

**MENEMEN OVASINDA TARIMSAL SU
GEREKSİNİMİ VE SULAMA SULARININ BİTKİ,
TOPRAK VE SULAMA SİSTEMLERİ AÇISINDAN OLASI
ETKİLERİ**

Şebnem CANLI

**Yüksek Lisans Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Prof. Dr. Üstün ŞAHİN
2014
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**MENEMEN OVASINDA TARIMSAL SU GEREKSİNİMİ VE
SULAMA SULARININ BİTKİ, TOPRAK VE SULAMA
SİSTEMLERİ AÇISINDAN OLASI ETKİLERİ**

Şebnem CANLI

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2014**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**MENEMEN OVASINDA TARIMSAL SU GEREKSİNİMİ VE SULAMA SULARININ
BİTKİ, TOPRAK VE SULAMA SİSTEMLERİ AÇISINDAN OLASI ETKİLERİ**

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN danışmanlığında, Şebnem CANLI tarafından hazırlanan bu çalışma 29/12/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

İmza :

Üye : Prof. Dr. Mustafa Yıldırım CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 31 / 12 / 2014 tarih ve 52 / 1761 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. İhsan EFEOĞLU
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

Y. Lisans Tezi

MENEMEN OVASINDA TARIMSAL SU GEREKSİNİMİ VE SULAMA SULARININ BİTKİ, TOPRAK VE SULAMA SİSTEMLERİ AÇISINDAN OLASI ETKİLERİ

Şebnem CANLI

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Bu çalışmada, Menemen Ovasında yetiştirilen bitkilerin serin, normal ve sıcak yıllar için su tüketimleri ve serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllar için net sulama suyu gereksinimleri belirlenmiş, ayrıca ovada sulamada yararlanılan yerüstü, yeraltı ve atıksuların kullanılabilirliği toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından değerlendirilmiştir.

Bitkilerin serin, normal ve sıcak yıl ortalama mevsimlik bitki su tüketim değerleri sırasıyla Penman-Monteith (FAO) yönteminde 413.06 mm, 471.57 mm, 518.16 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 409.54 mm, 444.13 mm ve 476.11 mm olarak hesaplanmış ve bu bitkilere ait net sulama suyu gereksinimleri de serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllar için sırasıyla Penman-Monteith yaklaşımıyla 255.91 mm, 349.89 mm, 464.40 mm ve Blaney-Criddle yaklaşımıyla da 252.64 mm, 322.49 mm ve 422.36 mm olarak belirlenmiştir.

Menemen ovasında sulamalarda genel olarak Gediz Nehri, lokal olarak da yeraltı suları kullanılmakta ve atık sulardan da kısmen yararlanılmaktadır. Bu suların ilgili kurumlarda yapılan kimyasal analizleri sonucu belirlenmiş olan Na, K, Ca, Mg, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃, B iyonları konsantrasyonları ile pH ve elektriksel iletkenlikleri; ayrıca atık sularda ilave olarak ağır metaller, kimyasal oksijen ihtiyacı, Toplam-P, askıda katı madde içerikleri 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 hesaplanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Değerlendirmeler sonucu atıksu kaynaklarının çok dikkatli kullanılması gerektiği ve yerüstü su kaynaklarının sorun yaratma potansiyelinin yeraltı su kaynaklarına göre daha fazla olduğu, yeraltı su kaynaklarından da özellikle Seyreköy ve Günerli yeraltı sularının kalitelerinin sulama için yeterince uygun olmadığı belirlenmiş, toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından alınabilecek bazı önlemler sıralanmıştır.

2014, 139 Sayfa

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

ABSTRACT

Master Thesis

AGRICULTURAL IRRIGATION REQUIREMENT ON MENEMEN PLAIN AND POSSIBLE EFFECTS OF IRRIGATION WATER IN TERMS OF PLANT, SOIL AND IRRIGATION SYSTEMS

Şebnem CANLI

Atatürk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor : Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

In this study, the water consumption of plants growing on Menemen Plain in cool, normal and hot years and net irrigation water requirement for cool-rainy, normal and hot-dry years are determined. Also suitability of surface water, ground water and wastewater sources which are used for irrigation in the plain are evaluated in terms of soil, plant and irrigation systems.

The average water consumption of plants in cool, normal and hot years is calculated by Penman-Monteith (FAO) method respectively 413.06 mm, 471.57 mm, 518.16 mm and by Blaney-Criddle (SCS) method respectively 409.54 mm, 444.13 mm, 476.11 mm. The net irrigation water requirement for these plants are also calculated in cool-rainy, normal and hot-dry years by Penman-Monteith (FAO) method respectively 255.91 mm, 349.89 mm, 464.40 mm and by Blaney-Criddle (SCS) method respectively 252.64 mm, 322.49 mm, 422.36 mm.

In Menemen Plain, in general Gediz River, locally underground water and partially wastewater are used for irrigation. By using Na, K, Ca, Mg, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃, B ions which were determined through chemical analysis at relevant institutions as well as pH and electrical conductivity values of these samples and additionally heavy metals, chemical oxygen demand, Total-P, suspended solid content in wastewater samples; some parameters such as sodium percent, sodium adsorption ratio, adjusted sodium adsorption ration, adjusted Na ratio, residual sodium carbonate, langelier saturation index, potential salinity, permeability index and water hardness were calculated these results were discussed.

With the evaluation of the results that were obtained, it was concluded that wastewater sources should be used with caution and surface water sources can cause more problems than the underground sources. Also the underground water sources, especially from Seyrekköy and Günerli are not suitable enough for irrigation and in the region some preventions in terms of soil, plant and irrigation systems are stated.

2014, 139 Pages

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

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada araştırma konusunun seçilmesinden bu aşamaya kadar geçen sürede görüşleri ve katkıları nedeniyle danışmanım ve hocam Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e, destek veren ve fikirleri ile yol gösteren bölümdeki tüm saygı değer hocalarıma,

Çalışmam sırasında gerekli bilgi ve verilerin sağlanmasında yardımcı olup yol gösteren Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Şerafettin AŞIK, Sayın Doç. Dr. Yasemin S. KUKUL, Sayın Doç. Dr. Erhan AKKUZU ve Sayın Doç. Dr. Sezai DELİBACAK'a,

Çalışmam sırasında su örneklerinin analiz sonuçlarının, ovadaki arazi kullanımı ve bitkisel üretim ile ilgili verilerin temininde her türlü desteği sağlayan ve yardımcı olan Ankara ve İzmir DSI İşletme ve Bakım Başmühendisliği yetkililerine, İzmir-Menemen UTAEM mühendislerine, İzmir İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü mühendislerine, Menemen Sağ ve Sol Sahil Sulama Birliği Başkanlarına,

Çalışmamın başlangıcından itibaren bugüne kadar gösterdikleri sonsuz sabır, maddi ve manevi destekleri ile hep yanımda olan babam Mehmet CANLI'ya, canım annem Şermin CANLI'ya ve biricik kardeşim Senem CANLI'ya, maddi manevi destek veren amcam Ramadan CANLI'ya ve destek veren akrabalarım,

Çalışmam süresince benden her türlü desteğini esirgemeyen sonsuz sabır ve sevgi gösteren, bilgi ve moral desteği ile yükümü hafifleten, yardımcı olan sevgi değer kıymetlim, canım hayat arkadaşım Mustafa AKSAK'a ve her türlü destekleri için nişanlımın babasına, annesine ve kardeşlerine,

Yüksek lisansım sırasında bana sağlamış olduğu imkanlar ve destekler için Hediye ŞİMŞEK ve çalışma sırasında önerileri ve eleştirileriyle her zaman yardımlaştığımız çalışma arkadaşım Serap BULUT'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Şebnem CANLI
Aralık, 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Bitki Su Tüketimi.....	6
2.2. Sulama Suyu Kalitesi	13
3. MATERYAL ve METOT.....	44
3.1. Materyal	44
3.1.1. Araştırma sahasının konumu.....	44
3.1.2. Araştırma sahasının iklim özellikleri	45
3.1.3. Araştırma sahasında arazi varlığı ve toprak özellikleri.....	45
3.1.4. Araştırma sahasının tarımsal yapısı	49
3.1.5. Araştırma sahasındaki su kaynakları.....	50
3.1.5.a. Yerüstü su kaynakları	50
3.1.5.b. Yeraltı su kaynakları	53
3.1.5.c. Atıksu kaynakları	53
3.2. Metot	55
3.2.1. Bitki su tüketimi hesaplamaları.....	55
3.2.2. Net sulama suyu gereksinimi hesaplamaları	61
3.2.3. Su kalitelerinin değerlendirilmesi	62
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	74
4.1. Menemen Ovası Sulama Sahasında Bitki Su Tüketimleri	74
4.2. Menemen Ovası Sulama Sahasında Bitki Net Sulama Suyu Gereksinimleri	80
4.3. Menemen Ovası Sulama Sahasında Sulama Sularının Kaliteleri	101
4.3.1. Yeraltı sularının kalitesi	101
4.3.2. Yerüstü sularının kalitesi	105
4.3.3. Atıksu sularının kalitesi	106

4.4. Sulama Suyu Kalitelerinin Toprak, Bitki ve Sulama Yöntemleri Açısından	
Değerlendirilmesi	109
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	123
KAYNAKLAR	129
ÖZGEÇMİŞ	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Tarımsal bir alanda su döngüsü.....	6
Şekil 2.2.	ABD Tuzluluk laboratuvarı sulama suyu sınıflandırma diyagramı	25
Şekil 2.3.	SAR-ESP ilişkisi (Özbek 1990)	26
Şekil 3.1.	Araştırma sahasının konumu	44
Şekil 3.2.	Araştırma sahasının genel toprak haritası (Anonim 1971b).....	47
Şekil 3.3.	Emiralem regülatörü (Anonim 2013b).....	51
Şekil 3.4.	Menemen sağ sahil sulama birliği sahası (Akkuzu 2001).....	52
Şekil 3.5.	Menemen sol sahil sulama birliği sahası sekonder kanalları (Akkuzu vd 2003)	52
Şekil 3.6.	Menemen ovasındaki atıksu arıtma tesisleri (Anonim 2013c).....	53
Şekil 3.7.	Menemen atıksu arıtma tesisi (Anonim 2013c)	54
Şekil 3.8.	Çiğli atıksu arıtma tesisi (Anonim 2013c)	55
Şekil 3.9.	Geçirgenliği düşük (<2 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları.....	70
Şekil 3.10.	Orta geçirgenlikteki (2–12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları	71
Şekil 3.11.	Geçirgenliği yüksek (>12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları.....	72
Şekil 4.1.	Meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	88
Şekil 4.2.	Diğer sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	90
Şekil 4.3.	Kök ve yumru sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	92
Şekil 4.4.	Meyvelerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet).....	94
Şekil 4.5.	Turunçgillerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	96
Şekil 4.6.	Bağın aylık net sulama suyu gereksinimi (Inet).....	96
Şekil 4.7.	Zeytin ve sert kabukluların aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet).....	97
Şekil 4.8.	Tahıllar ve saman-ot grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	98
Şekil 4.9.	Pamuk bitkisinin aylık sulama suyu gereksinimi (Inet).....	99

Şekil 4.10. Yağlı tohumlular grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	100
Şekil 4.11. Diğer tarla bitkileri grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)	100

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Sulama sularında bulunan başlıca iyonlar	14
Çizelge 2.2.	Scofield (1936)'a göre sulama sularında sülfat uygunluk sınırları (Özbek 1990).....	17
Çizelge 2.3.	Eaton <i>et al.</i> (1950)'e göre sülfat konsantrasyon değerleri ve sınıfları	18
Çizelge 2.4.	Sulama sularının EC değerlerine göre sınıfları	19
Çizelge 2.5.	Sulama suyu sınıflama rehberi (Ayers and Westcot 1989)	21
Çizelge 2.6.	Kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı oransal dayanmaları (Özbek 1990)...	22
Çizelge 2.7.	Damlatıcı tıkanmasının belirlenmesi amacıyla kullanılan su kalite kriterleri	23
Çizelge 2.8.	Kalıcı sodyum karbonat (RSC) göre sulama suyu sınıfları	27
Çizelge 2.9.	Kültür bitkilerinin göreceli bor dirençleri	28
Çizelge 2.10.	Scofield (1936)'a göre sulama sularının bor sınıfları (Özbek 1990).....	28
Çizelge 2.11.	Sulama amaçlı kullanılan arıtılmış atıksuların sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri (Anonim 2010b).....	30
Çizelge 2.12.	İyon toksisitesine yönelik kriterler (Anonim 2010b)	30
Çizelge 2.13.	Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal konsantrasyonları (Anonim 2010b)	31
Çizelge 3.1.	Araştırma sahasının 1990-2012 yılları arasındaki uzun yıllar ortalaması .. bazı iklim parametreleri.....	46
Çizelge 3.2.	Araştırma sahadaki bitki deseni ve ekiliş oranı	49
Çizelge 3.3.	Günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı, P, (%).....	56
Çizelge 3.4.	Büyüme oranına bağlı bitki katsayıları, k_c	57
Çizelge 3.5.	Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon değerleri, R_a ($MJ/m^2/gün$)	60
Çizelge 3.6.	Sıcaklık fonksiyonu, $f(T)$	60
Çizelge 3.7.	Buhar basıncı fonksiyonu, $f(e_d)$	60
Çizelge 3.8.	Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, e_a	60
Çizelge 3.9.	Güneşlenme oranı fonksiyonu, $f(n/N)$	60
Çizelge 3.10.	Olası maksimum güneşlenme süresi, N ($h/gün$).....	61
Çizelge 3.11.	Menemen ovasında incelenen yerüstü, yeraltı ve atıksu kaynakları	63
Çizelge 3.12.	Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak geleneksel ve yüzey sulama yöntemleriyle sulanan bazı bitkilerde beklenen verim azalışları	64

Çizelge 3.13.	Suların pHc değerlerinin hesaplanmasında kullanılan referans değerler.....	66
Çizelge 3.14.	HCO ₃ /Ca oranına ve sulama suyu tuzluluğuna (EC _w) bağlı olarak Ca _x değerleri.....	68
Çizelge 3.15.	Potansiyel tuzluluğa göre sulama suyu sınıfları	69
Çizelge 3.16.	Fransız sertlik derecesine (Fr°) göre suların sınıflandırılması	73
Çizelge 4.1.	Menemen ovasında yetiştirilen bitkiler için Penman-Monteith (PM) ve Blaney-Criddle (BC) yöntemleri ile hesaplanmış serin, normal, sıcak yıl mevsimlik bitki su tüketim değerleri (mm)	75
Çizelge 4.2.	Menemen ovasında yetiştirilen bitkilerin serin-yağışlı, normal, sıcak-kurak yıllara göre sezonluk net sulama suyu gereksinimleri (mm).....	81
Çizelge 4.3.	Menemen ovası sulama sahasındaki yeraltı sularının kalite analiz sonuçları	102
Çizelge 4.4.	Menemen ovası sulama sahasındaki yerüstü sularının kalite analiz sonuçları	106
Çizelge 4.5.	Menemen ovası sulama sahasındaki arıtılmış atıksuların kalite analiz sonuçları	107
Çizelge 4.6.	Menemen ovası sulama sahasında arıtılmış atıksuların ağır metal konsantrasyonları (mg/L)	108

1. GİRİŞ

Tarımda, sanayide ve günlük yaşamda geniş kullanım alanlarına sahip olan su, canlılar için vazgeçilemez bir doğal kaynak olup, eksikliği bitkisel üretimi kısıtlayan önemli bir gelişim etmenidir (Tekinel vd 2000).

Son yıllarda suya olan talep dünyanın her yerinde artmaktadır. Birçok ülke şu anda veya gelecekte su yetersizliği ile karşı karşıyadır. Bu yalnızca kurak ve yarı-kurak bölgelerin bir sorunu değil, aynı zamanda kaynakları tüketilen diğer bölgeler için de bir sorundur.

Yeryüzünün $\frac{3}{4}$ 'ünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyor olmasına rağmen (Atalık 2006), 1.4 milyar km^3 suyun çok küçük bir oranı (%1'i) kullanılabilir durumdadır (Alparslan vd 2008). Türkiye'nin yıllık ortalama yağış miktarı 643 mm olup buda 501 milyar m^3 suya karşılık gelmektedir. Bu suyun 274 milyar m^3 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden buharlaşma yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3 'lük kısmı yüzey altına sızmakta, 158 milyar m^3 'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yüzey altına sızan 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmakta, 41 milyar m^3 'lük kısım yeraltı suyunu beslemektedir. Ayrıca komşu ülkelerden yılda ülkemize gelen 7 milyar m^3 su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin yerüstü su potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m^3 olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m^3 dikkate alındığında ülkemizin toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt 234 milyar m^3 'tür. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları altında kullanılabilecek yerüstü su potansiyeli, yurtiçindeki akarsulardan 95 milyar m^3 , komşu ülkelere gelen akarsulardan 3 milyar m^3 olmak üzere yılda 98 milyar m^3 'tür. Buna ek olarak 14,7 milyar m^3 'lük yeraltı su potansiyeli ile birlikte, ülkemizin kullanılabilecek yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda toplam 112,7 milyar m^3 'tür. Bu miktarın 44 milyar m^3 'ü 2012 yılı itibariyle kullanılmıştır. Kullanımdaki suyun %73'ü sulama sektöründe, %16'sı içme suyu sektöründe ve %11'i ise sanayide tüketilmektedir. Buna göre kişi başına düşen teknik ve ekonomik olarak

kullanılabilir yıllık su miktarı 1 500 m³ dolayında kalmakta ve bu değere göre Türkiye su kısıtı (azlığı) yaşayan ülke konumuna girmektedir (Anonim 2010a).

Yirminci yüzyılın son yarısından bu zamana kadar, hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesi ve sanayideki gelişmeler, küresel, bölgesel ve yerel ölçekte önemli su sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Küresel iklim değişikliği, su gereksinimi ile kullanılabilir su miktarı arasındaki dengesizlik, kentsel ve sanayi atıksu deşarjlarının neden olduğu su kirliliği, ekosistemlerin bozulması ve yanlış arazi kullanımları sonucu sel, taşkın gibi olayların artması su krizine neden olan başlıca sorunlar arasında sayılmaktadır. Küresel ölçekte yaşanan su krizi ile ilgili tüm göstergeler durumun giderek kötüleştiğini ve düzenleyici önlemler alınmaz ise su baskısının daha da artacağına işaret etmektedir (Alparslan vd 2008).

Tahminler, artan su gereksinimi ile giderek azalan temiz su kaynağı eğrilerinin 2030 yılında kesişeceğini göstermektedir. Bu durum doğal olarak evrensel bir kriz olacağı anlamına gelmektedir (Özgüler 1997; Anonim 2007).

Tarımsal sulama, Türkiye'nin tarım alanlarında verimliliğin artırılmasında, ekonomik büyümenin hızlandırılmasında ve kırsaldan kente göçün azalmasında çok önemlidir. Sulama yönetimi, sulama şebekesinin niteliğini ve suyun çiftçiye ulaştırma sistemlerini içine alan bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Sayın 1993). Bu kavram; son yıllarda sulama suyu ile sulama sistemlerinin işletme, bakım, onarım, iyileştirme ve yönetimiyle bunları üstlenen organizasyonları da kapsamaktadır (Anonim 2002).

Dünya su tüketiminin %70'i tarım alanlarında gerçekleşmektedir. Sulama, tarımsal üretimi arttırmanın önemli yollarından birisidir. Özellikle ülkemiz gibi kurak ve yarı kurak iklime sahip ülkelerde sulamanın önemi daha da artmaktadır. Cumhuriyetin ilk yıllarından itibaren ülkemizde sulama projelerine önem verilmiş, 1953 yılından itibaren sulama projelerinin hazırlanmasından Devlet Su İşleri (DSİ) sorumlu olmuştur.

Sulama projelerinin gerçekçi bir şekilde hazırlanabilmesi için yetiştirilmesi planlanan bitkilerin kullanacakları aylık ya da daha kısa dönemlere ilişkin su miktarının bilinmesi gerekmektedir. Sulama suyu gereksiniminin hesaplanmasında esas, bitki su tüketiminin belirlenmesidir. Bitki su gereksinimi, bitkilerin kullandıkları su ve toprak yüzeyinden buharlaşmadan oluşmaktadır. Bitkilerin kullandıkları suyun çok büyük kısmı (%98-99) yapraklardan terleme yoluyla buharlaşır, buna “transpirasyon” denir. Toprak yüzeyinden buharlaşmaya ise “evaporasyon” denilmektedir. Bu iki kayıp “evapotranspirasyon” terimiyle ifade edilmiştir. Sağlıklı bir bitki gelişimi için evapotranspirasyon kaybının karşılanması gereklidir.

Bitki su tüketimine etki eden pek çok parametre bulunmaktadır. Sıcaklık, radyasyon, rüzgar, güneşlenme süresi, bağıl nem gibi meteorolojik faktörler; bitki cinsi, bitki gelişim evresi, vejetasyon periyodu gibi bitkiye has özellikler; tarım yapılan toprağın nem içeriği, verimliliği, işlenme durumu gibi yöresel koşullar bitki su gereksinimine etki eden önemli parametrelerdir. Su tüketimini etkileyen faktörler dikkate alındığında tartışmasız en kesin sonuç verecek olan yöntem tarım alanında yapılacak deneysel bir çalışma ile su gereksiniminin belirlenmesidir. Ancak, deneysel çalışmaların pahalı olması ve uzun sürmesi nedeniyle çeşitli hesaplama yöntemleri geliştirilmiştir.

Artan nüfus, yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesi, su kaynaklarının düzensiz dağılımı ve periyodik kuraklıklar, insanları su sağlamak için yeni ve ileriye yönelik kaynaklar aramaya yöneltmiştir. Gerek dünyada gerekse de ülkemizde su gereksinimi gittikçe artarken su kaynakları kirlenmekte ve tükenmektedir. Sonuç olarak birçok bölgede tarım mevcut suyun yetersizliği ve niteliksizliği gibi çifte bir sorunla karşı karşıya kalmaktadır.

Su gereksiniminin artması, kullanılmış suyun yeniden kullanılması kavramını gündeme getirmiştir. Tarımsal açıdan suyun yeniden kullanımı, arıtılmış evsel ve sanayi nitelikli atık suların sulama amacıyla yeniden değerlendirilmesi demektir.

Su kaynaklarının giderek azaldığı ve kısıtlı kullanımının gerektiği günümüzde, sulama suyu olarak içme suyu niteliğindeki suların kullanılması yerine arıtılmış atıksu kaynaklarının kullanılması giderek artmaktadır.

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

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

En iyi işletilen arıtma tesislerin bile, ham atıksularda bulunan patojen mikroorganizma konsantrasyonları üstel olarak azaldığı halde tamamen giderilmezler. Bu nedenle bu suların sulamada kullanılması durumunda dikkatli olunmalıdır. Zira bu sularda bulunan enterik patojenler toprakta, suda veya bitkiler üzerinde oldukça uzun süreler yaşamlarını sürdürebilirler (Gemirli vd 1996).

Menemen ovası sulama şebekeleri içerisinde bulunan yaklaşık 22 865 ha tarım alanının sulama suyu gereksinimi halen Gediz nehri ve yöredeki yeraltı suyundan karşılamaktadır. Ancak Gediz nehri hem miktar ve hem de nitelik olarak yetersizdir. Gediz nehrinde tarım için uygun olabilen organik kirliliğin yanı sıra, yapılan çalışmalarda bitki yetişmesi için son derece zararlı olan ağır metal kirlenmesi gözlenmiştir. Yeraltı sularının da sulama yerine içme suyu sağlanmasında kullanılması arıtılmış atıksuların sulamada kullanımını gündeme getirmiştir (Şengül vd 1995).

Bu çalışma, İzmir ili Menemen ovasında yetiştirilen bitkilerin serin, normal ve sıcak yıllar için su tüketimleri ile serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllar için net sulama suyu gereksinimleri ve bu bitkilerin sulanmasındaki doğal kaynaklar ile bu bölge içerisinde derlenen ve biyolojik arıtma işleminden geçirilmiş evsel ve sanayi nitelikli

atıksuların bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğunun irdelendiği bir çalışmadır. Sulama sularının tarımsal alanlarda toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından oluşturabileceği sorunlar ve giderimine yönelik çözüm önerilerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

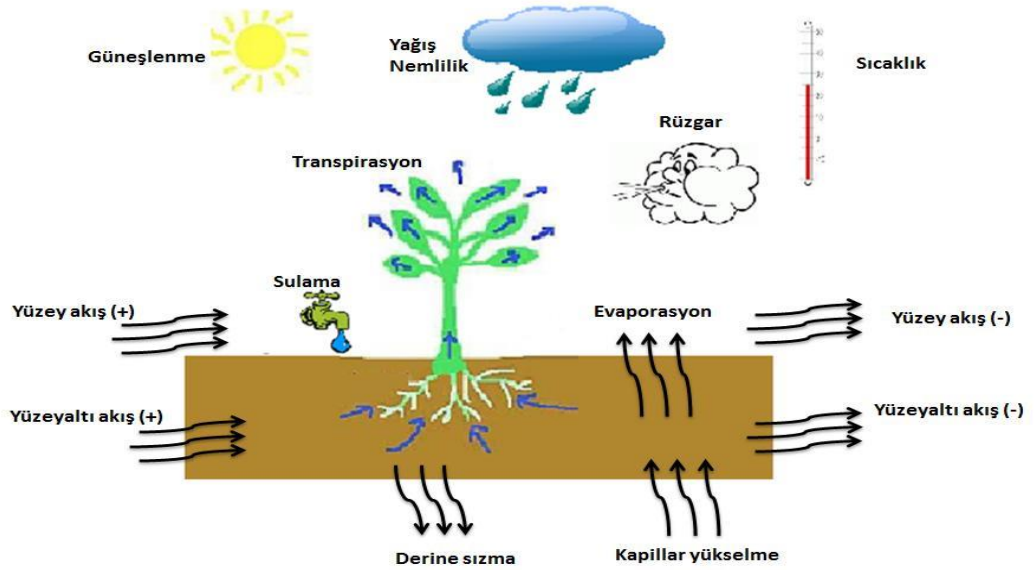
2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Bitki Su Tüketimi

Sulama; bitki gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yollarla (yağış, atmosfer nemi, yüzey akışı, yüzeyaltı yatay ve düşey akışlar) karşılanamayan suyun bitki kök bölgesine kontrollü bir şekilde verilmesi olarak tanımlanır.

Doğal yollarla karşılanamayan suyun su kaynaklarından karşılanmasında planlı bir sulamanın yapılması önemlidir. Bu planlamada, bitkilerin su tüketimi önemli bir parametredir. Ancak bu parametre bitki, iklim ve toprak faktörlerine göre farklılık gösterdiğinden dolayı, su tüketiminde zamana ve yere göre değişiklikler oluşmaktadır.

Bitkilerin kullandıkları su daha çok yapraklardan terleme yoluyla buharlaşan sudur, buna “transpirasyon” denir. Toprak yüzeyinden buharlaşmaya ise “evaporasyon” denilmektedir. Bu iki kayıp “evapotranspirasyon” olarak ifade edilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Tarımsal bir alanda su döngüsü

Sulamada, bitki su tüketimi değerleri kullanılarak sulama sistemlerinin projelendirilmesi gerçekleştirilmekte, sisteme su sağlayacak şebekenin boyutlandırılması yapılmakta, kaynaktan alınacak su miktarı ve sulama zamanı belirlenebilmektedir. Bütün bu konularda optimum planlama, etkin kaynak kullanımı açısından önemlidir. Bu nedenle konuyla ilgili olan kuruluşlarca su tüketimlerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli tarla denemeleri yapılmaktadır. Ancak deneysel olarak bazı ölçümlerin yapılma güçlüğü olduğu gibi, harcanacak zaman ve yapılacak masraftan da tasarruf sağlamak amacıyla çeşitli tahmin yöntemlerinin kullanımı söz konusu olmaktadır.

Bitki su gereksinimine etki eden pek çok parametre bulunmaktadır. Bunlar; sıcaklık, radyasyon, rüzgar, güneşlenme süresi, bağıl nem gibi meteorolojik faktörler; bitki cinsi, bitki gelişim evresi, vejetasyon periyodu gibi bitkiye has özellikler; toprak nem içeriği, verimliliği, toprak yönetimi, tuzluluğu ve drenaj durumu gibi tarım yapılan toprağın sahip olduğu özellikler bitki su gereksinimine etki eden bazı parametrelerdir. Ancak bu parametrelerin hepsini birden göz önüne alan bir bitki su gereksinimi hesaplama yöntemi mevcut değildir. Araştırmacılar önemli buldukları parametreleri içeren hesaplama yöntemleri önermişlerdir. Bu durumda iklim verilerine dayalı olarak geliştirilmiş tahmin yöntemleriyle çözüm üzerinde durulmuş, çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Günümüzde sulama projelerinde bitki su tüketiminin tahmininde ve sulama zamanının planlamasında iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu eşitliklerin bazıları az sayıda iklim verisiyle çözüm sağlayan, bazıları ise çok sayıda iklim elemanını içeren kapsamlı eşitliklerdir (Acatay 1996).

Ancak tahmin yöntemleriyle tarla denemelerine ilişkin bulgular arasında bazı bölgelerde iki katına varan farklılıklar olduğu, bu yöntemlerin geliştirildikleri bölgenin iklim koşullarına benzer koşullarda güvenilir sonuçlar verdikleri, diğer iklim bölgelerine uygulandıklarında ise yetersiz kaldıkları görülmüştür (Kodal ve Benli 1984).

Ülkemizde Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü planlama, projeleme, işletme ve değerlendirme çalışmalarında gerekli olan bitki su tüketimi ve sulama suyu gereksinimi hesaplarını Blaney-Criddle (SCS) yöntemine göre belirlemektedir (Kodal vd 1988).

Amerika Birleşik Devletlerinin batı eyaletlerindeki deneylerle ortaya konan bu yöntem, Türkiye şartlarına uygun olduğundan ve az sayıda veri gerektirdiğinden tercih edilmektedir. Bitki su gereksinimine etki eden faktörler aylık ortalama sıcaklık ve aylık gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranıdır. Bu yöntemle aylık su gereksinimleri hesaplanmakta, daha kısa periyottaki gereksinimler ancak ortalama bazında belirlenebilmektedir.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO), gelişmekte olan ülkelerdeki sulama projelerine yardımcı olmak üzere bitki su gereksinimini belirlemek için Penman-Monteith eşitliğini önermiştir. Penman 1948’de, enerji dengesini kütle transferi yöntemiyle birleştirerek ve sıcaklık, güneşlenme, nem ve rüzgar hızı gibi standart meteorolojik verileri kullanarak orjinal Penman eşitliğini geliştirmiştir. Bu eşitlik, 1976’da Monteith tarafından aerodinamik ve yüzey direnci faktörleri de eklenerek bitkiler için düzenlenmiştir. Son olarak, 1990’da FAO tarafından, Penman-Monteith yöntemi adıyla standartlaştırılmıştır (İlhan ve Utku 1998).

Blaney-Criddle (SCS) yöntemi aylık periyotlarda oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir. Kısa dönemler için (günlük, haftalık gibi) en sağlıklı sonuç veren yöntem ise Penman-Monteith (FAO) yöntemidir (Erözel vd 1992). Ancak çok sayıda iklim verisi gerektirdiği için daha sınırlı bir kullanım alanına sahiptir (Smith 1992; Beyribey 1992). Bitki su tüketimi hesaplarında yeterli iklim verisinin bulunduğu koşullarda Penman-Monteith (FAO) yönteminin kullanılması ile daha sağlıklı sonuçlar bulunabilir. Tahmin yönteminin uygulanmasında önemli kısıt, bölge koşullarına uygun bitki katsayılarının belirlenmesidir. Bu nedenle, tablolaştırılmış bitki katsayılarının (k_c) yöre şartlarına göre kalibre edilmesi de gerekmektedir (Akgün ve Kodal 1993).

Evapotranspirasyon tahmin eşitliklerinin kullanılmasıyla ilgili olarak ülkemizde çok sayıda çalışma yürütülmüştür. Çukurova koşullarında pamuk için aylık su tüketimlerinin tahmininde sırası ile Blaney-Criddle, Hargreaves ve Penman yöntemlerinin (Tekinel ve Kanber 1981); Ankara koşullarında şeker pancarı için Jensen-Haise, Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin (Yıldırım 1982);

ayçiçeği, patates, yonca, mısır, fasulye ve çilek için Penman (FAO) ve Kap Buharlaşması (FAO) yöntemlerinin (Hisarlı 1988; Akgün 1989); biber bitkisi için Penman (FAO) yönteminin (Orta 1997); ayçiçeği için Christiansen-Hargreaves Kap Buharlaşma yöntemi ile Jensen-Haise yönteminin (Kadayıfçı ve Yıldırım 1998); Tekirdağ koşullarında mısır ve soğan için Jensen-Haise yönteminin (Orta vd 1997; Orta ve Şener 1999); yine Tekirdağ koşullarında elma ağaçları ve ayçiçeği için Penman (FAO) yönteminin (Orta vd 2000; Erdem 2001) daha sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Güngör (1990), Türkiye’de Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüleri tarafından çeşitli yıllarda çeşitli bitkiler için deneysel olarak belirlenen aylık su tüketim sonuçlarını dikkate alarak bitki su tüketimlerinin saptanmasında kullanılabilecek olan güneş radyasyonu, aylık ortalama sıcaklık ve aylık ortalama bağıl nem değerlerini içeren bir eşitlik elde etmiştir. Bu yöntemle elde edilen bitki su tüketimi değerleri, Blaney-Criddle sonuçları ile karşılaştırılmış ve yeni eşitlik sonuçlarının deneysel değerlere daha yakın olduğu bulunmuştur.

Selenay (1992), bazı araştırmacılar tarafından Ankara’da (4 yıl) ve Şanlıurfa’da (3 yıl) domateste yapılan tarla denemelerinde ölçülen su tüketimlerini, Blaney-Criddle (FAO), Hargreaves, Radyasyon (FAO-Makkink), Penman (FAO) ve Kap Buharlaşması (FAO) yöntemleriyle belirlenen su tüketim sonuçları ile karşılaştırmış, Blaney-Criddle (FAO) yönteminin diğer yöntemlere oranla ölçülene daha yakın mevsimlik su tüketimi tahminleri verdiğini saptamıştır.

Kodal vd (1995), Ankara koşullarında farklı sulama uygulamalarının domates verimine etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bitki su tüketiminin tahmininde Penman (FAO) yönteminin kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Yıldırım ve Kodal (1996), Ankara koşullarında yapılan tarla denemeleri sonucunda mısır bitkisine ilişkin 10’ar günlük bitki su tüketimi değerlerini belirlemişler ve iklim verilerinin kullanıldığı 8 ayrı yöntemle (Blaney-Criddle (FAO), Radyasyon (FAO), Kab

buharlaşması (FAO), Hargreaves (FAO), Penman-Monteith (FAO), Penman (Orj.), Penman (FAO), Jensen-Haise (FAO))’de bitki su tüketimlerini hesaplayarak karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak; Penman (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemlerinin kullanılmasını uygun bulmuşlardır.

Beyribey vd (1997), ülkemizdeki 120 sulama şebekesinde Blaney-Criddle (USDA-SCS) ve Penman-Monteith yöntemlerine göre 1984-1993 yıllarına ilişkin toplam sulama suyu gereksinimini hesaplamış ve sonuçları birbiri ile karşılaştırmışlardır. Bitki su tüketimi ve sulama suyu gereksinimi hesaplarında yeterli iklim verilerinin bulunduğu koşullarda Penman-Monteith yönteminin uygulanması ile daha sağlıklı sonuçlar bulunabileceğini; ancak bu yöntemin uygulanmasında da önemli kısıtlardan birisinin uygun bitki katsayılarının ülke koşullarına göre belirlenmesi olduğunu vurgulamışlardır.

Yüksel ve Erdem (1997), Kırklareli koşullarında buğday, şeker pancarı ve ayçiçeği bitkilerine ait tarla deneme sonuçları ile bulunan su tüketimi değerlerini, Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Penman (FAO) ve Jensen-Haise yöntemleriyle hesaplanan değerlerle karşılaştırmışlardır ve buğdayda Penman (FAO), şekerpancarı ve ayçiçeğinde ise Blaney-Criddle yönteminin yeterli sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Şahin (1998), Iğdır ve Erzurum-Pasinler bölgelerinde çeşitli bitkilere ait deneysel su tüketimi sonuçlarını kullanarak en uygun evapotranspirasyon tahmin yöntemlerinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada; 24 ayrı evapotranspirasyon tahmin yöntemi ile kıyaslama yaparak en uygun yöntemi seçmeye çalışmıştır. Deneysel sonuçlarla tahmin yöntemleri sonuçları arasındaki ilişki genel olarak tüm yöntemler ve bitkilerde önemli bulunmuştur. Aylık devreler için su tüketiminin sezinlenmesinde çoğunlukla sıcaklık olmak üzere radyasyon ve kombinasyon grubu yöntemleri içerisinde yer alan bir çok eşitliğin kullanılabileceği belirtilmiştir. Sonuçta Iğdır bölgesinde; pamukta Penman (FAO-Düzeltilmiş), şekerpancarında Blaney-Morin, domates ve buğdayda Jensen-Haise II, mısırda Hargreaves-II, Erzurum-Pasinler bölgesinde de; ayçiçeğinde Blaney-Morin, patatesten Penman (FAO-Düzeltilmiş), şekerpancarında Hargreaves-Samani ve buğdayda Turc yöntemlerinin kullanılmasının daha sağlıklı sonuçlar vereceği vurgulanmıştır.

Ünlü (2000), pamuk bitkisinin Çukurova koşullarında su tüketimi ve bitki katsayılarını belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada; bitki su tüketimi değerlerinin hesaplanmasında enerji dengesi eşitliğinin kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca; Penman-Monteith (FAO), Blaney-Criddle (FAO) ve Radyasyon (FAO) yöntemleriyle pamuk bitkisine ilişkin bitki katsayılarını hesaplamış ve katsayıların gelişme dönemlerinde; 1. dönem için 0.35-0.36 arasında, 3. dönemde 1.08-1.1 ve 4. dönemde ise 0.55-0.60 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Beyazgül vd (2000), pamuk ekimi yapılan Gediz havzasındaki çalışma alanı için, Blaney-Criddle, Penman, Hargreaves, Penman-Monteith, buharlaşma tavaşı ve radyasyon yöntemleri ile hesapladıkları sulama suyu gereksinimini, su dengesi yöntemi ile karşılaştırarak en yakın sonucu Penman-Monteith yönteminde elde edildiğini bildirmişlerdir.

Erdem (2001), Tekirdağ koşullarında 1998 ve 2000 yılları arasında yürüttüğü çalışmada, deneme koşulları için ayçiçeği bitkisinin sulama zamanı planlamasında bitki su tüketimi tahmininde Penman yönteminin FAO modifikasyonunun daha sağlıklı sonuç verdiğini belirlemiştir.

Gerçek vd (2002), Harran koşullarında yağmurlama yöntemi ile sulanan susam bitkisinin on günlük periyotlardaki su tüketimlerini belirlemiş, bu değerleri Turc, Hargreaves, Jensen-Haise, Penman (FAO), Radyasyon (FAO), Blaney-Criddle (FAO) ve Kap Buharlaşma (FAO) yöntemleriyle elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar, en iyi uyum gösteren tahmin yönteminin Kap Buharlaşma (FAO) yöntemi olduğunu ifade etmişlerdir.

Aydınşakir vd (2003), Antalya yöresinde hem tarla hem de mini lizimetre koşullarında en uygun çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin A Sınıfı Buharlaşma Kabı yöntemi olduğunu, bunu Penman yönteminin izlediğini ifade etmişlerdir.

Dehghanisani *et al.* (2004), yarı kurak koşullarda Penman, Penman-Monteith, Wright-Penman, Blaney-Criddle, Radyasyon ve Hargreaves yöntemleriyle bitki su tüketimlerini elde ederek, lizimitre ölçümleriyle karşılaştırmışlar ve en iyi sonucu Penman-Monteith yönteminin verdiğini belirlemişlerdir.

