



# MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



## Çınarcık Mahallesi (Ünye-Ordu) bentonit yatağının jeolojisi, mineralojisi, kaynak tahmini ve teknolojik özellikleri

Metin USTA<sup>a\*</sup>

<sup>a</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, 06530, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

### Anahtar Kelimeler:

Bentonit, kil, mineraloji,  
Ordu, Ünye.

### ÖZ

Bu çalışmada, Ordu ili Ünye ilçesi Çınarcık Mahallesi bentonit yatağının jeolojisi, mineralojisi, kaynak tahmini ve teknolojik özellikleri incelenmiştir. Bu yatak, merccek şekilli olarak yer aldığı Geç Kretase-Paleosen yaşlı Akveren formasyonuna ait tüflerin kimyasal ayrışması sonucu oluşmuştur. Çalışma sahasındaki killeşmelerden alınan numunelerinin X-ışını toz difraktometre (XRPD) çekimlerinde ana kil minerali montmorillonit olup, kristobalit, plajiyoklaz, illit, muskovit ve kalsit mineralleri de tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında 27 lokasyonda 797,60 m karotlu sondaj çalışması yapılmış olup, sondaj karotlarından alınan numunelerden X-ışını toz difraktometre analizi, X-ışını floresans (XRF) analizleri yapılmıştır. Ayrıca, çalışma alanından alınan tüvenan bentonit örnekleri, ilgili Türk Standartları Enstitüsü (TSE) standartlarına göre değerlendirilmiş; seramik, ilaç, kedi kumu, kozmetik, su arıtımı, kâğıt, lastik, sondaj çamuru, ağartma özelliği ve döküm bentoniti olarak kullanımına yönelik teknolojik inceleme testleri yapılmıştır. Yapılan teknolojik testler sonucunda sahadaki bentonitlerin TSE standartlarına göre tüvenan halde hammadde olarak kullanıma uygun olmadığı, sadece ağartma özelliği için gelen ilk değerlerin uygun olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sahasındaki bentonitlerin endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla cevher zenginleştirme veya aktifleştirme işlemleri yapıldıktan sonra daha detaylı teknolojik testlerin yapılması gerekmektedir.

Gönderim Tarihi: 12.02.2025

Kabul Tarihi: 10.06.2025

### Keywords:

Bentonite, clay, mineralogy,  
Ordu, Ünye.

### ABSTRACT

This study deal with the geology, mineralogy, resources/reserves, and industrial raw material potential of the bentonite deposit in Çınarcık District, Ünye, Ordu Province. The lenticular-shaped deposit was formed through the chemical alteration of tuffs belonging to the Late Cretaceous–Paleocene Akveren Formation. “X-ray powder diffraction (XRPD) analyses of clay samples taken from the alteration zones in the study area revealed that the primary clay mineral is montmorillonite, while other detected minerals include cristobalite, plagioclase, mica minerals, illite, quartz, muscovite, biotite, opal-CT, alkali feldspar, kaolinite, calcite, and dolomite. As part of the study, a total of 797.60 m of core drilling was carried out at 27 locations, and samples taken from the drill cores were analyzed using X-ray diffraction (XRPD) and X-ray fluorescence (XRF) spectrometry. Additionally, raw bentonite samples collected from the study area were evaluated according to the relevant Turkish Standards Institute (TSE) standards. The technological tests revealed that the bentonites in the study area do not meet the Turkish Standards Institute (TSE) specifications for use as raw material in their run-of-mine form, with the exception of the initial values pertaining to their bleaching properties, which were deemed favorable. To evaluate the industrial application of bentonites as raw materials, further extensive technological experiments must be performed subsequent to beneficiation or activation operations.

Received Date: 12.02.2025

Accepted Date: 10.06.2025

Atıf Bilgisi: Usta, M. 2025. Çınarcık Mahallesi (Ünye-Ordu) bentonit yatağının jeolojisi, mineralojisi, kaynak tahmini ve teknolojik özellikleri. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 7, 34-48.

\*Başvurulacak yazar: Metin USTA, [metin.usta@mta.gov.tr](mailto:metin.usta@mta.gov.tr)



ağartma özelliği ve döküm bentoniti olarak kullanımına yönelik teknolojik inceleme testleri yapılmıştır.

## 2. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanının tabanında, Senomaniyen-Kampaniyen yaşlı Mesudiye formasyonu bulunmakta olup, bunun üzerine uyumlu olarak Kampaniyen yaşlı Tirebolu formasyonu yer alır. Tirebolu formasyonunun üzerine, kırıntılı ve karbonat kayaçlardan oluşan Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı Akveren formasyonu uyumlu olarak gelir. En üst kısımda ise, Geç Eosen-Miyosen(?) yaşlı bazalt ve Kuvaterner yaşlı alüvyon

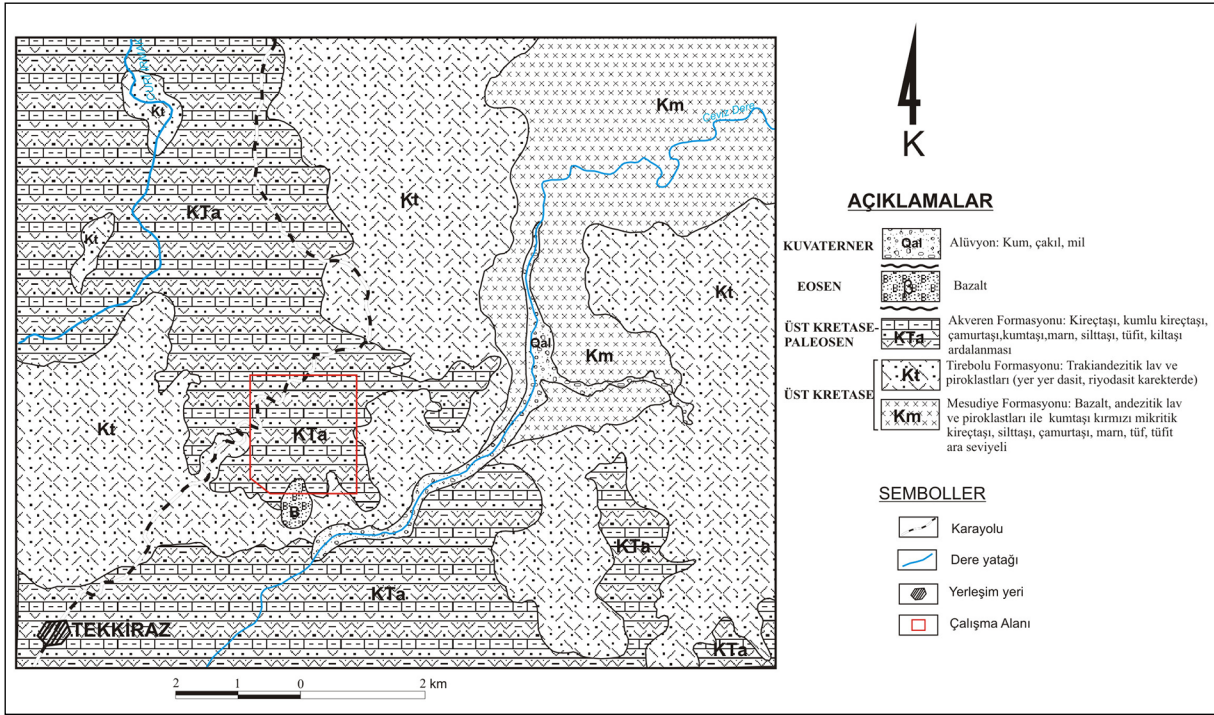
çökelleri uyumsuz bir şekilde yer almaktadır. Çalışma alanı ve çevresine ait genelleştirilmiş dikme kesit (Şekil 2) ile jeoloji haritası (Şekil 3) sunulmuştur.

