

BİTKİ KORUMA MAKİNALARI

Prof. Dr. Ergin DURSUN

e-mail: dursun@agri.ankara.edu.tr

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

Bitki Koruma Makinalarının Sınıflandırılması

Kimyasal tarım ilaçlarının (pestisitlerin) uygulanmasında çeşitli yapısal ve teknik özelliklere sahip bitki koruma makinaları kullanılmaktadır. Bunlar; havadan ilaçlamada kullanılan **uçak** ve **helikopterler** ile yerden yapılan ilaçlama uygulamalarda kullanılan bitki koruma makinalarıdır.

✓Yerden yapılan ilaç uygulamalarında kullanılan makinalar:

- Pülverizatörler,
- Tozlayıcılar,
- Mikrogranül uygulayıcıları,
- Toprak enjektörleri,
- Sisleyiciler,
- Fümigatörler'dir.

Pülverizatör, etkili maddeyi taşıyıcı bir sıvı ile karışmış olarak damlalar halinde hedef yüzeylere dağıtırlar.

Tozlayıcı, toz şeklindeki katı etkili maddeyi hava akımıyla hedef bitki yüzeylerine dağıtırlar.

Mikrogranül uygulayıcı, mikrogranül haldeki katı etkili maddeyi toprak yüzeyine dağıtır veya toprak içersine yerleştirirler.

Toprak enjektörü, toprağın sterilizasyonu amacıyla sıvı veya katı haldeki etkili maddenin (fümigant) toprak içine enjekte edilmesini veya gömülmesini sağlarlar. Bu makinalara kimyasal toprak sterilizatörleri de denilmektedir.

Fümigatörler, etkili maddenin kapalı alanlarda gaz şeklinde uygulanmasını sağlarlar.

Pülverizasyon Tekniği

Etkili maddenin taşıyıcı su veya yağlı çözeltiler içine karıştırılarak hedef yüzeylere damlalar halinde iletilmesi işlemine **pülverizasyon** (püskürtme), bu işlemin gerçekleştirilmesinde kullanılan bitki koruma (tarımsal savaş) makinalarına ise **pülverizatör** (püskürtücü) denilmektedir.

Pülverizasyon işleminden beklenen yararın sağlanabilmesi için aşağıdaki pülverizasyonun temel karakteristik özellikleri ve bunlar arasındaki ilişkilerin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Pülverizasyonun temel karakteristik özellikleri

- ✓ İlaç normu,
- ✓ Damla çapı (büyüklüğü),
- ✓ Damla sıklığı,
- ✓ Kaplama oranı,
- ✓ Penetrasyon' dur.

Temel Pülverizasyon Karakteristikleri ve Aralarındaki İlişkileri

İlaç normu: Birim alana atılan sıvı veya toz ilaç miktarıdır. İlaç normu; L/da, L/ha, kg/da, kg/ha gibi farklı birimlerde ifade edilebilmektedir.

İlaç normu;

- ✓ İlaçlanacak bitkinin cinsine
- ✓ Gelişme durumuna,
- ✓ Zararlıının cinsine,
- ✓ Kullanılacak ilacın özelliklerine,
- ✓ Uygulamanın yapıldığı damla büyüklüğüne,
- ✓ Damla sıklığına
- ✓ Kullanılan pülverizatörün teknik özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

✓ Bitkinin cinsi ve gelişme durumu, ilaç normunu etkileyen en önemli faktörlerdir.

✓ Meyve bahçelerinde uygulanan ilaç normları tarla bitkilerine göre daha yüksektir (Çizelge 3.1).

✓ Meyve bahçelerinde uygulanan ilaç normlarının tarla bitkilerine göre daha yüksek olmasının nedeni, tarla bitkileri için yüzey ilaçlaması yapılırken, meyve ağaçları için hacim ilaçlamasına benzer bir uygulama yapılmasıdır. Meyve bahçelerinde toplam yaprak alanının daha fazla olması, ağaç aralarında boşluklar olması, ağaç tacının iç kısımlarına yeterli ölçüde damla penetrasyonunun sağlanabilmesi ve ağacın en üst dallarına kadar damlaların ulaşabilmesini sağlamak amacıyla damla çaplarının büyük tutulması, ilaç normunun daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

Çizelge 3.1. Farklı ürünler için ilaç normları (L/ha)

| Pülverizasyon sınıfı | Tarla bitkileri | Meyve bahçeleri |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| 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 |

Günümüzde, hedef yüzey üzerinde yeterli etkinliği sağlayacak optimum damla çapı ve sıklığı ile ilaç uygulamalarına doğru olan yönelim, ilaç normunun azaltılmasını sağlamıştır. Düşük hacimli uygulamalarda birim alana uygulanan ilaç hacmi azalmakta, ancak yeterli etkinliği sağlayabilmek amacıyla hem daha küçük damlacıklar halinde, hem de daha yüksek konsantrasyonlarda ilaç püskürtülmektedir.

İlaç normunun azaltılmasının faydaları;

- ✓ Dekara su kullanımını azaltmakta,
- ✓ Su kullanımının azalması nedeniyle depo doldurma
- ✓ sayısı azaldığı için depo doldurma süresi azalmakta,
- ✓ Bir depo ilaçla daha geniş alan ilaçlanmakta,
- ✓ Birim zamanda daha geniş alan ilaçlanabilmektedir.

İlaçlanacak bitkinin yaprak alanı, ilaç normunun belirlenmesinde oldukça önemlidir. **Yaprak alan indeksi**, aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilmektedir.

$$YAI = A_t / A$$

Burada;

YAI : Yaprak alan indeksi,

A_t : Birim alandaki toplam yaprak alanı (m^2),

A : Birim alan (m^2)' dır.

➤ Yaprak alan indeksi, bitki çeşidine ve bitkinin gelişme dönemine göre değişmektedir. Bu oran, bitki gelişmesinin tamamlandığı dönemlerde 6 – 7 değerindedir.

➤ YAI değeri küçük olduğunda ilaç normu azaltılır, büyük olduğunda ise artırılır. Örneğin; YAI = 3 ve 1 ha yaprak alanı için 2.5 L sıvı ilaca ihtiyaç duyulduğunda, 1 ha tarla alanına 7.5 L sıvı ilaç uygulanmalıdır.

➤ İlaç uygulamalarında yeterli biyolojik etkinliğin sağlanabilmesi için hedef yüzeylerin yeterli sayıda ve uygun çapta damlalarla iyi bir şekilde kaplanması gereklidir. Çizelge 3.2 ' de ilaçlama yapılacak hedef yüzeylere göre optimum damla çapları görülmektedir.

Çizelge 3.2. İlaçlama yapılacak hedeflere göre optimum damla çapları

| İlaçlama yapılacak hedef | Damla çapı (VDM,µm) |
|--|---------------------|
| Uçan böceklere karşı (İnsektisit) | 10 – 50 |
| Yaprak üzerindeki böceklere karşı (İnsektisit) | 30 – 50 |
| Yaprak ilaçlaması (Fungusit) | 40 – 100 |
| Toprak ilaçlaması (Herbisit) | 250 - 500 |

Sıvı ilaç uygulamalarında, damla büyüklüğü seçilirken ;

- ✓ hedef yüzeyin cinsi,
- ✓ bitki çeşidi,
- ✓ ilaçlama zamanındaki çalışma koşulları (rüzgar hızı, hava sıcaklığı ve nisbi nem gibi meteorolojik koşullar),
- ✓ çevredeki diğer canlılar göz önüne alınmalıdır.

➤ Bitki örtüsünün yaprak alan indeksi büyüdükçe veya bitki yüksekliği arttıkça, damlaların bitki yaprak tacı içerisine girebilmesi ve alt yapraklara kadar ulaşabilmesi için çaplarının büyük olması gerekmektedir.

➤ Ayrıca, özellikle herbisit uygulamaları sırasında atmosferik koşullar nedeniyle damlaların sürüklenmesini azaltmak ve hedef yüzeylerde toplanma etkinliklerini artırmak için damla çaplarının 250 μm ' den daha büyük olması istenmektedir. Damla çaplarının büyümesi ise doğal olarak ilaç normunun artmasına neden olmaktadır.

➤ Ancak, sabit ilaç normu koşullarında damla çapı büyüdükçe etkili maddenin hedef üzerindeki dağılımı kötüleşmektedir. Çünkü damla çapı büyüdükçe eşit miktardaki püskürtme sıvısından daha az sayıda damla oluşacaktır. Örneğin, 100 μm yerine 300 μm çaplı damlalar üretildiğinde birim alana düşen damla sayısı, çap oranının küpü kadar ($3^3 = 27$) daha az olacaktır. Damla sayısının azalması ise etkili maddenin yüzey üzerindeki kaplayacağı alanı azaltmaktadır.

➤ İlaçlamada uygun damla çapı (büyüklüğü) yanında birim alandaki damla sayısı da yeterli bir biyolojik etkinlik sağlanması açısından oldukça önemlidir.

