

TÜRKİYE'DE BORAT YATAKLARININ JEOLJISI  
VE YENİ SAHA POTANSİYELLERİ İLE İLGİLİ  
BAZI GÖRÜŞLER

Erol İZDAR\*

ve

Uğur KÖKTÜRK\*\*

## 1. Giriş

Bor ve bileşiklerinin çeşitli endüstri alanlarında kullanıma olanaklarının hızla gelişmesi sonucu, halen dünya üretiminin % 18-20 sini sağlamakta olan Türkiye'nin; bilinen ve bunların yam sıra henüz bilinmeyenlerin katkısıyla birlikte, yüksek Bor potansiyeline sahip olacağı ve giderek önem kazanaacağı **tabiidir**.

**Bor'un** hidrojenli bileşiklerinin çok yüksek enerji gücüne sahip olması, çeşitli diğer bileşiklerinin de geniş alanlarda kullanılması, bor içeren doğal kaynakların, ileri teknolojiler için vazgeçilmez **bir** hammadde niteliğini muhafaza edeceğini, üretimin istatistiksel gelişimi, açık olarak kanıtlamaktadır.

Batı Anadolu'nun Tersiyer jeolojisi ve bilinen Borat yataklarının oluşum prensipleri karşılaştırıldıklarında, bu çok önemli hammadde kaynağının bilinen potansiyeline, yenilerini ilâve

(\* ) Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Bölümü.

(\*\*) Ege Üniversitesi, M.B.F. Maden Bölümü, Bornova - İzmir.

etmek olanağının; belli alanlarda yürütülecek Bor prospeksiyonu sonucu gerçekleştirilebileceği görüşü, kuvvet kazanmaktadır.

Bu incelemede, bilinen prospeksiyon metodlarının yanısıra, jeolojik yapı içindeki ümitvar gelişim gösteren alanlar ve bu alanlar içindeki termal kaynaklanıl kimyasal bileşimlerinin incelenmesi ve karşılaştırılması üe bir sonuca varma imkânları araştırılmıştır.

**Tabûdir ki, konuya yaklaşım için, Bor'un yeryüzünde bulunuş şekil ve miktarları ile, Türkiye'deki oluşum alanlarının tanımlanması ve oluşma koşullarına ait görüşlere de yer verilmesi zorunlu olmuştur.**

## 2. Bor'un Tabiatta Bulunuşu

Yer kabuğunun yapısında % 0.001 oranında bulunan bor'a tabiatta serbest halde rastlanmaz. Deniz suyunda bulunan 4.5 ppm. oranındaki bor önemli olmamakla beraber, jeokimyasal yönden denizlerde erimiş olarak bulunan toplam bor miktarı, son derece yüksek bir değer arz etmektedir. Bor'un çeşitli kayalar içinde ve değişik ortamlarda bulunuş miktarları tablo I de verilmiştir. En yaygın bor bileşikleri borik asit ve borun sodyum, kalsiyum ve magnezyum üe meydana getirdiği bileşiklerdir. Bor elementinin yeryüzündeki bilinen 100'e yakın bor mineralinden sadece 7 tanesinin ekonomik değeri vardır. Bunlar (suda eriyebilen boratlar) **boraks ve kernit**, (suda eriyemiyen boratlar) **kolemanit, uleksit ve pandermit**, (magnezyum borat) **borasit ve sassolit'tir**.

Bor yatakları yeryüzünde başlıca şu şekillerde bulunmaktadır:

Eski göller içinde tabakalaşmış yataklarda,  
Bataklıklarda ve tuz gölleri yataklarında,  
Playa ve göller çevresinde sert tabakalar halinde,  
Sıcak kaynaklar ve fumarollerde.

Kaliforniya'da (Searles Lake) ekonomik borat yataklarındaki borasit minerali nitrit, jips vesaire ile birlikte, denizel, evaporasyon alanlarında oluşmuştur.

Denizel dolaşım sonucu teşekkül eden borat yataklarına "Searles Lake" özel bir örnek teşkil etmektedir. Toplam tuz oram %36, bunun %2,84 ü borasittir.

Borasit diğer taraftan orta büyüklükteki yumrular halinde Almanya tuz ve potas yataklarında "Stassfurtit" olarak görülmektedir.

Bor yatakları için gerekli olan bor genellikle:

Volkanik faaliyetler sonucu çıkan buhar ve eriyiklerden,

Kayaçların içindeki borun fiziksel ve kimyasal etkenler nedeniyle ayrışarak serbest hale gelen borik asit veya eriyebilir boratlardan.

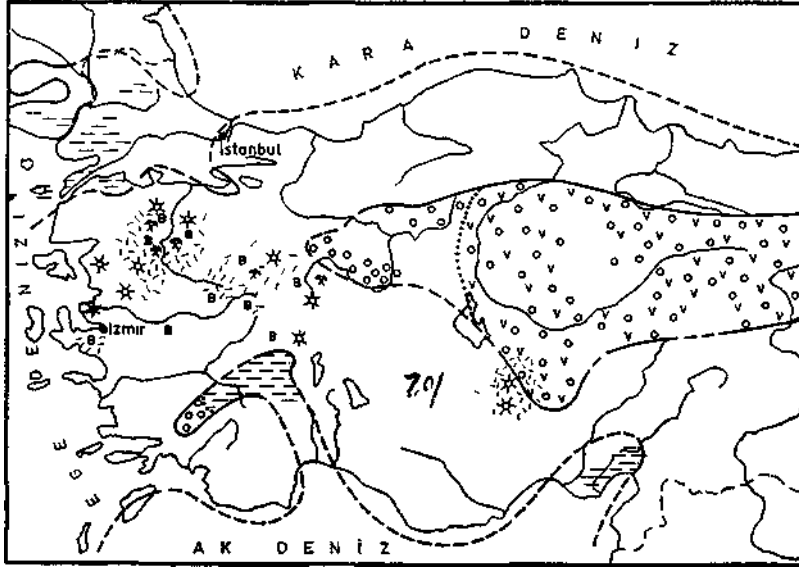
Pegmatitik ve metamorfik oluşan, özellikle Turmalin ve benzeri minerallerin içerdikleri bor nedeniyle, ayrışmaları **halinde %9-11,5 a kadar B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sağhyabilmektedirler,**

Bunların dışında bünyesinde büyük oranda bor tutan bitkilerin çürümesi veya kavkılarında bor bulunan hayvanların ölmesi ile de az miktarda da olsa açığa çıkan bor; ekonomik yatakların teşekkülü için lüzumlu bor kaynağı olabilir.

### **3. Türkiye'deki Borat Yatakları ve içerdığı Mineraller**

Türkiye'deki bilinen başlıca Borat yatakları Zonguldak - Mersin hattının batısında kalan bölgede yer almaktadır. Bu hat Türkiye'nin Neojen paleocoğrafyasında genellikle karasal ve denizel alanları da ayırdetmektedir. Ekonomik değer ifade eden Borat yataklarından bazıları; Sutançayır, Bigadiç, Kestelek, Küçükler, Emet, Kırka (Sarıkaya) dır. (Şekü 1). Söz konusu olan yataklarda oluşan başlıca bor mineralleri:

Sutançayır'da, Pandermit,  
Bigadiç'te, Kolemanit,  
Kestelek'te, Kolemanit,  
Küçükler'de, Kolemanit,  
Emet'te, Kolemanit, Uleksit,



gH|ı ^7\2 P77İ3 [\*»U Eüĝ<sub>5</sub> CO« QI]7 EE3»

Şekil 1 — Batı Anadolu Genç Tersiyer litolojik Ünitelerini gösterir harita.

Kırka, Sarıkaya'da, Boraks Kolemanit, Kernit ve az miktarda Uleksittir.

Batı Anadolu-borata yataklarında varlıkları saptanan yaygın ve yersel izlenen-bor mineralleri, tablo 2 den belirgin olarak görülmektedir.

