



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



RECEP TAYYİP
ERDOĞAN
ÜNİVERSİTESİ

DOKA
DOĞU KARADENİZ KALKINMA AJANSI
EASTERN BLACK SEA DEVELOPMENT AGENCY

ÜNYE MANYETİK KUM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ RAPORU



OCAK-2026



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



RECEP TAYYİP
ERDOĞAN
ÜNİVERSİTESİ

DOKA
DOĞU KARADENİZ KALKINMA AJANSI
EASTERN BLACK SEA DEVELOPMENT AGENCY

ÜNYE MANYETİK KUM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ RAPORU



Hazırlayanlar

Prof. Dr. Ayberk KAYA - Doç. Dr. Yılmaz DEMİR

dijitalpark
teknokent

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	2
1. GİRİŞ	8
1.1. Çalışmanın Amacı	8
1.2. Çalışmanın Kapsamı	8
2. PROJENİN TANIMI VE KAPSAMI.....	9
2.1. Yapılan Çalışmalar ve Yöntemler.....	9
2.1.1. Saha Çalışmaları.....	9
2.1.1.1. Sahil Kumu Örnekleme.....	10
2.1.1.2. Dere Kumu Örnekleme.....	11
2.1.1.3. Kayaç Örnekleme	12
2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları.....	13
2.1.2.1. Sahil Kumundan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması.....	13
2.1.2.2. Sahil Kumundan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlanması	14
2.1.2.3. Dere Kumundan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması	15
2.1.2.4. Dere Kumundan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlanması.....	16
2.1.2.5. Kayaçlardan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması.....	17
2.1.2.6. Kayaçlardan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlanması	18
2.1.3. Jeokimyasal Analiz Amaçlı Örnek Hazırlama	20
2.1.4. Kum Örneklerinin Granülometrisinin ve İndeks Özelliklerinin Belirlenmesi	20
2.1.5. Jeofizik Çalışmalar ile Yaklaşık Kum Rezervinin Belirlenmesi	20
3. MANYETİK KUM NEDİR?	21
3.1. Manyetik Kumun Tanımı	21
3.2. Manyetik Kumun İçeriği ve Özellikleri (Genel Özellikler).....	23
4. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE MANYETİK KUM MADENCİLİĞİ.....	25
4.1. Küresel Pazarın Durumu	25
4.2. Önde Gelen Ülkeler ve Rezervler	26
4.3. Endüstriyel Kullanım ve Talep.....	30
4.3.1. Özelleşmiş Sektörler	30
4.3.2. Endüstriyel Uygulamalar.....	32
4.3.3. Ar-Ge ve İnovasyon Potansiyeli.....	34
4.4. Türkiye’deki Rezervler ve Dağılımı.....	34
4.5. Türkiye’deki Üretim Faaliyetleri ve Yatırımlar.....	36
4.6. Türkiye’nin Global Pazardaki Yeri ve Potansiyeli	38
5. MANYETİK KUM MADENCİLİĞİ İLE İLGİLİ TÜRKİYE MEVZUATI.....	40
6. ORDU İLİ ÜNYE MANYETİK KUM SAHASININ ÖZELLİKLERİ	45
6.1. Manyetik Kum Sahası Çevresinin Jeolojik Özellikleri	45
6.2. Manyetik Kumun Mineralojik Özellikleri.....	46
6.2.1. Deniz Kumunun Mineralojik Özellikleri	47
6.2.2. Dere Kumlarının Mineralojik Özellikleri.....	64
6.2.3. Jeolojik Birimlerin Mineralojik Özellikleri ve Manyetit İçerikleri.....	70
6.3. Manyetik Kumun Granülometrisi ve Fiziksel Özellikleri.....	80

6.4. Manyetik Kumun Jeokimyasal Özellikleri.....	92
6.5. Manyetik Kum Sahalarının Dağılımı ve Rezervinin Belirlenmesi	96
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	135
8. KAYNAKLAR	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Ünye sahili boyunca deniz kumu (sarı renkli), dere kumu (yeşil renkli) ve kayaç numunesi (kırmızı renkli) alım yerleri	10
Şekil 2. Ünye sahili boyunca kum numunesi alımına ait görseller	11
Şekil 3. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca dere kumu alım noktalarının bir kısmına ait görseller	12
Şekil 4. Ünye sahiline kırıntı taşıyan vadiler boyunca mostra veren kayaçlara ait örnek alım noktaları.....	13
Şekil 5. Ünye sahiline ait kum numunelerinden ince kesit hazırlamak üzere yapılan epoksi içinde kalıplama işlemi.....	14
Şekil 6. Ünye sahiline ait kum numunelerinden parlak kesit hazırlamak üzere epoksi içinde kalıplama işlemi	15
Şekil 7. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca alınan kum örneklerinden ince kesit yapmak üzere hazırlanmış epoksi kalıpları	16
Şekil 8. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca alınan kum örneklerinden parlak kesit yapmak üzere hazırlanmış epoksi kalıpları	17
Şekil 9. Ünye çevresinde mostra veren kayaç türlerinden ince kesit hazırlamak üzere hazırlanan epoksi kalıpları	18
Şekil 10. Ünye ilçesi çevresinde mostra veren kayaçlardan parlak kesit hazırlamak üzere hazırlanan epoksi kalıpları	19
Şekil 11. Sahil şeridinde şerit halinde biriken manyetik kum.....	21
Şekil 12. Güney Taranaki'deki Patea plajının siyah kumları (URL-6)	28
Şekil 13. Manyetit ile gerçekleştirilen ağır ortam ayırma sürecinde kullanılan malzemelerin (kömür, metal ve mineraller) geri dönüşüm döngüsü (URL-8)	30
Şekil 14. Manyetit kullanılarak gerçekleştirilen ağır ortam ayırma (Dense Media Separation – DMS) sürecinde hammadde, metal hurdası ve kömürün işleme aşamaları	32
Şekil 15. Sahil kumu elek fraksiyonlarına ait stereo mikroskop görüntüleri.....	35
Şekil 16. Çalışma alanı çevresinin jeoloji haritası (Çınar vd., 1988'den sadeleştirilmiştir) ve örnek alım lokasyonları.....	49
Şekil 17. 1–5 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskopik görüntüleri.....	57
Şekil 18. 6-10 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskopik görüntüleri	58
Şekil 19. 11-15 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskopik görüntüleri	59
Şekil 20. 16-20 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskopik görüntüleri	60
Şekil 21. a-j) 1 ile 10 arasındaki sahil kumu örneklerinin mikroskop görüntüleri.....	62
Şekil 22. a-j) 11 ile 20 arasındaki sahil kumu örneklerinin mikroskop görüntüleri.....	63
Şekil 23. Cuma dere ve İkizce dere kum örneklerinin tek nikol ve çift nikol mikroskop görüntüleri.....	66
Şekil 24. İkizce dere ve Kurna dere kum örneklerinin tek nikol ve çift nikol mikroskop görüntüleri	67
Şekil 25. Sırasıyla Cuma, İkizce ve Kurna dere kum örneklerine ait parlak kesit görüntüleri	69
Şekil 26. 1-5 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri	72

Şekil 27. 6-10 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri	73
Şekil 28. 11-15 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri	74
Şekil 29. 16-18 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri	75
Şekil 30. 19-21 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri	76
Şekil 31. Kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerde bulunan manyetik minerallerin mikroskop görüntüleri. Örnek numaraları şekil üzerinde verilmiştir.....	78
Şekil 32. Kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerde bulunan manyetik minerallerin mikroskop görüntüleri	79
Şekil 33. 1 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	81
Şekil 34. 2 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	81
Şekil 35. 3 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	82
Şekil 36. 4 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	82
Şekil 37. 5 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	83
Şekil 38. 6 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	83
Şekil 39. 7 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	84
Şekil 40. 8 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	84
Şekil 41. 9 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	85
Şekil 42. 10 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	85
Şekil 43. 11 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	86
Şekil 44. 12 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	86
Şekil 45. 13 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	87
Şekil 46. 14 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	87
Şekil 47. 15 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	88
Şekil 48. 16 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	88
Şekil 49. 17 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	89
Şekil 50. 18 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	89
Şekil 51. 19 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	90
Şekil 52. 20 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı	90
Şekil 53. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri ile a) SiO_2 , b) Cr_2O_3 , c) TiO_2 ve d) MnO arasındaki korelatif ilişkiler	93
Şekil 54. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri ile a) Kadmiyum, b) Kobalt, c) Bakır, d) Nikel ve e) Çinko arasındaki korelatif ilişkiler	94
Şekil 55. 1-20 nolu lokasyonlarda yapılan MASW çalışmaları	97
Şekil 56. 1 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	101
Şekil 57. 2 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	102
Şekil 58. 3 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	103
Şekil 59. 4 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	104
Şekil 60. 5 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	105
Şekil 61. 6 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	106

Şekil 62. 7 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	107
Şekil 63. 8 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	108
Şekil 64. 9 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	109
Şekil 65. 10 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	110
Şekil 66. 11 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	111
Şekil 67. 12 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	112
Şekil 68. 13 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	113
Şekil 69. 14 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	114
Şekil 70. 15 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	115
Şekil 71. 16 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	116
Şekil 72. 17 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	117
Şekil 73. 18 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	118
Şekil 74. 19 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	119
Şekil 75. 20 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları.....	120
Şekil 76. 1-20 nolu lokasyondaki sahil yüzey alanı	122

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Dünyadaki en büyük demir üreticileri ve rezervleri.....	29
Tablo 2. Maden Kanunu'na göre madenlerin sınıflandırılması.....	42
Tablo 3. Sahil kumunun mineralojik bileşimleri (ÖN: Örnek numarası).....	50
Tablo 4. Kum örneklerinin USCS'ye göre sınıflandırılması.....	80
Tablo 5. Kum örneklerinin yoğunluk özellikleri	91
Tablo 6. Kum örneklerinden yapılan ana ve iz element analiz sonuçları.....	95
Tablo 7. 20 lokasyon için hesaplanan yaklaşık manyetit rezervi miktarları	132
Tablo 8. Ünye manyetik kumları için uygunluk matrisi.....	134

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Ünye ilçesinin sahil şeridi boyunca yer alan plaj kumlarında manyetik mineral içeriğinin yüksek olduğu gözlenmektedir. Ancak bu kumların içerdiği manyetik minerallerin türleri, mineralojik-jeokimyasal özellikleri, köken (kaynak alan) ilişkileri ve ekonomik/teknolojik potansiyeli üzerine literatürde saha odaklı, bütünlük bir araştırmanın bulunmaması önemli bir eksiklik olarak görülmüştür.

Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla, proje kapsamında Ünye sahil hattı boyunca plaj kumlarında bulunan manyetik minerallerin (i) tür ve bolluklarının, (ii) kimyasal bileşimlerinin, (iii) olası kaynak alanlarının (provenans) ve (iv) dağılım ile rezerv/rezerv potansiyelinin belirlenmesi hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu rapor kapsamında, öncelikle Ünye ilçesi sahil hattı boyunca belirlenen örnekleme noktalarından kum numuneleri alınmış ve bu numunelerin mineralojik bileşimleri incelenmiştir. Daha sonra, sahil kumsallarına kırıntı malzeme taşıyan akarsu vadileri boyunca kum numuneleri toplanarak, bu birikintiler ile sahil kumları arasında kökensel (provenans) bir ilişkinin bulunup bulunmadığı araştırılmıştır.

Bunu takiben, kumsallara kırıntı sağlaması muhtemel tüm jeolojik birimlerden kayaç numuneleri alınmış ve bu birimlerin manyetik mineraller bakımından zengin kum üretme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Kumlardan gerçekleştirilen jeokimyasal analizler ile manyetik kumların kimyasal bileşimleri ortaya konmuştur.

Sahil kumlarının dane boyu dağılımı ile doğal yoğunluğu, kuru yoğunluğu gibi indeks özellikleri belirlendikten sonra yürütülen jeofizik etütler yardımıyla kumsalların kalınlıkları saptanmış ve buna bağlı olarak potansiyel rezerv miktarları hesaplanmıştır.

Elde edilen tüm bulgular ışığında, Ünye ilçesi sahil hattı boyunca gözlenen manyetik kum anomalisinin mineralojik ve jeokimyasal özellikleri, kaynak alanları ve potansiyel rezerv büyüklüğü bütüncül bir yaklaşımla ortaya konmuştur.

2. PROJENİN TANIMI VE KAPSAMI

“Ünye (Ordu) Manyetik Kum Potansiyelinin Belirlenmesi Raporu” başlıklı bu çalışmada Ordu ili, Ünye ilçesi sahili boyunca bulunan manyetik kumların mineralojik ve jeokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, bu kumların dane boyu dağılımı, indeks özellikleri (doğal ve kuru yoğunluk vb.), rezervi ve kaynak alanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Toplam 6 aylık bir çalışmanın ürünü olan bu proje kapsamında yapılan çalışmalar şu şekildedir:

- Proje kapsamında öncelikle Ünye sahil hattı boyunca belirlenen 20 farklı lokasyondan kum numunesi alınmış, bu kum numunelerinin her birinden hazırlanan ince ve parlak kesitler üzerinden manyetik kumun mineralojik özellikleri belirlenmiştir.
- Ünye sahilinden alınan her bir kum numunesinden yaptırılan jeokimyasal analizler ile bu kumların jeokimyasal bileşimleri belirlenmiştir.
- Ünye sahili boyunca numune alınan her bir lokasyonda yaptırılan jeofizik etüt ile her bir lokasyondaki manyetik kumların kalınlığı belirlenerek bu kumların rezervleri hesaplanmıştır.
- Ünye sahiline kırıntı getiren dere yatakları boyunca kum numuneleri alınmış, bu kum numunelerinin her birinden hazırlanan ince ve parlak kesitler üzerinden dere yataklarındaki kumun mineralojik özellikleri belirlenerek bunların sahilde bulunan manyetik kumlar ile olan kökensel ilişkisi ortaya konmuştur.
- Ünye sahiline kırıntı taşıyan dere yataklarının bulunduğu alan içindeki kayalık türlerinden alınan örneklerden ince ve parlak kesitler hazırlanmak suretiyle bu kayaların manyetik mineral içerikleri belirlenmiş ve bunların sahilde bulunan manyetik kumlar ile olan jenetik ilişkisi ortaya konmuştur.
- Projenin son aşamasında elde edilen veriler değerlendirilerek rapor yazımı gerçekleştirilmiştir.

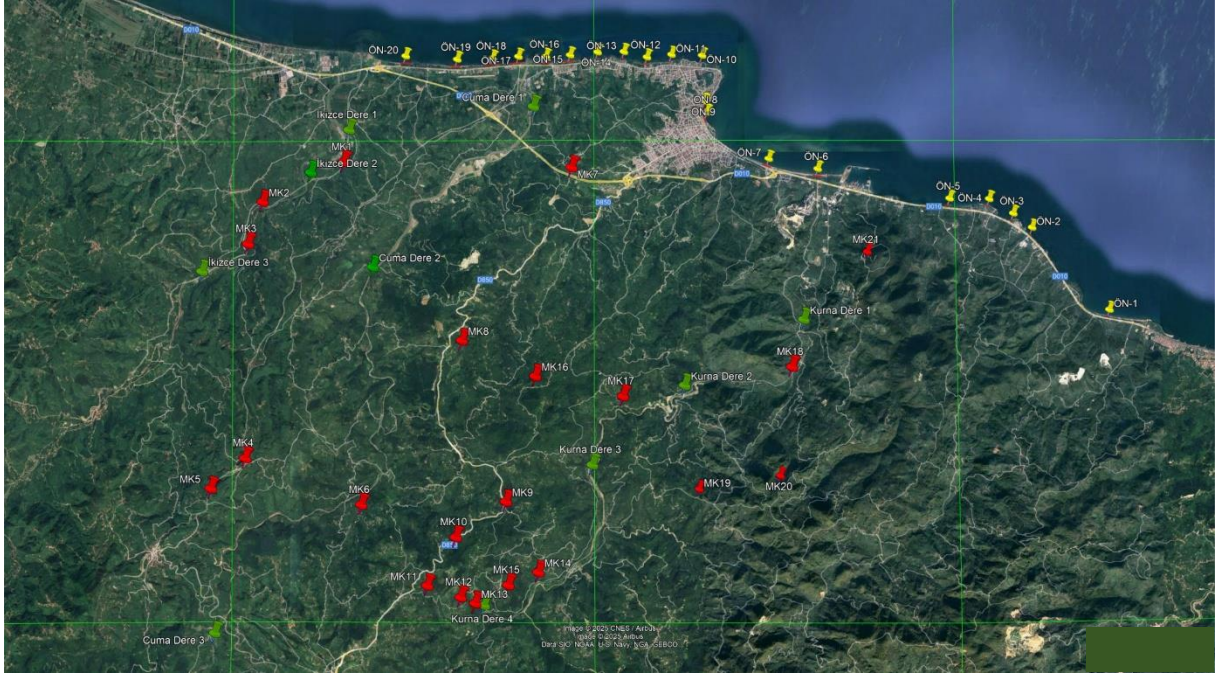
2.1. Yapılan Çalışmalar ve Yöntemler

2.1.1. Saha Çalışmaları

Ünye ilçesi sahili boyunca bulunan manyetik kum potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalar 4 aşamalı olarak yürütülmüştür. Bunlar saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları, analiz çalışmaları ve rapor yazımı şeklinde planlanmıştır. Bunlardan ilki olan saha çalışmaları kapsamında yapılan işlemler aşağıda sıralanmıştır.

2.1.1.1. Sahil Kumu Örnekleme

Ünye ilçesindeki manyetik kum potansiyelinin belirlenmesine yönelik çalışmalar saha çalışmaları ile başlatılmıştır. Saha çalışmaları kapsamında, öncelikle ilçe sahil hattı boyunca yer alan kumsallardan toplam 20 farklı lokasyondan kum numuneleri alınmıştır. Numune alınan bu lokasyonlar, 1'den 20'ye kadar olacak şekilde örnek numaraları ile tanımlanmış ve örnekleme noktalarının konumları Şekil 1'de sunulan uydu görüntüsü üzerinde gösterilmiştir. Örnek alım çalışmaları sırasında bazı lokasyonlarda çekilen saha fotoğrafları ise Şekil 2'de verilmiştir.



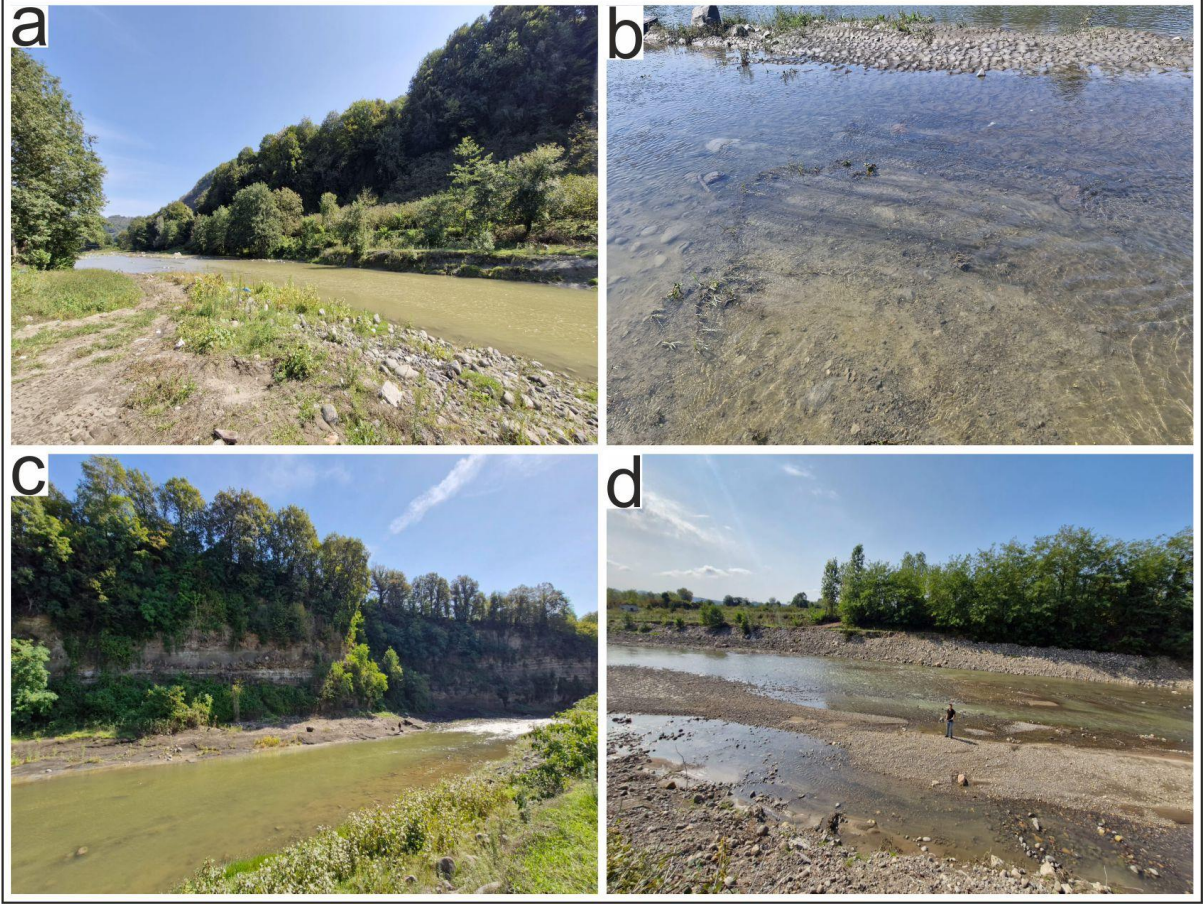
Şekil 1. Ünye sahilı boyunca deniz kumu (sarı renkli), dere kumu (yeşil renkli) ve kayac numunesi (kırmızı renkli) alım yerleri



Şekil 2. Ünye sahili boyunca kum numunesi alınma ait görseller

2.1.1.2. Dere Kumu Örnekleme

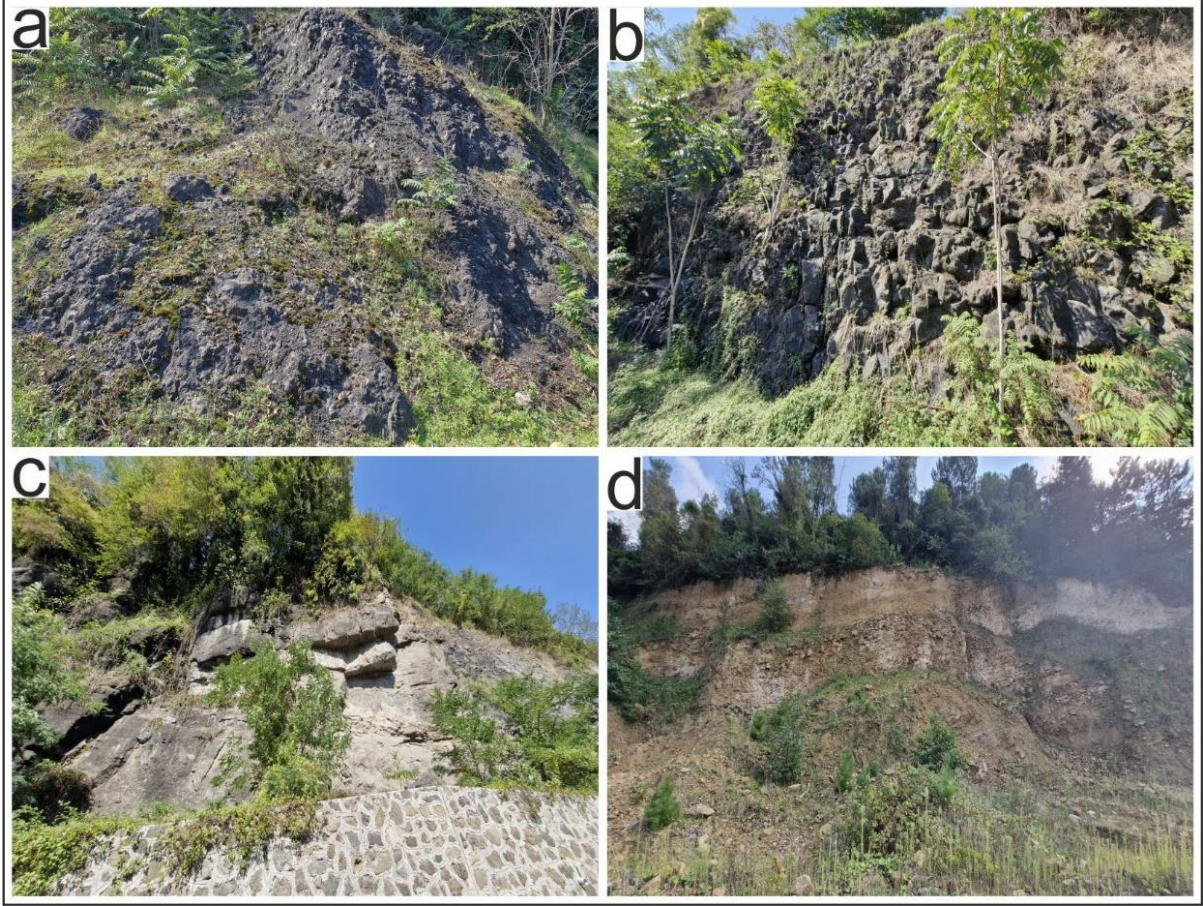
Saha çalışmalarının ikinci aşamasında Ünye sahilindeki kumun kaynak alanını belirlemek amacıyla bu sahile kırıntı taşıyan Cuma Dere, İkizce Dere ve Kurna Dere boyunca kum örnekleme yapılmış olup, örnek alım lokasyonları Şekil 1’de verilen uydu görüntüsü üzerinde yeşil renk ile gösterilmiştir. Bu üç dere yatağı boyunca toplam 10 adet kum numunesi alınmıştır ve dere kumu örnekleme yapılan bazı lokasyonlar Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca dere kumu alım noktalarının bir kısmına ait görseller

2.1.1.3. Kayaç Örneklemesi

Saha çalışmalarının üçüncü aşamasında ise Ünye sahiline kıvrıntı taşıyan Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere vadileri boyunca mostra veren kayaç türlerinin tamamını temsil edecek şekilde toplam 21 farklı lokasyondan kayaç numunesi alınmıştır. Bu kayaç numunelerinin alım yerleri Şekil 1’de verilen uydu görüntüsü üzerinde kırmızı renkli olarak gösterilmiştir. Kayaç numunesi alınan mostraların bazıları ise Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. Ünye sahiline kırıntı taşıyan vadiler boyunca mostra veren kayalara ait örnek alım noktaları

2.1.2. Laboratuvar Çalışmaları

2.1.2.1. Sahil Kumundan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması

Laboratuvar çalışmaları kapsamında yapılan işlemlerden ilki 20 farklı lokasyonlardan alınan kum numunelerinin mineralojik özelliklerini belirlemeye yönelik örnek hazırlama işlemidir. Kum örnekleri, içinde ışığı geçiren ve ışığı geçirmeyen mineraller bulunduğu için ışığı geçiren minerallerin tanımlanmasına yönelik olarak ince kesitler hazırlanmıştır. Bu süreçte kum numunelerinden ince kesit hazırlayabilmek için bu kum örnekleri öncelikle epoksi içinde kalıba alınmıştır (Şekil 5). Ardından her bir numuneden kayaç örneklerinde olduğu gibi ince kesitler hazırlanmıştır.



Şekil 5. Ünye sahiline ait kum numunelerinden ince kesit hazırlamak üzere yapılan epoksi içinde kalıplama işlemi

2.1.2.2. Sahil Kumundan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlaması

Kum örnekleri içinde bulunan ve ışığı geçirmeyen minerallerin tanımlanması için üstten ışıkla incelemeye yönelik olarak parlak kesit hazırlanması gerekmektedir. Bunun için kum örneklerinin epoksi içinde kalıba alınması gerekmektedir. Bu çalışmada 20 adet örneğin tamamı parlak kesit hazırlamak üzere epoksi içinde kalıba alınmıştır (Şekil 6). Kalıplama işlemi sonrasında örneklerin yüzeylerinin pürüzlülüğü farklı boyutta aşındırıcı tozlar kademeli olarak kullanılmak suretiyle giderilmiş ve ardından alüminyum oksit (Al_2O_3) tozu kullanılarak parlatılmıştır.



Şekil 6. Ünye sahiline ait kum numunelerinden parlak kesit hazırlamak üzere epoksi içinde kalıplama işlemi

2.1.2.3. Dere Kumundan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması

Dere kumu örnekleri içinde bulunan ışığı geçiren minerallerin tanımlanması için ince kesitler hazırlanmıştır. Bunun için 10 adet dere kumu örneği ince kesit hazırlamak amacıyla epoksi içinde kalıba alınmıştır. Şekil 7'de dere kumu örneklerinin kalıba alınmış şekilleri görülmektedir. Bu işlem sonrasında bu örneklerden ince kesitler hazırlanmak suretiyle kum bileşenlerinin mineralojik özellikleri incelenmiştir.



Şekil 7. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca alınan kum örneklerinden ince kesit yapmak üzere hazırlanmış epoksi kalıpları

2.1.2.4. Dere Kumundan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlanması

Dere kumu içindeki ışığı geçirmeyen bileşenlerin tanımlanması için parlak kesitlerin hazırlanması gerekmektedir. Parlak kesit hazırlama işlemi öncesinde kum örneklerinin epoksi içinde kalıba alınması gerekmektedir. Bunun için 10 adet dere kumu örneği parlak kesit hazırlamak amacıyla Şekil 8'de görüldüğü gibi epoksi içinde kalıba alınmıştır. Bu işlem sonrasında örneklerin yüzeylerindeki pürüzlülük, kademeli aşındırıcı tozlar (silisyum karbür) kullanılarak giderilmiş, ardından alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır.



Şekil 8. Cuma dere, İkizce dere ve Kurna dere boyunca alınan kum örneklerinden parlak kesit yapmak üzere hazırlanmış epoksi kalıpları

2.1.2.5. Kayaçlardan İnce Kesit Örneklerinin Hazırlanması

Ünye sahilinde bulunan manyetik kumların kaynak alanının belirlenmesi için bu sahile kırıntı taşıyan vadiler boyunca bulunan kayaç türlerinin mineralojik özelliklerinin incelenmesi ve sahilde bulunan kum ile jenetik ilişkisinin araştırılması gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak hedef saha içinde tanımlanmış farklı kayaç türlerinden örnekleme yapılmıştır. Bu kayaç türleri içinde bulunan ve ışığı geçiren minerallerin tanımlanması için 21 farklı örnekten ince kesit hazırlanmıştır. Bu örneklerin bir kısmının kumtaşı, kiltası, marn ve tuf gibi gevşek

yapıda olması nedeniyle bu örnekler epoksi içinde kalıba alınarak sağlamlaştırılmıştır (Şekil 9). Daha sonra hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan incelemeler ile bu kayaçların mineralojik bileşimleri ile sahil kumu arasındaki jenetik ilişkiler ortaya konmuştur.



Şekil 9. Ünye çevresinde mostra veren kayaç türlerinden ince kesit hazırlamak üzere hazırlanan epoksi kalıpları

2.1.2.6. Kayaçlardan Parlak Kesit Örneklerinin Hazırlanması

Ünye sahiline kırıntı malzeme sağlayan saha içindeki kayaçların mineralojik özelliklerinin belirlenebilmesi için, bu kayaçlar bünyesinde bulunan ışığı geçirmeyen (opak) minerallerin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, söz konusu kayaç türlerinde bulunan opak minerallerin tanımlanabilmesi için örneklerden parlak kesit hazırlanmıştır. İncelenen örneklerdeki hedef opak minerallerin manyetik özellikler göstermesi nedeniyle, sahadan

derlenen kayaç örnekleri öncelikle mıknatıs ile kontrol edilmiş; manyetik mineral içeren örnekler seçilerek bunlardan parlak kesit hazırlanması planlanmıştır. Bu doğrultuda sahadan derlenen toplam 21 farklı kayaç örneğinden 14 adedi parlak kesit hazırlanmak üzere seçilmiştir. Örneklerin bir kısmının gevşek dokulu kayaçlardan oluşması nedeniyle, parlak kesit hazırlığı öncesinde mekanik dayanımlarının artırılması amacıyla epoksi reçine içinde kalıba alınmıştır (Şekil 10). Kalıplama işlemi sonrasında örneklerin yüzeylerindeki pürüzlülük, farklı boyutta silisyum karbür tozları kullanılarak giderilmiş ardından alüminyum oksit tozu kullanılarak parlatılmıştır.



Şekil 10. Ünye ilçesi çevresinde mostra veren kayaçlardan parlak kesit hazırlamak üzere hazırlanan epoksi kalıpları

2.1.3. Jeokimyasal Analiz Amaçlı Örnek Hazırlama

Ünye sahilinden derlenen 20 adet kum örneğinin ana ve iz element içeriklerini belirlemek üzere jeokimyasal analiz yaptırılması planlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak 20 adet örneğin her birinden analiz için istenen 50 g örnek seçilmiş ve dane boyutu 75 mikronun altında olacak şekilde öğütülmüştür. Örnekler analize hazır hale getirildikten sonra ALS laboratuvarına (Kanada) gönderilmiş ve analizleri yaptırılmıştır.

2.1.4. Kum Örneklerinin Granülometrisinin ve İndeks Özelliklerinin Belirlenmesi

Gerçekleştirilen saha çalışmasıyla 20 farklı lokasyondan derlenen örselenmiş kum örnekleri üzerinde dane boyu dağılımı ve indeks özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Örselenmiş kum örnekleri USCS'ye (Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması) göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca, kum örnekleri üzerinde yapılan indeks deneyler sonucunda doğal yoğunluğu ve kuru yoğunluğu değerleri belirlenmiştir.

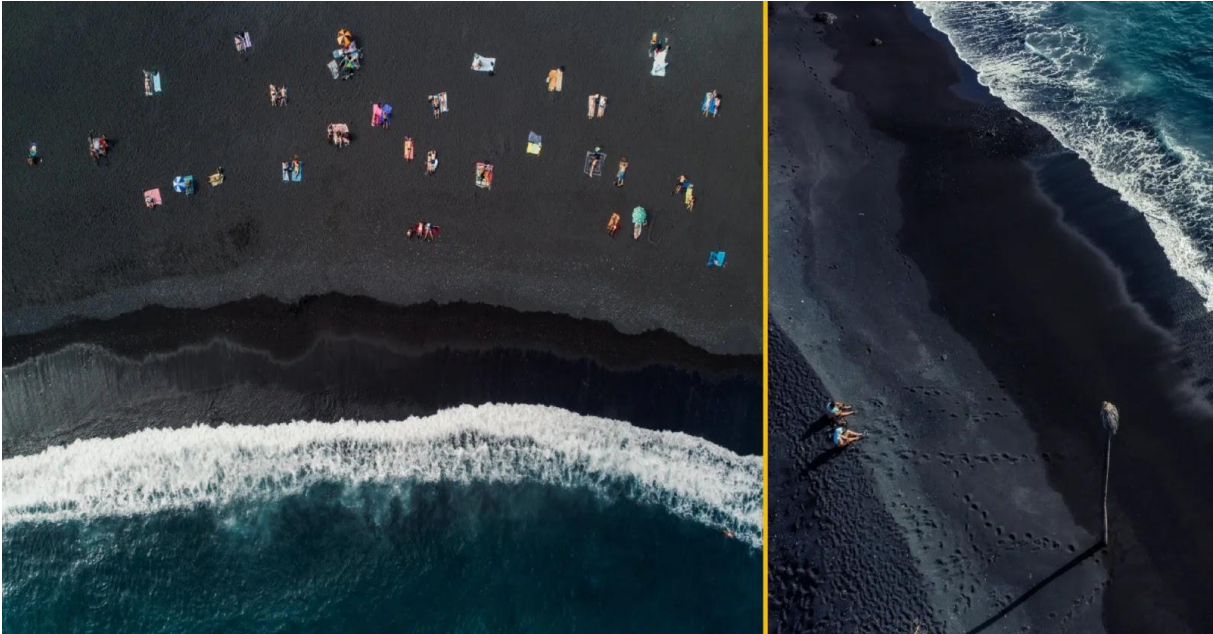
2.1.5. Jeofizik Çalışmalar ile Yaklaşık Kum Rezervinin Belirlenmesi

İnceleme kapsamında her bir örnek lokasyonunda birer adet olmak üzere 20 profil boyunca PASİ Geo-24 marka sismik cihazla MASW (Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi) yöntemi uygulanarak jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan sismik kırılma çalışmasıyla P ve S dalga hızları belirlenerek kumların kalınlıkları ve kaç katmandan oluştukları saptanmıştır. Yaklaşık kum rezervini tespit etmek için sahil yüzey alanı ve kum derinliği verilerinden yararlanılmıştır. Kum rezervinin manyetik mineral içeriğinin saptanmasında kum örneklerinde yapılan ana oksit element analizlerinde belirlenen demir miktarı yüzdesinden yararlanılmıştır.

3. MANYETİK KUM NEDİR?

3.1. Manyetik Kumun Tanımı

Manyetik kum, doğal manyetizmaya sahip ağır minerallerin yüksek konsantrasyonu nedeniyle güçlü manyetik özellikler gösteren bir kum türüdür. Manyetik kum, genellikle manyetit ($\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$) minerali açısından zengin olan doğal kum birikintilerini ifade eder; bu nedenle manyetik duyarlılığı yüksek, koyu renkli ve “siyah kum” görünümü veren zonlar şeklinde sahada kolayca ayırt edilebilir. Bu birikintiler, yüksek yoğunluklu minerallerin dalga veya rüzgâr hareketiyle hidrodinamik/aerodinamik olarak seçilerek ayrışması ve tekrar tekrar yeniden taşınıp elenmesi sonucunda sahil şeritlerinde, nehir ağızlarında, delta alanlarında veya kumullarda belirli kesimlerde yoğunlaşmasıyla oluşur (Şekil 11). Bu süreçte, daha hafif mineraller (örneğin kuvars, feldspat gibi) su veya rüzgâr tarafından daha kolay taşınırken, yoğunlukları yüksek olan ağır mineraller (özellikle manyetit, ilmenit, hematit) akış enerjisinin düştüğü koşullarda daha hızlı çöker; böylece plaj yüzeyi boyunca merceklenmiş tabakalar, şeritler veya ince bantlar halinde siyah renkli birikim zonları meydana gelir. Bu tür zenginleşme, özellikle dalga kırılması, kıyı boyunca akıntılar ve rüzgârın savurma etkisiyle “yıkama–eleme” mekanizmasının tekrarlanması sonucu ağır minerallerin belirli noktalarda birikmesine ve manyetik kumun yerel olarak yüksek tenörlere ulaşmasına zemin hazırlar.



Şekil 11. Sahil şeridinde şerit halinde biriken manyetik kum

Ağır mineral kumları, kuvarsinkinden ($\sim 2,65 \text{ g/cm}^3$) daha yüksek yoğunluklara sahip yardımcı silikastik mineral bileşenleri olarak tanımlanır; manyetit de dahil olmak üzere çoğu

ağır mineralin yoğunluğu 2.9 g/cm³'ün üzerindedir (Nzeh ve Popoola, 2024). Bu tanım, ağır minerallerin sedimanter ortamlarda “ana kütleyi” oluşturan kuvars–feldispat gibi hafif danelere göre daha kolay sečilmesine ve uygun enerji koşullarında belirli zonlarda yoğunlaşmasına açıklık getirir. Manyetit kendisi, yaklaşık 5 g/cm³ yoğunluğa sahip metalik siyah bir demir oksittir ve bir mıknatısa güçlü bir şekilde çekilen az sayıdaki doğal mineralden biridir (Earle, 2015). Bu nedenle manyetitçe zengin kumlar hem sahada gözlemsel olarak koyu renkli bantlar halinde ayırt edilebilir hem de basit manyetik testlerle hızlı biçimde tanımlanabilir; yoğunluk ve manyetik davranış birlikte, bu kumların karakteristiğini belirleyen temel fiziksel ölçütlerdir.

Manyetik kumlar, ağır mineral kumları (heavy mineral sands) olarak da adlandırılır ve bu grup içinde genellikle manyetit, ilmenit (FeTiO₃), hematit (Fe₂O₃), rutil (TiO₂), zirkon (ZrSiO₄) ve granat gibi mineraller bulunur. Bu tür birikintiler, özellikle volkanik kökenli kayaların ayrışması ve taşınması sonucu oluşan ikincil tortul birikintilerdir; yani birincil kayadaki mineral bileşenleri mekanik ayrışma ile serbestleşir, akarsu ve kıyı süreçleriyle taşınır ve hidrolik seçilime uğrayarak “plaser” karakterli zenginleşmeler oluşturur. Magmatik ve metamorfik kayaların aşınması, volkanik patlamalar ve hidrotermal faaliyetler manyetit içeren tortullar üretir; bu kaynaklardan türeyen ağır daneler daha sonra akıntılar ve dalgalar tarafından ayrıştırılır ve böylece plajların arka kısımlarında, dalga kırılma zonu gerisinde veya nehir yataklarında siyah manyetit çizgileri birikir. Bu tür siyah kumlara genellikle demir kumu, manyetit kumu veya siyah kum denir ve çoğunlukla koyu gri–siyah renkleriyle, ağırlıklı olarak silikadan oluşan yaygın açık renkli kumlardan belirgin biçimde ayrılır (Novita vd., 2023). Bu kum, özellikle mekanik ayrışma ve hidrolik ayırma işlemlerinin yoğun mineralleri seçerek deriştirdiği kıyı ve nehir ortamlarında olmak üzere çeşitli jeolojik ortamlarda bulunan doğal olarak oluşan granüler bir malzemedir (Sriatun, 2018). Manyetik kumun tanımlayıcı özelliği, manyetik alanlara duyarlılığıdır; bu sayede basit bir mıknatıs kullanılarak manyetik olmayan bileşenlerden ayrılmasına olanak tanır ve bu pratik özellik, hem arazi gözlemlerinde hem de ön zenginleştirme/ayırma yaklaşımlarında işlevsel bir avantaj sağlar (Togibasa vd., 2018). Manyetik kumların oluşumunda en önemli faktörlerden biri, manyetit mineralinin ferromanyetik özelliğidir: Fe²⁺ ve Fe³⁺ iyonlarının belirli bir kristal yapı içinde düzenlenmesi net bir manyetik moment üretir ve bu durum, karışık kum daneleri içinde manyetik bileşenin sečilmesini ve manyetitçe zengin fraksiyonların kolaylıkla ayrışmasını destekler. Böylece, dalga veya rüzgârla taşınan sedimanlar içinde ağır ve manyetik minerallerin belirli koşullarda yoğunlaşması mümkün olur; sonuçta manyetik

kumlar hem geçmiş jeolojik/jeomorfolojik süreçlerin izini taşıyan bir gösterege hem de ağır mineral potansiyeli açısından dikkat çeken bir doğal birikim tipi olarak değerlendirilir.

3.2. Manyetik Kumun İçeriği ve Özellikleri (Genel Özellikler)

Manyetik kumun başlıca bileşeni manyetit (Fe_3O_4) olup, bu mineral demirin oksit formunda hem Fe^{2+} hem de Fe^{3+} iyonlarını birlikte içerir. Manyetit, spinel kristal sistemine sahip bir oksit mineraldir ve yüksek yoğunluğu ($\sim 5.17\text{--}5.2 \text{ g/cm}^3$) ile karakterizedir. Bu değer, ağır mineral kumları içindeki yoğunluk temelli hidrolik seçim süreçlerinde manyetitin kolaylıkla “ağır fraksiyon” içinde yoğunlaşmasına da katkı verir. Ayrıca Mohs sertliği 5.5–6.5 arasında değişmektedir ve bu sertlik–yoğunluk kombinasyonu, manyetit danelerinin doğal ortamlarda uzun mesafeli taşınım sırasında mekanik aşınmaya görece dayanıklı kalmasını, dolayısıyla nehir ve kıyı ortamlarında danelerin tekrar tekrar yeniden işlenmesine rağmen varlığını sürdürebilmesini sağlar. Bu nedenle manyetitçe zenginleşmiş manyetik kumlar, yalnızca kimyasal bileşim açısından değil, aynı zamanda fiziksel dayanım ve danelerin taşınım/çökelim dinamikleri açısından da ayırt edici bir karakter taşır.

Manyetit mineralleri ferromanyetik davranış gösterir; yani kristal yapı içindeki Fe^{2+} ve Fe^{3+} iyonlarının spin yönleri kısmen zıt olsa da tamamen birbirini götürmeyen bir düzenlenme sonucu net bir manyetik moment oluşur. Bu net manyetik moment, manyetit danelerinin dış manyetik alanlara yüksek duyarlılık göstermesinin temel nedenidir ve özellikle danelerin serbestleştiği tortul karışımlar içinde manyetik ayırma süreçlerinin etkin çalışmasına olanak tanır. Bu durum, manyetitin doğada kalıcı manyetizma gösterebilen en güçlü doğal manyetik minerallerden biri olarak kabul edilmesini de açıklar; dolayısıyla manyetik kumların “mıknatısa belirgin tepki veren” davranışı doğrudan bu mineralin kristal-kimyasal özelliklerinden kaynaklanır. Sahadaki pratik gözlemlerde, manyetitçe zengin zonların mıknatısla kolayca çekilmesi veya manyetik olmayan bileşenlerden hızlı biçimde ayrılması, bu ferromanyetik yapının doğal bir sonucudur.

Manyetik kumun diğer önemli bileşenleri ilmenit (FeTiO_3), hematit (Fe_2O_3), magnezyoferrit (MgFe_2O_4), rutil (TiO_2) ve zirkon (ZrSiO_4) gibi ağır minerallerdir. İlmenit zayıf manyetik özelliğe sahip olmakla birlikte titanyum kaynağı olarak endüstriyel öneme sahiptir; bu nedenle manyetik kum birikimleri yalnızca demir içeriği açısından değil, eşlik eden Ti-mineralleri açısından da ekonomik değer taşıyabilir. Hematit paramanyetik özellik gösterir ve oksidasyon koşullarında oluşur; bu özellik, demir oksitlerin mineralojik dönüşümlerinin (örneğin daha oksitleyici koşullarda hematitleşme eğiliminin) birikintinin bileşimini ve manyetik tepkisini nasıl değiştirebileceğini de ima eder. Magnezyoferrit ferrit

türü olup magnezyum ve demir oksitlerinden oluşur; rutil ve zirkon ise radyasyon direnci yüksek mineraller olup ağır mineral kumlarının yan ürünleri arasında sayılır ve zenginleşme koşullarına bağlı olarak ağır fraksiyonda iz veya yan bileşen olarak bulunabilir. Bu minerallerin oranları, bölgesel jeolojik yapı, kaynak kaya türü ve ayrışma koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterir; dolayısıyla aynı kıyı sistemi içinde dahi, farklı beslenme kaynaklarına veya farklı hidrodinamik enerji rejimlerine sahip segmentlerde mineralojik kompozisyonun değişmesi beklenir.

