



**PÜSKÜRTME PATERNİ TEST
ÜNİTESİNİN TASARIMI, İMALATI VE
PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE AKIŞ
KONTROLÜ**

Ruçhan ÇÖMLEK

**Yüksek Lisans Tezi
Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Doç. Dr. Bahadır SAYINCI
2017
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**PÜSKÜRTME PATERNİ TEST ÜNİTESİNİN TASARIMI,
İMALATI VE PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE AKIŞ
KONTROLÜ**

Ruĉhan ÇÖMLEK

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

**ERZURUM
2017**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ ONAY FORMU



PÜSKÜRTME PATERNİ TEST ÜNİTESİNİN TASARIMI, İMALATI VE PÜLVERİZATÖR
MEMELERİNDE AKIŞ KONTROLÜ

Doc.Dr.Bahadır SAYINCI danışmanlığında, Ruçhan ÇÖMLEK tarafından hazırlanan bu çalışma, 16/06/2017. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarım Makinaları Anabilim Dalı Tarım Makinaları Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prf.Dr.Yücel ERKMEN

İmza :

Üye : Doc.Dr.Bahadır SAYINCI

İmza :

Üye : Yrd.Doc.Dr.Bünyamin DEMİR

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 22/06/2017 tarih ve 25/54 nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PÜSKÜRTME PATERNİ TEST ÜNİTESİNİN TASARIMI, İMALATI VE PÜLVERİZATÖR MEMELERİNDE AKIŞ KONTROLÜ

Ruçhan ÇÖMLEK

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Bahadır SAYINCI

Bu çalışmanın amacı, pülverizatör memelerinin püskürtme paternini belirlemek ve akış düzgünlüğünü kontrol etmek için 60 kanallı 120×100 cm ölçülerinde 85 mm kanal yüksekliğine sahip tek noktadan püskürtmeli, püskürtme yüksekliği ayarlanabilir tipte düşük maliyetli bir paternatör prototipini tasarlamak, imal etmek ve bazı pülverizatör memelerinde püskürtme paterni değişkenlerini belirlemektir. Bu paternatör prototipinde her denemeden sonra ölçü silindirlerini boşaltmak ve testleri pratik kılmak için ölçüm tablasına bir aç-kapa mekanizması yerleştirilmiştir. Ölçüm tablası üzerindeki püskürtme paterni görüntüleri fotoğraflama yöntemiyle alınmış ve görüntüler görüntü işleme programıyla sayısallaştırılmaktadır. İmalattan sonra konik hüzmeli meme plakalarında orifis çapının (Ø1.0 mm, Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm) püskürtme paterni üzerinde etkisi incelenmiştir. Denemeler her bir orifis çapı için 40 kez tekrarlanmış ve sabit 8 bar işletme basıncında ve 55 cm püskürtme yüksekliğinde yürütülmüştür. Deneme sonucunda püskürtme paterniyle ilgili çarpıklık, basıklık, paternin varyasyon katsayısı (%CV), yan yana 25 cm, 30 cm, 35cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm meme aralıklarında hacimsel dağılım düzgünlüğü (%CV), meme hüzmeye açısı ve meme örtme genişliği değişkenleri belirlenmiştir. Çok değişkenli istatistik analiz sonuçlarına göre Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm orifis çaplı memelerde püskürtme paterninin benzer, diğerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Orifis çapı Ø1.0 mm olan memenin püskürtme paterni görsel olarak içi dolu konik hüzmeli akışa benzerken, diğerlerinin çift tepeli dağılıma sahip olduğu belirlenmiştir. Orifis çapı Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan memelerin püskürtme açısı ve örtme genişlikleri diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Orifis çapı arttıkça püskürtme paterninin çarpıklığı artmıştır. En düşük basıklık değeri Ø1.0 mm çaplı memede bulunmuştur. Hacimsel dağılım düzgünlüğü en düşük 25 cm ve 30 cm meme aralıklarında elde edilmiştir.

2017, 49 sayfa

Anahtar Kelimeler: Paternatör, püskürtme, pülverizatör, çarpıklık, varyasyon katsayısı

ABSTRACT

MS Thesis

DESIGN, MANUFACTURE OF SPRAY PATTERN TEST UNIT AND FLOW CONTROL OF SPRAYER NOZZLES

Ruan ÇÖMLEK

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bahadır SAYINCI

The aim of this study was to design and to manufacture a patternator prototype of sixty channel, 120×100 cm dimensions and 80 mm channel height, spraying from a single point, adjustable the spraying height and low-cost for determining the spray pattern of the sprayer nozzles and controlling the flow uniformity, and to determine the spray pattern variables for some spray nozzles. In this patternator prototype, a measuring platform with the on-off mechanism was designed to discharge the liquid from the measure cylinder after each trials and to accelerate the pattern test. In the test unit, the spray pattern visuals on the measure platform was taken photograph, and digitized with the image processing method. After the manufacturing, the effect on the spray pattern of disc-core type hollow cone type spray nozzles with different orifice sizes (Ø1.0 mm, Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm and Ø2.4 mm) was investigated. The trials were replicated 40 times for each orifice diameter and conducted at a constant spray pressure of 8.0 bar and a constant spraying height of 55 cm. In conclusion, the variables skewness, kurtosis, variation coefficient (CV%), volumetric distribution uniformity (CV%) for the different nozzle intervals of 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm and 50 cm, nozzle spray angle and nozzle actual coverage were determined. According to the results of the multivariate statistical analysis, the spray pattern of the Ø1.2 mm and Ø1.6 mm orifice diameters was found identical, and the other nozzles were determined to be different. While the spray pattern of the nozzle of Ø1.0 mm orifice diameter was visually similar the full cone type flow, the other nozzles had bimodal distribution. The spray angle and spray coverage length of the nozzles with the orifice diameter Ø1.0 mm, Ø1.2 mm and Ø1.6 mm were found lower than the nozzle orifice diameters of which were Ø2.0 mm and Ø2.4 mm. While the orifice diameter of the nozzle increased, the skewness of the spray pattern decreased. The lowest kurtosis data was found for the nozzle of Ø1.0 mm orifice diameter. Volumetric distribution uniformity data with the lowest CV% was obtained at the 25 cm and 30 cm nozzle intervals.

2017, 49 pages

Keywords: Patternator, spraying, sprayer, skewness, coefficient of variation

TEŞEKKÜR

Eğitimim boyunca her türlü maddi desteği sağlayan, manevi desteklerini de her zaman yanımda hissettiğim kıymetli aileme ve yüksek lisansa başladığım günden beri tecrübelerini benimle paylaşıp sürekli gelişmemi sağlayan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Bahadır SAYINCI'ya teőekkürü bir borç bilirim.

Ruçhan ÇÖMLEK

Haziran, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM	12
3.1. Materyal	12
3.1.1. Paternatör prototipinin tasarımı ve imalatı	12
3.1.2. Paternatörde akış kontrolü	12
3.1.2.1. Konik hüzmeli meme plakaları	12
3.1.2.2. Pülverizatör ve güç ünitesi	13
3.1.2.3. Paternatör	14
3.1.2.4. Debi ölçer	15
3.1.2.5. Fotoğraf makinası	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Paternatör prototipinin tasarımı ve imalatı	17
3.2.2. Paternatörde akış kontrolü	26
3.2.2.1. Meme debisinin belirlenmesi	26
3.2.2.2. Örtme genişliği ve hüzmeye açısının belirlenmesi	26
3.2.2.3. Püskürtme paterni ve düzgünlüğünün belirlenmesi	27
3.2.2.4. Yan yana dizilişte hacimsel dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi	28
3.2.2.5. Diskriminant (ayırma) analizi	28
3.2.2.6. Orifis gruplarının püskürtme paterni istatistiklerine göre karşılaştırılması	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	30
4.1. Paternatörde Yapılan Ön Çalışmalar	30
4.1. Meme Debisi	31

4.2. Örtme Genişliği ve Hüzme Açısı	32
4.3. Püskürtme Paterni ve Düzgünlüğü	33
4.4. Yan Yana Dizilişte Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü	36
4.5. Diskriminant (Ayırma) Analizi	37
4.6. Orifis Gruplarının Püskürtme Paterni İstatistiklerine Göre Karşılaştırılması	41
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	45
5.1. Paternatör imalatı	45
5.2. Meme Orifis Çapı ve Debi Arasındaki İlişki.....	45
5.3. Örtme Genişliği ve Hüzme Açısı	46
5.4. Püskürtme Paterni ve Düzgünlüğü	46
5.5. Yan Yana Dizilişte Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü	46
5.6. Diskriminant Analizi	47
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Konik hüzmeli meme plakaları, girdap plaketi ve süzgeç	13
Şekil 3.2.	(a) Tarla pülverizatörü ve (b) Güç ünitesi	14
Şekil 3.3.	Püskürtme paterni test ünitesi (paternatör)	15
Şekil 3.4.	Debi ölçer.....	16
Şekil 3.5.	Fotoğraf makinası	16
Şekil 3.6.	Paternatörün ön görünüşü ve genel ölçüleri	17
Şekil 3.7.	Paternatörün yan görünüşü ve genel ölçüleri.....	18
Şekil 3.8.	Püskürtme paterni test ekipmanının izometrik görünümü.....	19
Şekil 3.9.	Paternatörün çatı aksamının ön ve yan görünüşü	20
Şekil 3.10.	Paternatörün izometrik modeli.....	20
Şekil 3.11.	Paternatör kanal tablası.....	21
Şekil 3.12.	Paternatör kanalının tablaya montajı	22
Şekil 3.13.	Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizması.....	23
Şekil 3.14.	Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizması izometrik görünümü.....	23
Şekil 3.15.	Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizmasının çalışması.....	24
Şekil 3.16.	Püskürtme paterni test ünitesi prototipi-1	25
Şekil 3.17.	Püskürtme paterni test ünitesi prototipi-2.....	25
Şekil 4.1.	Meme orifis çapı (mm) ve debi ($lt\ dk^{-1}$) arasındaki ilişki.....	31
Şekil 4.2.	Orifis çaplarına göre püskürtme paterninin değişimi (Ortalama±Standart hata)	36
Şekil 4.3.	Orifis çaplarına göre memeler arası mesafenin hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi (%CV), (Ortalamalar, standart hata değerleriyle gösterilmiştir).....	37
Şekil 4.4.	Diskriminant skorları ve grup sentroidleri (Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2).....	41
Şekil 4.5.	Püskürtme paternine ait değişkenlerin diskriminant skorları ve grup sentroidleri (Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2)	44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1.	Pülverizatör memelerinde püskürtme yüksekliğine göre ölçülebilir maksimum püskürtme açısı değerleri.....	30
Çizelge 4.2.	Farklı orifis çaplı konik hüzmeli memelerde 8 bar işletme basıncında ölçülen debi istatistikleri (sarı renkli girdap plaketi + 50 mesh yuvarlak tip süzgeç).....	31
Çizelge 4.3.	Meme orifis çapının örtme genişliği ve hüzmeye açısına etkisi	32
Çizelge 4.4.	Farklı orifis çaplı konik hüzmeli meme plakalarında örtme genişliği ve hüzmeye açısı ortalamalarının karşılaştırılması	32
Çizelge 4.5.	Meme orifis çapının püskürtme paterninin dağılım düzgünlüğüne etkisi	33
Çizelge 4.6.	Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerlerinin karşılaştırılması	34
Çizelge 4.8.	Fonksiyonların özdeğer (eigenvalues) istatistikleri, fonksiyonların yapı matrisi ve kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları	39
Çizelge 4.9.	Diskriminant analizi tahmin modeline göre sınıflandırma sonuçları	40
Çizelge 4.10.	Fonksiyonların özdeğer (eigenvalues) istatistikleri, fonksiyonların yapı matrisi ve kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları	42
Çizelge 4.11.	Meme orifis gruplarının çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleriyle karşılaştırılması.....	43
Çizelge 4.12.	Tahmin modeline göre diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları.....	43

1. GİRİŞ

Bitki koruma uygulamalarında kimyasal mücadelenin en çok tercih edilen yöntem olması nedeniyle pestisit uygulamalarında kullanılan ilaçlama ekipmanı ve donanımları büyük önem teşkil etmektedir. Bitki koruma makinalarındaki performansın yüksek olması için teknik ve işlevsel özelliklerinin standartlara ve öngörülen değerlere uygun olması gerekmektedir. Kullanılan ilaçlama makinası, zararlı ile pestisit arasındaki bağlantıdır. Yapılacak mücadelede zararlıların kontrol altına alınmasındaki performans doğrudan ilaçlama makinasının ve kullanılan ekipmanın uygulamadaki başarısı ile ilişkilidir. Kimyasal mücadeledeki başarı; uygulamanın güvenli şekilde, belirtilen miktarda ve önerilen dozlarda atılan pestisit ile doğru orantılıdır (Tüncer ve Güler 1998).

Tarımsal mücadele kapsamında kullanılan pestisit uygulamaları, hedef alandaki verimi artırarak ürün kaybını minimize etmek için kullanılmaktadır. Girdi maliyetlerini düşürmek ve hedef dışı taşınmayı en aza indirmek için doğru uygulama yapılması gerekmektedir (Forney *et al.* 2016). Pestisit uygulamalarının doğru yapılmasına ek olarak uygulanan tarımsal ilaçların istenen hedefe taşınması ve önerilen dozda gitmesi de büyük önem taşımaktadır. Bu da kullanılacak tarımsal mücadele ekipmanlarının kalibrasyonu ve doğru tarımsal ilaç seçimi ile mümkün olmaktadır (Grisso *et al.* 1989). Püskürtme ünitelerinin uygun olmayan koşullarda çalışması veya önerilen dozda yapılmayan tarımsal mücadele bitki korumada verimi düşüren ve kimyasal kirlenmeyi artıran diğer faktörlerdir. Doğru miktarlarda ve istenilen hedefin dışına taşınan pestisitler, çevre ve toprağı etkileyerek insanlara karşı bir tehdit oluşturmaktadır (Younes and Gorchev 2000). Zararlılarla mücadelede kullanılan pestisitler, ekosistemde ve insan sağlığında potansiyel bir riske sahiptir (Sayıncı ve Bastaban 2008a).

Tarımsal mücadele kapsamında kullanılan ilaçların zararlı etkilerini en aza indirmek, püskürtme performansını artırmak, bitki koruma makinasının uygulama verimini yükseltmek ve kullanılan ekipmandaki üretici hatalarını saptamak için bazı test üniteleri geliştirmiştir. Geliştirilen bu ünitelerden birisi de tek memeden veya bum üzerine belirli

mesafelerle yerleştirilmiş nozullardan püskürtülen sıvının enine dağılım düzgünlüğünü ölçen paternatörlerdir (Richardson 1986).

Paternatörler genel olarak yatay ve dikey paternatör olarak ikiye ayrılmaktadır. Dikey paternatörler bahçe ilaçlamalarında kullanılan makinaların düşey alandaki dağılım düzgünlüğünü ölçerek ekipmanın püskürtme desenine dair bilgi verirken, yatay paternatörler tarla uygulamalarında yüzeysel ilaçlama yapan püskürtme ekipmanlarının enine dağılım düzgünlüğünü ölçmektedir.

Tarımsal püskürtücülerde aranan en önemli özelliklerden birisi, uygulaması yapılan pestisitlerin hedef yüzey üzerine homojen yayılmasını sağlayarak kültür bitkilerine zarar veren etmenleri ortadan kaldırmaktır (Sehsah and Kleisinger 2009). Püskürtülen sıvının dağılımı pülverizasyonu sağlayan ekipmanın tasarım parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Paternatörler uygulanan sıvının püskürtme yoğunluğunu ve spreyc alanındaki kaplama alanı hakkında bilgi sağlayarak püskürtme memesinin sıvı dağılımı ile ilgili kesin bir bilgi verebilmektedir. Paternatörler bir püskürtme memesi veya bir dizi püskürtme memesi tarafından sağlanan sıvı dağılımını ölçmenin en doğru ve pratik yöntemi olduğu bilinmektedir (Spraying Systems Co. USA 2016).

Püskürtme dağılımını etkileyen birçok etken bulunmaktadır. Püskürtülen sıvının hedef yüzeye ulaşmasını sağlayan memelerin orifis açıklıkları üretimden kaynaklanan bazı şekilsel hatalar nedeni ile dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır (Sayıncı 2016). Diğer dağılımı etkileyen faktörlerden birisi de aşınmış püskürtme memeleri, bakımı ve kalibrasyonu yapılmamış alet ve ekipmanlardır. Aşınan memenin orifis geometrisi bozulduğundan dağılım paterninin de bozulmasına yol açmaktadır. Meme aşınması üzerine yapılan çalışmaların çoğu debideki değişimi hesaplamak üzere yapılmış olup (Ergül ve Dursun 2003a), bozulmanın dağılım düzgünlüğü üzerindeki etkisini araştıran çalışma sayısı oldukça azdır (Ergül ve Dursun 2003b). Günümüzde de dağılım düzgünlüğü üzerine yeterince makale bulunmamaktadır. Ayrıca püskürtmede dağılım düzgünlüğünü ölçen paternatörün üretimi üzerine yapılan çalışmalar oldukça kısıtlıdır.

Tüm bu dağılımı etkileyen faktörler püskürtülen sıvının akış düzgünlüğünü bozup hedef dışı taşınma ve sürüklenmeyi oluşturarak uygulamadan beklenen yararı sağlamamaktadır. Bu nedenle dağılımı etkileyen faktörler paternatör aracılığı ile test merkezleri veya AR-GE birimlerinde önceden belirlenerek kaliteli üretim, kullanım ömrü, malzeme seçimi hususlarında temel mühendislik bilgilerine sahip olunması gerekmektedir.