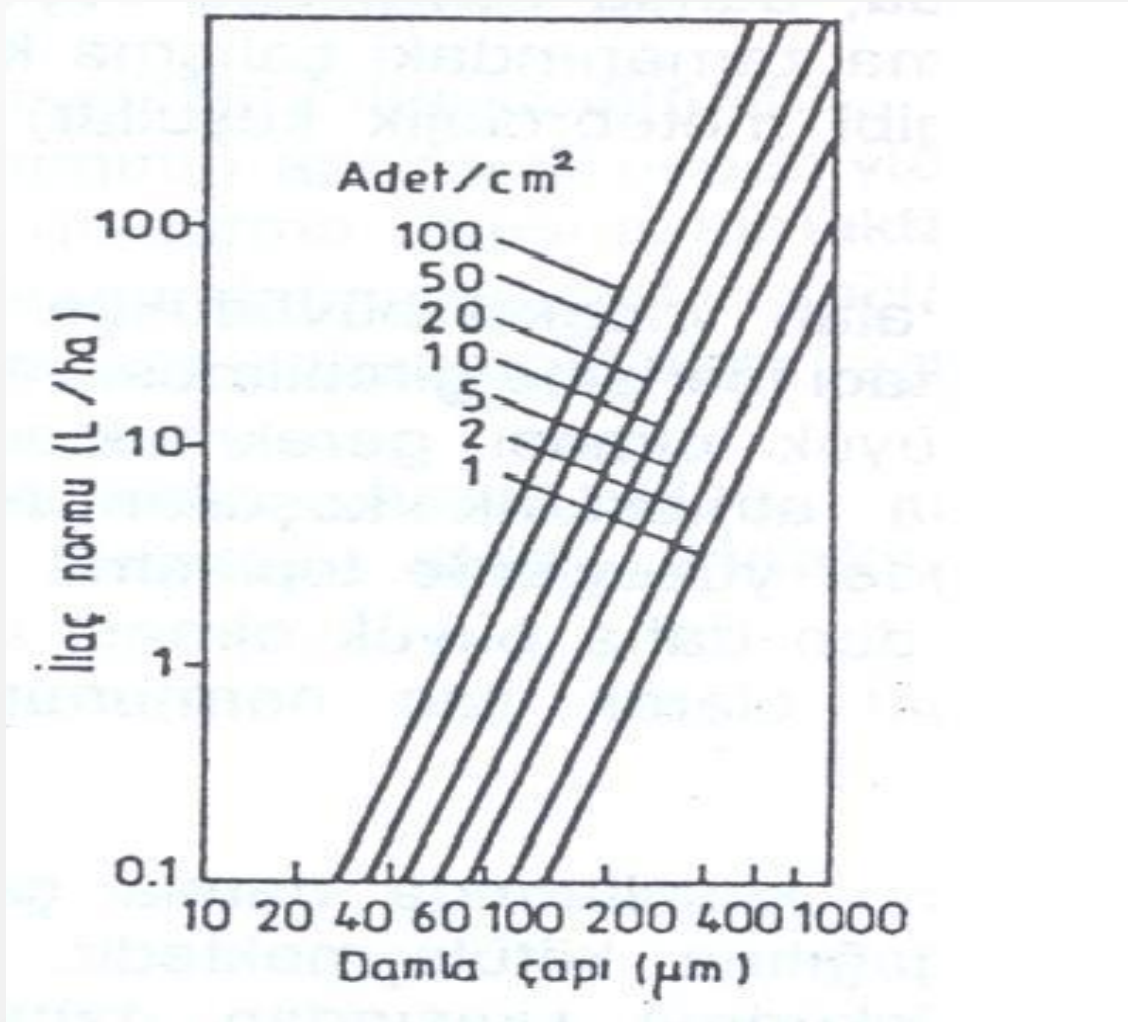
➤ Hedef bitki yüzeylerinin birim alanındaki damla sayısı, damla sıklığı veya damla yoğunluğu terimleriyle ifade edilmekte olup, genellikle cm^2 ' deki damla sayısını göstermektedir.

➤ Hedef yüzeylere uygulanacak ilaç formülasyonuna göre birim alana düşmesi gereken en az damla sayıları Çizelge 3.3 ' de verilmiştir.

➤ Hedefe uygun optimum damla çapı belirlendikten sonra arzu edilen damla sıklığı değerine ulaşmak için gerekli olan teorik ilaç normu değerleri Şekil 3.1 yardımıyla bulunabilir.

Çizelge 3.3. Farklı hedef yüzeyler için gerekli olan en az damla sayıları.

| Formülasyon | Damla sıklığı (adet/cm²) |
|---|--|
| Pre - emergence herbisit | 20 – 40 |
| Kök sistemine etkili herbisit | 50 |
| Kontak etkili post – emergence herbisit | 50 – 70 |
| Kontak etkili fungusit | 50 – 70 |
| Sistemik etkili fungusit | 20 – 30 |
| Sistemik etkili insektisit | 20 – 30 |
| Kontak etkili insektisit | 50 |



Şekil 3.1. Damla sıklığı, damla çapı ve ilaç normu arasındaki ilişki

Çizelge 3.4' de ise farklı damla büyüklükleri ile ilaç uygulamalarında 100 adet/cm² damla sıklığı elde etmek için gerekli olan en düşük ilaç normları görülmektedir.

Çizelge 3.4. Damla çapına bağlı olarak 100 adet/cm² damla sıklığı için gerekli en düşük ilaç normu

| Damla çapı (µm) | En düşük ilaç normu (L/ha) |
|-----------------|----------------------------|
| 10 | 0.005 |
| 20 | 0.042 |
| 30 | 0.141 |
| 40 | 0.335 |
| 50 | 0.655 |
| 60 | 1.131 |
| 70 | 1.797 |

- ✓ İlaç normu, damla çapı ve damla sıklığı arasındaki ilişkiye bağlı olarak biyolojik etkinlik de değişmektedir.
- ✓ Norm sabit kalacak şekilde damla çapları büyütüldüğü, dolayısıyla damla sıklığı azaltıldığında biyolojik etkinlik azalmaktadır.
- ✓ Küçük çaplı damlaların biyolojik etkinliklerinin yüksek olması, hedef yüzeyler üzerinde iyi bir kaplama oranı sağlamalarından kaynaklanmaktadır.
- ✓ Çizelge 3.6 ve 3.7' de ilaç normu ve damla sıklığı ile kaplama oranı arasındaki ilişkiler görülmektedir.

Çizelge 3.6. Damla sıklığı sabit iken ilaç normu – damla çapı – kaplama oranı ilişkisi.

| İlaç normu (L/ha) | Damla çapı (μm) | Damla sıklığı (adet/cm^2) | 1 cm^2 alandaki kaplama oranı(%) |
|-------------------------------|--|---|---|
| 600 | 270 | 580 | 33.3 |
| 400 | 236 | 580 | 25.4 |
| 200 | 188 | 580 | 16.0 |
| 150 | 170 | 580 | 13.2 |
| 100 | 149 | 580 | 10.0 |
| 25 | 94 | 580 | 4.0 |

Çizelge 3.7. Kaplama oranı sabit iken ilaç normu – damla çapı – damla sıklığı ilişkisi.

| İlaç normu (L/ha) | Damla çapı (μm) | Damla sıklığı (adet/cm^2) | 1 cm^2 alandaki kaplama oranı(%) |
|-------------------------------|--|---|---|
| 600 | 270 | 580 | 33.3 |
| 400 | 180 | 1300 | 33.3 |
| 200 | 90 | 5250 | 33.3 |
| 150 | 68 | 9100 | 33.3 |
| 100 | 45 | 20700 | 33.3 |
| 25 | 11 | 323300 | 33.3 |

Damla değme açısı ve kaplama oranı ilişkisi

Bir sıvı ilaç damlasının düştüğü yüzey üzerinde kapladığı alan;

- damlanın çapına,
- yüzey gerilimine ve
- yaprak yüzeyinin özelliğine bağlı olarak değişmektedir.

Hedefe püskürtülen sıvı hacim sabit iken, sıvı ne denli ince damlalar şeklinde pülverize edilirse, birim yaprak alanına düşen damla sayısı yani damla sıklığı değeri de artmakta ve buna bağlı olarak kaplama oranı da artmaktadır.

