

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**DAMLATICI YAPIM FARKLILIĞININ
SİSTEM TASARIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatih ALTIN

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.04.01

Sunuş Tarihi : 04.06.2009

Tez Danışmanı : Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL

Bornova - İZMİR

Fatih ALTIN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan **“Damlatıcı Yapım Farklılığının Sistem Tasarımı Üzerine Etkisi”** başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 04/06/2009 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

İmza

Jüri Başkanı :

Raportör Üye :

Üye :

ÖZET**DAMLATICI YAPIM FARKLILIĞININ SİSTEM TASARIMI
ÜZERİNE ETKİSİ**

ALTIN, Fatih

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL

Haziran 2009, 84 sayfa

Bu araştırma, günümüzde üretilen farklı tip ve özellikteki damlaticılara ait bazı teknik özelliklerin ve damlaticı yapım farklılığının lateral tasarımı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Denemeye alınan damlaticıların benzer veya aynı teknolojilerle üretilmiş olmalarına rağmen üretim aşamasında oluşan yapım farklılıklarının belirlenmesi amacıyla 9 adet damlaticı denenmiştir. Bu damlaticılara ait basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla her bir damlaticı tipi için tesadüfi olarak seçilen 30 adet damlaticının 5 farklı basınçta (5-25 mSS) üç tekrarlı olarak debileri ölçülmüştür.

Araştırma sonucunda, denemeye alınan damlaticılar içerisinde, damlaticı yapım farklılık katsayısı (C_v) yüksek olan damlaticıların lateral tasarımı koşullarında laterale ilişkin Christiansen yeknesaklık katsayısı (C_u), debi değişim katsayısı (q_{degisim}) ve istatistiksel yeknesaklık katsayısı (U_s) düşük bulunmuştur. Bu nedenle damla sulama sistemi tasarımı yapılırken mutlaka damlaticı yapım farklılık katsayısının dikkate alınması gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Damlaticı, yapım farklılık katsayısı, sistem tasarımı

ABSTRACT

THE EFFECT OF EMITTER MANUFACTURING VARIATION ON THE SYSTEM DESIGN

ALTIN, Fatih

Msc Thesis, Agricultural Structures and Irrigation Department

Supervisor: Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL

June 2009, 84 pages

The aim of this research is to determine some technical properties of emitters and the effect of emitters manufacturing variation on laterals design.

Nine emitters were tested in order to determine the effects of manufacturing variation, that was occurred in production stage although emitters were produced by similar or same technologies. In order to determine pressure-flow relationships of these emitters, 30 emitters were randomly selected for each dripper type and their discharge were measured in 3 replication under 5 different pressure conditions (5-25mSS).

In conclusion, lower values of the coefficient of Christiansen uniformity (C_u), coefficient of flow variation (q_{var}) and coefficient of statistical uniformity (U_s) of laterals were obtained under the conditions when the using of the emitters having higher coefficient of manufacturing variation (C_v). As a result, coefficient of manufacturing variation (C_v) must be taken into consideration while designing a drip irrigation systems.

Keywords : Emitter, coefficient of manufacturing variation, system design

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan, çalışmam boyunca beni her zaman destekleyen ve yol gösteren, fikir ve görüşlerinin benimle paylaşmaktan çekinmeyen değerli hocam **Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL** 'e,

Tezimin hazırlanması sırasında destek ve yardımlarını her zaman hissettiğim **arkadaşlarıma**,

Hayatım boyunca ve Yüksek Lisans öğrenimimin her safhasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili **Aileme**,

Teşekkür Ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VII
TEŞEKKÜR	IX
İÇİNDEKİLER	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ	XV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XIX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
2.1. Damlatıcıların Özellikleri.....	6
2.1.1. Damlatıcılar.....	6
2.1.2. Damlatıcılarda debi – basınç ilişkisi	7
2.1.3. Damlatıcı yapım farklılık katsayısı (Cv).....	10
2.2. İstatistiksel Yeknesaklık (Us)	13
2.3. Damlama Türdeşliği (EU).....	14
2.4. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu).....	15
2.5. Damla Sulama Sisteminin Tasarımı.....	17
2.5.1. Damla sulama lateral uzunluğunun belirlenmesinde hidrolik çözümleme.....	17

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

2.5.2. Damlatıcı yapım farklılık katsayısının sistem tasarımı üzerine etkisi	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1. Materyal	22
3.1.1.Damlatıcılar	22
3.1.2. Borular	24
3.1.3. Laboratuvar denemelerinde kullanılan araçlar.....	24
3.1.3.1. Elektrik motoru ve pompa	24
3.1.3.2. Vanalar.....	25
3.1.3.3. Manometre	26
3.2.Yöntem.....	26
3.2.1. Damlatıcı basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi.....	27
3.2.2. Damlatıcı yapım farklılığının belirlenmesi.....	28
3.2.3. İstatistiksel yeknesaklık katsayısının belirlenmesi	29
3.2.4. Damlama türdeşliğinin belirlenmesi	29
3.2.5. Christiansen yeknesaklık katsayısının belirlenmesi	29
3.2.6. Damla sulama sisteminin tasarımı	29
3.2.6.1. Damla sulama lateral uzunluğunun belirlenmesinde hidrolik çözümleme	29
3.2.6.2. Damlatıcı yapım farklılık katsayısının sistem tasarımı üzerine etkisi	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Damlatıcı Basınç-Debi İlişkisi.....	32
4.2. Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısı (Cv).....	37

XIII

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.3. İstatistiksel Yeknesaklık (Us)	41
4.4. Damlama Türdeşliği (Eu).....	44
4.5. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu).....	47
4.6. Damla Sulama Sisteminin Tasarımına İlişkin Bulgular.....	49
4.6.1. Damla sulama lateral uzunluğunun belirlenmesinde hidrolik çözümleme.....	49
4.6.2. Damlatıcı yapım farklılık katsayısının sistem tasarımı üzerine etkisi	61
4.6.2.1. Damlatıcı yapım farklılığının Us (istatistiksel yeknesaklık) üzerine etkisi.....	67
4.6.2.2. Damlatıcı yapım farklılığının Cu ve qdeğişim parametreleri üzerine etkisi	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR DİZİNİ	77
ÖZGEÇMİŞ.....	81
EKLER.....	82
Ek 1 Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Lateral Uzunluğunun Bulunduğu ve Cv(h) ve Cv(hm) Değerlerinin Lateral Tasarımına Etkisinin Araştırıldığı Tablo	83
Ek 2 Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Çeşitli Basınç, Damlatıcı Aralığı ve Eğim Koşulları İçin Yeknesak Su Dağılımının Sağlanabileceği Lateral Uzunlukları	84

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Çeşitli akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç-debi değişimi arasındaki ilişki.....	8
2.2 Damlatıcılarda $Cu - q_{\text{değişim}}$ arasındaki ilişki.....	19
3.1 D1, D6 ve D7 damlatıcılarının genel görünümü.....	23
3.2 D3, D8 ve D9 damlatıcılarının genel görünümü.....	23
3.3 D5 damlatıcısının genel görünümü.....	23
3.4 D2 ve D4 damlatıcılarının genel görünümü.....	23
3.5 Denemede kullanılan pompa.....	25
3.6 Basınç ayarlarında kullanılan vanalar.....	25
3.7 Denemede kullanılan manometre.....	26
3.8 Damlatıcıların basınç-debi ilişkisinin belirlenmesinde kullanılan deneme düzeni.....	27
4.1 Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların basınç-debi ilişkileri.....	34
4.2 Kısmi basınç düzenleyicili damlatıcıların basınç-debi ilişkileri.....	34
4.3 Basınç düzenleyicili damlatıcıların basınç-debi ilişkileri.....	35
4.4 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-yapım farklılık katsayıları eğrileri.....	38

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.5 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-istatistiksel yeknesaklık katsayıları eğrileri.....	42
4.6 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-damlama türdeşliği katsayıları eğrileri.....	45
4.7 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-christiansen yeknesaklık katsayıları eğrileri.....	47
4.8 D1 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	50
4.9 D2 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	50
4.10 D3 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	51
4.11 D4 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	51
4.12 D5 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	52
4.13 D6 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	52
4.14 D7 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	53
4.15 D8 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	53

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.16 D9 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler.....	54
4.17 D1 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	63
4.18 D2 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	63
4.19 D3 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	64
4.20 D4 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	64
4.21 D5 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	65
4.22 D6 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	65
4.23 D7 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	66
4.24 D8 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	66
4.25 D9 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler.....	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Damlaticı Yapım Farklılık Katsayısının Önerilen Sınırları.....	13
2.2 Damlaticılarda Us ve Eu Sınıflarının Değerlendirilmesi.....	15
3.1 Araştırmada Kullanılan Damlaticılara ait Özellikler.....	22
3.2 Denemeye Alınan PE Borularının Kullanım Özellikleri.....	24
4.1 Damlaticıların Farklı Çalışma Basınçlarında (h) Ölçülen, Debi Değişim Aralıkları (q_{min} , q_{max}), Debi Değişim Miktarı, Ortalama Debisi ($\bar{q}$) ve Değişim %'si.....	33
4.2 Damlaticıların Basınç-Debi İlişkilerini veren Damlaticı Parametreleri (k,x) ve Bağdaşım Katsayısı (r^2).....	36
4.3 Denemeye Alınan Damlaticıların Yapım Farklılık Katsayıları (%) ve Sınıflandırması.....	38
4.4 Denemeye Alınan Damlaticıların Us Katsayıları (%) ve Sınıflandırması.....	42
4.5 Denemeye Alınan Damlaticıların Eu Katsayıları (%) ve sınıflandırması.....	45
4.6 Denemeye alınan damlaticıların Cu katsayıları (%).....	47
4.7 Denemeye Alınan Damlaticıların 1.00 m Damlaticı Aralığında, 10mss Basınç Değerinde ve Çeşitli Eğimlerde Cu $\geq$ 97,5 Koşulunu Sağlayan Optimum Lateral Uzunlukları.....	55
4.8 Denemeye Alınan Damlaticıların Cu = 98 Değerinde Oluşan Cv(h), Cv(hm), Us Değerleri ve Us Sınıfı	68

1. GİRİŞ

Tarımsal ürünlere olan gereksinimin gittikçe arttığı günümüzde, varlığı sınırlı olan toprak ve su kaynaklarının önemi daha da artmış ve bu durum, doğal kaynakların seçeneysel projelenmesini içeren, bir sistem yaklaşımıyla, optimum kullanıma olanak sağlayıcı biçimde geliştirilmesini zorunlu kılmıştır (Korukçu, 1992).

