

Araştırma Makalesi (Research Article)

Marius H. HOUNDONUGBO^{1a}

Gökçen YÖNTER^{1b*}

¹Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bornova-İZMİR

^{1a} **Orcid No:** 0000-0003-3293-6885

^{1b} **Orcid No:** 0000-0003-0823-1893

*sorumlu yazar: gokcen.yonter@ege.edu.tr

Anahtar Sözcükler:

Christiansen katsayısı, başlıklar, yüzey akış, toprak kaybı, yağış şiddeti.

Keywords:

Christiansen coefficient, nozzles, runoff, soil loss, rain intensity.

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.,2020, 57 (2):209-217
DOI: [10.20289/zfdergi.553142](https://doi.org/10.20289/zfdergi.553142)

Farklı Basınçlarda Veejet ve Fulljet Tipi Başlıkların Yağış Şiddeti, Christiansen Katsayısı, Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkilerinin Kıyaslanması Üzerine Bir Ön Çalışma*

A Pre-Study on Comparison of Effects of Veejet and Fulljet Types Nozzles at Different Pressures on Rain Intensity, Christiansen Coefficient, Runoff and Soil Losses

*Bu makale E.Ü.B.A.P tarafından desteklenen FYL-2018-20262 no'lu Yüksek Lisans Tezi'nden üretilmiştir.

Alınış (Received): 12.04.2019

Kabul Tarihi (Accepted): 16.01.2020

ÖZ

Amaç: Bu çalışmada, laboratuvar koşulları altında yapay yağmurlayıcı kullanarak Veejet ve Fulljet tip başlıkların farklı basınçlarda yağış şiddetleri, Christiansen katsayıları, yüzey akışlar ve toprak kayıpları üzerine etkilerini kıyaslamak amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod: Bu çalışmada, 25 kap % 9 eğimli 100x100 cm boyutlu bir platform üzerine yerleştirilmiş ve kaplara 10 dakika süreyle 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda yapay yağış uygulanmıştır. Bu yağış uygulamalarından sonra yağış şiddetleri ve Christiansen katsayıları hesaplanmıştır. 50x100x15 cm boyutlu erozyon tavalalarına, 8 mm'den elenmiş killi kumlu tın bünyeli toprak örneği yerleştirilmiştir. Aynı yapay yağışlar bir saat süresince toprak yüzeylerine uygulandıktan sonra, yüzey akış ve toprak kayıpları hesaplanmıştır.

Bulgular: Veejet ve Fulljet başlıkların her ikisinde de uygulanan basınçların artmasıyla yağış şiddeti, Christiansen katsayıları, yüzey akışlar ve toprak kayıpları önemli düzeylerde artmıştır. Ayrıca, en yüksek yüzey akış-toprak kaybı ilişkileri Veejet 80100 ve Fulljet 40 S başlıklardan elde edilmiştir.

Sonuç: Bu çalışmada, hem Veejet hem de Fulljet başlıklar, yüzey akış-toprak kayıpları ilişkileri üzerinde çok etkili olmuşlardır. Bu nedenden dolayı Fulljet başlıklar da Veejet başlıklar gibi erozyon araştırmalarında kolaylıkla kullanılabilir.

ABSTRACT

Objective: In this study, it was aimed to compare the effects of Veejet and Fulljet nozzles at different pressures on rain intensity, Christiansen coefficient, runoff, and soil losses by using a rainfall simulator under laboratory conditions.

Material and Methods: In this study, 25 cups were placed on a platform sized 100x100 cm at 9% sloped, and rainfalls were applied on these cups during 10 minutes at 10, 20, 30 and 40 kPa pressures. After rainfall simulations, rainfall intensities and Christiansen coefficients were calculated. A clay sandy loam soil sample, pass through 8 mm sieve, were placed into erosion pans with a sized as 50x100x15 cm. After same artificial rainfalls were applied during an hour on soil surfaces, runoff and soil losses were calculated.

Results: Rainfall intensities, Christiansen coefficients, runoff and soil losses were increased significantly by increasing pressures in both of Veejet and Fulljet nozzles. In addition, the highest runoff-soil loss relations were obtained from Fulljet 40 S and Veejet 80100 nozzles.

Conclusions: Both of Veejet and Fulljet nozzles were very effective on the relationships runoff-soil losses in this study. For these reasons, Fulljet nozzles can also be used easily in erosion researches such as Veejet nozzles.

GİRİŞ

Ülkemizde; topografik yapı, düzensiz yağışlar (anı sağanaklar), doğal bitki örtüsünün tarla açma, aşırı otlatma ya da yerleşim gibi amaçlarla yok edilmesi ve yanlış toprak işleme yöntemlerinin etkisiyle her yıl 642 milyon ton toprak kaybedilmektedir (ÇEM, 2018). Toprak erozyonunu en aza indirebilmek için en uygun yöntemlerin belirlenmesi gerekmektedir. Doğal yağış koşullarında yürütülen erozyon araştırmalarında, sonuçların uzun sürelerde elde edilmesinden dolayı, hem arazi hem de laboratuvarında kontrollü koşullarda, yapay yağmurlayıcılar kullanılmaktadır (Taysun, 1985). Damla düşme hızları ve damla büyüklük dağılımları üzerine yapılan klasik çalışmalardan sonra (Laws, 1940; 1943), gerek laboratuvar tipi ve gerekse arazi tipi yapay yağmurlama aletlerinin yapımı ivme kazanmıştır (Mutchler and Mollenhauer, 1963; Gabriels and De Boodt, 1975; Pall et al., 1983; Corona et al., 2013). Yapay yağmurlayıcılarla birlikte yağmur damlalarını toprak yüzeyine püskürtmekte kullanılan çok sayıda başlıklar da geliştirilmiştir.

