formasyonunu temsil eden mikritik yapılı ve masif kireçtaşı özelliğine sahip alanın gaz beton hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir. Ocağın kuzeyi doğu-batı uzanımlı yeşil renk ile gösterilen Çerkeşli Formasyonu temsil eden açık gri renkli mikritik yapılı kireçtaşı alanın da agrega hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 6.11).



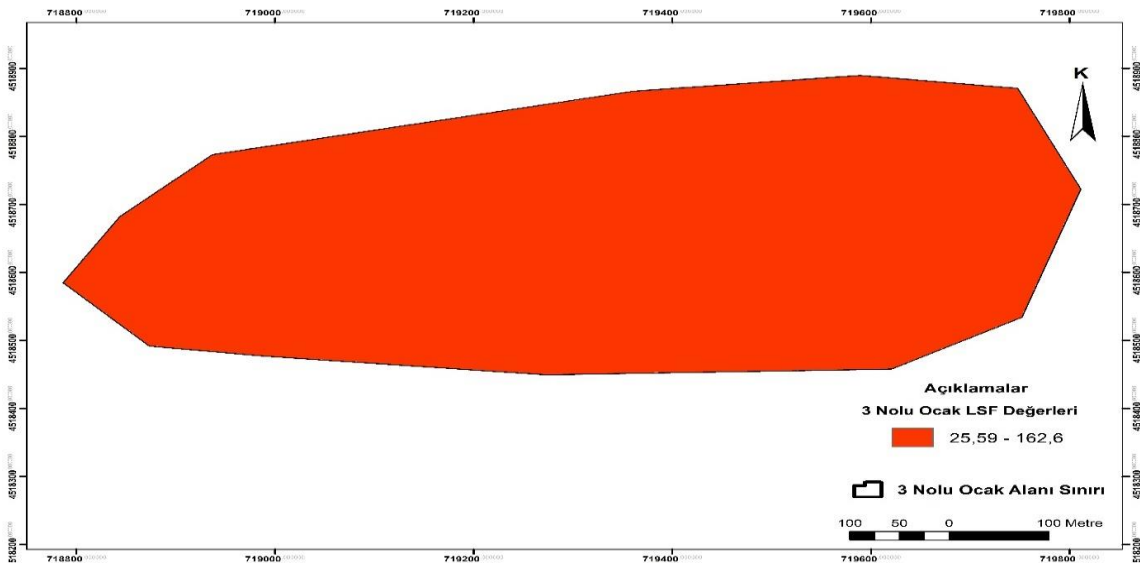
Şekil 6.11. 2 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini karşılaştırılarak kullanım alanlarını gösterilmesi

3 Nolu Ocak'ta inceleme alından alınan numunelerin yerleri Şekil 6.12 da gösterilmiştir. Bu çalışma alanı Akveren Formasyonunu temsil eden formasyonundan oluşmaktadır.



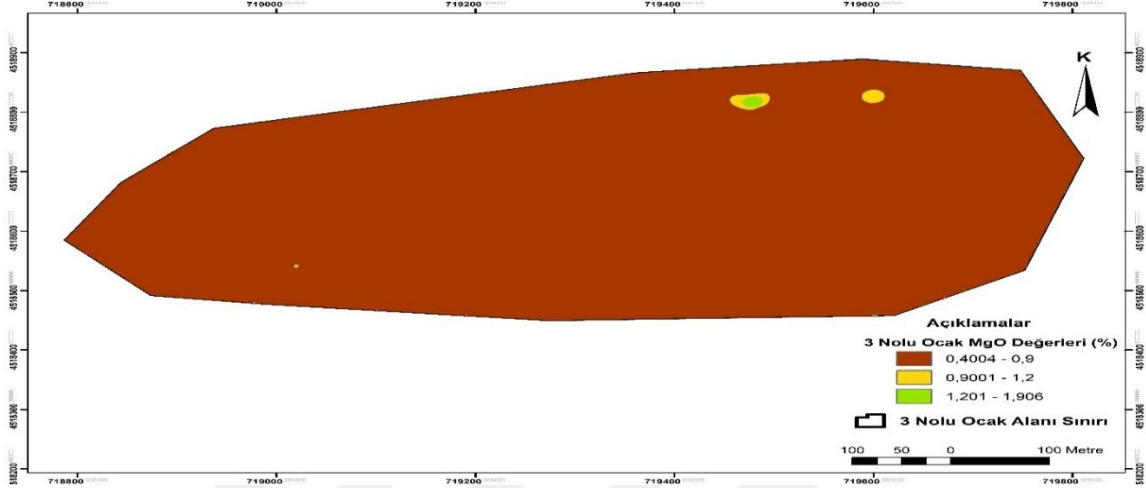
Şekil 6.12. 3 Nolu Ocak sahasından alınan numune yerleri

