



**YARDIMCI HAVA AKIMLI BAĞ-BAHÇE PÜLVERİZATÖRLERİNDE HAVA
AKIMI YÖNÜNÜN İLAÇLAMAYA ETKİSİ**

ARİFE CANKAYA

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İlker H. ÇELEN

2025

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YARDIMCI HAVA AKIMLI BAĞ-BAHÇE PÜLVERİZATÖRLERİNDE HAVA
AKIMI YÖNÜNÜN İLAÇLAMAYA ETKİSİ

ARİFE CANKAYA

ORCID: 0009-0004-1986-165X

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Danışman: Prof. Dr. İlker H. ÇELEN

HAZİRAN-2025
Her hakkı saklıdır.

ÖZET

YARDIMCI HAVA AKIMLI BAĞ-BAHÇE PÜLVERİZATÖRLERİNDE HAVA AKIMI YÖNÜNÜN İLAÇLAMAYA ETKİSİ

Arife CANKAYA

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. İlker H. ÇELEN

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörleri, bitki hastalıklarının önlenmesi ve zararlı organizmalara karşı mücadelede kullanılan bitki koruma makinelerinden biridir. Yardımcı hava akımlı pülverizatörlerin çalışma prensibi, püskürtülen sıvının hava akımı yardımıyla homojen bir şekilde dağılmasını sağlamaktır. Memeden çıkan sıvı damlalarının hava akımı ile taşınarak daha geniş bir alana dağılmasını ve hedef yüzeye ulaşmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada aksel fanlı yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinde hava akış açısının püskürtme karakteristikleri üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir deflektör aparatı geliştirilmiştir. Bu amaçla hava akımını 60 derece öne ve 60 derece arkaya yönlendirildiği bir sistem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, havanın 60 derece öne yönlendirildiği deflektör, havanın 60 derece arkaya yönlendirildiği deflektör ve makinenin orijinal haliyle, yani deflektörsüz olarak üç farklı koşul test edilmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular, hava akımının yönlendirilmesiyle yüzey kaplama ve penetrasyon miktarının arttığını göstermiştir. Ayrıca hava akımının yönlendirilmesinin pestisit sürüklenmesini azalttığı belirlenmiştir. Özellikle hava akımının 60 derece arkaya yönlendirilmesi durumunda bu azalmanın daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, $Dv_{0.5}$ değeri açısından sonuçlar birbirine yakın olmakla birlikte, en yüksek değer 666,04 μm ile öne yönlendirmede elde edilmiştir. Yüzey kaplama açısından değerlendirildiğinde ise en yüksek değer % 14,09 ile arkaya doğru hava yönlendirilmesinde, bunu % 14,07 ile öne yönlendirme takip etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yardımcı Hava Akımlı Pülverizatör, Hava Akımı Yönü, Damla Çapı, Penetrasyon, Yüzey Kaplama, Sürüklenme

ABSTRACT

THE EFFECT OF AIRFLOW DIRECTION ON SPRAYING PERFORMANCE IN AIR-ASSISTED ORCHARD AND VINEYARD SPRAYERS

Arife Cankaya

Department of Biosystems Engineering

MSc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. İlker H. ÇELEN

Air-assisted orchard sprayers are one of the plant protection machines used for combating pests. The working principle of these sprayers is to ensure the uniform distribution of the sprayed liquid with the assistance of an airflow. The liquid droplets exiting the nozzles are carried by the airflow, dispersing over a wider area and reaching the target surface. In this study, a deflector apparatus was developed to investigate the effect of the airflow angle on spray characteristics in axial-fan air-assisted orchard sprayers. For this purpose, a system was used in which the airflow was directed 60 degrees forward and 60 degrees backward. The study tested three different conditions: a deflector directing airflow 60 degrees forward, a deflector directing airflow 60 degrees backward, and the machine's original form without any deflector. The findings obtained from the three trials demonstrated that the redirection of airflow increased surface coverage and penetration. Additionally, it was determined that the redirection of airflow reduced pesticide drift. This reduction was found to be more pronounced when the airflow was directed 60 degrees backward. According to the statistical analysis results, although the $Dv_{0.5}$ values were relatively close, the highest value was obtained in the forward direction with 666.04 μm . In terms of surface coverage, the highest value was 14.09% in the backward airflow direction, followed by 14.07% in the forward airflow direction.

Keywords: Auxiliary Air-Assisted Sprayer, Airflow Direction, Droplet Size, Penetration, Surface Coverage, Drift,

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
SİMGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
TEŞEKKÜR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Pülverizasyon.....	4
1.2 Yardımcı Hava Akımlı Bağ-Bahçe Pülverizatörleri	6
1.3 Yardımcı Hava Akımlı Bağ-Bahçe Pülverizatörlerinde Hava Akımının Püskürtme Karakteristiklerine Etkisi	8
1.3.1 Hava Akımının Damla Çapına Etkisi	8
1.3.2 Hava Akımının Yüzey Kaplamaya Etkisi.....	9
1.3.3 Hava Akımının Penetrasyona Etkisi	10
1.4 Literatür Özetleri.....	11
1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	25
2. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
2.1 Materyal	27
2.1.1 Deneme Alanı	27
2.1.2 Pülverizatör ve Traktör	27
2.1.3 Suya Duyarlı Kâğıt	29
2.1.4 Tarayıcı	30
2.1.5 Suya Duyarlı Kağıtların Analizinde Kullanılan DepositScan Programı.....	30
2.2 Yöntem.....	31
2.2.1 Arazi Denemeleri	35
2.2.2 Pülverizasyon Karakteristiklerinin Ölçümü.....	38
2.2.3 İstatistik Analiz	39
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	41
3.1 Analiz Sonuçları.....	41
3.1.1 $D_{v0.1}$ Analiz Değerleri.....	41
3.1.1.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D_0).....	41
3.1.1.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D_1).....	42

3.1.1.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	43
3.1.2 DV _{0.1} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları	44
3.1.3 DV _{0.5} Analiz Değerleri.....	45
3.1.3.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	45
3.1.3.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	46
3.1.3.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	46
3.1.4 DV _{0.5} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	47
3.1.5 DV _{0.9} Analiz Değerleri.....	49
3.1.5.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	49
3.1.5.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	49
3.1.5.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	50
3.1.6 DV _{0.9} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	51
3.1.7 Yüzey Kaplama Analiz Değerleri Analiz Değerleri	52
3.1.7.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	52
3.1.7.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	53
3.1.7.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	54
3.1.8 Yüzey Kaplama İstatiksel Analiz Sonuçları	55
3.1.9 Damla Yoğunluğu Analiz Değerleri	57
3.1.9.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	57
3.1.9.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	57
3.1.9.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	58
3.1.10 Damla Yoğunluğu İstatiksel Analiz Sonuçları.....	59
3.1.11 Efektif Norm (l/ha) Analiz Değerleri	60
3.1.11.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)	60
3.1.11.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	61
3.1.11.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)	62
3.1.12 Efektif Norm (l/ha) İstatiksel Analiz Sonuçları	63
3.2 İlaç Sürüklenmesinin (Drift) Değerlendirilmesi	64
3.2.1 DV _{0.1} Analiz Sonuçları.....	64
3.2.1.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	64
3.2.1.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	65
3.2.1.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	65
3.2.2 DV _{0.1} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	66
3.2.3 DV _{0.5} Analiz Sonuçları.....	67
3.2.3.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	67

3.2.3.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	67
3.2.3.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	68
3.2.4 DV _{0.5} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	69
3.2.5 DV _{0.9} Analiz Sonuçları.....	69
3.2.5.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	69
3.2.5.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	70
3.2.5.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	71
3.2.6 DV _{0.9} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	71
3.2.7 Yüzey Kaplama Analiz Sonuçları.....	72
3.2.7.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	72
3.2.7.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	73
3.2.7.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	73
3.2.8 Yüzey Kaplama (%) İstatiksel Analiz Sonuçları.....	74
3.2.9 Damla Yoğunluğu Analiz Sonuçları.....	75
3.2.9.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	75
3.2.9.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	75
3.2.9.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	76
3.2.10 Damla Yoğunluğu İstatiksel Analiz Sonuçları.....	76
3.2.11 Efektif Norm Analiz Değerleri.....	77
3.2.11.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0).....	77
3.2.11.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1).....	78
3.2.11.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2).....	79
3.2.12 Efektif Norm İstatiksel Analiz Sonuçları.....	80
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	84
EK-1. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.1}).....	89
EK-2. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.5}).....	90
EK-3. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.9}).....	91
EK-4. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Yüzey Kaplama).....	92
EK-5. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Damla Yoğunluğu).....	93
EK-6. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Efektif Norm Değerleri).....	94

ÖZGEÇMİŞHata! Yer işareti tanımlanmamış.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Ortalama damla çapına göre pülverizasyonun sınıflandırılması (Matthews ve Thornhill, 1992).....	5
Çizelge 1.2. İlaçlamada karşılaşılan hedef türlerine göre en uygun damla çapları (Matthews, 1994).....	5
Çizelge 1.3. İlaçlamada farklı pülverizasyon sınıflarına göre gerekli ilaç normları (Matthews, 1992).....	6
Çizelge 2.1. Pompa Değerleri (Anonim, 2025e)	28
Çizelge 2.2. İstatiksel verilerin çizelgeye yerleştirilme planları	40
Çizelge 3.1. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin $DV_{0.1}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	44
Çizelge 3.2. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin $DV_{0.5}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	48
Çizelge 3.3. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin $DV_{0.9}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	52
Çizelge 3.4. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin yüzey kaplama üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.	55
Çizelge 3.5. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin damla yoğunluğu üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar	59
Çizelge 3.6. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin efektif norm değerleri üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar	63
Çizelge 3.7. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin $DV_{0.1}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	66
Çizelge 3.8. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin $DV_{0.5}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	69
Çizelge 3.9. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin $DV_{0.9}$ üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.....	72
Çizelge 3.10. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin yüzey kaplama (%) üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar	74
Çizelge 3.11. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin damla yoğunluğu üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar	77
Çizelge 3.12. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin efektif norm üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de yıllara göre toplam tarım alanı (Anonim, 2025a).....	1
Şekil 1.2. Türkiye’de yıllara göre kullanılan toplam pestisit miktarı (Anonim, 2025c).....	3
Şekil 1.3. Pestisitlerin ekosistem içindeki hareketleri (Tiryaki vd., 2010).....	3
Şekil 1.4. Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinde pestisit sürüklenmesi (Özkan, 2022).....	4
Şekil 1.5. Eksenel fanlı yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün görüntüsü (Anonim, 2025d).....	7
Şekil 1.6. Farklı tip yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörleri (Deveau vd., 2015)	7
Şekil 1.7. Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinin temel parçaları (Bayat vd., 2020)	8
Şekil 2.1. Denemeler sırasında kullanılan yardımcı hava akımlı pülverizatör.....	27
Şekil 2. 2 Makinenin üzerinde takılı olan manometre ve regülatör	28
Şekil 2.3. Stoperli turbo pirinç püskürtme memesi (Anonim, 2025f).....	29
Şekil 2.4. Konik hüzmeli tip meme plakaları (Anonim, 2025g)	29
Şekil 2.5. Suya duyarlı kâğıt.....	29
Şekil 2.6. Epson L3150 model tarayıcı	30
Şekil 2.7. Testo marka 177-H1 model cihazı	31
Şekil 2.8. Testo marka 435 model cihaz.....	31
Şekil 2.9 Deflektörün teknik resmi.....	32
Şekil 2.10. Parçanın kaynaklanmış hali.....	32
Şekil 2.11. Köşebent parçası.....	33
Şekil 2.12. Parçanın öne doğru montajlanan durumu.....	33
Şekil 2.13. Parçanın arkaya doğru montajlanan durumu.....	34
Şekil 2.14. Deflektörsüz (kanatlar takılmadan).....	34
Şekil 2.15. Traktör hareket doğrultusu	35
Şekil 2.16. Suya duyarlı kâğıtların omcalara takılma konumları	36
Şekil 2.17. Suya duyarlı kâğıtların yerleşimi	36

Şekil 2.18. Arazi üzerinde suya duyarlı kağıtların bağ üzerine konumlandırılması.....	37
Şekil 2.19. Pülverizatörün arazi denemeleri	37
Şekil 2.20. Damlaların suya duyarlı kâğıt üzerinde mavi iz bırakması.....	39
Şekil 3.1. D0 deneme $DV_{0.1}$ değerleri ve varyasyon katsayıları.....	42
Şekil 3.2. D1 $DV_{0.1}$ değerleri ve varyasyon katsayıları.....	42
Şekil 3.3. D2 $DV_{0.1}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	43
Şekil 3.4. D0 deneme $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	45
Şekil 3.5. D1 $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	46
Şekil 3. 6. D2 $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	47
Şekil 3.7. D0 deneme $DV_{0.9}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	49
Şekil 3.8. D1 $DV_{0.9}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	50
Şekil 3.9. D2 $DV_{0.9}$ değerleri ve varyasyon katsayıları	51
Şekil 3.10. D0 deneme yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları	53
Şekil 3.11. D1 yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları.....	53
Şekil 3.12. D2 yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları.....	54
Şekil 3.13. D0 deneme damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları.....	57
Şekil 3.14. D1 damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları	58
Şekil 3.15. D2 damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları	58
Şekil 3.16. D0 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları.....	61
Şekil 3.17. D1 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları.....	61
Şekil 3.18. D2 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları.....	62
Şekil 3.19. Drift D0 $DV_{0.1}$ değerleri	64
Şekil 3.20. Drift D1 $DV_{0.1}$ değerleri	65
Şekil 3.21. Drift D2 $DV_{0.1}$ Değerleri	65
Şekil 3.22. Drift D0 $DV_{0.5}$ değerleri	67
Şekil 3.23. Drift D1 $DV_{0.5}$ değerleri	67
Şekil 3.24. Drift D2 $DV_{0.5}$ değerleri.....	68

Şekil 3.25. Drift D0 $DV_{0,9}$ değerleri	70
Şekil 3.26. Drift D1 $DV_{0,9}$ değerleri	70
Şekil 3.27. Drift D2 $DV_{0,9}$ değerleri	71
Şekil 3.28. Drift D0 yüzey kaplama değerleri	72
Şekil 3.29. Drift D1 yüzey kaplama değerleri	73
Şekil 3.30. Drift D2 yüzey kaplama değerleri	73
Şekil 3.31. Drift D0 damla yoğunluğu değerleri	75
Şekil 3.32. Drift D1 damla yoğunluğu değerleri	76
Şekil 3.33. Drift D2 damla yoğunluğu değerleri	76
Şekil 3.34. Drift D0 efektif norm değerleri	77
Şekil 3.35. Drift D1 efektif norm değerleri	78
Şekil 3.36. Drift D2 efektif norm değerleri	79

SİMGELER DİZİNİ

\emptyset	Çap
n_i	Çap Grubuna Giren Damla Sayısı
d_i	Çap Grubu Orta Değeri
D_d	Damla Çapı
A_s	Püskürtülen Alan
n	Toplam Damla Sayısı



KISALTMALAR DİZİNİ

CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
Cm	Santimetre
CV	Varyasyon Katsayısı
D	Devir
Dak	Dakika
Dpi	Dots per inch (inç başına nokta yoğunluğu)
D1	Havanın Öne Doğru Yönlendirildiği Deneme
D2	Havanın Arkaya Doğru Yönlendirildiği Deneme
D0	Deflektörsüz Havanın Orijinal Haliyle Yönlendirilmesi
Ha	Hektar
Hp	Güç
HV	Yüksek Hacim
L	Litre
LV	Düşük Hacim
M	Metre
Mm	Milimetre
MV	Orta Hacim
Kg	Kilogram
Km	Kilometre
S	Saat
Sn	Saniye
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
ULV	En Düşük Hacim
VDM	Hacimsel Ortalama Çap Değeri
VLV	Çok Düşük Hacim
WSP	Suya Duyarlı Kağıt (Water-Sensitive Paper)
µm	Mikrometre
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans süreci, başından sonuna kadar zorlu ancak bir o kadar da öğretici bir yolculuk oldu. Bu süreçte, lisans eğitimimden itibaren akademik gelişimime rehberlik eden, bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yanımda olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. İlker Hüseyin ÇELEN'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Aynı zamanda tez çalışmamda istatistiksel verilerin analizinde ve yorumlanmasında değerli katkılarıyla bana destek olan Prof. Dr. Murat DEVECİ hocama da teşekkür ederim.

Bu süreçte bana maddi ve manevi her anlamda destek olan, sabrı ve sevgisiyle yanımda duran canım eşim Berk'e minnettarım. Onun varlığı ve desteği olmasaydı, bu süreci bu kadar güçlü ve motive bir şekilde tamamlamam mümkün olmazdı.

Arazi denemelerimde desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Hasan Berk ÖZYURT hocama, değerli meslektaşlarım ve arkadaşlarım Efnan KOYUNLU ve Rabia BOZKUŞ'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Ayrıca parçanın makineye montajı sürecinde verdikleri destek için Nedimler Ziraat Aletleri A.Ş. ekibine ve özellikle Tansel SEVER'e teşekkür ederim.

Tez sürecim boyunca Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde görev yapan tüm personele ve her aşamada desteklerini esirgemeyen Elif YAZAR COŞKUN'a teşekkür ederim.

Bana inanan, her anımda yanımda olan aileme sonsuz teşekkür ederim. Destekleri ve sevgileri olmadan bu yolculuk eksik kalırdı.

Bu akademik yolculuk boyunca birlikte yürüdüğüm tüm arkadaşlarıma destekleri ve motivasyonları için teşekkür ederim.

Arife CANKAYA

Biyosistem Mühendisi

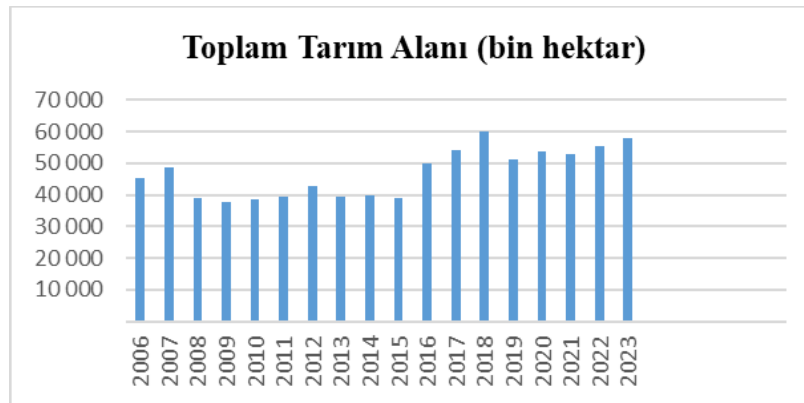
1. GİRİŞ

Toprak, yaşamın vazgeçilmez unsurlarından biri olarak kabul edilir. Tüm canlıların yaşamsal varlığı için önemlidir. İnsanlık tarihinde, ilk ekonomik faaliyetlerin ve sanayi devrimi öncesi dönemde dünya nüfusunun büyük bir bölümünün geçim kaynağını oluşturması, günümüzdeki ekonomik dinamiklerin değişmesine rağmen, toprağın önemi azalmamıştır. Hala insanlığın hayatta kalmasında temel bir faktördür ve dünya genelinde büyük bir etkiye sahiptir (Şahin, 2012). Dolayısıyla toprak kavramıyla birlikte ilk akla gelen konulardan biri de tarımdır. Çünkü tarım toprağın verimliliği üzerinde doğrudan etkili olan temel bir faaliyettir.

Tarım, toprağı işleyerek, ekim ve hasat gibi süreçlerle ürün elde etmeyi sağlayan kapsamlı bir faaliyettir. Bu süreç, ekilen ürünlerin büyümesi ve gelişmesi boyunca gereken bakımı da içerir. Ayrıca tarım faaliyetleri arasında hayvan bakımı ve üretimi de önemli bir yer tutar. Tarımın etkisi sadece gıda ve hayvansal yem üretimiyle sınırlı değildir, aynı zamanda giyim ve tekstil ürünleri gibi farklı alanlarda da görülmektedir. Tarih boyunca, tarım insanların hayatta kalmasını sağlamış ve yaşamlarını sürdürmelerine yardımcı olmuştur (Direk, 2012).

Tarım, insanlığın gıda ve beslenme ihtiyaçlarını karşılamada temel bir rol oynamakta ve medeniyetin temelini oluştururken, artan nüfus, kentleşme ve tarım arazilerinin farklı amaçlarla kullanılması gibi faktörlerle birlikte, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi doğal kaynak kısıtları, tarımsal faaliyetlerin azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple sınırlı tarımsal alanlarda birim alandan daha fazla ürün elde edilmesi gerekmektedir.

TÜİK verilerine göre (Şekil 1.1.), 2001 yılında toplam tarım alanı 40.967×10^3 hektar iken, 2023 yılında mevcut tarım alanı 38.559×10^3 hektar olduğu dolayısıyla bu verilerinin yıldan yıla bir azalışın olduğunu göstermektedir (Anonim, 2025a).



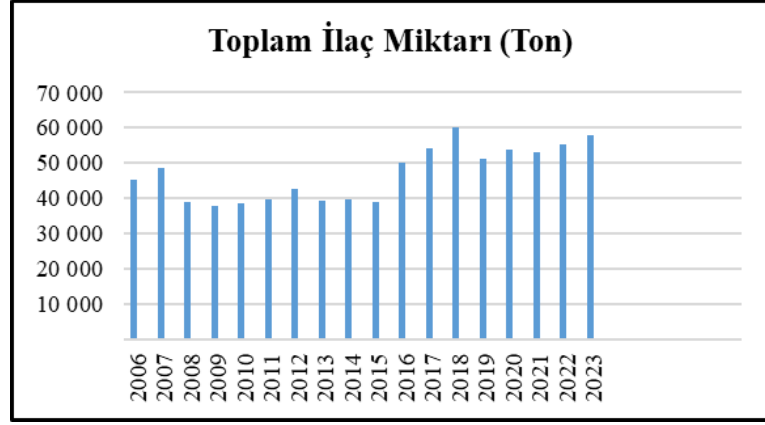
Şekil 1.1. Türkiye’de yıllara göre toplam tarım alanı (Anonim, 2025a)

Tarımsal arazilerin azalması, her bir birim alanın verimliliğini artırma ihtiyacını doğurmaktadır. Bu artış, yeni teknolojilerle birlikte doğru tarım tekniklerinin benimsenmesiyle gerçekleşebilir. Bunlar arasında, kimyasal ilaçların (pestisitler) kullanıldığı tarımsal mücadele yöntemleri de bulunmaktadır. Biyolojik mücadele, kültürel mücadele, organik tarım gibi alternatif yöntemler geliştirilmeye çalışılsa da pestisitler dünya çapında en yaygın ve etkili yöntem olarak kabul edilmekte ve kullanım oranı en yüksek olan yöntemdir (Dağ, Aykaç, Gündüz, Kantarcı ve Şişman, 2000). Pestisitler, tarım ürünlerini zararlı böcekler, hastalık yapan organizmalar ve yabancı otlardan koruyarak ürün kalitesini ve verimliliğini artırmak amacıyla kullanılmaktadır.

Tarımda hastalıklar, zararlılar ve yabancı otlarla mücadelede çeşitli yöntemler kullanılmaktadır ve bu yöntemler arasında pestisitler %95 gibi büyük bir oranı kapsamaktadır. Eğer pestisitler kullanılmazsa, ürün kayıplarının %60'a kadar çıkabileceği belirtilmektedir (Tiryaki, Canhilal ve Horuz, 2010).

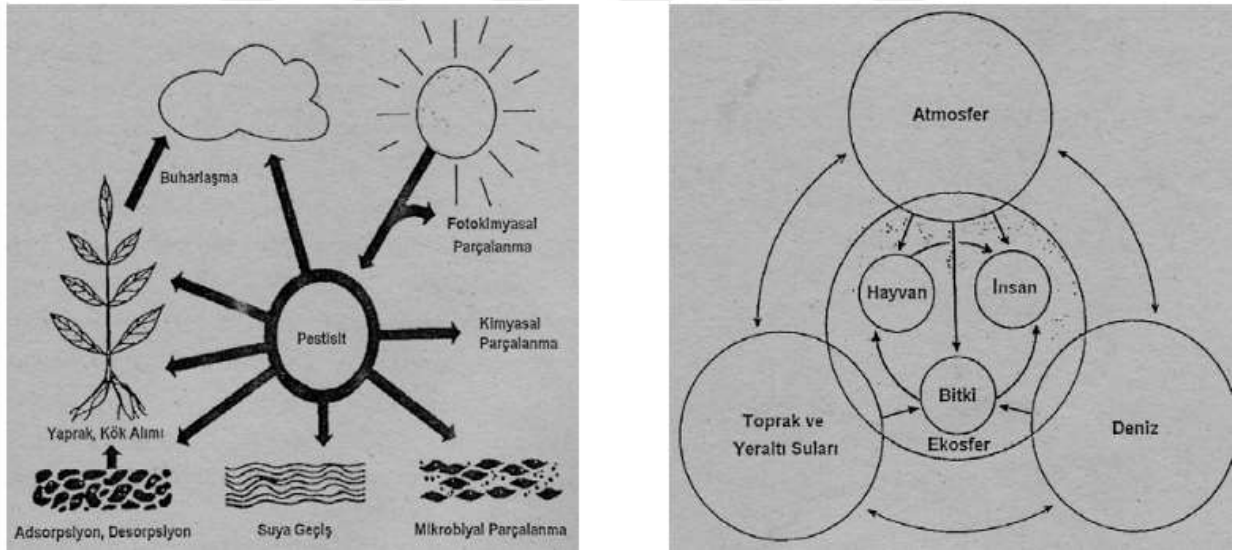
Pestisitler, doğru şekilde kullanıldığında ürün güvenliği için etkili araçlardır. Ancak rastgele kullanım ekosistemin doğal dengesini bozabilir, insan sağlığına zarar verebilir ve maliyetleri artırabilir. Bu yüzden pestisitlerin doğru dozlarda ve uygun alanlarda kullanılması önemlidir (Çelen, Arın, Durgut ve Okur, 2007). Yapılan çalışmalarda geleneksel pestisit uygulamalarında, püskürtme sıvısının yalnızca %20-25'inin bitki yüzeyine ulaştığı ve geri kalan püskürtme sıvısının çevreye yayıldığı bulunmuştur. Ancak son yıllarda yapılan araştırmalara göre pestisitlerin bitkilere ulaşma verimliliği konusunda önemli sonuçlarda bulunmaktadır (Önler, 2012).

Tarım ve Orman Bakanlığı verilerine göre (Şekil 1.2.), 2006 yılında Türkiye'de kullanılan toplam pestisit miktarı 45,376 ton iken bu oran artarak 2023 yılında 57,766 tona çıkmıştır (Anonim, 2025b).



Şekil 1.2. Türkiye'de yıllara göre kullanılan toplam pestisit miktarı (Anonim, 2025c)

Pestisit kullanımı sonucu uygulandığı alanlarda kalıntılar bırakmaktadır. Pestisitler uzun süre havada kalarak sürüklenerek uzak mesafelere taşınabilir. Ayrıca zamanla toprağın derinliklerine inerek su kaynaklarına karışabilir. Aynı zamanda atmosferde buharlaşarak yağmurla birlikte tekrar yeryüzüne düşebilir (Şekil 1.3.). Bu süreçler, çevre üzerinde olumsuz etkiler yaratarak ekosistemdeki canlılar üzerinde zehirlenme riskini artırır (Altıkat, Turan, Ekmekyapar, Torun ve Bingül, 2013).



Şekil 1.3. Pestisitlerin ekosistem içindeki hareketleri (Tiryaki vd., 2010)

Etkin bir pestisit uygulaması için temel unsurlar arasında doğru pestisit seçimi, uygun makine kullanımı ve yetkin bir operatörün bulunması öne çıkmaktadır. Çiftçilerin çevresel koşulları dikkate alarak uygulama yapması en önemli faktörlerden biridir. Çiftçilerin rüzgâr hızının düşük olduğu zamanlarda ilaçlama yapması pestisit sürüklenmesini azaltan yöntemdir. Yanlış yapılan uygulamalar pestisit kaybını artırmakta ve bu durum, çevre kirliliğine ek olarak ekonomik kayıplara da neden olmaktadır. (Şekil 1.4.). Günümüzde pestisit

kullanımında güvenliğini artırmak amacıyla çeşitli çalışmalar ve önlemler alınmaktadır. Bu amaçla pestisitlerin doğru dozda ve doğru zamanda uygulanması, hedef dışı alanlara sürüklenmeyi azaltmak, birim alana doğru dozda pestisit atımı ve yapılan pestisit uygulamasından en üst verimi alabilmek için teknolojik ekipmanlar ve hassas tarım yöntemleri üzerinde çalışmalar geçmişte olduğu gibi günümüzde devam etmektedir.



Şekil 1.4. Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinde pestisit sürüklenmesi (Özkan, 2022)

1.1 Pülverizasyon

Tarım ilaçlarının sıvı formda, belirli bir basınç altında, küçük damlalar halinde hedef yüzeye püskürtülmesine pülverizasyon denir. Pülverizasyonu etkileyen faktörler arasında pestisit miktarı, damla boyutu ve sıklığı, penetrasyon ve yüzey kaplama bulunur (Çilingir ve Dursun, 2002). Pülverizasyonun istenen standartlarda gerçekleşip gerçekleşmediğini belirlemek için kullanılan pülverizatörün, pülverizasyon özelliklerini ve bu özellikleri etkileyen faktörleri doğru bir şekilde belirlemek önemlidir (Çelen vd., 2007). Bu faktörler doğru şekilde ayarlandığında, pülverizasyon işlemi başarıyla gerçekleştirilir.

Pülverizasyon işleminde damla dağılımı büyük bir öneme sahiptir. Çünkü damla dağılımı, hedef yüzeydeki kaplama oranını (pestisit yüzeyi ıslattığı alanın toplam yüzey alanına oranı) ve damlaların rüzgâr etkisiyle hedef dışına taşınma ihtimalini doğrudan etkileyen temel faktörlerden biridir. Ortalama damla çapına göre pülverizasyon sınıfı damla çaplarına göre değişmektedir (Uçar ve Tekelioğlu, 2009). VMD (hacimsel orta çap), püskürtülen sıvının damla hacimlerini esas alarak, tüm hacmi iki eşit kısma bölen çap değeridir. Bu değer

altındaki ve üstündeki damla gruplarının hacimleri birbirine denktir (Çilingir ve Dursun, 2002). Ortalama damla çapına göre pülverizasyonun sınıflandırılması Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1 Ortalama damla çapına göre pülverizasyonun sınıflandırılması (Matthews ve Thornhill, 1992)

Hacimsel Ortalama Çap (μm)	Pülverizasyon Adı
<25	İnce aerosol (<15 μm sis)
25-50	Kaba aerosol
51-100	Çok ince pülverizasyon (mist)
101-200	İnce pülverizasyon (mist)
201-300	Orta yapılı pülverizasyon
301-400	Kaba yapılı pülverizasyon
>400	Çok kaba yapılı pülverizasyon

İlaçlama uygulamalarında, istenilen biyolojik etkinliğin elde edilebilmesi için hedef yüzeylerin yeterli sayıda ve uygun büyüklükte damlalarla etkili bir şekilde kaplanması gerekmektedir (Çilingir ve Dursun, 2002). Çizelge 1.2’de, ilaçlama yapılacak hedef yüzeylere uygun damla çapları belirtilmiştir.

Çizelge 1.2. İlaçlamada karşılaşılan hedef türlerine göre en uygun damla çapları (Matthews, 1994)

İlaçlama yapılacak hedef zararlı	Damla Çapı (VDM, μm)
Uçan böceklere karşı (insektisit)	10-50
Yaprak üzerindeki böceklere karşı (insektisit)	30-50
Yaprak İlaçlaması (Fungusit)	40-100
Yabancı ot ilaçlaması (Herbisit)	250-500

İlaç normu, birim alana uygulanacak sıvı veya toz ilaç miktarını ifade eder ve litre/hektar, kilogram/dekar gibi birimlerle ifade edilir. İlaç normu, bitkinin türü ve gelişim aşaması, zararlının özellikleri, kullanılan pestisit yapısı, damla büyüklüğü ve sıklığı ile pülverizatörün teknik özellikleri gibi birçok faktöre bağlı olarak değişir. Bağ ve bahçelerde, tarla bitkilerine oranla daha yüksek ilaç normları kullanılır. Bunun sebebi, meyve ağaçlarının daha büyük toplam yaprak alanına sahip olması, tacın iç kısımlarına ve üst dallara yeterli damla penetrasyonu sağlamak içindir (Çilingir ve Dursun, 2002). İlaç normu değerleri Çizelge 1.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. İlaçlamada farklı pülverizasyon sınıflarına göre gerekli ilaç normları (Matthews, 1992)

Pülverizasyon sınıfı	Tarla Bitkileri	Bağ-Bahçe
Yüksek Hacimli (HV)	>600	>1000
Orta Hacimli (MV)	200-600	500-1000
Düşük Hacimli (LV)	50-200	200-500
Çok düşük hacimli (VLV)	5-50	50-200
En düşük hacimli (ULV)	<5	<50

Pülverizatörler, pestisitleri tarım alanlarında bitkilere doğru dozda ve uygun şekilde uygulanmasını sağlayarak, bitki koruma işlemlerini etkili bir şekilde gerçekleştiren ve tarımsal mücadelede önemli rol oynayan bitki koruma makineleridir. Modern tarımsal mücadelede bu makinelerin kullanımı büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca pestisit ve iş gücü maliyetleri düşürülerek ekonomik faydalar elde edilebilir. Bitki koruma makineleri, zaman ve iş gücünden tasarruf sağlayarak, tarım alanlarında düzenli ve homojen ilaçlama yapar, bu da bitki koruma etkinliğini ve ürün kalitesini artırır.

Pülverizatörler, kullanım alanlarına (tarla, bağ, bahçe ve sera), damlaların oluşturulma ve hedefe iletilme yöntemlerine, taşınma ve hareket etme şekillerine ve çalıştırıldıkları güç kaynaklarına göre çeşitli kategorilere ayrılabilir (Uçar ve Tekelioğlu, 2009).

1.2 Yardımcı Hava Akımlı Bağ-Bahçe Pülverizatörleri

Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörleri, pestisit uygulamalarında etkinliği artırmak ve pestisit sürüklenmesini (drift) azaltmak için 1950'li yılların sonlarına doğru kullanılmaya başlanmıştır (Fox, Derksen, Zhu, Braze ve Svensson, 2008).

Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörleri (Şekil 1.5.), tarımda kullanılan ve bitki koruma ürünlerini bitkilerin yüzeylerine eşit şekilde püskürtülmesini sağlayan pülverizatördür. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatöründe bulunan fan, yüksek basınçlı hava akımı üreterek memeden çıkan püskürtme damlalarının bitkilerin yaprak yüzeyine eşit bir şekilde ulaşmasını sağlar. Ürettiği hava akımı sayesinde bitkinin en yukarıdaki dallarına püskürtme damlalarının ulaşmasını sağlamaktadır. Bu sayede hava akımı penetrasyon ve yüzey kaplamayı artırarak yoğun bitki örtüsüne sahip arazilerde bitki koruma ürünlerini her yaprağa ulaştırıp etkin bir ilaçlama yapmasını sağlamaktadır (Dai vd., 2023).



Şekil 1.5. Eksenel fanlı yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün görüntüsü (Anonim, 2025d)

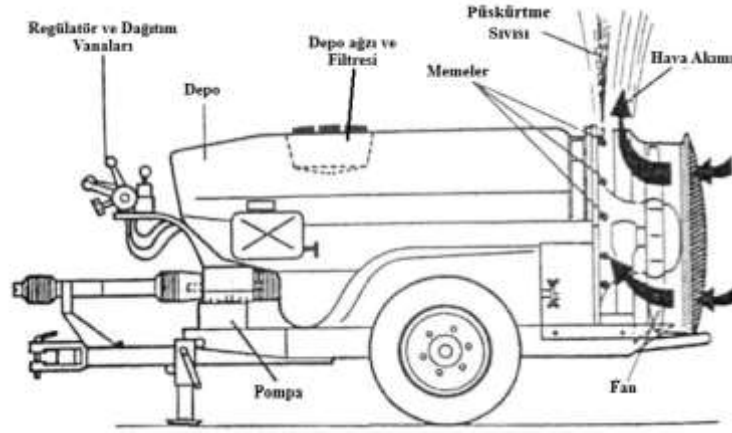
Yardımcı hava akımlı bağ bahçe pülverizatörlerinin çeşitli tipleri bulunmaktadır (Şekil 1.6.). Örneğin bazı modellerde birden fazla radyal fan varken bazı tiplerde çapraz veya eksenel fan bulunur. Bazı pülverizatörlerin yapısı kule tipli olurken bazıları havayı yönlendirmek için esnek borulardan veya tek parça kanallar şeklinde tasarlanmıştır. Bu yapısal çeşitliliğin sebebi, büyük bahçelerde ve farklı tarım alanlarında mevcut olan tarım ürününün boyutu ve yaprak sayısı gibi geometrik özelliklerinin farklılık göstermesidir (Deveau, Ledebuhr ve Manketelov, 2015).



