

## BELEVİ (ÇAL) KİL YATAKLARI

*Prof Dr. Yahya Özpınar, Yard.Doç.Dr. Mete Hançer, ve Araş.Gör. Barış Semiz  
Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kınıklı Kampüsü DENİZLİ*

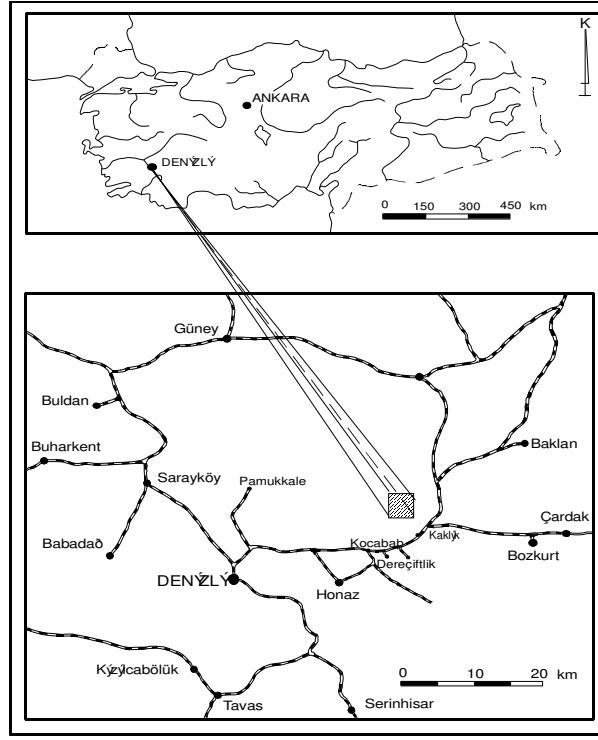
### ÖZET

Bölgede Çimento fabrikasında hammadde olarak kullanılan denizel karasal ve gösel kil yatakları incelenmiştir. Üst Kretase-Üst Eosen yaşlı denizel ortamda oluşmuş şeylerin Malıdağı ve çevresinde ekonomik miktarlarda yataklandığı gözlenmiştir. Bununla birlikte onların  $Na_2O$  ve  $K_2O$  içerikleri diğer killerden daha yüksektir. Oligosen yaşlı Denizel ortamda oluşmuş Bayıralan killeri bol miktarda magnezyum minerali bulundurur. Yüksek  $MgO$  içeriğinden dolayı bu kil çimento standardı için uygun değildir. Bunlar çimento fabrikasında kullanılabilir fakat onların rezerv ve çevre problemleri vardır. Pliyosen yaşlı Sakızcılar formasyonuna ait olan kırmızı renkli killer çimento standartları için uygundur. Denizli çimento fabrikasına taşıma maliyetlerinin azaltılması için Malıdağı kili ve Sakızcılar kili farklı oranlarda birlikte kullanılabilir. Malıdağı ve Sakızcılar killeri kullanılırsa  $Na_2O\%$  ve  $K_2O\%$  içerikleri azalacaktır.

### GİRİŞ

Denizli bölgesindeki ilk çalışmalar bölge genelinin jeolojisini açıklamaya yönelik (Nebert, 1958) olmuştur (Şekil1). Denizli Neojen sedimentlerinin stratigrafik özellikleri Taner (1973, 1974) tarafından incelenmiştir. Şimşek (1982) jeotermal sahaların özelliklerini ve dağılımlarını incelemiştir. Neojen sedimentleri içinde bulunan killer Owayurt (1984), Özpınar ve diğ. (1995), Gürel, (1997) Özpınar ve Hançer (2000a,b,c), Çimento fabrikasında kullanılabilirliğine yönelik olarak incelenmiştir. Sun, (1990), Konak ve diğ. (1990), Sözbilir (1994), Özpınar (1987, 1988, 1994) Denizli ve çevresindeki bölgenin stratigrafik ve yapısal özelliklerini incelemişlerdir. Altunel ve Hancock (1993) ise Pamukkale travertenlerinin Kuvaterner tektoniğini çalışmışlardır. Okay (1989) Honaz dağıni depolanma ortamı,

stratigrafisi, metamorfizması kaya tipi ve yapısal durumu bakımından birbirinden farklı birçok tektonik üniteye bölmüştür.

