EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

85578

İZMİR ATIKSULARININ MENEMEN OVASI SULAMASINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Bekir Sıtkı KARATAŞ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Bilim Dalı Kodu : 501.04.01

Sunuş Tarihi :12.08.1999

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Şerafettin AŞIK

Bornova - İZMİR

85578

Sayın **Bekir Sıtkı KARATAŞ** tarafından YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak sunulan "**İzmir Atıksularının Menemen Ovası Sulamasında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme**" adlı bu çalışma, "Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin" nin 12 inci madde (c) ve (d) bentleri ve Enstitü yönergesinin ilgili hükümleri dikkate alınarak tarafımızdan değerlendirilmiş olup yapılan sözlü savunma sınavında aday oy birliği.. ile başarılı bulunmuştur. Bu nedenle Bekir Sıtkı KARATAŞ'ın sunduğu metnin yüksek lisans tezi olarak kabulüne oy birliği..... ile karar verilmiştir.

12 Ağustos 1999

Jüri Başkanı	: **Doç. Dr. Şerafettin AŞIK**	imza .....
Raportör	: **Doç. Dr. Bülent OKUR**	imza .....
Üye	: **Yrd. Doç. Dr. H. Baki ÜNAL**	imza .....

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16./8./1999 gün ve 1999/31-27 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Süleyman BORUZANLI
Enstitü Sekreteri

Prof. Dr. İsmet ERTAŞ
Enstitü Müdürü

ÖZET

İZMİR KENTSEL ARITILMIŞ ATIKSUYUNUN MENEMEN OVASI SULAMASINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN İNCELENMESİ

KARATAŞ, Bekir Sıtkı
Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü
Tez Yöneticisi; Doç. Dr. Şerafettin AŞIK
Ağustos 1999, 63 sayfa

Bu çalışmada, İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Bu amaçla, biyolojik arıtma işleminden geçirilmesi düşünülen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatürler ışığında irdelenmiştir.

Anahtar sözcükler: Sulama, atıksu.

ABSTRACT

A STUDT ABOUT USABLENESS OF TREATED IZMIR MUNICIPAL WASTEWATER AS IRRIGATION WATER IN MENEMEN PLAIN

KARATAŞ, Bekir Sıtkı

MSc. in Dept. of Agric. Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şerafettin AŞIK

Ağustos, 1999

In this study, it has been discussed usableness of treated İzmir municipal wastewater as irrigation water in Menemen Plain instead of discharging to the sea.

With this goal, appropriateness of İzmir wastewater planned to be treated by biological treatment system for irrigation has been inspected in terms of certain irrigation water quality parameters in accordance with Water Pollution Control Statute and literature related in this subject.

Keywords: Irrigation, wastewater.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince başta, tezin biçimlenmesinde değerli katkı ve görüşlerini esirgemeyen, değerli hocam sayın **Doç. Dr. Şerafettin AŞIK**'a olmak üzere, gerekli bilgi ve verilerin sağlanmasında yardımcı olan D.E.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden **Prof. Dr. Füsun ŞENGÜL**'e, **İZSU Genel Müdürlüğü** ve **Menemen DSİ İşletme ve Bakım Başmühendisliği yetkililerine** teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....V

ABSTRACT.....VII

TEŞEKKÜR.....IX

ÇİZELGELER DİZİNİ.....XIII

1.GİRİŞ.....1

2.LİTERATÜR ÖZETİ.....5

3.MATERYAL VE YÖNTEM.....31

4.ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....37

5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....53

YARARLANILAN KAYNAKLAR.....57

ÖZGEÇMİŞ.....63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge Sayfa

2.1 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri ---------- 8
2.2 Maksimum izin verilebilir EC değerleri ---------- 10
2.3 Bazı bitkilerin tuza dayanıklılığı ---------- 10
2.4 Bazı meyvelerde izin verilebilir klorür konsantrasyonları ------ 16
2.5 Sulama suyundaki iz elementlerin izin verilen maksimum sınırları ---------- 18
2.6 Bitkilerin bor mineraline karşı dayanıklılıklarına göre sulama sularının sınıflandırılması ---------- 18
2.7 FAO sulama suyu kalitesi kriterleri ---------- 26
2.8 İsrail'de tarımsal sulama için gerekli su kalitesi ---------- 27
3.1 Menemen Ovasına ait iklim değerleri ---------- 33
3.2 Menemen Ovası ürün dağılımı ---------- 34
4.1 İzmir kentsel atıksuyunun arıtılma öncesi ve arıtılma sonrası durumu ---------- 37
4.2 İzmir kentsel atıksuyunun ağır metal ve bor konsantrasyonları ---------- 38

1. GİRİŞ

Artan nüfus, yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesi, su kaynaklarının düzensiz dağılımı ve periyodik kuraklıklar, insanları su sağlamak için yeni ve ileriye yönelik kaynaklar aramaya yöneltmiştir. Gerek dünyada gerekse de ülkemizde su ihtiyacı gittikçe artarken su kaynakları kirlenmekte ve tükenmektedir. Sonuç olarak tarım için suyun kalitesi gittikçe kötüleşmekte ve bir çok bölgede tarım, şimdiki mevcut suyun yetersiz miktar ve kalitesi gibi çifte bir sorunla karşı karşıya kalmaktadır. Oysa ikame edilemez özelliği olan su kaynaklarının; içme ve kullanma suyu temini, sulama, ulaşım, rekreasyon gibi değişik amaçlarla uzun süre kullanılabilmesi gerekir.

Son on yıllarda suya olan talep dünyanın her yerinde artmaktadır. Bir çok ülke şu anda veya gelecekte su yetersizliği ile karşı karşıya kalacaktır. Bu yalnızca kurak ve yarı-kurak bölgelerin bir sorunu değil, aynı zamanda bu bölgelerin kaynaklarını tüketen diğer bölgeler için de bir sorundur.

Su ihtiyacının artması, kullanılmış suyun yeniden kullanılması kavramını gündeme getirmiştir. Tarımsal açıdan suyun yeniden kullanımı, arıtılmış evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların sulama amacıyla yeniden değerlendirilmesi demektir.

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve kısıtlı kullanım gerektirdiği günümüzde, sulama suyu olarak içme suyu niteliğindeki suların kullanılması yerine arıtılmış atıksu kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. Atıksuların sulamada kullanımı asırlardır uygulanmaktadır. Fakat bu uygulama, su kaynaklarının kısıtlı kullanımın gerektiği günümüzde daha da önem kazanmıştır (Filibeli ve Yüksel, 1994).

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Atıksuların en çok kullanıldığı yerler; tarımsal sulama, tarım dışı sulama (park, bahçe, yeşil alanlar, golf sahası vb.) ve yeraltı suyu beslemesidir. Kurak bölgelerin çoğunda sulama suyu ihtiyacının % 70-90'ı atıksulardan sağlanmaktadır (Asano, 1991).

Gelişmekte olan ülkelerdeki şehirlerden çıkan atık suların % 80'inin şu anda sürekli ve mevsimlik sulama için kullanılmakta olduğu tahmin edilmektedir (Wahaab, 1995).

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanımıyla; su kıtlığı probleminin çözümlenmesi, minimum çevresel risklerle büyük miktarlardaki suyun bertaraf edilmesi ve bitki besin maddeleri içeriğinden dolayı ekonomik yarar sağlaması gibi olumlu sonuçlar ortaya çıkar (Salgot and Pascual, 1996; Sarıoğlu ve Çiner'den, 1998).

En iyi işletilen arıtma tesislerinde bile, ham atıksularda bulunan patojen mikroorganizma konsantrasyonları üstel olarak azaldığı halde tamamen giderilmezler. Bu nedenle bu suların sulamada kullanılması durumunda dikkatli olunmalıdır. Zira bu sularda bulunan enterik patojenler toprakta, suda veya bitkiler üzerinde oldukça uzun süreler yaşamlarını sürdürebilirler. Örneğin Ascaris yumurtaları sebzeler üzerinde 27-35 gün, toprakta 730-2010 gün hayatta kalabilirken, Salmonella spp. çayırda 100 günden daha uzun süre, sebzeler üzerinde 3-40 gün ve toprakta ise 15-280 gün arasında yaşayabilir (Crook, 1988; Gemirli vd.'den, 1996).

İzmir Büyük Kanal Projesi kapsamında ihale edilen Atıksu Arıtma Tesisi gerektiğinde azot ve fosfor gideriminin de yapılacağı evsel ve ön arıtması yapılmış endüstriyel atıksuları en son teknolojilerin kullanıldığı tam bir biyolojik arıtma ile arıtan bir sistem olacaktır. Atıksu arıtma tesisi için istenen çıkış suyu kriterleri Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğinde öngörülen standartları sağlayacaktır. Bu açıdan bakıldığında gerekli

deşarj yönetmeliklerine uymak koşulu ile çıkış suyu denize veya Gediz Nehri yatağına deşarj edilebilir. Ancak İzmir Körfezindeki yoğun kirlenme gözönüne alındığında özellikle sıcaklığın arttığı yaz aylarında denize deşarj yerine sulamada kullanım gibi bir alternatifin değerlendirilmesi, hem sulama suyu sıkıntısı çekilen Menemen Ovası tarımı için yararlı olacak, hem de körfez kirliliğinin kontroluna hizmet edecektir. Çünkü tesisten çıkan arıtılmış atıksuyun içerisinde bulunan organik maddeler, körfezdeki deniz hayatı için zararlı olmasına rağmen bitkiler için besin niteliğindedir.

Menemen Ovası sulama şebekeleri içerisinde bulunan yaklaşık 21500 ha tarım alanı sulama suyu ihtiyacını halen Gediz Nehri ve yeraltı suyundan karşılamaktadır. Sulama suyu için alternatif kaynağın aranmasının başlıca nedeni sulama suyunun yetersizliği ve Gediz nehrindeki yoğun kirliliktir. Tarım için elverişli olan organik kirliliğin yanısıra, son zamanlarda yapılan çalışmalarda bitki yetişmesi için son derece zararlı olan ağır metal kirlenmesi gözlenmiş olup, yalnızca bu neden bile Gediz Nehri suyunun sulamada kullanılmaması için yeterli bir nedendir. Ayrıca yeraltı sularının sulama yerine içme suyu temininde kullanılması atıksuların sulamada kullanımının ikincil bir nedeni olarak kabul edilebilir (Şengül vd., 1995).

Bu çalışmada, İzmir ilinde oluşan ve biyolojik arıtma işleminden geçirilmesi düşünülen evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatürler ışığında irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde; atıksuyun sulamada kullanımı, atıksuda bulunan kalite parametrelerinin sulama yönünden önemi, değişik ülkelerdeki uygulamalar, atıksu kullanımında geliştirilen stratejiler ve atıksu uygulamalarının fayda ve sakıncaları gibi konular hakkında literatür bilgileri verilmiştir.

Sulama, bitkilerin normal gelişmeleri için ihtiyaç duydukları suyun doğal yağışlarla karşılanamayan kısmının toprağa verilmesi olarak tanımlanmaktadır. Sulamanın yararları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Güngör vd., 1996):

1-Büyüme mevsimi boyunca bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarı kök bölgesinde depolanarak, devamlı ve kararlı bir bitki yetiştiriciliği yapılır,

2-Topraktaki fazla tuzun yıkanması sağlanır,

3-Toprakta mevcut taban taşı yumuşatılır,

4-Toprak ve bitki civarındaki hava serinletilir,

5-Ticari gübreler su ile birlikte toprağa verilebilir

Sulama, kurak ve yarı-kurak bölgelerde ekonomik bir tarım için esastır. Nemli ve yarı-nemli bölgelerde ise tamamlayıcı bir uygulamadır. Başarılı bir sulama için aşağıdaki koşulların yerine getirilmesi gerekli olup, bu koşullar atıksu sulaması için de aynı derecede geçerlidir (Pescod, 1992):

- gerekli miktarda su uygulanmalı
- uygulanacak su uygun kalitede olmalı
- sulamalar uygun bir şekilde programlanmalı
- yıkamayla bitki kök bölgesinde tuz birikimi önlenmeli
- uygun bir drenajla taban suyunun yükselmesi kontrol edilmeli
- uygun sulama yöntemleri kullanılmalı

- bitki besin maddeleri optimum bir şekilde yönetilmeli

Bir su kaynağının sulamaya uygunluğu, genellikle iklim ve toprak koşullarına, yetiştirilecek bitki çeşidine ve sulama yöntemine bağlıdır (Shuval et al., 1986).

Sulama yöntemleri, dünyanın farklı yörelerinde ve aynı yöredeki farklı çiftliklerde önemli ölçüde değişir. Bu yöntemler; toprağı ıslatma yönünden, mikro, yağmurlama, karık, salma ve sızdırma sulama olarak 5 başlık altında toplanabilirler (Pescod, 1992; Kanber, 1999).

Yüzey sulama sistemleri, dünyanın sulanan alanlarının % 95'inden fazlasını oluşturmaktadır (Aboukhaled, 1992). Yüzey sulama, su kalite sorunlarından önemli derecede etkilenmez. Eğer kullanılacak su büyük miktarlarda sediment taşıyorsa nadiren bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Bu sorunlar; taşıma kanalları, geçitler ve basınçlı iletim sistemlerinin kullanıldığı yerlerdeki borular ve bunlara ait parçalarda sedimentin çökelmesi ve bunları tıkaması şeklinde karşımıza çıkabilir (Shuval et al., 1986).

Mikro sulama yöntemlerinde (damla sulama, bubbler sulama, mikro yağmurlayıcılar vb.) sulama suyu, ya doğrudan bitkili alana, ya bitki köklerine veya bitkilerin hemen yanıbaşına verilir (Pescod, 1992; Kanber, 1999).

Atıksuyun bu yöntemlerle uygulanması durumunda gerek sulama işçilerinin ve gerekse yöre halkının sağlık riski en aza indirgenmiş olur.

Mikro sulama yöntemlerinden olan damla sulama yöntemi, özellikle toprak yüzeyinin plastik örtüyle veya malçla kaplı olması durumunda, çiftlik işçilerinin atıksuyla temasını en az seviyede tuttuğundan halk sağlığının en iyi derecede korunmasını sağlar. Ancak damla sulama sistemleri pahalı olup, özellikle damlatıcıların tıkanmasını önlemek için yüksek kaliteli suya ihtiyaç duyarlar (Pescod, 1992).

Yağmurlama sulamada su, püskürtülerek uygulanır ve toprağa doğal yağışa benzer bir şekilde düşer. Yağmurlama sulama yöntemi, daha fazla uygulama homojenliği sağladığı için su kullanımı yönünden genellikle daha etkindir. Bununla beraber bu yöntemler toprak üstü bitkilerine, meyve ağaçlarına ve çiftlik işçilerine atıksuyu bulaştırabilirler. Ayrıca aerosolize olmuş atıksudaki patojenler, rüzgarla taşınabilir ve yakın çevrede bulunanlar için bir sağlık riski oluşturur. İkinci derecede atıksu arıtımı, genellikle, atıksuyun çok tuzlu olmaması koşuluyla yağmurlayıcılar için uygun bulunmuştur. Granüler filtrelerle veya mikro eleklerle arıtma gibi daha ileri önlemler de benimsenmektedir (Pescod, 1992).