Uygulanan sıvının hacimsel dağılım düzgünlüğünü ölçen yatay paternatörler, tek meme paternatörü ve çoklu meme paternatörü olarak iki farklı şekilde üretilmektedir. Tek meme paternatörleri sadece ölçümü yapılmak istenen tek bir memenin püskürtme paterni ve düzgünlüğünü verirken, çoklu meme paternatörleri kullanılan memelerin enine dağılım düzgünlüğünü vererek uygulanan sıvının hacimsel dağılımı ile ilgili bilgi vermektedir (Minov *et al.* 2014).

Laboratuvar ortamında püskürtme memesinin paternini belirleyen ve düzgünlüğünü ölçen paternatörler çeşitli görüntü işleme araçlarıyla işlenerek memelerin püskürtme paternleri ortaya çıkarılabilmektedir (Bayat ve Bozdoğan 2003).

Avrupa'da püskürtme ünitelerinde testler ve akış kontrolü 1993'te hükümet tarafından zorunlu hale getirilmiş olup 1997'de CEN/TC 144 Standartları oluşturulmuştur (SPISE 2004). Türkiye'de de tarım makinaları ve pülverizatör standartları 1997'de belirlenerek TS-EN-632 Standardı oluşturulmuştur (TSE). Tarım alet ve makinasının belirtilen standartlara uygunluğu test edilerek, bu standartlar kapsamında uygun olup olmadığı belirlenmektedir.

Püskürtme paternini ve dağılım düzgünlüğünü kontrol etmek için kullanılan paternatörler günümüzde başta Belçika, Hollanda ve Almanya olmak üzere (SPISE 2004), Avrupa ülkelerindeki firmalar tarafından üretilip, üretilen bu paternatörler oldukça yüksek fiyatlıdır. Örneğin Belçika'da üretim yapan bir firmanın üretim kataloğunda elektronik kontrollü paternatörün fiyatı 100 bin \$ dolar olarak belirtilmektedir (AAMS-SALVARANI 2016).

Araştırma kuruluşlarında ve üniversitelerde de çeşitli paternatör protiplerinin geliştirilmesine yönelik AR-GE kapsamında çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir (Ozkan and Ackerman 1992; Luck *et al.* 2016). Bu amaçlı geliştirilen paternatörler incelendiğinde tamamen otomatik ölçüm yaptığı ve firmaların ürettiği paternatörlere kıyasla daha düşük maliyetli olduğu belirtilmektedir. Örneğin Agnev *et al.* (1999) tarafından geliştirilen paternatörün 15 bin \$ maliyeti olduğu tespit edilmiştir. Ancak maliyeti düşük olsa da kullanılan elektronik devre ve hassas ekipmanlar geliştirilen paternatör maliyetini artırmaktadır. Türkiye’de firmalar tarafından üretimi bulunmayan paternatör ithal edilerek AR-GE birimlerinde ve test merkezlerinde (TAMTEST) kullanılmaktadır.

Bu gerekçelerden dolayı yürütülen bu çalışmanın amacı tek memeden püskürtmeli düşük maliyetli bir paternatör prototipini tasarlayarak imalatını gerçekleştirmek ve bazı pülverizatör memelerinde akış testleri yapmaktır. Püskürtme paterninin tespiti ve akış düzgünlüğünü kontrol etmek için 20.5 mm kanal aralığında 120×100 cm ölçülerinde, 60 kanallı bir prototipin imalatı gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerde farklı orifis çaplarına sahip pülverizatör memelerinin akış özellikleri ile ilgili verilere diskiriminant (ayırma) analizi uygulanmış ve ayırma skorlarına göre en önemli ayırt edici değişkenleri belirleyen bir model oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hastalık ve zararlıların neden olduğu ürün kayıplarının azaltılmasında tarımsal mücadele önemli bir yere sahiptir. Tarımsal mücadelede kullanılan pestisit uygulamalarında belirtilen dozun dışına çıkılması halinde insan sağlığı ve ekosistem olumsuz yönde etkilemektedir (Dursun vd 2005). Tarımsal mücadelede uygulanan ilacın %50-80'lik kısmının istenilen hedef yüzeye ulaşmayıp sürüklenme ile hedef dışına taşındığı tespit edilmiştir. Rüzgar yolu ile taşınan küçük damlacıklar bazen tarla sınırları içinde kalırken bazı zamanlarda ise tarlanın dışına çıkarak çok uzak mesafeleri etkilediği belirtilmektedir. İlaç sürüklenmesinin sağlık problemlerinin yanı sıra ilaçlama maliyetlerini de artırdığı gözlenmiştir. Bunların önüne geçmek için püskürtme ekipmanlarında yeni tip memelerin (düşük sürüklenme sağlayan memeler, pnömatik memeler, döner diskli memeler, CP memeler, çift yarık ve yanal hüzmeli memeler ve çok başlıklı memeler) kullanılması, yardımcı hava akımlı pülverizatörler, bitkinin yaprak özelliklerine göre ilaçlama yapan uygulama teknolojilerinin kullanılması gibi bazı önerilerde bulunulmuştur. Bu tip düzenlemeler yapılmadığı takdirde ilaçlama maliyetlerinin çok yüksek olduğu incelenmiştir. Yapılan bu araştırmada 103 farklı herbisit uygulayıcısı üzerinde çalışılmış ve uygulayıcıların uyguladıkları ilacın sadece %30'luk bir kısmının hedef yüzeye ulaştığı, %70'lik kısmının ise sürüklenerek taşındığı belirtilmiştir. Bu hatalı uygulamanın maliyeti ise senelik 4,26 milyon \$ olarak gösterilmiştir (Grisso *et al.* 1988).

Tarımsal mücadelede hedef dışı taşınmayı önlemek ve ilaçlamadaki etkinliği artırmak üzerine yapılan Tüncer ve Güler (1998)'ki çalışmada bu başarıyı sağlamak için ilaçlama zamanının uygunluğu, ilaçlama yapacak makinanın seçimi (maksimum ilaçlama etkinliği sağlayacak, en düşük seviyede çevre kirliliği oluşturacak, işçilik ve uygulama giderlerini azaltacak makine seçimi) ve ilaçlama yapacak makinanın doğru kullanımı gibi konulara değinilmektedir. Püskürtülen sıvının damla büyüklüklerinin çeşitli yöntemlerle (damlaları bir yüzeyde toplamak, dondurulmuş damlalar, elektriksel yöntemler, optik yöntemler ve lazer ışını yardımıyla damlaları saptamak) hesaplanıp elde edilen sonuçlarda %10, %50 ve %90 kümülatif volüme uygun çap değerleri

gösterilerek 20 büyüklükte damla sayılarının verilmesi gibi sürüklenmenin önüne geçilebilecek bu yöntemler incelenmiştir. Ayrıca Sayıncı ve Bastaban (2008a)'nın çalışmasında tarımsal ilaçlamada kullanılan kimyasal ilaçların olumsuz etkilerini en aza indirmek için kimyasal ilacın yerine geçecek doğal yollarla üretilen biyoperapatların ilaçlama üniteleri ile hedef yüzeye uygulandığını belirtmektedir. İlaç yerine kullanılacak bu biyoperatların hedef yüzeye uygulanmasında kullanılacak ekipmanın ve ortamın bazı özellikler taşınması (ilaçlama sonucu üretilen damla boyutu, ortamın nemi ve sıcaklığı, kullanılacak ekipmanın tasarımı ve rüzgâr hızı) gerektiğini belirterek organik içerikli preparatların etkinliğinde uygulama ekipmanlarının öneminden bahsetmişlerdir.

Tarımsal ilaçlamada kullanılan püskürtücülerin önemli özelliğın ilacın hedef yüzeye taşınması olduğunu belirten Sehsah and Kleisinger (2009)'un çalışmasına bakıldığında tarımsal ilaçların hedef dışı taşınmasına neden olarak rüzgar hızı, bom yüksekliğı ve püskürtme basıncı gösterilmektedir. Bu araştırmasında çapraz rüzgarın ilaç taşınmasındaki etkisini araştırarak, rüzgar hızının püskürtme modeli üzerindeki etkilerini incelemektedir. Rüzgar hızını üretmek için 2.2 kW'lık elektrik motorlu aksel fan ve püskürtme desenini incelemek içinde farklı tipte (IDKN120-04, AD110-03, TT11003 Turbo Jet ve ATR 208 (Albus)) püskürtme memeleri kullanmıştır. Çalışmada 3 farklı basınç (3, 4 ve 5 bar)'tan püskürtülen sıvı rüzgâr tünelinin sonunda 3 metre genişliğindeki 150 toplama silindirine biriktirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde IDKN120-04 numaralı memenin diğerlerine oranla daha az rüzgârdan etkilendiğı gözlemlenmiştir. Ayrıca bom yüksekliğinin meme dağılım düzgünlüğü üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğı tespit edilmiştir. Yine tarımsal uygulamada kullanılan ilacın uygulanmasında rüzgârdan kaynaklanan sürüklenmesi üzerine (Bayat ve Bozdoğan 2003)'nın yaptığı çalışmada düşük hacimli damlaların büyük hacimli damlalara oranla daha fazla sürüklenmeye maruz kaldığını tespit etmektedir. Yapılan araştırmada sürüklenmenin azaltıldığı fakat tamamen ortadan kaldırılmasının mümkün olmadığı görülmektedir. Sürüklenmenin azaltılması için hava koşullarının uygun olduğı zamanlarda ilaçlama yapılması, püskürtücülerden uygulanan sıvının içerisindeki küçük damlaların oranının azaltılması ve küçük hacimli damlaların hedefe ulaşmalarını sağlayacak çeşitli mekanik yöntemlerden yararlanmasının

gerektiğinden bahsetmektedir. Son yıllarda üreticilerin bu konuda hassa davranarak düşük sürüklenmeli meme ürettiğini belirtmektedir. Örnek olarak Spraying System adındaki bir ticari kuruluş ürettikleri DG (Drift Guard), AI (Air Induction) tip memeler ile sürüklenen sıvı hacmini %12'ye kadar düşürdüğünü belirtmektedir.

İlacın sürüklenmesine etki eden rüzgâr hızı, meme tipi vb. unsurların etkisini en aza indirmek için hedefe uygulanan sıvının istenilen hedefe ulaşması, uygulanan yüzeye tutunması ve dağılım düzgünlüğü gibi özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. (Sayıncı ve Bastaban 2008b)'de bu özellikler çeşitli yöntemlerle belirlenmiştir. Tarımsal ilaçların hedef yüzey üzerindeki etkinliğinin araştırıldığı bu çalışmada kalitatif yöntemlerle damla yoğunluğu belirlenerek, damlaların yüzey kaplama oranları yüzde olarak hesaplanmaktadır. Suyu duyarlı kartlarla yürütülen çalışmada hedefe temas eden damlalar yüzeyde bir kaplama oranı oluşturarak leke bırakmaktadır. Çeşitli görüntü işleme araçları kullanılarak damlaların oluşturduğu yüzey kaplama oranları belirlenmektedir. Damla çapı ölçümünün iyi bir yöntemi olan suya duyarlı kartlardan damla çapının hızlı bir şekilde ölçüldüğü fakat püskürtme sırasında ortamın sıcaklığından dolayı buharlaşan küçük çaplı damlaların tespit edilemediği belirtilmektedir. Sonuçların daha kesin olması için analizin dış ortamdan izole laboratuvarlarda gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmektedirler.

İlaçlama etkinliğini artırmak ve hedef yüzeye iletim oranını yükseltmek için memelerin orifis geometrisinin düzgünlüğü kontrol edilmelidir. Orifis geometrisinin bozuk olması uygulanan dozun değişmesine, damla çapının büyümesine ve püskürtülen sıvının dağılım düzgünlüğünün bozulmasına yol açmaktadırlar. Pülverizasyonda kullanılan memeler düşük maliyetli olmasına rağmen ilaçlamada etkinliğinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu memeler fazla kullanım, kalitesiz malzeme ve uygulanan ilaçların kimyasal yapısı nedeni ile aşınmaktadırlar. Meme aşınması üzerine yapılan çalışmalarda yelpaze hüzmeli memelerdeki aşınmanın hüzmeye açısını ve ilaç dağılım paternini artırdığı saptanırken, konik hüzmeli memelerdeki aşınmanın ise açığı ve ilacın dağılım paterni genişliğini düşürdüğü belirtilmektedir. İlaçlama sezonlarında kullanılan memelerin, kullanım öncesi ve sonrası dağılım paternleri ölçülerek %CV değerleri

karşılaştırıldığında kullanım öncesi memelerin %CV'lerinin düşük çıktığı ortaya konulmuştur (Ergül ve Dursun 2003b). Orifis geometrisindeki bozukluklar paternatör üzerine püskürtülen tarımsal ilacın hacimsel dağılım düzgünlüğündeki bozukluklar ile anlaşılabilir gibi Sayıncı (2016)'da bahsedilen eliptik fourier analizi yapılarak da tespit edilebilmektedir. Orifis geometrisi tespit edilecek memenin orifis geometrisi fotoğraflanarak bazı görüntü işleme araçlarıyla işlenerek bir matematiksel model ortaya çıkarılmaktadır. Görüntü işleme sonucu elde edilen veriler temel bileşenler analizine tabi tutularak bileşen skorları oluşturulmakta ve saçılım grafiklerinde görselleştirilerek sonuçlar tartışılmaktadır.

Orifis çapının aşınmasından başka memelerde püskürtülen sıvıya dönme hareketi kazandırarak belirli bir açıda püskürtme yapılmasını sağlayan girdap plakalarının da sıvı dağılım düzgünlüklerini ve debiyi değiştirdikleri hususunda çalışmalar yapan (Sayıncı vd 2013)'de birçok farklı meme ve girdap plakası kombinasyonlarının uygulama hacminde ve damla büyüklüğünde farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca kullanılan farklı tip memeler (plastik, paslanmaz çelik ve seramik) ve farklı girdap plakalarının (paslanmaz çelik ve plastik) hacimsel dağılım düzgünlüğü ölçülerek %CV'leri karşılaştırılmaktadır. Çalışmada 27 farklı girdap-meme kombinasyonu oluşturulurken her bir meme 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ve 12 bar işletme basınçta debi ölçümüne tabi tutulmuştur. Farklı renkte üretilen plastik girdap plakaları farklı işletme özellikleri göstererek memenin karakteristiğini değiştirmiştir. Farklı girdap plakalarının kullanıldığı tek memeden ölçülen debi ortalamalarının da farklılık gösterdiği saptanmıştır. Aynı renk girdap plakaları arasındaki karakteristik farkların ise girdap deliği boyutlarının farklılık göstermesinden dolayı olduğu anlaşılmaktadır. Memeler hacimsel dağılım yönünden incelendiğinde aynı işletme koşullarında konik huzmeli memelerin yelpaze huzmeli memelere göre daha küçük çaplı damlalar ürettiği tespit edilmiştir. Orifis çapı küçük olan memelerde dağılım düzgünlüğünün tam anlamıyla gerçekleşebilmesi için gereken işletme basıncının büyük orifis çaplı memelere oranla daha büyük olduğu saptanmıştır. Uygulanan sıvının debisini etkileyen diğer faktörlerden birinin de süzgeç olduğu bildirilmiştir (Sayıncı and Kara 2015). Yapılan çalışmada 4 farklı süzgeç (yarıklı süzgeç, çek valfli silindirik süzgeç, yuvarlak ve

silindirik) ve süzgeç kullanılmadan memelerin bazı işletme karakteristikleri belirlenmektedir. Kullanılan memeler süzgeçli ve süzgeçsiz olarak değişik kombinasyonlarla 5 farklı basınçta (1.5, 3.0, 4.0, 6.0 ve 8.0 bar) teste tabi tutulmuştur. Oluşturulan meme, süzgeç ve basınç kombinasyonları ile debi arasındaki ilişki üssel regresyon eşitliği (P) olarak verilmiştir. Meme debisi ile basınç arasındaki ilişki ise üssel denklemin eğimi olarak (k) bir katsayı belirlenmektedir. Sonuçlar değerlendirildiğinde çek valfli silindirik süzgecin akış katsayısı diğer süzgeçlere ve süzgeçsiz kullanıma oranla daha düşük bulunmuştur. Aynı işletme basıncında püskürtülen meme ve süzgeç kombinasyonları birbirinden farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca çek valfli süzgeçlerin memelerde $\pm\%10$ 'luk olan nominal debiden sapma oranı limitini aştığı belirtilmektedir.