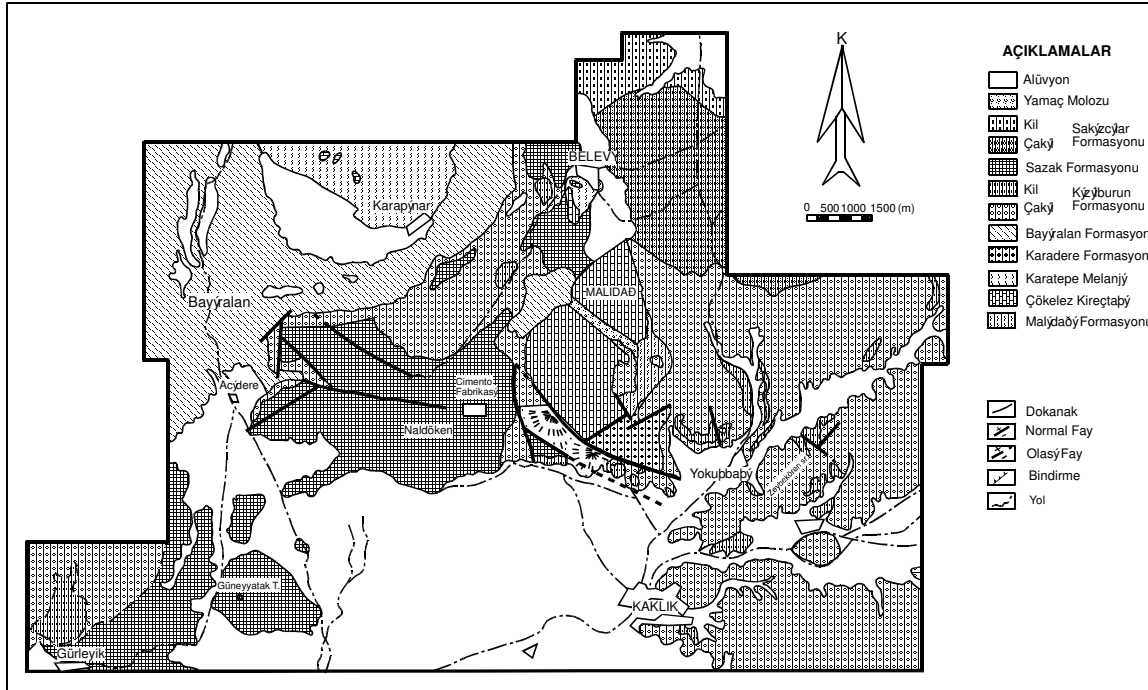


**Şekil 1.** Çalışma Alanı Yer bulduru haritası

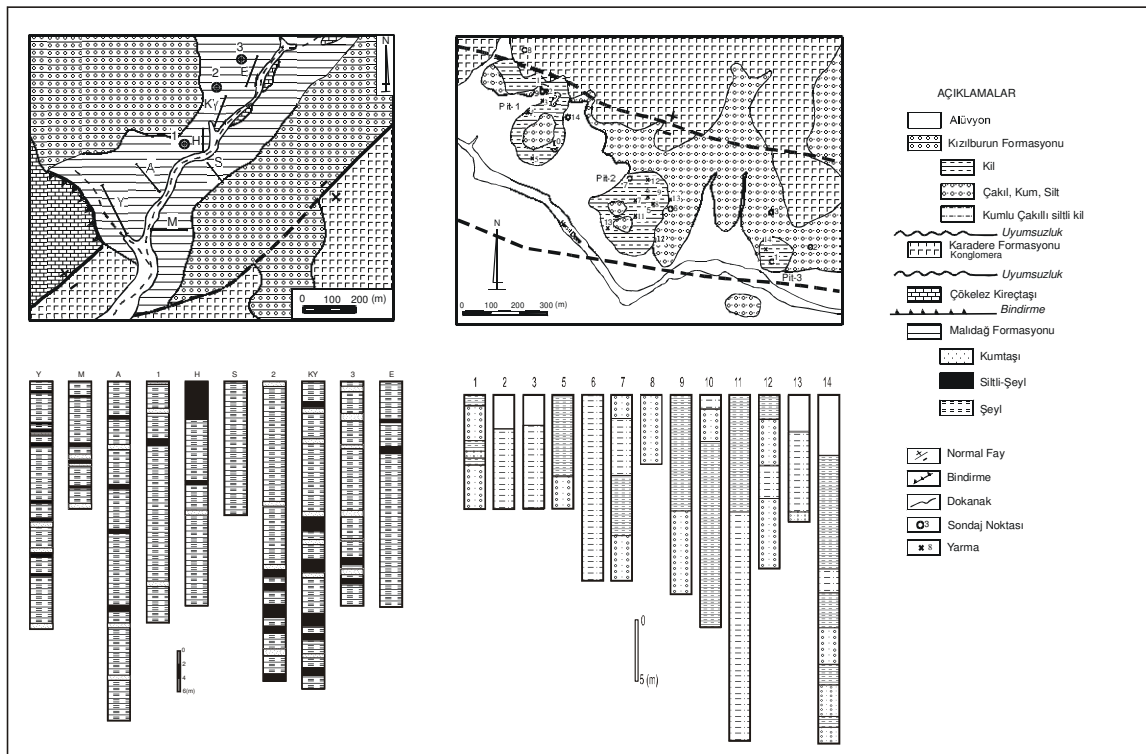
## JEOLOJİ

Çalışma alanının temelinde Üst Kretase-Üst Eosen yaşlı Malıdağı formasyonu yer alır (Şekil 2, 3). Malıdağı formasyonu laminalı kil, laminalı kumlu kil, laminalı siltli kil, kumtaşı ve marn ara seviyelerinden oluşur. Bu birim otoktondur ve Jura-Kretase yaşlı Çökelez kireçtaşları tarafından tektonik bir dokanak ile örtülür (Şekil 4). Çökelez kireçtaşı ise Karatepe melanjı tarafından tektonik dokanakla örtülür. Karatepe melanjı esas olarak kristalli kireçtaşlarının büyük blokları ve ultrabazik kayalardan meydana gelmiştir. Karatepe Melanj kütleli bölgede Üst Kretase de (Kampaniyen) yerleşmiştir. Temeldeki bu formasyonların hepsi Alüvyon yelpazesi ve delta ortamlarında oluşmuş Oligosen yaşlı Karadere formasyonu tarafından aşıl uyumsuz olarak örtülmüştür. Bu birim konglomera kumtaşı ve silttaşı ile karakterize edilir. Karadere formasyonu sığ denizel ortamda oluşmuş kumtaşı, marn, kireçtaşı ve kiltaşından oluşan Oligosen yaşlı Bayıralan formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülür. Temeldeki bu formasyonlar Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı alüvyon





Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası



Şekil 4. Örnek alınan noktaların basitleştirilmiş jeoloji haritası ve dikme kesitleri

