

HEKİMİHAN - HASANÇELEBİ SAHASININ MANYETİK ETÜDÜ

Ahmet ACAR* — İlhan YALÇIN**

1. Giriş

a) Mevkü: Hasançelebi sahası, Malatya - Sivas kara ve demiryolları üzerinde Malatya'dan 94 km, Hekimhan'dan 18 km NW istikametinde, Hasançelebi istasyonundan 1 km kuzeyden başlayarak N 100° W istikametinde 9 km batıya uzanan bir sahayı kaplar.

b) Sahanın büyüklüğü: Sahanın boyu 9 km, eni 2 km olup büyüklüğü 18 km² kadardır.

c) Bu civarda, doğudan batıya Deveci, Şırzı, Hasançelebi, Sivritepe, Karakuz gibi çoğu büyük kapasiteli 5 demir yatağı ile Fenttepe, Kırmızı Tepe, Züfrikâroğluçal gibi demir zuhurları mevcuttur. Bütün bu zuhurlar, E-W istikametinde 35 km kadar bir uzunluk, 5 üâ 10 km bir genişlik içinde bulunurlar ve yaklaşık 200 km²'ye varan büyük demir zuhurları provensi teşkil ederler.

Deveci yatağı 6 km², Hasançelebi yatağı 18 km^a, Sivritepe yatağı 3 km², Karakuz yatağı 10 km^s olup toplam 37 km² kadar bir alan kaplarlar.

2. Demir Provensinde 1969 Yılına Kadar Yapılan Çalışmalar

M.T.A. Enstitüsü 1938 yılından beri Hekimhan sahalarında zaman zaman jeolojik, jeofizik ve sondajlarla etüdler yap-

(*) Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

(**) Jeofizikçi, M.T.A. Enstitüsü - Ankara.

mistir. Önce Karakuz, Sivritepe, sonra Deveci sahaları ile ilgilenilmiştir. Hasacelebi skapolitfels içindeki demir mineralizasyonu sahası o zamanki işletme şartlarına göre düşük tenörlü görülmüş, önemle üzerinde durulmamıştır. 1959'da M.T.A. Enstitüsü tarafından geniş aralıklı ölçülene rekonesans olarak, Karakuz, Sivritepe, Hasacelebi sahalarının jeofizik etüdü yapılmıştır. 1960'da Karakuz batısında ve Deveci'de sondajlarla aramalara geçilmiştir. (Deveci'de güneye doğru cevherin dalmasından, güneye doğru verilen sondajlar tabana erişememiş, cevher içinde kalmıştır. Hematit-Siderit.)

(M.T.A.'nm Hasacelebi kesif çalışmalarından sonra bu civardaki aramaları Karakuz doğusu, Sivritepe ve Deveci'yi değerlendirmektedir.) 1960'ta Sivritepe'de, manyetik anomalilerin yüksek olmadığı bir yerde Sivritepe-1 sondajı, Hasacelebide de M41A sondajı yapılmış, o zamanki düşüncelere göre buraları işletmeye elverişli görülmemiştir.

1960'ta M.T.A.E. üe anlaşmalı olarak, havadan manyetik etüdü yapan Canada Air Surveys (C.A.S.) şirketi Karakuz ve Hasacelebi'nin önemli olabüceği neticesine varmıştır.

1968 kış mevsimi M.T.A.E. tarafından 1959 jeofizik etüdüleri tekrar ele alınmış, bu rekonesans etüdülere göre dahi Hasacelebi sahasının en az 40 milyon ton üzerinde manyetit ihtiva edebileceği neticesine varılmıştır.

1969'da Hasacelebi ve Sivritepe sahaları detay jeofizik etüdülere alınmış, teknolojik olarak manyetidin skopolitden kolayca ayrılabilceği gösterilmiş, M.T.A. Enstitüsünce sahada büyük bir demir projesi yürütümüne başlanmıştır.