Şekil 1.6. Farklı tip yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörleri (Deveau vd., 2015)

Birçok çeşidinin olmasına rağmen yardımcı hava akımlı bağ bahçe pülverizatörleri üç temel mekanik sistemi içermektedir. Birincisi, hava üretici fanlardır. İkincisi, sıvı sirkülasyon sistemi olup pompalar ve diğer ilgili bileşenlerden oluşur (Şekil 1.7.). Üçüncüsü ise atomizasyon sistemi, yani püskürtme memeleridir. Bu sistemler, damlaların oluşturulması,

düzenlenmesi ve hedefe ulaştırılması süreçlerini eşgüdümlü bir şekilde gerçekleştirirler, böylece etkili ve verimli bir püskürtme sağlanır (Deveau vd., 2015).



Şekil 1.7. Yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinin temel parçaları (Bayat, Bolat ve İtmeç, 2020)

Pülverizatörlerde kullanılan hava akımının dağılım düzgünlüğü ve birikim miktarına olan etkisi çok önemlidir. Hava destekli pülverizatörler, püskürtme sıvısını bitki kanopisine eşit şekilde dağıtmak için fanlardan yararlanır. Fanların hızı, hacmi, ağacın büyüklüğü ve rüzgâr koşulları gibi faktörler, püskürtme desenini doğrudan etkileyerek dağılımın verimliliğini belirlemektedir (Svensson ve Fox 2002).

1.3 Yardımcı Hava Akımlı Bağ-Bahçe Pülverizatörlerinde Hava Akımının Püskürtme Karakteristiklerine Etkisi

Püskürtme karakteristikleri, tarımsal ilaçlamada kullanılan yöntemlerin etkinliğini belirleyen önemli parametrelerdir. Hacimsel orta çap, yüzey kaplama, penetrasyon ve ilaçlama normu bu karakteristikler arasında yer almaktadır. Hacimsel orta çap, püskürtülen sıvının bitki yüzeyine nasıl yayıldığı ve nüfuz ettiğini etkiler. Yüzey kaplama, ilacın bitkinin tüm yüzeyine yayılma kapasitesini ifade eder. Penetrasyon, ilacın bitki dokusuna ne kadar derinlemesine nüfuz ettiğini gösterir. İlaçlama normu ise belirli bir alana uygulanan ilaç miktarını tanımlar. Bu faktörler, tarım ilaçlamasında etkinliği artırmak için birlikte değerlendirilir.

1.3.1 Hava Akımının Damla Çapına Etkisi

Tarımsal püskürtme işleminde damla çapı, ilaçlamanın etkinliğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür çünkü damlaların boyutu, püskürtülen sıvının bitki yüzeyine nasıl yayılacağını, yüzeyde nasıl bir kaplama sağlayacağını ve bitki dokusuna ne kadar derinlemesine

nüfuz edeceğini belirler (Deveau vd., 2015). Ayrıca damla çapının büyüklüğü havada asılı kalma süresine de etkisi vardır. Küçük damlalar, hava da daha uzun süre kalırlar ancak rüzgarla birlikte kolay taşınırlar. Bu durum istenmeyen alanlara sürüklenme riskini artırmaktadır. Boyutu küçük olan damlaların buharlaşması da hızlıdır. Büyük damlalar ise daha hızlı bir şekilde bitki yüzeyine iner. Damla boyutu ne kadar büyükse, ağırlığı da o kadar fazla olur ve bu nedenle sürüklenme riski azalır. Ancak yüzey kaplama oranı sınırlı kalabilir. Farklı tip bitki türlerine uygun damla çapı seçimi ilacın etkinliğini en üste çıkarır ve çevresel koşullara karşı pestisit sürüklenmesini ve buharlaşmayı en aza indirir.

Hava akımının farklı basınçlarda olmasının damla çapına etkisi olmaktadır. Yüksek basınçlardaki hava akımı püskürtme sıvısındaki damlaları daha küçük çaplı damlalara bölmektedir (Gore, Thakare, Thakare ve Deshmukh, 2016).

Yakın geçmişte yapılan bir çalışmada, yardımcı hava akımlı pülverizatörlerde farklı hava ayarları ve meme tipleri kullanarak damla çapının yaprak yüzeyindeki kaplama etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonuçları, yüksek hava hızıyla birlikte kullanılan büyük damlaların daha düzgün ve yaygın bir kaplama sağladığını göstermiştir. Küçük damlaların ise hava akımındaki değişimlere karşı daha duyarlı olduğu, yani yön ve hızdan daha fazla etkilendiği belirlenmiştir. Büyük damlalar ise hava koşullarından daha az etkilenmiştir. Ayrıca hava akımı arttıkça türbülans da artmış ve bu durum yaprak yüzeyinde daha fazla sıvı birikmesine katkı sağlamıştır. Bu bulgular, ilaçlamada hem damla çapının hem de hava ayarlarının doğru şekilde seçilmesinin, etkili bir uygulama için büyük önem taşıdığını göstermiştir (Salas, Salcedo, Ortega, Grella ve Gil 2022).

1.3.2 Hava Akımının Yüzey Kaplamaya Etkisi

Püskürtme uygulamalarında asıl amaç tarım ürünlerine zarar veren hedeflere karşı etkin bir kontrol sağlamak için hedefte yeterli bir yüzey kaplama sağlamak ve pestisit birikimini homojen bir şekilde hedef yüzeye ulaştırmaktır (Gil, Llorens, Landers, Llop ve Giralt, 2011). Yüzey kaplama, püskürtülen ilacın hedef yüzey üzerinde kapladığı alanı ifade eder. İyi bir yüzey kaplama, ilacın hedef yüzeyin tüm bölgelerine eşit ve homojen bir şekilde yayılmasını sağlar. Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörlerinde hava akımı püskürtme sıvısını hedef yüzeye iletir ayrıca hava akımı sayesinde püskürtme sıvısı bitki örtüsünün üst yapraklarına da ulaşarak homojen bir yüzey kaplama sağlanmış olur (Balsari, Herbst ve Langenakens, 2016).

Yoğun yaprak örtüsüne sahip meyve bahçelerinde ilaçlama kalitesi; uygulama hacmi ve hava akış hızının birlikte değerlendirilmesiyle önemli ölçüde değişmektedir. Uygulama hacminin artırılması, yüzeydeki toplam damla birikimini ve kaplama oranını artırsa da, yaprakların iç kısımlarına ulaşmasını azaltmakta ve pestisit dağılımının homojenliğini bozabilmektedir. Bu durum, yüksek hacimli uygulamalarda yaprakların dış yüzeylerinde aşırı birikim oluşurken, iç bölgelerin yeterince pestisit ulaşmamasıyla açıklanabilir. Diğer yandan, hava akımı ilaçlama uygulamasının etkinliğini etkileyen bir diğer unsurdur. Hava akış hızındaki artış, belirli bir seviyeye kadar ilaçlamanın homojenliğini ve bitki örtüsüne nüfuzunu iyileştirebilmekte; ancak bu eşik aşıldığında ilacın hedef dışına gitmesine ve yüzey kaplamanın azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle hem sıvı hacmi hem de hava akışı, bitki yoğunluğu ve hedef yüzeylerin konumuna göre dikkatle ayarlanmalı, aşırı hacim veya yüksek hava hızı kullanımından kaçınılmalıdır (Fuentes, Lizana, Gil, Vega ve Ribes, 2015).

Yapılan bir çalışmada, serada kullanılan yardımcı hava akımlı bir pülverizatör ile gerçekleştirilen deneylerde, uygulama hacmi, hedef konumu ve hava akış hızının yaprak yüzeyindeki yüzey kaplama dağılımına olan etkileri incelenmiştir. Çalışmada, hava akış hızı azaltıldıkça yaprak yüzeyindeki birikimin arttığı gözlemlenmiş, ayrıca bu artışın orta düzeydeki hava hızı seviyesinde en verimli olduğu, daha fazla azaltıldığında ise bir eşığe ulaşıldığı ve istatistiksel olarak anlamlı bir artış sağlamadığı belirlenmiştir. Hava akımındaki artış, üst yaprak yüzeyine göre alt yaprak yüzeyine yapılan ilaç birikimini iyileştirmiştir. Ayrıca düşük hacim oranlarında yapılan uygulamaların yüzey kaplama homojenliğini artırdığı ve hedef dışı kayıpları önemli ölçüde azalttığı ortaya konmuştur. Buldukları sonuçlara göre hava akımının doğru ayarlanmasıyla daha etkili ve dengeli bir yüzey kaplaması sağlanabileceğini göstermiştir (Musiu, Qi ve Wu, 2019).

1.3.3 Hava Akımının Penetrasyona Etkisi

Penetrasyon, ilacın bitki yapraklarının alt ve üst yüzeyine ve bitkinin iç kısımlarına ulaşması olarak açıklanabilir. Hava akımlı bahçe pülverizatörlerinde hava akımı, püskürtme sıvısının kanopinin iç kısımlarına gitmesini sağlayarak penetrasyonu ve dolayısıyla püskürtme etkinliğini belirleyen önemli bir faktördür.

Hava akımı, pülverizatörden çıkan püskürtme sıvısının taşınmasını sağlar ve bitki yüzeyine doğru yönlendirir. Eğer hava akımı yeterli derecede ve doğru yönlendirilmişse, püskürtme sıvısı kanopi yapraklarının içine daha derinlemesine nüfuz eder. Bu da püskürtülen

sıvıyı hedef bölgelere taşıma ve etkili bir şekilde uygulama sağlayarak penetrasyonu artırır (Aydar, Sabahoglu, Zeki ve İşçi, 2010). Hava akımı, püskürtülen sıvının bitki dokularına veya yüzeylere penetrasyonunu etkileyebilir. Ancak aşırı güçlü bir hava akımı, sıvının hedef yüzeyden uzaklaşmasına veya püskürtülen maddeyi dağıtmasına neden olabilir. Ayrıca az yapraklı kanopinin yapısı da hedef dışı sürüklenmeye neden olarak penetrasyonu azaltabilir. Bu kayıpları önlemek için hava akış hızının ve yönün ayarlanması gerekmektedir (Duga, Ruysen, Dekeyser, Nuyttens, Bylemans, Nicolai ve Verboven, 2015).

Yakın geçmişte yapılan bir çalışmada, farklı hava akımı dağılım desenlerinin, yardımcı hava akımlı çok üniteli bir pülverizatörle yapılan ilaçlamada kaplama ve penetrasyon üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yapılan testlerde, armut ve kiraz ağaçlarında çeşitli fan ayarları kullanılarak hem hava akımı ölçümleri hem de püskürtme uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hava akımı hızının artırılmasının yaprakların alt yüzeyindeki ilaç birikimini önemli ölçüde artırdığını, ancak kanopi içerisine olan ilaç penetrasyonu üzerinde anlamlı bir iyileşme sağlamadığını göstermiştir. Özellikle armut ağaçlarında, ileri ve yatay yönde artırılan hava akımı, ağacın dış bölgelerindeki yaprakların alt yüzeylerinde ilaç birikimini artırmıştır. Buna karşılık kiraz ağaçlarında benzer bir etki gözlenmemiştir. Bununla birlikte hava akımının yön açısının büyümesi, yaprakların üst yüzeylerindeki ilaç birikimini azaltmıştır. Bu sonuçlar ilaçlamada hem yüzey kaplamanın hem de kanopi içine nüfuz etmenin, hava akımının hızı ve yönüyle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir (Li, Qi, Wang, Xu, Huang, Han ve He, 2022).

Bu tez çalışmasında, geleneksel eksenel fanlı yardımcı hava akımlı bağ-bahçe pülverizatörlerinde bağlarda hava akımı yönünün püskürtme sıvısının dağılımı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

1.4 Literatür Özetleri

Juste, Sanchez, Ibanez, Val ve Garcia (1990), narenciye bahçelerinde pestisit uygulama etkinliğini artırmak için farklı püskürtme sistemlerinin püskürtme penetrasyonu ve birikim üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma, İspanya'daki Salustiana çeşidi portakal ağaçlarında gerçekleştirilmiş ve dört farklı ekipman karşılaştırılmıştır: manuel uygulama (sırt atomizörü), hidrolik salımlı memeler, hava destekli pülverizatör ve düşük basınçlı hava destekli pülverizatör. Deneysel, 6x5 metre aralıklarla dikilmiş ve yaklaşık 4-5 metre yüksekliğindeki

ağaçlarda yapılmıştır. Püskürtme birikimi, yaprak yüzeylerinden alınan örneklerle bakır konsantrasyonu ölçülerek değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, manuel uygulamaların dış bölgelerde daha yüksek birikim sağladığını, ancak iç bölgelerde yetersiz kaldığını göstermiştir. Hava destekli pülverizatörlerde (özellikle düşük basınçlı sistemlerde), püskürtme penetrasyonu iç bölgelere kadar ulaşmış ve birikim daha homojen bir şekilde sağlanmıştır. Bununla birlikte, fan gücünün düşük olması durumunda, özellikle üst kanopi seviyelerinde püskürtmenin etkili bir şekilde yayılmadığı belirlenmiştir. Daha yüksek hacimli püskürtme (5000-5500 l/ha), manuel ve hidrolik sistemlerde yüksek akıntı kayıplarına yol açmıştır (%9,1 ile %20,8 arasında), ancak hava destekli sistemlerde bu kayıplar %5,2 ila %1,5 seviyelerine düşmüştür. Pestisit etkinliği açısından, hava destekli pülverizatörler özellikle yaprak bitlerinin kontrolünde manuel sistemlere yakın bir başarı sağlamıştır. Bununla birlikte, *Lepidosaphes* sp. gibi iç bölgelerde bulunan zararlılar için tüm ekipmanların yetersiz olduğu ve bu alanlarda pestisit etkinliğinin artırılması için daha yüksek hava akış hacimlerine ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır.

Fox, Braze, Svensson, Reichard (1992) yaptıkları çalışmada, çapraz akışlı fan pülverizatörlerden çıkan hava akımının (hava jetlerinin) hız profili incelenmiş ve bu profillerin düzlem jet matematik modeli ile açıklanabilirliği test edilmiştir. Deneilerde, iki üniteden oluşan çapraz akışlı fan pülverizatörün hava çıkışı 0.05 ila 6 m (0.16–20 ft) arasında ölçülmüştür. Fan hızları 1080 ve 1476 d/dak olarak ayarlanmıştır. Üst fan hem dikey hem de dikeyden 20° aşağı eğimli şekilde konumlandırılarak karşılaştırmalar yapılmıştır.

Elde ettikleri sonuçlara göre, ölçülen maksimum hava hızlarının düzlem jet modeli ile uyumlu olduğunu göstermiştir. Çıkış hava hızları, fan hızı 1476 d/dak olduğunda 1080 d/dak 'ya kıyasla yaklaşık 1.6 kat daha yüksek bulunmuştur. Üst fanın 20° aşağı eğimli olduğu durumda, alt seviyelerdeki hava hızları 3 m (9.8 ft) uzaklıkta %10 oranında artmıştır. Ayrıca eğimli üst fan, alt fanın üst kısmını yere doğru yönlendirerek hava akışında düzensiz dalgalanmalara neden olmuş, ancak püskürtme damlalarının yer seviyesinde daha uzun süre kalmasını sağlamıştır. Bu durum sürüklenme kayıplarını azaltarak püskürtme etkinliğini artırma potansiyeli taşımıştır. Çapraz akışlı fan pülverizatörlerin hava akış modelleri üzerinde önemli bilgiler sunmuş ve 20° eğimle çalışan fanların özellikle bodur meyve ağaçları üzerindeki birikim performansını artırabileceğini göstermiştir.

Pergher, Gubiani ve Tonetto (1997) tarafından yapılan çalışmada, bağlarda üç farklı hava destekli ilaçlama makinesi karşılaştırılmıştır. Kullanılan pülverizatörlerden biri yüksek hacimli eksenel fanlı hava akımlı , biri düşük hacimli basınçlı hava ile çalışan ve biri ise hava çıkış yönü ayarlanabilen pülverizatörlerdir. Çalışmada, yapraklara, üzümlere ve toprağa ulaşan ilaç miktarları ölçülmüş, ayrıca ayarlanabilir çıkışlı makinede hava akış açısının 90 derece ve 118 derece olarak değiştirilmesinin etkileri incelenmiştir. Sonuçlara göre, tüm pülverizatörler püskürtme sıvısının %64'ünden fazlasını yapraklara ve üzümlere ulaştırmayı başarmıştır. Yaprak üzerinde en dengeli dağılım, yüksek hacimli eksenel fanlı hava akımlı pülverizatörde elde edilmiştir. Hava çıkış açısının 90°'den 118°'ye değiştirilmesi yapraklara ulaşan toplam ilaç miktarını değiştirmemiş, ancak yapraklar üzerindeki dağılımda düzensizliklere neden olmuştur.

Toprağa dökülen ilaç miktarı, yüksek hacimli eksenel fanlı pülverizatörde daha fazla bulunmuş (%27), diğer pülverizatörlerde bu oran %18 ile %21 arasında değişmiştir. Çalışmada, hava akış açısını artırmanın tam yapraklanma döneminde ilaçlama başarısına olumlu katkı sağlamadığı, yüksek hacimli eksenel fanlı hava akımlı makinelerin ise daha düzgün bir ilaç dağılımı elde edilmiştir.

Holownicki, Doruchowsk, Godyn ve Swiechowski (2000), farklı hava akış yönlendirmelerine sahip hava destekli pülverizatörlerle yapılan bu çalışmada, püskürtme birikimi ve hedef dışı kayıplar üzerindeki etkiler incelenmiştir. Deneyler, bodur ve yarı bodur elma bahçelerinde gerçekleştirilmiş ve üç püskürtme sistemi karşılaştırılmıştır: geleneksel pülverizatör, çapraz akışlı pülverizatör ve yüksek hacimli yönlendirilmiş hava akış sistemi (HVDAS). HVDAS pülverizatöründe hava çıkış yönleri 20° ve 40° yukarı eğimli olarak ayarlanmıştır. Sonuçlar, HVDAS-20°'nin her iki bahçede de en yüksek püskürtme birikimini sağladığını göstermiştir. Özellikle alt yaprak yüzeylerinde cüce bahçede 79,3 ng/cm²'ye kadar birikim sağlanmıştır. HVDAS-40° yönlendirmesi ise alt yüzey birikiminde artış sağlarken toplam birikimi azaltmış ve hedef dışı kayıpları artırmıştır. Hedef dışı kayıplar, HVDAS-40°'ta %66,6'ya ulaşırken, HVDAS-20° bu kayıpları %47'ye kadar düşürmüştür. Çapraz akışlı sistem, geleneksel pülverizatöre göre daha homojen bir birikim sağlamış ancak alt yüzeylerde yeterli birikim elde edilememiştir. Yüksek hava yönlendirme açıları sürüklenme riskini artırırken, 20° hava yönlendirmesi birikim ve kayıplar arasında en iyi dengeyi sağlamıştır. Yazarların elde ettiği sonuçlara göre pülverizatörün hava çıkış yönü ve açısının ayarlanması birikim ve kayıplar üzerinde önemli bir etkisi olduğu vurgulanmıştır.

Pezzi ve Rondelli (2000) tarafından yürütülen çalışmada, iki adet dikey olarak ayarlanabilir hava çıkışına sahip bir hava destekli pülverizatörün bağ bitkilerinde gösterdiği performans değerlendirilmiştir. Araştırmada, hava akış yönü (90° ve 120° geriye eğimli) ile fan hızı (1400, 2000 ve 2500 dev/dak) değişkenlerinin, püskürtme birikimi, kanopi içerisine nüfuz (penetrasyon) ve hedef dışı kayıplar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, 120° geriye eğimli hava yönlendirmesinin, özellikle düşük ve orta fan hızlarında (1400 ve 2000 dev/dak), püskürtme sıvısının kanopi boyunca daha etkili bir şekilde yayılmasını sağladığını ve yaprak yüzeylerindeki birikimi artırdığını göstermiştir. Aynı zamanda bu konumlandırma, çevresel kayıpları da azaltmıştır. Buna karşılık 90° yönlendirme açısında özellikle kanopinin alt ve iç kısımlarında yetersiz birikim gözlemlenmiş, püskürtmenin önemli bir kısmı kanopiyi geçerek sürüklenmiştir. Fan hızının 2500 dev/dak'a çıkarıldığı durumlarda ise her iki yönlendirme açısından da hedef dışı kayıplar artış göstermiş; çevresel kayıp oranı %42,6 seviyesine ulaşmıştır. Çalışma genelinde, püskürtme etkinliğinin sağlanmasında hem hava yönünün hem de fan hızının önemli belirleyiciler olduğu sonucuna varılmıştır.

Svensson, Brazee, Fox ve Williams (2003), elma ağaçlarında hava jetlerinin kanopi içine penetrasyon performansını değerlendirmek amacıyla çapraz akışlı fan pülverizatörlerle bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla üç farklı fan pozisyonu (0/0: her iki fan dikey, 20/0: üst fan 20° eğimli, 15/12: üst fan 15° , alt fan 12° eğimli), iki fan hızı (18 ve 24,5 d/s) ve üç ilerleme hızı (4,8, 6,4 ve 8,0 km/s) test edilmiştir. Hava jetlerinin hızları sıcak tel anemometrelerle ölçülmüş ve analizlerde maksimum hız, hızın zamanla integrali, hızın küpü ve hız küpünün zamanla integrali değerlendirilmiştir. Her iki fanın dikey olduğu konumda (0/0), maksimum hava hızları genel olarak daha düşük bulunmuş, ancak 3,0 m yüksekliğinde diğer pozisyonlara kıyasla daha yüksek hız sağlamıştır. Buna karşın, 1,8 m yüksekliğinde düşük değerler vermiştir. 20/0 konumunda üst fanın eğimi sayesinde alt seviyelere daha homojen ve dengeli bir hava akışı sağlanmıştır. En yüksek penetrasyon ise 15/12 pozisyonunda elde edilmiş; özellikle 1,8 m yüksekliğinde maksimum hava hızları kaydedilmiştir. Ancak bu konumda 3,0 m üzerindeki hızlar azalmış ve üst seviyelerde etkili olmamıştır. Yüksek fan hızı (24,5 d/s), tüm yüksekliklerde hava akımını artırmış; düşük ilerleme hızı (4,8 km/s) ise hava jetlerinin kanopi içinde daha uzun süre etkili olmasını sağlamıştır. Yüksek ilerleme hızlarında hava jetlerinin etkinliği azalmış ve penetrasyon performansı düşmüştür.

Yazarları yaptıkları çalışma, fan hızı, yönü ve ilerleme hızının püskürtme etkinliği ve kanopi içine penetrasyon üzerinde önemli etkileri olduğunu ortaya koymuş; özellikle birbirine

yaklaşan hava akımı oluşturan 15/12 fan yerleşim düzeninin en başarılı uygulama olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Balsari ve Marucco (2004), İtalya'da, bağ alanlarında yapılan ilaçlamalarda meydana gelen ilaç sürüklenmesini incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, iki farklı bağ düzeninde ve iki farklı gelişme döneminde (çiçeklenme sonu ve tanelerin temas ettiği dönem) sürüklenme miktarı ölçülmüştür. İlaçlama uygulamaları üç farklı damla büyüklüğüne sahip memeler ve iki farklı hava akım hızı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, bitki örtüsünün yapısının sürüklenme üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Sıraları daha sık olan ve bitki örtüsü daha yoğun olan bağda sürüklenme daha düşük bulunmuştur. Sıraları daha geniş ve bitki örtüsü daha seyrek olan bağda ise sürüklenme miktarı artmıştır. İnce damlalarla ve yüksek hava akımı kullanıldığında sürüklenme artarken, hava karışıklı memeler kullanıldığında sürüklenme önemli ölçüde azalmıştır. Hava karışıklı memelerle yapılan uygulamalarda, diğer yöntemlere göre sürüklenmede %37'ye kadar azalma sağlanmıştır. Sonuç olarak, sürüklenmenin yalnızca meme tipi ve hava akımı gibi püskürtme ayarlarından değil, aynı zamanda bağın yapısı ve gelişme durumu gibi bitki özelliklerinden de önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir.

Güler ve Tozan (2004), bağlarda kullanılan hava akımlı mekanik pülverizatörlerin ilaç püskürtme yönü, hava akışı ve basınç değerlerinin pülverizasyon karakteristikleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla, yapay asma bitkileri ile laboratuvar ortamında testler yapılmış ve püskürtme sistemine eklenen hava yönlendirme üniteleri kullanılarak performans iyileştirilmiştir. Denemeler, üç farklı hava debisi (24830, 30473, 36117 m³/h; yaklaşık 414, 508 ve 602 L/dk) ve üç farklı işletme basıncı (6, 12, 18 bar) değerlerinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, 30/60 ayar pozisyonunun 30473 m³/h (508 L/dk) hava debisi ve 6 bar çalışma basıncıyla en iyi püskürtme sonuçlarını sağladığını göstermiştir. Bu ayar pozisyonunda ilaç dağılım düzgünlüğü, yüzey kaplama oranı ve hedef üzerindeki kalıntı miktarları optimize edilmiştir. Ayrıca, hava yönlendirme ünitesinin kullanımı, hedef dışı sürüklenme oranlarını azalttığı ve bitki merkezindeki ilaç kalıntı miktarını artırdığı belirlenmiştir. Özellikle makinenin orijinal haliyle karşılaştırıldığında, hava yönlendirme ünitesi eklenmiş durumda iç bölgelerdeki kalıntı miktarının 2,5 kata kadar arttığı gözlemlenmiştir. Çalışma, bağ ilaçlamalarında daha etkin bir püskürtme sağlamak için hava akış parametrelerinin hassas ayarlanmasının önemini vurgulamaktadır.

Panneton, Lacasse ve Piché (2005) tarafından yapılan bu çalışmada, bağlarda ilaçlama amacıyla geliştirilen yeni tip bir yardımcı hava akımlı pülverizatörün farklı hava akımı yapılandırmaları incelenmiştir. Çalışmada, dikey hava kanalları kullanılarak iki boyutlu yatay bir hava akımı oluşturulmuş ve püskürtme damlalarının bitki örtüsü içindeki dağılımı değerlendirilmiştir. Üç farklı hava akımı düzeni test edilmiştir: (a) sıraya dik tek bir hava akımı; (b) her iki yanda eşit hava akımı sağlayan iki hava kanalı; (c) hava akımı dağılımı ve yönü farklı olan iki hava kanalı. Yapay silindirik hedefler üzerine yerleştirilen suya duyarlı kâğıtlar kullanılarak kaplama oranları ölçülmüş ve görüntü analizi yapılmıştır.

Sonuçlar, en yüksek kaplama oranının ve en dengeli dağılımın, hava akımlarının birbirine etki ettiği (c) yapılandırmada elde edildiğini göstermiştir. Çift hava kanallı düzenler (b ve c), tek kanallı düzene (a) göre, bitki örtüsünün farklı bölgelerinde daha düzenli ve eşit bir damla birikimi sağlamıştır. Özellikle iki hava akımının kesişmesiyle oluşan türbülansın, damlaların bitki yüzeylerinde daha etkili tutulmasına katkı sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışma, bağlarda etkili ve dengeli bir ilaçlama için hava akımı yönünün ve hava akımlarının birbirine etkisinin önemli olduğunu ortaya koymuştur.

Çelen (2008), bodur elma bahçelerinde, yapraklardaki püskürtme birikimi ve hedef dışı kayıplar üzerinde deflektörlerin yönlendirdiği hava akışının etkisi incelenmiştir. Denemeler, Granny Smith ve Galaxy Gala çeşitlerinde, üç farklı deflektör açısıyla (0°, 20°, 40°) gerçekleştirilmiştir. 20°lik açı, toplam püskürtme birikimini artırmış ve üst yaprak yüzeylerinde daha homojen bir dağılım sağlamıştır. Ancak 40° açıda, hava akımının daha yükseğe yönlendirilmesi, püskürtme kaybını ve hava ile taşınma riskini artırmıştır. 0° açısı ise alt yaprak yüzeylerinde birikimi artırmış, ancak toplam birikimi azaltmıştır. Deflektör açılarının püskürtme kayıpları üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve 20° açının zemine olan kaybı azalttığı belirlenmiştir. Ancak 40° açıda, hava kaybı artmış ve toplam kayıp oranı yükselmiştir. Hava jetlerinin daha geniş açıyla yönlendirilmesi, damla yakalama verimliliğini azaltarak toprak kirlenmesini artırmıştır.

Pai, Salyani ve Sweeb (2009), narenciye bahçelerinde yaprak yoğunluğuna göre ayarlanabilir hava akışı sağlayan elektro-mekanik bir kontrol sistemi geliştirmiştir. Sistem bir lazer tarayıcı ile tespit edilen yaprak yoğunluğu verilerine göre, deflektör plakasını beş farklı pozisyonda (1–5) hareket ettirerek hava akışını 1,9 m³/s ile 7,6 m³/s arasında değiştirmiştir. Yaprak yoğunluğu farklı dört narenciye ağacında yapılan hava penetrasyonu testlerinde, düşük yoğunluklu ağaçlarda hava akımı kanopi içinden daha kolay geçerken, yüksek yoğunluklu

kanopilerde penetrasyon belirgin şekilde azalmıştır. Yüksek traktör ilerleme hızında (4,73 km/s), hava akımının penetrasyon üzerindeki etkisi azalmış; özellikle yoğun yapraklı ağaçlarda deflektör pozisyonlarının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Püskürtme dağılımı testlerinde, düşük hava akışı sağlayan pozisyonlarda (özellikle 1. konum), bazı küçük damlaların hedefe ulaşmadan yere düştüğü ve toplam birikimin azaldığı gözlenmiştir. Yüksek hava akışında (pozisyon 5), büyük damlaların uzak hedeflere taşındığı ve yüksek hacimli uygulamalarda daha yüksek birikim sağladığı görülmüştür. Ancak düşük hacimli uygulamalarda artan hava debisinin, küçük damlaların sürüklenmesini artırabileceği belirtilmiştir.

Çalışma, yaprak yoğunluğuna uygun hava ayarı yapılarak püskürtme kayıplarının azaltılabileceğini göstermiştir. Ancak deflektör plakasının mevcut tasarımının, farklı pülverizatör tipleri için iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Aydar, Sabahoğlu, Zeki ve İşçi (2010), elma bahçelerinde elma içkurdu (*Cydia pomonella*) ile mücadelede kullanılan yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörlerinin biyolojik performansını belirlemek ve standart pülverizatörlerle karşılaştırmak amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, pestisit birikimi, penetrasyonu, dağılım homojenliği ve biyolojik etkinlik gibi ilaçlama karakteristikleri incelenmiş ve her iki makine arasındaki farklar değerlendirilmiştir. Denemeler, düşük ve yoğun yapraklı iki farklı vejetasyon döneminde gerçekleştirilmiş ve sonuçlar, yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün hem biyolojik etkinlik hem de pestisit birikimi açısından standart pülverizatöre göre üstün olduğunu göstermiştir. Yardımcı hava akımlı sistem, toprak üzerindeki kayıpları %48 oranında azaltırken, ağacın farklı bölgelerinde iz maddesi kalıntılarını üst (%22,2), orta (%14,81) ve alt (%11,32) bölgelerde artırmıştır. Ayrıca, bu sistemin hedef dışı kayıpları azaltarak ilaç sürüklenme miktarını önemli ölçüde düşürdüğü ve elma içkurdu mücadelesinde %15-29 oranında daha yüksek biyolojik etkinlik sağladığı tespit edilmiştir.

Landers (2010), meyve bahçelerinde pestisit uygulamalarını iyileştirmek amacıyla geliştirilen hassas püskürtme sisteminde, ayarlanabilir deflektörler ve infra-red sensörler entegre edilmiştir. Deflektörler, hava akışını yönlendirerek kanopi içindeki püskürtme penetrasyonunu artırmış, sensörler ise yaprak yoğunluğunu algılayarak püskürtme hacmini otomatik olarak ayarlamıştır. Bu sistem, drift oranını %75'e kadar azaltırken, pestisit kullanımını %40 oranında düşürmüştür.

Sonuçlara göre, elma ve üzüm bağlarında gerçekleştirilmiş ve sensör kontrollü hava akışının yüksek yaprak yoğunluğu bölgelerinde homojen bir penetrasyon sağlamıştır. Louvrelü hava çıkış sistemleri, alternatif sıra püskürtme ile hem hedef dışı kayıpları azaltmış hem de enerji tasarrufu sağlamıştır.

Catania, Inglese, Pipitone ve Vallone (2011), rüzgarın hava destekli ilaçlamalarda etkisini yapay bir üzüm bağı kullanarak incelemiştir. Rüzgar hızları sırasıyla 0 m/s, 2 m/s ve 5 m/s olacak şekilde ayarlanmış, yaprak kaplama oranı ve yaprak üzerindeki ilaç birikimi ölçülmüştür. Sonuçlara göre, rüzgar hızının 2 m/s'yi geçmesiyle birlikte hem yüzey kaplama oranı hem de damla birikimi önemli ölçüde azalmıştır. Özellikle 5 m/s rüzgar koşulunda ilaçlama etkinliği yaklaşık %70 düşmüştür. Çalışma, 2 m/s ve üzeri rüzgar hızlarında yapılan ilaçlamaların etkinliğini ciddi şekilde azalttığını ve bu koşullarda ilaçlama yapılmasının önerilmediğini göstermiştir.

Melese Endalew, Debaer, Rutten, Vercammen, Delele, Ramon, Nicolai ve Verboven (2011) tarafından yürütülen bu çalışmada, hava destekli pülverizatörlerin armut ağaçları üzerindeki hava akışı davranışı ve püskürtme etkinliği hem deneysel ölçümlerle hem de Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) simülasyonlarıyla incelenmiştir. Çalışmada Condor V, Duoprop ve AirJet Quatt model pülverizatörler kullanılmış; ağaçların yapraksız ve tamamen yapraklı durumlarındaki hava akışı profilleri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yoğun yaprak bölgelerinde hava jet hızının hızla azaldığını, yapraklı ve yapraksız ağaçlar arasında jet profillerinde belirgin farklar oluştuğunu göstermiştir. Duoprop ve AirJet Quatt modellerinin jet hızları yüksek olsa da yoğun kanopilerde bu hızlar yaprak direnci nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır. Simülasyonlar, jetin yön değiştirmesi ve yayılım desenindeki farklılıkları da göstermiştir. CFD simülasyonları ve deneysel ölçümler arasındaki uyum yüksektir.

Çalışmada, dikey hız dağılımının, türbülansın ve hava akımının yönünün püskürtme etkinliği üzerinde doğrudan etkili olduğu, özellikle hedef dışı dağılımın azaltılması için hava akış parametrelerinin yaprak yoğunluğuna uygun şekilde düzenlenmesi gerektiği vurgulanmıştır. Modelin, ileride pestisit parçacıklarının hareketini ve depozisyonunu modellemek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir.

Khot, Ehsani, Albrigo, Landers, Larbi (2012) yaptıkları çalışma da, narenciye bahçelerinde kullanılan eksenel fanlı hava destekli bir pülverizatörün püskürtme desenlerini

incelemek ve püskürtme etkinliğini optimize etmek amacıyla modifiye edilmiş bir dikey desen ölçer (paternatör) kullanmıştır. Amaç, kimyasal kullanımını azaltmak, hedef dışı kayıpları minimize etmek ve püskürtmenin doğruluğunu artırmaktır. Sistem, 20 adet değişken oranlı püskürtme memesi (her iki tarafta 10 adet) ve ayarlanabilir hava yönlendirme levhaları ile donatılmış eksenel fanlı bir pülverizatör kullanmıştır. Eksenel fan, saat yönünün tersine döndürülmüş, bu durum hava akışında asimetri yaratarak sağ tarafın sol tarafa göre daha fazla püskürtme sıvısı almasına neden olmuştur. Hava yönlendirme levhaları, %50 ve %100 açıklık ayarlarında test edilmiş ancak asimetric dağılımı tamamen dengeleyememiştir. Paternatör, püskürtme hacminin %85'ten fazlasını toplamak için etkili bir araç olarak kullanılmıştır. Alt memelerden kaynaklanan püskürtme hacminin daha yoğun kanopiler için uygun olduğu, ancak yoğun olmayan kanopilerde hedef dışı kayıpların arttığı belirtilmiştir. Çalışma, püskürtme memesi ve hava akışı kombinasyonlarının, farklı büyüklükteki narenciye kanopilerine göre optimize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Elde edilen sonuçlar, yoğun yaprak örtüsüne sahip narenciye kanopileri için alt memelerden daha yüksek hacimli püskürtme sağlanmasının etkili olduğunu göstermiştir. İnce yaprak örtüsüne sahip kanopilerde ise hava destekli püskürtme kayıplarının artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, hava yönlendirme levhalarının tasarımının geliştirilerek püskürtme sıvısı dağılımındaki asimetrinin giderilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Osterman, Godeša, Hočevar, Širok ve Stopar (2013), meyve bahçelerinde püskürtme etkinliğini artırmak, hedef dışı kayıpları azaltmak ve kanopi uyumlu püskürtme sağlamak amacıyla değişken geometriye sahip hava destekli bir bahçe pülverizatörü geliştirilmiştir. Geliştirdikleri algoritma, püskürtme kollarını ağaç kanopi şekline göre otomatik olarak konumlandırmak amacıyla gerçek zamanlı lazer tarayıcı ölçümlerine dayandırmışlardır. Üç hareketli püskürtme koluna sahip bu sistem, kanopinin üç yükseklik segmentini ayrı ayrı hedef almıştır. Her kol, lazer tarayıcıdan alınan veriler doğrultusunda, kanopi yüzeyine dik bir şekilde yerleştirilmiş ve püskürtme açısına uygun olarak ayarlanmıştır. Algoritma, kanopi kontur (ağaçların yaprak ve dal yapısına bağlı olarak oluşan dış sınır çizgileri) verilerini basitleştirerek püskürtme kollarının ideal pozisyonlarını belirlemiş ve hareketleri bir kaydırmalı ortalama yöntemi ile düzeltmiştir.