### 2.1. Mesudiye Formasyonu (Km)

Çalışma alanında yüzlek veren Mesudiye formasyonu Terlemez ve Yılmaz (1980) tarafından adlandırılmıştır. Birim bazalt, andezitik lav ve piroklastik kayaçlardan oluşurken kırmızı kireçtaşı, kumtaşı, silttaşı, çamurtaşı ve tüfit ara seviyeleri de gözlenir.

| M E S O Z O Y İ K       |  |  |  | S E N O Z O Y İ K       |  |  |  | ÜST SİSTEM                                                                                                                                            |
|-------------------------|--|--|--|-------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KRETASE                 |  |  |  | PALEOSEN                |  |  |  | SİSTEM                                                                                                                                                |
| ÜST                     |  |  |  |                         |  |  |  | SERİ                                                                                                                                                  |
| SANTONİYEN - KAMPANİYEN |  |  |  | MAASTRİHTİYEN-TANESİYEN |  |  |  | KAT                                                                                                                                                   |
| MESUDİYE                |  |  |  | AKVEREN                 |  |  |  | FORMASYON                                                                                                                                             |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | ÜYE                                                                                                                                                   |
|                         |  |  |  | Kt                      |  |  |  | SİMGE                                                                                                                                                 |
|                         |  |  |  | Km                      |  |  |  | Qal                                                                                                                                                   |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | LİTOLOJİ                                                                                                                                              |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | AÇIKLAMALAR                                                                                                                                           |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | Alüvyon: Kum,çakıl, mil<br>UYUMSUZLUK<br>BAZALT<br>UYUMSUZLUK                                                                                         |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | AKVEREN FORMASYONU:Kireçtaşı,kumlu kireçtaşı,kumtaşı,marn,silttaşı,çamurtaşı, tüfit,kiltaşı.                                                          |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | TİREBOLU FORMASYONU:Trakiandezitik lav ve piroklastları.Dasit,riyodasit,dasitik tuf,bentonit.                                                         |
|                         |  |  |  |                         |  |  |  | MESUDİYE FORMASYONU:Bazaltik, andezitik lav ve piroklastları ile kumtaşı,kırmızı mikritik kireçtaşı, silttaşı,çamurtaşı,marn, tuf,tüfit ara seviyeli. |

Şekil 2- Çalışma sahasının ve çevresinin genelleştirilmiş stratigrafik kolon kesiti (Keskin vd. (1998)'den sadeleştirilerek alınmıştır, ölçeksizdir).



Şekil 3- Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası (Keskin vd., 1998).

Baskın olarak piroklastik kayalardan oluşur. Piroklastik gereçleri irili ufaklı bazalt ve andezit çakılları olup çimento olarak gevşek, yer yer sıkı tutturulmuş tüf ve volkanik çakıllar gözlenmektedir. Masif, yer yer kalın tabakalı olarak gözlenen aglomera düzeylerinin üzerinde gri-kızıl renkli tüfit düzeyleri yer alır. Bu istifte, ara düzeyler ve mercekler halinde ince kumtaşı, çamurtaşı, kiltası, tüfitler ve pelajik kireçtaşları bulunur. İnceleme alanı ve çevresinde, Keskin vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada derlenen fosillere göre birime Santoniyen-Kampaniyen yaşı verilmiştir.

## 2.2. Tirebolu Formasyonu (Kt)

Birim ilk kez Güven (1998) tarafından tanımlanmış olup, çalışma alanı ve çevresinde yüzeyleyen trakiandezit, riyolit, riyodasit, dasit-riyodasitik tüf-breşleri, bentonitleşmiş dasitik tüf düzeyleri ve bentonit litolojilerinde gözlenen birime Tirebolu formasyonu adı verilmiştir (Keskin vd., 1998).

Trakiandezitik lavlar tabanda tüf ve breşlerle başlar. Alterasyon nedeniyle kahverengi, yeşilimsi, gri-beyaz ve pembemsi gri gibi çeşitli renklerde

görülmektedir. Sivri tepeler oluşturmaktadır. Bu lavlar bazen volkan bacası dolgusu şeklinde olup aşınma ile açığa çıkmıştır. Sarp kenarlı koni şekilli tepe yaparlar.

## 2.3. Akveren Formasyonu (KPgpa)

Birim kireçtaşı, kumlu-killi kireçtaşı, marn, kumtaşı, silttaşı, tüf, tüfit ve kiltası ardalanmasından oluşmakta olup Badgley (1959) ve Gayle (1959) tarafından tanımlanmıştır.

Kireçtaşları kırmızı, kızıl, gri, beyaz renkli olup orta-kalın tabakalıdır. Kırmızı renkli orta-kalın tabakalı seviyeleri bol ekinit ve lamelli kavkaları içerir. Kiltası, marn düzeyleri beyaz, gri ve sarımsı renkli olup ince tabakalıdır. Kumlu kireçtaşları sarımsı beyaz, pembe renkli ve orta-kalın tabakalıdır. Üst kesimlerde yer alan kumlu kırıntılı seviyeler sert ve sıkı tutturulmuştur. Killi kireçtaşları kırmızı ve pembe kavkı kırıntıları içermektedir. Kiltaları ince tabakalı olup, bordo-gri, mor ve sarı renkler sunarlar. Yeşilimsi gri renkli olan silttaşları ince-orta tabakalıdır. Açık gri renkli, ince-orta tabakalı, olan kumtaşları ince taneli ve karbonat çimentoludur. Tüfitler açık gri, kahve rengi ve sarımsı renkli olup, ayrışmaya uğramıştır.

İnceleme alanı ve çevresinde, Keskin vd. (1998) tarafından yapılan çalışmada derlenen fosillere göre birimin yaşı Maastrichtiyen-Paleosen (Tanesiyen) dir.

Birim derin denizel bir ortamda çökelmiştir. Ancak daha sonraları sığ ortam koşulları hâkim olarak resifal fasiyeste kireçtaşları çökelmiştir.

#### 2.4. Bazalt (B)

Çalışma alanında bu birimleri üzerleyen ve koyu gri, siyah renkli, porfirik dokulu olup plajiyoklaz ve piroksen fenokristalleri içeren bazaltik lavlar ve dayklardan oluşan birim Keskin vd. (1998) tarafından adlandırılmıştır. Bu kayaçlarda kloritleşme, epidotlaşma ve pirit oluşumları gözlenmektedir. Eosen yaşlı birimleri kesmesi ve üzerlemesi nedeniyle Geç Eosen-Miyosen(?) yaşı verilmiştir.

### 3. Cevher Özellikleri

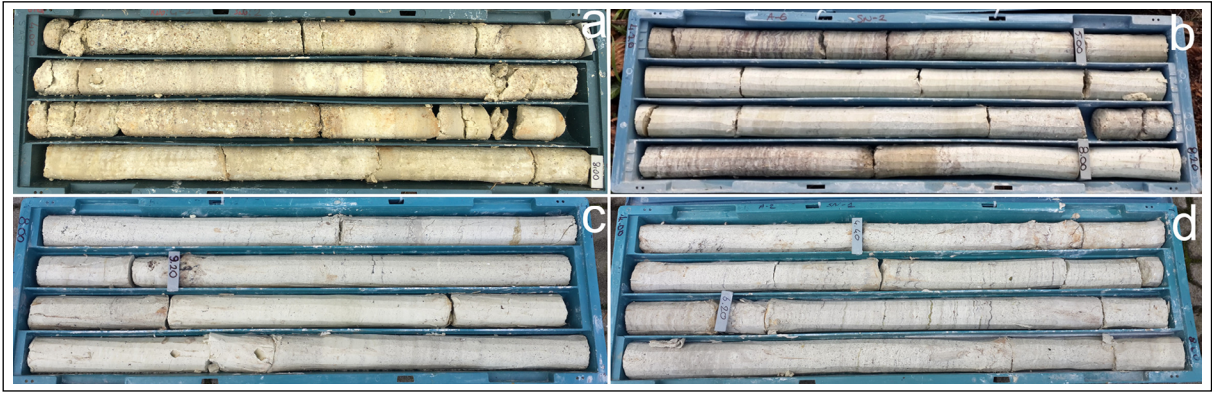
Alüminyum ve magnezyumca zengin volkanik kül ile lavların ayrışmasından oluşan ve egemen olarak montmorillonit mineralleri içeren killer bentonit olarak adlandırılır. Bentonitler esas itibari ile suda şişen

