



## Doğal Soda Yatakları ve Ekonomik Önemleri *Natural Soda Deposits and their Economic Importance*

Cahit HELVACI Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova, İzmir  
(e-posta: cahit.helvaci@deu.edu.tr)

### Öz

Doğal sodyum karbonat mineralleri (soda mineralleri) ya Tersiyer yaşlı playa - göl tortuları içinde oluşmuş, gömülü fosil trona yataklarından yahutta güncel alkalın göl ve playaların salamuralarından elde edilmektedir. Dünya'da bilinen fosil yatakları, Wyoming'teki (ABD), Green River Formasyonu; Beypazarı'ndaki (Türkiye) Hırka Formasyonu ve Wucheng'teki (Çin) Wulidui Formasyonu içinde tespit edilmiştir. Soda içeren güncel alkalın göl ve playalar ise sırasıyla Searles Gölü (A.B.D) Magadi Gölü (Kenya), San Critobal Ecatepec Playası (Meksika), Sowa Pan Playası (Botsvana) ve potansiyel olarak Van Gölü (Türkiye) bilinmektedir.

Fosil soda yatakları, ve güncel soda playa-gölleri genel olarak kıta içi karasal, kurak veya yarı kurak çevresinde Na'ca zengin volkanik ve magmatik kayaların yaygın olduğu, yüzey ve sıcak su kaynakları ile beslenen havzalarda evaporasyon sonucunda oluşmuş veya oluşmaktadır. Soda yatakları, çoğunlukla şeyil veya bitümlü şeyil katmanlarıyla ardalanmalı olarak bulunur. Van gölü gibi derin olan göllerde ise soda konsantrasyonu yeterli düzeye erişemediğinden bu göllerden soda üretimi bugün için ekonomik değildir.

Soda ve soda külü, başlıca cam üretiminde  $Na_2O$  kaynağı, birçok sodyumlu kimyasal maddelerin yapılmasında suların temizlenmesinde, kağıt üretiminde, demir cevherlerinden kükürtlerin alınmasında ve birçok diğer alanda kullanım alanı bulmaktadır. Soda külünün tuzlardan ve fosil trona yataklarından elde edilmesi gittikçe önem kazanmasına rağmen dünya üretiminin büyük bir kesimi 40'dan fazla ülkede 60 civarındaki fabrikada sentetik olarak solvay yöntemiyle üretilmektedir. Doğal yataklardan soda üretimi, başlıca A.B.t). Meksika ve Kenya'da yapılmaktadır. Sentetik soda üretimi ise başlıca S.S.C.B., İngiltere, Batı Almanya, Fransa, Çin, Bulgaristan ve Japonya'da yapılmaktadır. Yıllık dünya soda üretimi yaklaşık 30 milyon ton civarında Türkiye'de ise Mersin Soda Sanayi yılda ortalama 300.000 ton yapay soda üretmektedir. Bu üretime, Beypazarı doğal soda yatağından bir an önce üretim yapılarak büyük oranda katkıda bulunulmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Beypazarı, pazarlama, soda mineralleri, soda külü, trona.

### Abstract

*Natural sodium carbonate minerals (soda minerals) are exploited commercially either by mining beds of buried fossil trona deposits formed in Tertiary playa-lake sediments or by extraction from the brines of recent alkaline lakes and play as. The known fossil deposits of the world are located within Green River Formation, Wyoming (U.S.A), Hurka Formation, Beypazarı (Turkey) and Wulidui Formation, Wu cheng (Chine). Soda-rich recent alkaline lakes, and playas are as follows, Searles Lake (U.S.A), Lake Magadi (Kenya), San Critobal Ecatepec Playa (Mexico), Sowa Pan Playa (Botswana) and as future potential, Van Lake (Turkey).*

*In general, fossil soda deposits and recent soda playa-lakes were formed or are presently forming by evaporation within intercontinental basins, in arid or semi-arid areas, fed partly, by surface streams and partly by thermal springs, and surrounded by abundant Na-rich volcanic and magmatic rocks. Soda deposits alternate generally with shale and bituminous shale beds. Soda extraction from the deeper lakes, such as Van Lake, is not presently economical, as soda concentration has not yet reached to sufficient level of concentration.*

*Soda and soda ash are used as a source of  $Na_2O$  in glass manufacture, in the production of various sodium chemicals, in water treatment, paper production, iron desulfurization, and many other uses. Although, production from brines and fossil trona deposits is becoming increasingly important, the bulk of the world's soda ash is produced synthetically by some 60 solvay plants in more than 40 countries. Soda production from natural deposits are mainly limited to U.S.A., Mexico and Kenya. Major soda producers by solvay plants are mainly U.S.S.R., UK, West Germany, France, China, Bulgaria, and Japan.*

*Annual soda production of the world is approximately 30 million tons, whereas Mersin Soda Industry in Turkey produces annually, approximately 300.000 tons soda ash by solvay plant. It must be contributed to Turkey's annual soda ash capacity by production from the Beypazarı natural deposit in the nearest future.*