Şahin vd (2004), Türkiye'nin 20 farklı iklim koşulunda bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinin olası kullanımını belirlemek amacıyla çalışma yürütmüşler, FAO-PPP 17, Penman (Merva-Fernandez), Penman-Monteith ve Penman-Monteith (FAO) yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olacağını belirtmişlerdir.

Uçar vd (2005), Isparta koşullarında fasulyenin su tüketiminin tahmininde Jensen-Haise yönteminin kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Şahin vd (2009), yarı kurak serin iklim koşullarında yetiştirilen karnabahar ve kırmızı lahana bitkileri için Penman-Monteith (FAO) eşitliği ile referans evapotranspirasyon değerini belirlemiş, mevsimlik bitki katsayısı değerlerini karnabahar için 0.84 ve kırmızı lahana için 0.83 olarak hesaplamışlardır.

Taş ve Kırnak (2011), yapmış oldukları bir çalışmada yarı kurak iklim bölgelerinde, bitki su tüketiminin belirlenmesinde meteorolojik verileri kullanan amprik yöntemlerden Blaney-Criddle (SCS), Blaney-Criddle (FAO), Radyasyon, Penman, Hargreaves-Samani ve Pan buharlaşma (FAO) yöntemlerini karşılaştırmışlardır. Yapılan hesaplamalar ve kıyaslamalar sonucunda gerçek değerlere en yakın tahmini Penman yöntemi ile elde etmişlerdir.

2.2. Sulama Suyu Kalitesi

Sulama suyu kalitesinin, sulanan arazilerde alkali ve tuzlu toprakların oluşumu üzerinde çok önemli etkisi vardır. Bölgenin sıcaklık, yağış ve buharlaşma gibi iklim özellikleri ile toprakların geçirgenlik ve sızma kapasitelerine bağlı olarak, sulama suyunun içerisinde olan çözünmüş maddeler az veya çok oranlarda toprakta birikebilir. Toprakta

biriken bu eriyebilir tuzlar zamanla toprakların alkalileşme ve tuzlulaşmasında önemli rol oynarlar (Özbek 1990).

Sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde üzerinde durulması gerekli en önemli özellikler;

- Reaksiyon (pH),
- Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu,
- Sodyum katyonunun diğer katyonlara olan nispi oranı,
- Kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat konsantrasyonu ve
- Bor konsantrasyonudur (Kanber ve Ünlü 2010).

Reaksiyon (pH)

Sulama sularında genellikle pH değerinin 6.5-8.0 arasında olması istenilir. Bununla beraber, bitki çeşidi, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri pH değerinin uygunluk sınırlarını etkileyebilir. pH değeri orta dereceden yüksek sular, asit reaksiyonlu topraklarda, birçok bitkilerde zarar meydana getirmeden kullanılabilir. Ülkemizde bu tip topraklar Doğu Karadeniz Bölgesinde mevcuttur.

Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu

Sularda erimiş halde doğal olarak bulunan iyonlar; sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum katyonları ile klorür, sülfat, karbonat, bikarbonat ve nitrat anyonları ve iz element olarak bulunan bordur (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Sulama sularında bulunan başlıca iyonlar

Kimyasal simge	Eşdeğer ağırlığı	Element veya bileşik
Katyonlar		
Ca^{++}	20.04	Kalsiyum
Mg^{++}	12.16	Magnezyum
Na^+	23.00	Sodyum
K^+	39.10	Potasyum
Anyonlar		
CO_3^{-2}	30.00	Karbonat
HCO_3^-	61.01	Bikarbonat
SO_4^{-2}	48.03	Sülfat
Cl^-	35.46	Klor
NO_3^-	62.01	Nitrat
İz element		
B	3.60	Bor

Kalsiyum: Tarım yönünden en önemli bileşikleri, kireç taşı, alçı ve kalsiyum fosfattır. Kalsiyum tuzlarının eriyebilirlikleri çok farklıdır. Karbonat ve fosfat tuzları suda erimez, asitte eriyebilir niteliktedir. Sülfat, klorit ve nitrat tuzları ise suda eriyebilirler (Kanber ve Ünlü 2010).

Kalsiyum katyonu, topraktaki iyon değişimine katılmak suretiyle, alkaliliği ıslah edici, agregat oluşumu ve toprağın strüktürü üzerine etkisiyle toprağın fiziksel özelliklerini düzeltici potansiyele sahip olduğundan, kalsiyum katyonunun sulama sularında yüksek konsantrasyonda olması istenir. Bununla beraber önemli bir bitki besin elementi olan kalsiyumun özel iyon etkileri üzerinde çalışan bazı araştırmacılar, özellikle yüksek konsantrasyondaki CaCl_2 tuzlarının bazı kültür bitkilerinde örnek olarak keten ve bazı çayır bitkilerinde NaCl 'den daha toksik olduğunu saptamışlardır (Özbek 1990).

Magnezyum: Magnezyum bitki gelişmesi için önemli olan bir katyondur. Özellikle yeşil bitkilerin klorofillerinin önemli bir parçasını oluşturur. Topraklarda kalsiyum iyonu gibi etkisi vardır. Kalsiyum iyonunda olduğu gibi, iyon değişimine katılır ve toprağın fiziksel, kimyasal özelliklerini düzeltir. Toprağı daha geçirgen ve kolay işlenebilir hale getirir. Magnezyum konsantrasyonunun 24 mg/L'ye kadar olmasından bitkiler herhangi bir zarar görmemekle birlikte, daha yüksek konsantrasyonlarda $MgCl_2$ ve $MgSO_4$ 'ın birçok kültür bitkisinde özellikle fasulyelerde toksik etki yaptığı araştırmalarla belirlenmiştir (Özbek 1990).

Suların sertlik durumu, içerisinde çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonlarından ileri gelir. İçerisinde kalsiyum ve magnezyumun iyonlarının konsantrasyonu yüksek olan suyun sertlik derecesi de yüksek olur (Varol vd 2005). Sulardaki sertlik Alman, Fransız, Rus, Amerikan ve İngiliz sertlik dereceleriyle ölçülebilir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılmakta olan sertlik derecesi Fransız sertlik derecesidir (Aydın ve Sezen 1995). 1 litre suda, 10 mg kalsiyum karbonata eşdeğer kalsiyum ve magnezyum tuzları içeren suların sertliği 1 Fransız Sertlik Derecesi (1 Fr°) olarak tanımlanır.

Potasyum: Potasyum 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. Ancak, doğal sulardaki ve toprak suyundaki oranı ender olarak birkaç ppm seviyesini geçer (Kamber ve Ünlü 2010).

Potasyum bitki büyümesi için temel sayılan elementlerden birisidir. Bitkiler için çok gerekli bir besin maddesi olan potasyum katyonunun sulama sularında olması genellikle istenilen bir husustur. Özellikleri açısından sodyuma benzese de, ABD Tuzluluk Laboratuvarında yapılan araştırmalar ne toprakta ve ne de sulama sularında herhangi bir zarar meydana getirmediğini göstermiştir.

Sodyum: 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 en önemli katyon sodyum katyonudur. Bir sulama suyunun kalitesini belirleyen sodyum veya alkalilik tehlikesi, sodyum katyonunun mutlak konsantrasyonu yanında, sodyumun diğer katyonların toplam konsantrasyonuna göre oransal miktarının yüksekliğine de bağlıdır. Diğer bir deyişle sulama suyundaki sodyum konsantrasyonu miktar olarak düşük olsa bile, diğer katyonların toplamından oransal olarak fazla ise önemli ölçüde alkalilik zararı meydana getirebilir.

Sodyum başat duruma geçtiği zaman toprakta istenilmeyen kötü fiziksel koşullar ortaya çıkar. Strüktür oluşumu zayıflar, toprağın hava ve su geçirgenliği azalır, toprak reaksiyonu (pH) zararlı seviyede alkaliye yükselir, bitki besin maddelerinin alımı geriler, ozmotik basıncın artması sebebiyle bitkilerin kök emme basıncı su absorpsiyonuna yetmez, bitkiler su içerisinde olmalarına rağmen susuzluk çekerler.

Klorür: Çözeltide en çok bulunan formu sodyum klorür (NaCl)'dür. Bu tuzu en çok deniz suyu ve doğal su kaynakları içerirler. Klorürlü tuzların içinde en zehirli olanı magnezyum klorür ($MgCl_2$) tuzudur. Toprak kolloidleri tarafından klor iyonları tutulmadığından, toprak suyu ile beraber profilde hareket edebilir. Toprak suyunda veya drenaj suyunda, çoğu klor tuzlarının eriyebilirliği fazla olduğundan konsantrasyonu hızla yükselir. Klor tuzları, kökler tarafından alınarak yapraklara kadar gelebilir. Burada suyun transpire olması sebebiyle yaprak içerisinde birikir. Genellikle suda olan klor iyonlarından ileri gelen zehirlenmeler izlenebilir (Kanber ve Ünlü 2010). Zehirlenme arttıkça kurumalar yaprak ucundan kenarlara doğru büyür. Ölü doku miktarının aşırı şekilde artması, yaprağın düşmesine veya tüm yaprakların dökülmesine neden olur. Yüzey sulamada klor iyonunun 4 me/L'den az miktarlarında toksik etkisi görülmezken 4-10 me/L'de toksik etki ortaya çıkar ve 10 me/L'den sonra ise sorunun şiddeti artar (James 1988; Şahin vd 1998).

Sülfat: En fazla doğada olan sülfat, bir kalsiyum tuzu olan alçıdır. Düşük konsantrasyonlarda olmak üzere sulama sularında ve topraklarda bulunur. Sodyum ve magnezyum sülfatlar suda çözünebilirken; kalsiyum sülfat suda çok az çözünür. Sülfatın, toprakta tuzluluğun artmasından çok diğer toprak özelliklerine etkisi vardır. Bitkiler için suda bulunması yararlıdır (Kanber ve Ünlü 2010).

Tuzlu-Alkali ve Tuzsuz-Alkali toprakların ıslahında kullanılan jips ve kükürt ile tarımsal ilaç amaçlı kullanılan kükürtlerin mikrobiyolojik oksidasyonu ile oluşan sülfatlar, bu tarz topraklardan sızan drenaj sularını sülfat iyonlarınca ve özellikle NaSO_4 yönünden zenginleştirir. Sızan drenaj sularından yeraltı sularına önemli miktarda sülfatlar karışabilir. Yaygın biçimde suni gübre olarak kullanılan amonyum sülfat vasıtası ile de topraklara ve drenaj sularına önemli oranda sülfatlar ilave olabilir (Özbek 1990). Scofield (1936)'a göre sulama sularında, izin verilebilir sülfat anyonu konsantrasyonu sınırları Çizelge 2.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2.2. Scofield (1936)'a göre sulama sularında sülfat uygunluk sınırları (Özbek 1990)

SO_4 konsantrasyonu (mg/L)	Uygunluk sınırı
<192	Çok iyi
192-336	İyi
336-576	İzin verilebilir
576-960	Kullanılması sakıncalı
>960	Kullanılmaz

Eaton *et al.* (1950)'ye göre ise sınır değerleri biraz farklılaştırılarak, sular sülfat konsantrasyonu yönünden üç sınıfa ayrılmaktadır (Çizelge 2.3). Bu değerlere göre; 1. sınıf sular “iyi”, 2. sınıf sular “izin verilebilir”, 3. sınıf sular ise “sakıncalı” konsantrasyonda sülfat içermektedirler.

Çizelge 2.3. Eaton *et al.* (1950)'e göre sülfat konsantrasyon değerleri ve sınıfları

SO ₄ konsantrasyonu (mg/L)	Sınıfı
<192	1.sınıf
192-576	2.sınıf
>576	3.sınıf

Bikarbonat ve Karbonat: Bikarbonatlar ile karbonatların dengesi, suyun niteliği ile ilgili değerlendirmelerde çok önemlidir. Sulama sularının birçoğunda bir miktar kalsiyum bikarbonat bulunur. Ortamda karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması, suyun pH değerini artırarak alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar ve bunun sonucunda kalsiyum çöker ve sistemde sodyum hakim duruma geçer. Sodyum karbonat gibi alkali karbonatların olması sulama suyunda istenmez ve bu bitkilere zehir etkisi yapar (Kanber ve Ünlü 2010). Sodyum karbonat aynı zamanda; toprağın fiziksel özelliklerini, agregat oluşumunu ve strüktürel yapısını bozar, sertleştirir, su ve hava geçirgenliğini azaltır. Kimyasal özellikleri açısından pH'yı artırır, bitki besin maddelerinin alınımını geriletir.

Nitrat: Doğada sodyum nitrat olarak bulunur. Tüm nitrat tuzları suda çözünür ve kolayca yıkanır. Verimli topraklarda nitrat mevcuttur. Bunun organik madde oksidasyonundan veya atmosferdeki elementer azotun fiksasyonundan ileri geldiği benimsenmektedir. Doğal olarak yerüstü ve yeraltı sularında nitratlar çok az bulunur; ancak yeraltı sularında yüzey sularına göre daha fazla nitrat bulunabilir. Sürekli olarak sodyum nitrat gübrelemesi yapılması, toprakların yapısını ve hidrolik iletkenliğini olumsuz şekilde etkiler (Varol vd 2005). Sulama sularında nitratların olması verimlilik açısından istenilen bir özelliktir. Sulama suları ile yeterli miktarda nitrat uygulanması özellikle çayır otlarında gelişmeyi artırır (Kanber ve Ünlü 2010).

Suda erimiş halde olan bütün tuzlar (katyonlar ve anyonlar); suyun fiziksel ve kimyasal özelliğini değiştirir, toprak suyunun ozmotik basıncını artırır, bazı tuzlar bitkilere doğrudan toksik etki yapar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine de doğrudan etki

ederek strüktür bozulmasına neden olur, toprakta tuzlulaşma ve alkalileşme tehlikelerini meydana getirir. Suda erimiş halde bulunan tuzların toplam konsantrasyonun ifadesinde “Elektriksel İletkenlik” değeri kolay ve hassas bir şekilde tayin edilebildiği için uygulamada yaygın bir biçimde kullanılmaktadır (Özbek 1990).

Sular, toprakta tuzluluk tehlikesi yaratması açısından elektriksel iletkenlikleri (EC) dikkate alınarak farklı sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmışlardır. Bugün en çok kullanılmakta olan ABD Tuzluluk Laboratuvarınca hazırlanmış olan sınıflandırma sistemidir (Çizelge 2.4). Bu sisteme göre EC yönünden sulama suları başlıca 4 sınıfa ayrılmışlardır (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 2.4. Sulama sularının EC değerlerine göre sınıfları

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 sınıf sular, çok az eriyebilir tuz içerdiklerinden, tüm kültür bitkilerinin her türlü toprak koşullarında sulanmasında güvenle kullanılabilirler.

Orta tuzlu sular (C2): Bu sınıf sular, orta derecede yıkanmanın sağlandığı koşullarda, tuzluluk kontrolü ve özel toprak idaresine gereksinim olmaksızın sulama yönünden sorun olmayan topraklarda tuza orta veya yüksek derecede dayanıklı bitkilerin sulamasında kullanılabilir. Yalnız tuzluluğa karşı duyarlı bitkiler için düşük permeabiliteye sahip topraklarda yıkama gereksinimi olabilir.

Yüksek tuzlu sular (C3): Bu sınıf sular, düşük permeabilite ve yetersiz drenaj koşullarına sahip topraklarda, sulama suyu olarak kullanılmamalıdır. Uygun drenaj koşullarında bile, tuzluluk kontrolü için özel toprak idaresi gerekir. Tuza orta veya

yüksek derecede dayanıklı bitkiler için de hafif ve orta bünyeli toprak koşullarında daha yoğun yıkama yapılarak kullanılabilir.

Çok yüksek tuzlu sular (C4): Bu sınıf sular, normal koşullar altında sulamaya uygun olmayıp çok özel hallerde kullanılmalıdır. Tuza çok dayanıklı bitkiler seçilmek şartıyla, yüksek permeabiliteye ve çok iyi drenaja sahip olan topraklarda, yeterli derecede yıkanmayı sağlayacak miktarda, fazla su verilmek koşuluyla bu sınıf sular sulamada kullanılabilir. 5000 $\mu\text{mhos/cm}$ den yüksek elektriksel iletkenliğe sahip aşırı tuzlu sular, genellikle sulama amacı ile kullanılması önerilmez (Kanber ve Ünlü 2000).

Ayers and Westcot (1989) sınıflandırma sistemine göre de $<0,7$ dS/m tuzluluktaki sular sorun yaratmamakta, 3 dS/m'den daha fazla tuzluluk değerine sahip sular ise şiddetli sorun oluşturabilecek sınıfta yer almaktadır (Çizelge 2.5).

Uzun süre yıkama yapılmaksızın, elektriksel iletkenliği yüksek olan tuzlu sularla sulanan topraklarda, saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliğinin önemli ölçüde arttığı denemelerle saptanmıştır. Saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği 4000 $\mu\text{mhos/cm}$ 'yi geçtiği zaman, tarla koşullarında tuzluluk zararı gözlenmeye başlamaktadır. Özellikle tuza duyarlı bitkilerde bitki gelişimi yavaşlamakta ve tuzluluk arttığı takdirde bitki gelişimi tamamen durmaktadır. Eriyebilir tuzların konsantrasyonu arttıkça, tuza yarı dayanıklı ve dayanıklı bitkilerde bile, normal tuzsuz koşullara oranla önemli ölçüde üründe azalma meydana gelmektedir. Çizelge 2.6'da değişik kültür bitkilerinin, saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliğine göre tuzluluk zararına dayanma durumları verilmektedir.

Çizelge 2.5. Sulama suyu sınıflama rehberi (Ayers and Westcot 1989)

Potansiyel sulama sorunu	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 sulama (me/L)	<3.0	>3	
Klor (Cl)			
Yüzey sulama (me/L)	<4	4-10	>10.0
Yağmurlama sulama (me/L)	<3	>3	
Bor (B) (ppm)	<0.7	0.7-3.0	>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	>8.5
pH (olağan sınırlar)	6.5-8.4		

Çizelge 2.6. Kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı oransal dayanmaları (Özbek 1990)

Saturasyon ekstraktının (µmhos/cm)	EC'si	Bitkilerin tuzluluğa karşı dayanma durumları
0-2000		Tuzluluk zararı çok az veya hiç yok.
2000-4000		Tuzluluğa karşı çok duyarlı olan bitkilerde verim sınırlandırılabilir. Bu bitkiler; avakado, narenciye, çilek, şeftali, kayısı, badem, erik, elma, armut gibi meyveler; fasulye, kereviz, turp gibi sebzeler ile meadow foxrall tırfil türlerinin pek çoğunu kapsayan yem bitkileridir.
4000-8000		Tuzluluğa orta derece dayanıklı birçok bitki türlerinde verim sınırlandırılmaktadır. Bu gruptaki en duyarlı bitkiler üzüm, kavun, kabak, hıyar, bezelye, soğan, havuç, biber, patates, tatlı mısır, marul ile kısmen dayanıklı zeytin, incir, nar, karnabahar, lahana, domates, yulaf, buğday, çavdar, yonca, sudan otu, taş yoncası, keten, mısır ve pirinçtir.
8000-16000		Yalnızca tuzluluğa dayanıklı bitkiler ayrı bir şekilde yetiştirilebilir. Bu bitkiler; hurma, kuşkonmaz, kolza, hayvan pancarı, ıspanak, üçgül, arpa, yabani çavdar, ingiliz çimi, ayrık otu, pamuk ve seker pancarıdır.
16000'den fazla		Yalnızca tuza çok dayanıklı bölgesel bazı halofit bitkiler doğal örtü olarak yetişebilirler.

Tuzlu sulama suyu olması koşulunda, yıllık yağışın 300 mm'den fazla olduğu yörelerde özellikle damla sulama yöntemi uygulanabilir. Bunun nedeni, hem tuzun toprakta ıslak cephe sınırına taşınarak kök bölgesindeki tuz konsantrasyonunun azalması ve hem de damla sulama yönteminde bitki kök bölgesinde sürekli yüksek düzeyde nem sağlandığından, erimiş haldeki tuzların oluşturduğu ozmotik potansiyelin yüksek olmasına karşın, matrik potansiyelin düşük düzeyde olması nedeniyle toplam potansiyelin bitkinin kökleri aracılığıyla suyu almasını engellememesidir. Ancak damla sulama sisteminde yüksek tuz konsantrasyonlarında damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması söz konusu olabilmektedir. Ca, Mg ve HCO₃ iyonlarının yüksek konsantrasyonları, yüksek pH ve sıcaklık kimyasal tıkanmaya neden olan faktörlerdir (Hills *et al.* 1989; Şahin vd 1998). Borularda oluşacak önemli bir sıcaklık artışı CaCO₃ ve MgCO₃ çökmesini kolaylaştırır (Maier 1981; Şahin vd 1998).

Pozitif değerde Langelier saturasyon indeksi (LSI) olması CaCO_3 çökeltisi olabileceği şeklinde açıklanmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Damla sulamada kullanılan suyun pH değerinin 7.5'dan yüksek olması ve yüksek düzeyde Ca ve Mg içermesi durumunda, CaCO_3 ve MgCO_3 şeklinde çökelmelere neden olarak sistemde tıkanmalar oluşturabilmektedir (Howell *et al.* 1983; Şahin vd 1998). Tıkanma sorunu Ca ve Mg konsantrasyonu 50 ppm'in üzerine çıktığı durumlarda oluşabilmektedir. Sulama suyu yüksek konsantrasyonda Ca ve Mg iyonları içeriyorsa, sistemde birikmelerin oluşmasını engellemek için periyodik olarak asit uygulanması önerilmektedir (James 1988; Şahin vd 1998).

Sulama suyunda HCO_3 bulunması durumunda sisteme asit verilerek bunların çökelmeleri önlenemediği gibi suyun havalandırılması ve bir havuzda çökeltme oluncaya kadar dinlendirilmesi de düşünülebilir (Korukçu 1975; Şahin vd 1998).

Damlatıcı tıkanmasının değerlendirilmesi için (Nakayama 1982)'de verilen su kalite kriterleri Çizelge 2.7'de sunulmuştur.

Çizelge 2.7. Damlatıcı tıkanmasının belirlenmesi amacıyla kullanılan su 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

Sodyum katyonunun diğer katyonlara nispi oranı

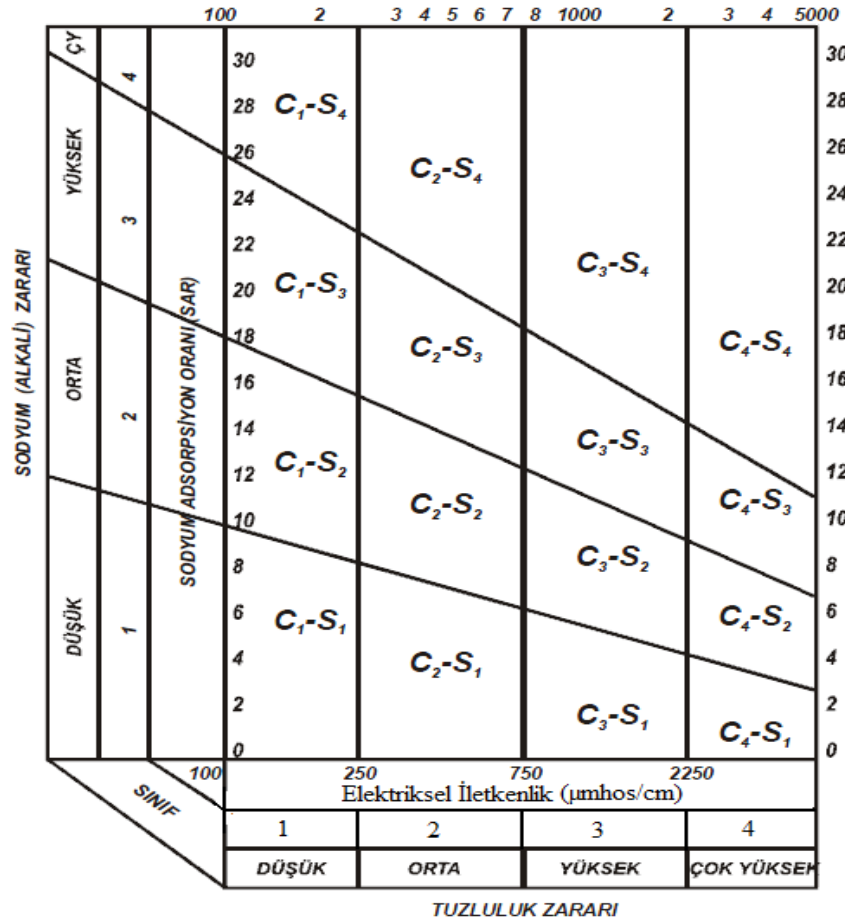
Sulama sularının sodyum açısından oluşturabileceği zararları ifade etmek için uygulamada yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) gibi değerlendirme ölçütleri kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Genellikle sulama sularında %Na değerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için %50–60’tan fazla olması istenmez (Güngör vd 2002).

ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sistemine (Şekil 2.2) göre sular, sodyum veya alkalilik tehlikesi yönünden 4 sınıfa ayrılmaktadırlar (Yılmaz 2005; Kanber ve Ünlü 2010). Yüksek SAR değerleri yüksek değişebilir sodyum oranı veya alkalik zararının ölçüsü olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Az sodyumlu sular (S1): SAR değeri <10 olan sulardır. Bu sınıf sular değişebilir sodyumdan ileri gelebilecek herhangi bir zarar olmaksızın, hemen hemen bütün topraklarda ve her bitki için sulama suyu olarak güvenle kullanılabilir. İyi nitelikte sulama suyu sayılır.

Orta sodyumlu sular (S2): SAR değeri 10-18 arasında olan sulardır. Toprakta jipsin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) bulunmadığı durumlarda veya yetersiz yıkanma koşullarında, yüksek katyon değişim kapasitesine sahip olan killi bünyeli topraklarda, önemli ölçüde sodyum zararı meydana getirebilir. Yüksek permeabiliteye sahip kaba bünyeli topraklar yani geçirgen topraklar ile organik topraklarda bu sınıf sular herhangi bir sodyum zararı tehlikesi göstermeksizin kullanılabilir.



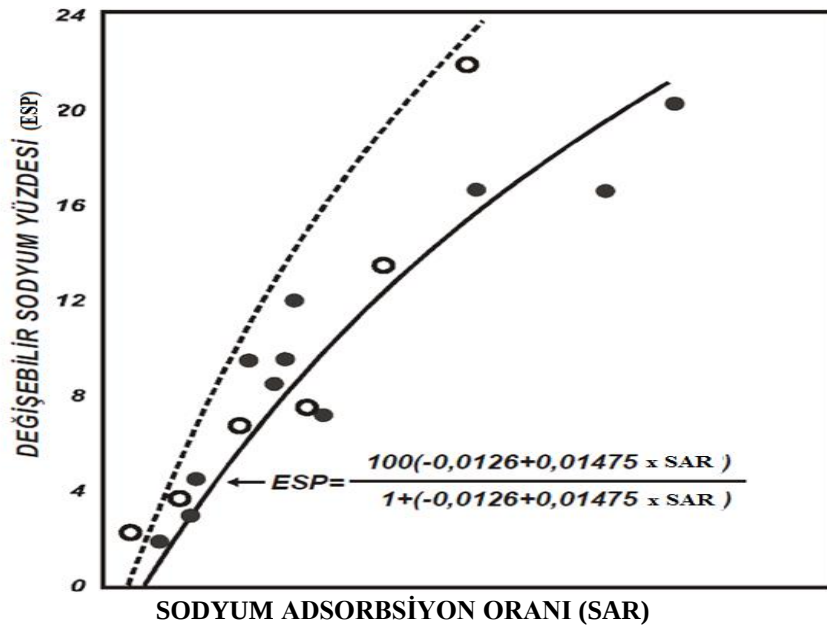
Şekil 2.2. ABD Tuzluluk laboratuvarı sulama suyu sınıflandırma diyagramı

Yüksek sodyumlu sular (S3): SAR değeri 18-26 arasında olan sulardır. Bu sınıf sular pek çok topraklarda zararlı düzeylerde değişebilir sodyum birikmesi ve alkalik tehlikesi oluştururlar. Bu sınıf suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi için; iyi drenaj, yeterli yıkama ve toprağın fiziksel özelliklerini düzeltmek için organik madde verilmesi gibi özel toprak idaresi koşullarının sağlanmasına gereksinim vardır. Bunların uygulanmaması durumunda bu sınıf sular kesinlikle kullanılmamalıdır. Fakat jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) içeren topraklarda, değişebilir sodyum birikimi zararlı seviyelere ulaşmaz. Çok yüksek tuz içeren sularla kimyasal ıslah maddesi uygulaması dışında, değişebilir sodyumun giderilmesi için sulama ile birlikte kimyasal ıslah maddesi de verilmesine gereksinim duyulabilir. Çok geçirgen topraklarda jips eklemek suretiyle kullanılabilirler. Kış yağışının 500 mm'den az olduğu yörelerde ağır bünyeli topraklarda sodyum birikmesine neden olabilir.

Çok yüksek sodyumlu sular (S4): SAR değeri >26 olan sulardır. Bu sular düşük ve orta derecede tuzluluk halleri dışında genel olarak sulamaya uygun değildir. Toprakta eriyebilir kalsiyumun bulunması, tuzluluk açısından sorun olmayan geçirgen topraklarda yıkamaya önem vererek, jips veya diğer kimyasal ıslah maddelerinin de sulama suyu ile beraberce uygulanması durumunda sulama suyu olarak kısıtlı oranlarda kullanılabilirler.

Ayers and Westcot (1989) yönteminde ise (Çizelge 2.5) SAR değerleri infiltrasyonu ve yüzey sulamada toksisiteyi değerlendiren bir parametre olarak dikkate alınmıştır. Ayers and Westcot tarafından verilen rehberdeki SAR değerleri yerine sulama suyunun infiltrasyon sorunu yaratma potansiyelinin daha iyi değerlendirilmesi için düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) değerleri de kullanılabilir (Kanber ve Ünlü 2010).

Bir sulama suyunun sodyum adsorbsiyon oranının bulunmasından sonra, bir grafik yardımıyla bu sulama suyu ile denge halinde bulunan toprağın değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değeri de kolaylıkla belirlenebilir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. SAR-ESP ilişkisi (Özbek 1990)

Kötü fiziksel, kimyasal ve verimlilik özellikleri ile bitkilere olan toksik etkilerin açıkça görülebilmesi için alkalilik zararının başlangıç sınırı olarak toprakta beklenen değişebilir sodyum yüzdesi değerinin 15 veya daha fazla olması gerektiği ortaya konulmuştur.

Kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonu ile ilgili olarak bikarbonat konsantrasyonu

Ca+Mg içeriğinin CO_3+HCO_3 içeriğinden düşük olduğu suların sulamada kullanılması topraklarda fiziksel bozulmalara neden olmaktadır. Bu durumun değerlendirilmesine olanak sağlayan Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) miktarına göre sulama sularının sınıflandırılmasında Eaton (1950)'dan alınan Çizelge 2.8'deki değerler kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 2.8. Kalıcı sodyum karbonat (RSC) göre sulama suyu sınıfları

Sulama suyu 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): Bor, bütün bitkilerin gereksinim duyduğu önemli bir mikrobesein elementidir, bitkiler tarafından çok düşük konsantrasyonlarda alınır ve noksanlığı birçok bitkide önemli zararlara sebep olur. Bununla beraber bor birçok kültür bitkisi üzerinde toksik etkiye neden olup 0.5 mg/L'den yüksek konsantrasyonları, duyarlı bitkilerde ekonomik zararlar meydana getirir. Örneğin narenciyeler, ceviz ağaçları, taş çekirdekli meyveler 3 ppm bor içeren sulama suları ile sulandıkları zaman, önemli ölçüde ürün azalması ve toksik zararlar meydana gelmektedir. Çizelge 2.9'da Maas (1987)'dan alınan kültür bitkilerin bor direnç değerleri verilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Bor iyonunun bitkilere olan toksik etkisi üzerinde iklim ve toprak özellikleri de etkili olmaktadır. Toprağın kil yüzdesi, serbest kireç (CaCO_3) kapsamı bor toksisitesine etkilemektedir. Kurak bölge topraklarında kalsiyum ve magnezyumun meydana getirdiği boratlar, bor elementinin kültür bitkilerine olan toksitesini yükseltmektedir.

Çizelge 2.9. Kültür bitkilerinin göreceli 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	Avokado	Sarımsak	Kırmızı biber
Böğürtlen	Altıntop	Tatlı patates	Börülce
	Portakal	Buğday	Havuç
	Kayısı	Arpa	Patates
	Şeftali	Ayçiçeği	Hıyar
	Erik	Fasulye	
	Bağ	Susam	
	Ceviz	Bakla	
	Üçgül	Çilek	
	Soğan	Yerfıstığı	
Yarı duyarlı (2.0-4.0 mg/L)	Dayanıklı (4.0-6.0 mg/L)	Çok dayanıklı (6.0-15.0 mg/L)	
Marul	Sorgum	Pamuk	
Lahana	Domates	Kuşkonmaz	
Kereviz	Pancar		
Şalgam	Şekerpancarı		
Yulaf			
Mısır			
Tütün			
Kabak			

Scofield (1936)'a göre bor sınıfları da Çizelge 2.10'da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Scofield (1936)'a göre sulama sularının bor sınıfları (Özbek 1990)

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

Atık Sular

Temiz yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının tarımsal sulama için yeterli olmadığı durumlarda, başka su kaynakları arayışlarına gidilmektedir. Bu kaynaklardan birisi de arıtılmış atıksulardır (Papadopoulos 1997). Sulama amaçlı olarak atıksuların kullanımı ilk olarak 1865 yılında İngiltere’de ortaya konulmuştur. Atıksuların sulama amaçlı kullanımı 1800’lü yılların sonuna doğru Avrupa’nın diğer ülkelerinde yaygınlaşmaya başlamıştır. 1945 yılından sonra, yerüstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi, kurak ve yarı kurak bölgelerdeki su kaynaklarının korunması amacıyla daha da önem kazanmıştır (Shuval 1990). Örneğin; 2040 yılına kadar İsrail’de tarımsal sulama suyunun %70’inin evsel atık suların arıtılması ile karşılanacağı öngörülmektedir (Scott *et al.* 2001; Çakmakçı 2011).

Tosunoğlu vd (1999), son yıllarda tarımsal sulamada atıksuların kullanılmasının fazlaca arttığını ve bu atıksuların tarımsal üretim amaçlı kullanılan topraklar üzerindeki etkilerinin olumlu veya olumsuz olabileceğini ifade etmişlerdir.

Aynı zamanda atık sulardaki ağır metallerin bitki ve canlı sağlığına, azotun bitki ve canlı sağlığı yanında su kaynaklarına ve küresel ısınmaya, atıksulardaki katı madde, biyolojik ve kimyasal unsurların da kapalı sistemlerde aşınma ve tıkanmalara yol açması riski de dikkate alınmalıdır.

Atık suların oluşturabileceği sorunların değerlendirilmesinde çok sayıda parametre dikkate alınmaktadır. Bu parametreler ve sorun oluşturma potansiyelleri ülkemizde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) (2010) kriterlerine göre değerlendirilmektedir (Çizelge 2.11). Atıksulardaki toksik etkisi olan iyonların değerlendirilmesi için Çizelge 2.12’den yararlanılmaktadır. Ayrıca ağır metallerin değerlendirilmesi içinde Çizelge 2.13’de verilen değerlerden yararlanılmaktadır.

Çizelge 2.11. Sulama amaçlı kullanılan arıtılmış atıksuların sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri (Anonim 2010b)

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 ($\mu\text{mhos/cm}$)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Sodyum Yüzdesi	<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	
Sulama Suyu Sınıfı	C1S1	C1S2-C2S1	C1S3-C3S1	C1S4-C4S1	
NO ₃ veya NH ₄ (mg/L)	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
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
	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek	
Na (alkalilik zararı) (S)	1	2	3	4	
Tuzluluk zararı (C)	1	2	3	4	

Çizelge 2.12. İyon toksisitesine yönelik kriterler (Anonim 2010b)

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

Çizelge 2.13. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal konsantrasyonları (Anonim 2010b)

Ağır metaller	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar (kg/ha)	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler (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

*¹Sulanan narenciye için 0.075 mg/L'dir.

²Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

Sulama suyu kalitesini değerlendirmeye yönelik yapılmış bazı çalışmalar

Hills *et al.* (1989), sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak damlatıcı tıkanmalarını araştırdıkları bir çalışmada, damlatıcı debilerinin 590 µmhos/cm iletkenlikte %3-15 düzeyinde, 2020 µmhos/cm iletkenlikte ise %20-40 düzeyinde azaldığını belirlemişlerdir.

Altınbaş vd (1994), Menemen ovası Emiralem regülatörü ve Buruncuk köyü dolaylarından alınan su örnekleri üzerinde yaptıkları çalışmada; Cu, Cr, Pb ve Cd konsantrasyonlarını sırasıyla 0.006 ve 0.207, 0.025 ve 0.031, 0.030 ve 0.070, 0.005 ve 0.006 mg/L aralığında bulmuşlardır. Sonuç olarak; bu çalışmada elde edilen değerleri yönetmelikteki değerler ile karşılaştırdıklarında Cu, Cr ve Pb elementlerinde yüksek konsantrasyonlar görülmüş olduğunu bildirmişlerdir.

Okur vd (1997), Mart 1995-Şubat 1996 tarihleri arasındaki bir yıllık periyot boyunca, Gediz nehrinin doğduğu noktadan denize döküldüğü noktaya kadar 7 noktadan su örnekleri alarak, bu su örneklerinde pH, EC, Na, K, Ca+Mg, Cl, SO₄, CO₃, HCO₃, RSC, SAR gibi bazı kimyasal analizlerle, B, Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd ve Ni gibi bazı iz element ve ağır metal analizleri yapmışlar ve Gediz nehrindeki kirlilik düzeyinin dağılımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, Gediz nehrinin büyük bir bölümünün suda çözünabilir tuzlarca zengin ve bazı aylarda ise ağır metallerce kirlenmiş olduğunu belirlemişlerdir.

Anonim (1997) tarafından Gediz nehri Menemen yöresinde yapılan bir çalışmada, Emiralem regülatöründen alınan su örneğinde 0.140 mg/L Cr, Kuş Cenneti-Bedir köprüsü altından alınan örnekte 0.53 mg/L Cu ve Kuş Cenneti-ana drenaj kanalından alınan örnekte de 0.84 mg/L Cu metali tespit edilmiş, değerlerin yönetmelikte verilen kriter değerlerin üzerinde olduğu ifade edilmiştir.

Şahin vd (1998), Erzurum ili Tortum ve Uzundere ilçelerindeki seralarda kullanılan sulama sularının, toprağa ve bitkiye ayrıca damla sulama sistemine olabilecek etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, alınan 21 farklı yerdeki sulama suyu örneklerinin Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, Fe iyonları, organik madde miktarları ile pH ve EC'leri belirlenmiştir. Toplam tuz miktarı, Langelier Saturasyon İndeksi, %Na, SAR, AdjSAR, RSC, Potansiyel Tuzluluk, Permeabilite İndeksi ve sertlik gibi parametreler de belirlenerek sulama sularının kullanılabilirlikleri değerlendirilmiştir. Toprak ve bitki açısından sulama sularının bir sorun oluşturmayacağı ancak permeabilitede azalmalara yol açabileceği ve damla sulama sistemi açısından ise suların damla sulama sisteminde tıkanma sorunu yaratabileceği saptanmıştır.

Kaplan vd (1999), Antalya-Kumluca yöresinde bulunan kuyu sularının nitrat içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada NO₃ kirlenmesi olasılığının yüksek olduğu Kumluca yöresindeki kuyu suyu örneklerinin NO₃ iyonu içeriğini ortalama 52.15 mg/L olmak üzere 2.46-164.91 mg/L değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kuyu suyu örneklerinin NO₃ içeriklerinin Dünya Sağlık

Örgütü'nün (WHO) bildirmiş olduğu 45 mg/L'lik sınır değerine göre değerlendirildiğinde, bu örneklerin %50'sinin NO₃ bakımından kabul edilebilir sınırların üzerinde kirlendiğini ortaya koymuşlardır.