Tarımsal uygulamalarda kullanılan ilacın hacimsel dağılım düzgünlüğünü veren tek meme paternatörlerinden alınan veriler işlenerek memelerin düzgünlük katsayısı %CV olarak belirlenmektedir. Belirlenen bu %CV değerleri karşılaştırılarak memelerin işletme parametreleri hakkında bilgi sahibi olunduğunu belirten (Richardson 1986)'nin yürüttüğü çalışmada tek meme paternatöründe yapılan ardışık 7 farklı memeye ait dağılım düzgünlüğü katsayılarının %3 ile %9 arasında farklılık gösterdiği saptanmaktadır. Teste tabi tutulan aliminyum memelerin pirinç memelere oranla %C.V oranlarının daha iyi olduğu ortaya çıkarılmaktadır. Gelişmiş bir görüntü işleme tekniği kullanılarak yapılan araştırmada Minov *et al.* (2014)'deki çalışmasında değişik işletme özelliklerine sahip 5 farklı hidrolik memenin (Albuz ATR turuncu ve kırmızı, TeeJet XR 110 01, XR 110 04 ve Al 110 04) püskürtme paternini 3 mm aralıklı ve %5 eğimi olan bir paternatör kullanarak belirlemektedir. Kullanılan 5 farklı memenin püskürtme yüksekliği 15cm, 30cm ve 50 cm olarak ayarlanarak belirlenen 4bar, 6bar ve 8 bar basınçta püskürtme gerçekleştirilmiştir. Püskürtülen sıvı kanallar aracılığıyla sıvı toplama silindirlerinde toplanmaktadır. Sıvı toplama silindirlerinden birisinin hacmi %90 olacak şekilde dolduğunda püskürtme sonlandırılmıştır. Püskürtme genişliği belirlenirken en son dolan tüplerin merkezi arasındaki mesafeler ölçülmektedir. Püskürtme şeklinin tam olarak saptanamamasından dolayı genişlik belirlenirken ($\pm 2,5$ cm) hata payı belirlenmektedir. Ölçümler 5 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler sonuçları püskürtme paterni genişlik olarak incelendiğinde en geniş püskürtme paterninin 50 cm de gerçekleştiği, en dar püskürtme genişliği ise 15 cm'lik bum yüksekliğinden elde edilmiştir. Analizler sonucunda bum yüksekliğinin memelerin püskürtme paternini önemli derecede etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca yerçekiminin etkisiyle püskürtme şeklinin parabolik olduğu gözlemlenmektedir. Püskürtme açısının ise genellikle püskürtme yüksekliğinin artmasıyla azaldığı belirtilmektedir. Bu ölçümlere ek olarak 5 farklı nozul ayrıca 5 cm, 10 cm, 15 cm ve 20 cm den sabit basınçta püskürtülmüştür. Uygulama sonunda sonuçlar değerlendirildiğinde en geniş püskürtme paterni genişliği 15 cm bum yüksekliğinde 65 cm olarak standart yelpaze hüzmeli memeden elde edilmiştir. Aynı ölçüm gelişmiş görüntü işleme metoduyla yapıldığında bu genişlik 63,8 cm olarak saptanmaktadır.

Ozkan and Ackerman (1992) tarımsal mücadele uygulamalarında kullanılan memelerin uygulama hacmini ve püskürtme paternini belirlemek amacıyla tek memeli bir paternatör prototipinin imalatını gerçekleştirmiştir. Tek memeden uygulanan sprej %5 eğimli ve 35 mm genişliğindeki toplama kanalları ile kademeli silindirlere biriktirilmektedir. 48 cm bum yüksekliğine sahip olan paternatörde toplama kanallarının bulunduğu tablanın boyutu 250×150 cm olarak belirtilmektedir. İlk olarak toplama silindirinde biriken sıvının fotoğraflaması manuel olarak yapılarak veriler bilgisayarda görüntü işleme metotlarıyla işlenmektedir. Daha sonra insan kaynaklı hatalardan kaçınmak ve daha kesin sonuçlara ulaşmak için toplama kanallarının altına elektronik tartı silindirleri yerleştirilmiştir. Toplama kanallarından elektronik silindirlere akan sıvı elektronik olarak okunarak bilgisayara aktarıldığı bilinmektedir. Daha sonra veriler işlenerek uygulanan sıvının dağılım düzgünlüğü ile ilgili ve bilgilere ulaşılmaktadır. Yalnız araştırmada kullanılan elektronik düzeneklerle beraber paternatörün imalat masrafının 100 bin \$ doları aştığı belirtilmektedir.

Günümüzde getirilen bazı paternatör imalat standartları ile paternatörlerin ölçüm sınırları belirlenmiştir. Bu standartlara uygun olarak günümüzde de bazı üniversiteler paternatör prototipi imalatına devam etmektedir. Bazı firmalar ise kendi bünyelerinde

paternatör üreterek AR-GE birimlerine veya araştırma kuruluşlarına pazarlamaktadırlar (AAMS Belçika 2016; Spraying Systems Co. USA 2016).

Avrupa'da püskürtücüler için test standartları (SPISE)'de paternatörlerin standartları belirtilmiş olup Türkiye'de ise bu standartlar Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenmektedir.



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Paternatör prototipinin tasarımı ve imalatı

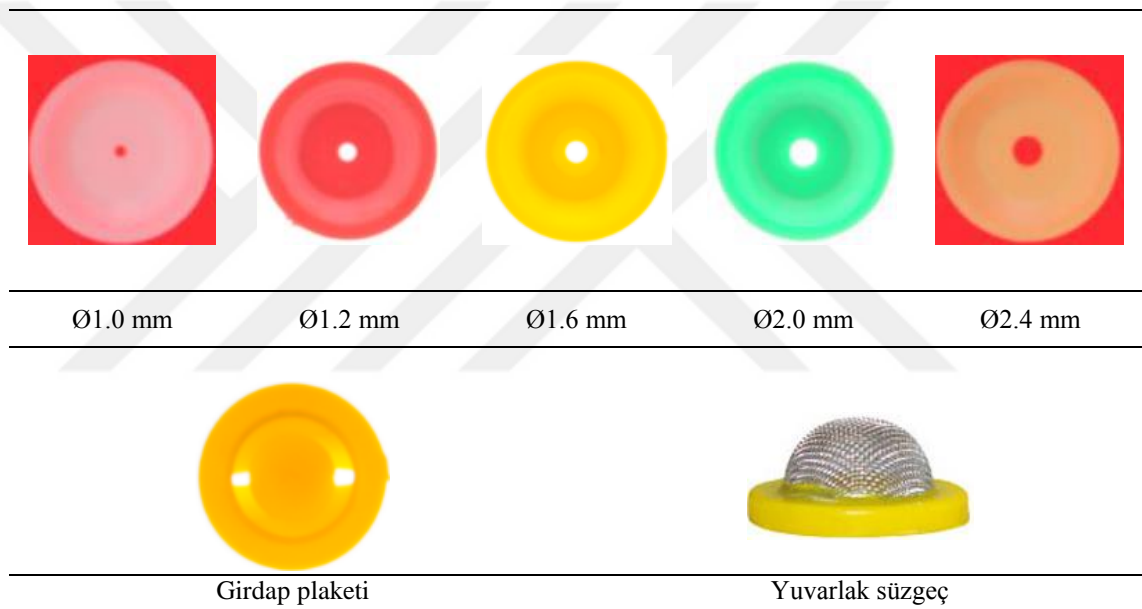
Püskürtme paterni test ünitesinin tasarımı AutoCAD programında yapılmıştır. Tasarımda katı modelleme ile montajı gerçekleştirilmiş ve her birinin yapım resimleri hazırlanmıştır. Modellemede standart boru, profil ve köşebentler kullanılmış olup prototipin en düşük maliyetle imalatı sağlanmıştır. Prototipin ana iskeletini oluşturmak için 80×40 mm ve 40×40 mm kutu profiller, 40×40×3 mm ve 30×30×2 mm ölçülerinde L köşebentler kullanılmıştır. Ana iskeletin tabanına 4 adet Ø125 mm çapında endüstriyel teker bağlanarak yer değiştirebilir özellikte tasarlanmıştır. Paternatör kanal tablası 20×40 mm ölçülerinde dikdörtgen profilden imal edilmiş, kanallar için 0.5 mm kalınlığında paslanmaz çelik sac kullanılmıştır. Her bir kanalın önünde perde görevi görebilmesi için polipropilen (PP) malzemeden üretilmiş boru kesitleri kullanılmıştır. Sıvı iletim hattında kullanılan silindirik borular delrin malzemeden imal edilmiştir. Akışkanın tahliye hattında kullanılan borular pirinç malzemeden üretilmiştir. Ölçü tüpleri için 25 ml hacminde polistren malzemeden üretilmiş pipetler kullanılmıştır. Sıvı iletim hattı ile tahliye hattı birbirine iç çapı Ø6.0 mm olan kauçuk hortumlarla bağlanmıştır. Ölçü tüpleri için 40×40 mm ve 25×25 mm kutu profiller ve 25×25×2 mm ölçülerinde L köşebentler kullanılmıştır. Paternatörün tüm aksamında kaynaklı ya da civatalı birleştirme yapılmıştır.

3.1.2. Paternatörde akış kontrolü

3.1.2.1. Konik hüzmeli meme plakaları

Püskürtme paterni ve akış düzgünlüğünü kontrol etmek için orifis çapları Ø1.0 mm, Ø1.2 mm, Ø1.6 mm, Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan poliasetal (POM) malzemeden üretilmiş konik hüzmeli meme plakaları kullanılmıştır (Şekil 3.1). Denemeler her bir

çap grubundan şansa bağlı seçilen 40 adet meme plakasıyla yürütülmüştür. Meme plakalarının her birinde aynı girdap plaketi (POM, 2 girdap açıklığı, sarı renkli) ve aynı tip süzgeç (50 mesh, Cr-Ni, yuvarlak tip) kullanılmış ve test boyunca değiştirilmemiştir. Böylece girdap plaketi ve süzgeç kullanımının gerek debiye gerekse püskürtme karakteristiklerine olan etkisi elemine edilmiş ve mevcut donanımların varyasyona olan etkisi giderilmiştir. İncelenen parametreleri etkileyebilecek koşulların standardize edilmesi, hem düzgün akış vermeyen meme plakasını belirlemeyi, hem de meme plakalarında akışı bozan etmeni tespit etme açısından da önem kazanmıştır.



Şekil 3.1. Konik hüzmeli meme plakaları, girdap plaketi ve süzgeç

3.1.2.2. Pülverizatör ve güç ünitesi

Paternatörde yürütülen denemelerde püskürtme hattı 200 litre depo (polietilen, PE) kapasiteli konvansiyonel bir tarla pülverizatöründen (TP 200 Piton, Taral®, İstanbul, TR) sağlanmıştır (Şekil 3.2). Pülverizatörün standart donanımında 6 metre iş genişliğine sahip püskürtme kolu (bum) üzerinde 50 cm aralıklarla 12 adet tek çıkışlı membranlı tip meme gövdesi bulunmaktadır. Basınç regülatörü (maksimum 40 bar, 90 lt dk⁻¹, RG-7 Model) kademesiz olarak ayarlanabilir özelliktedir. İşletme basıncı 0-25 bar göstergeli gliserin dolgulu bir manometreden (Pakkens® Model, TR) kontrol edilmektedir.

Pülverizatörün pompası piston-membranlı tip (TAR30, 2 pistonlu, %67 verim, Taral®, TR) olup 39.2 bar (40 kg cm^{-2}) anma basıncında 40 lt dk^{-1} anma debisine ulaşmaktadır.



(a)

(b)

Şekil 3.2. (a) Tarla pülverizatörü ve (b) Güç ünitesi

Deneme süresince pülverizatör pompası, anma gücü 2.2 kW (1405 dk^{-1}) olan bir elektrik motoruyla (AGM 100L 4a type, Gamak, TR) sürülmüştür. Motor devri bir kayış-kasnak tertibatıyla 1/2.8 oranında düşürülmüştür. Pompa milinin devri optik bir takometreyle (Testo 465, KGaA) 500 dk^{-1} olarak ölçülmüştür.

3.1.2.3. Paternatör

Pülverizatörün pompa çıkışı 15 metrelik bir hidrolik hortumla paternatörün (60 kanallı, 125 cm genişlik, 100 cm uzunluk, 20.5 mm kanallar arası mesafe) akış hattına bağlanmıştır. Pülverizatör memesi paternatörün akış hattı üzerindeki üç çıkışlı membranlı tip meme gövdesine (Arag SRL 40642W7 Model, IT) monte edilmiştir. Püskürtme basıncı, memeye çok yakın bir noktada monte edilen maksimum 10 bar göstergeli gliserin dolgulu bir manometreden (Pakkens® MG050GRS1 Model, TR) kontrol edilmiştir. Akış kontrolü diyaframlı tip bir selenoid valf (SMS-TORK S1020

tip, TR) ile sağlanmıştır (şekil 3.3).



şekil 3.3. Püskürtme paterni test ünitesi (paternatör)

3.1.2.4. Debi ölçer

Pülverizatör memelerinin debisi, dijital göstergeli bir debi ölçerle (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti: $\pm 2.5\%$; ölçüm aralığı: $0.08-3.79 \text{ lt dk}^{-1}$) belirlenmiştir (şekil 3.4).



Şekil 3.4. Debi ölçer

3.1.2.5. Fotoğraf makinası

Paternatörde yürütülen denemelerde pülverizatör memelerinin püskürtme paterni görüntüleri fotoğraf makinasıyla (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) alınmıştır (Şekil 3.5)

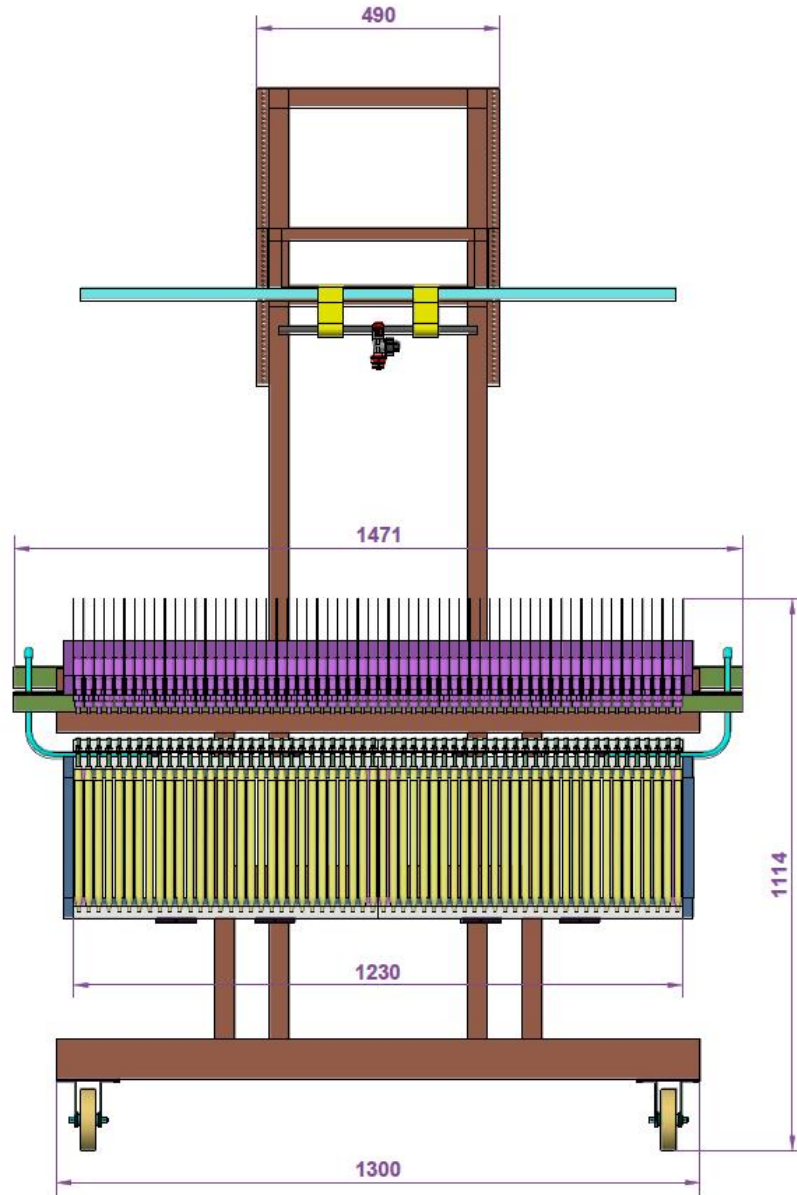


Şekil 3.5. Fotoğraf makinası

3.2. Yöntem

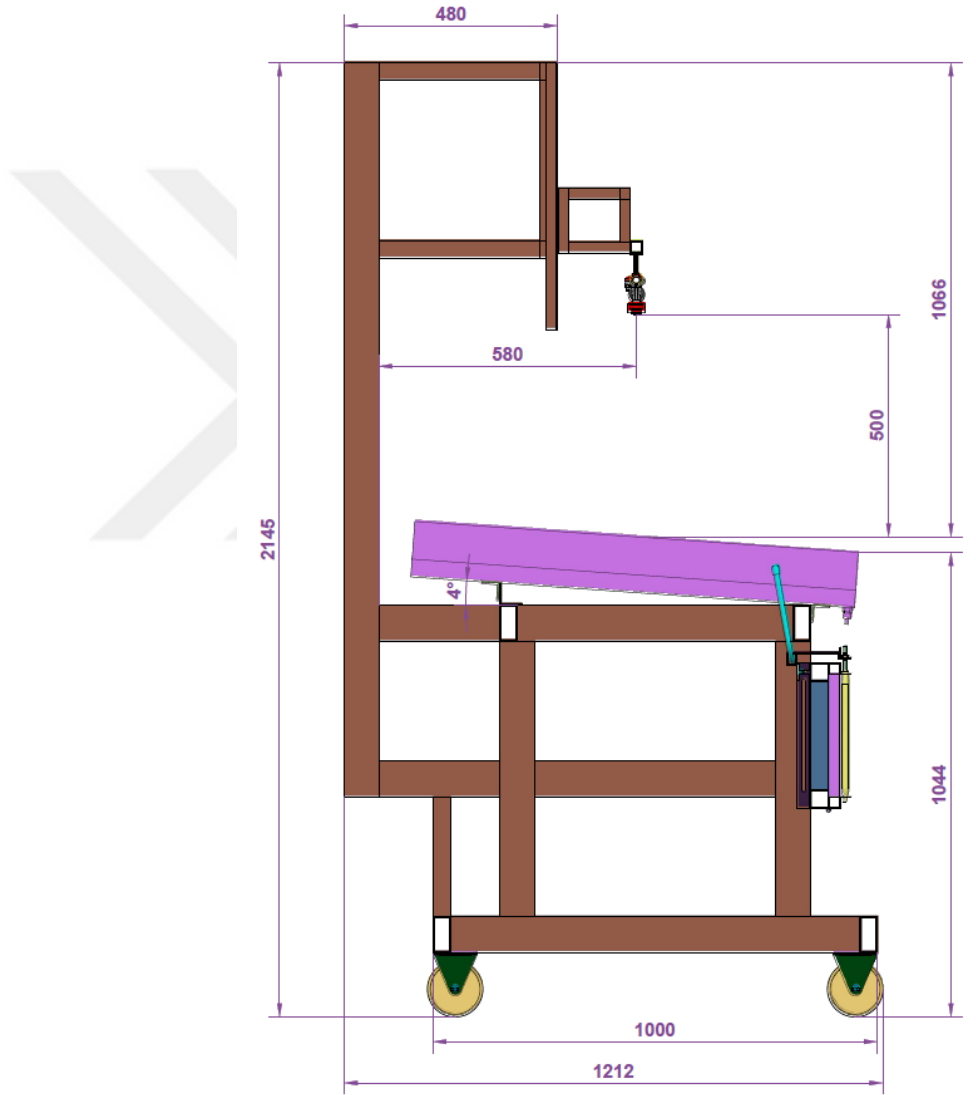
3.2.1. Paternatör prototipinin tasarımı ve imalatı

Püskürtme pateni test ekipmanı olarak adlandırılan paternatör prototipi tek memeden püskürtme yapacak şekilde püskürtme yüksekliği ayarlanabilir tipte tasarlanmıştır (Şekil 3.6. ve Şekil 3.7).



