

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI SU SICAKLIĞI VE BASINCIN FARKLI
ÖZELLİKLERDEKİ DAMLATICILARIN DEBİ VE EŞ SU
DAĞILIM PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Muhammet Sabit İLKHAN

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2013**

©2013 [Muhammet Sabit İLKHAN]

TEZ ONAYI

Muhammet Sabit İLKHAN tarafından hazırlanan “**Farklı Su Sıcaklığı ve Basıncın Farklı Özelliklerdeki Damlatıcıların Debi ve Eş Su Dağılım Parametrelerine Etkilerinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Ydr. Doç. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT
Süleyman Demirel Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN
Adnan Menderes Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Abdullah KADAYIFÇI
Süleyman Demirel Üniversitesi

.....

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Ahmet ŞAHİNER

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Muhammet Sabit İLKHAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1. Debi-Basınç İlişkisi	4
2.2. Sıcaklık Değişimi	7
2.3. Damlatıcı Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)	9
2.4. Standart Eş Su Dağılımı (Us)	11
2.5. Christiansen Eş Dağılımı Katsayısı (Cu).....	12
2.6. Damlatıcı Eş Su Dağılımı (CUE)	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Araştırma Yeri	16
3.1.2. Damlatıcı Test Düzenegi	16
3.1.3. Damlatıcılar	18
3.2. Yöntem	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	22
4.1. Basınç- Debi İlişkisi	22
4.2. Damlatıcı Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)	26
4.3. Standart Eş Su Dağılımı (Us)	30
4.4. Christiansen Eş Su Dağılımı Katsayısı (Cu)	34
4.5. Damlatıcı Eş Su Dağılımı (CUE)	38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	49

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI SU SICAKLIĞI VE BASINÇIN FARKLI ÖZELLİKLERDEKİ DAMLATICILARIN DEBİ VE EŞ SU DAĞILIM PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Muhammet Sabit İLKHAN

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

Bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuvarında kurulan damlatıcı test düzeneğinde yürütülmüştür. Çalışmada, farklı su sıcaklıkları (20, 30, 40 ve 50°C) ve basınçlar (80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 ve 200 kPa) altında, farklı damlatıcı aralıklarındaki (A_1 : 20 cm, A_2 : 33 cm ve A_3 : 50 cm) farklı debilere (D_1 : 2.4 L/h ve D_2 : 4.0 L/h) ve damlatıcı tiplerine (T_B : Basınç düzenleyicili, T_T : Basınç düzenleyicisiz) sahip 12 farklı içten geçik (in-line) damlatıcının debi eşitliklikleri ($q=kH^x$), yapım farklılığı katsayıları (C_v), standart eş su dağılımları (U_s), Christiansen eş su dağılım katsayıları (C_u) ve damlatıcı eş su dağılımları (CUE) belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda, basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T), debilerin işletme basınçlarından etkilendiği ve doğrusal olarak arttığı gözlenirken ($r \approx 1$), basınç düzenleyicili (T_B) damlatıcılarda debi basınç eğrileri önerilen veya yüksek basınçlarda sabit kalırken, düşük basınçlarda basınç düzenleyicisizlerde olduğu gibi artış göstermiştir.

Denemede yer alan bütün damlatıcı debilerinin sıcaklık artışından etkilendiği ve debi ile sıcaklık arasında polinomial bir ilişki olduğu gözlenmiştir ($r \approx 1$). Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda su sıcaklığının 20 °C'den 50 °C'ye artmasıyla debilerdeki artış yaklaşık % 5, basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise % 3 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen C_v , U_s , C_u ve CUE değerleri sırasıyla 0.023 - 0.044, % 95.6 - % 97.7, % 96.6 - % 98.1 ve % 89.3 - % 96.0 arasında değişirken, bu değerlerin farklı su sıcaklıkları, damlatıcı tipleri ve damlatıcı aralıkları arasında istatistik olarak önemli farklar bulunmuştur ($p < 0.01$).

Anahtar Kelimeler: Damlatıcı debisi, su sıcaklığı, basınç, damlatıcı aralığı, eş su dağılımı.

2013, 49 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF DIFFERENT WATER TEMPERATURE AND PRESSURE EFFECTS ON DISCHARGE AND UNIFORMITY PARAMETERS OF DIFFERENT EMITTERS

Muhammet Sabit İLKHAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Agricultural Structure and Irrigation**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT

The study was conducted on emitter testing bench in Suleyman Demirel University, Department of Agricultural Structures and Irrigation laboratory. In the study, discharge equations, coefficient of manufacturing variation, standard uniformity, Christiansen uniformity, emission uniformity of different emitter discharges (D_1 : 2.4 L/h and D_2 : 4.0 L/h) and emitter types (T_B : Pressure compensating, T_T : Non-pressure compensating) in different distances (A_1 : 20 cm, A_2 : 33 cm and A_3 : 50 cm) under different water temperatures (20, 30, 40 and 50°C) and pressures (80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 and 200 kPa) were determined.

Tests results show that, while discharge of non-pressure compensating emitters were affected by different system pressure and increased as linear ($r \approx 1$). Although discharge-pressure curves showed a constant under high or recommended pressure in compensating emitters, the curves were also developed like non-pressure compensating emitters under low operating pressure.

Discharges of all emitters in the experiment were increased with temperature and polynomial relations were observed between discharge and temperature ($r \approx 1$). Discharges were increased as 5 % in non-pressure compensating emitters and 3 % in pressure compensating emitters with increasing of temperature from 20 to 50 °C.

Values of C_v , U_s , C_u and CUE ranged between 0.023 - 0.044, 95.6 - 97.7, 96.6 - 98.1 and 89.3 - 96.0. Statistically significant differences were obtained between the values different temperatures, emitter types and emitter distance ($p < 0.01$).

Keywords: Emitter discharge, water temperature, pressure, emitter distance, uniformity

2013, 49 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Ulaş ŞENYİĞİT'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

3499-YL2-13 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan lisans öğrencileri Fatma KARADAĞ, Bedirhan AY, Gülşah NOGAY ve Tayfun TOPAY'a ayrıca teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Muhammet Sabit İLKHAN
ISPARTA, 2013

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Farklı akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç- debi ilişkisi	6
Şekil 3.1. Damlatıcı test düzeneği.....	16
Şekil 3.2. Su sıcaklığının ölçülmesi	17
Şekil 4.1. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıklarındaki basınç-debi ilişkileri ve debi eşitlikleri	23
Şekil 4.2. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıklarındaki basınç-debi ilişkileri ve debi eşitlikleri.....	24
Şekil 4.3. Denemede yer alan farklı özelliklerdeki damlatıcılara ilişkin sıcaklık-debi ilişkileri	25
Şekil 4.4. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cv değerleri ve sınıflandırılmaları	28
Şekil 4.5. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cv değerleri ve sınıflandırılmaları	29
Şekil 4.6. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Us değerleri ve sınıflandırılmaları.....	32
Şekil 4.7. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Us değerleri ve sınıflandırılmaları.....	33
Şekil 4.8. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cu değerleri	36
Şekil 4.9. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cu değerleri	37
Şekil 4.10. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki CUE değerleri ve sınıflandırılmaları	40
Şekil 4.11. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki CUE değerleri ve sınıflandırılmaları	41

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Farklı akış rejimleri için k ve x değerleri.....	6
Çizelge 2.2. Damlatıcı yapım farklılık katsayısının önerilen sınırları	10
Çizelge 2.3. Damlatıcı eş su dağılımının önerilen sınırları.....	14
Çizelge 2.4. Eş su dağılım sınıflarının değerlendirilmesi	14
Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan pompaya ait özellikler	17
Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan suya ait özellikler	17
Çizelge 3.3. Damlatıcılara ilişkin özellikler.....	18
Çizelge 4.1. Damlatıcılara ilişkin x, k ve akış özellikleri	22
Çizelge 4.2. D_1 ve D_2 damlatıcılarda elde edilen C_v değerleri	27
Çizelge 4.3. D_1 ve D_2 damlatıcılarda elde edilen U_s değerleri (%).....	31
Çizelge 4.4. D_1 ve D_2 damlatıcılarda elde edilen C_u değerleri (%)	35
Çizelge 4.5. D_1 ve D_2 damlatıcılarda elde edilen CUE değerleri (%)	38

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Damlatıcı akış yolu kesit alanı
D	Damlatıcı akış yolu çapı
L	Damlatıcı akış yolu uzunluğu
f	Darcy-Weisbach eşitliğindeki sürtünme etmeni
g	Yerçekimi ivmesi
Re	Reynold sayısı.
P	Sıvı yoğunluğu
μ	Sıvının dinamik vizkozitesi
q	Damlatıcı debisi
k	Akış katsayısı
x	Akış rejimine bağlı katsayı
H	İşletme basıncı
kPa	Basınç
°C	Sıcaklık
Cv	Damlatıcı yapım farklılığı katsayısı
Us	Standart eş su dağılımı
CUE	Damlatıcı eş su dağılımı

1. GİRİŞ

Dünyamızda ve ülkemizde küresel ısınma ve hızlı nüfus artışının olumsuz etkileri her geçen gün daha fazla hissedilmektedir. Kentsel ve endüstriyel su ihtiyacının hızla arttığı günümüzde, su kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı tarımsal amaçlı sulamalarda daha az sulama suyu miktarının kullanılması gerekmektedir. Ancak, Türkiye’de nüfusun yaklaşık % 35’nin faaliyet gösterdiği tarım sektörü aynı zamanda toplam su tüketiminin yaklaşık % 73’ü gibi önemli bir kısmını sulama amaçlı kullanmaktadır (DSİ, 2013). Tarımda aşırı su kullanımının en önemli sebeplerinden biri, ülkemizdeki mevcut sulama sistemlerinin yaklaşık % 80’inin düşük randımanlı yüzey sulama sistemleri olmasıdır (Yıldırım, 2012).

Damla sulama, yüksek sulama randımanı, düşük enerji tüketimi ve su kaybı ile önemli bir potansiyele sahiptir. Bunun en önemli nedeni, diğer sulama yöntemlerine göre buharlaşma, yüzey akış ve derine sızma kayıplarının daha düşük olmasıdır. Yüksek sulama randımanı ve buna paralel olarak daha az su kullanımı, üründe verim ve kalite üzerine olumlu etkisi, düşük işçilik maliyeti, kullanım kolaylığı, bitki besin elementlerinin sulama suyu ile kolayca verilebilmesi ve çevreye daha az olumsuz etkiye sahip olması gibi özelliklerinden dolayı damla sulama sistemlerinin kullanılmasına daha fazla gereksinim duyulmaktadır (Bucks vd., 1981; Lamm vd., 1992; Dasberg ve Or, 1999).

Damla sulama yönteminin ilk uygulamaları 1860’lı yıllarda başlamasına karşın, yöntemin yaygınlaşması ve uygulanması, plastik malzemelerin ekonomik olarak üretilmeye ve işleme teknolojisindeki gelişmelerin başladığı 1960’lı yıllardan sonra gerçekleşmiştir (Tobey, 1989).

Son yıllarda ülkemizde özellikle su kaynaklarının sınırlı ve su maliyetinin yüksek ancak tarımsal üretimin en yoğun olduğu Akdeniz ve Ege bölgesinde kullanımı oldukça yaygınlaşmış ve bu bölgelerdeki sebze, meyve bahçeleri ve seralarda damla sulama sistemlerinin kullanımı hızlı bir biçimde artış göstermiştir (Çamoğlu, 2004).

Damla sulama sisteminin ana bölümleri; damlatıcılar, lateraller, manifold ve ana borulardan, destekleyici bölümleri ise; filtreler, basınç düzenleyiciler, manometreler, sayaçlar, bağlantı parçaları, vanalar, hava tahliye vanaları ve gübre uygulama ünitesinden oluşmaktadır. Damla sulama sisteminin ana bölümlerinde yer alan lateraller, kabul edilebilir derecede bir eş dağılım ile alana suyu dağıtmak için tasarlanırken, manifold borular, her laterale akışın gerekli miktarını iletmesi için su basıncını ayarlayan bir kontrol sistemi gibi görev yapmakta, ana borular ise sulama sistemine gereken miktardaki toplam suyu iletmek için bir taşıma sistemi olarak hizmet etmektedir (Kanber, 2010).

Damla sulama sisteminin etkin bir şekilde kullanılabilmesi, sistemin doğru bir biçimde tasarımıyla gerçekleştirilebilir. Sistemin verimli çalışmasında önemli etkiye sahip olan damlatıcılar, sistemin en önemli unsurlarıdır. Damla sulama sistemlerinde yüksek sulama randımanı damlatıcılardan çıkan suyun eş dağılımına bağlıdır. Eş su dağılımı, damlatıcı yapım farklılığı, arazi eğiminden kaynaklanan sulama sistemindeki hidrolik değişim, borulardaki yük kayıpları, lateral çapı, damlatıcı aralığı, basınç ve sıcaklık değişimine karşın damlatıcıların duyarlılığı ve damlatıcı tıkanıklığından etkilenmektedir (Mizyed ve Kruse, 1989; Özekici ve Sneed, 1995; Rodriguez-Sinobas vd., 1999; Wu vd., 2007; Dutta, 2008).

Basınçlı sulama sistemlerindeki sıcaklık değişimleri, suyun kinematik viskozitesinin de değişmesinden dolayı Reynold sayısını etkilemekte ve bu değişim, laterallerin sürtünme katsayısını ve damlatıcılardan çıkan akışı etkileyebilecek önemli bir faktör olabilmektedir (Daily ve Harleman, 1966; Peng vd., 1986; Keller ve Bliesner, 1990). Bu yüzden, damlatıcı debisinin değişmesinde basıncın yanı sıra su sıcaklığındaki değişim de göz önüne alınmalıdır. Arazi koşullarında kullanılan damla sulama laterallerinin ve damlatıcılarının kısa ya da uzun dönemler sıcaklığa maruz kaldığı ve gün içinde lateral sıcaklıklarının 42 °C'ye kadar ulaştığı bilinmektedir. Sulama döneminde toprak sıcaklığının 50 °C'yi aşabilecek değerlere ulaşabilmesi ve bu yüksek toprak sıcaklığının lateraldeki su sıcaklığını da artırması, damlatıcılardaki su akış hızını değiştirebilmektedir (Abu-Gharbieh, 1997; Parchomchuk, 1976; Nakayama ve Bucks, 1985).

Bu araştırmada, farklı su sıcaklığı ve basıncın farklı damlatıcı aralıklarındaki farklı debi ve damlatıcı tiplerine sahip içten geçik (in-line) damlatıcıların debisi, damlatıcı yapım farklılık katsayısı, standart eş su dağılımı, Christiansen eş dağılım katsayısı ve damlatıcı eş su dağılımı gibi damlatıcıların değeriendirilmesinde kullanılan parametrelere olan etkileri belirlenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Debi-Basınç İlişkisi

Keller ve Karmeli (1975) ve Kang and Nishiyama, (1996) damla sulama sistemlerinde damlatıcı debilerinin eşitlik 2.1 yardımı ile hesaplanabileceğini önermişlerdir.

$$q = kH^x \quad (2.1)$$

Eşitlikte,

q = Damlatıcı debisi, (L/s)

H = İşletme basıncı, (m)

k = Akış katsayısı ve

x = Akış rejimine bağlı katsayıdır.

Logaritmik kağıt üzerinde q ve h değerlerinin karşılıklı olarak işaretlenmesi ile elde edilen doğrunun eğimi x üs değerini, düşey eksenini kestiği nokta ise k değerini vermektedir.

