

DOĞAL ARITMANIN UYGULANMASI HALİNDE
ORTAYA ÇIKACAK DEPOLAMA HACMİNİN VE
KARŞILANABİLECEK SULAMA SUYU
İHTİYACININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Aysın YADİGAR
Fakülte No : 194Y405

TEZ YÜKSEK LİSANS ENSTİTÜSÜ
DOKÜMAN NO : 194Y405

98395

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Ağustos 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Eylül 1999

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Cumali KINACI (İ.T.Ü) *Cumali Kinaci*
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Cevat ERKEK (İ.T.Ü) *Cevat Erkek*
Prof.Dr. H. Zuhuri SARIKAYA (İ.T.Ü) *H. Zuhuri Sarikaya*

EYLÜL 1999

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yöneten, çalışmalarım süresince gerekli hiç bir yardımı benden esirgemeyen Sayın Hocam, Doç. Dr. Cumali KINACI'ya, çalışmalarımda zaman zaman karşılaştığım problemleri aşmamdaki değerli katkıları ve ilgisinden dolayı Hidrolik ve Su Yapıları Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın Prof Dr. Cevat ERKEK'e, yine çalışmalarım sırasında benden ilgi ve desteğini esirgemeyen Meteoroloji Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Sayın Prof Dr. Zekai ŞEN'e, Sayın Doç. Dr. Miktağ KADIOĞLU'na ve Sayın Doç. Dr. Levent ŞAYLAN'a, yüksek lisans eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen İTÜ Çevre Mühendisliği bölümündeki diğer tüm öğretim üyesi ve araştırma görevlilerine ve işyerindeki arkadaşlarıma (Sn.Mehmet ve Ahmet Sezer'e, Sn. Şaban Harman'a, Sayın Gülçin Kerse'ye ve özellikle sayın Mehmet KEŞAB'a değerli ilgi ve yardımlarından ötürü ve Sayın Şenol Özbaş'a çalışmalarım boyunca daima esirgemediğı destek ve ilgisinden ötürü teşekkür ederim.

EYLÜL 1999

Ayşin YADİGAR



İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
SUMMARY.....	X
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi.....	1
1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı.....	2
2 Doğal Arıtma Sistemleri.....	3
2.1 Doğal Arıtma Sistemlerinin Türleri ve Karakteristikleri.....	4
2.2 Alternatif Doğal Arıtma Sistemlerinin Tasarı Parametrelerinin Karşılaştırılması.....	4
2.3 Doğal Arıtma Sistemlerinin Uygulanmasındaki Temel Amaçlar.....	9
2.3.1 Atıksu Karakteristikleri ve Arıtma Mekanizmaları.....	9
2.3.2 Toplum Sağlığı İle İlgili Hususlar.....	12
2.4 Yavaş Hız Sistemleri.....	14
2.4.1 Alan Araştırması ve Seçimi.....	14
2.4.2 Ürün Seçimi.....	14
2.4.3 Dağıtım Metodları.....	16
2.5 Hızlı Sızdırma Sistemleri.....	20
2.5.1 Alan Araştırması ve Seçimi.....	20
2.5.2 Dağıtım Metodları.....	21
2.5.3 Hidrolik Yükleme Oranı ve İşletme Peryodunun Tasarımı.....	22
2.5.4 Çıkış Suyunu Geri Kazanma Sistemi.....	25
2.5.5 Depolama Gerekleri ve İklimsel Konular.....	26
2.6 Yüzeyden Akış Sistemleri.....	27
2.6.1 Alan Keşif ve Seçimi.....	27
2.6.2 Dağıtım Metodları.....	28
2.6.3 Tasarı Parametreleri.....	29
2.6.4 İşletim Periyodu.....	30

2.7	Suni Bataklık Alanlar.....	32
2.7.1	Alan Araştırması ve Seçimi.....	32
2.7.2	Dizayn Parametreleri.....	33
2.8	Yüzen Su Bitkileri ile Arıtma.....	35
2.8.1	Alan Araştırması ve Seçimi.....	35
2.8.2	Dizayn Parametreleri.....	38
2.8.3	Proses Kinetikleri.....	40
2.8.4	Sivrisinek Kontrolü.....	40
2.8.5	Bitki Hasadı ve İşlenmesi.....	40
3.	Sulama Suyu Kalitesi.....	42
3.1.1	Tuzluluk.....	42
3.1.2	Spesifik İyon Toksiditesi.....	43
3.1.3	Su Sızma Oranı.....	44
3.2	Nütrientler.....	46
3.3	Değişik Sebeplerden Kaynaklanan Problemler.....	46
3.4	Sağlık ve Yasal Gereklilikler.....	48
3.5	Ürün Kalitesi.....	49
3.6	Türkiye’de Atıksuların Sulamada Kullanılmasında Gözönüne Alınan Kriterler.....	50
4.	Doğal Arıtma Sistemlerinin Çalışmasını Sınırlayan Başlıca Meteorolojik Parametreler.....	55
4.1	Giriş.....	55
4.2	Sulama.....	55
4.3	Hızlı İnfiltrasyon.....	59
4.4	Arazi Yüzeyinden Akıtma Sistemi.....	59
4.5	Sulak Alanlar.....	59
4.6	Su Bitkileri.....	60
5.	Türkiye İçin Meteorolojik Karakteristikler.....	61
5.1	Türkiye’nin Meteorolojik Özellikleri.....	61
5.2	Türkiye’yi Karakterize Edici Meteorolojik İstasyonlarının Belirlenmesi.....	62
5.3	İncelenen Meteorolojik Parametreler.....	64
5.4	Meteorolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi.....	66
5.4.1	Uzun Dönem Değerlendirilmesi.....	66

5.4.2	Kısa Dönem Değerlendirilmesi.....	69
5.4.3	Kısa Dönem (Yıllık) Değerlendirilmesi.....	72
5.5	Türkiye’de Su İhtiyacı ve Kuraklık Problemleri.....	74
5.5.1	Su İhtiyacı ve Su Noksanı Miktarı.....	74
5.5.2	Su İhtiyacı ve Su Noksanının Aylık Değerlendirilmesi.....	75
6.	Atıksuların Sulamada Kullanılması Durumunda Ortaya Çıkacak Depolama İhtiyacının Belirlenmesi.....	78
6.1	Seçilen Yerleşim Merkezleri ve Atıksu Sulamasında Kullanılabilecek Bitki Türleri.....	78
6.2	Bitki Su İhtiyacının Belirlenmesi.....	78
6.3	Atıksu Depolama Hacminin Tayini.....	82
6.4	Nüfus - Depo İhtiyacı ve Sulanabilir Alan - Depo İhtiyacı Grafiklerinin Elde Edilmesi.....	84
7	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	88
	KAYNAKLAR.....	89
	EKLER.....	91
	EK A.....	92
	EK B.....	103
	EK C.....	129
	ÖZGEÇMİŞ.....	135

TABLO LİSTESİ

Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 2.1 Doğal Arıtma Sistemleri için Arazi Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	5
Tablo 2.2 Alternatif Doğal Arıtma Sistemlerinin Tasarı Parametrelerinin Karşılaştırılması.....	6
Tablo 3.1 Sulamada Kullanılan Su Kalitesi Rehberi.....	43
Tablo 3.2 Sulama Suyundaki İz Elementleri İçin Tavsiye Edilen Maksimum Konsantrasyonlar.....	44
Tablo 3.3 Örnek Problemden İncelenen Alternatif Su Kaynaklarının Özellikleri.....	47
Tablo 3.4 Örnek Problem Analiz Sonuçları.....	48
Tablo 3.5 Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması için Dünya Sağlık Örgütü Tarafından Tavsiye Edilen Mikrobiyolojik Kalite Rehberi.....	50
Tablo 3.6 Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanıklılıklarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması.....	52
Tablo 5.1 Karadeniz'deki Bazı Meteoroloji İstasyonları İçin Mevsimlik Yağış Oranları.....	67
Tablo 5.2 Akdeniz'deki Bazı Meteorolojik İstasyonlar İçin Mevsimlik Yağış Oranları.....	68
Tablo 5.3 Doğu ve Orta Anadolu'daki Bazı Meteoroloji İstasyonları için Mevsimlik Yağış Oranları.....	68
Tablo 5.4 Türkiye'nin Değişik Bölgelerindeki Su İhtiyacı ve Su Noksanı Miktarları.....	76
Tablo 6.1 Seçilen Meteoroloji İstasyonları ve Bu İstasyonların Bulunduğu Bölgelerde Yetiştirilen Bitki Türleri ve Bu Bitkilerin Büyüme Mevsimleri.....	83
Tablo 6.2 İllere Göre Depolama Hacmi ve Gerekli Alan İhtiyacı.....	84
Tablo 6.3 Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerine Ait Nüfus ve Depolama İhtiyacı Değerleri.....	86
Tablo 6.4 Akdeniz İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerine Ait Depolama İhtiyacı ve Sulanabilir Alan Değerleri.....	87
Tablo A1 Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kriterleri.....	100
Tablo A2 Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonu.....	101
Tablo A3 Atıksuların Tarımda Kullanılması ile İlgili Esaslar ve Teknik Sınırlamalar.....	102
Tablo A4 Endüstriyel Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanılmaya Uygunluğu.....	102
Tablo B1 Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	109
Tablo B2 Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	110

Tablo B3	Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	111
Tablo B4	Ankara İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	112
Tablo B5	Antalya İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	113
Tablo B6	Antalya İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	114
Tablo B7	Antalya ve Diyarbakır İlleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	115
Tablo B8	Diyarbakır İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	116
Tablo B9	Erzurum İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	117
TabloB10	Erzurum ve Isparta İlleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	118
TabloB11	Isparta İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	119
TabloB12	İstanbul İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	120
TabloB13	İstanbul İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	121
Tablo B14	İzmir İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	122
Tablo B15	İzmir İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	123
Tablo B16	Şanlıurfa İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	124
Tablo B17	Şanlıurfa ve Trabzon İlleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	125
Tablo B18	Trabzon İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	126
Tablo B19	Zonguldak İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	127
Tablo B20	Zonguldak İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları.....	128
Tablo C1	Adana ve Ankara İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	129
Tablo C2	Antalya ve Şanlıurfa İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	130
Tablo C3	İstanbul ve Diyarbakır İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	131
Tablo C4	Erzurum ve Isparta İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	132
Tablo C5	İzmir ve Trabzon İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	133
Tablo C6	Zonguldak İli Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri.....	134

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 3.1	Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Kullanılan Diyagram.....54
Şekil 6.1	Akdeniz İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri İçin Nüfus-Depolama İhtiyacı İlişkisi.....86
Şekil 6.2	Akdeniz Bölgesi İç Anadolu Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi için Depolama İhtiyacı-Sulanabilir Alan İlişkisi.....87
Şekil A1	Eylül Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.....92
Şekil A2	Kasım Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.....93
Şekil A3	Ocak Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.....94
Şekil A4	Mart Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.....95
Şekil A5	Mayıs Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.....96
Şekil A6	Temmuz Ayında Sıcaklık Dağılışı.....97
Şekil A7	Ocak Ayında Sıcaklık Dağılışı (Deniz Seviyesindeki Ortalamalar).....98
Şekil A8	Ocak Ayında Sıcaklık Dağılışı (Gerçek Sıcaklık Dereceleri).....99
Şekil B1	Şanlıurfa ve Ankara İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları 103
Şekil B2	Adana ve İstanbul İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.....104
Şekil B3	Diyarbakır ve Erzurum İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.....105
Şekil B4	Isparta ve İzmir İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.....106
Şekil B5	Zonguldak ve Trabzon İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.....107
Şekil B6	Antalya İli Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.....108

ÖZET

Bu çalışma, atıksu arıtımında kullanılan doğal sistemleri tanıtmak, bu sistemlerin kullanılabilirliğini sınırlayan meteorolojik parametreleri belirlemek, doğal sistemlerle atıksu arıtımı açısından Türkiye şartlarını değerlendirmek, Türkiye'nin coğrafi bölgelerini karakterize edici şekilde seçilen yerleşim yerlerinden kaynaklanan evsel atıksuların, sulamada kullanılması halinde, ortaya çıkacak depolama ihtiyaçlarını tesbit etmek amaçları ile yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, önce atıksu arıtımında kullanılan doğal sistemler ve arıtma mekanizmaları hakkında bilgi verilmiş, Türkiye'nin meteorolojik yapısı tanıtılmış, doğal arıtma sistemleri açısından bir değerlendirmesi yapılmış ve tüm Türkiye'yi temsil edecek şekilde seçilen onbir meteoroloji istasyonuna ait veriler ve o bölgelerde yetiştirilen karakteristik bitkilerin su ihtiyaçları dikkate alınarak, atıksuların depolanması için gerekli hacimler ve seçilen istasyonların bulunduğu yerleşim bölgelerinin atıksularının tamamının sulamada kullanılabilmesi için gerekli alanlar hesaplanmıştır.

Tüm bu işlemlerle bitki su ihtiyaçları hesaplanmış, Orta Anadolu, Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleri için “nüfus-depolama ihtiyacı” ve “alan- depolama ihtiyacı ” grafikleri çizilmiştir. Özellikle su kıtlığı çekilen ve kışları ılıman iklime sahip Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde, evsel atıksuların sulamada kullanılması durumunda ortaya çıkan depolama hacmi ve gerekli alan kabul edilebilir büyüklüktedir.

Küçük yerleşim birimlerinde atıksuların sulamada kullanılması durumunda, depolama ve sulama için sahil kesimleri ve sanayi bölgeleri hariç yeterli arazinin bulunduğu görülmektedir. Ancak bu hususta ilave araştırmalar yapılması ve atıksu depolama mevsim haritalarının çıkarılması ve lokal bazda değerlendirmeler yapılarak her yerleşim merkezi için sulama imkanlarının araştırılması, bunun için önce hangi bitki türünün sulanacağına karar verilmesi, bitki su ve besin maddesi ihtiyaçlarının sağlıklı bir şekilde tesbit edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Atıksuların sulamada kullanılması halinde, arıtma maliyetinden sağlanacak tasarrufun hesaplanmasının ilginç bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

DETERMINING OF THE STORAGE DEMAND AND AMOUNT OF IRRIGATION WATER CAN BE SUPPLIED IN CASE OF USING NATURAL TREATMENT

SUMMARY

This study made on purpose being recognised natural treatment system that used in wastewater treatment, determining the restricting meteorological parameters of these system, criticising natural condition of Turkey in respect of treatment by natural treatment system, determining the storage demand in case of using municipal wastewater of the places that chosen as presentative of all Turkey. In accordance to this purpose once some information given about the natural treatment system which used in wastewater treatment and treatment processes, recognised and criticised the meteorological form of Turkey in respect of natural treatment system. The storage value in respect of data which belonged eleven chosen meteorological station as presentative of all Turkey and irrigation demand of charasteristic crops which grown in these places and area needing for using in irrigation all wastewater of chosen places accounted.

As a result of accounts plant irrigation demands obtained and population storage demand and area- storage demand graphics drawn for the Middle Anadolu, Southern-est Anadolu and Mediterranean regions. Storage values and area needing is acceptable value especially for Mediterranean region that has humid climate and is short of water supply and Southern-est Anadolu region in case of using municipal wastewater in irrigation.

It is seen that, there is enough room in the small villages except coastal region and industrial region for storage and irrigation in case of using wastewater in irrigation. On the other hand in addition to these result seen that, doing some additional study, obtaining wastewater storage season maps, investigating irrigational supply for every Landscape, making some critics at local base and for this once making decision about what kind of crop will be irrigated and elevating plant-water and plant-nutrient Demand correctly is necessary. It is thought that; accounting the amount of putting aside by treatment facility and using wastewater in irrigation would be an interesting study.

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Anlam ve Önemi

Yeryüzünde kullanılabilir tatlı su kaynaklarının sınırlı olması, artan nüfus ve sanayinin su ihtiyacının karşılanmasında, insanoğlunu yeni arayışlara yöneltmiştir. Hem su ihtiyacının karşılanması, hem de atıksuların arıtılmasını sağlaması açısından doğal sistemler özellikle sulama son yıllarda cazip hale gelmiştir. Atıksuların bir ön arıtmadan sonra sulamada kullanılması halinde hem atıksu arıtmakta hem bitki su ihtiyacı hem de bitkinin besin maddesi ihtiyacı karşılanmaktadır. Diğer taraftan, arıtma maliyetinin çok düşük olması bu sistemin bir diğer avantajıdır. Doğal arıtma sistemlerinden hızlı infiltrasyonda, bir taraftan atıksu arıtılırken diğer taraftan yeraltı kaynakları beslenmektedir. Arazi yüzeyinden akıtma ile de yine bir taraftan atıksular arıtılırken, verimsiz araziler üzerinde çim ve benzeri hayvan yemi olarak kullanılabilecek bitkiler üretilmektedir. Doğal arıtma sistemlerinin bir diğer avantajı, ekolojik dengeyi bozmaması, hatta olumlu yönde etkilemesidir. Çamur arıtma problemi bulunmamaktadır. Personel ihtiyacı yok denecek kadar azdır. Enerji ihtiyacı pompaların tüketiminden ibarettir.

Doğal arıtma sistemlerinin yukarıdaki avantajlarına karşılık fazla arazi gerektirmesi, yeterli kontrol yapılmadığı takdirde halk sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmesi ve iklim şartlarından etkilenmesi gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır (Reed et al. 1988). Bununla birlikte özellikle arazinin müsait olduğu yerlerde, kış aylarında ortaya çıkan atıksuların depolanarak bitki ihtiyacının olduğu dönemlerde kullanılması mümkündür. Gerekli depolama hacminin belirlenebilmesi için bitki türlerine göre sulama mevsimlerinin ve bitki su ihtiyacının belirlenmesi gerekmektedir. Bitki türlerine göre bitki su ihtiyacını veren çalışmalar mevcut olmakla birlikte, bölgelere göre atıksuların sulamada kullanılması halinde ortaya çıkacak depo ihtiyacının tesbiti konusunda herhangi bir çalışma mevcut değildir. Türkiye’de atıksuyun sulama ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilmesi için bölgelere göre sulama mevsimindeki atıksuların depolanabileceği hacimlerin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

1.2 Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, doğal arıtma sistemlerini tanıtarak Türkiye’de kullanılabilirliğini tartışmak ve seçilen meteoroloji istasyonlarının verilerini kullanarak, bu bölgeleri karakterize edecek şekilde seçilen örnek yerleşimler için depolama ihtiyaçlarını belirlemektir.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda önce doğal arıtma sistemleri tanıtılmış, atıksuların sulamada kullanılabilesi için gerekli meteorolojik veriler belirlenmiş, Türkiye’nin meteorolojik yapısı hakkında bilgi verilmiş, tüm Türkiye’yi temsil edecek şekilde seçilen 11 istasyonun verileri kullanılarak yetiştirilen bitki türlerine bağlı olmak kaydı ile, atıksuların depolanması için gerekli hacim ve incelenen istasyonların bulunduğu yerleşimlerin atıksularının tamamının kullanılabilmesi için gerekli alan hesaplanmıştır.



2. DOĞAL ARITMA SİSTEMLERİ

2.1 Giriş

Doğal çevrede su, hava, toprak, bitki ve mikroorganizmaların karşılıklı etkileşimi sonucu fiziksel ve kimyasal prosesler meydana gelmektedir. Doğal arıtma sistemleri de doğanın bu avantajını kullanarak atıksuların arıtılması amacı ile tasarlanmıştır. Doğal arıtma sistemlerinde mekanik (yada tank içi) arıtma sistemlerindeki proseslere (çöktürme, filtrasyon, gaz transferi, adsorbsiyon, iyon değişimi, kimyasal madde ilavesi, kimyasal oksidasyon, redüksiyon, biyolojik değişim, ayrışma) ilave olarak diğer ilave işlemlerle (fotosentez, fotooksidasyon, bitki büyümesi) de etkili olmaktadır.

Doğal arıtma sistemleri, mekanik arıtma sistemlerinden farklı olarak arıtma, doğal şartların elverdiği bir hızda ve başlı başına bir ekosistem olarak kabul edilebilecek reaktör gibi çalışmaktadır. Mekanik arıtma sistemlerinde ise arıtma hızı ayarlanabilmekte, birbirinden ayrı ünitelerde arıtma gerçekleştirilmekte ve hız ayarı enerji girişine göre yapılabilmektedir. ABD’de doğal arıtma esaslı sistemlerin kullanımı 1880 yıllarına dayanmaktadır (Jewel vd., 1979). Almanya’da 1600’lü yıllardan kalma bir arazide arıtma sisteminin hala çalışmakta olduğu kaydedilmiştir (MetCalf and Eddy, 1991). Avrupa’da olduğu gibi ABD’de de atıksuların sulamada kullanımı giderek yaygınlaşmış ve yirminci yüzyılın ilk yarısında bu sistemlerin ya tank arıtma sistemlerinin yanlarında, ya da atıksuyun ürün yetiştirilmesinde kullanıldığı yerlerde, ya da yeraltısuyu beslemesi yapılan yerlerde yer aldığı görülmüştür. Doğal arıtma sistemleri atıksuyun tekrar kaynak olarak kullanımının avantajlı olduğu Batı Amerika’da daha yaygın olarak kullanılma eğilimindedir.

Doğal arıtma sistemlerinin teknolojisindeki en son gelişme, suni olarak inşa edilen bataklık ve sulak alanların kullanımı olmuştur. Daha önce doğal bataklıklarda gözlenen bir takım arıtma olayları bu gelişmeye yol açmıştır. Bu bataklıklarda, suda yada su yüzeyinde yüzen bitki türleri kullanılmıştır. Bu bitkiler önceleri sadece arıtma

performansını arttırmak için kullanılırken, daha sonraları bağımsız bir su sistemleri teknolojisi olarak kullanılmaya başlanmıştır.

2. 1 Doğal Arıtma Sistemlerinin Türleri ve Karakteristikleri

Bütün doğal arıtma sistemlerinde büyük katı maddelerin giderilmesi için bir ön ızgara ve/veya çöktürme gereklidir. Çünkü atıksu arıtma sistemlerinde, bu maddeler dağıtım sisteminde tıkanmaya ve istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Doğal arıtma sistemlerinin kapasitesi sınırlı olduğundan, burada sistem işletilirken bu sınır göz önünde bulundurulmalıdır. Amaca uygun arıtma verimi için gerekli ön arıtma işlemleri böylelikle belirlenir.

Yavaş Hızlı İnfiltrasyon Sistemi: Doğal arıtma sistemlerinden en yaygın olarak kullanılanıdır. Burada atıksuyun bitkilendirilmiş alana uygulanması ve böylelikle hem ürün büyümesinin temini ve hemde arıtma amacı güdülmektedir. Burada arıtma atıksuyun toprak gözeneklerinden nüfuzu ile gerçekleşmektedir. Atıksu bu sırada çoğu kez bir yeraltı suyuna erişirken, bazen yeraltı dreni ve tecrit duvarlarınca önü kesilir. Birim alana uygulanacak atıksu miktarı, bitki seçimi ve bakımı bu sistemlerin dizaynında kullanılan başlıca parametrelerdir. Tablo 2.1’de doğal arıtma sistemleri için arazi özelliklerinin karşılaştırılması ve Tablo 2.2’de değişik doğal arıtma sistemlerinin tasarım parametrelerinin karşılaştırılması verilmiştir.

2.2 Alternatif Doğal Arıtma Sistemlerinin Tasarı Parametrelerinin Karşılaştırılması

Yavaş hızlı infiltrasyon sistemleri genellikle dizayn amaçlarına bağlı olarak tip1 ve tip2 olarak adlandırılır. Tip1’de öncelikli amaç atıksu arıtımıdır ve hidrolik yükleme hızı bitki için gerekli su miktarı tarafından kontrol edilmez; fakat toprak geçirgenliği sınırlayıcı parametredir. Tip2 sisteminde ise alan sulaması veya ürün yetiştirilmesi amacı ile atıksu kullanılır. Bu sistemler sıklıkla ürün sulama sistemi yada atık su ile sulama sistemi olarak gösterilir. Atıksu, ürün yada bitkiye değişik şekillerde tatbik edilir. Ya yağmurlama ile yada yüzeye direk olarak verilip hidrolik şartlarda toprağa nüfuz ederek, yada toprakta ürünler arasına açılan arklar yoluyla toprağa verilebilir. Genellikle uygulama sıklığı 5-10 gün/ay arasında değişir.

Tablo 2. 1. Doğal Arıtma Sistemleri için Arazi Özelliklerinin Karşılaştırılması

Özellik	Sulama (düşük hızlı infilt rasyon)	Hızlı infiltrasyon	Arazi yüzeyinden akıtma	Sulak alanlar	Su bitkileri ile arıtma
İklim	Soğuk ve yağışlı havalarda depolama gerekir	İklim önemli değil. Sadece soğuk havalarda donma önlenmeli	Bitkiler arıtmada önemli olduğundan soğuk ve yağışlı havalarda depolama gerekli	Soğuk havalarda kullanılmaz depolama gerekir	Soğuk havalarda depolama gerekir. Su sümbülü sıcaklığa karşı oldukça hassas
Yer altı suyuna uzaklık	En az 60 ila 90cm	En az 3m	Önemli değil	Önemli değil	Önemli değil
Arazi-nin Eğimi	Ekili alanlarda eğim % 15'ten, ormanlarda % 40'tan küçük	Önemli değil, ancak çok eğimli arazi- lerde toprak tesviyesi gerek .	% 1 ila 8	< % 5	< % 5
Zemin geçir- genliği	Ne çok geçirimli ne de geçirimsiz olmalıdır. Çok geçirimli olursa bitkiler suyu kullanamaz	Geçirimsizlik yüksek olmalıdır. Kumlu araziler tercih edilir.	Geçirimli- lik az olmalıdır. Killi veya siltli zemin gerekir.	Geçirimli- lik çok az olmalıdır.	Geçirimsizlik çok az olmalıdır.

Tablo 2.2. Alternatif Doğal Arıtma Sistemlerinin Tasarım Parametrelerinin Karşılaştırılması

Özellik	Sulama	Hızlı infiltrasyon	Arazi yüzeyinden akıtma	Islak alanlar	Sulak bitkiler
Suyun araziye verilme şekli	Arazi üzerinden akıtma yağmurlama	Yüzeyden sızdırma	Yüzeyden akıtma	Yüzeyden akıtma ve yüzey altından akıtma	Yüzeyden akıtma
Ortalama hidrolik yük $m^3 / m^2 \text{ yıl}$	0.6 – 6	6 - 120	3 – 20	1 - 30	2 - 15
Gerekli alan, $ha/1000 m^3$	22 – 226	1 - 22	10 – 44	4 - 113	5 - 56
Gerekli ön arıtma	Ön çökeltme	Ön Çökeltme	Izgara	Ön çökeltme	Ön çökeltme
Atıksuyun araziden uzaklaştırılma şekli	Evapo-transpirasyon ve sızma	Sızma	Yüzeyden akış ile % 40'ı alt tarafta toplanır. Sızma az. Buharlaşma ve terleme.	Buharlaşma, terleme ve çok az sızma. Daha çok akış.	Buharlaşma, terleme ve çok az sızma. Daha çok akış.
Bitki Örtüsü İhtiyacı	Gerekli.	Önemli değil.	Gerekli.	Gerekli.	Gerekli.

Hızlı İnfiltrasyon Sistemleri: Bu tip sistemler genellikle arazinin geçirimli olduğu yerlerde uygulanır. Ön arıtmadan geçirilen atıksu, toprağa daha önce bahsedilen şekillerde verilmekle birlikte yağmurlama sistemi ile verilmesi yaygındır. Çünkü burada hidrolik yükleme oranı çok yüksektir ve buharlaşma ile yüzeyden kayıp oldukça azdır. Hızlı infiltrasyon sisteminin tasarım amaçları:

1-Kullanılan su kaynaklarına yeraltısuyunun girişi ile yapılan arıtma.

2-Yeraltı drenleri veya pompolama ile yapılan arıtma.

3-Yeraltısuyu akışı veya yüzey suyu akışı tarafından gerçekleştirilen arıtma.

Hızlı infiltrasyonun arıtma potansiyeli, hidrolik yükünün fazla oluşu ve geçirgen toprakların kirleticileri daha düşük oranda tutmaları gibi nedenlerle düşüktür.

Arazi Yüzeyinden Akıtma Sistemi: Bu sistemde, belli derinlikte arklar açılır ve bitkilendirilmiş yüzeyler belli bir eğimle bu arklara yönlendirilir. Kullanılan toprak nispeten geçirimsizdir. Yüzeyden akış sırasında, çok az miktarda atıksu toprağa geçer. Çoğu yüzeyden akarak bu arklarda toplanır. Uygulanan atıksuyun toplanan atıksuya oranı iklimatik şartlar ve yıllara göre değişmektedir. Burada atıksu, toprağa yüksek basınçlı püskürtücüler, düşük basınçlı sıkıcılar, delikli borular gibi metodlarla verilmektedir.

Bataklıklar (Sulak alanlar): Bataklık alanlar, su derinliği tipik olarak 0. 6 m'den az olan ve yüzeyi bitkilerin büyümesine imkan veren alandır. Bu bitkiler, bakteri tabakasının tutunması için yüzey oluşturur ve suyun filtrasyonuna ve adsorbsiyonuna yardım eder, su kolonlarına oksijen transferi sağlar, ışık geçişini sınırlandırarak aşırı algal büyümeyi kontrol eder. Doğal ve sonradan oluşturulmuş bataklıklar, arıtma amacı ile kullanılırken daha ileri ve ikinci derece arıtmayı gerektirdiği için doğal bataklıkların kullanımı sınırlıdır.

a) Doğal Bataklıklar: Doğal bataklıkların arıtma amacı ile kullanılmasında, genellikle bataklık alıcı su ortamıdır. Bu nedenle, buraya verilecek atıksuyun uygun ileri derecede ön arıtmadan geçirilmiş olması gerekir. Dahası, doğal sulak alanlara yapılan atıksu deşarjları buradaki doğal sulak hayatı zenginleştirici etki yapmalıdır. Bataklık alanlarda arıtma performansını arttırmak için yapılacak bazı değişiklikler, doğal hayata son derece zararlı olabileceğinden uygulanmamalıdır.

b) Suni Sulak Alanlar: Bu yapay sulak alanlar, doğal ekosisteme olan deşarjların ilgili bileşenleri hariç tamamen doğal sulak alanlar gibidir. Burada atıksu arıtımı için iki tip suni bataklık sistemi sözkonusudur. Bunlar, yüzeyden akışlı ve yüzeyaltı akışlı sistemleridir. Yüzey akışlı sistemler ikincil ve ileri arıtma amaçları için kullanıldığında, birbirine paralel havuz veya kanallar içinde nisbeten geçirimsiz tabaka üzerinde yüzebilen bitkiler ve sığ derinlikler (0.1 den 0.6 m'ye kadar) ihtiva eder. Burada ön arıtmaya tabi tutulmuş atıksu sürekli olarak bataklığa verilir. Arıtma işlemi ise, bu suyun bitki köklerine doğru yavaşça akması sırasında oluşur. Bu suni bataklıklar, oluşturuldukları yerde yeni bitki yaşamları oluşturur yada var olan bitki yaşamını desteklerler. Yüzeyaltı akışlı sistemler ileri ve ikinci derece arıtma amaçları için kullanılabilir. Bunlar, kanallar ve küçük yollardan oluşup, dip kısmı kaya veya killi zemindir ve nisbeten geçirimsizdir.

Yüzen Su Bitkileri İle Arıtma: Yüzen su bitkilerinin oluşturduğu sistemler, suni bataklık sistemlerle benzerlik gösterir. Burada yüzen su sümbülü ve su mercimeği gibi bitkilerin kullanılması ve derinliğin nisbeten daha fazla olmasıdır (0.5 m - 1.8 m). Bu sistemlerde su sümbülü kullanılarak yapılacak arıtma sistemi dizaynında, çökeltme havuzu ve bekletme havuzlarından çıkan sudaki algı uzaklaştırmak için su mercimeği ve su sümbülü kullanılırken su sümbülü daha çok ikinci derece arıtma ve ileri arıtma amaçları için kullanılır. Yıllık alan ihtiyacı ve hidrolik yükleme hızı bataklık sistemlerine benzerdir.

Su Kültürü: Su içindeki balık ve diğer besin üretim kaynaklarını ifade etmek için bu deyim kullanılır. Atıksu arıtımında kullanılan yüzen bitki türleri üzerinde birtakım bakteriler tutunabilmektedir. Ancak, balıkların atıksu arıtımına direk katkıları pek nadirdir. Bununla birlikte, bir arıtma operasyonunda su kültürünün kullanımı düşünülmenden önce, uzun süre araştırılmalıdır. Özellikle bu faaliyetlerin, sudaki canlı kültürün sağlığı üzerindeki etkileri belirlenmelidir.

2. 3. Doğal Arıtma Sistemlerinin Uygulanmasındaki Temel Amaçlar

Başarılı bir doğal arıtma sistemi dizaynı ve işletimi için, atıksu karakteristiğinin, arıtma mekanizmasının, toplum sağlığını ilgilendiren meselelerin ve arıtma gereklerinin bilinmesi esastır.

2. 3. 1. Atıksu Karakteristikleri ve Arıtma Mekanizmaları

Girişte de bahsedildiği gibi doğal arıtma, toprak, su ve havanın etkileşimi ile oluşan kimyasal biyolojik ve doğal fiziksel proseslerle oluşmaktadır. Doğanın atıksu içinde kirletici olarak tarif edilen askıda katı madde, organik madde, eser element, fosfor, azot, eser organik bileşenler ve mikroorganizmaları, belli derecelerle de olsa bir arıtma gücü vardır. Temel prosesler bunların gideriminden sorumludur.

Askıda Katı Madde: Askıda katı maddeler, doğal arıtma sistemlerinde kısmen çöktürme veya düşük akış hızı ile sığ derinlikler ve kısmende canlı bitkiler tarafından filtre edilerek tutulurlar. Toprağın iç yüzünde ilave bir giderim de söz konusur. Toprak yüzeyinden aşağı suyun akıtıldığı sistemlerde düşük hız, hızlı infiltrasyon ve yüzeyaltı akışlı bataklık çöktürme uygulaması boyunca, hızlı infiltrasyon ortamında önemli olmasına rağmen, atıksudaki askıda katı madde öncelikle toprağa doğru filtrasyonla alt yüzeyde tutulur. Düşük hız ve hızlı infiltrasyon sisteminde askıda maddelerin çoğu giderilebilir. Böylece, filtre edilmeyen bölgede birikme tabakalaşma olacağından bu bölgenin minimize edilmesi gerekir.

Organik Madde: Çözünebilir yada askıda formdaki ayrışabilir organik maddeler mikrobiyal ayrışma ile giderilirler. Ayrışmayı sağlayan mikroorganizmalar, genellikle ortamdaki bitki yüzeyi ve toprak yüzeyinde oluşan film tabakasında bulunurlar. Bu sistemlerde genellikle aerobik şartların sağlanmasına dikkat edilir. Çünkü aerobik ayrışma anaerobikten daha tam ve hızlı olarak yürür. Bunu gerçekleştiren mikroorganizmalar da aerobik şartlarda bulunabilir. Muhtemel koku problemleri de anaerobik şartların sınırlandırılması ile en aza indirilmiş olur. Bununla birlikte, eğer nitrojen gideriminin artırılması amaçlanırsa o zaman anaerobik şartlar gerekir. Bu şartlar, sistemde oluşturularak daha fazla denitrifikasyon sağlanır. Doğal sistemlerde

biyolojik ayrışmanın anaerobik olarak ayrışma kapasitesi, ortama girecek oksijene bağlıdır. Bu nedenle sistem dizayn edilirken, biyokimyasal oksijen ihtiyacının dışarıdan transfer edilecek oksijen miktarı ile dengelenmesi gerekir.

Azot: Doğal arıtma sistemlerinde, nitrojen dönüşüm ve giderimi karmaşık bir prosesler bütünüdür. Nitrojen giderim mekanizması, giderilecek nitrojenin sudaki formuna (nitrat, amonyak, organik azot) bağlıdır. Nitrojen, genellikle ileri arıtma sırasında oluşan nitrifikasyon hariç atıksudaki amonyak yada organik nitrojen formunda bulunur. Atıksudaki organik nitrojen çöktürme ve filtrasyon ile giderilir.

Amonyak Nitrojeni: Amonyak nitrojeni doğada birkaç ara yol izleyebilir. Çözünabilir amonyak, havalandırma ile direkt olarak atmosfere amonyak gazı olarak kaçabilir. Bu oran %10'dan azdır. Doğal sistemlerin amonyak adsorbsiyon kapasitesi sınırlıdır. Bu yüzden adsorbe edilmiş amonyağın serbest bırakılması ve adsorbsiyon bölgelerinin yeniden oluşturulması için nitrifikasyon gereklidir. Bu adsorblama-bırakma döngüsü, yüzeyden adsorbsiyon kapasitesinin çok düşük olduğu yüzeyden akış sistemlerinde oldukça önemlidir.

Nitrat Nitrojeni: Nitrojen negatif yüklü olduğu için reaksiyonlarla tutulamaz. Çözelti içinde kalır. Eğer bitki özümlemesi ile veya denitrifikasyon ile giderilmezse insan sağlığına zararlı etkiler oluşturur. Bunun nedeni, nitratin giderilmediği hallerde yeraltı suyuna erişebilmesidir. Bu nedenle de arıtma sistemleri bu nitrati giderecek şekilde dizayn edilir. Bitki özümsemesi ile nitrat alım, bitki köklerinde gerçekleşir. Bu bitkiler daha sonra hasat edilmelidir. Aksi taktirde nitrat, tekrar bir döngü ile bu bitki içinde organik azota dönüşür. Düşük hızlı sistemlerde bitki ile nitrat giderimi ve sonra bitkinin hasat edilmesi giderme mekanizmasının temel unsurlarıdır.

Biyolojik Denitrifikasyon: Biyolojik denitrifikasyon yoluyla da nitrat giderimi ve bunun sonucunda nitrit, oksit ve moleküler nitrojen olarak atmosfere çıkış sağlanabilir. Biyolojik nitrat giderimi, yüzeyden akış sistemleri, hızlı infiltrasyon sistemleri ve su yaşamı sistemleri için önemlidir. Biyolojik denitrifikasyonu, fakültatif mikroorganizmalar anoksik şartlarda sağlar. Eğer sistem yeterince büyükse, sistem içinde anoksik bölgeler aerobik bölgelere bitişik halde bulunabilir. Ancak tam bir biyolojik denitrifikasyon için, anoksik zonları maksimize etmek gerekecektir.

Ayrıca sistemde karbon azot oranının da yeterli (2:1) olması gerekir. İndirgeyici bitkilerden elde edilen karbon, burada karbon kaynağı olarak kullanılmaktadır ama tam bir denitrifikasyon için sisteme verilen atıksu içinde de bulunması gerekir. Bu nedenle C:N oranının düşük olduğu (1:1) ikincil çıkış suyu ile bu sistemde tam bir denitrifikasyon sağlanamaz.

Fosfor: Başlıca fosfor giderme mekanizmaları; kimyasal madde ilavesi, adsorbsiyon ve kısmen de olsa bitki ile alımdır. Ortafosfat formunda bulunan fosfor, genellikle çamur parçaçıkları tarafından adsorbe edilir. Bu miktar oldukça az olmakla birlikte, adsorblanan fosfor sıkıca tutunabilir ve gidermeye karşı dirençlidir. Toprağın fosfor giderimi sınırlı olmakla birlikte kumlu toprakta daha fazladır. Michigan ve Calumet' te 88 yıllık hızlı infiltrasyon sonucunda (ham yerleşim yeri atıksuyu) fosforun yeraltı suyu içindeki miktarı oldukça düşük bulunmuştur. Ancak uzun dönemde, bunun her 0.3 metreden 1.2 metre'ye kadar toprak içinde fosfor çözümünün arttığı görülmüştür. Bu da, toprak tabakasının fosfora doyduğunu gösteriyor. Bu nedenle, doğal arıtma sistemlerinde fosfor giderimi, yüzey akışlı sistemler ve su yaşamı sistemlerinde sınırlıdır ve toprak yüzeyi temas halindeki fosfor oranına bağlıdır.

Eser Element: Eser elementler, özellikle metallerin giderimi, kimyasal giderim ve adsorbsiyon ile gerçekleşir. Metaller toprak yapısı içinde, su yaşamında, sediment tabakasında kalıcıdır. Bu kalıcılık, birçok metal türü için, çoğu toprak ve sediment tabakasında oldukça yüksektir. Yüksek (pH > 6.5) pH'da bu geçerlidir. Düşük pH ve anaerobik şartlarda metallerin çözünübilirliği ve çözeltiye katılma oranı artar. Tipik metal giderimi, uygulama neticesinde % 80-95 oranları arasında yer aldığı görülmüştür. Doğal arıtma sistemleri olan bataklık, yüzen su bitkisi sistemi vb. sistemlerin de, eğer atıksu ile toprak profili teması sınırlı ise, sediment tabakası mevcut ve sediment içindeki anaerobik şartlar sınırlı ise, metal yani eser element giderim oranı da daha düşük olacaktır.

Eser Organikler: Eser organikler, atıksudan biyolojik ve fotokimyasal parçalanmanın takip ettiği buharlaşma ve adsorbsiyon ile giderilir. Doğal arıtma sistemle, büyük oranda organik eser madde giderim kapasitesine sahiptir. Ancak, mevcut datanın yetersizliği nedeniyle belirli bir kimyasal organik için giderimi önceden belirlemek imkansızdır.

Mikroorganizmalar: Mikroorganizma giderimi, (protozoa ve helmitler) bir çok doğal arıtma sisteminde öldürme, süzme, sedimantasyon, yakalama, ışığa maruz bırakma, adsorbsiyon gibi genel olarak kullanılan yöntemlerle giderilir. Mikroorganizma giderimi, hem atıksuyun karakterine hem de geçirildiği toprağın profiline bağlıdır. Buna göre, uygun profili toprakta tam giderim mümkündür. Orta sıkı yapılı topraklar yavaş hızlı sistemlerde kullanılırken, 1,5 m’de tam giderim sağlanabilir. Daha uzun mesafelerde, hidrolik yükleme oranı ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak hızlı infiltrasyon sistemi ile giderim sağlanır. Tüm doğal arıtma sistemleri mikroorganizma giderimini belli bazı yollarla yapabilirken, dezenfeksiyon için gerekli olan mikroorganizma konsantrasyonunun belli değerlere indirilmesini sağlayamamaktadır.

2. 3. 2. Toplum Sağlığı İle İlgili Hususlar:

Doğal arıtma halinde, toplum sağlığı ile ilgili olarak karşılaşılan başlıca sorunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- a) Bakteriyel bazı bulaştırmacılarla hastalıkların daha üst biyolojik formlara ve insana bulaştırılması.
- b) Yeraltısuyuna erişebilen ve içme ile insana bulaşp sağlık riski oluşturan kimyasallar.
- c) Ürünlerin atıksu ile sulanması sonucunda oluşabilecek kalite değişikliği.

