

Makale Gönderim Tarihi: 01.05.2018

Yayına Kabul Tarihi: 25.06.2018

Karadeniz Bölgesi Çimento Hammadde Potansiyelinin Değerlendirilmesi

Evaluation of Cement Raw Material Potential in the Black Sea Region

Abdul Vahap Korkmaz^{1*}

¹*İstanbul Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar/İstanbul.*

**Sorumlu Yazar: av.korkmaz06@gmail.com*

Özet

Bir çimento fabrikasının üretimini devam etmesi ve varlığını sürdürebilmesi sahip olduğu ham madde ocaklarına bağlıdır. Çimento yatırımı yapabilmek için maden rezervlerinin ekonomik ömrü süresince yeterli fizibilite çalışması yapmadan büyük bir yatırım yapılamaz. Bu nedenle çimento sektöründe taş ocağı kurmak istenilen bölgedeki maden rezervleri ve kimyasal analiz sonuçları hakkında geniş bir bilgi sahibi olmak zorunludur. Çimento sektöründe 7 milyon ton çimento üretim kapasitesi bulunan Karadeniz Bölgesinde mevcut üretim kapasitelerinin artırılması ve yeni çimento fabrikalarının kurulabilmesi için yeni hammadde sahalarının araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmada, Karadeniz bölgesi içerisinde kalan Samsun, Amasya, Tokat, Çorum illerini kapsayan geniş bir coğrafik alanda çimento hammaddesi rezerv potansiyeli ve kalite çalışmaları yapılarak, çimento hammaddesi olarak kullanılıp kullanılmayacakları konusunda detaylı incelemeler yapılmıştır. Hammadde araştırmaları sonucunda Karadeniz bölgesinin çimento üretim kapasitesinin mevcut kaynaklarla 2 katına çıkarılabileceği ön görülmüştür. **Anahtar Kelimeler:** Çimento, Kalite, Ham Madde, Karadeniz Bölgesi, Rezerv.

Abstract

The continuation of production of a cement factory and sustaining its existence depends on the raw material quarries. A large investment cannot be made without sufficient feasibility study during the economic life of mine reserves in order to invest in cement. For this reason, it is necessary to have extensive knowledge about mineral reserves and chemical analysis results in the region where you want to establish stone quarries in the cement sector. In the Black Sea Region, which has a cement production capacity of 7 million tons in cement production, it is necessary to investigate new raw material fields in order to increase the existing production capacities and to establish new cement plants. In this study, a wide range of geographical inland cement raw materials including Samsun, Amasya, Tokat and Çorum in the Black Sea region were studied in terms of reserve potential and quality studies and they could not be used as cement raw materials. As a result of the raw material researches it is predicted that the cement production capacity of the Black Sea region can be doubled with the available resources.

Keywords: Black Sea, Cement, Quality, Raw Material, Reserve.

1.Giriş

Çimento, çağımızda kullanılan temel inşaat malzemelerinin en önemlilerinden biridir. Bir çimento fabrikası kurulurken her şeyden önce kullanılacak ham maddelerin temini, temin yeri, temin şekli, temin maliyeti gibi konularda gerekli araştırma ve fizibilite çalışmaları yapılmalıdır. Girdilerden, özellikle ana ham madde girdileri ekonomik açıdan çok daha önemlidir. Zira kullanım oranları fazla olan ana girdiler fabrikaya ne kadar yakın olursa üretim maliyeti düşük olacağından kar marjı da o denli yüksek olacaktır. Ana girdiler kalker ile kil veya bunlar yerine kullanılabilir yine kalker ve kil esaslı maddelerdir. Girdilerin yapısında, klinker kompozisyonunu oluşturacak yeteri kadar Fe_2O_3 yoksa Fe_2O_3 içeren, yine yeteri kadar SiO_2 yoksa SiO_2 içeren ve yeteri kadar Al_2O_3 yoksa Al_2O_3 içeren malzemeler düzeltici olarak kullanılmalıdır. Zira bu çimento hammadde girdilerinden Fe_2O_3 (demir cevheri), Al_2O_3 (boksit cevheri) içerenler pişmeyi kolaylaştırıcı yönde, SiO_2 içerenler (silis kumu) ise pişmeyi zorlaştırıcı yönde etki yaptığından direkt maliyeti etkilemektedir. Çimento üretiminde hangi girdilerin hangi oranlarda kullanılacağı düzeltici maddelerin kullanılıp kullanılmayacağını saptamadan önce aşağıda belirtilen ana öğelerin belirlenmesi gerekir;

- Hangi tip çimento veya çimentoların üretileceği,
- Hangi standart veya standartlara uygun çimento üretileceği,
- Üretilecek klinker veya klinkerlerin kireç doygunluk faktörü (LSF) değerinin ne olacağı ve hedef LSF değerinin belirlenmesi,
- Optimum pişme şartlarının oluşabilmesi için klinkerde bazı modüllerin öngörülmesi (sıvı faz, silikat modülü, alüminyum modülü vb.) gerekir (Korkmaz, 2017).

