

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TAMBURLU YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANS  
ANALİZİ VE HARRAN OVASI KOŞULLARINDA  
KULLANIM OLANAKLARI**

**Pınar BAHÇECİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2006**

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

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TAMBURLU YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANS  
ANALİZİ VE HARRAN OVASI KOŞULLARINDA  
KULLANIM OLANAKLARI**

**Pınar BAHÇECİ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**ŞANLIURFA  
2006**

Doç. Dr. Halil KIRNAK'ın danışmanlığında, Pınar BAHÇECİ'nin hazırladığı 'Tamburlu Yağmurlama Sulama Sisteminin Performans Analizi ve Harran Ovası Koşullarında Kullanım Olanakları" konulu çalışma 23/06/2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Halil KIRNAK

Üye : Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ergün DOĞAN

**Bu Tezin Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.**

**Prof.Dr. İbrahim BOLAT**  
Enstitü Müdürü

**Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.**  
**Proje No: 674**

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

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Bölgenin coğrafi konumu .....	12
3.1.2. Deneme alanı.....	12
3.1.3. Bölgenin iklim özellikleri.....	12
3.1.4. Bölgenin su kaynakları .....	13
3.1.5. Araştırmada kullanılan Tamburlu Yağmurlama Sulama Makinesi.....	14
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1. Deneme konuları.....	17
3.2.2. Denemelerde yapılan ölçümler.....	17
3.2.3. Su dağılımının belirlenmesi .....	18
3.2.4. Yağmurlama başlıklarında debi ölçümleri.....	20
3.3. Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri.....	20
3.3.1. Değişim katsayıları.....	20
3.3.2. Sulama suyu eşdağılımı (CU) .....	21
3.3.3. Dağılım türdeşliği (DU) .....	21
3.3.4. Sulama yeterliliği.....	22
3.3.5. Yağmurlama hızının belirlenmesi.....	23
3.3.6. Sistemin Harran ovasında kullanılma olanakları.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	24
4.1. Sulama Suyu Dağılımı.....	24
4.1.1. Christiansen eş dağılım katsayısı (CU) .....	24
4.1.2. Dağılım türdeşliği (DU) .....	25
4.1.3. Su dağılım desenleri.....	27
4.1.4. CU – meme çapı –hız – su derinliği ilişkileri .....	31
4.1.4.1. CU – hız ilişkileri.....	31
4.1.4.2. CU- meme çapı ilişkisi.....	33
4.1.4.3. Farklı meme çapları için su derinliği - hız ilişkisi.....	34
4.1.5. Sulama yeterliliği.....	35
4.1.6. Teorik ve ölçülen yağmurlama hızlarının karşılaştırılması .....	43
4.2. Doğrusal Hareketli Sulama Makinesinin Harran Ovası Koşullarında Kullanılabilirliği.....	44
4.3. Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması.....	49
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	58
EKLER.....	59
ÖZET.....	70
SUMMARY.....	72

## ÖZ

### Yüksek Lisans Tezi

## TAMBURLU YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMİNİN PERFORMANS ANALİZİ VE HARRAN OVASI KOŞULLARINDA KULLANIM OLANAKLARI

Pınar BAHÇECİ

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Halil KIRNAK  
Yıl: 2006 Sayfa:73

Bu çalışma, Harran Ovasında sulama etkinliğini artırarak, drenaj ve çoraklık sorununun azaltılmasına katkıda bulunmak ve daha geniş alanların sulanmasını sağlamak amacıyla Harran Üniversitesi Makine Fabrikası tarafından üretilen doğrusal hareketli bir yağmurlama sulama sistemi olan Tamburlu Yağmurlama Sulama Makinesinin performansını belirlemek amacıyla ele alınmıştır. Son yıllarda kullanılmaya başlayan doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinin doğru kullanılabilmesi ve ondan beklenen yararın sağlanması, kaynakların etkin kullanımı bakımından önemlidir. Sistemin verdiği su miktarı, su dağılım deseninin bilinmesi sistemin uygun bir şekilde kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır. Özellikle sık yetişen tarla bitkilerinde kullanılan Tamburlu Yağmurlama Sulama makinesinin; işgücü gereksiniminin çok az olması, farklı sulama dozlarının kolayca uygulanabilmesi, su kayıplarının az olması, sulama sonunda ekipmanın tarlada kalmaması, yüksek bir eş su dağılımı sağlaması gibi avantajları vardır. Deneme sonuçlarında uygun başlıklarla ve hızlarda eş dağılım katsayıları (CU) % 61-88, dağılım türdeşliğinin (DU) %34-72 arasında değişmiştir. CV değerleri % 15.9-26.9 arasında değişmiştir. Denemelerde seçilen ilerleme hızlarıyla 20 mm ile 133 mm derinlikte su verilebileceğini göstermiştir. Sistem kullanımıyla meydana gelen derine sızma kayıpları % 6-12 arasında değişmektedir. Sistemin, Harran Ovasının toprak infiltrasyon gruplarına göre hemen hemen tamamında kullanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, uygulanacak su derinliği, uygun başlık ve hız seçenekleri harita üzerinde gösterilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Hareketli yağmurlama sulama sistemi, Christiansen katsayısı, Dağılım üniformitesi, Harran Ovası, Sulama yeterliliği

## **ABSTRACT**

**MSc Thesis**

### **PERFORMANCE ANALYSIS OF LINEAR MOVE SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM AND ITS APPLICATION IN HARRAN PLAIN**

**Pınar BAHÇECİ**

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

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Halil KIRNAK**

**Year : 2006, Page: 73**

This study was conducted to determine irrigation efficiency and uniformity of a sprinkler irrigation system that was manufactured at Harran Üniversitesi Makine Fabrikası to solve or lessen the drainage and salt problem in Harran plain. Obtaining the most benefit out of linear sprinkler irrigation systems, which are starting to be used in agricultural fields, depends on how efficiently the system is used. Knowledge about amount of applied irrigation water and the application uniformity is important for the system to be used properly. Use of the system used to irrigate agronomic crops has some advantages such as; lesser need for labor, application of different irrigation water amounts, lesser water losses, mobility of the system, and high uniformity. Based on sprinkler type and machine speed, CU and DU values were between 61-88% and 34-72%, respectively while CV was between 15.9-26.9 %. Study results showed that with linear sprinkler irrigation system uniformity could be as high as 88% with proper nozzling ranging from 20 mm to 133 mm. Deep percolation losses were 6-12%. It was appeared that the system can be used almost for whole Harran Plain according to the infiltration group of the Plain. Besides depth of irrigation water requirement and suitable system speed were shown on the map of Harran plain.

**KEY WORDS:** Linear move irrigation system, Christiansen uniformity, distribution uniformity, Plain, Irrigation adequacy

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın konu seçiminde, yürütülmesinde ve değerlendirilmesindeki katkılarından dolayı danışmanım Sayın Doç.Dr. Halil KIRNAK'a, tez projesinin olgunlaştırılmasında, yürütülmesinde yardımcı olan Harran Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğretim üyelerine, yazım aşamasındaki katkılarından dolayı bölüm öğretim üyeleri Doç. Dr. İdris BAHÇECİ ve Yrd. Doç. Dr. Ergün DOĞAN'a, tezimle ilgili katkıları için Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM ve Doç.Dr. İrfan ÖZBERK'e, denemelerin yürütülebilmesi için Tamburlu Sulama Makinesi'ni sağlayan Mühendislik Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Bilge ERDİLLER'e, arazi çalışmalarının her anında yardımlarını gördüğüm başta Mehmet Nur BAL, Nusret TURGUT olmak üzere tüm Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü öğrencilerine ve Yüksek lisans öğrencileri Şirin AYDIN ve Nilgün TUNCER'e çok teşekkür ederim. Ayrıca bana verdikleri destekten dolayı annem Nazmiye BAHÇECİ ve babam İdris BAHÇECİ' ye teşekkür ederim.

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Sulama performans parametrelerinin kabul edilebilirlik sınırları .....	6
Çizelge 3.1. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Koruklu Talat Demirören Araştırma İstasyonu 24 yıllık (1979 -2002) iklim verileri.....	13
Çizelge 4.1. Christiansen eş dağılım (CU) katsayıları.....	26
Çizelge 4.2. Dağılım üniformitesi değerleri.....	26
Çizelge 4.3. Meme çapları ve hızlara kaşı gelen CU değerleri.....	31
Çizelge 4.4. değişik yağmurlama başlığı ve hızları için belirlenen sulama özellikleri.....	43
Çizelge 4.5. Ortalama su derinlikleri ve İy değerleri.....	43
Çizelge 4.6. Tamburalı yağmurlama sulama makinesinin n: 36 ve n: 72 başlık sayılarına göre farklı hız ve meme çaplarındaki yağmurlama hızları (mm/h).....	45
Çizelge 4.7. Harran ovasındaki infiltrasyon gruplarına göre tamburalı yağmurlama sulama makinesinin kullanılabileceği hızlar.....	46
Çizelge 5.1. Sistem parametreleri özeti.....	52
Ek Çizelge 1. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	59
Ek Çizelge 2. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra).....	60
Ek Çizelge 3. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	61
Ek Çizelge 4. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	62
Ek Çizelge 5. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	63
Ek Çizelge 6. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	64
Ek Çizelge 7. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	65
Ek Çizelge 8. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	66
Ek Çizelge 9. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	67
Ek Çizelge 10. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	68
Ek Çizelge 11. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T, tekerrür; S, sıra) .....	69



## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa no
Şekil 3.1. Deneme alanında su toplama kaplarının yerleşim düzeni.....	14
Şekil 3.2. Testlerde kullanılan yağmurlama başlıkları.....	15
Şekil 3.3. Yağmurlama başlıkların sulayıcı kol üzerinde görünüşü.....	15
Şekil 3.4. Tamburalı sulama makinesinin sabit kısmının görünüşü.....	16
Şekil 3.5. Su toplama kabının görünümü.....	18
Şekil 3.6. Su toplama kaplarının arazide görünümü.....	19
Şekil 3.7. Sulama yeterliliğinin şematik gösterimi.....	22
Şekil 4.1. Test 1 Su dağılım deseni.....	27
Şekil 4.2. Test 2 Su dağılım deseni.....	28
Şekil 4.3. Test 3 Su dağılım deseni.....	28
Şekil 4.4. Test 4 Su dağılım deseni.....	29
Şekil 4.5. Test 5 Su dağılım deseni.....	29
Şekil 4.6. Test 6 Su dağılım deseni.....	29
Şekil 4.7. Test 7 Su dağılım deseni.....	29
Şekil 4.8. Test 8 Su dağılım deseni.....	30
Şekil 4.9. Test 9 Su dağılım deseni.....	30
Şekil 4.10. Test 10 Su dağılım deseni.....	30
Şekil 4.11. Test 11 Su dağılım deseni.....	30
Şekil 4.12. 6 mm'lik yağmurlayıcı için çapı için hız- CU ilişkisi.....	32
Şekil 4.13. 8 mm'lik yağmurlayıcı için çapı için hız- CU ilişkisi.....	32
Şekil 4.14. 10 mm'lik yağmurlayıcı için çapı için hız- CU ilişkisi.....	32
Şekil 4.15. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 12 m/h.....	33
Şekil 4.16. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 24 m/h.....	33
Şekil 4.17. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 36 m/h.....	34
Şekil 4.18. Hız – su derinliği ilişkisi.....	34
Şekil 4.19. Sulama uygulaması sırasında uygulanan örtüşme alanın gösterimi.....	36
Şekil 4.20. Test 1, mç; 4 ve v;12m/h için sulama yeterliliği.....	36
Şekil 4.21. Test 2 mç;4, v;24m/h için sulama yeterliliği.....	37
Şekil 4.22. Test 3 mç;6, V;12m/h için sulama yeterliliği.....	37
Şekil 4.23. Test 4 mç;6, V;24 m/h için sulama yeterliliği.....	38
Şekil 4.24. Test 5 mç;6, V;36m/h için sulama yeterliliği.....	39
Şekil 4.25. Test 6 mç;8, V;12m/h için sulama yeterliliği.....	39
Şekil 4.26. Test 7 mç;8, V; 24m/h için sulama yeterliliği.....	40
Şekil 4.27. Test 8 mç;8, V;36m/h için sulama yeterliliği.....	40
Şekil 4.28. Test 9 mç;10, V;12m/h için sulama yeterliliği.....	41
Şekil 4.29. Test 10 mç;10, V;24 m/h için sulama yeterliliği.....	41
Şekil 4.30. Test 11 mç;10, V;36 m/h için sulama yeterliliği.....	42
Şekil 4.31. Su derinliklerine karşılık gelen Iy yağmurlama hızlarının grafiksel gösterimi...	44
Şekil 4.32. Harran Ovasında infiltrasyon gruplarının belirlendiği noktalar.....	48

## 1. GİRİŞ

Sulama, bitki gelişimi için gerekli olan suyun en kolay ve en randımanlı şekilde kök bölgesinde depolanması olarak tanımlanmaktadır. Bunu sağlamak için de arazi koşullarına göre sulama suyu toprak profilinde bitki kök bölgesine en elverişli bir şekilde verilmeye çalışılır. Burada amaç, bitkinin su gereksinimini fazla su kayıplarına ve herhangi bir zararlanmaya neden olmadan karşılamaktır (Anaç ve ark., 1993).

Dünyada ve ülkemizde yapılan araştırmalar sulamanın verim artışına etkisinin %100'den fazla olduğu Türkiye gibi yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde, bu etkinin bazı ürünlerde %300-400 oranına kadar yükseldiğini göstermektedir. Bu nedenle sulanan alanlar hızla artmakta ve bu artış birtakım sorunları da beraberinde getirmektedir (Kanber, 1997).

Sulama etkinliği düşük olan sulama sistemlerinin kullanımı drenaj ve tuzlanmaya neden olmaktadır. Bu nedenle suyu daha etkin kullanan sistem ve yöntemlerin devreye girmesi sürdürülebilir tarım ve sulama suyunun etkin kullanımı açısından önem taşımaktadır (Bahçeci, 2003). Günümüzde, sulama suyu ve işçiliği optimum seviyede tutacak, drenaj ve tuzluluk sorununu azaltacak, verim ve kaliteyi arttıracak sulama sistemlerinin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır.

Genel olarak sulama yöntemleri yüzey ve basınçlı olarak iki grup altında toplanmıştır. Yöntemin seçilmesinde su kaynağı, sulama suyunun özellikleri, toprak özellikleri, ekonomik koşullar, sosyal ve kültürel faktörler etkilidir (Kanber, 2003).

Basınçlı sulama sistemleri yağmurlama ve damla sulama sistemleri olarak ikiye ayrılırlar. Yağmurlama sulama sistemleri de tesis ve hareket durumuna göre sabit, taşınabilir ve sürekli hareketli sistemler olarak üç gruba ayrılırlar. Sabit ve taşınabilir sistemlerin ekipmanları yani yağmurlama başlıkları, lateralleri ve ana boruları sulama süresince hareketsiz kalırken, hareketli sistemlerin ekipmanları sulama süresince doğrusal veya dairesel şekilde hareket halindedirler (James, 1993). Ülkemizde kullanılan yağmurlama sistemleri genel olarak sabit ve taşınabilir

sistemler olup, nadiren hareketli yağmurlama sistemleri kullanılmaktadır. Doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinden Tamburlu yağmurlama sulama sistemi ülkemizde daha çok Ege ve Trakya'da kullanılan bir yağmurlama sulama sistemidir.

Özenli planlanmış sabit veya hareketli sistemlerle toprağın infiltrasyon hızına yakın hızda türdeş su uygulanabilir. Böylece hem yüzey akış kayıpları, hem de bitki ve toprağın zarar görmesi önlenir. Sürekli hareketli sistemler, diğerlerine göre daha yüksek bir uygulama türdeşliğine sahiptirler. Ayrıca, anılan sistemlerde hareket hızı ayarlanarak yüzey akışı azaltılabilir hatta tamamen ortadan kaldırılabilir (James, 1993).

Yağmurlama sistemleri, değişik toprak ve bitki çeşitlerine kolayca uyum sağlarlar. Onun için çok sayıda farklı tipi bulunmaktadır. Ancak, tüm yağmurlama sistemlerinde aynı temel öğeler bulunur. Bunlar; suyun kaynaktan yeterli basınçla alınması için bir pompa birimi, iletilmesi için anaboru ve lateraller ve toprağa verilmesi için yağmurlayıcılarıdır. Anılan temel öğelere ek olarak, sistemde kullanılan çabuk bağlayıcılar ve diğer özel donatımlar da sayılabilir (Kanber ve ark.; 2002)

Yağmurlama sulama sistemlerinin kullanımına birçok faktör etki eder. Bazı sistemler ondüleli arazilerde bazıları ise düz arazilerde, diğerleri ise şekli düzgün olmayan araziler için daha uygun olabilir. Sistem seçiminde toprak tipi, bitki çeşidi, sistem maliyeti, arazi büyüklüğü, bakımı gibi faktörler etkilidir (Güngör, 2004).

Harran ovasında genellikle yüzey sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler ilk yatırım masrafları düşük olduğu için tercih edilmektedir. Yüzey sulama yöntemlerinde basınçlı sulama yöntemlerine göre daha fazla su kullanılmaktadır. Ayrıca kötü sulamalar sonucunda ortaya çıkan fazla su ovada drenaj ve tuzlanma sorununun hızlı bir şekilde yayılmasına neden olmaktadır.

Harran Ovasında hem yüksek sulama etkinliği elde etmek, hem de drenaj ve tuzluluk sorunlarının yayılmasını önlemek hem de kaliteli ve yüksek verim elde etmenin yollarından biri olarak basınçlı sulama yöntemlerine geçiş yapılması önerilmektedir (Kırnak ve ark., 2004).

Harran Ovası, yaklaşık 160 bin hektarlık alanıyla ülkemizin en büyük sulama sistemlerinden birine sahiptir. Yaklaşık 10 yıl önce sulamaya açıldıktan sonra, taban

suyu Akçakale çevresindeki 16 500 hektarda 0-1 m'ye ve 34 000 ha alanda ise 1-2 m ye yükselmiştir. Önlem alınmadığı takdirde, birkaç yıl içinde bu alanın 50 000 hektara ulaşması tahmin edilmektedir (DSİ, 2004).

Taban suyunun beklenenden çok hızlı bir şekilde yükselmesinin temel nedenlerinden biri ise yanlış su yönetimi olarak belirtilmektedir. Bunun başlıca nedenleri, (i) sulama sistemi, (ii) sulama yöntemi, (iii) su ücret sistemi, (iv) arazinin sulamaya hazırlanması ve (v) çiftçilerin sulama konusundaki bilgisizlikleri ile mülkiyet sistemi olarak sayılmaktadır. Dünyanın her tarafında aşırı sulamalar sonunda sulu tarım alanlarında yükselen taban suyu nedeniyle bitki kök bölgesinin su altında kaldığı ve yeniden tuzlanma sorunlarının ortaya çıktığı, değişik kaynak ve raporlarda bildirilmektedir. Ovadaki diğer bir sorun ise bitki su tüketimlerinin en yüksek düzeylere ulaştığı yaz aylarında su sıkıntısının büyük boyutlara ulaşmasıdır. Bu yüzden su uygulama randımanlarının yüksek olması büyük önem taşımaktadır. Onun için ovada kullanılan yağmurlama ve damla sulama yöntemleri sulama etkinliğini artırarak hem drenaj gereksinimi azaltır hem de daha geniş alanların sulanmasını sağlar.

Yılda üç ürün alınacak bir verim potansiyeline sahip Harran Ovasında, bu günkü koşullar altında ovanın %10-15'indeki yüksek taban suyu ürün kayıplarına ve tuzlanmaya neden olmaktadır. Gelecekte yağışın ve tuzluluğun boyutlarına bağlı olarak verim kayıpları artabilecektir. Toprak tuzlanmasının ve üründe olası kayıpların önlenmesi için geç kalınmadan gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu önlemlerin başında ise daha etkin sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması gelmektedir.

Sulamada yapılacak su tasarrufu suyun iletiminde, dağıtımında, sistemin işletilmesinde ve araziye uygulanmasında olacağı kolayca anlaşılır. Bunların içinde en büyük payı, tarla su uygulama randımanlarının artırılması sağlamaktadır. Bu nedenle yüzey sulama yöntemleri yerine kapalı sistem olan yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin kullanılması halinde verim % 60'tan sırası ile % 80 ve % 90'a kadar çıkabilmesi halinde % 20 ile % 30'luk bir su tasarrufu sağlanmaktadır ( Kanber ve ark., 2003).

Yüzey sulama sistemlerinde, örneğin tava veya karık sulaması metotlarının kullanılması halinde sulama randımanı % 60 civarında olup, buna şebekedeki sızma,

buharlaşıma ve işletme kayıpları da ilâve edildiğinde sulama randımanı % 50 olmaktadır. Bu durum, kısıtlı olan su kaynaklarının israfına sebep olmakta, aynı zamanda dağıtım ve drenaj şebekelerinin daha büyük kapasiteli olarak inşasına, dolayısıyla maliyetlerin artmasına ve sistemde pompaj ünitesi varsa ilâve enerji kaybına sebep olmaktadır (Eroğlu, 2005).

Son yıllarda dünyada, özellikle plastik ve makine endüstrisinde ki gelişmeler ile su ve enerjiden daha fazla tasarruf yapılmıştır. Böylece daha ekonomik ve daha etkin yeni sulama teknolojileri geliştirilmiştir.

Bölgemizde yeni kullanılmaya başlayan doğrusal hareketli yağmurlama sistemleri çok fazla bilinmediğinden sistemin kullanılabilmesi ve ondan beklenen yararın elde edilebilmesi için sisteme ilişkin bazı testlerin yapılmış olması gerekmektedir. Bu testler kullanılan sistemin uyguladığı su miktarını, su dağılım desenini ve katalogların doğru olarak hazırlanabilmesi ve sistemin uygun bir şekilde kullanımı açısından büyük önem taşımaktadır.

Özellikle tarla bitkilerinde kullanılan tamburlu sulama makinesinin; az işgücü gereksinimi, uygulanacak sulama suyu miktarının kolay ayarlanabilir olması, ürün kayıplarının az olması, sulama sonunda ekipmanın tarlada kalmaması sistemin hareketli olması ve birden fazla tarla sulamasında kullanılabilmesi, rüzgarsız ortamda su dağılımının iyi olması ve kullanım kolaylığı gibi avantajları vardır.

Bu çalışma, ovada sulama etkinliğini artırarak, drenaj ve çoraklık sorunun azaltılmasına katkıda bulunmak ve daha geniş alanların sulanmasını sağlamak amacıyla Harran Üniversitesi Makine Fabrikası tarafından üretilen doğrusal hareketli bir yağmurlama sulama sistemi olan Tamburlu Sulama Makinesinin performansını belirlemek, Harran Ovasında doğru ve etkin bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla ele alınmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Frost ve Schwalen (1960), Arizona koşullarında, yağmurlama başlığından doğrudan buharlaşma yoluyla oluşan kayıpların sulama sırasında bitkinin evapotranspirasyonunda gerçekleşen azalışlara yaklaşık eşit olacağı nedeniyle ihmal edilebileceğini belirtmişlerdir.

Kohl (1974), yağmurlama sulamada su uygulama randımanı, özellikle havanın sıcak, kuru ve damlacıkların küçük veya uygulama hızının az olduğu koşullarda, önemli ölçüde rüzgardan etkilenmekte olduğunu belirtmiştir. Su dağılım yeknesaklığı ve uygulama randımanı rüzgar hızının 2.8 m/s'yi geçtiği durumlarda hızla azalmakta olduğunu ve bu durumdan en çok yüksek basınçlı ve geniş ıslatma yarıçapına sahip yağmurlama başlıkları etkilenmekte olduklarını bildirmişlerdir.

