

TC  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

FARKLI YAPIMCI VE YAPIM ÖZELLİKLERİNE SAHİP  
DAMLATICILARDA EŞ SU DAĞILIMININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gökhan ÇAMOĞLU

ÇANAKKALE-2004

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**FARKLI YAPIMCI VE YAPIM ÖZELLİKLERİNE SAHİP  
DAMLATICILARDA EŞ SU DAĞILIMININ İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan : Gökhan ÇAMOĞLU**  
**Danışman : Yrd. Doç. Dr. M. Yetiş YAVUZ**

**ÇANAKKALE-2004**

**Bu çalışma Onsekiz Mart Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne,**

Bu araştırma, jürimiz tarafından Tarımsal yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan :** .....

**Üye :** .....

**Üye :** .....

**Kod No:**

**Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.**

**Enstitü Müdürü**

## TEŞEKKÜR

Araştırmanın her aşamasında yakın ilgi ve yardımlarını gördüğüm yüksek lisans tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. M. Yetiş YAVUZ'a, bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Sabri ŞENER'e, çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarıma, hayatım boyunca ve yüksek lisans öğrenimimin her safhasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve hayat arkadaşım Gökselin ÇAMOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZ	I
ABSTRACT	II
ÇİZELGELER	III
ŞEKİLLER	IV
1. GİRİŞ	1
2. KONU ÖZETİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1 Damla Sulama Yöntemi	5
2.2 Damlatıcılar	6
2.2.1 Damlatıcıların Sınıflandırılması	6
2.2.2 Damlatıcılarda Debi-Basınç İlişkisi	7
2.2.3 Bazı Damlatıcıların Özellikleri	11
2.2.4 Damlatıcı Seçim Kriterleri	12
2.3 Eş Su Dağılım Etkenleri	13
2.3.1 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)	14
2.3.2 Hidrolik Değişim	17
2.3.3 Sıcaklık Değişimi	21
2.3.4 Damlatıcıların Tıkanması	22
2.4 Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi	25
2.4.1 İstatistiksel Yeknesaklık (Us)	26
2.4.2 Damlama Türdeşliği (EU)	28
2.4.3 Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)	30
3. MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1 Materyal	32
3.1.1 Araştırma Yeri	32
3.1.2 Su Kaynağı	32
3.1.3 Pompa	34
3.1.4 Test Düzeneği	34
3.1.5 Denetim Birimi	36
3.1.6 Damlatıcılar	38
3.2 Yöntem	40
3.2.1 Damlatıcı Basınç – Debi İlişkisinin Belirlenmesi	42

3.2.2 Sıcaklık, Basınç ve Debi Ölçümleri	42
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
4.1 Damlatıcı Özelliklerinin Belirlenmesinde Korelasyon Katsayısı ve Analizi	45
4.2 Damlatıcı Debi – Basınç İlişkileri	50
4.2.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar	50
4.2.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar	53
4.3 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)	54
4.3.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar	55
4.3.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar	58
4.4 Damlatıcıların Sulama Yeknesaklıklarının Değerlendirilmesi	60
4.4.1 İstatistiksel Yeknesaklık (Us)	60
4.4.1.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar	60
4.4.1.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar	63
4.4.2 Damlama Türdeşliği (EU)	64
4.4.2.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar	65
4.4.2.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar	68
4.4.3 Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)	69
4.4.3.1 Hat İçi (In – Line) Damlatıcılar	70
4.4.3.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar	73
4.5 Yapım Farklılığı Katsayısı ile Sulama Yeknesaklığı Değerlendirme Yöntemleri Arasındaki İlişki	74
4.5.1 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv) ile Damlama Türdeşliği (EU) Arasındaki İlişki	74
4.5.2 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv) ile Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu) Arasındaki İlişki	76
4.6 Üniformite Sınıflarının Karşılaştırılması	78
5. SONUÇ	81
6. ÖZET	84
7. SUMMARY	87
8. KAYNAKLAR	90
TEŞEKKÜR	98
ÖZGEÇMİŞ	99

## ÖZ

Damla sulama sistemlerinde sulama randımanı damlatıcılardan çıkan debinin eşdeşliğine bağlıdır. İdeal olarak, bir sistemde bulunan tüm damlatıcılar eşit miktarda su dağıtmalıdır. Sistem performansı üzerine önemli etkiye sahip olan damlatıcı yapım farklılıkları, tamamı birbirine eşit olması gereken damlatıcı debileri arasında farklılıkların ortaya çıkmasına neden olan önemli bir etmendir.

Bu araştırmada, günümüzde üretilen ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı tip ve özellikteki damlatıcıların benzer veya aynı teknolojilerle üretilmiş olmalarına rağmen üretim aşamasında oluşan yapım farklılıklarının eş su dağılımına olan etkilerini belirlemek amacıyla 17 adet damlatıcı ele alınmıştır. Bu damlatıcılara ait basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla her bir damlatıcı tipi için 50 adet damlatıcı seçilmiş ve 6 farklı basınçta (0.5-3.0 atm) 3 tekrarlı olarak debileri ölçülmüştür. Araştırma sonucunda; hat içi damlatıcıların hat üstü damlatıcılara, yerli yapım hat içi damlatıcıların da yabancı yapım hat içi damlatıcılara göre, yapım farklılığı katsayıları (Cv) daha düşük ve buna bağlı olarak da damlama türdeşliği (EU), Christiansen yeknesaklık (Cu) ve istatistiksel yeknesaklık katsayıları (Us) daha yüksek çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Damlatıcı, yapım farklılığı katsayısı, damlatıcı performansı, sulama yeknesaklığı

## **ABSTRACT**

The efficiency of a trickle irrigation system depends directly on the flow rate uniformity of the water discharged from the emission devices throughout the system. Ideally, all drippers should discharge an equal amount of water in the system. However, differences in design and manufacturing of drippers, important factors on irrigation system performance, can cause an unequal flow rate of drippers.

Although similar or exactly same technologies are employed in manufacturing many different types of drippers produced today, some variations may arise during the production stage. In this research, we investigated the effects of such variations on the uniform water distribution, using 17 different dripper types broadly used in Turkey. Fifty drippers were chosen from each type of dripper systems and their pressure-flow rate relationship were determined under 6 different pressure levels (0.5-3.0 atm) with 3 replications. Research results showed that manufacturing variation coefficients ( $C_v$ ) of the foreign manufactured drippers were lower than those manufactured in Turkey. Also, in-line drippers had lower  $C_v$  values than on-line drippers. In relation with these, the emission uniformity (EU), Christiansen uniformity ( $C_u$ ) and statistical uniformity ( $U_s$ ) coefficients were higher in the foreign manufactured drippers and in-line drippers when compared to local products and on-line drippers, respectively.

**Key words:** Dripper or emitter, coefficient of manufacturing variation, emitter performance, irrigation uniformity.



## ÇİZELGELER

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 2.1 Laminar, Türbülans ve Tam Türbülanslı Akışlar için Kuramsal k ve x Değerleri	10
Çizelge 2.2 Her bir damlatıcı için basınca karşı debi değişimleri	10
Çizelge 2.3 Yapım Farklılık Katsayısının Önerilen Sınırları	16
Çizelge 2.4 Damlatıcı Yapım Katsayısı Sonuçları	16
Çizelge 2.5 Reynolds Sayısı ile Akış Rejimleri Arasındaki İlişki	20
Çizelge 2.6 20 °C sıcaklıkla ilişki olarak değişik debi üsleriyle, tipik uzun düz akış yollu damlatıcılar için debi düzeltme katsayıları	22
Çizelge 2.7 Olası Damlatıcı Tıkanmasının belirlenmesi Amacıyla Geliştirilmiş Su Kalite Kriterleri	23
Çizelge 2.8 Tıkanmaya Sebep Olan Faktörler	24
Çizelge 2.9 Damlama Türdeşliğinin Önerilen Sınırları	29
Çizelge 2.10 Üniformite sınıflarının değerlendirilmesi	30
Çizelge 3.1 Kullanılan suya ait özellikler	33
Çizelge 3.2 Araştırmada kullanılan pompaya ait özellikler	34
Çizelge 3.3 Hat İçi (In-Line) Damlatıcılara ait özellikler	39
Çizelge 3.4 Hat üstü (on-line) damlatıcılar ait özellikler	39
Çizelge 4.1 Deneme sonucunda elde edilen damlatıcı özellikleri	45
Çizelge 4.2 Yabancı yapım damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (ml/h)	51
Çizelge 4.3 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (ml/h)	52
Çizelge 4.4 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (ml/h)	52
Çizelge 4.5 Hat üstü damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (ml/h)	53
Çizelge 4.6 Yabancı yapım damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması	55
Çizelge 4.7 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması	57
Çizelge 4.8 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların yapım	

farklılıkları (%) ve sınıflandırılması	58
Çizelge 4.9 Hat üstü damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması	59
Çizelge 4.10 Yabancı yapım damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması	61
Çizelge 4.11 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması	62
Çizelge 4.12 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması	63
Çizelge 4.13 Hat üstü damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması	64
Çizelge 4.14 Yabancı yapım damlatıcıların "EU" (%) değerleri ve sınıflandırılması	65
Çizelge 4.15 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların "EU" (%) değerleri ve sınıflandırılması	66
Çizelge 4.16 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların "EU" (%) değerleri ve sınıflandırılması	67
Çizelge 4.17 Hat üstü damlatıcıların "EU" (%) değerleri ve sınıflandırılması	69
Çizelge 4.18 Yabancı yapım damlatıcıların "Cu" (%) değerleri	70
Çizelge 4.19 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların "Cu" (%) değerleri	71
Çizelge 4.20 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların "Cu" (%) değerleri	72
Çizelge 4.21 Hat üstü damlatıcıların "Cu" (%) değerleri	73
Çizelge 4.22 Deneme alınan damlatıcıların yapım farklılığı katsayısı (%) ile damlama türdeşliği değerleri (%)	75
Çizelge 4.23 Deneme alınan damlatıcıların yapım farklılığı ile Christiansen yeknesaklık katsayısı değerleri (%)	77
Çizelge 4.24 Damlatıcıların sınıflandırmadaki yerleri	79

## ŞEKİLLER

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1 Çeşitli akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç-debi değişimi arasındaki ilişki	9
Şekil 2.2 Boru Boyunun Üniformiteye Etkisi	19
Şekil 3.1 Denemede kullanılan su deposu	33
Şekil 3.2 Pompanın genel görünüşü	34
Şekil 3.3 Test düzeneğinin genel görünümü	36
Şekil 3.4 Basınç ayarında kullanılan galvaniz vanalar	37
Şekil 3.5 Araştırmada kullanılan bir basınç ölçer	37
Şekil 3.6 Test Düzeneğinin Genel Görünüşü	41
Şekil 3.7 Debi ölçümlerinde kullanılan su toplama kapları	43
Şekil 3.8 Ağırlık tespitinde kullanılan elektronik hassas terazi	43
Şekil 4.1 Yabancı yapım hat içi ve 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	46
Şekil 4.2 Yabancı yapım hat içi ve 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	47
Şekil 4.3 Yerli yapım hat içi ve 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	47
Şekil 4.4 Yerli yapım hat içi ve 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	48
Şekil 4.5 Yerli yapım hat içi ve 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	48
Şekil 4.6 Hat üstü damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	49
Şekil 4.7 Hat üstü damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi	49
Şekil 4.8 Yabancı yapım damlatıcıların basınç – debi eğrileri	51
Şekil 4.9 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç – debi eğrileri	52
Şekil 4.10 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç – debi eğrileri	53
Şekil 4.11 Hat üstü damlatıcıların basınç – debi eğrileri	54

Şekil 4.12 Yabancı yapım damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri	56
Şekil 4.13 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri	57
Şekil 4.14 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri	58
Şekil 4.15 Hat üstü damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri	59
Şekil 4.16 Yabancı yapım damlatıcıların H-Uş eğrileri	61
Şekil 4.17 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Uş eğrileri	62
Şekil 4.18 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Uş eğrileri	63
Şekil 4.19 Hat üstü damlatıcıların H-Uş eğrileri	64
Şekil 4.20 Yabancı yapım damlatıcıların H-EU eğrileri	66
Şekil 4.21 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-EU eğrileri	67
Şekil 4.22 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-EU eğrileri	68
Şekil 4.23 Hat üstü damlatıcıların H-EU eğrileri	69
Şekil 4.24 Yabancı yapım damlatıcıların H-Cu eğrileri	71
Şekil 4.25 Yerli yapım 2 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Cu eğrileri	72
Şekil 4.26 Yerli yapım 4 l/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Cu eğrileri	73
Şekil 4.27 Hat üstü damlatıcıların H-Cu eğrileri	74
Şekil 4.28 Yapım farklılığı-damlama eş dağılımı katsayısı ilişkisi	76
Şekil 4.29 Yapım farklılığı- Christiansen yeknesaklık katsayısı ilişkisi	78

## 1. GİRİŞ

Dünya ikliminin giderek ısındığı ve nüfusun her geçen gün arttığı ve bunun sonucunda da yerleşim yerlerinin ve sanayinin giderek daha fazla suya ihtiyaç duyduğu günümüzde, tarımsal üretim için ayrılan su miktarı giderek azalmaktadır. Bu durumda her yıl artan nüfusu yeterli bir şekilde besleyebilmek için, tarımsal sulamaya ve suyun ekonomik kullanımına ilişkin çalışmalara ağırlık verilmesi zorunlu hale gelmiştir. Tarımsal üretim için ayrılan suyun giderek azalması sonucunda, suyu daha etkin ve ekonomik kullanımını sağlayabilmek için farklı sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin içinde de küçük debilerle çalışan ve su tasarrufu sağlayan düşük basınçlı sulama yöntemleri günümüzde önem kazanmaktadır.

Bu yöntemler içerisinde bulunan damla sulama, arındırılmış suyun ve gübrenin damlatıcılar aracılığıyla çok küçük fakat sürekli bir akış veya damlalar halinde toprak yüzeyine veya içerisine (bitki kök bölgesine) verildiği yöntemdir (Kanber, 1999). Bu yöntem, sulama suyunun yüksek bir randıman uygulanarak büyük oranda su ekonomisi sağlanması, toprak neminin istenilen düzeyde tutulabilmesi ve bitki besin maddelerinin su ile birlikte verilmesine olanak sağlaması nedeniyle her geçen gün artan bir kullanım alanı bulmaktadır (Tüzel, 1993).

Damla sulama, son 10-15 yılda yaygın olarak kullanılan yeni bir yöntemdir. Kurak bölgelerde, kısıtlı ve pahalı olan suyun en yüksek randımanla kullanılması mümkün olmaktadır. Basınç gereksinmesi yağmurlamaya oranla daha azdır. Birim alana uygulanan sulama suyu miktarı aynı olmak koşuluyla damla sulama ile bir çok kültür bitkisinden daha fazla verim alınabilmekte ve kalite iyileşmektedir. Düşük kaliteli sulama suları bile başarı ile kullanılmaktadır (Şener ve ark, 1995).

Ülkemizde de son yıllarda, özellikle su kaynaklarının sınırlı ve su maliyetinin yüksek olduğu Akdeniz ve Ege bölgesinde kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Buralarda da özellikle meyve bahçeleri ve seralarda damla sulama sistemlerinin kullanımı artmıştır.

ICID (International Comission on Irrigation and Drainage) Dünya üzerinde yaklaşık 417000 ha alanın damla sulama ile sulandığını ve bunun büyük bir çoğunluğunun Amerika Birleşik Devletleri'nde olduğunu belirtmektedir. Bu ülkede, 1972'de yaklaşık 4000 ha olan damla sulama alanlarının 1982'de 185300 ha'a genişlediği görülmektedir. İsrail'de de hızla yayılan damla sulama 1975'de 10000

ha'dan 1982'de 81700 ha'a ulaşmıştır. 10000 ha üzeri bu yöntemle sulanan başlıca yedi ülke; Amerika Birleşik Devletleri, İsrail, Güney Afrika, Fransa, Avustralya, Sovyetler Birliği ve İtalya'dır. ABD' de 1982 yılı itibariyle damla sulama ile sulanan alanların % 85'den fazlası California, Florida, Georgia, Hawaii, Michigan ve Texas eyaletlerinde yer almaktadır (Bucks ve Davis, 1986).

Damla sulama yöntemi; yüksek sulama randımanı, su dağıtımı için düşük basınç gereksinimi, düz olmayan alanlarda tesviye çalışmaları gerekmeksizin su uygulaması, toprak suyundaki tuz kontrolü ve yüksek sulama frekansı devreleri yoluyla sürekli su verme olanağı gibi avantajları sayesinde; bitkilerin üst kısımlarının ıslatılması engellenir, hava nemi sulamadan dolayı çok fazla etkilenmez, bitki alanları arasında kalan toprak yüzeyi kuru kalır. Bu nedenle; toprakta kaymak tabakası oluşumu önlenir ve buharlaşma yoluyla oluşan su kayıpları azalır, otomatik kontrol olanağı doğar, düşük düzeyde işçilik gerektirir ve işletme masrafları düşük düzeydedir. Ancak, avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır; katı kirleticiler için süzme işlemi zorunludur, özel çözülmüş kimyasal kirleticiler için kimyasal su arıtma gereklidir, topraktaki suyun yatay hareket kapasitesi gereklidir, damlatıcıların oluşturduğu boru ağı makineli veya hasat çalışmalarını engelleyebilir ve ilk yatırım masrafı yüksektir (Şener ve ark, 1995; Maier,1983).

Şener ve Çetin (2002), GAP ve Ege Bölgesindeki sulama sistemlerinin su ve enerji tasarrufu üzerine yaptığı karşılaştırmalı bir çalışmada, ele aldığı altı farklı sulama yönteminden (karık, yağmurlama, damla, hareketli nozzle, hareketli damla ve LEPA (Low Energy Precision Application)) en az su gereksiniminin ve en yüksek bitki veriminin damla sulama yöntemiyle elde edildiğini belirtmişlerdir.

Ayrıca, damla sulama yönteminin diğer yöntemlere kıyasla en avantajlı yanı yüksek randımanla sulama suyunun bitkilere uygulanabilmesidir. Damla sulama sistemlerinde sulama randımanı, damlatıcı debilerinin yeknesaklığına doğrudan bağlıdır. Bu nedenle sistemin yüksek randımanla çalışabilmesi için damlatıcı debileri arasındaki değişimin belli sınırlar içerisinde kalması gerekir. Aksi takdirde sistemden beklenen yüksek performans sağlanamaz.

Damla sulama yönteminde, diğer sulama yöntemlerine oranla, sulama suyu zamanında, daha denetimli ve düzgün bir dağılımla verilebilmektedir. Bu işlerin yerine getirilebilmesi, sistemin karşılaşılan koşullara uygun olarak tasarlanıp işletilmesine bağlıdır. Bu durum, diğer sistem unsurları yanında, özellikle yan boruların damlatıcı

özelliklerinin de dikkate alınmasıyla istenilen düzeyde eş bir su dağılımını verecek biçimde boyutlandırılmasıyla gerçekleşir. Ancak, bu yöntemde de tam anlamıyla eş bir su dağılımının sağlanması henüz olası değildir. Bunun başlıca nedeni, damlatıcılara su ileten yan borularda oluşan yük kayıpları ve sulama alanının eğime bağlı olarak, yan borular boyunca damlatıcı basınç verdisinin değişmesidir (Korukçu ve Yıldırım, 1984).

Kusursuz olarak gerçekleştirilmiş sulama projesi iyi işletilmezse uygulamadan beklenen yararı sağlayamaz. Sulama sisteminin amacına uygun olarak kullanıp kullanılmadığı ancak sistem değerlendirmesi ile ortaya çıkabilir. Sistemin değerlendirilmesinde temel amaç, kurulu olan bir sistemin işletme durumunun sağlanması ve sistemde olması gerekenin mevcut durum ile karşılaştırılarak ortaya çıkacak uygun işletme tekniğinin saptanmasıdır (Oğuzer ve Yılmaz, 1990).

Damla sulama sisteminin etkin bir şekilde kullanılması ancak sistemin doğru olarak dizayn edilmesiyle gerçekleştirilebilir. Sistemin randımanlı çalışmasında önemli etkiye sahip olan damlatıcılar, sistemin en önemli unsurlarıdır. Çünkü, damla sulama sistemlerinde sulama randımanı damlatıcılardan çıkan debinin eşdeğerliğine bağlıdır. İdeal olarak, bir sistemde bulunan tüm damlatıcılar eşit miktarda su dağıtmalıdır (Özekici ve Bozkurt, 1996). Damlatıcı debilerinin değişimi bir çok etmenden kaynaklanmaktadır. Hidrolik değişim ile damlatıcı performansının değişimi temel etmenlerden ikisidir. Hidrolik değişim, yan ana boru ve lateral hatlarındaki arazi eğimi, boru çapı ve uzunluğa bağlı olarak damlatıcıların değişik basınçlar altında çalışması sonucu ortaya çıkar. Damlatıcı performansının değişimi, damlatıcılar arasındaki yapıcı farklılıkları, damlatıcılardaki tıkanıklılık, su sıcaklığındaki değişimler ve damlatıcıların yıpranmaları sonucudur. Bu nedenle, damla sulama sistemlerinden de sistem performansının en önemli göstergesi olan sulama yeknesaklığının belirlenmesinde anılan, her iki değişiminde bilinmesi gerekmektedir (Tüzel, 1993). Sistem performansı üzerine önemli etkiye sahip olan damlatıcı yapım farklılıkları, özünde eşit debilere sahip olması gereken damlatıcılar arasındaki debi farklılıklarının görülmesine yol açan önemli bir etmendir (Özekici ve Bozkurt, 1996).

Damlatıcı akış değişimine neden olan etmenlerden yapım farklılıkları dışındaki diğer faktörler uygulayıcılar tarafından alınacak bazı önlemlerle kontrol altına alınabilir. Buna karşın, damlatıcı yapım farklılıkları ise damlatıcının üretimi sırasında meydana gelen yapım hataları olup, bunun kontrolü veya düzeltilme olanağı bulunmamaktadır. Bu nedenle, uygulayıcılar kullanacakları damlatıcıların yapım

farklılıklarını dikkate alarak projelendirme yapmalıdırlar. Yapım farklılıklarının dikkate alınmadan projelendirilen sistemlerde tüm etkenler optimum düzeyde sağlansa bile, sistemin su dağılım türdeşliği düşük değerlerle sonuçlanabilir. Buna bağlı olarak da arazideki bazı bitkilere gereğinden az, bazılarına ise gereğinden çok su uygulanmış olur (Bozkurt, 1996).

Bu çalışmada, çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılmakta olan yerli yapım ve dış alım yoluyla ülkemize getirilen hat içi (in-line) ve hat üstü (on-line) damlatıcılarda, üretimden kaynaklanan yapım farklılıklarının damlatıcıların sulama performanslarına olan etkileri araştırılmıştır.



## 2. KONU ÖZETİ VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1 Damla Sulama Yöntemi

Damla sulama, bitki gelişimi için gerekli olan suyun, kısa aralıklarla ve basınç altında iletiildiği yan borular üzerindeki damlatıcılardan, hemen hemen basınçsız olarak bitki kök bölgesinin yakınında, toprak yüzeyine damlatılarak verildiği yöntemdir (Korukçu ve Yıldırım, 1984).

Keller ve Karmeli (1975) damla sulamayı, filtre edilen suyun toprak yüzeyine veya içerisine doğrudan uygulandığı bir sistem olarak tanımlamıştır. Bu yöntemde su, yoğun bir boru ağıyla her bir bitkiye götürülür. Suyu toprağa damlatan ve “damlatıcı” adı verilen çıkışlar bulunur. Bu sistemde lateral ağı veya damlatıcı hatları genellikle yer üstünde bulunur. Yani sulama sırasında lateraller ve damlatıcılar yer değıştirmmezler.

Tipik bir damla sulama sistemi unsurları, bitkiden su kaynağına doğru sırasıyla; damlatıcılar, lateral hatlar, manifold hatlar, ana hat, kontrol birimi ve pompa birimidir (Dasberg ve Bresler, 1985; Kanber, 1999; Keller ve Karmeli, 1975; Korukçu, 1999).

Lateral boru hatları, manifold boru hattından gelen suyu, bitki sıralarına paralel olarak taşıyan ve üzerlerine yerleştirilmiş damlatıcılara veren, genellikle 4 atm işletme basınçlı, güneşin ultraviyole ışınlarına dayanıklı ve dış çapları genellikle 12-32 mm arasında değışen yumuşak PE (Polyethylene)’den yapılan borulardır.

Manifold boru hattı, damlatıcılara suyu ileten, yüzeye serildiğinde, 4 atm işletme basınçlı yumuşak yada sert PE (Polyethylene) borulardan, toprak altına döşendiğinde ise genellikle 6 atm işletme basınçlı sert PVC (Polivinylchlorid) borulardan oluşan çok çıkışlı bir boru hattıdır (Keller ve Karmeli, 1975).

Ana boru hattı, suyu kontrol biriminden alıp manifoldlara veren ve genellikle 6 atm işletme basınçlı sert PVC’den oluşan ve toprak altına gömülü halde bulunan boru hattıdır.

Kontrol birimi, pompa biriminden sonra ana boru hattı üzerine yerleştirilen ve genellikle hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı, gübre tankı, elek filtre, basınç regülatörü, su ölçüm araçları, manometreler ve vanalar gibi unsurların bulunduğu birimdir. Kontrol biriminde bulunan bu unsurlar sayesinde, sulama suyunda tıkanmaya sebep olabilecek

istenmeyen materyaller uzaklaştırılır ve yine bu kısımda sistem debisi ve sistem giriş basıncı denetlenir ve bitki besin elementleri sulama suyuna karıştırılır.

Pompa birimi sayesinde, su kaynağının yeteri kadar yüksekte olmadığı koşullarda, sistem için gerekli olan işletme basıncı sağlanır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

## **2.2 Damlatıcılar**

Damlatıcılar, damla sulama sistemindeki suyu, düşük basınç altında ve düşük debiyle dağıtan sistemin en önemli unsurlarıdır. İdeal bir damlatıcı, arazi yüzeyinde önemli miktarda değişiklik göstermeyen sabit, düşük ve yeknesak bir akış sağlamalıdır (Bucks ve Davis, 1986).

Damlatıcıların çalışma prensibi, lateral borulardaki basınçlı suyun damlatıcıya geçtikten sonra enerjisinin sürtünme ile kırılması sonucunda, damlatıcıdan damlalar halinde çok düşük debi ile çıkması prensibine dayanır (Güngör ve ark., 1996; Yıldırım, 1996a).

### **2.2.1 Damlatıcıların Sınıflandırılması**

Damlatıcıların, bazı özellikleri dikkate alınarak farklı şekillerde sınıflandırılabilirler. Dolayısıyla bir çok araştırmacı damlatıcıları benzer şekilde sınıflandırmışlardır (Keller ve Karmeli, 1975; Dasberg ve Bresler, 1985). Bunlardan en tipik olanları şöyle sıralanabilir;

- Akış rejimine göre; Reynolds (Re) sayısından yararlanılarak damlatıcı içindeki akışa göre yapılan bu sınıflandırmaya göre damlatıcılar, laminar akışlı, kısmi türbülans akışlı ve tam türbülans akışlı,
- Lateral bağlantısına göre; boylamasına geçik, hat üstü (on-line) ve hat içi (in-line),
- Basıncın kırılmasına göre; uzun akış yollu, meme veya orifis kesitli damlatıcılar ve gözenekli borular,
- Suyu dağıtma özelliğine göre; tek çıkış noktasına sahip orifis ve uzun akış yollu damlatıcılar, birkaç su çıkış noktası bulunan orifis ve uzun akış yollu damlatıcılar, lateral hattı boyunca devamlı dağılım sağlayan delikli borular,

- Akış kesitine göre; tıkanmaya karşı hassasiyetlik derecesine göre, çok hassas, hassas, az hassas,
- Temizleme özelliklerine göre; kendinden temizleyici ve el yardımı ile temizlenen damlatıcılar,
- Basınç düzenleme özelliğine göre; tam basınç düzenleyicili, kısmi basınç düzenleyicili, basınç düzenleyicisiz damlatıcılar,
- Ürün materyaline göre; polivinylchlorid (PVC), polyethylene (PE) ve acrilontributadienestyrene (ABS) yapımlı damlatıcılar şeklinde sınıflandırılmaktadır.

### 2.2.2 Damlatıcılarda Debi-Basınç İlişkisi

Damla sulama sistemlerinde debi basınç ilişkisi, Keller ve Karmeli (1975) tarafından belirtildiği gibi eşitlik 1 ile belirlenmektedir.

$$q = k H^x \quad (1)$$

Burada;

$q$  = Damlatıcı debisi (L/s)

$H$  = İşletme basıncı (m)

$k$  = Akış katsayısı

$x$  = Akış rejimine bağlı katsayı

$k$  ve  $x$  katsayıları, iki tarafı logaritmik bir kağıt üzerinde  $q$  ve  $h$  değerlerinin karşılıklı olarak işaretlenmesi ile belirlenebilir. Elde edilen doğrunun eğimi  $x$  üs değerini, doğrunun birim ( $h$ ) değerine ( $h=1$ ) karşılık düşey eksenini kestiği nokta  $k$  değerini verir (Yaşar ve Anaç (1989)).