Şekil 3.6. Paternatörün ön görünüşü ve genel ölçüleri

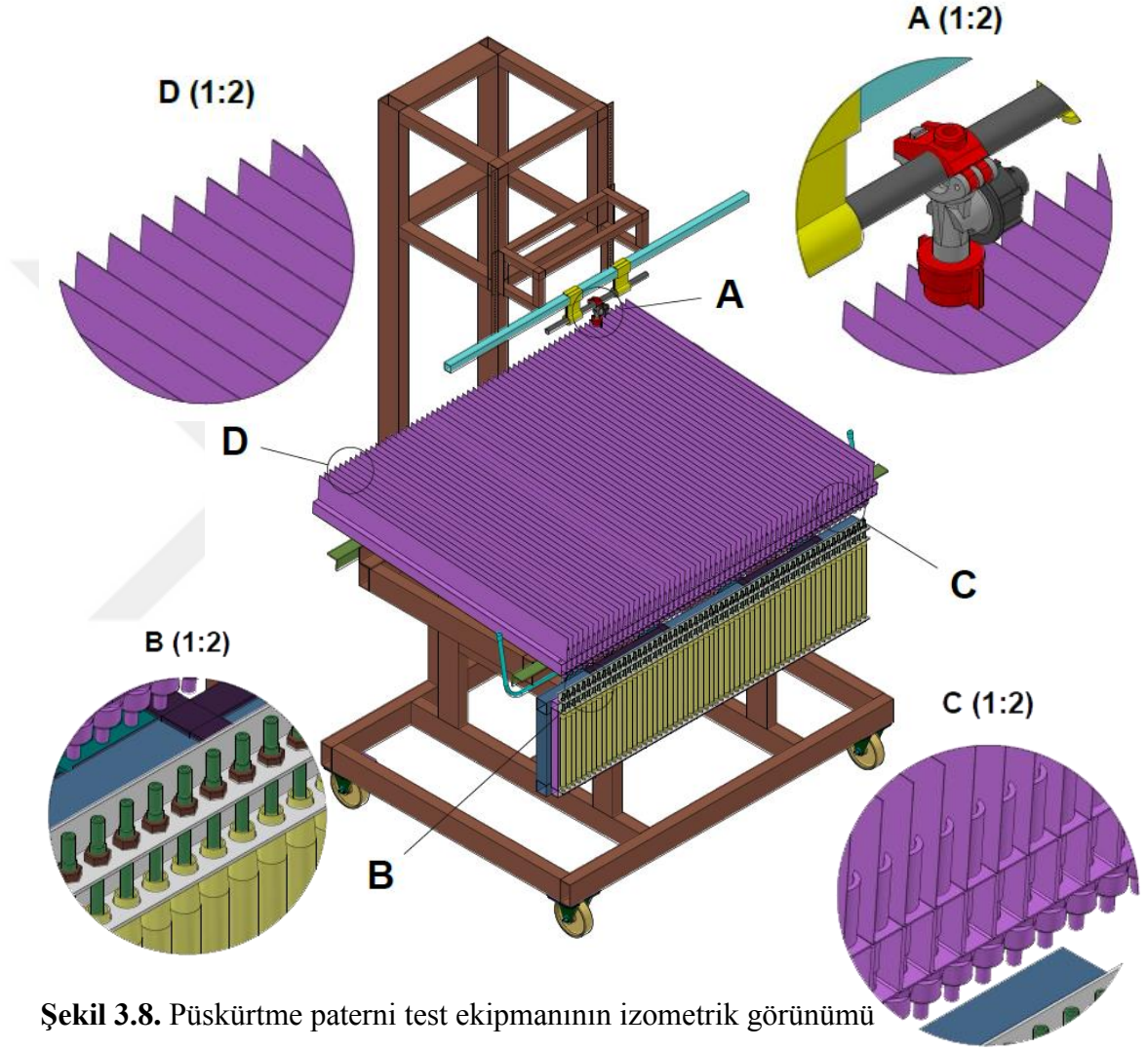
Test ekipmanı, yeri değiştirilebilir özellikte planlandığından paternatör ölçü tüpleri standı, paternatör kanal tablası, püskürtme yüksekliği ayar çatısı, paternatörün ana iskeletine monte edilmiş ve tüm aksamın dört adet endüstriyel teker üzerinde hareket etmesi sağlanmıştır. Katı modeli oluşturulan paternatörün en büyük genişlik, yükseklik ve derinlik ölçüleri sırasıyla 147×215×121 cm olarak belirlenmiştir (şekil 3.6. ve şekil 3.7)



şekil 3.7. Paternatörün yan görünüşü ve genel ölçüleri

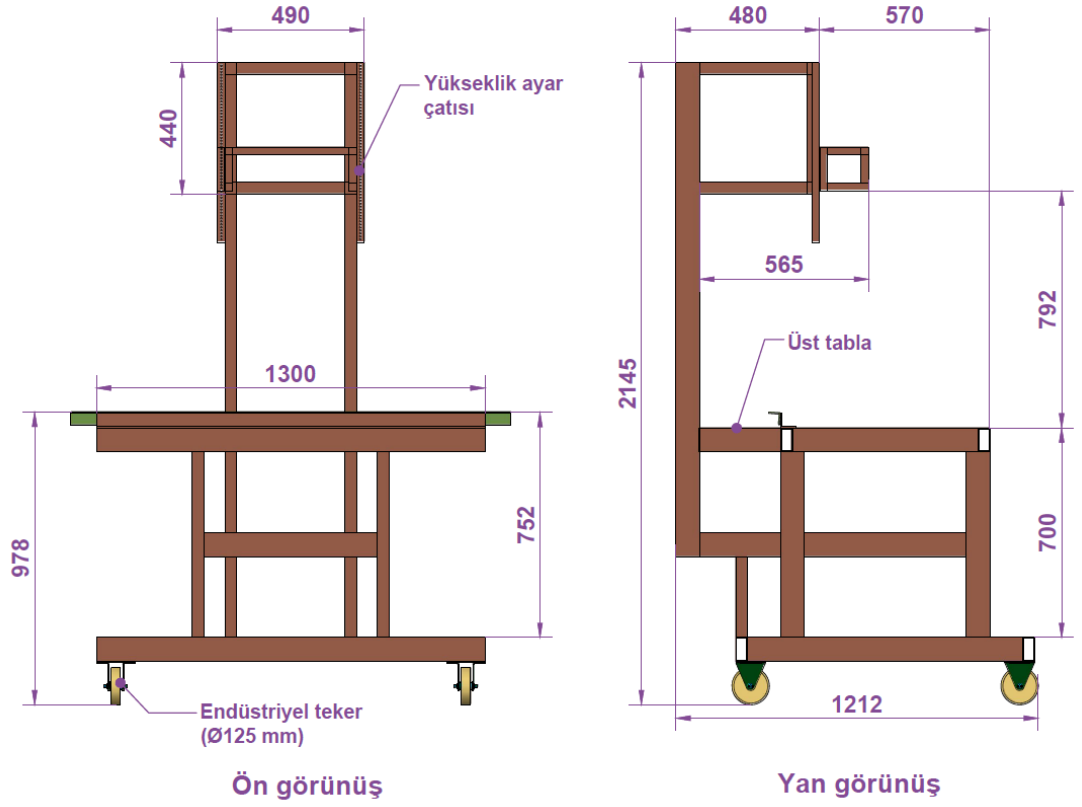
Püskürtme paterni test ekipmanının montajı yapılmış halde izometrik görünümü şekil 3.8'de gösterilmiştir. Paternatörde bir adet membranlı tip meme gövdesi kullanılmıştır (Görünüm A). Paternatörün kanallarına giren sıvı (Görünüm D), eğimli duran tabladan

sıvı iletim borularına (Görünüm C) ulaşmaktadır. Akışkan, kauçuk hortumlar vasıtasıyla tahliye borularına (Görünüm B) ulaşarak ölçü tüplerine akmakta ve enine düzlemde püskürtme paterninin oluşması sağlanmaktadır.

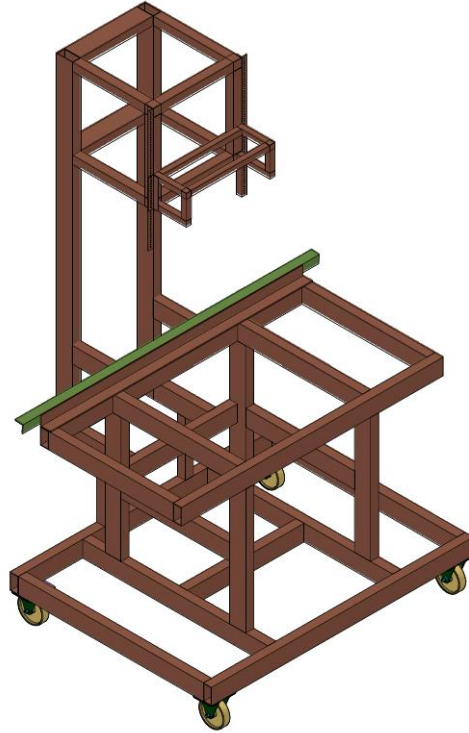


Şekil 3.8. Püskürtme paterni test ekipmanının izometrik görünümü

Paternatörün ana iskeleti tüm aksamıyla birlikte yeri değiştirilebilir özellikle tasarlanmıştır (Şekil 3.8). Bu amaçla yürüyen aksamda dört adet Ø125 mm çapında endüstriyel teker kullanılmıştır. Paternatör tablasının eğimli konumlandırılabilmesi için üst çatı aksamında lama ve köşebentler kullanılmıştır. Püskürtme hattının ve pülverizatör memesinin yerleştirilmesi ve yüksekliğin ayarlanabilmesi için ana iskeletin arkasına yüksek çatı yerleştirilmiştir (Şekil 3.9).

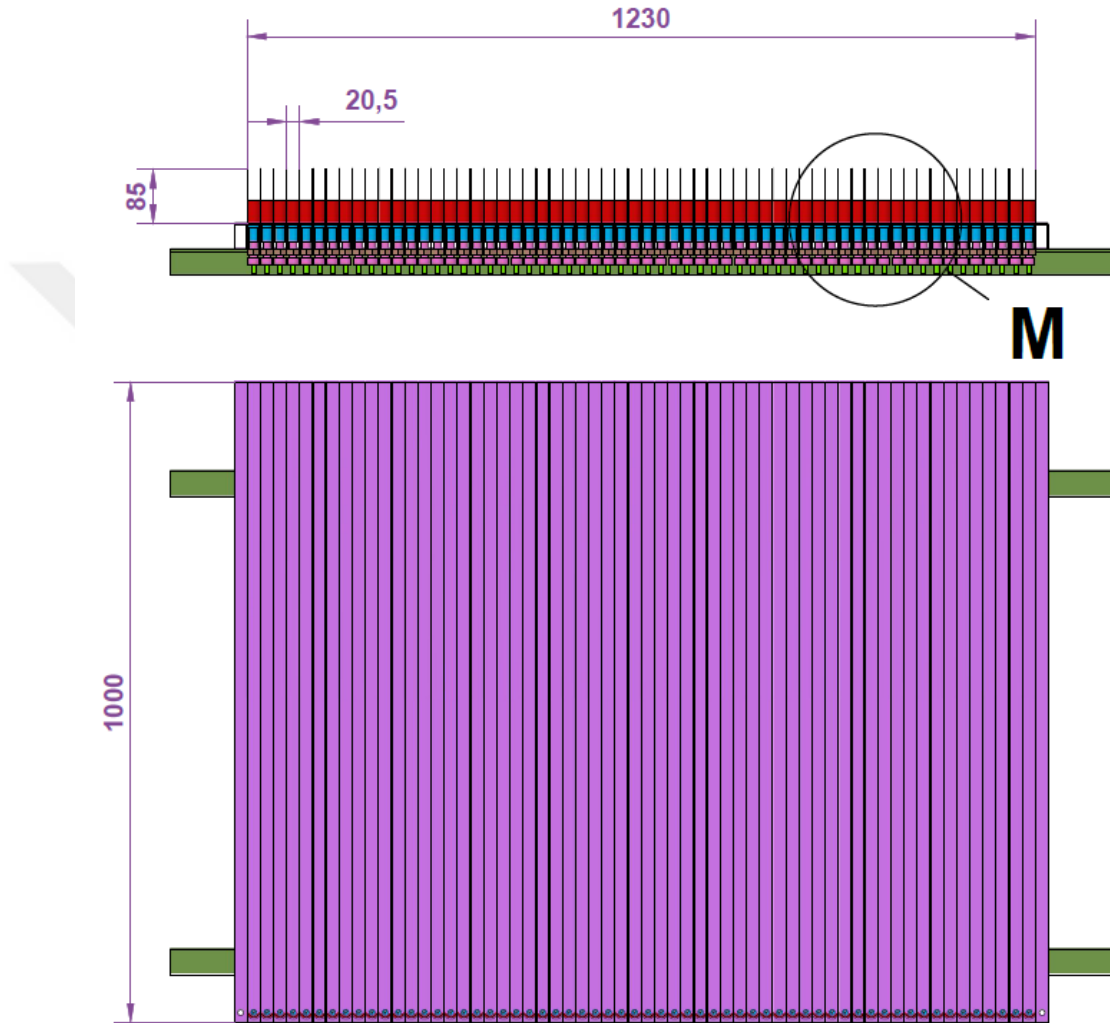


Şekil 3.9. Paternatörün çatı aksamının ön ve yan görünüşü



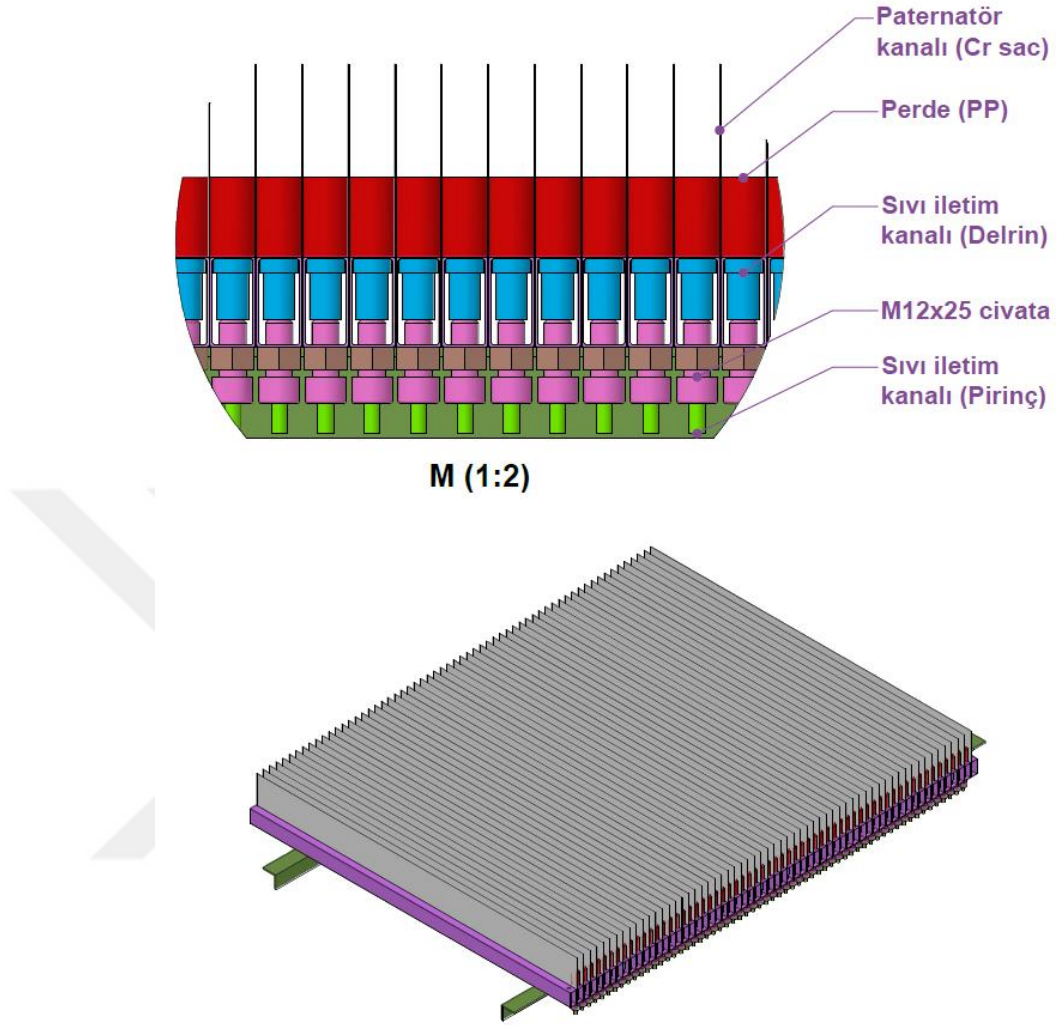
Şekil 3.10. Paternatörün izometrik modeli

Püskürtme paterni test ünitesinin paternatör tablası 123×100 cm ölçülerinde tasarlanmıştır. 60 kanallı imal edilen paternatörde kanallar arası mesafe 20.5 mm ve kanal yüksekliği 85 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.11).