3 Nolu Ocağın jeokimyasal analiz sonucu elde edilen CaO, AlO ve FeO % değerleri kullanılarak hesaplanan LSF değerleri 25.59 ila 162.60 arasında değişmektedir (Şekil 6.13). 3 nolu ocağın çalışma sınırları arasında kalan bölge 400 LSF değerini geçmediğinden kırmızı renk ile gösterilen çalışma alanının tamamı klinker hammaddesi için uygun LSF değerlerine sahiptir (Şekil 6.13).



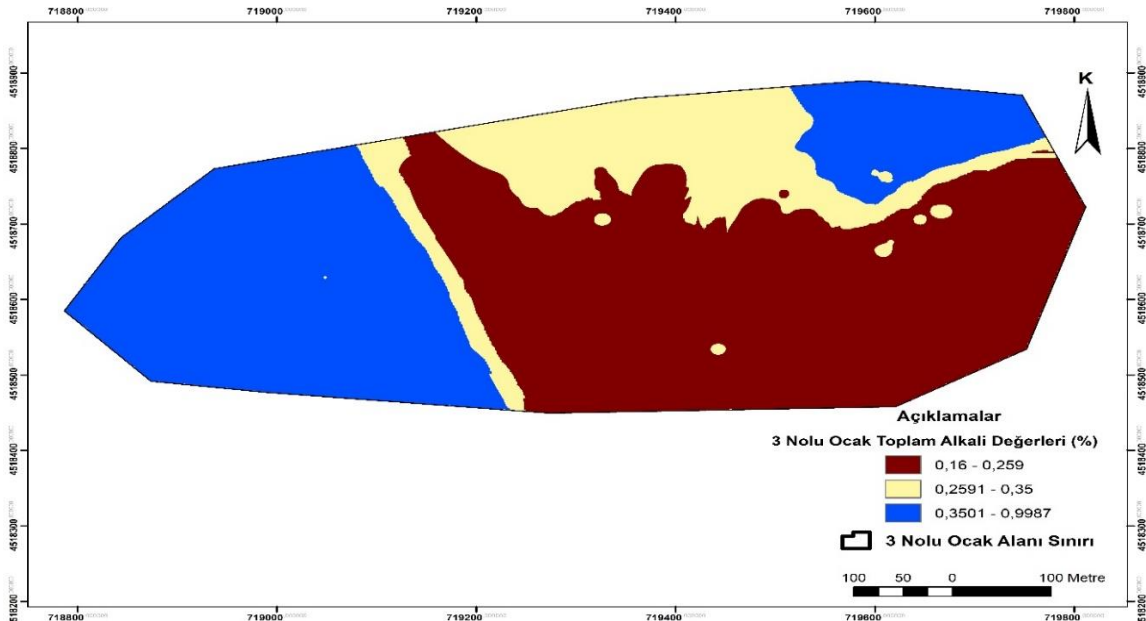
Şekil 6.13. 3 Nolu Ocağın LSF dağılım

3 Nolu Ocağın MgO dağılımı Şekil 6.14'te gösterilmiştir. Çalışma sahasının MgO aralığı % 0.4 ile % 1.96 değerleri arasında değişmektedir. MgO dağılıma göre % 0.4 ila % 1.9 aralığını temsil eden kahve renkli alanların klinker hammadde açısından uygun alanları temsil etmektedir.