Yapılan denemeler, 3 metre yüksekliğindeki elma ağaçlarında gerçekleştirilmiş ve sistemin hedef dışı kayıpları azaltırken püskürtme etkinliğini artırdığı görülmüştür. Lazer

tarayıcı algoritması, kanopi konturlarını ayarlayarak penetrasyonu iyileştirmiş ve drift oranını düşürmüştür.

Salcedo, Garcera, Granell, Molto ve Chueca (2015), hava destekli bir pülverizatörün narenciye bahçelerinde oluşturduğu hava akışının davranışları ve kanopi üzerindeki etkileri, deneysel yöntemlerle ve CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) simülasyonlarıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir. Araştırma, İspanya'daki bir portakal bahçesinde, "Lane Late" çeşidi narenciye ağaçları üzerinde gerçekleştirilmiş, ilaçlama makinesi olarak geleneksel hava destekli pülverizatör kullanılmıştır. Ayrıca kanopi çapı 3,8 metre ve ağaç yüksekliği 2,6 metre olarak ölçülmüştür. Pülverizatörün hava debisi 24,4 m³/s olarak hesaplanmış, hava hızları üç boyutlu ultrasonik anemometrelerle ölçülmüş ve elde edilen veriler CFD simülasyonlarıyla analiz edilmiştir. Denemelerde, kanopi üzerinde ve arkasında iki farklı vorteks tespit edilmiştir. Kanopinin üzerindeki vorteks, yukarı doğru yönlene hava akımı ile oluşmuş ve damlaların atmosfere taşınmasına neden olarak hedef dışı kayıpları artırmıştır. Bu durum, özellikle hava hızının artmasıyla daha belirgin hale gelmiştir. Kanopinin alt kısmında ise zeminden kaynaklanan sürtünme ve ağaç sıraları arasındaki boşlukların etkisiyle bir vorteks meydana gelmiştir. Bu vorteks, damlaların kanopi içinde dolaşarak alt yaprak yüzeylerinde birikimini artırmasını sağlamıştır. Ancak yüksek hava hızlarında, bu vorteksler hem hedef alanlarda birikimi dengelemekte zorlanmış hem de hedef dışı sürüklenme riskini artırmıştır.

Pascuzzi, Cerruto ve Manetto (2017), hava destekli bir pülverizatör kullanarak "tendone" terbiye sistemine sahip bağlarda hava akımı hızı, uygulama hacmi ve bitkisel gelişim döneminin yaprak ilaçlaması üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada, çift fanlı, çekilir tip hava destekli bir pülverizatör (Projet Maxi 660) kullanılarak iki farklı hava akımı hızı (2,43 ve 5,71 m³/s) ve iki farklı uygulama hacmi (335 ve 625 L/ha) denenmiştir. Denemeler tam çiçeklenme ve tanelerin temas ettiği iki fenolojik dönemde yürütülmüştür. Sonuçlar, uygulama hacminin yaprakdaki damla birikimini önemli ölçüde değiştirmediğini, ancak hava akımı hızının etkisinin gelişim dönemine bağlı olduğunu göstermiştir. Tam çiçeklenmede hava akımı artışı yaprakdaki damla birikimini azaltırken, tanelerin temas ettiği dönemde artırmıştır. Ayrıca alt katmandaki yapraklarda üst katmana göre daha fazla birikim olduğu belirlenmiştir. Çalışma, "tendone" sisteminde etkili bir ilaçlama için hava akımı ayarlarının bitki gelişimine göre yapılmasının önemini vurgulamıştır.

Li, He, Song, Liu, Wang, Li, Jia ve Liu (2017), meyve bahçelerinde kullanılan farklı türdeki pülverizatörlerin performanslarını karşılaştırmak amacıyla bir çalışma

gerçekleştirmiştir. Bu kapsamda; geleneksel hava destekli ilaçlama makinesi, yönü ayarlanabilir hava akımlı ilaçlama makinesi ve LIDAR sensörlü otomatik şekil algılamalı, değişken oranlı ilaçlama makinesi olmak üzere üç farklı sistem incelenmiştir. Çalışmada bu makinelerin ilaç tüketimi, ağaçların yapraklı bölümlerindeki ilaç birikimi, püskürtme etkinliği, havaya karışan ilaç kaybı ve yere dökülen miktar gibi temel ölçütler değerlendirilmiştir. LIDAR destekli sistem, ağacın yapısına göre anlık olarak ilaç miktarı ve hava akımını ayarlayabildiği için, geleneksel sistemlere göre %45,7 oranına kadar daha az ilaç kullanmıştır. Yaprak yüzeyine düşen ilaç miktarı açısından bakıldığında da, bu sistemin ortalama değeri $1.12 \mu\text{L}/\text{cm}^2$ ile, geleneksel ($0.92 \mu\text{L}/\text{cm}^2$) ve yönlendirilmiş sistemlere ($0.93 \mu\text{L}/\text{cm}^2$) kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Çalışmada hava akımının yönlendirilmesinin ilaçlamadaki etkisi de vurgulanmıştır. Özellikle yönü ayarlanabilir sistemin farklı yüksekliklerdeki dallara daha etkili ilaç ulaştırabildiği, LIDAR destekli sistemin ise ağacın orta kısmındaki yoğun yaprak bölgesine en uygun şekilde ilaç gönderebildiği görülmüştür. Bununla birlikte, LIDAR destekli sistem, havaya karışan ilaç miktarını geleneksel makinelerle kıyaslandığında %23,2 ila %42,7 oranında, yere dökülen ilaç miktarını ise %58,8 ila %67,4 oranında azaltmıştır. Bu da hedef dışı ilaç kayıplarını önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir.

Bu çalışma, hava yönünün ilaçlama başarısı üzerindeki etkisini açıkça ortaya koyarak, özellikle ağaç yapısına uygun şekilde yönlendirilmiş hava akımı kullanan sistemlerin daha etkili ve çevre dostu sonuçlar verebileceğini ortaya koymaktadır. Yoğun yapraklı meyve ağaçlarında, doğru yönlendirilmiş hava ile yapılan ilaçlama hem daha etkili hem de daha ekonomiktir.

Chao, Chen, Qiu, Lv, Li, Han ve Ahmad (2019), çok kanallı hava destekli pülverizatörlerin hava akışı karakteristiklerini ve dağılımını analiz etmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın amacı, fan hızları (600-1800 dev/dk) ve hava çıkış noktaları arasındaki mesafenin (0-6,0 m) hava akışı üzerindeki etkilerini incelemek ve bu parametreler için bir hesaplama yöntemi geliştirmektir. Hava akışı analizleri, deneysel ölçümlerle doğrulanmış bir CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği) modeli ile gerçekleştirilmiştir. Fan hızının hava akış hızını doğrudan etkilediği, ancak hava çıkış noktaları arasındaki mesafenin, hava akışının birleştiği noktayı daha fazla etkilediği ortaya koyulmuştur. 1,0 metrelik mesafeye kadar bitişik kanallar arasında düşük basınçlı bölgeler oluşmuş, bu da düzensizliklere yol açmıştır. Ancak 1,0 metreden sonra hava akışları birleşerek merkezi düzlemde dengeli bir dağılım oluşturmuş ve eliptik bir şekil almıştır. Mesafe arttıkça bu dağılımın genişlediği

gözlemlenmiştir. Ayrıca hava akış hızının farklı kanopi yapılarında daha uyumlu bir püskürtme sağlamak için ayarlanabileceği belirtilmiştir.

Garcera, Moltó, Izquierdo, Balsari, Marucco, Grella, Gioelli ve Chueca (2022), narenciye bahçelerinde kullanılan üç farklı eksenel fanlı pülverizatörün püskürtme etkinliği açısından karşılaştırmıştır. Çalışmada, paternatör cihazı kullanılarak farklı yüksekliklerde dikey püskürtme profilleri ölçülmüş ve makinelerin performansı değerlendirilmiştir. Çalışma, fan hızları, meme tipleri, püskürtme hacimleri ve hava yönlendirme ayarlarının, püskürtme birikimi ve hedef dışı kayıplar üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Denemelerde kullanılan makinelerden biri T tipi (üçgen hava çıkışı deflektörü), diğer ikisi ise dairesel hava çıkışına sahip C tipi pülverizatörler olup biri tek meme koluna (C1), diğeri çift meme koluna (C2) sahiptir. Her bir pülverizatör, farklı fan hızları (düşük ve yüksek), püskürtme hacimleri (düşük: <2000 L/ha, yüksek: >2000 L/ha) ve meme tipleri (ince ve kaba damla üreten) ile test edilmiştir. Ayrıca, memelerin kanopi yoğunluğuna uygun şekilde ayarlandığı ve tüm püskürtme memelerinin açık bırakıldığı senaryolar karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, T tipi pülverizatörün, C tipi modellere kıyasla daha homojen bir püskürtme dağılımı sağladığını ortaya koymuştur. Düşük fan hızlarında kanopi içindeki püskürtme birikimi artarken, yüksek fan hızları drift oranını önemli ölçüde artırmıştır. Kaba damlalar, ince damlalara kıyasla daha az ilaç sürüklenmesi üretmiş, ancak yüzey kaplama homojenliği açısından yetersiz kalmıştır. Ayrıca düşük püskürtme hacimleri, hedef alanlardaki birikimi artırırken üst seviyelerdeki kayıpları azaltmıştır. Elde edilen bulgular, Citrus VESPA adlı karar destek sistemine entegre edilmiştir. Bu sistem, çiftçilerin pülverizatör ayarlarını optimize ederek pestisit kayıplarını azaltmasına ve püskürtme etkinliğini artırmasına olanak tanımaktadır.

Kehayov, Zahariev ve Genkova (2022), üzüm bağlarında pestisit uygulamalarında kullanılan eksenel fanlı ve teğetsel fanlı pülverizatörleri teknolojik ve ekonomik açıdan karşılaştırmıştır. Çalışmada, iki tip pülverizatörle (AGP 440 eksenel fanlı ve AGP 440U teğetsel fanlı) yapılan uygulamalarda yaprak kaplama oranı, bitki örtüsü içine nüfuz etme oranı ve makine fiyatları incelenmiştir.

Sonuçlara göre, yaprak kaplama oranı eksenel fanlı makinede yaklaşık %65, teğetsel fanlı makinede ise yaklaşık %78 bulunmuştur. Daha yoğun ve yönlendirilmiş hava akımı nedeniyle teğetsel fanlı pülverizatör daha iyi kaplama sağlamıştır. Her iki makinede de bitki

örtüsüne nüfuz oranı benzer bulunmuş, ancak teğetsel fanlı makinelerde biraz daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Fiyatlar arasında küçük bir fark bulunmuş ve genel sonuçlara göre üzüm bağlarında teğetsel fanlı pülverizatör kullanımının daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Li, Qi, Wang, Xu, Huang, Han ve He (2022) yaptıkları çalışmada, çok üniteli hava destekli pülverizatörle farklı hava hızları ve yönlerinin (yatay ve dikey) püskürtme birikimi ile penetrasyon üzerindeki etkileri armut ve kiraz ağaçları üzerinde incelenmiştir. Deneyler, yaprakların üst (adaxial) ve alt (abaxial) yüzeylerindeki birikimi analiz etmek üzere tasarlanmıştır. Hava hızlarının artırılması, özellikle yaprakların alt yüzeylerinde belirgin bir iyileşme sağlamıştır. Örneğin armut ağaçlarında üst kanopideki alt yüzey birikimi %3,33'ten %11,80'e yükselmiş, kiraz ağaçlarında ise üst kanopide %3,61'den %10,87'ye, orta kanopide %1,36'dan %9,04'e ve alt kanopide %3,40'tan %9,04'e çıkmıştır. Yatay hava akışının alt seviyelerde daha etkili olduğu, dikey hava akışının ise püskürtmenin üst seviyelerdeki penetrasyonunu desteklediği gözlemlenmiştir. Ancak hava hızının artışının, özellikle büyük yapraklı türlerde (ör. kiraz) püskürtme penetrasyonu üzerinde sınırlı bir etkisi olduğu belirtilmiştir.

Hava hızlarının artışıyla birlikte hedef dışı kayıpların arttığı, bu durumun pestisit etkinliğini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca dikey hava akışının alt seviyelerde yetersiz kaldığı, yatay hava akışının ise üst seviyelerde birikimi azaltarak dengeli bir penetrasyonu sınırladığı görülmüştür. Yazarlar, hava hızlarının ve yönlerinin meyve türlerine ve kanopi yapısına göre iyileştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Küçük yapraklı türlerde (ör. armut) yatay hava akışı, büyük yapraklı türlerde (ör. kiraz) ise dengeli bir yönlendirme stratejisinin püskürtme birikimini artırmada daha etkili olduğu ortaya konmuştur. Ancak aşırı hava hızlarının hedef dışı kayıplara yol açabileceği ve bu nedenle hava akış hızlarının dikkatle ayarlanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Mahmud, Zahid, He, Zhu, Choi, Krawczyk ve Heinemann (2022), çalışmada geleneksel yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörü kullanılmıştır. Bu makine üzerine ağaç kanopi yoğunluğuna dayalı otomatik hava akışı kontrol sistemi geliştirmiştir. Bu sistem, LiDAR sensörleri kullanarak ağaç kanopi yoğunluğunu ölçmüş ve hava akışını buna uygun olarak düzenlemiştir. Ana bileşenlerden biri olan iris damper (fan girişinde hava akışını kontrol etmek için kullanılan ayarlanabilir bir mekanizma), mikrodenetleyici ile entegre edilmiştir. Damper açıklığı, ağaçların yoğunluk seviyelerine göre 1'den 5'e kadar farklı ayarlarda test edilmiştir. Bu açıklıkların her biri, fan giriş çapının farklı oranlarını temsil etmektedir. Test sonuçlarına

göre, orta yoğunluktaki ağaçlar için 0,46 m açıklığa karşılık gelen ayar (açıklık 4) en uygun birikimi sağlamış; düşük yoğunluklu ağaçlarda ise 0,34 m açıklığa karşılık gelen daha dar açıklık (açıklık 5) daha başarılı sonuçlar vermiştir.

Çalışmada geliştirilen sistemin, hedef dışı kayıpları azaltarak püskürtme etkinliğini artırdığı ve drift oranını düşürdüğü belirlenmiştir. Ancak damperin mekanik hareket hızının sınırlı olması, bireysel ağaçlar arasında ani yoğunluk değişimlerine hızlı tepki verilmesini kısıtlamıştır. Yine de bu sistemin, farklı kanopi yapılarına göre uyarlanabilir hava akışı sağlayarak püskürtme birikimini iyileştirme ve enerji verimliliğini artırma potansiyeli taşıdığı ortaya konmuştur.

Dou, Changyuan, Zhai, Zhang, Chen, Gu ve Yang (2023), hava destekli pülverizatörlerin farklı yaprak yoğunluklarına ve kanopi hacimlerine göre uyum sağlayabilmesi için hava hızı ve hava hacminin bağımsız kontrol edilebildiği bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, 0-2940 dev/dk arasında ayarlanabilir fan hızı ve 1022,05-2248,51 cm² hava çıkış alanı ile çalışmaktadır. Maksimum hava hızı 45,98 m/s, maksimum hava hacmi ise 37.239,94 m³/saat (yaklaşık 620.6 l/dk) olarak ölçülmüştür. Yapılan testlerde, hava hızını sabit tutarak hava hacmini değiştiren modelde %1,13, hava hacmini sabit tutarak hava hızını değiştiren modelde ise %1,67 hata oranı tespit edilmiştir.

Sistemin farklı kanopi tiplerine uyum sağlama kapasitesini ortaya koymuştur. Yoğun yapraklı ve küçük hacimli kanopiler için yüksek hava hızı ve düşük hava hacmi, seyrek yapraklı ve geniş hacimli kanopiler için ise düşük hava hızı ve yüksek hava hacmi tercih edilmiştir. Bu yaklaşımla, hedef odaklı püskürtme etkinliği artırılırken enerji tüketimi iyileştirilmiş ve hedef dışı kayıplar azaltılmıştır.

Yan, Tan, Niu, Shen ve Xu (2024) yaptıkları çalışmada, eksenel hava destekli pülverizatörlerde kullanılan yedi farklı hava akışı yönlendirme yönteminin, bağlardaki püskürtme birikimi ve hedef dışı kayıplar (sürüklenme) üzerindeki etkisini incelemiştir. Kullanılan yöntemler şunlardır: geleneksel eksenel pülverizatör (herhangi bir yönlendirme yapılmayan), salınım cihazı, en uygun açılarla ayarlanmış çift deflektör (üst: 44,5°, alt: -25°), salınım cihazı ile birlikte kullanılan bu çift deflektör, ve üç farklı açılı yönlendirme düzeneği (0°, +30° ve -30°). Çalışma yapay bir üzüm kanopisi üzerinde gerçekleştirilmiş; iz maddesi (sodyum florossein) ve filtre kağıtları kullanılarak hem püskürtme birikimi hem de hedef dışı kayıplar ölçülmüştür. Salınım cihazı, motorla döndürülen bir salınım plakası aracılığıyla

dakikada 800 salınım yaparak hava akımında türbülans oluşturmuş, bu da özellikle yaprakların alt yüzeyinde birikimin artmasını sağlamıştır. Yönlendirme düzenekleri ise hava akımını belirli açılarla yönlendirerek damlaların hedef yüzeylere ulaşmasını amaçlamıştır. Sonuçlara göre sıfır derece (hava akımının doğrudan ileriye yönlendirildiği sistem) yönlendirmede kullanılan yöntemin en yüksek kanopi birikimini ($122,27 \mu\text{g cm}^{-2}$) sağladığını, bunu -30° yönlendirme ($99,26 \mu\text{g cm}^{-2}$) ve hava akışı salınım cihazı ile kullanılan ayarlanmış çift deflektörlerin ($87,76 \mu\text{g cm}^{-2}$) izlediğini göstermiştir. 30° yönlendirme yönteminde ise toplam birikimde en düşük performansı göstermiş ($63.93 \mu\text{g cm}^{-2}$), bu açıyla yönlendirilen hava akışının damlaların hedef kanopiye etkili şekilde ulaşmasını sağlayamadığı belirlenmiştir. Salınım cihazı, yaprakların alt yüzeyindeki birikim oranını %23,89'a çıkararak homojenliği iyileştirmiştir. Ancak deflektör kullanımı damla birikim homojenliğini azaltmıştır. Geleneksel eksenel pülverizatörler en yüksek hedef dışı kayıplara (%31,95) neden olurken, yönlendirme deflektörleri ve salınım cihazı hedef dışı kayıpları azaltmıştır.

Yazarlar elde ettikleri araştırma sonucuna göre, yaprakların alt yüzeyindeki püskürtme birikiminin artırılması ve hedef dışı kayıpları azaltmak için hava akış açısının dikkatle ayarlanmasının önemini vurgulamış, bu sonuçların yeni nesil hava destekli pülverizatörler için değerli bir referans oluşturabileceğini belirtmiştir.

1.5 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Meyve bahçelerinde ağaçların yüksekliği ve yoğunluğu fazla olan alanlarda, hava akımının kullanım amaçlarından biri, yerçekiminin etkisini yenerek ilaçlama sıvısının ağacın üst dallarına ulaşmasını sağlamaktır. (Bayat vd., 2020). Diğeri ise, damlaların parçalanmasını, bitki yüzeyine penetrasyonunu ve birikimini artırmaktadır (Hofman ve Solseng, 2001). Ayrıca bahçe ve bağ ilaçlamalarında dağılım düzgünlüğünün homojenliğini sağlamak ve püskürtme sıvısının damlalarının hedef dışına sürüklenmesini önlemek amacıyla, damlalara kazandırılan enerjinin azaltılması hava akımının kontrolünü gerektirmektedir (Göhlich vd., 1996). Anlaşıldığı üzere hava akımının doğru şekilde ayarlanması ve yönlendirilmesi, ilaçlama etkinliğini ve başarısını doğrudan etkileyen önemli faktörler arasındadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de bağlarda kullanılan geleneksel yardımcı hava akımlı pülverizatörlerde, hava akımının farklı açılarda yönlendirilmesinin pülverizasyon karakteristikleri üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Çalışmanın amacı, hava akımının damla boyutu, yüzey kaplama oranı, damla yoğunluğu (cm^2 başına düşen damla sayısı) ve penetrasyon

gibi parametreler üzerindeki etkilerini belirlemektir. Hava akımının 60 derece öne ve 60 derece arkaya yönlendirilmesi durumlarında bu parametrelerdeki değişimler detaylı olarak incelenmiştir.

Elde edilen verilerle, hava akımının farklı yönlendirme açılarıyla pülverizasyon karakteristikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve bu sistemlerin daha verimli kullanımı için öneriler geliştirilmesi amaçlanmaktadır.



2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Materyal

2.1.1 Deneme Alanı

Bu çalışmada gerçekleştirilen tüm denemeler, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde (40° 59' kuzey enlem derecesi ile 27° 29' doğu boylam derecesi) yürütülmüştür. Denemeler, Çavuş üzüm çeşidi ile Hamburg Misketi (tozlayıcı çeşit) üzüm çeşidinin bulunduğu bağ parcelinde yapılmıştır. Deneme alanı 1,80 dekarlık Çavuş (240 omca) ve 0,54 dekarlık Hamburg Misketi (120 omca) çeşitleriyle toplam 2,34 dekar büyüklüğündedir. Sıra arası mesafesi 3 metre, sıra üzeri mesafesi ise 1,5 metre olarak belirlenmiştir. Bağdaki omcalar 23 yaşındadır.

2.1.2 Pülverizatör ve Traktör

Bu çalışmada, hava akımını öne ve arkaya yönlendirmek için tasarlanan deflektör parçası 2008 Zirmak marka T20 model ilaçlama makinesine monte edilmiş ve denemeler bu makine ile gerçekleştirilmiştir. Pülverizatörün minimum ve maksimum genişliği, uzunluğu, yüksekliği ve ağırlığının sırasıyla teknik ölçüleri 1450-1650, 3650-3850, 1370-1420 ve 531,8 kg.'dır. Makine, 1000 litrelik bir depo, regülatör, sağ ve sol tarafta sekizer adet olmak üzere toplamda 16 ilaçlama memesi (Ø2mm), bir sirkülasyon sistemi ve eksenel fandan oluşmaktadır (Şekil 2.1.).



Şekil 2.1. Denemeler sırasında kullanılan yardımcı hava akımlı pülverizatör.

Makine üzerindeki püskürtme memelerinden çıkan sıvı, fanın oluşturduğu hava akımı ile hedef yüzeye taşınmaktadır. Hava akımını oluşturmak için 834 mm çapında davlumbazın içine 10 kanatlı bir aksiyal fan monte edilmiştir. Fanın kanat açıları farklı konumlarda ayarlanabilir şekildedir.

Pülverizatörde sirkülasyon sisteminde istenilen miktar ve basınçta pestisit sıvısının akışını sağlamak amacıyla kullanılan regülatör üzerindeki ayar vidası sayesinde hassas bir şekilde ayarlanabilmektedir (Şekil 2.2.).



Şekil 2. 2 Makinenin üzerinde takılı olan manometre ve regülatör

Makinenin üzerinde, depoda bulunan püskürtme sıvısını gerekli basıncı sağlayarak püskürtme memelerine iletmek amacıyla kullanılan pompa, Comet APS 145 modelidir (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Pompa Değerleri (Anonim, 2025e)

Pompa	Membran Sayısı	Debi (lt/dak)	Basınç Bar	Güç (hp)	Devir (d/d)	Ağırlık (kg)
APS 145	4	142	50	18	550	46

Makine üzerinde, damla kesicili İtalyan tipi stoperli turbo tip püskürtme meme gövdeleri bulunmaktadır (Şekil 2.3.). Ayrıca bu gövdelere, içi boş konik hüzmeli tip, 2,00 mm delik çapına sahip meme plakaları takılıdır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.3. Stoperli turbo piriñ püskürtme memesi (Anonim, 2025f)



Şekil 2.4. Konik hüzmeli tip meme plakaları (Anonim, 2025g)

Yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün çalıştırılması için güç kaynağı olarak 2016 model John Deere 5083 E traktör kullanılmıştır.

2.1.3 Suya Duyarlı Kâğıt

Denemede püskürtme sırasında damla karakteristiklerini ve yüzey kaplama oranını analiz edebilmek için suya duyarlı kağıtlar kullanılmıştır. Suya duyarlı kâğıt olarak (Şekil 2.5.) Syngenta Crop Protection AG., 76x26 mm tercih edilmiştir.



Şekil 2.5. Suya duyarlı kâğıt

2.1.4 Tarayıcı

Denemelerin ardından, suya duyarlı kağıtlar kuruduktan sonra ağaçlardan toplanmış ve zarar görmemeleri için uygun şekilde muhafaza edilmiştir. Bu kağıtların analizi için dijital ortama aktarım işlemi, Epson marka L3150 model bir tarayıcı kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.6.). Suya duyarlı kağıtlar gri tonlamada 600dpi çözünürlükte taranmıştır.



Şekil 2.6. Epson L3150 model tarayıcı

2.1.5 Suya Duyarlı Kağıtların Analizinde Kullanılan DepositScan Programı

Dijital ortama aktarılan suya duyarlı kâğıt görüntüleri DepositScan programı kullanılarak analiz edilmiştir. DepositScan programı, tarımsal ilaç uygulamalarında püskürtme birikimlerinin değerlendirilmesi için geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu program, suya duyarlı kâğıt gibi toplayıcılar üzerindeki püskürtme birikimlerini analiz etmek amacıyla, özel olarak geliştirilmiş bir yazılım seti ile entegre çalışır. DepositScan, tarayıcı ile elde edilen görüntüleri gri tonlamalı bir formatta işler ve damla boyutları, yoğunluğu, kaplama yüzdesi gibi detaylı veriler sunar. Yazılım, 2400 dpi tarama çözünürlüğünde çalışarak minimum 17 µm çapındaki damlaları tespit edebilir ve bu verileri tablo formatında kaydedebilir. Ayrıca program damlaların çap dağılımlarını hesaplamak için kullanıcı tanımlı eşik ayarları sunmaktadır (Zhu, Salyani ve Fox, 2011).

2.1.6 Meteorolojik Ölçüm Cihazları

Sıcaklık ve nem değerlerinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için Testo marka 177-H1 model cihaz kullanılmıştır (Şekil 2.7.).



Şekil 2.7. Testo marka 177-H1 model cihazı

Rüzgâr hızını ölçmek amacıyla Testo marka 435 model cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz, deneme sırasında çevresel koşulları belirlemek ve rüzgâr hızını doğru bir şekilde kaydetmek için kullanılmıştır (Şekil 2.8.).



Şekil 2.8. Testo marka 435 model cihaz

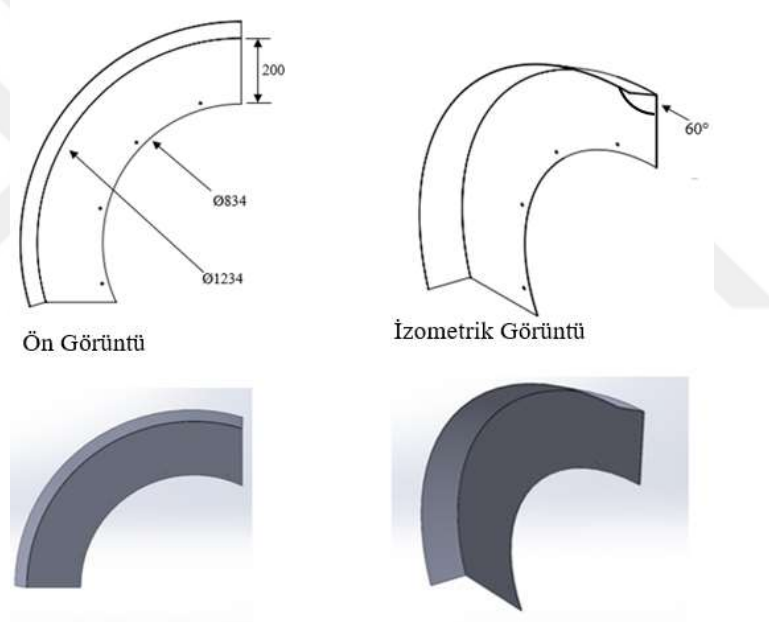
2.2 Yöntem

Yardımcı hava akımlı püskürtme sistemleri, ürettikleri hava akımı sayesinde püskürtme damlalarının bitki kanopisindeki derin bölgelere ulaşmasını kolaylaştırır ve böylece daha etkili hedefe ulaşım sağlar (Hofman ve Solseng, 2001). Hava akımı açısının doğru şekilde ayarlanması, pestisit uygulaması sırasında damlaların bitki kanopisine etkin şekilde ulaşmasını sağlarken, hedef dışı kayıpların azaltılmasında kritik bir rol oynamaktadır (Yan vd., 2024).

Deflektör öncelikle SolidWorks programında modellenmiştir. Deflektör parçaları, yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörünün fanının bulunduğu davlumbaz kısmına monte edileceği için davlumbaz ölçülerine uygun şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan parça, yardımcı

hava akımlı bahçe pülverizatörüne ek bir ağırlık yüklememesi ve makinenin performansını olumsuz etkilememesi amacıyla hafif bir yapıda tasarlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, parça tambura monte edileceği için tamburun ölçülerine uygun olacak şekilde 834 mm çapında imal edilmiştir. Parçanın üretiminde hem hafif hem de dayanıklı olması için 2 mm kalınlığında paslanmaz sac levhalar tercih edilmiştir (Şekil 2.9.). Ayrıca tasarımda istenilen 60 derecelik açının doğru bir şekilde oluşturulabilmesi amacıyla, sac levhalar iki ayrı parça halinde hazırlanmış ve daha sonra kaynak işlemi uygulanarak bu parçalar 60 derece açı olacak şekilde birleştirilmiştir (Şekil 2.10.).

Tasarlanan deflektör parçası, havanın öne doğru yönlendirilmesi (D1) ve havanın arkaya doğru yönlendirilmesi (D2) olarak iki farklı deneme gerçekleştirilmiştir. Ayrıca herhangi bir deflektör kullanılmadan kontrol grubu (D0) olarak ayrı bir deneme yapılmıştır.

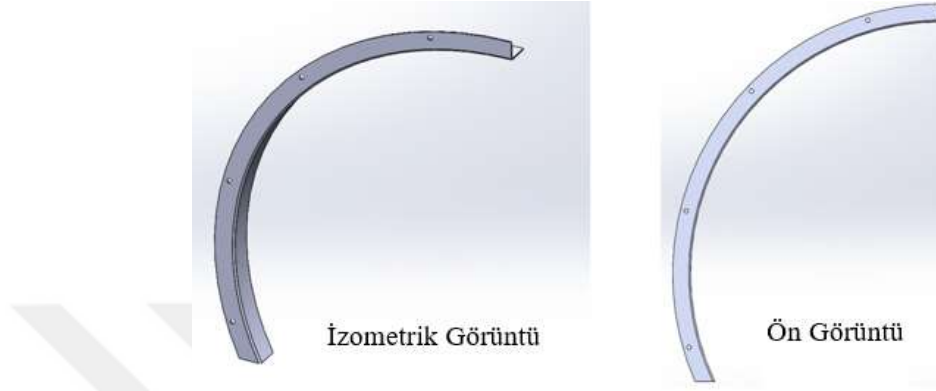


Şekil 2.9 Deflektörün teknik resmi



Şekil 2.10. Parçanın kaynaklanmış hali

Parçanın denemeler sırasında hareket etmeden sabit bir şekilde durabilmesi amacıyla, davlumbaz üzerine güvenli bir şekilde monte edilmesini sağlayacak bir köşebent de tasarlanmıştır (Şekil 2.11.). Bu köşebent, parçanın deneme koşulları altında yerinden oynamasını veya titreşimden kaynaklanan olası bir kaymayı önlemek için özel olarak planlanmıştır.



Şekil 2.11. Köşebent parçası

Birinci denemede (D1) parçalar, hava akımını 60 derece öne doğru yönlendirmek amacıyla tambur üzerine monte edilmiş ve bu düzenleme ile ilaçlama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Parçanın öne doğru montajlanan durumu

İkinci denemede (D2) ilk düzenlemenin ardından, parçaların yönü değiştirilmiş ve hava akımı 60 derece arkaya doğru yönlendirilmiştir. Bu düzenleme ile ilaçlama işleminin farklı bir

açıdan yapılması sağlanmış ve hava akımı yönünün arka bölgelerdeki etkisi incelenmiştir (Şekil 2.13.).



Şekil 2.13. Parçanın arkaya doğru montajlanan durumu

Üçüncü deneme de (D0) ise tasarlanan tüm montaj parçaları pülverizatörden çıkarılmış ve ilaçlama işlemi deflektörsüz yalnızca makinenin orijinal haliyle gerçekleştirilmiştir. Bu deneme, hava akımı yönü değiştirmek için tasarlanan parçanın ilaçlama etkinliği üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla bir kontrol grubu olarak kullanılmıştır (Şekil 2.14.).



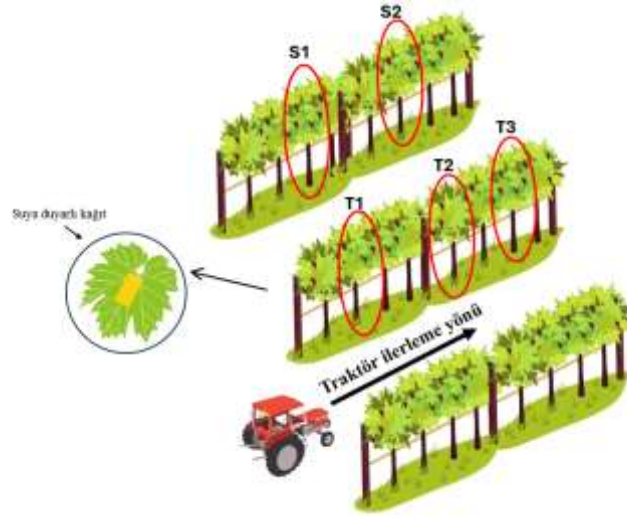
Şekil 2.14. Deflektörsüz (kanatlar takılmadan)

2.2.1 Arazi Denemeleri

Denemelerde, meteorolojik ölçümler 2 metre yükseklikte, minimum ve maksimum değerler uygulamalar boyunca sürekli kaydedilmiş, ortalama değerler tezde kullanılmıştır.

Traktörün ilerleme hızı, 6 km/saat olarak sabit olacak şekilde seçilmiştir. Pülverizatör 8 bar basınçta ve meme verdisi 4,94 litre/dakika olarak çalıştırılmıştır. Pülverizatör, 50 metre uzunluğundaki bir sıra boyunca püskürtme yapmıştır. Deneme belirlenen parametrelerle 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Güler ve Tozan, 2004).

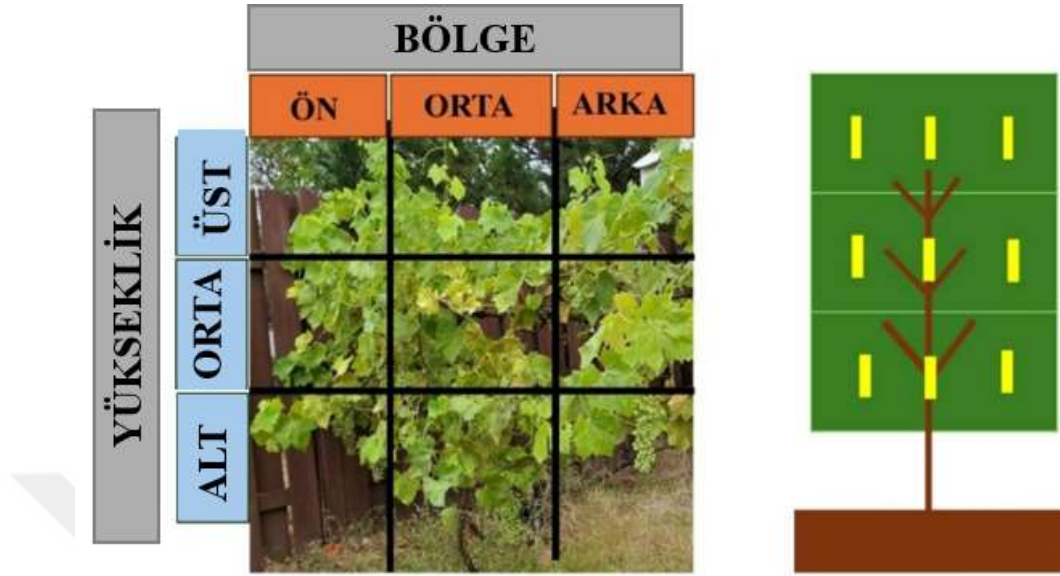
Denemeler, üzüm bağında gerçekleştirilmiş olup çalışma sahası olarak 50 metrelik bir sıra belirlenmiştir. Bu alan içerisinde, deneylerin uygulanacağı tek bir sırada ortalarda üç omca seçilmiş ve bu omcalar püskürtme işlemi sürecinde kullanılan suya duyarlı kağıtları yerleştirilmesi için referans olarak kullanılmıştır (Şekil 2.15.).