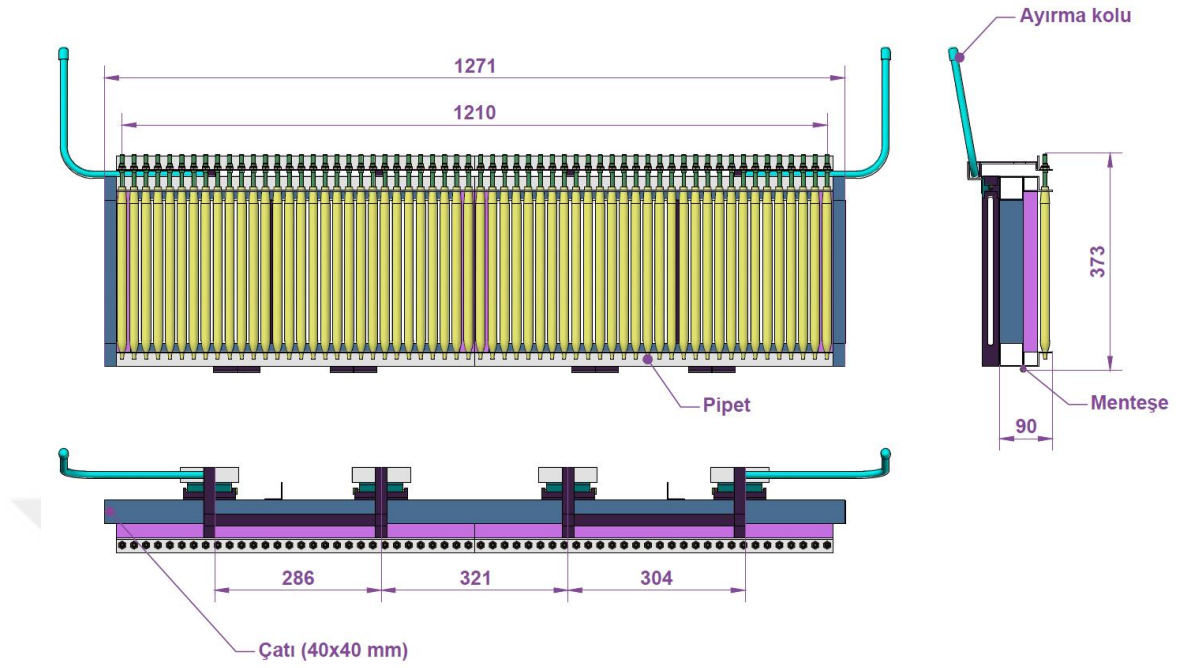
Şekil 3.11. Paternatör kanal tablası

Akışkan, eğimli paternatör tablasından iletim kanalına ulaşırken perdenin önünde birikmektedir (Şekil 3.12). Kanalın sonundaki orifisten sıvı iletim kanalına ulaşan akışkanın tahliye borusu aracılığıyla ölçü tüplerine iletilmesi sağlanmıştır. İletim hattı boyunca sızdırmazlığı sağlamak amacıyla kauçuk ve sıvı conta kullanılmıştır. Sıvı iletim ve tahliye hattını orifise bağlamak için alyen başlı M12 civata kullanılmıştır. Bu amaçla civatanın ortasına Ø9 mm çapında delik açılmıştır.

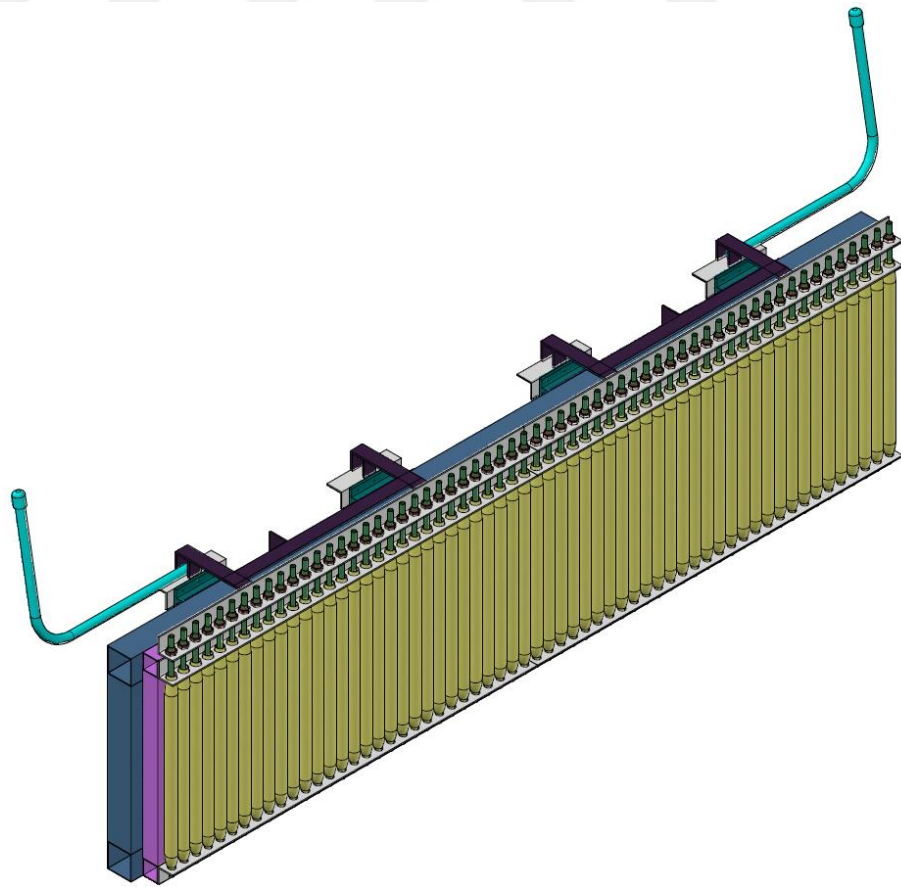


Şekil 3.12. Paternatör kanalının tablaya montajı

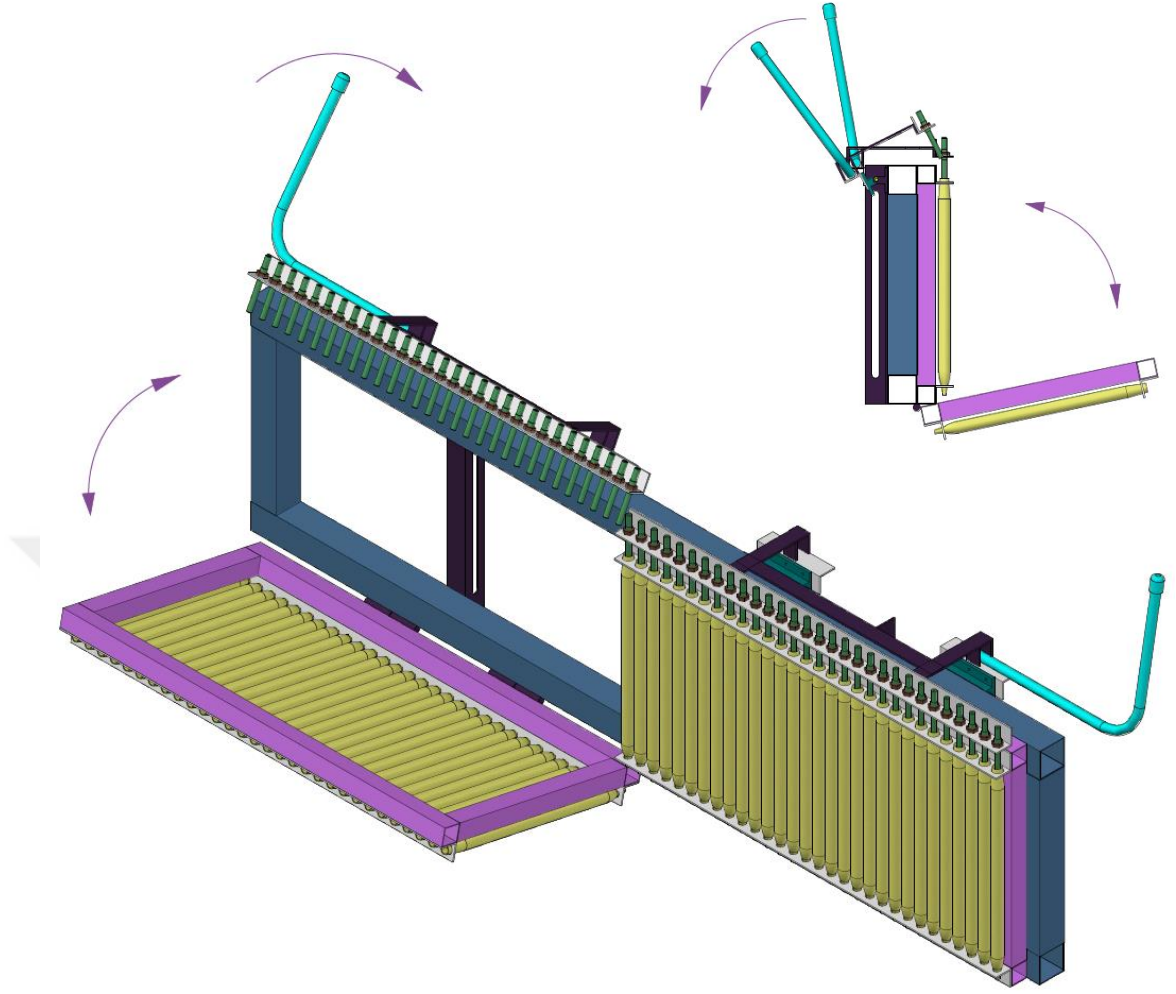
Paternatörde tekrarlı denemelerin yürütüldüğü çalışmalarda ölçümlerin pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için ölçü tüplerinin yer aldığı tabladan sıvının dışarıya kolayca tahliye edilebileceği bir aç-kapa mekanizması tasarlanmıştır. Bu mekanizmanın genel ölçüleri **Şekil 3.13**'de ve izometrik görünümü **Şekil 3.14**'de gösterilmiştir. Ölçü tüplerinin yerleştirildiği profil çatısı, ikinci bir çatı üzerinde menteşeli olacak şekilde monte edilmiştir. İş konumunda iken ölçü tüplerinin içinde kalan sıvı tahliye boruları, açma kolu vasıtasıyla geriye çekilerek ölçü tüpleriyle irtibatının kesilmesi sağlanmaktadır. Böylelikle ikinci çatı **Şekil 3.15**'de gösterildiği gibi ok yönünde hareket ettirilerek ölçüm sonunda tüplerde biriken sıvının dışarı tahliye edilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 3.13. Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizması



Şekil 3.14. Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizması izometrik görünümü



Şekil 3.15. Ölçü tüpleri aç-kapa mekanizmasının çalışması

Katı modeli oluşturulan püskürtme pateni test ünitesinin yapım resimleri oluşturularak malzeme gereksinimi belirlenmiş ve prototip imalat aşamasına geçilmiştir. İmalatı yapılan test ekipmanının görünüşleri **Şekil 3.16** ve **Şekil 3.17**'de gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Püskürtme paterni test ünitesi prototipi-1



Şekil 3.17. Püskürtme paterni test ünitesi prototipi-2

3.2.2. Paternatörde akış kontrolü

3.2.2.1. Meme debisinin belirlenmesi

Farklı orifis ölçülerine sahip her bir gruptan şansa bağlı 40 adet meme plaketi seçilmiş ve sabit 8 bar işletme basıncında her birinin debisi (lt dk^{-1}) ölçülmüştür. Debi ölçümleri dijital göstergeli bir debi ölçerle (Sprayer Calibrator, SpotOn®, Model: SC-1, IL, ölçüm hassasiyeti: $\pm\%2.5$; ölçüm aralığı: 0.08-3.79 lt dk^{-1}) yapılmış ve her bir meme plaketine 3 kez ölçümler yapılmıştır. Debi ortalamaları, standart sapma ve %95 güven aralıklarıyla birlikte verilmiş, orifis çapı ve debi arasındaki ilişki grafik halinde gösterilmiştir.

3.2.2.2. Örtme genişliği ve hüzmeye açısının belirlenmesi

Örtme genişliği ve hüzmeye açısı ölçümleri tek memeden püskürtmeli paternatör (60 kanallı, 125 cm genişlik, 100 cm uzunluk, 20.5 mm kanallar arası mesafe) kullanılarak belirlenmiş ve tüm uygulamalar 55 cm yükseklikten yapılmıştır. Her farklı orifis çaplı meme grubundan şansa bağlı seçilen 40 örnek üzerinden denemeler yürütülmüştür. Her bir meme plakası sabit 8 bar işletme basıncında çalıştırılmış ve püskürtülen sıvının paternatör kanallarından ölçü silindirine akarak püskürtme paterni oluşturması sağlanmıştır.

Örtme genişliği (b , cm), paternatörde iki kanal arası mesafe (m_k) ile püskürtme paterninin elde edildiği tüp sayısı (n_k , adet) çarpılarak belirlenmiştir (Eşitlik 3.1). Sabit işletme basıncı ve püskürtme yüksekliği (h , cm) koşullarında meme hüzmeye açısı (α°) Eşitlik (3.2) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$b = m_k \cdot n_k \quad (3.1)$$

$$\alpha^{\circ} = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{b}{2 \cdot h} \right) \quad (3.2)$$

Örtme genişliği ve buna olarak hesaplanan hüzmeye açısı değerleri tek yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan ortalamalar arasındaki fark %95 önem düzeyinde Tukey HSD testiyle karşılaştırılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS 20.0 paket programında yapılmıştır.

3.2.2.3. Püskürtme paterni ve düzgünlüğünün belirlenmesi

Tek memeden püskürtmeli paternatörde her uygulama sonunda ölçüm tablasında oluşan püskürtme paterni görüntüleri 2.5 m mesafeye yerleştirilen bir fotoğraf makinasıyla (Panasonic Lumix DMC-FZ50, JP) *.jpeg formatında çekilmiş ve konularına göre sınıflandırılmıştır. Püskürtme paterni görüntüleri üzerinden her bir kanaldan ölçü silindirine akan sıvının yüksekliği bir görüntü işleme programı (ImageJ, 1.38x, USA) aracılığıyla “y” koordinatında piksel olarak belirlenmiş ve dağılımın paterni elde edilmiştir. Püskürtme paterninin düzgünlüğü varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık olmak üzere üç farklı istatistiksel parametreyle incelenmiştir.

Püskürtme paterninin varyasyon katsayısını (%CV) hesaplamak için Eşitlik (3.3) kullanılmıştır.

$$\%CV = \frac{SS}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (3.3)$$

%CV : yüzde varyasyon katsayısı

SS : standart sapma

\bar{X} : ortalama

Her bir meme plakasına ait püskürtme paterninin normal dağılıma uygunluğunu kontrol etmek için çarpıklık ve basıklık değerleri belirlenmiştir. Dağılımın normal dağılımdan sapması çarpıklık değeriyle, normal dağılımdaki diklik derecesi basıklık değeriyle kontrol edilmiştir. Püskürtme paternine ait dataların çarpıklık ve basıklık değerleri MS Excel’de hesaplanmıştır.

Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerleri tek yönlü varyans analizine tabi tutularak önemli bulunan ortalamalar arasındaki fark %95 önem düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testiyle belirlenmiştir. İstatistik analizler SPSS 20.0 paket programında yapılmıştır.

3.2.2.4. Yan yana dizilişte hacimsel dağılım düzgünlüğünün belirlenmesi

Konik hüzmeli memelerin 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm aralıklarla yerleştirilmesinde bindirme (örtme) ile gerçekleşen hacimsel dağılımın düzgünlüğü, Eşitlik 3.3’de verilen %CV formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Yan yana dizilişte bindirme ile oluşan enine dağılım datalarını elde etmek için MS Excel programında bir modül oluşturulmuştur. Bu modülde tek memenin oluşturduğu paterne ilave olarak üç adet sağ ve üç adet sol tarafta kalan memenin birdirmeye olan etkisi dikkate alınmıştır.