Okur vd (2002), Büyük Menderes ve Gediz nehrinde yaptıkları çalışmada tüm yıl boyunca nehirlerin yoğun bir tuzlanma ve organik kirlenme ile karşı karşıya olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kirlenmenin boyutlarının su örneklerinin alınmış oldukları noktalara göre de farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Şener vd (2002), Çanakkale, Ezine ve Lapseki yöresindeki yüzey sularının, yeraltı sularının ve rezervuar sularının sulama suyu kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada, sulama dönemi boyunca almış oldukları su örneklerinin sıcaklık, EC, pH, NO₃, CO₃, HCO₃, SO₄, Cl, K, Na, (Ca+Mg), RSC ve SAR değerleri yönünden sulamaya uygunluklarını araştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda, aldıkları tüm su örneklerinden Halileli, Yeni Mahalle ve Umurbey kuyu sularının dışındaki tüm suların sulamaya uygun olduklarını belirlemişlerdir. Söz konusu olan bu kuyularda ise NO₃ seviyesinin yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Ayrıca yüzey sularının kimyasal yönden yeraltı sularından daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Elmacı vd (2002), Gediz nehrinin suyu ile sulanan tarım alanlarında B, Co ve Ni gibi bazı elementlerin değerlerinin sınır değerlerin üzerinde çıktığını bildirmişlerdir.

Gediz nehri çevresindeki hasada yakın sebze ve meyvelerin ağır metal içeriklerinin belirlenmiş olduğu bir çalışmada doğal ya da sanayi atıklarından kaynaklanan bazı mikro element ve ağır metal kirlilikleri saptanmıştır (Seçer vd 2002).

Başar vd (2002), yapmış oldukları bir çalışmada, Güney Marmara bölgesinde sulama suyu açısından en önemli kaynak olan İznik Gölü ve diğer sulama suyu kaynaklarının nitelik özelliklerini belirlemiştir. Bu amaçla, sulama mevsiminin başında ve sonunda olmak üzere 2 defa su örnekleri alınmıştır. Araştırmanın sonucunda, göl suyu ve artezyen sularının tuzluluk ve sodyumluluk açısından C3S1, akarsuların ise C2S1

sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, incelenen su kaynaklarının B, Cl ve SO₄ içeriklerinin normal düzeylerde, göl suyunun ise HCO₃ içeriğinin sınır değerlerin yakınında olduğu ifade edilmiştir.

Emdad *et al.* (2004), karık sulama yöntemiyle sulanan alanlarda sulama suyu kalitesinin toprak yapısı ve infiltrasyon üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlar ve sulama suyu kalitesinin toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmişlerdir. Bu etkinin ise, çözünmüş maddelerin yüksek konsantrasyonlarında meydana geldiği ve bunun sulama sezonu boyunca devam ettiği ifade edilmiştir.

Sönmez ve Kaplan (2004), Demre yöresindeki seralarda kullanılan sulama sularının tuzluluk yönünden sulamaya uygunluklarını farklı dönemlerde aldıkları su örneklerinde araştırmışlar ve bu sulama sularının genellikle C2 ve C3 sınıflarına girdiklerini belirtmişlerdir.

Varol vd (2005), Tekirdağ ili sulama sularının özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, su örneklerinin analizi yapılarak sertlik, pH, EC, Cl ve SAR yönünden sulamaya uygunlukları değerlendirilmiş ve suların %90'ının C2S1 sınıfına girdiği belirtilmiştir.

Kuşlu vd (2005), yapmış oldukları bir çalışmada; damla sulama sistemlerinde tıkanma sorununu, kullanılan damlaticıların özelliklerini ve performanslarını irdelemişlerdir.

Kızıloğlu vd (2006), Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının sulama suyu kalite ölçütlerini dikkate alarak bitki, toprak ve sulama sistemleri açısından yeterliliklerini araştırmışlardır. 2006 yılı temmuz döneminde toplam 27 kaynaktan alınan örneklerde Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃, Fe, B, elektriksel iletkenlik ve pH değerleri belirlenmiştir. Hesaplama yoluyla da toplam tuz miktarı, Langelier Saturasyon İndeksi, yüzde sodyum, sodyum adsorbsiyon oranı, düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı, kalıcı sodyum karbonat, potansiyel tuzluluk, permeabilite indeksi ve sertlik gibi parametreler saptanmıştır. Genel olarak birçok kaynakla ilgili bazı sorunlar tespit edilen bu çalışmada

Dadaşköy beldesi kentsel atık su kaynağının toprak, bitki ve basınçlı sulama sistemleri açısından sorunlu özellikte olduğu ifade edilmiştir.

Ayrancı (2006), tarafından Muğla-Ortaca yöresi seralarında sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Alınan su örneklerinin pH, EC, Na, Mg, Ca, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄ analizleri yapılmıştır ve elde edilen bu sonuçlardan yararlanarak SAR, %Na, RSC değerleri hesaplanmıştır. Su örneklerinin %76'sı C2S1, %24'ü ise C3S1 sınıfına girmiş, %Na ve SAR yönünden ise bütün örnekler I. sınıfta yer almıştır. Su örneklerindeki en önemli sorunun klor olduğu belirtilmiş ve ayrıca örneklerin %76'sında da sülfata rastlanmıştır.

Ordu ve Demir (2006), Ergene nehri su kalitesinin üzerine yaptıkları çalışmada, nehirdeki su kalitesinin membada I. sınıf iken; mansapta IV. sınıfa düştüğünü saptamışlardır.

Arslan vd (2007), yaptıkları çalışmada, Bafra ovası yeraltı sularının sulamaya uygunluklarını belirlemek amacıyla, 10 kuyudan Haziran, Temmuz ve Ağustos 2005 tarihlerinde su örnekleri alarak bu su örneklerinin pH, EC, Na, Ca, Mg, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, SAR ve RSC yönünden sulamaya uygunluklarını irdelemişlerdir. Araştırma sonucunda kuyulardan 1 tanesinin sulama suyu kalitesinin yüksek tuzlu düşük sodyumlu, 2 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin çok yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu ve 5 tanesinin ise çok yüksek tuzlu çok yüksek sodyumlu olduğu belirlenmiştir. Klor bakımından ise 1 tane kuyunun sorun içermediği, 2 tanesinin orta duyarlı bitkilerin sulanmasında ve 7 tanesinin ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir olduğu bulunmuştur. Su örneklerinin pH değerlerinin de 6.6 ile 8.3 arasında değiştiği ifade edilmiştir.

Kara ve Şimşekli (2008), Erkenez çayının kirlilik durumunu belirlemek amacıyla alınan su örneklerinde çözünmüş oksijen, pH, EC, NO₃, NH₄, P, SO₄, Ca, Na ve K yönünden analizler yapmış, araştırma sonucunda SO₄, NO₃ ve P değerlerinin oldukça yüksek çıktığını ifade etmişlerdir.

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 ve EC gibi parametreler analiz edilmiş, analizler sonucunda pH ve EC gibi parametrelerin tarımda kullanılan kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği, ancak ağır metal düzeylerinde ise dönemsel ve bölgesel değişmelerin olduğu belirtilmiştir.

Aşık vd (2008), Aşağı Gediz havzası sulama alanına sulama suyu sağlayan Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatör sularının sulama suyu kalite parametrelerini 2004 ve 2005 yılı sulama sezonu boyunca belirlemişler ve bu regülatör sularının mekansal ve zamansal değişimlerini ortaya koymuşlardır. Her 2 yıl içinde tuzluluk ve sodyumluluk açısından suların C2S1 sınıfında yer aldığı, ağır metal, P ve N konsantrasyonlarının genel olarak sınır değerleri aşmadığı, sulama suyu kalite kriterlerine uygun olduğu, toprağa ve bitkiye zarar vermeksizin sulamada kullanılabileceği belirlenmiştir. Kalite parametrelerinin mekansal boyutta, membadan mansaba; zamansal boyutta ise, sulama sezonu başından sulama sezonu sonuna doğru genel olarak değiştiği ifade edilmiştir.

Akbaş vd (2008), Tokat, Kazova’da yaptıkları çalışmada CBS yardımı ile yeraltı sularının tuzluluklarını belirlemişlerdir. Araştırmacılar, yörede yeraltı sularının yalnızca %5-7’lik kısmında EC değerlerinin 2 dS/m’nin ve %1’den az kısmında ise 4 dS/m’nin üzerinde olması nedeniyle yeraltı suyu tuzluluğu açısından izlenen dönem için önemli bir problem bulunmadığını belirtmişlerdir.

Üzen vd (2009), drenaj tipi lizimetre benzeri tanklarda farklı tuz düzeylerindeki sulama sularının, Diyarbakır koşullarında, farklı pamuk çeşitlerine olan etkisini araştırmışlardır. Pamuk çeşitlerine göre toprak tuzluluk eşik değerlerini belirlemişlerdir.

Dönderici vd (2010), 2009 yılı içerisinde analiz amacıyla Adana Hıfzısıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarına gelen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kalitelerini değerlendirmişlerdir. Su kalitesinin fiziksel ve kimyasal olarak

değerlendirilmesinde renk, bulanıklık, koku, tat, iletkenlik, pH, Al, Fe, B, As, Mn, NH_4 , O_3 ve BrO_3 parametrelerine yönelik analizler yapılmıştır. Fiziksel analizleri sonucunda kaynak sularına ait 61 örnekten yalnızca ikisinde bulanıklık tespit edilmiştir. pH ve iletkenlik değerleri uygun bulunmuştur. Yapılan kimyasal analizlerde kaynak sularının 61 örneğin üçünde BrO_3 , 15 örneğin birinde B, 18 örneğin birinde Mn ve birinde ise As düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı tespit edilmiştir. Çalışılan örneklerin hiç birinde Al, NH_4 , Fe ve O_3 saptanmamıştır.

Kavurmacı vd (2010), yapmış olduğu çalışmasında Türkiye'deki önemli tarım alanlarından Tuz Gölü'nün güney ve doğu sahillerini sınırlayan Aksaray ovasında 3 kaynak, 37 kuyu olmak üzere Ağustos 2007-Haziran 2008 arası bir yıl boyunca alınan su örneklerinde fiziksel ve kimyasal su kalite parametrelerini incelemiştir. Yeraltı sularının genel olarak orta derecede tuzlu ve düşük sodyum içeriğine sahip sulama suyu özelliği gösterdiği, Tuz Gölü'nün güney ve güneydoğu kıyı kesimlerindeki yeraltı sularında tuzluluğun artmasının tuzlu su girişiminden kaynaklandığını ifade etmiştir.

Ünlü vd (2011), Kütahya-Emet Bölgesinde, yeraltı suyu kalite ve kirlilik düzeyini belirlenmek amacıyla yürüttüğü çalışma kapsamında 2010 yılında aylık periyotlarla alınan su örneklerinde bor ve arsenik değerlerini incelemiştir. Elde edilen verilerden Emet yöresindeki suların yüksek oranda bor içerdiğini ortaya koymuştur.

Bulut vd (2012), 2004-2005 yıllarında Çivril gölünün fiziko-kimyasal parametrelerini aylık olarak ölçmüştür. Bu çalışma sonucunda; özellikle yaz aylarında Çivril gölünün bazı bölümlerinde organik kirliliğin oldukça arttığını ve çözünmüş oksijen miktarının da bir bölgede sucul canlılar için kritik dereceye kadar azaldığını belirlemiştir.

Atık suların tarımsal sulamada kullanımı konusundaki bazı çalışmalar

Su kaynaklarının sınırlı olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı önemli bir potansiyele sahiptir. Genellikle atıksular yüksek konsantrasyonlarda hem organik hem de inorganik asılı ve çözünmüş partiküller

içerirler. Evsel ve sanayi atıksulara karışmış olan tuzların büyük bir kısmı geleneksel arıtma yöntemleriyle tam olarak yok edilemez ve bu tuzlar sulama ile toprağa geçerler. Kimi araştırmacılar atıksular ile sulanan alanların topraklarının fiziksel, kimyasal veya biyolojik değişime uğramalarından dolayı hidrolik kondüktivite değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Vinten *et al.* (1983a, 1983b), atıksuda bulunan kaba parçacıkların hidrolik kondüktiviteyi düşürdüğünü, siltli kil tekstüre sahip toprakların kum ve kumlu tın tekstüre sahip topraklardan çok daha fazla etkilendiğini belirtmişlerdir.

Toprağın hidrolik kondüktivitesini etkileyen biyolojik özellikler arasında, yaşayan mikroorganizmaların özellikle de bakterilerin varlığı da gözenek daralması üzerinde önemli olmaktadır (Vandevivere and Baveye 1992).

Berktaş (1996), Konya kenti atık sularını taşıyan ve arıtılmaksızın Konya kapalı havzasında sulamadan dönen ve taşkın sularını uzaklaştırmak amacıyla yapılmış olan ana tahliye kanalına verilen atık suların kanal boyunca bulunan tarımsal alanlarda sulama amaçlı olarak kullanıldığını belirtmiştir. Yapılmış olan uygulama sonunda da bor konsantrasyonlarında ve toprakların tuzluluklarında artışların olduğunu saptamıştır.

Shahalam *et al.* (1998), atıksuyun toprak, bitki ve çevreye olan etkisini inceledikleri çalışmada yonca, turp ve domates bitkilerine yağmurlayıcılar aracılığıyla atıksu ve temiz su uygulanarak verimleri karşılaştırmış ve gübre uygulanan her iki sulama suyunda verimler arasındaki ilişkiyi birbirine yakın bulmuşlardır. Çalışma boyunca siltli tın toprakta önemli değişiklikler olmadığı sadece toprak porozitesinde ve tuzluluğunda biraz değişiklik görüldüğü belirtilmiştir.

Sort and Alcafiiz (1999), yapmış oldukları çalışmada, 28 ay boyunca atıksu ile sulanan toprakların porozite değişimini irdelemişlerdir. Çalışma sonucunda toprak mikro porozitesinin ($<50 \mu\text{m}$) ve makro porozitesinin ($>50 \mu\text{m}$) arttığını saptamışlardır. Ancak yapılan atıksu uygulamasından bir yıl sonra kontrol parseli ile deneme parseli arasında

porozitede önemli bir farklılığın olmadığını ve bu değişimin geçici olduğu ifade edilmiştir.

Friedel *et al.* (2000), uzun yıllar atıksular ile sulama yapılan Vertisol ve Leptosol topraklarda organik madde, mikrobiyal salgı ürünleri ve bunların aktivitesini irdelemişlerdir. Organik madde birikiminin ne kirleticiler ne de mikrobiyal salgı ürünleri ile ortaya çıkmadığını ve bu birikimin atıksuda bulunan yüksek oranlardaki organik maddeden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Cao and Hu (2000), atıksular ile sulanan Paddy topraklardaki bakır birikimini incelemişlerdir. Çalışmada atıksu ile sulanan Paddy topraklarındaki bakır birikiminin 17.0 mg Cu/kg'dan 101.2 mg Cu/kg'a yükseldiğini ve birikimin özellikle toprağın 0-10 cm'lik derinliğinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla beraber, çeltik bitkisindeki Cu birikiminin atıksuyun Cu içeriği ile ilgili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca atıksudan kaynaklanan Cu birikiminin çeltik bitkisinin verimini %18-25 dolayında düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Sadeh and Ravina (2000), atıksuyun içerdiği yoğun tuz konsantrasyonu uygulamaları ile bitki verimi arasındaki ilişkiyi simülasyon yöntemi ile irdelemişlerdir. Araştırma sonucunda, yüksek tuz içeriği olan atıksular ile sulama yapılan alanlarda topraktaki tuzluluğun arttığını ve uygulamanın kışlık buğday bitkisinde verimin düşmesine neden olduğunu saptamışlardır.

Yağdı vd (2000), bitkilerde ağır metal toksitesinin büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkilemesi, enzim aktivitesinde bozulma, kökte zararlar, fotosentez aktivitesinde gerileme, bazı besin elementlerinin alımında yavaşlama ve verimde düşme gibi zararlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Derici vd (2002), buğday, patates ve bazı sebzelerde Cd kirlenmesinin boyutunu araştırmışlardır. Araştırmacılar özellikle sebzelerde ve patatesteki çok yüksek düzeylerde Cd bulmuşlardır. Ayrıca Cd oranının yüksek olmasının sebebinin Zn eksikliğinden

olabileceğini belirtmişlerdir.

Doğan (2003), yaptığı bir çalışmada soğan bitkisinde toksik element birikimini araştırmış ve kullandığı atık suda As, Cu ve Cd elementlerinin sulama suları için sınır değerlerinin üzerinde olduğunu vurgulamıştır. Sonuçta atık suyla sulanan soğanlarda ağır metal birikimi açısından farklılık gözlemlendiğini ve insan sağlığı açısından Cd değerinin riskli olduğunu belirtmiştir.

Minareci vd (2004), Gediz nehrine Manisa Belediyesi evsel atıksu arıtma tesisinin boşaltmış olduğu sudaki bazı ağır metal yoğunluklarını belirlemişlerdir. Yapılmış olan analiz sonuçlarına göre su örneklerindeki ortalama değerlerin Atıksu Deşarj Standartlarında bildirilen değerlerden düşük olduğunu saptamışlardır.

Lubello *et al.* (2004), 3. derecede arıtılmış atık suyun süs bitkileri fidanlıklarında kullanılabilirliğini belirlemeye çalışmışlar ve sulama suyu olarak gübreli su ve arıtılmış atık su kullanmışlardır. Çalışmada kök, sürgün gelişimi ve yaprak alanı parametrelerini incelemişlerdir. Bitki çeşitlerinden bazılarında yaprak alanı atık su uygulananlarda düşük bulunmuştur. Kök gelişiminin ise arıtılmış atık su uygulananlarda gübreli su uygulananlara göre daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir.

Ingwersen and Strect (2005), atık su ile sulanan topraklarda ürünlerin Cd alımını belirlemek için yapmış oldukları çalışmada, 40 yıldır atık su ile sulanan topraklarda 2 yıl boyunca patates, şeker pancarı ve buğday yetiştirmişler ve bu bitkilerde ve topraktaki Cd konsantrasyonlarında doğrusal bir ilişki olduğunu saptamışlardır. Ayrıca transpirasyonun Cd alımına etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Üstün ve Solmaz (2007), Bursa ilinde kurulu bulunan bir Organize Sanayi Bölgesinden kaynaklanan atıksuların mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak tekrar kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksu, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak sulama suyu standartlarını aşan kirletici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir.

Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin 1. sınıf sulama suyu kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Aşık ve Katkat (2005), Bursa’da bulunan bir gıda sanayii arıtma tesisi atıksuyunun sulama suyu olarak kullanım olanağı araştırmışlardır. Bu amaçla atık su analiz değerlerini “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği”nde belirtilen sınır değerlerle karşılaştırmışlardır. Atık suyun zamana bağlı olarak C3S1 ve C4S2 sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir.

Karataş vd (2005), Menemen ovasında İzmir ilindeki evsel ve sanayi atık sularının arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesinin yerine sulama suyu amaçlı kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir ili evsel ve sanayi atık sularının, bazı sulama suyu nitelik kriterleri yönünden sulamaya uygunluğunu Su Kirlilik Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve bu konu ile ilgili kaynaklar çerçevesinde incelemişlerdir. Sonucunda da İzmir ilinin kentsel arıtılmış atık suyunun EC, SAR, toplam tuz ve CI açısından birçok bitkinin tolerans sınırını geçtiğini ve bundan dolayı bu suların mevcut durumuyla sulamada kullanılmasının olası olmadığını belirtmişlerdir.

Gerhard *et al.* (2006), yaptıkları çalışmada kurak bölgelerde tuzlu suyun kent peyzajında yetiştirilen bitki türlerinin gelişimine olumsuz hiçbir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Başkan (2006), Türkiye’de bulunan 129 kentsel arıtma tesisi içinden 25 tanesini inceleyerek arıtılmış atık suların tarımda sulama amacı ile kullanılabilme durumunu araştırmıştır. Sonuçlara göre, incelenen tesislerin %80’inde istenen nitelikte su elde edilemediğini, %40’ında SAR değerinin yüksek, %88’inde mikrobiyal aktivitenin sağlanmadığını ifade etmiştir. Bunun dışında askıda katı madde %24’ünde yüksek ve %20’sinde de CI yüksek bulunmuştur. Bor değerinin de tesislerin çıkışında sorun oluşturmadığını ancak; sulama amaçlı kullanımı sırasında kriterlere uygunluğunun dikkate alınması gerektiğini ifade etmiştir.

Karataş vd (2006), sulama amaçlı kullanılan Konya ana tahliye kanal suyunun toprak ve bitkilerde ortaya çıkardığı ağır metal kalıntısını irdilemişlerdir. Araştırma sonucunda, tarımsal sulamanın yapıldığı arazide ağır metallerden Zn, Cu, Mn, Ni, Pb ve Cd konsantrasyonlarında önemli artışlar olduğunu bildirmişlerdir.

Arslan-Alaton *et al.* (2007), Silivri-İstanbul, Paşaköy-İstanbul, Yumurtalık-Adana ve Kayseri belediyelerinin kentsel arıtılmış atıksu kalitelerinin, su kirliliği yönetmeliği çerçevesinde, sulama suyu olarak uygunluğunu değerlendirdikleri bir çalışmada; tüm arıtma tesislerindeki atıksuları ağır metal içeriği açısından standartlara uygun bulmuşlardır. BOD₅, SO₄, pH ve bor içeriği açısından hemen tüm tesislerdeki arıtılmış atık suların I. sınıf sulama suyu özelliği taşıdığını, TDS, NO₃, EC ve SAR bakımından III. ve IV. sınıf sulama suları arasında yer aldığını, fekal kaliform düzeyinin IV. ve V. sınıf olduğunu bildirmişlerdir.

Ammary (2007), atıksu-tuzluluk ilişkisini irdilemiş, sonuçta aşırı tuzlu ve önemsiz düzeyde ağır metal içeren atıksu arıtılarak kullanılsa dahi bazı bitkilerde tuzluluk probleminin daha da arttığını ifade etmiştir. Bundan dolayı atık suyun temiz su ile karıştırılarak kullanılmasını önermiştir.

Karataş vd (2007), yaptıkları çalışmada Konya ana tahliye kanalı atık suyunun Çengelli bölgesindeki tarım arazilerinde yetiştirilen buğdayda Cu, Cr, Ni ve Pb içeriklerine etkisini araştırmışlar, atık suyla sulanmasının buğdayın kök, sap, yaprak ve başak kısımlarında ağır metal miktarında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Kızıloğlu vd (2007), yaptıkları çalışmada atıksu ile sulamanın lahana bitkisinde ve toprak özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Atıksu su ile sulamanın sadece toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemediğini bunun yanında bitkinin mineral içeriğinde ve veriminde de etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Kızıloğlu vd (2008), kalkerli Aridisol bir toprakta yetiştirilen karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerine ham, ön arıtmadan geçirilmiş ve arıtılmış atıksu uygulanmış, toprak

profili boyunca makro-mikro elementlerin dağılımı ile bitkilerin verimi ve mineral içeriğini değerlendirmişlerdir. Atık suyun toprağın kimyasal özelliklerine ve bitki besin içeriğine önemli ölçüde etki ettiğini, karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinin N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd içeriğini artırdığını ve bitki verimlerini de artırdığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak tarımsal alanlarda ham atık suyun kısa süreli uygulamalarda, arıtılmış atık suyun ise sürdürülebilir tarım açısından uzun vadede kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Arora *et al.* (2008), farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerdeki ağır metal kalıntısını irdelemişlerdir. Sonuçta ağır metal içerikleri atıksu ile sulanan sebzelerde yüksek bulunmuştur. Ancak FAO'nun belirtmiş olduğu sınır değerleri açısından bulunan sonuçların uygun olduğu görülmüştür.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010), Gaziantep Organize Sanayi atık suları ile sulanan domates, biber, patlıcan ve mısır bitkilerinin farklı organlarında (kök, gövde, yaprak) Pb birikimini araştırmışlardır. Yapılan Pb analizleri sonunda en çok birikme kök>gövde>yaprak olarak belirtilmiştir.

Akıncı ve Çalışkan (2010), kurşunun (0, 100, 200, 400 ve 800 mg/L) artan dozlarının bazı önemli yazlık sebzelerin (domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz, bamya, mısır, kabak, kavun ve fasulye) çimlenmesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, kurşunun artırılan dozlarının çimlenme oranı ve süresini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir.

Singh *et al.* (2012), yeraltı suyunu ve evsel atık suyunu buğday, nohut ve çayır üçgülü gibi bitkilerin sulamasında kullanmışlardır. Sonuçta evsel atıksu kullanımının, gübreli yeraltı suyu kullanımı sonuçlarıyla karşılaştırıldığında toprağın fiziko-kimyasal özellikleri ile ürün verimi üzerine olumlu etki gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca atık suyun bir sezonda uygulanması sonucunda killi topraklarda bir miktar alkalilik ve çözülebilir tuz artışı dışında olumsuz bir etki oluşturmadığını da ifade etmişlerdir.

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma sahasının konumu

Araştırma sahası olarak ele alınan Menemen ovası, Türkiye'nin batısında Gediz havzası içerisinde ($38^{\circ} 04'$ ile $39^{\circ} 13'$ kuzey enlemleri ve $26^{\circ} 42'$ ile $27^{\circ} 10'$ doğu boylamları) yer almaktadır (Şekil 3.1) (Bakaç ve Kumru 2000; Kıymaz 2006). Batı Anadolu'daki dört büyük vadi arasında havza ve taban genişliği bakımından ikinci sıradadır. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük Menderes ve Büyük Menderes havzalarınca sınırlanan vadinin alüviyal tabanı Manisa'nın batısındaki Emiralem Boğazı ile ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan aşağı kısım Menemen ovası olup 33 545 ha alanı kapsamaktadır. Doğuda Yamanlar dağı, kuzeyde Foça dağlık yöresi ovayı kuşatmıştır. Gediz nehrinin doldurduğu delta ve ova tarıma uygun olup, deniz seviyesindeki yerlerde tuzlu bataklıklar bulunmaktadır. Denizden yüksekliği 10.3 m'dir (Anonim 1971a; Anonim 1992).



Şekil 3.1. Araştırma sahasının konumu

3.1.2. Araştırma sahasının iklim özellikleri

Menemen ovasında Akdeniz iklimi hakim olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı olup kurak-az nemli mezotermal iklim hüküm sürmektedir. Menemen ovasına ilişkin bazı iklim parametrelerinin uzun yıllık ortalama değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Uzun yıllar ortalama iklim verilerine göre (1990-2012); toplam yıllık yağış miktarı 480.9 mm olup bunun %49.2’si kış, %23.8’i ilkbahar, %25.9’u sonbahar ve %1.1’i yaz aylarında düşmektedir. Ovadaki en kurak aylar; haziran, temmuz ve ağustos aylarıdır. Haziran ayında 4.1 mm, temmuz ve ağustos aylarında 0.60 mm yağış düşmüştür. Ortalama sıcaklığın 17.32 °C olduğu sahada, en sıcak ay ortalaması 27.83 °C ile temmuz ve en soğuk ay ortalaması 7.72 °C ile ocak ayıdır. Ortalama bağıl nem %56.04 olup en yüksek %66.33 ile aralık, en düşük ise %45.21 ile temmuz ayında gerçekleşmiştir.

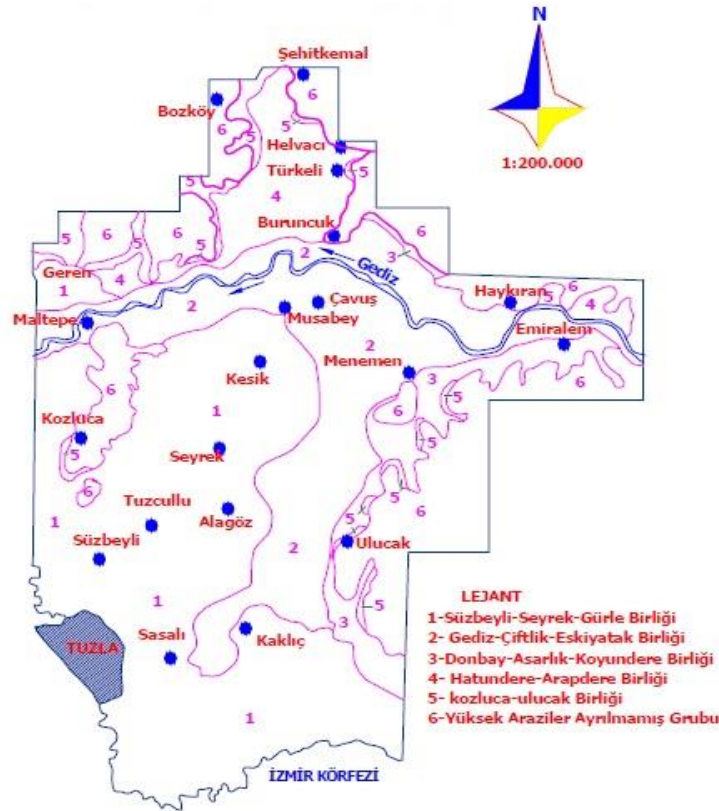
3.1.3. Araştırma sahasında arazi varlığı ve toprak özellikleri

Menemen ovası, Genel Toprak Haritası sınıflandırılmasına göre Gediz alçak tabanı üzerinde, ince bünyeli, yetersiz ve bozuk drenajlı, tuzlu-alkali toprakların bulunduğu Süzbeyli-Seyrek-Gürle ve Tuzcullu toprak birliği içerisinde yer almaktadır. Yüksek taban suyu ve tuzluluk bu toprak birliğinin genel özelliğidir (Anonim 1971b).

Ova, Emiralem boğazından denize doğru açılan büyükçe bir yelpaze şeklindedir. Büyük kısmını Gediz alüvyonu ve ikinci derecede yan dere alüvyonu oluşturmaktadır. Ovayı çevreleyen yamaçların eteklerinde ince kolüvyum şeridi yer almaktadır. Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak Etüd ve Haritalama Dairesinin 1970 yılı içinde yaptırdığı ayrıntılı Temel Toprak Etüdüne göre; ova toprakları 33 545 ha alanı kapsamaktadır. Yüksek arazilerle birlikte bu miktar 41 806 hektarı bulmaktadır. Sol sahilde 16 500 ha ve sağ sahilde 6 365 ha olmak üzere Devlet Su İşleri (DSİ) sulama şebekesi içinde kalan toplam sulama alanı 22 865 ha ise de teknik ve ekonomik nedenlerle ancak 18 474.3 ha alan sulanmaktadır (Anonim 1971b). Toprak işlemeli tarıma uygun ova topraklarında yoğun bir tarımsal faaliyet yürütülmektedir.

Menemen ovası topraklarının bünyesi; tın, kumlu-tın ve siltli-tın'dır. Büyük bir kısmı orta ve orta-ağır bünyeli olan ova toprakları, eski Gediz yatağı kenarında genel olarak hafif, batıya doğru gidildikçe ağır karakter kazanmaktadır. Menemen Sol Sahil sulamasının toprakları ağırlıklı olarak alüviyal birikintidir (Anonim 1973). Ovayı doğu ve kuzeyden dik eğimli tepeler kuşatmaktadır. Gediz alüviyal tabanı 0-6 m, yan alüviyaller ise 6-30 m yükseltide olup çevre dağlarının yüksekliği ise 1100 m'ye yaklaşmaktadır. Gediz alüvyonu bol miktarda kireç içermekte olup, mil oranı yüksektir. Yüksek araziler, püskürük ve tortul kayalar üzerinde, genellikle sarp eğimli, sık topraklardır.

Menemen Ovası 5 toprak birliği ve ayrılmamış yüksek araziler grubundan meydana gelmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Araştırma sahasının genel toprak haritası (Anonim 1971b)

1- Szbeyli-Seyrek-Gürle birliği: Gediz alçak allviyal tabanı üzerinde, tın bünyeli, bozuk drenajlı topraklardır.

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

3- Dombay-Asarlık-Koyundere birliği: akıllı, tınlı; yan dere allviyonu üzerinde derin, iyi drenajlı topraklardır.

4- Hatundere-Arapdere birliği: Pskrklerden yıkanmış yan dere allviyonun üzerinde, çakıllı, killi, tın-kil bünyeli kireçsiz-hafif kireçli topraklardır.

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

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

Ovada 5 toprak birliği içinde 16 toprak serisi bulunmaktadır. Büyük ölçüde yüksek araziler üzerinde oluşmuş Ulucak serisi dikkate alınmadığı takdirde ova topraklarının ilk  sırada yer alan başlıca toprak serileri %24.5 ile Szbeyli, %17.8 ile Gediz ve %13 ile Eskiyatak serileridir.

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

Menemen ovasının bazı yerlerinde yapılan bilinçsiz ve kontrolsüz sulamalar, kanal şebekesinden ve rezervuarlardan meydana gelen sızmalar yüksek taban suyuna neden olmaktadır. Tuzlu toprakların ıslahı için yapılan yıkama işlemi sırasında fazla suların iyi bir şekilde tahliye olmaması da taban suyunu yükseltmektedir.

3.1.4. Araştırma sahasının tarımsal yapısı

Menemen ovasındaki belli başlı bitkiler pamuk ve mısır başta olmak üzere her çeşit sebze, bağ, her çeşit meyve, hububat, bostan ve zeytindir. Pamuk en çok yetiştirilen bitki olup 1988'den önce bunu çeltik izlerken bu yıldan sonra kuraklık nedeni ile bu bitkinin ekimi yasaklanmıştır. Sahada Çizelge 3.2'de gösterildiği gibi sulama yapılan 18 474.3 ha'nın %58.8'inde pamuk, %18.5'sinde mısır, %5.5'inde her çeşit sebze, %5.2'sinde bağ, %3.2'sinde her çeşit meyve, %2.7'sinde hububat, %1.8'inde bostan ve %1.3'ünde zeytin yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim 2013a).

Çizelge 3.2. Araştırma sahadaki bitki deseni ve ekiliş oranı

BİTKİ	I.Ürün		II.Ürün	
	Ekim alanı (ha)	Ekiliş oranı (%)	Ekim alanı (ha)	Ekiliş oranı (%)
Mısır	3410	18.5	425.6	28.7
Pamuk	10879.9	58.8	5.9	0.4
Hububat	500.1	2.7		
Zeytin	233.6	1.3		
Turunçgiller	98.5	0.5		
Bostan	338.2	1.8	8.4	0.57
Her çeşit fidan	23.7	0.12		
Soğan, sarımsak	37.9	0.2		
Ayçiçeği	48.9	0.3		
Susam	0.2	0.001		
Her çeşit meyve	582.3	3.2		
MDS*	143.3	0.8	1005.3	67.7
Bağ	960.9	5.2		
Yem bitkileri	196.7	1.1	0.5	0.03
Her çeşit sebze	1020.1	5.5	38.7	2.61
Toplam (ha)	18474.3	100.0	1484.4	100.0

* mevsim dışı sebze

Ayrıca TUİK kayıtlarından ve yöredeki Tarım Müdürlüklerinden edinilen bilgiler dahilinde ovada sert kabuklulardan ceviz ve badem yanında yer fıstığı ve nohut yetiştirildiği de görülmektedir.

3.1.5. Araştırma sahasındaki su kaynakları

Menemen ovasında sulamada yerüstü, yeraltı ve atıksu kaynakları kullanılmaktadır.

3.1.5.a. Yerüstü su kaynakları

Araştırma sahası Menemen ovasının en önemli başlıca su kaynağı Gediz havzası kapsamındaki Gediz nehridir. 1997 DSİ İstatistik Yıllığına göre havzanın yerüstü su potansiyeli $2.0 \text{ km}^3/\text{yıl}$ 'dır (Baran vd 1999).

Akarsu sistemi iki ana rezervuar ve sulama uygulamaları için kullanılan üç regülatör (Adala, Ahmetli ve Emiralem) tarafından kontrol edilmektedir. Yazın sulamada kullanılmak üzere, kış yağışları Demirköprü Barajı ve Marmara Gölünde depolanmaktadır. Sulama sezonunda baraj ve gölden su bırakılıncaya kadar Gediz nehrine yan dereler yoluyla gelen sular sulamada kullanılmaktadır (Bakaç ve Kumru 2000).

Adala regülatöründen Adala sağ sahil (Marmara gölü besleme kanalı) ve sol sahil sulamalarına, Ahmetli regülatöründen Ahmetli sağ sahil ve sol sahil sulamalarına ve Emiralem regülatöründen (Şekil 3.3) Menemen sağ sahil ve sol sahil sulamalarına (22 865 ha) su verilmektedir (Ünal vd 1999).

Menemen sulama şebekesinin ve Emiralem regülatörünün inşaatına 1938 yılında başlanılmıştır. II. Dünya Savaşı nedeniyle ancak Menemen sol sahil sulaması 1944 yılında, sağ sahil sulaması ise 1974 yılında işletmeye açılmıştır. Menemen sağ sahil sulama birliği bünyesinde 6 365 ha alan sulanmaktadır (Şekil 3.4).

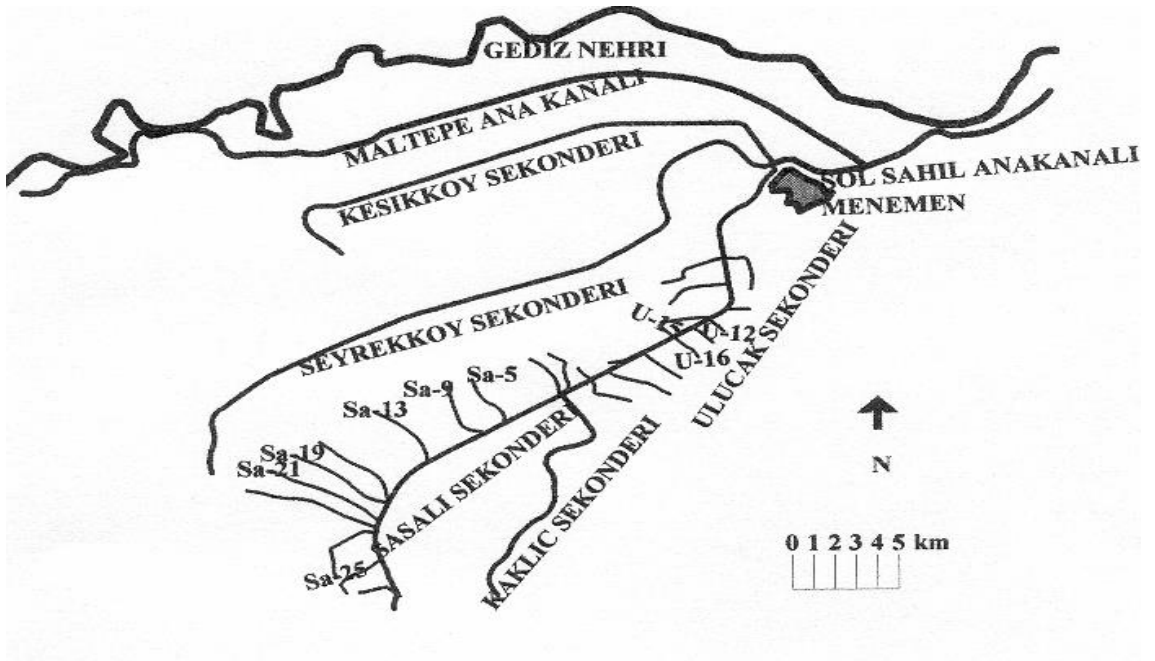


Şekil 3.3. Emiralem regülatörü (Anonim 2013b)

Menemen sol sahil sulama sistemi Emiralem regülatörden ayrılan $12 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli ana kanal ve bundan ayrılan beş sekonder kanaldan (Kesikköy, Seyrekköy, Ulucak, Sasalı ve Kaklıç) oluşmakta olup $16\,500 \text{ ha}$ sulama alanı bulunmaktadır (Şekil 3.5). Menemen ilçe merkezinin 500 m kuzey batısındaki taksim havuzuna gelen sulama suyu, $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli Ulucak, $5.0 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli Seyrekköy ve $3.2 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli Kesikköy sekonderleriyle ovaya dağıtılmaktadır. Ulucak sekonderi $9\,542 \text{ km}^2$ 'sinde bulunan taksim havuzundan, $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli Kaklıç sekonderi, $3.3 \text{ m}^3/\text{s}$ kapasiteli Sasalı sekonderi olarak ikiye ayrılmaktadır (Şener 1976).