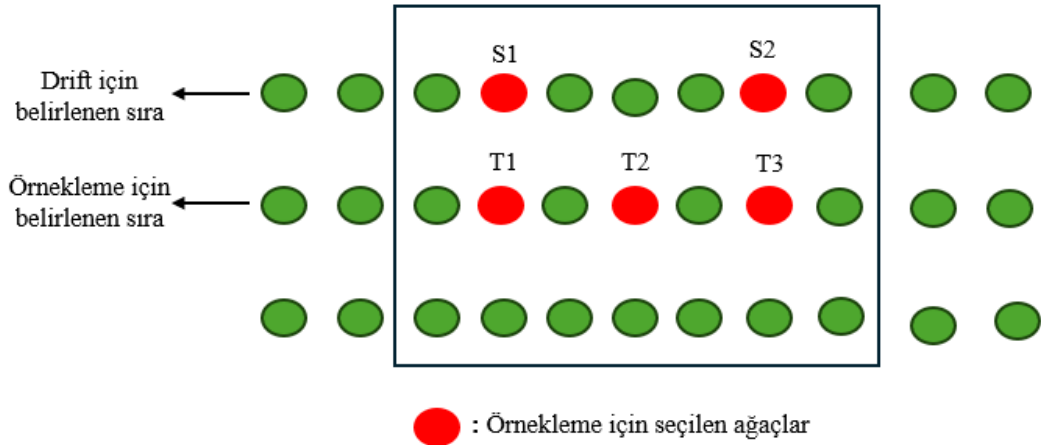
Şekil 2.15. Traktör hareket doğrultusu

Deneme sahasında seçilen bu üç omca (T1, T2 ve T3), hem düşey ve yatay yönde üçer bölgeye ayrılarak ölçümler için belirli bir düzen oluşturulmuştur. Bu düzenleme her bir omcanın farklı yükseklik ve bölgelerindeki püskürtme etkisinin değerlendirilmesini sağlamak amacıyla yapılmıştır (Şekil 2.16.). Ayrıca püskürtme sırasında oluşabilecek sürüklenmeyi (drift) ölçmek için uygulamanın yapıldığı sıranın hemen arkasında yer alan iki farklı omca (S1 ve S2) seçilmiştir. Bu omcalar da benzer şekilde, düşeyde ve yatayda üçer bölgeye ayrılmıştır. Seçilen omcalarda belirlenen her bölgeye, eşit bir dağılım sağlamak için toplamda dokuz adet suya duyarlı kâğıt yerleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, üç farklı deneme yapılmış, her bir deneme üç tekerrür ile tekrarlanmış ve drift ölçümü için seçilen omcalara da kağıtlar

yerleştirilmiştir. Bu amaçla toplamda 135 adet suya duyarlı kâğıt ölçüm ve analiz için kullanılmıştır (Şekil 2.17.).



Şekil 2.16. Suya duyarlı kağıtların omcalara takılma konumları



Şekil 2.17. Suya duyarlı kağıtların yerleşimi

Deneme sırasında, seçilen omcalardaki yaprakların üzerine suya duyarlı kağıtlar dikkatli bir şekilde yerleştirilmiş ve zımba yardımıyla sabitlenmiştir. Bu işlem, kağıtların püskürtme sırasında yerlerinden kaymamasını ve doğru bir şekilde veri toplanmasını sağlamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca her bir kâğıdın diğerleriyle karışmaması ve ölçümlerin doğru bir şekilde takip edilebilmesi için kağıtlar belirli kodlarla isimlendirilmiştir. Püskürtme işlemi tamamlandıktan sonra, kâğıt üzerindeki damlaların bozulmaması için kağıtların kuruması beklenmiş ve ardından dikkatli bir şekilde toplanarak analiz için muhafaza edilmiştir (Şekil 2.18.).



Şekil 2.18. Arazi üzerinde suya duyarlı kağıtların bağ üzerine konumlandırılması

Hava akımının farklı yönlerde iletildiği toplam üç deneme gerçekleştirilip hava akımının farklı açılarda ilaçlamaya (damla karakteristikleri ve penetrasyona) etkisi gözlemlenmiştir (Şekil 2.19.).



Şekil 2.19. Pülverizatörün arazi denemeleri

2.2.2 Pülverizasyon Karakteristiklerinin Ölçümü

Püskürtme yüzeye temas ettiğinde damlalar suya duyarlı kâğıt üzerinde mavi renkte iz oluşturmaktadır (Şekil 2.20.). Kâğıt üzerinde oluşan bu mavi izler yüzey kaplama oranı ve damla çapı belirlenmesine olanak tanır (Fox vd., 2003). 600 dpi çözünürlüğün suya duyarlı kağıtlar için leke boyutlarının analizinde en uygun tarama çözünürlüğü olduğu belirtilmiştir (Marçal ve Cunha, 2008). Damla çaplarının ve yüzey kaplama oranının hesaplanması için suya duyarlı kağıtlar 600 dpi çözünürlükte renkli olarak taranarak damla boyutlarında ve şeklinde olabilecek bozulmalar en aza indirilerek ‘.jpeg’ olarak bilgisayara kaydedilmiştir. DepositScan programı ile elde edilen TIFF görüntüler analiz edilerek bu program sayesinde $DV_{0.1}$, $DV_{0.5}$ ve $DV_{0.9}$, yüzey kaplama (coverage), damla yoğunluğu (deposit) ve UL ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$) değerleri bulunmuştur. Bu değerleri sırasıyla açıklayacak olursak;

$DV_{0.1}$: Püskürtme hacminin %10'unun bu değerden daha küçük damlalar halinde olduğunu ve sürüklenme potansiyeli yüksek küçük damlaları içerdiğini gösterir. Örneğin, $DV_{0.1}$ 150 mikron ise, hacmin %10'u 150 mikron veya daha küçük damlalardan oluşur.

$DV_{0.5}$: Püskürtme hacminin yarısının bu değerden daha büyük, diğer yarısının ise daha küçük damlalardan oluştuğunu ifade eder ve hacimsel ortalama damla çapı olarak değerlendirilir.

$DV_{0.9}$: Püskürtme hacminin %90'ının bu değerden daha küçük damlalardan oluştuğunu gösterir. Eğer $DV_{0.9}$ değeri büyükse, püskürtme sıvısı az sayıda büyük damlalar sınırlı kalabilir, bu da yüzey kaplama ve uygulama etkinliğini olumsuz etkileyebilir (Yaşar ve Çelen, 2024).

Yüzey kaplama (%): Yüzeyin ne kadarının damlayla kaplı olduğunu ifade eder.

Damla yoğunluğu (adet/ cm^2): Bir santimetrekarelik yüzey alanına düşen damla sayısını belirtir.

UL ($\mu\text{L}/\text{cm}^2$): Bir santimetrekarelik yüzey alanına düşen sıvı hacmini mikrolitre (μL) cinsinden göstermektedir. Bu değer, DepositScan programında hesaplanan sonuçları temsil etmektedir. Bizim çalışmamızda teorik norm 400 litre/hektar (L/ha) olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ cinsinden hesaplanan değerleri L/ha cinsine çevirdik. Birim çeviri için kullanılan denklem şu şekildedir:

$$\mu\text{L}/\text{cm}^2 = 100 \text{ L/ha} \quad (2.1)$$

Düzeltilmiş çap değerleri, Excel kullanılarak hacimsel ortalama çap formülüyle belirlenmiştir. Ancak, %40'tan fazla kaplama oranına sahip kağıtlar, görüntü analiz programının bu oranlarda hassasiyet kaybı yaşaması nedeniyle hesaplamalara dahil edilmemiştir (Fox, Derksen, Cooper, Krause ve Özkan, 2003).

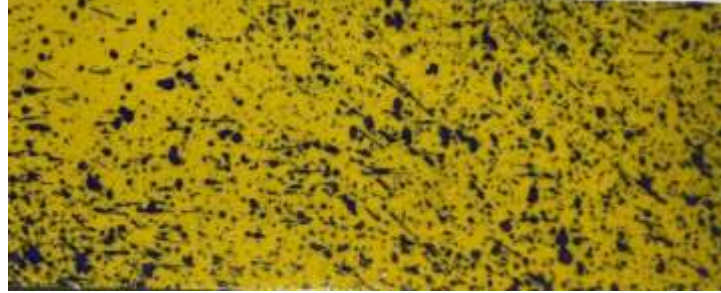
Suya duyarlı kâğıt üzerindeki çap değerleri, damlaların yayılmasından dolayı gerçek çapları yansıtmaz (Caner, 2007). Suya duyarlı kâğıt üretim firmasının belirttiği yayılma faktörü kullanılarak, DepositScan,

$$D_d = 1.06 A_s^{0.455} \quad (2.2)$$

Denklemlerle her bir görüntüdeki spot alanı gerçek damla çapına dönüştürülmüştür (Yaşar, 2024).

Elde edilen veriler, hacimsel ortalama çap ($D_{V0,5}$) değerlerine dönüştürülerek analizde kullanılmıştır. Damlalar, belirli çap aralıklarına göre sınıflandırılmış ve her bir aralığın ortalama çapı (d_i) hesaplanmıştır. Ardından, her çap aralığında yer alan damla sayısı (n_i) belirlenmiş ve hesaplamalarda 3 numaralı eşitlikte verilen formül kullanılmıştır.

$$D_{V0,5} = \sqrt[3]{\frac{\sum(n_i \cdot d_i^3)}{\sum n_i}} \quad (2.3)$$



Şekil 2.20. Damlaların suya duyarlı kâğıt üzerinde mavi iz bırakması

2.2.3 İstatistik Analiz

Bu çalışmada, özellikler arasındaki farkları belirlemek amacıyla elde edilen veriler, MSTAT versiyon 3.00/EM paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Önemli farklılıkların belirlenmesi için LSD kontrol yöntemi uygulanmış ve farklılık gösteren gruplar tespit edilmiştir (Akdemir, Kayışoğlu ve Kavdır, 1994). Çalışma, üç faktörlü deneme desenine göre uygulanmıştır. Bu kapsamda, her bir faktörün ana etkileri ile faktörler arasındaki etkileşimler incelenmiş ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya ait çizelgeler, aşağıda

gösterilen örnek çizelgeye uygun olarak hazırlanmış ve belirlenen kriterler ilgili alanlara yerleştirilmiştir. Örnek çizelge Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. İstatiksel verilerin çizelgeye yerleştirilme planları

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü X Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	A1B ₁	A1B ₂	A1B ₃	A ₁
		Öne	A2B1	A2B2	A2B3	A ₂
		Arkaya	A3B1	A3B2	A3B3	A ₃
Omca X Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	B1C1	B2C1	B3C1	C1
		Orta	B1C2	B2C2	B3C2	C2
		Alt	B1C3	B2C3	B3C3	C3
Hava Yönü X Omca X Yükseklik int. ve Hava Yönü X Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	A1B1C1	A1B2C1	A1B3C1	A1C1
		Orta	A1B1C2	A1B2C2	A1B3C2	A1C2
		Alt	A1B1C3	A1B2C3	A1B3C3	A1C3
	Öne	Üst	A2B1C1	A2B2C1	A2B3C1	A2C1
		Orta	A2B1C2	A2B2C2	A2B3C2	A2C2
		Alt	A2B1C3	A2B2C3	A2B3C3	A2C3
	Arkaya	Üst	A3B1C1	A3B2C1	A3B3C1	A3C1
		Orta	A3B1C2	A3B2C2	A3B3C2	A3C2
		Alt	A3B1C3	A3B2C3	A3B3C3	A3C3
Omca Ana Etkisi ve Genel Ortalama			B1	B2	B3	Genel Ortalama

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1 Analiz Sonuçları

Yapılan denemelerde, sıra üzerinde seçilen üç ağaçtaki ön, orta ve arka bölgelerde yerleştirilen suya duyarlı kağıtların (WSP) ortalamaları alınmış; bu işlem, her yükseklik (üst, orta ve alt) ayrı ayrı değerlendirilerek yapılmıştır.

Denemeler 2024 yılı eylül ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Denemelerde meteorolojik ölçümler yapılmıştır. Rüzgâr yönü kuzey kuzey doğu yönünden esmekte olduğu tespit edilmiştir. Rüzgâr 2 m/s, bağıl nem oranı %62,7 ve hava sıcaklığı ise 25 °C olarak ölçülmüştür.

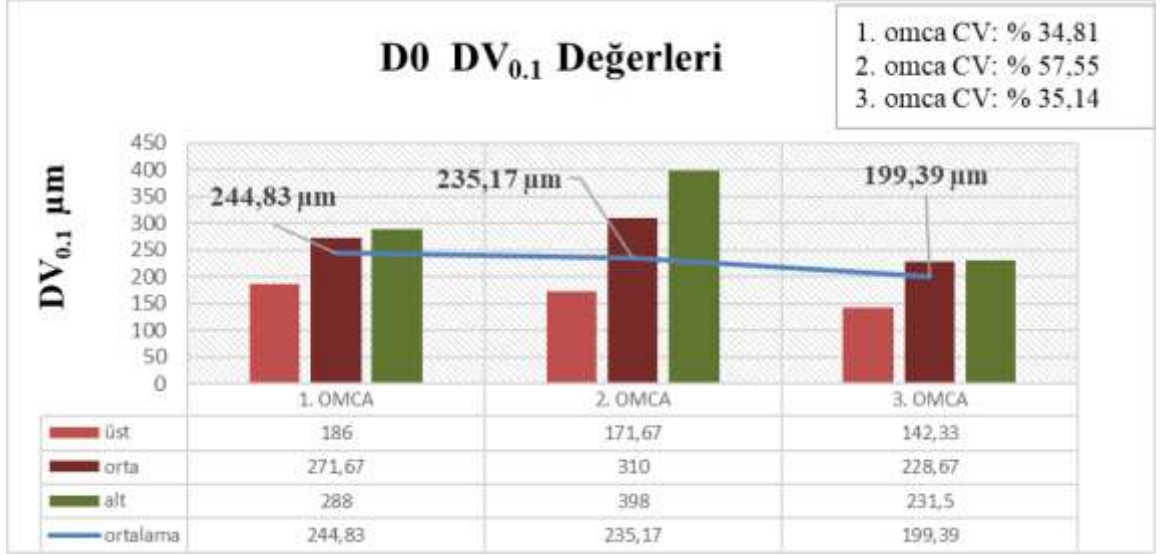
3.1.1 DV_{0.1} Analiz Değerleri

3.1.1.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

Yapılan 3 denemede hava yönünün arka, ön ve kontrol grubu olarak elde edilen pülverizasyon karakteristikleri ölçüm sonuçları ayrı ayrı incelenip karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 3.1’de hava akımı yönünün deflektörsüz denemedeki sonuçları görülmektedir.

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, 1. omcada üst bölge diğer bölgelere kıyasla daha düşük (186 µm) bir DV_{0.1} değeri göstermiş, orta ve alt bölgedeki yüzeylerin WSP ortalamaları ise daha benzer bir dağılım göstermiştir. 2. omcada üst bölge en düşük (171,6 µm) DV_{0.1} değeri çıkmıştır, en yüksek (398 µm) değer alt bölgede hesaplanmıştır. Orta bölge ise 310 µm hesaplanmıştır. 3. omcada ise tüm bölgeler arasında daha dengeli bir dağılım gözlenmiş, ancak üst bölge yine diğer bölgelere göre daha düşük değerde çıkmıştır. Bu farklılıklar, deflektörsüz yapılan uygulamada, üst bölgelere ulaşan damla miktarının sınırlı olduğunu ve hava akımının üst bölgelere yeterince ulaşamadığını göstermektedir.

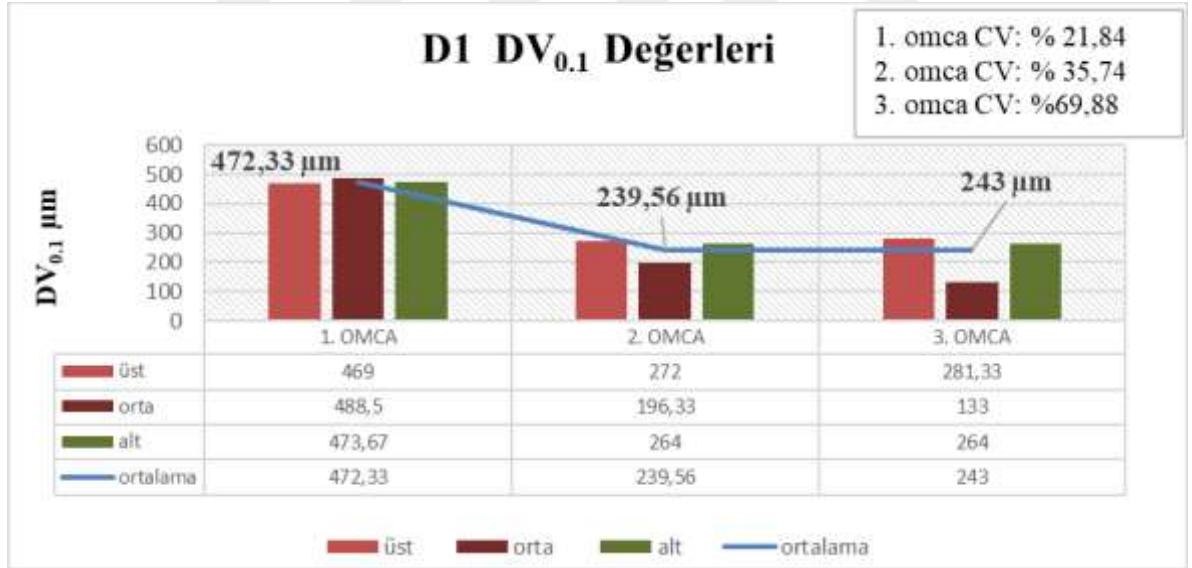
Omcalar arası varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, 1. omca %34,81 CV oranıyla en homojen dağılımı gösterirken, en düzensiz CV oranı ikinci omcada çıkmıştır.



Şekil 3.1. D0 deneme DV_{0.1} değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.1.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Öne doğru yapılan yönlendirme analiz değerleri incelendiğinde deflektörsüz yapılan uygulamaya göre üst-orta ve alt bölgelerdeki farklılığı düşürmüş, homojenliği arttırmıştır.

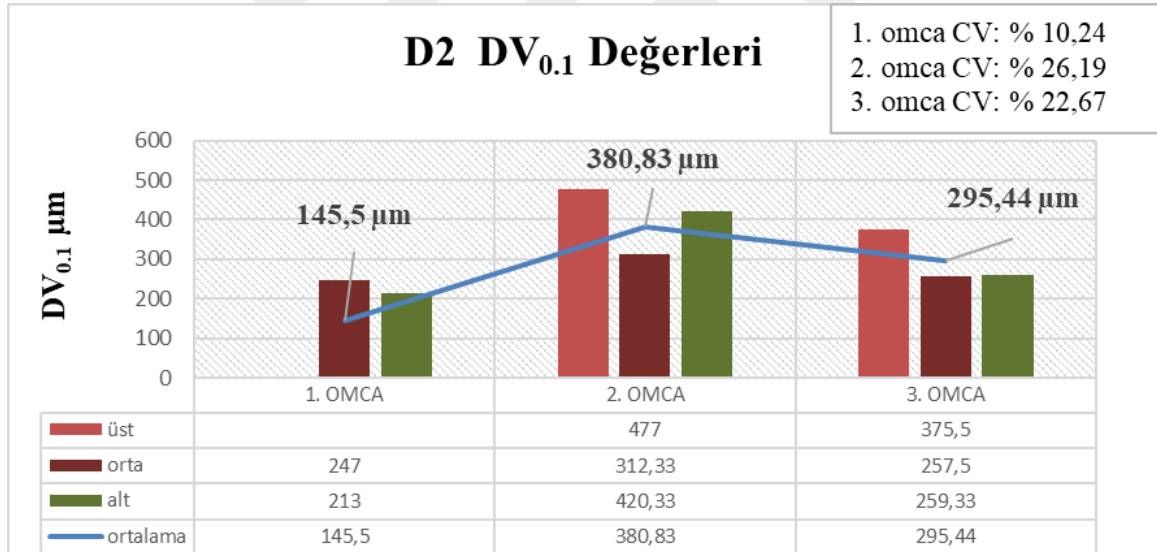


Şekil 3.2. D1 DV_{0.1} değerleri ve varyasyon katsayıları

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere ilk omcada dağılım tüm yüzeylerde birbirine yakın olurken 2. ve 3. omcada orta kısımlarda daha düşük DV_{0.1} elde edilmiştir. İkinci ve üçüncü omcalardaki ortalamaların düşük olması sebebi kağıtlarda yıkama olayıdır. Yaprak yoğunluğunun daha yoğun olması 1. omcadaki analiz sonuçlarını daha yüksek olmasına sebep olmuştur. CV değerleri birinci omcada (%21,84) homojen değerde görülmüştür.

3.1.1.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.3’de hava akımının deflektörle altmış derece arkaya yönlendirildiği durumda $DV_{0.1}$ değerleri görülmektedir. 1. omcada üst bölgelerde bütün kağıtlarda yıkanma görülmüştür. Bunun nedenlerinden biri de yaprak yoğunluğunun az olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak orta (247 μm) ve üst (213 μm) bölgelerde daha dengeli bir dağılım elde edilmiştir. Bu omca CV %10,24 oranıyla en homojen omca çıkmıştır. 2. omcada üst bölgenin belirgin şekilde daha yüksek (477 μm) $DV_{0.1}$ değerine sahip olduğu, orta bölgenin en düşük (312 μm) ortalama değerinde olduğu görülmüştür. 2. omcada CV oranı %26,19 düzeyinde çıkmıştır. 3. omcada ise üst bölgenin yine en yüksek (375,5 μm) değerinde olduğu, orta (257,5 μm) ve alt (259,3 μm) bölgenin WSP ortalama değerlerin birbirine daha yakın olduğu, ancak genel olarak 2. omcaya kıyasla düşük $DV_{0.1}$ değerlerine sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu farklılıkların nedeni ise ağaçların yapısal özelliklerindeki farklılıklar (örneğin yaprak yoğunluğu ve dal yapısı), hava akımının farklı bölgelerdeki etkisinin homojen olmaması ve alt bölgelerde hava akımının etkisinin zayıf kalması olabilir.



Şekil 3.3. D2 $DV_{0.1}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

Deflektörlü ve deflektörsüz denemelerde omcalar arası varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, en homojen dağılım (%10,24) arkaya yönlendirmede ve birinci omcada elde edilmiştir. Üçüncü (%22,67) ve ikinci (%26,19) omcalardaki değerlerin ise birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Ek olarak, en düzensiz dağılımın deflektörsüz denemede gerçekleştiği, bu durumda en yüksek değer %57,55 ile ikinci omcada belirlendiği görülmüştür. Ek-1’de değerler verilmiştir.

3.1.2 DV_{0.1} (µm) İstatistiksel Analiz Sonuçları

Denemelerde farklı hava yönlerinde (ön, arka, deflektörsüz), farklı omcalarda ve farklı yüksekliklerde yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen DV_{0.1} ortalamaları Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çizelge 3.1 incelediğinde, hava yönü (F=8.28**), omca ana etkisi (F=6.14**) ile hava yönü x yükseklik (F=7.04**) ve hava yönü x ağaç (F=18.95**) interaksiyonlarına ait ortalamalar %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur.

Hava yönü ana etkisi incelendiğinde, öne ve arkaya hava yönleri aynı istatistiki önem grubunda yüksek sonuçlar alınırken (327,11 µm ve 330,59 µm), deflektörsüz hava yönlendirmesinden en düşük DV_{0.1} ortalaması (247,56 µm) alınmıştır.

Yükseklik bakımından yapılan denemede üst, orta ve alt parametreler kullanılmış olup, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak sayısal olarak en yüksek değer alt grubundan elde edilmiştir. Omca ana etkisi açısından incelendiğinde, en yüksek ortalamayı B2 omcası vermiş, bunu B1 omcası takip etmiş, en düşük ortalamayı ise 255,96 µm ile B3 omcası vermiştir.

Çizelge 3.1. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin DV_{0.1} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	248,56b	293,22b	200,89b	247,56 b
		Öne	477,11a	234,78b	269,44b	327,11 a
		Arkaya	224,33b	469,89a	297,56b	330,59 a
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	289,33	373,56	266,44	309,78
		Orta	335,78	272,89	249,78	286,15
		Alt	324,89	351,44	251,67	309,33
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	186,00	171,67	142,33	166,67 c
		Orta	271,67	310,00	228,67	270,11 bc
		Alt	288,00	398,00	231,67	305,89 b
	Öne	Üst	469,00	272,00	281,33	340,78 ab
		Orta	488,67	196,33	263,00	316,00 ab
		Alt	473,67	236,00	264,00	324,56 ab
Arkaya	Üst	213,00	677,00	375,67	421,89 a	
	Orta	247,00	312,33	257,67	272,33 bc	
	Alt	213,00	420,33	259,33	297,56 b	
Ağaç Ana Etkisi			316,67ab	332,63a	255,96 b	301,75

LSD Hava yönü (%1) = 61,62889

LSD Omca Ana Etkisi (%1) = 61,62889

LSD Hava Yönü X Omca İnt (%1) = 106,7444

Balsari ve Marucco (2004), tarafından yürütülen bir çalışmada, daha küçük damlalar oluşturan püskürtme düzenlerinde sürüklenmenin arttığı ve farklı püskürtme ayarlarının damla çapı üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda da, hava yönü, ağaç ve yükseklik faktörlerinin $DV_{0.1}$ değerleri üzerinde benzer etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir.

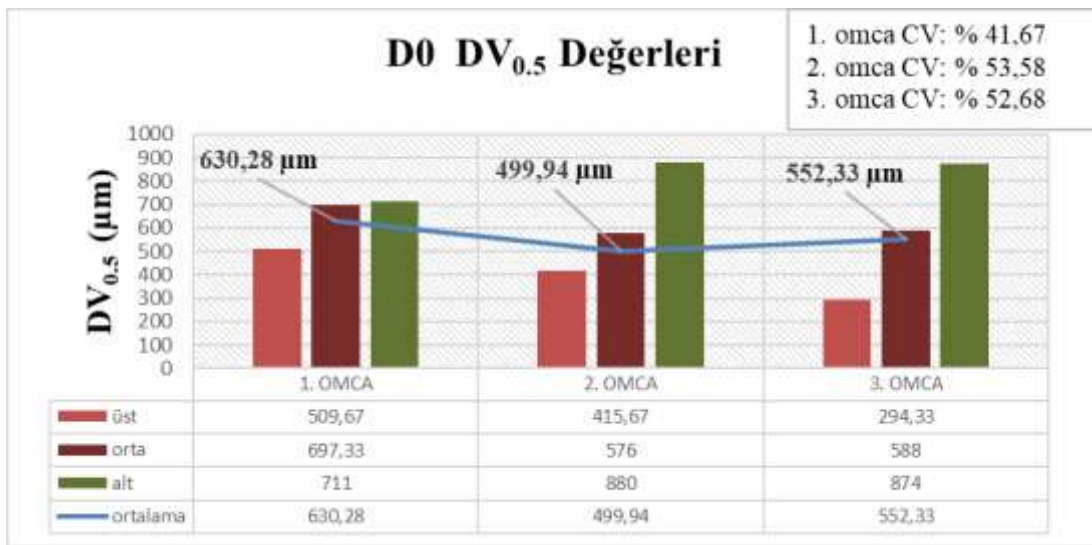
Li ve ark. (2022) çalışmasında, hava akımının yönü ve hızının püskürtme verimliliği üzerindeki etkileri araştırılmış ve özellikle küçük damlaların hava akımı ile taşınarak bitki örtüsündeki kaplamayı artırdığı belirtilmiştir.

3.1.3 $Dv_{0.5}$ Analiz Değerleri

3.1.3.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

Hacimsel orta çap (VMD), damla dağılımını hem hacim hem de büyüklük açısından birlikte değerlendirdiği için diğer çap ölçümlerine kıyasla daha güvenilir bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Sağlam, 1992).

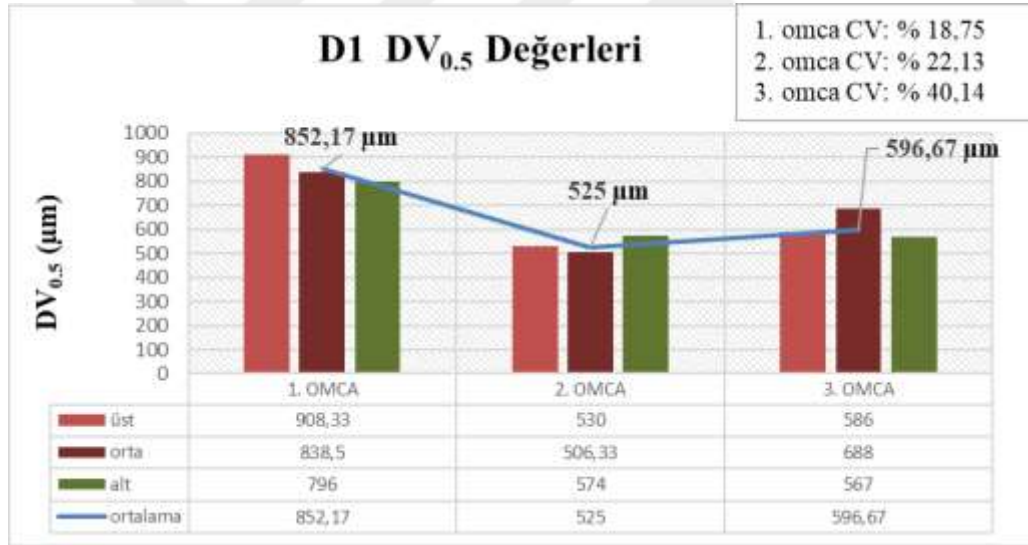
Şekil 3.4'de deflektörsüz uygulamada, $DV_{0.5}$ değeri tüm omcaların alt bölgelerinde en yüksek seviyede elde edildiği görülmektedir. Ayrıca orta bölgelere bakıldığında, en yüksek değer 1. omcada (697 μm) tespit edilmiştir. 2. ve 3. omcaların orta bölgelerindeki değerler ise birbirine yakın çıkmıştır. En düşük değer ise tüm omcalarda üst bölgede elde edilmiştir. Bu omcalarda CV değerleri düzensiz görülmüştür ancak omcalar arasında en düşük (%41,67) CV değeri birinci omcadadır.



Şekil 3.4. D0 deneme $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.3.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.5’de, deflektörün 60 derece öne yönlendirilmesi durumunda hava akımının $DV_{0.5}$ değerlerinin üst, orta ve alt bölgelerdeki dağılımı gösterilmektedir. 1. omcada tüm bölgelerde yüksek $DV_{0.5}$ değerleri elde edilmiştir. Ayrıca üst bölge diğerlerine göre en yüksek 908,3 μm değer çıkmıştır. 2. omcada ise $DV_{0.5}$ değerlerinde ilk omcaya göre bir düşüş gözlemlenmiş, özellikle üst bölge, 1. omcaya kıyasla çok daha düşük birikim gözlenmiştir. Bu omcada değerler birbirine yakın elde edilmiştir. 3. omcada ise orta bölge daha en yüksek $DV_{0.5}$ değerine ulaşmış, ancak 1. omcaya göre bu değer daha düşüktür. Üst ve alt bölgelerde ise birbirine yakın değerler gözlenmiştir. Bu farklılıkların, omcaların yapısal özelliklerinden ve özellikle yaprak yoğunluğunun hava akımı üzerindeki etkisinden kaynaklandığı düşünülebilir. Bu denemede omcalar arası varyasyon katsayısı (CV), birinci omcada %18,75 ile en homojen dağılım olarak belirlenmiştir. İkinci omca bu değere yakın çıkarken, en düzensiz dağılım ise %40,14 CV değeriyle üçüncü omcada gözlenmiştir.

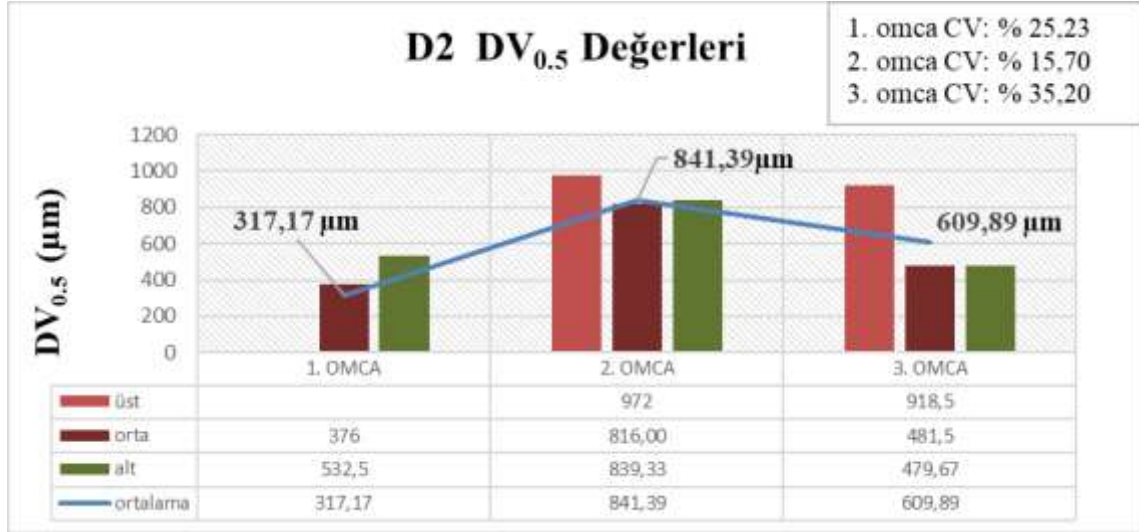


Şekil 3.5. D1 $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.3.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.6’da, hava akımının deflektör ile 60 derece arkaya yönlendirilmesi durumunda $DV_{0.5}$ değerlerinin üst, orta ve alt bölgelerdeki dağılımı gösterilmektedir. 1. omcada üst bölgede yıkama olduğu için WSP değerleri analiz edilememiştir. Aynı omcada alt bölge ise daha yüksek (532,5 μm) bir birikim değeri elde edilmiştir. 2. omca tüm bölgelerde $DV_{0.5}$ değerleri genel olarak artış göstermiştir. Özellikle üst bölge, en yüksek (972 μm) birikim değerine ulaşmış, alt (839,3 μm) ve orta bölgeler (816 μm) ise birbirine yakın ve daha düşük seviyelerde elde

edilmiştir. Bu omcada CV değeri %15,70 düzeyinde olup, tüm omcalar arasında en homojen dağılımı göstermektedir. 3. omca ise orta (481,5 μm) ve alt (479,6 μm) bölgelerde $DV_{0.5}$ değerleri belirgin şekilde düşmüş ve birbirine oldukça yakın sonuçlar çıkmış, üst bölge diğer bölgelere kıyasla en yüksek (918,5 μm) birikim değerine sahip olmuştur. Üçüncü omca, %35,20 CV değeriyle en düzensiz dağılıma sahiptir.



Şekil 3. 6. D2 $DV_{0.5}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

Deflektörlü ve deflektörsüz uygulamalarda omcalar arası $DV_{0.5}$ varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, arkaya doğru hava yönlendirilmesinin en homojen dağılımı gösterdiği bulunmuştur. En düzensiz uygulama deflektörsüz uygulamada görülmüştür. Ek-2'de değerler verilmiştir.

3.1.4 $DV_{0.5}$ (μm) İstatiksel Analiz Sonuçları

Denemelerde farklı hava yönleri (ön, arka, deflektörsüz), farklı ağaçlar ve yükseklikler dikkate alınarak yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen $DV_{0.5}$ ortalamaları Çizelge 3.2'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.2 incelendiğinde, hava yönü ana etkisi, yükseklik ana etkisi, ağaç ana etkisi ve ağaç x yükseklik interaksyonu istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Hava yönü x ağaç ($F=8.86^{**}$) ve hava yönü yükseklik ($F=7.78^{**}$) interaksyonlarına ait ortalamalar %1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. $DV_{0.5}$ çizelgesinde hava yönü ana etkisi incelendiğinde en yüksek değer öne doğru hava yönlendirmesinde (666,04 μm), buna yakın bir değer ise arkaya doğru hava yönlendirmesinde (661,00 μm) olarak belirlenmiştir. En düşük $DV_{0.5}$ değeri ise deflektörsüz yapılan denemede (616,22 μm) olarak kaydedilmiştir. Yükseklik

ana etkisi en yüksek ortalama 694,85 ile alt bölgede, en düşük ortalama ise orta bölgede tespit edilmiştir. Omca ana etkisi incelendiğinde, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sayısal olarak en yüksek değer 678,81 µm ile B2 omcasında, en düşük değer ise 608,59 µm ile B3 omcasında ölçülmüştür.