**Key Words:** Beypazarı, marketing, soda minerals, soda ash, trona.

## GİRİŞ

Doğal soda (trona) madeni, Beypazarı'nda MTA tarafından 1979 yılında bulundu (Narin, 2000). Bugüne dek basında bu maden değişik yönleriyle ele alındı. Türkiye'de zırlı araç ihalelerini kazanan ve 1988 yılında 1 milyar dolarlık anlaşma imzalayan FMC adlı Amerikan şirketinin madencilik bölümü Beypazarı trona yatağıyla ilgilenmeye başladı. "Alkali Chemicals Division" adını taşıyan bu bölüm, konuyla ilgili olarak Etibank'la ilişkiye geçti. Bu durum ilk kez Uğur Mumcu tarafından Cumhuriyet Gazetesinde konu edildi (Mumcu, 1991). Enis Berberoğlu da 25 Nisan 1992 tarihli Hürriyet Gazetesinde, Beypazarı trona yatağı üzerinde Amerikan FMC şirketi ile Belçikalı Sol vay şirketi arasında yaşanan 300 milyon dolarlık ihale kavgasını ve bunun Çankaya'ya kadar nasıl uzandığını dile getirdi (Berberoğlu, 1992). 1993 yılı basında Başbakan Sayın Demirel, Türkiye'nin gerçekleştireceği "mega projeleri" açıkladı ve Beypazarı Soda ve Soda Külü Tesislerinin, belirlenen bu on adet "mega proje" içinde öncelikle gerçekleştirileceğini bildirdi. Sayın Erbakan da başbakan iken, bilinen kendine özgü tavrıyla Beypazarı trona tesisleri için göstermelik bir temel attı (Bilge, 1996; Doğru, 1996). Bu törende sondaj makinasıyla yalnız bir delik açıldı ve bugüne değin başka hiç bir çalışma yapılmadı. 1996 yılında başlatılan ve 1999 yılında bitirilmesi öngörülen bu proje için yapılacak 14 trilyon TL yatırıma karşılık yalnızca 500 milyar lira ayrıldı (Özkan, 1997). Sayın Mesut Yılmaz'ın da bu projenin farkına vardığı ya da bu projeyi düşünmek için zaman ayırdığı söylenemez. Ne yazık ki Ankara'nın hemen yanibaşında, Beypazarı ilçesinde bulunan dünyanın ijdnci büyük doğal soda (trona) yatağı için bugüne dek siyasi şovlar dışında ciddi bir çalışma ve ilerleme gerçekleştirilemedi.

ABD'nin Wyoming Eyaletinin Rock Springs kentinde 10-12 Haziran 1997 tarihleri arasında "Birinci Uluslararası Soda Külü Konferansı" toplandı. Bu konferansta soda ve soda külünün üretilmesinden ekonomik değerine kadar tüm konular tartışıldı. Bu konuda bir tartışmaya zemin hazırlamak için gecikmeli de olsa bu yazının kaleme alınması zorunlu oldu. Konu son derece önemlidir. Beypazarı projesi gerçekleştirildiğinde, Türkiye, bu çok gerekli endüstriyel hammadde

alanında dünyanın en etkili ülkelerinden biri durumuna gelecek ve ülke ekonomisi bundan büyük yarar sağlayacaktır (Helvacı, 1998).

Beypazarı trona yatağındaki son durum ise, trona projesinde işbirliği ve ortaklık tesis etmek suretiyle, sahadan üretilecek trona cevherini işleyerek yurtiçi ve yurtdışında pazarlanmasını yapmak üzere; Eti Holding A.Ş., Park Holding A.Ş. ve Bayındır Holding A.Ş. ortaklık tesis etmiştir. Daha sonra Bayındır Holding A.Ş. projeden çekilmiş ve yerine Vakıflar Bankası T.A.O. geçmiştir. Bu ortaklık çerçevesinde 990 metrelik desandrenin etütleri tamamlanarak üst trona zonundaki damarları kesecek şekilde açılması tamamlanmıştır. Deneme üretimi için jeoteknik çalışmalar, ayak çalışmaları ve proses pilot test çalışmaları devam etmektedir (Aydın ve Şenkal, 2001).

## DOĞAL SODA (TRONA) NEDİR ?

Arapçada tuz sözcüğünün kısaltılmışı olan trona, doğal soda olarak bilinen sodyum karbonat tuzudur. Beyaz, saydam veya yarı saydam görünüşlü doğal soda, açık havada uzun süre bekletilirse, kristal suyunu kaybederek un şeklinde ayrışır. Doğal sodaya fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından çok benzeyen diğer sodyum karbonat tuzları; nahkolit, pirsonit, termonatrit, şortit ve bir alimünyum tuzu olan davsonit, doğal soda ile birlikte az veya çok miktarlarda bulunabilir.

Sodyum karbonat minerallerinin en yaygın olanı trona ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) dır, bunu sırasıyla nahkolit ( $\text{NaHCO}_3$ ), termonatrit ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ve natron ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) izler. Na ve Ca karbonat mineralleri ise şortit ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{CaCO}_3$ ), pirsonit ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ve gaylusittir ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ). Çizelge l'de sodyum karbonat içeren önemli mineraller verilmiştir. Sodyum ve kalsiyum karbonat minerallerinin dünyadaki dağılımları çok azdır. Bununla birlikte belli yörelerde ve özgün koşullarda konsantrasyonlarının çok fazla orandaki artışı ekonomik doğal soda yataklarının oluşumunu sağlar. Doğal soda yatakları ve güncel soda playagöller, genel olarak kıta içi karasal, kurak veya yarı kurak, çevresinde Na'ca zengin volkanik ve magmatik kayaçların yaygın olduğu, yüzey ve sıcak su kaynakları ile beslenen havzalarda evapo-

## DOĞAL SODA YATAKLARI ve EKONOMİK ÖNLEMLER

rasyon sonucunda oluşmuş veya oluşmaktadır. Soda yatakları, çoğunlukla şeyi veya bitümlü şeyi katmanlarıyla ardalanmalı olarak bulunur. Van gölü gibi derin olan göllerde ise soda konsantrasyonu yeterli düzeye erişmediğinden, bu göllerden soda üretimi bugün için ekonomik değildir.

Beypazarı trona yatağı, saptanan 240 milyon ton rezerviyle, A.B.D Wyoming trona yatağından sonra dünyada ikinci büyük yataktır. Kenya, Meksika ve Rusya'da soda yatakları vardır. Son yıllarda Çin, Botsovana ve Avustralya'da da doğal soda bulunmuştur. Doğal soda yataklarının bulunması yapay solvay yöntemiyle soda üretimini olumsuz şekilde etkileyecektir. Doğal soda, cam, şişe ve kimya sektörünün çok önemli girdisi olup çözeltili ve klasik madencilik teknikleri ile üretilmektedir.

### TRONA VE SODA KÜLÜNÜN KULLANIM ALANLARI

Soda ve soda külü; başlıca, cam üretiminde  $\text{Na}_2\text{O}$  kaynağı, birçok sodyumlu kimyasal maddelerin yapılmasında, suların temizlenmesinde, kağıt üretiminde, demir cevherlerinden kükürtlerin alınmasında ve başka birçok alanda kullanım alanı bulmaktadır. Doğal soda, cam ve şişe, petrol, kağıt, deterjan, kimya ve kostik soda gibi birçok sanayi kolunun yararlandığı önemli bir endüstriyel hammaddedir.

Çizelge 1. Sodyum karbonat içeren mineraller.

Table I. Sodium carbonate-bearing minerals.