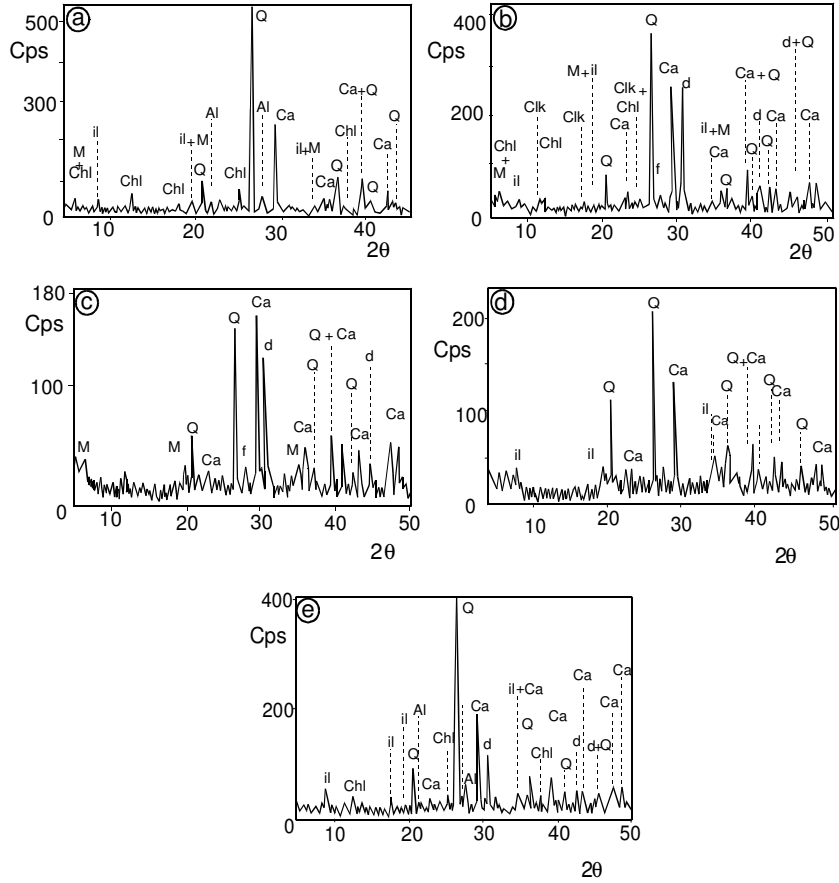
## ÇALIŞMA METODU

Bu makalenin amacı, Belevi, Yokuşbaşı, Kaklık, Gürleyik ve Kocabaş (Denizli bölgesi) ve çevresindeki killerin detaylı çalışmasının sonuçlarını rapor etmektir. (Şekil 1). Bu çalışmada yaklaşık 178 km<sup>2</sup>'lik bir alanın 1/25 000 ölçekli detaylı haritalaması yapılmıştır. Daha sonra yaklaşık 8 km<sup>2</sup>'lik Malıdağı bölgesinin 1/500 ölçekli detay haritası ve yaklaşık 12 km<sup>2</sup>'lik Kızılburun-Gürleyik, Kızılburun-Kaklık, Kızılburun-Belevi alanlarının 1/2000 ölçekli detaylı haritalaması yapılmıştır. Açılan sondaj ve kanallardan elde edilen 683 örnek mikroskop ile XRD, DTA, XRF ve SEM ile analiz edilmiş incelenmiştir. Kil mineralleri XRD ve DTA (26 örnek) ve elektron mikroskopunda (8 örnek) ile analiz edilmiştir. Killerin kimyasal analizi Denizli Çimento fabrikası laboratuvarında XRF ile analiz edilmiştir. Demir çekirdek, kireçtaşı ve Malıdağı şeyli ile hazırlanan ham karışım farklı sıcaklıklarda ısıtılmıştır. 1250 °C, 1350 °C ve 1400 °C de serbest kireç miktarı incelenmiş ve mineralojik yapısı X-ray örnekleri ile elde edilmiştir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Killerdeki petrografik özellikler mikroskop ile XRD ve DTA yöntemleriyle tanımlanmıştır (Şekil 5, 6). Malıdağı formasyonunun laminalı killeri, laminalı kumlu killeri ve laminalı siltli killeri mikroskop altında incelenmiştir. %3-5 kuvars, %2-10 kalsit, %2-5 albit, %0-2 muskovit, %2-5 opak mineraller, %5 demir oksit, %5 klorit, ve %65-90 kil mineralleri ihtiva eder. Bir lokasyondan diğer lokasyona şeyli kuvars, kalsit ve albitten oluşan siltli ve kumlu materyal içerir. XRD sonucu kuvars, kalsit, albit, klorit, montmorilyonit ve illit içeren polarize mikroskop ile aynıdır (Şekil 5a). Laminalı kil kayalarında illit bol miktarda gözlenmiştir. Koyu gri laminalı kil klorit ile illit ve montmorilyonit ihtiva eder. Gri laminalı killerde klorit gözlenmez.

Oligosen yaşlı Bayıralan kili bol miktarda illit ve az miktarda da montmorilyonit olduğu kadar kuvars, feldspat, dolomit, kalsit, klorit, klinokrizotil ve opak mineraller ihtiva eder (Şekil 5b). Klorit, klinokrizotil gibi magnezyum mineralleri killerin kimyasal bileşiminde negatif bir etkiye sahip olduğu görülür.