Kapdaşlı ve vd. (1997) eşitlik 1'i kullanılarak, h_1 ve h_2 basınçlarında elde edilen q_1 ve q_2 debilerini elde ederek, k ve x katsayılarının bulunmasına ilişkin olarak benzer bir yol izlemişlerdir (Eşitlik 2.2 ve 2.3).

$$q_1 = kh_1^x \quad (2.2)$$

$$q_2 = kh_2^x \quad (2.3)$$

Eşitliklerin her iki tarafının logaritması alınmasıyla birlikte eşitlikleri tekrar yazarak eşitlik 2.4 ve eşitlik 2.5'i elde etmişler ve her iki denklemi kullanılarak elde edilen eşitlik 2.6 yardımıyla debiye karşı basınç değerlerinin logaritmik eğrisinin çizilerek eğiminin hesaplanmasıyla birlikte x değerini belirlemişlerdir.

$$\log q_2 = \log k + x.h_2 \quad (2.4)$$

$$\log q_1 = \log k + x.h_1 \quad (2.5)$$

$$x = \frac{\log q_1 - \log q_2}{\log h_1 - \log h_2} \quad (2.6)$$

Kapar (1991), işletme basıncı, su sıcaklığı, üretimdeki değişkenlikler ve tıkanma derecesi gibi birçok faktörden etkilenen damlatıcı debisinin H^x değerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Damlatıcı yapım biçimine ve damlatıcı içindeki geçiş yollarının fiziksel boyutlarına bağlı olan k katsayısını da eşitlik 2.7 ile açıklamıştır.

$$k = K.K_V.K_T.K_P \quad (2.7)$$

Eşitlikte,

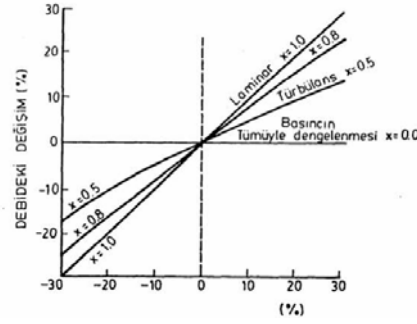
K = Bağımlılık katsayısı,

K_V = Üretimdeki değişmeler nedeniyle düzeltme katsayısı,

K_T = Su sıcaklığı nedeniyle düzeltme katsayısı ve

K_P = Damlatıcının tıkanması nedeniyle düzeltme katsayısıdır.

Damlatıcılara bağlı olarak 0 ile 1 arasında değişen x katsayısının değeri, eş su dağılımında önemli bir rol oynamaktadır. Bu değer küçük olması, basınç düzenleyicinin o derece yüksek olduğu göstermektedir. Tam basınç düzenleyicili bir damlatıcıda x sıfıra eşit olup, debi işletme basıncında her değişime karşın sabit kalmaktadır. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda ise, x değeri akış cinsine ve damlatıcının yapısına bağlıdır (Baswell, 1985). Farklı akıştaki damlatıcılarda debi-basınç ilişkileri Keller ve Karmeli (1975) tarafından Şekil 2.1'deki gibi açıklanmıştır.



Şekil 2.1. Farklı akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç-debi ilişkisi

Rodriguez-Sinobas vd. (1999), damlatıcıdaki akış rejimine bağlı bir katsayısı olan x değerini teorik olarak laminar akım rejimlerinde 1, tam türbülanslı akım rejimlerinde 0.5 olarak alındığını belirtirlerken, Karmeli (1977), Zur ve Tal (1981), Von Bernuth ve Solomon (1986), Bralts vd. (1987), Warrick ve Yitayew (1988), x değerinin laminar akış rejimli damlatıcılarda 0.5 - 1.0 tam türbülans akış rejimli damlatıcılarda 0.5 ve basınç düzenleyicili damlatıcılarda 0.0-0.5 arasında olduğunu belirtmişlerdir. James (1988) ise farklı akışlar için k ve x katsayılarına ilişkin değerleri Çizelge 2.1'deki gibi belirlemiştir.

Çizelge 2. 1 Farklı akış rejimleri için k ve x değerleri

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

Demir ve Yürdem (2000) farklı yapım özelliklerine sahip 32 adet damlatıcıyı ele alırken, basınç düzenleyicisiz damlatıcıların x değerlerinin 0.728 ile 0.414 arasında değiştiğini ancak genel olarak 0.5'e yakın oldukları için damlatıcıların tam türbülanslı olduğunu bildirmişlerdir.

Çamoğlu ve Yavuz (2006) içten ve dıştan geçik farklı damlatıcılara 0.5-3 atm arasında 6 farklı basınç uyguladıkları çalışmada, x değerleri 0.5'e yakın olanları tam

türbülanslı, 0.5-1.0 arasında olanları kısmi türbülanslı ve 0-0.5 arasında olanları ise basınç düzenleyicili olarak belirtmişlerdir.

Altın (2009) tarafından farklı damlatıcılar üzerinde yapılan bir başka çalışmada, x değerlerinin 0.51 ile 0.62 arasında değiştiği basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda basınç arttıkça debinin de arttığı, x değerlerinin 0'a yakın olduğu basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise debinin basınçla çok fazla değişmediği belirtilmiştir.

Doğan (2010) basınç düzenleyicisiz damlatıcıların basınç değişimlerinden etkilendiğini ve korelasyon katsayılarının (r) 0.96 ile 0.99 arasında değiştiğini belirtirken, basınç arttıkça debinin arttığını ve sistem basıncı ile damlatıcı debisi arasında güçlü bir ilişkinin olduğunu vurgulamıştır.

Şenyiğit vd. (2012) de benzer şekilde basınç düzenleyicisiz bir damlatıcıda basınç arttıkça debininde arttığı, basınç ile damlatıcı debisi arasında polinomial bir ilişki olduğunu ($R^2 = 0.994 - 0.998$) bildirmişlerdir.

2.2. Sıcaklık Değişimi

Üretici firmalar genellikle belirli işletme basınçlarında damlatıcı debisini, yapım farklılığı katsayısını ve diğer akış özelliklerini 20 °C standart su sıcaklığına göre vermektedirler.

Daily ve Harleman (1966), mikro sulama sistemlerindeki sıcaklık değişimleri suyun kinematik viskozitenin değişmesinden dolayı Reynold sayısını etkilediğini belirtirlerken, Peng vd. (1986) ve Keller ve Bliesner (1990), bu değişimin, laterallerin sürtünme katsayısını ve damlatıcılardan çıkan akışı etkileyebilecek önemli bir faktör olabileceğini bildirmişlerdir.

Zur ve Tal (1981) ve Decroix ve Malaval (1985) farklı damlatıcı çeşitlerinde yaptıkları çalışmalarda, x değerinin 0.5'e yakın olduğu orifis ve uzun akış yollu türbülanslı damlatıcı debilerinin sıcaklık ile ya çok az ya da hiç değişmediğini belirtirlerken, Rodriguez-Sinobas vd. (1999), x katsayısının 0.5'ten büyük olduğu

spiral geçişli damlatıcılarda debinin sıcaklıkla birlikte arttığını, 0.5'ten küçük olduğu vortex tipi damlatıcılarda ise azaldığını vurgulamışlardır.

Şenyiğit vd. (2012) tarafından incelenen bir basınç düzenleyicisiz damlatıcının debisinin sıcaklık artışı ile arttığını ancak, 90-120 kPa arasındaki yaygın işletme basınçlarda elde edilen damlatıcı debilerinin farklı sıcaklıklar altında istatistiksel olarak değişmediğini bildirmişlerdir.

Parchomchuk (1976) tarafından yürütölen bir çalışmada, laminar ve düzensiz akış rejimlerine sahip spiral ve mikro tüp damlatıcılarda, su sıcaklığının 20 °C'den 60 °C'ye çıkmasıyla damlatıcı debisi yaklaşık % 53 artmış, orifis tip damlatıcılarda bu değişim daha düşük bulunmuş, buna karşın vortex damlatıcılarda ise sıcaklığın 8 °C'den 38 °C'ye artmasıyla debinin % 8 oranında azaldığı belirlenmiştir.

Abu-Gharbieh (1997) 10-15 cm toprak derinliğinde toprak sıcaklığının 50 °C'ye, 30 cm derinlikte ise 38 °C'ye ulaştığını bildirirken, Mayıs ayında toprak sıcaklığının yüzeyde 50 °C'yi, 2 cm derinlikte ise 40 °C'yi aştığını bildirmiştir. Yüksek toprak sıcaklığı ve laterallerinin uzun süre güneş altında kalması lateraldeki su sıcaklığını artırmaktadır. Buna ilişkin, Parchomchuk (1976) British Columbia'da güneşli bir günde lateral hattı sıcaklığının 26 °C'dan 42°C'ye kadar arttığını ölçerken, benzer şekilde Nakayama ve Bucks (1985) da Mayıs ayında yüzeye serili laterallerdeki en yüksek su sıcaklığını 42°C olarak belirlemişlerdir.

Keller ve Karmeli (1975) aynı basınç değerinde su sıcaklığındaki 4 katlık bir değişimin, damlatıcı debisinde 2 kat artışa neden olduğunu belirlemişlerdir.

Mostafazadeh ve Kahnouji (2002) 4 farklı damlatıcı çeşidini 14 farklı su sıcaklıkları (11 - 43.5 °C) altında değerlendirmişler ve basınç düzenleyicili damlatıcılar dışında diğer tüm damlatıcıların sıcaklık artışıyla doğrusal olarak arttığını vurgulamışlardır. Bunun yanı sıra, her bir damlatıcıya ilişkin yapım farklılığı katsayısını sulama suyu sıcaklığına bağlı olarak farklı bulmuşlardır.

Clark vd. (2005) tarafından yapılan bir başka çalışmada, iki farklı üretim tipi olan Ro-Drip (RD) ve T-Tape (TT) damlatıcıların 0.20 mm (RD-08) ve 0.38 mm (RD-15) ile 0.25 mm (TT-10) ve 0.38 mm (TT-15) duvar kalınlıklarına sahip çeşitlerinin 20 °C'den 52 °C'ye kadar artan sıcaklıklara karşı debilerinin farklı tepkiler gösterdiği, özellikle ince RD-08 çeşidinde 55, 69 ve 83 kPa işletme basınçlarında, debinin % 18, % 44 ve % 97 arttığı belirlenmiştir. Ancak bu değer, daha kalın olan RD-15 çeşidinde % 10-12'de kalmıştır. TT damlatıcı tiplerinde ise durum RD'ye göre oldukça farklı gözlenmiş, 55 kPa işletme basıncında, damlatıcı debisinin % 5'ten daha az ve hafif oranda arttığı, 83 kPa işletme basıncında ise % 7'ye varan bir oranda düştüğü görülmüştür.

Doğan ve Kırnak (2010) ise, basınç düzenleyicili damlatıcıların debisinin su sıcaklığının artışı ile ya hiç değişmediğini ya da sınırlı bir artış olduğunu, buna karşın basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda önemli düzeyde artış olduğunu belirtirlerken, özellikle akış hızı değişimlerinin sıcaklık artışı ile azaldığını ve bu durumun eş su dağılım değerlerini artırdığını vurgulamışlardır.

2.3. Damlatıcı Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)

Standart sapma ve yapım farklılık katsayısı esaslarına göre eşitlik 2.8 ve 2.9 yardımıyla hesaplanmaktadır (Wu ve Gitlin 1979).

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{ort})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (2.8)$$

$$C_v = \frac{S}{q_{ort}} \quad (2.9)$$

Eşitliklerde;

S = Damlatıcı debilerindeki standart sapma,

q_i = Herhangi bir damlatıcı debisi,

n = Damlatıcı sayısı,

q_{ort} = Ortalama damlatıcı debisi ve

Cv = Damlatıcı yapım farklılığı katsayısıdır.

ASAE (2002) tarafından verilen esaslara göre damlatıcı yapım farklılık katsayısı (Cv) sınıflandırmaları çizelge 2.2’de verilmektedir.

Çizelge 2.2 Damlatıcı yapım farklılık katsayısının önerilen sınırları

Damlatıcı Tipi	Cv Aralığı	Sınıflandırma
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

Özekici ve Bozkurt (1996) damlatıcıların üretim aşamasında basıncın ve sıcaklığın sabit tutulmaması, kullanılan maddelerin düzenli karıştırılmaması gibi nedenlerden dolayı, aynı tipteki iki damlatıcı arasında yapım farklılığının görülebileceğini, küçük debilerin olduğu damla sulama sistemlerinde, her ne kadar damlatıcıların kritik akış yolu boyutlarında oluşabilecek değişim küçük olsa da bunun debilerdeki sapmasının büyük olacağını belirtmişlerdir.

Çamoğlu (2004) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı tip ve özellikte üretilen 30 adet damlatıcının yapım farklılıklarının eş su dağılımına etkisini belirlemek amacıyla öncelikle Cv değerleri belirlenmiştir. En düşük Cv değeri 0.0102, en yüksek Cv değeri ise 0.1437 olarak bulunurken, damlatıcıların yapım farklılığı yönünden yapılan sınıflandırmada % 70.6’sı “mükemmel”, % 11.8’ i “iyi”, % 11.8’i “sınırdan” ve % 5.9’u “çok kötü” sınıfında yer almıştır.

Demir (1997) farklı yapım özelliklerine sahip damlatıcıların teknik özellikleri ve yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla 30 adet damlatıcıyı incelemiştir. En düşük ve en yüksek Cv değerlerini sırasıyla 0.010 ve 0.210 olarak elde ederken, damlatıcıların farklı sınıflarda yer aldığını belirlemiştir.

Dutta (2008) farklı firmalar tarafından üretilen farklı tipteki damlatıcıları test ettiği çalışmada, Cv değerlerinin 0.02-0.08 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Bozkurt (1996) denemeye aldığı damlatıcılardan basınç düzenleyicisiz özelliğe sahip damlatıcıların yapım farklılık katsayılarının (Cv) basınç düzenleyicili özelliğe sahip damlatıcılara göre daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Kırnak vd. (2004) Harran ovasında kullanılan içten geçik damlatıcıları ele almış ve damlatıcıların yapım farklılık katsayılarının ASAE (2002) standartlarına göre sınıflandırmada basınç düzenleyicili damlatıcıların “mükemmel” sınıfında, basınç düzenleyicisiz damlatıcıların ise “kabul edilemez” sınıfında yer aldığını bildirmişlerdir.

Şenyiğit vd. (2012) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise, farklı sıcaklıklar ve basınç altında basınç düzenleyicisiz bir damlatıcının Cv değerlerinin istatistiksel olarak değişmediği belirlenmiştir.

2.4. Standart Eş Su Dağılımı (Us)

Damla sulama sistemlerinde damlatıcı debilerine ilişkin değişim katsayısının belirlenmesine dayanan standart eş su dağılımı yaklaşımı, ilk olarak Wilcox ve Swailes (1947) tarafından yağmurlama sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla tanımlanmış ancak daha sonra Bralts ve Edwards (1987) tarafından damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır (Eşitlik 2.10).

$$U_s = 100(1 - Cv) \quad (2.10)$$

Eşitlikte,

U_s = Standart eş su dağılımıdır (%).

Bralts vd. (1987) damla sulama sistemlerinin sınıflandırmada standart eş su dağılım sınırlarını % 90 ve üzeri için “çok iyi”, % 80-90 arası “iyi”, % 70-80 arası “orta”, % 60-70 arası “zayıf”, % 60 ve altı değerler için “kabul edilemez” olarak belirtmişlerdir.

ASAE (1996) sınıflandırmasına göre ise % 95-%100 arası “mükemmel”, % 85-90 arası “iyi”, % 75-80 arası “orta”, % 65-70 arası “çok kötü”, % 60 ve aşağısı “kabul edilemez” olarak bildirilmiştir.

Bozkurt (1996) farklı 12 adet içten geçik damlatıcıyı incelediği çalışmada, damlatıcılardan biri dışında, diğer damlatıcıların standart eş su dağılımının % 95’i sağladığını belirlemiştir.

Çamoğlu (2004) tarafından yapılan çalışmada, içten geçik damlatıcıların 100 kPa basınçtaki standart eş su dağılımı değerlerinin yaklaşık % 65’i ve dıştan geçik damlatıcıların ise % 25’i ASAE (2002)’nin önerdiği % 95 değerinin üstünde olması nedeniyle “mükemmel” sınıfta yer almıştır.

Doğan ve Kırnak (2010) farklı tipteki 7’şer adet basınç düzenleyicili ve basınç düzenleyicisiz damlatıcıyı inceledikleri çalışmada, standart eş su dağılım değerlerini tüm damlatıcılarda % 96’dan daha yüksek bulmuşlardır. Sulama suyu sıcaklığının standart eş su dağılım değerlerini etkilediği, sıcaklık artışına karşın basınç düzenleyicili damlatıcıların bir kısmında U_s değerlerinde artış, bir kısmında ise azalış eğiliminde olduğunu, basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda ise genellikle doğrusal bir artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

2.5. Christiansen Eş Dağılımı Katsayısı (C_u)

Christiansen eş dağılım katsayısı damla sulama sistemlerinde lateral boyutlandırılmasında kullanılan en önemli parametrelerden biri olup, eşitlik 2.11 yardımıyla hesaplanmaktadır (Christiansen, 1942).

$$C_u = 100(1 - \frac{\Delta q_o}{q_o}) \quad (2.11)$$

Eşitlikte,

C_u = Christiansen eş dağılım katsayısı (%) ve

Δq_o = Her bir damlatıcı ya da lateral giriş debisinin ortalamadan olan mutlak sapmaların ortalamasıdır.

