

**T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**REKREASYON ALANLARINDA KULLANILAN POP - UP TİPİ
YAĞMURLAMA BAŞLIKLARININ SU DAĞILIM ÖZELLİKLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Ferhan BALCI

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. A. Halim ORTA

TEKİRDAĞ-2014

Her hakkı saklıdır.

Bu Çalışma NKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından NKÜBAP.00.24.YL.10.22 Nolu Proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. A. Halim ORTA danışmanlığında Ferhan BALCI tarafından hazırlanan "Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Pop - Up Tipi Yağmurlama Başlıklarının Su Dağılım Özelliklerinin Karşılaştırılması" isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı: Prof. Dr. A. Halim ORTA

İmza:

Üye: Prof. Dr. Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN

İmza:

Üye: Prof. Dr. Yeşim AHİ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REKREASYON ALANLARINDA KULLANILAN POP - UP TİPİ YAĞMURLAMA BAŞLIKLARININ SU DAĞILIM ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ferhan BALCI

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. A. Halim ORTA

Bu çalışmada, rekreasyon alanlarında kullanılan dört farklı pop-up tipi (çarpmalı, dişli rotor, mp rotator ve sprej) yağmurlama başlığının üç farklı meme (küçük, ortanca, büyük) ve üç farklı işletme basıncında (düşük, optimum, yüksek) su dağılım desenleri belirlenmiştir. Aynı ölçümler farklı rüzgâr hızı aralıkları için de (0-2,0, 2,1-3,0, 3,1-4,0 ve 4,1-5,0 m/s) her bir başlığın sadece bir memesi kullanılarak optimum işletme basıncı koşulunda yapılmıştır. Tüm ölçümler açık arazi koşullarında tekil başlık deneme yöntemiyle üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen su dağılım değerleri farklı tertip biçimleri ve aralıkları için işlenerek, Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım yeknesaklık katsayısı (DU) değerleri rüzgârsız ve rüzgârlı koşullarda hesaplanmıştır. Sonuçta, rüzgârsız koşullardaki CU değerleri çarpmalıda %65,1-91,7, dişli rotorda %63,2-91,3, mp rotatorda %66,3-86,5 ve sprejde %33,3-98,6; DU değerleri, yukarıda belirtilen başlıklar için sırasıyla %42,0-82,8, %47,1-86,7, %45,1-81,6, %0-97,3 arasında bulunmuştur. Rüzgârlı koşullarda ise bu değerler önemli düzeyde düşüş göstermiştir.

CU ve DU değerleri dikkate alındığında, başlıklar rüzgârsız koşullarda eş su dağılımlarına göre yüksekten düşüğe doğru dişli rotor, çarpmalı, mp rotator, sprej, rüzgârlı koşullarda ise dişli rotor, mp rotator, sprej, çarpmalı biçiminde sıralanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eş su dağılım düzeyi, tertip biçimi, tekil başlık deneme yöntemi, CU (Christiansen eş su dağılım katsayısı), DU (su dağılım yeknesaklık katsayısı)

2014, 56 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE COMPARISON OF WATER DISTRIBUTION PATTERNS OF POP-UP STYLE SPRINKLERS USED IN LANDSCAPE IRRIGATION

Ferhan BALCI

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. A. Halim ORTA

In this study, water distribution of 4 different sprinkler heads (impact, gear drive, mp rotator, spray), used in landscape areas were determined for three different nozzles (small, medium, large) and for three different pressures (minimum, optimum, maximum). In addition similar measurements were determined for different wind speeds (0-2,0, 2,1-3,0, 3,1-4,0 and 4,1-5,0 m/s) by taking into consideration only one nozzle for each head under optimum working pressure. All measurements were performed with according to single head test method three replicates in open field conditions.

The Christiansen's uniformity coefficient (CU) and distribution uniformity coefficient (DU) values are calculated for different sprinkler designs in the windless and windy conditions. As a result, in windless conditions the CU values were found as 65,1-91,7% for impact, 63,2-91,3% for gear drive, 66,3-86,5% for mp rotator and 33,3-98,6% for spray; DU values were found as 42,0-82,8%, 47,1-86,7%, 45,1-81,6% and 0-97,3% for the above mentioned heads, respectively. These values were decreased significantly in windy conditions.

When the CU and DU values have been considered together, heads have been ordered as gear drive, impact, mp rotator, spray from high to low under windless conditions and they have been ordered as gear drive, mp rotator, spray and impact under windy conditions.

Key Words: Water distribution uniformity, sprinkler design, single head test method, CU (Christiansen's uniformity coefficient), DU (distribution uniformity coefficient)

2014, 56 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	iv
ŞEKİL DİZİNİ	v
SİMGELER DİZİNİ	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Deneme alanı	12
3.1.2. Yağmurlama başlıkları	14
3.2. Yöntem	16
3.2.1. Denemenin yürütülmesi	16
3.2.2. Su dağılım desenlerinin eldesi ve eş su dağılım katsayılarının belirlenmesi	21
3.2.3. Başlık debilerinin ve yağmurlama hızlarının belirlenmesi	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1. Denemeye alınan yağmurlama başlıklarının genel özellikleri	26
4.2. Yağmurlama başlıklarının CU ve DU değerleri	30
4.2.1. Çarpmalı pop-up başlıkların CU ve DU değerleri	30
4.2.2. Dişli rotor pop-up başlıkların CU ve DU değerleri	35
4.2.3. M _p rotator pop-up başlıkların CU ve DU değerleri	40
4.2.4. Sprey pop-up başlıkların CU değerleri	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
6. KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	56

ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Test edilen yağmurlama başlıklarına ilişkin bazı teknik veriler.....	14
Çizelge 3.2. Örnek bir test çizelgesi (B başlığı, ortanca meme, optimum basınç).....	20
Çizelge 3.3. B yağmurlama başlığının 3,5 atm işletme basıncı ve 10×10 m tertip aralığı için su dağıtım deseni.....	23
Çizelge 4.1. A başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri.....	27
Çizelge 4.2. B başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri.....	28
Çizelge 4.3. C başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri.....	29
Çizelge 4.4. D başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri.....	29
Çizelge 4.5. A yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri.....	32
Çizelge 4.6. A başlığında optimum işletme basıncında farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri.....	35
Çizelge 4.7. B yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri.....	37
Çizelge 4.8. B başlığında optimum işletme basıncında farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri.....	40
Çizelge 4.9. C yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri.....	41
Çizelge 4.10. C başlığında optimum işletme basıncında farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri.....	44
Çizelge 4.11 D yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri.....	46
Çizelge 4.12. D başlığında optimum işletme basıncında farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri.....	49

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Christiansen' e göre su dağılım eğrisi şekilleri.....	5
Şekil 3.1. Yağmurlama başlığı ve su toplama kapları.....	12
Şekil 3.2. Su deposu ve pompanın görünümü.....	13
Şekil 3.3. Su toplama kabı platformu ayrıntısı (a) ve başlık platformunun ayrıntısı (b).....	13
Şekil 3.4. Denemede kullanılan başlıklar ve memeleri.....	15
Şekil 3.5. Deneme alanının planı.....	16
Şekil 3.6. A başlığının test edilmesi.....	17
Şekil 3.7. B başlığının test edilmesi.....	18
Şekil 3.8. C başlığının test edilmesi.....	18
Şekil 3.9. D başlığının test edilmesi.....	19
Şekil 3.10. B başlığının tekil denemedeki su dağılım deseninin ölçekli planı.....	22
Şekil 3.11. 10×10 m başlık aralık tertibine göre düzenlenmiş bir diyagram.....	22
Şekil 4.1 A başlığının bireysel su dağılımı.....	33
Şekil 4.2. A başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık).....	33
Şekil 4.3. A başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık).....	34
Şekil 4.4. B başlığının bireysel su dağılımı.....	38
Şekil 4.5. B başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık).....	38
Şekil 4.6. B başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık).....	39
Şekil 4.7. C başlığının bireysel su dağılımı.....	42
Şekil 4.8. C başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık).....	42
Şekil 4.9. C başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık).....	43
Şekil 4.10. D başlığının bireysel su dağılımı.....	47
Şekil 4.11. D başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık).....	47

Şekil 4.12. B başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık).....	48
---	----

SİMGELER DİZİNİ

°	: Derece
C	: Santigrad
%	: Yüzde
atm	: Atmosfer
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
CU	: Christiansen eş su dağılım katsayısı (%)
dk	: Dakika
DU	: Su dağılım yeknesaklık katsayısı (%)
h	: Saat
HP	: Beygir gücü
I _y	: Yağmurlama hızı (mm h ⁻¹)
kg	: Kilogram
kPA	: Kilopascal
LA	: Düşük fırlatma açısı
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
PE	: Polietilen
q	: Başlık debisi (L h ⁻¹)
s	: Saniye
S ₁	: Lateral aralığı (m)
S ₂	: Başlık aralığı (m)

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünyada yaşanan değişim süreci ile ülkemizdeki sosyal gelişmeler, kentsel yeşil alanlardan beklentileri yükseltmiş ve çeşitlendirmiştir. Dünyanın çok büyük bir bölümünde kentleşme oranı artmakta ve halkın büyük bir kısmı kentlerde yaşamaktadır. Hızlı nüfus artışına paralel olarak hızlı, düzensiz ve plansız kentleşmenin ortaya çıkardığı sorunlar, gürültü ve trafik gibi olumsuzluklar, insanların beden ve ruh sağlığını olumsuz etkilemektedir. Bu durum, kentlerde yeşil alanlar üzerine olan hassasiyeti daha da artırmakta ve çevre bilincini daha da güçlendirmektedir.

Tezin hazırlanmasında hiçbir yardımı esirgemeyen, büyük bir sabırla, çok fazla emek sarfeden Sayın hocalarım Prof. Dr. A. Halim ORTA ve Prof. Dr. Yeşim AHİ'ye, arazi çalışmaları sırasında sürekli destek sağlayan sayın Yrd. Doç. Dr. Hüseyin T. GÜLTAŞ' a, Arş. Gör. H. Cömert KURÇ, Ziraat Mühendisi Levent TUNA, Ziraat Mühendisi Ahmet YILMAZ'a, kullanılan materyalin temininde yardımcı olan Tarfer firmasına, Prof.Dr. Levent ŞAYLAN' a, Doç. Dr. Tekin KARA'ya ve tezin yazımı süresince her türlü desteği gösteren sevgili nişanım Zir. Yük. Mühendisi Selçuk ÖZER' e denemenin yürütüldüğü arazi koşullarını bizlere sağlayarak, bütün imkânlarını hizmetimize sunan Ziraat Fakültesi Dekanlığına ve en önemlisi eğitimim süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem, babam ve canım kardeşlerime şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Haziran, 2014

Ferhan BALCI

1. GİRİŞ

Şehir yaşamının yoğun stresiyle yeşile daha fazla özlem duyan insanoğlu, bu ihtiyacını giderebilmek için her geçen gün daha fazla ve daha kaliteli yeşil alanlar yaratmanın yollarını aramaktadır. Rekreasyon alanlarının yeşil tutulmasında en önemli rol ise sulamaya düşmektedir. Yüksek yatırım gideriyle oluşturulan yeşil alanların hedeflenen kalitede olması ancak, etkili bir bakım ve tekniğine uygun olarak yapılacak sulamalar ile olasıdır (Orta 2009).

Rekreasyon, toplu yaşam alanlarında bulunan parklar, oyun alanları, yüzme havuzları, spor alanları, halk evleri gibi yapıların oluşturduğu bir ağıdır (Kraus 1998). Rekreasyon fiziksel, bilişsel, duygusal ve sosyal etmenler içeren ve insanların boş zamanlarında dâhil olmayı seçtiği aktivitelerdir (Sevil 2012). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), kentte kişi başına düşen yeşil alanın en az 9 m² olması gerektiğini, 10 ile 15 m²'nin ise ideal olduğunu belirtmektedir. Gelişmiş ülkelerde kişi başına düşen yeşil alan ortalama 20 m² civarında iken Türkiye' de bu değer 1-9 m² arasında değişmektedir (Anonim 2013).

Ülkemizde nüfus artışı, nüfusun belirli yerlerde yoğunlaşması, bunun yanında küresel ısınma gibi doğal değişimler, su kaynakları başta olmak üzere tüm doğal kaynaklarda yetersizlikler yaratmaktadır. Ülkemizde son verilere göre kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1450 m³/yıl civarında iken, bu değer nüfus ve sanayinin yoğun olarak bulunduğu Trakya yöresinde 250 m³/kişi/yıl değerine düşmektedir. Bunun yanında, bu tür nüfusu yoğun bölgelerde doğal yeşil azalmakta, bunun yerini insan eliyle üretilen yeşil alanlar almaktadır. Doğaldır ki, bu tür alanlarda su ihtiyacı da yüksek olmaktadır. Bu tablo rekreasyon alanlarında kullanılan sulama suyunun ne kadar önemli olduğunu ve ne kadar hassasiyetle kullanılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunun ötesinde yakın gelecekte rekreasyon alanlarında sadece atık suların kullanılması dahil olmak üzere daha radikal önlemler gerekli olabilecektir. Her koşulda toprak ve su kaynaklarının uygun kullanımı, sürdürülebilirliği ve yeşil alanların korunumu, sulama projelerinin iyi bir biçimde yapılması, projeye uygun biçimde araziye aplikasyonu ve koşulların gerektirdiği biçimde işletilmeleri ile olasıdır (Orta 2009).

Birkaç yıl öncesine kadar yeşili korumakla sorumlu saha mühendisleri sadece ortamı yeşil tutmak için çalışırken, şimdi bu işi su kaynaklarını çok daha ekonomik kullanarak yapmanın yollarını aramaktadırlar. Su kaynaklarının kantitatif ve kalitatif özelliklerinin günden güne düşmesi, dolayısıyla sulama suyu maliyetlerinin artması, sulama yönetiminin daha hassas yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi ise ancak, iyi bir planlama ve projeleme, iyi aplikasyon ve iyi bir işletme ile olasıdır. Bu üç

aşamadan herhangi birinde yapılacak hata/hatalar işin ekonomik olarak yapılamamasına veya yeşilin kaybolmasına neden olacaktır (Orta 2009).

Yeşil alanların sulanmasında en yaygın kullanılan sulama yöntemi yağmurlamadır. Sistem, sabit ve gömülü olmanın yanında otomasyonla işletilecek biçimde planlanır. Alanda belirli aralıklarla yerleştirilen yağmurlama başlıklarından atmosfere verilen su, yerçekimi etkisiyle toprak yüzeyine düşer, infiltrasyonla toprak içerisine girer ve kök bölgesinde depolanır. Kullanılan başlıklar genellikle pop-up olarak adlandırılan, toprak yüzeyiyle hemzemin olarak döşenen, basınçlı su ile yükselerek sulama yapan özelliktedirler (Orta 2009).

Yağmurlama sulama yönteminde mutlak anlamda eş bir su dağılımı elde etmek olası değildir. Bunun nedeni, her yağmurlama başlığının kendine özgü bir ıslatma alanına sahip olması ve bu alanın değişik yerlerine farklı miktarlarda suyun düşmesidir. ıslatma alanının kesiti olan su dağılım eğrisine bağlı olarak genellikle başlığın bulunduğu noktadan dışa doğru azalan bir su dağılımı gözükür. Uygulamada, sulanan alan üzerinde, yağmurlama başlıkları ıslatma alanları birbirini belirli oranda örtecek biçimde belirli aralıklarla yerleştirilerek yeterli düzeyde eş su dağılımı elde edilmeye çalışılmaktadır (Korukçu ve Yıldırım 1981).

Yağmurlama başlığının her bir memesi için optimum işletme basıncı sınırları mevcuttur. Bu sınırlar içerisinde, su huzmesinin ilk hızı ile suyun parçalanması ve su damlalarının ıslatma alanı içerisindeki dağılışı, uygun bir su dağılım eğrisi oluşturur. Aksi takdirde, düşük ve yüksek basınçlarda su dağılım eğrisinin şekli bozulur ve su dağılım yeknesaklığı ile su uygulama randımanı düşer. Optimum basınç sınırlarında çalıştırılan başlıklar, arazide birbirlerini belirli oranda örtecek biçimde yerleştirilerek randımanlı bir su dağılım eğrisi elde edilir.

Su dağılım eğrisinin randımanlı olduğu optimum basınç değerleri her başlığa ve bu başlıkların meme çapına göre farklılık gösterir. Bunun yanında, alan üzerinde yerleştirilen başlıklar arası mesafenin değişmesi eş su dağılım düzeyini etkilemektedir. Bu noktada bir diğer önemli unsur da rüzgâr hızıdır. Rüzgâr hızı yağmurlama sulama yönteminde kullanım sınırlarını ve tertip aralıklarını belirleyen önemli bir parametredir. Bu nedenlerle, üretilen yağmurlama başlıklarının optimum işletme basıncı ve su dağılımının elde edilmesi amacıyla denemeler yapılır ve farklı rüzgar hızları için kullanılabilirlik sınırları ve tertip aralıkları belirlenir.

Rekreasyon alanlarında homojen ve sürdürülebilir nitelikte yeşile sahip olabilmenin ön koşulu, kullanılan yağmurlama başlıklarının dikkatlice seçilmiş olması, uygun biçimde tertiplenmesi, farklı ıslatma açıları için uygun memelerin seçilmesi ve optimum işletme basıncında çalıştırılmasıdır. Bunların sağlanabilmesi için ise başlık kullanım özelliklerinin

çok iyi bilinmesi ve bunların kullanıcılara sunulması gerekir. Aksi koşulda birim alana önemli paralar harcanarak tesis edilen sulama sistemlerinden beklenen fayda sağlanamadığı gibi, toprak ve su kaynaklarımızın heba olması da engellenemeyecektir.

Peyzaj alanlarında farklı iklim, bitki, toprak ve fiziki düzenleme koşullarında kullanılabilen değişik özellikler gösteren pop-up tipi yağmurlama başlıkları üretilmektedir. Bu başlıkların işletme basınçlarından fırlatma açalarına kadar birçok özellikleri önemli düzeyde farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, başlıkların rüzgâr hızı ve kirli su gibi farklı koşullara duyarlılıkları da değişiktir.

Bu çalışmada, ülkemiz koşullarında yaygın olarak kullanılan dört farklı pop-up tipi yağmurlama sulama başlığının su dağılım özelliklerinin belirlenmesi, birbirleriyle karşılaştırılması ve farklı koşullar için en uygun başlık tipinin eldesi amaçlanmıştır. Çalışma, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Sulama Laboratuvarı ile tekil başlık deneme alanında gerçekleştirilmiştir.

Giriş ile birlikte dört bölümden oluşan bu çalışmada, ikinci bölümde konuya ilişkin kuramsal temeller ve kaynak araştırması verilmiş, üçüncü bölümde kullanılan materyal ve metod açıklanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar ve bunların tartışılması ise dördüncü bölümde yer almaktadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda nüfusu hızla yoğunlaşan şehirlerde insanların yeşil alanlara olan ihtiyacı günden güne artmakta, yerel yöneticiler de bu doğrultuda uygulamalar yapmaktadır. Birim alana binlerce lira harcanarak oluşturulan söz konusu alanların sürdürülebilir kılınmasında en önemli faktörler etkin bir sulama ve bakımdır.