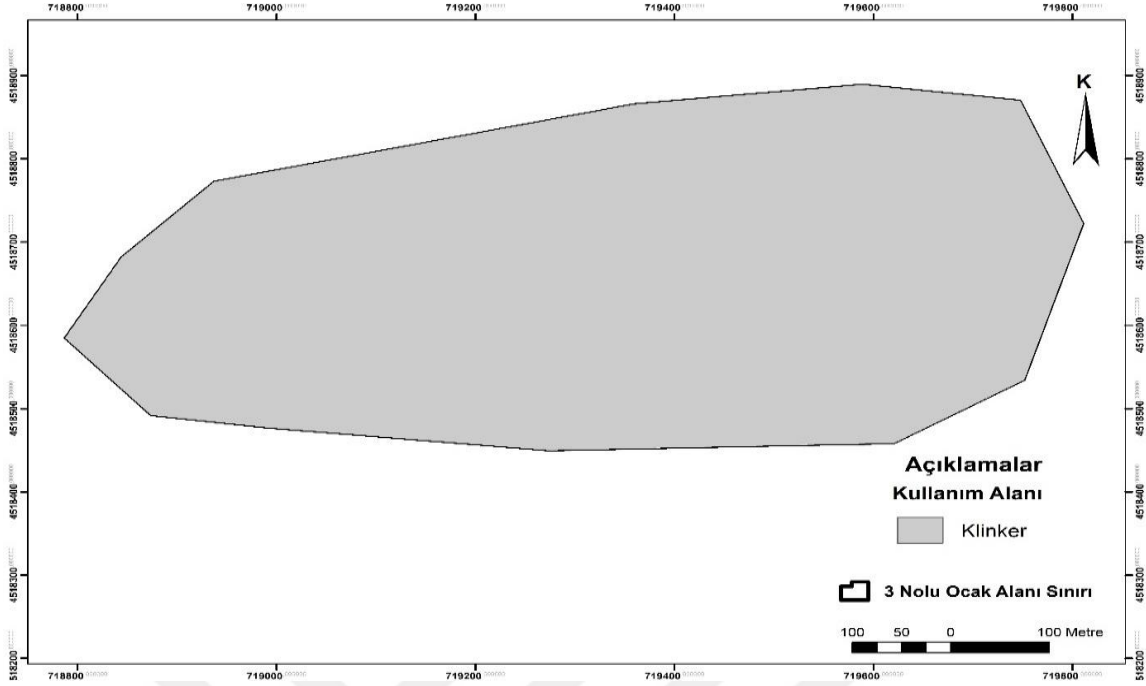


Şekil 6.14. 3 Nolu Ocağın MgO dağılımı

3 Nolu Ocağın toplam alkali değerleri Şekil 6.15'te gösterilmiştir. Çalışma sahasının toplam alkali değer aralığı % 0.16 ila % 0.99 değerleri arasında değişmektedir. Toplam alkali dağılıma göre % 0.16 ila % 0.99 aralığını temsil eden kahve, mavi, krem renkli alanların klinker hammaddesi açısından uygun olduğu alanları temsil etmektedir.



Şekil 6.15. 3 Nolu Ocaktaki toplam alkali dağılımı



Şekil 6.16. 3 Nolu Ocaktaki karbonatlı kayaların üzerleme metodu (overlay) ile LSF, toplam alkali, MgO değerlerini karşılaştırarak kullanım alanlarını gösterilmesi

3 Nolu Ocağın sayısal CBS verileri (LSF, MgO ve toplam alkali katmanları) kullanılarak ArcGIS programı yardımıyla eşit ağırlıklı üzerleme metodu (overlay-weighted sum) uygulanmıştır. Bu metot yardımı ile LSF, toplam alkali ve MgO değerlerini içeren tematik katmanlar üst üste karşılaştırılarak 3 Nolu Ocak alanındaki karbonatlı kayaların bölgesel olarak kullanım alanları belirlenmiştir. LSF, toplam alkali, MgO değerlerini üzerleme metodu ile üst üste karşılaştırıldığında ocağın tamamı Akveren Formasyonu temsil eden marn biriminden oluşmuş yapıların klinker hammaddesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir (bakınız Şekil 6.16).