Çizelge 3.2. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin DV_{0,5} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	639,33bc	623,89bc	585,44 c	616,22
		Öne	847,67ab	536,78c	613,67 c	666,04
		Arkaya	480,56c	875,78a	626,67bc	661,00
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	650,33	639,22	599,67	629,74
		Orta	637,33	632,78	585,89	618,67
		Alt	679,89	764,44	640,22	694,85
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	509,68	415,67	294,33	406,556 c
		Orta	697,33	576,00	588,00	620,44 abc
		Alt	711,00	880,00	874,00	821,67 a
	Öne	Üst	908,33	530,00	586,00	674,78 ab
		Orta	838,67	506,33	688,00	677,67 ab
		Alt	796,00	574,00	567,00	645,67 ab
	Arkaya	Üst	533,00	972,00	918,67	807,89 a
		Orta	376,00	816,00	481,67	557,89 bc
		Alt	532,67	839,33	479,67	617,22 abc
Omca Ana Etkisi		655,85	678,81	608,59	647,75	

LSD_{Hava Yönü x Omca int} (%) = 225,3212

LSD_{Hava Yönü X Yükseklik int} (%) = 225,3212

Elde edilen istatistiksel sonuçlar, püskürtme sırasında yükseklik değişiminin damla büyüklüğü üzerinde doğrudan bir etkisinin olmadığını ve homojen bir dağılma etkisi olduğunu göstermektedir. Ayrıca hava yönlendirmesi olan ve olmayan sistemler arasında damla çapı açısından belirgin bir fark bulunmadığı saptanmıştır.

Güler ve Tozan (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise hava debisinin artırılması ile DV_{0,5} değerlerinde azalma meydana geldiği rapor edilmiştir. Her iki çalışmanın sonuçları, püskürtme sırasında hava akımı özelliklerinde yapılan değişikliklerin damla çapı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Ancak mevcut çalışmada hava akımının yönü değiştirilirken, diğer çalışmada hava debisi değiştirilmiş olup, bu durum elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıkların temelini oluşturabilir.

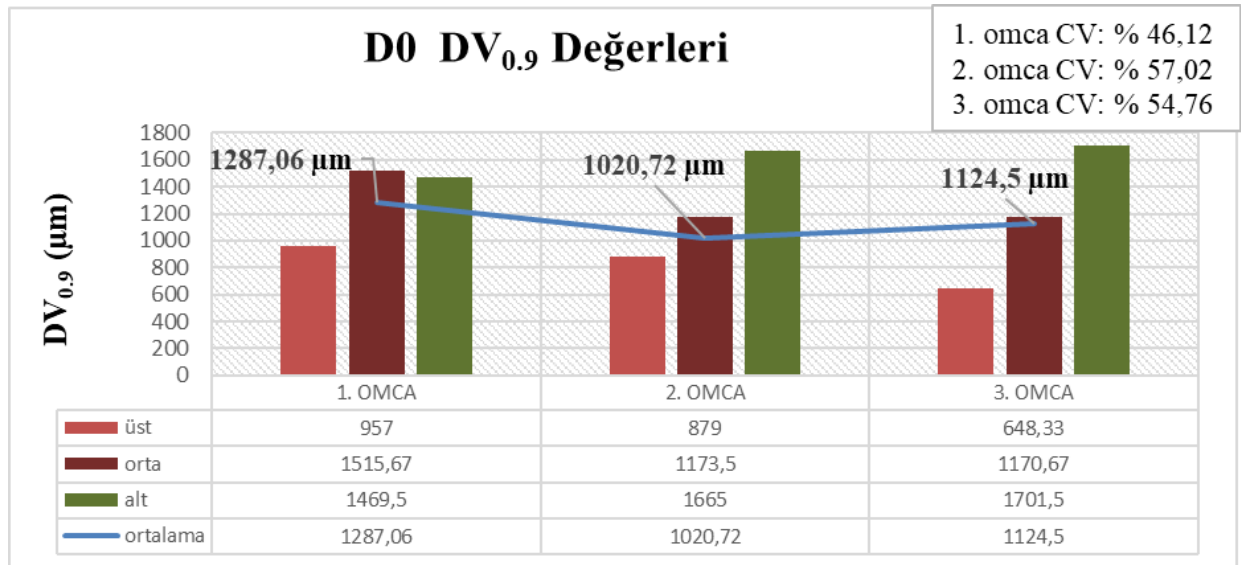
Balsari ve Marucco (2004) farklı meme tipleri ve hava akış hızlarının, püskürtme sırasında oluşan damlaların hacimsel ortalama çapları (VMD) üzerinde etkili olduğu

gösterilmiştir. Çalışmada, ATR sarı püskürtme memeleriyle 191 μm , ATR kahverengi püskürtme memeleriyle 133 μm ve hava karışımli ID 9002 püskürtme memeleriyle 456 μm hacimsel ortalama çap değerleri elde edilmiştir. Bu bulgular, püskürtme sisteminde kullanılan ekipman özelliklerinin damla boyutlarını etkileyerek uygulama sonuçlarını değiştirebileceğini ortaya koymaktadır.

3.1.5 $Dv_{0.9}$ Analiz Değerleri

3.1.5.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere deflektörsüz ilaçlamada birinci omcada en yüksek (1515,6 μm) $Dv_{0.9}$ değeri orta bölgede en düşük (957 μm) ise ön bölgede elde edilmiştir. İkinci omca ise en yüksek (1665 μm) alt bölgede en düşük (879 μm) üst bölgede görülmüştür. Orta bölgede ise WSP ortalamaları 1173,5 μm çıkmıştır. Üçüncü omcada ise yine en yüksek (1701,5 μm) değer alt bölgede en düşük (648,3 μm) değer ise üst bölgede olmuştur. Bu uygulamada genel olarak püskürtmeyi daha fazla yakalamış buna bağlı olarak kağıtlarda yıkama nedeniyle ya okuma yapılamamış ya da çok büyük değerler okunmuştur. Bu uygulamada omcalar arasında CV değerleri düzensizdir ve en düzensiz dağılım %57,02 CV değeriyle ikinci omcada gözlenmiştir. Bu değerler Şekil 3.7’de görülmektedir.

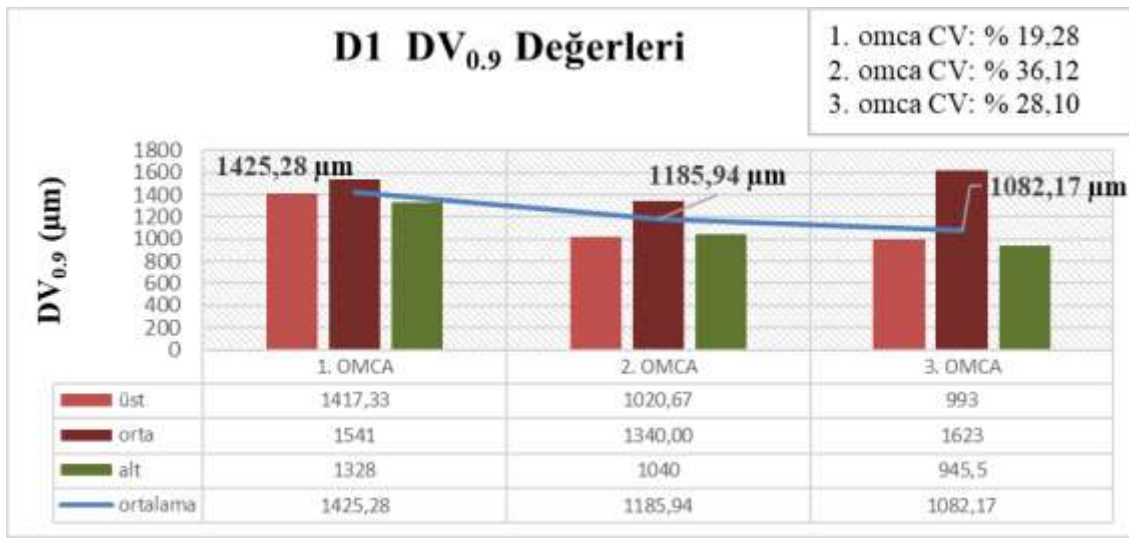


Şekil 3.7. D0 deneme $Dv_{0.9}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.5.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.8’de, deflektörün hava akımını 60 derece öne yönlendirildiği durumda $Dv_{0.9}$ değerleri görülmektedir. 1. omca $Dv_{0.9}$ değerleri üst, orta ve alt bölgelerde yüksek olup,

özellikle orta bölge en yüksek (1541 μm) birikim değerine sahiptir. Bu hava akımının öne yönlendirilmesiyle birlikte orta bölgenin hava akımından daha fazla etkilendiğini ve damla birikiminin burada yoğunlaştığını göstermektedir. Ek olarak, omcalar arasında en homojen dağılım %19,28 CV değeriyle birinci omcada belirlenmiştir. 2. omcada kağıtlarda yıkama olması sebebiyle çok büyük damlalar elimine edildiğinden birinci omcadan değerler düşük çıkmıştır. Ancak üst ve alt bölgelerde değerler birbirine yakın olsa da yine en yüksek sonuç (1340 μm) omcanın orta bölgesinde olmuştur. Ayrıca, en yüksek düzensiz dağılım %36,12 CV değeriyle bu omcada belirlenmiştir. 3. omca ise orta bölge tekrar en yüksek (1623 μm) $DV_{0,9}$ değerine ulaşmış, üst ve alt bölgeler birbirine yakın ama değerler az çıkmıştır.

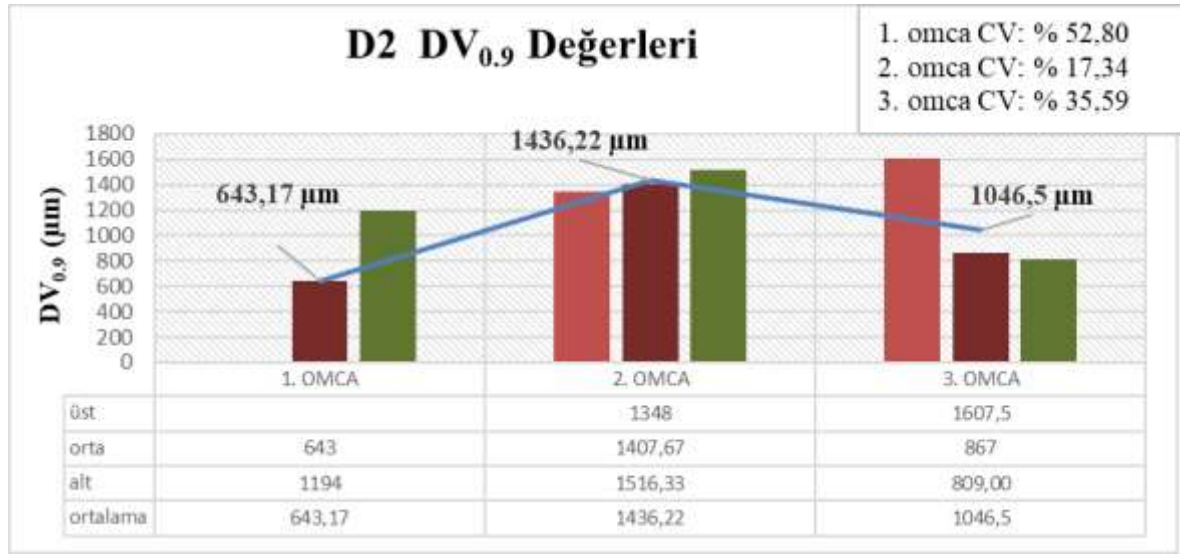


Şekil 3.8. D1 $DV_{0,9}$ değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.5.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.9 incelendiğinde, 1. omcada üst bölgedeki kağıtlarda yıkama olduğu için $DV_{0,9}$ değeri oldukça düşük bir seviyede kalırken, alt ve orta bölgelerde daha yüksek birikim değerleri elde edildiği görülmektedir. Bu omcada alt bölge, en yüksek birikim değeri olan 1194 μm ile öne çıkmıştır. 2. omcada ise $DV_{0,9}$ değerleri genel olarak artış göstermiştir. Özellikle alt bölge en yüksek (1516 μm) birikim değerine ulaşmış, orta bölge (1407,6 μm) buna yakın bir değer çıkmıştır. Üst bölge, diğer iki bölgeye göre daha düşük (1348 μm) seviyelerde kalmıştır. Ancak 3 bölgede de değerler birbirine yakın çıkmıştır. 3. omcada ise alt (809 μm) ve orta (867 μm) bölgelerde $DV_{0,9}$ değerleri belirgin şekilde düşmüş ama birbirine yakın değerler çıkmıştır. Üst bölge diğer bölgelere kıyasla en yüksek (1607,5 μm) birikim değerine sahip olmuştur. Burada meydana gelen yıkamaya bağlı olarak diğer bölgelerden farklılık ortaya çıkmıştır. Bu

denemede, en düşük varyasyon katsayısı 17,34 ile ikinci omca en homojen dağılımı göstermiştir.



Şekil 3.9. D2 DV_{0,9} değerleri ve varyasyon katsayıları

Deflektörlü ve deflektörsüz uygulamalarda omcalar arası DV_{0,9} varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, öne doğru hava yönlendirilmesinin en homojen dağılımı gösterdiği bulunmuştur. En düzensiz uygulama deflektörsüz uygulamada görülmüştür. Ek-3'de değerler verilmiştir.

3.1.6 DV_{0,9} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları

Aşağıda verilen Çizelge 3.3'te, yapılan denemede kullanılan hava yönü, yükseklik ve omca ana etkisi faktörleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.3'te DV_{0,9} değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde, hava yönü x yükseklik (F=6.23**) interaksyonu %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Hava yönü ana etkisi, yükseklik ana etkisi ve omca ana etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ayrıca hava yönü x omca ve omca x yükseklik interaksyonları da istatistiksel olarak önemsizdir. Hava yönü ana etkisi incelendiğinde, öne ve arkaya yönlendirme denemelerinde benzer sonuçlar elde edilmiş olup, sırasıyla 1249,85 µm ve 1222,30 µm değerleri kaydedilmiştir. En düşük değer ise 1176,30 µm ile arkaya yönlendirme uygulamasında tespit edilmiştir. Denemede yükseklik ana etkisi açısından sayısal olarak en yüksek değer alt bölgede, en düşük değer ise üst bölgede kaydedilmiştir. Omca ana etkisi açısından incelendiğinde, en yüksek ortalama 1265,59 µm ile omca B2, en düşük ortalama ise 1131,78 µm ile B3 omcasında belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin DV_{0,9} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	1314,11	1239,22	1113,56	1222,30
		Öne	1428,78	1133,55	1187,22	1249,85
		Arkaya	1010,33	1424,00	1094,56	1176,30
Omca x Yükseklik İnt. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	1189,44	1082,56	1083,00	1118,33
		Orta	1233,22	1307,11	1160,22	1233,51
		Alt	1330,56	1407,11	1152,11	1296,59
Hava Yönü x Omca x Yükseklik İnt. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	957,00	879,00	648,33	828,11 d
		Orta	1515,67	1173,67	990,66	1226,66 abcd
		Alt	1469,67	1665,00	1701,67	1612,11 a
	Öne	Üst	1417,33	1020,67	993,00	1143,66 abcd
		Orta	1541,00	1340,00	1623,00	1501,33 ab
		Alt	1328,00	1040,00	945,66	1104,55 bcd
	Arkaya	Üst	1194,00	1348,00	1607,67	1383,22 abc
		Orta	643,00	1407,67	867,00	972,55 cd
		Alt	1194,00	1516,33	809,00	1173,11 abcd
Omca Ana Etkisi			1251,07	1265,59	1131,78	1216,14

LSD Hava Yönü x Yükseklik İnt (%1)= 500,8458

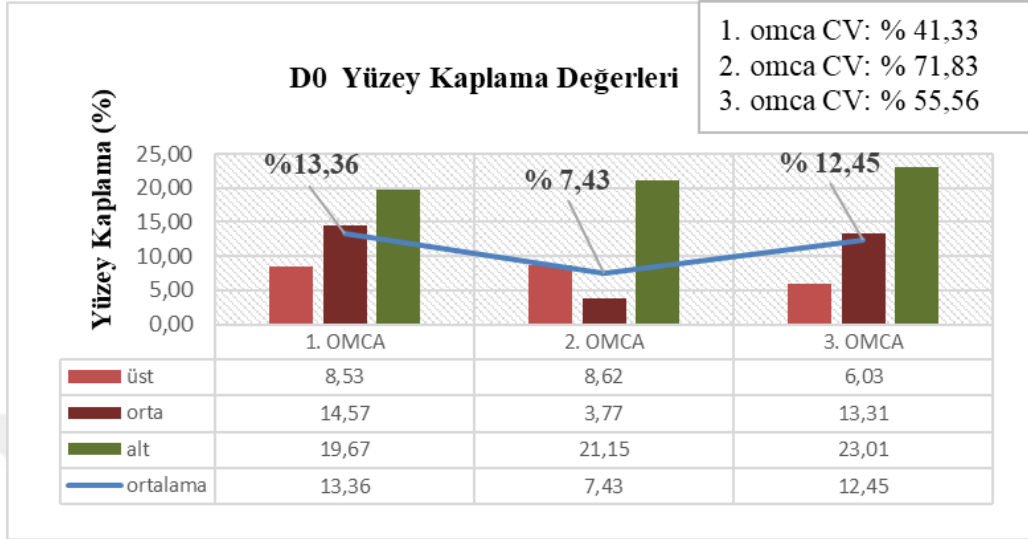
Balsari ve Marucco (2004) çalışmasında, hava destekli püskürtme uygulamalarında daha büyük hacimsel ortalama çapa sahip damlaların sürüklenme miktarını azalttığı belirtilmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada da DV_{0,9} değerleri incelendiğinde, öne ve arkaya hava yönlendirme uygulamalarında benzer sonuçlar elde edildiği ve iri damla büyüklüklerinin ağaçlar ve yükseklik bölgeleri arasında belirli farklılıklar gösterdiği gözlemlenmiştir.

3.1.7 Yüzey Kaplama Analiz Değerleri Analiz Değerleri

3.1.7.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

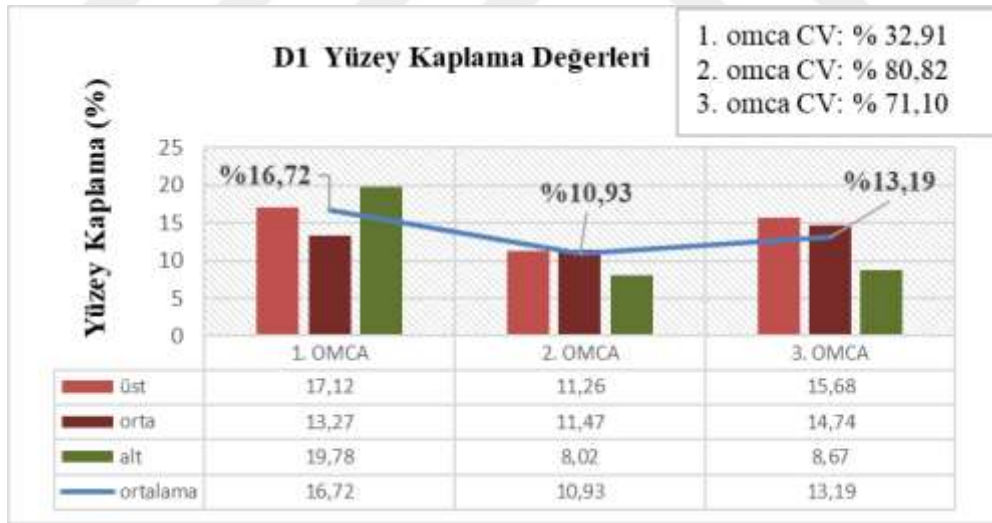
Şekil 3.10'da, deflektör parçası takılı olmadan, makinenin orijinal haliyle yapılan çalışmada üst, orta ve alt bölgelerdeki yüksekliklerin yüzey kaplama oranlarının dağılımı gösterilmektedir. 1. omcada üst bölgenin yüzey kaplama değeri diğer bölgelere göre oldukça düşük (%8,52) kalırken, orta (%14, 57) ve özellikle alt (%19,66) bölgede daha yüksek bir kaplama elde edilmiştir. 2. omcada ise yüzey kaplama değeri orta bölgede (%3,77) düşük kalmıştır. Alt bölge de ise kaplama oranı yüksek çıkmıştır (%21,15). 3. omcada alt bölge en yüksek yüzey kaplama oranına sahip olmuştur. Bu omcada da en düşük ortalama değeri üst bölgede (%6,03) en yüksek yüzey kaplama değeri ise alt bölgede (%23) saptanmıştır. Sonuçlar alt bölgelere daha fazla püskürtme damlalarının gittiğini göstermiştir. Çilingir ve Dursun (2002), yardımcı hava destekli bahçe pülverizatörleri ile yapılan uygulamalarda ilacın büyük

oranda ağacın alt kısımlarında biriktiğini ve bu durumun ideal bir dağılım sağlamadığını bildirmişlerdir. Deflektörsüz denemede en düzensiz ikinci omcada CV değeri %71,83 ile en yüksek seviyede gerçekleşmiştir.



Şekil 3.10. D0 deneme yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.7.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)



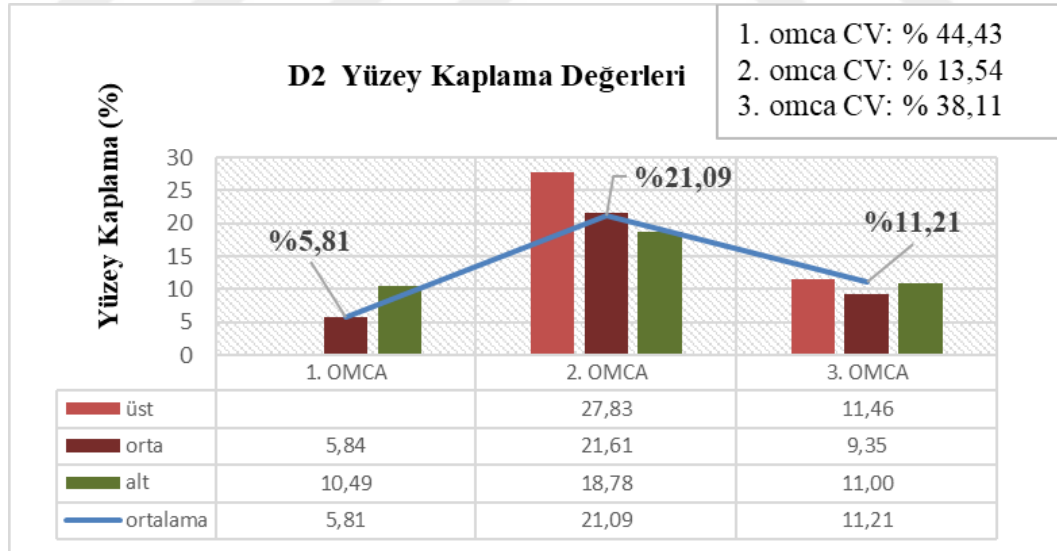
Şekil 3.11. D1 yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları

Şekil 3.11’de hava akımı yönünün öne doğru yönlendirilmesinin yüzey kaplamaya etkisi gösterilmektedir. Birinci omca orta bölge diğer bölgelere kıyasla daha düşük (%13,26) bir yüzey kaplama değeri çıkmıştır üst bölge (%17,12) ve alt bölgede (%19,78) ise daha yüksek ve dengeli bir kaplama elde edilmiştir. Bu omcada varyasyon katsayısı (CV) %32,91 olarak belirlenmiş olup, bu değer dağılımın orta düzeyde homojen olduğunu göstermektedir. 2. omca tüm bölgelerde yüzey kaplama değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir. Alt bölgedeki yüzey

kaplama değeri oldukça düşük kalmış (%8,02), üst (%11,26) ve orta (%11,47) bölgeler ise birbirine yakın değerler göstermiştir. En yüksek varyasyon katsayısı (CV) değeri %80,82 ile bu omcada görülmüştür. 3. omca ise alt bölgedeki yüzey kaplama değeri daha düşük kalmış (%8,67), ancak üst (%15,68) ve orta (%14,74) bölgelerde yüzey kaplama oranları yükselmiş ve bir denge sağlanmıştır. Bu omcada varyasyon katsayısı (CV) %71,10 olarak hesaplanmıştır.

3.1.7.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.12’de hava akımı yönünün arkaya doğru yönlendirilmesinin yüzey kaplamaya etkisi gösterilmektedir. 1. omcada üst bölgedeki WSP’lerde yıkama olduğu için değerlendirilememiştir ayrıca aynı omcada orta bölge alt bölgeye göre daha düşük bir kaplama oranı gözlemlenmiştir. 2. omcada üst bölge kaplama değerleri en yüksek (%27,83) seviyeye çıkmıştır, orta bölge bu değeri takip etmiş (%21,61), alt bölge ise diğerlerine göre daha düşük (%18,78) kalmıştır. 3. omcada tüm bölgelerde kaplama değerlerinin düştüğü, ancak birbirine yakın sonuçlar çıktığı görülmüştür. CV değerlerine bakıldığında, en homojen dağılım %13,54 ile 2. omcada gözlemlenmiştir. Buna karşılık, en yüksek varyasyon katsayısı %44,43 ile 1. omcada hesaplanmış olup, bu durum bu omcada dağılımın daha düzensiz gerçekleştiğini göstermektedir.



Şekil 3.12. D2 yüzey kaplama değerleri ve varyasyon katsayıları

Deflektörlü ve deflektörsüz uygulamalarda omcalar arası yüzey kaplama varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, arkaya doğru hava yönlendirilmesinin en homojen dağılımı gösterdiği bulunmuştur. Ek-4’de değerler verilmiştir.

3.1.8 Yüzey Kaplama İstatiksel Analiz Sonuçları

Çizelge 3.4'te, farklı hava yönlendirme uygulamaları (öne, arkaya ve deflektörsüz), farklı yükseklik seviyeleri (üst, orta, alt) ve farklı omcalar için elde edilen yüzey kaplama değerleri verilerek bu faktörlerin yüzey kaplama üzerindeki etkileri gösterilmektedir.

Çıkan sonuçlarda ana etki faktörleri istatistiksel olarak önemli olmadıkları izlenmiştir. Ancak hava yönü x ağaç ($F=17.20^{**}$) interaksyonu ve omca x yükseklik ($F=2.91^*$) interaksyonu istatistiksel olarak %1 seviyesinde önemli bulunmuştur. Çizelge 3.4'te hava yönü ana etkisinde öne ve arkaya hava yönlendirilmesi (%14.07 ve %14.09) birbirine yakın ortalama değerler göstermiştir. Yükseklik ana etkisi ise üst, orta ve alt bölgeler arasında ortalama değerler açısından belirgin bir fark bulunmazken, en yüksek değer %13.51 ile alt bölgede, en düşük değer ise %13.00 ile üst bölgede hesaplanmıştır. Omca ana etkisi açısından da en yüksek ortalama %14.04 ile B1 omcasında, en düşük ortalama ise %12.58 ile B2 omcasında belirlenmiştir.

Çizelge 3. 4. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin yüzey kaplama üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar.

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	14,26bc	4,85d	14,11bc	11,07
		Öne	18,93ab	10,25cd	13,03bc	14,07
		Arkaya	8,94 cd	22,74 a	10,60cd	14,09
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	12,05abc	15,90ab	11,06bc	13,00
		Orta	13,44abc	12,29abc	12,47abc	12,73
		Alt	16,65a	9,65c	14,23abc	13,51
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	8,53	8,62	6,03	7,73
		Orta	14,57	3,77	13,31	10,55
		Alt	19,67	2,15	23,01	14,94
	Öne	Üst	17,12	11,26	15,67	14,69
		Orta	19,90	11,47	14,74	15,37
		Alt	19,78	8,02	8,67	12,16
	Arkaya	Üst	10,49	27,83	11,46	16,60
		Orta	5,84	21,61	9,35	12,27
		Alt	10,49	18,78	11,00	13,42
Omca Ana Etkisi			14,04	12,61	12,58	13,08

LSD Hava Yönü x Omca int (%1) = 6,547607

LSD Omca x Yükseklik int (%1) = 4,916567

Ortalama değerler açısından değerlendirildiğinde havayı arkaya yönlendirme uygulamasının en yüksek yüzey kaplama oranına sahip olduğu bu değeri havayı öne

yönlendirmenin takip ettiği görülmüştür. Bu durum yönlendirilen hava akımının yüzey kaplamayı artırdığını göstermektedir.

Yan vd. (2024) ise hava akım açısını değiştirerek (0°, -30°, +30°) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, 0° hava çıkışıyla en yüksek yüzey kaplama oranına ulaşıldığını, eğimli açılarda ise kaplama oranının azaldığını bildirmiştir. Her iki çalışmanın bulguları, hava akımının yönü veya açısının yaprak yüzeyine ulaşan damla miktarı üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Mevcut çalışmada sabit 60° açı ile yönlendirme yapılmasına rağmen, hava akımının doğru şekilde yönlendirilmesinin yüzey kaplama oranını artırabileceği sonucuna varılmıştır.

Aydar vd. (2010), tarafından yapılan bir araştırmada ağacın üç farklı bölgesindeki ortalama püskürtme birikim miktarları incelendiğinde, alt bölgede en yüksek birikim değeri elde edilmiştir.

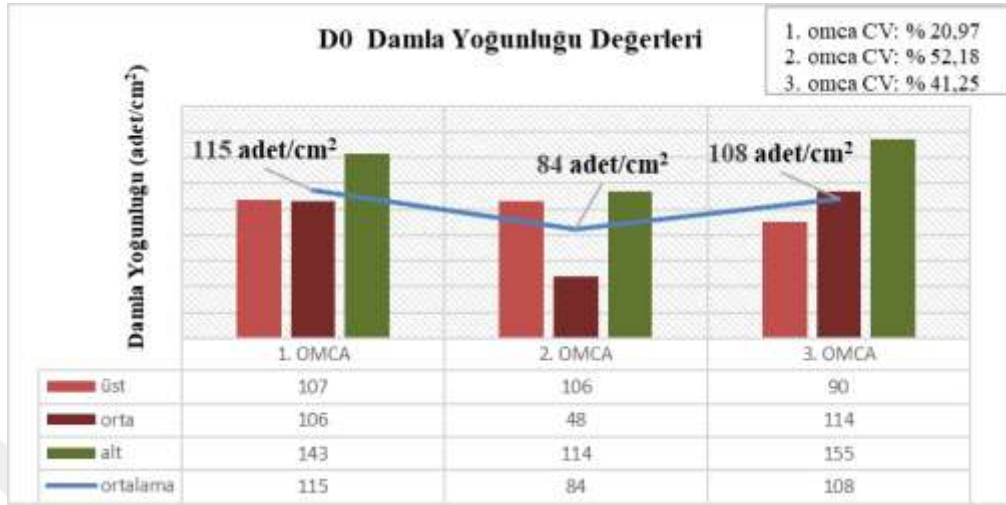
Catania ve arkadaşları (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada, yapay bir bağ ortamında gerçekleştirilen uygulamalarda, farklı rüzgar hızlarında yapılan püskürtmelerde yüzey kaplama oranları değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerde, uygulama koşullarındaki değişimlerin yüzey kaplama oranları üzerinde farklı sonuçlar oluşturabildiği görülmüştür. Bu durum, çalışmada elde edilen farklı hava yönleri, yükseklikler ve ağaç faktörlerine göre yüzey kaplama değerlerinde gözlenen değişimlerle paralellik göstermektedir.

Dai vd. (2023) çalışmasında, düşük akışlı hava destekli bir pülverizatör ile yapılan uygulamalarda, farklı hız, püskürtme mesafesi ve meme yerleşim açılarının bitki örtüsü üzerindeki yüzey kaplama oranlarını etkilediği görülmüştür. Araştırmada, elde edilen yüzey kaplama oranları %14,52 ile %23,67 arasında değişmiş ve püskürtmenin bitki örtüsünün iç bölgelerine ulaşması desteklenmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada öne ve arkaya yönlendirilen hava akımı uygulamalarında elde edilen yüzey kaplama değerleri de birbirine yakın bulunmuş, farklı yükseklik seviyelerinde belirli değişimler gözlemlenmiştir. Bu durum, hava yönlendirme uygulamalarının yüzey kaplama üzerinde etkili olabileceğini desteklemektedir.

Pezzi ve Rondelli (2000) de hava destekli pülverizatör kullanarak gerçekleştirdikleri bağ uygulamalarında, farklı fan hızları ve hava akım açılarının bitki örtüsündeki püskürtme dağılımı ve kaplama oranları üzerinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Özellikle 120° geri eğimli hava yönlendirmesiyle, bitki örtüsü içerisinde daha iyi bir kaplama sağlandığı ve çevresel kayıpların azaldığı belirtilmiştir. Bu durum, farklı hava yönlendirme uygulamalarının, bitki örtüsünün farklı bölgelerinde yüzey kaplamayı artırabileceğini ortaya koymaktadır.

3.1.9 Damla Yoğunluğu Analiz Değerleri

3.1.9.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

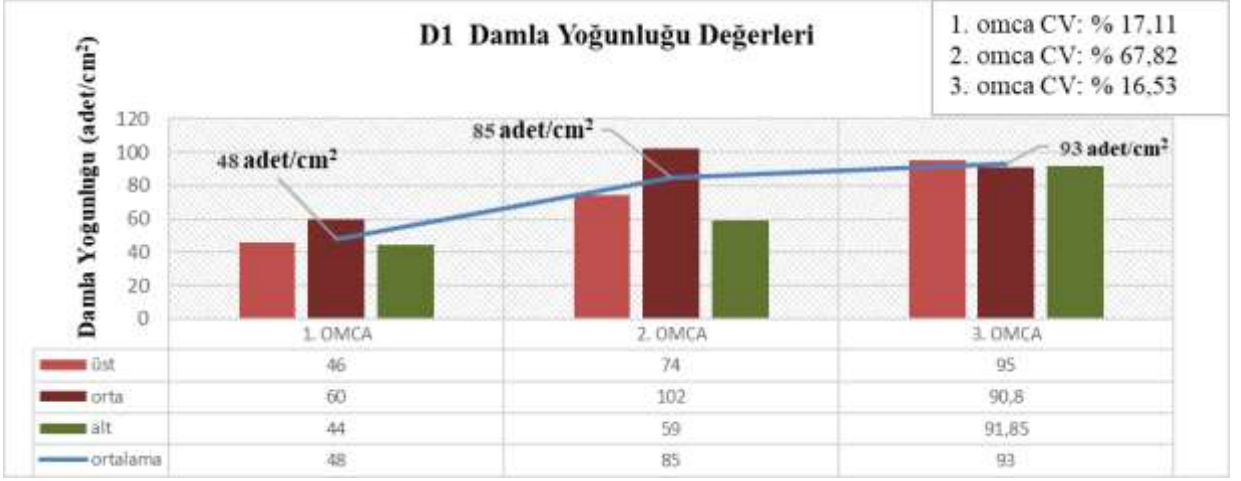


Şekil 3.13. D0 deneme damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları

Şekil 3.13’de makinenin orijinal haliyle yapılan çalışmanın damla yoğunluğu sonuçları gösterilmektedir. 1. omcada alt bölge diğer bölgelere kıyasla daha yüksek bir damla yoğunluğu değerine sahipken, üst ve orta bölgelerde benzer seviyelerde birikim gözlemlenmiştir. Bu hava akımının alt bölgeye daha etkili bir şekilde ulaştığını ve birikimin burada yoğunlaştığı görülmektedir. Ayrıca, birinci omcada varyasyon katsayısı (CV) %20,97 olarak hesaplanmış olup, bu değer homojen bir dağılıma işaret etmektedir. 2. omca ise birinci omcaya göre alt bölgedeki damla yoğunluğu değeri önemli ölçüde düşmüş, orta bölge ise diğer iki bölgeye göre düşük bir birikim olmuştur. Ayrıca alt ve üst bölgeler birbirine yakın değerler çıkmıştır. Bu omcada varyasyon katsayısı (CV) %52,18 ile en yüksek seviyede görülmüştür. 3. omcada alt bölge tekrar yüksek birikim göstermiş, üst ve orta bölgelerde ise daha dengeli bir dağılım elde edilmiştir.

