

ELMASLI KAROT SONDAJLARINDA, SEDİMAN NUMUNENİN ÖNEMİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yıldırım öZBAYOĞLU(*)

ÖZET

Bu bildirinin amacı, özellikle karot randımanlarının düşük olduğu durumlarda, elmaslı sondajlarda elde edilen karot ve sediman numune değerlerinin birleştirilmesinde ve numune alınan bölüm hakkında güvenilir ve temsili bir değer elde edilmesinde kullanılan çeşitli yöntemlerin tanıtılmasıdır.

ABSTRACT

The objective of this paper is the description of various methods used in combining the core and sludge assays, in order to achieve a reliable final average grade which truly represents material sampled, particularly in the case of low core recoveries.

(*) Maden Yük. Mühendisi, MTA Sondaj Dairesi, ANKARA.

1. GİRİŞ

Elmaslı sondajların yapılma amacı, yeraltı formasyonlarının ve özellikle cevher oluşumlarının nitelikleri hakkında güvenilir bilgiler elde edilmesinin temini ve elde edilen bu verilerin; jeolojik ve mühendislik açısından değerlendirilerek, gerekli projelerin hazırlanabilmesinin sağlanmasıdır. Milyarlarca liralık yatırımları gerektiren bu tip projelerin hazırlanmasında dayanan verilerin, son derece güvenilir ve sağlıklı olması gerektiği ortadadır. Bu ise, ancak ve ancak; elde edilen numunelerin mutlak doğruluğuna ve hatasız bir şekilde değerlendirilmesine bağlıdır. Bu nedenle de, değerlendirmelere baz teşkil eden ve cevher yataklarından ya da geçilen formasyonlardan elde edilen numunelerin; tam ve kesin olarak, temsili numune özelliğine sahip olması zorunluluğu vardır.

Genel olarak, projelere baz teşkil eden veriler; sondajlardan elde edilen karotların, çeşitli yönlerde değerlendirilmesiyle elde edilmektedir ve karot randımanları %100 sağlandığı sürece hata yapılmasına olanak yoktur. Ancak bazı durumlarda, ne kadar çaba gösterilirse gösterilsin, karot randımanının tam olarak ya da istenilen düzeyde gerçekleştirilmesi olanaklı olmayabilir ve karot randımanı % 100'den aşağı düşmeye başladıkça; karotun temsili numune olma özelliği de, büyük ölçüde azalır. Karot zayıflığı arttıkça, numunenin güvenilirliği önemli miktarda düşer, özellikle, karotun zayıf bölümlerinin içeriği ve cevher yatağının değerini ne ölçüde etkileyeceği, büyük bir sorun olarak ortaya çıkar. Buna karşılık, ilerleme sırasında karot olarak elde edilemeyen kısım, kuyu tabanında sediman haline gelir ve eğer kuyuda kaçak yok ise; sirkülasyon sıvısı tarafından kuyu dışına atılır. Kuyu dışına atılan bu sedimanlar, gereken dikkatle toplandığı ve değerlendirildiği takdirde; karot alınamayan bölümlerin mineral içeriği hakkında, çok değerli bilgiler sağlanabilir. Ancak, elde edilen sedimanların ne dereceye kadar güvenilir olabileceği ve ayrıca, alman karot ile ne şekilde birarada değerlendirilecekleri ve hatasız bir sonuca ulaşılabileceği gibi hususlar, önemli konuları oluşturmakta ve bildirinin de, özünü oluşturmaktadır. Genellikle, karot ve sediman numunelerin analiz değerleri aynı ya da birbirine çok yakın ise, sorun büyük ölçüde basitleşmektedir. Buna karşılık, aralarındaki değer farkları arttıkça, kuşku ve sorunlar da artmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde, sediman numune alımı ve değerlendirilmesi çok eski yıllardan beri başarıyla uygulanmasına karşın, ülke-

mizde bu konuya gereken ağırlık hiçbir zaman verilmemiştir. Konunun önemini daha iyi ortaya koymak üzere; 1957 yılında Minnesota üniversitesince düzenlenen sondaj sempozyumunda, J. Royce tarafından verilen bildirden alınan iki uygulamanın, örnek olarak aktarılmasında yarar görülmektedir.

örnek—1. Michigan'daki «Menominee Range» yeraltı demir madeninde, işletmeye başlanmadan önce 2,40 m'lik damarda yapılan sondajlardan elde edilen karot ve sediman numunelerin analiz sonuçları, i^2 formülü ile değerlendirilmiş ve bu damarın % 57.48 Fe tenörüne sahip olduğu saptanmıştır. Daha sonra, damar işletmeye açıldıktan sonra yapılan analizlerde, hakiki tenorun % 57.06 Fe olduğu anlaşılmıştır. Cevherin yapısında limonit, hematit ve çört bulunmaktadır ve işletme öncesi yapılan sondajlarda; tüm uğraşılara karşın, karot randımanı nadiren % 30'un üzerine, çıkabilmiştir. Karot randımanının bu derece düşük olmasına karşılık, tenorun bu kadar duyarlı bir yaklaşımla saptanabilmesi, hakikaten çok düşündürücüdür. Ancak, bu sahadaki sondajlarda karşılaşılan en önemli avantaj; karot ve sediman değerlerinin, %1'den çok daha az değişiklikler göstermesi olmuştur.