3. M.T.A. Enstitüsünce Saha Etüdülerinde Takibedilen Sıra

a) Etüd edilecek geniş bir sahanın uçuş plâm hazırlanır.

b) Bu plâna göre uçaklarla prospeksiyona geçilir. (Bir uçak normal şartlarda ayda 2000 km² veya 3000 km²'lik sahanın prospeksiyonunu yapabilir. Böylece geniş sahalar kısa zamanda taranmış olur.)

c) Uçak film kayıtlarının dökümü ile geniş sahaların anomali haritaları elde edilir. Anomaliler seçime tabi tutularak seçilenler yerden jeofizik tahkiklere verilir.

d) Önemli görülen anomaliler detay jeofizik etüdlere verilir.

e) Anomalüerin sondajlarla tahkikleri yapılır. Kuyu jeolojisi manyetik log, süseptibilite tâyinleri olarak kuyu jeofiziği yapılır ve kuyular değerlendirilir.

f) Numuneler üzerinde teknolojik etüdler ve cevher zenginleştirme deneyleri yapılır.

g) Neticelerin kompütörlerle değerlendirmesi ve rezerv hesapları yapılır.

4. Hasaâcelebi Sahasının Manyetik Etüdü

A. Sahada Demir Mineralizasyonunun Teşekkülüne Ait Jeolojik Görüşler

Sahada fay sistemleri ve kıvrımlar Anadolu'nun Malatya - Sivas tektoniğine uygun olarak E, EN-W, WS istikametindedirler. Bunlara dik istikamette tansiyon fayları ve çatlakları da vardır.

Sahanın en eski kayaçları üst kratase yaşında serpantinitler ve diğer bazik mafiklerdir. Saha kuzeyindeki trakitlerin teşekkülü sırasında kuzeyden ters bir fayla etküenmiştir. Pirenik orojenez sırasında güneyden serpantinlerin saha üzerine itilmesiyle de güneyde ikinci bir ters fay teşekkül eder. Bu iki fayın sıkıştırma basıncı ile saha formasyonları metamorfizmaya uğrayarak skapolitfelse dönüşmüşlerdir. Yükselen ısı formasyonlar içindeki demir muhtevasının erimesine ve müsait boşluklara dolmasına sebep olmuştur. Bu esnada faaliyet halinde bulunan gabroik, diyabazik, siyanitik intrizyonlar termal metamorfizmaya sebep oldukları gibi getirdikleri hidrotermal solüsyonlar, tektoniğin hazırladığı zayıf zonlarda demir mineralizasyonunun zenginleşmesine sebep olmuşlardır.

B. Manyetik Etüdler

a) Manyetik Ölçümler ve Elde Edilen Anomaliler

Saha, manyetik alan düşey bileşimim ölçen torsiyon Gfz aleti ile etüd edilmiştir. Baz manyetik değeri nötrü farzedüen kalker üzerinden alınmıştır. Saha ölçülerinden baz değerleri çıkarılmış, bulunan farklar alet sabiti ile çarpılarak gamma cinsinden düşey alan anomali değerleri elde edilmiştir. (Manyetik istasyon ölçüsü - baz ölçüsü) X Alet sabiti = AZ gamma olarak manyetik anomali değeri. 18 km²'lik sahada 20'şer metre aralıklarla ölçüler alınmıştır. Elde edilen anomaliler minimum — 12.000 gamma ile maksimum -)- 41.000 gamma arasındadır.

b) Anomalilerin Sahada Gösterdiği Durumlar

Anomaliler sahada genel olarak N 80° E istikametinde sıralanırlar. Bu sıralanış saha tektoniğine aynen uymaktadır. Yani mineralizasyonlar prensipal fay zonlarını işgal etmişlerdir. Bununla beraber esas istikamete paralel ve dik fay ve çatlak zonları da bulunduğu mineralizasyonların gayrimuntazam olarak buraları da işgal ettiği, manyetik anomalüerden görülür.

Diğer taraftan yüzey topografyasının çok arızalı olması, derin derelerin mineralizasyonları aşındırılmış olması manyetik anomalilerde aynen aksetmekte, tepeler pozitif anomali verdiği halde dereler negatif anomali vermekteler. Dereler mineralizasyon sırasında ve ondan sonra tektomk hareketlerin tansiyon fayları da olabilirler.