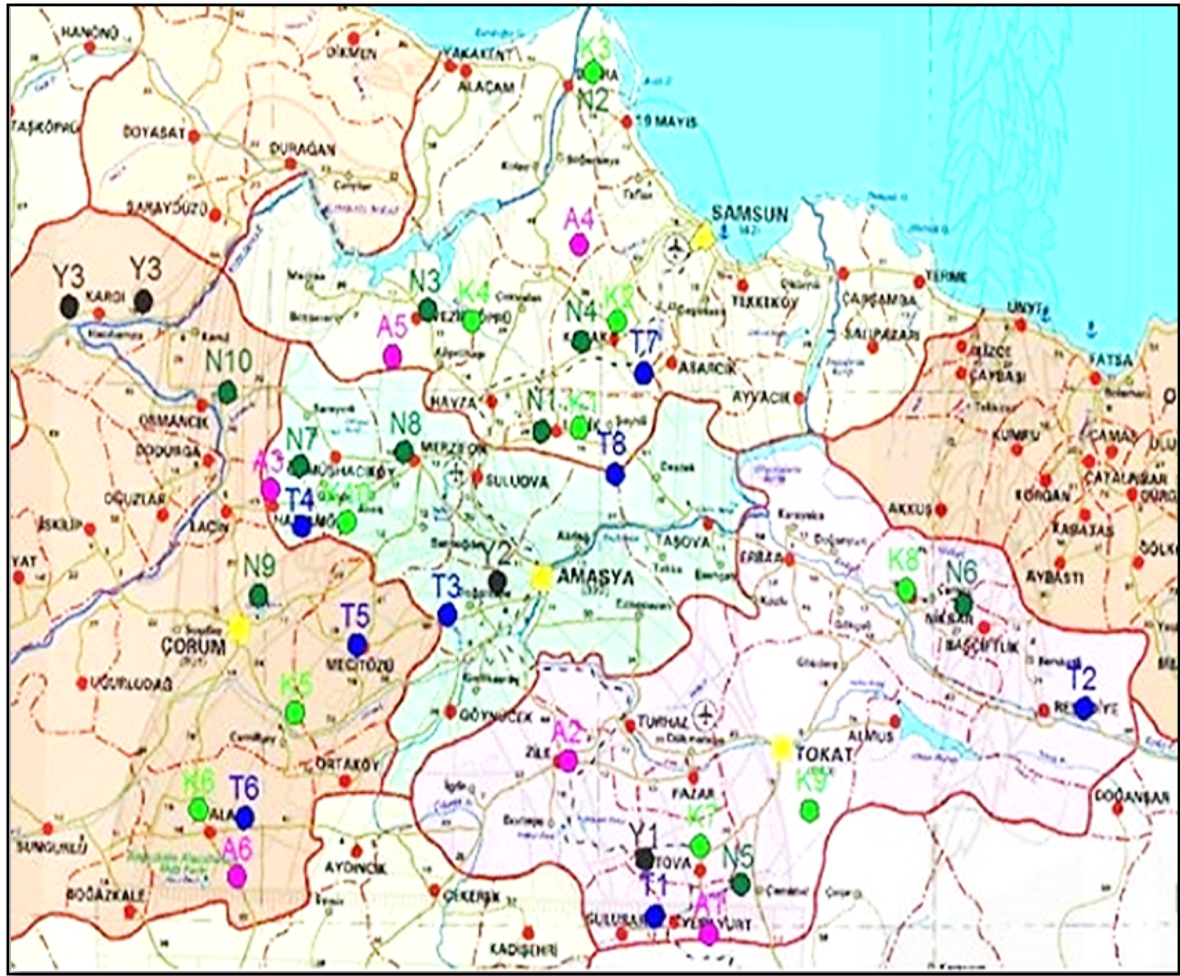
Çimento üretim aşamalarının ilk adımı ham madde ocakları ve prosesleri ile başlar. Teknik olarak, bir çimento üreticisi istenen sonucu elde etmek için farklı bileşimli ham maddeleri harmanlayarak klinker bileşimi üzerinde tamamen denetime sahip olabilir. Bununla birlikte, pratikte, büyük ölçüde klinker bileşimi, farin miktarını oluşturan mevcut ham maddelerin bileşimleriyle belirlenir. Bu nedenle çimento sektöründe taş ocağı yönetimi çok hassas ve sürekli gözetim isteyen bir işdir. Eğer ham madde ocağı planlı bir şekilde işletilemez ya da çabuk tükenirse çimento üretmek imkânsız hale gelebilir. Çimento üretimi için gerekli olan tüm ham madde materyallerini en optimum şekilde kullanmak gerekir (Peray, 1979). Çimento endüstrisi, oranları çok dikkatle ayarlanmış ham maddelerle kimyasal madde karışımından, bunların bünyesini belli bir ölçüde değiştiren işlemlerle üretim yapmayı amaçlar. Çimentonun kalitesini tayin eden ana faktör ham maddelerdir. Ham madde özelliklerindeki değişiklikler çimento kalitesinde de değişmelere yol açmaktadır. Ayrıca ürün kalitesinin tüm üretim sırasında tutarlı olması, bu süre içinde ham madde kalitesinde de değişmelere neden olmaktadır (Korkmaz, 2017). Çimento sanayisi yüksek yatırım sermayesi gerektirdiğinden dolayı sektörde gerekli yatırımın başlatılabilmesi için yüksek rezervli maden yataklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Çimento üretiminde kullanılan maden yataklarının ömürlerinin yanı sıra kimyasal özellikleri, fabrikaya yakınlığı, sökülebilirliği, kırılabilirliği, öğütülebilirliği ve pişebilir nitelikte olması, düşük nem içermeleri ve homojen olmaları üretim maliyetini etkileyen en önemli faktörlerdir. Bunun yanı sıra alternatif ham maddelerin kullanımı mevcut maden ömürlerini ve maden kalitesini daha da artırılabilir. İkame etme potansiyeli büyük oranda tükenmiş ham maddeler ve gelecekte çimento üzerine konulan yüksek kalite hedeflerinin gerçekleştirilmesi alternatif ham maddelerin ya da endüstriyel yan ürünlerin bulunmasına bağlıdır. Türkiye taş, çimento ve seramik endüstrisinde birincil ve ikincil ham maddeler talebine bağlı olarak, ham madde gereksiniminin 2030 yılına kadar artması beklenmektedir (Şişman, 2005). 2017 yılı itibariyle, Türk Çimento sektöründe 52 entegre, 20 öğütme-paketleme tesisi olmak üzere toplam 72 adet çimento fabrikası bulunmak-

tadır (TÇMB, 2017). Karadeniz bölgesinde toplam 11 adet çimento fabrikası bulunmaktadır. 2017 yılı verilerine göre, Karadeniz bölgesi, ülkemizin çimento üretiminin yaklaşık %15 'lik kısmını karşılamaktadır (Korkmaz, 2017).