örnek—2. Yine aynı madenin başka bir bölümünde yapılan iki sondajda elde edilen numuneler i^2 formülüyle değerlendirilmiş ve % 58.23 Fe bulunmuştur. İşletmeye geçildikten sonra yapılan analizlerde, hakiki tenorun % 60.63 Fe olduğu saptanmıştır. Cevherin kalınlığı 81 m. dir ve 1.5 m. lik manevralarla numune alınmıştır. Birinci sondajda karot randımanı %12.5'den, ikinci sondajda da %25'den düşük olmuştur. Her iki sondajda da sediman randımanı %50'nin üzerinde gerçekleşmiştir. Sediman numune analizleri % 59 Fe vermiştir ve bu değer; gerek karot ve gerekse i^2 'ye göre birleştirilmiş analiz değerlerine oranla, hakiki tenör'e (% 60.63 Fe) çok daha yakındır. Sonuçta, bu sahadaki sondajlarda alınan sediman numunenin, karot'a göre çok daha güvenilir olduğu ortaya çıkmıştır. Nedeni ise şudur; cevher zonundaki çörtlü sert kısımlar karot olarak alınabilmişse de, Fe yönünden zengin olan kısımlar daha yumuşak olduklarından karot olarak alınamamış ve sedimana dönüşmüştür. Bu örnekte de olduğu gibi, sert ve yumuşak bölümlerden oluşan bu tip cevherlerde; genellikle, karot ve sediman değerleri aslına oranla % 1 ile % 2 arasında daha düşük olmaktadır.

Yukarıda verilen örnekler, daha da çoğaltılabilir. Yapılacak olan çalışmalarda, dikkat edilmesi gereken en önemli husus; her sondajın kendine özgü bazı özelliklere sahip olacağının bilinmesi ve gerek numunelerin alınmasında ve gerekse değerlendirilerek, birleştirilmesinde cevherin karakterine, sondajın özelliğine ve elde edilen numunelerin niteliklerine göre en uygun ve güvenilir yöntemin bulunarak, kullanılmasıdır.

2. SEDİMAN NUMUNELERİN ALINMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Sirkülasyon sıvısı tarafından kuyu dışına çıkarılan tüm sedimanların, kuyu dışında, sondaj sıvısından ayrılması zorunluluğu vardır. Bunun başlıca iki nedeni şunlardır;

- i) Kuyu dışına çıkan sedimanların, tekrar sirkülasyon pompası tarafından emilerek, kuyuya basılmasının önlenmesi, Bu durum, sondaj tekniği ve sondajın sağlığı açısından büyük önem taşır.
- ii) Kuyu dışına çıkan sedimanların, numune olarak değerlendirilmek üzere; periyodik olarak ya da ilerleme (manevra) boylarına göre ayrı ayrı toplanması.

Sedimanların, sirkülasyon sıvısından ayrılmasını gerektiren bu iki nedene bağlı olarak; sedimanların ayrılması için kullanılacak olan yöntemler de, basit ya da karmaşık olabilmektedir. Kuyu ağzında açılacak sediman çukurları, kademeli olarak hazırlanacak sondaj havuzları ve uygun şekilde kullanılacak ince elek telleriyle; sedimanların sirkülasyon sıvısından ayrılması ve böylece pompa tarafından emilmesinin önlenmesi kolaylıkla mümkün olmaktadır. Buna karşılık, sedimanların numune olarak toplanması ise zaman alıcı ve maliyet arttırıcı bazı işlemleri gerektirmekte ve aşağıdaki yöntemlerden biriyle sağlanabilmektedir;

- Kuyu ağzından çıkan sirkülasyon sıvısının ayrı ayrı varillerle alınarak dinlendirilmesi ve içinde bulunan sedimanların çökeltilmesi.
- Çok sayıda özel sediman sandıkları hazırlanarak, sedimanların bu sandıklar içinde çökeltilerek, toplanması.

- özel bölmelere sahip, sediman toplama ve çökeltme tanklarında, sedimanların sirkülasyon sıvısından ayrılarak toplanması.
- özel siklonlar kullanılarak, sedimanların ayrılması ve toplanması.

Genel olarak, elmaslı sondaj kuyularında oluşan sedimanlar, iki ayrı bölümden meydana gelmektedirler. Bunlar;

- i) Karotlu ilerleme sırasında, elmas kronun formasyonu kesmesi sonucunda, karotun çevresindeki bölümün sediman haline gelmesi ki; bunun mineral içeriği ilke olarak karotla aynı olacaktır (Çizelge 1).
- ii) Karotun alınmadığı bölümlerde, öğütülen karotun ve bunun çevresinin sediman haline gelmesi ki; genel olarak homojen olmayan cevher yataklarında bunların analiz değeri karota göre farklı olmaktadır.

Yapılan değerlendirmelerde, özellikle bu iki önemli hususun çok dikkatli bir şekilde incelenmesi ve toplanan sediman miktarının; teorik sediman miktarına göre ne kadar gerçekleştirilebildiğinin, mutlaka saptanması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, % 100 karot alındığı zaman karotun çevresinde oluşacak olan sediman miktarı ile hiç karot alınmayan bölümlerde oluşması gereken sediman miktarları hesaplanarak; bu değer, elde edilen sediman miktarıyla karşılaştırılmalı ve böylece, sediman randımanı % olarak bulunmalıdır. Bu hesaplamalar ağırlık bazında olabileceği gibi, genel olarak hacim bazında yapılmaktadır. Hacim bazında yapılacak değerlendirmeler için; çeşitli kuyu çaplarına göre. önceden hazırlanmış silindirik teneke kaplar pratik olarak kullanılabilir. Her ilerleme boyundan sonra toplanan sedimanların 2/3'lük bölümü (hacim artışı nedeniyle 1/3'lük kısmı ölçüme alınmaz) bu silindirik kaplara konularak, ne kadar uzunluğa eşit bölümden sediman alındığı saptanmakta ve hakiki ilerleme boyuna bölünerek, sediman yüzdesi saptanmaktadır. Ancak, aşağıda da anlatıldığı gibi, bazı faktörlerin kesin olarak saptanamaması nedeniyle; alınan sediman miktarları, daima ihtiyatla karşılanmalıdır.

