

İzmit Gölü Havzasında Değişik Su Kaynaklarıyla Sulanan Toprakların Ağır Metal İçerikleri

Haluk BAŞAR* Serhat GÜREL** A. Vahap KATKAT*

ÖZET

Bu çalışma, İzmit gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla yörede, artezyen, akarsu ve göl suyu ile sulanan ve sulanmayan toplam 40 bahçeden karma toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örneklerinin, toplam ve ekstrakte edilebilir ağır metal içerikleri yanında bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de belirlenmiştir.

Toplam ağır metal içeriklerine göre, toprakların 22 sinde izin verilebilir sınırların üzerinde Ni belirlenmiştir. Bununla birlikte, değişik su kaynaklarıyla sulanan topraklar arasında Ni içeriklerindeki değişimlerin anlamlı olmadığı görülmüştür. Ayrıca 8 toprakta Fe ve 1 toprakta Cu fazlalığı belirlenmiştir. DTPA + TEA ile ekstrakte edilebilir Zn içeriğinin 15 toprakta yetersiz olduğu anlaşılmıştır. Toplam ağır metal içeriklerinde olduğu gibi ekstrakte edilebilir ağır metal içeriklerinin de değişik su kaynaklarıyla sulanan topraklarla değişimlerinin önemli olmadığı görülmüştür.

Araştırma sonuçlarına göre; değişik su kaynakları ile yapılan sulamaların toprakların ağır metal içerikleri üzerinde etkili olmadığı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: İzmit gölü, ağır metal, toprak, kirlilik.

* Prof. Dr.; Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Bursa.

** Araş. Gör.; Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Bursa.

ABSTRACT

Contents of Heavy Metals in the Lake İznik Basin Soils Irrigated with Various Water Resources

This research was performed to determine heavy metal contents of the soils irrigated with different water resources around the lake İznik. For this purpose, soil samples were collected from 40 cultivated land irrigated with the lake water, shallow well, small rivers and non irrigated ones. Beside contents of total and extractable heavy metals, some physical and chemical properties were determined in the soil samples.

The results obtained showed that, the total Ni contents of the 15 soils were found above the tolerable limits. Meanwhile, variations of Ni concentrations in the soils irrigated with different water resources were not meaningful. The total Fe levels of the 8 soils and the total Cu level of only 1 soil were found in the excess concentrations. Levels of the extractable Zn contents in the 15 soils were found lower than the sufficiency ranges. There was no significant difference among the different water resources on the contents of the extractable heavy metals in the soils as being similar to the total heavy metals levels.

As a result, it seemed that irrigation with the various water resources have not got any effect on the contents of the heavy metals in the experiment soils.

Key Words: *Lake İznik, heavy metal, soil, pollution.*

GİRİŞ

İznik gölü havzası uygun iklim ve toprak özelliklerinin yanında sulama olanaklarının bulunması ve polikültür tarımın uygulanmasıyla Güney Marmara Bölgesinin önemli tarımsal üretim merkezlerindedir. Marmara Havzası ve Güney Marmara Bölgesinin en büyük gölü olan İznik Gölünün 12.2 milyar m³ su hacmi ve yıllık 80 milyon m³ su verimi ile yaklaşık 12,000 ha tarım alanı sulanmaktadır. Bölgedeki tarımsal sulamalar için önemli bir su kaynağı olarak tarımsal üretim üzerinde büyük bir etkiye sahip olan göl; endüstri suyu temini, su ürünleri üretimi, yüzme, amatör balıkçılık, su sporları ve günü birlik tatil olanakları ile sadece tarım için değil, endüstri ve sosyal aktiviteler yönüyle de bulunduğu yöre için oldukça önemli bir konuma sahiptir.

Gölün çevresindeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ile kentleşme sonucunda ortaya çıkan atıklar, gölü besleyen derelere veya doğrudan göle

verilmektedir. Bu nedenle göl, son yıllarda hızlı bir kirlenme sürecine girmiştir. Bununla birlikte, gölden başta tarımsal sulama olmak üzere mevcut faydalanım da devam etmektedir. Yöredeki yüzey su kaynaklarının evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmesi ve bu su kaynaklarının sulamada kullanılması nedeniyle çevre sağlığı ve tarım topraklarında verimlilik yönünden potansiyel sorunların gelişmesi olanaklı görülmektedir.

Ülkemizin değişik yörelerinde ve Güney Marmara Bölgesinde, toprakların ve sulama sularının kalite özelliklerinin değerlendirilerek kirlilik durumlarının belirlenmesi amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda; İzmir yöresinde sanayinin yoğun bulunduğu yerlerde, sulu tarım yapılan toprakların As, Ni ve Se içeriklerinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu (Saatçi ve ark. 1988) ve İzmir İli Gümüldür, Seferihisar ve Balçova yörelerinde satsuma mandarini plantasyonlarından alınan toprak örneklerinin kimilerinde Cu, Cr, Pb, Ni ve Tl fazlalığının bulunduğu bildirilmiştir (Hakerlerler ve ark. 1994). Öğretir (1992) Sakarya Nehrinin kirlilik durumunu belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, nehir suyunun, su kirlilik yönetmeliğinde belirtilen sınırların üzerinde Fe, Zn, Cu, Pb, Mn ve Co içerdiğini belirlemiştir. Evsel, endüstriyel ve az da olsa tarımdan dönen sularla kirlenen Ankara Çayının metal kirliliği (Cd, Mn) açısından yer yer kirli ve çok kirli sınıfa girdiği (Doğan ve ark. 1996), Ergene Nehri ve kollarında Pb, Zn, Cu ve Cd'un normal sınırlar içerisinde, fakat Mn'in yıl boyunca sınır değerlerinin üzerinde bulunduğu bildirilmiştir (Gidirişlioğlu ve ark. 1996).