Kaplama oranı, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilmektedir.

$$KO = A_d / A_y \cdot 100$$

Burada;

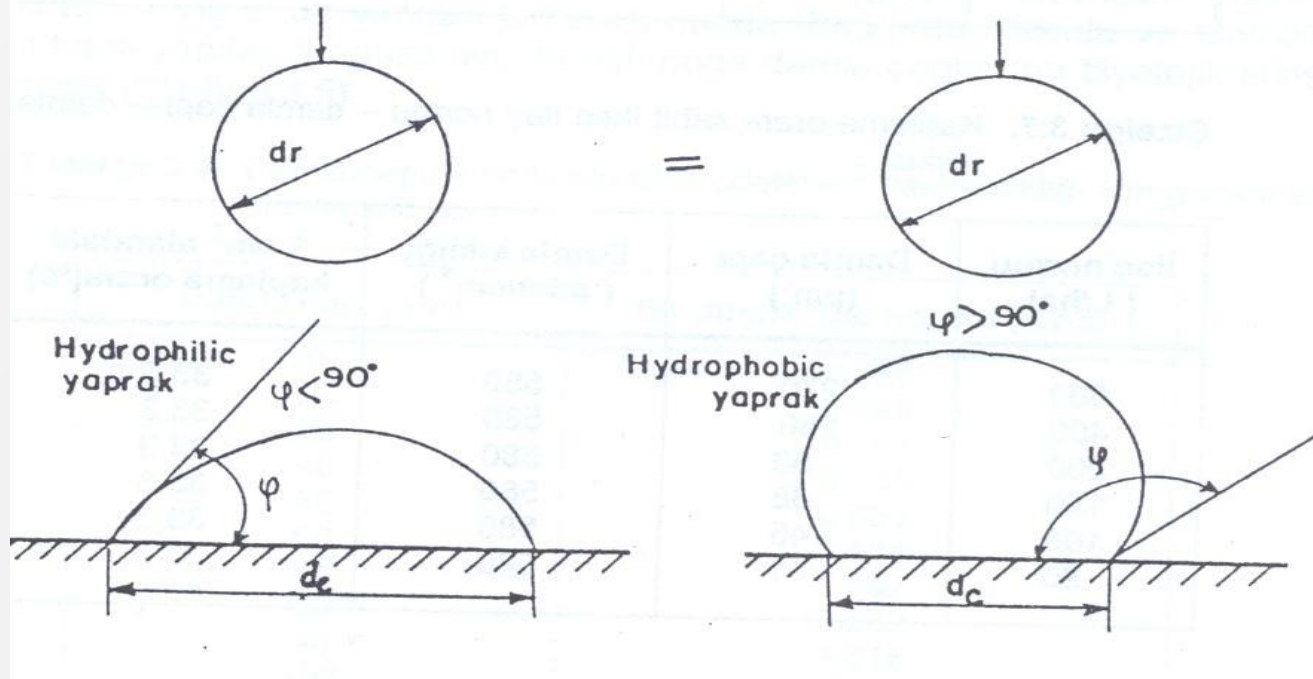
KO : Kaplama oranı (%),

A_d : Damlaların birim yaprak yüzeyi üzerinde kapladıkları alan (m^2),

A_y : Birim yaprak yüzey alanı (m^2)' dir.

Bir damlanın yaprak yüzeyindeki yayılma durumunun ifade edilmesinde değme açısı terimi kullanılmaktadır.

Değme açısı; Damlaların yaprağa değdiği noktadan geçirilen teğet ile yaprak yüzeyi arasında kalan damla tarafındaki açı (φ) değme açıdır (Şekil 3.2).



Şekil.3.2.Damla değme açısı

Değme açısı küçüldükçe, damla yaprak yüzeyine daha iyi yayılmaktadır. Yaprak üzerindeki değme açısı ile yayılma katsayısı arasında bir ilişki vardır. Değme açısı ne kadar büyük olursa, damla değme çapı da o denli küçük olacak ve yayılma katsayısı da o kadar küçülecektir. Damla değme açısı ile yayılma katsayısı (E) arasındaki ilişki Çizelge 3.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Damla değme açısı – yayılma katsayısı ilişkisi.

| Değme açısı (φ°) | 10 | 30 | 50 | 70 | 90 | 110 | 120 | 180 |
|---------------------------------|-------|-------|------|------|-----|-------|-------|-----|
| E | 6.128 | 2.868 | 1.96 | 1.39 | 1.0 | 0.677 | 0.528 | 0 |

Yaprak yüzeyinin özellikleri de değme açısına etki etmektedir. Bitkilerin yaprak yüzey özellikleri birbirinden oldukça farklı olup bazı yapraklar mumlu, parlak yüzeyli, bazı yapraklar ise tüylüdür. Bu yaprakların bazıları kolay ıslanabilmekte, bazıları ise daha az ıslanma özelliği göstermektedir. Örneğin mumlu yaprak yüzeyine gelen damlanın değme açısı mumsuz yüzeylilere göre daha büyüktür. Çizelge 3.9' da çok rastlanan bazı yabancı ot yaprakları üzerindeki değme açıları görülmektedir.

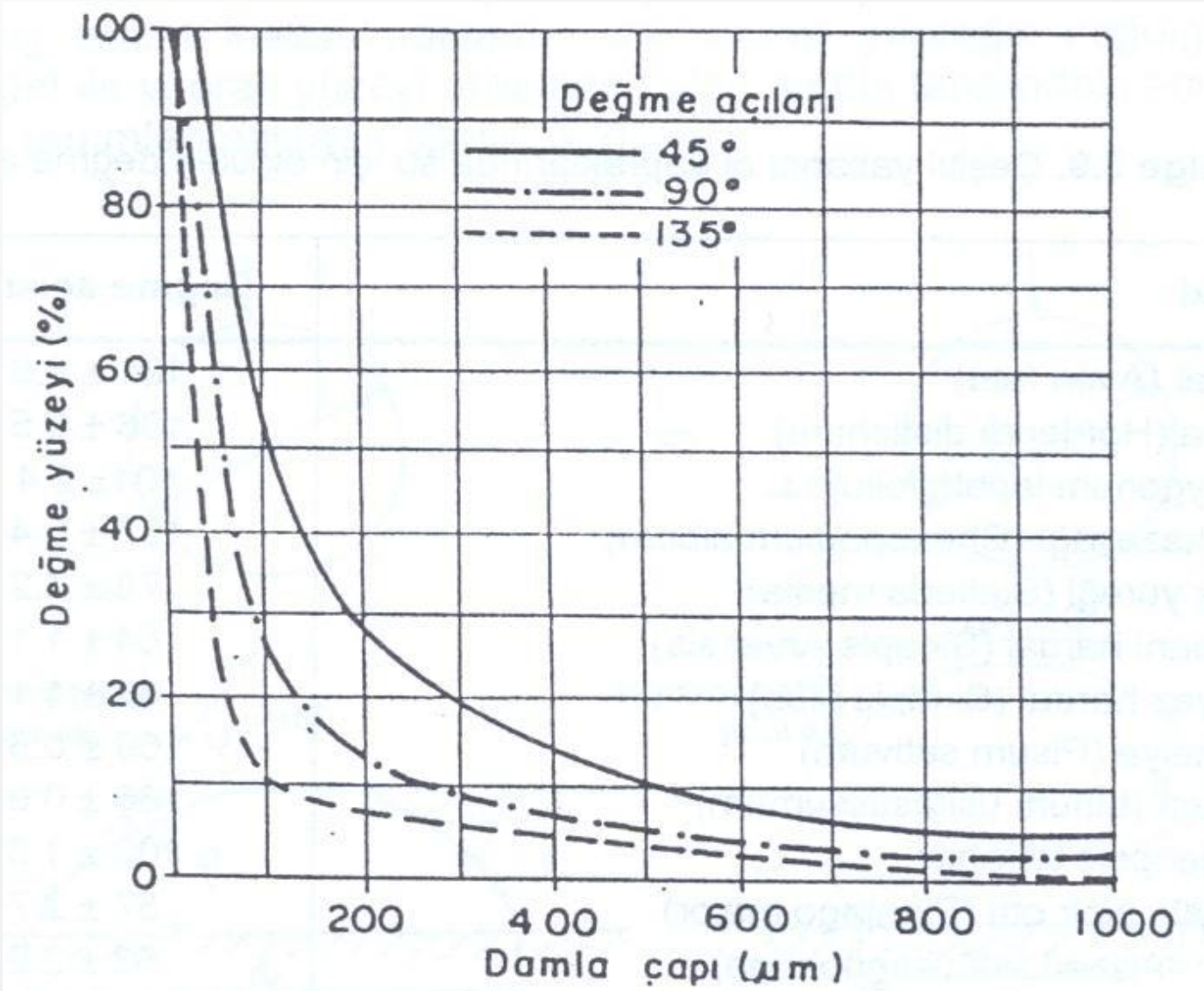
Değme açıları, yaprakların alt ve üst yüzeylerine göre de değişiklik göstermektedir. Yaprak alt yüzeyine tutunan damlaların değme açıları yerçekimi etkisinden dolayı yaprak üst yüzeyindeki damlalara göre daha büyük olmaktadır.