3. SEDİMAN NUMUNELERİN TOPLANMASINDA VE DEĞERLENDİRİLMESİNDE, HATALARIN OLUŞMASINA NEDEN OLAN ETKENLER

Gerek sediman numunelerin alınışı ve gerekse bunların değerlendirilmesi sırasında, bazı hataların yapılması olanaklıdır. Bu hataların oluşmasının nedenleri şu şekilde özetlenebilir;

- Kuyularda meydana gelen su kaçağı nedeniyle, sirkülasyon sıvısının tamamının kuyu dışına devretmemesi halinde; sedimanların bir bölümü de formasyona kaçacağından, sediman %'lerinde büyük oranlarda kayıplar olabilmektedir. Doğal olarak yitirilen numunenin, beraberinde eşit miktardaki cevher minerallerini götürüp, götürmediği ise belli değildir. Deneyimler öyle göstermektedir ki, cevher mineralleri steril minerallere oranla daha yumuşak ve ağır ise; kuyuda kaçak olduğu ve sediman yüzdesi azaldığı zaman, cevher minerallerinin çoğu kaybedilmekte ve sediman tenoru gerçeğe göre çok daha düşük olmaktadır. Bunun aksine, cevher mineralleri sert ve hafif ise; sediman yüzdesi azaldıkça, tenor yükselmektedir.
- özellikle muhafaza borusu kullanılmayan çıplak kuyularda ve yumuşak formasyonlarda sondaj yapılırken; kuyunun üst bölümlerinden, kuyunun yıkanması ya da yıkıntı nedeniyle bir miktar numune, tabandan çıkan sediman numuneyle karışabilmektedir. Bu kansan numunenin ne miktarda olduğunun ve kuyunun neresinden karışmış bulunduğunun saptanması ise olmağlı değildir.
- Sirkülasyon pompası tarafından havuzdan emilen bir miktar sedimanın tekrar kuyuya basılması nedeniyle, üst seviyelerin sedimanı tabandan alınan sedimana karışabilmektedir.
- Tijlerin yağlanması amacıyla gres kullanıldığı takdirde; sedimanın içindeki bir kısım cevher tanesi, yağ tabakasına yapışarak, sediman numuneden ayrılabilenkte ya da önceki ilerlemede yapışmış olan taneler, o anda yapılan ilerlemenin sedimanına karışabilmektedir.

Tüm bu yazılanlar nedeniyle, bir boy ilerleme sırasında; temsili olacak sediman miktarının ne kadarının yitirilmiş olduğunun

saptanması, gerek pratik ve gerekse teorik olarak olanaklı değildir. Dolayısıyla, alınan sediman numuneler daima kuşkuyla karşılanmalı ve hiçbir zaman mükemmel bir numune olduğu varsayımına gidilmemelidir. Bütün bilinen, alınan sedimanın miktarıdır. Ancak, nereden alınmış olduğu çoğunlukla (eğer gereken önlemler alınmamış ise), kuşkuludur.

Yukarıda yazılanların ışığı altında, şöyle bir sonuç çıkarılması mümkündür. Eşit randımanlarda (karot ve sediman % leri eşit olduğu zaman); sediman numune, karot'a göre çok daha az güvenilir olmaktadır. Bu nedenle, sediman % 'si azaldıkça, sediman numunenin güvenilirliği de büyük oranda azalacaktır ve sediman etki faktörünün de büyük ölçüde düşürülmesi gerekmektedir. Kısacası, sediman randımanı, karot randımanından düşük ise; hiçbir şekilde değerlendirmeye alınmamalıdır. Aksi takdirde, güvenilir mez bir durum ortaya çıkacak; yalnız karot değerlendirildiği zamanki doğruluk da bozulmuş olacaktır.

4. KAROT VE SEDİMAN NUMUNELERİN BİRLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN ÇEŞİTLİ YÖNTEMLER

Daha önce de belirtildiği gibi, elde edilen karot ve sediman numunelerin analiz değerleri arasında fazla bir farklılık yok ise; yapılacak olan değerlendirme de, son derece basit ve güvenilir olmaktadır. Ancak, bu iki değişik tipteki numunenin analiz değerleri, birbirinden kesin olarak farklı ise; hakiki ortalama değerini saptanabilmesi için, bunların özel bir şekilde birleştirilmesi ve sonuçta, güvenilir temsili bir değer elde edilmesi gerekmektedir. En önemli sorun, güvenilirlikleri bilinmeyen bu iki ayrı değer birleştirilerek; güvenilirliği son derece yüksek olan bir değer elde edilebilmesidir.

Karot ve sediman numunelerin birleştirilmesinde, eskiden beri çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Aşağıda, bu yöntemler ayrı ayrı incelenmekte ve her birinin faydalı ve kuşku tarafları açıklanmaktadır.

4.1. Karot ve Sediman Numunenin Tümüünün Karıştırılarak Analiz Edilmesi

Her iki cins numune de kırılıp öğütülür ve karıştırıldıktan sonra, bu kompozit numune analiz edilir. Bu yöntemde, karot ve sediman arasında, hangisinin gerçeğe daha uygun olduğu yönünden bir ayırım yapılmamaktadır. Dolayısıyla, güvenilir bir yöntem değildir. Ancak, her iki numune gerçek ve temsili numune ise, uygulama hatasızdır. Diğer taraftan, şahit karot numune saklanabilmesinin olanaklı olmaması, bu yöntemin diğer bir sakıncalı tarafını oluşturur.