Bakteriyel Taşıyıcılar: Canlı olarak toprakta ve aeresol damlalarında bulunabilen patajonik bakteriler ve çalışan insanlar üstündeki etkileri kayda değerdir. Her ne kadar toprağa uygulanan atıksu içinde bulunan patajen konsantrasyonu ile hayvan veya insanlar üzerinde görülen hastalıkların sıklığı arasındaki ilişki çok kompleks bir yol izlemekte ise de, mevcut bazı deliller bu konudaki şüpheleri arttırdığı için gerekli bazı önlemler alınmalıdır. Aeresoller ve mistler ile iletim deneyleri, ham atıksuyun hastalık taşıyıcı ikincil çıkış suyu olarak kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Bakterilerin aeresol içinde, atıksu içindekinden daha uzağa ulaştığı tesbit edilmekle birlikte, bunun 30 - 200 metre olduğu belirlenmiştir. İletilen uzaklık rüzgar hızı ve bağıl nem arttıkça arttığı ve sıcaklık ve uv radyasyon azaldıkça azaldığı belirlenmiştir. Sağlık üzerine olumsuz etkileri azaltmak için, gerekli geçiş bölgeleri belirlenirken şu noktalara dikkat edilir;

- Bölgenin yerleşim durumu
- Sulanan alanın büyüklüğü
- Geçiş bölgesinin veya bitkilendirilen alanın büyüklüğündeki esneklik

Geçiş zonları, arıtma kuruluşları tarafından belirlenir ve genellikle 15- 60 metre uzaklık (yol, kullanım hattı, binalar vs.'den uzaklık) karakteristiktir. Geçiş bölgeleri yerine, alanın ağaçlandırılması, aşağı yönlü püskürtme en azından iç kısımların serpintili kuvvetli rüzgarları boyunca tercih edilebilir.

Yeraltısuyu Karakteristiği: Doğal arıtma sistemleri, atıksuyun topraktan süzülüp yeraltısuyuna ulaşması nedeni ile atıksu, bir içme suyu kaynağı olarak görülebilir. Bu nedenle özellikle içindeki nitrat (çocuklarda methahemoglobin hastalığına yol açar.) vb. maddelerin EPA (USA) tarafından belirlenen içme suyu standartlarını sağlayacak seviyeye (nitrat için 10 mg / L) getirilmesi, ön arıtma ve doğal arıtma sırasında sağlanmalıdır. Alana verilen atıksu içindeki eser elementler, toprakta dibe doğru sürüklenirken genellikle giderildiği için yeraltısuyu kalitesine herhangi bir etkisi yoktur. Yüksek hidrolik yük ve hızlı infiltrasyon sistemlerinde bile, tarım toprağının normal olarak üstünde yer alan toprakta, herhangi bir metal konsantrasyonu artışına rastlanmamıştır. Çakıllı ve kumlu toprakların hızlı infiltrasyonda kullanımı ile bakteri giderimi çok fazla iken, bakteriler için kaçabilme yollarına sahip olan kaya veya oyuklu kireç taşının oluşturduğu alanlardan giderim çok zordur. Bu nedenle, alan seçiminde önce, yapılacak jeolojik araştırmaların uygun şekilde yapılması ile bu tür alanların kullanımı en aza indirilir.

Ürün Kalitesi: Toprak veya doğal arıtma sistemlerinin sedimenti içinde bulunan eser elementler bitkiler tarafından alınabilir . Toplum sağlığı noktasında en önemli metal kadmiyumdur. Çünkü kadmiyum, bitki içinde birikerek insan ve hayvan sağlığına zararlı seviyelere erişebilir. Bu konsantrasyonlar genellikle, bitki için zehirleyici seviyenin altındadır ve tarım sahalarında yükleme oranını kısıtlayan temel belirleyici bileşendir. Bir çok atıksu uygulamasında, kadmiyum konsantrasyonunda önemli bir artış gözlenmiştir. Diğer önemli metaller (kurşun, bakır, çinko, nikel) bitki tarafından uzaklaştırılamamakta bununla birlikte belirlenen toksik seviyelere ulaşmamaktadır.

2. 4 Yavaş Hız Sistemleri

Yavaş hız sistemleri iki aşamada dizayn edilir;

a) İlk ve detaylı dizayn

b) Arıtma gerekleri ve atıksu karakteristikleri belirlendikten sonraki dizayn.

2.4.1 Alan Araştırması ve Seçimi:

Toprak geçirgenliği, toprağın yeraltısuyuna uzaklığı, geçirimsiz toprak veya kaya yavaş hız sistemleri için alan uygunluğunu belirleyen parametrelerdir. Geçirgenliği 0.5 cm - 5 cm /sa olan orta sınıf topraklar, atıksu bileşenlerinin tutulmasını ve drenaj arasında en iyi dengeyi sağladığı için, en uygun topraktır. Atıksuyun tekrar kullanımı, bu tür topraklarda en iyi olmakla birlikte, hidrolik yükleme hızlarını sınırlar ve ürün yetiştirilmesi zordur. Bu tür topraklar, daha ziyade yüzeyden akış sistemleri için uygundur. Yüksek geçirgenliği olan topraklar, atıksuyun önemli bir kısmını iletir. Hidrolik yükleme yüksektir. Toprak içi profili nemli tutma kapasitesi sınırlıdır. Bu ürünün yetiştirilmesini güçleştirir. Böyle kumlu topraklar hızlı infiltrasyon için en uygundur. Uygun derinlik (yeraltısuyu veya kayayatağına) atıksu bileşenlerinin tutunması, bakteriyel faaliyetler ve kök gelişimi için önemlidir. Toprak derinliği olarak en az 0.9 - 1.2 metre atıksu arıtımı için gereklidir. Daha az derinlik, alt yüzey drenajı gerektirir. PH seviyesi, elektrik iletkenliği bitki büyümesini etkiler. Yüksek sodyum yüzeydeki toprağın geçirgenliğini azaltırken, bu kimyasal bileşenler, suyun arıtımı sırasında eğer ekonomik olursa değiştirilir, ya da toprak şartlarına uygun ürün seçilebilir. Yavaş hız sistemleri, toplum faaliyetlerinin zarar görmediği parklar, oyun alanları, golf sahalarının sulanması gibi işlerde uygundur. Toplum sağlığını korumak için, ileri derecede dezenfeksiyon gereklidir.

2.4.2 Ürün Seçimi:

Sistem tasarım işlemlerinin en başında, ürün seçimi gelir. Çünkü, sistem seçilen ürünün özelliklerine göre tasarlanır.

Ürün Seçimi İçin Tavsiyeler:

Birinci tip sistemler için seçilen ürünler, genellikle besin tüketimi ve su tutma kapasitesi yüksek ve atıksu bileşenlerine karşı düşük hassasiyetli böylelikle işletimi kolay bitkilerdir. Bunlara örnek olarak, perennial çimi, turf çimi, belirli ağaç tipleri ve bazı tarla bitkileridir.

İkinci tip sistemler için seçilen türler ise, çok fazla suyu kabul etmez. Böylelikle birinci tipteki türlere ilave olarak, tüm orman ürünleri, tarla bitkilerinin çoğu (pamuk soyafasulyesi, çim) bazı meyve bitkileri (elma, üzüm) verilebilir.

Ürün Karakteristiği:

Ürün karakteristiği başlıca besin alım kapasitesi, su tüketimi, tuzluluk toleransıdır.

Besin Alımı:

Besin tüketimi sabit olmayıp, bitki verimine ve ortamdaki besin miktarına bağlı olarak değişir.

Tipik olarak besin tüketimi için kullanılan bitki türleri ve nitrojen giderimi için seçilen bitki türleri ve giderimleri tablolarda mevcuttur.

Su Tüketimi:

Tüketim amaçlı su kullanımı, bitkilerde evapotranspirasyon (ET) olarak ifade edilir. Bu tüketim, iklim özelliği, bitki türü, bitki büyümesinin aşaması, toprağın nem oranı ve toprağın fiziksel özelliklerine bağlıdır. Potansiyel yada referans evapotranspirasyon (ET_0) değeri geniş ve tüm yüzeyi otlarla kaplı iyi sulanmış bir alanın ET değeridir. Bu değer tahmini ET' den %30 daha azdır ve su yüzeyinden nemli yapılı topraktan olan tahmini ET değeri ET_0 ' dan %5 - %15 daha büyüktür. Bu nemlilik, rüzgar şartlarına bağlı olarak değişir. Yıllık bitkilerde rüzgar şartları, ET, bölgenin konumu, ekim ve hasat zamanlarına bağlı olarak değişir. ET hidrolik yükleme hesabında, su dengesinde kullanılan önemli bir parametredir.

Tuzluluk Toleransı:

Arıtılmış atıksu genellikle yüksek tuz konsantrasyonu içerir. Bu tuzluluk ya uzaklaştırma yada drenaj ile giderilmelidir. Tuzluluk toprakta elektrik iletkenliğinde bir ölçüsüdür.

Ön Arıtma:

Ön arıtma işlemleri, kullanılan yavaş hız sistemlerinin tipine göre değişir. Yavaş hızlı sistemlerden sonra mutlaka diğer bazı arıtma üniteleri de kullanılmalıdır ki, atıksu arıtımı tam olarak gerçekleştirilebilsin. Birinci tip yavaş hız sistemlerinde kullanılan ön arıtma, genellikle ızgara ve ilk çöktürmeyi içeren ve minimum halk sağlığı ve koku giderme şartları gerektiren sistemlerdir. İkinci tip yavaş hız sistemler ise, daha yüksek dereceden bir ön arıtma gerektirir. Bu ön arıtmanın derecesi, halk sağlığı kuralları ve rehberlerine bağlı olarak belirlenir. Ön arıtma gereklilikleri genellikle, yetiştirilen ürüne arıtılmış atıksuyun toplum ile temas derecesine göre değişir. Örneğin yetiştirilen ürün insanlar tarafından çiğ olarak yenecekse o zaman ikincil ve ileri arıtma gerekecektir, aksi taktirde arıtılmış atıksuyun kullanımı tamamen yasaklanabilir.

2.4.3 Dağıtım Metodları

Atıksuyun dağıtımı, ikinci tip sistemler için ilk tasarı aşamasında göz önüne alınan önemli bir noktadır. Çünkü sistemin sulama için gerekli su ihtiyacı, kullanılan dağıtım çeşidine bağlı olarak değişir. Başlıca üç tip dağıtım mevcuttur. Bunlar yağmurlama, yüzeysel sulama ve damlatmadır (EPA, 1981).

Yağmurlama Sistemi

Yağmurlama sistemleri, yavaş hız sistemleri içinde en yaygın olarak kullanılanıdır. (Jensen, 1980). Çok geniş alanlara ve topoğrafik şartlara adapte edilebilir ve değişik ürünler için kullanılabilir. Bu sabit sistemler, toprak-set sistemi adını alır. çünkü sistem toprak üstünde yada gömülerek inşa edilir. Bu sistemler, korozyona karşı oldukça hassas sistemlerdir ve hasat öncesi topraktan kaldırılması gerekir. Toprak tepeler

üstüne borularla inşa edilmiş püskürtme sistemlerinden oluşur. En yaygın kullanılan püskürtme sistemi, bir mil etrafında dönen tekerleğe bağlı püskürtme sistemidir.

Yüzey Uygulama Sistemleri:

Yüzey uygulama sistemleri ikiye ayrılır (Seep, 1971). Taşımali ve derecelenmiş sınır sistemleri. Taşımali sistemde, üzerinde açıklıklar bulunan bir ana boru ile arıtılmış atıksu alan boyunca yerçekimi etkisi ile açıklıklardan toprağa sızar. Kademeli hat sisteminde ise, eğim boyunca alçak paralel toprak sınırlar inşa edilir.

Damlatma veya Sızdırma Uygulama Sistemleri:

Bu sistemde, suyun küçük iletici veya dağıtıcılarla uygulandığı bir boru donanımı söz konusudur. Damlatmalı sistem yavaş hız sistemlerde sık kullanılmaz. Çünkü dağıtıcı sisteminin tıkanmasını önlenmesi için, suyun ileri dereceden arıtılmış olması gerekir. Bu da ekonomik bir yükür.

Tasarı Hidrolik Yükleme Oranı:

Hidrolik yükleme oranı, birim alana verilecek günlük, haftalık, aylık veya yıllık su hacmini ifade eder. Birimler 2.5 cm / hafta, 2.5 cm / ay, 2. 5 cm / yıl, veya 0. 3048m / yıl'dır. 1.tip sistemlerde hidrolik yükleme oranı sınırlayıcı tasarı parametresine dayanarak hesaplanır. Bu faktör, normal olarak evsel atıksu için toprak geçirgenliği ve nitrojen yükleme limitidir. Endüstriyel atıksularda ise metal yükleme ve tuz yükleme düşünülebilir. 2. tip sistemlerde ise hidrolik yükleme, daha az su ihtiyacı yada nitrojen yüküne bağı hidrolik yüklemelerden kaçınılır.

1. Tip Sistemlerde Toprak Geçirgenliğini Esas Alan Hidrolik Yükleme:

Toprak geçirgenliğine bağı olarak aylık hidrolik yükleme oranını belirtmek için genel su dengesi eşitliği kullanılır. Eşitlik;

$$L_w = ET - P - W_p \quad (2.1)$$

L_w : (inc/ mikroorganizma) (mo) olarak toprak geçirgenliğine bağı hidrolik yükleme oranı .

P: Dizayn yağış oranı (inc / mo)

Wp: Dizayn perkolasyon oranı (inc /mo)

ET: Verilmiş bir ürünün normal aylık ortalama dizayn evapotranspirasyon değeridir.

P: Bu parametre, ıslak alandan normal yağışın olduğu yılların frekans analizi ile belirlenir. Genel olarak, 10 yıllık periyottaki en yağışlı yıl gerçekçi ise de, hesaplanabilen yağış miktarını kullanarak su dengesini kontrol etmek gerekir. Aylık su dengesini elde etmek içinse, her ay için yıllık ortalamanın aylık ortalama yağışa oranı ile yıllık dizayn değeri çarpılarak dizayn yıllık yağış her aya dağıtılabilir.

Wp= Perkolasyon oranı her ay bitki köklerinden yeraltısuyu veya drenaja gitmesine müsade edilen su miktarıdır.

Nitrojen Limitine Dayalı Hidrolik Yükleme Oranı:

Eğer perkolasyon suyu, yeraltısuyu akiferine ulaşıyorsa burada alıcı yeraltısuyundan nitrojen konsantrasyonun 10 mg/L' yi geçmeyecek şekilde sistem dizayn edilmelidir. Bu sınırlayıcı nitrojen gerekliliğini sağlamak için yıllık nitrojen yükleme esasına dayalı kabul edilebilir. Hidrolik yükleme oranı ($L_w(n)$) tahmin edilip daha önce hesap edilen $L_w(p)$ ile karşılaştırılmalıdır. Ürünün nitrojen alımı, genellikle temiz suyun kullanımı ile belirlenir. Ancak atıksu uygulandığında alınabilecek nitrojen miktarı fazla olduğu için, bitkinin aldığı miktarda fazla olacaktır. Bitkinin bu nitrojen ihtiyacı, yükleme oranına, atıksuyun karakterine, toprağın aktif zonundaki mikrobiyolojik şartlara bağlıdır. Bunun yanında, C:N oranı 2:0 olduğundan uygulanan nitrojenin %15-20'sinden daha fazla denitrifiye olması mümkündür. Ayrıca nitrojen alımı, bitki verimi için gerekli hasat vb'den olumsuz etkilenen bu yüzden de alandan uzaklaştırılacak bitki miktarına da bağlıdır. Çıkış suyundan amonyağın uçması, $PH \leq 7$ olduğu durumlarda önemli miktarlara ulaşmaz. $L_w(n)$ ve $L_w(p)$ değerleri karşılaştırıldığında küçük olan hangisi ise bu sınırlayıcı parametredir ve dizayn da bu kullanılır. Eğer $L_w(n) < L_w(p)$ ise bu durumda her ay için bu değerler karşılaştırılıp az olan hangisi ise o dizaynda kabul edilir.

2. Tip Sistemlerde Sulama Suyu İhtiyacına Dayanan Hidrolik Yükleme Oranı:

Belli bir zaman periyodu için, bitkinin ihtiyacı olan su (genellikle derinlik olarak belirtilir). Buharlaşıma ile kaybedilen su + toprağa sızan su, tohum oluşumu için gerekli

olan çevre iklimini kontrol için gerekli olan gübre ve kimyasal uygulamalar için gerekli olan su miktarının toplamıdır. Kurak iklimlerde ,uzaklaştırma bitki köklerindeki tuzu dengelemek için gereklidir. Uygulanan suyun %10 - %25'ini bu uzaklaştırma ihtiyacı oluşturur. Sulama sırasında, tüm alanın eşit olarak sulanması mümkün olmadığından ve bir miktar kayıp olduğundan net su ihtiyacı hacim yerine derinlik olarak verilmiştir.

Alan İhtiyacı:

Toplam alan ihtiyacı yavaş hızlı sistemler için ekilmiş alanı, ön arıtma ihtiyacı için gerekli alanı, tampon bölgeyi, servis yollarını ve depolama alanlarını ihtiva eder.

Depolama İhtiyacı:

Depolama ihtiyacı, elde edilen atıksu dizayn hidrolik yükleme oranını aşıyorsa ortaya çıkar. Bu ihtiyaç, iklim şartları ve bitki türlerine göre artar yada azalır. Ilıman iklimlerde 1-3 ay soğuk kuzey iklimlerinde 4-7 ay depolamaya ihtiyaç duyulur. Sulama sistemlerinin 0 °C' nin altında başarılı bir şekilde işletilebildiği görülmüştür.

Yeraltısı Toplama Sistemi:

Bu sistem, belli uçlarda yada eklemlerde suyu drene etmek için üzerinde açıklıklar bulunan boru donanımından oluşmuştur. Bu yeraltı drenajı genellikle, yüzey drenajının iyi yapılmadığı yada, yeraltısuyu seviyesi atıksu uygulaması yada ürün büyümesini etkilediği durumlarda kullanılır. Boru çapları 100-200 mm arasında değişir. Bunların döşendiği derinlik 1.2-3 m arasında olur. Drenaj boşluğu, toprağın geçirgenliği ve su seviyesi derinliğine bağlıdır.

Yüzeyden Uzaklaşmanın Kontrolü:

Toprak yüzeyinden atıksu uygulaması sonucu oluşan kayıpların sistem dizaynında göz önüne alınması gerekir.

Uç Noktalardaki Suyun Geri Döndürülmesi:

Atıksu sulaması için, yüksek etkinin sağlanması için başta gereğinden fazla su alanın başlangıcından verilip bu suyun alanın sonunda bir drenaj ile toplanıp bir küçük

rezervuarda biriktirilip geri döndürülmesidir. Bu geri döndürülen su, uygulanan toplam suyun %10-%40' ı arasında değişir.

Sel Suyu Uzaklaştırması:

Özellikle, yüksek yoğunluklu yağışlar sonrasında söz konusu olan sel suyu ile yüzeyden kaybın kontrol edilmesi gerekir. Bu genellikle, alan sonunda suyun drene edilip depolanması ve tekrar kullanım için başa döndürülmesi şeklindedir. Burada, eğer yüzey düz ise veya esaslı bir drenaj alanı toprak altında mevcut ise, sel suyu kontrolü gerekmeyebilir. Yağış sonrası oluşabilecek kayıp miktarı, toprağın sızdırma kapasitesi toprağın nem oranı, eğimi, bitki yapısı hava ve toprağın sıcaklığına bağlı olarak artacak yada azalacaktır.

2.5 Hızlı Sızdırma Sistemleri:

Hızlı sızdırma sistemleri birincil ve detaylı arıtma olmak üzere iki aşamada dizayn edilir.

2.5.1 Alan Araştırması ve Seçimi:

Geçirgenliği 25 mm/sa olan topraklar, hızlı sızdırma sistemleri için uygundur. Bu nedenle kum, kumlu kil, killi kum ve gravel uygun topraklardır. Çok kaba ve gravel topraklar birkaç fit aşağısına suyu çok hızlı geçirdiği için uygun değildir. Diğer önemli faktörler; toprağın yeraltısuyuna mesafesi, kaya yatağı, topografya, suyun kalitesi ve hareketi, yeraltı jeolojik yapısı 3 metreden büyük sığ derinlikler tercih edilir. Dikkatli tasarlanmış yeraltı dren sistemleri için 2 metre gibi sığ derinlikler de yeterli olabilir. Toprağın üniform yapıda yada buna yakın yapıda olması maliyeti azalttığı için tercih edilir. %15 eğime kadar püskürtme ile dağıtım kullanılır ancak tavsiye edilen eğim %5'tir. Yeterli alan ve toprak akifer şartlarının araştırılması başarılı bir hızlı sızdırma sistemi dizaynı için gereklidir. Düşey geçirgenliği infiltrometreler ile ölçerek belirlenmesidir. Test işlemleri, en soğuk bulutlu ve sakin olan günlerde, buharlaşmanın minimum olduğu şartlarda yapılmalıdır. Atıksuyun yüzeyden sızıp toprak gözeneklerine ilerlemesi sonrasında, kontrol edilmesi için toprakaltı ve akifer karakteristiklerinin bilinmesi gerekir.

Ön Arıtma Uygulaması:

Ön arıtmanın amacı, toprak blokajını ve ayrıca koku ve istenmeyen bazı durumların oluşmasını en aza indirmektir. Bu problem özellikle uygulamada uzun süreli beklemelemlerde oluşur. Ön arıtma seviyesinin dizaynı, sistemin kullanılış amacına bağılıdır. Tam nitrojen giderimi için genellikle, ön arıtma yada daha eşiti bir dizayn yeterli olabilir. Eğer maksimum hidrolik yük amaçlanırsa, ikincil yada daha ileri dereceden bir ön arıtma gerekecektir. Ön arıtma gerekleri, ülke şartlarına göre belirlenmiş kaidelere göre de belirlenir. Genellikle depolama yada bekletme havuzları, hızlı sızdırma sistemlerinden önce kullanılmamalıdır. Çünkü bunlar algal gelişmeye dolayısı ile de toprak yüzeyinin blokajına neden olur. Hızlı sızdırmalı sistemler, genellikle patajonik bakterileri azalttığından dezenfeksiyona gerek duyulmaz, ayrıca toprak yüzeyinde klorine olmuş hidrokarbon artıklar oluşabileceği için hızlı sızdırmalı sistemler öncesi klorinasyondan da kaçınılmalıdır.

2.5.2 Dağıtım Metotları:

Toprağın bitki örtüsü ile suyun dağıtımı veya dağıtma sistemleri ile dağıtımı olmak üzere iki tiptir. Birinci tipte, suya toleransı yüksek bitkiler kullanılarak toprağın su ile uzaklaşmasını önlemek için kullanılır. Genellikle topografik yapının bir dağıtma zemini inşasına izin vermediği hallerde kullanılır.

Dağıtma Zeminleri:

Burada, toprak yüzeyinde değişik sayıda sığ sıralar halinde zemin ayrılmıştır. Bunların sayısı ve boyutu, yerçekimi, topografya ve toprağın geçirgenliğine bağılıdır. Burada suyun dağılımı, ya bir yerçekimi donanımı, yada dağıtma delikleri olan dağıtma boruları ile sağlanır. Suyun yüzeye eşit olarak dağılımını tesbit etmek için, toprak tabanı seviyeli olmalıdır. Suyun bu şekilde dağıtımı, çıplak toprağa yada bitki örtülü zemine yapılabilir. Bitki, askıda katı maddeyi tutarak, suyun bitki köküne doğru sızmasını sağlar, ancak toprağın geç soğumasına da neden olduğu için özel bir itina gerektirir.

2.5.3 Hidrolik Yükleme Oranı ve İşletme Peryodunun Tasarımı:

Hızlı sızdırmalı sistemlerde iki tip hidrolik yükleme kullanılır;

- a) Yıllık ortalama hidrolik yükleme (cm/yıl)
- b) Ortalama uygulama oranı (aktüel hidrolik yükleme oranı)

Toprak Geçirgenliğine Dayalı Yıllık Hidrolik Yükleme Oranı:

Yıllık ortalama hidrolik yükleme oranı, kayayatağı yada yeraltısuyu üzerindeki toprağın düşey geçirgenliğine bağlıdır. Bazı uygulamalarda uygulanan atıksu evsel ise nitrojen konsantrasyonu, endüstriyel ise BOD konsantrasyonu ile, yıllık hidrolik yükleme oranını sınırlayıcı etki yaparak kontrol eder. Yıllık ortalama hidrolik yükleme oranı, uzun dönem alanın sızdırma oranı ile uygulama faktörü (Bunun değeri uygulanan atıksuyun karakteristiğine ve alan ölçüm metodlarına bağlıdır.)'nün çarpımı ile bulunur.

$$L_w = IR (2.5\text{cm/sa})(0.3048\text{m}/0.3\text{m})(24\text{gün/sa})(OD \text{ gün/yıl})(F) \quad (2.2)$$

burada;

IR: Sızma oranı

OD: Her yıl için işletme günleri (gün / yıl)

F: Uygulama faktörü

Uygulama Oranı ve İşletme Peryodu:

Hızlı sızdırma sistemlerinde kuruma periyodu toprağın havalanmasını sağlamak, bu arada bazı organik maddelerin bozunmasını, biyolojik bazı reaksiyonlar (nitrifikasyon gibi) oluşmasını sağlamak için gereklidir. Uygulama ve kurutma periyotlarının toplamı, işletme periyodunu oluşturur. Bu periyot, nitrifikasyonu sağlayacak, sızmayı da maksimum yapacak şekilde tasarlanır. Atıksuyun sürekli uygulanmaması nedeniyle, ortalama uygulama oranı (R_a) günlük ortalama hidrolik yüklemenin, günlüğe karşı gelen değerinden büyüktür. Tabanda bitki örtüsü mevcut iken, sulamada ortalama uygulama oranı, ölçülmüş sızma oranından daha azdır. Tabanın biçimlendirilmesi ve dağıtma şebekesi kullanılarak yapılan dağıtımda, uygulama oranı artabilir ve sıra ile toprak sızması da artar. Bununla birlikte toprak yüzeyinde blokaj ve ikincil etkiler

(kimyasal etkiler ve algal oluşum) önlenmesi için su derinliği 12 - 18 inch (0.30 –0.45 metre)' i geçmemelidir (EPA, 1984).

Bileşke Yüke Dayalı Hidrolik Yükleme Oranı:

Atıksu içindeki bileşenler evselde genellikle nitrojen ve bazı endüstriyel atıksularda ise BOD dir. Bununla birlikte, bazı hızlandırılmalı sistemlerden, çıkış suyunun yüzeysel suya karıştığı yerlerde fosfor da görülür. TOC (humik ve fulvik kısmı sentetik organiklerde içme sularındaki direkt toksidite düşünüldüğünde ve klorlanmış su kaynaklarında THM oluşumları giderek daha fazla dikkat çekmektedir. Bileşke yükünün tasarımı etkileyip etkilemeyeceği bilinmediği için, öngörülen tasarı hidrolik yükleme ve işletme periyodunu karşılayacak bileşke gideriminin tahmin edilmesi tavsiye edilir. Eğer bileşke konsantrasyonları arzulanan seviyeye indirilemiyorsa, o zaman ya tasarı parametreleri değiştirilmeli yada diğer ön arıtma uygulamalarına gidilmelidir.

Nitrojen Giderimi:

Nitrojen giderimi genellikle, hızlı sızdırma sistemlerde denitrifikasyondur. Optimum işletim şartlarında, sudaki TOC konsantrasyonuna bağlı olarak giderilebilecek maksimum nitrojen konsantrasyonu şöyle bulunur.

$$\text{Optimum işletim şartları} = (\text{TOC}-5) / 2 \quad (2.3)$$

Maksimum nitrojen giderimi için böylece C:N oranı 2'ye 1 olmalıdır. Genel olarak ikinci çıkış suyundaki bu oran, ikiden küçükse de ön arıtma, gerekli seviyede arıtma faaliyetlerini içermiş olmalıdır. Nitrojen giderimi, ters orantılı olarak toprağın geçirgenliğine bağlıdır. Böylece yüzeye olan su birikimini ve sızmasını azaltarak nitrojen giderim potansiyeli arttırılabilir. Pilot deneme sızma oranını ve yüzeye geçiş sonrası nitrojen giderimini önermektedir.

BOD Giderimi:

Organik maddeler, oksijen varlığında biyolojik indirgenmeye uğrarlar. Aşırı BOD yükü toprak yüzeyinde, yalnızca toprak gözeneklerini bloke ederek geçirgenliğini azaltmakla kalmaz, ayrıca havalandırmayı (kurutmayı) da geciktirir. Ayrıca bakteri

yığınlarının mevcut oksijeni tüketmesi, anoksik bölgeler oluşturur ve bu da toprak blokajını daha da arttırır. Yani aşırı BOD yüklemesi tam bir işletim başarısızlığına neden olur. Bu nedenle iyi tasarlanmalıdır. Uzun dönem pilot çalışmalarda BOD yükü 150 kg/ ha. günü geçer.

Fosfor Giderimi:

Adsorbsiyon veya kimyasal madde ilavesi başlıca fosfor giderim prosesleridir. Bütün toprak sistemleri sınırlı bir fosfor giderimine sahip olmasına rağmen, bir çok hızlı sızdırma sistemlerinde bu kapasite oldukça geniştir.

Arazi Gereklikleri:

Eğer akım eşitliği sağlanmışsa, sızma için gerekli alan (kenarlar ve yollar için gerekli alan hariç) şöyle bulunur;

$$A_t = \frac{(Q \cdot 3.78 \text{ m}^3/\text{gün})(365 \text{ gün / yıl})}{(L_w 0.3048 \text{ m/yıl})((7.48 \times 3.78 \text{ m}^3)/(0.3048 \text{ m})^3)(43.560(0.3048 \text{ m})^2/(4050 \text{ m}^2))} \quad (2.4)$$

Eğer mevsimsel atıksu akımı eşitlenmediyse, o zaman dizayn sırasında en yüksek mevsimlik ortalama akım kullanılmalıdır. İlave alan işletim yolları, geçiş bölgeleri, depolama (akım eşitleme) ve gelecekte genişletme amacı ile kullanmak için gerekecektir. 1' den 22 ha / M gal. gün (0. 044m³ / s) var olan bir sistem için gerekli alandır.

Sızma Alanının Yayılımı:

Sızma alanının her iki dağıtım metodunda da yayılımı, alan geometrisi ve işletme peryoduna bağlıdır. Sızma alanı, belli sayıda küçük alanlara ayrılır. Bunlardan bir yada birden fazlası atıksu uygulanan alan, diğerleri kurutma alanlarıdır. Bunlardan en az bir tanesi, depolamaya gerek duymaksızın, devamlı olarak atıksuyun uygulandığı bir alan olmalıdır. Bu alanlar en az 0.5 acre (2025 m²) en çok 81000 m² büyüklüğünde olabilir. Her bir yatağın geometrik yapısı ve boyutu yeraltısu yüksekliği ile kontrol

edilir. Atıksu, Yatağa uygulandığında yeraltısu seviyesinde yükselme oluşacaktır. Yeraltısu seviyesinde oluşacak yükselme şunlara bağlıdır;

- Yatağın geometrisi
- Ortalama uygulama oranı
- Mevcut yeraltısuyunun en azderinliği
- Yeraltısu seviyesinin eğimi
- Akiferin yatay hidrolik eğimi
- Su seviyesi üzerindeki toprağın gerçek gözenek büyüklüğü
- Nehir, dere veya göl yüzeyi gibi yatay kontrol noktasına yükseklik veya yatay mesafesi
- Gözlem gerekliliklerinin belirlenmesi. Yeraltısu yükseltisinin, yeraltısuyuna öngörülen en az uzaklıktaki toprak seviyesinden daha aşağıda olacak şekilde sistem tasarlanmalıdır.

2.5.4 Çıkış Suyunu Geri Kazanma Sistemi:

Eğer yeraltısu seviyesindeki yükselme kontrol edilmek zorunda ise, yada yeraltısuyuna sızmalar istenmiyorsa, o zaman çıkış suyu bazı yeraltı toplama sistemleri ile geri alınmalıdır.

Yeraltı Su Toplama Sistemleri:

Toplama sistemleri de iyileştirilmiş suyu toplamak ve yeraltısu yüksekliğini kontrol etmek amacı ile kullanılır. Bu sistemlerin dizaynında en önemli husus, drenlerin sızmanın olduğu alandan, uygun uzaklıkta bir mesafede yer almasıdır. Burada amaç, yeraltısuyunun yatay ve düşey olarak uygun bir uzaklığı sağlamaktır. Bu uygun yatay uzaklık şöyle bulunur;

$$H_{c2} = H_{d2} + Iw (W + 2L)K \quad (2.5)$$

H_c: Sızma alanının altındaki yeraltısuyunun geçirimsiz tabakaya olan mesafesi (m)

H_d: Geçirimsiz tabakaya dren borularının uzaklığı. (m)

I: Sızma oranı (m / gün)

W: Sızma yatağının genişliği (m)

L: Yeraltısı yükseltisinin maksimum noktasından dren borusuna kadar olan mesafe(m)
K: Toprağın hidrolik iletkenliği (m / gün). Uygun L, W ve I değerlerin'den alanların seçimi ile tatmin edici bir H_c değeri elde edilebilir. L değerinin yeraltısuyunun ilerlemesi en çok istenen mesafeden daha az olması çalışabilir, kullanışlı bir sistem için gereklidir. Plastik, taş ve kil kenar dren hatları için kullanılır. Bu malzeme seçimi genellikle malzemenin elde edilebilirliği ve maliyetine bağlıdır. Plastik dren hatlarında, fiberglas filtre kaplamalarla donatılır. Dren borularını temizleme maliyeti ve filtre malzemesinin maliyetine bağlı olarak bu filtre hatlarının kullanımına karar verilir.

Geri Kazanma Kuyuları:

Bu kuyular genellikle hızlı sızdırma sistemlerinde kullanılır. Diğer sistemlerde ise, geri kazanma oranı tatmin edici olmadığından dolayı kullanılmaz. Geri kazanım, elde edilen suyu tekrar kullanmak, arıtma verimini yükseltmek ve yeraltı su yüksekliğini kontrol etmek amacı ile kullanılır. Alandan geri kazanma potansiyeli, akiferin derinliğine, geçirgenliğine, devamlılığına, bağlı olarak değişir. Süzölmüş suyun geri kazanımını kısıtlayan faktörler ise; yeraltısuyuna yeterli derinliğin sağlanması, elde edilen iyileştirilmiş suyun uygun bir alanda toplanmasıdır. Geri kazanım kuyularının tasarımı ve plan hesapları, sızma alanı, kuyular arasındaki uzaklık, kuyu derinliği, toplama tipi, debiye bağlı olarak belirlenen kuyu konfigrasyonlarını da içerir. Bunlar; toprak jeolojisi, yeraltısuyu şartları, uygulama oranı, geri kazanımı istenen su yüzdesine bağlı olarak değişir.

2.5.5 Depolama Gereklilikleri ve İklimsel Konular:

Hızlı sızdırma sistemleri bitki türünden bağımsız olduğundan, soğuk iklimlere kolayca adapte edilebilen bir doğal arıtma sistemidir. Ayrıca, suyun akıtıldığı yüzey yapısı donma için daha az uygunluk arz eder. Bu nedenle Amerika' da Georgia gölünde, Fort Devens' te ve Massachusetts'te kış boyunca işletilmiştir. Yüzeyde oluşan buz, bu sistemde temizlenmeyip, diğer bir su uygulaması ile yüzdürülür. Böylece bu buzlar yüzeyin daha fazla soğumasına engel olur. Bu hızlı sızdırma sistemleri olumsuz etkilere sahip bir çok iklim şartında da kullanılır. Örneğin (-35 F) -37 °C başarı ile işletildiği görülmüştür.

Soğuk iklimlerde başarılı kullanımına karşın, buralarda sızan suyun geri kazanım zorlukları nedeni ile depolama alan ihtiyacı baş gösterir. Çünkü depolanan su, akım eşitlemesi, düzenli uygulama ve acil durumlarda kullanılacaktır.

2.6 Yüzeyden Akış Sistemleri

2.6.1 Alan Keşif ve Seçimi:

Yüzeyden akış sisteminde önemli karakteristik faktörler; toprak karakteristiği topoğrafya, iklimdir (Smith and Schroeder, 1983).

Toprak Karakteristiği:

Yüzeyden akış sistemleri, ilk olarak toprak geçirgenliğinin düşük olduğu yüzeylerde geliştirildi ise de bugün, yavaştan orta derecede geçirgen (15- 50 mm /sa) topraklarda da kullanılır. Yüzeyden akış sırasında, yüzeydeki toprak zamanla biyolojik kalınlaşma sonucunda birikir, bloke kalır ve toprak boşluklarını tıkar. Böylelikle, sızan su azalır ve toprak boşluklarından bağımsız hale gelir. Ayrıca, zamanla toprak geçirgenliği de azalacağından bu tür sistemler için toprak testinde toprak geçirgenliği de bir ölçü olmaz. Ayrıca, toprağın yeraltısuyuna olan mesafesi de önemlidir. Bu sızma ile gerekli aralığı sağlayacak kadar olmalıdır. Eğer inşaatın maliyetini etkileyecek ise kaya yatağına olan mesafe önemlidir.

Topografya:

Yüzeyden akış sistemleri için ideal olan, %1'den %8'e kadar değişen düzenli hafif eğimli topraklardır. Bu eğimi elde etmek için bazen yapay olarak kesme ve doldurma işlemleri ile eğimlendirme yapılır. En fazla %12'ye kadar varan eğimler kullanılırsa da, bu dereceden fazla eğimlerde çukurlaşma ve erozyon riski vardır. Aksine eğer doğal eğim %8'den fazla ise o zamanda teraslama ile bu eğim yumuşatılır.

İklim:

Yüzeyden akış sistemlerinin esası, yüzey ve yüzeye yakın topraktaki mikrobik aktiviteler ve bu nedenle BOD giderimi, metabolik aktivite azalırken mikroorganizma konsantrasyonu arttığı için donma noktasına kadar sürer. Bütün bir yıl boyunca BOD

giderim uygulamaları, sıcak iklimlerde mümkün olmaktadır. Kış mevsiminde depolama ihtiyacı baş gösterir.

Uygulama Öncesi Arıtma:

Yüzey akış sistemleri ızgaralanmış hamsu, ilk arıtma çıkışı ve ileri arıtılmış suyun arıtımında kullanılır. Tüm sistemler için minimum ön arıtma uygulaması, dağıtma sistemlerinde tıkanmaya neden olacak katı maddelerin uzaklaştırılması için ızgaradan geçirilmez. Izgara açıklığı 1.5 cm olarak tavsiye edilmekle birlikte bu, atıksu içindeki katı maddenin yapısına göre değişmektedir. Hiç bir arıtmaya tabi tutulmadan yalnızca ızgaradan geçirilmiş atıksuyun kullanımı, yalnızca araştırma ve gözlem amaçlı olabilir. Daha yüksek dereceden arıtma otoritelerce gerekli görülecektir. Ön arıtma, evsel atıksu için uygulama öncesi en uygun arıtma olmaktadır. Buna alternatif olarak, havalandırma havuzları (kısa bekletme zamanlı) küçük sistemler için imhoff tankları gösterilebilir.

Oksidasyon havuzu göller yada depolama havuzları genellikle yüksek oranda alg oluşumuna neden olur. Bu nedenle, bunların yüzey akış sistemleri öncesinde kullanımından kaçınılmalıdır. Düşük uygulama oranlarında 30 mg/L'den daha az alg giderim sağlanabilir (Witherow, 1983). Ancak, performans alg konsantrasyonu ile yakından ilgilidir. Alg giderimi için bir sistemi tasarlamadan önce, en az bir tam yıl pilot uygulama tavsiye edilir. Yüzey akış sistemleri, var olan bir sistemde ikinci derece arıtma sonucundaki çıkış suyunun iyleştirilmesinde, nitrojen ve eser metallerin gideriminde kullanılır. Bu sistemlerden önce, ikinci dereceden arıtma sistem verimini etkilemeyeceği gibi C:N oranını gerekli değerin altına indirdiği için zararlı bile olacaktır.

2.6.2 Dağıtım Metodları:

Çıkış Yollu Borular: Çıkış delikli alüminyum borular, genellikle evsel atıksu için kanal sulamasında kullanılabilir. Ayarlanabilir açıklıktaki plastik kaygan kapaklar, uygun aralıklarla düzenli bir sulama için yerleştirilir. Bu açıklıklar arası en az 2ft olmalıdır. Düşük basınçlı su borulara verilir. Boruların belli zamanlarda temizlenmesi gerekir. Boşaltma noktalarında bir takım katı madde birikim ve bozulmalarının yol açacağı için, yüksek oranda katı madde içeren endüstriyel atıksu uygulamalarda tavsiye edilmez.

Fan Sprey:

Alçak basınçlı (5-15lb / inc) fan sprej çıkışları düşey olarak inşa edilir (Jensen, 1980). Burada çıkış noktaları tıkanmaya neden olmayacak büyüklükte olmalıdır.

Yağmurlama:

Yüksek basınçla (35-60 lb /inc²) daha geniş alanlar üzerinde sulama yapılır. Eğimin 1/3'ü üzerine sırt sırta eğimlerin tepe kısmına yerleştirilir. Uzun eğim kayma mesafeleri bu sistemde tavsiye edilir. Bu sistem, su içindeki organik ve katı maddeleri yüzeye düzenli olarak dağıttığı için tercih edilir. Ayrıca eğimli yüzey boyunca sudaki BOD yüküne bağlı olarak oksijen dağılımı da önemlidir.

2.6.3 Tasarı Parametreleri:

Yüzey akış sistemleri için tasarı parametreleri; yüzey eğimi, eğimli yüzey uzunluğu, işletim periyodu ve uygulama oranıdır. Daha kuvvetli endüstriyel atıksuların arıtıldığı sistemlerde BOD yüklemesi de ayrıca dikkate alınmalıdır.

Uygulama Oranı:

Birim zamanda, birim alana verilen atıksu hacmi olarak ifade edilebilir. Birimi m³/ha.s'dir. Yükleme oranı azaldıkça, eğimli yüzeyden giderilen bileşik miktarı da artar. Daha yüksek arıtma performansı önemli değilse, daha yüksek yükleme oranı kullanılabilir. Daha düşük seviyelerdeki yükleme oranları, toprak sıcaklığı 10 °C'nin altına düştüğü zaman yada maksimum arıtma istendiği zaman kullanılır.

Eğim Uzunluğu:

Delikli borular ve fan sprej dağıtma sistemleri için eğim uzunluğu, 30 – 45 metre arasında değişir. Genel olarak yüzey akış sistemlerinde arıtma performansı, eğim uzunluğu ile doğru ve yükleme oranı ile ters orantılıdır. Yani eğim uzunluğu arttırılarak, daha yüksek yükleme oranları veya azaltılarak, daha düşük yükleme oranları ile aynı verimi elde etmek mümkündür. Ayrıca, daha yüksek yükleme ve daha uzun eğimlerde gerekli arıtma alanı ihtiyacı daha azdır.