Minerazasyon teşekkülünden sonra husule gelen genç faylar ve tansiyon çatlakları mineralizasyonlann bütünlüğünü bozmuş, onları kırmış, fay atımlanyle parçalanmalarına sebep olmuştur. Bu durumlarda, mineralizasyonların negatif ve pozitif manyetik reaksiyonlu parçalara ayrılmasına sebep olduğu manyetik anomaliler de görülmektedir. Bu sebeplerle manyetik anomaliler, pek karışık ve girift durumlar almaktadır. Bühassa derelerde ve kırık zonlarda bu karışıklık görülür. Prensipal anomalilerin esas ifadeleri manyetik anomaliler haritasında görülmektedir. Haritada ancak pozitif 2000 gamma kontrundan başlanabilmiştir. Bu cevherleşme sınırı farzedümiştir. Bunun içinde taralı olarak gösterilen alam çevreliyen sınır eğrisi + 4000 gammayı ifade eder. Daha içteki pozitif

8000 gamma eğrisi içi çift çizgili olarak çizümiştir. Bu çift çizginin içinde alan değeri pozitif 25.000 gammaya varan şiddetli anomaliler bulunur.

En yüksek anomaliler mineralizasyonun en zengin zonu- nun, Ha₁ sondajı civarı, Türkeli Tepe, Uludere ve batıda Ha_{2,3} sondajına kadar sahada bulunduğunu gösterir. Bu kısım için manyetik haritadan mineralizasyonların E-W istikametinde Wye doğru incelen zengin bir yatak halinde uzandığı görülmektedir. Burada, Türkeli Tepe civarı E - W istikametti fay sistemi üe Uludere ve Hasaңcelebi deresi tansiyon faylarının birleştiği mevküer mmeralizasyonun en zengin zonudur. Buradaki kıymetli anomaliler 340.000 m²'lik bir alan kaplar.

Hag/ün batısında ikinci kıymetli zona kadar anomaliler fazlaca hafifler. Burası hem uçak hem yer anomalülerinde güneyden gelen tektoniğin bir sıkma zonu olarak görülmektedir.

Buradan sonra anomaliler Çökeşderesi civarı ve güneyde Ha[^]'nin bulunduğu zon olarak birbirine paralel iki hatta ayrılır. Bunlar muhtemelen birbirine paralel faylar içindeki mineralizasyonları işaret ederler. Buradaki anomalilerin şiddetleri de -6.000 gammadan -f-15.000 gammaya kadar değişir. Buradaki kıymetli anomalilerin kapladığı saha 90.000 m²'dir.

Ha_{6a} sondajı batısında 1 km'ye varan uzunluk içinde anomaliler kaybolacak derecede hafifler. Burası da hava ve yer anomalileri haritalarında güneyden gelen itmenin batıdaki sıkma ucu olarak görülmektedir. Bahçedam güneyinde sıkma zonu güneye doğru biraz geriler. Cevherleşme için müsait zayıf zonlar E-W istikameti! olarak yine görülürler. Buradaki zayıf boşluklarda da diğerlerine nazaran üçüncü derece şiddette anomaliler görülür (negatif 3.000 gammadan pozitif 10.000 gamma-ya kadar).

Burada pozitif 8.000 gamma üstündeki anomali sahası 30.000 m² kadardır.

Çökeş Deresi kuzeyinde Davulgu civarlarında yine E-W istikametti küçük anomaliler görülür. Bunların istikameti muhtemelen Bahçedam serisine birleşir. Bu zona da 4 üncü ve zayıf anomaliler grubu olarak bakıyoruz.

h) Manyetik Süseptibilite Çalışmaları

Mineralizasyonlarla manyetik süseptibilite arasındaki ilgiyi açıklamak için, sahada satıhtan toplanan numuneler, sondaj numuneleri ve galeri numuneleri üzerinde süseptibilite çalışmaları yapılmıştır. Süseptibilite K = 0,01 e.m.ü.c.g.s. ile K = 0,08 e.m.ü.c.g.s. arasında değişimler gösterir. Bunların da %5 üe %45 arasında manyetik tenörüne tekabül ettiği, teknolojinin manyetik seperasyon neticelerini süseptibilite neticeleri ile karşılaştırarak bulunmuştur.