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kocaeli ili Hereke ilçe merkezinin kuzeyi ve batısında yer alan karbonatlı kayaçların malzeme özelliklerine göre kullanım alanlarının belirlendiği bu çalışma malzemelerin jeokimyasal değerlerini temel almıştır. Bu çalışma kapsamında bölgedeki farklı jeolojik birimlerin oluşturduğu karbonatlı kayaçların (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve marn) malzeme kullanımını belirleyici ana parametreleri olan LSF kireç doygunluk faktörü (LSF), Toplam Alkali, MgO, kimyasal değerleri tespit edilmiştir. Sayısal CBS verileri kullanılarak ArcGIS programı yardımıyla eşit ağırlıklı üzerleme metodu (overlay-weighted sum) uygulanmıştır.

Kireçtaşı hammaddesinin LSF değeri CaO değeri ile doğru orantılı olarak artmaktadır. İnceleme yapılan ocaklarda CaO değeri arttığı bölgelerde agrega hammaddesi ve gaz beton hammaddesi açısından uygun olduğu görülmüştür. Kireçtaşı içindeki kil miktarların artması ile CaO değerinin düştüğü görülmüştür. İnceleme alanındaki bu tür alanların klinker hammaddesi olarak değerlendirilmektedir. Buna göre; 1 Nolu Ocak içinde olan Ballıkaya Formasyonuna ait gri renkli masif görünümlü dolomitik kireçtaşlarının MgO değeri % 1.20 geçmesi klinker hammaddesi ve gaz beton hammaddesi yönünden uygun değer olmayıp, agrega hammadde yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Kazmalı ve Tepeköy Formasyonlarındaki mikritik yapılı kireçtaşları ile masif kireçtaşlarının MgO değeri % 1.20 altında olması LSF değerinin 400 ila 600 arasında olması, toplam alkali değer aralığının % 0.35 altında olması gaz beton hammaddesi açısından uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Kazmalı Formasyonun üyesi olan Kuşca üyesine ait kırmızı yumrulu kireçtaşlarının LSF değerinin 400'ün altında, toplam alkali değerinin % 0.35 değerinin üzerinde olması, klinker hammadde yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır. 2 Nolu Ocak içinde gözlenen Akveren Formasyonunu temsil eden marn birimlerin LSF değerinin 400'ün altında olması klinker hammaddesi yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Çerkeşli Formasyonuna ait masif yapılı kireçtaşlarının MgO değer aralığının % 1.20'in üzerinde olması, LSF değerinin 600'ün üstünde olması agrega hammaddesi yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Kutluca formasyonuna ait mikritik yapılı kireç taşlarının LSF değer aralığının 400 ila 600 arasında olması, MgO değerinin % 1.20 nin altında olması gaz beton hammadde yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır. 3 Nolu Ocak içerisinde gözlenen Akveren

Formasyonu temsil eden marn birimlerin LSF değeri 400 altında olduğundan inceleme alanın tamamı klinker hammadde yönünden uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Karbonatlı kayaçların sedimentolojik çökelme ortamına bağlı olarak jeokimyasal içeriğin değişimi yapı malzemesi olarak kullanımı belirleyen en önemli parametre olarak öne çıkmaktadır.