Yıldırım ve Korukçu (1996) lateral ve manifold boru hatlarında, yalnızca boru hattının uç noktaları arasındaki basınç yükleri arasındaki farklılığı dikkate alma yerine, boru hattı boyunca tüm damlatıcı ya da lateral giriş debileri arasındaki değişimi dikkate alarak eş su dağılımı bakımından, bu değişim düzeyini kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacak biçimde projellemenin yapılmasının uygun olacağını ve bu amaçla da yaygın olarak, Christiansen eşdağılım katsayısından yararlanılabileceğini belirtmişlerdir.

Wu ve Gitlin (1973) Christiansen eşdağılım katsayısının damla sulama laterallerinde % 95'ten büyük veya eşit olmasının uygun olacağını bildirirken, Perold (1977), 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 eşdeğer bir dağılımın sağlanamayacağını savunarak Cu değerinin % 98'den ve Korukçu (1980) ise % 97.5'den büyük veya eşit olması koşullarını önermişlerdir.

Yıldırım (2008) damla sulama sistemlerinde manifold boruları için Cu değerinin % 97.5'e eşit veya büyük, lateralleri için ise % 98'den büyük veya eşit olması koşulunda eş su dağılımının sağlandığını bildirmiştir.

Altın (2009) aynı veya benzer teknolojilerle üretilen 9 adet damlatıcıyı üretim aşamasında oluşan yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada Cu değerlerinin % 90.94 ile % 98.28 arasında değiştiğini belirlemiştir.

Çamoğlu ve Yavuz (2006) inceledikleri içten geçik damlatıcıların % 38.5'inin Korukçu (1980)'nin belirtmiş olduğu Cu % 97.5'den büyük veya eşit olması koşulunu sağlayamadığını bildirmişlerdir.

Dutta (2008) farklı firmalar tarafından üretilen farklı tipteki damlatıcıları test ettiği çalışmada Cu değerlerinin % 91.2- % 97.9 arasında değiştiğini belirlemiştir.

2.6. Damlatıcı Eş Su Dağılımı (CUE)

Sabit basınç altında damlatıcılar arasındaki debi değişiminin sonucu olan damlatıcı eş su dağılımı eşitlik 2.12 yardımı ile belirlenmektedir (ASAE, 2002).

$$CUE = 100 \left[1.0 - \frac{1.27 C_v}{\sqrt{n}} \right] \frac{q_{\min}}{q_{\text{ort}}} \quad (2.12)$$

Eşitlikte;

CUE = Damlatıcı eş su dağılımı (%),

n = Bitki başına damlatıcı sayısı ve

$q_{\min}$ = Minimum basınçta elde edilen minimum debidir.

ASAE (2002) esaslarına göre önerilen damlatıcı eş su dağılım (CUE) aralıkları Çizelge 2.3’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.3. Damlatıcı eş su dağılımının önerilen sınırları

Damlatıcı Tipi	Mesafe (m)	Topografya	Eğim (%)	CUE (%)
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 yıllık bitkilerde)	Tüm	Türdeş	< 2	80-90
		Dik veya dalgalı	> 2	70-85

Kapdaşlı vd. (1997) ASAE (2002) standartlarını göz önüne alarak standart eş su dağılımı (Us) ile damlatıcı eş su dağılımının (CUE) karşılaştırmalı değerlerini Çizelge 2.4’deki gibi vermişlerdir.

Çizelge 2.4 Eş su dağılım sınıflarının değerlendirilmesi

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

Çamoğlu ve Yavuz (2006) 17 farklı damlatıcının eş su dağılımını belirlemişler ve en düşük ve en yüksek CUE değerlerini sırasıyla % 86.4 ve % 98.37 olarak bildirmişlerdir.

Dutta (2008) farklı firmalar tarafından üretilen damlatıcıların test edildiği çalışmada CUE değerlerinin % 82.44-% 93.36 arasında değiştiğini belirlemiştir.

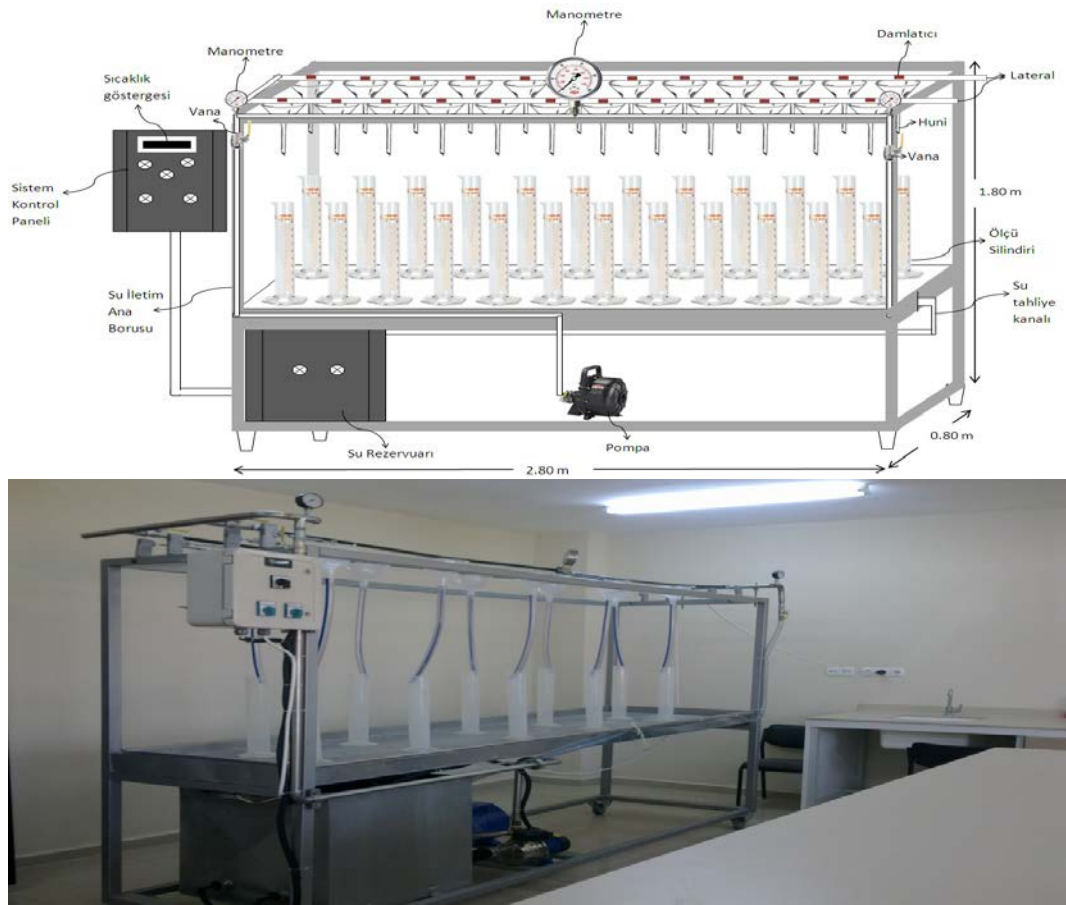
Altın (2009) üretim aşamasında oluşan yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla aynı veya benzer teknolojilerle üretilen 9 adet damlatıcının CUE değerlerinin % 86.52 ile % 97.59 arasında değiştiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Bu araştırma, 2013 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Laboratuvarında kurulan damlatıcı test düzeneğinde yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil. 3.1. Damlatıcı test düzeneği

3.1.2. Damlatıcı test düzeneği

Damlatıcı test düzeneği su rezervuarı, pompa, ölçü silindirleri, manometreler, vanalar, damlatıcılar ve sistem kontrol panelinden oluşmaktadır. Çalışmada, içme suyu şebekesinden sağlanan su 216 L kapasiteye sahip rezervuara aktarılmış, 4.2 bar

basınçta 3.4 m³/h maksimum debiye sahip bir pompa yardımıyla damlatıcı test düzeneğine verilmiştir. Pompaya ait özellikler çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan pompaya ait özellikler

Motor Gücü	0.9 kW	Maksimum Debi	3.4 m ³ /h
Emme Yüksekliği	8 m	Voltaaj	230 V
Maksimum Basma Yüksekliği	42 m	Maksimum Basınç	4.2 bar
Tank Kapasitesi	20 L	Pompa Ağırlığı	13.5 kg

Rezervuar içindeki su her biri 1500 W kapasiteli iki rezistans kullanılarak ısıtılmıştır. Su sıcaklıkları kontrol paneli ile ayarlanmış ve dijital termometre yardımı ile takip edilmiştir (Şekil 3.2). Damlatıcı çıkışındaki su sıcaklık değişimi ± 1 °C’yi geçmemiştir. İçme suyu şebekesinden sağlanan suyun özellikler çizelge 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Su sıcaklığının ölçülmesi

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan suya ait özellikler

EC (μ S/cm)	Katyonlar (mg/L)				Anyonlar (mg/L)			pH	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻			
546	22.76	11.42	7.09	78.00	280.6	46.68	4.51	7.48	0.60	C ₂ S ₁

Sistemin çalışması ve işletme basıncının istenilen düzeyde ayarlanması için sistem girişine ve çıkışına birer vana, lateral girişlerine ise iki adet vana yerleştirilmiştir. Sistem çıkışındaki vana ile suyun rezervuara geri dönüşümü sağlanmıştır. Ayrıca test düzeneğinde, bağlantı noktalarından basınçtan dolayı oluşabilecek su çıkışlarını önlemek amacıyla da teflon ve kelepçeler kullanılmıştır.

3.1.3. Damlatıcılar

Çalışmada, farklı firmalarca üretilen ve Türkiye’de yaygın olarak kullanılan farklı damlatıcı aralıklarındaki (A_1 : 20 cm, A_2 : 33 cm, A_3 : 50 cm), farklı debilere (D_1 : 2.4 L/h, D_2 : 4.0 L/h) ve damlatıcı tiplerine (T_B : Basınç düzenleyicili, T_T : Basınç düzenleyicisiz) sahip 12 farklı içten geçik (in-line) damlatıcı incelenmiştir. Damlatıcılara ilişkin özellikler çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Damlatıcılara ilişkin özellikler

Damlatıcılar	Debi L/h	Damlatıcı dış çapı Mm	Damlatıcı aralığı cm	Damlatıcı tipi
$D_1A_1T_T$	2.4	16	20	Basınç düzenleyicisiz
$D_1A_2T_T$	2.4	16	33	Basınç düzenleyicisiz
$D_1A_3T_T$	2.4	16	50	Basınç düzenleyicisiz
$D_1A_1T_B$	2.4	16	20	Basınç düzenleyicili
$D_1A_2T_B$	2.4	16	33	Basınç düzenleyicili
$D_1A_3T_B$	2.4	16	50	Basınç düzenleyicili
$D_2A_1T_T$	4	16	20	Basınç düzenleyicisiz
$D_2A_2T_T$	4	16	33	Basınç düzenleyicisiz
$D_2A_3T_T$	4	16	50	Basınç düzenleyicisiz
$D_2A_1T_B$	4	16	20	Basınç düzenleyicili
$D_2A_2T_B$	4	16	33	Basınç düzenleyicili
$D_2A_3T_B$	4	16	50	Basınç düzenleyicili

3.2. Yöntem

Denemede farklı su sıcaklıkları ile basınçların farklı damlatıcı aralıklarındaki farklı debi ve damlatıcı tiplerine sahip içten geçik (in-line) damlatıcıların debisine, damlatıcı tipine ve yapım farklılığı katsayısı (C_v), standart eş su dağılımı (U_s), Christiansen eş su dağılım katsayısı (C_u) ve damlatıcı eş su dağılım katsayısı (CUE) gibi parametrelere olan etkilerini belirlemek amacıyla 20, 30, 40 ve 50 °C su

sıcaklıkları ile 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 ve 200 kPa basınç değerleri kullanılmıştır. Her bir test, sabit bir sıcaklık altında, farklı basınçlar uygulanarak damlatıcı test düzeneğine yerleştirilmiş laterallerde yer alan damlatıcıların debisinin ölçülmesi ile yapılmıştır. Lateraller damlatıcı test düzeneğine eğimsiz olarak yerleştirilmiş ve sistem çalıştırılıp damlatıcılarda su akışı sabitlendikten sonra damlatıcı debilerini belirlemek amacıyla, yaklaşık 5 dakika boyunca her bir damlatıcının altında yer alan ölçü silindirlerinde biriken su miktarı ölçülmüştür (Clark vd., 2005). Bir sonraki teste geçerken sıcaklık değeri kontrol panelinden değiştirilip ve sıcaklığın sabitlenmesi için 30-40 dakika arası beklenmiş, istenilen sıcaklık değerine ulaşıldıktan sonra aynı ölçümler tekrarlanmıştır.

Çalışmada farklı su sıcaklıklarının, damlatıcı aralıklarının ve damlatıcı tiplerinin Cv, Us, Cu ve CUE gibi eş su dağılım parametrelerine olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla faktöriyel düzende varyans analiz tekniği uygulanmıştır. Konular arasındaki farkların belirlenmesinde Tukey testi kullanılmıştır.

Akış rejimine bağlı katsayı (x) ve akış katsayısı (k) değerleri her bir damlatıcı için farklı basınçlarda ölçülen damlatıcı debilerinden yararlanarak eşitlik 3.1 yardımıyla belirlenirken (Karmeli ve Keller, 1975), korelasyon katsayıları (r) grafiksel ilişkilerden elde edilmiştir.

$$q = kH^x \quad (3.1)$$

Eşitlikte,

q = Damlatıcı debisi (L/h)

H= İşletme basıncı (m)

k = Akış katsayısı ve

x = Akış rejimine bağlı katsayıdır.

Yapım farklılığı katsayıları (Cv) Wu ve Gitlin (1979) tarafından verilen esaslara göre eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır.

$$C_v = \frac{S}{q_{ort}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte,

C_v = Damlatıcı yapım farklılığı katsayısı,

q_{ort} = Ortalama damlatıcı debisi (L/h) ve

S = Damlatıcı debilerindeki standart sapmadır.

Standart sapma eşitlik 3.3 ile bulunmuştur.

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{ort})^2}{n-1} \right]^{1/2} \quad (3.3)$$

Eşitlikte,

q_i = Herhangi bir damlatıcı debisi (L/h),

n = Damlatıcı sayısıdır (Adet).

Standart eş su dağılımı (U_s) eşitliği 3.4 ile belirlenmiştir (Bralts ve Edwards, 1986) .

$$U_s = 100(1 - C_v) \quad (3.4)$$

Eşitlikte,

U_s = Standart eş su dağılımıdır (%).

Christiansen eşdağılım katsayısı (C_u) eşitlik 3.5 ile hesaplanmıştır (Christiansen,1942).

$$C_u = 100(1 - \frac{\Delta q_o}{q_o}) \quad (3.5)$$

Eşitlikte,

C_u = Chiristiansen eşdağılım katsayısı (%) ve

Δq_o = Her bir damlatıcı ya da lateral giriş debisinin ortalamadan olan mutlak sapmaların ortalamasıdır (L/h).

