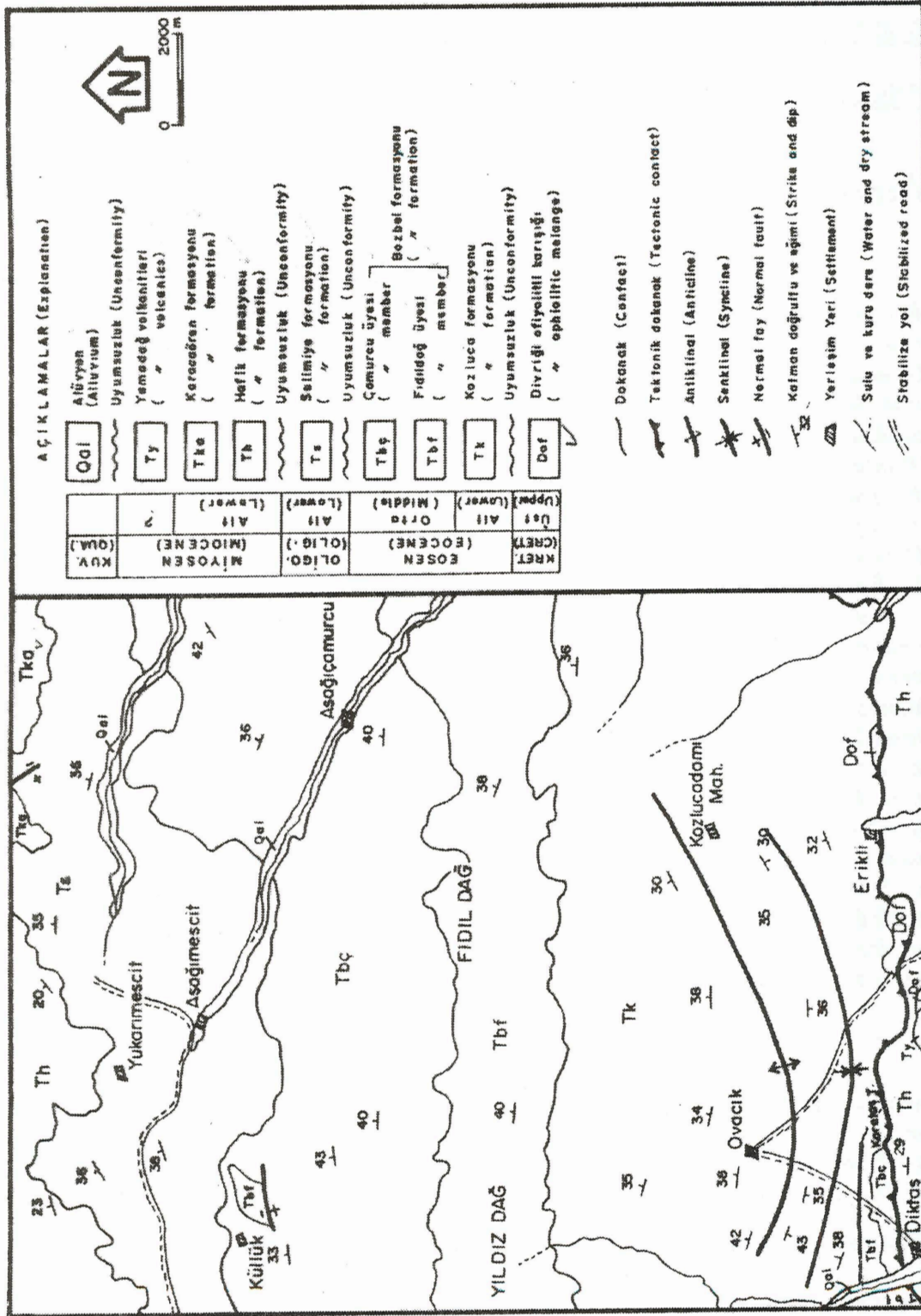




Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Stratigrafi

İnceleme alanının temelinde Divriği ofiyolitli karışığı (Üst Kretase) yer alır. Bölgede geniş yayılımları bulunmasına karşın çalışma alanında küçük yüzlekler şeklindedir ve serpantinitletlerden oluşur (Şekil 2). Divriği ofiyolitli karışığını uyumsuzlukla Kozluca formasyonu (İpresiyen) üstler. Çakıtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn ve kireçtaşıdan oluşan bu formasyon sıg şelften derin denize kadar değişen bir ortamda çökelmiştir. Bu formasyon üzerine uyumlu olarak Bozbel formasyonu (Lütesiyen) gelir. Altta Fıdıldağ üyesinden, üstte ise Çamurcu üyesinden meydana gelmiştir. Fıdıldağ üyesi genellikle volkanoklastik birimlerden; Çamurcu üyesi ise kumtaşı, silttaşı, marn ve kireçtaşlarından oluşur. Bozbel formasyonunu uyumsuzlukla Selimiye formasyonu (Alt Oligosen) takip eder. Kumtaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı ve jipslerle temsil edilen bu formasyonu uyumsuzlukla Miyosen yaşlı iki formasyon izler. Bunlardan altta bulunan Hafik formasyonu karasal ortamda çökelmiş olup bol miktarda evaporitik çökelimler içermektedir. Üstte bulunan Karacaören formasyonu ise denizel ortam ürünü olup çakıtaşı, kumtaşı, silttaşı, marn ve kireçtaşlarının yanı sıra kömür oluşumları da bulundurmaktadır. Tüm bu birimlerin üzerine bazalt ve andezitik bazaltlarla temsil edilen Yamadağ volkanitleri ile alüvyonlar gelir.

İncelemenin asıl konusunu oluşturan Fıdıldağ üyesi tabanda koyu yeşil ve gri renkli çakıtaşı, tuf, tüfit ve kumtaşları ile başlamakta, marn ve ince - orta katmanlı kumtaşları ile devam etmektedir. Fıdıldağ ve Yıldızdağ çevresinde birimin üst düzeylerinde gri ve sarımsı renkli, kıvrımlı kireçtaşları da görülmektedir. Çakıtaşları iri katmanlı ve kötü boyanmalı olup çakıllar genellikle iyi yuvarlaklanmışlardır (Şekil 3). Üye içindeki diğer birimlerle ara katkılı olarak bulunan tüfler orta ve üst düzeylerde yer alırlar. Bunların mikroskopik incelemelerinde bileşenlerden %50'sinin kuvars kristallerinin oluşturduğu bir kristal tuf olduğu görülmüştür. Yeşil, koyu ve açık gri renkli olan kumtaşları Fıdıldağ üyesinin en bol bulunan bileşenidir. Alt düzeylerde iri - orta, üst düzeylerde de ince katmanlı olup kil ile bağlanmışlardır. Marnlar ise tüm düzeylerde ve değişik kalınlıklarda gözlenirler.