“Na-bentonit”, bu özelliği daha az olan “Ara Tip Bentonit” ve suda şişmeyen “Ca-bentonit” olmak üzere 3 ana grupta toplanırlar. Bentonitlerin kimyasal içerikleri, sınıflandırma için kesin veri olarak kullanılamaz, ancak bir fikir verebilir. Bentonitler  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}+\text{MgO}$  oranı kullanılarak sınıflandırılabilir. Bu oran 1’den fazla ise Na-bentonit, 1 ile 1/3 arasında ise ara tip ve 1/3’den az ise Ca-bentonit olarak adlandırılır (Günay vd., 2001; Kılınç vd., 2022).

Çalışma alanındaki bentonitler Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı Akveren formasyonu içerisinde bulunmaktadır. Yeşilimsi mavi, sarımsı yeşil, kirli beyaz renkli, genellikle plastik, yer yer kum boyu kırıntılı, yer yer biyotitli olarak gözlenmektedir (Şekil 4-5). Yapılan karotlu sondaj çalışmaları sonucunda 2,10 m - 32,30 m arasında bentonit kalınlıkları tespit edilmiştir. Bentonitleşmelerin merceksel konumlu olması dolayısıyla sabit bir kalınlığa ve uzanıma sahip olmayıp, kalınlıkları yersel olarak değişkenlik sunmaktadır. Bentonitik killer tek seviye şeklinde olmayıp birden fazla seviyeden oluşmaktadır.



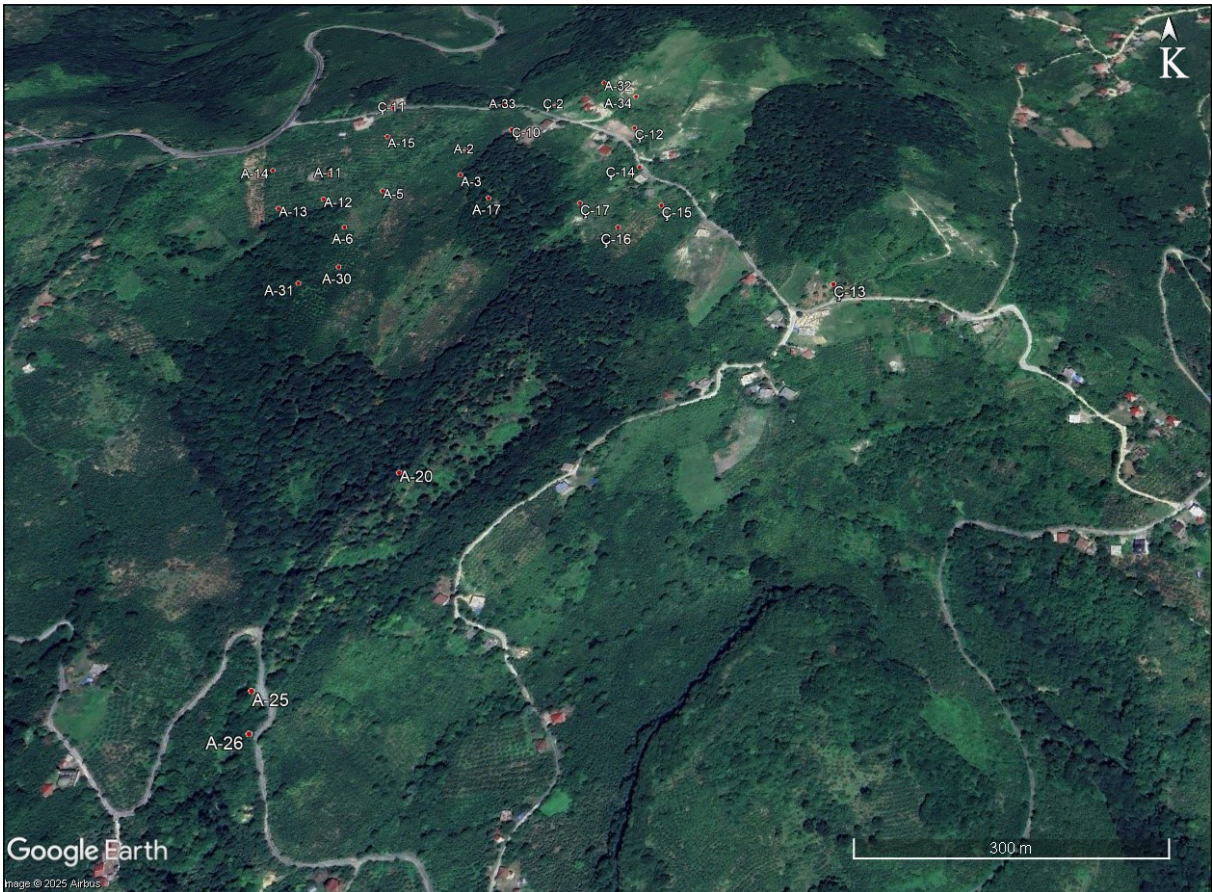
Şekil 4- Çınarcık Mahallesi bentonit mostrasından bir görünüm (x: 4541922, y: 348589).



Şekil 5- Sondaj karot görünimleri: a) Ç-2 nolu sondaj karotu, 4,00-8,00 m arası, b) A-6 nolu sondaj karotu, 4,20-8,20 m arası, c) A-2 nolu sondaj karotu, 8,00-12,00 m arası, d) A-2 nolu sondaj karotu, 4,00-8,00 m arası.

Çalışma alanında 27 lokasyonda 797,60 m karotlu sondaj çalışması yapılmıştır (Şekil 6, Çizelge 1). Sondaj karotlarından alınan örneklerin analizleri yapılmış olup, XRD sonuçları (Çizelge 2)'de, kimyasal analiz sonuçları (Çizelge 3)'de, verilmiştir. Ruhsat sahasında bentonit içeren alanın maden jeolojisi haritası (Şekil 7)'de verilmiştir.