2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. Malzeme

Karadeniz Bölgesi çimento hammaddesi potansiyelinin değerlendirilmesi ve çimento sektörünün kalker, kil, alçıtaşı, tras ve demir ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla Samsun, Çorum, Amasya ve Tokat illerini kapsayan geniş bir bölgede jeolojik çimento hammaddesi çalışmaları yapılmıştır. Çalışma yapılan sahalara ve örnek alınan yerler Şekil 1' de harita düzlemi üzerinde gösterilmiştir. Çimento hammadde potansiyeli bakımından önemli olabileceği düşünülen yerler MTA'nın Jeolojik raporlarından ve sektördeki deneyimli kişiler tarafından saptanmış ve hammadde sahaları yerinde incelenmiş ayrıca yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilen yeni sahalarda da jeolojik etütler yapılarak gerekli numuneler alınmış ve çimento deneylerine tabii tutulmuştur. Ayrıca bulunan hammadde sahalalarının potansiyel rezerv tespitleri yapılmıştır. Araştırma yapılan hammadde sahalalarının muhtemel rezerv miktarları MTA ve özel sektöre ait güncel jeolojik raporlardan elde edilmiştir.



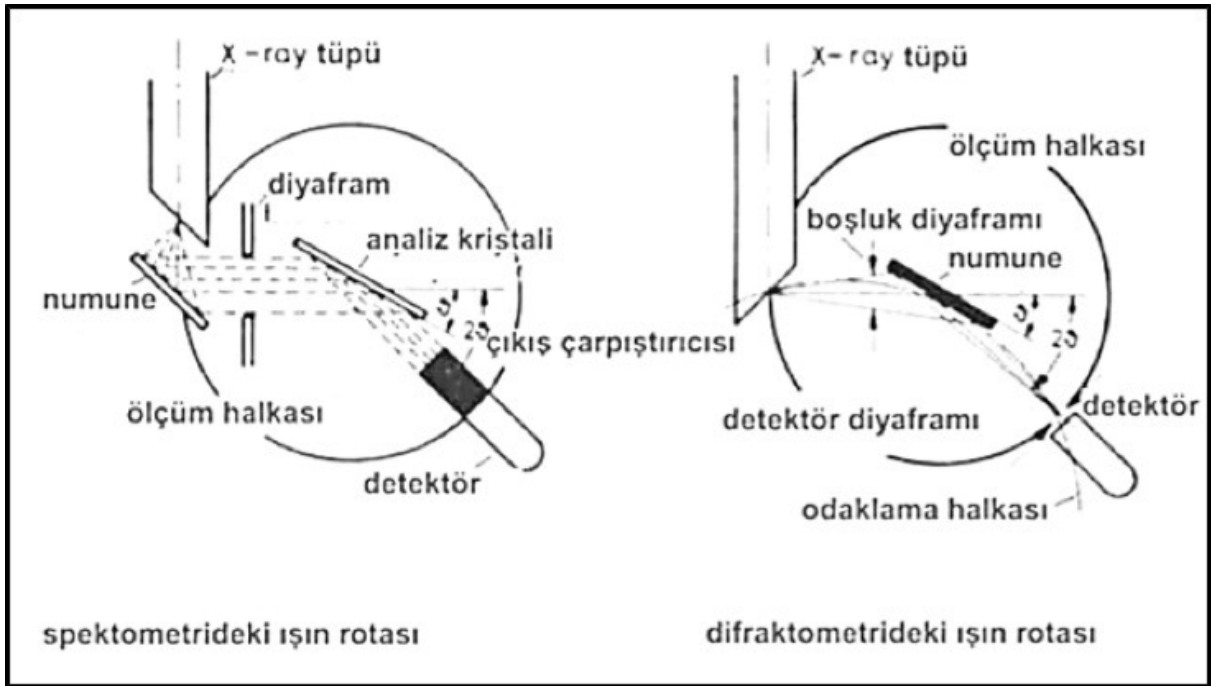
Şekil 1. Ham madde örneklerinin alındığı sahaların harita üzerinde kodlu gösterilişi

2.2. Yöntem

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde; laboratuvar ölçekli çeneli kırıcı, X- ışınları Floresans Spektrometresi, kızdırma kaybi, rutubet tayin, tras aktivite test metotları kullanılmıştır. Ayrıca ham maddelerin kimyasal analiz sonuçlarından yararlanılarak silikat modülleri ve alüminyum modülleri hesaplanmıştır.

2.2.1. X Işınları Floresans Spektrometresi Çalışma Prensibi:

Hammadde etüt çalışmasında hazırlanan örneklerin kimyasal bileşimini belirlemek için analitik bir teknik olan XRF yöntemi kullanılmıştır. Çalışma prensibi basitçe şu şekildedir; bir atomun iç yörüngesindeki elektronlar, X-ışınlarını üst bir enerji seviyesine çekerek bombardıman yoluyla uyarılırlar ama elektronun durumu kararsızdır. Bu kararsız durum daha fazla kalamayıp daha istikrarlı bir şekilde daha düşük yörüngelere gitmek isterler. Bu iniş esnasında her atom ikincil elektronlar spesifik karakteristik X ışını (floresan) yayarlar. Bu ışınlar analizör ile ayrılırlar. Ayrılan ışınlar ölçülerek elde edilen sonuçlar ile aynı anda ölçülen ışık miktarları nicel analizde kullanılan element miktarı ile orantılı şekildedir (Şekil 2) (Kaya, 2010).



Şekil 2: XRF analiz yöntemleri (Kaya, 2010)

2.2.1.1. X Işınları Spektrometresine Örnek Hazırlanması ve Analizi

Hammadde örneklerinin kimyasal analizleri XRF metoduyla tespit edilmiştir. Tartılan 0,6 gram öğütülmüş numune, 0,03 gram lityum iyodür ve 4,6 gram dilyum tetraborat platin kroze içine yerleştirilmiştir. Bir spatula malzeme ile kroze içinde karıştırılarak homojen bir karışım haline getirilmiştir. Eritiş cihazı için hazırlanan kroze içerisindeki homojen malzeme tablet kalıba yerleştirilmiştir. Dört aşamalı çalışan eritiş cihazı ilk 10 dakika ısıtma, 5 dakika eritme, son 5 dakika soğutma ve boşaltma programlarında çalışır. Eritiş cihazında oluşturulan cam tabletler X-ışını floresans spektrometresinde, okutularak kimyasal içerik sonuçları bilgisayarda kayıt altına alınmıştır (TS EN 196-2, 2014).

