

**MERSİN OVASINDA BİTKİ SU
GEREKSİNİMLERİ VE SULAMA SULARINDA
KALİTEYE BAĞLI OLASI ETKİLERİN
BELİRLENMESİ**

Serap BULUT

**Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Prof. Dr. Üstün ŞAHİN
2015
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MERSİN OVASINDA BİTKİ SU GEREKSİNİMLERİ VE SULAMA
SULARINDA KALİTEYE BAĞLI OLASI ETKİLERİN
BELİRLENMESİ**

Serap BULUT

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

**MERSİN OVASINDA BİTKİ SU GEREKSİNİMLERİ VE SULAMA
SULARINDA KALİTEYE BAĞLI OLASI ETKİLERİN BELİRLENMESİ**

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN danışmanlığında, Serap BULUT tarafından hazırlanan bu çalışma 26/05/2015 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği/oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

İmza :

Üye : Doç. Dr. Ahmet ERTEK

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 28./05./2015 tarih ve 21./.../...739 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERSİN OVASINDA BİTKİ SU GEREKSİNİMLERİ VE SULAMA SULARINDA KALİTEYE BAĞLI OLASI ETKİLERİN BELİRLENMESİ

Serap BULUT

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Narenciye ağırlıklı tarımsal üretim gerçekleştirilen Mersin Ovasında yürütülen bu çalışmada ilk aşamada yetiştiriciliği yapılan tüm bitkilerin net sulama suyu gereksinimleri normal ve ekstrem yıllar (sıcak-kurak ve serin-yağışlı) için belirlenmiş, ikinci aşamada da kullanılan yerüstü suları ile kullanılması söz konusu arıtılmış atıksuların toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından yeterlilikleri bazı genel kalite ölçütleri ile değerlendirilerek olası sorunlar ve bu sorunların çözümüne yönelik öneriler tartışılmıştır.

Bitki su tüketimleri Penman-Monteith (FAO) ve Blaney-Criddle (SCS) yöntemleriyle hesaplanmış, normal dağılım olasılık analiziyle de ekstrem yıllara ilişkin su tüketimleri belirlenmiştir. Ovada ortalama olarak serin, normal ve sıcak yıllar da sezonluk bitki su tüketim değerleri sırasıyla Penman-Monteith (FAO) yönteminde 472.9 mm, 540.3 mm, 606.8 mm, Blaney-Criddle (SCS) yönteminde ise 466.7 mm, 505.1 mm, 547.8 mm'dir. Belirlenen bitki su tüketim değerlerinden yine normal olasılık dağılım analiziyle ekstrem yıllar (yağışlı ve kurak) için belirlenmiş etkili yağışın çıkartılmasıyla hesaplanan serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllara ait sezonluk net sulama suyu gereksinimleri de sırasıyla Penman-Monteith yaklaşımında 243.0 mm, 393.7 mm, 556.8 mm ve Blaney-Criddle yaklaşımında da 237.1 mm, 358.5 mm, 497.9 mm'dir. Ovada en fazla üretimi yapılan narenciye ve mısırın su tüketimlerinin sulama ile karşılanma oranları sıcak-kurak yılda %90 ve üzeri seviyelerine çıkmaktadır.

Mersin ovasında en önemli sulama suyu kaynağı Berdan nehridir. Ayrıca yerüstü su kaynağı olarak TD 11 ve Kölemusalı drenaj kanalı suları ile potansiyel kaynak olarak Karaduvar ve Tarsus atıksu arıtma tesisleri suları da bulunmaktadır. Bu sularda yapılmış kimyasal analizler sonucu katyon (Na, K, Ca, Mg) ve anyon (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3) içerikleri ile pH ve elektriksel iletkenlikleri, arıtılmış atık sularda ilave olarak B, Toplam-N, Toplam-P, askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı ve ağır metal içerikleri belirlenmiştir. Analiz sonuçları kullanılarak Yüzde Sodyum, Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Düzeltilmiş Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Düzeltilen Düzeltilmiş Sodyum Adsorpsiyon Oranı, Kalıcı Sodyum Karbonat, Langelier Saturasyon İndeksi, Potansiyel Tuzluluk, Permeabilite İndeksi ve Sertlik gibi parametreler de hesaplanarak, belirlenmiş ve hesaplanan değerlerle kalite değerlendirmeleri yapılmıştır.

Ovada incelenen sulama suyu kaynaklarının sulamada kısa süreli kullanılmaları önemli sorunlar oluşturmayacak olsa da uzun süreli kullanılmalara bağlı olarak topraklarda tuzluluk ve yapısında bozulmalar, bitkilerde toksik etki ve damla sulama sistemlerinde tıkanmaların söz konusu olabileceği ihtimali dikkate alınarak uygun yaklaşımlarla olası sorunların kontrol edilmesi tarımın sürdürülebilirliği açısından yararlı olacaktır.

2015, 111 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Mersin Ovası, Bitki su tüketimi, net sulama suyu gereksinimi, sulama suyu kalitesi, Penman-Monteith (FAO), Blaney-Criddle (SCS)

ABSTRACT

Master Thesis

CROP WATER REQUIREMENTS IN THE MERSIN PLAIN AND DETERMINATION OF POSSIBLE EFFECTS BASED ON IRRIGATION WATER QUALITY

Serap BULUT

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

The collected data from Mersin Plain, produced mainly citrus, used firstly to calculate net irrigation water requirements for all cultivated plants according to normal and extreme years (hot-dry and cool-rainy) and in the second place used surface water resources and possible usage of treated wastewater effects on soil, plant and irrigation systems were evaluated by using some quality criterion, their sustainability, possible problems and their solutions were discussed.

Evapotranspiration were calculated by using the methods of Penman-Monteith (FAO) and Blaney-Criddle (SCS) and for extreme years, normal distribution probability analyses were used. Average seasonal evapotranspiration values for cool, normal and hot years were 472.9 mm, 540.3 mm, 606.8 mm for Penman-Monteith (FAO) and 466.7 mm, 505.1 mm, 547.8 mm for Blaney-Criddle (SCS), respectively. Effective rainfall were calculated by using normal probability distribution for extreme years (rainy and dry) and subtracted from determined evapotranspiration to have seasonal net irrigation water requirements for cool- rainy, normal and hot-dry years and calculated as 243.0 mm, 393.7 mm, 556.8 mm for Penman-Monteith and 237.1 mm, 358.5 mm and 497.9 mm for Blaney-Criddle, respectively. Water requirements of the most cultivated plants in the plain such as citrus and maize have been found obtainable by irrigation above 90% at the hot-dry year.

Berdan River is the most important irrigation water source in the Mersin plain. In addition, TD 11 and Kölemusalı drainage channel sources can be evaluated as surface water sources and Karaduvar and Tarsus wastewater as potential water sources. Chemical analysis of those waters were conducted, cations (Na, K, Ca, Mg) and anions (CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3), pH, electrical conductivity were determined for all and B, total -N, total -P, suspended solids, chemical oxygen demand and heavy metal contents were additionally analyzed for wastewaters. Na%, Sodium Absorption Ratio (SAR), adjusted SAR, adjusted Na ratio, residual sodium carbonate, Langelier Saturasyon Index, the potential salinity, permeability index and hardness parameters were evaluated using to determined quality parameters.

The short-term use of surveyed water sources as irrigation water in the plain would be acceptable, however, under long term irrigation period, the possibility of soil salinity, soil degradation, toxic effects for plants and clogging problems of the drip irrigation systems should be taken in to consideration for sustainable agriculture and should be checked for possible problems by proper approaches.

2015, 111 Pages

Keywords: Mersin plain, water consumption of plant, net irrigation water requirement, water irrigation quality, Penman-Monteith (FAO), the Blaney-Criddle (SCS))

TEŞEKKÜR

Tez konumu belirlemede, tezimin olgunlaşması ve yürütülmesinde büyük bir titizlik, özveri, bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren, destekleyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e, tezimin sonuçlandırılmasında bilgi ve tecrübeleriyle katkıda bulunan Sayın Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU'na, Sayın Yrd. Doç. Dr. Selda ÖRS'e ve bölümdeki tüm saygı değer hocalarıma,

Laboratuvar koşullarında su analizleri yaparak sonuçları elde etmede yardımcı olan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Öğretim Üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mustafa CANPOLAT'a, Sayın Doç. Dr. Serdar BİLEN'e, Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Öğretim Üyelerinden Sayın Prof. Dr. Ergün YILDIZ'a, Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi ve Ankara DSİ çalışanlarına,

Çalışmamı yürüttüğüm süreçte Mersin ovasındaki arazi kullanımı ve bitkisel üretim ile ilgili verilerin sağlanmasında sahayı gezdiren ve sorularımı tüm içtenliğiyle cevaplandırarak her türlü desteği sağlayan ve yardımcı olan Mersin DSİ personeli Sayın Zir. Müh. Doğan AYKUT'a, Mersin Sulama Birliği Başkanına ve çalışanlarına, toprak analizi sonuçlarını elde etmem için yardım aldığım Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü'nde Sayın Zir. Müh. Rasim ARSLAN'a, Mersin İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü teknik elemanlarına, meteoroloji verileri için Mersin DMİ ve Erzurum DMİ çalışanlarına,

Yüksek lisansım boyunca manevi yönden her zaman yanımda olan, akademik tecrübeleriyle fikirlerini paylaşan arkadaşım Sayın Tuğba Nurcan YÜKSEL'e, yüksek lisans çalışmalarım süresinde birlikte çalıştığımız ve yardımlaştığımız arkadaşım Sayın Şebnem CANLI'ya ve diğer tüm arkadaşlarıma,

Ayrıca çalışmalarımın her aşamasında benden hiçbir fedakârlığı esirgemeyen ve manevi destek gösteren canım aileme sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Serap BULUT
Mayıs, 2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Bitkilerde Su Tüketimi ve Belirlenmesi.....	5
2.2. Sulama Sularında Kalite ve Belirlenmesi.....	10
2.3. Atık Sularla Sulama.....	28
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	37
3.1. Materyal.....	37
3.1.1. Araştırma Alanı	37
3.1.2. İklim özellikleri	38
3.1.3. Arazi varlığı ve toprak özellikleri	39
3.1.4. Tarımsal yapı.....	41
3.1.5. Su kaynakları.....	42
3.2. Yöntem	45
3.2.1. Bitki su tüketimlerinin (Evapotranspirasyon) hesap yoluyla belirlenmesi	45
3.2.2. Bitkilerin net sulama suyu gereksinimlerinin belirlenmesi.....	51
3.2.3. Sulama suyu kalite değerlendirmeleri	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	62
4.1. Mersin Ovasında Yetiştirilen Bitkilerin Serin, Normal ve Sıcak Yıllar Su Tüketimleri.....	62
4.2. Mersin Ovasında Yetiştirilen Bitkilerin Serin-Yağışlı, Normal ve Sıcak-Kurak Yıllar Net Sulama Suyu Gereksinimleri.....	67
4.3. Mersin Ovasında Sulamada Kullanılan Suların Kaliteleri	82
4.3.1. Yerüstü su kaynaklarına ilişkin analiz sonuçları ve hesaplama bulguları.....	82

4.3.2. Arıtılmış Atıksu Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları.....	83
4.4. Toprak, Bitki ve Sulama Sistemleri Açısından Sulama Suyu Kalitelerinin Değerlendirilmesi.....	85
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR	103
ÖZGEÇMİŞ	112

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. ABD Tuzluluk Laboratuvarı sulama suyu tuzluluk-alkalilik zararı sınıflandırma grafiği.....	18
Şekil 3.1. Araştırma alanının yer aldığı Mersin İlının konumu	37
Şekil 3.2. Araştırma alanının konumu	38
Şekil 3.3. Berdan regülatörü	43
Şekil 3.4. Mersin ovasındaki atıksu arıtma tesisleri	44
Şekil 3.5. Karaduvar atıksu arıtma tesisi	44
Şekil 3.6. Tarsus atıksu arıtma tesisi.....	45
Şekil 3.7. Permeabilite indeksine göre düşük geçirgenlikteki (< 2 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları	58
Şekil 3.8. Permeabilite indeksine göre orta geçirgenlikteki (2–12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları	58
Şekil 3.9. Permeabilite indeksine göre yüksek geçirgenlikteki (>12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları	59
Şekil 4.1. Meyvesi yenen sebzelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)	73
Şekil 4.2. Meyvelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet).....	76
Şekil 4.3. Narenciyede net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet).....	77
Şekil 4.4. Bağda net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet).....	78
Şekil 4.5. Tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)	79
Şekil 4.6. Sera sebzelerinde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)...	80
Şekil 4.7. Kışlık sebzelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)...	80
Şekil 4.8. Pamukta net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet).....	81

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Scofield (1936)'a göre sulama sularında sülfat uygunluk sınır değerleri...	15
Çizelge 2.2. Eaton'a göre sülfat uygunluk sınır değerleri	15
Çizelge 2.3. Sulama sularının elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması .	16
Çizelge 2.4. Sulama suyu (EC_w) veya toprak suyu (EC_e) tuzluluğuna (dS/m) bağlı olarak geleneksel ve yüzey sulama yöntemleriyle sulanan bazı bitkilerde beklenen verim azalış düzeyleri	19
Çizelge 2.5. Kalıcı sodyum karbonat (RSC)'a göre sulama suyu sınıfları ve kullanılabilirliği	21
Çizelge 2.6. Kültür bitkilerinin bor dirençleri	21
Çizelge 2.7. Scofield (1936)'a göre sulama suları için bor sınıfları	22
Çizelge 2.8. Sulama suyu kalite değerlendirme rehberi	22
Çizelge 2.9. Sulama amaçlı yararlanılan arıtılmış atıksuları sınıflandırma kriterleri	30
Çizelge 2.10. İyon toksisitesi açısından kriter değerler	30
Çizelge 2.11. Sulama sularında izin verilebilir en fazla ağır metal konsantrasyonları...	31
Çizelge 3.1. Araştırma alanının uzun yıllar (1990-2012) ortalama iklim parametreleri.....	40
Çizelge 3.2. Mersin ovasındaki bitki deseni ve bitkilerin ekiliş oranı.....	42
Çizelge 3.3. Günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı	47
Çizelge 3.4. Bitki büyüme oranına bağlı gelişme katsayıları	47
Çizelge 3.5. Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon değerleri, R_a ($MJ/m^2/gün$).....	49
Çizelge 3.6. Sıcaklık fonksiyonu, $f(T)$	49
Çizelge 3.7. Buhar basıncı fonksiyonu, $f(e_a)$	50
Çizelge 3.8. Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, $e_a(kPa)$,	50
Çizelge 3.9. Güneşlenme oranı fonksiyonu, $f(n/N)$	50
Çizelge 3.10. Olası maksimum güneşlenme süresi, $N(h)$	50
Çizelge 3.11. Mersin ovasında önemli yerüstü su kaynakları ile arıtılmış atıksu kaynakları	52
Çizelge 3.12. pH_c 'nin hesaplanması için referans değerler.....	54

Çizelge 3.13. HCO_3/Ca oranı ve sulama suyu tuzluluğuna (EC_w) bağlı olarak Ca_x değerleri.....	55
Çizelge 3.14. Potansiyel Tuzluluk değerine göre sulama suyu sınıfları	57
Çizelge 3.15. Fransız sertlik derecesine (Fr°) göre suları sınıflandırma kriterleri	59
Çizelge 3.16. Damla sulama açısından sulama suyu kalite kriterleri	60
Çizelge 4.1. Mersin ovasında yetiştirilen bitkilerin serin, normal ve sıcak yıllar için Penman-Monteith (PM) ve Blaney-Criddle (BC) yöntemleri ile hesaplanmış sezonluk bitki su tüketimleri (mm)	66
Çizelge 4.2. Mersin ovasında yetiştirilen bitkilerin serin-yağışlı, normal, sıcak-kurak yıllar için hesaplanmış sezonluk net sulama suyu gereksinimleri (mm) ...	70
Çizelge 4.3. Mersin ovası yerüstü su kaynakları sulama suyu kalite analiz ve hesaplama sonuçları	83
Çizelge 4.4. Mersin ovası arıtılmış atıksu su kaynaklarına ilişkin sulama suyu kalite analiz ve hesaplama sonuçları.....	84
Çizelge 4.5. Mersin ovasında arıtılmış atıksularda ağır metal içerikleri	85

1. GİRİŞ

Su canlılar için vazgeçilemez doğal bir kaynaktır. İnsanın yaşamı boyunca beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım, üreme gibi hayatsal faaliyetlerinin gerçekleşebilmesini sağlayan suyun eksikliğinde bitkisel üretim, önemli ölçüde kısıtlanmaktadır (Donma 2008).

Yıllık ortalama su potansiyeli gözden geçirildiğinde Türkiye'nin birey başına düşen yıllık 1400 m³ su miktarıyla su sıkıntısı yaşayan bir ülke konumunda olduğu belirlenmiştir. Su sıkıntısının yanı sıra suyun yaşam ortamında bulunması ve su kalitesi de büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde nüfusun, sanayileşmenin artması, tarımda gübre ve ilaç kullanımının yaygınlaşması ve çevre bilincinin henüz yerleşmemesi gibi sebeplerden dolayı yerüstü ve yeraltı sularının bir kısmında kirlenmeler saptanmıştır. Bu kirlenmeler azot, fosfor, magnezyum, organik maddeler gibi kirleticilerden meydana gelmektedir. Suların kirlenmesi bu şekilde devam ederse, belli yıl sonra ortaya çıkan sorunların dönüşümünün olanaksız olacağı ifade edilmektedir (Akın ve Akın 2007).

Suyun en yoğun kullanılan alanı olan tarım, bitkilerin üretimleriyle ilgili işlemleri kapsar. Türkiye'de tarımın sosyal ve ekonomik açıdan, halkın yaşamında önemli yeri vardır. Bu durum tarımın topluma sağladığı iş imkanını göstermektedir. İnsanların temel gıda gereksinimlerinin güvenli biçimde karşılanması, tarım alanlarında verimliliğin artırılması, ekonomik büyümenin hızlandırılması ve kırsal alandan kente göçün azalmasında tarımsal üretimin ve sulanan alanların artırılması çok önemlidir (Donma 2008).

Sulama, bitkilerin gereksinim duydukları, ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun, bitkinin kök bölgesine yapay yollarla ve kontrollü olarak verilmesidir. Sulama, tarımsal üretimde verim artışıyla birlikte, ürün deseninin değiştirilmesine, ikinci hatta üçüncü ürünün üretilmesine olanak sağlamaktadır (Yıldız 2010).

Kurak ve yarı kurak bölgelerde, bitki gelişimini sınırlandıran en önemli etken, kök bölgesindeki yarayışlı suyun yetersizliğidir. Bu nedenle bu alanlarda sulu tarım yapılması kaçınılmaz bir zorunluluk durumuna gelmektedir. Ancak suyun fazla kullanılması, ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Örneğin, yeraltı su kaynakları tükenebilmekte, su ekosistemleri bozulabilmekte, birçok çevresel sorun ortaya çıkabilmektedir. Bu sorunların etkisiyle su yenilenebilir doğal kaynak olma özelliğini kaybetme tehlikesiyle karşı karşıya kalabilmektedir (Donma 2008).

Türkiye’de sulanan alan 5.73 milyon ha ile tarımsal alanın (26 milyon ha) yaklaşık %22’sini oluşturmaktadır. Ülke genelinde net sulama suyu ihtiyacı teknik ve ekonomik olarak sulanabilen alan için 96 km³/yıl, toplam alan için 296.5 km³/yıl olarak belirlenmiştir. Bu durumda Türkiye’nin mevcut su kaynaklarının 8.5 milyon ha alanın sulanması için yeterli olduğu görülmektedir. Ülkemizde arazilerin; %81.73’ünde yüzey sulama, %16.62’sinde yağmurlama ve %1.65’inde ise damla sulama yöntemi uygulanmaktadır. Sulama yöntemlerine göre sulama alanlarının dağılımına bakıldığında ise basınçlı sulama yöntemlerinin en yoğun kullanıldığı tarım bölgeleri sırasıyla İçanadolu, Güneydoğu ve Karadeniz olduğu görülmektedir. Sulanan arazilerin su kaynakları sırasıyla kuyudan, akarsudan, barajdan, kaynaktan, göletten, gölden ve diğer kaynaklardan sağlanmaktadır (Yıldız 2010).

Su yönetimi; su kaynaklarının planlı bir şekilde geliştirilmesi, dağıtılması ve kullanılması olarak tanımlanır. Su kaynaklarının geliştirilmesi ile ilgili politik ve teknik kararları, su hakları ve su tahsisini düzenleyen kuralları, çevrenin korunmasını, su fiyatlandırılmasına ilişkin düzenlemeleri, arazi kullanım ilkelerini, kullanıcıların katılımı gibi faaliyetleri kapsamaktadır. Sulama yönetimi ise tarımda sulama amaçlarını gerçekleştirmek için suyun kullanımını sağlayan bir organizasyon olarak tanımlanır. Ülkemizde tarımsal sulama yönetimi çalışmaları; sulama mevsiminden önce genel sulama planlaması yapılmasını, sulama mevsiminde su dağıtım programlarının hazırlanmasını, uygulanması ve izlenmesini, sulama sezonu sonrasında da değerlendirme çalışmalarını kapsamaktadır. Sulama şebekelerinin yönetiminde amaç,

Çiftçilerin gelirinin yükseltilmesi, su kaynaklarının en etkin şekilde dağıtım ve kullanımının gerçekleştirilmesidir (akmak vd 2007).

Su kaynaklarının etkin kullanılabilmesi ve sulama projelerinin koşullara göre planlanabilmesi için bölgede yetiştirilen bitkilerin yetişme devresi süresince uzun ya da kısa dönemlere ilişkin su ihtiyaçları önceden bilinmelidir. Bitki su ihtiyaının hesaplanmasında en sağlıklı yöntem doğrudan ölçmedir. Ancak bu yöntemin pahalı ve zaman alıcı olmasından dolayı araştırmacılar bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılabilecek farklı eşitlikler geliştirmişlerdir (Beyribey vd 1997).

Su kalitesinin düşmesi ve miktarının azalmasıyla ortaya çıkan artan su kısıtı, büyük sorun haline gelmeye başlamıştır. Sulanabilir alanların genişletilebilmesine olanak sağlamasının yanısıra, bitkisel üretimi sınırlayan etken sayılmaktadır. Sorunun çözümüne yönelik ya havzalar arası su iletimi gibi yatırımlara gidilmeli; ya da atıksu kullanımı tercih edilmelidir (Beyribey vd 1997).

Atıksular; konutlar, endüstri kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu ortaya çıkan, içinde sağlığa zararlı maddeler içeren sulardır (ay 2013). Atıksu kullanımı, arıtılmış atıksuların sulama amacıyla yeniden değerlendirilmesidir.

Ülkemizde de kullanılmasında yoğun ilgi gören atıksu; bitki, besin ve organik madde bakımından, kurak bölgelerde, gübreleme ve verimliliği artırmak açısından değerli bir kaynaktır. Atıksuyun uygun şartlarda kullanılmaması durumunda çevresel problemler ortaya çıkabilir (Yurtseven vd 2010).

Mersin ovası sulama şebekeleri içerisinde yer alan yaklaşık 25 000 ha tarım alanının sulama suyu ihtiyaı ana kaynak durumundaki Berdan nehrinden karşılanmaktadır. Ancak ilerde su sıkıntısı yaşanabilme ihtimali göz önünde bulundurulduğunda atıksu kullanımının gündeme geleceği de göz ardı edilmemelidir.

Bu çalışmanın amacı; ülkemizin önemli tarımsal üretim alanlarından Mersin ovasındaki bitkilerin normal ve ekstrem yıllar (serin ve sıcak) için su tüketimlerini ve yine normal ve ekstrem (serin-yağışlı ve sıcak-kurak) yıllar için sulama suyu gereksinimlerini belirlemek, bu gereksinimlerin karşılandığı yerüstü suları ve karşılanma ihtimalinin düşünüldüğü, biyolojik arıtma işleminde geçirilmiş evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların sulama suyu kalite parametreleri bakımından sulamaya uygunluğunu değerlendirmek ve tarımsal alanlarda toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından oluşıabilecek sorunlar ve bu sorunların çözümüne yönelik nerileri ortaya koymaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bitkilerde Su Tüketimi ve Belirlenmesi

Sulama, bitki gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun, çevre sorunu yaratmadan, toprakta bitkinin kök bölgesine gereken zamanda ve gereken miktarda verilmesidir. Bunun yanı sıra sulama, toprak ve hava ısısının kontrolü, bitki zararlıları ile mücadele, gübreleme, toprakta oluşan fazla tuzların yıkanması gibi amaçları da kapsar (Özgenç ve Erdoğan 1988).

Toprakta bulunan besin elementlerinin doğal döngüsünü tamamlayabilmeleri tamamen su döngüsüne bağlıdır. Su döngüsü yağış ve sulama suları ile toprağa verilen suyun evaporasyon (toprak yüzeyinden olan buharlaşma) ve transpirasyon (bitki yapraklarından olan terleme) ile tekrar havaya iletilmesi olayıdır. Bitkiler evapotranspirasyonla önemli miktarda suyu topraktan alıp su buharı şeklinde havaya verirler. Bu olay sırasında birçok besin elementi de suda çözünmüş olarak bitki bünyesine girer ve buradaki iletim demetleri aracılığı ile taşınırlar (Akgül 2008).

Maksimum verim elde edebilmek ve ekonomik sulama gerçekleştirebilmek için bitki su tüketiminin bilinmesi gerekir (Beyribey vd 1997). Bitki su tüketimi değerleri kullanılarak bitkilerin sulama suyu gereksinimleri ve sulama zamanı belirlenebilmekte, sulama sistemlerinin projelendirilmesi gerçekleştirilmekte, sisteme su sağlayacak şebekenin boyutlandırılması yapılmakta ve tamamlayıcı sulamanın gerekliliğine karar verilmektedir (Kodal 1982).

Bitki su tüketimine etki eden birçok parametre vardır. Bunlar; solar radyasyon, sıcaklık, bağıl nem, rüzgar, güneşlenme süresi, gündüz saatlerini içeren iklim faktörleri, toprak nemi, toprağın işlenme durumu, verimliliği ve bitki örtüsünü içeren toprak faktörleri ve bitki cinsi, gelişme evresi, büyüme mevsimini içeren bitki faktörleridir. Bu faktörler dikkate alındığında bitki su tüketiminin saptanmasında en güvenilir sonucu verecek olan

yöntem ölçüm yöntemleridir. Ancak bu işlem hem zaman alıcı hem de pahalıdır. Bunun yerine araştırmacılar bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek çok sayıda eşitlikler geliştirmişlerdir (Beyribey vd 1997).

Ülkemizde Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) bitki su tüketimlerini hesaplamada az sayıda veri gerektiren ve uzun dönem için daha sağlıklı sonuçlar veren Blaney-Criddle (USDA-SCS) (Stands for United States Department of Agriculture-Soil Conservation Service) yöntemini tercih etmektedir (Kodal vd 1988).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO), çayır referanslı bitki su tüketimini belirlemek için Penman-Monteith eşitliğini önermiştir. Kısa dönemde en sağlıklı sonucu veren ve çok sayıda iklim verisi gerektiren bir yöntemdir. Çok sayıda veri gerektirmesinden dolayı uzun yıllar tercih edilmemiştir (Erözel vd 1992).

Bitki su tüketimi tahmin yöntemleri, birbirinden farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde, yöresel kalibrasyonları yapılmamışsa, genellikle sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Hatta aynı bölgede farklı cinsteki bitkilerde yararlanılacak yöntem de farklı olabilmektedir (Jensen *et al.* 1990).

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de bitki su tüketimi tahmin eşitliklerinin kullanılabilirliği ve en uygun yöntem veya yöntemlerin seçimi üzerine çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Yürütülen bu çalışmalar arasından önemli olan bazıları aşağıda verilmiştir.

Çukurova koşullarında pamuk bitkisi için Blaney-Criddle, Hargreaves ve Penman yöntemlerinin daha uygun olduğu belirtilmiştir (Tekinel ve Kanber 1981). Ankara koşullarında mısır için Penman (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemlerinin (Yıldırım 1993), ayçiçeği ve yonca için Jensen- Haise yönteminin (Kadayıfçı ve Yıldırım 1998; Selenay ve Kadayıfçı 1999) daha sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Tekirdağ koşullarında mısır ve soğan için Jensen-Haise yönteminin uygun olduğu belirtilmiştir. (Orta vd 1997; Şener 1999). Kırklareli koşullarında buğday için Penman (FAO),

şekerpancarı ve ayçiçeği için ise Blaney-Criddle yöntemlerinin sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Yüksel ve Erdem 1997).

Kodal (1982), İç Anadolu'da Ankara, Eskişehir ve Konya Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinde bitki su tüketimi yöntemini belirleyebilmek için Blaney-Criddle, Penman-Monteith ve Jensen-Haise yöntemleri ile bitki su tüketim değerlerini hesaplamış ve bu değerleri tarla denemeleri sonuçları ile karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, yöre koşullarında aylık dönemlerde daha sağlıklı sonuçlar veren Kodal eşitliğini geliştirmiştir.

Güngör ve Yıldırım (1989), su tüketiminin belirlenmesinde kullanılabilecek yeni bir tahmin yönteminin oluşturulmasına yönelik yapmış olduğu deneysel çalışmada, Köy Hizmetleri Araştırma Enstitülerinde çeşitli bitkiler için tarla denemeleri ile belirlenen aylık bitki su tüketim değerlerini kullanarak yeni bir tahmin eşitliği oluşturmuş ve bu eşitlik için araştırmaya alınan bitkilere ilişkin bitki katsayılarını hesaplamıştır. Türkiye için önerilen yöntem ile hesaplanan bitki su tüketimi değerlerini, Blaney-Criddle yöntemiyle bulunan bitki su tüketimi değerleri ile karşılaştırmış ve araştırma ile elde ettiği yeni tahmin eşitliği ile hesapladığı bitki su tüketim değerlerinin, Blaney-Criddle yöntemi ile bulunan bitki su tüketimi değerlerine daha yakın olduğunu saptamıştır.

Orta (1994), yüzey (karıklarda göllendirme), yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin biber bitkisi üzerindeki verim etkisini incelemiş ve bu inceleme sırasında bitki su tüketim değerleri için en uygun yöntemin Penman'ın FAO modifikasyonu olduğunu saptamıştır. Ayrıca bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı eğrisi hazırlamıştır.

Kodal vd (1995), Ankara koşullarında farklı sulama yöntemlerinin domates verimine etkisini incelemiş ve bitkinin su tüketim hesaplamasında Penman (FAO) yönteminin kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Yıldırım ve Kodal (1995), Ankara koşullarında tarla denemeleri ile mısır bitkisi için bitki su tüketimi değerlerini hesaplamışlar ve bu değerleri Blaney-Criddle (FAO),

Radyasyon (FAO), Kap buharlaşması (FAO), Hargreaves (FAO), Penman-Monteith (FAO), Penman (Orj), Penman (FAO), Jensen-Haise (FAO) yöntemleriyle hesaplanmış değerlerle karşılaştırmışlar, Penman (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Yüksel ve Erdem (1997), Kırklareli’nde buğday, şeker pancarı ve ayçiçeği bitkilerinin tarla denemeleri ile belirlenen su tüketim değerlerini Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Penman (FAO) ve Jensen-Haise yöntemleriyle bulunan değerlerle karşılaştırmışlar ve sonuç olarak buğday için Penman (FAO), şeker pancarı ve ayçiçeği için Blaney-Criddle yöntemlerinin sağlıklı sonuçlar verdiğini görmüşlerdir.

İlhan ve Utku (1998), GAP sulama alanında ekimi yapılması planlanan bitkilerin bitki su gereksinimini iklim faktörlerinden sıcaklık, güneşlenme süresi, bağıl nem, rüzgar ve toplam yağışların aylık ortalama değerlerini kullanarak saptamışlar ve hesaplama sonuçlarının güvenilir olması nedeniyle Penman-Monteith yöntemini tercih etmişlerdir.

Şahin (1998), Iğdır ve Erzurum-Pasinler bölgelerinde çeşitli bitkilere ait deneysel bitki su tüketimi sonuçlarını bazı tahmin yöntemlerinin sonuçlarıyla karşılaştırmış ve pamukta Penman (FAO-Düzeltilmiş), şekerpancarında Blaney-Morin, domates ve buğdayda Jensen-Haise, II, mısırda Hargreaves-II, Erzurum-Pasinler bölgesinde, ayçiçeğinde Blaney-Morin, patatesten Penman (FAO-Düzeltilmiş), şekerpancarında Hargreaves-Samani ve buğdayda Turc yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Ünlü (2000), Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin bitki su tüketimi ve bitki katsayılarını belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada, bitki su tüketimi değerlerinin hesaplanması için enerji dengesi eşitliğinin kullanılması gerektiğini belirtmiş ve bitki katsayılarının hesaplanması için de Penman-Monteith (FAO), Blaney-Criddle (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemlerinden yararlanmıştır.

Orta vd (2000), Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi deneme alanında 1997-1999 yılları arasında yürüttükleri çalışmada, damla ve yüzey sulama yöntemleri ile sulanan Starking Delicious çeşidi elma ağaçlarının on günlük periyotlardaki su tüketimini ölçmüşler ve ölçtükleri değerleri bazı bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak Penman yönteminin FAO modifikasyonunun daha sağlıklı sonuçlar verdiğini belirlemişler ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı (kc) eğrisi hazırlamışlardır.

Kırnak vd (2002), Harran koşullarında susam bitkisi için deneme yoluyla hesaplamış oldukları bitki su tüketim değerlerini Turc, Hargreaves, Jensen-Haise, Penman (FAO), Radyasyon (FAO), Blaney-Criddle (FAO) ve Kap buharlaşma (FAO) yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla kıyaslamış ve en sağlıklı sonucu Kap Buharlaşma (FAO) yönteminin verdiğini görmüşlerdir.

Aydınşakir vd (2003), Antalya yöresinde tarla ve lizimetre koşullarında uygun olan çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yöntemi için öncelikle A Sınıfı Buharlaşma Kabı yönteminin, sonrasında ise Penman yönteminin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Şahin *et al.* (2004), Türkiye'nin 20 farklı iklim koşulunda bitki su tüketiminin saptanmasında hangi tahmin yönteminin kullanılmasının uygun olacağını belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, FAO-PPP 17, Penman (Merva-Fernandez), Penman-Monteith ve Penman-Monteith (FAO) yöntemlerinin kullanılmasının sağlıklı olacağını ifade etmişlerdir.