Mineralojik anlamda Borata oluşmasını gerçekleyen fiziko-kimyasal koşulların gelişimine paralel olarak bazı mineraller, sulu ve metastabil borata halinde çökelmiştir. Emet ve Bigadiç alanlarında Boraks, Uleksit ve înyoit (ÖZPEKEE, 1969) ile Kırka, Sarıkaya yataklarında izlenen, Boraks, Uleksit ve înyoit ile bunlara ilaveten saptanan Kurnakovit, înderit primer sulu boratlar dizisini teşkil etmektedir (BAYSAL, 1973 a ve b) ; Buna karşı sözkonusu borata yataklarında izlenen Kolemanit, Meyerhoferit, înderborit ve belli fizikokimyasal gelişime bağlı olarak Uleksit, Kernit sekonder teşekkül etmişlerdir (BAYSAL, 1973 a ve b).

Bunların yanısıra Proberit, Priceit, Terçit ve Hidroborasit nadir görülen ve genellikle Bigadiç bölgesinde daha önce MEÏXNER (1952) tarafından izlenen minerallerdir. Hidroborasit daha sonra değişik fiziksel özellikleri nedeniyle, DEMÎRCÎOĞLU, (1973) tarafından detaylı olarak incelenmiştir. Farklı fizikokimyasal koşullara bağlı gelişim içinde Boraks, Uleksit ve înyoit kararlı katıfaz mineralleri olarak özellik göstermektedirler.

Belirtilen bölgelerde, karasal Neojen tortulları arasında mevcut borat oluşumları başlıca:

- a) Bir kaç cm'den, 6 m. kalınlığına kadar tabakalar halinde,
- b) Kristalleri killerle çevrili, dairesel aglomera şeklinde birkaç cm'den, birkaç m.'ye kadar değişen çap büyüklüğünde "yumru" ve "Geod"lar halinde.
- c) Killerle ardışık uzamış mercekler ve dizilmiş yumrular şeklinde ve bu oluşumlar içinde prizmatik ışınsal bor mineral demetleri halinde gelişim gösterirler.

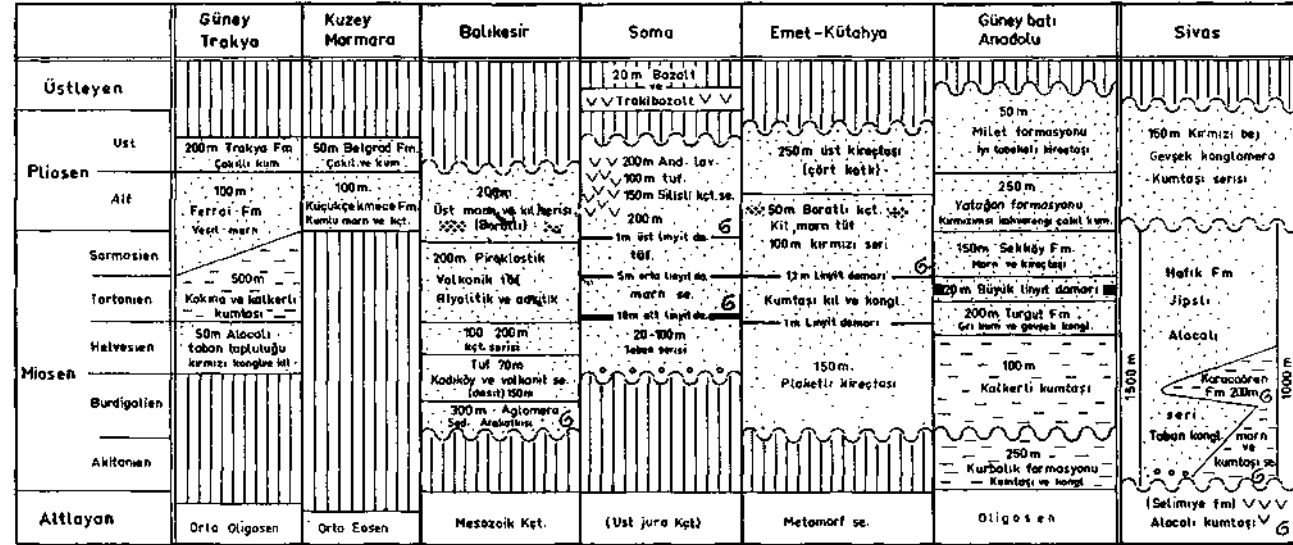
Benzer bor yataklarında bazen açıklanan farklı şekillenmeler karışık görünümde ve yanyana da bulunabilmektedirler.

Batı Anadolu'da primer ve sekonder bor minerali topluluklarının oluşturduğu ve ekonomik anlamda bor ihtiva eden tabakaların yüzeyleyen mostralalarının, yeraltı sularının etkisi ile kısmen kalsite dönüşmesinin veya yersel dolomitleşmesinin yeni bazı borat zuhurlarının yüzeyden tanınması yönünden çok güçlük arzettiği saptanmıştır. Ancak, alterasyon mahsulü, bu kalsitik kısımlardan alınmış numunelerin ultraviole lambası altında 20-30 saniye sonra sanmtrak renkli floresans ışması göstermesi, Kolemanit ve Uleksit ihtiva eden zonların tamuma ve izlenmesinde, kullanılmasının yararlı olacağı ve olumlu sonuçlar vereceğini kamtlar.

#### 4. Batı Anadolu'da Bilinen Borat Yataklarının Genç Tersiyer Stratigrafisi İçindeki Yeri

Türkiye'de bilinen Borat yataklarının karasal ortamda (Akarsu ve Göl) depolanmış marn ve killerle bazen kireçtaşları

## Neojen (Üst Tersier)



Şekil 2 — Batı ve Orta Anadolu Neojen Paleocoğrafyası

1 - Sığ denizel tortullar, 2 - Karasal kumtaşı ve konglomera, S - Evaporitler, 4 - Volkanitler, 5 - Orta ve İnce taneli piroklastikler tuf ve tiftitler), 6 - Termal kaynaklarda Bor bulunan alanlar, 7 - Bilinen Borat yatakları, 8 - Kara-Deniz sınırı ve gerilemesi.

ile arakatlı olarak Miosen ve Pliosen tortul serileri içinde olduğu, daha önceki çalışmalardan bilinmektedir.

Genel anlamda, Neojen'in Batı ve Orta Anadolu'da karasal bir gelişim göstermesine karşın, Güneyde ve Doğu Anadolu'da Miosen içinde denizel tortulların varlığı saptanmaktadır (Şekü 2).

Neojen gölssel tortullarının Batı Anadolu'daki detay stratigrafisi; fasiyelerde çok yaygın değişiklikler olması ve ayırıcı özellikte fosillerin bulunmaması nedeniyle tam manası ile ortaya konamamakla beraber bu çalışmaya yardımcı olabilecek jeolojik kesitler (Şekil 4) karşılaştırılmış ve belli seviyeler bazı fosil bulgularla saptanmıştır. Ayrıca daha sonra görüleceği gibi, stronsiyum izotoplarıyla volkanik faaliyetlerin yaşları saptanmış ve heriki yardımcı unsurlarla, Neojen kronostratigrafisi belli ölçülerde belirlenebilmiştir.

Neojen yaşlı formasyonların içinde bor mineralleri bulunan ve olması muhtemel başlıca kesitler incelendiğinde belirli bazı özellikler ortaya çıkar (Şekü 3).

