

Gökçen YÖNTER

Erozyon Araştırmalarında Kullanılan Veejet Tipi Memelerin Yağış Yoğunluğu ve Christiansen Eş Su Dağılım Katsayısına Etkileri Üzerine Bir Çalışma

A Study on the Effects of Veejet Nozzles used in Erosion Researches on Rain Intensity and Christiansen's Uniformity Coefficient

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 35100 İzmir / Türkiye
sorumlu yazar: gokcen.yonter@ege.edu.tr

Alınış (Received):18.01.2016

Kabul tarihi (Accepted): 04.04.2016

Anahtar Sözcükler:

Yapay yağmurlayıcı, yağış yoğunluğu, Christiansen eş su dağılım katsayısı, basınç

Key Words:

Rainfall simulator, rain intensity, Christiansen uniformity coefficient, pressure.

ÖZET

Bu çalışma, laboratuvar tipi yapay yağmurlayıcıda kullanılan Veejet tipi memelerden (80070, 80100 ve 80150) farklı basınçlar altında (10, 20, 30 ve 40 kPa) elde edilen yağış yoğunluklarını ve Christiansen eş su dağılım katsayılarını kıyaslamak için yürütülmüştür. Araştırma sonuçları, Veejet 80070 ve 80100 tipi püskürtücü memelerde basınç artışına bağlı olarak yağış yoğunlukları ve Christiansen eş su dağılım katsayılarının arttığını göstermiştir. Ancak, Veejet 80150 tipi püskürtücü memede 30 ve 40 kPa basınçlar etkili olmuştur. Bu çalışmada Christiansen eş su dağılım katsayıları % 59.85-86.68 arasında bulunmuştur.

ABSTRACT

This study was conducted to compare with rain intensities and Christiansen's uniformity coefficients were taken from Veejet spraying nozzles (80070, 80100 and 80150) by using a laboratory type rain simulator under different pressures (10, 20, 30 and 40 kPa). Results showed that rain intensities and Christiansen's uniformity coefficients increased at Veejet 80070 and 80100 types spraying nozzles, based on increasing pressures. But, it was found that 30 and 40 kPa pressures effected at Veejet 80150 types spraying nozzle. Christiansen's uniformity coefficients were found between 59.85 to 86.68 % in this study.

GİRİŞ

Günümüzün en önemli sorunlarından birisi olan toprak erozyonu, yine en önemli doğal kaynağımız olan, üzerinde yaşadığımız, hatta uğruna bin yıldan beri can verilen topraklarımızı önemli ölçüde tehdit etmektedir. Erozyona karşı önlemler almak ve bunları yaygınlaştırmak için değişik iklim ve toprak koşullarında toprak kayıplarının belirlenmesi gerekmektedir. Diğer bir deyişle, bu konuda çok sayıda veriye gereksinim duyulmaktadır. Erozyon çalışmaları doğal ve laboratuvar koşullarında yapılmaktadır. Doğal koşullarda yapılan

erozyon çalışmaları iklimsel değişiklikler (yağışlarda meydana gelen farklılıklar) ve erozyon üzerinde etkili olan diğer faktörlerden dolayı uzun bir süreci gerektirmektedir.

Laboratuvar çalışmaları ise kontrollü koşullarda ve daha kısa sürelerde ve yinelemeli olarak kolaylıkla yapılabilmektedir. Özellikle doğal yağışları taklit edebilmesinden dolayı hem arazi hem de laboratuvar koşullarında çok sayıda yağış benzetici geliştirilmektedir (Pall et al., 1983; Taysun, 1985; Corona et al., 2013).

Yapay yağmurlayıcılar, suyun doğal yağışlara benzetilerek yağdırılması için tasarlanan araştırma araçlarıdır. Çeşitli hidrolojik ve erozyon araştırmalarında hem arazi hem de laboratuvar koşulları altında kullanılmaktadır (Meyer, 1994). Diğer bir başka deyişle, yapay yağmurlayıcıları toprak erozyonunun, tanecik taşınmasının, yüzey akışın ve kimyasal akışın değerlendirilmesinde çok etkili bir teknik olmaya başlamıştır (Turner, 1965; Bubbenzer and Jones, 1971; Meyer and Harmon, 1979; Beasley et al. 1985). Erpul ve Çanga (2000), yapay yağmurlayıcılarda kontrol edilebilen koşullarda çalışma kolaylığı ve kısa zaman dilimlerinde denemelerin tekrar edilmesinin en önemli kazançlar olduğunu, en önemli sorunların ise damla büyüklüğü dağılımı, damla düşme hızları gibi doğal yağış karakteristiklerinin oluşturulması ve elde edilen sonuçların arazi koşullarına uyarlanması olduğunu belirtmişlerdir. Yapay yağmurlayıcılarla ilgili ilk çalışmalar 1914 yılında Horton tarafından yapılmıştır. İlk yapılan çalışmalarda yağmurlama sulama sistemleri kullanılmıştır. Yağmur damlalarının karakteristiklerinin ortaya konulmasından sonra günümüze kadar çok sayıda yapay yağmurlayıcı geliştirilmiştir (Taysun, 1985).