Türkiye’de yıllık yağışın zaman ve mekân boyutlarındaki dağılımı, tarımsal üretimi büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle sulama, hangi iklim kuşağında olursa olsun, ülkemizin her yöresinde; diğer girdilerin etkinliğini arttırarak, tarımsal üretimde kararlılığı ve ekonomi ile sosyal düzenin dengede tutulmasını sağlayan çok yönlü bir uygulamadır (Korukçu ve ark., 2007).

Günümüzde sulamaya “bitkisel üretim için eksik olan suyun tamamlanması yanında, kök bölgesinde kullanılabilir suyun en uygun bir düzeyde tutulması” açısından da bakılmaktadır (Korukçu, 1980).

Sulama yöntemlerinden biri olan damla sulama, arındırılmış suyun az miktarda ve sık aralıklarla bitki köklerine verildiği sulama yöntemidir. Bu yöntem ile suyun derine sızım, buharlaşma ve yüzey akışı gibi geleneksel kayıpları en aza indirilir (Wu ve ark., 1979). Damla sulama yönteminde arındırılmış su, basınçlı bir boru ağıyla bitki yakınına yerleştirilen damlatıcılara kadar iletilir ve damlatıcılardan düşük basınç altında ve düşük debide damlalar biçiminde toprak yüzeyine verilir. Daha sonra su infiltrasyonla toprak içerisine girer, yerçekimi ve kapillar kuvvetlerin etkisi ile bitki köklerini geliştği toprak hacmi ıslatılır. Başka bir deyişle, bu yöntemde genellikle alanın tamamı ıslatılmaz. Bitki sırası

boyunca ıslak bir şerit elde edilir ve bitki sıraları arasında ıslatılmayan kuru bir alan kalır. Böylece mevcut sulama suyundan en üst düzeyde yararlanılır (Yıldırım, 1996).

Damla sulama yönteminin; yüksek sulama randımanı, su dağıtımı için düşük basınç gereksinimi, düz olmayan alanlarda tesviye çalışmaları gerekmeksizin su uygulaması gibi üstünlükleri bulunur. Bu üstünlüklerinin yanında söz konusu yöntemle bitkilerin üst aksamalarının ıslatılması engellenir, hava nemi sulamadan dolayı çok fazla etkilenmez ve toprakta kaymak tabakası oluşumu önlenir. Aynı zamanda otomatik kontrol olanağı doğar ve düşük düzeyde işçilik ile işletme masrafları sağlanabilir (Şener ve ark, 1995; Çamoğlu 2004).

Ülkemizde sulama yöntemlerinin kullanımı incelendiğinde alan bazında %81,7'si yüzey sulama, %16,6'sı yağmurlama ve %1,7'si de damla sulama yöntemi kullanılmaktadır (TUİK, 2009).

Bir damla sulama sistemi lateraller, yan ana borular ve ana borulardan oluşur. Lateral damlaticılarla birleştirilen küçük bir tüp veya basitçe küçük ince duvarlı orifis çıkışlı bir tüp olabilir. Lateraller kabul edilebilir derecede bir yeknesaklık ile alana suyu dağıtmak için tasarlanır. Yan ana boru, her laterale akışın gerekli miktarını ilettiği için su basıncını ayarlayan bir kontrol sistemi gibi görev yapar. Ana boru, sulama sistemine gereken miktardaki toplam suyu iletmek için bir taşıma sistemi gibi hizmet eder (Wu ve ark., 1979).

Borulardaki akış hidrolik bakımdan kararlı olup, boru hatları uzunluğunca giderek azalan bir seyir izler. Yan ana borudan laterallere ve lateraldeki damlaticılara suyun girişi, boru uzunluğunca oluşan basınç dağılımının etkisindedir. Laterallerde oluşan basınç dağılımı da, söz

konusu boruda sürtünme sonucu oluşan enerji azalması ve borunun doğal eğime bağlı olarak kazanılan veya kaybedilen enerji tarafından kontrol edilir (Tüzel, 1990).

Damlaticılar, lateraller, yan ana borular ve ana borular damla sulama sisteminin ana bölümleri olarak dikkate alınır. Filtreler, basınç düzenleyicileri, manometreler, sayaçlar, bağlantı parçaları, vanalar, hava tahliye vanaları ve gübre uygulama ünitesi ise destekleyici bölümler olarak tanımlanır. Bu destekleyici bölüm elemanları damla sulama sisteminde farklı amaçlara hizmet ederler (Solomon ve Keller, 1978).

Damla sulama yönteminde amaç, yukarıda da vurgulandığı gibi, diğer sulama yöntemlerine oranla, sulama suyunu zamanında, daha denetimli ve düzgün bir dağılımla verilebilmektedir. Bunun yerine getirilebilmesi, sistemin karşılaşılan koşullara uygun olarak tasarlanıp işletilmesine bağlıdır. Bu durum, diğer sistem unsurları yanında, özellikle laterallerin, damlaticı özelliklerinin de dikkate alınmasıyla, istenilen düzeyde eş bir su dağılımını verecek biçimde boyutlandırılmasıyla gerçekleşir. Ancak, bu yöntemde de tam anlamıyla eşit bir su dağılımının sağlanması henüz olası değildir. Bunun başlıca nedeni, damlaticılara su ileten laterallerde oluşan yük kayıpları ve sulama alanının eğime bağlı olarak, lateraller boyunca damlaticı basınç ve debisinin değişmesidir (Korukçu ve Yıldırım, 1984).

Damla sulama sistemlerinde, lateralleri hidrolik yönden projellemenin esas amacı, damlaticı debileri arasındaki farklılığın belirli bir sınırı aşmamasını sağlamaktır (Wu ve ark., 1986). Diğer bir anlatımla, debiler arasındaki değişimin kabul edilebilir bir yeknesaklık katsayısını sağlayacak biçimde düzenlenmesidir. Lateral üzerindeki debi değişiminin

belirlenmesinde, sınırlı sayıda damlatıcı debisinin dikkate alındığı bazı pratik yöntemler kullanılmakla beraber, değişik lateral eğim koşullarında en doğru sonuç tüm damlatıcı debilerinin değerlendirilmesiyle elde edilmektedir (Tüzel, 1990).

Lateral projelendirilmesinde başlıca iki seçenek vardır; Birincisi, arzu edilen yeknesaklık sınırı içerisinde bitkilere gereksinim duydukları su miktarını sağlayacak belirli bir lateral uzunluğu için lateral çapını seçmektir. Diğeri, lateral çapının bilinen bir değeri için, lateral eğimi ve akış koşulları da dikkate alınarak lateral uzunluğu belirlemektir. Damla sulama lateralleri için üretilen boru çaplarının standart olmasından dolayı projelendirmede, daha çok var olan boru çapı için yeknesak su dağılımı sağlayacak lateral uzunlukları hesaplanmaktadır (Demir, 1997).

Damla sulama sistemin en hassas birimi olan damlatıcılar, çok küçük su geçiş kanallarına sahip olduklarından, kısmen veya tamamen tıkanabilmektedirler. Damlatıcı açıklıklarında meydana gelebilecek küçük sapmalar ve tıkanmalar yeknesak su dağılımını ve dolayısıyla sistemin etkinliğini düşürmektedir. Yeknesak su dağılımındaki bozukluklar, ürünün kalitesinde ve birim alandan alınacak ürün miktarında azalmaya neden olmaktadır (Tüzel ve Anaç, 1991).

