

Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Pop - Up Tipi Yağmurlama Başlıklarının Su Dağılım Özelliklerinin Karşılaştırılması*

Ferhan BALCI

A.Halim ORTA**

Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Arazi ve Su Kaynakları
Anabilim Dalı, Tekirdağ, Türkiye

**Sorumlu yazar: E-mail: horta@nku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 17.01.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 01.03.2017

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 yüksekte 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, Tekil başlık deneme yöntemi, CU (Christiansen eş su dağılım katsayısı), DU (su dağılım yeknesaklık katsayısı)

* Yüksek Lisans tezinden alınmıştır.

The Comparison of Water Distribution Patterns of Pop-Up Style Sprinklers Used in Landscape Irrigation

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). All measurements were performed with according to single head test method with 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 conditions. As a result, 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.

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

Giriş

Şehir yaşamının yoğun stresiyle yeşile daha fazla önem 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).

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 dağılımı 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.

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 kullanılabilecek değişik özellikler gösteren pop-up tipi yağmurlama başlıkları üretilmektedir. Bu başlıkların işletme basınçlarından fırlatma açılarına 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 dağılımı özelliklerinin belirlenmesi, birbirleriyle karşılaştırılması ve farklı koşullar için en uygun başlık tipinin eldesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2014 yılında, Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Sulama Laboratuvarı ile tekil başlık deneme alanında gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

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. 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.

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. Basınç denetimi düzenek üzerine yerleştirilmiş üç adet manometreden yapılmıştır. Bunlardan ilki pompa üzerinde, ikincisi boru hattı girişinde, üçüncüsü ise yağmurlama başlığı girişindedir. Testler süresince mevcut rüzgâr hızı ve sıcaklık değerleri alanın aynı noktasına konumlandırılmış el anemometresi ile ölçülmüştür.

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. A başlığı beş standart iki düşük açılı olmak üzere toplam yedi adet alternatif memeye sahip, işletme basıncı 1,75-4,10 atm, ıslatma yarıçapı 7,0-13,0 m, debisi ise 0,34-1,43 m³/h' tir. B başlığı 20 standart 7 düşük açılı olmak üzere toplam yirmi yedi adet alternatif memeye sahip, işletme basıncı 1,70-4,50 atm, ıslatma yarıçapı 6,4-15,8 m, debisi ise 0,10-3,22 m³/h' tir. Yedi standart açılı alternatif memeye sahip C başlığının işletme basınçları 1,75-3,75 atm, ıslatma yarıçapları 6,7-9,1 m, debileri 0,16-0,96 m³/h arasında değişmektedir. Üç adet standart açılı memeye sahip dönmeksizin sulama yapan D başlığının işletme basıncı 1,00-2,50 atm, ıslatma yarıçapı 2,4-5,0 m, debisi ise 0,04-0,95 m³/h arasındadır. Her bir başlık, rüzgârsız koşullarda (0,0-2,0 m/s), üç farklı işletme basıncı (en düşük, optimum, en yüksek) ve üç farklı meme için kullanılmıştır. A başlığı iki adet düşük açılı (LA) meme ve bir adet standart memede, B, C ve D başlıkları küçük, ortanca ve büyük standart memelerde test edilmiştir. Ayrıca A başlığı büyük LA meme, diğer başlıklar ise ortanca meme ve optimum basınç değerlerinde, rüzgârlı koşullarda (2,1-3,0; 3,1-4,0 ve 4,1-5,0 m/s) denenmiştir.

Yöntem

Alanda kaplar 2x2 m aralıklarla yerleştirilmiştir. Test edilen başlık 30x30 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. Başlıkların debi ölçümleri, kronometre ve hacmi belli ölçü kabı yardımıyla yapılmıştır. Kullanılacak kabın büyüklüğü Türk Standartları Enstitüsü (1965)'de belirtilen esaslara göre, 20 saniyeden daha az bir zamanda dolmayacak kapasitede seçilmiştir. 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. Her deneme için su toplama kaplarından ml olarak elde edilen değerler önceden hazırlanan test çizelgeleri üzerine yazılmıştır.