Uçar vd (2005), Isparta koşullarında ölçülen bitki su tüketimi değerlerini, Penman FAO modifikasyonu, Kap Buharlaşması FAO modifikasyonu, Jensen-Haise, Penman-Monteith, Hargreaves ve A sınıfı kap buharlaşması yönteminin Christiansen-Hargreaves modifikasyonu yöntemleriyle hesaplanan bitki su tüketimi değerleriyle karşılaştırmış ve en yakın tahminin Jensen-Haise yöntemi ile elde edildiğini saptamışlardır.

Gürgülü ve Ul (2008), Büyük Menderes Havzası içerisinde yer alan ve büyük bir tarım potansiyeline sahip olan Akçay Sol Sahil Sulama Birliği bünyesinde yetiştirilen bazı bitkiler için sulama zamanı planlaması gerçekleştirmeye yönelik yaptıkları çalışmada referans bitki su tüketimi değerlerini Penman- Monteith (FAO) yöntemi ile belirlemişlerdir.

Taş ve Kırnak (2011), Blaney-Criddle, Blaney-Criddle (FAO), Radyasyon, Penman, Hargreaves-Samani ve Pan buharlaşma (FAO) yöntemlerini kullanarak hesaplamış oldukları bitki su tüketim değerlerini birbiri ile kıyaslamışlar ve sonuç olarak en uygun yöntemin Penman olduğunu belirtmişlerdir.

Kaya ve Özdengiz (2013), Erzurum-Sakalikesik Ovası'nda sulu tarıma geçmeden önce, bitki su tüketimleri, sulama programları ve sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, ovanın sulama suyu ihtiyacını Cropwat bilgisayar program yardımıyla yörenin iklim, bitki ve toprak verilerini kullanarak; kurak, normal ve yağışlı yıllar için belirlemişlerdir. Belirledikleri değerlere göre, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından planlanmış ana kanal debisinin, araştırma sahasının sulama suyu ihtiyacını kurak, normal ve yağışlı yıllarda karşılayabileceğini ifade etmişlerdir.

2.2. Sulama Sularında Kalite ve Belirlenmesi

Nüfusun hızla arttığı Türkiye'de buna paralel olarak gıda gereksinimi de hızla artış göstermektedir. Gıda üretimi ve tüketimi arasındaki denge ancak tarımsal üretimin artırılmasıyla sağlanabilmektedir. Bu da toprak ve su gibi tarımsal girdilerin sınırlı olması nedeniyle sıkıntı oluşturmaktadır. Ayrıca sulama sularının kalite yönünden farklı toprak koşulu ve bitki çeşidinde kullanımının kısıtlı olması, bitkisel üretim sorununu daha da arttırmaktadır.

Kalitesi iyi olmayan sular, özellikle de kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tarım yapılabilir toprakların kısa sürede üretim dışı kalmasına neden olabilir. Çünkü bu bölgelerde sıcaklıktan dolayı bitki su tüketimi yüksektir. Genel olarak doğal drenaj da

yetersizdir ve buna bağlı olarak toprakta birikebilecek tuzların yıkanması için su yetersiz kalmaktadır. Bu durumda kalitesi iyi olmayan suların kullanımıyla bitki olumsuz yönde etkilenmektedir (Öztürk 1994).

Sulama suyu kalitesinin belirlenmesinde suyun içindeki iyonların hem toprağa hem de bitkiye etkilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Sulama suyu kalitesinin toprağa ve bitki yetişmesine olan etkisi, toprağın kimyasal ve fiziksel özelliğine, yetiştirilen bitkinin tuza duyarlılığına, bölgenin iklim koşullarına ve uygulanan sulama yöntemi, sulama aralığı ve sulama suyu miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Rhoades 1972).

Sulama sularının kimyasal olarak kalitelerinin belirlenmesinde kullanılan başlıca kriterler şunlardır;

1. pH,
2. Eriyebilir tuzların toplam miktarı,
3. Sodyum katyonunun diğer katyonlara olan oranı,
4. Bazı koşullarda kalsiyum-magnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat iyonu konsantrasyonu ve
5. Bor ve diğer bazı toksik olabilecek özel iyonların konsantrasyonudur (Kanber ve Ünlü 2010).

pH

pH değeri, suda yer alan hidrojen ve hidroksil iyonlarının derişimi olarak adlandırılmaktadır. pH değerine bakılarak sulama suyunun nötr, asit veya baz karakterinde olup olmadığına karar verilir. pH değeri 7'den küçük olan sulara asidik, pH değeri 7 olan sulara nötral, pH değeri 7'den büyük olan sulara bazik sular denir. En önemli etkinliği bitki besin elementlerinin alımını etkilemesidir (Will and Faust 1999). Sulama suları için 6.5-8.4 aralığı pH açısından uygun görölmektedir (Ayers and

Westcot 1989). Bitki çeşidi, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri pH değerinin uygunluk sınırlarını etkileyebilir (Yıldıztekin 2007).

Eriyebilir Tuzların Toplam Miktarı

Sularda erimiş halde doğal olarak bulunan genel iyonlar; kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum katyonları ile karbonat, bikarbonat, klorür, sülfat ve nitrat anyonlarıdır.

Kalsiyum: Kalsiyumun atom ağırlığı 40.08; değeriği 2'dir. Kalsiyum önemli bitki besin elementidir. Doğadaki başlıca kalsiyum kaynakları karbonatlar (kireç taşı veya mermer), jips (CaSO_4 yani alçı taşı) ve kalsiyum fosfattır. Genellikle sudaki kalsiyum iyonu kaynağını karbonatlı ve sülfatlı kalsiyum mineralleri teşkil eder. Bu nedenle sularda, çok değişik konsantrasyonlarda Ca bulunabilir (Güler 1997). Kalsiyum tuzlarının eriyebilirlikleri çok farklıdır. Karbonat ve fosfat tuzları suda erimez iken, asitte eriyebilir niteliktedir. Sülfat, klorit ve nitrat tuzları ise suda eriyebilir niteliktedir (Kanber ve Ünlü 2010). Kalsiyum suya sertlik özelliği veren en önemli iyondur (Güler 1997). Kalsiyum katyonu, topraktaki iyon değişimine katılarak toprağın fiziksel özelliklerini düzeltici etkiye sahiptir (Özbek 1990).

Magnezyum: Magnezyumun atom ağırlığı 24.32; değeriği 2'dir. Magnezyum da kalsiyum gibi önemli bitki besin elementidir ve toprak yapısını iyileştirmektedir. Ancak bunların fazlalığında bitkilerde çözünabilir demir azalır ve demir noksanlığı görülür. Ayrıca suya sertlik özelliği kazandırmaktadır (Goss and Barry 1995). Kalsiyum ve magnezyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri sırasıyla kalsiyum için 0-20 me/L, magnezyum için ise 0-5 me/L'dir (Ayers and Westcot 1989).

Sodyum: Sodyumun atom ağırlığı 22.997; değeriği 1'dir. Yeryüzünde en fazla bulunan elementtir. Deniz suyunda çok miktarda, sulama sularının hemen hemen hepsinde en azından ölçülebilecek miktarda bulunur. Sodyum tuzlarının yaklaşık olarak tümü suda eriyebilir niteliktedir. Sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etkili bir katyondur.

Sodyumun alkalilik yaratma tehlikesi, sodyum katyonunun mutlak konsantrasyonu yanında, sodyumun diğer katyonların toplam konsantrasyonuna göre oransal miktarının yüksek olmasına da bağlıdır (Sönmez ve Kaplan 1996). Fazla sodyumlu sularla sulanan topraklar, sodyumun disperse edici özelliğinden dolayı sıkı, tavsız ve strüktürsüz bir hal almakta ve bu tür topraklar olumsuz yönde etkilenmektedir (Anonim 1996). Suyun toprakta oluşturacağı tuzluluk zararı Na konsantrasyonunun yüksekliğine bağlıdır. Na^+ katyonu değerinin 5.43 me/L'nin altında bulunması koşulu aranmaktadır (Dişli 1997).

Potasyum: Potasyumun atom ağırlığı 39.096; değerliği 1'dir. Toprağı oluşturan bir çok kompleks silikatların temel taşıdır. Silikat minerallerinden başka çok sayıda potasyum tuzları suda çözünür özelliktedir. Sularda olan en çok potasyum tuzları, KCl , K_2SO_4 , K_2CO_3 ve KNO_3 'lardır (Kanber ve Ünlü 2010). Sularda çok düşük miktarda bulunan potasyum birkaç ppm'den fazla olursa gübreler ve diğer kaynaklardan beslenmeye işaret eder (Will and Faust 1999). Bitki gelişimi açısından gerekli olan potasyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri 0-2 mg/L'dir (Ayers and Westcot 1989).

Katyonların suların bileşiminde bulunma durumları ortalama dağılımlarına göre $\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ sırasını izlemektedir.

Karbonat ve Bikarbonat: Bikarbonat molekül ağırlığı 61.018; birleşme değeri -1'dir. Karbonatın molekül ağırlığı 60.01; birleşme değeri -2'dir. Sulama sularında genel olarak bir miktar kalsiyum bikarbonat bulunur. Ortamda karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması ile suyun pH değeri artar ve suda alkali özellikler egemen olur. Bu durumda kalsiyumun çökmesiyle sistemde sodyum egemen duruma geçer. Sodyum karbonat gibi alkali karbonatların olması sulama suyunda istenmez ve bu bitkilerde toksik etki yapar (Kanber ve Ünlü 2010). Sodyum karbonat aynı zamanda; toprağın fiziksel özelliklerini de bozar, pH'yı artırır, bitki besin maddelerinin alınımını azaltır.

Klorür: Klorürün atom ağırlığı 35.457, değerliği -1'dir. Klorür, bütün sularda (özellikle yeraltı suyu) bulunan bir anyondur. Çözültide en çok bulunan formu sodyum klorür

(NaCl)'dir. 3.95 me/L'den yüksek konsantrasyonları bitkiler için zehirli etki yapmaktadır (Yıldıztekin 2007). Klorürlü tuzların içinde en zehirli olanı magnezyum klorür ($MgCl_2$) tuzudur. Yüksek klorür konsantrasyonunun metal boru ve yapılara, ağaç ve bitkilerin çoğuna zararlı etkisi vardır. Klorür içeriği sularda mineral içeriğinin fazla olması anlamına gelir ve 7.04 me/L'den yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşturur. Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluğu ve buna bağlı olarak EC'nin de yüksek değerde olduğunun göstergesidir. Klorür konsantrasyonunun alacağı değerler, gerek içme ve endüstriyel su kalitesi gerekse de sulama suyu kalitesi açısından doğrudan önem taşımaktadır (Ünlü vd 2007).

Sulama suyu olarak kullanımı bakımından Cl anyonu değeri 4 me/L'den düşük ise kabul edilebilir, 4-10 me/L arasında ise koşullara göre (toprak ve bitki) denetimli kullanım ve 10 me/L'den fazla ise uygun olmadığı kabul edilmektedir. Ayrıca yağmurlama sulama için Cl'ün sınır değeri 3 me/L'den az olmalıdır (Ayers and Westcot 1989).

Sülfat: Sülfat molekül ağırlığı 96.06; birleşme değeri -2'dir. Yeryüzünde fazla bulunan sülfat sulama sularında ve topraklarda düşük konsantrasyonlarda bulunur. Sodyum ve magnezyum sülfatlar suda çözünebilir, kalsiyum sülfat ise suda çok az çözünür. Sülfat, toprakta tuzluluğun artmasından çok diğer toprak özelliklerine etki eder. Suda bulunması bitkiler için yararlıdır (Kanber ve Ünlü 2010).

Scofield (1936) tarafından belirtilen sulama sularında izin verilebilir sülfat anyonu konsantrasyonu sınırları Çizelge 2.1'de verilmiştir (Özbek 1990).

Çizelge 2.1. Scofield (1936)'a göre sulama sularında sülfat uygunluk sınır değerleri

SO ₄ (mg/L)	Uygunluk sınırı
<192	Çok iyi
192-336	İyi
336-576	İzin verilebilir
576-960	Kullanılması sakıncalı
>960	Kullanılmaz

Yine Eaton (1950)'da sulama sularındaki sülfat konsantrasyon sınırlarını 3 sınıf şeklinde düzenlemiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Eaton'a göre sülfat uygunluk sınır değerleri

SO ₄ (mg/L)	Sınıfı	Uygunluk sınırı
<192	1.sınıf	İyi
192-576	2.sınıf	İzin verilebilir
>576	3.sınıf	Sakıncalı

Nitrat: Nitrat molekül ağırlığı 62.008; birleşme değeri -1'dir. Nitrat tuzları suda kolay çözünür ve yıkanır. Bitki büyümesi için önemi olan nitrat yerüstü ve yeraltı sularında çok az bulunur; ancak yeraltı sularında yüzey sularına göre daha fazla bulunabilir (Egemen 2005). Nitratlar gübre olarak kullanılmaktadırlar. Sürekli ve kontrolsüz sodyum nitrat gübrelemesi, toprakların yapısını ve hidrolik iletkenliğini olumsuz şekilde etkiler (Varol vd 2005). Sulama sularında nitratların olması verimlilik açısından istenilen bir özelliktir (Kanber ve Ünlü 2010). Nitrat iyonu 5 mg/L'den düşük ise kabul edilebilir, 5-30 mg/L ise şüpheli ve 30 mg/L'den fazla ise uygun değildir (Ayers and Westcot 1989).

Suda eriyebilen maddelerin konsantrasyonu genellikle elektriksel iletkenliğin ölçülmesi ile belirlenir. Elektriksel iletkenlik, sulama suyunun kalitesini, çorak toprakların yıkama suyu ihtiyacını belirlemede önemli bir kriterdir (Savcı 1989). Sular, toprakta tuzluluk

tehlikesi yaratması açısından elektriksel iletkenliklerine (EC) göre farklı sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmışlardır. Bugün ülkemizde en yaygın olarak kullanılan ABD Tuzluluk Laboratuvarınca hazırlanmış olan sınıflandırma sistemidir (Çizelge 2.3) (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 2.3. Sulama sularının elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması

Sınıflar	ECx10 ⁶ (µmhos/cm)
C1 – (Az tuzlu sular)	0-250
C2 – (Orta tuzlu sular)	250-750
C3 – (Yüksek tuzlu sular)	750-2250
C4 – (Çok yüksek tuzlu sular)	2250-5000

Az tuzlu sular (C1): Bu sular her türlü toprakta tüm bitkiler için güvenle kullanılan en iyi sınıf sulardır. Biraz yıkamaya ihtiyaç olsa bile bu işlem, çok düşük permeabiliteli topraklar hariç, normal sulama şartlarında kendiliğinden meydana gelmektedir (Yıldıztekin 2007).

Orta tuzlu sular (C2): Bu sular tuza çok hassas bitkiler hariç, orta derecede yıkanmanın olduğu topraklarda kullanılabilir (Anonim 2013b).

Yüksek tuzlu sular (C3): Bu sular, orta ve iyi derecede geçirgenliğe sahip topraklarda kullanılabilirler. Toprakta tuz birikmesini önlemek için toprak işlemi ve düzenli yıkama programları izlenmeli ve tuza dayanıklı bitkiler seçilmelidir (Anonim 2013b).

Çok yüksek tuzlu sular (C4): Bu sular, drenajı tam olan ve geçirgen topraklarda kullanılırlar. Tuz birikmesini önleyebilmek için fazla su vererek yeterli derecede yıkanmayı sağlamak ve bu işlemi düzenli yapmak gerekir. Tuza dayanıklı bitkilerin seçilmesine dikkat edilmelidir. 5000 µmhos/cm den yüksek elektriksel iletkenliğe sahip aşırı tuzlu suların, genellikle sulama amacı ile kullanılması önerilmez (Yıldıztekin 2007).

Elektriksel iletkenliği yüksek tuzlu sularla sulanan toprakların kök bölgesinde oluşan aşırı tuzluluk doygunluk szntsnn elektriksel iletkenliğini önemli ölçüde arttırmakta ve bitki gelişimi üzerine zararlı bir etkiye sahip olmaktadır. Bu etki toplam elektrolit yoğunluğu ve büyük ölçüde özel çözülebilir bileşiklerin bağımsızlığı ile ilişkilidir. Saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği 4000 $\mu\text{mhos/cm}$ 'yi geçtiği zaman, toprakta tuzluluk zararı gözlenmeye başlamaktadır. Bu durumda bitki gelişimi öncelikle azalır, çünkü stres altında yaşamını sürdürebilmesi için gerekli biyokimyasal ayarlamaların yapılması ve kök bölgesindeki topraktan suyunu alabilmesi için bitkinin yüksek miktarda enerji harcaması gerekir. Bu enerji ise gelişim ve verim için gerekli olan enerjinin bu amaçla kullanılmasıyla sağlanır. Eriyebilir tuzların konsantrasyonu arttıka, tuza yarı dayanıklı ve dayanıklı olan bitkilerde bile, normal tuzsuz koşullara oranla önemli ölçüde üründe azalma meydana gelmektedir (Can 2007).

Tuzluluk artışı osmotik basıncı ve toksik etkiyi artırarak bitki gelişimini ve dolayısıyla verimi olumsuz etkilemektedir. Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak bazı bitkiler için izelge 2.4'de Ayers and Westcot (1989)'dan alınan verim azalış oranları kriter olarak kullanılabilmektedir (Kanber ve nl 2010).

Sodyum Katyonunun Diğer Katyonlara Oranı

Sodyumun etkisini değerlendirmede pratikte en bilinenlerden biri %Na değeridir. %Na, sodyumun katyon toplamına oranıyla hesaplanır. Genel olarak %50-60'tan yüksek olması arzu edilmez. Sodyum miktarının değerlendirilmesinde kullanılan diğer en önemli kriter Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)'dır. Sulama suyunda bulunan Na, Mg ve Ca katyonları me/L olarak ifade edilmek suretiyle;

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

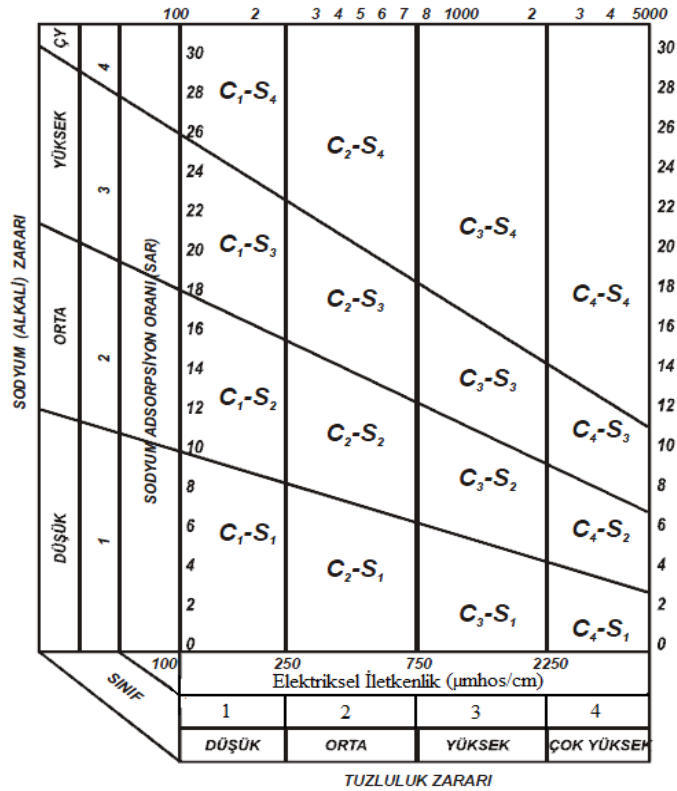
eşitliği ile hesaplanmaktadır. Sulama sularının sodyum açısından oluşturabileceği zararları ifade etmek için SAR değerinin yanı sıra dzeltiimiş sodyum adsorbsiyon oranı

(AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) gibi değerlendirme ölçütleri de kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama suyundaki Na miktarı Ca+Mg miktarına göre fazla ise suda sodiklik tehlikesi var demektir. Na miktarının yüksek olması toprakta katyon yer değiştirmesine neden olur ve özellikle H^+ iyonunun artması sonucunda toprağın asidik bir hale gelmesine neden olabilir (Anonim 2013b).

SAR değeri Na ve alkalilerin toprak üzerindeki etkilerini belirlemede önemli bir parametre olmasının yanı sıra sulama sularının sınıflandırılmasında da kullanılan önemli bir kriterdir.

ABD de Tuzluluk Laboratuvarı Sodyum Adsorbsiyon Oranına göre sulama sularını 4 sınıfa ayırmıştır (Şekil 2.1) (Kanber ve Ünlü 2010).



Şekil 2.1. ABD Tuzluluk Laboratuvarı sulama suyu tuzluluk-alkalilik zararı sınıflandırma grafiği

Çizelge 2.4. Sulama suyu (EC_w) veya toprak suyu (EC_e) tuzluluğuna (dS/m) bağlı olarak geleneksel ve yüzey sulama yöntemleriyle sulanan bazı bitkilerde beklenen verim azalış düzeyleri

Bitkiler	%0 EC_e	EC_w	%10 EC_e	EC_w	%25 EC_e	EC_w	%50 EC_e	EC_w	%100 EC_e	EC_w
Tarla bitkileri										
Arpa	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12	28	19
Pamuk	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12	27	18
Şekerpancarı	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10	24	16
Sorgum	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13	8.7
Buğday	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13	8.7	20	13
Sert buğday	5.7	3.8	7.6	5.0	10.0	6.9	15	10	24	16
Soya	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10	6.7
Hayvan pan.	4.9	3.3	5.7	3.8	7.0	4.7	9.1	6.0	13	8.8
Yerfıstığı	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
Çeltik	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11	7.6
Şeker kamışı	1.0	1.1	3.4	2.3	5.9	4.0	10	6.8	19	12
Mısır	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Keten	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Bakla	1.5	1.1	2.6	1.8	4.2	2.0	6.8	4.5	12	8.0
Fasulye	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
Sebzeler										
Kabak	4.7	3.1	5.8	7.8	7.4	4.9	10	6.7	15	10
Pancar	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15	10
Bal kabağı	3.2	2.1	3.8	2.6	4.8	3.2	6.3	4.2	9.4	6.3
Karnabahar	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14	9.1
Domates	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13	8.4
Hıyar	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10	6.8
Ispanak	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15	10
Kereviz	1.8	1.2	3.4	2.3	5.8	3.9	9.9	6.6	18	12
Lahana	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12	8.1
Patates	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Tatlı mısır	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10	6.7
Tatlı patates	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11	7.1
Biber	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.6	5.8
Marul	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.1	3.4	9.0	6.0
Turp	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.0	3.4	8.9	5.9
Soğan	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0
Havuç	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	8.1	5.4
Fasulye	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
Şalgam	0.9	0.6	2.0	1.3	3.7	2.5	6.5	4.3	12	8.0
Meyveler										
Hurma	4.0	2.7	6.8	4.5	11	7.3	18	12	12	21
Greyfurt	1.8	1.2	2.4	1.6	3.4	2.2	4.9	3.3	8.0	5.4
Portakal	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0	5.3
Şeftali	1.7	1.1	2.2	1.5	2.9	1.9	4.1	2.7	6.5	4.3
Kayısı	1.6	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5	5.8	3.8
Üzüm	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	7.9
Badem	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.8	6.8	4.5
Erik	1.5	1.0	2.1	1.4	2.9	1.9	4.3	2.9	7.1	4.7
Böğürtlen	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5	6.0	4.0
Ahududu	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5	6.0	4.0
Çilek	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4.0	2.7
Çayır otları										
Yüksek otlak ayrığı	7.5	5.0	9.9	6.6	13	9.0	19	13	31	21
Bermuda otu	6.9	4.6	8.5	5.6	11	7.2	15	9.8	21	17
Arpa (Hasıl)	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13	8.7	20	13
İngiliz çimi	5.6	3.7	6.9	4.6	11.9	5.9	12	11.1	19	14
Yumruluk anyas	4.6	3.1	5.9	3.9	7.9	5.3	11	7.4	18	12
Yaban çavdarı	2.7	1.8	4.4	2.9	6.9	4.6	11	7.4	19	13
Gazal boynuzu	5.0	3.3	6.0	4.0	7.5	5.0	10	6.7	15	10
Yonca	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16	10
Domuz ayrığı	1.5	1.0	3.1	2.1	5.5	3.7	9.6	6.4	18	12
Tilki kuyruğu	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12	8
Tırıl	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	10	7

Az sodyumlu sular (S1): SAR değeri <10 olan sular, normal koşullarda her türlü toprakta kullanılabilir, toprakta zararlı miktarda Na birikmez. İyi nitelikte sulama suyu sayılır. Ancak taş çekirdekli meyveler gibi alkaliliğe karşı duyarlı olan bitkiler etkilenebilir (Yıldıztekin 2007).

Orta sodyumlu sular (S2): SAR değeri 10-18 arasında olan sulardır. Kaba bünyeli, geçirgenliği iyi olan, organik maddece zengin topraklarda kullanılır. Az yıkama koşullarında önemli derecede Na tehlikesi yaratabilir (Yıldıztekin 2007).

Yüksek sodyumlu sular (S3): SAR değeri 18-26 arasında olan sular birçok toprakta zararlı derecede alkalilik yaratabilir. Geçirgenliği iyi kumlu topraklarda ve jips içeren topraklarda kullanılabilir. Değişebilir sodyum yerine kalsiyumu koymak için bazı kimyasal maddeler eklenmesi gerekebilir. Ancak çok yüksek tuzlu sularda kimyasal madde katılamayabilir (Yıldıztekin 2007).

Çok yüksek sodyumlu sular (S4): SAR değeri >26 olan sular genel olarak sulamaya uygun değildirler. Toplam tuz konsantrasyonu az eriyebilir kalsiyumca zengin ve jips gibi bir madde uygulandığında kullanılabilir (Anonim 2013b).

Kalıcı Sodyum Karbonat

Sularda $Mg+Ca$ konsantrasyonunun CO_3+HCO_3 konsantrasyonundan düşük olması bu suların kullanıldığı toprakların fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Bu durumun değerlendirilebilmesi için Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) miktarına göre sulama sularının sınıflandırılmasında Eaton (1950)'de verilmiş Çizelge 2.5'deki değerlerden yararlanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 2.5. Kalıcı sodyum karbonat (RSC)'a göre sulama suyu sınıfları ve kullanılabilirliği

Sınıfı	RSC (me/L)	Açıklamalar
1.Sınıf	< 1.25	Sulamada güvenle kullanılabilir.
2.Sınıf	1.25 – 2.5	Uygun işletme koşullarında ıslah maddeleri ile kullanılabilir.
3.Sınıf	> 2.5	Sulamada kullanılmaz.

Bor (B) konsantrasyonu: Sulama sularında boraks ve borikasit şeklinde bulunur. Bor elementi bitkilerin yetişmesi için ana elementlerden biri olmasına rağmen 3 ppm'den fazla bulunması halinde toksik etkisi göstererek bitkilerin ve sebzelerin büyümesine etki eder. Yüksek miktarda bor genellikle tuzlu topraklarda bulunur. Özellikle meyve ağaçları ve narenciye bor elementine karşı oldukça hassastır (Savcı 1989).

Maas (1987)'dan alınan kültür bitkilerinin göreceli bor direnç değerleri Çizelge 2.6'da Scofield (1936)'a göre sulama sularının bor sınıfları da Çizelge 2.7'de verilmiştir.

Çizelge 2.6. Kültür bitkilerinin bor dirençleri

Çok duyarlı (<0.5 mg/L)	Duyarlı (0.5-0.75 mg/L)	Duyarlı (0.75-1.0 mg/L)	Yarı duyarlı (1.0-2.0 mg/L)
Limon Böğürtlen	Avokado Altıntop Portakal Kayısı Şeftali Erik Bağ Ceviz Üçgül Soğan	Sarımsak Tatlı patates Buğday Arpa Ayçiçeği Fasulye Susam Bakla Çilek Yerfıstığı	Kırmızı biber Börülce Havuç Patates Hıyar
Yarı duyarlı (2.0-4.0 mg/L)	Dayanıklı (4.0-6.0 mg/L)	Çok dayanıklı (6.0-15.0 mg/L)	
Marul Lahana Kereviz Şalgam Yulaf Mısır Tütün Kabak	Sorgum Domates Pancar Şekerpancarı	Pamuk Kuşkonmaz	

Çizelge 2.7. Scofield (1936)'a göre sulama suları için bor sınıfları

Bor sınıfı	Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Dayanıklı bitkiler
1.Çok iyi	< 0.33 ppm	< 0.67 ppm	< 1.00 ppm
2.İyi	0.33-0.67 ppm	0.67-1.33 ppm	1.00-2.00 ppm
3.Kullanılabilir	0.67-1.00 ppm	1.33-2.00 ppm	2.00-3.00 ppm
4.Sakıncalı	1.00-1.25 ppm	2.00-2.50 ppm	3.00-3.75 ppm
5.Kullanılmaz	> 1.25 ppm	> 2.50 ppm	> 3.75 ppm

Suların kimyasal özellikleri dikkate alınarak Ayers-Westcot (1989) tarafından da oldukça kapsamlı bir sınıflandırma rehberi hazırlanmıştır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8. Sulama suyu kalite değerlendirme rehberi

Potansiyel sorun	Kullanımdaki sınırlılık		
	Sorun yok	Sorun başlıyor	Şiddetli sorun var
1. Tuzluluk (bitkiye yararlı suyu etkiler)			
EC _w (dS/m)	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TET (ppm)	<450	450-2000	>2000
2. İnfiltrasyon (suyun toprağa girme hızını etkiler, SAR ve EC _w kullanılarak değerlendirilir)			
SAR = 0-3 ve EC _w	>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR = 3-6 ve EC _w	>1.2	1.2-0.3	<0.3
SAR = 6-12 ve EC _w	>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR = 12-20 ve EC _w	>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR = 20-40 ve EC _w	>5.0	5.0-2.9	<2.9
3. Toksisite (duyarlı bitkileri etkiler)			
Sodyum (Na)			
Yüzey sulama (SAR)	<3.0	3-9	>9.0
Yağmurlama (me/L)	<3.0	>3	
Klor (Cl)			
Yüzey sulama (me/L)	<4	4-10	>10.0
Yağmurlama (me/L)	<3	>3	
Bor (B) (ppm)	<0.7	0.7- 3	>3.0
4. Diğer etkiler (duyarlı bitkileri etkiler)			
Azot (NO ₃ -N) (ppm)	<5	5-30	>30
Bikarbonat (HCO ₃) (me/L) (yalnızca üstten yağmurlama için)	<1.5	1.5	>8.5
pH (olağan sınırlar)		6.5-8.4	

Sulama suyu kalitesi ve etkileri konusunda Türkiye’de yapılmış bazı çalışmalar ve bu çalışmaların önemli sonuçları aşağıda verilmiştir.

Ayyıldız (1990), sulama sularında çözünmüş katı maddelerin konsantrasyonunun genellikle 150-1500 mg/L arasında değiştiğini belirtmiş, yüksek tuzluluk derecelerinin bitkilere doğrudan veya toprağa dolaylı olarak zararlı olduğunu, ancak zararlılık derecelerinin bitkilerin çeşidi, toprağın karakteri, drenaj şartları, su içerisinde bulunan tuzların cinsleri, iklim vb. gibi faktörlerle kontrol altına alınabileceğini ifade etmiştir.

Yurtsever ve Sönmez (1992), sulama sularının kalitesini belirlerken yalnızca bunların kimyasal analizlerini yapmanın yeterli olmadığını, aynı zamanda bu suların kullanılacağı ortam koşullarının da dikkate alınmasının doğru olacağını bildirmişlerdir. Bu çerçevede sulanacak toprağın fiziksel özelliklerinin, bitkinin tuza dayanıklılığının, sulama yönteminin uygunluğunun, drenaj yeterliliğinin ve sulama ile drenajın işletilmesi gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Öztürk (1994), taban suyu derinliği ve sulama suyu kalitesinin, biber verimine, bitkinin bazı özelliklerine ve toprak tuzluluğuna olan etkilerini incelemek amacıyla yapmış olduğu çalışmadan, taban suyu derinliğinin azalmasıyla, biber verimi, kök derinliği ve bitki boyu değerlerinin önemli ölçüde azaldığını, buna karşılık toprak tuzluluğu değerlerinin arttığını ve taban suyu bulunan konularda su tüketiminin daha yüksek olduğunu belirlemiştir. Sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla da biber verimi, su tüketimi, meyve boyu ve bitki boyu değerlerinin önemli ölçüde azaldığını, toprak tuzluluğu, meyvedeki kuru madde miktarı, meyve, yaprak ve dallardaki toplam kül miktarlarının da önemli ölçüde arttığını belirlemiştir.

Sönmez (1995), farklı gelişme dönemlerinde domates bitkisinde sulama suyu tuzluluğunun ve SAR’ın etkilerini laboratuvar, sera ve tarla koşullarında incelemiş, 10 dS/m tuzlulukta çimlenmenin olmadığını, tuz artışıyla kuru madde miktarının arttığını, SAR artışıyla ise bitki boylarının kısaldığını belirlemiştir. Tarlada yapılan deneme sonuçlarına göre de; ilk yıl etkili olmayan tuzluluğun, 2. ve 3. yıllarda birikerek verim

üzerine artan oranlarda etkili olduğunu, 3. yıl sonunda da 0-40 cm toprak derinliğinde önemli düzeyde tuzluluk oluştuğunu bildirmiştir.

Ağca ve Ergezer (1995), Harran Ovasında 1995 yılında yaklaşık 37.000 hektarlık bir alanın yeraltı suyu ile sulandığını, sulama yapılan bu alanlarda önemli ölçüde drenaj, tuzluluk ve alkalilik sorunları olduğunu, önlemler alınmadığı takdirde bu sorunlu alanların daha da artacağını bildirmişlerdir.

Altınbaş *et al.* (1996), Saruhanlı ovasında yapmış oldukları çalışmada 23 adet derin kuyudan 3 ayrı dönemde aldıkları su örneklerinde yapılan analizlerde; örneklerin pH değerlerinin 6.50-8.47 arasında değişim gösterdiğini, örneklerin genel olarak orta bazik ve sulama süreci sonuna doğru kuvvetli bazik tepkime gösterdiklerini saptamışlardır. Elektriksel iletkenlik değerlerini 375-2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sınırları arasında belirlemiş; bunların %42.02'sinin C_3S_1 ; %57.97'sinin ise C_2S_1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığını belirtmişlerdir.