Kapdaşlı ve ark.(1997)  $k$  ve  $x$  katsayılarının bulunmasına ilişkin olarak benzer bir yol izlemiştir. Eşitlik 1 kullanılarak,  $h_1$  ve  $h_2$  basınçlarında elde edilen debiler sırasıyla  $q_1$  ve  $q_2$  olacaktır. Bu durumda eşitlikler,

$$q_1 = k.h_1^x \quad (2)$$

ve

$$q_2 = k.h_2^x \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Her iki tarafın logaritması alınarak eşitlikler tekrar yazılırsa eşitlik 4 ve eşitlik 5 elde edilir.

$$\log q_1 = \log k+x.h_1 \quad (4)$$

$$\log q_2 = \log k+x.h_2 \quad (5)$$

Her iki denklem kullanılarak elde edilen eşitlik 6 yardımıyla debiye karşı basınç değerlerinin logaritmik eğrisinin çizilip, eğiminin ölçülmesi suretiyle x değeri belirlenebilir.

$$x = \frac{\log q_1 - \log q_2}{\log h_1 - \log h_2} \quad (6)$$

Bir damlatıcı debisi; çalışma basıncı, su sıcaklığı, üretimdeki değişkenliklere ve tıkanma derecesine bağlıdır. Genelde damlatıcı debisi  $h^x$  değerine bağlıdır. Damlatıcı yapım biçimine ve damlatıcı içindeki geçiş yollarının fiziksel boyutlarına bağlı olan k katsayısı da şu şekilde açıklanabilir (Kapar, 1991 ).

$$k = K \cdot K_v \cdot K_T \cdot K_p \quad (7)$$

Burada;

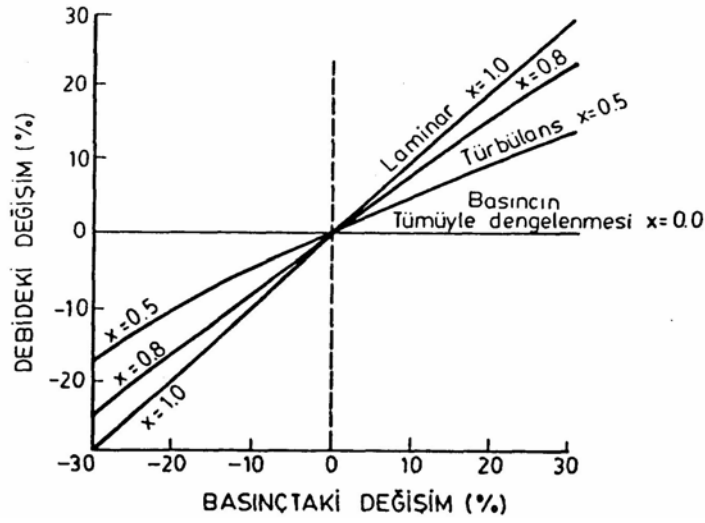
K = bağımlılık katsayısı,

$K_v$  = üretimdeki değişmeler nedeniyle düzeltme katsayısı,

$K_T$  = su sıcaklığı nedeniyle düzeltme katsayısı,

$K_p$  = damlatıcının tıkanması nedeniyle düzeltme katsayısı

x değeri, damlatıcılara bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişebilir. x katsayısının değeri, su uygulama yeknesaklığında büyük rol oynadığı için önemlidir. Bu değer ne kadar küçük ise basınç düzenleme özelliği de o derece yüksektir. Örneğin tam basınç düzenleyicili bir damlatıcı ise x sifıra eşittir ve debi, işletme basıncındaki değişimlere karşın sabittir. Bu durumda teorik olarak sistem üniformitesi mükemmel düzeyde olacaktır. Şayet damlatıcılarda basınç düzenleme özelliği yoksa, x değeri akış cinsine ve damlatıcının yapısına bağlıdır (Baswell, 1985). Farklı akıştaki damlatıcılarda debi-basınç ilişkileri Keller ve Karmeli (1975) ve Bralts (1986) tarafından Şekil 2.1'deki gibi açıklanmıştır.



**Şekil 2.1** Çeşitli akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç-debi değişimi arasındaki ilişki (Keller ve Karmeli, 1975; Bralts,1986)

Karmeli (1977), Zur ve Tal (1981), Von Bernuth ve Solomon (1986), Bralts ve ark. (1987), Warrick ve Yitayew (1988 ), x değerinin laminar akış rejimli damlatıcılarda 0.5-1.0. tam türbülans rejimli damlatıcılarda 0.5 ve damlatıcı akış kesit alanının basınca göre değiştiği yani basınç düzenleyicili damlatıcılarda, basınç düzenleme durumuna göre 0.0-0.5 arasında olduğunu belirtmişlerdir (Tüzel, 1990).

Yıldırım ve Korukçu (1999), damlatıcılarda akış yolunun biçimine bağlı olarak akış rejiminin uzun akış yollu mikro tüplerde laminar, labirent yada zigzag biçimindeki uzun akış yollu damlatıcılarda kısmi türbülanslı (laminara yakın), kısa akış yollu orifis damlatıcılarda türbülanslı veya kısmi türbülanslı (türbülanslıya yakın) olabileceğini bildirmişlerdir.

Teorik olarak x değeri, laminar akımda 1.0 ve türbülanslı akımda 0.5'dir. Ancak eşitlik 1'de verilen damlatıcı basınç-debi ilişkisi, laboratuvar denemeleri ile farklı işletme basınçlarında damlatıcı debileri ölçülerek saptanmaktadır. Laboratuvarlarda deneysel olarak elde edilen gerçek değerler, çoğunlukla orifis damlatıcılarda 0.56-0.81 arasında değişmektedir. Basınç değişimindeki debi farklılığı, x değerinin 1.0'a yaklaşma düzeyi ile orantılı olarak artmaktadır. Bu nedenle, damlatıcılarda, x değerinin 0.5'e yakın olması istenen bir özelliktir (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

James (1988) ise farklı akışlar için k ve x katsayılarına ilişkin kuramsal değerleri Çizelge 2.1'deki gibi belirlemiştir.

**Çizelge 2.1** Laminar, türbülans ve tam türbülanslı akışlar için kuramsal k ve x değerleri (James, 1988)

Akış Rejimi	k	x
Laminar ( $Re < 2000$ )	$\frac{\rho D^2 g A}{32 \mu L}$	1.00
Türbülanslı ( $3000 < Re < 10^5$ )	$2.87A \left(\frac{g}{L}\right)^{0.57} D^{0.14} \left(\frac{\rho}{\mu}\right)$	0.57
Tam Türbülanslı ( $Re > 10^6$ )	$A \left(\frac{2gD}{fL}\right)^{0.50}$	0.50

Burada;  $\mu$ , sıvının dinamik vizkozitesi; L, damlatıcı akış yolu uzunluğu; A, damlatıcı akış yolu kesit alanı;  $\rho$ , sıvı yoğunluğu ( $M/L^3$ ); D, damlatıcı akış yolu çapı (L); g, yerçekimi ivmesi ( $L/T^2$ ); f, Darcy-Weisbach eşitliğindeki sürtünme etmeni; Re, Reynold sayısı.

Boswell (1985) yaptığı bir çalışmada, 4 farklı damlatıcı tipini ele alarak bunların x ve k değerlerini belirlemiştir. Bu damlatıcılardan ikisi orifis tipli, diğer ikisi de kapılar tiplidir. 6 m uzunluğunda her bir lateral 6 farklı işletme basıncında çalıştırılmış ve bir basınç düzenleyici ile kontrol altına alınmıştır. Ayrıca su sıcaklığı 20 °C'de kalacak şekilde sabit tutulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen veriler Çizelge 2.2 'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.2** Her bir damlatıcı için basınca karşı debi değişimleri (Boswell, 1985)

İşletme Basıncı (cm.Hg)	Kapılar Tüp #1 (ml/dk)	Kapılar Tüp #2 (ml/dk)	Orifis Tüp #1 (ml/dk)	Orifis Tüp #2 (ml/dk)
10.2	3.39	2.30	4.81	7.96
16.5	5.83	4.05	6.22	10.51
25.4	8.40	6.45	7.81	13.04
40.6	13.75	10.15	9.65	15.97
62.2	19.88	15.64	11.81	20.16
76.2	24.55	19.02	13.23	22.08
	k = 0.91	0.57	2.45	4.05
	x = 0.97	1.04	0.49	0.50

Bu araştırma sonuçları gösteriyor ki orifis tipin x değerleri yaklaşık 0.5'e eşit, oysa kapilar tipin x değerleri yaklaşık 1,0'a eşittir. Bu sonuçlar orifis tipli damlatıcıların tam türbülanslı olduğunu, kapilar tipli damlatıcılarında laminar akımlı olduğunu göstermektedir.

### 2.2.3 Bazı Damlatıcıların Özellikleri

Orifis tipi damlatıcılardan kısmen düşük debi elde etmek zordur. Buna rağmen, yapılarının basit ve fiyatlarının ucuz olmasından dolayı böyle damlatıcılar belli alanlarda kullanılmaktadır. Bunlar, suyun damlayabileceği şekilde borularda yakın aralıklarla deliklerin açılması suretiyle yerleştirilen memelerden oluşur. İşletme basıncı 1 atm'den daha düşük olduğunda uniform olmayan bir debi ortaya çıkabilmektedir. Akış yolu çapları 0.5 mm'den daha az olduğunda tıkanma problemleri ortaya çıktığı için genellikle 0.5-1.0 mm arasındadır (Goldberg ve ark, 1976). Debileri ve debilerin değişim aralıkları oldukça fazladır (6-70 L/h). Bu tip damlatıcıların varyasyon katsayıları düşüktür. Bu nedenle basınç değişimlerindeki debi değişimleri düşük düzeydedir. Kimyasal madde birikimi ve organik materyal oluşumunda tıkanmayla birlikte eş su dağılımı olumsuz olarak etkilenmektedir (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Çift çeperli borularda içteki debi ve basınç yüksektir. Su dış boruya küçük delikler aracılığıyla geçmektedir. Orifis tipi damlatıcılar ve delikli borular bir takım olumsuzluklarından dolayı kullanımları sınırlıdır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Damlatıcılar akış yolu biçimine göre labirent, zigzag ve düz akış yollu olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Düz akış yollu damlatıcılar, mikro tüplerdir. Zigzag biçimindeki uzun akış yollu damlatıcıların çapları genellikle 0.0375-0.0875 cm arasında değişmektedir. Labirent tipli uzun akış yollu damlatıcıların çapları ise 0.8 m veya daha fazla olabilmektedir (Goldberg ve ark, 1976). Bu tip damlatıcıların işletme basınçları genellikle 0.5-2.0 atm, debileri 2-12 L/h ve akış yolu çapları 0.8-2.5 mm arasında değişmektedir. Bu tip damlatıcıların orifis tipi damlatıcılara göre varyasyon katsayıları daha yüksek, ancak akış yolu çapı daha büyük olduğundan tıkanma riskleri de daha azdır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Geçirgen (poroz) boruların çeperlerinde çok küçük porlar vardır. Su, lateral boru hattı boyunca bu porlardan toprağa sızmaktadır. Bu borular sızdırma sulama

yönteminde kullanılmaktadır. Çok çabuk tıkanmaları ve genellikle toprak altına gömülmeleri sebebiyle, kullanımları son derece sınırlıdır.

Uygulamada, en çok labirent veya zigzag biçimindeki uzun akış yoluna sahip damlatıcılar kullanılmakta ve bunlar lateral üzerine geçik (on-line) ve laterale boylamasına geçik (in-line) olmak üzere iki tipte yapılmaktadırlar (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

#### **2.2.4 Damlatıcı Seçim Kriterleri**

Damla sulama sistemlerinin projelenmesi aşamasında damlatıcılar seçilirken aşağıda belirtilen kriterler dikkate alınmalıdır.

Damlatıcılarda basınç değişimlerine karşı debi değişimlerini gösteren eşitlik 1'deki  $x$ , akış rejimine bağlı katsayısı mümkün olduğunca en düşük olan damlatıcı seçilmelidir. Bu sayede, debi işletme basıncındaki değişimden daha az etkilenecek ve daha yüksek bir eş su dağılımı sağlanacaktır.

Damlatıcılar, işletme basıncının en az 10 m veya 1 atm (33 ft) olduğu koşulda, 2-10 L/h arasında bir damlatıcı debisine sahip olmalıdır (Keller ve Karmeli, 1975). Olanaklar ölçüsünde düşük debili damlatıcılar seçilmelidir. Ancak yeterli bir ıslatma oranı sağlanmalıdır. Örneğin meyve ağaçlarında ve bağlarda sıra aralıkları geniş olduğundan yüksek debili damlatıcıları seçmek zorunlu olabilmektedir. Ancak ağır bünyeli topraklarda debinin 4 L/h ve orta bünyeli topraklarda ise debinin 6 L/h'ın üzerinde alınması, yüksek akışa neden olabileceğinden önerilmemektedir. Hafif bünyeli topraklarda ise 16 L/h'a kadar damlatıcı debisi seçilebilir. Tarla bitkileri ve sebze tarımı için damlatıcı debisini 4 L/h'ın üzerinde alınmaması önerilmektedir. Damlatıcı debisini belirlerken, yüksek debide, genellikle birim alan sistem debisinin ve buna bağlı olarak sistem maliyetinin artabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Olanaklar ölçüsünde kesit alanı büyük olan, labirent yada zigzag biçimindeki, uzun akış yollu damlatıcılar tercih edilmeli ve bu damlatıcılar zorunlu kalmadıkça, en az 1 atm işletme basıncında çalıştırılmalıdırlar. Bu koşullarda, bir yandan akış yolu boyunca yüksek akış hızı elde edilmekte ve böylelikle akış rejimi laminardan çok kısmi türbülanslı yada tam türbülanslı akım olmakta, bunların sonucunda da özellikle kimyasal madde birikimi veya organik materyal oluşumunun neden olduğu tıkanma



sorunu azalmakta, öte yandan akış yolu boyunca suyun basıncı kırıldığı için damla damla toprak yüzeyine verilmesi sağlanarak, yüzey akışı ve erozyon sorunu ortadan kaldırılmaktadır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Damlaticıların seçiminde, ASAE (American Society of Agricultural Engineers) (2002)'nin belirtmiş olduğu Çizelge 2.3'den de anlaşılacağı gibi yapımçı farklılığının ifadesinde kullanılan varyasyon katsayısı (CV) en düşük olan damlatıcı tercih edilmelidir. Böylece damlatıcıların yapımından kaynaklanan kötü eş su dağılımı minimum düzeye indirilebilecektir.

Damlaticı içersindeki akış yolu boyunca kimyasal madde birikimini engelleme yönünden, işletme basıncını zorunlu kalmadıkça 1 atm'den az seçmemek gerekir. Gerekli basınç pompa birimi ile sağlanıyorsa, işletme basıncını 10 m almak en uygun olanıdır. Basınç yerçekimi ile sağlanıyorsa 0.5–2.0 atm arasında fakat daha çok 2.0 atm'e yakın tutulmasında yarar vardır (Yıldırım, 1996/b).

Damlaticılar arasından ucuz, aşınma ve yıpranmalara karşı dayanıklı olanı seçilmelidir (Keller ve Karmeli, 1975).

### **2.3 Eş Su Dağılım Etkenleri**

Damla sulama yönteminin diğer yöntemlere kıyasla en önemli avantajlarından olan suyun araziye yeknesak olarak dağılımının sağlanabilmesi, damlatıcılardan çıkan suyun eşdeşliğine bağlıdır. Uygulanan suyun türdeşliğinin sağlanması ile sulama periyodu süresince suyun bitkilere eşit miktarlarda verilmesine olanak sağlanacaktır.

Yeknesak su dağılımının sağlanamamasına neden olan faktörler değişik araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Genel olarak bu faktörleri, damlatıcı faktörleri ve hidrolik sistem faktörleri oluşturmaktadır. Damlaticı faktörlerinin kapsamı; basınca ve su sıcaklığına karşılık damlatıcı debisinin değişimi, damlatıcı yapımının tek düze olmaması, damlatıcı konstrüksiyonu ve montajdaki değişim, damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması ile kurulan tesiste yer alan damlatıcı sayısı olarak belirtilmektedir (Bralts ve ark., 1981; Giay ve Zelenka, 1986; Pitts ve ark., 1986; Solomon; 1977).

Benzer şekilde suyun yeknesak dağılımını etkileyen bazı damlatıcı özellikleri Keller ve Karmeli (1975) tarafından da maddeler halinde sıralanmıştır.

1. Yapımcı toleransı nedeniyle debideki değişimler,
2. Dizayn özelliklerine bağlı olarak basınç değişimindeki debi değişimleri,
3. Akış rejimine bağlı katsayı (x),
4. Uygun işletme basıncı aralığı,
5. Damlatıcıların laterallere bağlantısından kaynaklanan basınç kayıpları,
6. Tıkanmaya, siltasyona veya kimyasal madde birikimine olan hassasiyet,
7. Uzun periyotta debi-basınç dengesi.

Yine aynı araştırmacılar tarafından; bir lateral hattaki sürtünme kayıplarının oluşturduğu değişimler, basınç düzenleyiciler, ana hattaki akış, laterallerin eğimi, lateralden laterale geçişteki basınç değişimleri ve su sıcaklığındaki değişimlerin sebep olduğu faktörlerin hidrolik sistem faktörlerinin kapsamına girdiği belirtilmektedir.

Konuyla ilgili bazı önemli faktörler bu kısımda ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

### 2.3.1 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)

Yapım farklılığı katsayısı (coefficient of manufacturing variation) damlatıcıların herhangi bir yerde kullanılmadan önce aynı büyüklük ve tipte olan damlatıcılarda oluşan debi değişikliğinin bir ifadesidir ve eşitlik 8 yardımıyla bulunur (ASAE, 2002).

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (8)$$

Burada,

$\bar{X}$  = Damlatıcıların ortalama debisi (L/h)

S = Damlatıcı debilerindeki standart sapma.

$$S = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (9)$$

Burada,

$x_i$  = Bir damlatıcı debisi (L/h)

n = Damlatıcı sayısı

Eğer çizgi kaynaklı damlatıcılar kullanılırsa, damlatıcı lateralinin bir metrelik veya belirtilen uzunlukta oluşan bireysel debiler kullanılır (ASAE, 2002).

Her bir damlatıcı belli bir debiye sahiptir. Bu normal işletme basıncı ve yapım farklılık katsayısı tarafından etkilenmektedir. Yapım farklılık katsayısı ( $C_v$ ) debideki standart sapmanın ortalama debiye oranı olarak tanımlanır (Solomon, 1979). Bu katsayı spiral uzun yollu damlatıcılar için 0.02, poroz boru için 0.40'a kadar değişebilmektedir. Damla sulama sisteminde sulama randımanı üzerine önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Dasberg ve Bresler, 1985).

Damlatıcılar imal edilirken basıncın ve ısının sabit tutulamaması, kullanılan maddelerin düzenli karışmaması gibi nedenlerden dolayı, aynı modelden iki damlatıcı arasında yapım farklılıkları görülür. Damla sulama sistemlerinde küçük debilerin kullanıldığı göz önüne alınır, her ne kadar damlatıcıların kritik iç akış yolu boyutlarında olabilecek değişme küçük olsa da bunun debilerde büyük bir sapmaya yol açacağı açıktır (Özekici ve Bozkurt, 1996).

Damlatıcıların sabit debilere sahip olabilmeleri için kullanım ömürleri boyunca fiziksel özelliklerini korumaları ve doğa koşullarına dayanıklı olmaları gerekir. Basınç düzenleyicili damlatıcıların içinde basıncı düzenlemek ve içerisinde biriken maddeleri dışarıya atabilmek için elastomeric maddeler kullanılır. Bu parçaların sabit boyutlarda imalatının zor olması yanısıra kullanıldıkça yıpranmaları yüzünden basınç değişmese bile debilerinde bir değişme görülür (Özekici ve Sneed, 1995).

Yapım farklılıklarından dolayı aynı model damlatıcılar aynı basınç ve sıcaklıkta test edildiğinde debilerinde farklılık olabilir. Bu farklılıklar ortalama debi değerleri çevresinde normal dağılım gösterir ve yapım farklılığı katsayısı ile ifade edilir (Özekici ve Sneed, 1995). Bu değer rastgele seçilen önceden kullanılmamış 50 adet damlatıcının aynı sıcaklık ve basınçta elde edilen debi değerlerinden yararlanılarak hesaplanır ve Çizelge 2.3'deki gibi sınıflandırılır (Decroix ve Malavel, 1985).

**Çizelge 2.3** Yapım farklılık katsayısının önerilen sınırları (ASAE, 2002).

<b>Damlatıcı Tipi</b>	<b>Cv Aralığı</b>	<b>Sınıflandırma</b>
Nokta Kaynaklı	<0.05	Mükemmel
	0.05 – 0.07	İyi
	0.07 – 0.11	Sınırdan
	0.11 – 0.15	Çok Kötü
	>0.15	Kabul Edilemez
Çizgi Kaynaklı	< 0.10	İyi
	0.10 – 0.20	Orta
	>0.20	Orta – Kabul Edilebilir

Sulama Teknolojisi Merkezinde (Center for Irrigation Technology) yapılan performans testleri ile işletme basıncının Cv değerini etkileyebilen bir faktör olduğu tespit edilmiştir (Zoldoske ve Norum, 1985). Yapılan denemeye ait sonuçlar Çizelge 2.4’de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 2.4** Damlatıcı yapım katsayısı sonuçları (Zoldoske ve Norum, 1985)

<b>Basınç (kPa)</b>	<b>Debi Değeri (L/h)</b>	
	<b>8</b>	<b>2</b>
34,5	0.020	0.101
69,0	0.029	0.060
103,4	0.031	0.050
137,4	0.031	0.048
206,9	0.035	0.039
275,8	0.039	0.053
344,8	-	0.064

Burada Cv değerleri 8 L/h için; 34.5 kPa’da 0.020’den 275.8 kPa’da 0.039’a yükselmiştir. Yine 2L/h için; 34.5 kPa’da 0.101, 206.9 kPa’da 0.039, 344.8 kPa basınçta da Cv değeri 0.064 olarak bulunmuştur. Yaptıkları çalışmada, yüksek debili damlatıcılarda basınç artışıyla birlikte eş su dağılımının olumsuz etkilendiği ancak, düşük debili damlatıcılarda basınç artışıyla birlikte belli bir basınca kadar su dağılımı yeknesaklığının arttığı daha sonra düşmeye başladığı gözlemlenmektedir.

Kapar (1991) yaptığı bir çalışmada, Ege Bölgesinde kullanımı yaygın olan yerli ve yabancı yapım olmak üzere toplam 8 damlatıcı ele almış ve bunların teknik özellikleri ile birlikte Cv değerinin aralıklarını belirleyerek sınıflandırmaya tabi tutmuştur. Buna göre, tüm damlatıcıların Cv değişim değerleri 0.015 ile 0.088 aralığında bulunmuştur. Ayrıca ASAE'ye göre yapılan sınıflandırmada 4 damlatıcının iyi, 2 damlatıcının iyi-orta, 2 damlatıcının da orta sınıfa girdiği tespit edilmiştir.

Yapılan başka bir araştırmada Demir ve Yürdem (2000), ülkemizde üretilen ve yaygın olarak kullanılan farklı yapım özelliklerine sahip damlatıcıların teknik özellikleri ve yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla 32 adet damlatıcıyı ele almışlar ve karşılaştırmalı değerler vermişlerdir. Yapmış oldukları çalışmaya göre en yüksek Cv değeri 0.210, en düşük Cv değeri ise 0.010 bulunmuştur.

Yapım farklılığı yönünden yapılan sınıflandırmada, yerli yapım olan 6 adet damlatıcının mükemmel sınıfa, 2 adet damlatıcının orta, 1 adet damlatıcının da çok kötü sınıfında olduğu görülmüştür.

Ayyıldız ve Yaralı (1985), yağmurlama başlıklarında, yapımçı farklılıklarının eş su dağılım düzeyine etkisini belirlemek amacıyla, yapımçı firmaların üretimlerinden tesadüfi ve yapımçı firmayı temsil edebilecek biçimde 10 adet yağmurlama başlığı almış ve bunları farklı meme çapı ile işletme kombinasyonlarında teste tabi tutmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlarda lateral boyunca başlık verdikleri arasındaki farklılığın, yük kayıplarından çok yapımçı farklılığından kaynaklandığını görmüşlerdir. Sonuç olarak da bu çalışma ile ülkemizde üretilen yağmurlama başlıklarında yapımçı farklılığı nedeni ile önemli verdi değişiklikleri olduğunu, bu verdi değişikliklerinin lateral boyunca toprak yüzeyine verilen suyun eş dağılım düzeyini önemli ölçüde düşürdüğünü saptamışlardır.

### **2.3.2 Hidrolik Değişim**

Hidrolik değişim, yan boru ve lateral hatlarındaki arazi eğimi, boru çapı ve boru uzunluğuna bağlı olarak damlatıcıların değişik basınçlar altında çalışması sonucu ortaya çıkar (Tüzel, 1993). Bunun sonucunda lateral hattındaki damlatıcıların debileri değişir ve eş su dağılımı olumsuz yönde etkilenir.

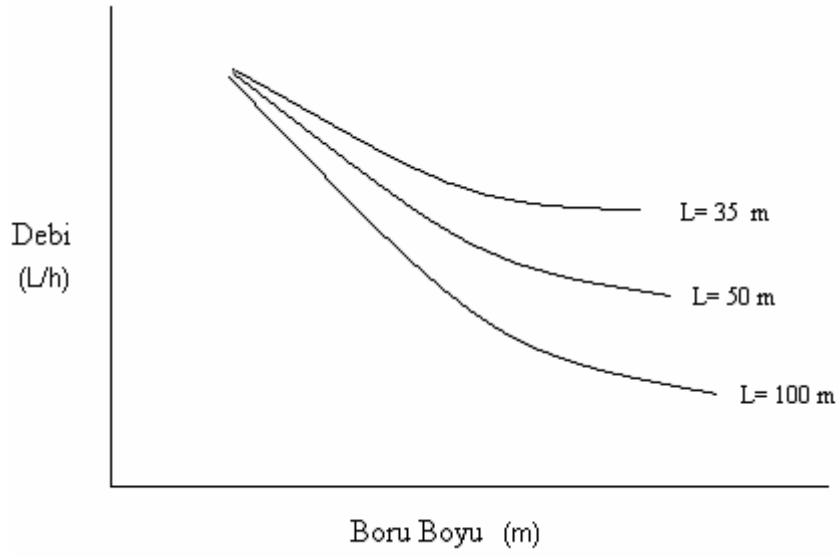
Yan borulardaki akış, lateral borularda olduğu gibi hidrolik yönden kararlı olup boru uzunluğunca giderek azalmaktadır. Suyun yan borudan laterallere geçişi boru

uzunluğunca oluşan basınç dağılımının etkisindedir. Basınç dağılımı da boruda sirtünme kayıpları sonucu oluşan enerji azalması ve borunun topografik eğimine bağlı olarak kazanılan veya kaybedilen enerji tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, yeknesak sulama yönünden yan boru, boru uzunluğunca oluşan basınç değişiminin belirli bir sınır içerisinde kalmasını sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Yan boruda izin verilebilir basınç değişimine ilişkin olarak, araştırmacılar tarafından farklı sınır değerleri kabul edilmekle birlikte değişimin, yan boru giriş basıncının % 20'sini aşmaması gerektiği belirtilmektedir (Tüzel, 1994).

Kapdaşlı ve ark. (1997)'na göre boru boyunun kısa tutulması debideki üniformluğu önemli ölçüde arttırmaktadır. Şekil 2.2'deki eğrilerde; daha uzun boylarda daha bariz olmakla birlikte debide borunun hemen başlangıcından itibaren önemli bir düşüş olmakta ve sonraki bölümde ise düşük debide üniformite sağlanmaktadır. Eğer birim boyda  $q_i$  kadar debi çıkıyor ve borunun kesiti A, Manning pürüzlülük katsayısı n ise ortalama hidrolik eğim;

$$V = \frac{q_i^2 \times L^2 \times n^2}{R^{4/3} \times A^2} \quad (10)$$

şeklinde yazılabilir. Burada görüldüğu gibi aynı işletme basıncı altında borunun daha kısa tutulması durumunda  $q_i \times L$  terimi daha küçük olacağından aynı çapta borunun başlangıçta taşıması gereken debi azalmakta, dolayısı ile hız düşmekte ve hidrolik eğim yani yük kaybı azalmaktadır. Bu nedenle boru sonundaki basınç, daha kısa döşenen borularda boru boyundaki azalmanın karesiyle orantılı olarak daha büyük olmaktadır. Böylece, basınçların üniformlaşması sonucu debide önemli ölçüde üniform hale gelecektir.



**Şekil 2.2** Boru boyunun üniformiteye etkisi (Kapdaşlı ve ark.,1997)

Damlaticılarda debi-basınç ilişkisinde kullanılan eşitlik 1'deki akış rejimine bağlı katsayının ( $x$ ) küçük değerlere sahip olmasıyla olası basınç değişimlerinde debideki değişim en az düzeyde olmaktadır. Konu 2.4'de açıklandığı gibi tam türbülanslı akışta  $x = 0.5$ , laminar akışta  $x = 1,0$  ve basınç düzenleyicili damlaticılarda  $x = 0$  olmaktadır.

Bu durumda, akış rejiminin bilinmesi debi değişim düzeyinin tahmin edilmesi açısından önemlidir.

Akış rejimi, atalet kuvvetinin viskos kuvvetine oranı olan Reynolds sayısı ( $Re$ ) ile ifade edilir ve eşitlik 11 ile hesaplanır (Von Bernuth ve Solomon, 1986).

$$Re = \frac{Vxd}{\nu} \quad (11)$$

Burada,

$d$  = Örnek damlaticının çapı (m)

$V$  = Hız (m/s)

$\nu$  = Suyun kinematik viskozitesi

Reynolds Sayısından yararlanılarak akış rejimi Çizelge 2.5'de verilmiştir.

**Çizelge 2.5** Reynolds Sayısı ile akış rejimleri arasındaki ilişki (Von Bernuth ve Solomon, 1986)

<b>Akış Rejimi</b>	<b>Reynolds Sayısı (Re)</b>
Laminar	$Re \leq 2000$
Düzensiz	$2000 < Re \leq 4000$
Kısmi Türbülans	$4000 < Re \leq 10000$
Tam Türbülans	$Re > 10000$

Karmeli (1977)'ye göre; laminar akış koşullarında, sürtünme kayıpları ile Re ters orantılıdır. Yani Re artarken kayıplar azalır. Lateral yada manifold borular içinde akan suyun sıcaklığının değişmesinden suyun viskozitesi etkilendiğinden “Re” sayısı da değişir.

Düzensiz akış koşullarında sürtünme ve debi değerleri de düzensiz olmaktadır. Re sayısının bu sınırlar arasındaki sürtünme katsayıları tam olarak kestirilemez. Bu katsayı, akış yolu çeperlerinde mineral depolaması ve tortular nedeniyle sertliğin değişmesiyle hissedilebilir bir şekilde değişebilir.

Kısmi türbülanslı akış koşullarında “Re” sayısının değişimi düşüktür ve neredeyse sıcaklıktan bağımsızdır. Sürtünme katsayısı kullanılan borunun sertliğine bağlıdır. Bu durum “Re” değeri 4000 ve 8000 arasında olduğunda daha belirgindir.

Tam türbülanslı akış rejiminde sürtünme katsayısı, kullanılan borunun sertlik değeri ile ilgili bir katsayıdır ve Re'den bağımsızdır (Bozkurt, 1996).