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);

$$CU = 100 \left(1 - \frac{\sum_i^n |x_i - \bar{x}|}{n\bar{x}} \right) \quad (1)$$

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 belirlenmiştir. Eş bir su dağılımı için DU değerinin %75' den az olması önerilmemektedir. Su dağılım yeknesaklık katsayısı (DU);

$$DU = 100 \left(\frac{\bar{x}_{1q}}{\bar{x}} \right) \quad (2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Merriam ve Keller 1978).

Eşitlikte: DU, su dağılım yeknesaklık katsayısı, %, \bar{X}_{lq} , su toplama kaplarından en düşük çeyrekte kalan kaplardaki ortalama su miktarı, ml, \bar{X} , su toplama kaplarında biriken ortalama su miktarı, ml' dir.

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. Değınilen program sayesinde dilenen tertip biçimi için CU ve DU değerlerinin yanında, her bir başlığın tekil ve örtme durumundaki su dağılım deseni üç boyutlu grafikler ile ortaya konulabilmektedir. Bu amaçla alanda elde edilen verilerin değeriendirilmesinde

hızlı ve doğru sonuç vermesi nedeniyle Catch 3D programı kullanılmıştır

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

Bulgular ve Tartışma

Denemeye Alınan Yağmurlama Başlıklarının Debi ve Islatma Yarıçapları

Araştırmada, kullanılan pop-up tipi yağmurlama başlıklarının testleri sonucunda; her yağmurlama başlığı için, değışik meme çapı ve işletme basıncı koşullarında, başlık debisi ve ıslatma yarıçapı değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 1. A yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

Table 1. CU and DU values of Sprinkler A

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 (%)
İŞLETME BASINCI (atm)	(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
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 2 ve 3' de su dağılım desenleri verilen CU değerleri

Test edilen tüm başlıklarda, 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. Başlıkların ıslatma yarıçapı değerleri incelendiğinde, A başlığı 9-12,2 m, B başlığı 8,5-12 m, C başlığı 7,5-9,1 m ve D başlığı ise 2-4 m arasında değişiklik göstermiştir.

Çarpmalı Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

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 1). Çizelge 1, 2, 3 ve 4'te CU \geq 84, DU \geq %75 koşulunu sağlayan tertip biçimleri koyu yazım stili ile belirginleştirilmiştir.

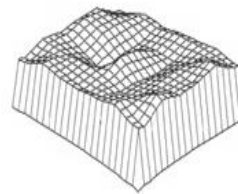
Küçük LA memede (siyah), optimum işletme basıncı altında tam örtme (12×12 m) ile dikdörtgen tertipte ve yüksek basınç altında ise tam örtme yapıldığında %84 koşulunu sağlamıştır. Tertip aralıkları arttıkça CU değerleri azalmıştır. Ortanca memede (mavi), düşük ve yüksek işletme basıncında tam örtmede, 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.

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 değerler 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.

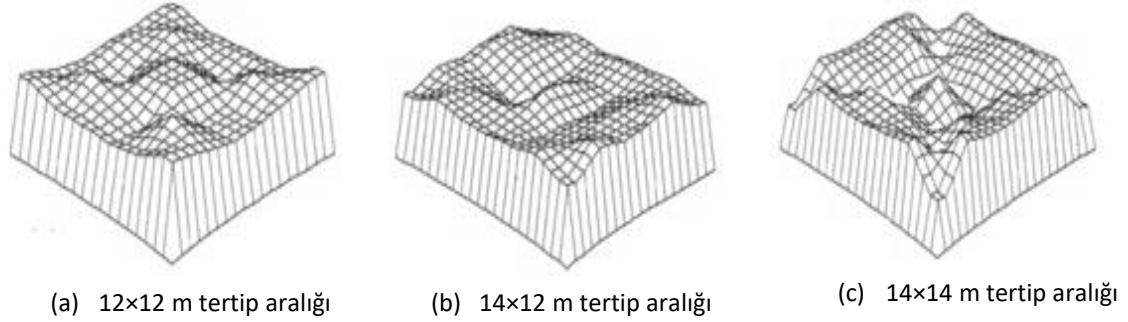
Başlığın üç boyutlu grafikleri incelendiğinde başlığa yakın ve uzak noktalarda su miktarının orta noktalara göre daha az olduğu görülmektedir. Örnek olarak Şekil 1'de A başlığının ortanca memesinin yüksek basıncındaki bireysel su dağılımı görülmektedir. Şekil 2' de bu bireysel su dağılımının dörtgen tertip biçiminde, Şekil 3' de ise üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıklarında oluşturduğu su dağılım desenleri görülmektedir. CU değerinin %84'ün üstünde olduğu tertip aralıklarında su dağılım desenleri uniform bir görünüm sergilerken (Şekil 2), %84'ün altında kaldığı koşullarda uniformluğun bozulduğu açıkça izlenmektedir (Şekil 3).