Emet'te neojen kesitinde tabandaki şistlerin üzerinde litolojik olarak beş ayrı tortul seri istiflenmiştir (ÖZPEKER, 1969):

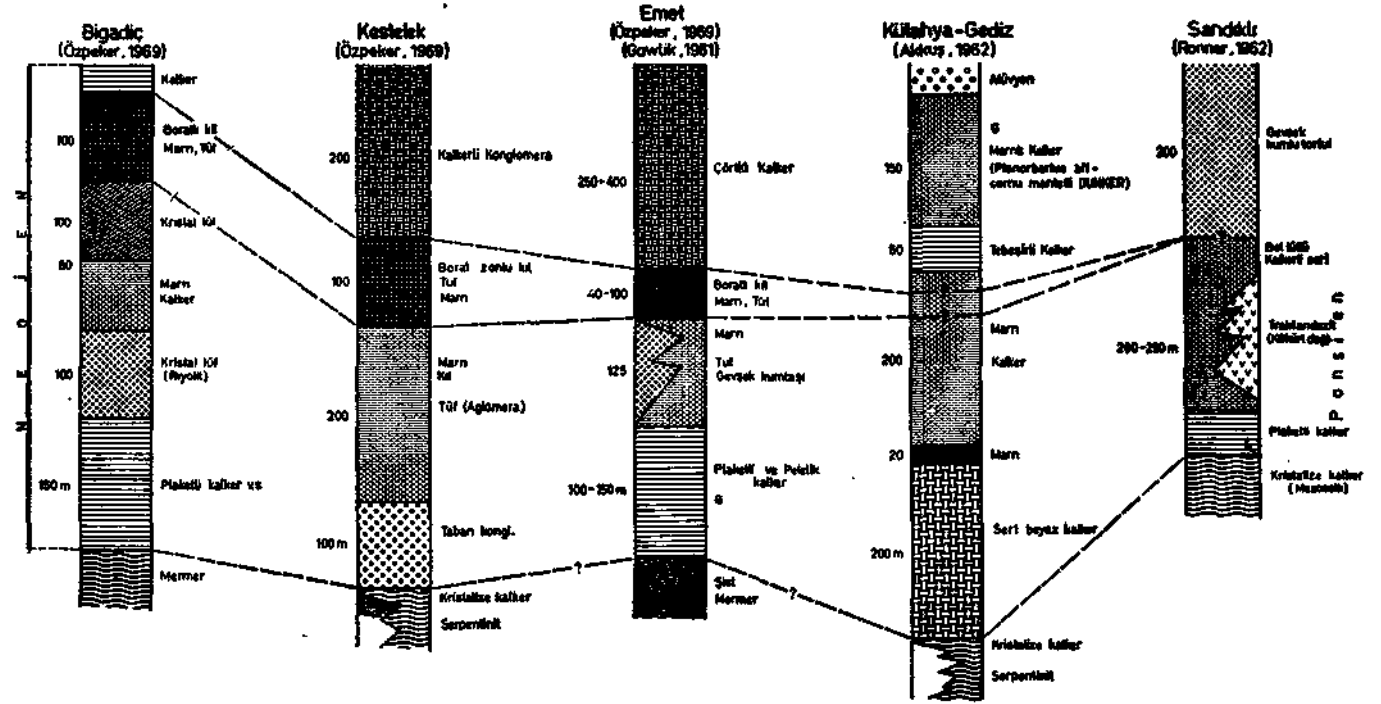
Taban kalkerleri: 100-150 m kalınlıkta, yumuşak plakets ve peletik kalkerden ibarettir.

Kırmızı seri: 100-150 m kalınlıkta bu seri tabakalaşma göstermeyen gevşek kum, gre, kırmızı kil, konglomera, tuf ardışık serisinden ibarettir.

Borattı kil, marn, kalker, tuf serisi: 4CH00 m kalınlıkta bu seride kü, marn, tuf, kalker bantları kolemanit ile arakatlıdır. Kolemanit killer içinde küresel şekildedir.

örtü kalkerleri: 250-400 m kalınlığında, gri beyaz renkli, çok sert, yumru çörtler ihtiva eden bir kalkerdir.

Volkanikler: Gri beyaz renkli riyolitler ve yeşilimsi gri renkli andesit ve dasitlerdir.



Şekil 3 — Borat yatakları ile diğer Neojen bölgelere ait karşılaştırmalı dik kesitler.



Bilgadiç bölgesine ait Borat ihtiva eden kesitte mermer temel üzerinde ayrı karakterdeki altı litolojik birim yaşlıdan gence doğru aşağıdaki düzende sıralanmıştır. (ÖZPEKER, 1969):

Plaketti kalker: 200 m kalınlığındaki bu seri krem renkli yumuşak ve ince taneli grelerle arakatkü allokton ve fosilli, pi-solitik bantlı çörtlü otokton kalkerlerden ibarettir.

Kristal tüfleri: 100-200 m kalınlığındaki bu seri homojen yapı-lı, iyi tabakalaşmış gri renkli ince tanelidir.

Marn, kalker serisi: 80 m kalınlığındaki bu seri ince tabaka-lı ritmik kalker marn ve gre bantlarından ibarettir.

Kristal tuf: 100 m kalınlığında yeşil gri veya mavi renkli ber seridir.

Borattı kil, marn, kalker, tuf serisi: 50-150 m kalınlığındaki bu seri neojenin en üst seviyesini teşkil eder. Marn, borat, kü, tuf ardışık dizilmişlerdir. Boratlar 1-3 m kalınlıkta tabakalar halinde killer arasında yer alırlar.

Volkanik ve damar taşları: Siyah renkli boşluklu bazaltlar, gribeyaz renkli trakitler ve 5-30 cm arasında değişen kuvars ve aplit dayklarıdır.

BROWN ve JONES (1971)'e göre Bigadic'e ait diğer borat içeren tipik bir kesit, yaşlıdan gence doğru aşağıdaki birimleri ihtiva eder.

300 m kadar Aglomera, ince daneli piroklastiklerle ara-katkılı tortullar.

160 m orta kaba daneli piroklastikler (dasitik) ve litik daneli tortullar (Kadıköy Volkanitleri).

70 m ince daneli alt tuf serisi

190 m alt kireçtaşı, açık bej marnlar ve kil arakatkılan

100 m Andesit yersel, orta ve iri kristalli volkanik kayac (Riyolit ve dasit) kimyasına geçiş göstermekte

100 m Riyolit ve dasit kayaç kimyasında olan açık renkli tuf

200 m Üst marn ve kil serisi; içinde 40 m kalınlıkta kil arakatlı Borat seviyeleri.

Kestelek bölgesine ait neojen kesitin de ise litolojik birimler olarak kristalize kalker ve serpantinit tabanı üzerinde dört seri izlenmektedir (ÖZPEKER, 1969).

Taban konglomerası, (gre, imanı serisi) : 1-15 cm tane iriliğindeki konglomeralardan ibarettir. Çakıllar yuvarlaktır ve killi çimento içindedir. İnce taneli grêler ise kalker çimentoludur.

Marn, kil, tuf aglomera serisi: İnce taneli ve ince bantlı bir seridir. Marn kalkerle ardışık olarak tabakalanmıştır. İçlerinde linyit seviyeleri vardır. Aglomeralar içinde 1-2 mm den 10 cm ye kadar litik parçalar vardır.

Boratlı kil, marn, kalker, tuf serisi: İnce bantlı ince tanelidir. Killer arasında borat teşekkül etmiştir. Tüfler 15-20 cm kalınlıkta tabakalar halinde marn ve killerle ardışık bir düzende sıralanırlar.

Konglomera: Serinin üst seviyesini meydana getirir. Kum ve kil çimentom 1-2 cm den 7-8 cm ye kadar tane iriliğinde, çapraz tabakalı ve yarı konsolide olmuş haldedir.

Kütahya-Gediz neojen kesitinde kristalize kalker ve serpantinit tabam üzerinde dört farklı litolojideki aşağıdaki birimler istiflenmiştir (AKKIŞ, 1962).

