



Kozan, Dikilitaş ve Alapınar (Adana) Arasında Bulunan Topraklardaki Ağır Metal İçeriklerinin Jeobirikim İndeksine göre İncelenmesi

Investigation of Heavy Metal Contents in Soils Between Kozan, Dikilitaş and Alapınar (Adana) According to Geoaccumulation Index

MUSTAFA AKYILDIZ¹ Orcid: 0000-0002-0371-8646

MUHSİN SAVAŞ¹ Orcid: 0000-0002-3028-9605

BURCU KARATAŞ¹ Orcid: 0000-0003-2705-4319

¹ Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 01330 Sarıçam, ADANA

Geliş (received): 30/10/2023

Kabul (Accepted): 16/11/2023

ÖZ

Adana iline bağlı Kozan ilçesinde Dikilitaş ve Alapınar Mahalleleri arasında yer alan bölgedeki topraklarda bulunan ağır metal içeriklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışma alanını temsil edecek noktalardan yüzeyin 5-10 cm altından 23 adet toprak numunesi alınmıştır. Örneklerin ağır metal içerikleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (A.A.S) cihazı ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) veritabanına aktarılarak semboloji ve dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Hg, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Co, Al, As elementlerinden Ni ve Cd elementi Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen değerlerinden yüksek çıkmaktadır.

Jeo-birikim indeks verilerine göre Dikilitaş-Alapınar arasında kalan bölgeden alınan toprak numunelerinde Cd elementi için orta derecede, Hg elementi miktarı açısından çok kirletilmiş; Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Al ve As elementleri aşırı kirletilmiş olarak saptanmıştır

Anahtar Kelimeler: Element, Toprak, AAS, CBS, Ağır Metal Kirliliği.

Mustafa AKYILDIZ akyildizm@cu.edu.tr

¹ Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü 01330 Sarıçam ADANA

ABSTRACT

It has been aimed to determine the amount of heavy metal included in the soils of the region located between Dikilitaş and Alapınar neighbourhoods of Kozan district affiliated to Adana province. 23 samples of soil have been taken from 5-10 cm under the surface at the points representing the field of study. Heavy metal contents of the samples have been measured by Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) device. The data obtained in this manner have been transferred to Geographic Information System (GIS) database, and symbology and distribution maps have been formed.

Among Hg, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Co, Al, As elements; Ni and Cd elements have been found higher than the figures determined by Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change.

When geo-accumulation index data are considered with relation to the soil samples taken from the region located between Dikilitaş and Alapınar; moderate degree of contamination has been detected for Cd element, considerable degree of contamination has been detected for Hg element, and high degree of contamination has been detected for Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Al and As elements.

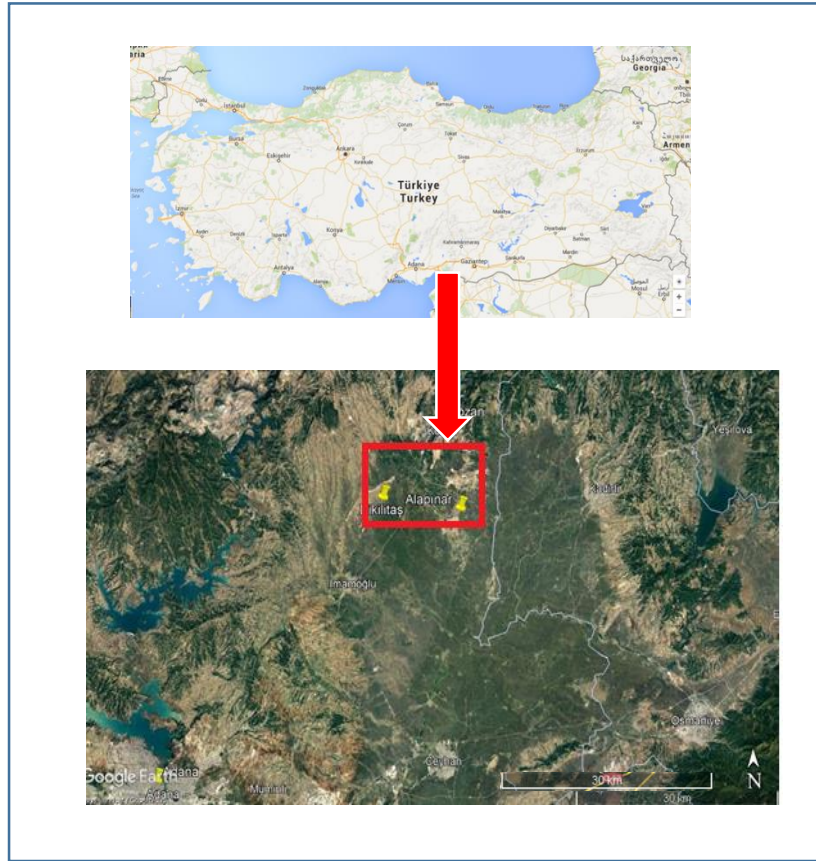
Key Words: *Element, Soil, AAS, CBS, Heavy Metal Contamination*

GİRİŞ

Ağır metal terimi, canlı sağlığı açısından toksik etkiler gösterebilen metalleri ve yarı metalleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Toprak, yeryüzünün en üst kısmını oluşturan ve içinde yaşam bulunan bölümü olarak tanımlanabilir. Toprak oluşumunda temel kaynak kayaçlardır ve kayaçlar meydana getirdiği toprağın kimyasal içeriğini doğrudan etkilemektedir. Topraklardaki ağır metallerin kaynaklarını litojenik ve antropojenik kaynaklar olarak iki gruba ayırmak mümkündür. Litojenik kaynaklar, toprağı meydana getiren kaynak kayaçlar ile ilgiliyken antropojenik kaynaklar insan kökenli olduğu için çok çeşitli faktörleri ifade etmektedir. Bölgede yapılan araştırmaların büyük çoğunluğunu Genel Jeoloji (Özgül, 1976, Ünlügenç, 1986, Kozlu, 1987, Ayhan, 1987, Kop, 2003 ve Usta vd., 2004, Robertson vd., 2004) ve Maden Yatakları (Uras, vd., 2004, Taş, 2007, Akyıldız ve Karataş (2018) Çetin ve Akyıldız,2020) ile ilgili çalışmalar oluşturmaktadır. Bölgede toprak kirliliğine ait çalışma bulunmamaktadır. Çalışma alanı Kozan güneyi, Dikilitaş ve Alapınar bölgeleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Doğu Akdeniz’de yer alan bölge, Geç Triyas döneminde küçük bir okyanus havzası konumunda olup, Kretase’de Tetis Okyanusu’nun en son kalıntısıdır