İdeal bir sulama sistemi, suyu etkin ve homojen bir biçimde uygulayan, aplikasyonu, işletimi, tamir ve bakımı kolaylıkla yapılabilen özelliklerde olmalıdır. Rekreasyon alanlarında yaygın olarak kullanılan yöntem, yağmurlama sulama yöntemidir. Bunun en önemli nedeni, birçok avantajının yanında, bitkilerin doğal su alma yolu olan yağışa en yakın sulama yönteminin yağmurlama sulama yöntemi olmasıdır (Smith 1997, Aküzüm 1998, Orta 2009). Bu yöntemde, araziye belirli aralıklarla yerleştirilen yağmurlama başlıklarından basınç altında püskürtülerek atmosfere verilen sulama suyu, arazi yüzeyine düşer ve infiltrasyonla toprak içerisine girerek kök bölgesinde depolanır (Korukçu ve Yıldırım 1981, Özder 1989).

Bilindiği gibi yağmurlama sulama yönteminde projelendirme, uygun yağmurlama başlığının seçimiyle başlar. Başlığın debisi, işletme basıncı, meme çapı, ıslatma yarıçapı, fiyatı, hizmet ömrü, yedek parça temin olanağı ve sulanacak bitkinin özellikleri gibi birçok faktör başlık seçiminde önemlidir (Orta 2009).

Rekreasyon alanlarında kullanılan yağmurlama başlıkları, genellikle pop-up sprey (dönmezsiz sulayan) ve pop-up rotor (dönerek sulayan) başlıklar olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bu başlıklar toprak yüzeyi ile hem zemin olarak döşenen, vana açıldığında yükselen, dönmezsiz veya dönerek sulama yapan başlıklardır. Sprey başlıklar küçük ve dar alanlarda, rotor başlıklar ise nispeten büyük alanlarda kullanılırlar (Orta 2009).

Rekreasyon alanlarında çim bitkisinin yoğunlukla kullanılması nedeniyle bu bitkinin sağlıklı olması önemlidir. Rekreasyon alanlarında çim sulamasını etkileyen iki önemli faktör, kullanılan yağmurlama başlığının tipi ve verilecek sulama suyu miktarıdır. Özellikle, çim alanlarda istenen homojen sulama için yağmurlama başlıklarının test edilmesi gereklidir (Haroğlu 2000).

Yağmurlama başlıkları, genel olarak, daire biçiminde bir alanı ıslatırlar. Buna ıslatma alanı denir. ıslatma alanının kesitine ise su dağılım eğrisi adı verilmektedir. Her yağmurlama başlığı, meme çapı ve işletme basıncının işlevi olan bir su dağılım eğrisine sahiptir. Bu eğri genellikle, yağmurlama başlığının bulunduğu noktadan ıslatma alanının çeperine doğru gittikçe azalan bir su dağılımı gösterir. Başka bir anlatımla, tek bir yağmurlama başlığına ait olan ıslatma alanının değişik noktalarında, toprağa giren su miktarı arasında önemli düzeyde

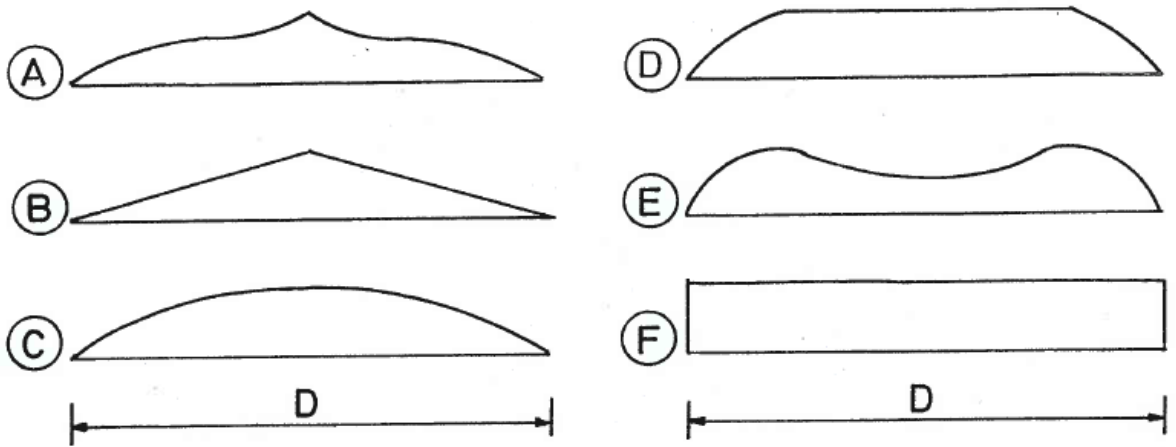
farklılıklar söz konusudur ve toprak içerisinde eş olmayan bir su dağılımı meydana gelmektedir (Aküzüm 1976, Korukçu ve Yıldırım 1981, Yıldırım 2005).

Yağmurlama sulama sistemleri üzerinde ilk önemli araştırmaları yapan Christiansen (1937) döner tipteki yağmurlama başlıklarına ilişkin su dağılım eğrilerini A, B, C, D, E, F olmak üzere altı geometrik şekil altında toplamıştır (Şekil 2.1). Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi E ve F dışındaki eğrilerde başlıktan ıslatma çeperine doğru gidildikçe toprağa düşen su miktarında azalma olmakta, F şeklinde ise eşit su dağılımı görülmektedir.

Yağmurlama başlığının su dağıtım deseni başlıca; başlığın tasarımına, büyüklüğüne, memelerin büyüklüğüne, yükseltici uzunluğuna, başlığın ıslatma açısına ve işletme basıncına bağlıdır. Bunlara ek olarak, rüzgâr hızı ve yönü, sıcaklık ve buhar basıncı da yağmurlama sulama sisteminde su dağıtım desenini etkileyen faktörlerdir (Clark ve ark 2003).

Yağmurlama sulama sistemlerinin su uygulama deseni için en önemli problemi rüzgârdır. Rüzgâr hızı ve yönü değişikliği kontrol edilemez iken, bu faktörlerin sulama uniformitesine etkisi önemlidir. Bu yüzden yağmurlama sulama sistem tasarımında rüzgâr şartlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Solomon, 1990, Ascough ve Kiker 2002).

Eş olmayan bir su dağılımı, derine sızma ve yüzey akışı kayıplarının artmasına ve böylece sulama randımanının düşmesine neden olmaktadır. Çok düşük veya aşırı yüksek basınçta çalışan ve türdeş irilikte damlacık çıkaran bir başlığın dağılım deseninde su, ıslatılan dairenin kenarında yığılmaktadır. Yüksek veya yeterli işletme basıncında ise yaklaşık üçgen şeklinde bir dağılım elde edilmektedir. Aşırı yüksek basınçta iri damla yüzdesine göre, küçük damla yüzdesi artmaktadır. Küçük damlacıklar, iri damlacıklara göre yağmurlayıcının daha



Şekil 2.1. Christiansen' e göre su dağılım eğrisi şekilleri

uzağına düştüğünden dolayı kenarlara doğru göreceli bir su azalması görölmektedir. Gerek çok düşük, gerekse aşırı yüksek işletme basınçlarında lateraller arasında yeterli su alamayan bölgeler oluştuğundan dolayı, bitki gelişmesi anılan bölgelerde yavaşlamaktadır (Kanber 2002).

Hiçbir yağmurlama başlığı tek başına homojen bir su dağılımı sağlamadığı için, uygulamada belirli oranlarda örtme yapacak şekilde yerleştirilirler. Uygun olmayan işletme basıncı ve tertip aralıklarında sulama randımanı önemli düzeyde düşmektedir. Optimum işletme basınçları sınırlarında çalıştırılan yağmurlama başlıkları, ıslatma alanları birbirini belirli oranda örtecek şekilde arazi üzerine yerleştirilerek eş su dağılım desenleri elde edilir. Rüzgârlı koşullarda, başlık tertip aralıkları ıslatma yarıçapları kadar olmalıdır. Rüzgârsız koşullarda ise tertip aralıkları, başlık ıslatma çapının %60-65' ine kadar çıkabilir (Balaban ve Korukçu 1969, Aküzüm 1976, Yıldırım 1996, Orta 2009).

Üretilen her tipteki yağmurlama başlıklarının kabul edilebilir düzeyde eş bir su dağılımı sağlayıp sağlamadığı yapılacak denemelerle saptanır. Yağmurlama başlıklarında su dağılım desenlerinin denemelerle bulunmasında üç farklı yöntem kullanılmaktadır.

Bunlar;

- Tekil başlık deneme yöntemi
- Tekil lateral deneme yöntemi
- Birlikte çalışan lateraller deneme yöntemidir.

Denemenin kolay tertiplenmesi ve doğru sonuç vermesi açısından uygulamada en çok tekil başlık deneme yöntemi kullanılmaktadır. Tekil başlık denemesinde, deney boyunca basınç değerlerinin kontrol edilmesi yanında başlığın debisi, dönme hızı, rüzgâr hızı ve yönü ile sıcaklık değerleri kaydedilir (Korukçu ve Yıldırım 1981).

Yağmurlama başlıklarının eş su dağılım değerlendirmesinde yaygın olarak Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve su dağılım yeknesaklığı (DU) değerleri kullanılmaktadır. Yağmurlama sulama sistemlerinde yağmurlama başlıklarında eş bir su dağılımı sağlanması açısından CU değerlerinin %84' den fazla olması istenmektedir. Bu değerden düşük CU değerleri genellikle tertip aralığı, çalışma basıncı ve meme çapına bağlı olarak ortaya çıkan bir hata olarak yorumlanmaktadır. Yağmurlama sulama sistem performansının değerlendirilmesinde kullanılan diğer bir parametre olan DU değerinin ise %75' den büyük olması gerekmektedir (Christiansen 1942, Keller ve Bliester 1990).

Ayyıldız ve Yaralı (1985), yağmurlama başlıklarında, yapımcı farklılıklarının eş su dağılım düzeyine etkisini belirlemek amacıyla, yapımcı firmaların üretimlerinden tesadüfi ve yapımcı firmayı temsil edebilecek biçimde 10 adet yağmurlama başlığını farklı meme çapı ve

işletme kombinasyonlarında test etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda lateral boyunca başlık debileri arasındaki farklılığın, yük kayıplarından çok yapımcı farklılığından kaynaklandığını görmüşlerdir. Bu debi değişikliklerinin lateral boyunca toprak yüzeyine verilen suyun eş dağılım düzeyini önemli ölçüde düşürdüğünü saptamışlardır.

Vories ve Von Bernuth (1986), kullandıkları modelde elde ettikleri sonuçları dört farklı meme çapı ve farklı tertip aralıkları açısından karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda, rüzgâr hızı arttıkça eş su dağılım katsayısı (CU) küçük meme çaplı başlıklarda azalmıştır. Düşük rüzgâr hızı koşullarında 4,37 mm' lik meme çapına sahip başlıklara ait CU değerleri, karşılaştırılan diğer meme çaplarına göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, rüzgâr hızındaki artışlara karşılık, CU değerlerinde oluşan düşüşler, en fazla küçük çaplı memelerde meydana gelmiştir. En yüksek CU değeri en yüksek rüzgâr hızında, 4,37 mm meme çaplı başlıktan elde edilmiştir.

Upadhyaya ve Rao (1990), yağmurlama sulama sistemlerinin performansları üzerine yaptıkları çalışmada, tek ve çift memeli iki adet yağmurlama başlığını farklı işletme basıncı ve tertip aralıklarında test etmişlerdir. En yüksek su dağılım yeknesaklığını, çift memeli başlıktan elde etmişlerdir. Bu başlık, 2,4 kg/cm² işletme basıncında 12,5×12,5 m üçgen tertip aralığında CU değerini %84,83 olarak vermiştir. Tek memeli başlığın ise 2,03 kg/cm² işletme basıncında 8×6 m üçgen tertip aralığında ve 0,44 m yükseltici boyunda CU değerini %62,22 bulmuşlardır. Ayrıca, işletme yarıçapının işletme basıncına bağlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Da Silva Paz ve ark. (1991), tarafından Portekiz'de yürütülen çalışmada, yağmurlama sulama sistemlerinde eş su dağılım düzeyi araştırılmıştır. Araştırmada, 12×12 m ve 12×18 m tertip aralıklarında 1,5 ve 2,5 m/s arasında değişen rüzgar hızlarında yapılan testlerde Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) %84 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, 18×18 m tertip aralığında 1,5 m/s rüzgar hızı koşullarında CU %84'den büyük ve 1,5 m/s' den 2,7 m/s' ye kadar rüzgar hızlarında ise CU katsayısı %80 olarak hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda, 18×18 m'lik tertip aralığı, 1,5 m/s üzerindeki rüzgar hızı koşulları için önerilmemiştir.

Şahinler (1997), tarafından yürütülen araştırmada, Bursa Büyükşehir Belediyesi' nce hazırlanan Soğanlı Kent Parkının peyzaj alanına uygun sulama sisteminin projelendirilmesi amaçlanmıştır. Alanın, topografya, toprak, bitki, iklim ve su kaynağı koşulları dikkate alınarak yağmurlama yöntemi ile sulanmasının uygun olduğu belirlenmiştir.

Tarı (1998), Iğın Ovasında yürüttüğü araştırmada, patates ve şeker pancarı alanlarında kullanılan yağmurlama başlıklarının performanslarını değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda, eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerinin %58 ile %82 arasında değiştiğini su dağılım yeknesaklığının (DU) ise %37 ile %82 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Tarjuelo ve ark (1999), iki yaǒmurlama başlığı ile yaptıkları çalışmada, farklı iki yukseltici boylarında (0,6-2,0 m), birçok değişik meme çapları ve farklı işletme basınçlarında, rüzgârsız koşullardaki su dağılım üniformitesini test etmişlerdir. Araştırma sonucunda, CU değerinin 0,6 m yukseltici boyunda %71,0-95,3 arasında, 2 m yukseltici boyunda ise %72,1-95,8 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Schneider (2000), yaptığı çalışmada, rotor başlıkların kullanıldığı yaǒmurlama sulama sisteminde CU değerinin %94-97, spre y başlıkların kullanıldığı yaǒmurlama sulama sisteminde ise %75-85 arasında değiştiğini belirtmiştir.

Kutlar ve Tokgöz (2003), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama iftliğinde yürüttükleri araştırmada, seçilen yaǒmurlama başlıklarının farklı tertip aralıkları için eş su dağılım katsayılarını (CU) hesaplamışlardır. Araştırma sonucunda, CU katsayısının %84' den büyük olma koşulunun; 2,0 ve 3,0 atm işletme basınçlarında 18×12 m tertip aralığında sağlandığı belirtilmiştir.

Dechmi ve ark. (2003), İspanya'da, sulama alanlarında kullanılan sabit ve hareketli yaǒmurlama sulama sistemlerinde optimum bitki verimi için sulama zamanı planlaması yapmışlardır. Çalışma sonucunda sabit yaǒmurlama sistemleri, center pivot ve doğrusal hareketli sistemler için Christiansen eş dağılım katsayıları (CU) sırasıyla %68, 75,5 ve 80 bulunmuştur. Sabit yaǒmurlama sistemlerinde CU rüzgâr hızı nedeniyle ciddi oranda düşmüştür. Ancak center pivot ve doğrusal hareketli sistemlerde CU saatte 2-6 m/s rüzgar hızlarında, rüzgarsız koşullara göre daha yüksek bulunmuştur.

Clark ve ark. (2003), farklı işletme basınçları için (41, 69, 104, 138 kPa), farklı başlık aralıklarında ve meme çaplarında başlıkların su dağıtım desenlerini incelemişlerdir. CU değerinin püskürtücü memeli başlıklarda %70-90 arasında değiştiğini, düşük basınç ve geniş başlık aralığı koşulunda CU değerinin düştüğünü belirtmişlerdir.

Baum ve ark. (2005), Florida'da yürüttükleri araştırmada, peyzaj sulama sistemlerinde kullanılan spre y ve rotor başlıkların su dağılım yeknesaklığı (DU) değerlerini hesaplamışlardır. Elde ettikleri DU değerleri spre y başlıklarda %41, rotor başlıklarda ise %49 olmuştur.

Demirel (2005), peyzaj alanlarında kullanılan 13 adet farklı yaǒmurlama başlığının (spre y, rotor ve çarpmalı tip), farklı basınç (minimum, optimum ve maksimum) ve rüzgar hızı aralıklarında (0-3, 3-6, 6-9 m/s) eş su dağılım katsayısı ve su dağılım yeknesaklığı değerlerini belirlemeye çalışmıştır. Araştırma sonucunda, spre y başlıklarının %89'unda, rotor başlıkların %50' sinde, çarpmalı tip başlıkların ise %26'sında uniform su dağılımı için önerilen Cu %84 koşulunun sağlandığını belirtmiştir.

Playan ve ark. (2006), İspanya’da yaptıkları test ve değerlendirme çalışmasında, yağmurlama sulamada kullanılan balistik simülasyon modelinin doğrulanması ve kalibrasyonuna bir temel sağlanması için izole yağmurlama başlığı ve sabit yağmurlama sulama sistemlerini kullanmışlardır. İki farklı meme çapı ve farklı işletme basınçlarında denemeler gerçekleştirmişlerdir. Model, CU katsayısı ve su uygulama deseninin tahmininde kullanılmıştır. CU tahmini için standart hata %3.09 olarak tespit edilmiştir. Aynı simülasyon farklı yağmurlama başlıkları, meme çapları, işletme basınçları ve rüzgar hızları için de yapılmıştır. Deneme sonucunda; bu simülasyon modelinin, sulamada uniformiteyi sağlamak, en uygun seçimleri belirlemek için çiftçiler tarafından kullanılabilirliğini açıklamışlardır.

Dukes (2006), işletme basıncı ve rüzgâr hızının doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemi performansı üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, iki farklı meme çapı, üç farklı rüzgar hızı (1.7 m/s >, 3.3-3.9 m/s, 5.0-6.6 m/s) ve 2.0 atm basınç altında çalıştırılan başlıklarda eş su dağılım katsayılarını (CU) %70-93 arasında bulunmuştur.

Bahçeci ve ark (2007), yağmurlama sulama sistemlerinin bazı performans parametrelerinin belirlenmesi için Konya Ovasında 38 yağmurlama lateralinin izleme ve değerlendirmesini yapmışlardır. Araştırmada, başlık basınçları, debi ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Deneme sonucunda CU değerlerinin %41-88 ve DU değerlerinin ise %18-81 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Zapata ve ark. (2007), İspanya’da yürütmüş oldukları çalışmada 2.8 m/s rüzgar hızında iki farklı sulama tertibinde (18×18 m ve 18×15 m) başlık testi yapmışlardır. Araştırma sonucunda eş su dağılım katsayısı (CU) değerlerinin %89,3-92,1 arasında kaldığı belirtilmiştir.