Merriam ve Keller, (1978)' göre, Christiansen eş dağılım katsayısı (CU) sulama sistemlerinde, su dağılım eşdeşliğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Eş dağılımın yeterli düzeyde olması için CU değerinin 84 den büyük olması gerektiğini önermektedirler. Keller ve Bliesner (1990) de eş dağılımın yeterli düzeyde olması için dağılım türdeşliğinin (DU) de 75 den büyük olması gerektiğini belirtmişlerdir.

Merriam ve Keller (1978), sistem değerlendirme tekniklerinin, mevcut işletim koşulları altında sulama performansının ortaya çıkarılması ile daha ekonomik ve etkin işletim için sistem potansiyelini belirlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu tür çalışmalar, mevcut uygulamalara devam edilip edilmeyeceği veya işletmede düzeltmeler yapıp yapılmayacağına karar vermede önem taşır.

Painter ve Carran (1978), a göre yağmurlama başlıklarından çıkan suyun %70-100'lük kısmı toprağa ulaşmaktadır. Uygulanan suyun bitkiler için yararlı kısmının oranı ise % 30 ile % 100 arasında değişmektedir.

Hansen ve ark. (1979), bir yağmurlama sulama sisteminde homojen bir su dağılımı elde edebilmek için planlanan alana uygulanan sulama suyu derinliğindeki değişimin %20'den daha az olması gerektiğini, bununla beraber lateral boyunca %20'den daha fazla değişim olmaması gerektiğini vurgulamışlardır.

Hart ve ark. (1979), her bir sulamanın etkinliği ve dağılımının, su dağılım profili ile ilgili parametrelerden geliştirilen dört bağımsız büyüklüğün ölçülmesiyle tanımlanabileceğini belirtmişlerdir. Bunlar; (i) depolama etkinliği (Es); (ii) derine sızma etkinliği (Ep); (iii) su sağlama etkinliği (Ed); (iv) su dağılım türdeşliğidir. (Ed) araziye uygulanan suyun infiltrasyon yolu ile toprak tarafından absorbe edilen kısmını ifade etmektedir. Bu parametre, derine sızmadan ileri gelen su kayıpları dışındaki yüzey akış, rüzgarla sürüklenme, buharlaşma gibi kayıpların bir ölçüsüdür; Anılan değerlendirme parametrelerinin kabul edilebilirlik sınırları Çizelge 2.1'de verilmiştir. Ancak, araştırmacılar anılan çizelgedeki değerleri kullanırken dikkatli olunması gerektiğini, çünkü bir sulamanın niteliğini tam olarak tanımlayabilmek için bunların dışında birçok etmenin de göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 1.1. Sulama performans parametrelerinin kabul edilebilirlik sınırları (Hart,1979)

Etkinlik	Çok iyi	Kabul edilebilir	Kabul edilmez
Es	$\geq 0.8$	0.5 – 0.8	$< 0.5$
Ep	$\geq 0.8$	0.5 – 0.8	$< 0.5$
Ed	$\geq 0.8$	0.6 – 0.8	$< 0.6$
DU	$\geq 0.9$	0.7 – 0.9	$< 0.7$

Lyle and Bordovsky (1981), Teksas' da lepa yağmurlama başlıkları ile yaptıkları bir çalışmada CU değerlerini %94 - 97 arasında değiştiğini ve elde edilen bu yüksek üniformitenin drenaj potansiyelini büyük oranda azaltacağını bildirmektedirler.

English (1985), buharlaşma ve rüzgarda sürüklenme ile kaybolan sulama suyunun toplam sulama kayıplarının çok küçük bir bölümü olduğunu vurgulamışlardır. Sulama sırasında oluşan kayıpların en büyük kısmı derine sızma ile gerçekleştiğini belirtmektedirler.

English ve ark. (1985), verimde amaçlanan maksimum düzeye ulaşıldığında, tüm sulama etkinlik değerlerinin hızlı bir şekilde düştüğünü belirtmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonuçlarına göre, maksimum verimin eldesi sulamaların daha sık yapılmasını gerektirdiği gibi, arazinin bütününden sağlanabilecek verim artışları bazı kısımların aşırı sulanmasına neden olmuştur. Bu nedenle daha fazla sayıda, sıklıkta ve daha fazla sulama suyu miktarı kombinasyonu sonucu toplam su kayıpları artmakta ve dolayısıyla, verimde ulaşılabilecek maksimum düzeye yaklaşıldıkça, sulama etkinliğini azalmaktadır.

Abernethy (1986), sulama sistemlerinin performanslarının değerlendirilmesinde; eşitlik, güvenilirlik ve devamlılık parametrelerinin önemini belirtmiş ve su dağıtımında bu ölçütlerin sağlanmazsa verim azalması, su israfı, çiftçilerin sulama yöntemine güvenlerinin sarsılması, drenaj, tuzlanma, su kaybı gibi sorunların ortaya çıkacağına değinmiştir.

Amir ve ark. (1986), doğrusal hareketli sulama makinesinin (DHSM) işletimi birkaç faktöre bağlı olduğunu bulmuşlardır. Bunlar; makine, boru ağı, hidrolik işletim becerisi ve ekipmandır. Bu faktörlerin çoğunu bir matematik model içine alır. DHSM' nin işletiminde çeşitli aktiviteleri tamamlamak için gerekli zamanı niceliksel olarak değerlendirmek için bir zaman ve hareket çalışması yürütmüşlerdir. Analizler açık olarak göstermiştir ki makinenin genişliği iş gereksinimini önemli düzeyde etkiler.

Amir ve ark. (1986), doğrusal hareketli sulama makinesinin enerji analizleri sonuçlarına göre i) toplam enerjinin %60-70'i suyun dağıtımı için gerekli olduğunu ii) makinenin hareketi ve bükülebilir hortum çekmek için enerji gereksinimini %3'den az olduğunu iii) küçük makinelerin enerji tüketimlerinin büyük makinelerden %30 daha az olduğunu belirlemişlerdir.

Vories ve Von Bernuth (1986), kullandıkları modelden elde ettikleri sonuçları dört değişik meme çapı ve birden fazla tertip aralıkları açısından test etmişlerdir. Test edilen küçük meme çaplı başlıklar (3.18, 3.57 ve 3.97 mm) beklenen performansı göstermiştir. Rüzgar hızı arttıkça eş dağılım katsayısı (CU) küçük çaplı başlıklarda azalırken, en büyük çapa (4.37 mm) sahip başlıklarda durum değişmiştir. Düşük rüzgar hızı koşullarında 4.37 mm'lik başlıklara ilişkin CU değerleri, karşılaştırılan



diğer başlıklara göre daha düşük bulunmuştur. Ancak, rüzgar hızındaki artışlara karşılık, CU değerlerinde oluşan düşüşler, en az büyük başlıklarda meydana gelmiştir. En yüksek CU değeri en yüksek rüzgar hızında (8 m/s), 4.37 mm çaplı başlıktan sağlanmıştır. Bu başlıkların oransal olarak daha büyük damlacıklar oluşturmaları, rüzgardan en az etkilenmesini sağlamıştır.

Vories ve von Bernuth (1986), bir sistemde diğer tüm değişkenler sabit tutulduğunda, başlık sayısının artırılması ve lateral aralıklarının azaltılmasının, genelde eş dağılım katsayısını (CU) artırdığını, ancak başlık sayısının artmasıyla sistem maliyetinin de yükseldiğine değinmektedirler.

Kohl ve ark. (1987), işletme basıncındaki düşüşler genellikle kullanılan kaynaktan su seviyesinin düşmesine ve pompalama yüksekliğinin artmasına bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Böyle durumlarda, düşük debi ve yüksek basınç sağlayan daha küçük meme çapına sahip başlıkların kullanılması önerilmektedir. Ancak, sistem kapasitesinin, bitki ihtiyaçlarını karşılayacak kapasitenin altına düşmemesine özen gösterilmelidir. Bu durumda, ıslatma çapı daha küçük olduğundan başlıklar arasındaki uzaklıklar da azaltılmalıdır.

Wahdan ve El-Gayar (1988), yaptıkları bir çalışmada, sulama sistemlerinin performansının ; (i) sulanan alanda suyun dağılım üniformitesi, (ii) sulamaların bitki su gereksinimini karşılama açısından yeterliliği, (iii) bitki için uygulanan elverişli suyun toplam miktarı ve (iv) uygulanan suyun derine sızan kısmı gibi parametrelerle tanımlanabileceği belirtmişlerdir.

Cuenca, (1989)'ya göre iyi bir su dağılımı açısından başlık aralıklarının fırlatma mesafesinin %50'sinden, lateral aralıklarının ise %65'inden fazla olmamasına gerektiğini belirtmiştir.

Honson ve ark. (1989), lepa sulama sistemleriyle infiltre olan suyun üniformitesini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre başlık üniformitesi % 95, toprağa infiltre olan suyun üniformitesinin ise %80 – 85 arasında olduğunu bulmuşlardır.

Ayars ve ark. (1990)'nın Kaliforniya'nın San Joaquin Vadisinde yürüttükleri tarla denemelerinde üç farklı üniformite seviyesi ve 2 farklı sulayıcı kol uzunluğu modifiye edilmiş doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesi kullanmışlardır. Deneme derine sızma kayıpları, bitki su kullanımı ve pamuğun verimi üzerine çeşitli

sulama suyu derinliklerinde uniform olmayan uygulamalarının etkisini değerlendirmek için yürütülmüştür. Evapotranspirasyondan daha fazla su uygulamaları aşırı vejetatif gelişme nedeniyle verim azalmasına neden olduğunu belirlemişlerdir. Toplam kuru madde miktarı bakımından aşırı su kullanım etkileri ya kısa sulayıcı kol uzunluğuyla ya da yüksek üniformite uygulamalarıyla ortaya çıktığını belirlemişlerdir.

Ben-Asher ve Ayars (1990), uniform olmayan bir sulamanın derine sızmaya olan etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada, üniformite katsayısı düşerken derine sızmanın yükseldiğini belirlemişlerdir.

Hoffman ve ark. (1990), yağmurlama sistemlerinin etkinliğini ve sulamanın üniformitesini olumsuz yönde etkileyen faktörler; yağmurlama hızının toprağın infiltrasyon hızından daha yüksek olması, yağmurlama sistemlerinde düşük basınçla çalışan ve küçük ıslatma çapına sahip yağmurlama başlıklarının kullanılması, yağmurlama üniformitesindeki (CU) düşüşler ile buharlaşma ve suyun rüzgar tarafından sürüklenmesi olarak belirtilmişlerdir.

Abernethy (1991),nin yapmış olduğu bir çalışmasında sulama sistemlerinin yönetimi açısından performans ölçütlerini; verimlilik, eşitlik, karlılık, kararlılık ve sosyal yaşam seviyesi olarak beş grupta toplamıştır. Bunlara bağlı olarak performans ölçütlerini verim (ton/ha/yıl), birim suya karşılık alınan verim (suyun üretkenliği, kg bitki/m<sup>3</sup> verilen sulama suyu), ihtiyacın karşılanma oranı, sulama randımanı, su dağıtım oranı ve su ücreti toplama oranı olarak sıralamıştır.

Israr (1991), Pakistan' da sulama sistem performansını iyileştirmek amacıyla yaptığı çalışmada; sulama yönetim problemlerini yetersiz sulama, tersiyerlerden su kaybı, arazinin tesviyesiz olması, çiftçilerin aşırı su kullanımı, sulama randımanının düşük olması, tarımsal yayım servisinin etkin olmayışı kurumsal kısıtlar olarak sıralamıştır.

Little ve ark. (1993), ABD Toprak Koruma Servisinin benimsediği ölçütlere göre sulama sisteminin mevsimlik DU (dağılım üniformitesi) değerleri, eğer %90 veya daha yüksek ise 'çok iyi'; %80-89 arası 'iyi'; %70-79 'zayıf' ve %69'a kadar 'kötü' olduğunu bildirmektedir. Araştırmacıların Kaliforniya'da 13 işletmede yaptıkları çalışmalarda, DU değerlerinin işletmeler ortalamasını %58.8 ile %84.6 arasında, alan ortalamasını da %66.3 ile %84.1 arasında saptamışlardır.

Padmanabhan (1997), yağmurlama sulama sistemi ile su dağıtım üniformitesi üzerinde etkili olan iklim faktörlerinden rüzgar hızı ve yönü, bağıl nem ve üniformite katsayısı üzerindeki atmosferik sıcaklık üzerinde bir arazi çalışması yapmıştır. Çalışmasında dört farklı meme çapı ve basınç için on altı kombinasyon denenmiştir. Çalışmalar sonucunda üniformite katsayısı üzerinde yalnızca rüzgar hızının yüksek bir negatif korelasyon gösterdiğini ve diğer faktörlerin çok önemli olmadığını belirlemiştir.

Tarı (1998), Ilgın Ovasında yaptığı bir araştırmada, şeker pancarı ve patates yetiştirilen alanlarda çiftçiler tarafından yapılan yağmurlama sulamaları incelemiştir. Çalışma sonucunda DU değerlerinin %37 ile %82 arasında; CU değerlerinin de %58 ile %82 arasında değiştiği, ayrıca, yağmurlama sistemlerinde basınç ve debi değişimlerinin izin verilen sınırlardan daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Dechmi ve ark. (1999), kuzey doğu İspanyada sulama sistem özellikleri ile su kullanım etkinliği, net sulama ihtiyaçları ve su kullanımını etkileyen faktörleri incelemiştir. Tarla verileri ve bölgesel katsayılar sulama sistemlerinin teknik olarak bazı eksikliklerini ortaya koymuşlardır.

King ve ark. (1999), sürekli hareketli sulama sistemleriyle su ve kimyasal uygulamaların değişimi için bilgisayar kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Yapılan gözlemler su ve kimyasal uygulamaların klasik sistemlerle aynı doğruluğa ulaştığını göstermiştir.

Tarjuelo ve ark. (1999), yüksek bir sulama üniformitesi elde edebilmek için tarla koşullarında sabit yağmurlayıcı sistemlerle denemeler yapmışlardır. Rüzgar hızının sulama üniformitesi üzerinde net bir şekilde olumsuz yönde bir etkiye sahip olduğunu belirlemiştir. Araştırmacılar yağmurlama başlığı aralığı arttıkça sulama üniformitesinin düştüğünü belirlemiştir. Ayrıca üniformitenin yağmurlama başlığını yerden 2 m yükseğe yerleştirmekle de yükseltebileceğini belirtmişlerdir.

Tarjuelo ve ark. (1999), uygulama etkinliği esas olarak sulama suyu eş dağılımına, rüzgar ve buharlaşma kayıplarına bağlı olduğunu, bu etkinliğin aynı zamanda lateral aralığına bağlı olmakla beraber bu boyutlar arttığında etkinliğin azaldığını belirtmektedirler.

Dechmi ve ark. (2003), Kuzeydoğu İspanya' da üç değişik yağmurlama sisteminin su dağılımlarını değerlendirilmiştir. Elde edilen CU değerleri sabit,

center- pivot ve doğrusal hareketli yağmurlama sistemlerinde sırasıyla 68, 75.5, ve 80 bulunmuştur. Sabit sistemlerde CU rüzgârdan en fazla etkilenmiştir. Sabit sistemlerde CU rüzgardan dolayı aşırı şekilde azalırken, center- pivot ve doğrusal hareketli sulama sistemlerinde 2-6 m/s rüzgar hızlarındaki CU değerleri rüzgarsız koşullardan daha yüksek bulunmuştur.

Li ve ark. (2003), yağmurlama sulama ile üniform olmayan sulama ve gübrelemede kışlık buğday verimi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Deneme sonuçları su uygulama üniformitesi arttıkça gübreleme üniformitesinin arttığını sonuçta verimin arttığını göstermiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Bölgenin coğrafi konumu

Harran Ovası, kuzeyinde Şanlıurfa il merkezi ve Germüş dağları, güneyinde Türkiye-Suriye devlet sınırı, doğusunda Tektek Dağları, batısında Fatik Dağları ile sınırlanmıştır. Ovanın en geniş yeri güneyde 60 km, en dar yeri ortada Tektek Dağları ile Fatik Dağları arasında 30 km, uzunluğu kuzey-güney yönünde 65 km'dir. Topoğrafik yapı yönünden genel olarak düz yada düze yakın arazilerden oluşmaktadır. Genel eğim % 0-2 arasında olup ova 450 metre kotundan 335 metre kotuna kadar düşmektedir. Denizden ortalama yüksekliği 400 m' dir. Ovanın toplam alanı 225 109 hektar olmasına karşın proje ile öngörülen sulama alanı 151 000 hektardır (Anonim, 1980).

##### 3.1.2. Deneme alanı

Araştırma Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarında yapılmıştır. Bu alanlar düz ve düze yakın olup kil bünyeli topraklardan oluşmaktadır.

##### 3.1.3. Bölgenin iklim özellikleri

Harran Ovası, Güney Doğu Anadolu Bölgesinin karasal iklim özelliklerini taşımakta ancak, ovada Akdeniz ikliminin etkisi de görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkı yüksektir. Harran Ovasında yıllık ortalama yağış 365 mm, yıllık ortalama sıcaklık 17.2 °C ve yıllık açık su yüzeyinden buharlaşması 1850 mm' dir (Çizelge 3.1). Bu verilere göre en soğuk ayda ortalama sıcaklık 5 °C, en sıcak ayda ortalama 31 °C dir. Şimdiye dek görülen en düşük ve en yüksek sıcaklıklar -12 ve +47 °C olmuştur. (KHAE, 2003). Yağışların mevsimlere göre dağılımı; kışın %56, ilkbaharda %30, sonbaharda %13

ve yazın %1 şeklindedir. Yağışlı günlerin sayısı ortalama 70 gün, karla örtülü günlerin sayısı 3 tür.

Çizelge 3.1. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Koruklu Talat Demirören Araştırma İstasyonu 24 Yıllık (1979 -2002) İklim Verileri (KHAE, 2003)

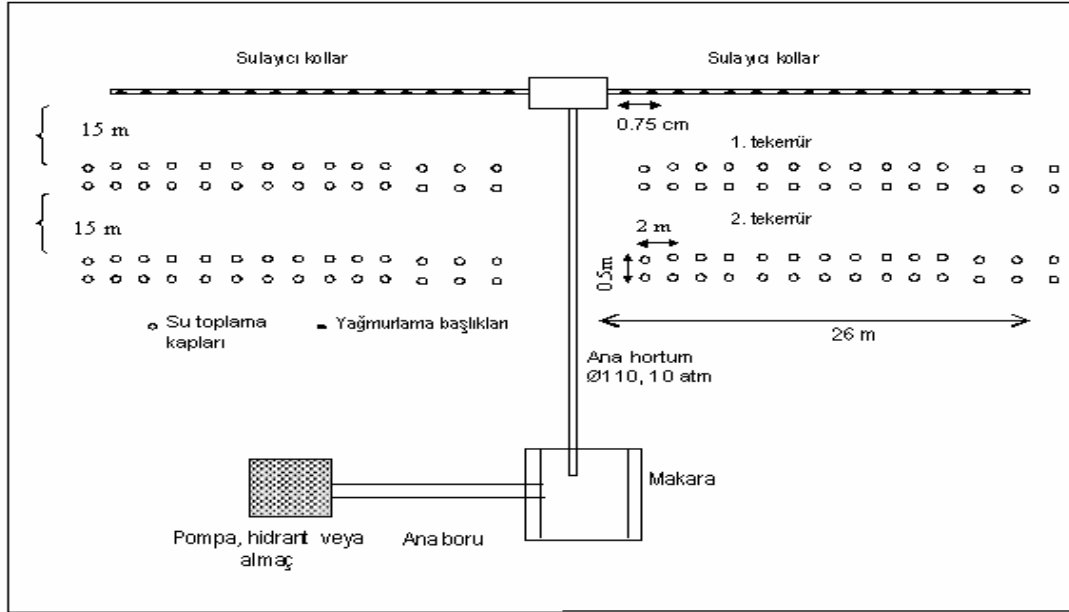
İklim Verileri	Aylar												Yıllık ortalama
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Yağış, mm	65.8	63.3	59.5	26.9	22.6	3.5	-	-	-	19.6	42	61.4	365.2
Sıcaklık, °C	4.9	6	10	15.2	21.7	27.9	31.3	29.8	25.3	18.2	10.1	6	17.2
Max. Sıcaklık, °C	19.8	25.8	27.3	34.8	43	45.4	46.8	46.6	43.7	39.4	31	22.6	46.8
Min. Sıcaklık, °C	-10.4	-14	-12.2	-3.4	1	9.4	11	9.2	3.7	-1.2	-7	-16.8	-16.8
Oransal Nem, %	69	64	58	58	42	33	34	40	38	45	60	72	51
Buharlaşma, mm	-	-	52	116.8	199.3	314.5	376	337.9	249.8	151.9	50.6	-	1848.8
Ortalama Rüzgar Hızı m/s	1.6	1.7	1.6	1.6	1.9	2.4	2.3	1.9	1.5	1	0.9	1.2	1.6

#### 3.1.4. Bölgenin su kaynakları

Ovanın bir bölümü yer altı suyundan pompaj yardımıyla sulanmakta, büyük bir bölümü ise Şanlıurfa Tünelleri yardımı ile ovaya aktarılan Fırat nehri suyu ile sulanmaktadır. GAP'ın en büyük kilit yapılarından biri olan Şanlıurfa Tünelleri yaklaşık 358 000 ha yerçekimi ile ve 118 000 hektar pompajla olmak üzere 475 000 hektar araziye sulayacak kapasiteye sahiptir. Sistem, her biri 7.62 metre çapında ve 26.4 km. uzunluğunda iki adet dairesel kesitli beton kaplı tünelden oluşur. Tünellerin toplam uzunluğu, ulaşım ve bağlantı tünelleri dahil 57.8 km' dir (Anonim, 1993).

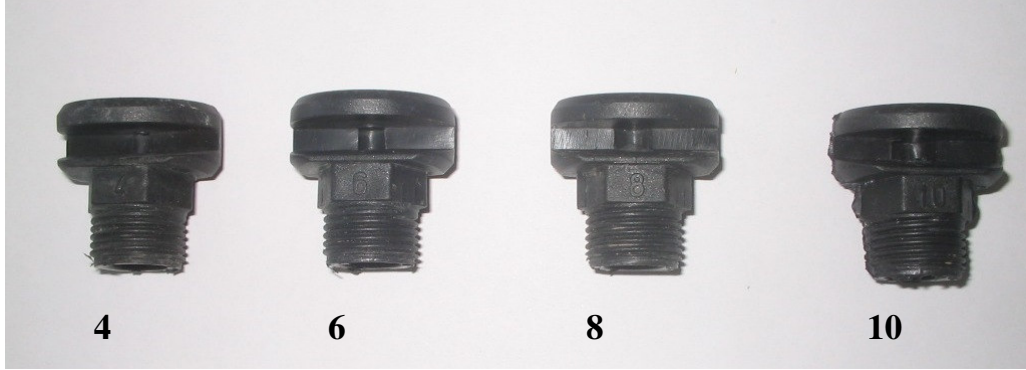
### 3.1.5. Araştırmada kullanılan Tamburlu Yağmurlama Sulama Makinesi

Tamburlu yağmurlama sulama sistemi Şekil 3.1.'de şematik olarak gösterildiği gibi doğrusal hareketli bir sistemdir. Bu sistem filtre, su sayacı, emici ve bağlantı hortumları, PE boru, sulama makinesi, sulayıcı kollardan oluşmaktadır. Makinenin esnek hortumu 90, 100, 110, 125 mm çaplarında, maksimum 600 m uzunlukta olabilmekte ve 10 atm basınca dayanıklılıktadır. Tamburlu yağmurlama sulama makinesi 2 atm gibi çok düşük basınçlarda çalışabilmektedir. Makineye sağ ve sol sulayıcı kolda olmak üzere toplam 72 adet başlık takılabilmektedir (Şekil 3.1). Denemelerde 300 m uzunlukta, 110 mm çapında, 10 atm basınca dayanıklı esnek hortum kullanılmıştır. Ayrıca denemeler sırasında sulayıcı kollara toplam 36 adet yağmurlama başlığı takılmıştır. Bu sulama makinesi saatte 0-50 m arasındaki hızlarda hareket edebilmektedir. Denemede spray şeklinde çalışan 4 farklı tipte (4, 6, 8 ve 10 mm) yağmurlama başlığı kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Deneme alanında Tamburlu Yağmurlama Sulama Sistemi ve su toplama kaplarının yerleşim düzeni

Denemelerde kullanılan yağmurlama başlıkları Şekil 3.2' de ve yağmurlama başlıklarının sulayıcı kollar üzerindeki konumu Şekil 3.3.' de görülmektedir.