Bralts (1985)'e göre damla sulama sistemlerinde, lateral hattı hidroliğini temel alan damlatıcı debi değişimi eşitlik 12 ile bulunabilir.

$$q_{\text{var}} = 100 \times \left(1 - \frac{q_{\text{min}}}{q_{\text{max}}}\right) \quad (12)$$

Burada,

$q_{\text{var}}$  = Damlatıcı debi değişimi (%)

$q_{\text{max}}$  = Maksimum damlatıcı debisi (L/h)

$q_{\text{min}}$  = Minimum damlatıcı debisi (L/h)

Basınç değişimleri ile debi değişimleri arasındaki ilişki



$$q_{\text{var}} = 100 \left[ 1 - (1 - H_{\text{var}})^x \right] \quad (13)$$

ile gösterilir. Buradaki damlatıcı basınç değişimi ( $H_{\text{var}}$ ) eşitlik 14 yardımıyla hesaplanabilir.

$$H_{\text{var}} = \frac{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}}} \quad (14)$$

Burada,

$H_{\text{var}}$  = Damlatıcı basınç değişimi

$H_{\text{max}}$  = Maksimum basınç

$H_{\text{min}}$  = Minimum basınç

### 2.3.3 Sıcaklık Değişimi

Damlatıcı debileri, su sıcaklığı ile değişebilmektedir. Damlatıcı içerisindeki akış yolunda laminar akım olduğunda, debinin su sıcaklığına göre değişimi, oldukça önemli boyutlardadır. Ancak, kısmi türbülanslı veya tam türbülanslı akım koşullarında, su sıcaklığının her 1 °C değişmesine karşılık, debideki değişim % 1'i pek geçmemektedir. Bu nedenle, damlatıcı içerisindeki kısmi yada tam türbülanslı akım koşullarında, damlatıcı debisinin su sıcaklığına göre değişimi, damla sulama sistemlerinin tasarımında ihmal edilmektedir. Belirli işletme basıncındaki damlatıcı debisi, 20 °C su sıcaklığı için verilmektedir (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Keller ve Karmeli (1975)'ye göre, eğer su sıcaklığı 10 °C'den 40 °C'ye çıkarsa aynı basınç değerinde debideki artış iki katına çıkar. Böyle bir sistemde su sıcaklığı oldukça önemlidir. Bir çok uzun yollu damlatıcılar 20 °C civarındaki su sıcaklığı için kalibre edilir. Çizelge 2.6'da farklı su sıcaklıklarında debideki değişimlerin tespiti için kullanılan düzeltme katsayıları verilmiştir.

Lateral boru hattı özellikle güneşteyse borudaki su ile havadaki su sıcaklığı farklı olmakta ve sistem boyunca hareket halinde ve sıcaklık değişiyorsa, laminar akımlı damlatıcı debisinin üniformitesi etkilenebilmektedir (Keller ve Karmeli, 1975).

Parchomchuk (1976) sıcaklığın debi değişimine etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada, mikro tüplerde akış türbülans oluncaya kadar 1 °C sıcaklık farkında % 1.4'lük bir debi değişikliğinin olduğunu ve bundan sonraki sıcaklık artışının akışı etkilemediğini tespit etmiştir. Ayrıca spiral uzun yollu damlatıcılarda 29 °C'ye kadar %1.2 / °C arttığını, sıcaklığın daha da yükselmesiyle debinin derece derece azaldığını (% 0.7 / °C) görmüştür. Orifis tipli bir damlatıcı debisinin teorik olarak sıcaklıktan etkilenmediği, fakat değişik tipleri için 7-38 °C sıcaklık aralığında debideki artışın % 1-4 arasında olduğunu belirtmiştir. Vorteks tipli damlatıcılarda, 8-38 °C sıcaklık aralığında sıcaklık artışına karşın debide % 8'lik bir azalmanın olduğunu görmüştür. Bu azalmanın, vizkozite azaldığında, vorteks hareketinin artmasıyla meydana geldiğini belirlemiştir (Dasberg ve Bresler, 1985).

**Çizelge 2.6** 20 °C sıcaklıkla ilişki olarak değişik debi üsleriyle, tipik uzun düz akış yollu damlatıcılar için debi düzeltme katsayıları (Keller ve Karmeli, 1975)

<b>Sıcaklık Düzeltme</b>				
<b>°C</b>	<b>(°F)</b>	<b>x = 1.0</b>	<b>x = 0.8</b>	<b>x = 0.6</b>
5	41	0.63	0.87	0.94
10	50	0.75	0.92	0.95
15	59	0.87	0.95	0.98
20	68	1.00	1.00	1.00
25	77	1.13	1.05	1.02
30	86	1.28	1.10	1.04
35	95	1.43	1.14	1.06
40	104	1.56	1.19	1.08
45	113	1.70	1.24	1.10
50	122	1.85	1.29	1.12

Sıcaklığın etkileri lateral boyunca önemli olabilmektedir. Güneşli bir günde, 20-90 m uzunluğunda bir lateralın sonu ile başı arasındaki sıcaklık farkının 16 °C olduğu aynı araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Böyle bir farklılık, spiral uzun yollu damlatıcılarda % 11, mikro tüplerde % 22'lik bir debi artışına sebep olabilmektedir (Dasberg ve Bresler, 1985).

### 2.3.4 Damlatıcıların Tıkanması

Su kaynağından alınan sulama suyunun kalite analizleri yapılmadan sistem dizaynı yapıldığı takdirde damla sulama sistemlerinde büyük sorun teşkil eden tıkanmalar oluşmakta ve istenilen su dağılım yeknesaklığı elde edilememektedir.

Damlatıcıların tıkanması doğrudan sulama suyunun kalitesiyle ilişkilidir. Örneğin askıda katı maddeler, kimyasal karışımlar ve mikrobiyal oluşumlar tıkanmayı önlemek için gerekli arıtma tipini belirler. Su kalitesi sulama periyodu süresince değişebilir. Bu nedenle yıl boyunca değişik zamanlarda su örnekleri alınmalıdır. Çizelge 2.7’de özetlenen su analiz bilgileri fiziksel, kimyasal ve tıkanmada önemli rol oynayan biyokimyasal faktörlerin miktarları ile tıkanma dereceleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Gildbert ve Ford, 1985).

**Çizelge 2.7** Olası damlatıcı tıkanmasının belirlenmesi amacıyla geliştirilmiş su kalite kriterleri (Gildbert ve Ford, 1985)

<b>Problemin Tipi</b>	<b>Az</b>	<b>Orta</b>	<b>Ciddi</b>
<b>Fiziksel</b>			
Askıda katı madde (mg/L)	50	50-100	> 100
<b>Kimyasal</b>			
Ph	7.0	7.0-8.0	> 8.0
Çözünmemiş katılar (mg/L)	500	500-2000	> 2000
Manganez (mg/L)	0.1	0.1-1.5	> 1.5
Toplam demir (mg/L)	0.2	0.2-1.5	> 1.5
Hidrojen sülfid (mg/L)	0.2	0.2-2.0	> 2.0
<b>Biyolojik</b>			
Bakteri popülasyonu (adet)	10000	10000-50000	> 50000

Burada tıkanma derecesi, zararlarına göre düşükten ciddiye doğru sıralanmaktadır. Suda bulunan düşük kalitedeki katılar, tuzlar ve bakteriler daha az tıkanma zararı ortaya çıkarmaktadır.

Damla sulama sisteminde damlatıcıların tıkanmasına neden olan fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler Çizelge 2.8’de özetlenmiştir (James, 1988; Gildbert ve Ford, 1985).

**Çizelge 2.8** Tıkanmaya sebep olan faktörler (James, 1988; Gildbert ve Ford, 1985)

<b>Fiziksel</b> (Asılı parçacıklar)	<b>Kimyasal</b> (Çökelmeler)	<b>Biyolojik</b> (Bakteri ve Algler)
<b>İnorganik</b> - Kum - Silt - Kil - Plastik	- Kalsiyum veya magnezyum karbonat - Kalsiyum sülfat - Ağır metaller, oksitler, hidroksitler, karbonatlar, silikatlar ve sülfatlar	- Yosun kalıntıları - Bakteri çamurları - Mikrobiyal yığınlar Demir Sülfür Manganez
<b>Organik</b> - Sucul bitkiler (yosun ve algler) - Sucul hayvanlar (balık, salyangoz vb.) - Bakteri	- Petrol veya diğer yağlar - Gübreler Fosfat Sıvı amonyum Demir, bakır, çinko, manganez	

Damlaticıların tıkanması, damlatıcı debilerindeki değişimin önemli bir nedeni olmaktadır. Bu ise sistemin sulama yeknesaklığını etkileyerek sulama randımanının azalmasına ve sonuç olarak sistemden beklenen yararın azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle tıkanma sonucunu azaltmak veya önlemek amacıyla koruma uygulamalarının gerçekleştirilmesi en doğru çözüm yoludur (Tüzel ve Anaç, 1991)

Tıkanmanın denetimi için en doğru yöntemin seçimi, sorunun tipine bağlıdır. Örneğin dinlendirme havuzları, süzüm işlemleri, boru şebekesi, filtre ve damlaticıların yıkanması gibi işlemler tıkanmaya neden olan bazı fiziksel oluşumları giderebilir. Buna karşın, kimyasal ve biyolojik nedenlerle meydana gelen tıkanmanın önlenmesi için sisteme asit, oksidant, algisit ve bakterisit gibi kimyasalların verilmesi gerekir (Kanber, 1999).

Farklı klor dozlarının damlaticılarda meydana gelen tıkanmalara ve buna bağlı olarak debi değişimlerine etkisini belirlemek amacıyla, ESALQ (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz") Tarım Mühendisliği Bölümünün sulama laboratuvarında deneysel bir araştırma yürütülmüş ve denemede 5 adet damlatıcı tipi (Streamline 200.

Rom 172, Dripline 2000. Tinen 17 ve Typhoon 20) 4 farklı klor düzeyi (150. 300. 450 ve 600 ml<sup>-1</sup>) test edilmiştir. 60 dakika süresince uygulanan klor düzeyi bu süre sonundan itibaren 12 saat boru içerisinde bırakılmış ve ardından her bir damlatıcı debisi ölçülmüştür. Sonucunda bir damlatıcı tipi hariç tüm damlatıcı tiplerinde uygulanan klorun akış oranını arttırdığı görülmüştür. Bir damlatıcı tipinde uygulanan klor, üniformite katsayısının (EU) azalmasına neden olmuş, başka bir damlatıcı tipinde klorun etkinliği ikinci uygulamadan sonra belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir (Coelho, 2001).

## 2.4 Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi

Üniform bir bitki gelişimini sağlamak için yeterli bir su uygulama yeknesaklığı gerekir (Howell ve ark., 1986).

Damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesi, sistem tasarımı ve işletiminin ne ölçüde yeterli olduğunun ve sistemde onarılması veya yenileriyle değiştirilmesi gereken sistem unsurlarının saptanması amacıyla gerek mühendis gerekse sistemi kullananlar yönünden önemlidir (Bralts ve ark, 1987).

Su dağılım yeknesaklığı, hemen hemen tüm sulama sistemlerinde projelene kriteri olarak kullanılmaktadır. Yüzey sulama sistemleri için karık veya border boyunca oluşan toplam infiltrasyonun yeknesaklığı, yağmurlama sulama sistemleri için örnek kaplarda toplanan suyun üniformitesi ve mikro sulama sistemlerde damlatıcı debilerinin yeknesaklığı en genel ölçümlerdir. Projelenen sulama sistemlerinin amacı, tarlaya uygulanan sulama suyunun yeknesak bir şekilde dağılımını sağlamaktır (Wu ve Baragan, 2000).

Aynı araştırmacılar, su uygulama yeknesaklığının gösterilmesinde bir çok yöntemin bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bunlardan ortalama sapmayı ve istatistiksel terimi değerlendiren üniformite katsayı (UC) (Christiansen, 1942) ve standart sapmayı değerlendiren varyasyon katsayısı (CV) üniformitenin ifadesinde kullanılan en genel olanlarıdır. Hem UC'nin hem de CV'nin hesaplanmasında seçilmiş bazı örneklerle ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan başka sıkça kullanılan bir değer üniformite ölçümleri "Dağılım Üniformitesi" (DU) (Merriam ve Keller, 1978) ve damlama eş dağılımı (EU) (Keller ve Karmeli, 1974)'dır. Damlatıcı akış oranı ( $q_f$ ), minimum damlatıcı debisinin maksimum damlatıcı debisine oranı ( $q_{min}/ q_{max}$ ) (Howell ve Hiler, 1974) ve damlatıcı

debi değişimi  $q_{var} (1 - q_{min}/ q_{max})$  (Wu ve Gitlin, 1974) gibi maksimum ve minimum değerleri temel olan daha basit formları da kullanılmaktadır. Sözü edilen türdeşlik kavramlarından bazıları aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

#### 2.4.1 İstatistiksel Yeknesaklık ( $U_s$ )

İstatistiksel yeknesaklık (statistical uniformity) yaklaşımı, bir damla sulama sisteminde damlatıcı debilerinin belirlenerek, debilere ilişkin değişim katsayısının saptanmasına dayanmaktadır (Tüzel, 1993).

İstatistiksel yeknesaklık kavramı, ilk olarak Wilkon ve Sulares tarafından yağmurlama sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla tanımlanmış ve bu yaklaşım daha sonra damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır (Bralts ve Edwards, 1986). Bu yaklaşımın kullanılması ile damlatıcı debi yeknesaklığı üzerine etkili olan hidrolik değişim ve damlatıcı performansının değişimi ayrı ayrı değerlendirilebilmekte ve değişime ilişkin güven sınırları belirlenebilmektedir (Bralts, Edwards ve Kesner, 1985).

İstatistiksel türdeşlik Bralts ve Kesner (1983) tarafından aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$U_s = 100 (1 - V_q) = 100 (1 - \frac{S_q}{q}) \quad (15)$$

Burada;

$U_s$  = İstatistiksel yeknesaklık (%)

$V_q$  = Damlatıcı debilerindeki toplam değişim

$S_q$  = Damlatıcı debilerinin standart sapması

$q$  = Ortalama damlatıcı debisi (L/h)

Sammis ve Kesner (1985)'e göre istatistiksel yeknesaklık katsayısı eşitlik 16 ile hesaplanmaktadır.

$$U_s = 1 - V_T \quad (16)$$

Damlaticı debi değişim katsayısı ( $V_t$ ); hidrolik değişim katsayısının ( $v_h$ ) ve yapım farklılığı katsayısının ( $V_m$ ) (Bralts ve ark, 1981) bir fonksiyonudur.

Hidrolik projelmeden ( $q_{var}(H)$ ) kaynaklanan damlaticı debi değişimi  $W_u$  ve ark.(1979) tarafından belirlenen basınç profillerine dayandırılabilir ve  $V_H$  ile şu şekilde ilişkilendirilir:

$$V_H = 0.353 q_{var}(H) + 0.198 (q_{var}(H))^2 \quad (17)$$

Yapımcı farklılığı ve hidrolik projelmeden kaynaklanan toplam değişim Bralt ve ark.(1981) tarafından gösterildiği gibi bulunur (Sammis ve Wu, 1985).

$$V_H = \sqrt{V_H^2 + V_M^2} \quad (18)$$

İstatistiksel işlemlerin kullanımıyla damlaticı yapım farklılığı, lateral hattı sürtünmeleri, kot farklılıkları ve damlaticı tıkanıklığı gibi değişik etkenlerin tümü istatistiksel türdeşlik kavramı içinde değerlendirilmiş olur (Bozkurt, 1996).

Bralts ve ark. (1985) damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde kabul edilen yeknesaklık katsayısı sınırlarını % 90 ve yukarısı için çok iyi, % 80-90 iyi, % 70-80 orta, % 60-70 zayıf, % 60 ve daha düşük değerler için kabul edilemez şeklinde belirlemişlerdir. ASAE (1994) ise bu sınırları % 95-100 mükemmel, % 85-90 iyi, % 75-80 orta, % 65-70 çok kötü, % 60 ve aşağısı kabul edilemez olarak bildirmiştir.

Bozkurt (1996)'un yaptığı bir çalışmada 12 damlaticıyı ele almış ve bunlar üzerinde deneysel bir araştırma yapmıştır. Denemeye alınan damlaticıların sadece birinin  $U_s$  değeri % 85-90 sınırı arasında kalarak iyi sınıfa girmiş, diğerleri ise % 95 ve üzeri ile mükemmel sınıfa girmiştir.

#### 2.4.2 Damlama Türdeşliği (EU)

Damlama türdeşliği (emission uniformity), sabit basınç altında damlaticılar arasındaki debi değişiminin ifadesinde kullanılmaktadır (Bozkurt, 1996). İki şekilde hesaplanabilmektedir. İlki mevcut bir sistem için tarla ölçümlerinden elde edilen

verilerden yararlanarak, diğeri ise sistem projelemesinin tahmin edilmesinden bulunabilmektedir (Keller ve Karmeli, 1975).

Tarla testine dayalı damlama türdeşliği ( $EU^1$ ), tarla verilerinden elde edilen en düşük debili damlatıcıların 1/4'ünün ortalamasının, tüm damlatıcı debilerinin ortalamasına oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlik 19 yardımıyla bulunur (Keller ve Karmeli, 1975).

$$EU^1 = 100 \frac{q_n^1}{q_a^1} \quad (19)$$

Burada,

$EU^1$  = Tarla testine dayalı damlama türdeşliği (%)

$q_n^1$  = Damlatıcılardan en düşük debili 1/4'ünün ortalaması (L/h)

$q_a^1$  = Tüm damlatıcı debilerinin ortalaması (L/h)

Bu eşitlik, yapım farklılık katsayısını ( $CV$ ) ve bitki başına damlatıcı sayısını da içine alacak şekilde düzenlenmiş ve tekrar tanımlanmıştır. Böylece, bir damla sulama sistemi tesisinde damlama türdeşliğini tahmin etmek için eşitlik 20 kullanılabilir (Bralts, 1986).

$$EU = 100 \left( 1 - \frac{1,27CV}{e^{0,5}} \right) \frac{q_{\min}}{q_{\text{ort}}} \quad (20)$$

Burada,

$EU$  = Sistem damlama türdeşliği, (%)

$CV$  = Yapım farklılık katsayısı (%)

$e$  = Bitki başına damlatıcı sayısı

$q_{\min}$  = Minimum basınçta elde edilen minimum debi (L/h)

$q_{\text{ort}}$  = Damlatıcıların ortalama debisi (L/h)

Kapar (1991)'a göre ASAE (1983) bu eşitlik ile belirli yeknesaklık ve yapım farklılığı katsayısına göre izin verilebilir basınç değişimlerinin bulunmasında da kullanılabileceğini belirtmiştir.



Keller ve Karmeli (1975) ve Bralts (1986) eşitlik 20'yi modifiye ederek eşitlik 21'i geliştirmişlerdir. Tarla üniformite tahmininde kullanılan bu eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$EU_a = 100 \left( \frac{q_{\min}}{q_{ort}} + \frac{q_{ort}}{q_x} \right) \frac{1}{2} \quad (21)$$

Burada,

$EU_a$  = Mutlak üniformite (%)

$q_x$  = Damlatıcı debilerinin en yüksek 1/8'inin ortalaması (L/h)

ASAE (2002)'ye göre damlama türdeşliğinin (EU) önerilen aralıkları Çizelge 2.9 gösterilmiştir.

**Çizelge 2.9** Damlama türdeşliğinin önerilen sınırları (ASAE, 2002)

Damlatıcı Tipi	Mesafe (m)	Topografya	Eğim (%)	EU (%)
Nokta kaynaklı damlatıcı (Çok yıllık bitkilerde)	>4	Türdeş	<2	90-95
		Dik veya dalgalı	>2	85-90
Nokta kaynaklı damlatıcı (Çok veya yarı çok yıllık bitkilerde)	<4	Türdeş	<2	85-90
		Dik veya dalgalı	>2	80-90
Çizgi kaynaklı damlatıcı (Çok veya çok yıllık bitkilerde)	Tüm	Türdeş	<2	80-90
		Dik veya dalgalı	>2	70-85

**Çizelge 2.10** Üniformite sınıflarının değerlendirilmesi (Kapdaşlı ve ark.,1997)

Kabul Edilen Sınıf	Us (%)	EU (%)
Mükemmel	100-95	100-94
İyi	90-85	87-81
Orta	80-75	75-68
Zayıf	70-65	62-56
Kabul edilemez	< 60	< 50

Kapdaşlı ve ark.(1997) ASAE standartlarını göz önüne alarak istatistiksel yeknesaklık (Us) ile damlama türdeşliğinin (EU) karşılaştırmalı değerlerini Çizelge 2.10'daki gibi vermişlerdir.

### 2.4.3 Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)

Yıldırım ve Korukçu (1999), lateral ve manifold boru hatlarında, yalnızca boru hattının uç noktaları arasındaki basınç yükleri arasındaki farklılığı (dolayısıyla uç noktalardaki debiler arasındaki farklılığı) dikkate alma yerine, boru hattı boyunca tüm damlatıcı yada lateral giriş debileri arasındaki değişimi dikkate almak ve eş su dağılımı bakımından, bu değişim düzeyini kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacak biçimde projellemenin yapılmasının uygun olacağını ve bu amaçla da yaygın olarak, Chiristiansen eşdağılım katsayısından (Christiansen uniformity coefficient) yararlandığını belirtmişlerdir. Bu katsayı eşitlik 22 ile hesaplanır.

$$Cu = 100 \left(1 - \frac{\Delta q_o}{q_o}\right) \quad (22)$$

Burada,

$Cu$  = Chiristiansen eşdağılım katsayısı (%)

$\Delta q_o$  = Her bir damlatıcı yada lateral giriş debisinin ortalamadan olan mutlak sapmaların ortalaması

$q_o$  = Ortalama damlatıcı yada lateral giriş debisi

Hart ve Reynolds (1965), normal dağılım gösteren yağmurlama deseninde ortalama sapmanın 0.798 standart sapmasına eşit olduğunu belirtmiştir. Bu koşulda modifiye edilmiş türdeşlik katsayısı eşitlik 23 yardımıyla bulunabilmektedir.

$$UC_m = \left[1 - \left(\frac{0,798S q_{ort}}{q_{ort}}\right)\right] 100 = 100 (1 - 0.798Vt) \quad (23)$$

Burada,

$UC_m$  = Değiştirilmiş Chiristiansen yeknesaklık katsayısı (%)

$S_{q_{ort}} = \text{Yağmurlama debilerindeki sapmaların ortalaması (L/h)}$

$q_{ort} = \text{Ortalama debi (L/h)}$

$V_t = \text{Toplam değişim}$

Yağmurlama sulama sistemlerinde eş bir su dağılımının sağlanması yönünden  $C_u$  katsayısının alt sınırı % 84 olarak belirlenmiştir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Wu ve Gitlin (1973a,b, 1974a,b), damla sulama lateralleri için  $C_u \geq \% 95$  değerinin uygun olacağını belirtmişlerdir. Bunun nedeni yan boru üzerinde en yüksek ve en düşük damlatıcı debileri arasındaki farkın, ortalama debinin % 20'sine eşdeğer olduğunda eş dağılım katsayısının yaklaşık  $C_u = 95$  değerini almasıdır (Korukçu ve Yıldırım, 1984). Buna karşın, damla sulama yönteminin yaygın olarak topraktaki nem eksikliğine duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılması ve bitki besin maddelerinin sulama suyuna karıştırılarak uygulanması nedeniyle bu koşulun lateral boyunca yeterli düzeyde eş su dağılımı sağlanamayacağını savunan Perold (1977)  $C_u \geq \% 98$  ve Korukçu (1980)  $C_u \geq \% 97.5$  koşullarını önermişlerdir (Yıldırım ve Apaydın, 1999). Bunun nedeni de yine aynı araştırmacılar tarafından belirtildiği gibi, en yüksek ve en düşük damlatıcı debileri arasındaki farkın ortalama debinin % 10'u olduğunda, eş dağılım katsayısının  $C_u = \% 97.5$  olmasıdır.

Oğuzer ve Yılmaz (1991) yaptıkları bir çalışmada, denemeye alınan damlatıcıların % 33'ünde  $C_u \geq 97.5$  koşulunun sağlandığını ve geriye kalan damlatıcıların ise yalnızca yapımçı farklılığından dolayı bu koşulun sağlanmadığını belirtmişlerdir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

Farklı firmaların ürettikleri farklı özelliklere sahip hat içi (in-line) ve hat üstü (on-line) damlatıcıların yapım farklılıklarının eş su dağılımına etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu çalışma, 2002-2003 yıllarında yürütülmüştür.

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler verilmiştir.

#### **3.1 Materyal**

Materyal olarak çalışmanın yürütüldüğü yer, su kaynağı, pompa, test düzeneği, denetim birimi, ana boru hattı, lateral hatlar, zaman ve debi ölçüm araçları ile damlatıcılara ilişkin bilgiler açıklanmıştır.

##### **3.1.1 Araştırma Yeri**

Bu araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Hidrolik Laboratuvarında kurulan damla sulama test düzeneğinde yapılmıştır.

##### **3.1.2 Su Kaynağı**

Denemede testler sırasında damlatıcıların tıkanmasını önlemek amacıyla şehir içme suyu kullanılmıştır. Kullanılan suya ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Hidrolik laboratuvarında bulunan musluktan hortum aracılığıyla alınan su 1 ton kapasiteli su deposuna iletilmiş (Şekil 3.1) buradan pompa yardımıyla test düzeneğine verilmiştir.

**Çizelge 3.1** Kullanılan suya ait özellikler

Özellik	Miktar	Özellik	Miktar
Tortu	Yok	Organik madde	2.5
pH	7.47	EC	240
Sertlik	12.2	SAR	0.43
Bor	Yok	Sul. Suyu Sınıfı	T <sub>1</sub> A <sub>1</sub>
Katyonlar (me/l)		Anyonlar (me/l)	
Na	0.52	CO <sub>3</sub>	Yok
K	0.053	HCO <sub>3</sub>	1.1
Ca	0.9	Cl <sub>2</sub>	0.9
Mg	1.1	SO <sub>3</sub>	0.67
Toplam	2,67	Toplam	2.67



**Şekil 3.1** Araştırmada kullanılan su deposu

### 3.1.3 Pompa

Sistem için gerekli olan su, depo ile ana boru hattı arasına yerleştirilmiş hidroforlu pompa ile sağlanmıştır. Pompa 0.75 HP gücünde ve 4.1 m<sup>3</sup>/h maksimum debiye sahip olup, 32 mSS manometrik yüksekliğe su basabilme özelliklerindedir. (Şekil 3.2). Universal marka olan bu pompaya ait özellikler Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2** Araştırmada kullanılan pompaya ait özellikler

Manometrik Yükseklik (mss)	Debi (m <sup>3</sup> /h)
13.5	3.3
17.5	2.7
21.5	1.9
Maksimum Emme Yüksekliği (mss) = 6	



**Şekil 3.2** Pompanın genel görünüşü

### 3.1.4 Test Düzeneği

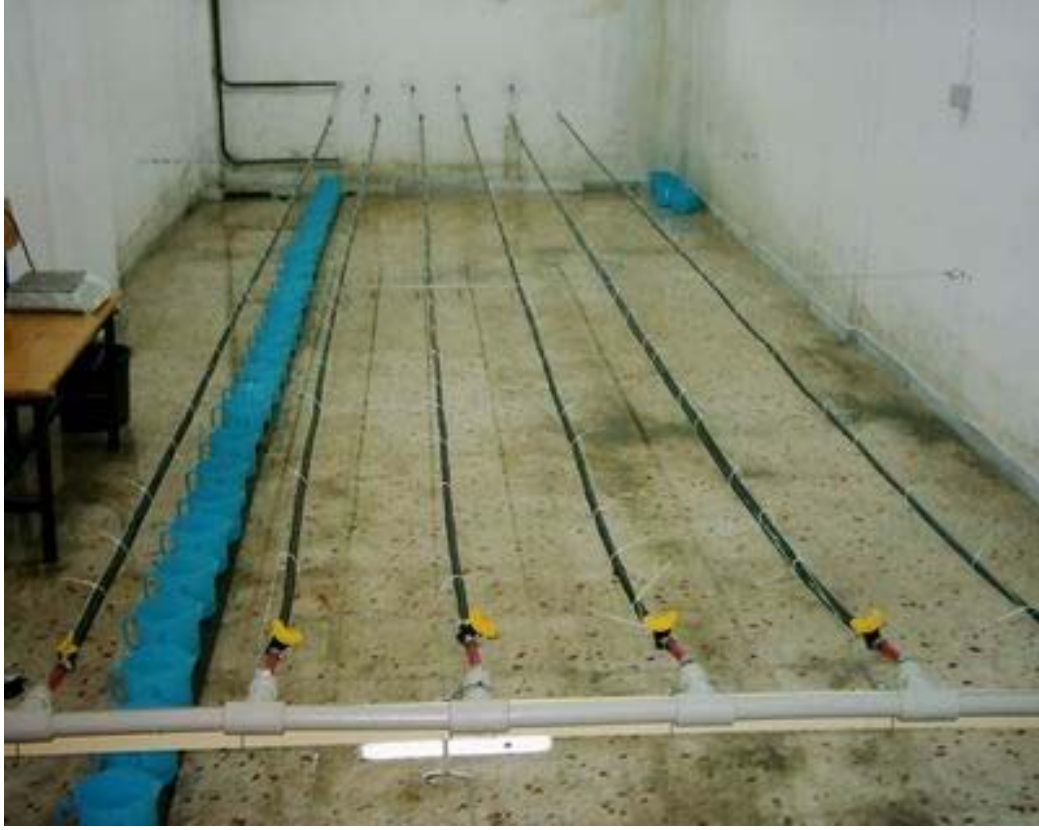
Test düzeneği; askı sistemi, ana boru hattı ve laterallerden oluşmaktadır (Şekil 3.3).

Askı sistemi; demir profil, elik teller, gergi ve bağlama aparatlarından meydana gelmiştir. Demir profil yerden yaklaşık 50 cm yüksekliğe yerleştirilmiş ve lateral hatların eğimsiz olarak askıda kalmasını sağlamak için bir ucu bu demir profile diğer ucu da duvara monteli elik teller gerilmiştir. elik telleri germek için gergi aparatları kullanılmış ve lateral hatların özellikle orta kısımlarda bombe yapmasını ve damlatıcılardan çıkan damlacıkların boru altında süzülerek diğer damlatıcılarla birleşmesini önlemek için kısa aralıklarla bağlama aparatları kullanılmıştır. Ayrıca elik tellerin orta kısımlarında oluşabilecek eğilmeleri önlemek amacıyla, demir profile 290 cm ve 600 cm uzaklıkta iki adet elik tel ana boru hattına paralel olacak şekilde gerilmiştir.