Yağmurlama sulama projelerinde, suyun tarla yüzeyine düşen su miktarının eş dağılımının hesaplanmasında kullanılan Christiansen katsayısı (Christiansen, 1942), erozyon araştırmalarında da kullanılmaktadır. Christiansen katsayısının, günümüzde de erozyon araştırmalarında kullanılmasıyla ilgili bazı çalışmalar bu araştırmada verilmiştir. Alves et al. (2008), Veejet 80100 ve 80150 başlıklarla 32.7 kPa ve 35.6 kPa basınçlarda 30-155 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve Christiansen katsayılarını % 81.4-85.1 saptamışlardır. Aksoy et al. (2012), iki yöne % 5 ve 20 eğimli 1.36 x 6.50 m boyutundaki erozyon kabına yerleştirdikleri toprak örneğine Veejet 8030, 8050, 8060 ve 8070 başlıklarla 45, 65, 85 ve 105 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışları 134-242 mm saat⁻¹ ve Christiansen katsayılarını % 82-89 bulmuşlardır. Gabric et al., (2015), Veejet 80100 başlık ile Christiansen katsayısını % 80-90, yağış şiddetini ise 186 mm saat⁻¹ bulmuşlardır. Yönter (2016), Veejet (80070, 80100 ve 80150) başlıklarla 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda yaptığı bir çalışmada yağış şiddetlerini 55.17-109.01 mm saat⁻¹, Christiansen katsayılarını ise % 59.85-86.68 bulmuştur. Son yıllarda erozyon araştırmalarında konik püskürten Fulljet gibi değişik tip başlıklar da kullanılmaktadır. Tossell et al. (1987), Guelph tipi yapay yağmurlayıcı (GRS-II) ile farklı yükseklikte (0.80-1.70 m) ve basınçlarda (48.3, 69.0 ve 96.5 kPa) Fulljet (1/8 2.8 W, 1/8 4.3 W, ¼ 10 W, ¼ 14 W, 3/8 20 W ve ½ 30 W) tipi başlıklarla yağış şiddetlerini 17.16-220.97 mm saat⁻¹, Christiansen katsayılarını ise % 81.05-91.31 saptamışlardır. Humphry et al. (2002), bir adet 50WSQ tipi başlıkta 28 kPa basınçta 70 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar,

Christiansen katsayısını % 93 olarak hesaplamışlardır. Perez et al (2004), 3 tip Fullcone başlık (115, 90 ve D4) ile sırasıyla 108, 157 ve 72.4 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve Christiansen katsayısını 90 tip memede % 80'nin altında, diğerlerinde ise % 81.5 olarak saptamıştır. Perez et al., (2010), Fulljet 35W ve Plane-jet (VYR 118-2) tip başlıklarla 20-80 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve Christiansen katsayılarını % 80-92 saptamışlardır. Sausa and Siqueira (2011), 2 adet Fulljet (1/2 SSHH 40) başlıkta 50, 80, 110, 140 ve 170 kPa basınçlarda 40-182 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve Christiansen katsayılarını % 68.3-82.2 olarak saptamışlardır. Mhaske et al., (2019), 4 tip Fullcone başlıkla (DA 13250, DA13350, DM 14.500 ve DM 24.100) sırasıyla 65, 93, 112 ve 148 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, Christiansen katsayılarını % 81-82 bulmuşlardır.

Veejet tipi başlıklarla yüzey akış ve toprak kaybı ilişkilerinin araştırıldığı çalışmalarda; Fraunfeld and Truman (2003), % 4-7 eğimde erozyon kaplarına yerleştirdikleri kumlu killi tın bünyeli toprak örneklerine Veejet 80150 başlıkla 70 dakika sürede 57 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışları 29-33 mm ve toprak kayıplarını 61-113 g m⁻² saptamışlardır. Canady and Flanagan (2004), % 4-8 eğimde erozyon kaplarına yerleştirdikleri siltli tın toprak örneklerine 0-10 ppm PAM uyguladıktan sonra Veejet 80100 başlıkla 60, 90 ve 25 mm saat⁻¹ yağış yağdırmışlar, yüzey akışları 7-40 mm, toprak kayıplarını 0.7-12 t ha⁻¹ bulmuşlardır. Carlesso et al. (2011), Veejet 80100 başlıklarla Rhodic Paleudalf, Typic Quartzipsamment ve Rhodic Hapludox topraklara 30, 60 ve 120 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışları sırasıyla 10.2-69.7 mm bulmuşlardır. Fiener et al. (2011), Veejet 80070 ve 80100 başlıklarla eğimi % 2-24 ve alanı 6-44 m² arasında değişen toplam 726 parselde 29-99 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışları 0-59 mm saptamışlardır. Truman et al. (2011), siltli kumlu topraklarda hazırladıkları 6 m² boyutundaki parsellere Veejet 80150 başlıkla 30-56 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışları 2.8-7.7 mm, toprak kayıplarını 63-852 g m⁻² bulmuşlardır.