Homoien manyetit için K süseptibilitesi ile manyetitin

$$A V \text{ hacmi arasında } K = \frac{3V}{5 - 3V} \quad (1) \text{ münasebeti vardır.}$$

Yalnız Hasaңcelebi mmeralizasyonunda manyetik çizgilerin manyetit partiküllerinde dispersiyona uğraması ve tabuler farzedilen mineralizasyonlarda demanyetizasyon tesirleri ile süseptibilite $\frac{0,54}{1}$ $\frac{3V}{5 - 3V}$ den bu formülde düzeltme yapılmış, K = $\frac{0,54}{1} \times \frac{3V}{5 - 3V}$ (2) neticesi elde edilmiştir.

Gang materyeli olan skapolitin ortalama yoğunluğu 2,52 gr/cm³ olarak tâyin edilmiştir. Buna göre;

$$D_n = D_{fe} \times V + (1 - V)_{sko} \quad (3)$$

formülünden manyetitin %V hacminden %m ağırlık tenörü tâyin edilmiştir.

Burada D_n numune yoğunluğu, D_{fe} manyetit yoğunluğu, D_{sko} skabolit yoğunluğu, V hacimce % manyetiti göstermektedir.

Ha_{j2} sondajı için süseptibilite ölçüleri, süseptibiliteye göre tâyin edilen %m tenörü ve teknolojiye elde edilen %m tenörü grafik olarak çizilmiştir. Burada noktalı çizgilerle süseptibilite-den hesaplanan manyetit tenörlerin devamlı çizgilerle teknoloji-den elde edilen manyetit tenörleri gösterilmektedir. Her iki eğri arasında büyük bir benzerlik vardır. Buradan süseptibilite ile manyetit tenörü arasındaki münasebeti veren eğri, elde edilmiş (3) formülüne göre de yoğunlukla manyetit tenörü ara-

sındaki münasebeti veren eğri çizilmiştir (ağır mineraller hariç). Bunlara göre $K = 0,03$, $M = \%15$ manyetit, $D_n = 2,70$, $M = \%15$ manyetit tenorunu göstermektedir. Süseptibilite ile tenor ve teknolojik seperasyon arasındaki münasebetler, GI, GRİ'de de çizilmiştir. Aynı uygunluk buralarda da mevcuttur.

Neticede süseptibilite ile manyetit tenörü arasındaki ilgi aşağıdaki tablo şeklinde verilmektedir:

Manyetik Süseptibilite	Manyetit Tenoru
0,02000 e m ü c g s	%10
0,03000 " "	%15
0,04000 " "	%20
0,05000 " "	%25
0,06000 " "	%30
0,07000 " "	%40

- d) **Önemli Anomalilerin Genel Karakterleri, Bu Karakterlere Göre Yapılan Teorik Hesaplar, Elde Edilen Teorik Eğriler, Bu Eğrilere Göre Mineralizasyonun Yatım Tahminleri, Sondajların Hangi Sınırlar Arasında Verilebileceği**

Manyetik etüdlere elde edilen önemli anomaliler, derin çatlaklara girmiş, bu çatlaklarda 300 m veya 400 m, bazan daha fazla derine doğru devam eden manyetit mineralizasyonunun verdiği manyetik anomaliler şeklinde görülmektedir.

Süseptibilite çalışmalarından ortalama süseptibilitenin $K = 0,04500$ e.m.ü.c.g.s. olabileceği bulunmuştur. Bu değer %25 civarında manyetit tenörüne tekabül eder.

Satıhtan 5 m kadar derinden başlayan, derine doğru ve yatay E-W istikametinde sonsuz farzedilen, taban genişlikleri $2a = 100$ veya $2a = 200$ m alınan tabular tabakalara ait teorik hesaplar yapılmıştır. Bu hesaplarda kuzeydeki mineralizasyonların $a = 75^\circ$ ile kuzeye, güneydeki mineralizasyonların $180 - a = 60^\circ$ ile güneye yatımlı olduğu farzedilmiştir. Manyetit süseptibilite 0,045 alınmıştır.

$$\Delta Z = 2k T_e \sin \alpha \left[\cos(1-\alpha) \operatorname{arctg} \frac{2ah_1}{x^2 + h_1^2 - a^2} - 1,15 \sin(1-\alpha) \log \frac{(x+a)^2 + h_1^2}{(x-a)^2 + h_1^2} \right]$$

formülüne göre teorik hesaplar yapılmıştır. Aynı zamanda $h_j = 100$ m ve $h_1 = 200$ m değerlerine göre de hesaplar yapılmış, neticeler teorik eğriler halinde çizilmiştir.