4.2. Yalnız Karot Numunenin Analizi

Bu yöntemde, sediman numune hiç değerlendirmeye alınmaz ve yalnız elde edilen karot; yarılanarak, bir yarısı analize verilir ve diğer yarısı, şahit numune olarak saklanır.

Bu yöntem, eğer % 100 karot randımanı sağlandıysa ve özellikle cevher mineralleri çok düzgün bir dağılım gösteriyor ise, doğrudur. Bazı çok özel durumlarda (örneğin, suda eriyen cevher minerallerinin var olduğu kayaçlarda); karot, % 100 elde edilmiş olsa bile, bu yöntemle yapılacak değerlendirmede hata yapılması olanaklı olabilmektedir.

4.3. Yalnız Sediman Numunenin Analizi

Bu yöntemde, bundan öncekinin aksine; yalnız sediman numune analiz edilmek üzere değerlendirilir. Karot ise, şahit numune olarak saklanır. Eğer, hiç karot almamadıysa ya da % 100 karot alındıysa ve alınan sediman numune, gerçek ve temsili numune niteliğine sahip ise, bu yöntemin uygulanması doğrudur. Buna karşılık, bir miktar karot elde edilmiş ise, bu yöntemin uygulanması sakıncalı olmaktadır. Çünkü, bu durumda sediman numunenin güvenilirliği kesin değildir.

4.4. Karot ve Sediman Ayrı Ayrı Analiz Edilerek Değerlerin Ortalamasının Alınması

Bu yöntem ise; ayrı ayrı analizleri yapılan karot ve sediman numunelerin analiz değerlerinin aritmetik ortalaması alınmakta olup, bu yöntem de doğru bir uygulama olmamaktadır. Zira, karot

ve sediman numuneler hiçbir zaman eşit miktardaki malzemeden meydana gelmemektedirler (Çizelge 1).

Yukarıda yazılanlardan da anlaşılacağı gibi, incelenmiş bulunan dört yöntemin de uygulanmasında, bazı hataların oluşacağı ortadadır. Buna karşılık, bundan sonra anlatılan yöntemlerde, bu sakıncalar giderilmeye çalışılmıştır ve çok daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi mümkün olmaktadır.

Çizelge 1 — Standart Çaptaki Kuyularda Oluşan Karot ve Sediman Oranları.



<u>Çap</u>	<u>% Karot</u>	<u>% Sediman</u>
EW	32.5	67.5
AW	39.3	60.7
BW	49.0	51.0
NW	52.2	47.8
HW	59.0	41.0

5. KAROT VE SEDİMANLARIN ANALİZ DEĞERLERİNİN BİRLEŞTİRİLEREK DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşağıda anlatılmakta olan yöntemlerde karot ve sediman numunelerin ayrı ayrı analizleri yapılmakta ve sonuçlar; belli bazı kriterlere ve ağırlık faktörlerine göre birleştirilerek, çok daha güvenilir bir sonuca ulaşabilmektedir. Elmaslı sondaj tekniğinde çok yaygın olarak kullanılan bu yöntemler, gelişme sırasına göre anlatılmaktadır.

5.1. Ağırlıklar Oranına Göre Karot ve Sediman Değerlerinin Birleştirilmesi

Karot ve sediman numuneler ayrı ayrı analiz edilir ve elde edilen değerler, numunelerin elde edilen ağırlıklarının oranına göre birleştirilerek, ortalama değer bulunur. Ancak, bu yöntemde; karotun sedimana oranla daha güvenilir olduğu varsayılmamaktadır. Şöyle ki; örneğin % 100 karot randımanı sağlandığında dahi, sediman değeri (özellikle küçük çaplarda, sediman miktarı karot'a göre daha fazla miktarda olacağından) (Çizelge 1) daha fazla ağırlığa sahip olmaktadır. Bu nedenle, bu yöntemin uygulanması pek fazla tercih edilmemektedir.

5.2. Doğrudan Karot Oranlanması

Karot ve sediman numunelerin analiz değerleri birleştirilirken, alınan karot'un yüzdesine oranlanarak, karot'a belli bir ağırlık faktörü sağlanır. Böylece sediman numunenin tesiri, doğrudan karot yüzdesine bağlı kalır. Şöyle ki;

$$\text{Ort.} = \frac{A_1 X (\% \text{ Karot}) + A_2 X (\% 100 - \% \text{ Karot})}{100} \dots (1)$$

Burada;

Ort. = Birleştirilmiş analiz değeri.

A_1 = Karotun analiz değeri.

A_2 = Sedimanın analiz değeri.

örnek : AWM karotiyer ile yapılan 1,5 m'lik bir ilerleme sonunda 112.5 cm karot alınabilmiştir (karot randımanı %75). Karot analizinde % 57.6 Fe, sediman analizinde ise % 61.0 Fe bulunduğu göre, yukarıdaki yöntem uygulanarak, bu manevra boyunun temsili cevher ortalaması;

$$\text{Ort.} = \frac{57.6 X 75 + 61.0 X (100 - 75)}{100} = 58.45$$

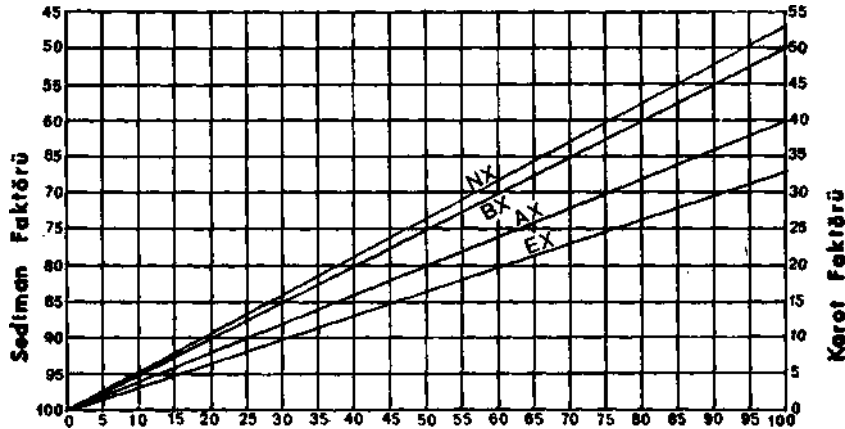
Yani, % 58.45 Fe olarak bulunur.