2.2.2 Kızdırma Kaybı Tayini:

Ağırlığı önceden bilinen (1 ± 0.05 g) bir örneğin çok yüksek sıcaklıkta (975 ± 025 oC) kızdırılması sonunda meydana gelen ağırlık kaybına, “kızdırma kaybı” denilmektedir ve bu değer % olarak ifade edilmektedir (Kaya, 2010). Bu tayinde sırasıyla şu basamaklar izlenmiştir. Sabit tartıma getirilmiş krozeeye, rutubeti alınmış çimento numunesinden 0,0001 hassasiyetle 1,00 g (m_1) alınmıştır. $975^\circ\text{C} \pm 25^\circ\text{C}$ sıcaklıktaki fırında 15 dakika kızdırılmıştır. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulmuştur ve tartılmıştır. Yeniden 5 dakika kızdırılarak oda sıcaklığına kadar soğutulup tekrar tartılmıştır. Bu işleme sabit tartıma (m_2) ulaşıncaya kadar devam edilmiştir (TS EN 196-2, 2014).

Hesaplama:

$$\text{Kızdırma kaybı} = \left[\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right] \times 1000 \quad \text{Eş. 1}$$

m_1 : Deney numunesi kütlesi (g), m_2 : Kızdırılmış deney numunesinin sabit tartıma geldikten sonraki kütlesi (g)

2.2.3. Rutubet Tayini

25 gram rutubeti tayin edilecek malzeme etüvde 105°C de sabit ağırlığa kadar bekletilir, (b gr) tartılır (Kaya, 2010).

$$\% \text{Rutubet} = \frac{25 - b}{25} \times 100 \quad \text{Eş. 2}$$

2.2.4. Silikat Modülü (SM)

Çimento üretimi için hammadde kalitesini belirleyen en kritik modüllerden biridir. Bu modül, çimentodaki SiO_2 miktarının, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 toplamına bölünmesiyle bulunur.

$$\text{S.M} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.9 - 3.2 \quad \text{Eş. 3}$$

Her çimento fabrikası optimum silikat modülünü ham madde karakteristiklerine göre, en uygun klinker pişme şartlarına ve çimento üretim standartlarına göre belirlemelidir (Schafer, 1989).

2.2.5. Alüminyum Modülü (Ton Modül)

Alüminyum modülü, çimentoda ihtiyaç duyulan alüminyum oksit bileşeninin demir oksit bileşenine bölünmesi bulunur (Wilcox, 1995).

$$\text{T.M.} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1.5 - 2.5 \quad \text{Eş. 4}$$

Genellikle yüksek alit içerikli kaliteli bir klinker elde etmek ve en düşük işletme ve üretim maliyetli ürün üretmek amacıyla, alüminyum modülünün 1,4-2,2 civarında olması istenir

2.2.6. Puzolanik aktivite deneyleri ve numunelerin hazırlanışı

Puzolanik aktivite deneyi, TS 25’de doğal puzolanın belirli bir incelikte öğütülüp su ve kalsiyum hidroksitle karıştırılması ile elde edilen harcın basınç dayanımı cinsinden tespit edilen hidrolik özelliği olarak tanımlanmıştır. Aktivite deneyleri için TS 25’e göre hesaplanan

malzeme miktarları ile numuneler hazırlanmış ve hazırlanan numunelere ait kalıpların üstü buharlaşmayı önleyecek şekilde cam plaka ile kapatılmıştır. Numuneler 24 saat $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 'lik oda sıcaklığında bekletildikten sonra kalıplar sökülmeden $(55\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki bir etüv içinde 6 gün daha bekletilmiştir. Numuneler etüvden çıkartılarak oda sıcaklığına gelinceye kadar soğumaya bırakılmış ve TS EN 196-1 (2016)'ya göre basınç dayanımı tayini deneyine tabi tutulmuştur (Korkmaz, 2012).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Kalker Yatakları

Samsun, Amasya, Çorum ve Tokat illerinde yapılan çimento hammaddesi araştırılması sonucunda değişik lokasyonlarda çimento üretimine elverişli kalker birimleri tespit edilmiştir. Kalker rezervleri yaklaşık 1,5 km genişlikte ve 3,5 km uzunluktaki bir alanda seyreltmektedir. Kalker araştırmasının yapıldığı yerler ve numune kodları sırasıyla Tablo 1' de ve kalker numunelerine ait kimyasal analiz sonuçları Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 1. Kalker çalışma sahaları ve rezerv miktarları (MTA, 2018)

Lokasyon	Örnek Alınan Sahalar	Örnek No	Rezerv (mil.ton)
Samsun	Ladik Akpınar Körüklüdere ve Hasanağaç sahaları dolayları	K1	130
	Kavak Bekdemir sahaları, Köseli dolayları	K2	250
	Samsun Bafra İnözü dolayları	K3	108
	Vezir Köprü dolayları	K4	78
Çorum	Hacıpaşa Köyü Mevkii	K5	110
	Alaca dolayları	K6	150
Tokat	Artova Keşlikkaya ve sırtları	K7	168
	Niksar Kümbetli serileri	K8	104
	Gıj Gıj Mevkii	K9	60
Amasya	Hamömözü	K10	30