Üst tabanları $h_1 = 5$ m, alt tabanları $h_a = 100$ m ve $h_2 = 200$ m olan $a = 75^\circ$ üe kuzeye ve $a = 60^\circ$ ile güneye yatım tabuler tabakaya ait eğriler çizilmiştir.

Kuzeye yatım eğrilerde, eğri gradyenti mineralizasyonun güney kenarında maksimuma kadar yükselmekte (11.000 gamma), kuzeye doğru yavaş olarak alçalmakta, kuzey kenarda -2500 gamma değerli minimuma düşmektedir. Eğrinin bu durumundan ve minimumla maksimum arasındaki yaklaşık 1/4 oranından mineralizasyonun kuzeye yatım olması karakteri anlaşılmaktadır. Böyle mineralizasyonlar için sondaj sınırları eğrinin maksimum noktasından elli metre kuzeyden eğrinin minimum noktasının 75 m kuzeyine kadar verilebilir. Bu tip mineralizasyonlarda anomalinin maksimum değerinden güneye sondaj verilemez.

Güneye yatım tabuler mineralizasyonların anomali eğrisi güneyde dik bir gradyentle yükselmekte, güney kenarda 13.000 gamma maksimum değerine varmakta, mineralizasyon üzerinde oldukça dik bir gradyentle düşmekte, kuzey kenarda eksi 4500 gamma minimum değerine varmaktadır. Eğrinin bu durumları ve minimumla maksimum arasındaki oranın yaklaşık olarak 1/3 (kuzeye yatımlardan daha büyük) olması mineralizasyonun güneye yatım olmasını belirtmektedir. Eğrisi, bu karakterdeki mineralizasyonlarda sondajlar eğrinin maksimumundan 75 m güneyden itibaren eğri minimumunun 75 m güneyine kadar verilebilir. Bu tip mineralizasyonlarda anomalinin — değerlerine sondaj verilemez.

Üst tabanı 100 m derinde ve çok derinlere devam eden yine tabanı 200 m derinde ve çok derinlere devam eden mineralizasyonlara ait anomalilerde kesitler de çizilmiştir. Bunlardan üst tabanı $H_1 = 5$ m ve alt tabanı $H_a = 100$ m, yine üst tabanı $H_1 = 5$ m ve alt tabanı $H_2 = 200$ m olan mineralizasyonlara ait teorik eğrilerden elde edilmiştir (kuzeye ve güneye yatım mineralizasyonlar için ayrı ayrı anomaliler çizilmiştir).

Sonlu tabiiler tabaka anomalilerinde güney kenardan güneyde -1500 veya -1000 gamma değerlerinde negatif anomaliler elde edilmektedir. Arazide önemli anomalilerde bu eksi değerler görülmez. Yani önemli anomalilere ait mineralizasyonların tabanları 100 m veya 200 m'den çok fazla derinde olmalıdır. Ha2 sondajından geçen (N-S) arazi anomalileri kesiti ile 75° kuzeye yatan teorik tabular tabaka anomali kesiti karşılaştırıldığında her iki eğrinin birbirine çok uyduğu görülmektedir. Yalnız arazi eğrisinde ortada bir yükselme vardır. Bu $0,045$ süseptibilitesinden yüksek (tenörü %40'tan fazla) bir mineralizasyonu ifade eder.

Ha6 civarından geçen (N-S) arazi anomalileri kesiti ile 60° ile güneye yatan teorik tabular tabaka anomali kesiti karşılaştırıldığında; iki eğrinin güney kısımları ve taban ortasına kadar kısımları birbirine çok uymaktadır. Kuzey kısımdaki uygunsuzluğu tabakanın kuzey kısmının aşınmasına ve üste biriken plaser yığıntısının vereceği anomaliye atfediyoruz.