Mineral	Bileşim	% $\text{Na}_2\text{CO}_3$ <sup>1</sup>
Termonatrit (monohidrat)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	85.5
Wegşeyderit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 3\text{NaHCO}_3$	74.0
Trona (seskuikarbonat)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	70.4
Nahkolit (sodyum bikarbonat)	$\text{NaHCO}_3$	63.1
Bradleyit	$\text{Na}_2\text{PO}_4 \cdot \text{MgCO}_3$	47.1
Pirsonit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	43.8
Takit	$2\text{MgCO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{SO}_4$	42.6
Northupit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaCl} \cdot \text{MgCO}_3$	40.6
Natron (sal soda veya yıkama sodası)	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	37.1
Davsonit	$\text{NaAl}(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	35.8
Gaylusit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	35.8
Şortit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{CaCO}_3$	34.6
Burkeit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 2\text{Na}_2\text{SO}_4$	27.2
Hanksit	$2\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 9\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{KCl}$	13.6

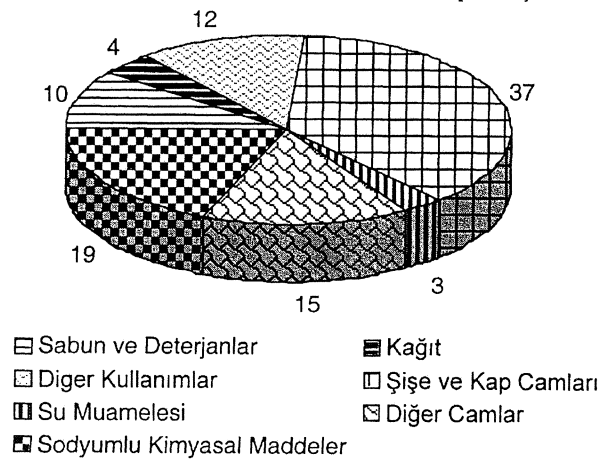
<sup>1</sup> Karbonata çevrilmiş bikarbonatı da içerir.

<sup>1</sup> Includes bicarbonate converted to carbonate.

Sodanın en önemli kullanım alanı cam sanayidir. Dünya üretiminin yaklaşık %52'si bu sektörde tüketilmektedir, ikinci önemli tüketim alanı ise % 19 ile sodyum kimyasal maddelerin üretimidir. Kullanılan diğer sanayi dalları; sabun ve deterjan (%10), pulp kağıt (%4), metalürji, su arıtma (%3), tekstil, seramik, petrol rafineri, deri tabaklanması, endüstriyel atıkların temizlenmesi, fotoğraf ve gübredir. Diğer kullanım alanlarının toplamı yaklaşık % 12 civarındadır (Şekil 1).

Beypazarı doğal soda yatağının işletmeye açılmasıyla, birçok sanayi kolunun soda girdisi yerli kaynaklardan ve daha ucuz elde edilecektir. Türkiye'de özellikle gelişmiş durumdaki şişe ve cam sanayi, soda külü gereksinmesini daha kolay ve ucuz olarak karşılayabilecektir. Seydişehir Alimünyum işletmeleri'nde elektrik enerjisinden sonra en önemli maliyet girdisi, süt kostiktir. Süt kostik, doğal sodadan ucuz olarak elde edilebilecektir. Beypazarı doğal soda yatakları, sodyum karbonat hammaddesi kullanan birçok sanayi kolunun gereksinmesini karşılayacaktır.

Doğal soda yataklarının cazip hale getiren diğer bir önemli husus, sentetik sodaya göre daha ucuz üretim maliyetidir. Çevre kirlenmesine yol açan sentetik soda üretiminin, çevre için alınacak tedbirler sebebiyle, maliyeti daha da artmaktadır. Doğal soda külünün sentetik soda külüne nazaran birim maliyetler açısından sahip olduğu büyük avantaj nedeniyle, geçtiğimiz 30 yıl içerisinde ABD'de mevcut 17 sentetik soda külü tesisi kapanmıştır.



Şekil 1. Soda külünün kullanım alanlarının dağılımı.

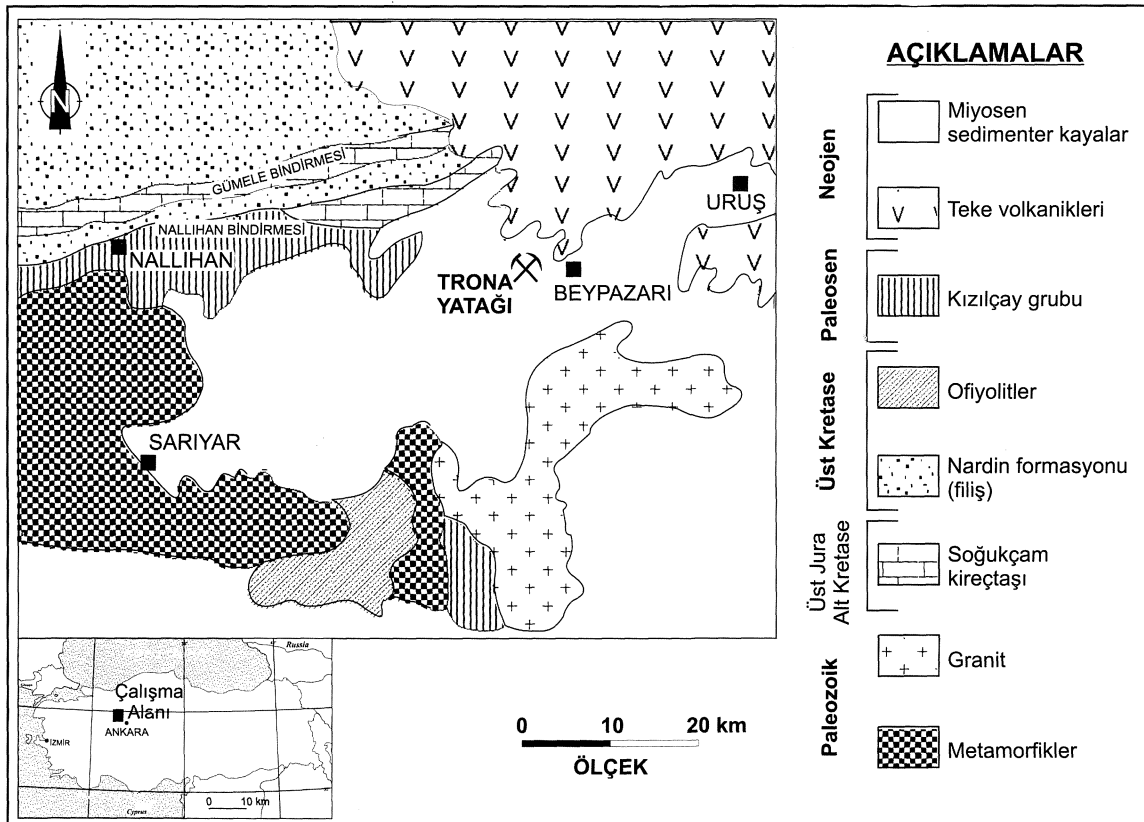
Figure 1. Consumption of soda ash by end use.