Damlatıcı eş su dağılımı katsayısı (CUE) ASAE (2002) tarafından verilen esaslara göre eşitlik 3.6 ile belirlenmiştir.

$$CUE = 100 \left[1 - \frac{1.27 C_v}{\sqrt{n}} \right] \frac{q_{\min}}{q_{\text{ort}}} \quad (3.6)$$

Eşitlikte,

CUE = Damlatıcı eş su dağılımı (%) ve

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

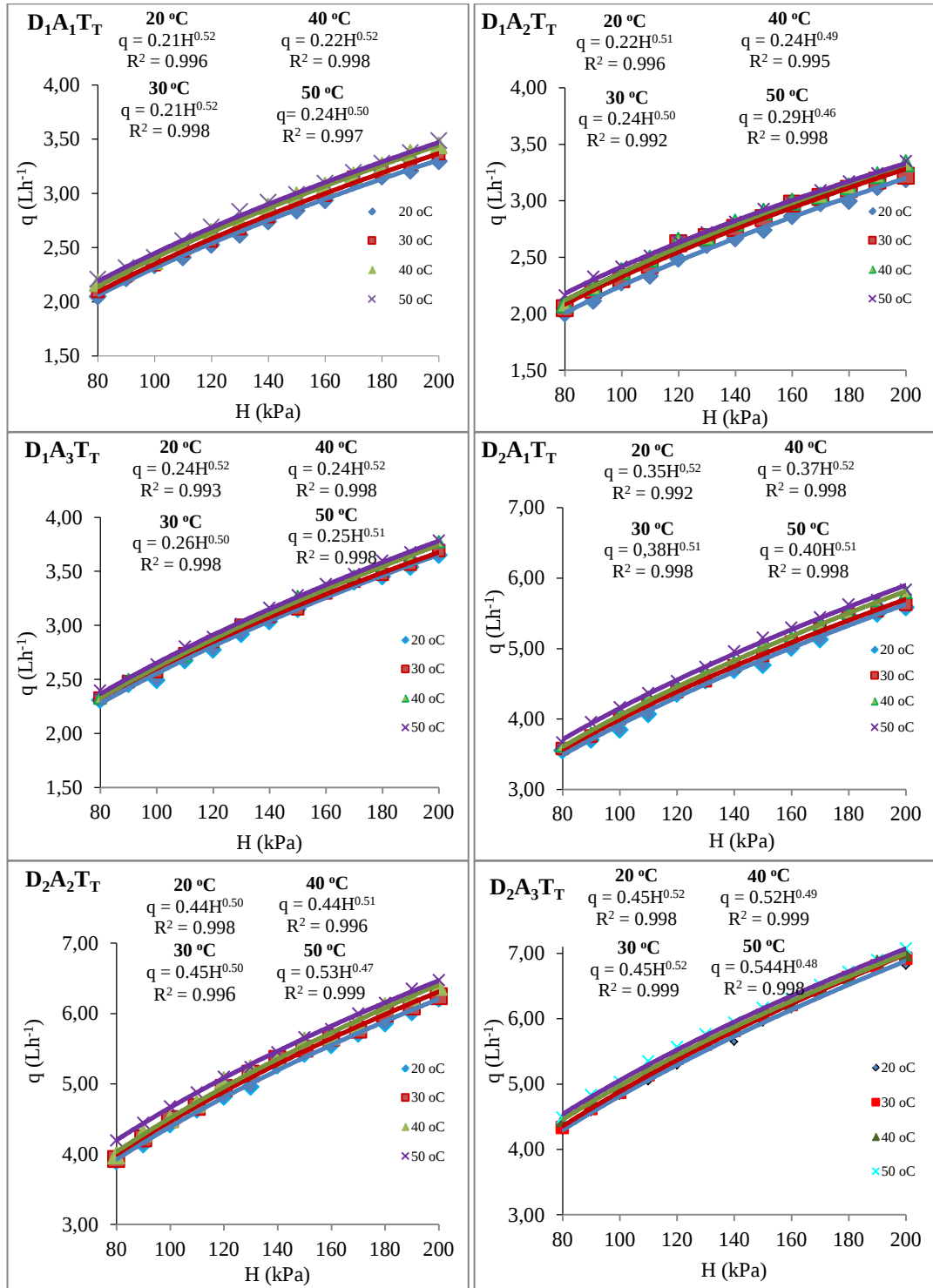
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Basınç- Debi İlişkisi

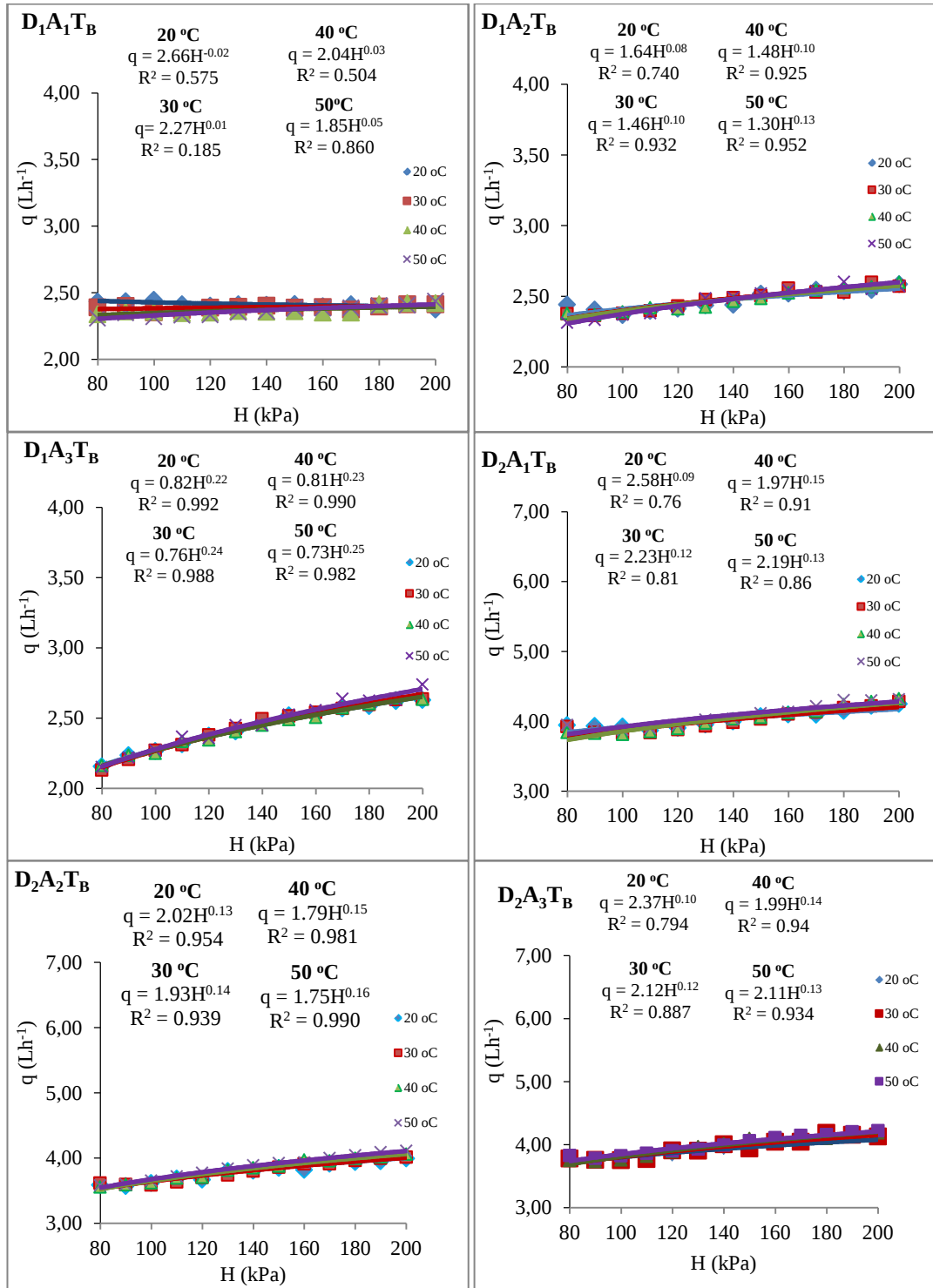
Çalışmada yapılan testler sonucunda farklı damlatıcılara ilişkin akış rejimine bağlı katsayı (x), akış katsayısı (k) değerleri ile akış özellikleri Çizelge 4.1’de, basınç-debi ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla belirtme katsayıları (R^2) ile debi eşitlikleri ise Şekil 4.1-4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Damlatıcılara ilişkin elde edilen x, k ve akış özellikleri

Damlatıcı Tipi	20 °C		30 °C		40 °C		50 °C		Akış özellği
	x	k	x	k	x	k	x	k	
D ₁ A ₁ T _T	0.52	0.21	0.52	0.21	0.52	0.22	0.50	0.24	Tam Türbülanslı
D ₁ A ₂ T _T	0.51	0.22	0.50	0.24	0.49	0.24	0.46	0.29	Tam Türbülanslı
D ₁ A ₃ T _T	0.52	0.24	0.50	0.26	0.52	0.24	0.51	0.26	Tam Türbülanslı
D ₂ A ₁ T _T	0.52	0.35	0.51	0.38	0.52	0.37	0.51	0.40	Tam Türbülanslı
D ₂ A ₂ T _T	0.50	0.44	0.50	0.45	0.51	0.44	0.47	0.53	Tam Türbülanslı
D ₂ A ₃ T _T	0.52	0.45	0.52	0.45	0.49	0.52	0.48	0.54	Tam Türbülanslı
D ₁ A ₁ T _B	-0.02	2.66	0.01	2.27	0.03	2.04	0.05	1.85	Basınç düzenleyicili
D ₁ A ₂ T _B	0.08	1.64	0.10	1.47	0.10	1.48	0.13	1.31	Basınç düzenleyicili
D ₁ A ₃ T _B	0.22	0.82	0.24	0.76	0.22	0.81	0.25	0.73	Basınç düzenleyicili
D ₂ A ₁ T _B	0.09	2.58	0.12	2.23	0.15	1.97	0.13	2.19	Basınç düzenleyicili
D ₂ A ₂ T _B	0.13	2.02	0.14	1.93	0.15	1.79	0.16	1.75	Basınç düzenleyicili
D ₂ A ₃ T _B	0.10	2.37	0.13	2.13	0.14	1.99	0.13	2.12	Basınç düzenleyicili



Şekil 4.1. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin basınç-debi ilişkileri ve debi eşitlikleri

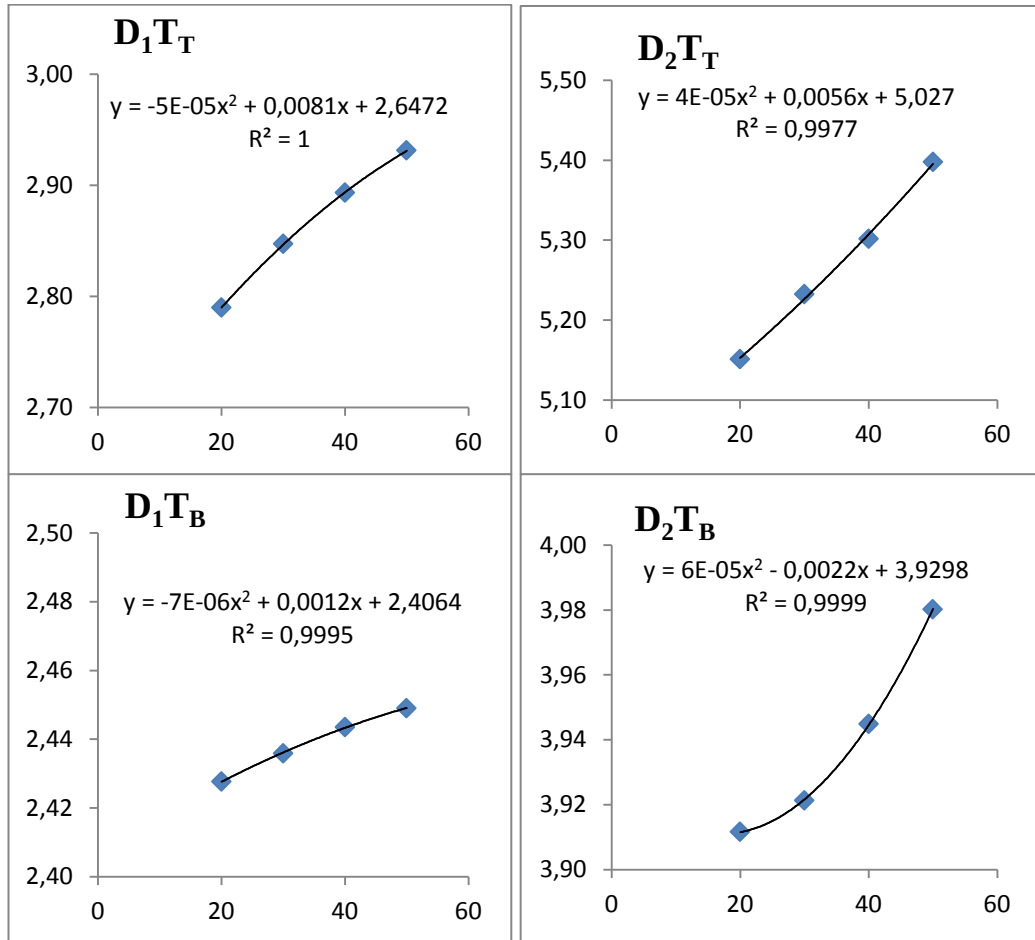


Şekil 4.2. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin basınç-debi ilişkileri ve debi eşitlikleri

Basınç düzenleyicisiz (T_T) damlatıcı debilerinin farklı işletme basınçlarından etkilendiği ve debinin basınç ile arttığı gözlenmiştir ($r \approx 1$). Damlatıcıların x değerlerinin 0.5'e yakın olması akışın tam türbülanslı olduğunu gösterirken, bu değerler Rodriguez- Sinobas vd. (1999), Şenyiğit vd. (2012), Von Bernuth ve

Solomon (1986), Clark vd.(2005) ve Doğan (2010) bulguları ile benzerlik göstermiştir.

Basınç düzenleyicili (T_B) damlatıcılarda ise x değerleri beklendiği üzere 0'a yakın elde edilirken, denemeye alınan damlatıcıların üretici firma verilerine uyumlu olarak basınç düzenleyicili özelliğe sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen bu sonuçlar Altın (2009) bulguları ile benzerlik göstermiş, bununla birlikte, Dutta (2008) tarafından verilen bulgularda olduğu gibi basınç düzenleyicili damlatıcılarda debi basınç eğrileri normal işletme basınçlarında sabit kalmasına rağmen, düşük basınçlarda basınç düzenleyicisizlerde olduğu gibi artış göstermiştir.



Şekil 4.3. Denemede yer alan farklı özelliklerdeki damlatıcılara ilişkin sıcaklık-debi ilişkileri

Denemede yer alan bütün damlatıcı debilerinin sıcaklık artışından etkilendiği ve debi ile sıcaklık arasında polinomial bir ilişki olduğu gözlenmiştir ($r \approx 1$). Basınç

düzenleyicisiz damlatıcılarda su sıcaklığının 20 °C'den 50 °C'ye artmasıyla debilerdeki artış yaklaşık % 5, basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise % 3 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından verilen bulgular ile benzerlik göstermiştir (Clark vd., 2005; Doğan ve Kırnak, 2010).

4.2. Damlatıcı Yapım Farklılığı Katsayısı

Denemede yer alan farklı debilere sahip damlatıcılara ilişkin C_v değerleri, D_1 'de 0.026 ile 0.044 arasında, D_2 'de ise 0.023 ile 0.044 arasında hesaplanmıştır. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T) C_v değerleri 0.023 ile 0.044 arasında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda (T_B) ise 0.031 ile 0.043 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Farklı basınç ve sıcaklıklardaki C_v değerlerinin ASAE (2002)'ye göre sınıflandırmaları şekil 4.4-4.5'de verilmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucunda D_1 ve D_2 'de, sıcaklık x damlatıcı tipi interaksyonu ($p<0.01$) önemli bulunmuştur. En iyi C_v değerlerinin farklı sıcaklıklar altında T_T damlatıcılarda sırasıyla 40 ve 50 °C su sıcaklıklarında elde edildiği belirlenirken, T_B damlatıcılarda D_1 'de C_v değerleri sıcaklıkla değişmezken, D_2 'de en iyi C_v değeri 50 °C sıcaklıkta belirlenmiştir. Bu sonuçlar, Doğan ve Kırnak (2010) tarafından sıcaklık artıkça basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda debiler arasındaki değişimin azaldığı ve böylece hem C_v hem de eş dağılım değerlerinin arttığını belirledikleri bulgularla benzerlik göstermiştir.

Bunun yanısıra, damlatıcı aralığı x damlatıcı tipi interaksyonları D_1 ve D_2 için ($p<0.05$) istatistik olarak önemli bulunurken, basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda en iyi C_v değerlerinin A_2 damlatıcı aralığında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise, A_1 ve A_2 damlatıcı aralıklarında saptanmıştır.

Ayrıca, farklı damlatıcı aralıklarındaki C_v değerlerinin farklı sıcaklıklardaki ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunurken ($p<0.01$), en iyi C_v değerleri D_1 ve D_2 için hem basınç düzenleyicisiz (T_T) hem de basınç düzenleyicili (T_B) damlatıcılarda A_2 aralığında görülmüştür.