Yağmurlama sulama, klor (Cl^-) ve sodyum (Na^+) zararlarından ve gündüz oluşan rüzgarın olumsuz etkisinden kaçınmak için sadece geceleri yapılmalıdır (El Hamouri, 1996).

Karık sulamada su, sırtlar arasına uygulanır ve bitki köklerine kapillar hareketle ulaşır. Sulamada tüm toprak yüzeyi ıslatılmadığından ve bitkiler sırtlarda yetiştiğinden ürünlerin atıksuyla bulaşması azalır, ancak tam bir sağlık korumasını sağlanamaz. İşçilerin atıksuyla teması, otomasyona bağlı olarak orta ile yüksek arasındadır. Atıksu borularla taşınır ve her bir karığa kapalı borularla dağıtılırsa, sulama işçileri için risk minimum olur.

Salma sulama (örneğin; vahşi sulama, göllendirme sulama, tava sulama vb.) ve border (uzun tava) sulama yöntemlerinde toprak yüzeyi tamamen atıksuyla kaplanır. Bu nedenle işçilere, yüzeye yakın sebzelere ve kök bitkilerine atıksuyun bulaşma riski diğer yöntemlerden daha fazladır. Böylece, hem sağlık hem de randıman yönünden bu yöntem tatmin edici değildir.

Atıksuyun içindeki çözünmüş tuzlar, bor, ağır metal ve ve benzeri toksik maddeler; yörenin iklim şartlarına, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak ortamda birikebilir, bitkiler tarafından

alınabilir veya suda kalabilir. Bu nedenle, arıtılmış atıksuların arazide kullanılması ve bertarafı sözkonusu ise; suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından öngörülen sınır değerlere uygunluğunun yanısıra, bölgenin toprak özellikleri de dikkate alınır (Monte et al.,1996).

Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri (Resmi Gazete, 1991).

Sulama suyu kriterleri	Sulama Suyu Sınıfı				
	I. sınıf su (çok iyi)	II. sınıf su (iyi)	III. sınıf su (kullanılabilir)	IV. sınıf su (ihtiyatla kullanılabilir)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
EC (µmhos/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
SAR	<10	10-18	18-26	>26	-
Klorür (mg/l)	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sulama suyu sınıfı	C_1S_1	C_1S_2 C_2S_2 C_2S_1	C_1S_3 C_2S_3 C_3S_3 C_3S_2 C_3S_1	C_1S_4 C_2S_4 C_3S_4 C_4S_3 C_4S_2 C_4S_1	-
NO_3^- / NH_4^+ (mg/l)	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
BOİ (mg/l)	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
AKM (mg/l)	20	30	45	60	>100
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 veya >9

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanımı için gerekli kalite standartlarının belirlenmesinde çözünmüş maddeler, besin elementleri, ağır metaller ve biyolojik olarak ayrışmayan kompleks organik maddeler (pestisitler vb.) gibi arıtılmış atıksuyun bazı kimyasal özelliklerine özel önem verilmelidir (Monte et al.,1996).

İstenmeyen su kalite özellikleri, bitki gelişimini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilir. Bitkiler, yetişme ortamındaki yüksek ozmotik koşullardan veya sudaki bitki için zehirli maddelerden doğrudan etkilenir. Bitkilerin çözünmüş maddelere karşı duyarlılığı genellikle çimlenme ve

erken gelişme dönemlerinde olgunluğa göre daha yüksektir. Erken gelişme dönemlerinde bu maddelerden etkilenen bitkiler ya hiç ürün vermez veya önemli derecede ürün azalması meydana gelir. Bu istenmeyen maddelerin etkileri bitki gelişiminde gerileme, meyve oluşumunda azalma, pazarlanan ürün kalitesinde düşme veya bunların kombinasyonu biçiminde görülebilir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Sulama suyu olarak kullanılan atıksularda yüksek konsantrasyonlardaki organik maddelerin varlığı bitki kök bölgesindeki mevcut oksijeni tüketebilir ve bu yüzden bitki gelişimine olumsuz etkide bulunabilir. Buna rağmen, nispeten yüksek organik madde konsantrasyonuna sahip su ile sulama önemli sorunlar olmaksızın dünyanın her tarafında bir çok alanda uygulanmıştır. Evsel atıksularda sentetik ve sentetik olmayan organik maddeler geniş sınırlar içinde bulunur. Bu organik maddelerin bazıları aerobik toprak koşulları altında, bazıları da aneorobik toprak koşulları altında çözünür ve bazısı da hiç çözünmez (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Sulama sularının toplam tuz (toplam çözünmüş katı madde) konsantrasyonunun başlıca etkisi ozmotik basınç olup, suyun bitkiler tarafından alınımını olumsuz etkiler. Tarlalarda yeterli su altında bile bitkilerin solduğu görülmüştür. Bunun nedeni genellikle yüksek tuzun yarattığı fizyolojik kuraklıktır (Munsuz ve Ünver, 1995).

Tuza dayanıklılığı az olan bitkiler, elektriksel iletkenlik (EC) değeri 250-750 micromhos/cm olan sulama sularından dahi zarar görebilir. Genel olarak EC değeri 750-2250 micromhos/cm arasında olan sulama suları geniş çapta kullanılmakta, uygun bir drenaj ve işletme koşulları altında yeterli bir ürün elde edilmekte, ancak yeterli yıkamanın yapılamadığı elverişsiz drenaj koşullarında tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır.

EC değeri 2250 micromhos/cm'den fazla olan suların sulamada kullanılması oldukça az olup, daha ziyade tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine uygundur (Ayyıldız, 1990).

Çizelge 2.2'de bazı bitkiler için sulama sularında izin verilebilir maksimum EC değerleri verilmiştir (Arceivala, 1984). Ayrıca Çizelge 2.3'te bazı bitkilerin hangi tuz konsantrasyonunda ne kadarlık bir verim kaybına uğrayabileceği görülmektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Çizelge 2.2 Maksimum izin verilebilir EC değerleri

Bitki	EC (μmhos/cm)
Çimler	18 000
Buğday, Pamuk	12 000-14 000
Yonca	8 000
Turunçgiller	4 000

Çizelge 2.3 Bazı bitkilerin tuza dayanıklılığı (EC 25 ^{0}C'de milimhos/cm)

Bitki cinsi	Verim azalması		
	%10	%25	%50
Ispanak	5.7	7.4	8.0
Domates	4.0	6.8	8.0
Patates	2.2	4.0	6.0
Yeşil biber	2.0	3.0	5.6
Pamuk	10.0	11.8	16.0
Buğday	7.0	10.0	14.0
Çeltik	5.0	6.0	8.0
Mısır	5.0	6.0	7.0
Yonca	3.0	5.2	8.2

Sulama suyu, yüksek tuz içeriğine sahipse, daha sıkı bir sulama ve bitki yönetimi; tuzluluk kontrolü ve tuzluluk etkisinin minimize edilmesi için amaçlanmak zorundadır. Tuzluluk sorununun olduğu yerde tuza dayanıklı bitkiler yetiştirilmeli ve özel yönetim teknikleri uygulanmalıdır. Örneğin; karıkla sulanan sıra bitkileri sırtlar yerine sırtların kenarları üzerine dikilmeli ve kök bölgesinin yıkanması için gerekli yıkama suyu

uygulanmalıdır. Ayrıca, eğer varsa, bitkinin filizlenme ve erken gelişim dönemlerinde iyi kaliteli su kullanılmalıdır (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Suyun içerisinde bulunan askıda katı maddeler (AKM), yüzey sulama yöntemleri uygulandığında, toprağı verimli hale getirdiği gibi toprak kanallarındaki çatlak ve yarıkların kapanmasında da faydalıdırlar. Bununla beraber; AKM'ler, yağmurlama sulama uygulamalarında, bitkilere zarar verir. Kil ve siltin toprak yüzeyinde birikmesi sonucu hava ve suyu geçirmeyen bir tabaka oluşur. Üç senelik gözlemlere göre; mısır bitkisi silt bulunduran su ve berrak su ile sulanmış verimlerin karşılaştırılmasında bir etkinin olmadığı saptanmıştır. Bununla beraber özellikle çimlenmeden önce toprak yüzeyinde çimlenmeyi güçleştirecek derecede sedimentin toplanması halinde yulafta verim azalması tespit edilmiştir. Fazla siltlenme karıklarda yetişen fasulyeleri olumsuz etkilemesine rağmen karık seddelerinde yetişen fasulyeleri olumsuz yönde etkilememiştir. Kağıt fabrika atıksularında 240 mg/l AKM olmasına rağmen, yoncanın yağmurlama sulamasında başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Askıda katı maddeler, yağmurlama sulamada yağmurlama başlık memelerinin ve damla sulamada damlatıcıların tıkaması açısından önemlidir (Shuval et al., 1986; Ayyıldız, 1990).

Sulama suyuyla gelen ve toprak yüzeyinde kabuk oluşturan kolloidal taneler infiltrasyonu, toprağın havalanmasını ve fide çıkışlarını engeller. Ayrıca bunlar, topraktaki tuzların yıkanmasını güçleştiren kabuk oluşumuna ve gözeneklerin tıkanmasına neden olurlar. Buna karşın silt içeriği yüksek olan sular kumlu bir toprağın tekstürünü, kıvamlılığını ve su tutma kapasitesini yükseltebilmektedir Yağmurlama başlıkları ile püskürtülen kolloidal taneler yapraklarda film oluşturarak özümleme etkinliklerini azaltır. Bu birikme ayrıca ürünün pazarlama özelliğini de düşürür. AKM'ler, taşıma sistemi ve yapılarındaki ve özellikle damlatıcılardaki akışı engelleyebilir ve depolama kapasitesini azaltabilir. Yağmurlama sulamada bu katılar sulama pompalarını, başlık memelerini ve hidrolik yapıları

tıkarlar. Damla sistemlerdeki tıkama potansiyeli; 50-100 mg/l'lik AKM'lerle az ile orta arasında ve 100 mg/l'den daha yüksek konsantrasyonlar için çok ciddi olur (Munsuz ve Ünver, 1995; Aboukhaled, 1992).

Atıksularda çoğunlukla organik yapıdaki AKM'ler, ayrıca, klorlama randımanını olumsuz olarak etkilerler. Çünkü, bakteri ve virüsler organik partiküller sayesinde klorla etkili temastan korunabilirler. Bunun yanında, AKM'ler sulama için kullanılan atıksuyun estetiğini de azaltırlar. Bu, özellikle yerleşim alanlarında önemlidir. Tüm bu nedenlerden dolayı AKM'ler, atıksudan sulama amacıyla kullanılmadan önce mümkün olduğunca uzaklaştırılmalıdır (Bouwer and Idelovitch, 1987).

pH toprakların kimyasal özelliklerini etkileyebilir. Asit topraklar belirli bir süre pH'sı 4.8 den düşük olan sularla sulandığında, çözünür demir, alüminyum veya mangan derişimleri bitkiler için zehirli düzeylere ulaşabilir. Benzer biçimde, tuz içeriği yüksek olan nötr veya asit sular da asit toprakların pH'sını düşürerek, bu elementleri zehirli duruma geçirebilirler (Munsuz ve Ünver,1995; Guillauma and Xanthoulis, 1996).

Genellikle sulama sularının pH değeri 6.5 ile 8.0 arasında olması yani nötr bulunması arzu edilir (Ayyıldız, 1990).

Bitkilerin toprak çözeltisindeki yüksek kalsiyum (Ca) derişimlerine dayanıklılıkları farklıdır. Kalsiyumun zararlı derişimlerine seyrek rastlanmakla birlikte, bu iyon birçok yararlı iyonun olumsuz etkilerine yolaçabilmektedir. (Munsuz ve Ünver,1995).

Sulama suyunda kalsiyum bitkilerin normal gelişmeleri için aynı zamanda toprak işlemesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olduğundan genellikle bulunması arzu edilir. Wilcox, " sert su toprağı yumuşak, yumuşak su toprağı sert yapar" şeklinde araştırma sonuçlarını açıklamıştır. Buna göre sulamada sert suların yumuşak sulara tercih edilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır (Ayyıldız, 1990).

Magnezyum (Mg), normal bitki gelişmesi için gereklidir. Sulama sularındaki magnezyum ve kalsiyum katyonları, toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir hale getirir. Sulama suyunda 24 mg/l konsantrasyona kadar Mg katyonunun bitki gelişmesine ve toprağa olumsuz bir etkide bulunmadığı saptanmıştır. Çok yüksek konsantrasyonlarda (3000-5000 mg/l) $MgCl_2$ ve $MgSO_4$ olarak fasulyelere toksik olduğu saptanmıştır (Ayyıldız, 1990).

Yapılan araştırmalar yeteri kadar magnezyumun bulunması halinde bitkilerin fosforlu gübrelerden daha fazla yararlandıklarını ve tohumun fosfor kapsamının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Kacar, 1984).

Çoğu bitkinin gelişmesi için çok az sodyuma ihtiyaç vardır. Sadece halogeton çöl bitkisi normal gelişmesi için sodyuma fazlaca ihtiyaç gösterir. Yüksek konsantrasyonlarda sadece bitkilere değil topraklara da olumsuz etki etmektedir. Yağmurlama sulama ile kullanılan sulama suyunda 106-212 mg/l gibi yüksek sodyum konsantrasyonları bazı şartlar altında ve bazı bitkilerde, yapraklarda sodyum birikmesi nedeniyle zararlara neden olmuştur. Fakat 70 mg/l'nin altındaki bir konsantrasyonda herhangi bir sorun oluşmaz. Narenciyeler, 69-190 mg/l sodyum bulunduran su ile bir kez yapılan yağmurlama sulamadan, önemli yaprak yanmaları ve sararmaları şeklinde olumsuz etkilenmişlerdir (Ayyıldız, 1990; Bouwer and Idelovitch, 1987).

Sodyum oranı yüksek sular toprağın strüktürünü ve geçirgenliğini bozmasının yanısıra, badem, avakado, sert çekirdekliler gibi bitkilerde yaprakların yanmasına yol açar. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değeri 4-8 arasında olan sular, sodyuma duyarlı bitkilere zarar vermektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Sodyum fazlalığı kil partiküllerinin agregatlaşması yerine disperse olmasına ve bazı durumlarda da şişmesine neden olur. Bu; düşük porozite,

kötü geçirimlilik, ıslak olduğunda kötü havalanma ve kurak olduğunda derin çatlaklarla yayılan büyük keseklere sahip olan topraklara neden olmaktadır ve böyle topraklar ya kurak ya da nemli olduğunda tarım aletleriyle çalışmayı güçleştirecek ve böyle toprakların pH'sı genellikle yüksek olacaktır (Shuval et al., 1986).