Fulljet tipi başlıklarla yapılan bir araştırmada, konik püskürten Lecher 460.728, 460.608 ve 460.880 tipi başlıklarla 30-117.5 mm saat⁻¹ yağış uygulanmış, yüzey akışlar 7.2-41.9 mm saat⁻¹ ve toprak kayıpları 18.2-93.2g m⁻² saat⁻¹ arasında belirlenmiştir (Arraez et al., 2007). Chouksey et al., (2017), dik eğimli arazide hazırladıkları 5x10 m parsellere Fulljet 50WSQ başlıkla 30 dakika sürede 100 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve toplam yüzey akışın yağış şiddetinin % 98'i olduğunu belirtmişlerdir. Shi et al., (2017), 1.5x0.75 m boyutlarındaki parsellere Fulljet 35 W başlıkla 2 saat sürede 49.1 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar, yüzey akışların 0.13-0.38 l dakika⁻¹, toprak kayıplarının ise 3.92-9.02 g l⁻¹ arasında bulmuşlardır.

Bu araştırmada, salınımlı olarak hem Veejet (80070, 80100 ve 80150) ve hem de Fulljet (40 S, 36 SQ ve 50 WSQ) tipi başlıkların farklı basınçlar altında (10, 20, 30 ve 40 kPa) yağış şiddeti, Christiansen katsayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları üzerine olan etkilerini kıyaslamak amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Toprak örnekleme ve analizler

Bu araştırmada, 1 adet toprak örneği Bornova Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Zeytin Denene Alanı'ndan alınmıştır. Toprak örneği 0-30 cm derinlikten alınmış ve laboratuvar koşullarında kurutulmuştur. Toprak örneklerinin bir kısmı, fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemek için 2 mm'lik elekten, diğer bir kısmı ise erozyon araştırmalarında kullanmak için 8 mm'lik elekten elenmiştir. Toprak örneğinde sırasıyla, iskelet yüzdesi (Anonymous, 1993), hacim ağırlığı (Hunt and Gilkes, 1992), bünye (Gee and Bauder, 1986), kil ve mil oranları (%) (Neal, 1938), dispersiyon oranı (%) (Middleton, 1930), perkolasyon oranı (%) (Lal, 1988), erozyon oranı (%) (Akalan, 1967), pH (Pansu and Gautheyroux, 2006), suda eriyebilir toplam tuz (%) (Anonymous, 1993), kireç (%) (Nelson, 1982) ve organik madde içeriği (%) (Nelson and Sommers, 1982) analizleri yapılmıştır. Ayrıca, toprak örneklerinin agregat stabilitesi Yoder'in ıslak eleme yöntemi'ne göre yapılmış ve hesaplanmıştır (Kemper and Rosenau, 1986).

Deneme Konularının Hazırlanması:

Araştırmada, 50x100x15 cm boyutlarında ve % 9 eğime ayarlanan metal kapların içine 7 cm yüksekliğinde, 1-16 mm çaplı kaba çakıl doldurulmuştur (Pall et al., 1983; Yönter ve Uysal, 2016). Geçirgen bir bez, çakıl katmanının üzerine serildikten sonra, 8 mm elekten elenmiş toprak örneği erozyon kabının içine yerleştirilerek deneme parselleri hazırlanmıştır.

Yapay Yağış Denemeleri:

Bu çalışmada, laboratuvar tipi bir yapay yağmurlayıcı (Bubenzer and Meyer, 1965) ve buna monte edilebilen Veejet tipi (80070, 80100 ve 80150) ve Fulljet tipi (40 S, 36 SQ ve 50 WSQ) başlıklar kullanılmıştır. Veejet tipi başlıklar, yağışı elipsoid olarak yağdırırken, Fulljet başlıklar ise yağışı konik olarak yağdırırlar. Veejet tipi (80070, 80100 ve 80150) başlıklar 70, 100 ve 150 mm açıklıktadır. Fulljet 40 S ve 36 SQ başlıklar sırasıyla 40 ve 36 mm çapında, Fulljet 50WSQ başlık ise 50 mm kare kesitli başlıklardır (Şekil 1). Yağış yoğunluklarının belirlenmesinde, 250 cm³ hacminde, 5 cm yüksekliğinde ve 9 cm çapında (kesit

alan = 63.585 cm²) 25 adet alüminyum kap kullanılmıştır (Şekil 1). Denemenin başlangıç aşamasında; % 9 eğime ayarlanmış 1x1 m boyutlarında bir platformun merkezi ile başlığın yataya dik konumu çakıştırılmıştır (Tossell et al., 1987; Iserloh et al., 2012; Gabric et al., 2015; Yönter, 2016). Ayrıca, başlığın merkezi 90 derece salınımda galvanize hunilerin çıkış merkezleri ile çakıştırılarak başlık dikey konumda iken huniler ile başlık arası mesafeler de eşit duruma getirilmiştir. Yapay yağmurlayıcıya monte edilen Veejet ve Fulljet başlıklarla salınımlı olarak 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda 10 dakika yağış yağdırılmıştır. Kaplarda toplanan su miktarları hassas terazide (0.01 g) tartılarak kaydedilmiştir. Denemeler standart olarak 3 yinelemeli yapılmıştır. Denemeden elde edilen su miktarları aşağıdaki formül ile yağış yoğunluklarına çevrilmiştir (Pall et al., 1983; Tossell et al., 1987).

$$I_p = 10x[(\sum V_i / Ag) / n] \times 60 / t \quad (1)$$

I_p : Yağış şiddeti (mm/saat); V_i : Kapta toplanan su miktarı (ml-cm³); Ag : Kabin kesit alanı (cm²); t : Yağış süresi (dakika); n : Kap sayısı; 10: cm saat⁻¹'i mm saat⁻¹'e çevirmede kullanılan katsayı.