Sert beyaz kalker,  
Marn,  
Marn kalker serisi,  
Tebeşirli kalker,

Seriye meydana getiren kalker sert beyaz renkli, yumuşak marnlı göl kalkerlerinden müteşekkildir. Bazı yerlerde yumuşak marnlı kalkerler sert ve beyaz renkli kalkerle ardışıktır. Bu seviyeler için AKKUŞ (1962) volkanik herhangi bir malze-

meye değinmemiştir. ince piroklastiklerin seyrekte olsa bazı seviyelerde izlenebileceğini kabul etmek yerinde olur.

Sandıklı Neojen kesitinde ise kristalize kireçtaşı tabam üzerinde üç litolojik ünite yer almaktadır (RONNER, 1962).

Plaketli kalker,  
Bol tüflü kalkerli seri,  
Volkanitler (Trakiandezit).

Batı Anadolu'da borat içeren ve içermesi muhtemel Neojen yaşlı bölgelere ait daha önce tanımlanan dik kesitler karşılaştırıldıklarında (Şekil 3) :

Volkanitlerin, tüf ihtiva eden Marn-kireçtaşı birimlerinin ve bunlarla yersel birarada bulunan konglomera kumtaşı gibi klastik arakatlıkların, sözkonusu bölgelerin ortak bir kesitini oluşturduğunu görmek mümkündür. Batı Anadolu'nun kuzey kesimindeki litolojilerin benzerliği, aynı koşullardaki jeolojik gelişime işaret etmekte ve bu nedenledir ki, borat yataklarının bulunduğu bölgelerin yamsıra saptanmamış alanlara ait kesitlerde bir boşluğun mevcut olduğu görünümünü vermektedir.

Batı Anadolu'nun, Tersiyer içindeki jeolojik gelişiminin diğer araştırmacıların çeşitli bölgeler için belirttikleri yersel gelişimi bütünleyici olarak ele alınması halinde; Eosen içindeki ve tesirleri çok yersel olarak kuzeybatı ve güneybatıda görülen geçici bir transgresyonun dışında, bugün özellikle borat yataklarının bulunduğu Neojen içine kadar kara durumunu muhafaza etmiştir. Balıkesir çevresinde Burdigalien; Soma ve civarında Orta Miosen; Emet ve Kütahya'da, Burdagalien esnasında ilk sedimentasyon birikimleri görülmektedir. Bu devre içindeki jeolojik ve paleocoğrafik gelişimin belli özellikleri vardır. Yersel konglomera, kumtaşı ve kireçtaşları üzerinde, bu dönemdeki morfolojinin imkân verdiği sistemde çok sayıda sığ göller teşekkül etmiş durumdadır. Sularm kaplamış olduğu bataklık ormanlar; Çan, Soma, Tunçbilek linyitlerini oluşturabilme koşullarını bu dönemde kazanmışlardır. Sonradan sularm ani yükselmeleri, limnik karakterdeki Orta-Üst Miosen yaşlı litolojik istiflerin marn-kireçtaşı-tüf-marn serileri halinde (Şekil 4) giderek daha geniş alanları örtmelerini sağlamıştır.

Orta Miosenden önceki relyefin bu yayıbu açıklamak için önemi büyüktür. Bazı bölgelerde 600-800 m kalınlığa ulaşan söz konusu gösel tortullar yeni bir morfoloji de şekillendirmişlerdir. Üst Miosende tuf arakatıkları üe beliren volkanik faaliyetler, Balıkesir'in kuzeyinde, Somanın kuzeybatısında kabn proklastik lav istifleri oluşturmuştur. Aynı volkanik aktivite doğuda Emet-Tavşanlı bölgesinde ve güneyde Afyon-Sandıklı yörelerinde de izlenir.

Volkanik faaliyetin arttığı alanlarda, belki ekonomik linyit teşekkülü jeolojik yönden mümkün olamamış, buna karşılık bu göller, bir sonraki bölümde açıklanacağı şekilde volkanik getirimli bor konsantrasyonlarının suluboratlarda halinde ve ince daneli piroklastik ve pelitik karakterli tortullarla birlikte çökeldikleri ortamları meydana getirmişlerdir.

Neojen jeolojisi üe, bu devirdeki paleocoğrafik gelişim; kuzeyde, güney Trakya ile güneyde, Antalya-Denizli yörelerinde denizel sedimantasyonu, doğuda ise Tuzgölü, Eskişehir, Kütahya'ya kadar uzanan denizden uzak sığ bir evaporasyon alanında jips ve klastik malzeme birikiminin oluştuğunu göstermektedir (Şekil 2).

Böyle bir gelişim, yalnız volkanik aktivite alanları üe borat yataklarının Neojen esnasında tamamen karasal görünüm kazanan Batı Anadolu'nun kuzey kesimlerinde saptanmıştır.

##### 5. Asilik Neojen **Volkanizması** ve **Borat Oluşumu**

Borun tabiatında bunuşu önceki bölümlerde açıklanmıştı. Borun litosfer ve hidrosferdeki bulunuşu ile yeryüzündeki büyük dolaşımının başlangıcının juvenü olduğu, jeolojik devirlere ait muhtemel dolaşımın ise kısmen rejuvenasyon olarak düşünülebileceği görüşü yaygındır.

Ekonomik anlamda borat oluşumunu sağlayan çeşitli bor konsantrasyonlarına ait ükel getirimin, volkanik faaliyetlerle birleşmesi gerektiği, daha önceki araştırmacılar tarafından gerek Batı Anadolu borat yataklarında; gerekse diğer ülkelerde bilinen oluşumlarda saptanmış bulunmaktadır.

MİNERAL	BİLEŞİM	<sup>+</sup> <sup>+</sup> <sup>+</sup> <sup>+</sup> <sup>+</sup> <sup>+</sup> NoCoMgSi	Sertlik	Sp Gr	% B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% H <sub>2</sub> O	Bilgiler
Boraks	Na <sub>2</sub> O2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -10H <sub>2</sub> O		2,0-2,5	1,69-1,80	36,7		BAYSAL 1973
Kernit	Na <sub>2</sub> O 2B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4H <sub>2</sub> O		1.	1,95	51,1	26.5	ÖZBEK 1969
Uleksit	Na <sub>2</sub> O-2CaO-5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -16H <sub>2</sub> O		1	1,96	43.0	35.5	BROWN & JONES 1971
Kolemanit	2CaO-3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -5 H <sub>2</sub> O		4.0-4.5	2.26-2.48	50.9	21.9	OZPEKER 1969
Pandermit	4CaO-5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -7H <sub>2</sub> O		3	2.42	50,0	18.0	OZPEKER 1969
Priceit	5CaO-6B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -9H <sub>2</sub> O		3	2.4	48.7	-	PUTZER 1968
Meyerhoferit	2CaO-3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -7H <sub>2</sub> O			2.12	46.7	28.3	MEIXNER 1952
Tercit	4Ca1V5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -20 H <sub>2</sub> O				38.0	38.0	* *
Inyoit	2CaO -3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -13 H <sub>2</sub> O			1.87	37.6	42.2	
Hidroborasit	MgO-CaO-3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O		2-3	2.17	50,5	26.1	DEMİRCİOĞLU 1973
İnderborit	MgO-CaO'3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> HH <sub>2</sub> Û		-2.5-	1.93	41.5	39.4	BAYSAL 1973a
Kurnakovit	2MgO 3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -15H <sub>2</sub> O		-3	1.86	37.3	48.3	
İnderit	2MgO-3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -15H <sub>2</sub> O		-2.5	1.78	37,2	48.3	
Borasit	5MgO-7B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -MgCl <sub>2</sub> nH <sub>2</sub> O		4-7	2.9 r 3	62.4	-	PUTZER 1968
Howlit	2SiO <sub>2</sub> 4CaO*5B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -5H <sub>2</sub> O	1 1	-	-	44.5	11.4	BROWN & JONES 1971
Tunelit	SrO · 3B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> '4H <sub>2</sub> O		2.5	2.40	54.3	18.7	BAYSAL 1972

Şekil 4 — Batı ve Orta Anadolu Neojen stratigrafisi ve gelişimi.

