

DENİZ DİBİ MADEN YATAKLARI, ÖNEMLERİ, OLUŞUMLARI VE İŞLETİLMELERİ

Aytin GÖKTEKİN*

özet

Dünyanın hızla artan hammadde ve enerji ihtiyacını karşılamak üzere denizlerdeki yataklardan yararlanmak konusunda büyük çabalar harcanmaktadır.

Denizlerin dibindeki yataklar ya minerallerin yeniden teşekkülü veya karalardan taşınan minerallerin birikmesiyle oluşurlar, içlerinde bakır, nikel, kobalt, altın, gümüş., kalay, çinko, zirkon vb. gibi değerli elemanlar bulunur. Pasifik Okyanusundaki mangan, Doğu Afrika sahillerindeki fosforit yatakları yanısıra Kızıldeniz'deki cevher çamurları içinde bu elemanlar ekonomik ölçüde vardır.

Yatakların işletilmelerinin birçok teknolojik sorununun başında, deniz dibindeki cevherlerin toplanıp su yüzüne iletilmesi gelmektedir. Bu konuda yapılmakta olan çalışmalar henüz gelişme devresindedirler.

Abstract

In order to solve the increasing demand problem of the raw material and energy, lots of effort are made to make use of undersea reserves.

The undersea reserves are formed either by mineralization or by the sedimentation of minerals that are carried from the lands. The undersea reserves may contain some valuable elements, such as copper, nickel, cobalt, gold, silver, tin, zinc, zircon etc. Manganite deposits in the Pacific Ocean, phosphorite deposits at the East Africa coasts and mineral muds in the Red Sea contain these elements in the economical range.

In the exploitation of the undersea reserves, one of the most important technical problem is the mining under sea and its transportation to the surface of the sea. Studies on this subject are still in the development stage.

t*) Doç. Dr., I.T.Ü. Mad. Fakültesi - İstanbul.

Dünya nüfusunun ve insan başına düşen gelirin artışına bağlı olarak, hammadde ve enerji tüketimi de büyük bir artış göstermektedir, önümüzdeki 25 yıl içinde tüketilecek metal miktarının son 2000 yıl içinde tüketilenin tamamına eşdeğer olacağı saptanmaktadır.

20 önemli minerale olan ihtiyacın 1988 yılında bugünkünün iki misline, 2000 yılında ise üç misline çıkması beklenmektedir (1). Fakat önemli minerallerden ancak birkaçının uzun süre ihtiyacı karşılayacak ölçüde var olduğu, diğer birçoğunun, günümüz ihtiyaçlarına cevap vermekle beraber, yakm bir gelecekte kritik bir duruma girecekleri de bilinmektedir (2).

Endüstrileşmenin gelişmesiyle, demir, bakır, krom, manganez, nikel, kobalt, elmas, kalay, alüminyum, çinko, kurşun, tungsten vb. elemanlara, özellikle endüstriyel yönden gelişmiş ülkelerin ihtiyacı çok önem kazanan bir konu olmaktadır.

İnsanların çalışma hayatlarında ve günlük yaşantılarında önemli yeri olan birçok mineral ve metalin değişik yer ve miktarlarda denizlerde var olduğu bilinmektedir. Sahillere yakm sığ bölgelerdeki yataklardan ise bugünkü olanaklarla bile ekonomik işletilebilecek olanlar vardır.