Ana boru hattı 32 mm çapında, 180 cm uzunluğunda basına dayanımı yüksek olan PPRC (Polipropilen Random Copolimer) borudan imal edilmiştir. Bu boru hattı üzerinde lateral hatların kontrolünde kullanılan vanalar ve sistem denetiminde kullanılan basınç ölçerler bulunmaktadır.

Lateral boru hatları ana boru hattına 30 cm aralıklarla 6 adet olarak yerleştirilmiştir. elik teller ve bağlama aparatları vasıtasıyla askıda ve eğimsiz olacak şekilde kalması sağlanmıştır.

Ayrıca test düzeneğinde, bağlantı noktalarından yüksek basınçtan dolayı oluşabilecek su çıkışlarını önlemek amacıyla da teflon ve kelepçeler kullanılmıştır.



**Şekil 3.3** Test düzeneğinin genel görünümü

### **3.1.5 Denetim Birimi**

Denetim birimi vanalar, basınç ölçerler ve filtreden meydana gelmektedir.

Sistem denetiminde toplam 8 adet vana kullanılmıştır. İşletme basıncını ayarlamak için 2 adet galvaniz vana kullanılmış, bunlardan biri ana boru hatta girişine, diğeri ise sistemden fazla suyu uzaklaştırmak için kullanılan geri dönüşüm hattına yerleştirilmiştir (Şekil 3.4).

Lateral hatların denetiminde ise 6 adet PE vana kullanılmıştır (Şekil 3.3).





**Şekil 3.4** Basınç ayarında kullanılan galvaniz vanalar

Basınç ölçümlerinde 3 adet basınç ölçer kullanılmış, bunlardan ikisi yan boru hattı girişi ve çıkışına diğeri ise gezici olarak lateral hatların sonuna yerleştirilmiştir. Denemede kullanılan basınç ölçüler Pakken marka ve  $6 \text{ kg/cm}^2$  kapasiteye sahiptir. (Şekil 3.5)



**Şekil 3.5** Araştırmada kullanılan bir basınç ölçer

Denemede kullanılan su, şehir içme suyu şebekesinden alındığı için depoya giren katı parçacıkların uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla sadece depo çıkışına bir tel filtre monte edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda sistem çok küçük debilerle çalıştığı için basınç düzenleyicinin etkinlik göstermediği görülmüş ve bu nedenle denemede bu materyal kullanılmamıştır (Bozkurt 1996).

### **3.1.6 Damlatıcılar**

Denemede Ülkemizde yaygın olarak kullanılan damlatıcılar ele alınmış ve bu damlatıcılar aşağıdaki gibi iki ana grup altında incelenmiştir.

1. Hat içi (In-line)
2. Hat üstü (On-line)

Denemede 4'ü yabancı 9'u yerli yapım olmak üzere toplam 13 adet hat içi damlatıcı kullanılmıştır. Kullanımı yaygın olduğundan 2-4 L/h'lik debilere sahip hat içi damlatıcılar tercih edilmiştir. Çizelge 3.3'de görüldüğü gibi, hat içi damlatıcılar A, B, C, E, F, G, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, I ve J simgeleriyle gösterilmiştir. Burada A, C, E ve F simgeleri yabancı yapım damlatıcıları, diğerleri ise yerli yapım damlatıcıları ifade etmektedir. Ayrıca, J damlatıcısı el ile iki lateral boru arasına yerleştirilen boylamasına geçik hat içi damlatıcı olarak nitelendirilen damlatıcı tipidir.

Kullanılan hat içi damlatıcılardan A, B, C, E, F ve H<sub>3</sub> simgeleriyle gösterilenler tek çıkışa, D, G, ve I simgeleriyle gösterilenler çift çıkışa, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> ve H<sub>4</sub> simgesiyle gösterilenler ise üç çıkışa sahiptir.

**Çizelge 3.3** Hat içi (In-line) damlatıcılara ait özellikler

<b>Damlatıcı Simgesi</b>	<b>Debisi (L/h) (1.0 atm)</b>	<b>Yerli/Yabancı</b>	<b>Boru Tipi</b>
A	1.5	Yabancı	Yassı
B	1.98	Yerli	Yassı
C	1.30	Yabancı	Yassı
D	4.0	Yerli	Yuvarlak
E	1.32 (0.65atm)	Yabancı	Yassı
F	1.80	Yabancı	Yassı
G	4.0	Yerli	Yuvarlak
H <sub>1</sub>	4.87	Yerli	Yuvarlak
H <sub>2</sub>	3.90	Yerli	Yuvarlak
H <sub>3</sub>	1.38	Yerli	Yassı
H <sub>4</sub>	4.58	Yerli	Yuvarlak
I	2.0	Yerli	Yuvarlak
J	4.0	Yerli	Yuvarlak

Denemede tümü yerli yapım olmak üzere toplam 4 adet hat üstü damlatıcı kullanılmıştır. Çalışmada bu damlatıcılar a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub> ve a<sub>4</sub> simgeleriyle ifade edilmiştir. Ayrıca kullanılan hat üstü damlatıcıların üçü 4 L/h ve biri de 6 L/h'lik debiye sahiptir. Bu damlatıcılara ilişkin bilgiler Çizelge 3.4'de verilmiştir.

**Çizelge 3.4** Hat üstü (On-line) damlatıcılar ait özellikler

<b>Damlatıcı Simgesi</b>	<b>Debisi (L/h)</b>	<b>Yerli/Yabancı</b>	<b>Boru Tipi</b>
a <sub>1</sub>	4.0	Yerli	Yuvarlak
a <sub>2</sub>	4.0	Yerli	Yuvarlak
a <sub>3</sub>	4.0	Yerli	Yuvarlak
a <sub>4</sub>	6.0	Yerli	Yuvarlak

Kullanılan simgelerde harfler yapımçıları, rakamlar ise aynı yapımçıya ait farklı tipteki damlatıcıları göstermektedir.

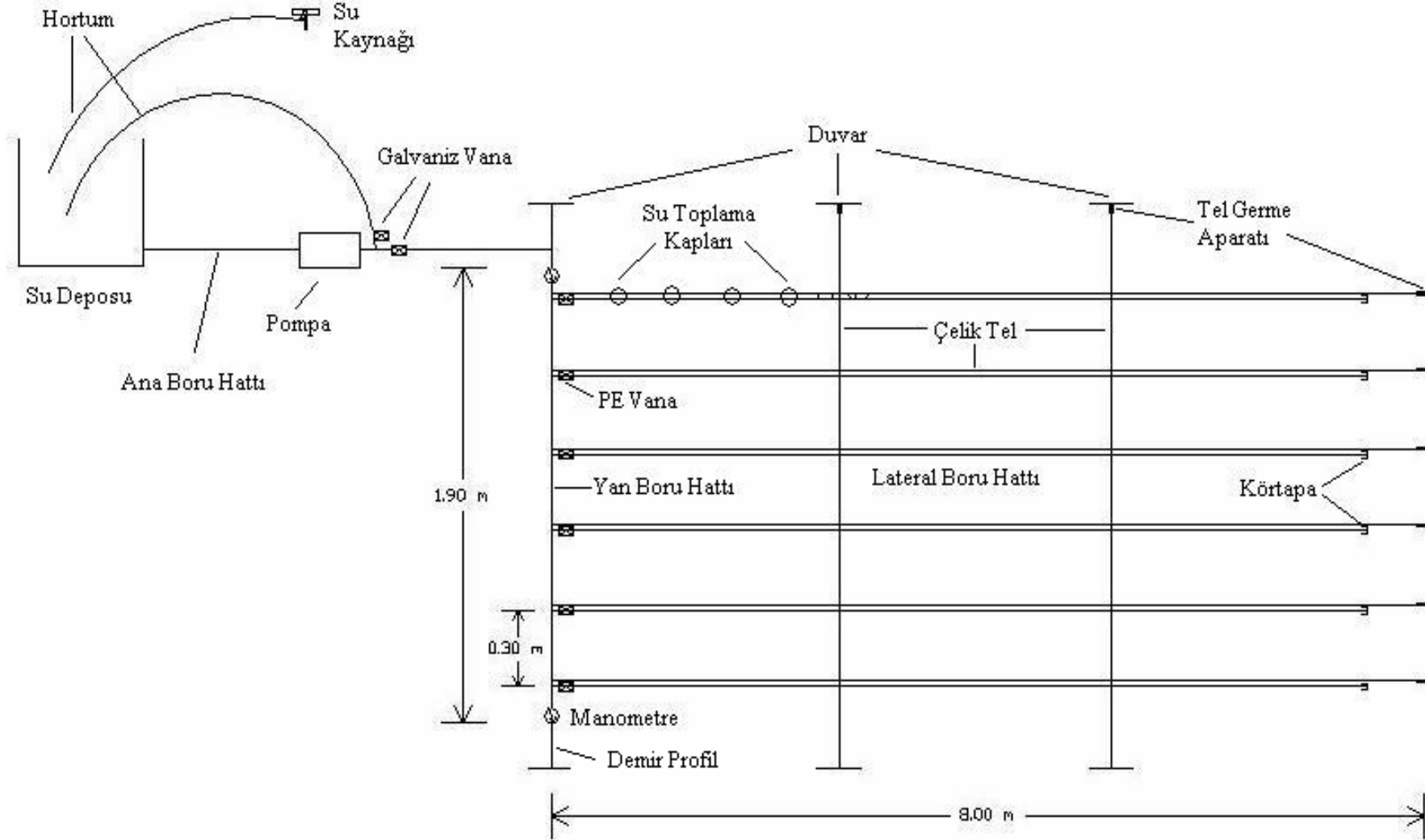
Denemede kullanılan lateraller 16 ile 20 mm çaplarında yumuşak polietilen (PE) borulardan imal edilmiştir. Bu laterallerden A, B, C, E, F ve H<sub>3</sub> damlatıcılarının bulunduğu borular yassı özelliktedir ve damlatıcılar boru çeperlerine yerleştirilmiştir. Diğer damlatıcıların bulunduğu lateral borular ise yuvarlak özelliktedir.

### 3.2 Yöntem

Denemeye alınan hat içi ve hat üstü damlatıcıların debi-basınç ilişkilerinin belirlenmesi ve yapım farklılıklarının eş su dağılım düzeyine etkisini belirlemek amacıyla Şekil 3.6'daki test düzeneği kurulmuştur (Kapdaşlı ve ark., 1997). Denemede lateral boru hatları yerden yaklaşık 50 cm yüksekliğe eğimsiz olarak yerleştirilmiş ve sürtünme kayıplarını en aza indirmek için hat uzunlukları kısa tutulmuştur (Demir, 1991).

Denemeler 0.5–3.0 atm değerleri arasında, 0.5 atm aralıkla 6 ayrı basınç değerinde yürütülmüştür. Ölçümlerin her bölümünde, rejim teşekkülü ve basıncın sabitlenmesi için 2–5 dakika serbest akış beklendikten sonra ölçümlere başlanmıştır (Kapdaşlı ve ark., 1997).

Her bir damlatıcı için elde edilen debi değerlerinden yararlanılarak akış rejimi, eşitlik 1 yardımıyla akış rejimine bağlı katsayı ( $x$ ), akış katsayısı ( $k$ ), korelasyon katsayısı ( $r$ ), eşitlik 19 yardımıyla damlama türdeşliği ( $EU$ ), eşitlik 22 yardımıyla Christiansen yeknesaklık katsayısı ( $C_u$ ), eşitlik 15 yardımıyla istatistiksel yeknesaklık katsayısı ( $U_s$ ) ve eşitlik 8 yardımıyla yapım farklılığı katsayısı ( $C_v$ ) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin basınca karşı değişimleri ve yapım farklılığı katsayısı ile sulama yeknesaklığı değerlendirme yöntemleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.



Şekil 3.6 Test Düzeninin Genel Görünüşü

### 3.2.1 Damlatıcı Basınç – Debi İlişkisinin Belirlenmesi

Damlatıcı basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla her bir damlatıcı tipi için 50 adet damlatıcı seçilmiş ve 3 tekrarlı olarak debileri ölçülmüştür (Decroix ve Malavel, 1985). Elde edilen debi ve basınç değerlerinin logaritmaları ile Excel programında doğrusal regresyon analizi yapılmış ve elde edilen doğrunun eğimi  $x$  üs değerini, doğrunun birim (h) değerine ( $h=1$ ) karşılık düşey eksenini kestiği noktada  $k$  değerini vermiştir. Ayrıca regresyon katsayısı da yine aynı program vasıtasıyla bulunmuştur.

### 3.2.2 Sıcaklık, Basınç ve Debi Ölçümleri

Vizkozite değişkenliğinin tespiti için su sıcaklığı test boyunca su deposuna yerleştirilen bir termometre yardımıyla ölçülmüştür. Deney sırasında su sıcaklığının değişim aralığı mümkün olduğunca az tutulmuştur. Deneme alanı kapalı bir ortam olduğundan sıcaklık değişimleri çok az düzeyde olmuştur. Denemeler süresince en düşük sıcaklık  $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en yüksek sıcaklık ise  $26.5\text{ }^{\circ}\text{C}$  olarak kaydedilmiştir. Ayrıca her bir damlatıcının testi boyunca sıcaklık değişimi  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'yi geçmemiştir. Bu nedenle sıcaklık değişimlerinin debi değişimlerine olan etkileri olmadığından hesaplara dahil edilmemiştir.

Sistem basınçları yerleştirilen 3 adet basınç ölçer yardımıyla  $\pm 1$  hassasiyetiyle ölçülmüştür. İstenilen basınç değeri iki adet galvaniz vana yardımıyla sabitlenmiştir (Şekil 3.4).

Decroix ve Malavel (1985) basınç–debi ilişkisinin basınç düzenleyicisiz damlatıcılar için  $0.5\text{--}2.5$  atm aralığında, basınç düzenleyicili damlatıcılar için de  $0.5\text{--}4.0$  veya  $5.0$  atm aralığındaki  $5\text{--}10$  örnekten elde edilen verilerle bulunabileceğini belirtmişlerdir. Denemeye alınan tüm damlatıcıların basınç düzenleme özelliği bulunmadığından  $0.5\text{--}3.0$  atm aralığında 6 farklı işletme basıncında test edilmiştir.

Damlatıcı debilerini belirlemek amacıyla damlatıcıların altına yerleştirilmiş ve daraları alınmış 2 L. hacmindeki su toplama kapları kullanılmıştır (Şekil 3.7).

Ölçümlere yaklaşık 9 m uzunluğunda bir düzenek yardımıyla aynı anda başlanmış ve yeterince su elde edilince aynı anda bitirilmiştir. Akış miktarı bir saatte kaplarda toplanan su hacmi olarak belirlenmiştir. Ölçümlerde ağırlık tespiti esas

alınarak debiler bulunmuştur (Kapdaşlı ve ark., 1997). Bu amaçla 1/10 mg hassaslıkta PRESİCA marka elektronik terazi kullanılmıştır (Şekil 3.8).

Test süresince kaydedilen ortalama 25 °C sıcaklık için suyun özgül ağırlığı 996.95 kg/m<sup>3</sup> olduğundan bu fark ihmal edilmiş ve suyun ölçülen ağırlığı hacmine eşit alınarak debi hesaplanmıştır (Ayyıldız, 1979).



Şekil 3.7 Debi ölçümlerinde kullanılan su toplama kapları



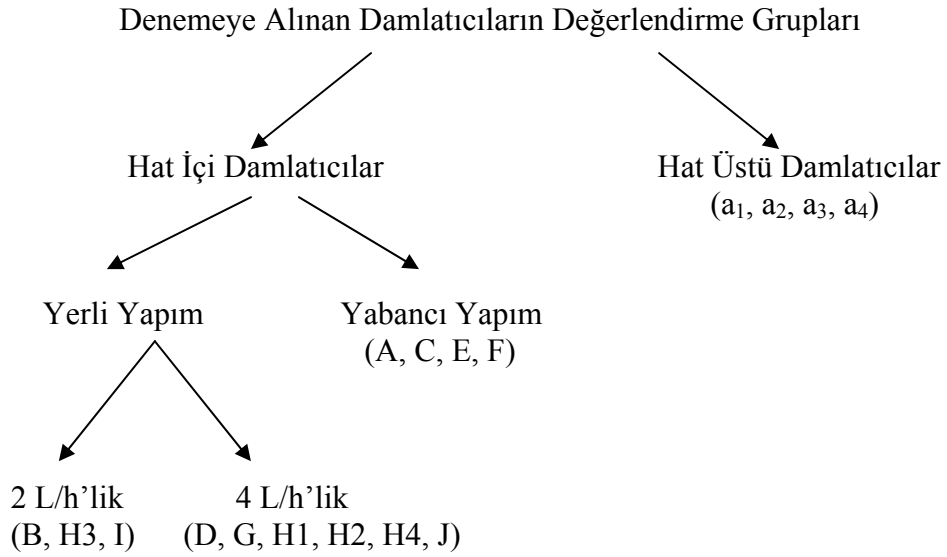
Şekil 3.8 Ağırlık tespitinde kullanılan elektronik hassas terazi

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Her bir damlatıcı tipi için 6 farklı işletme basıncında 50 adet örnekten alınan sonuçlar değerlendirilmiş ve bu damlatıcılara ait “x”, “k” ve “r” değerleri ile yapım farklılığı katsayısı ( $C_v$ ), istatistiksel yeknesaklık ( $U_s$ ), damlama eş dağılımı (EU) ve Christiansen yeknesaklık katsayısı ( $C_u$ ) değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca yapım farklılığı katsayısının damlama eş dağılımı ve Christiansen yeknesaklık katsayıları ile arasındaki ilişki incelenmiş ve son olarak da tüm damlatıcıların farklı sınıflandırmalara göre aldıkları yer tartışılmıştır.

Yapılan sınıflandırmada ASAE (1994, 2002)’nin belirtmiş olduğu standartlar kullanılmıştır.

Değerlendirmelerde kolaylık olması açısından damlatıcılar hat içi (in-line) ve hat üstü (on-line) olmak üzere iki gruba ayrılmış, hat içi damlatıcılarda kendi aralarında yerli ve yabancı yapım, yerli yapım damlatıcılarda debilerine göre 2L/h’lik ve 4L/h şeklinde gruplara ayrılmıştır. Bu gruplar şematik olarak aşağıdaki gibidir.





#### 4.1 Damlatıcı Özelliklerinin Belirlenmesi

**Çizelge 4.1** Deneme sonucunda elde edilen damlatıcı özellikleri

DS	Akış Cinsi	x	k	r
A	Tam Türbülanslı	0.4986	2.6867	0.9975
B	Tam Türbülanslı	0.5251	2.8131	0.9951
C	Tam Türbülanslı	0.5339	2.6053	0.9845
D	Tam Türbülanslı	0.5079	3.0719	0.9908
E	Tam Türbülanslı	0.4322	2.7657	0.9977
F	Tam Türbülanslı	0.4411	2.8327	0.9957
G	Tam Türbülanslı	0.4985	3.1509	0.9977
H <sub>1</sub>	Tam Türbülanslı	0.4341	3.2561	0.9982
H <sub>2</sub>	Tam Türbülanslı	0.5045	3.0966	0.9982
H <sub>3</sub>	Tam Türbülanslı	0.4058	2.7166	0.9982
H <sub>4</sub>	Kısmi Türbülanslı	0.6276	3.0300	0.9985
I	Tam Türbülanslı	0.4915	2.9480	0.9963
J	Tam Türbülanslı	0.5212	2.9939	0.9989
a <sub>1</sub>	Tam Türbülanslı	0.5488	3.0820	0.9972
a <sub>2</sub>	Kısmi Türbülanslı	0.6049	3.0683	0.9845
a <sub>3</sub>	Kısmi Basınç Düzenleyicili	0.3327	3.3072	0.9950
a <sub>4</sub>	Tam Türbülanslı	0.4746	3.4488	0.9984

Denemeye alınan damlatıcıların test sonucu elde edilen akış cinsi, x, k ve r değerleri Çizelge 4.1’de özetlenmiştir. Anılan değerlerin bulunması amacıyla da basınç ile debi arasında korelasyon analizleri yapılmış ve Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7’de gösterilmiştir.

Bir popülasyona veya bir örneğe ait x veya y ile gösterilen iki özelliği arasındaki ilişkinin derecesi, yönü ve istatistik açıdan önemli olup olmadığı, korelasyon katsayısı ve korelasyon analizi yardımıyla bulunur (Güneş ve Arıkan, 1988).

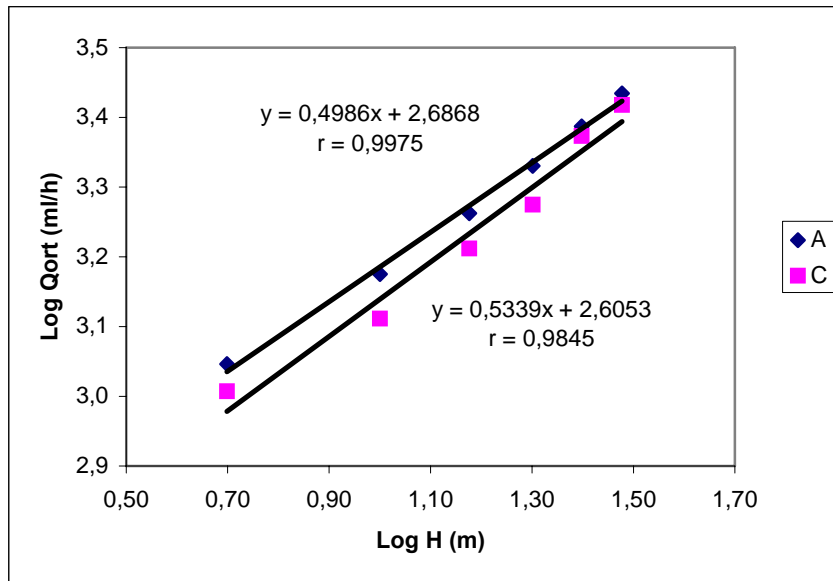
Basınç ile debinin birlikte değişim ölçüsü olan korelasyon katsayısı  $-1$  ile  $+1$  arasında değer almaktadır. r olarak gösterilen korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü belirlemektedir. Pozitif korelasyon katsayısı basınç artışına karşılık debi

değerinin de arttığını, negatif korelasyon katsayısı basıncın artmasına karşılık debinin azaldığını gösterir.  $r = 0$  ise bu iki değişken arasında bir ilişkinin olmadığını anlaşılr (Püskülcü ve İkiz, 1986).

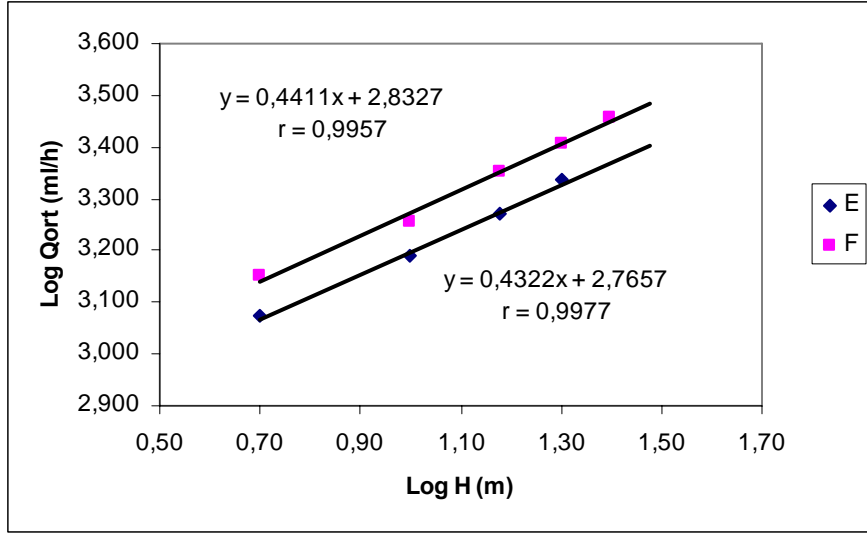
Bu durumda Çizelge 4.1 incelendiğinde  $r$  değerlerinin 0.9845 ile 0.9989 arasında değiştiği ve buna göre de tüm damlatıcıların basınç ile debi arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olduğu görülmektedir.

Ele alınan hat içi damlatıcılardan yabancı yapım olanların  $x$  değerleri 0.4322–0.5339 arasında,  $k$  katsayıları 2.6053–2.8327 arasında ve korelasyon katsayıları da 0.9845-0.9977 arasında; yerli yapım damlatıcıların  $x$  değerleri 0.4058-0.6276,  $k$  katsayıları 2.7166–3.2561 arasında,  $r$  değerleri 0.9908–0.9989 arasında değişmiştir. Hat üstü damlatıcıların ise  $x$  değerleri 0.3327–0.6049 arasında,  $k$  katsayıları 3.0820–3.4488 arasında ve  $r$  değerleri 0.9845–0.9984 arasında değişmiştir. Buna göre anılan katsayıların değişim aralıkları en fazla hat üstü damlatıcılarda olduğu gözlemlenmiştir.

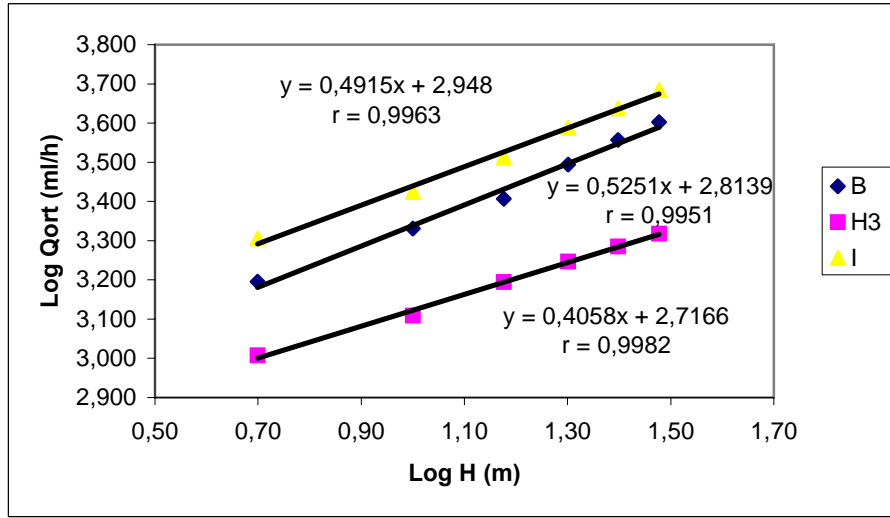
Çizelge 4.1’de  $x$  değerlerinin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi  $H_4$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  damlatıcıları dışında diğer tüm damlatıcıların  $x$  değerleri 0.5’e çok yakın olduğundan akış cinsleri tam türbülanslı olarak kabul edilmiştir. Ancak  $H_4$  ve  $a_2$  damlatıcıları 0.5-1.0 arasında oldukları için kısmi türbülanslı ve  $a_3$  damlatıcısı da 0 ile 0.5 arasında olduğu için kısmi basınç düzenleyicili olarak tanımlanmıştır (Von Bernuth ve Solomon, 1986; Bralts, 1986).