Bu değişkenliğe somut bir örnek olarak, Endonezya Tor Nehri deltası, Mısır Akdeniz kıyıları veya Alaska sahil birikintileri üzerinde yapılan çalışmalar, manyetik kumların çoğunlukla manyetit (%40–70), ilmenit (%10–25) ve hematit (%5–10) içerdiğini göstermiştir (Abdel-Karim ve Barakat, 2017; Togibasa vd., 2018). Bu aralıklar, birikintinin yalnızca kaynağını değil, aynı zamanda taşınım sırasında gerçekleşen hidrolik ayırmayı ve kıyı/akarsu süreçlerinin “yeniden işleme” kapasitesini de yansıtır; çünkü yüksek yoğunluklu daneler, enerji koşullarının elverişli olduğu evrelerde seçilerek belirli zonlarda derişebilir. Buna paralel olarak, manyetik kumların rengi genellikle siyah veya koyu gri olup, bu renk yüksek demir oksit konsantrasyonundan kaynaklanır ve sahada açık renkli kuvarsça zengin kumlara kıyasla belirgin kontrast oluşturur. Fiziksel olarak ince daneli (0.1–0.5 mm) yapıya sahip olmaları, hem taşınımında süspansiyon–tuzlanma rejimlerine duyarlılığı artırır hem de yoğunluk farklarının etkili olduğu hidrolik ayırma koşullarında ağır fraksiyonun “ince bantlar” halinde birikmesine zemin hazırlar; buna ek olarak, mıknatısla kolayca çekilebilmeleri mineralojik bileşimin pratik bir göstergesi olarak kullanılabilir.

Jeolojik açıdan, manyetik kumlar volkanik kökenli kayaçların ayrışması sonucu ortaya çıkan demir oksitlerin, nehir ve deniz süreçleriyle taşınarak mekanik olarak ayrışması ve ağır mineral fraksiyonunun seçilerek birikmesi sonucu oluşur. Bu birikim, çoğu zaman dalga etkisi, kıyı boyunca akıntılar ve akarsu taşınımının birlikte çalıştığı ortamlarda, ağır danelerin enerji düşüşü yaşanan kesimlerde çökmesiyle hızlanır; böylece yer yer siyah bantlar, merceler veya zonlar şeklinde manyetitçe zenginleşmiş seviyeler gözlenir. Ekonomik olarak bu kumlar, demir cevheri, titanyum oksit üretimi, seramik sanayi ve manyetik malzeme üretimi gibi alanlarda kullanılmaktadır; bu kullanım çeşitliliği, birikintideki manyetit–ilmenit–hematit gibi bileşenlerin birlikte bulunmasına ve fiziksel ayırma yöntemleriyle farklı ürün fraksiyonlarının elde edilebilmesine dayanır. Sonuç olarak, manyetik kumlar hem jeolojik araştırmalar hem de madencilik faaliyetleri açısından önemli bir doğal kaynaktır; içeriğindeki manyetit, yüksek manyetik duyarlılığı ve yüksek demir oksit oranı nedeniyle bu kumların fiziksel, kimyasal ve endüstriyel değerini belirleyen ana bileşen konumundadır.

4. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE MANYETİK KUM MADENCİLİĞİ

Türkiye’de ve dünya genelinde manyetik kum madenciliği çoğunlukla manyetit ($\text{Fe}_2+\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$) ve daha az oranda ilmenit (FeTiO_3), hematit (Fe_2O_3) gibi ağır mineraller içeren plaj kumlarının çıkarılmasıyla ilişkilidir. Bu tür birikimler, “ağır mineral plaserleri” niteliğinde olup mineral danelerinin yüksek yoğunluk ve (manyetit özelinde) belirgin manyetik duyarlılık gibi fiziksel özellikleri nedeniyle doğal seçilime uğrayarak belirli kıyı zonlarında yoğunlaşmasıyla tanımlanır. Bu kumlar yüksek yoğunlukları ve manyetik özellikleri sayesinde dalga veya rüzgâr hareketiyle sahil kesimlerinde birikir; özellikle kıyı boyunca akıntılar ve dalga kırılma süreçleri, hafif mineralleri yeniden taşıırken ağır danelerin kısa mesafelerde tekrar tekrar elenerek bantlar veya tabakalar halinde zenginleşmesine zemin hazırlar. Madencilik uygulamalarında da bu fiziksel farklar belirleyicidir; pratikte malzeme kazı/drenaj veya yüzeyden sıyırma gibi yöntemlerle alınır ve manyetik ayırma ile yoğunluk farkına dayalı zenginleştirme adımlarıyla hedef mineral fraksiyonu ayrıştırılabilir. Dünya çapındaki çelik üretimine ve yeni endüstriyel uygulamalara olan talep artışı, manyetit danelerinin yoğunlaştığı bu kumların madenciliğini ekonomik hale getirmiştir; çünkü yüksek tenörlü ağır mineral fraksiyonu, düşük tenörlü kayaç işletmeciliğine kıyasla birim ürün için daha sınırlı kırma-öğütme ihtiyacı doğurabilir ve bu da işletme mantığını cazip kılabilir. Bununla birlikte, kıyı zonlarının dinamik sediman bütçesi ve habitat hassasiyeti nedeniyle plaj madenciliği; deniz ekosistemleri üzerinde habitat kaybı ve bulanıklık artışı, kıyı erozyonu üzerinde hızlandırıcı etkiler ve turizm üzerinde görsel/işlevsel baskılar gibi sonuçlara yol açabileceğinden, bazı ülkelerde çevresel etki değerlendirmesi, rehabilitasyon yükümlülükleri ve kıyı koruma politikaları bağlamında tartışmalara neden olmaktadır. Bu nedenle manyetik kum işletmeciliği, ekonomik getirinin yanı sıra kıyı morfolojisi ve ekosistem sürdürülebilirliğiyle uyumlu, yer seçimi ve işletme ölçeği açısından kontrollü yaklaşımlar gerektiren bir faaliyet alanı olarak ele alınmaktadır (Bülbul vd., 2017).

4.1. Küresel Pazarın Durumu

Küresel manyetit (manyetik kum) pazarının büyüklüğü 2023’te yaklaşık 25 milyar ABD doları olarak değerlendirildi; özellikle çelik üretimindeki artış, maden zenginleştirme teknolojilerindeki ilerlemeler ve batarya/kaplama gibi yeni uygulamalar sayesinde pazarın 2032’ye kadar 37.5 milyar ABD dolarına ulaşacağı ve %4.5’lik bileşik yıllık büyüme oranı (CAGR) göstereceği tahmin ediliyor. Bu tür öngörülerde manyetit, demir-çelik değer zincirinde temel girdi olmasının yanı sıra; konsantre ve pelet gibi daha işlenmiş ürün formları üzerinden de değerlendirildiği için, talep artışı yalnızca “cevher” düzeyinde değil,

zenginleştirme ve aglomerasyon kapasitesiyle birlikte ele alınmaktadır. Raporda Asya Pasifik bölgesinin, yüksek çelik üretimi ve bol manyetit rezervleri nedeniyle pazarın en büyük payına sahip olacağı vurgulanıyor; ayrıca bölgenin 2023 itibarıyla küresel pazar içinde yaklaşık %50'lik payla öne çıktığı ve bu payın 2032'ye doğru artmasının beklendiği ifade ediliyor (URL-1).

Diğer bir öngöründe ise manyetit pazarının 2026'da 130.8 milyar ABD Dolarına ulaşacağı ve büyümenin ana nedeninin Çin'in inşaat, otomotiv ve gemi yapımı sektörlerindeki artan demir cevheri talebi olduğu belirtiliyor (URL-2). Buradaki tahminlerin, raporlar arasında pazar tanımı ve kapsamı (örneğin cevher/konsantre/pelet ve farklı son kullanım alanlarının dahil edilme biçimi) değişebildiği için, 2032'ye uzanan daha dar kapsamlı bir projeksiyonla karşılaştırıldığında daha yüksek bir toplam değer üretmesi mümkündür; bu durum, manyetit pazarının hangi ürün formu ve uygulama setiyle ölçüldüğüne duyarlı bir sonuçtur. Manyetit demir cevheri pazarı üzerinde 2024'te yayımlanan bir çalışma, pazar değerinin 108.42 milyar ABD doları olduğunu ve 2034'e kadar 157.86 milyar ABD dolarına yükseleceğini belirterek tüketim hacminin 1.47 milyar tondan 1.87 milyar tona çıkacağını öngörmektedir. Çalışma ayrıca, enerji geçişine bağlı olarak yüksek tenörlü manyetit peletlerine olan talebin arttığını ve demir-çelik sektörünün karbon salınımı azaltma hedefleriyle birlikte manyetit kullanımının önem kazandığını vurgulamaktadır (URL-3); bu vurgu, özellikle doğrudan indirgeme (DRI) gibi daha düşük emisyonlu üretim rotalarında "yüksek kaliteli pelet" gereksinimiyle uyumludur.

4.2. Önde Gelen Ülkeler ve Rezervler

Dünya Demir Cevheri Üretimi ve Rezervleri: ABD Jeoloji Araştırması (USGS) verilerine göre dünya çapında 2023'te yaklaşık 2.5 milyar ton kullanılabilir demir cevheri üretilmiştir. Bu değer, USGS'nin demir cevheri istatistiklerini "kullanılabilir cevher" (usable ore) esasına göre raporlaması nedeniyle, çelik üretiminde hammadde olarak değerlendirilebilen cevher çıktısını temsil etmektedir. Üretimin büyük kısmı, demir oksitçe zengin manyetit ve hematit içeren yatlardan sağlanmakta; bu iki cevher türü gerek doğrudan sevk edilebilen ürünler gerekse zenginleştirme ve peletleme gibi işlemler sonrasında çelik endüstrisinin ana besleme kaynakları arasında yer almaktadır. USGS aynı tabloda, ülkeler bazında maden üretimini (kullanılabilir cevher ve demir içeriği) ve rezervleri (kaba cevher ve demir içeriği) birlikte sunduğundan, Tablo 1'de hem üretim ölçeğinin hem de rezerv büyüklüklerinin karşılaştırmalı biçimde görülmesi mümkündür; en büyük üreticiler ve rezervleri Tablo 1'de şöyle özetlenebilir (U.S. Geological Survey, 2024; URL-4).

Plaser Manyetit Yataklarına Sahip Ülkeler: Klasik demir cevheri üreticilerinin yanında, sahil plajlarında ve sığ deniz ortamlarında dalga–akıntı süreçleriyle yoğunlaşmış plaser nitelikli manyetit kumu barındıran ülkeler de bulunmaktadır. Bu tür birikimler, manyetit gibi yüksek yoğunluklu danelerin kıyı boyunca doğal olarak “seçilerek” belirli zonlarda birikmesiyle oluştuğundan, zaman zaman geleneksel karasal demir cevheri yataklarından farklı bir madencilik yaklaşımı ve çevresel yönetim çerçevesi gerektirmektedir. Bir gazete makalesi Japonya, Yeni Zelanda, Endonezya ve Filipinler’in büyük manyetit kum rezervlerine sahip dört ülke olduğunu belirtmektedir (URL-5). Yeni Zelanda’daki Güney Taranaki Bight bölgesinde (Şekil 12) deniz tabanındaki demir kumlarının yılda 50 milyon ton üretilmesi planlanırken, deniz tabanı ekosistemleri, sedimentin yeniden süspansiyonu ve kıyısız süreçlere olası etkiler gibi çevresel endişeler nedeniyle projeler kamuoyunda tartışılmaktadır (URL-6). Filipinler’de Cagayan eyaletinde JDVC Resource Corporation’ın yaklaşık 632 milyon ton olası manyetit kum rezervine sahip olduğu ve şirketin günde 10000 ton çıkarmayı planladığı bildirilmektedir (URL-5); bu ölçekteki hedefler, plaj/nehir ağzı sistemlerinde sediment bütçesi ve kıyı dinamiği açısından değerlendirme ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. Uluslararası Mineral Kaynakları Grubu (IMRG) ise Filipinler’de Aparri ve Butuan açıklarında “yenilenen deniz manyetit kumu” projeleri yürütmekte ve ülke genelinde yaklaşık bir milyar ton manyetit kum rezervini kontrol ettiğini iddia etmektedir (URL-7); bu tür “yenilenme” vurgusu, sediman taşınımı ve birikim süreçlerinin sürekliliğine atıf yapsa da, pratikte işletme ölçeği ile doğal yeniden beslenme hızının uyumu ve çevresel etkilerin yönetimi gibi başlıkları daha kritik hale getirmektedir.



Şekil 12. Güney Taranaki'deki Patea plajının siyah kumları (URL-6)

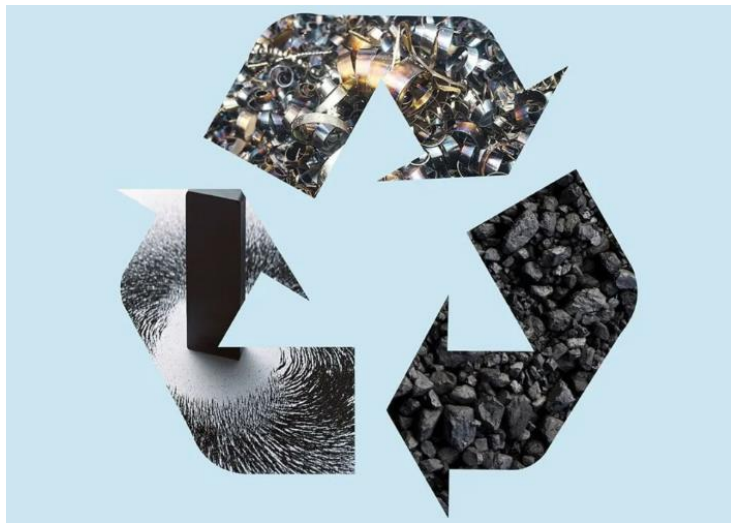
Tablo 1. Dünyadaki en büyük demir üreticileri ve rezervleri

Ülke	2023 Kullanılabilir Cevher Üretimi (kt)	Demir İçeriği (kt)	Rezerv (Ham Cevher / Demir İçeriği)	Notlar
Avustralya	960000	590000	658000 / 370000	Dünyanın en büyük ihracatçısı; Pilbara bölgesinde Rio Tinto, BHP ve Fortescue'nun dev açık ocakları bulunmaktadır.
Brezilya	440000	280000	34000 / 17000	Vale'nin Carajás kompleksi dünyanın en büyük entegre demir cevheri madeni olup yüksek tenörlü hematit ve manyetit üretir.
Çin	280000	170000	21000 / 7000	Dünya çeliğinin yarıdan fazlasını üretir; Datiegou gibi büyük manyetit madeni vardır.
Hindistan	270000	170000	5500 / 3400	Odisha ve Karnataka'daki manyetit/hematit yatakları; NMDC ve Tata Steel önde gelen şirketlerdir.
Rusya	88000	53000	25000 / 14000	Kursk manyetik anomalisi ve Kola Yarımadası'nda titanomanyetit rezervleri bulunur.
Güney Afrika	61000	40000	1200 / 790	Kumba Iron Ore şirketi Sishen ve Kolomela madenlerinden yüksek tenörlü manyetit peletleri üretir.
Kanada	54000	32000	6 000 / 2600	Labrador'da IOC, Quebec'te ArcelorMittal operasyonları vardır.
Türkiye	17000	10000	152 / 99	Ülke rezervleri sınırlıdır; Avnik (Bingöl) apatitle bağlı manyetit yatağı ve Doğu Karadeniz sahillerindeki plaser manyetit kumları önemli potansiyel oluşturur.

4.3. Endüstriyel Kullanım ve Talep

4.3.1. Özelleşmiş Sektörler

Ağır Ortam (Dense Media) Ayırımı / Kömür Yıkama: Manyetit endüstride en çok yoğun ortam ayırımı için kullanılır; kömür yıkama ve metal geri dönüşüm tesisleri, su-manyetit karışımıyla oluşturulan yoğun bir bulamaç (dense medium slurry) üzerinden farklı yoğunluktaki parçaları fiziksel olarak birbirinden ayırır. Bu yaklaşımda temel prensip, ortam yoğunluğunun manyetit konsantrasyonu ile kontrol edilmesi ve beslenen karışımın yoğunluğu daha yüksek olan kısmının “batarak” ağır fraksiyona, daha düşük olan kısmının ise “yüzerek” hafif fraksiyona ayrılmasıdır; böylece kömür yıkamada kül/taş içeriği yüksek parçalar ağır fraksiyona giderken, daha temiz kömür hafif fraksiyonda toplanabilir. İsveçli LKAB Minerals, %99 saflıkta manyetit ürünlerinin kömür yıkama, metal geri dönüşümü (Şekil 13) ve ağır mineral zenginleştirmede kullanıldığını; yüksek yoğunluğu (5.1 ton/m³) ve ferromanyetik özellikleri sayesinde manyetitin proses sonunda tekrar kazanılabildiğini belirtmektedir. Bu geri kazanım, ayırım işlemi tamamlandıktan sonra bulamaç içindeki manyetitin manyetik ayırıcılarla (örneğin manyetik tambur/separatör sistemleri) toplanarak yeniden devreye alınmasına dayanır; böylece hem tüketim maliyeti düşer hem de proses yoğunluğunun stabil tutulması kolaylaşır. Yoğun ortam ayırımı, pratikte kırılmış cevherin uygun ekipman (örneğin banyo tipi ayırıcılar veya hidrosiklon temelli devreler) içinde, yoğun bir akışkan ortamda sınıflandırıldığı bir “bat-çıkır” yöntemidir; ağır mineraller/yoğun parçalar aşağı yönlü akımla toplanırken, hafif parçalar üst akım veya taşma hattı üzerinden uzaklaştırılır (URL-8).



Şekil 13. Manyetit ile gerçekleştirilen ağır ortam ayırma sürecinde kullanılan malzemelerin (kömür, metal ve mineraller) geri dönüşüm döngüsü (URL-8)

Manyetit Peletleri / Çelik Üretimi: Yüksek tenörlü manyetit konsantreleri, doğrudan indirgenmiş demir (DRI) üretimi ve pelet üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Peletleme yaklaşımı, ince daneli konsantrelerin bağlayıcılarla birlikte aglomere edilerek standart boyut ve dayanımda bir besleme malzemesine dönüştürülmesini sağladığı için, hem yüksek fırın hem de DRI rotalarında proses kararlılığı açısından önemli bir avantaj sunar. Bu kapsamda yüksek tenör, düşük gang minerali içeriği ve daha öngörülebilir kimyasal bileşim; indirgeme verimini, enerji tüketimini ve oluşan cüruf miktarını doğrudan etkileyen kritik parametreler olarak öne çıkar. Rapora göre ABD’de üretilen demir cevherinin %97’si manyetit peletlerden oluşmaktadır; özellikle hidrojen esaslı DRI süreçlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, yüksek tenörlü manyetit peletlerinin önemi daha da artmaktadır. Hidrojenle indirgeme uygulamalarında besleme malzemesinin saflığı ve kalite sürekliliği daha belirleyici hale geldiğinden, yüksek tenörlü manyetit peletleri hem ürün kalitesini hem de düşük karbonlu üretim hedefleriyle uyumu destekleyen stratejik bir hammadde formu olarak değerlendirilmektedir (URL-3).

Ağır Beton ve Radyasyon Kalkanı: Manyetit, yüksek yoğunluğu sayesinde nükleer santraller ve hastanelerde radyasyon kalkanı olarak kullanılan ağır betonun üretiminde agregat olarak kullanılır; bu amaçla manyetit agregası betonun birim hacim ağırlığını artırarak, radyasyon zayıflatma/soğurma performansının yükselmesine katkı verir. Hammaddeler madenlerden çıkarılırken, istenen ürünü istenmeyen atık malzemelerden ayırmak zorlu bir iş olabilir; özellikle doğal cevherlerin birlikte bulunduğu ortamlarda gang mineralleri ve farklı safsızlık türleri, üretilecek ürünün kalite gereksinimleri açısından ek zenginleştirme ve kontrol adımlarını gerekli kılabilir. Ancak manyetit söz konusu olduğunda, üreticiler temel fizik kurallarını kullanarak değerli olanı değersiz olandan ayırabilir ve yoğun ortam ayırma (DMS) yoluyla zararlı ve hatta toksik yan ürünleri azaltabilirler (Şekil 14); burada ayırımın ana mantığı, manyetit gibi yüksek yoğunluklu ve ferrimanyetik bir malzemenin yoğun ortam proseslerinde kontrol edilebilir bir ayırma ortamı oluşturması ve proses sonunda manyetik yöntemlerle yeniden kazanılabilir olmasıdır. QMAG firmasına göre manyetit; boya, gübre, su filtrasyonu, yapı malzemeleri ve spor ekipmanları gibi özel pazarlarda da yoğun şekilde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım, manyetitin yalnızca “demir cevheri” olarak değil, fiziksel özellikleri (yüksek yoğunluk, manyetik duyarlılık ve proses uyumluluğu) sayesinde çok farklı sektörlerde fonksiyonel bir katkı malzemesine dönüşebildiğini göstermektedir. QMAG’ın listesinde manyetit; abrasivler, gübre ve mikro besinler, otomotiv fren balataları, kozmetik, döküm, yüksek yoğunluklu beton ballastları, manyetik reklam malzemeleri, ferrofluidler, tıp, boru kaplamaları, güç santrali emisyon azaltımı, manyetik koruma ve kırımım, güneş pilleri,

spor ekipmanları, atık su ve içme suyu arıtımı sektörlerinde yer alır (URL-9); dolayısıyla ağır beton gibi mühendislik uygulamalarından çevresel arıtmaya ve endüstriyel üretim proseslerine uzanan geniş bir kullanım yelpazesi içerisinde değerlendirilmektedir.



Şekil 14. Manyetit kullanılarak gerçekleştirilen ağır ortam ayırma (Dense Media Separation – DMS) sürecinde hammadde, metal hurdası ve kömürün işleme aşamaları

4.3.2. Endüstriyel Uygulamalar

Pigment ve Kaplama Sanayi: Reade firması, manyetitin “Mars Black” olarak bilinen doğal siyah pigment formunda boyalar ve mürekkepler başta olmak üzere pigment uygulamalarında kullanıldığını, ayrıca manyetik sıvılar (magnetic fluids) gibi manyetizmaya dayalı sistemlerde de değerlendirilerek hem renk verici hem de fonksiyonel bir katkı malzemesi niteliği kazandığını belirtmektedir. Aynı kaynakta manyetitin endüstriyel ölçekte yalnızca pigment/kaplama alanıyla sınırlı kalmadığı; Haber-Bosch sürecinde gübre üretimine yönelik katalizör olarak yer aldığı, gübrelerde mikro besin (demir kaynağı) şeklinde kullanılabilirdiği ve yüksek yoğunluklu beton uygulamalarında agregat olarak tercih edildiği ifade edilmektedir. Reade'nin vurguladığı bu kullanım çeşitliliği, manyetitin kimyasal bileşiminin yanı sıra yüksek yoğunluk ve manyetik davranış gibi fiziksel özelliklerinin de farklı sektörlerde doğrudan “işlev” ürettiğini göstermesi bakımından önemlidir. Manyetit

tozlarının MRI kontrast maddesi ve anemi tedavisinde intravenöz preparat olarak kullanılması ise, demir oksit esaslı manyetik malzemelerin tıbbi görüntüleme ve demir replasmanı gibi alanlarda değerlendirilebilmesi üzerinden manyetitin tıbbi uygulamadaki önemini ortaya koymaktadır (URL-10).

Su ve Atık Su Arıtımı: QMAG ve Reade, manyetitin su arıtma sistemlerinde askıda olan partiküllerin çöktürülmesi ve ağır metallerin adsorpsiyonu için kullanıldığını; manyetik özelliği sayesinde filtrasyon sonrasında kolayca geri kazanılabildiğini bildirmektedir. Bu kullanımın pratik karşılığı, manyetitin “balast” etkisiyle flokların/partikül kümelerinin efektif yoğunluğunu artırarak çökmeyi hızlandırması ve berraklaştırma–filtrasyon hatlarında ayırma verimini yükseltmesidir; ayrıca süreç sonunda ortamda kalan manyetit fraksiyonu manyetik ayırma ile toplanabildiği için malzemenin devridaimi teknik olarak mümkün hale gelmektedir. Ağır metal giderimi tarafında ise manyetit, yüzeyinde gerçekleşen adsorpsiyon/bağlanma mekanizmalarıyla metal (loid) türlerinin tutulmasına katkı sağlayabilmekte ve bu “manyetik adsorban” yaklaşımı, temas sonrası katı–sıvı ayrımının klasik filtrasyonun yanı sıra manyetik geri kazanım ile de desteklenmesine imkân vermektedir (URL-9; URL-10). Manyetit nanoparçacıklar, özellikle yüksek özgül yüzey alanı ve manyetik olarak kolay ayrılabilme gibi özellikleri nedeniyle arsenik ve kurşun gibi toksik maddelerin uzaklaştırılmasında giderek daha fazla kullanılmaktadır (URL-11).

Elektronik ve Enerji Depolama: Manyetit nanoparçacıklar, kristal yapısı ve elektron taşınım özellikleri nedeniyle elektronik ve sensör teknolojilerinde değerlendirilebilecek manyetodirenç (magnetoresistance) davranışlar ve uygulamaya elverişli iletkenlik özellikleri gösterebilir; bu durum özellikle manyetik alan algılama, spin-temelli cihazlar ve manyetik nano yapıların entegrasyonu gibi başlıklarda manyetiti fonksiyonel bir malzeme adayı haline getirmektedir (Ansari vd., 2021). Bu kapsamda, Fe^{2+}/Fe^{3+} iyonları arasındaki elektron geçişleriyle ilişkilendirilen iletkenlik mekanizması ve nano-ölçekte boyut/morfolojinin manyetik-elektronik yanıt üzerindeki etkisi, sensör performansının ayarlanabilmesine imkân veren temel parametreler olarak öne çıkar (Zhou vd., 2025). Ayrıca lityum iyon pillerde anot malzemesi olarak yüksek kapasite potansiyeli sunmaları nedeniyle enerji depolama alanında yoğun biçimde araştırılmaktadır; özellikle dönüşüm (conversion) temelli elektrokimyasal reaksiyonlar üzerinden yüksek kapasiteye erişim hedeflenirken, çevrim kararlılığı ve hacim değişimi gibi uygulama kısıtları nano-yapılandırma ve kompozit tasarımlarıyla iyileştirilmeye çalışılmaktadır (URL-11).

4.3.3. Ar-Ge ve İnovasyon Potansiyeli

Nanoteknolojideki gelişmeler sayesinde manyetit nanoparçacıklarının pazarı hızla büyümektedir. 2024'te 82.4 milyon ABD doları olan küresel manyetit nanoparçacıkları pazarının 2035'e kadar 231.6 milyon ABD dolarına ulaşarak %9.85 bileşik yıllık büyüme oranı ile büyümesi bekleniyor; bu projeksiyon, özellikle 2025–2035 döneminde pazarın yaklaşık üç katına yaklaşan bir genişlemeye işaret etmektedir. Raporla göre bu büyüme, manyetit nanoparçacıklarının hedefli ilaç taşıma, MRI kontrast ajanları ve kanser hipertermi tedavileri gibi biyomedikal uygulamalarda artan kullanımına ek olarak, su arıtımı ve çevresel kirletici giderimi, sensörler ve enerji depolama alanlarında talebin güçlenmesinden kaynaklanıyor. Aynı rapor, üretim yöntemlerindeki iyileşmeler ve nanoparçacık özelliklerinin (örneğin stabilite ve fonksiyonelleştirilebilirlik) geliştirilmesinin ticarileşmeyi desteklediğini; elektronik sektöründe veri depolama ve sensör uygulamalarının da benimsenmeyi hızlandırdığını vurgulamaktadır. Bölgesel açıdan ise Asia Pasifik'te Çin ve Hindistan gibi ülkeler nanoteknoloji yatırımlarını artırarak araştırma geliştirme faaliyetlerini destekliyor; bu ivme, bölgenin hızlı sanayileşme dinamikleri ve kamusal stratejilerle birleştiğinde pazar büyümesini besleyen önemli bir çerçeve oluşturmaktadır (URL-12).

Diğer bir rapor, manyetit nanoparçacıkları pazarının 2024'te 2.3 milyar ABD doları olduğunu ve 2030'da 3.9 milyar ABD dolarına yükseleceğini; manyetit nanoparçacıkların biyomedikal (ilaç taşıma, MRI, hipertermi), su arıtımı, elektronik/sensörler, enerji depolama ve kataliz alanlarında kilit rol oynayacağını vurgular. Bu değerlendirme, manyetit nanoparçacıklarının yalnızca tek bir sektöre bağlı kalmadan, sağlık teknolojilerinden çevresel uygulamalara ve ileri malzeme tabanlı elektronik çözümlere kadar uzanan geniş bir değer zincirinde konumlandığını göstermesi açısından önemlidir. Raporla yeşil sentez yöntemlerinin ve regülasyonların Ar-Ge yatırımlarını yönlendirdiği; kamu kurumlarının bu alanda finansman sağladığı belirtilmektedir. Bu çerçevede, üretim süreçlerinin çevresel etki ve güvenlik beklentileriyle uyumlu hale getirilmesi, standartlaşma ve ölçeklenebilirlik gereksinimleriyle birlikte ele alınarak hem ticarileşme hızını hem de uygulama alanlarının yaygınlaşmasını etkileyen temel belirleyiciler arasında değerlendirilmektedir (URL-13).

4.4. Türkiye'deki Rezervler ve Dağılımı

Türkiye'de manyetik kum yataklarının büyük bir bölümü, kıyı boyunca dalga ve kıyı akıntılarının (uzun kıyı taşınımı dâhil) gerçekleştirdiği doğal dane boyu–yoğunluk seçilimi sonucunda zenginleşmeye elverişli olan Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz sahilindeki plaj kumlarında yoğunlaşmıştır. Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün

1970’lerde başlattığı çalışmalar, Doğu Karadeniz sahilinde Çarşamba–Ünye bandında ağır mineral bakımından önemli manyetit plaser yatakları bulunduğunu göstermiştir; bununla birlikte söz konusu birikimlerin tenör, yayılım ve süreklilik gibi rezerv parametrelerine ilişkin detaylı bilgiler kamuya açık raporlarda sınırlı kaldığından, saha ölçeğinde kapsamlı bir değerlendirme çoğu zaman doğrudan ayrıntılı etüt sonuçlarına ihtiyaç duymaktadır (Bülbül vd., 2017). Pamukkale Üniversitesi’nin bir araştırması, Doğu Karadeniz sahil kumlarının %9–10 civarında manyetit içerdiğini ve uygulanan yerçekimi–manyetik ayırma işlemleriyle %57–58 Fe ve %5,5–6,9 TiO₂ içeren konsantreler elde edildiğini bildirmektedir; bu sonuç, sahil kumlarının başlangıçtaki nispeten düşük manyetit oranına rağmen uygun zenginleştirme adımlarıyla endüstriyel açıdan anlamlı bir konsantre fraksiyon üretilebildiğine işaret etmektedir. Aynı bağlamda Batı Karadeniz’de Kilyos bölgesindeki plaj kumlarının manyetit, ilmenit, rutil, zirkon, kuvars ve feldspat gibi mineraller içerdiğinin raporlanması (Şekil 15), birikintinin hem manyetik/ağır mineral bileşeni hem de kuvars–feldspat gibi yaygın hafif minerallerle birlikte bulunduğunu ve bu nedenle proses tasarımında ön zenginleştirme ile nihai ayırma basamaklarının önemini ortaya koymaktadır. Nitekim aynı çalışmada, sahil kumlarının mineralojik bileşimi manyetit ve diopsit başta olmak üzere kuvars, ilmenit, rutil, hematit, feldspat, kordiyerit vb. bileşenler üzerinden ayrıntılı şekilde listelenmiş; bu çeşitlilik de hem kaynak alanların mineralojik imzasının hem de kıyı ortamında gerçekleşen mekanik ayrışma ve hidrodinamik sıralanmanın bir sonucu olarak değerlendirilmiştir (Tel ve Sabah, 2016).



Şekil 15. Sahil kumu elek fraksiyonlarına ait stereo mikroskop görüntüleri

Marmara Üniversitesi'nde yapılan bir yüksek lisans tezinde, zenginleştirilmiş deniz kumu manyetit konsantresinin mineralojik olarak %93,9 manyetit ve %6,1 hematit içerdiği; ayrıca elementel bileşimde %4–6 Ti, %50–52 Fe, %1–2 Al ve %1–2 Mg bulunduğu belirtilmiştir. Bu kompozisyon, zenginleştirme sonrası elde edilen konsantrenin baskın fazının manyetit olduğunu, hematitin ise ikincil bir demir oksit fazı olarak kaldığını göstermekte; Ti varlığının ise manyetit ile birlikte ilmenit/titanomanyetit türü Ti içeren fazların veya Ti'nin demir oksit matrisiyle ilişkili bileşenlerin konsantre fraksiyona eşlik ettiğine işaret etmektedir. Tez kapsamında hidrometalurjik liç yöntemiyle titan ekstraksiyonunda %92'ye varan geri kazanım sağlandığının gösterilmesi, bu tür manyetit kökenli konsantrelerde titanyumun yalnızca iz element düzeyinde kalmadığını; uygun liç koşullarıyla teknik olarak yüksek geri kazanım düzeylerine ulaşılabildiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, Karadeniz kıyılarındaki manyetit kumlarının yalnızca demir oksit açısından değil, aynı zamanda titanyum içeriği bakımından da potansiyel taşıdığını; özellikle ilmenit/titanomanyetit bileşenlerinin varlığı nedeniyle demir–titanyum birlikte değerlendirmesine imkân verebilecek bir kaynak karakteri gösterebileceğini desteklemektedir (Kırman, 2021).

Doğu Karadeniz ve Ege kıyılarındaki plaser mineralleri üzerine yapılan bir bildiri, Türkiye kıyılarında plaser arama ve üretimiyle ilgili erişilebilir bilgilerin yok denecek kadar az olduğunu; buna karşın Karadeniz, Ege ve Akdeniz kıyılarında plaser minerallere yönelik bilimsel araştırma sayısının arttığını vurgulamaktadır. Bu tespit, bir yandan kıyı plaserlerine ilişkin arama–işletme verilerinin (rezerv, tenör dağılımı, süreklilik, işletilebilirlik gibi) kamuya açık kaynaklarda sınırlı kalmasının saha ölçeğinde karşılaştırmalı değerlendirme yapmayı güçleştirdiğini; diğer yandan akademik çalışmaların artmasıyla birlikte mineralojik bileşim, zenginleştirme davranışı ve çevresel etkiler gibi teknik başlıklarda bilgi tabanının genişlemeye başladığını işaret etmektedir. Bu çerçevede, erişilebilir endüstriyel/kurumsal veri eksikliği ile artan bilimsel ilgi arasındaki fark, Türkiye kıyılarındaki manyetik kumların hâlen “potansiyel kaynak” düzeyinde ele alındığını ve sistematik, ekonomik ölçekli bir değerlendirme ile işletme sürecinin geniş ölçekte olgunlaşmadığını düşündürmektedir. Dolayısıyla bu durum, Türkiye’de manyetik kum potansiyelinin henüz ekonomik ölçekte değerlendirilmediğini göstermektedir (Bülbül vd., 2017).

4.5. Türkiye’deki Üretim Faaliyetleri ve Yatırımlar

Türkiye’de manyetik kum madenciliği henüz ticari ölçüğe ulaşmamıştır. Sahil kumlarında yürütülen çalışmalar daha çok arama-araştırma, numune karakterizasyonu ve pilot ölçekte zenginleştirme uygulamalarına dayanmakta; özellikle Ünye ve Kilyos bölgelerinde,

plaj kumlarından manyetitçe zengin bir konsantre elde edilmesine yönelik denemeler ön plana çıkmaktadır (Tel ve Sabah, 2016). Bu pilot yaklaşımın temel amacı, sahil kumlarının doğal olarak heterojen mineralojik bileşimini (manyetit yanında kuvars, feldspat ve diğer ağır mineraller) proses açısından yönetilebilir fraksiyonlara ayırmak ve elde edilebilecek konsantre kalitesinin (Fe tenörü, safsızlıklar ve dane boyu dağılımı gibi) teknik olarak sürdürülebilir olup olmadığını göstermektir. Dolayısıyla ticari ölçeğe geçişin önündeki kritik eşik, yalnızca “konsantre elde edilebilmesi” değil; aynı zamanda sürekli besleme koşullarında kararlı ayırma performansının sağlanması ve süreç parametrelerinin saha gerçekliğine uygun biçimde optimize edilebilmesidir.

Bu bağlamda BAS Endüstriyel’in blogu, manyetit kumu zenginleştirmenin özel ekipman gerektirdiğini ve manyetik tambur separatörleri kullanılarak optimum ayırma koşullarının belirlendiğini; besleme boyutu, tambur hızı ve manyetik alan şiddetinin demir cevheri zenginleştirme verimi üzerinde etkili olduğunu ifade etmektedir (URL-14). Bu tür parametreler pratikte birbirini doğrudan etkileyen işletme değişkenleridir: besleme boyutu ayırma seçiciliğini ve serbestleşmeyi belirlerken, tambur hızı danelerin ayırma yüzeyiyle etkileşim süresini ve taşınma rejimini etkiler; manyetik alan şiddeti ise manyetik fraksiyonun tutulma verimini ve manyetik olmayan bileşenlerin sürüklenme riskini belirleyerek konsantre tenörü ile kazanım arasında bir denge kurulmasını gerektirir. Bu nedenle optimum koşulların belirlenmesi, tek bir parametrenin artırılmasıyla değil, besleme özellikleri ve hedef ürün kalitesi gözetilerek prosesin bütüncül biçimde ayarlanmasıyla mümkün olur. Bu tür ekipman ve tesislerin varlığı, Türkiye’de manyetit kumu zenginleştirme konusunda know how geliştiğini gösterse de raporlar halen Ar-Ge düzeyindedir; yani çalışmalar çoğunlukla pilot ölçekli doğrulama, proses koşullarının hassas ayarı ve sahadan sahaya değişebilen kum bileşimine karşı sistemin tepkisinin anlaşılması aşamasında konumlanmaktadır. Bu çerçevede mevcut bulgular, teknik yapılabilirliğe dair önemli bir altyapı sunsa da ticari ölçeğe geçiş için süreklilik, kapasite ve operasyonel kararlılık gibi endüstriyel kriterlerin aynı sistemlikle gösterilmesini zorunlu kılan bir olgunlaşma sürecine işaret etmektedir (Tel ve Sabah, 2016; URL-14).

Türkiye, demir cevheri ihtiyacını büyük ölçüde ithalatla karşıladığından, yerli manyetit kum rezervlerinin ekonomik olarak kullanılması hem hammadde arz güvenliği hem de dışa bağımlılığın azaltılması açısından önem arz etmektedir. Bu çerçevede Doğu Karadeniz’deki sahil plaserleri ile Bingöl Avnik gibi karasal manyetit yataklarının potansiyeli, yalnızca mevcut talebin karşılanmasına katkı sağlama perspektifiyle değil; aynı zamanda düşük tenörlü yatakların zenginleştirme yaklaşımlarıyla değerlendirilebilmesi ve proses akışına entegre

edilebilecek titanyum yan ürünlerinin (örneğin Ti içeren fazların) kazanılması bakımından da stratejik bir seçenek olarak görülebilir. Özellikle düşük tenörlü kaynaklarda ekonomik fizibilite, cevher hazırlama ve zenginleştirme kademelerinde elde edilecek konsantre kalitesine, proses verimine ve yan ürünlerin katma değerine daha duyarlı olduğundan, demir–titanyum birlikte değerlendirmesi benzeri yaklaşımlar kaynakların değer zincirine daha etkin biçimde dahil edilmesini destekleyebilir (Tel ve Sabah, 2016). Bununla birlikte sahil plaserlerinin madenciliği, kıyı çizgisi morfolojisi ve sediment bütçesi üzerindeki olası etkiler, denizel ekosistemlerin hassasiyeti ve kıyı turizminin sürekliliği gibi nedenlerle çevresel ve sosyal boyutları güçlü bir faaliyet alanıdır; bu nedenle işletme ölçeği, yer seçimi, rehabilitasyon yaklaşımı ve izleme programları gibi unsurların çevresel hassasiyetler ve kıyı turizmi açısından dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

4.6. Türkiye'nin Global Pazardaki Yeri ve Potansiyeli

USGS verilerine göre Türkiye'nin demir cevheri (çoğu manyetit ve hematit) rezervi 152 milyon ton ham cevher ve 99 milyon ton demir içeriği ile sınırlı olup, dünya toplam rezervlerinin küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Nitekim aynı USGS özetinde dünya toplam rezervleri 190000 milyon ton ham cevher ve 87000 milyon ton demir içeriği düzeyinde verildiğinden, Türkiye'nin payı ham cevher bazında yaklaşık %0,08 ve demir içeriği bazında yaklaşık %0,11 mertebesinde kalarak küresel ölçekte sınırlı bir büyüklüğe işaret etmektedir. Ülkenin 2023 yılı kullanılabilir demir cevheri üretimi 17 milyon ton olup demir içeriği 10 milyon ton civarındadır; bu seviye, dünya toplam kullanılabilir cevher üretiminin 2023'te yaklaşık 2.5 milyar ton olarak raporlandığı çerçevede değerlendirildiğinde Türkiye'nin yıllık üretim payının yaklaşık %0,7 düzeyinde seyrettiğini göstermektedir. Dünya pazarında manyetit kum madenciliği, Avustralya, Brezilya ve Çin gibi büyük üreticilerin hâkimiyetindedir; bu ülkelerin yüksek ölçekli üretimleri, küresel demir cevheri arzında belirleyici bir ağırlık oluşturmaktadır (U.S. Geological Survey, 2024). Plaser manyetit açısından ise Filipinler, Yeni Zelanda, Endonezya ve Japonya gibi ülkeler öne çıkmaktadır (URL-5); bu vurgu, kıyı/plaj veya sığ deniz ortamlarında yoğunlaşan “siyah kum” birikimlerinin belirli coğrafyalarda daha görünür ve tartışmalı bir madencilik başlığı haline gelmesiyle de uyumludur.

Türkiye'nin Karadeniz kıyılarındaki plaser manyetit kumları henüz ekonomiye kazandırılmamış olsa da araştırma sonuçları bu kumların manyetit (%9–10) ile birlikte ilmenit ve rutil gibi ağır mineraller içerdiğini ve uygun zenginleştirme adımlarıyla demir ve titan konsantrelerinin elde edilebileceğini göstermektedir. Bu bulgu, sahil kumlarının başlangıç

tenörünün görece sınırlı olmasına rağmen yerçekimi temelli ön zenginleştirme ve manyetik ayırma gibi yöntemlerle ağır mineral fraksiyonunun deriştirilebildiğine; dolayısıyla proses tasarımının doğru kurgulanması halinde hem demir içeriği yüksek bir ürün hem de Ti içeren yan ürün fraksiyonları üretme olasılığına işaret etmektedir. Ayrıca ilmenit–rutil varlığı, manyetit odaklı bir değerlendirmede dahi mineralojik çeşitliliğin göz ardı edilmemesi gerektiğini; ürün kalitesi, safsızlık yönetimi ve yan ürün ekonomisinin (özellikle TiO₂ içeriği) fizibilite üzerinde belirleyici olabileceğini ortaya koymaktadır. Küresel pazarda giderek artan yüksek tenörlü manyetit peleti talebi ve hidrojen tabanlı çelik üretimine yönelik dönüşüm, Türkiye için yeni fırsatlar oluşturabilir. Bu fırsat penceresi, düşük karbonlu üretim hedefleri doğrultusunda DRI gibi süreçlerde daha yüksek tenörlü ve daha öngörülebilir kimyasal bileşime sahip besleme malzemelerine yönelimin güçlenmesiyle ilişkilendirildiğinde, yerli kaynakların zenginleştirme ve peletleme zincirine entegre edilmesi fikrini daha stratejik hale getirebilir. Bununla birlikte, sahil madenciliğinin çevresel etkileri ile turizm ve biyolojik çeşitlilik üzerindeki riskleri göz önünde bulundurularak kapsamlı çevresel etki değerlendirmeleri yapılmalıdır; özellikle kıyı morfodinamiği ve sediment bütçesi, habitat sürekliliği, bulanıklık ve askıda katı madde artışı gibi etkiler ile rehabilitasyon/izleme gereksinimleri birlikte ele alınmadıkça, ekonomik kazanımın sosyal ve çevresel maliyetlerle dengelenmesi güçleşebilir. Bu nedenle Karadeniz plaser manyetit kumlarının değerlendirilmesi, yalnızca zenginleştirme verimi ve ürün kalitesi üzerinden değil, kıyı ekosistemi ve kıyı kullanımıyla uyumlu bir yönetim ve izin çerçevesi içinde bütüncül olarak kurgulanmalıdır (Tel ve Sabah, 2016).

5. MANYETİK KUM MADENCİLİĞİ İLE İLGİLİ TÜRKİYE MEVZUATI

Türkiye’de tabii servetler ve kaynaklar, Anayasa uyarınca devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Anayasa’nın 168. maddesi; bu kaynakların aranması ve işletilmesi hakkının devlete ait olduğunu, devletin ise bu hakkını belirli bir süre için gerçek ve tüzel kişilere devredebileceğini düzenlemektedir. Ayrıca hangi tabii servet ve kaynağın devletle ortak yürütüleceği veya doğrudan gerçek/tüzel kişiler eliyle yapılacağı hususunun, kanunun açık iznine bağlı olduğu; bu çerçevede uygulanacak usul, devletin gözetim ve denetim esasları ile yaptırımların da kanunla belirleneceği hükme bağlanmıştır.

Madencilik faaliyetleri Türkiye’de temel olarak 3213 sayılı Maden Kanunu ve bu Kanun’un uygulanmasına ilişkin ikincil düzenlemeler (yönetmelikler ve ilgili idari usuller) çerçevesinde yürütülür. Kanunun yaklaşımı, madenlere ilişkin arama ve işletme faaliyetlerinin hangi esas ve usullere tabi olacağını belirlemekle birlikte, bu faaliyetlerin ruhsatlandırılmasında madenlerin belli bir sınıflandırma mantığıyla gruplandırılmasını da temel bir düzenleme aracı olarak kullanmaktadır. Nitekim Kanun’un amacı; madenlerin aranması ve işletilmesi süreçlerini, üzerinde hak sahibi olunmasını ve terk edilmesine ilişkin çerçeveyi düzenleyerek ruhsat sürecinin işleyişini tanımlamak ve madenlerin gruplar itibarıyla ruhsatlandırılmasına imkân vermektir. Maden Kanunu’na göre “maden” kavramı, yer kabuğunda veya su kaynaklarında tabii olarak bulunan ve ekonomik/ticarî değeri olan maddeleri kapsar; ancak petrol, doğal gaz, jeotermal ve su kaynakları bu kapsamın dışında tutulmuştur. Bu tanım, sahada veya su ortamlarında bulunan bir maddenin “maden” sayılması için temel ölçütünün ekonomik değer olması gerektiğini ortaya koyarken, aynı zamanda hangi doğal kaynakların farklı bir mevzuat rejimi içinde değerlendirildiğini de açıkça çizer. Kanun ve uygulama çerçevesi, ruhsatlandırma mantığı açısından madenleri Tablo 2’de görüldüğü üzere beş grupta sınıflandırır:

Tablo 2. Maden Kanunu'na göre madenlerin sınıflandırılması

Grup	Tanım	Örnekler
Grup I	İnşaat kum ve çakılları	Doğal kum, çakıl, kiremit kili
Grup II	Blok taşlar ve dekoratif taşlar	Mermer, andezit, bazalt
Grup III	Tuzlar ve gazlar	Deniz/lake tuzları, karbondioksit
Grup IV	Sanayi hammaddeleri ve metalik madenler	Demir (manyetit dahil), bakır, altın, titanyum, bor, feldspat vb.
Grup V	Değerli ve yarı değerli taşlar	Elmas, zümrüt vb.