Güney Marmara Yöresinde sanayi domatesi yetiştirilen topraklarda yapılan bir çalışmada, farklı sayıdaki toprak örneklerinde Pb, Ni, Cr ve Sb içeriklerinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu belirlenmiştir (Elmacı, 1995). Başar ve ark. (2001) Bursa Ovasında Nilüfer Çayı ile sulanan şeftali bahçelerinin tamamında Ni, incelenen bahçelerin % 40'ında ise Cr kirliliğinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Bölgedeki yüzey su kaynaklarının kimi ağır metal içeriklerinin incelendiği çalışmalarda ise, su kaynaklarının değişik metalleri farklı konsantrasyonlarda içerdikleri belirlenmiştir (Torunoğlu, 1986; Anonymous, 1992; Aksoy, 1993; Anonymous, 1993; Elmacı, 1995; Özer ve ark. 1996).

Ülkemizin ve bölgemizin değişik yörelerinde yürütülen çalışmaların sonuçlarına göre, çeşitli nedenlerden ötürü farklı yörelerdeki su ve toprak kaynaklarının kirlenme sürecine girdiği ve özellikle ağır metal birikiminin toprak ve su kaynaklarının üretkenliklerini ve canlı yaşamı etkiler düzeyine ulaştığı anlaşılmaktadır. Ülkemizin ve bölgemizin diğer yörelerinde olduğu gibi İznik Gölü havzasında da kirlilik oluşturuca etmenlerin artarak yaygınlaşması, doğal kaynakların kirlenme olasılığını güçlendirmektedir. Bu nedenle, ileride olası büyük ekonomik kayıpların ve ciddi sağlık sorunlarının meydana gelmesini önlemek için alınması gereken önlemlere esas

oluşturması düşünölen verilere gereksinim duyulmaktadır. Bu amaçla, bu çalışma, Güney Marmara yöresinin önemli tarımsal üretim merkezlerinden olan İznik Gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla yapılan sulamaların toprakların ağır metal içerikleri üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak belirlemek için yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Araştırma materyalini, İznik Gölü havzasından artezyen, akarsu, göl suyu ile sulanan ve sulanmayan bahçelerden alınan toplam 40 adet karma toprak örneği oluşturmaktadır.

Yöntem

Araştırma başlamadan önce İznik Gölü havzasında geniş bir inceleme yapılmış ve toprak örneklerinin alınacağı bahçeler belirlenmiştir. Bahçelerin seçiminde yörede yaygın olarak yetiştirilen bitki türlerine öncelik verilmiş, bitkilerin hastalık ve zararlılar bakımından sorunsuz ve verim çağında olmalarına özen gösterilmiştir. Değişik sulama kaynakları ile yapılan sulamaların İznik Gölü havzasının tarım topraklarının ağır metal içerikleri üzerine etkilerini karşılaştırmalı olarak belirleyebilmek amacıyla, 3 sulanmayan, 5 artezyen ile sulanan, 6 akarsu ile sulanan ve 26 göl suyu ile sulanan bahçe araştırmaya alınmıştır. Toprak örnekleri, ilkbaharda gelişme döneminin başlangıcında 0 – 30 cm derinlikten Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde alınmış, Chapman ve Pratt (1961) tarafından bildirilen ilkelere uygun olarak analize hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinde kum, mil ve kil yüzdeleri hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1955), pH 1:2.5 oranındaki toprak: CaCl₂ süspansiyonunda ve doymunluk ekstraktında ayrı ayrı belirlenmiştir (Anonymous, 1951). Elektriksel iletkenlik doymunluk ekstraktında (Richards, 1954), organik madde modifiye edilmiş Walkley-Black metodu ile (Jackson, 1962), kireç Scheibler kalsimetresiyle (Çağlar, 1949), toplam N, Bremmer (1965) tarafından bildirildiği şekilde, alınabilir fosfor 0.5 M sodyum bikarbonat (pH 8.5) ekstraksiyonuyla (Olsen ve Dean, 1965), alınabilir K, Ca ve Mg 1.0 N amonyum asetat (pH 7.0) ekstraksiyonuyla (Pratt, 1965), alınabilir Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb ve Cd içerikleri DTPA ile elde edilen ekstraktlarda (Lindsay ve Norvell, 1978), asitte çözünür (toplam) Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, Pb ve Cd içerikleri ise kral suyu yöntemiyle Kick ve ark. (1980) göre belirlenmiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Araştırma topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının değişim aralığı Tablo I ve II’de sunulmuştur. Tablo I’de sunulan verilere göre, toprakların bünye sınıflarının kumlu tın ile kil arasında değiştiği, her iki yöntemle de belirlenen pH sonuçlarına göre sulanmayan, artezyen ile sulanan toprakların hafif alkali, göl suyu ile sulanan bahçelerden dördünün hafif asit, diğerlerinin ise hafif alkali karakterde olduğu, kireç içeriklerinin çok az ile orta arasında bulunduğu, bitkiye veya ürüne etkisi yönüyle toprakların tuz içeriklerinin çoğunlukla ihmal edilebilir düzeyde olduğu, organik madde içeriklerine göre topraklar humusça fakir ve humuslu sınıflarında yer aldıkları anlaşılmaktadır. Tablo 2’deki sonuçlara göre, topraklar toplam N içeriklerine göre azotça iyi ve orta durumda buldukları, araştırmada incelenen toprakların kimilerinin hiç ve çok düzeyde, kimilerinin ise çok yüksek P içerdikleri, sulanmayan araştırma bahçelerinden ikisinin değişebilir K içeriklerinin çok düşük, birinin ise çok yüksek olduğu; artezyen, akarsu ve göl suyu ile sulanan bahçelerin değişebilir K içeriklerinin orta ile çok yüksek arasında değişim gösterdiği, sulanmayan, artezyenle ve akarsuyla sulanan bahçelerin değişebilir Ca içeriklerinin iyi düzeyde olduğu, göl suyu ile sulanan bahçeler de ise fakir ile iyi düzeyler arasında bulunduğu, bahçe topraklarının değişebilir Mg içeriklerinin genel olarak iyi durumda olduğu görülmüştür.