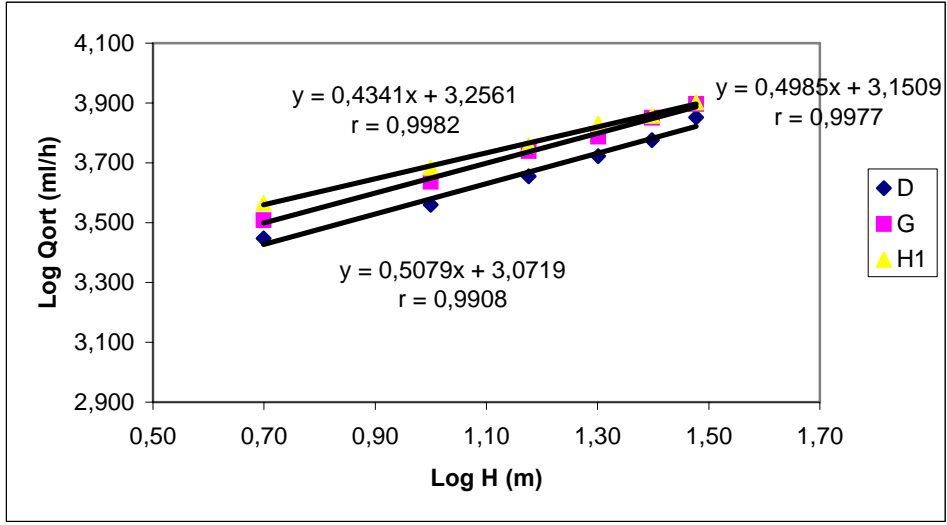
**Şekil 4.1** Yabancı yapım hat içi damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



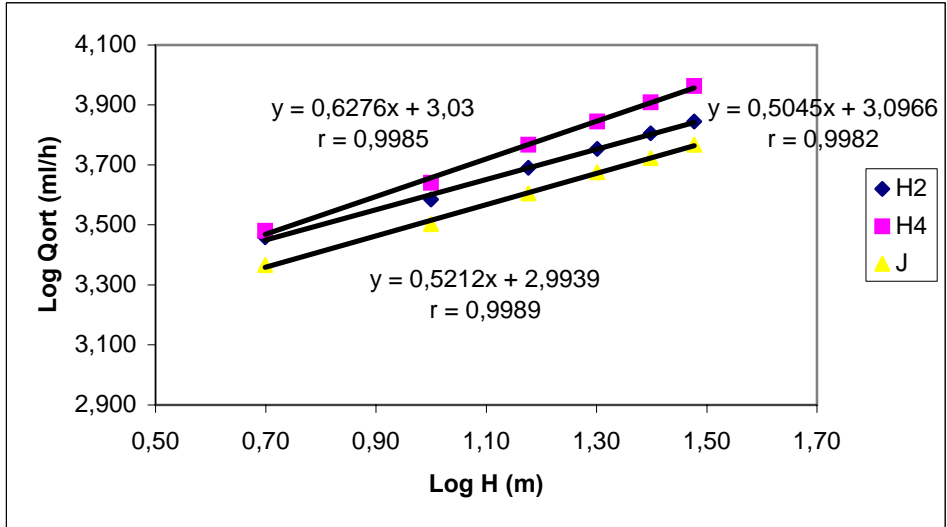
Şekil 4.2 Yabancı yapım hat içi damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



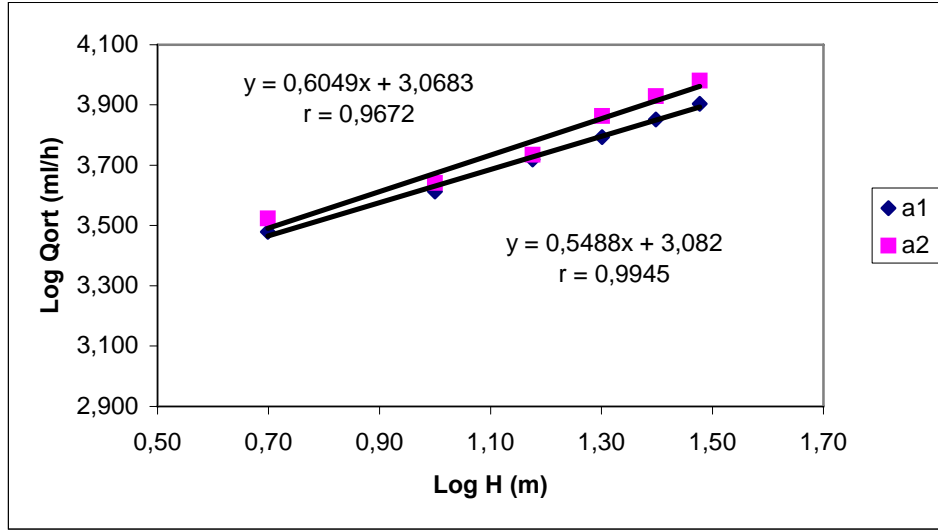
Şekil 4.3 Yerli yapım hat içi ve 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



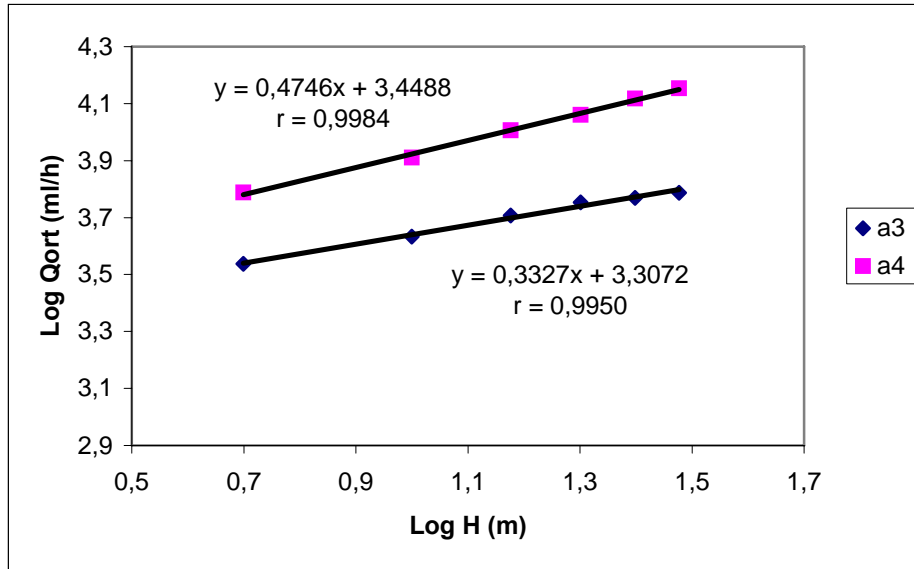
Şekil 4.4 Yerli yapım hat içi ve 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



Şekil 4.5 Yerli yapım hat içi ve 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



Şekil 4.6 Hat üstü damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi



Şekil 4.7 Hat üstü damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki korelasyon katsayısı ve analizi

Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ve 4,7'nin incelenmesinden görüleceği gibi denemeye alınan 17 damlatıcının debileri basınçla artmakta ve tam logaritmik doğrusal ilişki göstermektedir. Damlatıcı debilerinin çalışma basıncına bağlı olarak tam logaritmik bir ilişki içerisinde artması Karmeli (1977), Von Bernuth ve Solomon (1986) gibi bir çok araştırmacı tarafından da belirtilmekte ve bu ilişki 1 numaralı eşitliğe uymaktadır (Kapar, 1991).

## 4.2 Damlatıcılarda Debi – Basınç İlişkileri

Denemeye alınan damlatıcıların debileri 6 farklı basınçta 3 tekrarlı olarak ölçülmüş ve ortalamaları Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.

Test edilen damlatıcılardan bazılarının yapım özelliklerinden dolayı belli bir basıncın üzerindeki debi değerlerinin tümü ölçülememiştir. Elde edilen debi değerleri lateral boyunca gelişi güzel seçilen 3 adet damlatıcıdan 3 tekrarlı olarak alınan verilerle bulunmuştur. Bu damlatıcılar için damlatma özelliğini yitirdiği ve akışa geçtiği basınç düzeyi maksimum işletme basıncı olarak kabul edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, yapımcı verileriyle test sonucu elde edilen veriler karşılaştırıldığında, yabancı yapım damlatıcıların yerli yapım damlatıcılara, hat içi damlatıcıların da hat üstü damlatıcılara göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar ilişkin veriler aşağıda verilmiştir.

Debi-basınç ilişkisine ile ilgili analizlerde damlatıcılar önceden belirtilen gruplara göre değerlendirilmiştir.

### 4.2.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar

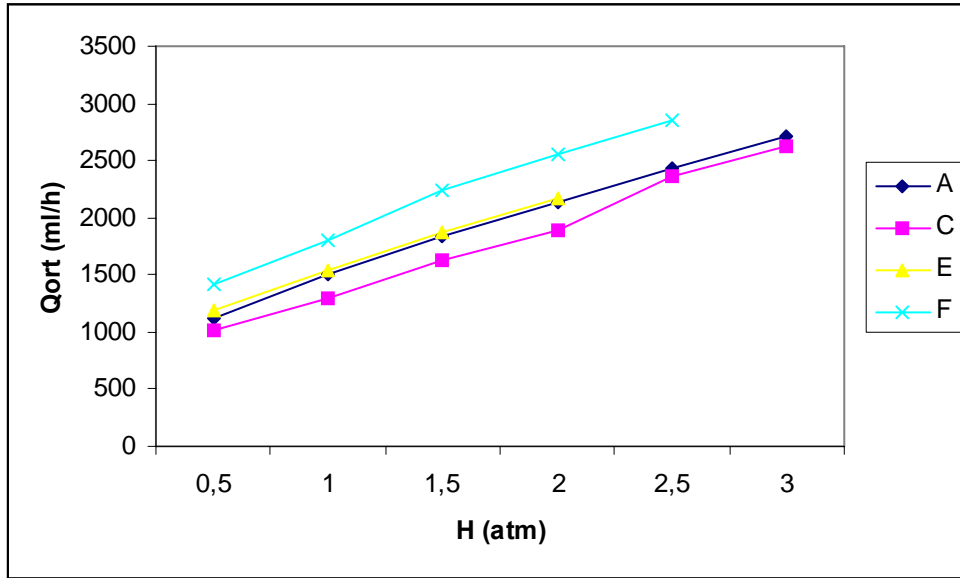
Denemeye alınan hat içi damlatıcılarının değişik basınçlardaki debi değerleri Çizelge 4.2, 4.3 ve 4.4’te verilmiştir. Ayrıca bu damlatıcıların basınç-debi ilişkilerini analiz etmek için bulunan veriler grafiksel olarak Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10’da gösterilmiştir.

Buna göre test edilen hat içi damlatıcı debilerinin tümü basınç ile birlikte orantılı olarak artmıştır. Yalnızca C, D, G ve H<sub>1</sub> damlatıcıları diğerlerine göre daha düzensiz bir yol izlemiştir.

Yabancı yapım damlatıcılara ait debi değerleri ve basınç-debi eğrileri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Deneme kullanılan yabancı yapım E ve F damlatıcıları sırasıyla 2.5 atm ve 3.0 atm basınç düzeylerinde zarar görmüşlerdir. Bu, yapımcıların verileriyle uyum içindedir. Yabancı yapım damlatıcılarının tümünün ideal işletme basıncında (1.0 atm) verdikleri debi 1-2 L/h arasında kalmıştır. Bu damlatıcılara ait yapımcı verileri ile deneme sonuçlarında elde edilen veriler birbirine çok yakın değerlerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.2** Yabancı yapım damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (mL/h)

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
A	1113	1497	1831	2140	2440	2719
C	1017	1293	1629	1883	2362	2618
E	1183	1545	1864	2164	-	-
F	1417	1800	2245	2562	2858	-

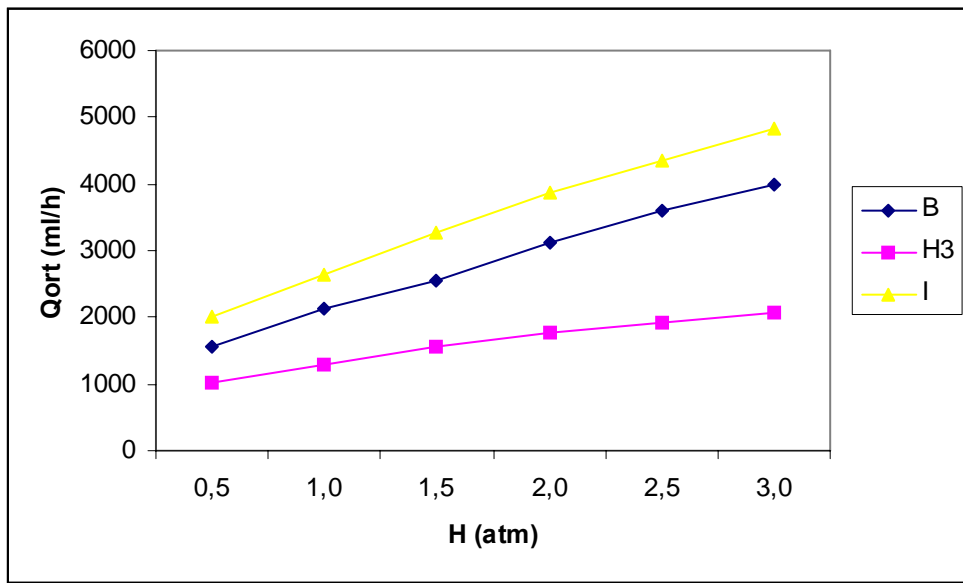


**Şekil 4.8** Yabancı yapım damlatıcıların basınç – debi eğrileri

Yerli yapım damlatıcıların test sonuçları Çizelge 4.3, 4.4’de ve basınç-debi grafikleri Şekil 4.9 ve 4.10’da verilmiştir. Buna göre, yapımıcılardan alınan ideal işletme basıncındaki debi değerleri ile deneme sonucu elde edilen debi değerlerinden yerli yapım damlatıcılardan I damlatıcısının debisi % 9.25, G damlatıcısının debisi % 8.35 ve J damlatıcısının debisi de % 20.43 oranında farklılık göstermiştir.

**Çizelge 4.3** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (mL/h)

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
<b>B</b>	1568	2142	2553	3116	3608	4001
<b>H<sub>3</sub></b>	1017	1286	1566	1765	1928	2080
<b>I</b>	2021	2652	3259	3881	4344	4835

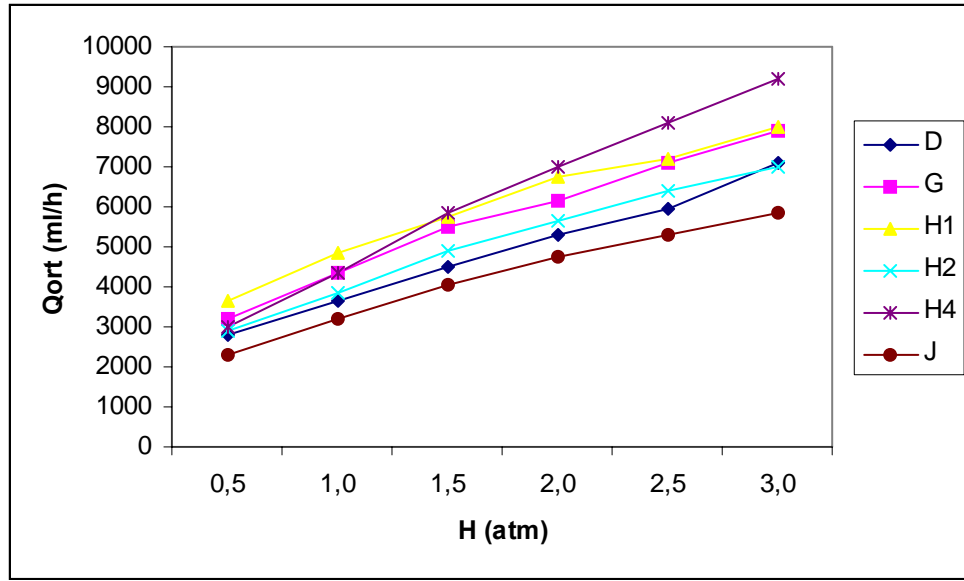


**Şekil 4.9** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç – debi eğrileri

**Çizelge 4.4** Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (mL/h)

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
<b>D</b>	2801	3630	4523	5283	5966	7104
<b>G</b>	3224	4334	5488	6141	7088	7887
<b>H1</b>	3670	4830	5743	6764	7194	7986
<b>H2</b>	2876	3843	4902	5664	6390	6991
<b>H4</b>	3019	4368	5847	6999	8111	9204
<b>J</b>	2321	3183	4029	4740	5276	5847





Şekil 4.10 Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç – debi eğrileri

#### 4.2.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar

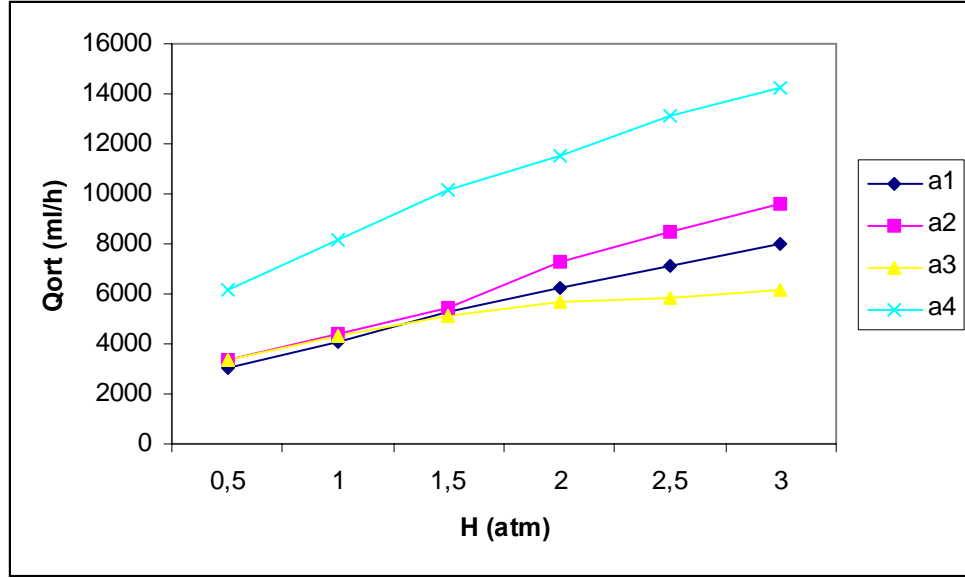
Denemede kullanılan hat üstü damlatıcıların 6 farklı basınçta elde edilen ortalama debileri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Aralarındaki ilişkinin analizi için bulunan veriler toplu halde Şekil 4.11'de gösterilmiştir.

Dört damlatıcının da debileri basınçla doğrusal bir ilişki göstermiştir. Yalnızca a<sub>1</sub> damlatıcısının diğer damlatıcılara göre doğruya çok yakın bir yol izlediği görülmektedir.

Bu damlatıcıların yapımçı verileri ile deneme sonucu elde edilen veriler karşılaştırıldığında, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub> ve a<sub>3</sub> damlatıcıları çok küçük sapmalar (% 2.68 - % 9.5 - % 7.4) göstermiş, oysa a<sub>4</sub> damlatıcısı % 35.78'lik oranıyla yüksek oranda sapma göstermiştir.

Çizelge 4.5 Hat üstü damlatıcıların farklı basınçlardaki ortalama debi değerleri (mL/h)

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
a <sub>1</sub>	3017	4107	5243	6212	7106	8021
a <sub>2</sub>	3345	4380	5429	7310	8493	9577
a <sub>3</sub>	3347	4296	5102	5674	5873	6133
a <sub>4</sub>	6147	8147	10159	11499	13119	14243



Şekil 4.11 Hat üstü damlaticıların basınç – debi eğrileri

### 4.3 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)

Denemeye alınan damlaticıların farklı basınçlardaki yapım farklılığı katsayıları belirlenmiş ve hat içi ve hat üstü olmak üzere iki ana grupta değerlendirmeye alınmıştır.

Test sonucunda elde edilen değerler eşitlik 8 yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9’da verilmiştir. Tüm çizelgelerin incelenmesinden de anlaşılacağı gibi basınçla birlikte Cv değerlerinin değişim oranları çok düşük bir düzeyde (%1 civarında) kalmıştır. Yani hat içi ve hat üstü damlaticılarda basınçla birlikte yapım farklılığı katsayılarının değişim oranları önemsenmeyecek düzeydedir.

Bozkurt (1996) yaptığı çalışmada Cv değerlerinin basınçla birlikte değiştiğini, ancak basınç gideren damlaticıların değişim oranlarının gidermeyenlere göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde basınç düzenleyicisiz damlaticılarda Cv değişim aralıklarını % 1 civarında bulmuştur.

Ele alınan tüm damlaticılar ASAE (2002)’ye göre yapılan sınıflandırmada; % 70.6’sı “mükemmel”, % 11.8’i “iyi”, % 11.8’i “sınırdan” ve % 5.9’u da “çok kötü” kalite sınıfında yer almıştır.

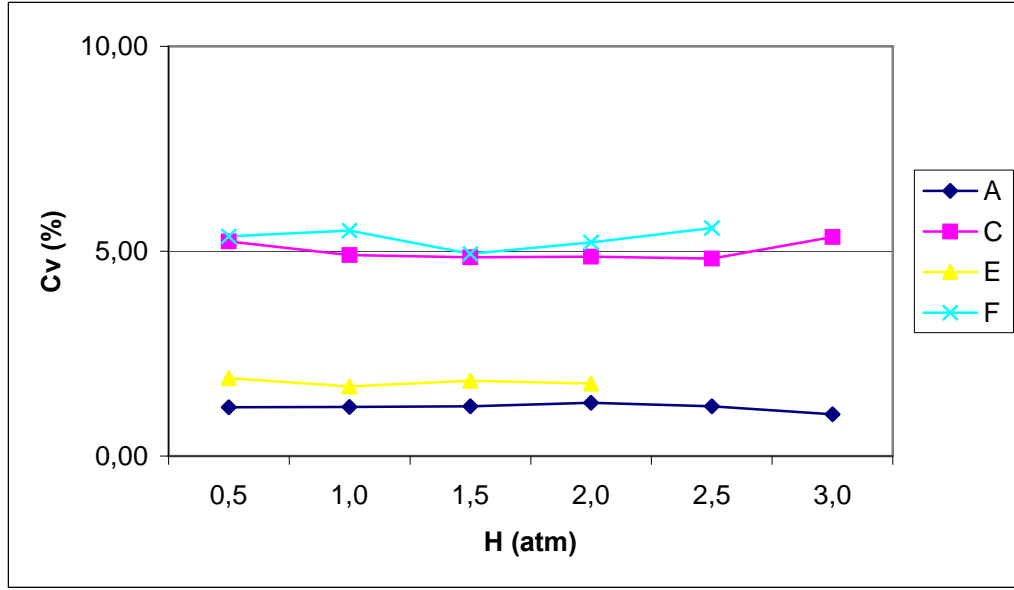
### 4.3.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar

Test edilen hat içi damlatıcılar yerli ve yabancı olmak üzere iki grupta incelenmiştir.

Yabancı yapım damlatıcılara ait test sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Sonuçlara ilişkin eğrilerde grafiksel olarak Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Buna göre tüm damlatıcıların Cv katsayıları basınçla birlikte istikrarlı bir yol izlemiştir. Burada A ve E damlatıcılarının % 5’lik sınır çizgisinin çok altında kalarak “mükemmel” sınıfa girdiği görülmektedir. C damlatıcısı, 0.5 ve 3.0 atm basınçta % 5’in üzerine çıkarak “iyi” sınıfına, diğer basınç değerlerinde % 5 değerinin çok altında kalarak “mükemmel” sınıfına girmiştir. F damlatıcısı ise sadece 1.5 atm basınçta bu değerin çok az altına inerek “mükemmel” sınıfında, diğer basınç değerlerinde ise “iyi” sınıfında yer almıştır.

**Çizelge 4.6** Yabancı yapım damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması

DS	A		C		E		F	
	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı
0.5	1.19	M	5.24	İ	1.90	M	5.37	İ
1.0	1.20	M	4.91	M	1.70	M	5.51	İ
1.5	1.22	M	4.85	M	1.84	M	4.94	M
2.0	1.30	M	4.87	M	1.77	M	5.22	İ
2.5	1.22	M	4.82	M	-		5.57	İ
3.0	1.02	M	5.35	İ	-		-	

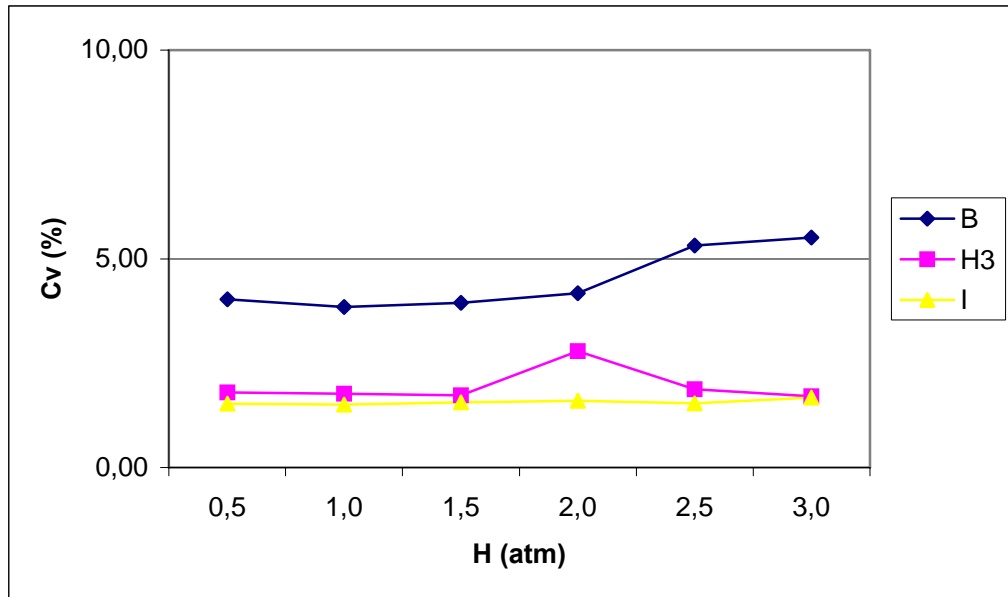


**Şekil 4.12** Yabancı yapım damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri

Yerli yapım damlatıcıların test sonucunda elde edilen değerleri 2 L/h ve 4 L/h'lik olmak üzere iki grupta incelenmiştir. 2 L/h debiye sahip damlatıcılara ilişkin Çizelge 4.7 ve Şekil 4.13 incelendiğinde I damlatıcısının Cv değerlerinin % 1-2 arasında ve neredeyse sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Benzer biçimde H<sub>3</sub> damlatıcısı da 2 atm basınç düzeyi hariç diğer basınçlarda sabit bir değer taşımıştır. Sadece 1.5-2.0 atm ve 2.0-2.5 atm değerleri arasında % 1'lik değişimin biraz üzerine çıkmıştır. Her iki damlatıcının tüm basınçlardaki sınıfsal değeri “mükemmel” dir. B damlatıcısının Cv değerleri 2.5 atm'e kadar mükemmel sınıfta yer almış ancak 2.5 ve 3.0 atm basınçta % 5'lik değerin üzerine çıkarak “iyi” sınıfına düşmüştür.

**Çizelge 4.7** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması

DS	B		H <sub>3</sub>		I	
	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı
0.5	4.03	M	1.80	M	1.53	M
1.0	3.85	M	1.77	M	1.51	M
1.5	3.95	M	1.73	M	1.56	M
2.0	4.18	M	2.79	M	1.60	M
2.5	5.32	İ	1.88	M	1.54	M
3.0	5.51	İ	1.71	M	1.68	M

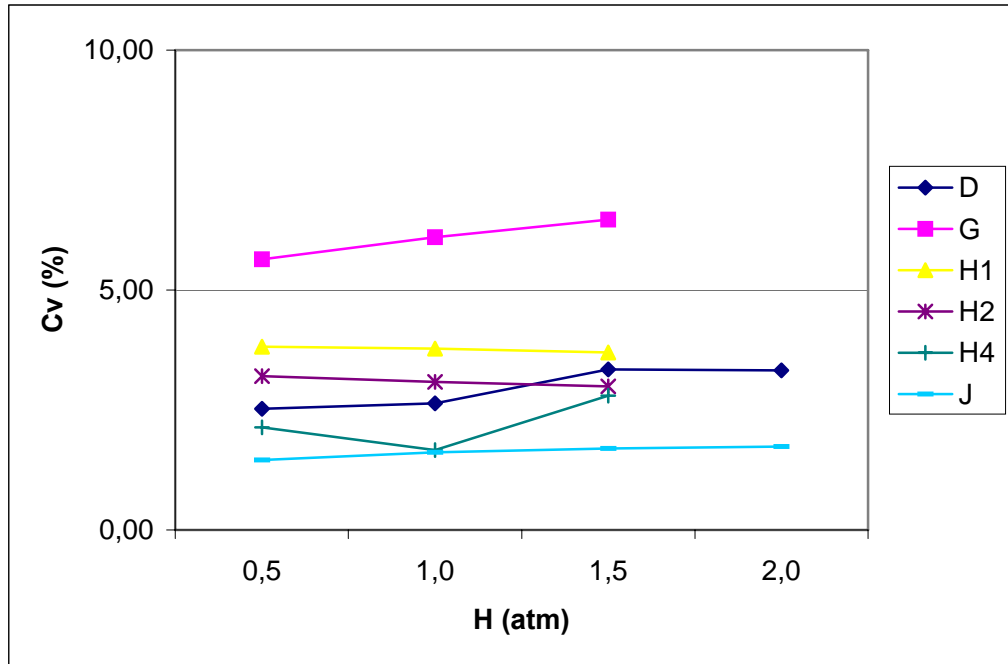


**Şekil 4.13** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri

4 L/h'lik yerli yapım damlatıcılara ait Çizelge 4.8 ve Şekil 4.14 incelendiğinde sadece G damlatıcısının % 5 seviyesinin üzerinde kalarak “iyi” sınıfına girdiği, diğer tüm damlatıcıların ise “mükemmel” olduğu görülmektedir. H<sub>4</sub> dışındaki damlatıcıların basınçla birlikte Cv değişim aralıkları % 1'den çok düşük düzeyde kalmış, sadece bu damlatıcı 1.0-1.5 arasında % 1.13'lük bir artış göstermiştir. Ancak bu sınıflandırmadaki yerini değiştirmemiştir.

**Çizelge 4.8** Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması

DS	D		G		H <sub>1</sub>		H <sub>2</sub>		H <sub>4</sub>		J	
Basınç (atm)	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	CV	Sınıfı	CV	Sınıfı
0.5	2.53	M	5.64	İ	3.82	M	3.21	M	2.14	M	1.46	M
1.0	2.64	M	6.10	İ	3.78	M	3.09	M	1.67	M	1.62	M
1.5	3.35	M	6.47	İ	3.70	M	2.99	M	2.80	M	1.70	M
2.0	3.33	M	-		-		-		-		1.74	M
2.5	-		-		-		-		-		-	
3.0	-		-		-		-		-		-	



**Şekil 4.14** Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri

#### 4.3.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar

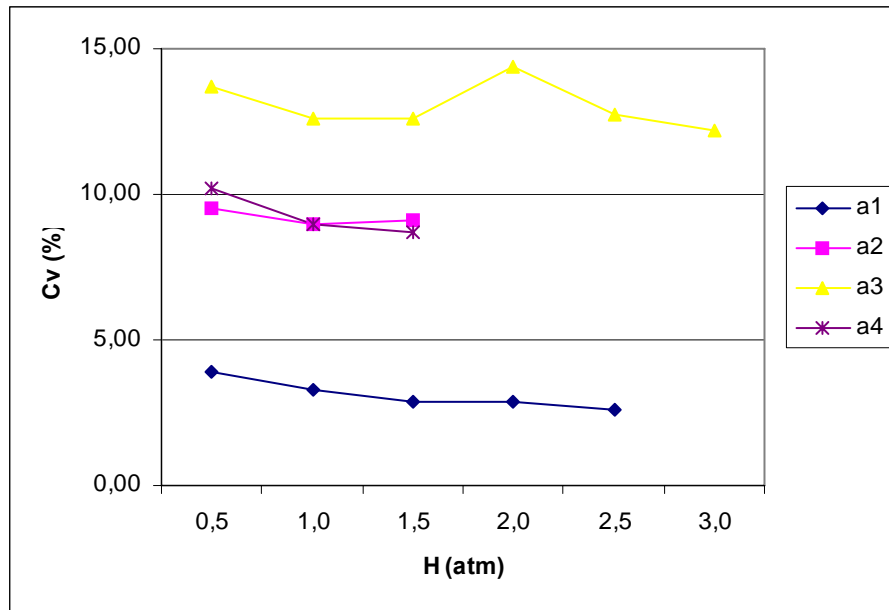
Denemede kullanılan 4 adet hat üstü damlatıcıların Cv değerleri ve sınıflandırmadaki yerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Çizelge 4.9 incelendiğinde sadece

$a_1$  damlatıcısının “mükemmel” sınıfta yer aldığı görülmektedir. Bu damlatıcılara ait Şekil 4.15 incelendiğinde en karışık yapının “çok kötü” sınıfında yer alan  $a_3$  damlatıcısında olduğu görülmektedir. Bu damlatıcıda basınçla birlikte Cv değerleri karışık bir durum sergilemiştir.  $a_1$  ve  $a_2$  damlatıcılarının basınca karşı Cv değişim değerleri,  $a_3$  ve  $a_4$  damlatıcılarının değişim değerlerine göre daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.9’da  $a_2$  ve  $a_4$  damlatıcılarının Cv değerleri % 7-11 arasında kalarak “sınırdan”,  $a_3$  damlatıcısının da Cv katsayısı % 11-15 arasında yer alarak “çok kötü” sınıfına girmiştir (ASAE, 2002).