Manyetik kumlarda bulunan manyetit ($Fe_2^+Fe^{3+}_2O_4$) ve ilmenit ($FeTiO_3$) gibi demir/titanyum oksit esaslı ağır mineraller, Maden Kanunu ve Maden Yönetmeliği çerçevesinde metalik madenler kapsamında değerlendirilen madenler arasında yer almakta olup, uygulamada ruhsatlandırma ve işletme süreçleri bu sınıflandırma mantığı üzerinden yürütülmektedir. Ruhsatlandırma süreci esasen iki aşamalıdır: arama ruhsatı ve işletme ruhsatı; arama ruhsatı belirli bir coğrafi alanda maden arama faaliyetlerini (jeolojik-etüt, sondaj, numune alma ve analiz gibi) yürütme hakkı tanır ve ekonomik olarak işletilebilir bir rezervin ortaya konulması halinde işletme ruhsatı alınarak üretim aşamasına geçilmesi hedeflenir. Ruhsatlar grup bazında hak tesis ettiğinden, her grup için ayrı ruhsat düzenlenmesi esastır; bu kapsamda ruhsat hakları süreli olarak tesis edilir ve maden ruhsatları ile bunlara bağlı hakların devri/temlikli mümkündür; devir ve intikal işlemlerine ilişkin usul ve esasların yönetmelikle belirlendiği ve uygulamada MAPEG'in maden sicili süreçleri üzerinden yürütüldüğü ifade edilmektedir. Madencilik faaliyetlerine fiilen başlanabilmesi için ise çevresel izin boyutu kritik olup, Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) sürecinin tamamlanması ve projeye ilişkin ÇED kararının alınması zorunluluğu bulunmaktadır; ÇED Yönetmeliği bu çerçevede projelerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesini, izlenmesini ve denetlenmesini düzenlerken, süreç sonunda "ÇED Olumlu" veya "ÇED Gerekli Değildir" gibi karar türleri üzerinden idarenin nihai değerlendirmesi tesis edilmektedir.

2003–2004 döneminde, 3213 sayılı Maden Kanunu ve madencilikle kesişen bazı mevzuatta kapsamlı bir revizyon süreci yürütülmüş ve bu çerçevede 26.05.2004 tarihli 5177 sayılı "Maden Kanunu'nda ve Bazı Kanunlarda Değişiklik Yapılmasına İlişkin Kanun" ile madencilik hukuku rejiminde köklü değişiklikler yapılmıştır (Kanun No. 5177). Değişiklik paketinin temel yönelimi, 3213 sayılı Kanunun uygulanmasında yaşanan sorunların giderilmesi ve bürokratik işlemlerin azaltılması suretiyle ruhsatlandırma/izin süreçlerinin daha işler hale getirilmesi; böylece madencilik yatırımlarının önündeki idari yüklerin hafifletilerek sektörün teşvik edilmesidir. Nitekim değişikliklerle birlikte madencilik faaliyetlerinin

teşviklerden yararlandırılacağı yönündeki çerçevenin güçlendirildiği, yatırım ortamını destekleyen bir yaklaşımın benimsendiği görülmektedir. Bu reform gündemi, yalnızca klasik kara içi maden sahalarına değil, kıyı kuşağıyla doğrudan ilişkili alanlarda ortaya çıkabilen plaser birikimler gibi yatak tiplerinin işletilmesine yönelik olarak da izin ve uygulama çerçevesinin daha öngörülebilir hale getirilmesini hedeflemiş; bu nedenle Kıyı Kanunu, turizm ve koruma mevzuatı gibi farklı düzenlemelerle kesişen başlıklarda koordinasyon ihtiyacını da gündeme taşımıştır.

Hükümet gerekçesinde, kıyı kuşağıyla çakışan alanlarda madencilik faaliyetlerinin hukuki çerçevesini netleştirmek ve bu alanlarda doğal kaynakların aranması ile işletilmesine imkân verecek bir düzenleme ihtiyacının altı çizilmektedir. Bu kapsamda gerekçede, “...kıyıya tekabül eden kesimlerinde doğal kaynakların aranması ve işletilmesine imkân tanımak...” hedefi açıkça ifade edilmekte; devamında ise kıyılarda oluşan plaser maden yataklarının da işletilebilmesinin sağlanmasının amaçlandığı belirtilmektedir (TBMM, 2003). Böylece düzenlemenin, karada, denizde ve göllerde oluşan yatakların kıyı ile ilişkili kesimlerinde arama/işletme süreçlerinin uygulanabilirliğini artırmaya ve özellikle kıyı plaserlerinin değerlendirilmesine yönelik bir politika yönelimi taşıdığı anlaşılmaktadır (TBMM, 2003).

Türkiye’de manyetik kum madenciliğine yönelik, yalnızca bu yatak tipine özgülenmiş müstakil bir kanun, yönetmelik veya uygulama rehberi bulunmamaktadır. Bu nedenle manyetit ve ilmenit içeren siyah kumlar, mevcut Maden Kanunu ve ilgili çevre mevzuatı çerçevesinde işletilebilecek IV. Grup madenler kapsamında değerlendirilmekte ve ruhsatlandırma ile üretime geçiş süreci genel madencilik rejiminin standart işleyişine tabi olmaktadır. Pratikte bu durum, arama ruhsatı ve işletme ruhsatı aşamalarının yürütülmesi, gerekli izinlerin (arama/işletme izinleri) alınması ve faaliyete başlanabilmesi için Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) sürecinin tamamlanması gibi temel idari adımların zorunlu olduğu anlamına gelir. Kıyı alanlarının kullanım özellikleri ve çok paydaşlı yapısı nedeniyle, kıyı ve orman izinleri gibi saha erişimi ve arazi kullanımına ilişkin izin süreçleri de çoğu zaman ruhsatlandırma zincirinin ayrılmaz parçası haline gelmekte; dolayısıyla siyah kumların işletilmesi, yalnızca maden ruhsatı üzerinden değil, çevresel ve mekânsal planlama boyutlarıyla birlikte bütüncül bir izin ve denetim çerçevesi içinde ele alınmaktadır.

Yasal düzenlemelerin özel bir “manyetik kum” mevzuatı şeklinde ayrışmamasına rağmen, bilimsel araştırmalar ve bazı kalkınma/planlama çalışmaları sahil kumlarının potansiyelini dönem dönem gündeme taşımış ve bu birikimlerin hem ekonomik hem de ekolojik boyutlarıyla değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu çerçevede Maden Tetkik

ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)'nın 2010 tarihli komisyon raporunda; karst ekosistemleri, mağaralar, yeraltı suları ve plaser maden yataklarının korunması ile ekonomik kullanımı için yöntemler geliştirildiği belirtilmiştir (MTA, 2010). Raporda plaser yatakların, özellikle kıyı ve denizel ortamlarla ilişkili ağır mineral birikimleri bağlamında bir ekonomik değer taşıyabileceği ima edilirken; aynı zamanda bu alanların kırılğan ekosistemler, su kaynakları ve hassas jeomorfolojik dengelerle iç içe olması nedeniyle koruma–kullanma dengesinin gözetilmesi gerektiğine dikkat çekilmektedir. Bu yaklaşım, kıyı ve denizel ağır mineral yataklarının değerlendirilmesinde yalnızca rezerv ve zenginleştirme verimi gibi teknik ölçütlerin değil, sürdürülebilir yönetim, çevresel duyarlılık ve uzun dönemli kaynak planlaması gibi başlıkların da karar sürecine dahil edilmesi gerektiğini vurgulayan tamamlayıcı bir çerçeve sunmaktadır (MTA, 2010).

Sonuç olarak Türkiye’de manyetik kum madenciliği açısından özel bir mevzuat bulunmamakta, konuyla ilgili hükümler genel madencilik ve çevre mevzuatının içinde yer almaktadır. Başlıca noktalar şunlardır:

1. *Anayasal ve Kanuni Dayanak:* Doğal kaynaklar devletin tasarrufundadır; Maden Kanunu (3213) madenlerin gruplandırılması ve ruhsatlandırılmasını düzenler. Manyetik kumlarda bulunan manyetit ve ilmenit, IV. Grup madenler kapsamında yer alır.
2. *Plaser Yatakları ve Kıyı Kanunu Değişikliği:* 2004’te çıkarılan Kanun No. 5177 ile kıyı alanlarında plaser maden yataklarının aranması ve işletilmesi için düzenlemeler getirilmiş; Kıyı Kanunu’na maden, petrol ve jeotermal kaynak ve tesisleri ibaresi eklenmiştir. Değişiklikler mera, orman, zeytinlik ve su havzası gibi alanlarda madencilik faaliyetlerine izin vererek çevre koruma kanunlarında esnekliğe yol açmıştır.
3. *Çevresel ve Toplumsal Kaygular:* Zeytinlikler, tarım alanları ve kültürel miras üzerindeki baskı nedeniyle bu değişiklikler sivil toplum kuruluşları ve çevre örgütlerince eleştirilmiştir. 2025’te yayımlanan yönetmelik ile madencilik izinlerinin cumhurbaşkanlığı bünyesinde toplanması, denetimin zayıflaması ve çevresel risklerin artması yönünde endişeler doğurmuştur.
4. *Veri ve Araştırma Eksikliği:* MTA raporları ve akademik çalışmalar, Türkiye kıyılarındaki plaser maden yatakları konusunda erişilebilir veri bulunmadığını ve bu alanda daha çok araştırmaya ihtiyaç duyulduğunu vurgulamaktadır.

5. *Yatırım ve Sürdürülebilirlik*: Manyetik kum madenciliği potansiyel bir ekonomik kaynak olsa da Türkiye’de henüz ölçekli üretime geçilmemiştir. Bunun başlıca nedenleri mevzuatın belirsizliği, çevresel izinlerin karmaşıklığı, kıyı alanlarındaki koruma baskıları ve kamuoyunun olumsuz tutumudur.

Türkiye’de manyetik kum madenciliği, kendisine özgü ayrı bir düzenleme setinden ziyade; Maden Kanunu ile ruhsatlandırma ve maden haklarının tesis edilmesi, Kıyı Kanunu ile kıyı/sahil şeridi kullanımının sınırları, Çevre Kanunu ile çevresel koruma yükümlülükleri ve ÇED süreci, ayrıca saha konumuna bağlı olarak orman, tarım ve planlama gibi arazi kullanım rejimlerinin birlikte uygulanması üzerinden yürür. Bu yapı, bir taraftan arama ve işletme faaliyetlerinin “tek bir izinle” değil, birbiriyle bağlantılı çok sayıda idari süreçle ilerlemesini doğururken; diğer taraftan kıyı alanlarında kazı ve malzeme alınması gibi müdahalelerin genel kısıtlar altında değerlendirilmesi nedeniyle, plaser sahaların işletilebilirliğinin çoğu kez izin/uyum yükümlülüklerinin bütüncül yönetimine bağlı hale gelmesine yol açmaktadır.

2004 değişiklikleriyle (5177 sayılı Kanun süreci), kıyıya tekabül eden kesimlerde doğal kaynakların aranması ve işletilmesine imkân tanıma ve kıyılarda oluşan plaser maden yataklarının işletilmesini sağlama yönünde bir amaç açıkça ifade edilmiş olsa da, uygulamada çevre ve tarım alanlarının korunması ile madencilik yatırımlarının teşviki arasında kurulması gereken denge hassasiyetini korumaktadır. Bu hassasiyetin önemli bir nedeni, kıyı ekosistemleri ve kıyı turizmi gibi kamusal değerler üzerinde oluşabilecek etkilerin kamuoyunda güçlü bir görünürlük yaratması; ayrıca ÇED yükümlülüğünün, madencilik projelerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesi, izlenmesi ve denetlenmesi açısından süreci daha ayrıntılı ve çok paydaşlı bir zemine taşımıştır. Bu alandaki belirsizlikler ve veri eksiklikleri (örneğin kıyı plaserlerine ilişkin erişilebilir rezerv/tenör verilerinin sınırlı olması ve sahaların çevresel–mekânsal kısıtlarla birlikte ele alınmasını gerektiren karmaşık izin mimarisi), manyetik kum madenciliğinin Türkiye’de henüz gelişmemesine yol açan temel unsurlar arasında değerlendirilebilir.

6. ORDU İLİ ÜNYE MANYETİK KUM SAHASININ ÖZELLİKLERİ

6.1. Manyetik Kum Sahası Çevresinin Jeolojik Özellikleri

Çınar vd. (1988) tarafından yapılan çalışmaya göre Ünye ilçesi çevresinde Kretase-Eosen zaman aralığında oluşan kayaçlar mostra vermektedir. Bunların en yaşlısı kumtaşı, çamurtaşı ve tuf ara katkılı bazalt, andezit ve piroklastlarından oluşan ve jeolojik haritada Kruv sembolü ile gösterilen birimdir (Şekil 16). Bu birim Şekil 16'da verilen jeoloji haritasında açık yeşil renk tonu ile gösterilmiş olup çalışma alanının merkezi kısımlarında Yokuşbaşı, Çaylaklı, Tepe mahalle çevresi ile Buruncuk mahallesinin güney batısında ve çalışma alanının doğusunda Eminönü mahallesi çevresinde mostra vermektedir.

Dasit ve tüfler ile bentonitleşmiş tüflerden oluşan ikinci birim çalışma alanının batısında bulunan Goyunsak ve Hızarbaşı mahalleleri ile Zindan tepe çevresinde mostra vermekte ve Şekil 16'daki jeoloji haritasında Kt1 sembolü ile gösterilmektedir. Haritada açık pembe renk tonu ile gösterilmektedir. Çınar vd. (1988) birim içerisinde andezitik ve bazaltik bileşimli daykların bulunduğunu belirtmektedir.

Trakiandezit, andezit, dasit, riyodasit, riyodasitik tuf ve breşlerden oluşan birim çalışma alanının güney ve batı kesiminde oldukça geniş bir alanda dağılım sunmakta ve jeoloji haritasında turuncu renk tonu ile gösterilmektedir. Haritada Kt2 sembolü ile gösterilen bu birim Başköy, Hatipli, Yeniköy, Buruncuk, Karahacı, Bayramlı mahalleleri ile Ziyaret, Kovankaya ve Kale tepe çevrelerinde yaklaşık 60 km² den daha geniş bir alanda mostra vermektedir. Çınar vd. (1988)'ya göre bu birim içerisinde daha genç yaşlı andezitik ve bazaltik bileşimli dayklar bulunmaktadır.

Çamurtaşı, kireçtaşı, marn, tuf ve kumtaşından oluşan birim çalışma alanının merkezi kısımlarında ve güneybatısında Tanyeri, Tepeköy, Karagöl, Kavaktepe, Saraçlı, Hapan, Çavuşoğulları, Kayadibi ve Mengen mahalleleri çevresinde mostra vermektedir. Jeoloji haritasında koyu yeşil renk tonu ile gösterilen birim KTa1 sembolü ile temsil edilmiştir.

Kireçtaşı ve marn içeren birim jeoloji haritasında yeşil renk tonu ile gösterilmiş ve KTa2 sembolü ile temsil edilmiştir. Çalışma alanının merkezi kısımlarında Kulun, Kuşçu ve Bayramlı mahallelerinin batısında sınırlı alanlarda mostra vermektedir.

Çakıltası, kumtaşı ve silttaşı seviyelerinden oluşan birim çalışma alanının kuzeyinde Çobanlar mahallesi çevresi ile batısında Köyaltı, Habel mahalleleri ve Fındıklı tepe çevresinde mostra vermektedir. Jeoloji haritasında açık turuncu renk tonu ile gösterilen birim Tç sembolü ile temsil edilmiştir.

Kumtaşı, silttaşı, çakıltası ara seviyeleri içeren ve andezit, bazalt ve piroklastik kayaçlardan oluşan birim çalışma alanının batısında bulunan Balcılı, Kürtün ve Camitepe

mahalleleri çevresinde mostra vermektedir. Şekil 16'da verilen jeoloji haritasında koyu kahve renk tonu ile gösterilen birim Tt sembolü ile temsil edilmiştir.

Mikrodiyorit ve andezit içeren birim çalışma alanının güneyinde Kuzköy ve Halılağa mahalleleri çevresinde 6-7 km²'lik bir alanda mostra vermektedir. Jeoloji haritasında açık turuncu renk tonu ile gösterilen birim Ta1 sembolü ile temsil edilmiştir.

Çalışma alanı içinde Kuvaterner dönemine ait Holosen-Pleistosen zaman aralığında oluşmuş farklı litolojiler sunan eski alüvyon yelpazesi (Qey), eski kumsal çökelleri (Qek), güncel taşkın ovası çökelleri (Qt), güncel kumsal çökelleri (Qk), güncel bataklık ve lagünler (Qb), güncel akarsu kanal çökelleri (Qa) bulunmakta olup bunların dağılımları Şekil 16'da verilen jeoloji haritasında gösterilmiştir.

6.2. Manyetik Kumun Mineralojik Özellikleri

6.2.1. Deniz Kumunun Mineralojik Özellikleri

Kum örnekleri, ışığı geçiren (şeffaf) mineraller ile ışığı geçirmeyen (opak) minerallerden oluşmaktadır. Işığı geçiren mineraller, hazırlanan ince kesitler üzerinde polarizan mikroskop altında incelenmiş; ışığı geçirmeyen (opak) mineraller ise parlak kesitler hazırlanarak cevher mikroskobunda tanımlanmıştır. Ünye sahilinde yer alan kumlar içerisinde bulunan ışığı geçiren mineraller, sahil boyunca seçilen 20 farklı lokasyondan alınan örneklerden hazırlanan ince kesitler üzerinde ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bu örneklerin temsil ettikleri lokasyonlar, Şekil 16'da sunulan harita üzerinde gösterilmiştir. İnce kesitlerde ışığı geçirmeyen minerallerin tanımlanması mümkün olmadığından, ince kesit hazırlama aşamasında örneklerdeki manyetik mineraller miknatis yardımıyla ayrılmış ve parlak kesitler üzerinde incelenmiştir. Bu nedenle, hazırlanan ince kesitlerde opak mineral içeriğinin göreceli olarak düşük olduğu dikkate alınmalıdır.

Sahil kumlarından hazırlanan ince kesitlerin mineralojik özellikleri Tablo 3'te ayrıntılı olarak verilmiş olup, kumların mikroskobik görüntüleri örnek numaralarına göre Şekil 17-20 arasında sıralı olarak sunulmuştur. Buna göre ÖN1-ÖN20 arasında incelenen plaj kumu örnekleri, dane boyu, dane şekli, mineralojik bileşim ve seçilim özellikleri bakımından Ünye sahilinin dinamik ve çok kaynaklı bir sedimanter sistem olduğunu ortaya koymaktadır. Tüm örneklerde dane boyutları genel olarak ince-orta kum ile kaba kum aralığında (yaklaşık 70-1500 µm) değişmekte olup, ortalama dane boyutları çoğunlukla 300-500 µm civarındadır. Bu durum, sahil ortamında dalga enerjisinin orta düzeyde ve değişken olduğunu göstermektedir.

Dane şekli ve yuvarlaklık özellikleri değerlendirildiğinde, plajiyoklas ve klinopiroksen danelerinin çoğunlukla yarı özşekilli-özşekilsiz, litik parçaların ise köşeli ile yarı köşeli

arasında değiştiği görülmektedir. Buna karşılık biyoklast ve karbonat daneleri genellikle daha iyi yuvarlaklaşmış (yarı yuvarlak–yuvarlak–oval) morfoloji sunmaktadır. Genel yuvarlaklık çoğu örnekte düşük–orta ile orta düzey arasında değişmekte olup, bu durum hem kısa taşınım mesafesini hem de dalga etkisiyle sınırlı yeniden işlenmeyi işaret etmektedir.

Mineralojik bileşim açısından tüm örneklerde plajiyoklas, klinopiroksen ve volkanik litik parçalar temel bileşenleri oluşturmaktadır. Plajiyoklas oranları genellikle %25–40 aralığında değişmekte ve birçok örneklerde baskın bileşen konumundadır. Klinopiroksen oranları çoğunlukla %15–25 civarında olup, yer yer daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Volkanik litik parçalar ise özellikle N1, N4–N5, N7–N11, N13, N15, N17, N19 ve N20 gibi örneklerde belirgin biçimde temsil edilmektedir. Kuvars içerikleri genellikle düşük–orta düzeyde (%5–20) olup, olgunlaşmanın sınırlı olduğunu göstermektedir.

Biyoklast ve karbonat bileşenleri bazı örneklerde yardımcı, bazı örneklerde ise önemli bir bileşen olarak yer almakta; özellikle dalga gerisi ve dalga arkası geçiş zonlarını temsil eden örneklerde (r. N2, N3, N5, N8, N12, N14, N18) daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum, biyojenik katkının plajın farklı kesimlerinde değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

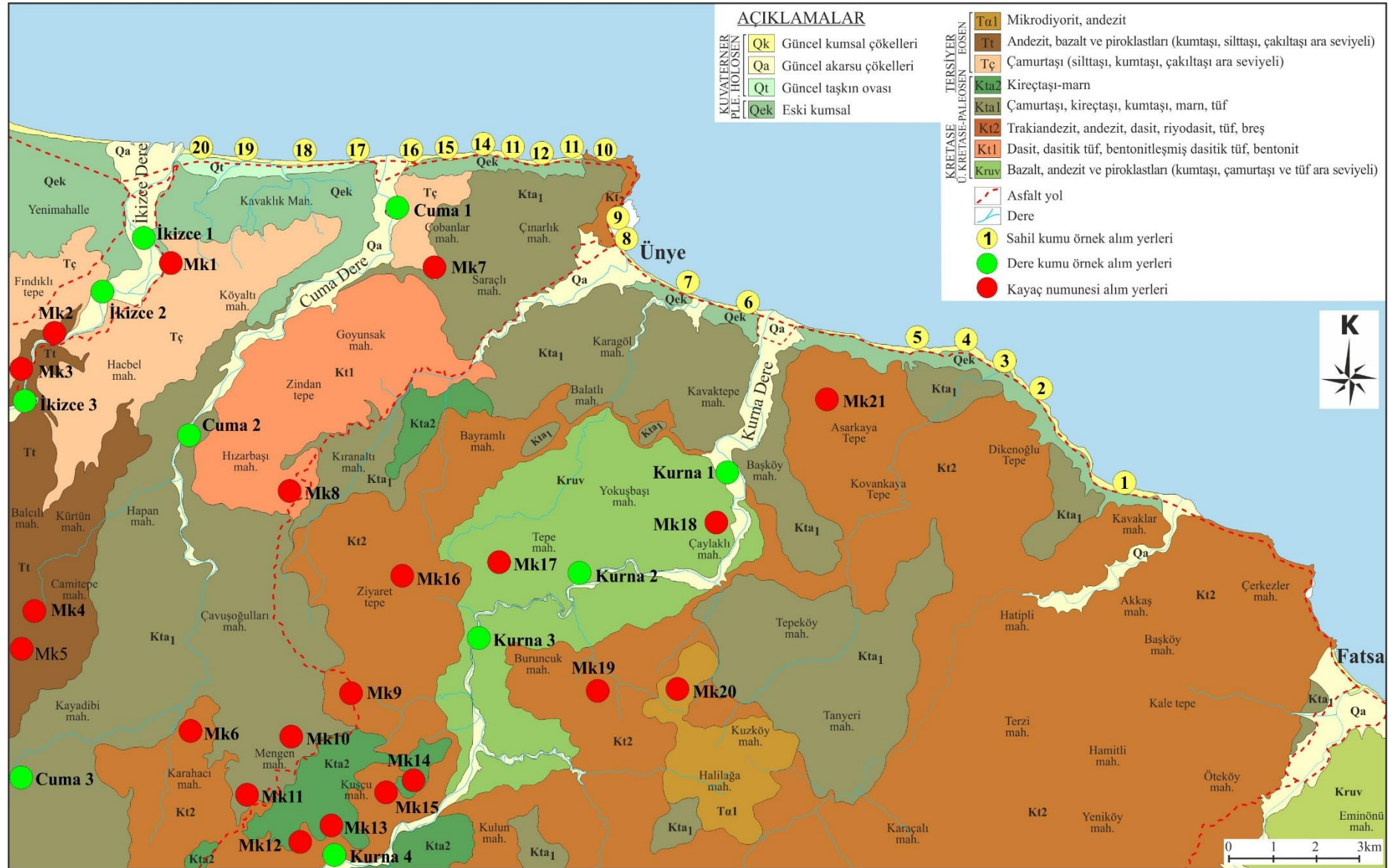
Tüm örneklerde opak ve ağır mineraller düşük fakat süreklilik gösteren oranlarda (%5–10) mevcuttur. Bu grup içerisinde Fe–Ti oksitler ve klinopiroksen gibi mafik minerallerin yaygınlığı, nye sahilinde gözlenen manyetik kum bileşenlerinin volkanik kökenli kaynak kayaçlarla ilişkili olduğunu güçlü biçimde desteklemektedir. Yer yer biyotit ve nadiren serpantin kökenli litik parçaların varlığı, kaynak alan çeşitliliğini artıran unsurlar olarak dikkat çekmektedir.

Seçilim zellikleri genel olarak zayıf–orta ile orta–iyi arasında değişmektedir. Dalga içi ortamları temsil eden örneklerde çoğunlukla orta seçilim gözlenirken, dalga gerisi ve dalga arkası ortamlarında yer yer daha iyi seçilim gelişmiştir. Bu durum, dalga enerjisinin mekânsal olarak değişken olduğunu ve sedimanların sürekli yeniden dağıtıldığını göstermektedir.

Bileşimsel ve dokusal özellikler birlikte değerlendirildiğinde, N1–N20 örneklerinin büyük çoğunluğu volkanik litarenit, feldispatik litarenit ve bunların piroksenli, biyoklastlı ya da biyotitli alt türleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflamalar, sedimanların olgunlaşma derecesinin düşük–orta seviyede olduğunu ve ana beslenmenin volkanik kökenli kayaçlardan sağlandığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak N1–N20 örnekleri, nye sahilinde manyetik kum oluşumunun; klinopiroksen, Fe–Ti oksitler ve diğer mafik–opak minerallerce zengin volkanik ve karma kaynak kayaçların ayrışması, taşınması ve dalga süreçleriyle yoğunlaşması sonucu geliştiğini

göstermektedir. Dalga enerjisindeki değişimler, hem dane boyu dağılımını hem de mineralojik bileşimi kontrol eden temel faktör olarak öne çıkmaktadır.



Tablo 3. Sahil kumunun mineralojik bileşimleri (ÖN: Örnek numarası)

Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN1 Şekil 17	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~700 µm Ortalama: ~350 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz, köşeli-yarı köşeli Klinopiroksen: yarı özşekilli, kısa prizmatik, kırık yüzeyli Litik parçalar: köşeli-yarı yuvarlak	Klinopiroksen (%35 ±4) Plajiyoklas (%20 ±2) Volkanik litik (%20 ±2) - Mikrogranüler/hamurlu doku Kuars (%10 ±2) Biyoklast/karbonat /karbonat (%5 ±1) Opak + ağır mineraller + ağır mineraller (%10 ±1)	Orta-iyi seçilim	Dalga içi - dalga önü	Piroksenli volkanik litarenit
ÖN2 Şekil 17	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~1500 µm Ortalama: ~500 µm	Biyoklast/karbonatlar: yarı yuvarlak-yuvarlak Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz, köşeli-yarı köşeli Klinopiroksen: yarı özşekilli, kısa prizmatik Litik parçalar: köşeli	Biyoklast/karbonat /karbonat (%30 ±3) Plajiyoklas (%25 ±3) Klinopiroksen (%15 ±2) Litik daneler (%15 ±2) - Volkanik + karbonat litik karışık Kuars (%10 ±2) Klinopiroksen± Opak + ağır mineraller mineraller (%5 ±1)	Orta seçilim	Dalga içi - dalga gerisi geçişi	Biyoklast/karbonatlı feldispatik litarenit
ÖN3 Şekil 17	Minimum: ~150 µm Maksimum: ~1500 µm Ortalama: ~500 µm	Biyoklast/karbonatlar: iyi yuvarlak-oval Litik parçalar: köşeli-yarı yuvarlak Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli Genel yuvarlaklık: orta (Biyoklast/karbonatlarda daha iyi)	Biyoklast/karbonat /karbonat (%35 ±3) Litik daneler (%25 ±3) - Mikrogranüler; karbonat litik Kuars (%20 ±2) Plajiyoklas (%10 ±1) Klinopiroksen (%5 ±2) Opak + ağır mineraller (%5 ±1) Not: Serpantinit litik eser (çok az)	Orta-zayıf seçilim	Dalga içi - dalga gerisi	Biyoklast/karbonat -litik kumtaşı

Tablo 3 devamı

Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN4 Şekil 17	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~1000 µm Ortalama: ~450 µm	Litik parçalar: köşeli-yarı köşeli Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: kısa prizmatik, yarı özşekilli Biyoklast/karbonatlar: yarı yuvarlak	Litik daneler (%30 ±3) - Volkanik litik baskın Plajiyoklas (%25 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Biyoklast/karbonat (%15 ±2) Kuars (%5 ±1) Opak + ağır mineraller (%5 ±1)	Orta-zayıf seçim	Dalga içi	Volkanik litarenit (piroksenli-feldispatlı)
ÖN5 Şekil 17	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~1200 µm Ortalama: ~500 µm	Litik parçalar: köşeli Biyoklast/karbonatlar: yuvarlak-oval Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: kısa prizmatik Genel yuvarlaklık: düşük-	Litik daneler (%35 ±3) - Volkanik + karbonat litik Plajiyoklas (%25 ±3) Biyoklast/karbonat (%20 ±2) Klinopiroksen (%10 ±1) Kuars (%5 ±1) Opak + ağır mineraller (%5 ±1)	Zayıf-orta seçim	Dalga içi - dalga gerisi geçişi	Biyoklast/karbonatlı volkanik litarenit
ÖN6 Şekil 18	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~400 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli Litik parçalar: köşeli, yarı köşeli Biyoklast/karbonat: yarı-yuvarlak	Plajiyoklas (%30 ±3) Kuars (%20 ±2) Klinopiroksen (%15 ±2) Litik daneler (%15 ±2) Biyoklast/karbonat (%10 ±1) Opak + ağır mineraller + ağır mineraller (%10 ±1)	Orta-iyi seçim	Dalga içi	Feldispatik litarenit

Tablo 3 devamı

Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN7 Şekil 18	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~1000 µm Ortalama: ~450 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: kısa prizmatik, yarı özşekilli Litik parçalar: yarı-köşeli Biyoklast/karbonat: yarı yuvarlak Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%30 ±3) Litik daneler (%25 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Biyoklast/karbonat (%15 ±2) Kuars (%5 ±1) Opak + ağır mineraller (%5 ±1)	Orta seçilim	Dalga içi	Piroksenli feldispatlı volkanik litarenit
ÖN8 Şekil 18	Minimum: ~70 µm Maksimum: ~600 µm Ortalama: ~200 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Litik parçalar: yarı-köşeli Klinopiroksen: ince fraksiyon öz şekilsiz Biyotit: eser Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%30 ±3) Volkanik litik parçalar (%30 ±3) Klinopiroksen (%15 ±2) Kuars (%10 ±1) Biyoklast/karbonat (%10 ±1) Opak + ağır mineraller (%5 ±1) Biyotit eser	İyi seçilim	Dalga gerisi	Feldispatlı volkanik litarenit (ince daneli)
ÖN9 Şekil 18	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~450 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli Litik parçalar: yarı köşeli, yuvarlak Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%30 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Litik parçalar (%20 ±2) Kuars (%15 ±2) Biyoklast/karbonat (%10 ±1) Opak + ağır mineraller (%5 ±1)	Orta seçilim	Dalga içi	Piroksenli feldispatik litarenit

Tablo 3 devamı

Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN10 Şekil 18	Minimum: ~80 µm Maksimum: ~800 µm Ortalama: ~300 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı öz şekilli, öz şekilsiz Litik parçalar: köşeli yarı yuvarlak Biyotit: %1-2 Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%40 ±4) Klinopiroksen (%20 ±2) Volkanik litik parçalar (%25 ±2) Opak + ağır mineraller (%10 ±1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta-zayıf seçilim	Dalga içi - dalga önü geçişi	Plajiyoklaslı volkanik litarenit
ÖN11 Şekil 19	Minimum: ~100 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~400 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı öz şekilli Litik parçalar: yarı köşeli Biyotit: yarı öz şekilli Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%35 ±4) Klinopiroksen (%25 ±2) Volkanik litik parçalar (%25 ±2) Opak + ağır mineraller (%10 ±1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta-iyi seçilim	Dalga önü - üst dalga içi	Plajiyoklaslı volkanik litarenit
ÖN12 Şekil 19	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~450 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı öz şekilli Litik parçalar: yarı köşeli Biyoklast/karbonat: yardımcı Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%30 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Litik parçalar (%20 ±2) Kuars (%15 ±4) Biyoklast/karbonat (%10 ±2) Opak + ağır mineraller (%5 ±1)	Orta seçilim	Dalga içi	Piroksenli feldispatik litarenit

Tablo 3 devamı

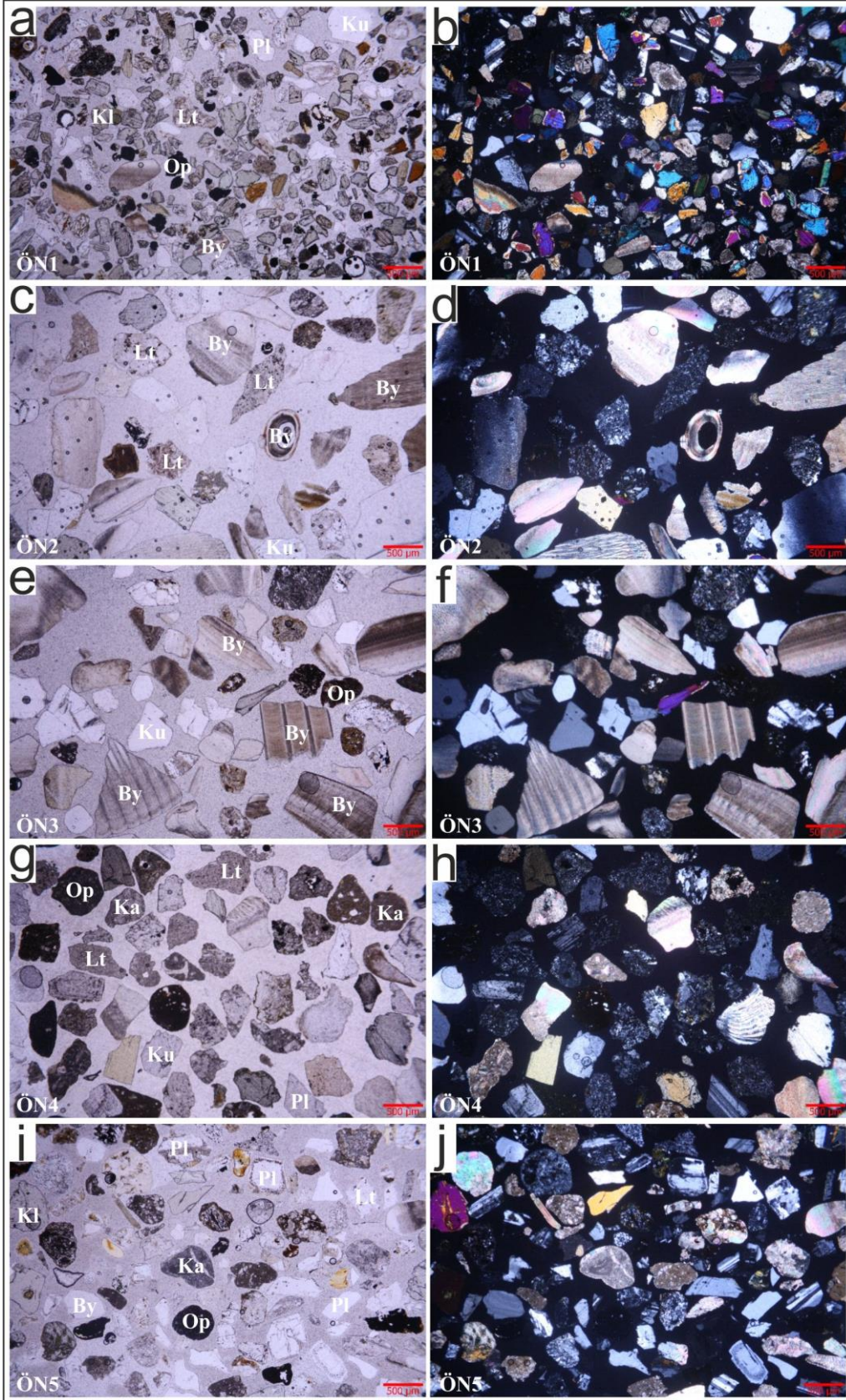
Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN13 Şekil 19	Minimum: ~70 µm Maksimum: ~800 µm Ortalama: ~300 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli Litik parçalar: yarı köşeli Biyotit: yarı-öz şekilli Genel yuvarlaklık: düşük-orta	Plajiyoklas (%40 ±4) Klinopiroksen (%25 ±2) Volkanik litik parçalar (%25 ±2) Opak + ağır mineraller (%8 ±1) Biyotit (%1-2) Kuars (%2-3)	Orta seçilim	Dalga içi - dalga arkası geçişi	Plajiyoklaslı volkanik litarenit
ÖN14 Şekil 19	Minimum: ~120 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~450 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı-öz şekilli, öz şekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%30 ±5) Klinopiroksen (%20 ±4) Litik parçalar (%20 ±5) Kuars (%15 ±4) Biyoklast/karbonat (%10 ±3) Opak + ağır mineraller (%5 ±2)	Orta-iyi seçilim	Dalga içi	Piroksenli feldispatik litarenit
ÖN15 Şekil 19	Minimum: ~80 µm Maksimum: ~750 µm Ortalama: ~350 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, öz şekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Biyotit: eser Genel yuvarlaklık: düşük-orta	Plajiyoklas (%40 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Volkanik litik (%25 ±3) Opak + ağır mineraller (%10 ±1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta seçilim	Dalga içi - dalga arkası geçişi	Plajiyoklaslı volkanik litarenit

Tablo 3 devamı

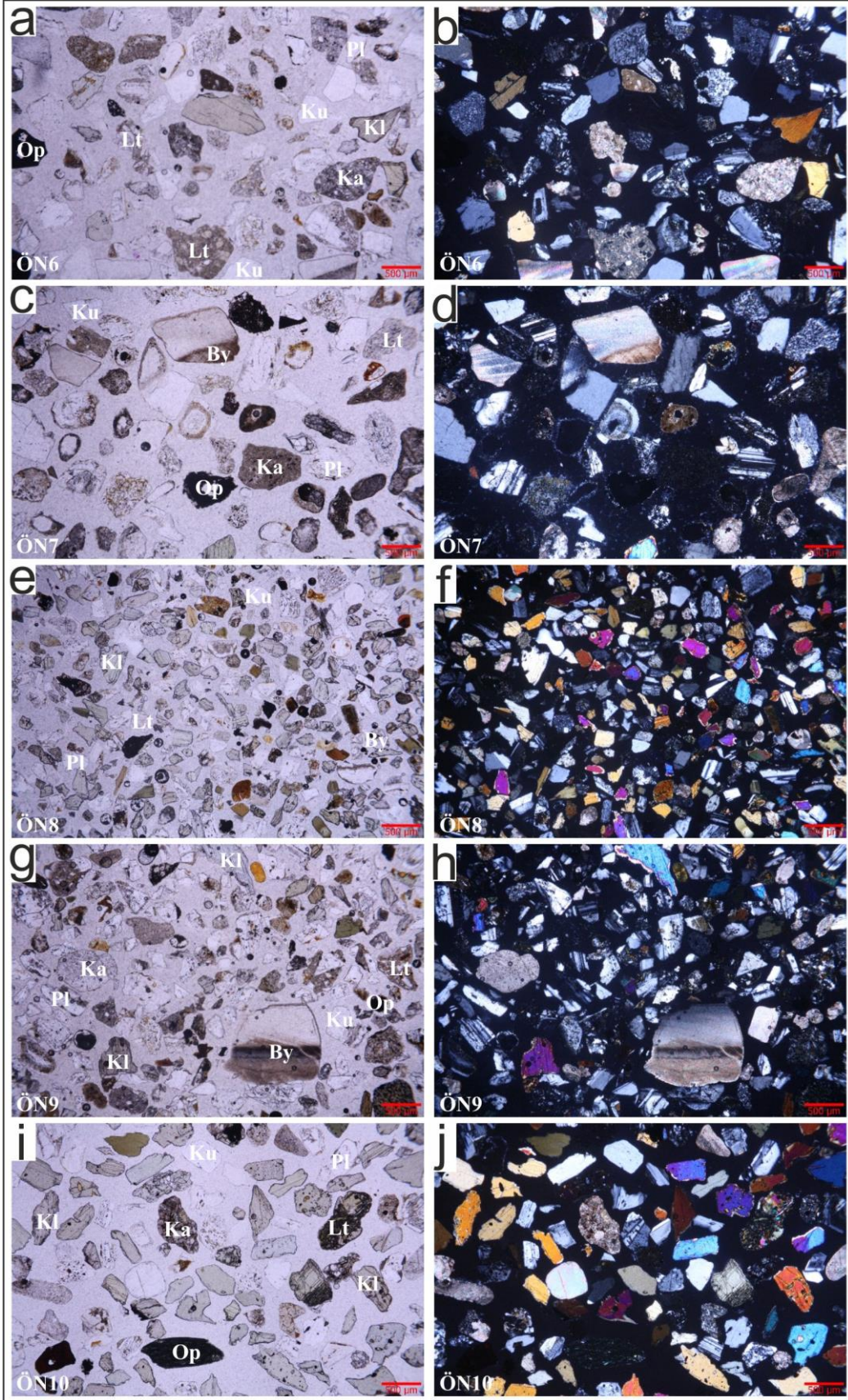
Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN16 Şekil 20	Minimum: ~120 μm Maksimum: ~900 μm Ortalama: ~450 μm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, özşekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Biyoklast/karbonat: oval Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%25 \pm 5) Klinopiroksen (%25 \pm 5) Litik (%20 \pm 5) Kuars (%15 \pm 4) Biyoklast/karbonat (%10 \pm 3) Opak + ağır mineraller (%5 \pm 2)	Orta seçim	Dalga içi	Piroksen \pm amfibollü feldispatik litarenit
ÖN17 Şekil 20	Minimum: ~100 μm Maksimum: ~900 μm Ortalama: ~450 μm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, özşekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%35 \pm 3) Klinopiroksen (%20 \pm 3) Volkanik litik parçalar (%25 \pm 3) Opak + ağır mineraller (%10 \pm 1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta seçim	Dalga içi - dalga önü geçişi	Biyotitli plajiyoklaslı volkanik litarenit
ÖN18 Şekil 20	Minimum: ~120 μm Maksimum: ~900 μm Ortalama: ~450 μm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, özşekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%25 \pm 3) Klinopiroksen (%20 \pm 2) Litik parçalar (%20 \pm 2) Kuars (%15 \pm 2) Biyoklast/karbonat (%15 \pm 2) Opak + ağır mineraller (%5 \pm 1)	Orta seçim	Dalga içi - dalga gerisi geçişi	Biyoklast/karbonatlı feldispatik litarenit

Tablo 3 devamı

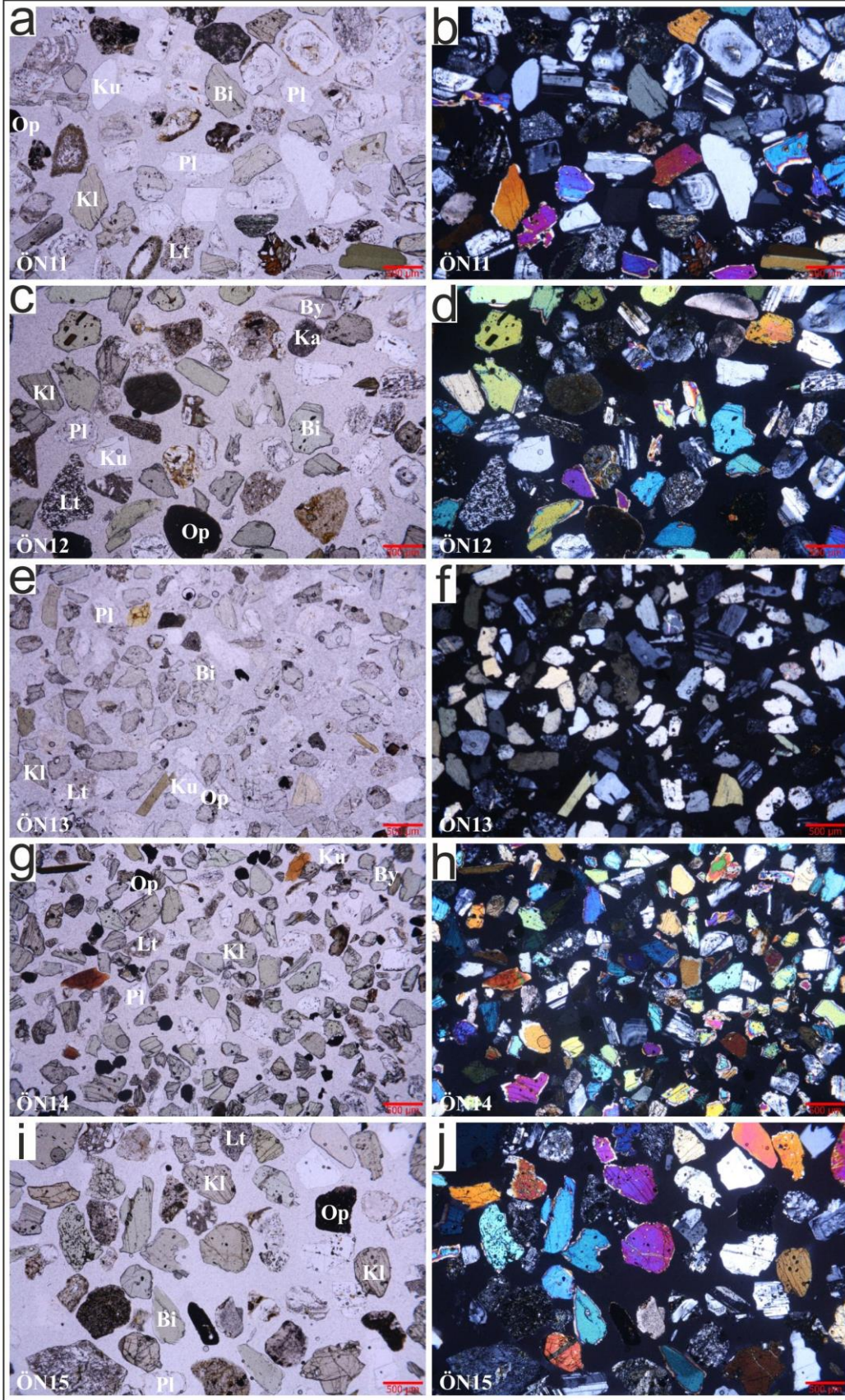
Örnek	Ortalama dane boyutu (Min/Mak/Ort)	Dane şekli ve yuvarlaklık (bileşen bazında)	Mineralojik bileşenler (modal + tanım)	Seçilim (sorting)	Plajdaki olası konum	Kıumtaşı olsaydı muhtemel adı
ÖN19 Şekil 20	Minimum: ~80 µm Maksimum: ~900 µm Ortalama: ~450 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, öz şekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli Biyotit: öz şekilsiz Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%35 ±3) Klinopiroksen (%25 ±2) Volkanik litik parçalar (%30 ±3) Opak + ağır mineraller (%5 ±1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta seçilim	Dalga önü - dalga içi geçişi	Biyotitli volkanik litarenit
ÖN20 Şekil 20	Minimum: ~70 µm Maksimum: ~800 µm Ortalama: ~350 µm	Plajiyoklas: yarı özşekilli-özşekilsiz Klinopiroksen: yarı özşekilli, öz şekilsiz Litik parçalar: yarı köşeli, yuvarlak Genel yuvarlaklık: orta	Plajiyoklas (%35 ±3) Klinopiroksen (%20 ±2) Volkanik litik parçalar (%30 ±3) Opak + ağır mineraller (%10 ±1) Biyotit (%2-3) Kuars (%2-3)	Orta-iyi seçilim	Dalga içi - dalga gerisi geçişi	Volkanik litarenit (plajiyoklasça zengin, mafik katkı)