Yağış dağılımının belirlenmesinde kullanılan Christiansen Katsayıları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Christiansen, 1942).

$$C_u (\%) = 100 \times (1 - \sum [l_i - l_m] / n \times l_m) \quad (2)$$

C_u : Christiansen katsayısı; l_i : Her kapta toplanan yağış şiddeti (mm saat⁻¹); l_m : Ortalama yağış şiddeti (mm saat⁻¹).

Erozyon kaplarındaki toprak örneklerinin yüzeyine, yapay yağışlar 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda 3 tekrarlı olarak 1 saat süreyle 2.50 m yüksekten uygulanmıştır (Taysun, 1986). Yapay yağmurlama denemesi süresince her 10 dakikada bir, yüzey akış ve sediment örnekleri alınmıştır. Denemede çeşme suyu (EC: 875 μ S cm⁻¹; SAR: 2.50) kullanılmıştır.

Parametrelerin Ölçülmesi ve Verilerin Analizi:

Deneme sırasında yüzey akış ve sedimentlerin toplandığı kaplar, sedimentlerin çökmesi için 24 saat bekletilmiştir. Sedimentler çöktükten sonra yüzey akış suları sifonlanmış ve miktarları kaydedilmiştir. Sedimentler, cam beherlere aktarıldıktan sonra 105°C'de etüvde kurutulmuş ve kaydedilmiştir (Taysun, 1986). Bu çalışma, toplam 72 deneme parselinde, 3 faktörlü (Başlık tipleri, başlık alt tipleri ve basınç) olarak split-split plot (bölünen bölünmüş parseller) deneme düzenine göre yürütülmüştür. İstatistik analizler, SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır (Anonymous, 1999). Konular arasındaki farklar Duncan testine göre belirlenmiştir.



Şekil 1. Veejet ve Fulljet tipi başlıklar, laboratuvar tipi yağış benzetici ve denemede kullanılan kaplar.
Figure 1. Veejet and Fulljet type spraying nozzles, laboratory type rainfall simulator and cups of used in experiment.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada kullanılan toprak örneğinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1’de, Veejet ve Fulljet tipi başlıklardan elde edilen ortalama yağış şiddetleri, Christiansen katsayıları, yüzey akışlar ve toprak kayıpları ise Çizelge 2’de, bu parametrelere ait ikili ilişkiler ise Çizelge 3’de verilmiştir.

Toprak Örneğinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri:

Araştırmada kullanılan, toprak örneğinin iskelet miktarı az taşlı sınıfındadır (Çizelge 1). Taysun (1986), toprak iskeletinin yağışın kinetik enerjisini kırarak toprağı yağmur damlası erozyonundan koruduğunu bildirmiştir. Toprak örneğinin hacim ağırlığı düşüktür. Taysun (1986), düşük hacim ağırlıklı topraklarda organik madde ve iyi bir gözeneklilik nedeniyle infiltrasyonun yüksek, buna karşılık yüzey akışların

azaldığını belirtmiştir. Toprak örneğinin kil oranı % 1.77’dir. Toprak örneğinin mil oranı % 1.02’dir. Mil oranı 2.50’nin altında olan topraklar erozyona karşı dayanıklıdır (Taysun, 1989). Toprak örneğinde önemli erozyon göstergelerinden olan dispersiyon oranı % 9.71, perkolasyon oranı % 1.30 ve erozyon oranı % 7.47 olarak hesaplanmıştır. Bir toprakta dispersiyon oranı % 15’ten, perkolasyon oranı % 1.5’ten ve erozyon oranı ise % 10’dan fazlaysa toprak aşınabilir, düşükse toprak erozyona karşı dirençli olarak kabul edilir (Akalan, 1974; Taysun, 1989; Sönmez, 1994). Toprak örneğinin agregat stabilitesi % 38.32 bulunmuştur. Toprak örneğinin reaksiyonu hafif alkalidir. Suda eriyebilir tuz %’sine göre toprak örneklerinde herhangi bir tuzluluk sorunu yoktur. Toprak örneği kireçli sınıfına girmektedir. Ayrıca toprak örneğinin organik madde içeriği humuslu sınıfına girmektedir (Altınbaş, 1996).

Çizelge 1. Toprak Örneğinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.
Table 1. Some physical and chemical properties of soil sample.