**Şekil 5.** Malıdağı Şeylinin X-Ray difraktogramları

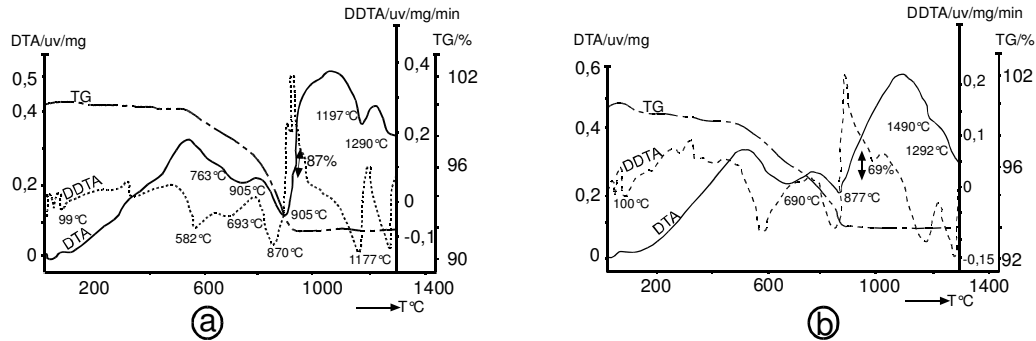
Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Kızılburun killeri illit, montmorilyonit , kuvars, feldspat (albit, sanidin), dolomit ve klorit ihtiva eder (Şekil 5c). Kaklık-2 olarak isimlendirilen bu killerin biri Denizli Çimento Fabrikasında 1986 dan beri kullanılmaktadır fakat 1 yada 2 yıl sonra bitme ihtimali olabilir. Siltli, kumlu ve çakıllı seviyeler ve kil seviyelerindeki ve/veya yataklarındaki çakıllar kimyasal bileşimin değişmesine neden olurlar.

Pliyosen yaşlı Sakızcılar killerinin mineralojik bileşimi Kızılburun killeri ile aynıdır (Şekil 5d) fakat onlar kırmızı renklidir ve ince kireçtaşı tabakalarının arasında bulunurlar. Diğer yandan Sakızcılar formasyonunun bazı bölgelerinin altında çok kalın marn seviyeleri vardır. Fakat yüksek MgO % gibi bazı marnların bazı problemlerinden dolayı çimento fabrikası için uygun değildir (Tablo 1). Kuvaterner yaşlı killer illit, kuvars, kalsit, dolomit, albit ve klorit ihtiva eder. (Şekil 5e.).

**Tablo 1.** Çalışma alanından alınan 683 kil örneğinin kimyasal analiz sonuçları.

Channel and drilling	Spe. Numb.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	LOI	TOT.	SM	AM
Malıdağı clay	299	53.54	13.19	6.51	8.19	3.37	0.01	0.99	2.46	9.41	98.07	2.78	1.99
Bayıralan clay	11	35.24	5.72	5.8	17.9	10.46	1.21	0.50	0.77	21.05	98.70	3.22	0.99
Kızılburun Belevi	44	36.31	8.20	5.14	21.35	5.09	0.07	0.29	1.34	21.86	99.84	2.72	1.59
Kızılburun Kaklık-2	55	35.19	7.31	4.29	23.94	3.74	0.01	0.39	1.01	23.82	99.72	3.03	1.70
Kızılburun Kaklık-1 (Yokuşbaşı)	77	39.15	7.85	5.25	19.19	4.16	0.01	0.55	0.93	19.90	99.71	2.90	1.49
Kızılburun Gürleyik	159	49.95	7.93	5.88	13.13	3.41	0.48	0.99	1.51	13.85	97.13	3.61	1.34
Sakızcılar clay	17	46.64	10.29	6.10	13.90	3.54	0.02	0.48	1.37	14.39	96.78	2.86	1.64
Sakızcılar Marl	13	41.37	6.62	5.77	17.37	7.23	0.3	0.38	0.84	19.83	99.54	3.37	1.14
Alluvium clay	8	41.93	9.50	5.76	15.02	4.93	0.37	0.96	1.84	15.79	96.13	2.80	1.64
Total	683												

Malıdağı şeyli DTA analiz metodu ile incelenmiştir (Şekil 6). İlk endotermik pik 100<sup>0</sup>C ile 300<sup>0</sup>C arasını gösterir. Bu pikler kil mineralinden kristal suyun ayrılmasından sonra görülürler. İllit montmorilyonit ve kloritin dehidroksilasyonu 400 <sup>0</sup>C de başlar. İllitten hidroksilin ayrılması yaklaşık 400 <sup>0</sup>C de başlar ve 900 <sup>0</sup>C ye kadar devam edebilir. İllit dehidratasyonu yaklaşık 550 <sup>0</sup>C de görülür. Montmorilyonitte ikinci bir yaklaşık 600 <sup>0</sup>C de ikinci bir endotermik pik görülür. Üçüncü endotermik pik ise 870 <sup>0</sup>C ve 877 <sup>0</sup>C de görülür. Üçüncü endotermik pik yapısal değişimi gösterir. 1197 <sup>0</sup>C ve 1292 <sup>0</sup>C de arasındaki son endotermik pik ise erime noktasıdır. Her iki safha 1292 <sup>0</sup>C'ye kadar gider.