Görüldüğü gibi bu yöntemde, karotun analiz değerine çok daha fazla ağırlık verilmektedir (örneğin, % 100 karot randımanında sediman numune değeri, işleme hiç katılmamaktadır). Ancak, elde edilen sediman miktarının ne olduğu (sediman randımanı) hiçbir

şekilde gözönüne alınmamaktadır, öyle ki, sediman numune çok az ve güvenilir miktarda alınmış olsa dahi, karot randımanına bağlı olarak, büyük bir ağırlık faktörüne sahip olabilmektedir. Dolayısıyla, bu yöntem; yalnız sediman randımanı % 100'e yakın olduğu zaman güvenilir olmaktadır. Fakat, böyle bir durumda da, çok daha iyi bir yöntem olan Waterman yönteminin uygulanması tavsiye olunur.

5.3. Hacımlar Oranına Göre Karot ve Sediman Değerlerinin Birleştirilmesi (Longyear Yöntemi)

Karot ve sediman ayrı ayrı analiz edilir ve değerlerin ortalaması, teorik hacımların miktarına göre oranlanarak alınır. Bu yöntemdeki ana varsayım; karot hiç alınmadığı zaman, alınmış olan sediman numunenin tüm delinen kuyu hacmini temsil ettiği'dir. Şekil 1'de verilen grafikten, pratik olarak yararlanılması olanaklıdır. Bundan önceki bölümde verilen örneğin, bu yöntemle göre uygulaması aşağıda yer almaktadır.



Şekil 1. Karot ve sediman değerlerinin birleştirilmesinde kullanılan, nisbi hacımlarına göre hesaplanmış ağırlık faktörleri grafikleri

önce, Şekil 1'deki grafikte, % 75 karot randımanından yukarıya doğru bir dik çıkılır ve AX çizgisiyle kesiştirilir. Buradan yatay bir doğru çizilerek, sağ taraftan karot faktörü ve sol taraftan da sediman faktörü okunur, örnekte bulunan değerler; karot için 30 ve sediman için de 70 olmaktadır. Daha sonra, numunelerin ana-

ız değerlerinin bu faktörlerle çarpılıp ortalaması alınarak; bu ilerleme boyu için, temsili cevher ortalaması bulunur.

$$\text{Ort.} = \frac{57.6 \times 30 + 61.0 \times 70}{100} = 59.98$$

Böylece, bu bölümün cevher ortalaması % 59,98 Fe olarak saptanmış olur.

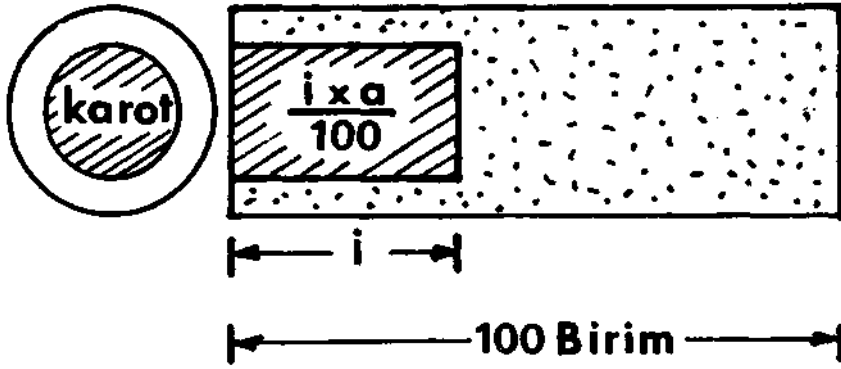
Bu yöntem, % 100 sediman randımanı sağlanması, açılan kuyunun ve elde edilen karotun standart çapta olması ve son olarak, kuyu çapının kesinlikle sabit olması durumunda, doğru ve güvenilir bir sonuç vermektedir. Ancak bu yöntemde, açıklanmasında yarar görülen bir nokta vardır. Şöyle ki, karotun ağırlık faktörü ya da etkisi, karot randımanı düştükçe azalmaktadır. Fakat, sediman miktarı düştüğü zaman, sediman etkisi azalmamaktadır. Bu ise mantığa ters düşer ve yöntemin kusurlu tarafını oluşturur, örneğin, % 100 karot alındığı zaman dahi; özellikle küçük çaplarda, karotun ağırlık etkisi, sedimanınkinden az olmaktadır. Halbuki böyle bir durumda; tüm etkinin karottan gelmesi ve yalnız karotun analizinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bundan sonraki bölümde anlatılan Royce yönteminde, bu aksaklık büyük ölçüde giderilmiştir.