Nasap (2007), İran’da yapmış olduğu çalışmada, 9 farklı sabit ve hareketli yağmurlama sulama sistemini test etmiştir. Araştırma sonucunda, sabit yağmurlama sulama sisteminde, CU %76,1, DU %64,5 bulunurken, hareketli yağmurlama sistemlerinde bu değerler sırasıyla %82,9 ve 76,0 olarak hesaplanmıştır.

Bahçeci ve Aydın (2008), Mardin-Kızıltepe Ovasında çiftçilerin kullandığı yağmurlama sulama sistemlerinin su dağılımını değerlendirmek, sistem performanslarını iyileştirmek ve alınması gereken önlemleri belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu amaçla, ovadaki bazı tekil lateraller izlenmiş ve izlenen tekil laterallerden elde edilen veriler kullanılarak CU ve DU katsayıları belirlenmiştir. Çalışma sonucunda CU değerlerinin % 58-75 arasında, DU değerlerinin ise % 44-61 arasında değiştiği saptanmıştır.

Kara ve ark. (2008), Samsun’da yürüttükleri araştırmada Türkiye’de yaygın olarak kullanılan 5 farklı tipteki yağmurlama başlığının, farklı işletme basınçları, meme çapları ve

tertip aralıklarında su dağılım eğrilerini belirlemişlerdir. Bu amaçla Catch 3D bilgisayar programını kullanmışlardır. Araştırma sonucunda, farklı meme çapı, işletme basıncı, rüzgâr hızı değerleri için CU tabloları oluşturmuşlar ve en uygun sulama başlığını belirlemişlerdir.

El- Berry ve ark. (2009), yağmurlama sulamada kullanılan dairesel ve dairesel olmayan yağmurlama başlık memelerinin su uygulama desenleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme sonucunda dairesel olmayan memelerde %100 örtme ile daha verimli su uygulama profilleri elde edilmiştir. Dairesel olmayan memeler tüm basınçlarda tek düzeliği sağlarken, dairesel memeler bazı basınçlarda tek düzeliği sağlayamamıştır.

Kassem (2009), Suudi Arabistan'da yaptığı çalışmada, yağmurlama sulamada eş dağılım katsayısının buğday bitkisi gelişimine, verimine ve su kullanımına etkilerini araştırmıştır. Denemede, beş farklı eş dağılım katsayısı ($90 < CU_1 < 95$, $80 < CU_2 < 85$, $70 < CU_3 < 75$, $60 < CU_4 < 65$, $50 < CU_5 < 55$) test edilmiştir. Deneme sonuçlarına bakıldığında yağmurlama sulamada eş su dağılımının artmasının tüm parametreleri etkilediği görülmüştür. Su dağılım homojenitesinin artması, buğday verimini, bitki boyunu, su kullanım etkinliğini arttırmış, derine sızma oranını düşürmüştür.

Osei (2009), Gana'da yürüttüğü araştırmada yağmurlama başlıklarının farklı tertip aralıklarında eş su dağılım katsayılarını (CU) hesaplamıştır. Araştırma sonucunda ortalama debisi $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ olan yağmurlama başlığının $12 \times 12 \text{ m}$ ve $18 \times 18 \text{ m}$ tertip aralıklarında CU değerlerini sırasıyla %86 ve %83 olarak bulmuştur.

Moazed ve ark. (2010), farklı rüzgâr hızlarında, farklı işletme basınçlarında değişik yağmurlama düzenleri ve tertip aralıklarında su dağılım yeknesaklığını test etmek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Konular üç farklı rüzgâr hızı (0-5, 5-7, $7 < \text{m/s}$), üç farklı işletme basıncı (35, 40, 45 m), üç farklı yağmurlama düzeninden (kare, dikdörtgen ve üçgen) oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, yüksek rüzgâr hızında su dağılım yeknesaklığının azaldığını, rüzgâr hızının 7 m/s ' yi aşmasının eş su dağılımını %20 düşürdüğünü bulmuşlardır. En yüksek eş su dağılımını $15 \times 5 \text{ m}$ dikdörtgen tertipte, en düşük eş su dağılımını $21 \times 21 \text{ m}$ kare tertip düzeninde elde etmişlerdir.

Çalgıcı (2011), Trakya Bölgesinde üretilen ve bölge koşullarında kullanımı gün geçtikçe artan doğrusal hareketli yağmurlama sulama sistemlerinin eş su dağılım katsayısı (CU), su dağılım yeknesaklığı (DU) ve sulama yeterliliğini incelemiştir. Araştırma sonucunda, CU değerleri %68-78, DU değerleri ise %52-66 arasında değişmiştir. Farklı meme çapları ile işletim hızları için yağmurlama hızları 26-44 mm/h bulunmuştur. Bu değerler artan meme çapları ile artarken, artan işletme hızlarında azalmıştır.

Makki ve ark. (2011), bu çalışmayı değişik yağmurlama başlıklarında su dağılımını incelemek amacıyla 2010 yılında Shambat' da yürütmüşlerdir. Denemede çift memeli çarpmalı (JIS2), çift memeli plastik (DAN4455) ve tek memeli plastik (LEGO55) yağmurlama başlıklarının CU ve DU değerlerini Catch3D programında test etmişlerdir. Çift memeli çarpmalı yağmurlama başlığı tüm yapılandırmalar için en iyi CU ve DU değerlerini vermiş, ancak 2 m/s' den düşük rüzgâr hızında tek memeli plastik yağmurlama başlığında yüksek CU ve DU değerleri saptanmıştır.

Firouzabadi (2012), İran'da azalan su kaynaklarını korumak ve su kullanım etkinliğinin artırılması amacı ile düşük basınçlı delikli borulardan (hydro flume) su alan karık sulama yöntemi ve yağmurlama sulama yöntemini karşılaştırmıştır. Denemede su tüketimleri, sulama randımanları ve CU değerleri belirlenmiştir. Sonuçta CU değerleri karık sulama yönteminde %75, yağmurlama sulama yönteminde %76,6 bulunmuş ve su kullanım randımanları karık sulama yönteminde 2,4 kg/m³, yağmurlama sulama yönteminde ise 3,2 kg/m³ olarak bulunmuştur.

Urrego-Pereira ve ark. (2012), gündüz çalıştırılan yağmurlama sulama sistemleri ile gece çalıştırılan yağmurlama sulama sistemlerinin su kayıplarını, mısır verimine olan etkilerini, CU katsayılarını karşılaştırmak amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Deneme sonucunda gündüz sulamalarında sezonluk su kayıpları %14-19 arasında olurken, gece sulamalarında bu oran %5-11'e düşmüştür. CU katsayısı ise gündüz sulamalarında %78, gece sulamasında ise %84 olarak bulunmuştur. Gündüz sulamalarında CU değeri düşmüş ve bu da verimin %9 azalmasına neden olmuştur.

Nazari ve ark. (2013), yaptıkları çalışmada CU katsayısının mısır, buğday ve arpa gibi bitkilerin büyümesinde, veriminde, bitki su kullanımlarında, sulama zamanının belirlenmesinde ve yağmurlama sulama sistem tertibinde çok önemli etkilerinin olduğunu ortaya koymuşlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Materyal

Denemelerde kullanılan alan, su kaynağı, pompa istasyonu, alanda kullanılan su toplama kapları, iklim değerleri ölçüm istasyonu ile yağmurlama başlıklarına ilişkin bilgiler bu bölümde verilmiştir.

3.1.1. Deneme alanı

Denemeye alınan yağmurlama başlıklarının teknik özelliklerinin elde edilmesi amacıyla Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi tekil başlık deneme alanından yararlanılmıştır. Alanın boyutları 30×30 m'dir. Değinilen alan üzerinde yağmurlama başlığı ve su toplama kaplarının görünümü Şekil 3.1' de verilmiştir.

Denemede ihtiyaç duyulan su, Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama Laboratuvarındaki 2 tonluk depodan alınmıştır. Suyun depodan alınması ve istenen başlık basıncının sağlanmasında 1,5 HP gücünde, 50 m manometrik yüksekliğe sahip, üzerindeki yazılım sayesinde 0-10 m³/h debiyi istenen sabit basınçta verebilen kademeli pompadan yararlanılmıştır (Şekil 3.2). Pompa ile başlık arasındaki bağlantı 40 mm dış çaplı sert PE boru hattı ile sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Yağmurlama başlığı ve su toplama kapları

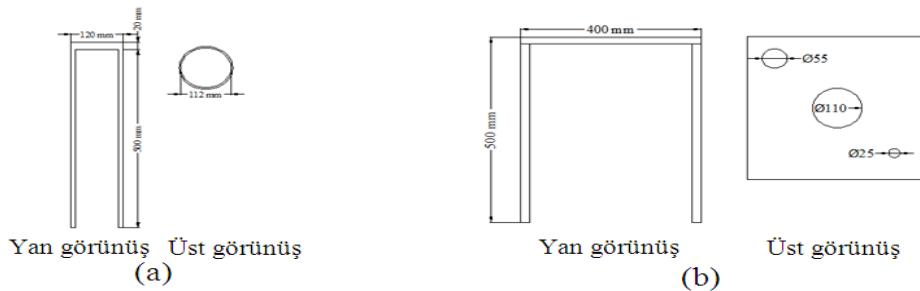


Şekil 3.2. Su deposu ve pompanın görünümü

Yağmurlama başlıkları deneme alanının tam ortasına yerleştirilmiştir. Su toplama kapları arasındaki mesafe 2 m'dir. Kaplar plastik malzemeden yapılmıştır. İç çapı 11,9 cm, yüksekliği 16 cm'dir. Kaplar, toprağa çakılı olarak yerleştirilen demir kafesler üzerine konmuştur (Elhanini 1961, Davis 1966). Kafesin ayrıntısı Şekil 3.3a'da verilmiştir. Kaplarda toplanan suyu ölçmek için 500 ml'lik ölçü silindiri kullanılmıştır.

Yağmurlama başlıklarının üzerine bağlandığı platform detayı Şekil 3.3b' de görülmektedir. Bu platform üzerinde yer alan her bir başlık için hassas olarak açılmış yuvalar içerisine yerleştirilen pop-up başlıkların test esnasında titreşimsiz olarak çalışması sağlanmıştır.

Basınç denetimi düzenek üzerine yerleştirilmiş üç adet manometreden yapılmıştır. Bunlardan ilki pompa üzerinde, ikincisi boru hattı girişinde, üçüncüsü ise yağmurlama başlığı girişindedir. Daha önce belirtildiği gibi kullanılan elektropomp üzerindeki bilgisayar yazılımı sayesinde pompa devrini değiştirerek debiyi düzenlemekte, bu nedenle başlık ve meme değişimlerinde vanalar aracılığıyla debi ayarlamasına gerek duyulmamaktadır. Testler süresince mevcut rüzgâr hızı ve sıcaklık değerleri alanın aynı noktasına konumlandırılmış el anemometresi ile ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Su toplama kabı platformu ayrıntısı (a) ve başlık platformunun ayrıntısı (b)

3.1.2.Yağmurlama başlıkları

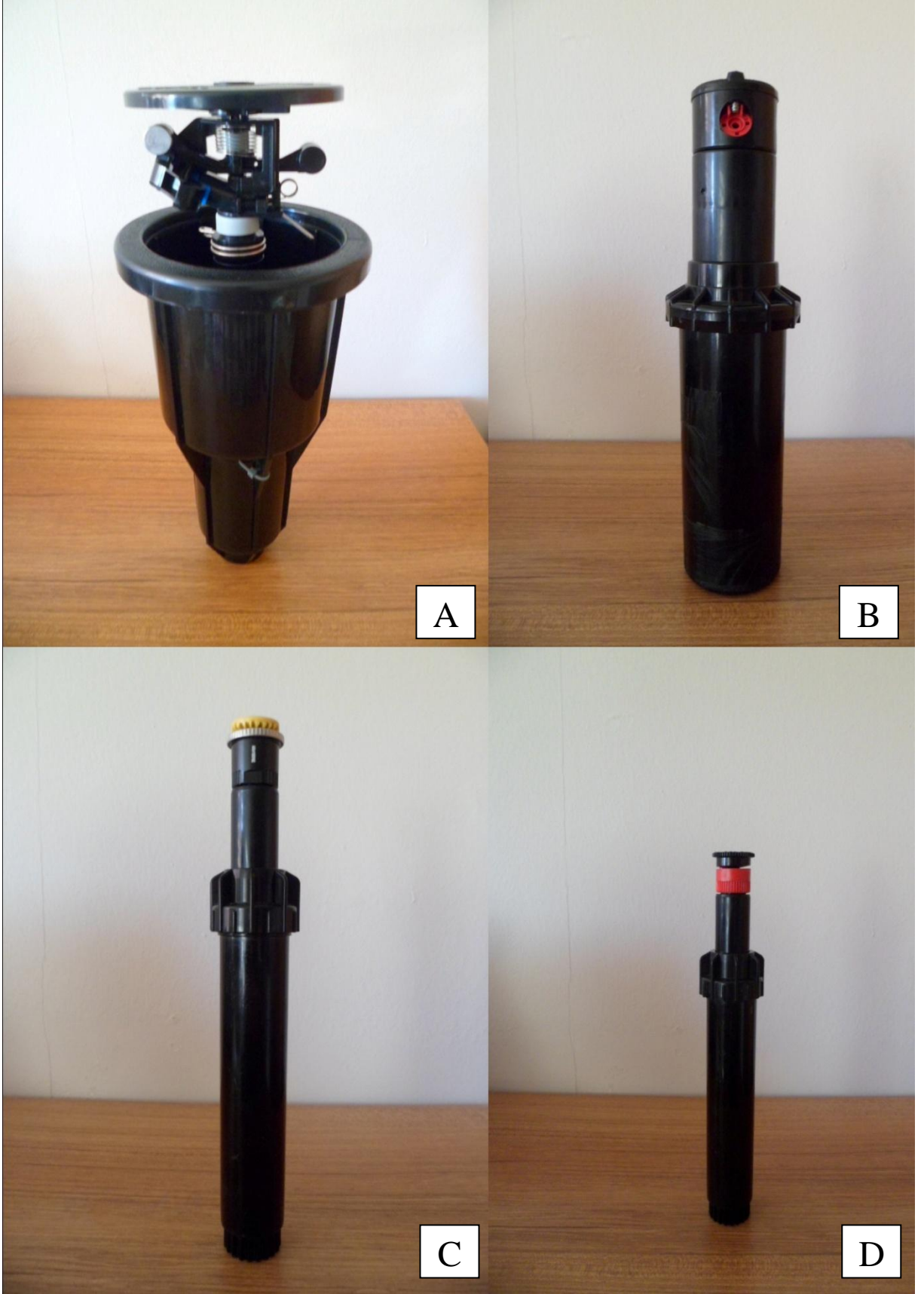
Peyzaj alanlarında kullanılan pop-up sprey başlıklar küçük ve dar alanlarda, rotor başlıklar ise nispeten büyük alanlarda kullanılırlar. Bu başlıkların gövde yükseklikleri 25 mm ile 300 mm arasında değişir (Orta 2009).

Çalışmada, rekreasyon alanlarında sıklıkla kullanılan üç adet dönerek sulama yapan (dişli, çarpmalı ve mp rotator) ve bir adet de dönmeksizin sulama yapan (sprey) başlıklar denenmiştir. Bu başlıklardan çarpmalı A, dişli rotor B, mp rotator C ve sprey olanı da D harfleriyle simgelenmiştir (Şekil 3.4). Test edilen başlıklardan, A başlığının toplam yüksekliği 23,5 cm, pop-up yüksekliği 7,6 cm, B başlığının toplam yüksekliği 19 cm, pop-up yüksekliği 10 cm'dir. C ve D başlıklarının en önemli ortak özellikleri aynı gövdeye sahip olmalarıdır. Bu başlıkların toplam yüksekliği 18,4 cm ve pop-up yüksekliği 10 cm'dir. A ve B başlıklarının ıslatma açıları 40-360° arasında, C ve D başlıklarının ise 0-360° arasında değişmektedir. Testler tüm başlıklar için 360° ıslatma açısı koşulunda gerçekleştirilmiştir.

Her bir başlık, üç farklı işletme basıncı (en düşük, optimum, en yüksek) ve üç farklı meme için kullanılmıştır. B, C ve D başlıkları küçük, ortanca ve büyük standart memelerde test edilmiştir. A başlığı diğer başlıklara göre rüzgâr hızından daha fazla etkilenmektedir (Orta 2009). Bu nedenle bu başlık rüzgâr hızına direnci yüksek iki adet LA meme ve bir adet standart memede test edilmiştir. Başlıklarla ilgili diğer teknik özellikler Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Test edilen yağmurlama başlıklarına ilişkin bazı teknik veriler

Başlık Tipi	Alternatif Meme Sayısı		Basınç Aralığı (atm)	Islatma Yarıçapı (m)	Başlık Debisi (m ³ /h)
	Standart Açılı	Düşük Açılı			
A	5	2	1,75-4,10	7,0-13,0	0,34-1,43
B	20	7	1,70-4,50	6,4-15,8	0,10-3,22
C	7	-	1,75-3,75	6,7-9,1	0,16-0,96
D	3	-	1,00-2,50	2,4-5,0	0,04-0,95



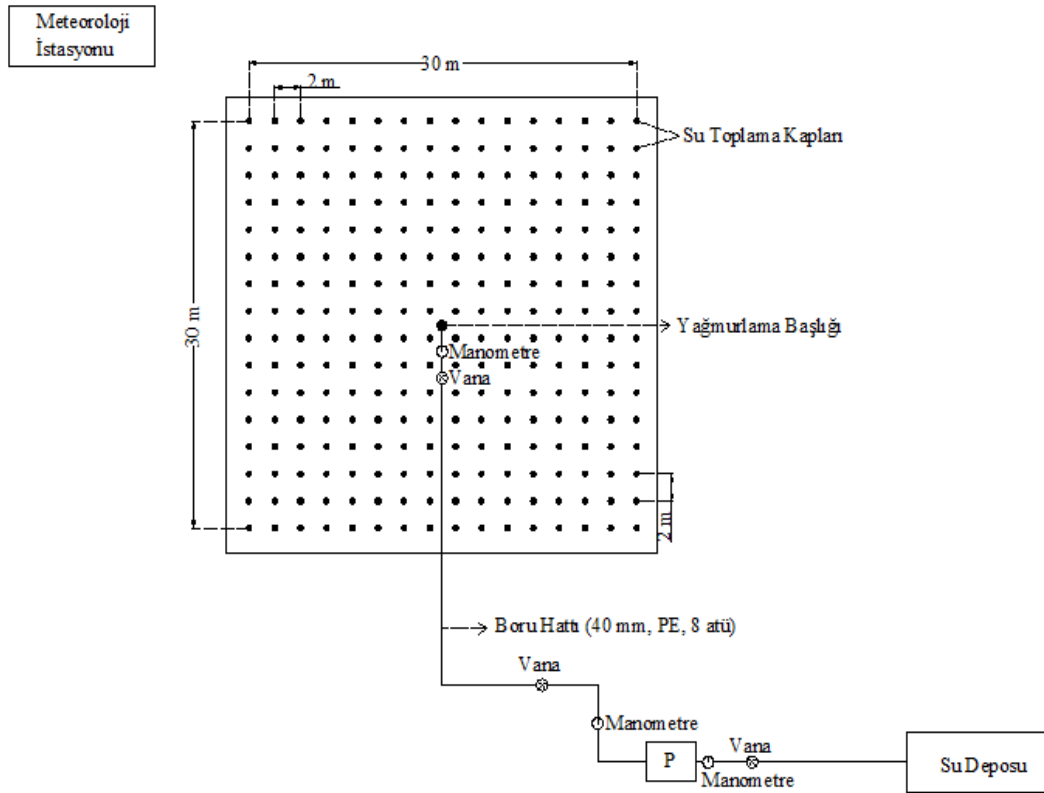
Şekil 3.4. Denemede kullanılan başlıklar ve memeleri

3.2. Yöntem

3.2.1. Denemenin Yürütülmesi

İki değişik firmaya ait dört adet pop-up tipi yağmurlama sulama başlığının, üretici firmaların hazırladıkları kataloglarda belirtilen değerler göz önüne alınarak seçilen memelerde ve her meme çapı için üç farklı işletme basıncında (minimum, optimum, maksimum) su dağılım özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Şekil 3.5’deki deneme düzeneği kurulmuştur. Başlıklar dört farklı rüzgâr hızında 1’ er saat süre ile çalıştırılarak toplam 42 test üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Davis (1966)’ a göre, su toplama kapları başlık ıslatma dairesi çapının %5-6’ sı kadar aralıklarla veya her bir kare alanı, başlık ıslatma alanının %2,5’u kadar olacak bir kare alanının köşelerine yerleştirilir. Uygulamada genellikle 1,5-2 m’ lik aralıklar kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak alanda kaplar 2×2 m aralıklarla yerleştirilmiştir. Test edilen başlık 30×30 m²’ lik deneme alanının tam ortasına yerleştirilmiştir. Yapılan nivelman işlemiyle yağmurlama başlığının kapalı durumdaki üst kotu ile su toplama kapları üst kotunun aynı olması sağlanmış, ayrıca kapların dikliği su terazisi ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.5. Deneme alanının planı

Deneme başlangıcında istenilen işletme basıncı değeri elde edilinceye kadar başlığın dönmesi engellenerek kaplara suyun girmesi önlenmiştir. İşletme basıncı değeri manometrelerden elde edildiğinde, başlığın debisi, rüzgâr hızı ve yönü ile sıcaklık değerleri ölçülüp kaydedilerek test başlatılmıştır. Test boyunca basınç değerinin kontrol edilmesine paralel olarak, sıcaklık değerleri, rüzgâr hızı ve yönü her 15 dakikada bir ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir test 3 kez tekrarlanmış, rüzgârsız koşullar için yapılan ölçümlerde rüzgâr hızı 1,5 m/s' yi geçtiğinde test iptal edilmiştir.