Erozyon araştırmalarında kullanılan yapay yağmurlayıcılar; (1) damla oluşturan yapay yağmurlayıcılar, (2) F Tipi yapay yağmurlayıcılar, (3) döner kollu ve titreşimli yapay yağmurlayıcılar, (4) döner diskli yapay yağmurlayıcılar ve (5) devamlı aşağıya püskürten yapay yağmurlayıcılar olmak üzere 5 grupta sınıflandırılmaktadır (Tossell et al., 1987). Yapay yağmurlayıcıların geliştirilmesiyle birlikte çok sayıda meme geliştirilmiştir. Arazi çalışmalarında doğal yağışın damla çapı dağılımını uyarlamak amacıyla Meyer and McCune (1958), Veejet 80100 tipi memeyi kullanmıştır. Bazı araştırmacılar da Veejet 80100 tipi memeyi kullanmışlardır (Swanson, 1965; Anderson et al., 1968; Taysun, 1986). Bubbenzer and Meyer (1965), laboratuvarında kullanılmak üzere Veejet tipi meme ile çalışan bir yapay yağmurlayıcı geliştirmiştir. Taysun (1986), Bubbenzer and Meyer'in kullandığı yapay yağmurlayıcıyı modifiye ederek kullanmıştır. Meyer and Harmon (1979), Veejet tipi memeleri (80070, 80100 ve 80150) kullanarak kıyaslamışlardır. Araştırmacılar, Veejet 80150'nin daha yüksek kinetik enerjilerde kullanışlı olduğunu ve 50 mm/saat' doğal yağışın özelliklerine yakın olduğunu bildirmişlerdir. Tossell et al. (1987), arazide kolaylıkla taşınabilen Guelph tipi yapay yağmurlayıcıda (GRS-II), farklı yükseklikte (0.80-1.70 m) ve basınçlarda (48.3, 69.0 ve 96.5 kPa) fulljet tipi memeleri kullanarak kıyaslama