Belli bir SAR değeri için toplam tuz konsantrasyonundaki artış, toprak permeabilitesini artıracak ve belli bir toplam tuz konsantrasyonu için SAR değerindeki bir artış toprak permeabilitesini azaltacaktır. Bu da göstermektedir ki sulama suyundaki sodyumun sebep olduğu düşük infiltrasyon oranı ve yüzeyin kabuk bağlamasını da içeren toprak geçirgenliği tehlikeleri, sulama suyunun çözünmüş tuz içeriği ya da toprağın yüzey tabakasından ayrı olarak düşünülemez (Pescod, 1992).

Düşük konsantrasyonlarda potasyum bitki için gereklidir. İyi bir bitki gelişmesi için fosfor gibi mineral maddelerle uygun bir dengede tutulması gerekir. Sulama sularında potasyum ve sodyum toprağa benzer şekilde etki ederlerse de potasyum, sodyuma nazaran daha az zararlı olarak kabul edilmektedir (Ayyıldız, 1990).

Azot (N), bitki gelişmesinde yaşamsal önemi olan bir bitki besin maddesidir. Azotlu bileşikler bitkilerin kuru ağırlıklarının büyük bir bölümünü oluşturur. Bitkilerde azot organik ve inorganik şekillerde bulunur. Bitkiler azotu nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) iyonları şeklinde absorbe ederler. Bitkilerde azot, protein oluşmasında ve klorofil moleküllerinin yapılarında yeralır (Kacar, 1984).

Proteinlerin ilk ayrışma ürünleri olan amonyum, amonyum iyonu olarak güçlü bir şekilde toprak partiküllerince absorplanır. Atıksu ile sulanan alanlardan çıkan drenaj sularında ölçülen amonyum konsantrasyonları bu yüzden düşüktür (Russell and Cooper, 1987).

Nitrat iyonları toprak içinde çok hareketlidir.Bitkiler tarafından alınmaz ya da denitrifikasyon ürünleri olarak atmosfere verilmezse yeraltı suyuna karışır. Pratikte atıksu sulamasıyla genellikle bitki gereksinimlerinin üzerinde bir oranda N uygulanır. Bu koşullar altında azot, yeraltı suyu kirlenme sorunlarına neden olabilecek en büyük potansiyele sahiptir (Russell et al., 1991).

N ve P gibi besin elementleri bitkiler için gübre değerine sahiptirler. Ancak yüzey sularında ötröfikasyona ve içme için kullanılan yeraltı ve yerüstü sularında nitrat kirlenmesine neden olabilirler (Tanji, 1997).

Yeterince azotun sağlanması ile bitkiler koyu yeşil renkli kuvvetli bir vejetatif gelişme gösterirler. Ortamda gereğinden fazla azotun bulunması halinde bitkinin gelişme devresi normalden daha uzun olacağından, olgunlaşma geriler ve meyvelerin tatlarında bir azalma meydana gelir. Ayrıca, bitkinin gevşek ve kuvvetsiz bir bünyeye sahip olmasına yol açar ki, bu da bitkilerin hastalıklara karşı direncini azaltır ve bitkilerin yatmasına neden olur (Kacar, 1984; Ali, 1987).

Bunun yanında, fazla azot, hayvan yemlerinde nitrat şeklinde birikerek tüketicilerde zehirlenmelere neden olabilir. Yüksek nitratlı hayvan yemleri silolandığında, nitrojen oksit gazları insanlara ve hayvanlara öldürücü şekle dönüşebilir. Bunun yanında aşırı azot, nitrite dönüşebilir, bu da kanda hemoglobin yerine methemoglobin üretebilir ve öldürücü bir hayvan hastalığına neden olabilir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Çoğu atıksu arıtma tesisi daha iyi bir dezenfeksiyon için yüksek miktarda klor ile atıksuları klorlarlar. Bu yüzden atıksularda yüksek miktarlarda bulunabilen klor, atıksu sulamada kullanıldığında en sorunlu anyon olmaktadır. Çoğu bitkilere (örneğin limon, yonca, meyve ağaçları ve patates) genellikle daha toksik ise de şeker pancarına sülfattan daha az toksik olduğu saptanmıştır (Ayyıldız, 1990).

Klorürler genellikle çoğu bitkide zehir etkisi yaratmaz. Yağmurlama sulamada klorürün yapraktan alınımı önemli olup, buharlaştırıcı koşulların farklılığından dolayı ortaya çıkan olumsuz etki, gece ve gündüz arasındaki ve (örneğin yavaş dönen bir yağmurlama başlığı gibi) birbirini izleyen ıslanmalar arasındaki buharlaşma miktarına bağlı olarak değişir. Geceleri ve suyu hızlı biçimde dağıtan başlıklarla sulama yapılırsa, etki azalmaktadır. Normal sulamalarda çevre koşullarına, ürün ve sulama uygulamalarına bağlı olarak 20 me/l'lik derişimlere izin verilirken, yağmurlama sulamada turunçgiller, taş çekirdekliler ve bademlerde bu değer 3 me/l ye düşmektedir Çizelge 2.4'te bazı meyvelerde izin verilebilir klorür konsantrasyonları verilmiştir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Eğer klorür konsantrasyonu 140 mg/l'den az olursa sorun beklenmez, 140-350 mg/l aralığında sorunlar artar ve 350 mg/l'nin üstünde ise ciddi sorunlar söz konusudur. Bu konsantrasyonlar, suyun yalnızca kökler tarafından absorblandığı yüzey ya da diğer sulama sistemlerinde uygulanır. Eğer su, arazi yüzeyine yayılırsa ve ayrıca yapraklarca da absorplanırsa, sulama sularının klorür konsantrasyonları sorunlardan uzak kalmak için 100 mg/l'nin altında olmalıdır (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Çizelge 2.4-Bazı meyvelerde izin verilebilir klorür konsantrasyonları

Bitki	Klorür (me/l)	Klorür (mg/l)
Turunçgiller	20-50	710-1765
Taş çekirdekliler	14-50	497-1765
Avakado	10-16	355-568
Üzüm	20-50	710-1765
Üzümsü meyveler	10-20	355-710
Çilek	10-16	355-568

Toksik kimyasallar; ağır metaller olarak adlandırılan bir gruptur ve tarımsal literatürde bunlar genellikle minör elementler, iz elementler ya da mikro elementler olarak adlandırılırlar. Genellikle toprakta immobilize

edilmelerine rağmen bunlar bitkilerce alınabilirler ve bitkilere toksik olabilirler. Bu, bitki seçimini etkileyebilir. Ayrıca besin zincirine giren ve sonunda insanlar üzerinde toksik bir etkiye sahip olan elementlere karşı tedbirli olunmalıdır. Bu elementlerin kimyası hakkında bilgiler hala sınırlıdır (Shainberg and Oster, 1978; by Shuval et al., 1986).

Sanayi atıklarından kaynaklanan ağır metallerin su kirlenmesinde oynadıkları rol büyüktür. Bu metallerin bitki, hayvan ve insan hayatı için tehlike arz ettiği yapılan araştırmalarla ortaya çıkmış bulunmaktadır. Besinler ve özellikle su ile insan vücuduna giren bu metaller ciddi hastalıklara, hatta ölümlere yolaçmaktadır.

Ağır metaller toprağa verilirken bölgenin topoğrafik yapısı, jeolojisi, yağış miktarı ve toprağın katyon değiştirme kapasitesi (KDK) oldukça önemlidir. Ayrıca atıkta bulunan kirleticilerin konsantrasyonu ile bitkilerin bu kirleticilere karşı dayanma güçlerinin bilinmesi gerekir. Toprağın KDK'nin artması ile toprağa verilecek gübredeki ağır metal konsantrasyonu artırılabilir (Gül, 1992).

Asitli ya da yetersiz olarak havalanmış toprakların haricinde, diğer topraklarda bu metaller fikse edilir ve birikmeye devam eder. Bitkilerce bunların asimilasyonu nadiren kök seviyesinin ötesine varır. Buna rağmen bazı daha hareketli metaller fitotoksik ve sağlık açısından endişe verici konsantrasyonlara ulaştığında bitki içinde birikmeleri mümkün olabilmektedir. Bunların arasında tüm organizmalar için son derece toksik olan kadmiyum (Cd)'a; fakat bunun yanında bazı çiftlik hayvanları için toksik olan bakır (Cu) ve molibden (Mo)'e özel dikkat gösterilmelidir (Leger, 1987).

Bazı iz elementlerin sınır değerleri pH'sı 6-8.5 olan iyi bünyeli, nötr ile alkali arası topraklar üzerinde 20 yıl ve sürekli olarak kullanılacak su için

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Çizelge 2.5'te gösterilmiştir (Bouwer and Idelovitch, 1987; Resmi Gazete, 1991).

Çizelge 2.5 Sulama suyundaki iz elementlerin izin verilen maksimum sınırları (mg/l)

İz Element	Tüm topraklarda sürekli kullanım koşullarında	İyi tekstürlü nötr-alkali topraklarda 20 yıldan daha az sulama yapıldığında
Alüminyum (Al).	5	20
Arsenik (As).	0.1	2
Berilyum (Be).	0.1	0.5
Kadmiyum(Cd).	0.01	0.05
Krom (Cr).	0.1	1
Kobalt (Co).	0.05	5
Bakır (Cu).	0.2	5
Demir (Fe).	5	20
Kurşun (Pb).	5	10
Manganez (Mn).	0.2	10
Molibden (Mo).	0.01	0.05 [(a)].
Nikel (Ni).	0.2	2
Çinko (Zn).	2	10

a: Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

Bor (B) için Scofield (1936) tarafından önerilen izin verilebilir konsantrasyonlar ise Çizelge 2.6'da ayrıntılı olarak verilmiştir (Ayyıldız, 990; Resmi Gazete, 1991)

Çizelge 2.6 Bitkilerin bor mineraline karşı dayanıklılıklarına göre sulama sularının sınıflandırılması.

Sulama Suyu Sınıfı	Bitkiler İçin Bor Konsantrasyonu (mg/l)		
	Hassas	Yarı dayanıklı	Dayanıklı
I	<0.33	<0.67	<1.00
II	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
III	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
IV	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
V	>1.25	>2.50	>3.75

Bor, bazı bitkilere, özellikle turunçgillere toksiktir. Genellikle bitkilerin bor zararından etkilenmemesi için maksimum izin verilebilir bor konsantrasyonu bazı çalışmalara göre 0.33 mg/l ve tüm topraklar üzerinde sürekli olarak kullanılacak su için EPA (Environmental Protection Agency) limitlerine göre 0.75 mg/l dir. 0.5 mg/l'lik bir miktar hemen hemen tüm bitkiler için emniyetli bir kriter olarak kullanılabilir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Bor konsantrasyonu 4.0 mg/l'den fazla olan sulama suları, bütün bitkilere toksiktir. Bitki kökleri toprak eriyiğinden erimiş bor'u az miktarda alırlar. Toprakta adsorbe edilmiş bor bitkiler tarafından kullanılmaz. Yapraklardaki su transpirasyonla kaybolarak, bor yaprakta kalır ve yaprak uçları ile kenarlarında birikir. Bu işlem devam ettikçe bor konsantrasyonu, yaprak dokusuna toksik olacak kadar yükselir. Bu tip zararlanma sadece olgun yapraklarda meydana gelir. Sadece genç yapraklarda görülen bu belirtiler ise bor noksanlığından ileri gelir ki, bor fazlalığından bu şekilde ayırtedilir (Ayyıldız, 1990).

Borax formundaki bor, birçok çamaşır temizleme tozları ve evsel kullanım için diğer temizleme materyallerinden kaynaklanmakta ve gıda işleme endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu nedenle bor, atıksularda aşırı miktarlarda bulunabilir (Shuval et al., 1986).

Bor ile bitkilerin kalsiyum alınımı ve bitkilerin kalsiyumdan yararlanmaları arasında yakın bir ilişki vardır. Çok az kalsiyum içeren bitkilerin, ortamda bulunabilecek bor fazlalığına karşı dirençlerinin oldukça az olduğu belirlenmiştir. Ortama artan miktarda B'un verilmesi halinde bitkilerin genç yapraklarında çözünebilir kalsiyum miktarının azaldığı ve yaşlı yapraklarında ise çoğaldığı saptanmıştır (Kacar,1984).

Mo, bitkilere toksik olmamasına rağmen yüksek Mo konsantrasyonuna sahip topraklarda yetişen yem bitkileri ile hayvanlara toksik olabilir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Bitkilerin döllenme organlarının tam olarak gelişebilmesi ve olgunluğa erişebilmeleri için yeteri kadar fosfor (P)'un bulunması gerekir. Tohum ve meyvelerin oluşumlarındaki temel madde fosfordur. Kök gelişmesi yeteri kadar fosforun bulunması ile sağlanabilir. Fotosentez ve solunum olaylarında rol oynayan fosforlu bileşikler, belli metabolizma işlevlerinde ve enerji taşınmasında da rol oynamaktadırlar. Fosfor noksanlığında bitkinin büyümesi geriler ve bitki koyu yeşil bir renk gösterir. Bu durum, bitki dokularında nitratın birikmesiyle yakından ilgilidir (Kacar, 1984).

Fosfor, potansiyel bir kirletici olarak da dikkate alınmalı ve izlenmelidir. Fosfor uzaklaştırımı için asıl önemli mekanizma toprak fiksasyonudur.Toprağa aşırı fosfor uygulandığında, fosfor; demir, alüminyum, manganez ve kalsiyum fosfat olarak çökelir (Brady, 1974).

Bu yüzden atıksu sulama sahalarından çıkan drenaj sularında fosfor konsantrasyonları düşüktür. Buna rağmen aşırı fosfor uygulamaları, toprak profilinin saturasyonuna ve yeraltı suyuna fosfor karışımına neden olur. Bu fenomen, atıksu sulama sahalarının birkaç yıl işletildikten sonra dinlendirilmesini gerektirir. Fakat fosfor toprakta nadiren hareketli olduğundan bu bir sorun olarak dikkate alınmamaktadır (Russell et al., 1991).

Ayrıca, aşırı fosfor; Cu, Fe ve Zn gibi mikro besin elementlerinin varlığını azaltarak besin elementi dengesizliği yüzünden ürün miktarı azalmasına neden olabilir. Bu, iz elementlerde düşük alkali topraklarda meydana gelir. Yüksek fosfor konsantrasyonları Ca çökelmesini artırdığından, toprak eriyiğinin SAR değerini artırabilir.