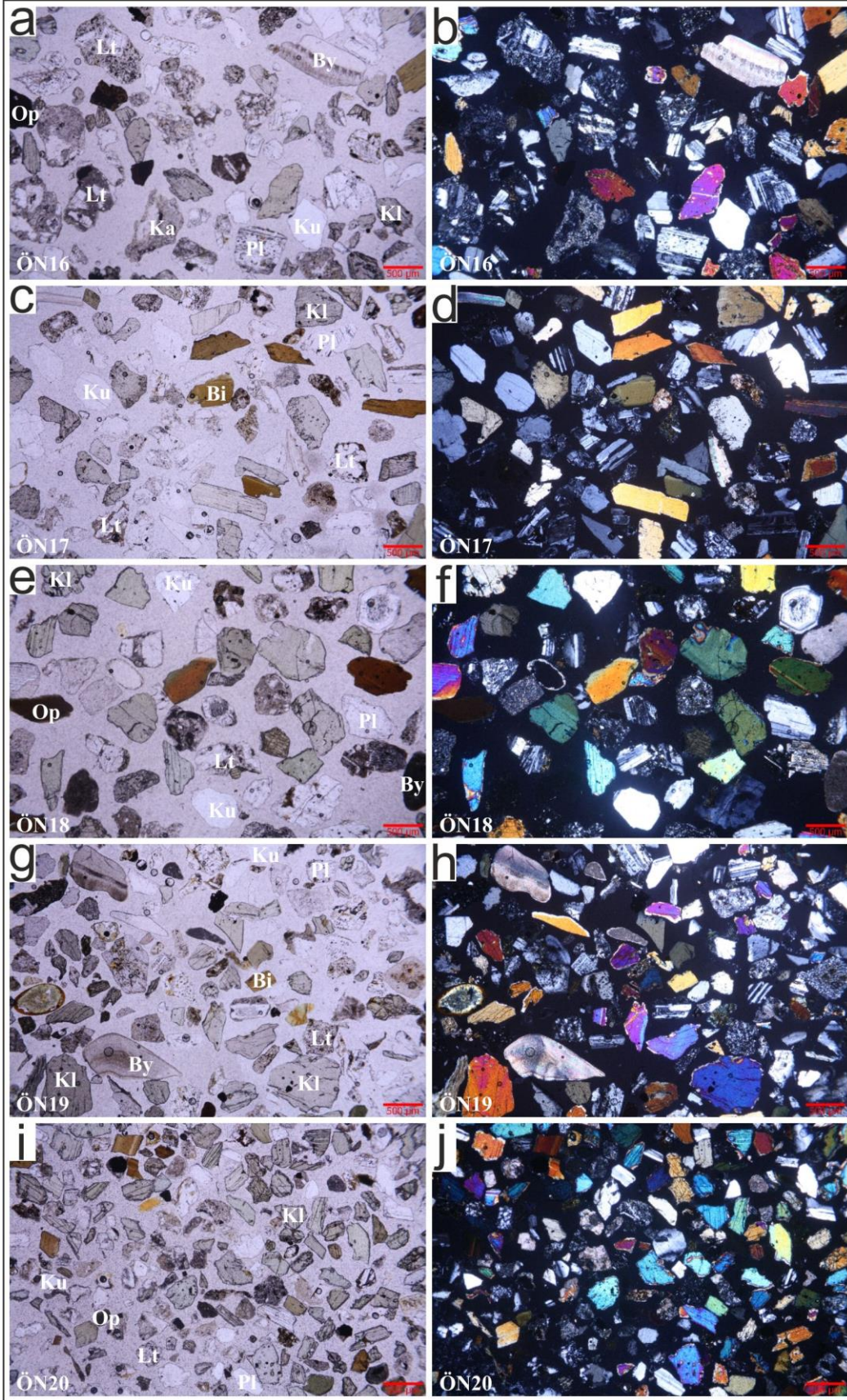
Şekil 17. 1–5 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskobik görüntüleri. Her örnek için sol panel tek nikol, sağ panel çift nikol görüntüsünü göstermektedir: ÖN1 (A, B), ÖN2 (C, D), ÖN3 (E, F), ÖN4 (G, H), ÖN5 (I, J), (Ku: Kuvars, Ka: Karbonat parçası, Pl: Plajiyoklas, Op: Opak Mineral, Kl: Klinopiroksen, Lt: Litik kayaç parçası, By: Biyoklast, ölçek uzunluğu 500 µm'dir)



Şekil 18. 6-10 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskopik görüntüleri. Her örnek için sol panel tek nikol, sağ panel çift nikol görüntüsünü göstermektedir: ÖN1 (A, B), ÖN2 (C, D), ÖN3 (E, F), ÖN4 (G, H), ÖN5 (I, J) (Kısaltmalar Şekil 17'deki gibidir. Ölçek uzunluğu 500 µm'dir)



Şekil 19. 11-15 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskobik görüntüleri. Her örnek için sol panel tek nikol, sağ panel çift nikol görüntüsünü göstermektedir: ÖN1 (A, B), ÖN2 (C, D), ÖN3 (E, F), ÖN4 (G, H), ÖN5 (I, J) (Kısaltmalar Şekil 17’deki gibidir, ölçek uzunluğu 500 µm’dir)



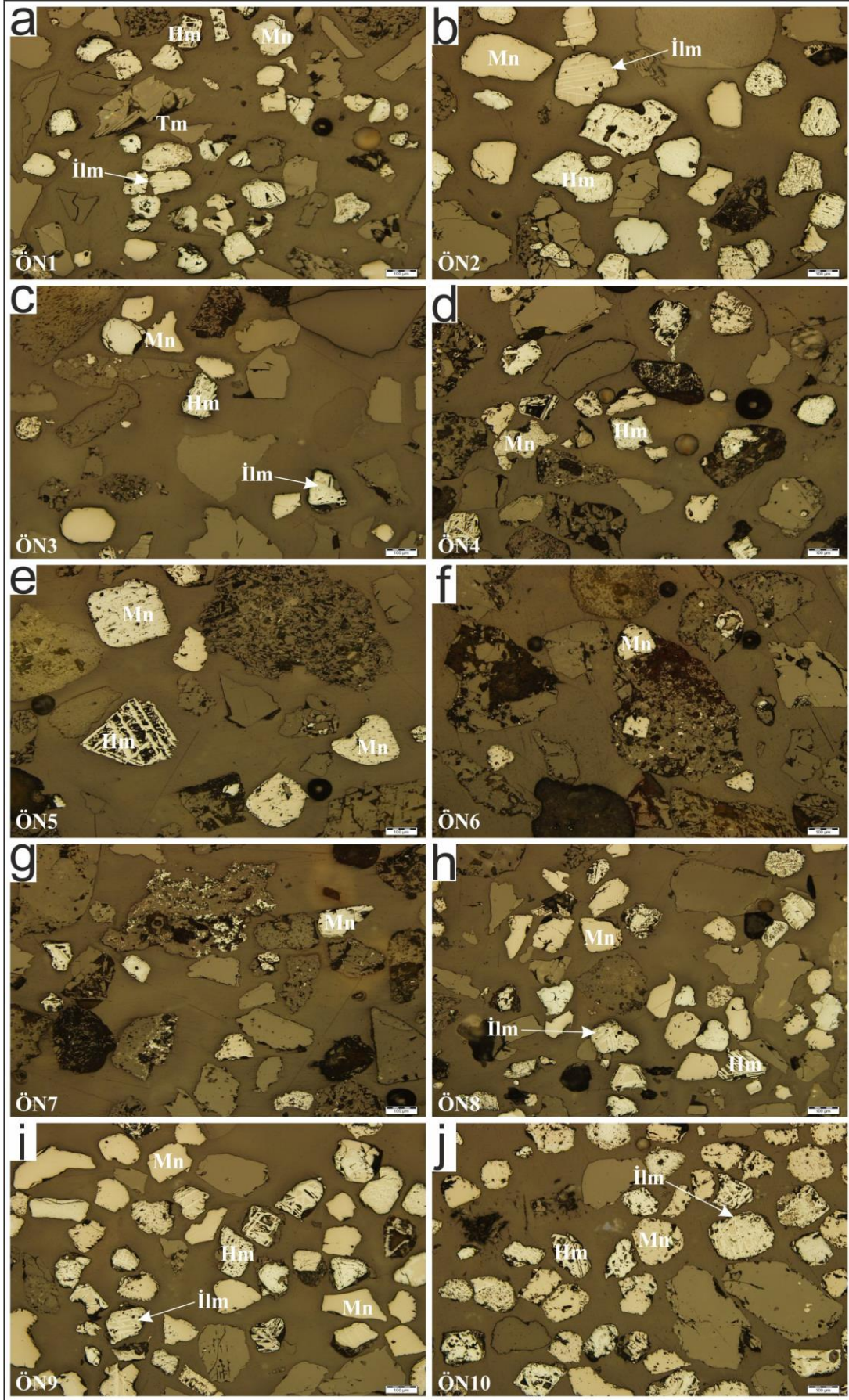
Şekil 20. 16-20 numaralı kum örneklerinin ince kesit mikroskobik görüntüleri. Her örnek için sol panel tek nikol, sağ panel çift nikol görüntüsünü göstermektedir: ÖN1 (A, B), ÖN2 (C, D), ÖN3 (E, F), ÖN4 (G, H), ÖN5 (I, J) (Kısaltmalar Şekil 17'deki gibidir, ölçek uzunluğu 500 µm'dir)

Ünye sahilinde bulunan kumlar içindeki ışığı geçirmeyen (opak) minerallerin özellikleri hazırlanan parlak kesitler üzerinde incelenmiş, bu örnekler için mikroskop görüntüleri Şekil 21 ve 22’de verilmiştir. Örneklerde bulunan opak mineraller manyetit, hematit, ilmenit ve titanomanyetit oluşmaktadır. Bütün örneklerde manyetit bolluğu diğerlerinden oldukça fazladır.

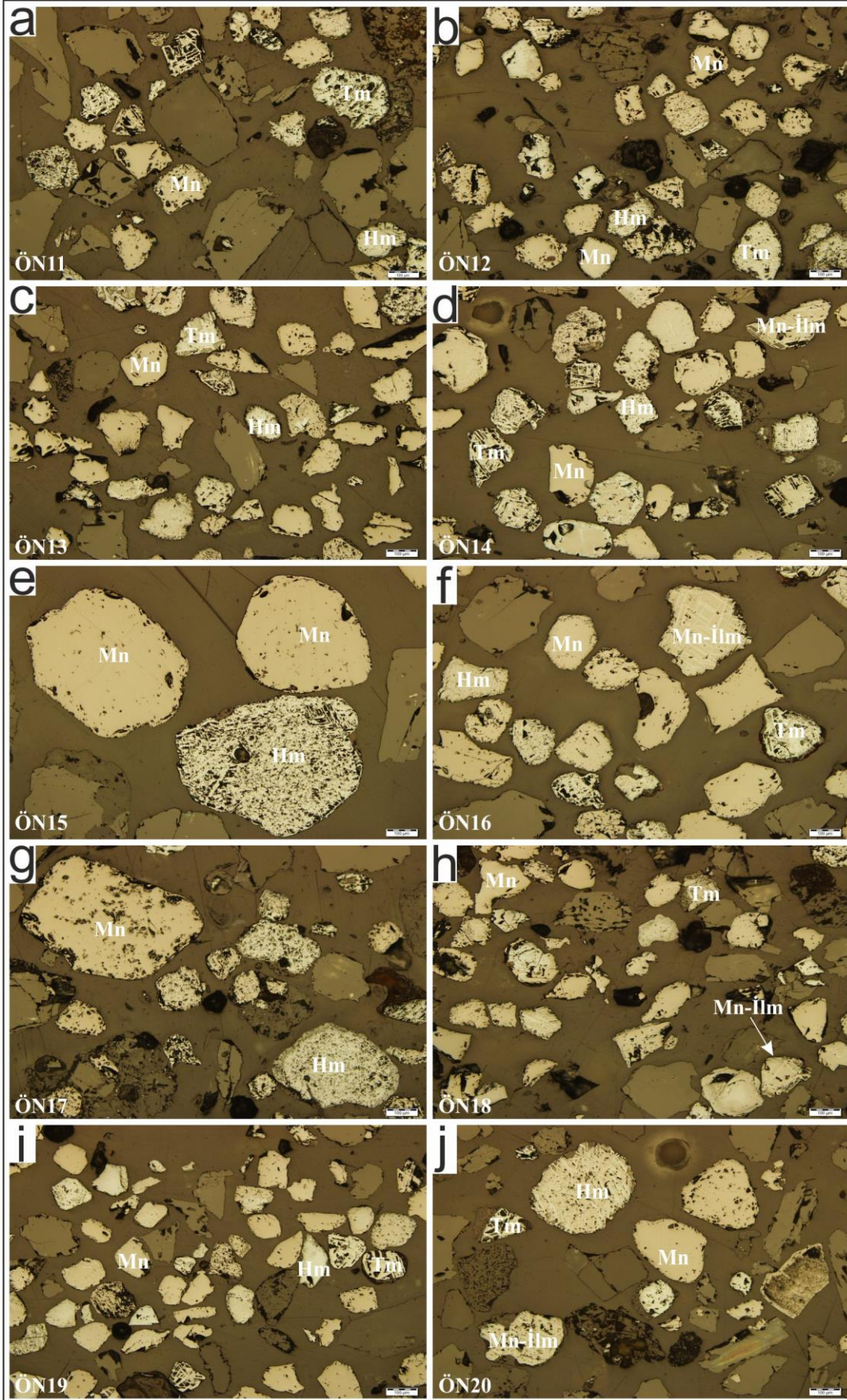
Örneklerde bulunan opak mineraller genel olarak dikdörtgenimsi veya eliptik şekillerde dağılım göstermektedir. Örneklerin bir kısmında bulunan opak mineraller (4, 5, 6, 7, 13 ve 17, 18 ve 19 numaralı örnekler) çoğunlukla köşeli ve kırık kenarlı yapıya sahipken diğer örneklerde (1, 2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15 ve 16 numaralı örnekler) kısmen daha düzgün kenarlı ve daha yuvarlak bir yapıya sahiptir (Şekil 21 ve 22). Örneklerin çok azında iyi derecede yuvarlaklaşmış daneler gözlenirken, genel olarak bu minerallerin köşeli yapıda oldukları görülmektedir. Bu durum mekanik taşınma ve aşınma süreçlerinin sınırlı olmasının ürünüdür. Başka bir ifade ile bu mineraller kısa mesafelerde taşındığı için yeterince yuvarlaklaşmamıştır.

Örneklerdeki opak minerallerin boyutları genel olarak yaklaşık 50–200 µm aralığında değişmektedir. Buna karşın 15, 16, 17 ve 20 numaralı örneklerde 200 µm üzerinde ve yer yer 500 µm boyutuna ulaşan daha iri mineralleri görmek mümkündür (Şekil 21 ve 22). Opak minerallerin dane boyutunda görülen bu farklılıklar oluşum sürecindeki farklı enerji koşullarının bir göstergesi olabileceği gibi bu minerallerin farklı kaynak alanlardan türediğinin bir göstergesi de olabilir.

Opak minerallerin kesitlerdeki görece bollukları örnekler arasında farklılık göstermektedir. Özellikle 3 ile 7 arasındaki örneklerde opak mineraller daha seyrek dağılım göstermekte ve kesitlerdeki bollukları %10–20 arasında değişmektedir (Şekil 21). Bunlardan 4 ile 7 arasındaki örneklerde bulunan opak mineraller genel olarak kayaç parçaları içinde kapanım şeklinde olup yeterince serbestleşmemiştir (Şekil 21). Buna karşın diğer örneklerde bulunan manyetitler daha yoğun olup bunların oranları yaklaşık %25–40 arasında değişmektedir. Bu örneklerde bulunan opak minerallerin diğerlerine kıyasla daha iyi derecede serbestleştiği görülmektedir. Örneklerin opak mineral içeriklerindeki bu farklılık farklı kaynak alanlardan türediğinin bir göstergesidir.



Şekil 21. a-j) 1 ile 10 arasındaki sahil kumu örneklerinin mikroskop görüntüleri (Mn: Manyetit, Hm: Hematit, İlm: İlmenit, Tm: Titanomanyetit, ÖN: Örnek numarası)



Şekil 22. a-j) 11 ile 20 arasındaki sahil kumu örneklerinin mikroskop görüntüleri (Mn: Manyetit, Hm: Hematit, İlm: İlmenit, Tm: Titanomanyetit, ÖN: Örnek numarası)

6.2.2. Dere Kumlarının Mineralojik Özellikleri

Dere kumlarının mineralojik özelliklerini belirlemek üzere İkizce dere, Cuma dere ve Kurna dere yataklarından örnekleme yapılmış olup örnek alım yerleri Şekil 16'da gösterilmiştir. Buna göre İkizce dere yatağından 3 adet, Cuma dere yatağından 3 adet ve Kurna dere yatağından 4 adet olmak üzere 10 adet örnek üzerinde çalışma yapılmıştır. Dere yataklarındaki kumun mineralojik özellikleri ışığı geçiren mineralleri incelemek için hazırlanan ince kesitler ile ışığı geçirmeyen mineraller üzerinde inceleme yapmak üzere hazırlanan parlak kesitler üzerinde yapılmıştır.

İnce kesitlerde yapılan incelemelere göre kumların boyutları birkaç mikrondan birkaç mm'ye kadar değişmektedir. Kumların bileşenlerini yaygın olarak görülen volkanik kökenli litik kayaç parçaları, karbonatlı kayaç parçaları, plajiyoklas ve klinopiroksenin yanında daha az oranda görülen biyoklast (canlı kavrıkları), biyotit, kuvars ve opak mineraller oluşturmaktadır.

Cuma dere örneklerinde bulunan volkanik kökenli litik kayaç parçalarının bir kısmı hamur dokusu içinde küçük plajiyoklas minerallerinden oluşurken (Şekil 23a, b), bu kayaç parçalarının bir kısmında hamur dokusu içinde iri plajiyoklas mineralleri bulunmaktadır (Şekil 23c, d). Bu örneklerde karbonatlı kayaçlara ait kayaç parçaları da yaygın olarak gözlenir (Şekil 23a, b). Bazı kayaç parçalarının küçük kristalli yapıları bunların tüflere ait olduğunu göstermektedir. Kesitlerde ayrıca tortul kayaçların parçalanması sonucu açığa çıkan canlı kavrıklarını (biyoklast) görmek mümkündür (Şekil 23e, f). Bu kavrıkların bir kısmı iyi korunmuş olup birincil formlarını korurken bir kısmı parçalanmıştır. Örneklerde yaygın olarak plajiyoklas mineralleri bulunmaktadır. İri kristalli plajiyoklasların genel olarak kayaçtan ayrılarak serbestleştiği görülmektedir. Klinopiroksen ve biyotit minerallerinin de yer yer serbestleştiği görülmektedir. Örneklerin kuvars mineral içerikleri çok düşüktür (Şekil 23 a-f).

İkizce dere örnekleri yaygın olarak volkanik kökenli kayaç parçaları içermektedir. Bu kayaç parçalarının bir kısmı hamur dokusu içinde iri kristalli plajiyoklaslardan oluşurken bunların bir kısmı hamur dokusu içinde daha küçük kristalli yapılar sunmaktadır (Şekil 24g, h). Küçük kristalli bazı kayaç parçalarının kül boyutlu bağlayıcı malzeme ile tutturulduğu, dolayısı ile bunların tüf kökenli kayaç parçaları olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 23i, j). İkizce dere örneklerinde bulunan karbonatlı kayaç parçaları ve biyoklastlar Cuma dere örneklerinde olduğu kadar yaygın değildir.

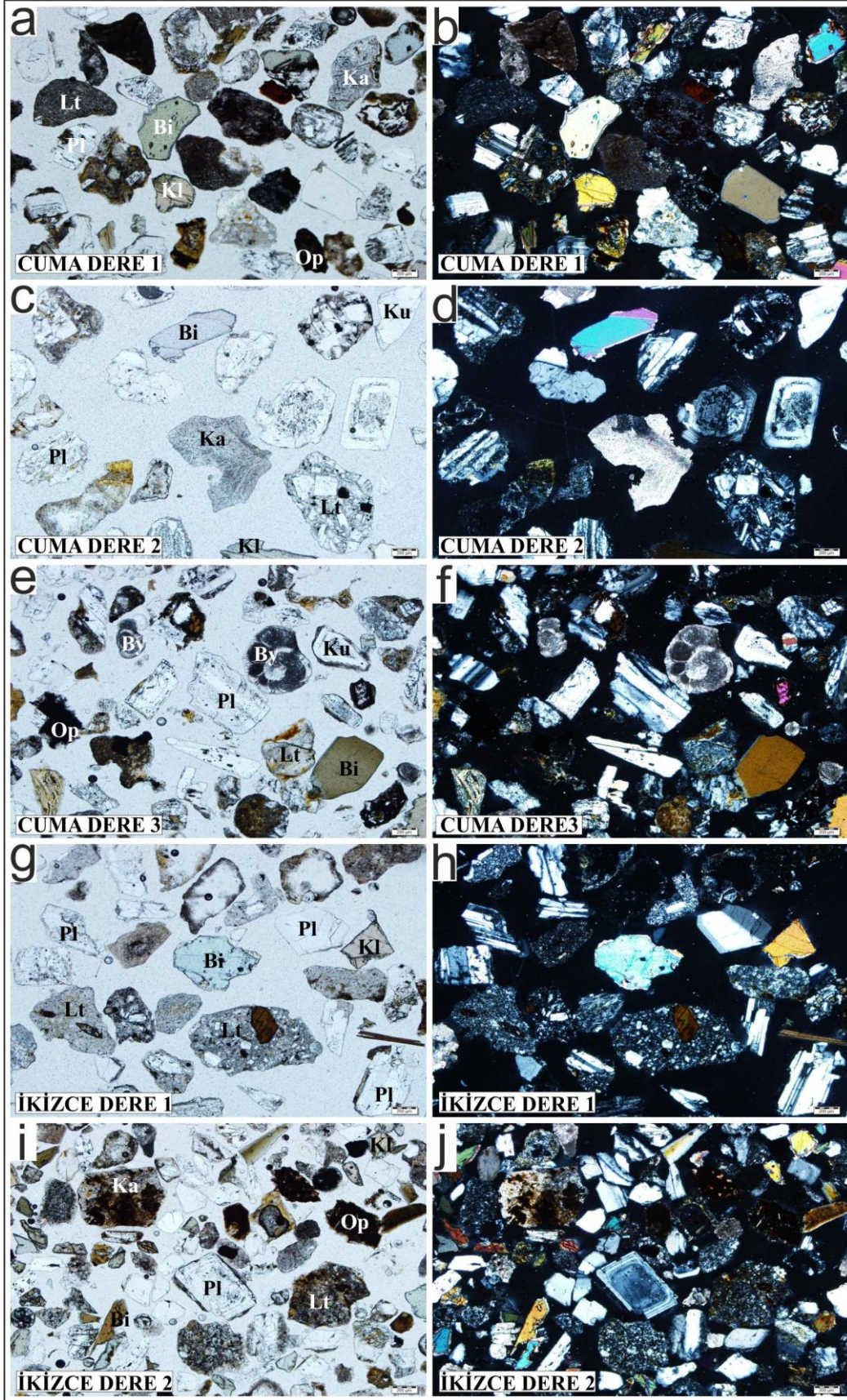
İkizce dere örneklerinde yaygın olarak plajiyoklas mineralleri bulunmaktadır. Plajiyoklaslar yaygın olarak iri kristalli, köşeli yapıda ve uzun latalar şeklindedir. Plajiyoklasların ana kayaçtan ayrılarak büyük oranda serbestleştiği görülmektedir (Şekil 23g-j ve Şekil 24a, b) Klinopiroksen ve biyotitler kesitlerde orta bolluktedir. Büyük oranda

serbestleşen klinopiroksen ve biyotitlerin iri kristalli, köşeli formlarda olduğu gözlenmiştir. Örneklerin kuvars içeriği oldukça düşük olduğundan nadiren görülmektedir. Cuma dere örneklerinde olduğu gibi, iyi korunmuş canlı kavkuları İkizce dere örneklerinde de bulunmaktadır (Şekil 24a, b). İkizce dere örneklerinde bulunan opak minerallerin tanımlaması parlak kesitler üzerinde yapılan incelemelerde yapılmıştır.

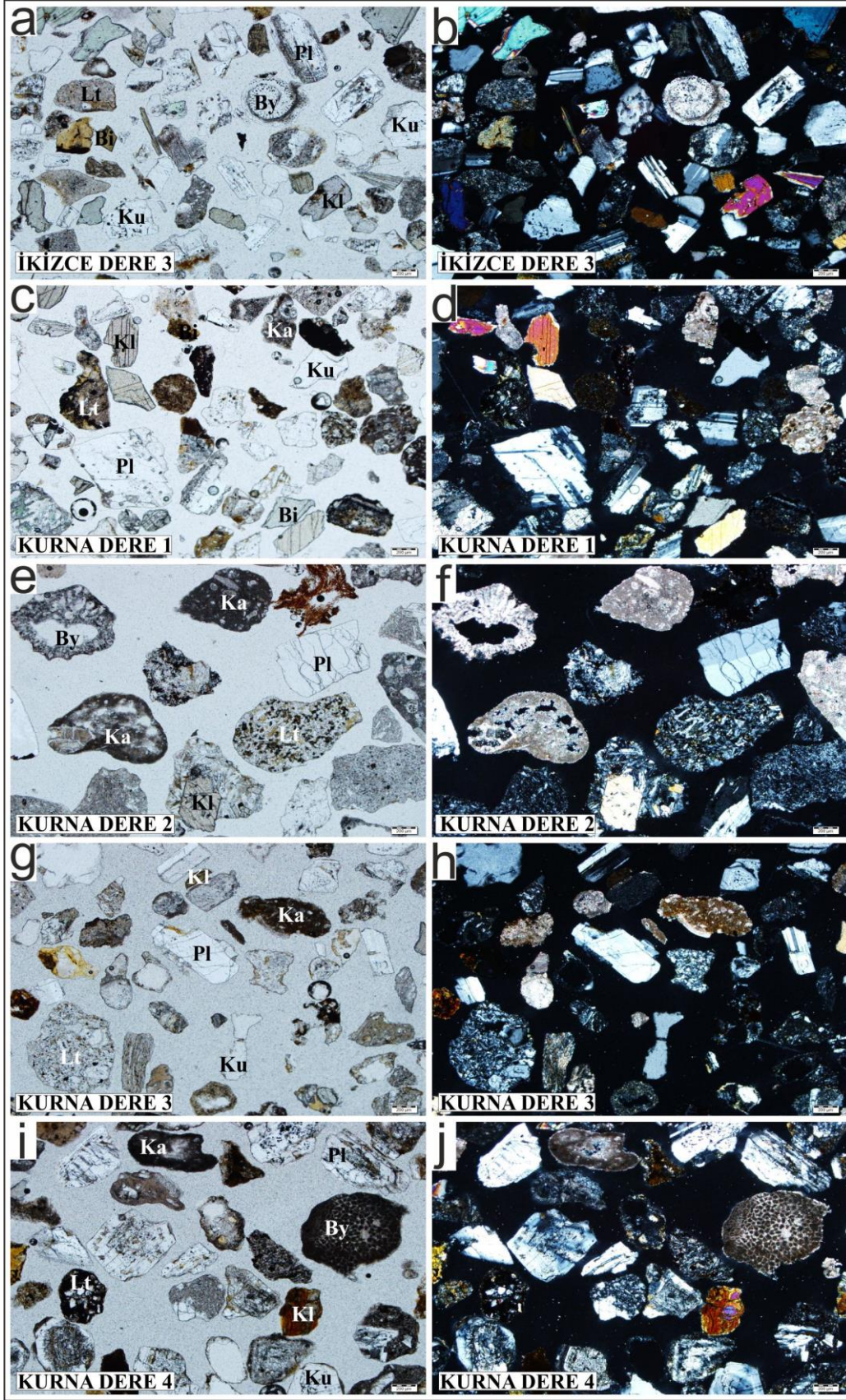
Kurna dere örnekleri diğerlerinde olduğu gibi yaygın bir şekilde volkanik kayaç parçaları içermektedir. Bu kayaç parçaları hamur içinde saçınımlı plajioklaslardan oluşmaktadır. Plajioklaslar diğer dere yataklarına kıyasla daha küçük boyutludur. Kurna dere örneklerinde tuf kökenli kayaç parçaları daha baskındır. Bunlar içinde küçük plajioklas mineralleri ve bunların bağlayıcısı durumunda olan kül boyutlu malzeme bulunmaktadır (Şekil 24c-f). Kurna dere örneklerinin karbonatlı kayaç parçası (Şekil 24e, f) ve canlı kavkısı içeriği diğer derelerden daha yüksektir. Volkanik ve karbonatlı kayaç parçaları ile tuf kökenli kayaç parçaları oldukça köşeli yapıda olup kısa mesafe taşınmanın izlerini taşımaktadırlar (Şekil 24g, h). Kurna dere örneklerinde iri kristalli, köşeli yapılı plajioklas mineralleri yaygındır (Şekil 24c-j). Plajioklaslar serbestleşerek büyük oranda kayaçtan ayrılmıştır. Kesitlerde Klinopiroksen ve biyotitler orta bollukta olup iri kristalli ve köşeli yapılar sunmaktadır. Örneklerin kuvars içeriği düşüktür.

Dere kumu örneklerinde bulunan kayaç parçaları ve minerallerin köşeli yapılarda olması bunların kısa mesafede taşındığını göstermektedir. Mineral fazı olarak yaygın bir şekilde plajioklasların gözlenmesi arazide mostra veren volkanik kayaçların yaygın olmasından kaynaklanmaktadır. Organik canlı kalıntılarının bulunması ise arazide bulunan kumtaşı, kireçtaşı, kiltası, marn gibi tortul birimler ile ilişkilidir.

Manyetik minerallerin ince kesitlerde tanımlanması mümkün olmadığından dere kumuna ait örnekler manyetik minerallerden arındırılarak kesitler hazırlanmıştır. Bu ışığı geçirmeyen minerallerin tanımlaması bir sonraki parlak kesitler bölümünde yapılacaktır.



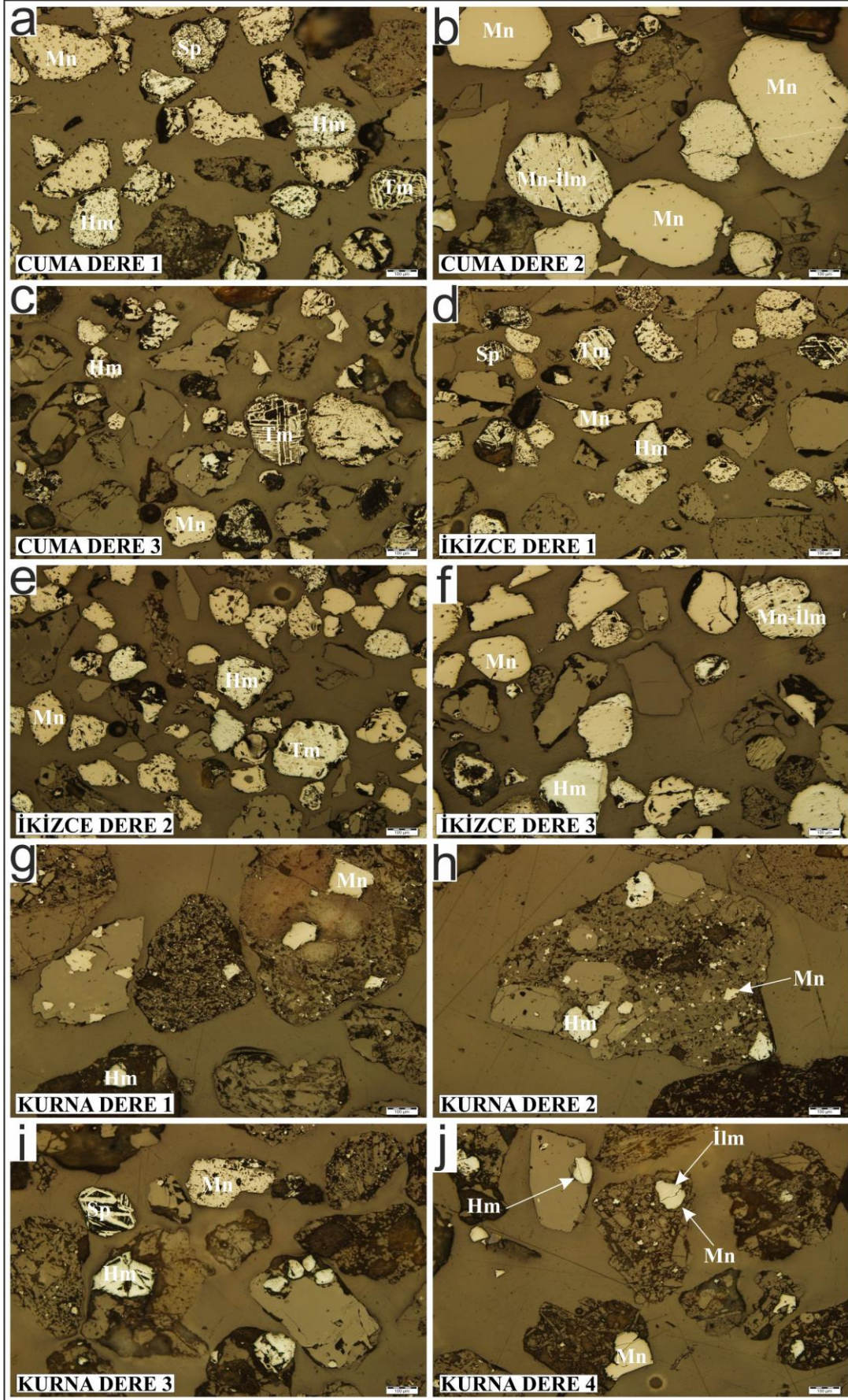
Şekil 23. Cuma dere ve İkizce dere kum örneklerinin tek nikel ve çift nikel mikroskop görüntüleri. Her örnek için sol şekil tek nikel, sağ şekil çift nikel görüntüsünü göstermektedir (Pl: Plajioklas, Kl: Klinopiroksen, Bi: Biotit, By: Biyoklast, Lt: Litik kayaç parçası, Op: Opak mineral, Ku: Kuvars, Ka: Karbonat kayaç parçası)



Şekil 24. İkizce dere ve Kurna dere kum örneklerinin tek nikol ve çift nikol mikroskop görüntüleri. Her örnek için sol şekil tek nikol, sağ şekil çift nikol görüntüsünü göstermektedir (Pl: Plajiyoklas, Kl: Klinopiroksen, Bi: Biyotit, By: Biyoklast, Lt: Litik kayaç parçası, Op: Opak mineral, Ku: Kuvars, Ka: Karbonat kayaç parçası)

Cuma, İkizce ve Kurna dere kum örneklerinde bulunan opak minerallerin özellikleri hazırlanan parlak kesitler üzerinde incelenmiş, bu örnekler için mikroskop görüntüleri Şekil 25'de verilmiştir. Hazırlanan parlak kesitlerin tamamında opak mineral yaygın olarak bulunmaktadır. Örneklerde bulunan opak mineraller genel olarak köşeli ve kırık kenarlı yapıya sahipken Cuma dereye ait 2 numaralı örnek kısmen daha düzgün kenarlı ve daha yuvarlak bir yapıya sahiptir (Şekil 25b). Örneklerin çok azında iyi derecede yuvarlaklaşmış danelerin gözlenmesi bu minerallerin kısa mesafelerde taşındığının göstergesidir. Örneklerdeki opak minerallerin boyutları genel olarak birkaç mikron ile 200 mikron arasında değişmektedir. Buna karşın Cuma dereye ait 2 numaralı örnekte boyutu 500 µm'ye ulaşan mineraller bulunmaktadır (Şekil 25b).

Mikroskop gözlemlerine göre opak minerallerin türleri manyetit, hematit, ilmenit ve titanomanyetit olarak tanımlanmıştır (Şekil 25a-j). Bazı örneklerde bulunan hematitler spekülait formundadır (Şekil 25a, d, i). Bütün örneklerde manyetit bolluğu göreceli olarak diğerlerinden oldukça fazladır. Mineral türleri bakımından dere yatakları arasında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır. Ancak bu minerallerin görece bollukları dere yataklarına göre farklılık göstermektedir. Buna göre opak minerallerin bolluğu İkizce ve Cuma dere örneklerinde Kurna dereye kıyasla daha fazladır. Kurna dere örneklerinde bulunan mineraller boyut olarak daha küçüktür (Şekil 25a-j). İkizce ve Cuma dere örneklerinde bulunan opak mineraller ana kayaktan büyük oranda ayrılmış ve serbestleşmiştir (Şekil 25a-f). Buna karşın Kurna dereye ait örneklerde bulunan opak minerallerin daha düşük oranda serbestleştiği ve yaygın olarak kayalık parçaları içinde kapanımlar şeklinde bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 25g-j). Örneklerin opak mineral içeriklerindeki bu farklılıklar bunların farklı kaynak alanlardan türediğinin bir göstergesidir. Dere kumlarında yapılan parlak kesit incelemelerine göre İkizce ve Cuma dere kumlarının manyetik mineral taşıma potansiyellerinin Kurna dereye kıyasla daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 25. Sırasıyla Cuma, İkizce ve Kurna dere kum örneklerine ait parlak kesit görüntüleri (Mn: Manyetit, Hm: Hematit, İlm: İlmenit, Tm: Titanomanyetit, Sp: Spekülarit)

6.2.3. Jeolojik Birimlerin Mineralojik Özellikleri ve Manyetit İçerikleri

Ünye sahiline kıvrıntı taşıyan İkizce dere, Cuma dere ve Kurna dereleri çevresinde mostra veren bütün birimlerden kayaç örnekleme yapılmış olup bu kayaçların mineralojik özellikleri ve manyetik mineral içerikleri detaylı incelenmiştir. Bu amaca yönelik olarak öncelikle kayaçların mineralojik bileşimleri, hazırlanan ince kesitler üzerinden incelenmiştir. Toplam 21 adet saha örnekleme yapılmış ve bu örneklere ait ince kesitlerin mikroskop görüntüleri Şekil 26-30 arasında örnek numarasına göre sıralı olarak verilmiştir.

1 numaralı örnek kumtaşı bileşimli bir kayaca ait olup içerisinde volkanik ve sedimanter kayaç parçaları, klinopiroksen, ince taneli monokristalin ve polikristalin kuvars, feldispat (ağırlıklı olarak plajiyoklas), biyotit ve bunların arasında ince taneli bağlayıcı matriksten oluşmaktadır. Kumtaşlarının opak mineral içeriği oldukça düşüktür (Şekil 26a, b).

2 ile 5 numaralı örnekler porfiri plajiyoklas ve piroksen mineralleri ile yine bunların çok ince taneli (mikrokristalen ve kriptokristalen) kristallerinin oluşturduğu mikrolitik porfirik dokulu volkanik kayaçlardır. Bunlardan 2 ve 3 nolu örnekler andezitik, 4 ve 5 nolu örnekler ise bazaltik bileşimli volkanik kayaçlardır (Şekil 26c-j). Bu kayaçlarda hem iri plajiyoklas ve piroksenler içerisinde kapanımlar halinde hem de hamurda çok sayıda irili ufaklı opak mineral bulunmaktadır.

6 numaralı örnekte iri kristalli piroksen ve plajiyoklas mineralleri ile bunların arasını dolduran ince taneli feldispat (alkali feldispat ve plajiyoklas) ve hamur (volkanik cam) gözlenmektedir. Gerek porfiri bileşenler gerekse dokusal özellikleri dikkate alınarak kayaç trakiandezit olarak tanımlanmıştır. Örnekte hem iri piroksen ve plajiyoklas mineralleri içerisinde kapanım şeklinde hem de hamurda yaygın olarak opak mineraller gözlenmektedir (Şekil 27a, b).

7 numaralı örnek karbonatlı bir kayaç türü olan kireçtaşına ait olup içerisinde yaygın organik canlı kavrıkları (fosil) bulunmaktadır. İncelenen kireçtaşı örneği, mikritik matris içerisinde bol biyoklast içermesi nedeniyle biyomikrit olarak tanımlanmıştır. Biyomikrit içerisinde opak mineral gözlenmemiştir (Şekil 27c, d).

8 ve 9 numaralı örnekler tuf bileşimli olup içlerinde kayaç parçaları, yaygın plajiyoklas ve kuvars ile daha az oranda biyotit gözlenmiştir (Şekil 27e-h). Bu minerallerin arasını kül boyutlu matris doldurmaktadır (Şekil 27g-h). İçerdiği litik parçalardan dolayı kayaç litik-kristal tuf olarak tanımlanmıştır. Tüfler içinde boyutları 50µm'yi geçmeyen az miktarda opak mineral gözlenmiştir.

10 ve 11 numaralı örnekler kil-silt boyutlu malzemenin bantlı yapı gösterdiği, içerisinde yaygın olarak küçük boyutlu canlı kavrıklarının (bioklast) yanında kil boyutlu

bileşenlerden oluşan kiltası-marn türündedir (Şekil 27i-j, 28a-b). Bu örneklerde opak mineral gözlemlenmemiştir.

12 ve 13 numaralı örnekler iri piroksen ve plajiyoklas porfirlerinin arasını ince kristalli plajiyoklasların doldurduğu mikrolitik porfirik dokulu bir kayaç olup türü andezit olarak tanımlanmıştır (Şekil 28c-f). Bu kayaçlarda andezit içindeki hamur malzemesinde çoğunlukla öz şekilli, boyutları 50 µm'yi geçmeyen opak mineraller saçınımlı bir şekilde bulunmaktadır.

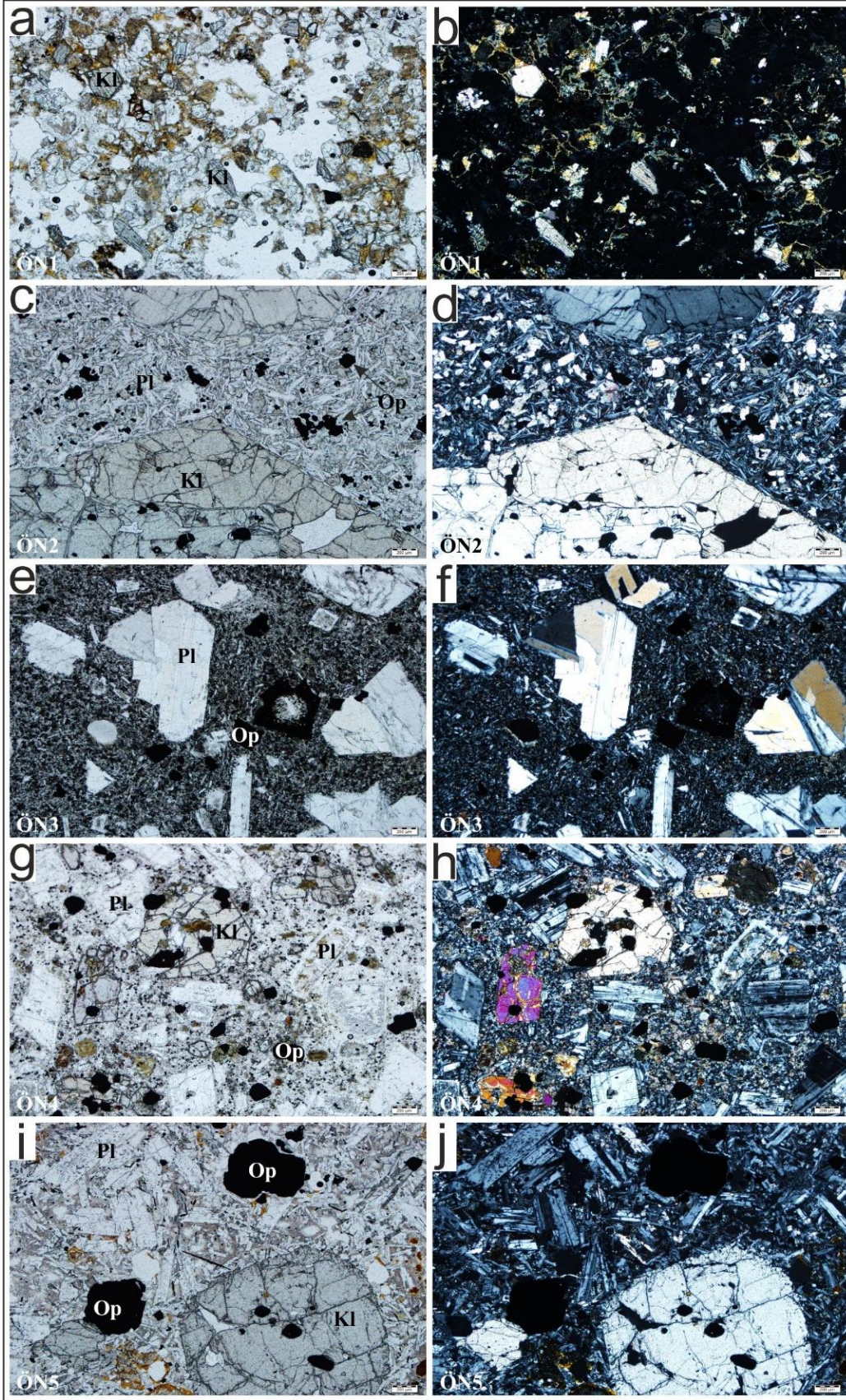
14 numaralı örnek silt boyutlu kuvars, plajiyoklas, organik madde ve karbonat mineralleri ile kül katkısından oluşan ince taneli siltaşı ile marn arasında bir tortul kayaçtır (Şekil 28g-h). Örnekte opak mineral gözlenmemiştir.

