

## **Konik Hüzme Memelerde Akış Katsayısı ve Bazı İşletme Özelliklerinin Belirlenmesi**

**Bahadır SAYINCI<sup>1</sup>, Nigar YARPUZ BOZDOĞAN<sup>2</sup>, Cihat YILDIZ<sup>1</sup>, Bünyamin DEMİR<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Erzurum

<sup>2</sup>Çukurova Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Adana

<sup>3</sup>Mersin İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Mersin  
bsayinci@atauni.edu.tr

Received (Geliş Tarihi): 12.04.2013

Accepted (Kabul Tarihi): 13.06.2013

**ÖZET:** Bu çalışmada, orifis ölçüleri farklı beş adet plastik (Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 ve Ø2.5 mm), üç adet paslanmaz çelik (Ø1.2, Ø1.5 ve Ø2.0 mm) ve dört adet seramik (Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5 ve Ø1.8 mm) malzemelerden üretilmiş içi boş konik hüzmeleme memeleri kullanılmıştır. Plastik meme plakalarının her birinde 4 farklı renkte (mavi, yeşil, sarı ve pembe) imal edilmiş girdap plakaları; paslanmaz çelik ve seramik memeler için standart tip çelik girdap plakası kullanılmıştır. Çalışmada toplam 27 adet meme-girdap plakası kombinasyonu için 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ve 12 bar işletme basınçlarında debi ölçümleri yapılmıştır. Her bir kombinasyonda kullanılan memeler için akış katsayıları hesaplanmış, tam pülverizasyon için gerekli minimum işletme basınçları belirlenmiş ve pülverizasyon karakteristikleri tahmin edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; içi boş konik hüzmeleme memelerde kullanılan girdap plakaları memelerin işletme özelliklerini değiştirmiştir. Aynı orifis çapına sahip plastik memelerde ölçülen debi, paslanmaz çelik ve seramik memelerden daha düşük bulunmuştur. Orifis çapı arttıkça akış katsayısı azaldığı gibi pülverizasyon için gerekli minimum işletme basıncı değeri de düşmüştür. Plastik memelerde akış katsayısı 0.141-0.457; paslanmaz çelik memelerde 0.453-0.560; seramik memelerde 0.439-0.608 aralığında değişmiştir. Konik hüzmeleme memelerde pülverizasyonun oluşması için gerekli minimum işletme basıncının, orifis çapı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Orifis çapı Ø1.0 mm ve Ø1.2 mm olan içi boş konik hüzmeleme memelerin 10 bar işletme basıncının üzerinde çok ince yapılı (<100 µm) damlalar ürettiği saptanmıştır. Plastik memelerin 4-8 bar işletme basıncı aralığında ince yapılı (100-175 µm) damlalar ürettiği belirlenmiştir. Orifis çapı Ø1.5 mm ve Ø1.8 mm olan seramik memelerin ise 3 bar işletme basıncında orta yapılı damlalar (175-250 µm) ürettiği saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Akış katsayısı, damla çapı, girdap plakası, konik meme, meme plakası

### **Determination of Discharge Coefficient and Some Operational Features of Hollow Cone Nozzles**

In this study, five plastic (Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 and Ø2.5 mm), three stainless steel (Ø1.2, Ø1.5 and Ø2.0 mm) and four ceramic (Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5 and Ø1.8 mm) hollow cone nozzles of which orifice size are different were used. Cores (blue, green, yellow and pink) manufactured with four different colors were used for each of the hollow cone nozzle discs. Flow rate measurement were done for 27 different disc-core combination of hollow cone nozzles at the operational pressures of 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 and 12 bar. Discharge coefficient were calculated for the nozzles used in each combination, minimum operational pressures of each disc-core combination in order to occur complete pulverization were determined, and pulverization characteristics of the hollow cone nozzles were estimated. According to the results of the study, the cores used with discs changed operational features of the hollow cone nozzles. Flow rate measured for plastic nozzles with the same orifice size was found lower than stainless steel and ceramic nozzles. Discharge coefficient decreased as the orifice size of the discs increased, and the value of minimum operational pressure that is necessary for occurring of pulverization decreased. Discharge coefficient changed between 0.141 and 0.457 for plastic nozzles; 0.453-0.560 for stainless steel nozzles; 0.439-0.608 for ceramic nozzles. Minimum operational pressure that is necessary for occurring of pulverization for the hollow cone nozzles decreased as the orifice size of the discs increased. Hollow cone nozzles of which orifice sizes are Ø1.0 and Ø1.2 mm produced very fine droplets (<100 µm) over 10 bar operating pressure. Plastic nozzles produced fine droplets (100-175 µm) between 4 and 8 bar. Ceramic nozzles of which orifice size are Ø1.5 and Ø1.8 mm produced medium droplets (175-250 µm) at the operating pressure of 3 bar.

**Key words:** Discharge coefficient, drop diameter, core, cone nozzle, nozzle disc

**Terminoloji**

$v_j$	jet hızı, m/s	H	manometrik yükseklik, mSS
$C_v$	hız katsayısı	$d_j$	jet çapı, m
$\Delta P$	basınç farkı, Pa	$\mu_1$	sıvının viskozitesi, Pa.s
$\rho_1$	sıvı yoğunluğu, kg/m <sup>3</sup>	$\sigma$	sıvının yüzey gerilimi, N/m
n	türbülanslı akış şartları için katsayı, 0.5	$D_o$	orifis çapı, mm
Q	volümetrik debi, m <sup>3</sup> /s	$Q/\sqrt{\Delta H}$	doğrunun eğimi ([L/min]/ $\sqrt{\text{bar}}$ )
$C_A$	daralma katsayısı	d	damla çapı, $\mu\text{m}$
A	orifis alanı, m <sup>2</sup>	P	basınç, psi
$C_D$	akış katsayısı	FN	akış miktarı (debi, gal/h)/ $\sqrt{\text{basınç, psi}}$
g	yerçekimi ivmesi, 9.81 m/s <sup>2</sup>		

**GİRİŞ**

Tarla pülverizatörlerinde konik hüzmelili memeler, girdap plakasıyla birlikte kullanılmaktadır. Girdap plakasının görevi, sıvıya dönü hareketi kazandırmaktır. Bu hareket için basınçlı sıvı, meme plakasının ortasındaki girdap hücrelerine teğetsel olarak gönderilmekte ve delik eksenine göre açılmal bir hız kazanması sağlanmaktadır. Basınçlı sıvı ortaya çıkan açılmal momentin etkisinde kalarak dönmeye başlamaktadır. Meme deliğinden başlayarak konik bir huni şeklinde genişleyen sıvı hüzmesinin film kalınlığı giderek incelmekte ve parçalanarak damla oluşumu gerçekleşmektedir (Yağcıoğlu, 1993).