İnceleme alanlarında çökelme ortamına bağlı olarak jeokimyasal değerlerinin değişmesi nedeniyle öncelikli olarak ocak içinde üretim yapılması planlanan aynaların detaylı olarak jeolojiyi incelemesi ve formasyon geçişlerini takip edilmelidir. Formasyon geçişlerine bağlı olarak inceleme yapılan ve üretimi planlanan alanda kaya delici makinesi ile delik programı yapılmalıdır. Kaya delici ile delinen alandan taş tozu numunesi alınarak jeokimyasal analiz sonuçları belirlenmelidir. Analiz sonuçlarından çıkan jeokimyasal veriler ile jeoloji verileri üst üste karşılaştırarak kullanım alanları tespit edilmelidir.

Sonuç olarak, heterojen yapıdaki bu tür malzemelerin jeokimyasal değerleri değişkenlik göstermesine rağmen, planlı üretilen malzemelerin yakın bölge de ihtiyaç duyulan agrega, endüstriyel hammadde ve hafif yapı malzemesi kullanımı belirlenmesi durumunda ekonomik olarak önemli bir hammadde kaynak rezervi teşkil edecektir.

KAYNAKLAR

- Abdüsselamoğlu, M. Ş., 1963. İstanbul Boğazı doğusunda mostra veren Paleozoyik arazide stratigrafik ve paleontolojik yeni müşahedeler, *M.T.A. Dergisi*, 60, Ankara.
- Akyol, Z., Arpat, E., Erdoğan, B., Göğer, E., Güner, Y., Şaroğlu, F., Şentürk, L., Tütüncü, K., ve Uysal, Ş., (1974). 1/50000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Serisi, Zonguldak E29 a, E29 b, E29 c, E29 d, Kastamonu E30 a, E30 d. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- Almedia, J., Rocha, M., Teixeira, A., (2004). Spatial Characterization of Limestone and Marl Quality in a Quarry for Cement Manufacturing, Geostatistics Banff, 7th International Geostatistics Congress, 399-408
- Altınlı, İ.E., (1968). İzmit-Hereke-Kurucadağ Alanın Jeoloji İncelemesi. *MTA Dergisi* No: 71, s:1-26
- Altınlı, İ.E., Soytürk, N., ve Saka, K., (1970). Hereke-Tavşancıl-Tepecik Alanın Jeolojisi. *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası, Seri B.*, 35 (1-2)
- Alili, A.H., Gözübol, A.M. (1999). Hereke Formasyonunun (Gebze Kireçtaşı) Kırmataş Özelliği ve Kırma – Eleme Tesislerindeki Davranışı, 2.Ulusal Kırmataş Sempozyumu 99, İstanbul-1999, ISBN B.16.0.KGM.0.63.00.03/606.1
- Al-Jassar, S. ve Hawkins, A.B. (1991). The Carboniferous limestone of the Bristol area: a review of the influence of the lithology and chemistry on its use as a geomaterial, *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 24, (143-158).
- Arslanoğlu, M., Özçelik, M. (2005). Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi. *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.
- Atabey, E., Göncüoğlu, M.C., Topal, T., Alptekin, Cengiz. (2006). Güney İlçesi (Denizli) Batısındaki Gölsel Kireçtaşının Fiziksel, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 30(1)
- Badgley, P.C. (1959). Sinop Havzasının petrol olanakları. Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi, Ankara (yayımlanmamış).
- Bye, G.C. (1983). Portland Cement - Composition, Production and Properties, Pergamon Press Ergin, H, 1998 Hammadde Kimyasal
- Çerikcioğlu, B. (2001). Kocaeli Triyası Dolomitlerinin Kökenine Petrografik ve İzotopik Bir Yaklaşım. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 44 (1), 38.
- DPT Madencilik Özel İhtisa Komisyonu Raporu, (2001). Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Toprak Sanayii Hammaddeleri IV (Çimento Hammaddeleri) Çalışma Grubu Raporu DPT: 2614- ÖİK: 625, Ankara