(Robertson ve Dixon, 1984; Robertson vd., 1991; Robertson, 1998). Mesozoyik–Erken Tersiyer yaşlı karbonatlar ve kırıntılı sedimanter kayalardan, ikincil olarak ise bunlarla beraber gözlenen bazik–ultrabazik, ofiyolitle ilişkili kompleks bir ünite ile temsil edilmektedir.

Litojenik kaynaklar, toprağı meydana getiren kaynak kayalar ile ilgili antropojenik kaynaklar insan kökenli olduğı için çok çeşitli faktörleri ifade etmektedir. İnceleme alanı içerisindeki topraklardan; Dikilitaş ve Alapınar mahalleleri arasında kalan bölgeden 23 adet nokta örnekleme yapılmıştır. Örnekler yüzeyin 5-10 cm altından alınmıştır. Alınan bu örneklerin ağır metal içerikleri Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre (A.A.S) cihazı ile ölçülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile çalışma alanı içerisinde ağır metallere kaynaklanan bir kirliliğin olup olmadığı araştırılmış, bir kirlilik mevcut ise bunun nedenleri irdelenmiştir.

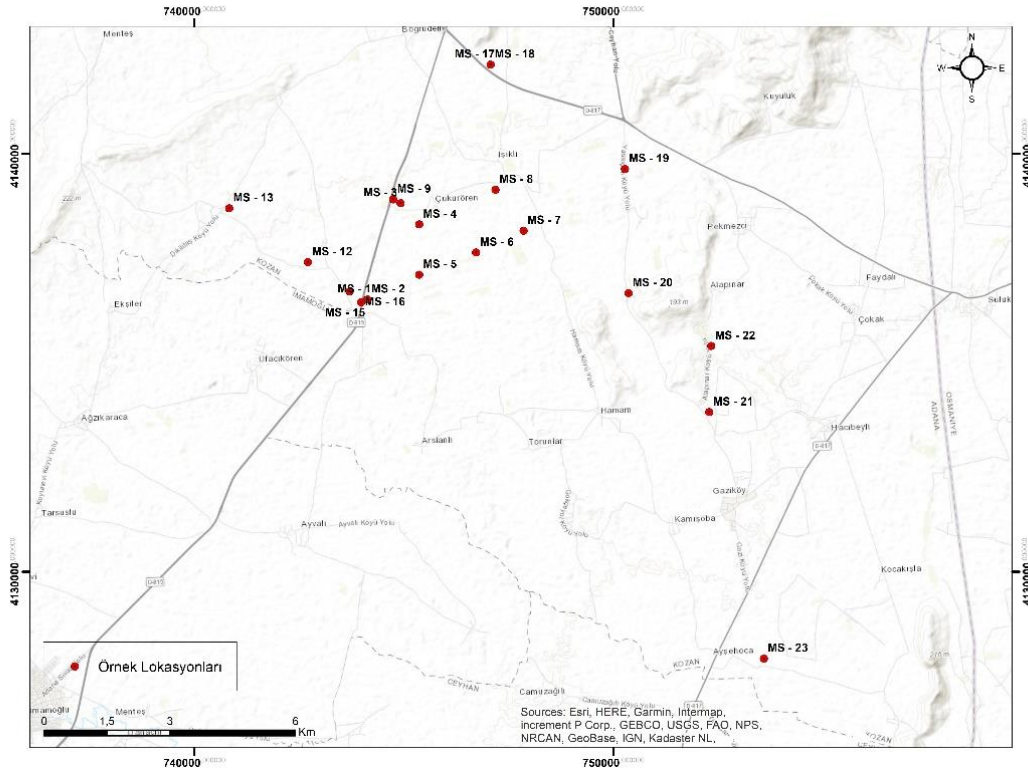


Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

METOD VE BULGULAR

Çalışmanın ana materyalini Kozan (Adana) güneyi, Dikilitaş ve Alapınar arasındaki topraklar oluşturmaktadır. Bölgeden alınan örnek yerleri Şekil 2’de verilmiştir. Bir toprak profili A, B ve C olmak üzere üç temel zondan oluşmaktadır. En üst katmanda bulunan ve 25 cm kadar kalınlığa sahip A zonu; A0 ve A1 olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. A0 zonu, A1 zonunun üzerinde yer almaktadır ve genel olarak organik maddelerden oluşmaktadır. A1 zonu ise organik maddeler, humus, mineral parçaları içermektedir. A2 zonu; A1 zonunun altında ve A1 zonuna göre organik madde ve element bakımından daha zayıf olan bir zon olup örnekler bu zondan alınmıştır.



Şekil 2. Örnek yerleri

Figure 2. Sample locations

Toprak numuneleri ilk olarak, neminin alınması amacıyla oda sıcaklığında kurutulmuş ve bu numuneler 0,1 mm'lik elekten geçirilmiştir. Çözelti hazırlanması için, 1 gr'lık numunelerin üzerine, 15 ml HCl ve 5 ml litre HNO₃ ilave edilmiş, toplamda 20 ml'lik çözelti elde edilmiştir. Hazırlanan bu çözelti, sıcak tabla üzerinde 300°C'de ısıtılmış ve bu ısıtma işlemi, tepkime başlayana kadar devam etmiştir. Tepkimenin ardından alınan çözelti, balon jojeler içerisine boşaltılmış ve üzerine, toplam derişim 150 ml oluncaya kadar deiyonize su eklenmiştir. Daha sonra soğumaya bırakılan örneklerin ağır metal analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile yapılmıştır (Ç.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği bölümünde yer alan Prof. Dr. Servet Yaman Jeokimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir).