Çizelge 3.9. Çeşitli yabancı ot yapraklarında su için ölçülen değme açıları

| Bitki | Değme açısı (°) |
|---|-----------------|
| Yulaf (<i>Avena fatua</i>) | 161 ± 0.6 |
| Arpa (<i>Hordeum distichum</i>) | 166 ± 0.5 |
| <i>Polygonum lapathifolium</i> L. | 101 ± 2.4 |
| Ak kazayağı (<i>Chenopodium album</i>) | 157 ± 0.4 |
| Kuş yüreği (<i>Stellaria media</i>) | 78 ± 4.2 |
| Yabani hardal (<i>Sinapis Arvensis</i>) | 64 ± 1.1 |
| Beyaz hardal (<i>Sinapis alba</i>) | 62 ± 1.1 |
| Bezelye (<i>Pisum sativum</i>) | 169 ± 0.5 |
| Keten (<i>Linum usitatissimum</i>) | 166 ± 0.9 |
| <i>Galeopsis tetrahit</i> | 100 ± 1.3 |
| Büyük sinir otu (<i>Plantago major</i>) | 57 ± 2.7 |
| Yapışkan otu (<i>Gaium aparine</i>) | 53 ± 2.2 |
| Yabani krizantem (<i>Chrysanthemum segetum</i>) | 160 ± 1.1 |
| Köygöçüren (<i>Cirsium arvense</i>) | 60 ± 1.5 |
| Peygamber çiçeği (<i>Centaurea arvense</i>) | 152 ± 1.7 |
| Eşek marulu (<i>Sonchus arvensis</i>) | 160 ± 1.5 |

➤ Damla değme açısı büyüdükçe, damlanın değme çapı (d_c) azalacağı için damlanın yaprak yüzeyini ıslatma alanı ve dolayısıyla yüzey kaplama oranı azalmaktadır. Bu durum Şekil 3.3 ' de görülebilir. 10 L/da' lık sabit ilaç normunda, sıvı ilaç 100 μm çapında damlalar şeklinde pülverize edildiğinde, damla değme açısı 45° iken % 55' lik bir kaplama oranı elde edildiği halde, 90° ' de % 28, 135° ' de ise % 10 kaplama oranı elde edilebilmektedir. 100 μm yerine 400 μm ' lik damla çaplarında, aynı değme açıları için sırasıyla % 14, % 7.5 ve % 5 kaplama oranı sağlanabilmektedir.

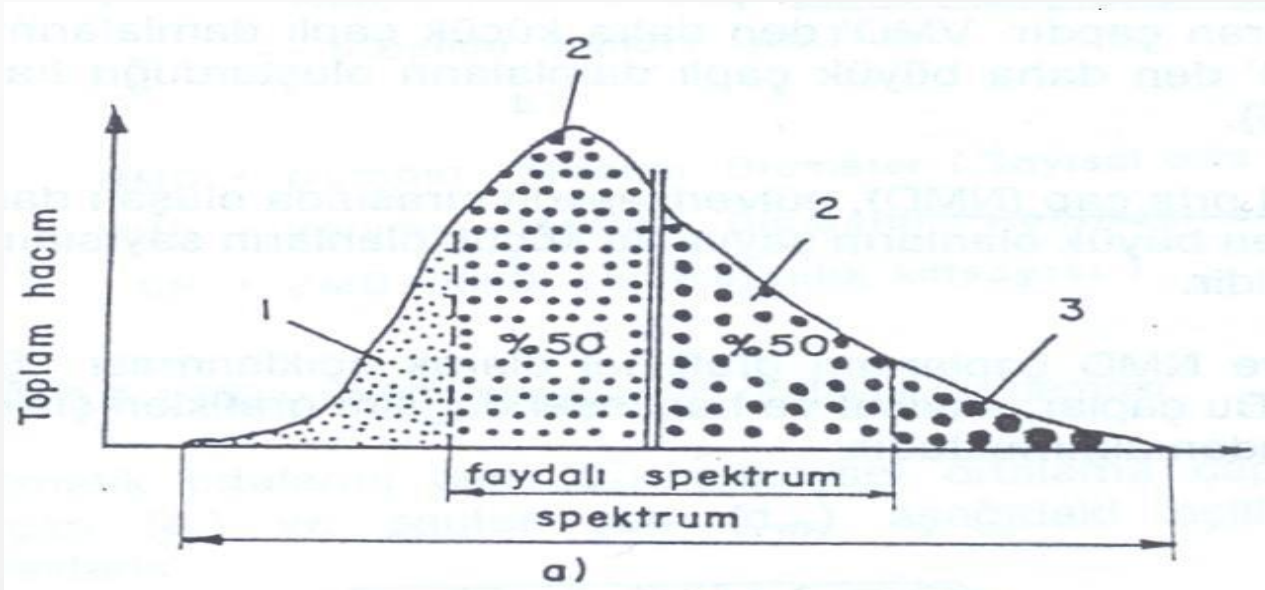
➤ Sıvı ilacın fiziksel özelliklerinden biri olan yüzey gerilimi de damlaların bir yüzey üzerindeki yayılma özelliklerine etki etmektedir. Yüzey gerilimi büyük olan sıvılar hedef yüzeylerde küresel şekillerini korumaya çalıştıklarından büyük bir değme açısı ve küçük bir değme (temas) çapı oluştururlar. Özellikle mumlu yüzeyli bitkilerde bu özellik daha da arttığından, damlalar yaprak yüzeyinde tutunamayarak yere düşmektedirler. Yüzey gerilimi azaldığında ise, damla yüzey üzerine daha iyi yayılarak değme açısı küçülmekte, değme çapı büyümekte ve kaplama oranı artmaktadır. Bu nedenle, ilaca yüzey gerilimini azaltan bazı katkı maddeleri eklenerek damlaların hedef yüzeyleri kaplama oranları artırılabilirdiği gibi tutunma özellikleri de iyileştirilebilmektedir.



Şekil.3.3. 10 L/da lık ilaç normunda farklı değme açılarının kaplama oranına etkisi

Pülverizasyonda karakteristik damla çapları ve tekdüzelik (homojenlik) katsayısı

- ✓ Sıvı ilacın pülverizasyonu sırasında hiçbir zaman eşit büyüklükte damlalar elde edilemez.
- ✓ Pülverizasyonu oluşturan damlalar, çaplarına göre geniş bir dağılım spektrumu gösterirler.
- ✓ Ölçülemeyecek kadar çok küçük çaplı sis şeklindeki damlalar ile çapları 1 mm' ye kadar ulaşan damlalar bir arada bulunmaktadır (Şekil 3.4).
- ✓ Pülverizasyonu oluşturan damla kümesine bir anma ismi verilebilmesi ve ilaçlama tekniği açısından pülverizasyon kalitesinin değerlendirilebilmesi için bazı ortalama çaplar ve homojenlik katsayısı değerlerinden yararlanılmaktadır.
- ✓ Pülverizasyonlar genellikle pülverizasyonu oluşturan damla spektrumunun ortalama çap değerine göre anılırlar. Çizelge 3.10' da bu anma isimleri verilmiştir.



Şekil 3.4. Pülverizasyonda damla spektrumu

Çzelge 3.10. Damla çapına göre pülverizasyonların sınıflandırılması

| VMD (μm) | Pülverizasyon anma adı |
|-----------------------|---------------------------|
| 10 – 30 | Sis |
| 31 – 50 | Aerosol |
| 51 – 100 | Çok ince pülverizasyon |
| 101 – 200 | İnce pülverizasyon |
| 201 – 400 | Orta yapılı pülverizasyon |
| > 400 | Kaba yapılı pülverizasyon |

Pülverizasyon kalitesinin değerlendirilmesinde en çok kullanılan karakteristik damla çapları şunlardır:

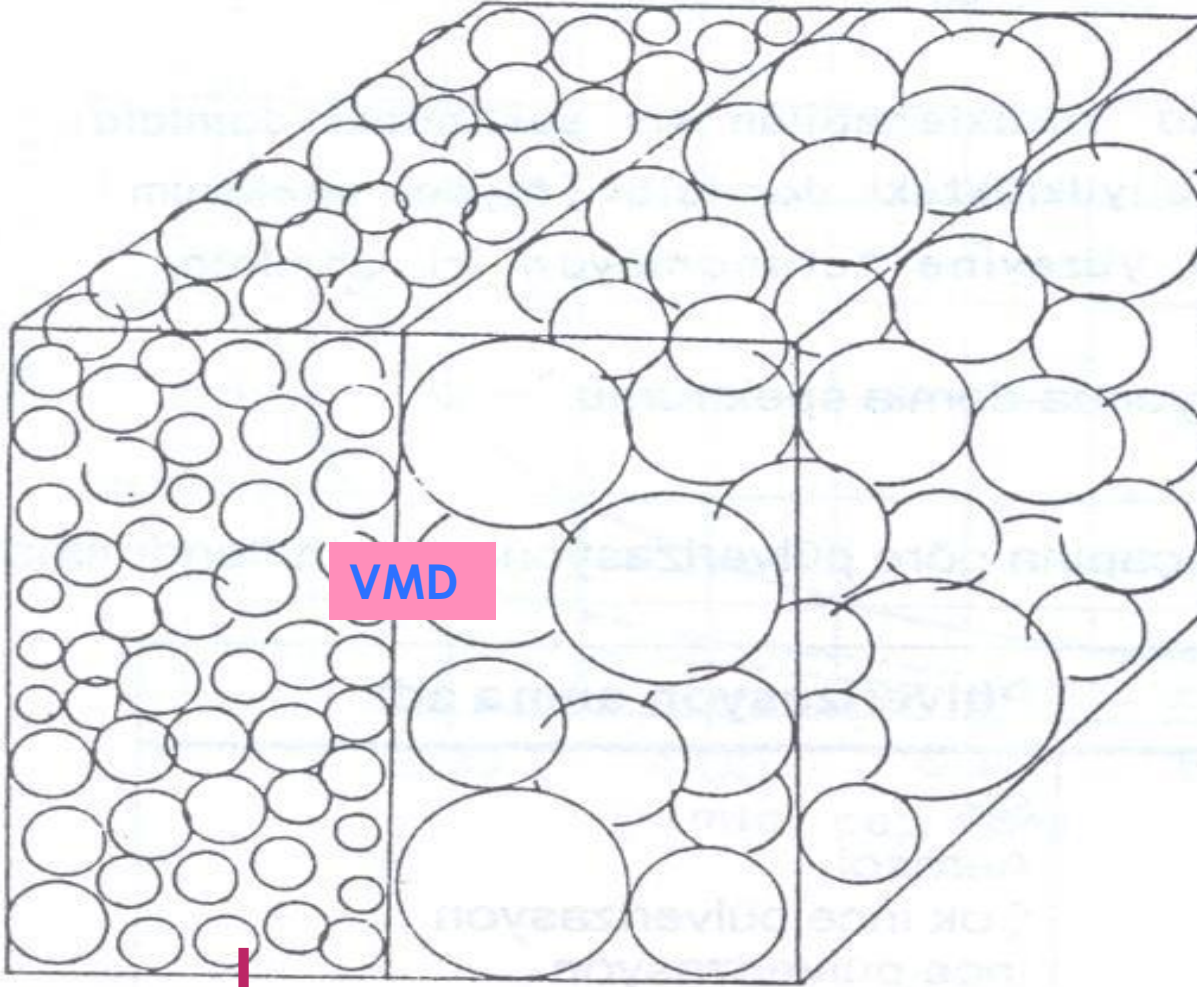
- ✓ Hacimsel orta çap (VDM)
- ✓ Sayısal orta çap (NMD),
- ✓ Aritmetik ortalama çap (d_a),
- ✓ Yüzeysel ortalama çap (d_s)
- ✓ Hacimsel ortalama çap (d_v),
- ✓ Sauter çapı.

Bu çap değerlerinden başka geometrik ortalama çap, kütleli orta çap gibi çap değerleri de damla büyüklüğünü tanımlamak için kullanılabilir.

➤ Hacimsel orta ap (VMD); püskürtülen damlaların toplam hacmini iki eşit hacme ayıran apdır. VMD' den daha küçük çaplı damlaların oluŐturduėu hacim ile VMD' den daha büyük çaplı damlaların oluŐturduėu hacim birbirine eŐittir (Şekil 3.5).

➤ Sayısal orta ap (NMD), pülverizasyon sırasında oluşan damlalar içinde çapı kendisinden büyük olanların sayısı ile küçük olanların sayısının eşit olduğu sınır çap değeridir.

➤ VMD ve NMD çaplarının grafiksel olarak açıklanması Şekil 3.6' da görülmektedir. Bu aplar, sayısal ve hacimsel dağılım grafikleri çizildikten sonra bu grafik üzerinden alınmaktadır.

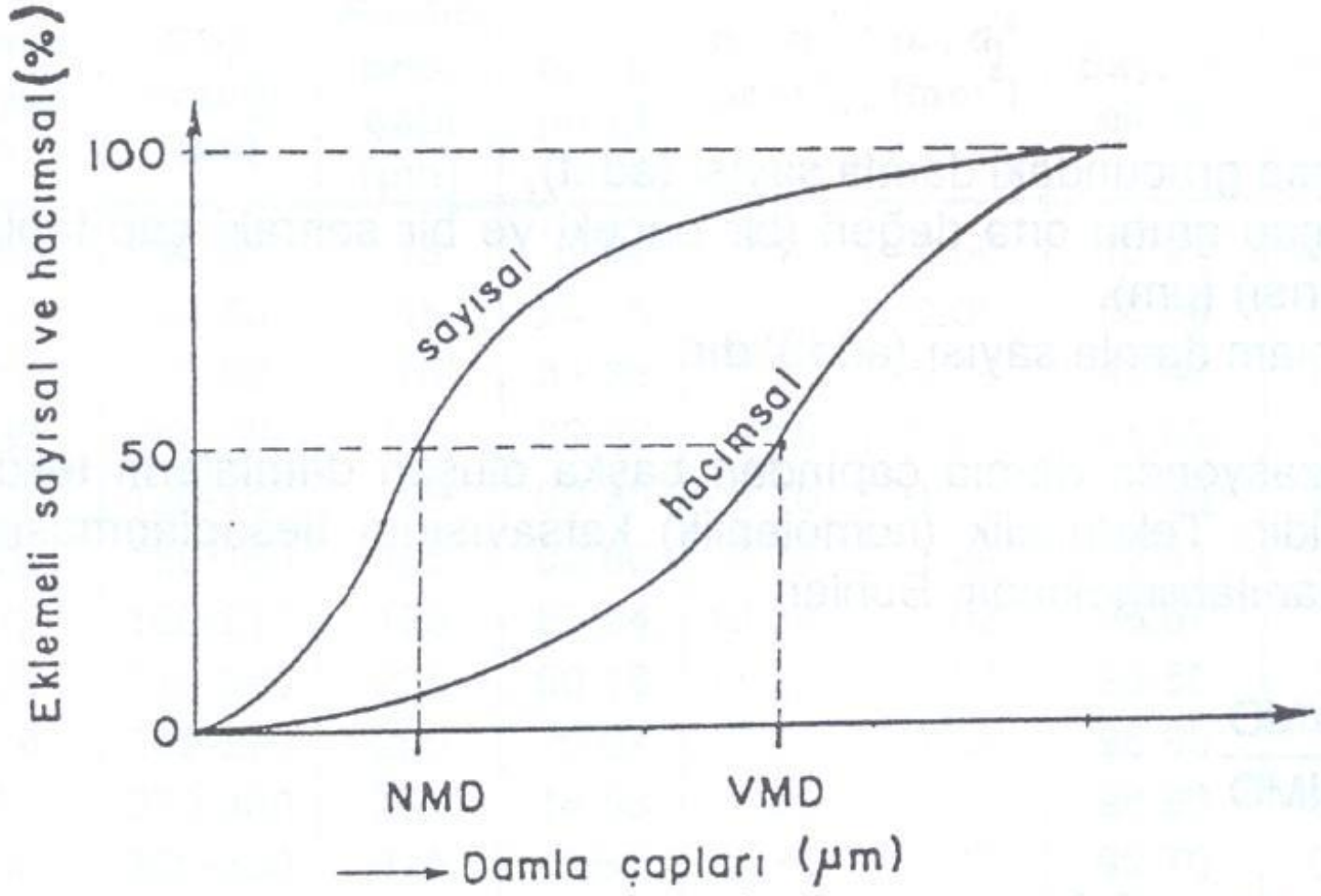


VMD

İlaç Hacminin 1/2'si = Küçük Damlacıklar

İlaç Hacminin 1/2'si = Büyük Damlacıklar

Şekil 3.5.VMD çapının şematik gösterimi



Şekil 3.6.VMD ve NMD değerlerinin grafiksel açıklanması

Aritmetik ortalama çap (d_a), yüzeysel ortalama çap (d_s), hacimsel ortalama çap (d_v) ve sauter çap ($d_{v/s}$) aşağıdaki eŐitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır:

Bu eŐitliklerde;

n_i : (i) ap grubundaki damla sayısı (adet),

d_i : (i) ap grubu orta değeri (bir önceki ve bir sonraki çap toplamının yarısı) (μm),

n : Toplam damla sayısı (adet)' dir.

$$d_a = \frac{\sum n_i \cdot d_i}{n}$$

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{n}}$$

$$d_s = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i^2}{n}}$$

$$d_{v/s} = \frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{\sum n_i \cdot d_i^2}$$

Pülverizasyonda damla tekdüzelik (homojenlik) katsayısının hesaplanmasında iki farklı eşitlik kullanılabilmektedir. Bunlar;

$$CH = \frac{VMD}{NMD}$$

$$H = \frac{(\sum n_i \cdot d_i^2)^2}{(\sum n_i \cdot d_i)(\sum n_i \cdot d_i^3)}$$

- ✓ CH, daima 1' den birden büyük bir değere sahiptir.
- ✓ CH değeri 1' e ne kadar yakın olursa, pülverizasyonu oluşturan damla çaplarının birbirine o oranda yaklaştığını, yani damla tekdüzeliğinin iyileştiğini ifade eder.
- ✓ CH < 1,4 olduğunda damla çaplarının tekdüze olduğu kabul edilmektedir.
- ✓ Tekdüzelik katsayısı, meme tipine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir (Çizelge 3.11)

Çizelge 3.11. Çeşitli meme tiplerinde (CH) değerleri.