Denenen başlıkların debileri yüksek olduğu için test süresi bir saat alınmış ve bu süre sonunda başlık, kaplara su düşürmeyecek konuma getirildikten sonra pompa durdurulmuştur. Kaplarda toplanan su miktarı ölçü silindiri aracılığıyla hacimsel olarak ölçülmüştür. Yapılan test her bir yağmurlama başlığı için farklı meme çapı ve farklı işletme basıncı kombinasyonlarında 3'er kez tekrarlanmıştır. Dikkate alınan dört farklı pop-up başlığın test esnasındaki görüntüleri Şekil 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9'da görülmektedir.



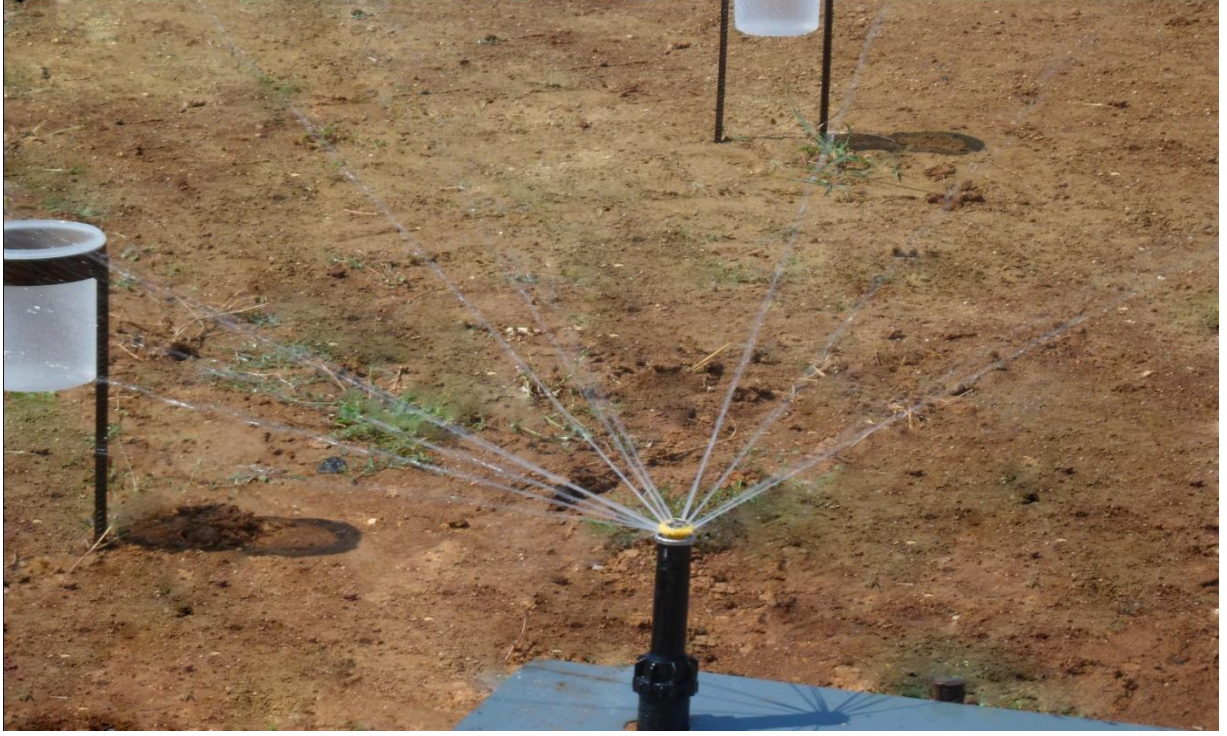
Şekil 3.6. A başlığının test edilmesi



Şekil 3.7. B başlığının test edilmesi



Şekil 3.8. C başlığının test edilmesi



Şekil 3.9. D başlığının test edilmesi

Her deneme için su toplama kaplarından ml olarak elde edilen değerler önceden hazırlanan test çizelgeleri üzerine yazılmıştır. Örnek olarak B başlığının ortanca memesi için optimum işletme basıncındaki test çizelgesi Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Örnek bir test çizelgesi (B başlığı, ortanca meme, optimum basınç)

					6	6						
			4	4	6	10	8	6	4			
			6	8	14	18	16	12	10			
			6	10	16	18	20	20	10	4		
		10	8	12	18	36	36	20	12	4		
		8	10	14	20	34	36	18	12	6		
		10	10	10	18	20	20	14	10	6		
			8	8	16	16	18	16	8	4		
			6	6	8	10	10	8				
				10	8	8						
Başlık Simgesi	Meme No	Test Süresi (dk)	İşletme Basıncı (atm)	Başlık Debisi (m ³ /h)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Rüzgâr Esiş Yönü (Kuzeyden °)					
B	6	60	3,5	0,612	37,6	1,3	135					

● : Yağmurlama Başlığı

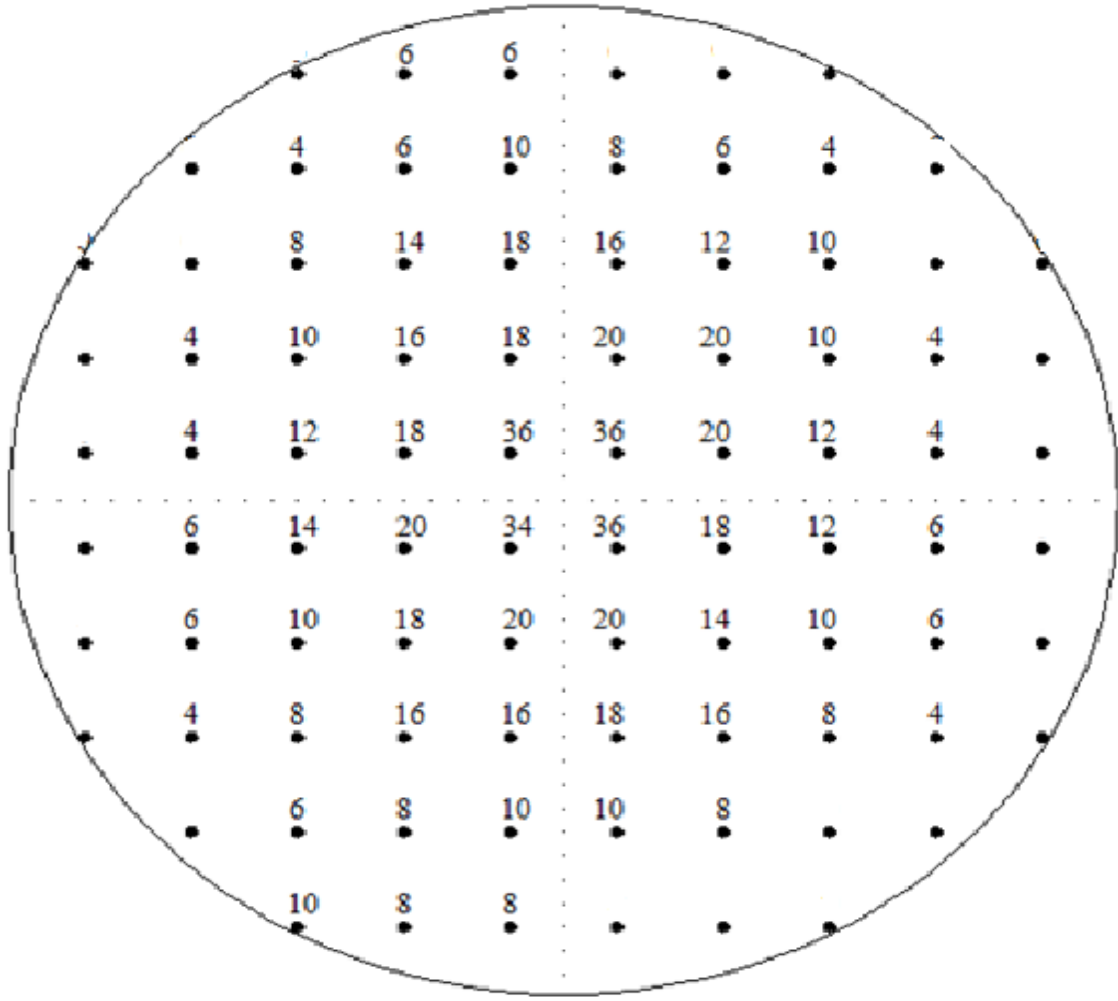
3.2.2. Su dağılım desenlerinin eldesi ve eş su dağılım katsayılarının belirlenmesi

Araştırmada her bir yağmurlama başlığının farklı meme çapı, işletme basıncı ve tertip aralıkları için su dağılım desenleri belirlenmiştir. Ayrıca B, C, D başlıklarının ortanca memesi, A başlığının ise büyük LA memesi dikkate alınarak, optimum çalışma basıncında farklı rüzgar hızı değerleri (2,1-3,0, 3,1-4,0, 4,1-5,0 m/s) için de su dağılım desenleri elde edilmiştir. Su dağılım desenlerini belirlemek amacıyla, Wilcox-Swails (1947)' de belirtilen Örtme Metodu (Superimposing) uygulanmıştır. Bu amaçla kaplardan ölçülen su miktarları ml cinsinden (başlığın tekil olarak bir denemedeki su dağılım deseni) ölçekli olarak hazırlanan bir plana geçirilmiştir (Şekil 3.10).

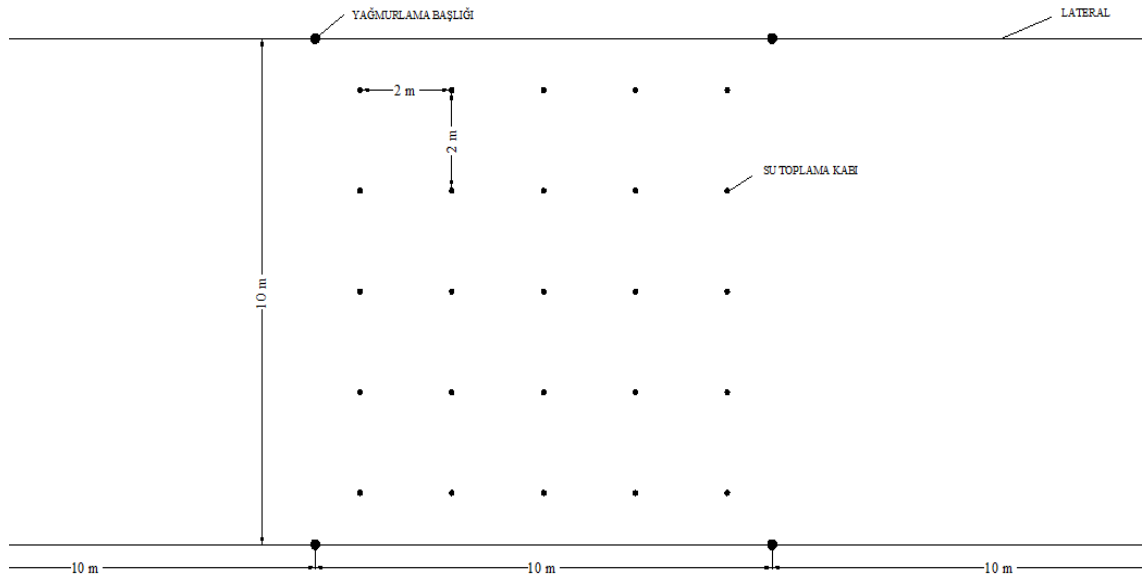
Hazırlanan plan, başlık tertip aralıklarına göre kendisi ile aynı ölçekte hazırlanacak bir diyagram (Şekil 3.11) üzerinde ve başlığın sistem halindeki konum yerlerine gelecek şekilde hareket ettirilerek, her denemenin yapılmış olduğu basınç değeri ve başlığın istenilen farklı tertip aralıklarının meydana getirdikleri alana gelebilecek su miktarları, yani su dağılım deseni elde edilmiştir (Balaban ve Korukçu 1969).

Başlığın sistem halinde kullanılmasında uygulanabileceği her tertip aralıklarının diyagramları hazırlanmıştır. Şekil 3.11'de 10×10 m başlık aralık tertibine göre düzenlenmiş bir diyagram ve Çizelge 3.3'de ise B başlığının ortanca meme ve optimum basınç koşullarında elde edilen tekil başlık deseninin bu diyagram üzerinde hareket ettirilmesi sonucu 10×10 m' lik tertip aralıklarındaki su dağılım deseni ml cinsinden görülmektedir. Bu işlem, tekil yağmurlama başlığının her deneme basıncındaki su dağılım deseni, farklı tertip biçimlerinde (dörtgen ve eşkenar olmayan üçgen), istenilen farklı tertip aralıkları için ayrı ayrı yapılmıştır.

Eş su dağılım düzeyinin belirlenmesinde kullanılan CU ve DU değerlerinin tespitine veri sağlayacak uygulama biçimi yukarıda detaylı olarak açıklanmıştır. Bunun yanında, Allen (1996)' da detayları açıklanan Catch 3D adlı bilgisayar programı ile de tüm bu işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir. Değinilen program sayesinde dilenen tertip biçimi için CU, DU ve yağmurlama hızı değerlerinin yanında, her bir başlığın tekil ve örtme durumundaki su dağılım deseni üç boyutlu grafikler ile ortaya konulabilmektedir. Bu amaçla alanda elde edilen verilerin değerlendirilmesinde hızlı ve doğru sonuç vermesi nedeniyle Catch 3D programı kullanılmıştır.



Şekil 3.10. B başlığının tekil denemede su dağılım deseninin ölçekli planı



Şekil 3.11. 10x10 m başlık aralık tertibine göre düzenlenmiş bir diyagram

Çizelge 3.3. B yağmurlama başlığının 3,5 atm işletme basıncı ve 10×10 m tertip aralığı için su dağıtım deseni

36 8 44	18 10 28	12 14 6 32	6 20 6 32	34 34
20 10 8 38	14 10 6 4 34	10 10 4 4 28	6 18 6 30	20 10 30
18 16 34	16 8 12 6 42	8 8 10 8 34	4 16 14 34	16 18 34
10 20 30	8 6 20 6 40	6 10 10 26	8 4 16 28	10 18 28
36 10 46	20 8 28	10 12 12 34	8 4 18 30	8 36 44

Su dağılım performansının belirlenmesinde kullanılan en önemli kriterlerden biri olan eş su dağılım katsayısı Christiansen (1942) tarafından geliştirilmiş ve aynı zamanda literatürde “Christiansen eş su dağılım katsayısı” (CU) olarak ifade edilmiştir. Yağmurlama sulama yönteminde eş bir su dağılımının eldesi için, CU değerlerinin %84’ den az olmaması istenmektedir. Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU);

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |X - \bar{X}|}{n\bar{X}} \right) \quad (3.1)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Eşitlikte:

CU: Christiansen eş su dağılım katsayısı, %,

X: Her bir su toplama kabında biriken su miktarı, ml,

\bar{X} : Su toplama kaplarında biriken ortalama su miktarı, ml,

n: su toplama kabı sayısı, adet’ dir.

CU eş su dağılım katsayısı ile birlikte yağmurlama sulamada kullanılan diğer bir su dağılım parametresi olan DU değerleri de bulunmuştur. Eş bir su dağılımı için DU değerinin %75’ den az olması önerilmemektedir. Su dağılım yeknesaklık katsayısı (DU);

$$DU = 100 \left(\frac{\bar{X}_{1q}}{\bar{X}} \right) \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Merriam ve Keller 1978).

Eşitlikte:

DU: Su dağılım yeknesaklık katsayısı, %,

\bar{X}_{1q} : Su toplama kaplarından en düşük çeyrekte kalan kaplardaki ortalama su miktarı, ml,

\bar{X} : Su toplama kaplarında biriken ortalama su miktarı, ml’ dir.

Yukarıda açıklanan katsayılara göre, her bir yağmurlama başlığının farklı meme çapı, işletme basıncı ve rüzgâr hızı değerlerine göre uygun tertip aralıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.3. Başlık Debilerinin ve Yağmurlama Hızlarının Belirlenmesi

Debi ölçümleri, kronometre ve hacmi belli ölçü kabı yardımı ile yapılmıştır. Kullanılacak kabın büyüklüğü Türk Standartları Enstitüsü (1965)' de belirtilen esaslara göre, 20 saniyeden daha az bir zamanda dolmayacak kapasitede seçilmiştir.