Eğim Derecesi:

Dizayn eğim derecesi oranı, %1 ile %8 arasında bir değer olmalıdır(Smith and Scroeder, 1983). Çünkü eğim eğer bu dereceler arasında olursa, sistem performansı olumsuz etkilenmez. Yüzey eğimine mümkün olduğunca yakın eğimlendirme yapılır. Böylece, toprağı şekillendirmek için gerekli işçilik masrafları da azaltılmış olur. Eğimlendirme, kaba seviyelendirme, düzleştirme ve son seviyelendirme aşamalarını içerir. Son eğim derecesi, suyun yüzey akışını temin için 1. 5 mm toleranslı olmalıdır. Eğer toprağın doğal yapısında ani eğim değişiklikleri oluyorsa, buralarda tamamlayıcı bir eğimlendirme yapılır.

2.6.4 İşletim Periyodu:

Hemen tüm yüzey akış sistemleri, orta seviyede bir işletim periyotuna sahip olmakla birlikte normalde bu periyot, yüklemeyi takip eden kuruma olmak üzere 24 saattir. Bunun 8 ile 12 saati yükleme ve 12 ile 16 saati de kuruma periyodudur. Bu yükleme kuruma oranı, nitrojen giderimi dışındaki bileşenlerin giderimini pek etkilemez. Uygulama periyodunun kuruma periyotuna oranı ile ters orantılı olarak nitrojen giderimi gerçekleştirilir. Ayrıca sistemin genel performansını değiştirmek için de bu periyot uzunlukları kendi içinde değiştirilir. Daha uzun yükleme süresi, BOD giderimini azaltır. Daha uzun işletim periyotları (4 gün yükleme ve 2 gün kurutma) ikinci arıtma, çıkış suyunu denitrifiye etmek için karbon ilavesinin yapıldığı sistemlerde kullanılır. Yükleme periyotunu 4 gün ile sınırlandırmak, sivrisinek tehdidini de azaltır. En uzun işletim periyodu, Avustralya’ da 6 ay yükleme 6 ay kurutma ile bir yıl olarak gerçekleştirilmiştir.

BOD₅ Yükleme:

Çok kuvvetli endüstriyel atıksular için, BOD₅ yükleme oranı da gözönüne alınmalıdır. Aerobik BOD₅ mikrobial bozunması için gerekli oksijen atmosferden sağlanır. Anaerobik şartların oluşmasını önlemek için, gerekli oksijen miktarına eşit yada daha fazla oksijen transferinin sisteme gerçekleştirilmesi gerekir. Bu oksijen ihtiyacı, BOD₅ yükleme oranının bir fonksiyonudur. Yüzey akış sistemleri için oksijen transfer oranı, yaklaşık 285 kg / ha gün’dür. BOD₅ kütle yüklemesine ilave olarak, uygulanan suyun

BOD₅ konsantrasyonu da düşünölmelidir. Yüksek BOD₅ konsantrasyonuna sahip olan atıksu, geri devir ettirilerek, konsantrasyonu azaltılır yada anaerobik şartlar oluşmadan önce, kısa uygulama periyotları kullanılır.

Depolama Gereklilikleri:

Eğer günlük sıcaklık 32 °F'ın (0 °C) altına düşerse, o zaman depolama ihtiyacı baş gösterir (Smith and Schroeder, 1983). Kışın depolama ihtiyacı, 20 yıllık bir süre için ortalama sıcaklığın 0°C den az olduğu günlerin sayısından tahmin edilebilir. Depolama alanı geçirimsiz bir hatta sahip olmalı ki, ön arıtıma tabi tutulan atıksu depolama olmadığı periyotta yüzey akış öncesi depoya geçmemelidir.

Alan Gereksinimi:

Yüzey akış sistemlerinde alan ihtiyacı, uygulama oranı için dizayn hacmi, eğim uzunluğu, işletim periyotu, depolama bilgileri kullanılarak hesaplanır. Bu hesaplanan alana, %20 - %25'lik bir alan tekrar ekim ve seviyelendirme için ilave edilir. Ayrıca işletim yolları için, % 10'luk bir eğim alanı ayrılır.

Sistemin Yayılımı:

Yüzey akış sistemleri, seçilmiş olan dizayn eğim uzunluğuna göre donanım içinde dağılır. Alanın geometrik yapısı, eğim uzunluğunda bazı değişimleri gerektirebilir. Eğim genişliği, eğim alanının seçilmiş dizayn eğim uzunluğuna bölümü ile bulunur. Çıkış suyu toplama kanalları, çıkış suyu akımı + 25 yıllık periyotlu geri döngü suyunu içeren taşkın suyunu taşıyacak ve daha aşağı eğimlere taşmaya meydan vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

Kaplayıcı Bitki Seçimi ve İşletimi:

Yoğun ve düzenli bir tutucu bitki, yüzey akış sistemlerinde erozyonu önlemek ve giderme işlemi için gereklidir. Suya toleranslı bitkilerden, ortama adapte olabilen türler tercih edilir. Bu bitkiler, yüksek yoğunluklu bir atıksuya maruz kaldıkları için kesin olarak kullanılmaz ve genellikle çamur yığınları halinde biçilir ve daha sonra balyalanır. Ancak kesilenler, yüzeyde kaldığı ve kuruma süresini uzattığı için arzu edilmez.

2. 7 Suni Bataklık Alanlar

2.7.1 Alan Araştırması ve Seçimi:

Alan karakteristiği, suni bataklıklar için topografya, toprak karakteristiği, mevcut alan kullanımı, sel tehlikesi ve iklim parametrelerini içerir.

Topografya:

Hafif ve düzenli eğime sahip alanlar, suni bataklık inşası için tercih edilen alanlardır. Çünkü serbest yüzey suları için, seviyelendirilmiş kanal şebekesi yada yeraltı akış sistemleri ise normal olarak %1 veya biraz daha fazla eğimle inşa edilir.

Toprak:

Geçirgenliği yavaş olan topraklar tercih edilir. Çünkü burada amaç, atıksuyu toprak profili üzerindeki su tabakası içinde arıtmaktır. Böylelikle, zaman içinde sürüklenme ve yüzeyde kalınlaşma ile oluşan sızma azalmasında en aza indirilmesi gerekir. Geçirgenliği yüksek topraklar, küçük sistemlerde kullanılabilir.

Sel Tehlikesi:

Taşkın tehlikesine karşı bu suni bataklıklar, bu tür riskli bölgelerin dışında inşa edilmelidir. Taşkın yalnız kışın olduğu durumlarda, arıtma gerekliliklerine göre ilave önlemler gerekmebilir.

Mevcut Alan Kullanımı:

Mevcut açık arazi veya ekili alana yakın olarak suni bataklık inşası genellikle tercih edilir. Mevcut doğal sulak alana ilave bir sulak alan, ortamın canlı yaşamını destekleyerek yada ilave bir su kaynağı temini ile genişletilebilir. Sulak alan sistemi, genellikle soğuk iklimlerde kullanılır. Arıtmada biyolojik kademe, sıcaklık değişimine karşı hassas olduğu için, bilhassa değişik sıcaklıkların gözlemlendiği kış mevsiminde sistem performansı düşeceğinden depolama ihtiyacı görülür.

Uygulama Öncesi Arıtım:

En az olabilecek bir ön arıtım, birincil arıtım ve kısa süreli havalandırma havuzları olmalıdır. Bunun daha üstünde bir ön arıtma, çıkış suyu gerekliliği yada sulak alanın arıtım kapasitesine göre değişir. Sulak alanlarda birden fazla noktada, daha yüksek dereceden arıtma gerektiğinde kullanılabilir. Ancak, oksidasyon havuzları yada yatakları algal büyümeyi arttırdığı için, sulak alan arıtımından önce kullanımından kaçınılmalıdır. Ayrıca sulak alanın fosfor giderimi çok az olduğu için, ön arıtmada fosforun da önemli ölçüde giderilmiş olması gerekir.

Bitki Seçimi ve Kullanımı:

Seçilen bitki türü, sulak alan arıtımında temel bir role sahiptir. Çünkü oksijenin köklere iletimini sağlar ve mikrobiyolojik arıtma proseslerinin olduğu su seviyesinin orta tabakasını teşkil eder. Su yüzüne kadar uzanan kökü, toprakta yada granüler destekleyici bir tabanda olan bitki türleri sulak arazi inşasında kullanılır. Toprak altı akım sistemlerinde, bu bitkilerin hasadı genellikle gerekmezken, yüzeyden serbest akış şartlarını muhafaza etmek için kurumuş otlar periyodik olarak yakılır.

2.7.2 Dizayn Parametreleri:

Yapay sulak alan inşasında, hidrolik bekletme süresi, yatağın derinliği, yatak geometrisi (uzunluk, genişlik) BOD₅ yükleme oranı, hidrolik yükleme oranı dizayn parametreleridir. Nitrojen giderimi bekletme süresi ile doğrudan ilişkilidir. Birinci derece modellerde giderme oranı önceden kestirilemez. C:N oranı, sistem geometrisi, bitki kullanımı da nitrojen giderimini oldukça etkileyen parametrelerdir. Değişik bitki yapısı ve açık su zonu ile oluşturulan sistemler, nitrojen giderimi için gerekli olan optimum şartları sağlar. Ayrıca bu tip sistemlerde, periyodik olarak (en az yıllık) açıksu bölgelerinde yetişen bitkilerin hasadı gerekir.

Su Derinliği:

Serbest akış sistemlerde seçilmiş olan bitki türünün optimum derinliğine bağlıdır. Soğuk iklimlerde bu derinlik, yüzeyde buz oluşumu ve daha düşük sıcaklıklarda arttırılmış bekletme sürelerine imkan verir. Yüzey akış sistemlerinde ise, kullanılan bitkilerin kök geçirim derinliğine bağlı olarak bu derinlik belirlenir. Çünkü su içine oksijen bu bitki kökleri ile sağlanır.

Serbest Akış Sistemleri:

Yüzey alanı, derinlik ve dizayn bekletme süresine bağlı olarak belirlenir. Genellikle yapılan bir çalışmaya göre, L/W oranı 10:1 olduğunda maksimum performans elde edilmişse de bu durumda kısa döngü potansiyeli azalır, ancak bu defa, tabanda kalınlaşmalara ve aşırı yükleme sınırının aşılmasına neden olur. Genellikle mevcut sistemlerde, W/L oranı 1'e yakındır. Sistem genişliği muhtelif bölümlere ayrılır. Böylece, sistem performansını kontrol etmek ve sistem esnekliğini sağlamak mümkün olur. Ayrıca bu bölümlerden bazıları, sistem işletmede iken devre dışı edilerek bitki yönetimi ve taban şartlarının kontrolü yapılabilir.

Yüzey Akış Sistemleri:

Tipik olarak bu sistemlerin uzunluğu genişliğinden daha azdır.

BOD₅ Yükleme Oranı:

BOD₅ yükleme oranı, yüzey akış sistemlerinde olduğ u gibi oksijen ihtiyacının, sisteme sağlanan oksijen miktarını aşmaması için kontrol edilmelidir. Alan yükleme yapılrken dikkat edilmelidir. Çünkü oksijen yüzeye üniform olarak dağılırken, yükleme özellikle vanalar civarında yığılmalar şeklinde ve düzensizdir. Yüzey akış sistemlerinde bitki köklerine temas halinde olan sudaki BOD₅, buradaki bazı askıda mikroorganizmalarca indirgenebilir. Toplam oksijen ihtiyacı esas alınarak, oksijen gereksinimi belirlenmelidir. $BODU/BOD_5 = 1.5$ ve maksimum BOD₅ yükleme oranı yüzey akış sistemlerde 133kg/ha. gün ile sınırlanmalıdır. BOD₅ yükleme oranı 66.5 kg/ha. gün sınırlanmalıdır. Anaerobik şartların oluşmasını önlemek için yükleme, alan boyunca

adım adım yapılmalıdır. Serbest akış sistemi, yüzey akış sistemi ile karşılaştırıldığında, su kolonuna daha az oksijen sağlar. Çünkü yüzey akış sisteminde, bitki kökleri ve rizomları ile oldukça derine oksijen geçişi sağlar. Eğer yüzey tamamen bitkilendirilmiş ise, orta seviyede BOD₅ yükleme oranı serbest akış sistemleri için uygun olacaktır. Dizayn değeri 66.5 kg/ha.gün'ü aşmamalıdır.

Hidrolik Yükleme Oranı:

Bu parametre, sistem dizaynı için gerekli bir parametre olmamakla birlikte, farklı sistemlerle karşılaştırmak için kullanılması uygun görülmüştür. Uygulamadaki yükleme oranları, 150 ile 500 m³/ha. gün aralığında değişir. Bununla birlikte, spesifik alan ihtiyacı da sistem dizaynında, farklı sistemler arasında karar verilmesinde ve hızlı bir ilk alan ihtiyacı belirlenmesinde kullanılır.

Vektör Kontrolü:

İnşa edilen bataklık alanlar, sivrisinek oluşumuna çok elverişli ortamlar olduğu için özellikle fleksibil bataklık alanlar için bunun önlenmesi gerekir. Bu sivrisinek yiyici balıklar için uygun bitki kullanımı ve ilave olarak bazı kimyasal maddelerin kullanımı ile mümkündür. Ayrıca bu tür balıkların yaşaması için, su ortamında oksijen konsantrasyonunun 1mg/L'nin altına düşmemesi gerekir. Bitkilendirmenin seyrekleştirilmesi ile hava cepleri oluşumu önlenir. Ayrıca alt yüzey sivrisinek üremesine karşı kaba kum yada küçük çakıl ile kaplanır.

2. 8 Yüzen Su Bitkilerinin Kullanıldığı Arıtma Sistemleri

Bu sistemlerin yapay bataklık sistemlerden farkı, kullanılan bitki türü ve bunun fiziksel şartlarıdır.

2.8.1 Alan Araştırması ve Seçimi:

Alan karakteristikleri ;toprak karakteristiği, topografya, baskın riski ve iklimdir.

Topografya:

Hafif ve eğimli yüzeyler tercih edilir. Ancak girintili, düzensiz eğimli yerlerinde eğimlendirilmesi mümkün olmakla birlikte, ilave bir toprak çalışması ve maliyeti gerektirir.

Toprak Karakteristiği:

Toprağın hafif geçirgen ($< 5 \text{ mm / sa}$) olması tercih edilir. Ayrıca toprak profiline doğru sızmada, zamanla oluşacak kayıplarında göz önüne alınması gerekir. Çünkü yüzeyde askıda ve kolloidal maddeler zamanla birikir yada bakteriyel büyüme ile kalınlaşmalar oluşur, hızlı geçirgen topraklarda taban geçirgenliğinin kil yada yapay hatlarla kontrol edilmesi durumunda kullanılır.

İklim:

Kullanılan bitkiler soğuğa karşı hassastır, bu nedenle bu sistemler soğuk iklimlerde kullanılamaz. Hava sıcaklığının 10°C 'nin altında olduğu yerlerde, su sıcaklığının 5°C veya 10°C 'nin altına inmemesi gerekir. Su mercimeği için elverişli sıcaklık 7°C dir (Reedy and Debusk, 1984). Su sümbülü, su mercimeği ve su kamışı kullanılan bitkilerdir. Ayrıca daha büyük iklimsel dalgalanmaların olduğu yerlerde, bu bitkilerin kombinasyonu kullanılabilir.

Uygulama Öncesi Arıtma:

Minimum arıtma, kısa havalandırma havuzları veya bunun eşdeğeridir. Dönerdisk taşıyıcı da çöktürme için etkili olarak kullanılır. Su arıtma sistemleri, daha sıkı çıkış suyu gereken durumlarda, ikinci derece çıkış suyunun arıtımı amacı ile de kullanılır. Ayrıca alg oluşumuna neden olan oksidasyon havuzları ve gölleri bu sistemden önce kullanılmamalıdır. Sistemin fosfor giderimi çok az olduğu için, giriş öncesi atıksudan fosforun giderilmesi gerekir.

Bitki Seçimi:

Temel olarak kullanılan bitkiler; su sümbülü, su mercimeği ve su kamışdır.

Su Sümbülü:

Bu, ilk yetiştirilen temiz su bitkilerindendir. Geniş yuvarlak parlak yaprakları vardır. Bu bitki, tepeden kök ucuna kadar 0.5 metreden 1.2 metreye kadar uzun bitki su yüzeyini kapladığında uzaması durur ve enine gelişir. Su sümbülü çok hızlı büyür ve yüksekliğı ile dünyadaki ilk 10 bitki arasında yer alır. İlk büyüyen bitki alındığında, elde edilen tohumlar, bitki ekimi için ana kaynağı oluşturur. Bitkinin büyümesi, güneş alabilme durumu, evre şartları, besin yapısı, kültürel metodlara bağılı olarak değışik oranlarda gerçekleşir. Bitki yetiştirilmesinde iki metod kullanılır.

- a) Verilen zaman periyotunda, yüzde olarak havuz yüzeyinin belli bir kesiminin bitkilendirilmesi
- b) Birim ıslak bitki kütlesinin yoğunluğı; (her birim alana karşı) normal şartlarda su yüzeyinde gevşek olarak tutulan bitkiler daha az yoğunluğına sahipken (10 kg / m²) bu yoğunluk (ıslak bitki kütlesinin ağırlığı) 80 kg /m² ye kadar erişebilmektedir (EPA, 1988). Sıcaklık ve hava bitki büyümesinde en önemli faktörlerdir.

Su Mercimeğı:

Bu bitki, küçük, yeşil, temiz su bitkisidir. Genişliğı, bir ile birkaç milimetreye kadar değışir. Su mercimeğı, en küçük, basit ve en hızlı çoğalabilen bir su bitkisidir. Bitki ucunda yaşamı boyunca, 10 ile 20 kez hücre üretimi gerçekleşir ve bu atıksuda ikiye katlanır. Su sümbülünden %30 daha hızlı gelişir. Oldukça küçük lif yapısı ile çok hızlı bir metabolizması vardır. Küçük yüzen su mercimekleri, rüzgara karşı hassastır sürüklenebilir ve böylece eğer rüzgar etkisi kontrol edilmezse havuz yüzeyini tam olarak ve düzenli kaplanamadığı için sistemin arıtma veriminde azalma olur. Ayrıca büyüyen su mercimekleri, oldukları yerde bırakılıp hasat edilmezse anaerobik ortamların ve dolayısı ile koku problemine neden olur.

Su Kamışı:

Genellikle köklü bitkilerdir. Yüksek bir besin varlığında, oldukça büyük oranda gelişir ve su yatağını kaplayabilir. Düşük yoğunlukta yatay olarak, yoğukluk arttığında ise düşey olarak gelişmeye meyleder. Su kamışlarının fotosentetik kısımları küçüktür ve Florida'da yüksek yoğunlukta bu kısımlarda gölgelenir verim azalır.

0.010 kg / m² den daha fazla büyüme kaydeder. Su sümbülü tarafından azot ve fosfor giderimi kış sezonu boyunca önemli ölçüde düşerken, sukamışı her sezonda hemen hemen eşit tüketim yapar. Yıllık bitki verimi su sümbülünden daha az olmasına karşın, su sümbülü ve su pırasası biyokütle üretim sistemine adapte olabilir.

Yüzen Su Bitkisi Arıtma Sistem Türleri:

Bunlar genel olarak su sümbülü ve su mercimeği kullanan sistemlerdir.

Su Sümbülü Sistemleri:

Üç tiptir; a)aerobik havalandırmalı, b)aerobik havalandırmasız, c)fakültatif anaerobik Aerobik havalandırmasız sistem;İkinci derece arıtım veya organik yüklemeye bağlı olarak nitrojen giderimi sağlar. Bugün en çok kullanılan sistemdir. Koku ve sivrisinek problemi en az olan sistemdir. Koku ve sivrisinek istenmeyen bölgelerde aerobik havalandırmalı sistemler kullanılır. Bu sistemin avantajları; yüksek organik yükleme oranı ve daha küçük alan ihtiyacıdır. Üçüncü konfigürasyon ise fakültatif anaerobik tiptir. Bu tip, oldukça yüksek organik yükleme oranlarında kullanılır. Koku, yüksek sivrisinek popülasyonu başlıca problemlerdir. Bu problemler nedeniyle pek kullanılmaz.

Su Mercimeği Sistemleri:

Su mercimeği ve su kamışı ilk önce kullanılmış (fakültatif göller ve stabilizasyon havuzlarının çıkışlarını algal oluşumu azaltarak kaliteyi yükseltmekte) sistemlerdir. Geleneksel havuz dizaynı ,bu sistemi takiben kullanılabilir. Su mercimeği, rüzgarla sürüklenip sistem yüzeyindeki dağılımı bozulacağından, bu sürüklenmeyi önleyen yüzey barikatları kullanılabilir. Ayrıca bitki bozunmaları koku oluşumuna neden olabilir.

2.8.2 Dizayn Parametreleri:

Hidrolik bekletme süresi, su derinliği, havuz geometrisi, organik yükleme oranı, hidrolik yükleme oranıdır.

Hidrolik Bekletme Süresi:

Bu hidrolik ve organik yükleme oranı ve sistem derinliğine bağlıdır ancak birçok halde organik yükleme oranı kontrol edici faktördür.

Su Derinliği:

Su derinliği, düşey karışımı kontrol etmek için göz önüne alınır. Düşey karışım ile bitki kök bölgesindeki toplanmış bakteri grupları ile su etkileşim haline gelir ve arıtım işlemi gerçekleşir. Özellikle, birden fazla gözden oluşan su sümbülünün kullanıldığı sistemlerde, en son gözde derinlik daha fazla olmalıdır. Çünkü besin azaldıkça bitki kökü uzamıştır. Kök ile suyun teması için derinlikte artamalıdır. Değişik işletim koşullarına uyum için, su sümbülü arıtım sistemi de değişik derinliklerde işletilebilecek şekilde dizayn edilmelidir.

Su mercimeği sistemleri çürütme havuzları gibi tasarlanmalıdır. Ancak burada rüzgar etkisinde gözönüne alınması gerekir. Aksi takdirde, rüzgar ile bitkiler üflenerek dağılımı dolayısı ile sistemin performansı bozulur.

Organik Yükleme Oranı:

Su sümbülü sisteminde, (10-300kg / ha.gün) arasında değişir. Eğer destekleyici bir havalandırma yoksa, 150 lb / acre. gün üzerinde bir yükleme koku problemi oluşturur. (özellikle sülfat konsantrasyonu 50 mg/L'in üstünde ise). Havalandırmasız sistemlerde ortalama organik (BOD₅) yükleme oranı, 100-110 kg/ha.gün'ü aşmamalıdır (EPA, 1988).

Hidrolik Yükleme Oranı:

Su arıtma sisteminde, ayrılmış her yüzey üzerine uygulanan günlük atıksu miktarı olan bu oran, su sümbülü kullanılan sistemlerde evsel atıksu arıtımında, 240 ile 3600 m³/ha.gün arasında değişir (EPA, 1988). İkinci derece arıtımda BOD₅ ve SS ≤ 30mg/L'dir. Hidrolik yükleme oranı 200 ile 600m³/ha.gün'dür. Havalandırmalı ikinci derece arıtımda hidrolik yükleme, oranı 100m³/ha.gün olarak başarı ile kullanılmıştır.

Bununla birlikte, hidrolik yükleme oranı organik yükleme oranı tarafından kontrol edilir.

2.8.3 Proses Kinetikleri:

Akış rejimi, bir ya da daha fazla tam karışimli reaktör kullanılarak, yaklaşık elde edilebilir. Adım besleme sisteminde en önemli nokta belkide, ilk reaktörde geri döngü oranının 16/1, sondakinde ise 23/1 olması ve (eğer havuz kullanılırsa) havuzsuz direkt geri döngünün girişe uygulanması halinde geri döngünün 2/1 olmasıdır. Bu havuzun performansı açısından dikkat çekicidir.

2.8.4 Sivrisinekler ve Kontrolü:

Amerika'nın birçok kesiminde, su arıtma sistemlerinin kullanımını kısıtlayan veya engelleyen en büyük unsur, bu alanlarda oluşan sivrisinek popülasyonu ve bunun su ve çevre sağlığını etkilemesidir. Bunun önlenmesi için ;

- 1) Sivrisinek balıklarının beslendiği depolama havuzları.
- 2) Aerobik şartlara yardım için organik içeriği daha fazla azaltan bir ön arıtma.
- 3) Atık suyun adım adım uygulandığı geri devirli sistemler.
- 4) Daha sık bitki hasadı.
- 5) Akşam saatlerinde su püskürtme.
- 6) Kimyasal kontrol maddelerinin uygulanması.
- 7) Havalandırma aletleriyle oksijen verilmesi.
- 8) Biyolojik kontrol maddeleri.

Sivrisinek balıkları, anaerobik şartlarda özellikle organik olarak fazla yüklenmiş havuzlarda ölürler. Buna ilave olarak, sınırlanmış bir balık miktarının varlığında birbirlerine sıkıca sokulmuş olarak bitkilerin gelişmesine ve su ceplerinin oluşmasına yol açar. Bu su cepleri de sivrisinekleri arttırıcı, balık nüfusunu azaltıcı bir unsurdur.

2.8.5 Bitki Hasadı ve İşlenmesi:

Bitki hasad ihtiyacı, elde edilmesi düşünülen su kalitesi ile ilişkilidir. Sık yapılan hasad ile bitkinin besin tüketim kapasitesi artar ve organik madde giderimi elde etmek için kullanılır. Önemli bir fosfor giderimi de eğer sıkı hasad yapılırsa mümkün olmaktadır. Özenli bir hasad, bitkinin zarar görmemesi için gereklidir. Örneğin su mercimeği sıcak

periyotta, her iki haftada bir hasad edilmelidir. Hasad edilen su sümbülü alanda depolanır, alan üzerine serpiştirilir yada gömülür. Ayrıca kompostlaştırılabilir. Eğer bitki önce kurutulup sıkıştırılmadıysa, kompost etkisi azalır ve uzaklaştırılması gereken bir sıvı sızıntı oluşur. Su mercimeği kurutulmadan da hayvan besini olarak kullanılabilir. Su sümbülü veya diğer bitkilerin hasattan sonra uzaklaştırılması ile ilgili çalışmalar, su bitkisi ile arıtma sistemlerinin uygulanabilirliğini arttırmak için devam etmektedir.



3. SULAMA SUYU KALİTESİ

3.1 Sulamada Kullanılacak Atıksuyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

3.1.1 Tuzluluk

Sulama suyu kalitesi, özellikle evapotranspirasyonun yüksek oranda gerçekleştiği, yüksek sıcaklık ve düşük nemliliğe sahip kurak bölgelerde özel bir öneme sahiptir. Tuzluluk evapotranspirasyon sonucu sulama suyunun buharlaşması ile geride kalan tuzun, toprak profili içinde birikimidir. Toprağın partiküllerinin dağılma derecesi, küçük tanelerin kararlılığı ve toprağın fiziksel ve mekanik özellikleri, sulama suyu içinde bulunan iyon tiplerinden oldukça etkilenmektedir. Böylece arıtılmış atıksu ile sulama planlanırken, hem ürün verimi ve hem de toprak özelliklerinin dikkate alınması gerekecektir.

Sulama suyunun tuzluluğu, elektriksel iletkenliği ölçülerek belirlenmektedir. İletkenlik, söz konusu atıksuyun sulamaya uygunluğunu belirleyen önemli bir parametredir. Elektriksel iletkenlik (EC), sulama suyundaki çözünmüş toplam katı madde konsantrasyonu (TÇK) hakkında da iyi bir fikir verebilmektedir. Elektriksel iletkenlik, "mmho/cm" veya "desisimens/metre(dS/m)" birimlerinde ölçülmektedir. Burada 1 mmho/cm'nin 1 dS/m'ye eşit olduğuna dikkat edilmelidir. Bir çok tarımsal sulama uygulamasında, EC ve TÇK'nun birbiri ile direkt olarak ilişkili olduğu görülmüştür. EC ve TÇK aşağıdaki formülle % 10'luk bir hata payı ile birbirine dönüştürülebilmektedir (Pettygrove and Asano, 1985):

$$\text{TDS (mg/L)} = \text{EC (mmho/cm veya dS/m)} \cdot 640$$

(3.1)

Sulama sahasında tuz, ya lokal yeraltısuyundan ya da uygulanan sulama suyundan kaynaklanmaktadır. Evapotranspirasyon sonucunda tuz, bitkinin kök bölgesinde birikmeye eğilim göstermektedir. Bu tuzluluk problemini aşmanın tek yolu, tuzu yıkayacak şekilde aşağı yönlü net bir akımın oluşturulmasıdır. Çünkü topraktaki bu aşırı tuzluluk önlenmediği takdirde bitkiye zarar vermektedir.

Tablo 3.1 Sulamada Kullanılan Su Kalite Rehberi (MetCalf and Eddy sayfa:1146, 1991).

Potansiyel Sulama Problemi	Birimler	Kullanımı Kısıtlama Derecesi		
		Yok	Az-Orta	Çok
<u>Tuzluluk</u> (ürünün su alma yeteneğini engeller)				
• EC_w	DS/m	$< 0,7$	0,7 - 3,0	$> 3,0$
• TDS	Mg/L	< 450	450 - 2000	$> 2\ 000$
<u>Geçirgenlik</u> (suyun zemine sızma hızını etkiler. EC_w ve SAR veya adj R_{Na} 'nın birlikte kullanımı ile değerlendirilir)				
• SAR 0 - 3		$EC_w \geq 0,7$	0,7 - 0,2	$< 0,2$
3 - 6		$\geq 1,2$	1,2 - 0,3	$< 0,3$
6 - 12		$\geq 1,9$	1,9 - 0,5	$< 0,5$
12 - 20		$\geq 2,9$	2,9 - 1,3	$< 1,3$
20 - 40		$\geq 5,0$	5,0 - 2,9	$< 2,9$
<u>Spesifik iyon toksisitesi</u> (hassas bitkileri etkiler)				
• <u>Sodyum (Na)</u>				
Yüzey sulaması	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Yağmurlama sulaması	Mg/L	< 70	> 70	
• <u>Klorür (Cl)</u>				
Yüzey sulaması	Mg/L	< 140	140 - 350	> 350
Yağmurlama sulaması	Mg/L	< 100	> 100	
• <u>Bor</u>	Mg/L	$< 0,7$	0,7 - 3,0	$> 3,0$
<u>Çeşitli Etkiler</u> (hassas bitkileri etkiler)				
• Toplam azot	Mg/L	< 5	5 - 30	> 30
• Bikarbonat (HCO_3) (sadece püskürtmeli için)	Mg/L	< 90	90 - 500	> 500
• pH	-	-	6,5 - 8,4	
• Artık klor (sadece püskürtmeli için)	mg/L	$< 1,0$	1,0 - 5,0	$> 5,0$

3.1.2 Spesifik İyon Toksisitesi

Arıtılmış atıksuyun sulamada kullanımında, en fazla toksik etkiyi bor yapmaktadır. Borun kaynağı, evsel deterjanlı atıksular ve endüstriyel deşarjlardır. Klorür ve sodyum miktarı da evsel kullanımlı atıksularda, bilhassa yumuşatıcı kullanımı neticesinde

oluşmaktadır. İz elementlerinin tavsiye edilen maksimum konsantrasyon değerleri, Tablo 3.2’de verilmiştir. Olumsuz şartlarda, suyun içindeki element konsantrasyonu bu seviyenin üzerindedir. Bu elementler, bitki bünyesinde birikip hayvan ve insan sağlığına zarar verebilmekte ya da bitkide fitotoksititeye neden olabilmektedir.

3.1.3 Su Sızma Oranı

Sızma problemi, yüzeyden birkaç cm aşağıda oluşmaktadır ve toprağın yapısal kararlılığı ile yakından ilgilidir. Muhtemel sızma problemi öngörüsünde, sık sık sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) kullanılmaktadır. SAR aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$SAR = Na / ((Ca + Mg) / 2)^{1/2} \quad (3.2)$$

$$Adj R_{Na} = Na / ((Ca_x + Mg)/2)^{1/2} \quad (3.3)$$

Bu formüllerde konsantrasyon meq/L birimindedir. Denklem (3.3)' te tanımlanan düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı, SAR formülünden farklı olarak, kalsiyumun toprak içindeki değişimini de göz önüne almaktadır ve özellikle arıtılmış atıksuyun kullanıldığı sulamalarda, topraktaki kalsiyumun değişimini gösterdiği için tercih edilmektedir.

Tablo 3.2. Sulama Suyundaki İz Elementleri İçin Tavsiye Edilen Maksimum Konsantrasyonlar (MetCalf and Eddy, sayfa:1149, 1991)

Elementler	Önerilen maksimum Konsantrasyon mg/L	Notlar
Al (alüminyum)	5,0	Ph< 5.5 olan topraklarda verimi düşürebilir; fakat daha alkali zeminlerde iyonlar çökmekte ve toksisite önlenmektedir.
As (arsenik)	0,1	Bitkilere toksisite pirinç için 0,01 mg/L den daha az iken Sudan çimi için 12 mg/L'ye kadar geniş bir aralıkta değişmektedir.
Be (berilyum)	0,10	Bitkilere karşı toksisite, çalı fasulyesi için 0,5 mg/L den kale için 5 mg/L'ye kadar geniş bir aralıkta değişmektedir.

Tablo 3.2'nin devamı

Cd (kadmiyum)	0,010	0,1 mg/L için nutrient çözeltilerinde fasulyeye, pancara ve şalgama toksiktir. İnsan sağlığına zararlı olabilecek konsantrasyonlarda bitki ve topraklarda birikme potansiyelinden dolayı emniyetli limitler tavsiye edilmektedir.
Co (kobalt)	0,050	Nutrient çözeltisinde 0,1 mg/L de domatese toksiktir. Nötr ve alkali topraklarda etkisizleşmektedir.
Cr (krom)	0,10	Genellikle temel besin maddesi olarak alınmamaktadır. Bitkilere toksisitesi konusunda yeterli bilgi olmadığından emniyetli limitler tavsiye edilmektedir.
Cu (bakır)	0,20	Nutrient çözeltilerinde 0,1 - 1,0 mg/L değerlerinde birçok bitki için toksik etki göstermektedir.
F (Florür)	1,0	Nötr ve alkali topraklarda etkisizdir.
Fe (demir)	5,0	Oksijenli topraklarda bitkilere toksik değildir; fakat toprağın asidifikasyonuna ve fosfor ve molibdenin indirgenmiş formlarının azalmasına katkıda bulunur. Yağmurlama sulaması, az da olsa bitkiler, ekipmanlar ve binalar üzerinde birikmesine sebep olmaktadır.
Li (lityum)	2,5	Bir çok bitki tarafından 5 mg/L'ye kadar tolere edilebilir. 0.075 mg / L'de turuncgillere için toksiktir. Etkisi borona benzemektedir.
Mn (manganez)	0,20	Genellikle asitli topraklarda olmak üzere birkaç ondan bir mg'dan birkaç mg'a kadar çok sayıda ürün çeşidi için toksiktir.
Mo (molibden)	0,010	Su ve toprakta normal konsantrasyonlarda bitkilere toksik değildir. Ancak yüksek seviyede molibden içeren topraklar otlak olarak kullanılırsa hayvanlar için toksik olabilir.
Ni (nikel)	0,20	1 – 5 mg/L aralığında çok sayıda bitki için toksiktir. Nötr yada alkali toprakta toksisite etkisi azalmaktadır.
Pb (kurşun)	5,00	Yüksek konsantrasyonlarda bitki hücre büyümesini kısıtlayabilir.
Se (selenyum)	0,020	İzafi olarak ilave selenyumun yüksek seviyede olması halinde otlaklarda, 0.025 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda da bitkiler için toksiktir. Oldukça düşük konsantrasyonlarda olmak şartı ile hayvanlar için temel elementtir.
Sn (kalay)	-	Bitki yapısında bulunmaz. Tolerans derecesi tam olarak bilinmemektedir.
Ti (titanyum)	-	Kalay için olan notlar geçerlidir.
W (tungsten)	-	Kalay için olan notlar geçerlidir.
V (vanadyum)	0,10	İzafi olarak düşük konsantrasyonlarda çoğu bitkiler için toksiktir.
Zn (çinko)	2,0	Geniş bir aralıkta değişen konsantrasyonlarda bir çok bitki için toksiktir. PH>6 ve ince daneli veya organik topraklarda toksidite azalmaktadır.

3.2 Nütrientler

Arıtılmış atıksu içinde bulunan nütrientler, mahsul veya boş alanların yeşillendirilmesinde gübre etkisi yapmaktadır. Bununla birlikte, eğer atıksudaki nutrientler ürün ihtiyacından fazla olursa bu, bazı problemlere yol açabilmektedir. Boş alanların yeşillendirilmesi ve tarımsal açıdan önemli olan nütrientler N, P, Zn, K, B ve S'tir. En yararlı ve en sık karşılaşılan nütrient ise azottur.

3.3 Değişik Sebeplerden Kaynaklanan Problemler

Yağmurlama ve damlatmalı sulama sistemlerinde, özellikle birincil havuz ve oksidasyon havuzu çıkışlarında, tıkanma problemleri rapor edilmiştir. Bu probleme en çok damlatmalı sistemlerde rastlanır. Bu tip sistemler ise, kapalı olması ve çalışan işçilerin atıksuya maruziyetini en aza indirmesi nedeni ile toplum sağlığı bakımından ideal kabul edilir. Klorlanmış arıtılmış atıksudaki 1mg/L'den az artık klor, genellikle otlak bitkileri için tehlikeli değildir. Ancak bu değer, 5 mg/L'ye çıktığında ve bitkiye direkt olarak uygulandığında zararlı olmaktadır.

Örnek problem: Değişik tipdeki sulama sularının etkileri ve uygunluklarının araştırılması amacı ile Kaliforniya'da yapılan bir çalışmada, dört değişik karakterdeki su aşağıdaki Tablo 3.3. de gösterilmiştir. Bu sular, i) nispeten kirletilmemiş Sacramento nehri, ii) orta derece tuzlu Joaquin yeraltısuyu, iii) Fresno ve Bakersfield şehirlerinin arıtılmış evsel atıksularıdır. Aşağıdaki şartların varlığını kabul ederek bu suların sulama için uygunluklarını belirleyiniz.

1 – Ürün tiplerine ve büyüme sezonunun herhangi bir anına göre ürünün günlük su ihtiyacı değişir. Su ihtiyaçları en düşük 0.2032 cm/gün ve en yüksek 1.016 cm/gün aralığında yer almaktadır.

2 – Arıtılmış atıksuyun arazide kullanımında, bitki su ihtiyacı da dikkate alınmalıdır. Sulamada amaç, atıksuyun ürün yetiştirilmesinde etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaktır.

Tablo 3.3. Örnek Problemde İncelenen Alternatif Su Kaynaklarının Özellikleri

Bileşenler	Sacramento Nehri	San Joaquin County yeraltısuyu	Fresno atıksu çıkışı	Bakersfield atıksu çıkışı
Ec (dS/m)	0.11	1.25	0.69	0.77
pH	7.1	7.77	8.6	7.0
Ca mg/L	10	100	24	47
Mg „	5	33	12.8	5
Na „	6	92	80	109
K „	1.5	3.9	13.8	26
SAR „	0.4	2	3.3	4.1
HCO ₃ „	42	190	236	218
SO ₄ „	7.3	110	-	62
Cl „	2.2	200	70	107
NO ₃ -N + NH ₃ - N „	0.08	5.9	14 ^c	0.5 ^d
B „	-	1.4	0.43	0.38
TDS ^e „	72	800	442	477
As „			<0.002	
Cd „			<0.002	<0.01
Cr „			<0.02	
Pb „			<0,05	

^c: Toplam Kjeldahl-N

^d: NO₃ – N Toplam rapor edilmiş nitrojen 20 – 25 mg / L 'dir.

^e 3.1 nolu eşitlik kullanılarak tahmin edilmiş TDS değeri.

Cözüm:

1.) Değişik tipdeki sulama sularının uygulandığı Tablo 3.1'de verilen bilgiler esas alınarak belirlenmiştir. Analiz sonucu aşağıdaki Tablo 3.4. de gösterilmiştir.

Sonucun Yorumlanması: Verilen sulardan iki tanesinin kullanımında küçük su sızma oranı, toksisite ve diğer bazı olumsuz sonuçlar öngörülmesine rağmen, ürünün sağlıklı yetiştirilmesi için bu sonuçlar uygun olarak kabul edilebilir. Fresno ve Bakersfield şehirleri, artılmış evsel atıksularının sulamada kullanılması konusunda uzun bir geçmişe sahiptir.

Tablo 3.4. Örnek problem analiz sonuçları

	Problemın derecesi			
	Sacramento Nehri	San Joaquin Yeraltısıyu	Fresno atıksu çıkışı	Bakersfield atıksu çıkışı
Tuzluluk	yok	az – orta	yok	az – orta
Sızma	yüksek	yok	az – orta	az – orta
Toksisite (Yalnızca hassas ürünler)				
• Na				
Yüzeysel sulama	yok	yok	az – orta	az – orta
Püskürtme sulaması	yok	az – orta	az – orta	az – orta
• Cl				
Yüzeysel sulama	yok	az- orta	yok	yok
Püskürtme sulaması	yok	az – orta	yok	az – orta
• B	-	az - orta	az - orta	yok
Değişik sebepler (Yalnızca duyarlı ürünler)				
• N	yok	az- orta	az- orta	yok
• HCO ₃	yok	az- orta	az- orta	az – orta

3.4 Sağlık ve Yasal Gereklilikler

Arıtılmış atıksu içinde sağlık açısından önemli kirleticiler, biyolojik ve kimyasal olarak ikiye ayrılır. Toplum sağlığını korumak için, arıtılmış atıksuyun sulamada güvenli kullanımını sağlayacak koşulların belirlenmesi ve kuralların koyulması için önemli çabalar sarf edilmiştir. ABD’de belirli bir yerleşik standart olmamasına karşılık, atıksuyun arıtımı ve yeniden kullanımı ile ilgilenen bazı devletler, atıksu deşarjı ve arazide kullanılmasındaki gelişmelerle yakından ilgili olarak, atıksu arıtım kuralları geliştirmişlerdir. Özel amaçlı sulamada kullanılacak arıtılmış atıksu ile ilgili kurallar, sulama suyu ile insanın temas derecesi ve yetiştirilen ürünün muhtemel kullanım amacına uygun olarak hazırlanmıştır. Örneğin, Kaliforniya eyaletinde, toplumun her zaman temasının söz konusu olduğu arazi sulamaları durumunda, arıtılmış atıksu yeterli derecede oksitlenmiş, filtrelenmiş ve kullanılmadan önce 2.2/100 ‘den fazla toplam kaliform olmayacak şekilde dezenfekte edilmiş olmalıdır.