Şekil 3.2. Testlerde kullanılan yağmurlama başlıkları

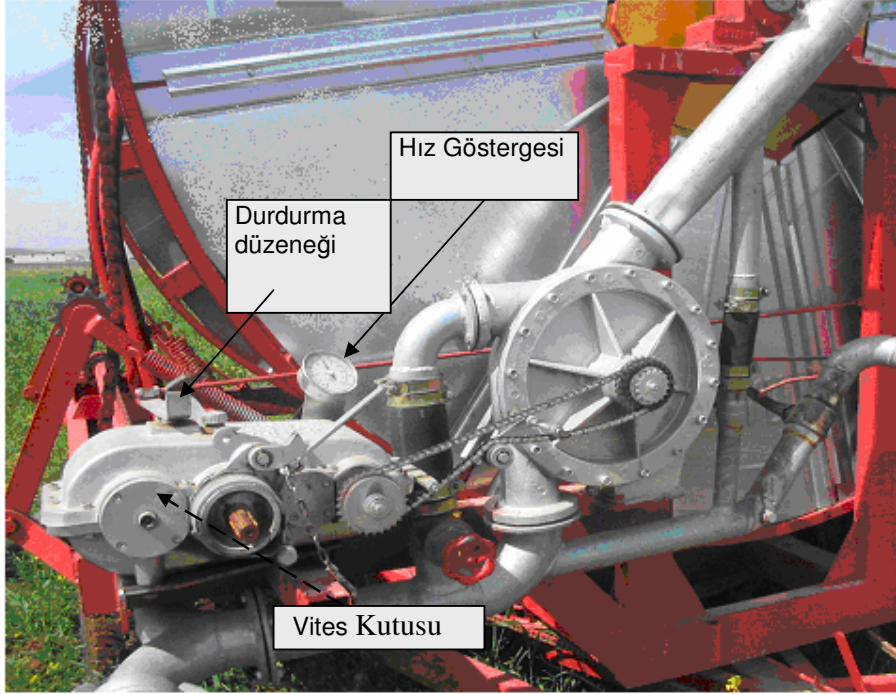


Şekil 3.3. Yağmurlama başlıklarının sulayıcı kol üzerinde görünüşü

Denemede kullanılan tamburlu yağmurlama sulama sistemi motopomptan çıkan sulama suyunun basıncıyla, bir şanzıman yardımıyla hareket ettirilmektedir. Belirli bir basınçla makine gövdesine aktarılan su, dişli sistemini harekete geçirir. Burada elde edilen hareket bir zincir dişli sistemiyle, üzerinde PE borunun sarılı olduğu tamburayı harekete geçirir. Tambura üzerindeki ana boru maksimum 600 m olmak üzere istenilen mesafede uzatılabilir. Sistem çalışmaya başladıktan sonra sabit bir yerde duran makinenin tamburası maksimum 50 m/h hızda döndürülebilir. Makinenin hızını ayarlayabilmek için makineye bir hız ayar ünitesi (şanzıman kutusu) monte edilmiştir. Makinenin hızı suyun debisi azaltılıp artırılarak ayarlanmaktadır. Şekil 3.4.' de makinenin hortumunu sarıldığı tambura ve hız göstergesi ile vites kutusunun makine üzerindeki konumu görülmektedir. Uzatılan su iletim borusu, tamburun (makara) dönerek makinenin gövdesine doğru sarılmasıyla hareket sağlanır.



Sulama sulayıcı kolların üzerine takılan yağmurlama başlık ekipmanlarıyla yapılmaktadır. Denemelerde fiskiye şeklindeki yağmurlama başlıkları kullanılmıştır. Bu sistemde yağmurlama hızı; basınç, makinenin hareket hızı ve başlık çapına bağlı olarak değişir. Makinenin üzerinde suyun basıncını kontrol eden durdurma düzeneği ile hız ve basınç göstergeleri vardır (Şekil 3.4). Bu göstergeler yardımıyla tamburanın dönme hızı öngörülen hızlara ayarlanabilmektedir. Buna bağlı olarak da yağmurlama görevi yapan sulayıcı kolların makineye doğru olan hareket hızı değiştirilebilir. Başlık büyüklüğü, hız ve basıncın değiştirilmesi ile istenilen sulama suyu miktarı sağlanır.



Şekil 3.4. Tamburlu sulama makinesinin sabit kısmının görünüşü

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Deneme konuları

Deneme konuları üretilen makinenin başlık özelliklerine göre belirlenmiştir. Denemede değişik çaplara sahip (4, 6, 8, 10 mm) yağmurlayıcıların değişik hızlardaki (12, 24, 36 m/h) su dağılımları belirlenmiştir. Tamburlu sulama makinesi için dört adet sulama başlığı üretilmiştir. Bu başlıkların hepsi testlerde denenmiştir. Hızlar ise 12, 24 ve 36 m/h gibi birbirinin katı olan değerler seçilmiştir. Daha yüksek hızlarda sistem çok az su bırakacağı için değerlendirmeye alınmamıştır.

#### 3.2.2. Denemelerde yapılan ölçümler

Denemelerde ilk beş test 3'er tekerrürlü olarak yapılmıştır. Ancak yapılan istatistiksel analizler sonucunda tekerrürler arasında fark çıkmadığından tekerrür sayısı altıncı testten itibaren 2'ye düşürülmüştür. 4 nolu meme çapı için 12 ve 24 m/h hızları için testler yapılmıştır, 36 m/h'lik hız için elde edilecek su miktarları çok düşük olduğundan ve ölçümlere olan güven azlığından bu test yapılmamıştır. Denemelerde toplam 27 adet test yapılmıştır.

Testler süresince yapılan işlemler;

- Sistemin işletme basıncı sabit olup, giriş basıncı 3.5 atm alınmıştır
- Yağmurlayıcıların yerden yüksekliği sabit olup 1.5 m'dir.
- Testler süresince rüzgar hızı ve yönü ölçülmüştür
- Makinenin hızı test süresince sabit tutulmuştur. Ayrıca makinenin gerçek hızı, kronometre yardımıyla makinenin belirli sürede aldığı mesafe ölçülerek kontrol edilmiştir.
- Yağmurlayıcıların debileri her bir başlık için sağ ve sol sulayıcı kolların başında, sonunda ve ortasında olacak şekilde üçer tekerrürlü olarak ölçülmüştür.
- Yağmurlayıcıların ıslatma çapı ölçülmüştür.

### 3.2.3. Su dağılımının belirlenmesi

Sistemin su dağılımını belirlemek amacıyla ASAE (S436) standartlarına uygun PVC su toplama kapları kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan su toplama kapları ASAE (S436) standartlarına göre Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin yağmurlayıcı kollarına paralel ve ana boruya/hortuma dik olacak şekilde yerleştirilmiştir.

ASAE (S436) standartlarına göre, su toplayıcı kapların sıra üzeri aralıklarının, yağmurlama başlıklarının ıslatma çapının %30 undan fazla olmaması önerilmektedir (ASAE, 1996). Yağmurlayıcıların ıslatma çapı 9 m olarak ölçüldüğünden toplayıcıların sıra üzeri mesafesi  $9 \times 0.30 = 2.7$  m den fazla olmaması gerekmektedir. Dolayısıyla buna dayanarak toplayıcılar sıra üzeri mesafeleri 2 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.5. Su toplama kabının tarla uygulamasındaki görünümü

Su toplama kapları 2 sıra halinde ve sıra üzeri 2 m, sıra arası 0.5 m aralıklı ve yerden 0.5 m yüksekte olacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.6). Su toplama kaplarını yerden 0.5 m yüksekliğe yerleştirebilmek için yükselticiler kullanılmıştır.

Her sırada sağ ve sol sulayıcı kolların önünde toplam 28 adet ve her tekerrürde 2 sıra olacak şekilde  $28 \times 2 = 56$  adet su toplama ve yükseltici demir çubuk kullanılmıştır. Ölçme alet-ekipmanları yardımıyla su toplama kaplarının bir doğru üzerinde olması sağlanmıştır. Ayrıca su toplama kaplarının yere paralelliğini sağlamak için su düzeçleri kullanılmıştır.

Su toplama kapları ASAE(S436) standartlarına uygun olarak PVC malzemeden yapılmış, 20 cm boyunda, 10.5 cm çapında, silindir biçimli, keskin kenarlı ve düz ağızlıdır (Şekil 3.5).

Buharlaşma kayıplarını en aza indirmek için sulayıcı kollar kapların üzerinden tamamıyla geçtikten hemen sonra kaplarda biriken sular, 0.1 ml'ye duyarlı ölçekli kaplarla ölçülmüştür. Denemelerde tekerrürler arasında 15 m mesafe bırakılmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.6. Su toplama kaplarının arazide görünümü

### 3.2.4. Yağmurlama başlıklarında debi ölçümleri

Yağmurlayıcı başlık debileri makinenin sağ ve sol sulayıcı kolunda, başta ortada ve sonda olmak üzere 3 tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Debi ölçümleri, hacmi bilinen bir kabın dolum süresinden yararlanılarak belirlenmiştir. Ölçümün en az hata ile yapılabilmesi için yeterince büyük bir kap seçilip ve dolum süresi bir kronometre ile saptanmıştır (Merriam ve Keller, 1978). Bu işlem için 3-5 litrelik naylon torbalar kullanılmıştır. Yağmurlayıcılar spray şeklinde ve açma kapama vanasına sahiptirler. Spreylerden çıkan su bir naylon torbada toplanıp ve ölçekli bir silindir yardımıyla hacmi belirlenmiştir. Bulunan hacmin süreye bölünmesiyle l/s olarak debi hesaplanmıştır.

### 3.3. Analiz ve Değerlendirme Yöntemleri

#### 3.3.1. Değişim katsayıları

Lateral boyunca yağmurlama başlıklarındaki debi değişimini saptamak için aşağıdaki eşitlikten yararlanılacaktır.

$$q_{\text{var}} = \frac{q_{\text{max}} - q_{\text{min}}}{q_{\text{max}}} * 100 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

$q_{\text{var}}$  : Debi değişimini (%),  $q_{\text{max}}$  :Sulayıcı kollardaki en yüksek başlık debisini (L/s),  $q_{\text{min}}$  sulayıcı kollardaki en düşük başlık debisini (L/s) ifade etmektedir.

Ortalama başlık debilerinin hesaplanmasında ise aşağıdaki eşitlikten yararlanılacaktır.

$$q_{\text{ort}} = \frac{q_1 + \dots + q_n}{n} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

$q_{\text{ort}}$  : Ortalama debi (atm),  $q_1$  : Sulayıcı kol üzerindeki ilk başlığın debisi (atm),  $q_n$  : Sulayıcı kol üzerindeki başlığın debisi (atm),  $n$  : Sulayıcı kol üzerindeki başlık sayısını göstermektedir.

Sulama veya test sonunda kaplarda biriken sulama suyu miktarları dereceli silindire ölçülerek birim alana düşen sulama suyu miktarı belirlenecektir.

### 3.3.2. Sulama suyu eşdağılımı (CU)

Sulama suyu eşdağılımını belirlemek için Christiansen (1942) tarafından geliştirilen eşitlikten yararlanılmıştır. Anılan eşitliğe göre, her su toplama kabının temsil ettiği alan eşit olduğundan eş dağılım katsayısının (CU) hesaplanması aşağıda şekilde Merriam ve Keller (1978) metodu kullanılarak yapılmıştır.

$$CU = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X - \bar{X}|}{n \bar{X}} \right) \quad (3.3)$$

Eşitlikte; CU : Christiansen katsayısını, X: Su toplama kaplarında sulama süresince biriken su miktarını (mm),  $\bar{X}$ : Su toplama kaplarında biriken ortalama sulama suyu miktarını (mm), n : Su toplama kaplarının sayısını göstermektedir.

### 3.3.3. Dağılım türdeşliği (DU)

Denemede performanslarının değerlendirilmesinin belirlenmesinde dağılım türdeşliği eşitliği de kullanılmıştır. Bu ölçüt su toplama kaplarında biriken ortalama sulama suyu miktarının (mm), su toplama kaplarının en az su alan 1/4'ündeki ortalama su miktarına oranı olarak belirlenmektedir. Su toplama kaplarında biriken sulama suyu miktarları aşağıda verilen eşitlik ile değerlendirilerek su dağılım türdeşliği hesaplanmıştır.

$$DU = 100 \frac{\bar{X}_{1/4}}{\bar{X}} \quad (3.4)$$

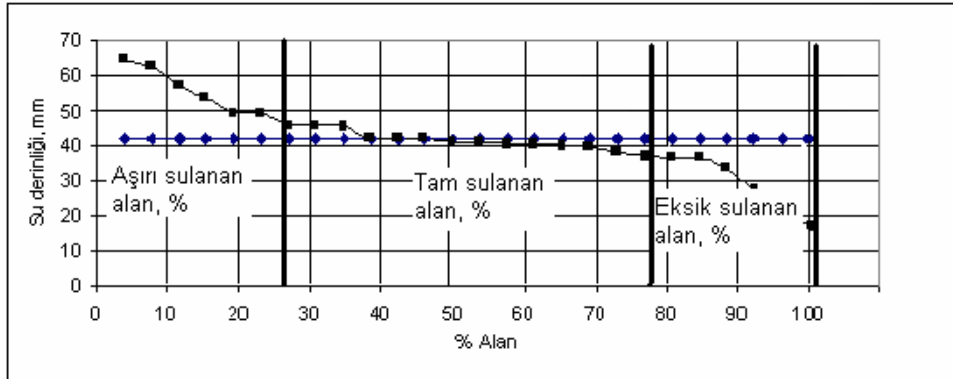
Eşitlikte; DU: Dağılım türdeşliğini,  $\bar{X}$ : Su toplama kaplarında biriken ortalama sulama suyu miktarını (mm),  $\bar{X}_{1/4}$ : Su toplama kaplarının en az su alan 1/4'ündeki ortalama su miktarını (mm) göstermektedir.



### 3.3.4. Sulama yeterliliği

Sulamanın yeterliliği, bitki, toprak ve belirli niteliklerde pazar koşulları gerektirdiğinden dolayı sulama yeterliliği, normal olarak yeterli veya fazla su alan tarlanın yüzdesi olarak tanımlanır. Sulama yeterliliği, Şekil 'de gösterildiği gibi, yığılımlı frekans dağılımı kullanılarak elde edilir. Anılan şekil, herhangi bir miktardaki suyu veya daha fazlasını alan arazi alanı yüzdesini gösterir. Şekildeki kesikli çizgi ile gösterilen hat, yeterli uygulama derinliğini temsil etmektedir. Testlerde sulama makinesinin bıraktığı suyun ortalaması kadar su alan arazi kısımlarının yeterli düzeyde sulandığı varsayılmıştır. Değinilen şekilde arazinin %50' si yeterli veya daha fazla su aldığından dolayı bu tarla için sulama yeterliliği %50' dir (James, 1993).

Şekil 3.7.' deki gibi yığılımlı frekans dağılım deseni, tarladaki gözlem noktalarında infiltrate olan veya tutulan su miktarını ve her bir noktanın temsil ettiği toplam alanın yüzdesini belirleyerek oluşturulmaktadır. Daha sonra anılan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak düzenlenmekte ve belli miktarda veya bundan fazla su alan tarla yüzdesi hesaplanmaktadır. Bulunan değerler Şekil 3.7'deki gibi gösterilmektedir.



Şekil 3.7. Sulama yeterliliğinin şematik gösterimi

### 3.3.5. Yağmurlama hızının belirlenmesi

Sistemin farklı çalışma hızları için yağmurlama hızları hesaplanmıştır (James, 1993).

$$I_{YL} = \frac{Q}{L * S} * 1000 \quad (3.5)$$

$$Q = n * q$$

Eşitlikte;  $I_y$  : Sistemin ortalama yağmurlama hızını (mm/h),  $q$  : başlık debisini ( $m^3/h$ ),  $n$  başlık sayısını,  $L$ : sistemin ıslattığı alanın genişliğini (m ),  $S$ : Sistemin birim zamanda aldığı yolu (m),  $Q$ , sistemin debisini göstermektedir.

### 3.3.6. Sistemin Harran ovasında kullanılma olanakları

Su dağılım testleri ve yağmurlama hızı değerlerine göre ovanın değişik bölgelerindeki farklı infiltrasyon kapasitelerine sahip topraklarda makinenin kullanılma olanakları belirlenecektir.

Bu amaçla Karaata, (1991) tarafından hazırlanmış olan Harran Ovası sulama rehberinden yararlanılmıştır. Özellikle makinenin farklı hızlarda ve başlıklarda bıraktığı su miktarlarına göre hangi bölgelerde hangi hızda kullanılması gerektiği belirlenmiştir.



#### 4. ARASTIRMA BULGULARI ve TARTISMA

##### 4.1. Sulama Suyu Dağılımı

Ülkemizde ve bölgemizde yeni kullanılmaya başlayan bir sulama sistemi olan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sisteminin doğru kullanımı için bazı performans ölçütleri belirlenmiştir. Bunlar Christiansen eş dağılım katsayısı (CU), dağılım türdeşliği (DU), su uygulama yeterliliği ve yağmurlama hızıdır. Bu özellikler materyal ve yöntemde verildiği gibi değerlendirilerek grafik ve çizelgeler halinde verilmiştir.

##### 4.1.1. Christiansen eş dağılım katsayısı (CU)

Sistemin değişik hız ve başlıklar için yarattığı su dağılım desenleri dört değişik başlık ve üç hız için belirlenmiştir.

Testlerde, CU değerleri 61 ile 79 arasında değişmiştir. Ancak, ölçümler, makinenin su dağıtıcı kollarının her iki uç kısımlarına yerleştirilmiş olan su toplama kaplarında çok az miktarda su toplandığını göstermiştir. Son iki sıra göz önüne alınmadan hesaplamalar yapılırsa su dağılım eşdeşliği yükselmektedir. Tüm değerler göz önüne alınırsa CU değerleri düşmektedir. Bu durum da CU hesaplamalarında en uç kısımlarda bulunan 1. ve 2. su toplama kapları hesaba katılmadan yapılan değerlendirmeler CU değerlerinin Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi arttığını göstermiştir. Örneğin 61 olan CU değeri 73 e, 79 olan ise 88 e kadar çıkmıştır. Tüm değerlerde benzer artışlar meydana gelmiştir.

Çizelgede, baştan ve sondan birer sıra atarak hesaplanan CU değeri  $CU_2$ , ikişer sıra atılarak hesaplanan CU değerleri  $CU_3$  olarak adlandırılmıştır.  $CU_2$  ve  $CU_3$  değerlerinin  $CU_1$  değerinden yüksek olması makinenin ıslatma genişliğinin azalması anlamına gelmektedir. Aksi takdirde makinenin suladığı alanın, baştan ve sondan ikişer metrelik bölümlerinin tüm ıslatılan alana göre çok daha az su almış bir bölüm kalacaktır.

Uygulamada sistemin ıslatma genişliği sulayıcı kolların uzunluğundan daha düşük bir değer olmaktadır. Bu durumda en yüksek CU değerlerini veren  $CU_3$  değerlerine göre makinenin ıslatma genişliği sulayıcı kolların uzunluğundan 2 metre daha düşük alınmalıdır. Diğer bir seçenek olarak ta uç kısımlara daha yüksek debili başlıkların takılmasıdır.

#### 4.1.2. Dağılım türdeşliği (DU)

Dağılım türdeşliği de CU' da olduğu gibi iki şekilde değerlendirilmiştir. İlkinde sistemdeki tüm değerler göz önüne alınmıştır. İkinci değerlendirmede isen uçlarda bulunan bir sıra göz önüne alınmadan hesaplanmıştır. Çizelge 4.2.'de baştan ve sondan birer sıra atarak hesaplanan DU değeri  $DU_1$  olarak adlandırılmıştır.

Dağılım türdeşliği sulama sistemlerinde sistemin yeterli düzeyde eş su dağılımı yapıp yapmadığını belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Eş dağılımın yeterli düzeyde olması için DU değerinin 75 den büyük olması istenmektedir (Keller ve Bliesner, 1990). Yapılan testlerde, DU değerleri 34 ile 67 arasında değişmiştir. Ancak, yapılan ölçümlerde, makinenin su dağıtıcı kollarının her iki uç kısımlarına yerleştirilmiş olan su toplama kaplarında çok az miktarda su toplandığını göstermiştir. Eğer son sıra hesaba katılmazsa veya bu kısımlar üst üste çakıştırılarak hesaplanırsa su dağılım türdeşliği yükselmektedir. Eğer örtüşme yapılmazsa DU değerleri düşmektedir. Bu durum göz önüne alınarak DU hesaplamalarında en uç kısımlarda bulunan toplama kapları göz önüne alınmadan hesaplamalar yapıldığı da DU değerlerinin Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi artmaktadır. Çizelge 4.2' de 34 olan DU değerinin 43 e, 67 olan DU değerinin ise 72 ye kadar çıktığı görülmektedir.

Bu durum CU hesaplamalarında da olduğu gibi sulayıcı kolların uç kısımlarında örtüşme yapılması gereksinimini ortaya çıkarır yada en uç kısımlara daha büyük debili başlıkların takılması gerekmektedir.