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. Bu sonuçlara göre, çarpmalı tip başlıkların rüzgârlı koşullarda kullanımının sakıncalı olduğu söylenebilir.



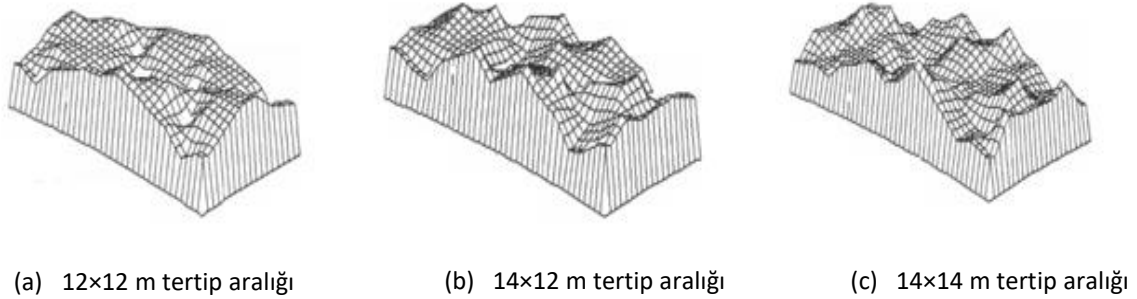
Şekil 1. A başlığının bireysel su dağılımı

Figure 1. Water distribution profile of single sprinkler A



Şekil 2. A başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)

Figure 2. Water distribution profiles of sprinkler A in quadrangle pattern for various field spacings (one head at each corner)



Şekil 3. A başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

Figure 3. Water distribution profiles of sprinkler A in triangular pattern for various field spacings (one head at each corner and center)

Dışlı Rotor Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

B 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 2). B başlığının küçük memesi (Meme No: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 (Meme No: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 biçiminde 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 (Meme No: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 m tertip aralığında uygun değer elde edilememiştir.

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 m tertip aralığında uygun değer elde edilememiştir.

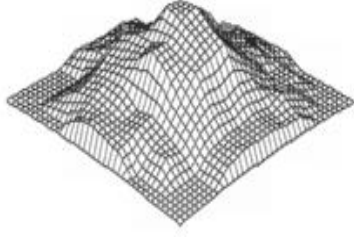
Başlık bireysel olarak incelendiğinde, başlıktan uzak noktalara doğru azalan bir su dağılımı oluşmuştur. Buna örnek olarak başlığın büyük memesinin yüksek basıncında elde edilen bireysel su dağılımı Şekil 4' de verilmiştir. Farklı tertip biçimlerinde oluşan grafikler Şekil 5 ve 6'da görülmektedir. Bu grafikler A başlığı ile karşılaştırıldığında B başlığında uniformitenin daha yüksek olduğu açıkça görülmektedir.