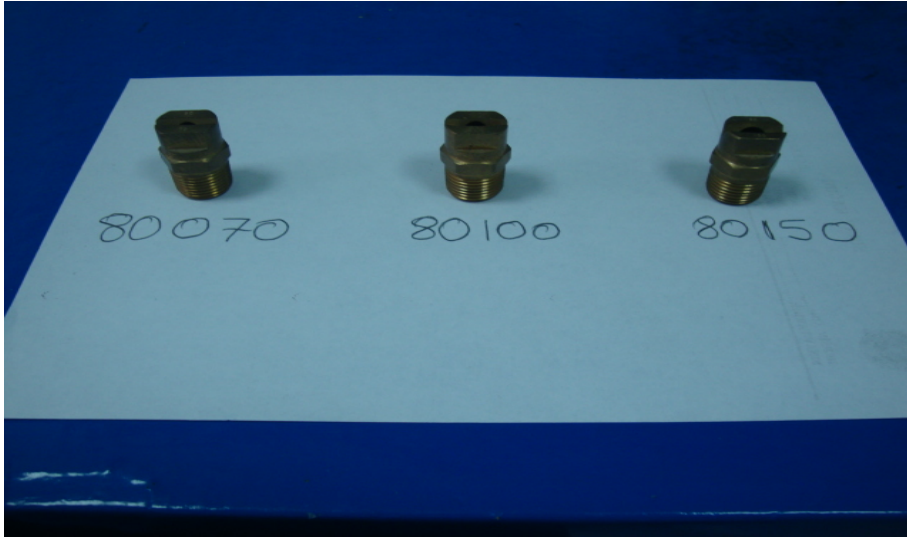
yapmışlardır. Araştırmacılar ortalama Christiansen eş su dağılım katsayılarını % 81.05-91.31 arasında saptamışlardır. Esteves et al (2000), 5.5x5.5 m kareler ağına 1H106SQ tipi meme ile 41.18 kPa basınçta 65 mm/saat yağış uygulamışlar ve Christiansen eş su dağılım katsayısını % 78-92 olarak saptamışlardır. Iserloh et al.(2000), Avrupa'da 8 üniversite ve 2 enstitüde kullanılan yapay yağmurlayıcılarda aynı yöntemi uygulayarak (Lazer Yağış Monitörü ve Yağış Ölçekleri) 37-360 mm/saat yağış uygulamışlardır. Araştırmacılar, Christiansen eş su dağılım katsayısını % 61-98 olarak belirlemişlerdir. Humphry et al. (2002), bir adet 50WSQ tipi memede 28 kPa basınçta 70 mm/saat yağış uygulamışlar ve Christiansen eş su dağılım katsayısını % 93 olarak hesaplamışlardır. Perez et al (2004), arazide hazırladıkları parsellere 3 tip fullcone meme (115, 90 ve D4) ile sırasıyla 108, 157 ve 72.4 mm/saat yağış uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre Christiansen eş su dağılım katsayısı 90 tip memede % 80'nin altında, diğerlerinde ise % 81.5 olarak saptanmıştır. Alves Sobrinho et al. (2008), kolay taşınabilir bir yapay yağmurlayıcıda 0.70 m² alana Veejet 80100 ve 80150 memelerle sırasıyla 32.7 kPa ve 35.6 kPa basınçlarda 30-155 mm/saat yağış uygulamışlardır. Her bir meme için Christiansen eş su dağılım katsayıları % 81.4-85.1 olarak bulunmuştur. Sangüesa et al. (2010), 4'lü monte edilmiş konik püskürten Unijet memelerde Christiansen eş su dağılım katsayısını % 90' yakın olduğunu bildirmişlerdir. Sausa Junior and Siqueira (2011), geliştirdikleri bir yapay yağmurlayıcıda 2 adet fulljet (1/2 SSHH40) memede 50, 80, 110, 140 ve 170 kPa basınçlarda 40-182 mm/saat yağış uygulamışlar ve Christiansen eş su dağılım katsayılarını % 68.3-82.2 olarak saptamışlardır. Iserloh et al. (2012), yağış ölçekleri, kalibrasyon düzlemi ve lazer yağış monitörü (LPM) kullanarak yaptıkları araştırmada, küçük tip bir yapay yağmurlayıcıya ait Christiansen eş su dağılım katsayısını % 91 saptamışlardır. Corona et al. (2013), 2 tip memede 80 mba basınçta 31 ve 62 mm/saat yağış uygulamışlar ve Christiansen eş su dağılım katsayısını % 62-75 olarak belirlemişlerdir. Gabric et al. (2015), 100 cm uzunlukta aralıklı yatay bir boruya 6 adet Veejet 80100 memeyi 0.1-1 m aralıklarda monte ettikten sonra 3.1 mm/saat yağışı 6 m² alana uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, 0.1 m'den 1 m'ye olan mesafe değişimine bağlı olarak Christiansen eş su dağılım katsayılarının % 80 ile 90 arasında değiştiği saptanmıştır.

Bu araştırmanın amacı, laboratuvar tipi yapay yağmurlayıcıda kullanılan Veejet tipi püskürtücü memelerin (80070, 80100 ve 80150) farklı basınçlar altında (10, 20, 30 ve 40 kPa) belirlenen yağış yoğunluklarını ve eş su dağılım katsayılarını kıyaslamaktır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, laboratuvar tipi bir yapay yağmurlayıcı (Bubenzer and Meyer, 1965) ve buna monte edilebilen Veejet tipi memeler (80070, 80100 ve 80150) kullanılmıştır (Şekil 1). Yapay yağmurlayıcıda şebekeden beslenen 500 lt'lik su rezervuarı, motopomp, basınç düşürücü bir

regülatör, sisteme giriş-çıkış basınçlarını ölçen 3 adet manometre, memenin salınımı sırasında fazla suyu rezervuara ileten 2 adet galvanize huni, suyun iletimini sağlayan plastik hortumlar, 90-120° açıda salınımı sağlayan redüktör ve elektrik motoru ile bunları kumanda eden elektrik panosu bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Veejet tipi püskürtücü memeler.
Figure 1. Veejet type spraying nozzles.