Tablo I.
Araştırma topraklarının kimi fiziksel ve kimyasal özelliklerinin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri

Sulama suyu kaynağı	Değişim aralığı	pH (1:2.5 Top.:CaCl ₂)	pH (Doyg. ekst.)	CaCO ₃ , %	EC (µs cm ⁻¹)	O.M., %	Bünye sınıfı
Kuru	min. – max.	7.19 - 7.48	7.35 – 7.76	1.32 – 9.24	293 - 581	1.52 – 3.12	Tın - Killitın
	Ortalama	7.30	7.55	4.15	395	2.16	
Artezyen	min. – max.	7.38 – 7.61	7.46 – 7.77	1.79 – 21.49	352 - 681	1.74 – 2.64	Kumlukillitın - Kil
	Ortalama	7.49	7.63	8.71	531	2.16	
Akarsu	min. – max.	6.45 – 7.42	6.43 – 7.84	0.28 – 13.38	270 - 612	1.32 – 2.91	Kumlutın - Killitın
	Ortalama	7.13	7.40	6.14	426	2.09	
Göl suyu	min. – max.	6.34 – 7.75	6.33 – 7.86	0.19 – 9.61	235 - 737	1.08 – 2.67	Kumlutın - Kil
	Ortalama	7.26	7.51	3.66	447	1.86	

İzmit gölü havzasında değişik su kaynaklarının sulama suyu olarak kullanıldığı bahçelerden alınan topraklarda belirlenen bazı toplam ağır metal içerikleri Tablo 3’de sunulmuştur. İlgili tabloda verilen sonuçların izlenmesinden de görüleceği gibi araştırmada incelenen toprakların toplam Fe içerikleri 12869 – 75867 (ortalama 38147) mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların toplam Fe içerikleri Scheffer-Schachtschabel (1989) tarafından bildirilen sınır değerleri (5000 – 50000 mg kg⁻¹) ile karşılaştırıldığında, artezyen ile sulanan 1, akarsu ile sulanan 3 ve göl suyu ile sulanan 4 bahçenin sınır değerlerinin üzerinde, diğer bahçelerin ise izin verilebilir konsantrasyonlarda Fe içerdikleri anlaşılmaktadır. Araştırma topraklarının Mn içerikleri, 812 – 2665 (ortalama 1193) mg kg⁻¹ arasında olup, Mengel ve Kirkby (1987) tarafından bildirilen 200 – 3000 mg kg⁻¹ sınır değerine göre değerlendirildiğinde, incelenen toprakların tamamının Mn içeriklerinin izin verilebilir sınırlarda bulunduğu görülmektedir. Ortalama değerler dikkate alındığında, göl suyu ile sulanan toprakların toplam Mn içeriklerinin diğer sulama suyu kaynaklarıyla sulanan topraklardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İzmit Gölü havzasında değişik su kaynaklarıyla sulanan bahçelerin toplam Zn konsantrasyonlarının 56.89 – 99.36 (ortalama 71.61) mg kg⁻¹ arasında bulunduğu ve araştırma topraklarının tamamının Kloke (1980) tarafından bildirilen üst sınırdan (300 mg Zn kg⁻¹) daha düşük Zn içerdikleri görülmüştür. İncelenen toprakların toplam Cu konsantrasyonlarının 25.64 – 140.02 (ortalama 62.01) mg kg⁻¹ arasında değiştiği, izin verilebilir üst sınır 100 mg Cu kg⁻¹ (Kloke, 1980) ile karşılaştırıldıklarında, artezyen ve akarsu ile sulanan 1’er bahçenin sınır değerinin üzerinde toplam Cu içerdiği, diğer bahçe topraklarının Cu içeriklerinin ise kirlilik oluşturmayacak düzeylerde bulunduğu anlaşılmaktadır.