Zeolit mineral analizi

Zeolitler alkali ve toprak alkali sulualümino silikatlardır. Bunların en önemli özelliklerinden biri sulu mineraller olmaları ve ısıtma sırasında bu suyu düzenli bir şekilde kaybetmeleridir. Zeolitler çeşitli sedimanter kayalarda ana mineral olarak göze çarpar. Zeolitleşmiş silisli vitrik volkanoklastik sedimanlar Japonya'da Nijgata petrol alanında olduğu gibi yeryüzünün birçok ye-

KAT (STAGE)	FORMASYON (FORMATION)	ÜYE (MEMBER)	KALINLIK (THICKNESS) (METER) (FEET)	KÖRNEK NO (SAMPLE NUMBER)	LİTOLOJİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATION)
LÜTESİYEN (LUTETIAN)	BOZBEL	FIDILDAĞ	255	F. 12		Gri ve yeşil renkli, orta katmanlı kumtaşları ile marn ardalanması, tuf, tüfit (Gray and green colored, medium bedded sandstones with marl alternation, tuff, tuffite)
				F. 11		
				F. 10		
				F. 9		
				F. 8		
				F. 7		Kötü boyanmalı çakıtaşı, kumtaşı ve marnlar tuf, tüfit (Weakly graded conglomerate, sandstone and marls, tuff, tuffite)
				F. 6		
				F. 5		
				F. 4		
				F. 3		
				F. 2		Kötü boyanmalı ve iri katmanlı çakıtaşı, ince-orta katmanlı kumtaşı ve marn ardalanması tuf, tüfit (Weakly graded and thick bedded conglomerate, thin-medium bedded sandstone and marl alternation, tuff, tuffite)
				F. 1		
HAFİK						Tektonik dokanak (Tectonic contact)
						Jipsler (Gypsums)

Şekil 3. Bozbel formasyonu Fıdıldağ üyesi Karataş Tepe tip kesiti.

rindeki petrol ve gaz alanlarında denizel birimlerle ara katmanlıdır. Volkanoklastik sedimentlerdeki zeolitlerin birçoğu gömülme diyajenezi sırasında dikey zonal bir dağılım gösterirler (Şekil 4). Mineral zonlanmasındaki zeolitlerin reaksiyon serisi ürünleri ısıya bağlıdır (Tablo 1). Isıya bağlı zeolit zonları petrol araştırmalarına uygulanabilir (Şekil 4).