Sistem performansı üzerine önemli etkiye sahip olan damlatıcı yapım farklılıkları, özünde eşit debilere sahip olması gereken damlatıcılar arasındaki debi farklılıklarına yol açan önemli bir etmendir (Bralts ve ark., 1987). Damlatıcı debi 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 düzeltilme olanağı bulunmamaktadır (Bozkurt, 1996). Bununla birlikte yapım farklılığının sonucunda meydana gelen etkinin, damlatıcıların gruplandırılması sonucu azaltılabileceği anlaşılmıştır. Bir ağacın veya bir bitkinin kök sistemine birkaç damlatıcı gelecek şekilde sulama sistemi tasarlanabilir (Wu, 1996). Bu nedenle, uygulayıcılar kullanacakları damlatıcıların yapım farklılıklarını dikkate alarak projelendirme yapmalıdır. Damlatıcı yapım farklılıkları dikkate alınmadan projelendirilen damla sulama sistemlerinde tüm etkenler optimum düzeyde sağlansa bile, sistemin su dağılım yeknesaklığı düşük değerlerle sonuçlanabilir. Buna bağlı olarak da arazideki bazı bitkilere gereğinden az, bazı bitkilere ise gereğinden fazla su uygulanmış olur (Bozkurt, 1996).

Bu araştırmada, ülkemizde yaygın olarak kullanılmakta olan bazı hat içi (in-line) ve hat üstü (on-line) damlatıcılarda, üretimden kaynaklanan damlatıcı yapım farklılıklarının, damla sulama sistemlerinin tasarımı üzerine etkileri araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Araştırma ile ilgili literatür; damlatıcıların özellikleri, istatistiksel yeknesaklık, damlama türdeşliği, christiansen yeknesaklık katsayısı ve damla sulama sisteminin tasarımı ana başlıkları altında toplanacaktır.

2.1. Damlatıcıların Özellikleri

2.1.1. Damlatıcılar

Damla sulama sistemlerinin en önemli ögesi olan damlatıcılar, iletim sisteminde belirli bir basınç altında bulunan suyun, toprak yüzeyine, atmosfer basıncına eşit bir basınçla akışını sağlayan, bir başka anlatımla, iletim sistemindeki suyun basıncını kırarak damlalar şeklindeki akışını olası kılan araçlardır (Yaşar ve Anaç, 1989).

Keller ve Karmeli (1975)'ye dayanarak damlatıcılar bazı özelliklerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

- Akış rejimine göre; laminar akışlı, yarı türbülans akışlı, türbülans akışlı,
- Basıncın kırılmasına göre; uzun akış yollu, meme veya orifis kesitli,
- Damlatıcının lateral boruya bağlantı biçimine göre; boylamasına geçik, hat üstü (on-line) ve hat içi (in-line),
- Su dağıtma özelliğine göre; tek çıkış noktasına sahip orifis ve uzun akış yollu damlatıcılar, birkaç su çıkış noktasına sahip orifis ve uzun akış yollu damlatıcılar ve lateral hattı boyunca devamlı dağılım sağlayan delikli borular,

- Akış kesiti alanına göre; tıkanmaya karşı çok duyarlı, duyarlı ve az duyarlı,
- Basınç düzenleme özelliğine göre, tam basınç düzenleyicili, kısmi basınç düzenleyicili ve basınç düzenleyicisiz,
- Temizleme özelliklerine göre; kendiliğinden temizleyici ve el yardımı ile temizlenen,
- Ürün materyaline göre; Polivinyllchlorid (PVC), polyethylene (PE) ve acrilontrilbutadienestyrene (ABS) yapımlı damlatıcılar (Korukçu, 1980; Tüzel, 1990; Çamoğlu, 2004).

2.1.2. Damlatıcılarda Debi – Basınç İlişkisi

Damlatıcıların farklı basınçlar altında sağladıkları debi değerleri aşağıdaki gibidir.

$$q = k.h^x \quad (1)$$

Eşitlikte;

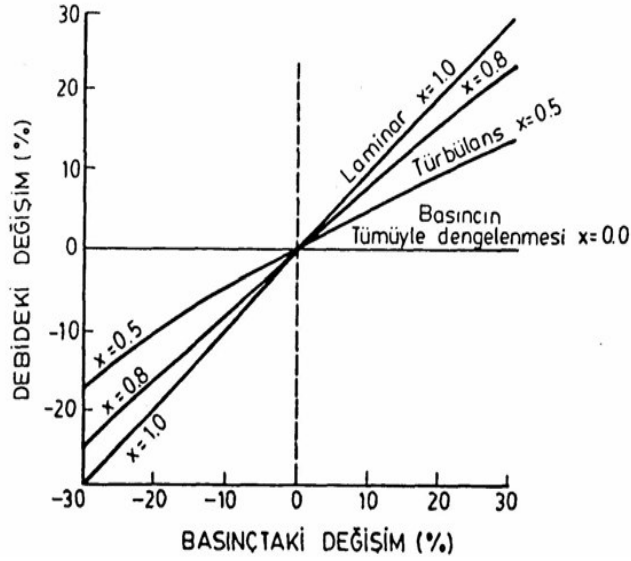
q = Damlatıcı debisi (L/saat)

h = Damlatıcı girişindeki basınç (mSS)

k = Damlatıcı boyutlarına bağlı katsayı

x = Damlatıcının akış rejimine bağlı katsayı

k ve x katsayıları, iki tarafı logaritmik bir kağıt üzerinde q ve h değerlerinin karşılıklı olarak işaretlenmesi ile belirlenebilir.



Şekil 2.1 Çeşitli akış rejimlerine sahip damlatıcıların basınç – debi değişimi arasındaki ilişki (Keller ve Karmeli, 1975; Bralts, 1986, Çamoğlu, 2004)

Elde edilen doğrunun eğimi x üstel değeri, doğrunun birim h değerine ($h=1$) karşılık düşey eksenini kestiği nokta k değerini verir (Karmeli, 1977).

Eşitlik 1, Bernoulli enerji ve süreklilik eşitliklerinin birleşiminden türetilir. Damlatıcı boyutlarına bağlı olan katsayı, k , damlatıcı akış eşitliğinde, akış katsayısı, damlatıcı geometrisi ve yerçekimi ivmesi gibi değişkenleri içerir.

Eşitlik 1'deki x değeri, damlatıcı cinsini ve damlatıcı uzun akış yolundaki akış rejimini karakterize eder. Orifis tip damlatıcılar x değeri olarak 0.5'e sahiptir. Uzun akış yollu damlatıcılarda tam türbülanslı akışlar için $x = 0.5$, kısmi türbülanslı akışlar için $x = 0.5 - 1.0$, laminar akışlar için $x = 1.0$ 'dir. x değeri 0.5'den daha küçük olan bir damlatıcı

basınç dengeleyicili damlatıcı olarak tanımlanır. Tam basınç düzenleyicili damlatıcılarda $x = 0$ dır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Damlatıcılarda tıkanma dikkate alındığında damlatıcı akış eşitliği özel bir şekle dönüşmektedir (Bralts ve ark., 1987).

$$q = (1 - \alpha).k.h^x \quad (2)$$

Eşitlikte;

α = Tıkanma derecesini tanımlamaktadır.

Yıldırım ve Korukçu'ya (1996) göre damla sulama sistemlerinin projelenmesi aşamasında damlatıcılar seçilirken aşağıda belirtilen kriterler dikkate alınmalıdır.

1. Damlatıcılarda basınç değişimlerine karşı debi değişimlerini gösteren Eşitlik 1'deki x (akış rejimine bağlı katsayı) mümkün olduğunca en düşük olan damlatıcı seçilmelidir. Bu sayede, debi işletme basıncındaki değişimden daha az etkilenecek ve daha yeknesak bir su dağılımı sağlanacaktır.

2. Olanaklar ölçüsünde düşük debili damlatıcılar seçilmelidir. Fakat bu seçim yapılırken yeterli bir ıslatma oranının sağlanması gerektiği dikkate alınmalıdır. 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, yüzey akışa neden olabileceğinden daha yüksek debi değerleri 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 bağılı olarak sistem maliyetinin artabileceğı göz önünde bulundurulmalıdır.

3. 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 çalıştırılmalıdır. Bu koşullarda, bir yandan akış yolu boyunca yüksek akış hızı elde edilmekte ve böylelikle akış rejimi laminardan çok kısmi türbülanslı yada tam türbülanslı akış olmakla birlikte bu şartların oluşması sonucunda da özellikle kimyasal madde birikimi veya organik materyal oluşumunun neden olduğu tıkanma sorunu azalmaktadır. Diğer yandan akış yolu boyunca suyun basıncı kırıldığı için suyun damlalar halinde toprak yüzeyine verilmesi sağlanarak, yüzey akışı ve erozyon sorunu ortadan kaldırılmaktadır.

4. Damlatıcıların seçiminde, yapım farklılığı (Cv) değeri en düşük olan damlatıcı tercih edilmelidir. Böylece damlatıcıların yapımından kaynaklanan sorunlar nedeniyle oluşan su dağılımındaki farklılıklar minimum düzeye indirilebilecektir.

2.1.3. Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısı (Cv)

Damlatıcı yapım farklılığı, aynı özellikteki damlatıcıların üretimi sırasında meydana gelen farklılıklar nedeniyle damlatıcılarda debi farklılıklarının oluşmasına yol açan bir durumdur. Damlatıcı yapım farklılık katsayısı sayısal olarak belirlenir. Damlatıcı örnekleri veya seçilen lateral boruların bir kısmı rasgele bir şekilde sabit bir basınç altında test edilir. Eğer damlatıcı yapım farklılığı yoksa damlatıcı akışı her basınç değeri için her damlatıcıda aynı olmalıdır (Wu ve Gitlin,

1979). Solomon'a (1979) göre her bir damlatıcı belli bir debiye sahiptir. Bu debi değerine, işletme basıncı ve yapım farklılık katsayısı etki etmektedir. Yapım farklılık katsayısı (C_v) debideki standart sapmanın ortalama debiye oranı olarak tanımlanır (Özekici ve Bozkurt, 1996).