Bir çok toprak 5-10 mg/l (çoğunlukla PO_4 olarak) civarında "normal" P konsantrasyonlarına sahip olan lağım atıksuyu ile başarılı bir şekilde sulanmaktadır. Topraklar genellikle P için yüksek bir adsorplayıcı kapasiteye sahiptir. Kumlu topraklarda aşırı P uygulamaları, fosforun yıkanmasına ve yeraltı suyunun P ile kirlenmesine neden olabilir. Eğer atıksudaki fosfor konsantrasyonları 1-5 mg/l'ye düşürülürse, atıksu ile sağlanan P miktarı, çoğu bitki ve toprak için temiz su sulamasında gübre olarak ilave edilen ile aynı olacaktır.

İsrail'de çeşitli bitkilere temiz su ile sulama yapıldığında uygulanan fosfatlı gübre miktarları ile kentsel atıksudaki fosfor miktarları arasındaki ilişki göstermiştir ki turunçgil ve pamuk için atıksu sulamasıyla uygulanan fosfor miktarı temiz su ile sulama yapıldığında uygulanan fosfatlı gübre miktarını geçer.

Fosfor giderimi (yaklaşık 10 mg/l) yapmayan geleneksel atıksu arıtma tesislerinden çıkan işlenmemiş su ile toprağa verilen gübre miktarı 90-110 kg/ha'dır. Bu da bitkinin ihtiyaç duyduğundan daha fazladır (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Çin'de bir araziyi sulamak için kullanılan nehir suyu, tungsten maden işleme tesisinden çıkan atıksudaki kadmiyumla kirletilmektedir. Bu bölgede yaşayanlardan kadmiyuma maruz kalanların kadmiyum alımının % 95'inin bölgesel olarak yetiştirilen pirinç ve sebzelerden kaynaklandığı belirlendi. Sigara kullanıcıları da lokal olarak yetiştirilen Cd içerikli tütünlerden etkilendiler. Kadmiyum, böbrek rahatsızlıklarına neden olmaktadır (Cai et al., 1995).

Bitkilerin oksijen gereksiniminin karşılanması için, toprak strüktürü ve toprağın su içeriği, iyi havalanmaya izin verecek yeterlikte olmalıdır. Strüktürü gelişmiş ve kaliteli suyla sulanan topraklarda normal olarak havalanma ve alınabilir oksijen sorunu görülmez. Drenaj yetersizse, oksijen

sınırlayıcı duruma geçer. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) veya kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri yüksek olan sular, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratarak sorunu büyütebilirler. Bitki gelişimi için gerekli oksijenin eksilmesinin yanısıra, demir ve mangan gibi elementlerin iki değerlikli formlara indirgenmesi, zehirli koşullar yaratır. Biyolojik denge ile diğer kimyasal dengeler de ayrıca etkilenir. Yağmurlama sulama ve iyi drenaj koşulları bu sorunu azaltmaktadır (Munsuz ve Ünver, 1995).

Kentsel atıksu, patojenlerin de bulunduğu yüksek bir mikroorganizma populasyonunu içerir. Sulamada kullanılan arıtılmış atıksudaki patojenik mikroorganizmalar halk, özellikle çiftçiler ve doğrudan ve dolaylı olarak etkilenen tüketiciler için potansiyel bir tehlike oluşturur. Bu yüzden sulama için su kalitesi standartlarındaki mikrobiyal parametrelerin hesaba katılması, arıtılmış atıksuyun sulama için kullanımı dikkate alındığında oldukça önemlidir (Monte et al., 1996).

Ürünler üzerinde bulunan patojenlerin burada kalım süreleri topraktaki kalım sürelerinden uzun değildir. Interovirus gibi patojenlerin ürünler üzerindeki kalım süreleri 20-30 °C sıcaklıklarda genellikle 15 günden az olmakla birlikte bazı durumlarda 60 gün kadar olabilmektedir. Aynı koşullarda fekal koliform gibi patojenlerin ürünler üzerindeki kalım süreleri de genellikle 15 günden az olmakla birlikte bazı durumlarda 30 gün kadar olmaktadır (Ali, 1987).

Yapılan çalışmalar, evsel atıksuların genellikle tüm patojenik organizmaları içerdiğini ortaya koymuştur. Bu konuyla ilgili yakın döneme ait bir örnek 1970 yılında Jerusalem'de ortaya çıkan kolera salgınıdır. Çünkü, kolera salgınına, kanalizasyon sularıyla sulanan sebzeler neden olmuştur. Yapılan araştırmalar sebzelerin bu hastalığın taşıyıcısı olduğunu ortaya koymuştur (Shuval et al., 1986).

Suda bulunan mikroorganizmalar bitkilere doğrudan zarar verebildiği gibi, bu bitkileri yiyen hayvan ve insanları da hasta edebilir. Özellikle yüzey sulama suları ile insan ve/veya hayvanlar için hastalık etmeni olan birçok organizma taşınabilir. Bu grupta bakteriler, spiroşetler, protozoa, helmitler ve virüsler bulunmakta olup, bunlar kentsel veya endüstriyel atıklardan kaynaklanabilir. Bu organizmalara ilişkin hastalıklar bacillary, amipli dizanteri, Salmonella gastroenteritis, tifo, paratifo, leptospirosis, kolera, vibriosis ve bulaşıcı karaciğer iltihabıdır (Munsuz ve Ünver, 1995).

Mısır'ın Minuf kenti arıtılmış atıksuyu klorla dezenfekte edilmesine rağmen virüs ve protozoal parazit seviyeleri yine yüksek çıkmıştır (Wahaab, 1995).

Sulama yöntemleri arasında yağmurlama sulama, çiğ yenen yapraklı ve meyveli bitkiler üzerine suyun doğrudan gelmesi nedeniyle mikrobiyolojik açıdan en kaliteli suya ihtiyaç duyar. Karık sulama, suyun bitkiye fazla ulaşmaması nedeniyle daha güvenli olabilir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Atıksularda bakteriyolojik kalite; dışkısal kirlenmenin belirleyicileri olan ve salmonella, shigella, cholera ve diğerleri gibi patojenik bakterilerin varlığını ifade edebilen fekal koliformların sayısı ile belirlenir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Klorlama ve diğer oksitleyicilerle atıksuların dezenfeksiyonu patojen konsantrasyonlarını azaltır, fakat tamamen ortadan kaldırmaz. Mikroorganizmaların dezenfeksiyona karşı nispi direnci en düşük dayanımlılardan itibaren şöyledir: vejetatif bakteriler, virüsler, bakteriyel sporlar ve parazitik kistlerdir (Tanji, 1997).

Hindistan'da arıtılmamış atıksularla sulama yapılan bölgelerde, kancalı kurt ve diğer barsak hastalıkları yaygın olarak görülmüştür. Öte yandan ABD ve Avustralya'da özel sağlık bilgisinin verildiği ve arıtılmış

atıksuların kullanıldığı yörelerde bu tip hastalıklara rastlanmamıştır. Katzenelson ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, arıtılmış atıksu ile yağmurlama sulama yapan insanlarda bazı enfeksiyonel hastalıkların bu suyu kullanmayan insanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. (Ali, 1987).

Atıksuyun tarımsal amaçlı kullanımının kurak ve yarı-kurak bölgelerde su kıtlığını, ileri atıksu arıtımının getireceği yüksek enerji masraflarını ve atıksuların direkt deşarjı nedeniyle yüzey sularının kirlenmesini önlemesi şeklinde birçok avantajları vardır (Hamilton et al., 1984).

Geleneksel bir arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksuyun besin maddesi içerikleri N, P ve K için sırasıyla 0.05 kg/m^3, 0.01 kg/m^3 ve 0.03 kg/m^3 şeklindedir. Yılda hektara 5000 m^3 atıksu vereceğimizi kabul ettiğimizde bu suyun hektara bir yıl boyunca N, P ve K katkısı sırasıyla 250 kg, 50 kg ve 150 kg olacaktır. Bu değerler incelendiğinde; bitkinin gelişme dönemi boyunca ihtiyaç duyduğu azotun tamamı, fosfor ve potasyumun ise büyük bir kısmının atıksuyla karşılanabileceği görülmektedir. Ayrıca, atıksuyun mikro besin elementleri ve organik madde yönünden de birçok getirisi olacaktır (Pescod, 1992).

Atıksudaki fosfatın % 90'ı, organik madde ve asılı maddenin % 85'i topraklar tarafından giderilir. Bu durum, yüksek verimliliğe sahip tarım alanları sağlayacak ve besin elementlerinin su toplama yapılarına, yüzey ve yeraltı sularına girişini engelleyecek ve kirlenmelerini önleyecektir (Al Salem, 1996).

Organik maddelerin ilavesi, artan agregasyon ve makroporların şekli ile toprağın fiziksel yapısını geliştirerek, hem infiltrasyon hem de toprağın havalanma durumunu iyileştirir (Allison, 1973; Greenland, 1965; Hunt abd Peele, 1968; Noy and Feinmesser, 1977; by Shuval et al., 1986).

1978 yılında çıkan Kaliforniya İdari Yasasına göre park alanları, oyun alanları, okul bahçeleri gibi peyzaj alanlarının sulamasında yeterince dezenfekte edilmiş, okside edilmiş, çöktürülmüş, klorlanmış ve filtre edilmiş atıksuların kullanılması zorunluluğu getirilmiştir (Fuog et al., 1995).

Amerika'da kısıtsız sulama (çiğ tüketilen bitkiler ve halk parkları) için Kaliforniya Eyaleti Sağlık Bölümünce istenen standartlar, üçüncül arıtma ve yedi günlük toplam koliform ortalaması 2.2/100 ml'yi, 30 günlük maksimum rakam 23/100 ml'yi geçmemesi şeklindedir. Eğer' atıksu, yalnızca hayvan yemi, lif ve tohum bitkileri veya meyve bahçeleri ya da bağı sulamak için kullanılacaksa, birincil arıtım yeterlidir. Washington Eyaleti standartları ise, 30 günlük bir periyotta toplam koliformun 23/100 ml'yi aşmaması şeklindedir.

Diğer yandan, aşırı su sıkıntısı çeken Arizona'da daha düşük atıksu kullanım kriterleri mevcuttur. Burada, ortalama fekal koliform (FK) konsantrasyonu 5000/100 ml ve bir örnekte 10 000/100 ml olan atıksularla lifli ve yem bitkilerinin sulanmasına izin verilmektedir. Çiğ yenilen gıda ürünlerinin sulanması için fekal koliformun 2.2/100 ml'lik bir geometrik ortalama (en az 5 örnekte) ve tek bir örnekte 25/100 ml kabul edilmektedir. (Aboukhaled, 1992; Bouwer and Idelovitch, 1987; Ali, 1987).

Suudi Arabistan'da Riyad Bölgesi Su ve Kanalizasyon İdaresi ve Tarım ve Su Bakanlığı öncelikle 7 günlük FK'un herhangi bir örnekte 23/100 ml'nin üstünde hiç bir değer olmaksızın ortalama 2.2 /100mlyi geçmemesini önermiştir. Buna rağmen, 1987'de FK sınırı 100/100ml'ye çıkarıldı ve litrede bir yumurtadan daha az barsak kökenli nematod kriteri eklendi (Aboukhaled, 1992).

Tunus, çiğ tüketilmek zorunda olunan bitkilerin atıksu ile sulanmasına izin vermemektedir. Fakat, meyve ağaçları, yem bitkileri ve pişirilerek tüketilen ürünler klorlanmış ve ikincil arıtılmış atıksu ile sulanabilmektedir.

Tunus'ta 1989'daki standartlar nematod yumurtaları için (litrede birden az) oldukça sıkı ve kısıtlayıcıdır (Aboukhaled, 1992).

FAO tarafından önerilen sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterleri ise Çizelge 2.7'de verilmiştir (Pescod, 1992).

Çizelge 2.7 FAO sulama suyu kalitesi kriterleri

Muhtemel Sulama Sorunu	Birim	Kullanımda kısıtlama derecesi		
		Yok	Az-Orta	Yüksek
Tuzluluk (EC)	dS/m	<0.7	0.7-3	>3
Top. Çözünmüş Katı Madde	mg/l	<450	450-2000	>2000
İnfiltrasyon				
SAR=0-3 ve EC		>0.7	0.7-0.2	<0.2
3-6		>1.2	1.2-0.3	<0.3
6-12		>1.9	1.9-0.5	<0.5
12-20		>2.9	2.9-1.3	<1.3
20-40		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Özel iyon Toksisitesi				
-Sodyum(Na).				
Yüzey sulama	SAR	<3	3-9	>9
Yağmurlama sulama	me/l	<3	>3	
-Klor (Cl).				
Yüzey sulama	me/l	<4	4-10	>10
Yağmurlama sulama		<3	>3	
Bor (B).	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3
Azot (NO_3-N).	mg/l	<5	5-30	>30
Bikarbonat (HCO_3).	me/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5

Ürdün Su İdaresi, sulanan meyve bahçeleri ve pişirilip tüketilen bitkiler için 5000/100 ml'lik kabul edilebilir toplam FK limitini dikkate almaktadır. Yine de; kısıtsız sulama için BOİ ve AKM 10 mg/lden, FK 200/100ml'den ve barsak kurdu yumurtaları litrede 1'den daha az olmalıdır (Aboukhaled, 1992).

Kıbrıs'ta atıksu için kalite standartları BOİ için 20 mg/l, AKM için 30 mg/l, toplam FK için 1000/100 ml ve minimum toplam kalıntı klor için ise 0.2 mg/l'dir. Arıtılmış atıksu ile çiğ tüketilen sebzelerin sulanmasına izin

verilmiyor. Çünkü, sebze üretimi için temiz su halen yeterli olmaktadır (Aboukhaled, 1992).

İsrail'de çiğ yenen gıda ürünlerinin sulanması için toplam koliform bakteri konsantrasyonu, örneklerin en az % 80'inde 12/100 ml'den ve örneklerin en az % 50'sinde 2.2/100 ml'den daha az olmalıdır (Bouwer and Idelovitch, 1987).

İsrail'de sulama suyu için gerekli su kalitesi kriterleri sulanacak arazinin özelliğine göre Çizelge 2.8'de verilmiştir (Shelef, 1991).

Çizelge 2.8 İsrail'de tarımsal sulama için gerekli su kalitesi

	Sulanan	Arazi	Özelliği	
	Orman, pamuk, ş.pancarı, fasulye sulaması vb.	Zeytin, yer fıstığı, muz, fındık vb.	Futbol ve golf sahası vb.	Serbest bitkiler, parklar, çimenler vb.
Çıkış Suyu Kalitesi				
-Toplam BOI_5(mg/l)	60	45	35	15
-Çözünmüş BOI_5(mg/l)	—	—	20	10
-AKM (mg/l)	50	40	30	15
-Çözünmüş Oksijen (mg/l)	0.5	0.5	0.5	0.5
-Koliform/100 ml	—	—	250	12
-Kalıntı Klor(mg/l)	—	—	0.15	0.5
Ek Arıtma				
-Kum filtresi	—	—	—	İsteğe bağlı
-Klorlama, min. kontakt zamanı	—	—	60	120
Uzaklıklar				
-Yerleşim yerinden, m.	300	250	—	—
Kaldırımdan, m.	30	25	—	—

Arıtılmış atıksuların kullanımına ilişkin bir işletim stratejisinin unsurları, bitki seçimi, sulama yönteminin seçimi ve uygun yönetim uygulanmalarının benimsenmesinin bir kombinasyonundan ibarettir.