Ancak dolaylı bir aşama sonucu, örneğin; bugün dünya denizlerinde 4,5 ppm oranında bulunan bor elementini değişik koşullarda evaporasyonla oluşan doğal tuz yataklarının yanı sıra belli bölgelerde oluşturduğu bor mineralleri zenginleşmelerini doğrudan volkanik aktiviteye bağlamamak gerekir.

Batı Anadolu'daki borat yatakları jeolojik gelişim içinde, daha öncede birçok araştırmacı tarafından (MEIXNER, 1952; ÖZPEKER, 1969; BAYSAL, 1972) saptanmış olduğu gibi, volkanik getirimli "eksalatif sedimanter" oluşumun tipik örneklerini vermektedir.

Böyle oluşumunu kamtlayan faktörler aşağıda açıklanmıştır:

1. Bilinen bütün borat yataklarında boratlı seviyeleri altlayan ve üstleyen olarak MontmoriUonit, v.b. kil ihtiva eden yaygın tüf seviyeleri izlenmektedir. Bu ince piroklastik materyalin bir kısmının hâlâ hidrotasyonda fazla etkilenmedikleri, taze bdotit v.b. mineraller içerdikleri gibi, orijinal durumlarını da muhafaza ettiklerini BAYSAL (1972-1974) Kırka bölgesinde saptamaktadır.

2. Batı Anadolu boratlarının, arsenik ve başka bazı elementleri içermesi, volkanik getirimli oluşumlarını desteklemektedir. Zira, Landrello (italya) ve benzeri solfatarlar ile Agamemnon gibi volkanik aktivitelerin termal fazları olarak bilinen, sıcaklıkları yüksek, su kaynaklarının juvenil arsenik ihtiva ettikleri bilinmektedir.

3. Asitik volkanikler, örneğin Liparit (31 ppm bor, RANKAMA ve SAHAMA, 1952) diğerlerinden fazla bor içermektedir. Diğer kayalılara oranla borun yeryüzünde en fazla asitik volkanitlere bağlı olarak gelmiş olması bu elementin juvenil kaynağına işaret etmektedir.

4. Batı Anadolu'daki borat yataklarının tümünün Limnik ortamda oluşması, volkanik aktivite dışında kabul edülecek, en büyük bor kaynağı olan, denizel konsantrasyonun, söz konusu yatakların oluşmasına katkıda bulunabileceği ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Batı Anadolu Neojeni stratigrafik ge-

ligimi (Şekil 4) ve Neojen paleocoğrafyası ile (Şekil 2), Neojen formasyonlarının yayılım haritası (Şekil 1) incelenecek olursa, denizel etkilerin bu alanlar için söz konusu olamayacağı esası katiyet kazanır.

5. Bünyelerinde büyük oranda bor tutabilen bitkilerin çürümesi veya iskelet ve kavkılarında bor bolunan hayvanların ölmesi üe de madde dolaşımına katılan borun Batı Anadolu borat yatakları için kaynak teşkil edebilmesi mümkün görülmektedir. Emet, Kestelek'te borat içeren serilerin tabanında, mevcut yersel linyit seviyelerinde yapılan analizlerden saptanan miktarlar nedeniyle bitkilerin içerdikleri borun, kömürleşme esnasında dahi açığa çıkmadığı ve bu nedenle söz konusu borat yataklarına kaynak olamayacağı kesinlik kazanır. (ÖZPEKER, 1969)

6. Batı Anadolu borat yataklarının yayılım alanlarının güney kısımlarında geniş temeli teşkil eden Menderes Masifi Metamorfik kayaçlarının içinde, Şörlit türü, Turmalin mineralizasyonunun çok yaygın olduğu bilinmektedir (İZDAR, 1969). Ancak Emet bölgesinde karasal Neojen formasyonlarının doğrudan üzerine oturdukları temel metamorfitle Turmalin ve benzeri borosilikatlar izlenmekte fakat bu minerallerin geniş bir kimyasal ayrışmaya maruz kaldıklarına dair hiçbir belirti görülmemektedir. Yersel ayrışmaların ise bilinen geniş borat yatakları için kaynak teşkil etmesi mümkün değildir.

7. Diğer taraftan Ege bölgesindeki genç Tersiyer volkanitlerinde, özellikle izmir, Yamanlar bölgesi (DORA, 1964) ve Foça v.b bölgelerde dasit karakterindeki volkanitler içinde izlenen yaygın "propilitleşme"nin ve "turmalinleşme"nin post volkanik faaliyetlerin ortama bol miktarda bor bileşiği getirdiğine işaret etmektedir. Başka bir açıklama şekli ile turmalinin oluşmasını sağlayan pnömatolitik veya katatermal bor ihtiva eden malzemenin stratigrafik yerleşimi Orta-Üst Miosen'de olduğu saptanan dasit volkanizmasının hemen ardından devam ettiği, böyle bir faaliyetin ise ancak juvenil karakterde olabileceği kesinlikle açıklanabilir.

Yukarıda açıklanan bulgu ve veriler, Batı Anadolu borat yatakları için gerekli borun, bölgede varlığı izlenen volkanik

faaliyetlerin, çeşitli safhaları ile ilgili "juvenil getirimli" olduklarını ortaya koymaktadır.

Diğer taraftan bilinen borat yataklarının, batıda izmir'den başlayarak kuzeydoğuya doğru yayılım gösteren ve Balıkesir'den sonra doğuya Kepsut, Kütahya ve Eskişehir'e doğru yönelen ofiolit kuşağının, kuzey ve güney şuurlarına yakın yerlerde oluşması özel anlamlıdır.

Litosferdeki kayalara ait bilgiler karşılaştırıldıklarında (Tablo I) özellikle Liparitin 31 ppm ve ultrabazik kayaların da aynı miktarda (31 ppm) bor elementi içermekte olduğu görülür.

Volkaniklerin, oluşma ve etki alanları içinde harekete geçirecek, yeryüzüne getirdikleri borun, ofiolit kuşaklardan geçerken bünyelerine üve olarak aldıkları borla zenginleştiklerini, bu tip kayaların jeokimyasal değerlerine göre kabul etmek mümkündür.

Batı Anadolu'da borat yataklarının oluşmasının temel nedeni sayılan volkanizma faaliyetleri dasit, riyodasit ve riyolit kayaç kimyasındaki lav, piroklastikler ve bunlardan da önemlisi artıç gaz ve termal sular ile tanımlanmaktadır. Ege kıyılarında incelenmiş olan latit andestit, dasit ve riyodasit karakterindeki materyelin 16.2 ve 21.5 milyon yıl; riyolitik volkanitlerin ise 12.5 milyon yıl önce yüzeysel yerleşimlerini yaptıkları BORSİ, FERRARA, INNOCENTİ, MAZZUOLİ (1972) nin araştırmalarından ortaya çıkmaktadır. Bu değerlere göre bir kısım volkanitlerin Orta ve Üst Miosen riyolitlerin ise Üst Miosen-Pliosen(?) yaşlı oldukları açıklanabilir. Ayrıca daha önceki araştırmacılar tarafından, (NEBERT, 1961, GAWLIK, 1961, RONNER, 1962, ve ÖZPEKER, 1969) sözkonusu Üst Miosen-Pliosen(?) yaşlı volkanik aktivitelerin jeolojik gelişim içindeki yerleri, klâsik yöntemlere göre saptanmıştır (Şekil 4).

Borat içeren tavan ve tabandaki killi kayaç birimlerinde yaygın tüfitik arakatkıların bulunuşu yatakların, oluşumu ile volkanik aktivitenin ilgisini ortaya çıkarmıştır. Bigadiç (ÖZPEKER, 1969) ve Kırka (BAYSAL, 1973 b) bölgeleri bunun karakteristik örneklerini vermektedir.