Sulama suyunun sodyum içeriği de önemlidir. Çünkü yüksek konsantrasyonda sodyum iyonu, toprağın tuzlanmasına yol açmakta ve zeminin geçirgenliğini azaltmaktadır. Bu da zemin yüzeyinde çamur birikmesine ve toprağın dağılmasına yol açmaktadır.

Sulama suyu içinde TDS konsantrasyonunun, 480 mg /L'den az olması tavsiye edilmiştir (Shelef, 1991). Eğer 1920 mg/ L'den fazla olursa, bazı ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. Doku içinde nütrient seviyesi analizi yapıldığında, nitrojen seviyesinin verimle oldukça yakından ilişkili olduğu görülür. Kısıtlamadan önce, ayrıca fosfor da verimdeki değişimin önemli bir etkeni olarak açıklanmaktadır. Fosfor içeriğinin verim üzerine etkisi beklenmedik şekildedir. Dokudaki daha düşük fosfor seviyesi, daha yüksek verimler oluşturur. Büyüme dönemi sonunda, bitki dokusundaki düşük seviyeli fosfor varlığı, dönem başında daha yüksek seviyeli bir fosfor uygulaması yapılmış olmasının bir sonucudur. Bu da, büyüme dönemi başlangıcında fosfor temininin önemli olduğunu gösterir. Diğer taraftan, potasyum uygulama miktarı ile verim arasında oldukça zayıf bir ilişki gözlenmiştir (MetCalf and Eddy, 1991).

Genellikle, yetiştirilen bitkilerde zenginleştirme etkisi, su tipine bağlı olarak değişir. Temiz su ile sulanmış bitki daha keskin çıkışlar ile büyürken, arıtılmış atıksuda bu daha yavaş artışlar şeklindedir. Çünkü atıksu ile sulanan bitki, bu su içindeki önemli miktarda bulunan nütrienti devamlı olarak kullanmaktadır.

3.5 Ürün Kalitesi

Arıtılmış atıksu ve temiz su ile yetiştirilmiş bitkilerin depolama ömrü ve kalite açısından aralarında herhangi bir fark gözlenmemiştir. Farklı tiplerdeki sularla sulanarak yetiştirilmiş turp bitkileri karşılaştırıldığında, tat ve görünüş olarak birbirlerinden farklı olmadıkları görülmüştür. Ayrıca, arıtılmış atıksu ile sulama sonucunda, üründe bozulmayı hızlandırıcı herhangi bir etki de gözlenmemiştir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kalkınmakta olan ülkelerde esas sağlık riskinin, barsak solucanları ile ilgili hastalıklar olduğu ve bu nedenle atıksuyun sulamada güvenle kullanılması için yüksek derecede barsak solucanı gideriminin gerekli olduğunu rapor etmiştir (MetCalf and Eddy, 1991).

Tablo 3.5. Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılabilmesi İçin Dünya Sağlık Örgütü Tarafından Tavsiye Edilen Mikrobiyolojik Kalite Rehberi ^a (Crook, 1998)

Tekrar Kullanım Koşulları	Maruz Kalan Grup	Nematod ^b (Litredeki yumurta sayısının aritmetik ortalaması)	Fecal Coliform (100 ml ^c 'deki geometrik ortalama)	Mikrobiyolojik Kaliteye Ulaşmak İçin Düşünülen Arıtım
A) Çiğ olarak yenebilen ürünler, spor sahaları ve parklar ^d	İşçiler, tüketiciler ve toplum	≤1	≤1000 ^d	Seri stabilizasyon havuzu veya eşdeğer arıtma
B) Tahıl ürünleri, endüstriyel ürünler, çim, ağaç ^e vb sulama	İşçiler	≤1	Tavsiye edilen standard yok	Çöktürme havuzlarında 8–10 saat bekletme veya aynı oranda barsak solucanı ve koliform gideren eşdeğer arıtma
C) B Kategorisinde yer alan ürünlerden toplumun ve işçilerin maruz kalmadığı kısım	Yok	Uygulanmaz	Uygulanmaz	Ön çöktürmeden az olmamak üzere sulamanın gerektirdiği ön arıtma

^a:Özel hallerde lokal yapı, sosyal ve çevre faktörleri dikkate alınmalı ve rehber buna göre yeniden düzenlenmelidir.

^b *Ascaris Trichuris* türleri ve halkalı solucan.

^c Sulama periyodu boyunca

^d Toplumun direk temasta olabileceği otel, çevre yeşilliği gibi umuma açık yeşilliklerin olduğu yerlerde daha katı standart uygulanmalı (her 100ml'de 200 fecal coliform)

^e Sulama ağaçtan ürün toplanmadan iki hafta önce kesilmeli, yerdeki ürünler toplanmamalıdır. Yağmurlama tipi sulama kullanılmamalıdır.

3.6 Türkiye’de Atıksuların Sulamada Kullanılmasında Göz Önüne Alınan

Kriterler

Türkiye’de 9 Ağustos 1983 tarih ve 2872 sayılı çevre kanunu ile mezkur kanunda ek ve değişiklik yapan kanun hükümlerine uygun olarak hazırlanan “ Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği” nin 7, 19, 23, 28, 30, 35 ve 51. maddeleri gereğince hazırlanan 7 Ocak 1991 tarihli Resmi Gazete’de yayınlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik

Usuller Tebliği, atıksuların sulamada kullanılmasında aranan sulama kriterlerini de içerir (Resmi Gazete, 7 Ocak 1991). Tebliğin yedinci bölüm, 46 ve 47. maddelerinde yer alan şekliyle atıksuların razıye vermeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik
- Sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı,
- Bor, ağır metal ve toksik olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu,
- Toplam katı madde, organik madde yükü ve yağ gres gibi yüzen maddelerin miktarı,
- Patojen organizmaların miktarı.

Toplam tuz konsantrasyonu ile elektriksel iletkenlik arasındaki oran katsayısı (M), deneysel çalışmalar sonucunda bir kere belirlendikten sonra sürekli kullanılabilir. Bu katsayı, 25 °C’ deki elektriksel iletkenlik (mikromho) ve tuz konsantrasyonları (mg/L) ile ifade edildiğinde 0.6-0.7 arasında bir değer alır.

Herhangi bir madde toprakta mg/kg olarak Co konsantrasyonuna sahipse, Sulanan topraktaki bu maddenin toplam değeri, kg/ha olarak ($4.2 \times Co$) ifadesi ile belirlenebilmektedir. Tablo A2’in birinci stünunda verilen “birim alana verilecek maksimum toplam miktarlar” ancak $4.2 \times Co$ ifadesi ile hesaplanan topraktaki mevcut miktarın çıkarılmasından sonra kullanılır.

Örnek : Topraktaki bor konsantrasyonu $Co=80$ mg/kg ise ve kabul edilebilir maksimum bor değeri, 680 kg/ha olduğuna göre $4.2 \times Co=336$ kg/ha olur. Buna göre, birim alana toplam olarak en çok $680-336=344$ kg/ha borun sulama yoluyla eklenmesine izin verilebilir.

Sulama Suyunda Bor Problemi

Madde 47- Ülkemizde bazı yörelerde, bor elementinin taşıdığı önem dolayısıyla yukarıdaki sulama suyu sınıflamalarına ek olarak, bitkilerin bora dayanıklılığını göz önünde bulunduran ek bir atıksu – sulama suyu sınıflandırılmasına gerek duyulmaktadır.

Aslında bütün bitkilerin, normal gelişmeleri için az bir miktar bora ihtiyaçları vardır. Ancak borun bitkilere gerekli miktarları ile zehirlilik oluşturan miktarı arasında çok

dar bir sınır vardır ve bu sınır bitki türlerine göre değişmektedir. Ancak toprakta veya sulama suyunda bu belirli sınırların üstünde bor bulunması, bitki yapraklarının sararması, yanma ve yarılmalara, olgunlaşmamış yapraklarda dökülme ve büyüme hızının yavaşlaması ile verimde azalmaya neden olur. Tablo 3.6' de bitkilerin bora karşı dayanıklılık derecelerine göre sulama sularının sınıflandırması yapılmıştır. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılmasında, bu sınıflandırmanın gözönüne alınması gerekir.

Tablo 3.6 Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanıklılıklarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması

Sulama Suyundaki Bor Konsantrasyonu (mg/L)			
Sulama Suyu Sınıfı	Duyarlı Bitkiler (1)	Orta Derecede (2) Dayanıklı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler (3)
I	0.33'ten az	0.67'den az	1.0'den az
II	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
III	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
IV	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
V	1.25'ten fazla	2.50'den fazla	3.75'den fazla

(1) : Örnek: Ceviz, limon, incir, elma, üzüm ve fasulye.

(2) : Örnek: Arpa, buğday, mısır, yulaf, zeytin, pamuk

(3) : Örnek: Şeker pancarı, yonca, bakla, soğan, marul ve havuç.

Sulama sularında sınıflandırılmasında kullanılan diyagram, şekil 3.1'de verilmiş olup, bu diyagramdan bulunan sulama suyu sınıfları da, Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Kriterleri tablosunda (Tablo A1) gösterilmiştir. Ayrıca sulama sularında izin verilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonu tablo A2'de, atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar tablo A3'te, endüstriyel atıksuların sulama suyu olarak kullanılmaya uygunluğu tablo A4'te verilmiştir.

Arıtılmış evsel atıksuların, dezenfekte edilmeden sulamada kullanılıp kullanılmayacağı incelendiğinde, biyolojik arıtma tesisi veya en az iki saat beklemeli çökeltme havuzu şeklindeki ön arıtma tesisi çıkış suyu, orman, mera, çayır ve tarlada bitki varlığı olmaksızın kullanılabilirken, sebze ve meyve yetiştirilmesinde kullanılmadığı görülmüştür.



4. DOĞAL ARITMA SİSTEMLERİNİN ÇALIŞMASINI SINIRLAYAN BAŞLICA METEOROLOJİK PARAMETRELER

4.1 Giriş

Doğal arıtma sistemlerinin kurulması ve işletilmesi için bazı iklim özelliklerinin ilgili bölgede var olması gerekir. Bu özellikler, kullanılacak doğal arıtma sisteminin tipine göre farklılık gösterir. Bu meteorolojik şartlar sağlandığı ölçüde, sistemin optimum verimle işletilmesi mümkün olmaktadır. Bu şartlar başlıca, sıcaklık ve yağıştır. Örneğin sulamada, eğer bölgede soğuk ve yağışlı hava, tüm yıl içinde önemli bir süreyi kapsıyorsa, buradaki sistemin işletimi için bir depolamaya ihtiyaç duyulur. Hızlı infiltrasyon ise, toprak dış yüzü ile ilgisi olmadığı için iklimden pek etkilenmez. Çok soğuk havalarda işletme şekli değiştirilebilir. Örneğin soğuk havalarda, yağmurlama yerine yüzeyden salma ile su yüzeye tatbik edilebilir. Arazi yüzeyinden akıtmada, soğuk havalarda suyu ekseriya depolamak gerekecektir. Su altında bırakmada da soğuk havalarda suyu depo etmek gerekebilir.

4.2 Sulama

Bitkiler ihtiyaçları olan suyu, kökleri vasıtası ile topraktan alırlar. Bitkinin ihtiyacı olan besinlerin, bitkinin kök bölgelerinde erimiş halde bulunması gerekir. Bu besinler topraktan bitki bünyesine taşınır ve burada oksijen ile yanarak, bitkiye gerekli enerjiyi sağlar. Yani toprakta gerekli nem ve oksijen yoksa bitkiler yaşayamaz.

Tabiatıta kendi halinde yetişen bitkiler, ihtiyaçları olan suyu, yağış sularının toprak tarafından tutulması ile sağlarlar. Ancak bir arazide yetişen bitkilerden optimum verim almak için bitki yetiştirilen yerlerde ihtiyacı kadar suyun belirli zamanlarda toprağa verilmesi gerekir. Çünkü bu bitkiler suyu yağmur, kar, çığ gibi tabi yollardan sağlayamazlar. Sulama; tarımsal bitkilerin ihtiyacı olan suyun yağışlardan karşılanamayan kısmının, bitkinin ihtiyacı olan zamanda, tarım arazisine kontrollü ve

ölçülü bir şekilde verilmesidir. Sulama ile ayrıca sıcak dönemlerde, toprağın ve havanın serinletilmesi, toprakta bulunan fazla tuzun seyreltilmesi (yıkanması), taban taşlarının yumuşatılması, ticari gübrelerin su ile birlikte toprağa verilmesi ve bazı zararlılarla mücadele edilmesi imkanları sağlar.

Sadece bitki yetiştirme mevsiminde sulama yapılacağı için, yıl içinde sıcak iklim koşullarında 1-3 ay ve soğuk iklim koşullarında 4-7 ay depolama ihtiyacı vardır. Bütün yıl yeşil kalan çayır ve ormanlık alanların sulamasında, kar ve don olayları nedeni ile atıksu tatbiki zorlaşır. Çünkü zemin yüzeyi kar ve buzlanma nedeni ile kaplı olacak, iç kısmı neme doymuş olacak ve böylece zeminin arıtma kabiliyeti azalacaktır. Sulama sistemleri, 0°C'nin altında bile başarı ile çalışırlar. Ancak zemin geçirimsiz ve yüzey akışı varsa, 0.5 cm/gün şiddetindeki zayıf yağışlarda bile sulamaya ara verilmelidir. Meteorolojik koşulların ve zemin yapısının uygun olduğu hallerde, günde 2.54 cm'lik yağışlar sırasında bile, bitkiye atıksu tatbiki yapılabilir. Kolay ve kısa sürede kurumayan çayır ve ormanlık alanların sulanmasında, eğer sulama suyu kalitesi çok önemli değilse, karlı havalarda bile zemin karla kaplı iken doğal arıtma sisteminin işletimine devam edilebilir.

Bitki Su İhtiyacı

Su, bitkilerde fotosentez ile bitki dokusunun teşekkülünü sağlar. Erimiş besinlerin bitkilerin bünyesine taşınmasını mümkün kılar. Ayrıca, terleme ile bitki sıcaklığını da dengeler. Su sarfiyatında bitki için bu önemlidir. Bazı su bitkileri hariç tüm bitkiler, ihtiyaçları olan suyu, topraktan kökleri ile alırlar. Besin, köklerin ulaştığı toprak tabakasından sağlanır. Bitki köklerinin büyüme devresinin başlangıç ve sonunu ısı derecesi tayin eder. Don, beslenme için en gerekli tabakalarda oluştuğunda, bitkinin büyümesini durdurur. Bitki cinsine göre toprak sıcaklığı genellikle, 4 °C ile 7 °C'nin altına inerse bitki gelişmesi durur. Bitkinin ihtiyacı olan suyun uygun zamanlarda verilmesi, gerçek anlamda sulamanın gayesidir. Eğer su yeterli miktarda verilmezse, mahsulün randımanı azalır. Öte yandan eğer fazla su verilirse, o zamanda su kaynağı hem ekonomik kullanılmamış olur ve hem de bitki kök bölgesinden besin maddesi ve tuzların fazlaca yıkanıp uzaklaştırılmasına, dolayısı ile de bitkinin gelişmemesine ve randımanın düşmesine neden olunur.

Bitki sulama suyu ihtiyacı ise, bitkilerin terleme ve buharlaşma ile arazide tükettikleri su miktarıdır. Bu suyun bir kısmı, kıştan kalan topraktaki nemden bir kısmı ise toprağa inen yağışın toprak tarafından tutulan kısmından sağlanır.

Bitkilerde Sulama Mevsimi:

Sulama aralıkları, toprağın cinsine, bitkinin tükettiği su miktarına bağlı olarak değişir. İlkbaharda toprakta kış yağışlarından kalan bir rezerv bulunur. Bu rezervin miktarı, toprak kapasitesi ve etkili yağışlardan fazla olamaz. İlkbahar sulamalarında, kıştan arta kalan bu nem göz önüne alınmalıdır.

4.2. a) Sulama İhtiyacı:

Sulamada amaç, bitkinin ihtiyacı olan suyu, uygun aralıklarda ve miktarda doğal yollarla alamadığı takdirde bitkiye dışarıdan vermektir. Yağış periyodu ve bitki büyüme periyodu çoğu kez örtüşmediği için, doğal sulama ile yetiştirilmesi halinde, ya hiç verim alınamayacak yada bitki optimum gelişmeyi gösteremeyecektir. Eğer bitkiye yeterli su verilmezse, bitki kuru olacak ve erken olgunlaşacaktır. Suyun fazla verilmesi durumunda ise, bitki olgunlaşması gecikecektir. Atıksuların sulamada kullanılması, arazide arıtma işleminde çok kullanılan bir yöntemdir. Burada atıksu, bir ön arıtmadan geçirildikten sonra araziye verilmektedir.

Türkiye’de, Karadeniz’in bazı kesimleri ve yüksek dağlık bölgeler hariç, hemen her bölgede sulama yapılmasına ihtiyaç vardır. Türkiye’de iklimin tarım yönünden en büyük çıkmazı, miktar olarak yeterli olmakla birlikte, yağışın bitkilerin büyüme mevsimi dışında gerçekleşmesidir. Bu yüzden, bilhassa arazi yüzeyinden akıtma ve sulama yoluyla doğal arıtma yapılıyorsa, soğuk havalarda suyun depolanması gerekecektir.

b) Bitki Su İhtiyacı

Bitkinin optimum gelişmeyi sağlaması için, topraktan kökleri ile alması gereken su miktarıdır. Toprakta değişik şekillerde tutulan su muhtevası, sıcaklık ve topraktan buharlaşma ile azalmakta, kurak ve sıcak mevsimlerde bitkinin dışarıdan sulanması gerekmektedir. Soğuk ve yağışlı havalarda, gerek yüzeye inen soğuk ve etkili yağışın

gerekse buharlaşmanın azlığı nedeniyle, toprakta tutulan su muhtevası fazla olacak ve bu da sulama ihtiyacını azaltacak yada gereksiz hale getirecektir.

c)Sıcaklık

Doğal arıtma sistemlerinin tasarımında oldukça önemli bir parametredir. Çünkü sıcaklık gerek bu sistemlerde kullanılacak bitki cinsinin belirlenmesini ve gerekse bu yolla arıtılan suyun sulamada kullanılacak kısmını önemli ölçüde etkiler. Sıcaklık bitkilere direkt olarak yada topraktan dolaylı olarak etkir. Toprağın ısıyı depo etmesi, toprağın rengine ve bünyesindeki su miktarına göre değişir. Örneğin; koyu renkli ve su muhtevası az olan toprak ısıyı depo etmek için uygundur. Ancak, açık renkli ve su muhtevası yüksek olan toprak, daha az ısı depo edecektir. Bünyesinde fazla su bulunan bu topraklar soğukturlar ve ilkbaharda bu tip topraklarda bitkiler geç uyandıklarından, fazla suyun drenajla uzaklaştırılması, bitki yetiştirilmesi açısından uygun olacaktır. İklimsel sıcaklık değişimleri, toprak yüzeyinden itibaren, en fazla 60 cm'lik bir derinliğe kadar etkili olmaktadır. Bitki gelişimi açısından önemli üç sıcaklık türü şunlardır:

Minimum Sıcaklık

Bitkinin canlılığını sürdürdüğü en az sıcaklık derecesidir. Tarım bitkileri genellikle, 0 °C'nin biraz altında don nedeni ile ölürlər. Bazı bitkiler ise -10 °C'ye kadar zarar görmeyebilir. Tarım bitkileri için en önemli zararlı etkiyi oluşturan meteorolojik olay don'dur. Don olayı, eğer kısa bir süre içinde ani olarak oluşursa, bitkinin hücre protoplazması ani büyüme nedeni ile hücre zarını yırtarak dışarı çıktığı için, büyük zararlara neden olur. Yavaş don olayında ise, protoplazma yine hücre zarından dışarı çıkar, ancak hücre zarı yırtılmadığı için zarar daha azdır.

Optimum Sıcaklık

Bitkinin yetişmesi için en uygun sıcaklık olup bu 20 -25 °C arasında değişir.

Maksimum Sıcaklık

Bitkinin büyüme ve canlılığını sürdürdüğü en üst sıcaklık derecesidir. Bunun üstünde bitki ölür. Genellikle en iyi verim sıcak ve rutubetli, orta verim soğuk ve düşük verim ise sıcak ve kuru iklimlerde elde edilmektedir.

d) Sulama Mevsimi

Bu terim, bitkilerin büyüme mevsimi ile yakından ilgilidir. Büyüme mevsimi, her bölgede belirli bitki türlerinin yetiştiği sınırlı zaman aralığıdır. Sulama ihtiyacı da, bitkinin toprakta kıştan arta kalan nem ile gerekli su ihtiyacını karşılayamadığı aydan itibaren başlayıp, büyüme mevsiminin sonuna kadar süren zaman dilimidir.

4-3 Hızlı İnfiltrasyon

Hızlı infiltrasyon sistemlerinde atıksu, orta geçirimsizlikteki toprağa yağmurlama veya direkt olarak verilerek, zemin yüzeyinden iç katmanlara geçerken arıtılmaktadır. Bu sistemlerde herhangi bir bitki yetiştirilmesi söz konusu olmadığından, soğuk iklimlerde rahatlıkla kullanılır. Yüzeyde bulunabilecek su tabakası, ısı kaybını önleyeceği için zarar yerine fayda sağlayacaktır.

4-4 Arazi Yüzeyinden Akıtma Sistemi

Arazi yüzeyinden akıtma ile atıksuların arıtımı, zemin yüzeyinde meydana gelen mikrobiyolojik faaliyetler sayesinde gerçekleştiği için, sistem verimi soğuk havalardan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bundan dolayı, depolama ihtiyacı genellikle kış aylarında duyulmaktadır. Buna ilave olarak, şiddetli yağış dönemlerinde de hidrolik yükü azaltmak ve araziye daha uzun aralıklarla dinlendirme gerekmektedir.

4-5 Sulak Alanlar:

Mevcut açık bir alan, ya da ekili araziye yakın bir sulak alan inşası ile ya da mevcut bataklıkların kullanılması ile atıksu arıtımının yapıldığı bu sistemler, genellikle soğuk iklimlerde tercih edilir. Arıtmanın biyolojik safhası sıcaklık değişimine karşı hassas

olduğu için, soğuk kış mevsimi boyunca sistemin performansı düşer ve depolama ihtiyacı duyulur.

4-6 Su Bitkileri

Doğal arıtmada kullanılan bitkiler çok çeşitli olmakla birlikte, bunların içinde en çok kullanılanları su mercimeği, su sümbülü ve su kamışı'dır. Su sümbülü düşük sıcaklığa karşı çok hassastır. Bu nedenle, dünyadaki uygulamalarında soğuk kuzey iklimlerinde kullanımı sınırlıdır. Sıcaklık, 5 °C ile 10 °C'nin altına inmediği müddetçe 10 °C'lik düşük su sıcaklıklarına bile dayanabilir. Su mercimeği ve su kamışı, su sümbülüne göre düşük sıcaklığa karşı daha az hassastır. Bu nedenle, soğuk kuzey iklimlerinde daha çok kullanılır. Su mercimeği, 7 °C'ye kadar düşük sıcaklıklarda bile büyüyebilir. Bu bitkilerin değişik kombinasyonunun kullanıldığı sistemler, iklim değişimlerine karşı daha dirençli olarak işletilebilir.



5. TÜRKİYE İÇİN METEOROLOJİK KAREKTERİSTİKLER

5-1 Türkiye'nin Meteorolojik Özellikleri

Türkiye'nin bölgesel olarak klimatolojik yapısı incelendiğinde, başlıca etkilendiği sistemler Azor yüksek basıncı, Anadolu platosu yüksek basınç merkezi, Anadolu platosu termal oluğu olarak karşımıza çıkar. Azor yüksek basınç merkezi, Türkiye'ye uzak olmakla birlikte dolaylı da olsa Türkiye'yi etkileyen alttropikal sirkülasyon paterninin önemli bir parçasıdır. Anadolu Platosu yüksek basınç merkezi, radyasyon ile ısı kaybı nedeni ile kış aylarında, Türkiye'nin ortasında oluşur. İran'ın yüksek kısımlarındaki benzer yüksek basınç merkezleri nedeni ile de doğu ile bağlantılıdır. Sakin şartlar altında, Ankara'nın güney doğusunda sık sık kısa ömürlü yüksek basınç hücreleri oluşur. Türkiye'de dağ silsileleri, doğuya hareket eden hava sistemlerine karşı doğal bir engel oluşturur ve Anadolu yüksek basınç merkezi bu engeli kuvvetlendirir. Kuvvetli kış ve ilkbaharın başlarındaki siklonlar sırtı bozar ve Türkiye'nin üzerinden direk olarak yoluna devam eder. Anadolu platosu termal oluğu; mayıstan eylül ayına kadarki süre içinde Anadolu platosunda yeryüzündeki kuvvetli ısınma nedeni ile gündüz yeryüzünde oluşur. Bu oluk bazen zayıf bir alçak basınç merkezine dönüşür. Afrika Orta Doğu ve Güney Asya üzerindeki büyük ölçekli alçak basınç oluşunun bir parçası olarak görülse de yerel bir olaydır. Özellikle sonbaharda, soğuk hava bölgeye dolunca bu oluk parçalanırken, büyük ölçekli alçak basınç oluğu Güney Batı Asya'da durur. Bu termal oluk Ege denizinde yerel kuzeyli rüzgarlara neden olur. Topoğrafik şartlara bağlı olarak değişiklik gösteren orta ölçekteki kısa süreli yağışlara neden olan sistemler ve izole olmuş konvektif süreçler, Türkiye'deki yağışların yerel farklılıklarında, %20 rol oynayan ikinci büyük faktördür (Kadioğlu, 1990). Yağış anomalilerinin yerel değişiminde etkili olan diğer nedenler, orografik nedenler ve deniz - kara etkileşimi olarak belirlenmiştir. Yağışın yıl içindeki değişiminin yarısından fazlası yaz aylarında oluşur.

Türkiye, coğrafi konumu gereği kutbi kontinental ve tropikal hava kütleleri arasında mevsimlik mücadelelere sahne olur. Bu iki farklı hava kütlesi arasındaki sınır, yani

kutbi cephe soğuk mevsimde Türkiye üzerinde ve civarında yerleşir ve zaman zaman ileri-geri hareket eder. Bu sırada, kutbi cepheye bağlı olan yağışlar memleketin değişik kısımlarına düşer. Bu cephenin gerisinde yada çok ilerisinde kalan sahalar ise, ya çok az yağış alır yada yağışsızdır. Yaz mevsiminde kutbi cephe Sibirya'ya ve Doğu Avrupa'nın kuzeyine çekilmiştir. Bu sırada bütün Türkiye üzerinde tropikal hava kütlesi hakimdir. Bu hava kütlesi genel olarak, kuzey batıdan ve kuzeyden güney doğu ve güneye doğru Güney Arabistan, Basra körfezi, Batı Hindistan arasında uzanan inter tropikal konverjans sahasına doğru bir hareket halindedir. Bu şartlar cephe oluşumuna imkan vermediğinden, yazın yağış olasılığı da en aza inmiş olur. Ancak tropikal hava kütlelerinin, Karadeniz üzerinden geçerken nem alması ve Karadeniz dağları ile karşılaşınca yükselmeye zorlaması ile bu dağların kuzey yönünde orografik yağışlar olur.

5-2 Türkiye'yi Karakterize Edici Meteorolojik İstasyonların Belirlenmesi

Bu tezde, Türkiye genelini yaklaşık temsil edici olarak 11 il seçilmiştir. Bunlar; İstanbul, Ankara, Adana, İzmir, Şanlıurfa, Diyarbakır, Antalya, Erzurum, Trabzon, Zonguldak ve Isparta'dır. Bu illerin yöresel klimatolojik özellikleri ise şöyledir;

İstanbul: Bu çalışmada Marmara bölgesini temsil edici olarak seçilmiştir. İstanbul Göztepe istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Meteorolojik özellikler; yıllık ortalama nisbi nemlilik; %80, deniz seviyesine indirgenmiş ortalama sıcaklık 14 °C civarındadır. Yurt genelinde düşük olan ortalama sıcaklıklardandır. Yıllık ortalama donlu günler, 10-30 gün arasındadır. Yıllık ortalama yağış -80 cm civarındadır.

Ankara: İç Anadolu'yu temsil edici olarak alınmıştır. Yıllık ortalama yağış 30-40 cm ile İstanbul'dan biraz daha fazladır. İç bölgelerde genellikle bu miktar geçerlidir. Yılda 75-100 gün donlu geçer. Bu miktar genel ortalamanın üstündedir. Yıllık ortalama sıcaklık, 16 °C ile nisbeten yüksektir. Nemlilik %60-65 civarı ile genel ortalama civarında seyreder.

Adana: Güney Batı bölgemizi temsil eder. Yıllık nisbi nemlilik, %60-65'tir. Sıcaklık 19 °C civarındadır. Yıllık ortalama yağış, 60-80 cm arasındadır. Yıl içinde yer yer 0-5 gün, 10-30 gün ve 5-10 gün donlu geçer.

İzmir: Ege bölgesinin batı kesimini temsil eder. Yıllık ortalama sıcaklık 17 °C'dir. Donlu günler 5 ile 30 gün arasında değişir. Yıllık ortalama yağış 60-80 cm'dir. Ortalama nisbi nemlilik kıyı kesimde %65-70, iç kesimde %60-65'tir.

Şanlıurfa: Ortalama yıllık nisbi nem %50-55, sıcaklık 20 °C civarındadır. Yıl içinde donlu günler sayısı 10 ile 30 gündür ve yılda ortalama 40-60 cm yağış alır.

Diyarbakır: Güneydoğu Anadolu'yu temsil eder. Yıllık ortalama sıcaklık, 20 °C' dir. Ortalama nisbi nem, %50-55, ortalama donlu günler yer yer, 100-125 ve yer yer 50-75 gün arasında değişir. Yılda ortalama 40-60 cm yağış alır.

Antalya: Güneybatı bölgemizi temsil eder. Yıllık ortalama sıcaklık 17 ° C, nemlilik %70-75, yer yer %60-65, ortalama donlu günler iç kesimlere doğru artar ve 0-75 gün arasında değişir. Yıllık ortalama 160 cm yağışla, en yağışlı bölgelerimiz olan Kuzeybatı ve Kuzeydoğu Karadeniz bölgelerimizden sonra gelir.

Erzurum: Yıllık ortalama sıcaklık 15°C civarındadır. Ortalama nemlilik %60-70 arasındadır. Ortalama donlu günler; içeriye doğru artmak üzere 125 ile 175 cm arasında değişir. Yıllık ortalama yağış genel olarak, 80-100 cm bazı yerlerde 100-150 cm arasındadır.

Trabzon: Doğu Karadeniz'i temsilen alınmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 15°C ortalama nisbi nem %70-80, ortalama yıllık donlu günler kıyıda içeriye doğru artarak, 5 ile 100 gün arasında değişir. Yıllık, ortalama 160 cm yağışla en yağışlı illerimizdendir.

Zonguldak: Batı Karadeniz'i temsil eder yıllık ortalama sıcaklık 14 °C civarı, nisbi nemlilik %70-80 olmak üzere kıyıda içeriye doğru gittikçe artmaktadır. Ortalama donlu günler kıyıda içeriye doğru 10-125 gün arasında değişir. Ortalama yağış, 160 cm ile oldukça fazladır.

Isparta: Güneybatı bölgemizin iç kesimini temsil eder. Yıllık ortalama sıcaklık 17°C, nisbi nem %60-65, ortalama donlu günlerin sayısı genelde 100-125 gündür.

Yılda ortalama 40 ile 100 cm arasında değişen yağış alır. Yağışlar içe doğru gittikçe nisbeten azalır.

5-3 İncelenen Meteorolojik Parametreler

Bu bölümde incelenen ve Türkiye şartları içinde ele alınan meteorolojik parametreler hava sıcaklığı, toprak sıcaklığı, yağış, buharlaşma ve toprak nemidir.

Sıcaklık

Hava Sıcaklığı

Türkiye’de, mevcut rasat istasyonlarının ortalama yıllık sıcaklık dereceleri, 4-20 °C arasında değişir. Bu değerler, genellikle 25 yılı aşmayan dönemlerin sonuçlarıdır.

Türkiye’de yıllık ortalama sıcaklığı 20°C’yi aşan istasyonlar mevcut değildir. Ancak İskenderun; 19.9°C, Anamur ve Dört Yol ise 19.7°C derece ile tropikal sıcaklık sınırına yaklaşır. Esas olarak ülkemizde, yıllık ortalamanın en yüksek olduğu saha, Akdeniz kıyılarından Urfa’ ya doğru sınırlı bir kuşak halindedir. Bu kuşak dahilinde ortalama değerler 18-19°C arasındadır. Kıyılarımız boyunca kuzeye doğru çıkıldıkça, yıllık ortalama tedrici bir şekilde azalır. Bunun değeri, Ege kıyılarında 15-18°C, Karadeniz kıyılarında ise 13-15°C arasındadır. Buna karşılık, hangi kıyıdan olursa olsun iç kısımlara doğru gidildikçe yıllık ortalama birden bire düşer. Bu durum, iç kısımlarda hüküm süren kontinentalitenin etkisi altında, kış sıcaklıklarının bu bölgelerde çok düşük olması ve bu düşük değerlerin yıllık ortalama üzerindeki etkisi ile açıklanabilir. Gerçekten de İç Anadolu’ nun çok geniş bölgelerinde ortalama yıllık sıcaklık 11-13 °C arasındadır ve bu bölgenin en güney kısımlarında bile, çok daha kuzeyde olan Karadeniz kıyısındaki değerlerden daha düşüktür. İçbölge dahilinde yıllık sıcaklık, batıdan doğuya doğru gidildikçe yani deniz tesirinden uzaklaştıkça daha fazla alçalır. En alçak yıllık ortalamalar, Kuzey Doğu Anadolu’ nun hem yüksek hem de şiddetli kontinental platolarına aittir. Burada Kars 4. 6 °C civarındaki yıllık ortalaması ile en düşük değeri arzeder. Buradan kısaca anlaşılabacağı üzere, Türkiye’ de yıllık ortalama sıcaklık derecesi üzerinde irtifa, kontinentalite derecesi ve denizlerden uzaklık birinci derecede rol oynar. Coğrafi enlemin etkisi bunların yanında ikinci sıradadır.

Toprak sıcaklığı

Toprak sıcaklığı, mevsimsel hava sıcaklığı salınımlarından daha yavaş bir seyirle aynı derinlikte daha az değişir. Bunun nedeni toprağın kötü bir iletken olmasıdır. Toprağın yapısı porozitosu ve ihtiva ettiği neme bağlı olarak sıcaklık değişiminin hızı ve miktarı da değişmektedir. Yani nem oranı yüksek bir toprakta, sıcaklığın hem mevcut neme harcanması ve hem de toprağın sıcaklığını arttırmak için harcanması nedeni ile bu tip toprakta düşük olması sonucunu doğurur. Yani kuru ve porozitosu az olan toprak, nemli ve porozitosu fazla olan toprağa göre ısıyı daha fazla geçirir ve sıcaklığı yüksek olur.

Bu tezde ele alınan 11 ilin, yüzeyden itibaren 10 cm derinlikte ölçülen toprak sıcaklıkları karşılaştırıldığında, kuzeyde sıcaklığın batıdan doğuya azaldığı görülür. Hava sıcaklığındaki değişime benzer olarak, yine kıyıdan iç kesimlere doğru gidildikçe, toprak sıcaklığı azalır. Yurdumuzun güney bölgelerinde ve Güney Doğu Anadolu'da, toprak sıcaklıkları aynı dönemde diğer bölgelere nazaran daha yüksektir. Aynı şekilde, iç kesimlerde toprak geç ısınıp çabuk soğurken, kıyı bölgelerde ise daha kısa sürede ısınıp daha erken ve yavaş soğumaya başlar. Örneğin; temmuz ayı için İstanbul (Göztepe'de) maksimum toprak sıcaklığına (27. 8°C) erişilirken ve sıcaklık ağustos ayından itibaren düşmeye başlarken, Ankara'da aynı ayda toprak maksimum sıcaklığa, ancak ağustos ayında erişebilmiş olup, sıcaklık eylül ayından itibaren hızlı bir düşüş göstermiştir. Bunun nedeni, yüzeyden olan ısınmanın ve soğumanın karasallığa dolayısı ile de havadaki neme bağlı olarak farklı olmasıdır.

Buharlaşma

Yüzeyden olan buharlaşma, toprağın cinsine karasallığa havadaki nem miktarına, hava sıcaklığı ve toprak sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca yetiştirilen bitki cinsi de toprak yüzeyinden olan buharlaşma miktarını etkiler.

Yıllık ortalama nisbi rutubetin coğrafi dağılımında maksimum değerler, Karadeniz kıyılarında uzanan bir sahil şeridinde görülür. Burada Samsun ve Trabzon (nisbi nem %74) istisna edilirse, bütün kıyı istasyonlarının nisbi nemliliği %75-%78 arasındadır. Güneye doğru gidildikçe, nisbi nem genel olarak azalır. Anadolu'nun kuzey yarısında % 65-%70 arasındadır. Güney yarısında ise %60-%65 arasına düşer. En alçak değerler

Konya, Ankara, Tuz gölü çevresinde (%60'dan az ve Güney Doğu Anadolu'da %55'den az, asgari Urfa ;%49) gözlemlenir. Akdeniz ve Ege kıyılarında bağıl nemlilik yer yer uygun şartlar altında biraz artarak %65'I, hatta bazı kıyılarda (Süveydiye, Mersin, Silifke) %70'i bulur.

Konumuz olan 11 ildeki buharlaşma dağılımı incelendiğinde, kuzeye doğru gittikçe azaldığı ve güneye doğru gittikçe arttığı görülür. İç Kesimlerde buharlaşma daha fazladır. Bunun nedeni, havadaki nemin düşük olmasıdır. Türkiye'nin kuzey kıyısındaki nemliliğin, güneyde %5 - %10 fazla oluşu ve hava sıcaklığının daha düşük oluşu, bu bölgede buharlaşmanın güneye nazaran daha düşük seyretmesine neden olur. Zonguldak'ta temmuz'da 73.2mm iken aynı dönemde Antalya'da 201.8mm'dir. En fazla buharlaşma, hava sıcaklığının aynı dönemde en fazla ve nemliliğin en az olduğu Güney Doğu Anadolu'da ölçülmüştür. (Diyarbakır'da temmuz ayında 400.7 mm)

Toprak Nemi:

Topraktaki nem miktarı hava sıcaklığı ve nemliliği ile, dolayısı ile yüzeyden buharlaşma ve toprağın yapısı ile ilgilidir.

5-4 Meteorolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi

5.4.1 Uzun Dönem Değerlendirilmesi

Yağış

Yağışın yersel ve zamansal dağılımının genel özellikleri, fiziksel, klimatolojik, sinoptik meteorolojik kavramlarla açıklanabilir. Türkiye'de ise, kış aylarındaki yağışa sinoptik ölçekli fırtınalar neden olmaktadır (Kadioğlu, 1998). Bununla birlikte, bir bölgeye her ne kadar aynı yağış mekanizması hakim olsa bile, yağış bir istasyondan diğerine büyük farklılıklar gösterir. Böylece bir bölgedeki yağışlar, yersel değiştiği gibi, aynı istasyonlarda aylık farklılıklar yağışın zamansal değişimini ortaya koyar.

Türkiye'de Doğu Karadeniz ile Ege ve Akdeniz bölgeleri arasındaki farklılık, bu bölgelerde kışın yağışa neden olan faktörlerin birbirinden farklı olmasındadır. Kış aylarından sinoptik ölçekteki atmosferik cepheler ve basınç sistemleri geniş alanları

uzun süre etkileyen yağışlara neden olur. Yaz aylarında, İç Anadolu ve Batı Trakya gibi düz alanlarda konvektif yağışlara sıkça rastlanır.

Sinoptik ölçekli cephe sistemlerinin tüm ülkede etkili olduğu kış ve ilkbahar aylarında Anadolu'ya balkanlar ve Akdeniz üzerinden sarkan cephe sistemleri, önemli yüksekliklere ulaşan dağlar ile ilave bir yüksekliğe maruz kalarak daha fazla yağış bırakmaktadır.

Yağışların mevsimlere göre dağılışına yağış rejimi denir. Bu bakımdan, birbirine benzeyen istasyonlar gruplandırıldığında, Türkiye' de şu yağış rejimi tiplerinin mevcut olduğu görülür.

Karadeniz Yağış Rejimi

Yağış miktarı yüksek ve mevsimlere dağılışı düzenlidir. Bununla birlikte, azami sonbahara minimum ilkbahara rastlar. Yaz mevsimi, en kurak mevsim değildir. Bu sahadaki bazı istasyonların mevsimlik yağış oranları, yıllık yağışın yüzdesi olarak tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.1 Karadeniz'deki Bazı Meteoroloji İstasyonları için Mevsimlik Yağış Oranları

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
	-----	-----	-----	-----
Rize	%29	%15	%21	%35
Giresun	27	18	20	35
Zonguldak	29	16	21	34

Akdeniz Yağış Rejimi:

Yağış miktarı bölgesel şartlara göre değişir. En yağışlı mevsim kış, en kurak mevsim yazdır. İlkbahar bazen sonbahardan daha yağışlıdır. Bu karakteri gösteren istasyonlardan bazılarının mevsimlik yağış oranları tablo5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Marmara Bölgelerinde Bazı Meteoroloji İstasyonları için Mevsimlik Yağış Oranları

	Kış	ilkbahar	yaz	Sonbahar
Şanlıurfa	%58	%28	%0	%14
Adana	45	26	6	23
Antalya	43	23	6	23
İzmir	54	21	2	23
Çanakkale	48	22	7	23

Kontinental Yağış Rejimi:

Kars-Erzurum çevresi ve Kastamonu Bolu arasındaki sahada görülür. Maksimum yağış yaza veya ilkbahara, minimum yağış ise kışa rastlar. Bu rejime örnek Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5. 3 Doğu, İç Anadolu ve Batı Karadeniz Bölgelerindeki Bazı Meteoroloji İstasyonları İçin Mevsimlik Yağış Oranları

	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar
Kars	%15	%31	%36	%18
Kastomonu	18	35	27	20
Erzurum	18	37	21	24

Akdeniz ve Kontinental Rejimler Arasındaki İntikal Tipi

Bu tipte, minimum yağış Akdeniz bölgesinde olduğu gibi yaza rastalamakla birlikte kontinental etkilerden dolayı çok net değildir. Aynı şekilde, maksimum yağışta bazen kışa rastlamakla birlikte, bazen de kontinental etkilerden dolayı daha çok ilkbahara rastlar.

Akdeniz ve Karadeniz Rejimleri Arasındaki İntikal Tipi

Özellikle Marmara bölgesinde görülür. Yaz kuraklığı, Akdeniz rejiminde olduğu kadar şiddetli değildir. Bununla birlikte, en yağışlı dönem kışa rastlar. Fakat ilk ve sonbahar yağışları ile kış yağışları arasındaki fark Akdeniz bölgesinden daha azdır.