| Meme tipi | CH |
|---|-------------|
| Yelpaze hüzmeli çarpmalı (aynalı) meme | 5 – 10 |
| Yelpaze hüzmeli yarıkli meme | 2 – 7 |
| Konik hüzmeli meme | 2 – 4 |
| Döner diskli (santrifüj) meme | 1.20 – 1.60 |
| Elektrodinamik meme | 1.08 – 1.30 |

Çizelge 3.12. Karakteristik çaplarla ilgili örnek hesaplamalar

| Damla Sayısı (n) | Çap Aralığı (µm) | Sınıfın orta. çapı (µm) | $n_i \cdot d_i$ mm | $n_i \cdot d_i^2$ mm ² | $n_i \cdot d_i^3$ mm ³ | Sayısal Ek. % | $n_i \cdot V_i^3$ mm ³ | Hacimsal Ek. (%) |
|------------------|------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|
| 456 | 0-30 | 15 | 6.84 | 0.10 | 0.00 | 13.91 | 0.00 | 0.00 |
| 550 | 30-60 | 45 | 24.75 | 1.11 | 0.05 | 30.68 | 0.03 | 0.46 |
| 418 | 60-90 | 75 | 31.35 | 2.35 | 0.18 | 43.43 | 0.09 | 1.85 |
| 380 | 90-120 | 105 | 39.90 | 4.19 | 0.44 | 55.02 | 0.23 | 5.40 |
| 447 | 120-150 | 135 | 60.35 | 8.15 | 1.10 | 68.65 | 0.58 | 14.37 |
| 320 | 150-180 | 165 | 52.80 | 8.71 | 1.44 | 78.41 | 0.75 | 25.97 |
| 272 | 180-210 | 195 | 53.04 | 10.34 | 2.02 | 86.67 | 1.06 | 42.35 |
| 223 | 210-240 | 225 | 50.18 | 11.29 | 2.54 | 93.50 | 1.33 | 62.91 |
| 114 | 240-270 | 255 | 29.07 | 7.41 | 1.89 | 96.98 | 0.99 | 78.20 |
| 65 | 270-300 | 285 | 18.53 | 5.28 | 1.50 | 98.96 | 0.79 | 90.42 |
| 24 | 300-330 | 315 | 7.56 | 2.38 | 0.75 | 99.70 | 0.39 | 96.45 |
| 8 | 330-360 | 345 | 2.76 | 0.95 | 0.33 | 99.94 | 0.17 | 99.07 |
| 2 | 360-390 | 375 | 0.75 | 0.28 | 0.11 | 100.00 | 0.06 | 100.00 |
| 3279 | | | 377.8 | 62.54 | 12.35 | 100.00 | 6.47 | 100.00 |

*Sınıflandırmada dikkate alınan çap aralığı 30 µm' dir.

Çizelge 3.12'deki verilere göre hesaplanan damla çapları aşağıdaki gibidir

$$d_a = \frac{\sum n_i \cdot d_i}{n} = \frac{377,88}{3279} = 0,115 \text{ mm} = 115 \mu\text{m}$$

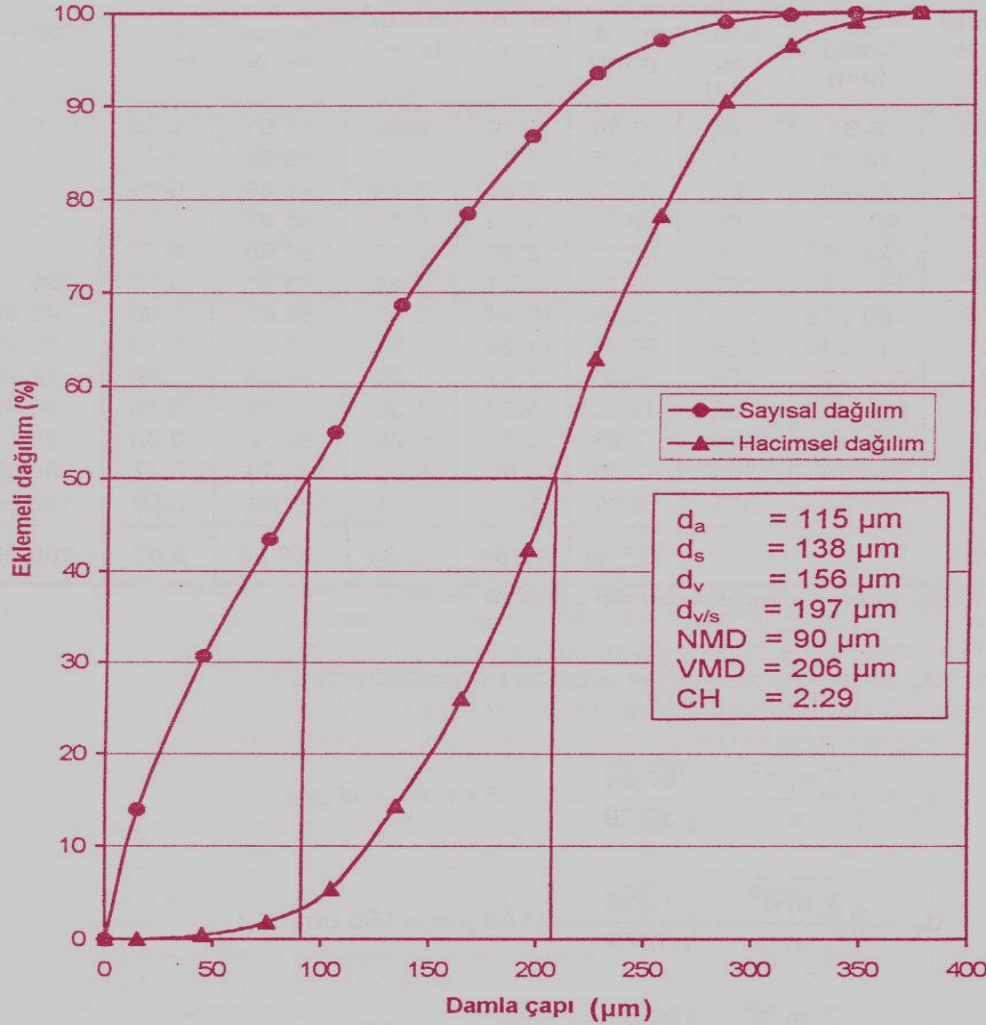
$$d_s = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot d_i^2}{n}} = \sqrt{\frac{62,54}{32,79}} = 0,138 \text{ mm} = 138 \mu\text{m}$$

$$d_v = \sqrt[3]{\frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{n}} = \sqrt[3]{\frac{12,35}{3279}} = 0,156 \mu\text{m} = 156 \mu\text{m}$$

$$d_{v/s} = \frac{\sum n_i \cdot d_i^3}{\sum n_i \cdot d_i^2} = \frac{12,35}{62,54} = 0,197 \text{ mm} = 197 \mu\text{m}$$

$$H = \frac{(\sum n_i \cdot d_i^2)^2}{(\sum n_i \cdot d_i)(\sum n_i \cdot d_i^3)} = \frac{(62,54)^2}{(377,88) \cdot (12,35)} = 0,84$$

H = % 84' dür.



Şekil 3.7. Çizelge 3.12' de verilen pülverizasyon örneğinin sayısal ve hacimsel dağılım grafiği