Çizelge 4.1. Christiansen eş dağılım (CU) katsayıları (\* T: tekrür)

Test	1				2				3				4				5			
Meme Çapı	4				4				6				6				6			
Sistemin Hızı	12m/h				24 m/h				12 m/h				24 m/h				36 m/h			
Tekerrürler	T*1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.
CU <sub>1</sub>	74	73	69	72	78	77	73	76	80	75	71	75	72	74	66	71	76	79	76	77
CU <sub>2</sub>	79	77	74	77	79	79	77	78	86	80	78	81	78	77	73	76	80	81	78	80
CU <sub>3</sub>	81	81	78	80	81	83	81	82	88	85	82	85	82	82	77	80	86	82	81	83

Test	6			7			8			9			10			11		
Meme Çapı	8			8			8			10			10			10		
Sistemin Hızı	12 m/h			24			36			12			24			36		
Tekerrürler	T*1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.
CU <sub>1</sub>	77	71	74	69	75	72	73	64	69	67	61	64	62	62	62	62	61	62
CU <sub>2</sub>	81	78	79	76	82	79	80	73	77	72	67	70	67	70	68	67	68	67
CU <sub>3</sub>	85	85	85	81	87	84	84	79	81	79	73	76	73	78	76	73	73	73

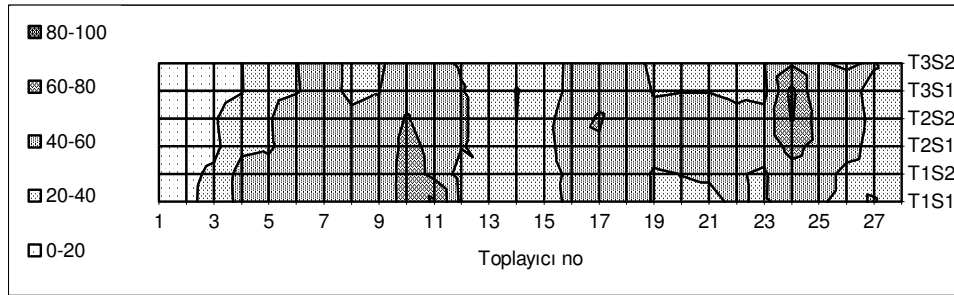
Çizelge 4.2. Dağılım üniformitesi değerleri

Test	1				2				3				4				5			
Meme Çapı	4				4				6				6				6			
Sistemin Hızı	12m/h				24 m/h				12 m/h				24 m/h				36 m/h			
Tekerrürler	T1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.	T1	T2	T3	ort.
DU <sub>1</sub>	55	51	41	49	65	62	55	61	61	55	46	54	50	55	41	49	57	67	54	59
DU <sub>2</sub>	61	57	46	55	70	69	62	67	71	61	57	63	60	65	51	58	64	72	64	67

Test	6			7			8			9			10			11		
Meme Çapı	8			8			8			10			10			10		
Sistemin Hızı	12 m/h			24			36			12			24			36		
Tekerrürler	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.	T1	T2	ort.
DU <sub>1</sub>	53	44	48	42	54	48	50	37	44	42	35	38	36	33	34	39	35	37
DU <sub>2</sub>	64	54	59	53	65	59	60	47	54	51	46	48	44	43	43	49	45	47

### 4.1.3. Su dağılım desenleri

Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin sulayıcı kollarının arazi üzerindeki su dağılımını belirlemek amacıyla su dağılım desenleri haritalar halinde gösterilmiştir. Su dağılım desenlerinde her su toplama kabında ölçülen su derinlikleri mm olarak alınmıştır. Her bir yağmurlama başlığı ve hız kombinasyonu ayrı ayrı grafiklenmiştir. Su dağılım desenleri incelendiğinde açık renkten koyu renge doğru gidildikçe su derinliği artmaktadır. Şekil 4.1.'deki 4 nolu yağmurlama başlığının 12 m/h ilerleme hızında sistemin su dağılım deseni gösterilmektedir. Bu şekli incelediğimizde sulayıcı kolların uç kısımlarında yani 1, 2, 27 ve 28 numaralı su toplama kaplarının bulunduğu bölümlerde diğer kısımlara göre daha açık bir renk olduğu görülmektedir. Bu durum sulayıcı kolların uç kısımlarındaki yağmurlayıcıların diğer bölümlere göre daha az miktarda su bıraktığını göstermektedir. Ayrıca kolların tam ortasında yani 13, 14 ve 15 numaralı su toplama kaplarının olduğu bölümde de kolların ortasına göre daha az su toplandığı görülmektedir. Her test incelendiğinde bütün hız ve yağmurlama başlıklarında uç kısımlarda ve orta kısımda benzer sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Bir nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:4, V:12 m/h)

\*Şekilde T, tekerrürü; S, sırayı ifade etmektedir.

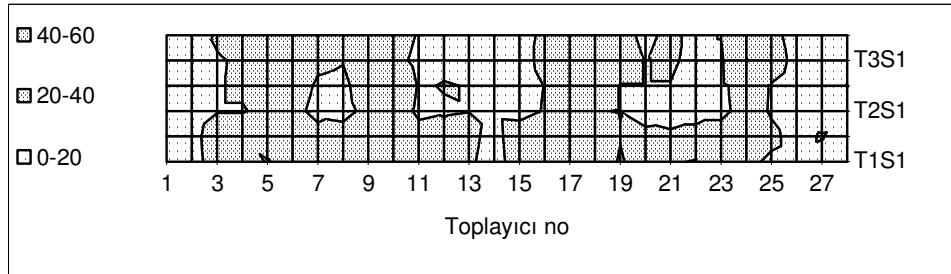
Doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinde su dağıtıcı kolların gövdeye doğru hareketini sağlayarak, ana hortumun tambura sarılmasını sağlayan hareketli kısım sulanan alanın tam ortasında yer almaktadır. Bu noktalarda bulunan su toplama kaplarındaki su miktarları her bir test için, toplam su miktarının ortalamasının altında olduğu görülmektedir. Bunun nedeni arazinin ortasından geçen

hareketli kısmın gövdesinin ve tekerleklerinin yağmurlayıcılardan çıkan suyu engelleyerek sağdaki ve soldaki toplayıcılara düşmesine neden olmaktadır.

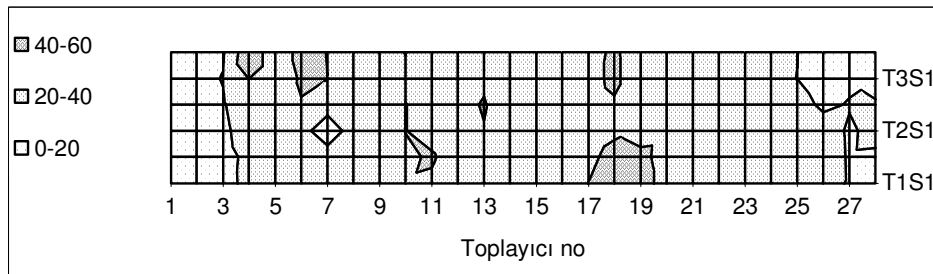
Bundan dolayı orta kısmın az su almasını önlemek ve diğer kısımlardaki su miktarına yaklaştırmak için su dağıtıcı kolların orta kısmında bulunan yağmurlayıcıların sayısı artırılmalı veya daha büyük çaplı yağmurlayıcılar kullanılmalıdır (Şekil 4.2 - 4.11.).

Anılan şekillerde sulayıcı kolların her iki ucunda da daha düşük miktarlarda su toplandığı görülmektedir. bu durum birkaç değişik nedenden kaynaklanmaktadır. Denemelerin yapıldığı sırada dağıtıcı kollarda zaman zaman bir dengesizlik olduğu gözlenmiştir. Ayrıca testlerin yapıldığı alanın topografik açıdan tam düz olmaması da farklı miktarlarda su toplanmasının diğer bir nedenidir. Sulayıcı kollarına uç kısımların doğru artan yük kayıpları da bu kısımlarda başlık debilerinin azalmasına neden olmuştur.

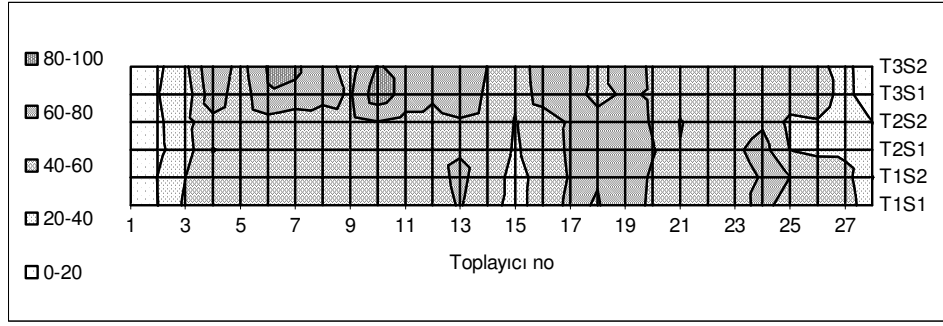
CU ve DU değerlendirmesinde de belirtildiği gibi uç kısımlar da az su toplanması makinenin sulama genişliğini azaltmaktadır. Her bir su toplama kabı 2 metrelik alanı temsil ettiği için sistem en az 2 metre örtüşme yapılarak kullanılmalıdır. Bir başka öneride az su bırakan noktalarda daha büyük debili yağmurlama başlıkları kullanılmalıdır.



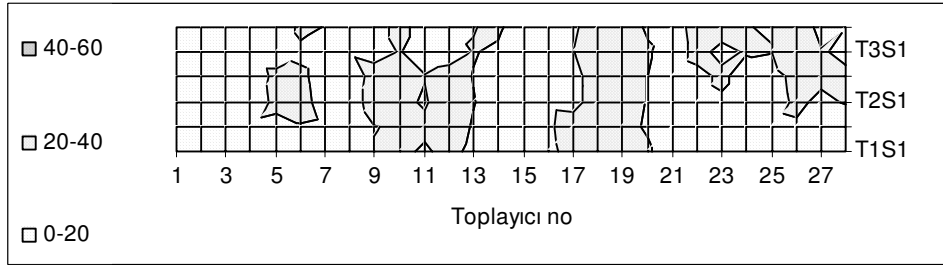
Şekil 4.2. İki nolu teste ait su dağılım deseni, mm (d:4, V:24 m/h)



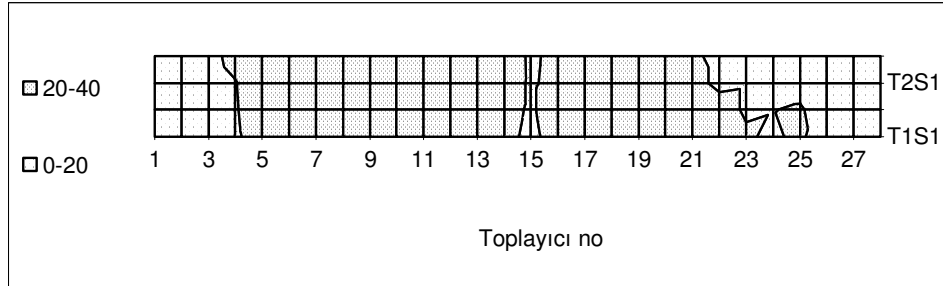
Şekil 4.3. Üç nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d: 6, V:12 m/h)



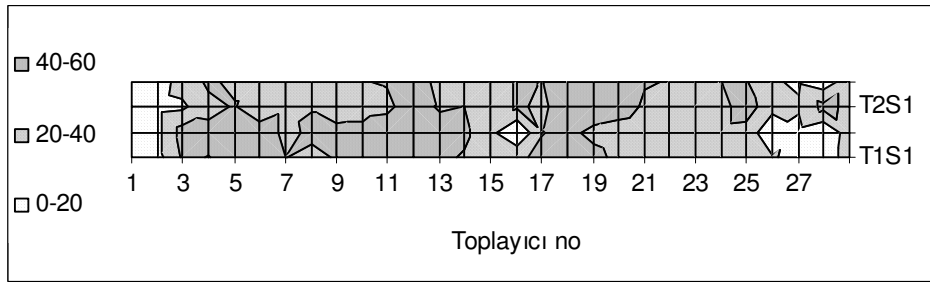
Şekil 4.4. Dört nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:6, V:24 m/h)



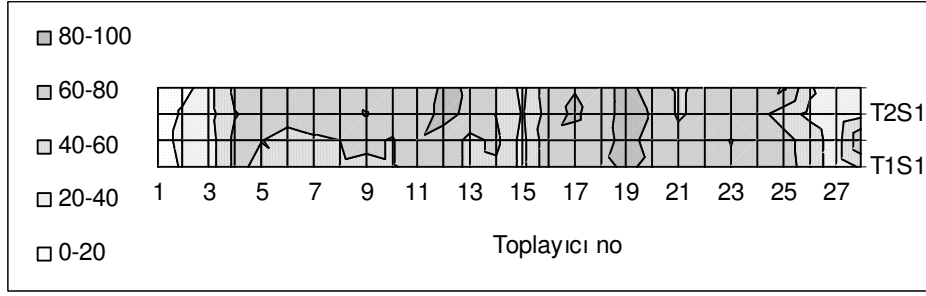
Şekil 4.5. Beş nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:6, V:36 m/h)



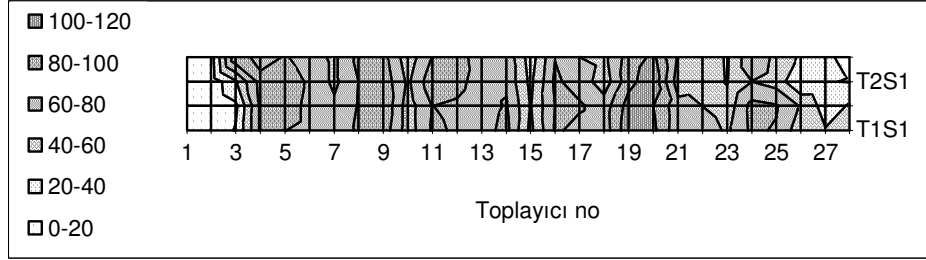
Şekil 4.6. Altı nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:8 V:12 m/h)



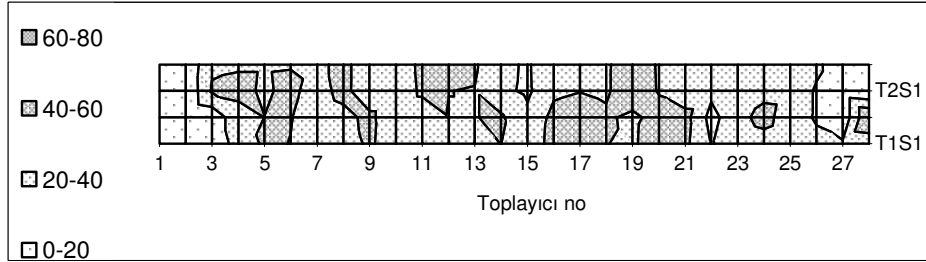
Şekil 4.7. Yedi nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d: 8, V:24 m/h)



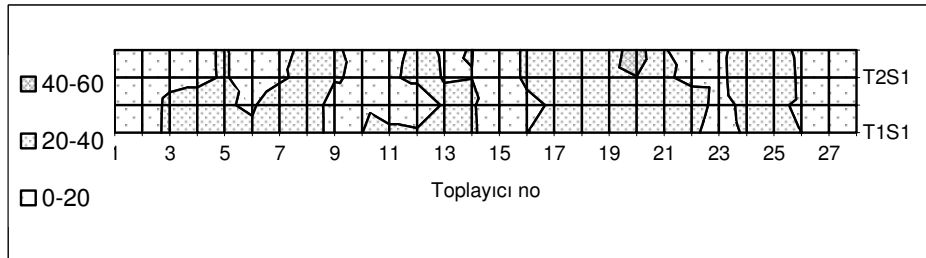
Şekil 4.8. Sekiz nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:8, V:36 m/h)



Şekil 4.9. Dokuz nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:10, V:12 m/h)



Şekil 4.10. On nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:10, V:24 m/h)



Şekil 4.11. Onbir nolu teste ait su dağılım deseni, mm.(d:10, V:36 m/h)

#### 4.1.4. CU – meme çapı –hız – su derinliği ilişkileri

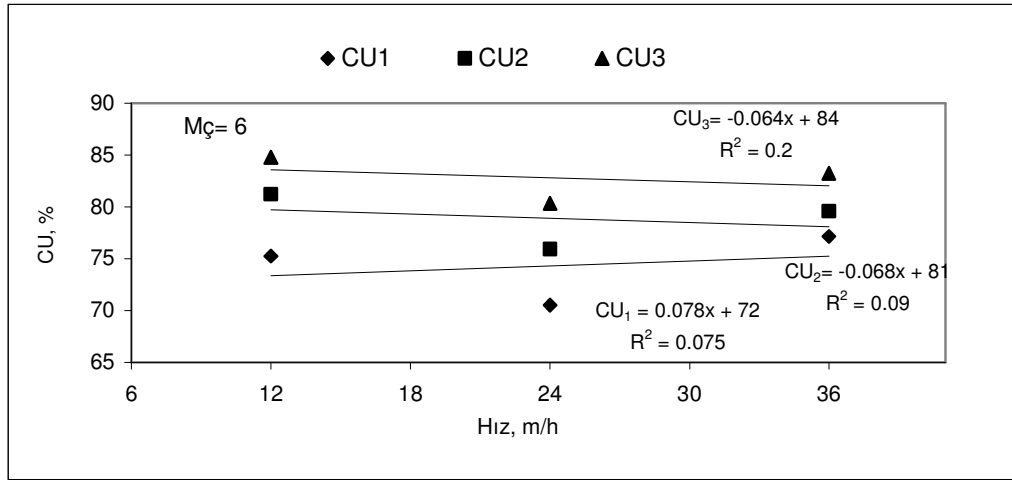
##### 4.1.4.1. CU – hız ilişkileri

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin çalışma hızlarına karşılık CU değerleri Çizelge 4.3. de verilmiştir. Üç farklı şekilde CU değerleri hesaplamıştık. Bu hız değerleri ile CU'lar karşılaştırıldığında aralarında bir ilişki olmadığı görülmüştür. 8 ve 10 nolu meme çapları için makinenin hızı artıkça CU değerlerinde azalış eğilimi olduğu belirlenmiştir. Ancak 6 ve 4 nolu başlıklarda hız artıkça CU değerinde artışlar olmuştur. Şekil 4.14, 4.15. ve 4.16. incelendiğinde görüldüğü gibi bu artış ve azalışlar önemsiz düzeydedir. Dolayısıyla tamburlu yağmurlama sulama sisteminin hızının su dağılım üzerine bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

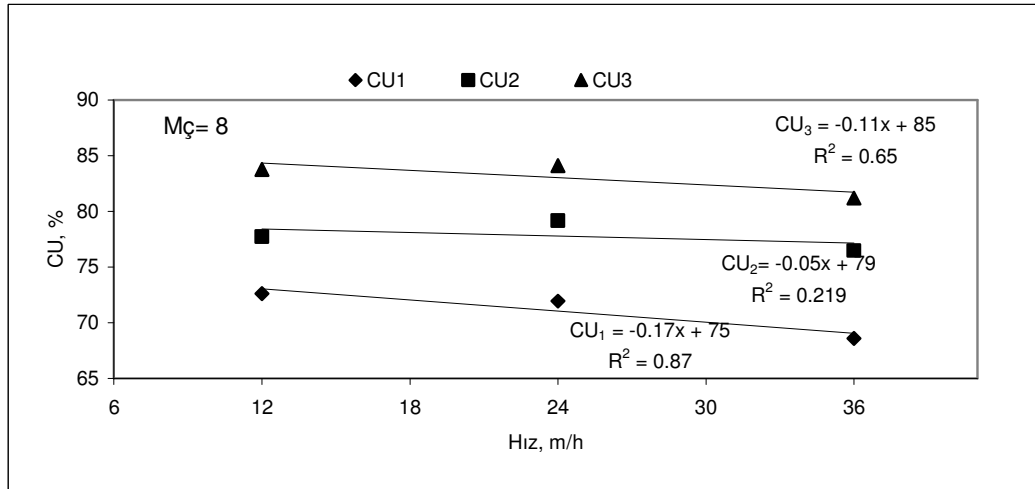
Çizelge 4.3. Meme çapları ve hızlara karşı gelen CU değerleri

Meme Çapı	Hız, m/h	CU <sub>1</sub>	CU <sub>2</sub>	CU <sub>3</sub>
4	12	72	77	80
	24	75	79	81
6	12	75	81	85
	24	71	76	80
	36	77	80	83
8	12	73	78	84
	24	72	79	84
	36	69	76	81
10	12	64	70	76
	24	62	68	76
	36	62	68	73

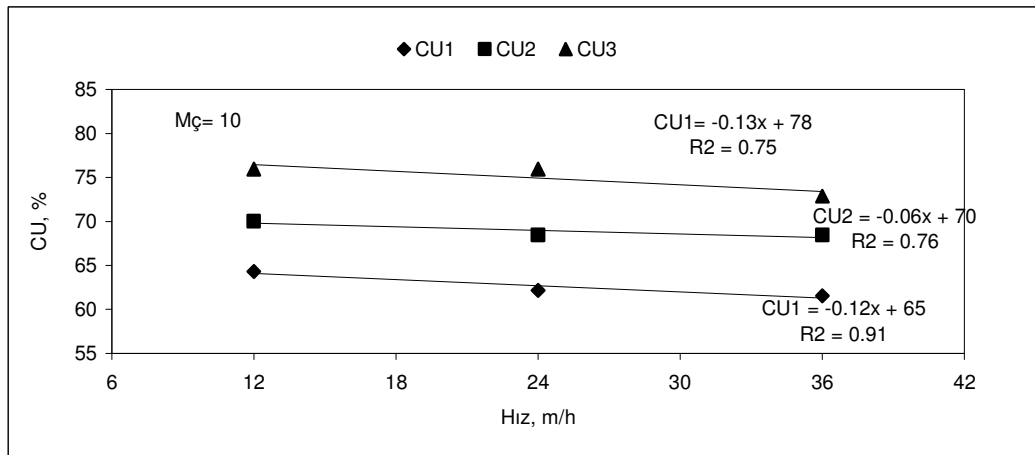




Şekil 4.12. 6 mm'lik yağmurlayıcı için hız- CU ilişkisi



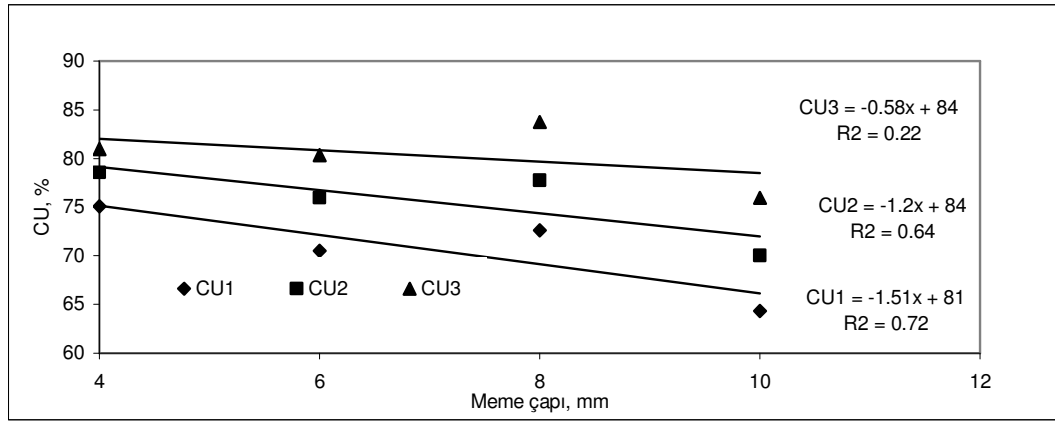
Şekil 4.13. 8 mm'lik yağmurlayıcı için hız- CU ilişkisi



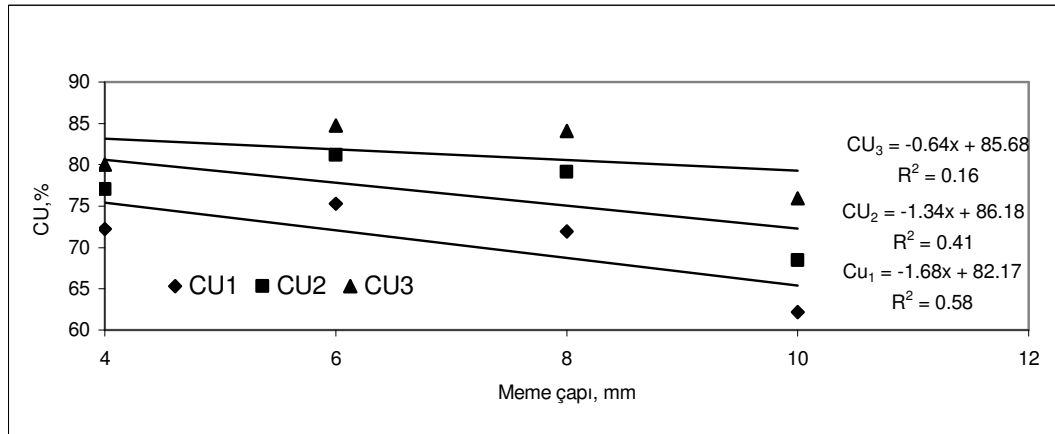
Şekil 4.14. 10 mm'lik yağmurlayıcı için hız- CU ilişkisi

#### 4.1.4.2. CU- meme çapı ilişkisi

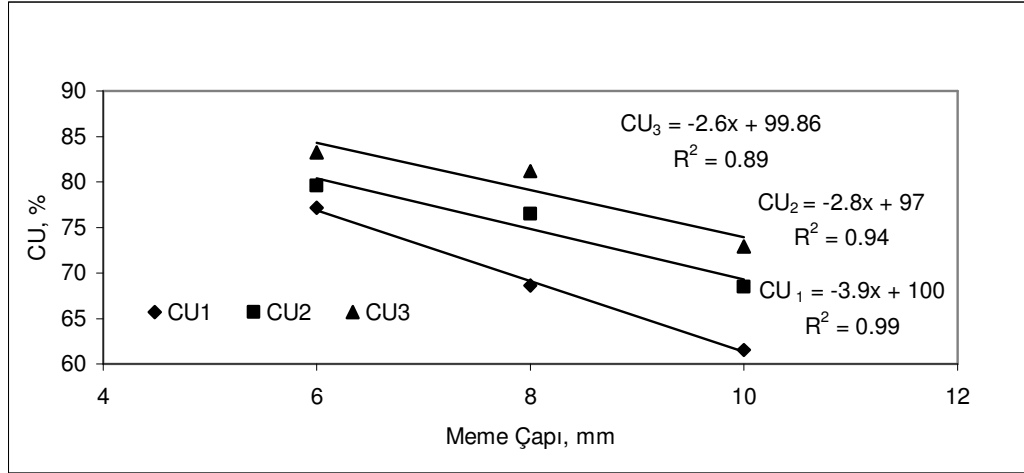
Doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin CU – meme çapı ilişkisini belirlemek amacıyla regresyon analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17’de verilmiştir. Her bir hız için (12, 24, 36 m/h), meme çapı büyüdükçe eş dağılım katsayısının (CU) küçülmektedir. Başlıkların küçülmesi su dağılım eşdeşliğini olumlu yönde etkilemektedir. Özellikle 36 m/h gibi yüksek hızlarda düşük meme çapları tercih edilmelidir. Şekil 4.17 de ise CU ile Meme çapı arasında çok yakın bir ilişki olduğu görülmektedir. Sistemden eş bir su dağılımı sağlayabilmek için uygulanması gerekli su miktarları da göz önüne alınarak küçük meme çaplarının seçilmesi önerilir.