Parametreler	Toprak Örneği
İskelet (%)	4.47
Hacim ağırlığı (g cm ⁻³)	1.26
Kum (%)	27.12
Mil (%)	36.72
Kil (%)	36.16
Bünye sınıfı	Killi Tın
Kil oranı	1.77
Mil oranı (%)	1.02
Süspansiyon (%)'si	6.88
Dispersiyon (%)'si	70.88
Tarla kapasitesi (%)	27.80
Dispersiyon oranı (%)	9.71
Perkolasyon oranı	1.3
Erozyon oranı (%)	7.47
Agregat stabilitesi (%)	38.32
pH (1/1 toprak/su)	7.56
Suda eriyebilir tuz (%)	0.066
Kireç (%)	11.51
Organik Madde (%)	3.17

Yağış Şiddetleri ve Christiansen Katsayıları:

Çizelge 2'ye göre, 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda yağış şiddetleri Veejet 80070 tip başlıkta 80.22-91.30 mm saat⁻¹, 80100 tip başlıkta 114.70-129.92 mm saat⁻¹, 80150 tip başlıkta ise 144.91-173.75 mm saat⁻¹ arasında belirlenirken, Christiansen katsayıları da sırasıyla % 73.50-99.78, % 99.74-99.79 ve % 99.74-99.80 olarak belirlenmiştir. Veejet tipi başlıklarla yapılan bazı çalışmalarda; Gabric et al., (2015), Veejet 80100 başlık ile Christiansen katsayısını % 80-90, yağış şiddetini ise 186 mm saat⁻¹, Yönter (2016), Veejet (80070, 80100 ve 80150) başlıklarla 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda yağış şiddetlerini 55.17-109.01 mm saat⁻¹, Christiansen katsayılarını ise % 59.85-86.68 bulmuşlardır. Fulljet 40 S başlıkta ise yağış şiddetleri 132.80-170.88 mm saat⁻¹, Fulljet 36 SQ tip başlıkta 103.14-144.09 mm saat⁻¹ ve Fulljet 50 WSQ tip başlıkta da 137.68-173.76 mm saat⁻¹; Christiansen katsayıları da sırasıyla % 99.71-99.79, % 99.69-99.73 ve % 99.50-99.64 arasında belirlenmiştir. Fulljet başlıklarla yapılan bazı çalışmalarda; Humphry et al. (2002), 28 kPa basınçta 70 mm saat⁻¹ yağış şiddetinde, Christiansen katsayısını % 93, Perez et al., (2010), 20-80 mm saat⁻¹ yağış şiddetlerinde Christiansen katsayılarını % 80-92, Sausa and Siqueira (2011), 50-170 kPa basınçlarda 40-182 mm saat⁻¹ yağış

şiddetlerinde Christiansen katsayılarını % 68.3-82.2 olarak saptamışlardır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlarla daha önceden yapılan bazı çalışmalardan elde edilen sonuçlar uyumludur. Araştırmada en düşük yağış şiddeti Veejet 80070 tipi başlıkta saptanmıştır. Aksoy et al. (2012) ve Yönter (2016)'de benzer sonuçları saptamışlardır.

Veejet 80100 başlıktan elde edilen yağış şiddetleri ile Fulljet 36 SQ başlığından elde edilen yağış şiddetleri ile benzer bulunurken; Veejet 80150 başlığından elde edilen yağış şiddetleri ile Fulljet 40 S ve 50 WSQ başlıklarından elde edilen yağış şiddetlerinden göreceli olarak daha fazla belirlenmiştir. Ayrıca, basınçlardaki artışa göre yağış şiddetleri de artmıştır. Basınç artarken başlıklardan elde edilen yağış şiddetlerinin önemli derecelerde arttığı Tossell et al. (1987) tarafından belirlenmiştir. Christiansen katsayıları; Veejet 80070 başlıkta 10 kPa basınçta yapılan uygulama hariç, diğer tüm uygulamalarda hem Veejet hem de Fulljet başlıklarda % 99'un üzerinde ve birbirlerine benzer değerlerde bulunmuştur. Başlıktan çıkan suyun dağılım karakteristiklerine, başlık çapı, başlığın yapısı ve uygulanan basınç etkilidir (Balci ve Orta, 2018).

Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları:

Yüzey akışlar, 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlarda Veejet 80070, 80100 ve 80150 tip başlıklarda sırasıyla 63.75-74.32 mm saat⁻¹, 93.43-114.05 mm saat⁻¹, 131.68-156.64 mm saat⁻¹; toprak kayıpları ise sırasıyla 0.912-1.369 kg m⁻², 2.113-4.081 kg m⁻², 5.158-7.516 kg m⁻² bulunmuştur (Çizelge 2). Veejet tipi başlıklar ile yapılan bazı çalışmalarda; Canady and Flanagan (2004), yüzey akışları 7-40 mm, toprak kayıplarını 0.7-12 t ha⁻¹, Carlesso et al. (2011), yüzey akışları sırasıyla 10.2-69.7 mm, Fiener et al. (2011), yüzey akışları 0-59 mm saptamışlardır. Fulljet 40 S, 36 SQ ve 50 WSQ tipi başlıklarda yüzey akışlar sırasıyla 69.11-102.04 mm saat⁻¹, 68.64-87.24 mm saat⁻¹, 156.51-172.00 mm saat⁻¹ bulunmuştur (Çizelge 2). Toprak kayıpları ise sırasıyla 1.383-2.371 kg m⁻², 0.782-1.643 kg m⁻² ve 6.103-6.729 kg m⁻² bulunmuştur. Fulljet başlıklarla yapılan bazı çalışmalarda; Arraez et al. (2007), yüzey akışları 7.2-41.9 mm saat⁻¹, toprak kayıplarını 18.2-93.2g m⁻² saat⁻¹, Chouksey et al., (2017), 30 dakika sürede 100 mm saat⁻¹ yağış uygulamışlar ve toplam yüzey akışın yağış şiddetinin % 98'i olduğunu, Shi et al., (2017), yüzey akışları 0.13-0.38 l dakika⁻¹, toprak kayıplarını ise 3.92-9.02 g l⁻¹ bulmuşlardır. Bu araştırmadan elde edilen bulgularla, diğer araştırma sonuçları arasında da uyumluluk görülmektedir.