Tablo II.
Araştırma topraklarının kimi besin elementi içeriklerinin en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri

Sulama suyu kaynağı	Değişim aralığı	Toplam N, %	Alınabilir P, mg kg ⁻¹	Değişebilir katyonlar, meq 100g ⁻¹			
				Na	K	Ca	Mg
Kuru	min. – max.	0.08 – 0.17	3.51 – 50.08	0.11 – 0.28	0.18 – 0.85	17.71 – 21.07	0.59 – 1.77
	Ortalama	0.12	21.37	0.17	0.41	18.92	1.04
Artezyen	min. – max.	0.09 – 0.14	9.36 – 43.88	0.11 – 0.44	0.26 – 1.06	16.72 – 38.23	2.86 – 11.78
	Ortalama	0.12	29.04	0.26	0.59	25.05	6.76
Akarsu	min. – max.	0.10 – 0.17	4.10 – 33.93	0.11 – 0.24	0.31 – 0.73	19.69 – 22.17	1.01 – 4.46
	Ortalama	0.13	17.83	0.16	0.52	20.89	2.36
Göl suyu	min. – max.	0.08 – 0.15	iz – 147.42	0.12 – 0.73	0.25 – 1.29	4.13 – 30.64	1.09 – 14.65
	Ortalama	0.11	48.92	0.38	0.68	17.19	5.41

İznic Gölü çevresinde değişik sulama suyu kaynaklarıyla sulanan tarım alanlarının toplam Cr içeriklerinin 15.89 – 87.48 (ortalama 41.43) mg Cr kg⁻¹ arasında değiştiği ve analiz edilen toprakların tamamının toplam Cr içerikleri, Kloke (1980) tarafından bildirilen sınır değerinin (100 mg Cr kg⁻¹) altında olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte göl suyu ile sulanan toprakların Cr içeriklerinin diğer su kaynaklarıyla sulanan toprakların Cr içeriklerinden daha düşük olduğu izlenmektedir (Tablo 3). Kloke (1980) tarafından bildirilen topraklarda izin verilebilir toplam Ni içeriğinin üst sınırı (50 mg kg⁻¹) ile araştırma topraklarının toplam Ni içerikleri karşılaştırıldığında, sulanmayan bahçelerin tamamı, 3 artezyen, 4 akarsu ve 12 göl suyu ile sulanan olmak üzere toplam 22 bahçe toprağının sınır değerinin üzerinde Ni içerdiği anlaşılmıştır. Ortalama değerlere ve sulama kaynaklarına göre araştırma topraklarının toplam Ni içerikleri değerlendirildiğinde; en yüksek Ni içeriği sulanmayan bahçelerde belirlenirken, en düşük Ni içerikleri ise göl suyu ile sulanan bahçe topraklarında belirlenmiştir. Değişik sulama suyu kaynakları ile sulanan toprakların Ni içeriklerinde belirlenen farklılıklar, toprakların toplam Ni konsantrasyonları üzerinde, sulama suyunun Ni içeriğine göre doğal faktörlerin daha etkili olduğunu göstermektedir.

Araştırma bahçelerinden alınan toprakların toplam Co ve toplam Pb içeriklerinin sırasıyla 8.63 – 33.36 (ortalama 16.10) mg Co kg⁻¹ ve 3.52 – 25.89 (ortalama 15.27) mg Pb kg⁻¹ arasında değiştiği izlenmektedir. Bu sonuçlar, Kloke (1980) tarafından toplam Co ve Pb için bildirilen sınır değerleri, sırasıyla 50 mg Co kg⁻¹ ve 100 mg Pb kg⁻¹ ile karşılaştırılsa, araştırma topraklarının toplam Co ve Pb içeriklerinin izin verilebilir düzeyde buldukları anlaşılmaktadır. Araştırma bahçesi topraklarının tamamında toplam Cd iz içeriğinde belirlenmiştir.

İznic gölü havzasında değişik sulama suyu kaynakları ile sulanan tarım topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir ağır metal içerikleri Tablo 4’de verilmiştir. İlgili tabloda sunulan değerlerin incelenmesinden de görüleceği gibi, bahçe topraklarının tamamının Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin sırasıyla 3.32 – 49.83 (ortalama 11.50) mg Fe kg⁻¹, 7.55 – 51.38 (ortalama 21.97) mg Mn kg⁻¹, 0.32 – 8.02 (ortalama 1.71) mg Zn kg⁻¹ ve 2.62 – 31.02 (ortalama 12.19) mg Cu kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Follet ve Lindsay (1970) tarafından bildirilen yeterlilik sınırları (4.5 mg Fe kg⁻¹, 1.0 mg Zn kg⁻¹, 1.0 Mn kg⁻¹ ve 0.2 mg Cu kg⁻¹) ile karşılaştırıldığında, sulanmayan 1 ve akarsu ile sulanan 1 bahçenin alınabilir Fe içeriklerinin yetersiz, diğer araştırma bahçesi topraklarının tamamında ise yeterli içerikte Fe bulunduğu izlenmektedir. Artezyen 1, akarsu 3, göl suyu 9 ve sulanmayan 2 olmak üzere toplam 15 bahçe toprağında alınabilir Zn’nun yetersiz içerikte bulunduğu anlaşılmıştır. Araştırmada incelenen bahçe topraklarının tamamında, alınabilir Mn ve Cu içeriklerinin sınır değerlerinin üzerinde ve yeterli içerikte bulunduğu görülmüştür. İznic Gölü çevresinde değişik su

Tablo III.