15 numaralı örnek sedimanter ve volkanik kayaç parçaları, biyoklast parçaları ve daha az oranda kuvars ve plajiyoklas kristalleri içermektedir. Bu bileşenler karbonat çimentolu bağlayıcı ile bağlanmıştır. Bileşenlerin köşeli klastlardan oluşumu dikkate alınarak kayaç volkano-sedimanter breş olarak tanımlanmıştır. Breşlerde opak mineral bulunmamaktadır. (Şekil 28i-j).

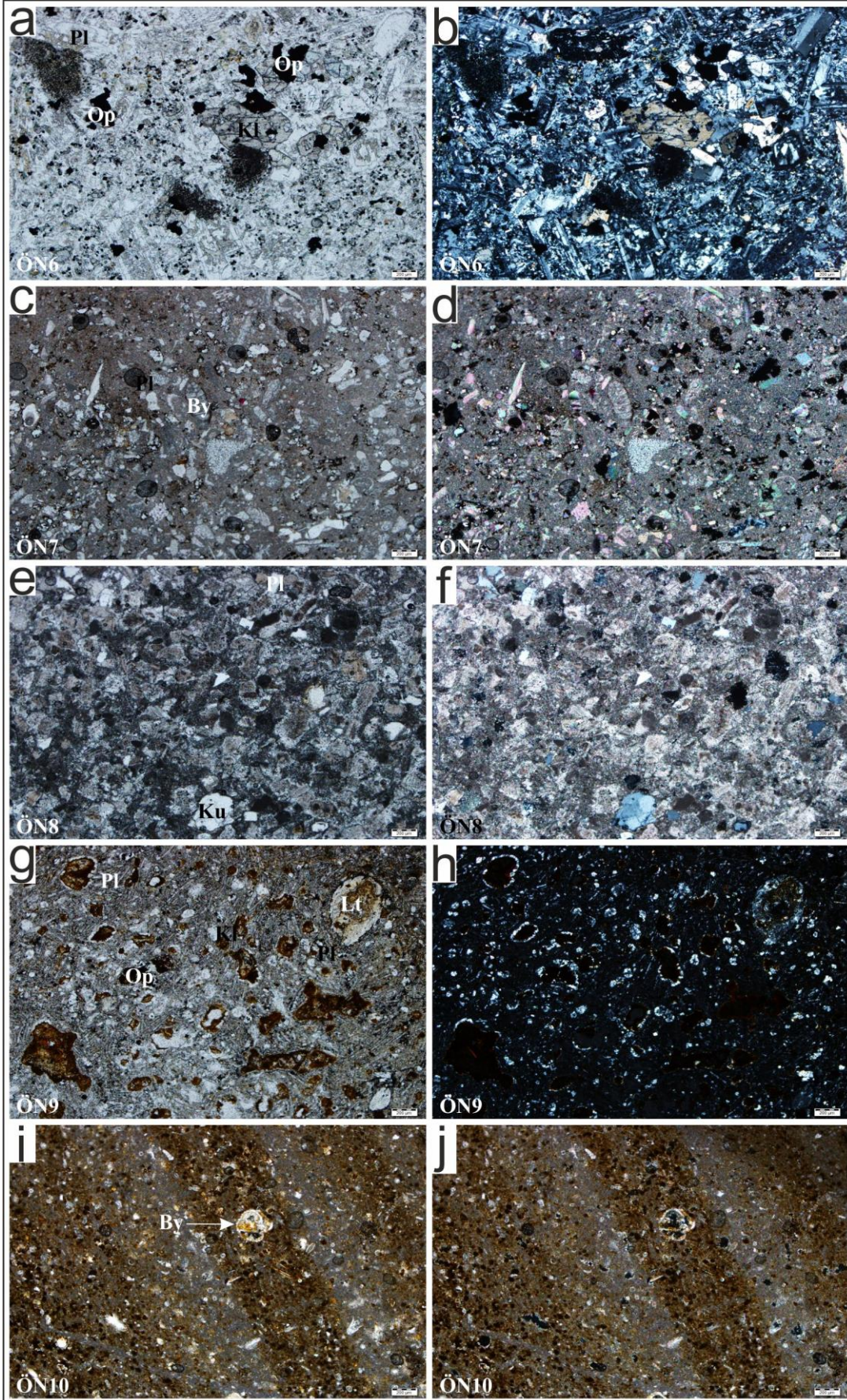
, 16 ve 17 numaralı örnekler volkanik kayaç bileşimli olup iri kristalli plajiyoklas ve piroksen kristalleri içermektedir. Bu iri kristaller arasını daha ince kristalli plajiyoklas ve hamur malzemesi doldurmaktadır (Şekil 29a, d). Mikrolitik porfirik dokulu kayaç andezit olarak tanımlanmıştır. Gerek iri plajiyoklas ve piroksen mineralleri içerisinde kapanım şeklinde gerekse hamurda yaygın olarak, boyutları 300 µm'ye ulaşan opak mineraller bulunmaktadır.

18 numaralı örnek tüf bileşimli olup kuvars, plajiyoklas, biyotit mineralleri ve kayaç parçalarından oluşmaktadır (Şekil 29e-f). Bağlayıcı malzemesi volkanik kül olup örnekte boyutları yer yer 200 µm'ye ulaşan opak mineraller gözlenmiştir. Bu örneğin opak mineral içeriği andezitlere kıyasla daha azdır.

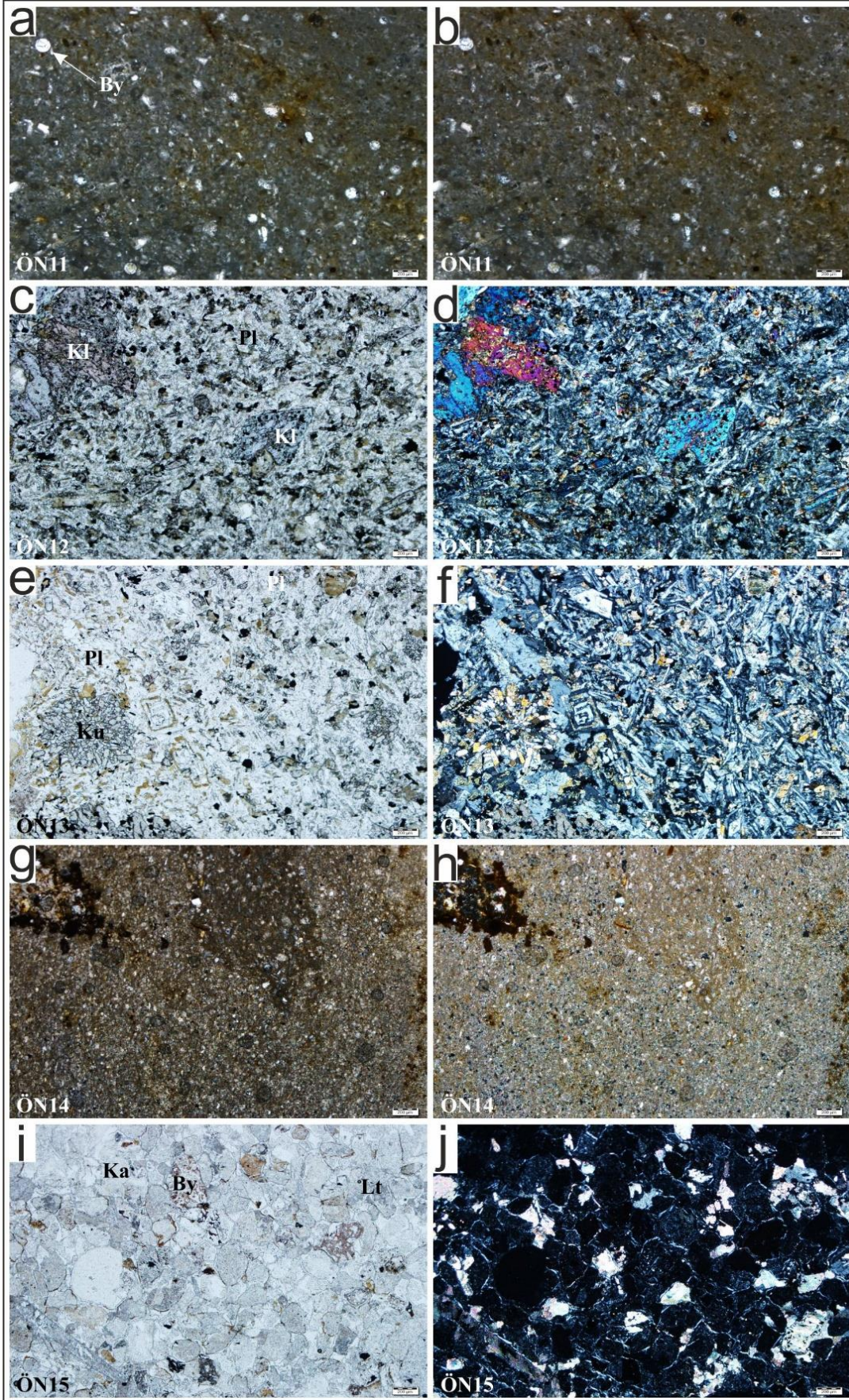
19 ile 21 numaralı örnekler volkanik kayaç bileşiminde olup iri kristalli piroksen ve plajiyoklaslar ile birlikte daha az oranda biyotit içermektedir. 19 ve 20 numaralı örneklerde piroksen oranı plajiyoklasa nispeten daha yaygın iken, 21 numaralı örnekte plajiyoklaslar piroksenden daha yaygın görülmektedir. Örneklerde hamur yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 30a-f). Bu örneklerde hem iri piroksen ve plajiyoklas mineralleri içinde hem de hamurda yaygın bir şekilde opak mineral görülmektedir. Çoğunlukla öz şekilli olan opak minerallerin boyutları yer yer 300 µm'ye ulaşmaktadır.



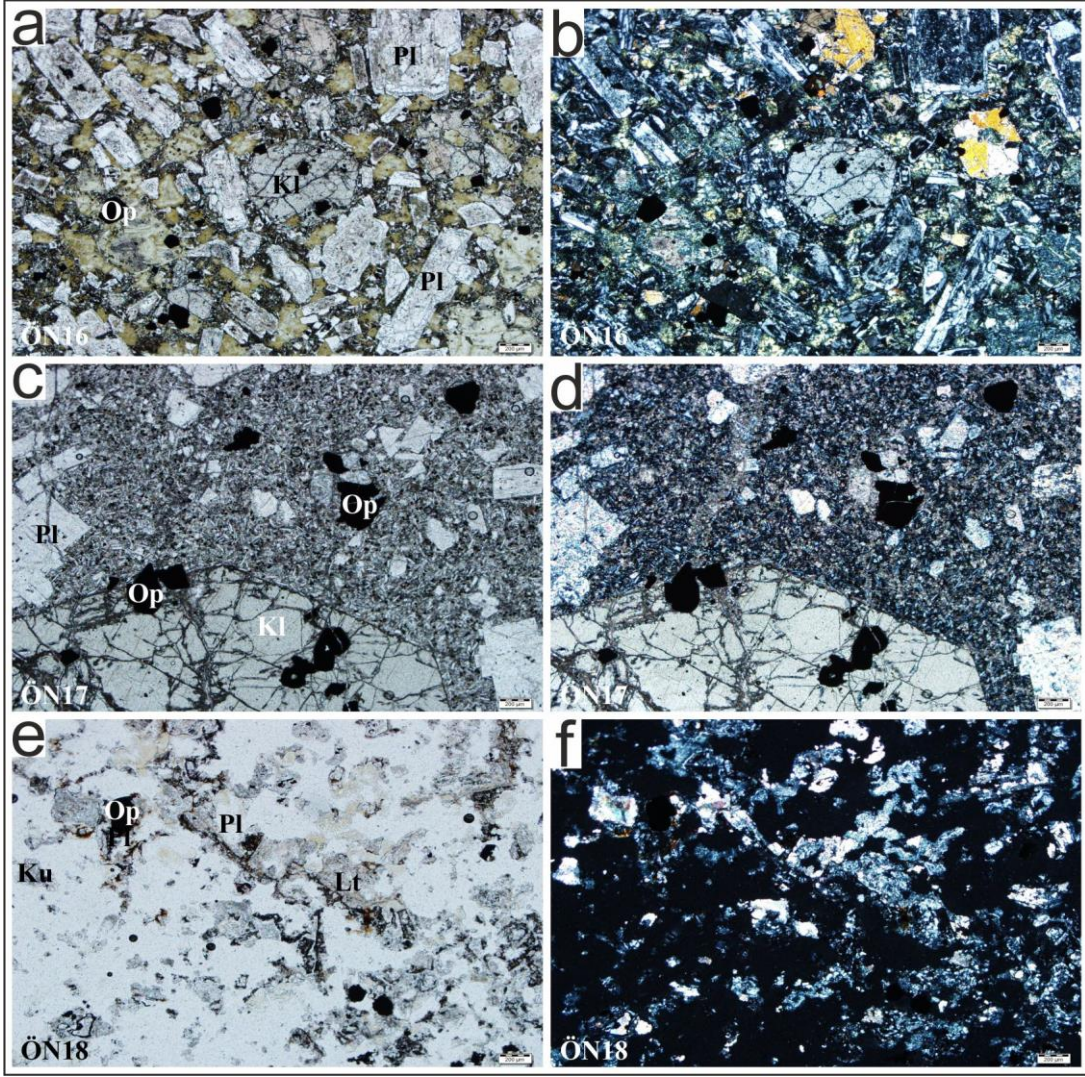
Şekil 26. 1-5 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri (Pl: Plajiklas, Kl: Klinopiroksen, Bi: Biyotit, By: Biyoklast, Lt: Litik kayaç parçası, Op: Opaq mineral, Ku: Kuvars, Ka: Karbonat kayaç parçası)



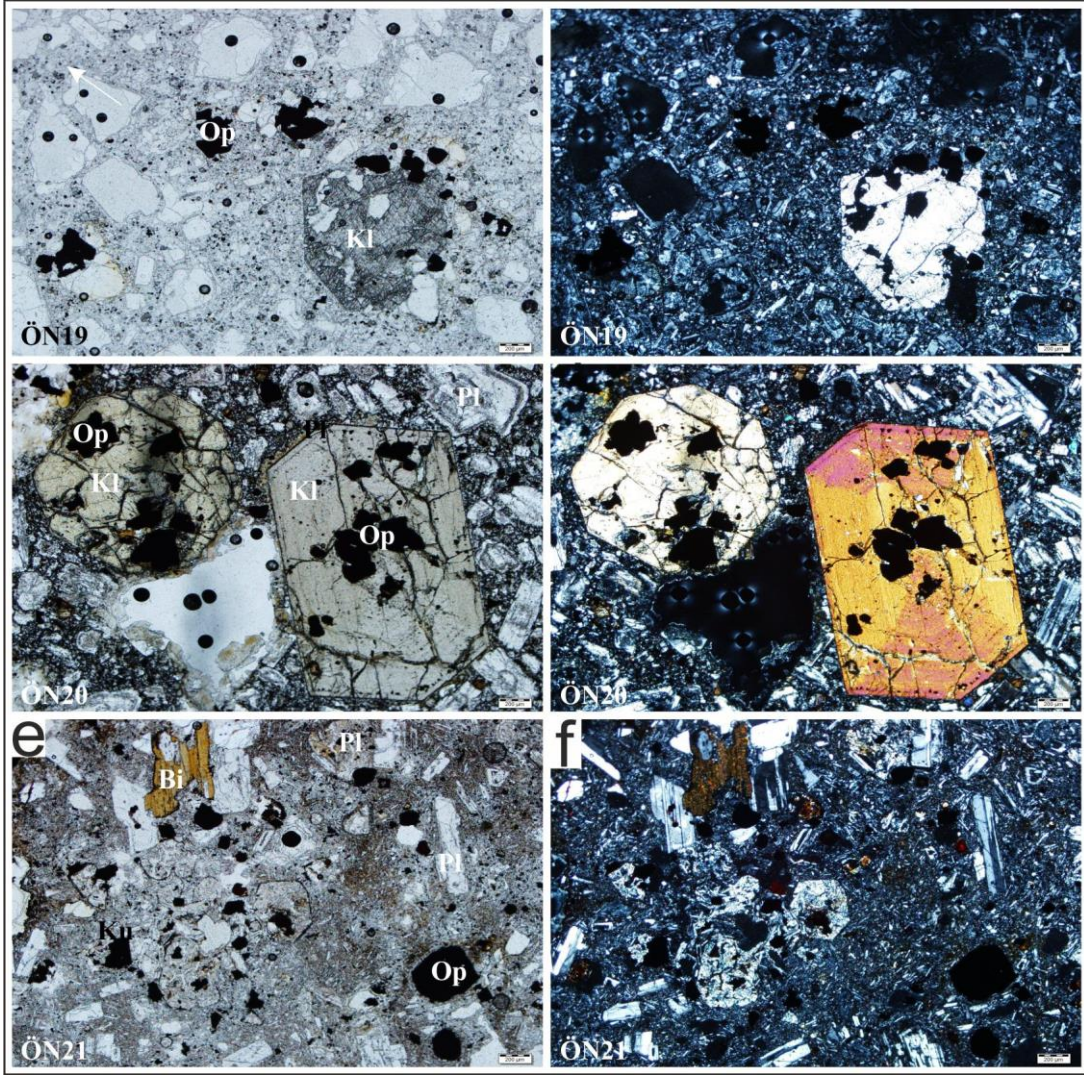
Şekil 27. 6-10 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri (Kısaltmalar Şekil 26'daki gibidir.)



Şekil 28. 11-15 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri (Kısaltmalar Şekil 26'daki gibidir.)



Şekil 29. 16-18 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri (Kısaltmalar Şekil 26'daki gibidir.)



Şekil 30. 19-21 numara arası kayaç örneklerinin tek nikol (solda) ve çift nikol (sağda) mikroskop görüntüleri (Kısaltmalar Şekil 26'daki gibidir.)

Kayaç Örneklerinde bulunan opak minerallerin incelenmesi hazırlanan parlak kesitler üzerinden yapılmıştır. Örneklerin manyetik mineral içerip içermediği mıknatıs yardımıyla kontrol edilmiş, manyetik mineral içeren örnekler seçilerek bunlardan parlak kesitler hazırlanmıştır. Manyetik mineral içeren örneklerin mikroskop görüntüleri Şekil 31 ve Şekil 32’de verilmiştir. Örneklerdeki opak mineraller baskın bir şekilde manyetitten oluşmaktadır. Daha az oranda hematit ve ilmenit bulunmaktadır. Örneklerin manyetik mineral içerikleri aşağıda her bir örnek için ayrı ayrı sunulmuştur.

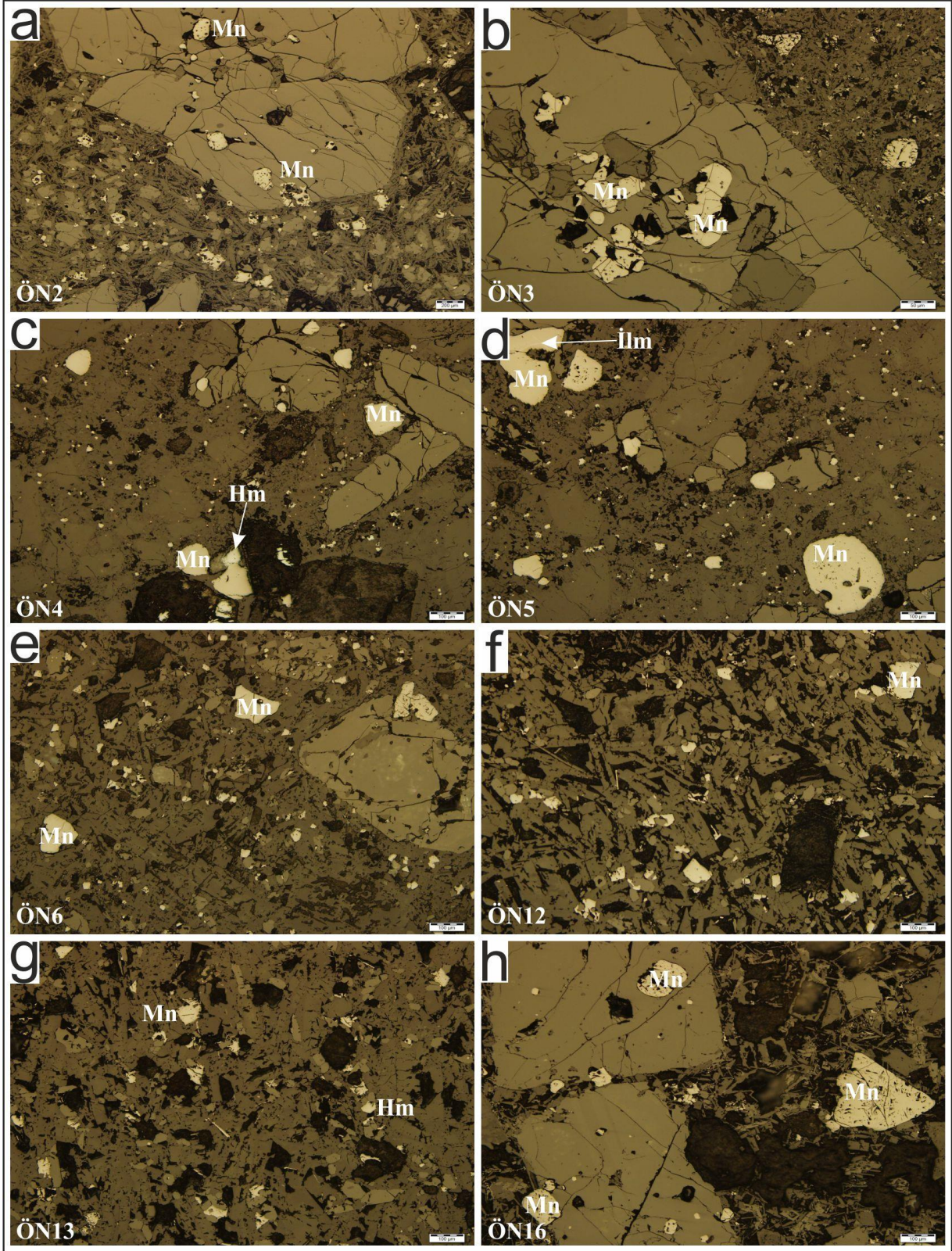
2, 3, 4, 5, ve 6 numaralı örnekler porfirik dokulu volkanik kayalara aittir. Bu örneklerde iri kristalli plajiyokls ve klinopiroksen mineralleri içerisinde kapanımlar şeklinde yaygın olarak manyetit mineralleri bulunmaktadır. Bunun yanında iri kristaller arasını dolduran hamur dokusu içinde de manyetik mineraller yaygındır. Daha az oranda titanomanyetit, hematit ve ilmenitler tanımlanmıştır. Bu minerallerin boyutları yer yer 200 μm ’ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 31a-e).

12 ve 13 numaralı örneklerde manyetik mineral bolluğu göreceli olarak daha azdır. İnce kristalli hamur içinde bulunan minerallerin türleri yaygın olarak manyetittir. Daha az oranda hematit ve ilmenit gözlenmiştir. Bunların boyutları 50 mikronu geçmez (Şekil 31f, g).

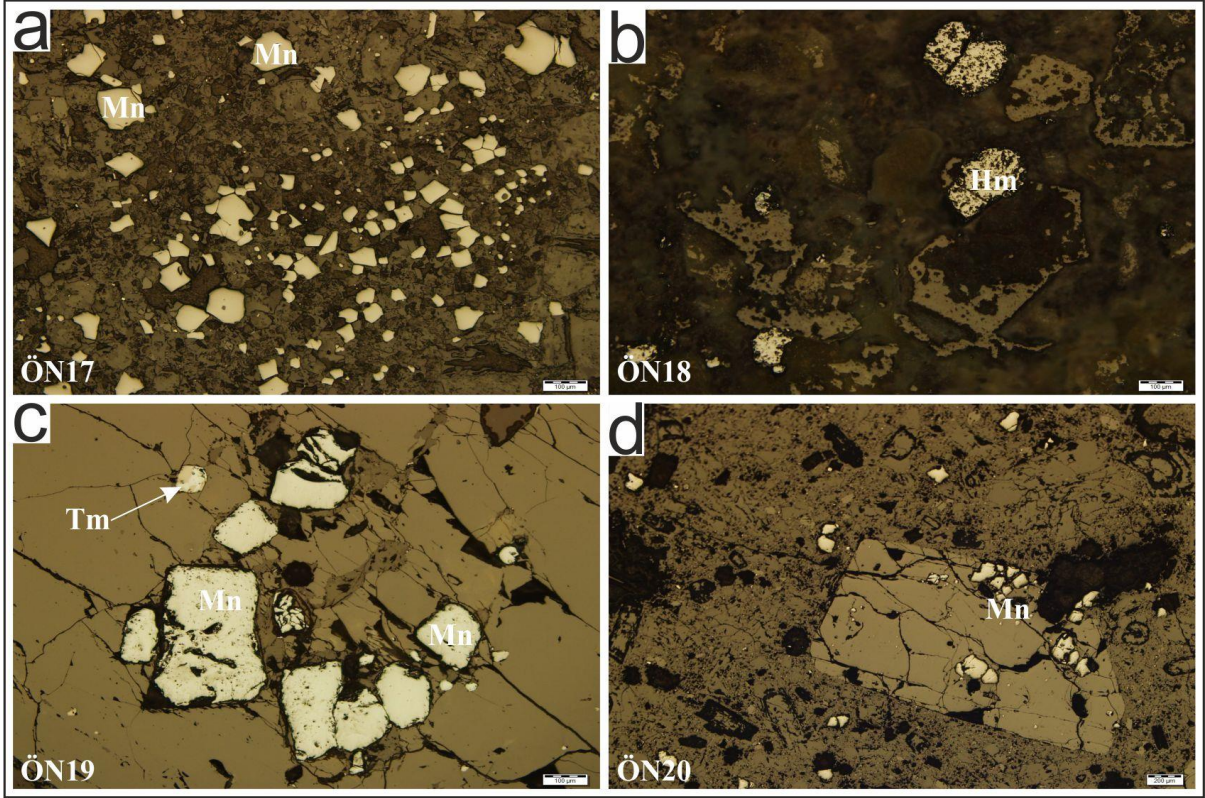
16 ve 17 numaralı örnekler porfirik dokulu volkanik kayaca ait olup içerisinde iri kristalli plajiyoklas ve klinopiroksen mineralleri tanımlanmıştır. Bu iri kristaller içerisinde yaygın olarak manyetit mineralleri tanımlanmıştır. İri kristallerin arasını çok daha ince dokulu hamur oluşturmaktadır. Bu hamur içerisinde de benzer şekilde manyetitler bulunmaktadır. Örnekte nadiren hematit bulunmaktadır. Hem porfiri kristaller içinde hem de hamur içerisinde bulunan manyetitlerin boyutları birkaç yüz mikrona kadar ulaşmaktadır (Şekil 31h ve Şekil 32a).

18 numaralı örneğin ince kesit görüntüsünden bu kayacın tuf olduğu anlaşılmıştır. Parlak kesitte bu tuf içerisinde saçınımlı yapıda manyetitler bulunmaktadır. Bu örneğin manyetik mineral içeriği diğerlerine kıyasla daha az olup manyetitlerin boyutu birkaç μm ile 100 μm arasında değişmektedir (Şekil 32b).

19 ve 20 numaralı örneklerde porfirik doku içerisinde iri kristalli plajiyoklas ve klinopiroksen mineralleri bulunmaktadır. Bu örnekte özellikle klinopiroksenler içerisinde kapanım şeklinde manyetit ve titanomanyetit tanımlanmıştır. Örnekteki manyetit bolluğu diğer minerallerden fazladır. İri kristaller arasını çok daha ince dokulu hamur oluşturmaktadır. Bu hamur içerisinde manyetit ve hematitler bulunmaktadır. Porfiri kristaller ve hamur içerisindeki manyetik minerallerin boyutları birkaç yüz mikrona kadar ulaşmaktadır (Şekil 32c, d).



Şekil 31. Kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerde bulunan manyetik minerallerin mikroskop görüntüleri. Örnek numaraları şekil üzerinde verilmiştir (Mn: Manyetit, Hm: Hematit, İlm: İlmenit, Tm: Titanomanyetit, ÖN: Örnek numarası)



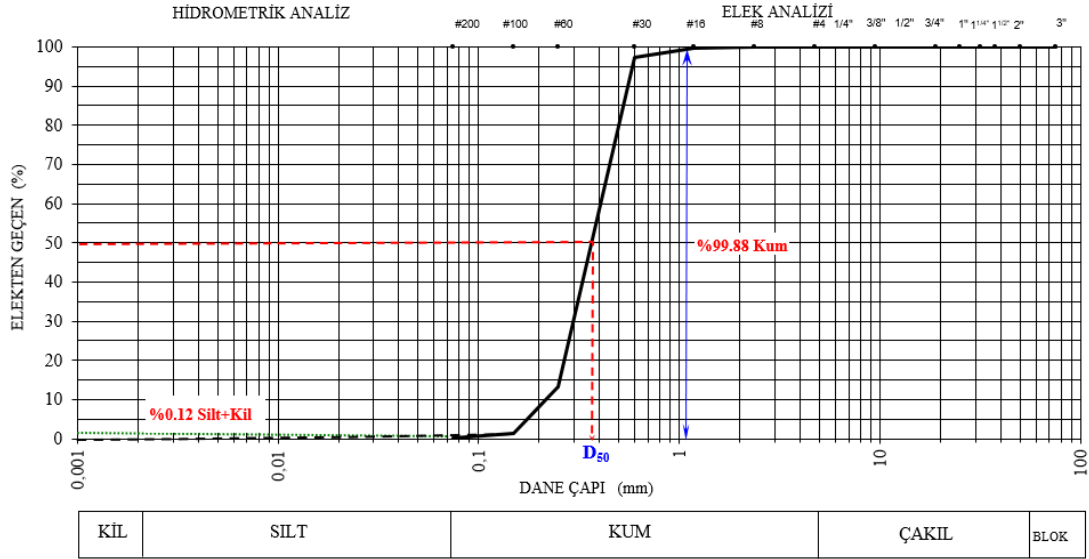
Şekil 32. Kayaç örneklerinden hazırlanan parlak kesitlerde bulunan manyetik minerallerin mikroskop görüntüleri. Örnek numaraları şekil üzerinde verilmiştir (Mn: Manyetit, Hm: Hematit, İlm: İlmenit, Tm: Titanomanyetit, ÖN: Örnek numarası)

6.3. Manyetik Kumun Granülometrisi ve Fiziksel Özellikleri

Gerçekleştirilen saha çalışmasıyla 20 farklı lokasyondan derlenen örselenmiş kum örnekleri üzerinde dane boyu dağılımı ve indeks özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Örselenmiş kum örnekleri USCS'ye (Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması) göre sınıflandırılmıştır (Tablo 4). Buna göre çalışma alanındaki tüm kum örneklerinin zeminin sınıfı SP (kötü derecelenmiş kum) olduğu saptanmıştır. Diğer bir ifadeyle 20 lokasyondaki örneklerin tamamen kum boyutundaki zemin malzemelerinden oluştuğu belirlenmiştir. Silt ve kil boyutundaki malzeme hemen hemen sıfıra yakın miktardadır. Yapılan elek analizi sonucu 1-20 nolu kum örnekleri için çizilen granülometri eğrileri ve dane boyu dağılımları Şekil 33-52'de verilmiştir. Ayrıca, kum örnekleri üzerinde yapılan indeks deneyleri sonucunda doğal yoğunluğun 1.67-2.33 g/cm³ arasında, kuru yoğunluğunun ise 1.43-2.23 g/cm³ arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 5). Deneylerin tamamı derlenen tüm kum örnekleri üstüne gerçekleştirilmiştir. Kum örnekleri manyetit gibi yoğunluğu yüksek bir mineral içermesine karşın, genel olarak dane boyutunun kum ölçeğinde olması ve daneler arasında boşluğun bulunması yoğunluk değerlerini beklenenden düşük sunmaktadır. Bu sonuçların gevşek-orta-sıkı-sıkı kum malzemeler için beklenen ve kabul edilen normal değerler (1.4-2.0 g/cm³) aralığında olduğu değerlendirilmektedir.

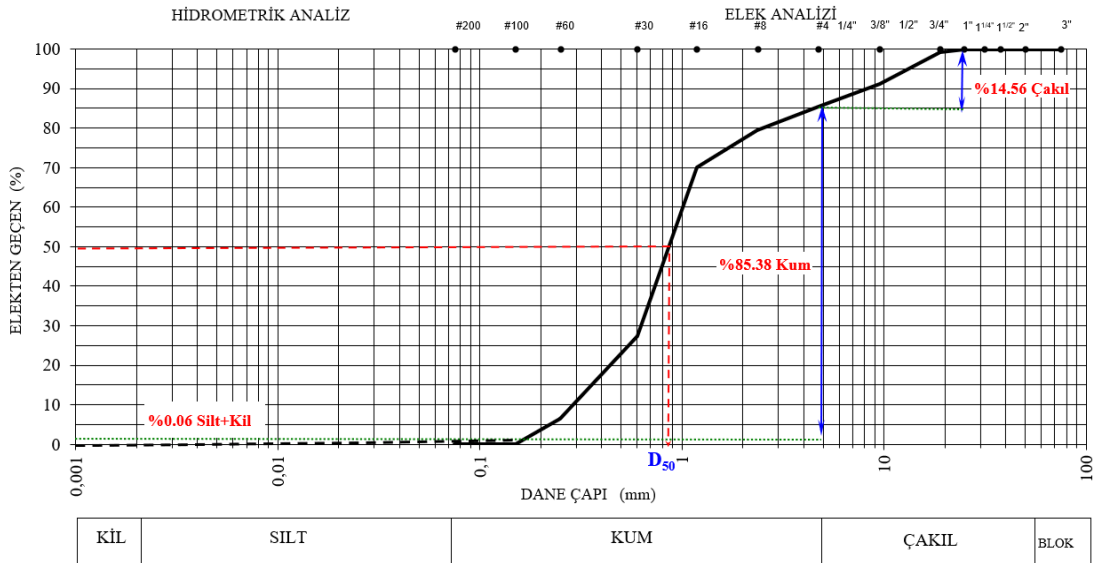
Tablo 4. Kum örneklerinin USCS'ye göre sınıflandırılması

Örnek no	Örnek derinliği (cm)	4 nolu elekten kalan (%)	200 nolu elekten geçen (%)	USCS zemin sınıfı
1	30	0	0.12	SP
2	30	16.2	0.06	SP
3	30	0	0.08	SP
4	30	0	0.15	SP
5	30	0	0.10	SP
6	30	0	0.07	SP
7	30	0	0.08	SP
8	30	0	0.10	SP
9	30	0	0.03	SP
10	30	0	0.02	SP
11	30	0	0.04	SP
12	30	0	0.02	SP
13	30	0	0.04	SP
14	30	0	0.03	SP
15	30	0	0.04	SP
16	30	0	0.03	SP
17	30	0	0.05	SP
18	30	0	0.02	SP
19	30	0	0.25	SP
20	30	0	0.03	SP



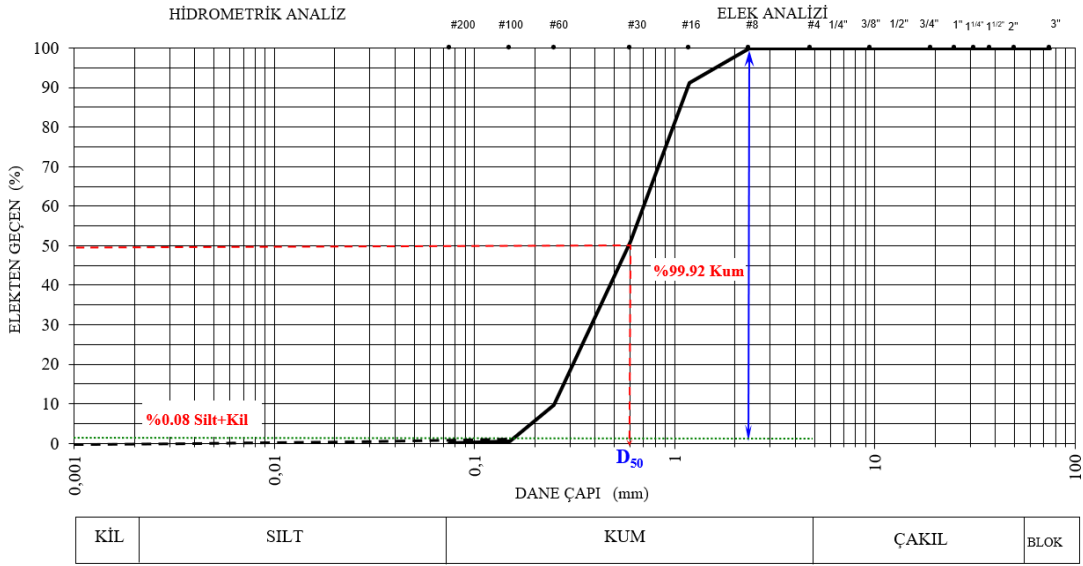
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.88
Silt %	0.12
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 33. 1 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



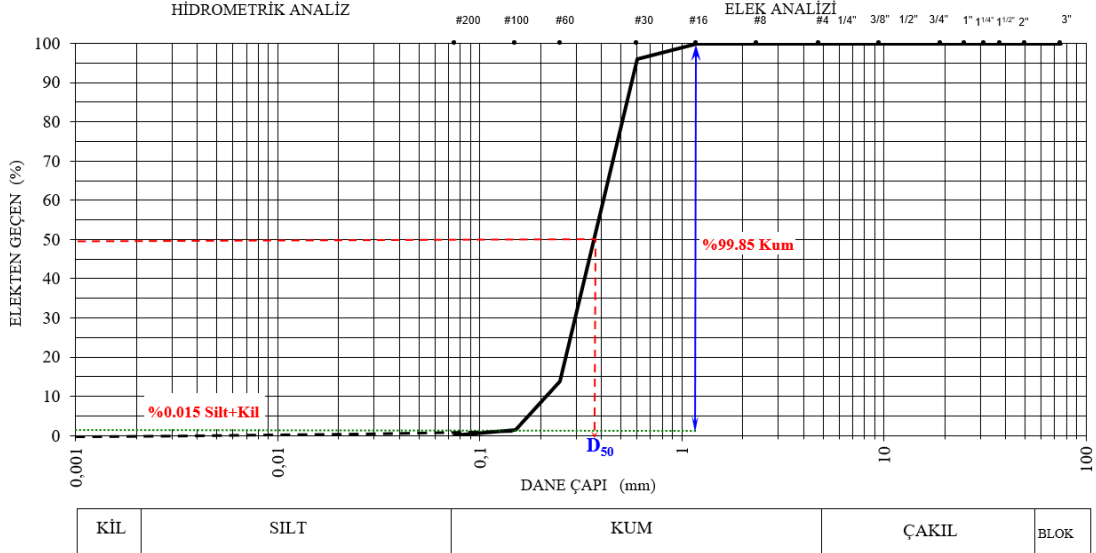
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	14.56
Kum %	85.38
Silt %	0.06
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	85.44
İri dane miktarı, %	14.56

Şekil 34. 2 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



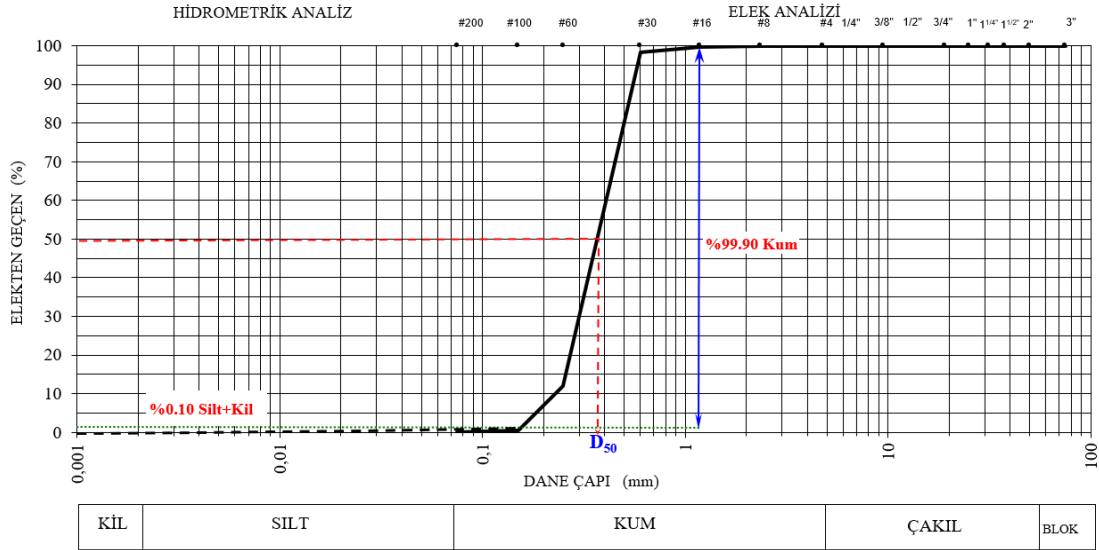
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.92
Silt %	0.08
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 35. 3 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



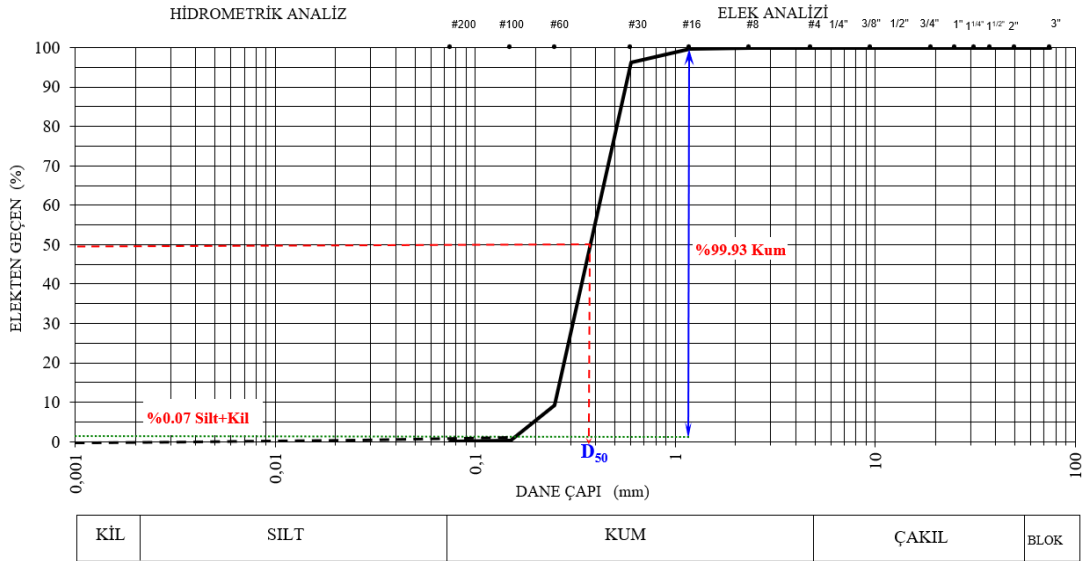
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.85
Silt %	0.15
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 36. 4 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



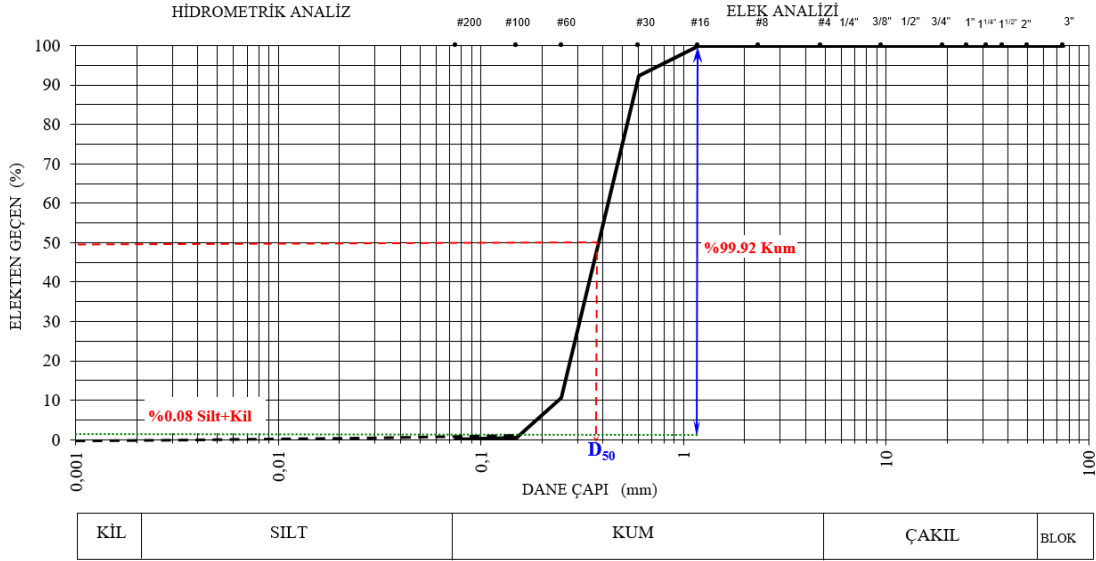
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.90
Silt %	0.10
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 37. 5 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



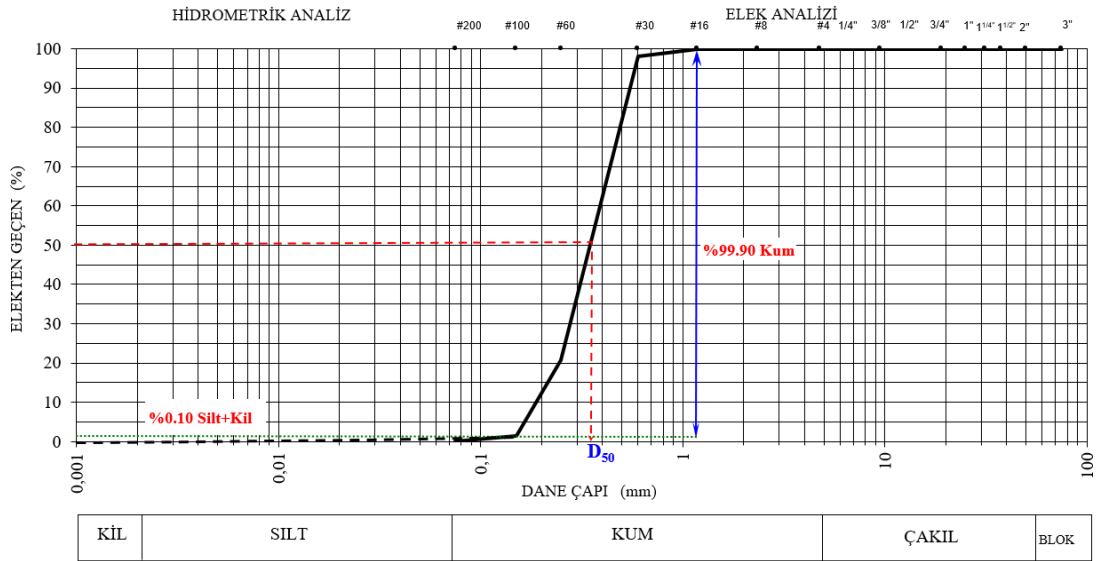
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.93
Silt %	0.07
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 38. 6 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