Şekil 4.15. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 12 m/h



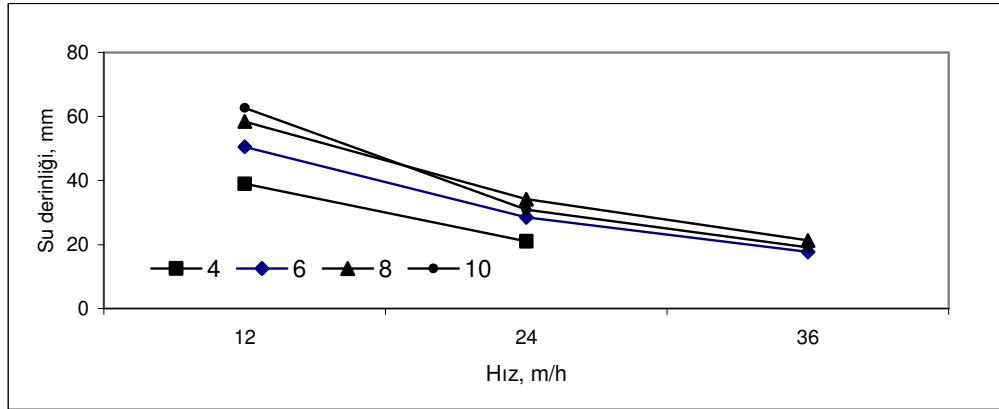
Şekil 4.16. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 24 m/h



Şekil 4.17. CU – Meme çapı ilişkisi, V= 36 m/h

#### 4.1.4.3. Farklı meme çapları için su derinliği - hız ilişkisi

Her bir meme çapı için doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin 12, 24 ve 36 m/h hızları için yağmurlama şiddetleri incelendiğinde makinenin hızı arttıkça yağmurlama hızlarının azaldığı görülmüştür. Bu beklenen sonuca göre sulama yapılacak alanlarda yüksek miktarda su verilmek istendiğinde makine daha düşük hızlarda çalıştırılmalıdır. Ayrıca başlık sayısı artırılmalıdır.



Şekil 4.18. Hız – su derinliği ilişkisi

#### 4.1.5. Sulama yeterliliği

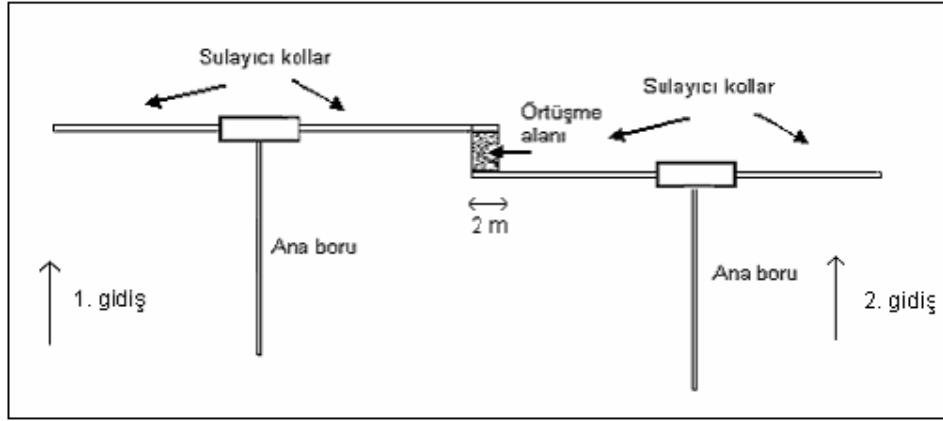
Sulama yeterliliği, sulamada fazla yada eksik su alan alanın yüzdesi olarak tanımlanmaktadır. Tamburlu yağmurlama sistemlerinin farklı hız ve yağmurlama başlıkları için su uygulama yeterliliklerini belirlemek amacıyla bu değerlendirme şekli uygulanmıştır. Ek olarak sulama yeterliliği şekillerinden faydalanarak derine sızma kayıpları belirlenmiştir.

Tamburlu sulama makinesinin sulama yeterliliklerini belirlemek için, materyal ve yöntem bölümünde anlatıldığı gibi, yığışımlı frekans dağılımları kullanılmıştır. Bu şekillerde herhangi bir miktardaki suyu alan arazi yüzdesi gösterilmiştir.

Araziye yerleştirilmiş olan su toplama kaplarının her birinin eşit alanı temsil ettiği kabul edilerek bir su toplama kabının temsil ettiği alanın % olarak değeri belirlenmiştir. Bu alanlara karşılık gelen su derinlikleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak derinlik-alan %'leri belirlenmiştir. Ortalama su derinliği, araziye verilmek istenen su miktarı olarak kabul edilerek şekiller çizilmiştir. Ortalamanın altında kalan kısmın eksik, üstünde kalan kısmın ise fazla su aldığı varsayılmıştır. Testlere ilişkin sulama yeterlilikleri Şekil 4.20 – 4.30 da verilmiştir.

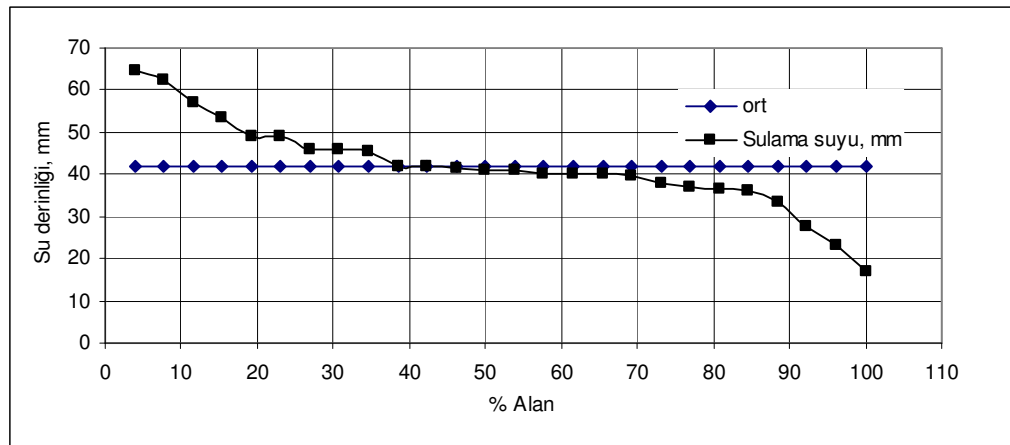
CU, DU ve su dağılım desenleri sulayıcı kolların uç kısımlarının yeterli miktarda su vermediğini göstermiştir. Onun için sulama yeterlilikleri belirlenirken 2 metre örtüşme yapılmıştır. Şekil 4.19 da görüldüğü gibi Tamburlu yağmurlama sulama makinesiyle iyi bir su dağılımı elde etmek için örtüşme yapılarak çalıştırılmalıdır. Örtüşme yapılmadan sulamalar yapılırsa bazı testlerde görüleceği gibi hiç su almayan, kuru alanlar kalacaktır (Çizelge 4.4).

Sulama yeterliliklerinden yararlanarak derine sızma kayıpları belirlenmiştir. Sistemin bir testte verdiği fazla su miktarının tüm testte verdiği su miktarına oranı derine sızma kayıplarını vermektedir. Sistemin belli bir meme çapı ve hız için verdiği ortalama su derinliği, o sulamada uygulanması gerekli su derinliği olarak kabul edilmiştir. Ortalama ile uygulanan sular arasındaki farklar alınarak derine süzülen su derinlikleri belirlenmiştir. Tüm su derinliklerinin derine sızan su miktarına oranı derine sızma oranlarını vermektedir. Çizelge 4.4 de görüldüğü gibi kayıplar % 12– 6 arasında değişmektedir.



Şekil 4.19. Sulama uygulaması sırasında uygulanan örtüşme alanının gösterimi

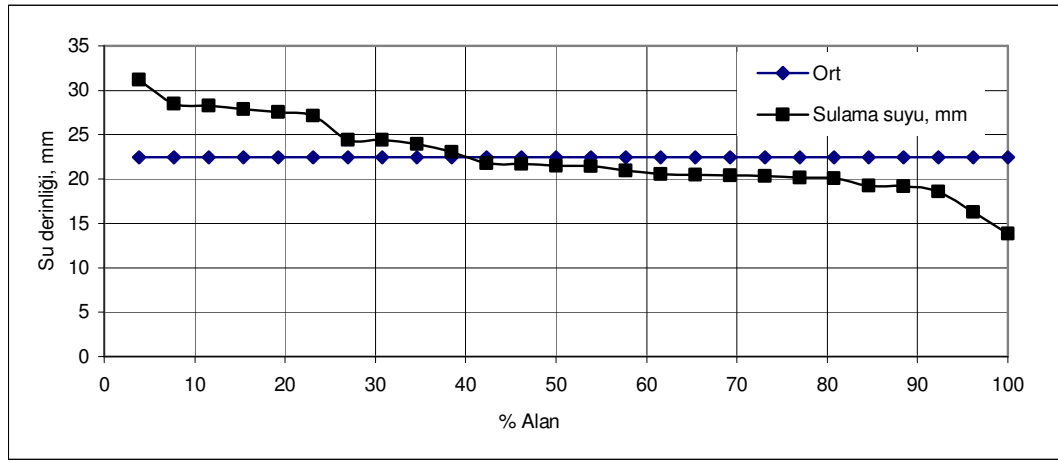
Bir nolu testte, 4 nolu meme çapı ve 12 m/h hızda test alanına düşen en yüksek su derinliği 64.7 mm, en düşük su derinliği ise 1.5 mm olmuştur. Örtüşme yapıldığında en düşük değer 16.9 mm olmuştur. Su toplama kaplarında ortalama 42 mm su birikmiştir. Bu testte sulanan alanın %62'si tam\* sulanmış, %28 aşırı ve %10'u da eksik su almıştır. Aşırı sulamalar göz önüne alınmadan şekiller incelendiğinde ise arazimizin %80'i tam su almıştır. Bu test için derine sızma kaybı %8'dir.



Şekil 4.20. Test 1, mç; 4 ve v;12m/h için sulama yeterliliği

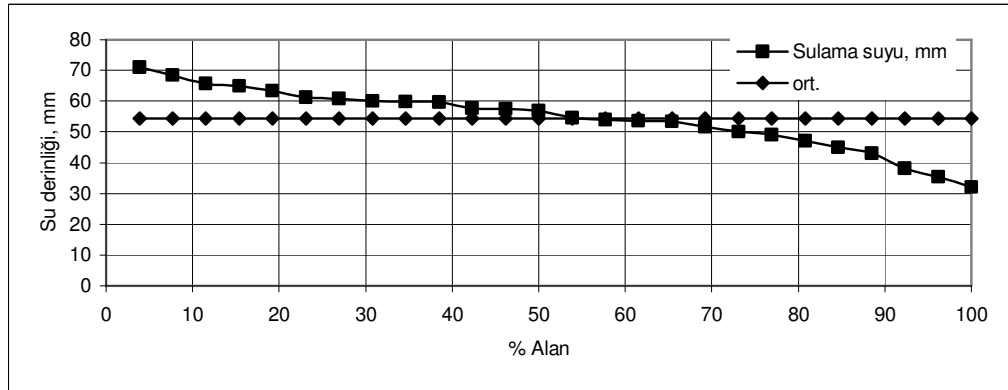
\*± 3 mm tam sulanmış kabul edilmektedir.

İki nolu testte, sulama makinesi 4 nolu meme çapı ve 24 m/h hızda çalıştırılmıştır. Su toplama kaplarında ortalama su derinliği 22.42, en yüksek su derinliği 31.20 en düşük su derinliği ise 6.98 mm'dir. Örtüşme yapıldığında ise, en düşük 13.86, mm olmuştur. Şekil 4.21'e göre hemen hemen bütün alan tam su almıştır. Arazinin % 28'lik kısmı ortalamadan 6 mm fazla su alarak aşırı sulanmış, %18'lik kısmı da ortalamadan yaklaşık 8 mm eksik su alarak eksik sulanmıştır.  $\pm 6-8$  mm'lik bir fark göz ardı edilerek tüm alanın tam sulandığını söyleyebiliriz. Testte elde edilen değerler ortalamaya yakın seyrettiği için derine sızma kaybı da düşüktür ve %6.7'dir.



Şekil 4.21. Test 2 mç;4, V ;24m/h için sulama yeterliliği

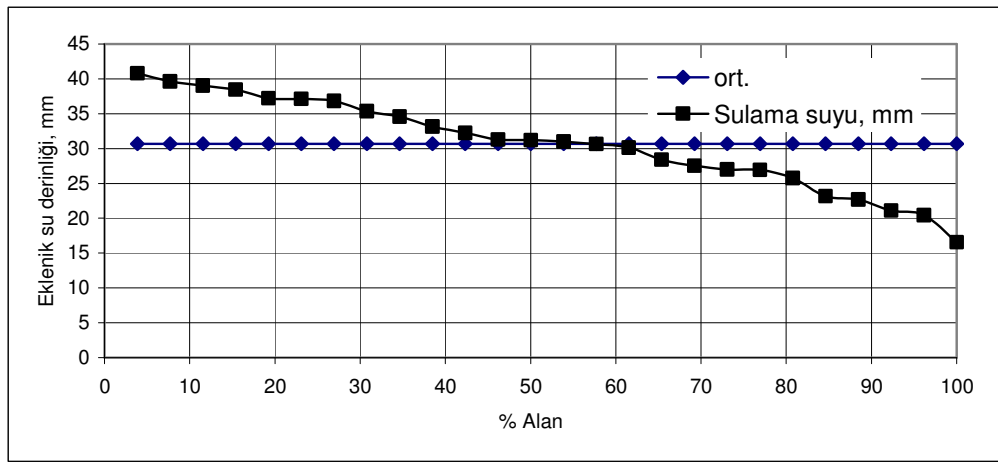
Üç nolu testte, 6 nolu meme çapı ve 12 m/h hızda su toplama kaplarında biriken sular ortalama 54 mm dir. Test alanına düşen en yüksek su derinliği 70.93, en düşük su derinliği ise 9.5 mm dir.



Şekil 4.22. Test 3 mç;6, V;12m/h için sulama yeterliliği

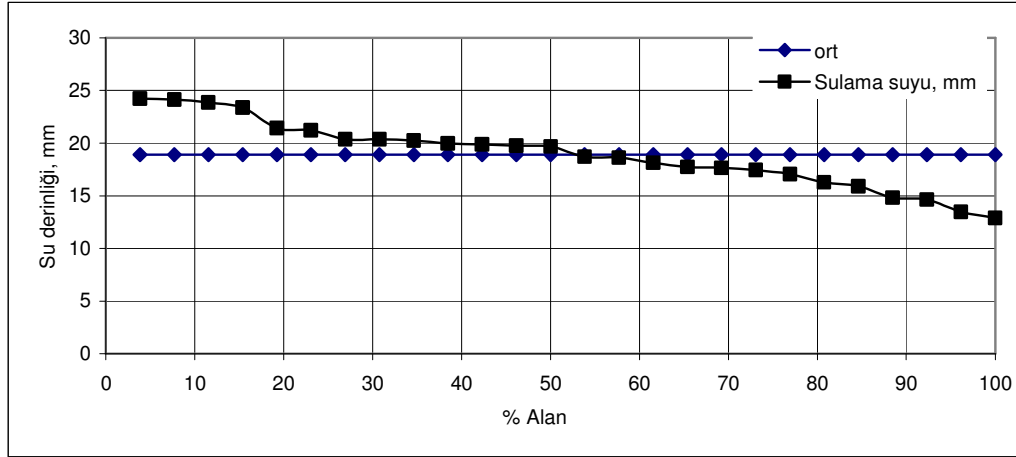
Örtüşme yapıldığında en düşük değer 32.17 mm'dir. Şekil 4.22'ye göre arazinin %20'si eksik, %30'u aşırı ve %50'si de tam sulanmıştır. Testin derine sızma kaybı %6.72'dir.

Dört nolu testte, 6 nolu meme çapı ve 24 m/h hızda su toplama kaplarında ortalama 30.7 mm su toplanmıştır. Test alanına düşen en yüksek su derinliği 40.8 mm, en düşük su derinliği ise 3.1 mm'dir. Örtüşme yapıldığında en düşük değer 16.7 mm'dir. Arazinin %20'si eksik, %32'si aşırı ve %48'i de tam sulanmıştır. Test süresince meydana gelen derine sızma kaybı %8.15 tir.



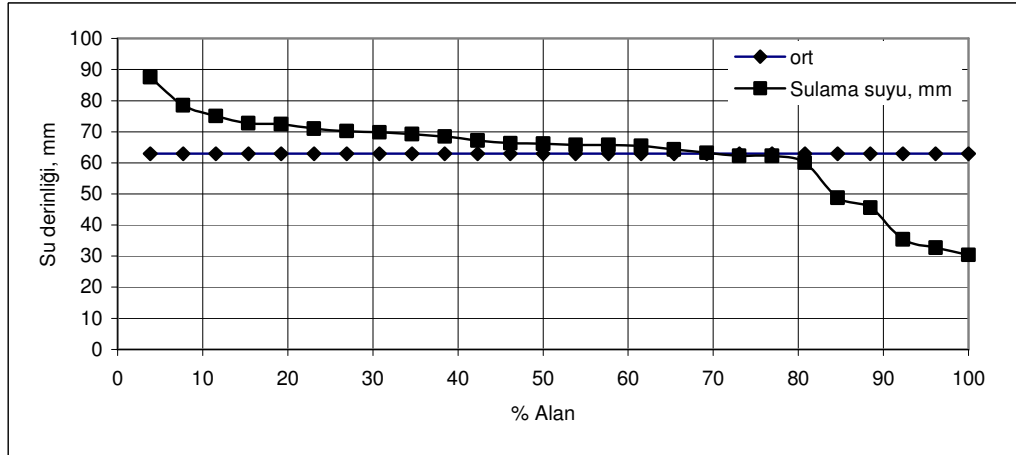
Şekil 4.23. Test 4 mç;6, V;24 m/h için sulama yeterliliği

Beş nolu testte, sulama makinesi 6 nolu meme çapı ve 36 m/h hızda çalıştırılmıştır. Su toplama kaplarında biriken sular ortalama 18.9 mm dir. En yüksek su derinliği 24.2 mm, en düşük su derinliği ise 3.6 mm'dir. Örtüşme yapıldığında ise en düşük değer 18.9 mm'dir. Arazinin tamamına yakını tam sulanmıştır. Aşırı sulama yapılan alanda %18 lik kısımda 5 mm fazla su almıştır ve arazinin eksik sulama yapılan %18'lik kısmında 6 mm eksik su almıştır. 6 mm fazla veya eksik su miktarı göz ardı edilebileceğinden tüm arazinin tam sulandığı söylenebilir. Derine sızma değerleri incelendiğinde de en düşük değer %6.31 ile 5 nolu teste olduğu görülmektedir.



Şekil 4.24. Test 5 mç;6, V;36m/h için sulama yeterliliği

Altı nolu testte, su toplama kaplarında biriken sular ortalama 62.92 mm dir. En yüksek su derinliği 87.50 mm, en düşük su derinliği ise 4.65 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise en düşük değer de 30.4 mm'dir. Şekil 4.25'de de görüldüğü gibi arazinin %20 si eksik, %20 si aşırı ve %60'ı tam sulanmıştır. Testin derine sızma kayıpları %6.58 tir.

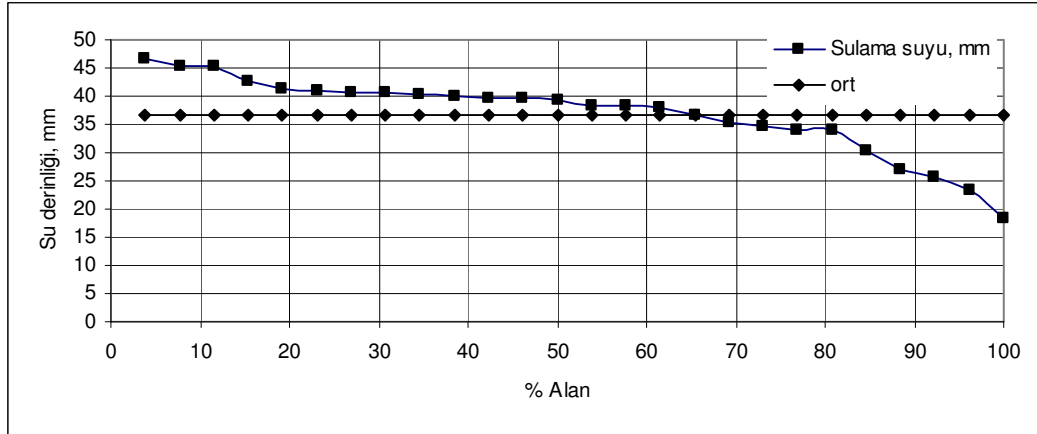


Şekil 4.25. Test 6 mç;8, V;12m/h için sulama yeterliliği

Yedi nolu testte, sulama makinesi 8 nolu meme çapı ve 24 m/h hızda çalıştırılmıştır. Test sonunda su toplama kaplarında biriken sular ortalama 36.7 mm dir. En yüksek su derinliği 46.5 mm, en düşük su derinliği ise 7.3 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise, en düşük değer 18.5 mm' dir. Bu testin su uygulama yeterlilikleri

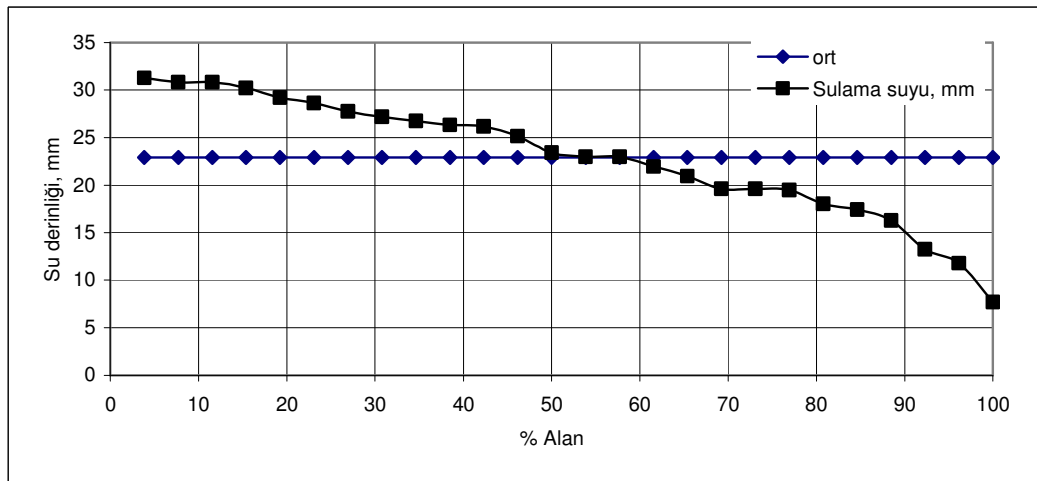


incelendiğinde %20'lik alan eksik, %18'lik alan aşırı ve %62'lik alan tam sulanmıştır. Testin derine sızma kayıpları %6.88 tir.