## BEYPAZARI DOĞAL SODA (TRONA) YATAĞININ ÖNEMİ

Dünya'da, doğal olarak çok az sayıda soda yatağı bulunmaktadır. Dünya'nın en büyük soda yatağı Amerika'da olup ve 50 milyar ton rezerve sahiptir. Bunun dışında Çin ve Kenya'da da küçük çaplı iki soda yatağı mevcuttur. Türkiye'de ise ilk defa Beypazarı'nda MTA tarafından kömür arama sondajları sırasında bulunan yaklaşık 240 milyon ton rezerve sahip yatak Türkiye için büyük bir kaynaktır.

Ankara'nın kuzeybatısında, Beypazarı civarında Neoj en yaşlı tortul ve volkanik kayalar, geniş bir alanda yayılım gösterir. Bu Neoj en tortul kayaları, linyit, bitümlü şeyi ve doğal soda (trona) yataklarını içerir. Neojen kaya birimleri egemen olarak akarsu ve playa tipi sığ göl ortamlarında çökelmiştir. Trona yatağının oluşması için gerekli olan Na iyonunun kaynağı, tortullarla ardalanmış tuf ve tüftler ile Beypazarı havzasının kuzeydoğusundaki tortullarla girik olarak bulunan yaygın Neojen volkanik kayalardır.

Beypazarı Neojen havzasındaki trona yatağı, 1979 yılında, MTA tarafından yapılan linyit arama sondajları sırasında, sondaj suyunun köpürmesiyle raslantı sonucu bulundu (Narin, 2000). Bulunan soda yatağı, Beypazarı'nın 6 km kuzeybatısında ve yaklaşık 8''kırı'' alanda yayılım gösterir (Şekil 2). Trona yatağı Hırka Formasyonu'nun alt bölümünde olup, trona katmanları bitümlü şeyil ve kilttaşları ile ardalanmış olarak bulunur. Trona zonunun kalınlığı 70-100 m, toplam trona cevher kalınlığı yatağın kıyı kesiminde 1 .05 m , yatağın en kaim yerinde ise 34 m'ye erişir. Doğal soda yatağında toplam 33 trona katmanı bulunur. Bu soda katmanlarının kalınlıkları 40 cm ile 2 metre arasında değişir. Yüzeiden 250-300 metre derinlikteki soda yatağının görünür rezervi 210 milyon, toplam rezerv ise 240 milyon tondur. (Kayakıran v.d., 1986; Helvacı ve İnci, 1989). Soda yatağının orta bölümlerinde trona, kıyı bölümlerinde ise nahkolit minerali egemen olarak bulunur. Türkiye'de ilk kez Beypazarı'nda bulunan bu doğal soda yatağı, rezerv yönünden, Dünya'nın bu ikinci büyük yatağının işletme ruhsatı Etibank'a ait olduğu için, her türlü çalışma Etibank'ın denetiminde yapılmaktadır.



Şekil 2. Beypazarı trona (doğal soda) yatağının jeolojik konumu.

Figure 2. Geological setting of the Beypazarı trona (natural soda) deposit.

## DOĞAL SODA YATAKLARI ve EKONOMİK ÖNLEMLER

### DÜNYA TRONA POTANSİYELİ VE SODA KÜLÜ ÜRETİMİ

Doğal sodyum karbonat mineralleri (soda mineralleri), ya Tersiyer yaşlı playa-göl tortulları içinde oluşmuş, gömülü fosil trona yataklarından, ya da güncel alkalin göl ve playaların salamura-larından elde edilmektedir. Dünya'da bilinen fosil yataklar, Wyoming'teki (A.B.D) Green River Formasyonu; Beypazarı'ndaki (Türkiye) Hırka Formasyonu, ve Wucheng'teki (Çin) Wulidui Formasyonu içinde tespit edilmiştir. Soda içeren güncel alkalin göl ve playalar ise sırasıyla Searles Gölü (A.B.D), Magadi Gölü (Kenya), San Critobal Ecatepec Playası (Meksika), Sowa Pan Playası (Botsvana), ve potansiyel olarak Van Gölü (Türkiye) bilinmektedir (Şekil 3).