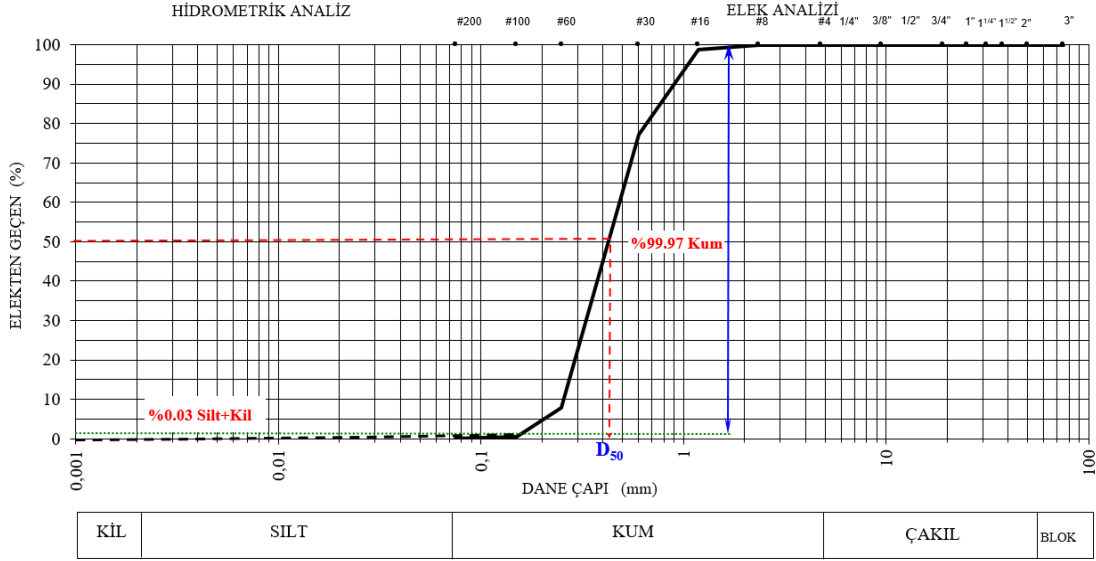
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.92
Silt %	0.08
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 39. 7 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



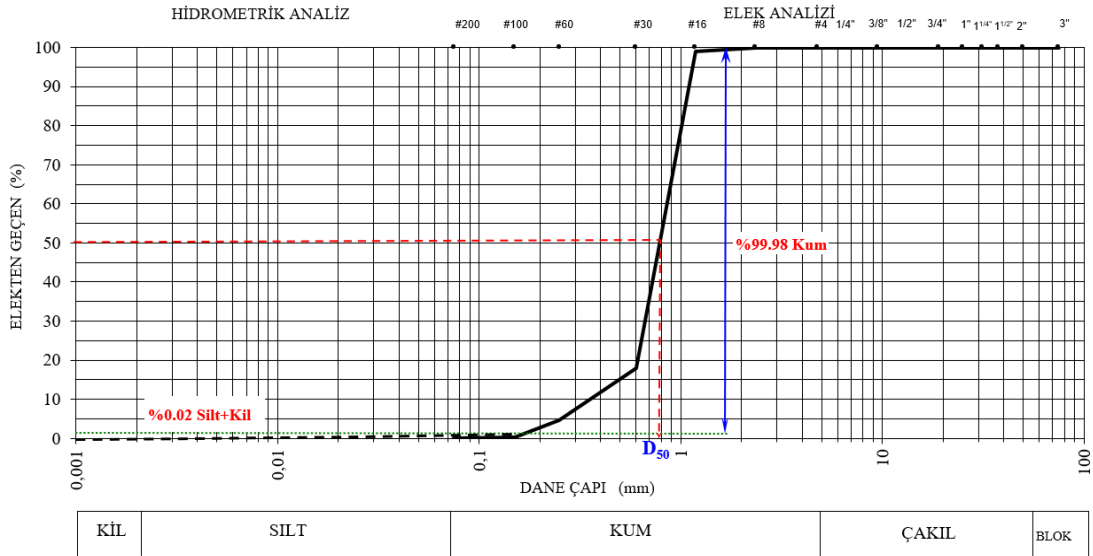
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.90
Silt %	0.10
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 40. 8 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



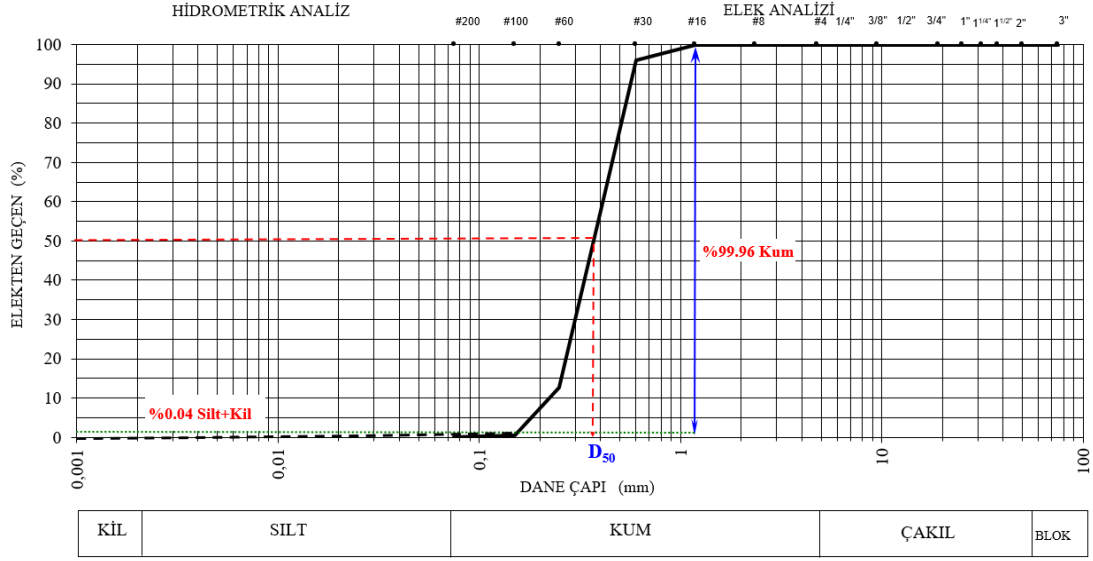
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.97
Silt %	0.03
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 41. 9 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



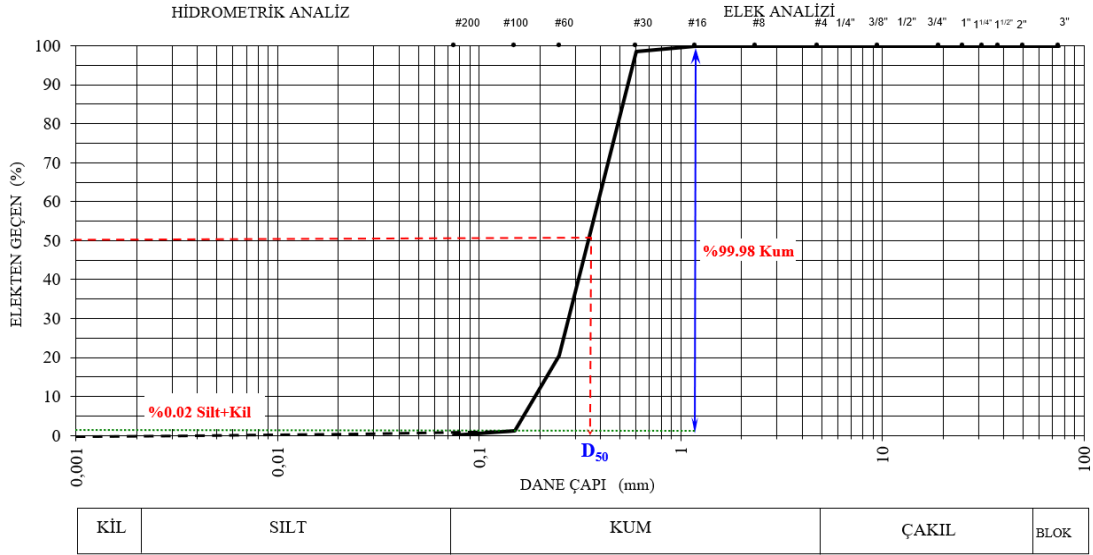
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.98
Silt %	0.02
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 42. 10 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



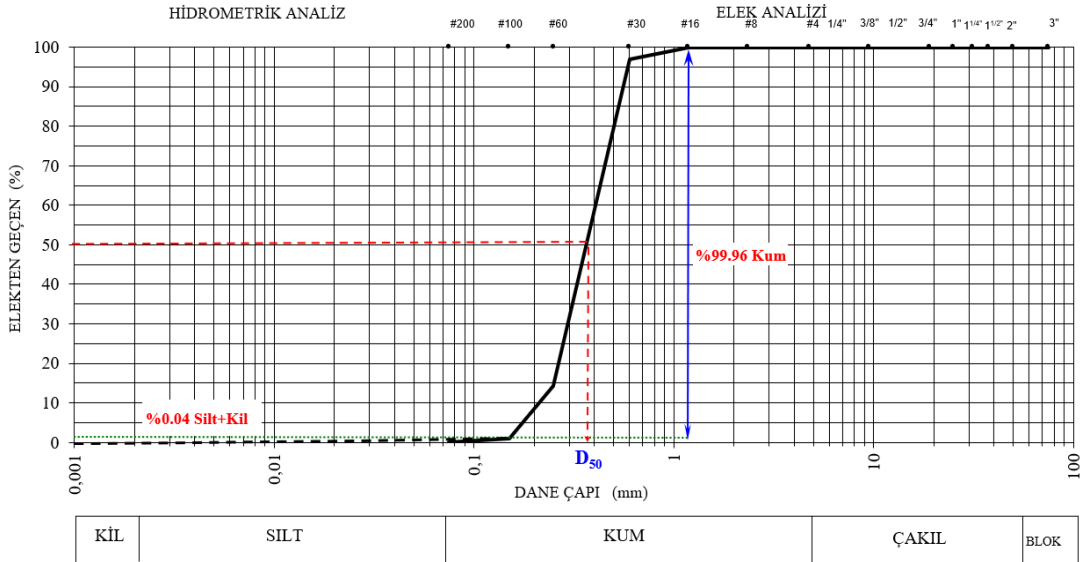
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.96
Silt %	0.04
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 43. 11 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



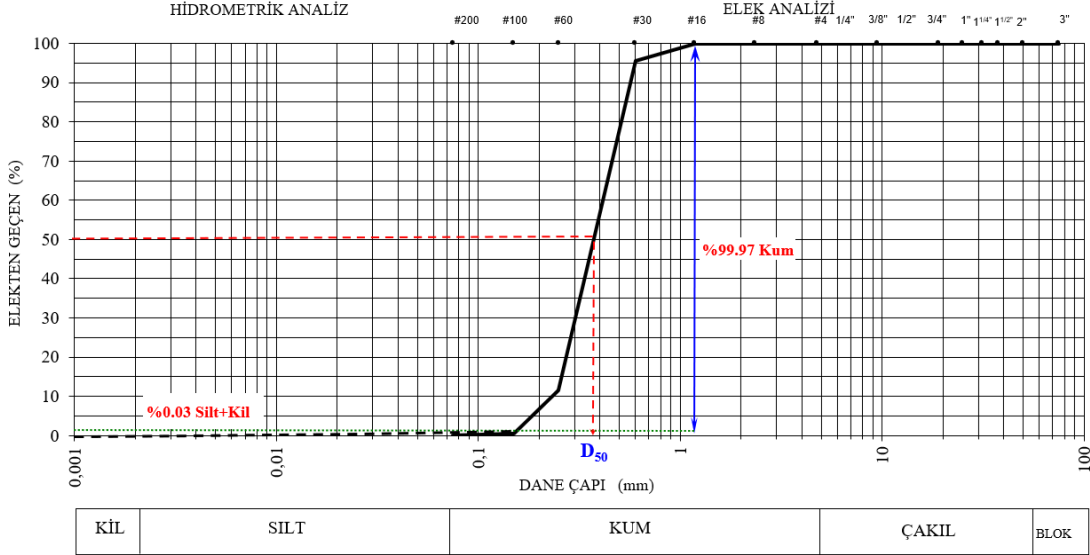
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.98
Silt %	0.02
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 44. 12 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



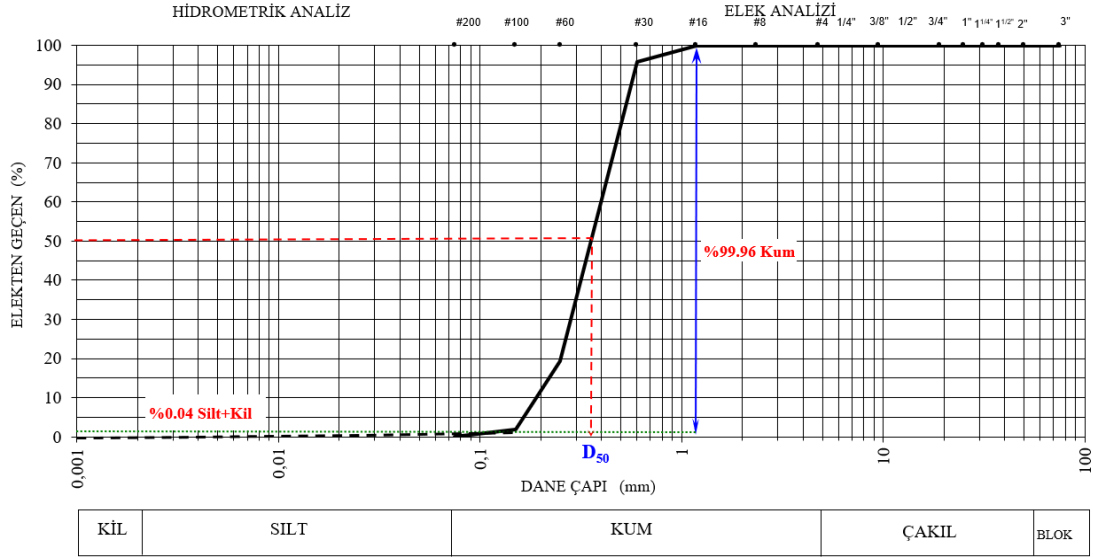
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.96
Silt %	0.04
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 45. 13 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



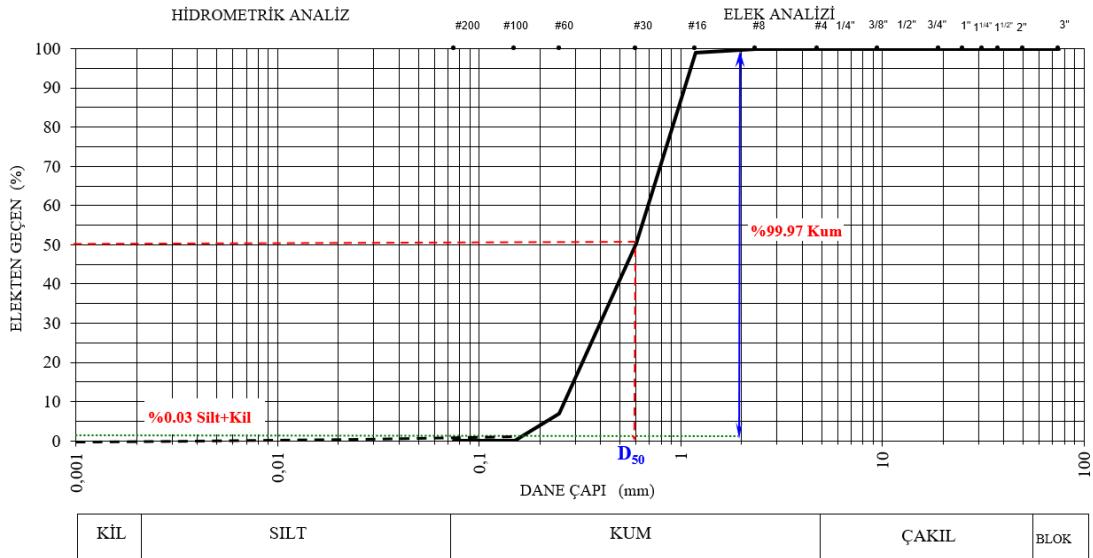
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.97
Silt %	0.03
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 46. 14 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



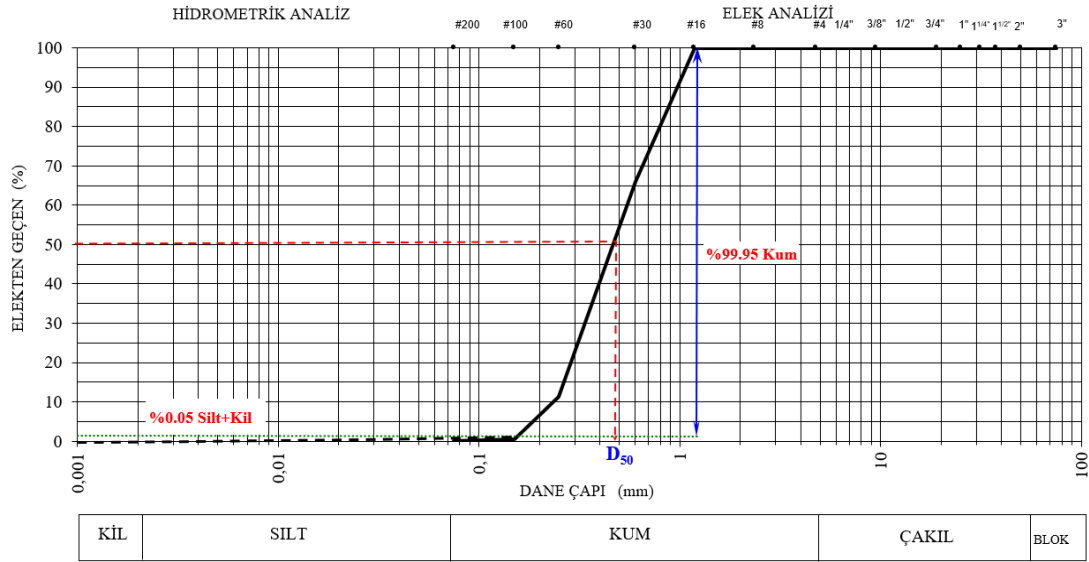
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99,96
Silt %	0,04
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 47. 15 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



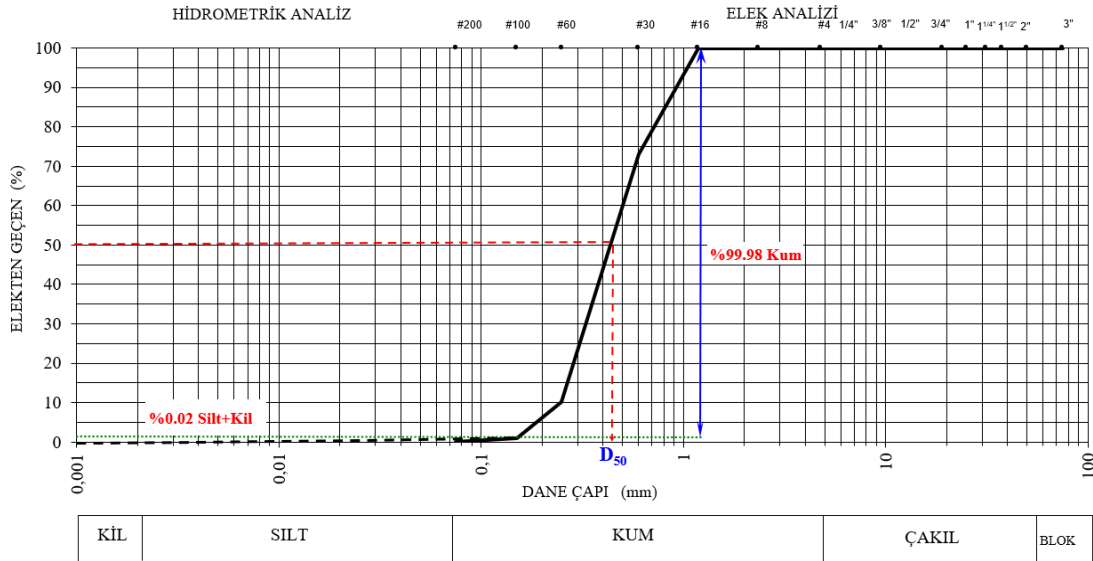
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99,97
Silt %	0,03
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 48. 16 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



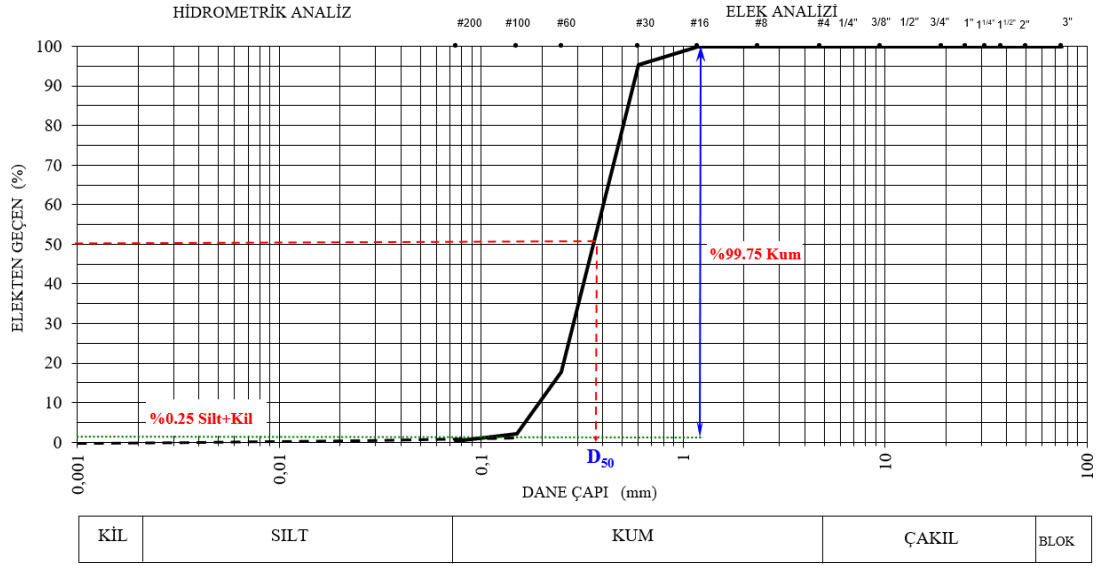
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.95
Silt %	0.05
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 49. 17 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



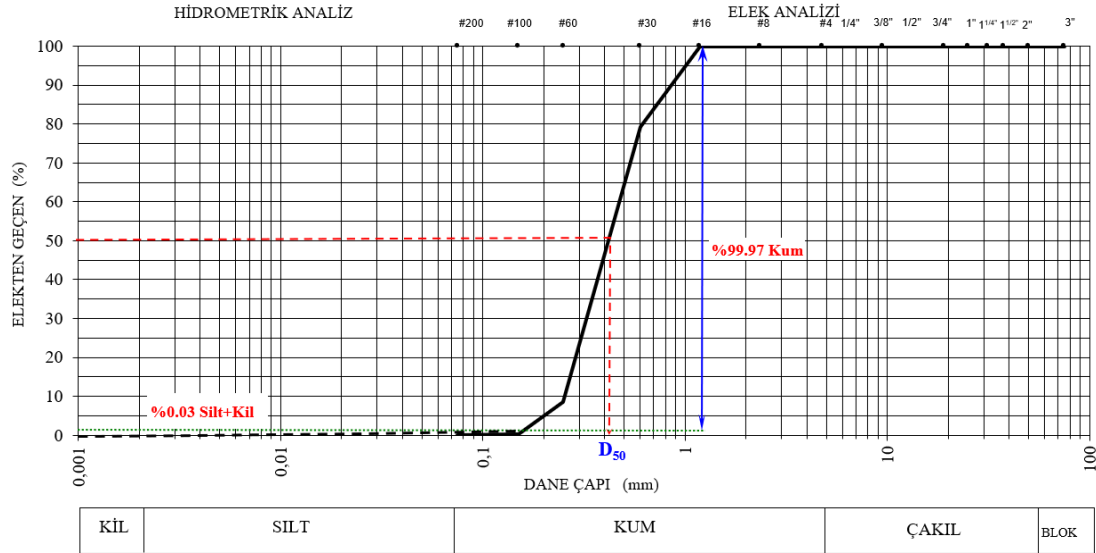
Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.98
Silt %	0.02
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 50. 18 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.75
Silt %	0.25
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 51. 19 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı



Dane boyu dağılımı	
Blok %	0
Çakıl %	0
Kum %	99.97
Silt %	0.03
Kil %	
Toplam %	100
İnce dane miktarı, %	100
İri dane miktarı, %	0

Şekil 52. 20 nolu kum numunesine ait granülometri eğrisi ve dane boyu dağılımı

Tablo 5. Kum örneklerinin yoğunluk özellikleri

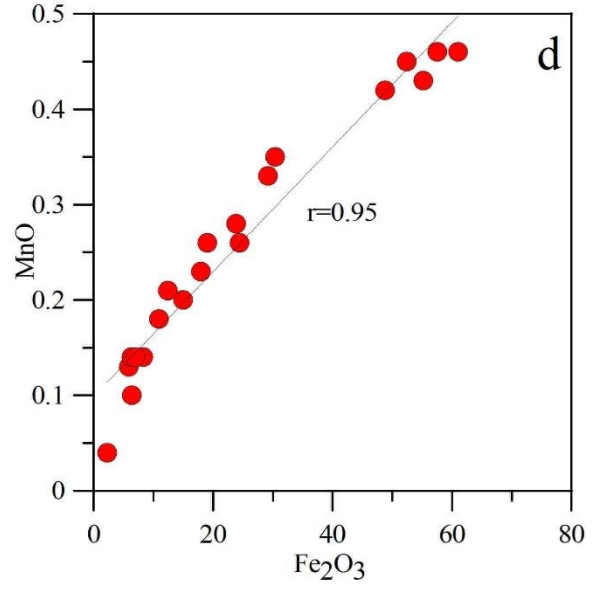
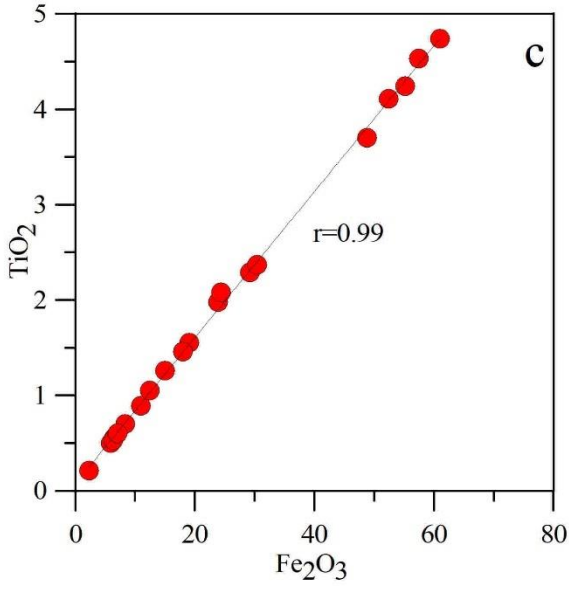
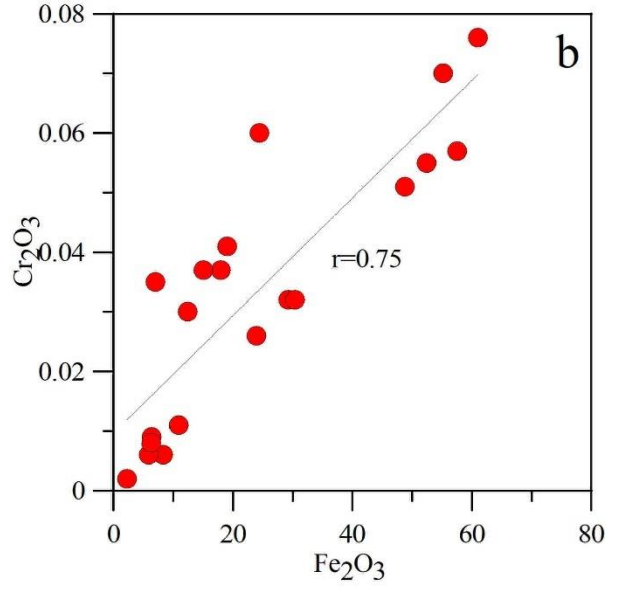
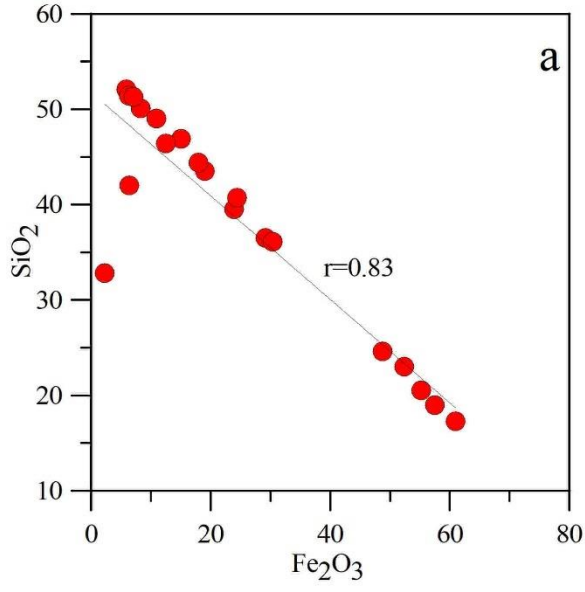
Örnek No	Doğal yoğunluk (d_n, g/cm³)	Kuru yoğunluk (d_k, g/cm³)
1	1.94	1.69
2	2.01	1.73
3	1.83	1.53
4	1.79	1.73
5	1.67	1.65
6	1.55	1.36
7	1.60	1.45
8	1.85	1.71
9	1.91	1.57
10	1.99	1.78
11	1.93	1.91
12	2.24	2.23
13	2.29	2.19
14	2.17	2.08
15	2.33	2.15
16	2.12	1.99
17	1.74	1.64
18	1.72	1.61
19	1.69	1.43
20	1.77	1.60

6.4. Manyetik Kumun Jeokimyasal Özellikleri

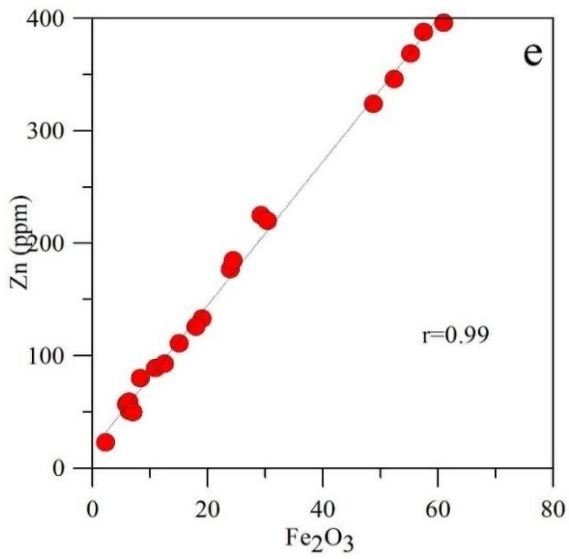
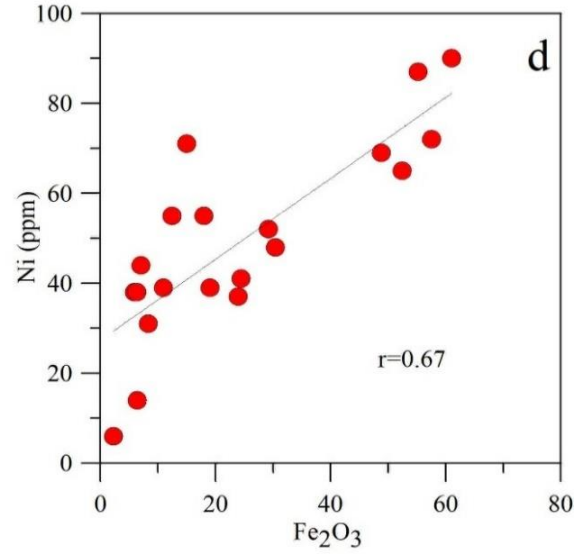
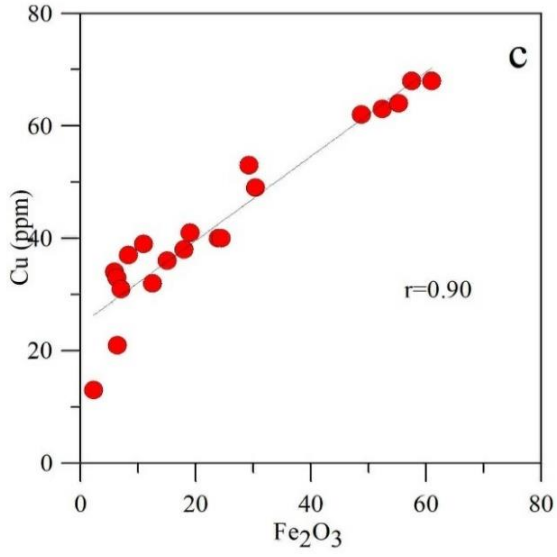
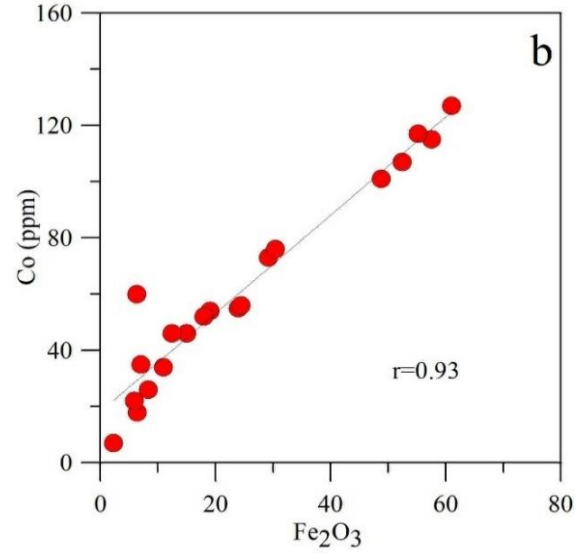
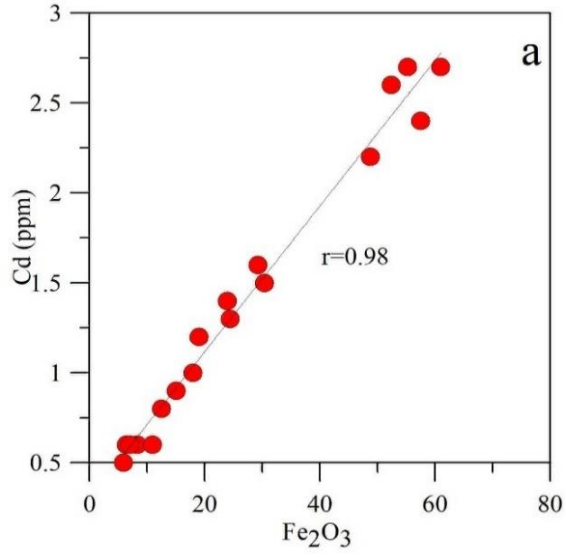
Bu çalışmada Ünye sahili boyunca alınan 20 adet kum örneğinin çeşitli ana ve iz element analizleri yaptırılmış ve sonuçlar aşağıda Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre örneklerin SiO₂ içerikleri %17.3 ile 52.1 arasında, Al₂O₃ içerikleri %4.74 ile 17.15 arasında, Fe₂O₃ içerikleri %2.28 ile 61 arasında, CaO içerikleri %5.6 ile 30.4 arasında, MgO içerikleri %0.92 ile 8.54 arasında Na₂O içerikleri %0.21 ile 3.78 arasında, CaO içerikleri K₂O içerikleri %0.21 ile 1.83 arasında, Cr₂O₃ içerikleri %0.002 ile 0.082 arasında, TiO₂ içerikleri %0.21 ile 4.74 arasında, MnO, P₂O₅, SrO ve BaO içerikleri ise %0.01 ile 0.5 arasında değişmektedir.

SiO₂ içeriği yüksek olan 5, 6, 7, 18 nolu örnekler asidik kayaların baskın olduğu kaynak alana işaret ederken, Al₂O₃ içeriğinin yüksek olduğu örnekler kil minerallerinin veya plajyoklastların baskın olduğu kaynak alana işaret etmektedir. Örneklerin Fe₂O₃ ve TiO₂ içeriklerinin yüksek oluşu manyetit, hematit ve ilmenit gibi demir mineralleri ile ilişkili iken, CaO içeriğinin yüksek olduğu örnekler karbonat fazlarının veya plajyoklast minerallerinin yoğunluğu ile ilişkilidir. MgO içeriğinin yüksek olduğu örnekler klinopiroksen minerallerin baskın oluşu ile, MnO ile P₂O₅ içeriğinin yüksek oluşu ise biyojenik katkı ile ilişkilendirilmiştir. Özellikler 2 ve 3 nolu örneklerde görülen yüksek LOI (ateşte kayıp) değerleri ise yüksek alterasyon veya örneklerdeki uçucu madde içeriği ile ilişkili bir durumdur. Şekil 53a'da Fe₂O₃ ile SiO₂ arasında görülen yüksek negatif korelasyon örneklerdeki Fe₂O₃ artışının SiO₂ azalmasına neden olduğunu göstermektedir. Örneklerin Cr₂O₃, TiO₂ ve MnO içerikleri ile Fe₂O₃ arasında görülen yüksek pozitif korelasyonlar örneklerdeki demir artışı ile ilişkilidir (Şekil 53b-d).

Örneklerin Kadmiyum içerikleri 0.6–2.7 ppm arasında, Kobalt değerleri 7 ile 127 ppm arasında, Bakır değerleri 13 ile 68 ppm arasında, Nikel değerleri 6 ile 90 ppm arasında ve Çinko değerleri 23 ppm ile 396 ppm arasında değişmektedir. Bu elementlerin 12-16 numaralı örneklerde diğerlerine kıyasla zenginleşme göstermektedir. Örneklerdeki Fe₂O₃ içeriği ile Cd (r= 0.98), Co (r= 0.93), Cu (r= 0.90), Ni (r= 0.67) ve Zn (r= 0.99) arasında yüksek pozitif korelasyonlar tanımlanmış olup bu elementler arasındaki korelatif ilişkiler Şekil 54'te verilmiştir. Bu elementlerin Fe₂O₃ ile yüksek pozitif korelasyonlar göstermesi bu iz elementlerin demir fazı ile ilişkili olduğu anlamına gelmektedir.



Şekil 53. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri ile a) SiO_2 , b) Cr_2O_3 , c) TiO_2 ve d) MnO arasındaki korelatif ilişkiler



Şekil 54. Örneklerin Fe_2O_3 içerikleri ile a) Kadmiyum, b) Kobalt, c) Bakır, d) Nikel ve e) Çinko arasındaki korelatif ilişkiler

Tablo 6. Kum örneklerinden yapılan ana ve iz element analiz sonuçları

Element	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ag.%																				
SiO ₂	39.50	42.00	32.80	40.70	50.10	52.10	51.40	36.50	49.00	43.50	36.10	18.95	23.00	24.60	17.30	20.50	44.40	51.30	46.90	46.40
Al ₂ O ₃	8.66	8.52	6.21	8.96	16.10	17.15	16.35	9.19	15.35	11.10	6.89	4.74	4.86	5.58	4.82	5.91	10.90	13.05	11.75	10.40
Fe ₂ O ₃	23.90	6.36	2.28	24.40	8.30	5.90	6.29	29.20	10.90	19.00	30.40	57.50	52.40	48.80	61.00	55.20	17.95	7.04	15.00	12.45
CaO	13.10	20.40	30.40	10.75	10.10	10.15	10.55	10.25	11.05	12.90	12.10	6.23	7.90	7.85	5.60	6.13	11.75	13.05	11.15	13.25
MgO	7.04	2.85	0.92	5.60	2.95	3.03	3.78	6.16	4.54	7.02	8.29	5.35	6.43	6.02	5.19	5.13	7.35	7.47	6.77	8.54
Na ₂ O	1.38	1.78	1.58	1.40	2.83	2.92	2.77	1.38	2.74	1.80	0.98	0.51	0.53	0.65	0.49	0.71	1.84	2.29	2.07	1.88
K ₂ O	0.71	1.60	1.38	0.93	1.83	1.64	1.48	0.63	1.24	0.79	0.39	0.21	0.22	0.27	0.22	0.33	0.88	1.20	1.04	0.82
Cr ₂ O ₃	0.03	0.01	0.00	0.06	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.04	0.03	0.06	0.06	0.05	0.08	0.07	0.04	0.04	0.04	0.03
TiO ₂	1.98	0.55	0.21	2.08	0.70	0.50	0.53	2.29	0.89	1.55	2.37	4.53	4.11	3.70	4.74	4.24	1.46	0.60	1.26	1.05
MnO	0.28	0.10	0.04	0.26	0.14	0.13	0.14	0.33	0.18	0.26	0.35	0.46	0.45	0.42	0.46	0.43	0.23	0.14	0.20	0.21
P ₂ O ₅	0.14	0.13	0.09	0.16	0.18	0.15	0.15	0.16	0.16	0.15	0.17	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.20	0.15	0.19	0.25
SrO	0.04	0.08	0.12	0.04	0.08	0.09	0.08	0.04	0.08	0.06	0.03	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.06	0.08	0.06	0.06
BaO	0.02	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.05	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03	0.05	0.04	0.04
LOI	4.01	14.50	24.50	3.47	6.71	5.60	5.00	2.16	4.45	2.42	1.11	-0.05	0.13	0.36	0.00	0.21	2.24	2.39	3.85	2.96
Toplam	100.79	98.91	100.55	98.84	100.08	99.42	98.58	98.35	100.64	100.62	99.23	98.67	100.26	98.48	100.09	99.05	99.33	98.85	100.32	98.34
ppm																				
Ag	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
As	9	5	<5	6	10	7	6	5	7	6	9	7	7	9	9	<5	<5	<5	<5	5
Cd	1.4	0.6	<0.5	1.3	0.6	0.5	<0.5	1.6	0.6	1.2	1.5	2.4	2.6	2.2	2.7	2.7	1	0.6	0.9	0.8
Co	55	18	7	56	26	22	60	73	34	54	76	115	107	101	127	117	52	35	46	46
Cu	40	21	13	40	37	34	33	53	39	41	49	68	63	62	68	64	38	31	36	32
Li	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Mo	2	1	1	2	1	1	1	2	1	1	1	3	2	2	3	2	1	1	1	1
Ni	37	14	6	41	31	38	38	52	39	39	48	72	65	69	90	87	55	44	71	55
Pb	12	9	9	15	14	13	11	10	8	8	11	10	12	8	11	15	9	7	12	11
Tl	<10	10	10	10	10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10
Zn	177	51	23	185	80	57	59	225	89	133	220	388	346	324	396	369	126	50	111	93

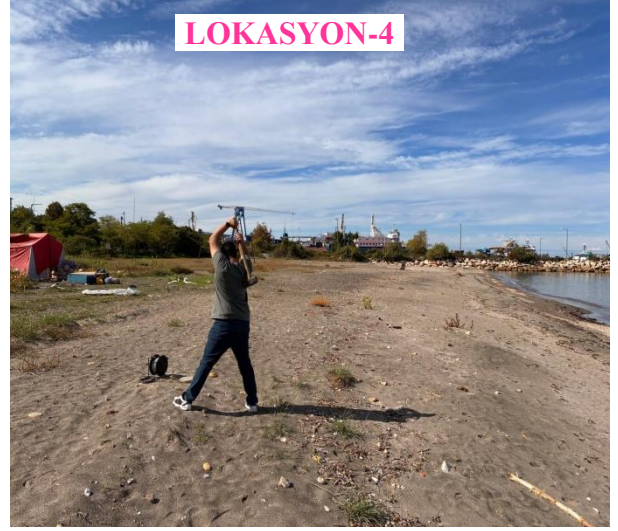
6.5. Manyetik Kum Sahalarının Dağılımı ve Rezervinin Belirlenmesi

İnceleme kapsamında her bir örnek lokasyonunda birer adet olmak üzere 20 profil boyunca PASİ Geo-24 marka sismik cihazla MASW (Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz Yöntemi) yöntemi uygulanarak jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan profillerin arazi görünümleri Şekil 55'de verilmiştir. Yapılan sismik kırılma çalışmasıyla P ve S dalga hızları belirlenerek kumların kalınlıkları ve kaç katmandan oluştuğu saptanmıştır.

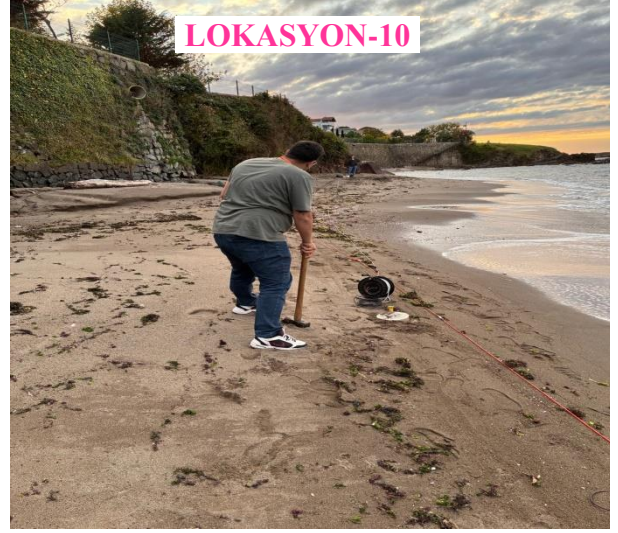
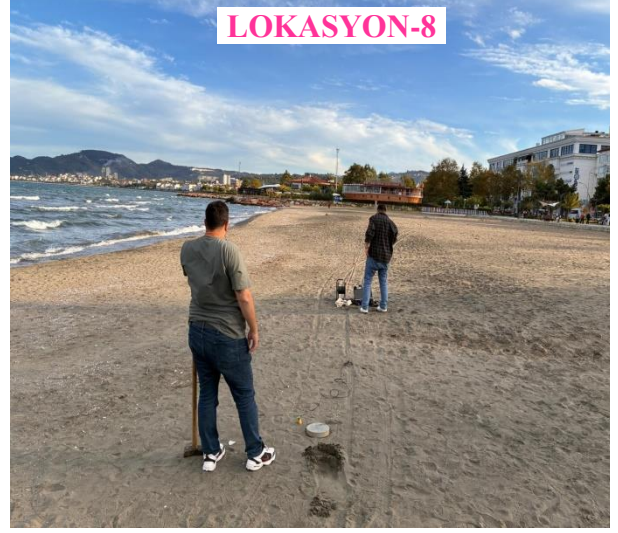
Yapılan MASW çalışmasıyla belirlenen P ve S dalga hızları yardımıyla 20 lokasyondaki malzemelerin genel olarak sırasıyla kum, ayrıışmış anakaya ve ayrıışmamış anakaya olmak üzere 2 veya 3 adet tabakadan oluştuğu saptanmıştır. MASW çalışması sonucunda zemin profillerindeki 2 boyutlu derinliğine değişim ve hesaplanan zemin parametreleri Şekil 56-75'de verilmiştir. MASW etütleri 20 lokasyonun tümünde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde 1 nolu tabakayı temsil eden kum katmanlarının kalınlıkları 3.75-9.17 m arasında değiştiği belirlenmiş olup, Tablo 7'de özet olarak sunulmuştur.