5.4.2 Kısa Dönem (Aylık) Değerlendirme

Türkiye’de mevsimlerin yağış şartları ve bu şartların muhtelif bölgelere göre arzettiği durum bakımından büyük farklılıklar gözlenir. Yağışın yıl içinde dağılışı ve bölgelerin bu konudaki özellikleri, kurak devreden başlayarak aylık yağış haritaları vasıtası ile şu şekilde özetlenebilir;

Yaz mevsimi: Kuzey Doğu Anadolu’da sınırlı bir alan hariç, tüm yurttaki yağışların en az olduğu mevsimdir. Bu durum yaz kuraklığı diye de isimlendirilir. Gerçekten de temmuzda 50 mm’ den fazla yağış alan tek bölge Karadeniz bölgesi ile Kars-Ardahan - Erzurum çevresidir. Bu sırada Batı Karadeniz’de yağış miktarı 50-70 mm Orta Karadeniz’de ise ancak 0-40 mm’dir. Ancak Doğu Karadeniz’de devamlı olarak 50 mm’ den fazla yağış alan bir bölge mevcuttur ve bu bölge dahilinde yağışlarda doğuya doğru gittikçe artar. Ordu: 94, Giresun: 93, Rize: 167 mm. İç kısımda Kars 58mm, Ardahan 61 mm’dir. Bunlar haricinde yurdumuzun her yerinde yağış miktarları çok düşüktür. Güneye gidildikçe bu miktar daha da azalır.

Orta ve Doğu Anadolu’ nun güney kısımlarından itibaren 10 mm’ nin de altına düşer. Akdeniz kıyılarında 2-5 mm arasındadır. Burada ancak Dört Yol, orografik (yükseklik) sebebi ile 30 mm kadar bir yağış olarak istisna oluşturur. Eylül ile birlikte birçok bölgede yağış mevsimi başlar. Bu ayda maksimum yağış bölgesi, yine Karadeniz kıyılarında sınırlı bir alanı kapsar ve yine burada maksimum değere en doğuda erişilir. (Şile 81, Zonguldak 102, Samsun 59, Ordu 122, Rize 275 mm). Bununla birlikte yurdun orta ve güney kısımlarında yağış biraz daha artar ve örneğin iç kesimlerde ve güney kıyılarımızda 13-20 mm’ye kadar çıkar. Bu sırada kuzeydoğu platoları üzerinde yaz maksimumu kaybolmuştur.

Kasımda yağış sahasını güneye doğru yerleştirme daha da kuvvetli olarak kendini gösterir. Bu sırada memleketin bütün kuzey, batı ve güney bölgelerinde yağış miktarı 50 mm den fazladır. Buna karşılık, İç ve Doğu Anadolu'da yağış miktarı 30-50 mm arasındadır. Yani bu bölgelerde yağış miktarı eylüle nazaran artmış olmakla birlikte, artış kenar bölgelere nazaran daha az olduğu için, bu kısımlar en az yağış alan bölgeler durumuna gelmiştir. İç Anadolu'nun merkezi kısmında ve Iğdır ovasında yağış miktarı, 30 mm' den azdır. Bu ayda Akdeniz kıyılarında yağış miktarları

(Fethiye 131mm, Antalya 121mm, Silifke103mm) Karadeniz kıyısındaki miktarlara (Şile 87, Samsun 86, Trabzon 101, Rize 285) yaklaşmış ve bazı bölgelerde geçmiştir.

Ocak ayında durum, Akdeniz kıyılarının ve Ege bölgesinin en fazla yağış alan geniş bir saha halinde oluşması ile ortaya çıkar. Bu sırada bütün Akdeniz kıyılarında yağış miktarı 100 mm'den fazladır hatta yer yer 200 mm'yi geçer. (Antakya 260 mm, Mersin 106 mm, Silifke 135 mm, Antakya 253 mm, Muğla 285 mm) Doğu ve Batı Karadeniz kıyıları ikinci fakat çok sınırlı ve daha zayıf bölge bir maksimum oluşturur. (Zonguldak 150 mm, Ordu 149 mm, Rize 266 mm) İç kesimlerde geniş bölümlerde yağış fazlalaşmıştır. Örneğin İç Anadolu'da 40 mm'yi geçer. En düşük değerler, İç Anadolu'nun kuzeyinde (Kastamonu 25 mm, Çorum 28 mm) ve Kuzey Doğu Anadolu'da Erzurum 30 mm, Kars 25 mm) görülür. Bu iki bölgede yağış rejimi üzerine kontinentalitenin en fazla etkilendiği yerlerdir. Mart ayı birçok bakımdan kasıma benzer. Bu ayda, Akdeniz kıyılarında yağış maksimumu zayıflamış yağışlar ocak ayına nazaran azalmıştır. Yağış miktarı umumiyetle 10 mm'den azdır. Bazı yerlerde istisnai olarak 100 mm'yi geçse de, hiç bir yerde 200 mm'yi aşmaz. Aynı şekilde bir yağış azalması da zayıflayan Karadeniz maksimumu bölgesinde kendisini gösterir. Burada da yağışlar 50 -100 mm arasına düşmüştür. Ancak Doğu Karadeniz bölgesinde bunu biraz geçer. Bu sırada Güney Doğu Anadolu, Doğu Anadolu'nun güney yarısı, Marmara ve Ege bölgeleri orta derecede (50 -100 mm) yağışlıdır. Bütün diğer iç kısımlar 30-50 mm arasında yağış alır. Minimum yağış bölgesi bu ayda, Tuz gölü ve batısı ile Iğdır havzası ve çevresidir. Buralarda yağışlar 30 mm'ye yakındır. Mayıs ayı, tüm kıyı bölgelerimizde yağışın azaldığı bir dönemdir. (şekil A5) Bu sırada, Akdeniz ve Ege kıyılarında yağışlar azalmış ve 30mm'nin altına düşmüştür. Karadeniz kıyılarında da yağış çok azalmış olup, bu bölgede senenin en kurak ayına tesadüf eder. (Sinop 30, Ordu 58, Rize bile ancak 85 mm). Kenar bölgelerde bu genel azalmaya

karşılık, Anadolu'nun iç kuzey ve iç batı ve kuzeydoğu bölgelerinde bir yağış artışı meydana gelmiştir. Bu bölgelerde yağışlar, 50-80 mm arasındadır. İç kısımlarda en fazla yağış alan yerler, İç ve Doğu Anadolu'nun güney kısımlarıdır. Buralarda yağış miktarları 30-50 mm arasındadır. Mayıs ayındaki yağış dağılımını karakterize eden bu şartları yaz kuraklık devresi takip eder.

Sıcaklık

Uzun Dönem

Ülkemizde sıcaklığın yıllık seyri üzerinde rol oynayan başlıca faktör karasallık (kontinentalite derecesi) ve deniz etkisinden uzaklıktır. Kontinentalitenin şiddetli olduğu bölgelerde ısınma ve soğuma, kıyı bölgelere nazaran çok daha süratli ve fazladır. Bu gibi sahalarda ilkbahar ve sonbahar çok kısadır. Süratle kış şartlarından yaza ve yazdan da kışa geçilir. Bunun neticesinde sıcaklık eğrileri çok daha dik bir seyir izler. Buna karşılık, kıyı bölgelerimizde bilhassa deniz tesirlerinin en kuvvetli olduğu Doğu Karadeniz'de, denizin baskılayıcı etkisi ve az ısınma tedrici ve az soğuma ve ekstremelerin gecikmesi şeklinde kendisini gösterir. Doğu Karadeniz kıyılarındaki istasyonların hemen hepsinde en düşük aylık ortalamanın ocağa değil fakat şubata rastlaması bununla ilgilidir. Kıyılarımızda yıllık sıcaklık farkı az, iç kesimlerde ise çoktur. Türkiye'de enaz yıllık sıcaklık farkı Doğu Karadeniz kıyılarında görülür ve 17.5 °C'den azdır. (Rize'de 15.9 ve Sinop'ta 15.6 °C). Buna karşılık, diğer bütün kıyılarımızda İskenderun ve Silifke hariç olmak üzere bundan fazla olmakla birlikte yine 20 °C'yi aşmaz. Buna karşılık iç kısımlara geçilince, yıllık fark birden bire kuvvetlenerek 20 °C'nin üzerine çıkar. Bu fark doğuya doğru gidildikçe artar. Kars Karaköse yöresinde 30 °C'yi aşar. Yazın çok fazla ısınan kışın da bir hayli soğuyan Güney Doğu Anadolu'da, yıllık sıcaklık farkı İç Anadolu'dan bir hayli fazladır ve 25 °C ile 27 °C arasında değişir. Nemli kıyı bölgelerinde su buharı bakımından zayıf kontinental, iç kısımlara doğru gidildikçe ve yükseklik arttıkça günlük farklarda artar. Örneğin Dört Yol'da bu güne kadar kaydedilen en büyük sıcaklık farkı, 21.6 °C olduğu halde, Ankara'da 23.8, Kars'ta 27 °C, Diyarbakır'da ise 32 °C'dir. Günlük fark ayrıca mevsimlik değişimlere maruzdur. En büyük günlük farklar hava şartlarının en değişken, hava kütlelerinin en oynak olduğu baharlarda gözlenir. Buna karşılık kışın ve yazın günlük farklar azalır.

Ektrem sıcaklıklar

İç kısımlara doğru gidildikçe ve iç kısımlarda denizden uzaklaştığı ve doğuya gidildiği oranda aylık ortalama sıcaklıklar ile aylık ekstrem sıcaklıklar arasındaki fark artar.

Donlu Günler

Gerek ziraat, gerekse hidroloji açısından çok büyük öneme sahip olan donlu günlerin sayısı üzerinde en önemli rolü, kontinentalitenin derecesi, deniz etkisi ve irtifa oynar. Bu şartlarda Türkiye’de donlu günlerin en fazla olduğu bölge iç kısımlardır. İç Anadolu’nun büyük kısmı ve bütün Doğu Anadolu’yu donlu günler sayısının 100’e yakın olduğu eş don eğrisi (isaritm) çevirir. Bu şekilde sınırlanan saha içinde, donlu günlerin sayısı doğuya doğru gittikçe artar. Güneyde bulunmasına rağmen, kontinentalite derecesinin yüksek olması nedeni ile Güney Doğu Anadolu’da donlu günlerin sayısı fazladır (Diyarbakır 72, Urfa 28). Buna karşılık, kıyı bölgelere doğru gidildikçe bu sayı hemen azalır. Örneğin Marmara kıyılarında 25-30 güne, Doğu Karadeniz kıyılarında ise 10 güne iner. Donlu günlerin en az olduğu bölge ise, Akdeniz kıyılarında dar bir şerit halindedir.

5.4.3 Kısa Dönem (Yıllık) Değerlendirme

Yaz Sıcakları

Sıcak mevsimin sıcaklık şartları üzerinde, yükseltinin ve kontinentalitenin çok büyük etkisi vardır. Gerçekte temmuz ayına ait ölçülmüş sıcaklıkları gösteren bir izoterm haritası bu faktörlerden kontinentalitenin rolünü açıkça ortaya koyar. (Şekil A6)

Yazın en çabuk ve fazla ısınan bölge, hem alçak hemde çok karasal olan Güneydoğu Anadolu bölgesidir. Burada Temmuz ortalaması 30°C’yi aşar. (Urfa 32°C)

Bütün Akdeniz ve Ege kıyılarında sıcaklık, 25-28 °C arasındadır. Bununla birlikte bu kıyı bölgesinden kuzeye doğru çıkıldıkça, sıcaklık izole bir şekilde azalır. Bu mevsimde İç Anadolu’nun büyük kısmı, yüksekliğin 1000 m’yi bulması hatta geçmesine rağmen Marmara ve Karadeniz kıyıları kadar sıcaktır (22 - 24°C arası).

Ancak iç kesimlerden Doğu Anadolu'ya doğru gidildikçe, yüksekliğin çok artması sıcaklığın biraz düşmesine neden olur. Bununla birlikte, yükseklik 2000m civarında olmasına rağmen Erzurum Kars bölgesinde dahi temmuz ortalaması 18-20 °C'yi bulur. Doğu Anadolu'nun Iğdır ve Malatya ovaları gibi bazı çukur sahaları ise Akdeniz kıyıları kadar sıcaktır. Yaz mevsiminde, deniz etkisinin en fazla hissedilen bölge Doğu Karadeniz kıyılarıdır.

Kış Sıcaklıkları

Kış mevsiminde Türkiye'nin değişik bölgelerindeki sıcaklık farkları, yaza oranla çok daha belirginleşir. Bazı bölgelerde sıcaklık, kuvvetli karasallığın etkisi altında çok düşük değerlere indiği halde, bazı kıyı bölgelerimizde ise, denizin baskılayıcı etkisi altında oldukça yüksek değerlerde kalır. (şekil A7 – A8)

Soğuk mevsimin temsilcisi olarak görebileceğimiz ocak ayında, sıcaklık dağılışının genel görünümünü tayin eden en önemli faktör karasallık derecesidir. Bu ayda kontinentalitenin kuvvetli olduğu iç kesimlerde, oldukça tekdüze ve çok düşük sıcaklıklar hakimdir. Buna karşılık deniz, ancak dar bir kıyı bölgesini etkiler ve buralarda sıcaklığın fazla düşmesine engel olur. Bu mevsimde Türkiye' nin hiç bir yerinde ortalama sıcaklık 11.5°C'nin üstünde değildir. (Anamur 11.3°C, İskenderun 11.1°C) En ılık bölgeler, en güneyde sıcak bir denizin etkisinden, aynı zamanda Torosların siperinden faydalanan Akdeniz kıyılarıdır. Ancak bu şerit çok dardır. Buradan Ege ve Marmara kıyılarına doğru gidildikçe sıcaklık düşer. Ege kıyılarında 7-8°C Marmara kıyılarında 4-5°C düşer. Buna karşılık Kafkasların siperinde kalan ve ılık Doğu Karadeniz havzasının baskılayıcı etkisinden faydalanan Doğu Karadeniz kıyılarımızda, ocak sıcaklıkları tekrar hafif bir yükselme arzeder. Ancak kıyından iç kesimlere doğru gidildikçe sıcaklık birden bire azalır. İç Anadolu'nun geniş sahalarında bu sırada sıcaklık, 0°C civarındadır. Sıcaklık buradan doğuya gidildikçe, bir yandan irtifa olarak bir yandan karasallık derecesinin artmasına bağlı olarak daha fazla düşer ve kuzeydoğu platolarımızda minimum değere erişir. (Kars'ta ocak ortalaması -12°C'dir.)

5.5 Türkiye’de Su İhtiyacı ve Kuraklık Problemleri

Kuraklık tabi bir afettir ve etkisi altında bulundurduğu bölgelerde şiddet derecesine göre çok önemli etkiler oluşturur. Bu etkiler, yalnız tabiat şartları üzerinde kendini göstermekle kalmaz aynı zamanda şiddetli kuraklıklar, bilhassa kurak devrelerin birbirini takip ettiği dönemler Türkiye gibi tarım ülkelerinde daha bariz olmak üzere ekonomik bir milli afet şeklini alır.

Kurak bölgelerin sınırlandırılmasını, tabi orman sahaları ile tabi step sahaları arasındaki sınır teşkil eder. Fakat bu metodu uygularken, stebin beşeri müdahaleler ile genişletilmiş ve ormanların gerilemiş olduğu sahaların da dikkate alınması gerekir. Kurak, yarıkurak ve nemli bölgelerin sınırlandırılmasında takip edilecek ve aynı zamanda hidrolik bakımdan da daha güvenilir bir metod iklim verilerine dayanır. Bu yöntemde doğrudan doğruya yağış miktarlarına dayanıldığı da olur. Buna göre; az yağışlı bölgeler ve başka bir ifade ile yarı kurak ve kurak bölgelerin en geniş yekpare alanı da yine İç Anadolu’dur. Burada 400 mm kuraklık eğrisi bütün merkezi Anadolu’yu kapladığı gibi, yukarı Kızılırmak, Yeşilırmak, Sakarya-Porsuk vadilerini takiben derin girintiler meydana getirir. Bu sınırlar içinde kalan sahada yağış miktarı 350 mm civarındadır. Bu yarıkurak sahadan başka, Doğu Anadolu’da Malatya, Erzincan, Kahramanmaraş, Iğdır ve Van depresyonlarında da yağış miktarı 400 mm’den azdır. Hatta bunlardan bazıları; Malatya tedrici bölgesinin doğu kısmı ve Iğdır ovası 300 mm’den de daha az yağış alır. Yıllık yağış miktarı 100 mm’den az olan sahaları da en kurak bölgeler, yani çöller olarak belirleyebiliriz. Ancak Türkiye’de hiç bir istasyonda yağış bu kadar az değildir.

5.5.1 Su İhtiyacı ve Su noksanı Miktarı

Muhtelif istasyonlarımıza ait su ihtiyacının miktarı tesbit edildiği ve bu suretle elde edilen neticeler bir harita üzerine nakledildiği taktirde, memleketimizde en fazla su ihtiyacı olan bölgenin Güney Doğu Anadolu olduğu görülür (Erinç, 1951). Burada ihtiyaç, ortalama olarak yılda 100 cm’den fazladır. (Urfa 102.4cm, Dört Yol 102.5cm). Genel olarak su ihtiyacı, Akdeniz kıyılarından Ege kıyılarına ve bu kıyılardan içeriye doğru gidildikçe azalır. Hatay kıyılarından Edremit körfezi kıyılarına kadar bütün

Akdeniz ve Ege sahillerinde yıllık ortalama su ihtiyacı 90-95 cm' dir. Buna karşılık, İç Batı Anadolu'nun önemli bir kısmında Marmara bölgesinde Trakya ve Sinop'tan Rusya sınırına kadar Doğu Karadeniz kıyılarında yıllık su ihtiyacı daha az olup 75-78 cm kadardır. Anadolu'nun iç kesimlerinde geniş bölgelerde sıcaklığın daha düşük olması nedeni ile biraz daha azdır, (65-70 cm). Yıllık su ihtiyacı en az olan bölge ise yüksek serin ve yazları çok kısa olan kuzeydoğu platolarımızdır. Burada su ihtiyacı genellikle 45-55 cm arasındadır.

Su noksanının en fazla olduğu bölgemiz, Güney Doğu Anadolu'dur. (Urfa 79.7 cm, Diyarbakır 63.3 cm). Akdeniz kıyılarında bu miktar yine yüksek olup, genellikle 50 - 60 cm arasındadır (Adana 59 cm, Antalya 59. 3 cm). Marmara bölgesinde su ihtiyacı çok daha azdır ve genellikle 25-30 cm civarındadır. (Bursa 27.9 cm, Vaniköy 25 cm, Yalova 24.5 cm, Edirne 30.5 cm).

İç Anadolu'nun geniş kısımlarında yıllık ortalama su ihtiyacı 35-40 cm arasına düşer (Ankara 37.6 cm, Çorum 31.8 cm, Konya 39.4 cm, Niğde 36.4 cm). Su ihtiyacı serin ve yüksek Doğu Anadolu'ya doğru gidildikçe azalır ve kuzeydoğu platolarımızda 10 cm'nin altına düşer. (Sivas 27.4 cm, Erzurum 17.6 cm, Kars 5.9 cm) Fakat en az su ihtiyacı olan bölge, nemli Karadeniz sınırlarımızdır. (Rize 0 cm, Giresun'da 0. 2 cm fakat az yağışlı olan Trabzon'da 17. 2 cm).Tablo 5.4 ülkemiz genelinde değişik bölgelerdeki yıllık ortalama su ihtiyacının miktarı hakkında fikir vermektedir.

5.5.2 Su İhtiyacının ve Su noksanının Aylık Değişimi:

Bütün kış mevsimi boyunca, hatta en ılık bölgemizde dahi ayda 2 cm civarındadır. Bu küçük miktar kış mevsimindeki yağışlarda bol bol karşılanır. Buna karşılık su ihtiyacının en fazla olduğu mevsim yazdır.

Temmuz ve Ağustos aylarında su ihtiyacının değeri, Güney Doğu Anadolu'da toplam 40 cm den fazladır. Güney ve batı kıyılarımızda ise 17-18 cm arasında oynar. Diğer bölgelerimizde 11-14 cm arasındadır. Başka bir ifade ile, yıllık su ihtiyacının en büyük kısmı yaz mevsiminde toplanmıştır. Bu oran İskenderun körfezinden Hopa'ya doğru çekilen bir hattın doğusunda her yerde, yıllık su ihtiyacının yarısından fazla olup %56 ile %61 arasında değişir. Sıcak devre su ihtiyacının ve kuraklık devresinin maksimum

Tablo 5.4 Türkiye'nin Değişik Bölgelerinde Su İhtiyacı ve Su Noksanı Miktarları (Yıllık Ortalama, cm) (Erinç, 1957)

İstasyon	Su ihtiyacı	Su Noksanı	İstasyon	Su ihtiyacı	Su noksanı
Urfa	102. 4	79. 7	Eskişehir	65. 4	33. 3
Diyarbakır	93. 5	63. 3	Konya	67. 8	39. 4
Adana	97. 8	59. 0	Kayseri	68. 6	37. 4
Antalya	97. 6	59. 3	Sivas	59. 3	27. 4
İzmir	92. 7	59. 3	Malatya	78. 0	51. 2
Manisa	88. 3	53. 6	Van	63. 4	37. 3
Çanakkale	80. 6	49. 2	Erzurum	55. 0	17. 6
Bursa	76. 9	43. 5	Kars	49. 5	5. 9
Edirne	75. 3	27. 9	Giresun	75. 8	0. 2
İzmit	76. 6	30. 5	Rize	74. 7	0
Bolu	63. 0	21. 6	Trabzon	76. 1	17. 2
Ankara	68. 6	37. 6	Samsun	74. 3	22. 8
İstanbul	75. 0		Merzifon	77. 8	32. 5
(Vaniköy)		26. 1			

olduğu devredir. Örneğin; Adana' da kurak şartlar, mart ayının ortalarında ortaya çıkar. Fakat bir süre topraktaki su miktarının kullanılması nedeni ile asıl kuraklık veya su eksiği mayısın ilk haftasında kendisini gösterir ve kasım ayının ortasına kadar sürer. Bu 6.5 aylı sürede, su eksiğinin tamamı 59 cm'i bulur. Diyarbakır'da iklim bakımından kurak şartlar nisanda oluşur. Fakat yine bir müddet toprak suyunun kullanılması nedeni ile, kuraklık yine mayıs ayı ortasında belirginleşir, kasım ortasına kadar sürer. Bu dönem sırasında su eksiği de temmuzda maksimum değere erişmek üzere 63. 3 cm'dir. Oysaki Kars'ta iklim bakımından kurak şartlar nisanda oluşur. Fakat yine bir müddet toprak suyunun kullanılması nedeni ile, kuraklık ancak temmuz sonlarında kendisini gösterir. Kurak devre kasım başında sona erer. Yani Kars'ta kurak devrenin süresi ancak 2 aydır. Bu sırada su noksanı da çok az (5-9 cm) olarak gerçekleşir.

Sonuç olarak Türkiye’de kurak şartların oluşumu, şiddeti sona ermesi bölgeden bölgeye farklılıklar gösterir. Kurak devrenin süresi bölgelerimize göre oyledir;

a) Güney Doğu Anadolu Akdeniz ve Ege kıyılarımızda ve İç Anadolu’nun merkezi kısımlarında kurak devrenin süresi en uzun olup, 6-7 ay kadardır. İğdir ve Van tedrici bölgelerinde de durum böyledir.

b) İç Anadolu’nun muhtelif kısımları, Marmara bölgesi, Doğu Anadolu’nun güney kısımlarında kurak devrenin süresi 5-6 aydır.

c) Doğu Anadolunun kuzey yarısı Doğu Karadeniz’in az yağışlı bölgeleri Batı Karadeniz kıyılarında kurak devre 2-4 ay arasındadır.

d) Hiç kurak ayın olmadığı tek bölge takriben Of kasabasının doğusunda kalan bol yağışlı kısımdır.

Değişik bölgelerimizin sulama ihtiyacının şiddeti ve süresi yukarıda açıklanan su açığı miktarı ve kurak devre ile alakalı olarak değişir.



6. ATIKSULARIN SULAMADA KULLANILMASI DURUMUNDA ORTAYA ÇIKACAK DEPOLAMA İHTİYAÇLARININ BELİRLENMESİ

6. 1 Seçilen Yerleşim Merkezleri ve Atıksu sulamasında Kullanılabilecek Bitki Türleri:

Seçilen 11 meteoroloji istasyonu ve bu istasyonların bulundukları illerde yetiştirilen bitki türleri ile bu bitkilerin sulama mevsimleri Tablo 6.1' de verilmiştir. Bu tablodaki tüm bitkilerin su ihtiyacının karşılanmasında atıksuların kullanılması mümkündür.

6. 2 Bitki Su İhtiyacının Hesabı:

Bu çalışmada, bitkilerin aylık ve mevsimlik sulama ve tarla sulama suyu ihtiyaçlarının tesbitinde Blaney-Criddle metodu kullanılmıştır. Bu metod, Blaney-Criddle tarafından Amerika'nın batı eyaletlerindeki çeşitli sulama işletmelerinde tarla denemeleri ile geliştirilmiştir. Bu metod, bitkilerin büyüme mevsimi içindeki aylık ve mevsimlik su ihtiyacını vermektedir. Pratik olarak uygulanabilirliği ve Türkiye şartlarını iyi yansıtması sebepleri ile memleketimizde de sıkça kullanılan bir metoddur. Genel olarak, sulama projesine esas alınacak debi hesabında iyi sonuçlar vermektedir.

Blaney-Criddle Metodu, aylık ortalama sıcaklık, gündüz saatlerinin uzunluğu ve bitki cinsi arasında kurulan bir korelasyonla elde edilmiştir. Aşağıda verilen Blaney-Criddle formülü ampirik bir ifadedir. Bu metoda göre bitki su ihtiyacı

$$U=Kf \quad (6.1)$$

formülünden hesaplanmaktadır. Bu formülde

U: Aylık bitki su ihtiyacı (mm)

K: Aylık bitki su ihtiyacı katsayısı

f: Aylık bitki su ihtiyacı faktörüdür.

Aylık bitki su ihtiyacı faktörü aşağıdaki ampirik formülden hesaplanmaktadır:

$$F = (45.7t + 813) P / 100 \quad (6.2)$$

Burada t, aylık ortalama sıcaklık (°C) tır. Bu parametre değeri, meteoroloji bültenlerinin uzun dönem verilerinden alınmıştır.

P: Aydınlatma oranı olup aylık gündüz saatleri toplamının, yıllık gündüz saatleri toplamına oranının yüz katını göstermektedir. Bu çalışma kapsamındaki meteoroloji istasyonlarının bulunduğu 11 il için bu oranlar, astronomik veriler olup Kızılkaya (1988)'dan alınmıştır.

Aylık bitki su ihtiyacı faktörü hesaplanırken hesaplanan ay bitki büyüme mevsimi içine tam giriyorsa, f faktör değerinin hesaplanan değeri alınmakta; kısmen giriyorsa bitki büyüme mevsimi içindeki gün sayısı ile orantılı olarak bulunan değer kabul edilmektedir. K değeri ise aşağıdaki formül kullanılarak tayin edilmiştir:

$$K = K_c \cdot K_t \quad (6.3)$$

Bu formülde, K_c bitki cinsine bağlı bitki su ihtiyacını veren bir katsayıyı, K_t ise sıcaklığa bağlı bitki su ihtiyacı katsayısını göstermektedir. K_t katsayısı ise, aşağıdaki formülden bulunmaktadır:

$$K_t = 0.031t + 0.240 \quad (6.4)$$

Bu formülde t aylık ortalama sıcaklığı göstermektedir. K_c katsayısı ise bitki cinsine ve büyüme süresine bağlı olarak değişmektedir. K_c değerleri her bitki için tarla denemeleri sonucunda elde edilmiş grafiklerden okunmuştur. Bu grafikler her bitki için kısmen Kızılkaya (1988)'dan ve kısmen de Yetkin ve diğ.'(1996) den alınmıştır. Büyüme mevsimi başlangıcı 0 sonu ise 1 kabul edilmiştir. İlgili bitki için her ayın büyüme oranları hesaplanarak grafikte bu değerden çıkartılan dikin eğriyi kestiği noktadan K_c değeri okunmuştur. Bulunan değerler, Yetkin ve diğ.(1996)'da her bitki için verilmiş büyüme oranlarına karşı gelen K_c değerleri arasında interpolasyon yapılarak kontrol edilmiştir.

Büyüme Oranı Hesabı: Büyüme mevsimine tam giren aylar için büyüme mevsimi başlangıç tarihi ile, incelenen ayın 15. günü arasındaki büyüme gün sayısının, büyüme mevsimindeki toplam gün sayısına bölümünden bulunmuştur. Büyüme mevsimine kısmen giren aylar için ise büyüme oranı, büyüme mevsimi başlangıç tarihi ile incelenen ayın büyüme mevsimi içindeki gün sayısının ortasındaki günün arasındaki gün sayısının, yıllık toplam büyüme gün sayısına bölümü ile bulunmuştur.

Etkili Yağış Değerinin Hesabı: Bitki sulama suyu hesabında yağış ortalaması kullanılırken bunun ancak toprak tarafından tutulan ve bitkiler için faydalı olan kısmı göz önüne alınmaktadır. Amerika’da yapılan araştırmalarda aylık ortalama yağış ile aylık etkili yağış arasındaki ilişki, Kızılkaya (1988)’de verilmiştir. Ortalama yağış değerleri, 5 yıldan fazla rasadı bulunan istasyon değerlerinin olduğu meteoroloji bültenlerinden alınmıştır.

Kıştan Artan Nem (K A N) Değerinin Hesabı: Bitki büyüme mevsimi başlangıcında toprakta kış aylarındaki yağışlardan artan kullanışlı nem miktarı, ‘Kıştan Artan Nem (KAN)’ olarak adlandırılmaktadır. Bu değer, bitkinin efektif kök derinliğine, toprağın kullanışlı nem kapasitesine (faydalı tarla kapasitesi), kış yağışlarının miktarına ve topraktan olan buharlaşmaya bağlı olarak değişmektedir. Çeşitli bitkilerin efektif kök derinliklerine bağlı KAN değerleri, Türkiye için saptanmış olup, bu çalışmada ilk defa olarak farklı bir yaklaşımla KAN değerleri ilgili iller için hesaplanabilmiştir.

Bu Çalışmada Geliştirilen Yöntemle KAN değerinin Hesabı: İncelenen her il için öncelikle bir toprak cinsi seçilmiştir. Toprak cinsi seçiminde, Erkek (1983)’teki veriler kullanılmış ve Tablo 3. 7’den toprak cinsleri ve bunlara karşılık gelen ilgili toprağın ortalama birim hacim ağırlıkları alınmıştır. Daha sonra Yetkin ve diğ., sayfa 32, Şekil 3-4’de tarla kapasitesi hesabı için genelde kabul edildiği gibi toprak rutubet gerilimi ortalama $1/3 \text{ Atm}$ ve solma noktasındaki toprak rutubet gerilimi 15 Atm alınmıştır. $0.9816 \text{ bar} = 0.9680 \text{ atm}$ olduğuna göre ilgili birimler bar’ a çevrilip her toprak cinsi için toprak nemi (P_w) % olarak bulunmuştur. Daha sonra yine aynı kaynağın 33. sayfasındaki mevcut nemin derinlikle ilişkisini veren amprik formül;

$d = P_w / 100 \cdot Y_t \cdot D$ 'den, incelenen her bitkinin kök derinliği için, bu derinlikteki mevcut nem değeri bulunmuştur. Burada, D cm olarak bitki kök derinliğini göstermektedir. Bu değer aynı kaynaktan ya da Erkek (1983)'ten alınabilir. Formülde,

P_w : Kuru ağırlık cinsinden nem miktarını (%)

Y_t : Toprak birim hacim ağırlığını (g / cm³)

d: mm /cm olarak ilgili derinlikteki nem miktarını, göstermektedir.

Her ele alınan bölge ve burada yetiştirilen bitki cinsi için bitki kök derinliğindeki nem değeri hesaplanmıştır. Mart ayından başlayarak, topraktan oluşan buharlaşmanın da göz önüne alınması amacı ile Kızılkaya (1988)'da, Ek Tablo 3/1 - 3/5 de verilen yüzde değerleri kullanılmıştır. Bu tablodan önce, her il için ona en yakın bir temsili yer seçilmiş daha sonra bu yerdeki aylık KAN değerleri yüzdesi hesapladığımız KAN değerleri ile çarpılarak böylece topraktan olan buharlaşma da göz önüne alınmıştır. Etkili yağış değeri ile KAN toplamı bitkinin kök derinliğindeki su ihtiyacını karşılamışsa U_s (sulama suyu ihtiyacı) 0 alınmış, eğer karşılamamışsa bu toplamın bitki su ihtiyacından (U) farkı kadar su U_s olarak hesap tablolarında gösterilmiştir.

Ekte verilen Hesap Tablolarının en son satırındaki U_{sp} :Paternli bitki sulama suyu ihtiyacı olup burada yalnızca U_s ile karşılaştırma yapmak amacı ile hesaplanmıştır. Bu değer, her bitkinin ilgili alanda yetiştirilme oranına (paternine) bağlı olarak değişen su ihtiyacıdır. Ek'te verilen ilgili 11 ile ait çiftlik ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları ve debileri hesabında, aylık bitki sulama suyu ihtiyacı, $U_s = U - (r_e + KAN)$ formülü ile hesaplanmıştır. Mevsimlik bitki su, bitki sulama suyu ihtiyacı, aylık bitki su ve bitki sulama suyu ihtiyaçlarının bir yıllık toplamı olarak hesaplanmıştır. Sulama alanı bitki sulama suyu ihtiyacı, yukarıda hesaplanan bitki sulama suyu ihtiyacının seçilen sulama sistemi performansı (E_t)'ye bölünerek bulunmuştur. Taşıma sulama suyu ihtiyacı, sulama alanı (çiftlik) sulama suyu ihtiyacının taşıma performansına (E_k) (bu tezde hem yüzeysel sulama ve hem de yağmurlama sulaması için % 88 olarak alınmıştır.) bölünmesi ile hesaplanmıştır. Çiftlik sulama modülü ;

$$q_s = \frac{U_t \cdot 10^4}{T_b \cdot E_t \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24} \quad (6.5)$$

Sulama modülü;

$$q = \frac{U_k \cdot 10^4}{Tb. Et. 24. 60. 60} \quad (6.6)$$

formülü ile bulunur. Burada;

Tb:Bitkilerin büyüme devresindeki gün sayısı

Et:Sulama bölgesindeki ortalama sulama randımanıdır.

Ortalama çiftlik sulama modülü; çiftlik sulama modüllerinin yıllık toplamının ortalaması, ortalama sulama modülü ise sulama modülünün yıllık ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Ekstrem değerler büyüme mevsimi içindeki maksimum ve minimum değerlerdir.

İncelenen 11 ilin ayrı ayrı bitki sulama suyu depolama ihtiyacı şöyle hesaplanmıştır. Ele alınan yerleşim biriminin 1997 itibarı ile nüfusu gözönüne alınmış, İller Bankası Yönetmeliği'ne göre, nüfusa bağlı olarak kabul edilen günlük su ihtiyaçları kullanılarak, ortalama günlük su ihtiyacı, buradan da aylık ve yıllık ortalama su ihtiyaçları belirlenmiştir. Gerekli alan ihtiyacı, yıllık ortalama su ihtiyacı, o yerin daha önce belirlenen yıllık toplam sulama suyu ihtiyacına bölünerek bulunmuştur. Daha sonra, her ayın sulama suyu ihtiyaçlarının bu alanla çarpımı ile de aylık olarak alana verilecek modül (m³/ay.ha) olarak bulunmuştur.

6. 3 Atıksu Depolama Hacimlerinin Tayini

Her ile ait bölüm 6.2'te verilen hesap adımları izlenerek konu edilen her il için, alana verilecek sulama suyu ihtiyacı hesaplanmıştır. Diğer taraftan, incelenen her yerleşim merkezinden kaynaklanan günlük atıksu değerleri de hesaplanmıştır. Düşey ekseninde debi (m³ /ay) yatay ekseninde aylar gösterilmek sureti ile ortaya çıkan atıksu ve bitki su ihtiyaçları aynı grafikte gösterilmiştir. (Şekil B1- B6). Atıksu çizgisinin üstünde kalan ve bitki su ihtiyacını gösteren çizginin sınırladığı alan depolama hacmini vermektedir. Grafiklerden hesaplanan depolama hacimleri ve incelenen yerleşimlerin atıksularının tamamının sulamada kullanılabilmesi için gerekli alan Tablo 6.2'de özetlenmiştir.

Tablo 6.1 Seçilen Meteteoroloji İstasyonları, Bu İstasyonların Bulunduğu Bölgelerde Yetiştirilen Bitki Türleri ve Bu Bitki Türlerinin Büyüme mevsimleri

İstanbul	Isparta	Ankara	Zonguldak	Trabzon	Erzurum	Diyarbakır	Şanlıurfa	Adana	Antalya	İzmir	İller/ürün
13/11-18/6	3/10-12/6	9/10-18/6	11/11- 18/6		4/10-12/17	22/10-31/5	5/11-9/5	1/11-12/5	6/11-23/5	6/11- 10/5	Hububat
19/3-16/9	25/4-26/1	19/4-9/10	13/4 - 22/10	13/4- 5/11				25/3-5/10			Meyve
5/4-25/8											Şeker pancarı
	11/5-11/1						9/4-28/19				Bağ
				22/3- 15/8	7/5-3/10						Patates
								24/3-23/8	20/4 -13/9	27/4- 22/8	Pa-muk
									12/4-17/11		Zeytin
				27/4-16/12				5/4-6/11	12/4-26/11	26/4- 5/11	Narenciye
19/4-24/8	3/5-8/9		25/4- 5/9			3/4 - 17/7		21/3-22/7		7/4 -23/7	Mısır
			9/5 - 19/9					13/5-5/9	25/4 - 6/10		Çeltik

Tablo 6. 2 İllere Göre depolama Hacmi ve Gerekli Alan İhtiyacı

İller	Depolama Hacmi, (m ³)	Sulama İçin Gerekli Alan, (ha)
Adana	33 932 688	15 530
Ankara	109 928 129	254 968
Antalya	15 103 611	6 062
Şanlıurfa	15 083 538	2 921
Kandıra	1 932 879	4 255
Diyarbakır	17 624 506	43 547
Erzurum	8 714 375	38 121
Isparta	2 867 020	4 794
İzmir	58 991 653	66 510
Trabzon	5 593 123	11 125
Zonguldak	2 981 645	4 977

6.4 “Nüfus Depo İhtiyacı ” ve “ Sulanabilir Alan Depo İhtiyacı” Grafiklerinin Elde Edilmesi

Önceki bölümlerde hesap esasları verilen adımlar izlenerek, Akdeniz İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri için 1000 ila 1.000.000 arasındaki 10 nüfus değerine karşı gelen depolama ihtiyaçları m³/yıl bazında belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 6.1’de gösterilmiştir. Bu şekildeki eğrilerden de görüleceği üzere, enaz depolama ihtiyacı Akdeniz bölgesinde görülmektedir. Daha sonra sırası ile Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgeleri gelmektedir. Bu grafik kullanılarak herhangi bir nüfus değerine karşılık gelen depo hacim ihtiyacının mertebesi, yerleşim yerinin bulunduğu bölgeye bağlı olarak belirlenebilmektedir. Aynı şekilde, Akdeniz İç ve Güney Doğu Anadolu bölgeleri için ayrı ayrı olmak üzere gerekli atıksu depolama hacmi ile sulanabilir alan arasındaki ilişkiler belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 6.2’de grafik olarak gösterilmiştir.

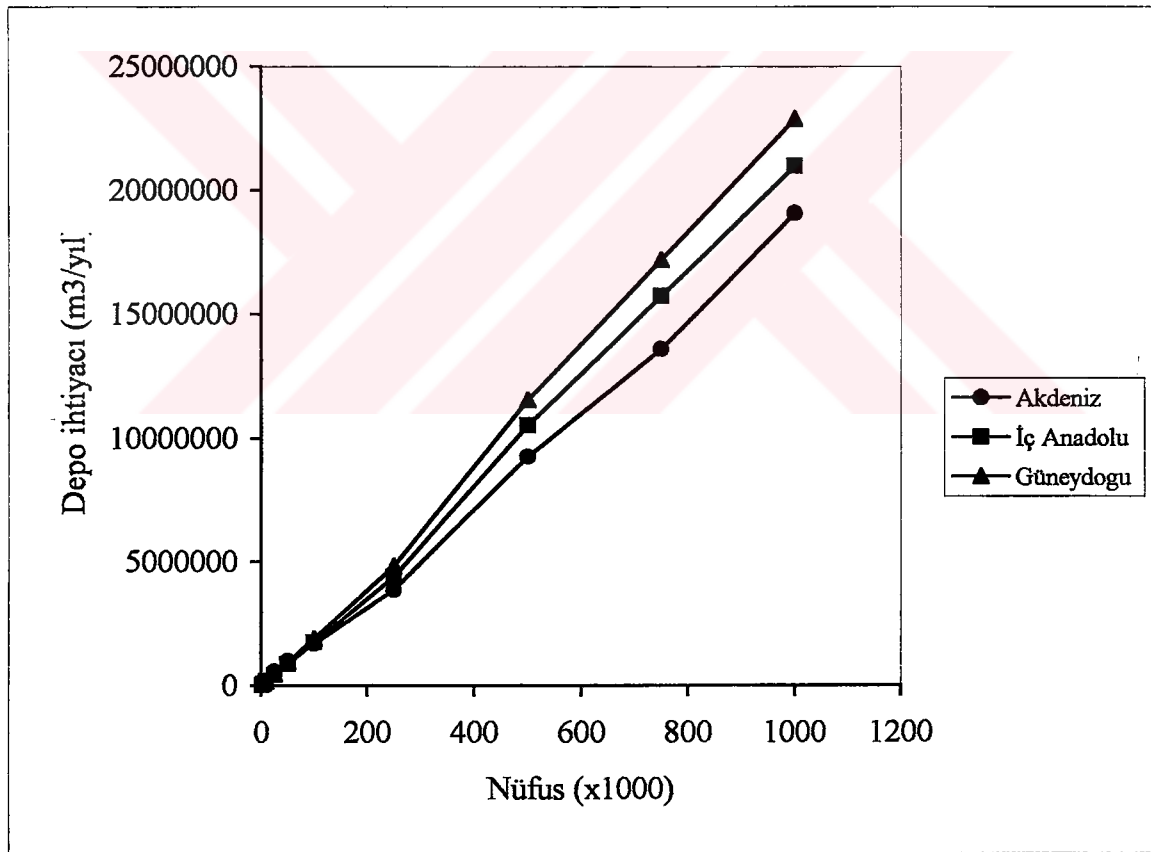
Bu grafikten aynı alanı sulayabilmek için İç Anadolu bölgesindeki gerekli depolama hacminin Akdeniz bölgesine göre 7-8 kat daha az olduğu sonucu çıkarılabilmektedir. Gerek Şekil 6.1 ve gerekse Şekil 6.2 atıksuların sulamada kullanılabilirliği açısından, İç Anadolu bölgesinin önemli bir potansiyel olduğunu

göstermektedir. Güneydoğu Anadolu'daki su noksanlığı göz önüne alınarak, bu bölgenin de atıksuların sulamada kullanılması açısından dikkate alınması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.