Eğer yapımcının iyi bir kalite kontrol programı varsa damlatıcıda yapım farklılığı minimum seviyede tutulabilir. Teorik olarak, yapım farklılık katsayısı değerleri tüm damlatıcılar için sabit ve basınçtan bağımsız olmalıdır. Damlatıcı yapım farklılık katsayısı aşağıdaki sayısal eşitlikle belirlenir (Wu ve Gitlin, 1979).

$$C_v = \frac{S}{q_{ort}} \quad (3)$$

Eşitlikte;

C_v = Damlatıcı yapım farklılık katsayısı,

q_{ort} = Ortalama damlatıcı debisi,

S = Damlatıcı debilerindeki standart sapmadır.

Standart sapma Eşitlik 4 yardımıyla bulunabilir (Püskülcü ve İkiz, 1986).

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - q_{ort})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (4)$$

Eşitlikte;

q_i = Herhangi bir damlatıcı debisi,

n = Damlatıcı sayısı,

q_{ort} = Ortalama damlatıcı debisidir.

Çizgi kaynaklı damlatıcılar için, lateralinin bir metrelik veya belirtilen uzunlukta oluşan bireysel debi değerleri kullanılır (ASAE, 2002).

Damlaticılar imal edilirken basıncın ve sıcaklığın sabit tutulamaması, kullanılan maddelerin düzenli karıştırılamaması gibi nedenlerden dolayı, aynı modelden iki damlatıcı arasında farklılıkları görülür. Damla sulama sistemlerinde küçük debilerin olduğu göz önüne alınırsa, her ne kadar damlaticıların kritik akış yolu boyutlarında olabilecek değişme küçük olsa da bunun debilerde büyük bir sapmaya yol açacağı açıktır (Özekici ve Bozkurt, 1996). Yapım farklılıklarından dolayı aynı model damlaticılar 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).

Tasarım aşamasında birkaç damlatıcı gruplandırılabilirse veya bir birim olarak düşünülebilirse damlatıcı yapım farklılık katsayısı azaltılabilir. Bu durum, ağaç başına birkaç damlaticının uygulandığı ağaçlar için veya toprak nem durumuna bağlı olarak lateral uzunluğunun bir kısmının bir birim olarak düşünülebildiği sebzeler için uygundur. Bu durumda damlatıcı yapım farklılık katsayısı Eşitlik 5 yardımıyla bulunur (Wu ve Gitlin, 1979).

$$C_{ve} = \frac{S}{e^{1/2} \cdot q_{ort}} \quad (5)$$

Eşitlikte;

C_{ve} = Damlaticı yapım farklılık katsayısı

e = Bir birim olarak bir arada gruplanabilen damlaticıların sayısıdır.

Damlaticı yapım farklılık değerleri için damlaticıların sınıflandırılması Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısının Önerilen Sınırları. (ASAE,2002)

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

Demir (1997), yaptığı araştırmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı yapım özelliklerine sahip damlatıcıların teknik özellikleri ve yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla 30 damlatıcıyı ele almış ve söz konusu damlatıcılar için teknik özelliklerine yönelik katsayılar belirlenmiştir.

2.2. İstatistiksel Yeknesaklık (Us)

İstatistiksel yeknesaklık kavramı, ilk olarak Wilcoxon ve Swailes (1947) tarafından yağmurlama sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla tanımlanmış ve bu yaklaşım daha sonra damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır (Bralts ve Edwards, 1986).

Damla Sulama sistemleri için istatistiksel yeknesaklık katsayısı Bralts ve ark. (1987) tarafından Eşitlik 6'daki gibi tanımlanmaktadır.

$$U_s = 100(1 - C_v) = 100 \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right) \quad (6)$$

Eşitlikte;

U_s = İstatiksel yeknesaklık katsayısı (%),

C_v = Damlatıcı yapım farklılık katsayısı,

S_q = Damlatıcı debilerinin standart sapması,

$\bar{q}$ = Damlatıcı debilerinin ortalamasıdır.

Bu yaklaşıma göre, damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde kabul edilen yeknesaklık katsayısı sınırları, %90 ve yukarısı için çok iyi, %80-90 iyi, %70-80 orta, %60-70 zayıf, %60 ve daha düşük değerler için ise kabul edilemez şeklindedir.

İstatistiksel yeknesaklık yaklaşımı, bir damla sulama sisteminde damlatıcı debilerinin belirlenerek, debilere ilişkin değişim katsayısının saptanmasına dayanmaktadır.

2.3. Damlama Türdeşliği (EU)

Damlama türdeşliği, sabit basınç altında damlatıcılar arasındaki debi değişiminin ifadesinde kullanılmaktadır. Bir damla sulama sisteminde damlama türdeşliğinin tahmin etmek için Eşitlik 7 kullanılabilir (ASAE, 2002).

$$EU = 100 \left[1.0 - \frac{1.27C_v}{\sqrt{n}} \right] \frac{q_{\min}}{q_{\text{ort}}} \quad (7)$$

Eşitlikte;

EU = Damlama türdeşliği (%),

C_v = Damlatıcı yapım farklılık katsayısı (%),

n = Bitki başına damlatıcı sayısı,

$q_{\min}$ = Minimum basınçta elde edilen minimum debi,

q_{ort} = Damlatıcıların ortalama debisidir.

ASAE (2002)'ye göre damlama türdeşliği (Eu) ve istatistiksel yeknesaklık (Us) katsayılarının karşılaştırılmalı değerlendirilmesi çizelge 2.2'de verilmektedir (Kapdaşlı ve ark.,1997).

Çizelge 2.2 Damlatıcılarda Us ve Eu 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

2.4. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (C_u)

Christiansen yeknesaklık katsayısı damla sulama sistemlerinde lateral boyutlandırılmasında kullanılan en önemli parametredir ve eşitlik 8 yardımıyla bulunur.

$$C_u = 100 \left[1 - \frac{\Delta q_0}{q_0} \right] \quad (8)$$

Eşitlikte;

C_u = Chiristiansen yeknesaklık katsayısı (%),

Δq_0 = Her bir damlatıcı ya da lateral giriş debisinin ortalamadan

olan mutlak sapmalarının ortalaması,

q_0 = Ortalama damlatıcı ya da lateral girişi debisidir.

Yıldırım ve Korukçu (1996), lateral ve yanana 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 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, Christiansen eş dağılım katsayısından yararlanıldığını belirtmişlerdir.

Wu ve Gitlin (1974), damla sulama lateralleri için $C_u = \% 95$ değerinin uygun olacağını belirtmişlerdir. Bunun nedeni lateral üzerindeki en yüksek ve en düşük damlatıcı debileri arasındaki farkın, ortalama debinin $\% 20$ 'sine eşit 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 yeknesak su dağılımı sağlanamayacağını savunan Korukçu (1980) $C_u = \% 97.5$ koşulunu önermiştir (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 (Çamoğlu, 2004).

2.5. Damla Sulama Sisteminin Tasarımı

2.5.1 Damla Sulama Lateral Uzunluğunun Belirlenmesinde Hidrolik Çözümleme

Damla sulama laterali üzerinde bulunan herhangi bir damlatıcının debisi, damlatıcı girişindeki hidrostatik basıncın değerine bağlıdır. Lateral uzunluğunca oluşan basınç dağılımı belirlendiğinde damlatıcı debilerinin değişimi kolaylıkla hesaplanabilir (Wu ve Gitlin, 1974).

Yeknesak su dağılımı elde etmek amacıyla, lateral uzunluğunca farklı çap ve uzunlukta damlatıcı kullanmak veya damlatıcı aralığını değiştirmek özellikle, sulama sisteminin montajı ve kontrolünü güçleştirmekte olduğundan uygulamada tercih edilmemektedir. Bu nedenle damla sulama laterallerinin projelendirilmesinde çoğunlukla kullanılan yöntem, belirli bir boru çapı ve damlatıcı özelliği için damlatıcı debileri arasındaki değişimin belirli bir sınır değerini aşmaması sağlanmaktadır (Pits ve ark., 1986).

Lateral projelendirilmesinde kullanılan yeknesaklık katsayısı, projelendirmenin kabul veya red edilmesine esas olan damlatıcı debi değişiminin sayısal bir değeridir. Bu değer hesaplanmasında en doğru sonuç, lateral üzerindeki tüm damlatıcı debilerinin dikkate alınmasıyla elde edilmektedir. Ancak, bu yolla belirlenen yeknesaklık katsayı değeri, hesaplanmasındaki güçlük nedeniyle pratik değildir (Wu ve ark., 1986). Bu nedenle çoğu araştırmacılar hesaplamada çok daha az sayıda damlatıcı debisinin hesaplamaya alındığı eşitlikler önermektedirler (Wu ve Gitlin, 1974; Keller ve Karmeli, 1974; Wu ve ark., 1979; Tüzel, 1990).