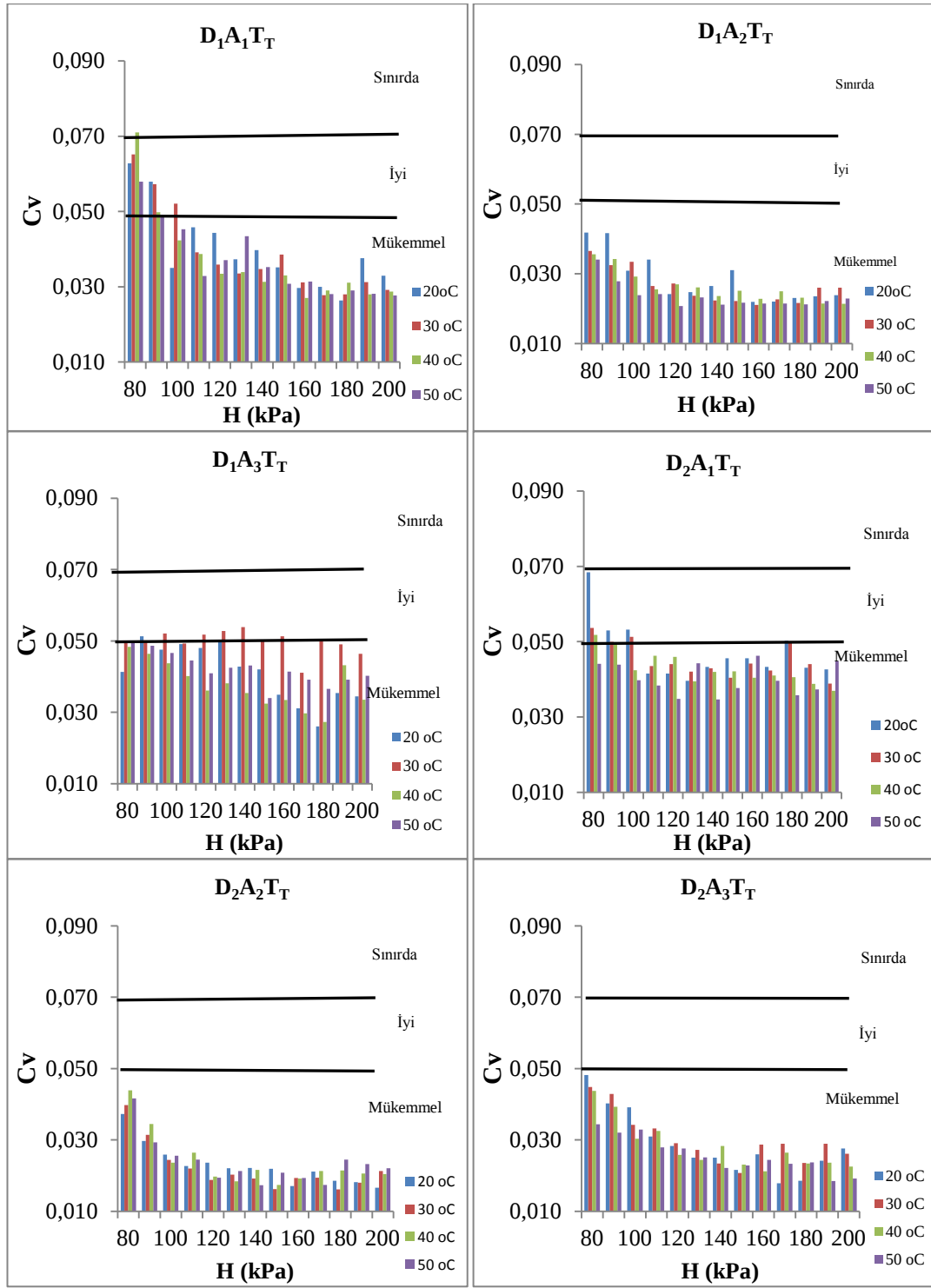
Çalışmada en iyi Cv değerleri genel olarak A₂ (33 cm) damlatıcı aralığı konusunda belirlenirken, çalışma bulgularını destekler şekilde Dutta (2008)'da 30 ve 46 cm damlatıcı aralıklarındaki farklı damlatıcılarda en düşük Cv değerini 30 cm damlatıcı aralığındaki damlatıcılarda elde etmiştir.

Çizelge 4.2. D₁ ve D₂ damlatıcılarda elde edilen Cv değerleri

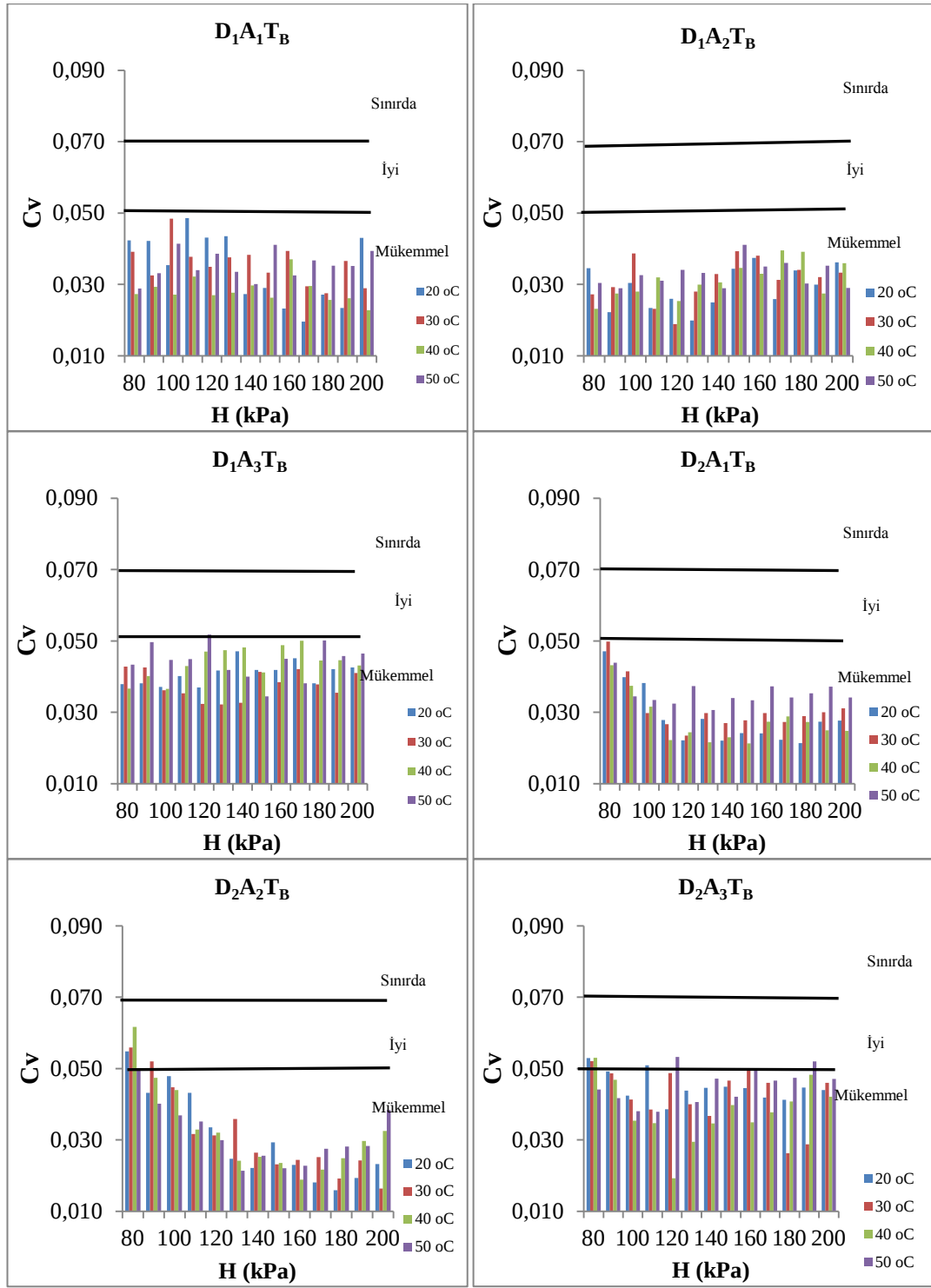
D ₁					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı**				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	0.038±0.001Aa	0.026±0.001Bb	0.043±0.001Aa		0.036±0.001
T _B	0.033±0.001Bb	0.031±0.001Ba	0.042±0.001Aa		0.035±0.001
Genel	0.036±0.001	0.029±0.001	0.042±0.001		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	0.036±0.001ABa	0.038±0.001Aa	0.033±0.001Ba	0.034±0.001Bb	0.036±0.001
T _B	0.035±0.001Aa	0.035±0.001Ab	0.035±0.001Aa	0.037±0.001Aa	0.035±0.001
Genel	0.036±0.001	0.037±0.001	0.034±0.001	0.036±0.001	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel *
	20	30	40	50	
A ₁	0.037±0.001	0.037±0.001	0.033±0.001	0.036±0.001	0.036±0.001b
A ₂	0.029±0.001	0.029±0.001	0.029±0.001	0.028±0.001	0.029±0.001c
A ₃	0.041±0.001	0.044±0.001	0.041±0.001	0.043±0.001	0.042±0.001a
Genel	0.036±0.001ns	0.037±0.001ns	0.034±0.001ns	0.036±0.001ns	
D ₂					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı**				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	0.044±0.001Aa	0.023±0.001Cb	0.028±0.001Bb		0.032±0.001
T _B	0.031±0.001Bb	0.031±0.001Ba	0.043±0.001Aa		0.035±0.001
Genel	0.037±0.001	0.027±0.001	0.035±0.001		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	0.033±0.001Aa	0.032±0.001Aa	0.032±0.001Aa	0.030±0.001Ab	0.032±0.001
T _B	0.035±0.001Ba	0.035±0.001Ba	0.033±0.001Ba	0.037±0.001Aa	0.035±0.001
Genel	0.034±0.001	0.034±0.001	0.033±0.001	0.034±0.001	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel *
	20	30	40	50	
A ₁	0.038±0.001	0.038±0.001	0.035±0.001	0.038±0.001	0.037±0.001a
A ₂	0.027±0.001	0.027±0.001	0.028±0.001	0.027±0.001	0.027±0.001b
A ₃	0.037±0.001	0.036±0.001	0.033±0.001	0.035±0.001	0.035±0.001a
Genel	0.034±0.001ns	0.034±0.001ns	0.032±0.001ns	0.034±0.001ns	

- *: p<0.01; **:p<0.05

- Büyük Latin harfleri sütunlar arasındaki, küçük Latin harfleri ise satırlar arasındaki farklılığı göstermektedir.



Şekil 4.4. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cv değerleri ve sınıflandırılmaları



Şekil 4.5. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cv değerleri ve sınıflandırılmaları

Denemede yer alan damlatıcıların farklı sıcaklık ve basınç değerleri altında farklı Cv değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılar çoğunlukla “mükemmel” sınıfında yer alırken, sadece D₁A₁T_T ve D₂A₁T_T

damlatıcılarının 80-100 kPa basınç aralığında 50 °C dışındaki sıcaklıklarda “iyi” sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Basınç düzenleyicili damlatıcılarda da genel olarak benzer durum gözlenmiştir. Sadece $D_2A_2T_B$ ve $D_2A_3T_B$ damlatıcıları 80-90 kPa basınçta 50 °C dışındaki sıcaklıklarda “iyi” sınıfında yer alırken, diğer damlatıcılar tüm sıcaklık ve basınç altında hemen hemen “mükemmel” sınıfında yer almıştır.

Çalışmada farklı damlatıcı aralığı ve sıcaklıklarda elde edilen Cv değerlerinin ortalaması 0.027 (A_2) ile 0.042 (A_3) arasında ve genel olarak “mükemmel” sınıfta yer alırken, farklı bir çalışmada 30 cm damlatıcı aralığındaki damlatıcıların Cv değerlerinin ise 0.02 ile 0.08 arasında mükemmel, iyi ve sınırdaki sınıflarında yer alarak farklılık gösterdiği görülmüştür (Dutta, 2008).

4.3. Standart Eş Su Dağılımı (Us)

Denemede yer alan farklı debilere sahip damlatıcılara ilişkin Us değerleri çizelge 4.3’de görüleceği üzere, D_1 ’de % 95.6 ile % 97.4 arasında, D_2 ’de ise % 95.7 ile % 97.7 arasında hesaplanmıştır. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T) Us değerleri % 95.6 ile % 97.4 arasında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda (T_B) ise % 95.7 ile % 96.9 arasında değişmiştir. Damlatıcılara ilişkin Us değerlerinin farklı sıcaklık ve basınç altında ASAE (1996)’ye göre sınıflandırılması ise şekil.4.6-4.7’de verilmiştir.

Çalışmada elde edilen Us değerleri Cv değerlerinin bir fonksiyonu olduğundan Us değerleri hem istatistik hem de sınıflandırma bakımından Cv değerleri ile benzerlik göstermiştir. Damlatıcı debileri bakımından (D_1 ve D_2) damlatıcı tipi ile damlatıcı aralığı arasında en yüksek Us değeri hem basınç düzenleyicisiz hem de basınç düzenleyicili damlatıcılarda A_2 damlatıcı aralığında elde edilmiştir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda hem D_1 hemde D_2 için damlatıcı tipleri ile sıcaklık arasında en yüksek Us değerleri sırasıyla 40 °C ve 50 °C’de gözlenirken, basınç düzenleyicili damlatıcılarda su sıcaklıkları arasında bir fark gözlenmemiştir. Elde edilen sonuçlar, Doğan ve Kırnak (2010) tarafından basınç düzenleyicisiz

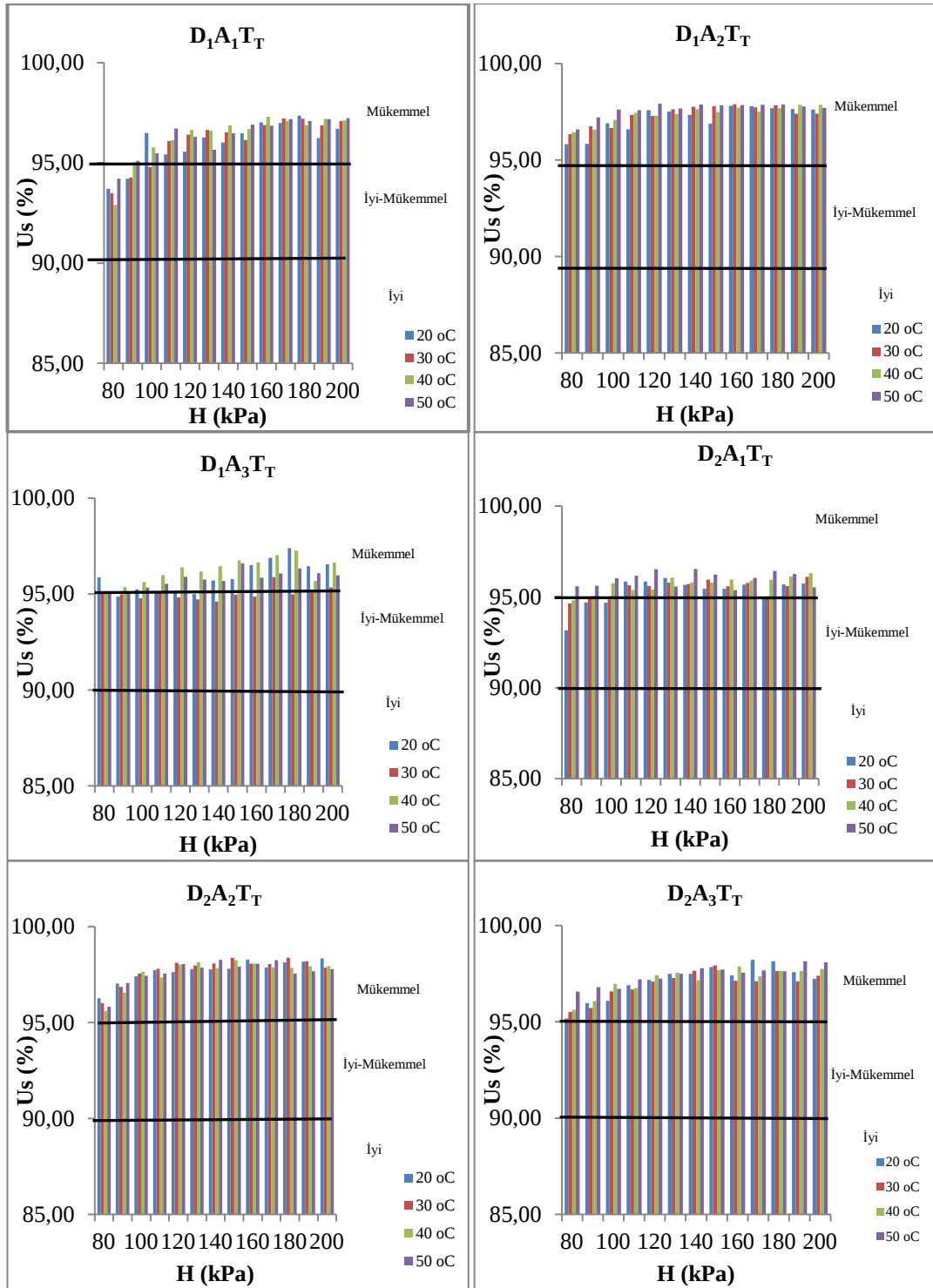
damlatıcılarda artan su sıcaklığı ile Us değerlerindeki yükseldiği bulgusu ile benzerlik göstermiştir.