Tablo 6.3 Akdeniz İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerine Ait Nüfus(N) ve depolama ihtiyacı (D) Değerleri

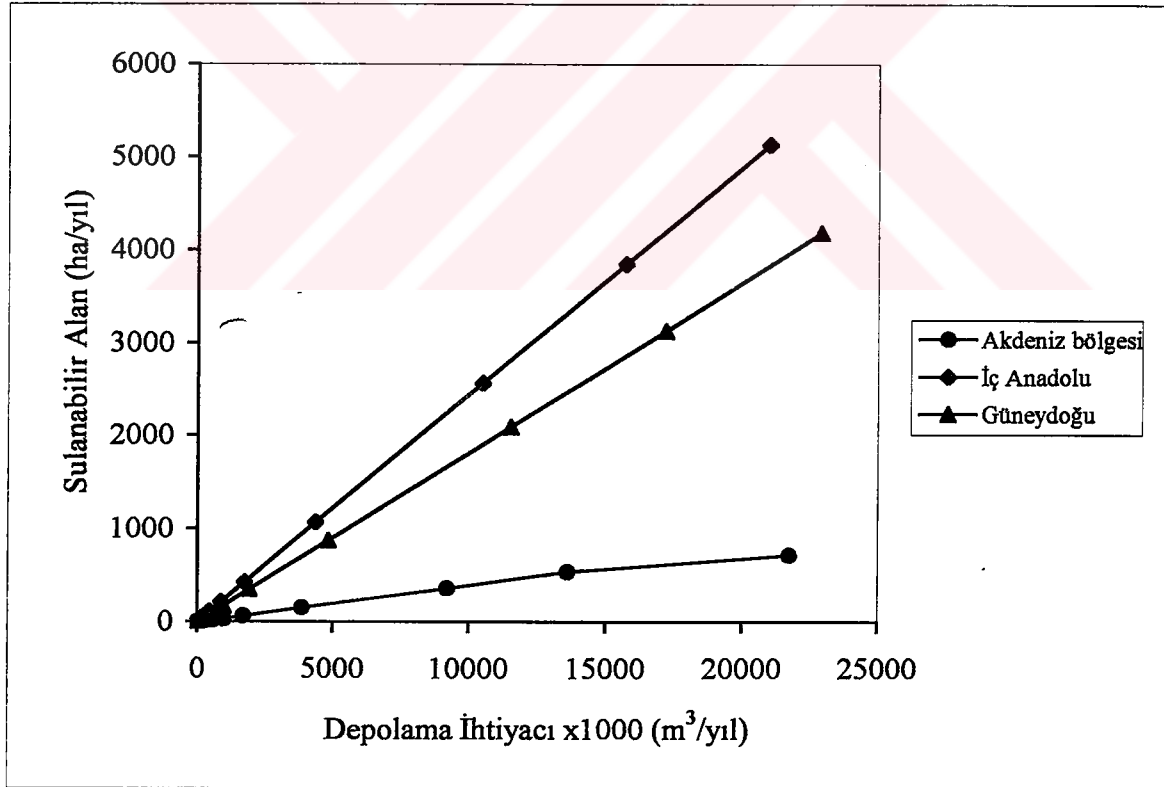
N	Akdeniz(D)	İç Anadolu(D)	G.Doğu Anadolu (D)
N (x1000)			
1	29234	16376	16524
5	85326	84474	96173
10	202161	176042	191064
25	563413	438058	481851
50	993211	876116	957553
100	1699261	1748138	1915106
250	3866644	4372392	4823528
500	9232746	10492922	11542162
750	13596974	15741430	17194005
1.000	19078854	20985844	22899084



Şekil 6.1 Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri için Nüfus - Depolama İhtiyacı İlişkisi

Tablo 6.4 Akdeniz İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerine Ait depolama İhtiyacı (D) ve Sulanabilir Alan (A) Değerleri

Akdeniz		İç Anadolu		G.Doğu Anadolu	
D	A	D	A	D	A
29,234	1	16,376	4	16,524	3
85,326	3	84,474	21	96,173	17
202,161	6	176,042	43	191,064	35
563,413	15	438,058	107	481,851	87
993,211	30	876,116	214	957,553	174
1.699,26	59	1748,138	427	1915,106	348
3.866,64	148	4372,392	1068	4823,528	871
9.232,75	355	10492,922	2563	11542,162	2090
13.597,0	533	15741,430	3845	17194,005	3126
21.745,5	710	20985,844	5126	22899,084	4181



Şekil 6.2 Akdeniz, İç Anadolu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri İçin Depolama İhtiyacı – Sulanabilir Alan İlişkisi.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye için evsel atıksuların doğal sistemlerle ve bu arada özellikle sulamada kullanılarak arıtılması halinde, ortaya çıkacak depolama hacimlerinin belirlenmesi amacı ile yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Gerek ekonomik oluşu, gerek işletme kolaylığı, gerekse sulama gibi yöntemlerle atıksuyun yeniden kullanılmasını mümkün kılan doğal sistemlerle arıtma, Türkiye için dikkate alınarak değerlendirilmesi gereken bir yönetim tarzıdır.
2. Atıksuların sulamada kullanılması konusunda, Türkiye’de büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Sulama ile bitkinin azot ve fosfor ihtiyacı da karşılanacağından gübre kullanımı da azalacaktır.
3. Türkiye’yi temsil edecek şekilde seçilen 11 meteoroloji istasyonunun bulunduğu yerleşim merkezleri için yapılan bu çalışmada, özellikle su kıtlığı çekilen ve kışları ılıman iklime sahip Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde atıksuların sulamada kullanılması durumunda, ortaya çıkan depolama hacmi ve gerekli alan kabul edilebilir büyüklüktedir.
4. Özellikle küçük yerleşim birimlerinde atıksuların sulamada kullanılması durumunda depolama ve sulanacak alan açısından yeterli alanın bulunduğu görülmektedir. Ancak bu hususta, ilave araştırmalar yapılması, atıksu depolama mevsim haritalarının çıkarılması ve lokal bazda değerlendirmeler yapılarak, her yerleşim merkezi için sulama imkanlarının araştırılması gerekir. Bunun için öncelikle hangi bitkinin sulanacağına karar verilmesi ve bitki su ve nutrient ihtiyaçlarının sağlıklı bir şekilde tesbit edilmesi gerekmektedir.
5. Atıksuların sulamada kullanılması ile sudan sağlanacak tasarrufun ve arıtma maliyetinden kazanılan gelirin hesaplanmasının ilginç bir çalışma olacağı düşünülmektedir.

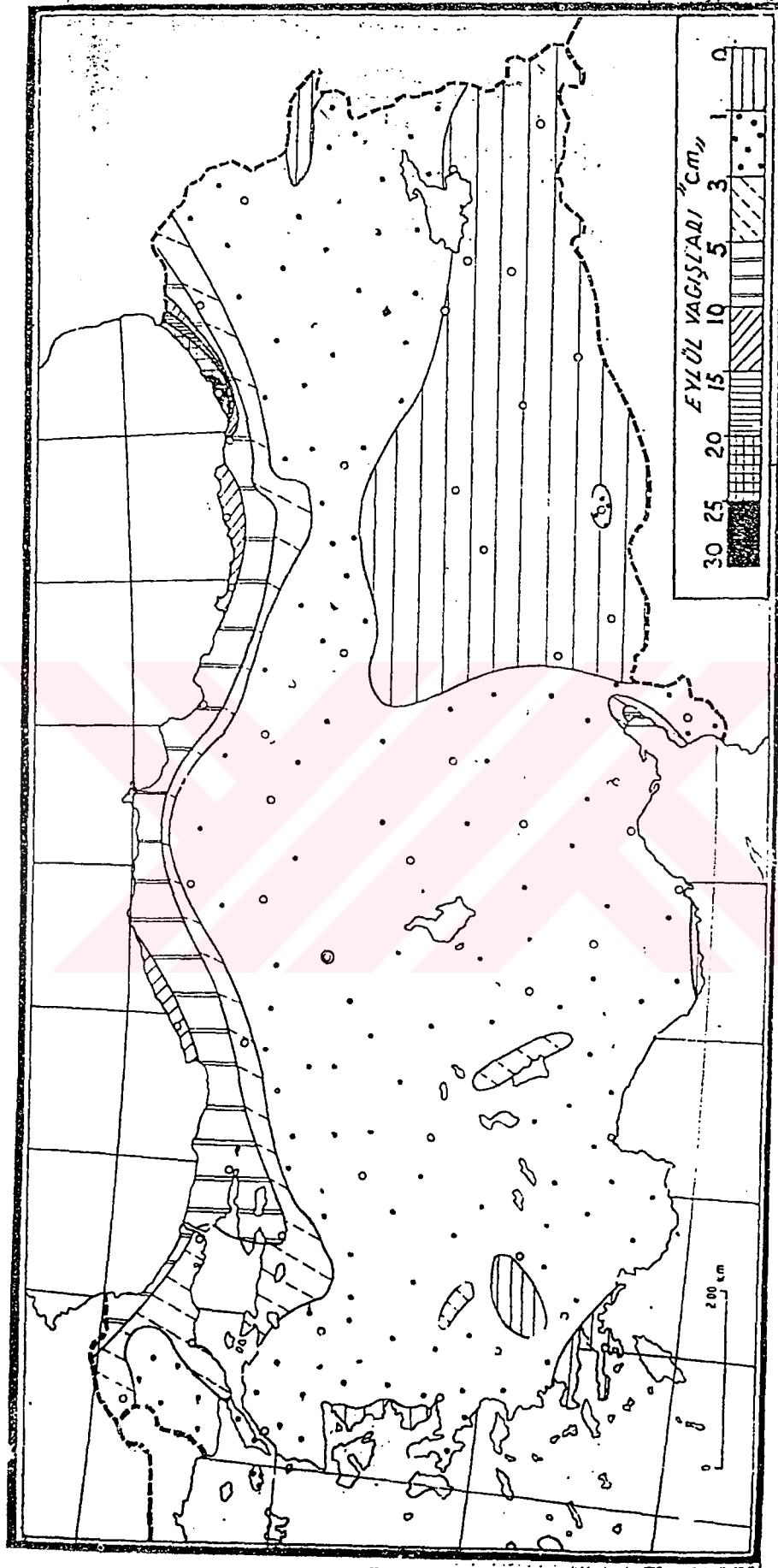
KAYNAKLAR

- Crook.,** 1998. Quality Criteria For Reclamed Water, *Water Science and Technology*.
- Erinç, S.,** 1957. Tatbiki Klimatoloji, *İ. T. Ü Hidroloji Enstitüsü Yayınları*.
- Erinç, S.,** 1951. Türkiye’de Nisbi Azami Yağış Sahasının Yıllık Salınımı *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi* no:1.
- Erkek, Cevat.,** 1983. Sulama Kurutma, *İ.T.Ü İnşaat Fakültesi*.
- Güngör, Yetkin ve diğerleri.,** 1996. Sulama, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, no: **1449**.
- Jensen M. E. (ed.),** 1980. Design and operation of farm irrigation system, *American Society of Agricultural Engineers*, Monograph no:3, St Joseph, MI.
- Jewell, W. J., and B. L. Seabrook.,** 1979. A History of Land Application As Treatment Alternative, *EPA 430/9 – 79 –012, U. S. EPA, Washington DC*.
- Kadioğlu, Mikdat.,** 1990. Sinoptik Meteoroloji Ders Notları. *Çantaylar yayınevi, İstanbul*.
- Kadioğlu, Mikdat.,** 1998. Türkiye’de Yağış Bileşenlerinin Ana Bileşen Analizi İle Tesbiti. *İ. T. Ü Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü*.
- Kızılkaya, Turan.,** 1990. Sulama ve Drenaj. *T. C Bayındırlık ve İskan Müdürlüğü*.
- Metcalf & Eddy.,** Wastewater Engineering Treatment Disposal and Reuse, 3th Edition. *Macgrawhill Book Company, Newyork*, 1991.
- Pettygrove, G. S., and T Asano (eds),** 1985. Irrigation With Reclamed Wastewater A Guidance Manual, *Lewis Publishers, Chelsea, MI*.
- Reedy, K, R., and W. F. Debusk.,** 1984. Growth Charasteristics of Aquatic Macrophytes Cultured in Nutrient Enriched Water; Water Hyacinth, Water. Lettuce and Penny Wort, *Economic Bot.*, **38**:225 – 235.
- Reed, S, C., E. J. Midlebrooks and R. W. Crites.,** 1988. Natural Systems For Wastewater Management and Treatment, *McGraw- Hill*. New york.

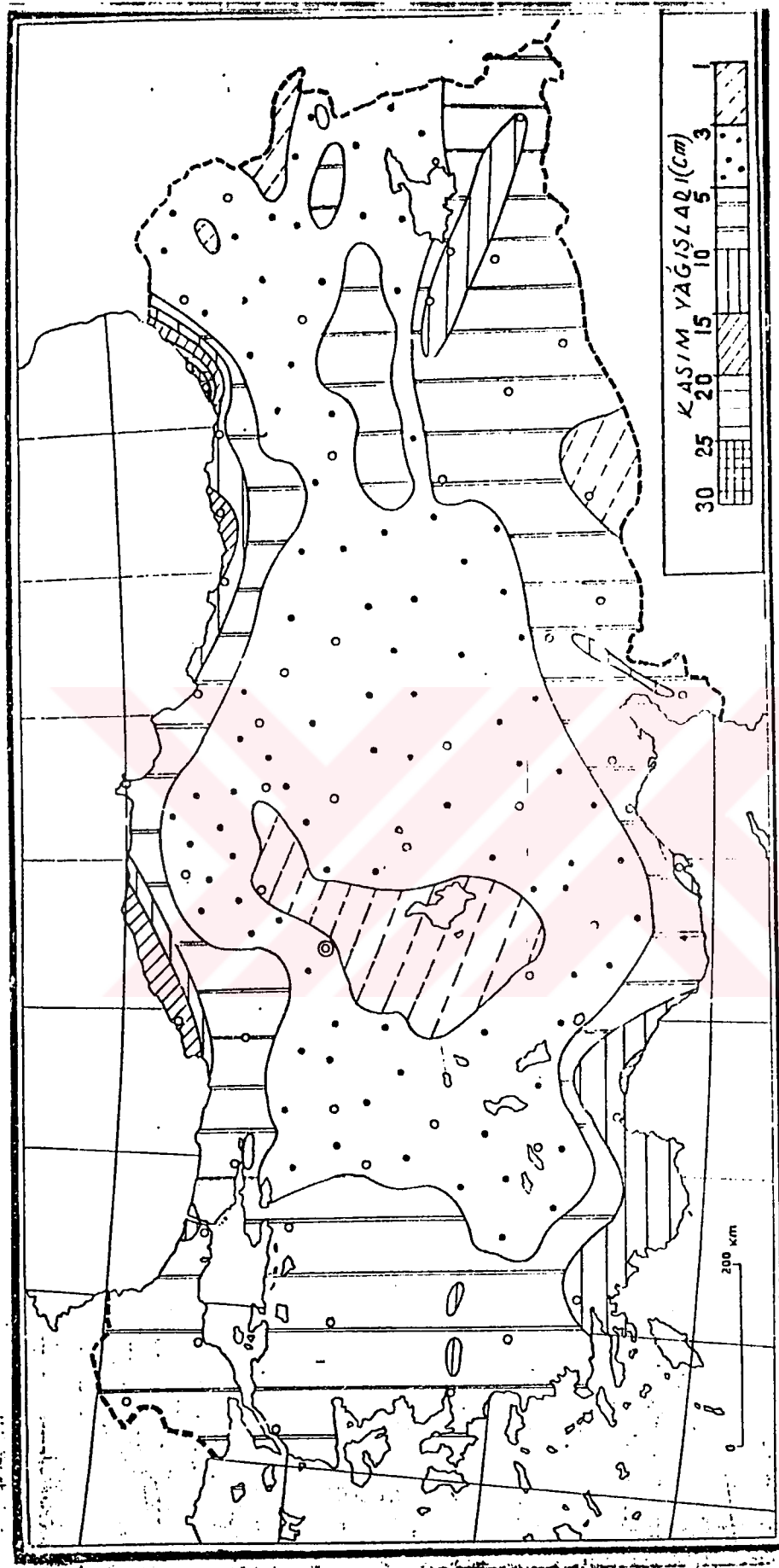
- Sepp, E.**, 1971. The Use of Sawage for Irrigation- Literature Review, *Bureau of Sanitary Engineerig*, California State Department of Public Health Berceley. CA.
- Shelef, G.**, 1991. Wastewater Reclamation and Waser Resources Management, *Water Scince and Technology*, Vol.24, No.9, pp. 251-265.
- Smith, R. G. and E. D. Schroeder.**, 1983. Physical Design of Overland Flow Systems, *Journal WPCF*, vol. 55, no: 3.
- T.C Resmi Gazete.**, 7 Ocak 1991, Sayı: 20748, cilt: 20743, sayfa: 31, 32,34, 36-39.
- U.S. Environmental Protection Agency.**, 1981. Process Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater, *EPA 625/1- 81 -013*. Cincinnati.
- U. S. Environmental Protection Agency.**, 1884. Pocess Design Manual for Land Treatment of Municipal Wastewater: Supplemation Rapid İnfiltration Overland Flow, *EPA 625/1- 81-013A*, Cincinnati, OH.
- U. S. Environmental Protection Agency.**, 1988. Design Manual for Consructed Wetlands and Floating Aquatc Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment, *EPA 625/1- 88-022*, Cincinnati, OH.
- Witherow, J. L. and B. E. Bledsoe.**, 1983. Algea Removal by the Overland Flow Process, *Journal WPCF*, vol. 55, no: 10.



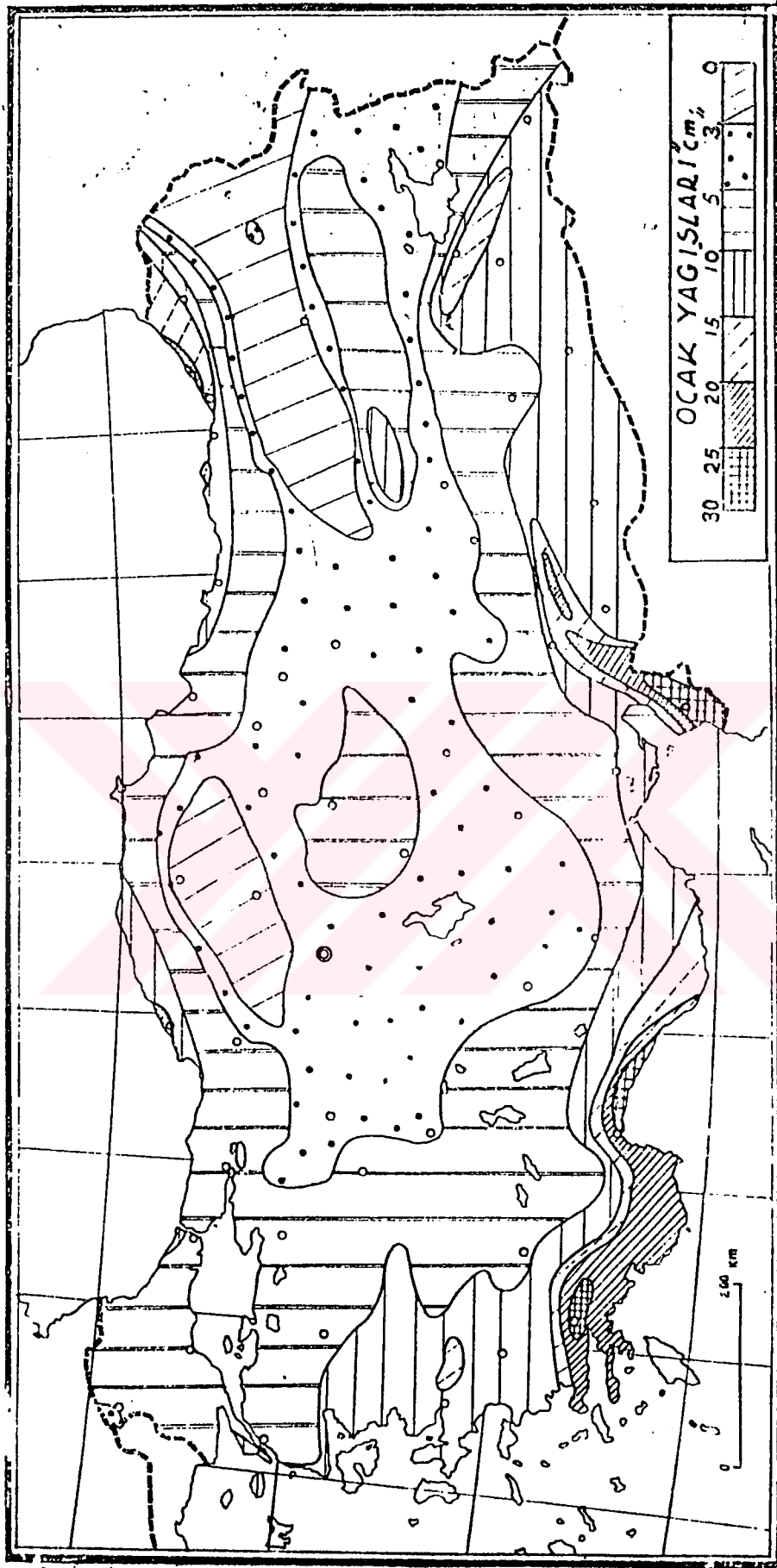
EKLER



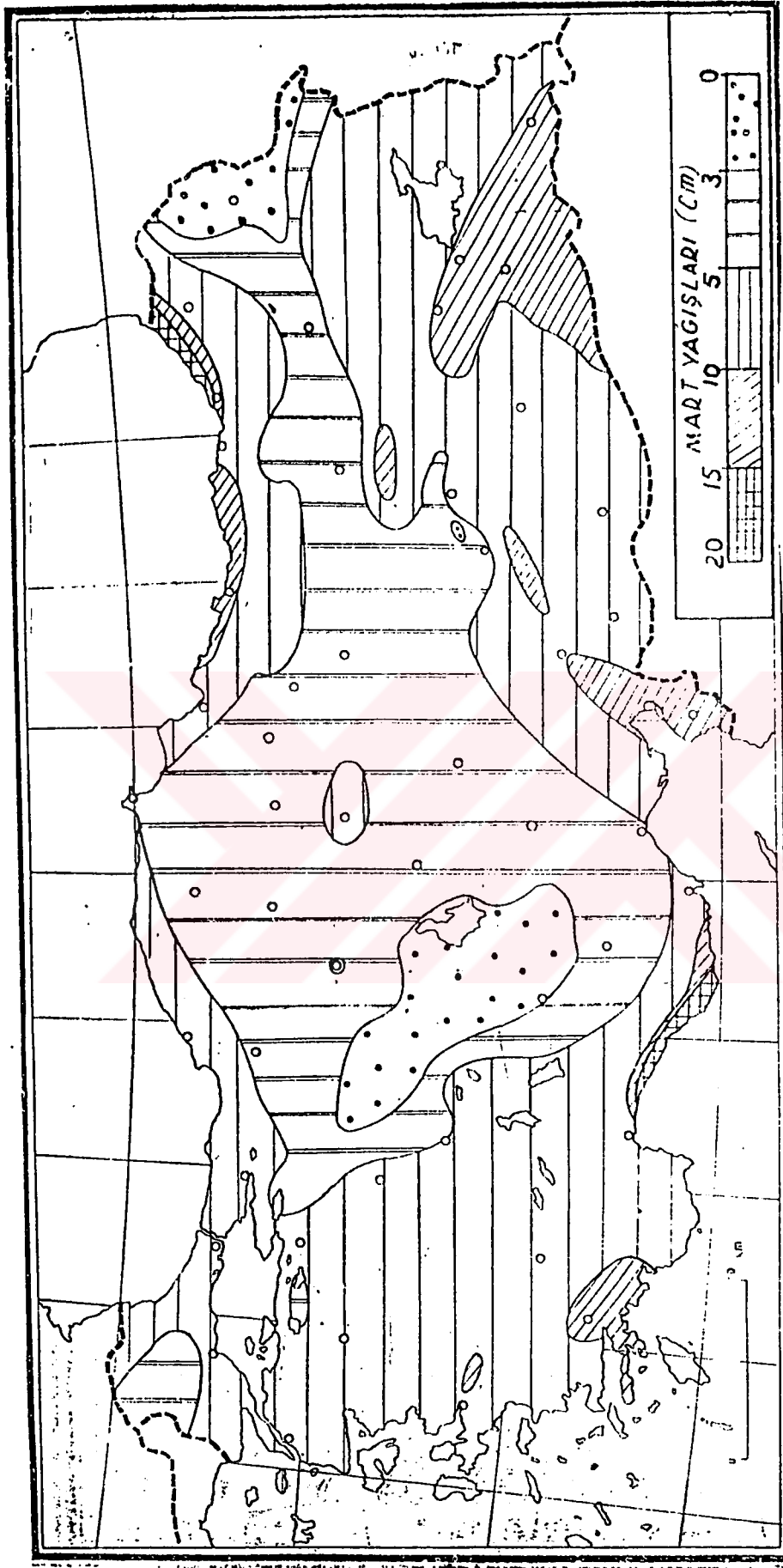
Şekil A1. Eylül Ayında Ortalama Yağış Dağılışı.

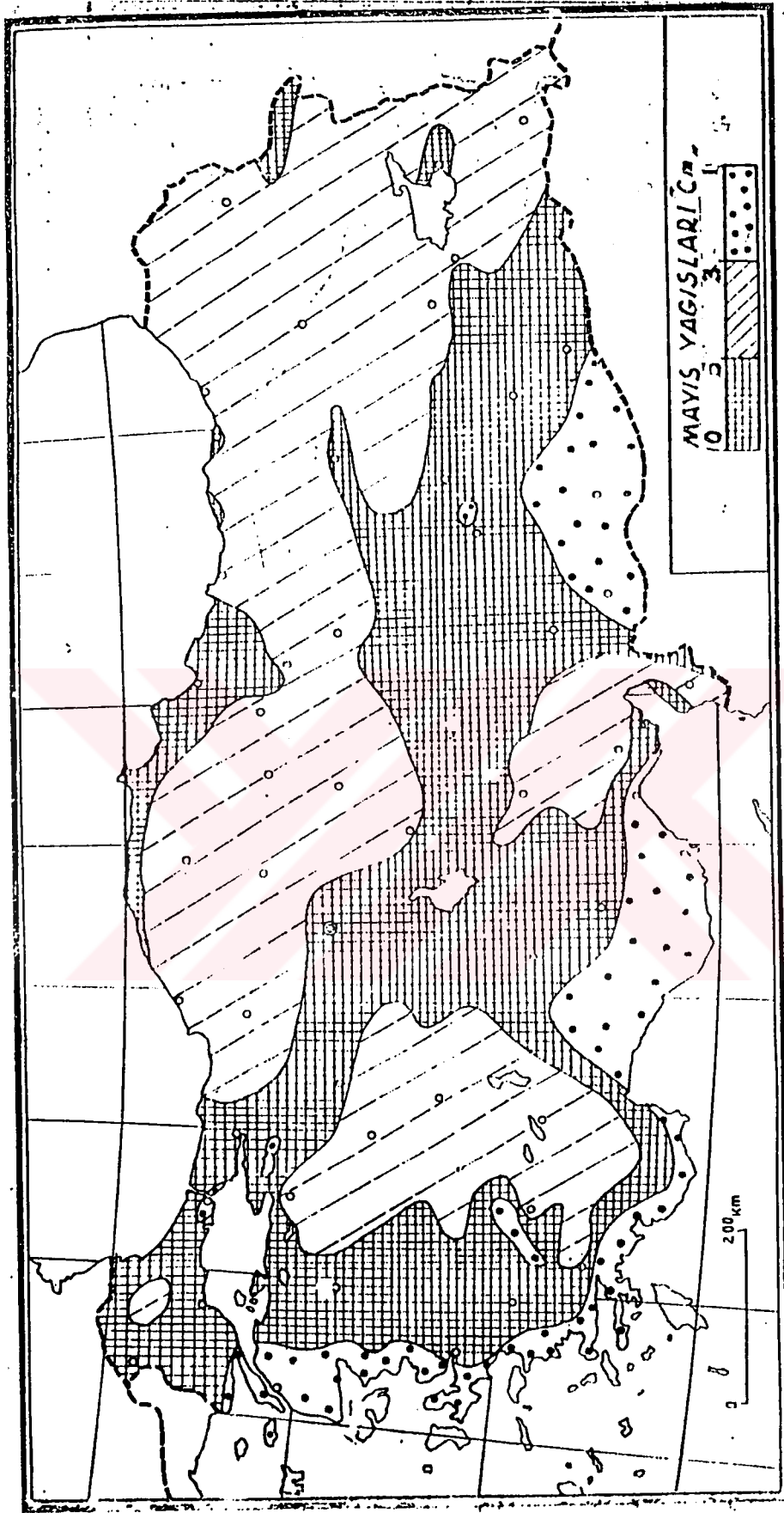


Şekil A2. Kasım Ayında Ortalama Yağış Dağılışı

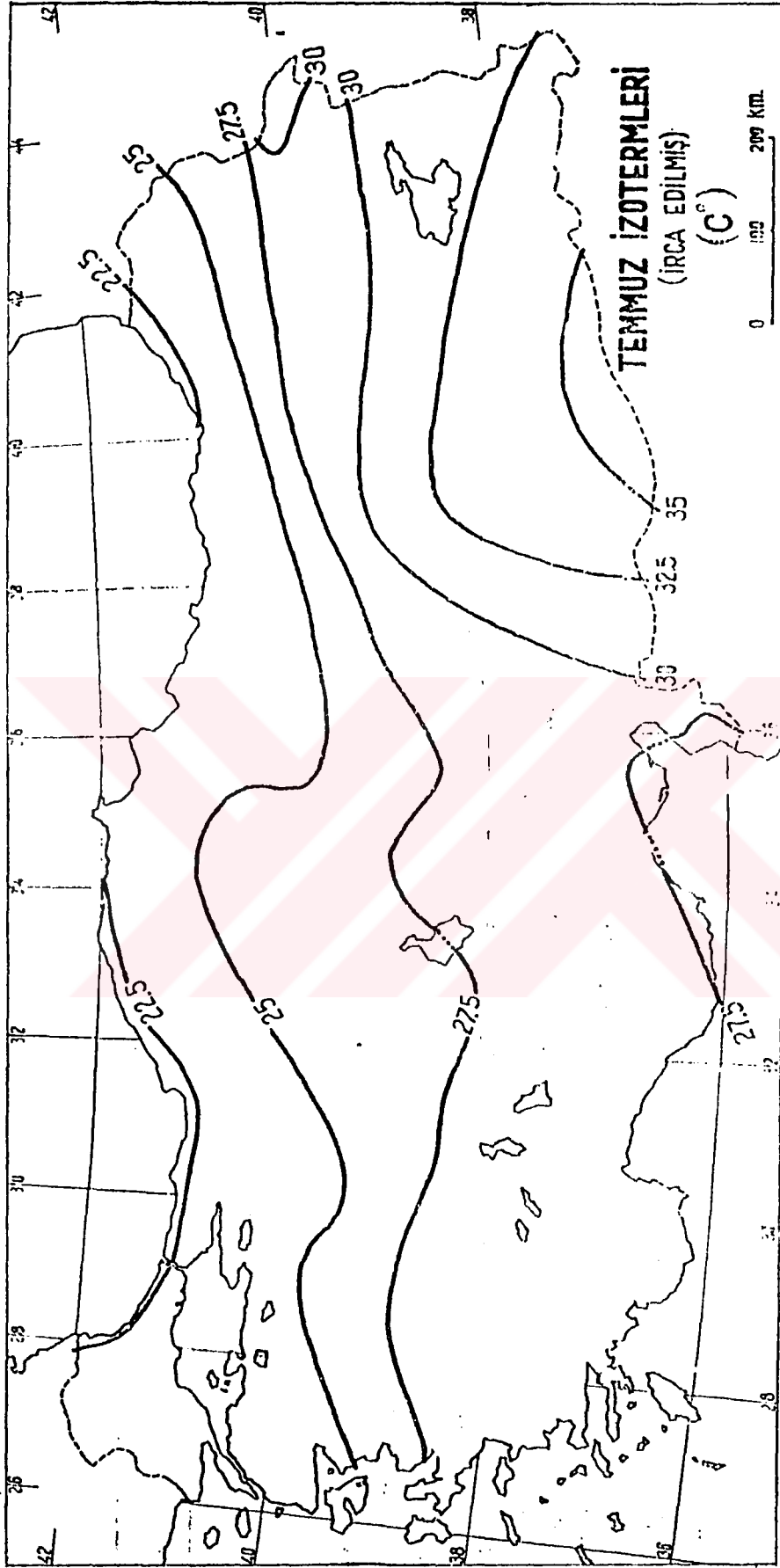


Şekil A3. Ocak Ayında Ortalama Yağış Dağılışı

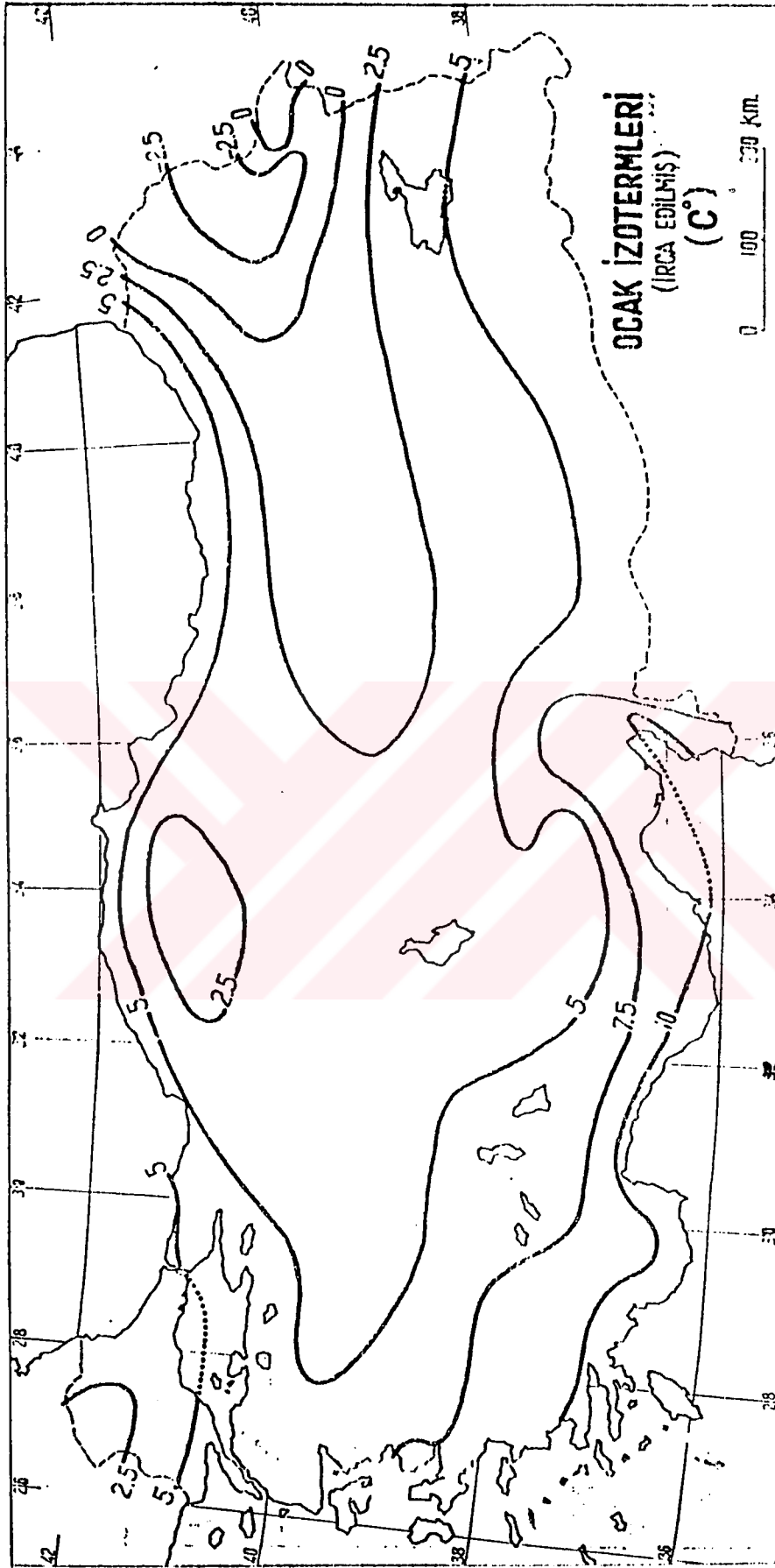




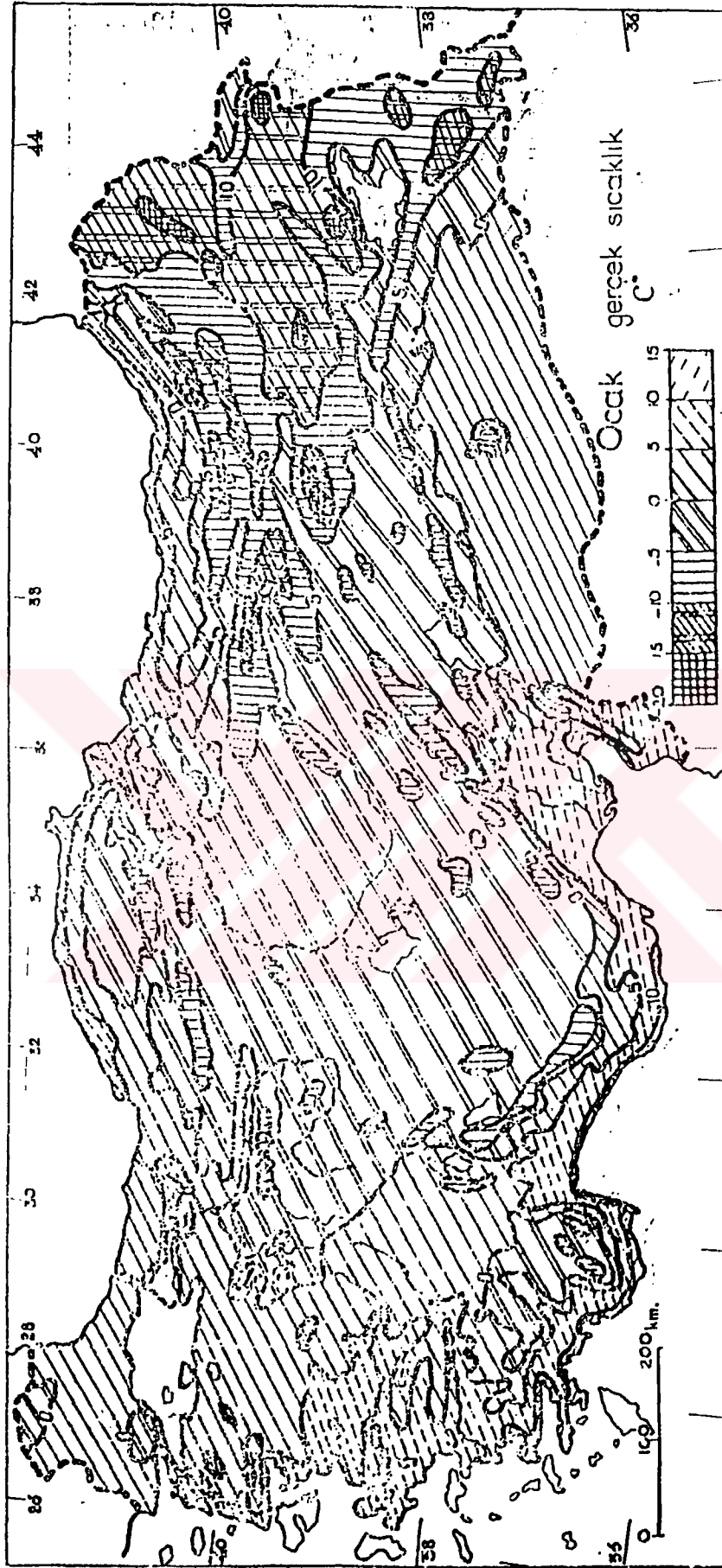
Şekil A5. Mayıs Ayında Ortalama Yağış Dağılışı



Şekil A6. Temmuz Ayında Sıcaklık Dağılışı



Şekil A7.Ocak Ayında Sıcaklık Dağılışı(Deniz Seviyesine İndergenmiş Ortalamalar)



Şekil A8. Ocak ayında sıcaklık Dağılışı (Gerçek Sıcaklık Dereceleri)

Tablo A1. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kriterleri

EC25x106 (µmhos/cm)	0-250	250- 750	750- 2000	2000 – 3000	> 3000-
Değişebilir sodyum yüzdesi (% Na)	< 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	> 80
Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10 – 18	18 – 26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC)					
meq/L	< 1.25	1.25 – 2.5	> 2.5	---	---
mg/L	< 66	66 – 133	> 133		
Klorür (Cl ⁻)					
Meq/L	0 – 4	4 – 7	7 – 12	12 – 20	> 20
Mg/L	0- 142	142 – 249	249 – 426	426 – 710	> 710
Sülfat (SO ₄)					
meq/L	0-4	4 – 7	7 – 12	12-20	> 20
Mg/L	0-192	192 – 336	249 – 426	576 – 960	> 960
Toplam tuz kons. (mg/l)	0 – 175	175 – 575	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 (x)	C ₁ S ₁	C ₁ S ₁ , C ₂ S ₂ , C ₂ , S ₁	C ₁ C ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	---
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ Mg/L	0 – 5	5 – 10	10 – 30	30 – 50	> 50
Fekal kaliform (xx) 1/100 ml	0 – 2	2- 20	20 – 10 ²	10 ² - 10 ³	> 10 ³
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

(x) Şekil A1 'den bulunur. (xx) Bitki türüne göre daha az veya daha çok olabilir.

Tablo A2. Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar kg/ha	İzin verilen maksimum Konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerleri mg/L	PH değeri 6 - 8.5 arasında olan killi zeminlerde 20 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	- (3)	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)	180	0.2	5.0
Florür (F)	920	1.0	15.0
Demir (Fe)	4600	5.0	20.0
Kurşun (pb)	4600	5.0	10.5
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)	18	0.02	0.02
Vanadyum (V)	-	0.1	1.0
Çinko (Zn)	1840	2.0	10.0

(1) Sulanan narenciye için 0.075 mg/L'dir.