**Çizelge 4.9** Hat üstü damlatıcıların yapım farklılıkları (%) ve sınıflandırılması

DS	$a_1$		$a_2$		$a_3$		$a_4$	
	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı
0.5	3.89	M	9.54	S	13.73	ÇK	10.22	S
1.0	3.30	M	8.97	S	12.60	ÇK	8.99	S
1.5	2.87	M	9.08	S	12.63	ÇK	8.68	S
2.0	2.88	M	-		14.37	ÇK	-	
2.5	2.60	M	-		12.73	ÇK	-	
3.0	-		-		12.19	ÇK	-	



**Şekil 4.15** Hat üstü damlatıcıların basınç-yapım farklılığı katsayısı eğrileri

#### 4.4 Damlatıcıların Sulama Yeknesaklıklarının Değerlendirilmesi

Denemeye alınan damlatıcıların değerlendirmeleri Konu 2.4’de belirtilen yöntemler yardımıyla yapılmıştır. Bu kısımda damlatıcılara ait istatistiksel yeknesaklık (Us), damlama eş dağılımı (EU) ve Christiansen yeknesaklık katsayısı (Cu) değerleri incelenmiş ve sınıflandırmadaki yerleri tartışılmıştır.

##### 4.4.1 İstatistiksel Yeknesaklık (Us)

Damlatıcılara ait Us değerleri eşitlik 15 yardımıyla bulunmuştur. Bulunan değerler ile sınıflandırmadaki yerleri Çizelge 4.10, 4.11, 4.12 ve 4.13’de özetlenmiştir. Belirtilen çizelgelere göre, istatistiksel yeknesaklık değerleri yapım farklılığı katsayıları ile ters orantılı olarak değişmektedir.

Önerilen işletme basıncında (1.0 atm) elde edilen istatistiksel yeknesaklık değerlerine göre hat içi damlatıcıların yaklaşık % 65’i ve hat üstü damlatıcıların da % 25’i ASAE (1994)’nin önerdiği % 95 değerinin üzerinde kalarak “mükemmel” sınıfında yer almıştır.

Bozkurt (1996) yaptığı çalışmada, ele aldığı 12 adet hat içi damlatıcıdan sadece biri dışında diğerlerinin istatistiksel yeknesaklık katsayılarını % 95’in üzerinde bulmuştur.

##### 4.4.1.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar

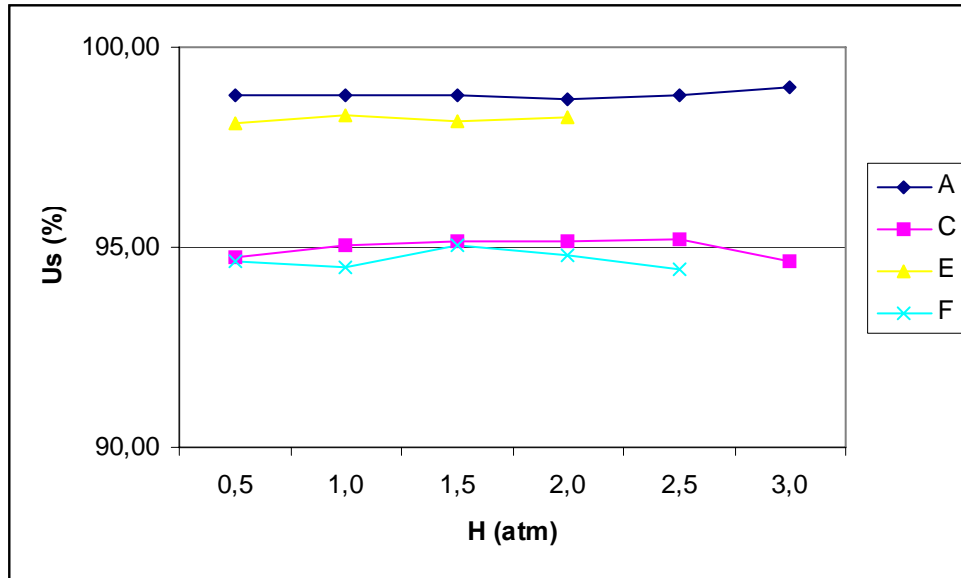
Yabancı yapım hat içi damlatıcıların basınçla birlikte Us değerlerindeki değişim yüzdeleri % 1’in altında kalarak önemli bir değişiklik göstermediği görülmektedir (Çizelge 4.10).

A ve E damlatıcıları % 95 seviyesinin üzerinde kalarak “mükemmel” sınıfa girdiği görülmektedir. C damlatıcısı, sadece 0.5 ve 1.0 atm basınçta % 95 çizgisinin biraz altında kalarak “iyi-mükemmel” sınıfları arasında, diğer basınç değerlerinde ise “mükemmel” sınıfında yer almıştır. F damlatıcısı ise sadece 1.5 atm basınçta % 95.03 Us değeri ile “mükemmel” sınıfında, diğer basınç değerlerinde ise “iyi-mükemmel” arasında yer almıştır (Şekil 4.16).



**Çizelge 4.10** Yabancı yapım damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması

DS	A		C		E		F	
	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı
0.5	98.81	M	94.76	İ-M	98.10	M	94.63	İ-M
1.0	98.80	M	95.06	M	98.30	M	94.49	İ-M
1.5	98.78	M	95.15	M	98.16	M	95.06	M
2.0	98.70	M	95.13	M	98.23	M	94.78	İ-M
2.5	98.78	M	95.18	M	-		94.43	İ-M
3.0	98.98	M	94.65	İ-M	-		-	



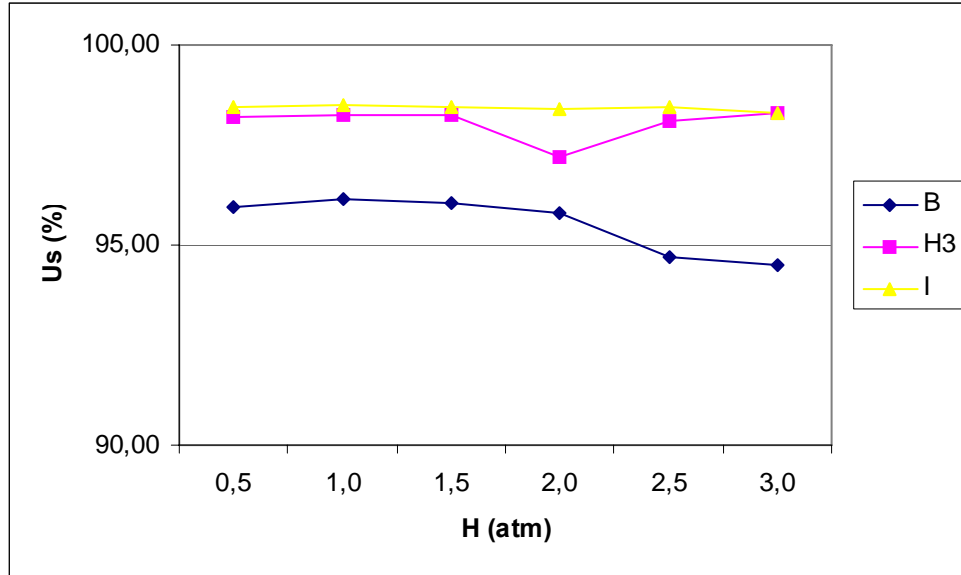
**Şekil 4.16** Yabancı yapım damlatıcıların H-Us eğrileri

Yerli yapım 2 L/h debiye sahip damlatıcılara ait bulgular Çizelge 4.11’de ve bu değerlere ilişkin grafikte Şekil 4.17’de verilmiştir. Şekil 4.17 incelendiğinde I damlatıcısının istikrarlı bir yol izleyerek tüm basınç değerlerinde neredeyse sabit kaldığı görülmektedir. H<sub>3</sub> damlatıcısının da sadece 2.0 atm değerinde % 1.06’lık bir değişim göstermiş, onun dışında bu damlatıcı da sabit değerler almıştır. Her iki damlatıcı da tüm basınç değerlerinde % 95 Us değerinin üzerinde kalarak “mükemmel” sınıfa girdiği görülmektedir. B damlatıcısı 2.0 atm’e kadar “mükemmel” sınıfa girmiş bu basınçtan

sonra % 1.14'lük bir değişimle % 95 sınırının altına inerek “iyi-mükemmel” sınıfında yer almıştır.

**Çizelge 4.11** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması

DS	B		H3		I	
	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı
0.5	95.97	M	98.20	M	98.47	M
1.0	96.15	M	98.23	M	98.49	M
1.5	96.05	M	98.27	M	98.44	M
2.0	95.82	M	97.21	M	98.40	M
2.5	94.68	İ-M	98.12	M	98.46	M
3.0	94.49	İ-M	98.29	M	98.32	M

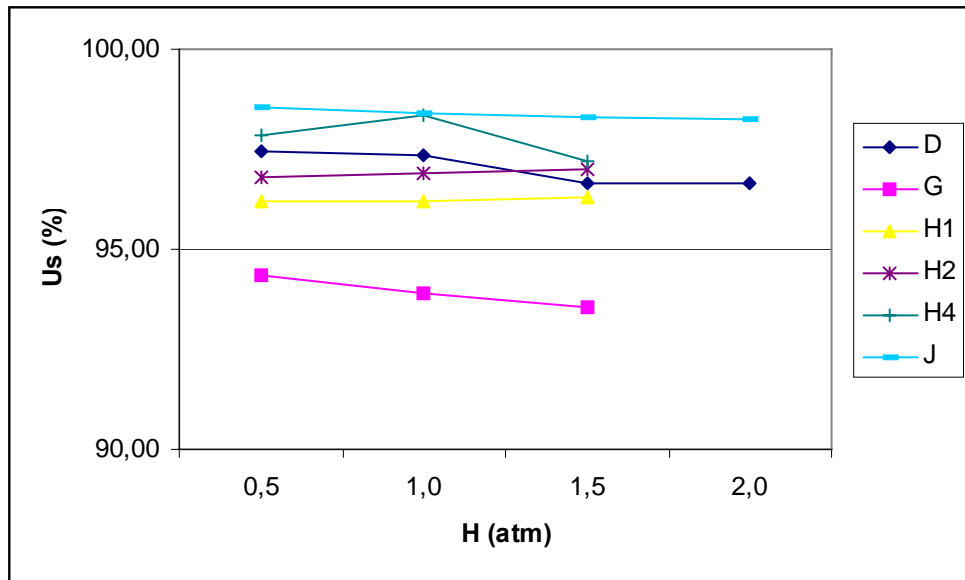


**Şekil 4.17** Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Us eğrileri

4 L/h debiye sahip hat içi damlatıcılara ait Çizelge 4.12 ve Şekil 4.13'de; G, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> ve J damlatıcılarının % 1'lik değişimin çok altında kalarak düzenli bir yol izlediği görülmektedir. D ve H<sub>4</sub> damlatıcılarının basınçla birlikte Us değerlerinde sapmalar görülse de önemli bir değere ulaşmamıştır. Damlatıcılardan sadece G damlatıcısı % 95 değerinin altında kalarak “iyi-mükemmel” sınıfına, diğer tüm damlatıcılar ise “mükemmel” sınıfına girmiştir.

**Çizelge 4.12** Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması

DS	D		G		H <sub>1</sub>		H <sub>2</sub>		H <sub>4</sub>		J	
Basınç (atm)	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı
0.5	97.47	M	94.36	İ-M	96.18	M	96.79	M	97.86	M	98.54	M
1.0	97.36	M	93.90	İ-M	96.22	M	96.91	M	98.33	M	98.38	M
1.5	96.65	M	93.53	İ-M	96.30	M	97.01	M	97.20	M	98.30	M
2.0	96.67	M	-		-		-		-		98.26	M
2.5	-		-		-		-		-		-	
3.0	-		-		-		-		-		-	



**Şekil 4.18** Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Us eğrileri

#### 4.4.1.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar

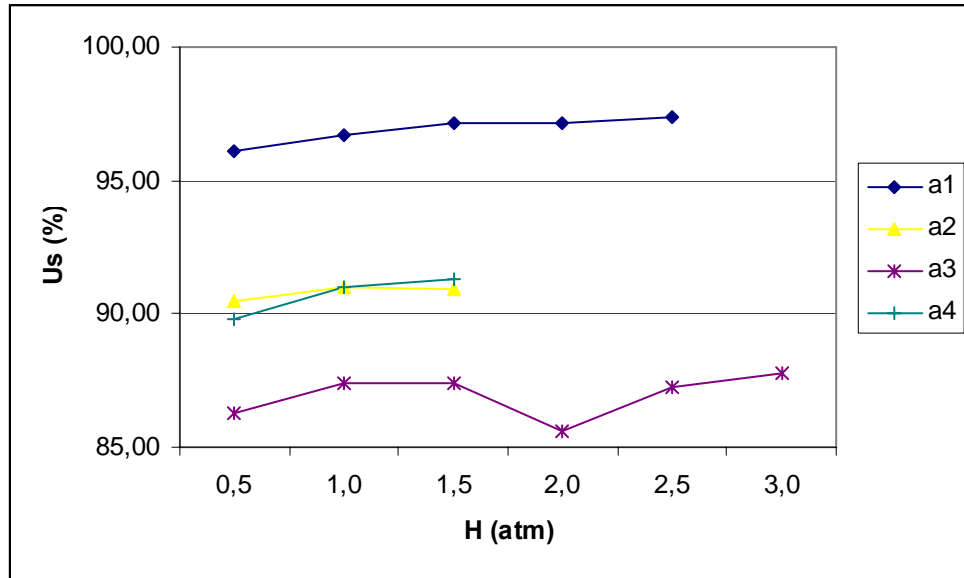
Hat üstü damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık katsayıları ve bu katsayılarla ilişkin eğriler Çizelge 4.13 ve Şekil 4.19'da verilmiştir.

Şekil 4.19'da a<sub>1</sub> damlatıcısının tüm basınç değerlerinde % 95 sınırının üzerinde olduğu görülmektedir. a<sub>2</sub> damlatıcısı % 90-95 değerleri arasında kalarak "iyi-mükemmel" şeklinde yorumlanmıştır. a<sub>3</sub> damlatıcısı diğerlerine göre daha dalgalı bir yol izlemiş ancak bu sınıflandırmadaki yerini değiştirmeyerek "iyi" sınıfta yer

almıştır. a<sub>4</sub> damlatıcısı da 0.5 atm basınçta % 89.78 Us değeriyle “iyi” sınıfında yer alırken 1.0 ve 1.5 atm basınçta % 90 değerinin üzerine çıkarak “iyi-mükemmel” arasında yer almıştır.

**Çizelge 4.13** Hat üstü damlatıcıların istatistiksel yeknesaklık değerleri (%) ve sınıflandırılması

DS	a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>		a <sub>3</sub>		a <sub>4</sub>	
	Basınç (%)	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us	Sınıfı	Us
0.5	96.11	M	90.46	İ-M	86.27	İ	89.78	İ
1.0	96.70	M	91.03	İ-M	87.40	İ	91.01	İ-M
1.5	97.13	M	90.92	İ-M	87.37	İ	91.32	İ-M
2.0	97.12	M	-		85.63	İ	-	
2.5	97.40	M	-		87.27	İ	-	
3.0	-		-		87.81	İ	-	



**Şekil 4.19** Hat üstü damlatıcıların H-Us eğrileri

#### 4.4.2 Damlama Türdeşliği (EU)

Eşitlik 19 ile elde edilen damlama türdeşliği değerlerine göre 1.0 atm basınçta hat içi damlatıcılardan EU değeri en düşük % 93.54 değeriyle G damlatıcısına, en

yüksek ise % 98.37 değeriyle A damlatıcısına aittir. Hat üstü damlatıcılarda ise damlama türdeşliği % 96.38 ( $a_1$ ) ile % 84.60 ( $a_3$ ) değerleri arasında değişmiştir. Tüm damlatıcılarda basıncın artmasıyla birlikte EU değerleri arasındaki değişim yüzdeleri % 2.5’i geçmemiştir (Çizelge 4.14, 4.15, 4.16, 4.17).

Bozkurt (1996) yaptığı çalışmada basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda basınca karşılık EU’daki değişim oranının % 1 civarında olduğunu belirtmiştir. Benzer sonuçlar bu çalışma kapsamında da elde edilmiştir.

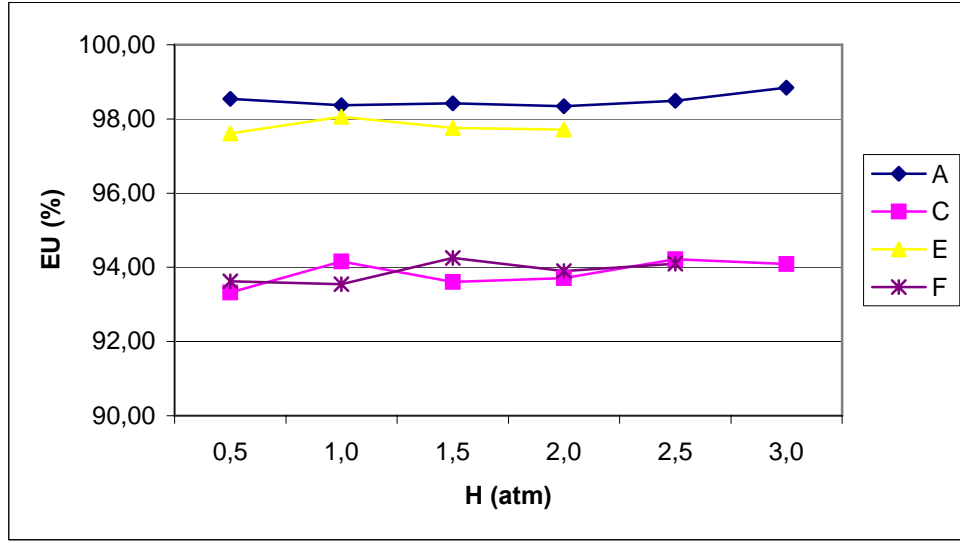
#### 4.4.2.1 Hat İçi (In - Line) Damlatıcılar

Yabancı yapım damlatıcılara ilişkin EU değerleri Çizelge 4.14’de ve bu değerlerin basınç değişimi karşısında izledikleri yol Şekil 4.20’de verilmiştir.

Buna göre A ve E damlatıcıları % 1’in çok altında bir değişim göstererek tüm basınç değerlerinde “mükemmel” sınıfında yer almıştır. Oysa C ve F damlatıcıları daha değişken bir yapı sergilemiştir. Örneğin C damlatıcısı 0.5 atm basınçta “iyi-mükemmel” arasındayken 1.0 atm değerinde % 94.16 ile mükemmel sınıfına yükselmiş ve ardından tekrar düşerek % 93.61 EU değeri ile yine “iyi-mükemmel” sınıfında yer almıştır. Benzer şekilde F damlatıcısı da 1.0 atm basınçta “iyi-mükemmel” arasındayken 1.5 atm basınçta mükemmel yükselmiş ardından tekrar % 94 sınırının altına inerek “iyi-mükemmel” sınıfında yer almıştır.

**Çizelge 4.14** Yabancı yapım damlatıcıların “EU” (%) değerleri ve sınıflandırılması

DS	A		C		E		F	
	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı
0.5	98.54	M	93.32	İ-M	97.61	M	93.62	İ-M
1.0	98.37	M	94.16	M	98.06	M	93.55	İ-M
1.5	98.42	M	93.61	İ-M	97.76	M	94.25	M
2.0	98.34	M	93.71	İ-M	97.71	M	93.90	İ-M
2.5	98.49	M	94.22	M	-		94.10	M
3.0	98.84	M	94.09	M	-		-	

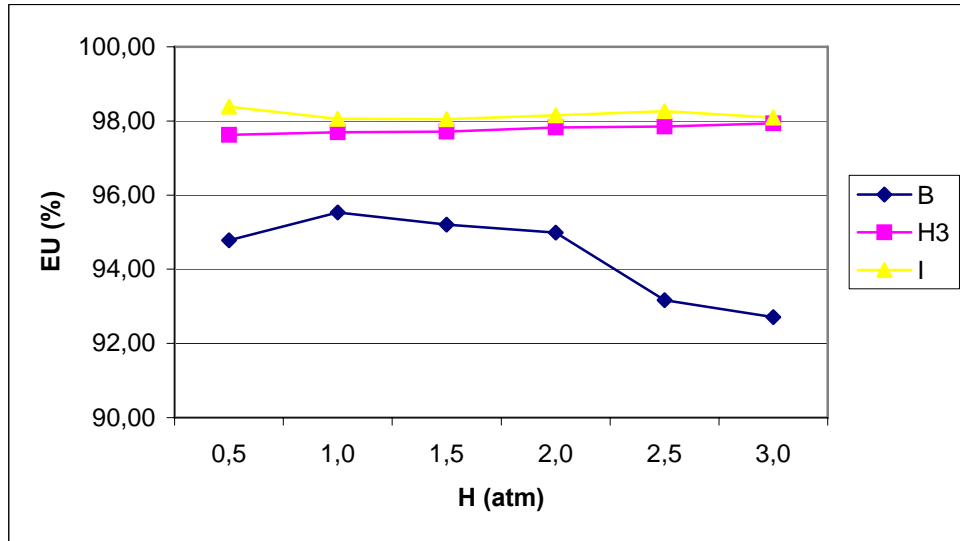


Şekil 4.20 Yabancı yapım damlatıcıların H-EU eğrileri

Yerli yapım 2 L/h debiye sahip damlatıcılara ait Çizelge 4.15 incelendiğinde, ideal işletme basıncındaki (1.0 atm) EU değerleri, tüm damlatıcılarda % 94’ün üzerinde kalarak “mükemmel” sınıfında yer aldığı görülmektedir. Şekil 4.21’e göre, B damlatıcısı 2.0 atm basınca kadar yaklaşık % 1’lik değişimlerle EU değeri % 94’ün üzerinde kalmış, ancak bu basınçtan sonra % 1.82’lik bir değişimle % 94’ün altına inerek “iyi-mükemmel” arasında yer almıştır. B ve H<sub>3</sub> damlatıcılarının EU değişim aralıkları % 1’i geçmeyerek daha istikrarlı bir yol izlemiş ve tüm basınç değerlerinde “mükemmel” olarak yorumlanmıştır.

Çizelge 4.15 Yerli yapım 2 L/h’lik debiye sahip damlatıcıların “EU” (%) değerleri ve sınıflandırılması

DS	B		H <sub>3</sub>		I	
	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı
<b>Basınç (atm)</b>						
<b>0.5</b>	94.78	M	97.63	M	98.39	M
<b>1.0</b>	95.53	M	97.70	M	98.06	M
<b>1.5</b>	95.20	M	97.71	M	98.05	M
<b>2.0</b>	94.99	M	97.83	M	98.15	M
<b>2.5</b>	93.17	İ-M	97.85	M	98.27	M
<b>3.0</b>	92.71	İ-M	97.94	M	98.09	M



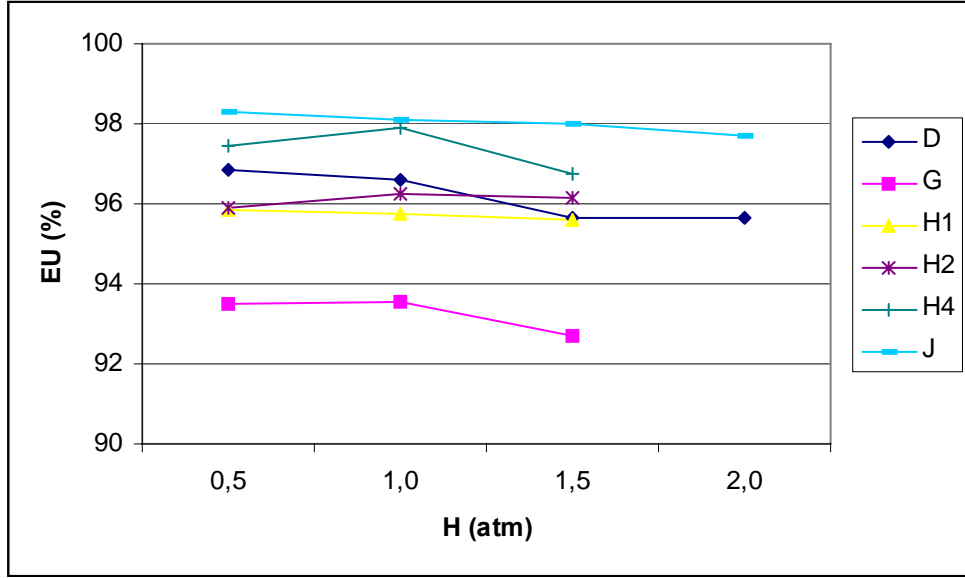
Şekil 4.21 Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-EU eğrileri

Yerli yapım 4 L/h debiye sahip damlatıcılara ait bulgular Çizelge 4.16'da verilmiştir. Çizelgeye göre, 1.0 atm basınçta G damlatıcısı dışındakiler “mükemmel” sınıfa, bu damlatıcı ise % 94 değerinin altında kalarak “iyi-mükemmel” arasında yer almıştır.

Çizelge 4.16 Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların “EU” (%) değerleri ve sınıflandırılması

DS	D		G		H <sub>1</sub>		H <sub>2</sub>		H <sub>4</sub>		J	
	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı
0.5	96.87	M	93.51	İ-M	95.84	M	95.88	M	97.43	M	98.31	M
1.0	96.58	M	93.54	İ-M	95.77	M	96.27	M	97.91	M	98.12	M
1.5	95.66	M	92.72	İ-M	95.62	M	96.14	M	96.75	M	98.01	M
2.0	95.63	M	-		-		-		-		97.70	M
2.5	-		-		-		-		-		-	
3.0	-		-		-		-		-		-	

Şekil 4.22'den de görüleceği gibi basınçla birlikte EU değerlerindeki değişim oranları % 1 dolaylarında gerçekleşmiştir.



Şekil 4.22 Yerli yapım 4 L/h'lık debiye sahip damlatıcıların H-EU eğrileri

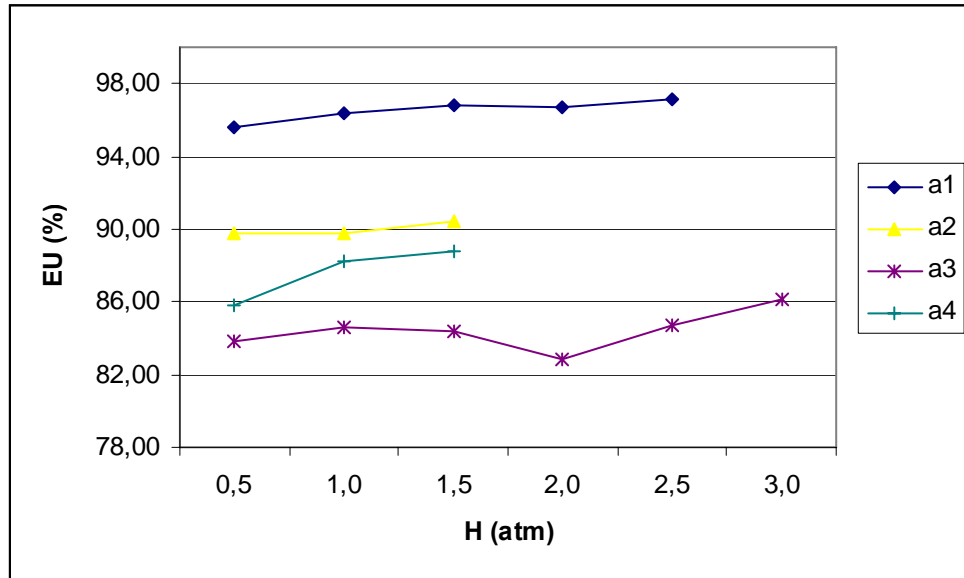
#### 4.4.2.2 Hat Üstü (On - Line) Damlatıcılar

Hat üstü damlatıcılara ait deneme sonuçları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Bu damlatıcılara ilişkin Şekil 4.23'ün incelenmesi ile a<sub>1</sub> damlatıcısının tüm basınç değerlerinde % 94 sınır çizgisinin üzerinde kaldığı görülmektedir. a<sub>2</sub> damlatıcısı, % 89.78 ile % 90.43 arasında değişim göstermiş, ancak sınıflandırmadaki yeri değişmeyerek “iyi-mükemmel” sınıfına girmiştir. a<sub>3</sub> damlatıcısının EU değerleri basınçla birlikte % 0.19-1.89 arasında değişerek tüm basınç değerlerinde “iyi” sınıfına girmiştir. a<sub>4</sub> damlatıcısı ise 0.5 atm basınçta % 81-87 arasında kalarak “iyi” sınıfına girmiş, ancak bu basınç değerinden sonra % 2.5'lik bir değişimle “iyi-mükemmel” sınıfında yer almıştır.



**Çizelge 4.17** Hat üstü damlatıcıların “EU” (%) değerleri ve sınıflandırılması

DS	a <sub>1</sub>		a <sub>2</sub>		a <sub>3</sub>		a <sub>4</sub>	
	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı	EU	Sınıfı
0.5	95.63	M	89.78	İ-M	83.86	İ	85.76	İ
1.0	96.38	M	89.72	İ-M	84.60	İ	88.21	İ-M
1.5	96.84	M	90.43	İ-M	84.41	İ	88.76	İ-M
2.0	96.65	M	-		82.81	İ	-	
2.5	97.17	M	-		84.70	İ	-	
3.0	-		-		86.18	İ	-	



**Şekil 4.23** Hat üstü damlatıcıların H-EU eğrileri

#### 4.4.3 Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)

Yapılan çalışmada damlatıcılara ait elde edilen Christiansen yeknesaklık katsayıları Çizelge 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, 1.0 atm basınç değerinde damlatıcıların % 47’si  $Cu \geq \% 97.5$  (Korukçu, 1980) koşulunu sağlayamamıştır. Wu ve Gitlin (1974)’in belirtmiş olduğu  $Cu \geq \% 95$ ’e göre ise damlatıcıların % 23.5’inin bu koşulu sağlayamadığı görülmektedir.