3.2.2.5. Diskriminant (ayırma) analizi

Diskriminant analizinin amacı, meme orifis gruplarını ayırmada etkili olan değişkenleri belirlemek ve her bir meme orifisinin grup üyeliğini tahmin eden bir model oluşturmaktır. Beş farklı orifis çapına sahip konik hüzmeli meme plakalarının püskürtme paterni ve akış özellikleriyle ilgili 12 bağımsız değişken incelenmiştir. Bunlar sırasıyla debi, örtme genişliği, hüzmeye açısı, paternin %CV değeri, çarpıklık değeri, kurtosis değeri ve 25 cm - 30 cm – 35 cm – 40 cm – 45 cm ve 50 cm meme aralıklarında bindirmeye oluşan hacimsel dağılımın %CV değeridir. Meme gruplarını ayırmada etkili olan değişkenleri belirlemek için adımsal ayırma (stepwise) metodu kullanılmıştır. İstatistik analizler SPSS 20.0 paket programıyla yapılmıştır.

3.2.2.6. Orifis gruplarının püskürtme paterni istatistiklerine göre karşılaştırılması

Yeni gözlemler için kullanılan tahmin modelinde tasnif grubu, püskürtme paternine ait değişkenlerden daha çok debi değişkenine göre yapılmaktadır. Debi değişkeni önemli bir ayırt edici özelliğe sahip olmasına rağmen uygulamada aynı debi koşullarında tasnif söz konusu olduğunda püskürtme paternine ait değişkenlerin kullanılması gerekmektedir. Bu gerekçeyle debi değişkeni hariç, diğer bağımsız değişkenler diskriminant analize tabi tutulmuştur. Amaç, ayırt edici fonksiyonları oluşturan korelasyon katsayısı yüksek püskürtme paterni değişkenlerini belirlemek ve bu değişkenleri kullanılarak çok değişkenli istatistik yöntemle (MANOVA) meme gruplarını karşılaştırmaktır. İstatistiksel değerlendirmelerden önce tüm değişkenler uç değer analize tabi tutulmuş ve tespit edilen datalar çıkarılmıştır. Analizler PAST v.3.15 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Paternatörde Yapılan Ön Çalışmalar

Püskürtme paterni test ünitesinde pek çok kez ön deneme niteliğinde çalışmalar yürütülmüştür. Yapılan denemelerde öncelikli olarak sızdırmazlık kontrolleri büyük bir titizlikle yapılmış olup özellikle paternatör tablasının altında, ölçü tüpleri standında ve bağlantı noktalarında gerek kauçuk malzemeden gerekse sıvı conta kullanılarak gerekli önlemler alınmıştır.

Püskürtme paterni test ünitesi prototipinin kanal tablası 120×100 cm ölçülerinde imal edildiğinden farklı püskürtme yükseklikleri için ölçülebilir maksimum meme püskürtme açısı değerleri, konik ve yelpaze hüzmeli memeler için ayrı ayrı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Konik hüzmeli memeler koni biçiminde dağılım gösterdiğinden maksimum tabla genişliği 100 cm, yelpaze hüzmeli memelerde püskürtme deseninden dolayı 120 cm olarak alınmıştır.

Çizelge 4.1. Pülverizatör memelerinde püskürtme yüksekliğine göre ölçülebilir maksimum püskürtme açısı değerleri

Püskürtme yüksekliği	¹ KHM için ölçülebilir mak. püskürtme açısı	² YHM için ölçülebilir mak. püskürtme açısı
30 cm	118°	127°
40 cm	103°	113°
50 cm	90°	100°
60 cm	80°	90°
70 cm	71°	81°
80 cm	64°	74°
90 cm	58°	67°

¹: KHM, konik hüzmeli meme; ²: YHM, yelpaze hüzmeli meme

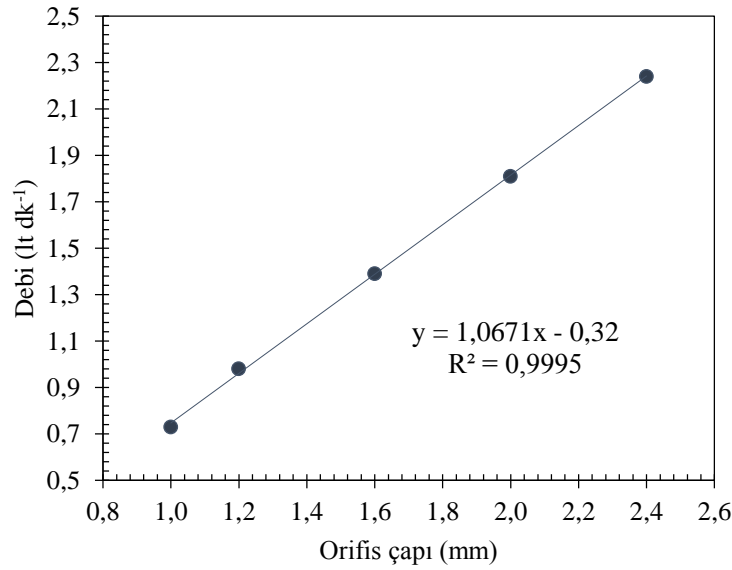
Püskürtme yüksekliği (h) ve maksimum püskürtme açısı (α) değişkenleri arasındaki ilişki; konik hüzmeli memelerde $h = 255.46 \cdot e^{-0.018 \cdot \alpha}$ ($R^2 = 0.9997$), yelpaze hüzmeli memelerde $h = 306.02 \cdot e^{-0.018 \cdot \alpha}$ ($R^2 = 0.9993$) eşitliğiyle ifade edilmiştir.

4.1. Meme Debisi

Konik hüzmeli meme plakalarında sabit işletme basıncında (8 bar) ölçülen debi ortalamaları ve istatistikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Orifis çapı Ø1.0- Ø2.4 mm aralığında değişen konik hüzmeli meme plakalarında 8 bar işletme basıncında ölçülen debi ortalamaları 0.73-2.24 lt dk⁻¹ aralığında değişmiştir. Orifis çapı (d , mm) ve debi (q , lt dk⁻¹) arasında yüksek R^2 ’li (0.9995) doğrusal ilişki [$q = 1.0671 \cdot d - 0.32$] eşitliği ile açıklanmıştır (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. Farklı orifis çaplı konik hüzmeli memelerde 8 bar işletme basıncında ölçülen debi istatistikleri (sarı renkli girdap plaketi + 50 mesh yuvarlak tip süzgeç)

Orifis çapı (mm)	Debi±SS (lt dk ⁻¹)	%95 Güven aralığı
Ø1.0	0.73±0.02	0.72-0.73
Ø1.2	0.98±0.04	0.97-1.00
Ø1.6	1.39±0.05	1.37-1.41
Ø2.0	1.81±0.06	1.79-1.83
Ø2.4	2.24±0.08	2.21-2.27



Şekil 4.1. Meme orifis çapı (mm) ve debi (lt dk⁻¹) arasındaki ilişki

4.2. Örtme Genişliği ve Hüzme Açısı

Konik hüzmeli meme plakalarında orifis çapının örtme genişliği ve hüzme açısına etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Meme orifis çapının örtme genişliği ve hüzme açısına etkisi

Varyasyon Kaynakları	Bağımlı Değişkenler	SD	KO	F	p (sigma)
Orifis çapı	Örtme genişliği (cm)	4	2101.9	63.3	0.000**
	Hüzme açısı (°)	4	881.3	61.3	0.000**
Hata	Örtme genişliği (cm)	195	33.2		
	Hüzme açısı (°)	195	14.4		
Toplam	Örtme genişliği (cm)	199			
	Hüzme açısı (°)	199			

** : çok önemli (p<0.01)

Konik hüzmeli meme plakalarında sabit işletme basıncında (8 bar) belirlenen örtme genişliği ve hüzme açısı ortalamaları Çizelge 4.4'de karşılaştırılmıştır. Orifis çapı Ø1.0, Ø1.2 ve Ø1.6 mm olan meme plakalarında örtme genişliği 70.6-72.7 cm; hüzme açısı 78.1°-81.2° aralığında değişmiş ve ortalamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. En büyük örtme genişliği ve hüzme açısı değerleri Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm orifis çaplı meme plakalarında saptanmış ve ortalamalar diğer küçük orifis çaplı memelere (Ø1.0, Ø1.2 ve Ø1.6 mm) göre önemli düzeyde farklı bulunmuştur. Orifis çapı Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan memelerde örtme genişliği 79.5-80.8 cm ve hüzme açısı 91.7°-93.8° aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı orifis çaplı konik hüzmeli meme plakalarında örtme genişliği ve hüzme açısı ortalamalarının karşılaştırılması

Orifis çapı (mm)	Örtme genişliği (b, cm)	Hüzme açısı (α°)
Ø1.0	72.7±4.7 a*	81.2±7.0 a
Ø1.2	70.6±3.6 a	78.1±5.1 a
Ø1.6	71.9±3.9 a	79.9±5.7 a
Ø2.0	79.5±3.4 b	91.7±5.4 b
Ø2.4	80.8±3.3 b	93.8±5.5 b

*: Tukey HSD çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda farklı harfle (a-b) gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır.

4.3. Püskürtme Paterni ve Düzgünlüğü

Çizelge 4.5'te verilen varyans analizi sonuçlarına göre meme orifis çapının püskürtme paterninin varyasyon katsayısını, çarpıklığını ve basıklığını çok önemli düzeyde ($p<0.01$) değiştirdiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Meme orifis çapının püskürtme paterninin dağılım düzgünlüğüne etkisi

Varyasyon kaynakları	Bağımlı değişkenler	SD	KO	F	p (sigma)
Orifis çapı	Var. Katsayısı (CV)	4	248.1	6.278	0.000**
	Çarpıklık	4	0.483	7.550	0.000**
	Basıklık	4	2.064	6.335	0.000**
Hata	Var. Katsayısı (CV)	195	39.50		
	Çarpıklık	195	0.064		
	Basıklık	195	0.326		
Toplam	Var. Katsayısı (CV)	199			
	Çarpıklık	199			
	Basıklık	199			

** : çok önemli ($p<0.01$)

Çizelge 4.6'da karşılaştırılan ortalamalarda meme orifis çapındaki artış varyasyon katsayısını artırırken çarpıklığın azalmasına neden olmuştur. Sıfıra en yakın basıklık ortalaması Ø1.0 mm çaplı meme orifisinde saptanmış, diğer orifis çapları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Püskürtme paterninin çarpıklık değerinin sıfır olması dağılımın istatistiksel olarak normal olduğunu göstermektedir. Çarpıklık değerinin negatif olması paternin sağa çarpık, pozitif olması ise sola çarpık olduğuna işaret etmektedir (Kalaycı 2006; Karagöz 2016). Buna göre tüm meme plakalarında püskürtme paterninin sola çarpık olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Ancak meme orifis çapı arttıkça çarpıklık derecesinin azalarak normal dağılıma yaklaştığı ve en büyük orifis çaplı memede (Ø2.4 mm) çarpıklık derecesinin diğerlerinden önemli düzeyde düşük olduğu saptanmıştır. Tüm meme plakaları içerisinde en büyük çarpıklık değeri Ø1.0 mm orifis çaplı memede belirlenmiştir.

Püskürtme paterninin basıklık değeri, dağılımın sivriliği ya da basıklığı hakkında bilgi vermekte olup normal dağılımda bu değer sıfır olması beklenmektedir. Basıklık değeri

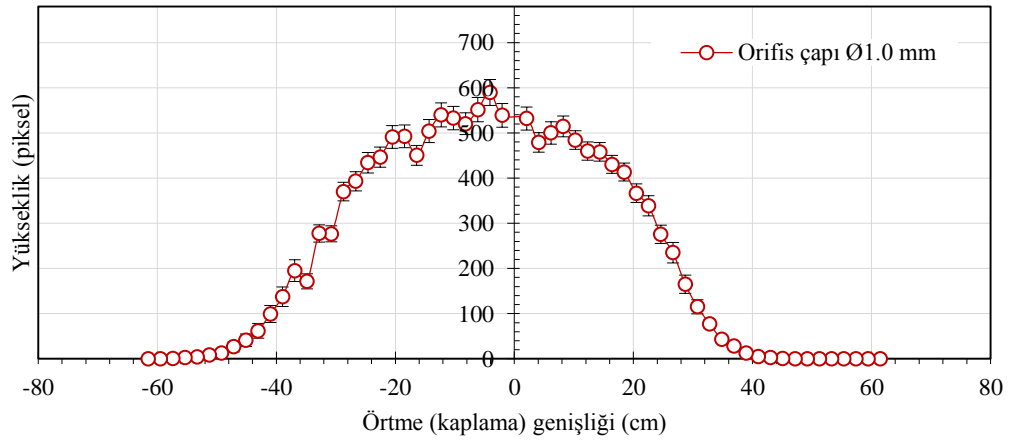
pozitif olduğunda dağılım normalden daha sivri, negatif olduğunda normalden daha basık bir dağılım oluşmaktadır (Kalaycı 2006; Karagöz 2016). Meme plakalarının tümünde basıklık değeri negatif olup, normale göre daha basık bir patern oluşmuştur. Buna karşın Ø1.0 mm orifis çaplı memeyle elde edilen paternin basıklığı sifira en yakın olup, diğer memelerden önemli düzeyde düşük bir basıklık değerine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Püskürtme paterninin varyasyon katsayısı, çarpıklık ve basıklık değerlerinin karşılaştırılması

Orifis çapı (mm)	Varyasyon katsayısı (%CV)	Çarpıklık	Basıklık
Ø1.0	59.7±6.1 a*	0.583±0.299 a	-0.842±0.832 a
Ø1.2	58.6±5.7 a	0.454±0.175 b	-1.364±0.379 b
Ø1.6	59.4±4.9 a	0.419±0.204 b	-1.416±0.442 b
Ø2.0	64.9±8.4 b	0.391±0.304 bc	-1.247±0.602 b
Ø2.4	61.4±5.7 ab	0.280±0.257 c	-1.281±0.487 b

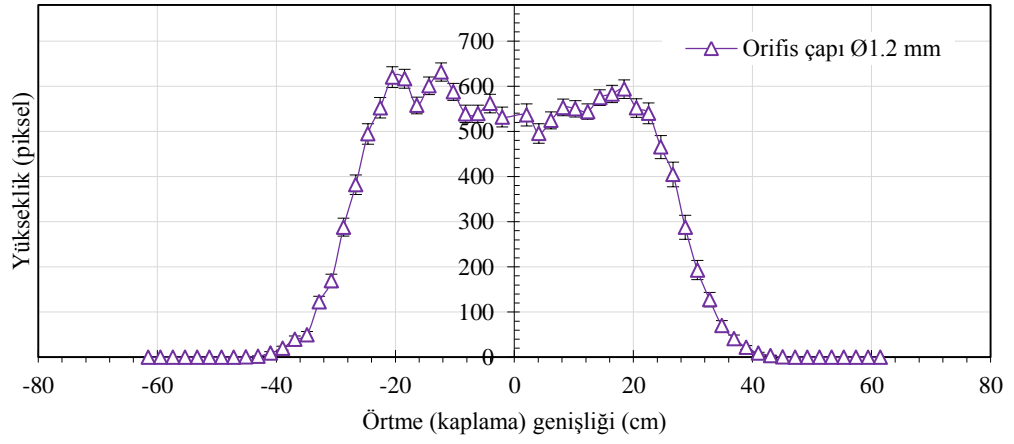
*: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre aynı sütunda farklı harfle (a-c) gösterilen ortalamalar %95 önem düzeyinde farklıdır.

Şekil 4.2’de gösterilen püskürtme paternlerine göre orifis çapı Ø1.0 mm olan meme plakasında oluşan patern içi dolu konik hüzmeye şeklinde; diğer orifis çaplarında iki tepeli içi boş konik hüzmeye şeklinde oluştuğu gözlenmiştir.