Şahin vd (1998), Erzurum ili Tortum ve Uzundere ilçelerindeki seralarda kullanılan sulama sularının, toprak, bitki ve damla sulama sistemi açısından etkilerini araştırmışlardır. 21 farklı noktadaki sulama suyu örneklerinin Ca, Mg, Na, K, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , Fe iyonları, organik madde içerikleri, pH ve EC'leri belirlenmiş, toplam tuz miktarı, Langelier Saturasyon İndeksi, %Na, SAR, AdjSAR, RSC, Potansiyel Tuzluluk, Permeabilite İndeksi ve sertlik gibi parametreleri de hesaplanarak sularının kullanılabilirlikleri irdelenmiş, toprak ve bitki açısından genel olarak bir sorun oluşturmayacağı ancak permeabilitede azalmalara yol açabileceği, damla sulama sistemlerinde ise tıkanmalara yol açabileceği ifade edilmiştir.

Kaplan vd (1999), Antalya-Kumluca yöresindeki kuyu sularının NO_3 içeriklerini araştırmak amacıyla 20 farklı kuyudan su örneği almışlardır. Bu su örneklerinde EC, NO_3 , NH_4 analizi yapılmış, suyun EC'si ile NO_3 konsantrasyonu arasında pozitif korelasyon olduğunu ve bu yöredeki kuyu sularında NO_3 kirlenmesinin çok önemli düzeye ulaştığını bulmuşlardır.

Sekin vd (2001), Manisa yöresinde içme, kullanma ve sulama suyu elde edilen derin kuyularda sonbahar, kış ve yaz başlangıcı olmak üzere 3 farklı dönemde su örnekleri almış ve bunlarda toksik etkili olabilecek iz elementlerin (Pb, Cd, As, Hg, Cr, Se, Sb, Fe, Cu, Mn, Ba, Zn ve B) değişimini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda tüm kuyularda Se ve Sb elementlerine rastlanmamış, diğer elementlerin konsantrasyonlarının ise izin verilen maksimum sınır değerlerinin altında olduğunu saptamışlardır.

Okur vd (2001), Büyük Menderes nehrindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymak için nehrin farklı 13 noktasından her ay alınan su örneklerinde analizlerle iz element ve ağır metal içerikleri, azot fraksiyonları ve toplam fosfor analizleri yapmışlardır. Sonuç olarak çözünmüş katı madde değeri 100 mg/L'nin üzerinde, pH 9 dolayında saptanmış ve ağır metaller kirlilik sınırında belirlenmiştir. Aynı zamanda, nehirde yoğun bir amonyak ve nitrit azotu kirlenmesi tespit edilmiştir.

Polat ve Yılmaz (2001), çalışmalarında Antalya havzası yeraltı su kaynaklarının ağır metal kirliliği yönünden TS-266'da verilen maksimum değerleri aşmadığını belirtmişlerdir. Bunun nedeni olarak ise; Antalya'da sanayi kuruluşlarının fazla olmaması, yeraltı suyu kaynaklarının debisi ile akış hızının yüksek olması ve jeolojik formasyonların suyu doğal arıtıma tabi tutmasının gösterebileceğini ifade etmişlerdir.

Çelik ve Arıgün (2001), Yerköy ovası yerüstü ve yeraltı sularının kalitesini ve birbiriyle olan ilişkilerini saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada, B ve Mn elementlerinin izin verilen maksimum değerleri aştığını ve bunun nedenlerinin litosferik (ana materyal ile ilgili) olduğunu saptamışlardır.

Şener vd (2002), Çanakkale, Ezine ve Lapseki yöresindeki yüzey, yeraltı ve rezervuar sularının sulama suyu kalite özelliklerini belirlemek amacıyla sulama dönemi boyunca almış oldukları su örneklerinde sıcaklık, EC, pH, NO₃, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl, K, Na, Ca+Mg, RSC ve SAR değerlerini belirlemişlerdir. Halileli, Yeni Mahalle ve Umurbey

kuyu sularının, NO_3 seviyesinin yüksek çıktığını, yüzey sularının kimyasal yönden yeraltı sularından daha iyi olduğunu bulmuşlardır.

Kaya ve Öztürk (2003), Elazığ sınırları içerisinde bulunan Tadım, Uluova, Eyüp Bağları tahliye çıkışı, Palu-Kovancılar, Karakoçan ve Kuzuova-Cip sulama sahalarındaki tarım arazilerinde sulamada kullanılan su kaynakları ve bu suların kalitesini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda bu suların genellikle düşük alkali özellikte, sıcaklıklarının mevsime uygun ve her türlü bitki ve toprak çeşidine uyumlu olduğunu saptamışlardır.

Varol vd (2005), Tekirdağ ili sulama sularını Sertlik, pH, EC, CI ve SAR yönünden değerlendirmiş ve suların %90'ının C_2S_1 sınıfına girdiğini belirlemişlerdir.

Kızıloğlu vd (2006), Erzurum ilinde 27 kaynaktan alınan örneklerde Ca, Mg, Na, K, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , NO_3 , Fe, B, elektriksel iletkenlik ve pH değerlerini belirlemiş, toplam tuz miktarı, langelier saturasyon indeksi, yüzde sodyum, sodyum adsorbsiyon oranı, düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı, kalıcı sodyum karbonat, potansiyel tuzluluk, permeabilite indeksi ve sertlik gibi parametreleri hesaplamış, bitki, toprak ve sulama sistemleri açısından bazı sorunların olduğunu vurgulamışlardır.

Ayrancı (2006), Muğla-Ortaca yöresi seralarında sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla alınan su örneklerinde pH, EC, Na, Mg, Ca, K, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 analizleri yapmış ve elde edilen bu sonuçlardan yararlanarak SAR, %Na, RSC değerlerini hesaplamış, en önemli sorunun klor olduğunu belirtmiş ve ayrıca örneklerin %76'sında da sülfata rastlandığını belirtmişlerdir.

Arslan vd (2007), Bafra ovasında 10 kuyudan haziran, temmuz ve ağustos aylarında su örnekleri almış ve bu su örneklerinin pH, EC, Na, Ca, Mg, K, CO_3 , HCO_3 , Cl, SO_4 , SAR ve RSC yönünden sulamaya uygunluklarını incelemişlerdir. Sonuçta 5 ve 6 nolu kuyulardaki suların sulamada kullanılmasının sakıncalı olduğunu bulmuşlardır.

Yıldıztekin (2007), 4 mevsim 20 farklı kuyudan su örneği alarak analizler yapmış, kış mevsiminde alınan su örneklerinin %50'sinin C_2S_1 , %50'sinin C_3S_1 ; ilkbahar mevsiminde %40'ının C_2S_1 , %60'ının C_3S_1 ; yaz mevsiminde %35'inin C_2S_1 , %65'inin C_3S_1 ; sonbahar mevsiminde %30'unun C_2S_1 , %70'inin C_3S_1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığını belirtmiştir. Mevsimsel olarak alınan su örneklerinde, analizleri yapılan ağır metal ve iz elementlerden Cd, Co, Ni, Pb, Fe ve Mn konsantrasyonlarının her mevsimde izin verilen maksimum sınır değerlerini aşmadığı, bor konsantrasyonları yönünden ise araştırma alanındaki tüm kuyu sularının 1. sınıf sulama suyu özelliğinde olduğu saptanmıştır.

Kumbur vd (2008), Mersin ili sınırları içerisinde tarımda kullanılan ilaçların (pestisitlerin) etkin maddelerinde yer alan ağır metallerin sulardaki kalıntı miktarlarını araştırmışlardır. Alınan 32 adet su örneğinde ilaç kaynaklı olabileceği düşünülen ağır metal (Cu, Mn, Cr, Ni, Mo) düzeyleri ile pH, tuzluluk ve EC gibi parametreler analiz edilmiş, analizler sonucunda pH, tuzluluk ve EC gibi parametrelerin tarımda kullanılan kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği, ancak ağır metal düzeylerinde ise dönemsel ve bölgesel değişmelerin olduğu ortaya konulmuştur.

Dönderici vd (2010), Adana Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarına gelen kaynak sularında renk, bulanıklık, koku, tat, iletkenlik, pH, Al, Fe, B, As, Mn, NH_4 , O_3 ve BrO_3 parametrelerine yönelik analizler yapmışlar, 61 örnekten ikisinde bulanıklık görülmüş, pH ve iletkenlik değerleri uygun bulunmuş, 61 örneğin üçünde BrO_3 , 15 örneğin birinde B, 18 örneğin birinde Mn ve birinde ise As düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir.

Ünlü vd (2011), Kütahya-Emet Bölgesinde yeraltı sularından 2010 yılına ait aylık periyotlarda alınan su örneklerinde bor ve arsenik değerlerini incelemiş, suların yüksek oranda bor içerdiğini belirtmiştir.

Bulut vd (2012), Çivril gölünün su kalitesini belirlemeye yönelik yapmış olduğu çalışmada 2004-2005 yıllarında gölün fizikokimyasal parametrelerini aylık olarak

ölçmüş, gölün bazı bölümlerinde organik kirliliğin özellikle yaz aylarında oldukça arttığını, bir bölümünde ise çözünmüş oksijen miktarının sucul canlılar için oldukça azaldığını saptamıştır.

2.3. Atık Sularla Sulama

Özellikle nüfusun hızla artması yeterli olmayan su kaynaklarına olan talebi arttırmaktadır (Kavaklı ve Civan 1997). Çok sayıda ülkede, su kaynaklarına olan talebi karşılayabilmek için, su sıkıntısı bulunmayan ülkeler de dahil olmak üzere, atıksuyun arıtımı ve yeniden kullanımı önemini giderek artırmaktadır. Böylece günümüzde atıksu arıtımı ve yeniden kullanımı, su tasarrufu ve artan su ihtiyacını karşılamada etkin bir yöntem haline gelmiştir (Yurtseven vd 2010).

Suyun yeniden kullanımı için arıtma gündeme geldiğinde bu suyun kullanım için uygun olup olmadığı asıl sorun haline gelmektedir. Özellikle sulama alanlarında meyve ve sebze yetiştiriciliğinde yüksek seviyede arıtma işlemi ve güvenilirlik gerekmektedir. Birtakım kimyasal, biyolojik ve fiziksel parametreler olarak standartların ortaya konması gerekmektedir. Bu standartlarda sulama yöntemi ve yetiştirilecek bitki deseni de göz önüne alınmaktadır (Yurtseven vd 2010).

Gerekli arıtım işlemleri yapıldığı ve teknik yöntemler uygulandığı sürece, atıksuların sulamada kullanılmasının faydaları aşağıda sıralanmıştır (Kendirli vd 2003).

1. Su tasarrufu,
2. Kurak geçen mevsimlerde alternatif su kaynağı,
3. Yeraltı suyuna destek,
4. Kentsel atıksuların çevreye zarar vermeyecek bir şekilde ve ekonomik olarak uzaklaştırılması,
5. Akarsu, kanal ve diğer yüzey su kaynaklarında kirliliğin azaltılması,
6. Yapay gübre ihtiyacını azalttığından besin maddesinden tasarruf,
7. Bitki veriminde artış,

8. Yerinde kullanım ve giderim.

Standartlar çerçevesinde arıtılmamış atıksuyun, uygun ve teknik önlemler alınmadan sulamada kullanılmasının olası riskleri de aşağıda sıralanmıştır (Kendirli vd 2003).

1. Arıtılmamış atıksu ile uzun süre devam eden ve bu su ile sulanan sebzeleri tüketen kişilerde ciddi sağlık riskleri,
2. Yeraltı suyunda kirlilik (nitrat birikimi, ağır metaller vs),
3. Toprakta kimyasal birikim (nitrat birikimi, ağır metaller vs),
4. Hastalıkların yerleşeceği bir ortam oluşturma,
5. Arıtılmamış atıksuyun sulama sistemlerine zarar verme olasılığı,
6. Atıksuyu taşıyan kanallarda ötrofikasyon.

Sulama ürün ihtiyacına bağlı olarak miktarı değişen ve mevsimsel bir uygulamadır, ancak atıksu arıtımı yıl boyunca süreklilik gösterir bu nedenle sulama ihtiyacının olmadığı dönemlerde ikinci bir deşarj olanağının sağlanması ya da depolanması gerekmektedir.

Atıksuların sulamada kullanılmasına ancak aşağıdaki belirtilen tüm koşullar sağlandığında izin verilebilir (Kendirli vd 2003).

1. Resmi izin,
2. Atıksu içeriğindeki bileşenlerin standartlara uygun olması,
3. Teknik personel ve uzmanlarla rutin teftişlerinin sağlanabildiği alanlar,
4. Uygun sulama yönteminin uygulandığı alanlar ve izin verilen bitki deseni,
5. Arıtma tesisleri çıkış suyunda ve suyun uygulandığı son noktada, yöre koşullarına uygun standart aralıklarla su kalitesi kontrol analizlerinin yapılabildiği durumlar.

Atıksuların oluşturabileceği sorunların değerlendirilmesinde göz önüne alınan parametreler ve bu parametrelerin sorun oluşturma potansiyelleri ülkemizde Su Kirliliği Yönetmeliğinde (Anonim 2010a) belirtilmiştir (Çizelge 2.9). Atıksulardaki toksik etkisi

olan iyonların değerlendirilmesi için de Çizelge 2.10'dan yararlanılmaktadır.

Çizelge 2.9. Sulama amaçlı yararlanılan arıtılmış atıksuları sınıflandırma kriterleri

Kalite Kriterleri	I.Sınıf su (Çok iyi)	II.Sınıf su (İyi)	III.Sınıf su (Kullanılabilir)	IV.Sınıf (İhtiyatla kullanılabilir)	V.Sınıf su (Zararlı uygun değil)
İletkenlik (µmhos/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Değişebilir Sodyum Yüzdeleri	<20	20-40	40-60	60-80	>80
Sodyum Adsorbsiyon Oranı	<10	10-18	18-26	>26	
Sodyum Karbonat Kalıntısı (me/L)	<1.25	1.25-2.5	>2.5		
Sodyum Karbonat Kalıntısı (mg/L)	<66	66-133	>133		
Klorür (me/L)	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
Klorür (mg/L)	0-142	142-249	249-426	426-710	710
Sülfat (me/L)	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
Sülfat (mg/L)	0-192	192-336	336-575	575-960	960
Toplam Tuz Konsantrasyonu (mg/L)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
Bor konsantrasyonu (mg/L)	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	>2.0	
NO ₃ veya NH ₄ (mg/L)	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Fekal Koliform (mg/L)	0-2	2-20	20-100	100-1000	>1000
BOI ₅ (mg/L)	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
Askıda Katı Madde (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
Sıcaklık (°C)	30	30	35	40	>40

Çizelge 2.10. İyon toksisitesi açısından kriter değerler

Parametreler	Birimler	Kullanımında zarar derecesi		
		Yok (I. sınıf su)	Az – orta (II. sınıf su)	Tehlikeli (III. sınıf su)
Sodyum (Na)				
Yüzey sulaması	SAR	< 3	3-9	> 9
Damlatmalı sulama	mg/L	< 70	> 70	
Klorür (Cl)				
Yüzey sulaması	mg/L	< 140	140 –350	> 350
Damlatmalı sulama	mg/L	< 100	> 100	
Bor (B)	mg/L	< 0.7	0.7-3.0	> 3.0

Ağır metal toksisitelerinin değerlendirilmesi amacıyla da çizelge 2.11'deki referans değerlerden yararlanılmaktadır (Anonim 2010a).

Çizelge 2.11. Sulama sularında izin verilebilir en fazla ağır metal konsantrasyonları

Ağır metaller	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar (kg/ha)	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda (mg/L)	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında (mg/L)
Alüminyum (Al)	4600	5.0	20.0
Arsenik (As)	90	0.1	2.0
Berilyum(Be)	90	0.1	0.5
Bor (B)	680	-	2.0
Kadmiyum (Cd)	9	0.01	0.05
Krom (Cr)	90	0.1	1.0
Kobalt (Co)	45	0.05	5.0
Bakır (Cu)	190	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (Pb)	4600	5.0	10.0
Lityum (Li) ¹	-	2.5	2.5
Manganez (Mn)	920	0.2	10.0
Molibden (Mo)	9	0.01	0.05 ²
Nikel (Ni)	920	0.2	2.0
Selenyum (Se)	16	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

¹Narenciye için 0.075 mg/L

²Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyon

Atıksuların tarımda kullanımı ile ilgili ilkelerin geliştirilmesi ve kullanımında ortaya çıkan sorunların çözümü konusunda Türkiye ve dünyada çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların bazılarına ilişkin sonuçlar özetlenerek aşağıda verilmiştir.

Gutierrez vd (1995), Mexico City'de atıksu uygulanan arazilerde ağır metal birikimini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, atık sularla sulanan topraklarda yetiştirilen bitkilerde Pb, Cd, Cu, Zn düzeylerinin kritik değerleri geçmediğini, ancak toprağın alt katmanlarında bu metallerin birikme eğilimleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, atıksulardaki tuz içeriğinin toprak tuzlulaşmasını tehdit ettiğini, yüksek organik madde ve pH değerlerinin de ağır metallerin çözünürlüğünü, alınmalarını engellemekte olduğunu ortaya koymuşlardır.

Berktaş (1996), Konya kent atıksuları ile Konya kapalı havzasında sulamadan dönen ve taşkın sularını uzaklaştıran ana tahliye kanalı sularının tarımsal alanlarda sulama amaçlı olarak kullanıldığını, sonucunda bor konsantrasyonlarında ve toprakların tuzluluklarında artışların olduğunu vurgulamışlardır.

Shahalam *et al.* (1998), yonca, turp ve domates bitkilerine yağmurlayıcılar aracılığıyla atıksu ve temiz su uygulayarak verimlerini karşılaştırmış ve birbirine yakın bulmuş, toprak porozitesinde ve tuzluluğunda bir miktar değişiklikler saptamıştır.

Bahri (1998), Tunus'un değişik bölgelerinde onbeş ayrı kentsel ve endüstriyel kaynaktan alınan atıksu örneklerinin sulama suyu kalitesini, toprak ve yeraltı suyu üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada atıksuların EC bakımından toprak tuzluluğuna neden olabileceğini, yüksek bitki besin elementi içeriğine karşın özellikle NO_3 bakımından yeraltı suyu kirliliğini ortaya çıkardığını belirtmiştir.

Uyanöz (2000), Konya ana tahliye kanalından alınarak sulamada kullanılan atıksuların, tarım topraklarının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler ile arazide yetiştirilen bitkiler üzerine etkilerini incelemiştir. 0-30 cm'lik toprak katmanında organik madde, fosfor ve potasyum, Fe, Zn, Mn miktarlarında artış olduğunu saptamıştır.

Derici vd (2002), kentsel atıksuyla sulanmış buğday, patates ve bazı sebzelerde Cd kirlenmesini araştırmışlar ve özellikle sebzelerde ve patatesteki çok yüksek düzeylerde Cd birikimi olduğunu, Cd oranının yüksek olmasının nedeninin de Zn eksikliğinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Doğan (2003), Şanlıurfa'da As, Cu ve Cd elementlerinin sulama suları için sınır değerlerinin üzerinde olduğu atıksuyla sulanan soğan bitkisinde toksik element birikimini araştırmış, soğanlarda, ağır metal birikimi açısından farklılık gözlemlendiğini ve insan sağlığı açısından Cd değerinin riskli düzeyde olduğunu ortaya koymuştur.

Tuna ve Bürün (2003), Muğla ilinde ağır metal içermeyen evsel atıksuları kireçle

stabilize ettikten sonra mısır bitkisi yetiştirilmesinde kullanmışlar ve bitkinin mineral beslenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak; toprağın pH, toplam tuz, organik madde, kireç gibi özelliklerinde olumsuz bir değişiklik olmadığını, P_2O_5 ve K_2O içeriklerinin arttığını belirtmişlerdir. Mısır bitkisine artan dozlarda uygulanan evsel atıksuların, bitkinin makro ve mikro besin düzeyini arttırdığını ifade etmişlerdir.

Minareci vd (2004), Manisa Belediyesi evsel atıksu arıtma tesisinin Gediz nehrine boşaltmış olduğu sudaki bazı ağır metal içeriklerini belirlemişler, değerlerin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen (Yaramaz, 1992) değerlerden düşük olduğunu bulmuşlardır.

Karataş vd (2005), İzmir evsel ve endüstriyel atıksularının arıtıldıktan sonra Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliğini, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (Anonim 1991) ve diğer ilgili literatürlere göre incelenmiş, arıtılmış atıksuyun, toplam tuz, EC, SAR ve Cl açısından birçok bitkide tolerans sınırını aştığını ve mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının uygun olmadığını saptamışlardır.

Yılmaz (2005), Bursa Ticaret Sanayi Odası (BTSO) Su Üretim Tesisi'nin giriş, biyolojik çıkış ve kimyasal çıkış noktalarından alınan atıksu örneklerinde değişebilir sodyum oranı, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sodyum karbonat kalıntısı (RSC), Bor, Zn, Ni, fekal koliform, askıda katı madde (AKM), pH, iletkenlik, toplam tuz konsantrasyonu, Cl, Hg, As, PB, Cr, NH_4 , SO_4 , Fe, Cu, sıcaklık, BOI_5 değerlerinin sonucuna göre arıtılmış atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanılmasının sıkıntı oluşturmayacağını belirtmiştir.

Üstün ve Solmaz (2007), Bursa ilinde bir Organize Sanayi Bölgesindeki atıksuların arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak tekrar kullanılabilirliğini araştırmışlar, arıtılmış suyun 1. sınıf sulama suyu kalitesine ulaştığını bildirmişlerdir.

Aydın vd (2005), Konya atıksularının tarımda kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla İstanbul Yolu, Anadolu Sanayi, 1. Organize Sanayi, Motorlu Sanayi ve Terfi Merkezi'nden ayda bir, bir yıl süre ile su örnekleri alarak pH, AKM, BOI_5 , KOI , TN, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, Pb ve Cr analizlerini yapmışlar ve Konya atıksuyunun orta kirlilikte evsel atıksu özelliği taşıdığını belirtmişlerdir.

Aşık ve Katkat (2005), Bursa'da bulunan bir gıda sanayii arıtma tesisinden bir üretim periyodu boyunca belli zamanlarda alınan atıksu örneklerinde, pH, EC, HCO_3 , CO_3 , Cl, SO_4 , B, Na, K, Ca, Mg, BOI_5 , KOI ve AKM parametrelerinin analizleri yapılmış, sonuç olarak öncelikle tesis çevresinde daha iyi kalitede suların sulama amaçlı kullanılmasını ancak su kaynağı sıkıntısı olması durumunda bu arıtma suyunun kullanımı yoluna gidilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Kukul vd (2005), arıtılmış atıksuların tarımda kullanılması ve insan sağlığına olumsuz etkilerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada yüksek tuz konsantrasyonu, Na, Cl, SO_4 iyonlarının atıksu kullanımını etkileyen önemli iyonlar olduğunu belirtmişler ve atıksuların arıtıldıktan sonra güvenli yöntemlerle tarımda kullanılması ile su tasarrufu sağlanacağını, bitki veriminin artacağını, yapay gübre gereksiniminin azalacağını bildirmişlerdir.

Başkan (2006), Türkiye'de bulunan 25 tane kentsel arıtma tesisinin arıtılmış atık sularının tarımda sulama amacı ile kullanılabilirliğini araştırmıştır. İncelenen tesislerin %80'inde istenen nitelikte su elde edilemediği, %40'ında SAR değerinin yüksek, %88'inde mikrobiyal aktivitenin sağlanamadığı belirtilmiştir.

Arslan-Alaton vd (2007), Silivri-İstanbul, Paşaköy-İstanbul, Yumurtalık-Adana ve Kayseri belediyelerinin kentsel arıtılmış atıksu kalitelerini, su kirliliği yönetmeliği (Anonim 1991) çerçevesinde değerlendirmişler, tüm arıtma tesislerindeki atıksuların, ağır metal içeriği açısından standartlara uygun olduğu, tüm arıtılmış atıksularda özellikle fekal koliform düzeyinin IV. ve V. sınıf olduğunu ve sulama suyu olarak uygun olmadığını saptamışlardır.

Karataş vd (2007), Konya ana tahliye kanalı atıksuyu ile sulanan Çengelli bölgesindeki tarım arazilerinde yetiştirilen buğdayda Cu, Cr, Ni ve Pb içeriklerini araştırmışlar ve buğdayın bütün kısımlarında (kök, sap, yaprak ve başak) ağır metal miktarında artış olduğunu gözlemişlerdir.

Kızıloğlu vd (2007), atıksu ile sulamanın lahana bitkisine ve toprak özelliklerine etkisini incelemişler, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde, bitki mineral içeriğinde ve veriminde önemli değişimler olduğunu ifade etmişlerdir.

Kızıloğlu *et al.* (2008), Erzurum koşullarında yetiştirilen karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerine ham, ön arıtmadan geçirilmiş ve arıtılmış atıksu uygulanmış, atıksuyun toprağın kimyasal özelliklerine ve bitki besin içeriğine önemli ölçüde etki ettiğini, karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinin mineral içeriğini ve bitki verimlerini de artırdığını saptamışlardır.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep Organize Sanayi atıksularıyla sulanan domates, biber, patlıcan ve mısır bitkilerinin kök, gövde, yapraklarında Pb birikimini araştırmışlar, en fazla birikimin kökte en az birikimin de yaprakta olduğunu bildirmişlerdir.

Ada (2011), Kocaeli kentsel atıksularının sulamada kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla çim bitkisinde yürüttüğü çalışmada ağır metal içeriklerinin Toprak Kirliliğinin Kontrol Yönetmeliği'nde (TKKY) (Anonim 2010b) belirtilen sınır değerlerin altında olduğunu bildirmiş ve çim bitkisinin bitki boyu ve bitki yaş ağırlık değerlerinin arıtılmış atıksu uygulama miktarının artmasına bağlı olarak arttığını belirtmiştir.

Singh *et al.* (2012), evsel atıksuyu buğday, nohut ve çayır üçgüllu bitkilerin sulamasında kullanmışlar, atıksu kullanımının toprağın fiziko-kimyasal özellikleri ile ürün verimi üzerine olumlu etki gösterdiğini, ayrıca atıksuyun bir sezonda uygulanması sonucunda bile killi topraklarda bir miktar alkalilik ve tuzluluk artışı oluşturduğunu gözlemişlerdir.

Çay (2013), atıksuların arıtılarak ve seyreltilerek mısır üretiminde yeniden değerlendirilmesine yönelik yapmış olduğu çalışmada, kentsel atıksuların arıtılarak mısır bitkisinin yetiştiriciliğinde kullanılabileceğini belirtmiştir. Ancak, tuzluluk kontrolü, mikrobiyolojik ve ağır metal arıtımı yapılmadan, atıkların kullanılmasının, toprakların çoraklaşmasını ve mikrobiyal kirlenme oranını ve kirlenmenin sürekliliğini önemli ölçüde etkileyeceğini vurgulamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

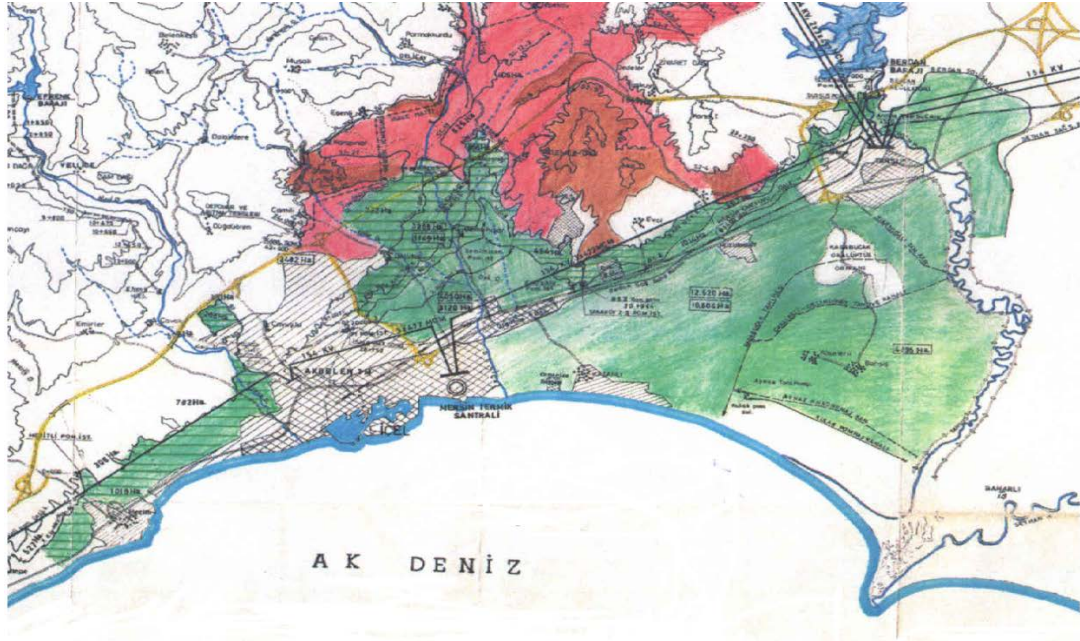
3.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma alanı olarak belirlenen Mersin Ovası (Mersin Bahçeleri Sulaması, Berdan Ovası Sulaması) Türkiye'nin güney kısmında $36^{\circ} 25'$ ve $37^{\circ} 25'$ kuzey enlemleri ile $34^{\circ} 25'$ ve $34^{\circ} 55'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Araştırma alanının yer aldığı Mersin İlının konumu

Ova doğuda Berdan Nehri, batıda Kandak Deresi, Kuzeyde Toros dağlarının eteği, Güneyde Akdeniz arasında kalan yaklaşık 25 000 ha alandan oluşmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Araştırma alanının konumu

Alanın güney kısmı doğuya doğru 7 km ve batıya doğru 2 km kadar genişlikte uzanan bir sahil ovası şeklindedir. Bölgenin diğer kısmı genellikle dağlık araziden oluşmakta olup denizden 1500 m yüksekliklere kadar ulaşan tepeler yer almaktadır. Nehirler dağlardan doğar ve güneye doğru ovayı kat ederek Akdenize dökülürler. Ovanın batı ve doğu kesimlerinde arazinin eğim değeri %1 dolayında iken şehir içindeki alanlarda %2 dolayındadır. Topografyanın kuzey yönündeki bu yükselişi nedeniyle şehir mekansal olarak daha çok doğu batı yönünde genişlemektedir. Bu durum Mersin çevresindeki verimli tarım topraklarının amaç dışı kullanımına yol açmaktadır (Özgenç ve Erdoğan 1988).

3.1.2. İklim özellikleri

Akdeniz ikliminin egemen olduğu bu yörede yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden sağlanan verilere göre göre 1990-2012 döneminde çalışma alanının yıllık ortalama yağış miktarı 601.9 mm, yıllık sıcaklık ortalaması ise 19.9°C'dir (Çizelge 3.1).

Akdeniz kıyısındaki bu sıcaklık ve yağış değerleri kuzeye doğru gidildikçe yükseltiye bağlı olarak değişir. Bu değişim sonucu sıcaklık düşerken, yağış miktarı artmaktadır. Yörede yıllık yağış miktarının %55.1'i (331.7 mm) kış mevsiminde aralık, ocak, şubat aylarında, %4.3'ü (25.7 mm) ise yaz mevsiminde haziran, temmuz, ağustos aylarında düşmektedir. En fazla yağış aralık (154.2 mm), en az yağış ağustos (5.1 mm) ayında gerçekleşmektedir. En sıcak ay ağustos (ortalama 29.1°C) iken en soğuk ay ocak (ortalama 10.9°C) tır. Bu verilere göre en sıcak ve en soğuk ay ortalamaları arasındaki fark 18.2°C dir.

Mersin'de mayıs ve ekim ayları arasında sıcaklık ortalamasının 20°C'nin üzerinde olması ve yaz mevsiminin kurak geçmesi, özellikle Mersin çevresindeki yoğun tarımsal faaliyetleri doğrudan etkilemekte ve tarımda sulama gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Diğer yandan yörede yaz mevsiminde sıcaklığın yüksek olması çeşitli sebzelerin ve bazı tropikal kökenli bitkilerin gelişmesine olanak sağlamaktadır. Mersin çevresinde tropikal kökenli bitkilerden özellikle turunçgiller modern sulama sistemlerinin de katkısıyla oldukça geniş bir alanda yetiştirilir. İklimin başta tarım olmak üzere diğer sektörler (inşaat ve ulaşım) için de uygun olması binlerce insanı Mersin ve çevresindeki yerleşmelere çekmekte, bu durum ise Mersin'in mekansal gelişimini doğrudan etkilemektedir (Sandal ve Gürbüz 2003).

3.1.3. Arazi varlığı ve toprak özellikleri

Yörede, kıyı ovasının genişliği batıda 2 km kadar iken, şehrin doğusunda 7 km'ye ulaşır. Ova genelde alüvyal, kırmızı Akdeniz, kırmızı kahverengi Akdeniz ve kolüvyol topraklardan oluşmaktadır (Sandal ve Gürbüz 2003).

Çizelge 3.1. Araştırma alanının uzun yıllar (1990-2012) ortalama iklim parametreleri

Aylar	Parametreler						
	Ort. Sıcaklık (°C)	Ext. Max. Sıc. (°C)	Ext. Min. Sıc. (°C)	Toplam Yağış (mm)	Ort. Nem (%)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Güneşlenme Süresi (h)
Ocak	10.9	19.2	2.5	97.5	63.6	1.86	5.03
Şubat	11.5	20.5	2.3	80.0	64.2	1.97	5.69
Mart	14.4	24.6	5.8	46.8	65.8	2.08	6.93
Nisan	18.1	28.9	9.0	37.0	69.2	2.28	7.47
Mayıs	22.1	31.8	14.0	25.2	71.7	2.44	8.75
Haziran	25.9	31.9	18.6	11.1	73.2	2.68	10.12
Temmuz	28.6	33.2	22.6	9.5	74.9	2.76	10.13
Ağustos	29.1	34.1	23.5	5.1	72.1	2.63	10.03
Eylül	26.6	33.9	18.7	10.2	65.8	2.30	9.34
Ekim	22.6	32.8	13.8	39.5	60.9	1.90	7.75
Kasım	16.7	27.2	7.9	85.8	60.4	1.73	6.12
Aralık	12.4	21.5	4.2	154.2	64.3	1.75	4.77
Yıllık	19.9	28.3	11.9	601.9	67.2	2.20	7.68

Mersin çevresindeki topraklar, kabiliyet sınıflandırmasına göre değerlendirildiğinde; bu toprakların %15'i 1. sınıf tarım topraklarından oluşmaktadır. Bu verimli tarım toprakları uygun iklim koşullarıyla beraber yörede yoğun tarımsal faaliyetlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ovanın kuzeyinden başlayarak eğim artışına bağlı olarak II., III. ve IV. sınıf tarım topraklarının alanı genişlemektedir. Bu toprakların kuzeyinde ise VI. ve VII. sınıf topraklar geniş yer kaplamaktadır (Sandal ve Gürbüz 2003).