Oluşumları

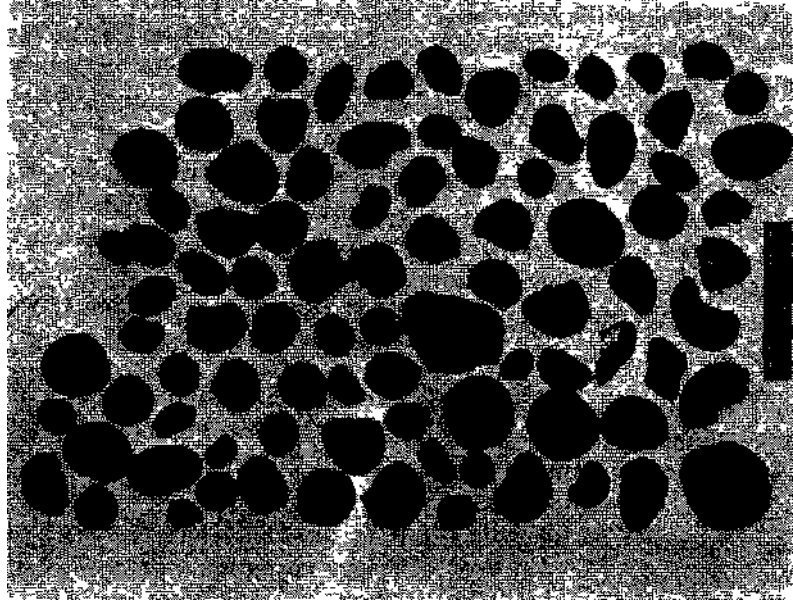
1

Deniz tabanının yüzeyinde veya yüzeyine çok yakm yerlerde bulunan yataklar ya "minerallerin yeniden oluşması" yahut da başka yerlerden taşman "minerallerin birikmesiyle" teşekkül ederler.

Minerallerin Yeniden Oluşması

Deniz dibinde madenlerin varlığı bundan 100 yıl kadar önce İngilizler tarafından yapılan Challenger-Expedition sırasında ilk olarak keşfedilmiştir.

Bunlar özellikle Atlantik ve Pasifik'in derin suları altında (3500-6000 m) yaygın bulunan mangan-yumrularıdır. Çökelmiş mangan parçalarının büyüklükleri 1 mm ile 10 cm arasında değişmektedir.



Sekil 1 — Mangan-Yumruları (Hagemann).

Mangan oksitler ve demir oksitler yumruların ana bileşenleridirler, içlerinde kobalt, nikel, bakır, molibden ve nadir topraklar gibi elemanlar vardır ve miktarları derinlikle değişir. Özellikle bu elemanların ekonomik değerleri önemlidir. Bu minerallerin oluşumunun Pasifik'te tersiyerde başladığı, tersiyerde yaşamış köpek balıklarına ait diş kalıntılarının yumrular içinde bulunmasıyla anlaşılmaktadır.

Okyanuslardaki mangan zuhurlarının yatak olabilmesi için, tabandaki yumru miktarının 5 kg/m^2 den fazla olması gerekir. Pasifik'te büyük bir bölge boyunca yapılan araştırmalarda bulunan en iyi değerler $12-15 \text{ kg/m}^2$ dir. Daha büyük değerlerin var olduğu da bilinmektedir. Değerli metallerin miktarlarının bakır için %1,1'den, nikel için %1,3'ten az olmaması gerekir. Şimdiye kadar tesbit edilmiş en iyi değerler ise bakır için %1,65, nikeli için %1,85'tir (7).

Yatakların işletilebilmeleri ancak yeterli büyüklükte olmalarıyla mümkündür. Örneğin 1 milyon ton/yıl işletme kapasite-

si için gerekli saha büyüklüğü şöyle hesaplanabilir: İşletme ömrü 25 yıl olarak düşünüldüğünde, gerekli cevher 25 milyon ton olur. Bugüne kadar sığ konusu olan istihsal yöntemlerinde istihsal randımanı en iyi halde %70'tir. Taşıma sisteminin arızasız çalışabilmesi için belirli bir büyüklüğün altındaki ve üstündeki tanelerin istihsal edilemeyeceği saptanmaktadır. Bu nedenle işletme kayıplarının %50 olacağı hesaplandığında, yatakta bulunması gerekli cevher miktarı 65 milyon ton olacaktır. Yatağın cevher muhtevasının 10 - 5 kg/m² olduğu öngörüldüğünde, yatak büyüklüğünün 6.500 -13.000 km² olması gerektiği sonucu çıkar (Marmara Denizinin büyüklüğü 8.300 km²).