İzmit gölü havzasında değişik su kaynakları ile sulanan bahçe topraklarının toprakların bazı toplam ağır metal içerikleri (mg kg⁻¹)

Örnek no:	İlçesi	Köyü	Su kaynağı	mg kg ⁻¹								
				Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Co	Pb	Cd
1	İzmit	Tacir	Kuru	37010	1705	61.88	78.13	59.36	88.13	23.12	3.52	iz
2	İzmit	Tacir	Kuru	40249	926	67.48	74.38	87.48	100.03	25.48	4.38	iz
3	Orhangazi	Paşapınar	Kuru	27620	977	64.38	36.31	56.26	65.63	13.88	15.13	iz
		Ortalama		34959	1203	64.58	62.94	67.70	84.60	20.83	7.68	
4	İzmit	Çiçekli	Artezyen	37880	878	65.63	34.39	35.03	46.24	13.78	10.39	iz
5	İzmit	Çiçekli	Artezyen	42436	963	59.71	60.02	62.13	52.86	21.14	8.93	iz
6	İzmit	Çiçekli	Artezyen	51251	1254	73.79	103.14	86.28	99.36	23.89	5.23	iz
7	Orhangazi	Merkez	Artezyen	31292	1112	68.44	75.16	42.17	43.21	18.23	11.12	iz
8	Orhangazi	Merkez	Artezyen	38119	1034	63.75	86.89	38.14	53.75	15.13	13.62	iz
		Ortalama		40196	1048	66.26	71.92	52.75	59.08	18.43	9.86	
9	İzmit	Tacir	Akarsu	22625	951	64.38	87.48	35.02	47.48	17.13	12.88	iz
10	İzmit	Tacir	Akarsu	36630	707	56.89	45.02	25.10	26.23	14.03	12.63	iz
11	İzmit	Dereköy	Akarsu	51123	1104	85.63	81.28	53.79	82.51	16.12	20.26	iz
12	İzmit	Dereköy	Akarsu	50246	1124	80.61	92.47	64.38	85.63	18.48	16.24	iz
13	İzmit	Dereköy	Akarsu	33629	973	66.28	49.38	39.37	60.64	12.60	14.86	iz
14	İzmit	Dereköy	Akarsu	75867	2152	80.64	140.02	15.89	140.61	33.36	21.02	iz
		Ortalama		45020	1168	72.41	82.61	38.93	73.85	18.62	16.32	
15	İzmit	Çakırca	Göl suyu	28878	927	70.63	34.98	23.13	30.04	12.13	25.89	iz
16	İzmit	Çakırca	Göl suyu	23502	852	71.88	28.79	23.78	26.88	10.52	22.73	iz
17	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	64254	1303	82.48	71.88	42.48	61.87	13.38	20.86	iz
18	İzmit	Çakırca	Göl suyu	24879	827	74.39	25.64	19.38	24.39	10.89	24.87	iz
19	İzmit	Çakırca	Göl suyu	12869	812	64.36	48.13	20.03	29.36	10.37	19.73	iz
20	İzmit	Çiçekli	Göl suyu	17872	1069	76.88	76.29	48.14	81.23	16.12	13.63	iz
21	İzmit	Çiçekli	Göl suyu	54619	1032	72.48	47.47	28.72	42.47	13.78	10.60	iz
22	İzmit	Hoca köy	Gölsuyu	17263	1208	85.61	56.25	33.11	45.65	15.03	15.89	iz
23	İzmit	Çamdibi	Göl suyu	35254	1018	63.71	55.64	20.63	27.48	13.11	10.48	iz
24	İzmit	Drazalı	Göl suyu	13130	859	64.39	90.61	41.27	49.37	10.78	14.86	iz
25	İzmit	Çamdibi	Göl suyu	45632	1428	99.36	61.28	55.02	78.13	19.48	22.56	iz
26	İzmit	Drazalı	Göl suyu	29378	904	72.48	48.69	41.89	52.48	12.13	15.63	iz
27	İzmit	Drazalı	Göl suyu	44256	1128	80.59	78.78	40.04	45.06	15.56	23.39	iz
28	İzmit	Drazalı	Göl suyu	28502	1132	76.23	56.88	33.11	43.77	13.73	24.13	iz
29	İzmit	Göllüce	Göl suyu	38629	1554	85.02	63.79	52.47	80.03	16.03	25.38	iz
30	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	22379	2665	75.59	68.73	33.79	61.28	21.48	20.26	iz
31	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	47366	2327	82.61	82.49	36.24	68.14	21.74	16.63	iz
32	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	44011	1053	60.05	59.38	22.52	19.39	12.38	8.13	iz
33	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	42366	1449	59.36	40.09	20.04	18.14	14.39	8.38	iz
34	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	53505	1061	59.38	43.12	18.74	15.63	13.88	6.01	iz
35	Orhangazi	Keramet	Göl suyu	42880	1282	83.74	47.51	73.13	98.72	17.79	16.87	iz
36	Orhangazi	Keramet	Göl suyu	48365	1347	88.69	58.13	82.48	101.28	19.27	16.12	iz
37	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	44502	1119	57.62	56.24	33.13	58.71	16.52	15.26	iz
38	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	73509	1822	65.61	43.13	39.38	60.63	14.26	13.75	iz
39	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	27248	869	66.25	38.72	43.12	61.88	14.38	13.13	iz
40	Orhangazi	Narlıca	Göl suyu	24866	804	65.62	55.02	31.23	31.89	8.63	15.78	iz
		Ortalama		36535	1225	73.27	55.29	36.80	50.54	14.53	16.95	
		En küçük		12869	707	56.89	25.64	15.89	15.63	8.63	3.52	
	Genel	En büyük		75867	1254	99.36	140.02	87.48	140.61	33.36	25.89	
		Ortalama		38147	1193	71.61	62.01	41.43	57.65	16.10	15.27	