Tablo 2. Kalker örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

İçerik	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	0,73	0,13	1,76	0,69	0,46	0,36	0,07	1,5	0,68	0,9
Al ₂ O ₃	0,24	0,08	0,68	0,3	0,13	0,16	0,07	0,14	0,16	0,21
Fe ₂ O ₃	0,12	0,06	1,37	0,15	0,02	0,08	0,09	0,26	0,07	0,23
CaO	55,80	57,00	50,88	54,85	56,4	56,14	55,14	52,54	54,76	53,56
MgO	0,43	0,09	0,53	0,33	0,47	0,40	0,46	0,3	0,38	0,36
Na ₂ O	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
K ₂ O	0,04	0,08	0,33	0,03	0,02	0,02	0,00	0,01	0,04	0,02
SO ₃	0,13	0,04	0,04	0,03	0,10	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
P ₂ O ₅	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0
TiO ₂	0,03	0,04	0,09	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0
KK	42,35	42,4	44,15	43,48	42,11	42,36	43,87	44,65	43,22	43,88
Toplam	99,9	99,94	99,86	99,91	99,77	99,62	99,78	99,49	99,38	99,24
Nem	0,40	0,40	0,30	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,20	0,10
SM	2,03	0,93	0,86	1,53	3,07	1,50	0,44	3,75	2,96	2,05
TM	2,00	1,33	0,50	2,00	6,50	2,00	0,78	0,54	2,29	0,91

Yapılan aramalar sonucunda mümkün rezerv hesaplamaları yapılmış ve kalker birimlerinin çimento ana hammadde kaynağı olarak uzun süre çimento üretimine elverişli olduğu görülmüştür. Kireçtaşları koyu gri, gri sarı, bej bazen beyaz renkli 20-50 cm kalınlıkta tabakalı sert kripto kristalin dokulu, bazen taban dokunakları civarı beyaz renkli ve kristalize bazen de beyaz ve gri renklerin ardalanmasından laminalı görünümlü, 1-5 mm kalınlıkta kalsit damarcıklı ve çoğunlukta aralıkları 20-50 cm olan iki yönde eklemlidir. Çimento üretiminde kullanılan kalker yataklarının kimyasal özelliklerinin yanısıra fabrikaya yakınlığı, sökülebilirliği, kırılabilirliği, öğütülebilirliği ve pişebilir niteliklerde olması, düşük nem içermeleri ve homojen olmaları üretim maliyetini etkileyen önemli faktörlerdir. Bu nedenle bu faktörlerin saptanması üretim açısından çok önemlidir.

3.2. Çimento Kili Yatakları

Samsun, Amasya, Tokat ve Çorum illerinde yapılan çimento kili hammaddesi arama çalışmalarında mevcut kilerin rezervlerinin ve kimyasal özelliklerinin çimento üretimi için uygun olduğu tespit edilmiştir. Bazı türlerin içerisinde demir ve alüminyum içeriği bakımından zenginlik içermesi çimento üretiminde demir cevheri ve boksit kullanımını en aza indireceği tahmin edilmektedir. Çimento üretiminde kullanılan kil yataklarının kimyasal özelliklerinin yanı sıra fabrikaya yakınlığı, düşük nem içermeleri ve homojen olmaları üretim açısından çok önemlidir. Çimento kili araştırmasının yapıldığı yerler ve numune kodları sırasıyla Tablo 3' te ve çimento kili örneklerinin kimyasal analiz sonuçları Tablo 4' te gösterilmiştir.

Tablo 3. Çimento kili çalışma sahaları ve rezerv miktarları (MTA, 2018; Şişman, 2005)

Lokasyon	Örnek Alınan Sahalar	Örnek No	Rezerv (mil.ton)
Samsun	Lâdik-Körüklüdere	N1	15
	Bafra	N2	33
	Vezirköprü korkucak	N3	22
	Kavak-Pekdemir	N4	18
Tokat	Bakacaktepe, Geçentepe	N5	26
	Niksar sırtları	N6	11
Amasya	Gümüşhacıköy-Çat Sahası	N7	27
	Merzifon Keçiköy	N8	15
Çorum	Narlı	N9	39
	Osmancık	N10	24

Tablo 4. Çimento kili kimyasal analiz sonuçları

İçerik	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	50,73	64,35	63,07	54,700	64,13	63,14	62,57	64,06	60,80	59,69
Al ₂ O ₃	16,49	15,44	16,65	13,72	15,26	16,82	16,52	15,22	16,81	16,81
Fe ₂ O ₃	8,07	6,80	6,59	5,09	6,67	6,65	6,58	6,68	7,19	6,47
CaO	5,48	2,24	1,68	8,36	2,12	1,72	1,86	2,16	2,21	1,96
MgO	2,19	2,01	1,63	1,55	1,98	1,64	1,63	1,97	1,79	1,91
Na ₂ O	0,28	0,30	0,34	0,44	0,31	0,34	0,34	0,31	0,24	0,28
K ₂ O	2,06	2,15	2,40	1,86	2,12	2,45	2,43	2,12	2,45	2,47
SO ₃	0,02	0,02	0,01	0,02	0,14	0,01	0,13	0,15	0,03	0,02
P ₂ O ₅	0,08	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,11	0,08	0,09	0,10
TiO ₂	0,98	1,02	0,94	0,91	1,00	0,95	0,94	0,99	0,92	0,94
MnO	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,04
KK	13,07	5,11	6,22	13,18	5,86	6,06	6,02	5,51	6,33	8,42
Toplam	99,15	99,59	99,68	99,98	99,74	99,94	99,18	99,31	98,92	98,61
Nem	4,80	5,00	4,30	5,60	4,7	5,50	5,00	4,60	5,20	4,50
SM	2,05	2,89	2,71	2,91	2,92	2,69	2,71	2,93	2,53	2,62
TM	2,04	2,27	2,53	2,70	2,29	2,53	2,51	2,28	2,34	2,52

Kilin oluşum sırasındaki şartlara bağlı olarak çok kısa mesafede yatay ve dikey değişimler göstermesi nedeniyle kullanılmadan önce killerin harmanlanması ve homojenleştirilmesi gerekmektedir. Üretimi yapılan kilin kalitesine bağlı olarak tüvenan olarak kullanıldığı gibi, kullanım amacına göre kilin zenginleştirilmesi, değirmene girmeden yüksek nem içerikli killerin ön kalsine edilmesi gerekmektedir.