**TABLO I — Borun Tabiatta Bulunuđu.**

<b>Bor miktarı saptanan ortam: Çeşitli solar İçinde:</b>	<b>Bulunuş miktarı ppm. veya gr/tom olarak</b>	<b>Araştırmacı</b>
Okyanus sularında	4,5	CULKÎN, 1965
Akarsularda (S.S.C.B.)	0,013	KONOVALOV, 195»
Yağmur sularında	0,01	HUTCHINSON, 1957
Solfatarlarda (İtalya)	80,0	NASÎNİ, 1930
<b>Çeşitli kayalar İçinde:</b>		
Granit	3,0-9,0	GALDSCHMÎDT, 1954 ve RANKAMA ve SAHAMA, 1952
Siyenit	0,9-3,0	RANKAMA ve SAHAMA, 1952
Ultrabazik	31,0	f i t* II
Liparit (asitik volkanit)	31,0	GOLDSCHMÎDT, 1954
Metaşist (Al'ca zengin)	9,0-9,3	RANKAMA ve SAHAMA, 1954
Karbonatlar (kalker, dolomit)	3,0-9,0	II » t*
Grovak	35,0	-l »t tt
Şeyi, Killisist	100,0	tt tt tt
Kil	310,0	GOLDSCHMÎDT, 1954
Boksit	3,0	GOLDSCHMÎDT, 1954

Volkanik ekshalasyonlarda bor yüksek sıcaklıkta halojenür, düşük sıcaklıkta ve sıcak sularda borikasit halindedir. Halojenürler su buharının etkisi ile borik asite dönüşürler. Böylece volkanik kaynaklı bor yeraltı veya yüzey suları ile borik asit veya eriyebilir boratlar halinde, BAYSAL (1973 b)'a göre de büyük bir kısmı ekshalasyonlarla, göl sularına karışır. Göllerde boratların çökmesini kontrol eden fizyokimyasal koşullar göl suyunun sıcaklığı, ortamın buharlaşma hızı, pH değeri, basınç, dip ve yüzey akıntılarının durumu gibi, çok yönlüdür. Boratların çökmesi için pH değerinin 8.5-11 arasında, evapotranspirasyon hızının da yüksek olması gerekir. Sarıkaya borat yataklarındaki boraks oluşumu için pH değerinin 8.5-9 arasında olduğu hallerdeki çökme hızı maksimuma ulaşabileceği BAYSAL (1973 b) tarafından saptanmaktadır.

Boratların çökmesi, borlu suların gölün dip ve yüzey akıntılarında korunmuş hareketsiz bölgelerinde doymuşluğa ulaşması ile, doğrusal gelişim göstermektedir. Borat yataklarının aynı seviyelerde fakat ayrı ayrı yerlerde merkezi oluşumu da bu nedene bağlanabilir.

Ayrıca gerek ekshalasyonlarla gerekse yüzey suları etkisiyle, kimyasal ayrışmağa uğrayan ve boratlı ortama taşınan sodyum, magnezyum ve kalsiyum ile borik asit konsantrasyonları Inyoit, Uleksit gibi primer borat minerallerinin oluşumunu temin etmişlerdir (ÖZPEKER, 1969). Kırka (Sarıkaya) da ise bu minerallere ilaveten boraks, Kurnakovit, İnderat gibi primer suluboratlann varlığı bilinmektedir (BAYSAL, 1973 a ve b.).

Tortullaşmanın devam etmesi ve borat oluşumlarının üstündeki örtü tabakasının artması, T°C'nin değişmesi, kimyasal çökmedeki primer borat minerallerinin dehidrotasyonunu sağlamış, ve kolemanit, meyerhoferit, hidroborasit'e dönüştürmüştür. Açığa çıkan eriyik artıkları boşluk ve çatlaklarda yeraltı ve diğer sirkülasyon sularına bağlı başka primer borat minerallerini veya bunların, daha az su içeren, türlerini meydana getirebilirler.

Diğer taraftan kaolen, kü (bazen Mg-Montmorillonit) ihtiva eden tavan ve taban serileri içinde de zengin borat yumru-

larına sık sık rastlanmaktadır. Kil gurubu mineralleri 310 ppm' yakın (Tablo 1) hatta daha fazla bor tutabilmesi göl sularındaki küçümsenemeyecek miktarda borun killerle beraber tabana çökeldiği daha sonra bor ve sirkülasyon sularının etkisi ile söz konusu borlu kısımların kil içinde yumrular veya ince bandlar meydana getirebildikleri de, özellikle, Bigadiç ve Emet yataklarında saptanmış bulunmaktadır.

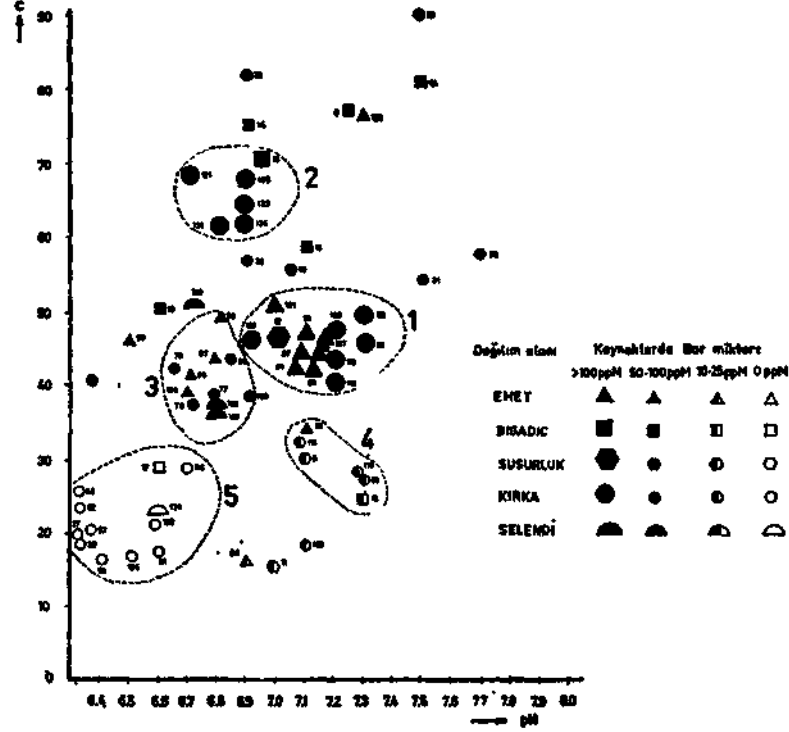
#### 6. Volkanik Faaliyetlerin Termal Fazları ve Batı Anadolu'da Bor İçeren Termal Kaynaklar

Türkiye'de, Batı Anadolu'da ve özellikle Borat yatakları içinde veya onların muhtemel yayılım doğrultuları ile volkanik aktivitelerin saptandığı alanlar içinde bulunan sıcak suların kimyasal analizleri (Çağlar, 1950; MÜLLER, 1955) karşılaştırılmış ve bunların genel olarak CO<sup>2</sup> ve nadiren hidrojen sülfür ve diğer gazlar üe, bikarbonath, sülfürlü, fosfatlı, bazik, bromürlü, iyodürlü, borlu ve arsenikli sular olduğu görülmüştür. Ancak çoğunlukla analizlerdeki bor ve arsenik değerlerinin verilmemiş olması, bu kaynakların tekrar bir teste tâbi tutulmasını gerektirmiştir. Pratik olarak geçirilmiş bulunan sulardaki bor'u kalitatif saptayan bir test üe ilk bilgiler elde edilmiş ve değerlendirilmiştir.