**Şekil 6.** Malıdağı Şeyl örneklerinin DTA eğrileri

Kaklık 2, Belevi, Gürleyik ve Malıdağı (Şekil 5, 6, 7) gibi seçilen alanların detaylı haritalamasını yaptıktan sonra düzenli olarak numuneler alınmıştır. Kimyasal ve petrografik inceleme için çalışma alanından toplam 683 numune toplanmıştır. Killerin bulunduğu alanın ortalama kimyasal analiz sonuçları Tablo 1 de verilmiştir.

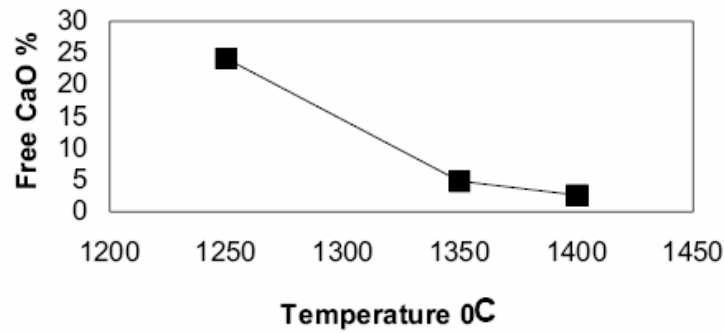




Çimento fabrikalarında kabul edilen değer 2.2 ile 2.6 arasında) değerlerinden daha yüksektir.

Alüminyum modülü 0.99 ile 1.99 arasındadır. Alüminyum modülünün 1.99 olan yüksek değeri Malıdağı killerde gözlenir. 0.99 olan düşük değeri ise Bayıralan killindedir. Alüminyum modülü için standart 1.0 ile 4.0 arasındadır. Türk Çimento fabrikalarında uygun ve kabul edilebilir değer 2.2 ile 2.6 arasındadır. Onların yüksek MgO % içeriğinden dolayı Bayıralan killeri ve Sakızcılar marnı istisna edilmiştir. Çalışma alanındaki killerin modül değeri Türk Standartları içindedir.

İncelemelerin sonucuna göre şeyler Denizlideki Çimento fabrikasına ham materyal için uygundur. Onlar Malıdağı ve Honaz dağı bölgesinde bol bulunur. Böylece Türk Çimento Müstahsilleri Birliğinin laboratuvarı demir cevheri karıştırılmış ham karışım, kireçtaşı ve Malıdağı şeyli 1250<sup>0</sup>C, 1350<sup>0</sup>C ve 1400<sup>0</sup>C gibi farklı sıcaklıklarda ısıtılmıştır. Bu ısılarda serbest kireç miktarı seçilmiş ve mineralojik yapısı X-Ray örnekleriyle elde edilmiştir (Şekil 7). Serbest kirecin miktarı 1250<sup>0</sup>C, 1350<sup>0</sup>C ve 1400<sup>0</sup>C de sırayla %24.11, %4.78 ve %2.56 dır (Şekil 7,8).



Şekil 8. 1250<sup>0</sup>C ve 1400<sup>0</sup>C arasında CaO tüketim hızları grafiği

Şekil 7a'ya göre normal klinkerde C<sub>3</sub>S piki 52 derecede ve C<sub>2</sub>S piki ise 31-32 derecede oluşur. Şekil 7a da görülebileceği gibi C<sub>2</sub>S ve C<sub>3</sub>S pikleri oluşmadılar çünkü ham karışımın klinkerizasyonu 1250<sup>0</sup>C ye kadar yer almaz. 37-38 derecede bulunan serbest kirecin pikinin normal klinkerden daha yüksek olduğu anlaşılır. Sonuçta klinkerizasyonun tamamlanmadığı görülebilir.

Şekil 7b'ye göre 37-38 derecede bulunan serbest kirecin piki normal klinkerden daha yüksektir. Normal klinkere ilişkin serbest kireç %2 den daha yüksektir. Yüksek serbest kireçten dolayı klinkerizasyon 1350<sup>0</sup>C de tamamlanmamıştı.

Şekil 7c'ye göre serbest kireç hala klinkerde %2.65 seviyesinde bulunur. Klinkerizasyon 1400 <sup>0</sup>C de tamamen bitmediği anlaşılır. Bu durum kuvars, albit ve klorit gibi minerallerin dahil olduğu şeylerde zayıf ısıtılmış materyalin değişik oranlarına neden olabilir. Araştırmanın sonucunda Malıdağı şeyli ile ham materyal karışımının 1400<sup>0</sup>C – 1450<sup>0</sup>C de bir klinkerizasyon ısısına sahip olduğu bulunmuştur.