Çizelge 4.3 D₁ ve D₂ damlatıcılarda elde edilen Us değerleri (%)

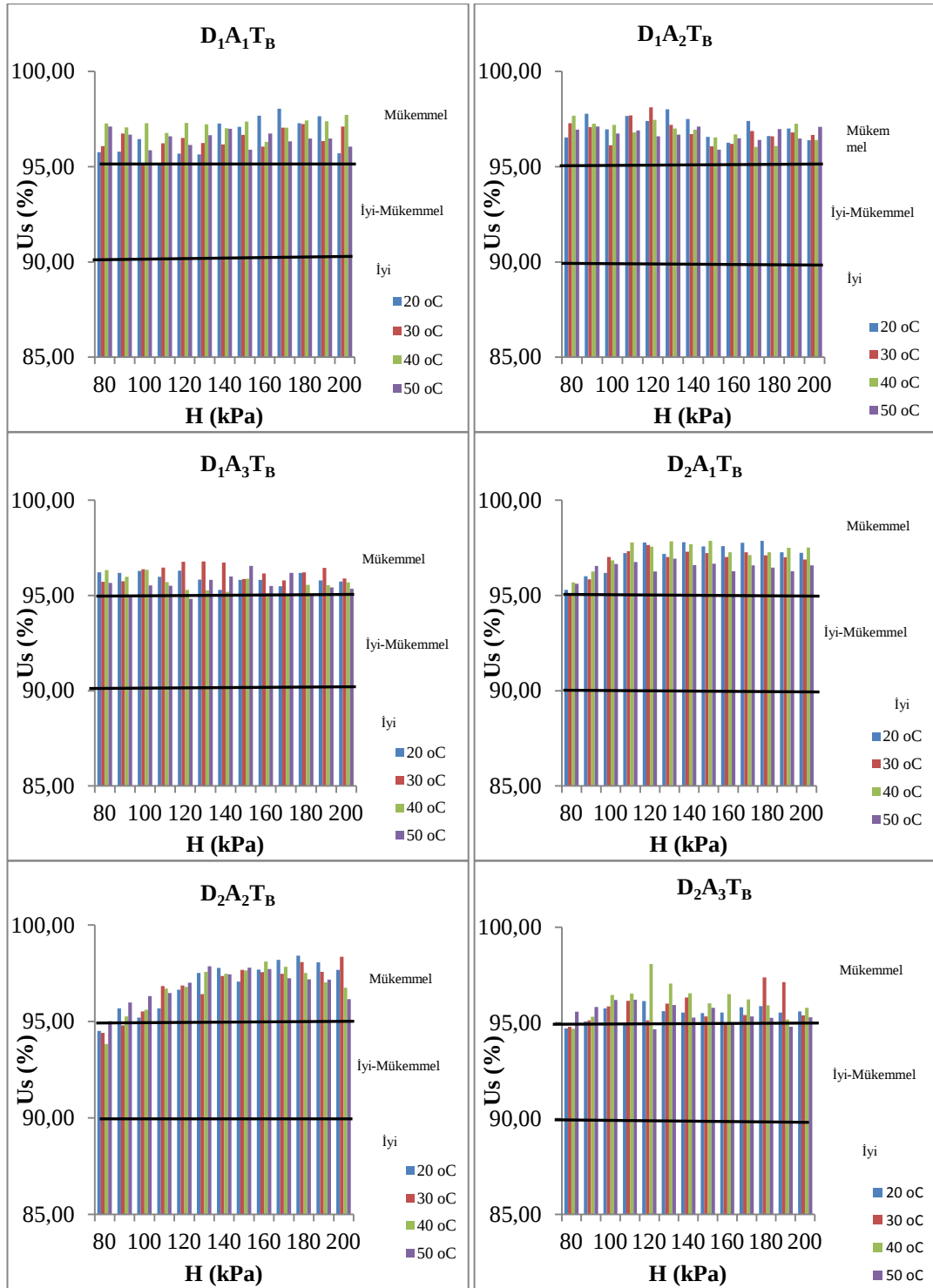
D ₁					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı **				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	96.2±0.096Aa	97.4±0.096Cb	95.7±0.096Bb		96.4±0.055
T _B	96.7±0.096Bb	96.9±0.096Ba	95.8±0.096Aa		96.5±0.055
Genel	96.4±0.068	97.1±0.068	95.8±0.068		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	96.4±0.111Aa	96.2±0.111Aa	96.7±0.111Aa	96.6±0.111Ab	96.4±0.055
T _B	96.5±0.111Ba	96.5±0.111Ba	96.6±0.111Ba	96.3±0.111Aa	96.5±0.055
Genel	96.4±0.078	96.3±0.078	96.6±0.078	96.4±0.078	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel*
	20	30	40	50	
A ₁	96.3±0.135	96.3±0.135	96.7±0.135	96.4±0.135	96.4±0.068a
A ₂	97.1±0.135	97.1±0.135	97.1±0.135	97.2±0.135	97.1±0.068b
A ₃	95.9±0.135	95.6±0.135	95.9±0.135	95.7±0.135	95.8±0.068a
Genel	96.4±0.078ns	96.3±0.078ns	96.6±0.078ns	96.4±0.078ns	
D ₂					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı **				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	95.6±0.105Aa	97.7±0.105Cb	97.2±0.105Bb		96.8±0.061
T _B	96.9±0.105Bb	96.9±0.105Ba	95.7±0.105Aa		96.5±0.061
Genel	96.3±0.074	97.3±0.074	96.5±0.074		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	96.7±0.122Aa	96.8±0.122Aa	96.8±0.122Aa	97.0±0.122Ab	96.8±0.061
T _B	96.5±0.122Ba	96.5±0.122Ba	96.7±0.122Ba	96.3±0.122Aa	96.5±0.061
Genel	96.6±0.086	96.6±0.086	96.8±0.086	96.6±0.086	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel *
	20	30	40	50	
A ₁	96.2±0.149	96.2±0.149	96.5±0.149	96.2±0.149	96.3±0.074a
A ₂	97.3±0.149	97.3±0.149	97.2±0.149	97.3±0.149	97.3±0.074b
A ₃	96.3±0.149	96.4±0.149	96.7±0.149	96.5±0.149	96.5±0.074a
Genel	96.6±0.086ns	96.6±0.086ns	96.8±0.086ns	96.6±0.086ns	

- *: p<0.01; **:p<0.05

- Büyük Latin harfleri sütunlar arasındaki, küçük Latin harfleri ise satırlar arasındaki farklılığı göstermektedir.



Şekil 4.6. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki U_s değerleri ve sınıflandırılmaları



Şekil 4.7. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki U_s değerleri ve sınıflandırılmaları

Damlatıcıların birçoğunun farklı sıcaklık ve basınçlardaki U_s değerleri % 95'in üstünde "mükemmel" sınıfta belirlenirken, basınç düzenleyicisiz damlatıcılardan $D_{1A_1}T_T$ damlatıcısı 80-90 kPa basınç altında tüm sıcaklıklarda, $D_{2A_1}T_T$ damlatıcısı 80-100 kPa basınçta 20 °C'de ve $D_{1A_3}T_T$ damlatıcısının ise 100-160 kPa basınçta

30 °C’de % 90-95 arasında kalarak “iyi-mükemmel” sınıfında yer almıştır. Buna karşın, basınç düzenleyicili damlatıcıların sadece $D_2A_2T_B$ damlatıcısının 80 kPa basınç dışındaki tüm sıcaklık ve basınçlar altındaki U_s değerleri % 95’in üstünde “mükemmel” sınıfta yer almıştır.

Çalışmada elde edilen U_s değerleri, sadece 100 kPa basınç altında U_s değerlerini inceleyen Çamoğlu ve Yavuz (2006) ve farklı sıcaklık ve basınç altında U_s değerlerini inceleyen Doğan ve Kırnak (2010) tarafından verilen bulgularla benzer, ancak farklı basınçlarda U_s değerini inceleyen Altın (2009) tarafından verilen bulgulardan farklı ve daha yüksek bulunmuştur.

4.4. Christiansen Eş Dağılımı Katsayısı (C_u)

Damlatıcı debisi 2.4 L/h (D_1) olan damlatıcılarda C_u değerleri % 96.6 ile % 98.0 arasında, 4.0 L/h (D_2) olanlar da ise % 97.0 ile % 98.1 arasında değişmiştir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T) C_u değerleri % 96.6 ile % 98.1 arasında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda (T_B) ise % 96.6 ile % 97.7 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Varyans analizi sonucunda C_u değerlerinin D_1 ve D_2 ’de, sıcaklık x damlatıcı tipi interaksyonu önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En iyi C_u değerleri basınç düzenleyicisiz (T_T) damlatıcılarda 40 ve 50 °C sıcaklıklarda belirlenirken, basınç düzenleyicili (T_B) damlatıcılarda farklı sıcaklıklardaki C_u değerleri arasında istatistik olarak bir fark olmadığı gözlenmiştir.

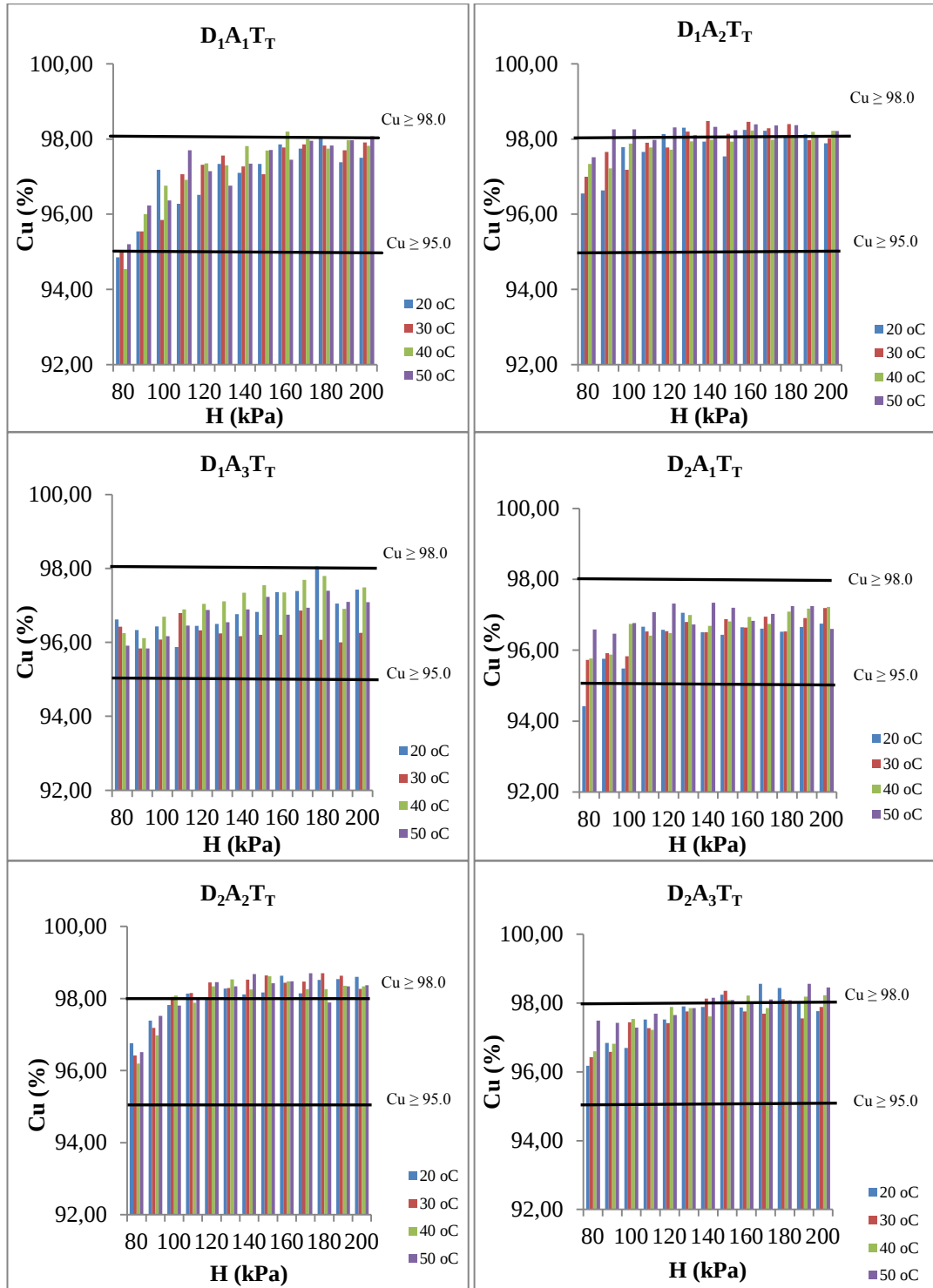
Ayrıca, C_u değerleri hem D_1 hem de D_2 için damlatıcı aralığı x damlatıcı tipi interaksyonları için istatistik olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda en yüksek C_u değerleri % 98.0 ve % 98.1 ile A_2 damlatıcı aralığında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise, en düşük C_u değerleri % 96.7 ve % 97.0 ile A_3 damlatıcı aralığında elde edilmiştir. Farklı damlatıcı aralıklarındaki C_u değerlerinin farklı sıcaklıklardaki ortalamaları arasında istatistiksel olarak önemli fark bulunmuştur ($p<0.01$). En iyi C_u değerleri hem D_1 hem de D_2 ’de sırasıyla % 97.7 ve % 97.9 ile A_2 damlatıcı aralığında saptanmıştır.

Çizelge 4.4. D₁ ve D₂ damlatıcılarda elde edilen Cu değerleri (%)