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

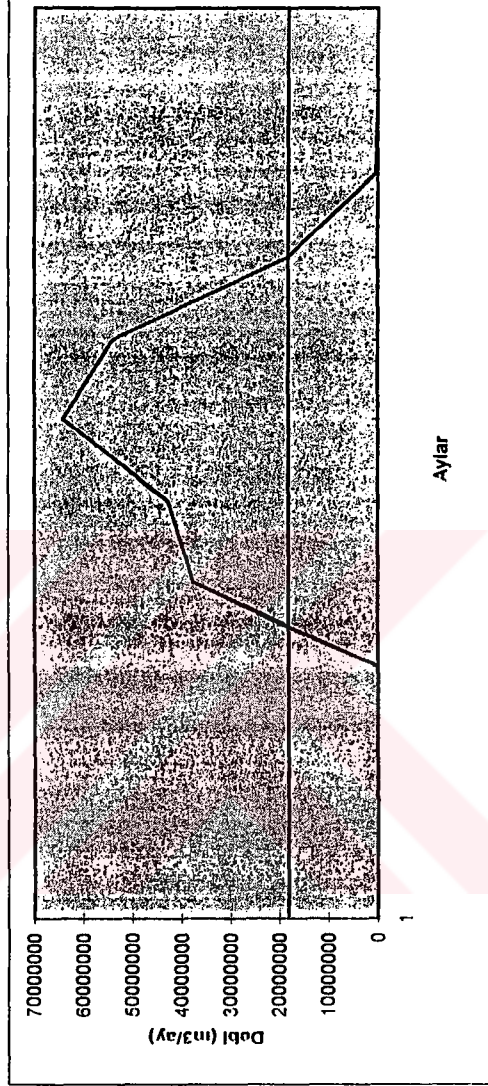
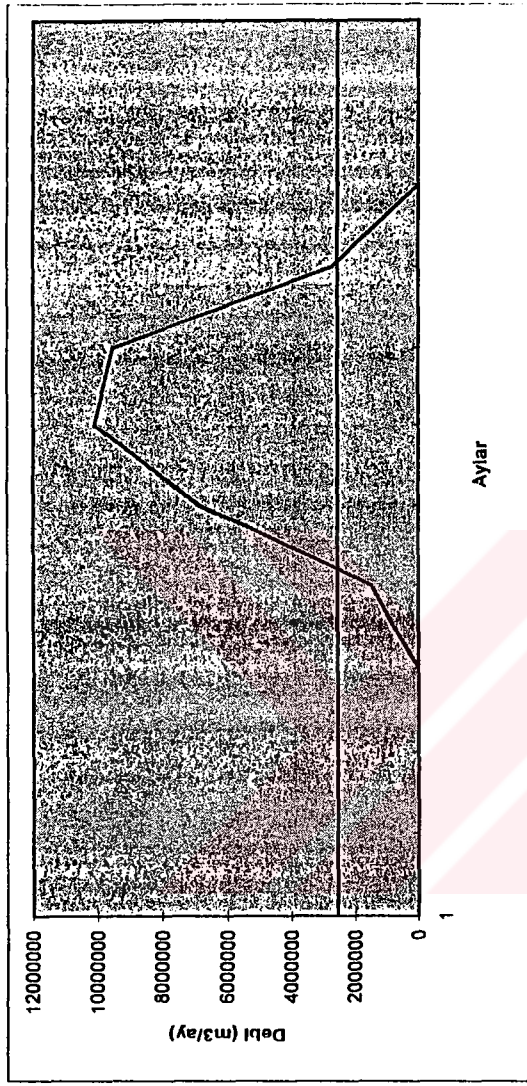
(3) Tablo 3.7'de verilmiştir..

Tablo A3. Atıksuların Tarımda Kullanılması İle İlgili Esaslar ve Teknik Sınırlamalar

Tarım türü	Teknik sınırlamalar
Meyvecilik ve Bağcılık	-Yağmurlama metodu ile sulama yasaktır. - yere düşen meyveler yenmemelidir. - fekal kaliform sayısı 1000/100 ml
Elyafli Bitki ve Tohum Üretimi	-Sulama veya yağmurlama sulaması yapılabilir. -Yağmurlama sulamasında biyolojik olarak arıtılmış atıksular kullanılabilir. - Fekal kaliform 1000/100 ml
Yem bitkileri, Yağ Bitkileri, Çiğ Yenmeyen Bitkiler ve Çiçekçilik	-Salma sulama, mekanik arıtılmış atıksu.

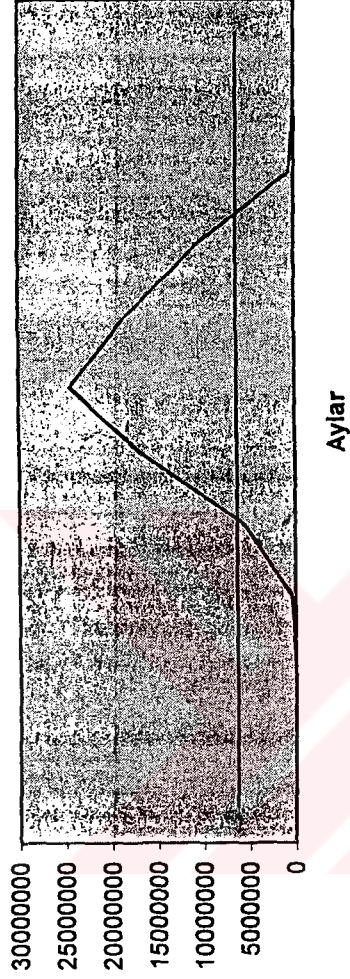
Tablo A4. Endüstriyel Atıksuların Sulama Suyu Olarak Kullanılmaya Uygunluğu

I	II	III
Yakınında uygun arazi varsa sulama suyu olarak kullanılabilir	Belirli koşullarda sulama suyu olarak kullanılmaya uygun	Sulama suyu olarak kullanım için Uygun değil.
Bira, malt, Şarap, maya, patates, sebze, meyve, konserve, süt, patates nişastası fabrikaları.	Şeker pirinç ve tahıl nişastası, deri tutkalı, kemik tutkalı fabrikaları, mezbaha et kombina tesisleri, tabakhane, margarin fabrikası, kağıt fabrikası, karton fabrikası, tekstil sanayii (ağartma. Merseerize boyahane, baskıhane v.s) yün yıkama, balık unu, balık konservesi, madencilik.	Cila ve boya fabrikaları, Sabun fabrikası, Anorganik ağır kimyasal madde sanayi; ilaç fabrikaları, metal fabrikası sülfür selüloz fabrikası, viskoz suni ipek fabrikası, piroliz tesisi, havagazı tesisleri, jeneratör gaz türbinleri, madeni yağ sanayi, kömür yıkama dinamit sanayi, odun koklaştırma tesisleri.

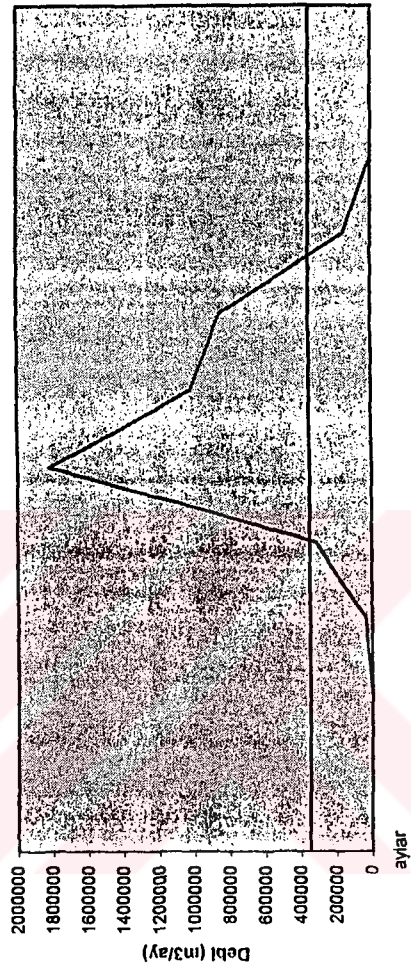


Şekil B1. Şanlıurfa ve Ankara İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları

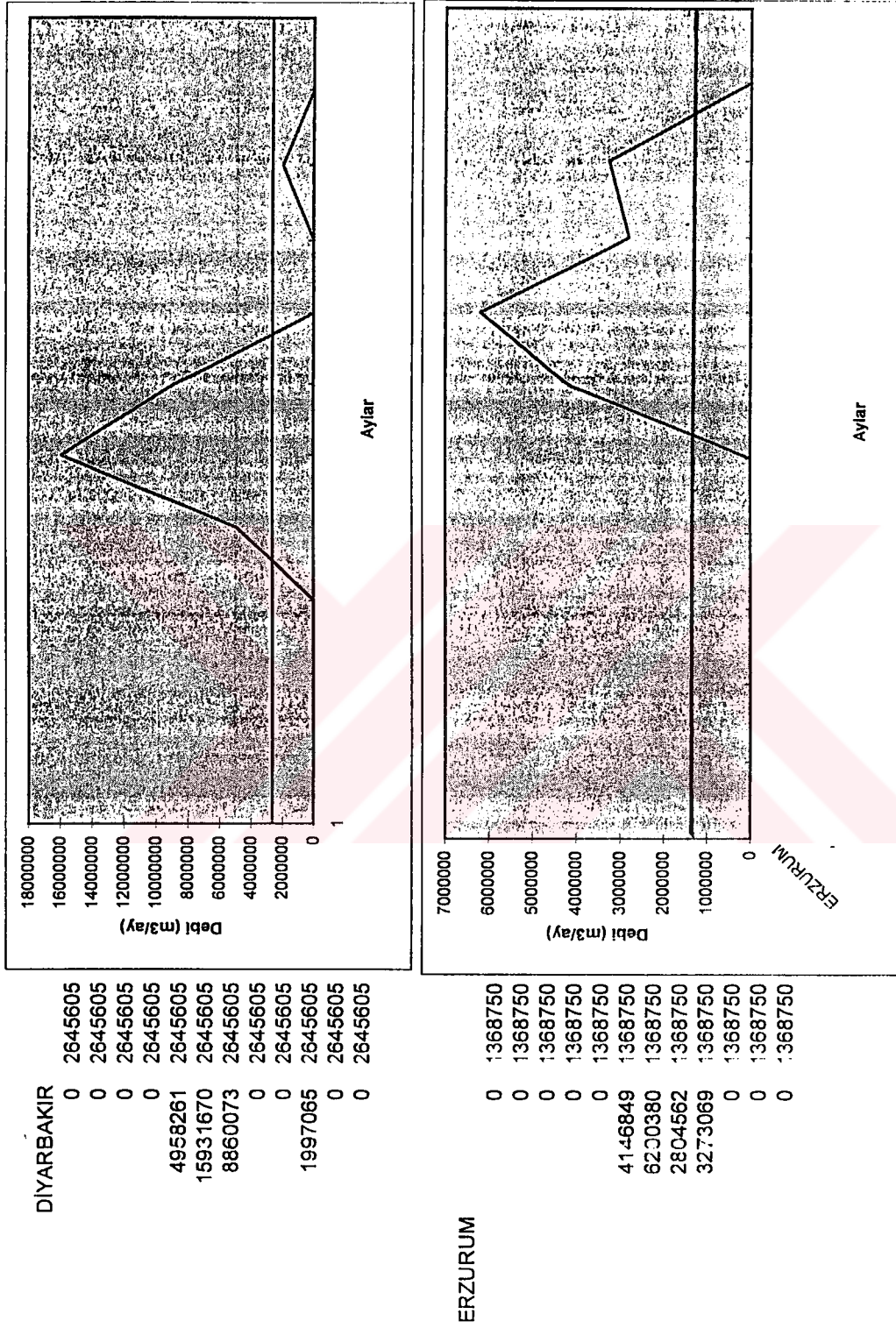
ADANA 0 6335846
0 6335846
0 6335846
414810 6335846
5468730 6335846
16248110 6335846
24478540 6335846
18381310 6335846
10521730 6335846
519940 6335846
0 6335846
0 6335846



İstanbul 0 349332
0 349332
0 349332
38210 349332
313508 349332
1821650 349332
1017583 349332
846873 349332
154414 349332
0 349332
0 349332
0 349332

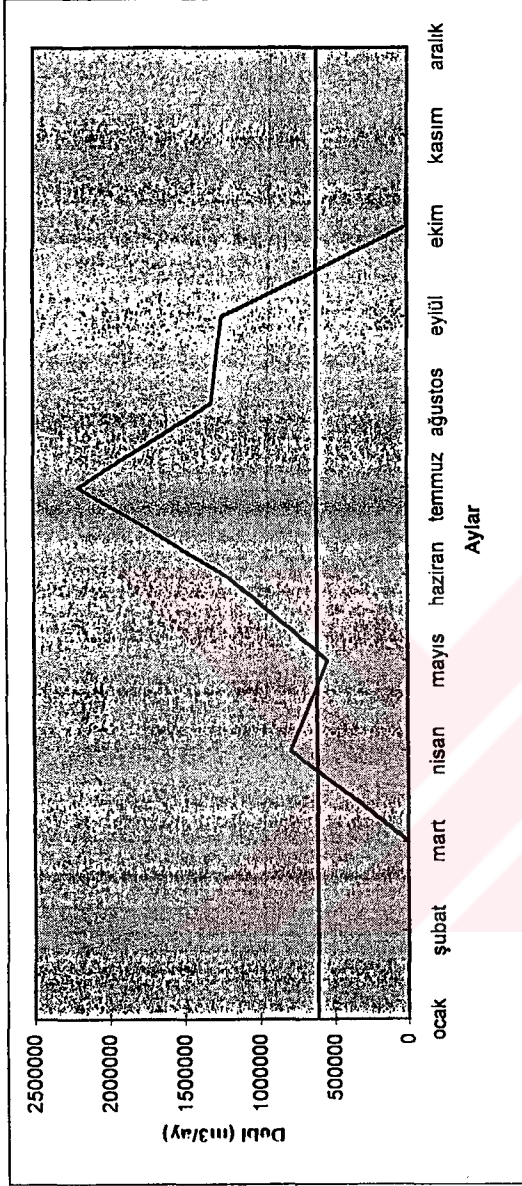


Şekil B2. Adana ve İstanbul İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.



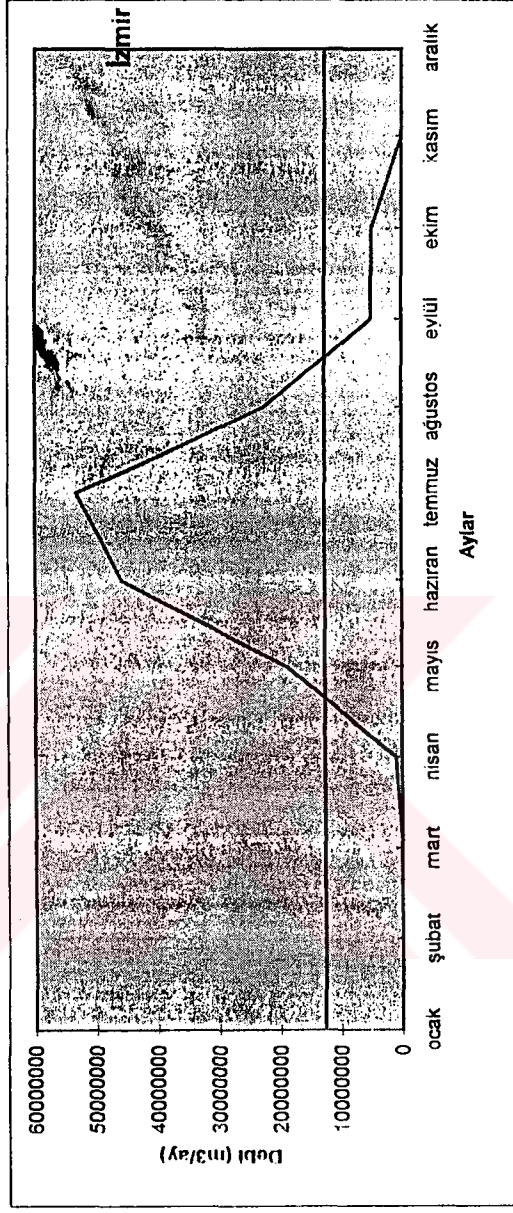
ISPARTA

ocak	0	612611
şubat	0	612611
mart	0	612611
nisan	793742	612611
mayıs	544694	612611
haziran	1232298	612611
temmuz	2202891	612611
ağustos	1317104	612611
eylül	1247111	612611
ekim	13040	612611
kasım	0	612611
aralık	0	612611

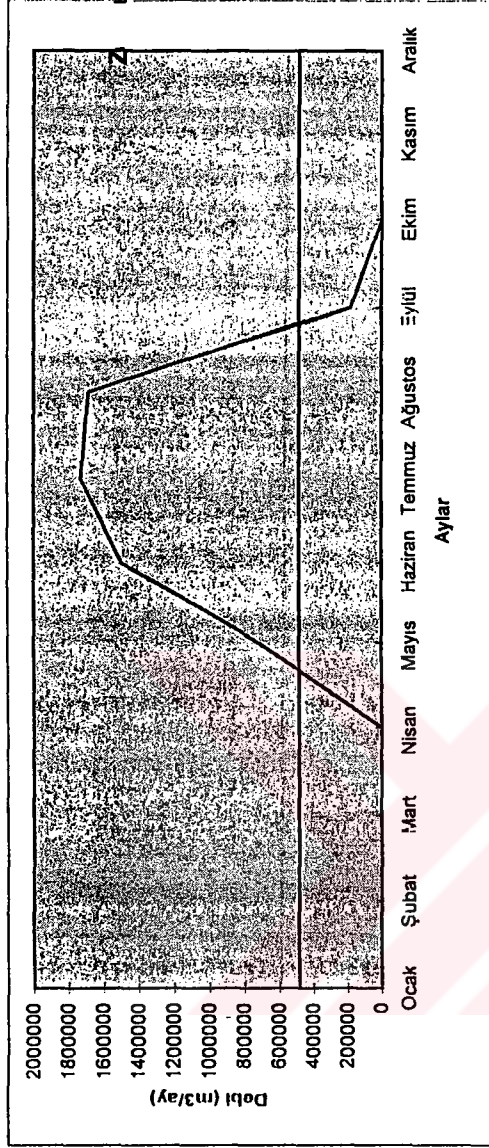


İZMİR

ocak	0	12662799
şubat	0	12662799
mart	0	12662799
nisan	1045537	12662799
mayıs	19042478	12662799
haziran	4591188	12662799
temmuz	53245911	12662799
ağustos	22691217	12662799
eylül	5066067	12662799
ekim	4951670	12662799
kasım	0	12662799
aralık	0	12662799

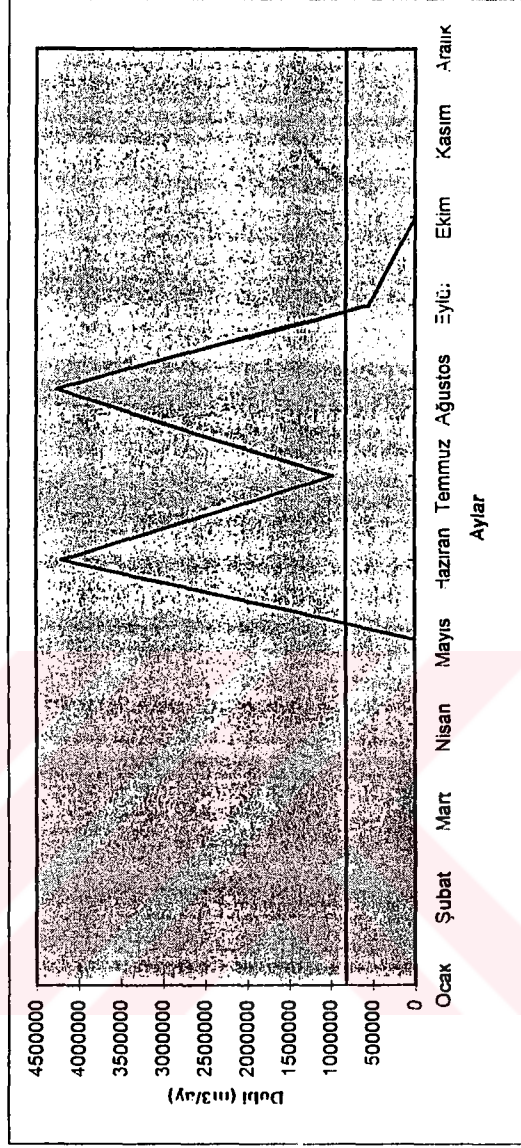


Şekil B4. Isparta ve İzmir İlleri Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları



ZONGULDAK

Ocak	0	484428
Şubat	0	484428
Mart	0	484428
Nisan	0	484428
Mayıs	718928	484428
Haziran	1496236	484428
Temmuz	1727318	484428
Ağustos	1685660	484428
Eylül	182606	484428
Ekim	0	484428
Kasım	0	484428
Aralık	0	484428

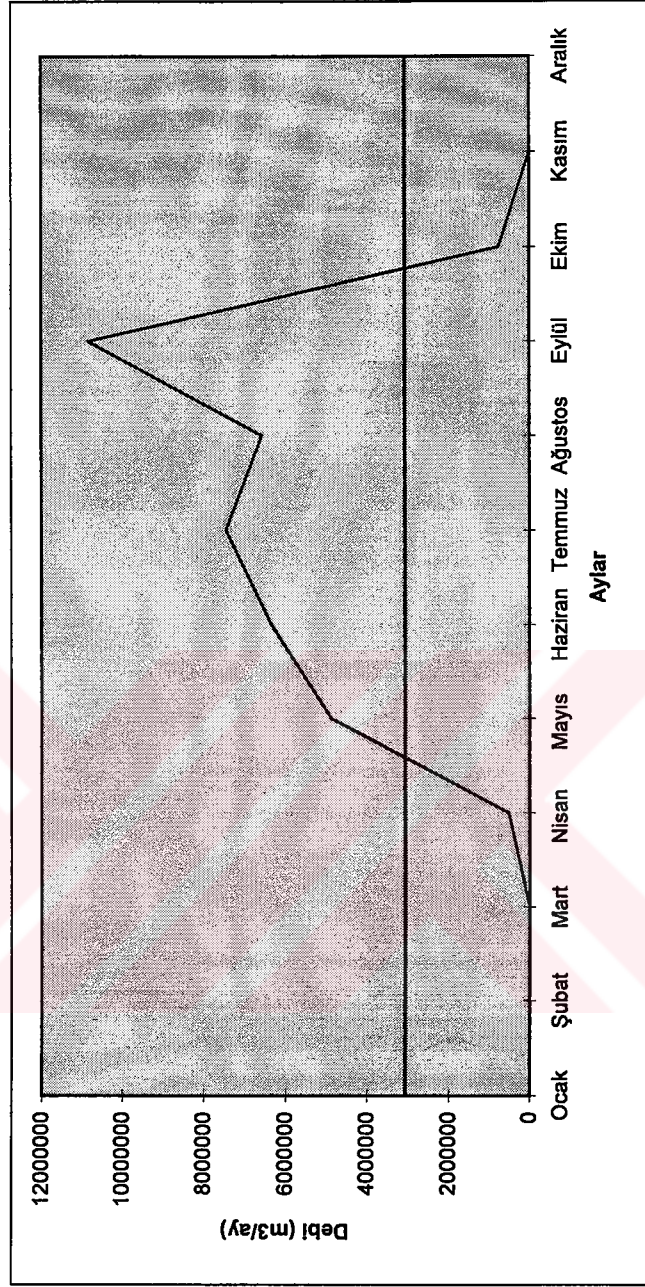


TRABZON

Ocak	0	821484
Şubat	0	821484
Mart	0	821484
Nisan	0	821484
Mayıs	0	821484
Haziran	4204582	821484
Temmuz	971991	821484
Ağustos	4268551	821484
Eylül	549241	821484
Ekim	0	821484
Kasım	0	821484
Aralık	0	821484

Şekil B5. Zonguldak ve Trabzon illeri aylık ve yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.

ANTALYA	3072510
Ocak	0
Şubat	0
Mart	0
Nisan	517877
Mayıs	4881971
Haziran	6343459
Temmuz	7454199
Ağustos	6574724
Eylül	10848737
Ekim	766297
Kasım	0
Aralık	0



Şekil B6. Antalya İli Aylık ve Yıllık Depolama ve Sulama Suyu İhtiyaçları.

Tablo B1. Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

il:Adana

Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı

GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)	9,30	10,30	12,90	17,00	21,30	25,10	27,60	28,10	25,20	20,80	15,70	11,10	18,70
Aydınlama Oranı P =	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100,00
Aydınlama Oranı P =	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00
Aydınlama Oranı P =	6,99	6,82	8,34	8,85	9,86	9,88	10,04	9,43	8,37	7,82	6,87	6,73	100,00
Faktör f = P/100 (45.7 t + 813)	86,53	87,54	116,40	140,70	176,14	121,33	208,33	197,76	164,44	80,66	105,14	88,85	1667,59
Aylık Ortalama Yağış @ (r) (mm)	111,20	98,50	69,40	46,70	50,00	20,70	4,30	4,50	15,50	39,40	66,60	128,20	648,80
Alık Etkili Yış (re) (m (mm)	89,90	83,62	61,54	42,40	46,01	18,50	4,30	4,50	13,90	35,54	61,00	96,32	557,53
K1 = 0.031t + 0.240	0,53	0,56	0,63	0,77	0,90	1,02	1,10	1,11	1,02	0,88	0,73	0,58	

toprak cinsi: lemlı
Yt = 1.35g/cm3
Rtnem : %19
Rsnem : %11
temsili yer:Eskisehir
(Ceyhan)

Bitki Cinsi: Hububat

Büyüme mevsimi=1Kasım-12Mayıs (193 gün)

veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	86,53	87,54	116,40	140,70	70,46						105,14	88,85	695,62
büyüme oranı	0,11	0,34	0,57	0,79	0,95						0,24	0,74	
kc	0,62	0,75	1,24	1,44	1,55						0,91	1,39	
k = kxkt	0,33	0,42	0,78	1,11	1,39						0,66	0,81	
u = kxf	28,55	36,77	90,79	156,18	97,94						69,39	71,97	
re	89,90	83,62	61,54	42,40	18,40						61,00	96,32	453,18
kan	97,00	97,00	97,00	96,42	50,63								
us = u - (re + kan) (mm)				17,36	28,91								46,27
usp =0.10xUs (mm)				1,74	2,89								4,63

Tablo B2. Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki cinsi=:meyve		İl:Adana												Büyüme mevsimi:25mart-5ekim(191gün)												aralık	yillik
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım															
f				97,00	97,0	176,14	121,33	208,26	197,76	164,44	13,47																1119,10
büyüme oranı				0,06	140,70	0,27	0,42	0,58	0,74	0,89	0,99																
kc				0,68	0,11	0,91	0,97	0,88	0,61	0,34	0,25																
k = kxkt				0,82	0,59	0,82	0,99	0,97	0,68	0,35	0,22																
u = kxf				79,54	0,45	144,43	120,11	202,01	134,48	57,55	2,96																804,38
re				12,31	63,30	46,01	18,50	4,30	4,50	13,90	5,94																147,86
kan				130,00	42,40	67,86					10,40																
us = u - (re + kan) (mm)					129,22	30,56	101,61	197,71	129,98	43,65																	503,51
usp =0.15xUs (mm)						4,58	15,24	29,66	19,50	6,55																	75,53

Bitki Cinsi: Pamuk		Büyüme mevsimi= 24mart-23agustos (150gün)												Büyüme mevsimi:25mart-5ekim(191gün)												aralık	yillik
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım															
f				93,12	140,70	176,14	121,33	208,26	151,62																		891,17
büyüme oranı				0,08	0,15	0,35	0,55	0,75	0,92																		
kc				0,41	0,40	0,69	0,88	0,66	0,35																		
k = kxkt				0,26	0,31	0,62	0,90	0,73	0,39																		
u = kxf				24,11	43,62	109,20	109,20	152,02	59,13																		497,28
re				14,35	42,40	46,01	18,50	4,30	3,45																		129,01
kan				97,00	96,42	50,63																					
us = u - (re + kan) (mm)						12,56	90,70	147,72	55,68																		306,66
usp =0.30xUs (mm)						3,77	27,21	44,32	16,70																		92,00

Tablo B3. Adana İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki Cinsi: Narenciye		il: Adana		Büyüme dönemi:5nisan -6 kasım (211 gün)											
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	
f					23.45	176.14	121.33	208.26	197.76	164.44	80.66	21.		993.07	
büyüme oranı					0.06	0.19	0.33	0.47	0.62	0.76	0.9	0.98			
kc					0.67	0.66	0.76	0.8	0.8	0.75	0.75	0.72			
k = kc/kt					0.52	0.59	0.77	0.88	0.89	0.76	0.66	0.52			
u = kxf					12.19	103.92	93.42	183.27	176.00	124.97	53.23	11.00		757.93	
re					35.33	46.01	18.50	4.30	4.50	13.90	35.54	12.00		170.28	
kan					129.3	67.86									
us = u - (re + kan) (mm)							74.92	178.97	171.5	111.07	17.69			554.15	
usp =0.15xUs (mm)							11.24	26.84	25.72	16.66	2.65			83.11	

Bitki Cinsi: mısır		Büyüme mevsimi=21mart-22temmuz (152gün)												
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				81.48	140.70	176.14	121.33	152.72						672.34
büyüme oranı				0.03	0.16	0.36	0.56	0.73						
kc				0.48	0.52	0.81	0.92	0.93						
k = kc/kt				0.3	0.4	0.73	0.94	1.02						
u = kxf				24.44	56.28	128.58	114.05	155.77						479.12
re				43.08	42.40	46.01	18.50	3.15						153.14
kan				97.00	96.42	50.63								
us = u - (re + kan) (mm)						31.94	95.55	152.62						280.11
usp =0.05xUs (mm)						1.60	1.60	7.63						14.01

Bitki Cinsi: Çeltik		Büyüme Mevsimi:13 mayıs - 25 Eylül (132 gün)												
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f						99.81	121.33	208.26	197.76	164.8				791.93
büyüme oranı						0.06	0.24	0.47	0.7	0.9				
kc						2.25	2.20	0.78	0.70	0.90				
k = kc/kt						2.02	2.20	0.78	1.11	1.12				
u = kxf						201.62	271.78	179.10	243.24	187.88				1083.56
re						26.00	18.50	4.30	4.50	16.58				69.35
kan						50.63								
us = u - (re + kan) (mm)						124.92	253.28	174.80	238.70	171.30				963.04
usp =0.05xUs (mm)						6.25	12.66	8.74	11.93	8.56				48.14

Tablo B4. Ankara İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl:Ankara													
Aylık ve mevsimlik Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları													
GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)	0,30	1,00	4,70	11,20	16,10	20,00	23,10	23,30	18,40	12,90	7,70	2,50	11,80
Aydinlatma Oranı P =	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00
Aidinlatma Oranı P =	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00
Aydinlatma Oranı P =	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00
Faktör f = P/100 (45.7 t	55,63	57,79	85,30	118,17	154,72	174,08	191,35	179,52	139,09	109,12	78,40	60,55	1403,72
Aylık Ortalama Yağış @+ 813)	38,10	37,70	37,40	35,70	50,60	30,30	13,20	8,50	18,20	21,70	28,50	47,10	341,70
Alık Etkil YYağış (re) (mm)	36,10	36,50	35,50	33,50	46,50	28,40	12,10	7,20	16,00	19,50	26,20	44,20	
Kt = 0.031t + 0.240 (mm)	0,25	0,27	0,38	0,59	0,74	0,86	0,96	0,96	0,81	0,64	0,48	0,32	

Yt:1,2g/cm3
Rtnem:%30
Rsnem:%20
temsil yer: Eskişehir
(Alpu)

Bitki Cinsi: hububat

Büyüme mevsimi:9 ekim-18 haziran (238 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	55,63	57,79	85,30	118,17	154,72	69,63				76,38	78,40	60,55	756,57
büyüme oranı	0,09	0,28	0,28	0,62	0,86	0,93				0,16	0,34	0,77	
Kc	0,58	0,97	0,97	1,27	1,45	1,43				0,75	1,08	1,42	
K = Kcxf	0,14	0,26	0,26	0,75	1,07	1,23				0,48	0,52	0,45	
u = kxf	7,79	15,02	15,02	88,63	165,55	85,64				36,67	40,77	27,25	
re	36,10	36,50	36,50	33,50	46,50	17,04				13,65	26,20	44,20	289,01
KAN	98,50	108,00	108,00	78,95	24,19	68,60				23,02	18,14	62,96	
Us = U - (re + KAN) (mm)					94,86								94,86
Usp = 0.60xUs (mm)					56,92								56,92

Tablo B5. Antalya ve Ankara İlleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki Cinsi: Meyve	İl:Ankara	Büyüme mevsimi: 19 nisan - 29ekim(190gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				74,84	154,72	174,08	191,35	179,52	139,09	105,48			1019,08
büyüme oranı				0,05	0,14	0,29	0,45	0,61	0,77	0,92			
Kc				0,66	0,77	0,92	0,96	0,84	0,56	0,30			
K = KcxKt				0,39	0,57	0,79	0,92	0,81	0,45	0,19			
u = kxf				29,19	80,19	137,52	176,04	145,41	62,59	20,04			650,98
re				12,06	46,50	28,40	12,10	7,20	16,00	18,85			141,11
KAN				105,26	32,26								
Us = U - (re + KAN) (mm)					1,43	109,12	163,94	138,21	46,59	1,19			460,48
Usp = 0.40xUs (mm)					0,57	43,65	65,58	55,28	18,64	0,48			184,20

Bitki Cinsi: pamuk	İl:Antalya	Büyüme mevsimi:20nisan - 13eylül(144gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				50,99	173,40	194,38	212,06	198,39	70,84				900,06
büyüme oranı				0,04	0,18	0,39	0,60	0,80	0,95				
Kc				0,41	0,40	0,71	0,88	0,54	0,33				
K = KcxKt				0,31	0,35	0,72	0,98	0,60	0,33				
u = kxf				15,81	60,69	139,95	118,64	119,03	23,38				377,50
re				13,24	29,20	8,10	1,80	2,80	5,16				60,30
KAN				55,77									
Us = U - (re + KAN) (mm)					31,49	131,85	116,84	116,23	18,22				414,63
Usp = 0.25xUs (mm)					7,87	32,96	29,21	29,06	4,56				103,66

Bitki Cinsi: zeytin	İl:Antalya	Büyüme mevsimi 12nisan-17kasım(209 gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				55,62	173,40	194,38	212,06	198,39	163,49	135,78	62,62		1195,70
büyüme oranı				0,04	0,16	0,30	0,44	0,59	0,73	0,88	0,99		
Kc				0,66	0,66	0,72	0,78	0,81	0,78	0,73	0,67		
K = KcxKt				0,50	0,58	0,73	0,86	0,90	0,79	0,64	0,48		
u = kxf				27,81	100,57	141,89	182,37	178,55	129,16	86,90	30,06		877,31
re				14,44	29,20	8,10	1,80	2,80	11,90	53,50	51,00		172,74
KAN				42,98							103,00		
Us = U - (re + KAN) (mm)					71,00	133,79	180,57	175,75	117,26	33,40			711,77
Usp = 0.20xUs (mm)					14,20	26,75	36,11	35,15	23,42	6,68			142,31

Tablo B6. Antalya İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl:Antalya													
Ayılık ve mevsimlik bitki su ve bitki sulama suyu ihtiyacı.													
GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
Ayılık Ortalama Sıcaklık (oC)	10,10	10,70	12,80	16,40	20,50	25,00	28,20	28,10	24,90	20,30	15,60	11,90	18,70
Ayılık Ortalama Oranı P =	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,78	100,00
Aydınlatma Oranı P =	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00
Aydınlatma Oranı P =	6,88	6,79	8,35	8,90	9,91	9,94	10,09	9,46	8,38	7,80	6,83	6,67	100,00
Faktör f = P/100 (45.7 t + 813)	87,69	88,40	116,72	139,06	173,40	194,38	212,06	198,39	163,49	135,78	104,22	90,50	1667,55
Ayılık Ortalama Yağış (mm)	263,70	156,20	93,20	43,90	30,90	10,10	1,80	2,90	13,60	57,70	110,50	283,80	1068,20
Alık Etkili YYağış (re) (mm)	96,40	103,00	78,00	36,10	29,20	8,10	1,80	2,80	11,90	53,50	90,00	83,20	
Kt = 0.031t + 0.240	0,55	0,57	0,64	0,75	0,88	1,01	1,11	1,11	1,01	0,87	0,72	0,61	

Toprak cinsi:milli
Yt:1.35g/cm3
Rnem:%19
Renem:%11
temsil yer: Antalya
(Köprüçay)

Bitki cinsi: Hububat													
Büyüme mevsimi=6kasım-23 mayıs (199 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	87,69	88,40	116,72	139,06	132,94						86,85	90,50	742,16
büyüme oranı	0,10	0,31	0,52	0,73	0,92						0,08	0,71	
Kc	0,51	0,84	1,21	1,41	0,82						0,65	1,34	
K = KcxKt	0,28	0,48	0,77	1,06	0,72						0,47	0,82	
u = kxf	24,55	42,43	89,87	147,40	95,72						40,82	74,21	515,00
re	96,40	103,00	78,00	36,10	22,38						75,01	83,20	494,09
KAN	97,00	97,00	97,00	55,77							76,80	97,00	
Us = U - (re + KAN) (mm)				55,53	73,34								128,87
Usp = 0.10xUs (mm)				5,55	7,33								12,88

Tablo B7. Antalya ve Diyarbakır İlleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki cinsi: Narenciye		İl:Antalya												büyüme mevsimi:12nisan-26kasım (218gün)											
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık											
f					88,07	173,40	194,38	212,06	198,39	163,49	135,78	90,32		1255,76											
büyüme oranı					0,03	0,16	0,29	0,43	0,57	0,71	0,84	0,97													
Kc					0,66	0,67	0,72	0,78	0,81	0,79	0,76	0,68													
K = KcxKt					0,49	0,59	0,73	0,86	0,90	0,80	0,66	0,49													
u = kxf					43,13	102,31	141,89	182,37	178,55	130,79	89,61	44,26		919,91											
re					14,44	29,20	8,10	1,80	2,80	11,90	53,50	78,01		272,64											
KAN					74,75							81,54													
Us = U - (re + KAN) (mm)						73,11	133,79	180,57	175,75	118,89	36,11			718,22											
Usp=0.40xUs(mm)						29,24	53,62	72,23	70,30	47,56	14,44			287,29											

Bitki cinsi: Çeltik		Büyüme mevsimi:25nisan - 6ekim (162 gün)													
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık	
f					27,81	173,40	194,38	212,06	198,39	163,49	27,16			996,69	
büyüme oranı					0,02	0,13	0,31	0,50	0,68	0,87	0,98				
Kc					2,16	2,32	0,87	0,81	1,09	1,18	0,99				
K = KcxKt					1,62	2,04	0,88	0,90	1,21	1,32	0,86				
u = kxf					45,05	353,73	171,05	190,85	240,05	215,81	23,36			1239,90	
re					7,22	29,20	8,10	1,80	2,80	11,90	10,70			71,72	
KAN					55,77										
Us = U - (re + KAN) (mm)						324,53	162,95	189,05	237,25	203,91	12,33			1130,35	
Usp = 0.05xUs (mm)						16,23	8,15	9,45	11,86	10,19	0,62			55,89	

Bitki cinsi: Mısır		İl:Diyarbakır												Büyüme mevsimi 3nisan-17 temmuz(105 gün)													
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık													
f					119,91	168,14	198,46	127,49						614,00													
büyüme oranı					0,13	0,41	0,69	0,92																			
Kc					0,47	0,86	0,88	0,87																			
K = KcxKt					0,31	0,72	1,23	1,04																			
u = kxf					37,17	121,03	244,10	132,58						534,88													
re					59,74	39,20	6,30	0,33						105,57													
KAN					96,40	50,82								147,22													
Us = U - (re + KAN) (mm)						31,01	237,80	132,25						401,01													
Usp = 0.10xUs (mm)						3,10	23,78	13,22						40,10													

Tablo B8.Diyarbakır İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl: Diyarbakır		Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı													
GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylul	ekim	kasım	aralık	yıllık	toprak cinsi: milli	
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)	1,80	3,60	8,10	13,80	19,30	25,90	31,00	30,50	24,90	17,20	10,00	4,20	15,90	Yt: 1.35g/cm3	
Aydinlatma Oranı P = 36o	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100,00	Rtnem: %19	
Adinlatma oranı: 38o	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	8,82	6,66	100,00	Rsnem: %11	
Aydinlatma Oranı P = 37o55'	6,98	6,79	8,34	8,90	9,92	9,94	10,09	9,47	8,38	7,80	6,92	6,66	100,00	temsilii yer: Batman	
Faktör f = P/100 (45,7 t + 813)	62,49	66,37	72,29	128,48	168,14	198,46	224,98	208,99	163,49	124,72	86,61	66,93	157,95	(Silvan)	
Aylık Ortalama Yağış (Φ t) (mm)	80,20	68,60	62,20	72,10	42,90	7,10	0,90	0,60	3,40	30,40	55,90	72,50	495,90		
Alık Eklili Yıağış (re) (mm)	70,04	61,00	56,00	64,01	39,20	6,30	0,59	0,39	3,10	27,20	52,01	63,50	443,36		
Kt = 0.031t + 0.240	0,30	0,35	0,49	0,67	0,84	1,04	1,20	1,18	1,01	0,77	0,25	0,37			

Bitki Cinsi: Hububat		Büyüme mevsimi=22 ekim-31 mayıs (220 gün)												
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f		62,49	66,37	72,29	128,48	168,14					91,46	86,61	66,93	742,77
büyüme oranı		0,10	0,30	0,50	0,70	0,93					0,05	0,34	0,77	
Kc		0,52	0,84	1,20	1,29	0,94					0,65	0,84	1,37	
K = KcxKt		0,16	0,29	0,59	0,86	0,79					0,50	0,21	0,51	
u = kxf		10,00	19,25	42,65	110,49	132,83					45,73	18,19	34,13	
re		70,04	61,00	56,00	64,01	39,20					8,16	52,01	63,50	413,92
KAN		97,00	97,00	97,00	96,42	50,63					7,76	60,53	97,00	
Us = U - (re + KAN) (mm)						43,00					29,81			72,81
Usp = 0.90xUs (mm)						38,70					26,83			65,53