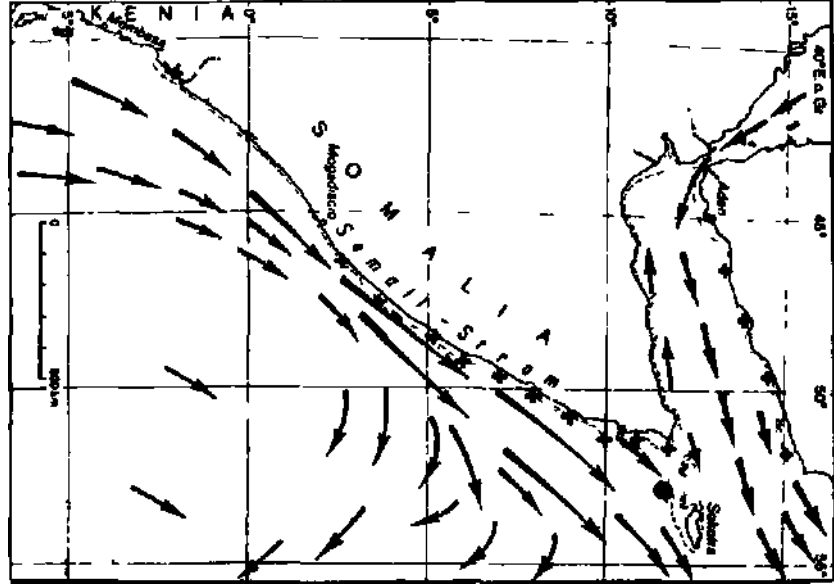
Bugünkü denizlerin dibinde rastlanılan, ekonomik yönden ilginç diğer bir mineral de "fosforit"tir. Fosforitler genellikle derin bölgelerde yumrular halinde, sığ bölgelerde kıta yamaçlarının 400 m'ye kadar derinliklerinde kum şeklinde bulunmaktadır, içlerinde fosfatın yanısıra az miktarda stronsiyum, baryum, magnezyum, uranyum, toryum ve nadir topraklar bulunabilir.

Mero'nun (3) tahminlerine göre okyanusların sığ bölgelerinde 3KL0¹¹ t kadar fosforit bulunmaktadır. Fosforit karalarda da çok bulunduğundan, denizlerdeki yatakların ekonomik işletilebilmeleri bölgesel şartlara bağlıdır. Tanınmış yataklar Kaliforniya sahillerinde ve Güney Afrika açıklarında Agulhas - Bankı üzerinde bulunmaktadır.

Fosforitin oluşması için büyük miktarlarda organik maddenin varlığı gerekir. Bu nedenle fosforit özellikle karalardan taşman az miktardaki malzemenin etkisiyle, besin maddesi ve deniz canlılarınınca zengin, derindeki soğuk suların yüzeye doğru yükseldiği yerlerde bulunmaktadır. Bunun için özel okyanus şartları gereklidir.

Somali sahilleri yakınında Kap Guardafui'nin doğusundaki fosforit yumrularını ihtiva eden yataklar bunun güzel bir örneğidir (Şekü 2).

Bu bölge Monsun'ların etkisi altındadır. Rüzgâr yönünün her altı ayda bir değişmesiyle, sahillere yakın yerlerdeki yü-



Şekil 2 — Somali sahillerindeki akıntılar ve soğuk su hareketi.
 O Fosforit yumruları, ? Yüzey akıntıları, -f Soğuk su.
 (W. Schottfa göre).