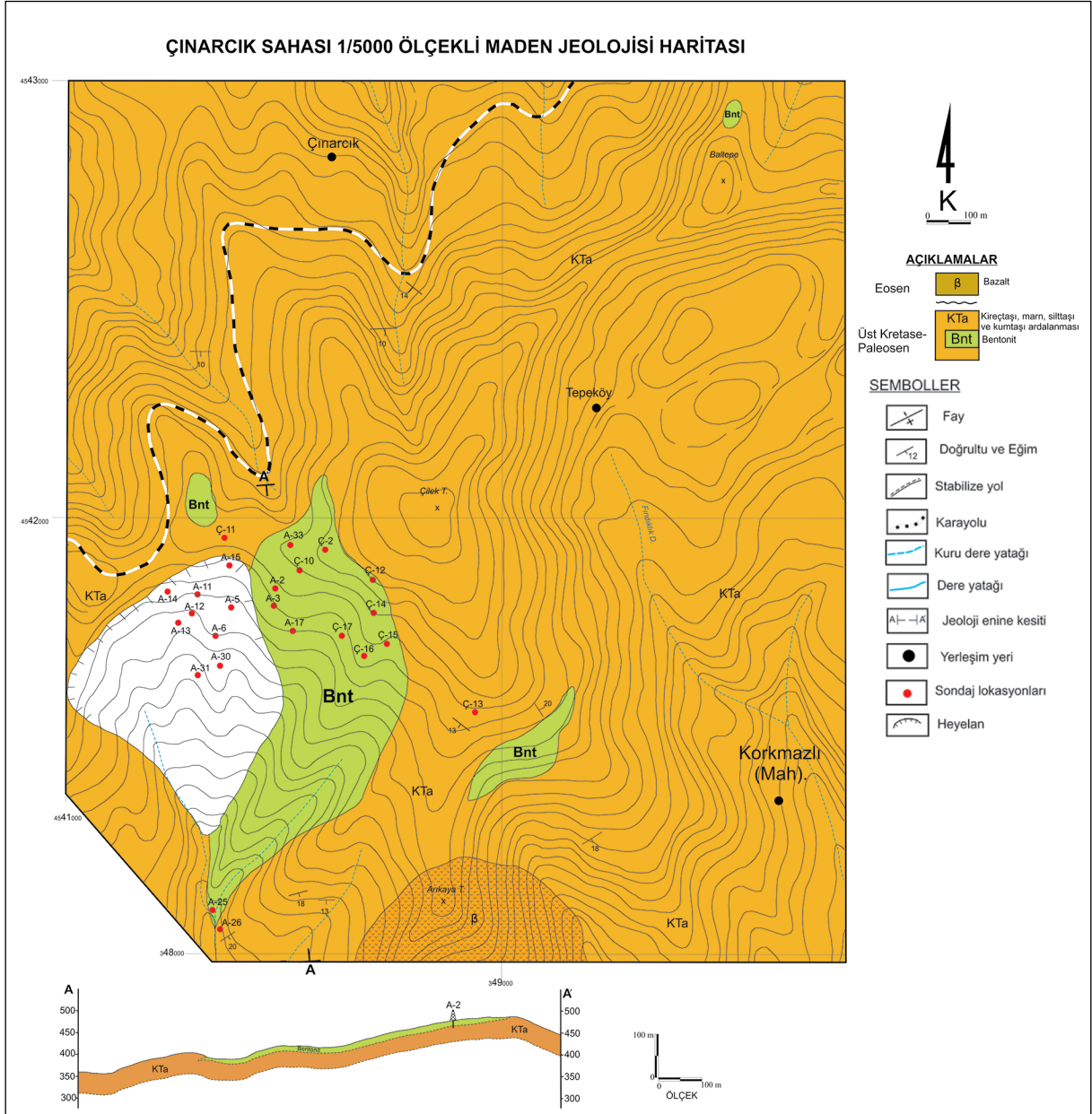
Çalışma alanındaki kaynak tahmini çalışmalarında toplam 15 adet numune gaz piknometresi yoğunluk tayini yapılmış olup, ortalama 2,43 ton/m<sup>3</sup> yoğunluk değeri elde edilmiştir (Çizelge 4).



Şekil 6- Sondaj lokasyonları.

Çizelge 1- Ruhsat sahasında yapılan sondajların koordinatları ve kesilen bentonit kalınlıkları.

| Sondaj no | X (Kuzey)  | Y (Doğu)   | Z (Rakım) | Bentonit kalınlığı (m) | Kuyu tabanı (m) |
|-----------|------------|------------|-----------|------------------------|-----------------|
| Ç-2       | 4541922,1  | 348589,4   | 499,29    | 12,60                  | 65,00           |
| Ç-10      | 4541880,5  | 348534,9   | 490,63    | 17,45                  | 26,00           |
| Ç-11      | 4541951,5  | 348367,8   | 482,88    | 0,00                   | 38,00           |
| Ç-12      | 4541854,7  | 348697,9   | 501,78    | 14,10                  | 32,00           |
| Ç-13      | 4541552,9  | 348938     | 478,26    | 24,40                  | 52,00           |
| Ç-14      | 4541782,9  | 348706,3   | 490,65    | 25,60                  | 32,00           |
| Ç-15      | 4541710,3  | 348735,4   | 475,86    | 9,70                   | 41,00           |
| Ç-16      | 4541681,9  | 348682,7   | 475,2     | 21,55                  | 32,00           |
| Ç-17      | 4541731,5  | 348633     | 467,85    | 9,00                   | 24,00           |
| A-2       | 4541851,99 | 348476,83  | 475,93    | 15,40                  | 21,00           |
| A-3       | 4541806,21 | 348474,79  | 469,21    | 11,90                  | 18,50           |
| A-5       | 4541797,73 | 348374,05  | 447,20    | 2,10                   | 22,50           |
| A-6       | 4541738,06 | 348334,08  | 445,35    | 32,30                  | 37,20           |
| A-11      | 4541833,80 | 348300,87  | 450,49    | 13,40                  | 32,00           |
| A-12      | 4541789,07 | 348299,59  | 443,40    | 13,80                  | 28,20           |
| A-13      | 4541774,97 | 348244,95  | 438,05    | 10,75                  | 18,40           |
| A-14      | 4541842,49 | 348225,99  | 453,30    | 6,90                   | 17,20           |
| A-15      | 4541896,17 | 348367,31  | 466,26    | 5,25                   | 19,50           |
| A-17      | 4541752,42 | 348517,08  | 470,21    | 16,35                  | 39,00           |
| A-20      | 4541351,57 | 348455,10  | 392,44    | 23,40                  | 36,50           |
| A-25      | 4541103,96 | 348342,24  | 339,55    | 10,50                  | 22,70           |
| A-26      | 4541056,75 | 348350,04  | 337,52    | 11,00                  | 26,00           |
| A-30      | 4541670,81 | 348337,25  | 424,43    | 3,20                   | 12,20           |
| A-31      | 4541646,65 | 348292,17  | 416,69    | 8,35                   | 20,70           |
| A-32      | 4541951,35 | 348654,16  | 512,69    | 18,05                  | 28,00           |
| A-33      | 348518,39  | 4541942,44 | 490,80    | 12,65                  | 29,00           |
| A-34      | 4541912,33 | 348698,46  | 514,23    | 19,60                  | 27,00           |



Çizelge 2- XRPD çalışmaları ile belirlenmiş mineral içerikleri.

| Sondaj no | Aralık (m)  | Tanım                                                                              |
|-----------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Ç-10      | 15,00-16,00 | Montmorillonit: %42, Kristobalit: %23, Plajiyoklaz: %35                            |
| Ç-13      | 29,00-30,00 | Montmorillonit: %37, Kristobalit: %24, Plajiyoklaz: %29, Kalsit: %10               |
| Ç-17      | 3,00-3,50   | Montmorillonit: %44, Kristobalit: %34, Plajiyoklaz: %22                            |
| Ç-14      | 4,00-29,00  | Montmorillonit: %41, Plajiyoklaz: %33, Kristobalit: %26                            |
| A-2       | 13,50-14,00 | Montmorillonit: %39, Kristobalit: %32, Plajiyoklaz: %29                            |
| A-3       | 3,50-4,00   | Montmorillonit: %39, Kristobalit: %33, Plajiyoklaz: %28                            |
| A-3       | 9,00-9,50   | Montmorillonit: %41, Kristobalit: %20, Plajiyoklaz: %39                            |
| A-6       | 4,20-4,70   | Montmorillonit: %39, Kristobalit: %34, Plajiyoklaz: %27                            |
| A-6       | 29,20-29,70 | Montmorillonit: %38, Kristobalit: %33, Plajiyoklaz: %29                            |
| A-12      | 6,50-7,00   | Montmorillonit: %33, Kristobalit: %38, Plajiyoklaz: %29                            |
| A-12      | 11,30-11,80 | Montmorillonit: %34, Kristobalit: %44, Plajiyoklaz: %22                            |
| A-13      | 8,00-8,50   | Montmorillonit: %39, Kristobalit: %31, Plajiyoklaz: %30                            |
| A-20      | 12,60-13,10 | Montmorillonit: %30, Kristobalit: %26, Plajiyoklaz: %20, Muskovit: %11, İllit: %11 |
| A-20      | 24,50-25,00 | Montmorillonit: %32, Kristobalit: %28, Plajiyoklaz: %18, Muskovit: %11, İllit: %11 |
| A-20      | 30,50-31,00 | Montmorillonit: %33, Kristobalit: %24, Plajiyoklaz: %15, Muskovit: %11, İllit: %17 |
| A-25      | 3,10-3,60   | Montmorillonit: %38, Kristobalit: %29, Plajiyoklaz: %33                            |
| A-26      | 12,30-12,80 | Montmorillonit: %39, Kristobalit: %21, Plajiyoklaz: %40                            |
| A-32      | 4,10-4,60   | Montmorillonit: %34, Kristobalit: %30, Plajiyoklaz: %36                            |
| A-32      | 20,40-20,90 | Montmorillonit: %40, Kristobalit: %20, Plajiyoklaz: %40                            |
| A-34      | 19,50-20,00 | Montmorillonit: %36, Kristobalit: %24, Plajiyoklaz: %17, Muskovit: %10, İllit: %13 |
| A-34      | 24,40-24,90 | Montmorillonit: %32, Kristobalit: %27, Plajiyoklaz: %19, Muskovit: %14, İllit: %8  |