Şekil 3.4. Menemen sağı sahili sulama birliği sahası (Akkuzu 2001)



Şekil 3.5. Menemen sol sahili sulama birliği sahası sekonder kanalları (Akkuzu vd 2003)

3.1.5.b. Yeraltı su kaynakları

Menemen sol sahil sulama alanı içerisinde kontrolsüz işletilen bireysel yeraltı suyu kuyuları bulunmaktadır. Dolayısıyla; sulama sezonu içerisinde bu kuyuların kullanımı ve çekilen su miktarları ile ilgili herhangi bir resmi kayıt bulunmamaktadır. Ancak DSİ tarafından bu alandaki yeraltı suyu kalitesine ilişkin analizler yapılmaktadır. Bu çalışmada DSİ 2012-2013 yılı sondaj kuyularına ait su analizleri dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bu amaçla sahadaki sondaj kuyularından Günerli, Seyreköy, Kesikköy, Merkez, Maltepe, Musabey, Çukurköy ve Depo olarak adlandırılan yeraltı sondaj kuyuları analiz sonuçları kullanılmıştır. Aynı zamanda İzmir ilinin içme suyunun bir bölümü de havzanın yeraltı suyu kaynaklarından sağlanmaktadır.

3.1.5.c. Atıksu kaynakları

Menemen ovası içerisinde İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (İZSU)'ya ait olan Menemen atıksu arıtma tesisi (Menemen AAT) ve Çiğli atıksu arıtma tesisi (Çiğli AAT) bulunmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Menemen ovasındaki atıksu arıtma tesisleri (Anonim 2013c)

Yöredeki sulama birlikleri, DSİ, Tarım Müdürlükleriyle yapılan görüşmeler sonucunda çiftçilerin arıtmadan çıkan atıksuları gayri resmi olarak sulama amaçlı kullandıkları bilgilerine ulaşılmıştır.

Menemen biyolojik arıtma tesisinde Menemen, Asarlık, Koyundere, Seyrek ve çevredeki diğer yerleşimlere ait atık sular arıtılmaktadır (Şekil 3.7). Menemen AAT'nin kapasitesi 21 600 m³/gün'dür.



Şekil 3.7. Menemen atıksu arıtma tesisi (Anonim 2013c)

Çiğli Bölgesinde inşa edilmiş olan Çiğli AAT ortalama 605 000 m³/gün kapasitelidir (Şekil 3.8). İzmir Körfezi boyunca inşa edilen ana kuşaklama kanalı ve buna bağlı kollektörler aracılığıyla toplanan atıksu Gümrük, Bayraklı, Karşıyaka, Çiğli pompa istasyonlarından pompalanarak Çiğli atıksu arıtma tesisine iletilmektedir.



Şekil 3.8. Çiğli atıksu arıtma tesisi (Anonim 2013c)

3.2. Metot

3.2.1. Bitki su tüketimi hesaplamaları

Türkiye İstatistik Kurumunun bitkisel üretim istatistikleri, bölgedeki Tarım Müdürlükleri, Devlet Su İşleri ve Sulama Birliklerinden sağlanan bilgiler doğrultusunda Menemen ovasında yetiştiriciliği yapılan bitkiler için su tüketimleri Blaney-Criddle (SCS) ve Penman-Monteith (FAO) yöntemleri kullanılarak 1990-2012 dönemini kapsayan bir periyottaki yörenin meteorolojik verileri yardımıyla hesaplanmıştır.

Blaney-Criddle yöntemi Türkiye şartlarına uygun olduğundan dolayı ülkemizde resmi bitki su tüketimi hesaplama yöntemi olarak kabullenilmiştir. Bu yöntemde bitkilerin aylık su tüketimi (evapotranspirasyon) Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmaktadır.

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

Eşitlikte;

ET = Aylık evapotranspirasyon (mm/ay),

k = Su tüketim katsayısı ve

f = Su tüketim faktörüdür.

Ayrıca eşitlikteki 25.4 sabiti inç ve mm arasındaki dönüşüm katsayısıdır.

Eşitlik 1’de kullanılan "f" faktörü Eşitlik 2 yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$f = (1.8 \times T + 32) \times P/100 \quad (2)$$

Eşitlikte;

T = Aylık ortalama hava sıcaklığı (°C) ve

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

P değeri bölgenin enlem derecesine göre hazırlanmış Çizelge 3.3’den yararlanılarak belirlenebilmektedir.

Çizelge 3.3. Günlük gündüz saatlerinin yıllık gündüz saatlerine oranı, P, (%)

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

Su tüketim katsayısını "k" belirlemek için Eşitlik 3 kullanılmaktadır.

$$k = k_c \times k_t \quad (3)$$

Eşitlikte;

k_c = Bitki büyüme oranına bağlı bitki gelişme katsayısı ve

k_t = Hava sıcaklığına bağlı iklim katsayısıdır.

" k_c " katsayılarını belirlemede Çizelge 3.4'deki değerler (Güngör vd 2010) ile Anonim (1982) ve DSİ Su Tüketim Rehberleri (Özgenç ve Erdoğan 1988) dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.4. Büyüme oranına bağlı bitki katsayıları, k_c

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
Turunçgiller	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

" k_t " katsayısı aylık ortalama hava sıcaklığı (T) kullanılarak Eşitlik 4 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$k_t = 0.031 \times T + 0.24 \quad (4)$$

Penman-Monteith (FAO) yöntemiyle bitki su tüketimi hesaplamalarında CROPWAT (8.0) paket programı kullanılmıştır. Penman-Monteith (FAO) ana eşitliği (5) ile alt eşitlikler aşağıda verilmiştir (Güngör vd 2002).

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

Eşitlik 5'te kullanılan terimlerin elde edilmesinde kullanılan alt eşitlikler;

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

$$\lambda = 2.501 - 2.361 \times 10^{-3}$$

$$\gamma = 0.0016286 \times \frac{P}{\lambda}$$

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

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_{ns} = 0.75R_s$$

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

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

$$e_d = e_a \times \frac{RH}{100}$$

$$U_2 = U_z \times \left(\frac{2}{z}\right)^{0.2}$$

Eşitliklerde;

- ET_o = Referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 δ = Buhar basıncı eğrinin eğimi (kPa/°C),
 γ^* = Modifiye psikometrik sabite (kPa/°C),
 γ = Psikometrik sabite (kPa/°C),
 P = Atmosfer basıncı (kPa),
 R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m²/gün),
 R_a = Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon (MJ/m²/gün),
 R_s = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon (MJ/m²/gün),
 R_{ns} = Kısa dalgalı net radyasyon (MJ/m²/gün),
 R_{nl} = Uzun dalgalı net radyasyon (MJ/m²/gün),
 $f(T)$ = Sıcaklık fonksiyonu,
 T = Sıcaklık (°C),
 $f(e_d)$ = Buhar basıncı fonksiyonu,
 e_d = Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı (kPa),
 e_a = Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (kPa),
 $f(n/N)$ = Güneşlenme oranı fonksiyonu,
 n = Güneşlenme süresi (h),
 N = Olası maksimum güneşlenme süresi (h),
 G = Topraktaki ısı akımı (MJ/m²/gün),
 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),
 z = Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik (m) ve
 RH = Ortalama bağıl nemdir (%).

Eşitliklerde kullanılan atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon (R_a) Çizelge 3.5'den, sıcaklık fonksiyonu $f(T)$ Çizelge 3.6'dan, buhar basıncı fonksiyonu Çizelge 3.7'den, ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı Çizelge 3.8'den, güneşlenme oranı fonksiyonu Çizelge 3.9'dan ve olası maksimum güneşlenme oranı Çizelge 3.10'dan yararlanılarak doğrudan belirlenebilmektedir (Güngör vd 2002).

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 (°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 (°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 doymun buhar basıncı, e_a

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/gün)

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

Referans bitki olarak Penman-Monteith (FAO) yönteminde, çayır referanslı su tüketimi belirlenmektedir. Seçilen bitkiler için evapotranspirasyon (ET) ise Eşitlik 6 ile hesaplanmaktadır.

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

Eşitlik 6'da kullanılan bitki katsayılarının "k_c" belirlenmesinde FAO kaynaklarından yararlanılmıştır (Doorenbos *et al.* 1986).

3.2.2. Net sulama suyu gereksinimi hesaplamaları

Menemen ovasında yetiştirilen bitkilerin sulama suyu gereksinimleri Eşitlik 7 kullanılarak belirlenmiştir.

$$I_{net} = ET - P_{eff} \quad (7)$$

Eşitlikte;

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

ET = Evapotranspirasyon (mm/ay) ve

P_{eff} = Etkili yağış (mm/ay).

Aylık etkili yağış USDA–SCS yaklaşımı esas alınarak Eşitlik 8 ile belirlenmiştir.

$$P_{\text{eff}} = P_{\text{tot}} \times (125 - 0.2 \times P_{\text{tot}}) / 125 \quad (8)$$

Eşitlikte;

P_{tot} , aylık toplam yağıştır (mm/ay). Eşitlik 8 ile aylık toplam 250 mm'ye kadar olan yağışların etkili olan kısmı belirlenebilmektedir.

Bitkilerin net sulama suyu gereksinimleri normal yıl iklim verileri dışında ekstrem yıllarda (sıcak-kurak ve serin-yağışlı) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu amaçla yağış ve evapotranspirasyon değerleri için MINITAB istatistik programı yardımıyla normal olasılık dağılım analizi yapılarak, yağış için kurak ve yağışlı yıl, evapotranspirasyon için sıcak ve serin yıl değerleri belirlenmiştir.

3.2.3. Su kalitelerinin değerlendirilmesi

Menemen ovasında sulamada kullanılan kaynaklara ilişkin analiz raporları DSİ Genel Müdürlüğünden ve DSİ II. Bölge Müdürlüğünden yerüstü suları için 2010, 2011 ve 2012 yıllarındaki, yeraltı suları için 2012-2013 yıllarındaki sonuçları sağlanmıştır. Ayrıca; çalışma sahası içerisinde bulunan atıksu arıtma tesislerinin 2012 yılına ait su analiz sonuçları da İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir. Değerlendirmeye tabi tutulan yerüstü, yeraltı ve atıksu su kaynakları Çizelge 3.11'de verilmiştir.

İncelenen 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), bor ve sertlik değerleri dikkate alınarak sulamaya uygunlukları

irdelenmiştir. Ayrıca atıksularda ağır metal içerikleri, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), Toplam-P ve askıda katı madde (AKM) için de ilave değerlendirmeler yapılmıştır.

Çizelge 3.11. Menemen ovasında incelenen yerüstü, yeraltı ve atıksu kaynakları

Örnekleme Yeri	Kaynağın Türü
Gediz nehri Menemen köprüsü	Yerüstü
Gediz nehri Emiralem regülatörü	Yerüstü
Günerli	Yeraltı
Seyrekköy	Yeraltı
Kesikköy	Yeraltı
Merkez	Yeraltı
Maltepe	Yeraltı
Musabey	Yeraltı
Çukurköy	Yeraltı
Depo	Yeraltı
Menemen atıksu arıtma tesisi	Atıksu
Çiğli atıksu arıtma tesisi	Atıksu

Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak bazı bitkiler için Çizelge 3.12’de Ayers and Westcot (1989)’dan alınan verim azalış oranları kriter olarak kullanılabilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Çizelge 3.12. Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak geleneksel ve yüzey sulama yöntemleriyle sulanan bazı bitkilerde beklenen verim azalışları

Bitkiler	Ürün Azalışları									
	%0 ECe	ECw	%10 ECe	ECw	%25 ECe	ECw	%50 ECe	ECw	%100 ECe	ECw
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
İspanak	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 anyaş	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
Tırfıl	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	10	7

*ECe: Toprak suyu tuzluluğu (dSm) ; ECw: Sulama suyu tuzluluğu (dS/m)

Sodyum iyonunun etkisini değerlendirmek amacıyla yüzde sodyum (%Na) aşağıdaki Eşitlik 9 ile, ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) da Eşitlik 10'la hesaplanmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Eşitlikte iyon konsantrasyonları me/L'dir. Yüzde sodyuma göre suların sınıflandırılmasında Çizelge 2.11'deki sınır değerlerden yararlanılmaktadır.

$$\%Na = \frac{Na}{\Sigma Katyonlar} \times 100 \quad (9)$$

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (10)$$

SAR'la ilgili farklı yaklaşımlarda uygulamada kullanılmaktadır. Bunlardan ilki düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR) yaklaşımıdır (Eşitlik 11) (Kanber ve Ünlü 2010).

$$AdjSAR = (SAR) \times [1 + (8.4 - pH_c)] \quad (11)$$

$$pH_c = p(K_2' - K_c') + p(Ca+Mg) + p(Alk) \quad (12)$$

Eşitlik 12'deki p değeri, (-log)'u göstermektedir. pH_c ise sulama suyunun topraktaki kireci çözüp çözemeyeceğini göstermektedir. pH_c değeri toprak kireci ile denge halinde olan sulama suyunun kuramsal olarak hesaplanmış pH değeridir. pH_c değeri 8.4'ten büyük ise sulama suyunun topraktaki kireci eriterek yıkanmasına; ancak 8.4'ten küçük ise toprak suyu içerisindeki kirecin çökmesine neden olduğu kabul edilmektedir.

pH_c'yi hesaplamada Çizelge 3.13 (Nakayama 1982)'de verilen değerlerden yararlanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). pH_c eşitliğindeki; p (K₂'-K_c') değeri, Ca+Mg+Na konsantrasyonlarının toplamından; p (Ca+Mg) değeri Ca+Mg konsantrasyonlarının toplamından ve p(Alk) değeri ise CO₃+HCO₃ konsantrasyonlarının toplamından hesaplanmaktadır.

Çizelge 3.13. Suların pHc değerlerinin hesaplanmasında kullanılan referans değerler

Ca+Mg+Na (me/L)	p(K' ₂ -K' _c)	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	1.57	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				

SAR'ın ifadesinde ikinci farklı yaklaşımda düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) yaklaşımıdır (Eşitlik 13) (Kanber ve Ünlü 2010).

$$\text{AdjRNa} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}} \quad (13)$$

Eşitlikteki; Ca_x değeri değiştirilmiş Ca değeridir. Ca_x değeri uygulanan suyun tuzluluğu, HCO₃/Ca oranı dikkate alınarak Ayers and Westcot (1989)'da verilen Çizelge 3.14'deki değerlerden yararlanılarak hesaplanabilmektedir (Kanber ve Ünlü 2010).

SAR ve EC değerleri ABD Tuzluluk Laboratuvarınca hazırlanmış diyagram (Şekil 2.2) kullanılarak sulama sularının genel kalite sınıfı belirlenmektedir.

Sulama sularının kalıcı sodyum karbonat (RSC) içeriği aşığıdaki Eşitlik 14'ten hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \quad (14)$$

Hesaplanan RSC değerine göre sulama sularının sınıflandırılmasında Çizelge 2.8'deki değerler kullanılmaktadır.

Langelier saturasyon indeksi (LSI) sulama suyundaki kirecin çökelmesinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır. Bu indeks aşığıdaki Eşitlik 15 ile elde edilmektedir.

$$LSI = pH_a - pH_c \quad (15)$$

Eşitlikte; pH_a , pH metre ile ölçülen gerçek pH değerini, pH_c suyun kireç ile dengeye ulaştığındaki tepkime değerini ifade etmektedir. Çıkan sonucun pozitif olması suyun kireci çökelteceğini; negatif olması ise kireci çözmüş olarak koruyacağını ifade etmektedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Suyun içerisindeki iyonların toprak tuzluluğuna katkısı eşit ve benzer olmadığından eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve SO_4 'den kaynaklanan tuzluluk potansiyel tuzluluk (PT) ile ifade edilmekte ve aşığıdaki Eşitlik 16 ile hesaplanmaktadır.

$$PT = [Cl] + \frac{1}{2}[SO_4] \quad (16)$$

Çizelge 3.14. HCO_3/Ca oranına ve sulama suyu tuzluluğuna (EC_w) bağlı olarak Ca_x değerleri

HCO_3/Ca	Sulama suyu tuzluluğu (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

Potansiyel tuzluluğa göre sulama suyu sınıfları (Doneen 1966) Çizelge 3.15’de verilmiştir (Kanber ve Ünlü 2010).

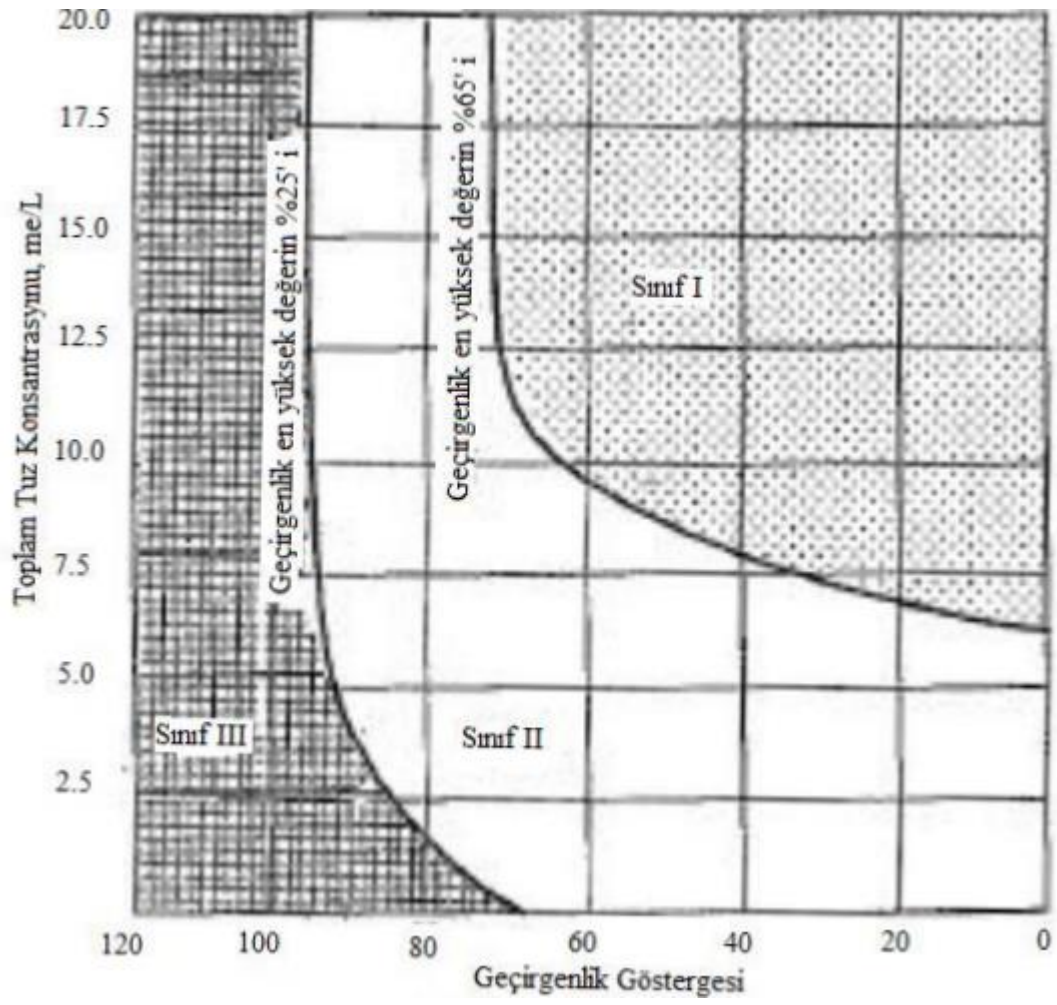
Çizelge 3.15. Potansiyel tuzluluğa göre sulama suyu sınıfları

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

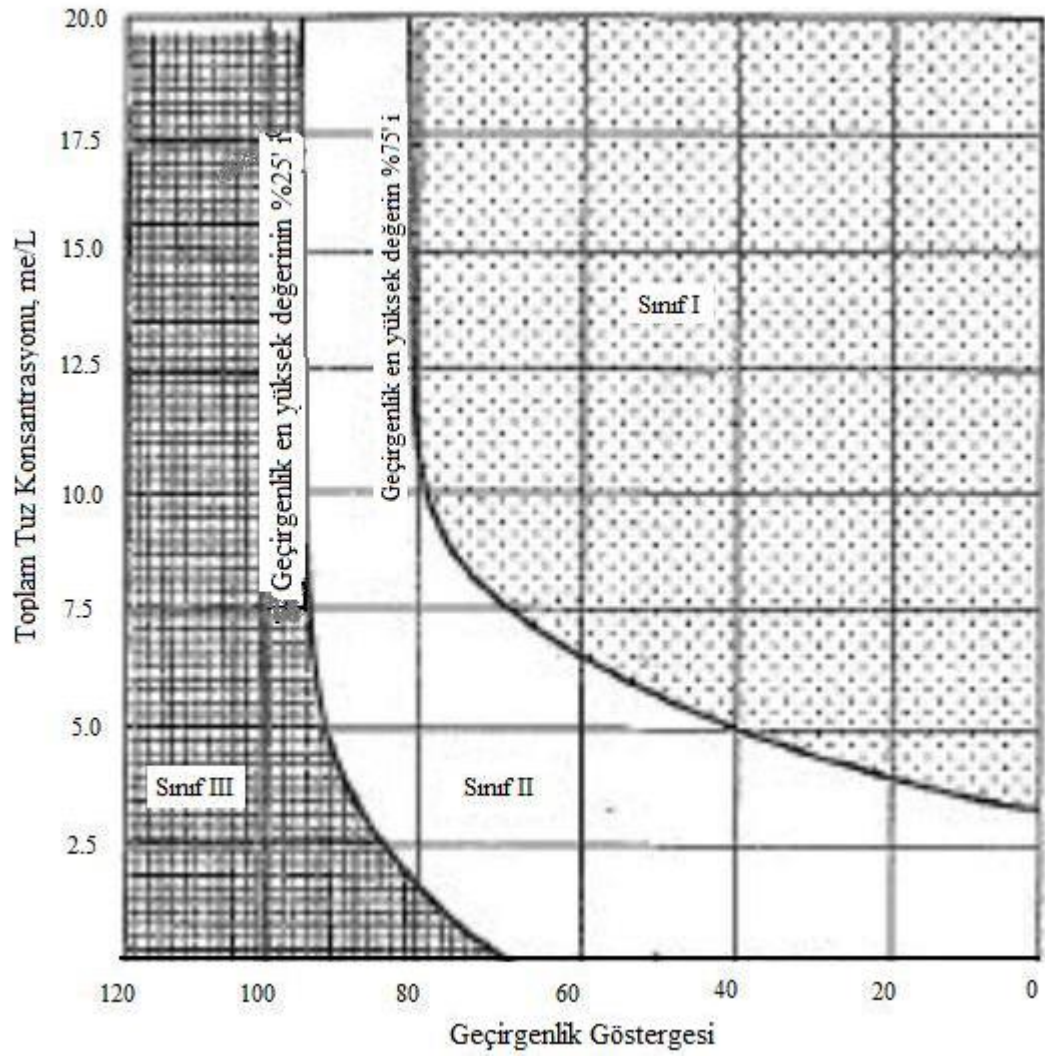
Toprak geçirgenliği üzerine sulama suyunun etkisi permeabilite indeksi ile değerlendirilmiştir. Buna göre sulama suyu PI’ ne göre sınıflandırılmıştır (Eşitlik 17).

$$PI = (Na + \sqrt{HCO_3}) / (Ca + Mg + Na + K) \quad (17)$$

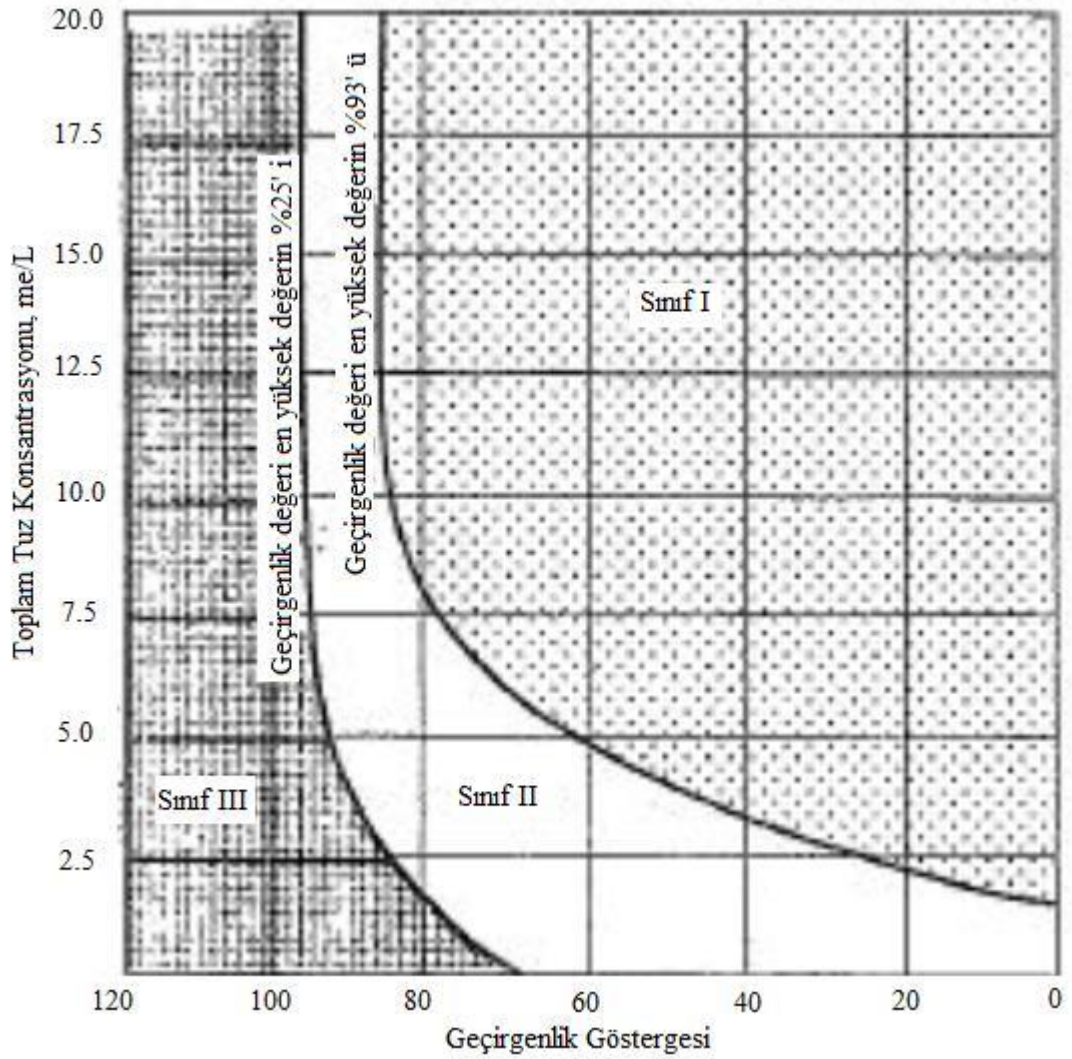
Sulama sularının PI değerine göre sınıflandırılmasında Doneen (1966)’den alınmış Şekil 3.9, Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’deki grafiklerden yararlanılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).



Şekil 3.9. Geçirgenliği düşük (<2 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları



Şekil 3.10. Orta geçirgenlikteki (2–12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları



Şekil 3.11. Geçirgenliği yüksek (>12 cm/h) topraklar için sulama suyu sınıfları

Fransız Sertlik derecesi (Fr°) me/L olarak $Ca+Mg$ konsantrasyonunun 5 ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır. Suların Fransız sertlik derecesine göre sınıflandırılması Çizelge 3.16'de verilmiştir (Aydın ve Sezen 1995). Sert suların sulama amaçlı kullanılması agregasyon üzerine olumlu etki yapmaktadır.

Çizelge 3.16. Fransız sertlik derecesine (Fr°) göre suların sınıflandırılması

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 sulama sularında özellikle değerlendirilmesi gereken özel bir iyonudur ve bu iyonun değerlendirilmesinde kültür bitkilerinin göreceli bor dirençlerini gösteren Maas (1987)'den alınan Çizelge 2.9'daki değerler kullanılabilir.

Arıtılmış atıksularda ilave olarak sulama sularında izin verilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları Çizelge 2.12 ve Çizelge 2.13'e göre, askıda katı madde (AKM)'de Çizelge 2.11'e göre değerlendirilmektedir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Menemen Ovası Sulama Sahasında Bitki Su Tüketimleri

Menemen Ovasında yetiştirilen bitkilerin Blaney-Criddle (SCS) ve Penman-Monteith (FAO) yöntemleriyle serin yıl, normal yıl ve sıcak yıl için hesaplanan mevsimlik bitki su tüketimleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Tüm bitkiler dikkate alındığında ağırlıklı ortalama bazında bitki su tüketimleri Penman-Monteith (FAO) yöntemi Blaney-Criddle (SCS) yönteminden serin yılda %0.86, normal yılda %6.18 ve sıcak yılda %8.83 daha fazla belirlenmiştir. Bitki grupları bazında bitki su tüketimleri analiz edildiğinde Penman-Monteith (FAO) yöntemiyle hesaplanan değerlerin Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle hesaplanan değerlerden; meyvesi için yetiştirilen sebzelerde serin yılda %1.59, normal yılda %6.60 ve sıcak yılda %7.41, diğer sebzelerde serin yılda %-0.01, normal yılda %5.33 ve sıcak yılda %9.05, kök ve yumru sebzelerde serin yılda %0.91, normal yılda %6.72 ve sıcak yılda %9.48, meyveler grubunda serin yılda %1.20, normal yılda %6.57 ve sıcak yılda %8.90, turunçgillerde serin yılda %-2.63, normal yılda %3.18 ve sıcak yılda %6.05, bağda serin yılda %1.94, normal yılda %7.71 ve sıcak yılda %10.07, zeytin ve sert kabuklularda serin yılda %1.52, normal yılda %4.94 ve sıcak yılda %9.96, tahıllar ve saman-otta serin yılda %1.60, normal yılda %7.00 ve sıcak yılda %9.57, tekstilde kullanılan ham bitkide serin yılda %-1.19, normal yılda %5.09 ve sıcak yılda %8.33, yağlı tohumlularda serin yılda %0.79, normal yılda %6.11 ve sıcak yılda %7.80 ve diğer tarla bitkilerinde serin yılda %-0.41, normal yılda %5.77 ve sıcak yılda %9.06 daha fazla olduğu görülmektedir. Yukarıda sonuçlarda görüldüğü gibi bitki grupları bazında belirlenen oransal değişimler genele benzer seyir göstermiştir.

Çizelge 4.1. Menemen ovasında yetiştirilen bitkiler için Penman-Monteith (PM) ve Blaney-Criddle (BC) yöntemleri ile hesaplanmış serin, normal, sıcak yıl mevsimlik bitki su tüketim değerleri (mm)

Bitki Grubu	Bitki Adı	Vejetasyon periyodu		SERİN YIL		NORMAL YIL		SICAK YIL	
		PM	BC	PM	BC	PM	BC	PM	BC
Meyvesi için yetiştirilen sebzeler	Taze fasulye - Taze börülce	257,52	256,02	292,73	279,20	321,62	303,07		
	Domates	354,50	351,25	402,85	382,28	440,97	413,70		
	Kavun	399,73	395,04	453,05	424,96	490,27	453,42		
	Karpuz	327,97	310,12	372,58	336,43	405,10	362,33		
	Taze bezelye	110,76	106,87	132,18	124,92	149,42	141,60		
	Hıyar	224,58	218,07	253,87	235,37	276,45	252,40		
	Patlıcan	344,35	342,57	391,72	372,60	427,37	402,48		
	Biber	373,72	382,02	420,62	404,84	450,82	425,03		
	Taze bakla	170,87	165,00	212,43	190,35	249,62	241,34		
	Kabak (Sakız)	279,79	272,29	317,01	296,96	353,14	323,51		
Diğer sebzeler	Lahana - Karnabahar	415,20	419,95	472,23	447,85	526,45	475,23		
	İspanak - Pirasa	160,87	160,69	188,42	176,60	214,88	192,21		
	Enginar - Semizotu - Tere - Dereotu - Maydanoz - Roka - Nane	132,85	128,94	158,26	149,49	179,41	169,34		
	Marul	135,47	138,75	157,72	151,82	179,14	164,32		
	Kuru bezelye	291,20	287,37	334,58	319,08	374,44	350,91		
Kök ve yumru sebzeler	Yeşil soğan - Sarımsak	115,08	105,65	134,77	120,41	151,58	135,58		
	Turp	392,70	395,78	445,19	420,38	495,11	444,34		
	Kereviz	625,95	623,83	707,85	666,25	770,29	707,57		
	Havuç	467,61	459,05	532,21	496,95	578,01	532,40		
	Kuru soğan	562,67	560,24	663,10	622,73	744,15	682,05		
Meyveler* - #	Şeftali - Armut	511,04	507,48	579,40	546,43	627,52	583,86		
	Kayısı	255,29	240,64	290,58	264,39	324,24	290,08		
	Erik	87,59	85,56	101,90	96,73	114,29	108,88		
	Elma	802,24	807,77	910,02	865,78	995,91	922,14		
	Kiraz	182,76	176,86	209,44	196,20	234,26	217,25		
	Çilek	297,79	277,25	341,55	305,38	376,99	332,97		
	Nar	525,30	530,18	595,42	567,06	650,66	602,62		
	Ayva	832,17	826,93	941,76	883,51	1027,62	938,14		
	Portakal - Mandalina - Limon	717,80	737,18	813,51	788,46	888,28	837,58		
	Bağ*	582,19	571,12	658,45	611,31	715,92	650,43		
Zeytin ve sert kabuklular*	Zeytin	786,63	781,31	892,84	836,33	976,17	888,50		
	Badem	475,86	481,58	539,24	518,94	584,95	555,11		
	Ceviz	810,58	779,07	917,25	883,46	1000,38	885,96		
	Mısır	562,09	572,20	633,88	607,49	684,62	640,19		
Tahıllar ve saman-ot	Buğday	411,78	397,37	483,61	444,13	543,07	490,48		
	Yonca	883,56	867,65	1014,38	937,33	1122,16	1004,36		
	Burçak - Çavdar - Arpa - Fiğ	397,56	390,37	470,91	439,32	537,68	489,00		
	Yulaf	175,02	173,97	219,74	207,24	256,92	238,37		
Tekstilde kullanılan ham bitki	Sorgum	391,18	387,41	442,78	416,20	477,68	443,37		
	Pamuk	632,41	640,01	714,01	679,43	775,85	716,22		
	Ayçiçeği	396,43	395,54	450,80	430,16	491,26	464,60		
	Susam	360,83	355,75	406,60	377,89	439,09	398,43		
Diğer tarla bitkileri	Yer fıstığı	538,83	528,99	609,73	563,11	666,27	594,98		
	Nohut	414,30	428,09	468,09	455,96	508,92	482,61		

* Çiçeklenme - hasat dönemini kapsamaktadır.

Fidanlar meyveler kapsamında değerlendirilmiştir.

Normal yıl verileri dikkate alınarak değerlendirme yapıldığında; meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda en fazla mevsimlik su tüketimi kavun bitkisinde (Penman-Monteith yönteminde 453.05 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 424.96 mm), en az mevsimlik su tüketimi de taze bezelye bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 132.18 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 124.92 mm), diğer sebzeler grubunda en fazla mevsimlik su tüketimi lahana-karnabahar bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 472.23 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde de 447.85 mm) ve en az mevsimlik su tüketimi de marul bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 157.72 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 151.82 mm), kök ve yumru sebzeler grubunda en fazla mevsimlik su tüketimi kereviz bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 707.85 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 666.25 mm) ve en az mevsimlik su tüketimi de yeşil soğan-sarımsak bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 134.77 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 120.41 mm), meyveler grubunda en fazla su tüketimi ayva bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 941.76 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 883.51 mm) ve en az su tüketimi de erikte (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 101.90 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 96.73 mm), tahıllar ve saman-ot grubunda en fazla mevsimlik su tüketimi yonca bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 1014.38 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde de 937.33 mm) ve en az mevsimlik su tüketimi de yulaf bitkisinde (Penman-Monteith (FAO) yönteminde 219.74 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 207.24 mm) belirlenmiştir.

Turunçgiller grubunun mevsimlik bitki su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 813.51 mm ve Blaney-Criddle (SCS)'de 788.46 mm, bağın bitki su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 658.45 mm ve Blaney-Criddle (SCS)'de 611.31 mm, zeytin ve sert kabuklular grubu içinde yer alan; zeytinin su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 892.84 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 836.33 mm, bademin su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 539.24 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 518.94 mm ve bu grubun diğer bitkisi olan cevizin su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 917.25 mm ve Blaney-Criddle (SCS)

yönteminde 883.46 mm, tekstilde kullanılan ham bitki grubunda olan tek bitki pamuğun mevsimlik su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 714.01 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 679.43 mm, yağlı tohumlular grubunda bulunan ayçiçeğinin mevsimlik su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 450.80 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 430.16 mm ve susam bitkisinin mevsimlik su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 406.60 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 377.89 mm, diğer tarla bitkileri grubundaki yer fıstığının mevsimlik su tüketimi Penman-Monteith (FAO) yönteminde 609.73 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde 563.11 mm ve aynı gruptaki nohut bitkisinin mevsimlik su tüketimi de Penman-Monteith (FAO) yönteminde 468.09 mm ve Blaney-Criddle (SCS) yönteminde de 455.96 mm olarak belirlenmiştir.

Tüm bitkiler içinde en fazla mevsimlik su tüketimi yonca bitkisinde ve en az su tüketimi de erikte belirlenmiştir. Çalışmadaki bazı bitkilerin (turuncgiller, bağ, zeytin, yonca, pamuk, yağlı tohumlular grubu ve diğer tarla bitkileri) bitki su tüketim değerleri; Özgenç ve Erdoğan (1988) ve Anonim (1982) su tüketim rehberlerinde yer alan sonuçlarla kıyaslandığında yaklaşık benzer olduğu görülmüştür.

Meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubundaki domates bitkisinin mevsimlik su tüketim değeri Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle 382.28 mm hesaplanmış olup Özgenç ve Erdoğan (1988) rehber değerine (423.79 mm) yakındır. Ayrıca PM ile hesaplanan değerde FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağındaki domatesin bitki su tüketim değeri (400-600 mm) ile uyumludur.

Aynı bitki grubundaki biberin mevsimlik su tüketim değeri PM ile 420.62 mm olarak hesaplanmıştır. Bu bitki için FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağındaki bitki su tüketim değeri 600-900 mm ve vejetasyon süresi 120-150 gün'dür. Menemen ovası için hesaplanmış bitki su tüketim değerinin FAO değerine kıyasla düşük olmasının sebebi, ovadaki vejetasyon süresinin daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde Yıldırım vd (1994), Ankara koşullarında damla yöntemiyle sulanan biber bitkisinin mevsimlik su tüketimini 395.4-718.6 mm olarak belirlemişlerdir. Ancak Şanlıurfa ve

Kahramanmaraş koşullarında yürütülen çalışmalarda daha yüksek değerler gözlenmiştir (Değirmenci ve Sözbilici 1995; Kanber vd 1980; Taş ve Kırnak 2011).

Diğer sebzeler grubundaki lahana-karnabahar bitkisinin mevsimlik su tüketim değeri PM ile 472.23 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağında 380-500 mm arasındaki lahana su tüketim değeri ile uyumludur. Yine Şahin vd (2009), tarafından yarı kurak serin iklim koşullarında yetiştirilen karnabahar ve kırmızı lahana bitkileri için belirlenmiş mevsimlik bitki su tüketim değerlerine de (475 mm ve 556 mm) yakındır. Lahana su tüketim değeri Tokat-Kazova koşullarında ikinci ürün lahana için belirlenen değer de (687 mm) altındadır (Balçın vd 1996).

Meyveler grubunda bulunan şeftali-armut bitkilerinin su tüketim değeri Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle 546.43 mm olarak hesaplanmış olup Anonim (1982) rehber değerinden (727.90 mm) düşüktür. Bunun sebebi Menemen ovasındaki vejetasyon periyodu ve süresinin farklı olmasıdır.