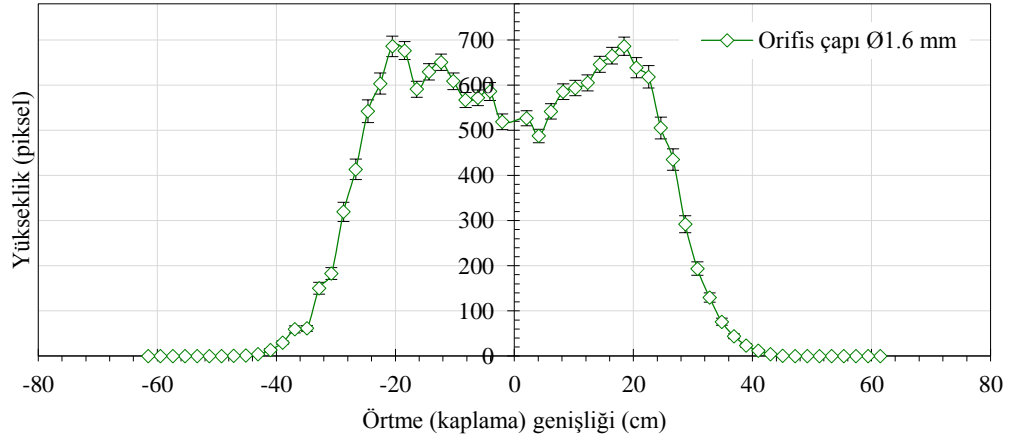


(a)

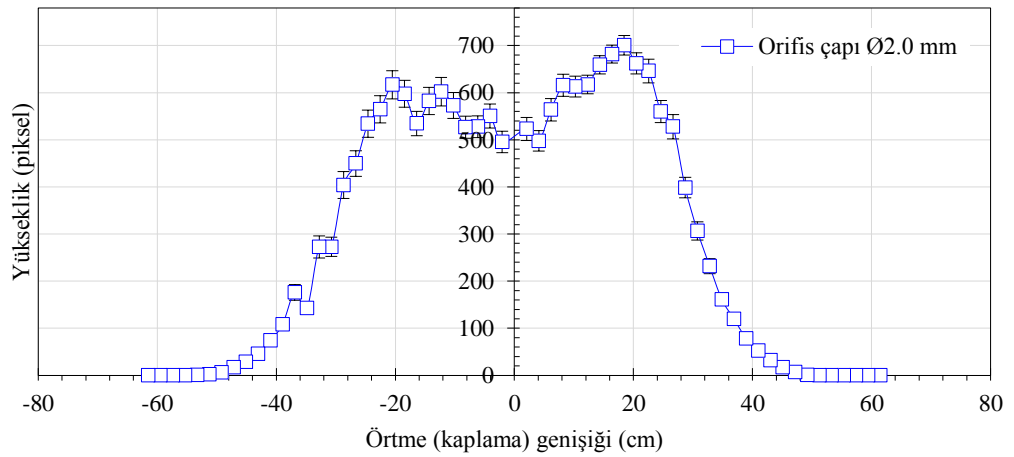
Şekil 4.2. (devam)



(b)

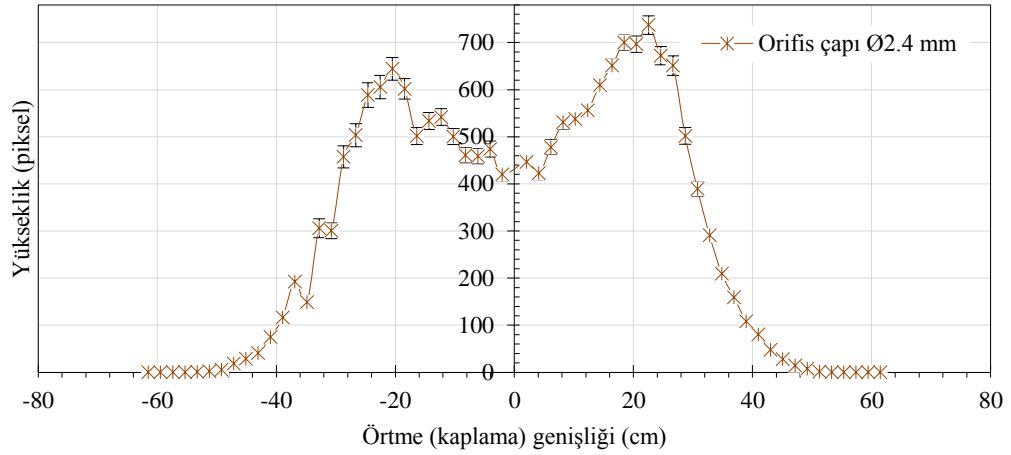


(c)



(d)

Şekil 4.2. (devam)

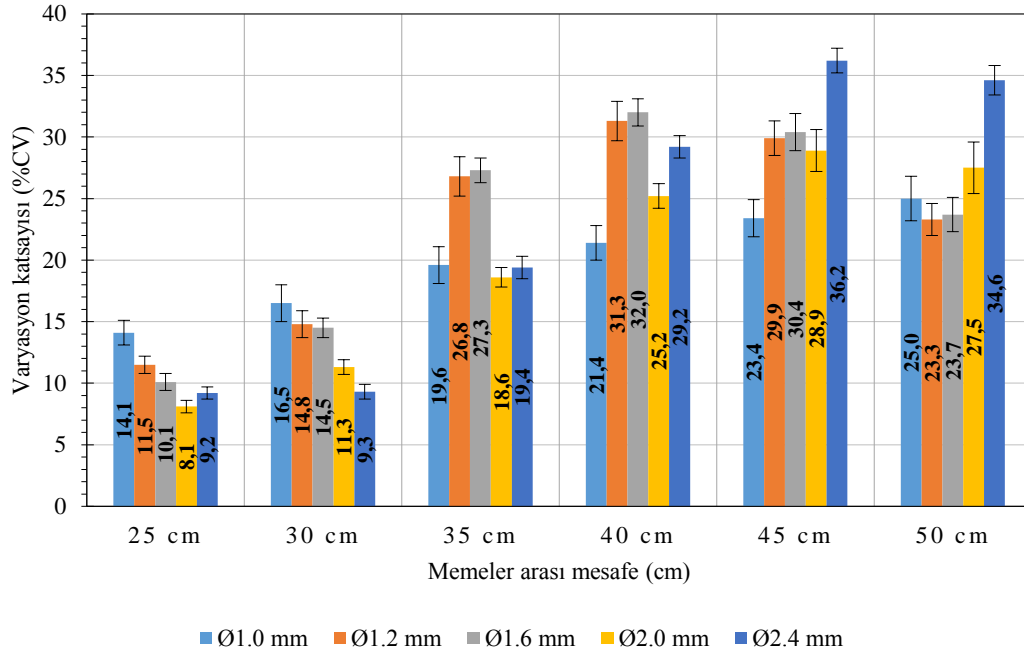


(e)

Şekil 4.2. Orifis çaplarına göre püskürtme paterninin değişimi (Ortalama±Standart hata)
(a) Ø1.0 mm, (b) Ø1.2 mm, (c) Ø1.6 mm, (d) Ø2.0 mm, (e) Ø2.4 mm

4.4. Yan Yana Dizilişte Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü

Sabit 8 bar işletme basıncı ve sabit 55 cm püskürtme yüksekliği koşullarında memeler arası mesafesinin 25 cm, 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm ve 50 cm olması koşullarında hacimsel dağılım düzgünlüğünün (%CV) orifis çaplarına göre değişimi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Tüm meme plakalarında en düşük %CV, 25 cm ve 30 cm meme aralıklarında elde edilmiş ve orifis çapı arttıkça daha düşük %CV değerlerine ulaşılmıştır. En yüksek %CV ortalamaları 40 cm ve 45 cm meme arası mesafelerde belirlenmiştir. Özellikle büyük orifisli memelerde 40 cm'den daha büyük meme aralıklarında %CV'nin önemli düzeyde arttığı saptanmıştır.



Şekil 4.3. Orifis çaplarına göre memeler arası mesafenin hacimsel dağılım düzgünlüğüne etkisi (%CV), (Ortalamalar, standart hata değerleriyle gösterilmiştir)

4.5. Diskriminant (Ayrırma) Analizi

Diskriminant analizi, adımsal (stepwise) ayırma metodu kullanılarak yapılmıştır. Bu metot, değişkenlerin tümünü değil ayırma fonksiyonu için gerekli değişkenleri aralarından seçmektedir. Analiz sonuçlarına göre aşamalı olarak modele dahil edilen 12 bağımsız değişkenden 5 tanesi (debi, paternin basıklık değeri, 40 cm meme aralığında dağılımın %CV, püskürtme paterninin %CV değeri, hüzme açısı) diskriminant fonksiyonunu oluşturmuştur. Modele dahil olan bağımsız değişkenlerin Çizelge 4.7’de verilen korelasyon matrisi incelendiğinde tüm korelasyon katsayılarının 0.70’den düşük olduğu belirlenmiş ve değişkenler arasında doğrusal bağlantının olmadığı (Oğuzlar 2006) saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Bağımsız değişkenler arasında korelasyon matrisi

Bağımsız değişkenler	Hüzme açısı	Paternin %CV	Basıklık	Debi	Hac. dağ. %CV@40cm
Hüzme açısı	1.000	0.150	-0.199	0.059	-0.230
Paternin %CV		1.000	0.457	0.023	0.083
Basıklık			1.000	0.003	0.450
Debi				1.000	0.062
Hac.dağ. %CV@40cm					1.000

Meme orifis gruplarının sınıflandırılmasında tahmin modeli için 4 fonksiyon elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Birinci (1.) fonksiyon en yüksek özdeğer istatistiğine (106.58) sahip olmuş ve bu fonksiyonun bağımlı değişkendeki varyansın %99.1'ini açıkladığı belirlenmiştir. Kanonik korelasyon katsayısının karesi bağımlı değişkenlerin ayrımı için belirlenen fonksiyonun etki derecesini vermektedir. Buna göre ilk üç fonksiyonun etki derecesi sırasıyla %99.0 (0.995^2), %46.8 (0.684^2) ve %7.73 (0.278^2) olarak belirlenmiştir. Fonksiyonların özdeğer istatistiklerine göre 1. fonksiyonda bağımlı değişkenler arasındaki varyans büyük ölçüde açıklanmış ve ilk iki fonksiyon ile tahmin gücü yüksek bir model elde edilmiştir. Her bir değişkenin diskriminant fonksiyonu ile olan korelasyonu yapı matrisinde verilmiş ve tahmin modeli için kullanılacak kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları her bir bağımsız değişken için gösterilmiştir. Yüksek korelasyona sahip en büyük yükler 1. fonksiyonda debi değişkeni; 2. fonksiyonda paternin basıklık değişkeni ve 40 cm meme aralığında %CV değişkeni; 3. fonksiyonda püskürtme paterninin %CV değişkeni ve 4. fonksiyonda hüzme açısı değişkeni olarak belirlenmiştir.

Tahmin modeli bağımsız değişkenlerin doğrusal kombinasyonu olup Z skoru olarak adlandırılmakta ve $Z = C + b_1X_1 + b_2X_2 + b_nX_n$ eşitliğiyle ifade edilmektedir (Z: diskriminant skoru; C: sabit; b: diskriminant katsayısı; X: bağımsız değişkenler). Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları yeni gözlemlerin sınıflandırılmasını sağlayan gerçek tahmin modellerini oluşturmak için kullanılmaktadır (Kalaycı 2006).

Buna gör her fonksiyon için alttaki tahmin modelleri elde edilmiş ve bağımlı değişkenler bu tahmin modellerine göre sınıflandırılmıştır.

1. Fonksiyon; $Z = -26.944 + 18.610 \cdot X_D$
2. Fonksiyon; $Z = -3.467 + 1.630 \cdot X_B - 0.102 \cdot X_{CV40}$
3. Fonksiyon; $Z = -11.815 + 0.171 \cdot X_{CVP}$
4. Fonksiyon; $Z = -15.902 + 0.236 \cdot X_{HA}$

Çizelge 4.8. Fonksiyonların özdeğer (eigenvalues) istatistikleri, fonksiyonların yapı matrisi ve kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları

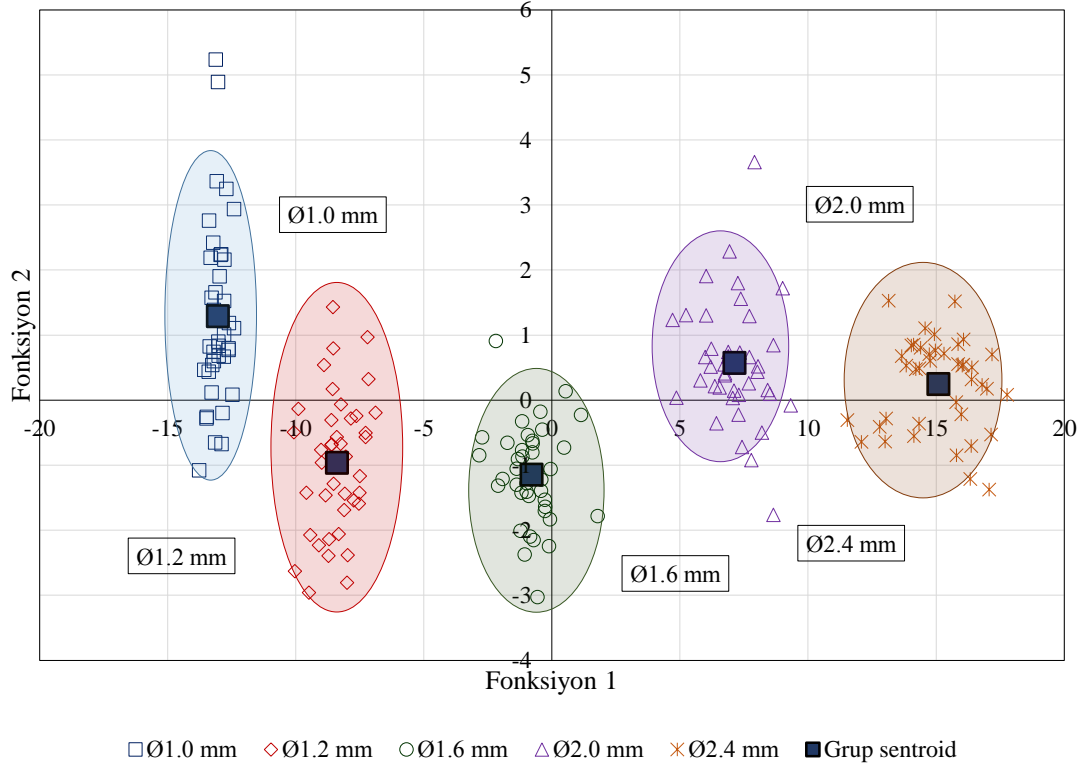
	Fonksiyonların özdeğer istatistikleri			
	1	2	3	4
Özdeğerler	106.58	0.88	0.08	0.02
Varyansın %'si	99.10	0.80	0.10	0.00
Kümülatif varyans %	99.1	99.9	100.0	100.0
Kanonik korelasyon	0.995	0.684	0.278	0.120
	Fonksiyonların yapı matrisi			
	1	2	3	4
Hüzme açısı	0.096	0.540	0.352	0.738*
Paternin %CV	0.022	0.177	0.768*	-0.156
Basıklık	-0.016	0.335*	-0.216	-0.198
Debi	0.998*	-0.043	-0.014	-0.004
Hac.dağ. %CV@40cm	0.013	-0.530*	-0.255	0.366
	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları			
	1	2	3	4
Hüzme açısı (X_{HA})	0.008	0.154	0.014	0.236
Paternin %CV (X_{CVP})	-0.001	-0.043	0.171	-0.039
Basıklık (X_B)	0.020	1.630	-1.206	-0.391
Debi (X_D)	18.610	-0.468	-0.732	-1.743
Hac.dağ. %CV@40cm (X_{CV40})	-0.006	-0.102	-0.003	0.090
Sabit (C)	-26.944	-3.467	-11.815	-15.902

Diskriminant analizinin başarısı sınıflandırma oranının yüksek olmasına bağlıdır (Kalaycı 2006). Bu analizde bağımlı değişkenlerin tahmin modeline göre sınıflandırma başarısı %100 olarak belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Diskriminant analizi tahmin modeline göre sınıflandırma sonuçları

	Meme orifis grupları	Tahmin modeline göre belirlenen grup üyeliği					Toplam
		Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm	
Sayı	Ø1.0 mm	40	0	0	0	0	40
	Ø1.2 mm	0	40	0	0	0	40
	Ø1.6 mm	0	0	40	0	0	40
	Ø2.0 mm	0	0	0	40	0	40
	Ø2.4 mm	0	0	0	0	40	40
%	Ø1.0 mm	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Ø1.2 mm	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0
	Ø1.6 mm	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	Ø2.0 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	100.0
	Ø2.4 mm	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0

Diskriminant fonksiyonlarına ait ayırma skorlarının dağılımı ve her bir bağımlı değişkenin ortalama skorlarını içeren grup sentroidleri Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Diskriminant skorları ve grup sentroidleri (Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2)

4.6. Orifis Gruplarının Püskürtme Paterni İstatistiklerine Göre Karşılaştırılması

Meme orifis gruplarının püskürtme paterniyle ilgili olan değişkenlere göre ayırt edici fonksiyonların elde edildiği veriler Çizelge 4.10'da verilmiştir. Özdeğer istatistiği 0.40'dan büyük olan (Kalaycı 2006) ve varyansın toplamda %96.4'ünü açıklayan 1. ve 2. fonksiyon tahmin modelini oluşturmada sırasıyla %66.6 (0.816^2) ve %51.2 (0.716^2) ile yüksek etki derecesine sahiptir. Yapı matrisinde her bir fonksiyon ile bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyona sahip değişkenler 1. fonksiyonda hüzme açısı; 2. fonksiyonda 40 cm meme aralığında %CV ve basıklık olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. Fonksiyonların özdeğer (eigenvalues) istatistikleri, fonksiyonların yapı matrisi ve kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları

	Fonksiyonların özdeğer istatistikleri			
	1	2	3	4
Özdeğerler	1.999	1.050	0.110	0.004
Varyansın %'si	63.2	33.2	3.5	0.1
Kümülatif varyans %	63.2	96.4	99.9	100.0
Kanonik korelasyon	0.816	0.716	0.314	0.062
	Fonksiyonların yapı matrisi			
	1	2	3	4
Hüzme açısı	0.859*	0.108	-0.078	0.220
Hac.dağ. %CV@40cm	-0.126	0.621*	0.352	0.112
Basıklık	0.014	-0.389*	0.325	0.352
Hac.dağ. %CV@50cm	0.332	0.174	0.821*	0.102
Hac.dağ. %CV@25cm	-0.240	-0.272	0.703*	0.599
Paternin %CV	0.176	-0.020	-0.600	0.697*
	Kanonik diskriminant fonksiyon katsayıları			
	1	2	3	4
Hüzme açısı	0.212	-0.071	0.010	0.031
Hac.dağ. %CV@40cm	-0.055	0.111	0.006	0.030
Basıklık	0.557	-2.996	0.029	-0.742
Hac.dağ. %CV@50cm	0.067	0.073	0.058	-0.006
Hac.dağ. %CV@25cm	-0.126	-0.025	0.116	0.217
Paternin %CV	0.005	0.092	-0.079	0.139
Sabit	-14.465	-8.863	1.269	-14.515

Meme orifis gruplarının tahmin modelinde korelasyonu yüksek olan değişkenler çok değişkenli istatistiksel analize tabi tutulduğunda meme orifislerinin çok önemli düzeyde farklı olduğu Çizelge 4.11'de görülmüştür. Hotelling eşli karşılaştırma testine göre orifis çapı Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan meme orifislerinin benzer püskürtme paternine sahip oldukları belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Meme orifis gruplarının çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleriyle karşılaştırılması

A. MANOVA sonuçları

Değişkenler	İstatistik	Değer	Hipotez SD	Hata SD	F	p (sigma)
Meme orifisleri	Wilks'	0.146	24	580.3	17.79	1.024E-54**
	Lambda					
	Pillai Trace	1.281	24	676	13.28	1.598E-42**

** : çok önemli

B. Hotelling eşli karşılaştırma sonuçları. Alt üçgen Bonferroni karşılaştırma testi p değerleri, üst üçgen Mahalanobis uzaklığı

Meme orifisleri	Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm
Ø1.0 mm		8.02	8.29	7.73	12.30
Ø1.2 mm	3.5E-12**		0.33	9.79	12.21
Ø1.6 mm	1.1E-12**	4.9E+00ns		7.31	9.46
Ø2.0 mm	7.4E-12**	1.7E-14**	4.9E-12**		1.60
Ø2.4 mm	1.0E-16**	3.1E-17**	6.6E-15**	7.83E-03**	

** : çok önemli; ns: önemsiz

Orifis çapı Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan meme orifislerinin benzerlikleri Çizelge 4.12'de verilen diskriminant analizi sınıflandırma sonuçlarında da görülmektedir. Tahmin modeline göre meme orifisleri %65.3 oranında doğru sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada Ø1.0 mm, Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm orifis çaplı meme plakalarının tahmin modeline göre kendi içinde doğru tasnif oranı sırasıyla %87.9, %60.0 ve %78.4 olarak belirlenmiştir.