1980'den sonra Mersin çok hızlı bir şekilde kuzey, doğu ve batı yönüne doğru yayılmıştır. Doğu ve batı yönünde I. sınıf, kuzeybatı yönünde IV. sınıf, kuzey yönünde ise II., III. ve VI. sınıf topraklar üzerinde genişlemiştir (Sandal ve Gürbüz 2003).

Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü tarafından belirlenen toprak analiz sonuçlarına göre Mersin ovasının toprak özellikleri; toprak reaksiyonu (pH) 7.5-8.5 ile hafif alkali, kireç oranı >%25 ile yüksek kireçli, toprak bünyesi tınlı, killi-tınlı, organik madde içeriğı %2-3 ile orta düzeyli, fosfor bakımından <3-6 kg/da ile az, potasyum içeriğı >30 kg/da ile çok fazla olarak belirlenmiştir.

3.1.4. Tarımsal yapı

Mersin yöresinde 1950'lerden sonra tarım sektöründe büyük ilerlemeler olmuş; makineleşme, gübreleme, sulama, ilaçlama ile ulaştırma ve pazarlama sistemlerindeki gelişmenin sonucu olarak tarımsal alan genişlemiş, üretim ve verim artmıştır.

Mersin DSİ Şube Müdürlüğü, Mersin Sulama Birliğı, Yeşil Sahil Sulama Birliğı ve Sahil Sulama Birliğı bünyesinde yaklaşık 25 000 ha alan sulanmaktadır (Anonim 2013a). Bugün Mersin ve çevresinde narenciye bahçeleri en geniş tarımsal üretim alanlarını oluşturmaktadır. Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi ovada planlaması yapılan II. ürün ekim alanı dahil 16 404 ha'nın %35.67'sinde narenciye, %17.14'ünde mısır, %16.83'ünde meyve, %14.80'inde sebze, %11.69'unda II. ürün sebze, %1.35'inde buğday, %0.91'inde sera, %0.76'sında bağ, %0.67'sinde bostan ve %0.18'inde pamuk yetiştiriciliğı yapılmaktadır (Anonim 2013a).

Çizelge 3.2. Mersin ovasındaki bitki deseni ve bitkilerin ekiliş oranı

Bitki	Ekim alanı (ha)	Ekim oranı (%)
Narenciye	5851.31	35.67
Mısır	2811.65	17.14
Meyve ¹	2760.80	16.83
Sebze ²	2427.79	14.80
II. ürün ³ (sebze+mısır)	1917.63	11.69
Buğday	221.45	1.35
Sera ⁴	149.28	0.91
Bağ	124.67	0.76
Bostan ⁵	109.91	0.67
Pamuk	29.53	0.18
Toplam	16 404	100

¹ şeftali, elma, armut, kayısı, erik, çeşitli fidan, zeytin (bazı yerlerde meyve ağaçlarının etrafında sınırlı düzeyde bulunuyor) ² domates, taze fasulye, hıyar, patlıcan, biber, taze bakla; ³ domates, taze fasulye, hıyar, patlıcan, biber ve kışlık sebze olarak ıspanak, pırasa, karnabahar; ⁴ domates, patlıcan, hıyar; ⁵ kavun ve karpuz

3.1.5. Su kaynakları

Ovada sulamada yerüstü su kaynaklarından yararlanılmakta, potansiyel olarak da yeraltı ve arıtılmış atıksu kaynakları bulunmaktadır.

Ovanın yerüstü su kaynakları Deliçay, Efrenk, Mezitli ve en önemlisi Berdan nehridir. Pamukluk ve Kadıncık akarsularının birleştiği Berdan nehri Toros dağlarından doğup Tarsus'un içinden geçtikten sonra Akdenize dökülür. Nehir yaklaşık olarak 90 km uzunluğunda genellikle; güney yönünü izlemektedir. Berdan Barajı talvegten 41.60 m yükseklikte zonlu toprak dolgu tipinde inşa edilmiştir. Barajın aktif haznesi 69.50×10^6 m³ olup sulama suyu ve Mersin içme suyu gereksinimini karşılamak üzere nehrin akımlarını regüle etmektedir (Şekil 3.3, Anonim 2013c). Sulamada kullanılan yerüstü su kaynaklarının su kalitelerini belirlemek amacı ile Berdan nehri, TD 11 Drenaj kanalı ve

Kölemusalı drenaj kanalı noktalarında Adana DSİ Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmış olan su analiz sonuçları saptanmıştır (Çizelge 4.3).



Şekil 3.3. Berdan regülatörü

Mersin ovası sulama alanı içerisinde yeraltı su kaynakları olarak Berdan deltası, Deliçay deltası, Efrenk Deltası, Mezitli deltası ve yeraltı suları rezervleri olarak Deliçay, Efrenk, Berdan-Aynaz, Mezitli rezervleri bulunmaktadır. Ancak en önemli su kaynağı olan Berdan nehrinin yörenin içme ve sulama suyu gereksinimini fazlasıyla karşıladığı düşünüldüğü için diğer kaynaklara gereksinim duyulmamaktadır. Bundan dolayı yeraltı suyu kalitesine ilişkin analiz sonuçlarına ulaşamamıştır.

Mersin ovası içerisinde Karaduvar atıksu arıtma tesisi (KARADUVAR AAT) ve Tarsus atıksu arıtma tesisi (TARSUS AAT) bulunmaktadır (Şekil 3.4), (Anonim 2013d).



Şekil 3.4. Mersin ovasındaki atıksu arıtma tesisleri

Yapımına 2007 yılında başlanmış ve 2009 yılının sonunda tamamlanmış olan Karaduvar atıksu arıtma tesisi karbon, azot ve fosfor arıtmını yapmak üzere denize deşarj amaçlı tasarlanmıştır. 1050000 kişi ve 190.000 m³/gün kapasiteye sahip olup hizmet alanı Akdeniz, Toroslar ve Yenişehir Belediyeleri ile 8 köyü kapsamaktadır (Şekil 3.5), (Anonim 2013e).



Şekil 3.5. Karaduvar atıksu arıtma tesisi

Tarsus atıksu arıtma tesisi (Şekil 3.6) Tarsus yerleşkesinin tesise yakın çevresinin atıksularını işleme almaktadır. Tesisin yapımına 1999 yılının sonunda başlanmış ve 2001 yılının sonunda işleme açılmıştır. Tesis kuru havada maksimum $2553 \text{ m}^3/\text{h}$, yağışlı havada $3850 \text{ m}^3/\text{h}$ kapasiteye sahiptir.



Şekil 3.6. Tarsus atıksu arıtma tesisi

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitki su tüketimlerinin (Evapotranspirasyon) hesap yoluyla belirlenmesi

Bitki su tüketim hesaplamaları normal yıl ve ekterm yıllar (serin ve sıcak yıl) için ayrı ayrı yapılmıştır. Uzun yıllar evapotranspirasyon değerleri MİNİTAB istatistik programında normal olasılık analizi ile değerlendirilerek ekstrem yıl değerleri %20 ve %80 olasılıklara karşılık olarak belirlenmiştir.

Bitkisel üretim istatistikleri (Anonim 2013f), bölgedeki Tarım kuruluşları, Devlet Su İşleri ve Sulama Birliklerinden sağlanan bilgiler göz önüne alınarak Mersin ovasında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin su tüketimleri Blaney-Criddle (SCS) ve Penman-

Monteith (FAO) yöntemleri ile 1990-2012 yılları arasında bölgenin meteorolojik verilerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

Türkiye koşullarında uygun bir yöntem olan Blaney-Criddle (SCS) yöntemi ülkemizin aynı zamanda resmi bitki su tüketimi hesaplama yöntemidir. Bu yöntemde bitkilerin aylık su tüketimleri (evapotranspirasyon) aşağıdaki eşitliklerle çözüm yapılarak doğrudan hesaplanabilmektedir.

$$ET = 25.4 \times k \times f \quad (1)$$

$$k = k_c \times k_t \quad (2)$$

$$k_t = 0.031 \times T + 0.24 \quad (3)$$

$$f = (1.8 \times T + 32) \times P/100 \quad (4)$$

Eşitliklerde;

ET = Aylık evapotranspirasyon (mm/ay),

25.4 = İnç ve mm arasında dönüşüm katsayısı,

k = Su tüketim katsayısı,

f = Su tüketim faktörü,

k_c = Bitki büyüme oranına bağlı bitki gelişme katsayısı,

k_t = Hava sıcaklığına bağlı iklim katsayısı,

T = Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C) ve

P = Aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranıdır (%).

Eşitlik 4'deki "P" değerini belirlemek için enlem derecesine göre hazırlanmış Çizelge 3.3'den yararlanılmaktadır.

Çizelge 3.3. Günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı

Enlem derecesi	Aylar						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
42	0.300	0.327	0.341	0.334	0.310	0.280	0.248
41	0.299	0.325	0.339	0.332	0.309	0.280	0.249
40	0.298	0.323	0.336	0.330	0.308	0.280	0.250
39	0.297	0.321	0.344	0.328	0.307	0.279	0.251
38	0.296	0.319	0.332	0.326	0.306	0.279	0.252
37	0.296	0.318	0.330	0.324	0.305	0.279	0.253
36	0.295	0.316	0.327	0.322	0.304	0.279	0.253

Eşitlik 2'deki " k_c " katsayılarını belirlemek için Çizelge 3.4'deki değerler (Güngör vd 2010) ile Topraksu (Anonim 1982) ve DSİ Su Tüketim Rehberi (Özgenç ve Erdoğan 1988) verilerinden yararlanılmıştır.

Çizelge 3.4. Bitki büyüme oranına bağlı gelişme katsayıları

Bitki cinsi	Bitki büyüme oranı										
	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
Ayçiçeği	0.55	0.50	0.65	0.70	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.75	0.45
Bağ	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.80	0.90	0.95	0.40	0.40	0.40
Biber	0.65	0.70	0.70	0.80	0.95	1.10	1.30	1.30	1.15	0.80	0.55
Domates	0.65	0.65	0.75	0.95	1.10	1.20	1.20	1.10	0.95	0.70	0.55
Fasulye	0.50	0.60	0.90	1.05	1.10	1.15	1.00	0.70	0.65	0.60	0.55
Hıyar	0.55	0.60	0.65	0.75	0.75	0.75	0.85	0.95	0.80	0.60	0.40
Hububat(kışlık)	0.35	0.60	0.85	1.00	1.20	1.20	1.25	1.35	1.45	1.25	0.85
Kavun-karpuz	0.30	0.45	0.60	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.85	0.80	0.65
Meyve ağaçları	0.50	0.65	0.85	0.95	1.05	1.15	1.00	0.85	0.70	0.55	0.45
Mısır	0.30	0.45	0.70	0.90	1.05	1.15	1.15	0.90	0.70	0.55	0.40
Soya	0.20	0.25	0.30	0.40	0.60	0.80	1.00	0.85	0.75	0.65	0.55
Pamuk	0.40	0.50	0.70	0.80	0.85	1.15	1.25	1.25	1.10	0.70	0.40
Patates	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95	1.10	1.20	1.20	1.05	0.70	0.50
Sebze	0.65	0.70	0.75	0.85	1.00	1.15	1.25	1.20	1.05	0.75	0.55
Soğan	0.65	0.75	0.90	1.00	1.05	1.05	0.95	0.75	0.60	0.50	0.35
Sorgum	0.30	0.40	0.55	0.70	0.80	0.90	0.85	0.75	0.65	0.55	0.40
Susam	0.40	0.40	0.45	0.50	0.65	0.70	0.65	0.60	0.50	0.45	0.40
Şeker pancarı	0.85	0.90	0.95	1.10	1.25	1.35	1.35	1.30	1.15	0.90	0.70
Turuncgiller	0.65	0.65	0.70	0.75	0.80	0.80	0.80	0.80	0.75	0.75	0.70
Yer fıstığı	0.40	0.40	0.45	0.55	0.65	0.80	0.85	0.80	0.75	0.65	0.50
Yonca	0.75	0.90	1.05	1.20	1.30	1.35	1.40	1.25	1.05	0.75	0.45

Penman-Monteith (FAO) yöntemiyle çayır referanslı bitki su tüketimi hesaplamalarında CROPWAT (8.0) paket programından yararlanılmıştır. Penman-Monteith (FAO) ana eşitliği (Eşitlik 5) ve alt eşitlikler (Eşitlik 6-16) aşağıda verilmiştir (Güngör vd 2002).

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} \times (R_n - G) \times \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \times U_2 \times (e_a - e_d) \quad (5)$$

$$ET = k_c \times ET_0 \quad (6)$$

$$\delta = \frac{4098 e_a}{(T + 237.3)^2} \quad (7)$$

$$\lambda = 2.501 - 2.361 \times 10^{-3} \quad (8)$$

$$\gamma = 0.0016286 \times \frac{P}{\lambda} \quad (9)$$

$$\gamma^* = \gamma \times (1 + 0.34 U_2) \quad (10)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (11)$$

$$R_{ns} = 0.75 R_s \quad (12)$$

$$R_{nl} = 2.451 \times f(T) \times f(e_a) \times f\left(\frac{n}{N}\right) \quad (13)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \times \frac{n}{N}) \times R_a \quad (14)$$

$$e_d = e_a \times \frac{RH}{100} \quad (15)$$

$$U_2 = U_z \times \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.2} \quad (16)$$

Eşitliklerde;

ET_0 = Referans bitki su tüketimi (mm/gün),

ET = Aylık evapotranspirasyon (mm/ay),

k_c = Bitki katsayısı (FAO'dan alınmıştır); (Doorenbos *et al.* 1986).

δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),

γ^* = Modifiye psikometrik sabite (kPa/°C),

γ = Psikometrik sabite (kPa/°C),

G = Topraktaki ısı akımı (MJ/m²/gün),

P = Atmosfer basıncı (kPa),

R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m²/gün),

- R_a = Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon ($\text{MJ/m}^2/\text{gün}$) (Çizelge 3.5),
 R_s = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgali radyasyon ($\text{MJ/m}^2/\text{gün}$),
 R_{ns} = Kısa dalgali net radyasyon ($\text{MJ/m}^2/\text{gün}$),
 R_{nl} = Uzun dalgali net radyasyon ($\text{MJ/m}^2/\text{gün}$),
 $f(T)$ = Sıcaklık fonksiyonu (Çizelge 3.6),
 T = Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$),
 $f(e_d)$ = Buhar basıncı fonksiyonu (Çizelge 3.7),
 e_d = Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı (kPa),
 e_a = Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (kPa) (Çizelge 3.8),
 $f(n/N)$ = Güneşlenme oranı fonksiyonu (Çizelge 3.9),
 n = Güneşlenme süresi (h),
 N = Olası maksimum güneşlenme süresi (h) (Çizelge 3.10),
 RH = Ortalama bağıl nem (%),
 λ = Buharlaştırma gizli ısı (MJ/kg) (Ortalama 2.45 MJ/kg),
 U_2 = Rüzgar hızının 2 m yükseklikte eşdeğeri (m/s),
 U_z = z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/s) ve
 z = Rüzgar hızının ölçüldüğü yüksekliktir (m).

Çizelge 3.5. Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon değerleri, R_a ($\text{MJ/m}^2/\text{gün}$)

Enlem derecesi	Aylar							
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
42	27.0	34.3	39.7	42.4	40.9	36.8	29.9	22.3
40	27.9	35.0	39.7	42.4	40.9	37.3	30.6	23.5
38	28.9	35.5	40.2	42.2	40.9	37.5	31.4	24.5
36	29.7	36.0	40.2	42.2	40.9	37.7	32.1	26.0

Çizelge 3.6. Sıcaklık fonksiyonu, $f(T)$

T ($^{\circ}\text{C}$)	2	4	6	8	10	12	14	16	18
f(T)	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2
T ($^{\circ}\text{C}$)	20	22	24	26	28	30	32	34	39
f(T)	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Çizelge 3.7. Buhar basıncı fonksiyonu, $f(e_d)$

e_d (kPa)	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
$f(e_d)$	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.17	0.14	0.13
e_d (kPa)	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
$f(e_d)$	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

Çizelge 3.8. Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, e_a (kPa),

T (°C)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
e_a (kPa)	0.66	0.71	0.76	0.81	0.87	0.93	1.00	1.07	1.15
T (°C)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
e_a (kPa)	1.23	1.31	1.40	1.50	1.61	1.70	1.82	1.94	2.06
T (°C)	19	20	21	22	23	24	25	26	27
e_a (kPa)	2.20	2.34	2.49	2.64	2.81	2.98	3.17	3.36	3.57
T (°C)	28	29	30	31	32	33	34	35	36
e_a (kPa)	3.78	4.01	4.24	4.49	4.76	5.03	5.32	5.62	5.94

Çizelge 3.9. Güneşlenme oranı fonksiyonu, $f(n/N)$

n/N	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
f (n/N)	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37
n/N	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
f (n/N)	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69
n/N	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	
f (n/N)	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	

Çizelge 3.10. Olası maksimum güneşlenme süresi, N (h)

Enlem derecesi	Aylar							
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
42	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1
40	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2
35	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3

3.2.2. Bitkilerin net sulama suyu gereksinimlerinin belirlenmesi

Bitkilerin tükettikleri suyun bir kısmı veya tamamı doğal bir kaynak olan yağışla karşılanabilmektedir. Normal yıl ve normal olasılık dağılımı analizi ile belirlenen ekstrem yıllar (yağışlı yıl ve kurak yıl) yağış değerleri göz önüne alınarak Mersin ovasında yetiştirilen bitkilerin sulama suyu gereksinimleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır.

$$I_{\text{net}} = ET - P_{\text{eff}} \quad (17)$$

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{tot}} \times (125 - 0.2 \times P_{\text{tot}}) / 125 \quad (18)$$

Eşitliklerde;

I_{net} = Net sulama suyu gereksinimi (mm/ay),

ET = Evapotranspirasyon (mm/ay),

P_{eff} = Etkili yağış (mm/ay) ve

P_{tot} = Aylık toplam yağıştır (mm/ay).

Etkili yağışı hesaplamada yararlanılan Eşitlik 17 aylık toplam 250 mm'ye kadar olan yağışların etkili kısmını belirlemek için USDA – SCS tarafından önerilmiş bir eşitliktir.

3.2.3. Sulama suyu kalite değerlendirmeleri

Araştırma alanı kapsamında değerlendirmeye alınan yerüstü ve atıksu kaynakları Çizelge 3.11'de verilmiştir. Mersin ovasında sulamada kullanılan yerüstü kaynaklarının 2012 yılındaki analizlere ilişkin toplu sonuçlar Adana DSİ Bölge Müdürlüğünden elde edilmiştir. Ayrıca çalışma alanı içerisinde bulunan atıksu arıtma tesislerinin 2014 yılı sulama sezonundaki çıkış sularına ilişkin sonuçlar da Atatürk Üniversitesi Çevre Mühendisliği ve Ziraat Fakültesi laboratuvarlarında yapılan analizlerden sağlanmıştır.

Çizelge 3.11. Mersin ovasında önemli yerüstü su kaynakları ile arıtılmış atıksu kaynakları

Kaynak Adı	Kaynağın Türü
Berdan nehri	Yerüstü
TD 11 drenaj kanalı	Yerüstü
Kölemusalı drenaj kanalı	Yerüstü
Karaduvar atıksu arıtma tesisi	Atıksu
Tarsus atıksu arıtma tesisi	Atıksu

Değerlendirilen tüm su kaynaklarının pH, elektriksel iletkenlik (EC), yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa), artık sodyum karbonat (RSC), Langelier saturasyon indeksi (LSI), potansiyel tuzluluk (PT), permeabilite indeksi (PI) ve sertlik değerleri ile bazı iyonların konsantrasyonları göz önüne alınarak sulamaya uygunlukları belirlenmiştir. Yerüstü sularında bor değerlerine bakılmadığı için bor açısından bir değerlendirme yapılamamıştır.

pH ve EC değerleri doğrudan analiz sonuçları raporlarından alınarak değerlendirilmiştir. Fazla Na'nın toksik etkisi yanında özellikle toprak yapısı üzerinde olumsuz etkisi söz konusudur. Bu olumsuz etkinin değerlendirilmesinde genel anlamda kullanılan ölçütlerin en bilinenlerden ikisi yüzde sodyum (%Na) ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)'dır.

SAR'la ilgili olarak uygulamada kullanılan diğer bir yaklaşım Düzeltilmiş Sodyum Adsorbsiyon Oranı (AdjSAR) yaklaşımıdır (Kanber ve Ünlü 2010). AdjSAR değeri için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmaktadır.

$$\text{AdjSAR} = \text{SAR} \times [1 + (8.4 - \text{pHc})] \quad (19)$$

$$\text{pHc} = \text{p} (\text{K}_2' - \text{K}_c') + \text{p} (\text{Ca} + \text{Mg}) + \text{p} (\text{Alk}) \quad (20)$$

Eşitlik 20'deki p değeri, (-log)'u göstermektedir. pHc ise sulama suyunun topraktaki kireci çözüp çözemeyeceğini tanımlar. pHc değeri 8.4'ten büyük ise sulama suyunun topraktaki kireci çözerek yıkanmasına neden olduğu kabulü yapılmaktadır. pHc'yi hesaplamak için Çizelge 3.12 (Nakayama 1982)'den alınan referans değerlerden yararlanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

SAR'la ilgili karşılaşılan diğer ikinci farklı yaklaşımda Düzeltilen Düzeltilmiş Sodyum Adsorbsiyon Oranı (AdjRNA)'dır (Kanber ve Ünlü 2010). AdjRNA değeri aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{AdjRNA} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}} \quad (21)$$

Eşitlik 21'deki Ca_x değeri değiştirilmiş Ca değeridir ve sulama suyunun tuzluluğu ile HCO_3/Ca oranı göz önüne alınarak Ayers and Westcot (1989)'ta yer alan ve Çizelge 3.13'de verilen değerlerden yararlanılarak belirlenebilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 3.12. pHc'nin hesaplanması için referans değerler

Ca+Mg+Na (me/L)	P(K' ₂ -pK' ₂)	Ca+Mg (me/L)	p(Ca+Mg)	CO ₃ +HCO ₃ (me/L)	pAlk
0.5	2.11	0.05	4.60	0.05	4.30
0.7	2.12	0.10	4.30	0.10	4.00
0.9	2.13	0.15	4.12	0.15	3.82
1.2	2.14	0.20	4.00	0.20	3.70
1.6	2.15	0.25	3.90	0.25	3.60
1.9	2.16	0.32	3.80	0.31	3.51
2.4	2.17	0.39	3.70	0.40	3.40
2.8	2.18	0.50	3.60	0.50	3.30
3.3	2.19	0.63	3.50	0.63	3.20
3.9	2.20	0.79	3.40	0.79	3.10
4.5	2.21	1.00	3.30	0.99	3.00
5.1	2.22	1.25	3.20	1.25	2.90
5.8	2.23	1.58	3.10	1.57	2.80
6.6	2.24	1.98	3.00	1.98	2.70
7.4	2.25	2.49	2.90	2.49	2.60
8.3	2.26	3.14	2.80	3.13	2.50
9.2	2.27	3.90	2.70	4.00	2.40
11.0	2.28	4.97	2.60	5.00	2.30
13.0	2.30	6.30	2.50	6.30	2.20
15.0	2.32	7.90	2.40	7.90	2.10
18.0	2.34	10.00	2.30	9.90	2.00
22.0	2.36	12.50	2.20	12.5	1.90
25.0	2.38	15.80	2.10	15.7	1.80
29.0	2.40	19.80	2.00	19.8	1.70
34.0	2.42				
39.0	2.44				
45.0	2.46				
51.0	2.48				
59.0	2.50				
67.0	2.52				
76.0	2.54				

Çizelge 3.13. HCO_3/Ca oranı ve sulama suyu tuzluluğuna (EC_w) bağlı olarak Ca_x değerleri

HCO_3/Ca	Sulama suyu tuzluluğu (EC_w , dS/m)											
	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
0.05	13.20	13.61	13.92	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94
0.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.99	11.32	12.01	12.56
0.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58
0.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
0.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
0.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
0.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
0.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
0.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61
0.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30
0.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28
1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.33
1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.07
1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.86
2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.17
4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07
4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99
5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.93
7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74
10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58
20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37
30.00	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28

Şekil 2.1’de verilen diyagram kullanılarak SAR ve EC değerlerine göre suların genel kalite sınıfı belirlenebilmektedir.

Sulama sularının kalıcı sodyum karbonat (RSC) içeriğinin artması, toprakların fiziksel özelliklerini bozmakta ve “siyah alkali” diye adlandırılan sodyumlu toprakların oluşumuna neden olmaktadır. RSC değeri Eşitlik 22 ile hesaplanabilmektedir.

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \quad (22)$$

Eşitlik 22’de belirlenen değerler Çizelge 2.5’deki referans değerlerle karşılaştırılarak sulamaya uygunluk belirlenmektedir.

Sulama suyundaki kirecin çökmesinin sağlanmasında kullanılan Langelier saturasyon indeksi (LSI) Eşitlik 23 ile hesaplanmaktadır.

$$LSI = pH_a - pH_c \quad (23)$$

Eşitlikteki pH_a = pH metre ile ölçülen gerçek pH değeri ve pH_c = suyun kireç ile dengeye ulaştığındaki tepkime değeridir. Eşitlik 23’de hesaplanan değer pozitif ise suyun kireci çökelteceği negatif ise kireci çözmüş olarak koruyacağı anlaşılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Suyun içerisindeki iyonların toprak tuzluluğuna katkısı eşit ve benzer değildir. Bazı durumlarda eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve SO_4 ’den kaynaklanan tuzluluk (Potansiyel Tuzluluk, PT) değerlendirilmektedir. PT Eşitlik 24 ile hesaplanmaktadır.

$$PT = [Cl] + \frac{1}{2} [SO_4] \quad (24)$$

Suların sınıfını PT’ye göre belirlemek için Doneen (1966)’den alınan Çizelge 3.14’deki değerlerden yararlanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

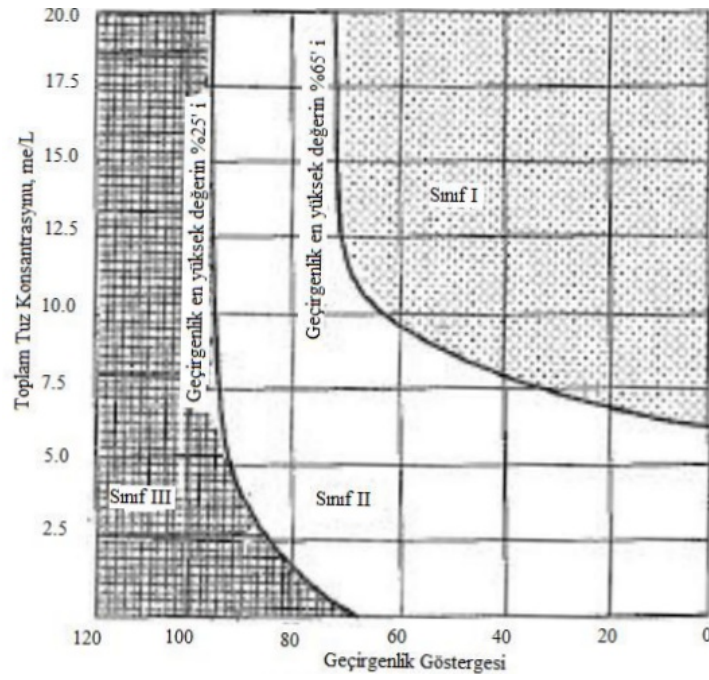
Çizelge 3.14. Potansiyel Tuzluluk değerine göre sulama suyu sınıfları

Toprak özellikleri	PT (me/L)		
	1.Sınıf	2.Sınıf	3.Sınıf
Killi topraklar: Derine sızma çok az, yıkama hemen hemen hiç yok	< 3	3 – 5	> 5
Tınlı topraklar: Yıkama kısıntılı, geçirgenlik orta	< 5	5 - 10	> 10
Kumlu topraklar: Doğal drenajı iyi, açık topraklar	< 7	7 - 15	> 15

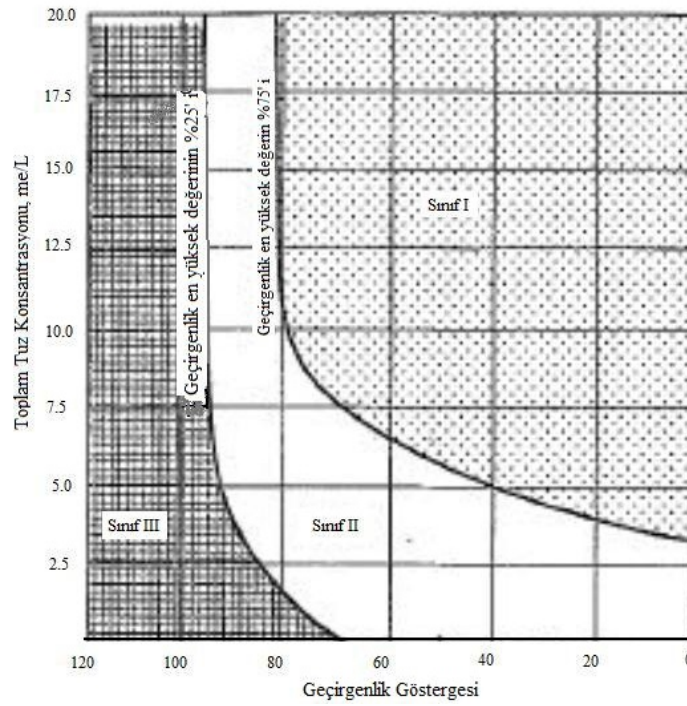
Permeabilite İndeksi (PI) veya Geçirgenlik Göstergesi’de sulama sularının sınıflandırılmasında ayrı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda; bir sulama suyunun uzun süre kullanılması ile toprak geçirgenliğinde ortaya çıkabilecek değişmeye; sulama suyu toplam tuz konsantrasyonu, Na iyonu konsantrasyonu, HCO_3 iyonu konsantrasyonu ve toprağın kendi özelliklerinin neden olduğu kabul edilmektedir. PI değeri de eşitlik 25 ile hesaplanmaktadır.

$$PI = (Na + \sqrt{\text{HCO}_3}) / (Ca + Mg + Na + K) \quad (25)$$

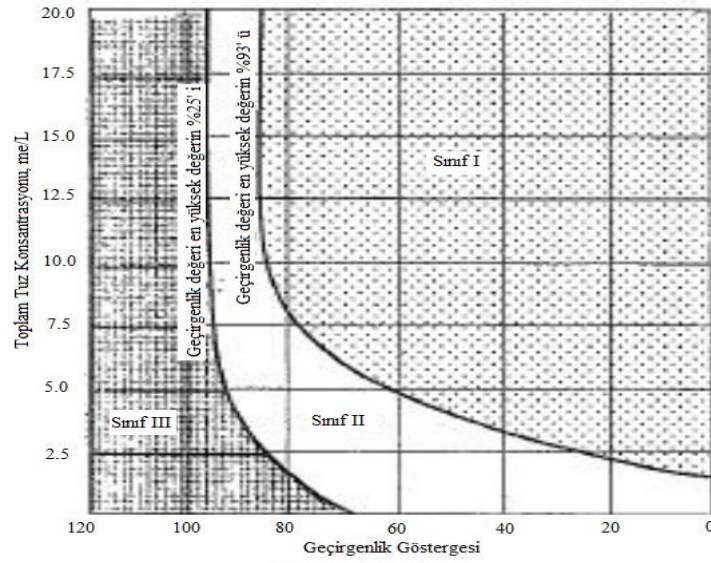
PI değerine göre sulama sularının sınıflandırılmasında da Doneen (1966)’da verilmiş olan toprakların geçirgenlikleri göz önüne alınarak hazırlanmış Şekil 3.7, Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’daki grafikler kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).



Şekil 3.7. Permeabilite indeksine göre düşük geçirgenlikteki (< 2 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları



Şekil 3.8. Permeabilite indeksine göre orta geçirgenlikteki (2–12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları



Şekil 3.9. Permeabilite indeksine göre yüksek geçirgenlikteki (>12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları

Sert suların sulamada kullanılması agregasyon üzerine pozitif etki yapmaktadır. Sulama sularının sertliklerini belirlemede ülkemizde yaygın olarak kullanılan Fransız Sertlik derecesi (Fr°) kullanılmakta ve me/L olarak Ca + Mg konsantrasyonunun 5 ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Fransız sertlik derecesine göre suların sınıflandırılmasında yararlanılan referans değerler de Çizelge 3.15’de verilmiştir (Aydın ve Sezen 1995).

Çizelge 3.15. Fransız sertlik derecesine (Fr°) göre suları sınıflandırma kriterleri

Sertlik derecesi (Fr°)	Suyun sınıfı
0-7	Çok yumuşak su
7-14	Yumuşak su
14-22	Hafif su
22-32	Orta su
32-54	Sert su
>54	Çok aşırı sert su

Bor toksik etkisi özel olarak değerlendirilen bir iyondur. Bu amaçla atıksularda borun etkisini analiz etmek için Çizelge 2.6 ve 2.7'deki değerlendirme kriterleri ölçüt olarak kullanılabilir.

Damla sulama açısından suların kalitesinin değerlendirilebilmesi Nakayama (1982) tarafından verilen Çizelge 3.16'daki referans değerlerle yapılabilir.

Çizelge 3.16. Damla sulama açısından sulama suyu kalite kriterleri

Potansiyel sorun unsurları	Tıkanma zararı		
	Yok	Hafif-Orta	Şiddetli
Fiziksel			
Süspanse katılar (mg/L)	<50	50-100	>100
Kimyasal			
pH	<7.0	7.0-8.0	>8.0
Çözünmüş katılar (mg/L)	<500	500-2000	>2000
Manganez (mg/L)	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Demir (mg/L)	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Hidrojen sülfid (mg/L)	<0.5	0.5-2.0	>2.0
Biyolojik			
Bakteri popülasyonu (maksimum sayı/mL)	<10 000	10 000-50 000	>50 000

Atıksularda ilave olarak NO_3 veya NH_4 formundaki N açısından ve askıda katı madde miktarı (AKM) açısından Çizelge 2.9'daki kriter değerler, iyon toksisitesi açısından Çizelge 2.10'daki kriter değerler ve ağır metal içerikleri açısından da Çizelge 2.11'deki kriter değerler göz önüne alınarak bazı değerlendirmeler de yapılmıştır. Ayrıca atıksularda belirlenen kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) kimyasal kirlenme derecesine göre değişebilmekte ve KOİ değeri 50 ppm'in üzerine çıktığında topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratabilmektedir (Munsuz ve Ünver 1995). Yine atıksularda bulunan Toplam-N ve Toplam-P miktarı suların besin anlamında gübre değerini ortaya koymaktadır. N ve P'nin gübre olarak değerlendirilmesi durumunda yüksek konsantrasyonda olmaları istenirse de gereğinden fazla bulunması yüzey sularında ötrofikasyona ve içme için kullanılan sularda da P ve özellikle NO_3 formunda

N kirlenmesine neden olabilmektedir (Tanji 1997). Genel olarak sulama suyu olarak kullanılacak suların P iyonu içeriğinin 0-2 mg/L sınırları arasında bulunması uygundur (Ayers and Westcot 1989).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Mersin Ovasında Yetiştirilen Bitkilerin Serin, Normal ve Sıcak Yıllar Su Tüketimleri

Mersin Ovasında yetiştirilen bitkilerin serin, normal ve sıcak yıllar için Blaney-Criddle (SCS) ve Penman-Monteith (FAO) yöntemleriyle hesaplanan sezonluk su tüketim değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Genel olarak; hesaplanan su tüketim değerleri Penman-Monteith (FAO) yönteminde serin yılda %1.32 normal yılda %6.98 ve sıcak yılda %10.76 oranında Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle hesaplanan değerlerden daha fazla bulunmuştur.