Jeobirikim İndeksi (Igeo)

Topraktaki ağır metal kirlilik seviyesini belirlemek için elementlerin yerkabuğundaki değerleri ile günümüzde ölçtüğümüz değerler ile karşılaştırmak için Müller (1961) tarafından önerilen (Barbieri, 2016) Jeobirikim İndeksi (Geoaccumulation Index, Igeo) hesaplanmıştır.

Jeo birikim indeksi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır;

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / (1.5 * B_n))$$

C_n; Toprak örneğindeki metal konsantrasyonunun değeri,

B_n; 'n' metalinin yerkabuğundaki ortalama değeri (Mason, 1966),

1,5; Temel değer matriksi korelasyon faktörü.

Jeobirikim indeksi Müller (1981) tarafından 7 ayrı kirlilik sınıfına ayrılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Jeobirikim İndeksi (Igeo) Sınıflaması (Müller, 1981).
Table 1. Geoaccumulation Index (Igeo) Classification (Müller, 1981).

Sınıfı	Igeo	Kirlilik Durumu
0	Igeo < 0	Pratik olarak kirlenmemiş
1	0 < Igeo < 1	Kirlenmemiş-orta derecede kirlenmiş
2	1 < Igeo < 2	Orta derecede kirlenmiş
3	2 < Igeo < 3	Orta-çok kirlenmiş
4	3 < Igeo < 4	Çok kirlenmiş
5	4 < Igeo < 5	Çok-aşırı kirlenmiş
6	Igeo > 5	Aşırı kirlenmiş

BULGULAR

Toprak örnek alım lokasyonları Kozan Güneyi, Dikilitaş-Alapınar arasında kalan bölgeden 23 adet örnek alınmıştır. Bu kapsamda örneklerde Cd, Ni, Co, Pb, Zn, Cr, Cu, Hg, As, Fe, Al, Mn metal analizleri Atomik Absorbsiyon Spektrometre cihazı ile yapılmıştır. Analizler sonucunda her bir element için dağılım haritaları hazırlanmıştır. Ağır metallere Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, Pb ve Ni elementlerinin miktarı Çevre Şehircilik Bakanlığı Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100608-3.) belirtilen toprak ağır metal standart değerleri ile karşılaştırılmıştır (Çizelge 2). Tüm çalışma alanından elde edilen analiz sonuçlarının yönetmenlikte belirtilen standartlara göre değerlendirilmesi Çizelge 3 de verilmiş ve sınırı aşan örnekler kırmızı renk ile gösterilmiştir. Analizlerde deteksiyon limitinin altında kalanlar ise “<DL” ile gösterilmiştir. Analiz sonuçlarına göre elementlerin ortalama değerleri; Hg: 30,83 ppb, Pb: 161,46 ppm, Cd: 8,78 ppm, Cr: 69,25 ppm, Zn: 75,03 ppm, Cu: 21,25 ppm, Ni: 144,27 ppm, Fe: 31.591,74 ppm, Mn 543,27 ppm, Co 44,08 ppm, Al 11.178,17 ppm, As 5,07 ppb olarak saptanmıştır (Çizelge 3). Ni, Cd tüm noktalarda yüksek çıkarken Cr elementi bazı noktalarda Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen değerden yüksek çıkmıştır.

Çizelge 2. Türkiye ağır metal standart sınır değerleri (Özkul, 2008).

Table 2. Türkiye heavy metal standard limit values (Özkul, 2008).

Element	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)
Türkiye	1500	300	3	100	300	140	75

Çizelge 3. Dikilitaş-Alapınar bölgesi analiz sonuçları ve Türkiye ağır metal sınır değerleri ile karşılaştırılması.

Table 3. Dikilitaş-Alapınar region analysis results and comparison with Türkiye's heavy metal limit values.

	Hg (ppb)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Cr (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Ni (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Co (ppm)	Al (ppm)	As (ppm)
Türkiye	1500	300	3	100	300	140	75					
Örnekler	Ağır Metal Analiz Sonuçları											
M1	17,45	140	9,021	63,7	83,49	26,71	211,9	31170	600,3	46,04	9349	5,968
M2	13,23	143	7,754	47,2	69,03	23,23	193,6	29500	588,3	43,65	8358	5,069
M3	30,62	138	8,784	104	92,78	30,06	164,7	38280	647,1	42,52	13930	5,253
M4	43,54	142	7,664	106	81,74	29,57	167,2	40110	657,2	42,96	13930	5,832
M5	69,15	140	7,808	44,8	81,59	22,5	103,6	38600	517,4	34,01	12000	5,365
M6	55,06	149	6,595	34,1	76,67	26,24	92,98	39210	590	36,6	12400	3,079
M7	15,02	155	8,039	26,8	93,16	19,02	91,81	35490	435,3	31,16	11180	3,132
M8	36,85	161	7,147	33,1	72,83	18,45	98,77	35000	519,1	29,5	14860	5,665
M9	30,02	168	8,154	93,9	70,26	26,98	171,1	39190	601,7	46,96	16550	3,205
M10	62,88	172	9,329	87,5	93,75	29,56	179,2	35850	586,8	51,06	14400	6,234
M11	16,35	172	7,817	109	87,64	26,2	164,7	32420	602	45,88	13060	5,567
M12	9,88	173	7,724	152	69,46	24,56	207,6	37040	647	49,55	17360	5,981
M13	29,29	191	9,565	56,5	57,76	21,78	193,7	28350	641,1	51,38	12980	5,774
M14	21,57	191	8,624	49,9	54,65	14,03	183,6	26810	567,9	46,19	7996	5,458
M15	11,46	194	9,373	51,8	53,35	18,07	197	27760	583,9	51,04	8426	5,787
M16	72,55	190	8,928	183	62,16	22,58	228,5	29960	646,1	47,68	10620	5,626
M17	22,11	201	12,12	23,3	57,14	6,77	90,86	18370	299	41,53	6512	4,857
M18	36,95	86,3	9,985	38,8	72,81	14,45	88,03	26420	410,8	43,57	8162	5,465
M19	9,00	< DL	7,48	84	74,03	18,92	101,7	33010	512,8	43,97	11680	4,825
M20	16,78	< DL	8,395	121	94,7	23,12	120,6	33960	768,6	48,22	14550	5,964
M21	15,11	< DL	9,661	30,1	78,48	13,72	90,23	25370	377,2	49,65	6662	3,894
M22	25,56	< DL	10,27	21,2	77,02	14,79	84,23	26170	382,5	47,41	6977	4,25
M23	48,84	< DL	11,74	31,2	71,27	17,53	92,64	18570	313,3	43,49	5156	4,49