Çizelge 3- XRF kullanılarak elde edilen jeokimyasal analiz sonuçları.

| Sondaj no | Aralık (m)  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % | CaO % | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % | K <sub>2</sub> O % | MgO % | MnO % | Na <sub>2</sub> O % | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % | SiO <sub>2</sub> % | TiO <sub>2</sub> % | A.Za % |
|-----------|-------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|--------------------|-------|-------|---------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------|
| Ç-10      | 15,00-16,00 | 14,5                             | 2,9   | 1,5                              | 0,7                | 2,0   | <0,1  | 0,5                 | <0,1                            | 70,4               | 0,3                | 7,10   |
| Ç-13      | 29,00-30,00 | 12,5                             | 6,3   | 1,3                              | 0,3                | 2,0   | <0,1  | 0,3                 | <0,1                            | 66,5               | 0,2                | 10,40  |
| Ç-17      | 3,00-3,50   | 16,9                             | 2,5   | 1,8                              | 2,1                | 4,0   | <0,1  | 0,5                 | <0,1                            | 62,3               | 0,3                | 8,95   |
| A-2       | 3,50-4,00   | 14,1                             | 11,6  | 1,2                              | 1                  | 1,8   | 0,4   | 0,8                 | <0,1                            | 55,9               | 0,1                | 12,95  |
| A-2       | 13,50-14,00 | 17,6                             | 1,7   | 1,4                              | 0,2                | 2,3   | <0,1  | 0,2                 | <0,1                            | 67,5               | 0,1                | 8,85   |
| A-3       | 3,50-4,00   | 17,4                             | 2,4   | 1,5                              | 0,6                | 2,2   | <0,1  | 0,4                 | <0,1                            | 67,2               | 0,2                | 8,00   |
| A-3       | 9,00-9,50   | 20,2                             | 2,2   | 2,3                              | 0,2                | 2,9   | <0,1  | 0,2                 | <0,1                            | 60,3               | 0,2                | 11,20  |
| A-5       | 13,60-14,00 | 17,7                             | 5,8   | 1,6                              | 0,8                | 2,2   | <0,1  | 0,5                 | <0,1                            | 60,6               | 0,2                | 10,35  |
| A-6       | 4,20-4,70   | 16,2                             | 1,9   | 1,2                              | 0,3                | 2,1   | <0,1  | 0,2                 | <0,1                            | 69,7               | 0,1                | 8,25   |
| A-6       | 12,20-12,70 | 16,2                             | 1,9   | 1,2                              | 0,9                | 2     | <0,1  | 0,6                 | <0,1                            | 69,7               | 0,2                | 7,25   |
| A-6       | 21,20-21,70 | 15,6                             | 4,3   | 1,4                              | 0,6                | 2,2   | 0,1   | 0,4                 | <0,1                            | 65,7               | 0,2                | 9,40   |
| A-6       | 29,20-29,70 | 17                               | 3,3   | 1,4                              | 0,4                | 2,7   | 0,1   | 0,5                 | <0,1                            | 64,6               | 0,1                | 9,80   |
| A-11      | 1,00-1,50   | 19,9                             | 2,2   | 2                                | 0,9                | 2,3   | <0,1  | 0,6                 | <0,1                            | 63,2               | 0,2                | 8,45   |
| A-11      | 17,80-18,30 | 23,2                             | 2,4   | 2,5                              | 1,8                | 2,9   | <0,1  | 1,1                 | 0,1                             | 57,2               | 0,4                | 8,25   |
| A-12      | 6,50-7,00   | 17,1                             | 1,7   | 1,1                              | 0,8                | 1,7   | <0,1  | 0,5                 | <0,1                            | 70,2               | 0,2                | 6,55   |
| A-12      | 11,30-11,80 | 18,1                             | 1,9   | 1,3                              | 0,2                | 1,8   | <0,1  | 0,2                 | <0,1                            | 67,8               | 0,1                | 8,50   |
| A-13      | 1,50-2,00   | 16,4                             | 1,7   | 1,5                              | 1,4                | 1,7   | <0,1  | 1                   | <0,1                            | 69,3               | 0,2                | 6,65   |

Çizelge 3- devamı

|      |             |      |      |     |     |     |      |     |      |      |     |       |
|------|-------------|------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|-------|
| A-13 | 8,00-8,50   | 18,5 | 2    | 1,5 | 0,2 | 2,3 | <0,1 | 0,2 | <0,1 | 65,6 | 0,1 | 9,40  |
| A-14 | 7,10-7,50   | 16,4 | 2,4  | 1,6 | 1,8 | 1,6 | 0,1  | 1,4 | <0,1 | 67,3 | 0,2 | 7,10  |
| A-15 | 12,00-12,40 | 23,4 | 2,3  | 2,3 | 2,9 | 1,6 | 0,1  | 1,5 | 0,2  | 58,1 | 0,5 | 6,70  |
| A-17 | 0,50-1,00   | 17,2 | 1,7  | 1,7 | 1,3 | 2,2 | <0,1 | 0,9 | <0,1 | 67,6 | 0,2 | 6,95  |
| A-17 | 17,10-17,60 | 20   | 10,4 | 2,4 | 2,9 | 3,2 | <0,1 | 0,6 | 0,2  | 45,3 | 0,3 | 14,40 |
| A-17 | 33,30-33,80 | 21,5 | 1,5  | 2,6 | 2,9 | 2,9 | <0,1 | 2   | 0,1  | 58,7 | 0,3 | 7,15  |
| A-20 | 12,60-13,10 | 15,5 | 1,7  | 1,4 | 1,2 | 2,5 | <0,1 | 0,7 | <0,1 | 68,4 | 0,1 | 8,30  |
| A-20 | 24,50-25,00 | 15,7 | 1,3  | 1,3 | 1,2 | 2,6 | <0,1 | 1,6 | <0,1 | 68,8 | 0,2 | 7,00  |
| A-20 | 30,50-31,00 | 21   | 2    | 1,7 | 1,6 | 3,2 | <0,1 | 1,6 | <0,1 | 60,4 | 0,2 | 8,10  |
| A-25 | 3,10-3,60   | 17,6 | 1,9  | 1,9 | 1,6 | 2,7 | <0,1 | 1,1 | <0,1 | 66,2 | 0,2 | 6,55  |
| A-26 | 12,30-12,80 | 16,9 | 2,1  | 2,1 | 2   | 2,5 | <0,1 | 1,5 | <0,1 | 66,3 | 0,2 | 6,10  |
| A-30 | 2,80-3,30   | 16,8 | 2,6  | 1,9 | 1,8 | 2,8 | 0,1  | 1,1 | 0,1  | 64,5 | 0,2 | 6,70  |
| A-31 | 2,50-3,00   | 17,8 | 1,9  | 1,4 | 0,6 | 2,6 | <0,1 | 0,5 | <0,1 | 66,7 | 0,2 | 8,15  |
| A-31 | 16,00-16,50 | 21,1 | 2,1  | 4,3 | 1,8 | 3,7 | 0,1  | 1,1 | 0,1  | 55,1 | 0,4 | 9,90  |
| A-32 | 4,10-4,60   | 15,7 | 2    | 2   | 1   | 2,1 | <0,1 | 0,5 | 0,1  | 68,5 | 0,2 | 7,65  |
| A-32 | 20,40-20,90 | 21   | 2,2  | 1,6 | 1,2 | 2,3 | <0,1 | 0,8 | 0,1  | 62,2 | 0,2 | 8,40  |
| A-33 | 7,00-7,50   | 22,3 | 2,7  | 2,7 | 2,2 | 2,6 | <0,1 | 1,5 | 0,2  | 57,4 | 0,5 | 7,50  |
| A-34 | 8,50-9,00   | 19,2 | 2,1  | 1,5 | 1,6 | 2,4 | <0,1 | 1   | <0,1 | 64,4 | 0,2 | 7,15  |
| A-34 | 19,50-20,00 | 21,4 | 2,1  | 2,9 | 2   | 3   | <0,1 | 1,2 | 0,1  | 56,7 | 0,2 | 9,65  |
| A-34 | 24,40-24,90 | 13,9 | 3,1  | 1,2 | 0,5 | 1,8 | 0,1  | 0,5 | <0,1 | 70,1 | 0,1 | 8,45  |