Bitki grupları bazında su tüketim değerleri incelendiğinde; Penman-Monteith (FAO) yöntemiyle belirlenen değerler Blaney-Criddle (SCS) yöntemi ile belirlenen değerlerden meyvesi için yetiştirilen bitkilerde serin yılda %1.92, normal yılda %7.52, sıcak yılda %10.53, meyveler grubunda serin yılda %1.39, normal yılda %7.14, sıcak yılda %11.44, narenciyede serin yılda %0.37, normal yılda %6.30, sıcak yılda %10.73, bağda serin yılda %0.64, normal yılda %6.57, sıcak yılda %10.85, tahıllar ve diğer bitkisel ürünler grubunda serin yılda %1.09, normal yılda %6.53, sıcak yılda %10.77, sera sebzeleri grubunda serin yılda %1.41, normal yılda %5.47, sıcak yılda %8.73, diğer sebzeler grubunda serin yılda %0.62, normal yılda %9.16, sıcak yılda %17.58 ve pamukta serin yılda %0.26, normal yılda %5.92 sıcak yılda %10.25 oranında daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Bitki su tüketim değerleri serin yılda en düşük olup sıcaklık arttıkça artmıştır. Dolayısıyla en yüksek değerler sıcak yıl için belirlenmiştir. Bitki su tüketim değerleri genel olarak Penman-Monteith yönteminde normal yıla göre; serin yılda %12.48 oranında düşük, sıcak yılda %12.30 oranında yüksek iken, Blaney-Criddle yönteminde normal yıla göre; serin yılda %7.59 oranında düşük ve sıcak yılda %8.47 oranında daha

yüksek olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki normal yıla göre Blaney-Criddle yönteminde ekstrem yıllardaki farklılıklar Penman-Monteith'e göre daha az olmuştur.

Normal yıl iklim verilerinden hesaplanan su tüketim değerleri tek tek bitki bazında ele alındığında; meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda en fazla sezonluk su tüketimi kavun, karpuz bitkilerinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 511.92 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 480.41 mm), en az sezonluk su tüketimi taze bakla bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 287.22 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 263.12 mm) belirlenmiştir. Aynı grup içerisinde yer alan diğer bitkilerin Penman-Monteith (FAO) ve Blaney-Criddle (SCS) yöntemleriyle belirlenmiş sezonluk su tüketim değerleri de sırası ile domateste 498.36 mm ve 468.43 mm, domates (II. ürün) de 488.37 mm ve 452.90 mm, taze fasulyede 408.63 mm ve 371.20 mm, taze fasulye (II. ürün) de 368.11 mm ve 343.88 mm, hıyar da 356.82 mm ve 335.70 mm, hıyar (II. ürün) de 295.07 mm ve 270.27 mm, patlıcan da 479.90 mm ve 453.84 mm, patlıcan (II. ürün) de 416.85 mm ve 384.06 mm, biber de 469.11 mm ve 439.33 mm, biber (II. ürün) de 402.94 mm ve 371.45 mm olmuştur.

Meyvesi için yetiştirilen sebzeler için serin, normal ve sıcak yıllar göz önüne alındığında ortalama sezonluk su tüketimi Penman-Monteith (FAO) ve Blaney-Criddle (SCS) yöntemlerinde sırasıyla 415.28 mm ve 386.22 mm iken, Penman-Monteith (FAO) yöntemine göre meyvesi yenen sebzeler için ortalama sezonluk su tüketimleri normal yıla göre; serin yılda %12.61 daha az ve sıcak yılda %12.46 daha fazla, Blaney-Criddle (SCS) yönteminde de serin yılda %7.81 daha az ve sıcak yılda %9.40 daha fazla belirlenmiştir.

Meyveler grubunda bulunan ağaçların (şeftali, elma, armut, erik, kayısı, çeşitli fidan, zeytin) tüm aktif kaldığı dönemi kapsayan sezonluk bitki su tüketim değerleri Penman-Monteith (FAO) yönteminde 1186.94 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 1107.85 mm olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Penman-Monteith (FAO) yöntemiyle serin ve sıcak yıllarda hesaplanan değerler normal yıla göre sırasıyla %12.03 daha az ve %11.65 daha fazla olurken, Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle de normal yıla göre serin

yılda %7.04 daha az ve sıcak yılda %7.34 daha fazla su tüketim değerleri hesaplanmıştır.

Narenciye için sezonluk bitki su tüketim değeri normal yılda Penman-Monteith (FAO) yönteminde 1103.04 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 1037.64 mm olarak, bağın bitki su tüketim değeri Penman-Monteith (FAO) yönteminde 1057.28 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 992.12 mm olarak hesaplanmıştır. Sıcak yıl için Penman-Monteith (FAO) ile hesaplanan değerler göz önüne alındığında normal yıla göre narenciyede %12.28, bağda %12.0, Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle hesaplanan değerler göz önüne alındığında da narenciyede %7.78 ve bağda %7.67 daha fazla su tüketimi söz konusu olmuştur.

Tahıllar ve diğer bitkisel ürünler grubunda sezonluk bitki su tüketim değeri normal yılda en fazla olan bitki mısır (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 693.80 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 650.25 mm), en az olan bitki buğdaydır (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 360.56 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 342.34 mm). Bu grup içerisinde yer alan mısır (II. ürün) de bitki su tüketim değeri Penman-Monteith (FAO) yönteminde 482.89 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 450.38 mm olarak belirlenmiştir. En fazla su tüketiminin belirlendiği mısırın sezonluk su tüketiminin Penman-Monteith (FAO) yöntemine göre sıcak yılda normal yıla göre %10.17, Blaney-Criddle (SCS) yöntemine göre de sıcak yılda %5.88 arttığı görülmüştür (Çizelge 4.1).

Sera sebzeleri grubunun bitki su tüketim değeri normal yıl için Penman-Monteith (FAO) yönteminde 441.08 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 418.22 mm olarak, diğer sebzeler grubunun bitki su tüketim değeri de Penman-Monteith (FAO) yönteminde 229.63 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 210.35 mm olarak hesaplanmıştır. Sıcak yılda sera sebzelerinin su tüketimlerinin normal yıla göre Penman-Monteith (FAO) yönteminde %13.97, Blaney-Criddle (SCS) yönteminde de %10.55 daha fazla olduğu, diğer sebzelerde de Penman-Monteith (FAO) ve Blaney-

Criddle (SCS) yöntemlerinde sırasıyla %21.63 ve %12.92 daha fazla su tüketimlerinin söz konusu olduğu Çizelge 4.1'deki değerlerden anlaşılmaktadır.

Normal yıl iklim verilerine göre pamuk bitkisinin sezonluk su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 807.76 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 762.64 mm olarak belirlenmiş, serin yılda evapotranspirasyon değerinin normal yıla göre Penman-Monteith (FAO) yönteminde %11.31, Blaney-Criddle (SCS) yönteminde %6.31 daha az, sıcak yılda ise sırasıyla %10.83 ve %6.48 daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Mersin ovasında yetiştirilen bitkilerin serin, normal ve sıcak yıllar için Penman-Monteith (PM) ve Blaney-Criddle (BC) yöntemleri ile hesaplanmış sezonluk bitki su tüketimleri (mm)

BİTKİ GRUBU	BİTKİ ADI	VEJETASYON PERİYODU	SERİN YIL		NORMAL YIL		SICAK YIL	
		Gün.Ay/Gün.Ay	PM	BC	PM	BC	PM	BC
Meyvesi İçin Yetiştirilen Sebzeler	Domates	10.3 / 15.7	442.76	432.84	498.36	468.43	554.24	506.39
	Domates (II.ürün)	10.8 / 30.11	417.23	416.80	488.37	452.90	553.49	488.61
	Taze fasulye	25.2 / 15.6	359.85	340.46	408.63	371.20	456.67	403.81
	Taze fasulye (II.ürün)	10.8 / 10.12	319.09	313.82	368.11	343.88	421.11	394.69
	Hıyar	5.3 / 5.7	318.21	311.37	356.82	335.70	395.66	361.65
	Hıyar (II.ürün)	5.8 / 30.11	248.94	245.74	295.07	270.27	343.71	294.07
	Patlıcan	5.3 / 10.7	433.21	421.17	479.90	453.84	531.90	488.81
	Patlıcan (II.ürün)	5.8 / 5.12	352.16	351.45	416.85	384.06	475.45	440.42
	Biber	10.3 / 10.7	419.64	408.23	469.11	439.33	519.63	472.63
	Biber (II.ürün)	10.8 / 31.10	345.54	340.76	402.94	371.45	453.55	400.66
	Kavun, karpuz	15.4/15.8	460.49	452.94	511.92	480.41	563.40	509.48
	Bakla	1.9 / 31.12	237.62	236.92	287.22	263.12	335.33	309.18
Meyveler	Şeftali, elma, armut, erik, kayısı, çeşitli fidan, zeytin	19.2 / 31.12	1044.21	1029.84	1186.94	1107.85	1325.20	1189.19
Narenciye	Narenciye	19.2 / 31.12	963.96	960.45	1103.04	1037.64	1238.44	1118.38
Bağ	Bağ	19.2 / 31.12	924.27	918.40	1057.28	992.12	1184.17	1068.23
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Mısır	15.4 / 25.8	623.92	614.00	693.80	650.25	764.39	688.49
	Mısır (II.ürün)	15.6 / 30.9	425.77	424.54	482.89	450.38	533.83	477.26
	Buğday	1.1 / 25.5	308.50	304.99	360.56	342.34	414.74	380.60
Sera Sebzeleri	Domates, patlıcan, hıyar	1.1 / 20.6	380.50	375.21	441.08	418.22	502.71	462.33
Diğer Sebzeler (Kışlık)	Ispanak, pırasa, karnabahar	5.10 / 31.12	187.72	186.57	229.63	210.35	279.29	237.53
Tekstilde Kullanılan Ham Bitkiler	Pamuk	25.3 / 31.10	716.43	714.55	807.76	762.64	895.25	812.03

Tüm bitkiler göz önüne alındığında en fazla su tüketim değerleri meyveler, narenciye ve bağda, en az su tüketim değeri de diğer sebzelerde belirlenmiştir. Diğer sebzelerden sonra su tüketimi az olan bitki taze bakladır. Bu bitkilerin bitki su tüketim değerlerinin düşük çıkmasının nedeni olarak vejetasyon periyotlarının daha serin dönemlere denk gelmesi gösterilebilir. En fazla su tüketimlerinin belirlendiği bitki gruplarında ise vejetasyon periyodunun en fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Mersin ovasındaki tüm bitkilerin bitki su tüketim değerleri Topraksu (Anonim 1982) ve DSİ (Özgenç ve Erdoğan 1988) Su Tüketim Rehberleri ile FAO kaynaklarındaki bitki su tüketim değerleri ile kıyaslandığında mevcut değerlerle uyumlu olduğu ve sınır değerler içinde kaldığı görülmüştür. Mersin Sulama Birliği ile yapılan görüşmelerden elde edinilen bilgilere göre de su tüketim değerlerinin pratikte de uygun olduğu anlaşılmıştır.

Dünyada ve ülkemizde yapılan araştırmalarda narenciyenin bitki su tüketim değerinin 900 ile 1200 mm arasında değiştiği belirtilmektedir (Turhan ve Ödemiş 2010). Mersin ovasında da yetiştirilme alanı en fazla olan narenciyenin bitki su tüketim değerleri bu değerler arasında belirlenmiştir. Ovada narenciyeden sonra yetiştirilme alanı fazla olan diğer ürün mısırın belirlenmiş bitki su tüketim değerleri; ülkemiz coğrafyasında Günbatılı (1979)'nın Tokat-Kazova koşullarındaki mısırın su tüketim değerleriyle (569-670 mm), Ayla (1993)'nın Bolu koşullarındaki mısırın su tüketim değerleriyle (540-550 mm) ve Yıldırım ve Kodal (1995)'in Ankara koşullarında belirledikleri mısırın su tüketim değerleriyle (612-946 mm) benzeşim göstermiştir.

4.2. Mersin Ovasında Yetiştirilen Bitkilerin Serin-Yağışlı, Normal ve Sıcak-Kurak Yıllar Net Sulama Suyu Gereksinimleri

Farklı iki yöntemle [(Penman-Monteith (FAO) ve Blaney-Criddle (SCS)] hesaplanan bitki su tüketim değerlerinden etkili yağışın çıkartılmasıyla belirlenen serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllarda sezonluk net sulama suyu gereksinimleri Çizelge 4.2'de, aylık net sulama suyu gereksinimleri de Şekil 4.1-4.8'de verilmiştir. Penman-Monteith

(FAO) yaklaşımına dayalı net sulama suyu gereksinimleri (PM-Inet) tüm bitkiler bazında değerlendirildiğinde normal yıllara göre; serin-yağışlı yılda %38.28 daha az, sıcak-kurak yılda %41.42 daha fazla sulama suyuna gereksinim duyulduğu, Blaney-Criddle (SCS) yaklaşımına dayalı net sulama suyu gereksinimleri (BC-Inet) göz önüne alındığında da normal yıla göre; serin-yağışlı yılda %33.88 oranında daha az, sıcak-kurak yılda ise %38.87 daha fazla sulamaya gereksinim duyulduğu görülmektedir.

Normal yıl sezonluk net sulama suyu gereksinimleri; meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda incelendiğinde en fazla sezonluk net sulama suyu gereksiniminin kavun, karpuz bitkilerinde (PM yaklaşımında 456.70 mm ve BC yaklaşımında 425.19 mm) ve en az sezonluk net sulama suyu gereksiniminin de taze bakla bitkisinde (PM yaklaşımında 86.24 mm ve BC yaklaşımında 62.14 mm) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Kavun, karpuz bitkilerinin vejetasyon periyodunda (nisan-ağustos) en fazla aylık su gereksinimi normal yıl verilerine göre temmuz ayında (PM yaklaşımında 172.0 mm, BC yaklaşımında 160.70 mm) belirlenmiş olup (Şekil 4.1) toplam su ihtiyacının PM yaklaşımında %37.66, BC yaklaşımında %37.80'ine denk gelmektedir. Aylık maksimum gereksinim sıcak-kurak yılda PM yaklaşımında temmuz ayındaki 188.0 mm'ye yükselirken serin-yağışlı yılda 154.0 mm'ye düşmekte, BC yaklaşımında ise sıcak kurak yılda 169.70 mm'ye yükselirken, serin-yağışlı yılda 148.50 mm'ye düşmektedir.

Ülkemizde en fazla tüketilen sebzelerden biri olan domatesin sulama suyu gereksinimi göz önüne alındığında meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda en fazla su gereksinimi olan 2. sıradaki bitki olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2). Normal yıl verilerine göre PM yaklaşımında 391.62 mm, BC yaklaşımında 361.69 mm sulama suyu gereksinimi olan domatesin vejetasyon periyodunda (mart-temmuz) en fazla aylık gereksinimin haziran ayında (PM yaklaşımında 156.50 mm, BC yaklaşımında 147.50 mm) olduğu, haziran ayında PM ve BC yaklaşımındaki gereksinimlerin toplam gereksinimlerin sırayla %39.96 ve %40.78'ine denk geldiği saptanmıştır. Ekstrem yıllar bazında da aylık gereksinimler yine haziran ayında en fazla olmuş, sıcak-kurak yılda

PM ve BC yaklaşımında sırayla 177.1 mm, 163.0 mm, serin-yağışlı yılda 135.4 mm, 130.5 mm değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.1).

Araştırma alanındaki meyve ağaçları (şeftali, elma, armut, erik, kayısı, çeşitli fidan, zeytin), narenciye ve bağ için sezonluk net sulama suyu gereksinimleri normal yıl için sırasıyla PM yaklaşımında 838.92 mm, 755.02 mm ve 709.26 mm, BC yaklaşımında 759.83 mm, 689.62 mm ve 644.10 mm olarak belirlenmiştir. Meyve ağaçlarının vejetasyon periyodunda (şubat-aralık) en fazla aylık su gereksinimi temmuz ayında (PM yaklaşımında 229.04 mm, BC yaklaşımında 216.39 mm) belirlenmiş olup (Şekil 4.2), toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %27.30, BC yaklaşımında %28.48'ine denk gelmektedir. Ekstrem yıllarda PM ve BC yaklaşımları için temmuz ayındaki değerler sıcak-kurak yılda sırayla 250.82 mm ve 227.87 mm'ye yükselmekte iken serin-yağışlı yılda 206.71 mm ve 201.69 mm'ye düşmektedir (Şekil 4.2).

Narenciye grubunda da en fazla aylık gereksinim normal yılda PM yaklaşımında 189.4 mm ve BC yaklaşımında 177 mm olarak temmuz ayında belirlenmiş olup toplam sezonluk sulama suyu gereksiniminin PM ve BC yaklaşımında sırayla %25.09 ve %25.67'sine denk geldiği görülmüştür. Maksimum su gereksinimi sıcak-kurak yılda PM yaklaşımında 207.7 mm'ye yükselirken, serin-yağışlı yılda 170.0 mm'ye düşmüş, BC yaklaşımında ise sıcak-kurak yılda 186.7 mm'ye yükseldiği serin-yağışlı yılda ise 164.0 mm'ye düştüğü belirlenmiştir (Şekil 4.3).

Bağda PM yaklaşımında net sulama suyu gereksinimi normal yıla göre aylık bazda analiz edildiğinde en fazla aylık gereksinimin ağustos ayında (PM yaklaşımında 179.4 mm, BC yaklaşımında 168.9 mm) olduğu saptanmıştır. Ağustos ayındaki bu gereksinim toplam sezonluk su gereksiniminin PM yaklaşımında %25.29 ve BC yaklaşımında %26.22'sine denk gelmektedir. Ekstrem yıl olan sıcak-kurak yılda ağustos ayındaki maksimum su gereksinimi PM yaklaşımında 200.3 mm'ye yükselmekte, serin-yağışlı yılda ise 155.3 mm'ye düşmektedir. Benzer olarak, BC yaklaşımında da sıcak-kurak yılda 177.0 mm'ye kadar yükselen değer serin-yağışlı yılda 155.2 mm'ye düştüğü görülmektedir (Şekil 4.4).

Çizelge 4.2. Mersin ovasında yetiştirilen bitkilerin serin-yağışlı, normal, sıcak-kurak yıllar için hesaplanmış sezonluk net sulama suyu gereksinimleri (mm)

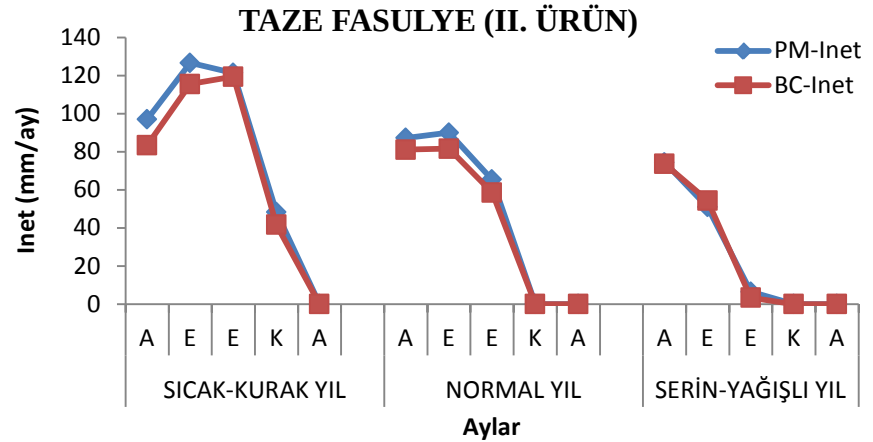
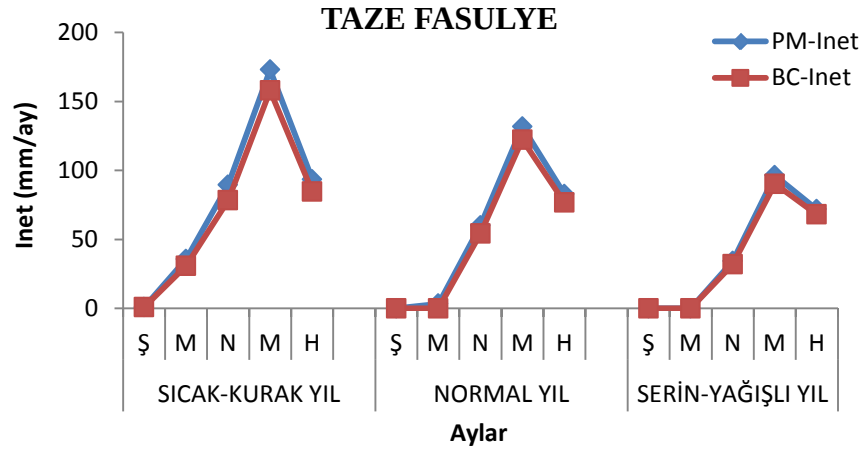
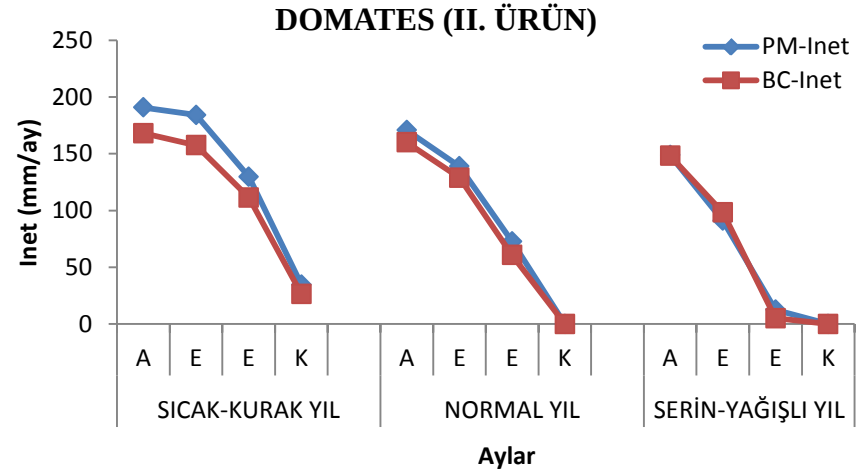
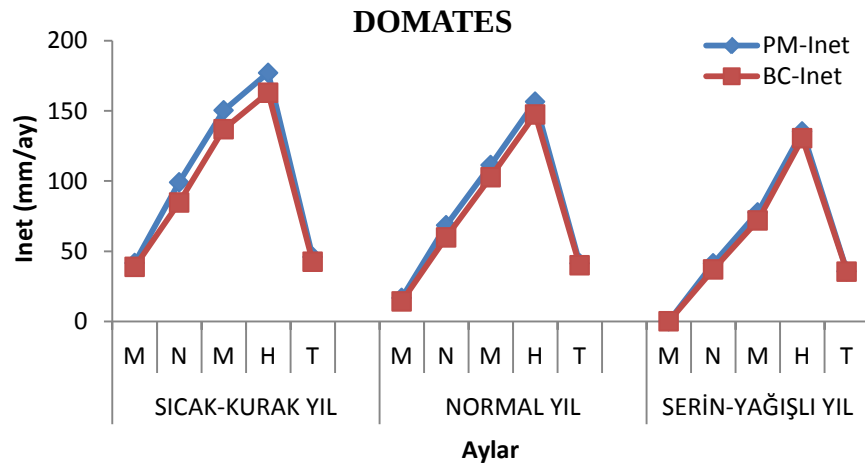
BİTKİ GRUBU	BİTKİ ADI	SERİN-YAĞIŞLI YIL		NORMAL YIL		SICAK-KURAK YIL	
		PM-Inet	BC-Inet	PM-Inet	BC-Inet	PM-Inet	BC-Inet
Meyvesi İçin Yetiştirilen Sebzeler	Domates	275.65	265.73	391.62	361.69	511.29	463.45
	Domates (II.ürün)	202.30	201.87	369.37	333.91	530.41	465.53
	Taze fasulye	168.51	149.12	281.74	244.32	402.41	349.56
	Taze fasulye (II.ürün)	68.94	63.67	222.30	198.08	382.92	356.51
	Hıyar	141.98	135.14	242.69	221.56	348.84	314.83
	Hıyar (II.ürün)	33.05	29.85	175.82	151.01	320.63	270.99
	Patlıcan	255.91	243.87	365.51	339.45	485.08	441.99
	Patlıcan (II.ürün)	118.66	117.95	284.19	251.40	444.81	409.79
	Biber	253.59	242.18	362.63	332.84	476.68	429.69
	Biber (II.ürün)	221.24	216.47	344.54	313.05	453.55	400.66
	Kavun, karpuz	360.95	353.40	456.70	425.19	549.14	495.22
	Bakla	0	0	86.24	62.14	265.41	239.26
Meyveler	Şeftali, elma, armut, erik, kayısı, çeşitli fidan, zeytin	492.50	478.14	838.92	759.83	1194.52	1058.52
Narenciye	Narenciye	412.25	408.74	755.02	689.62	1107.76	987.70
Bağ	Bağ	372.56	366.69	709.26	644.10	1053.50	937.56
Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünler	Mısır	522.46	512.55	638.05	594.50	750.10	674.21
	Mısır (II.ürün)	368.46	367.23	459.26	426.74	533.83	477.26
	Buğday	0	0	120.70	102.48	306.09	271.95
Sera Sebzeleri	Domates, patlıcan, hıyar	380.50	375.21	441.08	418.22	502.71	462.33
Diğer Sebzeler (Kışlık)	İspanak, pırasa, karnabahar	0	0	57.68	38.40	209.37	167.61
Tekstilde Kullanılan Ham Bitkiler	Pamuk	453.63	451.75	665.04	619.93	863.91	780.69

Normal yıl verilerine göre, toplam sezonluk su gereksinimi PM yaklaşımında 638.05 mm, BC yaklaşımında 594.50 mm olan mısır bitkisinin vejetasyon periyodunda (nisan-ağustos) en fazla aylık su gereksinimi temmuz ayında (PM yaklaşımında 216.60 mm, BC yaklaşımında 204.80 mm) belirlenmiş olup toplam sezonluk sulama suyu gereksiniminin PM yaklaşımında %33.95 ve BC yaklaşımında %34.45'ine denk geldiği bulunmuştur. Temmuz ayındaki maksimum sulama suyu gereksinimi PM ve BC yaklaşımlarında sıcak-kurak yılda sırasıyla 237.3 mm ve 215.7 mm'ye yükselirken, serin-yağışlı yılda 195.20 mm ve 190.6 mm'ye düşmektedir (Şekil 4.5). Mısır (II. ürün) ın vejetasyon periyodunda (haziran-eylül) normal yılda en fazla aylık su gereksinimi ağustos ayında (PM yaklaşımında 156.8 mm, BC yaklaşımında 146.1 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %33.71, BC'da %34.24'üne denk gelmiştir. Maksimum aylık gereksinim PM yaklaşımında sıcak-kurak yılda 174.9 mm'ye yükselmekte, serin-yağışlı yılda da 135.1 mm'ye düşmektedir. BC yaklaşımında ise maksimum aylık sulama suyu gereksinimi sıcak-kurak yılda 153 mm'ye yükselmiş ve serin-yağışlı yılda 133.7 mm'ye düşmüştür (Şekil 4.5). Buğday bitkisinin vejetasyon periyodunda (ocak-mayıs) normal yıla göre en fazla aylık su gereksinimi de nisan ayında (PM yaklaşımında 108.40 mm, BC yaklaşımında 100.40 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %89.81, BC'da %97.97'sine denk gelmiştir. Maksimum aylık gereksinim PM yaklaşımında sıcak-kurak yılda 145.0 mm'ye yükselmekte, serin-yağışlı yılda da 76.20 mm'ye düşmektedir. BC yaklaşımında ise maksimum aylık sulama suyu gereksinimi sıcak-kurak yılda 129.40 mm ve serin-yağışlı yılda 73.50 mm hesaplanmıştır (Şekil 4.5).

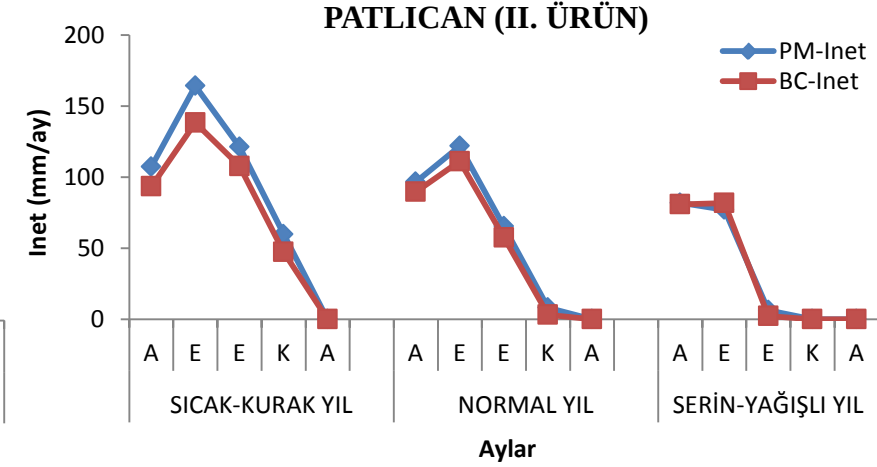
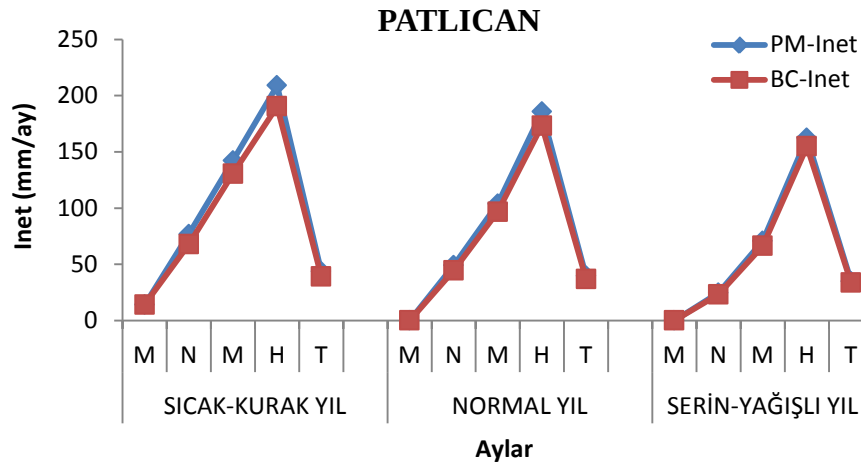
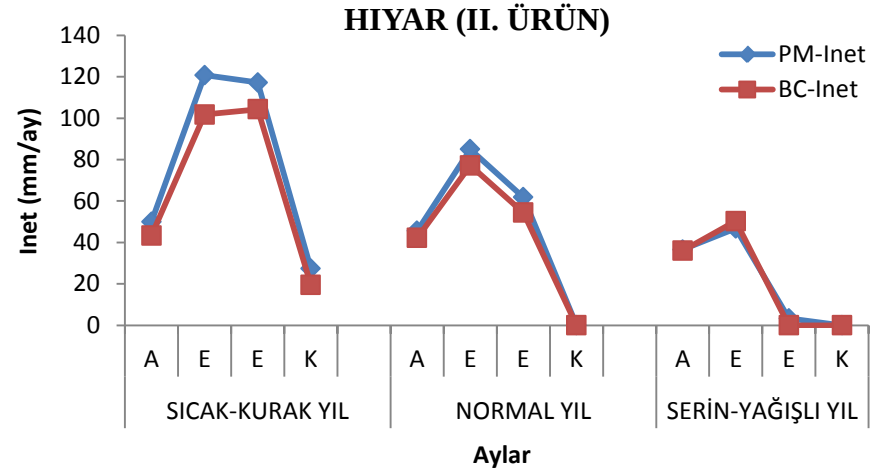
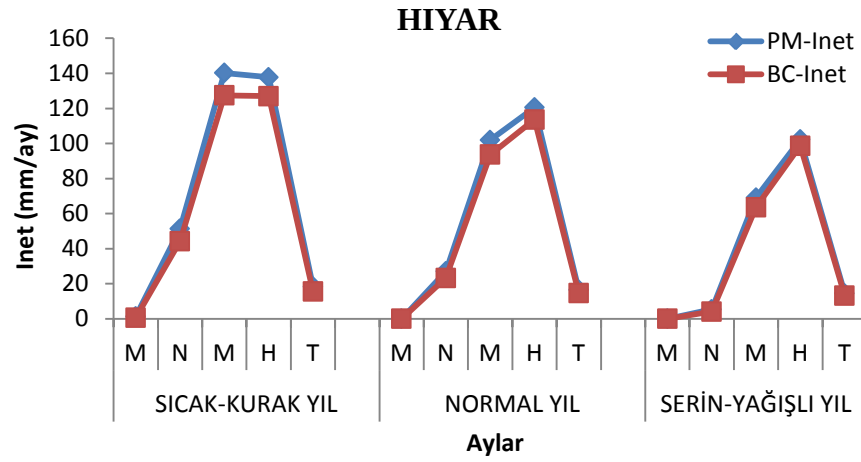
Sera sebzelerinin vejetasyon periyodunda (ocak-haziran) aylık maksimum sulama suyu gereksinimi normal yılda mayıs ayında (PM yaklaşımında 128.30 mm, BC yaklaşımında 120.10 mm) belirlenmiş, toplam sulama suyu gereksiniminin PM yaklaşımında %29.09, BC yaklaşımında %28.72'sine denk geldiği görülmüştür. Mayıs ayındaki maksimum sulama suyu gereksinimi sıcak-kurak yılda PM ve BC yaklaşımlarında sırasıyla 141.2 mm ve 128.4 mm, serin-yağışlı yılda ise 117.60 mm ve 112.1 mm olmuştur (Şekil 4.6).