Bu projenin sonraki aşamalarında yapılması önerilen detay çalışmalarda kum kalınlığının doğrudan tespiti ve derin örnekleme için sahil güzergâhı boyunca sık aralıklarla kepçe marifetiyle araştırma çukurları açılabilir, motorlu el bulgularıyla delgi yapılabilir veya sondaj makinaları kullanılarak UD tüpü yardımıyla örselenmemiş örnekleme yapılabilir.

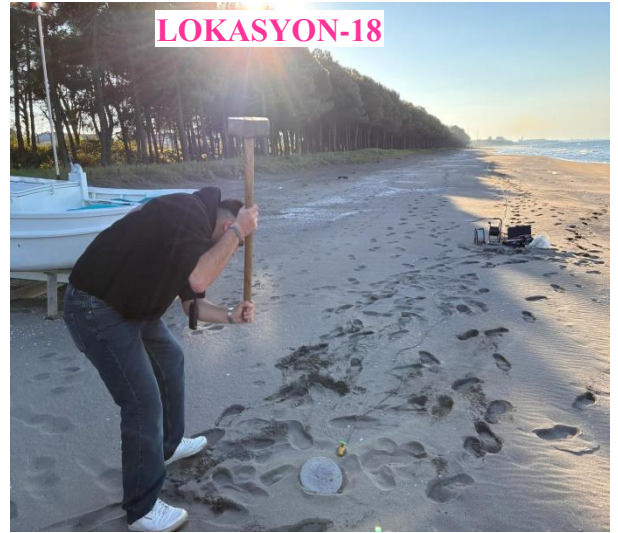
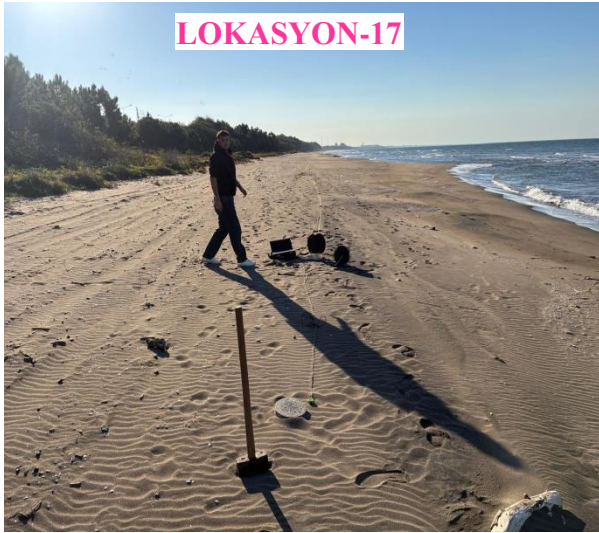
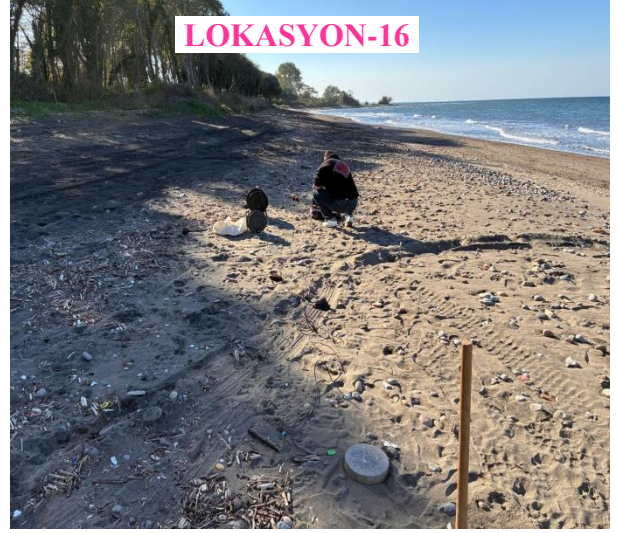
Buradan derlenecek derinlemesine kum örneklerindeki manyetit içeriği ise madencilik uygulamalarında kullanılan gravite ile zenginleştirme, manyetik zenginleştirme ve elektrostatik zenginleştirme yöntemlerinden biri yardımıyla kesin olarak belirlenebilir.



Şekil 55. 1-20 nolu lokasyonlarda yapılan MASW çalışmaları



Şekil 55 devamı



Şekil 55 devamı

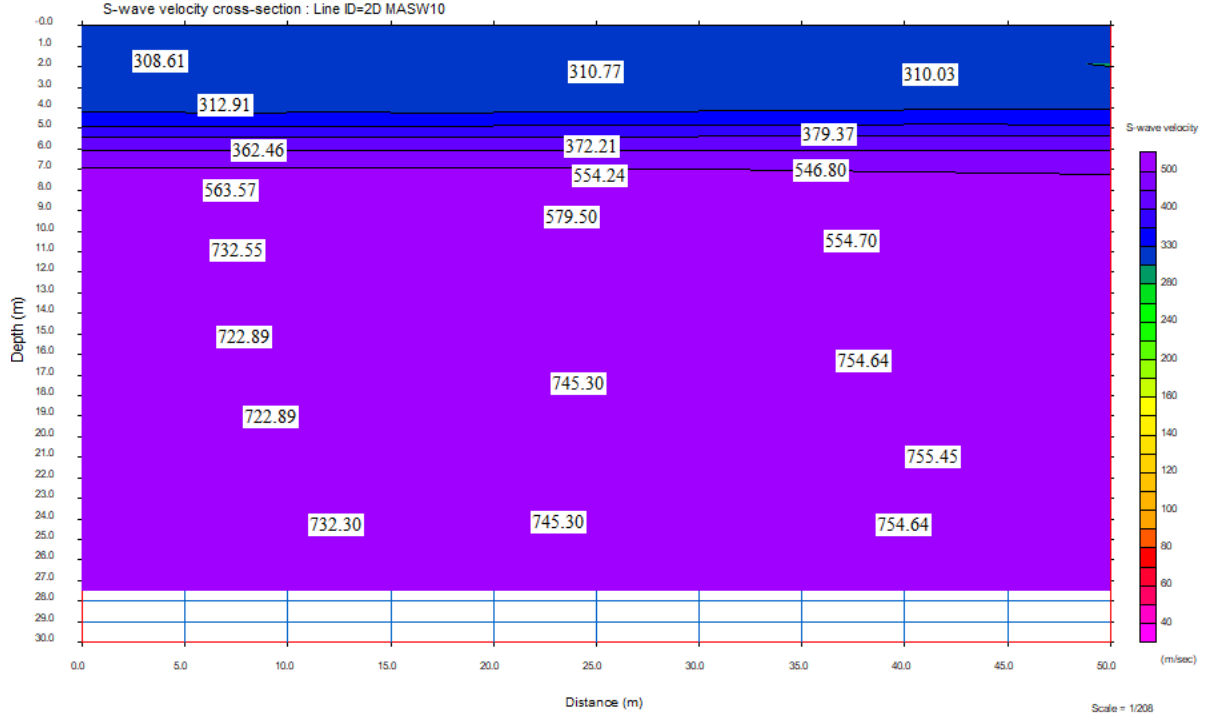


LOKASYON-19



LOKASYON-20

Şekil 55 devamı

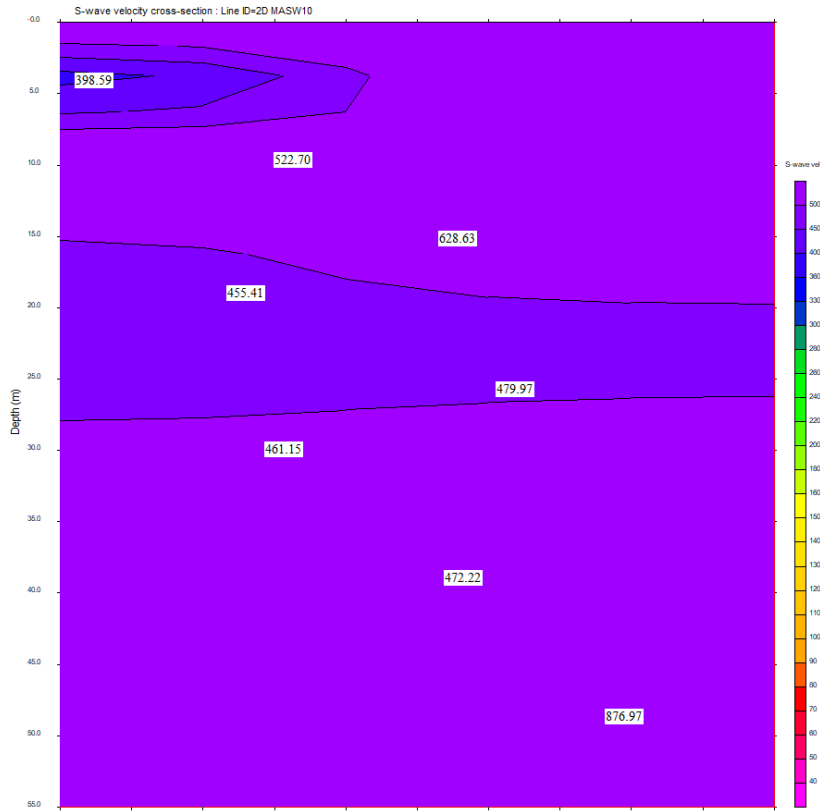


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (3 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1644	1921	2100
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	319	568	729
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	4,6	8,1	
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	-	-	-

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	573		
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,97	2,05	2,10
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2005,6	6611,1	11135,4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	5938,5	19200,0	31880,5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,45	0,43
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	50594,9	66804,5	77556,6
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3		
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Imai ve Yoshimura, 1977)	q_u	kg/cm ²	7,08	26,06	45,77
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,5		
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ	REFÜ

Şekil 56. 1 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

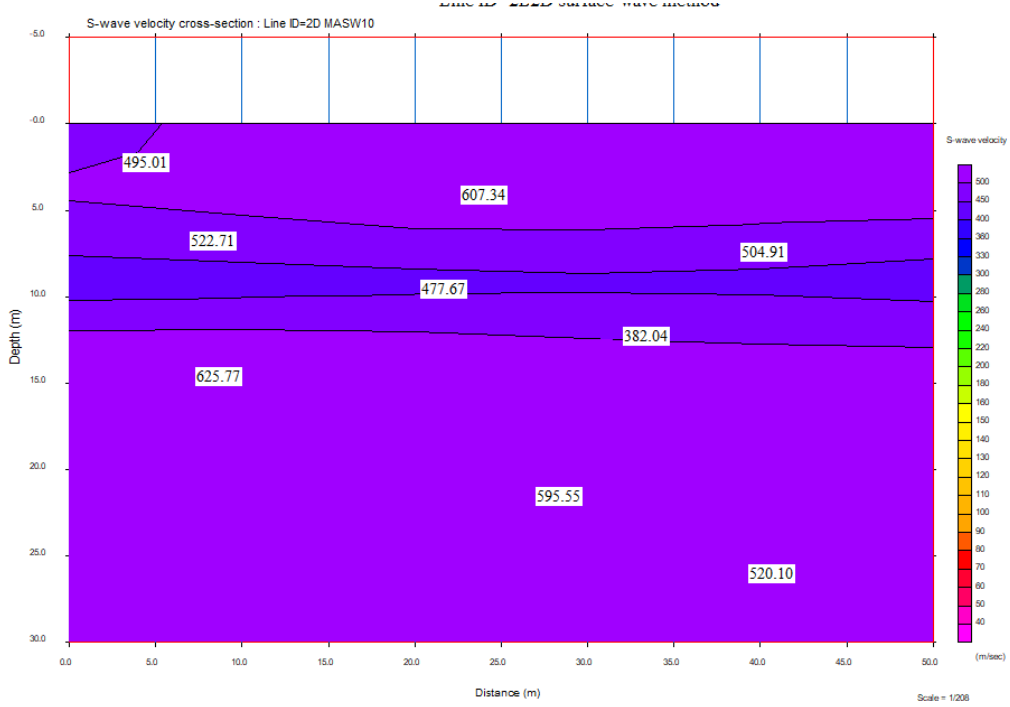


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1809	1915
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	409	491
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m		.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	471	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,02	2,05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	3376,8	4936,3
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	9948,4	14461,6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	61556,8	68507,2
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	12,42	18,75
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,7	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 57. 2 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

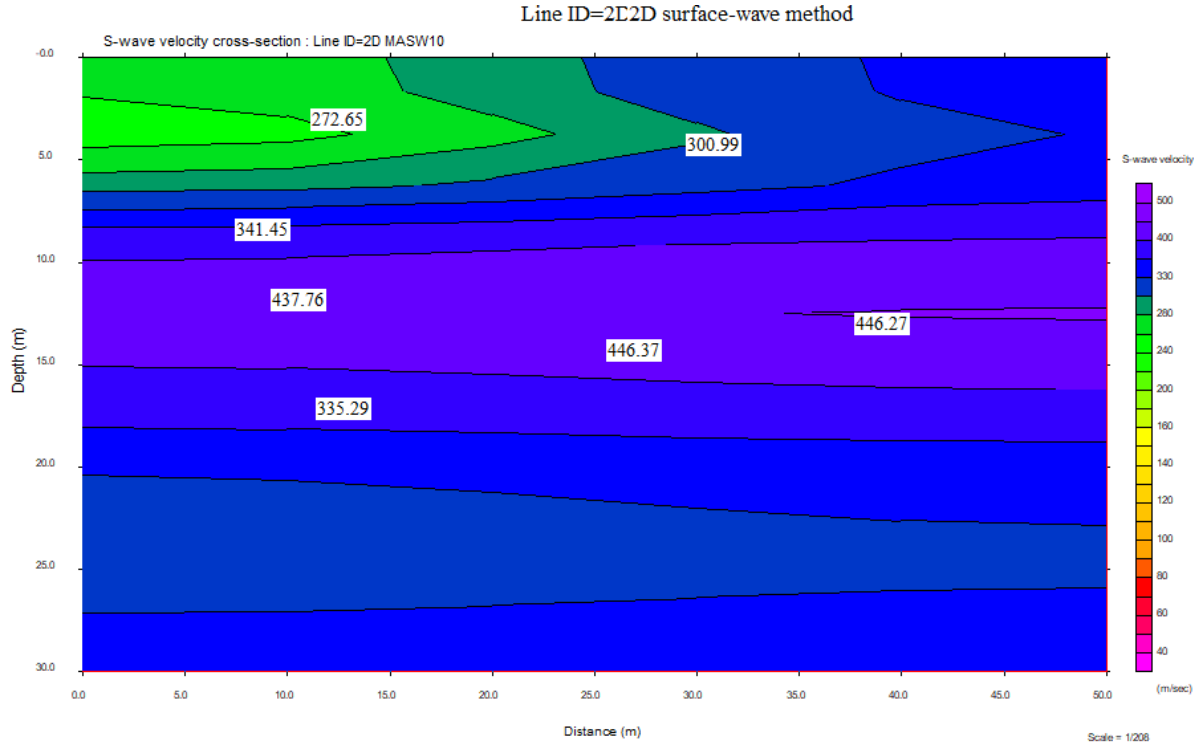


ZEMİNLER İÇİN JEOfİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1809	1970
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	468	612
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	9,17	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	559	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,02	2,06
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	4421,3	7723,5
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	12946,7	22345,6
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,46	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	60164,1	69730,6
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	16,83	30,84
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,5	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 58. 3 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

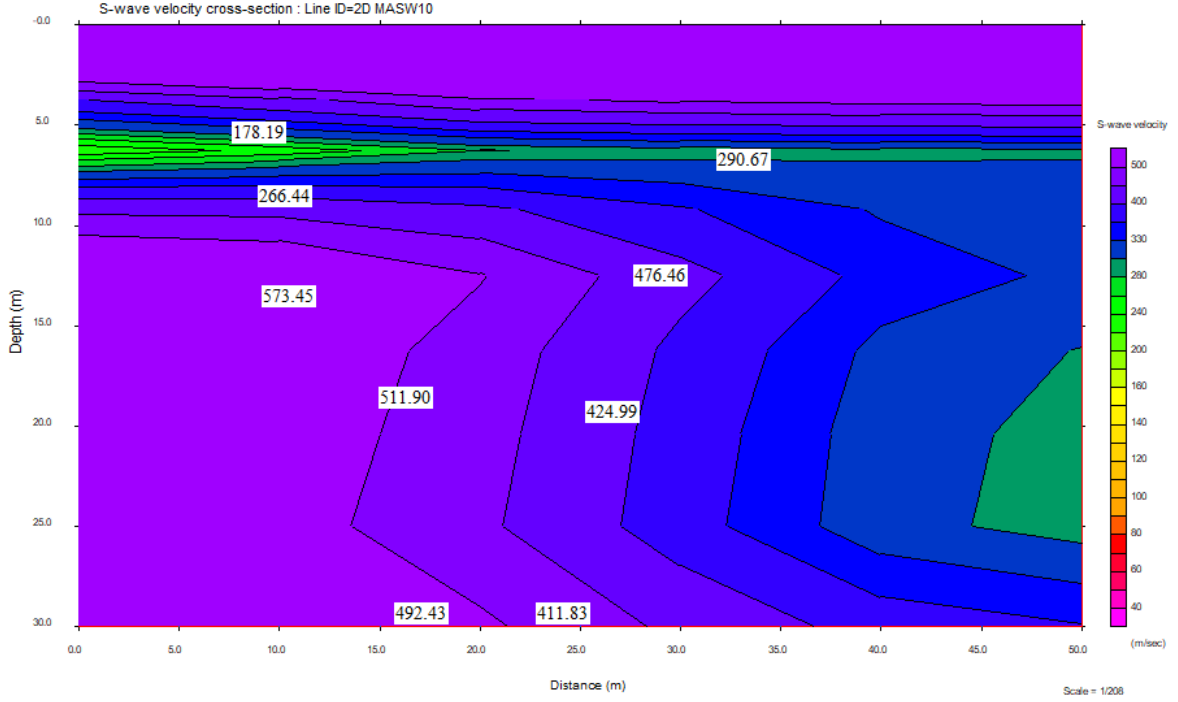


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Öçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1596	1715
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	276	383
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	354	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,96	1,99
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1490,3	2921,9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	4424,9	8612,2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,47
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	47846,3	54689,7
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,5	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	5,11	10,70
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	2,0	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	50	REFÜ

Şekil 59. 4 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

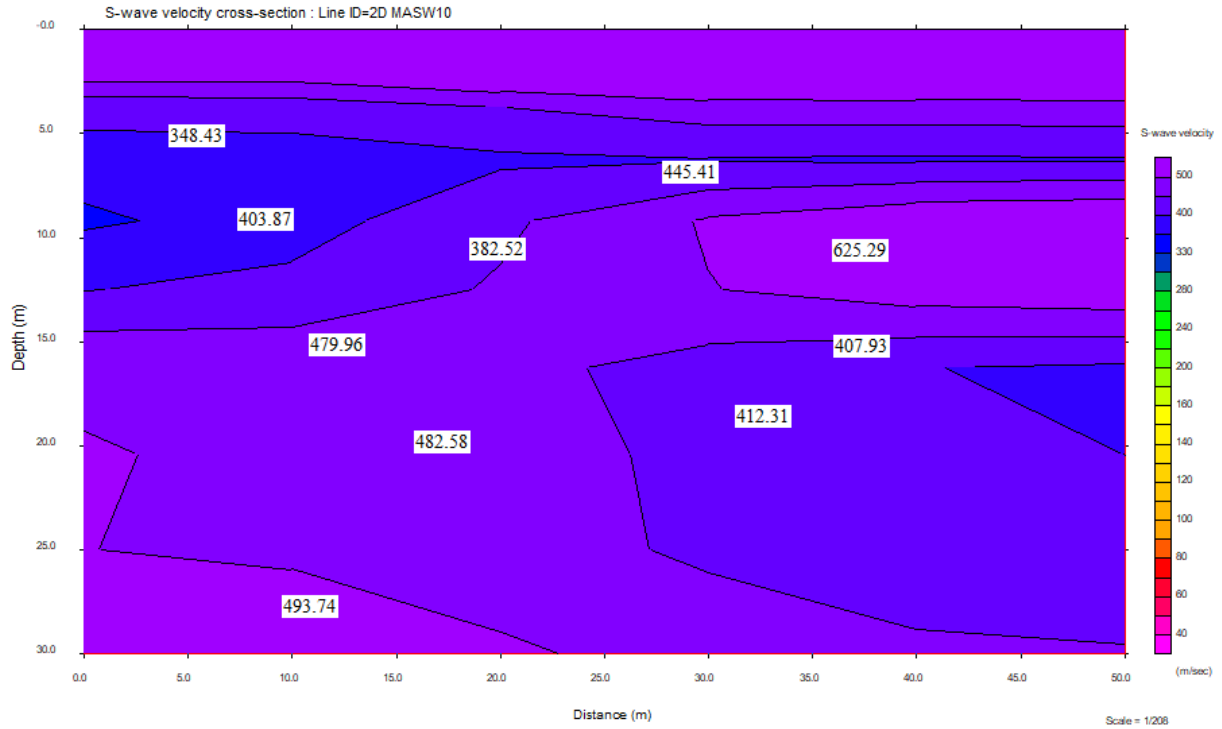


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1760	1930
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	320	576
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	494	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,00	2,05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2052,9	6806,6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	6088,6	19754,3
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	59363,9	67343,3
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	7,13	26,89
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 60. 5 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

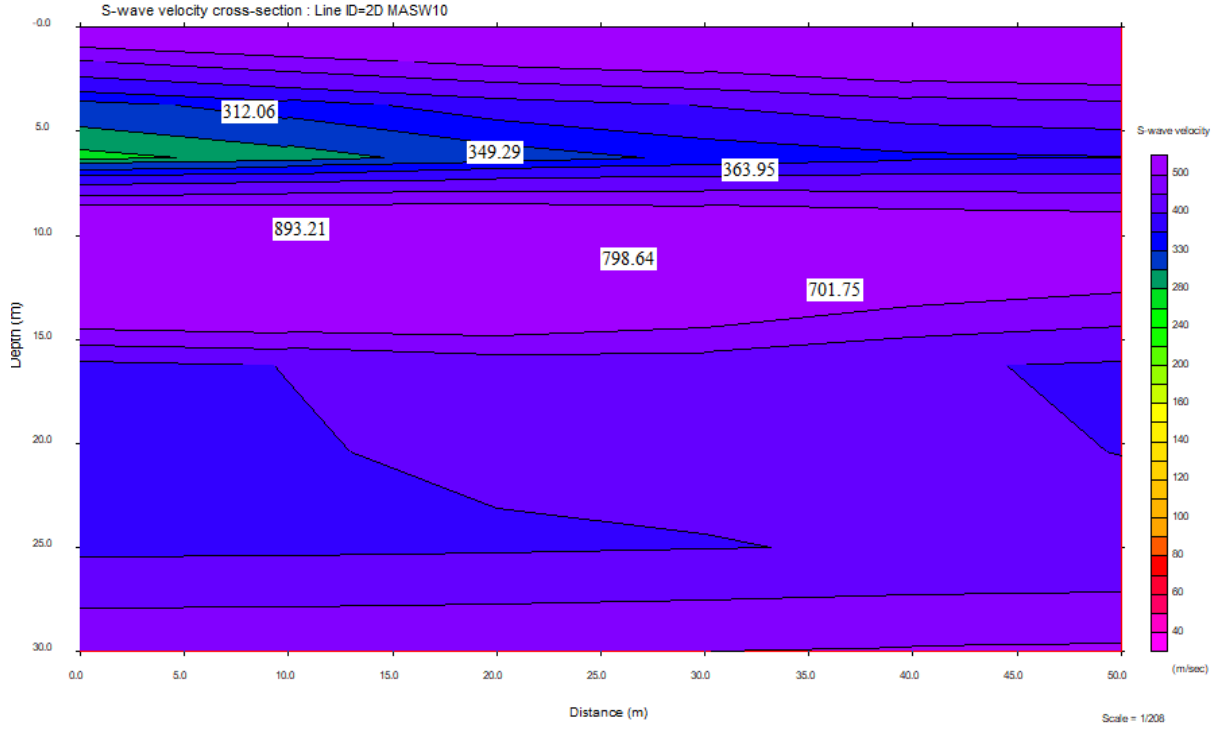


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1770	1883
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	432	534
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	9,17	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	498	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,01	2,04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	3746,8	5814,2
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	11003,0	16934,2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	57902,2	64542,9
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	14,05	22,67
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 61. 6 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

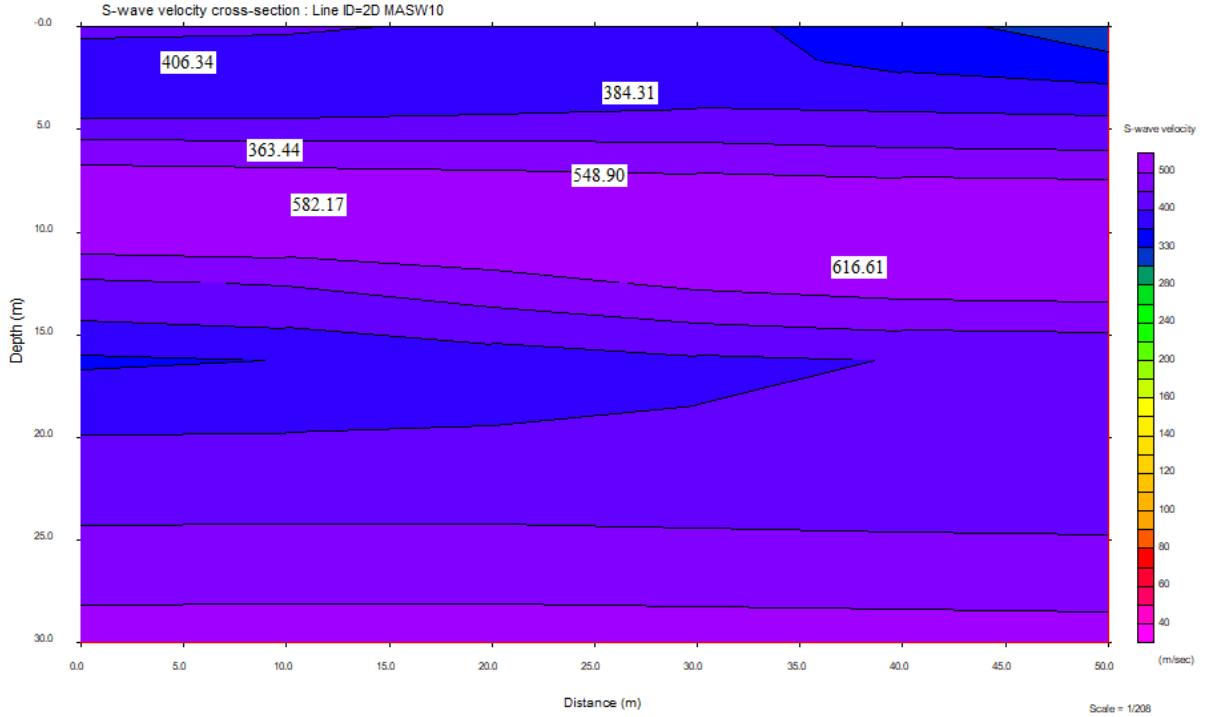


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Öçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1689	1927
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	321	574
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	493	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,98	2,05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2044,6	6756,8
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	6057,3	19612,5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	53879,9	67142,7
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	7,19	26,68
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 62. 7 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

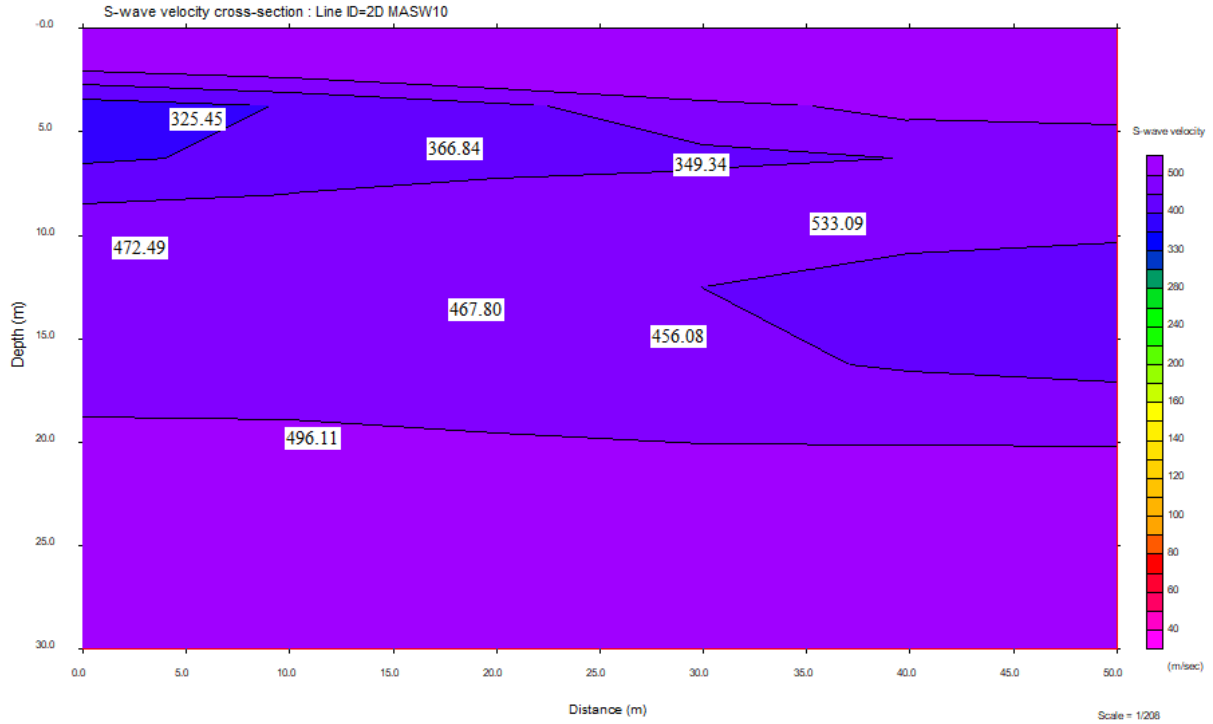


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Öçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1711	1864
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	380	517
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,75	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	495	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,99	2,03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2874,6	5436,1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	8474,6	15855,3
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	54445,8	63416,1
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	10,52	21,07
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 63. 8 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

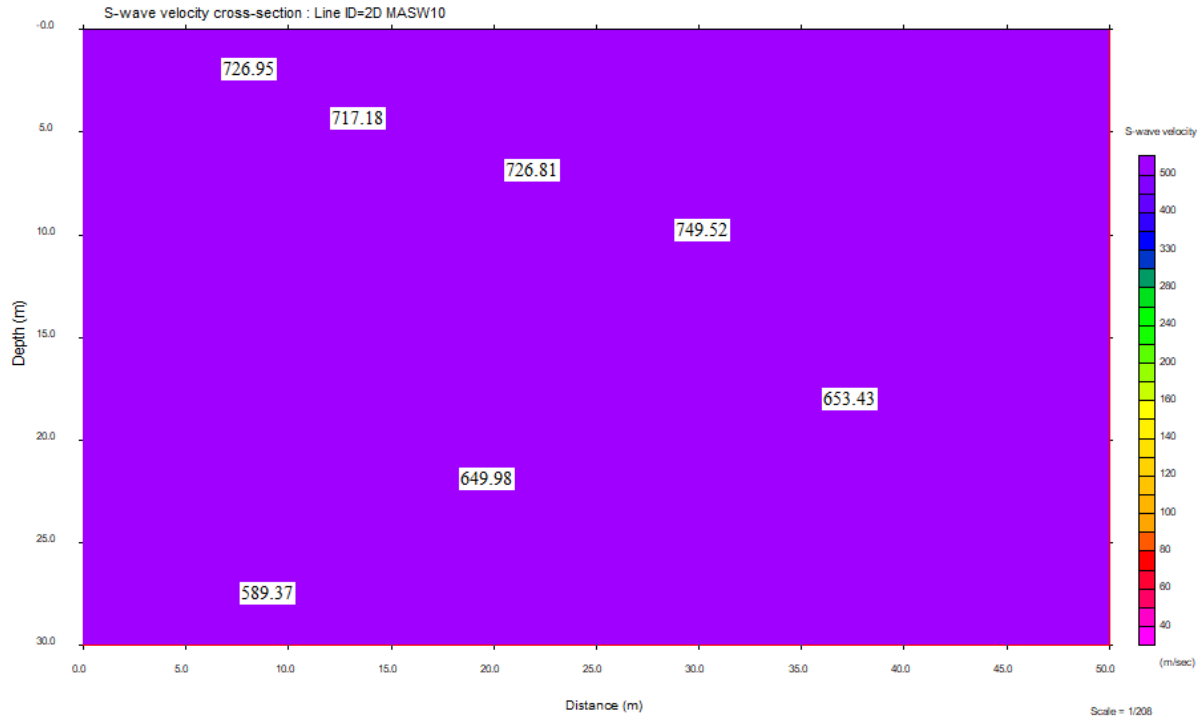


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (3 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1801	1805	1919
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	389	464	566
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,8	12,5	
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	-	-	-

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	493		
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,02	2,02	2,05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	3051,2	4343,6	6562,9
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	9004,4	12723,5	19063,5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,46	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	61335,4	59939,5	66691,7
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4		
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Imai ve Yoshimura, 1977)	q_u	kg/cm ²	11,09	16,51	25,85
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6		
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ	REFÜ

Şekil 64. 9 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

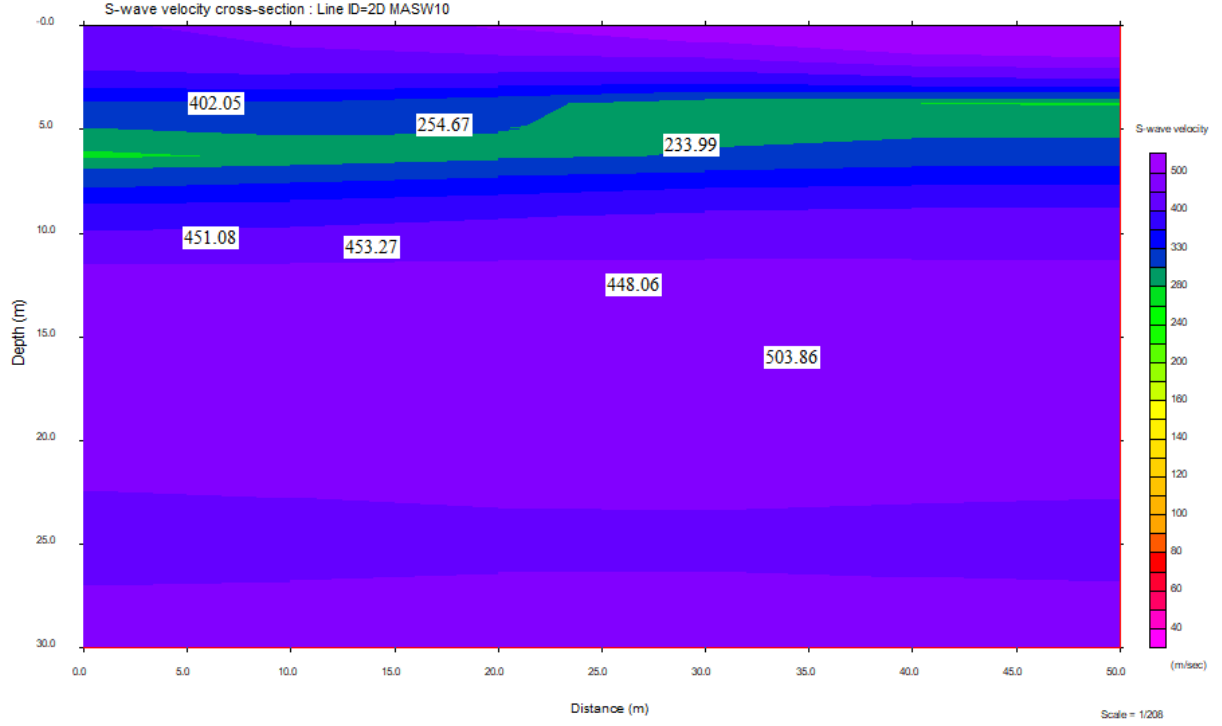


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	2110	2069
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	732	816
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	9,17	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	788	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,10	2,09
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	11240,6	13900,1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	32183,8	39139,8
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,43	0,41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	78409,3	70829,5
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	46,19	59,03
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,2	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 65. 10 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

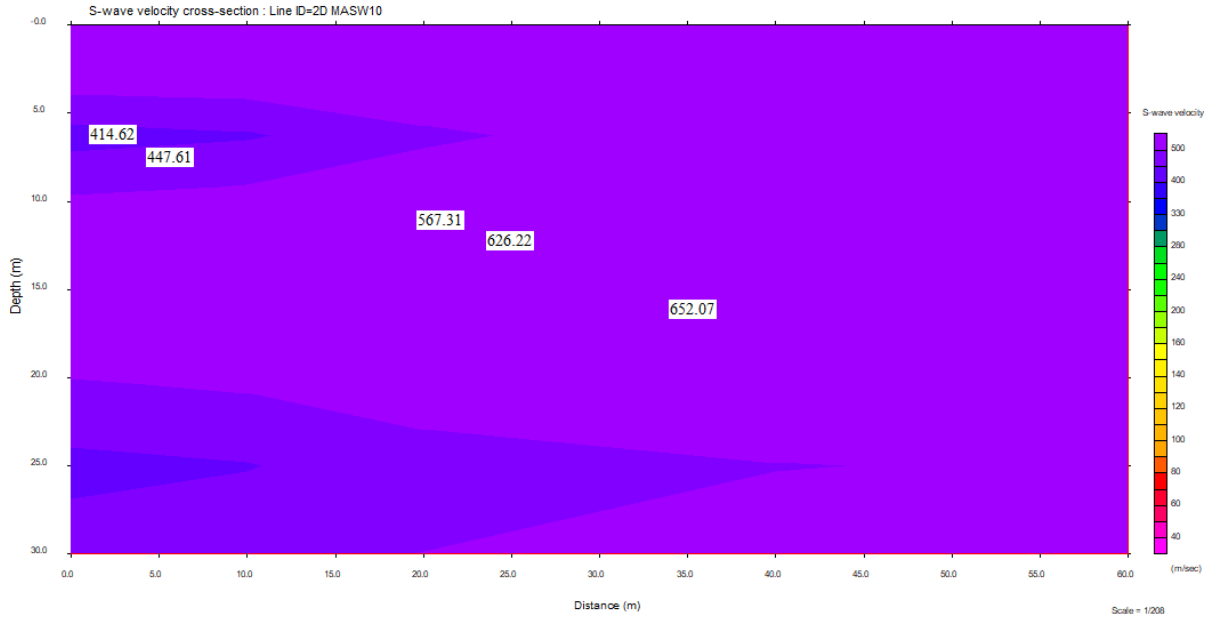


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1677	1837
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	348	493
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	454	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,98	2,03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2398,8	4925,1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	7088,4	14393,1
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	52506,8	61815,2
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	8,62	18,93
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,7	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 66. 11 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

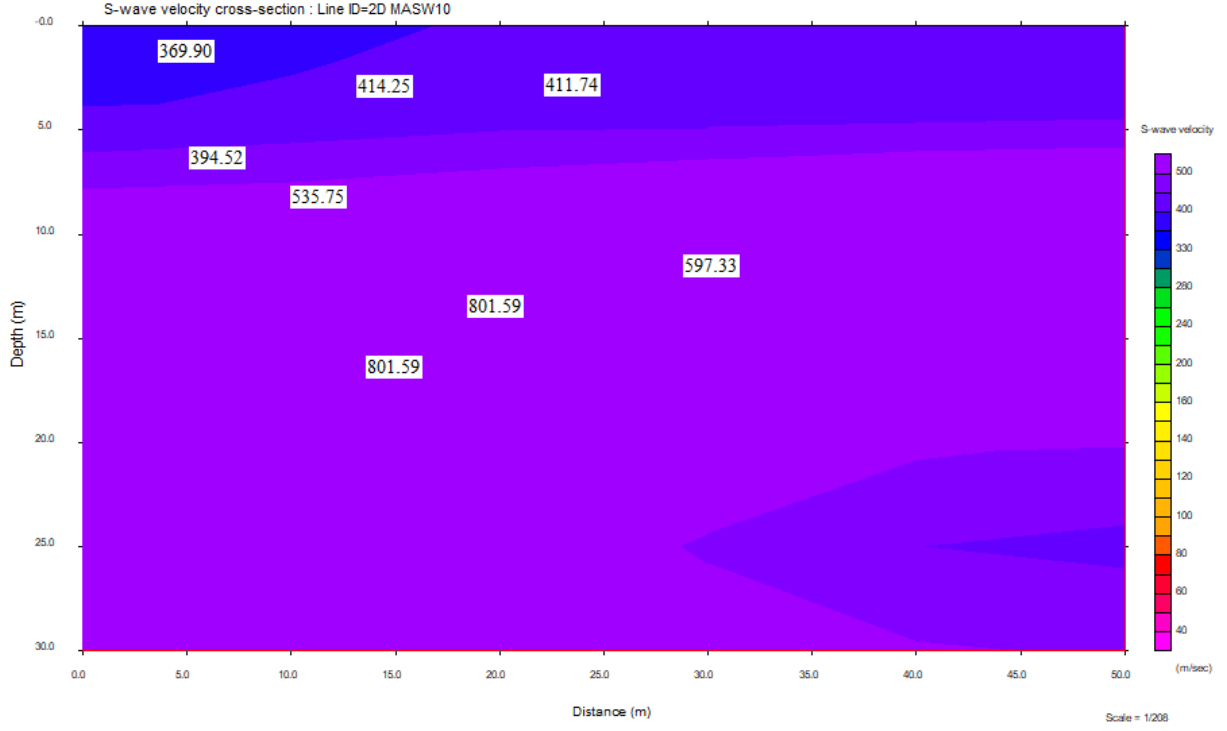


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1857	1880
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	511	532
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	527	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,03	2,04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	5305,7	5768,4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	15482,4	16803,2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,46	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	62994,3	64345,0
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	20,52	22,48
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 67. 12 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

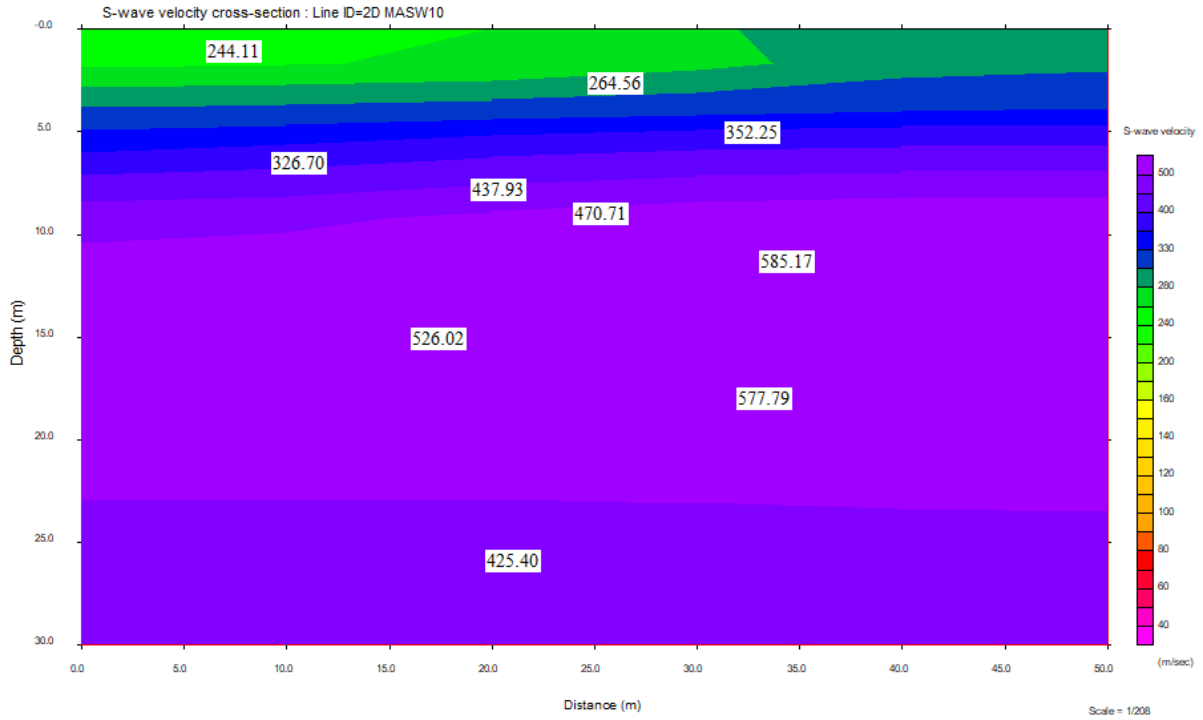


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1687	1962
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	380	638
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	559	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,98	2,06
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2864,5	8385,2
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	8440,3	24164,0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	52636,1	68119,0
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	10,52	33,87
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,5	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 68. 13 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

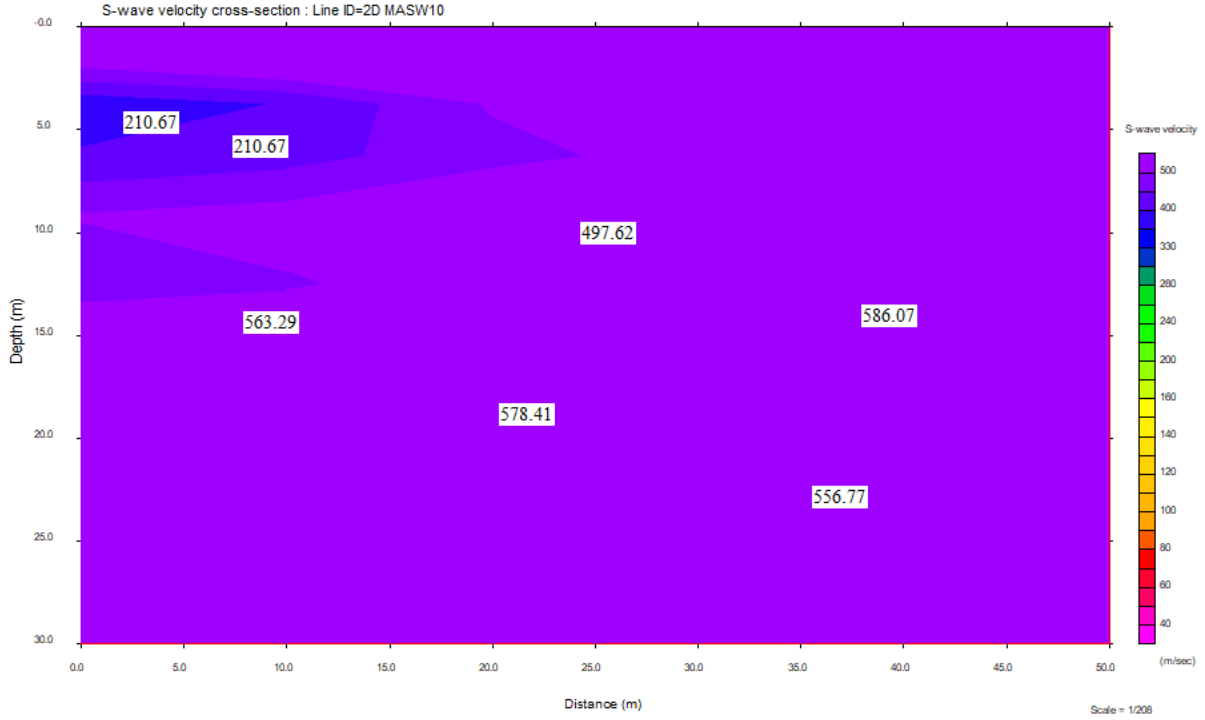


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1636	1873
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	312	525
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	460	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,97	2,04
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	1916,2	5612,4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	5676,4	16358,7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	50132,6	63951,0
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	6,74	21,81
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,7	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 69. 14 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