kaynaklarıyla sulanan bahçelerin DTPA ile belirlenen ekstrakte edilebilir Cr, Ni, Co ve Pb içerikleri sırasıyla 0.01 – 0.68 (ortalama 0.30) mg Cr kg⁻¹, 0.08 – 1.28 (ortalama 0.50) mg Ni kg⁻¹, iz – 0.52 (ortalama 0.15) mg Co kg⁻¹ ve 0.33 – 2.62 (ortalama 1.23) mg Pb kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırma topraklarında ekstrakte edilebilir Cd iz içerikte belirlenmiştir. Toprakların ekstrakte edilebilir Cr, Ni, Co ve Pb içeriklerini değerlendirebilmek için bildirilmiş sınır değerine rastlanmadığından, araştırma topraklarının ekstrakte edilebilir Cr, Ni, Co ve Pb içeriklerini değerlendirebilmek de olanaklı olmamıştır. Bununla birlikte, araştırma bahçesi topraklarında belirlenen alınabilir ağır metal içeriklerinin değişik sulama suyu kaynaklarına göre değişimlerinin anlamlı olmadığı görülmüştür.

Araştırmada incelenen bahçe topraklarının % 55'inde izin verilebilir sınırların üzerinde Ni belirlenmiştir. Ülkemiz ve Güney Marmara Bölgesinin değişik yörelerindeki tarım topraklarında yapılan çalışmalar sonucunda da sınır değerlerinin üzerinde Ni konsantrasyonları belirlenmiştir (Saatçi ve ark. 1988; Hakerlerler ve ark. 1994; Elmacı, 1995; Kızılkaya ve ark. 1988; Başar ve ark. 2001). Bununla birlikte, araştırmamızda sulanmayan bahçe toprakları da dahil olmak üzere değişik su kaynakları ile sulanan bahçe topraklarının önemli bir bölümünde Ni kirliliğinin belirlenmiş olmasından ötürü, yörede kullanılan su kaynaklarının toprakların yüksek Ni içerikleri üzerinde etkili olmadığı düşünülmektedir. Araştırmamız ve ülkemizin değişik yörelerindeki tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemek üzere yapılan çalışmaların sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; İznik Gölü havzası tarım topraklarının bir kısmının izin verilebilir sınırların üzerinde Ni içermesinin toprakların doğal yapılarından kaynaklandığı sanılmaktadır. Nitekim, Hakerlerler (1992), topraklarda görülen kirliliğin I) Toprakların doğal yapılarından, II) İnsanların toprağı yanlış kullanmasından kaynaklandığını bildirmiştir. Diğer taraftan, doğal olarak topraklarda aşırı konsantrasyonlarda bulunsa dahi, İznik Gölü çevresinde yetiştirilen ürünlerin başta Ni olmak üzere diğer ağır metal içeriklerinin yakından izlenerek, besin zincirine katılması ve bu ürünler ile beslenen canlıların sağlıklarının olumsuz yönde etkilenmemesi için gerekli önlemlerin alınmasının önemli olduğu düşünülmektedir.

Tablo IV.

**İzmit gölü havzasında değişik su kaynakları ile sulanan bahçe topraklarının
DTPA+ TEA ile ekstrakte edilen ağır metal içerikleri (mg kg⁻¹)**