Çizelge 2. B yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

Table 2. CU and DU values of Sprinkler B

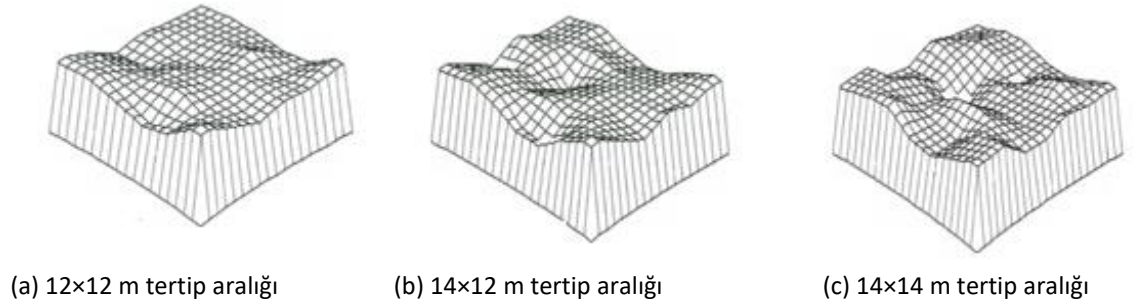
BAŞLIK TİPİ B	İŞLETME BASINCI (atm)	BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
				(m/s)	(°)						
MEME NO: 2 (Küçük)	1,7	0,166	8,5	1,29	135	8×8	81,0	80,0	8×8	81,0	76,9
						10×8	72,3	64,6	10×8	78,5	67,7
						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 5 ve 6' da su dağılım desenleri verilen CU değerleri



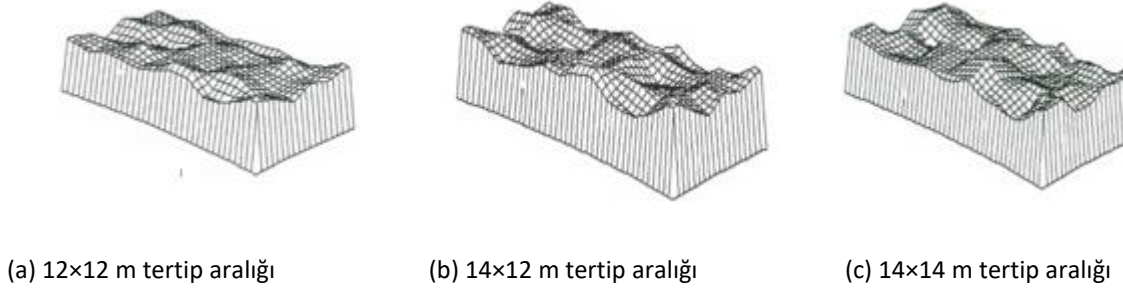
Şekil 4. B başlığının bireysel su dağılımı

Figure 4. Water distribution profile of single sprinkler B



Şekil 5. B başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)

Figure 5. Water distribution profiles of sprinkler B in quadrangle pattern for various field spacings (one head at each corner)



Şekil 6. B başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

Figure 6. Water distribution profiles of sprinkler B in triangular pattern for various field spacings (one head at each corner and center)

Farklı rüzgâr hızı koşullarında B başlığı incelendiğinde rüzgâr hızının 2,0 m/s' nin altında olduğu koşullarda CU değeri tam örtmede %85,7 ve dikdörtgen tertip aralığında %84,0, DU değeri ise aynı tertip aralıklarında sırasıyla % 81,2 ve 74,8 olarak 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.

Mp Rotator Pop-Up Başlıkların CU ve DU Değerleri

C başlığının 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 (Çizelge 3). Başlık incelendiğinde CU değeri %84'ün üzerine küçük işletme basıncında tam örtmede, optimum işletme basıncında ise tam örtme ve dikdörtgen tertipte çıkmıştır. DU değerleri de aynı işletme basıncı ve tertip aralıklarında %75'in üzerine çıkmıştır. Tertip aralıklarının arttırılması 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 m' de ise %86,2 olarak bulunmuştur. Üçgen tertip incelendiğinde

ise CU ve DU değerleri tüm tertip aralıklarında kabul edilebilir seviyenin altında kalmıştır.

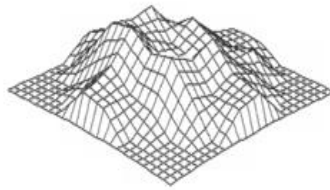
C başlığının bireysel su dağılımı A başlığı ile benzerlik göstermektedir. Başlığa yakın noktalarda su derinliği az iken uzaklaştıkça önce yükselen daha sonra azalan su derinlikleri gözlenmiştir. C başlığının büyük memesinin düşük basıncında elde edilen bireysel su dağılımı Şekil 7' de ve bu başlığa örtme uygulandığında oluşan su dağılım desenleri Şekil 8 ve 9' da yer almaktadır. Tertip aralıkları arttıkça CU değerlerinin düştüğü grafiklerde açıkça görülmektedir.