Yine bu grup içinde bulunan kiraz bitkisinin su tüketim değeri Blaney-Criddle yöntemine göre 196.20 mm olarak hesaplanmıştır. Yazgan vd (2004) yapmış oldukları çalışmalarında farklı su uygulama düzeylerinde ölçülen bitki su tüketimi değerlerini, çalışmanın ilk ve ikinci yıllarında, sırasıyla 365.0–1017.0 mm ve 447.0–983.0 mm arasında belirlemişlerdir. Menemen ovası için hesaplanmış değer vejetasyon periyodundaki farklılıktan dolayı daha düşük bulunmuştur.

Bağın bitki su tüketim değeri Özgenç ve Erdoğan (1988) ve Anonim (1982) rehber değerlerine oldukça yakındır. Ayrıca FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağında belirtilen bağ bitkisinin su tüketim değeri (500-1200 mm) ile de uyumludur.

Zeytin bitkisinin su tüketim değeri Özgenç ve Erdoğan (1988) ve Anonim (1982) rehber değerleriyle yakınlık göstermektedir. Ancak FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağındaki değerlere (400-600 mm) göre Menemen ovasındaki vejetasyon periyodu daha fazla olduğu için su tüketim değeri yüksektir. Aşık vd (2010), Bornova Zeytincilik Araştırma

Enstitüsünde 2008 ve 2009 yıllarında zeytinde yapmış oldukları çalışmada ortalama mevsimlik bitki su tüketiminin 136 mm ile 964 mm arasında değiştiğini ve uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının ise 0-943 mm arasında olduğunu belirlemişlerdir. İzmir bölgesinde (İzmir-Kemalpaşa) zeytin için yapılan başka bir çalışmada da, yüzey sulama ile sulanan zeytin ağaçlarının mevsimlik su tüketimi 616 mm ve toplam sulama suyu ihtiyacı da 235 mm olarak saptanmıştır (Özkara ve Özyılmaz 1989).

Mısır bitkisinin Blaney-Criddle (SCS) yöntemiyle hesaplanmış mevsimlik su tüketim değeri (607.49 mm) Özgenç ve Erdoğan (1988) ve Anonim (1982) rehber değerleriyle (589.57 mm ve 591.9 mm) ve PM ile hesaplanan 633.88 mm değer de FAO (Doorenbos *et al.* 1986) kaynağında belirtilen mısırın bitki su tüketim değeri (500-800 mm) ile uyumludur. Yıldırım ve Kodal'da (1996), Ankara koşullarında mısır bitkisi için 8 ayrı yöntemle bitki su tüketim değerlerini hesaplamış ve değerlerin 612-946 mm arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Yine Oylukan ve Güngör'de (1975), Eskişehir'de tarla şartlarında yaptıkları çalışmada mısırın bitki su tüketimi Menemen ovası için hesaplanmış değerlerle kıyaslandığında biraz daha yüksek (725 mm) olduğu görülmektedir. Ayrıca Günbatılı (1979), Tokat - Kazova koşullarında (569-670 mm), Ayla (1993), Bolu ovasında (540-550 mm) yürüttükleri çalışmalarda mısır için belirledikleri su tüketim değerleri Menemen ovasındaki değerlere yakındır.

Yonca ve buğday bitkileri için PM ile hesaplanmış mevsimlik su tüketim değerleri sırası ile 1014.38 ve 483.61 mm'dir. FAO (Doorenbos *et al.* 1986) tarafından yoncanın bitki su tüketim değerinin 800-1600 mm arasında ve buğdayın bitki su tüketim değerinin de 450-650 mm arasında değiştiği ifade edilmiş olup çalışılan koşullar ile uyumludur. Bu kapsamda Kaya ve Özdengiz (2013), Erzurum koşullarında yonca bitkisinin su tüketim değerini 623.7 mm ve buğdayın su tüketim değerini 369.7 mm olarak hesaplamışlardır. Orta vd (2001), Trakya bölgesinde yapmış oldukları çalışmada buğdayın mevsimlik su tüketim değerini 556.87 mm olarak hesaplamışlardır. Dolayısıyla Menemen ovası koşulları için belirlenmiş buğdayın su tüketimi yukarda belirtilen çalışmaların sonuçlarıyla bağdaştığı görülmüştür.

Ayçiçeği bitkisinin BC ile mevsimlik bitki su tüketim değeri 430.16 mm olarak hesaplanmış olup bu değer Özgenç ve Erdoğan (1988) ve Anonim (1982) rehber değerleriyle oldukça benzerlik göstermektedir. Çalışmada PM ile hesaplanan 450.80 mm' lik değer FAO (Doorenbos *et al.* 1986) değerlerinin altındadır. FAO kaynağında ayçiçeğinin su tüketim değerinin 600-1000 mm arasında değiştiği ifade edilmiştir. Ancak Sevim (1984), Kaya ve Özdengiz (2013), Erzurum koşullarında ayçiçeği bitkisinin su tüketimi için (441.0 mm ve 468 mm) Menemen ovasına yakın değerler hesaplamışlardır. Ayçiçeğinin su tüketiminin belirlenmesi amacıyla dünyada ve ülkemizde yapılan birçok çalışma sonucunda bitki su tüketimi değerinin 200 ile 1000 mm arasında geniş bir aralık içinde değiştiği görülmüştür. Büyüme mevsimi uzunluğuna, iklim faktörlerine ve uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olduğu Amerika ve Avrupa ülkelerinde Asya ülkelerine göre daha yüksek değerler gözlendiği ifade edilmiştir (Unger 1990). Yine Kırklareli koşullarında 845 mm (Yakan ve Kamburoğlu 1989) ve 867 mm (Karata 1991), Ankara koşullarında 787.45 mm (Ayla 1985) ve 837 mm (Kadayıfçı ve Yıldırım 1998), Tokat koşullarında 650 mm (Demirören 1978), Eskişehir koşullarında 600 mm (Oylukan ve Kuşaksızoğlu 1974) değerleri belirlenmiştir. Benzer şekilde Orta vd (2001) ve Erdem (2001) Trakya koşullarında 800 mm'nin biraz üzerinde mevsimlik su tüketimi değeri belirlemişlerdir.

4.2. Menemen Ovası Sulama Sahasında Bitki Net Sulama Suyu Gereksinimleri

FAO uyarlamalı Penman-Monteith (PM) ve SCS uyarlamalı Blaney-Criddle (BC) yöntemleriyle hesaplanmış bitki su tüketim değerlerinden etkili yağış değerleri çıkartılarak serin-yağışlı, normal ve sıcak-kurak yıllar için belirlenmiş mevsimlik net sulama suyu gereksinimleri (Inet-PM ve Inet-BC) Çizelge 4.2'de verilmiştir. Normal yıla göre serin-yağışlı yılda Inet-PM %26.86 ve Inet-BC %21.66 daha düşük iken; sıcak-kurak yılda Inet-PM %32.73 ve Inet-BC %30.97 daha yüksek olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Menemen ovasında yetiştirilen bitkilerin serin-yağışlı, normal, sıcak-kurak yıllara göre sezonluk net sulama suyu gereksinimleri (mm)

Bitki Grubu	Bitki Adı	SERİN - YAĞIŞLI YIL		NORMAL YIL		SICAK - KURAK YIL	
		Inet-PM	Inet-BC	Inet-PM	Inet-BC	Inet-PM	Inet-BC
Meyvesi için yetiştirilen sebzeler	Taze fasulye - Taze börülce	128,46	126,96	199,47	185,94	287,36	268,81
	Domates	203,42	200,17	284,95	264,38	394,65	367,38
	Kavun	257,96	253,27	347,21	319,12	443,96	407,11
	Karpuz	186,5	168,65	264,21	228,06	358,78	316,01
	Taze bezelye	3,15	0	40,47	33,21	92,85	85,03
Diğer sebzeler	Hıyar	119,36	112,85	185,55	167,05	255,05	231,00
	Patlıcan	194,56	192,78	273,83	254,71	381,06	356,17
	Biber	307,14	315,44	387,18	371,40	449,06	423,27
	Taze bakla	0	0	20,25	0	131,29	123,01
	Kabak (Sakız)	153,88	146,38	232,46	212,41	322,10	292,47
Diğer sebzeler	Lahana - Karnabahar	313,96	318,71	428,47	404,09	526,45	475,23
	Ispanak - Pırasa	41,94	41,76	130,08	118,26	208,48	185,81
	Enginar - Semizotu - Tere - Dereotu - Maydanoz - Roka - Nane	5,40	1,49	29,93	21,16	95,70	85,63
	Marul	42,63	45,91	100,51	94,61	179,14	164,32
	Kuru bezelye	111,05	107,22	188,78	173,28	298,00	274,47
Kök ve yumru sebzeler	Yeşil soğan - Sarımsak	5,98	0	48,45	34,09	104,43	88,43
	Turp	325,12	328,2	414,24	389,43	495,11	444,34
	Kereviz	459,68	457,56	584,54	542,94	723,97	661,25
	Havuç	293,47	284,91	394,57	359,31	517,01	471,40
	Kuru soğan	177,08	174,65	310,63	270,26	570,70	508,60
Meyveler*, #	Şeftali - Armut	342,07	338,51	444,38	411,41	561,40	517,74
	Kayısı	108,62	93,97	176,00	149,81	277,92	243,76
	Erik	4,72	2,69	33,27	28,10	79,55	74,14
	Elma	603,48	609,01	775,06	730,82	949,59	875,82
	Kiraz	56,17	50,27	108,45	95,21	188,86	171,85
Turunçgiller*	Çilek	120,14	99,60	198,81	162,64	300,92	256,90
	Nar	347,88	352,76	472,14	443,78	604,34	556,30
	Ayva	646,33	641,09	810,68	752,43	981,30	891,83
	Portakal - Mandalina - Limon	528,29	547,67	680,69	655,64	841,96	791,26
	Bağ*	422,87	411,80	539,60	492,46	669,60	604,11
Zeytin ve sert kabuklular*	Zeytin	570,74	565,42	736,87	680,36	912,67	825,00
	Badem	322,26	327,98	422,01	401,71	538,63	508,79
	Ceviz	624,74	593,23	786,16	752,37	954,06	839,638
	Mısır	444,52	454,63	560,37	533,98	663,22	618,79
	Buğday	147,79	133,38	231,29	191,81	385,04	332,45
Tahıllar ve saman-ot	Yonca	547,30	531,39	729,31	652,26	974,72	856,92
	Burçak - Çavdar - Arpa - Fiğ	107,84	100,65	187,68	156,09	371,70	323,02
	Yulaf	0	0	15,59	3,09	125,15	106,60
	Sorgum	261,05	257,28	352,37	325,79	442,62	408,31
	Pamuk	514,64	522,24	649,27	614,69	763,62	703,99
Tekstilde kullanılan ham bitki	Ayçiçeği	253,50	252,61	356,62	335,98	457,00	430,34
	Yağlı tohumlar	268,99	263,91	351,45	322,74	426,86	386,20
Diğer tarla bitkileri	Yer fıstığı	407,30	397,46	536,27	489,65	654,04	582,75
	Nohut	277,99	291,78	375,23	363,10	473,86	447,55

* Çiçeklenme - hasat dönemini kapsamaktadır.

Fidanlar meyveler kapsamında değerlendirilmiştir.

Normal yıla ait mevsimlik net sulama suyu gereksinimleri bitki grupları bazında incelendiğinde; meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda en fazla mevsimlik net sulama suyu gereksinimi biber bitkisinde (Inet-PM 387.18 mm ve Inet-BC 371.4 mm) ve en az mevsimlik net sulama suyu gereksinimi de taze bakla bitkisinde (Inet-PM 20.25 mm ve Inet-BC 0 mm) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Biber bitkisinin yetiştirme mevsiminde (1 Mayıs-31 Temmuz) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 172.45 mm ve Inet-BC 162.02 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %45'ine ve BC yaklaşımında %44'üne karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 151.08 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 190.96 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 151.62 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 170.65 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.1). Taze bakla bitkisinin yetiştirme mevsiminde (1 Ekim-29 Şubat) en fazla aylık su gereksinimi Ekim ayında (Inet-PM 20.25 mm ve Inet-BC 0 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %100'üne karşılık gelmektedir. Taze bakla'da serin-yağışlı yılda sulamaya gereksinim duyulmazken; PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim sıcak-kurak yılda 68.36 mm'ye, BC yaklaşımında da 63.31 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.1).

Diğer sebzeler grubunda en fazla mevsimlik net sulama suyu gereksinimi lahanakarnabakar bitki grubunda (Inet-PM 428.47 mm ve Inet-BC 404.09 mm) ve en az mevsimlik net sulama suyu gereksinimi de enginar-semizotu-tere-dereotu-maydanoz-roka-nane bitki grubunda (Inet-PM 29.93 mm ve Inet-BC 21.16 mm) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Lahana-karnabakar bitki grubunun yetiştirme mevsiminde (1 Temmuz-20 Ekim) en fazla aylık su gereksinimi Ağustos ayında (Inet-PM 146.01 mm ve Inet-BC 138.16 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %32 ve BC yaklaşımında %34'üne karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 124.93 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 163.22 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 126.46 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 147.29 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.2). Enginar-semizotu-tere-dereotu-maydanoz-roka-nane bitki grubunun yetiştirme

mevsiminde (15 Ocak-25 Nisan) en fazla aylık su gereksinimi Nisan ayında (Inet-PM 20.27 mm, Inet-BC 17.17 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %68'ine ve BC yaklaşımında %81'ine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 5.40 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 41.47 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 4.02 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 37.27 mm'ye yükselmektedir ve sıcak-kurak yılda en yüksek değer Mart ayında 39.45 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2).

Kök ve yumru sebzeler grubunda en fazla mevsimlik net sulama suyu gereksinimi kereviz bitkisinde (Inet-PM 584.54 mm ve Inet-BC 542.94 mm) ve en az mevsimlik sulama suyu gereksinimi yeşil soğan-sarımsak bitki grubunda (Inet-PM 48.45 mm ve Inet-BC 34.09 mm) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Kereviz bitkisinin yetiştirme mevsiminde (1 Mart-31 Ağustos) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 167.48 mm ve Inet-BC 162.06 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %29'una ve BC yaklaşımında %30'una karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 146.62 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 185.50 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 151.62 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 170.65 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.3). Yeşil soğan-sarımsak bitki grubunun yetiştirme mevsiminde (10 Şubat-20 Nisan) en fazla aylık su gereksinimi Mart ayında (Inet-PM 29.97 mm ve Inet-BC 21.09 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %62'sine karşılık gelmektedir. Yeşil soğan-sarımsak bitki grubunda PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Nisan ayında 5.98 mm, BC yaklaşımında 3.87 mm iken sıcak-kurak yılda Mart ayında PM yaklaşımında 63.62 mm, BC yaklaşımında ise 54.60 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.3).

Meyveler grubunda en fazla mevsimlik net sulama suyu gereksinimi ayvada (Inet-PM 810.68 mm ve Inet-BC 752.43 mm) ve en az mevsimlik net sulama suyu gereksinimi de erikte (Inet-PM 33.27 mm ve Inet-BC 28.10 mm) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ayvanın çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-20 Eylül) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz

ayında (Inet-PM 209.74 mm ve Inet-BC 201.80 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %26'sına ve BC yaklaşımında %27'sine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 184.56 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 231.88 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 189.69 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 212.10 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.4). Eriğin çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-15 Nisan) en fazla aylık su gereksinimi Mart ayında (Inet-PM 18.68 mm ve Inet-BC 16.42 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %56'sına ve BC yaklaşımında %58'ine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Nisan ayında 4.72 mm iken sıcak-kurak yılda Mart ayında 50.97 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Nisan ayında 3.06 mm iken sıcak-kurak yılda Mart ayında 49.30 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.4).

Turunçgiller grubunda mevsimlik net sulama suyu gereksinimi PM yaklaşımında 680.69 mm ve BC yaklaşımında 655.64 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Turunçgillerin çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-25 Eylül) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 172.45 mm ve Inet-BC 166.73 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %25'ine karşılık gelmektedir (Şekil 4.5). PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 151.08 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 190.96 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 156.10 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 175.53 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.5).

Bağ yetiştirme döneminde mevsimlik net sulama suyu gereksinimi PM yaklaşımında 539.6 mm ve BC yaklaşımında 492.46 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Bağ'ın çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-20 Ağustos) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 160.02 mm ve Inet-BC 150.37 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %30'una karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 139.92 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 177.32 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık

maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 140.42 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak 158.46 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.6).

Zeytin ve sert kabukluların mevsimlik net sulama suyu gereksinimi PM ve BC yaklaşımlarında sırasıyla zeytin için 736.87 mm ve 680.36 mm, badem için 422.01 mm ve 401.71 mm ve ceviz için 786.16 mm ve 753.7 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Zeytinin çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-20 Ekim) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 197.31 mm ve Inet-BC 185.43 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %27'sine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 173.40 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 218.24 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 147.02 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 195.03 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.7). Bademin çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-20 Temmuz) en fazla aylık su gereksinimi Haziran ayında (Inet-PM 148.54 mm ve Inet-BC 145.91 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %35'ine ve BC yaklaşımında %36'sına karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Haziran ayında 121.34 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Haziran ayında 161.92 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Haziran ayında 127.97 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Haziran ayında 158.70 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.7). Cevizin çiçeklenme-hasat döneminde (1 Mart-20 Eylül) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 197.31 mm ve Inet-BC 197.12 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminden PM yaklaşımında %25'ine ve BC yaklaşımında %26'sına karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Temmuz ayında 173.40 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Temmuz ayında 218.24 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Temmuz ayında 185.21 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Temmuz ayında 207.22 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.7).

Tahıllar ve saman-ot grubunda en fazla mevsimlik net sulama suyu gereksinimi yonca bitkisinde (Inet-PM 729.31 mm ve Inet-BC 652.26 mm) ve en az mevsimlik net sulama

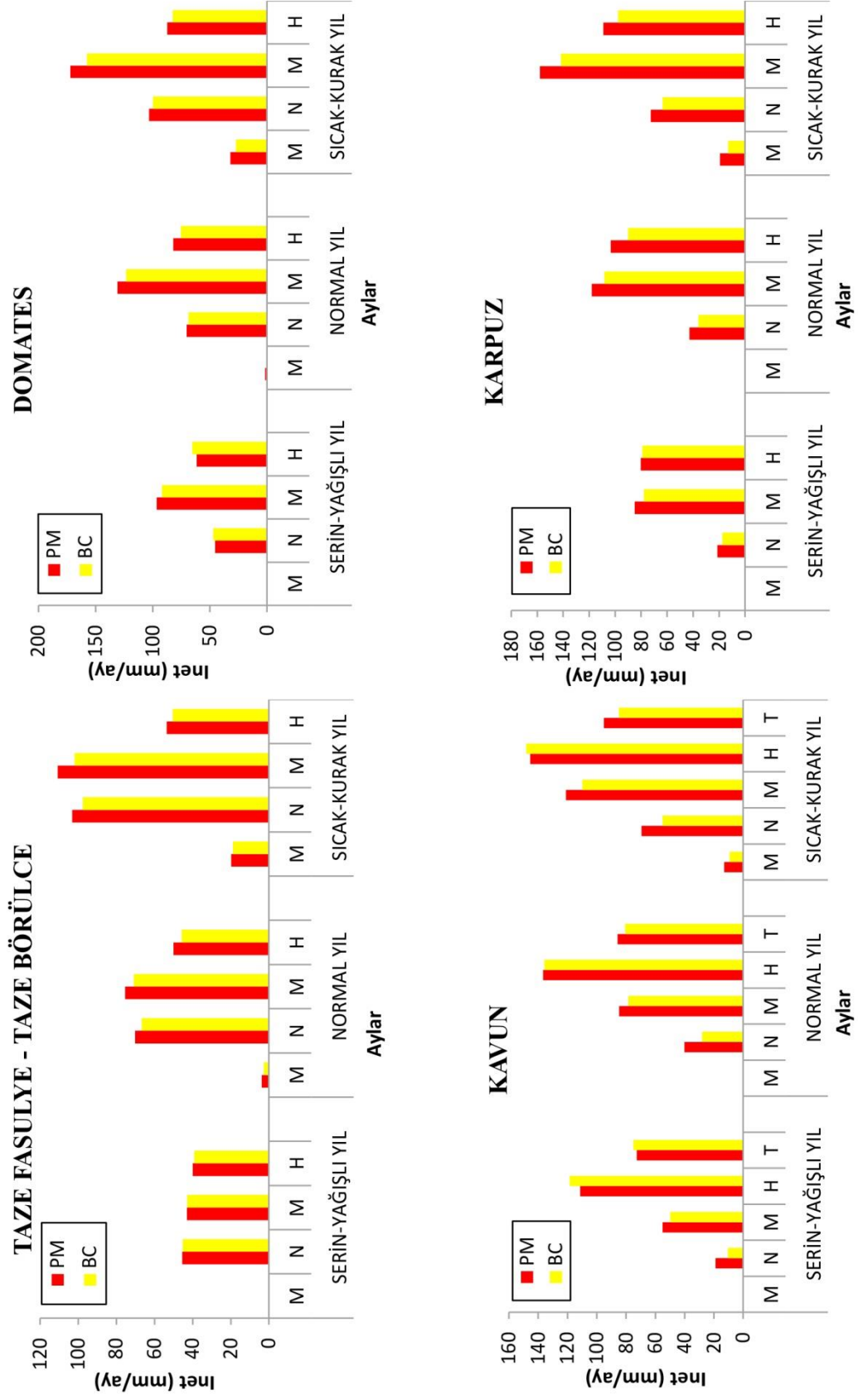
suyu gereksinimi de yulaf bitkisinde (Inet-PM 15.59 mm ve Inet-BC 3.09 mm) belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Yonca bitkisinin yetiştirme mevsiminde (1 Eylül-31 Ağustos) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 197.31 mm ve Inet-BC 185.43 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %27'sine ve BC yaklaşımında %28'ine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 173.40 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 218.24 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 174.02 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 195.03 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.8). Yulaf bitkisinin yetiştirme mevsiminde (15 Kasım-15 Mart) en fazla aylık su gereksinimi Mart ayında (Inet-PM 15.59 mm ve Inet-BC 13.44 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %100'üne karşılık gelmektedir. Yulaf bitkisinde serin-yağışlı yılda sulamaya gereksinim duyulmazken sıcak-kurak yılda en fazla Şubat ayında PM yaklaşımında 45.86 mm, BC yaklaşımında ise 44.62 mm suya gereksinim duyulmaktadır (Şekil 4.8).

Pamuğun mevsimlik sulama suyu gereksinimi PM yaklaşımında 649.27 mm ve BC yaklaşımında 614.69 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Pamuk bitkisinin yetiştirme mevsiminde (15 Nisan-15 Eylül) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 189.85 mm ve Inet-BC 185.43 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %29'una ve BC yaklaşımında %30'una karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 166.71 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 210.06 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 174.02 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 195.03 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.9).

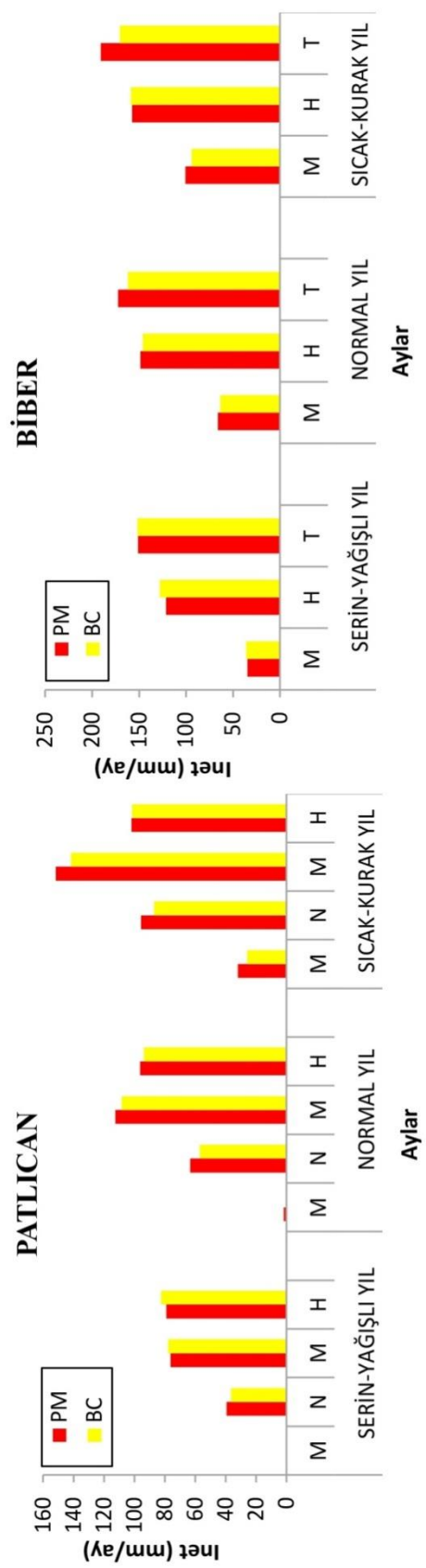
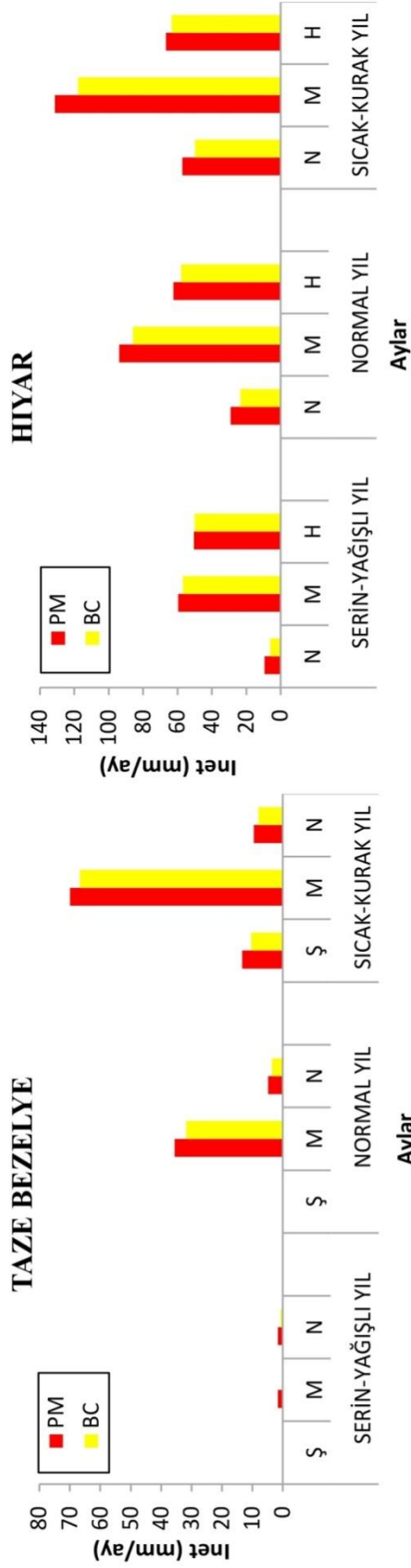
Yağlı tohumlular grubunda ayçiçeği bitkisinin mevsimlik net sulama suyu gereksinimi PM yaklaşımında 356.62 mm ve BC yaklaşımında 335.98 mm ve susam bitkisinde mevsimlik net sulama suyu gereksinimi de PM yaklaşımında 351.45 mm ve BC yaklaşımında 322.74 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ayçiçeği bitkisinin yetiştirme mevsiminde (15 Mart-20 Haziran) en fazla aylık su gereksinimi Mayıs ayında (Inet-PM 130.96 mm ve Inet-BC 123.29 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM ve BC yaklaşımlarında %37'sine karşılık gelmektedir. PM

yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Haziran ayında 97.64 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Mayıs ayında 172.15 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda Haziran ayında 99.18 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda Mayıs ayında 157.71 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.10). Susam bitkisinin yetiştirme mevsiminde (15 Nisan-15 Ağustos) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 122.72 mm ve Inet-BC 115.30 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %35'ine ve BC yaklaşımında %36'sına karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 106.44 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 136.40 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 106.83 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 121.90 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.10).

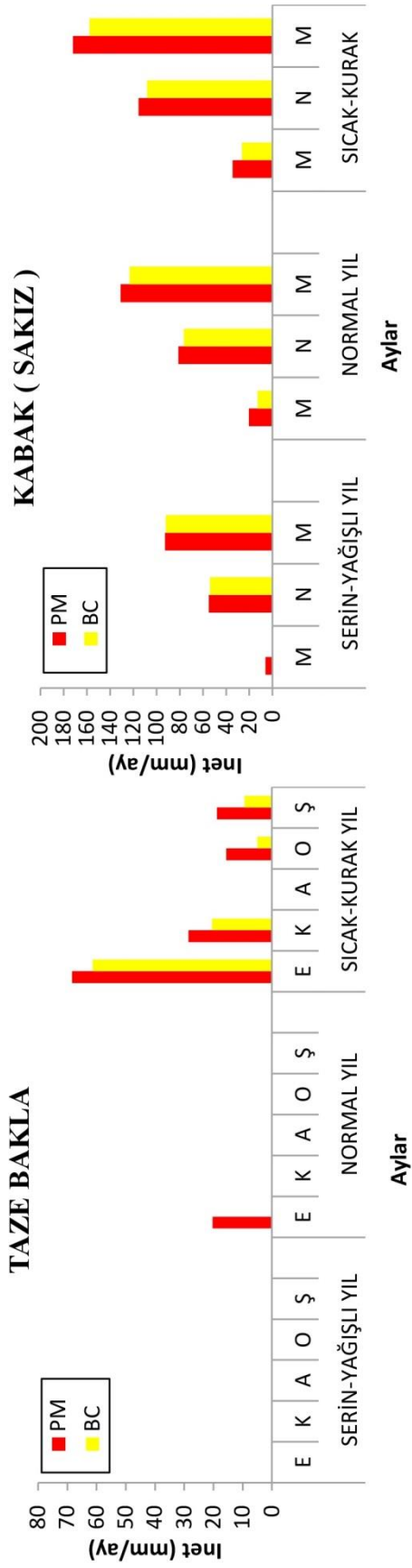
Diğer tarla bitkileri grubunda mevsimlik net sulama suyu gereksinimi yer fıstığı bitkisinde PM yaklaşımında 536.27 mm ve BC yaklaşımında 489.65 mm ve nohut bitkisinde de PM yaklaşımında 375.23 mm ve BC yaklaşımında 363.10 mm belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Yer fıstığı bitkisinin yetiştirme mevsiminde (15 Nisan-30 Eylül) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 135.16 mm ve Inet-BC 126.99 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %25'ine ve BC yaklaşımında %26'sına karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 117.60 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 150.04 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 118.02 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 134.09 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.11). Nohut bitkisinin de yetiştirme mevsiminde (15 Mart-15 Haziran) en fazla aylık su gereksinimi Temmuz ayında (Inet-PM 110.29 mm ve Inet-BC 115.3 mm) belirlenmiş olup toplam su gereksiniminin PM yaklaşımında %29'una ve BC yaklaşımında %32'sine karşılık gelmektedir. PM yaklaşımında aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 95.28 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 122.76 mm'ye yükselmekte, BC yaklaşımında ise aylık maksimum gereksinim serin-yağışlı yılda 106.83 mm'ye düşmekte iken sıcak-kurak yılda 121.90 mm'ye yükselmektedir (Şekil 4.11).



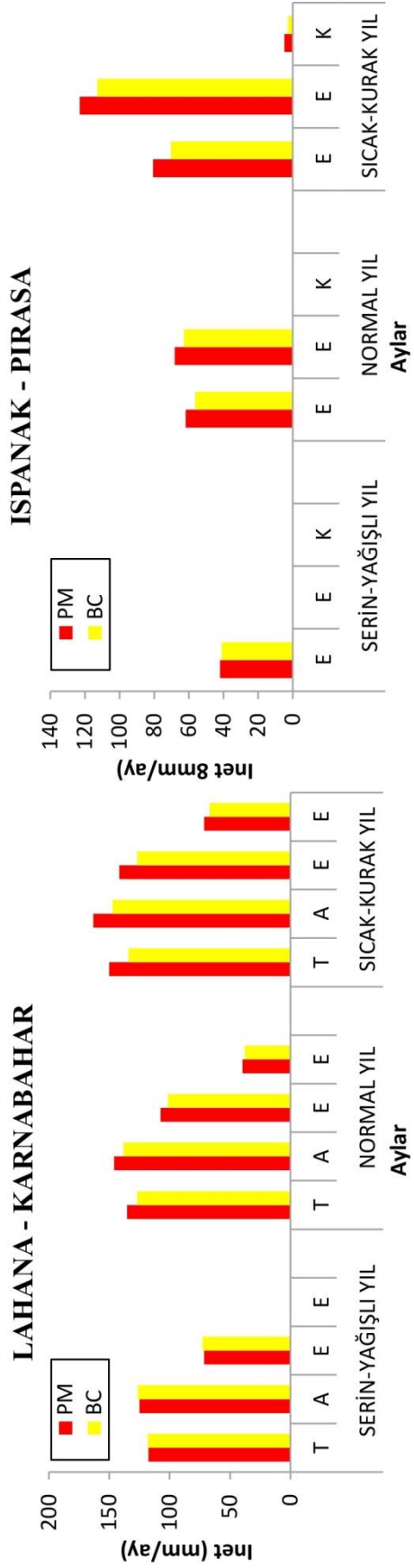
Şekil 4.1.1. Meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



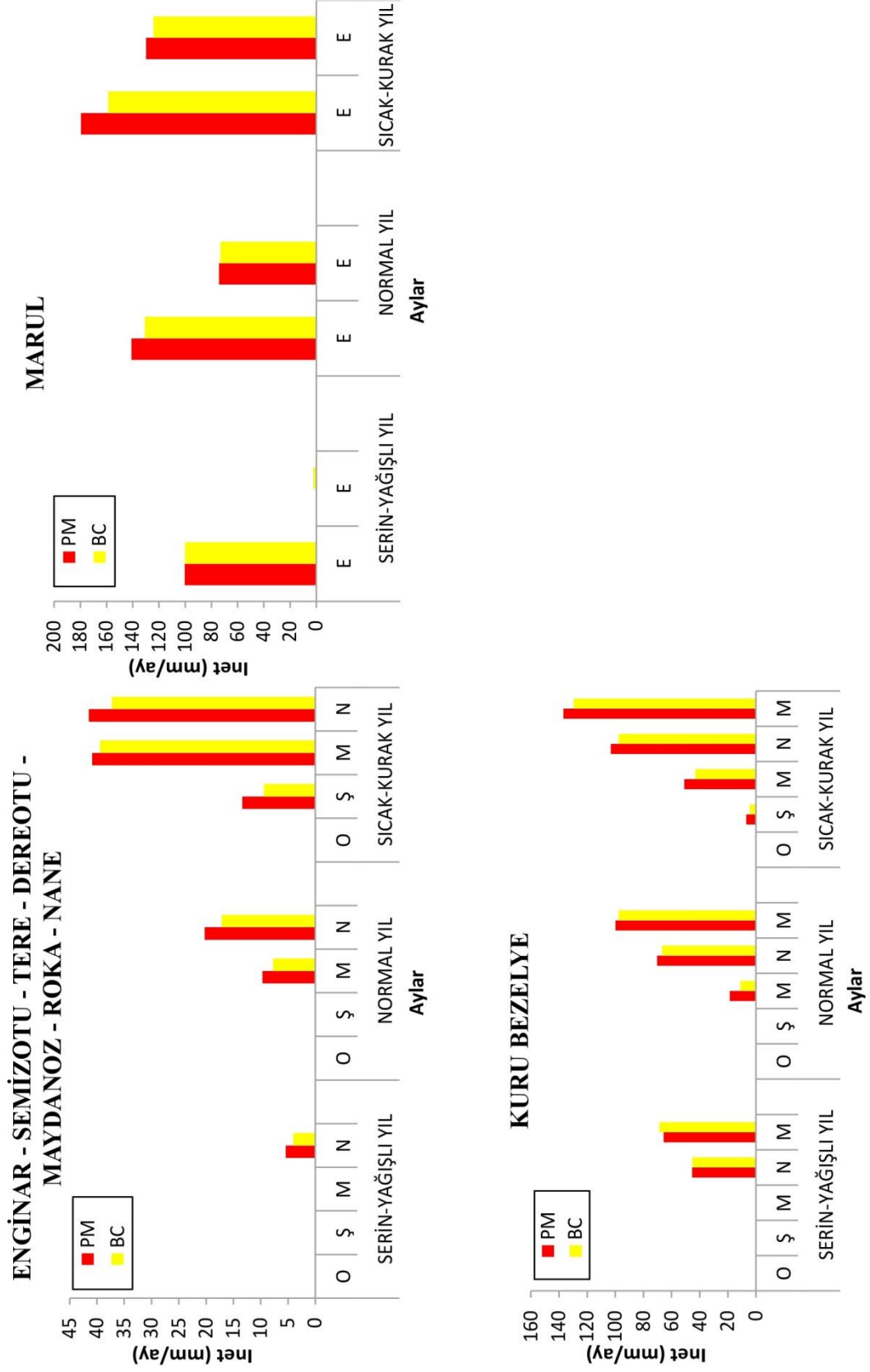
Şekil 4.1. (devam)



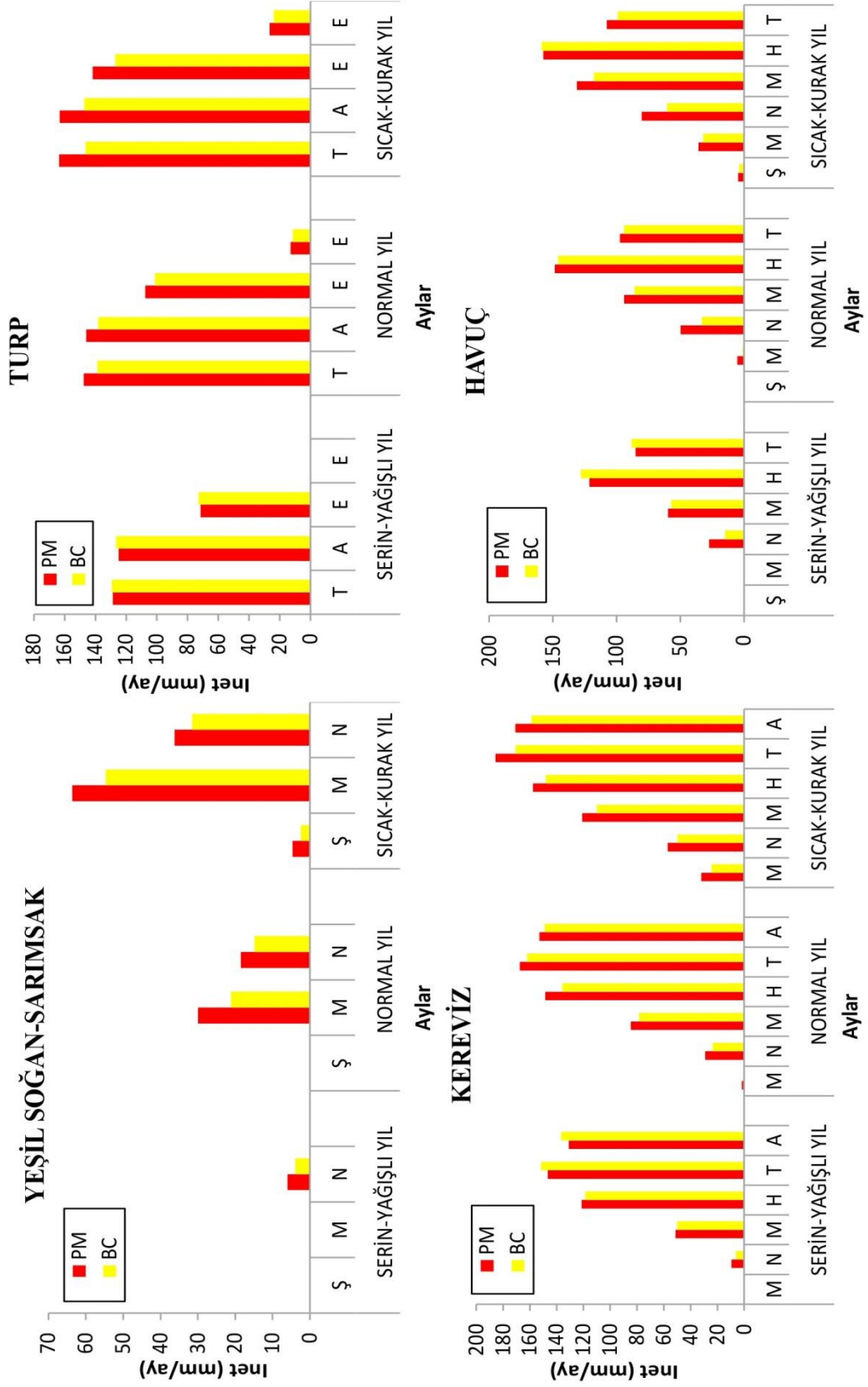
Şekil 4.1. (devam)