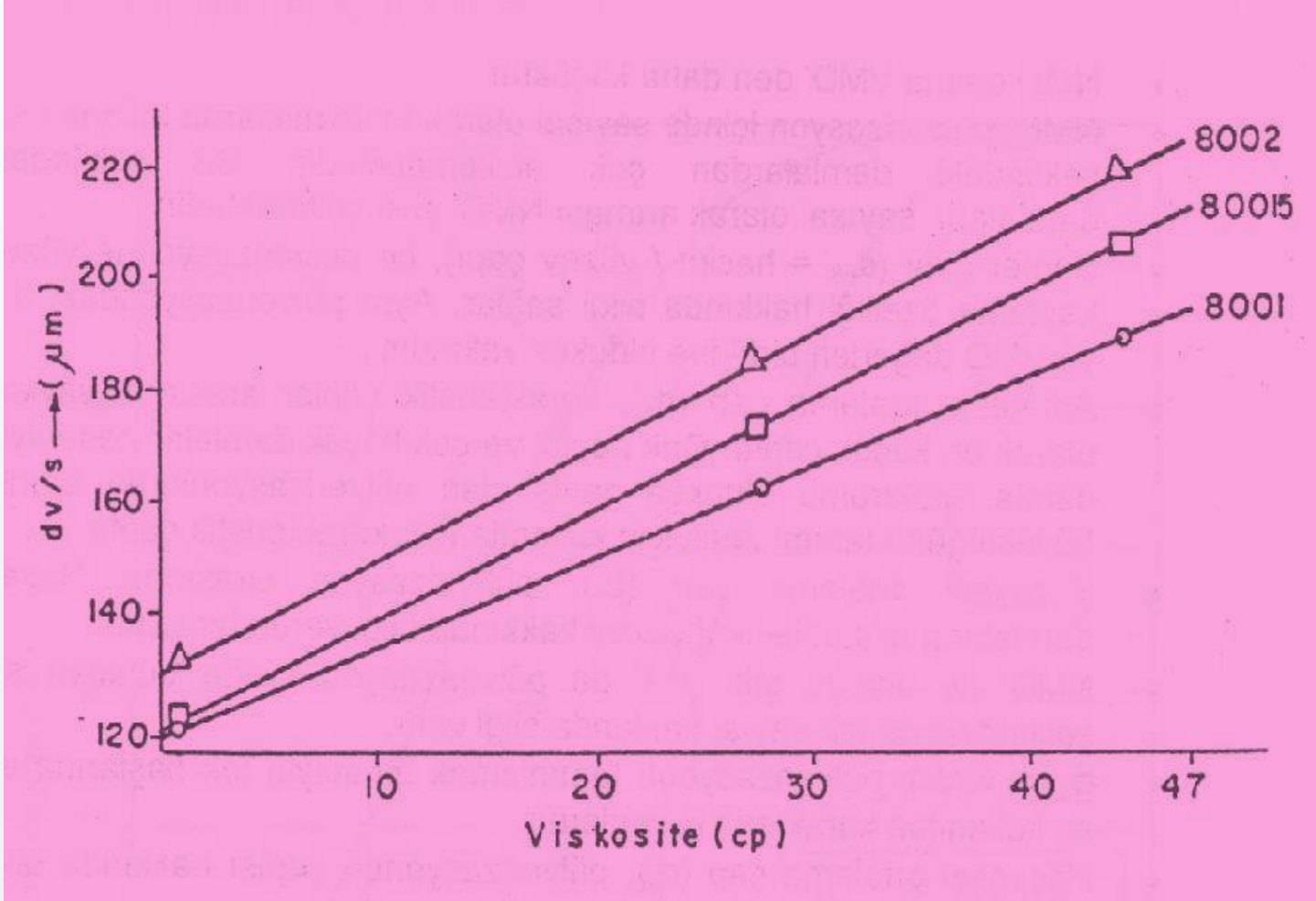
Damla çapına etkili faktörler

Pülverizasyonda damla çapına etkili faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- ✓ Püskürtme sıvısının fiziksel özellikleri,
- ✓ Meme tipi ve büyüklüğü (ölçüsü),
- ✓ Çalışma basıncı,
- ✓ Pülverizasyon şeklidir.

Sıvının fiziksel özelliklerinin etkisi

- Pülverizasyonda oluşan damla büyüklüklerine, sıvı ilaçların fiziksel özelliklerinin (viskozite, yüzey gerilimi ve yoğunluk) önemli etkileri vardır.
- Sıvı haldeki ilaçlarda, formülasyon çeşidine göre viskozite değişimleri söz konusudur. Ayrıca viskozite, ortam sıcaklığına bağlı olarak da değişim göstermektedir. Viskozitenin artmasıyla, damla çapında değişimler ortaya çıkar (Şekil 3.8).

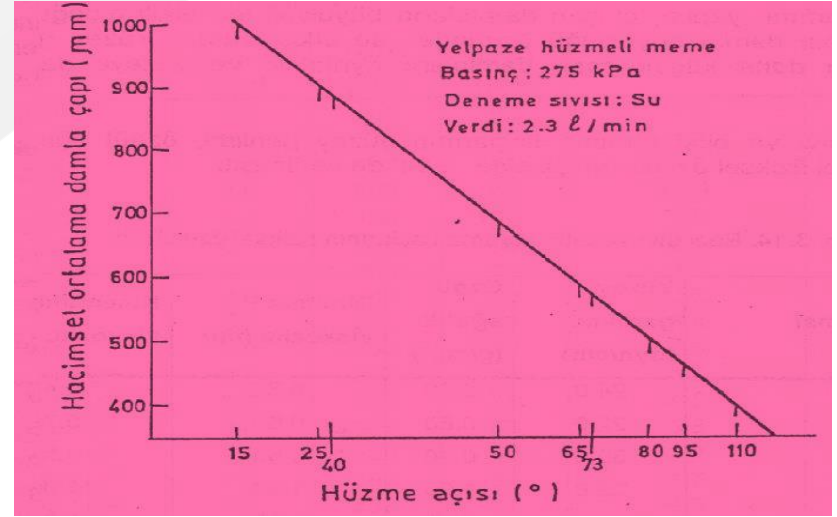


Şekil 3.8.Viskoziteye göre damla çapı değişimi

Viskozite değişiminin hüzme açısına da etkisi vardır. Viskozite arttıkça sıvı zarfı sınırı uzayıp hüzme (püskürtme) açısı azalmaktadır (Çizelge 3.13). Hüzme açısındaki daralma ise büyük damla oluşumuna neden olmaktadır. Şekil 3.9' da ise hüzme açısının damla çapına etkisi görülmektedir.

Çizelge 3.13. Viskozite ile hüzme açısının değişimi.

| Viskozite (cp) | Hüzme açısı |
|----------------|-------------|
| 1 | 75 |
| 11 | 70 |
| 46 | 55 |
| 80 | 45 |
| 122 | 30 |
| 215 | 20 |



Şekil 3.9. Hüzme açısının damla çapına etkisi.

Yüzey gerilimi, sıvı zarfının oluşumuna ve sıvı zarfından oluşan damlaların hedef yüzey üzerindeki yayılma özelliklerine etki etmektedir.

Çizelge 3.14. Bazı sıvı ve bitki koruma ilaçlarının fiziksel özellikleri.

| Sıvının cinsi | Yüzey gerilimi (dyn/cm) | Özgül ağırlık (g/cm ³) | Dinamik viskozite (cp) | Kinematik viskozite (cst) |
|-------------------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Aseton | 24.0 | 0.79 | 0.32 | 0.40 |
| Methanol | 22.0 | 0.80 | 0.60 | 0.75 |
| Benzen | 30.0 | 0.90 | 0.65 | 0.72 |
| Su | 72.0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Benzin | - | 0.68 | 0.35 | 0.51 |
| Kerosen | 25.0 | 0.82 | 2.50 | 3.05 |
| Mazot | 30.0 | 0.89 | 10.00 | 11.24 |
| Pamuk yağı | 34.4 | 0.92 | 70.00 | 76.80 |
| SAE 30 Motor yağı | 36.0 | 0.90 | 100.00 | 111.11 |
| Ricin yağı | 39.0 | 0.97 | 1000.00 | 1030.92 |
| Malathion (% 95) | 32.0 | 1.23 | 45.00 | 36.59 |
| Parathion -55/30 | - | 1.16 | 15.00 | 12.93 |
| Parathion-75 | - | 1.12 | 12.00 | 10.71 |

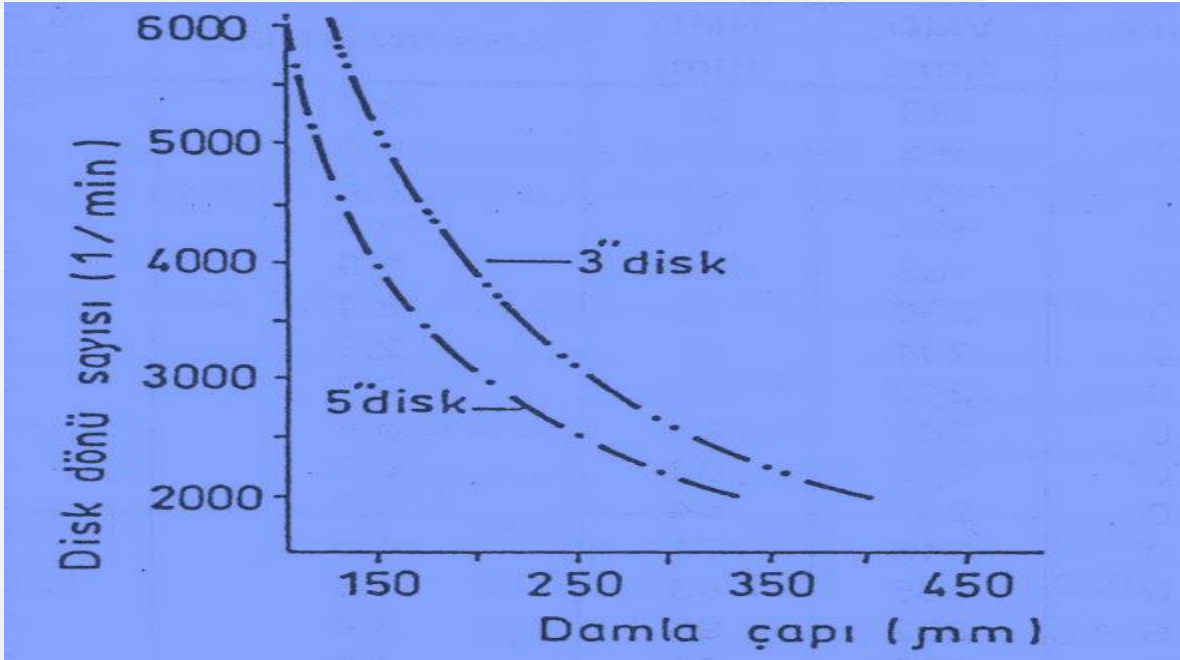
Meme tipinin ve büyüklüğünün etkisi

Memeler tarafından üretilen damlaların çapları, tiplerine ve ölçülerine göre farklılık göstermektedir. Aynı çalışma basıncında meme ölçüleri değiştiği zaman VMD değerleri de değişmektedir (Çizelge 3.15).