Yılmaz (1988) yaptığı bir çalışmada, denemeye aldığı damlatıcıların % 33'ünün  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlamadığını belirtmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, denemede basınç ve sürtünme kayıpları önemsenecek derecede küçük olduğu varsayıldığından ortaya çıkan bu değerler yapım farklılığı katsayılarından dolayı olduğu kanısına varılmıştır.

#### 4.4.3.1 Hat İçi (In – Line) Damlatıcılar

Hat içi damlatıcılara ait deneme bulgular Çizelge 4.18, 4.19 ve 4.20'de verilmiştir. Bu değerlere ait eğriler de grafiksel olarak Şekil 4.24, 4.25 ve 4.26 gösterilmiştir.

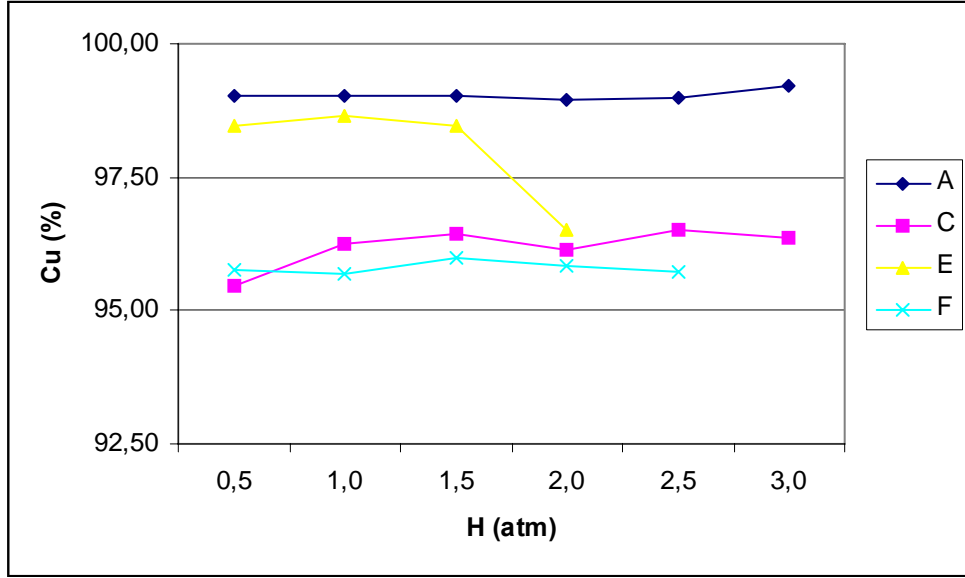
Deneme sonuçlarına göre toplam damlatıcıların yaklaşık % 38.5'i  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamamıştır.

Yabancı yapım hat içi damlatıcılara ilişkin Çizelge 4.18 incelendiğinde ele alınan damlatıcıların % 50'sinin  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamadığı görülmektedir.

**Çizelge 4.18** Yabancı yapım damlatıcıların “Cu” (%) değerleri

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
A	99.03	99.02	99.02	98.96	99.00	99.22
C	95.47	96.25	96.44	96.15	96.53	96.36
E	98.48	98.65	98.46	96.50	-	-
F	95.75	95.70	95.98	95.85	95.72	-

Şekil 4.24'den görüleceği gibi A, C ve F damlatıcıları basınçla birlikte Cu değerlerinde yaklaşık % 1'lik değişimler göstermesine karşın, E damlatıcısı 1.5 atm'de  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlarken, yaklaşık % 2'lik bir değişimle 2.0 atm basınçta % 96.5 değerine düşerek koşulun altına inmiştir.



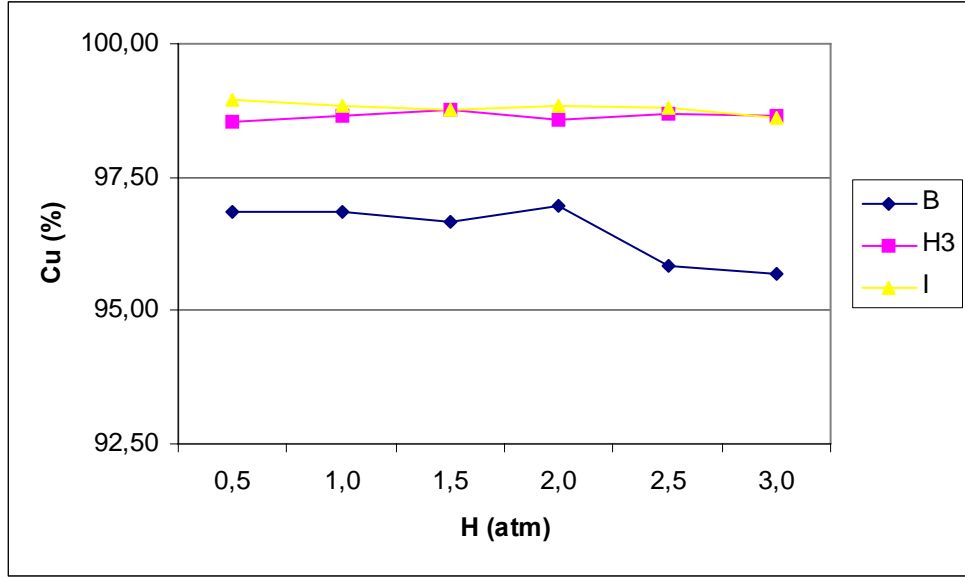
Şekil 4.24 Yabancı yapım damlatıcıların H-Cu eğrileri

Yerli yapım damlatıcılara ait Çizelge 4.19 ve Şekil 4.20 incelendiğinde, bu damlatıcıların yaklaşık % 33.3'ünün  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlamadığı görülmektedir.

Bu damlatıcıların Cu değerleri basınçla birlikte önemli bir değişiklik göstermemiş ve bu değişim % 1.15 (B damlatıcısı) ile sınırlı kalmıştır.

Çizelge 4.19 Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların "Cu" (%) değerleri

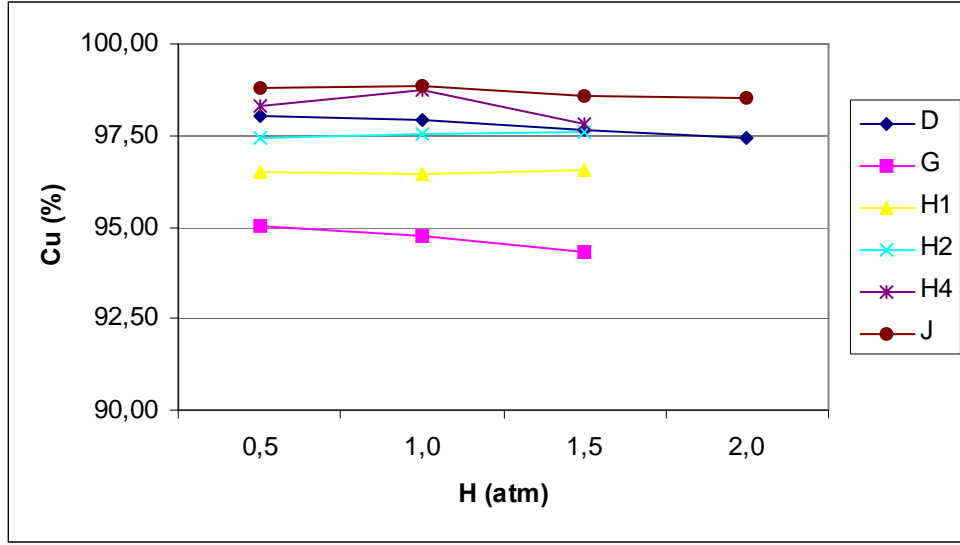
Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
<b>B</b>	96.84	96.85	96.66	96.98	95.83	95.68
<b>H3</b>	98.54	98.64	98.76	98.58	98.67	98.65
<b>I</b>	98.96	98.82	98.77	98.84	98.80	98.63



Şekil 4.25 Yerli yapım 2 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların H-Cu eğrileri

Çizelge 4.20 Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damlatıcıların "Cu" (%) değerleri

Damlatıcı Simgesi	Basınç (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
<b>D</b>	98.04	97.90	97.64	97.41	-	-
<b>G</b>	95.05	94.75	94.34	-	-	-
<b>H<sub>1</sub></b>	96.53	96.47	96.57	-	-	-
<b>H<sub>2</sub></b>	97.41	97.53	97.60	-	-	-
<b>H<sub>4</sub></b>	98.32	98.75	97.79	-	-	-
<b>J</b>	98.80	98.84	98.59	98.54	-	-



Şekil 4.26 Yerli yapım 4 L/h'lik debiye sahip damplaticıların H-Cu eğrileri

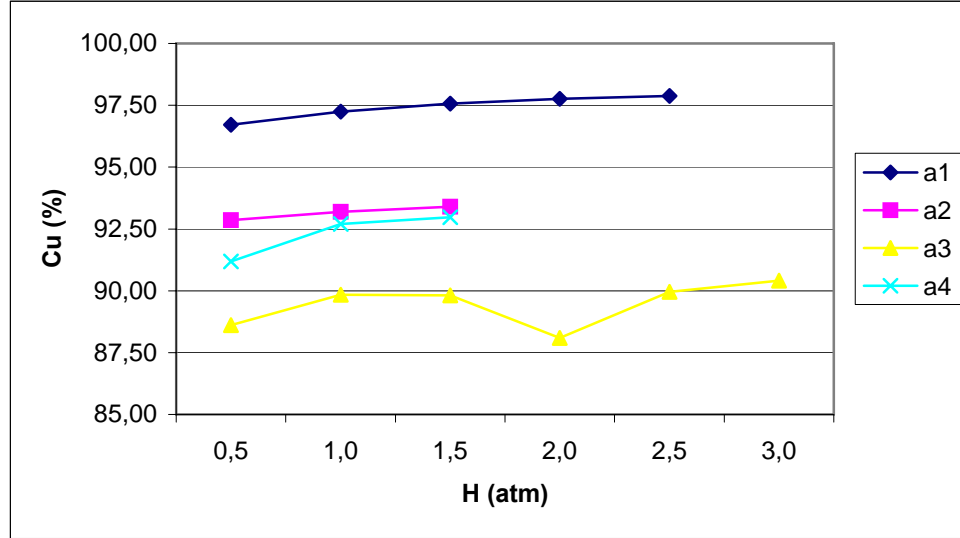
#### 4.4.3.2 Hat Üstü (On - Line) Damplaticılar

Hat üstü damplaticılara ait Cu değerleri Çizelge 4.21'de verilmiştir. Buna göre, ideal işletme basıncında (1.0 atm) damplaticılardan hiçbirinin  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamadığı görülmektedir. Ancak, Şekil 4.27'den de anlaşılacağı gibi  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  damplaticılarının Cu değerlerinde sürekli bir artış olduğu görülmektedir.  $a_1$  damplaticısı 1.0 atm basınçta  $\% 97.24$  değeriyle  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamazken, 1.5 atm basınca çıktığında bu koşulu sağlamıştır. Buna göre, bu damplaticının 1.0 atm'den daha yüksek bir basınçta çalıştırılması  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunun sağlanması yönünden önemli olmaktadır.

Çizelge 4.21 Hat üstü damplaticıların "Cu" (%) değerleri

Damplaticı Simgesi	Basınc (atm)					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
$a_1$	96.71	97.24	97.57	97.76	97.88	-
$a_2$	92.86	93.19	93.40	-	-	-
$a_3$	88.61	89.84	89.82	88.09	89.96	90.41
$a_4$	91.18	92.70	92.97	-	-	-

Şekil 4.27’de hat üstü damlatıcıların basınçla değişimlerine bakıldığında  $a_1$  ve  $a_2$  damlatıcılarının % 1’den küçük,  $a_3$  ve  $a_4$  damlatıcılarının da % 1-2 arasında bir değişim gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.27 Hat üstü damlatıcıların H-Cu eğrileri

#### 4.5 Yapım Farklılığı Katsayısı ile Sulama Yeknesaklığı Değerlendirme Yöntemleri Arasındaki İlişki

Bu bölümde, damlatıcılara ait yapım farklılığı katsayıları ile eş su dağılımını belirleme yöntemleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bu amaçla,  $C_v$  katsayıları ile Konu 2.4.2’de açıklanan damlama türdeşliği (EU) ve Konu 2.4.3’de açıklanan Christiansen yeknesaklık katsayısı ( $C_u$ ) arasında korelasyon analizi yapılmış ve aralarındaki ilişkiyi gösteren eşitlikler bulunmuştur.

$C_v$  ile istatistiksel yeknesaklık ( $U_s$ ) katsayıları eşitlik 15’den anlaşılacağı gibi birbirlerini tamamlayan öğeler olduğu için bu bölümde ele alınmamıştır.

##### 4.5.1 Yapım Farklılığı Katsayısı ( $C_v$ ) ile Damlama Türdeşliği (EU) Arasındaki İlişki

Yapım farklılığı ile damlama türdeşliği arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla, damlatıcıların tüm basınçlardaki  $C_v$  ve EU değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. Buna göre, 1.0 atm basınçta yapım farklılığı katsayısı en düşük % 1.20 değeriyle A

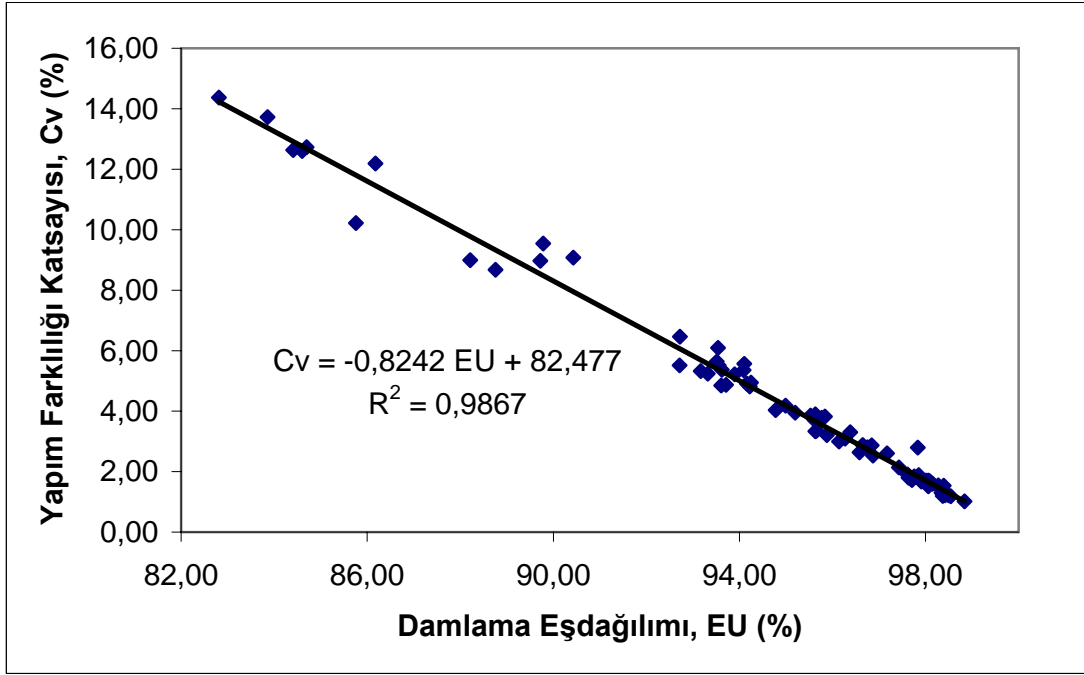
damlatıcısına, en yüksek ise % 12.60 değeriyle a<sub>3</sub> damlatıcısına aittir. Yine paralel fakat ters orantılı olarak 1.0 atm basınçta en yüksek damlama türdeşliği % 98.37 değeriyle A damlatıcısına ve en düşük damlama türdeşliği de % 84.60 değeriyle a<sub>3</sub> damlatıcısına aittir. Diğer basınçlara bakıldığında yine benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir.

**Çizelge 4.22** Deneme alınan damlatıcıların yapım farklılığı katsayısı (Cv, %) ile damlama türdeşliği değerleri (EU, %)

DS	Basınç (atm)											
	0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
	Cv	EU	Cv	EU	Cv	EU	Cv	EU	Cv	EU	Cv	EU
A	1.19	98.54	1.20	98.37	1.22	98.42	1.30	98.34	1.22	98.49	1.02	98.84
C	5.24	93.32	4.91	94.16	4.85	93.61	4.87	93.71	4.82	94.22	5.35	94.09
E	1.90	97.61	1.70	98.06	1.84	97.76	1.77	97.71	-	-	-	-
F	5.37	93.62	5.51	93.55	4.94	94.25	5.22	93.90	5.57	94.10	-	-
B	4.03	94.78	3.85	95.53	3.95	95.20	4.18	94.99	5.32	93.17	5.51	92.71
H <sub>3</sub>	1.80	97.63	1.77	97.70	1.73	97.71	2.79	97.83	1.88	97.85	1.71	97.94
I	1.53	98.39	1.51	98.06	1.56	98.05	1.60	98.15	1.54	98.27	1.68	98.09
D	2.53	96.87	2.64	96.58	3.35	95.66	3.33	95.63	-	-	-	-
G	5.64	93.51	6.10	93.54	6.47	92.72	-	-	-	-	-	-
H <sub>1</sub>	3.82	95.84	3.78	95.77	3.70	95.62	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub>	3.21	95.88	3.09	96.27	2.99	96.14	-	-	-	-	-	-
H <sub>4</sub>	2.14	97.43	1.67	97.91	2.80	96.75	-	-	-	-	-	-
J	1.46	98.31	1.62	98.12	1.70	98.01	1.74	97.70	-	-	-	-
a <sub>1</sub>	3.89	95.63	3.30	96.38	2.87	96.84	2.88	96.65	2.60	97.17	-	-
a <sub>2</sub>	9.54	89.78	8.97	89.72	9.08	90.43	-	-	-	-	-	-
a <sub>3</sub>	13.73	83.86	12.60	84.60	12.63	84.41	14.37	82.81	12.73	84.70	12.19	86.18
a <sub>4</sub>	10.22	85.76	8.99	88.21	8.68	88.76	-	-	-	-	-	-

DS: Damlatıcı simgesi

Cv ile EU arasındaki ilişki düzeyini belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapılmış ve Şekil 4.28’de gösterilmiştir.



Şekil 4.28 Yapım farklılığı-damlama eş dağılımı katsayısı ilişkisi

Korelasyon analizi sonucunda aşağıda verilen eşitlik elde edilmiştir.

$$Cv = -0.8242 EU + 82.477 \quad (24)$$

Korelasyon katsayısı (r) 0.9933 olarak bulunmuş ve aralarında kuvvetli bir ilişkinin olduğu kanısına varılmıştır.

Sonuç olarak eşitlik 24'ü kullanarak damlama türdeşliğinin % 94'den büyük olması koşulunun sağlanabilmesi için Cv değerinin % 5'den küçük olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu değer, ASAE (2002)'nin belirlediği "mükemmellik" alt sınırıdır.

#### 4.5.2 Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv) ile Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu) Arasındaki İlişki

Yapım farklılığı katsayısı ile Christiansen yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla damlatıcıların tüm basınçlardaki Cv ve Cu değerleri Çizelge 4.23'de verilmiştir. Ayrıca aralarındaki ilişki düzeyini belirlemek için korelasyon analizi yapılmış ve Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Çizelge 4.23 incelendiğinde, 1.0 atm basınçta en düşük Cv değerine karşılık en yüksek Cu (A damlatıcısı), en yüksek Cv değerine karşılık da en düşük Cu değerinin (a<sub>3</sub> damlatıcısı) denk geldiği görülmektedir. Ayrıca, diğer basınçlarda da aynı paralelliğin olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.23’de B, C, H<sub>1</sub> ve a<sub>1</sub> damlatıcılarının Cv değerleri % 5’in altında bir değerle “mükemmel” sınıfa girerken, Korukçu (1980)’nun önerdiği Cu ≥ % 97.5 koşulunu sağlayamamıştır.

**Çizelge 4.23** Deneme alınan damlatıcıların yapım farklılığı (Cv, %) ile Christiansen yeknesaklık katsayısı değerleri (Cu, %)

DS	Basınç (atm)											
	0.5		1.0		1.5		2.0		2.5		3.0	
	Cv	Cu	Cv	Cu	Cv	Cu	Cv	Cu	Cv	Cu	Cv	Cu
A	1.19	99.03	1.20	99.02	1.22	99.02	1.30	98.96	1.22	99.00	1.02	99.22
C	5.24	95.47	4.91	96.25	4.85	96.44	4.87	96.15	4.82	96.53	5.35	96.36
E	1.90	98.48	1.70	98.65	1.84	98.46	1.77	96.50	-	-	-	-
F	5.37	95.75	5.51	95.70	4.94	95.98	5.22	95.85	5.57	95.72	-	-
B	4.03	96.84	3.85	96.85	3.95	96.66	4.18	96.98	5.32	95.83	5.51	95.68
H <sub>3</sub>	1.80	98.54	1.77	98.64	1.73	98.76	2.79	98.58	1.88	98.67	1.71	98.65
I	1.53	98.96	1.51	98.82	1.56	98.77	1.60	98.84	1.54	98.80	1.68	98.63
D	2.53	98.04	2.64	97.90	3.35	97.64	3.33	97.41	-	-	-	-
G	5.64	95.05	6.10	94.75	6.47	94.34	-	-	-	-	-	-
H <sub>1</sub>	3.82	96.53	3.78	96.47	3.70	96.57	-	-	-	-	-	-
H <sub>2</sub>	3.21	97.41	3.09	97.53	2.99	97.60	-	-	-	-	-	-
H <sub>4</sub>	2.14	98.32	1.67	98.75	2.80	97.79	-	-	-	-	-	-
J	1.46	98.80	1.62	98.84	1.70	98.59	1.74	98.54	-	-	-	-
a <sub>1</sub>	3.89	96.71	3.30	97.24	2.87	97.57	2.88	97.76	2.60	97.88	-	-
a <sub>2</sub>	9.54	92.86	8.97	93.19	9.08	93.40	-	-	-	-	-	-
a <sub>3</sub>	13.73	88.61	12.60	89.84	12.63	89.82	14.37	88.09	12.73	89.96	12.19	90.41
a <sub>4</sub>	10.22	91.18	8.99	92.70	8.68	92.97	-	-	-	-	-	-

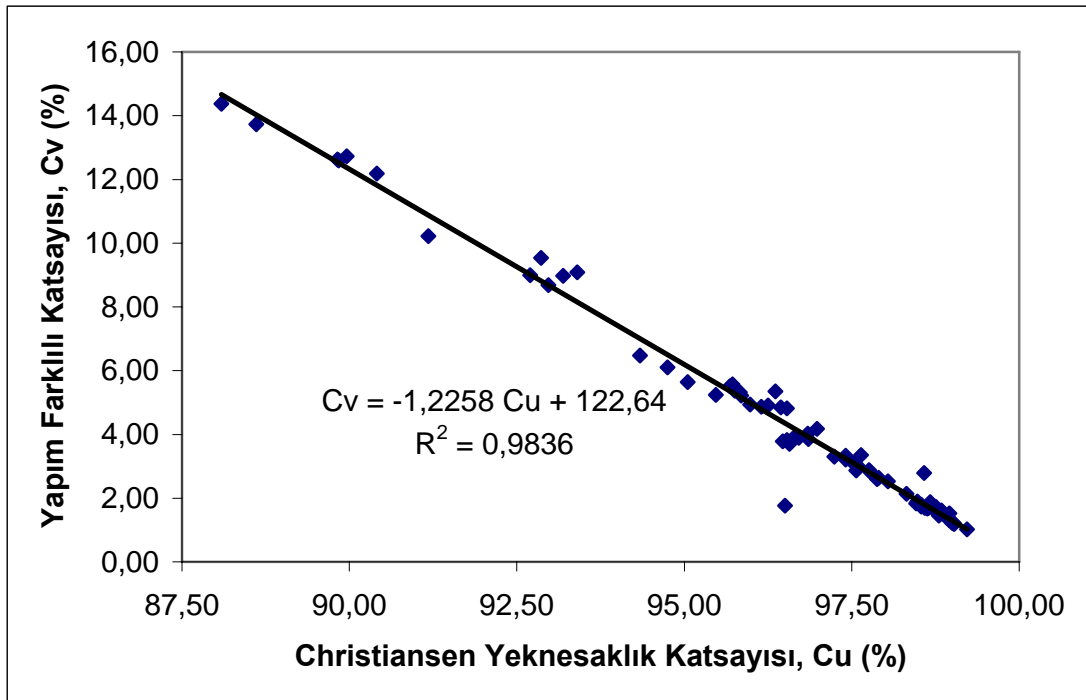
DS: Damlatıcı simgesi

Yapım farklılığı ile Christiansen yeknesaklık arasındaki ilişkiyi gösteren eşitlik Şekil 4.29 yardımıyla aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$C_v = -1.2258 C_u + 122.64 \quad (25)$$

Eşitlik 25'e göre,  $C_u \geq \% 97.5$  koşulunun sağlanabilmesi için  $C_v$  değerinin alt sınırının  $\% 3.12$  olması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Buna göre Korukçu (1980)'nin önerdiği bu koşulunun sağlanabilmesi için üretici firmaların damlatıcı yapımında bunu dikkate alarak üretim yapmaları gerektiği anlaşılmaktadır.

Benzer sonuçlar Yılmaz (1988) tarafından yapılan çalışmada da bulunmuştur. Yaptığı araştırmada,  $C_v \leq 0.03$  koşulunu sağlayacak şekilde damlatıcı üretimine yönelmesi gerektiğini belirtmiştir.



Şekil 4.29 Yapım farklılığı- Christiansen yeknesaklık katsayısı ilişkisi

#### 4.6 Üniformite Sınıflarının Karşılaştırılması

Denemede ele alınan damlatıcıların  $C_v$ ,  $U_s$  ve  $EU$  değerlerine göre yapılan sınıflandırmaya ilişkin sonuçlar karşılaştırmalı olarak toplu halde Çizelge 4.24'de verilmiştir.

**Çizelge 4.24** Damlatıcıların sınıflandırmadaki yerleri (ASAE, 1994, 2002)

Basınç (atm)	DS	A	C	E	F	B	H <sub>3</sub>	I	D	G	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	J	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
0.5	Cv	M	İ	M	İ	M	M	M	M	İ	M	M	M	M	M	S	ÇK	S
	Us	M	İ-M	M	İ-M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ
	EU	M	İ-M	M	İ-M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ
1.0	Cv	M	M	M	İ	M	M	M	M	İ	M	M	M	M	M	S	ÇK	S
	Us	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ-M
	EU	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ-M
1.5	Cv	M	M	M	M	M	M	M	M	İ	M	M	M	M	M	S	ÇK	S
	Us	M	M	M	M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ-M
	EU	M	İ-M	M	M	M	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	M	İ-M	İ	İ-M
2.0	Cv	M	M	M	İ	M	M	M	M	-	-	-	-	M	M	-	ÇK	-
	Us	M	M	M	İ-M	M	M	M	M	-	-	-	-	M	M	-	İ	-
	EU	M	İ-M	M	İ-M	M	M	M	M	-	-	-	-	M	M	-	İ	-
2.5	Cv	M	M	-	İ	İ	M	M	-	-	-	-	-	-	M	-	ÇK	-
	Us	M	M	-	İ-M	İ-M	M	M	-	-	-	-	-	-	M	-	İ	-
	EU	M	M	-	M	İ-M	M	M	-	-	-	-	-	-	M	-	İ	-
3.0	Cv	M	İ	-	-	İ	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	ÇK	-
	Us	M	İ-M	-	-	İ-M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	İ	-
	EU	M	M	-	-	İ-M	M	M	-	-	-	-	-	-	-	-	İ	-

DS: Damlatıcı simgesi, M: Mükemmel, İ-M: İyi-Mükemmel, İ: İyi, S: Sınırdaki, ÇK: Çok kötü

Çizelge 4.24’deki sınıflandırmalar ASAE standartları (1994, 2002) göz önüne alınarak yapılmıştır.

Test edilen bazı damlatıcıların yapım özelliklerinden dolayı belli bir basıncın üzerine çıktığında damlatma özelliğini yitirip akışa geçtiği görülmüştür. Bu nedenle bu damlatıcıların o basınçlardaki sınıfsal değerleri belirlenememiştir.

Çizelge 4.24 incelendiğinde A, E, H<sub>3</sub>, I, D, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>4</sub>, J ve a<sub>1</sub> damlatıcıları tüm basınçlarda her üç katsayısı da “mükemmel” olarak nitelendirilen değerler arasında kaldığı görülmektedir.

Önerilen 1.0 atm işletme basıncında elde edilen sonuçlara bakıldığında, C damlatıcısının Cv katsayısı “iyi” sınıfında yer alırken aynı basınçta Us katsayısı

“iyi-mükemmel” arasında ve EU değeri ise “mükemmel” sınıfında yer almıştır. Yine G damlatıcısının Cv değeri “iyi” şeklinde nitelendirilmişken, Us ve EU katsayıları “iyi-mükemmel” arası olarak yorumlanmıştır.

Hat üstü damlatıcılardan  $a_2$ ,  $a_3$  ve  $a_4$  diğer damlatıcılara göre daha ekstrem değerler sergilemiştir. Örneğin  $a_2$  ve  $a_4$  damlatıcılarına ait Cv katsayıları “sınırdaki” şeklinde yorumlanırken, Us ve EU değerleri “iyi-mükemmel” şeklinde yorumlanmıştır.  $a_3$  damlatıcısının da Cv katsayısı “çok kötü” sınıfında yer alırken, aynı basınç değerinde diğer değerlendirme yöntemlerinde “iyi” olarak nitelendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yapım farklılığı katsayısı % 5’den küçük damlatıcılar seçildiği takdirde, eş su dağılımını değerlendirme yöntemlerinin de mükemmellik koşulunu sağlayacağı açıktır. Yani Cv değeri “mükemmel” olarak nitelendirilen damlatıcıların Us ve EU değerleri de “mükemmel” sınıfında yer almaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Farklı tip ve özellikte imal edilen damlatıcıların yapım farklılıklarının eş su dağılımına etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmaya ait sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Denemeye alınan damlatıcıların basınç düzenleme özelliği bulunmadığından basınç artışıyla birlikte debi değerleri de artmıştır. Çizelge 4.1’de verilen r (korelasyon katsayısı) değerleri de bu iki faktör arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Yapımcı firmalardan alınan debi değerleri ile test sonucu elde edilen veriler karşılaştırıldığında, yabancı yapım damlatıcılar yerli yapım damlatıcılara, hat içi damlatıcılar da hat üstü damlatıcılara göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Damlatıcıların yapım farklılıklarından kaynaklanan aynı basınçta farklı debilerin ortaya çıkması, eş su dağılımını önemli ölçüde etkilediği bir kez daha ortaya çıkmıştır. Denemede kullanılan damlatıcıların % 70.6’sı “mükemmel”, % 11.8’i “iyi”, % 11.8’i “sınırdan” ve % 5.9’u “çok kötü” sınıfında yer almıştır. Hat içi damlatıcıların % 84.6’sı, hat üstü damlatıcıların ise sadece % 25’i % 5 sınırının altında kalarak “mükemmel” sınıfına girmiştir. Ayrıca yabancı yapım hat içi damlatıcıların % 75’i, yerli yapım damlatıcıların ise % 88.9’unun Cv değeri % 5’in altında kalmıştır.