Çizelge 2. Denemeye ait yağış yoğunlukları, Christiansen katsayıları, yüzey akış ve toprak kayıpları.
Table 2. Rain intensities, Christiansen coefficients, runoff and soil losses of the experiment.

Yağış şiddeti (mm saat ⁻¹)						
Basınç kPa	Veejet			Fulljet		
	80070	80100	80150	40 S	36 SQ	50 WSQ
10	80.22c	114.70c	144.91c	132.80d	103.14a	137.68b
20	83.31bc	119.89b	150.56b	149.82c	121.92a	142.46b
30	86.87ab	120.33b	173.75b	158.74b	130.10a	147.06b
40	91.39a	129.92a	159.41a	170.88a	144.09a	173.76a
Christiansen Katsayısı (%)						
Basınç kPa	Veejet			Fulljet		
	80070	80100	80150	40 S	36 SQ	50 WSQ
10	73.50b	99.79a	99.74c	99.71d	99.69a	99.58a
20	99.77a	99.74a	99.76c	99.73c	99.69a	99.60a
30	99.78a	99.75a	99.78b	99.76b	99.71a	99.64a
40	99.78a	99.77a	99.80a	99.79a	99.73a	99.64a
Yüzey Akış (mm saat ⁻¹)						
Basınç kPa	Veejet			Fulljet		
	80070	80100	80150	40 S	36 SQ	50 WSQ
10	63.75c	93.43c	131.68d	69.11d	68.64d	156.51c
20	64.53c	95.91c	140.26c	78.75c	74.26c	165.68b
30	68.84b	100.76b	147.90b	88.64b	78.49b	176.18a
40	74.32a	114.05a	156.64a	102.04a	87.24a	172.00a
Toprak Kaybı (kg m ⁻²)						
Basınç kPa	Veejet			Fulljet		
	80070	80100	80150	40 S	36 SQ	50 WSQ
10	0.912c	2.113d	5.158c	1.383d	0.781	6.103b
20	1.103b	2.586c	6.387b	1.569c	0.923c	5.485c
30	1.330a	3.019b	6.449b	1.667b	1.201b	6.795a
40	1.369a	4.081a	7.516a	2.371a	1.643a	6.729a

Diğer bir başka deyişle, Veejet başlıklara ait yüzey akışlar (63.75-156.64 mm saat⁻¹) ile Fulljet başlıklara ait yüzey akışlar (68.64-176.18 mm saat⁻¹) ve Veejet başlıklara ait toprak kayıpları (0.912-7.156 kg m⁻²) ile Fulljet başlıklara ait toprak kayıpları (0.781-6.795 kg m⁻²) benzer aralıklarda saptanmıştır (Çizelge 2). Bu araştırmada, en düşük yüzey akışlar Veejet 80070 başlığından, en yüksek yüzey akışlar ise Fulljet 50 WSQ başlığından, en düşük toprak kayıpları Fulljet 36 SQ başlığından ve en yüksek toprak kayıpları ise Veejet 80150 başlığından elde edilmiştir. Genel olarak başlık tipi ve uygulanan basınçlar, yağış yoğunluklarını önemli derecede değiştirdiğinden (Tossell et al., 1987), bu araştırmada da yüzey akış ve toprak kayıpları arasında yağış yoğunluklarının etkisiyle değişiklikler

belirlenmiştir. Çizelge 3'e göre en düşük yüzey akış-toprak kaybı ilişkisi Fulljet 50 WSQ başlığında, en yüksek yüzey akış-toprak kaybı ilişkisi ise Fulljet 36 SQ başlığında saptanmıştır. Ayrıca, başlıktan çıkan suyun dağılım karakteristiklerine, başlık çapı, başlığın yapısı ve uygulanan basınç etkilidir (Balcı ve Orta, 2018). Bu nedenle yüzey akış ve toprak kayıpları da başlık çapı, başlığın yapısı ve uygulanan basıncın artışına göre artışlar göstermiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, hem Veejet hem de Fulljet başlıklar yağış şiddetleri, yüzey akış ve toprak kayıpları üzerinde etkili olmuştur. Ayrıca bu başlıklar, yüzey akış-toprak kayıpları ilişkileri

üzerinde de etkili olmuşlardır. Bu nedenlerden dolayı Fulljet başlıklar da Veejet başlıklar gibi erozyon araştırmalarında kolaylıkla kullanılabilir.

Erozyon araştırmalarında, doğal yağış koşullarında uzun bir sürece ve iş gücüne gereksinim duyulması nedenleriyle hem arazi hem de laboratuvar koşullarında yapay yağmurlayıcılar ve bunlara monte edilebilen çok sayıda başlık tipi geliştirilmektedir. Geliştirilen başlıklar

ve yapay yağmurlayıcılarla ilgili denemelerin de yapılması, hem arazi hem de laboratuvar koşullarında erozyon araştırmalarının daha güvenli yürütülebilmesi bakımından önemli olacaktır. Yağış benzetimlerinde kullanılması için üretilen yeni tip başlıkların, özellikle kontrollü laboratuvar çalışmalarında özgün ve güncel çalışmaların yapılmasını daha da özendirilebileceği ve artırabileceği bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Çizelge 3. Veejet ve Fulljet tipi başlıklardan elde edilen bazı parametreler arasındaki ilişkiler.