Batı Anadolu'daki termal kaynakların pek çoğu volkanik, volkanotektonik oluşu mekanizmalarına dayanan tipik örnekleri vermektedir. Bu kaynaklarda saptanan normalin üzerindeki bor oram ile; bor içeren bu kaynakların diğer karakteristیکlerinin, istatistiksel olarak guruplandırılması sonucu, belli varsayımlara temel teşkil edebileceği görüşünü pekiştirmiştir (Şekil 5).

Balıkesir, Kütahya, Uşak, Afyon, Eskişehir, Denizli ve İzmir ü hudutları içinde bulunan çok sayıdaki sıcak su kaynağına (18°C-90°C arasında) bor testi uygulanmıştır. Bilinen borat yatakları civarındaki termal kaynaklar ile bor içeren diğer kaynaklardaki anyon ve katyon değerlendirilmelerinin yanısıra T°C ve pH değerlerinin bor yönünden ügisini belirleyen bir sonuç veren grafiğe taşınmıştır (Şekil 5).

Grafikte I. nolu alanda 100 ppm'den fazla bor içeren termal kaynaklar gruplaşmıştır. pH:7.0-7.4; sıcaklıklar 40-50°C arasındadır. Ancak kaynaklarında fazla bor izlenen bu suların çevresinde bölgenin kuzeybatısında bilinen Selendi zuhurları hariç henüz ekonomik değerde borat yatakları bilinmemektedir.



Şekil S — Bor içeren bara termal kaynakların T° O ve pH değer grafiği (1, 2. v.d. guruplar yayı içinde açıklanmıştır).

2. nolu alan; pH:6.9-7.1; sıcaklıklar 60-70°C arasında, aynı şekilde 100 ppm'den fazla bor içermektedir. Bu alan içinde çoğunlukla bilinen borat sahalarına ve yakın çevresine ait termal kaynaklar girmektedir.

3. nolu alan; pH:6.8-7.1; sıcaklıklar 35-50°C arasında (50-100 ppm) bor varlığı saptanan bölgedir. Bu alan içinde de bilinen bor yataklarına yakın ve uzak çevrelerinde, daha düşük sıcaklıktaki termal kaynaklar yer almaktadır.

4. nolu alana dahil olan termal kaynaklarda bor'un varlığı eser olarak tesbit edilmiştir.

Batı Anadolu'da bulunan 1. ve 2. termal kaynak gruplaşmalarının içinde yer alan, şekil 1 deki harita da işaretlenmiş bulunan alanda sıcak su kaynaklarının içerdikleri borun:

a) ya doğrudan ait olduğu volkanik faaliyetin sonucu şeklinde ve juvenil olarak yeryüzüne çıkmış olabileceği,

b) veya belli stratigrafik seviyelerden geçerek yeryüzüne ulaşan bu suların geçirlikleri bölgelerde, daha önce oluşmuş bor tuzlarından uygun miktarlarda eriterek beraberlerinde getirmekte oldukları, sonuçlarını çıkarmak mümkündür.

Ancak sözkonusu varsayımların ilkinin, sıcak su kaynaklarında, juvenil borun getirilmesi hususu, İzmir, Agamemnon kaplıcasında ERENTÖZ-TERNEK (1969) tarafından "borun getirim kaynaklarının çok derinde olabileceğine işaret edilmek suretiyle benimsenmektedir.

Başka ülkelerde, özellikle İtalya'da, Toskana (Landrello) solfatarlarının da bugün dahi juvenil orijinli 300 mgr/lt  $H_3BO_3$ ; veya 70-80 ppm bor elementi içermekte olduğu (NASÎNÎ, 1930) bilinmektedir.

Batı Anadolu'da 21.5 milyon yıl önce başlayan dasit, andezit karakterindeki volkanik faaliyetlere ait lav ve piroklastikler, giderek dasit, riyodasit ve Miosen sonunda riyolit ve Pliosen içinde alkali bazalt ve alkali trakit petrokimyasında kayaç türleri ile devam etmiş, ve dolayısı ile o devreler esnasında bölgede akarsu ve gölsel tortullarla arakatlı istifler meydana getirmiştir. Sözkonusu volkanik faaliyetlerden asitik karakterde olanlarına bağlı fumerol ve solfatarlarının içerdikleri juvenil bor üe, ekonomik borat yatakları oluşturabildiklerine göre; haritada sınırlanmış bulunan alanda da (Şekül 1) volkanik faaliyetlerin tabii sonucu olarak meydana gelen termal kaynaklarda, paleocografik gelişime göre belli ekonomik seviyeler oluşturmuş ve bugün giderek azalan oranda juvenil bor içermekte devam ediyor olabilirler.

ikinci bir varsayıma göre; termal kaynakların belli bor içeren stratigrafik seviyelerden geçerken, suyun sıcaklık ve pH'sına paralel olarak bazı boratları yeniden eritmek suretiyle yeryüzüne çıkarmaları, (Emet, Hamamköy'de ki kaynakların normalin çok üstünde bor içermeleri, böyle bir gelişime örnek teşkü edebilir) sözkonusu olabilir. Bu tip kaynakların ise, ihtiva ettikleri bor miktarları sekonder bir zenginleşmeye işaret etmekle beraber, birer kılavuz görevi yapmakta oldukları kuşkusuzdur.

## 7. Sonuçlar

1. Batı Anadolu'da büinen ekonomik bor yataklarının tümü (Şekil 1 ve Şekil 2) karasal Neojen tortulları ile sınırlandırılmıştır. Borat yatakları Üst Miosen-Pliosen yaşlı marn, kireçtaşı, tuf, marn serisi oluştuğunun saptanmış olması, bundan sonra bulunabilecek olan yeni potansiyeller için aranması gereken jeolojik ortamı kati bir şekilde belgelemektedir.

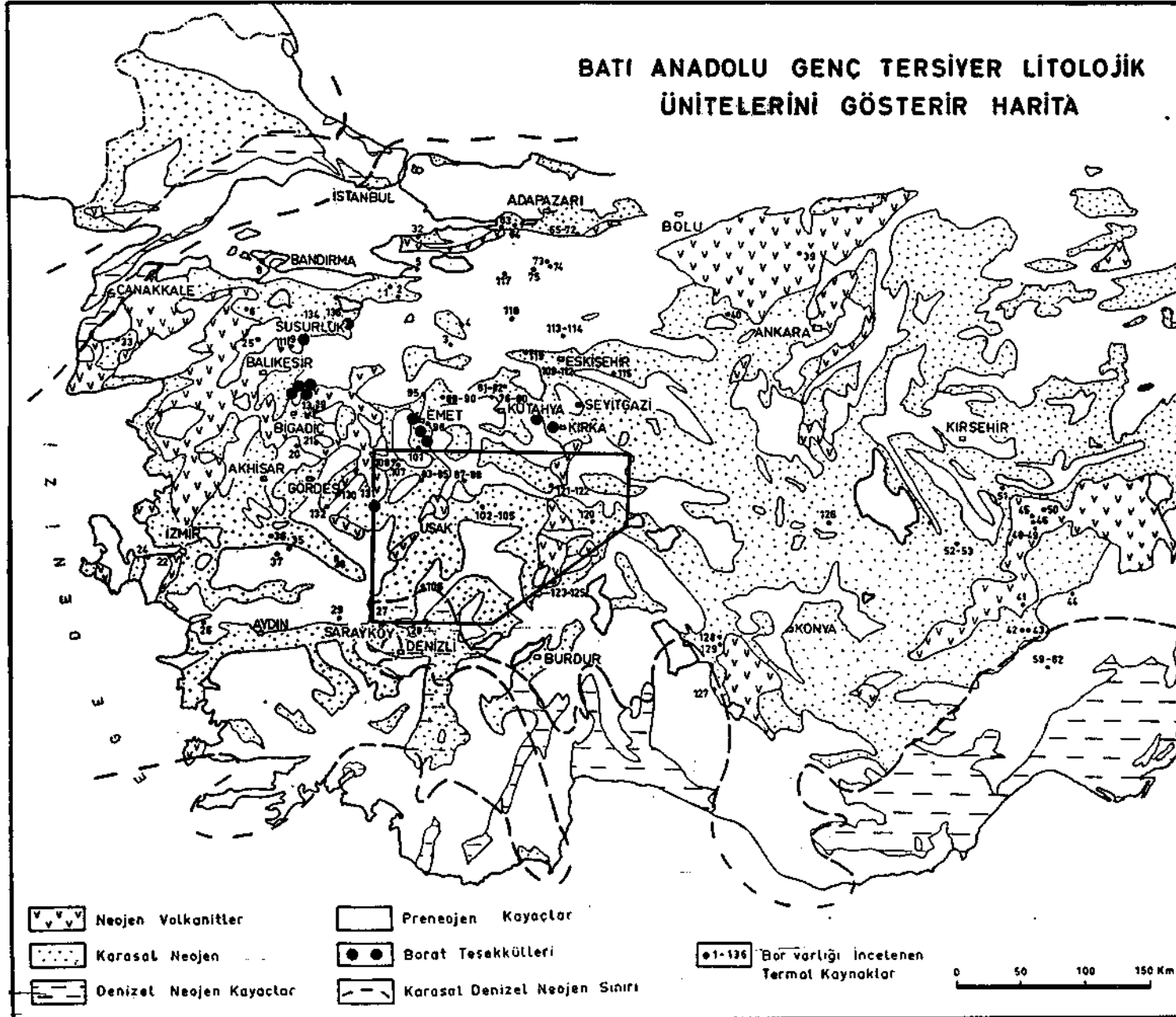
2. Volkanik faaliyetlerden termal fazlar, dünya üzerindeki bor teşekkülleri ile yakın bağlantısını daima göstermiş ve bu bağlantının, Batı Anadolu'da bor yatakları yakınında ve uzağında belli koşullarda mevcut olduğu saptanmıştır.