- Elçi, H., Türk, N., İşintek, İ. (2014). İzmir Karaburun Yarımadasındaki Farklı Kireçtaşlarının Beton Agregası Olarak Değerlendirilmesi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 38 (2)
- Eren, H., Nasuf, E., Ökten, G., Energen, T. (1996). Kocaeli-Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü Civarındaki Kireçtaşı Sahalarının Jeolojisi, Rezerv Analizi Ve İstanbul Metropolü Yönünden Önemi, 1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu' 96 Bildiriler Kitabı, 53-67.
- Erguvanlı, K., 1949, Hereke pudingleriyle Gebze taşlarının inşaat bakımından etüdü ve civarının jeolojisi, İTÜ İnşaat Fak. Doktora tezi, 52-68
- Esri Türkiye. (2013). ArcGIS 10.1 3D Analiz Uygulama Dökümanları. Ankara: Esri Bilgi Sistemleri Mühendislik ve Eğitim Ltd. Şti.
- Erdoğan, M., (1996) Alkali karbonat reaksiyonunun gelişim mekanizması ve nedenleri, Mühendislik Jeoloji Türk Milli Komitesi Bülteni, 41-47.
- Fookes, P.G., (1991). Geomaterials, Quarterly Journal of Engineering Geology, 24, 3- 15.
- Folk, R.L. (1959). Practical Petrographie Classification of Limestones: A.A.P.G. Bull., 43, 1-38. -, 1962. Spectral Subdivision of Limestones Types. Classification of Carbonate Rocks: A.A.P.G. memoir 1, 33-62.
- Gedik, A., ve Korkmaz, S. (1984). Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 19, (53-79).
- Görür, N., Şengör, A.M.C., Akkök, R., ve Yılmaz, Y., (1983), Pontidlerde Neo-Tetis'in kuzey kolunun açılmasına ilişkin sedimantolojik veriler. TJK Bülteni, 26, 11-20.
- Gözübol, A.M., Aysal, N. (2008). Cebeciköy Kireçtaşı Ocaklarında Litolojik ve Yapısal Kökenli İşletme Sınırları, *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, C. (21) 25-35.
- Harrison, D.J. (1993). High-purity limestones in England and wales, Quarterly Journal of Engineering Geology, 26, 293-303.
- ISRM. (1981). Rock Characterization, Testing and Monitoring: ISRM Suggested Methods. Pergamon, Oxford. 211 p
- Kapkaç, F. (2013). Çimento Çeşitleri, Özellikleri, Hammaddeleri Ve Üretim Aşamaları, MTA Doğal Kaynaklar Ve Ekonomi Bülteni, S. 16, S.S 223
- Ketin, İ., Gümüş, A. (1963). Sinop-Ayancık Güneyinde Üçüncü Bölgeye Dahil Sahaların Jeolojisi Hakkında Rapor (2. Kısım: Jura ve Kretase Formasyonların Etüdü). TPAO Rap. No.288.
- Korkmaz Başel, E. D., Satman, A., & Serpen, U. (2013). Türkiye'nin Tahmini Yer Altı Sıcaklık Haritaları. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi (s. 37-44). İzmir: TMMOB Makina Mühendisleri Odası.