3.3. Alçıtaşı Yatakları

Çimento sanayi alanında genellikle alçıtaşı (jips) kullanılmaktadır. Gerek jips gerekse anhidrit hiçbir zaman saf halde bulunmazlar. Bu iki mineralden herbiri yarı dengeli olup biri diğerine

dönüşebilmektedir. Ayrıca alçıtaşı yataklarına oluşum sırasında veya sonradan yabancı maddeler karışmış olabilir. Bunun sonucu olarak alçıtaşı ancak % 85–95 saflıkta bulunmak tadır. Alçıtaşı, çimento sanayiinde tüvenan kalitesi ile kullanılabilir. Jips ya da jips-anhidrit karışımını içeren hammaddeler son öğütme prosesinde % 3–5 oranında klinker ve/veya diğer katkı maddeleriyle birlikte öğütülerek değişik tür çimentolar üretilmektedir. Alçıtaşı gibi sülfat içerikli maddelerin katılması çimentonun donma süresinin ayarlanmasında etkili rol oynamaktadır (Korkmaz, 2012). Karadeniz bölgesinde mevcut alçıtaşı sahaları araştırılmış ve alçıtaşı hammaddesi örnekleri alınmıştır. Tokat ilinde bulunan alçıtaşlarının yumrulu olduğu ve alçıtaşı yumrularının arasının killi olduğu görülmüştür. Ancak killilerinden yıkandıktan sonra kullanılabilceği tahmin edilmektedir. Daha iyi alçıtaşı yataklarına ulaşmak için Sivas ve Yozgat taraflarına yönelmek gerekmektedir. Sivas-Bedirli alçıtaşı oluşumları yaşlı birimler içindedir. Çimento hammaddesi olarak kullanımları ve rezervleri çimento sanayisi için son derece uygundur. Tokat Zile Amasya taraflarında rastlanılan alçıtaşlarının anhidrit miktarları fazla olup, çimento kullanımı için elverişli olmadığı tespit edilmiştir. Samsun Vezirköprü Körüklü dere alçıtaşı ocakları hem rezerv açısından hem de kalite açısından çimento üretimi için alçıtaşı cevherleşmesi iyi konumdadır. Çorum-Uğurlu dağ arasındaki yaklaşık 12000 hektarlık sırtlar ve tepeler şeklinde izlenen tahmini 150 milyon ton görünür rezerve sahip kaliteli alçı sahaları çok büyük bir ekonomik değer olarak dikkati çekmektedir. Alçıtaşı örneklerinin alındığı yerler ve numune kodları sırasıyla Tablo 5’ de gösterilmiştir

Tablo 5. Alçıtaşı çalışma sahaları ve rezerv miktarları (MTA, 2018; Şişman, 2005)

Lokasyon	Örnek Alınan Sahalar	Örnek No	Rezerv (mil.ton)
Tokat	Tokat Yeşilyurt-Boztepe	A1	15
	Tokat Zile,Aköz	A2	70
Amasya	Amasya-Hamamözü	A3	34
Samsun	Samsun Körüklüdere	A4	54
	Samsun Vezirköprü Akören	A5	60
Çorum	Çorum Alaca ve Uğurludağ	A6	150

Tablo 6. Alçıtaşı kimyasal analiz sonuçları

İçerik	A1	A2	A3	A4	A5	A6
	%	%	%	%	%	%
SO ₃	41,66	42,73	40,08	41,66	43,35	42,63
Kristal Su	19,97	17,90	18,50	19,97	19,95	18,97
Kızdırma Kaybı	21,75	21,71	21,85	21,75	21,30	22,04
Dihidrat Alçı	90,64	85,52	21,85	21,75	21,30	22,04
Anhidrit Alçı	0,82	5,04	1,66	0,82	5,04	0,82
CaCO ₃	6,98	8,66	7,66	6,98	8,66	6,98
Toplam	98,44	99,22	97,61	98,44	99,22	98,44
Tayin Edilemeyen	1,56	0,78	2,71	1,56	0,78	1,56
Toplam	100	100	100	100	100	100
Dihidrattan SO ₃	42,15	39,77	41,06	42,15	39,77	42,15
Rutubet	3,20	3,20	2,80	3,20	3,20	3,20
Çözünmez kalıntı	0,63	1,92	3,15	0,63	1,92	0,63

3.4. Tras Yatakları

Karadeniz bölgesi Samsun, Amasya, Çorum, Tokat illerini kapsayan geniş bir alanda yapılan arazi çalışmaları sonucunda bir çimento fabrikasının ihtiyacı için yeterli olabilecek miktar ve kalitede tras rezervi tespit edilmiştir. Yapılan çalışmada tras rezerv ve kalite açısından önemli olabilecek yerler tespit edilerek gerekli numuneler alınmış ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Alınan örneklerin arazideki yerleri ve alınış şekilleri tras hammaddesi rezervini genel olarak karakterize edecek şekildedir. Tras sahalarından alınan numunelerin analizlerinin incelenmesi ve bu sahaların nakliye kolaylıkları, tras olarak klinkere karıştırma oranları öğütülme kolaylığı gibi özellikler göz önüne alınarak önemli görülen yerlerin kimyasal analizler sonuçları Tablo 7’de verilmiştir. Amasya ve Samsun İllerinden alınan tras numunelerinin kimyasal analiz sonuçlarından tras oluşumunun iyi kalitede olduğu görülmektedir (Tablo 8). Analizlerde kızdırma kaybının yüksek çıkması, numunenin yeteri kadar kurutulmamış olduğunu göstermektedir. CaO ve MgO değerlerine göre kızdırma kaybının % 5 civarında olması gerekir. Hammadde rutubetinin % 10’ dan çok olması, kayanın fazla gözenekli olması nedeniyle yağmurlu mevsimlerde içine fazlaca su almasından kaynaklanmaktadır. Güneşli ve kuru havalarda almış olduğu bu suyu süratli bir şekilde atarak rutubetinin %5 in altına düşürüleceği düşünülmektedir. Tokat ili sınırlarındaki tras sahalarından alınan örneklerdeki tras analiz sonuçlarına bakıldığında reaktif SiO₂ yüzdesi ve puzolanik aktivitesi biraz düşük çıkmıştır. Bundan dolayı yalnız başına tras olarak %10-20 miktarlarında kullanılabilir. Ayrıca puzolanik aktivitesi yüksek olan (>10) tras ile de harmanlama yapılarak kullanılabilir. Tras olarak kullanılması düşünülen bu malzemenin killeşmenin olmadığı taze yerlerden beslenmesi gerekmektedir.