Şekil 2. Laboratuvar tipi yağış benzetici.
Figure 2. Laboratory type rainfall simulator.

Denemede yağış yoğunluklarının belirlenmesinde, 250 cm³ hacminde, 5 cm yüksekliğinde ve 9 cm çapında (kesit alan = 63.585 cm²) 25 adet alüminyum kaplar kullanılmıştır (Şekil 3). Denemenin başlangıç aşamasında; 1x1 m boyutlarında bir platform (% 9 standart eğimde ETKE'ye göre) merkezi ile püskürtücü memenin

yataya dik konumu çakıştırılmıştır (Tossell et al., 1987; Iserloh et al., 2012; Yönter ve Uysal, 2014; Gabric et al., 2015). Ayrıca, püskürtücü memenin merkezi 90° salınımda galvanize hunilerin çıkış merkezleri ile çakıştırılarak meme dikey konumda iken huniler ile meme arası mesafeler de eşit duruma getirilmiştir.



Şekil 3. Deneme düzeni ve denemede kullanılan kaplar.

Figure 3. Experiment design and cups of used in experiment.

Yapay yağmurlayıcı, manometreler kontrol edilerek 10, 20, 30 ve 40 kPa basınçlara ayarlanmış ve her bir basınç için 10 dakika yağış yağdırılmıştır. Kaplarda toplanan su miktarları hassas terazide (0.01 g) tartılarak kaydedilmiştir. Denemeler standart olarak 3 yinlemeli yapılmıştır. Denemeden elde edilen su miktarları aşağıdaki formül ile yağış yoğunluklarına çevrilmiştir (Pall et al., 1983; Tossell et al., 1987).

$$I_p = 10 \times \left[\frac{(\sum V_i / Ag)}{n} \right] \times 60 / t \quad (1)$$

I_p : Yağış yoğunluğu (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'i mm/saat'e çevirmede kullanılan katsayı. Hesaplamalarda kolaylık olması bakımından her bir kap için sabit sayılar (kabin kesit alanı: 63.568 cm²; t : 10 dakika) formülde yerine konduğunda aşağıdaki formüle dönüşür.

$$I_p = 0.9436 \times V_i \quad (2)$$

I_p : Yağış yoğunluğu (mm/saat); V_i : Kapta toplanan su miktarı (ml-cm³); 0.9436 çevirme katsayısı.

Yağış dağılımının belirlenmesinde Christiansen Eş Su Dağılım Katsayısı kullanılmıştır (Christiansen, 1942).

$$CU(\%) = 100 \times (1 - \sigma / \mu) \quad (3)$$

CU: Christiansen eş su dağılım katsayısı; σ : Standart sapma; μ : Ortalama yağış yoğunluğu (mm/saat). Ayrıca standart sapma ve varyasyon katsayısının hesaplanmasında SPSS 15.0 paket programı kullanılmış ve yorumlanmıştır (Özdamar, 2004).

$$CV(\%) = (\sigma / \mu) \times 100 \quad (4)$$

CV(%): Varyasyon katsayısı; σ : Standart sapma; μ : Ortalama yağış yoğunluğu (mm/saat)

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Araştırmada Veejet tipi püskürtücü memelerden elde edilen ortalama yağış yoğunlukları, eş su dağılım katsayıları ve varyasyon katsayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Yapay yağmurlayıcıda uygulanan basınç arttıkça yağış yoğunlukları ve eş su dağılım katsayıları artmış, buna karşılık standart sapma ve varyasyon katsayıları azalmıştır.

Çizelge 1. Denemeden elde edilen yağış yoğunlukları, eş su dağılım ve varyasyon katsayıları.