Konik hüzmelili memelerde akış, ince kenarlı ve dairesel kesitli orifislerdeki akışa benzetilmektedir (Zeren ve Bayat, 1999). Orifisi terk etme anında ise sıvı jetinde bazı kayıplar oluşmaktadır. Bu kayıplar sıvı jetindeki daralma ve jet hızındaki kayba bağlı oluşan akış kayıplarıdır ( $C_D$ ). Türbülanslı akışta sıvı jet hızı ( $v_j$ ) Eşitlik (1) ile hesaplanabilmektedir (Srivastava et al., 1993). Standart bir orifiste hız katsayısının ( $C_v$ ) 0.96-0.98 aralığında değiştiği belirtilmektedir (Soğukoğlu, 1995; Özcan, 2006)

$$v_j = C_v \left( 2 \frac{\Delta P}{\rho_1} \right)^n \quad (1)$$

Gerçek meme debisi, akış katsayısı ile ifade edilmektedir. Buna göre volümetrik debi (Q) eşitliğinde (Eşitlik (2)) yer alan  $C_A$  katsayısı, sıvı jetinin orifiste daralmasıyla oluşan kayıptır. İdeal akış için daralma katsayısının ( $C_A$ ) 0.611 olduğu belirtilmektedir (Leinhard, 1984).

$$Q = v_j \cdot C_A \cdot A \quad (2)$$

Buna göre sıvı jet hızı Eşitlik (2)'de yerine yazılırsa daralma ve hız kayıplarına bağlı volümetrik debi eşitliği (Eşitlik (3)) yazılabilmektedir.

$$Q = C_v \left( 2 \frac{\Delta P}{\rho_1} \right)^{1/2} C_A \cdot A \quad (3)$$

Bu kayıplar, akış katsayısı ( $C_D$ ) olarak ifade edildiğinde daralma ve hıza bağlı oluşan akış kayıpları Eşitlik (4)'teki gibi yazılabilmektedir.

$$C_D = C_v \cdot C_A \quad (4)$$

Buna göre volümetrik debi Eşitlik (5)'te olduğu gibi düzenlenebilmektedir.

$$Q = C_D \cdot A (2gH)^{1/2} = C_D \cdot A \left( 2 \frac{\Delta P}{\rho_1} \right)^{1/2} \quad (5)$$

Sonuçta sıvı jet hızı, Eşitlik (6) ile hesaplanabilmektedir.

$$v_j = \frac{Q}{C_D \cdot A} \quad (6)$$

Türkiye'de konvansiyonel ilaç uygulamalarında yaygın olarak plastik ve paslanmaz çelikten üretilen meme plakalarının kullanıldığı gözlenmektedir. Genellikle orifis çapına göre anılan plastik memeler daha çok plastikten üretilen girdap plakalarıyla; paslanmaz çelik ve seramik memeler ise paslanmaz çelik sactan imal edilen girdap plakalarıyla birlikte kullanılmaktadır. Uygulamada değişik meme ve girdap plakası kombinasyonlarının farklı uygulama hacmi ve damla büyüklüğü alternatifleri sunduğu bilinmektedir (Zeren ve Bayat, 1999). Ancak Türkiye'de kullanılan içi boş konik hüzmelili memelerde özellikle girdap plakaları için standart bir ölçü kavramı bulunmadığı gibi yerli yapım meme ve girdap plakalarının farklı kombinasyonları için temel bazı işletme özellikleri bilinmemektedir.

Bu çalışmanın amacı;

- Farklı orifis çapına sahip içi boş konik hüzmelili memelerde yerli olarak üretilen girdap plakalarının debi değişimine olan etkisini araştırmak,
- Plastik, seramik ve paslanmaz çelikten üretilen içi boş konik hüzmelili memeler için akış katsayısını belirlemek,

- İçi boş konik hüzmeli memelerde tam pülverizasyon için gerekli minimum işletme basıncını saptamak,
- İçi boş konik hüzmeli memelerin farklı işletme basınçlarında pülverizasyon karakteristiklerini belirlemektir.

### MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada kullanılan meme plakaları ve özellikleri Çizelge 1’de gösterilmiştir. Bu çalışmada orifis ölçüleri farklı beş adet plastik (nominal çaplar: Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 ve Ø2.5 mm), üç adet paslanmaz çelik (nominal çaplar: Ø1.2, Ø1.5 ve Ø2.0 mm) ve dört adet seramik (nominal çaplar: Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5 ve Ø1.8 mm) malzemelerden imal edilmiş 12 adet meme plakası kullanılmıştır. Plastik meme plakaları orifis büyüklüklerine göre beyaz, pembe, sarı, yeşil ve açık sarı renklerinde üretilmektedir. Bunlar arasında nominal çapı Ø2.5 mm olan plastik meme ile tüm seramik memeler ithal olup, diğerleri yerli üretimdir. Meme plakalarının gerçek orifis çapı mikrometrelili stereo zoom mikroskobu (Olympus SZ60 Model) ile ölçülmüştür.

Bu çalışmada meme plakalarıyla birlikte kullanılan girdap plakaları ve özellikleri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Plastik meme plakaları çoğunlukla kendi renginde üretilen girdap plakalarıyla birlikte kullanılmaktadır. Paslanmaz çelik meme plakaları ise kalıpta preslenerek üretilen paslanmaz çelik girdap plakalarıyla birlikte kullanılmaktadır. Plastik veya paslanmaz çelik girdap plakalarının tümü tek tipte üretilmekte olup belirli bir standart ölçüye sahip değildir. Bu çalışmada farklı orifis ölçülerine sahip seramik ve paslanmaz çelik meme plakalarının tümünde paslanmaz çelikten üretilmiş tek tip aynı girdap plakası kullanılmıştır. Tasarımları tamamen aynı olan plastik girdap plakalarının tek ayırt edici özelliği renkleridir. Mavi, yeşil, sarı ve pembe renklerde üretilen plastik girdap plakaları farklı orifis ölçülerine sahip meme plakalarının (Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 ve Ø2.5 mm) her birinde kullanılmıştır. Mavi girdap plakası ithal olup 23 nolu girdap numarasına (Core, C23) sahiptir. Yeşil, sarı ve pembe girdap plakaları ise yerli üretimdir. Çalışmada 27 adet meme-girdap plakası kombinasyonu kullanılmıştır.

**Çizelge 1. Çalışmada kullanılan meme plakaları ve özellikleri**

Malzeme	Nominal çap (Ø, mm)	Üretim	Ölçülen çap ${}^1\text{Ort} \pm \text{SS}$ (mm)
Plastik	Ø1.00	Yerli	0.95±0.00
	Ø1.20	Yerli	1.16±0.01
	Ø1.50	Yerli	1.52±0.02
	Ø2.00	Yerli	1.93±0.01
	Ø2.50	İthal	2.43±0.01
Paslanmaz çelik	Ø1.00	Yerli	1.08±0.00
	Ø1.20	Yerli	1.23±0.06
	Ø1.50	Yerli	1.64±0.02
Seramik	Ø1.00	İthal	0.99±0.03
	Ø1.20	İthal	1.28±0.00
	Ø1.50	İthal	1.50±0.01
	Ø1.80	İthal	1.84±0.01




<sup>1</sup>: ortalama (Ort)±standart sapma (SS)

Çalışmada depo (polyester) kapasitesi 200 litre olan 6 metre iş genişliğine sahip konvansiyonel bir tarla pülverizatörü kullanılmıştır. Pülverizatörde kullanılan pompa tipi piston membranlı olup maksimum 40 bar işletme basıncında 30 L/min debi sağlamaktadır. Basınç regülatörünün (vidalı tip) üzerinde maksi-

mum 20 bar göstergeli yağ esaslı (gliserinli tip) manometre bulunmaktadır. Pompa, bir elektrik motoru (monofaze, MSD 90L2, 2780 d/min, Gamak, TR) ile tahrik edilmiştir. Pompa mili elektrik motoruna bağlı dişli bir redüktörle 600 d/min hızda çalıştırılmıştır. Pülverizatörün püskürtme kolları üzerindeki memeler, 50 cm aralıklarla dizili olan üç çıkışlı termoplastik gövdeye (12 adet) monte edilmiştir.