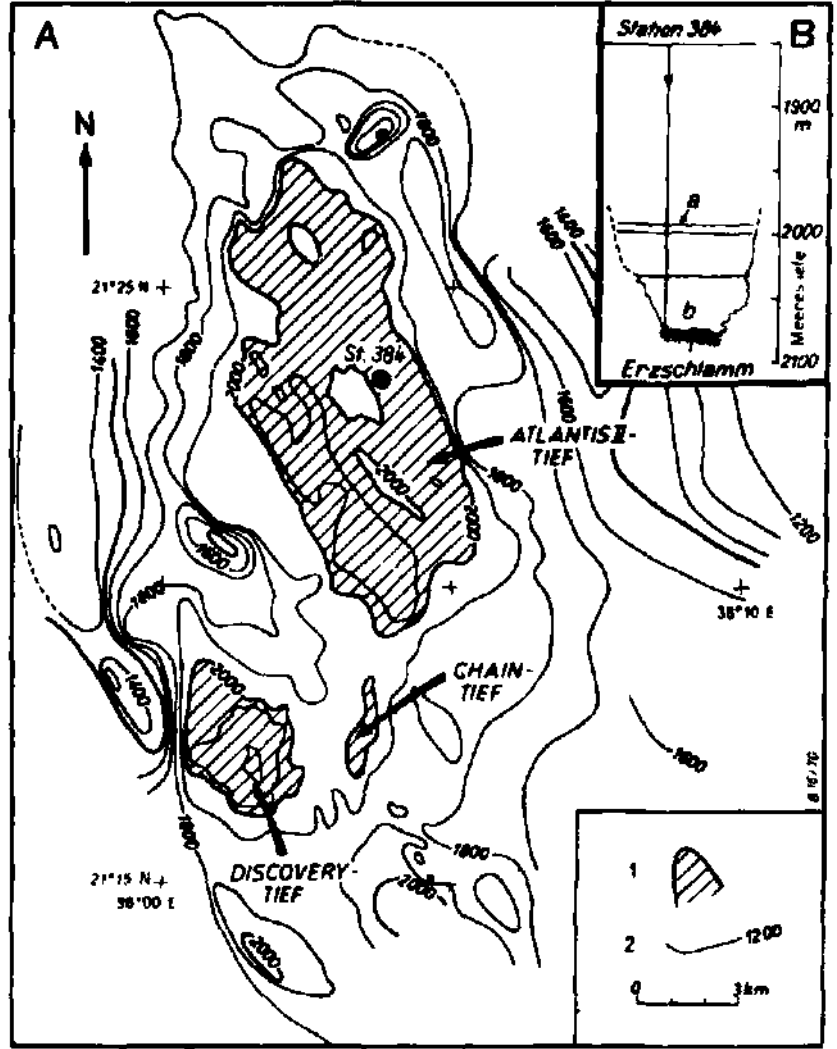
zey akıntıları yönlerini değiştirmektedirler. Kuvvetli bir akıntı olan Somali Akıntısının yönü, yazın, ekvatorun kuzeyinde sahüden açık denize doğru olduğundan, canlıların bol bulunduğu soğuk derin deniz suları sahil boyunca yüzeye çıkarlar. Somali akıntısının subtropikal yüzey suları üe derinlerden gelen sular arasında 7°C'ye kadar çıkan sıcaklık farkları ölçülmüştür. Soğuk suların birdenbire yukarı çıkması subtropikal sularda yaşayan canlıların kitle halinde Ölümüne sebep olmaktadır. Bu tür kitlesel ölümler okyanuslarda fosforit oluşumuna yardım etmektedirler (4).

Birkaç yıl önce Kızıldeniz'in dibinde keşfedilen metal çamurlarının içinde yeniden oluşmuş ilginç minerallere rastlanılmıştır (tane büyüklükleri <100 nm'dir). Büyük bir tektonik çatlak zonunun bir parçası olan Kızıldeniz'in Cidde hizasına düşen kısmında, deniz dibinde üç derin senklinal vardır. Sen-

kUnallerde değişik bileşimlerde, metal ihtiva eden çamurlar tesbit edilmiştir (Şekil 3).

Bunların varlığı, senklinallerde sıcaklığı 58,4°C'ye kadar varan taban sularının çıkmasıyla anlaşılmıştır.

Metal çamurlarının bileşenlerinde metallerin oksit, karbonat ve sülfidleri vardır. Yüksek demir muhtevası yanında man-



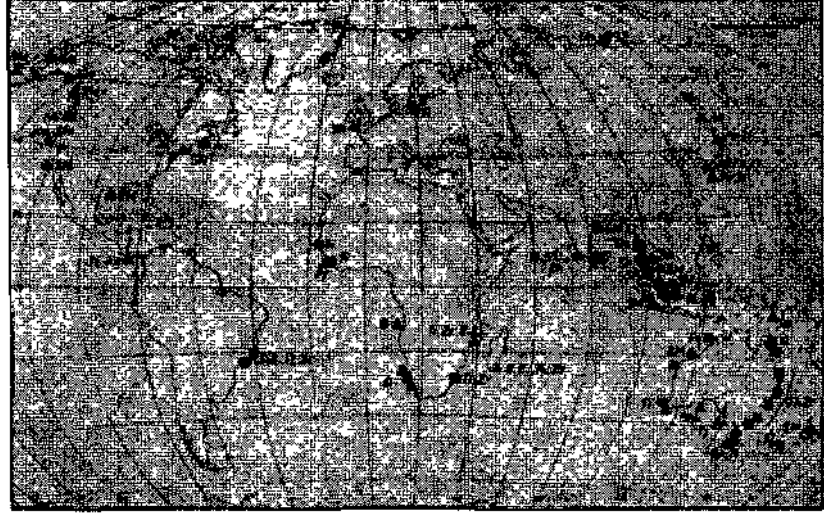
Sebil 3 — Kizilirmak'deki senklinaller ve metal çamurları.

gan, bakır, kurşun, gümüş, altın vb. metaller de değişen miktarlarda bulunmuştur. Yer yer çinko %8,9'a, bakır ise %3,6'ya kadar çıkmaktadır. Bu çamurlar ekonomik yönden ilginçtirler ve yapılan tahminlere göre, Atlantis - II çukurundaki çinko, bakır, kurşun, gümüş ve altının metal olarak değeri 2,5 milyar \$'dır.