5.4. Royce Yöntemi (i* Yöntemi)

Bundan önceki bölümde anlatılan Longyear yönteminin aksak taraflarını, matematiksel bir problem olarak ortaya koyan Royce, orantılı hacimler yöntemini geliştirmiş ve bazı amprik değişikliklerle; hacimler oranına göre, çok daha gerçekçi ve güvenilir bir birleştirme yöntemi oluşturmuştur. Bu yöntemde, analiz değerlerinin birleştirilmesinde; aşağıdaki formüller uygulanmaktadır (Şekil 2).

$$\text{Ort.} = \frac{(\text{Teorik Sediman Hacmi}) \times S^* + (\text{Teorik Karot Hacmi}) \times K_A}{\text{Toplam Hacim}} \dots (2)$$

$$\text{Ort.} = \frac{(100 - \frac{i \cdot a}{100}) S_A + (\frac{i \cdot a}{100}) K_A}{100} \dots (3)$$



Şekil 2. Royce formülündeki hacim ifadeleri

Bu formülde, a yerine i konularak;

$$\text{Ort.} = \frac{(100 - \frac{i^2}{100}) S_A + (\frac{i^2}{100}) K_A}{100} \quad (4)$$

Bu formüldeki harflerin anlamları şunlardır;

S_A = Sediman analiz değeri.

K_A = Karot analiz değeri.

i = Karot yüzdesi.

a = Karot randımanı % 100 olduğu takdirde, açılan tüm kuyu hacmine göre alınan karotun yüzdesi.

Bundan önceki yöntemlerde verilen örneğin bu yönteme göre uygulanması aşağıda yer almaktadır.

(4) No. lu formülden;

$$\text{Ort.} = \frac{(100 - \frac{75^2}{100}) \times 61.0 + (\frac{75^2}{100}) \times 57.6}{100} = 59.09$$

Böylece, % 59.09 Fe bulunur.

Bu yöntem, Longyear'ın orantılı hacımlar yöntemine oranla çok daha gelişmiş bir yöntem olmasına karşın; bir dereceye kadar, yine de orantılı hacımlar yönteminin zaafına sahiptir. Zira, numune değerleri birleştirilirken, tüm hesaplamalar yalnızca karot randımanına göre yapılmaktadır. Buna karşılık, sediman randımanı hiç düşünülmemekte ve sediman numunenin tesiri; alman sedimanın miktarının düşmesine bağlı olarak, azaltılmamaktadır. Bu nedenle de, düşük sediman randımanlarında; sedimanın güvenilir bir numune olmadığı gerçeğini, yansıtmamaktadır.

5.5. Waterman Yöntemi (Chuquicamata Yöntemi)

Waterman, Royce yöntemini bir adım daha ileri götürerek; sediman randımanı azaldıkça, sedimanın tesir gücünün de azalacağı yeni bir yöntem geliştirmiştir. Chuquicamata adıyla da bilinen bu yöntemdeki düşünceye göre; sediman numune en iyi durumda dahi, karot alınamayan bölümü temsil etmekten daha fazla bir bilgi vermemektedir. Bu nedenle de, sediman yüzdesi karot yüzdesinden düşük olduğu takdirde; sediman numune değerlendirme^ye alınmamaktadır. Diğer taraftan karot, daima yüzdesi kadar ağırlık faktörüne sahip olmaktadır.

% 100 sediman randımanı sağlandığında, Waterman aşağıdaki formülü kullanmaktadır;

$$\text{Ort.} = \frac{K_A \times (\% \text{ Karot}) + S_{\text{Düz.}} \times (\% 100 - \% \text{ Karot})}{100} \dots (5)$$

Burada;

Ort. = Birleştirilmiş ortalama değer,

K_A = Karot analiz değeri.

$S_{\text{Düz.}}$ = Düzeltilmiş sediman analiz değeri.

Bu formülde kullanılan sediman değeri, düzeltilmiş değerdir. Şöyle ki, örneğin % 100 sediman randımanı elde edilmiş olsun. Bu sediman ve analiz değeri, Şekil 3'de de görüldüğü gibi, yalnız karot alınamayan bölüme (Hacım-A) ait olmayıp; bu bölüme ek olarak karotun çevresindeki bölümün (Hacım - B) sedimanını da içermektedir. Teorik olarak, Bölüm-B'nin sedimanları, karotun analiz değeriyle aynı değere sahip olmaktadır. Bu nedenle, Hacım - B'

nin sediman ve analiz değerleri; tüm sedimanın analiz değerinden çıkartılmalıdır. Eğer, S_A tüm sedimanın analiz değeri ve K_A da karotun analiz değeri ise; düzeltilmiş sediman analiz değeri Şekil 3'de de görüldüğü gibi, aşığıdaki formülden hesaplanabilecektir.

$$S_{Duz.} = \frac{\text{Hacım (A+B)} \times S_A - \text{Hacım (B)} \times K_A}{\text{Hacım (A)}} \quad (6)$$

(5) No. lu formülde, birleşik ortalama değer hesaplanırken, düzeltilmiş sediman değeri ($S_{Duz.}$) olarak bu değer kullanılmaktadır.



Şekil 3. Düzeltilmiş sediman analiz değerinin bulunması.

Waterman'ın yaklaşımına göre, sediman miktarı % 100'ün altına düşükçe; sedimanın tesiri, sediman randımanının düşmesine oranla, çok daha büyük miktarda düşmektedir. Böylece, sediman numune ancak; sediman randımanı, karot randımanından yüksek olduğu takdirde değerlendirmeye alınmaktadır. Bazı durumlarda, düzeltilmiş sediman değeri; sıfır ya da negatif değer olarak çıkabilir. Böyle bir durumda, sediman numune güvenilir değildir ve değerlendirmeye alınmamalıdır. Zira, negatif değer çıkması demek, alınan karotun çevresindeki sedimanın dahi elde edilememiş olması anlamına gelmektedir. Bu şekilde, güvenilmeyecek miktardaki sediman randımanlarının, birleşik ortalama değer hesaplanmasındaki sakıncalı tesiri ortadan kaldırılmış olmaktadır.