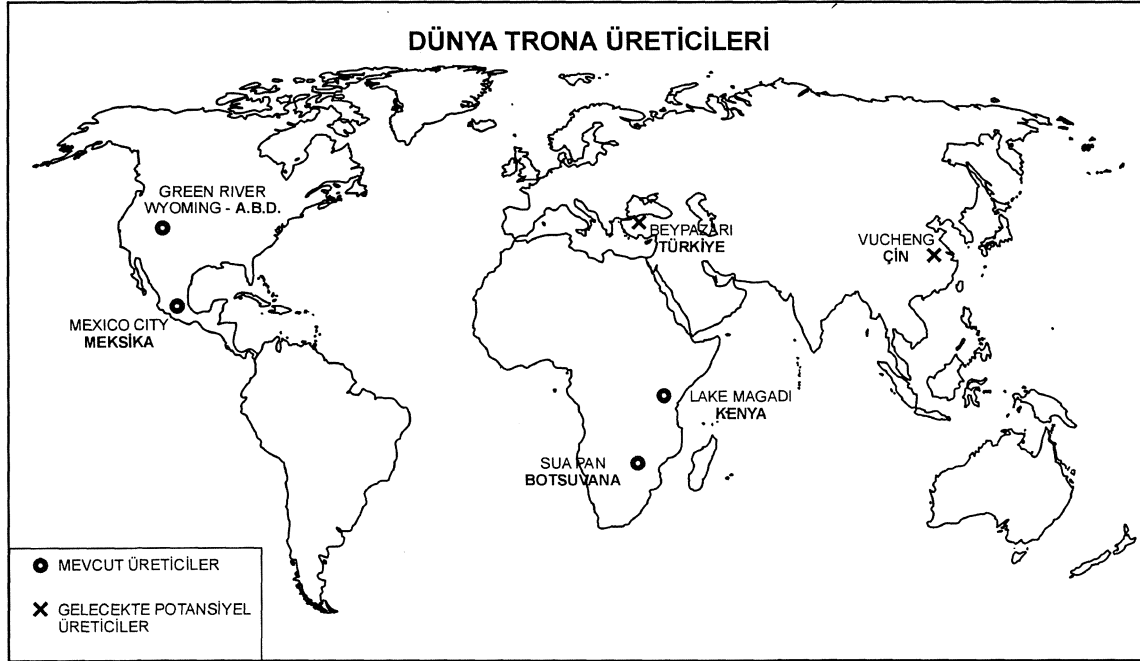
Günümüzde soda külü (sodyum karbonat-yaygın adıyla çamaşır sodası) iki değişik yöntemle üretilmektedir. Birincisi doğal soda veya (sodyum sesquikarbonat ve monohidrat-doğal soda) mineralinden doğal olarak, ikincisi ise tuz ile kireçtaşını hammadde olarak kullanan Solvay prosesi ile sentetik olarak elde edilir (Şekil 4 ve 5). Her iki yöntemle de "hafif ve ağır" soda külü olmak üzere iki tür üretilir. Hafif sodanın yoğunluğu 500-850 gr/lt arasında değişmekte olup daha ziyade deterjan ve çeşitli kimyasalların üretiminde kullanılır. Ağır

soda ise cam endüstrisinin en temel hammadde-lerinden biri olup yoğunluğu 950-1250 gr/lt arasında değişmektedir (Kostick, 1994).

Soda külünün, tuzlardan ve doğal trona yataklarından elde edilmesi gittikçe önem kazanmasına karşın Dünya üretiminin büyük bir kesimi 40'dan fazla ülkenin 60 civarındaki fabrikasında sentetik olarak solvay yöntemiyle üretiliyor. Doğal yataklardan soda üretimi, başlıca A.B.D., Çin, Meksika ve Kenya'da, sentetik soda üretimi ise başlıca Rusya, Ukrayna, İngiltere, Batı Almanya, Fransa, Çin, Bulgaristan ve Japonya'da yapılıyor. Yıllık dünya soda üretimi yaklaşık 30 milyon ton civarındadır. Türkiye'de ise Mersin Soda Sanayii ortalama 300.000 ton yapay soda üretiyor.

Dünya çapında 11 ülke 1 milyon ton civarında veya üzerinde soda külü üretebilme kapasitesine sahip bulunmaktadır. Bunların başlıcaları ABD, Rusya, Ukrayna, Çin, Almanya, Fransa, Bulgaristan ve Hindistan'dır. 1995 yılı itibariyle söz konusu ülkelerin üretimleri dünya üretimi içindeki payları Çizelge 2'de verilmiştir.

Türkiyede yapay soda üreten bir tek firma Mersin Soda Sanayisi olmasına karşın Avrupa'da yapay soda üreten firma sayısı 17 adettir. Beypazarı'ndaki yatağın işletmeye açılması halinde, Türkiye, hem Avrupa hem de Ortadoğu



Şekil 3. Trona (doğal soda) yataklarının Dünya'daki dağılımı.

Figure 3. Trona (natural soda) deposits of the world.

pazarında büyük pay elde edecektir.

Bugün için dünyada doğal soda külü üretimi 4 ülkede ekonomik olarak gerçekleştirilebilecek durumdadır. Bunlar ABD, Türkiye, Meksika ve Botswana (Afrika)'dır. ABD'de Wyoming trona yatağından, Meksika ve Botswana'da sodyum karbonatlı göl yataklarından soda külü üretimi yapılmaktadır. Aynı şekilde ABD'de Kerr-McGee'nin Kaliforniya'daki üretimi Searles Gölü yatağından ve Meksika'da ise San Cristobal Ecatepec'deki göl yatağından doğal soda külü üretilmektedir. Büyük oranda, 20 milyar ton'un üzerinde trona rezervine sahip Green River, Wyoming havzasında üretimlerini gerçekleştiren ABD'li üreticiler, doğal soda külünün sentetik soda külüne nazaran birim maliyetler açısından sahip olduğu büyük avantajı kullanarak geçtiğimiz 30 yıl içerisinde ABD'de mevcut 17 sentetik soda külü tesisinin kapanmasına yol açmışlardır. Batı Avrupada ise Belçika kökenli Solvay şirketi, Batı Avrupa Soda külü üretiminin %60'na sahiptir. Sentetik soda külü üretim prosesini ilk geliştiren Ernest Solvay'in 1863'de kurduğu şirket bugün Batı Avrupa'da 7 ülkeye dağılmış 9 üretim tesisi ve yıllık 4,2 milyon ton ile dünyanın en büyük üreticisi konumundadır. Asya'daki en büyük pazar konumundaki Çin, yavaş yavaş kendi sentetik üretim kapasitesini artırmış ve 1995'den itibaren kendi kendine yeter hale gelmeyi planlamış bulunmaktadır. Sadece geçtiğimiz yıl içerisinde 600.000 ton/yıl kapasiteli 3 ayrı tesisi ardı ardına işletmeye almıştır. Uzun yıllar tüketimini (yaklaşık 300.000 ton/yıl) ABD'den ithalatla gerçekleştiren Güney Afrika, hemen yakınında Botsvana'da sodyum karbonatlı göl yatağından soda külü üretmek üzere kurulan 300.000 ton/yıl kapasiteli tesisin üretime geçmesiyle söz konusu ithalatını tümünden kesmiş bulunmaktadır.