Tablo B9.Erzurum İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl:Erzurum	Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	T.cinsi:kili-
GENEL VERİLER															
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)		-7,50	-7,00	-3,00	5,10	10,90	15,00	19,10	19,60	14,90	8,60	2,00	-5,10	6,00	Yt:1.209 g/c
Aydinlatma Oranı P =		6,87	6,79	9,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00	Rtnem:%30
Adinlatma Oranı P=		6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00	Rsnem:%2
Aydinlatma Oranı P =		6,77	6,74	8,31	8,92	9,97	10,05	10,21	9,54	8,40	7,78	6,75	6,56	100,00	T.yer:Erzinc
Faktör f = P/100 (45.7 t + 813)		29,36	33,23	56,17	93,31	130,72	150,60	172,52	83,79	125,49	93,83	61,05	38,04	1068,11	
Aylık Ortalama Yağış (mm)		25,70	30,20	40,00	53,50	75,80	53,70	29,70	18,60	27,10	46,70	35,90	23,60	460,50	
Alık Etkili Yağış (re) (mm)		23,80	26,10	36,51	53,20	66,62	53,50	27,50	16,70	24,50	44,10	34,20	21,3	427,93	
Kt = 0.031t + 0.240		0,01	0,02	0,15	0,40	0,58	0,70	0,83	0,85	0,70	0,51	0,30	0,08		

Bitki Cinsi: Hububat Büyüme mevsimi:4 ekim-12 temmuz (250 gün)

veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	29,36	33,23	56,17	93,31	130,72	150,60	69,01			84,44	61,05	38,04	694,93
büyüme oranı	0,08	0,23	0,39	0,55	0,83	0,95	0,98			0,23	0,72	0,83	
Kc	0,65	0,82	1,18	1,22	1,29	1,14	0,41			0,81	1,39	1,23	
K = KoxKt	0,01	0,02	0,18	0,49	0,75	0,80	0,34			0,41	0,42	0,10	
u = kxf	0,29	0,06	10,11	45,72	98,04	120,48	23,46			34,62	25,64	3,80	
re	23,80	26,10	36,51	53,20	66,62	53,50	11,00			39,69	34,20	21,30	
KAN	108,00	108,00	108,00	107,40	75,60					18,79	54,54	88,45	
Us = U - (re + KAN) (mm)						66,98	12,46						79,44
Usp = 0.55xUs (mm)						36,84	6,85						43,69

Tablo B10 Erzurum ve Isparta İlleri Bitki Su ve Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki Cinsi: Patates İl:Erzurum		Büyüme mevsimi:7mayıs-3ekim(147gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
büyüme oranı					104,58	150,60	172,52	83,79	125,49	9,38			646,36
Kc					0,08	0,26	0,47	0,67	0,88	0,99			
K = KcxKt					0,27	0,54	0,84	0,91	0,91	0,95			
u = kxf					0,16	0,38	0,70	0,77	0,64	0,48			344,05
re					16,73	57,23	120,76	64,52	80,31	4,50			179,91
KAN					53,50	53,50	27,50	16,70	24,50	4,41			
Us = U - (re + KAN) (mm)					50,40					12,53			200,62
Usp = 0.45xUs (mm)						3,73	93,26	47,82	55,81				90,28
						1,68	41,97	21,52	25,11				

Bitki Cinsi: Bağ İl:Isparta		Büyüme mevsimi:11mayıs-11ekim(150gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f					55,11	170,13	188,17	177,21	138,98	40,56			770,16
büyüme oranı					0,04	0,23	0,43	0,63	0,83	0,97			
Kc					0,66	0,68	0,71	0,89	0,46	0,37			
K = KcxKt					0,48	0,58	0,67	0,85	0,37	0,24			
u = kxf					26,45	98,67	126,07	150,63	51,42	9,73			462,97
re					37,33	34,30	10,60	10,10	18,30	12,25			122,61
KAN					97,11					16,25			
Us = U - (re + KAN) (mm)						64,37	115,47	49,63	33,12				262,59
Usp = 0.15xUs (mm)						9,66	17,32	7,44	4,97				39,39

Bitki Cinsi: Meyve İl:Isparta		Büyüme mevsimi:25nisan-26ekim(182gün)											
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				125,26	150,31	170,13	188,17	177,21	138,98	95,86			1045,88
büyüme oranı				0,07	0,12	0,28	0,44	0,61	0,77	0,93			
Kc				0,67	0,71	0,84	1,09	0,80	1,37	0,75			
K = KcxKt				0,38	0,51	0,71	1,03	0,77	1,11	0,49			
u = kxf				125,64	76,66	120,79	193,81	136,45	154,27	46,97			
re				9,36	56,00	34,30	10,60	10,10	18,30	28,95			167,61
KAN				97,11	56,81					16,25			
Us = U - (re + KAN) (mm)				106,47		86,49	183,21	126,35	135,97	1,77			640,26
Usp = 0.25xUs (mm)				26,62		21,62	45,80	31,59	33,99	0,44			160,06

Tablo B11. Isparta İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl: Isparta													
GENEL VERİLER													
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
	1,80	2,80	5,60	10,70	15,40	19,70	23,10	23,20	18,50	13,20	8,20	4,00	12,20
Aydinlatma oranı P=36	6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100,00
Aydinlatma oranı p=38	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00
Aydinlatma Oranı P =	6,88	6,80	8,34	8,89	9,91	9,93	10,07	9,46	8,38	7,81	6,83	6,67	100,00
Faktör f = P/100 (45.7 t + 813)	61,59	63,98	89,15	115,75	150,31	170,13	188,17	177,21	138,98	110,61	81,12	66,42	1413,42
Aylık Ortalama Yağış (mm)	94,00	79,00	66,80	51,60	60,50	36,20	12,50	10,30	20,20	36,70	44,20	107,40	619,30
Alık Etkili YYağış (re) (mm)	79,80	69,20	60,50	46,80	56,00	34,30	10,60	10,10	18,30	33,40	41,20	87,60	547,80
Kt = 0.031t + 0.240	0,30	0,33	0,41	0,57	0,72	0,85	0,95	0,96	0,81	0,65	0,49	0,36	

toprak cinsi: leml
Yt: 1.35g/cm3
Rtnem: %19
Rs nem: %11
temsilî yer: Antalya
(Bozova)

Bitki Cinsi: Hububat

Büyüme Mevsimi=31ekim-12haziran(224gün)

veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	61,59	63,98	89,15	115,75	150,31	68,05				3,57	81,12	66,42	699,94
büyüme oranı	0,09	0,03	0,46	0,65	0,87	0,97				0,01	0,26	0,75	
Kc	0,66	0,84	1,20	0,84	1,24	0,52				0,52	0,84	1,40	
K = Kcxt	0,20	0,28	0,49	0,48	0,89	0,44				0,34	0,41	0,50	
u = kxf	12,32	17,91	43,68	55,56	133,78	29,94				1,21	33,26	33,21	
re	79,80	69,20	60,50	46,80	56,00	13,72				1,11	41,20	87,60	
KAN	96,00	96,00	96,00	71,71	3,93					12,00	43,78	96,00	
Us = U - (re + KAN) (mm)					73,85	16,22							90,07
Usp = 0.25xUs (mm)					18,46	4,05							22,52

Tablo B12. İstanbul İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki Cinsi: mısır		Büyüme mevsimi :19 nisan-24 temmuz (95 gün)												
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f					108,44	174,00	196,33	162,21						640,98
büyüme oranı					0,11	0,36	0,64	0,92						
Kc					0,48	0,81	0,89	0,87						
K = KcxKt					0,34	0,70	0,91	0,96						
u = kof					36,87	121,80	178,66	155,72						493,05
re					26,72	33,20	7,50	0,38						67,80
KAN					83,80	3,39								
Us = U - (re + KAN) (mm)						85,21	171,16	155,34						411,71
Usp = 0.35xUs (mm)						29,82	59,91	54,37						144,10

Bitki Cinsi: meyve		İstanbul:(Kandıra)		Büyüme mevsimi:19mart-16eylül(177gün)											
veriler		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	
f				31,14	119,25	89,07	178,36	192,94	180,71	76,64					
büyüme oranı				0,03	0,15	0,32	0,49	0,66	0,83	0,96					
Kc				0,54	0,75	0,97	1,14	0,94	0,84	0,74					
K = KcxKt				0,22	0,44	0,72	0,55	0,90	0,81	0,63					
u = kxf				6,85	52,47	64,13	98,10	173,65	146,37	48,28				589,85	
re				22,84	38,20	28,00	21,60	18,20	17,00	24,69				334,33	
KAN				64,00	60,54	44,99	19,71								
Us = U - (re + KAN) (mm)							56,79	155,45	129,37	23,59				36,52	
Usp = 0.20xUs (mm)							11,36	31,09	25,87	4,72				73,04	

Bitki Cinsi: Şeker pancarı		büyüme mevsimi:5nisan -25agustos(141gün)												
veriler	il:İstanbul	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f					103,35	89,07	178,36	192,94	150,59					
büyüme oranı					0,09	0,29	0,50	0,72	0,91					
Kc					0,63	0,94	1,15	0,82	0,54					
K = KcxKt					0,37	0,70	1,01	0,79	0,52					
u = kxf					38,29	62,35	180,50	152,42	78,31					511,86
re					33,10	28,00	21,60	18,20	14,17					115,07
KAN					45,41	33,74	14,78	134,22	64,14					
Us = U - (re + KAN) (mm)						14,33	144,12							158,45
Usp = 0.20XUs (mm)						2,87	28,82							31,69

Tablo B14. İzmir İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki Cinsi: pamuk		il: izmir												Büyüme mevsimi: 27nisan- 22agustos (116 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				18,07	174,00	196,33	211,58	144,01					743,99	f				18,07	174,00	196,33	211,58	144,01					743,99
büyüme oranı				0,02	0,16	0,42	0,68	0,94						büyüme oranı				0,02	0,16	0,42	0,68	0,94					
Kc				0,41	0,42	0,77	0,81	0,34						Kc				0,41	0,42	0,77	0,81	0,34					
K = KcxKt				0,29	0,36	0,78	0,89	0,37						K = KcxKt				0,29	0,36	0,78	0,89	0,37					
u = kxf				5,24	62,64	153,14	188,31	53,28					462,61	u = kxf				5,24	62,64	153,14	188,31	53,28					462,61
re				4,45	33,20	7,50	0,50	1,83					47,48	re				4,45	33,20	7,50	0,50	1,83					47,48
KAN				83,80	3,39									KAN				83,80	3,39								
Us = U - (re + KAN) (mm)					26,05	145,64	187,81	51,45					410,95	Us = U - (re + KAN) (mm)					26,05	145,64	187,81	51,45					410,95
Usp = 0.35xUs (mm)					9,18	50,97	65,73	18,01					143,89	Usp = 0.35xUs (mm)					9,18	50,97	65,73	18,01					143,89

Bitki Cinsi: narenciye		Büyüme mevsimi=26nisan-25 ocak(210gün)												Büyüme mevsimi: 7nisan-23temmuz(107gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				22,59	174,00	196,33	211,58	196,38	77,12	128,84	82,62		1089,46	f				108,44	174,00	196,33	162,21					640,98	
büyüme oranı				0,01	0,09	0,24	0,38	0,52	0,67	0,81	0,94			büyüme oranı				0,11	0,36	0,64	0,92						
Kc				0,66	0,67	0,70	0,76	0,81	0,79	0,77	0,71			Kc				0,48	0,81	0,89	0,87						
K = KcxKt				0,48	0,58	0,71	0,84	0,88	0,76	0,62	0,48			K = KcxKt				0,34	0,70	0,91	0,96						
u = kxf				10,84	100,92	139,39	177,72	172,81	58,61	79,89	39,66		779,84	u = kxf				36,87	121,80	178,66	155,72					493,05	
re				0,57	33,20	7,50	0,50	2,50	9,10	31,50	59,58		144,45	re				26,72	33,20	7,50	0,38					67,80	
KAN				111,77	4,52						82,30			KAN				83,80	3,39								
Us = U - (re + KAN) (mm)					63,20	131,89	177,22	170,31	49,51	48,39			640,52	Us = U - (re + KAN) (mm)					85,21	171,16	155,34					411,71	
Usp = 0.45xUs (mm)					28,44	59,35	79,75	76,64	22,28	21,78			288,23	Usp = 0.10xUs (mm)					8,52	17,11	15,53					41,16	

Tablo B15. İzmir İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl: İzmir Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı													
GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)	8,60	9,60	11,10	15,50	20,40	25,00	27,60	27,30	23,30	18,40	14,30	10,60	17,60
Aydınlama Oranı P = 380	6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00
Aydınlama Oranı P = 400	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00
Aydınlama Oranı P = 380/24'	6,77	6,75	8,31	8,91	9,97	10,04	10,20	9,53	8,40	7,79	6,76	6,57	100,00
Faktör f = P/100 (45,7 t + 813)	81,65	84,49	109,71	135,55	174,00	196,33	211,58	196,38	77,12	128,84	99,14	85,24	1299,98
Aylık Ortalama Yağış (mm)	143,20	103,90	68,90	42,50	36,10	9,30	1,00	2,90	10,30	33,20	81,30	167,50	700,20
Alık Etikili Y Yağış (re) (mm)	99,30	86,00	62,10	33,40	33,20	7,50	0,50	2,50	9,10	31,50	71,50	103,60	540,40
Kt = 0.031t + 0.240	0,51	0,54	0,58	0,72	0,87	1,02	1,10	1,09	0,96	0,81	0,68	0,57	

toprak cinsi:lemli

Yt:1.52g/cm3

Rtnem:%19

Rsnem:%11

temsilili yer:İzmir

(G.hisar)

Büyüme mevsimi=6kasım-10mayıs (186 gün)

Bitki Cinsi: hububat													
İveriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	81,65	84,49	109,71	135,55	58,00						82,29	85,24	636,93
büyüme oranı	0,11	0,35	0,58	0,81	0,96						0,22	0,71	
Kc	0,69	1,10	0,78	1,31	0,52						0,82	1,33	
K = Kc/Kt	0,35	0,59	0,40	0,94	0,45						0,56	0,76	
u = kxf	28,58	49,85	43,88	127,42	26,10						46,08	64,78	
re	99,30	86,00	62,10	33,40	11,07						59,58	103,60	455,05
KAN	109,40	109,40	109,40	83,80	3,39						61,70	109,40	
Us = U - (re + KAN) (mm)				10,22	11,64								21,86
Usp = 0.10xUs (mm)				1,02	1,16								2,18

Tablo B16. Şanlıurfa İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl:Şanlıurfa		Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı													
GENEL VERİLER		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	toprak cinsi:lemli
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)		5,10	6,60	10,10	15,80	21,80	27,80	31,70	31,40	26,60	19,90	13,10	7,40	18,10	Yt:1.35g/cm3
Aydınlatma Oranı P = 36o		6,99	6,86	8,35	8,85	9,81	9,83	9,99	9,40	8,36	7,85	6,92	6,79	100,00	Rtnem:%19
Aydınlatma Oranı P = 38o		6,87	6,79	8,34	8,90	9,92	9,95	10,10	9,47	8,38	7,80	6,82	6,66	100,00	Rtnem:%11
Aydınlatma Oranı P = 37o08'		6,92	6,82	8,34	8,88	9,87	9,90	10,05	9,44	8,37	7,82	6,86	6,72	100,00	toprak cinsi:lemli
Faktör f = P/100 (45,7 t + 813)		72,39	92,96	106,30	136,31	178,57	206,26	227,30	212,21	169,79	134,69	96,42	77,36	1710,56	temsilii yer:Ceyhan
Aylık Ortalama Yağış @ r) (mm)		108,20	71,20	62,80	49,90	25,60	2,70	0,60	0,40	1,30	22,70	43,60	84,00	473,10	
Alık Etkili YYağış (re) (mm)		94,10	64,00	57,50	46,10	23,70	2,40	0,40	0,20	1,00	41,05	73,50	425,45		
Kt = 0.031t + 0.240		0,40	0,44	0,55	0,73	0,92	1,10	1,22	1,21	1,06	0,86	0,65	0,47		

Bitki Cinsi: hububat		Büyüme mevsimi=5kasım-19mayıs(196gün)												
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	
f	72,39	92,96	106,30	136,31	113,09						83,56	77,36	681,96	
büyüme oranı	0,11	0,32	0,54	0,75	0,95						0,23	0,72		
Kc	0,69	0,86	1,22	1,39	0,76						0,81	1,39		
K = KcxKt	0,28	0,38	0,67	1,01	0,70						0,53	0,65		
u = kxf	20,26	35,32	71,22	137,67	79,16						44,29	50,28		
re	94,10	64,00	57,50	46,10	15,01						35,58	73,50	385,79	
KAN	96,00	96,00	96,00	95,42	50,11						59,90	96,00		
Us = U - (re + KAN) (mm)					14,04								14,04	
Usp = 0.80xUs(mm)					11,23								11,23	

Tablo B17. Şanlıurfa ve Trabzon İleri Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

bitki cinsi:bağ	il:Şanlıurfa	büyüme mevsimi:9nisan-28eylül(170gün)											
		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık
veriler													yıllık
f					99,96	178,57	206,26	227,30	212,21	158,47			1082,77
büyüme oranı					0,06	0,22	0,39	0,57	0,75	0,92			
Kc					0,66	0,68	0,67	0,81	0,83	0,37			
K = Kcxkt					0,48	0,62	0,74	0,99	1,00	0,39			
u = kxf					43,18	110,71	152,63	225,03	212,21	61,80			805,56
re					33,81	23,70	2,40	0,40	0,20	0,93			61,44
KAN					129,22	67,86							
Us = U - (re + KAN) (mm)						19,15	150,23	224,63	212,01	60,87			466,86
Usp = 0.20xUs (mm)						3,83	30,05	44,93	42,40	12,17			133,38

Bitki Cinsi: patates	il:Trabzon	büyüme mevsimi:22mart-15agustos(144gün)											
		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık
veriler													yıllık
f				29,42	119,26	154,12	175,12	190,11	89,69				757,72
büyüme oranı				0,03	0,17	0,04	0,58	0,79	0,95				
Kc				0,24	0,37	0,72	0,90	0,90	0,93				
K = Kcxkt				0,12	0,22	0,52	0,77	0,29	0,88				
u = kxf				3,53	26,24	80,14	134,84	55,13	78,93				378,71
re				16,44	56,10	51,60	44,20	34,30	20,80				223,44
KAN				72,00	58,18	30,96							
Us = U - (re + KAN) (mm)							90,64	20,83	58,13				127,94
Usp = 0.55xUs (mm)							49,85	11,46	31,97				93,28

Bitki Cinsi: meyve	il:Trabzon	büyüme mevsimi:13nisan-5kasım(203gün)											
		ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık
veriler													yıllık
f					71,56	154,12	175,12	190,11	179,39	145,41	121,60	15,77	1053,08
büyüme oranı					0,04	0,16	0,31	0,46	0,61	0,75	0,90	0,99	
Kc					0,64	0,80	0,94	0,97	0,83	0,58	0,33	0,25	
K = Kcxkt					0,38	0,58	0,81	0,31	0,79	0,50	0,25	0,16	
u = kxf					27,19	89,39	141,85	58,93	141,72	72,70	30,40	2,52	564,70
re					33,66	51,60	44,20	34,30	41,60	71,20	71,00	13,92	361,48
KAN					65,93	61,92					8,35	22,40	
Us = U - (re + KAN) (mm)							97,65	24,63	100,12	1,50			223,90
Usp = 0.35xUs (mm)							34,18	8,62	35,04	0,52			78,37

Tablo B18.Trabzon İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

İl:Trabzon	Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyacı	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık	toprak cinsi:killi-lem
GENEL VERİLER		7,40	7,30	8,10	11,40	15,80	20,00	22,60	23,10	20,00	16,50	13,20	9,70	14,60	Yt:1.2g/cm3
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)															Rtnem:%30
Aydınlatma Oranı P = 40o		6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00	Rsnem:%20
Aydınlatma Oranı P= 42o		6,60	6,66	8,28	8,97	10,10	10,21	10,37	9,64	8,42	7,73	6,63	6,39	100,00	temsilî yer:Şakarya
Aydınlatma Oranı P =		6,66	6,70	8,29	8,94	10,04	10,14	10,30	9,60	8,42	7,76	6,68	6,46	100,00	(İnönü)
Faktör f = P/100 (45.7 t + 813)		76,67	76,82	98,08	119,26	154,12	175,12	190,11	179,39	145,41	121,60	94,60	81,16	1512,34	
Aylık Ortalama Yağış (mm)		90,50	69,60	59,40	54,70	52,50	49,00	36,80	45,70	81,30	105,70	98,00	79,50	822,70	
Alık Etkili YYağış (re) (mm)		79,00	62,10	54,80	56,10	51,60	44,20	34,30	41,60	71,20	71,00	83,50	69,40	718,80	
Kt = 0.031t + 0.240		0,47	0,47	0,49	0,59	0,73	0,86	0,32	0,95	0,86	0,75	0,65	0,54		

Bitki Cinsi: narenciye İl:Trabzon büyüme mevsimi:27nisan-16aralık(230gün)

veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				15,90	0,08	175,12	190,11	179,35	145,41	121,60	94,60	43,28	1119,53
büyüme oranı				0,01	0,08	0,21	0,34	0,47	0,60	0,73	0,86	0,96	
Kc				0,66	0,67	0,67	0,75	0,78	0,81	0,77	0,75	0,69	
K = Kcxt				0,39	0,49	0,58	0,24	0,74	0,70	0,58	0,49	0,37	
u = kof				6,20	75,52	101,57	45,63	132,75	101,79	70,53	46,35	16,01	596,35
re				7,48	51,60	44,20	34,30	41,60	71,20	71,00	83,50	36,78	304,09
KAN				116,30	61,92					8,35	51,70	76,80	
Us = U - (re + KAN) (mm)						57,37	11,33	91,15	30,59				190,44
Usp = 0.10xUs (mm)						5,73	1,13	9,12	3,06				19,04

Tablo B19.Zonguldak İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

ii:Zonguldak

bitki su ve bitki sulama suyu ihtiyacı

GENEL VERİLER	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık	toprak cinsi:lemli-kum
Aylık Ortalama Sıcaklık (oC)	6,00	6,30	7,20	10,80	15,20	19,30	21,60	21,60	18,40	15,00	12,00	8,80	13,50	Rtnem:%20
Aydinlatma Oranı P = 40o	6,73	6,73	8,30	8,92	9,99	10,08	10,24	9,56	8,41	7,78	6,73	6,53	100,00	Rsnem:%19
Adinlatma Oranı P= 42o	6,60	6,66	8,28	8,97	10,10	10,21	10,37	9,64	8,42	7,73	6,63	6,39	100,00	Yt:1,52g/cm3
Aydinlatma Oranı P = 41o27'	6,63	6,68	8,28	8,96	10,07	10,17	10,33	9,62	8,42	7,74	6,66	6,43	100,00	temsilî yer:Hereke
Faktör f = P/100 (45,7 t + 8 t3)	72,08	73,54	94,56	117,07	151,82	172,38	185,95	173,17	139,26	115,98	90,67	78,13	1484,61	
Aylık Ortalama Yağış (r) (mm)	147,90	114,60	100,60	72,30	54,90	74,40	66,20	87,10	99,90	138,20	145,20	141,60	1242,90	
Alık Etkili Y.Yağış (re) (mm)	103,30	92,10	84,20	63,40	50,50	66,70	60,80	76,70	83,50	99,20	100,40	99,80	980,33	
Kt = 0.0311 + 0.240	0,43	0,44	0,46	0,57	0,71	0,84	0,91	0,91	0,81	0,71	0,61	0,51		

Bitki Cinsi: hububat

Büyüme mevsimi=11kasım-18haziran (219 gün 9,00)

veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eyül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f	72,08	73,54	94,56	117,07	151,82	103,43					60,45	78,13	751,08
büyüme oranı	0,09	0,27	0,45	0,62	0,80	0,95					0,20	0,69	
Kc	0,67	0,84	1,20	1,27	1,32	1,05					0,81	1,23	
u = kxf	0,29	0,37	0,55	0,45	0,94	0,88					0,49	0,63	
re	20,90	27,21	52,01	52,68	142,71	91,01					29,62	49,22	
re	103,30	92,10	84,20	63,40	50,50	40,02					66,93	99,80	600,25
KAN	109,00	109,90	109,90	109,90	62,13	6,33					109,90	109,90	
Us = U - (re + KAN) (mm)					30,08	44,66							74,74
Usp = 0.10xUs (mm)					3,01	4,47							7,48

Tablo B20. Zonguldak İli Bitki Su ve Bitki Sulama Suyu İhtiyaçları

Bitki cinsi: meyve													
Büyüme mevsimi: 13 nisan-22 ekim (190 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				70,24	151,82	172,38	185,95	173,17	139,26	85,05			977,87
büyüme oranı:				0,05	0,17	0,33	0,49	0,65	0,80	0,94			
Kc				0,66	0,81	0,93	0,95	0,76	0,51	0,28			
K = KcxKt				0,38	0,58	0,78	0,86	0,69	0,41	0,20			
u = kxf				26,69	88,05	134,45	159,92	119,49	57,10	17,01			602,71
re				38,04	50,50	66,70	60,80	76,70	83,50	72,75			448,99
KAN				145,92	84,20	14,01							96,53
Us = U - (re + KAN) (mm)							53,74	42,79					19,31
Usp = 0.20xUs (mm)							10,75	8,56					

Bitki cinsi: mısır													
Büyüme mevsimi: 25 nisan-5 eylül (131 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f				23,41	151,82	172,38	185,95	173,17	23,21				729,94
büyüme oranı:				0,02	0,16	0,39	0,62	0,85	0,98				
Kc				0,49	0,52	0,84	0,91	0,96	0,72				
K = KcxKt				0,28	0,37	0,70	0,83	0,87	0,58				
u = kxf				6,55	56,17	120,67	154,34	150,66	13,46				501,85
re				12,68	50,50	66,70	60,80	76,70	13,92				281,30
KAN				109,40	63,12	10,50							211,00
Us = U - (re + KAN) (mm)						43,50	93,54	73,96					126,60
Usp = 0.60xUs (mm)						26,10	56,12	44,38					

Bitki cinsi: çeltik													
Büyüme mevsimi: 9 mayıs-19 eylül (131 gün)													
veriler	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık	yıllık
f					101,21	172,38	185,95	173,17	88,20				720,91
büyüme oranı:					0,08	0,27	0,50	0,72	0,93				
Kc					2,28	1,27	0,82	1,14	1,08				
K = KcxKt					1,62	1,07	0,75	1,04	0,87				
u = kxf					163,96	184,45	139,46	180,10	76,73				744,70
re					37,03	66,70	60,80	76,70	52,88				294,11
KAN					63,12	10,50							376,97
Us = U - (re + KAN) (mm)					63,81	107,25	78,66	103,40	23,85				37,77
Usp = 0.10xUs (mm)					6,38	10,73	7,87	10,34	2,38				

Tablo C1. Adana ve Ankara İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK				(5)		(6)
	Sulama Sahası Bitki	Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Çiftlik Sulama Modü	Sulama Modülü		
AYLAR	Sulama Suyu İhtiyacı	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Çiftlik Sulama Modü	Sulama Modülü		
	Us	10xUs	10xUt	Ut	10xUt	Uk	10xUk	Uk	10xUk		
Nisan	17.36	173.6	26.71	267.1	21.73	217.3	30.35	243.5	0.100	0.12	0.09
Mayıs	228.89	2288.9	352.14	3521.4	286.11	2861.1	400.16	325.12	1.31	1.07	1.21
Haziran	680.06	6800.6	1046.24	10462.4	850.07	8500.7	1188.91	965.90	4.04	3.28	3.73
Temmuz	1024.54	10245.4	1576.21	15762.1	1280.68	12806.8	1791.15	1453.2	5.88	0.21	5.43
Ağustos	769.34	7693.4	1183.6	11836	961.67	9616.7	1345	1092.81	4.42	3.59	4.08
Eylül	440.38	4403.8	677.51	6775.1	550.41	5504.1	768.89	625.46	2.61	2.12	2.41
Ekim	21.760	217.6	33.48	334.8	27.20	272	38.04	309.10	0.12	0.10	0.12
Kasım											
ORTALAMA	3182.33	4895.89	48958.9	3977.87	39778.7	5563.5	55635	45198.70	0.43	1.31	2.13
TOPLAM											
Adana ili çiftlik ve tasıma sulama suyu ihtiyacıları ve modülleri											
MAKSİMUM											
5.88 3.59 5.02 5.43											

Adana ili çiftlik ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları ve modülleri

(1)	(2)	(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK		(5)	(6)
AYLAR	Sulama Sahası Bitki	Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı		Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı		Çiftlik Sulama Modü	Sulama Modülü
	Sulama Suyu İhtiyacı:	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	Yüzeyel Sulama	Yağmurlama sulaması	(Lt/sn/ha)	(Lt/sn/ha)
	Us	10xUt	Ut	10xUt	Uk	Yüzeyel	Yağmurlama
Nisan							
Mayıs	96,29	962,9	148,14	1481,4	120,36	1203,6	168,34
Haziran	109,12	1091,2	167,88	1678,8	136,4	1364	190,77
Temmuz	163,94	1639,4	252,22	2522,2	204,92	2049,2	286,61
Ağustos	138,21	1382,1	212,63	2126,3	172,76	1727,6	241,62
Eylül	46,59	465,9	71,68	716,8	58,24	582,4	87,45
Ekim	1,19	11,9	1,83	18,3	1,49	14,9	2,08
Kasım							
TOPLAM	555,34	5553,4	854,38	8543,8	694,17	6941,7	753,87
ORTALAMA							
						0,4	0,32
MAKSİMUM							
						0,94	0,76
MINIMUM							
						0	0
							0

Tablo C2.Antalya ve Şanlıurfa İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK		(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı		Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı		Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Sulama Suyu İhtiyacı	Us	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt
AYLAR										
Nisan	55,53	555,3	85,43	854,3	69,41	694,1	97,08	970,8	78,88	788,8
Mayıs	523,47	5234,7	805,34	8053,4	654,34	6543,4	915,16	9151,6	744	7435,7
Haziran	680,18	6801,8	1046,43	10464,3	850,22	8502,2	1189,12	11891,2	966,16	9661,6
Temmuz	759,28	7592,8	1229,66	12296,6	999,1	9991	1397,34	13973,4	1135,34	11353,4
Ağustos	704,98	7049,8	1084,58	10845,8	881	8812,2	1237,48	12374,8	1001,39	10013,9
Eylül	1163,26	11632,6	1789,63	17896,3	1454,07	14540,7	2033,67	20336,7	1652,35	16523,5
Ekim	82	821,7	126,41	1264,1	102,77	1027,7	143,65	1436,5	116,72	1167,2
Kasım										
TOPLAM	3965,87	39658,7	6167,48	61674,8	5011,07	50110,7	7013,5	5694,41	5694,41	
									ORTALAMA	
									3,13	1,57
									MAKSİMUM	
									6,9	5,61
									MINİMUM	
									0	0
									0	0

Antalya ili çiftlik ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları ve modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK		(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı		Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı		Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Sulama Suyu İhtiyacı	Us	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt
AYLAR										
Nisan	33,19	331,9	51,06	510,6	41,49	414,9	58,02	580,2	47,15	471,5
Mayıs	150,23	1502,3	231,12	2311,2	187,79	1877,9	262,64	2626,4	213	2134
Haziran	224,63	2246,3	345,58	3455,8	280,79	2807,9	392,7	3927	319,08	3190,8
Temmuz	212,02	2120,2	326,18	3261,8	265,02	2650,2	370,66	3706,6	301,16	3011,6
Ağustos	60,87	608,7	93,65	936,5	76	760,9	106,42	1064,2	86,46	864,6
Eylül										
Ekim										
Kasım										
TOPLAM	680,94	6809,4	1047,59	10475,9	851,18	8511,8	1190,44	967,25	967,25	
									ORTALAMA	
									0,49	0,480
									MAKSİMUM	
									1,290	1,380
									MINİMUM	
									0	0
									0	0

Tablo C3. İstanbul ve Diyarbakır İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK		(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bittki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı		Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı		Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Sulama Suyu İhtiyacı	Us	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut
AYLAR	10xUs	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt
Nisan	5,84	58,4	8,98	89,8	7,3	73	10,2	102	8,29	82,9
Mayıs	47,89	478,9	73,68	736,8	59,86	598,6	83,73	837,3	68	680,2
Haziran	278,28	2782,8	428,12	4281,2	347,85	3478,5	486,5	4865	395,28	3952,8
Temmuz	155,45	1554,5	239,15	2391,5	194,31	1943,1	271,76	2717,6	170,99	1709,9
Ağustos	129,37	1293,7	199,03	1990,3	162	162	226,17	2261,7	183,776	1837,6
Eylül	23,59	235,9	36,29	362,9	29,49	294,92	41,24	412,4	33,51	335,1
Eklm										
Kasım										
TOPLAM	640,42	6404,2	985,25	9852,5	800,52	8005,2	1119,6	11196	859,82	8598,2
									ORTALAMA	
									0,46	0,38
									MAKSİMUM	
									1,65	1,34
									MINIMUM	
									0	0

İstanbul ili çiftlik sulama ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları

(1)	(2)		(3) = (2) / ET		(4) = (3) / EK		(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bittki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı		Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı		Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Sulama Suyu İhtiyacı	Us	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut	Yüzeyel	Ut
AYLAR	10xUs	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt	10xUt
Nisan	74,01	740,1	113,86	1138,6	92,51	925,1	129,39	1293,9	105	1051,2
Mayıs	237,8	2378	365,85	3658,5	297,25	2972,5	415,74	4157,4	337,78	3377,8
Haziran	132,25	1322,5	203,46	2034,6	165,31	1653,1	231,2	2312	187,85	1878,5
Temmuz										
Ağustos										
Eylül										
Eklm										
Kasım	30	298,1	45,86	458,6	37,26	372,6	52,11	521,1	42,34	423,4
TOPLAM	473,87	4738,7	729,03	7290,3	592,33	5923,3	828,44	8284,4	637,09	6370,9
									ORTALAMA	
									0,34	0,28
									MAKSİMUM	
									1,41	1,15
									MINIMUM	
									0	0

Tablo C4.Erzurum ve Isparta İlleri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET				(4) = (3) / EK				(5)	(6)		
AYLAR	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı				Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı				Çiftlik Sulama Modü (Lt/sn/ha)	Sulama Modülü (Lt/sn/ha)		
	Sulama Suyu İhtiyacı		Yüzeyssel Sulama		Yağmurlama sulaması		Yüzeyssel Sulama		Yağmurlama sulaması					
	Us	10xUs	Ut	10xUt	Ut	10xUt	Uk	10xUk	Uk	10xUk	Yüzeyssel	Yağmurlama		
Nisan														
Mayıs														
Haziran	70,71	707,1	108,78	1087,8	88,38	883,8	123,61	1236,1	100,43	1004,3	0,42	0,34	0,48	0,39
Temmuz	105,72	1057,2	162,65	1626,5	132,15	1321,5	184,83	1848,3	150,17	1501,7	0,61	0,49	0,69	0,56
Ağustos	47,82										0,27	0,22	0,31	0,26
Eylül	55,81	558,1	85,86	858,6	69,76	697,6	97,57	975,7	79,27	792,7	0,33	0,27	0,38	0,30
Ekim														
Kasım														
TOPLAM	28,01	280,06	430,86	4308,6	350,06	3500,6	489,61	4896,1	397,79	3977,6	ORTALAMA			
											0,61	0,49	0,23	0,19

Erzurum ili çiftlik ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları

(1)	(2)		(3) = (2) / ET				(4) = (3) / EK				(5)		(6)	
AYLAR	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı				Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı				Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü (Lt/su/ha)	
	Sulama Suyu İhtiyacı		Yüzeysel Sulama		Yağmurlama sulaması		Yüzeysel Sulama		Yağmurlama sulaması		Yüzeysel Sulama Modü			
	Us	10xUs	Ut	10xUt	Ut	10xUt	Yüzeysel	10xYüzeysel	Yüzeysel	10xYüzeysel	(Lt/su/ha)	(Lt/su/ha)		
Nisan	106,47	1064,7	165,57	1655,7	133,09	1330,9	188,15	1881,5	151,24	1512,4	0,64	0,51	0,72	0,58
Mayıs	73,85	738,5	113,62	1136,2	92,31	923,1	129,11	1291,1	105	1049	0,42	0,34	0,48	0,39
Haziran	167,08	1670,8	257,05	2570,5	208,85	2088,5	292,1	2921	237,33	2373,3	0,99	0,80	0,92	0,92
Temmuz	298,68	2986,8	459,51	4595,1	373,35	3733,5	522,17	5221,7	424,26	4242,6	1,72	1,39	1,58	1,58
Ağustos	175,98	1759,8	274,74	2747,4	220	2199,8	312,2	3122	249,98	2499,8	1,02	0,82	0,87	0,93
Eylül	169,09	1690,9	264,14	2601,4	211,36	2113,6	295,61	2956,1	240,18	1401,8	1	0,82	0,87	0,93
Ekim	2	17,7	2,72	27,2	2,21	22,1	3,09	30,9	2,51	25,1	0,01	0,01	0,01	0,01
Kasım														
TOPLAM	992,92	9929,2	1533,35	15333,5	1241,15	12411,5	1742,5	17425	1410,4	14104	0,72	0,59	0,64	0,67
ORTALAMA														
MAKSİMUM														
1,72 1,39 1,58 1,58														
MINIMUM														
0 0 0 0														

Tablo C5. İzmir ve Trabzon illeri Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET			(4) = (3) / EK			(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı			Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı			Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Us	10xUs	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	Yağmurlama	Yüzey	Yağmurlama
AYLAR												
Nisan	10,22	102,2	15,72	157,2	12,77	127,7	17,86	178,6	14,51	145,1	0,05	0,05
Mayıs	186,1	1861	286,31	2863,1	232,65	2326,5	325,53	3253,5	364	3643,7	1,07	0,87
Haziran	448,69	4486,9	690,29	6902,9	560,86	5608,6	509,87	5098,7	637,34	6373,4	2,66	2,16
Temmuz	520,37	5203,7	800,57	8005,7	650,46	6504,6	591,33	5913,3	739,16	7391,6	2,99	2,43
Ağustos	221,76	2217,6	341,17	3411,7	277	2772	252	2520	315	3150	1,27	1,03
Eylül	49,51	495,1	76,17	761,7	61,89	618,9	56,26	562,6	70,33	703,3	0,29	0,24
Ekim	48,39	483,9	74,45	744,5	60,49	604,9	54,99	549,9	68,74	687,4	0,28	0,22
Kasım												
TOPLAM	1485,04	14850,4	2244,68	22446,8	1856,32	18563,2	1807,66	18076,6	2109,45	21094,5	ORTALAMA	ORTALAMA
											1,08	0,88
											MAKSİMUM	MAKSİMUM
											2,99	2,43
											MINIMUM	MINIMUM
											0	0
											0	0

İzmir ili çiftlik sulama ve taşıma sulama suyu ihtiyaçları

(1)	(2)		(3) = (2) / ET			(4) = (3) / EK			(5)		(6)	
	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı			Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı			Çiftlik Sulama Modü		Sulama Modülü	
	Us	10xUs	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	10xUt	Ut	Yüzey	Yağmurlama	Yüzey	Yağmurlama
AYLAR												
Nisan												
Mayıs												
Haziran	245,66	2456,6	377,94	3779,4	307,08	3070,8	429,8	4298,8	348,95	3489,5	1,46	1,18
Temmuz	56,79	567,9	87,37	873,7	70,99	709,9	99,28	992,8	80,67	806,7	0,33	0,26
Ağustos	2494	2494	383,69	3836,9	312	3117,5	464,01	4640,1	354,26	3542,6	1,43	1,16
Eylül	32,09	320,9	49,37	493,7	40,11	401,1	56,1	561	45,58	455,8	0,19	0,15
Ekim												
Kasım												
TOPLAM	583,94	5839,4	898,37	8983,7	729,93	7299,3	1020,87	10208,7	829,46	8294,6	ORTALAMA	ORTALAMA
											0,43	0,34
											MAKSİMUM	MAKSİMUM
											1,46	1,18
											MINIMUM	MINIMUM
											0	0
											0	0

Tablo C6. Zonguldak İli Çiftlik ve Taşıma Sulama Suyu İhtiyaçları ve Modülleri

(1)	(2)		(3) = (2) / ET				(4) = (3) / EK				(5)	(6)		
AYLAR	Sulama Sahası Bitki		Çiftlik Sulama Suyu İhtiyacı				Diversiyon Sulama Suyu İhtiyacı				Çiftlik Sulama Modü (Lt/sn/ha)	Sulama Modülü (Lt/sn/ha)		
	Sulama Suyu İhtiyacı:		Yüzeyel Sulama		Yağmurlama sulaması		Yüzeyel Sulama		Yağmurlama sulaması					
	Us	10xUs	Ut	10xUt	Ut	10xUt	Uk	10xUk	Uk	10xUk	Yüzeyel	Yağmurlama	Yüzeyel	Yağmurlama
Nisan														
Mayıs	93,89	938,9	144,45	1444,5	1173,36	1641,5	133	1333,6			0,54	0,44	0,61	0,50
Haziran	195,41	1954,1	300,63	3006,3	244,26	2442,6	341,62	3416,2	277,57	2775,7	1,16	0,94	1,32	1,07
Temmuz	225,94	2259,4	347,6	3476	282,42	2824,2	395	3950	320,93	3209,3	1,30	1,05	1,47	1,20
Ağustos	220,15	2201,5	338,69	3386,9	275,19	2751,9	384,88	3848,8	312,72	3127,2	1,26	1,03	1,44	1,17
Eylül	23,85	238,5	36,69	29,81	298,1	416,9	33,88	338,8		0,14	0,14	0,12	0,16	0,13
Ekim														
Kasım														
TOPLAM	759,24	7592,4	1168,06	11680,6	949,04	9490,4	1327,34	13273,4	1078,46	10784,6	ORTALAMA			
											0,55	0,45	0,62	0,51
											MAKSİMUM			
											1,30	1,05	1,47	1,20
											MINİMUM			
											0	0	0	0

Zonguldak ili çiftlik sulama ve taşıma suyu ihtiyaçları ve modülleri

Zonguldak ili çiftlik sulama ve taşıma suyu ihtiyaçları ve modülleri

ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında İstanbul'da doğdu. İlkokul tahsilini Şile'de, ortaokulu Halıcıoğlu'nda ve liseyi Şişli Endüstri Meslek Lisesi'nde (Telekomünikasyon bölümü) okudu. 1990 yılında İTÜ Meteoroloji Mühendisliği bölümünü kazandı. Bu bölümden 1994 yaz döneminde üçüncü olarak mezun oldu. Aynı yıl, İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde master yapmaya hak kazandı. Aynı dönemde girdiği İTÜ Yabancı Dil master yeterlilik sınavında Fransızca'dan başarılı olmakla birlikte, İTÜ'de bilim yabancı dilinin İngilizce olması nedeni ile 1994-1995 öğretim yılında, Maçka Yabancı Diller Bölümünde bir yıl İngilizce hazırlık eğitimi aldı. Bu eğitim dönemi sonucunda yapılan yeterlilik sınavında başarılı oldu. 1996 yılında master eğitimine başladı. Master eğitimine hala devam etmekte olup Türk Telekom A.Ş. Teknik Departmanında çalışmaktadır.