Buna göre elde edilen bu sonuçlara bakıldığında, hat içi damlatıcıların hat üstü damlatıcılara, yerli yapım hat içi damlatıcıların da yabancı yapım hat içi damlatıcılara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Demir (1991) yaptığı çalışmada hat üstü damlatıcıların yerleştirme işleminin el ile yapılması esnasında deliklerin dikkatli bir şekilde delinmemesinin, damlatıcı ile boru arasından su sızıntısına sebep olduğunu ve bunun engellenmesi için damlatıcıların laterale kolay yerleştirilebileceği alet ve ekipmanların geliştirilerek, yerleştirme işleminin bunlar ile yapılmasının daha uygun olacağını belirtmiştir. Ancak, bu tip aletlerin kullanılmasına rağmen belirtilen sorunların biraz önüne geçilse de, tam randıman alınamamıştır. Bu nedenle hat üstü damlatıcılarda istenilen yeknesaklık düzeyi elde edilememiştir.

Test edilen damlatıcılara ait yapım farklılığı katsayıları, işletme basınçlarına bağlı olarak belli oranlarda değişiklik göstermiştir. Bu nedenle damla sulama sistemlerinin yapım farklılığı en düşük olan basınçta çalıştırılması eş su dağılımının

sağlanması yönünden uygun olacaktır. Örneğin, F damlatıcısının Cv katsayısı, sadece 1.5 atm basınçta ve C damlatıcısı da 0.5 ve 1.0 atm dışındaki basınçlarda % 5 değerinin altına indiği için söz konusu damlatıcıların bu basınçlarda çalıştırması önerilebilir.

Damlatıcıların sulama yeknesaklığı değerlendirme yöntemlerine bakıldığında, hat içi damlatıcılara ait katsayıların (Us, EU, Cu) hat üstü damlatıcılara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Bu, Cv katsayıları ile paralellik göstermektedir. Basınçla birlikte bu katsayılardaki değişim en fazla yaklaşık % 2.5 olduğundan önemsenmeyebilir.

Yabancı yapım damlatıcıların Us ve EU katsayılarının % 25'i, yerli yapım damlatıcıların da yaklaşık % 11.1'i istenilen "mükemmel" kalite sınıfını sağlayamamıştır.

Yine yabancı yapım damlatıcılara ait Christiansen yeknesaklık katsayılarının % 50'si, yerli yapım damlatıcıların ise % 33.3'ü Korukçu (1980)'nun önerdiği  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamamıştır.

Buna göre, eş su dağılımı bakımından ülkemizde üretilen hat içi damlatıcıların yabancı yapım hat içi damlatıcılara göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Yapım farklılığı ile damlama türdeşliği arasında yapılan regresyon analizi ile aralarında ters yönde kuvvetli bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır. Eşitlik 24'de, istenilen mükemmellik alt sınırı olan % 94 EU değerinin elde edilebilmesi için Cv katsayısının % 5'den küçük olacak şekilde üretim yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. ASAE standartları (2002) da bu sonucu destekler niteliktedir.

Deneme sonuçları, yapım farklılığının Christiansen yeknesaklık katsayısını önemli oranda etkilediğini göstermektedir. Aralarındaki ilişkiyi gösteren eşitlik 25'e göre Korukçu (1980)'nun önerdiği  $Cu \geq \% 97.5$  koşulunun sağlanabilmesi için Cv değerinin alt sınırının yaklaşık % 3 olması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu değer, Solomon (1979)'un belirlediği "mükemmel" kalite sınıfının alt sınırındadır.

Sonuç olarak,  $Cv \leq 0.03$  olarak şekilde üretim yapıldığı takdirde, eş su dağılım katsayılarının (Us, EU, Cu) da arzu edilen sınırlar arasında kalacağı açıktır.

ASAE standartlarına göre yapılan sınıflandırmada, bir damlatıcının aynı basınç değeri ve farklı değerlendirme yöntemlerinde ayrı kalite sınıflarına girdiği görülmüştür. Yapım farklılığı katsayısının % 5'in altında olması ile bu sorun ortadan kalkmaktadır.

Bir çok araştırıcının önermesine karşın halen çoğu yapımcı firmanın damlatıcılara ait performans değerlerini, özellikle de yapım farklılığı katsayılarını uygulayıcıya vermedikleri görölmüştür. Bu sebeple, ya belirtilen katsayıları olan damlatıcılara yönelmesi yada bu katsayıların belirlenerek projelmenin bu değerler dikkate alınarak yapılması, yeknesak su dağılımı açısından önem taşımaktadır. Sözü edilen katsayıların özellikle de yapım farklılığı katsayısının yapımcılar tarafından verilmesi zorunluluğunun getirilmesi önerilebilir. Böylece daha kaliteli damlatıcı üretimine gidileceği düşünölmektedir.

## 6. ÖZET

Damla sulama sisteminin etkin bir şekilde kullanılması ancak sistemin doğru olarak dizayn edilmesiyle gerçekleştirilebilir. Sisteminin randımanlı çalışmasında önemli etkiye sahip olan damlatıcılar, sistemin en önemli unsurlarıdır. Çünkü, damla sulama sistemlerinde sulama randımanı damlatıcılardan çıkan debinin eşdeşliğine bağlıdır. İdeal olarak, bir sistemde bulunan tüm damlatıcılar eşit miktarda su dağıtmalıdır. Sistem performansı üzerine önemli etkiye sahip olan damlatıcı yapım farklılıkları, birbirine eşit olması gereken damlatıcı debileri arasında farklılıkların görülmesine neden olan önemli bir etmendir.

Bu araştırma, günümüzde üretilen ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı tip ve özellikteki damlatıcıların yapım farklılıklarının eş su dağılımına olan etkilerini belirlemek amacıyla, 2002-2003 yıllarında, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Hidrolik Laboratuvarında yürütülmüştür.

Denemede hat içi ve hat üstü olmak üzere toplam 17 adet damlatıcı ele alınmış ve bu damlatıcılara ait basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla her bir damlatıcı tipi için 50 adet damlatıcı seçilmiş ve 6 farklı basınçta (0.5-3.0 atm) 3 tekrarlı olarak debileri ölçülmüştür.

Her bir damlatıcı için elde edilen debi değerlerinden yararlanılarak akış rejimi, akış rejimine bağlı katsayı (x), akış katsayısı (k), korelasyon katsayısı (r), damlama türdeşliği (EU), Christiansen yeknesaklık katsayısı (Cu), istatistiksel yeknesaklık katsayısı (Us) ve yapım farklılığı katsayısı (Cv) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin basınç karşı değişimleri ve yapım farklılığı katsayısı ile sulama yeknesaklığı değerlendirme yöntemleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.

Denemeye alınan 17 damlatıcının debileri basınçla artmış ve tam logaritmik doğrusal ilişki göstermiştir.

Ele alınan hat içi damlatıcılardan yabancı yapım olanların x değerleri 0.4322 – 0.5339 arasında, k katsayıları 2.6053–2.8327 arasında ve korelasyon katsayıları da 0.9845-0.9977 arasında; yerli yapım damlatıcıların x değerleri 0.4058-0.6276, k katsayıları 2.7166–3.2561 arasında, r değerleri 0.9908–0.9989 arasında değişmiştir. Hat üstü damlatıcıların ise x değerleri 0.3327–0.6049 arasında, k katsayıları 3.0820 – 3.4488 arasında ve r değerleri 0.9845–0.9984 arasında değişmiştir.



Buna göre anılan katsayıların değişim aralıkları en fazla hat üstü damlatıcılarda olduğu gözlemlenmiştir.

C ve  $a_2$  damlatıcılarının korelasyon katsayıları diğerlerine göre daha düşük bulunmuş, ancak bütüne bakıldığında tüm damlatıcıların basınç ile debi arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olduğu sonucuna varılmıştır.

$H_4$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  damlatıcıları dışında diğer tüm damlatıcıların x değerleri 0.5'e çok yakın olduğundan akış cinsleri tam türbülanslı olarak kabul edilmiştir. Ancak  $H_4$  ve  $a_2$  damlatıcıları 0.5-1.0 arasında oldukları için kısmi türbülanslı ve  $a_3$  damlatıcısı da 0 ile 0.5 arasında olduğu için kısmi basınç düzenleyicili olarak tanımlanmıştır

Yapımcı firmalardan alınan debi değerleri ile test sonucu elde edilen veriler karşılaştırıldığında, yabancı yapım damlatıcıların yerli yapım damlatıcılara, hat içi damlatıcılar da hat üstü damlatıcılara göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Hat içi damlatıcıların hat üstü damlatıcılara, yerli yapım hat içi damlatıcıların da yabancı yapım hat içi damlatıcılara göre yapım farklılığı katsayıları daha düşük çıkmıştır. Hat içi damlatıcıların % 84.6'sı, hat üstü damlatıcıların % 25'i, ayrıca yabancı yapım hat içi damlatıcıların % 75'i ve yerli yapım hat içi damlatıcıların da % 88.9'unun Cv değeri "mükemmel" kalite sınıfında yer almıştır.

Damlatıcıların sulama yeknesaklığı değerlendirme yöntemlerine bakıldığında, hat içi damlatıcılara ait katsayıların ( $U_s$ ,  $EU$ ,  $C_u$ ) hat üstü damlatıcılara göre daha yüksek çıktığı görülmektedir.  $U_s$  ve  $EU$  katsayıları bakımından, yabancı yapım damlatıcıların % 25'i, yerli yapım damlatıcıların da yaklaşık % 11.1'i istenilen "mükemmel" kalite sınıfına girmemiştir. Yine yabancı yapım damlatıcılara ait Christiansen yeknesaklık katsayılarının % 50'si, yerli yapım damlatıcıların ise % 33.3'ü Korukçu (1980)'nin önerdiği  $C_u \geq \% 97.5$  koşulunu sağlayamamıştır.

İstenilen mükemmellik alt sınırı olan % 94  $EU$  değerinin elde edilebilmesi için Cv katsayısının % 5'den küçük, ayrıca Korukçu (1980)'nin önerdiği  $C_u \geq \% 97.5$  koşulunun sağlanabilmesi için Cv değerinin alt sınırının yaklaşık % 3 olması gerektiği ortaya çıkmıştır.

ASAE (American Society of Agricultural Engineers) standartlarına göre yapılan sınıflandırmada, bir damlatıcının aynı basınç değeri ve farklı değerlendirme yöntemlerinde ayrı kalite sınıflarına girdiği görülmüştür. Yapım farklılığı katsayısının % 5'in altında olması ile bu sorun ortadan kalkmaktadır.

Bir çok araştırıcının önermesine karşın halen çoğu yapımcı firmanın damlatıcılara ait performans değerlerini, özellikle de yapım farklılığı katsayılarını uygulayıcıya vermedikleri görölmüştür. Bu sebeple, ya belirtilen katsayıları olan damlatıcılara yönelinmesi yada bu katsayıların belirlenerek projelmenin bu değerler dikkate alınarak yapılması, yeknesak su dağılımı açısından önem taşımaktadır.

## 7. SUMMARY

Drip irrigation projects should be designed properly to be able to use the system efficiently. The most important units of the systems are drippers which regulate the efficiency of the systems. Because, the efficiency of trickle irrigation system depends directly on the uniformity with which water is discharged from the emission devices throughout the system. Ideally, all drippers should discharge an equal amount of water in the system. However, differences in designation and manufacturing of drippers that has very big importance on irrigation system performance can cause an unequal flow rate of drippers.

This research has been carried out at the hydraulic laboratory of Agricultural Structures and Irrigation Department in Canakkale Onsekiz Mart University, Agricultural Faculty from 2002 to 2003 to determine effects of different types of drippers that is used commonly in our country on uniform water distribution.

Total of 17 drippers (emitters) includes both on in-line and on-line drippers were investigated. Fifty drippers were chosen from each type of dripper systems and their pressure-flow rate relationships were determined under 6 different pressures (0.5-3.0 atm) with 3 replications.

Using each flow rate value obtained from each drippers flow regime, flow exponent ( $x$ ), flow coefficient ( $k$ ), correlation coefficient ( $r$ ), emission uniformity (EU), Christiansen uniformity coefficient ( $C_u$ ), statistical uniformity coefficient ( $U_s$ ) and coefficient of manufacturing variation ( $C_v$ ) has been calculated.

Flow rates of 17 drippers increased with increasing pressure and showed logarithmic linear relationships.

In line drippers manufactured in foreign countries had  $x$  values between 0.4322-0.5339,  $k$  coefficients between 2.6053-2.8327 and correlation coefficients ( $r$ ) between 0.9845-0.9977; drippers manufactured in Turkey had  $x$  values between 0.4058-0.6276,  $k$  coefficients between 2.7166-3.2561, and  $r$  values between 0.9908-0.9989.  $x$  values of on-line drippers changed from 0.3327 to 0.6049,  $k$  coefficients from 3.0820 to 3.4488 and  $r$  values from 0.9845 to 0.9984.

According to these results, it has been observed that a variation range of mentioned coefficients was the highest for on-line drippers.

Correlation coefficients of C and  $a_2$  drippers have been found to be lower than others however in general, relationships between pressure and flow rates have been strong for all drippers.

Except  $H_4$ ,  $a_2$  and  $a_3$  drippers, x values of all other drippers were so close to zero that flow types of these were admitted as fully turbulent. Since, x values of  $H_4$  and  $a_2$  drippers were between 0.5-1.0 it was called as partially turbulent and x values of  $a_3$  drippers were between 0-0.5, it was called as partially pressure regulator.

When values obtained from manufacturing companies and results obtained from tests were compared, it was found that foreign manufactured drippers gave better results than those manufactured in Turkey, also in-line drippers gave better results than on-line drippers.

Coefficient of manufacturing variation (Cv) of in-line drippers were lower than those of on-line drippers and Cv local of in-line drippers were lower than Cv of foreign manufactured in-line drippers. 84.6 % of in-line drippers and 25 % of on-line drippers additionally 75 % of foreign manufactured in-line drippers and 88.9 % of local in-line drippers were classified in “perfect” quality class.

Looking of the irrigation uniformity coefficient, it can be seen that coefficients (Us, EU, Cu) of in-line drippers were greater than those of on-line drippers. According to Us and EU coefficients 25 % of foreign and 11.1 % of local manufactured drippers were classified in “perfect” quality class. However, Cu coefficients of 50 % of foreign and 33.3 % of local manufactured drippers could not provide conditions  $Cu > 97.5$  % proposed by Korukçu (1980).

To obtain the lower limit of perfection (94 % EU), Cv coefficient must be smaller than 5 % additionally to obtain  $Cu > 97.5$  % conditions proposed by Korukçu (1980), lower limit of Cv coefficient must be approximately 3 %.

Classification made according to ASAE (American Society of Agricultural Engineers) standards showed that same dripper can be classified in different quality class under same pressure and different evaluation methods. This problem would be overcome if Cv value is below 5 %.

Most of the manufacturing companies does not declare Cv coefficient values in their leaf-lets because of the variations mentioned above. With this reason, it is important in a way of uniform water distribution to either be directed to the drippers

which have coefficients that are determined or to make the project by taking these determined coefficient into concern.

## 8. KAYNAKLAR

- ASAE, 1994. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE EP405.1 Dec.93, p.724-727.
- ASAE, 2002. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE EP405.1 Dec.01, p.903-907.
- Ayyıldız, M., 1979. Hidrolik. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 726, Ders Kitabı: 215, s.23, Ankara.
- Ayyıldız, M., Yaralı, E., 1985. Yağmurlama Başlıklarında Yapımcı Farklılıklarının Eş Su Dağılım Düzeyine Etkisi. Doğa Bilim Dergisi, Seri: D<sub>2</sub>, Cilt: 9, Sayı: 2, s.204-211, Ankara.
- Baswell, M., J., 1985. Design Characteristics of Line-Source Drip Tubes. Proc.Third.Intern'l.Drip/Trickle Irrig.Cong., Drip/Trickle Irrigation in Action, ASAE St.Joseph, Michigan, p.307-308.
- Bozkurt, S., 1996. İçten Geçik (In-Line) Damlatıcılarda Yapım Farklılıklarının Eş Su Dağılımına Etkileri. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.20, Adana.
- Bralts, V., F., Wu, I., P., Gitlin, H., M., 1981. Manufacturing Variation and Drip Irrigation Uniformity. Transactions of the ASAE 24(1), p.113-119.
- Bralts, V., F., Kesner, C., D., 1983. Drip Irrigation Field Uniformity Estimation. Transactions of the ASAE 26(5), p.1369-1374.
- Bralts, V., F., Edwards, D., M., Kesner, C., D., 1985. Field Evaluation of Drip/Trickle Irrigation Submain Units. Third International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno-California, U.S.A., p.274-280.

- Bralts, V., F., Edwards, D., M., 1986. Field Evaluation of Drip Irrigation Submain Units, Transactions of the ASAE 29(6), p.1659-1664.
- Bralts, V., F., 1986. Operational Principles-Field Performance and Evaluation In: Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F. S. Nakayama, D. A. Bucks), Elsevier Science Publisher, B. V. The Netherlands, p.216-223.
- Bralts, V., Edwards, D., M., Wu, I., P., 1987. Drip Irrigation Design and Evaluation Based on the Statistical Uniformity Concept. Advances in Irrigation, Vol. 4, p.72.
- Bucks, D., A., Davis, S., 1986. Introduction-Historical Development In: Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F. S. Nakayama, D. A. Bucks), Elsevier Science Publisher, B. V. The Netherlands.
- Christiansen, J., E., 1942. Hydraulic of Springling Systems for Irrigation. Trans. ASCE 107, p.221-239.
- Coelho, R., D., 2001. Biological Clogging of Netafim's Drippers and Recovering Process through Chlorination Impact Treatment. ASAE Annual International Meeting, Paper No: 012231, California, USA.
- Dasberg, S., Bresler, E., 1985. Irrigation Engineering. International Irrigation Information Center (IIIC), P.O.B. 49, Volcani Center, 50250 Bet Dagan, Israil, p.17-21, 20-26.
- Decroix, M., Malavel, A., 1985. Laboratory Evaluation of Trickle Irrigation Equipment for Field system Design. Proc.Third.Inter'l.Drip/Trickle Irrig.Cong., Drip/Trickle Irrigation in Action, ASAE St.Joseph, Michigan, p.325.

- Demir, V., 1991. Türkiye’de Kullanımı Yaygın Olan Damla Sulama Boruları ve Damlatıcıların İşletme Karakteristikleri Üzerinde Bir Araştırma. Ege Ün. Fen Bil. Ens. Tarımsal Mekanizasyon Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.4, İzmir.
- Demir, V., Yürdem, H., 2000. Türkiye’de Üretilen ve Yaygın Olarak Kullanılan Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcıların Teknik Özellikleri ve Yapım Farklılıkları. Ege Ün. Ziraat Fak. Der. Cilt:37, No:2-3, s.85-92, İzmir.
- Giay, M., A., Zelenka, R., F., 1986. Unifrmity of Discharge of Different Types of Emitters in Comparison to the Pressure Compensated HB-Emitter. In: Petrasovits, I., Ligetvari, F. (Ed.), International Round-Table Conference on Microirrigation, Vol.II., Budapest, Hungary.
- Gilbert, R., G., Ford, H., W., 1986. Operational Principles-Emitter Clogging In: Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F. S. Nakayama, D. A. Bucks), Elsevier Science Publisher, B. V. The Netherlands.
- Goldberg, D., Gornat, B., Rimon, D., 1976. Drip Irrigation: Principles, Design and Agricultural Practices. Drip Irrigation Scientific Publication, Kfar Shmaryahu, Israil, p.210-211.
- Güneş, T., Arıkan, R., 1988. Tarım Ekonomisi İstatistiği. A.Ü.Z.F. Yayın No: 1049, Ders Kitabı: 305, s.203, Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, A. Z., Yıldırım, O., 1996. Sulama. A.Ü.Z.F. Yayın No: 1443, Ders Kitabı: 424, s.225, Ankara.
- Hart, W., E., Reynolds, W., N., 1965. Analytical Design of Sprinkler Systems. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. Vol.8, No:1, p.83-89.
- Howell, T., A., Hiller, E., A., 1974. Trickle Irrigation Lateral Design. Transactions of the ASAE 17(5), p.902-908.



- Howell, T., A., Bucks, D., A., Goldhamer, D., A., Lima, J., M., 1986. Management Principles-Irrigation Scheduling In: Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F. S. Nakayama, D. A. Bucks), Elsevier Science Publisher, B. V. The Netherlands.
- James, L., G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida, p.266.
- Kanber, R., 1999. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, s.418-459, Adana.
- Kapar, A., 1991. Ege Bölgesinde Uygulanan Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Damlatıcıların Bazı Teknik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Ege Ün. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.5-7, 21-24, İzmir.
- Kapdaşlı, S., Mutlu, T., Fer, İ., 1997. Marmara Plastik Damla Sulaması Boruları Hidrolik Deneyleri. İ.T.Ü. İnşaat Fak. Yayınları, Cilt 1, İstanbul.
- Karmeli, D., 1977. Classification and Flow Regime Analysis of Drippers. Journal of Agricultural Engineering Research, Vol.22, p.168.
- Keller, J., Karmeli, D., 1974. Trickle Irrigation Design Parameters. Transactions of the ASAE 17(4), p.678-684.
- Keller, J., Karmeli, D., 1975. Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation Glendora, California, U.S.A., p.1-5, 17-18, 46-49.
- Korukçu, A., 1980. Damla Sulamasında Yan Boru Uzunlarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Ün. Zir. Fak. Yayınları 742, s.75, Ankara.
- Korukçu, A., Yıldırım, O., 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi. Toprak Su Yayınları, s.69-132, Ankara.

- Korukçu, A., Yıldırım, O., 1984. Damla Sulamasında Su Dağılımı Açısından Yan Boru Uzunluklarının Saptanması. I. Ulusal Kùltürteknik Kongresi, Ç.Ü.Z.F, s.16-39, Adana.
- Maier, H., M.,1983. Sulama Teknolojisi Konusunda Karşılaştırmalı Bir Araştırma.Zirai Üretim İşletmesi Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müdürlüğü Yayınları, s.135, Söke/İZMİR
- Merriam, J., L., Keller, J., 1978. Farm Irrigation System Evaluation, 3rd Ed. Logan, Utah: Agricultural and Irrigation Eng. Dept., Utah State University.
- Oğuzer, V., Yılmaz, E., 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Yerli ve Yabancı Kökenli Bazı Damlaticıların Hidrolik Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. Doğa Bilim Dergisi, Cilt: 15, Sayı: 1, s.121-128, Ankara.
- Özekici, B., Sneed, R., E., 1995. Manufacturing Variation for Various Trickle Irrigation On-Line Emitters. Applied Engineering in Agriculture 11(2), p.235-240.
- Özekici, B., Bozkurt, S., 1996. Boru İçi (In-Line) Damlaticıların Hidrolik Performanslarının Belirlenmesi.Tr. J. of Agriculture and Forestry 23 (1999) Ek Sayı 1, s.19-24, Tübitak.
- Parchomchuk, P., 1976. Water Temperature Effect on Emitter Discharge Rates. Transactions of the 19, p.690-692.
- Perold, R., P., 1977. Design of Irrigation Pipe Laterals. Journal of the Irrigation Drainage Division, ASCE, Vol.103, No. IR2, Proc. Paper 12978, p.179-195.
- Pitts, D., J., Ferguson, J., A., Wright, R., E., 1986. Trickle Irrigation Lateral Line Design by Computer Analysis. Transactions of the ASAE 29(5), p.1320-1324.

- Püskülcü, H., İkiz, F., 1986. İstatistiğe Giriş. Ege Ün. Mühendislik Fak. Ders Kitapları Yayın No: 1, s.234, İzmir.
- Sammis, T., W., Wu, I., P., 1985. Crop Yield as Effected by Irrigation Design and Management. Third International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno-California, U.S.A., p.22-28.
- Solomon, K., 1977. Manufacturing Variation of Emitters in Trickle Irrigation Systems. ASAE Paper No: 77-2009. ASAE, St.Joseph, Michigan, 49085.
- Solomon, K., 1979. Manufacturing Variation of Trickle Emitters. Transactions of the ASAE 22(5), p.1034-1043.
- Şener, S., Ertaş, M., R., Öğretir, K., Aran, A., 1995. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Sulama Teknikleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 89, s.64-66, Menemen/İZMİR.
- Şener, S., Çetin, Ö., 2002. Comparative Research on Water and Energy-Saving Irrigation Systems in the GAP and Aegean Regions of Turkey. International Journal of Water, Vol.2, No:2/3, p.154-161.
- Tüzel, İ., H., 1990. Yerli Yapım Damla ve Düşük Basıncılı Yağmurlama Sistemlerinin Bazı Teknik Özellikleri ve Projelendirme Kriterleri Üzerinde Bir Araştırma. Ege Ün. Fen Bil. Ens. Kültürteknik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.3-17, İzmir.
- Tüzel, İ., H., Anaç, S., 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Damlaticı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. Ege Ün. Ziraat Fak. Der. Cilt:28, No:1, s.239-254, İzmir.
- Tüzel, İ., H., 1993. Damla Sulama Sistemlerinde Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi. Ege Ün. Ziraat Fak. Der. Cilt: 30, No: 1-2, s.119-126, İzmir.

- Tüzel, İ., H., 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Yan Ana Boru Büyüklüklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Ün. Ziraat Fak. Der. Cilt: 31, No: 1, s.121-128, İzmir.
- Von Bernuth, R., D., Solomon, K., H., 1986. Design Principles- Emitter Construction In: Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F. S. Nakayama, D. A. Bucks), Elsevier Science Publisher, B. V. The Netherlands, p.27-52.
- Warrick, A., W., Yitayew, M., 1988. Trickle Lateral Hydraulics. I:Analytical Solution. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol. 114, No.2, p231.
- Wu, I., P., Gitlin, H., M., 1973a. Hydraulics and Uniformity for Drip Irrigation. Journal of the Irrigation Drainage Division, ASCE, Vol. 99, No. IR2, Proc. Paper 9786, p.157-168.
- Wu, I., P., Gitlin, H., M., 1973b. Design of Pressure, Length of a Drip Irrigatin Line. ASAE, Paper, No. PR 73-10, St. Joseph, Michigan 49085, p.21.
- Wu, I., P., Gitlin, H., M., 1974a. Drip Irrigation Design Based on Uniformity. Transactions of the ASAE 17(3), p.157-168.
- Wu, I., P., Gitlin, H., M., 1974b. Design of Drip Irrigation Lines. Hawaii Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin No. 96, University of Hawaii, p.29.
- Wu, I., P., Howell, T., A., Hiler, E., A., 1979. Hydraulic Design of Drip Irrigation Systems. Hawaii Agricultural Experiment Station, University of Hawaii, Technical Bulletin No.105.
- Wu, I., P., Barragan, J., 2000. Design Criteria for Microirrigation Systems. Transactions of the ASAE 43(5), p.1145-1154.
- Yaşar, S., Anaç, S., 1989. Damla Sulama Sistemlerinin Hidroliği. E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergi, Cilt. 26, No.2, s.253, İZMİR.

- Yıldırım, O., 1996a. Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1438, Ders Kitabı: 420, s.148, Ankara.
- Yıldırım, O., 1996b. Sulama Sistemleri II. A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1449, Ders Kitabı: 429, s.229-239, Ankara.
- Yıldırım, O., Korukçu, A., 1996. Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. A.Ü. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Notları (Basılmamış), s.62-70, Ankara.
- Yıldırım, O., Apaydın, H., 1999. Damla Sulamada Lateral ve Manifold Boru Çaplarının Belirlenmesinde Grafikselsel Yöntem. A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt: 5, Sayı:1, s.24-32, Ankara.
- Yılmaz, E., 1988. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan yerli ve Yabancı Kökenli Damlatıcıların Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Kültürteknik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.19-26, Adana.
- Zoldoske, D., F., Norum, E., M., 1985. Drip Irrigation Systems Component Performance Standards. Proc.Third.Inte'1.Drip/Trickle Irrig.Cong., Drip/Trickle Irrigation in Action, ASAE St.Joseph, Michigan, p.315.
- Zur, B., Tal, S., 1981. Emitter Discharge. Sensivity to Pressure and Temperature Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE Vol. 107, No.IR1, p.2.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

---

**Adı Soyadı** : Gökhan ÇAMOĞLU  
**Doğum Tarihi** : 03 / 01 / 1978  
**Doğum Yeri** : Karacabey / BURSA  
**Adres** : Barbaros Mah. Beldemiz Sit. 11/2 Çanakkale

### EĞİTİM

---

<b>1983-1988</b>	Uluabatlı Hasan İlkokulu	Karacabey / Bursa
<b>1989-1992</b>	Karacabey Lisesi (Orta okul)	Karacabey / Bursa
<b>1992-1995</b>	Karacabey Lisesi	Karacabey / Bursa
<b>1996-2000</b>	Uludağ Üniversitesi / Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama (Kültürteknik) Bölümü	Bursa
<b>2001-2004</b>	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı	Çanakkale

### STAJ, KURS VE SEMİNERLER

---

- Lisans Stajı (U. Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü)
- Bilgisayar Destekli Arazi Toplulaştırması Kursu  
(U. Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü)
- Damla Sulama Sistemi Unsurları ve Uygulama Görülen Hatalar  
(Ç.O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Semineri)

## MESLEKİ DENEYİM

---

<b>07 / 2000 – 10 / 2000</b>	Tartek Tarım ve Tekstil San. Tic. Ltd. Şti. (Ziraat Mühendisi)	Bursa
<b>09 / 2001 -</b>	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Z. F. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü (Araştırma Görevlisi)	Çanakkale

## ÇALIŞMA VE İLGİ ALANLARI

---

<b>Çalışma Alanı:</b>	Basınçlı Sulama Sistemleri
<b>İlgi Alanları :</b>	Bilişim, masa tenisi, yüzme, sinema, bisiklet ve motosiklet, seyahat.