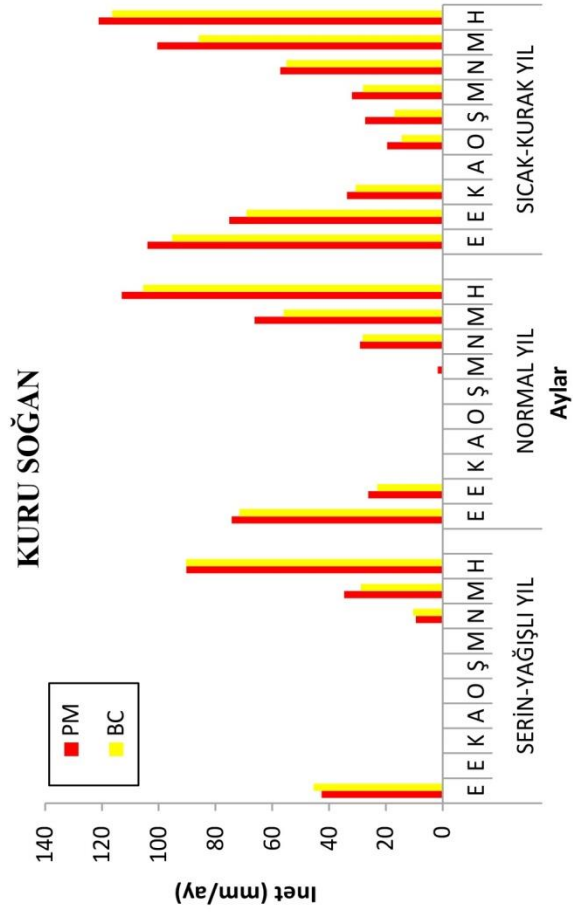
Şekil 4.2. Diğer sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



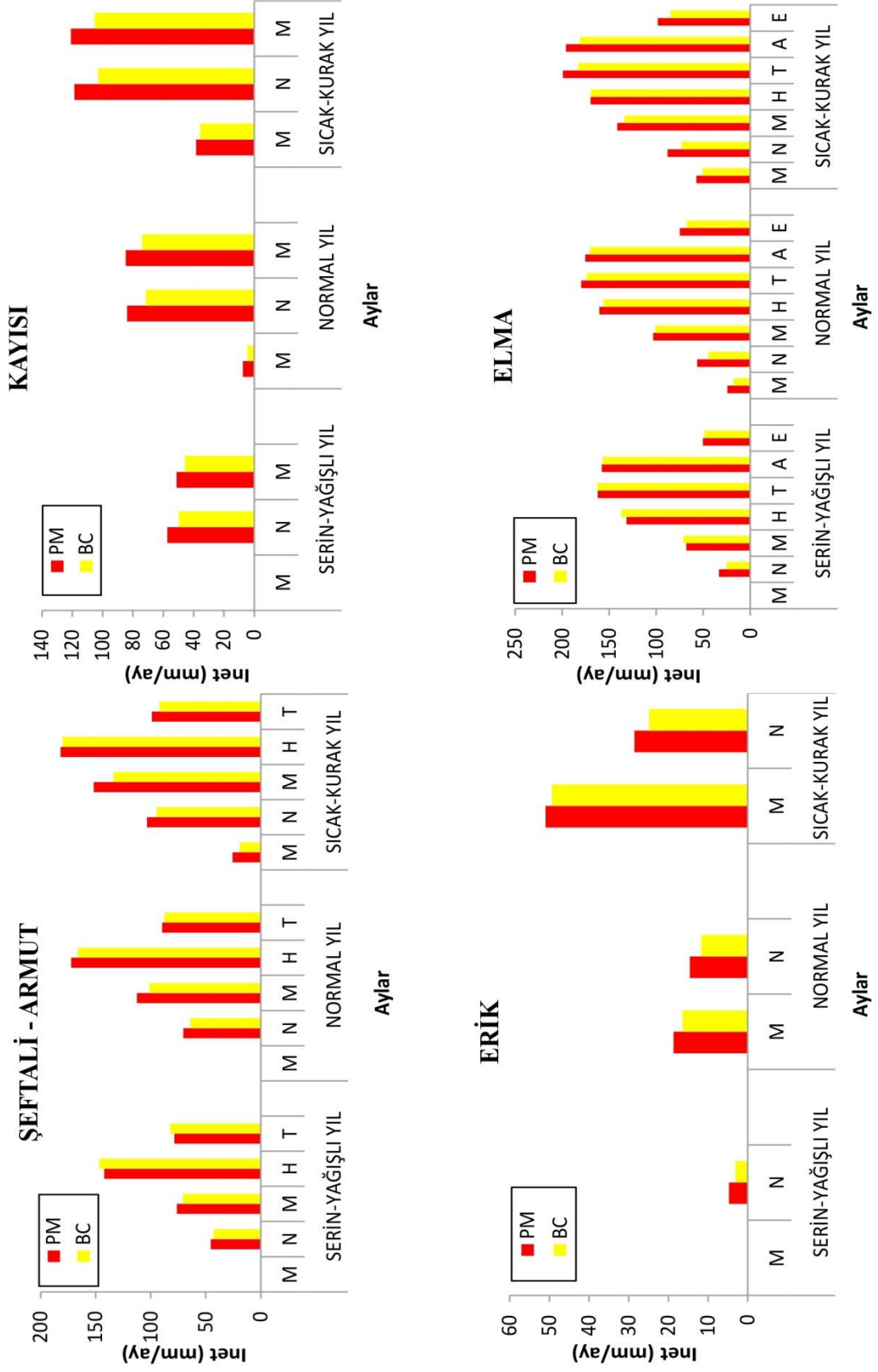
Şekil 4.2. (devam)



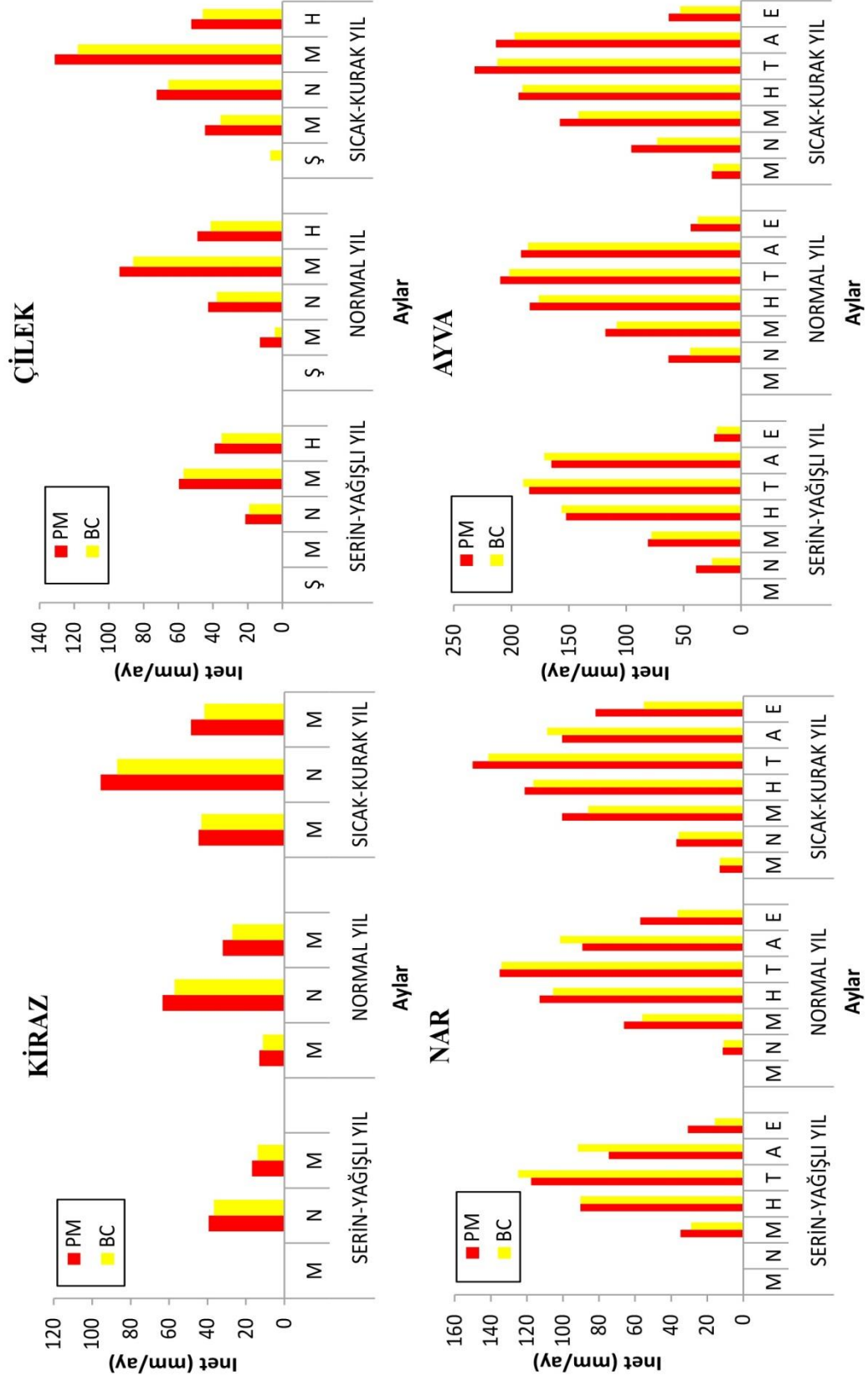
Şekil 4.3. Kök ve yumru sebzeler grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



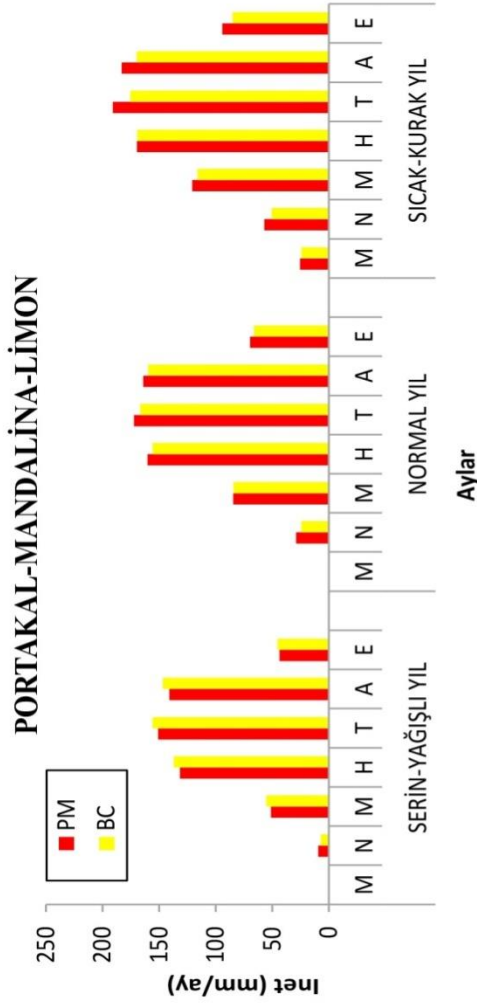
Şekil 4.3. (devam)



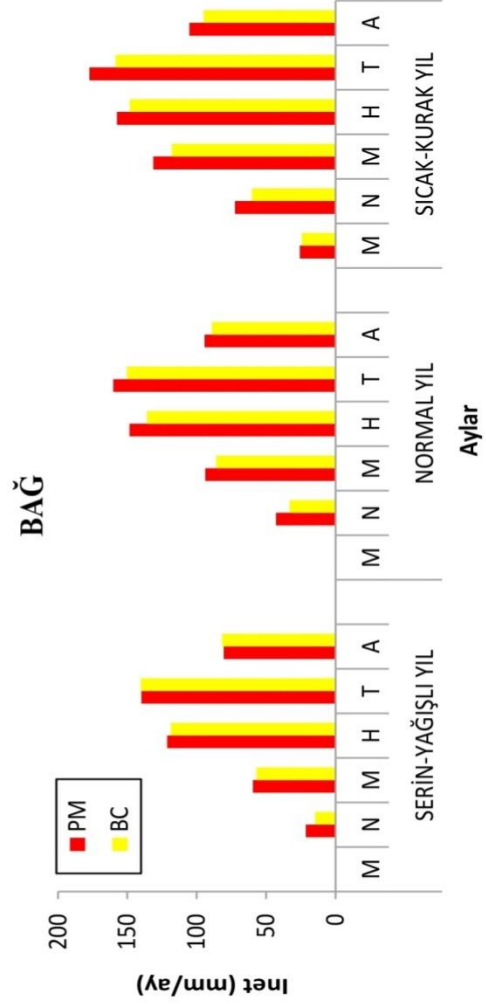
Şekil 4.4. Meyvelerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



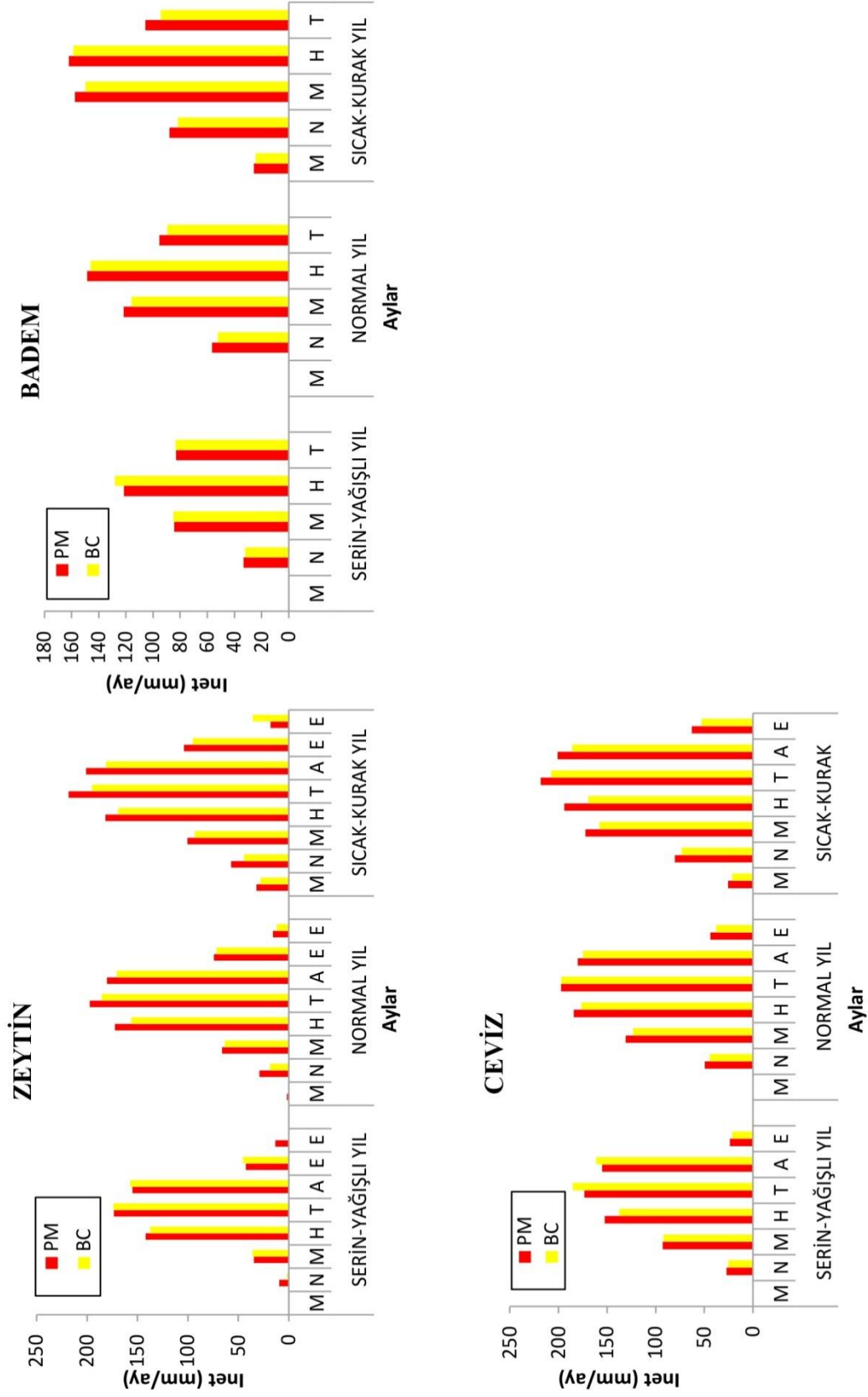
Şekil 4.4. (devam)



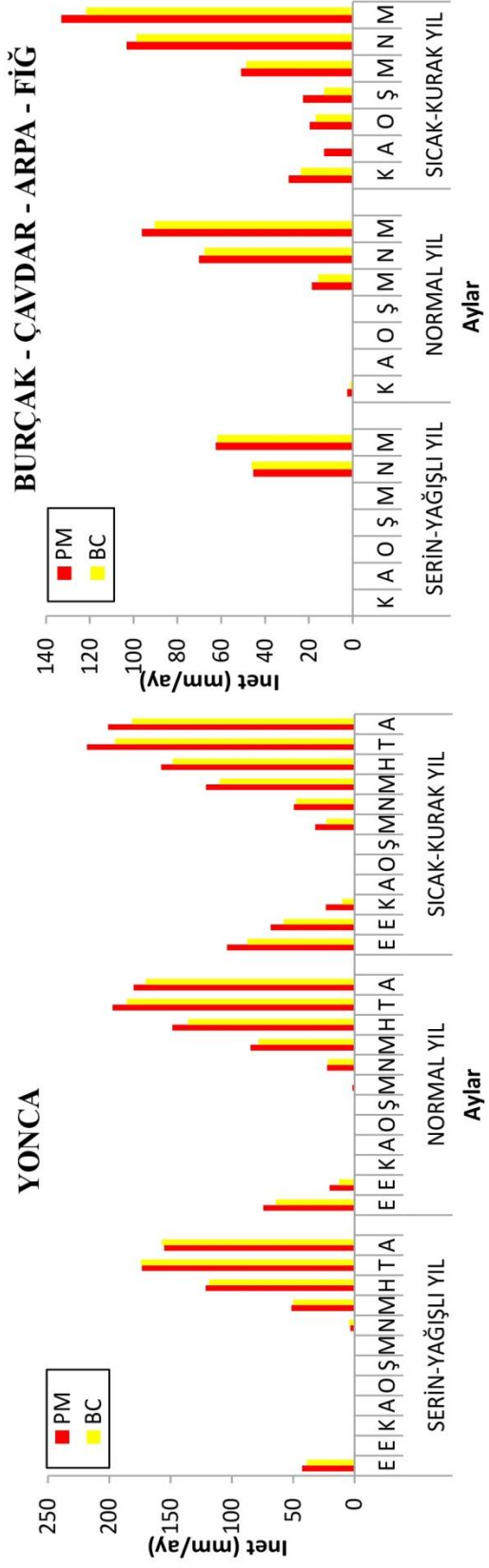
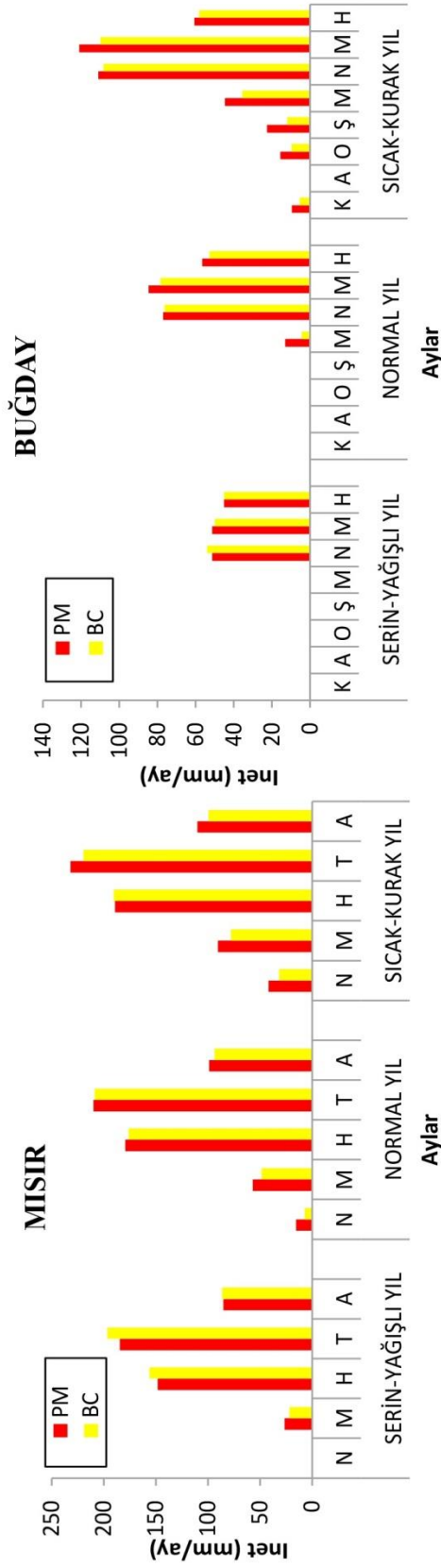
Şekil 4.5. Turunçgillerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



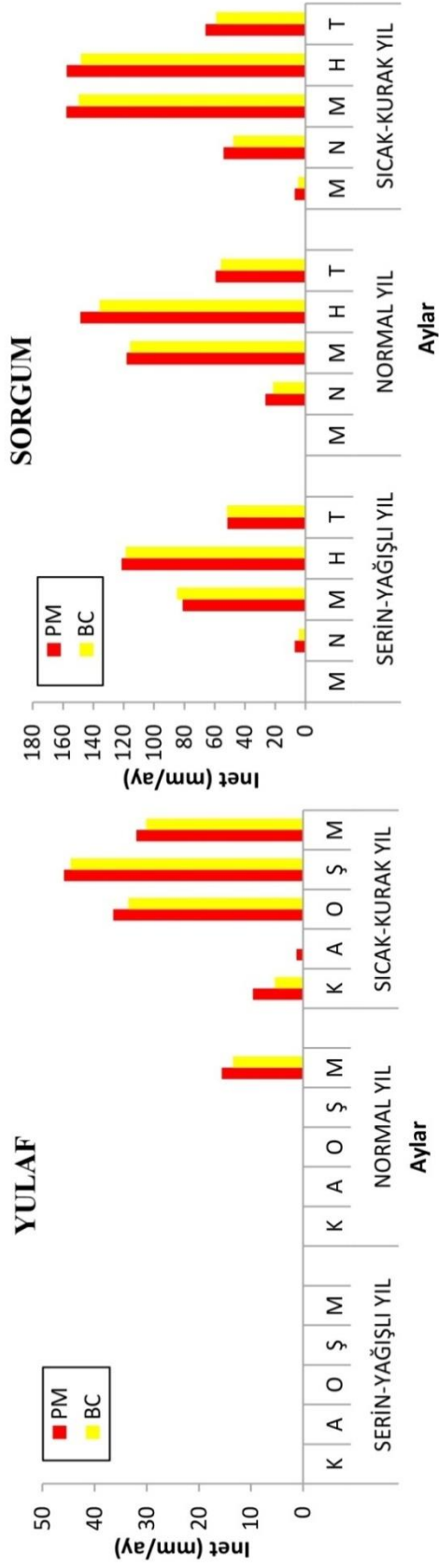
Şekil 4.6. Bağın aylık net sulama suyu gereksinimi (Inet)



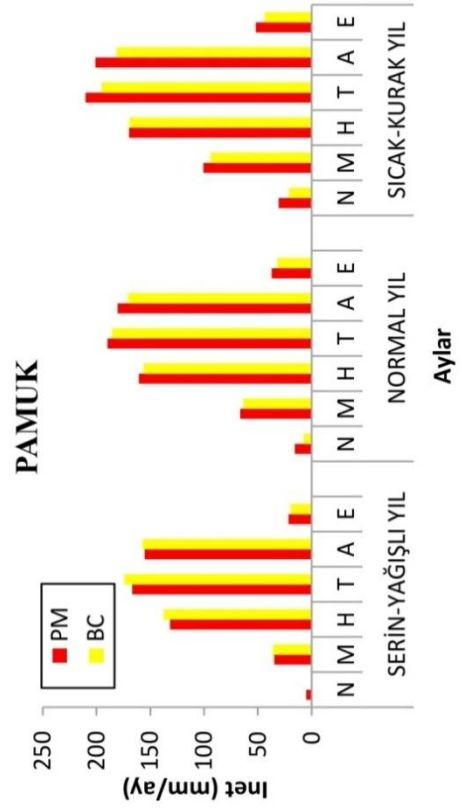
Şekil 4.7. Zeytin ve sert kabukluların aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



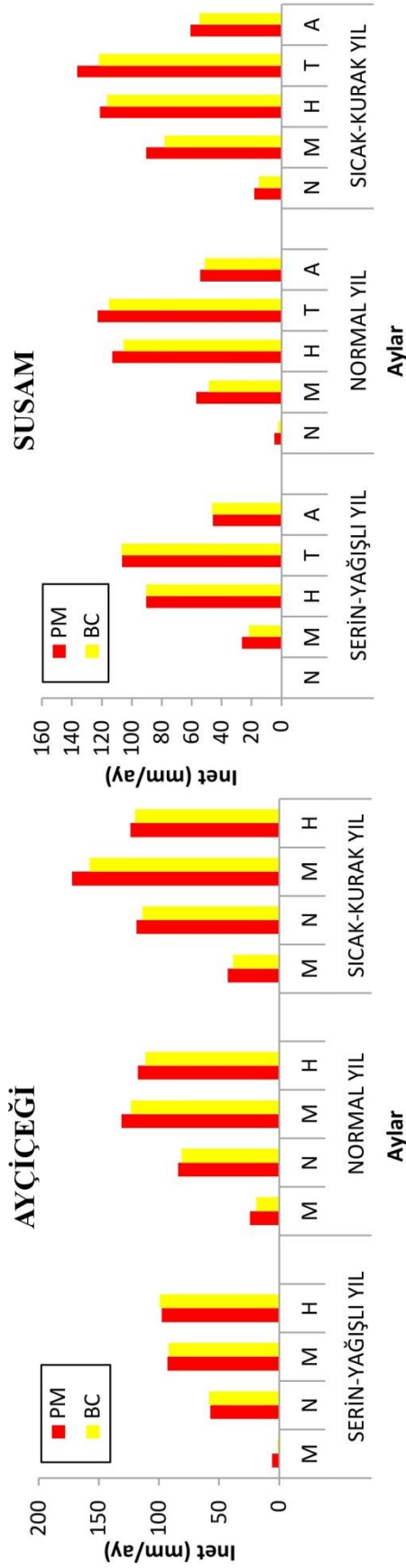
Şekil 4.8. Tahıllar ve saman-ot grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (Inet)



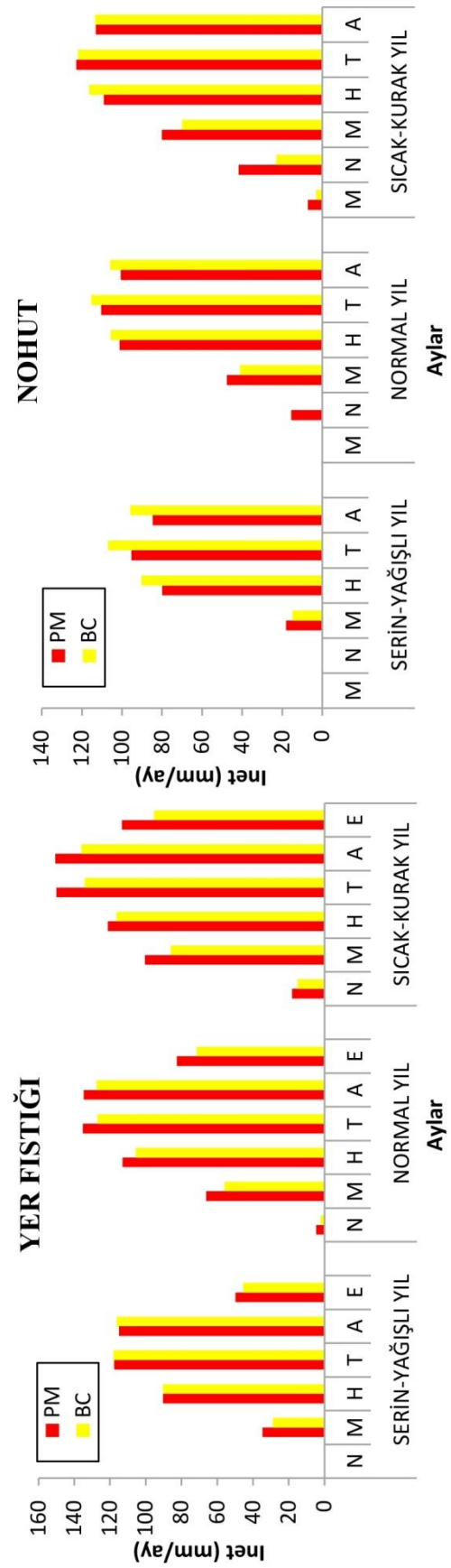
Şekil 4.8. (devam)



Şekil 4.9. Pamuk bitkisinin aylık sulama suyu gereksinimi (Inet)



Şekil 4.10. Yağlı tohumlular grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (İnet)



Şekil 4.11. Diğer tarla bitkileri grubundaki bitkilerin aylık net sulama suyu gereksinimleri (İnet)

4.3. Menemen Ovası Sulama Sahasında Sulama Sularının Kaliteleri

Menemen ovası sulama sahasında tarımsal sulamada kullanılan yeraltı, yerüstü ve atıksu kaynaklarına ait analiz sonuçları ve bu değerlerden hareketle hesaplanmış bazı kalite parametreleri sonuçları aşağıda sunulmuş ve tartışılmıştır.

4.3.1. Yeraltı sularının kalitesi

Bu kapsamda bölgede Günerli, Seyrekköy, Kesikköy, Merkez, Maltepe, Musabey, Çukurköy ve Depo bölgelerindeki yeraltı suları incelenmiştir. Yeraltı sularının kalite analizi sonuçları ve hesaplamalara ilişkin değerler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Suların pH değerleri 7.44–7.82 arasında değişmektedir. pH değeri; en düşük Merkez, en yüksek ise Seyrekköy su kaynaklarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.3'deki elektriksel iletkenlik (EC) değerleri incelendiğinde 0.40–1.90 dS/m arasında değiştiği görülmektedir. Minimum EC değeri Çukurköy, maksimum EC değeri ise Günerli su kaynaklarında bulunmuştur. ABD Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sistemi (Şekil 2.2) dikkate alındığında bölgedeki sular C2 ve C3 sınıflarına girmektedir. Musabey ve Çukurköy suları C2 sınıfı su grubundayken, diğerleri C3 sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Na konsantrasyonları 0.89–9.06 me/L, K konsantrasyonları 0.19–0.46 me/L, Ca konsantrasyonları 1.92–5.98 me/L, Mg konsantrasyonları 1.04–5.02 me/L, HCO_3 konsantrasyonları 2.24–8.45 me/L, Cl konsantrasyonları 0.68–13.11 me/L ve SO_4 konsantrasyonları 0.14–3.08 me/L arasında değişmektedir. CO_3 değeri de Günerli, Seyrekköy ve Çukurköy sularında sırasıyla 0.06, 0.10 ve 0.23 me/L olarak saptanmış, diğer su kaynaklarında CO_3 'a rastlanmamıştır. Ayrıca NO_3 Seyrekköy sularında rastlanmamış olup diğer kaynaklarda da 0.01–0.72 me/L arasında değerler aldığı görülmüştür.

Minimum Na konsantrasyonu Çukurköy’de, maksimum Na konsantrasyonu ise Seyrekköy’de bulunmuştur. Su kaynaklarından 6 tanesinde (Günerli, Seyrekköy, Kesikköy, Merkez, Maltepe ve Depo) Na konsantrasyonları 3 me/L’den fazladır.

K konsantrasyonlarında minimum değer Merkez’de maksimum değer ise Seyrekköy’de, Ca ve Mg konsantrasyonlarında minimum değer Çukurköy’de maksimum değer ise Depo’da belirlenmiştir.

HCO₃ konsantrasyonlarında minimum değer Çukurköy’de ve maksimum değer Depo su kaynağında belirlenmiş, diğer kaynaklarda HCO₃ değerleri ise 5.16–7.71 me/L arasında değişmiştir.

Bölgede en düşük CI konsantrasyonu Çukurköy’de belirlenmiştir. Diğer 5 kaynakta (Kesikköy, Merkez, Maltepe, Musabey ve Depo) 1-4 me/L arasında değiştiği, 4 me/L’den fazla değerlerinde Günerli ve Seyrekköy sularında olduğu görülmüştür.

SO₄ konsantrasyonlarında minimum değer Seyrekköy ve maksimum değer Depo su kaynağında belirlenmiştir.

Bor miktarı 0.06–0.52 me/L arasında bulunmuştur. En fazla B konsantrasyonu Maltepe su kaynağında, en az B konsantrasyonu da Çukurköy su kaynağında belirlenmiştir.

Yüzde sodyum (%Na) değerleri 21.9–62.4 arasında değişmektedir. En fazla %Na değeri Seyrekköy kaynağında belirlenmiş olup %50’nin üzerindedir. Günerli ve Kesikköy su kaynaklarının %Na değerleri %40-50 arasında, diğer su kaynaklarında ise %40’ın altında bulunmuştur.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri 0.73-5.74 arasında değişmiştir. SAR değeri en fazla Seyrekköy’de, en az Çukurköy su kaynaklarında bulunmuştur. Seyrekköy ve

Günerli su kaynaklarında SAR değeri 3-6 arasında iken, diğer su kaynaklarında <3 olarak belirlenmiştir.

Düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR) değerleri 1.29-13.37 arasında değişmiştir. AdjSAR değerleri SAR'dakine paralel olarak Çukurköy su kaynağında en düşük, Seyrekköy su kaynağında ise en yüksek hesaplanmıştır.

Yine düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjRNa) değeri Çukurköy su kaynağında 0.75 olarak en az, Seyrekköy su kaynağında ise 6.52 olarak en yüksek bulunmuştur. AdjRNa değerleri Günerli, Seyrekköy ve Kesikköy su kaynaklarında >3 iken, diğer su kaynaklarında ise <3'tür.

Teorik pH (pH_c) değerleri 6.65–7.63 arasında hesaplanmıştır. Ölçülen pH değerlerinden teorik pH değerlerinin çıkarılmasıyla bulunan Langelier Saturasyon İndeksi (LSI) değerleri bu bölgedeki bütün su kaynaklarında pozitif olarak belirlenmiştir. LSI değerleri 0.04–0.88 arasında değişmektedir. En yüksek LSI değeri Depo su kaynağında ve en düşük LSI değeri de Çukurköy su kaynağında bulunmuştur.

Seyrekköy ve Kesikköy su kaynaklarında kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerleri pozitif, diğer kaynaklarda negatif olarak bulunmuştur. Seyrekköy su kaynağının RSC değeri 1.90 me/L iken diğer pozitif değer bulunan Kesikköy su kaynağının RSC değeri 0.36 olarak belirlenmiştir.

Potansiyel tuzluluk (PT) değerleri 0.83–13.55 me/L arasında hesaplanmıştır. Maltepe, Musabey ve Çukurköy su kaynakları hariç tüm suların PT değerleri >3 me/L'dir.

Permeabilite indeksi (PI) değerleri %46.64–80.40 arasında değişmektedir. Seyrekköy su kaynağı hariç diğer tüm kaynaklarda PI değerleri <70'dir.

Sertlik değerleri 14.8–55.0 arasında belirlenmiş olup en küçük değere Çukurköy ve en yüksek değere Depo su kaynağı sahiptir. Depo, Merkez, Günerli ve Maltepe su kaynaklarının da sertlik değeri >32’dir. Kesikköy, Musabey ve Seyrekköy su kaynaklarının sertlik değerleri de 22-32 arasındadır.

4.3.2. Yerüstü sularının kalitesi

Menemen ovası sulama sahasındaki yerüstü su kaynaklarında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar izelge 4.4’te verilmiştir. Bölgedeki yerüstü kaynakları olarak Gediz Nehri-Menemen köprüsü (Gediz-I) ve Gediz Nehri-Emiralem regülatörü (Gediz-II) suları incelenmiştir.

İncelenen tüm parametreler her iki analiz noktasında birbirine benzer sonuçlar vermiştir.

pH değeri Gediz-I’de 7.40 ve Gediz-II’de 7.80, EC değeri Gediz-I’de 0.81 ve Gediz-II’de 0.85 dS/m olarak belirlenmiştir. ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından yapılan sınıflandırma (şekil 2.2) dikkate alındığında elektriksel iletkenlik açısından Gediz nehri suyu C3 sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Gediz-I ve Gediz-II Na konsantrasyonları sırasıyla 2.87 ve 3.11 me/L, Ca konsantrasyonları 3.21 ve 3.31 me/L, Mg konsantrasyonları 2.30 ve 2.41 me/L, HCO₃ konsantrasyonları 5.19 ve 5.58 me/L, Cl konsantrasyonları 1.54 ve 1.60 me/L, SO₄ konsantrasyonları 1.89 ve 1.90 me/L, B konsantrasyonları 0.08 ve 0.06 me/L, her iki su kaynağı için K konsantrasyonları 0.27 me/L ve NO₃ konsantrasyonları 0.02 me/L olup bu kaynaklarda CO₃’a rastlanmamıştır.