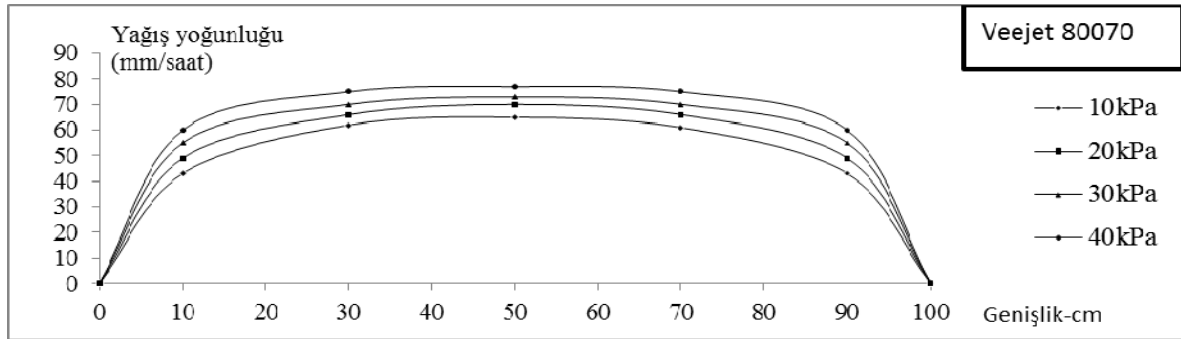
Table 1. Rain intensities, uniformity and variation coefficients from the experiment.

Püskürtücü Memenin tipi	Basınç (kPa)	Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Christiansen Eş Su Dağılım Katsayısı (%)	Varyasyon Katsayısı (%)
Veejet 80070	10	55.17±10.75*	80.51	19.49
	20	59.80±10.17	82.99	17.01
	30	64.29±9.58	85.10	14.90
	40	69.25±9.34	86.51	13.49
Veejet 80100	10	73.63±13.93	81.08	18.92
	20	78.64±12.01	84.78	15.27
	30	83.36±11.33	86.41	13.69
	40	84.29±11.23	86.68	13.32
Veejet 80150	10	öd	öd	öd
	20	öd	öd	öd
	30	98.61±39.59	59.85	40.14
	40	109.01±22.71	79.17	20.83

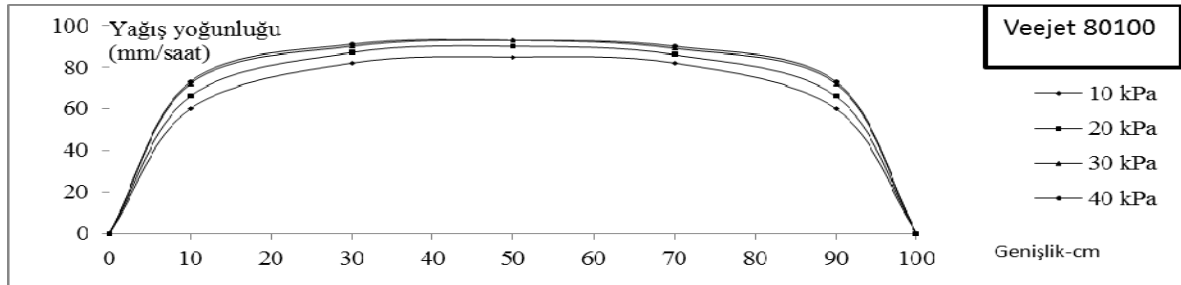
(öd: önemli değil; *: standart sapma)

Ancak, Veejet 80150 tipi püskürtücü memenin çıkış ağızı diğer memelerden büyük olduğu için 10 ve 20 kPa basınçlarda yağış yoğunlukları önemsiz bulunmuştur. Dolayısıyla yüksek basınçlar daha etkili olmuştur. Basınç artışının bir fonksiyonu olarak yağış yoğunluğu Veejet 80070 tipi memede, 55.17-69.25 mm/saat, eş su dağılım katsayısı % 80.51-86.51 ve varyasyon katsayısı % 13.49-19.49, Veejet 80100 tipi memede 73.63-84.29 mm/saat, eş su dağılım katsayısı % 81.08-86.68 ve varyasyon katsayısı % 13.32-18.92 olarak bulunmuştur. Veejet 80150 tipi memede ise 30 ve 40 kPa basınçlarda 98.61-109.01 mm/saat, eş su dağılım katsayısı % 59.85-79.17 ve varyasyon katsayısı % 20.83-40.14 olarak belirlenmiştir. Veejet 80100 ve 80150 tipi memelerle yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar belirlenmiştir (Alves Sobrinho et al., 2008; Gabric et al.,