Üretim maliyetleri incelendiğinde, sağlanan doğal sodanın tonu 60 dolar buna karşın yapay sodanın tonu ise 120 dolardır. Soda külünün Batı Avrupa limanı teslim bazında satış fiyatı ortalama olarak 170-180 dolar/ton civarındadır. ABD'de 6 değişik firma yılda 11 milyon ton soda külü üretimi yapıyor. ABD'nin 1995 yılı iç tüketimi 7 milyon tondur ve üretimlerinin 4 milyon tonu ihraç ediliyor. İhracatın 2 milyon tonu Japonya başta olmak üzere Asya ülkelerine, 1 milyon tonu Latin Amerika ülkelerine, Avrupa'ya ise 200.000 ton ihracat yapıyor. Yani, ABD'nin ihracatının ancak

%5'i Avrupa'ya yapıyor. Batı ve Doğu Avrupa, Orta Doğu'nun 12 milyon tonluk talebi, sentetik soda külü üretimi ile karşılanıyor. Yılda 11 milyon ton tabii soda külü üreten ABD, pazarımız olabilecek bu bölgeye yılda 300.000-350.000 ton tabii soda külü ihraç ediyor. Beypazarı trona madeninin muhtemel satış bölgesi Türkiye, Batı ve Doğu Avrupa ve Ortadoğu'dur. Bu bölgenin 1996 yılı itibarıyla soda külü talebi yılda yaklaşık 12 milyon ton olup, yılda % 2.8 artarak 2000 yılında bu talebin 13 milyon tona ulaşması beklenmektedir (Çizelge 3). Beypazarı trona madeninin işletmeye alınması halinde pazar sıkıntısı olmayacak ve bu bölgeye 1 milyon ton/yıl satış yapılabilecek, dolayısıyla 170-180 milyon dolar döviz girdisi sağlanacaktır.

**Çizelge 2.** Ülkeler bazında soda külü üretimi (bin metrik ton olarak) (Kostick, 1996).

**Table 2.** Soda ash world production by country (thousand metric tons) (Kostick, 1996).

ÜLKE	1991	1992	1993	1994	1995
Avusturalya	300	300	300	300	300
Avusturya	150	150	150	150	200
Belçika	380	375	300	300	300
Bosna Hersek	X	25	20	15	15
Botsvana	62	124	126	174	202
Brezilya	200	200	200	200	200
Bulgaristan	893	517	259	300	300
Kanada	310	305	305	300	300
Çin	3,940	4,500	5,270	5,680	5,820
Kolombiya	121	121	121	121	121
Mısır	52	51	51	51	51
Fransa	1,140	1,100	1,222	1,200	1,200
Almanya	1,948	1,639	1,586	1,380	1,400
Hindistan	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500
İtalya	600	600	500	500	500
Japonya	1,103	1,057	1,056	1,050	1,070
Kenya	245	186	145	145	145
Kore	300	300	310	310	310
Meksika	449	440	440	440	450
Hollanda	400	400	400	400	400
Pakistan	147	146	186	180	180
Polonya	962	929	815	997	1,000
Portekiz	150	150	150	150	150
Romanya	471	452	371	350	350
Rusya	X	2,700	2,000	1,550	1,800
İspanya	500	500	500	500	500
Tayvan	109	91	100	100	100
Türkiye	385	385	385	385	385
Ukranya	X	1,000	800	660	475
Britanya	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A.B.D	9,000	9,380	8,960	9,320	10,100
TOPLAM	25,840	30,597	29,500	29,700	30,800

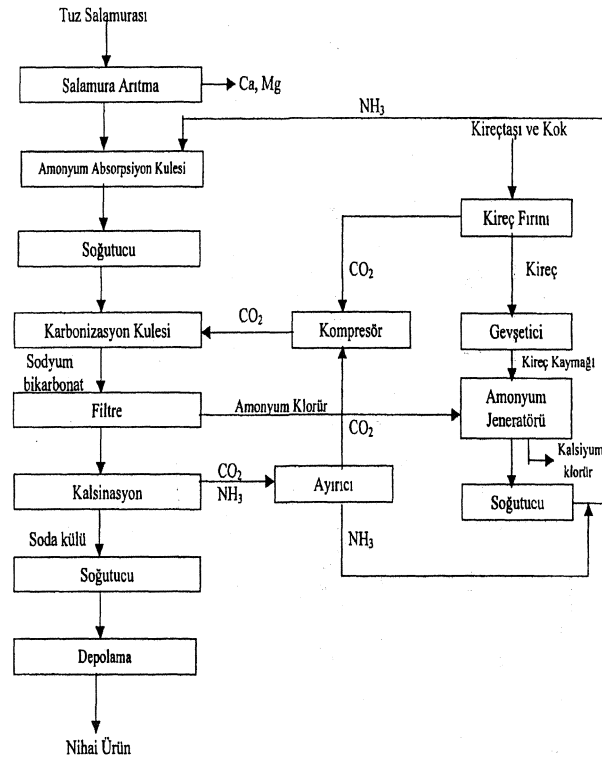
X: Veri yok.  
No data.

## DOĞAL SODA YATAKLARI ve EKONOMİK ÖNLEMLER

**Çizelge 3.** 1995-2000 yılları arasında dünya soda külü talebi tahminleri (1000 ton olarak) (Harben, 1997).

**Table 3.** World soda ash demand by region 1995-2000 (1000 metric tons) (Harben, 1997).

BÖLGE	TALEP 1995	ORTALAMA TALEP 2000	TALEPTEKİ YILLIK BÜYÜME ORANI
Kuzey Amerika	7,550	7,750	0,5%
Afrika	550	580	1,1%
Asya, Toplam	11,119	13,797	4,4%
Çin	5,304	6,765	5,0%
Japonya	1,330	1,250	-1,2%
Hindistan	1,603	2,100	%5,6
Endonezya	500	775	%9,2
Kore	700	825	%3,3
Tayvan ve Diğerleri	1,682	2,082	%4,4
Doğu Avrupa	3,800	4,100	%1,5
Orta Doğu	670	725	%1,6
Güney ve Orta Amerika	1,225	1,290	%1,0
Batı Avrupa	6,450	6,540	%0,3
TOPLAM	31,364	34,782	%2,1