Çizelge 3. C yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

Table 3. CU and DU values of Sprinkler C

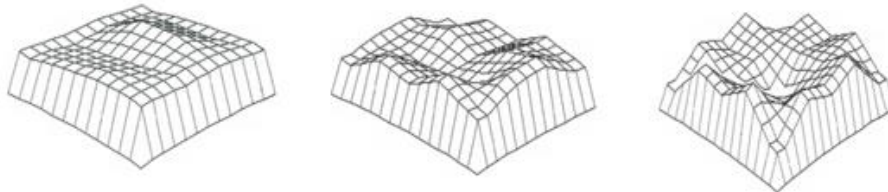
BAŞLIK TİPİ C	İŞLETME BASINCI (atm)	BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	Cu (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	Cu (%)	DU (%)
				(m/s)	(°)						
MEME NO: GRI	1,75	0,648	7,5	1,26	180	8×8*	85,4	81,6	8×8*	77,6	66,6
						10×8*	78,7	70,3	10×8*	77,6	71,6
						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 8 ve 9' da su dağılım deseni verilen CU değerleri



Şekil 7. C başlığının bireysel su dağılımı

Figure 7. Water distribution profile of single sprinkler C



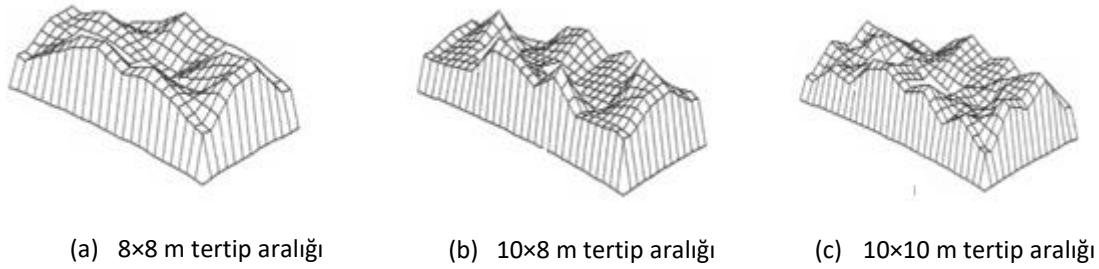
(a) 8×8 m tertip aralığı

(b) 10×8 m tertip aralığı

(c) 10×10 m tertip aralığı

Şekil 8. C başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)

Figure 8. Water distribution profiles of sprinkler C in quadrangle pattern for various field spacings (one head at each corner)



Şekil 9. C başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

Figure 9. Water distribution profiles of sprinkler C in triangular pattern for various field spacings (one head at each corner and center)

Farklı 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 olarak hesaplanmıştır.

Sprey Pop-Up Başlıkların CU Değerleri

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 (Çizelge 4). 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 değerlerine göre farklılıklar göstermiştir. Optimum ve yüksek işletme basınçlarında 6x4 m 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 değerleri yeterli düzeyde olmuştur. 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.

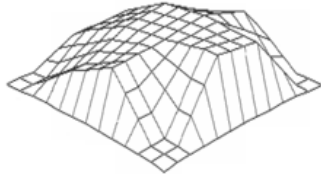
D başlığında su dağılımı başlıktan dışarıya doğru giderek azalan bir görünüm sergilemiştir (Şekil 10). Örtme koşulları incelendiğinde tam örtme ve dikdörtgen tertip uygun dağılım sergilerken 6x6 m tertip aralığında örtme sonucunda desenin orta kısmının boş kaldığı gözlenmektedir (Şekil 11c). Bunun nedeni 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. D yağmurlama başlığının CU ve DU değerleri