Çizelge 4- Gaz piknometresi yöntemi ile belirlenen yoğunluk değerleri.

| Sondaj no | Aralık (m)  | Hacim (cm <sup>3</sup> ) | Kütle (g) | Yoğunluk(g/cm <sup>3</sup> ) (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----------|-------------|--------------------------|-----------|---------------------------------------------------|
| Ç-10      | 15,00-16,00 | 1,50                     | 3,57      | 2,39                                              |
| Ç-13      | 29,00-30,00 | 1,60                     | 3,68      | 2,30                                              |
| A-2       | 3,50-4,00   | 1,55                     | 3,80      | 2,45                                              |
| A-3       | 3,50-4,00   | 1,53                     | 3,71      | 2,42                                              |
| A-6       | 4,20-4,70   | 1,55                     | 3,74      | 2,41                                              |
| A-6       | 29,20-29,70 | 1,55                     | 3,79      | 2,44                                              |
| A-11      | 1,00-1,50   | 1,56                     | 3,82      | 2,45                                              |
| A-12      | 11,30-11,80 | 1,68                     | 4,04      | 2,40                                              |
| A-13      | 8,00-8,50   | 1,47                     | 3,53      | 2,41                                              |
| A-17      | 17,10-17,60 | 2,45                     | 6,31      | 2,57                                              |
| A-20      | 12,60-13,10 | 2,46                     | 5,93      | 2,42                                              |
| A-25      | 3,10-3,60   | 2,09                     | 5,18      | 2,48                                              |
| A-26      | 12,30-12,80 | 1,78                     | 4,41      | 2,48                                              |
| A-32      | 4,10-4,60   | 1,57                     | 3,79      | 2,42                                              |
| A-34      | 8,50-9,00   | 2,28                     | 5,62      | 2,47                                              |

### 3.1. Teknolojik Analizler

Çalışma sahasında yapılan Ç-14 nolu karotlu sondajın 4,00-29,00 metreler arasından elde edilen karot numunelerinin, TSE standartlarına uygun olarak yapılan teknolojik incelemeler ve uygulanan

standartlar Çizelge 5'te sunulmuştur. Ayrıca, Çizelge 5'te numaraları belirtilen analiz sonuçları ise sırasıyla Çizelge 6-14'te yer almaktadır. Teknolojik testler ilgili standartlarda belirtilen prosedürlere uygun olarak yapılmıştır.

Çizelge 5- Teknolojik analizler ve ilgili standartlar.

| Analiz no | Teknolojik analiz                                      | Standart                                            |
|-----------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1         | Döküm bentoniti olarak kullanım                        | TS 5360                                             |
| 2         | Lastik sanayinde kullanım                              | TS 11442                                            |
| 3         | Kâğıt sanayinde kullanım                               | TS 11441                                            |
| 4         | İçme ve kullanma sularının arıtımı üretiminde kullanım | TS EN 13754                                         |
| 5         | Sondaj bentoniti incelemesi                            | TS EN ISO 13500 (MADDE 10)                          |
| 6         | Kedi kumu üretiminde kullanım                          | TSE-K-77                                            |
| 7         | İlaç ve kozmetik üretiminde kullanım                   | TS 10252                                            |
| 8         | Seramik sanayinde kullanım                             | TS 11136                                            |
| 9         | Ağartma amaçlı kullanım                                | Ağartma özelliği tayini prosedürü (Kurum içi Metot) |

Çizelge 6- Döküm bentoniti tam teknolojik test sonuçları.

| Testler                             | Bulunan değerler     | Standart limit değer          |
|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|
| Likit limit (g)                     | -                    | $\geq 350$                    |
| CaO (%) miktarı                     | 3,1                  | $< 0,7$                       |
| Yaş mukavemet (g/cm <sup>2</sup> )  | -                    | Yaş mukavemet $\geq 300$      |
| Kuru mukavemet (g/cm <sup>2</sup> ) | -                    | Kuru mukavemet $\geq 2500$    |
| Sinterleşme 1300 °C                 | Köpürerek erime      | 1300 °C de yağıs parlak erime |
| Jelleşme katsayısı                  | Jelleşme olmamıştır. | $\geq 8,3$                    |
| Kızdırma kaybı (%)                  | 5,2                  | $< 6$                         |

Çizelge 7- Lastik sanayinde kullanımına yönelik teknolojik inceleme.

| Testler                    | Bulunan değerler | Standart limit değer |
|----------------------------|------------------|----------------------|
| pH                         | 8,5              | 9-10,5               |
| Şişme özelliği (mL)        | 10               | $\geq 22$            |
| Jel oluşturma (mL)         | 90               | $\leq 2$             |
| Cu (%)                     | $<0,01$          | $\leq 0,01$          |
| MnO (%)                    | $<0,1$           | $\leq 0,01$          |
| Kızdırma kaybı (%)         | 5,2              | $\leq 6$             |
| Suda çözünen madde miktarı | Yapılamadı       | $\leq 4$             |

Çizelge 8- Kâğıt sanayinde kullanımına yönelik teknolojik inceleme.

| Testler                            | Bulunan değerler                                                | Standart limit değer |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|
| Aşındırma değeri (mg/100g)         | Numunenin kristobalit içerdiğinden dolayı deney yapılamamıştır. | $\leq 15$            |
| SiO <sub>2</sub> (%)               | 72,7                                                            | 55-72                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 13,5                                                            | $\leq 15$            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 1,5                                                             | $\leq 1$             |
| CaO + MgO (%)                      | 5                                                               | $\leq 5$             |

Çizelge 9- İçme ve kullanma sularının arıtımı üretiminde kullanımına yönelik teknolojik inceleme.