Bu yöntemde önce, karot ve bölüm 2. de anlatıldığı gibi sediman randımanları saptanır. Elde edilen karot ve sediman randımanlarına göre, Waterman yönteminin ne şekilde uygulanacağı; örnekleriyle birlikte aşığıda ayrı ayrı anlatılmaktadır.

5.5.1. Sediman Randımanı % 100 Olduğu Zaman

Bu durumda, (5) ve (6) no.lu formüller sakıncasızca uygulanarak, bu manevra boyu için; önce düzeltilmiş analiz değeri ve daha sonra da, karot ve sedimanın birleşik ortalama değeri hesaplanır. Bundan önceki yöntemlerde verilen örneğin, bu yöntemle göre uygulaması aşağıdadır.

örnek: AWM karotiyer ile yapılan 1.5 m.lik bir ilerleme sonunda 112.5 cm karot alınabilmiş (karot randımanı %75), sediman randımanı ise %100 olmuştur. Karot analizinde %57.6 Fe, sediman analizinde ise %61.0 Fe bulunduğuna göre, Waterman yöntemi uygulanarak, bu manevra boyunun temsili cevher ortalaması aşağıdaki şekilde bulunur (AWM karot çapı =30.1 mm ve AWM kuyu çapı = 48.0 mm).

önce, Şekil 3'deki A ve B hacimleri, daha sonra da; (6) no.lu formülden, düzeltilmiş sediman değeri hesaplanır.

$$\text{Hacım A} = \pi \left(\frac{4.8}{2} \right)^2 \times (150-112.5) = 678.58 \text{ cm}^3$$

$$\text{Hacım B} = \pi \left(\frac{4.8}{2} \right)^2 \times 112.5 - \pi \left(\frac{3.01}{2} \right)^2 \times 112.5 = 1235.25 \text{ cm}^3$$

$$S_{\text{Düz}} = \frac{(678.58 + 1235.25) \times 61.0 - 1235.25 \times 57.6}{678.58} = 67.19 \text{ Fe.}$$

(5) no. lu formülden de, birleşik ortalama değer şu şekilde bulunur;

$$\text{Ort.} = \frac{57.6 \times 75 + 67.19 \times (100 - 75)}{100} = \% 59.99 \text{ Fe olur.}$$

5.5.2. Sediman Randımanı % 100'ün Altında Olduğu Zaman

Daha önce de belirtildiği gibi, Waterman'm yaklaşımına göre; sediman randımanı % 100'ün altına düşünce, karot ve sediman değerlerinin birleştirilmesinde bazı mantıksal varsayımlara gidilir. Şöyle ki;

- Sediman numunenin güvenilirliđi, sediman randımanı dūř-
tūkçe, geometrik olarak azalır.
- Sediman randımanı, karot randımanından dūřük ise; sedi-
man numune, kesinlikle değerlendirmeye alınmamalıdır.
- Karot randımanı ne olursa olsun; bu karot, en az karot
yüzdesine eşit miktarda ve doğrudan değerlendirmeye alın-
malıdır (karotun değerlendirmedeki tesir faktörü, en azın-
dan karot yüzdesine eşit olmalıdır).

Yukarıdaki dūřüncelerin ışığı altında, Waterman tarafından Çizelge 2'de görülen geometrik değişim çizelgesi hazırlanmıştır. Bu Çizelge, $L = AR(N-D)$ olan geometrik seri formülünden üretilerek hazırlanmıştır. Burada; L serinin en son terimi, A serinin ilk terimi, R geometrik oran ve N serideki terimlerin toplam sayısıdır.

Çizelge 2 - Değişik Randımanlarda Karot ve Randımanların Ağırlık Faktörleri

		Sediman Randımanı, %											
		100	98	96	94	92	90	88	86	84	82	80	78
Karot Randımanı, %	100	100 0											
	98	98 2	100 0										
	96	96 4	98 2	100 0									
	94	94 6	96 4	98 2	100 0								
	92	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0							
	90	90 10	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0						
	88	88 12	90 10	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0					
	86	86 14	88 12	90 10	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0				
	84	84 16	86 14	88 12	90 10	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0			
	82	82 18	84 16	86 14	88 12	90 10	92 8	94 6	96 4	98 2	100 0		
	80	80 20	82 18	84 16	86 14	87 13	89 11	91 9	93 7	96 4	98 2	100 0	

Çizelgenin sol kenarında, herhangi bir ilerleme boyuna göre Jjarot yüzdeleri; üst tarafında ise, sediman randımanları bulunmaktadır. Karelerin içindeki rakamlardan üstteki karotun ağırlık faktörü, alttaki ise sedimanın ağırlık faktörüdür. Böylece, karot ve sediman değerleri birleştirilirken; elde edilen karot ve sediman randımanlarına göre, karotun analiz değeri ile sedimanın düzeltilmiş analiz değeri (6 no.lu formülden) bu ağırlık faktörleri ile çarpılarak, birleştirme yapılır. Çizelgede yer almayan daha düşük randımanlardaki ağırlık faktörleri ise; çizelgedeki değerlerin uzantılarının bağdaştırılmasıyla elde edilir.

örnek: AWM karotiyer ile yapılan 1.5 m.lik bir ilerleme sonunda 112.5 cm karot alınabilmiştir (karot randımanı %75). Elde edilen sediman miktarı ise 542 cm³ olup, sediman randımanı % 80 dir (teorik hacim 678.58cm³). Karot analizinde %57.6 Fe, sediman analizinde ise % 61.0 Fe bulunduğuna göre. Waterman yöntemi uygulanarak, bu manevra boyunun temsili cevher ortalaması aşağıdaki şekilde bulunur.