Diğer sebzeler grubundaki kışlık sebzelerin sezonluk net sulama suyu gereksinimleri normal yılda PM yaklaşımında 57.68 mm, BC yaklaşımında 38.40 mm olarak belirlenmiştir. Vejetasyon periyodunda (ekim-aralık) en fazla aylık sulama suyu gereksinimi ekim ayında (PM yaklaşımında 37 mm, BC yaklaşımında 30.3 mm) belirlenmiş, toplam sulama suyu gereksiniminin PM yaklaşımında %64.15'ine, BC yaklaşımında ise %78.91'ine denk gelmiştir. Ekim ayındaki maksimum su gereksinimi sıcak-kurak yılda PM yaklaşımında 75.2 mm, BC yaklaşımında 64.9 mm'ye yükselirken serin-yağışlı yılda iki yaklaşıma göre de su gereksinimi saptanmamıştır (Şekil 4.7).

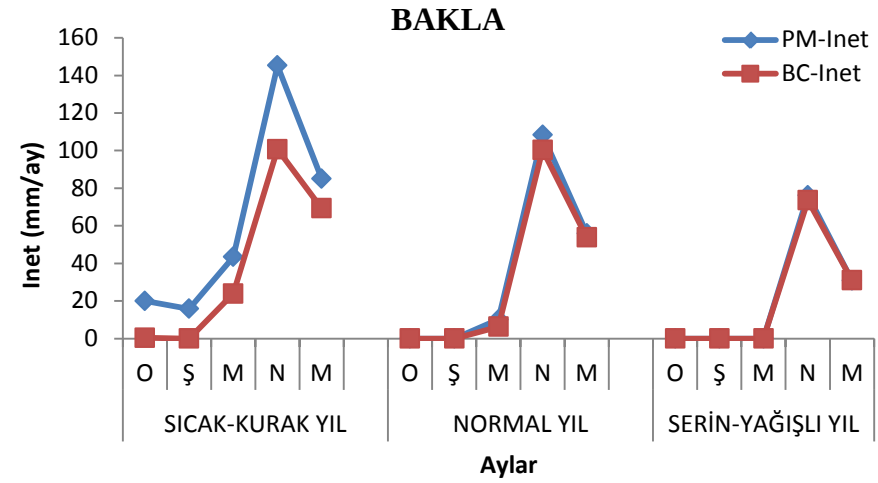
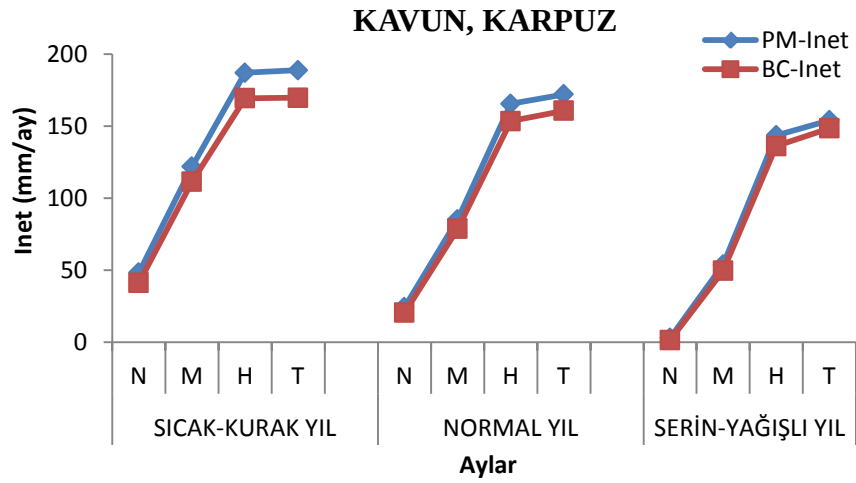
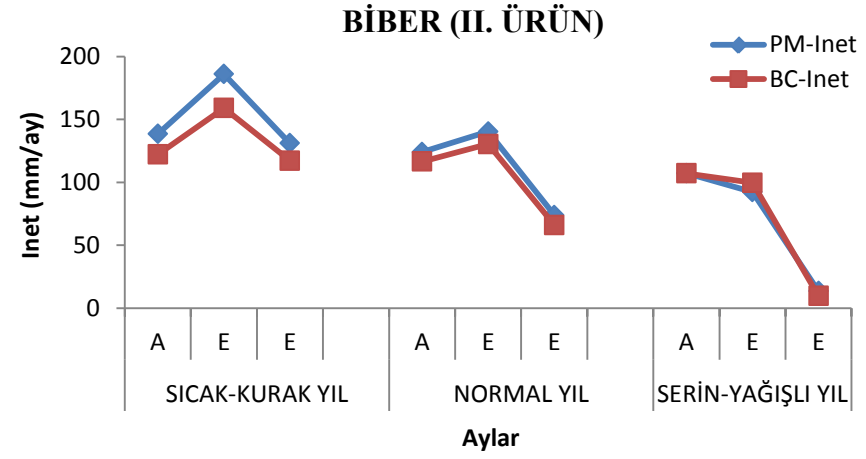
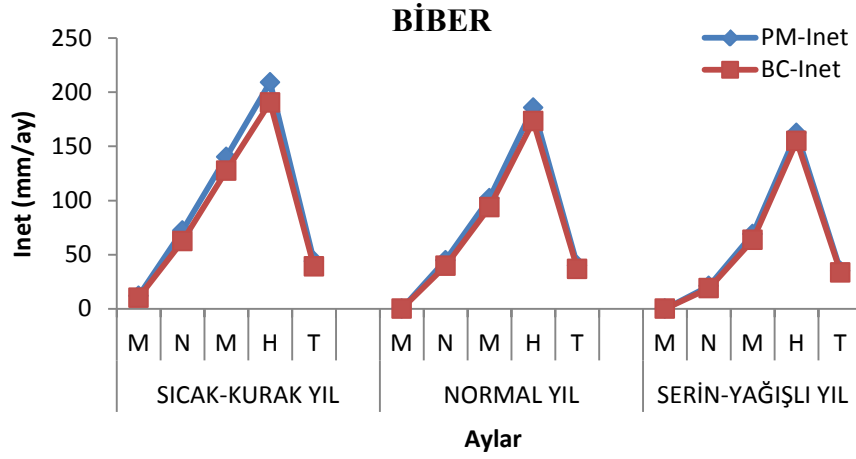
Sezonluk net sulama suyu gereksinimi normal yıla göre PM yaklaşımında 665.04 mm, BC yaklaşımında 619.93 mm olan pamuk bitkisinin vejetasyon periyodunda (mart-ekim) en fazla aylık su gereksinimi temmuz ayında PM yaklaşımında 201.80 mm ve BC yaklaşımında 190.90 mm olarak belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %30.34, BC yaklaşımında %30.79'una denk geldiği görülmüştür. Temmuz ayındaki maksimum su gereksinimi PM yaklaşımında sıcak-kurak yılda 221.20 mm'ye yükselmiş, serin-yağışlı yılda 181.50 mm'ye düşmüş, BC yaklaşımında ise sıcak-kurak yıl için 201.20 mm, serin-yağışlı yıl için de 177.20 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.8).



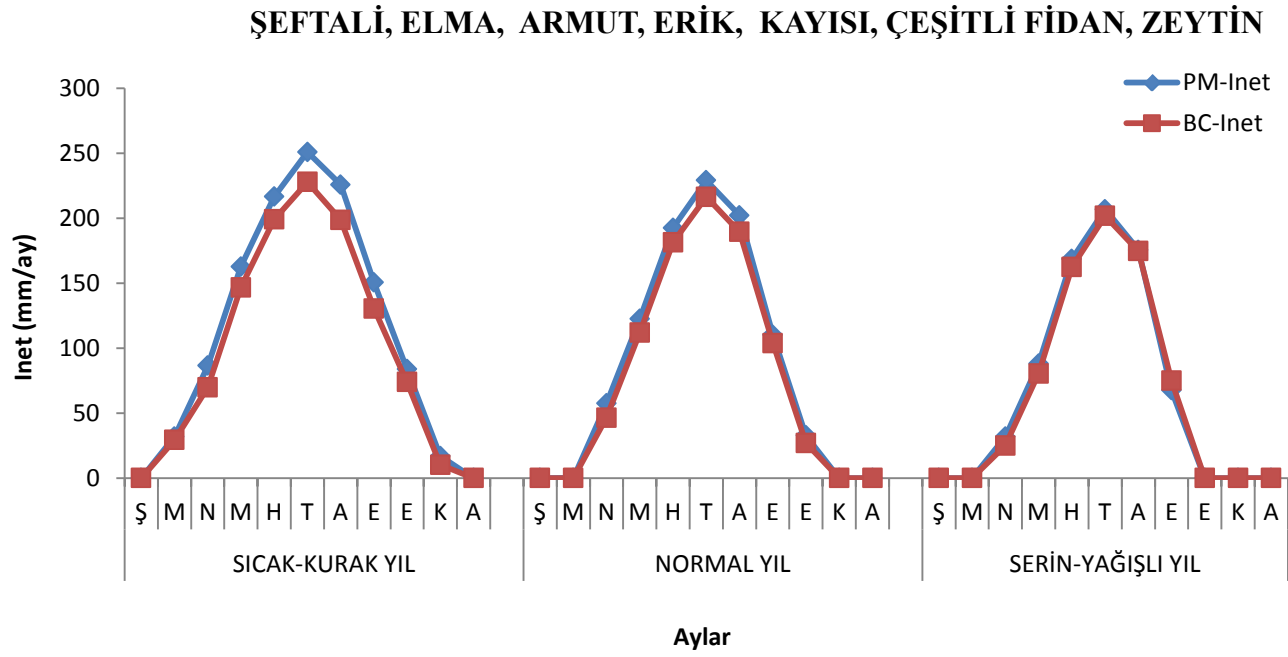
Şekil 4.1. Meyvesi yenen sebzelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)



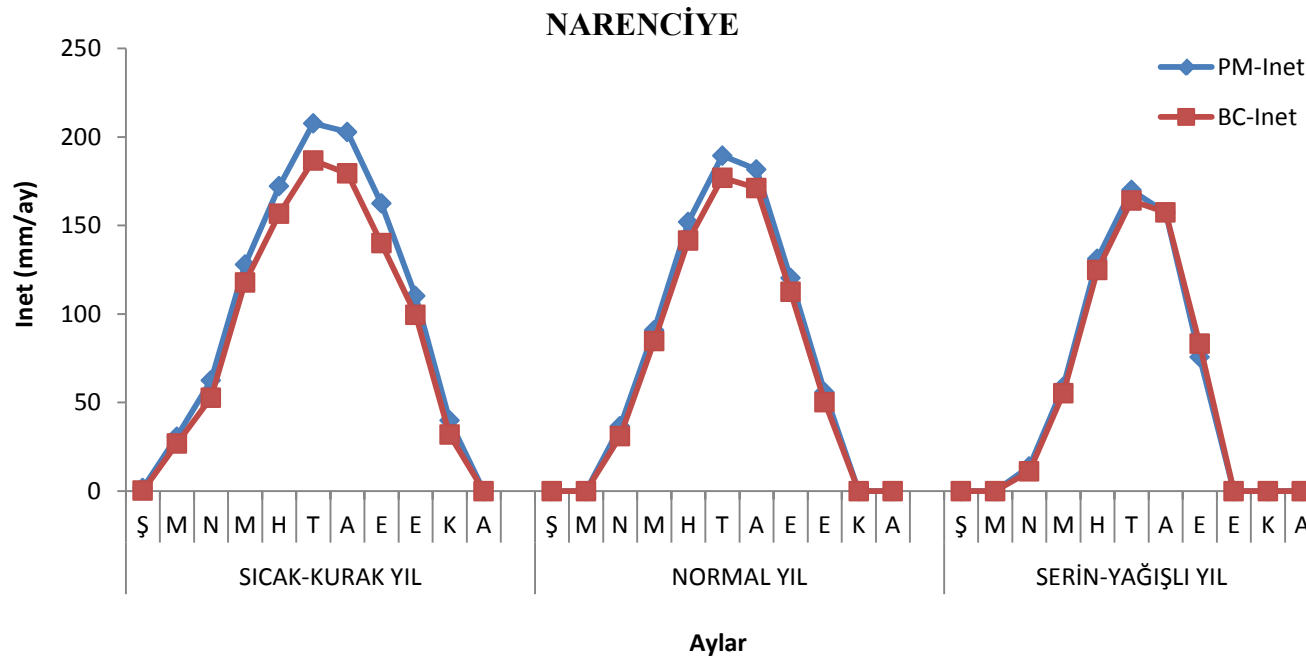
Şekil 4.1. (devam)



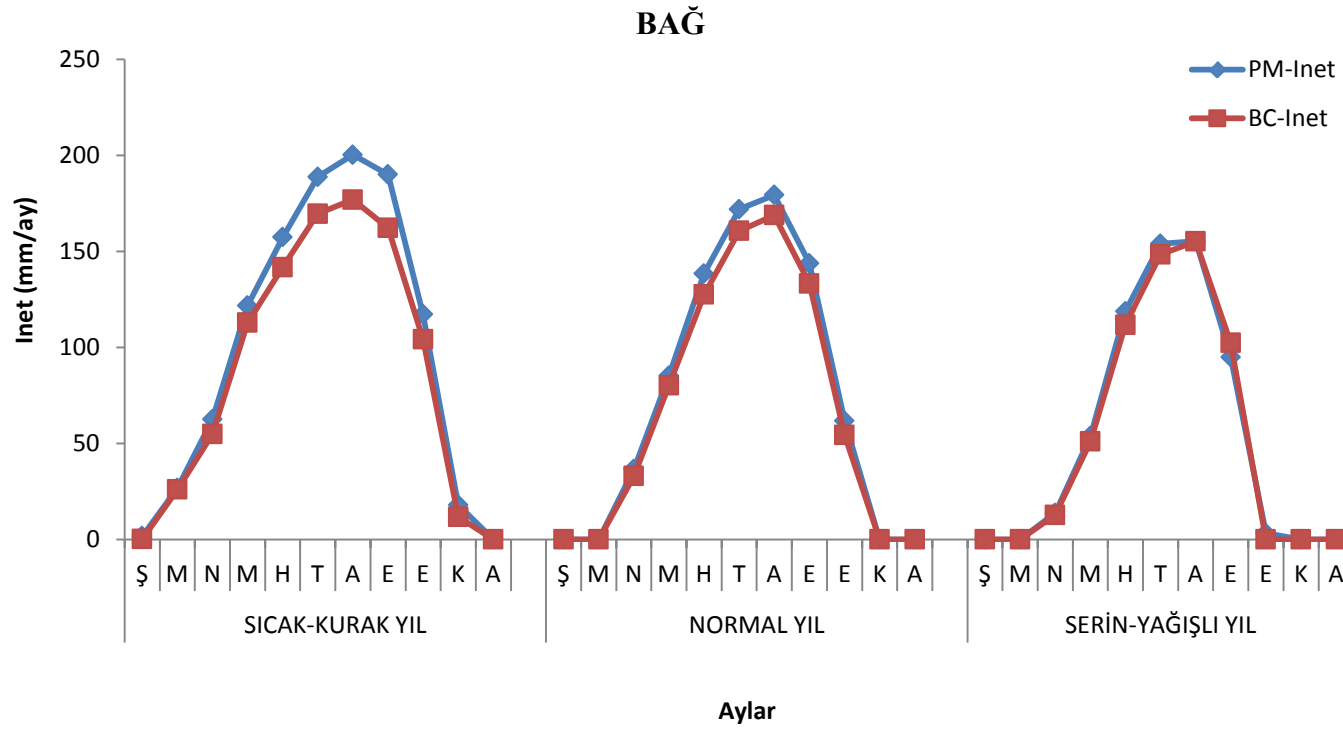
Şekil 4.1. (devam)



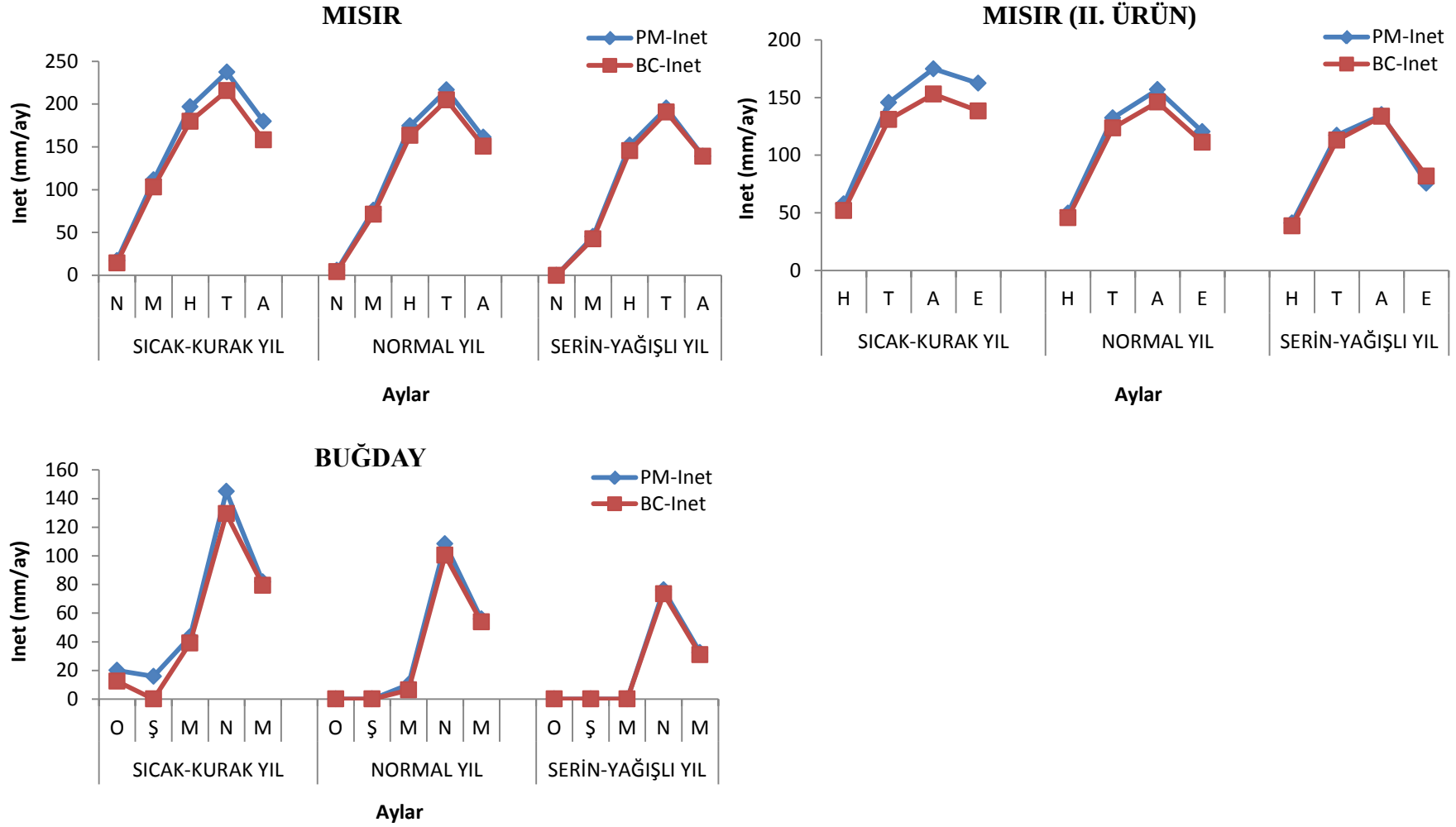
Şekil 4.2. Meyvelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)



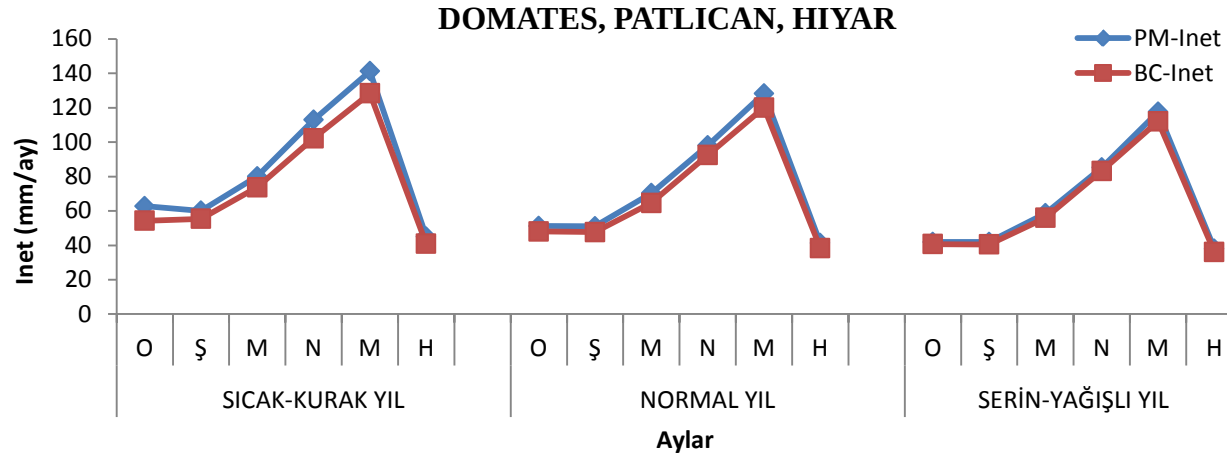
Şekil 4.3. Narenciyede net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet)



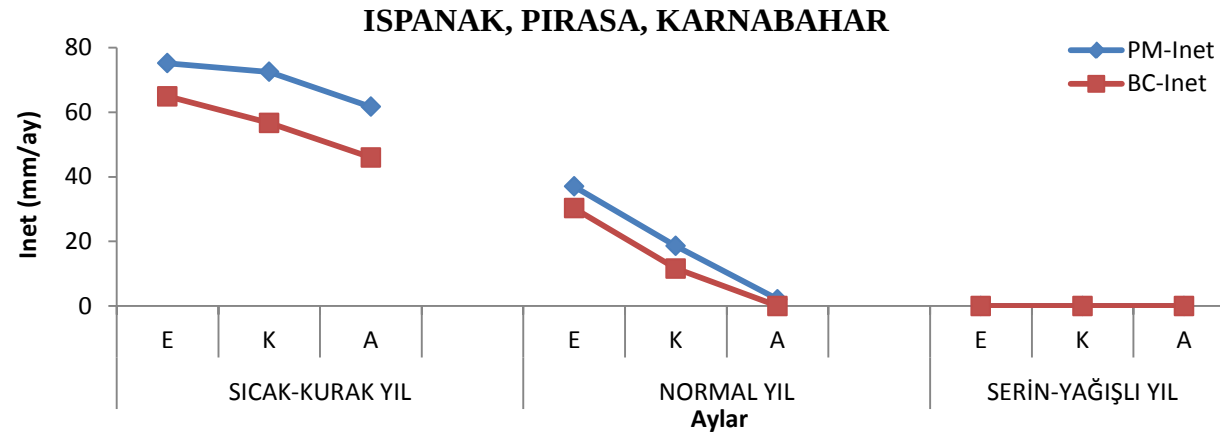
Şekil 4.4. Bağda net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet)



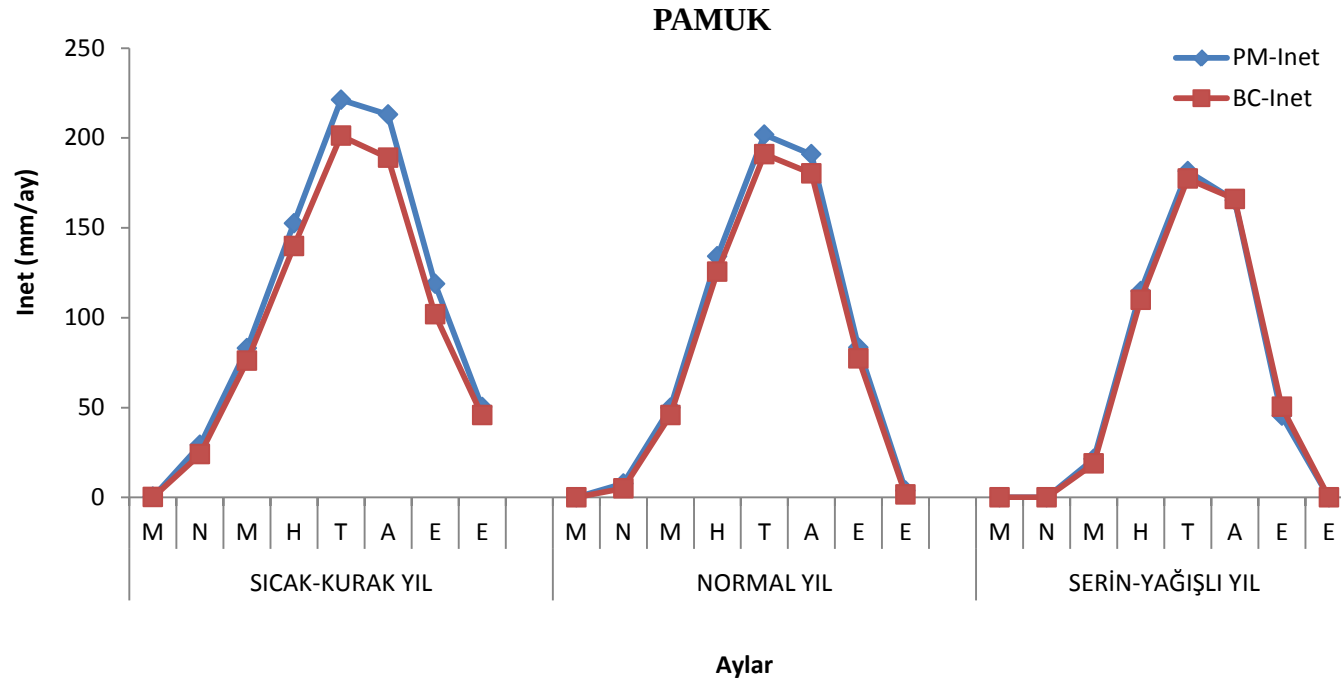
Şekil 4.5. Tahıllar ve diğer bitkisel ürünlerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)



Şekil 4.6. Sera sebzelerinde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)



Şekil 4.7. Kışlık sebzelerde net sulama suyu gereksinimlerinin aylık değişimi (Inet)



Şekil 4.8. Pamukta net sulama suyu gereksiniminin aylık değişimi (Inet)

4.3. Mersin Ovasında Sulamada Kullanılan Suların Kaliteleri

Mersin ovası kapsamında sulama suyu olarak yoğun bir şekilde kullanılan yerüstü ve kullanılması mümkün atıksu kaynaklarının analiz sonuçları ile hesaplama sonucu belirlenmiş bazı kalite parametrelerine ilişkin sonuçlar sunulmuş ve tartışılmıştır.

4.3.1. Yerüstü su kaynaklarına ilişkin analiz sonuçları ve hesaplama bulguları

Mersin ovasında sulamada yararlanılan yerüstü su kaynaklarından Berdan nehri, TD 11 drenaj kanalı ve Kölemusalı drenaj kanalı sularında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir. Berdan nehri, TD 11 drenaj kanalı ve Kölemusalı drenaj kanalı sularının pH değerleri sırasıyla 8.13, 7.80 ve 7.83; elektriksel iletkenlik (EC) değerleri de 0.37, 1.19 ve 0.53 dS/m'dir. Genel olarak katyon ve anyon içerikleri en fazla TD 11 drenaj kanalı sularında bulunurken, en az içerikler de Berdan nehri sularında gözlenmiştir.

% Na, SAR, AdjSAR, AdjRNa ve PT açısından mevcut su kaynakları arasında en sorunlu suyun TD 11 drenaj kanalı, en az sorunlu suyun Berdan nehri olduğu görülmektedir.

Tüm su kaynaklarında LSI değeri pozitif olarak belirlenmiş, en yüksek değer Berdan nehrinde saptanmıştır. Kölemusalı drenaj kanalı sularında PI değeri en yüksek olarak belirlenirken sertlik açısından da en düşük değer bu su kaynağında gözlenmiştir.

Çizelge 4.3. Mersin ovası yerüstü su kaynakları sulama suyu kalite analiz ve hesaplama sonuçları

Parametreler	Yerüstü Sulama Suyu Kaynakları		
	Berdan Nehri	TD 11 Drenaj Kanalı	Kölemusalı Drenaj Kanalı
pH	8.13	7.80	7.83
EC (dS/m)	0.37	1.19	0.53
Na (me/L)	0.34	4.27	1.80
K (me/L)	0.03	0.17	0.24
Ca (me/L)	2.65	3.67	2.59
Mg (me/L)	1.00	4.72	0.83
CO ₃ (me/L)	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ (me/L)	3.32	5.71	3.47
CI (me/L)	0.30	3.31	1.18
SO ₄ (me/L)	0.34	3.76	0.79
NO ₃ (me/L)	0.03	0.06	0.04
% Na	8.46	33.3	33.0
SAR	0.25	2.08	1.38
AdjSAR	0.50	4.47	2.66
AdjRNa	0.27	2.41	1.48
RSC (me/L)	-0.33	-2.68	0.05
pHc	7.42	7.25	7.47
LSI	0.71	0.55	0.36
PT (me/L)	0.47	5.19	1.58
PI (%)	53.78	51.91	67.08
Sertlik (Fr°)	18.25	41.95	17.10

4.3.2. Arıtılmış Atıksu Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları

Mersin bölgesinde mevcut Karaduvar Atıksu Arıtma Tesisi atıksuları (Karaduvar AAT) ve Tarsus Atıksu Arıtma Tesisi atıksuları (Tarsus AAT)’ndan tarımsal sulamada henüz yararlanılmamaktadır. Ancak arıtılmış olsa da içeriğinden dolayı atıksuların doğaya zarar vermeden tarımsal sulamalarda kullanılması söz konusu olacağından, bu suların da kalite analizleri yapılarak sulama suyu olarak kullanılabilirliği belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin değerler Çizelge 4.4’de, bu sularda mevcut ağır metal içeriklerine ilişkin değerler de Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Tarsus AAT arıtılmış atıksuyunun pH, EC, katyon ve anyon içerikleri, %Na, SAR, AdjSAR, AdjRNa, RSC, PT, PI ve KOİ değerleri Karaduvar AAT arıtılmış atıksuyundan genellikle daha yüksek olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Özellikle Tarsus AAT arıtılmış atıksularında sodyumluk açısından yerüstü su kaynaklarından da daha yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Her iki atıksuda PI değeri oldukça yüksek olarak belirlenmiş, PT değerleri yerüstü su kaynaklarından TD 11 drenaj kanalı sularının değerinin altında kalmıştır. Ayrıca atıksularda belirlenen sertlik değerleri de yerüstü su kaynakları değerlerinden daha düşüktür.

Arıtılmış atıksularda ağır metal içerikleri de analiz edildiğinde, belirlenmiş ağır metallerin konsantrasyonunun Tarsus AAT sularında genelde daha fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. Mersin ovası arıtılmış atıksu su kaynaklarına ilişkin sulama suyu kalite analiz ve hesaplama sonuçları

Parametreler	Atıksu Kaynakları	
	Karaduvar (AAT)	Tarsus (AAT)
pH	7.40	7.50
EC (dS/m)	0.97	1.12
Na (me/L)	4.58	8.78
K (me/L)	0.33	0.81
Ca (me/L)	1.55	1.38
Mg (me/L)	1.25	1.09
CO ₃ (me/L)	-	-
HCO ₃ (me/L)	4.80	5.27
Cl (me/L)	1.86	2.99
SO ₄ (me/L)	1.77	3.63
NO ₃ (me/L)	0.13	0.10
B (mg/L)	0.03	0.05
% Na	59.4	72.8
SAR	3.87	7.90
AdjSAR	7.74	15.25
AdjRNa	4.33	9.39
RSC (me/L)	2.00	2.80

Çizelge 4.4. (devam)

Parametreler	Atıksu Kaynakları	
	Karaduvar (AAT)	Tarsus (AAT)
pHc	7.40	7.47
LSI	-	0.03
PT (me/L)	2.75	4.81
PI (%)	87.82	91.84
Sertlik (Fr°)	14.00	12.35
Toplam-N (mg/L)	8.32	0.32
Toplam-P (mg/L)	0.90	25.6*
AKM (mg/L)	5.62	1.50
KOİ (mg/L)	18.08	24.90

*Giriş suyu değeridir.

Çizelge 4.5. Mersin ovasında arıtılmış atıksularda ağır metal içerikleri

Ağır metaller (mg/L)	Atıksu Kaynakları	
	Karaduvar (KAA)	Tarsus (TAA)
Alüminyum (Al)	0.15	0.36
Kadmiyum (Cd)	-	0.01
Krom (Cr)	-	0.05
Bakır (Cu)	0.02	0.06
Demir (Fe)	0.02	0.08
Kurşun (Pb)	0.01	0.01
Manganez (Mn)	-	0.01
Molibden (Mo)	0.003	-
Nikel (Ni)	0.003	0.01
Selenyum (Se)	0.012	0.03
Çinko (Zn)	0.012	0.02

4.4. Toprak, Bitki ve Sulama Sistemleri Açısından Sulama Suyu Kalitelerinin Değerlendirilmesi

Sulama suyu kalitesini değerlendirmede en temel parametreler suların pH ve EC değerleridir. Sulama suyu, pH'ına bağlı olarak belli zaman diliminde ve toprağın fiziksel–kimyasal özelliklerine bağlı olarak toprak reaksiyonunu da etkiler. Özellikle yüksek EC oranına sahip suların sulama amaçlı kullanılması da artan osmotik potansiyel

ve toksik etkiden dolayı neredeyse olanaksızlaşmaktadır. Bu nedenle sulama suyu kalite kriterleri araştırılırken ilk bakılması gereken özelliklerin başında pH ve EC gelmektedir (Yıldıztekin 2007).