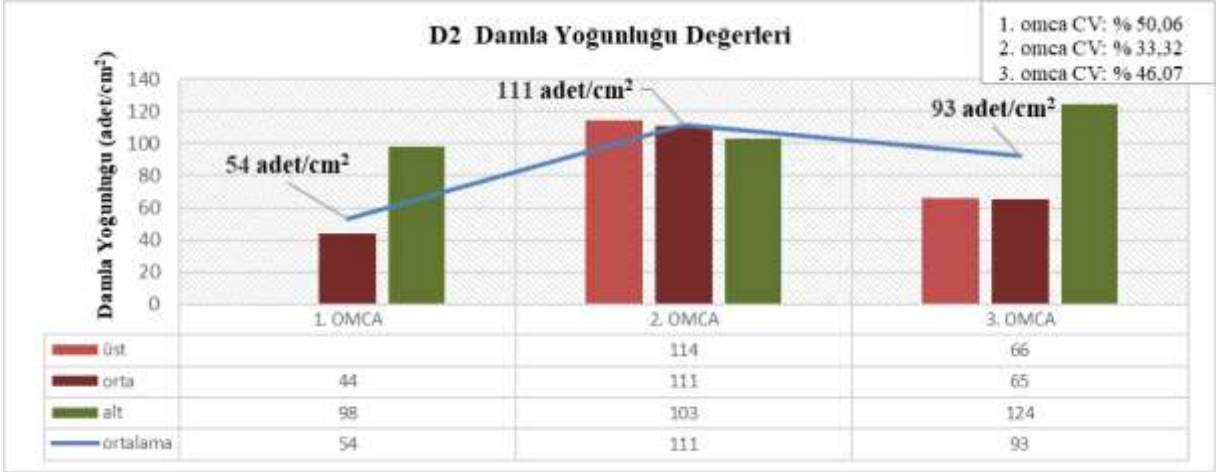
3.1.9.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.14’de öne doğru hava yönlendirilmesinin damla yoğunluğuna etkisi görülmektedir. Birinci omca üzerinde daha dengeli ve sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. 2. omcada orta bölge en yüksek birikim değerine ulaşmış, üst bölge bunu takip etmiş, alt bölge ise daha düşük bir birikim görülmüştür. 3. omca ise birikim değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Bu denemede en homojen varyasyon katsayısı (CV) değeri %16,53 ile üçüncü omcada gözlemlenmiştir.



Şekil 3.14. D1 damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.9.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)



Şekil 3.15. D2 damla yoğunluğu değerleri ve varyasyon katsayıları

Şekil 3.15’de arkaya doğru hava yönlendirilmesinin damla yoğunluğuna etkisi görülmektedir. Birinci omcada yaprak azlığından dolayı üst bölgedeki WSP’ler de yıkanma olmuştur. Orta bölge en düşük (44 adet/cm²) değerde çıkmıştır. Alt bölge ise en yüksek (98 adet/cm²) değer olduğu görülmüştür. Birinci omcada varyasyon katsayısı (CV) %50,06 olarak hesaplanmıştır. 2. omcada ise tüm bölgelerde birikim artışı gözlemlenmiş, özellikle üst bölge en yüksek (114 adet/cm²) birikim değerine ulaşmıştır. Orta bölge (111 adet/cm²) bu değeri takip etmiş, alt bölge ise diğer iki bölgeye kıyasla daha düşük (103 adet/cm²) kalmıştır. Ancak sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Bu omcada varyasyon katsayısı (CV) %33,32 olarak hesaplanmıştır. 3. omcada ise alt bölgedeki (124 adet/cm²) birikim artış göstermiş olmasına rağmen, üst (66 adet/cm²) ve orta (65 adet/cm²) bölgelerde daha dengeli bir dağılım elde edilmiştir. Üçüncü omcada CV değeri %46,07 bulunmuştur. Alt kesimlerdeki birikimin yüksek

olması üstten alta doğru olan sıvı akıntıları olduğu söylenebilir. Denemelerdeki damla yoğunluğu CV değerleri Ek-5’de verilmiştir.

3.1.10 Damla Yoğunluğu İstatiksel Analiz Sonuçları

Çizelgede 3.5’de farklı hava yönlendirme uygulamaları, yükseklik seviyeleri ve omca faktörleri dikkate alınarak elde edilen damla yoğunluğu (adet/cm²) değerleri gösterilmiş, bu değişkenlerin yüzeyde oluşan püskürtme birikimi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Çizelge 3.5. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin damla yoğunluğu üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	118,61a	88,98 ab	119,41 a	109,00 a
		Öne	49,90 c	78,46 bc	92,64 ab	73,67 b
		Arkaya	80,21bc	109,41ab	85,08abc	91,56 ab
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	83,64	98,11	83,61	88,45 ab
		Orta	70,04	86,73	90,00	82,26 b
		Alt	95,03	92,00	123,52	103,52a
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	106,80	105,93	89,80	100,84 bc
		Orta	106,23	47,50	113,93	89,22 bcd
		Alt	142,80	113,50	154,50	136,93 a
	Öne	Üst	45,97	74,20	95,27	71,81 d
		Orta	59,60	102,07	90,80	84,16 bcd
		Alt	44,13	59,10	91,87	65,03 d
	Arkaya	Üst	98,15	114,20	65,77	92,71 bcd
		Orta	44,30	110,63	65,77	73,40 cd
		Alt	98,17	103,40	124,20	108,59 b
Ağaç Ana Etkisi			82,91	92,28	99,04	91,41

LSD Hava Yönü Ana Etkisi (%1) = 21,30999

LSD Hava Yönü x Omca int. (%1) = 36,90998

LSD Yükseklik Ana Etkisi. (%5) = 16,00157

LSD Hava yönü x Yükseklik int. (%5) = 27,71553

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, Çizelge 3.5’de hava yönü x omca (F=4.30**) interaksyonu ve hava yönü ana etkisi (F=9.80**) %1, yükseklik ana etkisi (F=3.96*) ve hava yönü x yükseklik interaksyonu (F=3.48*) %5 istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Omca ana etkisi ve omca x yükseklik interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Çizelgeye bakıldığında hava yönü ana etkisi en yüksek değer deflektörsüz yapılan denemede (109,00 adet/cm²) bulunmuştur. Yükseklik ana etkisinde en yüksek ortalama değer alt bölgede (103,52 adet/cm²) bulunmuştur. Üst ve orta bölge ortalamaları (88,45 ve 82,26 adet/cm²) yakın sonuçlar vermiştir. Omca ana etkisinde en yüksek ortalamayı B3 ağacı vermiştir.

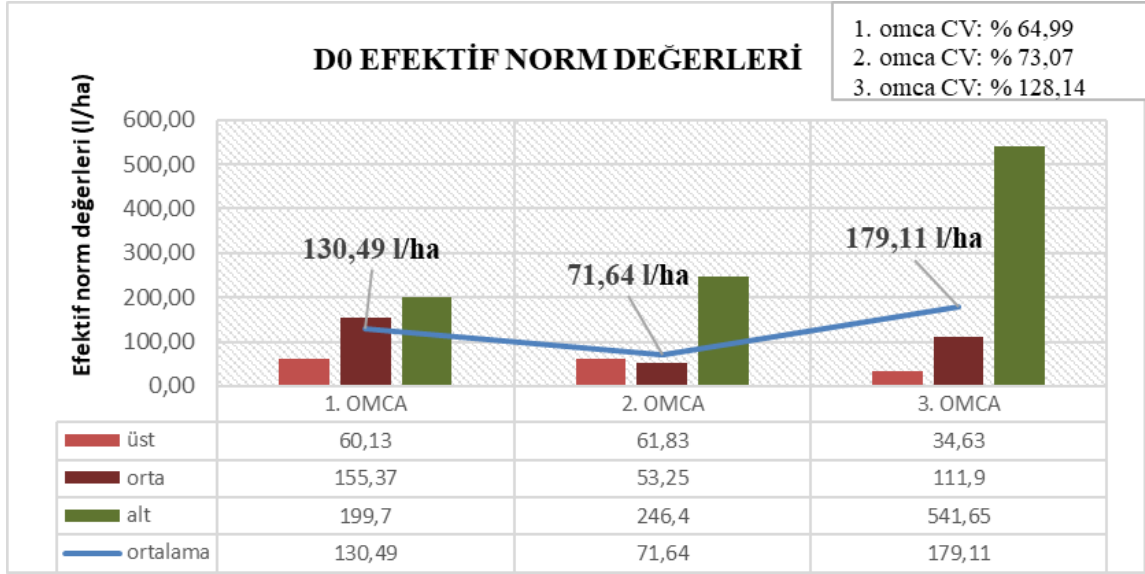
Elde edilen sonuçlara göre en yüksek ortalama değer deflektörsüz uygulamada elde edildiği görölmüştür. Bu durumun nedeni, hava yönlendirme uygulamalarında kullanılan deflektörlerin damla çapını büyütmesi ve buna bağlı olarak birim alandaki damla yoğunluğunun azalması olarak değerlendirilmiştir.

Yan vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada da, hava akım açısının değiştirilmesiyle yaprak yüzeyine ulaşan damla sayısının değiştiği ve 0° açılı uygulamalarda daha yüksek damla yoğunluğu sağlandığı belirtilmiştir. Bu sonuçlar, hava akımının uygun yönlendirilmesinin yalnızca kaplama oranını değil, aynı zamanda yaprak yüzeyine ulaşan damla yoğunluğunu da artırabileceğini göstermektedir.

3.1.11 Efektif Norm (l/ha) Analiz Değerleri

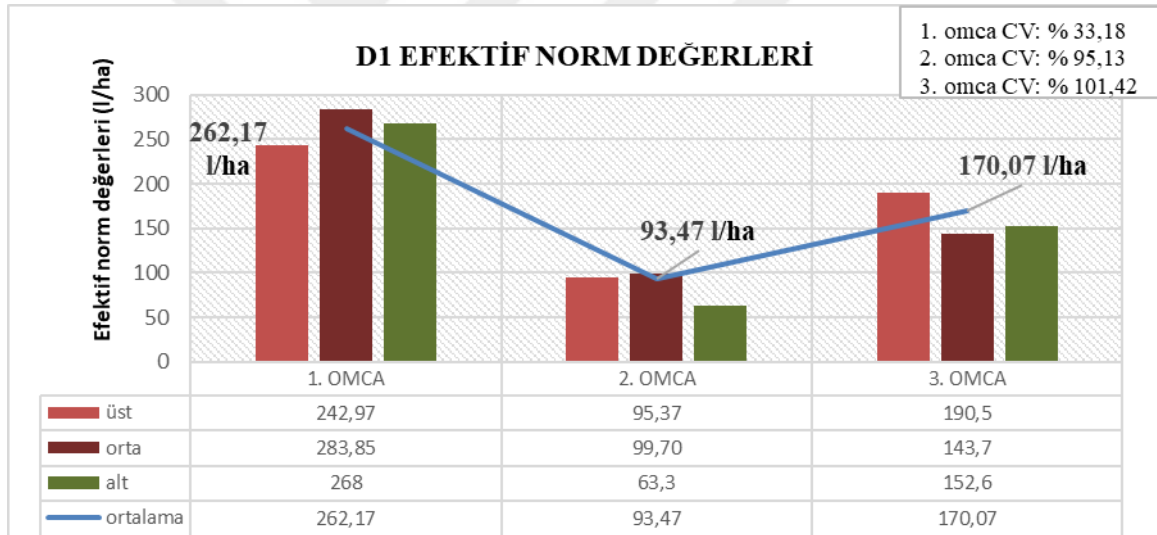
3.1.11.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

Denemelerde hedeflenen teorik norm değeri 400 L/ha olarak belirlenmiştir. şekil 3.16 incelendiğinde, deflektörsüz gerçekteştirilen uygulamada farklı bölgelere ait efektif norm değerleri arasında belirgin düzensizlikler olduğu görölmektedir. Özellikle 1. omcada alt bölge, 199,7 L/ha ile en yüksek birikim değerini göstermiştir. Buna karşın, aynı omcanın üst bölgesinde birikim değeri yalnızca 60,13 L/ha olarak ölçölmüş ve bu durum önemli bir dengesizliği ortaya koymuştur. 2. omcada ise hem üst bölge (61,83 L/ha) hem de orta bölge (53,25 L/ha) düşük değerler vermiştir. 3. omcada da benzer şekilde üst bölge en düşük birikimi göstermiştir. Bu bulgular, deflektörsüz yapılan uygulamalarda homojen bir ilaçlama sağlanamadığını, püskürtölen sıvının önemli ölçüde havaya ve toprağa süröklendiğini ortaya koymaktadır. Özellikle alt bölgelerde gözlemlenen hacimsel artışın, yerçekimi etkisiyle üstten aşağıya gerçekteşen akıştan kaynaklandığı söylenebilir. Omcalar arası varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde düzensiz bir dağılımın olduğu görölmektedir. 1. omca %64,99 CV oranıyla en düşük dağılımı gösterirken, en düzensiz CV oranı üçöncü omcada çıkmıştır.



Şekil 3.16. D0 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları

3.1.11.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)



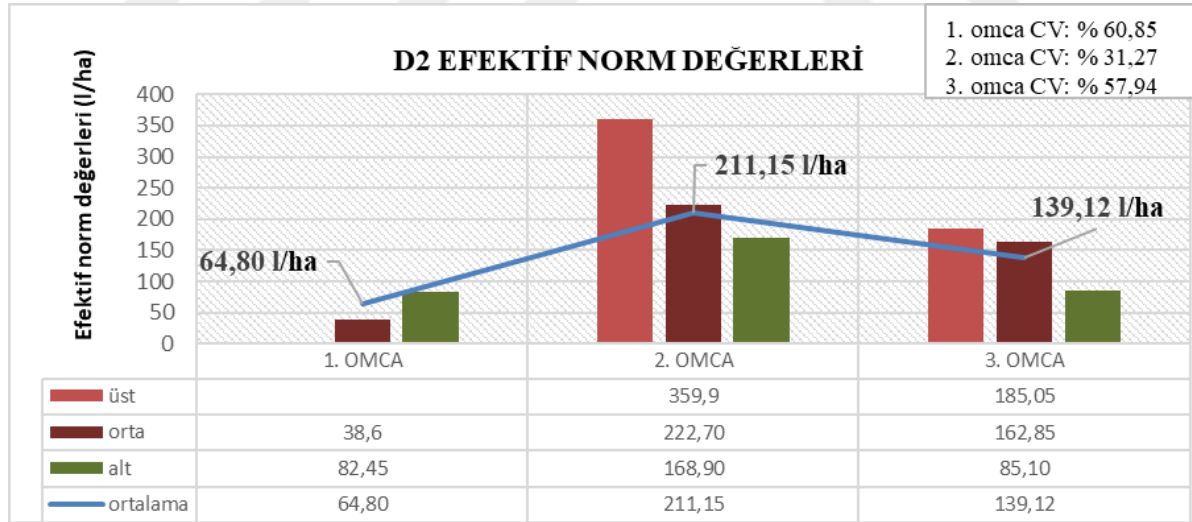
Şekil 3.17. D1 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları

Şekil 3.17'de görüldüğü üzere, 1. omcada, orta bölge en yüksek efektif norm (283,85 l/ha) değerine sahip olurken, alt bölge yakın seviyede (268 l/ha) bir birikim görülmüştür. Üst bölge ise diğer bölgelere kıyasla daha düşük (243 l/ha) bir birikim göstermiştir. Ancak değerler birbirine yakın sonuçlar çıkmıştır. 2. omcada birinci omcaya göre tüm bölgelerde birikim değerleri düşmüş, alt bölge en düşük (63,3 l/ha) birikim seviyesine sahip olmuştur. Orta bölge en yüksek (99,70 l/ha) değerde çıkmıştır. Ayrıca üst bölge ile orta bölgenin (95,37 l/ha) değerleri birbirine yakın olduğu görülmüştür. 3. omcada, üst bölge en yüksek (190,5 l/ha) birikim değerinde çıkarken, orta (143,7 l/ha) ve alt (152,6 l/ha) bölgeler daha düşük bir seviyede

kalmıştır. Ancak bu iki bölge birbirine yakın değerler çıkmıştır. Omcalar arası varyasyon katsayısı (CV) değerleri incelendiğinde, 1. omca %33,18 ile en homojen dağılımı gösterirken, en düzensiz dağılımın üçüncü omcada gerçekleştiği görülmüştür.

3.1.11.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.18’de arkaya doğru hava yönlendirilmesinin efektif norm sonuçları görülmektedir. 1. omcada üst bölgedeki kalan yüzeylerdeki WSP’ler yaprak azlığından dolayı yıkandığından bu bölgedeki sonuçlar değerlendirilmeye alınmamıştır. Bu nedenle birinci omcada değerler düşük kalmıştır. Orta bölgedeki birikim düşük seviyede kalırken (38,6 l/ha), alt bölge en yüksek (82,45 l/ha) birikim değerine ulaşmıştır. Bu omcada CV değeri %60,85’dir. 2. omcada üst bölge en yüksek (359,9 l/ha) değerde çıkmış, orta bölge bunu takip etmiş (222,7 l/ha) ve alt bölgede yine düşük (168,9 l/ha) bir birikim görülmüştür. İkinci omcada varyasyon katsayısı (CV) değerleri, omcalar arasındaki en homojen dağılımı %31,27 ile sağlamıştır. 3. omcada üst (185,05 l/ha) ve orta (162,85 l/ha) bölgelerdeki birikim değerleri birbirine yakın ve dengeli bir seviyede kalırken, alt bölgedeki birikim diğer bölgelere göre düşük (85,10 l/ha) kalmıştır. Burada görülen farklılıkların üst üste gelen damlalar nedeniyle ortaya çıktığını ifade edebiliriz. Yapılan üç denemede varyasyon katsayıları Ek-6’da verilmiştir.



Şekil 3. 18. D2 deneme efektif norm değerleri ve varyasyon katsayıları

Üç farklı denemeye ait efektif norm değerleri incelendiğinde, en düşük birikim seviyesinin deflektörsüz uygulamada elde edildiği görülmüştür. Bu durum, hava yönlendirmesi olmadan yapılan püskürtmede sıvının hedefe etkin şekilde ulaşamadığını göstermektedir. En yüksek birikim ise hava akımının öne yönlendirildiği uygulamada elde edilmiş; bunu arkaya yönlendirilmiş hava akımı ile yapılan deneme takip etmiştir.

3.1.12 Efektif Norm (l/ha) İstatiksel Analiz Sonuçları

Aşağıda verilen Çizelge 3.6’de yapılan denemede kullanılan hava yönü, yükseklik ve omca ana etkisi faktörleri ile l/ha cinsinden ölçülen değerler sunulmuştur. Farklı hava yönlendirme uygulamaları, yükseklik seviyeleri ve omca faktörleri doğrultusunda elde edilen l/ha değerleri gösterilerek, püskürtme sırasında yüzeyde oluşan birikimin nasıl değiştiği detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Çizelge 3.6 incelendiğinde, hava yönü ana etkisi, yükseklik ana etkisi ve omca ana etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Hava yönü x omca ($F=8.24^{**}$) ve hava yönü x yükseklik ($F=8.87^{**}$) interaksiyonları %1 istatistiksel olarak önemli bulunmuşlardır. Hava yönü ana etkisi önemsiz bulunsa da en yüksek 171 l/ha ve 169 l/ha ile öne yönlendirme ve deflektörsüz denemelerde elde edilmiştir. En düşük değer ise arkaya hava yönlendirilmesinde tespit edilmiştir. Yükseklik ana etkisi en düşük sayısal değerler sırasıyla üst (141 l/ha) ve orta (146 l/ha) bölgelerde, en yüksek değer ise alt bölgede belirlenmiştir. Omca ana etkisi açısından incelendiğinde, en yüksek efektif norm değeri 179 l/ha ile B3 omcasında, en düşük değerler ise sırasıyla B2 (152 l/ha) ve B1 (157 l/ha) omcalarında bulunmuştur.

Çizelge 3.6. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin efektif norm değerleri üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca			Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2	B3		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	138abc	120bc	229 ab	169
		Öne	265 a	86 c	162abc	171
		Arkaya	67 c	250a	144abc	154
Omca X Yükseklik İnt. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	128	172	137	146
		Orta	159	125	139	141
		Alt	183	159	259	201
Hava Yönü x Omca x Yükseklik İnt. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	60	62	35	52 c
		Orta	155	53	112	107 bc
		Alt	199	246	542	329 a
	Öne	Üst	243	95	190	176 bc
		Orta	284	99	144	176 bc
		Alt	268	63	153	161 bc
Arkaya	Üst	82	359	185	209 ab	
	Orta	39	223	163	141 bc	
	Alt	82	1,69	85	112 bc	
Ağaç Ana Etkisi			157	152	179	163

LSD Hava yönü X Omca İnt (%1) = 1.29218

LSD Hava yönü X Yükseklik İnt (%1) = 1.29218

Pascuzzi vd. (2017) hava akımı şiddetini değiştirerek yaptıkları çalışmada, gelişim dönemine bağlı olarak yaprak birikiminde farklılıklar oluştuğunu rapor etmişlerdir.

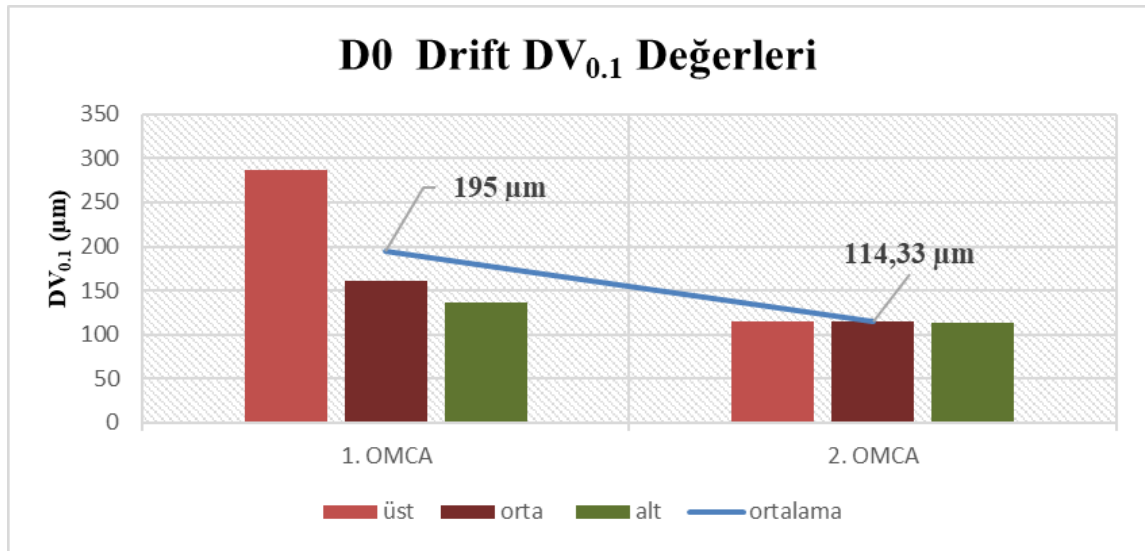
Li vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, yüzeyde biriken sıvı miktarı $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ cinsinden değerlendirilmiş ve farklı püskürtme ayarlarının bu birikim değerlerinde değişikliklere yol açtığı belirlenmiştir. Çalışmada, değişken oranlı püskürtme yapan makine ile, geleneksel hava akımlı makineler karşılaştırıldığında, daha düşük fakat daha dengeli bir sıvı birikimi sağlandığı görülmüştür. Ayrıca, geleneksel yöntemlerle yapılan uygulamalarda özellikle alt bölgelerde sıvı birikiminin arttığı, üst bölgelerde ise azaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, püskürtme sırasında hava akımı ve uygulama ayarlarının yaprak yüzeyinde meydana gelen sıvı birikiminin düzenli dağılımı üzerinde doğrudan etkili olduğunu göstermektedir.

3.2 İlaç Sürüklenmesinin (Drift) Değerlendirilmesi

3.2.1 $DV_{0.1}$ Analiz Sonuçları

3.2.1.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

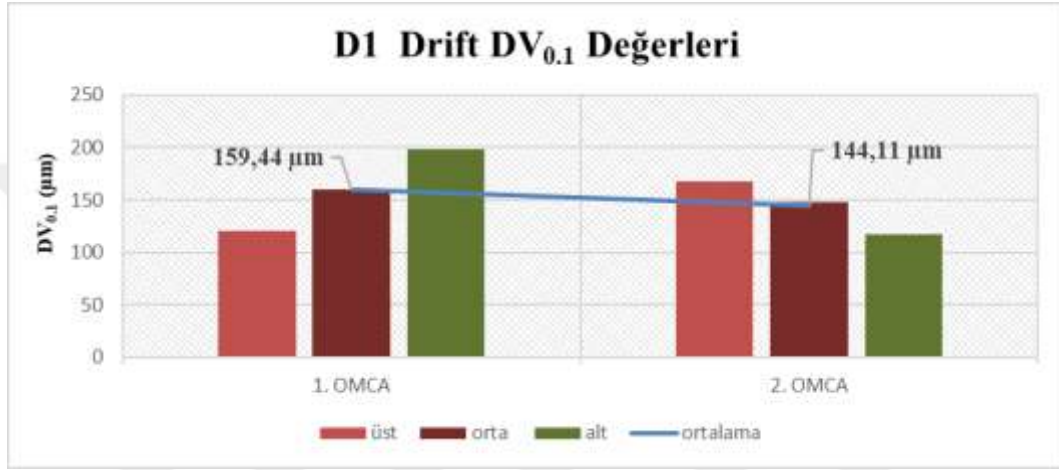
1. omcada üst bölge, diğer bölgelere kıyasla en yüksek (287,3 μm) drift değerine sahiptir. Orta bölge bu değeri takip ederken (161,6 μm), alt bölge en düşük (136 μm) drift değeri çıkmıştır. Bu durum, püskürtme sırasında üst bölgeye daha fazla damla taşındığını ve üst bölgenin sürüklenmeden en çok etkilenen alan olduğunu göstermektedir. 2. omcada ise tüm bölgelerde drift değerleri önemli ölçüde düşmüş ve bölgeler arasında daha dengeli bir dağılım gözlemlenmiştir. Buradaki farklılığı kanopi yoğunluğundaki değişim ve anlık esen rüzgarlar olarak ifade edebiliriz. Elde edilen sonuçlar Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. Drift D0 $DV_{0.1}$ değerleri

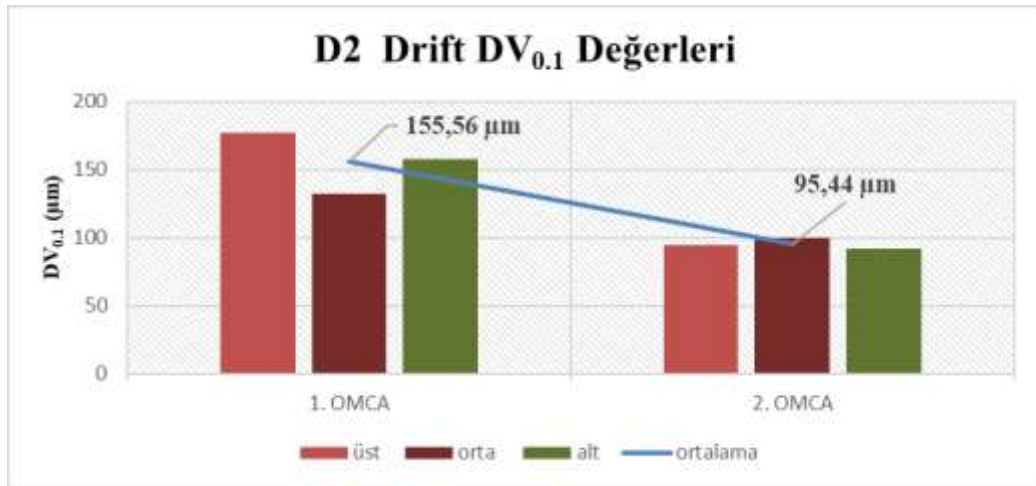
3.2.1.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.20’de hava akımının 60 derece öne yönlendirilmesi durumunda elde edilen DV_{0.1} pestisit sürüklenmesi analiz değerleri gösterilmektedir. 1. omcada, alt bölge diğer bölgelere göre daha yüksek (198,3 µm) değerine sahipken, orta ve üst bölgelerde benzer seviyelerde birikim gözlemlenmiştir. Üst bölge, en düşük (120,3 µm) drift değerine ulaşmıştır. 2. omca ise en yüksek (167,3 µm) değer üst bölgede görülmüş, orta (147,3 µm) ve alt (117,6 µm) bölge değerleri sırasıyla bu değeri takip etmiştir.



Şekil 3.20. Drift D1 DV_{0.1} değerleri

3.2.1.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)



Şekil 3.21. Drift D2 DV_{0.1} Değerleri

Şekil 3.21’de arkaya doğru hava yönlendirilmesinin DV_{0.1} ortalamaları görülmektedir. 1. omcada, üst bölge en yüksek (176,6 µm) pestisit sürüklenmesi değerine sahip olurken, alt bölge (157 µm) bu değeri takip etmiş ve orta bölge (132,6 µm) en düşük pestisit sürüklenmesi

seviyesini sergilemiştir. 2. omca ise tüm bölgelerde pestisit sürüklenmesi değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiş, alt ve üst bölgeler daha dengeli bir dağılım sergilerken, orta bölge diğer bölgelere kıyasla yüksek değer çıkmıştır.

3.2.2 DV_{0.1} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları

Yapılan denemelerde damla sürüklenmesini belirlemek amacıyla seçilen ağaçlardaki WSP değerlerinin analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Aşağıda verilen Çizelge 3.7’de DV_{0.1} değerleri gösterilmektedir. Çizelge 3.7’de yer alan tüm faktör ve interaksiyonların istatistiksel olarak önemli olmadıkları izlenmiştir.

Çizelge 3.7’de bütün sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Hava yönlendirme ana etkisi açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değer 154,67 µm ile arkaya hava yönlendirilmesi denemesinde, en düşük değer ise 125,50 µm deflektörsüz denemede elde edilmiştir. Yükseklik ana etkisinde ise istatistiksel ortalamalar arasında en yüksek değer 160,11 µm ile üst bölgede tespit edilmiştir. Orta (135,94 µm) ve alt (135,89 µm) bölgelerdeki değerler ise birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Omca ana etkisinde en yüksek değer B1 omcasında saptanmıştır.

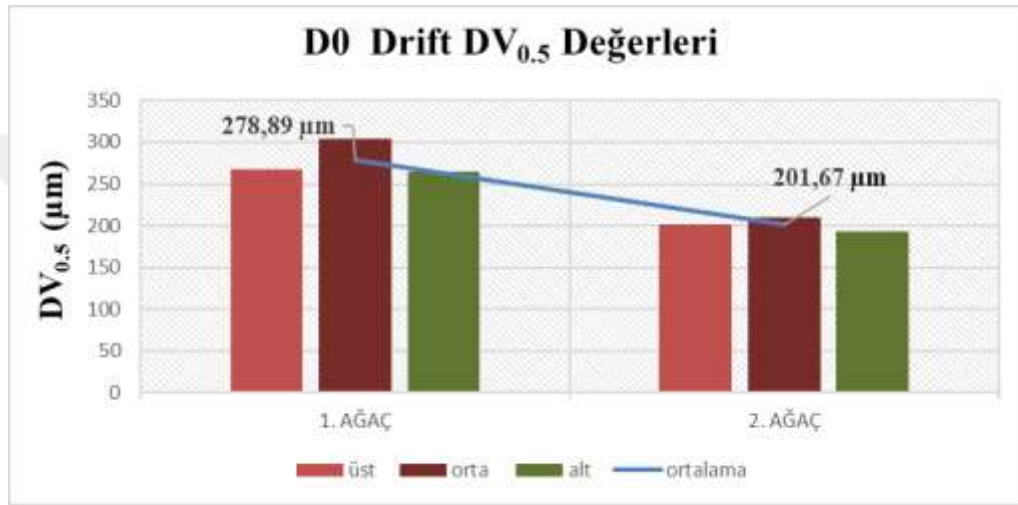
Çizelge 3.7. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin DV_{0.1} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	155,56	95,44	125,50
		Öne	159,44	144,11	151,78
		Arkaya	195,00	114,33	154,67
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	194,78	125,44	160,11
		Orta	151,33	120,44	135,89
		Alt	163,89	108,00	135,94
	Deflektörsüz	Üst	287,33	114,67	201,00
		Orta	161,67	114,33	138,00
		Alt	136,00	114,00	125,00
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Öne	Üst	120,33	167,33	143,83
		Orta	159,67	147,33	153,50
		Alt	198,33	117,67	158,00
	Arkaya	Üst	176,67	94,33	135,50
		Orta	132,67	99,67	116,17
		Alt	157,33	92,33	124,83
Omca Ana Etkisi			170,00	117,96	143,98

3.2.3 Dv_{0.5} Analiz Sonuçları

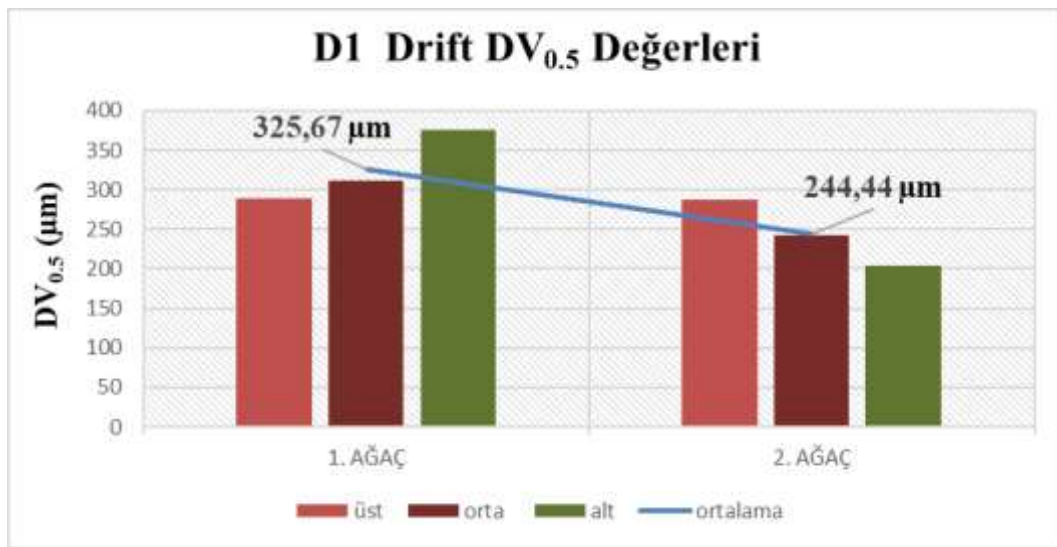
3.2.3.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

Şekil 3.22’de görüldüğü üzere 1. omcada orta bölge en yüksek (304 µm) drift değerine sahip olurken, üst (267,6 µm) ve alt (265 µm) bölgeler bu değeri takip etmiş ve birbirine yakın seviyelerde birikim göstermiştir. 2. omcada ise tüm bölgelerde drift değerlerinde bir düşüş gözlemlenmiş, üst, orta ve alt bölgelerdeki değerler birbirine daha yakın ve dengeli bir dağılım sergilemiştir.



Şekil 3.22. Drift D0 DV_{0.5} değerleri

3.2.3.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

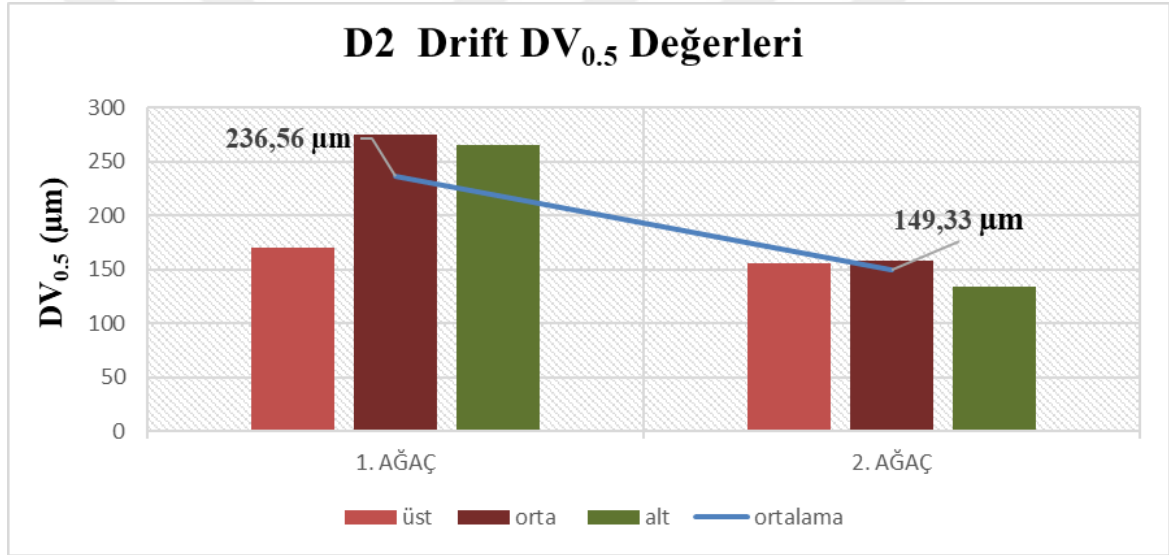


Şekil 3.23. Drift D1 DV_{0.5} değerleri

Şekil 3.23 incelendiğinde, 1. omcada alt bölge en yüksek (376,3 µm) drift değerine ulaşmış, orta bölge bunu takip etmiş (312,3 µm) ve üst (288,3 µm) bölge diğer bölgelere kıyasla biraz daha düşük bir seviyede kalmıştır. 2. omca 1. omcaya göre daha düşük seviyede kalmıştır. Bu omcada en yüksek (286,6 µm) değer üst bölgede çıkmış orta (242,6 µm) ve alt (204 µm) bölge bu değeri takip etmiştir.