Sulama uygulamalarının optimizasyonu açısından, yağmurlama sulama sistemlerinde birim zamanda uygulanan su miktarının (yağmurlama hızı) toprağın su alma hızından büyük olmaması gerekmektedir (Yıldırım 1996).

Toprağın su alma hızı değerleri su tutma kapasitesi yüksek ağır bünyeli topraklar için 0,1-5,0 mm/h, su tutma kapasitesi düşük hafif bünyeli topraklarda 25,0-250,0 mm/h, orta bünyeli topraklarda ise 8,0-20,0 mm/h arasında değişmektedir (Güngör ve ark. 2010).

Sulama uygulamalarında yağmurlama hızının bilinmesi hem projelendirme hem de işletme aşamalarında çok önemlidir. Bu amaçla araştırmada elde edilen su dağılım alanlarından yararlanarak her tertip aralığı için ortalama yağmurlama hızı değerleri aşağıdaki eşitlikte hesaplanmıştır (Elhanini 1961, Orta 2009).

$$I_y = \frac{1000 \times q}{S_1 \times S_2} \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

I_y : Yağmurlama hızı, mm/h,

q : Başlık debisi, m³/h,

S_1 : Lateral aralığı, m,

S_2 : Başlık aralığı, m' dir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, denemeye alınan pop-up tipi yağmurlama başlıklarının su dağılım özellikleri, su dağılımının ifadesinde kullanılan eş dağılım katsayısı sonuçları, bu sonuçların tartışılması ve önerilere yer verilmiştir.

4.1. Denemeye Alınan Yağmurlama Başlıklarının Genel Özellikleri

Araştırmada, temel materyal olarak kullanılan pop-up tipi yağmurlama başlıklarının testleri sonucunda elde edilen bazı özellikleri Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4' de verilmiştir. Çizelgelerde, her yağmurlama başlığı için, değişik meme çapı ve işletme basıncı koşullarında, başlık debisi, ıslatma yarıçapı ve farklı tertip aralıklarına göre saptanan yağmurlama hızı değerleri yer almaktadır.

Test edilen tüm başlıklarda çizelgelerde görüleceği gibi, işletme basıncı değerleri arttıkça başlık debileri artmış, işletme basıncının değişmediği durumda meme çapının artması da aynı sonucu vermiştir. Başlık debileri; A başlığında, 0,468-1,116 m³/h, B başlığında, 0,166-1,332 m³/h, C başlığında, 0,648-1,008 m³/h ve D başlığında ise 0,324-0,900 m³/h arasında elde edilmiştir.

Çizelgelerde yer alan ıslatma yarıçapı değerleri incelendiğinde, A başlığında 9-12,2 m, B başlığında 8,5-12 m, C başlığında 7,5-9,1 m ve D başlığında ise 2-4 m arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi işletme basıncının artması ıslatma yarıçapını da arttırmıştır.

Denemeler sonucunda elde edilen yağmurlama hızları, Eşitlik 3.3 ile hesaplanmış ve bu eşitlik uyarınca dar tertip aralıklarında yüksek, geniş tertip aralıklarında ise daha düşük değerler almıştır. A başlığında, yağmurlama hızları ile meme çapı ve işletme basıncı arasında doğru orantı olduğu göze çarpmaktadır. C başlığında optimum basınç, B ve D başlıklarının küçük meme ve optimum basınç koşulunda yağmurlama hızının en düşük değeri verdiği tespit edilmiştir.

Elde edilen yağmurlama hızı değerleri birbirlerinden oldukça farklı sonuç vermektedir. Yağmurlama hızının, toprağın su alma hızına eşit veya daha düşük olması gerektiği için, değişik yağmurlama hızı değerleri farklı toprak koşulları için seçenek oluşturmaktadır. Örneğin, A ve B başlıklarının küçük ve ortanca memeleri, su tutma kapasitesi yüksek, su alma hızı düşük topraklarda, A ve B başlıklarının büyük memeleri ile C başlığı orta bünyeli topraklarda, D başlığı ise su tutma kapasitesi düşük, su alma hızı yüksek olan toprak koşullarında sorunsuz olarak kullanılabilir.

Çizelge 4.1. A başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri

A Başlığı	İşletme Basıncı (atm)	Başlık Debisi (m ³ /h)	Islatma Yarıçapı (m)	Tertip Aralığı (m×m)	Yağmurlama Hızı (mm/h)
Siyah * LA	1,75	0,468	11,0	12×12	3,25
				14×12	2,79
				14×14	2,39
	2,75	0,576	11,5	12×12	4,00
				14×12	3,43
				14×14	2,94
	4,10	0,720	11,8	12×12	5,00
				14×12	4,29
				14×14	3,67
Mavi *	1,75	0,576	11,5	12×12	4,00
				14×12	3,43
				14×14	2,94
	2,75	0,720	12,2	12×12	5,00
				14×12	4,29
				14×14	3,67
	4,10	0,792	12,0	12×12	5,50
				14×12	4,71
				14×14	4,04
Sarı * LA	1,75	0,697	9,0	10×10	6,97
				12×10	5,81
				12×12	4,84
	2,75	0,900	9,5	10×10	9,00
				12×10	7,50
				12×12	6,25
	4,10	1,116	9,3	10×10	11,16
				12×10	9,30
				12×12	7,75

*: A başlığı için üretici firma teknik çizelgelerinden seçilmiş meme çapları

Çizelge 4.2. B başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri

B Başlığı	İşletme Basıncı (atm)	Başlık Debisi (m ³ /h)	Islatma Yarıçapı (m)	Tertip Aralığı (m×m)	Yağmurlama Hızı (mm/h)
2 *	1,7	0,166	8,5	8×8	2,59
				10×8	2,08
				10×10	1,66
	3,5	0,227	9,8	10×10	2,27
				12×10	1,89
				12×12	1,58
	4,5	0,241	9,8	10×10	2,41
				12×10	2,01
				12×12	1,67
6 *	1,7	0,396	9,5	10×10	3,96
				12×10	3,30
				12×12	2,75
	3,5	0,612	10,0	10×10	6,12
				12×10	5,10
				12×12	4,25
	4,5	0,684	10,1	10×10	6,84
				12×10	5,70
				12×12	4,75
9 *	1,7	0,720	11,0	12×12	5,00
				14×12	4,29
				14×14	3,67
	3,5	1,152	12,0	12×12	8,00
				14×12	6,86
				14×14	5,88
	4,5	1,332	12,0	12×12	9,25
				14×12	7,93
				14×14	6,80

*: B başlığı için üretici firma teknik çizelgelerinden seçilmiş meme çapları

Çizelge 4.3. C başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri

C Başlığı	İşletme Basıncı (atm)	Başlık Debisi (m ³ /h)	Islatma Yarıçapı (m)	Tertip Aralığı (m×m)	Yağmurlama Hızı (mm/h)
Meme					
Gri*	1,75	0,648	7,5	8×8	10,13
				10×8	8,10
				10×10	6,48
	2,80	0,828	9,1	10×10	8,28
				12×10	6,90
				12×12	5,75
	3,75	1,008	9,1	10×10	10,08
				12×10	8,40
				12×12	7,00

*: C başlığı için üretici firma teknik çizelgelerinden seçilmiş meme çapları

Çizelge 4.4. D başlığının farklı meme çapı ve işletme basıncında elde edilen bazı teknik özellikleri

D Başlığı	İşletme Basıncı (atm)	Başlık Debisi (m ³ /h)	Islatma Yarıçapı (m)	Tertip Aralığı (m×m)	Yağmurlama Hızı (mm/h)
Meme					
10A	1,0	0,324	2,0	2×2	81,00
				4×2	40,50
	2,0	0,468	3,2	4×4	29,25
				6×4	19,50
	2,5	0,504	3,5	4×4	31,50
				6×4	21,00
12A	1,0	0,396	3,0	4×4	24,75
				6×4	16,30
	2,0	0,540	3,5	4×4	33,75
				6×4	22,50
	2,5	0,612	4,0	4×4	38,25
				6×4	25,50
15A	1,0	0,612	3,7	4×4	38,25
				6×4	25,50
	2,0	0,828	4,0	4×4	51,75
				6×4	34,50
	2,5	0,900	4,0	4×4	56,25
				6×4	37,50

*: D başlığı için üretici firma teknik çizelgelerinden seçilmiş meme çapları

4.2. Yağmurlama Başlıklarının CU ve DU Değerleri

Denemede kullanılan yağmurlama başlıklarına ait CU değerleri metot kısmında belirtildiği gibi Eşitlik 3.1 ile DU değerleri ise Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır. Ayrıca A başlığı büyük LA meme, diğer başlıklar ise ortanca meme ve optimum basınç değerlerinde 0,0-2,0, 2,1-3,0, 3,1-4,0 ve 4,1-5,0 m/s rüzgâr hızları için test edilmiş ve CU, DU değerleri hesaplanmıştır. Başlıkların optimum basınç değerleri A başlığında 2,75 atm, B başlığında 3,5 atm, C başlığında 2,80 atm, D başlığında ise 2,0 atm' dir. Kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı için CU değerinin %84'ten, DU değerinin ise %75'ten büyük olması esas alınmıştır (Christiansen 1942, Keller ve Bliesner 1990, Yıldırım1996,). Bu koşulu sağlayan tertip biçimleri Çizelge 4.5-4.12'de koyu yazım stili ile belirginleştirilmiştir. Elde edilen su dağılım desenleri program yardımıyla üç boyutlu olarak grafiklendirilmiştir.

4.2.1. Çarpmalı Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

Test edilen çarpmalı yağmurlama başlıklarına ait CU ve DU değerleri, Çizelge 4.5' de verilmiştir. Çarpmalı tip pop-up yağmurlama başlıklarının CU değerleri dörtgen tertip biçiminde % 67,8-91,7, eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde ise %65,1-86,2, DU değerleri dörtgen tertipte %42,0-82,8, eşkenar olmayan üçgen tertipte %48,1-78,8 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde küçük LA memede (siyah), optimum işletme basıncı altında tam örtme (12×12 m) ile dikdörtgen tertipte ve yüksek basınç altında ise tam örtme yapıldığında %84 koşulunu sağlamıştır. Tertip aralıkları arttıkça CU değerleri azalmıştır.

Ortanca memede (mavi), düşük ve yüksek işletme basıncında tam örtmede, optimum işletme basıncında ise hem tam örtmede hem de dikdörtgen tertipte %84 koşulunu sağlamıştır. Küçük memeden farklı olarak optimum basınçta tertip aralığının artması CU değerini arttırmıştır. Tam örtmede CU %87,5 iken dikdörtgen tertipte %89,4 olarak hesaplanmıştır.

A başlığının büyük memesinde (sarı) küçük memede olduğu gibi tertip aralıklarının artması CU değerini düşürmüştür. Düşük ve optimum işletme basıncı koşullarında tam örtme ile dikdörtgen tertipte $CU \geq \%84$ koşulu sağlanmıştır. Yüksek basınçta ise hiçbir tertip aralığında uygun koşul elde edilememiştir.

Üçgen tertip biçimi göz önüne alındığında A başlığında ortanca memenin yüksek basıncında ve büyük memenin düşük basıncında tam örtme yapıldığında CU değerleri sırasıyla % 84,4 ve 86,2 olarak bulunmuştur.

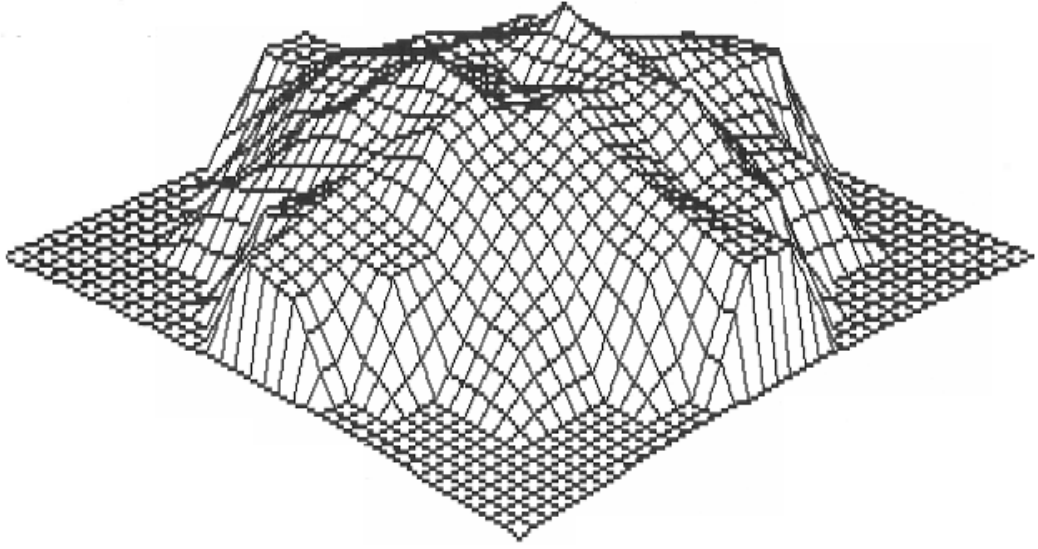
Başlığın üç boyutlu grafikleri incelendiğinde başlığa yakın ve uzak noktalarda su miktarının orta noktalara göre daha az olduğu görülmektedir. Örnek olarak Şekil 4.1’de A başlığının ortanca memesinin yüksek basıncındaki bireysel su dağılımı görülmektedir. Şekil 4.2’ de bu bireysel su dağılımının dörtgen tertip biçiminde, Şekil 4.3’ de ise üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıklarında oluşturduğu su dağılım desenleri görülmektedir. CU değerinin %84’ün üstünde olduğu (Şekil 4.2) tertip aralıklarında su dağılım desenleri uniform bir görünüm sergilerken, %84’ün altında kaldığı (Şekil 4.3) koşullarda uniformluğun bozulduğu açıkça izlenmiştir.

A başlığı için DU değerleri incelendiğinde sonuçlar CU değerleri ile paralellik göstermektedir. $CU \geq 84$ koşulunu sağlayan tüm işletme basıncı ve tertip aralıkları $DU \geq 75$ koşulunu sağlamıştır. Küçük memenin optimum işletme basıncında kullanıldığı zaman DU tam örtme ve dikdörtgen tertip aralıklarında sırasıyla %81,8 ve %76,4, yüksek işletme basıncında ise tam örtmede %77,6 olarak hesaplanmıştır. Ortanca memede üç işletme basıncı için tam örtmenin yanında optimum basınçta dikdörtgen tertipte de DU değeri %75’in üzerinde bulunmuştur. Büyük memede ise düşük ve optimum işletme basınçlarında tam örtme ve dikdörtgen tertip uygulandığında uygun değer elde edildiği görülmektedir. Üçgen tertip biçimlerinde ise sadece ortanca memenin yüksek işletme basıncında ve büyük memenin düşük işletme basıncında 12×12 m tertip aralığında DU değeri %75’in üstünde bulunmuştur. DU değerleri hem dörtgen hem de üçgen tertip biçimleri için tertip aralığı arttıkça azalmaktadır. Ancak ortanca memenin optimum basıncında, tertip aralığı 12×12 m iken DU değeri %82,1 olmasına karşın 14×12 m tertip aralığında %82,7 olarak hesaplanmıştır.

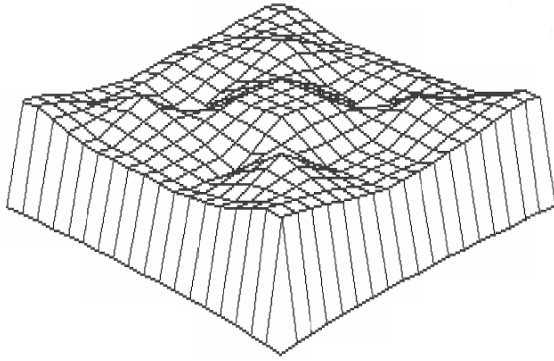
Çizelge 4.5 A yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

BAŞLIK TİPİ A	BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)		
			(m/s)	(°)								
MEME NO: SİYAH LA (KÜÇÜK)	1,75	0,468	11	1,02	45	12×12	81,9	73,0	12×12	74,5	63,2	
						14×12	72,3	61,6	14×12	70,6	56,8	
						14×14	63,8	47,3	14×14	69,9	56,0	
	2,75	0,576	11,5	1,10	45	12×12	87,5	81,8	12×12	76,7	64,0	
						14×12	84,1	76,4	14×12	77,0	65,8	
						14×14	70,8	49,6	14×14	74,4	60,5	
	4,10	0,720	11,8	0,88	0	12×12	84,3	77,6	12×12	76,8	69,1	
						14×12	75,8	67,1	14×12	75,5	70,3	
						14×14	67,6	48,3	14×14	75,0	62,1	
	MEME NO: MAVİ (ORTANCA)	1,75	0,576	11,5	0,85	135	12×12	84,0	77,3	12×12	75,5	62,8
							14×12	79,3	63,4	14×12	78,8	66,4
							14×14	66,7	42,0	14×14	76,1	60,6
2,75		0,720	12,2	1,23	0	12×12	87,5	82,1	12×12	81,6	69,5	
						14×12	89,4	82,7	14×12	80,1	65,2	
						14×14	77,5	62,8	14×14	77,2	67,4	
4,10		0,792	12,0	1,33	45	12×12*	84,9	76,9	12×12*	84,4	75,8	
						14×12*	78,9	61,8	14×12*	78,9	69,0	
						14×14*	75,0	58,4	14×14*	80,0	71,78	
MEME NO: SARI LA (BÜYÜK)	1,75	0,697	9	1,13	135	10×10	88,4	82,8	10×10	86,2	78,8	
						12×10	86,4	76,4	12×10	83,0	68,3	
						12×12	74,8	56,1	12×12	76,6	63,4	
	2,75	0,900	9,5	0,88	135	10×10	91,7	87,7	10×10	74,1	58,2	
						12×10	86,1	77,1	12×10	74,7	61,2	
						12×12	67,8	45,1	12×12	65,1	48,1	
	4,10	1,116	9,3	1,05	45	10×10	81,4	65,0	10×10	78,8	58,8	
						12×10	80,8	66,6	12×10	77,7	62,7	
						12×12	79,1	62,8	12×12	75,0	58,5	

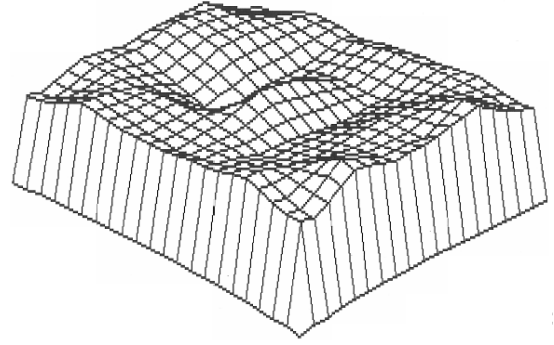
*: Şekil 4.2 ve 4.3' de su dağılım desenleri verilen CU değerleri