- Korkmaz, Abdul V.,(2021). Hammadde proses optimizasyonu ve çimento üretimine etkisi, *Yerbilimleri*, 42(2), 261-286,
- Kuşcu, M., Cengiz, O., Bozcu, A. (2001). Menteşe (Isparta) Dolomitlerinin Endüstriyel Hammadde Özelliklerinin Araştırılması, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 18-19 Ekim, 236-248, İzmir
- Loyd C. D., (2007). *Local Modelsfor Spatial Analysis*, CRC Press, 21-22p.
- Maas, U., Kupper,D. (1993). Assessing the Bumability of Cement Raw Meal and Its Behaviour in the Rotary Kiln, *Zement-Kalk-Gips*, vol: 12, pp:715- 720.
- MTA, (2004). Batı Karadeniz Bölgesi Litostratigrafi Birimleri Stratigrafi Komitesi Litostratigrafi Birimleri Serisi-1, Ankara.
- Onaka, T. (2000). Sewage Can Make Portland Cement: A New Technology For Ultimate Reuse of Sewage Sludge. *Water Science and Technology*, 41, 93–98.
- Önalın, M., 1982. Pendik bölgesi ile adaların jeolojisi ve sedimenter özellikleri, İstanbul Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi, Jeoloji Bölümü, Doçentlik Tezi, 156
- Özdemir, Ü., Yurtsever, G., ve Talay, G. (1975). Kocaeli Triyası Projesi ‘Kocaeli Triyası’nın Biyostratigrafik Etüdü’. Cumhuriyetin 50.Yılı Yer Bilimleri Kongresi, Tebliğler, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü, Ankara, 112-127.
- Özdemir, Ü., Talay, G., Yurtsever, A. (1973). “Kocaeli Triyası Projesi, Kocaeli Triyasının Biyostratigrafik Etüdü”, Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğler, 112-122, Ankara.
- Özer, S. (1988). Orta-Doğu-Güneydoğu Anadolu ve Kocaeli Yarımadası’nda Pironaea (Rudist) türlerinin paleontolojisi ve biyocoğrafyası, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 31, 47-58.
- Özer, S., Tansel, İ., Meriç, E. (1990). Hereke-Kocaeli dolayında Üst Kretase Paleosen istifinin biyostratigrafisi (Rudist, Foraminifer), *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1-2, 29-40.
- Özbek, A (2016) Kahramanmaraş ve Çevresindeki Kireçtaşlarının Mühendislik Özellikleri ve Agregat Olarak Kullanılabilirliği, *KSU Mühendislik Bilim Dergisi*, 19(3), 146-156
- Özpınar, Y., Heybeli, H., Semiz, B., Baran, A., Kocan, B. (2001). Denizli travertenleri ve kömürcüoğlu (Kocabaş) travertenlerinin jeolojik ve petrografik olarak incelenmesi ve bunların teknolojik açıdan değerlendirilmesi.

- Öztürk, M., Karakaş, A., Coruk, Ö. (2019). Kocaeli Hereke Dolayındaki Karbonatlı Kayaçların Malzeme Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının Belirlenmesi MühJeo'2019, Denizli, 3 - 05 Ekim 2019, ss.665-671
- Philip, G.M., Watson, D.F. (1982). "A Precise Method for Determining Contoured Surfaces." Australian Petroleum Exploration Association Journal.
- Penck, W., (1919). Grundzüge der Geologie des Bosphorus Inst. f.Meeresk., N.F.A.4, Berlin.
- Poitevin, P. (1999). Kireçtaşı Agrega Betonu, Kullanışlılık Ve Dayanıklılık, Çimento Ve Beton Kompozitler, 21, 89-97.
- Ramsay, D.M., Dhir, R.K., Spence, I.M. 1974, The role of rock and clast fabric in the physical performance of crushed-rock aggregate, Engineering Geology, 8, 267-285.
- Semerci, F. (2017). Mardin Kireçtaşının Yapı Malzemesi Olarak Kullanımına Yönelik Analizlerinin Yapılması: Kasımiye Medresesi Örneği, Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Dergisi Uygulamaları Araştırma makalesi MBUD 2017, 2, 60-79. e-ISSN: 2548-0170
- Seymen, İ., 1995, İzmit Körfezi ve Çevresinin Jeolojisi (İzmit Körfezi Kuvaterner İstifi; Meriç, E., içinde) 1-22.
- Slim, B., Fredj, C., Mohamed, J. (2016). Characterization and Evaluation of the Potential of Limestone Jebels Bent Saidane, Bou Garnine Raous and Bridge of Fash (North East Tunisia). Ing Eng Manage 5, 192. doi: 10.4172/2169-0316.1000192
- Taylan, E.D., Damçayırı, D. (2016). Isparta Bölgesi Yağış Değerlerinin IDW ve Kriging Enterpolasyon Yöntemleri ile Tahmini. İMO Teknik Dergi, 7551-7560.
- Taylor, H.F.W. (1997). Çimento Kimyası, ikinci baskı, Thomas Telford, ABD
- Tasong, W.A., Lynsdale, C.J., Cripps, J.C. (1999). Agrega Jeokimyasının Etkisi, Çimento Ve Beton Araştırmaları, Cilt 29, No. 7, ss. 1019-1025
- Tchihatcheff, P., (1867). Le Bosphore at Constantinople por P. De Tchihatcheff, Th.Morgand, Paris.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Faaliyet Raporu (2018).
- Teymen, A., Kılıç, A., Türkmenoğlu, Z., (2011) Kalsiyum Karbonatlı Kayaçların Standart Özelliklerinin İncelenmesi Türkiye 22. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi 11-13 Mayıs ANKARA Sayfa 259-270
- Tuncay, E.B., Yağmurlu, F., Ceylan, H. (2015), Karaöz (Antalya-Türkiye) Civarındaki Dolomitik Kireçtaşlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, S D U Teknik Bilimler Dergisi, 5 (1), ss.48-57