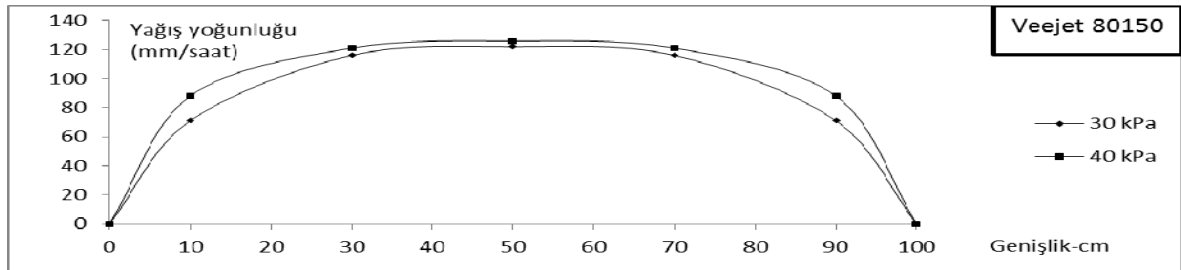
2015). Diğer bir değişik ifade ile; bu çalışmada Veejet 80070, 80100 ve 80150 tipi memelerden elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayıları (% 59.85-86.68) ile son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda kullanılan farklı tip memelerden (1H106SQ, ½ SSHH4Q, Unijet, 50WSQ, 115, 90, D4) elde edilen Christiansen eş su dağılım katsayıları (% 61-98) arasında da yakınlık görülmektedir (Esteves et al., 2000; Humphry et al., 2002; Perez Rodriguez et al., 2004; Sangüesa et al., 2010; Sausa Junior and Siqueira, 2011). şekil 4,5 ve 6'de memelerin farklı basınçlar altında elde edilen yağış yoğunluklarının dağılımları verilmiştir. Ve ejet 80150 memede 30 ve 40 kPa basınçlarda yağış yoğunlukları elde edilmiştir. Bazı araştırmalarda da buna benzer sonuçlar elde edilmiştir (Meyer and Hormon, 1979; Pall et al., 1983; Taysun, 1986; Tossell et al., 1987).



şekil 4. Veejet 80070 tipi memeye ait yağış yoğunlukları dağılımları.
Figure 4. Rain intensities distributions of Veejet 80070 type nozzles.



şekil 5. Veejet 80100 tipi memeye ait yağış yoğunlukları dağılımları.
Figure 5.. Rain intensities distributions of Veejet 80100 type nozzles.



şekil 6. Veejet 80150 tipi memeye ait yağış yoğunlukları dağılımları.
Figure6.. Rain intensities distributions of Veejet 80150 type nozzles.

Denemede uygulanan basınçlar ile yağış yoğunlukları ve eş su dağılım katsayıları arasındaki ikili ilişkiler Çizelge 2'de verilmiştir. Deneme sonuçlarına göre, her bir meme için basınçtaki artışlar yağış yoğunluklarını (Şekil 5) önemli düzeylerde arttırırken, yağış yoğunlukları ile eş su dağılım katsayıları arasında da önemli düzeylerde ilişkiler bulunmuştur. Diğer bir deyişle basınçtaki artış, Veejet 80070, 80100 ve 80150 memelerde sırasıyla yağış yoğunluğundaki artışın

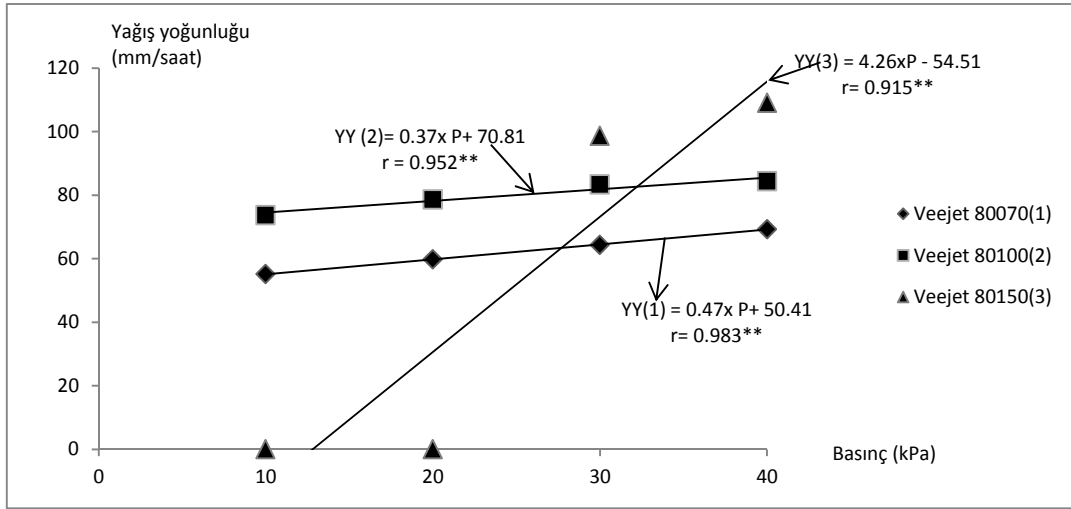
%96.63, 90.63 ve 83.72'ni açıklamıştır. Varyasyon katsayılarına göre, Veejet 80070 ve 80100 memelerinde yağış yoğunluk serileri basınç artışına bağlı olarak türdeştir, ancak Veejet 80150 memesinde ise yağış yoğunluk serisi türdeş değildir (Özdamar, 2004), dolayısıyla 40 kPa'dan daha yüksek basınçlarda istatistik açıdan etkili sonuçlar alınabilir. Meyer and Hormon (1979), Veejet 80150'nin daha yüksek kinetik enerjilerde kullanışlı olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Denemede basınç, yağış yoğunluğu ve eş su dağılım katsayıları arasındaki ilişkiler.