Meme-girdap plakası kombinasyonunun her biri için 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ve 12 bar işletme basınçlarında debi ölçümleri yapılmıştır. Bunun için 0.08-3.79 L/min aralığında ölçüm yapabilen dijital göstergeli bir akış ölçer (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL) kullanılmıştır. Püskürtme kolları üzerinde her bir kombinasyon için 6 ya da 12 adet meme kullanılmıştır. Her bir memenin debisi en az 3 kez ölçülmüş ve aynı memede elde edilen debiler arasındaki varyasyon arttığında ölçüm sayısı 7'ye kadar artırılmıştır. Aynı orifis ölçülü meme plakalarının ortalama debileri arasındaki sapma  $\pm\%10$  sınırını geçmemiştir (TS EN 13790-1). Bu sınırın dışında kalan memelerde ya meme plakası ya da girdap plakası değiştirilmiş ve ölçümler yenilenmiştir. Her bir memenin ortalama debisi hesaplandıktan sonra memeler arasındaki değişkenlik, varyasyon katsayısı ( $\%CV=[\text{standart sapma(SS)}/\text{ortalama(Ort.)}]\times 100$ ; CV: varyasyon katsayısı) ile belirtilmiştir.

**Çizelge 2. Meme plakalarında kullanılan girdap plakaları**

Malzeme	Renk	Girdap plakası	Üretim
Paslanmaz çelik	-		Yerli
Plastik	Mavi (C23) <sup>1</sup>		İthal
	Yeşil		Yerli
	Sarı		Yerli
	Pembe		Yerli

<sup>1</sup>: girdap plaketi (Core, C) numarası

Sıvı jetinin parçalanarak damla oluşumunun gerçekleşebilmesi için Eşitlik (7)'de verilen koşulun oluşması gerekmektedir (Srivastava et al., 1993).

$$\left(\frac{d_j \cdot v_j \cdot \rho_1}{\mu_1}\right) > 280 \left[\frac{\mu_1}{(\sigma \rho_1 d_j)^{1/2}}\right]^{-0,82} \quad (7)$$

Eşitlik (7) yeniden düzenlenmiş ve tam pülverizasyon için gerekli minimum jet hızı, Eşitlik (8) kullanılarak hesaplanmıştır. Suyun yüzey gerilimi 0.0728 N/m, yoğunluğu 1000 kg/m<sup>3</sup> ve viskozitesi 1 mPa.s alınmıştır. Minimum jet hızı ( $v_j$ ) verileri kullanılarak her bir memenin minimum işletme basıncı ( $H_{\min}$ ) belirlenmiştir.

$$v_j > 280 \frac{\sigma^{0,41} \mu_1^{0,18}}{\rho_1^{0,59} d_j^{0,59}} \quad (8)$$

İşletme basıncının karekökü ve debi değerleri arasında doğrusal regresyon eşitlikleri geliştirilmiştir. Hacimsel debi formülü olan Eşitlik (5) (Ballester, 1994) yeniden düzenlenmiş ve akış katsayısını hesaplamak için Eşitlik (9) kullanılmıştır.

$$C_D = \frac{3}{2 \cdot D_0^2} \frac{Q}{\sqrt{\Delta H}} \quad (9)$$

İçi boş konik hüzmeleli memelerde işletme basıncına bağlı olarak değişen damla çapı değerleri Eşitlik (10)'dan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$d = 437 (FN/P)^{1/3} \quad (10)$$

Iqbal et al. (2005) tarafından bildirildiğine göre bu eşitlik Fraser (1956) tarafından farklı basınçlarda işletilen konik hüzmeleli memelerde damla çapını belirlemek amacıyla kullanılmış ve suyla püskürtmede 5-200 psi (0.34-13.8 bar) aralığındaki işletme basıncı koşullarında geçerli olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada hesaplanan damla çapları, ASABE S-572.1 numaralı standartta belirtilen çap kategorilerine (VF: çok ince, <100  $\mu\text{m}$ ; F: ince, 100-175  $\mu\text{m}$ ; M: orta, 175-250  $\mu\text{m}$ ; C: kaba, 250-375  $\mu\text{m}$ ) göre sınıflandırılmış ve tablo halinde verilmiştir (ASABE Standards, 2009).

## ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yerli üretimde plastik girdap plakaları standart bir ölçüye sahip olmayıp genellikle meme plakalarının renginde üretilmektedir. Farklı renklerde üretilen girdap plakaları memenin bazı işletme karakteristiklerini değiştirmiştir. Çizelge 3'e göre aynı orifis çaplı plastik meme plakalarında debi ortalamalarının girdap plakalarına göre değiştiği saptanmıştır.

**Çizelge 3. Farklı girdap plakalarıyla birlikte kullanılan plastik meme plakalarının farklı işletme basınçlarında ölçülen debi ortalamaları (Ort.±SS, L/min) ve varyasyon katsayısı (CV, %)**