3.2.3.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.24'de arkaya doğru hava yönlendirilmesinin DV_{0.5} değerleri görülmektedir. 1. omcada orta bölge en yüksek drift değerine sahip olmuş, alt bölgede bu değeri takip etmiştir. Üst bölgede değer az çıkmıştır. 2. omcada ise tüm bölgelerde drift değerlerinde düşüş gözlemlenmiş, orta, alt ve üst bölgeler birbirine daha yakın ve dengeli bir dağılım sergilemiştir.



Şekil 3.24. Drift D2 DV_{0.5} değerleri

Pezzi ve Rondelli (2000) tarafından yapılan çalışmada, hava çıkış açısının pestisit sürüklenmesine etkisi incelenmiştir. Havanın 90° açıyla doğrudan kanopi yönüne verilmesi, özellikle yüksek fan hızlarında ilacın kanopiye aşarak çevreye yayılmasına ve sürüklenmenin artmasına neden olmuştur. Buna karşılık, hava çıkışlarının 120° geriye eğimli olarak ayarlanması, pestisit akımının bitki içinde daha uzun süre kalmasını sağlamış ve çevreye olan sürüklenmeyi azaltmıştır. Ancak bu durumda toprağa dökülen pestisit miktarında bir miktar artış gözlemlenmiştir. Genel olarak, 120° açının çevresel kayıpları azaltmada daha etkili olduğu belirlenmiştir.

3.2.4 DV_{0.5} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda elde edilen DV_{0.5} pestisit sürüklenmesi (drift) değerleri Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8’de hava yönü ana etkisi (F=4.23*) %5 istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hava yönünde, en yüksek ortalama değer (285.06 µm) öne doğru hava yönlendirmesinde tespit edilmiştir. Omca ana etkisinde ise B1 ağacında en yüksek ortalama çıkmıştır. Yükseklik ana etkisi, hava yönü x ağaç interaksyonu ve omca x yükseklik interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır.

Çizelge 3.8. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin DV_{0.5} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	278,89	201,67	240,28 ab
		Öne	325,67	244,44	285,06 a
		Arkaya	236,56	149,33	192,94 b
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	242,00	214,44	228,22
		Orta	297,00	203,67	250,33
		Alt	302,11	177,33	239,72
	Deflektörsüz	Üst	267,67	201,33	234,50
		Orta	304,00	210,33	257,17
		Alt	265,00	193,33	229,17
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Öne	Üst	288,33	286,67	287,50
		Orta	312,33	242,67	277,50
		Alt	376,33	204,00	290,17
	Arkaya	Üst	170,00	155,33	162,67
		Orta	274,67	158,00	216,33
		Alt	265,00	134,67	199,83
Omca Ana Etkisi		280,37	198,48	239,42	

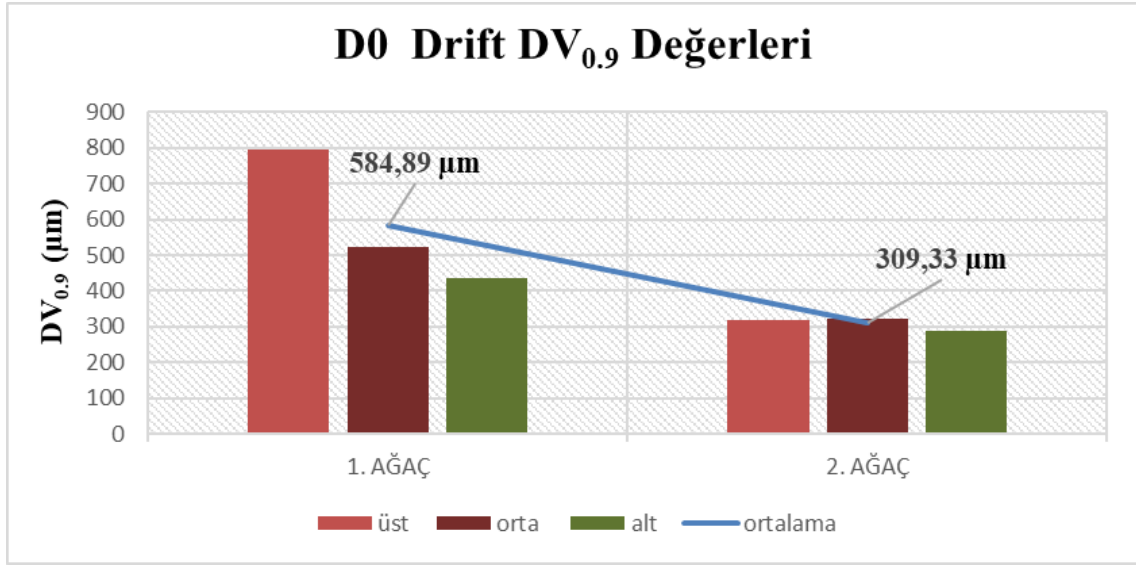
LSD Hava Yönü Ana Etkisi (%5) = 64,20104

3.2.5 Dv_{0.9} Analiz Sonuçları

3.2.5.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

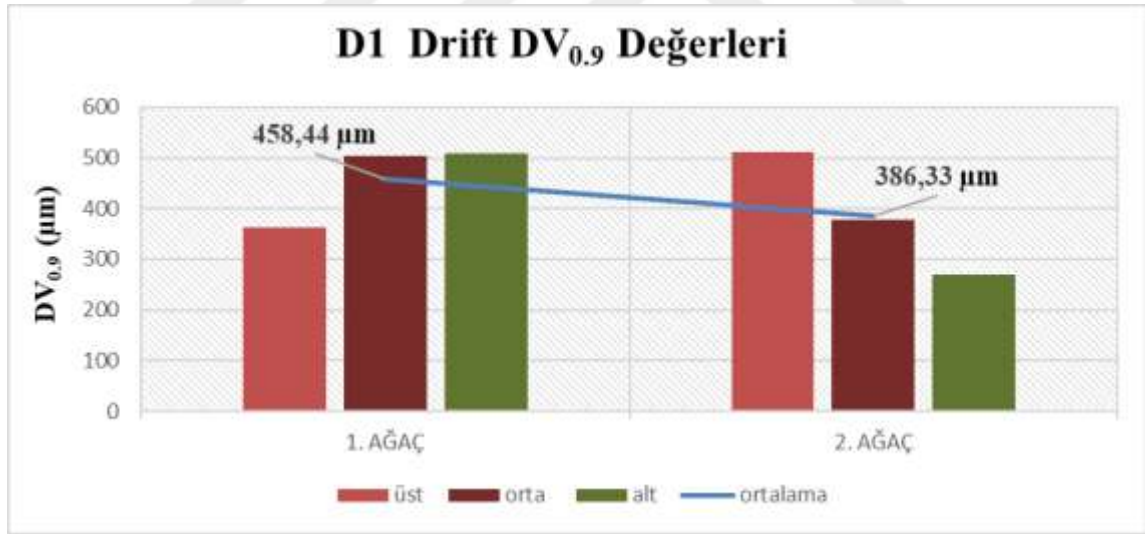
Şekil 3.25’de 1. omcada üst bölge en yüksek (795,3 µm) pestisit sürüklenmesi değerine sahip olurken, orta bölge (524,6 µm) bunu takip etmiş ve alt bölge en düşük (434,6 µm) pestisit sürüklenmesi değerinde çıkmıştır. Üst bölgede gözlemlenen yüksek değer, damlaların sürüklenme eğiliminin özellikle üst bölgede yoğun olduğunu göstermektedir. 2. omcada tüm bölgelerde drift değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Üst, orta ve alt bölgelerdeki

değerler birbirine daha yakın olup, genel olarak homojen bir dağılıma yaklaşılmıştır. Buradaki farklılığı kanopi yoğunluğundaki değişim ve anlık esen rüzgarlar olarak ifade edebiliriz.



Şekil 3.25. Drift D0 $DV_{0,9}$ değerleri

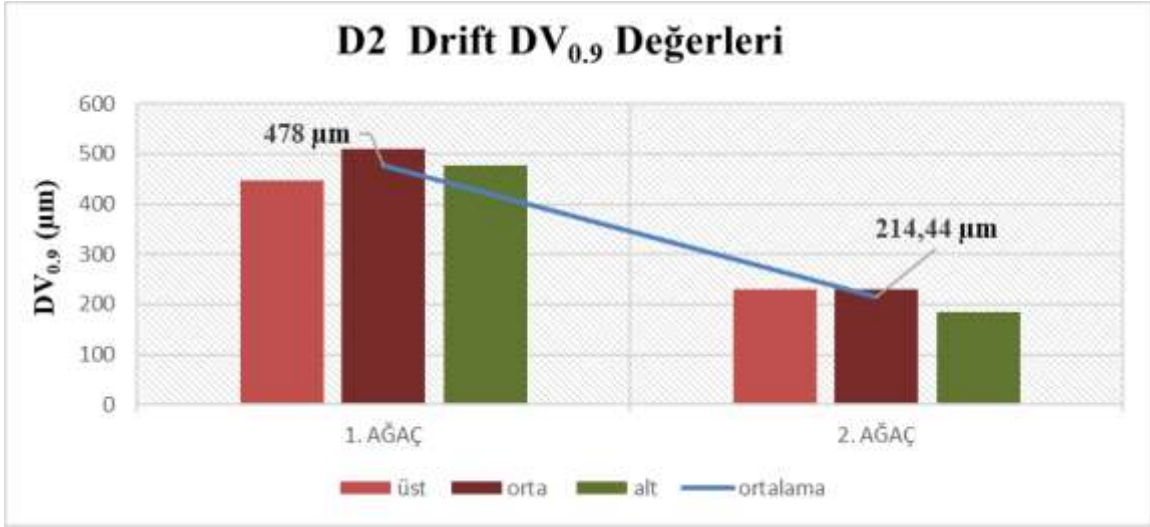
3.2.5.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)



Şekil 3.26. Drift D1 $DV_{0,9}$ değerleri

Şekil 3.26 incelendiğinde 1. omcada, alt bölge en yüksek drift (509,6 µm) değerine sahip olurken, orta bölge (503,6 µm) bu değere yakın çıkmıştır ayrıca üst bölge diğerlerine göre daha düşük (362 µm) bir drift değeri sergilemiştir. 2. omcada ise üst bölge en yüksek (511,3 µm) değer de çıkmış ve en az (270,3 µm) drift alt bölgede gözlemlenmiştir.

3.2.5.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)



Şekil 3.27. Drift D2 DV_{0,9} değerleri

Şekil 3.27’de arkaya doğru hava yönlendirmesi drift çalışmasının DV_{0,9} değerleri gösterilmiştir. 1. omcada, orta bölge en yüksek (509 µm) drift değerine sahip olurken, alt bölge orta bölgeyi (477 µm) takip etmiş ve üst bölge diğerlerine göre daha düşük (447 µm) bir drift değeri görülmüştür. 2. omcada ise tüm bölgelerde drift değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Üst, orta ve alt bölgelerdeki değerler birbirine daha yakın seviyelerde kalmış, genel olarak daha homojen bir dağılım görülmüştür.

3.2.6 DV_{0,9} (µm) İstatiksel Analiz Sonuçları

Aşağıdaki Çizelge 3.9’da DV_{0,9} değerleri gösterilmektedir.

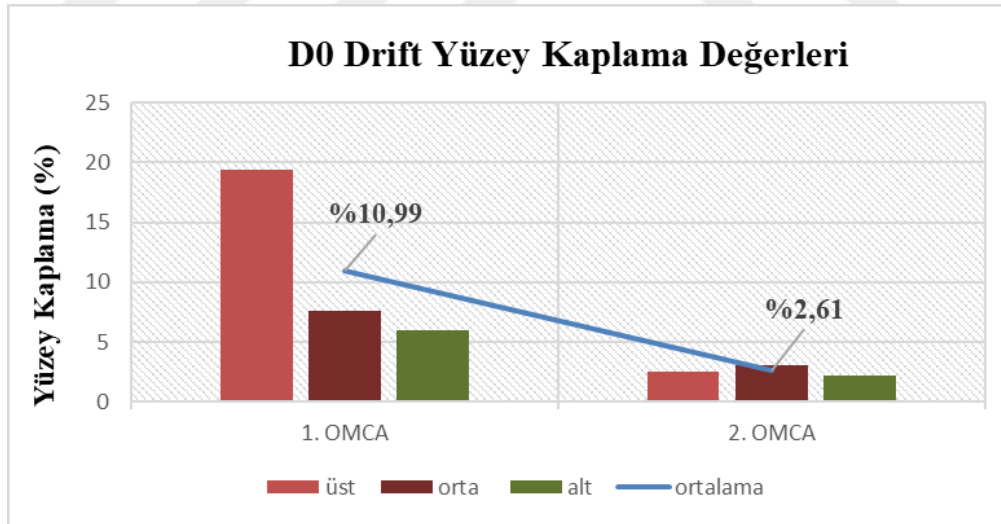
Çıkan istatistik sonuçlar incelendiğinde, ağaç, hava yönü ve yükseklik ana etkileri ile hava yönü × omca ve omca × yükseklik interaksyonları istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Hava yönü açısından değerlendirildiğinde, en yüksek DV_{0,9} değeri 447.11 µm ile deflektörsüz denemede, en düşük değer ise arkaya yönlendirmede belirlenmiştir. Yükseklik açısından incelendiğinde, en düşük değer 378,39 µm ile alt bölgede, en yüksek değer ise üst bölgede 443,89 µm saptanmıştır. Omca ana etkisi, en yüksek DV_{0,9} değeri B1 omcada tespit edilmiştir.

Çizelge 3.9. Denemede farklı hava yönleri, omca ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin DV_{0,9} üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.		
		B1	B2			
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	584,89	309,33	447,11	
		Öne	494,00	386,33	440,17	
		Arkaya	478,00	214,44	346,22	
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	534,89	352,89	443,89	
		Orta	512,44	310,00	411,22	
		Alt	509,56	247,22	378,39	
		Deflektörsüz	Üst	795,33	317,67	556,50
			Orta	524,67	323,67	424,17
			Alt	434,67	286,67	360,67
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Öne	Üst	362,00	511,33	436,67	
		Orta	503,67	377,33	440,50	
		Alt	616,33	270,33	443,33	
	Arkaya	Üst	447,33	229,67	338,50	
		Orta	509,00	229,00	369,00	
		Alt	477,67	184,67	331,17	
	Omca Ana Etkisi			518,96a	303,37 b	411,17

3.2.7 Yüzey Kaplama Analiz Sonuçları

3.2.7.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)



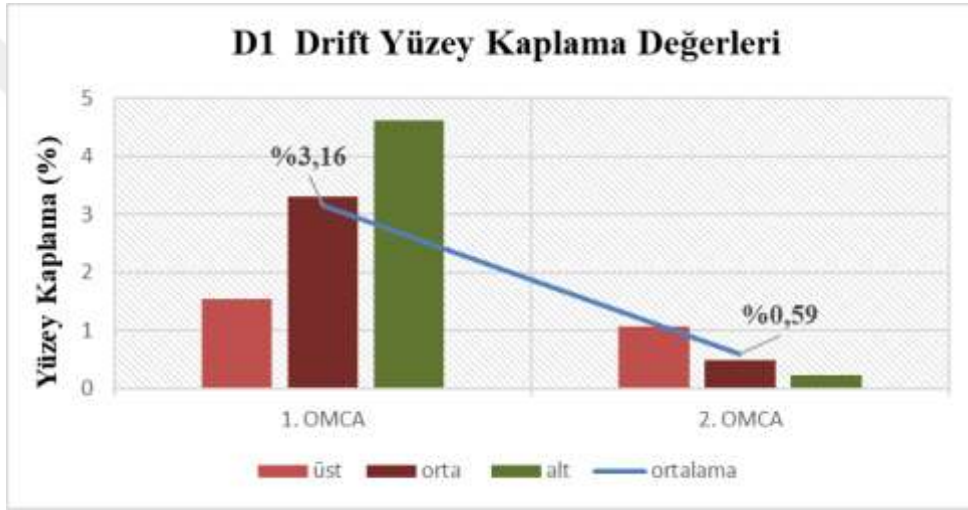
Şekil 3.28. Drift D0 yüzey kaplama değerleri

Şekil 3.28 incelendiğinde 1. omcada üst bölge en yüksek (%19,37) kaplama değerine sahip olmuş, bu da püskürtme işlemi sırasında üst bölgenin sürüklenmeden en fazla etkilendiğini göstermektedir. Orta (%7,65) ve alt (%5,94) bölgeler birbirine yakın değerler çıkmıştır. 2. omcada ise tüm bölgelerde kaplama değerlerinde önemli bir düşüş gözlenmiş, üst, orta ve alt bölgelerdeki değerler birbirine daha yakın seviyelerde kalmıştır. Ancak genel yüzey

kaplama miktarı 1. omcaya göre oldukça azalmıştır. Buradaki farklılığı kanopi yoğunluğundaki değişim ve anlık esen rüzgarlar olarak ifade edebiliriz.

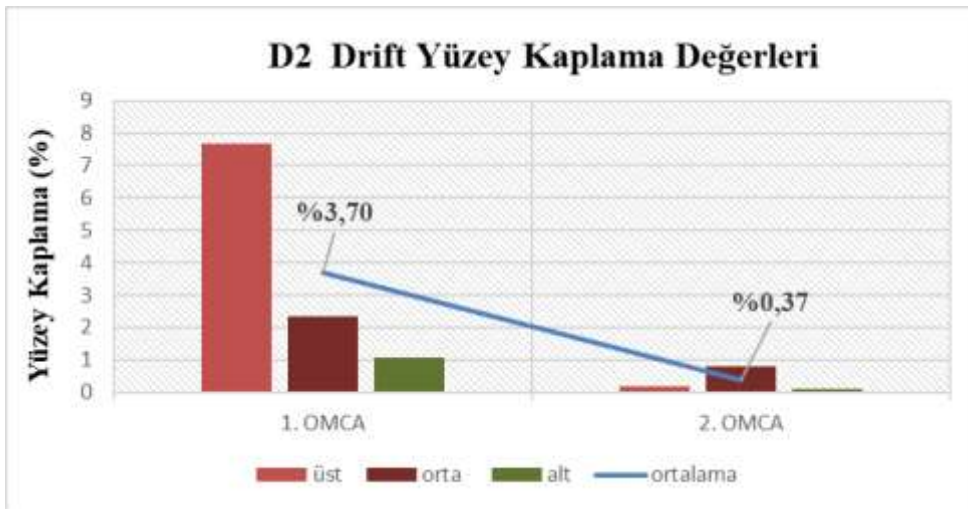
3.2.7.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.29’da 1. omcada alt bölge en yüksek (%4,62) yüzey kaplama değerine sahip olmuş, orta bölge 3,29 µm değerinde çıkmıştır. Üst bölge en düşük (%1,54) yüzey kaplama değerine sahiptir. Bu durum, damlaların alt bölgede yoğunlaştığını ve üst bölgedeki etkisinin sınırlı kaldığını göstermektedir. 2. omcada tüm bölgelerde yüzey kaplama değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiştir. Alt ve orta bölgeler birbirine yakın ve düşük değerler sergilerken, alt bölge en düşük yüzey kaplama değerinde çıkmıştır.



Şekil 3.29. Drift D1 yüzey kaplama değerleri

3.2.7.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)



Şekil 3.30. Drift D2 yüzey kaplama değerleri

Şekil 3.30 incelendiğinde 1. omcada üst bölge en yüksek (%7,67) yüzey kaplama değerine sahip olmuş, orta bölge bu değer %2,35, alt bölge ise oldukça düşük (%1,08) kaplama değeri sergilemiştir. 2. omcada ise tüm bölgelerde kaplama değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlenmiş, üst, orta ve alt bölgeler düşük seviyelerde kalmıştır. Özellikle alt bölgenin yüzey kaplama değerinin neredeyse yok denecek kadar düşük olduğu dikkat çekmektedir. Bu analiz sonucu kanopi üzerinden havadan sürüklenen damlaları göstermektedir.

3.2.8 Yüzey Kaplama (%) İstatiksel Analiz Sonuçları

Aşağıdaki gösterilen Çizelge 3.10'da yapılan 3 farklı denemenin drift sonuçları gösterilmektedir. Çizelge 3.10'a bakıldığında hava yönü ana etkisi ($F=6.93^{**}$) %1 istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. İstatiksel olarak diğer faktörler ve interaksiyon değerleri önemsiz bulunmuştur. Hava yönü ortalama değerlerinde deflektörsüz yapılan denemede en yüksek (%6,8) sonuç bulunmuştur. En düşük değer (%1,87) öne doğru hava yönlendirilmesinde bulunmuştur. Yükseklik açısından değerlendirildiğinde, en yüksek yüzey kaplama değeri %5.39 ile üst bölgede belirlenirken, alt bölgede %2,37 olarak ölçülmüş ve en düşük değer burada tespit edilmiştir. Omca ana etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş olup, en yüksek yüzey kaplama (%5,95) değeri B1 ağacında tespit edilmiştir.

Çizelge 3.10. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin yüzey kaplama (%) üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

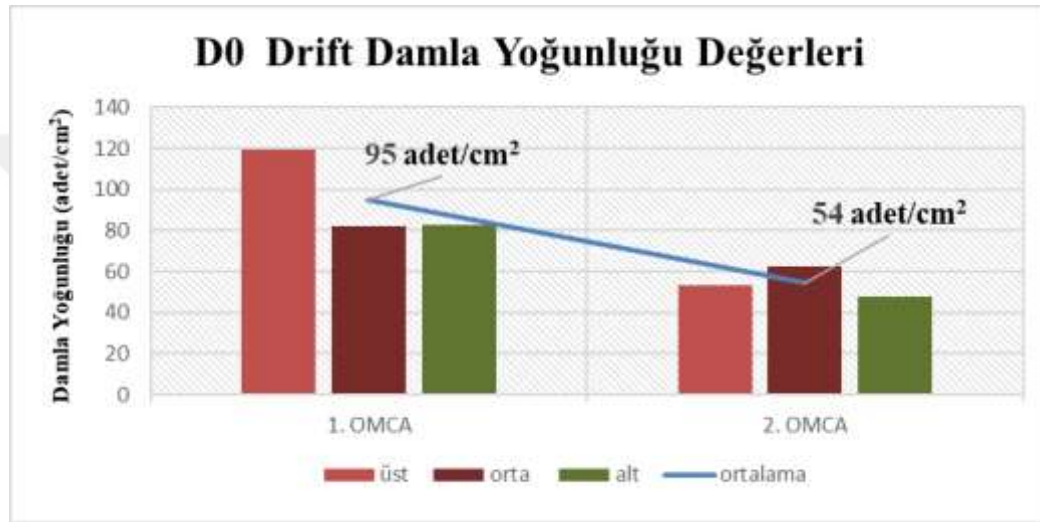
Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2		
Hava Yönü x Omca	Deflektörsüz	10,99	2,61	6,80 a	
İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Öne	3,16	0,59	1,87 b
		Arkaya	3,70	0,37	2,03 b
		Üst	9,53	1,26	5,39
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Orta	4,44	1,45	2,94
		Alt	3,88	0,86	2,37
		Deflektörsüz	19,37	2,52	10,95
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Öne	Orta	7,66	3,08	5,37
		Alt	5,94	2,25	4,09
		Üst	1,55	1,07	1,31
	Arkaya	Orta	3,29	0,48	1,89
		Alt	4,62	0,23	2,43
		Üst	7,67	0,19	3,93
Omca Ana Etkisi		2,36	0,79	1,58	
		1,08	0,11	0,6	
		5,95	1,19	3,570	

LSD Hava Yönü Ana Etkisi (%1) = 4.08999

3.2.9 Damla Yoğunluğu Analiz Sonuçları

3.2.9.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)

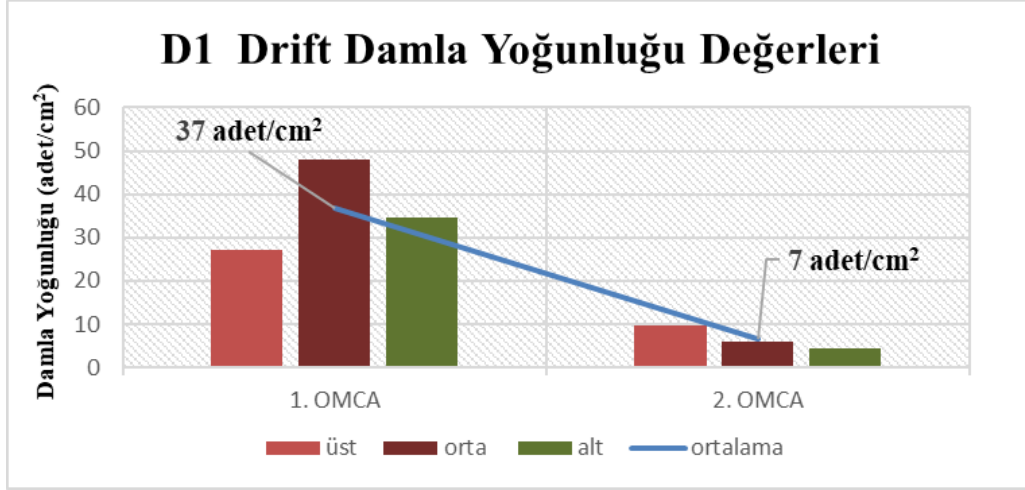
Şekil 3.31’de, deflektörsüz yapılan drift (sürüklenme) çalışmasının damla yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. 1. omcada üst bölge en yüksek (120 adet/cm²) birikim değerine sahip olurken, orta bölge bunu takip etmiş ve alt bölge ile orta bölge değerleri birbirine yakın sonuçlar vermiştir. 2. omcada ise tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiş ve üst, orta ve alt bölgeler daha dengeli bir dağılım sergilemiştir.



Şekil 3.31. Drift D0 damla yoğunluğu değerleri

3.2.9.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

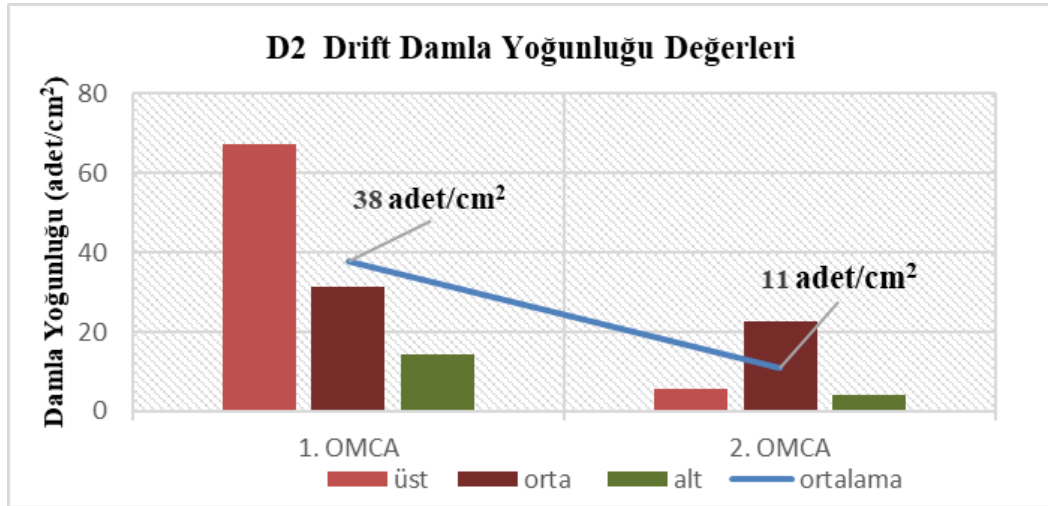
Şekil 3.32’de, hava akımının 60 derece öne yönlendirilmesi durumunda elde edilen damla yoğunluğu (birikim) değerleri gösterilmektedir. 1. omcada orta bölge en yüksek (48 adet/cm²) birikim değerine sahip olmuş, alt bölge bu değeri takip etmiş (35 adet/cm²) ve üst bölge diğerlerine kıyasla daha düşük (27 adet/cm²) bir birikim sergilemiştir. 2. omcada ise tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiş ve üst, orta ve alt bölgelerdeki değerler oldukça düşük seviyelerde kalmıştır.



Şekil 3.32. Drift D1 damla yoğunluğu değerleri

3.2.9.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.33’de, hava akımının 60 derece arkaya yönlendirilmesi durumunda elde edilen damla yoğunluğu değerleri gösterilmektedir. 1. omcada üst bölge en yüksek (67 adet/cm²) birikim değerine sahip olmuş, orta bölge bu değeri takip etmiş (31 adet/cm²) alt bölge ise diğer bölgelere göre en düşük (14 adet/cm²) birikim değerini sergilemiştir. 2. omcada ise tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiş ve orta bölge, diğer bölgelere kıyasla daha yüksek (23 adet/cm²) bir birikim değerine sahip olmuştur. Üst ve alt bölgeler ise oldukça düşük seviyelerde kalmıştır.



Şekil 3.33. Drift D2 damla yoğunluğu değerleri

3.2.10 Damla Yoğunluğu İstatiksel Analiz Sonuçları

Çizelge 3.11’de damla yoğunluğu değerleri istatistiksel değerleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.11. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin damla yoğunluğu üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

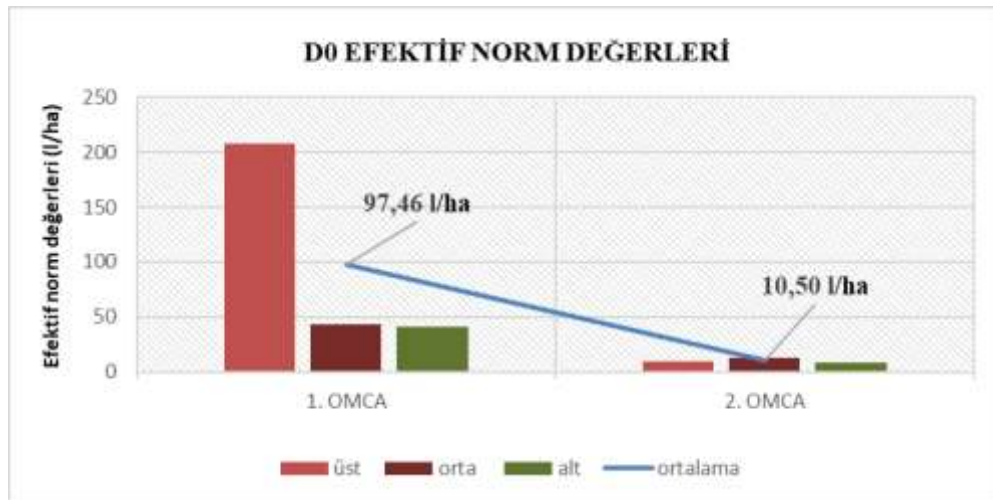
Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.		
		B1	B2			
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	94,71	54,41	74,56 a	
		Öne	36,66	8,31	22,48 b	
		Arkaya	37,71	10,76	24,23 b	
Omca xYükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	71,41	24,44	47,92	
		Orta	53,72	30,26	41,99	
		Alt	43,94	18,78	31,36	
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	119,70	53,20	86,45	
		Orta	81,80	62,23	72,02	
		Alt	82,63	47,80	65,22	
	Öne	Üst	27,23	14,45	20,84	
		Orta	48,07	6,00	27,03	
		Alt	34,67	4,47	19,58	
	Arkaya	Üst	67,30	5,67	36,48	
		Orta	31,30	22,53	26,92	
		Alt	14,53	4,07	9,30	
	Omca Ana Etkisi			56,36a	24,49 b	40,42

LSD Hava Yönü Ana Etkisi (%1) = 18.08302

Damla yoğunluğu değerleri istatistiksel olarak sadece hava yönü ana etkisi ($F=19.78^{**}$) %1 istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Yükseklik ile omca ana etkisi ve diğer interaksiyonlar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Hava yönü ana etkisi en yüksek deflektörsüz (74,56 l/ha) denemede saptanmıştır. Yükseklik ana etkisinde ise en yüksek (47,92 l/ha) üst bölgede bulunmuştur. Omca ana etkisinde B1 omcası en yüksek ortalama değeri vermiştir.

3.2.11 Efektif Norm Analiz Değerleri

3.2.11.1 Deflektörsüz Kontrol Grubu (D0)



Şekil 3.34. Drift D0 efektif norm değerleri

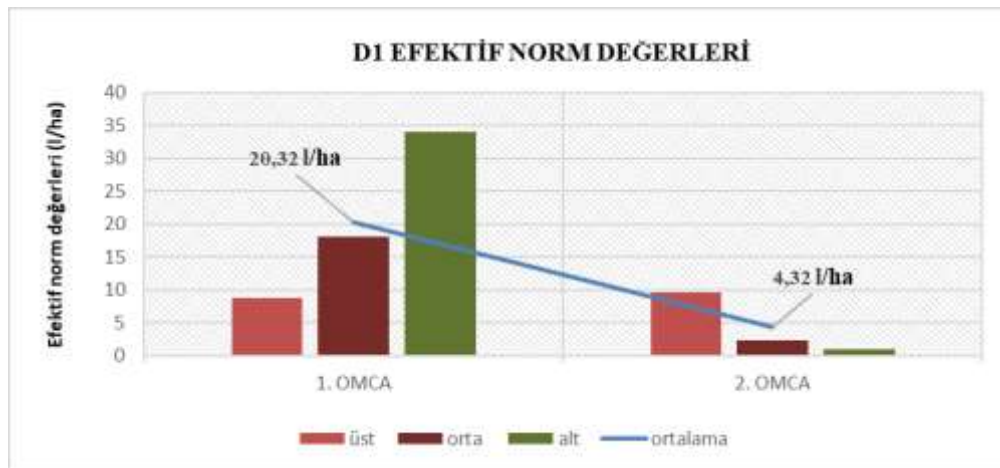
Şekil 3.34'te, deflektörsüz yapılan drift (sürüklenme) çalışmasının efektif norm değerleri gösterilmektedir. 1. omcada üst bölge en yüksek (207,3 l/ha) birikim değerine sahip olmuş, bu da damlaların sürüklenme etkisinin üst bölgede yoğunlaştığını göstermektedir. Orta bölge (43,46 l/ha) bu değeri takip etmiş, alt bölge ise en düşük (41,6 l/ha) birikim değerini sergilemiştir. 2. omcada tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Üst, orta ve alt bölgelerdeki değerler oldukça düşük seviyelerde olup, bölgeler arasında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Buradaki farklılığı kanopi yoğunluğundaki değişim ve anlık esen rüzgarlar olarak ifade edebiliriz.

3.2.11.2 Öne Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D1)

Şekil 3.35'de yapılan öne doğru hava yönlendirmesinin efektif norm değerleri gösterilmektedir.

1. omcada alt bölge en yüksek (34,06 l/ha) birikim değerine sahip olmuş, orta bölge (18,13 l/ha) bu değeri takip etmiş ve üst bölge en düşük (8,76 l/ha) seviyede bir birikim sergilemiştir. 2. omcada tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Alt bölge diğer bölgelere göre biraz daha yüksek bir birikim değerine sahip olsa da üst ve orta bölgelerdeki birikim değerleri oldukça düşük seviyelerdedir.

Genel olarak birinci omcada drift yüksek ikinci ağaçta drift düşük görünmektedir. Bunun sebebi uygulama yapılan alandaki omcalarda kanopi yoğunluğu ve sıra üzerindeki boşluklar olarak söylenebilir.



Şekil 3.35. Drift D1 efektif norm değerleri

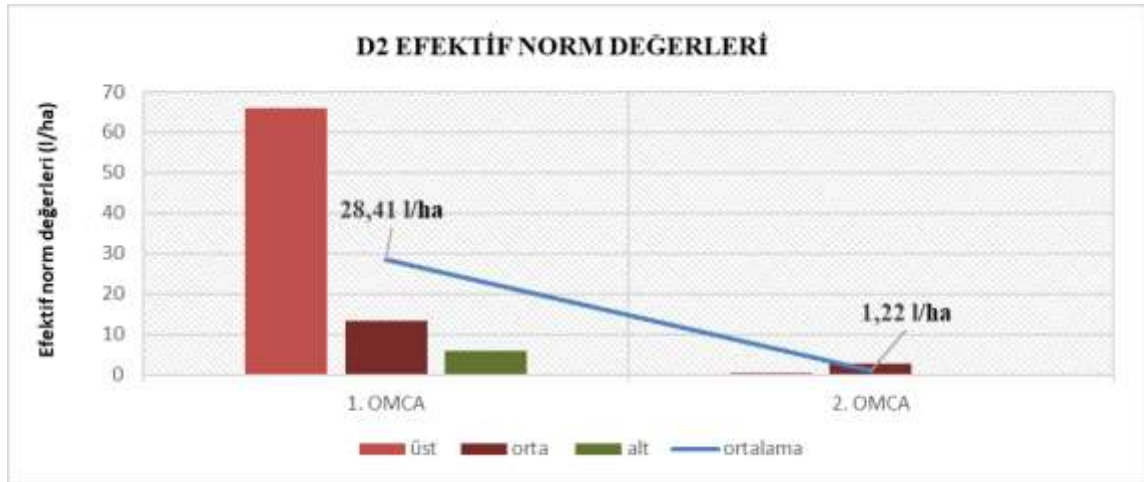
1. omcada alt bölge en yüksek (34,06 l/ha) birikim değerine sahip olmuş, orta bölge (18,13 l/ha) bu değeri takip etmiş ve üst bölge en düşük (8,76 l/ha) seviyede bir birikim

sergilemiştir. 2. omcada tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Alt bölge diğer bölgelere göre biraz daha yüksek bir birikim değerine sahip olsa da üst ve orta bölgelerdeki birikim değerleri oldukça düşük seviyelerdedir.