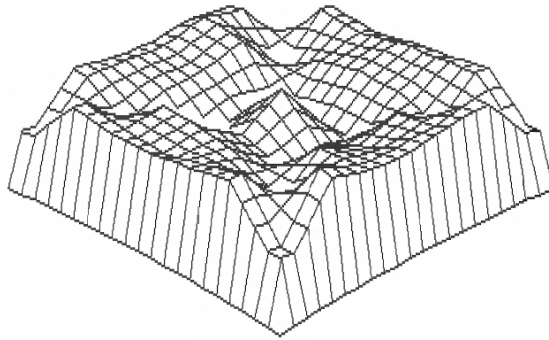
Şekil 4.1. A başlığının bireysel su dağılımı



(a) 12x12 m tertip aralığı

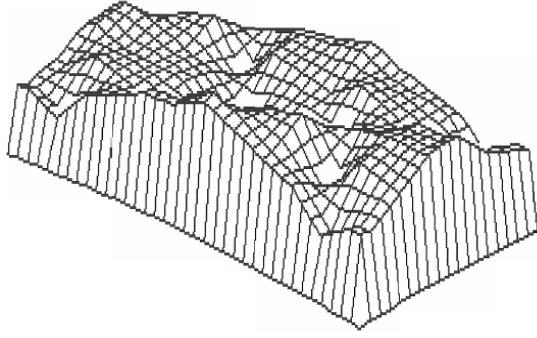


(b) 14x12 m tertip aralığı

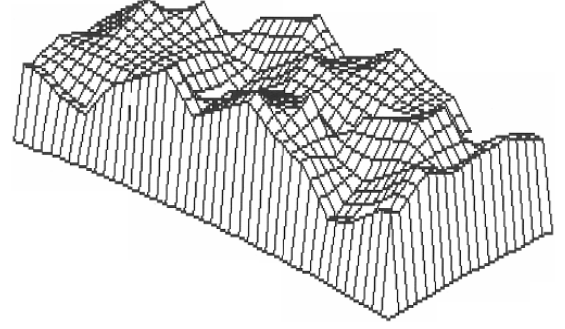


(c) 14x14 m tertip aralığı

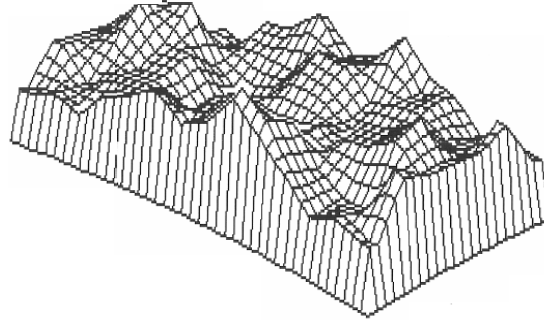
Şekil 4.2. A başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)



(a) 12×12 m tertip aralığı



(b) 14×12 m tertip aralığı



(c) 14×14 m tertip aralığı

Şekil 4.3. A başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

A yağmurlama başlığı; farklı rüzgâr hızı koşullarında değerlendirildiğinde, rüzgâr hızının 2,0 m/s'yi geçmesi durumunda $CU \geq 84$ ve $DU \geq 75$ koşulunu sağlamamaktadır. Rüzgâr hızı arttıkça dikdörtgen tertip tam örtmeye göre daha yüksek CU ve DU değeri vermiştir. Benzer biçimde üçgen tertipte tüm rüzgâr koşullarında lateral aralığının başlık aralığından büyük olduğu tertip aralıklarında CU ve DU değerleri daha yüksektir. Ancak bu değerlerin hiçbiri $CU \geq 84$ ve $DU \geq 75$ koşulunu sağlamamaktadır (Çizelge 4.6). Bu sonuçlara göre, çarpmalı tip başlıkların rüzgârlı koşullarda kullanımının sakıncalı olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.6. A başlığında optimum işletme basıncında (2,75 atm) farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri

BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZeyDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
		(m/s)	(°)						
0,900	9	0-2,0	135	10×10	91,7	87,7	10×10	74,1	58,2
				12×10	86,1	77,1	12×10	74,7	61,2
				12×12	67,8	45,1	12×12	65,1	48,1
		2,1-3,0	135	10×10	76,9	58,7	10×10	72,8	54,8
				12×10	78,2	64,9	12×10	77,0	61,8
				12×12	69,8	52,8	12×12	71,6	54,0
		3,1-4,0	90	10×10	70,8	59,5	10×10	70,4	61,0
				12×10	73,1	64,7	12×10	73,0	63,3
				12×12	71,0	59,1	12×12	71,3	59,1
		4,1-5,0	135	10×10	67,0	51,4	10×10	68,8	54,1
				12×10	73,2	61,6	12×10	71,8	61,2
				12×12	69,0	56,6	12×12	70,0	56,6

4.2.2. Dişli Rotor Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

B ile simgelenen yağmurlama başlığı için elde edilen değerler Çizelge 4.7’de özetlenmiştir. Dişli rotor yağmurlama başlıklarının CU değerleri dörtgen tertip aralıklarında % 63,2 - 91,2 arasında, eşkenar olmayan üçgen tertip aralıklarında ise %68,1 - 91,3, DU değerleri dörtgen tertipte %54,5- 86,7, eşkenar olmayan üçgen tertipte ise %47,1-86,6 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.7’ de görüleceği gibi B başlığının küçük memesi (2) için, düşük ve yüksek işletme basınçlarında hiçbir tertip aralığında $CU \geq \%84$ koşulu sağlanamamıştır. Optimum işletme basıncında ise tam örtme ve dikdörtgen tertip aralıklarında uygun değerler elde edilmiştir. Düşük ve yüksek işletme basınçlarında tertip aralıkları arttıkça CU değeri azalmıştır. Bunun yanında optimum basınçta dikdörtgen tertip tam örtmeye göre daha yüksek CU değeri vermiştir.

Yağmurlama başlığının ortanca memesi de (6) küçük meme gibi düşük ve yüksek işletme basıncı değerlerinde eş su dağılımı sağlayamamıştır. Optimum işletme basıncında ise tam örtmede CU değeri %85,7, dikdörtgen tertip aralığında ise %84,0 olarak elde edilmiştir.

Optimum ve yüksek işletme basınçlarında tertip aralığı arttıkça CU değeri azalmıştır. Düşük basınçta tam örtmede dikdörtgen tertibe göre daha küçük CU değeri hesaplanmıştır.

Test edilen başlıklar ve memeler arasında en yüksek performansı B başlığının büyük memesi (9) göstermiştir. Tüm işletme basınçları ve tertip aralıklarında $CU \geq \%84$ koşulunu sağlamıştır. Bu memeden elde edilen değerler incelendiğinde optimum ve yüksek işletme basıncında ortanca memede olduğu gibi tertip aralığı arttıkça CU değeri azalmış, düşük işletme basıncında ise dikdörtgen tertipte daha yüksek CU değeri elde edilmiştir.

B başlığından elde edilen su dağılımında üçgen tertip uygulandığında, küçük memede sadece optimum işletme basıncında tam örtmede, ortanca memede düşük ve optimum basınçta tam örtmede CU değeri $\%84$ 'ün üstüne çıkmıştır. Büyük memede dörtgen tertip biçimlerinde olduğu gibi sadece düşük basıncın 14×14 tertip aralığında uygun değer elde edilememiştir.

Başlık bireysel olarak incelendiğinde, başlıktan uzak noktalara doğru azalan bir su dağılımı oluşmuştur. Buna örnek olarak başlığın büyük memesinin yüksek basıncında elde edilen bireysel su dağılımı Şekil 4.4' de verilmiştir. Başlığa örtme uygulandığında oluşan grafikler Şekil 4.5 ve 4.6'da yer almaktadır. Bu grafikler A başlığı ile karşılaştırıldığında B başlığında uniformitenin daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

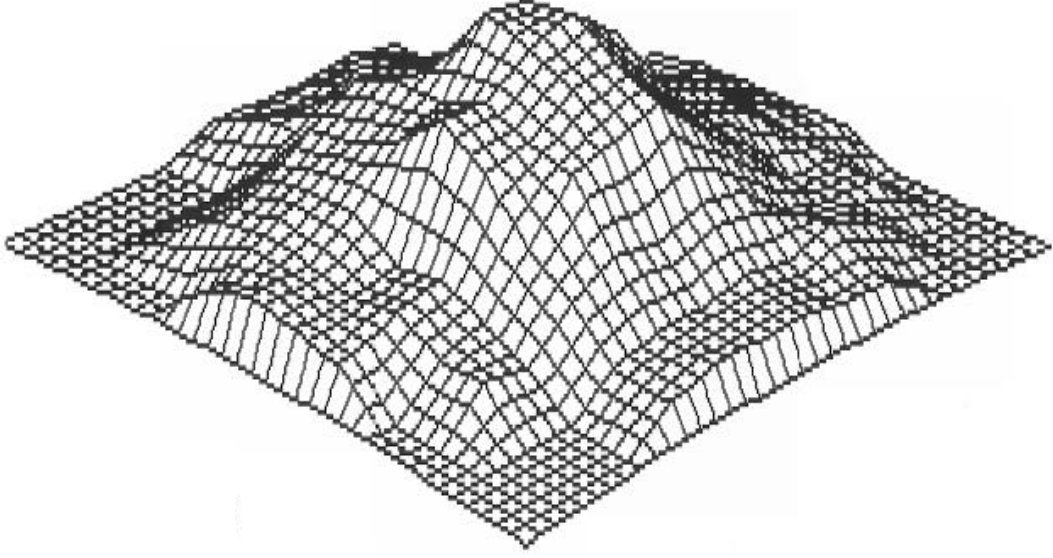
B başlığı için DU değerleri incelendiğinde, küçük memede düşük işletme basıncında tam örtmede, optimum işletme basıncında ise tam örtme ve dikdörtgen tertipte, ortanca memede düşük basınçta tam örtme ve dikdörtgen tertipte optimum işletme basıncında ise tam örtmede $DU \geq \%75$ koşulu sağlanmıştır. Büyük memede CU değerlerinde olduğu gibi sadece düşük işletme basıncında 14×14 tertip aralığında uygun değer elde edilememiştir.

B başlığı için DU değerleri incelendiğinde bazı değerlerin CU ile paralellik göstermediği tespit edilmiştir. Örneğin; küçük memede düşük işletme basıncında tam örtmede ve ortanca memede düşük basınçta tam örtme ile dikdörtgen tertipte CU için uygun değer sağlanamamasına rağmen DU değerleri uygun bulunmuştur. Ortanca memenin optimum işletme basıncında dikdörtgen tertipte ve büyük memenin düşük işletme basıncında tam örtmede ise CU değeri uygun bulunmasına rağmen DU değerleri $\%75$ 'in altında kalmıştır. Ancak bu farklılıklar dikkate alınmayacak kadar küçüktür.

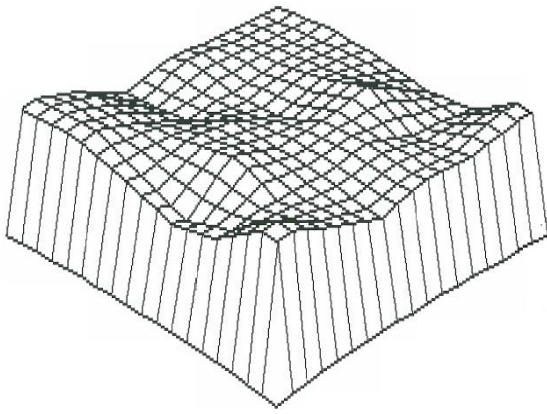
Çizelge 4.7 B yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

BAŞLIK TİPİ B	İŞLETME BASINCI (atm)	BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	
				(m/s)	(°)							
MEME NO: 2 (KÜÇÜK)	1,7	0,166	8,5	1,29	135	8×8	81,0	80,0	8×8	81,0	76,9	
						10×8	72,3	64,6	10×8	78,5	67,7	
						10×10	70,2	54,5	10×10	68,1	47,1	
	3,5	0,227	9,8	1,19	45	10×10	85,4	82,6	10×10	86,2	75,8	
						12×10	86,5	81,2	12×10	79,1	66,4	
						12×12	81,8	67,1	12×12	80,4	69,1	
	4,5	0,241	9,8	1,26	135	10×10	75,0	60,9	10×10	77,3	66,7	
						12×10	69,2	59,3	12×10	71,0	63,4	
						12×12	63,2	47,4	12×12	68,6	58,5	
	MEME NO: 6 (ORTANCA)	1,7	0,396	9,5	1,40	0	10×10	83,4	77,7	10×10	87,6	82,9
							12×10	83,7	78,4	12×10	80,6	70,6
							12×12	81,6	70,1	12×12	79,2	67,8
3,5		0,612	10,0	1,30	135	10×10	85,7	81,2	10×10	86,8	82,1	
						12×10	84,0	74,8	12×10	81,0	73,1	
						12×12	81,4	74,1	12×12	78,4	69,4	
4,5		0,684	10,1	1,02	0	10×10	81,8	71,5	10×10	82,4	73,4	
						12×10	73,7	65,2	12×10	82,0	67,1	
						12×12	72,9	62,5	12×12	73,3	65,3	
MEME NO: 9 (BÜYÜK)	1,7	0,720	11,0	0,95	0	12×12	84,0	73,2	12×12	86,2	77,3	
						14×12	87,2	80,2	14×12	84,7	79,4	
						14×14	84,0	70,6	14×14	81,7	69,9	
	3,5	1,152	12,0	1,35	0	12×12	91,0	86,7	12×12	89,6	86,6	
						14×12	88,9	83,1	14×12	88,4	83,1	
						14×14	86,9	80,7	14×14	87,8	80,8	
	4,5	1,332	12,0	0,98	45	12×12*	91,2	86,1	12×12*	91,3	86,5	
						14×12*	89,1	81,4	14×12*	89,8	83,4	
						14×14*	86,2	78,1	14×14*	88,7	81,6	

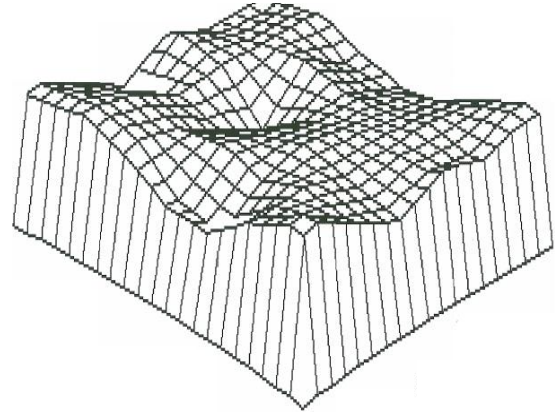
*: Şekil 4.5 ve 4.6' da su dağılım desenleri verilen CU değerleri



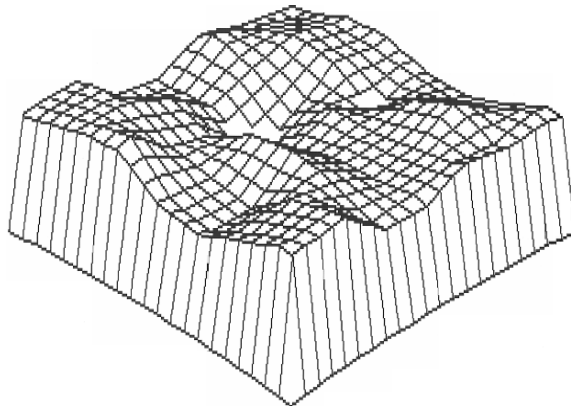
Şekil 4.4. B başlığının bireysel su dağılımı



(a) 12×12 m tertip aralığı

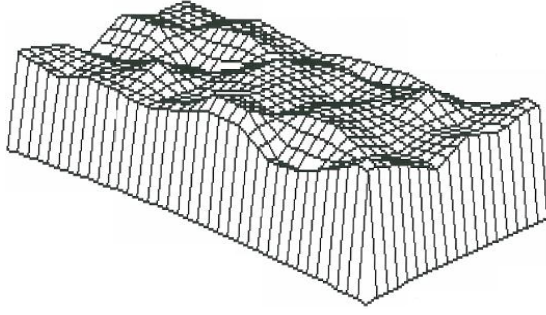


(b) 14×12 m tertip aralığı

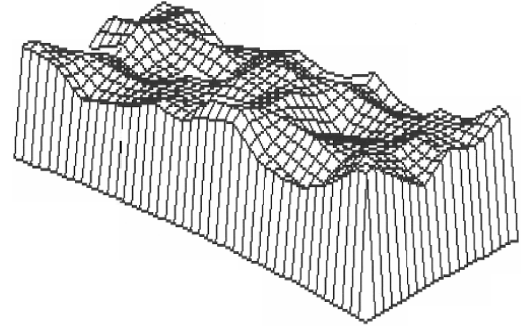


(c) 14×14 m tertip aralığı

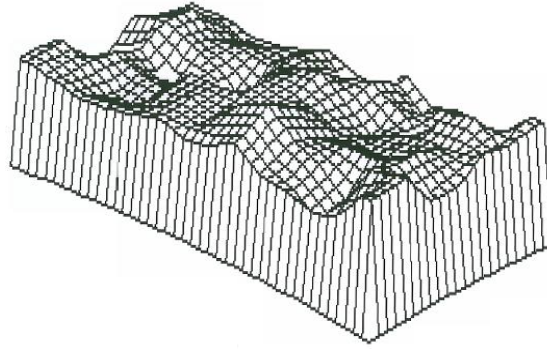
Şekil 4.5. B başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)



(a) 12×12 m tertip aralığı



(b) 14×12 m tertip aralığı



(c) 14×14 m tertip aralığı

Şekil 4.6. B başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

B başlığı farklı rüzgâr hızı koşullarında incelendiğinde rüzgâr hızının 2,0 m/s' nin altında olduğu koşullarda tam örtme ve dikdörtgen tertip aralığında uygun değer hem CU hem de DU için elde edilmiştir. Rüzgâr hızı 2,1-3,0 m/s arasında olduğu koşullarda tam örtmede CU %88,5 ve DU %83,1 olarak hesaplanmıştır. 3,0 m/s'nin üstündeki rüzgâr hızlarında CU değerleri %84' ün DU değerleri ise %75'in altında kalmıştır. Üçgen tertip için rüzgâr koşulları incelendiğinde 0-2,0 ve 2,1-3,0 arasındaki rüzgâr hızlarında 10×10 m tertip aralığında CU değerleri sırasıyla %86,8 ve %87,2 DU değerleri ise %82,1 ve %79,9 olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr hızı 2,1-3,0 m/s aralığında iken 12×10 m ve 12×12 m tertip aralıklarında CU %84 koşulunu sağlamadığı halde DU %75 koşulunu sağlamıştır. Rüzgar hızının 3,0 m/s'yi geçtiği koşullarda dörtgen tertipte olduğu gibi uygun değer elde edilememiştir (Çizelge 4.8). Bu veriler ışığında rotor başlıkların rüzgârlı koşullar için çarpmalı tip başlıklardan daha uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.8. B başlığında optimum işletme basıncında (3,5 atm) farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri

BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
		(m/s)	(°)						
0,612	10	0-2,0	135	10×10	85,7	81,2	10×10	86,8	82,1
				12×10	84,0	74,8	12×10	81,0	73,1
				12×12	81,4	74,1	12×12	78,4	69,4
		2,1-3,0	135	10×10	88,5	83,1	10×10	87,2	79,9
				12×10	80,5	76,8	12×10	79,4	72,6
				12×12	81,8	75,5	12×12	81,0	73,4
		3,1-4,0	135	10×10	74,8	64,5	10×10	77,1	68,0
				12×10	66,1	50,5	12×10	66,2	48,8
				12×12	60,1	45,8	12×12	60,1	44,4
		4,1-5,0	90	10×10	71,4	60,3	10×10	74,9	61,1
				12×10	64,6	51,8	12×10	65,6	46,9
				12×12	63,8	49,8	12×12	58,9	43,0

4.2.3. Mp Rotator Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

C başlığının test edilmesi sonucu elde edilen değerleri Çizelge 4.9' da özetlenmiştir. Dörtgen tertipte CU değerleri %66,3-86,5, DU değerleri %45,1-81,6, eşkenar olmayan üçgen tertipte ise CU değerleri %75,1-83,3, DU değerleri %60,8-73,1 arasında değişmiştir.