Hesaplama yoluyla belirlenen kalite parametreleri dikkate alındığında Gediz-I ve Gediz-II için sırasıyla %Na değerleri 33.2 ve 34.2, SAR değerleri 1.73 ve 1.84, AdjSAR değerleri 3.98 ve 4.29, AdjRNa değerleri 2.09 ve 2.24, RSC değerleri -0.32 ve -0.14, pHc değerleri 7.10 ve 7.07, LSI değerleri 0.30 ve 0.73, PT değerleri 2.49 ve 2.55 me/L, PI değerleri %59.5 ve %60.1 ve sertlik değerleri de 27.6 ve 28.6 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Menemen ovası sulama sahasındaki yerüstü sularının kalite analiz sonuçları

Parametreler	Kaynaklar	
	Gediz-I	Gediz-II
pH	7.40	7.80
pHc	7.10	7.07
EC (dS/m)	0.81	0.85
Na (me/L)	2.87	3.11
K (me/L)	0.27	0.27
Ca (me/L)	3.21	3.31
Mg (me/L)	2.30	2.41
CO ₃ (me/L)	-	-
HCO ₃ (me/L)	5.19	5.58
Cl (me/L)	1.54	1.60
SO ₄ (me/L)	1.89	1.90
NO ₃ (me/L)	0.02	0.02
B (me/L)	0.08	0.06
%Na	33.2	34.2
SAR	1.73	1.84
LSI	0.30	0.73
AdjSAR	3.98	4.29
AdjRNa	2.09	2.24
RSC (me/L)	-0.32	-0.14
PT (me/L)	2.49	2.55
PI (%)	59.5	60.1
Sertlik (Fr°)	27.6	28.6

*Gediz-I : Gediz nehri- Menemen köprüsü
Gediz-II: Gediz nehri- Emiralem regülatörü

4.3.3 Atıksu sularının kalitesi

İzmir ili Menemen ovası kapsamındaki atıksu arıtma tesislerinden Menemen Atıksu Arıtma Tesisi (MAAT) ve Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi (ÇAAT) atıksularından ovada yapılan sulamalarda yararlanılmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinde arıtılmış atıksuların ağır metaller dışındaki analiz ve hesaplama sonuçları Çizelge 4.5'te, ağır metal konsantrasyonlarına ilişkin değerlerde Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Menemen ovası sulama sahasındaki arıtılmış atıksuların kalite analiz sonuçları

Parametreler	Kaynaklar	
	MAAT	ÇAAT
pH	7.53	7.45
pHc	6.90	6.84
EC (dS/m)	2.27	6.36
Na (me/L)	11.2	39.6
K (me/L)	0.89	1.60
Ca (me/L)	5.05	5.20
Mg (me/L)	3.29	9.42
CO ₃ (me/L)	-	-
HCO ₃ (me/L)	6.80	5.80
Cl (me/L)	9.99	39.4
SO ₄ (me/L)	7.43	10.9
NO ₃ (me/L)	1.16	0.67
B (me/L)	0.08	0.14
KOI (mg/L)	31.5	34.2
Toplam-P (mg/L)	2.06	1.62
AKM (mg/L)	13.1	16.1
%Na	54.8	70.9
SAR	5.49	14.7
LSI	0.63	0.61
AdjSAR	14.6	35.6
AdjRNa	6.97	16.3
RSC (me/L)	-1.54	-8.82
PT (me/L)	13.7	44.9
PI (%)	67.6	75.3
Sertlik (Fr°)	41.7	73.1

*MAAT : Menemen Atıksu Arıtma Tesisi

ÇAAT : Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi

Çizelge 4.6. Menemen ovası sulama sahasında arıtılmış atıksuların ağır metal konsantrasyonları (mg/L)

Ağır Metaller	Kaynaklar	
	MAAT	ÇAAT
Alüminyum	0.073	0.090
Arsenik	0.028	0.012
Berilyum	<0.01	<0.01
Kadmiyum	<0.01	<0.01
Krom	0.013	<0.01
Kobalt	<0.01	<0.01
Bakır	0.097	0.519
Florür	0.412	0.628
Demir	0.026	0.043
Kurşun	0.018	0.060
Lityum	0.061	0.076
Manganez	0.096	0.020
Molibden	<0.01	<0.01
Nikel	<0.01	0.016
Selenyum	<0.01	<0.01
Vanadyum	<0.01	<0.01
Çinko	<0.01	0.051

*MAAT : Menemen Atıksu Arıtma Tesisi
 ÇAAT : Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi

MAAT ve ÇAAT arıtılmış atıksularının pH değerleri sırasıyla 7.53 ve 7.45, EC değerleri de sırasıyla 2.27 dS/m ve 6.36 dS/m'dir (Çizelge 4.5). A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırması (Şekil 2.2) dikkate alındığında sular tuzluluk yönünden C4 sınıfında su yer almaktadır.

Na konsantrasyonları MAAT ve ÇAAT arıtılmış atıksuları için sırasıyla 11.2 ve 39.6 me/L, K konsantrasyonları 0.89 ve 1.60 me/L, Ca konsantrasyonları 5.05 ve 5.20 me/L, Mg konsantrasyonları 3.29 ve 9.42 me/L, HCO₃ konsantrasyonları 6.80 ve 5.80 me/L,

CI konsantrasyonları 9.99 ve 39.4 me/L, SO_4 konsantrasyonları 7.43 ve 10.9 me/L, NO_3 konsantrasyonları ise 1.16 ve 0.67 me/L olarak belirlenmiştir. Atıksu kaynaklarında CO_3 'a ise rastlanmamıştır.

Atıksu sulama kaynaklarının KOİ değerleri MAAT için 31.5 mg/L ve ÇAAT için 34.2 mg/L, AKM değerleri MAAT için 13.1 mg/L ve ÇAAT için 16.1 mg/L ve Toplam-P değerleri MAAT için 2.06 mg/L ve ÇAAT için 1.62 mg/L olarak belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarından hareketle hesaplanan değerler kapsamında MAAT ve ÇAAT arıtılmış atıksularında; %Na değerleri sırasıyla 54.8 ve 70.9, SAR değerleri 5.49 ve 14.7, AdjSAR değerleri 14.6 ve 35.6, AdjRNA değerleri 6.97 ve 16.3 olarak hesaplanmıştır. Atık sularında RSC değerleri negatiftir. pHc değerleri MAAT ve ÇAAT arıtılmış atıksularında sırasıyla 6.90 ve 6.84 olarak hesaplanmıştır. LSI değerleri ise atıksu kaynaklarında pozitif olarak belirlenmiştir.

PT değerleri MAAT atık sularında 13.7 ve ÇAAT atıksularında 44.9 me/L olarak PI değerleri de sırasıyla %67.6 ve 75.3 olarak hesaplanmıştır.

Arıtılmış atıksuların ağır metal konsantrasyonları düşük düzeydedir (Çizelge 4.6). Sulama suyu kalitesini değerlendirmede önemli toksik iyonlardan B miktarı ise MAAT için 0.08 me/L ve ÇAAT için 0.14 me/L olarak belirlenmiştir.

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

Toprak pH'sı toprağın kuvvetli bir tamponluk gücüne sahip olması nedeniyle, suyun neden olabileceği bir pH değişimine karşı dayanıklıdır. Ancak sulama suyu kalitesinin toprak pH'sını düşürme veya artırma durumu oluşturması ihtimali besin elementi yarıyışlılığı açısından önemlidir (Yıldız 2008). Çünkü sulama sularının pH değerinin çok düşük veya çok yüksek olması bitkide beslenme bozukluklarına neden olur ve sulama suları için pH aralığı 6.5–8.4 arasında olması istenir (Ayers and Westcot 1994).

Bitki beslenmesi açısından incelenen kaynakların pH değerleri istenen sınırların arasında olduğundan Menemen ovasındaki tüm su kaynakları bitki beslenmesi açısından sorun oluşturmamaktadır.

Yüksek pH (>8) değerleri özellikle damla sulama sistemlerinde damlatıcıların tıkanmasını ciddi oranlarda artıran önemli bir kalite parametresidir (Nakayama 1982). Çizelge 2.7'deki referans değerler dikkate alındığında ovadaki tüm su kaynakları 7–8 arasında pH değerine sahip olduğu için bu su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda orta derecede tıkanma sorunu yaşanabilecektir. Tıkanmayı gidermek için seyreltik asit uygulanması alınacak önlemlerdendir.

Tuz çözeltisinin sulama suyunda bulunması bitki büyümesini farklı biçimlerde etkiler (Bauder and Brock 2001). Tuz çözeltisi, ozmotik potansiyeli artırarak su potansiyelini negatif olarak düşürür ve toprak suyunun kullanılabilirliğini azaltır. Bitki su alımında güçlük çeker, beslenmesi zayıflar. Tuzluluk, kimi özel iyonların konsantrasyonlarını artırabilir. Bunlar ozmotik etkinin dışında, bitki metabolizması üzerine toksik etkiye sahiptir. Toprağın Toplam Tuz konsantrasyonu yüksek olduğu zaman bitki köklerindeki hücrelerin protoplazmalarından kök bölgesindeki toprak çözeltisine doğru bir akım olmaktadır. Böylece, bitki bünyesindeki suyu kaybedeceğinden bitkide büyüme durmakta ve ölüm söz konusu olmaktadır (Kaya ve Öztürk 2003). Tuzluluk artıkça suyun bitkiye yarayışlılığında çok önemli bir azalma meydana gelir (Kanber ve Ünlü 2010). Sulama suyunun EC değeri 0.7 dS/m'den az olduğunda bitkiye yararlı su açısından bir sorun olmadığı, 0.7–3.0 dS/m arasında olduğunda sorunun başladığı, >3 dS/m olduğunda ise sorunun şiddetli olduğu ifade edilmiştir (Çizelge 2.5). Buna göre yeraltı su kaynaklarından Çukurköy su kaynağında sorun olmayacağı ve atıksu kaynaklarından ÇAAT arıtılmış su kaynağında sorunun şiddetli olacağı ve diğer bütün kaynaklarda belirlenen EC değerleri 0.7–3.0 dS/m arasında olduğundan bu kaynakların kullanıldığı alanlarda topraktan su alımında bitkilerin sorun yaşamaya başlayabileceği söylenebilir. Sulama sularının niteliklerinin sınıflandırılması için geliştirilen sistemlerden dünyada ve ülkemizde yaygın kullanılan ABD Tuzluluk Laboratuvar Sistemi'nde ise (Şekil 2.2), tuz konsantrasyonu ve sodyum adsorbsiyon oranı göz önüne

alınarak su kalitesi için 16 sınıf oluşturulmuştur. Bu sınıflandırmaya göre elektriksel iletkenlik değeri 0-0.25 dS/m olan sular tuzluluk açısından 1.sınıf, 0.25-0.75 dS/m arası olan sular 2. sınıf; 0.75-2.25 dS/m arası olan sular ise 3. sınıf ve 2.25 dS/m den fazla olan sular 4. sınıfına girmektedir. Analizi yapılan yeraltı ve yerüstü su kaynakları tuzluluk açısından C2 ve C3 sınıfı, atıksularda C4 su sınıfına girmektedir. C2 ve C3 sınıf sular sulama yönünden sorun olmayan hafif bünyeli topraklarda ve tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için ve gereksinilen yıkamalarda yapılarak kullanılabilir. Fakat C4 sınıfına giren atıksu su kaynakları sulama yönünden uygun olmayıp zararlıdır. Sulama suyu tuzluluğuna karşı beklenen verim azalışları yetiştirilen bitkilere göre farklılık gösterir. EC artışına bağlı olarak bitkilerde verim azalışları olmaktadır (Çizelge 3.12). Ovada yetiştiriciliği en fazla olan bitkilerde beklenen verim azalışlarına baktığımızda; pamuk bitkisinde tüm yeraltı, yerüstü ve MAAT atıksu kaynaklarında verim azalışı yaklaşık %0 ve ÇAAT atıksu kaynağında ise yaklaşık %10, mısır bitkisinde yeraltı su kaynaklarından Kesikköy, Maltepe, Musabey, Çukurköy ve yerüstü su kaynaklarında %0, yeraltı sularından Seyrekköy, Merkez ve Depo kaynaklarında yaklaşık %10, Günerli ve MAAT atıksu kaynaklarında yaklaşık %25, ÇAAT atıksu kaynağında ise %100'e yakın bir verim azalışı görülebilir. Domates bitkisinde yeraltı su kaynaklarından Günerli kaynağı hariç ve tüm yerüstü su kaynaklarında %0 azalış, Günerli ve MAAT atıksu kaynaklarında yaklaşık %10 ve ÇAAT atıksu kaynağında %100'e yakın verim azalışı söz konusudur. Soğan bitkisinde tüm yerüstü su kaynakları ve yeraltı su kaynaklarından Kesikköy, Musabey ve Çukurköy kaynaklarında yaklaşık %0, Maltepe su kaynağında %10, Seyrekköy, Merkez ve Depo su kaynaklarında %25, Günerli yeraltı ve MAAT atıksu kaynaklarında %50 ve ÇAAT atıksu kaynağında %100 verim azalışı olabilecektir. Narenciye ve bağda %0 verim azalışı Kesikköy, Maltepe, Musabey ve Çukurköy yeraltı su kaynakları ile yerüstü su kaynaklarında, %10 azalış Seyrekköy, Merkez ve Depo su kaynaklarında, %25 azalış Günerli ve MAAT atıksu kaynaklarında ve %100 verim azalışı ise ÇAAT atıksu kaynağında görülebilir. Çilek bitkisinde %0 azalış Çukurköy ve Musabey yeraltı su kaynaklarında, %10 azalış yeraltı sularından Kesikköy ve tüm yerüstü su kaynaklarında, %25 azalış Maltepe yeraltı su kaynağında, %50 azalış Seyrekköy, Merkez ve Depo yeraltı su kaynaklarında, %100 azalışta yeraltı sularından Günerli ve tüm atıksu kaynaklarında olabilir. Yonca bitkisinde de yeraltı sularından Kesikköy,

Merkez, Maltepe, Musabey ve Çukurköy ile tüm yerüstü su kaynaklarında %0 verim azalışı, Günerli, Seyrekköy ve Depo yeraltı su kaynakları ile MAAT atıksu kaynağında %10 azalış ve ÇAAT atıksu kaynağında ise %50 dolayında verim azalışı görülebilir. Meyvelerde Günerli, Seyrekköy, Merkez ve Depo yeraltı suları ile MAAT arıtılmış atıksuyunun kullanıldığı alanlarda verimde %10-25 gibi azalışlar, ÇAAT arıtılmış atıksuyunun kullanıldığı alanlarda ise %100 azalışlar olabilir. Buna göre sorun oluşturabilecek bu gibi alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin tercih edilmesinin yanı sıra arazinin yıkanması alınacak önlemler arasında sayılabilir (Kızıloğlu vd 2007). Çizelge 2.6'daki kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı dayanımlarına baktığımızda da tüm yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında EC değeri 0-2000 $\mu\text{mhos/cm}$ olduğundan tuzluluk zararı çok az veya hiç yok denilebilir. Arıtılmış atıksu kaynaklarından MAAT atıksuyu tuzluluğa karşı çok duyarlı olan bitkilerde ve ÇAAT atıksuyu ise tuzluluğa orta derece dayanıklı birçok bitki türlerinde verimi sınırlandırılabilceği görülebilmektedir.

Toplam Tuz miktarlarının kapalı sulama sistemlerinde özellikle damla sulama sistemlerinde damlatıcılarda da tıkanma sorunu yaratabileceği ifade edilmiştir (Nakayama 1982). Çizelge 2.7'deki referans değerlere göre Menemen ovasındaki Çukurköy ve Musabey yeraltı suları hariç diğer tüm yeraltı, yerüstü sularının ve MAAT atıksuyunun damla sulamada kullanılması durumunda hafif-orta düzeyde tıkanmalar söz konusu olabilecektir. Ancak ÇAAT atık suyunun kullanılması durumunda şiddetli sorun yaşanması söz konusu olacaktır.

Sodyumun toprak tarafından adsorbe edilmesi sonucunda toprağın agregat yapısında bozulmalar söz konusu olur, mevcut agregatlar dağılarak tıkselleşir. Toprak yüzeyinde bozulma kaymak tabakası oluştururken, toprak içinde bozulma gözeneklerin kil ve silt taneleri ile dolarak tıkanmasına, geçirgenliğin azalmasına yol açar. Toprak geçirgenliğinin, fazla sodyum yüzünden azaldığı görülmüştür (Kaya ve Öztürk 2003). Basit anlamda temel ölçüt olan %Na dikkate alındığında Menemen ovasındaki yeraltı sularından Seyrekköy ve atıksulardan ÇAAT atıksuyu hariç diğer tüm sularının hafif-orta sorun yaratma potansiyeli vardır. Seyrekköy ve ÇAAT su kaynaklarında ise şiddetli sorun yaratma potansiyeli bulunmaktadır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin Çizelge

2.11'deki referans değerlerine göre %Na <20 olduğunda çok iyi, 20-40 arasında iyi, 40-60 arasında kullanılabilir, 60-80 arasında ihtiyatla kullanılabilir, >80 ise zararlı uygun olmayan sular sınıfına girmektedir. Bu duruma göre değerlendirme yapıldığında ovadaki sulardan Seyrekköy yeraltı suyu ve ÇAAT atıksuyu IV. Sınıf su kalitesinde, Günerli, Kesikköy yeraltı suları ile MAAT atıksuyu III. Sınıf su, diğer tüm sular II. Sınıf su kalitesindedir. Sodyumun etkisini değerlendirmede daha yaygın kullanılan diğer ölçütler olan SAR, AdjSAR ve AdjRNa verileri dikkate alındığında da yeraltı su kaynaklarından sadece Seyrekköy ve atıksu kaynaklarının >10 değerinden dolayı hafif-orta sorun yaratma potansiyeli söz konusu olacaktır. Suların EC ve SAR değerleri dikkate alınarak ABD Tuzluluk laboratuvarı sulama suyu sınıflandırma diyagramına (Şekil 2.2) göre yapılan değerlendirmede de ÇAAT atıksuyu C4S2, MAAT atıksuyu C4S1, Çukurköy yeraltı suyu C1S1 su sınıfında olup diğer tüm sular C3S1 sınıfına girmektedir.

Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu, toprağın fiziksel özelliklerine olumlu yönde etki ederek geçirgenliği artırır. Ayers and Westcot (1989) sulama suyu rehberine göre (Çizelge 2.5) ovadaki suların infiltrasyon üzerine etkileri analiz edildiğinde; yeraltı sularından Çukurköy kaynağının sorun oluşturabileceği diğer yeraltı su kaynakları, yerüstü ve atıksu su kaynaklarının da sorun oluşturmayaacağı söylenebilir.

Fazla Na'un toprak yapısını olumsuz etkilemesi yanında bitkiye toksik etkisi de önemlidir. Na zehirlenme belirtileri, ilk önce yaşlı yapraklarda ve yaprakların kenarlara doğru yanması, ölü dokuların yayılması şeklinde kendini göstermektedir. Sodyum zehirlenmesine karşı duyarlı bitkiler yaprağını döken meyveler, sert çekirdekli, narenciye, avokado ve fasulye sayılmaktadır. Sodyum noksanlığı ise bitkilerin potasyum alım ve kullanımlarını etkiler (Kanber ve Ünlü 2010). Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.12'ye göre Na iyon toksisitesine yönelik yapılan değerlendirmede yüzey sulamada Günerli ve Seyrekköy yeraltı suları ve MAAT atıksuyu az-orta düzeyde, ÇAAT atıksuyu tehlikeli düzeyde, damla sulamada da yeraltı sularından Musabey ve Çukurköy, yerüstü sularından Gediz-I suları hariç diğer tüm suların zarar

oluşturabileceği, bu zararın atıksuların kullanıldığı koşullarda tehlikeli düzeyde olduğu görülmektedir.

Yağmurlama sulamada ise suların Na konsantrasyonları dikkate alındığında Çizelge 2.5'deki referans değerlere göre yerüstü tüm su kaynakları ve yeraltı su kaynaklarından Kesikköy, Merkez, Maltepe, Musabey, Çukurköy ve Depo su kaynaklarıyla yapılan sulamada toksik etkiler söz konusu olmayıp, yeraltı su kaynaklarından Günerli ve Seyrekköy su kaynakları ile atıksu su kaynaklarının her ikisi ile yapılan sulamada toksik etkiye yönelik sorunun başlayacağı görülmektedir.

Bitki gelişimi açısından asıl elementlerden olan 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). Yapılan çalışma sonucunda Ca konsantrasyonları yeraltı sularında 1.92-5.98 me/L arasında, yerüstü su kaynaklarında 3.21-3.31 me/L ve atıksu su kaynaklarında 5.05-5.20 me/L, Mg konsantrasyonları ise yeraltı su kaynaklarında 1.04-5.02 me/L arasında, yerüstü su kaynaklarında 2.30-2.41 me/L ve atıksu su kaynaklarında 3.29-9.42 me/L olarak belirlenmiştir. Bu değerlere göre Ca ve Mg katyonlarının sulama sularında izin verilebilir değerler arasında yer aldığı görülmektedir. Ancak Mg açısından yeraltı su kaynaklarından Depo ve atıksu su kaynaklarından ÇAAT atık suyunda uygun düzeyin üzerindedir. Dolayısıyla bu sular ile sulanan topraklarda Mg'un fazlalığı çözünabilir demir içeriğini azaltabileceğinden bitkilerde demir noksanlığı görülebilir.

Suların Ca ve Mg konsantrasyonları sulama sistemlerinin tıkanmasında da önemlidir. Sulama sularında Ca ve Mg konsantrasyonu 50 ppm'in üzerine çıktığında, pH da özellikle 8'den büyük olduğunda ciddi tıkanma problemleri görülebilmektedir (Kuşlu vd 2005). Bütün su kaynaklarında pH'nın 8'in altında olması tıkanma etkisini azaltmaktadır. Ancak özellikle atık sularda artan Ca ve Mg konsantrasyonları risk potansiyelini artırmaktadır.

Potasyum, sularda çok az düzeylerde bulunur. Bitki gelişimi açısından gerekli olan potasyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri 0-0.05 me/L'dir (Ayers and Westcot 1989). Çalışmada potasyum katyonu konsantrasyonları yeraltı su kaynaklarında 0.19-0.46 me/L arasında, yerüstü su kaynaklarında 0.27 me/L ve atıksu su kaynaklarında 0.89-1.60 me/L olarak belirlenmiştir. Atıksu kaynaklarında potasyum konsantrasyonlarının maksimum değerin üzerinde olması evsel atıklardan kaynaklanan bir durumdur.

Bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından çıkarılan CO_3 suda eridiği zaman HCO_3 konsantrasyonu artar. HCO_3 'ün artması, suyun pH değerini artırarak alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak; Ca çöker ve sistemde Na hakim duruma geçer (Kanber ve Ünlü 2010). Yani yüksek konsantrasyondaki HCO_3 , Ca ve Mg'u bağladığından Na zararını artırmaktadır (Kızıloğlu vd 2007). CO_3 ve HCO_3 ile aynı konsantrasyonda Ca ve Mg içeren sulardaki bikarbonat iyonlarının alkalilik yönünden bir sorun yaratmadığı genellikle kabul edilmektedir. Dolayısıyla Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC) değerlerinin pozitif olması suda artık karbonat olduğunu gösterir. Sularda artık karbonatın fazlalığı, toprakların fiziksel özelliklerini bozmakta, siyah alkali toprakların oluşmasına neden olmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Bu nedenle RSC değeri <1.25 me/L olan sular sulamada güvenle kullanılabilir (1. Sınıf su) fakat; 1.25–2.5 me/L arası suları dikkatli kullanmak (2. Sınıf su) ve >2.5 me/L olan suları da kullanmamak gerekir (Çizelge 2.8). Menemen ovasında incelenen su kaynaklarından sadece yeraltı su kaynaklarından Seyreköy su kaynağının RSC değeri 1.25-2.5 me/L arasında olduğundan dikkatli kullanılması gerekmektedir. Diğer su kaynaklarının RSC değerleri de <1.25 me/L olduğundan sulamada güvenle kullanılabilirler.

Çizelge 2.5'deki referans değerlere göre HCO_3 konsantrasyonunun 1.5–8.5 me/L arasında olması üsten yağmurlama yapılması durumunda bitkilerde sararma sorunu oluşturabileceği, >8.5 me/L olması şiddetli sorun yaşanacağı şeklinde ifade edilmiştir (Ayers and Westcot 1989). Bu durumda Menemen ovası kapsamındaki tüm su kaynaklarıyla sulanan alanlardaki bitkilerde ciddi derecede toksik etki söz konusudur. Sularda HCO_3 konsantrasyonu 2 me/L'den ve pH değeri de 7.5'ten büyük olduğunda

sulama sistemlerinde CaCO_3 birikmesi söz konusudur (Rogers *et al.* 2003). Bu durumda özellikle kapalı sistemli sulama yöntemlerinin kullanıldığı sulama sistemlerinde şiddetli tıkanma sorunları yaşanacaktır.

Klor iyonu bitkilerde karbonhidrat iletimini ve stomaların açılıp kapanmasını denetleyen ancak artan dozlarda bitkilere de toksik etkisi olabilen bir iyondur. Bitkilerde Cl zararı ilk önce yaprak uçlarında görülür, yaprak ucu kurur. Zehirlenme arttıkça kurumalar yaprak ucundan kenarlara doğru ilerler. Ölü doku miktarının aşırı biçimde artması, yaprağın dökülmesine veya bitkinin tüm yapraklarının dökülmesine neden olur (Kanber ve Ünlü 2010). Yüzey sulamada kullanılması durumunda Cl'un konsantrasyonu 4 me/L'den düşük ise kabul edilebilir, 4-10 me/L arasında ise koşullara göre (toprak ve bitki) denetimli olarak kullanılabilir ve 10 me/L'den fazla ise şiddetli sorun oluşturabilir su olarak kabul edilmektedir (Ayers and Westcot 1989). Yeraltı su kaynaklarından Günerli 10 me/L'den fazla Cl içerdiği için uygun değildir, Seyrekköy su kaynağı da 4-10 me/L arasında Cl içerdiği için koşullara göre denetimli olarak kullanılması öngörülebilecek, diğer yeraltı su kaynakları da sorun oluşturmayacak sulardır. Yerüstü su kaynakları da 4 me/L'nin altında Cl konsantrasyonlarına sahip olduğu için kullanılmasında sakınca yoktur. Atıksu su kaynaklarından MAAT atıksuyunun denetimli kullanılması gereken, fakat ÇAAT atıksuyu ise Cl açısından bitkiler için ciddi toksik etki yapabilecek sulardır. Yağmurlama sulamada ise Cl konsantrasyonunun 3 me/L'yi aşması durumunda toksisite açısından sorunlar yaşanacağı ifade edilmektedir (Çizelge 2.5). Bu durumda yeraltı su kaynaklarından Günerli, Seyrekköy, Kesikköy ve Depo suları yağmurlama sulamada Cl açısından sorun oluşturabilecektir. Yerüstü su kaynaklarında yağmurlama sulamada Cl açısından sorun yaşanması beklenmezken, atıksu su kaynaklarında şiddetli sorun yaşanması söz konusudur.

Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları da bitkilerde toksik etki gösterebilir. Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.11'deki rehber değerler dikkate alındığında sülfat konsantrasyonu açısından Menemen ovasındaki tüm yeraltı ve yerüstü suları çok iyi su ve atıksu su kaynakları ise 3. kalite su sınıfına girmektedir.

Nitrat azotun en ileri derecede oksitlenmiş halidir. Sağlık açısından nitrat iyonu 5 mg/L (0.08 me/L)'den düşük ise kabul edilebilir, 5-30 mg/L (0.08-0.48 me/L) şüpheli, 30 mg/L (0.48 me/L)'den fazla ise uygun olmayan şekilde kabul edilmektedir (Çizelge 2.5). Çalışmadaki yeraltı su kaynaklarından Günerli, Seyrekköy, Kesikköy ve Merkez sularının nitrat iyonları 5 mg/L (0.08 me/L)'den düşük olmalarından dolayı kabul edilebilir sınıfa girerler ve sulamada kullanılmalarında sakınca bulunmamaktadır. Ancak Maltepe, Musabey ve Depo yeraltı suyu kaynakları 5-30 mg/L (0.08-0.48 me/L) arasında NO₃ içerdiklerinden dolayı şüpheli ve yeraltı sularından Çukurköy kaynağı > 30 mg/L (>0.48 me/L) NO₃ içerdiğinden kullanımı uygun değildir. Yerüstü su kaynaklarının nitrat iyonu konsantrasyonu 0.02 me/L olduğundan kabul edilebilir, atıksu su kaynakları ise 0.67-1.16 me/L NO₃ konsantrasyonundan dolayı uygun olmayan su sınıfına girmektedirler. Çizelge 2.11'deki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği değerleri dikkate alındığında da yeraltı suyu kaynaklarından Çukurköy 4. Sınıf, Maltepe ve Depo 3. Sınıf, Musabey 2. Sınıf ve diğer yeraltı su kaynakları ile yerüstü su kaynakları ise 1. Sınıf su kalitesinde ve atıksu su kaynaklarından MAAT atıksu kaynağı 5. Sınıf, ÇAAT atıksu kaynağıda 4. Sınıf su kalitesindedir. Genellikle atıksularda azot proteinli maddeler ve üreye bağlı olarak bulunur.

Bor genel olarak karbonhidrat metabolizması ve taşınması üzerinde rol oynar. Kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumunda fizyolojik rolleri vardır (Uygan ve Çetin 2004). Dolayısıyla bor bitki gelişimi için temel bir elementtir, ancak sudaki miktarı yüksek ise (>0.70 mg/L) bitkiye toksik etki yapmaya başlar, 3 mg/L'den fazlası şiddetli sorun oluşturan su olarak kabul edilir (Çizelge 2.5). Sert çekirdekli meyveler, yumuşak çekirdekli lere göre bordan kolayca zarar görürler (Kanber ve Ünlü 2010). Yapraklarda sararma, yanma ve yarılmalara, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile verimde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir (Anonymous 1991). Bu çalışma kapsamında bor konsantrasyonları incelenen yeraltı su kaynaklarında 0.22-1.87 ppm arasında, yerüstü su kaynaklarında 0.22 ve 0.29 ppm ve atıksu su kaynaklarında ise 0.29 ve 0.49 ppm olarak belirlenmiştir. Yeraltı sularından Günerli, Kesikköy, Maltepe ve Musabey kaynaklarının kullanımında bor zararlarının görülebileceği, diğer yeraltı su kaynakları, yerüstü su kaynakları ve atıksu su kaynaklarının ise kabul edilebilir düzeyde

bor içerdiği görülmektedir. Maas (1987) tarafından verilen Çizelge 2.9'daki değerler dikkate alındığında yeraltı sularından Günerli, Kesikköy, Maltepe ve Musabey su kaynaklarında bulunan bor miktarları 0.75 mg/L'den daha fazla olduğundan meyvelerde bor zararı olabilecektir. Çizelge 2.11'deki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği standartları esas alındığında da yeraltı su kaynaklarından Günerli, Maltepe ve Musabey su kaynakları 3. Sınıf, Kesikköy ve Depo su kaynakları 2. Sınıf ve diğer yeraltı su kaynakları, yerüstü su kaynakları ve atıksu su kaynakları 1. Sınıf su kalitesindedir. Çizelge 2.12'deki Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği standartlarına göre de yeraltı sularından Günerli, Kesikköy, Maltepe ve Musabey suları hariç diğer tüm yeraltı, yerüstü ve atıksu kaynaklarının suları 1. Sınıf su kalitesindedir.

Kapalı sistemlerde CaCO_3 birikimini belirlemek için kullanılması önerilen LSI parametresinin pozitif değerleri tıkanma riskine işaret etmektedir (Anonymous 1995; Şahin vd 1998). Bu durumda incelenen tüm su kaynaklarının pozitif LSI değerine sahip olması bu suların kullanıldığı kapalı sistemli sulama sistemlerinde CaCO_3 tıkanmalarının oluşumu riskini artırmaktadır.

Sulama sistemlerinde kimyasal tıkanmaya neden olan CaCO_3 sertliği dikkate alınır (Pitts *et al.* 1990). Sularda HCO_3 konsantrasyonu >2 me/L olduğunda ve $\text{pH} > 7.5$ olduğunda sulama sistemlerinde CaCO_3 birikmesi söz konusudur (Rogers *et al.* 2003). Bu durumda özellikle kapalı sistemli sulama yöntemleri açısından yeraltı su kaynaklarından Merkez hariç bütün su kaynakları, yerüstü su kaynaklarından Gediz-II su kaynağı ve atıksu su kaynaklarından Menemen atıksu arıtma tesisi su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda tıkanma sorunları yaşanabileceğinden dikkatle takip edilmesi gerekir. Diğer su kaynaklarında ise sorun yaşanma ihtimali mümkündür.

Sularda Ca ve Mg konsantrasyonunun artışı sertliği artırmaktadır. Sert su yumuşak toprak oluşturduğundan sulamada tercih edilir. Menemen ovasında incelenen su kaynaklarından sadece Çukurköy su kaynağı sertlik yönünden hafif su sınıfına girmektedir. Dolayısıyla bu su kaynağının uygulandığı topraklarda sıkışma sorunları yaşanabilecektir.

Eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve SO_4 iyonlarının konsantrasyonlarından ileri gelen PT incelendiğinde Menemen ovasındaki yeraltı su kaynaklarıyla sulanan kumlu topraklar için 1., 2. Sınıf, tınlı ve killi topraklar için 1., 2. ve 3. Sınıf; yerüstü su kaynaklarıyla sulanan kumlu, tınlı ve killi topraklar için 1. Sınıf, atıksu su kaynaklarıyla sulanan kumlu topraklar için MAAT atıksuyu 2. Sınıf, ÇAAT atıksuyu 3. Sınıf, tınlı ve killi topraklar için her iki su kaynağı da 3. Sınıf sudur. 1. Sınıf sular toprakta hiçbir önemli fiziksel değişikliğe neden olmazken, 2. Sınıf suların kullanıldığı topraklarda hafif–orta düzeylerde tuzluluk sorunları oluşacaktır.

Sulama sularının Na , HCO_3 ve katyon konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan PI parametresine göre 1. Sınıf sular topraklar üzerinde hiçbir önemli fiziksel değişmeye neden olmazken, 2. ve 3. Sınıf sular toprağın geçirgenliğinde sorun yaratabilmektedir. Şekil 3.9, 3.10 ve 3.11 dikkate alınarak bir değerlendirme yapıldığında geçirgenliği düşük topraklar için yeraltı su kaynaklarından Günerli, Merkez, Maltepe ve Depo ile atıksulardan MAAT 1. Sınıfa, yeraltı su kaynaklarından Kesikköy, Musabey ve Çukurköy, yerüstü su kaynakları ile atıksulardan ÇAAT atıksuyu 2. Sınıfa, geçirgenliği orta topraklar için yeraltı su kaynaklarından sadece Seyreköy ve Çukurköy su kaynakları 2. Sınıf olup diğer yeraltı, yerüstü ve atıksu kaynakları 1. Sınıfa, geçirgenliği yüksek topraklar için yeraltı su kaynaklarından sadece Çukurköy su kaynağı 2. Sınıf olup diğer yeraltı, yerüstü ve atıksu kaynakları 1. Sınıfa girmekte ve sorun yaratmamaktadır.

Demirin su içerisindeki konsantrasyonu düşük olup nadiren birkaç ppm'i geçer. Bu çalışma kapsamında incelenen yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında demire bakılmamış olup, atıksu su kaynaklarında ise 0.026 ve 0.043 mg/L konsantrasyonunda demire rastlanmıştır. Fe biyolojik aktiviteye bağlı olarak özellikle basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmalara yol açmaktadır (Kuşlu vd 2005). Fe miktarı $>0,1$ ppm olduğunda damlatıcılarda tıkanma kaçınılmazdır (Çizelge 2.7). Bu durumda atıksu kaynaklarındaki demirin düşük konsantrasyonu tıkanma etkisi yaratmayacaktır.

Aynı şekilde manganez konsantrasyonunda atıksularda Çizelge 2.7'deki referans değere göre 0.1 mg/L'nin altında olduğundan manganeze bağlı tıkanma problemi de söz konusu olmayacaktır. Kimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacı KOİ ile tanımlanır. Organik kirlilik açısından KOİ'nin 50 ppm değerinin üzerinde olması istenmez (Karataş 1999). KOİ değerleri yüksek olan sular, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratabilirler (Munsuz ve Ünver 1995). Menemen ovasında analiz edilen atıksuların KOİ değerleri bu değerin altında olduğundan sulama suyu açısından sorun oluşturmayacaktır. Ancak yüksek KOİ değerli sular sulamada kullanıldığında, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratarak, sorun oluşturabilirler. Bitki gelişimi için gerekli oksijeni azaltmasının yanı sıra, demir ve mangan gibi elementleri iki değerlikli formlara indirgeyerek, zehirli koşullar meydana getirebilirler. Biyolojik denge ile diğer kimyasal dengeler de bu koşullardan olumsuz olarak etkilenir. Yağmurlama sulama ve iyi drenaj koşulları bu sorunu azaltmaktadır (Munsuz ve Ünver 1995).

Atıksulardaki Toplam-N ve Toplam-P miktarı besin gübre değerini ortaya koymaktadır. Bu değerlerin fazla olması istenen bir durumdur, ancak Toplam-N ve Toplam-P gereğinden fazla olmaları durumunda, yüzey sularında ötrofikasyona ve içme için kullanılan yeraltı ve yerüstü sularında P ve özellikle NO_3 formundaki N kirlenmesine neden olabilirler (Tanji 1997). NO_3 formundaki N açısından değerlendirme Ayers and Westcot (1989)'a göre yapılabilmektedir (Çizelge 2.5). Birçok toprak 5-10 mg/L dolaylarında normal P (çoğunlukla PO_4 olarak) konsantrasyonlarına sahip olan kanalizasyon atık suyu ile başarılı bir şekilde sulanmaktadır (Bouwer and Idelovitch 1987). Topraklar genellikle P için yüksek bir adsorblayıcı kapasiteye sahiptir. Kumlu topraklarda aşırı P uygulamaları, fosforun yıkanmasına ve yeraltı suyunun P ile kirlenmesine neden olabilir. Çok küçük miktardaki fosfatın sulama suyu ile toprağa verilmesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine önemli bir etkide bulunmaz, ancak bitkinin beslenmesinde önemli bir element olduğundan suda bulunması önemlidir. Sulama suyunda fosfor konsantrasyonunun 0-2 mg/L arasında olması uygundur (Ayers and Westcot 1985). Atık sudaki fosfor konsantrasyonları 1-5 mg/L ise atıksu ile sağlanan P miktarı, çoğu bitki ve toprak için normal su uygulamasında gübre olarak

ilave edilen ile aynı olur (Bouwer and Idelovitch 1987). Çalışma sahasında incelenen ÇAAT atıksuyunun fosfor konsantrasyonu 1.62 mg/L ve MAAT atıksuyunun 2.06 mg/L'dir. Dolayısıyla ÇAAT ve MAAT atıksularının P konsantrasyonları uygun düzeydedir.

Suyun içerisinde bulunan askıda katı madde (AKM), toprağı verimli hale getirdiğı gibi, çatlak ve yarıkların kapanmasında da yararlı olabilmektedir. Ancak sedimentin özellikle toprak yüzeyinde birikmesi sonucu hava ve suyu geçirmeyen bir tabaka oluşurak, bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Ayrıca yağmurlama sulamada başlıkların ve damla sulamada da damlatıcıların tıkanması açısından sudaki sediment konsantrasyonu önemlidir. AKM'nin belirlendiğı Menemen ovasındaki atıksu kaynaklarında konsantrasyonlar 13.1 ve 16.1 mg/L olmasından dolayı Çizelge 2.7'deki referans değerlere göre damlatıcı tıkanması açısından sorun oluşturmayacak su olarak kabul edilebilir. Çizelge 2.11'deki referans değerlere göre 1. Sınıf sudur.

Ağır metaller yönünden inceleme yapılan atıksu su kaynaklarından alınan örneklerde alüminyum, arsenik, berilyum, kadmiyum, krom, kobalt, bakır, florür, demir, kurşun, lityum, manganez, molibden, nikel, selenyum, vanadyum ve çinko parametrelerinin konsantrasyon değerleri, Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğine göre; gerek “her türlü zeminde sürekli sulama yapılması” ve gerekse “pH değeri 6.0-8.5 arasında olan killi zeminlerde 20 yıldan az sulama yapılması” koşullarındaki sınır değerlerden (Çizelge 2.13) daha düşük olduğundan, genel anlamda bu sular herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Sadece Çiğli atıksuyunda bakır konsantrasyonları her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda izin verilen sınır değerlerin üzerindedir.

Ağır metal konsantrasyonlarının düşük olması ve dolayısıyla Su Kirliliğı Kontrol Yönetmeliğine göre sulama açısından bir sorun oluşturmamasına rağmen bu parametrelere karşı yine de dikkatli olunmalıdır. Çünkü bu parametrelerin konsantrasyonlarının düşük olması farklı nedenlerden kaynaklanmış olabilir (Karataş 1999). Bu nedenler;

Farklı sanayilerin atıksularında bulunan ağır metaller birbirleri ile aynı olmadığından, sanayi atıksuları birbirini seyreltici bir etki oluşturmaktadır.

Sanayiler proses atıksuyunun dışında evsel atıksu da deşarj etmektedir. Ayrıca, derelere kentsel atıksu deşarjları da, ağır metal konsantrasyonunu düşürücü etki yapmaktadır.

Derelerden alınan örnekler sıvı fazdan alınmaktadır. Ağır metallerin önemli kısmının dip çamuruna geçmesi, dere suyundaki ağır metal konsantrasyonunu düşürücü diğer bir etmendir.

Derelere yağmur suyu karıştığından, örnek alındığı zaman (yağmur sonrası ya da kurak dönem sonrası olması) da ağır metal ve diğer kirlilik konsantrasyonlarını etkileyici bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mevcut analizlerde görülmeyen ancak bölgedeki ilgili birimlerle yapılan görüşmelerden edinilen bilgiler yukarıdaki yaklaşımları teyit etmiştir. Gediz nehrinin Menemen ovasındaki su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda bazı ağır metallerin hafif–orta şiddetli düzeylerde toksik etkilerinin de söz konusu olduğu ifade edilmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı Menemen Ovasında yetiştirilen bitkilerin net sulama suyu gereksinimlerinin belirlenmesi, sulama suyu olarak kullanılan yeraltı ve yerüstü suları ile sulama suyu olarak yararlanılması mümkün atıksuların kullanılabilirliğinin toprak, bitki ve sulama sistemleri açısından değerlendirilmesi ve ortaya çıkabilecek sorunların belirlenip çözüm önerilerinin ortaya konulmasıdır.