İjima (1988) çalışmalarında zeolit reaksiyon serilerini şu şekilde sıralamıştır;

1- Alkali reaksiyon serileri, Volkanik cam + Su (I) --> Klinoptilolit + Mordenit + - Kristobalit (II) ----> Analsim + Kuvars + Su (III) ----> Albit + Su (IV)

2- Kalsik reaksiyon serileri,

Klinoptilolit + Ca^{++} (II) ----> Heulandit (IIIa) ----> Lomontit + Kuvars + Su (IIIb ve IVa).

Alkali reaksiyon serileri ile kalsik reaksiyon serileri çoğunlukla uyusmaktadır. Zeolit gömülme diyajenezi çalışmaları 1971 yılından beri yapılmaktadır. Japonya'da 10 kuyuda yapılan araştırmalarda her bir zonun üstündeki saptanan ısılar düzenli bir artış göstermiştir (İjima, 1988). II/III ve III/IV sınırlarındaki çok dar ısı aralığı ile karşılaştırılarak alkali zeolit reaksiyon serilerinin doğası ısıya bağlılığına açıkça işaret eder. Bu sonuçlar deneysel ve teorik çalışmalarla doğrulanmıştır ve analsim - albit dengesi 2 kb'dan daha düşük su basıncında ısıya bağlıdır.

Tablo 1. Iijima (1985)'ya göre gömülme diyajenezi zonları.

Sodik	Kalsik
I Altere cam	I Altere cam
	41-55 °C
II Klinoptilolit-Mordenit	II Klinoptilolit (Daha çok kalsik)
	81-91 °C
III Analsim	III Höländit
	120-124 °C
IV Albit	IV Lomontit

Zon	I	II	III	IV
Mineral Özel.			a	b
Silisik cam	---			
Alkali klinoptilolit		---		
Klinoptilolit-C _A		---		
Alkali mordenit		---		
Mordenit-C _A		---		
Analsim			---	
Höländit			---	
Lomontit				---
K-Feldispat				---
Albit				---

Şekil 4. Zeolitlerin zonal dağılımını gösteren şematik diyagram (Iijima, 1978).

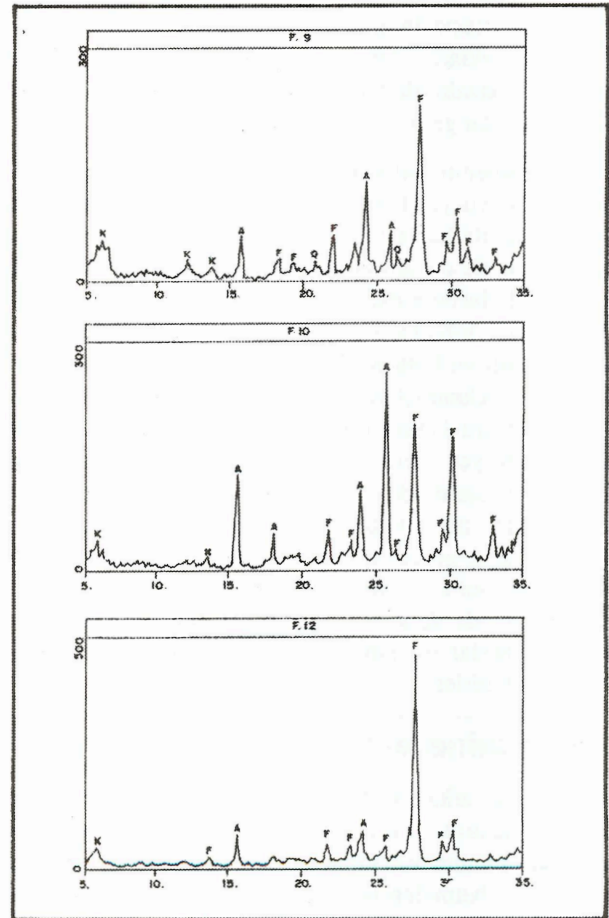
Zeolit zonlanmasının gösterdiği ısı ve derinlikler Iijima (1988) tarafından çalışılmıştır. Zonlanma sonucundaki denge; toplam çözünmüş materyal konsantrasyonu, pH ve silis aktivitesi ile gözenek suyunun kimyasından etkilenmektedir (Iijima ve Hay, 1968). Gömülme diyajenezine bağlı olarak gelişen zeolit minerallerinde kristal sınırları genellikle geçişli olup buna karşın diğer zeolit oluşumlarında daha keskin sınırlıdır (Hay, 1978).