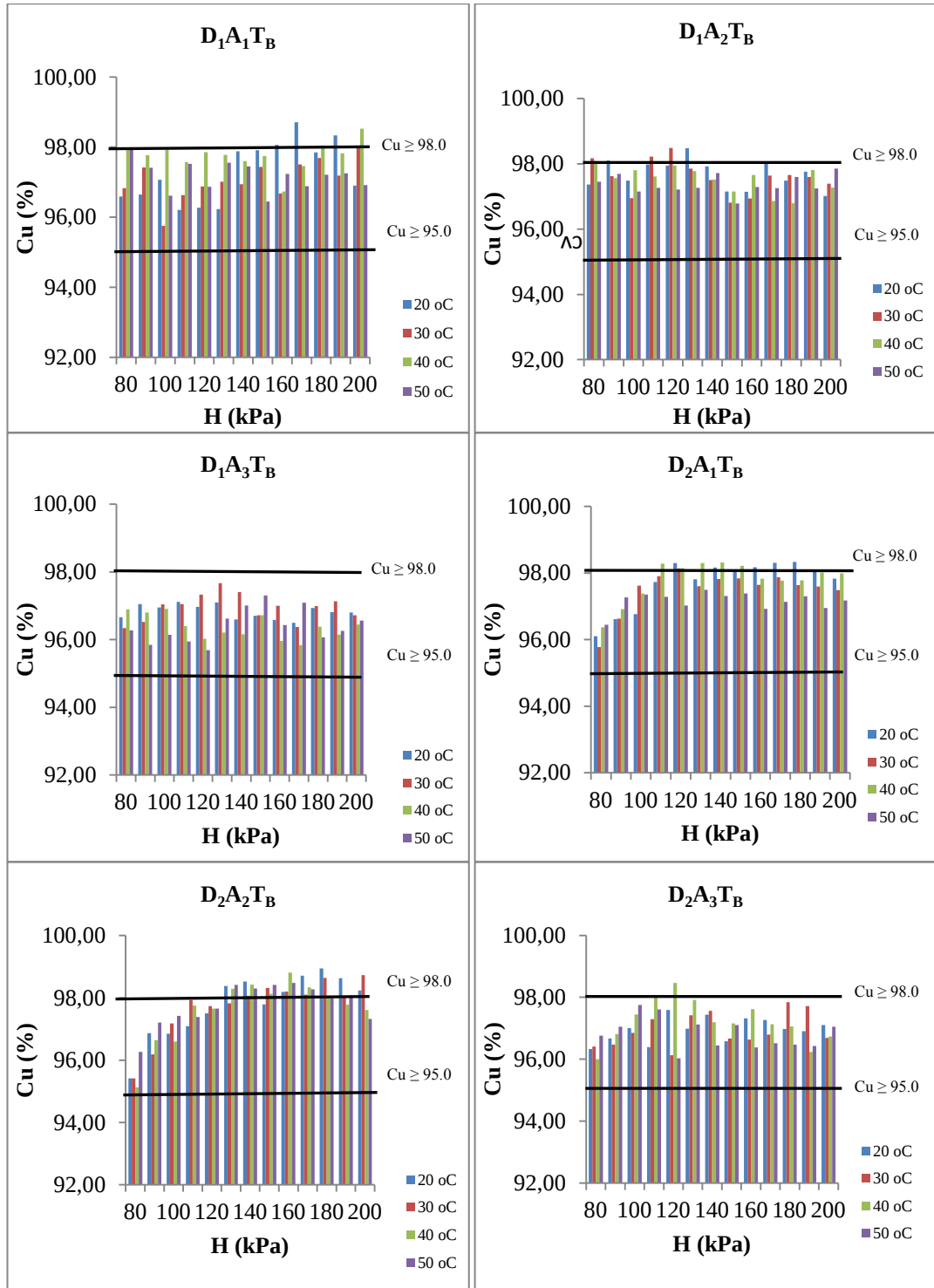
D ₁					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı**				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	97.1±0.082Ba	98.0±0.082Aa	96.7±0.082Ca		97.3±0.047
T _B	97.3±0.082Aa	97.5±0.082Ab	96.6±0.082Ba		97.2±0.047
Genel	97.2±0.058	97.7±0.058	96.7±0.058		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	97.2±0.094Aa	97.1±0.094Aa	97.4±0.094Aa	97.4±0.094Aa	97.3±0.047
T _B	97.3±0.094Aa	97.2±0.094Aa	97.2±0.094Aa	97.0±0.094Ab	97.2±0.047
Genel	97.2±0.067	97.2±0.067	97.3±0.067	97.2±0.067	
Damlatıcı Aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel*
	20	30	40	50	
A ₁	97.1±0.115	97.1±0.115	97.5±0.115	97.2±0.115	97.2±0.058b
A ₂	97.7±0.115	97.8±0.115	97.7±0.115	97.8±0.115	97.7±0.058a
A ₃	96.8±0.115	96.6±0.115	96.7±0.115	96.6±0.115	96.7±0.058c
Genel	97.2±0.067ns	97.2±0.067ns	97.3±0.067ns	97.2±0.067ns	
D ₂					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı **				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	96.6±0.088Cb	98.1±0.088Aa	97.7±0.088Ba		97.5±0.051
T _B	97.5±0.088Aa	97.7±0.088Ab	97.0±0.088Bb		97.4±0.051
Genel	97.1±0.062	97.9±0.062	97.4±0.062		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	97.4±0.102Aa	97.4±0.102Aa	97.5±0.102Aa	97.7±0.102Aa	97.5±0.051
T _B	97.5±0.102Aa	97.4±0.102Aa	97.5±0.102Aa	97.3±0.102Ab	97.4±0.051
Genel	97.5±0.072	97.4±0.072	97.5±0.072	97.5±0.072	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel*
	20	30	40	50	
A ₁	97.0±0.125	97.0±0.125	97.2±0.125	97.1±0.125	97.1±0.062c
A ₂	97.9±0.125	97.9±0.125	97.8±0.125	98.0±0.125	97.9±0.062a
A ₃	97.3±0.125	97.3±0.125	97.5±0.125	97.4±0.125	97.4±0.062b
Genel	97.5±0.072ns	97.4±0.072ns	97.5±0.072ns	97.5±0.072ns	

- *: p<0.01; **:p<0.05

- Büyük Latin harfleri sütunlar arasındaki, küçük Latin harfleri ise satırlar arasındaki farklılığı göstermektedir.



Şekil 4.8. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cu değerleri



Şekil 4.9. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki Cu değerleri

Hem basınç düzenleyicisiz hem de basınç düzenleyicili damlatıcılarda, genellikle A₂ damlatıcı aralığı dışındaki farklı sıcaklık ve basınç altındaki Cu değerleri Perold (1977) tarafından önerilen $Cu \geq \% 98$ koşulunu sağlamazken, Wu ve Gitlin (1979)

tarafından önerilen $Cu \geq \% 95$ koşulu hemen hemen tüm damlatıcılarda sağlanmıştır (Şekil 4.8 ve 4.9).

4.5. Damlatıcı Eş Su Dağılımı (CUE)

Farklı debilere sahip damlatıcıların CUE değerleri, D_1 (2.4 L/h)'de % 91.1 ile % 95.0 arasında, D_2 (4.0 L/h)'de ise % 89.3 ile % 96.0 arasında belirlenmiştir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T) CUE değerleri % 89.3 ile % 96.0 arasında, basınç düzenleyicili damlatıcılarda (T_B) ise % 90.3 ile % 94.9 arasında bulunmuştur (Çizelge 4.5). Bunun yanı sıra farklı sıcaklık ve basınçta ASAE (2002)'ye göre sınıflandırılmış CUE değerler ise şekil 4.10-4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. D_1 ve D_2 damlatıcılarda elde edilen CUE değerleri (%)

D ₁					
Damlatıcı tipi**	Damlatıcı aralığı **				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	91.1±0.252Cb	94.2±0.252Ab	92.0±0.252Ba		92.4±0.146
T _B	93.3±0.252Ba	94.9±0.252Aa	92.4±0.252Ca		93.5±0.146
Genel	92.2±0.178	94.6±0.178	92.2±0.178		
Damlatıcı tipi*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
T _T	92.1±0.291Bb	91.2±0.291Cb	93.5±0.291A	92.8±0.291ABa	92.4±0.146
T _B	93.3±0.291Aa	93.3±0.291Aa	94.2±0.291Aa	93.3±0.291Aa	93.5±0.146
Genel	92.7±0.206	92.3±0.206	93.9±0.206	93.1±0.206	
Damlatıcı aralığı	Sıcaklık (°C)				Genel*
	20	30	40	50	
A ₁	91.5±0.357	91.5±0.357	93.2±0.357	92.4±0.357	92.2±0.178b
A ₂	94.4±0.357	94.3±0.357	94.7±0.357	95.0±0.357	94.6±0.178a
A ₃	92.1±0.357	91.0±0.357	93.4±0.357	92.2±0.357	92.2±0.178b
Genel	92.7±0.206ns	92.3±0.206ns	93.9±0.206ns	93.1±0.206ns	
D ₂					
Damlatıcı tipi*	Damlatıcı aralığı *				Genel
	A ₁	A ₂	A ₃		
T _T	89.3±0.201Bb	96.0±0.201Aa	96.0±0.201Aa		93.7±0.116
T _B	93.6±0.201Ba	94.5±0.201Ab	90.3±0.201Cb		92.8±0.116
Genel	91.5±0.142	95.3±0.142	93.1±0.142		
Damlatıcı tipi	Sıcaklık (°C)				Genel*
	20	30	40	50	
T _T	93.6±0.232	95.3±0.232	93.8±0.232	94.1±0.232	93.7±0.116a
T _B	92.6±0.232	92.9±0.232	93.3±0.232	92.4±0.232	92.8±0.116b
Genel	93.1±0.164ns	93.2±0.164ns	93.5±0.164ns	93.3±0.164ns	
Damlatıcı aralığı*	Sıcaklık (°C)*				Genel
	20	30	40	50	
A ₁	91.3±0.284Ac	91.0±0.284Ac	91.7±0.284Ac	91.8±0.284Ac	91.5±0.142
A ₂	95.5±0.284Aa	95.5±0.284Aa	95.1±0.284Aa	94.9±0.284Aa	95.3±0.142
A ₃	92.5±0.284Bb	93.1±0.284ABb	93.9±0.284Ab	93.0±0.284ABb	93.1±0.142
Genel	93.1±0.164	93.2±0.164	93.5±0.164	93.3±0.164	

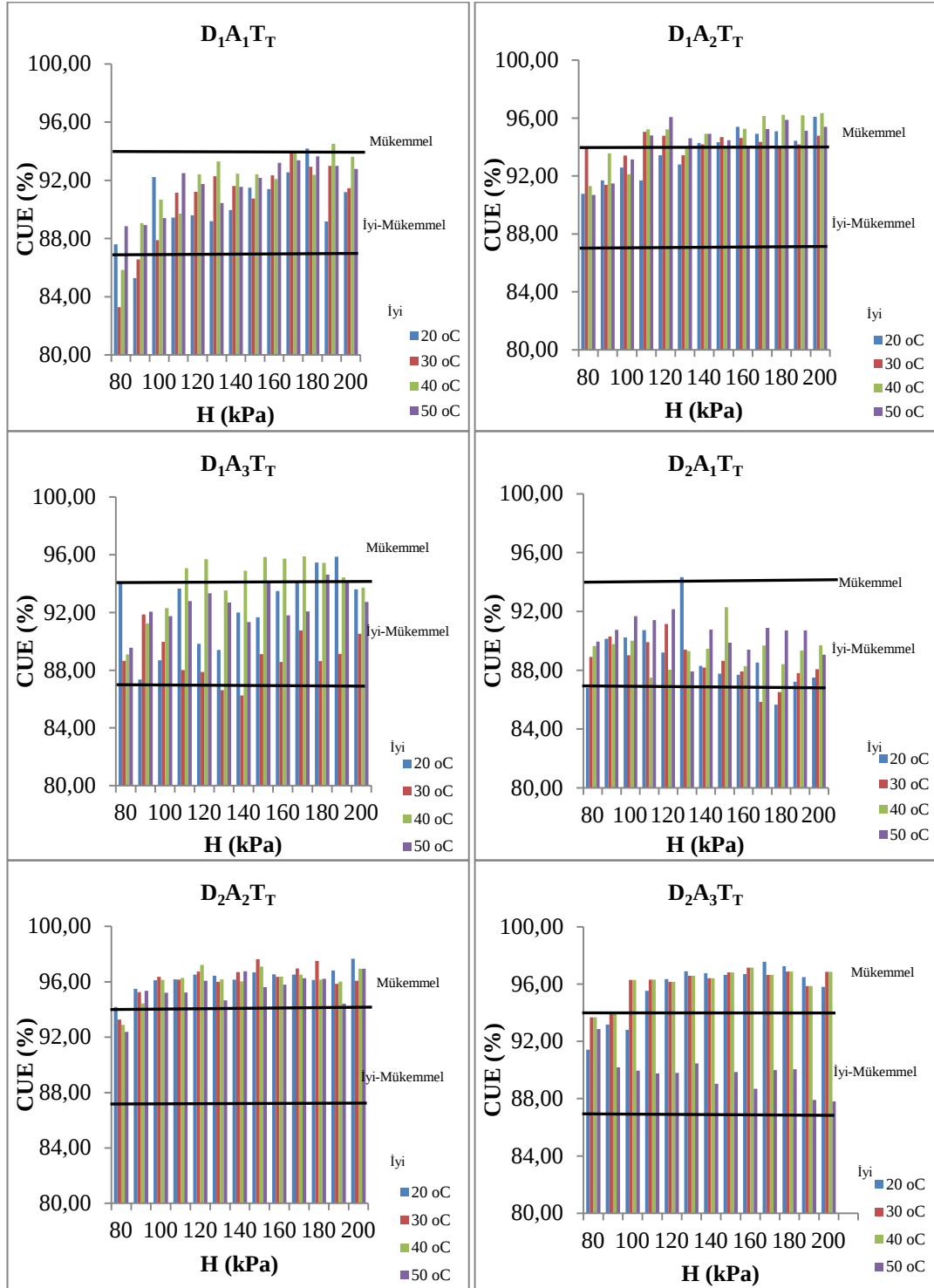
- *: $p < 0.01$; **: $p < 0.05$

- Büyük Latin harfleri sütunlar arasındaki, küçük Latin harfleri ise satırlar arasındaki farklılığı göstermektedir.

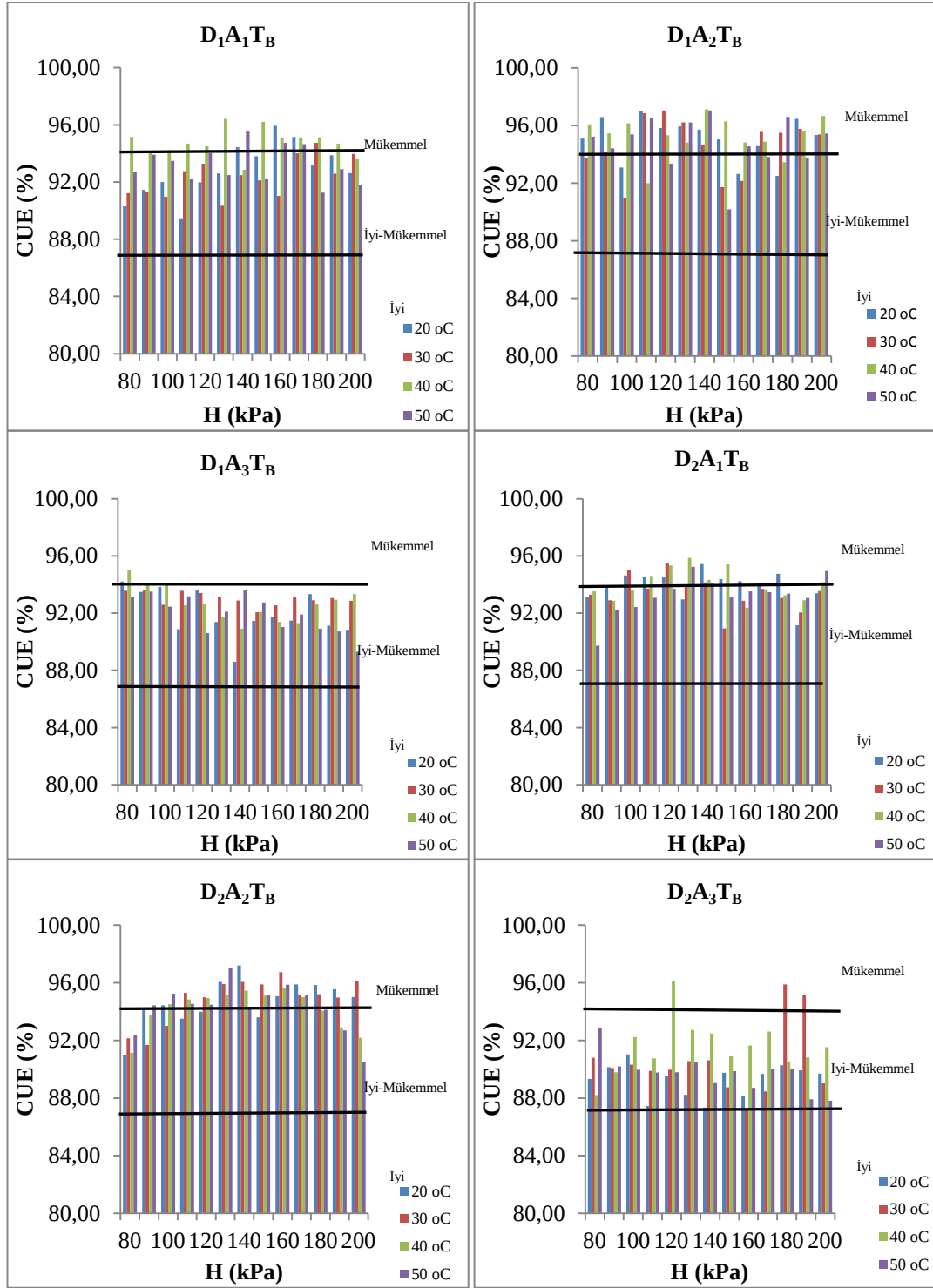
Farklı sıcaklık, damlatıcı tipi ve damlatıcı aralığının CUE değerlerine etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda D_1 'de, sıcaklık x damlatıcı aralığı interaksyonu istatistik olarak önemli bulunmazken, damlatıcı aralığındaki CUE değerlerinin farklı sıcaklıklardaki ortalaması önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek CUE değeri % 94.6 ile A_2 damlatıcı aralığında elde edilmiştir. Ayrıca, sıcaklık x damlatıcı tipi interaksyonu ($p<0.01$) ile damlatıcı aralığı x damlatıcı tipi interaksyonları ($p<0.05$) istatistik olarak önemli bulunmuştur. Basınç düzenleyicili damlatıcılar A_1 ve A_2 damlatıcı aralıklarında % 93.3 ve % 94.9 ile daha yüksek CUE değerlerine sahip olurken, A_2 konusunda damlatıcı tipleri arasında bir fark bulunmamıştır. Farklı su sıcaklıkları arasında en yüksek CUE değerleri 40 °C su sıcaklığında belirlenmiştir.