Örnek no:	İçesi	Köyü	Su kaynağı	mg kg ⁻¹								
				Fe	Mn	Zn	Cu	Cr	Ni	Co	Pb	Cd
1	İzmit	Tacir	Kuru	3.22	15.98	0.52	20.81	0.06	0.14	0.24	0.54	iz
2	İzmit	Tacir	Kuru	5.21	10.59	0.54	14.18	0.04	0.30	0.14	0.34	iz
3	Orhangazi	Paşapınar	Kuru	8.63	18.17	1.22	6.58	0.66	1.18	0.18	1.79	iz
		Ortalama		5.68	14.91	0.76	13.85	0.25	0.54	0.18	0.89	
4	İzmit	Çiçekli	Artezyen	6.22	19.81	2.02	2.62	0.60	0.41	0.06	0.59	iz
5	İzmit	Çiçekli	Artezyen	4.95	9.71	2.12	14.17	0.41	0.45	0.11	0.43	iz
6	İzmit	Çiçekli	Artezyen	5.23	19.18	2.80	21.23	0.46	0.86	0.20	0.57	iz
7	Orhangazi	Merkez	Artezyen	14.11	7.92	0.94	15.37	0.38	0.43	0.08	0.77	iz
8	Orhangazi	Merkez	Artezyen	10.57	16.59	1.32	24.39	0.44	0.46	0.12	1.08	iz
		Ortalama		8.22	14.64	1.84	15.56	0.46	0.52	0.11	0.69	
9	İzmit	Tacir	Akarsu	7.42	44.37	0.88	22.42	0.03	0.14	0.12	1.06	iz
10	İzmit	Tacir	Akarsu	10.18	35.63	0.82	11.61	0.01	0.92	0.52	1.16	iz
11	İzmit	Dereköy	Akarsu	20.22	32.22	2.03	25.19	0.20	0.39	0.08	1.76	iz
12	İzmit	Dereköy	Akarsu	9.43	22.63	2.34	20.96	0.14	0.72	iz	1.11	iz
13	İzmit	Dereköy	Akarsu	13.83	26.02	2.78	6.43	0.06	0.88	0.14	0.81	iz
14	İzmit	Dereköy	Akarsu	4.03	19.79	0.42	24.58	0.48	0.38	0.18	0.74	iz
		Ortalama		10.85	30.11	1.55	18.53	0.15	0.57	0.17	1.11	
15	İzmit	Çakırca	Göl suyu	24.81	34.41	2.18	7.78	0.05	0.11	0.14	2.52	iz
16	İzmit	Çakırca	Göl suyu	14.39	28.01	1.52	8.02	0.06	0.68	0.16	2.54	iz
17	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	7.42	43.77	2.74	20.18	0.03	1.01	0.40	2.14	iz
18	İzmit	Çakırca	Göl suyu	49.83	42.95	1.94	3.58	0.12	1.22	0.06	2.62	iz
19	İzmit	Çakırca	Göl suyu	13.62	25.36	0.92	11.22	0.16	0.71	0.20	1.82	iz
20	İzmit	Çiçekli	Göl suyu	7.63	12.01	1.14	15.42	0.30	0.52	0.24	1.26	iz
21	İzmit	Çiçekli	Göl suyu	5.19	11.19	0.92	7.02	0.05	0.16	0.12	0.76	iz
22	İzmit	Hoca köy	Göl suyu	8.22	19.03	1.62	9.23	0.16	0.28	0.06	1.24	iz
23	İzmit	Çamdibi	Göl suyu	4.62	12.17	0.32	10.39	0.40	0.08	0.14	0.66	iz
24	İzmit	Drazali	Göl suyu	7.22	18.18	2.30	31.02	0.14	0.54	0.16	1.18	iz
25	İzmit	Çamdibi	Göl suyu	7.83	13.81	1.08	5.23	0.26	0.34	0.12	1.78	iz
26	İzmit	Drazali	Göl suyu	6.63	7.55	2.16	5.89	0.41	0.12	0.16	0.83	iz
27	İzmit	Drazali	Göl suyu	7.57	25.02	0.62	14.78	0.24	0.24	0.16	1.54	iz
28	İzmit	Drazali	Göl suyu	8.42	21.77	1.30	9.81	0.52	0.08	0.12	2.12	iz
29	İzmit	Göllüce	Göl suyu	13.38	23.42	1.84	10.02	0.40	0.34	0.13	2.56	iz
30	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	16.18	51.38	2.24	10.59	0.56	0.48	0.34	1.74	iz
31	İzmit	Boyalıca	Göl suyu	21.38	45.41	3.94	3.23	0.38	1.28	0.22	0.96	iz
32	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	10.58	24.02	0.96	14.53	0.52	0.94	0.14	0.56	iz
33	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	8.83	11.79	0.56	4.18	0.22	0.30	0.22	0.33	iz
34	Orhangazi	Çakırlı	Göl suyu	6.02	10.82	8.02	6.39	0.54	0.14	0.06	0.35	iz
35	Orhangazi	Keramet	Göl suyu	12.21	19.21	1.46	4.23	0.32	0.66	0.16	1.25	iz
36	Orhangazi	Keramet	Göl suyu	11.23	19.18	1.68	5.77	0.34	0.50	0.08	1.04	iz
37	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	10.58	13.56	0.42	8.82	0.46	0.10	0.12	1.14	iz
38	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	16.23	14.61	0.62	7.18	0.68	0.56	0.22	1.52	iz
39	Orhangazi	Merkez	Göl suyu	16.17	9.19	0.36	5.18	0.54	0.42	iz	1.16	iz
40	Orhangazi	Narlıca	Göl suyu	20.41	22.38	4.96	17.02	0.26	0.78	0.16	1.04	iz
		Ortalama		12.95	22.31	1.84	9.87	0.31	0.48	0.16	1.41	
		En küçük		3.22	7.55	0.32	2.62	0.01	0.08	iz	0.33	
	Genel	En büyük		49.83	51.38	8.02	31.02	0.68	1.28	0.52	2.62	
		Ortalama		11.50	21.97	1.71	12.19	0.30	0.50	0.15	1.23	