Wu ve Gitlin (1974), yeknesaklık katsayısının hesaplanmasında en doğru sonucu vermesi yönünden öncelikle, lateral üzerindeki tüm damlatıcı debilerinin ortalama damlatıcı debisinden sapmalarının değerlendirildiği ve Christiansen (1942)'nin geliştirdiği eşitliğini önermişlerdir. Araştırmacılar, ayrıca, lateral üzerindeki en yüksek ve en düşük damlatıcı debilerini dikkate alarak, $q_{\max}/q_{\min}$ 'in değişik değerleri ile C_u arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak ortaya koymuş ve en yüksek damlatıcı debisinin en düşük damlatıcı debisinden %40 daha fazla olması durumunda C_u katsayısının 90, %85 fazla olması durumunda 80 olduğu belirtilmiştir. Buna göre, lateral projelendirmesinde C_u değeri 98 veya daha yüksek olması arzu edilir, 95-98 olmasının kabul edilebilir olduğunu, 95' den daha düşük C_u değerlerinin ise kabul edilemeyeceği sonucuna varmışlardır. Aynı araştırmacılar, debi değişiminin kolayca hesaplanabileceği;

$$q_{\text{degisim}} = \frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_{\max}} \quad (9)$$

$$q_{\text{degisim}} = 1 - \left(\frac{q_{\min}}{q_{\max}} \right) \quad (10)$$

eşitliklerini geliştirmişlerdir (Wu ve Gitlin, 1979).

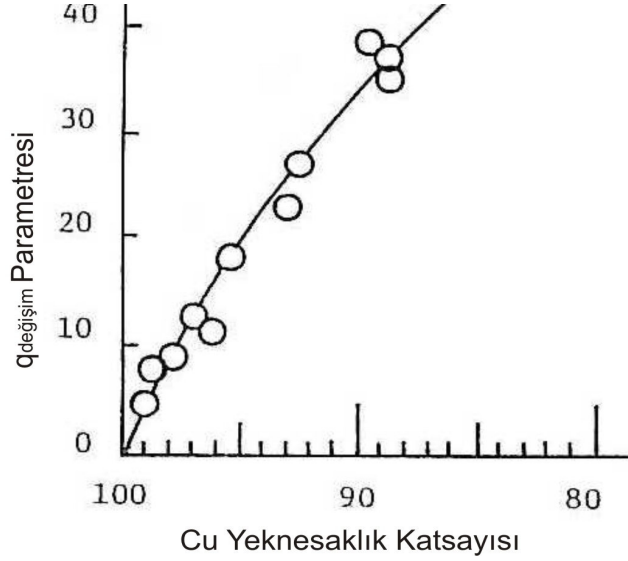
Eşitliklerde;

$q_{\max}$ = Lateral uzunluğunca oluşan en yüksek damlatıcı debisi

$q_{\min}$ = Lateral uzunluğunca oluşan en düşük damlatıcı debisidir.

Eşitlikteki damlatıcı debi değişimi ile C_u katsayısı arasındaki ilişkiyi de ortaya koyan araştırmacılar, damlatıcı akış rejimine bağlı katsayının, $x=0.5$ olması durumunda, $q_{\text{degisim}} = \%10$ 'un $C_u=98$ 'e ve

$q_{\text{degisim}} = \%20$ 'nin $Cu = 95$ 'e yaklaştığını belirtmiş ve Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Damlatıcılarda Cu- q_{degisim} arasındaki ilişki

Diğer taraftan damlatıcı akış rejimine göre damlatıcı giriş basıncı ile damlatıcı debi değişimi arasındaki ilişkiyi;

$$q_{\text{degisim}} = 1 - (1 - H_{\text{degisim}})^x \quad (11)$$

eşitliği ile açıklamışlardır. Eşitlikte;

H_{degisim} = Basınç değişimini göstermektedir ve lateralde en yüksek ve en düşük basınçların belirlenmesi ile hesaplanabilmektedir.

Damlatıcı akış rejiminin farklı değerleri için damlatıcı debi ve basınç değişimi incelendiğinde, basınç değişiminin belirli bir değeri için damlatıcı akış rejimine bağlı “x” değeri 0’dan 1’e doğru arttıkça damlatıcı debi değişimi hızla arttığı gözlemlenmiştir (Kang, 2000).

Damlaticı yapım farklılığı dikkate alındığında bireysel damlaticılar için damlaticı debi değişiminin hesaplanmasına yönelik ilişki aşağıdaki gibidir.

$$q_{\text{degisim}} = 1 - \left(\frac{1 - 2C_v}{1 + 2C_v} \right) \quad (12)$$

Eşitlikte;

C_v = Damlaticı yapım farklılık katsayısıdır.

Söz konusu ilişkinin elde edilmesinde belirli bir basınçtaki damlaticı debilerinin normal dağılıma uygun olarak değiştiği varsayılmaktadır. Yapılan çalışmalarda birden fazla damlaticının bir arada kullanıldığı durumda damlaticı değişimi üzerine yapım farklılığının etkisi azaltılabilir. Öyle ki, 4 damlaticının bir birim olarak düşünüldüğü testlerde damlaticı yapım farklılık katsayısı değerinin yarısına kadar azaltılabildiği görülmüştür (Wu ve Gitlin, 1979).

2.5.2. Damlaticı Yapım Farklılık Katsayısının Sistem Tasarımı Üzerine Etkisi

Damlaticı yapım farklılığının dikkate alınmadığı koşullar için damla sulama laterallerinin tasarlanmasında günümüze kadar başlıca debi değişimi ve Christiansen yeknesaklık katsayısı ölçüt olarak geliştirilmiştir. Damlaticı yapım farklılığının dikkate alındığı koşullarda damlama türdeşliği (E_u), istatistiksel yeknesaklık (U_s) ölçütleri ortaya konmuştur.

Wu (1996)'nın yapmış olduğu denemelerin bilgisayar çıktılarından yararlanarak hidrolik tasarım ve yapımcı farklılığı ile bazı ilişkiler belirlemiştir.

1- Hidrolik tasarım ve Yapımcı farklılığı;

$$C_v(hm)^2 = C_v(h)^2 + C_v(m)^2 \quad (13)$$

Eşitlikte;

$C_v(h)$ = Damlatıcı yapım farklılığının dikkate alınmadığı koşulda

damlatıcı debi değişim katsayısı,

$C_v(m)$ = Damlatıcı yapım farklılığının dikkate alındığı koşulda

damlatıcı debi değişim katsayısı,

$C_v(hm)$ = Damlatıcı yapım farklılığının etkisi sonucu meydana gelen

damlatıcı debi değişim katsayısıdır (Wu, 1996).

2- $C_v(h)$ ile $q_{degisim}$ arasındaki ilişki;

Damlatıcı yapım farklılığının dikkate alınmadığı koşulda

$C_v(h)$ ile $q_{degisim}$ arasındaki ilişki aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

$$q_{degisim} = 0,0043 + 3,0378 C_v(h) - 3,8941 C_v(h)^2 \quad (R^2 = 0,9968) \quad (14)$$

Bu iki değer arasındaki yüksek ilişki, $q_{degisim}$ parametresinin damla sulama sistem tasarımında kullanılabildiğini doğrulamaktadır.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, 2008-2009 yılları arasında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Hidrolik laboratuvarında yürütülmüştür. Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile çalışmada kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler verilmiştir.

3.1. Materyal

Materyal olarak araştırmada kullanılan damlatıcılar, polietilen borular ile laboratuvar denemelerinde yararlanılan araçların başlıca özellikleri açıklanmıştır.

3.1.1.Damlatıcılar

Araştırmada, Ülkemizde yaygın olarak kullanılan hat içi (in-line) ve hat üstü (on-line) damlatıcılar kullanılmıştır. Damlatıcılara ait özellikler ve damlatıcıların genel görünüşleri çizelge 3.1 ve şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada Kullanılan Damlatıcılara ait Özellikler

Damlatıcı Simgesi	Hat içi (In-line) Hat üstü (On-line)	Yerli/Yabancı	Boru Tipi
D1	Hat içi	Yerli	Yuvarlak
D2	Hat üstü	Yabancı	Yuvarlak
D3	Hat içi	Yabancı	Yuvarlak
D4	Hat üstü	Yabancı	Yuvarlak
D5	Hat üstü	Yabancı	Yuvarlak
D6	Hat içi	Yabancı	Yuvarlak
D7	Hat içi	Yerli	Yuvarlak
D8	Hat içi	Yerli	Yuvarlak
D9	Hat içi	Yerli	Yuvarlak



Şekil 3.1. D1, D6 ve D7 damlatıcılarının genel görünümü



Şekil 3.2. D3, D8 ve D9 damlatıcılarının genel görünümü



Şekil 3.3. D5 damlatıcısının genel görünümü



Şekil 3.4. D2 ve D4 damlatıcılarının genel görünümü

3.1.2. Borular

Araştırmada kullanılan PE tipteki boruların özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemeye Alınan PE Borularının Kullanım Özellikleri