Nikel (Ni)

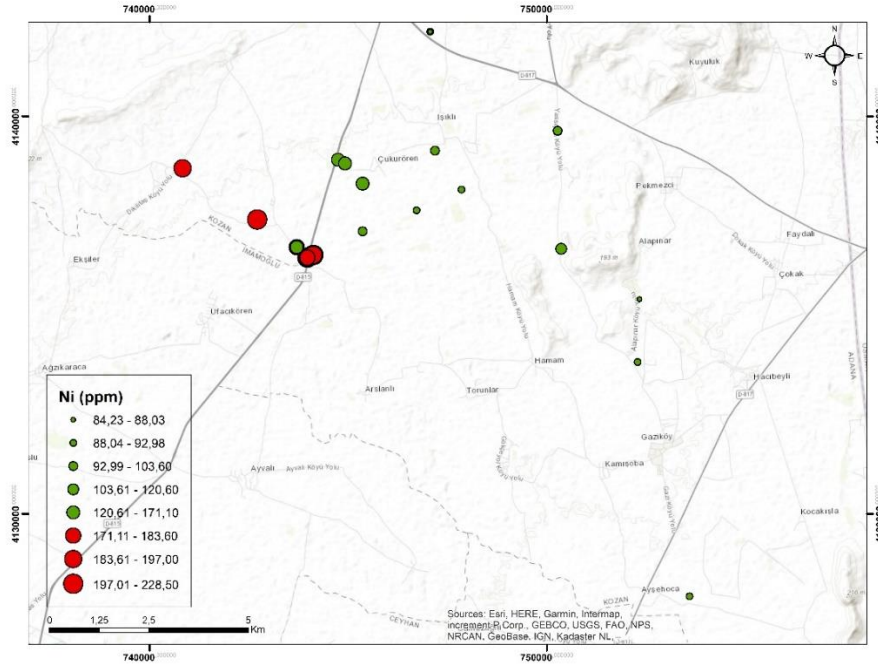
Dikilitaş-Alapınar arasında kalan bölgeden alınan toprak numunelerinde Ni değerleri ortalama olarak 144,27 ppm; maksimum 228,50 ppm; minimum 84,23 ppm, ortanca değer 164,70 ppm ve standart sapma 49,94 ppm'dir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Nikel (Ni) elementinin Dikilitaş–Alapınar bölgesindeki sayısal değerleri

Table 4. Numerical values of the element Nickel (Ni) in the Dikilitaş–Alapınar region

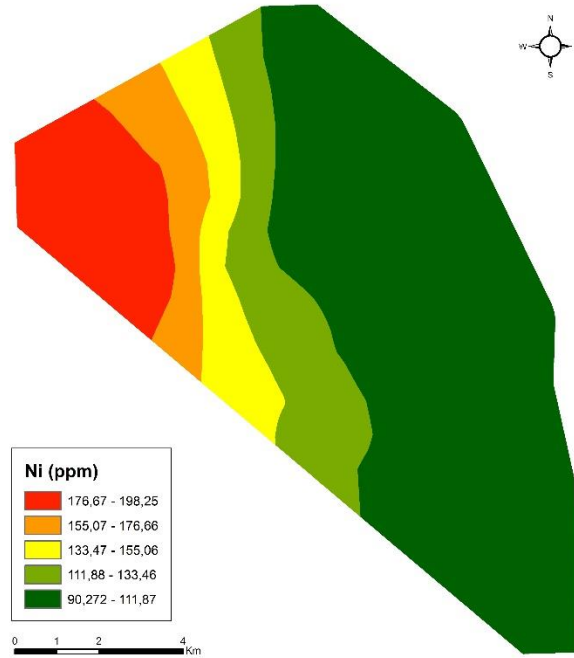
Ni(ppm)	Lokasyon	Ort.	Max.	Min.	Ortanca	Std. Sapma
	Dikilitaş - Alapınar	144,27	228,50	84,23	164,70	49,94

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Türkiye’de Ni elementi için belirtilen kirlilik sınır değeri 75 ppm'dir. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin tamamında; Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Ni elementi için belirtilen kirlilik sınır değerinin üzerindedir. Semboloji ve dağılım haritalarında Dikilitaş–Alapınar bölgesindeki Ni değerleri bölgenin batı kesimlerinde en yüksek miktarlarda bulunmakta ve toprak numunelerinin tamamında standart sınır değerlerinin üzerinde kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 3-4).



Şekil 3. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Ni elementinin semboloji haritası

Figure 3. Symbolology map of the Ni element in soils taken from the Dikilitaş–Alapınar region



Şekil1. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Ni elementinin dağılım haritası
Figure 4. Distribution map of the Ni element in the soils taken from the Dikilitaş–Alapınar region

Kadmiyum (Cd)