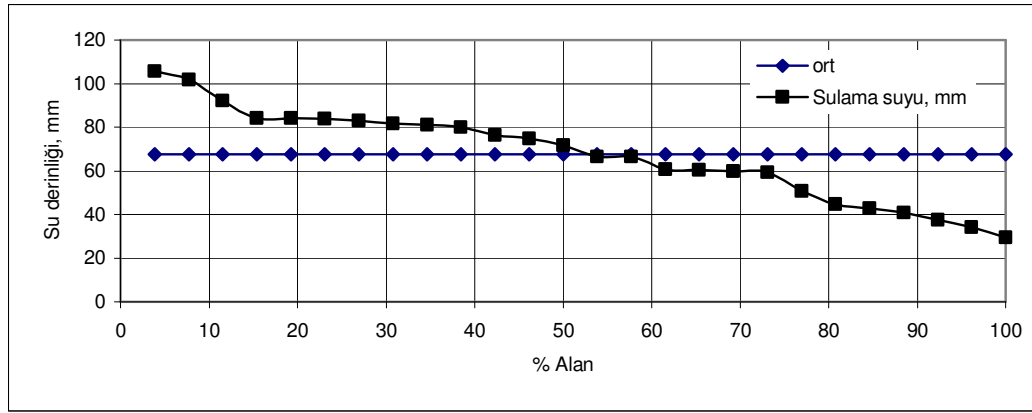
Şekil 4.26. Test 7 mç;8, V; 24m/h için sulama yeterliliği

Sekiz nolu testte, sulama makinesi 8 nolu meme çapı ve 36 m/h hızda çalıştırılmıştır. Su toplama kaplarında biriken sular ortalama 22.9 mm dir. En yüksek su derinliği 31.3 mm, en düşük su derinliği ise 0 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise, en düşük 7.7 mm olmuştur. Şekil 4.27'ye göre arazinin %50'si tam sulanmıştır. % 20'şer lik kısımları da eksik ve fazla sulanmıştır. Testin derine sızma kayıpları %10.73 tir.



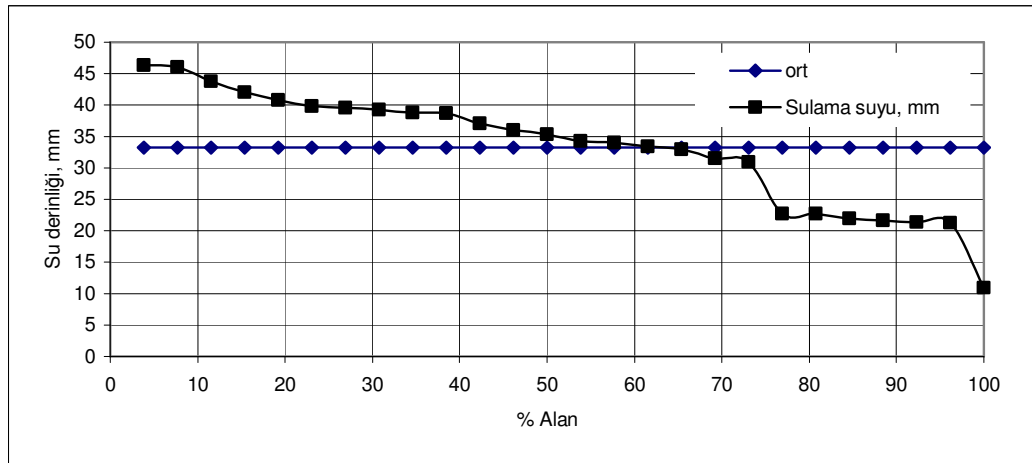
Şekil 4.27. Test 8 mç;8, V;36m/h için sulama yeterliliği

Dokuz nolu testte, sulama makinesi 10 nolu meme çapı ve 12 m/h hızda su toplama kaplarında biriken sular ortalama 67.5 mm dir. Test alanına düşen en yüksek su derinliği 105.7 mm, en düşük su derinliği ise 0 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise, en düşük değer 29.6 mm' dir. Testin su uygulama yeterlilikleri incelendiğinde su miktarlarının ortalamadan farklı olduğu görülmektedir. Bu testte alanın %35'i fazla, %28' eksik ve %37'si tam sulanmıştır. Testin derine sızma kayıpları %12.11 tir.



Şekil 4.28. Test 9 mç;10, V;12m/h için sulama yeterliliği

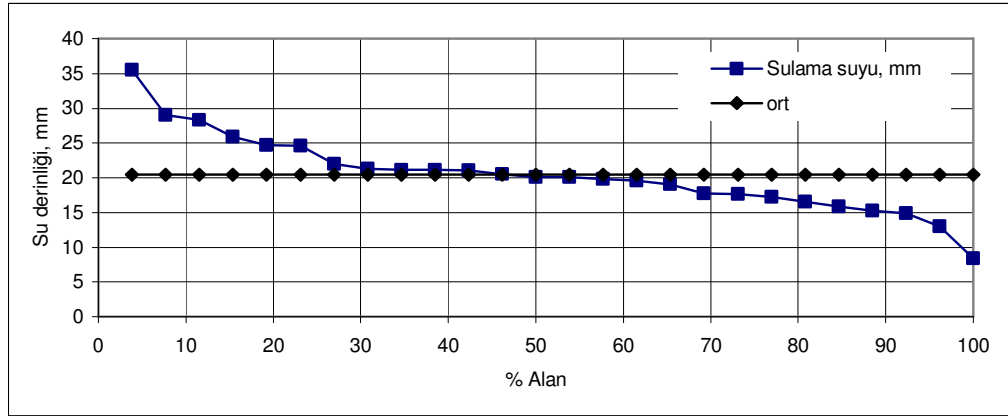
On nolu testte, 10 nolu meme çapı ve 24 m/h hızda su toplama kaplarında ortalama 33.20 mm su toplanmıştır. Test alanına düşen en yüksek su derinliği 46.4 mm, en düşük su derinliği ise 1.0 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise en düşük değer 10.9 mm' dir. Testin su uygulama yeterlilikleri ise; %43'ü aşırı, %28'i eksik ve



Şekil 4.29. Test 10 mç;10, V;24 m/h için sulama yeterliliği

%29'u tam sulanmıştır. En fazla aşırı sulama bu testte olmuştur. Derine sızma oranı da %10.5 dir. Testin derine sızma kayıpları %10.48 tir.

On bir nolu testte, sulama makinesi 10 nolu meme çapı ve 36 m/h hızda çalıştırılmıştır. Test sonunda su toplama kaplarında biriken sular ortalama 20.40 mm dir. Test alanına düşen en yüksek su derinliği 35.54 mm, en düşük su derinliği ise 3.73 mm dir. Örtüşme yapıldığında ise, en düşük değer 8.38 mm olmuştur. Testin su uygulama yeterlilikleri; sulanan alanın %53 tam su almıştır. %22'si eksik ve %25'i aşırı sulanmıştır. Teste meydana gelen derine sızmalar ise %8.4'dür.



Şekil 4.30. Test 11 mç;10, V;36 m/h için sulama yeterliliği

Çizelge 4.4'de Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin sulama yeterliliklerini belirlemek için kullanılan bazı özellikler verilmiştir. Sulama yeterlilikleri ile ilgili şekillerde ortalama su derinliği test süresince toplanan suların ortalamasıdır. Ortalama su derinlikleri bir sulama da verilmek istenen su miktarı olarak kabul edilmektedir. Ortalamanın altında veya üstünde kalan kısımlar sulamanın eksik veya fazla yapıldığını göstermektedir. Değişik hız ve yağmurlama başlıklarda eksik su alan kısımlar %10- 28 fazla su alan kısımlar % 18- 43 arasında değişmiştir. Sulama yeterlilikleri ile ilgili şekillerde görüldüğü gibi sulama yeterliliğini gösteren çizgi eksik ve fazla olan kısımlara da çok büyük farklılıklara neden olmamaktadır. Bunun sonucu olarak da derine sızma oranları oldukça düşük elde edilmiştir.

Testler arasındaki değişim katsayıları (CV) belirlenmiştir. CV değerlerinin % 30 dan düşük olması istenmektedir. Tüm testlerde %30'dan daha düşük olan CV değerleri elde edildiğinden verilerin güvenilir olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Değişik yağmurlama başlığı ve hızlar için belirlenen sulama özellikleri

Test no	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Meme çapı	4	4	6	6	6	8	8	8	10	10	10	
Hız, m/h	12	24	12	24	36	12	24	36	12	24	36	
Max su, mm	64.7	31.2	70.9	40.8	24.2	87.5	46.5	31.3	105.7	46.4	35.5	
Min su,mm	1.45	7.0	9.5	3.1	3.6	4.6	7.3	0.0	0.0	1.0	3.7	
Min su (örtüşme), mm	16.8	13.8	32.1	16.7	18.9	30.4	18.5	7.7	29.6	10.9	8.4	
Ort su, mm	42.0	22.4	54.0	30.7	18.9	62.9	36.8	22.9	67.5	33.2	20.4	
Sulama yeterlilikleri, %	*Tam	62	54	50	48	64	60	62	40	37	29	53
	Aşırı	28	28	30	32	18	20	18	30	35	43	25
	Eksik	10	18	20	20	18	20	20	20	28	28	22
Derine sızma	8.1	6.7	6.7	8.2	6.3	6.6	6.9	10.7	12.1	10.5	8.4	
CV,%	25.9	18.6	15.9	19.8	16.7	18.6	16.5	22.0	26.9	22.6	26.3	

\*  $\pm 3$  mm su derinliği olan bölgelerde tam sulanmış kabul edilmiştir.

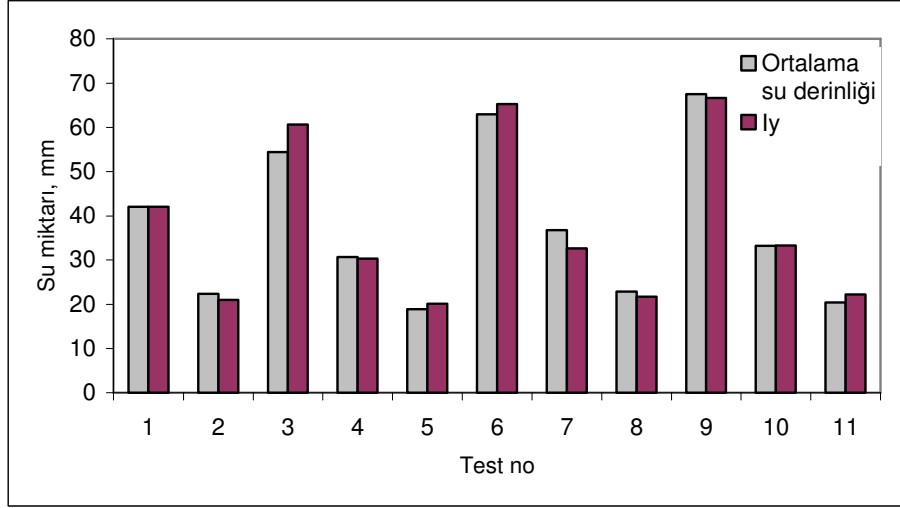
#### 4.1.6. Teorik ve ölçülen yağmurlama hızlarının karşılaştırılması

Çizelge 4.5'te testler sırasında ölçülen ve teorik olarak hesaplanan ortalama su derinlikleri verilmiştir. Bu değerler yüzde karşılama oranı olarak değerlendirilmiştir. İki teste %12 düzeyinde fark çıkmıştır.

Çizelge 4.5. Ortalama su derinlikleri ve İy değerleri

Test no	Ortalama su derinliği	İy	Karşılama % si
1	42	42	100
2	22	21	104
3	54	61	88
4	31	30	103
5	19	20	95
6	63	65	97
7	37	33	112
8	23	22	104
9	67	67	100
10	33	33	100
11	20	22	91

Diğer dokuz testte ise en fazla %5 fark çıktığı görülmektedir. Bu sonuç, sistemin teorik olarak hesaplanan yağmurlama hızlarını pratikte de kullanılabileceğini göstermektedir



Şekil 4.31. Su derinliklerine karşılık gelen Iy yağmurlama hızlarının grafiksel gösterimi

#### 4.2. Doğrusal Hareketli Sulama Makinesinin Harran Ovası Koşullarında Kullanılabilirliği

Doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin Harran Ovası koşullarında kullanılabilirliğini belirlenebilmesi için ovanın çeşitli noktalarının infiltrasyon hızlarına ihtiyaç vardır. Karata (1991), tarafından yapılmış olan Harran Ovası sulama rehberinde ovanın 34 noktasında ki infiltrasyon hızları belirlenmiştir. Bu değerlerden yararlanarak doğrusal hareketli yağmurlama sulama makinesinin her bölgede hangi

hızda ve hangi başlıklarla kullanılacağı belirlenmiştir. Çizelge 4.6'da 36 ve 72 başlık sayısı için yağmurlama hızları hesaplanmıştır.

Harran ovasında yapılmış olan infiltrasyon testlerinde infiltrasyon değerlerinin 12 mm/h ile 116 mm/h arasında değiştiği gösterdiği belirlenmiştir (Karata, 1991).

Tamburlu yağmurlama sulama makinesiyle yüzey akışa neden olmadan sulama yapılabilmesi için sistemin bıraktığı su miktarının infiltrasyon değerinden fazla olmaması gerekmektedir. Sistemin yağmurlama hızları Çizelge 4.3 ve 4.4.'de

gösterilmiştir. Bu çizelgeden yararlanarak sistemin Harran ovasında çalışabileceği meme çapı, hız ve su derinliği kombinasyonları belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin n: 36 ve n: 72 başlık sayılarına göre farklı hız ve meme çaplarındaki yağmurlama hızları (mm/h)

Başlık sayısı	Hız m/h	Meme çapları			
		4	6	8	10
n: 36	12	42	61	65	67
	24	21	30	33	33
	36	14	20	22	22
n: 72	12	84	121	130	133
	24	42	61	65	67
	36	28	40	43	44

Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin yağmurlama hızları 36 adet başlık kullanıldığında 21 mm/h ile 66.6 mm/h, 72 adet yani tüm başlıklar kullanıldığında 42 mm/h ile 133.3 mm/h arasında değişmektedir. İnfiltrasyonu 14 mm/h den küçük olan 17 ve 22, nolu bölgelerde sistemin kullanılması halinde yüzey akış meydana gelecektir. Bu bölgelerde sistem; başlık sayısı azaltılarak, meme çapları düşürülerek veya daha yüksek hızlarda kullanılabilir.

Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin kullanılacağı bölgede yüzey akışa engel olmak için makinenin yağmurlama hızının bölgenin İnfiltrasyon hızından az olması gerekmektedir. Bunun için önerilen hızlar ve yağmurlama hızları şöyledir; İnfiltrasyon hızı 20 mm/h ile 30 mm/h arasında olan bölgelerde tüm başlıklar (4, 6, 8, 10 ) için 36 m/h lik hız kullanılabilir. İnfiltrasyon hızı 30 ile 40 mm/h arasında olan bölgelerde 24 m/h lik hız kullanılabilir. İnfiltrasyon hızı 66 mm/h e kadar olan bölgelerde de 12 m/h lik hız kullanılabilir. Daha yüksek yağmurlama hızı elde etmek için, makinede kullanılan başlık sayısı 2 katına çıkarılarak kullanılabilir veya makinenin hızı azaldıkça yağmurlama hızı artacağından makine daha düşük hızlarda çalıştırılabilir.

Çizelge 4.7. Harran ovasındaki infiltrasyon gruplarına göre tamburlu yağmurlama sulama makinesinin kullanılabilceği hızlar

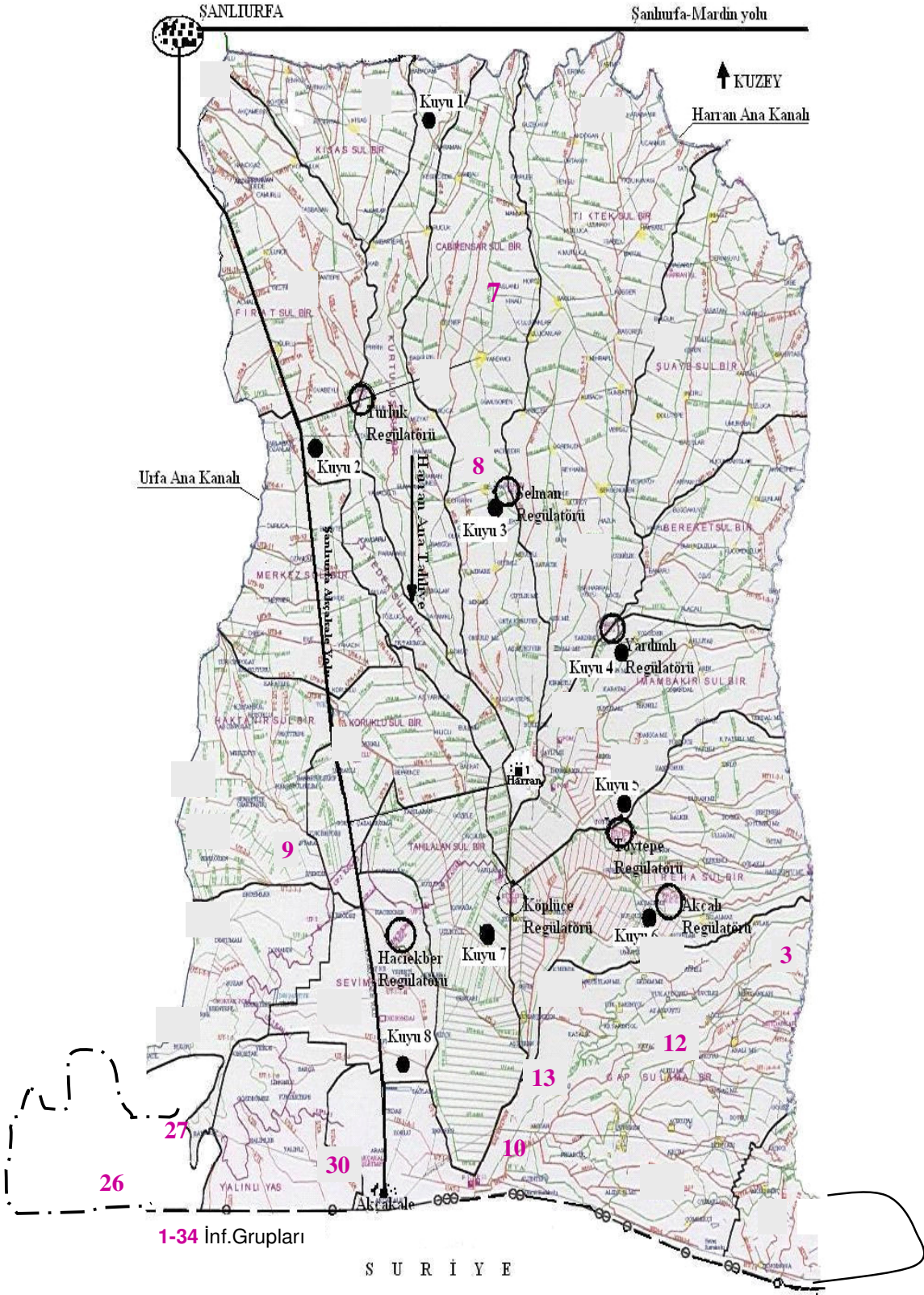
Profil no	Inf. Hızı, mm/h	Yağmurlama başlık çapları, mm							
		4		6		8		10	
		n: 36	n: 72	n: 36	n:72	n:36	n:72	n:36	n: 72
1	48	12, 24, 36	24, 36	24, 36	-	24, 36	36	24, 36	36
2	48	12, 24, 36	24, 36	24, 36	-	24, 36	36	24, 36	36
3	37	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
4	24	24, 36	-	36	-	36	-	36	-
5	116	12, 24, 36	12, 24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
6	88	12, 24, 36	12, 24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
7	114	12, 24, 36	12, 24, 36	12,24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
8	44	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	-
9	45	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	36
10	34	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
11	73	12, 24, 36	24, 36	12,24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
12	38	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
13	72	12, 24	24, 36	12,24,36	36	12, 24, 36	36	12, 24, 36	36
14	36	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
15	24	24, 36	-	36	-	36	-	36	-
16	114	12, 24	12, 24, 36	12,24,36	24, 36	12, 24, 36		12, 24, 36	24, 36
17	20	36	-	36	-	-	-	-	-
18	86	12, 24, 36	12, 24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
19	88	12, 24, 36	12, 24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36	12, 24, 36	24, 36
20	56	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	36

Çizelge 4.7. devam

Profil no	İnf. Hızı mm/h	Yağmurlama başlık çapları (mm)							
		n : 36	n : 72	n : 36	n : 72	n : 36	n : 72	n : 36	n : 72
21	36	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
22	12	-	-	-	-	-	-	-	-
23	42	12, 24, 36	24, 36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	
24	38	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	
25	28	24, 36	36	36	-	36	-	36	
26	28	24, 36	36	36	-	36	-	36	
27	21	24, 36	-	36	-	36	-	-	-
28	34	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
29	50	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	36
30	36	24, 36	36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
31	52	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	36
32	42	12, 24, 36	24, 36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
33	42	12, 24, 36	24, 36	24, 36	-	24, 36	-	24, 36	-
34	50	12, 24, 36	24, 36	24, 36	36	24, 36	36	24, 36	36

Harran Ovasında Karaata (1991) tarafından belirlenmiş olan infiltrasyon hızları 12 mm/h ile 116 mm/h arasında değişmektedir. Toplam 34 noktada yapılan testlerde infiltrasyon hızları 30 ile 70 mm/h arasında yoğunlaşmıştır. Bu değerler göz önüne alındığında tamburlu yağmurlama sulama makinesi 36 adet başlık ile 12-36 m/h hızlar arasında Harran ovasının birçok bölümünde yüzey akışa neden olmadan kullanılabilceği görülmektedir.





Şekil 4.32. Harran ovasında infiltrasyon gruplarının belirlendiği noktalar

### 4.3. Sistem Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Tamburlu yağmurlama sulama sisteminin yağmurlama sulama ve damla sulama sistemleri ile karşılaştırmak için bir tamburlu yağmurlama sulama makinesinin sulayabileceği alanlar hesaplandı. Farklı su uygulama derinlikleri için makinenin kullanılma alanı değişeceğinden 3 farklı şekilde aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

#### Örnek:

1. Uygulanacak su derinliği :170 mm, Başlık çapı:10 mm

Yağmurlama hızı;

$$V = (n \cdot q \cdot 3.6 \cdot 1000) / (L \cdot I_y)$$

n: başlık sayısı

q: başlık debisi

L: makinenin ıslatma genişliği

$$V = (72 \cdot 0.37 \cdot 3.6 \cdot 1000) / (55 \cdot 170)$$

$$V = 10 \text{ m/h}$$

Makine günde en fazla 20 saat çalıştırılırsa; 10 m/h \* 20 h= 200 m yol alır.