Ayrıca varyans analizi sonucunda D_2 için, sıcaklık x damlatıcı tipi interaksyonu istatistik olarak önemli değilken, damlatıcı tipinin sıcaklıklar ortalamaları arasında fark bulunmuştur ($p<0.05$). CUE değeri T_T damlatıcısında % 93.7 ile daha yüksek belirlenmiştir. Damlatıcı aralığı x damlatıcı tipi interaksyonu ($p<0.01$) ile sıcaklık x damlatıcı aralığı interaksyonları ($p<0.01$) istatistik olarak önemli bulunmuştur. Basınç düzenleyicisiz ve basınç düzenleyicili damlatıcılarda damlatıcı aralığı arasındaki en yüksek CUE değeri % 95.3 ile A_2 damlatıcı aralığında elde edilmiştir.

Hem basınç düzenleyicisiz hem de basınç düzenleyicili damlatıcılardan elde edilen CUE değerleri % 89.3 ile % 96.0 arasında değişirken, A_2 damlatıcı aralığındaki bazı sıcaklık ve basınç değerleri dışında, CUE değerleri genel olarak % 87 ile % 94 arasında kalan “iyi-mükemmel” sınıfında yer alabilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Altın (2009)'ın hem içten geçik (in-line) hem de dıştan geçik (on-line) damlatıcıları incelediği çalışmasında, farklı basınçlar altında elde ettiği CUE değerlerinin genel olarak % 94'ün üstünde çıkarak “mükemmel” sınıfında yer aldığını belirlediği bulguları ile farklılık gösterirken, Çamoğlu ve Yavuz (2006)'un aynı teknolojiyle üretilmiş olan 17 farklı damlatıcının CUE değerlerinin % 86.40 ile % 98.37 arasında değiştiğini belirlediği bulguları ile benzerlik göstermiştir.



Şekil 4.10. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki CUE değerleri ve sınıflandırılmaları



Şekil 4.11. Basınç düzenleyicili damlatıcılara ilişkin farklı su sıcaklıkları ve basınçlardaki CUE değerleri ve sınıflandırılmaları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuvarında kurulan damlatıcı test düzeneğinde yürütülen bu çalışmada, farklı su sıcaklıkları (20, 30, 40 ve 50°C) ve basınçlar (80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190 ve 200 kPa) altında, farklı damlatıcı aralıklarındaki (A_1 : 20 cm, A_2 : 33 cm, A_3 : 50 cm) farklı debilere (D_1 : 2.4 L/h, D_2 : 4.0 L/h) ve damlatıcı tiplerine (T_B : Basınç düzenleyicili, T_T : Basınç düzenleyicisiz) sahip 12 farklı içten geçik (in-line) damlatıcının debi eşitliklikleri ($q=kH^x$), yapım farklılığı katsayıları (C_v), standart eş su dağılımları (U_s), Christiansen eş su dağılım katsayıları (C_u) ve damlatıcı eş su dağılımları (CUE) belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda, basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda (T_T), damlatıcı debilerinin işletme basınçlarından etkilendiği ve doğrusal olarak arttığı gözlenirken ($r \approx 1$), damlatıcıların x değerlerinin 0.5'e yakın olması akışın tam türbülanslı olduğunu göstermiştir. Basınç düzenleyicili (T_B) damlatıcılarda ise x değerleri beklendiği üzere 0'a yakın bulunmuş ve basınç düzenleyicili olduğu sonucuna varılmıştır. Bunun yanı sıra, debi basınç eğrileri normal işletme basınçlarında sabit kalmasına rağmen, düşük basınçlarda basınç düzenleyicisizler de olduğu gibi artış göstermiştir.

Denemede yer alan bütün damlatıcı debilerinin sıcaklık artışından etkilendiği ve debi ile sıcaklık arasında polinomial bir ilişki olduğu gözlenmiştir ($r \approx 1$). Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda su sıcaklığının 20 °C'den 50 °C'ye artmasıyla debilerdeki artış yaklaşık % 5, basınç düzenleyicili damlatıcılarda ise % 3 olarak belirlenmiştir.

Denemede elde edilen C_v , U_s , C_u ve CUE değerleri sırasıyla 0.023 - 0.044, % 95.6 - % 97.7, % 96.6 - % 98.1 ve % 89.3 - 96.0 arasında değişirken, bu değerlerin C_v , U_s , C_u ve CUE değerlerinin sıcaklık x damlatıcı tipi interaksiyonları ($p < 0.01$), damlatıcı aralığı x damlatıcı tipi interaksiyonları ($p < 0.05$) ve farklı sıcaklıklardaki damlatıcı aralıkları arasındaki ortalamalar arasında ($p < 0.01$) istatistik olarak önemli farklar bulunmuştur.

Farklı sıcaklıklar altında en iyi C_v ve U_s değerleri 40 ve 50 °C sıcaklıklarda elde edilmiştir. Çalışmada özellikle su sıcaklığının artmasıyla debiler arasındaki değişimin azaldığı bunun sonucunda da genel olarak su dağılım performanslarının da arttığı gözlenmiştir.

Genellikle retici firmalar tarafından uygulayıcılara standart bir sıcaklıkla (20 °C) test edilen damlatıcılara ilişkin x ve k katsayılarının yer aldığı debi eşitlikleri ile kısmen C_v değerleri verilirken, özellikle farklı sıcaklıkların ve damlatıcı aralıklarının etkileri göz önüne alınmamaktadır. Aynı zamanda bu çalışmada olduğu gibi bazen kataloglarda verilen bilgilerde yapılan testlerde elde edilen sonuçlarla rtşmeyebilmektedir. Yapımcı firmaların bu gibi hatalı ya da eksik verilerine dayanılarak yapılan projeler nedeniyle yeterli bir eş su dağılımı sağlanamamakta ve bu durum, hem sistemin performansını düşürmekte hem de üretimde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada farklı basınç ve su sıcaklıkları ile farklı özellikteki damlatıcıların debisi ve su dağılım parametreleri arasındaki ilişkiler tespit edilmiştir. Böylelikle planlama ve projeleme safhasında üreticilerin ve uygulayıcıların bu kriterleri dikkate alarak, hızla yaygınlaşma eğilimi gösteren damla sulama sistemlerinin hem daha doğru projelenip etkin kullanımı sağlanmış olacak hem de yeterli bir eş su dağılımı ile üretimde daha yüksek verim ve kalite elde edilecektir.

KAYNAKLAR

- Abu-Gharbieh, W., 1997. Pre and Post-Plant Soil Solarization. FAO Plant Protection Paper, 147, 15-34, Rome, Italy.
- Altın, F., 2009. Damlatıcı Yapım Farklılığının Sistem Tasarımı Üzerine Etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 84s, İzmir.
- ASAE. 1996. Field Evaluation of Microirrigation Systems. EP405.1. ASAE Standards. American Society of Agriculture Engineers. St. Joseph, USA, 756-759.
- ASAE, 2002. Design and Installation of Microirrigation Systems. American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 903-907.
- Baswell, M. J., 1985. Design Characteristics of Line-Source Drip Tubes. Proc. Third. Inter'l. Drip/Trickle Irrig.Cong., Drip/Trickle Irrigation in Action. American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 307-308, St.Joseph, Michigan.
- Bralts, V.F., Edwards, D. M., 1986. Field Evaluation of Drip Irrigation Subnain Units. Transactions of the American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 29(6), 1659-1664.
- Bralts, V., Edwards, D. M., Wu, I. P., 1987. Drip Irrigation Design and Evaluation Based on the Statistical Uniformity Concept. Advances in Irrigation, 4, 72.
- Bucks D.A., Erie L. J., French O.F., Nakayama F.S., Pew W.D., 1981. Subsurface trickle irrigation management with multiple cropping. Transactions of the American Society of Agricultural Biological Engineers (ASABE), 24, 1482-1489.
- Bozkurt, S., 1996. İçten Geçik (In-Line) Damlatıcılarda Yapım Farklılıklarının Eş Su Dağılımına Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 20s, Adana.
- Clark, G.A., Lamm, F. R., Rogers, D. H., 2005. Sensitivity of Thin-Walled Drip Tape Emitter Discharge to Water Temperature. Applied Engineering in Agriculture, 21(5), 855-863.
- Christiansen, J. E., 1942. Hdraulic of Springling Systems for Irrigation. Transactions of American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 107, 221-239.
- Çamoğlu, G., 2004, Farklı Yapımcı ve Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcılarda Eş Su Dağılımının incelenmesi. Çanakkale Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 5-31.
- Çamoğlu G.,Yavuz M. Y., 2006. Boruya İçten Geçik (Inline) ve Dıştan Geçik Damlatıcılarda Yapım Farklılık Katsayısının Sulama Yeknesaklığına Etkisi. Akdeniz Üniversitesi,19(1), 1-8.

- Daily, J. W., Harleman, D.R.F., 1966. Fluid Dynamics. Addison-Wesely Publishing Company, Inc., 236p, Massachusetts.
- Dasberg, S., Or, D., 1999. Drip irrigation. Springer-Verlag, 162p, Berlin.
- Decroix, M., Malaval, A., 1985. Laboratory Evaluation of Trickle Irrigation Equipment for Field System Design. Proc. 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, American Society of Agricultural Engineers, 325-330, St.Joseph, Michigan.
- Demir, V., 1997. Mikro Sulama Sistemlerini Oluşturan Elemanların Teknik Özelliklerinin ve Bu Sistemlerdeki Sürtünme Kayıplarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 35-99, İzmir.
- Demir, V., Yürdem, H., 2000. Türkiye’de Üretilen ve Yaygın Olarak Kullanılan Farklı Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcıların Teknik Özellikleri ve Yapım Farklılıkları. Ege Üniversitesi, 37, 2-3.
- Dutta, D. P., 2008. Chacterization of Drip Emitters And Computing Distribution Uniformity İn A Drip İrrigation System At Low Pressure Under Uniform Land Slopes. Texas A&M University, 109, Texas.
- Doğan, E., Kırnak, H., 2010. Water temperature and system presurre effect on drip lateral properties. Irrigation Science, 28, 407-419.
- Doğan, E., 2010. Effect of drip irrigation system pressure fluctuations on drip lateral emitter flow rate and diameter change. Journal of Agricultural Sciences 16, 235-241.
- DSİ, 2013. Erişim tarihi: 2013. http://www.dsi.gov.tr/toprak_ve_su_kaynaklari
- James, L. G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. Krieger Publishing Company, 266p, Malabar, Florida.
- Kanber, R., 2010. Tarla Sulama Sistemleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Ders Kitabı, 283, A-89, Adana.
- Kang, Y., Nishiyama S., 1996. Analysis of micro irrigation systems using a lateral discharge equation. Transactions of the American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 39(3), 921-929.
- Kapar, A., 1991. Ege Bölgesinde Uygulanan Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Damlatıcıların Bazı Teknik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 5-7, 21-24, İzmir.

- Kapdaşı, S., Mutlu, T., Fer, İ., 1997. Marmara Plastik Damla Sulaması Boruları Hidrolik Deneyleri. İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Yayınları, 1, İstanbul.
- Karmeli, D., Keller, J., 1975. Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133p, Glendora, California.
- Karmeli, D., 1977. Classification and Flow Regime Analysis of Drippers. Journal of Agricultural Engineering Research, 22, 168.
- Keller, J., Bliesner, R. D., 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, An Avi Book, 651p, New York.
- Kırnak, H., Doğan, E., Demir, S. ve Yalçın, S., 2004. Determination of Hydraulic Performance of Trickle Irrigation Emitters used in Irrigation Systems in the Harran Plain. Journal of Agriculture and Forestry 28(2004), 223-230.
- Korukçu, A., 1980. Damla Sulamasında Yan Boru Uzunlarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 742, 75s, Ankara.
- Lamm F.R., Stone L. R Manges H.L., 1992. Optimum lateral spacing for drip-irrigated com. Written presentation at the 1992 international winter meeting of American Society of Agricultural Biological Engineers (ASABE), 922575. St. Joseph. Michigan.
- Mizyed, N., Kruse, E. G., 1989. Emitter Discharge Evaluation of Subsurface Trickle Irrigation Systems. Transactions of American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 32, 1223–1228.
- Mostafazadeh, B., Kahnouji, M., 2002. The Effect of Irrigation Water Temperature on Discharge for Some Iranian Emitters in Trickle Irrigation. Journal of Crop Production and Processing, 6(1), 31-43.
- Nakayama, F. S., Bucks, D.A., 1985. Temperature Effects on Calcium Carbonate Precipitate Clogging of Trickle Emitters. In Proc. 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress, 45-49, St. Joseph, Michigan.
- Özekici, B., Sneed, R.E., 1995. Manufacturing Variation for Various Trickle Irrigation on-line Emitters. Applied Engineering in Agriculture, 11(2), 235-240.
- Özekici, B., Bozkurt, S., 1996. Boru İçi (In-Line) Damlatıcıların Hidrolik Performanslarının Belirlenmesi. Journal of Agriculture and Forestry 23(1), 19-24.
- Parchomchuk, P., 1976. Water Temperature Effects on Emitter Discharge Rates. Transactions of American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 19(4), 690–692.

- Peng, G. F., Wu, I. P., Phene, C.J., 1986. Temperature Effects on Drip Line Hydraulics. Transactions of American Society of Agriculture Engineers (ASAE), 29(1), 211-217.
- Perold, R.P., 1977. Design of Irrigation Pipe Laterals. Journal of the Irrigation Drainage Division, American Society of Civil Engineers (ASCE), 103, 179-195.
- Rodriguez-Sinobas, L., Juana, L., Losada, A., 1999. Effects of Temperature Changes on Emitter Discharge. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 125, 64–73.
- Şenyiğit, U., Cruz, R. L., Rodriguez-Sinobas, L., Souza, W.J., 2012. Changes on Emitter Discharge under Different Water Temperature and Pressure. Journal of Food, Agriculture and Environment, 10(3&4), 718-720.
- Tobey, S., 1989. Drip Irrigation What, Why and How, Salco Products, Inc., Irrigation System. 4463 W. Rosecrans Ave., Hawthorne, California.
- Von Bernuth, R. D., Solomon, K. H., 1986. Design Principles: Emitter Construction, Trickle Irrigation for Crop Production. (ed: Nakayama, F. S., Bucks, D. A.) Elsevier, 27–52, Amsterdam.
- Warrick, A.W., Yitayew, M., 1988. Trickle Lateral Hydraulics. I:Analytical Solution. Journal of Irrigation and Drainage Division, American Society of Civil Engineers (ASCE), 114(2), 231.
- Wilcox J. C., Swailes G. E. (1947): Uniformity of water distribution by some under tree orchard sprinkler. Journal of Scientific Agriculture, 27, 565–583.
- Wu, I. P., Gitlin, H. M., 1973. Hydraulics and Uniformity for Drip Irrigation. Journal of the Irrigation Drainage Division, American Society of Civil Engineers (ASCE), 99, 157-168.
- Wu, I.P., Gitlin, H.M., 1979, The Manufacturer's Coefficient of Variation of Emitter Flow For Drip Irrigation, College of Tropical Agriculture And Human Resources University of Hawaii at Monoa U.S.D.A. Cooperating, No. 43.
- Wu, I. P., Barragan, J., Bralts, V., 2007. Field Performance and Evaluation. Micro Irrigation for Crop Production Design, Operation and Management. (Ed: Lamm F.D., Ayars, J.E., Nakayama, F.S.) Elsevier, 357-387.
- Yıldırım, O., Korukçu, A., 1996. Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Notları (Basılmamış), 62-70, Ankara.
- Yıldırım, O., 2008. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 1565(518), 132-224, Ankara.

Yıldırım, O., 2012. Türkiye’de Sulama Uygulamalarında Geleceğe Bakış. 2. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu, 24 – 25 Mayıs 2012, İzmir, 3-10.

Zur, B., Tal, S., 1981. Emitter Discharge Sensitivity to Pressure and Temperature. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, American Society of Civil Engineers (ASCE), 107(1), 1–9.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Muhammet Sabit İLKHAN

Doğum Yeri ve Yılı : Burdur, 1986

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : sabit.ilkhan@gmail.com.

Eğitim Durumu

Lise : Şarkikaraağaç Lisesi, 2003

Lisans : KSÜ, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği