

## ÇİNİYERİ-KÜRE BÖLGESİ (MENDERES MASİFİ) METAMORFİK KAYALARINDA RUTİLİN KÖKENİ VE FLUVİYAL SEDİMANLARIN RUTİL İÇERİĞİ

*The provenance of rutile in the metamorphic rocks from Çiniyeri-Küre (Menderes Massif) area and rutile contents of fluvial sediments,*

ALÎ HAYDAR GÜLTEKİN İ.T.Ü, Maden Fakültesi, Ayazağa-Istanbul

ÖZ: İnceleme alanı Tire (İzmir)'in doğusunda, Menderes Masifinin Çiniyeri ile Küre arasındaki kesiminde yer alır. Bölgede, yerel olarak çok sayıda kuvars damalıyla kesilmiş olan masife ait metamorfik birimler alttan üste doğru gözlü gnays, disten-granat şist, granatanika şist ve mennerlerden oluşmaktadır. Yapılan petrografik ve kimyasal incelemeler, disten-granat şist ve kuvars damarlarının detritik sedimanlarda yataklanmış rutiller için önemli bir kaynak kaya olduğunu göstermiştir. Rutil yüksek dereceli metamorfik kayalar içinde detritik olmaktan çok metamorfik kökenlidir ve oksijen basıncı ile kayaç kimyasal bileşiminin bir fonksiyonu olarak oluşmuştur,

İnceleme sahasında granat ve rutil ağır mineral konsantrasyonlarının önemli bir kısmını oluşturur, Rutil  $-0,149+0,077$  mm fraksiyonunda daha fazla derişmiş olup bu fraksiyondaki ortalama içeriğı % 1,33'dür. Bütün fraksiyonlar için toplam görünür rezerv 2 milyon ton olarak saptanmıştır. Fluviyal orjinli sedimanların detaylı tane boyu analizleri bunların ortalama kaba kum boyutunda olduğunu gösterir,

ABSTRACT: The studied area is located between Çiniyeri and Küre of Menderes Massif at the East of Tire (Izmir), In the region metamorphic units belong to Menderes Massif which have been locally intercepted by numerous quartz veins are arranged in an ascending order as augen gneiss, kyanite-garnet schists, garnet-mica schists and marbles, The petrographic and chemical studies show that kyanite-garnet schists and quartz veins are important source rocks for rutile deposits in detrital sediments. Rutiles in high grade metamorphic rocks have metamorphic origin rather than detrital and form as a function of oxygen pressure and chemical composition of rock.

Garnets and rutiles seem to form an important part of heavy mineral concentrations. Rutile in the sediments of the investigated area is generally most abundant in the  $-0.149+0.077$  mm fraction with an average 1,33 percent, The total proven reserves for all grain size fractions are determined to be 2 million metric tons. The detailed grain size analysis, applied to the fluvial originated sediments indicate that the material used should be considered as coarse sand size,

### GİRİŞ

Bu çalışma çoğunlukla Menderes Masifi metamorfik kayalarından beslenen fluviyal orjinli ayrıntılı sedimanların rutil içerik ve dağılımının belirlenmesini, kaynak kayalardaki davranışının incelenmesini amaçlar, Buradan hareketle bir sedimantasyon bölgesinde metamorfizmadan başlayarak atmosferik ayrışmayla sonuçlanan (veya devam eden) mümkün jeokimyasal titanyum çevirimi dikkate alınmış ve plaser titanyum yataklarının oluşumu, jeolojik bir çevre içinde düşünülmüştür.

Çalışılan saha Menderes Masifinin yaklaşık orta kesiminde, İzmir ili Tire ilçesinin takriben 7 km doğusunda yer alır (Şekil 1), Sahada bulunan sedimanların Küçük Menderes grabenini dolduran alüvyonların bir parçasını oluşturur ve kaynak alanlarda dağıtıcı güncel akıntı kanalları ile birlikte önemli rutil yığılımları

verir. Ancak en zengin zonlar artan taşınma mesafesiyle belirginleşecek şekilde ince boyutlu sedimanları yeğler. Yapılan çalışmada alüvyon düzlüğü, taşma ovası ve kanal dolgusu çekellerinden alınan örnekler ayrıntılı olarak rutile eşlik eden mineraller yönüyle de incelenmiş, fluviyal çökellerde ağır minerallerin göreceli oranları ve özellikleri belirlenmiştir.

Bölgenin yakın çevresindeki önceki çalışmalar, özellikle son yıllardan itibaren yoğunlaşarak daha çok metamorfizma yaşı ve koşulları, ilksel kayaların tipi ve masifi oluşturan kaya birimleri arasındaki dokanak ilişkisine yöneliktir, Masifin derelerinde alüvyonlar içinde özşekilli rutil kristallerinden ve olası kaynak kayalarından söz edilmekle birlikte ayrıntılı çalışmaların bulunmadığını söylemek güçtür. Fluviyal çökeltile ilişkisi mineralojik çalışmalar ve saptanan dokusal parametreler geniş bir alana yayılan sedimanların önemli bir titanyum kaynağı oluşturduğunu ortaya koyar»

## LİTÖSTRATİGRAFİ

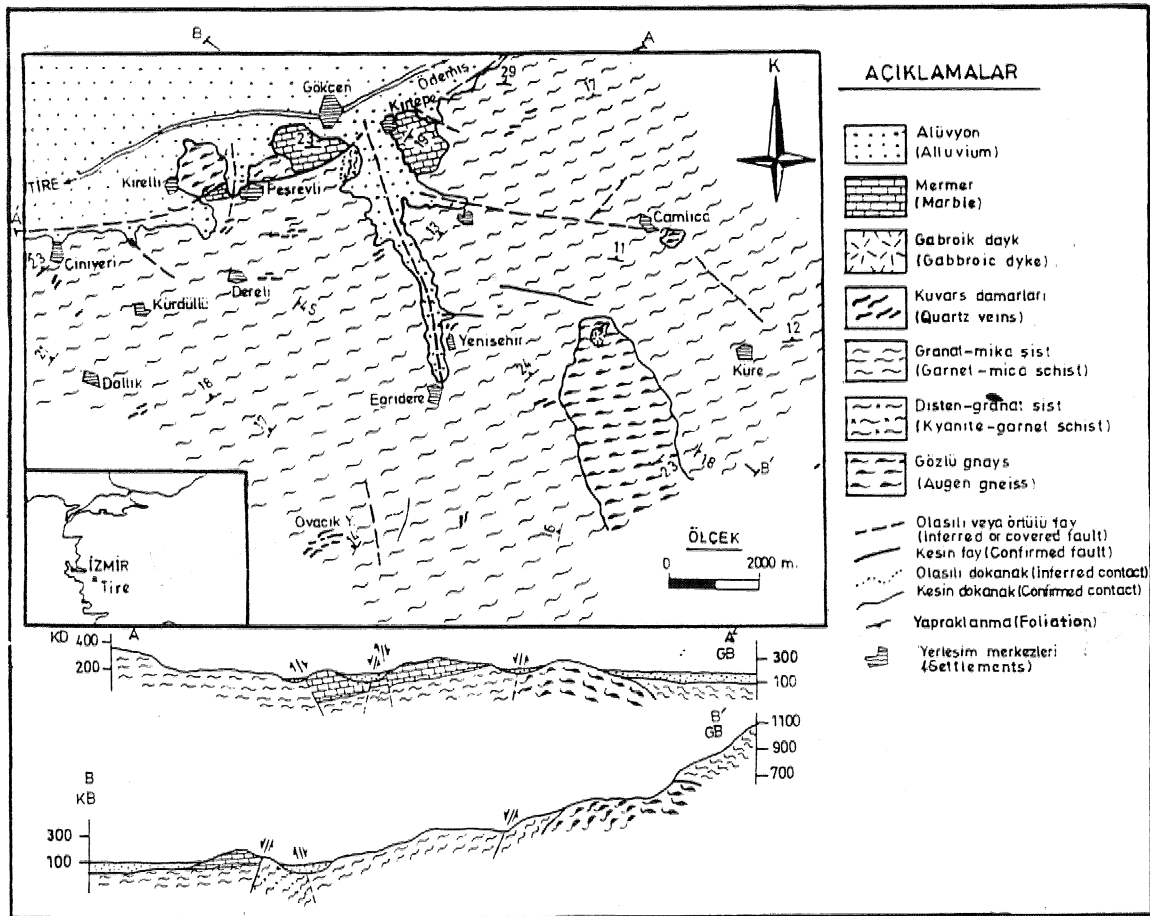
Çalışılan alanda temeli Menderes Masifine ait metamorfik kaya birimleri oluşturur. Kuzeyde grabeni dolduran ve doğu-batı yönünde bütün metamorfik kayaları örten alüvyonlar inceleme alanının en genç birimidir. Masife ait kaya birimleri daha genç olan kuvars damarlarınca çeşitli düzeylerde kesilmiştir. Bölgedeki metamorfitler genel anlamda gözlü gnays» farklı litoloji şist ve mermerlerden ibarettir.

Masifin yaklaşık orta kesimlerinde yer alan inceleme alanı metamorfitleri tabanda yer yer bantlaşma özelliği sunan ve üst seviyelere doğru gabroik karakterli daykalarla kesilen gözlü gnayslarla başlar. Granat dışında metamorfik İndeks mineral içermeyen, üst dokanağımı esas olarak granat mika şistlerle yapan bu litolojinin dıştan granat şistlerle olan muhtemel dokanağı ise belirgin değildir. İnce bir seviye halinde Küçük Menderes grabeninin güney sınırına az çok paralel şekilde sınırlı bir alanda izlenebilen disten-granat şistler çalışılan bölgede egemen litolojiyi oluşturan granat-mika şistlere yanıl geçişlidir. Farklı düzeylerde kuvars-MüSkovit şist ve mikaşist düzeyleri içeren granat-mika şistler, çoğunlukla yaprak-

lanma düzlemine paralel yerleşmiş ve alüvyonlar içinde zenginleşme şansı bulmuş İri rutil kristallerince karakteristik kuvars damarları içerirler, Amfibolit mercikleri de içiren birim ince kalkışt seviyeleriyle mermerlere geçişlidir.

## Gözlü gnays birimi

Sahanın güneydoğusu ile kuzeybatısında geniş bir alanda gözlenen bu birim diğer alanlarda derin vadilerde yüzeylenir. Birimin şistlerle olan üst dokanağı çalışılan alan içinde uyumludur. Gözlü gnayslar çoğunlukla gri ve sarımsı gri ve kahverenginin tonlarında orta kaba taneli olup uzun eksenleri 5-6 cm'ye varan, oval merccek şekilli K-feldspat topluluğundan ibaret porfiroblastlar halindeki gözlerden oluşur. Stres etkisi altında gözler bazen aşırı uzanımlar gösterdiğinden birim bantlı bir görünüm kazanır. Çok kısa mesafeler içinde gözlü-bantlı dokusal değişimi izlemek mümkündür. Granat-mika şist dokanağına doğru içerdiği K-feldspat porfiroblastların miktarı gittikçe azalarak, birim bir tür masif granitik gnays görünümü kazanır. Gözlü gnaysların mineral bileşimi çoğunlukla kuvars, plajiyoklaz, ortokiaz, biyo-



Şekil L Çiniyeri-Küre (Tire) yöresinin jeolojik haritası

Figure I. Geological map of Çiniyeri-Küre (Tire) area.

## ÇMYERİ--KÜRE RUTİLLERİ

tit, muskovit» granat, daha az olarak klorit, apatit, turmalin, epidot, zirkon ve rutil şeklindedir. Bu litolojiden alınan örneklerden belirlenmiş olan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Gözlü gnayslar» gözleri oluşturan K-feldspatlar dışında, çoğunlukla perütik dokulu ortoklaz, daha nadir olarak karakteristik kafes yapılı ikizler gösteren mikrokün türü feldspatlar içerir, Plajiyoklazlar oligoklaz türüdür. Ksenoblastlar halinde 0.018-0.42 mm tane boyu aralığında değişimler gösteren kuvarslar bu litolojinin en yaygın minerali olup, bariz kataklastik etkiler sonucunda belirgin bantlar oluşturmuştur. Birimde, karakteristik olan kataklastik doku dışında yer yer mirmekitik, perütik, granoblastik; yer yer de çok az olmak üzere lepidoporfiroblastik doku türleri gözlenir.

Birimin egemen mika minerali biyotittir. Yerel olarak bazen muskovit baskın duruma geçer. Diğer bir bileşen olan epidotlar tamamen retrograd koşullarda biyotitin kenarlarında gelişmiştir. Kayaç içinde biyotitin kenarları dışında epidot oluşumları gözlenmez» Plajiyoklaz, plajiyoklaz-granat, bioti tuğrana t, plajiyoklaz-K-feldspat dokanağında ve feldspatların içinde iğnecikler halinde birbirleri ile grift saç örgüsüne benzer doku

gösteren apatitlerin ortalama tane boyu 0,03 mm civarındadır ve yaygın şekilde sahanın güneydoğusunda Yenışehir köyü civarındaki alanlarda gözlenirler. Bölgede metamorfizma hiçbir yerde sillimanit derecesine kadar yükselmemiştir. Çoğunlukla ksenoblastlar halinde ve kırıklı bir iç yapı gösteren poikilitik dokulu granatlar yer yer bol rutil inklüzyonları ihtiva eder. Granatlar, bazen deformasyon etkisi sonucu uzamış ya da yassılaştırılmış kristaller halinde ve biyotit tarafından ornatılmış şekillerde izlenir. Rutil ortalama 0.08 mm tane boyunda, pri/matik kristaller ya da özşekilsiz taneler halinde şekillenir. Bu mineral biyotitler içinde yüksek kılınalı indisi? inkJü/yonlar halinde, biyotit-epidot reaksiyonunun geliştiği alanlarda ise serbest taneler halinde, mineral sınırları boyunca yerleşir.. Çalışılan alanda gözlü gnaysların rutil içeriği nadiren % 0.10'nu geçer.

### Disten-granat şist birimi

Birim granat-mika şistlere yanal geçişlidir ve graben sınırına yakın küçük bir alanda yüziek verir. Sahanın diğer kısımlarında gözlenmemiş olmakla birlikte dere

	Gözlü gnays (Augen gneiss)				Amfibolit (Amphibolite)		Granat-mika şist (Garnet-mica schist)							
	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO <sub>2</sub>	75.28	72.32	76.09	73.40	50.08	48.35	65.56	63.89	67.51	61.34	67.05	64.12	56.81	68.91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.03	16.53	14.04	16.31	21.47	18.54	16.01	17.36	15.21	21.73	16.02	21.15	14.75	16.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.48	0.73	1.90	1.73	14.85	16.52	10.25	9.70	8.98	9.68	9.96	7.29	16.59	5.18
MgO	0.53	0.40	0.39	0.40	2.43	3.95	0.84	0.48	0.55	0.40	0.63	0.38	2.40	0.83
CaO	0.57	0.28	0.42	0.30	4.10	5.51	0.69	0.78	0.65	0.49	0.50	0.49	2.54	0.79
Na <sub>2</sub> O	2.80	1.81	1.75	2.05	1.83	2.24	1.88	1.90	2.42	0.60	1.10	1.82	1.83	0.96
K <sub>2</sub> O	4.13	5.63	3.13	2.95	2.49	0.65	2.48	2.40	2.16	1.32	2.05	1.62	0.69	3.90
TiO <sub>2</sub>	0.78	0.10	0.67	1.35	1.94	4.09	0.88	0.81	0.84	0.90	0.83	0.69	1.78	0.44
MnO	0.02	0.03	0.09	0.01	0.18	0.10	0.11	0.04	0.05	0.03	0.03	0.01	0.08	0.10
A.Z.	1.08	0.86	1.20	1.33	0.06	-	1.13	2.04	1.53	2.59	1.60	2.35	2.27	2.41

	Kuvars damarları (Quartz veins)				Mermer (Marble)				Gabroik dayk (Gabbroic dyke)					
	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2				
SiO <sub>2</sub>	90.12	99.81	99.10	99.71	92.57	99.82	96.93	94.29	2.02	5.53	10.46	3.10	53.69	54.30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.62	0.10	0.49	0.13	3.91	0.09	0.85	2.05	1.21	4.01	2.62	0.98	10.44	13.09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.12	0.02	0.31	0.09	1.15	0.03	0.08	1.63	0.36	0.46	1.25	0.36	4.83	3.16
MgO	-	-	-	-	0.38	-	-	-	0.05	0.08	1.70	-	8.77	7.65
CaO	0.08	-	-	-	0.30	-	0.03	0.13	47.80	42.73	37.69	38.99	17.67	17.41
Na <sub>2</sub> O	1.61	-	-	-	0.83	-	0.10	0.95	-	-	-	-	2.16	2.33
K <sub>2</sub> O	-	-	-	-	0.27	-	-	0.21	-	0.12	-	-	0.10	0.08
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.04	0.04	0.05	0.22	0.04	0.82	0.15	0.19	0.43	0.13	0.08	1.83	1.65
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	0.06	0.08
CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	47.98	46.60	45.63	56.14	-	-
A.Z.	0.02	-	-	-	0.03	-	-	-	0.37	0.19	0.34	0.23	0.35	0.27

Çizelge 1. İnceleme alanındaki kaya birimlerinin major element içerikleri.

Table 1. The major element contents of the rock units in the investigated area.

alüvyonları içinde dişlenin saptanmış olması muhtemelen ince seviyeler halinde birçok alanda yüzeylenmiş olabileceği kanısını uyandırmaktadır,

Yeşilimsi, morumsu ya da kahverengi renkler sunan birim» pembeye kaçan renkleri iri granat ve dişten kristalleri içermesiyle karakteristiktir. Şistosite çoğunlukla belirgindir, Kayaç iri kristalli olup makroskopik gelişimli mika kıvrımlarını izlemek olağandır, Dişten-granat şist birimi makroskopik olarak tanınabilen rutil kapsamları ile diğer metamorfik kaya birimlerinden ayrıcalık sunar. Bu özelliğinden dolayı alüvyonlar içinde zenginleşen rutil için bir kaynak kaya karakteri gösterir. Birime ait bazı örneklerde saptanmış olan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Bu kayalardaki plajiyoklazlar oğoklaz (An 22-24) bileşimindedir ve ortalama boyutları  $Q_{40} \approx 0,6$  mm arasında değişir. Yaygın şekilde serisitleşmiş olup düzensiz yoğunlukta uzun eksene dik konumlu turmalin kapanımları içerir. Birimin baskın mika mineralini muskovit oluşturur. Distenlerin maksimum tane boyu 2 mm kadardır ve kataklastik deformasyon izleri gösterir, Alterasyon sonucu değişik yoğunlukta serisitleşmiştir. Birimin X-ışınlan difraktometre sonuçlarına göre aknan» din olan ve 1-2 cm tane boyu büyüklüğüne ulaşabilen granatları diğer birimlerin aynı tür granatlarına oranla daha bol miktarlarda özşekilli ya da Özşekilsiz katı rutil kapanımları içermeleriyle belirgindir. Disten-granat şistler çalışılan alanın en yüksek rutil içeriğine sahip kayalarını oluşturur, Rutil kristallerinin gözlenen tane boyları 0.03-1.00 mm arasında olup belirgin bir yönlenme izi taşımaz, Kayaç içinde mineral sınırlarında serbest halde izlemek mümkündür»

#### Granat-mika şist birimi

Çiniyeri-Küre bölgesinin en yaygın birimidir. Güneyde Eğridere, güneybatıda Dallık köyleri civarındaki lokasyonlarda tipik olarak izlenir. İçerdikleri biyotit miktarındaki değişikliklerle ilişkin gri, yeşilimsi gri, siyahımsı gri renkler ve orta-kaba taneli, belirgin foliasyon gösteren granat-mika şistler tekdüze yapılı olmayıp değişik düzeylerde kuvars-muskovit şist ve mikaşist arakatmanları içerirler» Üst seviyelerde muskovit, gözlü gnayslara geçişte biyotit hakim durumdadır. Kayada yer yer kuvars + muskovit, yer yer de kuvars + biyotit toplamı % Sthnı geçer, Metamorfik anahtar mineral olarak yalnızca granat içeren birim değişik kalınlıkta kalşist düzeyleri ile mermerlere geçişlidir,

Granat-mika şistler tipik lepidoblastik doku, daha az lepidoporfiroblastik nadiren mikrokivnmh yapı gösterir, Porfiroblastlan çoğunlukla granatlar, ender olarak albitler oluşturur, Porfiroblastik albitler tipik olarak sahanın güneydoğusunda» Ovacık Yaylasında yttzlek veren rutilli kuvars damarlarının çevresinden alman örneklerde

gözlenir. Ana bileşenlerini kuvars, plajiyoklaz, biyotit, muskovit ve granatın oluşturduğu birim içinde az olarak klorit daha az olarak da rutil, apatit, zirkon, turmalin ve opaklar izlenir. Litolojiyi oluşturan bileşenlerin ortalama boyutu 0,5-07 mm arasında kalır. Yer yer çok iyi gelişmiş olan şistositeyi içerdikleri mikaların paralel dizilimleri oluşturur. Birime ait bazı örneklerin kimyasal analiz değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Granat-mika şistlerin plajiyoklazian çoğunlukla oligoklaz (Anlg-16) türüdür, Ortalama tane boyutu 0,3-0,4 mm kadar olan plajiyoklazlarda kenarlardan ve dilinimlerden başlayarak gelişen serisitleşmeye yaygınca rastlanılır, Albitlerde enderde olsa rotasyonel yapı gelişmiştir. Biyotitlerin bir kısmı belirgin şekilde postdeformatik kristallenmiş olup gözlü gnayslarda olduğu gibi granatlarla reaksiyonel ilişkilidir» Bu tür biyotitler kenarlardan başlayarak granattan ornatmakta ise de, bir kısım biyotitler retrograd etkilerle epidot oluşumlarına imkan vermiştir. Olağan şekilde zirkon ve rutil katı kristal kapanımları içerir. Birimin diğer yaygın mika mineralini oluşturan muskovitte, biyotitlerde doğal olan kinkband yapılan gözlenmez. Kloritlerin pekçoğu ikincildir ve retrograd koşullarda gelişmiştir. Girişim kenkilerindeki farklılaşma kloritin Fe içeriği ile ilişkilidir. En iyi şekilde Dallık köyü doğusunda birime ait örneklerde saptanan granatların tane boyu 6 cm'ye kadar ulaşır. Bu mineralin bir kısmı postdeformatif diğer bir kısmı predeformatif kristallenmiştir. Büyük çoğunlukla mika lineasyonlan arasında özşekilsiz, bazen iğsi bir yapı sunar\* X-ışınlan difraktometre incelemelerine göre ekseriyetle almandin türü olan granatların Mn içeriği mermerşist kantağına doğru artış gösterir. Birimin tali bileşenlerinden turmalin dravit türü olup olağan olarak ince uzun özşekilli taneler şeklinde gözükürse de bodur olanlarına da tesadüf edilir, Tane boyu 0.03-3,00 mm arasında değişir ve zaman zaman uzun ekseni boyunca şistosite düzlemine kısmen paralel konumlanır. Birimin rutil içeriği bütün örneklerde % Tin altında kalır. Özşekilsiz, bazen iğnemi ve prizmatik olan rutil 0.02-0.15 mm tane boyutlu olup çoğunlukla diğer silikat mineralleri içinde katı kapammlar oluşturur. Ancak bazı örneklerde her iki ucu yuvarlaklaşmış ya da özşekilli serbest taneler halinde de gözlenir. Dirsek ikizi nadiren kelebek ikizi olağandır.

Mermerlere geçişte izlenen kalkşistler en belirgin şekilde kuzeyde Peşrevli köyü yakınlarında yüzlek verirler ve genel mineral bileşimi kalsit, kuvars, plajiyoklaz (An 9-18), muskovit, biyotit, turmalin, zirkon, apatit olarak saptanmıştır. Birimde mikalar koyu renkli, değişen kalınlıklarda bantlar şeklinde rastlanır. Granat mika şistler içinde arakatman şeklindeki kuvars-muskovit şistlerin ana bileşenleri kuvars, muskovit, plajiyoklaz az miktarda biyotit, granat ve kloritdir. Bu alt birimin tali bileşenlerini turmalin, apatit, zirkon oluşturur ve en iyi şekilde Peşrevli köyü civarında izle-

## ÇİNİYERİ-KÜRE RUTİLLERİ

nir, Kuvars-muskovit toplamı bazı örneklerde % 80'nin üzerindedir. Varlığı esasen mikroskopik çalışmalarla belirlenmiş diğer alt birim olan mikaşistler ise tipik olarak Eğridere köyü güneyinde gözlenir ve bazı örneklerde mikaların oranı % SO'e kadar yükselir.

### Mermerler

Mermerler çalışılan alanın kuzeyinde Kirelli ve Kırtape köyleri arasında birbirinden ayrı üç bölgede benzer özellikte olarak yüzeylenir ve şistlere tedrici geçiş gösterir. Şist ve gözlü gnayslardan sonra en fazla yayılım gösteren kaya birimini oluşturan bu litoloji metamorfik istifin üst düzeyini oluşturur.

Orta-kaba taneli ve masif yapı, genelde beyaz veya grinin tonlarında değişen renkler gösteren birime ait bileşenlerin tane boyutları ekseriyetle 0,5-1,5 mm arasında kalır. Belirgin bir yönlenme görülmeyen mermerlerde tekdüze bir bileşim ve granoblastik doku egemendir. Mermerlere ait bazı örneklerde belirlenmiş olan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Mermerlerin ana bileşenini oluşturan kalsit hiç bir örnekte % 85'in altına düşmez. Olağan olan polisentetik ikizlenme yaygındır. Tane boyutları 0,1-2 mm arasında değişim gösterir. Birimin en yaygın mika minerali genellikle ince taneli (0,1-0,5 mm) ve nispi bir yönlenme gösteren muskovitdir,

### Amfibolitler

Yalnızca Küre köyünün güneyinde şistler içinde çeşitli düzeylerde gözlenir, Düzensiz sınırlı ve farklı kalınlıklı bu litolojinin uzunluğu en fazla 10 m, genişliği bir kaç metre arasında kalır. Çok küçük alanlarda yüzeylendiğinden Şekil 1'deki haritada gösterilememiştir, Amfibolit şist dokanağı keskindir ancak her iki kayayı oluşturan minerallerin yönlenmeleri birbirine paraleldir. Siller şeklinde yerleşmiş olan bazik sokulumlardan türemişlerdir, İçerdikleri hornblend ve klorit gibi minerallerden dolayı yeşil, yeşilimsi siyah renkler gösteren birime ait bileşenlerin tane boyutu 0,3-0,4 mm arasında yoğunlaşır. Birimin genel mineral bileşimi amfibol (hornblend), klorit, plajiyoklaz (oligoklaz-andezm), kuvars, rutil, biyotit, apatit ve zirkon olarak verilebilir, Kayanın amfibol içeriği % SO'ne kadar yükselir. Bu kayalara ait bazı örneklerde saptanmış olan kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Birim çalışılan alandaki diğer kaya birimleri ile mukayese edildiğinde yüksek rutil içeriği ile karakteristiktir, Diğer yandan ortalama % 3 civarında rutil miktarıyla bu kayalar alüvyonlar içindeki rutil birikimleri için önemli bir kaynak oluşturlar. Çoğunlukla özşekilsiz olan rutil, nadiren ince uzun, çubuksu ve prizmatik kristaller halinde izlenir ve tane boyutu 0,05-0,2 mm arasında değişen değerler alır.

Amfibolitler, çubuksu minerallerce zengin ve ileri derecede yönlenme göstermeleri ile tipik nematoblastik doku gösterir,

### Gabroik dayklar

Bölgenin güneyinde Yenişehir ile Küre köyleri arasında yüzlek veren, morfolojisi ve sahip olduğu koyu renk ile çevre kayayı oluşturan gözlü gnayslardan belirgin ayrıcalık sunan bu kayaların belirgin bir özelliği yüksek itmenit içeriğidir, Gabroik dayklar gözlü gnayslar içinde siller şeklindedir. Ancak dokusal yönüyle gabroik karakter gösterir.

Bu kayaların genel mineral bileşimleri piroksen, plajiyoklaz, ilmenit çok az kuvars ve biyotit olarak verilebilir. Plajiyoklazlar labrador türüdür. Miktarları % 40'a kadar ulaşabilen piroksenler ortopiroksen olarak hiperten, klinoproksen olarak da ojitdir, Piroksenler yer yer zayıf şekilde kenarlarından itibaren uralitleşmiştir. Birimin ilmenit içeriği ortalama % 2,76 kadardır.

### Kuvars damarları

Kuvars damarları en iyi şekilde bölgenin kuzeyinde Peşrevli köyü güneyi ile güney uçta yeralan Ovacık yaylasında küçük bir alanda yüzlek verir. Her iki alanda kayalar nispeten haritaianabiiir uzunlukta da (maksimum 100 m) diğer alanlarda bu nitelik gözlenmez. Büyük çoğunlukla granat-mika şistler içinde D-B veya KD-GB doğrultusunda konumlanırlar. Gözlü gnayslar sadece birkaç 10 cm uzunluğa ulaşabilen ve rutil içermeyen kuvars damarları içerirken, şistler içinde yeralanlar rutillidir. Genelde merceksel görüntü sunular ve uzun eksenleri içinde yeraldıkları çevre kayanın şistoşitesine uyumlu veya zayıf zonlara basınçla enjekte olmaları sonucunda uyumsuzdur.

Mineral içeriklerine göre kuvars damarlarını dört ana grup altında toplamak olasıdır: 1) Yalnız kuvars, 2) Kuvars+albit, 3) Kuvars+rutil+albit, 4) Kuvars+albit+rutil+apatit+turalin, Yalnızca kuvars içerenler en yaygın görülenleridir, Albit bazı örneklerde modal bileşimin % 60'ını oluşturur, Rutil değişik yoğunlukta ve düzensiz dağılımlı gelişmiştir. Bazı örneklerde modal bileşimin % 25-30'nu oluşturmakta iken, çoğunlukla % Tin altındadır,

İri rutil kristallerince karakteristiktir olan kuvars damarları ayrık sedimanlarda konsantre olan rutiller için önemli bir kaynaktır, Rutil çoğunlukla makroskopik boyutlarda, yer yer prizmatik kristaller halinde 5-6 cm'lik boyutlara ulaşır ve (110) yüzeyine göre iyi gelişmiş deformasyon lamelleri içerir. Ender de olsa asiküler rutil kristallerine rastlanılır. İkiz düzlemi (101) olan dirsek ikizini azda olsa izlemek mümkündür. Bazı kristaller belirgin şekilde post-kristalin deformasyon izleri taşır. Rutile zaman zaman diğer bir titanyum mine=

rali olan anatas oldukça düşük oranlarda eşlik eder, Bu kayalar içinde turmalinler bazen 1-2 cmlik özşekilli taneler halinde kristalleşirken, apatitler yer yer yarı özşekilli-özşekilli kristaller halinde 6-7 cmlik boyutlara ulaşır, X-ışınlan difraktometre yöntemine göre apatitler flor apaüt, turmalinler ise demirli dravit türüdür. Buraya kadar belirtilen minerallere ek olarak bu litoloji örneklerinin % 540 kadarının küçük kristaller halinde arsenopirit içerdiği söylenebilir.

Menderes masifi metamorfizmasının anateksi koşullarına kadar yükseldiği pekçok araştırmacı tarafından kabul edilen bir husustur (Schuilmg 1962, Graciansky 1965, Akdeniz ve Konak, 1979, Akkök ve diğ. 1984, Dağ 1988). Buradan anlaşılacağı üzere, bölgede izlenen kuvars damarları post-anateksitik hidrotermal bir fazın ürünüdür. Genel mineral bileşimleri ve kimyasal içerikleri gözönüne alındığında birbirinden farklı birçok alanda yüzeylenen bu kayalar aynı tür magmanın ürünleridir.

## METAMORFİK KAYAÇLARDA TİTANYUM

### Genel

Yerkabuğunun yapısında % 045 oranında bulunan titanyumun metamorfik kayalardaki içeriği anakayanın türüne bağlı değişim gösterir. Bazı alkali karakterli mağmatik kayalar bir yana bırakılacak olunursa, metamorfik kayaların toplam TiO<sub>2</sub> içeriği diğer mağmatik ve sedimanter kayalara kıyasla büyük ayrıcalık sunmaz.

Ana çizgide anatas» rutil, ilmenit, sfen, löykoksen, biyotit ve hornblend metamorfik kayaların yaygınca izlenen titanyum taşıyıcı minerallerini oluşturur. Porfirblastik granatların titanyum içeriği bünyelerinde bulunan katı rutil kapammlarından kaynaklanırken manyetit, nadiren muskovit ve klorit değişen oranlarda titanyum içerebilen minerallerdir. Ancak genel anlamda metamorfik kayaların temel yapısını oluşturan silikat mineralleri oksid minerallere oranla kayacın toplam TiO<sub>2</sub> miktarının büyük çoğunluğunu vermektedir.

Metamorfik bir alanda Ti-oksitlerin oluşumu bazı faktörler sonucudur: 1) Yapılarında titanyum içeren silikatların artan metamorfizma derecesine titanyumca fakir silikatlara ve Ti-oksitlere dönüşümü, 2) Özel kayaç kimyası, 3) Yüksek oksijen ve sülfür basıncı. En düşük metamorfizma derecesine karşılık gelen zeolit fasiyesi prehnit-pumpelit alt fasiyesi kayaçları detritik kökenli rutil ya da anatas içerir. Yeşil şist fasiyesinde tepkime ürünü gelişim gösteren ve pek çok metamorfik kayaç içinde izlenebilen sfen, kayacın içermiş olduğu toplam titanyumun büyük bir kısmını verir ancak bu fasiyes koşulları altında kararlılığını devam ettirir. İlerleyen metamorfizmanın biyotit ve hornblend oluşmasıyla bir miktar titanyum bu minerallerin kafes yapısına girer. Kwak (1968), metamorfik koşullar altında muskovit ve

biyotitin oktaedral konumda titanyum içerebileceğini ve artan metamorfizma derecesine bağlı olarak Ti içeriğinde diğer oktaedral bağlı katyonların lineer azalmasına uyumlu olacak şekilde bir artışın meydana geleceğini ileri sürer, Force (1976) benzer davranışın manyetitte de görülebileceğini ifade eder, Feldispatların kafes yapılarında titanyumun yerlabileceği kabul edilmekle birlikte bu konudaki veriler kesin değildir. Metamorfik kayaçlarda hornblend % 3,9, biyotit % 6,0 oranında TiO<sub>2</sub> içerebilirken, bir granat türü olan melanitik andradit % 17.1 oranında TiO<sub>2</sub> içerebilir,

Amfibolit fasiyesi başlangıcında metamorfik kayaçlardaki titanyum dağılımı yeşil şist fasiyesinde olduğu gibi kalır, İlerleyen metamorfizma, hornblend oluşmaya başlaması ile birlikte kayacın toplam titanyumunun bir bölümü bu mineralin kafes yapısında tüketilir, Metamorfizmanın üst amfibolit fasiyesine ulaşmasıyla, belirtilen silikatların sınırlı kararlılık alanları içermeleri, yapılarında bulunan titanyumun hareketliliğine neden olur, Sfen, biyotit ve hornblend gibi silikatlar sillimanit alt fasiyesinde tepkime ürünü yeni minerallere dönüşürken, piroksen granülitlerde nadiren bulunurlar. Tepkime sonucunda gelişen yeni topluluğu hipersten, diopsit, pirop, almandin, plajiyoklaz ve potasik feldspat gibi kafes yapılarında daha az titanyum içeren mineraller oluşturur. Serbest kalan titanyum fazlalığı kimyasal bileşim ve oksijen basıncının bir fonksiyonu olarak Ti-oksitleri (rutil ve ilmenit) meydana getirir, Force (1976) biyotitin sillimanit alt fasiyesinde tepkime ürünü ilmenit, rutil ve sillimanit minerallerine dönüşebileceğini ileri sürer,

Granülit fasiyesinde sfen, biyotit ve hornblendin kararlılık alanları büyük ölçüde sınırlıdır. Yaygın kabul edilen sfenin tamamen kaybolduğu titanyumun ilmenit ve rutilin yapısına girdiği şeklindedir, ancak kayacın kimyasal bileşimi bu değişimi denetleyen önemli bir faktördür. Pekçok araştırmacının ortaya koyduğu şekliyle karbonatça zengin granülit fasiyesi kayaçlarında sfen kararlı kalmaya devam eder. Bu nedenle yüksek dereceli granülit oluşum alanlarında rutil ve ilmenitin teşekkülü kayacın kimyasal bileşimi ile doğrudan ilişkilidir. Al'ca zengin sedimanların metamorfizmasıyla gelişen kayaçlarda rutil sfenle birlikte kararlı bir faz oluşturabilirken % 1'den az CaO içerenlerde eğilim rutil ya da diğer titanyum oksitlerin oluşumu yönündedir. Bir Çok metamorfik alanda yaygın gözlemlendiği şekliyle sillimanit alt fasiyesinde belirginleşen rutil, düşük kalijiyumlu kayalarda dıştan zonunda ortaya çıkmasıyla çoğun özel kayaç kimyasına ilişkin olarak daha düşük sıcaklık ve basınç koşullarında kristallendiğini gösterir.

Granülit fasiyesi kayalarında nadiren kararlı kalabilen hornblend daha düşük sıcaklık ve basınç koşulları altında gelişmiş olanlara oranla daha yüksek titanyum içeriklidir. Yüksek dereceli metamorfik kayaçlar içinde bulunan hornblend retrograd koşullara maruz kaldığında

## ÇMYERÎ-KÜRE RUTÊXERÎ

kararlı bir faz oluşturabilmesi için titanyum fazlalığının yapıyı terk etmesi gerelanedir. Bu koşullarda serbest titanyum ortamın oksijen basıncı ve kimyasal bileşimin fonksiyonu olarak Ti-Oksidleri oluşturma eğilimi gösterir. Bu nedenle rutil ve ilmenitin oluşumunda retrograd koşulların da sorumlu olduğu ileri sürülmüştür,

Force (1980), yüksek dereceli metamorfizmanın etkili olduğu alanlarda granatlar içinde gözlenen rutillerin granatların oluşumuna katkıda bulunan ilmenitten serbestleşen titanyumdan kaynaklandığını ancak bunun Al<sup>3+</sup> zengin pelitlerde gelişebileceğini ileri sürer. Araştırmacıya göre granat içindeki rutil kapanımlarının pek çoğu ya ilmenitin kenarlarında ya da ilmeniti tamamen ornatacak şekilde oluşmaktadır.

Genel anlamda metamorfik bir sahada titanyumlu silikat minerallerinin progressif veya retrograd koşullar altında Ti-oksitleri oluşurması jeolojik bir çevre içinde mümkün jeokimyasal çevrimin bir halkasını oluşturur, Benzer düşünceyle, düşük ya da yüksek dereceli metamorfik kayalarda etkili atmosferik ayrışma veya sülfür ve CO<sub>2</sub> içeren çözeltilerin yolaçtığı biyotit alterasyonunun plaser rutil yataklarının oluşumunda çevrimin gelişimini tamamlar yönde rol oynadığı söylenebilir.

### Rutilin Kimyası

Çalışılan alanda, farklı litolojilerden alınan ve zenginleştirilen örneklerde yapılan kimyasal analiz sonuçları bir çok elementin rutilin kristal yapısında bulunabileceğini göstermiştir, Marsh ve Sheridan (1976), Ca ve Mg'un rutilin yapısında yer alamayacağını» olası değerlerin bu iki elementin kontaminasyonu ile ilişkili olacağını ifade ederler. Aksi düşünceye karşın, aynı araştırmacılar Zr içinde benzer fikri paylaşırlar. Rutilin

yapısında elementsel yeralma RA/RX olarak ifade edilen oranca denetlenir. Burada R<sup>+</sup> Yeraiıcı metal iyonun yarıçapı Rx ise koordine olan anyonun yarı çap değerini temsil eder, Rutil yapısı göz önüne alındığında RA (b birleşme üyeli titanyum) 0\*61 A°, R% ise (3 birleşme üyeli oksijen) 1.36 A° na eşit olup RA/RX oranı % 0.45'lik bir değere eşittir. Rutil yapısına benzer oktaedral konumlu minerallerde yarıçap oranları 0.41-0.73 değerleri aralığında değişmekte, RA/RX değerleri 0.41-0\*73 aralığında kalan katyonlar rutilin kristal yapıya girebilmektedir» Diğer yandan iyonik çaplar arasındaki büyük farka rağmen Si<sup>4+</sup> ve Ti<sup>4+</sup>ün oktaedral konumda birbirlerinin yerini alabilecekleri şeklindeki düşünceye karşın Ti<sup>4+</sup>ün SH<sup>3-</sup>ün yerini alamayacağı ancak Ti<sup>3+</sup>ün oktaedral yapıda Al<sup>3+</sup> ve Fe<sup>2+</sup>in yerini almasının daha uygun olacağı ifade edilmektedir (Kwak 1968). İnceleme sahası rutillerine ait kimyasal analiz sonuçları % oksid ve element olarak Çizelge 2'de verilmiştir\* Si, Al, Na, K ve Ta bazı örneklerde gözlenmezken, diğer elementler örneklerin tamamında belirli oranlarda yer alır, Varılan analiz sonuçları kimyasal açıdan rutilin saf olmadığını, bazı örneklerde nispeten yüksek oranlarda Fe ve Ca içerdiğini ancak diğer elementlerin ticari yönden istenilen sınırlar içinde kaldığını gösterir (Çizelge 3).

İncelenen rutil örneklerinin tamamında titanyum dağılımı çoğunlukla dar bir aralıkta kalır ve düşük standart sapmalar ile nispeten homojen bir dağılım sergiler. Mg, Na, Ti, V, Zr, Sn ve bir örnek dışında Al ile iki örnek dışında Cr değerleri çoğunlukla sınırlı bir aralıkta değerler alırken Si, Fe, Mn, K, Ta ve Nb yüksek standart sapmalar ile homojen olmaktan çok örnekten örneğe değişkenlik gösteren değerler gösterir. Ca'un rutilin

Numune No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO <sub>2</sub>	0.06	-	0.44	1.13	-	0.88	0.34	1.30	0.60	-	-	-	-	-	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	-	0.02	0.02	0.01	-	0.01	-	0.18	0.03	-	-	-	-	0.01	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.83	0.90	0.05	0.01	0.32	0.01	0.07	0.92	0.01	0.007	0.32	0.88	0.60	0.01	0.65	0.06
MgO	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.0	0.04	0.04	0.05
CaO	0.41	0.32	0.74	0.81	0.90	0.81	0.95	0.85	0.93	0.60	0.60	0.30	0.30	0.50	0.36	0.61
Na <sub>2</sub> O	-	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	-	0.001	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	0.05	0.08	0.09	0.14	0.09	0.12	0.08	-	-	0.12	0.07	-	-	0.02	-	0.07
TiO <sub>2</sub>	98.18	98.17	96.88	97.45	97.78	97.40	97.91	95.92	96.76	98.71	98.37	98.35	98.57	98.94	98.26	98.26
MnO	0.01	0.10	0.62	0.02	0.40	0.12	0.13	0.32	0.50	0.07	0.10	0.11	0.09	0.08	0.03	0.25
	99.60	99.63	98.89	99.63	99.56	99.41	99.54	99.38	99.04	99.59	99.51	99.68	99.60	99.59	99.35	99.30
V	0.03	0.19	0.18	0.19	0.26	0.20	0.26	0.31	0.26	0.24	0.19	0.18	0.19	0.18	0.25	0.21
Cr	0.01	0.02	0.69	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.08	0.02	0.03	0.002	0.03	0.03	0.10	0.16
Ta	-	-	0.09	-	0.04	0.25	-	0.14	0.33	0.04	0.11	-	-	0.05	0.08	-
Zr	0.022	0.07	0.03	0.03	0.03	0.02	0.022	0.017	0.023	0.01	0.033	0.03	0.031	0.032	0.015	0.02
Nb	0.051	0.068	0.09	0.09	0.053	0.059	0.11	0.085	0.24	0.075	0.09	0.06	0.10	0.060	0.16	0.23
Sn	0.006	0.009	0.02	0.007	0.007	0.02	0.023	0.015	0.015	0.007	0.02	0.015	0.02	0.031	0.023	0.020

Çizelge 2. İnceleme alanı rutillerine ait kimyasal analiz sonuçları.

Table 2. The chemical analysis results of the rutile from the studied area.

kafes yapısında yer almayacağı kabul edildiği takdirde bu mineralin rutilin kimyasal bileşiminde yüksek değerlerde bulunmasını olası bir Ca kontaminasyonuna bağlamak gerekir. Elementler arasındaki ilişkinin derecesini yansıtan korelasyon katsayıları üç ayrı sınıf aralığına ayrılarak değerlendirildiğinde element çiftleri arasındaki korelasyonlar toplamının % 66'sı kadan belirgin bir ilişkiyi yansıtmayacak ölçüde düşük değerler verir, Rutilin TiO<sub>2</sub> içeriği Si, Ca, Mg, K ve Sn miktarındaki azalmaya bağlı olarak artan değerler alır, Ca arttıkça Si, Na, K ve Mg miktarı artarken V, Cr, Zr ve Sn rutil yapısında nispi bir davranış birliği gösterir. Benzer şekilde Fe, V ve Zr dışında diğer elementlerle negatif korelasyon ilişkili olup titanyum K, Zr ve Cr dışında diğer elementlerle negatif korelasyonlar sergiler. Rutil yapısında en yüksek pozitif korelasyon katsayıları Si-Ca çiftinde görülür. Korelasyon verileri kimyasal analiz sonuçları ile birleştirildiğinde inceleme sahasında yüzlek veren kuvars damarlarının görelî olarak eş kimyasal bileşimde oldukları söylenebilir.

İnceleme alanı metamorfik kayalarında rutil

Çiniyeri-Küre sahasındaki Kuvaterner fluviyalı sedimanların ağır minerallerini oluşturan ve farklı tane boyutu aralığında izlenen rutilin birincil kaynak kayaları için iki farklı kaya grubu ayırtılabilir: 1) Kuvars damarları, 2) Gözlü gnays, şist ve amfibolitlerden oluşan metamorfik kaya birimleri. Kuvars damarları içinde makroskopik olan rutil, disten-granat şistler dışında diğer metamorfiklerde mikroskopik ölçüdedir. Bölgede disten-granat şistlerin yüksek rutil değerleri içermeleri, rutilin esas olarak sillimanit veya daha yüksek derecede metamorfizmaya uğrayan kayalar içinde bol olarak bulunacağı şeklinde yaygınca benimsenen fikirlerle çatışır, (Force 1976, Marsh ve Sheridan 1976),

	İstenilen ağırlık %'si (Marsh ve Sheridan 1976)	İnceleme sahası içeriği (Ortalama ağırlık %'si)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.0	0.35
Nb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.4	0.13
ZrO <sub>2</sub>	1.0	0.04
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.75	0.40
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.75	0.12
MgO+CaO	0.25	0.67
Sn	0.1	0.02
Mn	0.75	0.15

**Çizelge 3:** Ticari kalitedeki saf rutillerin kimyasal analiz değerleri.

**Table 3:** The chemical analysis values of pure rutile in commercial quality.

Ancak bu litolojinin modal bileşiminde rutil yer almamakta ve kimyasal bileşimlerinde düşük Ca yüksek Al içeriği gözlenmektedir. Bu bulgular düşük Ca'lu kayaların sillimanit derecesinden daha düşük sıcaklık ve basınç koşullarında metamorfik rutil içerebilecekleri düşüncesiyle uyumludur, Disten-granat şistlerde rutil baskın şekilde iri granat porfiroblastları içinde özşekilsiz daha az çubuğumsu, prizmatik taneler halinde kristallenmiş olup tane boyu çoğunlukla 0.2-0.6 mm arasında değişen değerler alır. Ender olarak bazı tanelerde rutil ve ilmenitin dokusal ilişki içinde bulunması granat porfiroblastları içindeki rutilin bu mineralin oluşumuna katkıda bulunan ilmenitten itibaren geliştiğini gösterir, Kayaç kimyasal bileşiminde bu gelişime katkıda bulunmuştur\* Çizelge 4'de verildiği şekilde çalışılan sahada ayırtılan kaya birimlerinin ortalama TiO<sub>2</sub> içerikleri dikkate alındığında herbir litoloji yüksek standart saptanmış değerleri içerir ve titanyum değerleri geniş bir aralıkta değişkenlik gösterir. Gabroik daykalar dışında mevcut kayaların titanyum içerikleri büyük çoğunlukla rutilden kaynaklanır. Biyotit, hornblend ve granat az miktarda titanyum içerirse de önemli bölümü katı rutil kapanımları içindedir ve toplam kaya TiO<sub>2</sub> miktarına katkıları ihmal edilir niteliktedir. Gözlü gnays ve granat-mika şistlerde nadiren izlenebilen ilmenitin katkısında düzeltmeler yapıldığından çizelgede belirtilen TiO<sub>2</sub> değerleri rutil miktarına denk düşer.

Çalışma alanı metamorfik kaya birimlerinde köken yönüyle rutil kökensel açıdan iki grup altında toplanır. 1) Detritik rutil 2) metamorfik rutil Pettijohn (1941) rutilin kimyasal etkilere karşı son derece duyarlı olduğunu ve yüksek kararlılık indeksine sahip olduğunu ifade eder. Force (1980) rutilin düşük dereceli metamorfik kayalarda metamorfizmadan etkilenmediğini, detritik karakterli rutillere rastlanılabileceğini belirtir. Çalışılan bölgede, disten-granat şistlerde, granat porfiroblastlarda izlenen metamorfik kökenli rutillere ilave olarak, granat-

Kayaç tipi	TiO <sub>2</sub> (Rutil)	Standart Sapma	Analiz Sayısı
Gözlü gnays	0.45	0.25	17
Disten-granat şist	2.38	0.15	13
Granat-mika şist	0.92	0.42	84
Amfibolit	2.98	0.87	8
Kalkşist	0.12	0.05	4
Mermer	0.21	0.11	11
Kuvars damarı	0.05	0.047	65

**Çizelge 4.** Çiniyeri-Küre bölgesi kaya birimlerinde TiO<sub>2</sub> (Rutil) analiz sonuçları ortalamaları.

**Table 4.** The mean values concerning the results TiO<sub>2</sub> (Rutile) analyses in rock units of Çiniyeri-Küre area.



## ÇİNİYERİ-KÜRE RUTİLLERİ

mika şistlerde herhangi bir mineralle dokusal ilişkide bulunmayan ve uçları belirgin şekilde yuvarlaklaşmış yanözşekilli-özşekilli detritik rutil kristallerine rastlanılır. Zaman zaman bu özellikteki taneler segregasyonlar da oluşturur. Diğer yandan bölgede, metamorfizmanın hiç bir yerde sillimanit ve daha üst derecelere ulaşmamış olması, biyotit ve hornblend gibi titanyum taşıyıcı silikatlardan progresif koşullarda metamorfik rutilin gelişimini mümkün kılmamıştır. Ancak biyotit ve hornblendten yeni tür düşük titanyum içerikli minerallerin gelişimi sadece progresif metamorfik etkilerle değil aynı zamanda retrograd etkilerle de mümkündür. Gerek gözlü gnayslardan, gerekse granat mika şistlerde biyotitlerin kenarlarını çevreleyen biçimlerde konumlanan epidotların oluşumu ve kimyasal bileşimi bu tür bir düşünceye uygunluk göstermektedir. Kimyasal bileşim yönüyle epidotlar, biyotite oranla yapılarında daha m titanyum içerebilen minerallerdir, Tepkime esnasında ortamdaki titanyum fazlalığının Ti-oksitleri oluşturmuş olması» metamorfik kayalarda titanyumun genel davranışına uyum gösterir. Buradan bölgedeki metamorfik kayaların modal bileşiminde düşük miktarlarda temsil edilen rutilerin bir kısmının retrograd metamorfizma sonucu biyotit-epidot tepkimesi neticesinde oluştuğu söylenebilir. Kimsayal analizlerle birlikte, optik incelemelerde rutil varlığının tespiti bu düşünceyi destekler. Amfibolitlerin yüksek rutil içeriğini ise, granat-mika şistlerin ilksel malzemesi içine yerleşen bazik sokulumların yüksek titanyum içerikli kimyasal bileşimlerine bağlamak gerekir. Buna karşın, hornblendten itibaren gelişen ikincil kloritlere rastlanması, en azından rutilerin bir kısmı için, biyotit-epidot tepkimesine benzer bir gelişimin sorumlu olduğunu gösterir.

## FLUVİYAL SEDİMANLARDA EUTİLİN DAĞILIMI

İnceleme alanı alüvyal birimin, granatla birlikte en yaygın ağır minerallerden birini oluşturan rutilin sedimanlardaki içeriğinin belirlenmesi amacı ile yüzeyi ve

derinliği temsil eden örneklerde jeokimyasal prospeksiyon yöntemleri uygulanmış, ilk adım olarak da elek analizi yöntemleri ile kazanılan boyutlandırılmış fraksiyonlarda TiO<sub>2</sub> miktarları tespit edilmiştir. Bu amaç doğrultusunda dört bine yakın fraksiyon titanyum içeriği yönüyle yoklanmış, olası dağılım şekli ortaya koyulmuştur,

Fluviyal sedimanların TiO<sub>2</sub> analiz değerleri, diğer ifade ile rutil miktarları inceleme sahasında düzensiz dağılmakta % 0.1 ile 4 arasında değişmektedir. Kaynak sahadaki düzensizlik büyük çoğunlukla ana kayadaki rutil miktarının değişkenliği ile ilgilidir. Yüksek oranda rutil içeren metamorfiklerden beslenen derelerin alüvyonlarında doğal olarak zenginleşme daha fazladır. TiO<sub>2</sub> değerlerinin işlendiği jeokimyasal prospeksiyon haritalarından görüleceği gibi (Şekil 3, 4, 5), özellikle sahanın güneydoğusunda yüksek anomali değerleri veren bir alan bulunmaktadır. Bu alanın aynı zamanda yüksek rutil içerikli amfibolitlerin yüzeylendiği alanlarla çakıştığı gözönüne alınırsa bu değerlere ulaşmanın normal olduğu kabul edilebilir, Gözlü gnayslardan beslenen dereler dikkati çeken ölçüde düşük TiO<sub>2</sub> içeriklidir. Sahanın batı sınırına yakın alanlarda, özellikle Ballık ve Çiniyeri köyleri civarında diğer alanlara oranla yüksek rutil değerleri saptanmış, bunun doğal sonucu olarak da, Çiniyeri derenin alüvyon taban üzerinde akmaya başladığı noktadan itibaren akışaşağı yönlü alınan örneklerde zenginleşme belirginlik kazanmıştır. Kirelli dere ve Vakıflar dere fluviyal sedimanları bütün sahanın en yüksek rutil değerlerini verir. Genel bir davranış olarak rutil miktarındaki yükselme eğilimi sahanın güneyinden kuzeyine doğrudur. Anılan derelerin tersine, Peşrevli ve Taşdere en düşük titanyum değerlerine sahiptir.

Şekil 2'de verilen fluviyal birimin farklı boyutlarını temsil eden fraksiyonların TiO<sub>2</sub> (Rutil) değerlerine ait histogramlarında bütün dağılımlar yüksek çarpıklık değerleri ile lognormal karakter gösterir. Bu nedenle, daha kesin istatistiksel parametrelerin tespiti gayesi ile değerlerin logaritmaları alınarak bunlara ait histogramlar oluşturulmuş sonuçlar farklı fraksiyonlar dikkate

	+0.420mm		-0.420+0.250mm		-0.250+0.177mm		-0.177+0.149mm		-0.149+0.074mm		-0.074+0.044mm	
	Normal Değerl.	Logar. Değer.	Nor. Değ.	Log. Değ.	Nor. Değ.	Log. Değ.	Nor. Değ.	Log. Değ.	Nor. Değ.	Log. Değ.	Nor. Değ.	Log. Değ.
Aritmetik ortalama (X)	0.54	0.56	0.70	0.71	0.84	0.83	1.11	1.07	1.38	1.23	1.12	1.02
Standart sapma (s)	0.23	0.17	0.26	0.13	0.33	0.13	0.49	0.16	0.37	0.15	0.49	0.16
Medyan ortalama (Mi)	0.52	0.57	0.66	0.72	0.78	0.81	0.94	1.09	1.47	1.33	0.86	0.99
Mod (Md)	0.50	0.63	0.60	0.74	0.66	0.79	0.62	0.97	1.63	1.54	0.84	0.94
Asimetri (Sk)	0.27	-0.48	0.35	-0.15	0.55	0.14	0.38	0.11	-0.42	-0.65	0.65	0.23
Korelasyon katsayısı (Taşınmaya bağlı)	0.26		0.27		0.33		0.44		0.56		0.42	
Elek üstü ağırlık Ortalama	0.54		0.71		0.84		1.10		1.33		1.07	

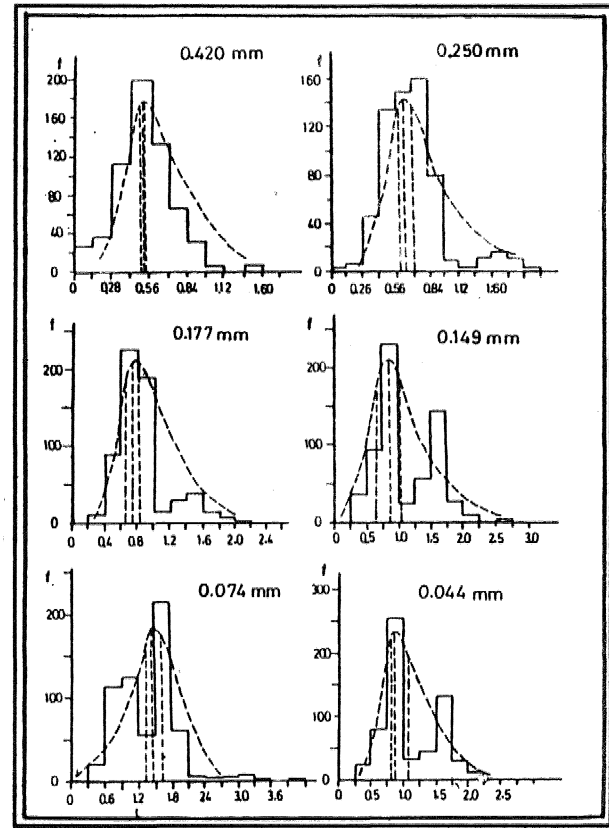
Çizelge 5. Alüvyal sedimanların TiO<sub>2</sub> (rutil) içeriğine ait istatistiksel parametreler.

Table 5. Statistical parameters of TiO<sub>2</sub> content of alluvial sediments.

alınarak Çizelge 5'de topluca verilmiştir» Gerek yan kol- lar gerekse bu yankollann birleştiği ana derelerin tita- nyum ortalamaları ve diğer istatistiksel parametreleri benzer şekilde histogramlar teşkil edilerek, sonuçlar sahanın tamamını temsil edecek şekilde birleştirilmiştir.

Flüviyal birimde derinliğin fonksiyonu olan  $TiO_2$  değişimini belirlemek amacıyla yüzeyden itibaren en fazla 3 m'lik kalınlığı temsil eden yarma örnekleri kul- lanılmış, sonuçlar topluca Çizelge 6'da verilmiştir. Yar- malar derinlikleri boyunca 0,5 m'lik dilimlere ayrılarak her dilimi temsil eden sedimanlar örneklenmiş^ elek analizi yöntemleri yardımı ile determinasyonları gerçekleştirilmiştir, Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, sahanın tamamında belirgin şekilde iri boyuttan inceye gidildikçe ortalama  $TiO_2$  değerlerinin artış gösterdiği, -0.149-+0.074 mm boyutunda maksimu- ma ulaştıktan sonra, çok ince boyutlu malzeme içinde tekrar bir azalmanın olduğu anlaşılmaktadır. La- boratuvar çalışmaları» çizelgede belirtilmemiş olan 0.044 mm altı fraksiyonda  $TiO_2$  içeriğindeki düşüşün devam ettiğini göstermiştir. Bu tür yönelim rutil için karakteristik bir özelliktir ve sedimanlarda büyük çoğunlukla gözlenmektedir (Beveridge 1960, Rogers ve Dawson 1958), Diğer yandan, belirli derinlikleri temsil eden örneklerin  $TiO_2$  değerleri dikkate alındığında derin-likle rutil miktarı arasında anlamlı bir değişkenliğin bu- lunmadığı boyuta göre farklılaşmanın daha baskın olduğu anlaşılır. Çalışmalarda sınırlı, derinliği temsil eden örneklerden faydalanılmış olmakla birlikte varılan sonuçlar ışığında, derinliğe bağlı rutil değişiminin ho- mojene daha yakın olduğu, diğer bir ifade ile rutil zen- ginleşmesinin alüvyon birimi düşey kesitinde ince se- viyeler oluşturmaktan çok kalın ancak serpinti sekide derişebildiği zonlar oluşturduğu sonucuna ulaşılmıştır» Ancak her bir fraksiyon gözönüne alındığında  $TiO_2$  değerlerince nispi bir homojenliğin bulunduğu söylenebilir\* Elde edilen verilerin ışığında -0.149+0,074 mm fraksiyonunun rutilin zenginleşme boyutu olduğu,

ancak diğer boyut aralıklarında da ekonomik sını- nın üstünde rutil bulunduğu anlaşılmaktadır. 4 mm'nin (5 meş) altım temsil eden detritik sedimanların ortalama  $TiO_2$  içeriği % 0.93 gibi bir değer verir. Gerek yan kol- ların gerekse ana derelerin ortalama titanyum içeriği, plaser nitelikli rutil yataklarında bazı koşullar altında % 0\*5  $TiO_2$  (Rutil) olan işletilebilirlik sınırı değerinin üstünde kalmaktadır.



Şekil 2. Flüviyal sedimanların çeşitli fraksiyon- larında  $TiO_2$  değerlerine ait histogramlar.  
Figure 2.  $TiO_2$  histograms of various fraction from fluvial sediments.

BOYUT	DERİNLİK					KORELASYON KATSAYISI
	0-0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	
4-0.420 mm	0.50	0.54	0.58	0.55f	0.45	0.15
0.420-0.250 mm	0.60	0.75	0.78	0.78	0.51	0.24
0.250-0.177 mm	0.76	0.86	0.91	0.96	0.74	0.18
0.177-0.149 mm	0.77	1.24	1.31	1.28	0.97	0.18
0.149-0.074 mm	1.35	1.58	1.59	1.59	1.00	0.17
0.074-0.044 mm	0.89	1.02	0.93	0.94	0.92	0.11
Aritmetik ortalama	0.84	1.03	1.05	1.06	0.79	
Elek üstü Ağ. ort.	0.77	0.87	0.98	1.00	0.95	

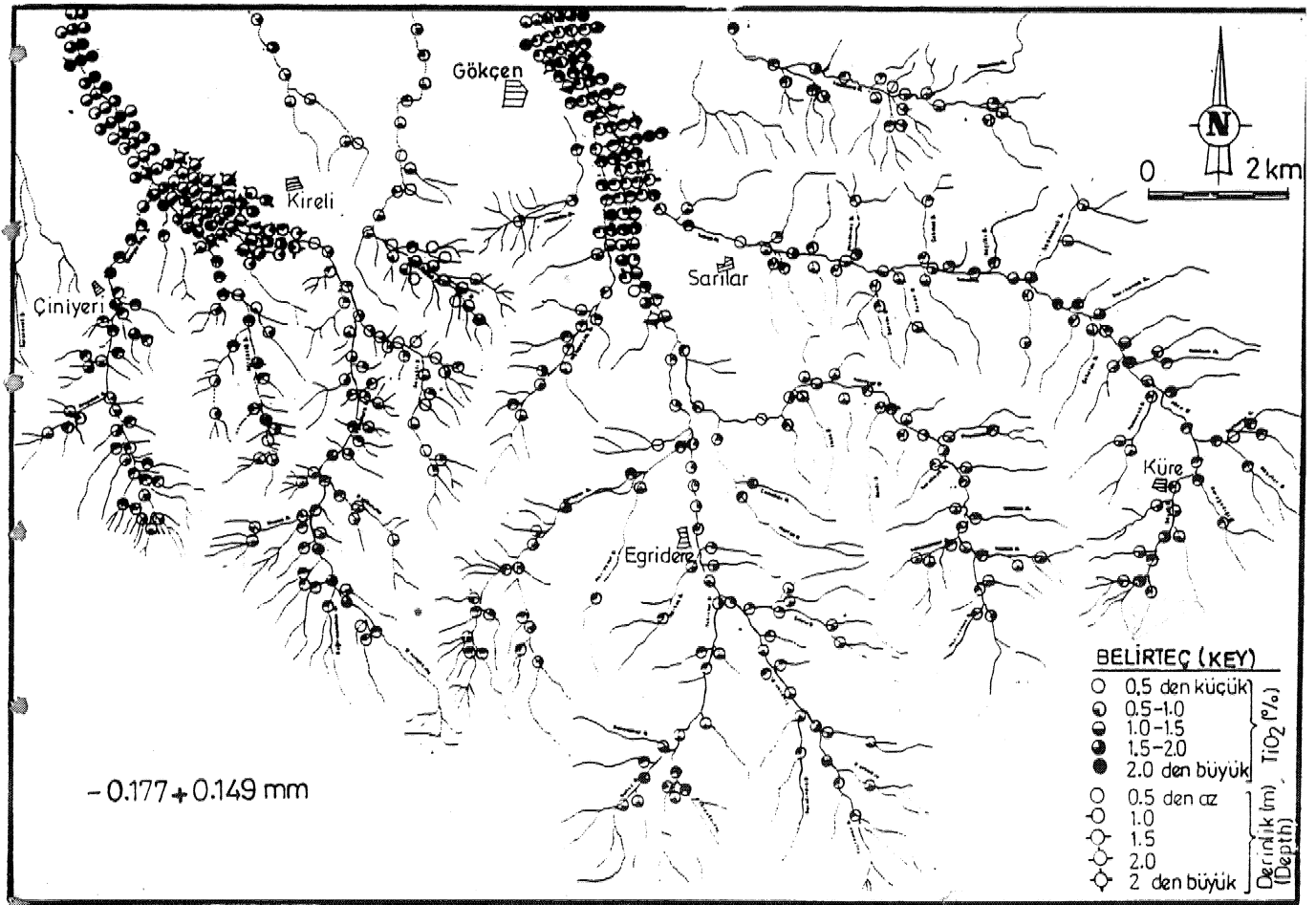
Çizelge 6: Flüviyal birimde boyut ve derinliğe bağlı titanyum (%  $TiO_2$ ) içeriği ortalama değerleri

Table 6: The mean values of titanium ( $TiO_2$ ) concent according to size and depth in the fluvial unit.

## ÇİNİYERİ-KÜRE RUTİTİ

Taşınma uzaklığı ve derinliğe bağlı konsantrasyon ilişkisini yansıtan korelasyon katsayıları, taşınma uzaklığına bağlı en iyi zenginleşmenin  $-0.177+0.074$  mm fraksiyonlarında gerçekleştiğini, tane boyu İnceldikçe taşınma mesafesi - rutil miktarı korelasyon katsayılarının yüksek değerler aldığı gösterir, Genel olarak rutil, boyuta bağımsız bir davranış içinde kalarak artan mesafe ile birlikte konsantrasyon olma eğilimi içindedir. Ancak derinlik-rutil miktarı korelasyon katsayıları hem düşük değerler vererek belirgin bir ilişki yansıtmamakta, hem de boyuta göre zayıf bir farklılaşma vererek  $0.15$  ile  $0.24$  değerleri arasında kalmaktadır (Çizelge 5 ve 6). Kanal genişliğinin  $50$  m'yi geçtiği alanlarda belirli aralıklarla oluşturulan traversler üzerinden alınan yüzey örneklerinin titanyum analiz sonuçları rutilin yanal yönde çoğunlukla tek düze bir dağılım sergilemediği, yer yer sınırlı olsa bazı aşırı zenginleşme zonlarının bulunduğunu ortaya koyar. Şekil 3, 4 ve 5'te traversler üzerinde bulunan örneklerin değişimleri incelendiğinde, kanal kenarlarında bulunan sedimanların daha yüksek içerikli oldukları, ancak kanal içinden alınmış bazı örneklerin de gayet iyi zenginleşme verdikleri anlaşılır,

Detritik sedimanlar içinde özellikle kaynak sahaya yakın kanal dolgusu malzemesi içinde boylan  $5-6$  cm'ye ulaşan İri rutil kristalleri gözlenir. Bu tür kristallerde dirsek ikizleri izlemek doğaldır. Çoğunlukla zayıf yuvarlaklaşma sunan iri rutil kristalleri daha çok keskin kenarlı olup prizmatik yapılar sunarlar. Azda olsa çubuksu kristallerin dilinim izleri belirgindir. Optik incelemelerde kahverengi, kahverengimsi siyah, şarap kırmızısı ve yeşilimsi sarı renkler sunan rutilin rengi ile manyetik hassasiyeti arasında bir ilişki saptanmıştır. Kahverengi, kahverengimsi siyah renkli rutiler yüksek manyetik özellikler sunarken, renk açıldıkça manyetik hassasiyetleri de azalmaktadır. Binoküler mikroskop çalışmalarında rutil çoğunlukla düzensiz uçlu özşekilli taneler şeklinde olup, zaman zaman gayet iyi prizmatik kristaller halinde izlenirken, kısa tıknaz özşekilsiz kristallerine de oldukça yaygın rastlanılır. Yüzeyleri genellikle mat bir görüntü verir ve ince boyuta doğru asiküler tanelerin miktarında artış vardır. Bu tür rutil kristalleri kapanımlar halinde bulunduğu bazı silikat minerallerinin (özellikle biyotit ve granat) parçalanması ile açığa çıkmaktadır. Olağan olan dirsek ikizleri dışında nadiren kelebek ikizlerine rastlanılmakta VR  $0.177$  mm tane boyu üzerindeki frak-



Şekil 3. Fluvial sedimanların  $-0.177+0.149$  mm tane boyu fraksiyonunda rutil içeriği dağılımı.

Figure 3. Distribution of rutil contents in the  $-0.177+0.149$  mm grain size fraction of fluvial sediments.

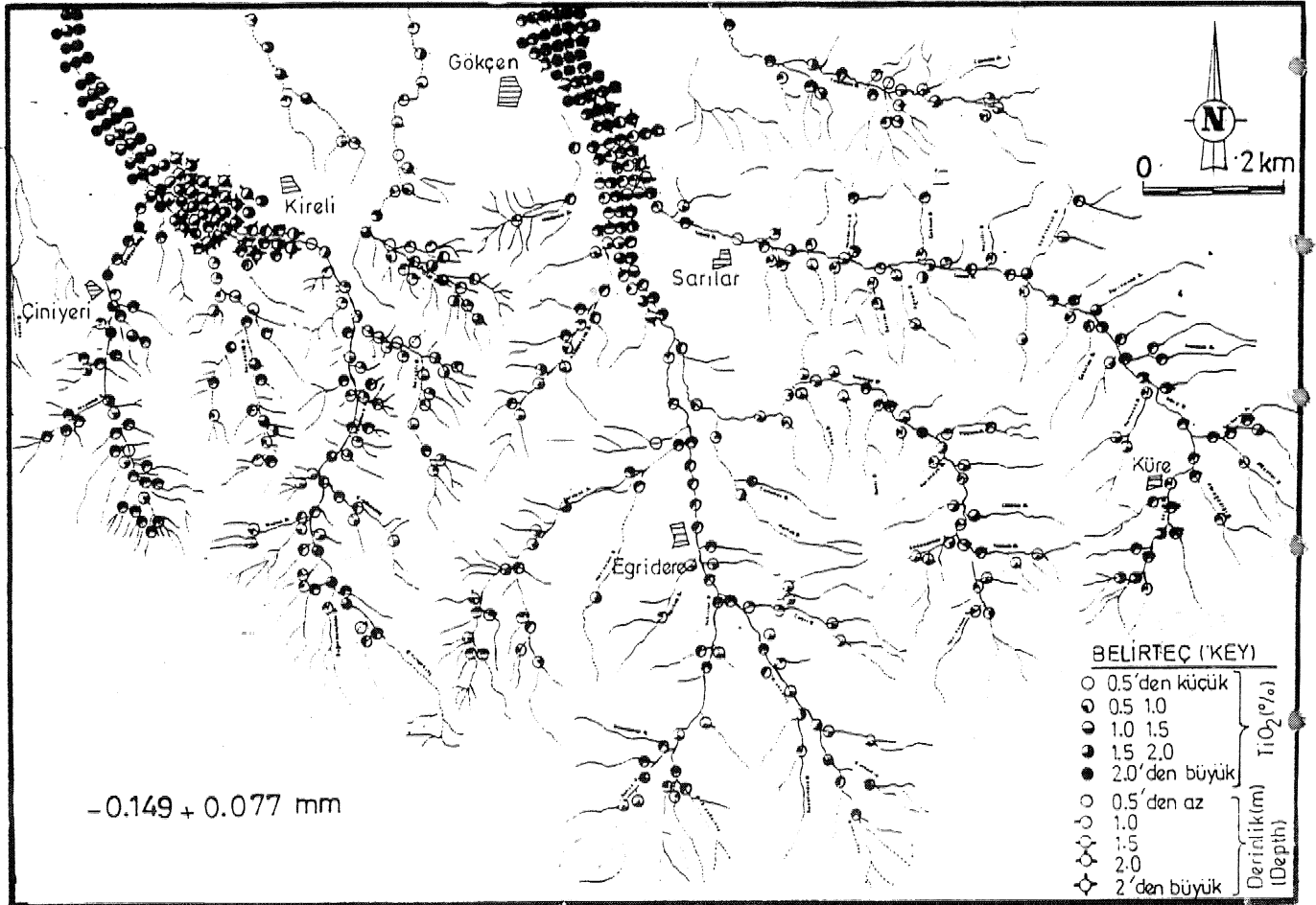
siyonlarda katı kapanımlar halinde, altında ise büyük ölçüde serbestleşmiş taneler halinde gözlenmektedir,

## SONUÇLAR

Rutil, çalışma sahasında yeralan bütün metamorfik kaya birimlerinde bulunmakla birlikte, disten-granat şistlerde en yüksek, mermer ve kuvars damarlarında ise en düşük içeriğe ulaşır. En baskın birimi oluşturan granat-mika şistlerde rutil değişken içerikte, çoğunlukla özşekilsiz, ince kristalleşmiş nadiren prizmatik taneler halindedir. Kuvars damarları bir yana bırakılacak olunursa diğer kayalar içinde oluşumu büyük çoğunlukla metamorfik kökenlidir. Büyüklüğü 5-6 cm'ye varan iri rutil kristalli kuvars damarlarının tamamı granat-mika şistler içinde konumlanırken, gözlü gnayslar içinde bulunanlar ancak birkaç 10 cm'ye varan ince filoniar oluşturur. Bu kayalar daha derinlerde, gelişen, anatekük granitizasyon ile oluşmuş magmaların son ürünleridir. Yankayalara sokulumlan esnasında oluşan reaksiyonlar neticesinde Na, K ve kısmen Ti'ca zenginleşmişlerdir, Apatit ve turmalinin varlığı kuvars damarlarını oluşturan çözeltilerin kimyasal bileşimi ile uyumluluk gösterir. Diğer yandan

farklı alanlarda yüzeylenmiş olan kuvars damarlarına ait örneklerin ana element içerikleri yönüyle belirgin bir farklılık göstermemesi de bu kayaların aynı bir kaynağın ürünleri olduğu sonucunu destekler niteliktedir.