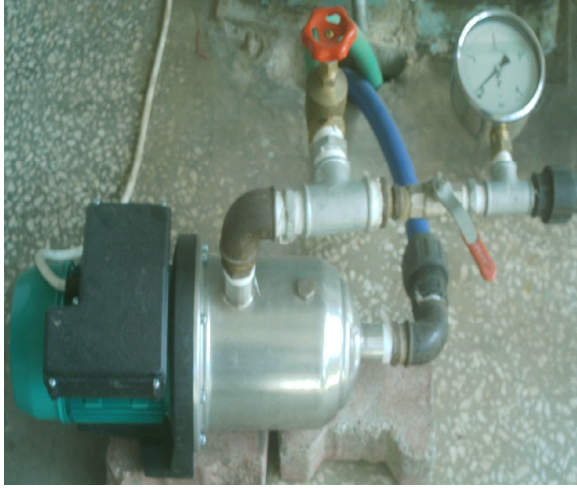
Boru ortalama dış çapı (mm)	Boru ortalama et kalınlığı (mm)	Boru ortalama iç çapı (mm)
16	1.2	13.6
20	2.0	16.0

3.1.3. Laboratuvar Denemelerinde Kullanılan Araçlar

3.1.3.1. Elektrik Motoru ve Pompa

Laboratuvarda kurulan deneme düzeninde, istenilen su miktarı ve basınç büyüklüğü, elektrik motoru ile çalışan tek kademeli santrifüj pompa ile sağlanmıştır. Pompanın genel görünüşü Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

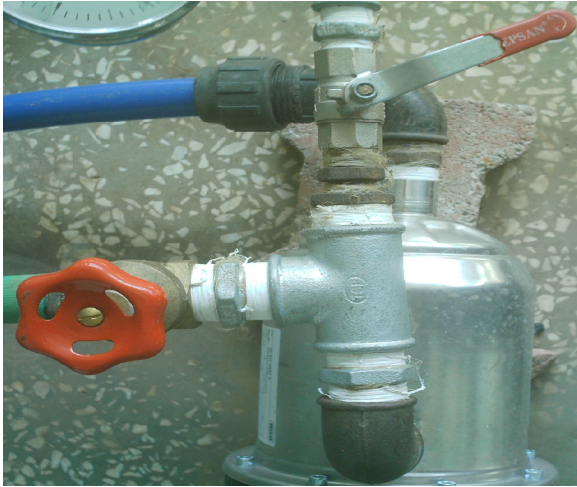
Pompanın emme borusu 32 mm. çapındadır. Pompanın su basma borusu üzerinden 32 mm çapında iki kol ayırarak deneme düzenine suyun iletilmesi sağlamıştır. Suyun geri dönüşünü sağlamak amacıyla kullanılacak olan kol üzerine konulan vana yardımıyla suyun depoya geri verilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda bu kola yerleştirilen vana ve diğer kol üzerinde bulunan vana yardımıyla deneme düzenine verilecek olan su basıncı ayarlanmıştır.



Şekil 3.5. Denemede kullanılan pompa

3.1.3.2. Vanalar

Sistem denetiminde toplam 2 adet vana kullanılmıştır. Bu vanalar çalışma basıncını ayarlamak için kullanılmıştır. Vanalardan biri ana boru hattı girişine, diğeri ise pompanın bastığı fazla suyu sistemden uzaklaştırmak için kullanılan geri dönüşüm hattına yerleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Basıncı ayarlarında kullanılan vanalar

3.1.3.3. Manometre

Basınç ölçümlerinde 1 adet manometre kullanılmıştır. Bu manometre ana boru girişine konulmuş ve çalışma basıncının istenen seviyeye ayarlanmasında kullanılmıştır. Denemede kullanılan manometre 100 mm çapında, gliserinli, 0,1 bar hassasiyetli ve 4 bar basınç ölçüm kapasitesine sahiptir.



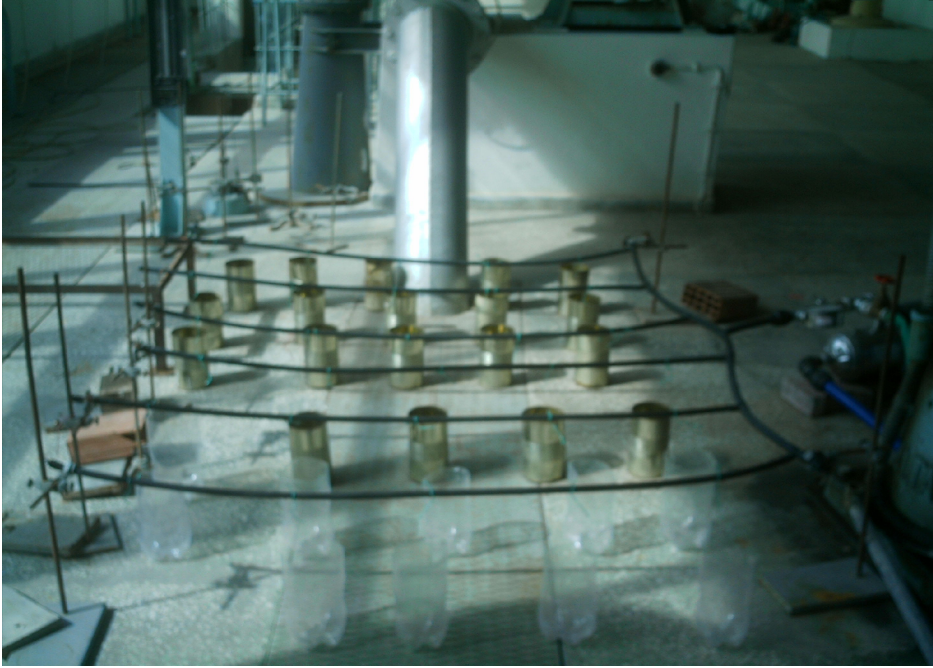
Şekil 3.7. Araştırmada kullanılan manometre

3.2.Yöntem

Bu kısımda, denemede kullanılan damlatıcıların basınç-debi ilişkilerinin, damlatıcı yapım farklılığının, istatistiksel yeknesaklık katsayısının, damlama türdeşliğinin, christiansen yeknesaklık katsayısının ve damla sulama laterallerinin tasarımına damlatıcı yapım farklılığın etkisinin araştırılmasında kullanılan yaklaşım ve yöntemler açıklanmıştır.

3.2.1. Damlatıcı Basınç-Debi ilişkisinin Belirlenmesi

Denemeye alınan damlatıcılarda basınç-debi ilişkisinin belirlenmesi amacıyla şekil 3.8’de görülen deneme düzeni kullanılmıştır.



Şekil 3.8. Damlatıcı basınç-debi ilişkisinin belirlenmesinde kullanılan deneme düzeni

Deneme düzeninde, eğimsiz 16 mm dış çapında 1.5 m uzunluğunda altı lateralden oluşan boru sistemi kurulmuş ve her laterale 25 – 30 cm aralıklarla 5 adet olmak üzere toplam 30 damlatıcı yerleştirilerek lateral sonları kapatılmıştır. Damlatıcılara belirli basınçta su, elektrik motoru ile çalışan pompa aracılığı ile sağlanmıştır. Deneme düzeninde basınç değişimini engellemek için demir ayaklar yardımıyla eğimsiz lateraller oluşturulmuş ve lateral boru hatları kısa (1,5m) tutulmuştur. Denemede istenilen damlatıcı basıncı, pompa su basma

borusu ve geri dönüş borusu üzerinde bulunan iki vana yardımıyla düzenlenmiş ve deneme basıncı manometreden okunmuştur (Tüzel, 1990).

Deneme, 5 mSS – 25 mSS basınçları aralığında, 5mSS aralıklarla 5 ayrı basınç değerinde yürütülmüştür. Belirli bir basınç değerinde damlatıcılardan 600 saniye süre ile su alınmış ve damlatıcıların altına yerleştirilen su toplama kaplarında biriken su miktarları, 2 ml ve 5 ml bölümlü ve hacimleri 100 ml ve 200 ml olan ölçü silindirleri ile saptanmıştır. Her çalışma basıncında üç kez tekrarlanan ölçümler sonucunda, damlatıcı debileri toplanarak ortalamaları alınmış ve bu ortalama değerler çalışma basınçlarındaki damlatıcı debileri olarak kabul edilmiştir (Tüzel, 1990).

Bir damlatıcının her basınç için bulunan bu ortalama debi değerleri için damlatıcıya ait akış rejimine bağlı katsayı (x), akış katsayısı (k), bağdaşım katsayısı (r^2) değişimleri Eşitlik 1 yardımıyla bulunmuştur.

3.2.2 Damlatıcı Yapım Farklılığının Belirlenmesi

Denemeye alınan damlatıcılarda damlatıcı yapım farklılık katsayısının belirlenmesi amacıyla sabit basınç altında 30 adet damlatıcı farklı basınçlarda test edilmiş ve her bir basınçtaki ortalama debileri ve bu damlatıcı debilerinin standart sapmaları bulunmuştur (Nakayama ve ark.,1979).

Elde edilen bu ortalama debi değerleri ile standart sapma değerlerinin Eşitlik 3'de yerine konulmasıyla damlatıcı yapım farklılık katsayısı bulunmuştur (Çamoğlu, 2004).

3.2.3. İstatistiksel Yeknesaklık Katsayısının Belirlenmesi

İstatistiksel yeknesaklık katsayısının belirlenmesinde, denemeye alınan 30 adet damlatıcının her basınç için debilerinin belirlenmesi ve bu debilere ilişkin değişim katsayısının bulunması esasına dayanmıştır. Bu katsayı Eşitlik 6 yardımı ile bulunmuştur (Bralts ve ark.,1987).