Sulama suları için pH değerinin 6.50–8.40 arasında olması istenir (Ayers and Westcot 1994). Anonim (2010a)'ya göre de pH değeri 6.5-8.5 oranında olan arıtılmış atıksuyu 1. sınıf sudur (Çizelge 2.9). Dolayısıyla bitkiler için nötr pH düzeyi (6.5-7.5) ideal sayılabilir. pH'nın nötr değerden düşük olması besin elementlerinin yarayışlılığı açısından olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Düşük pH'lı koşullarda P iyonu toprakta Fe-Al gibi bazı metallerle yarayışlılığı düşük bileşikler oluşturarak bitkilerin P'den etkili yararlanmasını kısıtlar. Yine toprakta mikroorganizma çeşit ve aktivitesi de etkilenecek nitrifikasyon gibi benzeri süreçler de olumsuz etkilenmiş olur. Yüksek pH'da da sulama suyundaki Ca, Mg, Na vb. iyonlar fosforu fikse eder ve yüksek pH'dan dolayı P alınımı sınırlanır. Ayrıca pH'nın yükselmesiyle toprak yüzeyinden NH_2 şeklinde azot kayıplarında artışlar söz konusu olur (Yıldız 2008). Mersin ovasındaki sulama sularının pH değerleri 7.40-8.13 arasında değişim göstermektedir. Standart değerler arasında (6.50-8.40) bulunmalarından dolayı pH yönünden normal kabul edilmektedirler ve sulama suyu olarak kullanılmalarında sorun yaratmayacakları görülmektedir. Sulama sistemleri açısından pH değerleri incelendiğinde yüksek pH (>8) değerlerinin özellikle damla sulamada damlatıcılarda kimyasal tıkanmalara neden olduğu görülmektedir (Nakayama 1982). Damla sulama sistemleri açısından TD 11 drenaj kanalı, Kölemusalı drenaj kanalı, Karaduvar atıksu ve Tarsus atıksu su kaynaklarının pH değerlerinin 7-8 arasında olmalarından dolayı tıkanmayla ilgili sorun yaşanma olasılığı orta derecede iken Berdan nehri su kaynağının pH değerinin 8'den büyük olmasından dolayı şiddetli tıkanma sorunları yaşanabilecektir (Çizelge 3.16). Tıkanmayı önlemek ve gidermek için seyreltik asit uygulaması ile yüksek pH düşürülebilir. Bu amaçla sisteme sülfürik, N-Phuric, hidroklorik ve fosforik asit gibi kuvvetli asitlerin enjekte edilmesi önerilmektedir. Böylece suyun pH'sı düşeceğinden damlatıcılardaki kimyasal (kireç) birikim önlenmektedir (Yuan *et al.* 1998). Ancak kuvvetli asitlerle suyun pH'sının düşürülmesi özellikle düşük pH'lı topraklarda bitkisel üretimi olumsuz etkileyebilir. Bu durumda kuvvetli asitler yerine organik asitlerin

kullanılması daha uygun olur. Ancak organik asit uygulamalarında da toprakların infiltrasyon hızı olumsuz etkilenebilmektedir (Yuan *et al.* 1998). Alternatif olarak kireç tıkanmalarını önlemek için kapalı sistemlerde kireç çözücü bakteri uygulamaları da düşünülebilir (Eroğlu vd 2009).

Suların EC değerleri suda mevcut çözünmüş olan iyonların toplamından kaynaklanır ve genel olarak 1.5 dS/m'den düşük olması önerilir (Will and Faust 1999). Ancak 0.7 dS/m'den sonra bitki su alımını olumsuz etkilemeye başlar. 3 dS/m'den sonra da osmotik potansiyel anlamında sorunun boyutu şiddetli seviyeye ulaşır (Ayers and Westcot 1989). Bu çalışmada minimum EC değeri 0.37 dS/m ile Berdan nehrinde, maksimum EC değeri 1.19 dS/m ile TD 11 drenaj kanalında ölçülmüştür. Ovada incelenen suların EC değerlerinin 1.5 dS/m'den düşük olması nedeni ile sulama suyu olarak kullanılmalarında bir sakınca olmadığı söylenebilirse de atıksu kaynakları ile TD 11 drenaj kanalı sularının kullanılacağı alanlarda özellikle tuzluluğa duyarlı bitkilerde su alımında olumsuzluk yaşanması söz konusu olacaktır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sistemine göre de (Şekil 2.1) Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı C₂ (orta tuzlu sular), TD 11 drenaj kanalı, Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksuları ise C₃ (yüksek tuzlu sular) tuzluluk sınıfında yer almaktadır. Anonim (2010a)'da arıtılmış atıksular için verilen referans değerler de göz önüne alındığında ovada analizi yapılmış Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksularının EC değerlerine göre III. sınıf kullanılabilir su sınıfına girdiği görülmektedir (Çizelge 2.9). C₂ (Berdan nehri, Kölemusalı drenaj kanalı) sınıfı sular toprakların geçirgenliği düşük değilse yıkanma gereksinimi olmadan sulama suyu olarak kullanılabilirler. C₃ (TD 11 drenaj kanalı, Karaduvar AAT, Tarsus AAT) sınıfı sular uygun ve yeterli drenaj koşullarında gerektiğinde yıkama yapılarak, uygun yöntemlerle ve tuza dayanıklılığı orta dereceden iyi dereceye kadar olan bitkilerin sulanmasında kullanılabilirler (Kanber vd 1992). Çizelge 2.4'de verilen bitkiler de sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak oluşacak verim kayıpları Çizelge 4.3 ve 4.4'deki su kaynaklarına ait EC değerleri ile karşılaştırıldığında TD 11 drenaj kanalı, Karaduvar AAT ve Tarsus AAT sularının kullanılacağı sulamalarda fasulyede biraz daha belirgin olmak üzere biber, bakla, ıspanak, mısır, şeftali, elma, kayısı ve bazı turuncgillerde (portakal, greyfurt) uzun süreli kullanımlara bağlı olarak verimlerde kısmen (%10'lara

ulaşabilecek) azalmalar söz konusu olabilecektir. Bu durumda drenaj koşullarının iyileştirilerek zaman zaman yıkama yapılması düşünülebilir (Kızıloğlu vd 2007). Çözünmüş katılar yönünden Berdan nehri, Kölemusalı drenaj suları ve Karaduvar AAT arıtılmış atıksularının damla sulama sistemi ile uygulandığı koşullarda damlatıcılarda tıkanma riski hiç görülmezken, TD 11 drenaj kanalı ve Tarsus AAT arıtılmış atıksularının damla sulama sisteminde orta derecede tıkanıklık oluşturması olası görülmektedir (Çizelge 3.16).

Analiz sonuçlarına göre ovadaki suların Ca konsantrasyonları 1.38-3.67 me/L, Mg konsantrasyonları ise 0.83-4.72 me/L arasında değişim göstermektedir (Çizelge 4.3 ve 4.4). Bitki beslenmesi açısından önemli elementlerden (ikincil makrolar) olan Ca ve Mg'nin sulama sularındaki uygun düzeyleri sırasıyla 0-20 me/L ve 0-5 me/L'dir (Ayers and Westcot 1989). Bu değerlere göre Ca ve Mg katyonlarının sulama sularında izin verilebilir sınırlar arasında yer aldığı görülmektedir. Ancak TD 11 drenaj kanalındaki suyun Mg değerinin (4.72 me/L) 5 me/L'ye çok yakın olması da gözardı edilmemelidir. Dolayısıyla bu sularla sulanan topraklarda Mg'nin fazlalığı çözünabilir demir içeriğini azaltarak bitkilerde demir noksanlığı yaratabilir. Bitki beslenmesi yanında Ca ve Mg içeriği özellikle damla sulamada tıkanma riskide yaratmaktadır. Sulama sularında Ca ve Mg konsantrasyonları 50 ppm'in üzerine çıktığında, pH'da özellikle 8'den büyük olduğunda şiddetli tıkanma problemleri oluşabileceği bilinmektedir (Kuşlu vd 2005). Buna göre TD 11 drenaj kanalı, Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı su kaynakları ile yapılan sulamalarda Ca ve Mg konsantrasyonlarından ötürü tıkanma problemleri yaşanması olasılığı yüksektir. Atıksu kaynaklarının kullanımında Ca ve Mg bakımından sıkıntı görülmemektedir.

Ovadaki suların K konsantrasyonu 0.03-0.81 me/L (1.17-31.7 mg/L) arasında değişmektedir. Bitki beslenmesi açısından gerekli bir element olan K'nın sulama sularındaki uygun düzeyi 0-0.05 me/L'dir (Ayers and Westcot 1989). Berdan nehri hariç diğer incelenen tüm sulama suyu kaynaklarında potasyum konsantrasyonunun yüksek olması drenaj kanalı sularına tarımsal ve hayvansal gübre karışımının olduğunu

göstermektedir (Will and Faust 1999). Atıksulardaki yüksek K değerleri de evsel atıklardan kaynaklanan bir durum olarak değerlendirilebilir.

Na, sulama suyunun kalitesi üzerinde doğrudan ve önemli etkisi olan bir katyondur. Sulama sularında miktarı fazlalaştıkça toprakta sodyumluluk ve bitkilerde toksik etki yaratma tehlikesi de önemli düzeylere ulaşabilmektedir. Oluşacak zararda öncelikle Na konsantrasyonunun yüksekliği önemlidir (Dişli 1997). Sodyum disperse edici olduğundan, yüksek konsantrasyonlarda sodyum içeren sularla sulanan topraklarda strüktür bozulmakta ve dolayısıyla geçirgenlik olumsuz yönde etkilenmektedir (Anonim 1996). Bu anlamda Çizelge 2.9'daki Değişebilir Sodyum Yüzdeleri ve Çizelge 2.10'daki sodyum değerleri dikkate alındığında TD 11 drenaj kanalı ve özellikle de atıksu kaynakları sorun yaratma potansiyeli oluşturmaktadır. Tarsus AAT atıksuyundaki yüksek Na değerinin olumsuz etkisini önlemek için sulama yapılırken gerektiğinde fazla su kullanılarak yıkama sağlanmalı ve toprağa organik madde ilavesi düşünülmelidir (Kaya ve Öztürk 2003).

Sulama suyundaki sodyumun alkalilik yaratma potansiyeli, sodyum katyonunun yüksek konsantrasyonu yanında, sodyumun diğer katyonların toplamına oranının yüksek olmasına da bağlıdır (Sönmez ve Kaplan 1996). Temel ölçütlerden biri olan %Na'a göre sular %Na <20 olduğunda çok iyi, 20-40 arasında iyi, 40-60 arasında kullanılabilir, 60-80 arasında ihtiyatla kullanılabilir ve >80 ise zararlı, uygun olmayan sular sınıfına girmektedir (Anonim 2010a). Pratikte sulama sularının %Na değerlerinin 50-60'tan düşük olması istenir (Erözel 1986). Bu kritere göre ovadaki incelenen sulardan Berdan nehri %8.46 ile çok iyi, TD 11 drenaj kanalı ve Kölemusalı drenaj kanalı suları sırası ile %33.3 ve %33.0 ile iyi, Karaduvar AAT atıksuyu %59.4 ile kullanılabilir ve Tarsus AAT atıksuyu ise %72.8 ile özenle kullanılabilir su sınıfına girmektedir.

Na'nın etkisini değerlendirmede bir diğer yaygın olarak kullanılan kriter de SAR değeridir. ABD Tuzluluk Laboratuvar Grafik Sistemine göre (Şekil 2.1) incelenen tüm suların 0.25-7.90 arasındaki SAR değerleri göz önüne alındığında S₁ sınıfına girdiği görülmektedir. S₁ sınıfındaki sular her bitki ve toprak koşullarında güvenle kullanılabilir

sulardır. Ayers and Westcot'un (1989) sınıflaması (Çizelge 2.8) göz önüne alınarak SAR değerleri suların EC değerleri ile birlikte değerlendirildiğinde SAR değeri 0-3 arasında sular EC değerleri 0.2-0.7 dS/m arasında ise geçirgenlik açısından sorun oluşturabilecek, EC değeri 0.7 dS/m'den fazla ise sorun oluşturmayacak sulardır. Bu durumda yüzeysel su kaynaklarında Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı suları sorunlu sulardır. Yine bu sınıflandırma sistemine göre atıksu kaynakları da değerlendirildiğinde Karaduvar AAT ve Tarsus AAT arıtılmış atıksularının geçirgenlik açısından sorun oluşturabilecek sular sınıfına girdiği görülmektedir. Sodyumun etkisini değerlendirmede kullanılan diğer ölçütlerden AdjSAR ve AdjRNa dikkate alındığında Çizelge 2.8'deki değerlere göre TD 11 drenaj kanalı suları dışındaki incelenen tüm suların hafif-orta sorun yaratma potansiyeli söz konusu olacaktır. Geçirgenlik açısından sorun oluşabilecek düz alanlarda yüzeydeki göllenmelere karşı yüzey drenaj önleminin yanı sıra yüzey akış kayıplarını azaltacak sulama yöntem planlaması yapılması önemlidir.

Suların EC ve SAR değerleri dikkate alınarak ABD Tuzluluk Laboratuvarı sulama suyu sınıflandırma sistemi grafiğine (Şekil 2.1) göre yapılan değerlendirmede Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı C₂S₁, TD 11 drenaj kanalı, Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksu kaynakları ise C₃S₁ sulama suları içerisinde yer almışlardır.

SAR'a bağlı olarak Na'nın yaprak dokularında kurumaya yol açan toksik etkisini değerlendirmek için Çizelge 2.8 ve 2.10'daki verilen referans değerleri incelendiğinde yüzey sulama koşullarında SAR<3 olduğunda problem yaratmayacağı, 3-9 arasında olduğunda sorunun başlayacağı, SAR>9 olduğunda şiddetli sorun olacağı, yağmurlama sulama ve damla sulama koşullarında da Na içeriği <3 me/L olduğunda sorun olmayacağı >3 me/L olduğunda sorunun başlayacağı Ayers and Westcot (1989) ve Anonim (2010a)'da belirtilmiştir. Mersin ovasında incelenen yüzeysel su kaynaklarının SAR değerleri 3'den küçük olduğundan dolayı toksisite açısından yüzey sulamada sorun yaşanması söz konusu olmayacakken, yağmurlama ve damla sulamalarda TD 11 drenaj kanalı suyunun Na içeriği >3 me/L olduğu için toksisite sorunu yaşanması söz konusu olacaktır. Atıksu kaynaklarında da >3 SAR değerinden ve >3 me/L Na içeriği

değerinden dolayı yine sorun yaşanması söz konusu olacaktır. AdjSAR değeri göz önüne alındığında Tarsus AAT atıksuyunun kullanılması koşulunda toksisite sorununun ciddi boyutlara ulaşması da olası görülmektedir.

Na dışında toksik etki açısından önemli iki iyondan biri CI diğeri de Bor'dur. CI, sulama sularında en problemli anyon olarak kabul edilmektedir (Arslan vd 2007). Bitkilerde karbonhidrat iletimini ve stomaların açılıp kapanmasını kontrol eder. Ancak çok az miktarının bitki için gerekli olduğu ifade edilmektedir. CI fazlalığı yaprak dokusuna zarar vererek bitkideki tüm yaprakların dökülmesine neden olabilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010). Sulama sularında CI konsantrasyonu yüzey sulama koşullarında 4 me/L'den düşük ise kabul edilebilir, 4-10 me/L ise sorun oluşturabilir ve 10 me/L'den fazla ise ciddi toksisite sorunu oluşturabilmektedir (Ayers and Westcot 1989). Mersin ovasında incelenen suların klor konsantrasyonları 0.30-3.31 me/L arasında değişim göstermekte ve 4 me/L'den düşük olmalarından dolayı yüzey sulamada kullanılmaları durumunda bitkilerde zehir etkisinin görülmeyeceği söylenebilir. Ancak yağmurlama sulamada 3 me/L'yi aşması toksisite sorunu yaşanabileceğini ifade etmektedir (Ayers and Westcot 1989). Buna göre CI konsantrasyonu TD 11 drenaj kanalında 3 me/L'yi aştığından dolayı bu suyun yağmurlama sulama ile uygulandığı koşullarda toksisite etkisi görülmesi söz konusu olabilecektir. Ayrıca damla sulama koşullarında da hem TD 11 drenaj kanalı suları hem de Tarsus AAT atıksuyu az-orta düzeyde toksisite sorunu oluşturabilir (Çizelge 2.10). Bu nedenle gerektikçe yıkama yapılarak topraktaki CI birikiminin önlenmesi yararlı olabilir.

Bor da bitki gelişimi için temel elementlerden birisidir, ancak çok az miktarda gereksinim duyulan bir elementtir. Bor bitkinin stabilitesini artırır, protein oluşumu için önemlidir, karbonhidrat metabolizması ve taşınması üzerinde rol oynar. Ayrıca kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumunda fizyolojik rolleri vardır (Uygan ve Çetin 2004). Dolayısıyla sudaki bor miktarı, kullanım sınırlarını aştığında bitkiye zehir etkisi yapmaktadır (Kanber vd 1992). Bitki gelişimi açısından bor iyonu değeri 0.7 mg/L'den düşük ise sorun oluşturmayacağı kabul edilmektedir (Çizelge 2.8 ve 2.10). Anonim (2010a)'ya göre de Bor konsantrasyonu 0-0.5 mg/L olan arıtılmış atıksular sulama

açısından 1. sınıf sulardır (Çizelge 2.9). Bor değeri yerüstü sularında incelenmemiş olduğundan bu değerlendirme yapılamamıştır. Analizlerin yapıldığı Karaduvar AAT atıksuyunda 0.03 mg/L, Tarsus AAT atıksuyunda ise 0.05 mg/L belirlenmiş olup 0.7 mg/L'nin altında olduğundan dolayı bu suların sulama suyu olarak kullanılmalarında bir sakınca bulunmamaktadır. Bitkilerin bora karşı gösterdikleri dirençler farklıdır. Bu kapsamda Çizelge 2.6'da ve 2.7'de verilen referans değerler de göz önüne alındığında ovada yetiştirilen tüm bitkiler için atıksuların kullanıldıkları koşullarda bir sorun söz konusu olmayacaktır.

Karbonatlar, sudaki asitleri nötralize edebilen bileşiklerin konsantrasyonudur ve 1 me/L'lik karbonat konsantrasyonunun zamanla ortamın pH'sını yükseltecek düzeyde olduğu ifade edilmektedir (Will and Faust 1999). Ovadaki su kaynaklarında suların pH'larının 8.5'den düşük olmasından dolayı karbonat iyonuna rastlanmamıştır. Karbonat sulu ortamlarda ancak pH'nın 8.5'den yüksek olduğu durumlarda önemli miktarda bulunabilmektedir (Lindsay 1979). CO_3 'ün su içinde çözünmesi ile meydana gelen HCO_3 'ün sulara bulunuş oranları sıcaklık, pH ve diğer çözülmüş halde bulunan katı maddelerin konsantrasyonuna bağlıdır. Sulama sularında CO_3 ve HCO_3 konsantrasyonu Ca ve Mg konsantrasyonundan fazla ise toprakta Na_2CO_3 birikimi artmaya başlar (Sağlam 2010). Bu durumda ortamda Na arttığı için HCO_3 bitkiye zarar vermeye başlar (Kanber ve Ünlü 2010). Sulama sularında HCO_3 konsantrasyonu >8.5 me/L ise kullanılmasının sakıncalı olduğu Ayers and Westcot (1989) tarafından bildirilmektedir (Çizelge 2.8). İncelenen sulara HCO_3 konsantrasyonu 3.32-5.71 me/L arasında değişim göstermektedir. Dolayısıyla sulamada kullanılmalarında bir sakınca olmadığı görülmektedir. Ancak sulara HCO_3 konsantrasyonu 2 me/L'den ve pH değeri de 7.5'den büyük olduğu durumlarda sulama sistemlerinde CaCO_3 birikmesi söz konusu olabilmektedir (Rogers *et al.* 2003). Özellikle damla sulama sistemlerinde bu anlamda tıkanma sorunlarının yaşanması, incelenen su kaynaklarının pH ve HCO_3 değerleri dikkate alındığında mümkün görülsede kapalı sistemlerde CaCO_3 birikimini belirlemede önemli bir ölçüt olan ve ölçülen pH değerlerinden teorik pH değerlerinin çıkarılmasıyla bulunan LSI değerlerinin pozitif çıkması tıkanma riskini daha net ortaya koyabilmektedir (Anonymous 1995; Şahin vd 1998). Bu durumda ovada incelenen tüm

sularda pozitif LSI değerleri bu sulardan kaynaklanabilecek CaCO_3 çökmesinin söz konusu olacağını işaret etmektedir.

CI'dan daha az toksik olan SO_4 , sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda kalsiyum çökmesine neden olabilir (Arslan vd 2007). Çizelge 2.1, 2.2 ve 2.9'daki referans değerlere göre SO_4 konsantrasyonu <4 me/L ise bu su 1. sınıf veya çok iyi su sınıfındadır. Ovada incelenen suların sülfat içerikleri 0.34-3.76 me/L arasında değiştikten kullanılmalarında sakınca bulunmayan sulardır.

Mersin ovasındaki suların NO_3 konsantrasyonları 0.03-0.13 me/L arasında değişmektedir (Çizelge 4.3 ve 4.4). Dolayısıyla bitkilere etkileri açısından nitrat iyonu <5 mg/L (0.08 me/L) ise sorun oluşturmayacak, 5-30 mg/L (0.08-0.48 me/L) ise soruna neden olabilecek, >30 mg/L (0.48 me/L) ise ciddi sorun oluşturabilecek su olarak kabul edilmektedir (Çizelge 2.8). Aynı zamanda arıtılmış atıksuları sınıflandırma rehberinde de <5 mg/L NO_3 içerikli sular 1. sınıf (çok iyi), 5-10 mg/L NO_3 içerikli sular da 2. sınıf (iyi) su olarak ifade edilmektedir (Çizelge 2.9). Bu referans değerlere göre ovada incelenen suların NO_3 açısından sorunlu olmadığı ancak hassas bitkilerde atıksuların kısmen olumsuz etkilerinin olabileceği anlaşılmaktadır.

Artık sodyum karbonatının belirlendiği formüsel yaklaşımda pozitif değerlerin elde edilmesi suda artık karbonat olduğunu gösterir. Artık karbonatın fazla olduğu sularla yapılan sulamalarda toprakların fiziksel özellikleri bozulmakta ve siyah alkali topraklar oluşmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Çizelge 2.5'de verilen referans değerlere göre RSC değeri 1.25–2.5 me/L arası sular özenle kullanılması, >2.5 me/L olan sular da kullanılmaması gereken sulardır. Bu durumda Berdan nehri, TD 11 drenaj kanalı ve Kölemusalı drenaj kanalı suları RSC değerleri negatif veya düşük bulunduğundan dolayı sulamada güvenle kullanılabilirken, atıksu kaynaklarından Karaduvar AAT arıtılmış atıksu kaynağı uygun işletme koşullarında ıslah maddeleri ile kullanılabilir su iken Tarsus AAT atıksu kaynağı sulamada kullanılmaması gereken su sınıfına girmektedir. Karaduvar AAT atıksuyunun kullanılacağı koşullarda ıslah maddesi olarak Ca içerikli suda çözünebilen doğal kaynaklar kullanılabilir.

Suların CI ve SO₄ iyonlarının konsantrasyonlarından hesaplanan PT değerleri 0.47-5.19 me/L arasında değişmiştir (Çizelge 4.3 ve 4.4). PT açısından incelenen tüm su kaynakları ile sulanan kumlu topraklar için bu suların 1. sınıf su oldukları, önemli değişikliğe yol açmayacakları anlaşılmaktadır (Çizelge 3.14). Ancak, killi topraklar için Tarsus AAT atıksuyu 2. sınıf su, TD 11 drenaj kanalı suyu 3. sınıf su ve diğerleri 1. sınıf su iken, tınlı topraklar için TD 11 drenaj kanalı suyu 2. sınıf diğerleri 1. sınıf sudur. Dolayısıyla sorun yaşayabilecek bünyeye sahip alanlarda drenaj koşullarının iyileştirilmesi ve yıkama yapılması yararlı olacaktır.

Sulama sularının toplam katyon, Na ve HCO₃ konsantrasyonlarından hesaplanan PI değerlerine göre 1. sınıf sular toprakların geçirgenliklerinde önemli değişmeye neden olmayan, 2. ve 3. sınıf sular ise toprağın geçirgenliğinde değişen oranlarda azalmaya yol açan sulardır. Artan Na ve HCO₃, tuzluluğun azaldığı koşullarda geçirgenlikte ciddi azalmalara yol açabilmektedir. PI değerine göre yerüstü su kaynaklarından TD 11 drenaj kanalı suları tüm topraklar için 1. sınıf su iken, Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı suları da tüm topraklar için 2. sınıf su sınıfına girmektedir. Atıksu kaynaklarından Karaduvar AAT atıksu kaynağı tüm topraklar için 2. sınıf, Tarsus AAT atıksuyu ise yüksek geçirgenlikteki topraklar için 2. sınıf, düşük ve orta geçirgenlikteki topraklar için 3. sınıf sulardır (Şekil 3.7, 3.8 ve 3.9). 2. sınıf sular uzun süre kullanımında düşük, orta ve yüksek geçirgenlikteki toprakların geçirgenliklerini, sırasıyla %35, %25 ve %7'ye varan oranlarda azaltabileceği beklenmektedir. 3. sınıftaki sular ise düşük, orta ve yüksek geçirgenlikteki topraklarda uzun süreli kullanımlarda %75'e varabilecek oranlarda geçirgenlikte azalmalara yol açabilecektir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sularda sertliği sağlayan Ca ve Mg konsantrasyonlarıdır. Dolayısıyla sert sular yumuşak toprak, yumuşak sular ise sert toprak oluşturmaktadır (Varol vd 2005). İncelenen su kaynaklarında Berdan nehri, Kölemusalı drenaj kanalı, Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksu kaynakları sertlik yönünden orta su sınırının (22) altında kalmakta ve sadece TD 11 drenaj kanalı su kaynağı sert su sınıfına girmektedir (Çizelge 3.15). Dolayısıyla TD 11 drenaj kanalı su kaynağının kullanıldığı alanlar dışındaki topraklarda sıkışma

sorunları yaşanabileceğinden topraklarda fiziksel yapıyı iyileştirme amacı ile toprağa organik materyal (ahır gübresi, çöp kompostosu) karıştırma ve ekim öncesi topraklarda düzenli olarak ön sürüm yapılması yararlı olacaktır. Ayrıca toprak yüzey örtüsünün korunması ve uygun sulama yöntemi kullanılması da düşünülecek önlemlerdendir.

Sulama sularında Fe'nin bulunması, ince toprak parçacıklarını birleştirerek daha büyük agregatların oluşmasına neden olabilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010). Bitki fizyolojisi açısından da besin maddelerinde yapı elementi olması önemlidir (Fırat 1990). Ancak Fe'nin su içerisindeki konsantrasyonu genellikle düşüktür ve nadiren birkaç ppm'i geçmektedir. Ovada Fe analizi yapılmış su kaynaklarından Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksularında Fe konsantrasyonu sırası ile 0.02 mg/L ve 0.08 mg/L'dir (Çizelge 4.5). Sularda miktarı düşük olsada toprakta genellikle bitkiler için yeterli miktarda Fe bulunmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Sulama sularında Fe'nin yüksek konsantrasyonları damla sulamada tıkanmaya neden olabilmektedir. Atıksu kaynaklarında belirlenen değerler 0.1 mg/L'den daha az olduğundan Fe kaynaklı herhangi bir tıkanma riski söz konusu olmayacaktır (Çizelge 3.16).

N ve P makro besin elementleri olduğundan atıksuların Toplam-N ve Toplam-P içerikleri bitki beslenmesi açısından önemlidir. Ancak su kaynaklarında ötrofikasyona ve nitrat kirlenmesine neden olabilmektedirler (Tanji 1997). Bitki beslenmesi açısından sulama sularında P iyonu değerinin 0-2 mg/L arasında bulunması uygundur (Ayers and Westcot 1989). Yine atıksulardaki 1-5 mg/L arasındaki P konsantrasyonunun çoğu bitkinin gübre gereksinimini karşılayabilecek düzeyde olduğu ifade edilmiştir (Bouwer and Idelovitch 1987). Genellikle evsel atık sularda 4-15 mg/L dolayında P bulunabileceği belirtilmektedir (Tünay vd 1991). Bu kapsamda Tarsus AAT giriş atıksuyundaki 25.6 mg/L P değeri de yüksek olarak değerlendirilebilir. Karaduvar AAT atıksuyunun çıkış suyundaki P içeriği de 0.90 mg/L'dir. 0-2 mg/L arasında bir değere sahip olmasından dolayı bu suyun sulama suyu olarak kullanılması koşulunda bitki beslenmesi açısından yararlı olacağı söylenebilir.

Bitki yeterince N aldığında koyu yeşil renkli ve kuvvetli bir vejetatif gelişme gösterirken, gereğinden fazla N bitkinin gelişme devresini uzatır, olgunlaşmayı geriletir ve meyvelerin tatlarında azalmaya, bitkinin gevşek ve kuvvetsiz bir yapıda olmasına ve dolayısıyla bitkilerin yatmasına neden olmaktadır (Kaçar 1984; Ali 1987). Genellikle atık sular proteinli maddelere ve üreye bağlı olarak değişik dozlarda N içerirler. N'nin en ileri derecede oksitlenmiş halleri olan NO_3 'ler 0-20 mg/L konsantrasyonlarında bulunabilir (Belmonta *et al.* 2011). Çalışmada Karaduvar AAT atıksuyunda Toplam-N miktarı 8.32 mg/L olarak belirlenmiş olup, Anonim (2010a) arıtılmış atıksu standartlarına göre bu su 2. sınıf yani iyi kalitede, Tarsus AAT atıksuyunda ise 0.32 mg/L olarak belirlenmiş olup 1. sınıf su yani çok iyi kalitede su sınıfına girmektedir (Çizelge 2.9).

Sulama sularındaki askıda katı maddeler (AKM), kaba bünyeli toprakların yapısında iyileşmeler sağlayabilir. Ancak kapalı sulama sistemleri açısından tıkanma ve aşınma sorunları oluşturabilmektedirler. Ayrıca atıksulardaki çoğunlukla organik yapıdaki AKM'ler, klorlama randımanını da olumsuz etkileyebilmektedir. Damla sulama sistemleri açısından 50-100 mg/L'lik AKM konsantrasyonları az ile orta arasında ve 100 mg/L'den daha yüksek konsantrasyonlar için çok ciddi tıkanma sorunlarına yol açmaktadırlar (Çizelge 3.16). Ovada incelenen atıksu kaynaklarından Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksularında belirlenen AKM değerleri sırası ile 5.62 mg/L ve 1.50 mg/L olduğundan damla sulama sistemleri açısından bu suların herhangi bir tıkanma problemi oluşturmayacağı görülmektedir. Ayrıca Anonim (2010a)'ya göre de bu sular AKM yönünden 1. sınıf yani çok iyi sulardır (Çizelge 2.9).

Sulardaki organik madde varlığının ölçütü olarak, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerinden yararlanılır. KOİ değeri yüksek olan sular, topraktaki oksijeni azaltıp bitki gelişimi için gerekli oksijenin eksilmesinin yanı sıra, demir ve mangan gibi elementlerin iki değerlikli formlara indirgenmesi yoluyla da zehirli koşullar oluştururlar. Bu sorun yağmurlama sulama yapılarak ve iyi drenaj koşulları oluşturularak azaltılabilmektedir (Munsuz ve Ünver 1995). Normalde KOİ konsantrasyonunun 50 ppm üzerinde olması arzu edilmeyen bir durumdur. Bu durumda Karaduvar AAT ve Tarsus AAT

atıksularında KOİ değerleri sırası ile 18.08 mg/L, 24.90 mg/L olarak belirlenmiştir ve Anonim (2010a)'da KOİ değerleri için belirtilmiş referans değerlere görede bu sular 1. sınıf su özelliğindedir (izelge 2.9).

Sulamada kullanılan atıksuların ağır metal içerikleri düşük konsantrasyonları bile bitkilere toksik etki yaptığından özellikle değerlendirilirler. Bu kapsamda Karaduvar AAT ve Tarsus AAT atıksularında incelenen Al, Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo ve Se gibi ağır metallerinin konsantrasyonlarının (izelge 4.5) sulama sularında izin verilen sınır değerlerin altında kaldığı görülmektedir (izelge 2.11). Ağır metal konsantrasyonlarının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Anonim (2010a) referans değerlerine göre sulama açısından bir sorun oluşturmaması söz konusu olsa da toprakta oluşacak birikimler ve topraktan bitkilere geçişlerin izlenmesi insan sağlığı açısından önemli olacaktır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın temel amaçlarından birincisi Mersin Ovasında yetiştiriciliği yapılan bitkilerin net sulama suyu gereksinimlerinin normal ve ekstrem yıllar (sıcak-kurak ve serin-yağışlı) için belirlenmesi, ikincisi sulama suyu olarak kullanılan yerüstü sularının ve kullanılması mümkün arıtılmış atıksuların toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından kullanılabilirliğinin belirlenmesi ve ortaya çıkabilecek sorunların çözümüne yönelik önerileri tartışmaktır.

Bitki su tüketimleri az sayıda meteorolojik veriyle ülkemiz koşullarında aylık periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren SCS uyarlamalı Blaney-Criddle (BC) yöntemiyle ve daha fazla meteorolojik veriyle ve daha kısa periyotlarda sağlıklı sonuçlar veren FAO uyarlamalı Penman-Monteith (PM) yöntemiyle normal, serin ve sıcak yıllar için hesaplanmıştır. Ova genelinde tüm bitkiler bazında PM yöntemi ile hesaplanan su tüketimleri BC yöntemiyle hesaplanan su tüketimlerinden normal yıl iklim verilerine göre %6.98 daha fazla bulunmuştur. Yine normal yıl su tüketim sonuçlarına göre serin yılda su tüketimi PM yönteminde %12.48 ve BC yönteminde %7.59 daha düşük, sıcak yılda ise PM yönteminde %12.30 ve BC yönteminde ise %8.47 daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Ovada en fazla üretimi yapılan ve 5851.31 ha (%35.67) ekim alanına sahip narenciye'nin su tüketimi normal yıl verilerine göre PM yönteminde 1103.04 mm, BC yönteminde 1037.64 mm ve 2811.65 ha (%17.14) ekim alanına sahip mısır bitkisinin de su tüketimi PM yönteminde 693.80 mm, BC yönteminde 650.25 mm olarak belirlenmiştir. Narenciye ve mısırın su tüketimlerinin sulama suyu ile karşılanma oranları sırayla PM yaklaşımında %68.45 ve %91.96, BC yaklaşımında %66.46 ve %91.43 olmuştur. Bu oranlar sıcak-kurak yılda ise narenciye ve mısır bitkileri için sırasıyla PM yaklaşımında %89.45 ve %98.13, BC yaklaşımında %88.32 ve %97.92'dir.