Günlük sulayabileceği alan= 200 m \* 55 m(ıslatma genişliği) = 11 dekar

Sulama aralığı 7 gün olursa bir makine 11\*7= 77 da alan sular

Sulama aralığı 10 gün olursa bir makine 11\*10=110 da alan sular

2. Iy: 140 mm su uygulanmak istenirse ki bu değer ovadaki genel elverişli su tutma kapasitesidir, 10 mm' lik yağmurlayıcı için makinenin hızı;

$$V = (n \cdot q \cdot 3.6 \cdot 1000) / (L \cdot I_y)$$

$$V = (72 \cdot 0.37 \cdot 3.6 \cdot 1000) / (55 \cdot 140)$$

$$V = 12.5 \text{ m/h olmalıdır.}$$

Bu durumda Makine günde en fazla 20 saat çalıştırılırsa; 12.5 m/h \* 20 h= 250 m yol alır.

Günlük sulayabileceği alan= 250m \* 55m(ıslatma genişliği) = 13.75 da

Sulama aralığı 7 gün olursa bir makine 13.75 \* 7= 96.25 da alan sular

Sulama aralığı 10 gün olursa bir makine 13.75\*10=137.5 da alan sular

3. İy: 100 mm su uygulanmak istenirse, 8 mm' lik yağmurlayıcı için makinenin hızı;

$$V = (n \cdot q \cdot 3.6 \cdot 1000) / (L \cdot I_y)$$

$$V = (72 \cdot 0.36 \cdot 3.6 \cdot 1000) / (55 \cdot 100)$$

$$V = 17 \text{ m/h}$$

Makine günde en fazla 20 saat çalıştırılırsa;  $17 \text{ m/h} \cdot 20 \text{ h} = 340 \text{ m}$  yol alır.

Günlük sulayabileceği alan =  $340 \text{ m} \cdot 55 \text{ m}$  (ıslatma genişliği) = 18.7 da

Sulama aralığı 7 gün olursa bir makine  $18.7 \cdot 7 = 130.9$  da alan sular

Sulama aralığı 10 gün olursa bir makine  $18.7 \cdot 10 = 187$  da alan sular.

Görüldüğü gibi en yüksek su tüketimine sahip bitkilerle yapılan sulamada toplam sulama alanı 77 dekar, daha düşük su tüketimi göz önüne alındığında toplam 187 dekar alan sulanabilmektedir.

Üçüncü örnek bölgede pamuk sulaması için önerilebilecek bir uygulamadır. Bu durumda makinenin dekara maliyeti =  $25 \text{ 000} / 187 = 134$  YTL olur. Buna işletme masrafları (yakıt +iş gücü) dahil değildir.

$$\text{Damla sulama} = 250\$ \cdot 1,57 = 392 \text{ YTL/da}$$

$$\text{Yağmurlama} = 150\$ \cdot 1,57 = 235 \text{ YTL/da}$$

## 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma da Harran Üniversitesi Makine Fabrikası tarafından üretilen Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin bazı performans ölçütleri ile Harran Ovası koşullarında kullanılabilirliği incelenmiştir. Harran ovasında yeni kullanılmaya başlanacak olan bu makinenin bazı performans ölçütlerini belirlemek amacıyla çeşitli testler yapılmıştır. Bu amaçla makinenin yağmurlama hızları, su dağılım desenleri, CU ve DU su dağılım desenleri ve su uygulama yeterlilikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar Karata (1991) tarafından Harran ovasının çeşitli noktalarında yapılmış toprak infiltrasyon testlerine göre hangi hızla hangi başlıkla kullanılabileceği belirlenmiştir.

Testler sonucunda elde edilen CU değerleri % 62 ile 88 arasında değişmektedir. Değerlendirmelerde CU, 3 farklı şekilde belirlenmiştir. Bunlardan ilki deneme alına yerleştirilen tüm su toplama kaplarında toplanan sularla hesaplanmış  $CU_1$  değeridir.  $CU_2$  ve  $CU_3$  de ise sulayıcı kollar önüne yerleştirilmiş olan su toplama kaplarının sağ ve sol başındaki su toplayıcılarının sırasıyla bir ve ikişer değer göz önüne alınmadan hesaplanmış CU değerleridir. Çizelge.5.1 incelendiğinde CU değerlerinin kap sayısı azaldıkça arttığı görülmektedir. Bu durum sulayıcı kolların uç kısımlarının orta kısımlara göre daha kötü bir su dağılımı yaptığını göstermektedir. Sulayıcı kolların uzunlukları 55 m' dir. Fakat etkin olarak sulama yapılan alan 50 m civarındadır. Çünkü her bir su toplama kabı 2 metrelik bir alanı temsil etmektedir.  $CU_3$  hesaplanırken toplam 4 adet su toplama kabı göz önüne alınmadan hesaplandığından  $CU_3$  için etkili sulama yapılan alan 47m,  $CU_2$  için ise 51 m dir. Bu bağlamda Tamburlu sulama makinesi uygulamada kullanılırken etkili sulama alanı 50 m olarak alınmalıdır. Sulamalar sırasında da makine taşınırken en az iki metre örtüşme yapılmalıdır. Aksi takdirde sulama makinesinin geçtiği bölgelerin sınırları arasında tüm alana göre daha az su almış bölgeler kalacaktır.

Sulama eş dağılımını etkileyen faktörlerden bir tanesi de sulama başlıklarıdır. Çizelge.5.1 incelendiğinde başlık çapı büyüdükçe CU değerinde azalmalar görülmektedir. Bu durum göz önüne alınarak sulama makinesi kullanılırken daha çok küçük başlıkların seçilmesi önerilir. Fakat aynı ilişki hız ile CU arasında söz konusu değildir. Makinenin hızı seçilirken verilmek istenen su derinliği göz önüne alınması gerekmektedir.

**5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

**Pınar BAHÇECİ**

Çizelge 5.1. Sistem parametreleri özeti

Makinenin Hız, m/h		12				24				36			
Meme çapı, mm	Parametreler	T1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	Ort
4	CU <sub>1</sub>	74	73	69	72	78	77	73	76				
	CU <sub>2</sub>	79	77	74	77	79	79	77	78				
	CU <sub>3</sub>	81	81	78	80	81	83	81	82				
	DU <sub>1</sub>	55	51	41	49	65	62	55	61				
	DU <sub>2</sub>	61	57	46	55	70	69	62	67				
	Ort. Su derinliği, mm	40	41	35	39	24	18	20	21				
	Ort. Su derinliği (örtüşme)				42				22				
	Yağmurlama hızı, mm/h				42				21				
	Sulama yeterliliği,%	90				86							
	Derine sızma, %	8.1				6.7							
	Rüzgar Hızı, m/s	0.22	0.22	2.45		3.12	2.90	1.34					
	Debi, l/s	0.23											
6	CU <sub>1</sub>	80	75	71	75	72	74	66	71	76	79	76	77
	CU <sub>2</sub>	86	80	78	81	78	77	73	76	80	81	78	80
	CU <sub>3</sub>	88	85	82	85	82	82	77	80	86	82	81	83
	DU <sub>1</sub>	61	55	46	54	50	55	41	49	57	67	54	59
	DU <sub>2</sub>	71	61	57	63	60	65	51	58	64	72	64	67
	Ort. Su derinliği, mm	50	47	55	51	29	29	28	27	17	18	18	18
	Ort. Su derinliği (örtüşme)				54				31				19
	Yağmurlama hızı, mm/h				61				30				20
	Sulama yeterliliği,%	80				70				82			
	Derine sızma, %	6.7				8.2				6.3			
	Rüzgar hızı, m/s	2.01	2.68	2.01		2.23	2.01	1.56		1.78	0.67	2.68	
	Debi, l/s	0.34											

**5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER**

**Pınar BAHÇECİ**

Çizelge 5.1.devam

Makinenin Hız, m/h		12				24				36			
Meme çapı, mm		T1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	Ort	T1	T2	T3	Ort
8	CU <sub>1</sub>	77	71		74	69	75		72	73	64		69
	CU <sub>2</sub>	81	78		79	76	82		79	80	73		77
	CU <sub>3</sub>	85	85		85	81	87		84	84	79		81
	DU <sub>1</sub>	53	44		48	42	54		48	50	37		44
	DU <sub>2</sub>	64	54		59	53	65		59	60	47		54
	Ort Su derinliği, mm	58	60		59	34	35		34	21	21		21
	Ort. Su derinliği (örtüşme)				63				37				23
	Yağmurlama hızı, mm/h				65				33				22
	Sulama yeterliliği,%	80				80				70			
	Derine sızma, %	6.6				6.9				10.7			
	Rüzgar Hızı	1.11	0.67			0.22	1.34			1.11	0.45		
	Debi, l/s	0.36											
10	CU <sub>1</sub>	67	61		64	62	62		62	62	61		62
	CU <sub>2</sub>	72	67		70	67	70		68	67	68		67
	CU <sub>3</sub>	79	73		76	73	78		76	73	73		73
	DU <sub>1</sub>	42	35		38	36	33		34	39	35		37
	DU <sub>2</sub>	51	46		48	44	43		43	49	45		47
	Ort. Su derinliği, mm	66	60		63	31	30		31	19	19		19
	Ort. Su derinliği (örtüşmeli)				67				33				20
	Yağ. hızı, mm/h				66.65				33				22
	Sulama yeterliliği,%	72				71				78			
	Derine sızma, %	12.1				10.5				8.4			
	Rüzgar hızı	1.34	1.34			3.12	3.34			2.23	2.68		
	Debi, l/s	0.37											

Hız artıkça makinenin bıraktığı su miktarı azalacağı esası göz önüne alınarak uygun hızlar seçilmelidir. Diğer yağmurlama sulama sistemlerinin aksine doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemleri rüzgârlı koşullarda da rahatlıkla kullanılabilir. Rüzgârın suyun tarla yüzeyine dağılımı üzerine önemli bir etkisi olmadığı Çizelge 5.1’de net bir şekilde görülmektedir.

Denemeler esnasında rüzgar hızları 0.22 ile 3.34 m/h arasında değişmiştir. Birinci testte (4 nolu meme çapı ve 12 m/h) ölçülmüş rüzgâr hızları her bir tekerrür için sırasıyla 0.22, 0.22 ve 2.45 m/sdir. Birinci ve ikinci tekerrür ile üçüncü tekerrürdeki rüzgâr hızlarının oranı 11 olmasına karşın sadece % 4 lük bir CU farkı ortaya çıkmıştır.

Sistemin bıraktığı ortalama su derinlikleri yağmurlama hızı olarak kabul edilmektedir. Kuramsal olarak hesaplanan yağmurlama hızları ile sulama makinesinin verdiği değerler karşılaştırıldığında birbirlerine çok yakın olduğu hatta bazı değerlerin aynı olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Kuramsal olarak hesapladığımız değerleri 2 metre örtüşme yapılması koşullarında yağmurlama hızı olarak kullanabileceği anlaşılmaktadır.

Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin sulama yeterlilikleri % 71-90 arasında, derine süzülme ise %6-12 arasında değişmiştir.

Harran ovasında makinenin kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla Karata (1992) tarafından hazırlanan ‘Harran Ovası Sulama Rehberi’nden faydalanılmıştır. Harran ovası sulama rehberinde verilmiş olan infiltrasyon gruplarına göre ovanın büyük bir bölümünde doğrusal hareketli sulama makinesi kullanılabilir. İnfiltrasyon hızı düşük olan bölgelerde de makinenin hızı artırılarak ve daha az başlık kullanılarak makinenin kullanılması olanaklıdır.

## KAYNAKLAR

- ABERNETHY, C. L., 1986. Performance Measurement In Canal Water Management. ODI-IIMI Irrigation Management Network Paper 86/2d.
- ABERNETHY, C. L., 1991. Indicators and Criteria of the Performance of Irrigation Systems. Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture Proceedings of the Regional Workshop Organized by FAO in Bangkok, Thailand 22 - 26 October 1990, Rome, pp. 52-57.
- ANAÇ, S., TÜZEL, İ. H. ve UL, M. A., 1993. Sulama Yöntemleri ve Yeni Gelişmeler. E.Ü. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yayın Bülteni, 15 Ocak, İzmir.
- AYARS, J. E., HUTMACHER, R. B., VAIL, S. S., and SCHONEMAN, R. A., 1991. Cotton Response to Nonuniform and Varying Depths of Irrigation. Agricultural Water Management. 19(2):151-166.
- AMIR, I., MCFARLAND, M. J. and REDDELL, D. L., 1986. Energy Analysis of Lateral Move Irrigation Machines. Energy in Agriculture. 5 (4): 325-337.
- AMIR, I., FARBMAN, M. and DAG, J., 1986. Analysis of Labor to Operate Linear Move Irrigation Machines. Agricultural Systems. [22\(2\)](#):127-140
- ANONİM, 1980. GAP Projesi, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ANONİM, 1993. Şanlıurfa ve Harran Ovalarında Dönen Suların Kullanılması, Alıcı Ortama Verilmesi veya Yok Edilmesi. DSİ Proje ve İnşaat Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- ASAE, 1996. ASAE Standars. Standards Engineering Data. Adopted and Published by : American Society of Agricultural Engineers.
- BAHÇECİ, İ., 2003. Sulama ve Drenaj Mühendisliği, (Editörler: KANBER, R., ÇAKIR, R., TARI, A.F)., Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayın No: 122, 531s.
- BEN-ASHER, J. and AYARS, J. E., 1990. Deep Seepage Under Nonuniform Sprinkler Irrigation. I: Theory, Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 116(3):354-362.
- CUENCA, R. H., 1989. Irrigation System Design. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 552p.
- DECHMI, F., PLAYAN, E., FACI, J. M. and TEJERO, M., 2003. Analysis of an Irrigation District in Northeastern Spain I. Characterization and Water Use Assessment, Agricultural Water Management, 61(7):75-92.
- DECHMI, F., PLAYAN, E., FACI, J. M. and TEJERO, M., 2003. Analysis of an Irrigation District in Northeastern Spain II. Irrigation evaluation, Simulation and Sheduling, Agricultural Water Management, 61 (7): 93-109.
- EROĞLU, V., 2005. Su Dünyası Dergisi, Sayı 22. [http://www.su-dunyasi.com.tr/mayis2005\\_22/hoca.htm](http://www.su-dunyasi.com.tr/mayis2005_22/hoca.htm).
- JAMES, L. G., 1993. Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger Publishing Company Malabar, Florida, 543p.
- ENGLISH, M., 1985. Sprinkler Irrigation System Model; Users Manual. New Zealand Ministry of Agriculture, Fisheries Lincoln.



- ENGLISH, M., TAYLOR, A., and JOHN, P., 1985. Evaluating Sprinkler System Performance. NZ Agricultural Science, pp. 32-38.
- FROST, K. B. and SCHWALEN, H. C., 1960. Sprinkler Evaporation Losses, Agriculture, 36:526-528.
- GÜNGÖR, Y., ERÖZEL, A. Z. ve YILDIRIM, O., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları no:1540, Ders Kitabı: 493, Ankara, 292s.
- HANSEN, V. E., ISRAELSEN, O. W. and STRINGHAM, G. E., 1979. Irrigation Principles and Practices. John Willey and Sons Inc. New York, 417s.
- HART, W. E., PERI, G. and SKOGERBOE, G. V., 1979. Irrigation Performance: an Evaluation. Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE, 105(3):275-288.
- HOFFMAN, G., J., HOWELL, T. A. and SOLOMON, K. H., 1990. Management of Farm Irrigation Systems. American Society of Agricultural Engineers, 149pp.
- HANSON, B. R., SCHWANKL, L. and FULTON, A., 1988. Uniformity of Under a Low Energy Precision Application (LEPA) Irrigation System. Transactions of the ASAE, 31(5):1463-1468.
- ISRAR, M. 1991. Improved Irrigation System Performance in Pakistan, Improved Irrigation System Performance for Sustainable Agriculture. Proceedings of the Regional Workshop Organized by FAO in Bangkok, Thailand 22-26 October, pp. 270-276.
- KANBER, R., 1997. Sulama. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları, Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: 52, Adana, 529s.
- KANBER, R., 2003. Sulama ve Drenaj Mühendisliği, (Editörler: KANBER, R., ÇAKIR, R. ve TARI, A.F.), Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No:122, 531s.
- KARAATA, H., 1991. Urfa-Harran Ovası Sulama Rehberi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, KHGM Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 10, Rapor Yayın No: 8, Şanlıurfa.
- KHAE, 2003. 2002 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri Şanlıurfa-Harran Ovası KHGM, Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.
- KING, B. A., MCCANN, I. R., EBERLEIN, C. V. and STARK, J. C., 1999. Computer Control System for Spatially Varied Water and Chemical Application Studies with Continuous-Move Irrigation Systems. Article Computers and Electronics in Agriculture, 24(11): 77-194.
- KIRNAK, H., DOĞAN, E. ve YALÇIN, S., 2004. Determination of Hydraulic Performance of Trickle Irrigation Emitters Used in Irrigation Systems in The Harran Plain. Doğa Dergisi, 28:223-230.
- KOHL, R. A., 1974. Drop Size Distribution from Medium Sized Agricultural Sprinkler. Transactions of the ASAE, 17(4): 690-693.
- KOHL, K. D., KOHL, R. A. and DEBOER, D. W., 1987. Measurement of Low Pressure Sprinkler Evaporation Loss. Transactions of the ASAE 30(4): 1071-1074.

- LI, J. and RAO, M., 2003. Field Evaluation of Crop Yield As Affected by Nonuniformity of Sprinkler–Applied Water and Fertilizers. *Agriculture Water Management*, 59:1-13.
- LITTLE, G. E., HILLS, D. J. and HANSON, B. R., 1993. Uniformity in Pressurized Irrigation Systems Depends on Design, Installation. *California Agriculture*. 47(3): 18-21.
- LYLE, W. M. and BORDOVSKY, 1981. Low Energy Precision Application (LEPA) Irrigation System. *Transactions of the ASAE*. 24(5): 1241-1245.
- MERRIAM, J. L. and KELLER, J., 1978. *Farm Irrigation Systems Evaluation: A Guide for Management*. 2. Printing. Utah State University, Logan, Utah, 271p.
- PADMANABHAN, R.M., 1997. Influence of Climatic Faktors on Uniformaty in Sprinkler Irrigation, *Madras Agricultural Journal*, 84(3): 158-160.
- PAINTER, D., and CARRAN, P., 1978. What is Irrigation Efficiency Soil and Water NZ 14(5): 15-17.
- TARI, A. F., 1998. Konya-İlgın Ovasında Kullanılan Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. Ç. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana, 152s.
- TARJUELO, J. M., MONTERO, J., CARRION, P. A., HONRUBIA, F. T., and CALVO, M. A., 1999. Irrigation Uniformity with Medium Size Sprinklers Part II: Influence of Wind and Other Factors on Water Distribution, *Transactions of the ASAE*, 42 (3):677-689.
- VORIES, E. D., and VON BERNUTH, R. D., 1986. Single Nozzle Sprinkler Performance in Wind. *American Society of Agricultural Engineers*. 29(5): 1325-1330.
- WAHDAN, A. A. and EL-GAYAR, A. M., 1988. Spatial Distribution of Irrigation Water Application in Sprinkler Irrigation, *American Society of Agricultural Engineers*, (88-2620):7p.

## ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Samsun' da doğdu. İlk ve orta öğretimini Konya' da tamamladı. 1998 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünü kazandı. Stajını 2002 yaz döneminde Ankara Toprak ve Gübre Aştırma Enstitüsünde tamamladı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesini 2004 yılında bitiren Pınar BAHÇECİ 2004 Eylül döneminde Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek lisansa başladı.

## EKLER

Ek Çizelge 1. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no	1					
Meme Çapı	4					
Sistem Hızı	12 m/h					
İşletme basıncı	3.5					
Su Derinliği (mm)						
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2
Rüzgar Hızı, m/s	0.22		0.22		2.45	
Kap Sıra no						
1	3.49	4.07	0.58	0.58	0.00	0.00
2	15.70	15.12	9.88	11.05	0.58	0.58
3	26.74	23.84	14.53	17.44	8.72	9.88
4	45.35	46.51	36.05	34.88	18.60	19.19
5	47.67	44.19	38.37	38.95	35.47	33.14
6	53.49	48.26	46.51	48.26	38.95	39.53
7	45.93	45.93	45.35	42.44	46.51	47.09
8	43.60	43.60	43.60	43.60	36.05	36.05
9	41.86	40.70	40.12	41.86	39.53	36.63
10	70.35	71.51	67.44	61.63	53.49	51.16
11	81.98	54.65	53.49	43.02	46.51	42.44
12	34.88	32.56	40.70	40.70	40.70	38.95
13	36.05	38.95	36.05	37.79	32.56	36.05
14	27.91	26.16	20.93	19.77	19.19	24.42
15	29.65	26.16	28.49	31.98	25.00	25.58
16	45.35	47.09	56.40	52.33	47.09	46.51
17	58.14	58.14	58.14	61.63	54.65	52.33
18	50.00	48.26	43.60	50.58	52.33	50.58
19	38.37	38.37	45.35	45.93	38.37	34.88
20	38.37	40.12	47.67	47.09	39.53	37.21
21	38.37	40.70	47.09	48.26	39.53	37.79
22	41.28	41.28	44.19	44.19	36.63	37.79
23	38.37	37.79	46.51	47.09	33.72	38.37
24	45.35	52.91	66.28	81.40	84.30	58.14
25	42.44	48.26	52.91	51.16	40.12	41.28
26	34.30	34.30	48.26	49.42	47.09	37.79
27	41.86	30.23	31.98	35.47	33.14	41.86
28	20.35	23.26	36.63	32.56	30.23	23.26

Ek Çizelge 2. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no	2					
Meme Çapı	4					
Sistem Hızı	24 m/h					
İşletme basıncı	3.5 atm					
Su derinliği (mm)						
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2
Rüzgar hızı, m/h	3.12		2.90		1.34	
Kap Sıra no						
1	3.49	4.07	0.58	0.58	0.00	0.00
2	15.70	15.12	9.88	11.05	0.58	0.58
3	26.74	23.84	14.53	17.44	8.72	9.88
4	45.35	46.51	36.05	34.88	18.60	19.19
5	47.67	44.19	38.37	38.95	35.47	33.14
6	53.49	48.26	46.51	48.26	38.95	39.53
7	45.93	45.93	45.35	42.44	46.51	47.09
8	43.60	43.60	43.60	43.60	36.05	36.05
9	41.86	40.70	40.12	41.86	39.53	36.63
10	70.35	71.51	67.44	61.63	53.49	51.16
11	81.98	54.65	53.49	43.02	46.51	42.44
12	34.88	32.56	40.70	40.70	40.70	38.95
13	36.05	38.95	36.05	37.79	32.56	36.05
14	27.91	26.16	20.93	19.77	19.19	24.42
15	29.65	26.16	28.49	31.98	25.00	25.58
16	45.35	47.09	56.40	52.33	47.09	46.51
17	58.14	58.14	58.14	61.63	54.65	52.33
18	50.00	48.26	43.60	50.58	52.33	50.58
19	38.37	38.37	45.35	45.93	38.37	34.88
20	38.37	40.12	47.67	47.09	39.53	37.21
21	38.37	40.70	47.09	48.26	39.53	37.79
22	41.28	41.28	44.19	44.19	36.63	37.79
23	38.37	37.79	46.51	47.09	33.72	38.37
24	45.35	52.91	66.28	81.40	84.30	58.14
25	42.44	48.26	52.91	51.16	40.12	41.28
26	34.30	34.30	48.26	49.42	47.09	37.79
27	41.86	30.23	31.98	35.47	33.14	41.86
28	20.35	23.26	36.63	32.56	30.23	23.26
29	40.61	39.39	40.97	41.47	36.38	34.95