3.2.4. Damlama Türdeşliğinin Belirlenmesi

Damlama türdeşliği, denemeye alınan 30 adet damlatıcının her basınç için minimum ve maksimum debilerinin belirlenmesi ve damlatıcı yapım farklılığının belirlenmesi sonucunda elde edilen değerlerin Eşitlik 7’de yerine konulması sonucunda bulunmuştur (ASAE, 2002).

3.2.5. Christiansen Yeknesaklık Katsayısının Belirlenmesi

Christiansen yeknesaklık katsayısı, denemeye alınan 30 adet damlatıcının her basınç için bulunan ortalama debi değerleri ile bulunan her damlatıcının ortalamadan olan mutlak sapmalarının ortalamasının Eşitlik 8’de yerine konulması sonucu bulunmuştur (Wu ve Barragan, 2000).

3.2.6. Damla Sulama Sisteminin Tasarımı

Bu amaçla iki yol izlenmiştir. İlk olarak damlatıcı boru akışı hidrolik özellikleri dikkate alınarak lateral uzunlukları belirlenmiş, daha sonra damlatıcı yapım farklılık katsayısının dikkate alınması ile her damlatıcı için lateral tasarımına yardımcı olabilecek eşitlikler geliştirilmiştir.

3.2.6.1.Damla Sulama Lateral Uzunluğunun Belirlenmesinde

Hidrolik Çözümleme

Damla sulama lateral uzunluklarının belirlenmesinde Excel programında her damlatıcı için ayrı tablolar oluşturulmuştur. Bu

tablolarda borularda meydana gelen yük kayıplarının belirlenmesinde Hazen-Williams yük kayıp eşitliği kullanılmıştır.

$$h_f = \frac{6.815}{C^{1.852}} L \frac{V^{1.852}}{D^{1.167}} \quad (15)$$

Eşitlikte,

h_f = Sürtünme nedeniyle oluşan kayıplar (m),

L = Lateral uzunluğu (m),

D = Lateral iç çapı (m),

V = Lateral içindeki suyu ortalama akış hızı (m/sn),

C = Hazen-Williams pürüzlülük katsayısıdır.

C katsayısı 120 alınmıştır (Tüzel, 1990).

Kullanılan tablolarda lateral boyunca her bir damlatıcının basıncı yük kayıp hesaplamalarına dayandırılarak belirlenmiş ve boru boyunca damlatıcı değişimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Lateral uzunluklarının belirlenmesinde, Korukçu (1980) tarafından önerilen $Cu \geq 97.5$ koşulu esas alınmış, lateraller de 1.00 m, 0.75 m, 0.60 m, 0.50 m, 0.40 m, 0.33 m ve 0.25 m damlatıcı aralıkları ve her bir damlatıcı aralığı için eğimsiz, %1-%2-%3-%4-%5 eğim yukarı ve %1-%2-%3-%4-%5 eğim aşağı lateral koşulları için lateral sonu basıncına bağlı olarak yeknesak su dağılımının sağlanabileceği lateral uzunlukları belirlenmiştir.

3.2.6.2.Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısının Sistem Tasarımı

Üzerine Etkisi

Damlatıcı yapım farklılığının lateral planlamasına etkisini bulmak için çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir.

$C_v(h)$ ve $C_v(m)$ 'in kullanıldığı ve lateral uzunluklarına etkisinin belirlendiği tablolar Excel programında oluşturulmuştur. Bu tabloların bir sayfası Ek 1'de verilmiştir. Bu tabloların yardımıyla her bir damlatıcı için $C_u-C_v(h)$ ve $C_u-C_v(hm)$ eşitlikleri bulunmuştur.

Bu bağıntılar sonucunda her bir damlatıcının eğimsiz koşullarda, 1.00 m damlatıcı aralığı ve 10 mSS basınç altında $C_u-C_v(h)$ ve $C_u-C_v(hm)$ ilişkileri grafikler şeklinde gösterilmiştir. Bu grafiklerin yardımıyla damlatıcı yapım farklılık katsayısının U_s (İstatistiksel yeknesaklık katsayısı), C_u (Christiansen yeknesaklık katsayısı) ve $q_{\text{değişim}}$ parametreleri ile ilişkisi araştırılmıştır.

3.2.6.2.1.Damlatıcı Yapım Farklılığının U_s (İstatistiksel

Yeknesaklık Katsayısı) Üzerine Etkisi

Denemeye alınan her damlatıcı için damlatıcı yapım farklılık katsayısının U_s üzerine etkisinin araştırılmasında yukarıda anlatıldığı şekilde oluşturulan $C_u-C_v(h)$ ve $C_u-C_v(hm)$ grafiklerinden yararlanılmıştır. Bu grafiklerde $C_u=98$ 'e karşılık gelen $C_v(h)$ ve $C_v(hm)$ değerlerinin her biri eşitlik 6 'da yerine konularak ortaya çıkan U_s değerleri karşılaştırılmıştır.

3.2.6.2.2.Damlatıcı Yapım Farklılığının C_u ve $q_{\text{değişim}}$ Parametreleri

Üzerine Etkisi

Denemeye alınan her damlatıcı için damlatıcı yapım farklılık katsayısının C_u ve $q_{\text{değişim}}$ üzerine etkisinin araştırılmasında yukarıda anlatıldığı şekilde oluşturulan $C_u-C_v(h)$, $C_u-C_v(hm)$ grafikleri ve Şekil 2.2'den yararlanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma kapsamına alınan her bir damlatıcı için elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanan değerlendirmeler sunularak ilgili tartışmalar yapılmıştır.

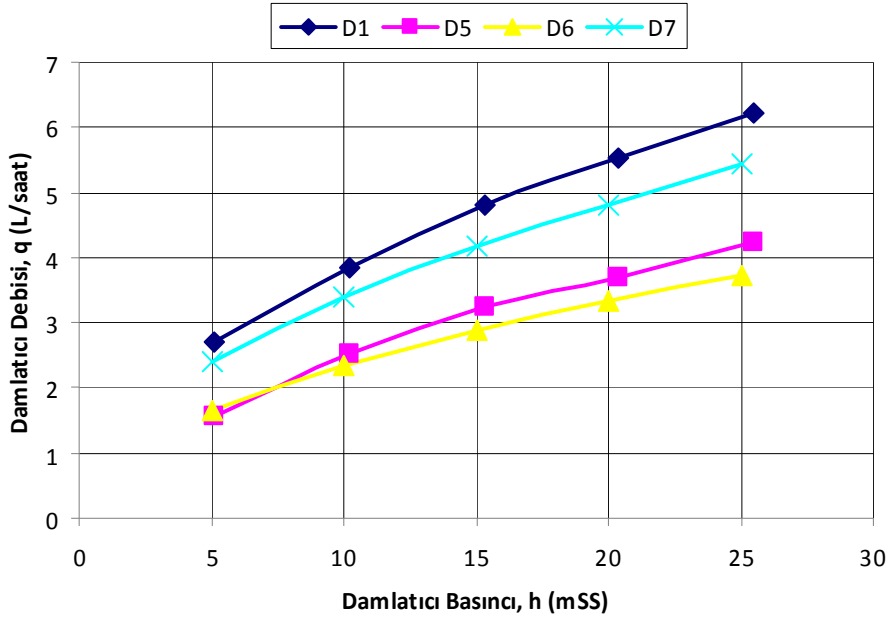
4.1. Damlatıcı Basınç-Debi İlişkisi

Denemeye alınan ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı yapım özelliklerine sahip bazı yerli ve yabancı yapım damlatıcıların, değişik çalışma basınçlarında ve her bir çalışma basıncında aynı özellikteki 30 damlatıcının, debi değerleri 3 tekrarlı olarak ölçülmüştür. Her bir damlatıcıya ilişkin ölçüm sonuçları yöntem bölümünde açıklandığı şekilde değerlendirilerek, damlatıcıların basınç-debi ilişkileri ve yapım özellikleri incelenmiştir.