İnceleme alanında Bozbel formasyonu (Orta Eosen) Fıdıldağ üyesi volkanoklastik sedimanlarından Diktaş yerleşim yeri yakınlarındaki Karataş Tepe dikme kesitiyle (Şekil 3) alınan örneklerden X-ışınları toplam kayaç çözümlemeleriyle elde edilen sonuçlara göre üç örnekte (F9, F10, F12) %10 - 21 arasında analsim ve %7 - 60 arasında da albitin bulunduğu görülmüştür (Şekil 5). Bu hesaplama minerallerin difraktogramlardaki pik şiddetleri esas alınarak kütleli absorpsiyon katsayılarına

göre yapılmıştır (Gündoğdu, 1982). Bu örnekler Karataş Tepe dikme kesitinin orta ve üst düzeylerine karşılık gelmektedir. Elde edilen albit mineralinin gömülme diyajenezine bağlı olarak analsimden dönüştüğü düşünülmektedir. Buna veri olarak mikroskopik gözlemler ve incelenen düzeye karşılık gelen alan dışındaki kömür oluşumları ile Fıdıldağ üyesinden alınan örneklerden elde edilen vitrinit yansıma değerleri gösterilebilir. Mikroskopik incelemelere göre albit kristallerinin sınırları keskin hatlı olmayıp az belirgindir. Bu belirteç Hay (1978)'in tanımlamalarına uymaktadır.

Yorumlama

Örnekler içinde belirlenen analsim Iijima (1988)'nın zeolit mineral zonlanmasında III zon içerisinde yer alırken, albitte IV zonun alt yarısında bulunmaktadır. Analsim ve albitin zeolit mineral zonlanmasında karşılık geldiği ısı aralığı ise 90 - 150°C arasındadır. Bu durumdaki bir aralık sedimanların dolayısıyla da içinde bulu-



Şekil 5. Bozbel formasyonu Fıdıldağ üyesi F.9, F.10 ve F.12 örneklerinin tüm kayaç difraktogramları (K: Kil, F: Feldispat, Q: Kuvars, A: Analsim)

nan organik maddelerin ısısal açıdan olgunlaştığı onlamına gelmektedir.

Gömülme diyajenezi sırasında alkali zeolit reaksiyonlarının alkali göl çökellerinde yavaş olduğu düşünülmektedir. Gömülme tarihi diyagramı kullanarak, sığ ve derin zonlardaki zeolitlerin birlikte bulunduğu durumlarda reaksiyon oranları geçiş zonunun kalınlığından tahmin edilebilir.

Tuzlu alkali göl çökellerinde analsim - albit reaksiyonu 55 - 65°C de oluşmuştur. Klinoptilolitlerin transformasyonu ve mordenit - analsim yüzey ısısında oluşmuştur (Iijima, 1988).

Alkali zeolit reaksiyon serilerinin ısıya bağlı yapısı gömülme diyajenezi ile şekillenmiştir. Gözeneklerde bulunan suyun hareketi çok yavaş olduğu için gözenek suyu kimyası kalın sedimentlerde önemli değildir. Gömülme diyajenezi sırasında bitümlü köken kayalar içindeki hidrokarbonların farklı durumları; sığ derinliklerde metan oluşumu (olgunlaşmamış safha), orta derinliklerde petrol (olgun safha) ve daha fazla derinliklerde termal parçalanmalarla oluşmuş kondense ürünler ve ıslak gaz (aşırı olgunlaşma) yer alır. Sonuç olarak hidrokarbonların olgunluğunun bilinmesi köken kaya oluşumu için çok önemlidir. Japonya'daki Tersiyer yaşlı petrol alanlarında da hidrokarbon oluşum zonları yukarıda anlatılan özellikleri içermektedir.