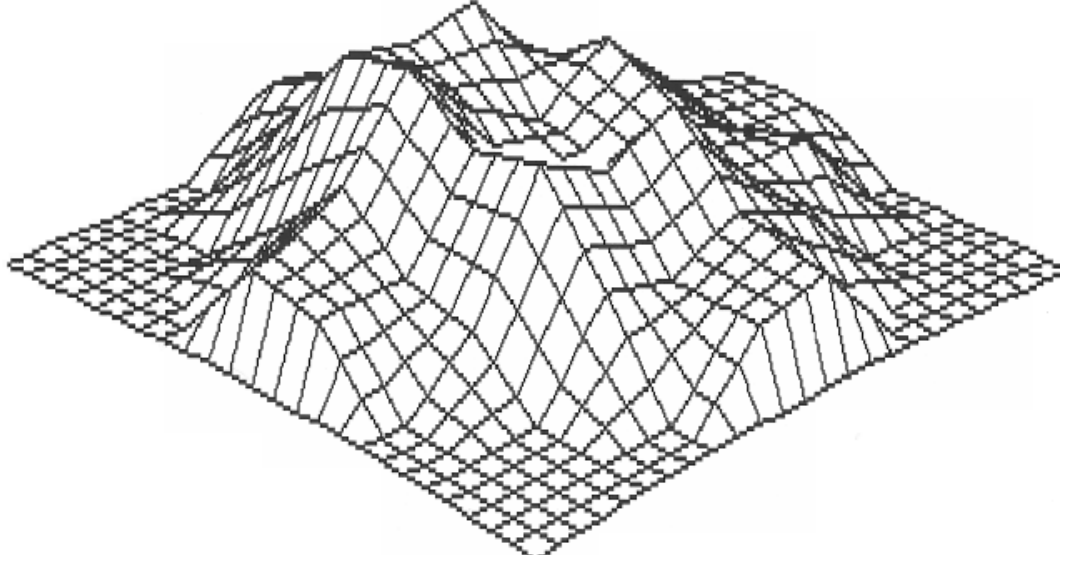
Başlık incelendiğinde CU değeri %84'ün üzerine küçük işletme basıncında tam örtmede, optimum işletme basıncında ise tam örtme ve dikdörtgen tertipte çıkmıştır. DU' da aynı işletme basıncı ve tertip aralıklarında %75'in üzerine çıkmıştır. Tertip aralıklarının artırılması CU değerinin düşmesine neden olmuştur. Optimum işletme basıncında tertip aralıklarının artması DU' nun artmasına neden olmuştur. Tertip aralığı 10×10 m iken DU 78,3, 12×10' a çıkarıldığında %86,2 olarak bulunmuştur. Üçgen tertip incelendiğinde ise, CU ve DU değerleri tüm tertip aralıklarında %84'ün altında kalmıştır.

Çizelge 4.9. C yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

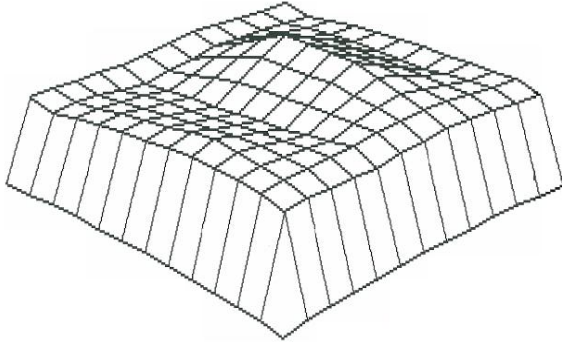
BAŞLIK TİPİ C	BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	Cu (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	Cu (%)	DU (%)	
			(m/s)	(°)							
MEME NO: GRI	1,75	0,648	7,5	1,26	180	8×8*	85,4	81,6	8×8*	77,6	66,6
						10×8*	78,7	70,3	10×8*	77,6	71,6
						10×10*	66,3	45,1	10×10*	75,1	60,8
	2,80	0,828	9,1	1,09	0	10×10	86,5	78,3	10×10	81,7	73,1
						12×10	86,2	81,3	12×10	82,6	69,1
						12×12	78,8	61,4	12×12	79,4	67,7
	3,75	1,008	9,1	1,06	135	10×10	82,8	75,1	10×10	83,3	70,7
						12×10	80,5	71,8	12×10	76,3	65,8
						12×12	74,8	57,7	12×12	75,4	65,8

*: Şekil 4.8 ve 4.9' da su dağılım deseni verilen CU değerleri

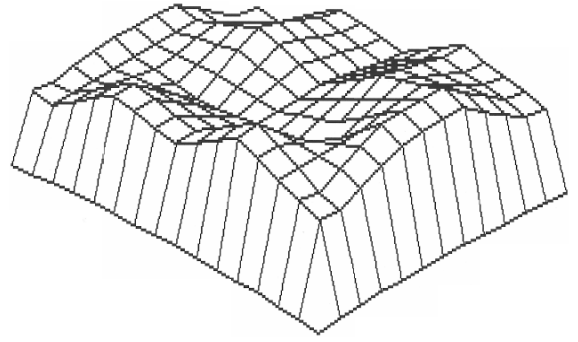
C başlığının bireysel su dağılımı A başlığı ile benzerlik göstermektedir. Başlığa yakın noktalarda su derinliği az iken uzaklaştıkça önce yükselen daha sonra azalan su derinlikleri gözlenmiştir. C başlığının büyük memesinin düşük basıncında elde edilen bireysel su dağılımı Şekil 4.7' de, ve bu başlığa örtme uygulandığında oluşan su dağılım desenleri Şekil 4.8 ve 4.9' da yer almaktadır. Tertip aralıkları arttıkça CU' nun düştüğü grafiklerde görülmektedir.



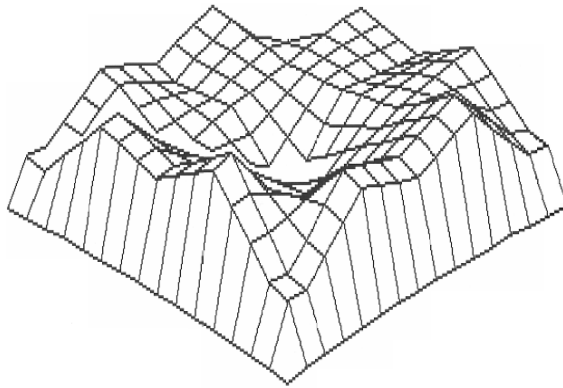
Şekil 4.7. C başlığının bireysel su dağılımı



(a) 8×8 m tertip aralığı

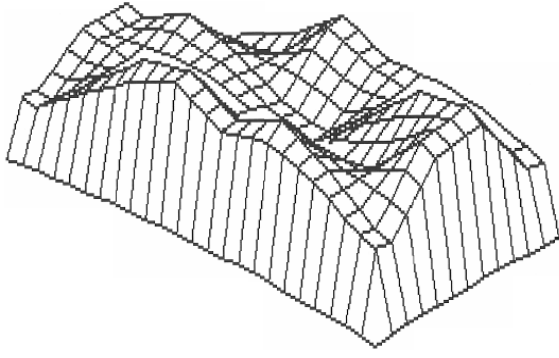


(b) 10×8 m tertip aralığı

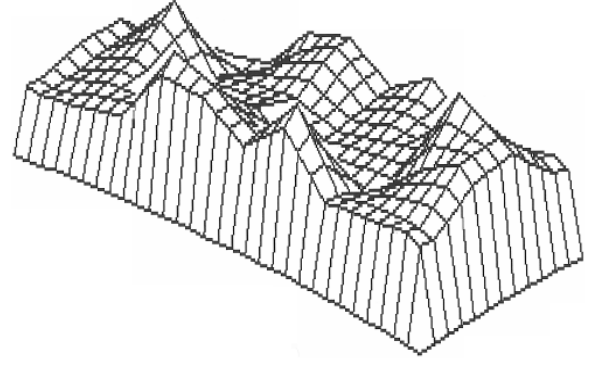


(c) 10×10 m tertip aralığı

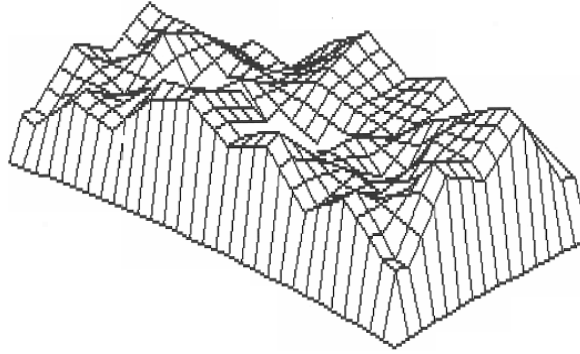
Şekil 4.8. C başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)



(a) 8×8 m tertip aralığı



(b) 10×8 m tertip aralığı



(c) 10×10 m tertip aralığı

Şekil 4.9. C başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

Rüzgâr hızı koşulları incelendiğinde C başlığı B başlığı ile hemen hemen aynı sonuçları vermiştir. CU değeri, rüzgâr hızının 0-2,0 m/s arasında değiştiği koşullarda tam örtmede ve dikdörtgen tertipte sırasıyla %86,5 ve 86,2, DU değeri %78,3 ve 81,3, rüzgâr hızının 2,1-3,0 m/s arasında olduğu koşullarda ise tam örtmede CU %84,0, DU %75,5 hesaplanmıştır. Rüzgâr hızının 0-2,0 m/s olduğu koşullarda tertip aralığının arttırılması DU değerini azaltmak yerine arttırmıştır. Üçgen tertipte hiçbir rüzgâr hızı aralığında uygun değer elde edilememiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. C başlığında optimum işletme basıncında (2,80 atm) farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri

DEBİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
		(m/s)	(°)						
0,828	9,1	0-2,0	0	10×10	86,5	78,3	10×10	81,7	73,1
				12×10	86,2	81,3	12×10	82,6	69,1
				12×12	78,8	61,4	12×12	79,4	67,7
		2,1-3,0	90	10×10	84,0	75,5	10×10	81,6	71,1
				12×10	75,7	65,4	12×10	76,8	64,0
				12×12	73,2	55,0	12×12	76,5	61,7
		3,1-4,0	90	10×10	74,8	66,2	10×10	80,9	72,3
				12×10	66,7	55,8	12×10	72,8	59,8
				12×12	62,3	45,1	12×12	67,4	55,4
		4,1-5,0	135	10×10	76,0	60,4	10×10	77,6	63,9
				12×10	66,3	45,0	12×10	67,3	50,0
				12×12	55,6	36,0	12×12	58,4	44,0

4.2.4. Sprey Pop-Up Başlıkların CU Değerleri

Sprey başlıklar için elde edilen CU değerleri Çizelge 4.11’ de özetlenmiştir. Sprey başlıkların CU değerleri dörtgen tertip aralıklarında %33,3-97,3, DU değerleri %0-97,3 üçgen tertipte ise CU değerleri %33,3-98,6, DU değerleri %0-97,3 arasında değişmiştir.

D başlığının küçük memesi (10A) diğer memelerine göre daha iyi performans sergilemiştir. Küçük meme, tüm işletme basınçları ve tertip aralıklarında $CU \geq 84$ ve $DU \geq 75$ koşulu sağlanmıştır. Yüksek işletme basıncında dikdörtgen tertip tam örtmeden daha yüksek CU ve DU değerine sahiptir. Bunun dışındaki işletme basınçlarında tertip aralığı arttıkça CU ve DU değerleri azalmıştır.

Bu başlığın ortanca memesi (12A) incelendiğinde, optimum basınçta tam örtmede CU değeri %97,0, DU ise %94,0 ve dikdörtgen tertipte CU %91,5, DU ise %90,6, yüksek basınçta dörtgen tertipte CU %91,2 DU ise % 89,5 olarak hesaplanmıştır. Küçük memede olduğu gibi yüksek basınçta dikdörtgen tertip tam örtmeye göre daha yüksek CU ve DU vermiş, diğer basınçlarda ise tertip aralığı arttıkça CU ve DU değerleri azalmıştır.

Büyük memede (15A) düşük ve optimum işletme basıncında sadece tam örtmede $CU \geq 84$ koşulu sağlanmıştır. Diğer tüm işletme basıncı ve tertip aralıklarında uygun değer elde

edilememiştir. Tertip aralıkları arttıkça CU değerleri azalmıştır. Büyük memede DU değerleri CU' ya göre farklılıklar göstermiştir. Optimum ve yüksek işletme basınçlarında 6×4 tertip aralıklarında CU değeri %84 koşulunu sağlamamasına rağmen DU değerleri %75 koşulunu sağlamıştır. Ayrıca bu tertip aralığı tam örtmeye göre daha yüksek DU değeri vermiştir.

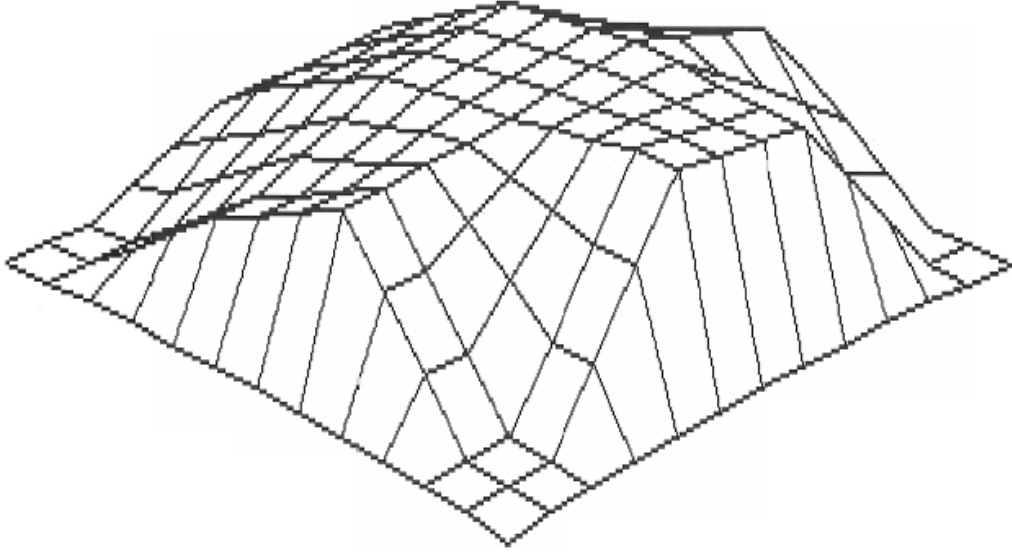
D başlığı eşkenar olmayan üçgen tertipte incelendiğinde, küçük memede tüm işletme basınçları ve tertip aralıklarında CU ve DU için uygun değeri sağlamıştır. Ortanca memede optimum basınçta tam örtme ve dikdörtgen tertip ile yüksek basınçta dikdörtgen tertipte, büyük memede ise düşük ve optimum basınçta tam örtmede $CU \geq \%84$ ve $DU \geq \%75$ koşulları sağlanmıştır.

D başlığında su dağılımı başlıktan dışarıya doğru giderek azalan bir görünüm sergilemiştir (Şekil 4.10). Örtme koşulları incelendiğinde tam örtme ve dikdörtgen tertip uygun dağılım sergilerken 6×6 tertip aralığında örtme sonucunda desenin orta kısmının boş kaldığı gözlenmektedir (Şekil 4.11c). Bunun nedeni Orta (2009)'da belirtilen tertip aralığının, başlık ıslatma yarıçapının %60-65'inden fazla alınmasıdır. Şekil 4.12c' de ise dağılım uygun değildir ancak desende boşluklar gözükmemektedir. Bunun nedeni ise eşkenar olmayan üçgen tertipte köşeler dışında merkezde de başlık bulunmasıdır.