Table 3. The correlations between some parameters from Veejet and Fulljet nozzles.

Veejet 80070	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	0.775**	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	0.940**	0.701*	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.927**	öd	0.935**	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.949**	0.817**	0.892**	0.854**	1.000
Veejet 80100	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	öd	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	0.904**	0.681*	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.924**	öd	0.902**	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.970**	öd	0.931**	0.931**	1.000
Veejet 80150	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	0.941**	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	0.946**	0.948**	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.984**	0.949**	0.962**	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.922**	0.845**	0.905**	0.911**	1.000
Fulljet 40 S	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	0.970**	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	0.982**	0.929**	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.989**	0.958**	0.969**	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.912**	0.897**	0.882**	0.935**	1.000
Fulljet 36 SQ	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	öd	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	öd	öd	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.985**	öd	öd	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.973**	öd	öd	0.987**	1.000
Fulljet 50 WSQ	Basınç (kPa)	Cu (%)	I (mm saat⁻¹)	YA (mm saat⁻¹)	TK (g m⁻²)
Basınç (kPa)	1.000	-	-	-	-
Cu (%)	öd	1.000	-	-	-
I (mm saat ⁻¹)	0.773**	öd	1.000	-	-
YA (mm saat ⁻¹)	0.817**	öd	öd	1.000	-
TK (g m ⁻²)	0.660*	öd	öd	0.616*	1.000

(** 0.01 önemli; * 0.05 önemli; N: 12; Cu: Christiansen katsayısı; I: Yağış şiddeti; YA: Yüzey akış; TK: Toprak kaybı)