Isıya bağlı olarak gelişen zeolit zonları ile vitrinit yansımaları değerleri karşılaştırılarak olgunlaşma değerleri ortaya çıkarılmıştır (Iijima, 1988). Buna göre olgunlaşmamış zonda ($R_o > 0.5$) II zonun üst yarısı ve I zon; Olgunlaşmış zonda ($R_o = 0.5 - 1.2$) II zonun alt yarısı, III zon ve IV zonun üst yarısına karşılık gelmektedir. Zeolit zonları kömür rankları ile karşılaştırılırsa; linyitler ve alt bitümlü kömürler II zeolit zonuna, bitümlü kömürler III zona karşılık gelmektedir (Shimoyama ve Iijima, 1978). Fıdıladağ üyesinin değişik bölümlerinden alınan örneklerde organik madde yoğunlaştırılmış ve parlatılmış kalıplar hazırlanmıştır. Bunlardan 7 tanesinde vitrinit maseralleri bulunarak yansımaları değeri ölçülmüş ve ortalama 0.57 değeri elde edilmiştir. Bu değerler zeolit minerali zonlarıyla karşılaştırıldığında III ve IV. zona karşılık gelmekte, bu da hidrokarbonlar için olgun zona (petrol zonuna) işaret etmektedir.

Zeolit zonları oluşurken jeotermal gradyanda gelişir. Yani, katmanlar maksimum derinliğe gömülür.

düğünde zon II nin ve daha doğru olarak zon III'ün kalınlığından değerler elde edilebilmektedir. Şekil 6'daki I/II, II/III ve III/IV'ün sınırlarındaki ortalama sıcaklık derecelerine göre bu değerleri görmek mümkündür.

Sonuçlar

- Sivas Tersiyer Havzasının İmranlı güneyi bölümlerinde Lütisiyen yaşlı volkanoklastiklerde zeolit mineralleri bulunmuştur. Bunlar analsim ve albitten ibarettir.

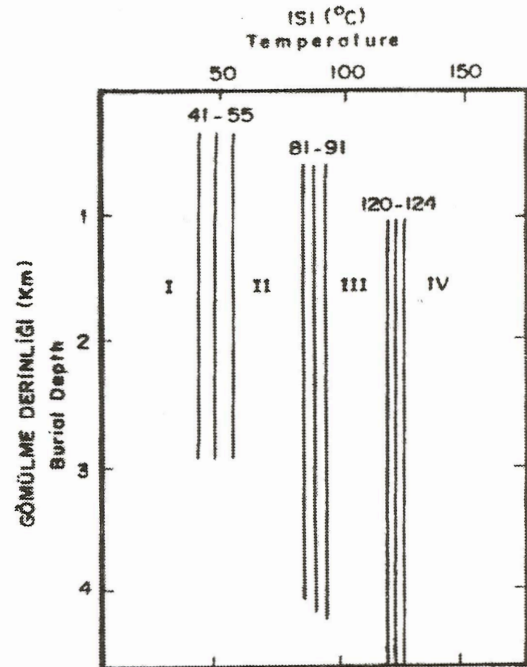
- Analsim %10 - 21 arasında, albit ise % 7 - 60 arasında bulunmaktadır.

- Albit ve analsimin zeolit mineral zonlanmasında karşılık geldiği ısı 91 - 150°C arasındadır.

- 7 adet ömekte vitrinit maserali belirlenmiş ve ortalama yansımaya değeri (R_o) %0.57 olarak ölçülmüştür.

- Zeolit mineral zonlanmasının karşılık geldiği ısı aralığı ile vitrinit yansımaları değerleri birlikte değerlendirildiğinde bunların aynı oluşum zonunda olduğu görülmüştür.

- Fıdıladağ üyesini oluşturan sedimanlar ve onların içerdiği organik maddeler hidrokarbon açısından olgunlaşmış zona (petrol zonuna) işaret ederler.



Şekil 6. Zeolit zonlarının ısı ve gömülme derinliği arasındaki ilişki (Iijima, 1988).