3. Kuzeyden Uşak-Kütahya üe güneyden Denizli-Burdur arasında kalan sahanın yeni bor potansiyeli bakımından önemli olabileceği; termal kaynaklara ait bor oranları karşılaştırılması ile ortaya çıkarılmıştır.

## BİBLİYOGRAFYA

- AKKUŞ, M. (1962): Kütahya-Gediz arasındaki sahanın jeolojisi. MTA Dergisi, 58. s. 21-30, Ankara.
- BAYSAL, O. (1972) : Tunellite, a new hydrous strontium borate from the Sankaya borate deposits in Turkey. Bull. Min. Res. Expl. Inst. 79 p. 22-29, Ankara.
- BAYS ALI, O. (1973 a) : New Hydrous Magnesium-Borate minerals in Turkey: Kurnakovite, Inderite, Inderborite. Bull. Min. Res. Expl. Inst. Nr. 80, Ankara.

**TABLO II — Bazı Önemli Bor Minerallerine Ait Fiziksel ve Kimyasal Bilgiler.**  
**(Borasil Minerali hariç Diğerlerinin Varlığı Batı Anadolu Borat Yataklarında Saptanmıştır).**



- BAYSAL, O. (1973 b): Sarıkaya (Kırka) borat yataklarının oluşumu. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 3. Kongresi s. 255-277, Ankara.
- BAYSAL, O. (1974): Kırka borat yataklarındaki kil mineralleri üzerinde ön çalışma. T.J.K. Bülteni XVH. s. 1-17, Ankara.
- BORSI, S., FERRARA, G., ÎNNOCENTÎ, F., MAZZUOLÎ, R. (1972): Petrology and Geochronology of Recent volcanism of Eastern Aegean Sea (West Anatolia and Lesvos Island). Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges. 123, Hannover.
- BROWN, W. W. and JONES, K.D. (1971): Borate Deposits of Turkey. In Geology and History of Turkey, pp. 583-492. Editor. Cambell, A.S. Tripoli.
- CULKIN, F. (1965): The Major constituents of sea water. In Chemical Oceanography. Vol. p. 121.161. Academic Press, London.
- ÇAĞLAR, K.Ö. (1950): Türkiye Maden Suları ve Kaplıcaları. M.T.A. Yayını seri B. 11 fas. 1, 2, 3, Ankara.
- DEMÎRCÎOĞUJ, A. (1973): Türkiye'deki bor minerallerinde hibroborasit. MTA. Dergisi Nr. 80, s. 100-110, Ankara.
- DORA, O.ö. (1964): Geologisch-lagerstättenkundliche Untersuchungen im Yamanlar-Gebirge nördlich vom Karşıyaka (Westanatolien). MTA. Yayını 116, 68 s. Ankara.
- FOSHAG, W.F. (1921): The origin of the colemanite deposits. Econ. Geol, 16, pp. 199-214.
- GAWLIK, J. (1921): Borat-Emet-Kütahya. MTA. Rap. No: 2479 (yayınlanmamış.) Ankara.
- GOLDSCHMÎDT, V.M. (1954): Geochemistry.
- HUTCHINSON, G.E. (1957): Treatise on limnology. Vol, 1, John Wiley and Sons, New York.
- IZDAR, E. (1969): Menderes kristalin masifi kuzey kısmının petrografi ve metamorfizması hakkında. E.Ü. Fen Fakültesi (Tez) İzmir.
- KEYES, CR. (1909): Borax deposits of the United States. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 40, pp. 674-700.
- KONOVALOV, G.S. (1959): The transport of microelements by the most important rivers of the U.S.S.R. (Translated) Dokl. Akad. Nauk. U.S.S.R., 129, 4. pp. 912-915.
- MADEN MÜHENDİSLERİ ODASI (1970): Boraks özel sayısı. Madencilik Dergisi. No. 9, 2-3, 61 s., Ankara.
- MEIXNER, H. (1952): Einige Boratminerale (Colemanit und Tertschit, ein neues Mineral) aus der Türkei. Fortschr der Mineralogie, v. 31, p. 39-42.
- MURDOCK, T.C. (1958): The boron Industry in Turkey In Mineral Trade Notes. Special Supplement No. 53, v. 46, Nr. 5. U.S., Bureau of Mines.



- MÜLİLER, G. (1955): Afyon vilâyetindeki termal kaynaklar. **M.T.A. Rap** (yayınlanmamış) Ankara.
- MUESSİG, S. (1959): Primary borates in playa deposits: minerals of high hydration. *Econ. Geol.*, v. 54, p.p. 495-501.
- NASÎNÎ, R. (1930) : *Soffioni e lagoni della Toscana*. 652 p. Roma.
- NEBERT, K. (1961): Gördes (Batı Anadolu) bölgesindeki Neojen volkanizması hakkında bazı bilgiler. *M.T.A. Dergisi* 57, s. 50-55, Ankara.
- ÖZPEKER, I. (1969): Batı Anadolu Borat yataklarının mukayeseli jeenetik etüdü (Doktora tezi) 116 s., İstanbul.
- ÖZPEKER, I. (1973): Borun kullanımı, tüketimi ve ulusal gelire katkı olanağı. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Tetknik HE. kongresi, Ankara.
- PUTZER, H. (1968) *Lehrbuch der Angew. Geologie*. Editor. BENTZ. A. Bd. 2. 1. s. 1142-1145, Perdinant Enke Verlag. Stuttgart.
- RANKAMA, K. and SAHAMA. T.G. (1952): *Geochemistry*. 2 nd. impr. Chicago.
- RONNER, F. (1962) : Sandıklı ovası çöküntüsü genç tektonik ve volkanik durumlar. *M.T.A. Dergisi* s. 59, s. 69-88., Ankara.
- VAN'T HOFF (1909): *Zur bildung der Ozeanischen. Salzablagerungen*, 45-75, Leibzig.
- WEDEPOHL, K. H., (1968): *Origin and distribution of the Elements* Editor. L.H. AHRENS p. 999-1016, Pergamon Press, New York.