Table 2. The correlations between pressures, rain intensities, and uniformity coefficients in the experiment.

Veejet 80070		Basınç (kPa)	Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Eş Su Dağılım Katsayısı (%)
Basınç (kPa)	R	1.000	0.983**	0.883**
	p		0.0001	0.0001
	N	12	12	12
Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	R	-	1.000	0.884**
	p			0.0001
	N		12	12
Eş Su Dağılım Katsayısı (%)	R	-	-	1.000
	p			
	N			12
Veejet 80100		Basınç (kPa)	Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Eş Su Dağılım Katsayısı (%)
Basınç (kPa)	R	1.000	0.952**	0.901**
	p		0.0001	0.0001
	N	12	12	12
Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	R	-	1.000	0.960**
	p			0.0001
	N		12	12
Eş Su Dağılım Katsayısı (%)	R	-	-	1.000
	p			
	N			12
Veejet 80150		Basınç (kPa)	Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	Eş Su Dağılım Katsayısı (%)
Basınç (kPa)	R	1.000	0.915**	0.896**
	p		0.0001	0.0001
	N	12	12	12
Yağış Yoğunluğu (mm/saat)	R	-	1.000	0.998**
	p			0.0001
	N		12	12
Eş Su Dağılım Katsayısı (%)	R	-	-	1.000
	p			
	N			12

(** 0.01 önemli; * 0.05 önemli; R:korelasyon katsayısı; p: önem düzeyi; N: örnek sayısı)



(YY: yağış yoğunluğu; P: basınç; (1, 2 ve3): meme no'su)

Şekil 7. Basınç ve yağış yoğunlukları arasındaki ilişkiler ve regresyon denklemleri.

Figure 7. Relationships between pressure and rain intensities, and regression equations.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre uygulanan basınçların artışının bir fonksiyonu olarak yağış yoğunlukları ve Christiansen eş su dağılım katsayıları artmıştır. Ancak 30 ve 40 kPa basınçlarda yağış yoğunluklarının elde edilmesine rağmen, Veejet 80150 tip püskürtücü memenin ağız kısmının geniş olmasından dolayı, 40 kPa basınçtan daha düşük basınçlarda suyun püskürmemesi sonucu, bu memenin 40 kPa'dan daha yüksek basınçlarda uygun sonuçlar vereceği bu çalışmada da ortaya konulmuştur.

Son yıllarda erozyon sorunu nedeniyle, erozyon araştırmalarında kolaylıkla kullanılabilmesi için çok sayıda yapay yağmurlayıcılar geliştirilmiştir ve halen de geliştirilmektedir. Özellikle püskürtücü memelerle çalışan yapay yağmurlayıcıların sayısı hiç te azımsanmayacak ölçüdedir. Bu tip yapay yağmurlayıcılar için günümüzde çok çeşitli tipte memeler geliştirilmektedir. Bu nedenlerden dolayı geliştirilen memelerle ilgili denemelerde yapılması, hem arazi hem de laboratuvar koşullarında erozyon araştırmalarının daha güvenli yürütülebilmesi için zorunludur.