| Testler                                      | Bulunan değerler | Standart limit değer |
|----------------------------------------------|------------------|----------------------|
| Gevşek yığın yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> )  | 734              | -                    |
| Sıkışık yığın yoğunluğu (kg/m <sup>3</sup> ) | 894              | 800-1000             |
| SiO <sub>2</sub> (%)                         | 72,7             | 50-70                |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)           | 13,5             | 10-20                |
| MgO (%)                                      | 1,9              | 1-4,5                |
| Na <sub>2</sub> O (%)                        | 0,7              | 0,5-3                |
| CaO (%)                                      | 3,1              | 0,5-4                |

Çizelge 10- Sondaj bentoniti incelemesi.

| Testler                                                                                                                                                                       | Bulunan değerler | Standart limit değer |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|
| 600 r/min.'de viskozimetre gösterge okuması (?)                                                                                                                               | 4*               | $\geq 30$            |
| Akma noktası/plastik viskozite oranı                                                                                                                                          | —                | $\leq 3$             |
| Süzüntü hacmi (ml)                                                                                                                                                            | —                | $\leq 15$            |
| (*) 600 r/min.'de viskozimetre gösterge okuması 30'dan küçük çıktığı için akma noktası plastik viskozite oranı ve süzüntü hacmi deneylerinin yapılmasına gerek görülmemiştir. |                  |                      |

Çizelge 11- Kedi kumu incelemesi.

| Testler                      | Bulunan değerler | Standart limit değer |
|------------------------------|------------------|----------------------|
| Montmorillonit muhtevası (%) | 41               | 60-90                |
| pH                           | 8,5              | 9-11                 |
| Su emme kapasitesi (%)       | 110,2            | 240-340              |
| Topak (Klamp) kütlesi (g)    | 16,1             | 20-30                |

Çizelge 12- İlaç ve kozmetik üretiminde kullanımına yönelik teknolojik inceleme.

| Testler                    | Bulunan değerler | Standart limit değer |
|----------------------------|------------------|----------------------|
| pH                         | 8,5              | 9,5-10,5             |
| Sedimentasyon hacmi (mL)   | 90               | $\leq 2$             |
| Şişme özelliği (mL)        | 10               | $\geq 22$            |
| Jel oluşturma (mL)         | 90               | $\leq 2$             |
| As miktarı (mg/kg)         | <0,1             | $\leq 2$             |
| Ağır metal miktarı (mg/kg) | 22,1             | $\leq 50$            |

Çizelge 13- Seramik sanayiinde kullanımına yönelik teknolojik inceleme.

| Testler                            | Bulunan değerler                              | Standart limit değer |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|
| Hakim mineral                      | Montmorillonit                                | Montmorillonit       |
| pH                                 | 8,5                                           | $\geq 8$             |
| Pişme çekmesi (%)                  | Numune köpürüp eridiğinden hesaplanamamıştır. | $\leq 25$            |
| Kızdırma kaybı (%)                 | 5,2                                           | $\leq 6$             |
| Pişme rengi 1300 °C $\pm$ 25 °C    | Köpürerek erime-grimsi yeşil                  | Beyaz                |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 1,5                                           | $\leq 1$             |
| TiO <sub>2</sub> (%)               | 0,2                                           | $\leq 0,30$          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%) | 13,5                                          | $\geq 14$            |

Çizelge 14- Ağartma yeteneği tayini.

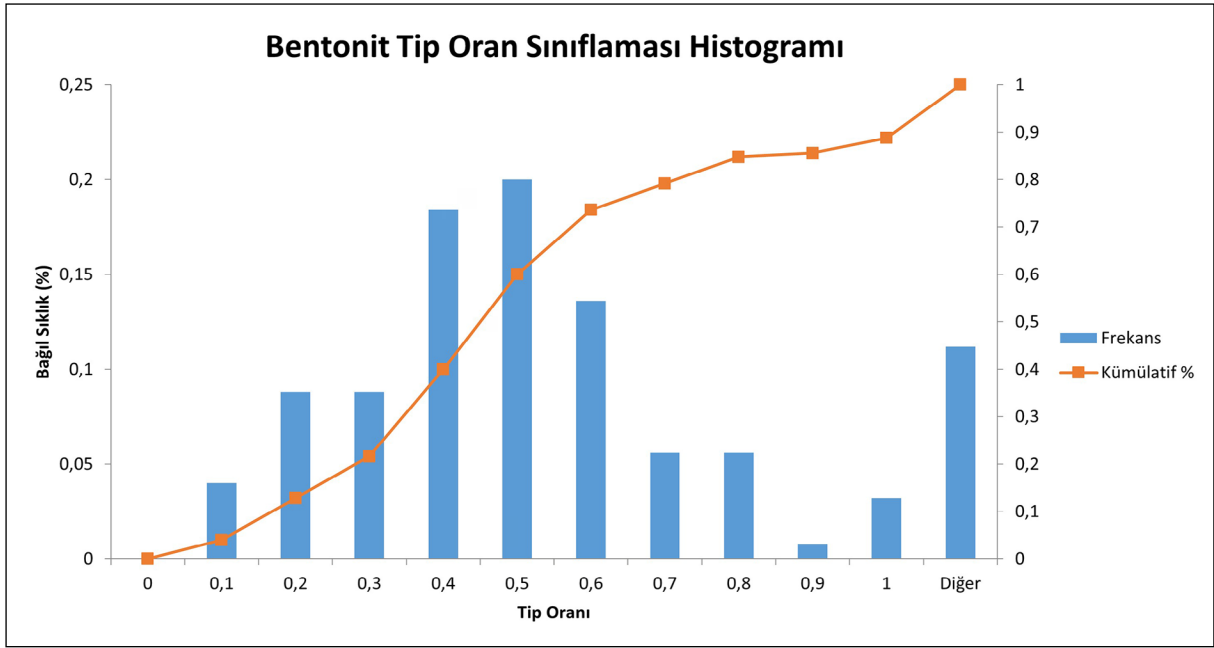
| Testler                                                  | Bulunan değerler |
|----------------------------------------------------------|------------------|
| Orijinal numunenin ağartma yeteneği (g numune /g tonsil) | 1,05             |

### 3.2. Ham Verilerin İstatistiksel Analizi

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen sondajlarda belirlenen bentonit seviyeleri, Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O/CaO+MgO oranına dayanarak sınıflandırılmış ve bu sınıflandırma ayrıntılı bir şekilde Çizelge 15'te sunulmuş olup, tip oran dağılımları (Şekil 8)'de verilmiştir.

Çizelge 15- Oranlara göre bentonit sınıf değerleri.

| Oran               | Sınıf            |
|--------------------|------------------|
| > 1                | Na bentonit      |
| > 0,33 ve $\leq 1$ | Ara tip bentonit |
| $\leq 0,33$        | Ca bentonit      |



Şekil 8- Tip oranı dağılımı.

Saha genelinde yapılan değerlendirmelerde bentonitlerin tip oranı ortalama 0,42 olarak hesaplanmış ve saha ortalamasının ara tip bentonit olduğu belirlenmiştir. Ayrıca değerlendirmede kullanılan analiz sonuçlarının yaklaşık %25’inde bu oran 0,33’den küçük, % 64’nünde 0,33 ile 1 arasında ve % 11’inde 1’den büyük tip olduğu gözlemlenmiştir.