Ayrıca, ilave bir su kaynağına sahip olunursa, bu durumda hem atıksu hem de normal sulama suyu iki şekilde kullanılabilir:

-normal sulama suyuyla atıksuyu karıştırarak

-iki su kaynağını rotasyonla kullanmak (Pescod,1992).

Kentsel atıksular, topraklarda yüksek seviyeler oluşturacak ve bitki dokularında istenmeyen birikimlere ve ürün azalmalarına neden olacak konsantrasyonlarda ağır metaller içerebilir. Ağır metaller, atıksularla yapılan sürekli sulamalar sonucunda topraklarda birikir ve fikse edilirler. Sonuç olarak da toprakları verimsiz duruma getirirler. Atıksu kullanımıyla ilgili araştırmalar, uygulanan ağır metallerin % 85'inden fazlasının toprakta ve özellikle yüzeyde biriktiğini göstermiştir. Herhangi bir atıksu projesi toksik maddeler yönünden toprak ve bitkilerin izlenmesini içermelidir (Pescod, 1992).

Bitki seçimi, atıksu ile yenebilir bitki kısımları arasında minimum temasın sağlanması için uygulanan sulama yöntemine göre değişir. Bunun için yüzey ya da damla sulama sistemleri ve hatta düşük ıslatma çaplı yağmurlayıcılarla sulanan yüksek ve kabuklu meyve ağaçları tercih edilen bir kombinasyon olacaktır. Tercih; turunçgil meyveleri, zeytinler, avokadolar ve bunlar gibi normalde tüketim öncesi yıkanan ve temizlenen meyvelerden yana yapılmalıdır. Atıksu sulaması için en az uygun olan bitkiler, kuşkonmaz, patates, soğan ve pancar gibi kök bitkileri ve kabak, hıyar, bazı domates çeşitleri, çilek, armut, fasulye, havuç, turp (çiğ yenen) gibi yatay bir büyüme alışkanlığına sahip olanlardır (Shuval et al., 1986).

Sulama ile bitki hasadı arasında belli bir zaman aralığı bırakılarak, patojenik organizmalarda önemli bir azalma sağlanır. Bu da ilave bir emniyet sağlar. Bu periyot, eğer bakteriyel ve viral riskleri ortadan kaldırmak için ise 1-3 ay arasındadır. Parazitler için bu, 6 ay ile 1 yıl arasındadır.

Bölgesel iklim koşullarını gözönünde bulundurarak, olası sağlık riskleri ile atıksu kullanımının ekonomikliliğini birlikte dikkate alarak kriterler koymak gerekir. Hatta kalite kriterleri bazı bitkiler (buğday gibi) için düşürülebilir. Çünkü; böyle bitkiler insanlar için tüketilinceye kadar bir çok işlemden geçmekte ve dolayısıyla içerdikleri sağlık riskleri en aza düşmektedir (Ali, 1987).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi (İZSU) Arıtma Daire Başkanlığı ve Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından, İzmir kentsel atıksuları üzerinde yapılmış fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile bu atıksuların kullanılması düşünülen Menemen Ovası çalışmanın materyalini oluşturmuştur.

Çalışma alanı içinde yer alan Menemen, İzmir iline bağlı olup, İzmir'e 35 km mesafededir. Doğusu Manisa ili, batısı Foça ilçesiyle Ege denizi, kuzeyi Aliağa ilçesi, güneyi ise Çiğli ilçesiyle çevrilmiştir. Deniz seviyesinden yüksekliği 20 metredir (Anonymous, 1993).

Menemen Ovası 38^0 26`-$38^0$ 40` kuzey enlemleri ile 26^0 40`-$27^0$ 07` doğu boylamları arasında yeralır. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük ve Büyük Menderes havzalarınca sınırlanan Gediz vadisinin allüviyal tabanı, Emiralem boğazı ile ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan aşağı kısım Menemen Ovasıdır. Gediz nehrinin doldurduğu delta ve ova tarıma elverişli olup, deniz seviyesindeki yerlerde tuzlu bataklıklar bulunmaktadır. (Anonymous, 1992)

Büyük bir kısmı orta ve orta-ağır bünyeli olan ova toprakları, eski Gediz yatağı kenarında genel olarak hafif, batıya doğru gidildikçe ağır karakter kazanmaktadır (Anonymous, 1973). Bu topraklar Gediz Nehri'nin ve yan derelerinin 4. zaman içinde yığdığı allüviyum materyali üzerinde oluşmuştur. Gediz alüvyonu bol miktarda kireç içermekte olup, mil oranı yüksektir.

Ova toprakları 33 545 ha alanı kaplamakta olup yüksek arazilerle birlikte toplam alanı 41 805.9 hektardır. Bu miktarın sulama şebekesi içinde kalan kısmı brüt olarak sol sahilde 16 293 ha, sağ sahilde ise 5 200 ha olmak üzere 21 493 ha'dır (Şanlı, 1996).

Menemen Ovası 5 toprak birliği ve ayrılmamış yüksek araziler grubundan meydana gelmiştir

1-Süzbeyli-Seyrekköy-Gürle birliği: Gediz alçak allüviyal tabanı üzerinde, tın bünyeli, bozuk drenajlı topraklardır.

2-Gediz-Çiftlik-Eskiyatak birliği: Gediz ırmak sırtlarında iyi-yetersiz drenajlı, kum ve tın bünyeli tuzsuz topraklardır.

3-Dombay-Asarlık-Koyundere birliği: Çakıllı, tınlı; yan dere allüviyumu üzerinde derin, iyi drenajlı topraklardır.

4-Hatundere-Arapdere birliği: Püskürüklerden yıkanmış yan dere allüviyumun üzerinde, çakıllı, killi tın-kil bünyeli kireçsiz-hafif kireçli topraklardır.

5-Kozluca-Ulucak birliği:Düze yakın hafif eğimli eski allüviyum üzerinde, tın bünyeli derin topraklardır.

Yüksek araziler: Püskürük ve tortul kayalar üzerinde, genellikle sarp eğimli, killi bünyeli çok sığ topraklardır.

Ovanın alçak kısımlarında yeralan Tuzcullu, Gürle, Seyrek ve Süzbeyli toprakları tuzlu, yetersiz ve bozuk drenajlı olup bu yörelerde taban suyu yağışlı mevsimlerde 50 cm'ye, yer yer de yüzeye kadar çıkmaktadır (Anonymous, 1971). Bu sorunların giderilmesi için drenaj çalışmalarına devam edilmektedir. Sol sahilde derin drenaj çalışmaları 1992, sağ sahilde ise 1994 yılında tamamlanmış olup, 3 tahliye pompa istasyonu devreye girmiştir. Günümüzde sadece sağ sahilde Gerenköy ve Bağarası arasında kalan küçük bir alanda taban suyu 0-1 m ile tuzluluk 3200 µmhos/cm düzeylerindedir (Ertem,1994).

Menemen Ovasının bazı yerlerinde yapılan bilinçsiz ve kontrolsüz sulamalar, kanal şebekesinden ve rezervuarlardan meydana gelen sızımlar yüksek taban suyuna neden olmaktadır. Tuzlu toprakların ıslahı

için yapılan yıkama işlemi sırasında fazla suların iyi bir şekilde tahliye olmaması da taban suyunun yükselmesine neden olmaktadır.

Menemen Ovası iklim etkenleri yönünden üniform olup genel olarak Ege Bölgesinin belli başlı özelliklerini taşır. Ovada kurak-az nemli mezotermal iklim hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer (Anonymous, 1971). Menemen Ovasına ait çok yıllık (41 yıllık)bazı iklim verilerinin aylara göre ortalama değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonymous, 1995).

Çizelge 3.1 Menemen Ovasına ait çok yıllık iklim değerleri

Aylar	Aylık ort. sıcaklık (°C)	Aylık ort. yağış (mm)	Aylık ort. buharlaşma (mm)	Aylık ort. oransal nem (%)	Aylık ort. güneşli saatler (sa/gün)	Aylık ort. max. güneşli saatler (sa/gün)	Aylık ort. rüzgar hız ve yönü (m/sn)
Ocak	7.8	93.3	46.1	64.4	4.0	9.7	4.0 E
Şubat	8.6	70.9	52.8	62.0	5.1	11.1	3.9 E
Mart	10.9	63.8	80.7	61.5	6.1	11.5	3.3 E
Nisan	15.0	41.9	114.3	58.1	7.5	12.9	2.8 E
Mayıs	19.8	27.6	169.4	55.1	9.6	12.8	2.6 E
Haziran	24.4	7.0	224.5	49.0	11.0	14.0	2.6 NW
Temmuz	26.7	2.7	268.0	46.9	11.8	13.9	2.9 E
Ağustos	26.0	3.3	235.5	48.2	11.6	13.7	2.7 E
Eylül	22.1	8.2	166.6	53.7	9.6	12.2	2.4 E
Ekim	17.4	32.3	103.6	59.9	7.5	11.6	2.4 E
Kasım	12.9	75.9	57.4	63.5	5.6	10.0	2.7 E
Aralık	9.6	114.8	46.3	66.3	3.9	9.1	3.7 E
Toplam ve ort.	16.8	541.7	1565.2	57.4	7.8	-	3.0

Menemen Ovası'nın en önemli su kaynağı 300 km uzunluğunda ve 17 530 km^{2}' lik yağış havzasına sahip olan Gediz Nehridir.

Menemen Ovasında sulamaya açılan net alan 21 231 ha olmasına rağmen çeşitli nedenlerle bunun ancak 16 920.5 ha'ı sulanabilmektedir. Bu rakamlara göre, sulama oranının yaklaşık % 80 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

Menemen Ovası sulama şebeke alanında çok çeşitli bitkiler yetiştirilmektedir. Pamuk, her zaman en çok yetiştirilen bitki olup ekim alanı yıllara göre değişiklik gösterir. Sulanan alanın ortalama olarak % 80'ini pamuk kapsamakta; bunu 1988'den önce çeltik izlerken sırasıyla bağ, sebze ve meyve, hububat, fidanlıklar ve mısır izlemektedir. (Ul, 1990)

Pamuk en çok yetiştirilen bitki olup 1988'den önce bunu çeltik izlerken bu yıldan sonra kuraklık nedeni ile bu bitkinin ekimi yasaklanmıştır. 1989-1995 yılları arasını kapsayan 7 yıllık ortalama Menemen Ovası bitki deseni Çizelge 3.2'de verilmiştir (DSİ, 1996).

Çizelge 3.2 Menemen Ovası ürün dağılımı.

Bitki cinsi	Ekildiği alan (da)	Ekiliş oranı (%)
Pamuk	102 344	67.80
Hububat	10 873	7.20
Bağ	15 754	10.40
Mısır	4 089	2.70
Meyve	4 856	3.20
Sebze	4 156	2.70
Bostan	3 359	2.20
Fidan	2 562	1.70
Yem Bitkileri	847	0.60
Narenciye	789	0.50
Ayçiçeği	280	0.23
Susam	562	0.40
Zeytin	234	0.20
Baklagiller	55	0.04
Tütün	44	0.03
Çilek	156	0.10
TOPLAM	150 960	100

Çalışmada ilk olarak, atıksuyun tarımda kullanımıyla ilgili literatür bilgileri incelenmiştir. Daha sonra, konuyla ilgili çalışmalara ait bilgiler

ve kentin değişik yerlerindeki atıksu derelerinde, İZSU Arıtma Dairesi Başkanlığı ile DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümünce yapılan atıksu analiz sonuçları elde edilmiştir.

Bu çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, literatür bilgileri ışığında irdelenerek, İzmir kentsel atıksuyunun Menemen Ovasında tarımsal sulama amaçlı kullanım durumu ortaya konmaya çalışılmıştır.

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

4. ELDE EDİLEN VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde, Menemen Ovası'nda kullanılması düşünülen İzmir kentsel atıksuyunun arıtma öncesi mevcut olan ve arıtma sonrası tahmin edilen kalite özelliklerine göre tarımsal sulama amaçlı kullanım durumu 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi gazetede yayınlanan Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve literatür bilgisi ışığında irdelenmiştir.

İzmir'in değişik yerlerinde bulunan ve suları İzmir Atıksu Arıtma Tesisine verilecek olan değişik derelerden alınan atıksu örneklerinde İZSU Arıtma Dairesi Başkanlığı ve D.E.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından yapılmış fiziksel ve kimyasal analizler sonucundan elde edilen sulama bakımından önemli sulama suyu kalite parametrelerine ait arıtma öncesi ve arıtma sonrası değerler Çizelge 4.1'de; bazı ağır metal ve bor konsantrasyonları ile ilgili değerler de Çizelge 4.2'de verilmiştir (Şengül vd.,1995; İZSU, 1997)

Çizelge 4.1-İzmir kentsel atıksuyunun arıtma öncesi ve arıtma sonrası durumu.

Parametreler	Arıtma öncesi	Arıtma sonrası
AKM (mg/l)	868	<30
BOİ (mg/l)	765	<20
KOİ (mg/l)	1200	<100
NH_4-N (mg/l)	54	<10
PO_4-P (mg/l)	1.64	1
Klorür (mg/l)	2485	470
Sodyum (mg/l)	2000	380
SAR (me/l)	22.6	4.6
Kalsiyum (mg/l)	220	130
Magnezyum (mg/l)	215	230
EC (µmhos/cm)	9600	2400
pH	7.6	

Çizelge 4.2-İzmir kentsel atıksuyunun ağır metal ve bor konsantrasyonları

Parametreler	Atıksudaki Konsantrasyon (mg/l)
Kurşun	0.021
Krom	0.072
Çinko	1.212
Kadmiyum	0.001
Bakır	0.151
Nikel	0.081
Bor	0.75

Çizelge 4.1 incelendiğinde arıtma öncesi AKM konsantrasyonu 868 mg/l olup, arıtma sonrası ise bu değerin 30 mg/l'nin altında olacağı tahmin edilmektedir. Bu atıksu herhangi bir arıtıma tabi tutulmadan sulamada kullanılması durumunda Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre sulamaya uygun olmayan, toprağa ve bitkiye zararlı özellikteki V. sınıf bir su olarak kabul edilmektedir.

Arıtmaya tabi tutulduktan sonra ise bu su, aynı yönetmenliğe göre sulama suyu açısından iyi kaliteli II. sınıf su kabul edilmektedir. Ayrıca İsrail'de tarımsal sulama için gerekli su kalitesi kriterlerine göre bu özellikteki bir atıksu ile orman, pamuk, şekerpancarı, fasulye, zeytin, yer fıstığı, muz, fındık gibi bitkiler sulanabilmektedir (Shelef, 1991).