- Tural, S. (2011). Gerçek Zamanlı Meteoroloji Verilerinin Toplanması, Analizi ve Haritalanması. Ankara: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Uribe-Arif, R., (1994). Study of petrous aggregates for concrete in Zimapan arch dam in Mexico, Proceedings of 7th International IAEG Congress, pp. 3229-3233.
- URL-1: <http://www.korfez.gov.tr/cografi-ve-nufus-durumu>, (Ziyaret tarihi: 06.12.2021)
- URL-2: URL-2 <https://www.furukawa-rockdrill.com/technology/drifter/>, (Ziyaret tarihi: 04.05.2022)
- Uysal, Ö., Akçakoca, H., Topal, İ., (2003). Bazı doğal taşların tekno mekanik özellikleri ve uygun kullanım alanlarının belirlenmesi.
- Yurtsever, A. (1982). Kocaeli Triyası Biyostratigrafi Projesi, Gebze-Hereke-Tepecik alanında Mesozoyik-Senozoyik kayalarının jeolojisi. MTA rapor No: 7195, Ankara (yayınlanmamış).
- Yanalak, M. (2002). Sayısal Arazi Modellerinde Yükseklik Enterpolasyonu. *Harita Dergisi*, 44-58.
- Yüce, E.A., Gürkan, V., Erdoğan, M., Tarkan, M.H., Girgin, Ş., Kangal, M.O., Oktay, F.Y. (2002). Demir Çelik Kullanım Amaçlı Kireçtaşları İçin Yeni Bir Tanımlama Önerisi, *Madencilik*, 41 (4), Sayfa 21-36.
- Zarif, İ., Tuğrul, A., Dursun, G., (2003). İstanbul'daki Kireçtaşlarının Agrega Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesi. *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yerbilimleri Dergisi*, 16 (2), ss. 61-70
- Zengin Kazancı, S., Tanır Kayıkçı, E. (2014). Konumsal Enterpolasyon Yöntemleri Uygulamalarında Optimum Parametre Seçimi: Doğu Karadeniz Bölgesi Günlük Ortalama Sıcaklık Verileri Örneği. 7.Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu (s. 1-5). Çorum: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Öztürk, M., Karakaş, A., Coruk, Ö. (2019). Kocaeli Hereke Dolayındaki Karbonatlı Kayaçların Malzeme Özelliklerine Göre Kullanım Alanlarının Belirlenmesi MühJeo'2019, Denizli, 3 - 05 Ekim 2019, ss.665-671



ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2002 yılında girdiği Çanakkale On sekiz Mart Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bölümünden 2008 yılında mezun oldu. 2009-2015 yılları arasında özel sektörde Yer altı ve Yer üstü krom madenciliğinde sektöründe çalıştı. 2015 yılından itibaren Çimento sektöründe hammadde üretim mühendisliğini sürdürmektedir. 2018 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini devan etmektedir.