Table 4. CU and DU values of Sprinkler D

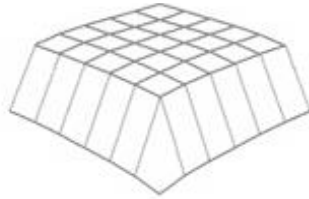
BAŞLIK TİPİ D		BAŞLIK DEBİSİ (m ³ /h)	ISLATMA YARIÇAPI (m)	RÜZGÂR HIZI ve KUZEYDEN YÖNÜ		DÖRTGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)	ÜÇGEN TERTİP (m×m)	CU (%)	DU (%)
MEME NO: 10A (Küçük)	İŞLETME BASINCI (atm)			(m/s)	(°)						
	MEME NO: 10A (Küçük)	1,0	0,324	2,0	1,10	180	2×2	100	100	2×2	100
4×2							87,9	87,9	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 (Ortanca)	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: 15A (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 11 ve 12' de verilen su dağılım desenlerine ait CU değerleri

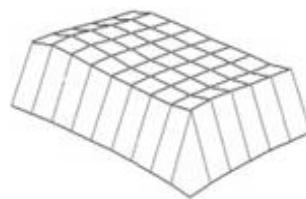


Şekil 10. D başlığının bireysel su dağılımı

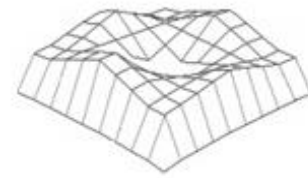
Figure 10. Water distribution profile of single sprinkler D



(a) 4×4 m tertip aralığı



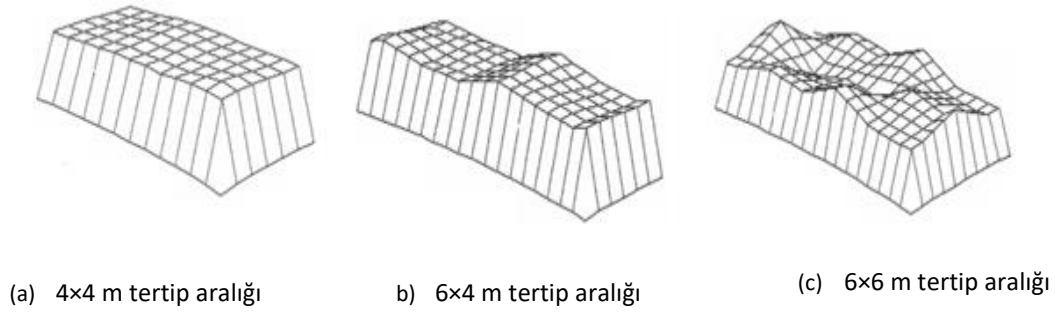
(b) 6×4 m tertip aralığı



(c) 6×6 m tertip aralığı

Şekil 11. D başlığının dörtgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede bir başlık)

Figure 11. Water distribution profiles of sprinkler D in quadrangle pattern for various field spacings (one head at each corner)



Şekil 12. D başlığının eşkenar olmayan üçgen tertip biçiminde farklı tertip aralıkları için su dağılımları (her köşede ve orta noktada birer başlık)

Figure 12. Water distribution profiles of sprinkler D in triangular pattern for various field spacings (one head at each corner and center)

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 benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Çalışmada test edilen yağmurlama başlıkları incelendiğinde, en uygun su dağılım desenlerinin bütün memelerin optimum basınçlarında gerçekleştiği 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.

Peyzaj sulamasında villa bahçeleri gibi küçük alanlarda sprej başlıklar kullanılabilir. Maliyetin düşük olmasının istendiği koşullarda mp rotator başlıklar tercih edilebilir.

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.

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

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.
- Allen RG (1996). CATCH3D, Sprinkler pattern overlap program, version 4.60. Utah State University, Logan, Utah.
- Christiansen JE, (1942). Irrigation by Sprinkling. California Agricultural Experiment Station Bulletin 670, University of California, Berkeley, CA.
- Kraus RG (1998). Recreation and Leisure in Modern Society, Canada: Jones and Bartlett Publishers.
- Korukçu A ve Yıldırım O (1981). Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. A.Ü. Zir. Fak. Kültürteknik Bölümü, Ankara.
- Merriam LJ and Keller J (1978). Farm Irrigation System Evaluation. Utah State University, Logan, Utah.
- Orta AH (2009). Rekreasyon Alanlarında Sulama. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 149 sayfa, Tekirdağ.
- Sevil T (2012). Boş Zaman ve Rekreasyon Yönetimi. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2497, s. 3-25, Türkiye.