Kuvars damarlarının iri rutil kristalleri içermelerine karşın gerek ortalama TiO<sub>2</sub> içeriğinin düşük olması, gerekse de küçük hacimli oluşları nedeniyle plaser nitelikli rutil yığılımlarına olan göreceli katkısı beklenenin aksine metamorfik kayalardan daha azdır. Özellikle disten-granat şistlerin makroskopik ölçülere varan rutil kristalleri içerebiliyor olmaları, bunların önemli bir kaynak kaya olduğunu, çalışılan bölgede geniş alanlar kaplayan diğer metamorfik birimlerinde rutil derişimine katkıda bulunduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, yerel olarak disten-granat şistlerin genel anlamda ise metamorfik kayalardan beslenen alüvyonların bulunduğu yerler rutil yönünden umutlu sahalardır. Buradan hareketle de Menderes masifinin bütününde, masifi kesen derelerin alüvyonlarında önemli rutil yığılımları olasıdır. Gerek varılan bulguların ortaya koyduğu şekliyle, gerekse dünyanın diğer metamorfik alanlarından anlaşıldığı biçimiyle özellikle plaser rutil yataklar yönüyle metamorfikler, kaynak kayaların başında gelmektedir. Bu tür sahalarda meta-



Şekil 4, Fluviyai sedimanların -0,149+0,077 mm tane boyu fraksiyonunda rutil içeriği dağılımı

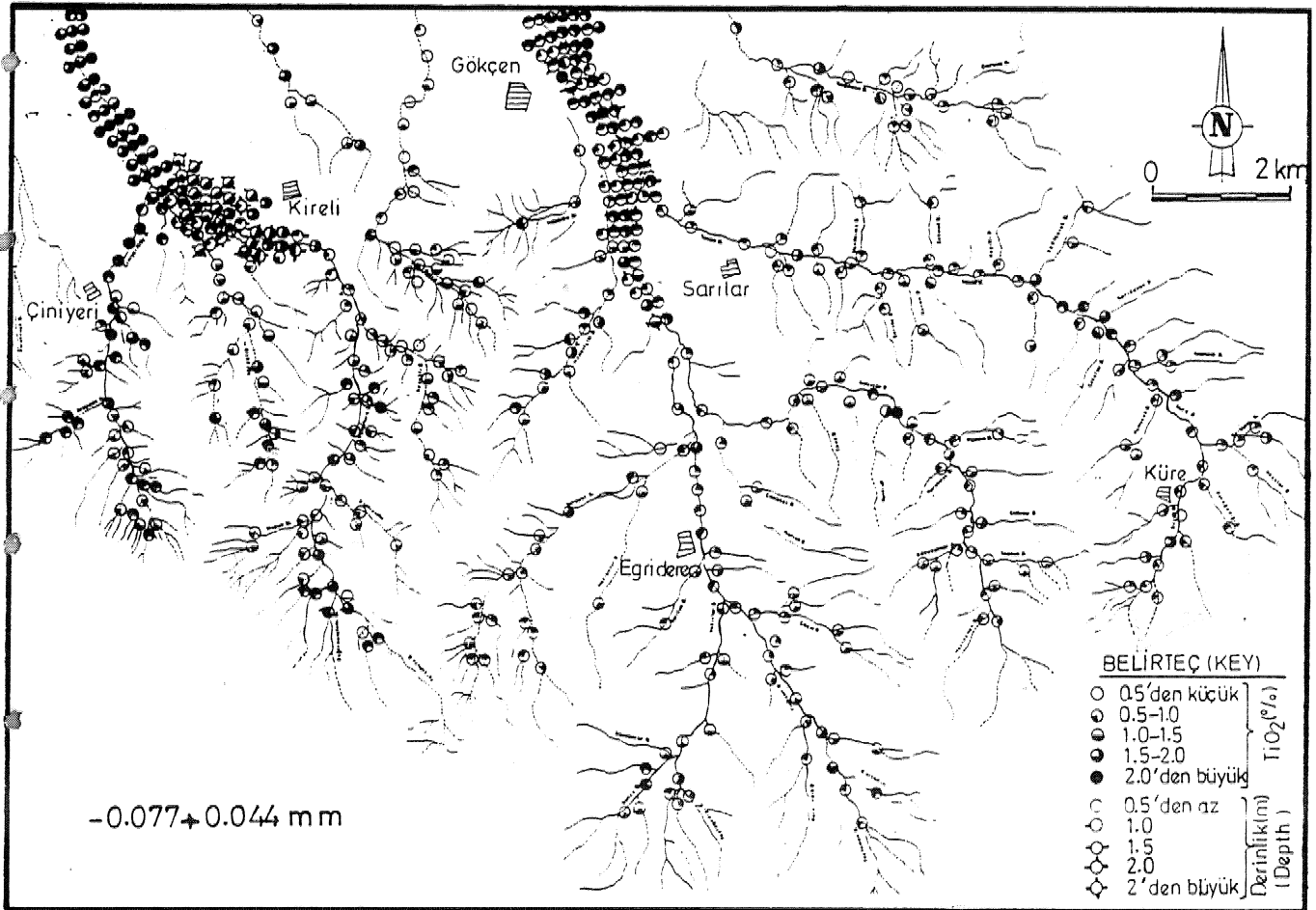
Figure 4. Distribution of rutile contents in the -0.149+0.077 mm grain size fraction of fluvial sediments.

## ÇİNİ YER^KÜKE RUTİLLERİ

morfizmayla başlayan titanyum çevirimi atmosferik ayrışmayı takiben rutilin serbestleşmesiyle devam etmekte ve nihayet belirli taşınma evresinden sonra çökeline uygun alanlarda derişmesiyle sona ermektedir.

Çalışılan alanda rutil kimyasal yönden saf olmayıp bazı örneklerde nispetten yüksek oranlarda Fe ve Ca içermekte ancak kimyasal bileşimlerinde yer alan diğer elementlerce dünya standartlarına uygun değerler göstermektedir. Bu şekilde, ticari yönden standart kabul edilen rutil kimyasal bileşimine uyumluluk gözlenir. Literatürde belirtildiği şekilde metamorfik kayaların sillimanit derecesinde bol rutil içerebilecekleri fikirlerine karşın çalışma sahasında daha düşük metamorfik derecelerde kayaların rutil içeriği yüksek miktarlara ulaşmaktadır. Bu şekilde bir gelişme kayaçların kimyasal bileşimi ile doğrudan ilişkili olup, kayaç bileşimi metamorfik bir sahada rutil miktarını kontrol eden bir faktördür» Bu faktör metamorfik kaya birimlerinin düşük CaO içermeleri halinde belirginleşmekte ve dışten zonda yüksek rutil içermelerine neden olmaktadır. Yüksek oksijen basıncı ise sadece rutil kristallerinin büyümesi yönünde etkili olmaktadır. Pek çok araştırmacı rutilin ortaya çıkmasını titanyum içerikli bazı silikat-

ların özellikle de biyotitin sillimanit alt fasiyesinde kararlı bir faz olarak kalamayıp, diğer minerallere dönüşmesine bağlamaktadır, ileri sürülen mekanizma gerekince Ti-öksitlerin oluşumunda rol oynayan başlıca etken, yeni sıcaklık ve basınç koşullarında Ti-silikat minerallerinin kararlı kalamaması olduğundan, bu tür bir gelişmeden progressif metamorfizma kadar reïrograd metamorfizma da sorumlu olacaktır. Böylece her iki durumda da, yapılarında titanyum bulunan silikatlar, daha düşük titanyum içeren silikatlara dönüşürken Titanyum fazlalığının uygun kimyasal bileşim ve oksijen basıncına bağlı olarak Ti-öksitleri oluşturabilmesi mümkün olacaktır, Bazı uygun koşullar altında atmosferik ayrışma sonucunda asiküler rutil kristallerinin serbestleşmesi mümkündür ki bu olay metamorfizma konusu dışında değerlendirilmelidir, Sonuçta, çalışılan alanda disten-granat şistler içinde rutilin ortaya çıkmasında progressif metamorfizmanın sorumlu olduğu, buna karşın gerek granat-mika şistlerde, gerekse de gözlü gnasylarda biyotitten itibaren epidotların gelişmesi örneğinde olduğu gibi retrograd metamorfizmanın da etkili olduğu anlaşılmaktadır. Diğer yandan az da olsa granat-mika şistler içinde detritik karakterde rutil-



Şekil 5. Fluvial sednaniarın -0,077+0,044 mm tane boyu fraksiyonunda rutil içeriği dağılımı

Figure 5, Distribution of rutile contents in the -0,077+0,044 mm grain size fraction of fluvial sediments.

lerin bulunması en azından amfibolit fasiyesi başlangıcına kadar bu mineralin metamorfizmadan etkilendiğini ortaya koymaktadır.

Çalışma alanında derelerce masiften koparılıp getirilen rutil yığılmasını plaser yatak karakteri gösterir. Rutil içeriği boyuta göre değişkenlik göstermekte en iyi bir şekilde 0,149-0,074 mm aralığında zenginleşmektedir. Bu boyutta elek üstü ağırlık ortalaması % L33 TiÖ<sub>2</sub>'dir. Tüm sahanın alüvyonlarında boyuttan bağımsız ortalama içeriği ise %0,93 TiÖ<sub>2</sub>'dir. Rutil dışında gözlenen ağır mineraller granat, manyetit, İlmenit, turmalin, dişten, zirkon» ortit, monazit, ksenotim ve apatitdir. Rutü belirgin şekilde yaklaşık 10 kmlik bir taşınma mesafesi ardından daha fazla zenginleşmiştir. Taşınma mesafesindeki artışla orantılı olarak granat ve rutil miktarında da artış görülmekle birlikte, ilmenit ve tumalin benzer bir davranış göstererek esas olarak boyuta göre bir zenginleşme verirler, Zirkon karakteristik olarak en ince boyutlu malzeme içinde belirginleşir. Örtit, monazit, ksenotim ve apatit gibi minerallerin varlığı ancak ağır mineral konsantrasyonlarında birkaç tane şeklinde ortaya çıkar. Dişten miktarı sağlıklı determinasyonu yapılacak ölçülerde değildir. Yapılan rezerv hesaplama çalışmaları (Gültekin, 1990) çalışma alanı sınırları dahilinde yer alan alüvyonların yaklaşık 2 milyon ton görünür rutil rezervi içerdiğini ortaya koymuştur,

#### DEĞİNİLEN BELGELER

- Akdeniz, N. ve Konak, N., 1979, Menderes Masifinin Simav dolaylarındaki kayabkimleri ve metabazik, metaultramafik kayaların konumu: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 22» 175-183,
- Akkök, R., Satır, M. ve Şengör, A.M.C., 1984, Menderes Masifinde tektonik olayların zamanlaması ve sonuçları: Türkiye Jeoloji Kurumu, Ketin Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 93-94,

- Beveridge, A., 1960. Heavy minerals in lower Tertiary formations in the Santa Cruz Mountains, California: Journal of Sedimentary Petrology, 30/4, 513-537,
- Dağ, N., 1988. Gördes pegmatoidlerinin mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, doktora tezi (Yayınlanmamış), 142 sayfa.
- Force, E.R., 1976. Metamorphic source rocks of titanium placer deposits-A geochemical cycle: Geological Survey Professional paper, B6-B13.
- Force, E\*R., 1980. The provenance of rutile. Journal of Sedimentary Petrology 50/2, 485-488,
- Graciansky, P., 1965. Menderes Masifinin güney kıyısı boyunca (Türkiye'nin SW'si) görülen metamorfizma hakkında açıklamalar: M\*T. A. Dergisi, 64.
- Gültekin, A.H., 1990. Menderes Masifi (Çiniyeri-Küre Bölgesi) plaser rutil yatakları: Doktora tezi (yayınlanmamış), I.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kwak, T.AJP., 1968. Ti in biotite and muskovite as an indication of metamorphic grade in aimandine-amphibolite faciès rocks from Sudbury, Ontario\* Geochimica et Cosmochimica Acta, 32, 1220-1229.
- March, S.P., Sheridan, D.M., 1976. Rutile in Precambrian sillimanite-quartz gneiss and related rocks, East-Central Front Range, Colorado: Geological Survey Professional paper, 1959, G1-G17.
- Pettijohfi, F.J., 1941. Persistence of heavy minerals and geologic age: Journal of Geology, XLIX, 610-625.
- Rogerds, J.J.W., Dawson, R.E., 1958, Size distribution of zircon and tourmaline grains in some samples of the Lissie Formation: Journal of sedimentary Petrology, 12,3
- Schulung, R.D., 1962, Türkiye'nin güneybatısındaki menderes migmatit kompleksinin petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında: M.T.A. Dergisi, 58,17-83.