Bu deneysel çalışmanın sonucunda bütün problemler bir görüşte tutulmuştur. Klinkerin oluşumu için ham karıştırılmış materyal denizli Çimento fabrikasındaki demir cevheri, kireçtaşı ve şeylden hazırlanmıştır. (Tablo 2). Klinker açık gri laminalı kil ve gri laminalı kilin kullanılmasından sonra oluşmuştur. Klinkerin kimyasal analizi ve yorumu ve ham materyalin karışma oranı tablo 2 ve 3 de verilmiştir.

**Tablo 2.** Ham materyalin Kimyasal bileşimi

<b>Oxide% Raw Material</b>	<b>CaO</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>LOI</b>	<b>MgO</b>
Limestone	52.18	2.06	0.57	0.41	42.2	0.83
Clay	7.72	54.49	13.08	6.29	22.0	3.47
Iron ore	2.9	16.01	5.37	67.74	4.89	1.44

**Tablo 3.** Klinkerin kimyasal bileşimi.

<b>Oxide %</b>	<b>CaO</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>LOI</b>	<b>MgO</b>
Clinker	66.55	21.51	5.46	4.084	0	2.2

## SONUÇLAR

Aşağıdaki tartışma Denizli bölgesinde jeolojik, petrografik ve petrokimyasal inceleme neticesinde yapılmıştır.

1- Bayıralan killерinin % MgO ortalaması diğer bulunmuş killерden daha yüksektir çünkü klorit ve klinokrizotil gibi magnezyum mineralleri bol bulunur. Buna ilaveten sakızcılar marnı yüksek % MgO'ne sahiptir. Bayıralan kili ve Sakızcılar marnının her ikisi çimento standartları için uygun değildir.

2- Bu çalışmada ekonomik kil yataklarının Malıdağı'nda (Malıdağı şeyli) olduğu görülür. Onların %Na<sub>2</sub>O ve % K<sub>2</sub>O miktarı diğer killерden daha yüksektir ve onlar kuvars, albit ve klorit gibi yanması zor olan minerallerin değişik oranlarını ihtiva ederler. Tartışmada inceleme alanının şeyleri Çimento sektöründe ham materyal kullanımı için uygundur. Fakat şeylin komşu alanlarda bulunan diğer killерin değişik oranlarının karıştırılmasıyla kullanılabilеceđi önerilir.

3- Kızılburun formasyonunun bulunduğu bölge Kaklık-1, Kaklık-2, Gürleyik ve Belevi bölgesinde geniş bir alandadır (Şekil 2, 3 ve 4). Kızılburun killeri çimento fabrikasında kullanılabilir fakat yataklanma boyutu küçüktür. Kızılburun Belevi killeri ve kil marnı kum ve çakıl ara seviyeleri bulundurur. Kum ve çakıllar genellikle serpantinize olmuş harzburjit, dünit, gabro ve doleritik materyal, dolomitik kireçtaşı ve kuvars, kalsit, albit, sanidin mineralleri gibi kuvarsitik kayalardan oluşur. Bu durumlar kimyasal bileşime etki eder. Gürleyik bölgesinde bazı problemler vardır. Çakıl seviyeleri kil stoklanmış bölgede eleyerek atılabilir. Kızılburun killeri seçilerek çalışılırsa onlar çimento sektöründe kullanılabilir.

4- Kızılburun formasyonuna ait Kaklık-2 bölgesinde Denizli Çimento fabrikası için kil üretilmektedir. Bu alanda kil üretimi bir ya da iki yıl içinde bitebilir çünkü kilin rezervi azdır.

5- Sakızcılar formasyonuna ait kırmızı renkli killер çimento standartları için uygundur ve rezerv problemi de yoktur. Diğer kil sahaları Denizli Çimento

fabrikasına daha uzun mesafelerdedir. Kimyasal bileşimdeki sapma düşüktür. Killerdeki ince kireçtaşı ara seviyeleri killerin kimyasal bileşimlerinin sapsmasına neden olur.