Genel olarak birinci ağaçta drift yüksek ikinci ağaçta drift düşük görünmektedir. Bunun sebebi uygulama yapılan alandaki omcalarda kanopi yoğunluğu ve sıra üzerindeki boşluklar olarak söylenebilir.

3.2.11.3 Arkaya Doğru Havanın Yönlendirilmesi (D2)

Şekil 3.36'de hava akımının 60 derece arkaya yönlendirilmesi durumunda elde edilen efektif norm değerleri gösterilmektedir. 1. omcada üst bölge en yüksek (65,9 l/ha) birikim değerine sahip olmuş, bu da arkaya yönlendirilmiş hava akımının pestisit sürüklenmesi için üst bölge üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Orta bölge bu değeri takip etmiş (13,43 l/ha) ve alt bölge en düşük (5,93 l/ha) birikim değerini sergilemiştir. 2. omcada tüm bölgelerde birikim değerlerinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Alt ve üst bölgelerdeki değerler oldukça düşük seviyelerde kalırken, orta bölge diğer bölgelere göre daha yüksek (2,7 l/ha) değere sahiptir ancak genel olarak 1. omcaya kıyasla düşüş göstermiştir. Genel olarak bakıldığında üstten sürüklenme söz konusu olmuştur.



Şekil 3.36. Drift D2 efektif norm değerleri

Hava yönlendirme ve deflektörsüz denemeler incelendiğinde, efektif norm değerlerinin en yüksek ortalamalarının deflektörsüz uygulamada elde edildiği görülmüştür. Bu durum deflektörsüz uygulamada püskürtülen sıvının hedef dışına, özellikle havaya ve toprağa yüksek oranda sürüklendiğinin açık bir göstergesidir.

Yan vd. (2024) yaptıkları çalışma sonucunda, hava akımının yönlendirilmesinin pestisit sürüklenmesini azaltmada önemli bir rol oynadığını ortaya koymuşlardır. Deflektörle yönlendirilen hava akımının, yere ve bitki arkasına yönelik hedef dışı kayıpları azalttığı belirtmişlerdir. Pezzi ve Rondelli (2000) 120° geriye eğimli hava çıkışlarının, ilacın kanopi içinde kalma süresini artırarak çevresel sürüklenmeyi azalttığını rapor etmiştir. Her iki çalışma da, hava yönünün uygun şekilde ayarlanmasının sürüklenmeyi azaltmada etkili olabileceğini ortaya koymuştur. Mevcut çalışmalar doğrultusunda, denemelerde hava yönünün kontrol edilmesinin sürüklenmeyi azalttığı belirlenmiş; benzer şekilde, bizim çalışmamızda da hava akımı yönünün ayarlanması pestisit sürüklenmesini azaltmıştır. Deflektörsüz deneme de pestisit sürüklenmesi artmıştır.

3.2.12 Efektif Norm İstatiksel Analiz Sonuçları

Çizelge 3.12 incelendiğinde hava yönü ana etkisi ($F=3.90^*$) %5 istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca omca ana etkisi, yükseklik ana etkisi ve tüm interaksiyon değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Hava yönü bakımından en yüksek değer (54 l/ha) deflektörsüz denemede çıkmıştır. Yükseklik ana etkisinde en yüksek değer üst bölgede (50 l/ha), orta ve alt değerler de (15 l/ha) ortalama sonuçların aynı çıktığı görülmüştür. Omca ana etkisi olarak en yüksek değer B1 omcasında bulunmuştur.

Çizelge 3.12. Denemede farklı hava yönleri, omcalar ve yüksekliklerin pestisit sürüklenmesinin efektif norm üzerine etkisi ve LSD testine göre gruplar

Ana Etki ve İnt.	Hava Yönü ve Yükseklik	Omca		Ana Etki ve İnt.	
		B1	B2		
Hava Yönü x Omca İnt. ve Hava Yönü Ana Etkisi	Hava Yönü	Deflektörsüz	97	10	54 a
		Öne	20	4	12 b
		Arkaya	28	1	15 b
Omca x Yükseklik int. ve Yükseklik Ana Etkisi	Yükseklik	Üst	94	7	50
		Orta	25	6	15
		Alt	27	3	15
Hava Yönü x Omca x Yükseklik int. ve Hava Yönü x Yükseklik İnt.	Deflektörsüz	Üst	207	10	109
		Orta	43	13	28
		Alt	42	10	25
	Öne	Üst	9	10	9
		Orta	18	2	10
		Alt	34	1	17
Arkaya	Üst	66	1	33	
	Orta	13	3	8	
	Alt	6	0,3	3	
Omca Ana Etkisi		48,7	5	27	

LSD Hava Yönü Ana Etkisi (%5) = 0.3393651

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’de üzüm bağlarında yaygın olarak kullanılan aksenel fanlı yardımcı hava akımlı bahçe pülverizatörleri kullanılmaktadır. Son yıllarda üretilen modellerde hava debisinin ayarlanmasına yönelik mekanizmalar bulunmasına rağmen, püskürtülen hava ve ilacın yönünü değiştirme imkânı sınırlı kalmıştır. Bu durum hedef dışına sürüklenmenin artmasına ve bitki üzerindeki kalıntı miktarının azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca püskürtülen ilacın bitki üzerindeki dağılımı yeterince yüzey kaplama ve penetrasyon gibi parametreler homojen olmayarak uygulamanın etkinliğini azaltabilmektedir.

Öne, arkaya ve deflektörsüz olmak üzere üç farklı hava yönü koşulunda yapılan uygulamalarda, damla boyutu ($DV_{0.1}$, $DV_{0.5}$, $DV_{0.9}$), yüzey kaplama (%), damla yoğunluğu (adet/cm²) ve efektif norm (l/ha) değerlendirilmiştir.

Çalışmada deflektörlü uygulamalarda $DV_{0.1}$ değerlerinin deflektörsüz uygulamaya kıyasla daha yüksek bulunması, hava akımı yönlendirilmesiyle damlalar arasında çarpışma ve birleşmenin arttığını göstermektedir. Bu durum, daha büyük damlaların oluşmasına, sürüklenmenin azalmasına ve yüzey kaplamanın artmasına katkıda bulunmuştur.

Damla yoğunluğu bakımından en yüksek değer, 109,00 adet/cm² ile deflektörsüz uygulamada elde edilmiştir. Bunu sırasıyla arkaya yönlendirme (91,56 adet/cm²) ve öne yönlendirme (73,67 adet/cm²) takip etmiştir. Hava yönlendirme uygulamalarında, artan damla çapı nedeniyle birim alana düşen damla sayısı azalmış, bu da yoğunluk değerlerini düşürmüştür. Bu sonuçlar, deflektörsüz uygulamanın daha fazla damla bıraktığını, ancak damla boyutunun küçük olduğunu; buna karşın yönlendirilen hava ile daha büyük ama daha az sayıda damla oluştuğunu göstermektedir. Damla yoğunluğu açısından değerlendirildiğinde, deflektörsüz uygulama bu parametrede daha başarılı sonuç vermiştir.

$DV_{0.5}$ açısından değerlendirildiğinde, öne yönlendirmede 666,04 µm ve arkaya yönlendirmede 661,00 µm gibi deflektörsüz uygulamaya (616,22 µm) göre daha yüksek ortalama değerler kaydedilmiştir. Ancak bu fark, istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Bu sonuç, hava akımının yönlendirilmesinin damla büyüklüğü üzerinde belirli bölgelerde etkili olabileceğini ancak hava akımı yönünün hacimsel orta damla çapı üzerindeki etkisi sınırlı kalmıştır.

Denemeler sonucunda, yüzey kaplama oranı dikkate alındığında, hava akımının öne ve arkaya yönlendirilmesi başarılı bulunmuştur. Öne (%14,07) ve arkaya (%14,09) yönlendirme uygulamalarında yüzey kaplama oranı, deflektörsüz denemeye kıyasla daha yüksek (%11,07) gerçekleşmiştir. Bu nedenle, yüzey kaplama açısından öne ve arkaya yönlendirme denemeleri başarılı bulunmuştur.

Teorik norm değeri 400 L/ha olarak belirlenmiştir. Denemelerde elde edilen efektif norm değerleri incelendiğinde, hava akımının yönlendirilmesinin ilaçlamada birikim düzeylerini doğrudan etkilediği görülmüştür. En yüksek sıvı birikimi, hava akımının öne yönlendirildiği uygulamada elde edilmiştir. Bu uygulamada hedefe ulaşan sıvı miktarı teorik norma en yakın seviyede gerçekleşmiş ve daha homojen bir dağılım sağlanmıştır. Buna karşılık, en düşük birikim değeri deflektörsüz uygulamada görülmüş ve bu durum, püskürtme sıvısının büyük ölçüde havaya ve toprağa sürüldüğünü göstermiştir. Bu bulgular, hava akımının yönünün püskürtme etkinliği üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır.

Pestisit sürüklenmesi açısından değerlendirildiğinde, en düşük $DV_{0.1}$ değeri 125,50 μm ile deflektörsüz uygulamada ölçülmüştür. Küçük damlalar sürüklenmeye en yatkın damlalar olduğundan, bu durum deflektörsüz uygulamada sürüklenme riskinin arttığını göstermektedir. $DV_{0.1}$ değerlerinin daha yüksek çıktığı arkaya ve öne yönlendirme uygulamaları ise daha büyük damla oluşumuyla pestisit sürüklenmesinin azaltılmasına katkı sağlamıştır. Bu bulgular doğrultusunda, pestisit sürüklenmesinin en az olduğu uygulama arkaya yönlendirme olarak belirlenmiş, bunu öne yönlendirme uygulaması takip etmiştir.

Denemelerde elde edilen istatistiksel sonuçlara göre, öne ve arkaya hava yönlendirme uygulamaları; deflektörsüz uygulamaya kıyasla $DV_{0.1}$, yüzey kaplama (%) ve efektif norm (l/ha) parametrelerinde daha yüksek ortalama değerler sağlamıştır. Bu bulgular, yönlendirilen hava akımının küçük damla oluşumunu azalttığını, hedef yüzeydeki kaplama oranını ve birim alandaki sıvı birikimini artırarak bu yönleriyle uygulama kalitesine katkı sağladığını göstermektedir.

Yapılan uygulamalarda, sıra arası mesafenin dar ve yaprak yoğunluğunun düşük olması, uygulama sırasında bitki üzerinde kalıntı miktarının artmasına neden olmuştur. Bu durum, bazı suya duyarlı kağıtların (WSP) aşırı ıslanarak yıkanmasına ve dolayısıyla analiz dışında bırakılmasına yol açmıştır. Ayrıca damla çaplarının büyük olması nedeniyle yapraklardan

aşağıya süzülme meydana gelmiş ve bu durum, alt bölgelerdeki damla birikiminin homojen dağılmasını engellemiştir.

Bu kapsamda, aşağıdaki teknik düzenlemelerin yapılması önerilmektedir:

- Yönlendirilen hava hızının artırılması, sıvının daha küçük damlalara ayrılmasını sağlayarak hedeflenen damla boyutuna ulaşılmasına katkı sağlayabilir.
- Uygulama basıncının artırılması, sıvının püskürtme memelerinden daha yüksek enerjiyle çıkmasını sağlayarak damla çaplarının küçülmesini sağlayacağı düşünülmektedir.
- Küçük çaplı püskürtme memelerinin tercih edilmesi, püskürtme sırasında daha küçük damlaların oluşmasına olanak sağlayacaktır.
- Sıra arası mesafenin dar ve yaprak yoğunluğunun düşük olduğu bağ alanlarında, uygulama sırasında kullanılacak değerler bitkinin yapısına göre ayarlanmalıdır. Özellikle yaprak yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde, aşırı kalıntı ve akımların önüne geçebilmek için daha küçük damlalar tercih edilmelidir.
- Hava akımının yönlendirilme açısının ve kullanılacak meme tipinin birlikte uygun şekilde ayarlanması, hem damla çaplarının istenen düzeyde tutulmasına hem de bitki örtüsü içinde daha etkili bir pestisit dağılımı sağlanmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akdemir B, Kayıçoğlu B. ve Kavdır, İ. (1994). MSTAT İstaistiki Paket Programı Kullanımı. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:203, Yardımcı Ders Kitabı No:7, Tekirdağ.
- Altıkat, A., Turan, T., Torun, F. E. ve Bingöl, Z. (2009). Türkiye’de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40 (2), 87-92.
- Anonim. (2025a). Türkiye’deki Toplam Tarım Alanları. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Anonim. (2025b). Yıllar İtibariyle Toplam Tarım İlacı Kullanım Miktarları. Erişim Adresi: https://cevreselgostergeler.csbgov.tr/tarim-ilaci-pestisit-kullanimi-i-85834#_ednref1
- Anonim. (2025c). Türkiye’deki Tarımsal İlaç Kullanımı. Erişim Adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111>
- Anonim. (2025d) İlaçlama Makineleri (Pülverizatörler). Erişim Adresi: <https://aydintarim.com/blog/ilaclama-makineleri-pulverizatorler/>
- Anonim. (2025e). Comet Pompa APS 145. Erişim Adresi: <https://toyman.com.tr/urun/comet-pompa-aps-145/>
- Anonim. (2025f). Çeviksan Memeler. Erişim Adresi: <https://ceviksan.com.tr/memeler>
- Anonim. (2025g). İlaçlama Seramik Plaket Uç 2 mm. Erişim Adresi: <https://www.tarimburada.com/urun/ilaclama-seramik-plaket-uc-2-mm>
- Aydar, A., Sabahoğlu, Y., Zeki, C. ve İşçi, M. (2010). Elma bahçelerinde Elma içkurdu *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae) mücadelesinde yardımcı hava akımlı hidrolik bahçe pülverizatörünün biyolojik performansının belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 50(2), 51-63.
- Balsari, P., Herbst, A., and Langenakens, J. (2016). Advice for sprayers for bush and tree crops adjustment.
- Balsari, P., and Marucco, P. (2004). Sprayer adjustment and vine canopy parameters affecting spray drift: the Italian experience. In *Int Conf on Pesticide Application for Drift Management, Waikoloa (USA), Oct* (pp. 27-29).
- Bayat, A., Bolat A. ve İtmeç, M. (2020). Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar. Yardımcı Hava Akımlı Bahçe Pülverizatörleri ve Kalibrasyonu. (1. Baskı) içinde (17-35). Ankara: Gece Kitaplığı.
- Caner, Ö. (2007). Yardımcı Hava Akımlı Hidrolik Pülverizatörle Bağ İlaçlamasında Toprak Yüzeyine Sürüklenmeyi Azaltmaya Yönelik En Uygun Kullanım Koşullarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), Bornova, İzmir.
- Catania, P., Inglese, P., Pipitone, F., and Vallone, M. (2011). Assessment of the wind influence on spray application using an artificial vineyard. *European Journal of Horticultural Science*, 76(3), 102.

- Çelen, I. H. (2008). Effect of angle of sprayer deflector on spray distribution in dwarf apple trees. *Journal of Agronomy*, 7(2), 206-208.
- Chao, X., Chen, S., Qiu, W., Lv, X., Li, H., Han, C., and Ahmad, F. (2019). Simulation and validation of the air flow generated by a multi-channel air-assisted sprayer. *IEEE access*, 7, 94848-94857.
- Çelen, I. H., Arın, S., Durgut, M. R. ve Okur, E. (2007). Bağlarda kalıntı ve damla dağılımı üzerinde pülverizatör ilerleme hızı değişiminin etkisi. *Tarımsal Mekanizasyon*, 24, 5-7.
- Çilingir İ. ve Dursun E. (2002). Bitki Koruma Makinaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1531, Ders Kitapları Yayın No:484 Ankara.
- Dağ, S. S., Aykaç, V. T., Gündüz, A., Kantarcı, M. ve Şişman, N. (2000). Türkiye’de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği. *Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi*, 2, 933-958.
- Dai, S., Ou, M., Du, W., Yang, X., Dong, X., Jiang, L., Zhang, T., Ding, S. and Jia, W. (2023). Effects of sprayer speed, spray distance, and nozzle arrangement angle on low-flow air-assisted spray deposition. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1184244.
- Deveau, J., Ledebuhr, M. and Owner, D. M. (2015). Airblast 101. A Handbook of best practices in airblast spraying. Erişim Adresi: www.sprayers101.com
- Direk, M. (2012). Tarım tarihi ve deontoloji. *Tarım* (2. Baskı) içinde (16-37). Konya: Eğitim Yayınevi.
- Dou, H., Zhai, C., Zhang, Y., Chen, L., Gu, C. and Yang, S. (2023). Research on decoupled air speed and air volume adjustment methods for air-assisted spraying in orchards. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1250773.
- Duga, A. T., Ruysen, K., Dekeyser, D., Nuyttens, D., Bylemans, D., Nicolai, B. M., and Verboven, P. (2015). Spray deposition profiles in pome fruit trees: Effects of sprayer design, training system and tree canopy characteristics. *Crop Protection*, 67, 200-213.
- Fox, R. D., Brazee, R. D., Svensson, S. A., and Reichard, D. L. (1992). Air jet velocities from a cross-flow fan sprayer. *Transactions of the ASAE*, 35(5), 1381-1384.
- Fox, R. D., Derksen, R. C., Cooper, J. A., Krause, C. R., and Ozkan, H. E. (2003). Visual and image system measurement of spray deposits using water-sensitive paper. *Applied engineering in agriculture*, 19(5), 549.
- Fox, R. D., Derksen, R. C., Zhu, H., Brazee, R. D., and Svensson, S. A. (2008). A history of air-blast sprayer development and future prospects. *Transactions of the ASABE*, 51(2), 405-410.
- Fuentes, A. M., Lizana, A. R., Gil, E., Vega, J. A., and Ribes, J. A. G. (2015). Influence of liquid-volume and airflow rates on spray application quality and homogeneity in super-intensive olive tree canopies. *Science of the Total Environment*, 537, 250-259.
- Garcera, C., Moltó, E., Izquierdo, H., Balsari, P., Marucco, P., Grella, M., Gioelli, F., and Chueca, P. (2022). Effect of the airblast settings on the vertical spray profile: implementation on an on-line decision aid for citrus treatments. *Agronomy*, 12(6), 1462.

- Gil, E., Llorens, J., Landers, A., Llop, J., and Giralt, L. (2011). Field validation of DOSAVIÑA, a decision support system to determine the optimal volume rate for pesticide application in vineyards. *European Journal of Agronomy*, 35(1), 33-46.
- Gore, A. M., Thakare, S. K., Thakare S.H. and Deshmukh M.M. (2016). Effect of Speed of Operation on Droplet Size, and Droplet Density of Axial Flow Blower in Air Assisted Orchard Sprayer. *International Journal of Tropical Agriculture*, 34(3), 533-537.
- Göhlich, H., Ganzelmeier, H. and Backer, G. (1996). Air-assisted sprayers for applications in vine, orchard and similar crops. *EPPO Bulletin*, (26): 53–58.
- Güler, H. ve Tozan, M. (2004). Farklı basınç ve hava debisi değerlerinde hava akımı ve püskürtme yönlerinin pülverizasyon karakteristiklerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1).
- Hofman, V., & Solseng, E. (2001). Reducing spray drift. AE-1210, Agricultural and Biosystems Engineering.
- Holownicki, R., Doruchowski, G., Godyn, A., and Swiechowski, W. (2000). PA—Precision Agriculture: Variation of spray deposit and loss with air-jet directions applied in orchards. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 77(2), 129-136.
- Juste, F., Sanchez, S., Ibanez, R., Val, L. and Garcia, C. (1990). Measurement of spray deposition and efficiency of pesticide application in citrus orchards.
- Kehayov, D., Zahariev, I. and Genkova, P. (2022). Influence of the type of the spraying on some technological and economic indicators in pesticide treatment of vineyards.
- Khot, L. R., Ehsani, R., Albrigo, G., Landers, A. J., and Larbi, P. A. (2012). Spray pattern investigation of an axial-fan airblast precision sprayer using a modified vertical patternator. *Applied Engineering in Agriculture*, 28(5), 647-654.
- Landers, A. J. (2010). Developments towards an automatic precision sprayer for fruit crop canopies. In *2010 Pittsburgh, Pennsylvania, June 20-June 23, 2010* (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Li, T., Qi, P., Wang, Z., Xu, S., Huang, Z., Han, L., and He, X. (2022). Evaluation of the effects of airflow distribution patterns on deposit coverage and spray penetration in multi-unit air-assisted sprayer. *Agronomy*, 12(4), 944.
- Li, L., He, X., Song, J., Liu, Y., Wang, Z., Li, J., Jia, X. and Liu, Z. (2017). Comparative experiment on profile variable rate spray and conventional air assisted spray in orchards. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 33(16), 56-63.
- Mahmud, M. S., Zahid, A., He, L., Zhu, H., Choi, D., Krawczyk, G., and Heinemann, P. (2022). Development of an automatic airflow control system for precision sprayers based on tree canopy density. *Journal of the ASABE*, 65(6), 1225-1240.
- Marçal, A. R. S., ve Cunha, M. (2008). Image processing of artificial targets for automatic evaluation of spray quality. *Transactions of the ASABE*, 51(3), 811-821.
- Matthews, G. A. (1992). Pesticide Application Methods. Longman Group UK.

- Matthews, G. A., and Thornhill, E. W. (1994). *Pesticide application equipment for use in agriculture*, Manually carried equipment. FAO Agriculture Services Bulletin (Vol. 112/1).
- Melese Endalew, A., Debaer, C., Rutten, N., Vercammen, J., Delele, M. A., Ramon, H., Bart M. N. and Verboven, P. (2011). Modelling the effect of tree foliage on sprayer airflow in orchards. *Boundary-layer meteorology*, 138, 139-162.
- Musiu, E. M., Qi, L. and Wu, Y. (2019). Spray deposition and distribution on the targets and losses to the ground as affected by application volume rate, airflow rate and target position. *Crop Protection*, 116, 170-180.
- Osterman, A., Godeša, T., Hočevan, M., Širok, B. and Stopar, M. (2013). Real-time positioning algorithm for variable-geometry air-assisted orchard sprayer. *Computers and electronics in agriculture*, 98, 175-182.
- Ozkan, E. (2022). Best practices for effective spraying in orchards and vineyards. *Ohio State University Extension, FABE-539*, 4-6.
- Önler, E. (2012). *Ultrasonik sensör yardımıyla belirlenen Yaprak Yoğunluğuna Göre Püskürtme Miktarını Ayarlayan Sistemin Tasarımı (Akıllı İlaç Makinası)* (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Pai, N., Salyani, M., and Sweeb, R. D. (2009). Regulating airflow of orchard airblast sprayer based on tree foliage density. *Transactions of the ASABE*, 52(5), 1423-1428.
- Panneton, B., Lacasse, B., & Piché, M. (2005). Effect of air-jet configuration on spray coverage in vineyards. *Biosystems Engineering*, 90(2), 173-184.
- Pascuzzi, S., Cerruto, E., and Manetto, G. (2017). Foliar spray deposition in a “tendone” vineyard as affected by airflow rate, volume rate and vegetative development. *Crop Protection*, 91, 34-48.
- Pergher, G., Gubiani, R., & Tonetto, G. (1997). Foliar deposition and pesticide losses from three air-assisted sprayers in a hedgerow vineyard. *Crop protection*, 16(1), 25-33.
- Pezzi, F., and Rondelli, V. (2000). The performance of an air-assisted sprayer operating in vines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 76(4), 331-340.
- Sağlam, R. (1992). Pamukta uçakla defolyant uygulamaları üzerine araştırmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 175s.
- Salas, B., Salcedo, R., Ortega, P., Grella, M., and Gil, E. (2022). Use of ultrasound anemometers to study the influence of air currents generated by a sprayer with an electronic control airflow system on foliar coverage. Effect of droplet size. *Computers and Electronics in Agriculture*, 202, 107381.
- Salcedo, R., Garcera, C., Granell, R., Molto, E., and Chueca, P. (2015). Description of the airflow produced by an air-assisted sprayer during pesticide applications to citrus. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 13(2), e0208-e0208.

- Svensson, S., A., Fox, R.D. (2002). Measuring air velocities and forces caused by orchard fan sprayers. *Aspects of Applied Bioglogy*; 66. International Advances in Pesticide Application Conference, 443-450.
- Svensson, S. A., Brazee, R. D., Fox, R. D. and Williams, K. A. (2003). Air jet velocities in and beyond apple trees from a two-fan cross-flow sprayer. *Transactions of the ASAE*, 46(3), 611.
- Şahin, G. (2012). Geçmişten günümüze Türkiye’de toprak araştırmaları. *ACTA TURCICA Kùltürümüzde Toprak*, E. G. Naskali ve H. O. Altun (Editörler), IV (1), 102-118.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. (2010). Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. *Erciyes üniversitesi fen bilimleri enstitüsü fen bilimleri dergisi*, 26(2), 154-169.
- Uçar, T. ve Tekelioğlu, O. (2009). Tarım Makinaları. *Bitki Koruma Makinaları*. G. Ergüneş (Editör), (1. Baskı) içinde (s. 289-347). Ankara: Nobel Yayınevi
- Yaşar, N. ve Çelen, İ. H. (2024). Tarla Pülverizatörleri ile Pestisit Uygulamalarında Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesinin İyileştirilmesi Amacıyla Bir Aparatın Geliştirilmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 39(3), 541-561.
- Yaşar, N. (2024). Tarla Pülverizatörlerinin Penetrasyon ve Pestisit Sürüklenmesi Performanslarını İyileştiren Bir Aparatın Geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yan, C., Tan, H., Niu, C., Shen, C., and Xu, L. (2024). Spray deposition in an artificial grapevine canopy as affected by spray angle regulation systems of radial airflow air-assisted sprayers. *Crop Protection*, 178, 106588.
- Zhu, H., Salyani, M., and Fox, R. D. (2011). A portable scanning system for evaluation of spray deposit distribution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1), 38-43.

EK-1. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.1})

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	188	143	227	186	86,53	34,81
Orta	181	366	268	271,67		
Alt	200	YIKANMIŞ KAĞIT	376	288		
ORTALAMA				248,56		
2. OMCA						
Üst	109	210	196	171,67	168,74	57,55
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	521	99	310		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	398	398		
ORTALAMA				293,22		
3. OMCA						
Üst	109	125	193	142,33	70,57	35,14
Orta	328	152	206	228,67		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	220	243	231,5		
ORTALAMA				200,83		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	500	385	522	469,00	104,19	21,84
Orta	502	YIKANMIŞ KAĞIT	475	488,50		
Alt	280	507	634	473,67		
ORTALAMA				477,06		
2. OMCA						
Üst	270	277	269	272,00	87,24	35,74
Orta	261	169	159	196,33		
Alt	128	YIKANMIŞ KAĞIT	400	264,00		
ORTALAMA				244,11		
3. OMCA						
Üst	493	218	133	281,3	158,01	69,88
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	133	YIKANMIŞ KAĞIT	133,0		
Alt	128	YIKANMIŞ KAĞIT	400	264,0		
ORTALAMA				226,11		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT		23,54	10,24
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	247	247		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	200	226	213		
ORTALAMA				230,00		
2. OMCA						
Üst		477		477	105,61	26,19
Orta	241	400	296	312,33		
Alt	512	293	456	420,33		
ORTALAMA				403,22		
3. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	427	324	375,5	67,44	22,67
Orta	255	YIKANMIŞ KAĞIT	260	257,5		
Alt	298	250	230	259,33		
ORTALAMA				297,44		

EK-2. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.5})

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	375	300	854	509,67	266,43	41,67
Orta	372	959	761	697,33		
Alt	527	YIKANMIŞ KAĞIT	895	711		
ORTALAMA				639,33		
2. OMCA						
Üst	214	612	421	415,67	334,30	53,58
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	973	179	576		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	880	880		
				623,89		
3. OMCA						
Üst	186	270	427	294,33	308,41	52,68
Orta	966	370	428	588		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	943	805	874		
ORTALAMA				585,44		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	958	865	902	908,33	158,89	18,75
Orta	992	YIKANMIŞ KAĞIT	685	838,5		
Alt	533	894	961	796		
ORTALAMA				847,61		
2. OMCA						
Üst	407	524	659	530	118,78	22,13
Orta	676	477	366	506,33		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	574	574		
				536,78		
3. OMCA						
Üst	923	525	310	586	246,32	40,14
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	688	YIKANMIŞ KAĞIT	688		
Alt	344	YIKANMIŞ KAĞIT	790	567		
ORTALAMA				613,67		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT		114,61	25,23
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	376	376		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	462	603	532,5		
ORTALAMA				454,25		
2. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	972	YIKANMIŞ KAĞIT	972	137,51	15,70
Orta	578	936	934	816,00		
Alt	861	761	896	839,33		
				875,78		
3. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	994	843	918,5	220,53	35,20
Orta	517	YIKANMIŞ KAĞIT	446	481,5		
Alt	529	460	450	479,67		
ORTALAMA				626,56		

EK-3. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (DV_{0.9})

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	714	521	1636	957	606,01	46,12
Orta	617	1932	1998	1515,67		
Alt	1249	YIKANMIŞ KAĞIT	1690	1469,5		
ORTALAMA				1314,06		
2. OMCA						
Üst	387	1547	703	879	706,58	57,02
Orta		1980	367	1173,5		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	1665	1665		
ORTALAMA				1239,17		
3. OMCA						
Üst	436	453	1056	648,33	642,62	54,76
Orta	2085	609	818	1170,67		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	1789	1614	1701,5		
ORTALAMA				1173,50		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	1250	1460	1542	1417,33	275,41	19,28
Orta	1958	YIKANMIŞ KAĞIT	1124	1541		
Alt	1172	1559	1253	1328		
ORTALAMA				1428,78		
2. OMCA						
Üst	662	1126	1274	1020,67	409,42	36,12
Orta	1774	1541	705	1340,00		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	1040	1040		
ORTALAMA				1133,56		
3. OMCA						
Üst	1253	1005	721	993	333,57	28,10
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	1623	YIKANMIŞ KAĞIT	1623		
Alt	771	YIKANMIŞ KAĞIT	1120	945,5		
ORTALAMA				1187,17		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT		484,93	52,80
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	643	643		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	828	1560	1194		
ORTALAMA				918,50		
2. OMCA						
Üst		1348		1348	246,98	17,34
Orta	953	1672	1598	1407,67		
Alt	1423	1488	1638	1516,33		
ORTALAMA				1424,00		
3. OMCA						
Üst		1542	1673	1607,5	389,56	35,59
Orta	936	YIKANMIŞ KAĞIT	798	867		
Alt	682	925	820	809,00		
ORTALAMA				1094,50		

EK-4. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Yüzey Kaplama)

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	8,57	7,89	9,12	8,53	5,89	41,33
Orta	9,89	15,27	18,56	14,57		
Alt	14,65	YIKANMIŞ KAĞIT	24,68	19,67		
ORTALAMA				14,26		
2. OMCA						
Üst	3,52	5,05	17,28	8,62	8,03	71,83
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	5,49	2,05	3,77		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	21,15	21,15		
ORTALAMA				11,18		
3. OMCA						
Üst	1,56	7,15	9,39	6,03	7,84	55,56
Orta	14,39	9,17	16,37	13,31		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	26,49	19,52	23,01		
ORTALAMA				14,12		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	20,9	19,2	11,27	17,12	6,23	32,91
Orta	19,02	YIKANMIŞ KAĞIT	20,78	19,90		
Alt	8,19	24,52	26,63	19,78		
ORTALAMA				18,93		
2. OMCA						
Üst	4,27	10,17	19,35	11,26	8,29	80,82
Orta	25,3	4,54	4,58	11,47		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	8,02	8,02		
ORTALAMA				10,25		
3. OMCA						
Üst	29,18	14,37	3,48	15,68	9,26	71,10
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	14,74	YIKANMIŞ KAĞIT	14,74		
Alt	4,52	YIKANMIŞ KAĞIT	12,82	8,67		
ORTALAMA				13,03		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	3,63	44,43
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	5,84	5,84		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	8,05	12,93	10,49		
ORTALAMA				8,17		
2. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	27,83	YIKANMIŞ KAĞIT	27,83	3,08	13,54
Orta	25,73	21,03	18,08	21,61		
Alt	17,27	18,5	20,58	18,78		
ORTALAMA				22,74		
3. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	17,23	5,68	11,455	4,04	38,11
Orta	10,45	YIKANMIŞ KAĞIT	8,25	9,35		
Alt	9,96	14,85	8,19	11,00		
ORTALAMA				10,60		

EK-5. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Damla Yoğunluğu)

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	82	125	114	107	24,87	20,97
Orta	92	92	135	106		
Alt	151	YIKANMIŞ KAĞIT	134	143		
ORTALAMA				118,61		
2. OMCA						
Üst	88	75	154	106	42,01	52,18
Orta		35	61	48		
Alt			114	114		
ORTALAMA				80,50		
3. OMCA						
Üst	40	141	88	90	49,25	41,25
Orta	66	131	145	114		
Alt		114	196	155		
ORTALAMA				119,41		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	40	42	56	46	8,54	17,11
Orta	58	YIKANMIŞ KAĞIT	61	60		
Alt	47	45	41	44		
ORTALAMA				49,90		
2. OMCA						
Üst	19	85	118	74	53,21	67,82
Orta	184	65	58	102		
Alt			59	59		
ORTALAMA				78,46		
3. OMCA						
Üst	107	111	68	95	15,32	16,53
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	91	YIKANMIŞ KAĞIT	91		
Alt	95	YIKANMIŞ KAĞIT	89	92		
ORTALAMA				92,64		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	35,65	50,06
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	44	44		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	81	116	98		
ORTALAMA				71,23		
2. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	114	YIKANMIŞ KAĞIT	114	36,46	33,32
Orta	173	48	110,5	111		
Alt	102	100	108,3	103		
ORTALAMA				109,41		
3. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	48	83	66	39,19	46,07
Orta	61	YIKANMIŞ KAĞIT	70	65		
Alt	130	157	85	124		
ORTALAMA				85,07		

EK-6. DEFLEKTÖRLÜ VE DEFLEKTÖRSÜZ OMCALAR ARASI VARYASYON KATSAYILARI (Etkif Norm Değerleri)

D0 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	54	40,6	85,8	60,133333	89,94	64,99
Orta	60,2	216,4	189,5	155,36667		
Alt	112,2		287,2	199,7		
ORTALAMA				138,40		
2. OMCA						
Üst	14	57,6	113,9	61,833333	88,05	73,07
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	99,1	7,4	53,25		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	246,4	246,4		
ORTALAMA				120,49		
3. OMCA						
Üst	6	33,1	64,8	34,633333	293,95	128,14
Orta	172,2	51,8	111,7	111,9		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	900,7	182,6	541,65		
ORTALAMA				229,39		

D1 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	305,3	226,5	197,1	242,97	87,90	33,18
Orta	352,8	YIKANMIŞ KAĞIT	214,9	283,85		
Alt	123,4	291,3	389,3	268		
ORTALAMA				264,94		
2. OMCA						
Üst	30,5	82,6	173	95,366667	81,93	95,13
Orta	238,3	34	26,8	99,70		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	63,3	63,3		
ORTALAMA				86,12		
3. OMCA						
Üst	443,3	110,1	18,1	190,5	164,57	101,42
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	143,7	YIKANMIŞ KAĞIT	143,7		
Alt	24,6	YIKANMIŞ KAĞIT	280,6	152,6		
ORTALAMA				162,27		

D2 UYGULAMASI						
1. OMCA						
	a	b	c	Ortalama	Standart Sapma	CV
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT		36,83	60,85
Orta	YIKANMIŞ KAĞIT	YIKANMIŞ KAĞIT	38,6	38,6		
Alt	YIKANMIŞ KAĞIT	55,7	109,2	82,45		
ORTALAMA				60,53		
2. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	359,9	YIKANMIŞ KAĞIT	359,9	78,32	31,27
Orta	200,9	257,9	209,3	222,70		
Alt	101,1	185,6	220	168,90		
ORTALAMA				250,50		
3. OMCA						
Üst	YIKANMIŞ KAĞIT	296,6	73,5	185,05	83,63	57,94
Orta	125,9		199,8	162,85		
Alt	80	99,5	75,8	85,10		
ORTALAMA				144,33		