Orifis çapı (Ø, mm)	İşletme basıncı (H, bar)	Girdap plakaları								
		Mavi girdap		Yeşil girdap		Sarı girdap		Pembe girdap		
		Ort.±SS (L/min)	%CV <sup>1</sup>	Ort.±SS (L/min)	%CV	Ort.±SS (L/min)	%CV	Ort.±SS (L/min)	%CV	
Ø1.0	1	0.23±0.01	5.5	0.27±0.01	3.8	0.28±0.00	1.5	0.31±0.01	2.6	
	2	0.31±0.01	4.6	0.36±0.02	4.1	0.38±0.02	4.5	0.43±0.01	3.4	
	3	0.40±0.02	3.8	0.44±0.02	5.1	0.47±0.03	5.7	0.55±0.01	1.8	
	4	0.46±0.01	2.9	0.50±0.02	4.2	0.54±0.03	5.5	0.61±0.02	3.6	
	5	0.51±0.02	4.1	0.57±0.02	4.1	0.61±0.03	5.4	0.70±0.02	2.6	
	6	0.57±0.02	3.4	0.62±0.03	4.3	0.67±0.03	5.1	0.76±0.02	2.0	
	8	0.66±0.02	3.4	0.71±0.03	4.0	0.78±0.04	5.5	0.88±0.02	1.9	
	10	0.74±0.03	4.3	0.80±0.03	3.3	0.88±0.04	4.8	0.97±0.01	1.5	
	12	0.82±0.03	3.2	0.87±0.03	3.4	0.98±0.03	3.2	1.06±0.02	1.7	
	Ø1.2	1	0.31±0.01	4.0	0.33±0.01	3.8	0.36±0.00	0.6	0.40±0.00	2.3
		2	0.42±0.01	2.3	0.46±0.02	3.3	0.50±0.01	1.4	0.52±0.01	5.4
		3	0.52±0.01	2.6	0.55±0.02	3.7	0.62±0.01	1.1	0.65±0.01	4.9
4		0.60±0.01	1.4	0.64±0.02	3.8	0.72±0.01	1.0	0.75±0.01	4.9	
5		0.68±0.01	2.0	0.71±0.03	3.9	0.80±0.01	1.2	0.85±0.01	5.0	
6		0.75±0.02	2.1	0.78±0.03	4.2	0.89±0.01	1.5	0.93±0.01	4.9	
8		0.86±0.02	2.4	0.89±0.04	4.5	1.02±0.02	1.6	1.09±0.02	3.9	
10		0.96±0.02	2.4	1.00±0.05	4.8	1.15±0.02	2.0	1.26±0.02	3.6	
12		1.04±0.03	2.8	1.09±0.06	5.6	1.28±0.04	3.0	1.37±0.04	2.5	
Ø1.5		1	0.38±0.02	5.3	0.42±0.02	4.1	0.55±0.02	2.7	0.55±0.03	5.0
		2	0.54±0.03	4.9	0.61±0.02	2.7	0.74±0.03	3.4	0.76±0.03	4.2
		3	0.66±0.03	5.1	0.76±0.04	5.3	0.92±0.03	3.6	0.94±0.04	4.3
	4	0.77±0.03	3.4	0.87±0.04	4.7	1.07±0.04	3.5	1.08±0.05	4.5	
	5	0.86±0.04	4.3	0.97±0.03	3.4	1.20±0.04	3.2	1.23±0.03	2.8	
	6	0.98±0.01	1.2	1.08±0.03	3.1	1.33±0.04	3.0	1.39±0.03	2.2	
	8	1.11±0.04	3.8	1.24±0.04	3.5	1.54±0.05	3.4	1.60±0.03	1.9	
	10	1.24±0.06	4.7	1.38±0.06	4.4	1.76±0.07	4.0	1.80±0.04	2.0	
	12	1.40±0.03	2.0	1.54±0.08	5.1	1.97±0.07	3.3	1.97±0.05	2.4	
	Ø2.0	1	0.49±0.02	3.2	0.52±0.02	3.1	0.62±0.02	2.2	0.66±0.02	3.0
		2	0.67±0.01	1.2	0.72±0.04	5.3	0.86±0.04	3.0	0.94±0.03	2.8
		3	0.83±0.01	1.7	0.90±0.05	5.5	1.06±0.05	3.5	1.17±0.04	3.1
4		0.96±0.02	1.8	1.03±0.05	5.3	1.25±0.05	3.5	1.34±0.04	3.2	
5		1.07±0.02	2.0	1.17±0.06	5.2	1.39±0.06	3.9	1.51±0.05	3.2	
6		1.19±0.03	2.4	1.30±0.06	5.0	1.56±0.06	3.8	1.67±0.06	3.7	
8		1.37±0.03	2.4	1.52±0.07	4.7	1.81±0.07	4.8	1.95±0.08	3.9	
10		1.55±0.05	2.9	1.76±0.07	4.1	2.01±0.07	2.3	2.26±0.10	4.3	
12		1.70±0.05	2.8	1.91±0.07	3.9	2.23±0.07	1.6	2.48±0.10	4.1	
Ø2.5		1	0.53±0.02	4.5	0.62±0.03	4.2	0.73±0.03	3.6	0.78±0.02	2.3
		2	0.79±0.02	2.9	0.87±0.04	5.2	1.03±0.03	3.0	1.12±0.03	3.0
		3	1.01±0.03	2.5	1.07±0.05	5.1	1.28±0.03	2.5	1.39±0.03	2.4
	4	1.16±0.03	2.3	1.27±0.05	3.9	1.49±0.05	3.2	1.64±0.05	2.8	
	5	1.29±0.03	2.4	1.43±0.05	3.7	1.68±0.04	2.3	1.85±0.05	2.9	
	6	1.42±0.04	2.5	1.60±0.07	4.4	1.88±0.05	2.6	2.10±0.07	3.2	
	8	1.63±0.03	1.9	1.91±0.09	4.5	2.19±0.04	1.7	2.44±0.08	3.5	
	10	1.83±0.04	1.9	2.15±0.11	5.0	2.51±0.05	2.1	2.80±0.09	3.3	
	12	1.98±0.06	3.2	2.26±0.07	3.0	2.77±0.05	1.7	3.07±0.12	4.0	

<sup>1</sup>: %CV, varyasyon katsayısı [%CV = (standart sapma (SS)/ortalama) × 100]

Aynı orifis çapına sahip plastik meme plakalarında en düşük debi ortalaması, mavi girdap plakasında bulunmuştur. Yerli üretim girdap plakalarında debi ortalamaları küçükten büyüğe doğru yeşil, sarı ve pembe olarak sıralanmıştır. Aynı orifis çapına sahip plastik memelerin debi ortalamaları arasındaki sapma  $\pm\%10$  sınırları içinde kalmış ve bu durumda varyasyon katsayısı  $\%0.6$ - $\%5.7$  aralığında değişmiştir. Araştırma süresince edinilen deneyimlere göre ortalama meme debisinin  $\pm\%10$  sınırından sapması, sadece meme plakası delik çapındaki değişime bağlı bulunmamıştır. İmalat yönteminden kaynaklanan hatalardan dolayı meme plakası delik çapında sapma olabildiği gibi kullanılan girdap plakasının da meme debisini önemli ölçüde değiştirdiği gözlenmiştir. Aynı renk girdap plakaları arasında girdap deliği alanının farklı olması debinin sapma miktarını önemli düzeyde artırdığı kanaatine varılmıştır.

Çizelge 4'te farklı orifis çaplarına sahip seramik ve paslanmaz çelik memeler için farklı işletme basınçlarında elde edilen debi ortalamaları verilmiştir. Her iki meme plakasında standart tip aynı girdap plakası kullanılmıştır. Debi ortalamaları işletme basıncının karekökü ile doğrusal olarak artmıştır. Orifis çapı arttıkça debi ortalamaları da artmıştır. Aynı nominal çapa sahip olmasına karşın paslanmaz çelikten üretilen memelerin ortalama debisi, seramikten üretilen memelere göre daha düşük bulunmuştur. Aynı orifis çapına sahip memelerin debileri arasındaki sapma  $\pm\%10$  sınırları içinde kaldığında debiler arasındaki varyasyon katsayısı, seramik memelerde  $\%0.6$ - $\%6.3$  aralığında; paslanmaz çelik memelerde  $\%1.4$ - $\%5.3$  aralığında değiştiği görülmüştür.

Çizelge 3 ve Çizelge 4 birlikte değerlendirildiğinde aynı orifis çaplı plastik memelerde debi ortalamalarının seramik ve paslanmaz çelik memelere göre daha düşük olduğu görülmektedir. Bu çizelgelerden plastik meme-girdap plakası kombinasyonlarında debi ortalamalarının girdap plakasına göre değiştiği anlaşılmaktadır. Buna göre paslanmaz çelik girdap plakalarında girdap deliği alanının, plastik olanlara göre daha büyük olduğu kanaatine varılabilmektedir. Elde edilen bu bulgular, girdap plakasının içi boş konik hüzmelili memelerin işletme özelliklerini önemli ölçüde değiştirdiğini göstermektedir.

Konik hüzmelili memelerde minimum jet hızı için hesaplanan minimum debi değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Bir orifis akışında minimum jet hızının jetin çapına ve sıvının fiziksel özelliklerine bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Srivastava et al., 1993). Çizelge 5'te eğimin orifis çapıyla birlikte arttığı ve minimum jet hızının da azaldığı gözlenmektedir. Plastik memelerde ortalama debi, renk kodlarıyla anılan girdap plakasına göre değişmiştir. Tüm meme çeşitlerinde eğim, debiyle birlikte artmıştır.