Tablo 7. Tras çalışma sahaları ve rezerv miktarları (MTA, 2018; Şişman, 2005).

Lokasyon	Örnek Alınan Sahalar	Örnek No	Rezerv (mil.ton)
Tokat	Artova bebek deresi, Aktaş	T1	25
	Reşadiye Karataş	T2	70
Amasya	Doğantepe	T3	54
	Hamamözü	T4	50
Çorum	Mecitözü	T5	35
	Alaca	T6	54
Samsun	Kavak Çukurdere	T7	50
	Lâdik Körüklü dere, Ahmet saray	T8	38

Tablo 8. Tras kimyasal analiz sonuçları

İçerik	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	57,78	69,96	54,22	70,55	68,38	66,10	69,23	66,81
Al ₂ O ₃	10,77	12,71	19,32	12,60	12,69	10,92	12,87	13,11
Fe ₂ O ₃	1,67	0,97	8,13	0,83	1,18	0,95	1,25	1,64
CaO	5,82	2,99	7,33	3,44	4,8	11,58	3,19	2,92
MgO	4,01	1,21	2,61	0,80	1,7	1,61	1,16	2,2
Na ₂ O	2,47	0,07	0,42	0,11	0,02	0,13	0,02	0,13
K ₂ O	2,43	1,93	1,57	2,54	3	2,58	2,72	2,87
TiO ₂	0,31	0,03	0,36	0,21	0,19	0,09	0,24	0,06
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,87	0	0,16	0,02	0,15	0,21
K.K.	13,69	9,15	3,96	8,45	7,02	6,01	9,02	9,57
Toplam	98,99	99,31	98,79	99,53	99,14	99,99	99,85	99,30
SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	70,22	83,64	81,67	83,98	82,25	77,97	83,35	81,56
Rutubet	5	6,3	4,8	5,2	6,1	4,7	6,3	7,2
Puzolanik aktivite N/mm ²	6,3	7,6	6,4	6,3	10,70	6,50	10,20	9,40
Çözülmez kalıntı	27,64	16,73	17	7,64	22,54	16,74	17,6	20,64
Reaktif SiO ₂	47,28	51,55	51	60,36	49,88	52,28	48,20	51,08

Samsun ili sahalarından alınan tras örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında yüksek reaktif SiO₂ yüzdesi ve puzolanik aktivitesi çimento üretimin için uygun kalitededir. Bundan dolayı yalnız başına klinkerle birlikte tras olarak % 30-40 lara kadar kullanılabilirler. Amasya'dan alınan tras örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında reaktif SiO₂ yüzdesi ve puzolanik aktivitesi biraz düşük çıkmıştır. Ayrıca rutubet değeri de yüksektir. Amasya trasları puzolanik aktivitesi yüksek olan tras (>10) ile de harmanlama yapılarak kullanılabilir. Tras olarak kullanılması düşünülen bu malzemenin killeşmenin olmadığı ve rutubeti düşük taze yerlerden beslenmesi önemlidir. Ayrıca Amasya trasının rutubeti yüksek olduğundan dolayı kullanımında üretim kalite ve performansının artırılması için ekstra bir kurutucu kullanılabilir fakat bu durum çimento fabrikası için ek yatırım maliyeti getirecektir. Çorum ili sahalarından alınan tras örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına bakıldığında reaktif SiO₂ yüzdesi ve puzolanik aktivitesi çimento üretimi için uygundur. Ayrıca rutubet içerikleri (<4%) istenilen değerlerdedir. Bundan dolayı yalnız başına tras olarak % 40 lara kadar kullanılabilirler.

3.5. Demir Cevheri Yatakları

Ülkemizdeki demir cevherinin büyük yüzdesinin tenörü düşük olup yüksek tenörlü bilinen rezervlerin bir kısmı ise demir çelik sektöründe kullanılmaktadır. Ülkemizde demir cevherinin kalitesi sorunlarından dolayı bir kenara itilmiş, işletilmelerine yönelik ciddi bir çalışma yapılmamıştır. Bu yataklarla ilgili başlıca iki sorun cevherin içeriği ve üzerindeki yüksek örtü kalınlığıdır. Ülkemizde demir yatakları ağırlıklı olarak Sivas, Malatya ve Erzincan bölgesinde olmasına rağmen Karadeniz bölgesinde ise Tokat, Amasya ve Çorum illerinde çimento sektörünün ihtiyacını karşılayabilecek rezerv ve kaliteye rastlanmıştır (Demir raporu, 2008). Çimento piyasasında ihtiyaç duyulan çimento türleri giderek artmakta olup, eğer üretilen çimento türüne bağlı olarak kullanılan hammaddeden istenilen hammadde kalite kontrol parametreleri (modüller) sağlanamıyorsa; SiO₂ açığı için kum, Al₂O₃ için boksit, Fe₂O₃ açığı için ise demir cevheri

uygun oranlarda farine ilave edilir. Genellikle çimento üretiminde hazırlanan farinin demir eksikliğine göre %1-5 arasında demir cevheri kullanımı tercih edilmektedir.