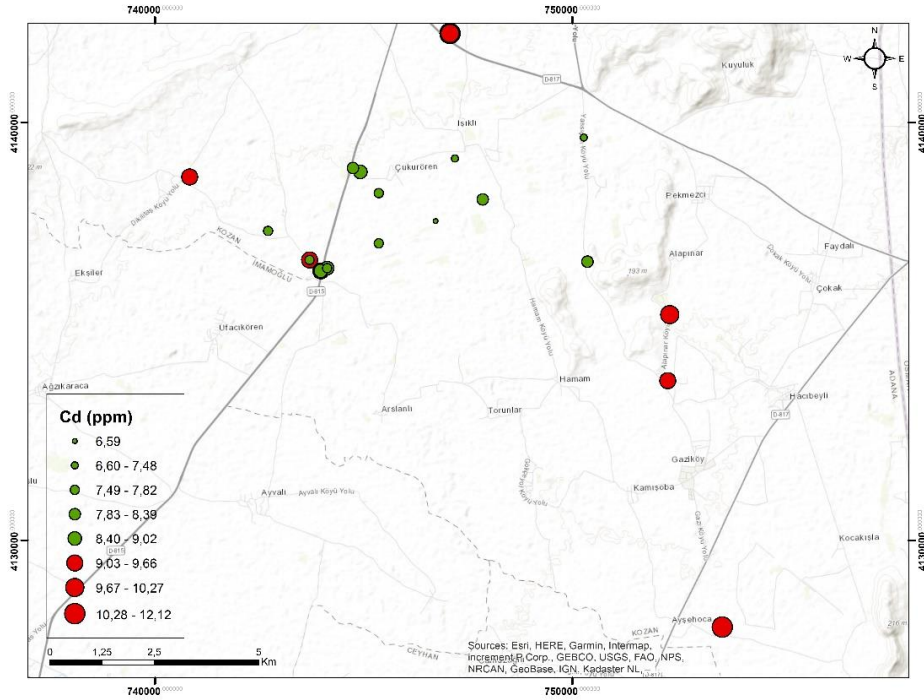
Dikilitaş-Alapınar arasında kalan bölgeden alınan toprak numunelerinde Cd değerleri ortalama olarak 8,78 ppm; maksimum 12,12 ppm; minimum 6,59 ppm, ortanca değer 8,62 ppm ve standart sapma 1,36 ppm'dir (Çizelge 5).

Çizelge 1. Kadmiyum (Cd) elementinin Dikilitaş–Alapınar bölgesindeki sayısal değerleri
Table 5. Numerical values of the element Cadmium (Cd) in the Dikilitaş–Alapınar region

	Lokasyon	Ort.	Max.	Min.	Ortanca	Std. Sapma
Cd(ppm)	Dikilitaş- Alapınar	8,78	12,12	6,59	8,62	1,36

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Türkiye'de Cd elementi için belirtilen kirlilik sınır değeri 3 ppm'dir. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin tamamında; Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Cd elementi için belirtilen kirlilik sınır değerinin üzerindedir.

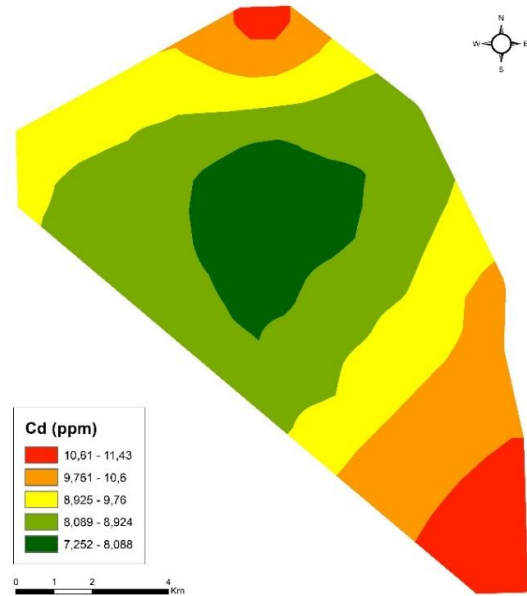
Semboloji ve dağılım haritalarında Dikilitaş–Alapınar bölgesindeki Cd değerleri bölgenin Kuzey ve Güney kesimlerinde en yüksek miktarlarda bulunmakta ve toprak numunelerinin tamamında standart sınır değerlerinin üzerinde kaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 5, 6).



Şekil 5. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Cd elementinin semboloji haritası

Figure 5. Symbolology of Cd element in soils taken from Dikilitaş–Alapınar region.

map



Şekil 6. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Cd elementinin dağılım haritası

Figure 6. Distribution map of Cd element in soils taken from Dikilitaş–Alapınar region

Krom (Cr)

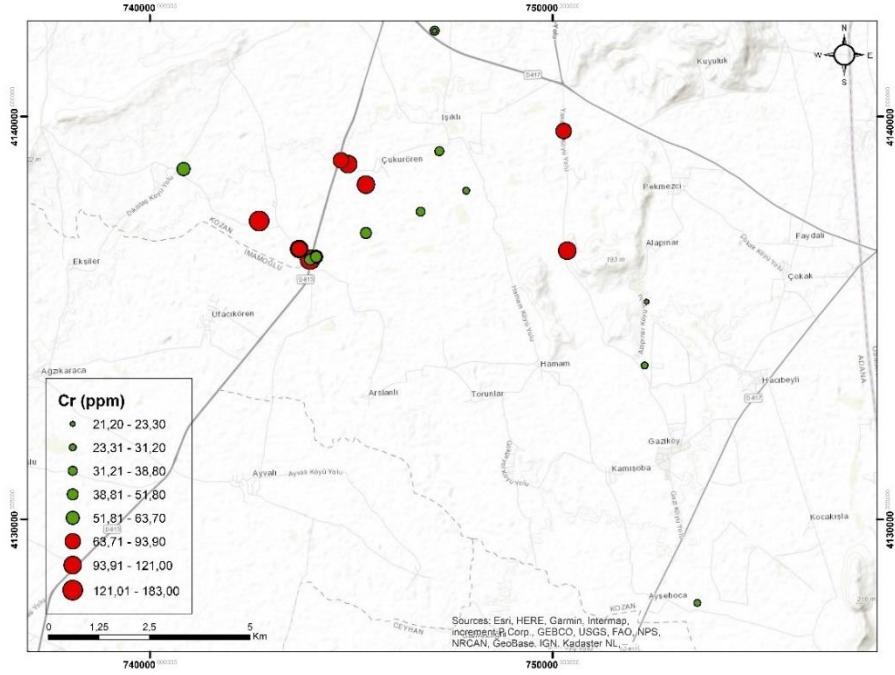
Cr değerleri ortalama olarak 69,25 ppm; maksimum 183 ppm; minimum 21,20 ppm, ortanca değer 51,80 ppm ve standart sapma 43,89 ppm'dir (Çizelge 6).