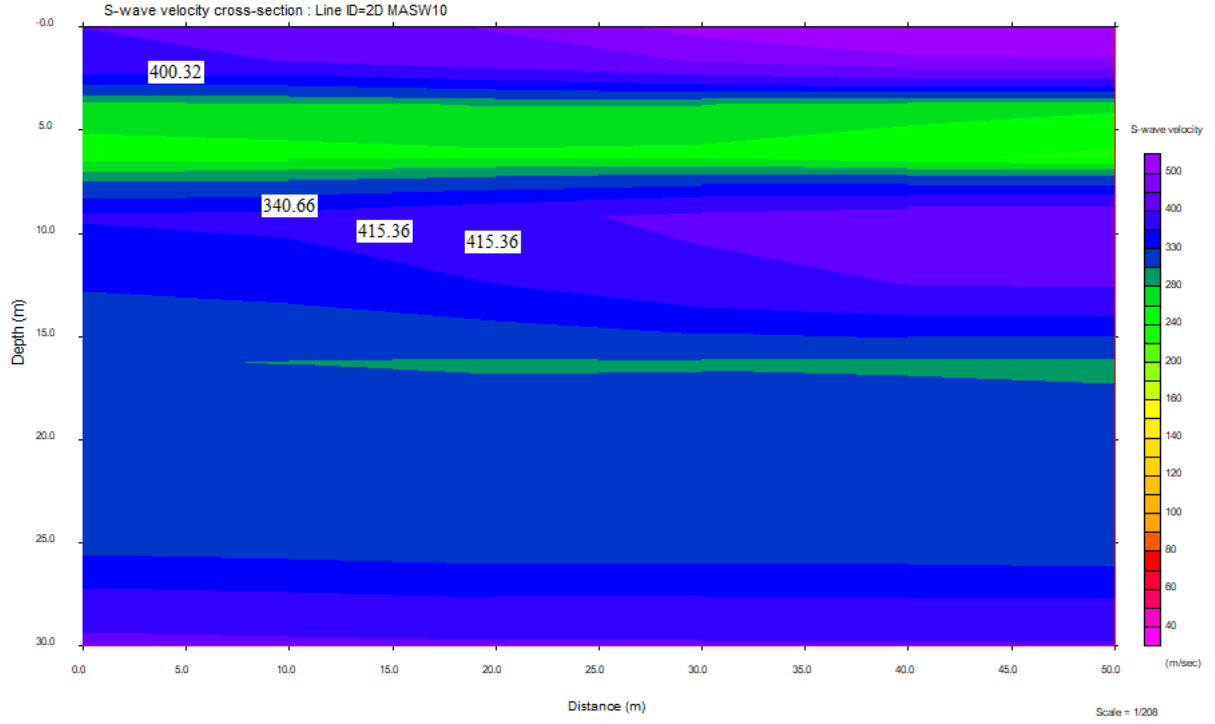


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Öçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1755	1949
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	419	596
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,75	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	566	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,00	2,06
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	3517,2	7305,4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	10338,9	21162,5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	57015,4	68381,4
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	13,11	29,05
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,5	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 70. 15 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

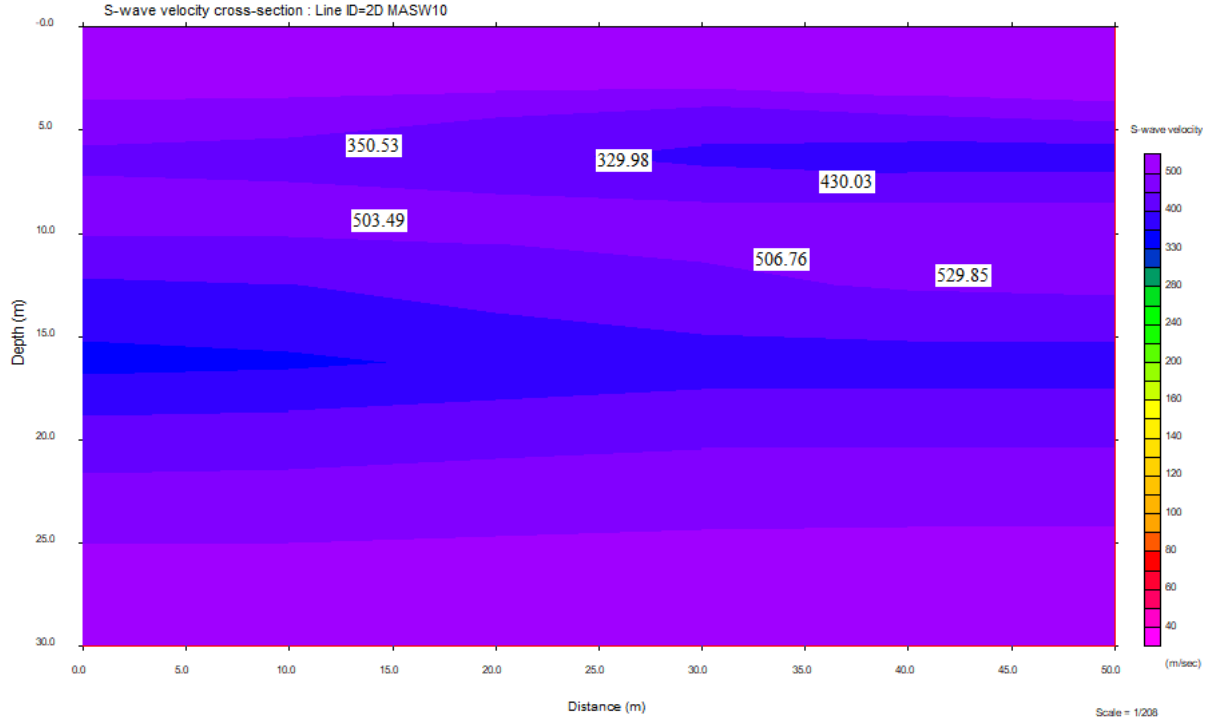


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (3 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1468	1678	2277
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	159	353	889
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,8	25,0	
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	-	-	-

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA	3.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	313		
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,92	1,98	2,14
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	484,4	2468,6	16898,2
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	1447,3	7291,4	47655,5
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,49	0,48	0,41
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	40642,8	52488,5	88326,1
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,5		
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Imai ve Yoshimura, 1977)	q_u	kg/cm ²	1,47	8,90	71,63
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	2,2		
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	9	REFÜ	REFÜ

Şekil 71. 16 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

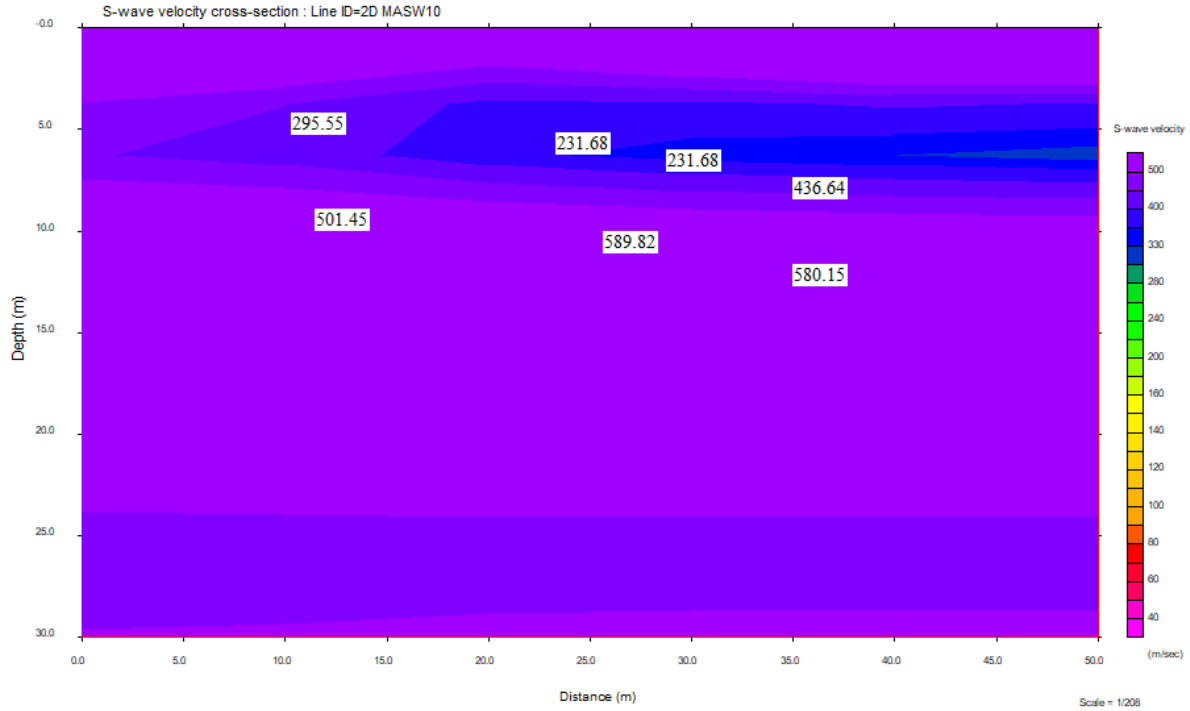


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Öçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1701	1843
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	367	498
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,75	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	477	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,99	2,03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2677,3	5029,6
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	7901,3	14692,7
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,48	0,46
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	53945,2	62179,4
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	9,72	19,36
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,7	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 72. 17 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

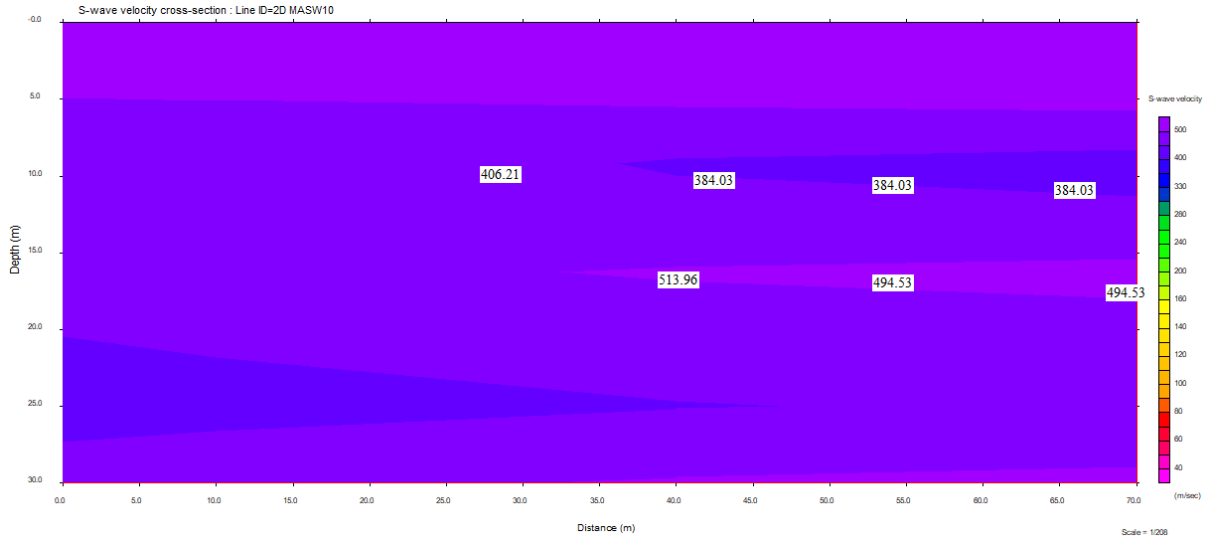


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1726	1929
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	379	575
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,75	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	540	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	2,00	2,05
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2865,7	6782,1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	8452,0	19685,0
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,45
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	55613,5	67286,9
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,4	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	10,45	26,79
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,6	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 73. 18 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

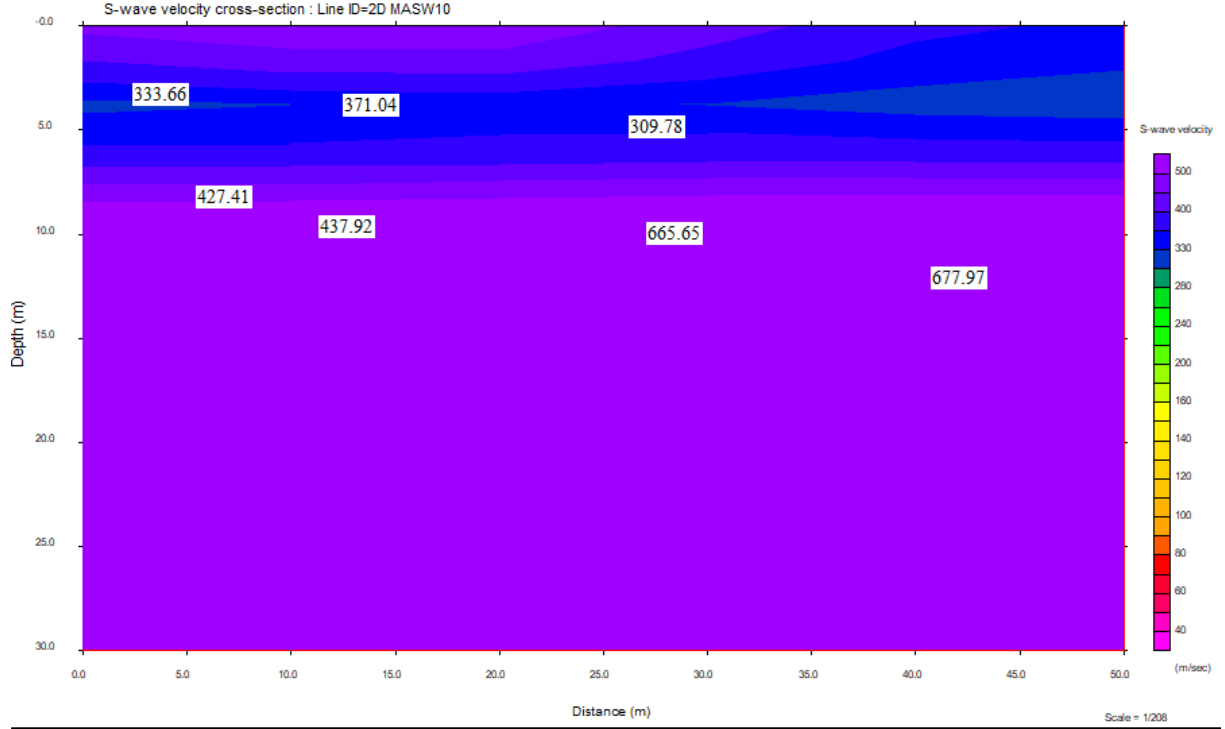


ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1718	1854
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	508	1854
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	3,75	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	1393	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,99	2,03
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	5142,6	69814,1
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	14935,0	#SAYI/0!
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,45	#SAYI/0!
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	51959,6	-23271,4
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,1	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	20,25	376,38
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	0,9	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	SPT (30)	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 74. 19 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları



ZEMİNLER İÇİN JEOFİZİK-GEOTEKNİK PARAMETRELERİN BELİRLENMESİ (2 Tabaka)

Ölçülen Jeofizik Parametreler ve Yapı Bilgileri	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
P (SIKIŞMA) DALGA HIZLARI	V_p	m/sn	1717	1984
S (KAYMA) DALGA HIZLARI	V_s	m/sn	384	625
TABAKA KALINLIKLARI	h	m	6,25	.
ÖZDİRENÇ DEĞERLERİ	ρ	ohm-m	.	.

Türetilen Geoteknik Parametreler	SİMGE	BİRİM	1.TABAKA	2.TABAKA
30m için ortalama S (KAYMA) DALGA HIZI	$V_s(30)$	m/sn	553	
YOĞUNLUK (Gardner ve diğ., 1974)	γ	gr/cm ³	1,99	2,07
MAKSİMUM KAYMA MODÜLÜ (Kramer, 1996)	G_{max}	kg/cm ²	2938,0	8069,4
ELASTİSİTE MODÜLÜ (Bowles, 1988)	E	kg/cm ²	8659,3	23319,2
POISSON ORANI (Bowles, 1988)	ν	-	0,47	0,44
BULK MODÜLÜ (Bowles, 1988)	K	kg/cm ²	54822,1	70554,7
HAKİM TİTREŞİM PERİYODU (Kanai, 1983)	T_o	sn	0,3	
SERBEST BASINÇ DAYANIMI (Uchiyama ve diğ. 1984)	q_u	kg/cm ²	10,77	32,33
ZEMİN BÜYÜTMESİ (Midorikawa (1987)	Z_B	Göreceli	1,5	
SPT (N) DEĞERİ (Imai ve Yoshimura, 1977)	$SPT(30)$	Darbe Sayısı	REFÜ	REFÜ

Şekil 75. 20 nolu lokasyonda yapılan MASW çalışması sonuçları

Yaklaşık kum rezervini tespit etmek için sahil yüzey alanı ve kum derinliği verilerinden yararlanılmıştır. Örneğin Şekil 76'da gösterilen 1 nolu örnek alım lokasyonu için toplam yüzey alanı yaklaşık olarak 58270 m²'dir. Bu lokasyondaki kum kalınlığının üçgen pirizma modeline uygun olarak deniz sınırından karaya doğru sıfırlandığı varsayımından yola çıkılırsa yaklaşık kum hacmi (alan*derinlik/2) (58270 m² * 4.6 m / 2) 134021 m³ olarak hesap edilmektedir. Ton cinsinden miktarını hesaplamak için MASW etüdüyle belirlenen 1.97 ton/m³ yoğunluk değeriyle çarpıldığında (kütle=yoğunluk*hacim) (134021 m³ * 1.97 ton/m³) 1 nolu alandaki kum rezervi yaklaşık olarak 264021 ton olarak hesaplanmaktadır.

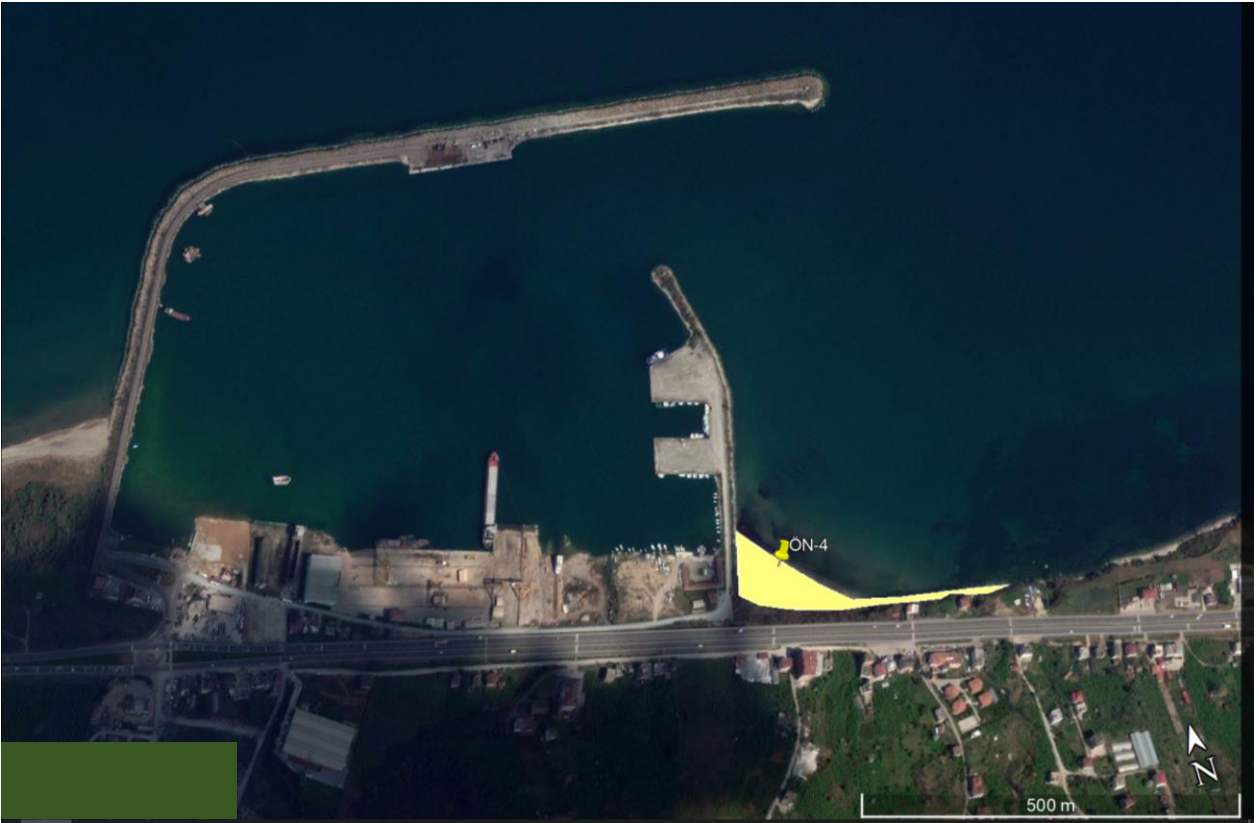
Bu rezervin ne kadarında manyetit minerali mevcuttur bunu saptamak için derlenen kum örneklerinde yapılan ana oksit element analizlerinde belirlenen demir miktarı yüzdesinden yararlanarak manyetit rezervi kestirimi yapılmıştır. 1 nolu lokasyondaki analiz sonuçlarında demiroksit miktarı %23.9 olduğuna göre (Tablo 6) buradaki manyetit miktarı yaklaşık olarak (264021 ton * %23.9) 63101 ton olarak hesaplanır. Tüm lokasyonlar için yapılan rezerv hesaplamaları Tablo 7'de sunulmuştur. Yapılan değerlendirmelere göre Ünye ilçe sınırları sahil kumlarında bulunan manyetit miktarı 5491-143732 ton arasında değişmekte olup, en fazla manyetit minerali rezervi 12 nolu lokasyondaki kumlar içerirken en az rezervi ise 9 nolu lokasyondaki kumlar içermektedir. Ünye ilçe sınırlarındaki sahil kumlarının toplam manyetit miktarı içeriği ise toplam 598886 ton civarındadır.

Plaser kökenli kumsal kumlarında manyetit tenörünün ekonomik olarak işletilebilir kabul edilebilmesi için genellikle %8–10'un üzerinde ve süreklilik arz eden bir dağılım göstermesi gerekir. Ayrıca, sahil kumlarında ekonomik kabul edilen alt sınır ise 5–10 milyon ton manyetittir. Tablo 6'da verilen demiroksit miktarındaki değişkenlikler ve toplam manyetit rezerv miktarının oldukça düşüklüğü Ünye sahillerindeki manyetik kumların ekonomik olarak işletilebilir olmadığını göstermektedir.

Benzer değerlendirme Titanyum minerali için yapıldığında ekonomik olarak işletilebilmesi için sahil kumlarının en az %3 titanyum içermesi ve ekonomik kabul edilen alt sınırın 2–5 milyon ton titanyum olması gereklidir. Tablo 6 incelendiğinde Ünye sahillerindeki kumların titanyum açısından ekonomik olarak işletilebilir olmadığını göstermektedir.



Şekil 76. 1-20 nolu lokasyondaki sahil yüzey alanı



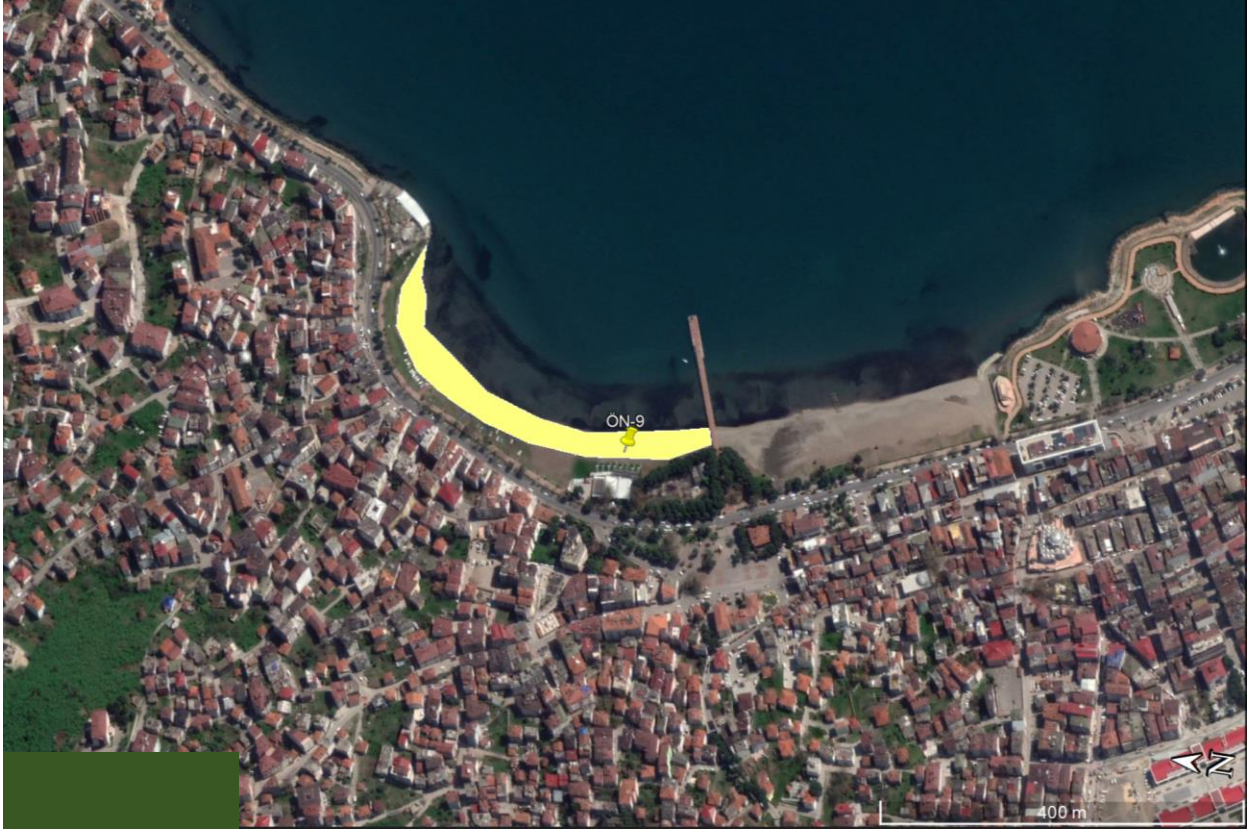
Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı



Şekil 76 devamı

Tablo 7. 20 lokasyon için hesaplanan yaklaşık manyetit rezervi miktarları

Lokasyon No	Alan (m ²)	Derinlik (m)	Kum hacmi (m ³)	Yoğunluk (ton/m ³)	Kum rezervi (ton)	Fe2O3 yüzdesi (%)	Fe2O3 rezervi (ton)
1	58270	4.60	134021	1.97	264021	23.9	63101
2	14348	6.25	44838	2.02	90572	6.36	5760
3	29862	9.17	136917	2.02	276573	2.28	6306
4	9957	6.25	31116	1.96	60987	24.4	14881
5	40564	6.25	126763	2.00	253525	8.3	21043
6	47984	9.17	220007	2.01	442213	5.9	26091
7	45343	6.25	141697	1.98	280560	6.29	17647
8	19235	3.75	36066	1.99	71771	29.2	20957
9	13125	3.80	24938	2.02	50374	10.9	5491
10	8668	9.17	39743	2.10	83460	19	15857
11	19359	6.25	60497	1.98	119784	30.4	36414
12	39404	6.25	123138	2.03	249969	57.5	143732
13	10702	6.25	33444	1.98	66219	52.4	34699
14	17331	6.25	54159	1.97	106694	48.8	52067
15	24568	3.75	46065	2.00	92130	61	56199
16	17160	3.80	32604	1.92	62600	55.2	34555
17	26366	3.75	49436	1.99	98378	17.95	17659
18	39461	3.75	73989	2.00	147979	7.04	10418
19	14580	3.75	27338	1.99	54402	15	8160
20	10139	6.25	31684	1.99	63052	12.45	7850
						Toplam	598886

Manyetik kumlar dünya genelinde başlıca endüstriyel ve teknik alanlarda kullanılır. En önemli kullanım alanı metalurjidir. Uygun tenörlü sahalarda manyetik kumlar zenginleştirilerek manyetit konsantresi elde edilir ve bu ürün pelet, sinter ve pik demir üretiminde kullanılır.

Ancak, bu kullanım genellikle yüksek tonaj ve uygun kimyasal bileşim gerektirir. Bunun dışında manyetik kumlar, ağır mineral kumların ayrıştırılmasında önemli rol oynar. Sahil kumlarında manyetit ile birlikte bulunan ilmenit (Ti kaynağı), zirkon ve diğer ağır mineraller, manyetik ve gravite yöntemleriyle ayrılarak titanyum, seramik ve refrakter sanayinde değerlendirilir.

İnşaat sektöründe ise manyetik kumlar, yüksek yoğunlukları sayesinde radyasyon zırlı beton, ağır agrega ve özel mühendislik yapılarında kullanılır. Ayrıca su ve atık su arıtma sistemlerinde filtrasyon malzemesi olarak tercih edilir; yüksek yoğunluk ve dayanım sayesinde klasik kuvars kumdan daha verimlidir.

Endüstride ayrıca kumlama (yüzey temizleme), pigment (siyah boya), dolgu malzemesi ve bazı özel elektromanyetik uygulamalarda da kullanımı vardır.

Son olarak, bazı ülkelerde (örneğin Karadeniz kıyıları ve Gürcistan) manyetik kumlar wellness/turizm kapsamında, kum banyosu ve rahatlama amaçlı kullanılır; ancak bu kullanım tıbbi değil, gelenekseldir.

Özetle manyetik kumlar, dünya genelinde en çok metalurji, ağır mineral üretimi, inşaat ve çevre teknolojileri alanlarında ekonomik değer taşır.

Ünye sahili manyetik kumları için Teknik uygunluk, Ekonomik gerçekçilik, Çevresel & yasal uyum ve Yerel koşullara uygunluk açısından değerlendirmenin yapıldığı karar verdirici “Uygunluk Matrisi” aşağıda sunulmuştur (Tablo 8).

Buna göre Ünye sahili manyetik kumları, madencilik perspektifiyle değil, **doğal kaynak + endüstriyel mineral + wellness turizmi** ekseninde değerlendirilmelidir. Kıyı ekosistemi, yasal kısıtlar ve ekonomik gerçekler birlikte ele alındığında en sürdürülebilir yaklaşım, **turizm ve filtrasyon** amaçlı kontrollü kullanımdır.

Tablo 8. Ünye manyetik kumları için uygunluk matrisi

Kullanım Alanı	Teknik Uygunluk	Ekonomik Değer	Yasal & Çevresel Risk	Ünye İçin Uygunluk
Su arıtma – filtrasyon	● Yüksek	● Orta-iyi	● Düşük	★★★★
Ağır beton (radyasyon)	● Yüksek	● Orta	● Orta	★★★
Endüstriyel dolgu	● Yüksek	● Düşük-Orta	● Düşük	★★★
Demir-çelik hammaddesi	● Sınırlı	● Düşük	● Yüksek	★
Pigment / boya	● Zor	● Yüksek	● Orta	★★
Elektromanyetik ekranlama	● Niş	● Orta	● Düşük	★★
AR-GE / nano manyetit	● Uygun değil	● Çok düşük	● Düşük	✗
Tarım (Fe katkısı)	● Kontrollü	● Düşük	● Orta	★★
Wellness / kum banyosu	● Uygun	● Orta	● Düşük*	★★★★
Turizm & rekreasyon	● Çok yüksek	● Orta-Yüksek	● Çok düşük	★★★★★

* Wellness kullanımında tıbbi iddia yoksa.

Türkiye’de sahil kumlarından manyetit ya da diğer ağır mineral konsantrelerinin üretimi teorik olarak mümkündür. Ancak, bunu ticari/işletme ölçeğinde yapmak için çok kapsamlı bir yasal prosedür ve çevresel izin süreci gerekmektedir. Ülkemizde kıyı alanlarında madencilik veya başka bir endüstriyel faaliyet yapmak isteniyorsa (örneğin sahil kumlarından manyetit üretimi gibi), bunun için yalnızca maden ruhsatı yeterli olmayıp ayrıca kıyı alanı kullanım izinleri de alınması gerekmektedir.

Bu kapsamda manyetit ticari amaçla zenginleştirmek isteniyorsa maden ruhsatı alınması, ÇED (Çevresel Etki Değerlendirme) raporu veya ÇED gerekli değildir belgesi alınması, Kıyı alanı izinleri, Korunan alan izinleri (özellikle kıyı turizm veya çevre koruma alanları) ve Kurum görüşlerinin alınması gereklidir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu rapor kapsamında elde edilen bulgularla ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

- 1) Sahil kumlarının manyetik mineral içerikleri manyetit, hematit, ilmenit ve titanomanyetitten oluşmaktadır. Bunların yanında plajioклаst, klinopiroksen, biyotit, kayaç parçaları ve organik kavkılar bulunmaktadır.
- 2) Dere yataklarından derlenen örneklerde manyetit, hematit, ilmenit ve titanomanyetit mineralleri bulunmaktadır. Bunlara plajioклаst, klinopiroksen ve biyotit mineralleri ile çeşitli kayaç parçaları eşlik etmektedir. Organik kavkı parçaları yaygındır. Dere kumu örneklerine göre İkizce ve Cuma dere yataklarının manyetik mineral taşıma potansiyellerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.
- 3) Ünye çevresinde mostra veren andezit, bazalt ve trakiandezit bileşimli volkanik kayalarda manyetit, hematit, ilmenit ve titanomanyetit mineralleri yaygın olarak bulunmaktadır. Bunların dışında kalan kireçtaşı, kumtaşı, marn ve tuf birimleri manyetik mineral içermez. Buna göre Ünye sahilindeki manyetik kumların kaynağı andezit, bazalt ve trakiandezit olarak tanımlanan birimlerdir.
- 4) Jeokimyasal analizlere göre manyetik kumların Fe_2O_3 içerikleri %2.28-61 arasında, Ti_2O_3 içerikleri ise %0.21-4.74 arasında değişmektedir.
- 5) Ünye sahili kumlarının ana ve iz element bileşimi, kaynak kaya litolojisi ve demir oksit minerallerinin kontrolünde gelişmiş olup, iz element zenginleşmesi büyük ölçüde bu demir fazları ile ilişkili doğal süreçlerin ürünüdür.
- 6) 20 lokasyondaki örneklerin tamamen kum boyutundaki zemin malzemelerinden oluştuğu belirlenmiştir. Silt ve kil boyutundaki malzeme hemen hemen sıfıra yakın miktardadır. Örselenmiş kum örnekleri USCS'ye (Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması) göre sınıflandırıldığında tüm kum örneklerinin zeminin sınıfı SP (kötü derecelenmiş kum) olduğu saptanmıştır. Manyetik kumdaki baskın malzeme kum boyutunda olup, silt boyutundaki malzeme oranı yok gibidir. Manyetit mineralleri de genel olarak silt boyutundadır. Dolayısıyla Ünye sahil kumları zımparalama ve aşındırma özelliğine sahip olup, doğrudan masaj uygulaması amacıyla kullanılması cilt tahrişine yol açma potansiyeline sahiptir.
- 7) Kum örnekleri üzerinde yapılan indeks deneyleri sonucunda doğal yoğunluğun 1.67-2.33 g/cm^3 arasında, kuru yoğunluğun ise 1.43-2.23 g/cm^3 arasında değiştiği belirlenmiştir.
- 8) Yapılan jeofizik etütler neticesinde sahil ortamındaki kum kalınlığının 3.75-9.17 m arasında değiştiği tespit edilmiştir. Literatürde normal kumun yoğunluğu 1.4-2.1 g/cm^3

arasında, manyetit mineralinin yoğunluğu: 5.0-5.5 g/cm³ arasında değiştiği belirtilmektedir. Bu değerler Ünye manyetik kumlarıyla karşılaştırıldığında manyetit mineral iğeriğinin çok olmadığı anlaşılmaktadır.

- 9) Yapılan değerlendirmelere göre Ünye sahilindeki manyetit mineralinin rezerv miktarı 5491-143731 ton arasında değişmekte olup, en fazla rezervi 12 nolu lokasyondaki kumlar içerirken en az rezervi ise 9 nolu lokasyondaki kumlar içermektedir. Ünye sahilindeki toplam manyetit rezervi ise toplam 598886 ton civarındadır.
- 10) Plaser kökenli kumsal kumlarında manyetit tenörünün ekonomik olarak işletilebilir kabul edilebilmesi için genellikle %8-10'un üzerinde ve süreklilik arz eden bir dağılım göstermesi ve ekonomik kabul edilen manyetit iğeriğinin ise en az 5-10 milyon ton olması gereklidir. Tablo 6'da verilen demiroksit miktarındaki değişkenlikler toplam manyetit ve rezerv miktarının oldukça düşüklüğü Ünye sahillerindeki manyetik kumların ekonomik olarak işletilebilir olmadığını göstermektedir.
- 11) Benzer değerlendirme Titanyum minerali için yapıldığında ekonomik olarak işletilebilmesi için sahil kumlarının en az %3 titanyum içermesi ve ekonomik kabul edilen alt sınırın 2-5 milyon ton titanyum olması gereklidir. Tablo 6 incelendiğinde Ünye sahillerindeki kumların titanyum açısından ekonomik olarak işletilebilir olmadığını göstermektedir.
- 12) Ünye sahil kumlarının aktif bir deniz kumsalı niteliğinde olması ve çok az bir kalınlığı hariç olmak üzere sıfır kotundan itibaren manyetitli kumların deniz suyu altında yer alması, bu malzemenin maden işletmeciliği açısından çıkarılmasını ve iştilmesini teknik ve ekonomik açıdan son derece güçleştirmektedir. Bu nedenle Ünye sahil kumlarının, doğal yapısı korunarak, madencilik faaliyetlerinden ziyade turizm, rekreasyon ve kıyı ekosistemine hizmet edecek şekilde değerlendirilmesinin daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.
- 13) Sonuç olarak Ünye sahili manyetik kumları, madencilik perspektifiyle değil, doğal kaynak + endüstriyel mineral + wellness turizmi ekseninde değerlendirilmelidir. Kıyı ekosistemi, yasal kısıtlar ve ekonomik gerçekler birlikte ele alındığında en sürdürülebilir yaklaşım, turizm ve filtrasyon amaçlı kontrollü kullanımdır.

8. KAYNAKLAR

Abdel-Karim, A.M. ve Barakat, M.G. (2017). Separation, upgrading, and mineralogy of placer magnetite in the black sands, northern coast of Egypt. *Arab J Geosci* 10: 298.

Ansari, M.S., Othman, M. H. D., Ansari, M. O., Ansari, S. ve Abdullah, H. (2021). Progress in Fe₃O₄-centered spintronic systems: Development, architecture, and features. *Applied Materials Today*, 25, 101181.

Bülbül, D., Karakaş, Ö.F., Karadan, İ. C. ve Yücel, T.O. (2017, Nisan). Denizel plaser madenciliği: Bilimsel, politik, çevresel ve ekonomik perspektifler [Özet bildiri]. 70. Türkiye Jeoloji Kurultayı (70th Geological Congress of Turkey), Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Çınar, S., Çekiç, Y., Akıncı, S., Türkmen, İ. ve Özdoğan, K. (1988). Ordu–Fatsa–Ünye–Tekkiraz–Cilader yöresinin jeolojisi ile maden zuhurları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA), Derleme Raporu, Rapor No: 8854, Ankara (yayımlanmamış)

Earle, S. (2015). *Physical geology*. BC campus.

Kırman, M. (2021). Zenginleştirilmiş Deniz Kumu Manyetit Konsantresinden Titanyum Eldesi.

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. (2010). Madencilik sektöründeki sorunların araştırılarak alınması gereken önlemlerin belirlenmesi amacıyla kurulan Meclis Araştırma Komisyonuna sunulan rapor.

Nzeh, N. S. ve Popoola, P. A. (2024). Physical beneficiation of heavy minerals–Part 2: A state of the art literature review on magnetic and electrostatic concentration techniques. *Heliyon*, 10(11).

Novita, N., Naibaho, M., Puspita, E., Ramlan, R., Ginting, M. ve Humaidi, S. (2023). Analysis of mineral content and magnetic properties of iron sand of Bah Bolon Simalungun River, North Sumatera. *Asian Journal of Engineering, Social and Health*, 2(12), 1633-1639.

Sriatun, S. (2018). of Natural Magnetite from Sand Marina Beach by High Energy Milling. *Oriental Journal of Chemistry*, 34(2), 868-874.

Türkiye Büyük Millet Meclisi. (2003). Maden Kanunu ve bazı kanunlarda değişiklik yapılmasına ilişkin kanun tasarısı ile komisyon raporları (Dönem: 22, Yasama Yılı: 2, S. Sayısı: 451). T.C. Başbakanlık Kanunlar ve Kararlar Genel Müdürlüğü.

Tel, M. ve Sabah, E. (2016). Manyetitli sahil kumlarının zenginleştirilmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 220-225.

Togibasa, O., Bijaksana, S. ve Novala, G. C. (2018). Magnetic properties of iron sand from the Tor River Estuary, Sarmi, Papua. *Geosciences*, 8(4), 113.

U.S. Geological Survey. (2024). Mineral commodity summaries 2024. National Minerals Information Center. <https://doi.org/10.3133/mcs2024>

Zhou, J., Lyu, X., Xia, X., Ma, J., Yan, L. ve Gao, B. (2025). A mini-review of functionalized magnetic Fe₃O₄ nanoparticles: from fundamentals to application. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 64(4), 100448.

URL-1: Dataintel. (2024). Magnetite market outlook. Retrieved October 27, 2025, from <https://dataintel.com/report/global-magnetite-market>

URL-2: ReportLinker. (2021, July 21). The global magnetite market is expected to reach an estimated \$130.8 billion by 2026 with a CAGR of 5% from 2020 to 2026. GlobeNewswire. Retrieved October 27, 2025, from <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/07/21/2266227/0/en/The-global-magnetite-market-is-expected-to-reach-an-estimated-130-8-billion-by-2026-with-a-CAGR-of-5-from-2020-to-2026.html>

URL-3: Reports and Data. (2024). Magnetite iron ore market size. Retrieved October 27, 2025, from <https://www.reportsanddata.com/report-detail/magnetite-iron-ore-market>

URL-4: Investing News Network. (2025, June). Top iron-producing countries. Retrieved October 27, 2025, from <https://investingnews.com/daily/resource-investing/base-metals-investing/iron-investing/top-iron-producing-countries/>

URL-5: Mana-ay, E. E. (2021, May 31). Offshore iron sand mining a big boost to our economy. Daily Guardian. Retrieved October 28, 2025, from <https://dailyguardian.com.ph/offshore-iron-sand-mining-a-big-boost-to-our-economy/>

URL-6: Corlett, E. (2024, August 19). The fight for iron sands: The bitter battle to protect New Zealand's sea-floor riches. The Guardian. Retrieved October 28, 2025, from <https://www.theguardian.com/world/article/2024/aug/19/deep-sea-mining-new-zealand-south-taranaki-bight-ocean-seabed-patea-beach-ntwnfb>

URL-7: International Mineral Resource Group (IMRG). (2024). Magnetite sand projects. Retrieved October 28, 2025, from <https://imrgminerals.com/projects/magnetite-sand/>

URL-8: LKAB Minerals. (2024). Heavy media separation with magnetite. Retrieved October 28, 2025, from <https://lkabminerals.com/product-application/heavy-media-separation/>

URL-9: QMAG. (2024). Applications of magnetite. Retrieved October 28, 2025, from <https://qmag.com/applications/>

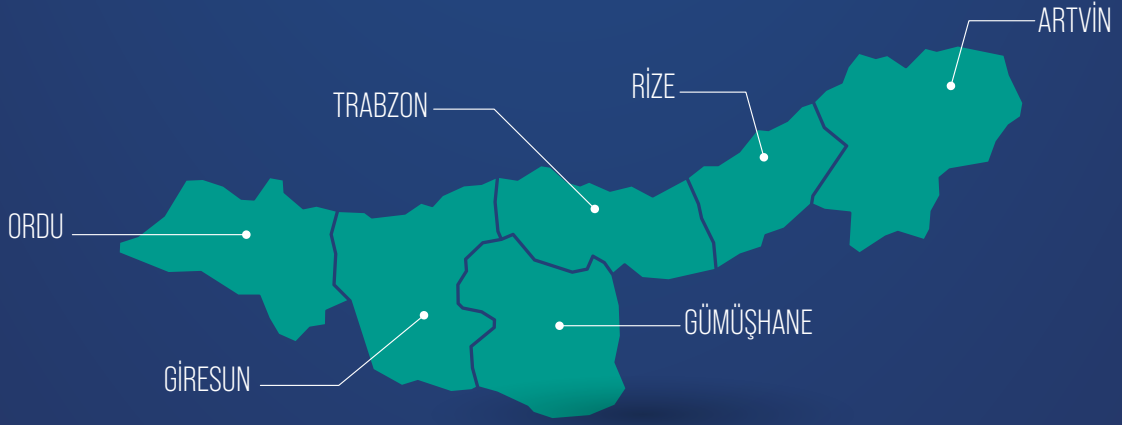
URL-10: Reade Advanced Materials. (2024). Magnetite / black iron oxide. Retrieved October 28, 2025, from <https://reade.com/product/magnetite-black-iron-oxide/>

URL-11: Strategic Market Research. (2024). Magnetite nanoparticles market report. Retrieved October 28, 2025, from <https://www.strategicmarketresearch.com/market-report/magnetite-nanoparticles-market>

URL-12: Metatech Insights. (2025, February). Magnetite nanoparticles market: Global market size, segmental analysis, regional overview, company share analysis, leading company profiles and market forecast, 2025–2035. Retrieved October 28, 2025, from <https://metatechinsights.com/industry-insights/magnetite-nanoparticles-market-2075/>

URL-13: Strategic Market Research. (2024). Magnetite nanoparticles market report 2030. Retrieved October 28, 2025, from <https://strategicmarketresearch.com/market-report/magnetite-nanoparticles-market>

URL-14: BAS Mining & Mineral Processing Solutions. (2022, 5 Aralık). Manyetit kumu zenginleştirme. Erişim tarihi: 14 Kasım 2025, <https://bas.com.tr/2022/12/05/manyetit-kumu-zenginlestirme/>



Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı (Ajans Merkezi)

Gazipaşa Mahallesi Nemlioğlu Sokak No: 3 61030 Merkez/Ortahisar/Trabzon

T. 444 82 90 www.doka.org.tr

 AjansDoka

 Doğu Karadeniz Kalkınma Ajansı

 ajansdoka

 dogukaradenizkalkinmaajansi