Bu metal çamurlarının oluşumu henüz kesin bir açıklığa kavuşmamıştır. Fakat Kızıldeniz'de yaygın olan volkanizmanın buna önemli katkısı olduğu kanısı da bir gerçektir (5).

Taşınan minerallerin oluşturduğu yataklar:

Bu yataklar özgül ağırlıkları aynı veya benzer ($p = 3 - 5$) minerallerin su içerisinde biraraya gelmeleriyle, bugünkü okyanusların sığ veya az derin bölgelerinde oluşmuşlardır (Şekil 4).



Şekil 4 — Okyanuslarda, minerallerin birikmesiyle oluşan maden yatakları. İşletme (sahil veya açıkta), önemli araştırmalar. (W. Schott'a göre).

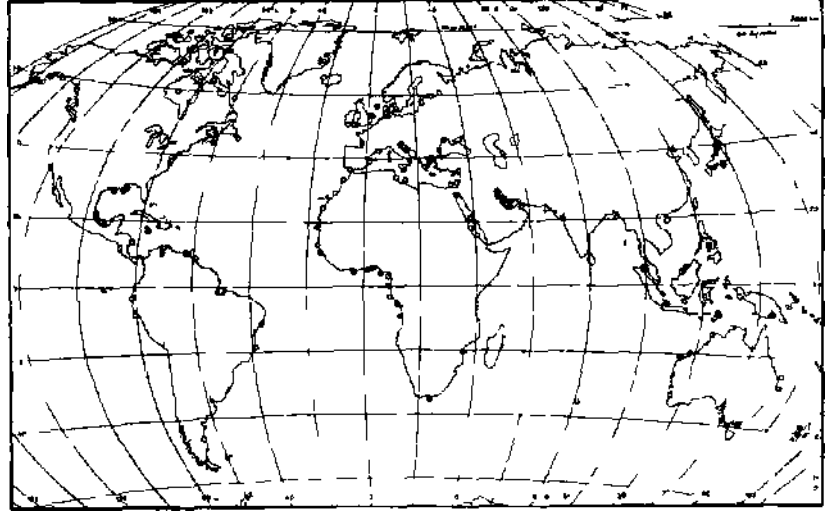
Muhtevaları civardaki kara parçalarının jeolojik şartlarına bağlıdır ve yerine göre elmas, altın, platin, zirkon, rutil, monazit, kalay vb. olabilir. Bugün bu tür yataklardan birçoğu

işletilmektedir. Örneğin Güneybatı Afrika sahillerindeki kum ve çakıllardan elmas, Güneydoğu Asya sahillerinde, özellikle Endonezya adalarının bulunduğu bölgede, kalay cevheri elde edilmektedir. Avustralya'nın doğu sahillerinde ise büyük rutil ve zirkon yatakları senelerden beri işletilmektedir. 1968 yılında dünya rutil istihsalinin % 93'ü, zirkon istihsalinin ise % 83'ü bu bölgeden elde edilmiştir.

Denizlerin Altındaki Hammaddeler

Denizin tabanını teşkil eden kayalar içinde, kıt'asal yamaç bölgesinde, kaya tuzu, kükürt, kömür ve özellikle petrol ve tabii gaz yatakları vardır. Örneğin İngiltere'de, Şili'de, Japonya ve Taivan'da denizlerin altındaki kömür yatakları işletilmektedir. Bu durumda denizin altında bulunan tabakalar genellikle karalardaki tabakaların bir devamını teşkil etmektedirler.

Son yirmi sene içinde denizlerde petrol ve tabii gaz aramaları gittikçe artan bir hızla gelişmiş ve büyük bir önem kazanmıştır. Günümüzde dünya petrol istihsalinin % 20'ye yakını



Şekil 5 — Okyanusların sıg bölgelerindeki petrol ve tabii gaz yatakları. (W. Schott'a göre).

deniz altındaki yataklardan elde edilmektedir. Bu miktarın 198Ö'de 'r50'ye çıkacağı tahmin edilmektedir.