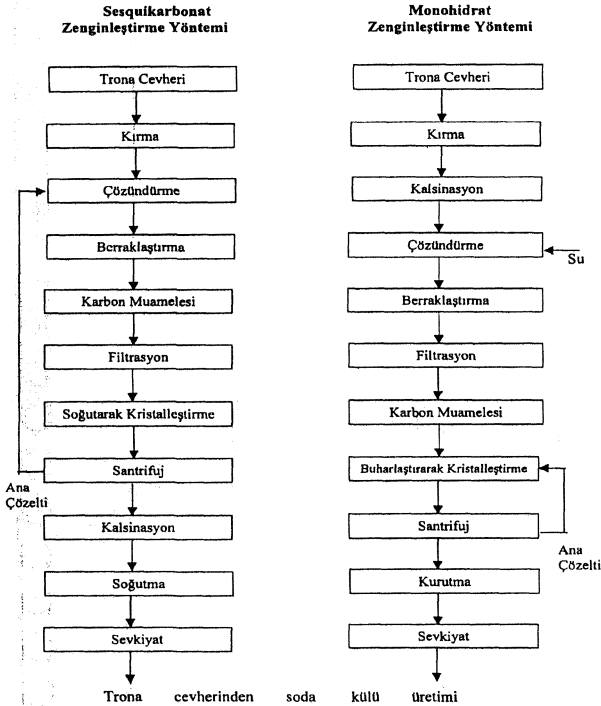
**Şekil. 5** Yapay Soda (Solvay ammonia-soda) üretim yönteminin akım şeması.

**Figure 5.** Flow diagram of the Solvay ammonia-soda process.

## SONUÇ

Dünya'da tüm gelişmiş ülkeler yeraltı kaynaklarını ekonomik ve bilimsel biçimde, planlı ve programlı olarak değerlendirmişlerdir. Ülkemizde, insanlar kendi alanları dışında bol laf üretmelerine karşın kendi uzmanlık alanlarında ürettikleri somut sonuçlar son derece kısıtlıdır. Dünyanın hiçbir yerinde bilimsel ve teknik işler, bu alanın dışındaki kişiler veya politikacılar tarafından çözülmüştür. Politikacıların görevi ancak uzmanlar tarafından ortaya konulan sonuçları uygulamaya koymak olmalıdır. Ülke sorunlarını, demografi yapmadan, açık yürekle bilim ve akim ışığında tartışmak ve çözmek zorundayız.

Etibank ve ortakları Beypazarı'ndaki bu yatağı işletmeye açtığı takdirde Türkiye, Ortadoğu ve Avrupa pazarlarında önemli bir paya kısa sürede sahip olabilecektir. Özellikle temel gereksinim alanlarında kullanıldığı için az gelişmiş veya gelişmiş tüm ülkeler sodayı kullanmak zorundadır. Doğal sodanın maliyeti yapay olana göre çok daha



**Şekil 4.** Doğal soda minerallerinden soda külü üretim yöntemlerinin akım şeması.

**Figure 4.** Production of soda ash from trona (natural soda) ore.

ucuz olduğu için, Türkiye pazarlamada büyük avantajlara sahip olacaktır. Kaybedilen her gün ülke zararına olmakta ve yeraltı rezervlerini uzun süre bekletmek büyük kayıplara sebep olmaktadır. Atatürk'ün dediği gibi "Bir milletin yücelmesi, yeraltı zenginliklerinin işlenmesine ve değerlendirilmesine bağlıdır".

Tüm yeraltı kaynaklarında olduğu gibi, Beypazarı trona yatağı da çeşitli politik gerekçelerle göstermelik temelleri atılmasına karşın ve trona yatağının ortaya konulmasından bu yana yaklaşık 18 yıl gibi uzun bir zaman geçmesine rağmen bir türlü işletmeye açılmamıştır. Sodanın, genellikle temizlik, cam ve kağıt sanayi gibi temel bazı sektörlerdeki kullanım alanları gözönünde tutulduğunda ne kadar önemli bir kaynağa sahip olduğumuz açıkça görülmektedir. Amerika'da yapay soda üretimi giderek azalırken ve doğal soda üretimi ise büyük bir hızla arttığı bir dönemde, Etibank ve ortakları zaman yitirmeden en kısa zamanda bu yatağı işletmeye açmalıdır.

### **KATKI BELİRTME**

Bu makaleye olumlu eleştirileriyle katkıda bulunan Prof.Dr. Taner ÜNLÜ'ye, yazım ve çizimlerde yardımcı olan Fuat ERKÜL ve Filiz İNCEDERE'ye teşekkür ederim.

### **EXTENDED SUMMARY**

Natural sodium carbonate minerals (soda minerals) are exploited commercially either by mining beds of buried fossil trona deposits formed in Tertiary playa-lake sediments or by extraction from the brines of recent alkaline lakes and playas. The known fossil deposits of the world are located within Green River Formation, Wyoming (U.S.A), Hırka Formation, Beypazarı (Turkey) and Wulidui Formation, Wucheng (China). Soda-rich recent alkaline lakes, and playas are as follows: Searles Lake (U.S.A), Lake Magadi (Kenya), San Critobal Ecalepec Playa (Mexico), Sowa Pan Playa (Botswana) and as future potential, Van Lake (Turkey).

The Beypazarı (Ankara) trona deposit located north of the Zaviye village is associated with shale in the lower part of the Hırka Formation and alternates with bituminous shale and claystones. Based

on borehole data, the areal extent of the trona deposit is estimated to be approximately 8 square kilometers. The trona beds were deposited as two lensoidal bodies within a 70- to 100-meter-thick zone in the lower part of the shale unit. A total of 33 trona beds are known: 16 in the lower trona lens and 17 in the upper lens. The total thickness of the lower trona sequence ranges from 40 to 60 meters and the total thickness of the upper trona sequence is about 40 meters. The interval between the lower and the upper trona sequence varies from 30 to 35 meters. The total thickness of the trona beds in both lenses varies between 21 and 34 meters in the central parts, and between 2.5 and 12 meters in the marginal parts of the ore bodies. The thickness of individual trona beds in both trona horizons ranges from 0.4 to 2 meters. Trona in the central parts and nahcolite in the marginal parts of the soda deposit are abundantly found. Proven trona reserves are 210 Mt [million metric tons (tonnes)] and total reserves are estimated as 240 Mt.