Ha3'den geçen NW-SE istikametli anomali kesiti tabiiler tabaka eğrilerine gayet iyi benzemektedir. Yalnız yatımda değişiklik vardır. Bu muhtemelen Hasançelebi dere fayının doğu kısmı Türkelitepe'den kopararak biraz güneye atmasıyla husule gelmiş mineralizasyonun durumunu işaret etmektedir.

Ha1 ve Ha2 civarından geçen anomali kesitinde ondülasyonlar görülmektedir. Bunlar mineralizasyonun muhtelif yerlerindeki tektonik olayların tesiri olarak izah edilebilir.

Arazi anomalilerinin 2 nci türleri, yukarı ve aşağı doğru matematik analizler vakit darlığı sebebiyle verilememiştir.

e) Kuyularda Alman Manyetik Loğlar

Kuyularda alman manyetik loğların kıymetleri çok büyüktür. Başkalarını şu şekilde sıralayabiliriz:

1 — Manyetik Loğun Kuyu içi İçin Değeri: Manyetik loğ kuyu içindeki mineralizasyonlarda ezik kısımlar sebebiyle tam karot alınamayan mevkilerin mineralizasyon durumlarını ve mineralizasyon sınırlarını sıhhatli şekilde açıklar.

2 — Manyetik Loğun Kuyu Civarı için Değeri: Manyetik log ölçülerinin kuyu merkezinden 5 m hattâ 10 m yatay olarak civara nüfuzları imkânı vardır. Bu sebepten kuyuda kesilmekle beraber, 10 m civardaki manyetit kütlelerinden haberdar olunur. Yani kuyu sanki 10 m çaplı matkapla açılmış gibi civar hakkında bilgi sahibi olunur.

3 — Manyetik Loğun Cevher Potansiyeli için Değeri: Bütün kuyularda alınacak manyetik loğlar üzerinde yapılacak korelasyonların, cevherleşmenin derine doğru zengin zonları, tenor değişimleri ortaya konur.

Bu özellikleri sebebiyle manyetit rezerv bakımından önemli potansiyel ümit edilen sondajlarda manyetik loğun sistemli olarak tatbiki gerekir.

Ha15 sondajında 60 m'ye kadar alınan manyetik log, kuyunun jeolojik loğu, teknolojik olarak tâyin edilen manyetit tenörleri şekilde çizilmiş olarak verilmiştir.

Burada O'dan 10 bin gammaya kadar değerler zayıf-orta, 20 - 20 bin gamma arası orta zengin, 20-30 bin gamma arası zengin 30-40 bin gamma arası çok zengin manyetit olabileceği log üzerine işaret edilmiştir.

f) Manyetik Anomalilere Göre En Zengin Sahaları Göze Alarak Yapılan Jeofizik Rezerv Hesabı Neticesi

Hasançelebi mineralizasyonunun en şiddetli anomalileri yaklaşık 5.000 m- alanı kaplar. Buna göre Hasançelebi mineralizasyonunun 160 milyon ton civarında %52 manyetit tenörlü bir rezerve tekabül edebileceği neticesi çıkarılmıştır.

Anomaliler tektonik sebepler, topoğrafik arızalar ve süseptibilite değişimleri ile çok yerlerde çok muğlak hale gelmektedir. Bu muğlak zonlar rezerv hesabına alınmamıştır. Bunların saha anomalilerinin 1/3'ü kadar bir alan kapladığı düşünülürse se Hasançelebi zonu manyetit rezervi 200 milyon ton civarında olabilir.

Bu zamana kadar yapılan sondajların cevherli seviyelerde kalması, hiçbirinin cevhersiz tabana inememesi, haklı olarak rezervin daha da fazla olabileceği ümidini vermektedir.

Hekimhan demir provensindeki Deveci (muhtemelen 25 milyon ton), Karakuz (muhtemelen 20 milyon ton), Sivritepe (muhtemelen 6 milyon ton), Zülfikâröđluçal (muhtemelen 4 milyon ton) demir yatakları potansiyelleri de eklenirse bu provensin demir potansiyeli 250 milyon ton olabilir. Yalnız bu yataklar Türkiye'nin 25 senelik demir ihtiyacını karşılayabilir.

MTA ENSTITUSU
Hasançelebi demir zonu
Ek 1