Denizlerin Altındaki Maden Yataklarının Aranması

Denizlerin altındaki maden yataklarının aranmasında uygulanan yöntemler ve kullanılan araçlar karalardakinden farklıdır. Aramalar sırasında aşağıdaki işlerin yapılması gerekir (6) :

1. İlgili yerde denizaltı topografyasının çıkarılması.
2. Arama yapılacak yerin tekrar bulunabilmesi için pozisyonunun belirlenebilmesi.
3. Deniz dibindeki muhtemel engellerin tesbiti (kablo, pipeline, enkaz vb.).
4. Deniz altı tabakalarının jeofizik yöntemlerle incelenmesi.
5. Deniz dibinin televizyon kameraları, fotoğraflar yardımıyla gözlenmesi.
6. Okyanusa ilişkin önemli bilgilerin tesbiti (akıntılar, dalgalar, tuzluluk, sıcaklık vb.).
7. Numune alma.
8. Büyük miktarda numune alma (cevher hazırlama deneyleri için).

Elde edilen bilgiler yatağın jenez ve kalitesi hakkında bilgi verirler.

Yukarıda sayılan işlerin yapılması sırasında ortaya birçok teknolojik sorunun çıkacağı açıktır. Bunlardan Özellikle şunlar önemlidir:

- Pozisyon tayıni kıyıda uzaklaştıkça güçleşmektedir. Kıyıdaki noktaların pozisyon tayıninde kullanılabilmesi halinde doğruluk birkaç metredir. Açık denizlerde ise birkaç kilometreden fazla olabilmektedir. Sunî peyklerden yararlanarak doğru ölçümler yapmak mümkündür, fakat bu ancak belirli zamanlarda yapılabilir.
- Deniz dibi yer tesbiti yöntemlerinin geliştirilmesi, numune alıcılarının önceden belirlenmiş yerlere indirilebilmesi yönünden önemlidir.

- Derin deniz dibinin topografyasının çıkarılmasında kullanılan yöntemler daha da geliştirilmelidir.
- Ölçmelerin doğruluğu ve bunlar için harcanan zaman arasında bir optimum bulmak gerekir. Bu konuda numune almadan yararlanılmaktadır. Geliştirilecek seri numune alıcılarla bu sorunun çözümü daha da kolaylaşacaktır. Gevgek, killi ve kumlu tabakalardan numune alarak bunları bozulmadan gemiye çıkarmak numune alıcıların başlıca özelliğidir.

Denizlerin Altındaki Maden Yataklarının İşletmeleri

Karalardan taşınan minerallerin birikmesiyle oluşmuş yatakların işletmelerinde genellikle baggerler kullanılmaktadır. Bu tür yataklarda derinlik pek ender durumlarda 50 m'nin üzerine çıkmaktadır. Denizlerde kullanılan baggerlerin güçleri karadakilerden oldukça küçüktür ve bu nedenle işletme masrafları daha fazladır. Daha büyük güçte araçların kullanılması ve artan derinliklerde kullanılmak üzere baggerlere yardımcı su altı işletme makinelerinin geliştirilmesiyle mevcut bu tür birçok yatağın ekonomik işletilmesi mümkün olacaktır.

Derin denizlerin dibindeki mangan yumruları ve metal çamurlarının işletmeleri çok daha zor ve masraflıdır. Henüz bu konuda elde edilmiş tecrübelerin az oluşu ve derinliğin az olduğu yerlerdeki çalışmalara dayanması, sorunun pratik çözümünü güçleştirmektedir. 1970 yılı yazında Deep Sea Venture Incorp. tarafından Florida açıklarında Blake - Plateau mevkiinde yapılan çalışmalarla 1000 m derinlikten mangan yumruları istihsal denemeleri yapılmıştır. Denemeler sırasında halat ucunda deniz dibine indirilen kepçeler kullanılmıştır.

Bu tür yatakların ekonomik işletilebilmeleri için uygulanabilecek yöntemler "süreksiz çalışan yöntemler" ve "sürekli çalışan yöntemler" olmak üzere iki gruba ayrılır.

Süreksiz çalışan yöntemlerde örneğin bir halata bağlı kablolar cevheri su yüzüne taşımaktadır. Diğerinde ise cevherin deniz dibine kadar uzatılan bir boru içerisinden sürekli olarak

yukarıya taşınması söz konusudur. Bu sistem soruna optimal bir çözüm getirecek niteliktedir.