**Çizelge 4. Seramik ve paslanmaz çelikten üretilen memelerin farklı işletme basınçlarında ölçülen debi ortalamaları (Ort.±SS, L/min) ve varyasyon katsayısı (CV, %)**

Orifis çapı (Ø, mm)	İşletme basıncı (H. bar)	Seramik <sup>1</sup>		Paslanmaz çelik <sup>1</sup>		
		Ort.±SS (L/min)	%CV <sup>2</sup>	Ort.±SS (L/min)	%CV	
Ø1.0	1	0.36±0.02	4.6	0.39±0.01	1.7	
	2	0.55±0.02	4.3	0.54±0.01	1.4	
	3	0.65±0.02	2.8	0.64±0.01	1.7	
	4	0.76±0.03	4.1	0.75±0.01	1.7	
	5	0.85±0.04	4.3	0.84±0.02	2.1	
	6	0.94±0.05	5.8	0.92±0.02	1.9	
	8	1.07±0.06	5.6	1.07±0.02	1.9	
	10	1.22±0.07	5.6	1.20±0.02	1.9	
	12	1.34±0.08	6.3	1.30±0.03	1.9	
	Ø1.2	1	0.54±0.01	1.7	0.48±0.02	5.0
		2	0.74±0.02	3.3	0.67±0.03	4.3
		3	0.96±0.01	1.5	0.81±0.03	3.9
4		1.1±0.02	1.5	0.94±0.04	4.7	
5		1.24±0.01	0.6	1.05±0.05	4.7	
6		1.38±0.02	1.8	1.16±0.06	5.3	
8		1.61±0.02	1.4	1.33±0.07	5.1	
10		1.82±0.04	2.2	1.48±0.07	4.8	
12		1.92±0.06	3.1	1.62±0.07	4.0	
Ø1.5		1	0.66±0.02	3.7	0.68±0.01	1.7
		2	0.93±0.02	2.2	0.94±0.02	2.4
		3	1.18±0.03	2.5	1.15±0.02	2.2
	4	1.37±0.03	2.6	1.32±0.03	2.1	
	5	1.54±0.04	2.5	1.47±0.04	2.7	
	6	1.73±0.04	2.2	1.64±0.04	2.6	
	8	2.05±0.06	2.8	1.90±0.06	3.2	
	10	2.29±0.05	2.0	2.13±0.06	2.9	
	12	2.49±0.05	2.0	2.35±0.08	3.5	
	Ø1.8	1	0.83±0.02	2.7		
		2	1.18±0.03	2.5		
		3	1.50±0.04	2.6		
4		1.74±0.04	2.5			
5		1.95±0.06	2.8			
6		2.17±0.05	2.4			
8		2.57±0.05	1.8			
10		2.89±0.05	1.8			
12		3.11±0.08	2.7			

<sup>1</sup> : Her iki memede, aynı girdap plakası (paslanmaz çelik) kullanılmıştır.

<sup>2</sup> : %CV, varyasyon katsayısı [%CV = (SS/Ort.) · 100]

Meme plakası delik çapı arttıkça minimum jet hızı azalmış ve buna karşılık memenin bu hız değerinde sağladığı debi değerleri artış göstermiştir. Plastik memelerde pülverizasyonun tam olarak gerçekleşebilmesi için minimum işletme basıncının Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 ve Ø2.5 mm çaplı memelerde sırasıyla 3.5 bar, 2.8 bar, 2.5 bar, 1.8 bar ve 1.4 bar olması gerektiği saptanmıştır. Benzer şekilde orifis çapı Ø1.0, Ø1.2 ve Ø1.5 mm olan paslanmaz çelik memelerde minimum işletme basıncı sırasıyla 3.7 bar, 2.9 bar ve 2.5 bar olup, orifis çapı Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5 ve Ø1.8 mm olan seramik memelerde sırasıyla 4.1 bar, 3.4 bar, 2.9 bar ve 2.3 bar olarak bulunmuştur.

Orifis çapı Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø2.0 ve Ø2.5 mm olan meme plakalarında akış katsayısı; mavi girdap plakasıyla 0.141-0.359; yeşil girdap plakasıyla 0.167-

0.367; sarı girdap plakasıyla 0.201-0.426; pembe girdap plakasıyla 0.226-0.457 aralığında hesaplanmıştır. Orifis çapı Ø1.0, Ø1.2 ve Ø1.5 mm olan paslanmaz çelik memelerde akış katsayısı 0.453-0.560 aralığında; orifis çapı Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5 ve Ø1.8 mm olan seramik memelerde ise akış katsayısı 0.439-0.608 aralığında değişmiştir. Maniarasan and Nicholas (2006), Chu et al. (2008) ve Hussein et al. (2012) tarafından yürütülen araştırmalarda büyük orifis çaplı memelerde akış katsayısının küçük çaplı memelere göre azaldığı bildirilmiştir. Bu çalışmada da aynı girdap plakasında meme orifis çapı arttıkça akış katsayısı azalmış ve bulgular literatür bilgileriyle uyumlu bulunmuştur. Aynı orifis çapında en büyük akış katsayısı, seramik memelerde elde edilmiş ve bunu paslanmaz çelik memeler takip etmiştir (Çizelge 5).

**Çizelge 5. Farklı malzemelerden üretilen içi boş konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ( $C_D$ ) ve bazı işletme özellikleri**

Meme plakası malzemesi	Orifis çapı (Ø, mm)	Girdap plaketi	<sup>1</sup> Doğrunun eğimi $\left(\frac{Q}{\sqrt{\Delta H}} \frac{L/\text{min}}{\sqrt{\text{bar}}}\right)$	<sup>2</sup> Min. jet hızı ( $V_j$ , m/s)	<sup>3</sup> Akış katsayısı ( $C_D$ )	<sup>4</sup> Min. debi ( $Q_{\text{min}}$ , L/min)	<sup>5</sup> Min. işletme basıncı ( $H_{\text{min}}$ , bar)
Plastik	Ø1.0	Mavi	0.239	27.58	0.359	0.47	4.1
	Ø1.2	Mavi	0.302	24.77	0.315	0.53	3.1
	Ø1.5	Mavi	0.410	21.71	0.273	0.63	2.7
	Ø2.0	Mavi	0.496	18.32	0.186	0.64	1.8
	Ø2.5	Mavi	0.588	16.06	0.141	0.67	1.4
Plastik	Ø1.0	Yeşil	0.245	27.58	0.367	0.48	3.5
	Ø1.2	Yeşil	0.308	24.77	0.321	0.54	2.8
	Ø1.5	Yeşil	0.449	21.71	0.299	0.69	2.5
	Ø2.0	Yeşil	0.573	18.32	0.215	0.74	2.1
	Ø2.5	Yeşil	0.698	16.06	0.167	0.79	1.7
Plastik	Ø1.0	Sarı	0.284	27.58	0.426	0.55	4.1
	Ø1.2	Sarı	0.371	24.77	0.387	0.65	3.3
	Ø1.5	Sarı	0.576	21.71	0.384	0.88	2.7
	Ø2.0	Sarı	0.659	18.32	0.247	0.85	1.9
	Ø2.5	Sarı	0.836	16.06	0.201	0.95	1.8
Plastik	Ø1.0	Pembe	0.305	27.58	0.457	0.59	3.7
	Ø1.2	Pembe	0.403	24.77	0.419	0.70	3.4
	Ø1.5	Pembe	0.586	21.71	0.390	0.90	2.7
	Ø2.0	Pembe	0.742	18.32	0.278	0.96	2.1
	Ø2.5	Pembe	0.942	16.06	0.226	1.07	1.9
P. çelik	Ø1.0	P. çelik	0.374	27.58	0.560	0.73	3.7
	Ø1.2	P. çelik	0.462	24.77	0.481	0.81	2.9
	Ø1.5	P. çelik	0.680	21.71	0.453	1.04	2.5
Seramik	Ø1.0	P. çelik	0.390	27.58	0.585	0.76	4.1
	Ø1.2	P. çelik	0.584	24.77	0.608	1.02	3.4
	Ø1.5	P. çelik	0.760	21.71	0.507	1.17	2.9
	Ø1.8	P. çelik	0.948	19.50	0.439	1.31	2.3