Çizelge 3.15. SS yapımı bazı yelpaze hüzmeli memelerin pülverizasyon karakteristikleri.

| Meme | Basınç (bar) | VMD (μm) | NMD (μm) | VMD/NMD | % Hacim < 100 μm |
|--------|--------------|-----------------------|-----------------------|---------|-----------------------------|
| 6501 | 3.0 | 248 | 92 | 2.7 | 45.0 |
| 6502 | 3.0 | 348 | 80 | 4.4 | 3.3 |
| 6504 | 3.0 | 442 | 57 | 7.8 | 1.9 |
| 6506 | 3.0 | 553 | 48 | 11.5 | 1.6 |
| 730039 | 3.0 | 188 | 100 | 1.9 | 7.6 |
| 730077 | 3.0 | 230 | 96 | 2.4 | 6.2 |
| 800050 | 3.0 | 204 | 91 | 2.2 | 9.1 |
| 8001 | 3.0 | 248 | 93 | 2.7 | 5.8 |
| 8002 | 3.0 | 280 | 83 | 3.4 | 5.6 |
| 8004 | 3.0 | 390 | 62 | 6.3 | 2.6 |
| 8001LP | 3.0 | 267 | 84 | 3.2 | 5.4 |

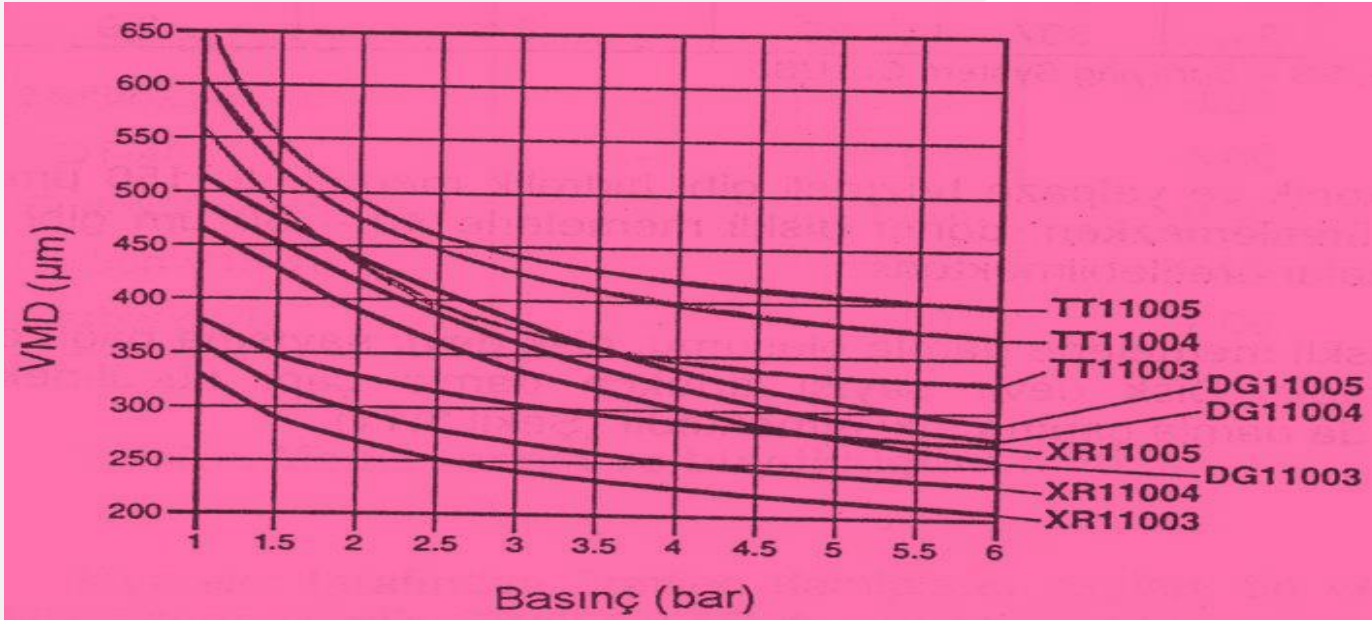
- Ayrıca, konik ve yelpaze hüzmeli gibi hidrolik memelerle $150\ \mu\text{m}$ ' den küçük damlalar üretilemezken, döner diskli memelerle $40 - 60\ \mu\text{m}$ gibi daha küçük çaplı damlalar üretilebilmektedir.
- Döner diskli memelerle damla oluşumu, disk devir sayısına bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Disk devir sayısı arttıkça damla çapı küçülmektedir. Ayrıca disk çapı da damla çapına etki etmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Disk devir sayısı ve disk çap.damla çapına etkisi

Çalışma (İşletme) basıncının etkisi

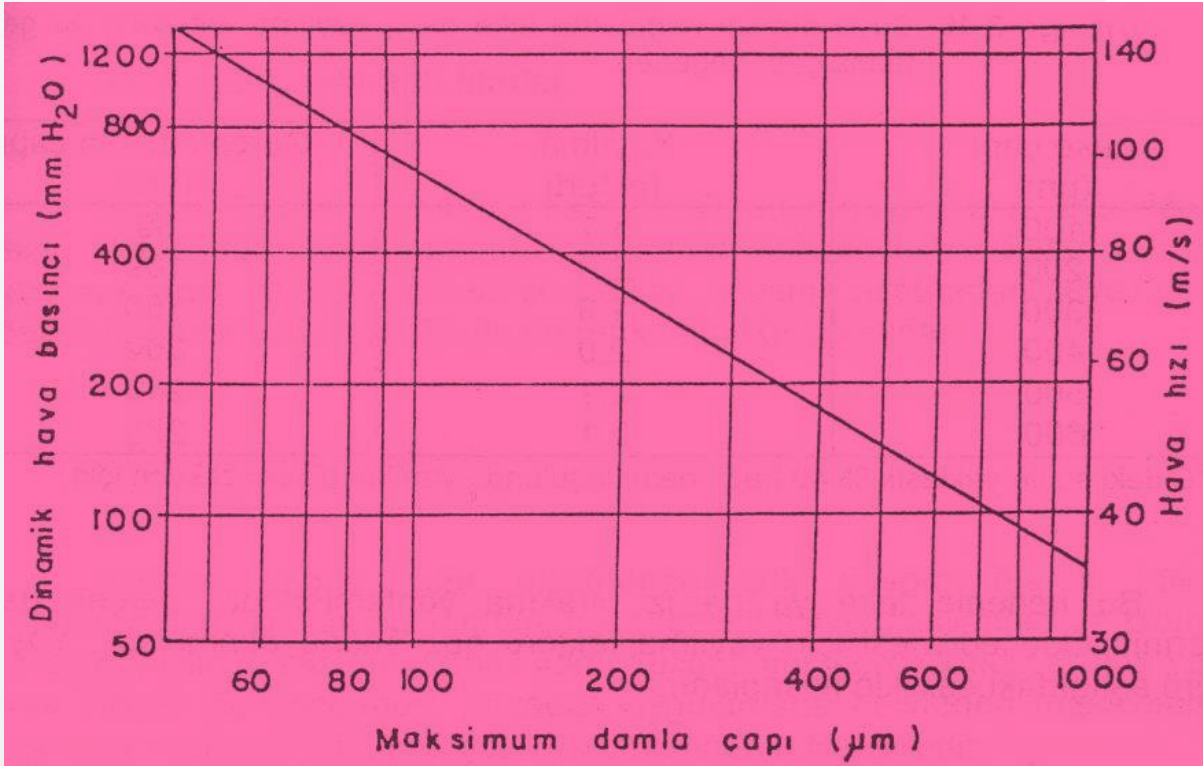
➤ Hidrolik memelerle yapılan pülverizasyonlarda meme tipi ve büyüklüğü sabit iken damla büyüklüğü üzerine etkili olan en önemli faktör çalışma basıncıdır. Şekil 3.12' de çalışma basıncının damla büyüklüğüne etkisi görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, basınç arttıkça aynı meme ölçülerinde üretilen damlaların çapı küçülmektedir.



Şekil 3.12.Çalışma basıncının damla büyüklüğüne etkisi

Pülverizasyon şeklinin etkisi

➤ Pnömatik pülverizatörlerde, sıvı ilacın damlalar haline getirilmesi tamamen yüksek hızlı hava akımıyla gerçekleşmektedir. Hava akımının hızı arttıkça pülverizasyonun ortalama damla çapı küçülmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Hava akımı hızının damla büyüklüğüne etkisi