Üzerinde durulan sistemler hidrolik istihsal sistemleridir. Bu amaçla su altında veya yüzeyde çalışan pompalardan ya-

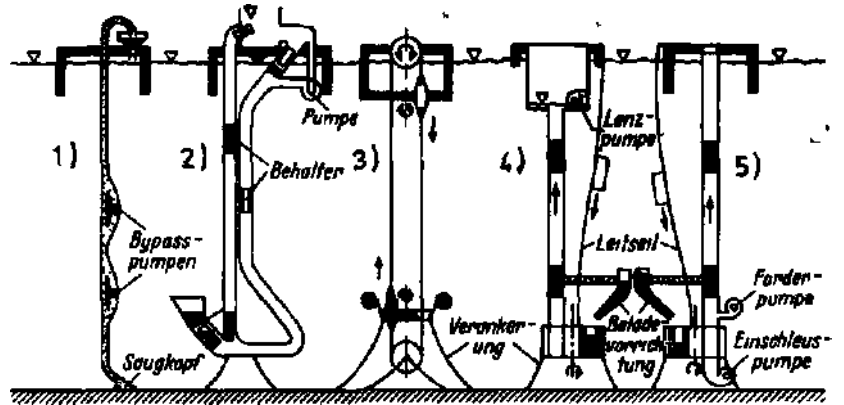


Şekil 6 — Deniz dibinden mangan yumrularının çıkarılışı (derinlik 1000 m).

rarlanılır. Sistemlerin en büyük dezavantajı, deniz altına uzanan boru uzunluğunun engebelere uyacak biçimde uzayıp kısalmasının gerekeceği ve aşınmaların fazla oluşudur.

Denizin tabanında bulunan cevherlerin istihsalinde uygulanması düşünülen birçok sistemlerden bazıları aşağıda şekilde gösterilmiştir (Şekil 7).

Birinci hidrolik sistemde denizin dibine kadar tek boru inmekte ve alt ucu emme başlığı olarak çalışmaktadır. Boruya eklenen by-pass pompaları ile "su yukarı doğru hareket ettirilmekte ve bu arada cevher parçaları da birlikte yukarıya taşınmaktadırlar.



Şekil 7 — Deniz dibindeki cevherlerin istihsalı için öngörülen sistemler: 1. Hidrolik İstihsal (katı/sıvı), 2. Çift borulu, kaplı istihsal, 3. Kablolü istihsal, 4. Tek borulu Lenz sistemi, 5. Tek borulu basınçlı su sistemi.

ikinci sistem "çift borulu istihsal yöntemidir". Deniz dibine kadar indirilen çift borunun birinden boş cevher kablaları aşağıya doğru basılan su ile hareket ederek dibe inmekte ve siloda dolduktan sonra yukarıya yine suyun yardımıyla gelmektedir.

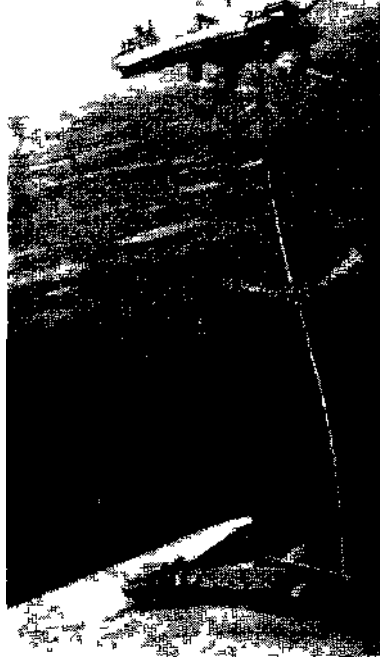
Üçüncü sistem mekanik bir sistem olup halata bağlı kablarm depodan doldurulup yukarı çekilmesi şeklinde çalışır.

Dördüncü sistem tek borulu hidrolik bir sistemdir. Cevher kablaları bir halat boyunca dibe indirilip siloda dolduktan sonra boruya geçirilmekte ve boru içerisinde yukarı doğru hareket eden su ile birlikte yükselip yüzeye gelmektedir.