Suyun içerisinde bulunan AKM, toprağı verimli hale getirdiği gibi toprak kanallarındaki çatlak ve yarıkların kapanmasında da faydalıdır. Bununla beraber kum ve kum parçacıkları bitkilere zarar verir. Kil ve

siltin toprak yüzeyinde birikmesi sonucu hava ve suyu geçirmeyen bir tabaka oluşur. Yapılan bir çalışmaya göre; siltli ve berrak su ile sulanan mısır bitkisinin verimleri arasında herhangi bir fark saptanmamıştır. Bununla beraber, özellikle çimlenmeden önce toprak yüzeyinde çimlenmeyi güçleştirecek derecede sedimentin birikmesi halinde yulafta verim azalması tespit edilmiştir. Fazla siltlenme karıklarda yetişen fasulyeleri olumsuz etkilemesine rağmen, karık seddelerinde yetişen fasulyeleri olumsuz yönde etkilememiştir. AKM konsantrasyonu 240 mg/l olan kağıt fabrikası atıksuları, yoncanın yağmurlama sulamasında başarılı bir şekilde kullanılmıştır. Askıda katı maddeler, yağmurlama sulamada yağmurlama başlık memelerini ve damla sulamada damlatıcıları tıkaması açısından önemlidir (Ayyıldız, 1990).

Çizelge 4.1'de verilen arıtma öncesi atıksudaki BOİ ve KOİ değerleri sırasıyla, 765 mg/l ve 1200 mg/l olup, bu değerlere göre bu atıksu, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre sulamaya uygun olmayan, toprağa ve bitkiye zararlı özellikteki V. sınıf bir su olarak kabul edilmektedir. Arıtma sonrası ise atıksudaki BOİ ve KOİ değerleri sırasıyla, 20 mg/l ve 100 mg/l'nin altında olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda ise atıksu, bu parametreler yönünden sözkonusu yönetmeliğe göre sulama suyu açısından çok iyi kaliteli I. sınıf su kabul edilmektedir. Ayrıca İsrail'de tarımsal sulama için gerekli su kalitesi kriterlerine göre; bu özellikteki bir atıksu ile orman, pamuk, şekerpancarı, fasulye, zeytin, yer fıstığı, muz, fındık gibi bitkiler ve futbol ve golf sahaları sulanabilmektedir (Shelef, 1991).

BOİ veya KOİ değerleri yüksek olan atıksular arıtılmadan sulamada kullanıldığında, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratarak, sorun oluşturabilirler. Bitki gelişimi için gerekli oksijeni azaltmasının yanısıra, demir ve mangan gibi elementleri iki değerlikli formlara indirgeyerek, zehirli koşullar meydana getirebilirler. Biyolojik

denge ile diğer kimyasal dengeler de bu koşullardan olumsuz olarak etkilenir. Yağmurlama sulama ve iyi drenaj koşulları bu sorunu azaltmaktadır (Munsuz ve Ünver, 1995)

Çizelge 4.1 incelendiğinde arıtma öncesi atıksudaki amonyum azotu ve fosfor konsantrasyonları sırasıyla, 54 mg/l ve 1.64 mg/l olduğu görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre V. sınıf bir su olarak kabul edilen bu atıksu herhangi bir arıtıma tabi tutulmadan sulamada kullanılması durumunda toprak ve bitki yönünden bir takım zararlara neden olabilir. Arıtmadan sonra ise atıksudaki amonyum azotu ve fosfor parametrelerinin kış aylarında sırasıyla, 10 mg/l ve 1 mg/l'nin altında olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda ise atıksu, bu parametreler yönünden sözkonusu yönetmeliğe göre sulama açısından iyi kaliteli II. sınıf su kabul edilmektedir. Yaz aylarında ise arıtılmış atıksu sulama amacıyla kullanılacağından N ve P giderimi yapılmayacaktır.

Atıksudaki N ve P yaz aylarında giderilmeyeceğinden Menemen Ovasında yetiştirilen bitkilerin ihtiyaç duyacağı N'lu gübrenin tamamı, P'lu gübrenin ise büyük bir kısmı atıksu ile yapılacak sulamalarla karşılanacaktır. Ancak, bu maddeler, gereğinden fazla olmaları durumunda, yüzey sularında ötröfikasyona ve içme için kullanılan yeraltı ve yerüstü sularında P ve özellikle nitrat formundaki N kirlenmesine neden olabilirler (Tanji, 1997).

Ayrıca, ortamda gereğinden fazla bulunacak azot, bitkinin gelişme devresini uzatacağından, olgunlaşmada gecikme ve meyvelerin tatlarında bozulmalara neden olur. Bununla birlikte fazla N, bitkinin gevşek ve kuvvetsiz bir bünyeye sahip olmasına yol açarak, bitkilerin hastalıklara karşı direncinin azalmasına neden olur (Kacar, 1984; Ali, 1987).

Bunun yanında, fazla azot, hayvan yemlerinde nitrat şeklinde birikerek tüketicilerde zehirlenmelere neden olabilir. Yüksek nitratlı hayvan yemleri silolandığında, nitrojen oksit gazları insanlara ve hayvanlara öldürücü şekle dönüşebilir. Ayrıca aşırı azot, nitrite dönüşerek, kanda hemoglobin yerine methemoglobin üretebilir ve öldürücü bir hayvan hastalığına neden olabilir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Çizelge 4.1'den de görüldüğü gibi atıksuyun arıtılmadan önceki klorür değeri 2485 mg/l'dir. Bu değer, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğinde sulama açısından sulamaya uygun olmayan bitki ve toprağa zararlı kalitedeki V. sınıf bir su kabul edilmektedir. Arıtım sonrası ise, bu değerin 470 mg/l olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda ise, aynı yönetmeliğe göre bu atıksu, ihtiyatla kullanılması gereken IV. sınıf su olarak kabul edilmektedir. FAO tarafından önerilen sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterlerine göre yüzey sulama yöntemi ile sulama yapıldığında bu klorür konsantrasyonuna sahip bir atıksuyun sulamayı kısıtlama derecesi yüksek olarak; yağmurlama sulamada ise çok yüksek olarak değerlendirilmektedir (Pescod, 1992).

Yağmurlama sulamada turunçgiller, sert çekirdekliler ve bademlerde klorürün izin verilebilir konsantrasyonu yaklaşık 100 mg/l'ye düşmektedir. O halde, bu koşullarda arıtım sonrası bile klorüre, izin verilebilir sınırları aşacağından, dikkatli olunmalıdır. Bunun yanında, normal sulamalarda çevre koşulları, ürün ve sulama uygulamalarına bağlı olarak 710 mg/l'lik klorür konsantrasyonlarının fazla sorun oluşturmadığı da bilinmektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Suyun yalnızca kökler tarafından absorblandığı yüzey ya da diğer sulama yöntemleri uygulandığında klorür konsantrasyonu 140 mg/l'den az olursa sorun beklenmez, 140-350 mg/l aralığında sorunlar artar ve 350

mg/l'nin üstünde ise ciddi sorunlar sözkonusudur. Eğer su, arazi yüzeyine yayılır ve yapraklarca absorplanırsa, 100 mg/l'nin altında klorür konsantrasyonları bile sorun oluşturmaktadır. Bu koşullar altında klorür parametresi arıtım sonrasında bile sorun oluşturabilecektir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Menemen Ovasında yetişen bitkilerden olan turunçgiller ve üzüm için arıtım sonrasındaki klorür konsantrasyonu herhangi bir sorun oluşturmayacak; fakat çilek için izin verilebilir sınır civarında olduğundan bu parametreye dikkat edilmesi gerekecektir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Çizelge 4.1'e bakıldığında arıtma öncesi sodyum konsantrasyonunun 2000 mg/l olduğu görülmektedir. Bu konsantrasyondaki bir atıksu ile sulama yapılması durumunda sorun çıkması kaçınılmazdır. Çünkü; 106-212 mg/l arasında sodyum konsantrasyonlarına sahip sular bile yağmurlama sulama ile kullanıldığında bazı bitkilerin yapraklarında sodyum birikmesi nedeniyle zararlara neden olmaktadır. Ayrıca narenciyelerin, 69-190 mg/l sodyum bulunduran su ile bir kez yapılan yağmurlama sulamadan, önemli yaprak yanmaları ve sararmaları şeklinde olumsuz etkilendiği de bilinmektedir. 70 mg/l'nin altındaki bir konsantrasyonda ise herhangi bir sorun oluşmamaktadır (Bouwer and Idelovitch, 1987; Ayyıldız, 1990). Arıtma sonrasında atıksudaki sodyum konsantrasyonunun 380 mg/l seviyesinde olabileceği tahmin edilmekte olup, bu değer dahi sodyum yönünden emniyet sınırının çok üstündedir

Sodyum konsantrasyonu yüksek sular toprağın strüktürünü ve geçirgenliğini bozmasının yanısıra, avakado, badem gibi sert çekirdekli bitkilerde yaprakların yanmasına yol açar. Ayrıca sodyum fazlalığı, kil partiküllerinin agregatlaşması yerine disperse olmasına ve bazı durumlarda da şişmesine neden olur. Bu durum; düşük porozite, kötü

geçirimlilik, ıslak olduğunda kötü havalanma ve kurak olduğunda derin çatlaklarla yayılan büyük keseklere sahip topraklara neden olacak ve böyle topraklar hem kurak hem de nemli olduğunda tarım aletleriyle çalışmayı güçleştirecektir. Bu nedenlerle atıksu sulamasında bu parametreye gereken önem verilmelidir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Çizelge 4.1'den de görüleceği gibi, sodyumun kalsiyum ve magnezyum ile, toprak komplekslerinde meydana gelen katyon değiştirme reaksiyonlarındaki nispi aktivitesini belirleyen SAR değerinin arıtma öncesi 22.6 me/l olduğu görülmektedir. Bu değer, atıksuyun Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre sulama suyu açısından III. sınıf bir su olduğunu göstermektedir. Bu kalitedeki bir atıksu düşük ve orta derecede tuzlu koşullar haricinde genel olarak sulamaya elverişli değildir. Ancak toprakta eriyebilir kalsiyum bulunması, jips veya diğer kimyasal ıslah maddelerinin de sulama suyu ile beraber uygulanması durumunda sulama suyu olarak kısıtlı oranlarda kullanılabilir. Arıtma sonrası bu değerin 4.6 me/l olacağı düşünüldüğünde, aynı yönetmeliğe göre bu atıksu, I. sınıf su olarak kabul edilmektedir. Geçirgenliği yüksek ve kaba bünyeli topraklar ile organik topraklarda bu sular herhangi bir Na zararı olmaksızın kullanılabilir. Ancak, sodyuma duyarlı bitkiler için bu parametreye dikkat edilmelidir. Çünkü; SAR değeri 4-8 arasında olan sular, sodyuma duyarlı bitkilere zarar vermektedir.

FAO tarafından önerilen sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterlerine göre yüzey sulama yöntemi ile sulama yapıldığında arıtma sonrasındaki SAR konsantrasyonuna sahip bir atıksuyun sulamayı kısıtlama derecesi az ile orta arasında; yağmurlama sulamada ise çok yüksek olarak değerlendirilmektedir (Pescod, 1992).

SAR parametresini sudaki tuz konsantrasyonu ile birlikte ele almak gerekmektedir. Çünkü; belli bir SAR değeri için toplam tuz konsantrasyonundaki artışın toprak permeabilitesini artırdığı ve belli bir

toplam tuz konsantrasyonu için SAR değerindeki bir artışın toprak permeabilitesini azalttığı bilinmektedir. Bu da göstermektedir ki sulama suyundaki sodyumun sebep olduğu, düşük infiltrasyon ve yüzeyin kabuk bağlaması ile ortaya çıkan toprak geçirgenliği sorunları, sulama suyunun çözünmüş tuz içeriğinden ayrı olarak düşünülemez. Bu yüzden, İzmir kenti atıksuyunun tuz içeriğinin yüksek olduğu da bilindiğine göre SAR parametresine karşı dikkatli olunması gerektiği açıktır (Pescod, 1992).

Çizelge 4.1 incelendiğinde atıksu arıtılmadan önce kalsiyum değerinin 220 mg/l olduğu, arıtım sonrası ise 130 mg/l olacağı tahmin edilmektedir. Kalsiyumun zararlı derişimlerine seyrek rastlanmakla birlikte, bu iyon birçok yararlı iyonun olumsuz etkilerine yol açabilmektedir. Sulama suyunda kalsiyum bitkilerin normal gelişmeleri için; aynı zamanda toprak işlemesinin iyi bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olduğundan genellikle bulunması arzu edilir. Bu yüzden, kalsiyum parametresinin sulamada bir sorun oluşturmayacağını söylemek mümkündür (Munsuz ve Ünver, 1995; Ayyıldız, 1990).

Çizelge 4.1'den de görüleceği üzere, atıksu arıtılmadan önce magnezyum değerinin 215 mg/l olduğu, arıtım sonrası ise 230 mg/l olacağı tahmin edilmektedir. Sulama sularındaki magnezyum ve kalsiyum katyonlarının toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir hale getirdiği; sulama suyunda 24 mg/l konsantrasyona kadar Mg katyonunun bitki gelişmesine ve toprağa olumsuz bir etkide bulunmadığı ve çok yüksek konsantrasyonlarda (3000-5000 mg/l) $MgCl_2$ ve $MgSO_4$ olarak fasulyelere toksik olduğu bilinmektedir. Ayrıca, yapılan araştırmalar yeteri kadar magnezyumun bulunması halinde bitkilerin fosforlu gübrelerden daha fazla yararlandıklarını ve tohumun fosfor kapsamının daha yüksek olduğunu göstermiştir. Bu bilgiler ışığı altında arıtılmış atıksudaki magnezyumun sulamada fazla bir sorun oluşturmayacağını söyleyebiliriz (Kacar, 1984; Ayyıldız, 1990)..

Sulama için çok önemli bir kriter olan toplam çözünmüş katı maddelerin bir ifade şekli olan elektriksel iletkenlik değeri, Çizelge 4.1 incelendiğinde arıtma sonrası 2400 µmhos/cm değerinde olacağı görülecektir. Bu değer Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre sulama suyu açısından ihtiyatla kullanılması gereken IV. sınıf bir sudur. Özellikle yoğun tuzluluk oluşturan endüstriyel atıksuların katkısı hariç tutulursa EC değeri düşeceğinden su kalitesi, muhtemelen III. sınıf olacaktır. Eğer endüstrilerden yoğun tuzluluk verenler için ayrı toplama gibi özel bazı önlemler düşünülürse su kalitesini bir birim yükseltmek mümkün olabilecektir. Ancak varsayımların olumsuz yapılması belli bir emniyet sağladığından olumsuz koşullara göre değerlendirme yapmak ve dolayısıyla oluşacak suyun IV. sınıf olacağı yönünde tahminde bulunmak daha uygun olacaktır. Çünkü; endüstrilerin katkısı beklenmedik kalite değişmelerine neden olabilir.

Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre su kalitesi C3-S2 ile C4-S2'nin arasında kalmaktadır. Arıtma tesisinin çok yüksek orandaki seyreltme kapasitesi dikkate alınarak EC değerinin 2000 µmhos/cm civarında tutulması halinde su kalite sınıfı C3-S1 olabilecektir.

Arceivala (1984); bu kalitedeki bir suyla çim, pamuk, buğday, yonca ve turunçgiller gibi bir çok bitkinin sulanabileceğini belirtmiştir.

FAO kalite kriterlerine göre (Pescod, 1992) bu atıksuyun sulamayı kısıtlama derecesi yüksek olarak değerlendirilmektedir

Endüstri atıksularının katkısı nedeniyle yükselen bu parametre, atıksuların arıtma tesisine iletilmesi sırasında, kanalizasyon sisteminin deniz seviyesinin altına düştüğü bölgelerde kanalizasyon sistemine deniz suyu girişimi sonucunda daha da yükselebilecektir. Çalışmalarda bu tuzlu su girişimi rakamsal olarak dikkate alınmamakla beraber, kalitatif olarak da olsa, böyle bir girişimin olacağını belirtmekte yarar vardır. Deniz

suyunun tuzluluğunun çok yüksek olması nedeniyle , küçük miktarlarda su girdisi bile tuzluluğu önemli oranlarda artırarak, sulamada kullanma seçeneğini imkansız hale getirebilir. Bu durumun önlenmesi biyolojik arıtmanın gerçekleşebilmesi için de ön şart niteliğindir (Şengül vd., 1995)

Tuza dayanıklılığı az olan bitkiler, EC değeri 250-750 micromhos/cm olan sulama sularından dahi zarar görebilir. Genel olarak EC değeri 750-2250 micromhos/cm arasında olan sulama suları geniş çapta kullanılmakta, uygun bir drenaj ve işletme koşulları altında yeterli bir ürün elde edilmekte, ancak yeterli yıkamanın yapılamadığı elverişsiz drenaj koşullarında tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır. EC değeri 2250 micromhos/cm'den fazla olan suların sulamada kullanılması oldukça az olup, bu tuzluluk seviyesindeki suların daha ziyade pamuk ve buğday gibi tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılması gerekir (Ayyıldız, 1990).

Menemen Ovası'nda yetiştirilen bitkilerin bu tuzluluktaki su ile sulanması durumunda bitkiye göre değişen çeşitli oranlarda verim azalmaların sözkonusu olabilecektir. Örneğin yeşil biber ve patateste % 10 verim azalmasına neden olacağını söylemek mümkündür. Ispanak ve domates gibi sebzelerde ise ya herhangi bir verim azalması olmayacak ya da % 10'dan daha düşük bir verim azalması olacaktır. Pamuk, buğday, çeltik, mısır ve yem bitkileri için de bu tuz konsantrasyonunun ya herhangi bir verim azalmasına neden olmayacağı ya da % 10'dan daha düşük bir verim azalmasına neden olacağını söyleyebiliriz. Özellikle pamuk ve buğdayın verim azalmasına neden olacak sınırları, atıksudaki tuz konsantrasyonunun oldukça üzerinde olduğundan, bu bitkilerin atıksu ile sulanmasında EC parametresi açısından herhangi bir sorun olmayacağını söylebiliriz (Çizelge 2.3) (Munsuz ve Ünver, 1995).

Çizelge 4.1'den de görüleceği gibi atıksuyun arıtılmadan önceki pH değeri 7.6'dır. Genellikle sulama sularının pH değerinin 6,5 ile 8,0 arasında bulunması, yani nötr olması arzu edilir (Ayyıldız, 1990). Arıtım sonrası pH değerlerinde, herhangi bir müdahale olmazsa değişme olmamaktadır. pH'daki muhtemel ani değişmelere karşı arıtma tesisinde bir pH düzenleyici sistemin tesis edilmesi düşünüldüğünden bu parametre açısından herhangi bir sorun olmayacaktır. Herhangi bir düzenleyicinin olmayacağını ve arıtım öncesi pH değerinin sabit kalacağını kabul etsek bile Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliği ne göre bu atıksu sulama suyu açısından çok iyi kalitedeki I. sınıf su olacaktır.

Çizelge 4.2 incelendiğinde İzmir kentsel atıksularındaki mevcut kurşun, krom, çinko, kadmiyum, bakır ve nikel gibi ağır metal parametrelerinin konsantrasyon değerleri, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre; gerek "her türlü zeminde sürekli sulama yapılması" ve gerekse "pH değeri 6.0-8.5 arasında olan killi zeminlerde 20 yıldan az sulama yapılması" koşullarındaki sınır değerlerden daha düşük olduğundan, sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacaktır.

Ağır metal konsantrasyonlarının düşük olması ve dolayısıyla Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre sulama açısından bir sorun oluşturmamasına rağmen bu parametrelere karşı yine de dikkatli olunmalıdır. Çünkü bu parametrelerin konsantrasyonlarının düşük çıkması aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmış olabilir:

-Çeşitli endüstrilerin atıksularında bulunan ağır metaller birbirinin aynı olmadığından, endüstri atıksuları birbirini seyreltici bir etki oluşturmaktadır.

-Endüstriler proses atıksuyunun yanısıra evsel atıksu da deşarj etmektedirler. Ayrıca, derelere kentsel atıksu deşarjları da olduğundan bu katkılar, ağır metal konsantrasyonunu düşürücü etki yapmaktadır.

-Dere analizleri sırasında numuneler sıvı fazdan alınmaktadır. Ağır metallerin önemli bir kısmının dip çamuruna geçmesi, dere suyundaki ağır metal konsantrasyonunu düşürücü bir diğer etmendir.

-Derelere yağmur suyu da karıştığından, numune alındığı zaman (yağmur sonrası ya da kurak dönem sonrası oluşu) da ağır metal ve diğer kirlilik konsantrasyonlarını etkileyici bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Atıksuyun arıtılması sırasında ağır metal konsantrasyonlarında az da olsa bir giderme beklenebilir. Bazı ağır metaller çamura geçerek, ya da çökelerek atıksudan uzaklaşacaklardır. Ancak endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin zaman zaman düzgün çalışmayacağı gözönüne alınacak olursa, emniyetli tarafta kalabilmek amacıyla, İzmir Kentsel Atıksu Arıtma Tesisinde herhangi bir giderme olacağını hesaba katmamak daha uygun görünmektedir (Şengül vd., 1995).

Aşık vd. (1997), kentsel atısuların; toprak kirliliğine, bitki dokularında zararlı seviyelerde birikime ve ürün azalmasına neden olabilecek konsantrasyonlarda ağır metaller içerebileceğini ifade etmiştir.

Ağır metal birikimi bitkilerin farklı organlarında değişik seviyelerde olur. Örneğin meyve, tohum ve daneler, yaprak ve köklerden daha fazla ağır metal içerir (Arar, 1988). Buna göre; İzmir kentsel atıksuyunda oluşabilecek herhangi bir ağır metal sorunu, Menemen Ovasında topraktan daha az ağır metal alan veya pamuk gibi yenmeyen bitkilerin seçilmesiyle hafifletilebilir (Aşık vd., 1997).

Atıksu kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalar, uygulanan ağır metallerin % 85'inden fazlasının toprakta ve özellikle yüzeye yakın kısımlarda biriktiğini göstermiştir (Pescod, 1992).

Sulama sularında yaygın olarak bulunan toksik iyonlardan bor aynı zamanda atıksularda da bulunur. Çizelge 4.2'de görüleceği üzere, İzmir

kentsel atıksuyundaki bor konsantrasyonu ortalama 0.75 mg/l'dir. Bu değer, narenciye bitkisi hariç olmak üzere, diğer bitkiler için uygun bir konsantrasyondur (Şengül vd., 1995).

B konsantrasyonu açısından İzmir kentsel atıksularının, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre, Menemen Ovasında yetiştirilen erik, üzüm, incir, şeftali, mandalin gibi duyarlı bitkiler için III. sınıf, ayçiçeği, patates, pamuk, domates, zeytin, buğday, mısır, biber gibi orta derecede dayanıklı bitkiler için II. sınıf ve yonca gibi dayanıklı bitkiler için I. sınıf olduğunu söyleyebiliriz.

FAO tarafından önerilen sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterlerine göre bu konsantrasyonda bora sahip bir atıksuyun sulamayı kısıtlama derecesi az-orta olarak değerlendirilmektedir (Pescod, 1992).

İzmir kentsel atıksularının mikrobiyolojik yönden sulamaya uygunluğunun pratik ve önemli bir göstergesi olan koliform konsantrasyonu ile ilgili analizler yapılmamıştır. Ancak, Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğine göre meyvecilik ve bağcılık ile elyaflı bitki ve tohum üretimi sulamasında kullanılacak sular için 1000/100 ml fekal koliform sınırlaması getirilmiştir.

Kentsel atıksu, patojenlerin de bulunduğu yüksek bir mikroorganizma populasyonunu içerir. Sulamada kullanılan arıtılmış atıksudaki patojenik mikroorganizmalar; atıksu ile sulama yapılan alanların yakınında yaşayan halk, özellikle çiftçiler ve doğrudan ve dolaylı olarak etkilenen tüketiciler için potansiyel bir tehlike oluşturur. Bu yüzden sulama için su kalitesi standartlarındaki mikrobiyal parametrelerin hesaba katılması, arıtılmış atıksuyun sulama için kullanımı dikkate alındığında oldukça önemlidir (Monte et al., 1996).

Patojen mikroorganizmaların toprak ve ürünler üzerinde canlı kalma süreleri yörenin iklim ve toprak özelliklerine göre değişir. Ürünler üzerinde bulunan patojenlerin burada kalım süreleri topraktaki kalım sürelerinden uzun değildir. Interovirus gibi patojenlerin ürünler üzerindeki kalım süreleri 20-30 °C sıcaklıklarda genellikle 15 günden az olmakla birlikte bazı durumlarda 60 gün kadar olabilmektedir. Aynı koşullarda fekal koliform gibi patojenlerin ürünler üzerindeki kalım süreleri de genellikle 15 günden az olmakla birlikte bazı durumlarda 30 gün kadar olmaktadır (Ali, 1987). Menemen Ovası uzun yıllık iklim verilerine göre, sıcaklıkların bitki yetişme döneminde yaklaşık 20-27°C arasında değiştiği düşünüldüğünde, sıcaklığın patojenik mikroorganizmaların Menemen Ovası toprak ve ürünleri üzerinde canlı kalma sürelerini olumlu etkileyeceği söylenebilir.

Suda bulunan mikroorganizmalar bitkilere doğrudan zarar verebildiği gibi, bu bitkileri yiyen hayvan ve insanları da hasta edebilir. Özellikle yüzey sulama suları ile insan ve/veya hayvanlar için hastalık etmeni olan birçok organizma taşınabilir. Bu grupta bakteriler, spiroşetler, protozoa, helmitler ve virüsler bulunmakta olup; bunlar kentsel veya endüstriyel atıklardan kaynaklanabilir. Bu organizmalara ilişkin hastalıklar bacillary, amipli dizanteri, Salmonella gastroenteritis, tifo, paratifo, leptospirosis, kolera, vibriosis ve bulaşıcı karaciğer iltihabıdır (Munsuz ve Ünver, 1995).

Hindistan'da arıtılmamış atıksularla sulama yapılan bölgelerde, kancalı kurt ve diğer barsak hastalıkları yaygın olarak görülmüştür. Öte yandan ABD ve Avustralya'da özel sağlık bilgisinin verildiği ve arıtılmış atıksuların kullanıldığı yörelerde bu tip hastalıklara rastlanmamıştır. Bu da, atıksuyun sulamada kullanımı ile ortaya çıkabilecek sağlık sorunlarının eğitimle giderilebileceğini ya da en azından sorunların azaltılabileceğini göstermektedir (Ali, 1987).

Katzenelson ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, arıtılmış atıksu ile yağmurlama sulama yapan insanlarda bazı enfeksiyonel hastalıkların bu suyu kullanmayan insanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır (Ali, 1987).

Sulama yöntemleri arasında yağmurlama sulama, çiğ yenen yapraklı ve meyveli bitkiler üzerine suyun doğrudan gelmesi nedeniyle mikrobiyolojik açıdan en kaliteli suya ihtiyaç duyar. Karık sulama, suyun bitkiye fazla ulaşmaması nedeniyle daha güvenli olabilir (Munsuz ve Ünver, 1995)

Atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili değişik ülke, bölge ve yörelere göre değişen bazı teknik sınırlamalar vardır. Ülkemizde bu teknik sınırlamalar Su Kirliliği Kontrolu Yönetmeliğinde belirtilmiş olup, bu yönetmeliğe göre bir değerlendirme yapılacak olursak şunlar söylenebilir (Resmi Gazete, 1991):

-Meyve ve bağ tarımı yapılması durumunda yağmurlama sulama yöntemi kullanılmamalı, bu meyvelerden yere düşenler yenmemeli ve bu bitkilerin sulamasında kullanılacak atıksudaki fekal koliform sayısı 1000/100 ml'yi aşmamalıdır.

-Elyaflı bitki ve tohum üretimi yapılması durumunda, fekal koliform konsantrasyonunun maksimum 1000 /100 ml olduğu atıksular, salma sulama ve eğer bu atıksu aynı zamanda biyolojik olarak arıtılmış ve klorlanmış ise yağmurlama sulama yöntemi ile sulamada kullanılabilir.

-Çiçek, yem bitkileri, yağ bitkileri ve çiğ yenmeyen bitkilerin salma sulama yöntemi uygulanarak atıksu ile sulanabilmesi için, atıksuyun mekanik olarak arıtılmış olması gerekmektedir.

İzmir Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi tam kapasite ile devreye girdiğinde ortalama 7 m^3/sn (220 752 000 m^3 /yıl) debide su arıtacaktır.

Bu miktardaki arıtılmış atıksu, brüt sulama alanı yaklaşık 21 500 ha olan Menemen Ovasına verilmesi durumunda hektara yılda yaklaşık 10 268 m^3 su sağlayacaktır. Menemen Ovası ortalama mevsimlik su tüketimi 4286 m^3 olduğuna göre yaklaşık 5982 m^3 su fazlalığı sözkonusu olacaktır. Bu da, aynı koşullarda mevcut sulanan alanın yaklaşık 1.4 katı kadar daha fazla bir alanı sulayacaktır. Diğer bir deyişle toplam yaklaşık 51 500 ha (Menemen Ovası brüt sulama alanının yaklaşık 2.4 katı) alan sadece atıksu ile sulanabilecektir. Ancak sulama suyuna belli bir dönemde ihtiyaç duyulmasına karşın, arıtma tesisinden yıl boyunca su çıkacaktır. Arıtmadan çıkacak tüm suların kullanılması düşünüldüğünde, Menemen Ovası sulamasından arda kalan kısmın depolanması gerekmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İzmir evsel ve endüstriyel atıksularının mevcut ve arıtıldıktan sonraki tahmin edilen kalite özelliklerine göre, Menemen Ovası sulamasında kullanılabilirliği irdelenmiş, elde edilen sonuçlar ve bunların ışığında yapılan öneriler aşağıda özetlenmiştir.