The trona deposits of the Green River Basin in southwestern Wyoming (U.S.A) are the world's largest resource of natural soda ash. Wyoming is often referred to as the "Soda Ash Capital of the World" because of the enormous world-class trona reserves found in the Green River Basin. Trona, sodium sesquicarbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), was precipitated in a lacustrine environment during the restrictive stages of the Wilkins Peak Member of the Eocene Green River Formation in southwestern Wyoming. Textural variations of the bedded trona deposits are suggestive of multiple depositional scenarios. Because it is composed of 70% sodium carbonate, trona is referred to as natural soda ash. Over 90% of the United States soda ash is produced by five Wyoming trona companies. This equates to over 30% of the world's soda ash production. The total resource of Wyoming trona deposits (22 persistent trona beds) is estimated at 122 billion tonnes (metric tons), or 122 gigatonnes (Gt). Of this, 36 Gt of economical trona reserves are mineable by current technology, including conventional "hard rock" methods, mechanized extraction (drum-miner and boring machines), and hydraulically supported longwall shearing.

Natural sodium carbonate-bearing minerals occur widely in China. Approximately thirty alkali lakes and natural soda mines have been exploited.



## DOĞAL SODA YATAKLARI ve EKONOMİK ÖNLEMLER

Some of the larger natural soda deposits are concentrated in the Nanyang basin and on the Inner Mongolia plateau. Proven total sodium carbonate reserves are 154 Mt. About 83.5% of these reserves is contained in the Henan Province, and 15.5% of the reserves is contained in the Inner Mongolia Autonomous Region. The Wucheng trona deposit was discovered in 1971 during petroleum exploration. It is located in southern Henan Province, 18 km west of Tongbai County at latitude 32.4°N, longitude 113.5°E. The deposit occurs in the central part of the Paleogene faulted Wucheng basin and was formed in the Eocene Epoch. The trona beds occupy an area of 4.66 km<sup>2</sup> at depths of 643 to 974 m. Resources of the Wucheng trona deposit total 36.8 Mt sodium carbonate and 17.8 Mt sodium chloride. The sodium carbonate-bearing minerals include mainly trona and nahcolite associated with shortite, northupite, and NaCl.Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.(MgFe)CO<sub>3</sub>.

In general, fossil soda deposits and recent soda playa-lakes were formed or are presently forming by evaporation within intercontinental basins, in arid or semi-arid areas, fed partly by surface streams and partly by thermal springs, and surrounded by abundant Na-rich volcanic and magmatic rock. Soda deposits alternate generally with shale and bituminous shale beds. Trona beds are deposited in playa-lake environment in basins, which are restricted by the mud flats and fed by Na-rich solutions and springs. Bituminous shales, which are accumulated during the expansion periods of the playa-lake, alternate with trona beds. Soda extraction from the deeper lakes, such as Van Lake, is not presently economical, as soda concentration has not yet reached to sufficient level.

Soda and soda ash are used as a source of Na<sub>2</sub>O in glass manufacture, in the production of various sodium chemicals, in water treatment, paper production, iron desulfurization, and many other uses. Although, production from brines and fossil trona deposits is becoming increasingly important, the bulk of the world's soda ash is produced synthetically by some 60 solvay plants, in more than 40 countries. Soda production from natural deposits are mainly limited to U.S.A., Mexico and Kenya. Major soda producers by solvay plants are mainly U.S.S.R., U.K., West Germany, France, China, Bulgaria, and Japan. Annual soda production of the world is approximately 30 million tons,

whereas Mersin Soda industry in Turkey produces, annually, approximately 300.000 tons soda ash by solvay plant. It must be contributed to Turkey's annual soda ash capacity by production from the Beypazarı natural deposit in the nearest future. Turkey, Western and Eastern Europe, and the Middleast are the probable markets to offer Beypazarı trona ore. The soda ash demand of the region was approximately 12 million tons in 1996, and the demand, with an increase at a rate of 2.8 % per year, is estimated to reach 13 million tons in 2000. The marketing difficulties will not exist after operation of Beypazarı trona deposit, and 1 million ton ore per year can be sold in the regions mentioned above. Consequently, the marketing of the Beypazarı trona ore can provide 170-180 million US dollars.

### DEĞİNİLEN BELGELER

Aydın, Y. ve Şenkal, S.S., 2001. Beypazarı trona yatağını işletmeye alma çalışmaları. Türkiye 17. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi - TUMAKS 2001, Ankara, s. 57-65.

Berberoğlu, E., 1992. Soda külünde kavga. 25 Nisan 1992, Hürriyet.

Bilge, Y., 1996. Hoca soda tekellerine karşı. 12 Kasım 1996, Yeni Yüzyıl.

Doğru, N., 1996. Heykel'e kızan da Refahlı, tronayı çıkartan da Refahlı. 12 Kasım 1996, Sabah.

Harben, R., 1997. Soda ash goes global for growth. First international Soda Ash Conference, Rock Springs, WY, USA, s. 33.

Helvacı, C. ve İnci, U., 1989. Beypazarı trona yatağının jeolojisi, mineralojisi, jeokimyası ve yörenin trona potansiyeli. TÜBİTAK Proje No: TBAG-685. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, s. 159.

Helvacı, C., 1998. The Beypazarı trona deposit, Ankara province, Turkey. In: Proceedings of the First International Soda Ash Conference (John R. Dyni and Richard W. Jones, editors), Volume II. Wyoming State Geological Survey Public Information Circular 40, Laramie, USA, s. 67-103.

Kayakıran, S., Akıncı, Ö., Çelik, E. ve Dündar, A., 1986. Beypazarı trona yatağının jeolojisi. IV

Mühendislik Haftası. Bildiri Özetleri, İsparta, s. 75-76.

Kostick, D.S., 1994. "Soda ash" in industrial Minerals and Rocks. 6 th ed. D.D. Carr, ed., SME, Littleton, CO. USA, s. 929-958.

Kostick, D.S., 1996. "Soda ash", US Geol. Surv. Annual Review-1995, USA, s. 10.

Mumcu, U., 1991. ABD ve trona, 18 Eylül 1991 Cumhuriyet.

Narin, R., 2000. Beypazarı (Ankara) trona (doğal soda) yatağının bulunuş öyküsü. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Bülteni, Sayı 1-2, Ankara, s. 43-44.

Özkan, Y., 1997. Trona hayali suya düşüyor. 21 Nisan 1997, Cumhuriyet.