KATKI BELİRTME

Katkıları nedeniyle Doç. Dr. Hüseyin Yalçın (C.Ü.), Yrd. Doç. Dr. Mehmet Altunsoy (C.Ü.) Yrd. Doç. Dr. Orhan Tatar (C.Ü.) ve Teknik Ressam Veli Kayaoğlu (C.Ü.)'na teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aktimur, T.H., Tekirli, M.E. ve Yurdakul, M.E., 1990, Sivas - Erzincan Tersiyer Havzasının jeolojisi: MTA Derg., 111, 25 - 37.
- Altunsoy, M., 1993, Karacaören (İmranlı) - Diktaş (Divriği) yöresi Tersiyer çökellerinin sedimanter petroloji, petrol ana kayası ve organik fasiyes özelliklerinin incelenmesi: C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi, 279 s (Yayınlanmamış).
- Aral, F., 1986, Çayözü - Çakırtarla (Divriği) yöresinin jeolojisi: C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Yük. Lisans Tezi, 69s (Yayınlanmamış).
- Artan, Ü. ve Sestini, G., 1971, Sivas - Zara - Beypınarı Bölgesinin jeolojisi: MTA Derg., 76, 80 - 97.
- Gökçen, S.L., 1981, Zara - Hafik güneyindeki Paleojen istifinin sedimantolojisi ve paleoğrafik evrimi: Yerbilimleri, 8, 1 - 25.
- Gökçen, S.L., 1982, Zara - Hafik (SE Sivas) ve Refahiye (SW Erzincan) bölgeleri Eosen flišinin sedimanter petrolojik karşılaştırılması: 9, 141 - 147.
- Gökçen, S.L. ve Kelling, G., 1985, Oligocene deposits of the Zara - Hafik region (Sivas - Central Turkey). Evolution from storm - influenced shelf to evaporitic basin: Geologische Rundschau 74/1, 139 - 153.
- Gündoğdu, N., 1982, Neojen yaşlı Bigadiç sedimanter Baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelemesi: H.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi, 386s (Yayınlanmamış).
- Hay, R., 1978, Geologic occurrence of zeolites. In: Natural zeolites, occurrence, properties, use: L.B. Sand and F.A. Mumpton (Eds.), Pergamon press, Oxford, pp. 135 - 143.
- Iijima, A. ve Hay, R.L., 1968, Analcime composition in tuffs of the Green River formation of Wyoming: American Mineralogist, 53, 184 - 200.
- Iijima, A., 1978, Geological occurrences of zeolite in marine environments: In: Natural zeolites occurrence, properties, use (Eds. L.B. Sand and Mumpton), p. 175 - 198.
- Iijima, A., 1985, Applications of zeolites to petroleum exploration: Proc. Budapest Meeting on Natural Zeolites.
- Iijima, A., 1988, Application of zeolites to petroleum exploration (Kallo, D. ve Sherry, H.S., Edit.), Occurrence, properties and utilization of natural zeolites, 29 - 37, Akademiai Kiado, Budapest.
- Inan, S., Öztürk, A. ve Gürsoy, H., 1993, Ulaş - Sincan (Sivas) yöresinin stratigrafisi: Doğa - Türk Yerbilimleri Derg., 2, 1 - 15.
- Korkmaz, S., 1990, Sivas Havzasında ana kaya fasiyesi ve petrol oluşumunun jeokimyasal yöntemlerle araştırılması: Jeoloji Müh. Derg., 37, 61 - 68.
- Kurtman, F., 1973, Sivas - Hafik - Zara ve İmranlı bölgesinin jeolojik ve tektonik yapısı: MTA Derg., 80, 1 - 32.
- Meşhur, M. ve Aziz, A., 1980, Sivas baseni jeolojisi ve hidrokarbon olanakları: TPAO Rap. No: 1530 (Yayınlanmamış).
- Özçelik, O. ve Altunsoy, M., 1991, Bolucan (Zara - Sivas) yöresinde Selimiye formasyonunun (Oligosen) organik fasiyes özellikleri: A.Ü. Isparta Müh. Fak. Derg., 6, 145 - 152.
- Shimoyama, T. ve Iijima, A., 1978, Influence of temperature on coalification of Tertiary coal in Japan: Mem. Geol. Soc. Japan, 15, 205 - 222.
- Sungurlu, O. ve Soytürk, N., 1970, Sivas Havzası ve civarının jeoloji etüdü: TPAO Rap. No: 570 (Yayınlanmamış).
- Temiz, H., Guezou, J.C., Poisson, A. ve Tutkun, S.Z., 1992, Sivas Havzası doğusunun tektonostratigrafisi ve kinematiki: C.Ü. Müh. Fak. Derg., Yerbilimleri, 9/1, 27 - 34.
- Tunç, M., Özçelik, O., Tutkun, S.Z. ve Gökçe, A., 1991, Divriği - Yakuplu - Ilıç - Hamo (Sivas) yöresinin temel jeolojik özellikleri: Doğa, 15, 225 - 245.