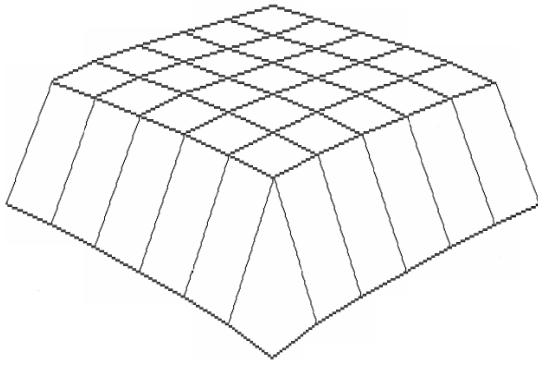
Çizelge 4.11. D yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

BAŞLIK TİPİ D		BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
MEME NO: 10A (KÜÇÜK)	İŞLETME BASINCI (atm)			(m/s)	(°)						
	MEME NO: 10A (KÜÇÜK)	1,0	0,324	2,0	1,10	180	2×2	100	100	2×2	100
						4×2	87,9	87,9	4×2	87,9	87,9
2,0		0,468	3,2	1,34	0	4×4	97,3	97,3	4×4	98,6	97,3
						6×4	85,6	87,2	6×4	85,6	86,5
2,5		0,504	3,5	1,20	45	4×4	87,6	84,7	4×4	87,6	84,7
						6×4	92,0	92,0	6×4	93,4	92,0
MEME NO: 12A	1,0	0,396	3,0	1,17	90	4×4	81,2	67,3	4×4	81,2	67,3
						6×4	33,3	0,0	6×4	33,3	0,0
	2,0	0,540	3,5	1,23	45	4×4*	97,0	94,0	4×4*	97,7	96,6
						6×4*	91,5	90,6	6×4*	91,3	89,9
	2,5	0,612	4,0	1,33	0	4×4	73,7	70,2	4×4	73,7	59,6
						6×4	91,2	89,5	6×4	93,0	91,2
MEME NO: 15AN (BÜYÜK)	1,0	0,612	3,7	0,76	45	4×4	94,5	94,5	4×4	94,5	94,5
						6×4	33,3	0,0	6×4	33,3	0,0
	2,0	0,828	4,0	1,13	0	4×4	85,0	75,6	4×4	94,9	94,5
						6×4	80,1	78,0	6×4	80,3	75,6
	2,5	0,900	4,0	1,27	45	4×4	75,8	67,7	4×4	88,7	77,4
						6×4	73,1	75,0	6×4	81,2	77,4

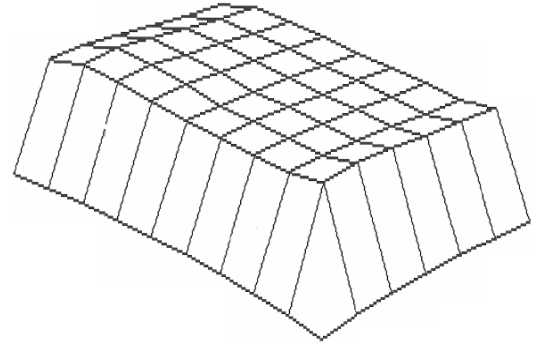
*: Şekil 4.11 ve 4.12' de verilen su dağılım desenlerine ait CU değerleri



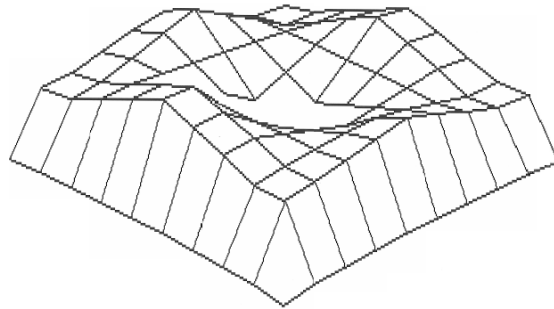
Şekil 4.10. D başlığının bireysel su dağılımı



(a) 4×4 m tertip aralığı

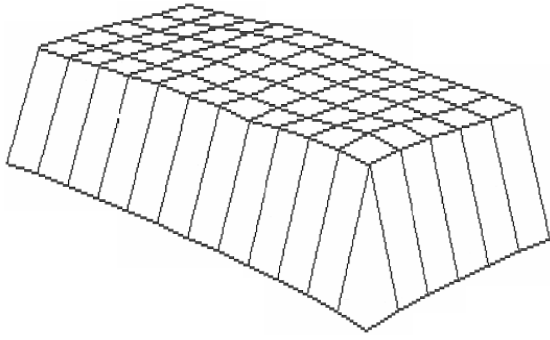


(b) 6×4 m tertip aralığı

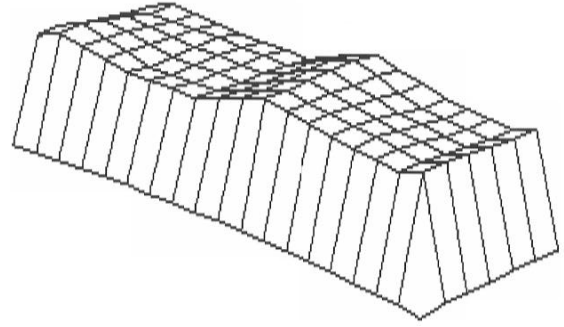


(c) 6×6 tertip aralığı

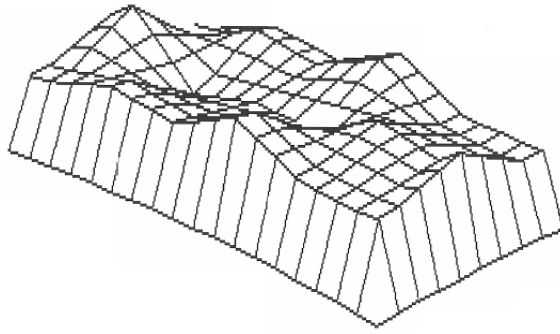
Şekil 4.11. C başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)



(a) 4×4 m tertip aralığı



(b) 6×4 m tertip aralığı



(c) 6×6 m tertip aralığı

Şekil 4.12. D başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

D başlığı farklı rüzgâr hızı koşullarında incelendiğinde, 0-2,0 m/s rüzgâr hızı aralıklarında tam örtme ve dikdörtgen tertipte, rüzgâr hızı 2,1-3,0 m/s arasında iken tam örtmede $CU \geq 84$ ve $DU \geq 75$ koşulları sağlanmıştır. Üçgen tertipte de dörtgen tertiple aynı rüzgar hızlarında ve tertip aralıklarında 84 ve 75 koşulları sağlanmıştır. Bunun dışında rüzgar hızı 0-2,0 m/s iken üçgen tertip biçiminde tertip aralığı 6×6 olarak uygulandığında CU 85 'in altında kalmasına rağmen DU değeri 75 'in üzerine çıkmıştır. Rüzgâr hızının 3,0 m/s' yi geçtiği koşullarda hem dörtgen hem de üçgen tertipte CU 84 'ün, DU 75 'in altında kalmıştır (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. D başlığında optimum işletme basıncında (2,0 atm) farklı rüzgâr hızlarında elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayısı (CU) ve dağılım katsayısı (DU) değerleri

DEBİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
		(m/s)	(°)						
0,540	3,5	0-2,0	45	4×4	97,0	94,0	4×4	97,7	96,6
				6×4	91,5	90,6	6×4	91,3	89,9
				6×6	66,7	39,3	6×6	81,8	76,0
		2,1-3,0	45	4×4	89,3	85,4	4×4	85,0	69,9
				6×4	76,4	67,0	6×4	78,0	62,1
				6×6	54,9	21,8	6×6	69,8	59,7
		3,1-4,0	135	4×4	55,9	43,2	4×4	66,2	32,4
				6×4	45,9	40,5	6×4	45,9	27,0
				6×6	52,0	44,6	6×6	57,5	41,3
		4,1-5,0	135	4×4	60,0	48,9	4×4	70,0	40,0
				6×4	40,0	30,0	6×4	40,0	20,0
				6×6	46,7	20,0	6×6	46,6	24,5

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Arazi testleri ve büro çalışmaları sonucunda elde edilen bulgular ışığında belirlenen öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Bir yağmurlama başlığının her memesi için işletme basıncı sınırları mevcuttur. Bu sınırlar içerisinde, su hüzmesinin ilk hızı ile suyun parçalanması ve su damlalarının ıslatma alanı içerisindeki dağılışı, bir su dağılımı eğrisi oluşturur. Bu eğri optimum işletme basıncında ideal formdadır. Optimum işletme basıncının altında veya üstündeki işletme basınçlarında su dağılımı eğrisinin şekli bozulur ve uygun olmayan bir su dağılımı elde edilir (Yıldırım 2005, Orta 2009). Çalışmada test edilen yağmurlama başlıkları incelendiğinde, yukarıda verilen bilgilere paralel bir biçimde en uygun su dağılımı desenini bütün memelerin optimum basınçlarında gözlemlenmiştir. Düşük ve yüksek basınçta ulaşılan ıslatma yarıçapı değerleri optimum basınçtakinden fazla değildir. Bu nedenlerle rekreasyon alanlarında kullanılan yağmurlama başlıkları mümkün olduğunca optimum basınç değerlerinde çalıştırılmalıdır.

Test edilen memeler incelendiğinde en iyi performansı çarpmalı rotorda ortanca meme, dişli rotorda büyük meme ve sprej başlıkta ise küçük meme göstermiştir.

Rüzgârsız koşullarda yağmurlama başlıkları CU ve DU değerlerine göre yüksekten düşüğe doğru; dişli rotor, çarpmalı rotor, mp rotator, sprej şeklinde bir sıralama göstermişlerdir. Rüzgârlı koşullarda ise bu sıralama; dişli rotor, mp rotator, sprej, çarpmalı rotor şeklinde değişmiştir. Çarpmalı rotor başlıklar rüzgâra dirençli LA memede denenmiş olmalarına karşın rüzgâra en hassas başlık olarak dikkat çekmiştir.

Rekreasyon alanlarında kullanılan yağmurlama sulama sisteminin uygulanmasını kısıtlayan en önemli etken rüzgâr hızıdır. Rüzgâr hızı ve esme süresinin fazla olması suyun dağılımını olumsuz yönde etkiler. Günümüzde rüzgârın yağmurlama sulamaya olan bu olumsuz etkisi bilinmesine rağmen uygulamada pek fazla önemsenmemektedir. Bunun sonucunda, eş su dağılımı sağlanamadığı için bitkiler ihtiyaç duydukları suyu alamamakta ve su israfı olmaktadır. Rüzgârlı koşullarda, başlık tertip aralıkları ıslatma yarıçapları kadar olmalıdır. Rüzgârsız koşullarda ise tertip aralıkları, başlık ıslatma çapının %60-65' ine kadar çıkabilir. Ayrıca rüzgâr hızının fazla olduğu yerlerde lateraller etken rüzgâr yönüne dik gelecek biçimde yerleştirilmelidir (Korukçu ve Yıldırım 1981, Aküzüm 1976, Yıldırım 1996, Orta 2009).

Peyzaj sulamasında villa bahçeleri gibi küçük alanlarda, rüzgâr hızı düşük ise sprej başlıklar kullanılabilir. Rüzgâr hızının fazla olduğu yerlerde ve maliyetin düşük olmasının istendiği koşullarda mp rotator başlıklar tercih edilebilir.

Rüzgâr hızının yüksek ya da düşük olduğu koşullarda golf sahaları, statlar, park ve bahçeler gibi büyük alanlarda dişli rotorlar tercih edilmelidir.

Çarpmalı başlıklar kirli su koşullarında avantajlı olmalarına karşın rüzgârlı bölgelerde yeterli eş su dağılımı sergileyememeleri, gürültülü çalışmaları, toprak yüzeyindeki kapak çapının fazla olması gibi birçok dezavantaja sahiptir.

Üretici firmaların teknik çizelgelerinde açıklanan sonuçları arazi koşullarında rüzgâr hızı vb. faktörleri de dikkate alarak yenilemeleri gerekmektedir.

Başlık seçiminde rüzgâr hızı başta olmak üzere tüm mevcut koşullar dikkate alınmalı, daha sonra da ekonomik ve estetik beklentiler ile seçilecek başlık tipi belirlenmelidir. Projelendirme ve işletme her bir başlık ve meme için optimum basınç koşulunda gerçekleştirilmelidir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim (1965). Yatay eksenli santrifüj pompaları. Türk standartları enstitüsü yayınları, No.268, Ankara.
- Anonim (2013). <http://www.tepav.org.tr/tr/blog/s/4059> Erişim Tarihi:05.05.2014
- Aküzüm T, (1998). Basınçlı Sulama Sistemleri. Yüksek Lisans Dersi Notları. Ankara.
- Allen RG (1996). CATCH3D, Sprinkler pattern overlap program, version 4.60. Utah State University, Logan, Utah.
- Ascough GW, Kiker GA, (2002). The Effect of Irrigation Uniformity on Irrigation Water Requirements. Water SA, vol :28 No.2.
- Ayyıldız M ve Yaralı E (1985). Yağmurlama Başlıklarında Yapımcı Farklılıklarının Eş Su Dağılım Düzeyine Etkisi. Doğa, 9(2): 204.
- Bahçeci İ, Aydın Ş, (2008). Mardin-Kızıltepe Ovası Yarı Taşınabilir Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Bazı Performans Parametrelerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12(1): 27-37.
- Bahçeci İ, Tarı AF, Dinç N, Bahçeci P, (2007). Performance Analysis of Collective Set-Move Lateral Sprinkler Irrigation Systems Used in Central Anatolia. Turk. J. Agric. For., 32: 435-449.
- Balaban A ve Korukçu A (1970). Yağmurlama Sulama Sistemlerinde Su Dağılımının Ölçülme Metodları Üzerinde Bir İnceleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Ankara.
- Baum MC, Dukes MD, Miller GL, (2005). Analysis of Residential Irrigation Distribution Uniformity. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 131: 336-341.
- Christiansen JE, (1937). Irrigation by Sprinkling. Agricultural Engineering Journal, 1; 533-538.
- Christiansen JE, (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station Bulletin 670, University of California, Berkeley, CA.
- Clark GA, Srinivas K, Rogers DH, Stratton R, Martin VL, (2003). Measured and Simulated Uniformity of Low Drift Nozzel Sprinklers. ASEA, 46(2): 321-330, USA.
- Çalgıcı O (2011). Yerli Üretim Doğrusal Hareketli Yağmurlama Sulama Sisteminin Trakya Koşullarında İzleme ve Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Da Silva Paz VP, Bernardo S, Sediya GC, Ramos MM, De Azevedo H.M. Repazzi A.J, Azevedo HM, De ve Silva VP, (1991). Analysis of the uniformity of sprinkler irrigation water under the conditions of the Sao Goncalo Irrigation Project. Revista Ceres, 38.
- Davis JR (1966). Measuring Water Distribution From Sprinklers. Transactions of the ASAE, Vol. 9. No. 1, s. 94-97.
- Dechmi F, Playan, E, , Faci JM, Tejero M, Bercero A, (2003). Analysis of an irrigation district in northeastern Spain II. Irrigation evaluation, simulation and scheduling. Agricultural Water Management, 61 : 93-109.

- Demirel K (2005). Peyzaj Projelerinde Kullanılan Farklı Yağmurlama Sulama Baslıklarının Performanslarının Belirlenmesi Üzerinde Bir Arastırma. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Dukes MD, (2006). Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. *Applied Engineering İn Agriculture*, 22 (4): 541-548.
- El-Berry AM, Ramadan MH, El-Adl AM, Mahmoud MH, (2009). Effect of nozzle shape and pressure on water distribution. *Misr J. Ag. Eng.*, 26(1): 224- 250.
- Elhanini S (1961). Yağmurlama Sulaması. Çeviren: Ali Balaban, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, S 210, Ankara.
- Firouzabadi AG (2012). Technical Evaluation of Low Pressure Irrigation Pipe (Hydroflume) and Comparison with Traditional and Sprinkler Irrigation Systems. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4-3:108-113.
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım O (2010). Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1580, 291s, Ankara.
- Haroğlu R, (2000). Peyzaj Uygulamalarında Sulama Sisteminin Seçimi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kanber R, (2002). Sulama. Çukurova Üniversitesi Yayın No: 174, Adana.
- Kara T, Ekmekçi E, Apan M, (2008). Determining the Uniformity Coefficient and Water Distribution Characteristics of Some Sprinkler. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11 (2): 214-219.
- Kassem MA, (2009). Effect of Sprinkler Irrigation Uniformity on Wheat Productivity, Water Losses And Water Use Efficiency. *Misr J. Ag. Eng.*, 26(3): 1201- 1222.
- Keller J, Bleisner RD (1990). Sprinkler and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Korukçu A ve Yıldırım O (1981). Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. A.Ü. Zir. Fak. Kültürteknik Bölümü, Ankara.
- Kraus RG (1998). Recreation and Leisure in Modern Society, Canada: Jones and Bartlett Publishers.
- Kutlar İ ve Tokgöz MA, (2002). Yağmurlama Sulama Sistemlerinde Su Dağılımı İle Tasarım Kriterleri Arasındaki İlişkiler. *A.Ü. Tarım Bilimler Dergisi*, 9(3): 296-304, Ankara.
- Makki EK, Ali OO, Mohamed AE, (2011). Evaluation of Uniformity Coefficient and Water Distribution Efficiency of Some Impact Sprinklers in Shambat, Sudan. *U. of K. 1. Agric. Sci.*, 19(2): 161-177.
- Merriam LJ and Keller J (1978). Farm Irrigation System Evaluation. Utah State University, Logan, Utah.
- Moazed H, Bavi A, Boroomand- Nasab S, Naseri A, Albaji M, (2010). Effects of Climatic and Hydraulic Parameters on Water Uniformity Coefficient in Solid-Set Systems. *Journal of Applied Sciences*, 10 (16): 1792-1796.
- Nasap SB, (2007). Technical Evaluation of Sprinkler Irrigation System in Arak, Iran. *Journal of Applied Sciences*, 7 (21): 3338 – 3341.

- Nazari B, Liaghat A, Parsinejad M, (2013). Development and Analysis of Irrigation Efficiency and Water Productivity Indices Relationships in Sprinkler Irrigation Systems. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4 (3): 515-523.
- Orta AH (2009). *Rekreasyon Alanlarında Sulama*. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 149 sayfa, Tekirdağ.
- Osei FKB, (2009). Evaluation of Sprinkler Irrigation System for Improved Maize Seed Production for Farmers in Ghana. Master of Science in Soil and Water Engineering, Nkrumah University of Science Technology.
- Playan E, Zapata N, Faci JM, Tolosa D, Lacueva JL, Pelegrin J, Salvador R, Sanchez I, Lafita A, (2006). Assessing Sprinkler Irrigation Uniformity Using a Ballistic Simulation Model. *Agricultural Water Management*, 84: 89-100.
- Schneider AD (2000). Efficiency and Uniformity of the Lepa and Spray Sprinkler Methods. *Transactions of the ASAE*, 43(4): 937-944, USA.
- Seçkin ÖB, (2003). *Peyzaj Uygulama Tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayın No: 453 - 528, İstanbul.
- Sevil T (2012). *Boş Zaman ve Rekreasyon Yönetimi*. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2497, s. 3-25, Türkiye.
- Smith WS (1997). *Landscape Irrigation Design and Management*, John Wiley & Sons, Inc, s. 1-2, 59, 68, New York.
- Solomon KH, (1990). *Sprinkler Irrigation Uniformity*, Center for Irrigation Technology Irrigation Notes, California State University, Fresno, California, USA.
- Şahinler Ç (1997). *Peyzaj Sulaması Tasarımı ve Bursa Büyükşehir Belediyesi Soğanlı Kent Parkı Uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Tarı AF, (1998). *Konya-Ilgın Ovasında Kullanılan Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Etkinliğinin Belirlenmesi*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Adana.
- Tarjuelo MJ, Montero J, Valiente M, Honrubia FT, Ortiz J (1999). Irrigation Uniformity with Medium Size Sprinklers Part I: Characterization of Water Distribution in No-Wind Conditions. *ASAE*, 42(3): 665-675.
- Upadhyaya A and Rao YP (1990). Comparative performance of sprinkler irrigation systems. *Proceedings of the 11th International Congress on the Use of Plastics in Agriculture*, New Delhi, India, 125-130.
- Urrego-Pereira YF, Martínez-Cob A, Cavero J, (2012). Relevance of sprinkler irrigation time and water losses on maize yield.
- Vories ED and Von Bernuth RD (1986). Single Nozzle Sprinkler Performance in Wind. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*, 29:1325-1330
- Wilcox JC and Swales GE (1947). Uniformity of Water Distribution by Some Underthree Orchard Sprinklers. *Scientific Agriculture Canada*, 27: 563-583.
- Yıldırım O, (1996). *Sulama Sistemleri II*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1449.
- Yıldırım O (2005). *Sulama Sistemlerinin Tasarımı*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1542, 348s, Ankara.

Zapata N, Playan E, Martinez-Cop A, Sanchez I, Faci JM, Lecina S, (2007). Form on Farm Solid-Set Spinkler Irrigation Desing to Collective Irrigation Network Desing in Windy Areas. *Agric. Water. Manag.*, 87: 187-199.

ÖZGEÇMİŞ

Muğla – Marmaris ilçesinde, 1989 yılında doğdu. İlk öğrenimini Marmaris Atatürk İlköğretim okulunda, ortaöğrenimini ise Marmaris Sabancı Lisesi' nde tamamladı. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesinde, 2008 yılında, Lisans eğitimine başladı, 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.