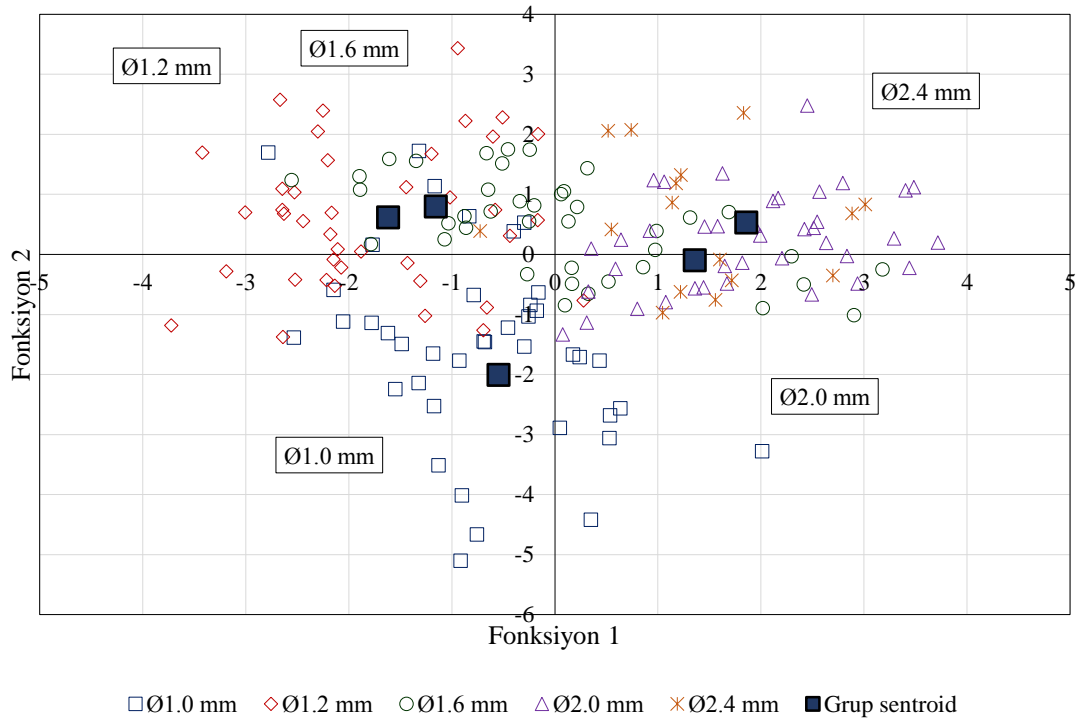
Çizelge 4.12. Tahmin modeline göre diskriminant analizi sınıflandırma sonuçları

	Meme orifis grupları	Tahmin modeline göre belirlenen grup üyeliği					Toplam
		Ø1.0 mm	Ø1.2 mm	Ø1.6 mm	Ø2.0 mm	Ø2.4 mm	
Sayı	Ø1.0 mm	29	1	1	2	0	33
	Ø1.2 mm	5	16	13	1	0	35
	Ø1.6 mm	0	13	20	2	1	36
	Ø2.0 mm	1	0	2	21	11	35
	Ø2.4 mm	0	1	0	7	29	37

Çizelge 4.12. (devam)

Oran, %		87.9	3.0	3.0	6.1	0.0	100
	Ø1.0 mm						
	Ø1.2 mm	14.3	45.7	37.1	2.9	0.0	100
	Ø1.6 mm	0.0	36.1	55.6	5.6	2.8	100
	Ø2.0 mm	2.9	0.0	5.7	60.0	31.4	100
	Ø2.4 mm	0.0	2.7	0.0	18.9	78.4	100

Meme orifis gruplarının koordinat düzlemi üzerinde Şekil 4.5’de gösterilen sentroidleri incelendiğinde püskürtme paterni yönüyle birbirleriyle benzer olan ya da farklı püskürtme dağılımı gösteren meme grupları ayırt edilebilmektedir.



Şekil 4.5. Püskürtme paternine ait değişkenlerin diskriminant skorları ve grup sentroidleri (Fonksiyon 1 ve Fonksiyon 2)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Paternatör İmalatı

İmalatı yapılan paternatör prototipinin kanal aralıkları standart aralık olan 25 mm'ye göre (Ozkan et al 1992) daha dar olduğundan daha kısa aralıklarda ölçümlerin yapılabilmesi mümkün olmaktadır. Prototip imalatında amaç, düşük maliyetli üretim olmasına rağmen piyasadan standart olarak temin edilen malzemelerle ekipmanın ağırlığının artmasına neden olmuştur. Denemelerde ölçü tüplerine dolan sıvının yüksekliklerine göre püskürtme paternini ortaya çıkarabilmek için fotoğraflama yöntemi kullanılmış ve görüntü analiz programlarıyla işlenerek akış düzgünlüğüne ait grafiklerin pratik olarak elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Paternatörde püskürtme yüksekliğini otomatik olarak ayarlamak için elektriksel güç kaynaklarının kullanılabilceği kanaatine varılmıştır. Püskürtme paterni deseninin oluşturulmasında görüntü işleme teknolojilerinin kullanılması ölçümleri daha pratik kılacağı gibi veri kaydedicilerle (dataloger) tekrarlı ölçümleri mümkün kılmaktadır. Prototipin tabla ölçüleri küçük olduğundan konik ve yelpaze dağılım sağlayan memelerde püskürtme yüksekliğine göre ölçülebilir maksimum püskürtme açısı değerleri geliştirilen eşitliklerle hesaplanabilmektedir.

5.2. Meme Orifis Çapı ve Debi Arasındaki İlişki

Sabit işletme basıncı koşulunda debideki artış, sayısal olarak orifis çapındaki artış oranıyla eşdeğer bulunmamıştır. Örneğin orifis çapının iki kat artması, debinin iki kattan daha fazla artmasına neden olmuştur. Sayıncı vd (2013), orifis çapı arttıkça akış katsayısının azaldığını belirlemişlerdir. Dolayısıyla küçük orifisli memelerde akış katsayısının yüksek olması debiyi sınırlandırmış, büyük orifisli memelerde ise akış katsayısı düşük olduğundan artırmıştır.

5.3. Örtme Genişliği ve Hüzme Açısı

Büyük orifis çaplı konik hüzmeli meme plakalarında hüzme açısı küçük orifislere göre daha yüksektir. Ancak hüzme açısı orifis çapıyla doğrusal olarak artmamaktadır. Nitekim orifis çapı Ø1.0 mm, Ø1.2 mm ve Ø1.6 mm olan meme plakalarında hüzme açısı aynı olup dar hüzme açılı sınıfta kategorize edilebilmekte ve bu yönüyle şeritsel ilaçlama için alternatif bir kullanım oluşabilmektedir. Orifis çapı Ø2.0 mm ve Ø2.4 mm olan meme plakalarının 60-80 cm aralığında değişen püskürtme yüksekliğinde yüzeysel ilaçlamada kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

5.4. Püskürtme Paterni ve Düzgünlüğü

Meme orifis çapı arttıkça püskürtme paterni çarpıklığı azalma eğilimine girmiştir. Sabit basınçta meme orifis ölçüsündeki artış debinin de artmasını sağladığından çarpıklığı iyileştirme yönünde etki göstermiştir. Basınlık değişkenine göre en dik patern, orifis çapı Ø1.0 mm olan meme plakasında elde edilmiş ve püskürtme deseni içi dolu konik formda oluşmuştur. Diğer orifis gruplarının püskürtme paterni incelendiğinde içi boş konik hüzmeli dağılıma benzer bir desen olduğu gözlemlenmiştir. Pülverizatör memelerinin püskürtme paterni genel olarak üçgen, trapez ve dikdörtgen olmak üzere üç farklı geometrik şekilde oluşmaktadır. Tek memenin püskürtme paterninin varyasyon katsayısı (%CV), akış düzgünlüğüyle ilgili bir veri sağlarken tek başına yeterli olmamaktadır. Bu nedenle püskürtme paternini tanımlayan diğer özellikleri de kullanarak bağımlı değişkenlerin çok değişkenli istatistik analiz metodlarıyla değerlendirilmesi gerekmektedir.

5.5. Yan Yana Dizilişte Hacimsel Dağılım Düzgünlüğü

Farklı meme arası mesafelerde yan yana dizildiği varsayılarak 8 bar işletme basıncı ve 55 cm püskürtme yüksekliğinde denemeye alınan konik hüzmeli memelerde hacimsel dağılım düzgünlüğü 25 cm ve 30 cm meme aralıklarında %15 varyasyon katsayısının altında kalmıştır. Meme hüzme açısı değerlerine göre püskürtme yüksekliğinin

arttırılarak hacimsel dağılım düzgünlüğünün optimum püskürtme yüksekliği (60-80 cm) mesafesinde tekrar değerlendirilmesi gerekmektedir.

5.6. Diskriminant Analizi

Her bir bağımlı değişkene ait diskriminant skorlarını ve grup sentroidlerini gösteren Şekil 4.4, özellikle 1. ve 2. fonksiyonların ayırt etme yönüyle güçlü bir tahminleyici olduğunu göstermektedir. Ancak sabit işletme koşullarında çalıştırılan meme orifislerini birbirinden ayıran en büyük özellik orifis çapı olup, çap büyüdükçe debinin sabit basınç koşullarında artması ayırma testini güçlendirmektedir. Tahmin modeli, belirli kullanım süresinden sonra aşınan memelerin tespiti ya da imalat sürecinin sonunda hatalı üretimin tespiti için önemli bir değerlendirme kriteri olarak kullanılabilir görünmektedir.

Bu çalışmada sadece püskürtme paternini tanımlayan tahminleyiciler kullanılarak bir model oluşturulduğunda yeni gözlemleri (meme orifis gruplarını) doğru sınıflandırma oranı %65.3 düzeyinde kalmıştır. Ayırma fonksiyonlarının etki derecesini arttırmak için püskürtme paternine ilave olarak memenin diğer pülverizasyon karakteristiklerinin bağımsız değişken olarak modele dahil edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Agnew, K.M., Barber, G. and Rubin, D., 1999. Automated spray patternator. Team 14. <http://www.me.udel.edu/meeg447/98/serffiles/fall3-progress-reviews/progrev-14.ppt> (15.05.2017).
- Barber, J., 2016. Spraying Systems. Wheaton Illinois, <http://www.spray.com/> (05.05.2017).
- Bayat, A. ve Bozdoğan, Y.B., 2003. Yeni tip püskürtme memelerinin (DG, AI ve TT) ilaç sürüklenme potansiyellerinin bir rüzgar tüneline saptanması. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3), 47-56.
- Dursun, E., Çilingir, İ. ve Erman, A., (2005). Tarımsal savaş ve mekanizasyonunda yeni yaklaşımlar. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 6(1), 669-686.
- Ergül, İ. ve Dursun, E., 2003a. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın verdi artışına etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (1), 73-78.
- Ergül, İ. ve Dursun, E., 2003b. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (3), 278-283.
- Forney, H.S., 2016. Laboratory and Full Boom-Based Investigation of Nozzle Setup and Restriction Effects on Flow, Pressure and Spray Pattern Distribution. , MS Thesis, Agricultural and Biological Systems Engineering, MS Thesis, University of Nebraska.
- Ganzelmeier, H. ve Wehmann H.J., 2004. First European Workshop on Standardised Procedure For the Inspection of Sprayers in Europe (SPISE). Communications From the Biological Federal Institute For Agriculture and Forestry, Germany.
- Grisso, R., Dickey, E.C. and Schulze, L.D., 1989. The cost of misapplication of herbicides. Applied Engineering in Agriculture, 5 (3), 344-347.
- Kalaycı, Ş., 2006. SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri. Asil Yayınevi, ISBN: 9799759091148, Ankara, 426 s.
- Karagöz, Y., 2016. SPSS 23 ve AMOS 23 Uygulamalı İstatistiksel Analizler. Nobel Akademik Yayıncılık, ISBN: 978-605-320-547-0, 1196 s.
- Luck, J.D., Schaardt, W.A., Sharda, A. and Forney S.H., 2016. Development and evaluation of an automated spray patternator using digital liquid sensors. Applied Engineering in Agriculture, 32 (1), 47-52.
- Minow, V., Cointault, F., Vangeyte, J., Pieters, J.G. and Nuytens, D., 2014. Spray nozzle characterization using a backlighted high speed imaging technique. Aspects of Applied Biology, 122 (1), 353-361.
- Oğuzlar, A., 2006. Hanehalkı tipi ve kır-kent ayırımının diskriminant analizi ile belirlenmesi. Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi, 11: 70-84.
- Ozkan, H.E. and Ackerman K.D., 1992. An automated computerized spray pattern analysis system. Applied Engineering in Agriculture, 8 (3), 325-331.
- Richardson, R.G., 1986. Evaluation of a spray nozzle paternator. Crop Protection, 5 (1), 8-11.
- Salvarani, B.V.B.A., 2016. Advanced Agricultural Measurement Systems. Maldegem Belgium, <http://aams-salvarani.com/> (05.05.2017).
- Sayıncı, B. and Kara, M., 2015. The effects of strainer types on flow characteristics of anti-drift. Journal of Agricultural Sciences, 21 (4), 558-571.

- Sayıncı, B. ve Bastaban, S., 2008a. Biyolojik mücadele etmenlerinin uygulanmasında ilaçlama ünitesinin rolü. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 39 (1), 151-157.
- Sayıncı, B. ve Bastaban, S., 2008b. İlaç uygulama performansının değerlendirilmesinde kalitatif ve kantitatif analiz yöntemlerinin incelenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24 (2), 133-140.
- Sayıncı, B., 2016. Poliasetal (POM) meme plakalarının orifis geometrisinde üretim kusurlarının eliptik fourier tanımlayıcılarıyla tespiti. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 (1), 57-73.
- Sayıncı, B., Bozdoğan, N.Y., Yıldız, C. ve Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9 (1), 9-20.
- Sayıncı, B., Yarpuz-Bozdoğan, N., Yıldız, C. ve Demir, B., 2013. Konik hüzmeli memelerde akış katsayısı ve bazı işletme özelliklerinin belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9 (1), 9-20.
- Sehsah, E.M.E. and Kleisinger, S., 2009. Study of some parameters affecting spray distribution uniformity pattenen. Irrigation and Drainage, 26 (1), 69-93.
- Tüncer, A. ve Güler, H., 1998. Meyve bahçesi ve bağlarda kullanılan pülverizatörlerin deney yöntemleri. Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.
- Younes, M. and Gorchev, H., 2000. Pesticides in Drink. Food and Chemical Toxicology, 38 (1), 87-90.

ÖZGEÇMİŞ

20.07.1990 yılında Mersin'in Mut ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokul eğitimini Niğde'nin Bor ilçesinde, lise eğitimini Konya'da tamamladı. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünü kazandı. Lisans eğitimini 2014 yılında tamamlayarak aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalında Yüksek Lisans Eğitimine başladı.