<sup>1</sup> :  $Q/\sqrt{H}$ , işletme basıncı ve meme debisi arasındaki ilişkiyi gösteren doğrunun eğimi

<sup>2</sup> :  $V_j$ , pülverizasyonun gerçekleşmesi için gerekli minimum jet hızı

<sup>3</sup> :  $C_D = Q/[A_D \cdot v_j]$

<sup>4</sup> :  $Q_{\text{min}}$ , minimum jet hızında hesaplanan meme debisi

<sup>5</sup> :  $H_{\text{min}}$ , minimum meme debisi için hesaplanan işletme basıncı

Hacimsel debi; meme tipi, orifis ölçüsü ve basınç parametrelerinin fonksiyonu durumundadır. Debi, işletme basıncıyla birlikte artmasına karşın bu artış doğrusal olmayıp işletme basıncının karekökü ile orantılı olmaktadır. Püskürtme memelerinde akış katsayısının orifis çapı ve memenin yapısal özelliklerine bağlı olduğu ve 0.150-0.650 aralığında değiştiği belirtilmiştir (Wilkinson et al., 1999). Bu çalışmada, 27 adet meme-girdap plakası kombinasyonu içerisinde akış katsayısı 0.141-0.608 aralığında belirlenmiş olup üst akış katsayısı değeri literatürle uyumlu bulunmuştur. Alt sınır değeri ise literatürde belirtilen değerden %6 oranında daha düşük çıkmıştır.

Farklı üreticilere ait içi boş konik hüzmeleli memelerde hesaplanan akış katsayısı değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Bu değerler 0.107-0.793 olmak üzere daha geniş bir aralıkta değişmiştir. Bu çizelgede aynı orifis çaplı memede farklı girdap plakaları kullanıldığında akış katsayısının eğimle birlikte arttığı görülmektedir. Aynı orifis çaplı memelerde daha büyük numaralı girdap plakası kullanıldığında ise minimum işletme basıncının da artma eğiliminde olduğu gözlenmektedir.

Çizelge 6'da her bir meme-girdap plakası kombinasyonunda hesaplanan minimum işletme basıncı değerleri, pülverizasyonun tam olarak oluşması için gerekli minimum jet hızı koşulları için hesaplanmıştır. Elde edilen bu sonuçlar, büyük orifis çaplı memelerin düşük basınçlarda pülverizasyon için yeterli jet hızı değerine ulaştığını göstermektedir.

Yaygın olarak kullanılan püskürtme memeleri arasında pülverizasyon karakteristiği yönünden bir karşılaştırma yapıldığında belirli bir basınç ve debi koşullarında konik hüzmeleli memelerin yelpaze hüzmeleli memelerden daha küçük damlalar ürettiği belirtilmektedir (Çilingir ve Dursun, 2010). Bu çalışmada kullanılan içi boş konik hüzmeleli memelerde basınç ve debi arasındaki ilişkiden yola çıkılarak hesaplanan damla çapları Şekil 1'de gösterilmiştir. Yürüttüğümüz bu çalışmada büyük orifis çaplı memelerde damla çapı değerlerinin küçük orifisli memelere göre daha büyük

olduğu saptanmıştır. Damla karakteristiklerine göre içi boş konik hüzmeleli memelerin 4-8 bar işletme basıncı aralığında ince yapılı (100-175 µm) damlalar ürettiği belirlenmiştir. Orifis çapı Ø1.0 mm ve Ø1.2 mm olan plastik memelerin 10 bar işletme basıncının üzerinde sürüklenmeye duyarlı olan çok ince yapılı (<100 µm); orifis çapı Ø1.5 mm ve Ø1.8 mm olan seramik memelerin ise 3 bar işletme basıncında orta yapılı (175-250 µm) damlalar ürettiği saptanmıştır.

Serim ve Özdemir (2012) tarafından yürütülen bir çalışmada 5 farklı firmaya ait Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.5 mm orifis çaplı içi boş konik hüzmeleli memelerin lazer ışını yöntemi ile damla çapları belirlenmiştir. Ölçümler 6 bar sabit işletme basıncında yapılmıştır. Araştırmada farklı firmalara ait aynı orifis çaplı memelerde farklı damla çapı değerleri elde edilmiştir. Damla çapları Ø1.0 mm orifis çaplı memede 115-156 µm; Ø1.2 mm orifis çaplı memede 121-153 µm ve Ø1.5 mm orifis çaplı memede 119-161 µm aralığında değişen değerlerde ölçülmüştür.

Yürüttüğümüz bu çalışmada ise paslanmaz çelik memelerde 6 bar işletme basıncı koşullarında hesaplanan damla çapı değerleri Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.5 mm orifis çaplı memelerde sırasıyla 114 µm, 124 µm ve 139 µm olarak belirlenmiştir. Aynı işletme basıncında seramik memelerde hesaplanan damla çapı değerleri Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.5 mm orifis çaplı memelerde sırasıyla 115 µm, 131 µm ve 141 µm olarak bulunmuştur. Bu sonuçlarına göre paslanmaz çelik ve seramik memeler için damla çapı değerlerinin literatür verileriyle uyumlu olduğu kanaatine varılmıştır.