Çizelge 2. Krom (Cr) elementinin bölgedeki sayısal değerleri

Table 6. Numerical values of the element Chromium (Cr) in the region

Cr(ppm)	Lokasyon	Ort.	Max.	Min.	Ortanca	Std. Sapma
	Dikilitaş - Alapınar	69,25	183	21,20	51,80	43,89

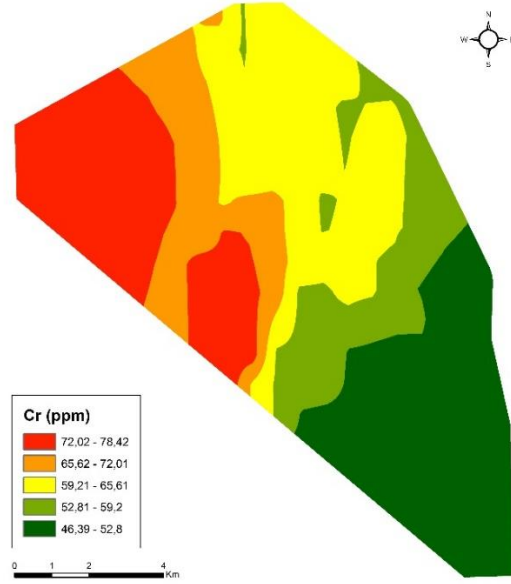
Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Türkiye'de Cr elementi için belirtilen kirlilik sınır değeri 100 ppm'dir. Çalışma alanına ait toprak örneklerinin geneli Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Cr elementi için belirtilen kirlilik sınır değerinin altında, M3, M4, M11, M12, M16 ve M20 numaralı örnekler ise bu değer üzerinde kalmaktadır. Semboloji ve dağılım haritalarında Dikilitaş-Alapınar bölgesindeki Cr değerleri bölgenin Batı kesimlerinde yüksek miktarlarda gözlemlenmiştir (Şekil 7, 8).



Şekil 7. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Cr elementinin semboloji haritası

Figure 7. Symbolology map of Cr element in soils taken from Dikilitaş–Alapınar region

Metallerin kirlilik boyutlarının değerlendirilmesini yapmak için sıklıkla kullanılmakta olan; Jeobirikim İndeksi (Igeo) değerleri Dikilitaş ve Alapınar bölgeleri için değerlendirilmiştir. Ayrıca günümüzde hâlihazırda element konsantrasyonlarının topraklardaki artan metal kontaminasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır.



Şekil 8. Dikilitaş–Alapınar bölgesinden alınan topraklardaki Cr elementinin dağılım haritası

Figure 8. Distribution map of Cr element in soils taken from Dikilitaş–Alapınar region

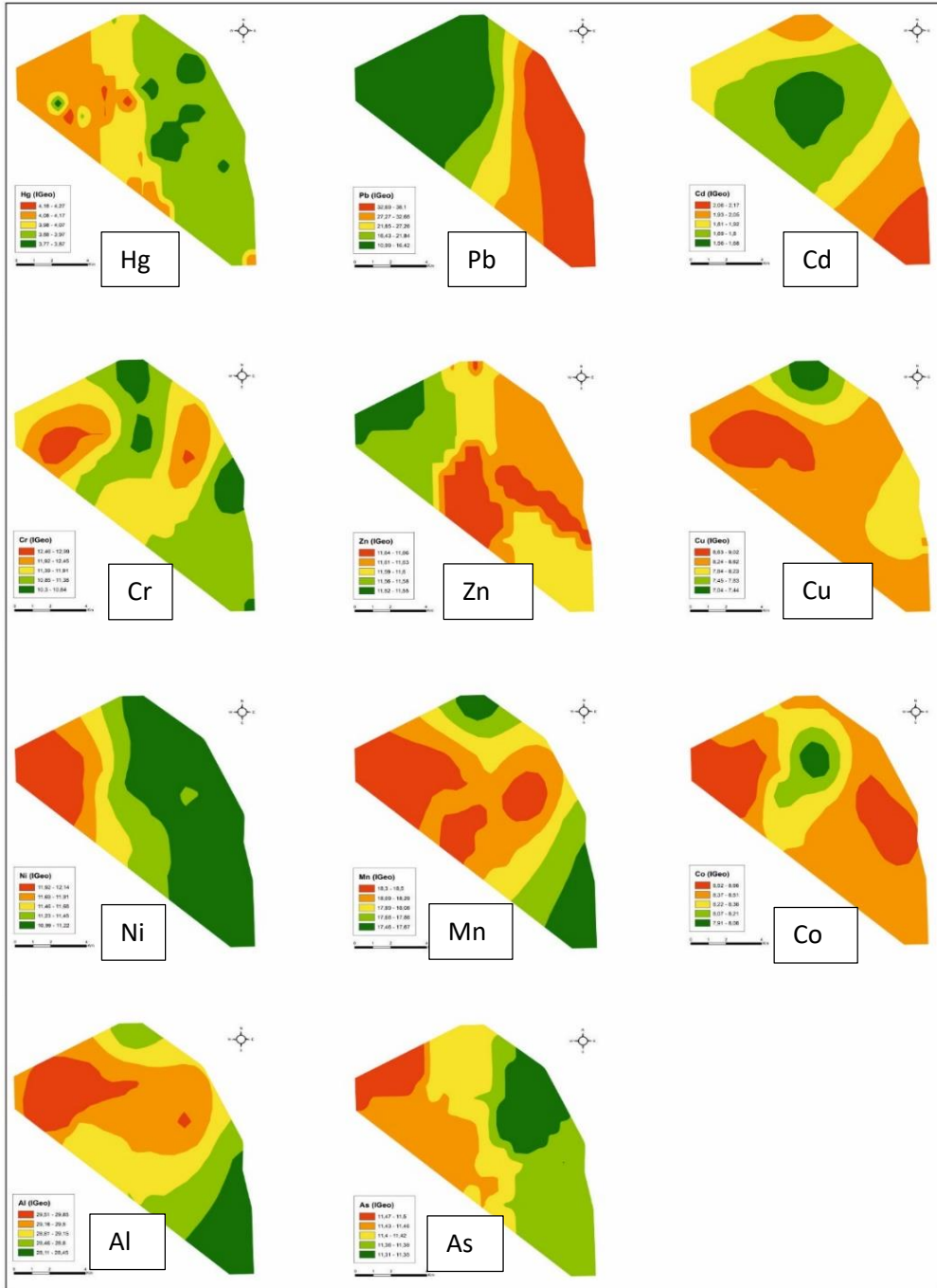
Jeobirikim İndeks (Igeo)