Ek Çizelge 3. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	3					
Meme Çapı:	6					
Sistem Hızı:	12					
İşletme basıncı:	3 atm					
Su Derinliği (mm)						
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2
Rüzgar Hızı, m/s	2.01		2.68		2.01	
Kap Sıra no						
1	8.14	8.14	11.05	11.05	9.88	8.72
2	19.77	20.35	15.70	16.28	19.19	15.70
3	43.02	39.53	31.40	33.72	29.07	35.47
4	45.93	55.81	60.47	53.49	72.67	76.74
5	50.58	49.42	56.40	44.19	47.67	52.33
6	57.56	57.56	52.91	52.33	79.07	81.40
7	56.98	57.56	48.26	44.77	76.16	83.14
8	44.19	44.77	49.42	48.26	67.44	68.02
9	54.07	57.56	53.49	52.91	57.56	51.74
10	59.88	59.88	58.14	59.30	91.86	81.98
11	51.16	55.81	55.23	52.91	72.09	72.09
12	54.65	55.23	56.40	52.91	63.37	63.95
13	61.05	62.79	58.72	57.56	74.42	75.58
14	48.84	52.91	54.65	52.91	55.81	59.30
15	31.98	31.40	37.21	38.95	41.86	47.09
16	50.58	49.42	51.74	47.09	70.93	72.09
17	63.37	61.05	62.21	62.79	70.35	74.42
18	58.72	61.05	66.28	69.19	52.33	52.33
19	70.93	72.09	73.26	73.26	63.95	72.09
20	55.81	56.98	61.63	57.56	56.98	56.40
21	43.02	44.19	40.70	38.95	45.35	46.51
22	50.58	49.42	49.42	47.67	56.98	55.81
23	51.16	51.74	56.40	48.84	55.81	56.40
24	66.28	61.63	67.44	56.98	51.16	54.65
25	50.00	59.88	39.53	34.30	54.07	56.98
26	52.33	55.81	34.88	37.79	54.65	47.67
27	52.33	47.67	34.30	21.51	29.07	28.49
28	23.26	19.77	23.26	19.77	0.00	0.00

Ek Çizelge 4. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	4					
Meme Çapı:	6					
Sistem Hızı:	24m/h					
İşletme basıncı:	3.5 atm					
Su Derinliği (mm)						
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2
Rüzgar Hızı, m/s	2.23		2.01		1.56	
Kap Sıra no						
1	0.58	0.58	3.49	2.33	5.81	5.81
2	6.40	6.98	9.30	9.30	9.30	10.47
3	13.37	13.95	15.70	18.02	20.93	17.44
4	25.00	24.42	29.65	32.56	40.12	55.81
5	25.58	27.91	28.49	27.91	26.16	26.16
6	34.88	36.05	31.98	38.95	42.44	46.51
7	36.63	36.05	0.00	33.72	40.12	39.53
8	30.81	33.14	33.72	34.88	27.33	27.91
9	23.26	25.58	29.65	29.07	34.88	38.37
10	39.53	38.95	40.12	40.12	38.95	40.12
11	38.95	40.70	37.79	37.79	32.56	34.88
12	34.88	36.63	35.47	37.21	33.14	34.88
13	39.53	38.95	39.53	40.70	38.37	37.21
14	32.56	31.98	33.72	33.72	30.81	30.81
15	21.51	22.67	21.51	23.84	25.58	23.84
16	30.81	31.40	35.47	34.88	33.72	32.56
17	40.12	37.79	35.47	36.63	37.21	36.05
18	40.70	43.02	38.37	38.95	41.86	41.86
19	45.35	45.35	30.81	33.14	33.72	32.56
20	34.88	31.40	33.14	22.09	25.58	23.26
21	26.16	23.26	23.26	34.30	25.00	22.67
22	34.88	28.49	34.88	32.56	27.91	28.49
23	29.07	29.65	35.47	25.00	31.98	32.67
24	32.56	31.98	25.58	28.49	23.26	23.26
25	32.56	27.33	32.56	29.07	19.77	20.35
26	27.91	33.14	30.23	15.70	8.14	7.56
27	17.91	17.44	16.86	21.51	15.70	18.60
28	15.70	16.28	26.74	25.58	0.00	0.00

Ek Çizelge 5. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	5					
Meme Çapı:	6					
Sistem Hızı:	36 m/h					
İşletme basıncı:	3.5					
Su Derinliği (mm)						
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2	T3S1	T3S2
Rüzgar Hızı, m/s	1.78		0.67		2.68	
Kap Sıra no						
1	4.07	2.91	5.23	5.81		0.00
2	5.81	5.81	9.30	8.72	2.33	2.91
3	10.47	13.95	16.86	16.86	8.14	11.05
4	19.19	18.60	15.12	13.95	14.53	16.28
5	16.28	18.02	22.09	22.67	13.95	13.37
6	18.60	19.77	22.09	21.51	18.60	21.51
7	18.60	19.19	17.44	16.86	16.86	19.77
9	13.37	13.95	15.70	13.95	18.60	19.77
10	20.35	19.77	24.42	24.42	16.86	16.28
11	21.51	20.93	22.09	20.93	20.35	22.67
12	19.19	21.51	19.19	20.35	15.70	16.28
13	21.51	23.26	23.26	23.26	16.86	19.19
14	18.60	19.19	20.35	19.77	20.35	19.77
15	12.21	12.21	11.63	11.63	18.60	21.51
16	14.53	14.53	15.12	13.95	9.88	12.79
17	18.02	18.60	18.02	18.02	18.02	15.12
18	23.26	24.42	16.86	17.44	19.77	18.02
19	23.26	23.26	24.42	23.84	22.67	27.33
20	22.67	22.09	22.67	24.42	26.74	26.74
21	20.93	19.19	19.77	19.77	21.51	18.02
22	15.12	15.70	15.12	13.95	13.95	15.12
23	19.19	19.19	16.28	16.86	23.26	23.84
24	19.77	19.19	18.60	22.09	17.44	24.42
25	16.28	16.28	13.95	14.53	20.93	20.35
26	17.44	18.02	13.95	15.70	20.35	19.19
27	15.70	18.60	22.09	23.26	31.98	31.40
28	5.81	8.14	17.44	22.67	20.93	15.12
29	11.63	12.79	20.93	22.09	18.02	19.77



Ek Çizelge 6. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	6			
Meme Çapı:	8			
Sistem Hızı:	12 m/h			
İşletme basıncı:	3.5 atm			
Su Derinliği (mm)				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	1.11		0.67	
Kap Sıra no				
1	3.49	6.98	6.40	1.74
2	22.67	28.49	23.26	11.63
3	31.40	32.56	33.72	33.14
4	6.40	64.53	58.72	65.70
5	55.81	60.47	68.02	72.67
6	58.72	52.33	68.60	73.26
7	54.65	56.98	69.19	68.02
9	58.14	59.88	73.26	73.84
10	54.65	65.12	80.81	73.26
11	58.14	58.14	73.26	73.26
12	66.28	77.91	66.28	66.28
13	70.35	71.51	87.21	84.88
14	55.81	55.23	73.84	76.74
15	57.56	63.37	59.30	59.88
16	34.88	33.72	38.37	34.88
17	75.00	75.58	68.60	71.51
18	66.28	70.93	83.72	79.07
19	74.42	68.60	69.77	70.93
20	83.72	90.70	88.37	87.21
21	75.00	69.19	77.91	67.44
22	66.28	69.77	55.81	56.98
23	70.35	72.67	69.77	66.28
24	62.21	59.30	73.26	69.77
25	73.84	73.26	67.44	66.28
26	68.02	66.86	51.16	82.56
27	52.33	51.16	34.88	44.19
28	27.91	28.49	24.42	22.09
29	43.02	76.74	34.88	22.09

Ek Çizelge 7. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	7			
Meme Çapı:	8			
Sistem Hızı:	24 m/h			
İşletme basıncı:	3.5			
Su Derinliği (mm)				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	0.22		1.34	
Kap Sıra no				
1	11.05	18.02	0.00	0.00
2	13.37	15.12	13.95	11.63
3	43.02	48.26	16.28	27.91
4	39.53	45.35	34.30	43.60
5	44.19	41.28	41.28	35.47
6	45.93	46.51	30.81	34.88
7	40.12	37.21	37.79	38.37
9	37.79	41.86	39.53	37.79
10	40.70	41.86	36.05	34.88
11	46.51	41.86	37.21	39.53
12	46.51	45.93	37.79	40.70
13	46.51	46.51	45.35	47.67
14	43.60	43.60	38.95	35.47
15	38.37	43.02	40.12	36.63
16	25.58	26.74	25.00	25.00
17	37.21	0.00	41.86	42.44
18	43.02	39.53	37.79	39.53
19	45.93	43.02	46.51	45.35
20	43.60	37.21	46.51	53.49
21	36.63	34.88	45.35	47.67
22	34.30	33.72	38.37	40.70
23	33.14	27.91	34.88	39.53
24	34.88	30.81	37.79	37.79
25	29.07	34.88	34.88	40.12
26	29.07	33.14	48.84	40.70
27	22.67	0.00	27.91	23.26
28	11.63	13.95	22.67	16.28
29	0.00	0.00	46.51	6.98

Ek Çizelge 8. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri (T; tekerrür, S; sıra)

Test no:	8			
Meme Çapı:	8			
Sistem Hızı:	36 m/h			
İşletme basıncı:	3.5 atm			
Su Derinliği. mm				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	1.11		0.45	
Kap Sıra no				
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	8.14	17.44	11.63	6.98
3	19.77	17.44	12.79	15.12
4	16.28	17.91	19.19	25.00
5	31.98	34.88	27.91	26.16
6	22.09	26.74	34.88	30.81
7	25.58	24.42	30.81	36.05
9	24.42	24.42	27.91	27.91
10	29.07	28.49	32.56	34.88
11	29.65	30.23	30.81	32.56
12	26.74	24.42	27.91	31.98
13	31.98	31.40	28.49	31.40
14	23.26	22.09	23.84	24.42
15	24.42	25.58	27.91	29.07
16	16.28	17.91	18.02	17.44
17	27.33	28.49	25.00	24.42
18	21.51	20.93	25.58	23.84
19	26.16	25.58	24.42	24.42
20	29.65	29.65	24.42	25.00
21	23.84	22.67	22.67	22.67
22	23.26	21.51	22.09	20.93
23	23.84	22.67	18.60	18.60
24	20.93	19.19	19.19	19.19
25	18.60	19.77	16.28	17.44
26	22.09	20.93	16.86	18.02
27	11.63	15.12	9.88	10.47
28	10.47	10.47	5.23	4.65
29	4.07	4.65	0.00	0.00

Ek Çizelge 9. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri

Test no:	9			
Meme Çapı:	10			
Sistem Hızı:	12 m/h			
İşletme basıncı:	3.5			
Su Derinliği (mm)				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	1.34		1.34	
Kap Sıra no				
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	3.49	3.49	6.98	12.79
3	21.51	16.28	37.79	95.93
4	83.72	83.72	88.37	68.60
5	80.23	87.21	87.21	81.98
6	75.58	75.58	77.91	69.77
7	62.79	63.95	55.23	55.23
9	84.30	81.40	80.23	86.05
10	91.86	97.09	93.02	86.63
11	49.42	50.00	55.81	47.67
12	83.14	80.23	93.02	80.23
13	77.91	76.16	87.79	93.60
14	72.09	63.37	68.02	62.79
15	86.05	83.14	75.00	75.58
16	34.88	38.37	34.88	29.07
17	83.14	80.81	83.72	79.07
18	73.84	82.56	70.93	59.88
19	68.60	69.77	48.84	54.07
20	115.12	109.30	93.02	89.53
21	104.65	100.00	113.95	104.07
22	66.28	67.44	48.26	56.98
23	75.00	59.88	50.58	56.98
24	55.81	47.09	38.37	37.21
25	84.30	86.05	59.88	75.58
26	77.91	81.98	51.16	54.65
27	47.67	57.56	21.51	36.63
28	41.28	30.81	20.93	25.58
29	52.33	41.86	19.19	10.47

Ek Çizelge 10. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri

Test no:	10			
Meme Çapı:	10			
Sistem Hızı:	24 m/h			
İşletme basıncı:	3.5			
Su Derinliği (mm)				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	3.12		3.34	
Kap Sıra no				
1	0.00	0.00	0.58	4.65
2	0.00	0.00	1.74	2.33
3	5.81	5.81	41.86	37.21
4	27.91	33.72	44.19	38.37
5	43.02	40.12	37.79	38.37
6	39.53	40.70	44.19	38.95
7	28.49	28.49	31.98	34.88
9	28.49	33.72	46.51	46.51
10	44.19	45.35	23.26	24.42
11	23.26	20.93	22.09	21.51
12	21.51	23.26	44.77	46.51
13	34.88	39.53	40.12	40.12
14	37.21	39.53	39.53	41.86
15	40.12	42.44	25.00	26.16
16	28.49	25.00	16.28	16.86
17	46.51	45.35	36.63	39.53
18	48.26	48.84	39.53	38.37
19	40.70	44.19	36.05	36.05
20	34.88	33.72	59.30	56.40
21	59.88	50.58	37.79	37.21
22	44.19	46.51	26.16	24.42
23	18.60	12.79	25.00	29.07
24	30.81	35.47	30.23	29.65
25	34.30	44.77	36.05	33.14
26	30.23	31.98	34.88	34.88
27	25.58	17.44	17.44	24.42
28	22.09	5.23	5.81	5.23
29	25.58	61.05	0.00	0.00

Ek Çizelge 11. Deneme alanında ölçülen su derinlikleri

Test no	11			
Meme Çapı:	10			
Sistem Hızı:	36 m/h			
İşletme basıncı:	3.5			
Su Derinliği (mm)				
	T1S1	T1S2	T2S1	T2S2
Rüzgar Hızı, m/s	2.23		2.68	
Kap Sıra no				
1	0.58	0.00	5.23	0.00
2	3.49	2.33	0.58	0.00
3	27.33	26.74	12.21	11.63
4	25.00	26.74	16.28	16.86
5	21.51	20.93	21.51	21.51
6	22.09	18.60	12.21	9.88
7	29.07	27.33	18.02	14.53
9	27.91	27.33	23.84	25.00
10	14.53	14.53	20.93	21.51
11	19.77	16.28	18.02	16.28
12	29.07	0.00	16.28	15.12
13	23.84	0.00	25.58	23.26
14	25.58	23.26	19.19	18.60
15	24.42	23.26	19.77	20.35
16	0.00	0.00	9.88	9.88
17	19.77	15.70	23.26	23.26
18	22.09	22.09	22.67	20.35
19	24.42	20.93	28.49	25.58
20	25.00	27.33	34.30	31.40
21	25.58	26.16	39.53	49.42
22	25.00	25.00	22.09	20.35
23	24.42	27.91	16.28	17.44
24	9.30	14.53	15.70	16.28
25	23.26	23.84	30.23	27.33
26	25.58	24.42	34.88	29.65
27	19.77	16.28	15.70	14.53
28	10.47	12.79	9.30	11.05
29	16.28	11.05	0.00	0.00

## ÖZET

Bu çalışma Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanının da yürütülmüştür. Çalışmada Harran Üniversitesi Makine Fabrikasında üretilmiş olan Doğrusal Hareketli Yağmurlama Sulama Makinesi kullanılmıştır. Doğrusal Hareketli Yağmurlama Sulama Makinesi Tamburlu Sulama Sistemi olarak da adlandırılmaktadır. Bölgemizde yeni kullanılmaya başlayan, Tamburlu Sulama sisteminin mekanik özelliklerini belirlemek ve Harran ovası koşullarında kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Denemelerde sulama makinesi sabit basınç altında farklı hızlarda ve başlıklarda sistemin yağmurlama hızları, CU ve DU dağılım katsayıları, CU - hız ve başlık sayısı arasındaki ilişkiler ile, sulama yeterliliği incelenmiştir. Ayrıca Harran Ovasının infiltrasyon gruplarına göre ovanın hangi bölgesinde hangi hız ve hangi başlıklarla kullanılabileceği belirlenmiştir.

Sistemin teorik olarak hesaplanan yağmurlama hızıyla makinenin bıraktığı su miktarı karşılaştırıldığında hesaplanan değerler ile ölçülen ortalama değerler arasında çok ufak sapmalar olduğu bazı testlerde ise bu iki değer aynı olduğu görülmektedir. Bu sonuç bize teorik olarak hesaplayacağımız yağmurlama hızlarını (Iy) pratikte de olarak kullanabileceğimizi göstermektedir.

Doğrusal hareketli sulama makinesinin arazi üzerindeki su dağılım desenleri incelenmiştir. Makinenin özellikle sağ ve sol uç kısımlarda ortalama göre çok az su bırakmaktadır. Ayrıca sulayıcı kolların hareketini sağlayan hareketli kısmın suyu engellemesinden dolayı da sulayıcı kolların orta kısmında da az su toplandığı belirlenmiştir.

Suyun tarla yüzeyinde dağılım performansları CU ve DU dağılım katsayılarıyla belirlenmiştir. Sistemin su dağılımını belirlemek için araziye ASAE standartlarında verilmiş düzenle su toplama kapları yerleştirilmiş ve sulama sonunda bu kaplarda biriken sular ölçülmüştür. CU değerlendirmesinde tüm alan göz önüne alındığında düşük değerler elde edilmiştir. Bunun nedeni sistemin sulayıcı kollarının her iki ucundan çıkan su miktarının tüm sisteme göre çok düşük bazı testlerde ise 0 olduğu görülmüştür. Bu bağlamda değerlendirmede 3 farklı CU değeri hesaplanmıştır. Bunlar CU<sub>1</sub>, CU<sub>2</sub>, CU<sub>3</sub> olarak adlandırılmıştır. CU<sub>1</sub> de tüm su toplama kapları ele alınmış, CU<sub>2</sub> de sulayıcı kolların başından ve sonundan 1 su toplama kabı, CU<sub>3</sub> de

ise sulayıcı kolların başından ve sonundan 2 şer su toplama kabı değerlendirme dışı tutularak CU değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre CU<sub>1</sub> değerleri %61 ile 80 arasında değişirken, CU<sub>2</sub> değerler i%67-86 arasında, CU<sub>3</sub> değerleri ise %73-88 arasında değişmektedir. Bu durum sulama makinesinin pratikteki kullanımında örtüşme yapılması gerektiğini ortaya çıkarmıştır. 2 su toplama kabının temsil ettiği 2 metrelik alan uygulama sırasında makine kaydırılarak sulama işlemi yapılmalıdır. DU değerleri de CU gibi 2 şekilde hesaplanmış ve sırasıyla DU<sub>1</sub>, DU<sub>2</sub>, değişimleri; %34-67, %43-72 şeklinde hesaplanmıştır.

Sistemin bıraktığı su miktarları başlık büyüklüğüne ve sistemin hızına ve başlık sayısına bağlı olarak değişmektedir. Testlerde sağ ve sol sulayıcı kollarda 18 er olmak üzere 36 sulama başlığı kullanılmıştır ve su derinlikleri 18- 63 mm arasında değişmiştir. Örtüşme yapıldığında su derinlikleri 19- 67 mm arasında değişmektedir.

Testlerin her birinin su uygulama yeterliliği incelendiğinde %71-90 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler sulanan alanın %71-90'ının tam sulandığını, kalan kısımlarında eksik su aldığını gösterir. Derine sızma kayıpları %6-12 arasında değişmiştir. Bunlar diğer sulama sistemleri ile karşılaştırıldığında düşük oranlarda olduğu görülmektedir.

Su derinlik ölçümlerine ilişkin varyasyon katsayıları (CV) %15.9 ile 26.9 arasında değişmektedir. Yüksek CV değerlerinin çalışmanın güvenilirliğini azalttığı bilinmektedir.

Regresyon analizlerinin sonuçlarına göre; CU- hız arasında bir ilişki olmadığı görülmüştür. CU- meme çapı ilişkisinde ise küçük çaplı başlıklar için daha yüksek CU değerleri elde edilmiştir.

Harran ovası koşullarında Tamburlu yağmurlama sulama makinesinin kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla Karata(1991) tarafından yapılan infiltrasyon test sonuçlarından yararlanılmıştır. Sistemin yağmurlama hızları 36 adet başlık için 14-67 mm/h arasında, 72 adet başlık için 28-114 mm/h arasında değişmektedir. Dolayısıyla bu sistemin infiltrasyon hızı 14 mm/h'den daha az olan iki bölge dışında tüm Harran Ovasında kullanılabileceği belirlenmiştir. İnfiltrasyon hızı daha düşük olan bölgelerde ise daha yüksek hızlarda çalıştırılması gereklidir.



## SUMMARY

This study was carried out in the experimental field of the faculty of Agriculture in Harran University. In this study, Linear Move Irrigation Machine (LMIM) developed by Harran University was employed. The study aimed to assess the mechanical characteristic of the system and the use possibility in the Harran plain. In the tests, this irrigation system was operated at the constant pressure with various moving speed and various nozzle size. Water distribution uniformity, the coefficient Christiansen uniformity (CU), adequacy of irrigation and irrigation intensity were obtained from the collected data the relationship between CU-speed vs nozzle size relationship, was detected through regression analysis. Furthermore, using possibility of LMIM in Harran Plain with various in the infiltration ratios was determined.

Sprinkler irrigation intensity adjusted theoretically was compared to the actual water depth of the system. Both values obtained from the system theoretically and actually seemed to be close to each other. This showed that theoretically calculated rainfall intensities can also be use in practice.

Water distribution pattern of system on the soil surface was determined. It was detected that the right and left ends of machine, sprinkler delivered less water than the average. Moreover, partially water blockage by moving parts of sprinkle arms resulted in less water delivery in the mid part of system.

The field surface water distribution performance was scored by CU and DU distribution coefficient. Water collection pans were placed in the test area according to ASAE standards. Water collected in the pans for each nozzle was scored at end of the each test. Scoring was performed employing three replications.

CU values with 3 replications ( $CU_1$ = all collecting pans were considered,  $CU_2$ =two pans from lasting ends of sprinkler arms were excluded and  $CU_3$  = Four pans from lasting ends of sprinkler arms were excluded) were evaluated.  $CU_1$  values ranged from 61% to 80% whereas,  $CU_2$  67% and 86%.  $CU_3$  values changed between 73% and 88%. All CU values were found to be lower than those of averages. This was caused by less or zero water delivery of lasting ends of sprinkler arms. This resulted in the presence of some overlapping adjustments in the system before

commercial use. DU values with two replications were scored. DU<sub>1</sub> ranged from 34% to 67% and DU<sub>2</sub>; 43% to 72%.

The amount of water delivered by system varied depending on nozzle size, system proceeding speed and the number of nozzles. Total 36 nozzles (18 in each arm) were used in the study and the water depths were changed between 18 and 63 mm. from soil surface. When overlapping, these changed between 19 and 67 mm.

Water adequacy coefficients for each replication were assessed and found that these values changed between 71% and 90%. This indicated that 71 to 90% of all field were irrigated properly but the rest was irrigated inadequately. Leakage to deep layers of soil ranged from 6% to 12%. These values, when compared to all other sprinkler systems were found to be negligible.

The coefficients of variations (%) for water depths changed between 15.9% and 26.9%. Higher CV% percentages indicated the presence of some experimental errors.

Regression analysis showed that there was no regression relation between CU and system proceeding speed. Regression between CU and nozzle diameter turned out to be significant. The more nozzle diameter the less CU values were obtained.

Precondition for commercial use of linear moving sprinkler watering system in Harran plain, the sprinkler water delivery rate should be less than the infiltration speed. This was examined according to research findings for infiltration rates of Harran plain (Karaata, 1991).

It was concluded that except for two locations with infiltration rates less than 14 mm. h<sup>-1</sup> this linear moving sprinkler irrigation system, obeying the rule of the less infiltration rate the more system speed can be used for commercial crop production in Harran plain.