KAYNAKLAR

- Aksoy, M. S. 1993. Güney Marmara'nın Bazı Akarsularında Ağır Metal Kirliliği ile Önemli Anorganik Kirlenici Parametrelerin Düzeylerinin Belirlenmesi. Y.Lisans Tezi. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bursa.
- Anonymous. 1951. Soil Survey Manual. U.S. Dept. Agr. Handbook. No: 18.
- Anonymous. 1992. Bursa Çevre Projesi İçme Suyu ve Kanalizasyon. Bursa Büyükşehir Belediyesi BUSKİ Genel Müdürlüğü. Cilt 3.
- Anonymous. 1993. DSİ I. Bölge Müdürlüğü "Nilüfer Çayı Su Kalite Tespit Çalışması", 1990-1993.
- Başar, H., N. Okur ve C. Aydınalp. 2001. Bursa Ovası'nda Nilüfer Çayı ile Sulanan Şeftali Bahçelerinin Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. TÜBİTAK/TOGTAĞ Tarp Proje No: 2397.
- Bouyoucos, G. J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils. Agronomy Journal. 4 (9): 434.
- Bremner, J. M. 1965. Nitrogen. Ed.: C.A.Black. In: Method of Soil Analysis Part II. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Series. No: 9. Argon. Inc. Madison. Wisconsin. USA.
- Chapman, N. D. and P. F. Pratt.1961. Methods of Analysis for Soil, Plant and Waters. University of California. Division of Agricultural Science.
- Çağlar, K. Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Yayın No: 10.
- Doğan, O., N. Kazancı, S. Girgin, M. Atalay, N. Akpınar, A. Yiğitler, İ. Soyuer, N. Gürleşen ve F. Tomul. 1996. Ankara Çayının Su Kalitesi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No: 102. Ankara. s: 107 – 123.
- Elmacı, Ö. L. 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bornova.
- Follet, R. H. and W. L. Lindsay. 1970. Profile Distribution of Zinc, Iron, Manganese and Copper in Colorado Soils. Colorado Exp Station Tech Bull. 110.
- Gidirişlioğlu, A., R. Çakır, H. H.Tok, H. Ekinci, ve O. Yüksel. 1996. Ergene Nehri ve Kollarının Evsel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenmesi ve Toprak Üzerine Etkileri. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü. Yayın No: 102. Ankara. s: 308-321.
- Hakerlerler, H. 1992. Tarım Topraklarının Kirlenmesi. Lisans Ders Notları. E.Ü. Ziraat Fakültesi.Toprak Bölümü. (Basılmamış).
- Hakerlerler, H., D. Anaç, B. Okur. ve N. Saatçi. 1994. Gümüldür ve Balçova'daki Satsuma Mandarin Bahçelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 92 – ZRF – 47. Bornova -İzmir.

- Jackson, M. C. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs. N.J. USA. p: 183-187.
- Kick, H., H. Bürger und K. Sommer. 1980. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Ni, Cr und Co in Landwirtschaftlich und Gaertnerisch Genutzen Böden Nordhein Westfallens. Land Forschung. 33(1): 12 – 22.
- Kızılkaya, R., A. Karaca ve S. Arcak. 1998. Samsun Yöresi Topraklarında Zn/Cd Oranı ve Bu Oran ile İz Element ve Ağır Metaller (Fe, Cu, Mn, Pb, Ni) Arasındaki İlişkiler. I. Ulusal Çinko Kongresi Bildiriler Kitabı. Eskişehir. s: 501 – 509.
- Kloke, A.1980. Orientierungsdaten für Tolerierbare Gesamtgehalte Einiger Elemente in Kulturböden. Mitt. VDLUFA H. 1: 9 – 11.
- Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of America Journal. 42: 421 – 428.
- Mengel, K. and E. A. Kirkby.1987. Principles of Plant Nutrition. Publ. Int. Potash Inst. Bern. Switzerland.
- Olsen, S. R. and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. Ed.: C.A.Black.Method of Soil Analysis. Part 2. American Society of Agronomy. Inc. Publisher: Madison. Wisconsin. USA.
- Öğretir, K. 1992. Karasu'nun (Sakarya Nehri) Eysel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenmesi ve Karasu'nun Bazı Kimyasal Özellikleri. Köy Hiz. Araş. Ens. Müd. Rapor No: 179. Eskişehir.
- Özer, U., Ş. Güçer, E. Şen, S. Aksoy, S. Tüfekçi, ve Ö. Delibaş. 1996. Güney Marmara Bölgesinde Nilüfer, Kocasu Derelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Demir Türlendirilmesi. U.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 91/23. Bursa.
- Pratt, P. F. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed.: C.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agronomy Series, No:9. Madison. Wisconsin. USA. p: 207-210.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and Improvements Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60.
- Saatçi, F., H. Hakerlerler, H. Tuncay, ve B. Okur. 1988. İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 127. Bornova – İzmir.
- Scheffer, F. und P. Schachtschabel. 1989. Lehrbuch der Bodenkunde.12 Aufl., Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. p: 442.
- Torunoğlu, T. 1986. Bursa İlindeki Su Kaynaklarında Kirlenme Kontrolü. Çevre – 86 Sempozyumu. Dokuz Eylül Univ. Müh. Mim. Fak. Çevre Müh. Böl. Yayını. İzmir.