Çalışma kapsamında tespit edilen kirliliğin derecesini yorumlayabilmek için Jeobirikim indeks değerleri (Igeo) hesaplanmıştır (Çizelge 7). Yapılan hesaplamalar sonucunda jeo-birikim indeks (Igeo) değerleri; Cd (1,80) elementi $1 < I_{geo} < 2$ olduğu için orta derecede kirlenmiş; Hg (3,86) elementi $3 < I_{geo} < 4$ olduğu için çok kirlenmiş; Zn (11,53), Mn (18,19), Cu (8,46), Ni (11,59), Co (8,45), Cr (11,65), Pb (11,58), Al (29,15) ve As (11,46) elementleri $I_{geo} > 5$ olduğu için aşırı kirlenmiş olarak tespit edilmiştir.

Kozan Güneyi, Dikilitaş-Alapınar bölgesinde yapılan hesaplamalar sonucunda Jeobirikim indeksi (Igeo) verilerinin her bir element için ayrı dağılım haritası hazırlanmıştır. Dağılım haritalarına bakıldığında; Cu, Ni, As ve Al elementleri bölgenin batı kesimlerinde, Mn, Cr ve Hg elementleri bölgenin farklı kesimlerinde, Zn ve Cd elementleri bölgenin güney kesimlerinde, Co elementi bölgenin batı ve doğu kesimlerinde, Pb elementi ise doğu kesimlerinde, Jeobirikim indeksi (Igeo) değerlerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Şekil 8).

Çizelge 3. Dikilitaş-Alapınar bölgesinin Jeobirikim indeksi (Igeo) değerleri
 Table 7. Geoaccumulation index (Igeo) values of Dikilitaş-Alapınar region

Igeo	Zn	Mn	Cu	Ni	Co	Cd	Cr	Pb	Al	As	Hg
M1	11,71	18,38	8,85	12,23	8,52	1,85	11,80	11,40	28,96	11,72	3,31
M2	11,43	18,35	8,65	12,10	8,45	1,63	11,37	11,43	28,80	11,49	2,91
M3	11,86	18,48	9,03	11,87	8,41	1,81	12,51	11,38	29,54	11,54	4,12
M4	11,67	18,51	9,00	11,89	8,42	1,62	12,54	11,42	29,54	11,69	4,62
M5	11,67	18,16	8,61	11,20	8,09	1,64	11,29	11,40	29,32	11,57	5,29
M6	11,58	18,35	8,83	11,04	8,19	1,40	10,90	11,49	29,37	10,77	4,96
M7	11,86	17,91	8,36	11,02	7,96	1,69	10,55	11,55	29,22	10,79	3,09
M8	11,51	18,17	8,32	11,13	7,88	1,52	10,86	11,60	29,63	11,65	4,38
M9	11,46	18,38	8,87	11,92	8,55	1,71	12,36	11,67	29,79	10,83	4,09
M10	11,87	18,34	9,00	11,99	8,67	1,90	12,26	11,70	29,59	11,79	5,16
M11	11,78	18,38	8,83	11,87	8,52	1,64	12,58	11,70	29,45	11,62	3,21
M12	11,44	18,48	8,73	12,20	8,63	1,63	13,06	11,71	29,86	11,73	2,49
M13	11,17	18,47	8,56	12,10	8,68	1,94	11,63	11,85	29,44	11,68	4,05
M14	11,09	18,30	7,93	12,02	8,53	1,79	11,45	11,85	28,74	11,59	3,61
M15	11,06	18,34	8,29	12,12	8,67	1,91	11,50	11,87	28,81	11,68	2,70
M16	11,28	18,48	8,61	12,34	8,58	1,84	13,32	11,84	29,15	11,64	5,36
M17	11,16	17,37	6,88	11,01	8,38	2,28	10,35	11,92	28,44	11,43	3,65
M18	11,51	17,83	7,97	10,96	8,45	2,00	11,09	10,70	28,77	11,60	4,39
M19	11,53	18,15	8,36	11,17	8,46	1,58	12,20		29,28	11,42	2,35
M20	11,89	18,73	8,65	11,42	8,59	1,75	12,73		29,60	11,72	3,25
M21	11,62	17,71	7,89	11,00	8,63	1,95	10,72		28,47	11,11	3,10
M22	11,59	17,73	8,00	10,90	8,57	2,04	10,21		28,54	11,23	3,86
M23	11,48	17,44	8,25	11,04	8,44	2,23	10,77		28,11	11,31	4,79
Ort	11,53	18,19	8,46	11,59	8,45	1,80	11,65	11,58	29,15	11,46	3,86



Şekil 8. Jeobirikim indeksi (Igeo) verilerinin dağılım haritası
Figure 8. Distribution map of geoaccumulation index (Igeo) data