İzmir evsel ve endüstriyel atıksuları ileri biyolojik arıtma sisteminde arıtıldıktan sonra, çıkış sularının denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovası sulamasında dezenfekte edilmeden sebze ve meyve sulamalarında kullanılmaları ülkemizdeki mevcut yasal mevzuata göre mümkün görülmemektedir. Ancak tarla bitkileri, çayır-mera, koru ve orman ve bitki yoksa yem bitkileri sulamasında kullanılması mümkün görülmektedir.

Toksisite sorunu oluşturan klor ve sodyum iyonlarının arıtım sonrası tahmin edilen konsantrasyon değerleri yüksek çıkmıştır. Klor ve sodyumun yaprak yüzeyinden doğrudan absorbe edilmesi, yağmurlama sulamada toksik iyon birikimine neden olacağından, özellikle badem gibi sert çekirdekli ve narenciye gibi bitkilerin yağmurlama sulama yöntemi ile sulanmasında dikkatli olunmalıdır. Sodyum konsantrasyonu yüksek sulama suyu; geçirgenliği düşük, ağır bünyeli topraklarda sorun oluşturacağından, genellikle Menemen Ovasının batısında yeralan bu özelliğe sahip topraklarda kullanılmaması gerekir.

Tuzluluğun bir göstergesi olan EC parametresinin arıtım sonrası tahmin edilen değeri yüksek olduğundan, bu suların kullanımı; geçirgenliği yüksek, drenajı iyi topraklar ve tuza dayanıklı bitkiler ile sınırlandırılmalıdır. Örneğin; ilk aşamada pamuk ve buğday sulamasında kullanılabilir.

Sulama suyu açısından IV. sınıf bir sulama suyu olacağı tahmin edilen İzmir kentsel arıtılmış atıksuyu, özellikle tuz veren endüstrilerin

atıksuları ayrı toplanır ve denize boşaltılırsa, tuzluluk yönünden su kalitesi bir birim daha iyileşerek III. sınıf bir sulama suyu olabilecektir. Çünkü tuzluluk deniz suyu için önemli olmamasına karşın, sulama açısından çok önemlidir.

Arıtılmış atıksuları sulamada kullanmaya başlandıktan sonra, arıtma tesisi çıkış suyunda günlük olarak KOİ, BOİ, AKM ve EC; haftalık olarak N ve P parametrelerinin ve periyodik olarak veya gerektiğinde ağır metallerin izlenmesi yararlı olacaktır. Bu uygulama, hem arıtma tesisinin denetlenmesini, hem de atıksu kalitesinde oluşabilecek muhtemel olumsuz değişimlerin saptanmasını sağlayacaktır.

Uzun vadede sulama, özellikle drenajı kötü topraklarda tuzluluğa ve ağır metal birikimine neden olabileceğinden, atıksu sulaması yapılacak alanlarda periyodik toprak analizleri yapılarak, toprakta olası olumsuz değişimlerin gözlenmesi sağlanmalıdır.

Atıksuların sulamaya yönlendirilmesiyle, Menemen Ovası yeraltı suyunun başka amaçlar için kullanılması mümkün olacaktır. Ancak yeraltısuyu kirliliğinin oluşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda özellikle N, P ve ağır metaller açısından yeraltı suyu izlenmelidir.

Tarımsal sulamada kullnılacak arıtılmış atıksuların yeraltısuyuna sızmaması için, tarla uygulama randımanı yüksek sulama yöntemleri (damla sulama gibi) ile sulama yapılmalıdır.

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılmasıyla ekonomik bir girdi elde edilecektir. Ancak sulamanın belli bir program dahilinde yürütülmesi, önceden kesin olarak bilinemeyen olası sonuçların gözlenmesi ve arıtılmış atıksuların sulamada kullanılmasıyla ilgili bilimsel birikim fazla olmadığı için öncelikle pilot olarak seçilecek

tarlaların sulanmasından sonra, kademeli olarak daha geniş alanların sulanmasına geçiş yapmak daha uygun olacaktır.

Sağlıkla ilgili ortaya çıkabilecek sorunlar konusunda çok dikkatli olmak gereklidir. Arıtılmış atıksular mikrobiyolojik kalite parametreleri yönünden izlenmeli ve olumsuz bir durumla karşılaşıldığında, suyun kullanılması engellenmelidir. Halk sağlığının en iyi şekilde korunabilmesi için yalnızca bazı bitkilerin sulanmasına izin verilmelidir. Özellikle çiğ olarak yenen sebzelerin bu sularla sulanması önlenmelidir. Atıksuyun ürünlere ve sulama işçilerine bulaşma riskini en az kılan sulama yöntemleri tercih edilmelidir. Atıksudan etkilenebilecek sulama işçileri, tüketiciler ve yöre halkı atıksu kullanımı ile oluşabilecek sağlık risklerine karşı eğitilmelidir. Örneğin, sulama işçilerinin, atıksu sulaması esnasında, mutlaka koruyucu elbise giymeleri sağlanmalıdır.

Arıtılmış atıksuların tarımda kullanılması, yalnızca bitki sulaması ile sınırlı kalmalıdır. Hayvanlarda oluşabilecek sağlık riski nedeniyle hayvan sulamasında kullanılmamalıdır.

Bilindiği gibi sulama üniform bir işlem değildir. Mesela pamuk için sulama ayları Mayıs–Ekim arasıdır. Oysa atıksu sürekli olarak çıkmaktadır. Bu nedenle yörede 3–5 metre derinliğinde bir bekletme havuzu yapılması uygun olacaktır. Böylece hem sulama suyu ihtiyacının debi salınımlarına cevap verilmiş olacak, hem de su kalitesinde iyileşme sağlanacaktır. Arıtılmış atıksu bekletme havuzunda durduğu sürece, suda patojen mikroorganizma giderimi olacağından, su kalitesinde olumlu bir gelişme olacaktır. Biriktirmenin en büyük dezavantajı alg üremesi olacaktır.

İçme suyu kuyularının atıksu kullanım projeleri yakınındaki alanlarda açılması yasaklanmalıdır.

Hepimiz değişik derecelerde bir su kirleticisiyiz. Bu yüzden kirlenmenin önlenmesi ve kontrolüne nispeten katkıda bulunmak için istekli olmalıyız. Atıksuların içerisinde bulunan kirleticilerin önlenmesi ya da en azından azaltılması için bu kirleticilerin kaynaklarında dönüşümü ya da arıtımı yapılmalıdır.

Atıksu kullanımı konusunda ülkemiz koşullarına uygun bir yasa çıkarılmalıdır. Bu amaçla; atıksuların toprak, bitki ve yeraltı suyu üzerine uzun dönemli etkilerini belirlemek için araştırmalar yapılmalıdır.

Atıksu arıtımı ve kullanımıyla ilgili mevzuatlar halk sağlığına zarar vermeyecek kadar katı, bu suları sulamada kullanmayı engellemeyecek kadar da esnek olmalıdır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

Aboukhaled, A.,1992, Wastewater for crop production the Near East, Water Resources Development, 8(3):204-214.

Al Salem, S.S.,1996, Environmental considerations for wastewater reuse in agriculture, Water Science Technology, 33(10-11):345-353.

Ali, I.,1987, Wastewater criteria for irrigation in arid regions, Journal of Irrigation and DrainageEngineering, 113(2):173-183.

Anonymous, 1971, Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü, Topraksu Genel Müd. Toprak ve Etüt Haritalama Dairesi, 236, Ankara, 65s.

Anonymous, 1973, Gediz Projesi Menemen Sol Sahil Ovası Detaylı Arazi Tasnifi ve Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara

Anonymous, 1992, Menemen Tarım İlçe Müdürlüğü Kayıtları, Menemen.

Anonymous, 1993, Menemen Tarım İlçe Müdürlüğü Kayıtları, Menemen.

Anonymous, 1995, Menemen Araştırma Enstitüsü İklim Kayıtları, Menemen.

Arar, A., 1988, Backround to treatment and use of sewage effluent,, Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation, M.P. Pescod and A. Arar (eds.), Butterworths, 10-17.

Arceivala, S.J., 1984, Wastewater Treatment and Disposal Lecture Notes, IHE, Delft, The Netherlans.

Asano, T., 1991, Planning and implementation of water reuse project, Water Science Technology, 24(9).

KAYNAKLAR (devam)

Aşık, Ş., Avcı, M. ve Balcı, A., 1997,Atık Suların Sulamada Kullanım Stratejileri, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, 564-576, Bursa.

Ayyıldız, M., 1990, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, A.Ü.Ziraat Fakültesi Baskı Ofset Ünitesi, Ankara, 277s.

Bouwer, H. and Idelovitch, E., 1987, Quality requirements for irrigation with sewage water, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113(4):516-535.

Brady, N.C., 1974, The Nature and Properties of Soils, 8th Edn., MacMillan, New York

Cai, S. Et. al.,1995, Cadmium exposure among residents in an area contaminated by irrigation water in China, Bulletin of the World Health Organization, 73(3):359-367.

DSİ, 1996, Sulama Kurutma projelerinde Bitki Sayım Verileri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

El Hamouri, B. et al., 1996, Use of wastewater for crop production under arid and saline conditions: Yield and hygienic quality of the crop and soil contaminations, Water Science Technology, 33(10-11):327-334.

Ertem, Z.H., 1994, Menemen Sulaması Taban Suyu Kontrol Raporu, DSİ II.Bölge Md. 21. Şube Md. Menemen İşl. ve Bkm Müh., İzmir.

Filibeli, A. ve Yüksel, N., 1994, Tarımsal sulama suyu ihtiyacı için atıksu potansiyelinin değerlendirilmesi, Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Sempozyumu, 139-152.

KAYNAKLAR (devam)

Fuog, R.M., Giberson,K.C. and Lawrence, R.L., 1995, Wastewater reclamation at Rancho Murieta, California; golf course irrigation with upgradeed pond effluent meeting California's strictest requirements for wastewater reuse, Water Science Technology, 31(12):399-408

Gemirli, F., Taşlı, R. ve Eremektar, G., 1996, Turistik Tesislerde Arıtılmış Evsel Atıksuların Sulama Amaçlı Kullanımında Patojen Mikroorganizmalar, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, 24-26 Haziran 1996, Bursa, 31-40.

Guillaume, P. and Xanthoulis, D.,1996, Irrigation of vegetable crops as a means of recycling wastewater: Applied to Hesbaye frost, Water Science Technology, 33(10-11):317-326

Gül, R.,1992, Atıksulardaki ağır metallerin killi topraklarla giderilmesi, Ekoloji Çevre Dergisi, 4:20-22.

Güngör, Y., Erözel, A.Z.ve Yıldırım, O., 1996, Sulama, A.Ü. Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara, 295s.

Hamilton, D.L., Brockman, R.P. and Knipfer, J.E., 1984, The agriculture use of municipal sewage, Canadian Journal of Physiolgy Pharmacolocy, 62:1049-1055.

İZSU, 1997, Atıksu Analiz Sonuç Raporu (yayımlanmamış), İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İzmir.

Kacar, B.,1984, Bitki Besleme, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 317s. (117-304)

Kanber, R., 1999, Sulama, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, 530s.

KAYNAKLAR (devam)

Leger, G.1987, Health Hazards Arising from the Reuse of Wastewater in Agriculture Inventory and Possible Remedies, Societe Des Eaux De Marseille, Marseille.

Monte, M.H.F.M, Angelakis, A.N. and Asano, T.; 1996, Necessity and basis for establishment of european guidelines for reclaimed wastewater in the Mediterranean Region, Water Science Technology, 33(10-11): 303-316.

Munsuz, N. ve Ünver, İ.,1995, Su Kalitesi, A.Ü.Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara, 335s.

Pescod, M.B., 1992, Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO İrrigation and Drainage Paper, 47:1-75

Resmi Gazete, 7 Ocak 1991, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sayı 20748, Ankara, 40s.

Russell, J.M.and Cooper, R.N., 1987, Irrigation of pasture with meat processing plant effluent,Proc. 42nd Industrial Waste Conference, Purdue University, West Lafayette, Indiana, U.S.A.Lewis Publishers, Chelsea, Michigan,491-497.

Russell, J.M., Cooper, R.N. and Lindsey, S.B.,1991, Reuse of wastewater from meat processing plants for agricultural and forestry irrigation, Water Science Technology, 24(9):277-286.

Sarıoğlu, M., ve Çiner, F., 1998, Atıksu Stabilizasyon Havuzlarından Çıkan Çıkış Suyunun Tekrar Sulamada Kullanım Esasları, 463-468, Bodrum Yarımadası Çevre Sorunları Sempozyumu, A. Filibeli, A. Bayram, D. Dölgen ve T. Elbir (Derl.),Cilt:2, İzmir, 462-468.

KAYNAKLAR (devam)

Shelef, G., 1991, Wastewater reclamation and water resource management, Water Science Technology, 24(9)

Shuval, H.I. et al., 1986, Wastewater Irrigation in Developing Country, World Bank Technical Paper, 51:138-205.

Şanlı, A., 1996, Menemen Ovası Sulama Şebekesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Giderilme Yolları, E:Ü: Fen Bilimleri Enstitüsü T.Y.S. Anabilim Dalı, İzmir, 43s.

Şengül, F. vd., 1995, İzmir Kenti Atıksu Toplama ve Bertaraf Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, 117s.

Tanji, K.K., 1997, Irrigation with marginal quality waters: Issues, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 123(3):165-169.

Ul, M.A., 1990, Menemen Ovası Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etki üzerinde Bir Araştırma, Doktora Tezi, E.Ü.Ziraat Fakültesi, İzmir.

Wahaab, R.A., 1995, Wastewater treatment and reuse: Environmental health and safety considerations, International Journal of Environmental Health Research, 5:35-46.

ÖZGEÇMİŞ

Bekir Sıtkı KARATAŞ 1972 yılında Trabzon ilinin Of ilçesine bağlı Serince köyünde doğdu. İlk öğrenimini köyündeki Serince Köyü İlkokulu'nda, orta ve lise öğrenimini Of ilçesindeki Of Şehit Ahmet Türkkan Lisesi'nde tamamladıktan sonra, 1991yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde lisans öğrenimine başladı ve 1995 yılında mezun oldu. İzleyen eğitim-öğretim yılında mezun olduğu bölümde yüksek lisans öğrenimine başladı.

Halen aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

DOKÜMANTASYON MERKEZİ