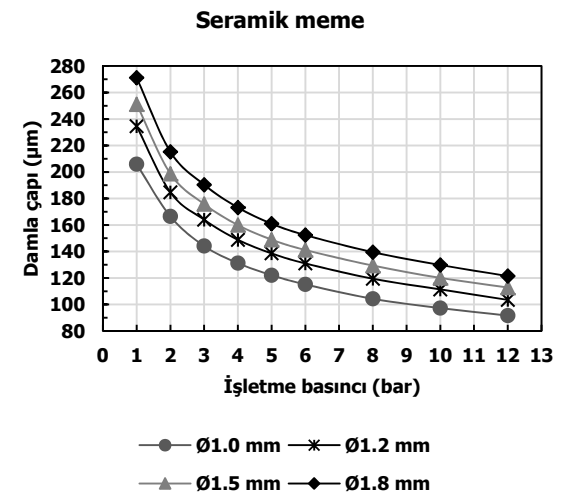
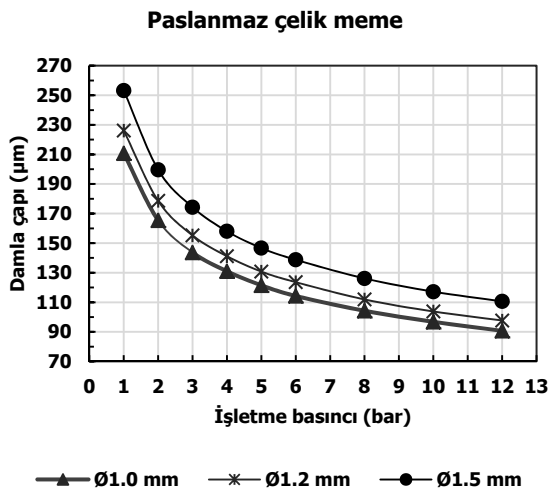
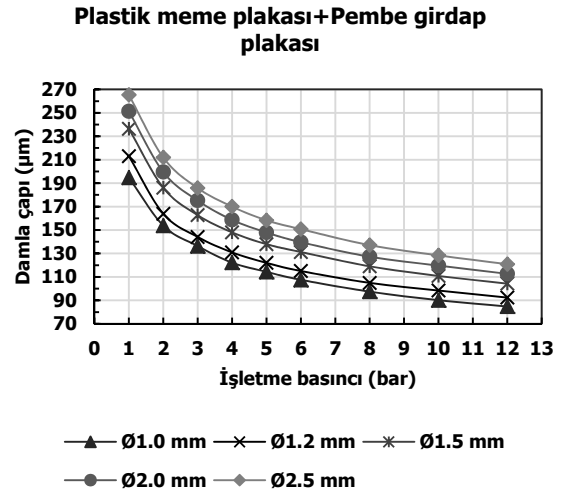
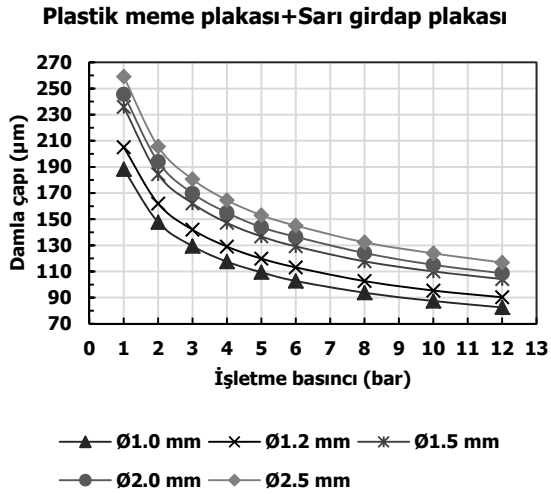
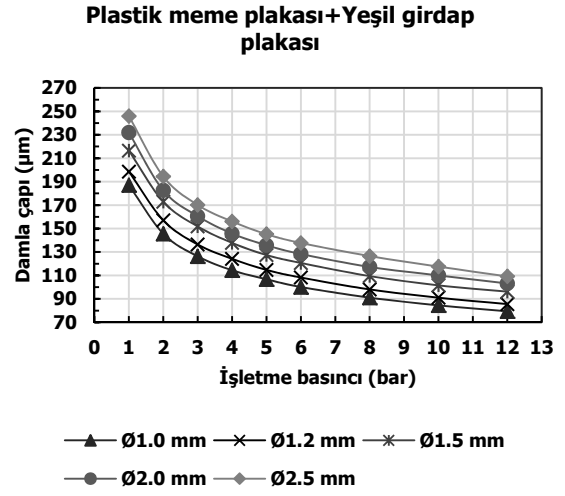
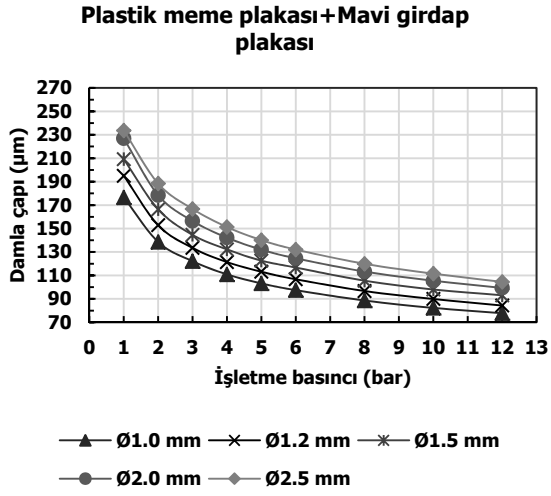
Zeren ve Moser (1987) yapmış oldukları çalışmada, orifis çapı Ø1.5 mm olan içi boş konik hüzmeleli memenin 2.5 bar işletme basıncında hacimsel orta çap değerini 143 µm olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise aynı orifis çaplı plastik memenin 2 ve 3 bar işletme basınçlarında hesaplanan damla çapı değerleri sırasıyla 166 µm ve 145 µm olup incelenen literatürdeki damla çapı değerine yakın olduğu görülmüştür.



**Çizelge 6. Farklı üreticilere ait içi boş konik hüzmeli memelerin akış katsayısı ve bazı işletme özellikleri (Albuz<sup>®</sup>, 2013; Lurmark<sup>®</sup>, 2013; Teejet<sup>®</sup>, 2013)**

Üretici	Orifis çapı (Ø, mm)	Meme+ Girdap plakası numarası	<sup>1</sup> Doğrunun eğimi $\left(\frac{Q}{\sqrt{\Delta H}}, \frac{L}{\text{min}}\right)$	<sup>2</sup> Akış katsayısı (C <sub>D</sub> )	<sup>3</sup> Min. işletme basıncı (H <sub>min</sub> , bar)
Albuz <sup>®</sup>	Ø1.0	DC2-13	0.131	0.196	1.1
		DC2-23	0.180	0.269	1.5
		DC2-25	0.314	0.472	2.7
		DC2-45	0.444	0.665	3.8
	Ø1.2	DC3-13	0.146	0.152	0.9
		DC3-23	0.229	0.239	2.2
		DC3-25	0.385	0.401	2.3
	Ø1.6	DC3-45	0.497	0.517	2.6
		DC4-13	0.183	0.107	0.2
		DC4-23	0.286	0.167	0.8
	Ø2.0	DC4-25	0.620	0.363	2.1
		DC4-45	0.807	0.473	2.3
		DC5-23	0.349	0.131	0.7
		DC5-25	0.716	0.269	1.3
	Lurmark <sup>®</sup>	Ø1.6	DC5-45	0.983	0.369
DC4-13			0.272	0.159	2.2
Ø2.0		DC4-23	0.341	0.200	2.2
		DC5-23	0.410	0.154	1.7
Ø2.4		DC5-25	0.797	0.299	1.7
		DC6-23	0.479	0.125	1.4
	DC6-25	1.005	0.262	1.4	
Teejet <sup>®</sup>	Ø1.0	DC6-45	1.323	0.344	1.4
		DC2-13	0.138	0.207	1.6
		DC2-23	0.186	0.279	1.9
		DC2-25	0.324	0.486	3.1
		DC2-45	0.439	0.659	3.6
	Ø1.2	DC2-46	0.529	0.793	2.7
		DC3-13	0.153	0.160	1.3
		DC3-23	0.229	0.238	2.2
		DC3-25	0.390	0.406	2.5
	Ø1.6	DC3-45	0.509	0.530	2.9
		DC3-46	0.710	0.740	2.9
		DC4-13	0.200	0.117	0.8
		DC4-23	0.309	0.181	1.5
	Ø2.0	DC4-25	0.609	0.357	1.9
		DC4-45	0.804	0.471	2.2
		DC4-46	1.265	0.741	2.1
		DC5-23	0.370	0.139	1.2
	Ø2.4	DC5-25	0.726	0.272	1.4
DC5-45		0.998	0.374	1.6	
DC5-46		1.781	0.668	1.8	
DC6-23		0.443	0.115	1.0	
	DC6-25	0.969	0.252	1.1	
	DC6-45	1.382	0.360	1.5	
	DC6-46	2.548	0.664	1.4	

<sup>1</sup> :  $Q/\sqrt{H}$ , işletme basıncı ve meme debisi arasındaki ilişkiyi gösteren doğrunun eğimi<sup>2</sup> :  $C_D = Q/[A_D \cdot v_j]$ <sup>3</sup> : H<sub>min</sub>, minimum işletme basıncı



şekil 1. İçi boş konik hüzmelı memelerde damla çapının işletme basıncına göre değişimi