KAYNAKLAR

- Akalan, İ. 1967. Toprak Fiziksel Özellikleri ve Erozyon. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, (3-4): 490-503.
- Akalan, İ. 1974. Toprak ve Su Muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 532, Ankara.
- Aksoy, H., N.E. Ünal, S. Cokgor, A. Gedikli, J.Yoon, K. Koca, S.D. İnci, E. Eris (2012). A rainfall simulator for laboratory-scale assessment of rainfall-runoff-sediment transport processes over a two dimensional flume. *Catena*, 98: 63-72.
- Altınbaş, Ü. 1996. Toprak Etüd ve Haritalama. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 521.
- Alves, S.T., H.G. Macpherson and J.A. Gomez. 2008. A portable integrated rainfall and overland plow simulator. *Soil Use and Management*, 24: 163-170.
- Anonymous, 1993. Soil Survey Manual. United States of Department of Agricultural Handbook No: 18, United States Government Print Office, Washington.
- Anonymous, 1999. SPSS 9 for Windows User's Guide. Copyright 1999 by SPSS Incoorporation SPSS, Chicago, IL.
- Arraez, J., T. Lasanta, P. Ruiz-Flano, L. Ortigosa 2007. Factors affecting runoff and erosion under simulated rainfall in Mediterranean vineyards. *Soil&Tillage Research*, 93: 324-334.
- Balci, F. ve A.H. Orta 2018. Rekreasyon alanlarında kullanılan pop-up tipi yağmurlama başlıklarının su dağılım özelliklerinin karşılaştırılması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2018: 15(01).
- Bubenzer, G.D. and L.D. Meyer. 1965. Simulation of rainfall and soils for laboratory research. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers*, 8: 73-75p.
- Canady, N.H., D.C. Flanagan (2004). Use of polyacrylamide to reduce runoff, soil loss and nutrient loss under lagoon effluent sprinkler irrigation. *ASAE/CSAE Annual International Meeting*, 1-4 August 2004, Ottawa, Ontario, CANADA.
- Carlesso, R., R.B. Spohr, F.L.E. Eltz, C.H. Flores (2011). Runoff estimation in Southern Brazil based on Smith's modified model and the curve number method. *Agricultural Water Management*, 98 (6): 1020-1026.
- Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. University of California Agricultural Experiment Station Bullentin No: 670.
- Chouksey, A., V. Lambey, B.R. Nikam, S.P. Aggarwal (2017). Hydrological modelling using a rainfall simulator oven an experimental hillslope plot. *Hydrology*, 4: 17.
- Corona, R., T. Wilson, L. ProD'Adderio, F. Poncu, N. Montaldo and J. Albertson. 2013. On the estimation of surface runoff through a new plot scale rainfall simulator in Sardinia, Italy. *International Conference on Four Decades of Progress in Monitoring and Modelling of Processes in the Soil-Plant-Atmosphere System Location Naples, Italy, June 19-21, 2013, Procedra Environmental Sciences*, (Edt: Romaro, N., Durso, G., Severno, G.) 19: 875-884.
- ÇEM, 2018. Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi (DEMİS). Türkiye Su Erozyonu İstatistikleri, Teknik Özet. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, TÜRKİYE.
- Fiener, P., S.P. Seibert, K. Auerswald (2011). A compilation and meta-analysis of rainfall simulation data on arable soils. *Journal of Hydrology*, 409 (1-2): 395-406.
- Fraunfeld, B., C. Truman (2003). Variable rainfall intensity effects on runoff and inter rill erosion from two coastal plain Ultisols in Georgia. *Soil Science*, 196 (2): 143-154.
- Gabric, O., D. Prodanovic and J. Plavsic. 2015. The effects of oscilating nozzle on Cristiansen's uniformity coefficient. *Technical Gazette*, 22 (6): 1415-1418.
- Gabriels, D. and M. De Boodt, 1975. A rainfall simulator for erosion studies in the laboratory. *Pedologie*, 2: 80-86.
- Gee, G.W. and J.V. Bauder. 1986. Particle Size Analysis. *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 2nd Edition. No: 9, 383-411, Madison, Wisconsin, USA.
- Humphry, J.B., T.C. Daniel, D.R. Edwards and A.N. Sharpley. 2002. A portable rainfall simulator for plot-scale runoff studies. *Applied Engineering in Agriculture*, 18 (2): 199-204.
- Hunt, N. and R. Gilkes. 1992. *Farm Monitoring Handbook*. The University of Western Australia: Netherlands, WA.
- Iserloh, T., W. Fister, M. Seeger, H. Willger and J.B. Ries. 2012. A small portable rainfall simulator for reproducible experiments on soil erosion. *Soil and Tillage*, 124: 131-137.
- Kemper, W.D. and R.C. Rosenau. 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In A. Klute et al., *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*, 425-442, 2nd Edition, Agronomy Monograph, Soil Science of America, Madison, USA.
- Lal, R. 1988. *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Iowa.
- Mhaske, S.N., K. Pathak, A. Basak (2019). A comprehensive design of rainfall simulator for the assessment of soil erosion in the laboratory. *Catena*, 172: 408-420.
- Middleton, H.E. 1930. Properties of Soil Which Influence Soil Erosion. United States of Department of Agricultural Technician Bullentin, No: 178.
- Mutchler, C. K. and W. C. Moldenhauer, 1963. Applicator for laboratory rainfall simulator. *Transaction of the ASAE*, 6:220-222.
- Neal, J.H. 1938. The Effect of The Degree of Slope and Rainfall Characteristics on Runoff and Soil Erosion. *Agricultural of Experiments of Strategies Research Bullentin*, No: 280.
- Nelson, R.E. 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis, Part 2*, 2nd Edition. No:9, 181-197, Madison, Wisconsin, USA.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd Edition, No:9, 539-579, Madison, Wisconsin, USA.
- Pall, R., W.T. Dickinson, D. Beals and R. Mc Girr. 1983. Development and calibration of a rainfall simulator. *Canadian Agricultural Engineering*, 25: 181-187.
- Pansu, M. and J. Gautheyroux. 2006. *Handbook of Soil Analysis: Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*, Springer Verlag, Berlin.
- Perez, L.F.J., L. De Castro, A. Delgado (2010). A comprasion of two variable intensity rainfall simulators for runoff studies. *Soil&Tillage Research*, 107: 11-16.
- Perez, R.R., M.J. Marques, L. Jimenez, S.G. Ormaechea, R. Brenez. 2004. Testing of rainfall simulator nozzles for suitability within soil erosion plots. *Land Degradation and Rehabilitation: Dryland Ecosystems. Papers presented at the 4th International Conference on Land Degradation, Cartagena, Murcia, Spain, 12-17 September 2004*, 2009: 191-199.
- Sausa, J.S.F. and E.Q. Siqueira. 2011. Development and Calibration of a Rainfall Simulator for Urban Hydrology Research. 12th International Conference on Urban Drainage, Porto Alegre, Brasil, 11-16 September 2011.
- Shi, P., C. Arter, X. Liu, M. Keller, R. Schulin. 2017. Soil aggregate stability and size-selective sediment transport with surface runoff as affected by organic residue amentment. *Science of the Total Environment*, 607-608: 95-102.
- Sönmez, K. 1994. *Toprak Koruma*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169.

- Taysun, A. 1985. Doğal ve Yapma Yağışın Karşılaştırılması Yağış Benzeticiler ve Damla Düşme Hızı Tayin Aletleri. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Menemen Bölge Toprak Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No:119:13, Menemen, İzmir, 55 sayfa.
- Taysun, A. 1986. Gediz Havzasında Rendzina Tarım Topraklarında Yapay Yağmurlayıcı Yardımıyla Taşlar, Bitki Artıkları ve Polivinilalkolün (PVA) Toprak Özellikleri ile Birlikte Erozyona Etkileri Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 474.
- Taysun, A. 1989. Toprak ve Su Korunumu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Teksir No: 92-III, Bornova.
- Tossell, R.W., W.T. Dickinson, R.P. Rudra and G.J. Wall. 1987. A portable rainfall simulator. Canadian Agricultural Engineering, 29: 155-162.
- Truman, C.C., T.L. Potter, R.C. Nuti. 2011. Quantifying variable rainfall intensity events on runoff and sediment losses. Water Resources Management, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 145: 275-283.
- Yönter, G. ve H. Uysal. 2016. Tütün atığının (serme ve karıştırma) tün bünyeli bir toprağın bazı erozyon parametreleri ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53 (1):11-17.
- Yönter, G. 2016. Erozyon araştırmalarında kullanılan Veejet tipi memelerin yağış şiddeti ve Christiansen eş su dağılım katsayısına etkileri üzerine bir çalışma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 53 (2):192-202.