6- Çimento fabrikasına taşıma maliyetindeki azalmak için, Belevi köyünün kuzeyinde yer alan Sakızcılar formasyonuna ait kırmızı renkli kil ve Malıdağı şeyli farklı oranlarda birlikte kullanılabilir. Şayet Malıdağı şeyli ve Sakızcılar formasyonunun kırmızı renkli killeri kullanılabilirse  $K_2O$  ve  $Na_2O$  muhteviyatı azalacaktır.

### **TEŞEKKÜR**

Bu çalışma Denizli Fabrikası T.A.Ş. tarafından desteklenmiştir. Tüm fabrika personeline teşekkür ederiz.

### **KAYNAKLAR**

- Altunel, E. & Hancock, P.L., 1993: Active fissuring and faulting in Quaternary travertine of Pamukkale, Western Turkey, 2. *Geomorph.*, Berlin- Stuttgart 94, 285-302.
- Gürel, H., 1997: Geological investigation of around the Kaklık–Yokuşbaşı-Belevi (Denizli) districts. Denizli, PAÜ., Fen Bilimleri Enstitüsü, M. Thesis (Unpublished), 71pp.
- Konak, N., Akdeniz, N., & Çakır, N. H., 1990: Geology of Çal-Çivril and Karahallı districts and its surrounding area, Ankara, Mineral Research and Exploration Report no: 8949 (Unpublished).
- Nebert, N., 1958: Denizli Neogene sediments and their importance for stratigraphy of the western Anatolia fresh-water Neogene, *Ankara MTA Bulletin* , 51, 7-19.
- Okay, A.İ., 1989: Geology of Menderes Massive and Lyciennes Nappes of in the southwestern part of Denizli (Turkey), *Mineral Research and Exploration Bulletin*, Ankara, 109, 45-58.
- Ovayurt, M., 1984: Detail investigation of raw material area of Denizli-Cement Factory, Ankara, MTA Report No: 7694 (Unpublished).

- Özpinar, Y., 1987: Geological, petrographical and petrochemical investigation of the western part of Acıpayam (Denizli) PhD Thesis (In Turkish, English abstract) Trabzon K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü., 220pp.
- Özpinar, Y., 1988: Some tectonic characteristics of the area around Acıpayam (South of Denizli), *Isparta A. Ü. Isparta Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 4, 344 – 359.
- Özpinar, Y., 1994: Tectonic characteristics of geothermal areas in the Denizli region, PAÜ, *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu'94*, Denizli Turkey, 114-129.
- Özpinar, Y., Kumsar, H., & Gökgöz, A., 1995: The usability of Denizli Cement Factory of clay occurrences around Kaklık (Denizli). *Ankara, VII. Ulusal Kil Sempozyumu*, 27-30 Eylül 1995, 13 s..
- Özpinar, Y., & Hançer, M., 2000a: Geological, petrographical and petrochemical investigation of around Gürleyik (Denizli) clay deposits, Denizli, PAÜ, AR-GE Project, 36 pp, (Unpublished).
- Özpinar, Y., & Hançer, M., 2000b: Geological and petrographical investigation of around Malıdağı-Katrançukuru (Denizli- Kaklık), Denizli PAÜ., AR-GE Project, 124 pp, (Unpublished).
- Özpinar, Y., & Hançer, M., 2000c: Geological, petrographical, petrochemical investigation of the clay deposits of the Belevi-Yokuşbaşı-Kaklık-Kocabaş-Gürleyik (Denizli) and its surrounding area and usability as raw material for cement, Denizli, PAÜ AR-GE Project 177pp (Unpublished).
- Sözbilir, H., 1994: Stratigraphy and sedimentation environments of the Mesozoic and Tertiary deposits of around Kaklık (NW Denizli) , *Isparta, Turkey, VII. Müh. Haftası Sempozyumu*, Abstracts, 3.
- Sun, R.S., 1990: Lignite possibilities and geology of the area between the Denizli and Uşak regions, Ankara, Mineral Research and Exploration, report no 9985, (Unpublished).
- Şimşek, Ş., 1982: Geology and geothermal energy springs of Denizli-Sarayköy-Buldan area, *Istanbul University Bulletin*, 3(1,2), 145-162.
- Taner, G., 1973: Paleontologic and stratigraphic investigation of Denizli Neogene, *MTA Bulletin* , Ankara, 82, 89-126.
- Taner, G., 1974: Paleontologic and stratigraphic investigation of Denizli Neogene, *MTA Bulletin* , Ankara, 83, 145-177.