önce, (6) no. lu formülden düzeltilmiş sediman değeri bulunur.

$$\text{Hacim B} = \pi \left(\frac{4.8}{2} \right)^2 \times 112.5 - \pi \left(\frac{3.01}{2} \right)^2 \times 112.5 = 1235.25 \text{ cm}^3$$

$$\text{Hacim A} = 542 \text{ cm}^3$$

$$\text{SDUL} = \frac{(1235.25+542) \times 61.0 - 1235.25 \times 57.6}{542} = 68.75$$

Böylece, düzeltilmiş sediman değeri % 68.75 Fe olarak bulunur.

Daha sonra, Çizelge 2. deki ağırlık faktörleri değerlerinin uzantıları % 75 karot ve % 80 sediman randımanları için saptanarak; karotun ağırlık faktörü 94.5 ve sedimanın ağırlık faktörü de 5.5 olarak saptanır.

(5) no. lu formüldeki değerler yerlerine konularaktan,

$$\text{Ort.} = \frac{57.6 \times 94.5 + 68.75 \times 5.5}{100} = 58.21$$

Böylece, bu ilerleme boyunun birleşik ortalama değeri \approx 58.21 Fe olarak bulunmuş olur.

5.5.3. Sediman Randımanı % 100'ün üstünde Olduğu Zaman

Bazı ilerlemelerde, elde edilen sediman miktarı teorik miktara göre çok daha fazla olabilir. Böyle bir durumda, sediman numunenin güvenilir olamayacağı ve kuyunun başka bölümlerinden de sediman karışmış olduğu ortadadır. Bu nedenle, sediman randımanı % 100'ün üstüne çıktıkça ve arttıkça; aynen % 100'ün altına düşmüş olduğu gibi güvenilirliği de aynı oranda azalacaktır. Şöyle ki. %120 randımanlı bir sedimanın güvenilirliği, %80 randımanlı bir sedimanın güvenilirliğine eşit olacaktır- Bu durumda, Çizelge 2'deki geometrik değişim çizelgesinin kullanılması için, % 100'ün üzerindeki fazla kısım %100'den çıkarılarak, elde edilen değer sediman yüzdesi olarak kullanılmalıdır.

örneğin, % 140'lık bir randımanda; $100-40=60$ yani, %60'lık bir sediman randımanı elde edilmiş gibi Çizelge 2'deki ağırlık faktörleri kullanılmalıdır.

6. SONUÇ

Görüldüğü gibi bildiride işlenen konu, gerek sondajcıları ve gerekse etütçüleri çok yakından ilgilendirmektedir. Bu hususta çok daha ayrıntılı bilgiler, bildirinin sonunda yer alan kaynaklardan edinilebilir.

Burada işlenen yöntemler, basitten karmaşığa doğru sıralanmıştır. Ancak, en son anlatılanın en iyi yöntem olduğunu düşünmek yanlış olacaktır. Zira, daha önce de belirtildiği gibi, her sondaj ve cevher yatağı kendine özgü değişik niteliklere sahip olabilmektedir. Bu nedenle de, hangi yöntemin daha uygun olacağı, yetkili teknik elemanların yapacağı bazı çalışmalar ve denemelere göre saptanmalıdır.

Diğer yandan, bazı yataklarda hiç karot alınmasına gerek kalmadan, yalnız sediman numune alınarak da güvenilir bir değerlendirme yapılabilmesi olanaklıdır. Bu şekilde yapılacak karotsuz ilerleme sondajlarının, gerek sondaj tekniği ve ekonomisi, gerekse hız yönünden çok büyük yararlar sağlayacağı açıktır. Bu ne-

dénie, özellikle etüt yapanlar tarafından; karot alınması plânlanan sondajlar ile karot alınmasını gerektiren seviyeler çok titiz bir şekilde seçilmeli ve mümkün oldukça, sediman numune alınmasına ağırlık verilmelidir.

K A Y N A K L A R

GÜSTERS, J.FH., ELLIOTT CR., YOUNG RS. «Fundamentals of Diamond Drilling», Journal, Chem. Met. and Mini Soc, 1952, South Africa.

LONGYEAR, R.D., «Diamond Drill Sampling Methods», Trans. A.I.M.E., 1923, Vol. 68, pp. 423-429.

LONGYEAR, R.D., «Recovering and Interpretation Diamond Core Drill Samples», Min. and Met., 1937, Vol. 18, pp. 239-243.

CUMMINGS, J.D., «Diamond Drill Handbook», J.K., Smit and Sons, 1975, Ontario, Canada.

ROYCE, J., «A New Method of Weighting Core and Cuttings in Diamond Drilling», Trans. A.I.M.E., 1949, Vol. 184, pp. 358 - 360.

WATERMAN, GLENN C, «Chuquicamata Develops Better Method to Evaluate Core Drill Sludge Samples», Tans A.I.M.E., 1955, T.P. 365 A. Vol. 202, pp. 54-61.

WATERMAN, GLENN C, «The Chuquicamata Combining Method as Applicable to Ferrous and Non - ferrous Ores», Seventh Annual Drilling Symposium, University of Minnesota, U.S.A., Oct. 3 - 5, pp. 70 - 75.

WET J •ER, JOHN M., «Interpretation of Sludge and Core Assays», Eng. Min. Jour., 1937, Vol. 139, No. 7, pp. 36 - 37.

YARDLEY, D.H., «Methods of Combining Core and Sludge Analyses», Seventh Annual Drilling Symposium, University of Minnesota, U.S.A., Oct. 3 - 5, 1957, pp. 59 - 65.

ÖZBAYOĞLU Y., «Elmaslı Sondaj El Kitabı», 1983, Şafak Matbaası, Ankara.