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Kozan Güneyi, Dikilitaş-Alapınar arasında kalan bölgeden 23 adet toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerin ağır metal içerikleri (Hg, Pb, Cd, Cr, Zn, Cu, Ni, Fe, Mn, Co, Al, As) Atomik Absorbsiyon Spektrometre (ASS) cihazı ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, örneklerin ağır metal içerikleri Cd ve Ni elementi hariç diğer metaller olan Hg, Pb, Cr, Zn, Cu, Fe, Mn, Co, Al, As değerleri bazı noktalarda yüksek çıksa da genelinde Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde verilen standart sınır değerlerinin altında kaldığı gözlemlenmiştir. Analiz edilen tüm toprak örneklerindeki Cd değerlerinin Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen kirlilik sınır değerinin (3 ppm) üzerinde olduğu ve Cd dağılımına bakıldığında da bölgenin güney ve kuzey yönünde en yüksek miktarlarda çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda çalışma alanı içerisinde fosforlu gübre kullanımının yüksek olması ve motor yağları, taşıt lastikleri de topraklarda Cd miktarını arttıran sebepler şeklinde sıralanabilir. Ni değerleri; Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Ni elementi için belirtilen kirlilik sınır değerinin (75 ppm) üzerindedir. Bölgede yaygın olarak ofiyolit birimlerinin olması Ni değerlerinin artmasında Jeolojik parametrelerin etkisi olduğu düşünülmektedir. Topraktaki ağır metal kirlilik seviyesini ölçmek ve endüstrileşme öncesi element değerlerini günümüz değerleri ile karşılaştırmak için önerilen (Barbieri, 2016) Jeobirikim İndeksi toprak kirliliğinin değerlendirilmesinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca günümüzde hâlihazırda element konsantrasyonlarının topraklardaki artan metal kontaminasyonunu belirlemek için kullanılmaktadır. Bu sonuçlara göre; Cd (1,80) elementi $1 < I_{geo} < 2$ olduğu için orta derecede kirlenmiş, Hg (3,86) elementi $3 < I_{geo} < 4$ olduğu için çok kirlenmiş; Zn (11,53), Mn (18,19), Cu (8,46), Ni (11,59), Co (8,45), Cr (11,65), Pb (11,58), Al (29,15) ve As (11,46) elementleri $I_{geo} > 5$ olduğu için aşırı kirlenmiş olarak saptanmıştır. Tarım alanlarında fosfatlı gübre ve zirai ilaçların kullanılması, antropojenik etkilerle de topraklarda bu elementlerin konsantrasyonunun arttığı düşünülmektedir.

Katkı Belirtme

Bu araştırma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi FYL-2021-14253 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Akyıldız, M., ve Karataş, B., 2018. Adana Şehir Merkezindeki Topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 33(2), ss. 199-214.
- Ayhan, A., 1987 Kozan- Elmadağ (Adana) arasının jeolojisi. İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Barbieri, M. (2016). The importance of enrichment factor (EF) and geoaccumulation index (Igeo) to evaluate the soil contamination. J Geol Geophys, 5(237), 2.
- Çetin C. G., Akyıldız M 2020.. Horzum (Feke/Adana) Çinko-Kurşun Cevherleşmesinin 3 Boyutlu Modellemesi
- Gökçen, S.L., Kelling, G., Gökçen, N., Floyd, P.A., 1988. Sedimentology of a Late Cenozoic Collisional Sequence: the Misis Complex, Adana, Southern Turkey. Sedimentary Geology 59, 205–235.
- Karbassi, A.R., Monavari, S.M., Bidhendi Gh. R., Nouri, J., Nematpour, K., 2008. Metal pollution assessment of sediment and water in the Shur River. Environmental Monitoring and Assessment, 147, 107-116.
- Kop, A., 2003, “Gökçeköy – Kışlak – Menkez - Akdam (D-KD Aladağ, ADANA) Dolayının Tektono-Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi”, Çukurova Üni. Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Doktora Tezi., 311 sayfa. ADANA.
- Kozlu, H., 1987. Misis–Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi, Türkiye Petrol Kongresi Dergisi 7:104-116.
- Müller, G., 1969. Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River, Geojournal, 2, 108-118.
- Müller, G., 1981. Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse, Chemiker-Zeitung, 6, 157.

- Özgül, N., 1976, “Toroslar'ın Bazı Temel Jeoloji Özellikleri”, TJK Bülteni, 16, s. 39-52.
- Perinçek, D. ve Kozlu, H., 1984. Stratigraphy and Structural Relations of the Units in the Afşin- Elbistan-Doğanşehir Region (Eastern Taurus), Proceedings of International Symposium, Geology of Taurus Belt, MTA, Ankara-Turkey, 181-198.
- Robertson, A.H.F., 1998. Mesozoic-Tertiary tectonic evolution of the easternmost Mediterranean area: integration of marine and land evidence. In: Robertson, A.H.F., Emeis, K.C., Richter, C., Camerlenghi, A. (Eds.) Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Resuts 160, pp. 723-782.
- Robertson, A.H.F., and Dixon, J.E., 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: J.E. Dixon and A.H.F. Robertson (Eds.), The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 17, 1-74.
- Robertson, A.H.F., Clift, P.D., Degnan, P., Jones, G., 1991. Paleogeographic and Paleotectonic Evolution of the Eastern Mediterranean Neotethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 87, 289– 34
- Robertson, A.H.F., Ünlügenç, Ü.C., İnan, N., Taslı, K., 2004. The Misis–Andirin complex: a Mid-Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. *J. Asian Earth Sci.* 22, 413–453.
- Taş, A., 2007. Doğu Toroslar (Adana – Feke) Yöresi Barit Yataklarının Kökensele İncelemesi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., Doktora tezi.
- Uras, Y., Yaman, S., Öner, F., 2004. İshocalı (Kırşehir) ve Feke (Adana) fluoritlerinde nadir toprak elementi (NTE) jeokimyası. *Yerbilimleri/ Geosound* 2004:125-136 Ref: 22.
- Usta, D., Şenel, M., Metin, Y., Bedi, Y., Vergili, Ö., Usta, M., Balcı, V., Kuru, K., Tok, T., Özkan, M.K. ve Kop, A., 2004, “Kozan -Tufanbeyli (Adana) arasındaki Yapısal birimlerin Jeolojik Özellikleri”, 57. TJK Bildiri Özetleri, Sayfa, 275 - 276.
- Ünlügenç, U. C., 1986. Kızıldağ yayla (Adana) dolayının jeolojik incelemesi. Ç. Ü Fen Bilimleri Enst.
- <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100608-3.htm>