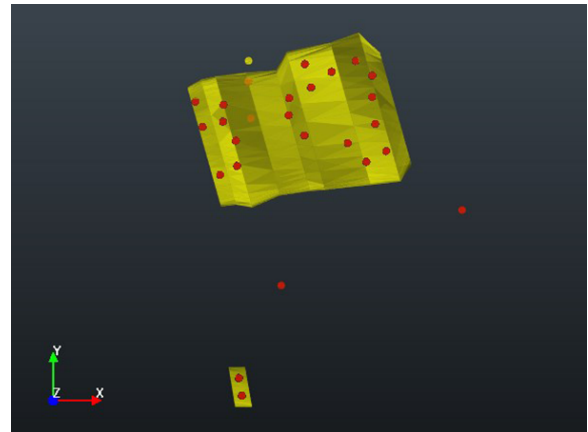
### 3.3. Jeolojik Katı Modelleme

Jeolojik katı model oluştururken; litoloji, mineralojik zonlar, yapısal geometri, alterasyon, topoğrafya, yoğunluk, örnek koordinatları ve örneklerin analiz değerleri bir araya getirilerek kapsamlı bir veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma alanına ait jeolojik katı modeli oluştururken mevcut veriler, arazi gözlemleri ve sondaj log bilgileri göz önünde bulundurularak yorumlanmıştır. Bu amaçla çok sayıda kesit alınmış ve jeolojik determinasyonlar ile kesitlerdeki bentonit kalınlığındaki değişimler dikkate alınarak modelleme gerçekleştirilmiştir.

Veri tabanı doğrulama ve geçerleme işlemi tamamlandıktan sonra saha, yatay ve düşey yönlerde farklı etki mesafeleri de kullanılarak alınan kesitlerle taranmıştır. Bentonit olarak tanımlanan litoloji üzerinden modelleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Oluşturulan veri tabanında kullanılan 27 adet sondajdan yapılan değerlendirmede korele edilebilir etki mesafeleri ve jeolojik devamlılık kriterleri dikkate alınarak 24 adet sondaja ait veriler katı modelleme çalışmasında kullanılmıştır (Şekil 9).

Üç boyutlu modelleme programı kullanılarak aralarında jeolojik sürekliliğin var olduğu düşünülen sondajlardan çeşitli yönlerde eş aralıklarla kesitler alınmış ve bentonit cevherleşmesine ilişkin 3 boyutlu katı model oluşturulmuştur. Sahada yapılan sondajlar baz alınarak bentonit cevherleşmesi için



Şekil 9-Jeolojik katı modellerin 3 boyutlu gösterimi (Y: kuzey, kırmızı: bentonitli seviyeler).

jeolojik katı model çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, ortalama yoğunluğu  $2,43 \text{ t/m}^3$  olan ara tipte bir bentonit varlığı belirlenmiş ve bu verilere dayanarak yaklaşık  $8.412.350 \text{ m}^3$  hacminde,  $20.442.010$  tonluk bentonit kaynak tahmini yapılmıştır.

#### 4. Sonuçlar

Çalışma alanında bentonitleşmeler Akveren formasyonu içerisinde merkeksel konumlu olarak bulunmaktadır. Sahada 27 lokasyonda 797,60 m karotlu sondaj yapılmış olup, 2,10 ile 32,30 m arası bentonit kalınlıkları kesilmiştir. Bentonitleşmenin merkeksel konumlu olması dolayısıyla sabit bir kalınlığa sahip olmayıp yersel olarak kalınlıklar değişmektedir.

İstatistiksel çalışmalar bentonit tip oranı verisi üzerinden yürütülmüştür. Sahadan alınan numunelerin analizleri ile yapılan tip model değerlendirmesinde saha ortalamasının 0,42 ortalamaya sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca değerlendirmede kullanılan analiz sonuçlarının yaklaşık %25'inin 0,33'den küçük, %64'ünün 0,33 ile 1 arasında ve %11'inin 1'den büyük bentonit tip oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Buna göre sahada bulunan bentonitlerin tip oranı ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}/\text{CaO}+\text{MgO}$ ) ortalaması 0,42 olarak hesaplanmış ve saha ortalamasının ara tip bentonit olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışma sahasındaki bentonitlerden alınan numunelerinin XRD analizlerinde ana kil minerali montmorillonit olup, kristobalit, plajiyoklaz, illit, muskovit ve kalsit mineralleri de tespit edilmiştir.

Çalışma alanındaki sondaj karotlarından alınan tüvenan halde bentonit örneklerinin ilgili TSE standartlarına göre; seramik, ilaç, kedi kumu, kozmetik, su arıtımı, kâğıt, lastik, sondaj çamuru, ağartma özelliği ve döküm bentoniti teknolojik inceleme testleri yapılmıştır.

Yapılan teknolojik testler sonucunda sahadaki bentonitlerin TSE standartlarına göre tüvenan halde hammadde olarak kullanıma uygun olmadığı, sadece ağartma özelliği için elde edilen ilk değerlerin uygun olduğu, endüstriyel hammadde olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla detaylı ve ilave testler yapılması gerekmektedir.

Çalışma sahasındaki bentonitlerin endüstriyel hammadde olarak kullanabilmek için cevher zenginleştirme veya aktifleştirme işlemleri yapılandıktan sonra daha detaylı teknolojik testlerin yapılması gerekmektedir.

Bentonitleşmelerin yatay ve düşey yönde kalite sürekliliğinin tespiti için daha fazla numune analizi gerekmektedir.

Çalışma alanından alınan numunelerin yoğunluk analizleri sonucunda ortalama yoğunluğu  $2,43 \text{ t/m}^3$  alınarak yaklaşık  $8.412.350 \text{ m}^3$  hacime sahip  $20.442.010$  ton bentonit kaynağı tahmin edilmiştir.

#### Katkı Belirtme

Bu çalışma Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün 2018-2019 yılları arasında yürütülen "Ordu İli ve Çevresi Bentonit Aramaları Projesi" kapsamında gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında arazi çalışmalarına katılan, kimyasal, minerolojik ve teknolojik testleri yürüten ve kaynak tahminini yapan kurumumuz personeli meslektaşlarına teşekkür ederim.

#### Değerilen Belgeler

- Abdioğlu, E. 2002. Kavaklar (Ordu) yöresindeki kil oluşuklarının mineralojik, jeokimyasal ve kökensel incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Trabzon.
- Badgley, P.C. 1959. Stratigraphy and petroleum possibilities of the Sinop region. Tidewater-Atlantic-Texaco Exploration Group, Petrol Dairesi Teknik Arşivi, Ankara (yayımlanmamış).
- Bektaş, O., Şen, C. Atıcı, Y., Köprübaşı, N. 1999. Migration of the Upper Cretaceous Subduction-Related Volcanism Towards the Back-Arc Basin of the Eastern Pontide Magmatic Arc (NE Turkey). Geological Journal 34, 95-106.
- Çelik, M., Karakaya, N., Temel, A. 1999. Clay Minerals in Hydrothermally Altered Volcanic Rocks. Eastern Pontides. Turkey. Clays and Clay Minerals 47, 6, 708-717.
- Çınar, S., Yazıcı, E.N., Doksanbir, T., Boğuşlu, M., Genç, T., Yağcı, A., Yıldırım, K. 1987. Ordu Ulubey-Perşembe-Fatsa yörelerinin jeolojisi ile ilgili maden zuhurlarına ilişkin Rapor No: 8452. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara (yayımlanmamış).

- Gayle, R. B. 1959. Geology of the Sinop Basin: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Arşivi, Ankara.
- Günay, Y., Değirmenci, S., Şirin, B., Akarlar, N. 2001, Türkiye’de döküm bentonitinin 2000’lerde iyileştirilmesi. Metalurji Dergisi 126, 13–19
- Güven, İ. H. 1998. Jeoloji Etütleri Dairesi. 1/100.000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, No:57, Ankara.
- Keskin, İ., Yergök, F. A., Kara, H., Dönmez, M., Arslan, M. 1998. Ünye-Fatsa-Kumru-Korgan (Ordu) dolayının jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Raporu Rap no: 10182, Ankara (yayımlanmamış).
- Kılınç, T., Cebeci, Y., Çelik, M.S. 2022. Soda ve MgO ile aktive edilmiş Kalecik bentonit örneğinin bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(4), 1115-1120.
- Terlemez, İ., Yılmaz, A. 1980. Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 23, 2, 179-191.