KAYNAKLAR

- Alves Sobrinho, T., H. Gomez Macpherson and J.A. Gomez. 2008. A portable integrated rainfall and overland plow simulator. Soil Use and Management, 24: 163-170.
- Anderson, J.U., A.E. Stewart and P.C. Gregory. 1968. A portable rainfall simulator and runoff sampler. New Mexico State University of Agriculture Experiment Station Research, reprinted no: 143.
- Anonymous, 1999. SPSS 9 for Windows User's Guide. Copyright 1999 by SPSS Incoorporation SPSS, Chicago, IL.
- Beasley, D.B., E.J. Monke, E.R. Miller and L.F. Huggins. 1985. Using simulation to assess the impact of conservation tillage on movement of sediment and phosphorus into Lake Erie. Journal of Soil Water Conservation, 40: 233-237.
- 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.
- Bubenzer, G.D and B.A. Jones. 1971. Drop size and impact velocity effects on the detachment of soils under rainfall simulation. Transaction of American Society of Agricultural Engineers, 14: 625-628.
- Christiansen, J.E. 1942. Irrigation by sprinkling. University of California Agricultural Experiment Station Bulletin No: 670.
- 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.
- Erpul, G. and M. Çanga. 2000. Toprak erozyon çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 7(1): 75-83.
- Esteves, M., O. Planchon, J.M. Lapetite, N. Silvera and P. Cadet. 2000. The "EMIRE" large rainfall simulator: Design and Field Testing. Earth Surface Processes and Landforms, 25: 681-690.
- Gabric, O., D. Prodanovic and J. Plavsic. 2015. The effects of oscilating nozzle on Christiansen's uniformity coefficient. Technical Gazette, 22(6): 1415-1418.

- 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.
- Iserloh, T., J.B. Ries, J. Arnaez, C. Boix-Fayos, V. Butzen, A. Cerda, M.T. Echeverria, J. Fernandez Galvez, W. Fister, C. Geibler, J.A. Gomez, H. Gomez Macpherson, N.J. Kuhn, R. Lazaro, F.J. Leon, M. Martinez Mena, J.F. Martinez Murillo, M. Marzen, M.D. Mingorance, L. Ortigasa, P. Peters, D. Regües, J.D. Ruiz Sinoga, T. Scholten, M. Seeger, A. Sole Benet, R. Wengel, S. Wirtz. 2000. European small portable rainfall simulators: A comparasion of rainfall characteristics. *Catena*, 110: 100-112.
- 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.
- Meyer, L.D. and D.L. McCune. 1958. Rainfall simulator for runoff plots, *Agriculture Engineering*, 39: 644-648.
- Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1979. Multiple intensity rainfall simulation for erosion research on row side sloppes. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers*, 22: 100-103.
- Meyer, L.D. 1994. *Rainfal Simulators for Soil Erosion Research*, Second Edition, *Soil Erosion Research Methods*, 83-103, USA.
- Özdamar, K. 2004. *Paket Programları İle İstatistiksel Veri Analizi I. Kaan Kitabevi*, ISBN 975-6787-09-0, Eskişehir.
- Pall, R., W.T. Dickinson, D. Beals and R. McGirr. 1983. Development and calibration of a rainfall simulator. *Canadian Agricultural Engineering*, 25: 181-187.
- Perez Rodriguez, R., M.J. Marques, L. Jimenez, S. Garcia 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.
- Sangüesa, C., J. Arumi, R. Pizarro and O. Link. 2010. A rainfall simulator for the in situ study of superficial runoff and soil erosion. *Chilean Journal of Agriculture Research*, 70(1): 178-182.
- Sausa Junior, 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.
- Swanson, N.P. 1965. A rotating-boom rainfall simulator. *Transaction of American Society of Agricultural Engineers*, 8: 437-440.
- Taysun, A. 1985. Doğal ve Yapma Yağışın Karşılaştırılması Yağış Benzeticiler ve Damla Düşme Hızı Tayin Aletleri. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Menemen Bölge Topraksu 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.
- Tossell, R.W., W.T. Dickinson, R.P. Rudra and G.J. Wall. 1987. A portable rainfall simulator. *Canadian Agricultural Engineering*, 29: 155-162.
- Turner, A.K. 1965. The simulation of rainfalls for studies in overland flow. *Journal of Institues of Engineering of Australia*, 37: 9-15.
- Yönter, G. ve H. Uysal. 2014. Farklı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklere Sahip Typic Xerofluent Topraklara Uygulanan Doğal Katkı Maddelerinin Laboratuvar Koşullarında Yüzey Akış, Toprak Kaybı ve İnfiltrasyon Üzerine Etkileri., Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Proje No: 2012-ZRF-017.