Mersin Ovasında yetiştirilen diğer bitkilerden, meyvesi için yetiştirilen sebzeler, meyveler, bağ, II. ürün mısır, buğday, kışlık sebzeler ve pamuğun normal yıldaki su tüketimlerinin sulama suyu ile karşılanması oranları da sırasıyla PM yaklaşımında %71.91, %70.68, %67.08, %95.11, %33.48, %25.12 ve %82.33, BC yaklaşımında da %69.79, %68.59, %64.92, %94.75, %29.94, %18.26 ve %81.29'dur. Ayrıca sulama suyu gereksinimlerinin en fazla olduğu aylarda bölgede yağışların en az olduğu ve 601.9 mm'lik yıllık yağışın %4.3'ünün düştüğü yaz aylarına (haziran, temmuz, ağustos) denk gelmektedir. Bu durum, bölgede yağışların su gereksiniminin karşılanmasında son derece yetersiz kaldığını göstermektedir. Dolayısıyla Mersin Ovası için sulama sürekli ve yüksek verimli bir üretim için kaçınılmaz görülmektedir.

Sulamalı tarımda sürdürülebilirlik için sulama sularının, kalite parametrelerine bağlı olarak toprak, bitki ve sulama sistemlerinde yaşanabilecek sorunlara karşı önlemler alınması önemlidir. Bu kapsamda Mersin Ovasında incelenen sulama suyu kaynaklarının pH, EC, katyon ve anyon içerikleri ile arıtılmış atıksularda ilave olarak B, Toplam-N, Toplam-P, AKM, KOİ ve ağırmetal analiz sonuçları ile hesaplanan %Na, SAR, adjSAR, adjRNa, LSI, PT, PI ve sertlik parametreleri kullanılarak bazı değerlendirmeler yapılmıştır.

Ovada incelenen su kaynaklarının pH değerleri 7.40-8.13 arasında değişim göstermiştir. pH değerleri sulama için önerilen sınırlar (6.5-8.4) içerisinde olup bitki beslenmesi açısından sorun oluşturmamaktadır. Ancak damla sulama sistemlerinde özellikle Berdan nehri suları tıkanma sorununa sebep olabilecektir. Tıkanmayı önlemek amacıyla sulama suyuyla seyreltik asit uygulaması genel bir kabuldür.

Tuzluluk (EC) yönünden ovadaki sulama suyu kaynaklarından TD 11 drenaj kanalı, Karaduvar atıksu ve Tarsus atıksu kaynakları C₃ sınıfında yer almaktadır. Özellikle TD 11 drenaj kanalı ile Tarsus atıksularının potansiyel tuzluluk açısından da killi topraklarda sorun oluşturma potansiyeli bulunmaktadır. Bu suların sorun yaratabilme olasılıkları göz önünde bulundurularak sulama yapılan alanlarda kök bölgesindeki nemin üst düzeylerde tutulmasını sağlayacak sulama yöntemlerinin kullanılması, drenaj

önlemlerinin alınarak gerektiğinde yıkama yapılması, tuzluluktan kaynaklanabilecek osmotik potansiyelin yükselmesi riskini azaltıp bitkilerin sudan yeterince yararlanmasını sağlayacaktır.

Toprak yapısını bozucu ve toksik etkiye sahip Na iyonu konsantrasyonu incelenen su kaynaklarından Berdan nehri, TD 11 drenaj kanalı, Kölemusalı drenaj kanalı ve Karaduvar atıksularında toprak yapısına olumsuz etkisi açısından sınır değerlerinin altında kalmış, Tarsus atık suyunda ise üzerine çıkmıştır. Tarsus atıksuyunda %Na ve SAR değerlerinin yüksek olması bu suların uygulandığı koşullarda toprak yapısı üzerindeki olumsuz etkileri arttıracığından önlem olarak sulama yapılırken zaman zaman gereğinden fazla su uygulanarak yıkama yapılması ve yapıdaki bozulmaya bağlı olarak toprağa gereken dozlarda organik madde ilavesi düşünülebilir. Bu anlamda doğal Ca içeren kaynakların da toprağa karıştırılması veya suya karıştırılarak uygulanması yararlı olacaktır.

Toksik etki açısından TD 11 drenaj kanalı ile artırılmış atıksu kaynaklarındaki Na konsantrasyonunun >3 me/L olması risk yaratmaktadır. Yine TD 11 drenaj kanalı sularının CI içeriği de yağmurlama ve damla sulama koşullarında toksik etki değerini aşmıştır. Sadece atıksularda analiz edilmiş B konsantrasyonları da toksik etki açısından sınır değerlerin altındadır. Yine atıksulardaki ağır metal konsantrasyonları ise limit değerlerden düşüktür. Toksik etkiye karşı yıkama ile topraktaki birikimin seyreltilmesi önlem olarak düşünülebileceği gibi, toksik etkide yapraklar zarar gördüğünden özellikle meyve ağaçlarında yapraklanmayı teşvik etmek amacıyla uygun dozlarda ilave azotlu gübre uygulaması da yapılabilir.

Artırılmış atıksu sınıflandırma standartları Anonim (2010a) dikkate alındığında ovada incelenen sulama sularının SO_4 ve NO_3 içerikleri açısından da iyi veya çok iyi sınıfta olduğu görülmüştür.

İncelenen suların HCO_3 iyonu konsantrasyonu yağmurlamayla sulanan duyarlı bitkiler için sorun oluşturabilecek sınır değerler (1.5-8.5 me/L) içerisinde. Yine HCO_3 'ün

yüksekliği kapalı sistemli yöntemlerde özellikle de damla sulamada kireç çökeltilerinin oluşmasına ve dolayısıyla damlatıcılarda ciddi tıkanmalara yol açabilecektir.

Kapalı sistemli sulama yöntemlerinde oluşabilecek tıkanmayı belirlemede yararlanılan diğer bir ölçüt suların Ca+Mg ve pH'sına bağlı olarak yapılan değerlendirmedir. Bu değerlendirmeye göre de özellikle TD 11 drenaj kanalı ve kısmende Berdan nehri ve Kölemusalı drenaj kanalı su kaynakları ile yapılan sulamada Ca ve Mg konsantrasyonlarından dolayı tıkanma problemlerinin yaşanması olasıdır. Ovada incelenen tüm yerüstü su kaynaklarında LSI değerleri de göstermiştir ki kapalı sistemlerde CaCO_3 birikmesinden dolayı tıkanma sorunu yaşanabilir.

Kapalı sistemlerde yüksek Ca ve Mg'li sular tıkanma riski ve toprağın strüktürü açısından sularda kullanılması istenmez. Bu anlamda en fazla katkı sağlayacak su TD 11 drenaj kanalı suyudur. Diğer incelenen kaynaklarda sertliğin düşük olarak belirlenmiş olması bu sularla sulanan topraklarda zamanla sıkışma sorunları yaşanabileceğini ve geçirgenlikte azalma olacağını göstermektedir. Zaten hesaplanan PI değerleri de göstermiştir ki TD 11 drenaj kanalı suyu düşük, orta ve yüksek geçirgenlikteki topraklar için 1. sınıf sudur. Diğer yerüstü suları ile Karaduvar atıksuyu tüm topraklar için 2. sınıf, Tarsus atıksuyu da düşük ve orta geçirgenlikteki topraklar için 3. sınıf sudur. Bu nedenle fiziksel yapıyı iyileştirme amacı ile toprağa belirli aralıklarla organik materyal karıştırılması, topraklarda düzenli olarak ön sürüm yapılması önerilmektedir.

Ca ve Mg ile K bitki beslenmesi açısından önemli iyonlardır. Ovada incelenen yerüstü su kaynakları atıksulara göre daha fazla Ca ve Mg içerirken, K içeriği atıksularda daha fazla belirlenmiştir.

Suların kalitelerinin belirlenmesinde önemli göstergelerden biri olan RSC değerlerine göre de Berdan nehri, TD 11 drenaj kanalı ve Kölemusalı drenaj kanalı suları sulamada güvenle kullanılabilir sularken, Karaduvar atıksuyunun Ca'ca zengin, ucuz ve suda çözünebilen doğal veya atık materyallerin suya karıştırılması veya toprağa uygulanması

ile kullanılabileceği ve Tarsus atıksuyunun da sulamada kullanılmaması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Uluslararası standart ve ülkemizdeki yasal mevzuat standartlarına göre yapılan değerlendirmede Mersin Ovasında incelenen sulama suyu kaynaklarının tarımsal sulamada kısa süreli kullanılmaları önemli sorunlar oluşturmamaktadır. Ancak uzun süreli kullanımlara bağlı olarak topraklarda tuzluluk ve yapısında bozulmalar, bitkilerde toksik etki ve damla sulama sistemlerinde tıkanma riskleri söz konusudur. Bu kapsamda yukarıda bahsi geçen ve uygulamada da genel olarak bilinen çeşitli önlemlere başvurulması su ve toprak kaynakları ile sulama sularının etkin ve sürekli kullanımı yoluyla sulamalı tarımın sürdürülebilirliğine önemli katkılar sağlamış olacaktır.

Ayrıca bölgedeki arıtılmış atıksuların sulamada kullanılmasıyla besin içeriği anlamında ekonomik bir girdi elde edileceği gibi bu suların çeşitli ortamlara deşarjından kaynaklanan çevresel olumsuz etkilerde minimize edilmiş olacaktır. Ancak atıksuların sulamada güvenle kullanılmasının sağlanması amacıyla çiftçilerin bu konuda eğitilmesi önemlidir. Özellikle sağlıkla ilgili ortaya çıkabilecek sorunlar konusunda çok dikkatli olunması önemlidir. Aksi halde atıksularda yapılan sulamalarda beklentiler karşılanamayacağı gibi olası sorunları da beraberinde getirecektir. Dolayısıyla insan sağlığı açısından çiğ olarak yenen sebzelerin atıksularla sulanması önlenmeli veya insan ve bitkilerle teması kesecek yöntemlerle suyun uygulanması sağlanmalıdır.

Ülkemizin artan nüfusla birlikte giderek azalan temiz su kaynakları potansiyeli göz önüne alındığında bitkilerin su gereksinimlerinin bilinerek, randımanı yüksek yöntemlerle sulama yapılması ülkemizin önemli tarımsal üretim alanlarından Mersin Ovası kapsamındaki araziler için de son derece önemlidir. Dolayısıyla bu çalışma kapsamında elde edilen bilgilerin uygulamada yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ada, H., 2011. Kocaeli Kentsel Arıtılmış Atıksuların Sulamada Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı. Tekirdağ.
- Ağca, N., Ergezer, Ş., 1995. Harran Ovası Topraklarında Drenaj Tuzluluk ve Alkalilik Sorunları. H.Ü. Ziraat Fak. Der. 1 (3) s.81-90, Şanlıurfa.
- Akgül, H., 2008. Meyve Ağaçlarında Sulama. Eğirdir Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü. Yayın No:14.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakùltesi Dergisi. 47, 2 (2007) 105-118
- Ali, I., 1987. Wastewater Criteria for Irrigation in Arid Regions. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113(2):173-183.
- Altınbaş, Ü., Anaç, S., Anaç, D., Can, H.Z., 1996. ‘The Effect of Ground Water Salinity on Satsuma Mandarins: Preliminary Results’. Second Intern. Symp. on Irr. Hort. Crops, Chania, Crete, Greece.
- Anonim, 1982. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketimleri Rehberi (2. Baskı). Topraksu Genel Müd. Araştırma Dairesi Başkanlığı, Yayın no: 35 Rehber no: 5, Ankara.
- Anonim, 1991. Resmi Gazete, 7 Ocak 1991, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usùller Tebliği, Sayı 20748, Ankara, 402.
- Anonim, 1996. Irrigation Water Quality for BC Greenhouses. Horticulture Fact Sheet. Ministry of Agriculture, fisheries and food. Abbotsford Agriculture Centre, Abbotsford.
- Anonim, 2010a. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usùller Tebliği, 20.3.2010 tarihli, Sayı: 27527.
- Anonim, 2010b. Resmi Gazete, Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (TKKY). 08.06.2010 tarihli, Sayı:27605.
- Anonim, 2013a. Aykut, D. ve Yeni, G., Sulama Birliği ve DSİ 6. Bölge Müdürlüğü, Mersin (12.0.2013).
- Anonim, 2013b. Ekoloji.ogm.gov.tr
- Anonim, 2013c. <http://www2.dsi.gov.tr/> (17.09.2013)
- Anonim, 2013d. Google Earth. (15.07.2013)
- Anonim, 2013e. <http://www.haberler.com/danistay-mersin-atiksu-aritma-tesisi-ihalesinin-3756093-haberi/?m=0/> (17.09.2013)
- Anonim, 2013f. www.tuik.gov.tr
- Anonymous, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th Ed.). American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street, NW, Washington, DC 20005.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B. ve Demir, Y., 2007. Bafra Ovası Yer Altı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Tekirdağ Üniv. Ziraat Fakùltesi Dergisi, 4(2), 216-226.
- Arslan-Alaton, I., Gürel, M., Eremektar, G., Övez, S., Tanık, A., Orhon, D., 2007. Türkiye’de Sürdürülebilir Atık Su Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan

- Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalıştayı, ODTÜ, 10s., Ankara.
- Aşık, B. B. ve Katkat, A. V., 2005. Gıda Sanayii Arıtma Tesisi Atık Suyu'nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanağı. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 19(2):23-31.
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:174, 140-144, Erzurum.
- Aydın, M. E., Kara, G., Özcan, S., Sarı, S., 2005. Konya atıksularının karakterizasyonu, 6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Poster Sunumlar Kitabı, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, İstanbul, 115-119.
- Aydınşakir, K., Baştuğ, R., Büyüktaş, D., 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Amprik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 16 Sayı: 1, s. 107-119.
- Ayers, R. S. and Westcot, D. W., 1989. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 173 p, Rome, Italy.
- Ayers, R. S. and Westcot, D. W., 1994. Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, Italy.
- Ayla, Ç., 1993. Bolu Ovasında Yetiştirilen Mısırın Su Tüketimi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 180, Rapor Serisi No: 87, Ankara.
- Ayrancı, Y., 2006. Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 20(39), 32-36.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü. Ziraat Fak. Ders Kitabı: 344, Ankara.
- Bahri, A., 1998. Fertilizing Value and Polluting Load of Reclaimed Water in Tunisia. Water Research Volume 32, Number 11, November 1998, pp 3484-3489.
- Başkan, T., 2006. Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımda Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi: 501021535, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s.
- Belmonte, M., Hsieh, C. F., Figueroa, C., Campos, J. L, Vidal, G., 2011. Effect of Free Ammonia Nitrogen on the Methanogenic Activity of Swine wastewater. Electronic Journal of Biotechnology ISSN: 0717-3458 Vol. 14 No. 3, 4s.
- Berktaş, A., 1996. Konya Kenti Atık Sularının Ana Tahliye Kanalı Üzerine Etkisinin Araştırılması. Tarım- Çevre İlişkileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Mersin Üniv. Mühendislik Fak. 13-15 Mayıs 1996, s.41, Mersin.
- Beyribey, M., Çakmak, B., Sönmez, F. K. ve Oğuz, M., 1997. Sulama Şebekelerinde Blaney-Criddle ve Penman-Monteith Yöntemlerine Göre Sulama İhtiyacının Karşılaştırılması. Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, s 74-78.
- Bouwer, H. and Idelovitch E., 1987. Quality Requirements for Irrigation With Sewage Water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113(4): 516-535.
- Bulut, C., Atay, R., Uysal, K., Köse, E., 2012. Çivril Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji, Cilt: 2-Sayı/No: 1 : 1-8.

- Can, O., 2007. Tuzlu Koşullarda Satsuma Mandarin Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bornova/İzmir
- Çakmak, B., Ucar, Y., Akuzum, T., 2007. Water Resources Management, Problems and Solutions for Turkey. International Congress on River Basin Management 22-24 March 2007 Belek-Antalya, 2:867-880.
- Çay, Ş., 2013. Konya Kentsel Atık Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılması ve Mısır Bitkisi Yetiştiriciliğine Etkileri, Selçuk Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora.
- Çelik, M., Arıgün, Z., 2001. Yerköy (Yozgat) Ovası Yüzey ve Yer altı Sularının Kalitesi ve Kirliliği. I. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 21-23 Mart 2001, İzmir, 159-171s.
- Derici, R., Evliya, H., Ağca, N., Özkutlu, F., Eker, S., Öztürk, L. 2002. Çukurova Bölgesinde Toprak ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri ve Sera Denemeleri ve İncelemesi. Tübitak Togtag Tarp. Proje No: 2382, 1-87.
- Dişli, Y., 1997. Antalya İli Kale (Demre) İlçesi Yer altı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Yüksek lisans Tezi), Konya.
- Doğan, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları ile Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. Ekoloji Dergisi 12(48): 1-3.
Doktora Tezi. Selçuk Üniv. Konya, 100s.
- Doneen, L. D., 1966. Water Quality Requirements for Agriculture. Proc. National Sym. Quality Standarts for Natural Waters, Univ., 213-218p., Michigan.
- Donma, S., 2008. İklim Değişimi Sürecinde Aşağı Seyhan Ovasında Sürdürülebilir Arazi ve Su Yönetimi. Çukurova Üniversitesi. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Doktora Tezi
- Doorenbos J., Kassam, A.H., Bentvelsen, C.L.M., Branscheid, V., Plusje, J.M.G.A., Smith, M., Uittenbogaard, G.O. and Van der val, H.K., 1986. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome, Italy. 193 pp.
- Dönderici, Z. S., Dönderici, A. ve Başarı, F., 2010. Kaynak Sularının Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Bir Araştırma. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 67(4), 167-172.
- Eaton, F.M., 1950. Significant of Carbonates in Irrigation Waters, Soil Sci. 69, 123-133. Effect of Free Ammonia Nitrogen on the Methanogenic Activity of Swine
- Egemen, Ö., 2005. Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Yayınları Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı Yayın No: 14, Bornova-İzmir.
- Eroğlu, S., Şahin, F., Şahin, Ü. ve Anapalı, Ö., 2009. Bacterial Application for Treatment of Clogged Emitters in Drip Irrigation Systems as an Environmentally Friendly Method. New Biotechnology, 25 (1), 271 – 272.
- Erözel, A. Z., Kodal, S., Selenay, M. F., 1992. Bitki Su Tüketim Yöntemlerinin Kanal Tesis Maliyetine Etkisi. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 1275, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler 708, Ankara.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. Kültürteknîğe Giriş. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları, 97-110, Ankara.
Fakültesi Yayınları, No:325, 371 s, Ankara.

- Fırat, B., 1990. Bitki Besleme. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 341s, Konya.
- Goss, M. S., Barry, D. J., 1995. Groundwater Quality; Responsible Agriculture and Public Perceptions. Centre for Land and Water Stewardship, University of Guelph, Guelph ontario N 16 1 WI, Canada.
- Gutierrez, R., Sebe, M. C., Sommer, I., 1995. Effects of Land Application of Waste Water from Mexico City on Soil Fertility and Heavy Metal Accumulation. *Environmental Reviews*, 3(3-4):318-330
- Güler, Ç., 1997. Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Ankara.
- Günbatılı, F., 1979. Tokat-Kazova Koşullarında Mısırın Su Tüketimi, T.C. Köy işleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Tokat Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 33, Rapor Serisi No: 21, Tokat.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O., 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat
- Güngör, Y., Erözel, A. Z. ve Yıldırım, O., 2002. Sulama (2. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1525, Ders Kitabı No: 478, Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, A. Z. ve Yıldırım, O., 2010. Sulama (4. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1580, Ders Kitabı: 532, Ankara.
- Gürgülü, H. ve Ul, M. A., 2008. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin En Uygun Sulama Zamanı Planlaması, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2008, 45 (3): 205-212 ISSN 1018 – 8851
- İlhan, A., İ. ve Utku, M., 1998. GAP Sulama Alanında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi, Tarım Orman Meteorolojisi Sempozyumu, 21-23 Ekim 1998, İTÜ, İstanbul.
- Jensen, M. E., Burman, R. D. and Allen, R. G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No:70, ASCE, New York, 332 pp.
- Kaçar, B., 1984, Bitki Besleme, Ankara Üniversitesi, Ankara, 317s. /117-304.
- Kadayıfçı, A. ve Yıldırım, O., 1998. Ankara Koşullarında Ayçiçeğinin Bitki Su Tüketimi. *Tarım Bil. Der.* 4 (3), 11-14, Ankara.
- Kafadar, N. F. ve Saygıdeğer, S., 2010. Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları ile Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi. *Ekoloji* 19, 75, 41-48.
- Kanber, R. ve Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 281, 307 s, Adana.
- Kanber, R., Kırdı, C., Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları, Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayınları No:21, Ders Kitabı Yayın No:6, Adana.
- Kaplan, M., Sönmez, S., ve Tokmak, S., 1999. Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. *Tr.J.of Agriculture and Forestry*, 309-313.
- Karataş, B. S., Akkuzu, E., Aşık, Ş., 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. *Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg.*, 2005, 42(3):111-122 ISSN 1018-885.
- Karataş, M., Güler, E., Dursun, Ş., Özdemir, C., Argun, E. M., 2007. Konya Ana Tahliye Kanalının Çengelli Bölgesi Tarım Topraklarında ve Buğdayda Cu, Cr, Ni ve Pb Derişimlerinin Belirlenmesi Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi Sayı 29 , 91-99, Konya.

- Kavaklı, M. ve Civan, Z., 1997. Türkiye’de Su Kullanımı, Atıksuları Geri Kazanma ve Yeniden Kullanma Uygulamaları, TUBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü.
- Kaya, N. ve Öztürk, M., 2003. Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 3., Elazığ.
- Kaya, S. ve Özdengiz, A., 2013. Erzurum-Sakalıkesik Ovası Sulama Suyu İhtiyacının Bilgisayar Programı Kullanılarak Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 44 (1): 33-41.
- Kendirli, B., Çakmak, B. ve Kesmez, G.D., 2003. Sulamada Atıksu Kullanımı. 2.Ulusal Sulama Kongresi. s.236-245, Kusadası, Aydın.
- Kırnak, H., Gerçek, S., Şimşek, M., 2002. Harran Ovası Koşullarında Susamın Su Tüketiminin Saptanmasında En Uygun Bitki Su Tüketim Yönteminin Belirlenmesi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2).
- Kızıloğlu, F. M., Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Diler, S., 2006. Erzurum Daphan Ovası sulama sahasında optimum bitki deseninin doğrusal programlama yöntemiyle belirlenmesi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 37(1): 73-80 pp.
- Kızıloğlu, F. M., Kuşlu, Y., Tunç, T. ve Yanık, R., 2007. Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Sistemi Açısından Değerlendirilmesi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 38(2):173-179.
- Kızıloğlu, F. M., Turan, M., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Dursun, A., 2008. Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea L. var. botrytis*) and red cabbage (*Brassica oleracea L. var. rubra*) grown on calcareous soil in Turkey. Agricultural Water Management 95:716 – 724.
- Kodal, S., 1982. İç Anadolu da Bitki Su Tüketiminin Saptanması İçin Uygun Yöntemin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü Doktora Tezi, Ankara.
- Kodal, S., Olgun, M., Selenay, M. F., Yıldırım, Y. E., Öztürk, A., Günay, A., Demir, K., 1995. Farklı Sulama Uygulamalarının Domates Verimine Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 30 Mart-2 Nisan 1995, Kemer-Antalya, 407-422.
- Kodal, S., Yıldırım, Y. E., Akgün, M., 1988. Çeltik Bitkisi Su Tüketimi ve Sulama Suyu İhtiyacının Hesaplanması, A. Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı Cilt 39, No: 1-2, Ankara.
- Kukul, Y. S., Anac, S., Salgot, M. and Molina, J. 2005. Developing Standards and Guidelines for Reuse of Treated Wastewater with Risk Assessment in Agriculture of Turkey. MED-REUNET II Workshop on Mediterranean Experiences on Water Reuse. Barcelona, Spain, 12 – 13 May, 2005.
- Kumbur, H., Özsoy, H. D. ve Özer, Z., 2008. Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Araştırma Notu, Çevkor Ekoloji Dergisi, Mersin, 17(68), 54-58.
- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı, Ö. ve Kızıloğlu, F. M., 2005. Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanma ve Giderilmesi ile Farklı Damlatıcı Tiplerinin Özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, II. Cilt, 1094–1101.
- Lindsay, W.L., 1979. Chemical Equilibria in Soils. A Willey Interscience Publication. 449s. Newyork.

- Maas, E. W., 1987. Salt Tolerance of Plants. CRC Handbook of Plant Science in Agriculture, (ed.) R. R. Christie, 57-75 p., Florida.
- Minareci, O., Öztürk, M., Minareci, E., 2004. Manisa Belediyesi Evsel Atık Su Arıtma Tesisinin, Gediz Nehrinin Ağır Metal Kirliliğine Olan Etkilerinin Belirlenmesi, Trakya Üniv. J. Sci., 5(2): 135-139.
- Munsuz, N. ve Ünver, İ., 1995. Su Kalitesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın no:1389, Ders Kitabı 403, Ankara Üniversitesi Halkla İlişkiler Yayın Ünitesi.
- Nakayama, F. S., 1982. Water Analysis and Treatment Techniques to Control Emitter Plugging. Proc. Irrigation Assocation Conf. Portland, Oregon. No. 3, 4s.
- Okur, B., Yener, H., Okur, U., İrget, E., 2001. Büyük Menderes Nehrindeki Bazı Kirlletici Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi, Pamukkale Üniv. Mühendislik Fak. Mühendislik Bilimleri Derg., 7 (2): 243-250
- Orta, A. H. 1994. Farklı Sulama Yöntemlerinin Biber (*Capsicumannuum* L.) Verimine Etkisi. Ank. Üniv. Fen Bil. Enst.,Doktora Tezi, Ankara, 88 s.
- Orta, A. H., İstanbulluoğlu, A. ve Albut, S., 1997. Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su Tüketimi. Tarım Bil. Der. 3(2), 38-43, Ankara.
- Orta, A. H., Yüksel A. N. ve Erdem T., 2000. Farklı Sulama Yöntemlerinin Elma Ağaçlarının Su Tüketimine Etkisi. Tarım Bil. Der. 6 (3), 109-115 Ankara.
- Özbek, H., 1990. Toprak Bilgisi Ders Kitabı. ÇÜ. Ziraat Fak. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.
- Özgenç, N. ve Erdoğan, F.C., 1988. DSİ Sulamalarında Bitki Su Tüketimleri ve Sulama Suyu İhtiyaçları (DSİ Su Tüketim Rehberi). Bayındırlık ve İskan Bak. Devlet Su İşleri Genel Müd. İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Öztürk, A., 1994. Tabansuyu Derinliği ve Sulama Suyu Kalitesinin Biber Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Doktora Tezi.
- Polat, M., Yılmaz, N., 2001. Antalya Havzasındaki Yeraltı Su Kaynaklarında Kirliliğin Belirlenmesi ve Koruma Stratejileri. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 21-23 Mart 2001, İzmir, 247-253s.
- Rhoades, J., D., 1972. Quality of water for irrigation. Soil. Sci. 113:277-284.
- Rogers, D. H., Lamm, F. R. and Alam, M., 2003. Subsurface Drip Irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. KSU Cooperative Ext. Irrigation Management Series, MF-2575. Manhattan, Kans.
- Sağlam, M. T, 2010. Sulama Sularında Mevcut Olan Karbonat ve Bikarbonat İyonlarının Toprak Üzerindeki Zararlı Etkilerinin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Kıstaslar. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 129-137, Erzurum.
- Sandal, E., K., Gürbüz, M., 2003. Mersin Şehrinin Mekansal Gelişimi ve Çevresindeki Tarım Alanlarının Amaç Dışı Kullanımı. Coğrafi Bilimler Dergisi, 2003, 1 (1), 117-130.
- Savcı, M., E., 1989,Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzlu Sularla Sulama, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı Ayazağa Kampüsü, Maslak 80626 Maslak, İstanbul.
- Scofield, C. S., 1936. The Salinity of Irrigation Waters. Smithsn. Inst. Ann. Rpt. 1935. 275-287.
- Sekin, Y., Eryurt, A., Bağdatlıoğlu, N., 2001. Manisa Bölgesi Yeraltı Sularında Mevsimsel Değişiklikler: İz Elementler, 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu

- (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 255-262, 21-23 Mart 2001, İzmir.
- Selenay, F. ve Kadayıfçı, A., 1999. Ankara Koşullarında Yoncanın Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi 5(1), 71-76, Ankara.
- Shahalam, A., Abu Zahra, B. M. and Jaradat, A., 1998. Wastewater Irrigation Effect on Soil, Crop and Environment: A Pilot Scale Study at Irbid, Jordan. Water, Air and Soil Pollution 106: 425-445.
- Singh, D., Mert, Z., Akan, K., Çetin, L., Wanyera, R., Bhavani, S., Düşünceli, F., 2012. Reactions of Turkish wheat cultivars and breeding lines to *Pgt* race Ug99: 2006 – 2011. BGRI (Borlaug Global Rust Initiative) 2012 Technical Workshop, 01-04 September 2012 Beijing; China p.82
- Sönmez, B., 1995. Değişik Tuzluluk ve SAR Değerlerine Sahip Suların Toprak Tuzluluğu ve Sodyumluluğu ile Domates Bitkisinin Gelişimine ve Verimine Olan Etkileri. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Gen. Yayın No:202, R-120s, Ankara.
- Sönmez, S.A., Kaplan, M., 1996. Kumluca ve Finike Yörelere Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt: 9, Sayı: 1, Antalya.
- Şahin, Ü., 1998. Iğdır ve Erzurum Pasinler Bölgelerinde Kullanılabilecek Evapotranspirasyon Tahmin Yöntemlerinin Belirlenmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi 29 (1), 12-31, Erzurum.
- Şahin, Ü., Anapalı, Ö. ve Hanay, A., 1998. Erzurum İli Tortum ve Uzundere İlçeleri Seralarında Sulamada Kullanılan Suların Toprak, Bitki ve Damla Sulama Yönünden Değerlendirilmesi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, 1492-1503, Erzurum.
- Şahin, Ü., Angın, İ., Anapalı, Ö., 2004. Evaluation of Reference Evapotranspiration Calculation Methods Applied To The Climatic Conditions of Turkey, Journal of Hydrology and Hydromechanics, 52 (2), 125-133.
- Şener, M. 1999. Soğanın (*Allium cepa* L.) Sulama Zamanı Planlaması. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Şener, S., Demirel, T. ve Kaleli, Ş., 2002. A Research on Irrigation Water Quality of Çanakkale, Ezine and Lapseki Provinces, International Conference on Sustainable Land Use and Management, Çanakkale.
- Tanji, K. K., 1997. Irrigation with marginal quality waters: Issues, J. of Irrigation and Drainage Eng., 123(3):165-169.
- Taş, K. ve Kırmak, H., 2011. Yarı Kurak İklim Bölgelerinde Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Ampirik Modeller. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1) : 57 – 66.
- Tekinel, O. ve Kanber, R., 1981. Çukurova Koşullarında Pamuk Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Yöntemlerin Kıyaslanması Üzerinde Bir Araştırma. Topraksu Teknik Dergisi, Sayı: 56, 1-13, Tarsus.
- Tuna, A.L., Bürün, B., 2003. Mısırdaki Mineral Beslenme ve Bazı Toprak Özellikleri Üzerine Kentsel Atık Suların Etkisi. Dumlupınar Üni. Fen Bilimleri Dergisi, 4:7-15.
- Turhan, S., Ödemiş, B., 2010. Farklı Su Düzeyi ve Gübre Uygulamalarının Nova Mandarininde Verim ve Pomolojik Özellikler Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri

- Araştırma Dergisi 3 (2): 41-47, 2010 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X, www.nobel.gen.tr
- Tünay, O., Eremektar, G., Alp, K., 1991. İstanbul Naylon Sanayi AŞ. Atıksu Karakterizasyonu Çalışma Raporu, İTÜ İnşaat Fakültesi, 20s.
- Uçar, Y., Kadayıfçı, A., Yılmaz, İ., Yardımcı, N., 2005. Isparta Koşullarında Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris L.*) Su Tüketimi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 19 (35), 1-7.
- Uyanöz, R., 2000. Konya'da Sulama Suyu Olarak Kullanılan Atık Suların Tarım Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerine Etkileri. Doktora Tezi. Selçuk Üniv. Konya, 100s.
- Uygan, D. ve Çetin, Ö., 2004. Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri. Seydisuyu Su Toplama Havzası II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir.
- Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M., S., 2007. Hazar Gölü Su Kalitesinin Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler Açısından İncelenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 23, No 1, 119-127, 2008 Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Fırat Üniversitesi, 23279, Elazığ.
- Ünlü, M. İ., Bilen, M., Gürü, M., 2011. Kütahya-Emet Bölgesi Yeraltı Sularında Bor ve Arsenik Kirliliğinin Araştırılması. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 26, No 4, 753-760.
- Ünlü, M., 2000. Çukurova Koşullarında Mikrometeorolojik Yöntemlerle Pamuk Bitkisinin Su Tüketiminin ve Bitki Katsayılarının Belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Üstün, G., E. ve Solmaz, S., K., A., 2007. Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Ekoloji Dergisi. 15, 62, 55-61, 16059-Bursa.
- Varol, F., Bellitürk, K. ve Sağlam, M.T., 2005. Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (4), 391-396.
- Will, E., Faust, E., J., 1999. Irrigation Water Quality for Greenhouse Production Agricultural Extension Service, The University of Tennessee.
- Yaramaz, Ö., 1992. Çevre ve Su Kirliliği. Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yayın no:42:1-92. Bornova-İzmir.
- Yıldırım, Y. E., 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Yıldırım, Y. ve Kodal, S., 1995, Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkileri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara.
- Yıldız, E., 2010. Aşağı Seyhan Ovası Örneğinde Sağ Sahil Sulama Birliklerinin Sistem Performanslarının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yüksek Lisans Tezi. Adana.
- Yıldız, N., 2008. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 304s, Erzurum.

- Yıldıztekin, M., 2007. Muğla Karabağlar Yöresi Kuyu Sularının Sulama Suyu Kalitesi Yönünden Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Mugla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Yılmaz, D., 2005. Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulama Suyu Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Çevre Müh. Ana Bilim Dalı, Bursa.
- Yuan, Z., Waller, P. M. and Choi, C. Y., 1998. Effect of Organic Acids on Salt Precipitation in Drip Emitters and Soil. Transactions of the ASAE, 1689 – 1696.
- Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, G., D., Polat, H., E., 2010. Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi.
- Yurtsever, E., Sönmez, B., 1992. Sulama Sularının Değerlendirilmesi T.K.B. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Toprak ve Gübre Araş. Ens. Müd. Gen. Yay. No: 181, Teknik Yay. No: T. 63, Ankara
- Yüksel, A. N. ve Erdem, Y., 1997. Kırklareli Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliklerinin Karşılaştırılması. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran 1997, Bursa, 236-242.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Malazgirt’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Mersin tamamladı. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı ve 2011 yılında mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.