Diğer bir hidrolik sistem ise şekilde en sağda görülen tek borulu sistemdir ve bir öncekinde olduğu gibi cevher taşıyan kablarm bir halat boyunca deniz dibine inip dolarak boruya girmekte, fakat diğerinden fark olarak, borunun alt ucuna yerleştirilmiş santrifüj pompaların verdiği basınçlı suyun hareketiyle yukarıya çıkarılmaktadır.

Görüldüğü gibi sistemlerin çoğunda cevher belirli bir depodan yüklenmek durumundadır. Cevherin toplanıp depoda biriktirilmesi sorunun diğer zor yönüdür. Şekil 8'de bu işlem için öngörülen yine birçok makineden birisi görülmektedir.

Maden çamurlarının istihsalinde ise su dibine indirilecek bir borudan çamurun emilerek yukarıya çıkarılması akla en yakın gelen yöntemdir. Bu takdirde emici başlığın, ilerleme hızı düşük olacak büyüklükte seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 8 — Okyanuslarda cevher istihsali.

Çıkarılan cevherlerin hazırlanmasına ilişkin çalışmalar henüz gereği gibi yapılamamıştır. Fakat bilinen yöntemlerle ayırımın büyük ölçüde gerçekleştirilebileceği kamsı yaygındır (8).

Denizlerin altındaki yataklarda bulunan petrol ve tabii gazın işletilmesi cevherlerinki kadar güç olmamaktadır. Çalışılan su derinlikleri halen 400-500 m'ye erişmiştir. Cevher yataklarının derinliklerine göre bu derinlikler fazla olmamakla beraber büyük yatırımları gerektirmektedir.

Sondaj ve istihsal işlemlerinde plâtıformlardan yararlanılmaktadır. Bunlar çalışılan yerlerdeki deniz şartlarına göre de-

ğışık tiplerdedirler. Son zamanlardaki gelişim kendi kendine hareket edebilen ünitelerin yapılması yönündedir.

Okyanuslardaki cevher yataklarının işletilmesi birçok sorunu olan yeni bir konudur. Sorunların çözülmesi için gerekli çalışmaların verimini arttırmak üzere ulusal çalışmalar yanı sıra uluslararası çalışmalar da yapılmaktadır. Arama ve işletme için gerekli teçhizatın geliştirilmesi ve imali büyük yatırımları gerektirdiğinden uluslararası koordinasyon bazı alanlarda kaçınılmaz olmaktadır, insanlığın geleceği bakımından büyük önem taşıyan okyanuslara ve ihtiva ettikleri kaynaklara ilişkin çalışmaları izleyip yurdumuz olanakları yönünden değerlendirilmelerini yapmak, muhakkak ki ihmal edilmemesi gereken bir konu olarak önümüzde durmaktadır.

Bibliyografik Tanıtım

1. Boıgk, H. u. H. Porth: "Zur Frage der Erdölhöffigkeit des Aussenschelfs und des Kontinentalabhanges". Erdöl und Kohle - Petrochem. Verein Brennstoff-Chemie, 23 (1970), s. 137/44.
2. Dean, J. T.- "Future Offshore Needs and Potential in Deep Ocean Environments". VTTnin düzenlediği seminer, 1970 Celle.
3. Mero, J. L.: "nie Mineral Resources of the Sea". Elsevier, Amsterdam 1965.
4. Schott, W.: "Möglichkeiten der Nutzung mineralischer Rohstoffe aus dem Meeresboden und dem Meeresuntergrund". Inter ocean 70, Bd. 1, s. 23. VDI-Verlag, Düsseldorf.
5. Degens, E. T.; u. Ross, D. A.: "Hot Brines and Recent Heavy Metal Deposits in the Red Sea". Berlin, Springer 1969.
6. Sassmanshausen, G.: "Technische Probleme der Nutzung der marinen Lagerstälten". Inter ocean 70, Bd. 1, s. 29. VDI-Verlag, Düsseldorf.
7. Hering, N.: "Aufsuchen und Ausbeuten von Manganknollenvorkommen "Probleme", Entwicklungsstand und Aussichten". Mineralische Rohstoffe aus dem Meer. Vortragsmanuskripte, Bd. II, s. 136, TU-Clausthal.
8. Clement, M.: "Einführung in die Fragen der Aufbereitung mariner Mineralrohstoffe". Mineralische Rohstoffe aus dem Meer. Vortragsmanuskripte, Bd. H, s. 261, TU-Clausthal.