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- Yerli yapım içi boş konik hüzmeli memeler için farklı renklerde üretilen girdap plakalarının sabit işletme basıncında aynı orifis ölçülü memelerin debisini değiştirdiği saptanmıştır. Girdap plakaları için debi değişimi küçükten büyüğe doğru mavi, yeşil, sarı ve pembe olarak sıralanmıştır.
- Piyasada mevcut haliyle kullanılan plastik içi boş konik hüzmeli memelerin akış katsayısı, seramik ve paslanmaz çelik memelere göre daha düşük bulunmuştur.
- Büyük orifis çaplı içi boş konik hüzmeli memelerde akış katsayısı, küçük çaplı memelere göre daha düşük bulunmuştur.
- İçi boş konik hüzmeli plastik memelerde akış katsayısı 0.141-0.457; paslanmaz çelik memelerde 0.453-0.560; seramik memelerde 0.439-0.608 aralığında belirlenmiştir.
- Küçük orifis çaplı içi boş konik hüzmeli memelerde pülverizasyonun tam olarak gerçekleşebilmesi için gerekli minimum işletme basıncı değerinin büyük orifis çaplı memelere göre daha büyük olması gerektiği saptanmıştır.
- İçi boş konik hüzmeli memelerde pülverizasyonun tam olarak gerçekleşebilmesi için minimum

## LİTERATÜR LİSTESİ

Albuz, 2013. Disc & Core Hollow-cone Nozzle.

<http://www.albuz-spray.com/en/busesenceramique-ceramicnozzles-boquillasdeceramica>, Erişim: Mart 2013.

ASABE Standards, 2009. Spray Nozzle Classification by Droplet Spectra. ANSI/ASAE S572.1, Mar2009.

Ballester, J., 1994. Discharge coefficient and spray angle measurements for small pressure-swirl nozzles. *Atomization and Sprays*, 4, 351-367.

Chu, C.C., S.F., Chou, H.I., Lin, Y.H., Liann, 2008. An experimental investigation of swirl atomizer sprays. *Heat and Mass Transfer* 45: 11-12.

Çilingir, İ., E., Dursun, 2010. Bitki Koruma Makinaları. Bölüm: 4, s.59-191, *Pülverizatörler*, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No: 1531, Ders Kitabı: 484, Ankara.

Fraser, R.F., 1956. Proceedings of the second international conference on plant protection. Published by Butterworth scientific publications, 88, Kingsway, London, W.C.2. In adaptation and development of low and medium pressure sprayers for spraying different crops by Sheikh, G.M., Sabir, M.S., 1984. Faculty of Agricultural Engineering & Technology. University of Agriculture, Faisalabad.

işletme basıncı değerleri Ø1.0, Ø1.2, Ø1.5, Ø1.8, Ø2.0 ve Ø2.5 mm orifis çaplı memelerde sırasıyla 3.5, 2.8, 2.5, 1.8 ve 1.4 bar olarak belirlenmiştir.

- Orifis çapı Ø1.0 mm ve Ø1.2 mm olan içi boş konik hüzmeli memelerin 10 bar işletme basıncının üzerinde sürüklenmeye duyarlı olan çok ince yapılı damlalar (<100 µm) ürettiği saptanmıştır.

- İçi boş konik hüzmeli plastik memelerin 4-8 bar işletme basıncı aralığında ince yapılı damlalar (100-175 µm) ürettiği belirlenmiştir.

- Orifis çapı Ø1.5 mm ve Ø1.8 mm olan seramik memelerin 3 bar işletme basıncında orta yapılı damlalar (175-250 µm) ürettiği saptanmıştır.

Aynı orifis çapına sahip olmasına karşın piyasadaki farklı renklerde temin edilen girdap plakaları, memelerin işletme özelliklerini değiştirmektedir. Tasarım özellikleri aynı olan yerli yapım girdap plakaları renklerine göre farklı debi sağladıklarından ayırt edici bir özelliğe sahiptir. Ancak yerli olarak üretilen girdap plakalarının mevcut haliyle standart bir ölçüsü bulunmamaktadır. Ucuz ve kolay temin edildiklerinden dolayı yaygın olarak kullanılan girdap plakaları için standart geliştirilmesi ve mevcutların yanında farklı ölçülerde üretilerek daha geniş uygulama hacmi ve damla çapı alternatifleri sunulmalıdır.

Hussein, A., M., Hafiz, H., Rahid, A., Halim, W., Wisnoe, S., Kasolang, 2012. Characteristics of hollow cone swirl spray at various nozzle orifice diameters. *Jurnal Teknologi* 58: 1-4.

Iqbal, M., M., Ahmad, M., Younis, 2005. Effect of Reynold's number on droplet size of hollow cone nozzle of environmental friendly university boom sprayer. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 42(3-4): 106-111.

Lienhard, V., 1984. Velocity coefficients for free jets from sharp-edged orifices. *Journal of Fluids Engineering*, 106: 13-17.

Lurmark, 2013. Handbook of Agricultural Spray Nozzles (HYP55760 - Nozzles Handbook).

<http://www.jdrutherford.co.uk/pdf/SprayNozzles.pdf>, Erişim: Mart 2013.

Maniarasan, P., M.T., Nicholas, 2006. Performance prediction and experimental investigation of swirl atomizer for evaporation of water at low pressure. *International Journal of Applied Engineering Research* 1(3): 353-364.

Özcan, M.T., 2006. Akışkanlar Mekaniği ve Uygulamaları. Bölüm: 4, s.70-95, *Düzenli Akımlarda Enerji Eşitliği*, Nobel Kitabevi, Adana.

## Konik Hüzmelili Memelerde Akış Katsayısı ve Bazı İşletme Özelliklerinin Belirlenmesi

- Serim, A.T., Y.G., Özdemir, 2012. Herbisit uygulamalarında kullanılan pülverizatör memelerinin damla büyüklük dağılımlarının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5(2): 172-175.
- Soğukoğlu, M., 1995. Akışkanlar Mekaniği. Bölüm: 7, s.297-312, *Sukbe Lüle ve Savaklardan Akış*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Fatih Ofset, İstanbul.
- Srivastava, A.K., C.E., Goering, R.G., Rohrbach, 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. Chap.7, pp.265-324. In: *Chemical Application*. P.D. Hansen (ed.) ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 49085.
- Teejet, 2013. Disc-Core Type Hollow Cone Spray Tips. <http://www.teejet.com/english/home/products/spray-products/specialty-nozzles/teejet--disc-core-type-cone-spray-tips.aspx>, Erişim Mart 2013.
- TS EN 13790-1. Tarım Makinaları – Pülverizatörler – Kullanımdaki Pülverizatörlerin Muayenesi – Bölüm 1: Tarla Pülverizatörleri. Nisan 2008, 12s.
- Wilkinson, R., P., Balsari, R., Oberti 1999. Pest Control Equipment. CIGR/ASAE Handbook of Agricultural Engineering, St. Joseph, Michigan, USA, 269-310.
- Yağcıoğlu, A., 1993. Bitki Koruma Makinaları. Bölüm: 3, s.26-214, *Bitki Koruma Makinaları*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 508, İzmir.
- Zeren Y., A., Bayat 1999. Tarımsal Savaş Mekanizasyonu. Bölüm: 5, s.114-277, *Pülverizatörlerin Çalışma İlkeleri ve Ana Organları*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 108, Adana.
- Zeren, Y., E., Moser, 1987. Sulandırılmış ilacın pamuğa iletilmesinde elektrostatik yükleme ve düşey hava akımının ilaç tutulmasına etkisi. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Sempozyumu, 26-29 Ekim, İzmir, 510-535.