Tablo 9. Demir cevheri çalışma sahaları ve rezerv miktarları (MTA, 2018)

Lokasyon	Örnek Alınan Sahalar	Örnek No	Rezerv (mil.ton)
Tokat	Artova-Karadut Sahası	Y1	33000
Amasya	Beldağı	Y2	28000
Çorum	Kargı-Çobanlar	Y3	43000
	Mecitözü	Y3	17000

Tablo 10. Demir Madeni Kimyasal Analiz Sonuçları

İçerik	Y1	Y2	Y3	Y4
	%	%	%	%
SiO ₂	18,2	16,0	20,86	17,80
Al ₂ O ₃	4,80	5,54	4,46	4,74
Fe ₂ O ₃	40,9	56,0	63,46	54,20
CaO	1,60	2,10	1,10	2,10
MgO	2,10	0,72	0,72	0,72
Na ₂ O	0,0	0,02	0,02	0,02
K ₂ O	0,40	0,81	0,81	0,81
SO ₃	0,70	0,60	0,60	0,60
P ₂ O ₅	0,20	0,23	0,23	0,23
TiO ₂	0,30	0,34	0,34	0,34
MnO	1,90	0,48	0,48	0,48
KK	4,60	6,50	6,50	6,50
Toplam	95,20	99,58	99,58	99,58
Nem	4,90	10,90	12,0	10,9

4. SONUÇLAR

Karadeniz bölgesinde çimento fabrikası yatırımları yapılabilmesi ve mevcut çimento üretim kapasitelerinin artırılması için yaklaşık olarak 50 km²'lik bir alanda arazi çalışmaları yapılmıştır. Yapılan detaylı incelemeler neticesinde;

Çimento hammaddeleri özellikle kalker sahaları ülkemizde yaygın olarak bulunmaktadır. Genelde rezerv yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Ancak hammadde kullanım miktarlarının çok yüksek olması, nakliye maliyetlerinin düşük olmasını gerektirdiğinden ana hammadde sahalarının çimento fabrikalarına yakın olması (en çok 5 km) büyük önem taşımaktadır. Ayrıca hammaddelerin kaliteli, kolay kırılabilir, öğütülebilir ve pişebilir özellikte olması, düşük nem içermesi, sahaların ocak işletmeciliğine uygun olması, dekapaj gerektirmemesi, tarım-orman alanları içinde olmaması hammadde maliyetlerinin düşük olmasını sağladığından hammadde etütlerinde esas alınması gereken kriterler olmaktadır.

Tokat, Amasya kalkerleri masif olmasına karşın Çorum ve Samsun kalkerleri kırıklı bir yapı

içermekte ve alterasyona uğramış zonlar fazlaca bulunmaktadır. Altere olmuş yerlerde SiO₂ miktarları yer yer % 10-15' lere kadar yükselmekte ve % 5-8' lere kadar yer yer MgO bu yapı-lara eşlik etmektedir.

Kil oluşumları Tokat, Amasya, Samsun ve Çorum bölgesinde rezerv ve kalite açısından bir çimento fabrikasının istediği özellikleri barındırmaktadır. Tokat Killerinin MgO içeriği yüksek olup, Samsun Killerinde ise alkaliler yüksek görülmüştür. Çimento üretiminde kullanılacak kil yataklarının kimyasal özelliklerinin yanı sıra kurulacak fabrikaya yakınlığı, sökülebilirliği, kırılabilirliği, öğütülebilirliği ve pışebilir nitelikte olması düşük nem içermeleri ve homojen olmaları üretim maliyetini etkileyen en önemli parametrelerdir. Bu nedenle rezerv ve kalitenin yansira bu özelliklerin de saptanması çimento yatırımı açısından büyük önem arz etmektedir.

Tokat ili Güney doğusu sınırlar dahilinde bulunan trasların reaktif silis yüzdesi ve puzolanik aktivitesi düşüktür. Bu nedenle çimento üretim sürecinde klinker maliyetini düşürme adına az miktarlarda katılabilir. Tokat ili Kuzey doğusunda bulunan trasların puzolanik aktiviteleri düşük çıktığından dolayı tras olarak kullanılmaları uygun değildir. Fakat puzolanik aktivitesi yüksek olan bir tras ile harmanlama yapılarak kullanılabilir. Amasya il sınırları dahilinde bulunan özellikle Doğan-tepe trasının puzolanik aktivitesi ve reaktif silisi yüksek olması nedeniyle tek başına çimento üretim sürecinde kullanılmaları uygundur. Samsun sınırları dahilinde bulunan trasların reaktif silis yüzdesi ve puzolanik aktivitesi çimento üretimi için uygun değerlerdedir.

Tokat ve Amasya illerindeki alçıların yumrulu olduğu ve yumrularının arasının killi olduğu görülmüştür. Ancak killerden arandıktan sonra kullanılabilceği düşünülmektedir. Daha kaliteli alçıtaşı bulmak amacıyla Sivas ili Bedirli köyü ve Samsun Vezirköprü civarları taranmış olup bu bölgede rezervi bol, iyi kalitede alçıtaşı oluşumları tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

Demir Raporu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Aralık 2008.

Kaya, G., 2010, Farklı konsantrasyonlarda uçucu kül kullanımının çimento özellikleri üzerine etkileri, Yüksek lisans tezi, Gazi Osman Paşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Korkmaz, A., 2012, Klinker ana komponentlerin öğütme ve çimento dayanımları üzerindeki etkilerinin araştırılması, Yüksek lisans, Cumnuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Korkmaz, A., 2017, Çimento üretiminde kil ham maddesine alternatif olarak metaşistin kullanılabilirliği , Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

MTA, 2018, İl maden potansiyelleri, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/il-maden-potansiyelleri>, [Erişim tarihi: 4 Temmuz 2018].

Schafer, H. U., 1989, Çimento endüstrisinde ham maddelerin seçimi, TÇMB Bülteni, 14-33.

Şişman, N., 2005, Metakıltaşı, kil taşı, metaşist ve kalker rezerv ve kalite çalışmaları, Karadeniz ve İç Anadolu Bölgesi Çimento ham maddeleri araştırma raporu.

Türk Standartları Enstitüsü 196-1, 2002, Çimento Deney Metotları - Bölüm 1: Dayanım Tayini, Ankara,

Korkmaz

T.Ç.M.B., Sürdürülebilir Çimento Üretimi, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara, 2017

Wilcox, S., 1995, From the mists of time, International Cement Review, 73-75.