Bitki su tüketimini belirlemede SCS Blaney-Criddle (BC) yöntemi daha az meteorolojik veriyle ve kolay işlemlerle hesaplamaya olanak sağladığı için ülkemizde geniş kullanım alanı bulmuştur. Ancak, daha fazla meteorolojik veri ile kısa periyotlarda daha gerçekçi sonuçlar veren FAO Penman-Monteith (PM) yönteminin de ülkemizde kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Bu iki yöntemle normal, serin ve sıcak yıllar için su tüketimi hesapları ayrı ayrı yapılmıştır. Ova geneli için FAO Penman-Monteith (FAO) yöntemi ile hesaplanan su tüketimleri SCS Blaney-Criddle (BC) yöntemiyle hesaplanan değerlerden normal yıl iklim verilerine göre %6.18 daha fazla olmuştur. Normal yıl su tüketim sonuçlarıyla kıyaslandığında serin yılda su tüketimi PM yönteminde %12.40 ve BC yönteminde %7.79 daha düşük, sıcak yılda ise PM yönteminde %9.88 ve BC yönteminde ise %7.20 daha yüksek belirlenmiştir.

Normal yıl su tüketimi değerleri dikkate alındığında, en fazla mevsimlik su tüketimi turunçgiller grubunda (PM için 813.51 mm ve BC için 788.46 mm) en az su tüketimi diğer sebzeler grubunda (PM için 262.24 mm ve BC için 248.97 mm) belirlenmiştir.

Ovada en fazla üretimi yapılan bitkiler dikkate alındığında 10885.8 ha (%54.5) ekim alanına sahip pamuk bitkisinin su tüketimi normal yıl verilerine göre PM yönteminde 714.01 mm, BC yönteminde 679.43 mm, 3835.6 ha (%18.5) ekim alanına sahip mısır

bitkisinin de su tüketimi normal yıl verilerine göre PM yönteminde 633.88 mm, BC yönteminde 607.49 mm olarak belirlenmiştir.

Ovadaki bitkilerin su tüketimlerinden etkili yağışlar çıkarılarak, normal, serin-yağışlı ve sıcak-kurak yıllar için belirlenen net sulama suyu gereksinimleri ovadaki tüm bitkiler bazında normal yıl için PM yaklaşımında 349.89 mm, BC yaklaşımında 322.49 mm, serin-yağışlı yılda PM yaklaşımında 255.91 mm, BC yaklaşımında 252.64 mm ve sıcak-kurak yılda PM yaklaşımında 464.40 mm ve BC yaklaşımında 422.36 mm olarak belirlenmiştir.

Ovada en fazla üretimi yapılan pamuk bitkisinin sulama suyu gereksinimleri PM yaklaşımı ile normal, serin-yağışlı ve sıcak-kurak yıllar için sırasıyla 649.27 mm, 514.64 mm ve 763.62 mm, BC yaklaşımında da 614.69 mm, 522.24 mm ve 703.99 mm, mısır bitkisi için ise PM yaklaşımında 560.37 mm, 444.52 mm ve 663.22 mm ve BC yaklaşımında 533.98 mm, 454.63 mm ve 618.79 mm olarak belirlenmiştir.

Normal yıl verilerine göre aylık bazda net su gereksinimi en yoğun sulama yapılan ay dikkate alındığında; meyvesi için yetiştirilen sebzeler grubunda Mayıs ayında PM yaklaşımında 87.33 mm ve BC yaklaşımında 81.93 mm, diğer sebzeler için Eylül ayında PM yaklaşımında 81.25 mm ve BC yaklaşımında 76.39 mm, kök ve yumru sebzeler için Nisan ayında PM yaklaşımında 31.63 mm ve BC yaklaşımında 24.83 mm, meyveler için Nisan ayında PM yaklaşımında 50.78 mm ve BC yaklaşımında 42.72 mm, turunçgiller için Temmuz ayında PM yaklaşımında 172.45 mm ve BC yaklaşımında 166.73 mm, bağ için Temmuz ayında PM yaklaşımında 160.02 mm ve BC yaklaşımında 150.37 mm, zeytin ve sert kabuklular için Haziran ayında PM yaklaşımında 168.29 mm ve BC yaklaşımında 152.64 mm, tahıllar ve saman-ot için Mayıs ayında PM yaklaşımında 88.13 mm ve BC yaklaşımında 82.28 mm, pamuk için Temmuz ayında PM yaklaşımında 189.85 mm ve BC yaklaşımında 185.43 mm, yağlı tohumlular için Haziran ayında PM yaklaşımında 115.28 mm ve BC yaklaşımında 108.41 mm ve diğer tarla bitkileri için Temmuz ayında PM yaklaşımında 122.72 mm ve BC yaklaşımında 121.15 mm olarak belirlenmiştir.

Menemen ovasında sulamalarda genel olarak Gediz nehri, lokal olarak yeraltı suları kullanılmakta, atık sulardan da kısmen yararlanılmaktadır. Bu nedenle kaynak farklılığından da kaynaklanan nitelik farklılıkları söz konusudur.

pH yönünden ovadaki tüm su kaynakları 7-8 arasında değişen pH değerine sahip olduğundan bitki beslenmesi açısından sorun oluşturmaz. Ancak damla sulama sistemlerinde tıkanma sorununa kısmen katkı sağlama potansiyeli vardır. Sülfürik, N-Phuric, hidroklorik ve fosforik asit gibi kuvvetli asitler suyun pH'sını düşürerek damlatıcılardaki kireç birikimini önlemeye yardımcı olmaktadır (Yuan *et al.* 1998). Ancak düşük pH'lı topraklarda suyun pH'sının düşürülmesi bitkisel üretimde sıkıntılar oluşturabilmektedir (Anonymous 2001). Dolayısıyla kuvvetli asitlere alternatif olarak kireç gideriminde organik asitlerin kullanılması bu koşullarda daha uygun olacaktır. Ancak organik asit uygulamalarında da toprakların infiltrasyon hızında önemli derecede azalmalar söz konusu olabilmektedir (Yuan *et al.* 1998). Bu durumda kireç tıkanmalarını kapalı sistemlerde gidermenin bir başka yolu olarak kireç çözücü bakteri uygulaması dikkate alınabilir (Eroğlu vd 2009).

Tuzluluk (EC) açısından yeraltı su kaynaklarından Çukurköy su kaynağında sorun olmayacağı ve atıksu kaynaklarından da ÇAAT arıtılmış su kaynağında sorunun şiddetli olacağı ve öteki su kaynaklarında bitkiler açısından sorun yaşanma ihtimalinin olduğu belirlenmiştir. Sorun yaratabilecek su kaynaklarıyla sulama yapılan alanlarda kök bölgesindeki nemin üst düzeylerde tutulması, özellikle drenaj önlemlerinin alınması ve yağışların yetersiz olduğu yörede gerektiğinde toprakların yıkanması uygun olacaktır (Kızıloğlu vd 2007).

Sulama suyu tuzluluğu açısından IV. Sınıftaki arıtılmış atıksuların ana kaynaklarında yüksek tuzluluğa neden olan sanayilerin atıksuları ayrılabilirse, tuzluluk açısından sorunun azaltılması sağlanabilir.

Na yönünden yeraltı sularından Musabey ve Çukurköy, yerüstü sularından Gediz-I su kaynakları hariç ovadaki tüm yeraltı, yerüstü ve atıksu kaynaklarının suları yağmurlama

ve damla sulamada iyon toksisitesi açısından tehlikeli sulardır. Özellikle Seyrekköy yeraltı suyu ile arıtılmış atık sular şiddetli toksisite sorunu oluşturacaktır. Aynı zamanda bu suların %Na ve SAR değerlerinin de yüksek olması toprak yapısı üzerinde de olumsuz etkiler oluşturacaktır. Na toksisitesi SAR açısından değerlendirildiğinde de yerüstü su kaynaklarının ve yeraltı su kaynaklarından Kesikköy, Merkez, Maltepe, Musabey, Çukurköy ve Depo su kaynaklarının yüzey sulamalarda toksisite açısından sorun oluşturmayacağı, fakat yeraltı sularından Günerli ve Seyrekköy su kaynaklarında sorun başlayacağı ve atıksu kaynaklarında ise şiddetli derecede sorun yaşanacağı ortaya çıkmıştır. Sodyum oranı yüksek sulara sulama yapılırken uygun drenajlı koşullarda gereğinden fazla su kullanılarak yıkama sağlanması ve toprağa organik madde ilave edilmesi yararlı olacaktır (Kaya ve Öztürk 2003).

HCO₃ yönünden Menemen ovasındaki tüm su kaynaklarının bitkilere ciddi derecede toksik etkisi olacağı belirlenmiştir. Toksik etkisi yönünden CI dikkate alındığında yeraltı su kaynaklarından Günerli' nin şiddetli sorun oluşturabileceği, Seyrekköy su kaynağının ise koşullara göre (toprak ve bitki) denetimli olarak kullanılması ve diğer yeraltı su kaynakları ile yerüstü su kaynaklarının sorun oluşturmayacak sular olduğu, atıksu kaynaklarından MAAT atıksuyunun özellikle de ÇAAT atıksuyunun şiddetli sorun oluşturacak sular olduğu belirlenmiştir. Na toksisitesine benzer şekilde HCO₃ ve CI'un bitkilere toksik etkisini azaltmak amacıyla da dönem dönem yıkama yapılarak toprakta birikimin önlenmesi yararlı olacaktır.

Bor konsantrasyonunun bitkilere toksik etkisi ovadaki su kaynaklarından sadece yeraltı sularından Günerli, Kesikköy, Maltepe ve Musabey kaynaklarıyla yapılan sulamalarda sorun yaşanacağı belirlenmiştir. Bu su kaynaklarıyla sulama yapılan alanlarda bor kirlenmesinin dikkatle izlenmesi önemlidir.

RSC yönünden ovadaki su kaynaklarından sadece Seyrekköy su kaynağının kullanıldığı alanlarda ciddi derecede sorun olacağı ve bundan dolayı bu su kaynağının dikkatli kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Bu amaçla Ca içerikli suda çözünebilen doğal

kaynakların suya karıştırılması veya Ca içeren ucuz doğal veya atık materyallerin toprağa uygulanması düşünülebilir.

Kapalı sistemli sulama yöntemleri açısından Ca+Mg ve pH'ya bağlı olarak yapılan değerlendirmelerde yeraltı su kaynaklarından Seyrekköy, Kesikköy ve Musabey ile yerüstü su kaynaklarıyla yapılan sulamaların hafif-orta derecede tıkanma problemlerine neden olacağı, şiddetli derecede tıkanmalara ise atıksu kaynakları (MAAT ve ÇAAT) ile yeraltı su kaynaklarından Günerli, Merkez, Maltepe ve Depo su kaynaklarının neden olacağı belirlenmiştir. Ovadaki tüm su kaynaklarında LSI değerlerine göre de tıkanma sorunu yaşanacağı ortaya çıkmıştır. Kapalı sistemlerde tıkanmayı değerlendirmede kullanılan diğer bir parametre olan CaCO_3 sertliğine göre de yeraltı su kaynaklarından Merkez hariç bütün yeraltı su kaynakları, yerüstü su kaynaklarından Gediz-II ve atıksu kaynaklarından MAAT su kaynaklarının şiddetli derecede tıkanmalara neden olacağı belirlenmiştir.

Su sertliğinin toprak üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde ise ovadaki su kaynaklarından sadece yeraltı sularından Çukurköy su kaynağının kullanıldığı topraklarda sıkışma sorunu olabileceği ortaya konulmuştur. Dolayısıyla bu suların özellikle killi topraklarda kullanılması koşulunda yapıyı düzelterek geçirgenliği artırmak amacıyla ahır gübresi ilavesi yapılabilir.

Yeraltı sularından Kesikköy, Musabey ve Çukurköy, yerüstü su kaynakları ve atıksulardan ÇAAT atıksuyunun kullanıldığı geçirgenliği düşük topraklarda, ayrıca yeraltı sularından sadece Çukurköy su kaynağının kullanıldığı geçirgenliği hem düşük hem orta ve hem de yüksek ova topraklarında orta düzeyde permeabilite sorununa neden olabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle topraklarda fiziksel yapıyı iyileştirici önlemler arasında toprağa belirli aralıklarla organik materyaller karıştırılması ve ekim öncesi topraklarda düzenli olarak ön sürüm yapılması gerekmektedir. Çöp kompostu uygulamasının da, toprakların agregat stabilitesi ve toplam gözenek hacmi gibi fiziksel özelliklerini olumlu etkilediği ortaya konulmuştur (Hanay 1990).

Menemen ovasındaki su kaynaklarından Fe ve Mn miktarına bakılabilmiş olan sadece atıksu kaynaklarındaki düşük demir ve manganez konsantrasyonunun tıkanma etkisi yaratmayacağı belirlenmiştir.

Yapılan değerlendirmelere göre ovadaki su kaynaklarının tarımsal sulamada kullanılmaları ülkemizdeki yasal mevzuata uygun görülmektedir. Ancak yukarıda sıralanmış sorunlar nedeniyle ovadaki kaynakların sulama suyu olarak kullanılmalarının sürdürülebilirliği için sularda nitelik analizlerinin özellikle arıtılmış atıksular sulamada kullanmaya başladıktan sonra periyodik olarak yapılması, toprak ve bitkilerde ağır metal birikimlerinin izlenmesi yararlı olacaktır. Bu uygulama özellikle atıksu niteliğinde oluşabilecek olası olumsuz değişimlerin denetlenmesini mümkün kılacaktır.

Atıksuların sulamada kullanılmasıyla, ovadaki yeraltı sularında kirliliğin oluşmaması için gerekli önlemler alınması önemlidir. Bu bağlamda özellikle NO_3 , P ve ağır metal kirlilikleri izlenmelidir. Arıtılmış atıksuların ovadaki yeraltı suyuna sızmamaları için, damla sulama gibi uygulama randımanı yüksek sulama yöntemlerinin kullanılması faydalı olacaktır.

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılmasıyla bitki beslemesi açısından ekonomik bir girdi elde edilecektir. Ancak atıksuların sulamada güvenle kullanılması için çiftçilerin bu konuda eğitilmesi gerekmektedir. Çiftçilerin büyük kısmı sulama konusundaki bilgisizliklerinden dolayı suyu gereğinden fazla kullanmaktadır. Çiftçiler bu suyu fazla kullanımlarında beklenen yararları alamamakta ve verim azalışından şikayet etmektedirler. Atıksuyun bilinçsizce ve gereğinden fazla kullanılması diğer sorunların yanı sıra içerisindeki mikroorganizmalardan dolayı bulaşıcı hastalıklara sebep olarak halk sağlığını da tehdit edecektir. Çiğ olarak yenen sebzelerin atıksularla sulanması önlenmeli, atıksuların ürünlere ve sulama yapan işçilere bulaşma riski en az olan sulama yöntemleri tercih edilmeli ve işçilerin sulama esnasında mutlaka koruyucu elbise giymeleri sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acatay, T., 1996. Sulama Mühendisliği, Dokuz Eylül Üniversitesi Vakfı, İzmir, 598 s.
- Akbaş, F., Ünlükara, A., Kurunç, A., İpek, U., Yıldız, H., 2008. Tokat-Kazova'da Taban Suyu Gözlemlerinin CBS Yöntemleriyle Yapılması ve Yorumlanması. Sulama Tuzlanma Toplantısı, Şanlıurfa, 12-13 Haziran, Cilt:1 ss. 1-12.
- Akgün, M., 1989. Ankara Koşullarında Kısa Periyotlu Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması . Ank. Üniv. Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi, Ankara. 102 s.
- Akgün, M. ve Kodal, S., 1993. Ankara Koşullarında Kısa Periyotlu Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı Cilt: 43, Fasikül No: 1-2, Ankara.
- Akıncı, İ. E., Çalışkan, Ü., 2010. Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi. Araştırma Notu, Ekoloji 19,74, 164-172.
- Akkuzu, E., 2001. Aşağı Gediz Havzasındaki Bazı Sulama Sistemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Bornova-İzmir.
- Akkuzu, E., Aşık, Ş., Ünal, H.B., Karataş, B.S., Avcı, M., 2003. Menemen Sol Sahil Sulama Sistemi Su Dağıtımında Yeterliliğin ve Değişkenliğin Belirlenmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 40 (3) : 97-104, İzmir.
- Alparslan, N., Tanık, A. ve Dölgen, D., 2008, Türkiye’de Su Yönetimi, Sorunlar ve Öneriler, TUSİAD, Yayın no: T/2008-09/469, 215s., İstanbul.
- Altınbaş, Ü., Hakerlerler, H., Anaç, D., Tuncay, H. ve Okur, B., 1994. Gediz Havzası Sulanabilir Tarım Alanlarında Ağır Metal Kirliliği ve Nedenleri Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No 91-ZRF-61, İzmir.
- Ammary, B.Y., 2007. Wastewater Reuse in Jordan: Present Status and Future Plans. Desalination, 211, 64–176.
- Anonim, 1971a. Gediz Ovası Toprakları. Köy İşleri Bakanlığı Yayınları: 125. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları: 220. Raporlar Serisi: 8, s. 3-12, Ankara.
- Anonim, 1971b. Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü. Topraksu Genel Müd. Toprak ve Etüt Haritalama Dairesi, 236, Ankara. (Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü. Bakanlık Yayın No:146, Genel Müdürlük Yayın No:236, Raporlar Serisi:24, Ankara, 65s).
- Anonim, 1973. Gediz Projesi Menemen Sol Sahil Ovası Detaylı Arazi Tasnifi ve Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 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, 1992. Aşağı Gediz Projesi Kelebek (Gökkaya) Baraj Sulama Alanı Planlama Revize Arazi Sınıflandırma ve Planlama Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, II. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Anonim, 1997. İzmir Çevre İl Müdürlüğü Gediz Havzası Çalışmaları, Çevre İl Müdürlüğü Yayınları, İzmir.
- Anonim, 2002. Sulama Birlikleri. [http:// www.yerelnet.org.tr](http://www.yerelnet.org.tr).

- Anonim, 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi 47, 2 : 105-118, Ankara.
- Anonim, 2010a. DSİ Genel Müdürlüğü 2009 Yılı Faaliyet Raporu, 341s, Ankara.
- Anonim, 2010b. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 20.3.2010 tarihli, Sayı: 27527.
- Anonim, 2013a. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara (16.07.2013).
- Anonim, 2013b. Mahmut, S., Menemen Sağ ve Sol Sahil Sulama Birlikleri, İzmir (12.06.2013).
- Anonim, 2013c. İzmir Su ve Kanalizasyon Genel Müd. (İZSU) Genel Bilgiler, <http://www.izsu.gov.tr/Pages/standartPage.aspx?id=221>, <http://www.izsu.gov.tr/Pages/standartPage.aspx?id=162> (20.05.2013).
- Anonymous, 1991. Improved Performance of Irrigation Systems Through Water Pricing Policies in The ESCAP Region, Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture, Proceedings of the Regional Workshop Organized FAO in Bangkok 22-26 October 1990, P.47-51.
- Anonymous, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th Ed.). American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street, NW, Washington, DC 20005.
- Anonymous, 2001. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE Standards EP405. 1 JAN01. 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085 – 9659, USA.
- Arora, M., Kiran, B., Rani, S., Rani, A., Kaur, B. ve Mittal, N., 2008. Heavy metal Accumulation in Vegetables Irrigated with Water From Different Sources. Food Chemistry, 111, 811 – 815.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B. ve Demir, Y., 2007. Bafra Ovası Yer Altı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Tekirdağ Üniv. Ziraat Fakültesi 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.
- Asano, T., 1991. Planning and Implementation of Water Reuse Projects, Wat. Sci. & Tech., Vol. 24/9, pp 1 – 10.
- Aşık, B. B. ve Katkat, A. V., 2005. Gıda Sanayii Arıtma Tesis Atık Suyu’nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanağı. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 19(2):23-31.
- Aşık, Ş., Okur, B., Yağmur, B., Akkuzu, E., Pamuk, G., Karataş, B. S. ve Ongun, A. R., 2008. Aşağı Gediz Sulama Şebekesi Sulama Suyu Kalitesinin Belirlenmesi. E. Ü. Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu Proje No: 05-ZRF-026.
- Aşık Ş., Çamoğlu, G., Akkuzu, E., Kaya, Ü., Şahin, M., 2010. Zeytinde (*Olea europaea* L., cv. *Memecik*) Farklı Sulama Düzeylerinin Vejetatif Gelişime ve Verime Etkisi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 3 (2): 33-39, 2010 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X.
- Atalık, A., 2006. Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri. Bilim ve Ütopya, 139: 18-21.
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:174, Erzurum, 140-144.

- Aydınoşakir, 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., 1985. Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper, No:29 (Rev.1), Rome, Italy, 174 p.
- 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., 1985. Ankara Koşullarında Ayçiçeği, Patates, Yonca ve Mısır Bitkilerinde Tartılı Lizimetre ile Saptanan Gerçek Su Tüketiminin Potansiyel Evapotranspirasyon Değerleri ile Karşılaştırılması. Köy Hizm. Genel Müd. Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 126, Ankara.
- 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.
- Bakaç, M. ve Kumru, M. N., 2000. Menemen (İzmir) Ovası Su ve Topraklarında Radyoaktivite Araştırması ve Ağır Metal Kirliliği. Ekoloji Çevre Dergisi Nisan-Mayıs-Haziran Sayı:35 Cilt: 9 Sayı: 35, 26-30.
- Balçın, M., Çelik, S., Güleç, H., 1996. Tokat-Kazova Koşullarında İkinci Ürün Lahananın Su Tüketimi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997. T.C. Başbakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları, No:102. Ankara.
- Baran, T., Durnabaş, İ., Öziş, Ü. ve Gül, A., 1999. Ege Bölgesinin Yerüstü Su Potansiyeli. İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran 1999, s.57- 73, İzmir.
- Başar, H., Çelik, H., Turan, M. A. ve Katkat, V., 2002. İznik Yöresinde Sulamada Kullanılan Değişik Su Kaynaklarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8(3), 212-217.
- Başkan, T., 2006. Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımda Sulama Amaçlı Yeniden Kullanılması. Yüksek Lisans Tezi: 501021535, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 111s.
- Bauder, J. W. and Brock, T. A., 2001. Irrigation Water Quality, Soil Amendment and Crop Effects on Sodium Leaching. Arid Land Research and Management. 15, 101-113.
- 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, Mersin. s.41.
- Beyazgül, M., Kayam, Y., Engelsman, F., 2000. Estimation Methods for Crop Water Requirements in the Gediz Basin of Western Turkey. Journal of Hydrology, Volum 229, Page: 19-26, Amsterdam.

- Beyribey, M. 1992. GAP Sulama Projelerinde Sulama Suyu ihtiyacı ve Sistem Kapasitesi Üzerinde Bir Araştırma, A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayın No: 1245, Ankara.
- 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.
- Cao, Z. H. and Hu, Z. Y., 2000. Copper Contamination in Paddy Soils Irrigated with Wastewater. Chemosphere, 41, 3-6.
- Çakmakçı, T., 2011. Atık Su Uygulamalarında Ağır Metal Akümülatörü Olarak Kanola'nın (*Brassica napus* L.) Etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Isparta.
- Değirmenci, V. ve Sözbilici, Y., 1995. GAP Bölgesinde Harran Ovası Koşullarında Biberin Sulama Programı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1996. T.C. Başbakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları No:98, Ankara.
- DehghaniSanij, H., Yamamoto, T., Rasiah, V., 2004. Assessment of Evapotranspiration Estimation Models For Use in Semi-Arid Environments, Elsevier, Agricultural Water Management, Vol. 64, Issue 2, p. 91-106.
- Demirören, T., 1978. Tokat'ta Ayçiçeği Su Tüketiminin Saptanması. Tokat Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 15, Tokat.
- 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.
- 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.
- Doneen, L. D., 1966. Water Quality Requirements for Agriculture. Proc. National Sym. Quality Standarts for Natural Waters, Univ., 213-218p., Michigan.
- 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.
- Elmacı, Ö.L., Delibacak, S., Seçer, M. ve Bodur, A., 2002. Fertility Status, Trace Elements and Heavy Metal Pollution of Agricultural Land Irrigated From the Gediz River. Int. J.Water, No.2/3.

- Emdad, M. R., S. R., Raine, R. J., Smith and Fardad, E. H., 2004. Effect of Water Quality on Soil Structure and Infiltration Under Furrow Irrigation. *Irrigation Science*, 23, 55-60.
- Erdem, T., 2001. Tekirdağ Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 7(2), 62-68, Ankara.
- Eroğlu, S., Şahin, F., Şahin, Ü. ve Anapalı, Ö., 2009. Bacterical 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.
- Ertem, Z. H., 1994. Menemen Sulaması Taban Suyu Kontrol Raporu, DSİ II. Bölge Md. 21. Şube Md. Menemen İşl. ve Bkm. Müh., İzmir.
- Friedel, J. K., Langer, T., Siebe, C. and Stahr, K., 2000. Effects of Long-term Wastewater Irrigation on Soil Organic Matter, Soil Microbial Biomass and its Activities in Central Mexico. *Biol. Fertil. Soils*, 31, 414 – 421.
- Gerçek, S., Şimşek, M., Kırnak, H., 2002. Harran Ovası Koşullarında Susamın Su Tüketiminin Saptanmasında En Uygun Bitki Su Tüketim Yönteminin Belirlenmesi, *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi* 5(2).
- Gerhard, V. J., Kaneb, R., Glenn, E.P., 2006. Recycling Industrial Saline Wastewater for Landscape Irrigation in a Desert Urban Area. *Journal of Arid Environments*, 67, 473–486.
- Gemirli, F., Taşlı, R. ve Eremektar, G., 1996. Turistik Tesislerde Artılmış Eysel Atıksuların Sulama Amaçlı Kullanımında Patojen Mikroorganizmalar, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, 24-26 Haziran 1996, Bursa, 31-40.
- Günbatılı, F., 1979. Tokat-Kazova Koşullarında Mısırın Su Tüketimi, T.C. Köy İşleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Tokat Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 33, Rapor Serisi No: 21, Tokat.
- Güngör, H., 1990. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılabilecek Ampirik Bir Yöntem Üzerinde Araştırma. Köy Hiz. Gen. Müd. Eskişehir Araş. Ens. Müd. Genel Yayın No:223, Teknik Yayın No:23, Eskişehir, 51-54.
- 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.
- Hanay, A., 1990. Çöp Kompostunun Toprakların Bazı Yapısal Özellikleri ve Toprak-Su İlişkilerine Olan Etkilerinin Ahır Gübresiyle Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Kültükteknik Böl., 133s., Erzurum (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Hills, D.J., Nawar F.M. and Waller, P.M., 1989. Effects of Chemical Clogging on Drip-Tape Irrigation Uniformity. *Transactions of the ASAE*, 32(4), 1202-1206.
- Hisarlı, S., 1988. Ankara Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ankara Ü. Fen B. Ens. Yük. L. Tezi, Ankara.
- Howell, T. A., Stevenson, D. S., Aljibury, F. K., Gitlin, H. M., Wu, I. P., Warrick A. W. and Raats, P. A. C., 1983. Design and Operation of Trickle (Drip) Systems.

- Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed., M.E., Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 663-718.
- Ingwersen, J. and Strect, T., 2005. A Regional-Scale Study on the Crop Uptake of Cadmium from Sandy Soils: Measurement and Modeling. *Journal of Environmental Quality*, 34, 1026–1035.
- 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.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons, New York, 260-299.
- 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., Yüksel, G., Eylen, M. ve Demiröz, C., 1980. Kahramanmaraş Koşullarında *Phytophthora Capsici* Leonian ile Bulaşık Alanlarda Azot Miktarı ve Sulama Suyunun Kırmızı Biberin Verim ve Su Tüketimine Etkisi. T.C. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü Tarsus Bölgesi Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 105. Tarsus.
- Kanber, R. ve Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 281, 307 s, Adana.
- Kaplan, M., Sönmez, S., ve Tokmak, S., 1999. Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. *Tr.J.of Agriculture and Forestry*, 309-313.
- Kara, C. ve Şimşekli, M., 2008. Erkenek Çayı (Kahramanmaraş) Kirliliğinin Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi, 3. Çevre Sorunları Kongresi, 15-16 Mayıs 2008, İstanbul.
- Karata, H., 1991. Kırklareli Koşullarında Ayçiçeği Bitkisinin Su -Üretim Fonksiyonları . Köy Hizm. Genel Müd. Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 28, 92 s. Kırklareli.
- Karataş, B. S., 1999. İzmir Atıksularının Menemen Ovası Sulamasında Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. E. Ü. Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, İzmir.
- 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., Dursun, S., Özdemir, C., Argun, E. M., 2006. Heavy Metal Accumulation in Irrigated Soil with Wastewater. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (38), 64-67.
- 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.
- Kavurmacı, M., Altaş, L., Kurmaç, Y., Işık, M., Elhatip, H., 2010. Tuz Gölü'nün Aksaray İli Yeraltı Sularına Etkisinin Coğrafi Bilgi Sistemi Kullanılarak Değerlendirilmesi. *Ekoloji* 19, 77, 29-34 doi: 10.5053/ekoloji.2010.775.

- 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.
- Kıymaz, S., 2006. Gediz Havzası Örneğinde Sulama Birliklerinin Sorunları ve Çözüm Yolları. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- 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. ve E. Benli, 1984. İç Anadolu' da Bitki Su Tüketiminin Saptanması İçin Uygun Yöntemin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma, AÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayın No : KT.4, Ankara.
- 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.
- 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.
- Korukçu, A., 1975. Damla Sulaması ve Projelenmesi. Damla Sulama I. Teknik Toplantısı, 26 Haziran - 2 Temmuz, Ankara.
- 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.
- Lubello, C., Gori, G., Nicese, F. P., Ferrini, F., 2004. Municipal-Treated Wastewater Reuse for Plant Nurseries Irrigation. Water Research, 38, 2939-2947.
- Maas, E. W., 1987. Salt Tolerance of Plants. CRC Handbook of Plant Science in Agriculture, (ed.) R. R. Christie, 57-75 p., Florida.
- Maier, H. M., 1981. Sulama Teknolojisi Konusunda Karşılaştırmalı Bir Araştırma (Çev. Soner Dinler). Söke Zirai Üretim İşletmesi Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müd. Yayınları, 18-19s, Aydın.
- 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. A. Ü. Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, 335s, Ankara.
- 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 Association Conf. Portland, Oregon.
- Okur, B., Hakerlerler, H., Anaç, D., Anaç, S., Dorsan, F. ve Yağmur, B., 1997. Gediz Nehrindeki Kimi Kirlilik Ögesi Parametrelerinin Aylık ve Mevsimsel Olarak Değişimi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Araştırma Raporu, 41s, Bornova-İzmir.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N. ve Anaç, D., 2002. Büyük Menderes ve Gediz Nehirlerine Ait Bazı Kirlilik Parametrelerinin Değişimi ve Çevreye Olan Olumsuz Etkileri. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya-Hatay.
- Ordu, Ş. ve Demir, A., 2006. Ergene Nehri Su Kalitesinin Çevre Bilgi Sistemi Tasarlanarak Belirlenmesi. Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 25(1), 99-105.
- Orta, A. H., 1997. Ankara Koşullarında Biberin Bitki Su Tüketimi. Tr. Jour. of Agr. and Forestry. (21) 513-517, Ankara.
- 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. ve Şener M., 1999. Tekirdağ Koşullarında Soğanın Su Tüketimi. VII. Kültürteknik Kongresi Bildirileri. s.154-161, Kapadokya-Nevşehir.
- 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.
- Orta, A. H., Erdem, Y., Erdem, T. ve Şener, M., 2001. Trakya Bölgesinde Tarımı Yapılan Kültür Bitkilerinin Sulama Programlarının Oluşturulmasında Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanma Olanakları. Tarım Bilimleri Dergisi, 7 (1), 97-104.
- Oylukan, Ş. ve Kuşaksızoğlu, N., 1974. Orta Anadolu'da Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 115, Ankara.
- Oylukan, S. ve Güngör, H., 1975. Orta Anadolu'da Mısır Su Tüketimi, Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 129, Rapor Seri No: 88, 43s, Eskişehir.
- 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.
- Özgüler, H., 1997. Su, su kaynakları ve çevresel konular. Meteoroloji Mühendisliği. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı Sayı 2: 57-63.
- Özkara, M. M. ve Özyılmaz, H., 1989. İzmir Kemalpaşa Koşullarında Zeytinin Su Tüketimi, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 156, Rapor Serisi No:100, 38s, Menemen.
- Papadopoulos, I., 1997. Wastewater Use for Irrigation: Management Aspects. Int. Conf. On Wastewater, p: 137-150.

- Pitts, D. J., Haman, D. Z. and Smajstrla, A. G., 1990. Causes and Prevention of Emitter Plugging in Microirrigation Systems. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Bulletin 258.
- 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.
- Sadeh, A. and Ravina, I., 2000. Relationships Between Yield and Irrigation with Low-quality Water-A System Approach. *Agricultural Systems*, 64: 99-113.
- Sarioğlu, M. ve Çiner, F., 1998. Atıksu Stabilizasyon Havuzlarından Çıkan Çıkış Suyunun Tekrar Sulamada Kullanım Esasları, 462-468, Bodrum Yarımadası Çevre Sempozyumu, İzmir.
- Sayın, S., 1993. Ülkemizdeki Sulama Organizasyonu ve Su Yönetimi Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar. *TZOB Çiftçi ve Köy Dünyası Dergisi* (100):10-16.
- Scofield, C. S., 1936. The Salinity of Irrigation Waters. *Smithsn. Inst. Ann. Rpt.* 1935. 275-287.
- Scott, C. A., Zarazua, J. A., Levine, G., 2001. Urban-Wastewater Reuse for Crop Production in the Water-short Guanajuato River Basin, Mexico. <http://www.iwmi.cgiar.org/pubs/pubs041/body.htm>. Erişim Tarihi: 14.03.2011.
- Seçer, M., Bodur, A., Elmacı, Ö.L. ve Delibacak, S., 2002. Trace element and heavy metal concentrations in fruit and vegetables of the Gediz River region, *Int. J. Water*, 196-211.
- Selenay, F., 1992. Domates Sulaması ve Su Tüketimi. *TİGEM*, Yıl:7, Sayı:39, 25-31.
- Sevim, Z., 1984. Erzurum Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. *TOPRAKSU Erzurum Araştırma Enstitüsü Yayınları* No: 5, Erzurum, 52 s.
- 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.
- Shuval, H.I., 1990. Wastewater Irrigation in Developing Countries. Summary of World Bank Technical Paper Number 51, Washington, USA.
- 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
- Smith, M., 1992. Cropwat A Computer Program for Irrigation Planning and Management, *FAO Irrigation and Drainage Paper* 46, Rome, 126p.
- Sort, X. and Alcafiiz, J. M., 1999. Modification of Soil Porosity After Application of Sewagw Sludge. *Soil & Tillage Research*, 49, 337-345.
- Sönmez, İ. ve Kaplan, M., 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(2), 155-160.
- 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*, Erzurum, 1492-1503.

- 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.
- Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Tunç, T., Kızıloğlu, F. M., 2009. Determining Crop and Pan Coefficients For Cauliflower and Red Cabbage Crops Under Cool Season Semiarid Climatic Conditions, Agricultural Sciences in China, 8(2):167-171 pp., DOI: 10.1016/S1671-2927(08)60197-2
- Şener, S. 1976. Menemen Ovası Sulama Şebekesinde Su Naklinde Meydana Gelen Kayıplar Üzerinde Araştırmalar. Köy İşleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü, Menemen BTAE Müd. Yayınları, Genel Yayın No:47, Rapor No:25, İzmir.
- Şener, S., Demirer, T. ve Kaleli, Ş., 2002. A Reserarch on Irrigation Water Quality of Çanakkale, Ezine and Lapseki Provinces, International Conference on Sustainable Land Use and Management, Çanakkale.
- Şengül, F. vd., 1995. İzmir Kentsel Atıksu Toplama ve Bertaraf Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, 117s, İzmir.
- Tanji, K. K., 1997. Irrigation with marginal quality waters: Issues, J. of Irrigation and Drainage Eng., 123(3):165-169.
- Taş, İ. ve Kırnak, H., 2011. Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Şanlıurfa Biberinin (*Capsicum annum L.*) Sulama Programı. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 103-112 103.
- Taş, K. ve Kırnak, 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.
- Tekinel, O., Kanber, R. ve Çetin, M., 2000. Su Kaynaklarının Geliştirme Ve Kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisliği Odası Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak 2000, Milli Kütüphane, Ankara.
- Tosunoğlu, V., Boncukcuoğlu, R., Anapalı, Ö. ve Şahin, Ü., 1999. Eysel ve Endüstriyel Atıkların Karasu'da Neden Olduğu Kirlenme. Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg., 30 (2), 169-176.
- 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.
- Unger, P. W., 1990. Sunflower. Irrigation of Agricultural Crops, Agronomy Monograph No : 30, USA.
- Uygan, D. ve Çetin, Ö., 2004. Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri. Seydisuyu Su Toplama Havzası II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir.
- Ünal, H. B., Şahin, A. ve Ayvaz, İ., 1999. İzmir-Menemen Ovası Sulama Tesislerinin Yapısal Yeterliliği Üzerine Bir İnceleme, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 Kasım 1999, s. 56-54, Kapadokya-Nevşehir.
- 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.

- 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.
- Üstün, E. G. ve Solmaz, S. K. A., 2007. Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi. 15, 62, 55-61.
- Üzen, N., Ünlü, M. ve Eylene, M., 2009. Diyarbakır Koşullarında Yetiştirilen Pamuğun Farklı Seviyelerdeki Tuz Stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi. Dicle Üniversitesi Zir. Fak., Diyarbakır.
- Vandevivere, P. and Baveye, P., 1992. Saturated Hydraulic Conductivity Reduction Caused by Aerobic Bacteria in Sand Columns. Soil Sci. Soc. Am. J., 56, 1-13.
- 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.
- Vinten, A. J. A., Mingelgrin, U. and Yaron, B., 1983a. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity: I. Suspended Solids Labelling Method. Soil Sci. Am. J., 47, 402-407.
- Vinten, A. J. A., Mingelgrin, U. and Yaron, B., 1983b. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity: II. Vertical Distribution of Suspended Solids. Soil Sci. Am. J., 47, 408-412.
- Yağdı, K., Kaçar, O., Azkan, N. 2000. Topraklardaki Ağır Metal Kirliliği ve Tarımsal Etkileri. On Dokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2), 109–115.
- Yakan, H. ve Kamburoğlu, S., 1989. Kırklareli Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Köy Hizm. Genel Müd. Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 14, 45 s. Kırklareli.
- Yazgan, S., Büyükcangaz, H., Demirtaş, Ç., Candoğan, B. N., 2004. Genç Kiraz Ağaçlarında (*Prunus avium*) Farklı Sulama Programlarının Vejetatif Gelişme Parametreleri ve Bitki Su Tüketimi Üzerine Etkileri. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg., 18(2): 1-12, Bursa.
- Yıldırım, O., 1982. Ankara Koşullarında Şeker Pancarının Su Verim İlişkileri ve Su Tüketimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yıl. 41 (1-2): 23-31, Ankara.
- Yıldırım, O., Yanmaz, R., Aldemir, D., Atak, H., 1994. Damla Yöntemiyle Sulanan Biber Bitkisinde Uygun Sulama Aralığı ve Sulama Suyu İhtiyacının Belirlenmesi. Ankara Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1372, Ankara.
- Yıldırım, Y. E. ve Kodal, S., 1996. Ankara Koşullarında Mısır Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Yöntemler. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(1), 13-18.
- Yıldız, N., 2008. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 304s, Erzurum.
- 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.
- 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

1989 yılında İzmir’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini İzmir’in Torbalı ilçesinde, lise öğrenimini İzmir Karşıyaka’da 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.