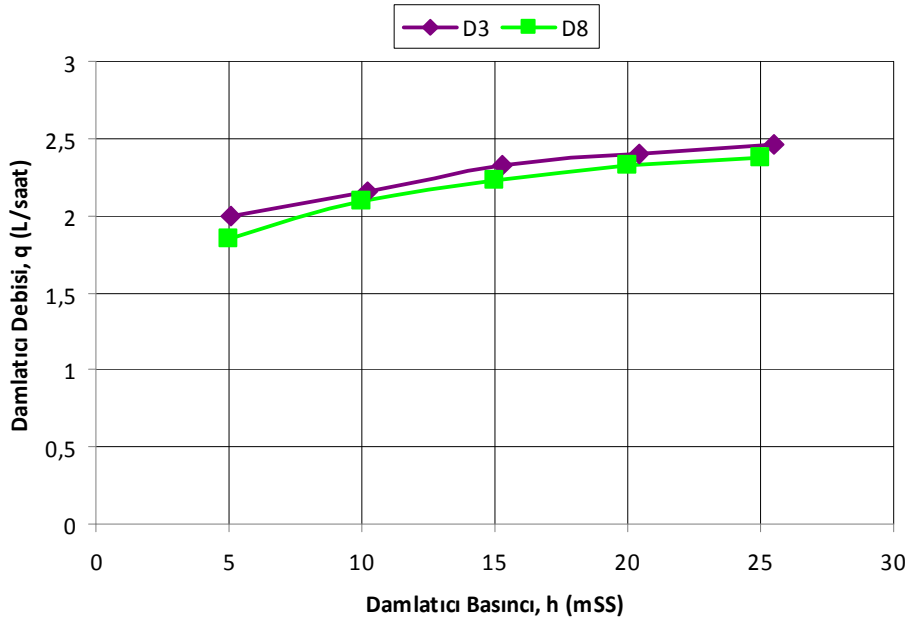
Çalışmada ele alınan ve simgelerle ifade edilen damlatıcıların (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9), değişik çalışma basınçlarında (h) ölçülen debi değişim aralıkları, ortalama debisi ($\bar{q}$) değerleri çizelge 4.1 'de verilmiştir. Her bir damlatıcıya ait basınç-debi ilişkileri sırasıyla Şekil 4.1, 4.2, 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Damlatıcıların Farklı Çalışma Basınçlarında (h) Ölçülen, Debi Değişim Aralıkları ($q_{\min}$, $q_{\max}$), Debi Değişim Miktarı, Ortalama Debisi ($\bar{q}$) ve Debi Değişim %'si

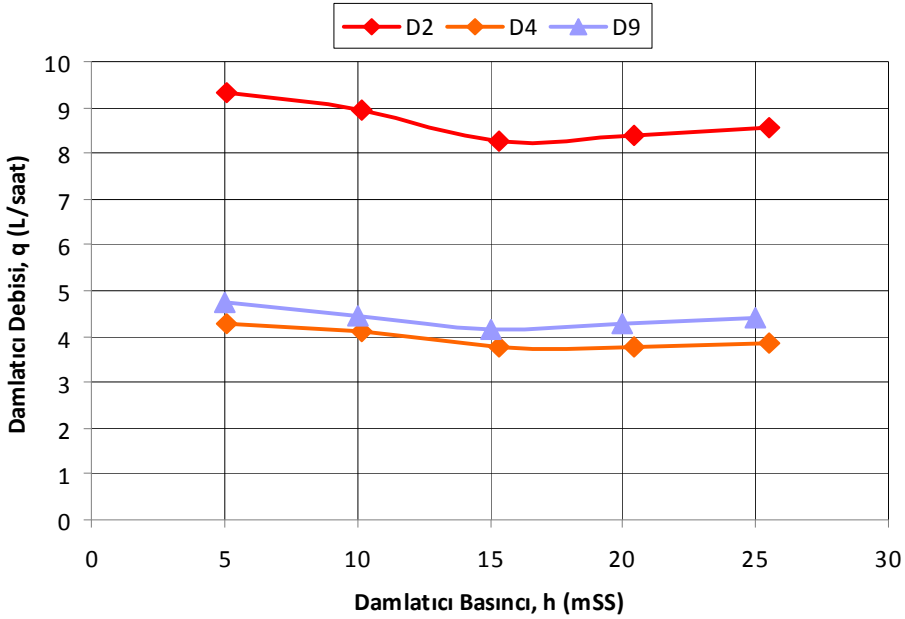
Çalışma Basıncı h (mSS)	Debi (L/h)					Debi (L/h)					Debi (L/h)				
	Değişim aralığı		Değişim Miktarı	Ort. $\bar{q}$	Değişim (%)	Değişim aralığı		Değişim Miktarı	Ort. $\bar{q}$	Değişim (%)	Değişim aralığı		Değişim Miktarı	Ort. $\bar{q}$	Değişim (%)
	D1 Damlatıcısı					D2 Damlatıcısı					D3 Damlatıcısı				
5	2,594	2,804	0,210	2,699	7,781	8,636	10,344	1,708	9,316	18,334	1,856	2,202	0,346	1,994	17,352
10	3,682	3,996	0,314	3,854	8,147	8,512	9,484	0,972	8,940	10,872	2,030	2,286	0,256	2,163	11,835
15	4,586	4,960	0,374	4,795	7,800	7,828	8,684	0,856	8,247	10,380	2,182	2,450	0,268	2,326	11,522
20	5,326	5,740	0,414	5,534	7,481	8,032	9,192	1,160	8,392	13,823	2,250	2,560	0,310	2,408	12,874
25	5,988	6,450	0,462	6,219	7,429	8,176	9,296	1,120	8,555	13,092	2,302	2,618	0,316	2,465	12,819
	D4 Damlatıcısı					D5 Damlatıcısı					D6 Damlatıcısı				
5	3,508	5,380	1,872	4,276	43,779	1,388	1,926	0,538	1,561	34,465	3,508	5,380	1,872	4,276	43,779
10	3,688	4,740	1,052	4,098	25,671	2,220	3,134	0,914	2,534	36,069	3,688	4,740	1,052	4,098	25,671
15	3,376	4,008	0,632	3,769	16,768	2,820	3,880	1,060	3,246	32,656	3,376	4,008	0,632	3,769	16,768
20	3,344	4,088	0,744	3,796	19,600	3,216	4,538	1,322	3,820	34,607	3,344	4,008	0,664	3,796	17,492
25	3,376	4,236	0,860	3,874	22,199	3,618	5,120	1,502	4,234	35,475	3,376	4,236	0,860	3,874	22,199
	D7 Damlatıcısı					D8 Damlatıcısı					D9 Damlatıcısı				
5	2,162	2,246	0,084	2,392	3,512	1,737	2,103	0,366	1,848	19,805	4,434	4,938	0,504	4,770	10,566
10	3,162	3,678	0,516	3,393	15,208	2,013	2,211	0,198	2,094	9,456	4,236	4,764	0,528	4,448	11,871
15	3,924	4,518	0,594	4,165	14,262	2,100	2,364	0,264	2,225	11,865	3,924	4,440	0,516	4,169	12,377
20	4,506	5,229	0,723	4,804	15,050	2,208	2,442	0,234	2,320	10,086	3,828	4,524	0,696	4,256	16,353
25	5,100	5,844	0,744	5,428	13,707	2,226	2,505	0,279	2,372	11,762	3,846	4,740	0,894	4,410	20,272



Şekil 4.1. Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların basınç debi ilişkileri



Şekil 4.2. Kısmi basınç düzenleyicili damlatıcıların basınç debi ilişkileri



Şekil 4.3. Basınç düzenleyicili damlatıcıların basınç-debi ilişkileri

Çizelge 4.1'den görüleceği gibi bazı damlatıcıların debileri basınçla artmakta, bazılarının ise belli bir basınca geldiğinde debileri sabitlenmektedir. Buradan hareketle, denemeye alınan damlatıcıların bir kısmında basınç dengeleme özelliği bulunduğu söylenebilir. Denemeye alınan damlatıcılardan D2, D4, D9 damlatıcılarının basınç dengeleme özelliğine sahip olduğunu, D1, D5, D6 ve D7 damlatıcılarının ise basınç dengeleme özelliğine sahip olmadıkları söylenebilir. Ayrıca D3 ve D8 damlatıcıları kısmi basınç dengeleme özelliğine sahip olduğu görülmektedir. Söz konusu damlatıcıların farklı basınçlar altındaki debi değişimleri şekil 4.1, 4.2, 4.3'de verilmiştir.

Denemeye alınan damlatıcılar incelendiğinde, en düşük ortalama debi değeri, 5 mSS basınçta, 1,561 L/h debi ile D5 damlatıcısında, en yüksek ortalama debi değeri ise 5 mss basınçta 9,316 L/h debi ile

D2 damlatıcısında ölçülmüştür. Genel olarak damla sulama sisteminin çalışma basıncı olan 10 mss basınç değerinde ise, D8 damlatıcısı 2,094 L/h damlatıcı debisi ile en düşük ortalama debi değerine sahip iken en yüksek ortalama damlatıcı debisi 8,940 L/h debi değeri ile D2 damlatıcısında bulunmuştur. Aynı zamanda basınç dengeleme özelliğe sahip olan damlatıcılar (D2, D3, D4, D8, D9) 15 mSS basınç değeri dâhil olmak üzere bu basınç değerinden sonra ölçülen debi değerlerinde sabitlenme görülmüş ve 5 ve 10 mSS basınç değerlerinde bu damlatıcılarda çok fazla olmamakla beraber debi değerlerinde değişimler saptanmıştır.

Basınç-debi ilişkisini veren Eşitlik 1 yardımıyla bulunan damlatıcı boyutlarını karakterize eden “k” ve akış rejimini karakterize eden (akış üssü) “x” parametreleri ve ilişkilerin bağdaşım katsayısı “ r^2 ” çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Damlatıcıların Basınç-Debi İlişkilerini veren Damlatıcı Parametreleri (k,x) ve Bağdaşım Katsayısı (r^2)

Damlatıcı Tipi	Damlatıcı Parametreleri		Bağdaşım Katsayısı (r^2)
	k*	x**	
D1	1,1575	0,5193	0,9999
D2	10,2920	-0,0659	0,7122
D3	1,5897	0,1366	0,9928
D4	4,7999	-0,0748	0,7776
D5	0,5860	0,6164	0,9947
D6	0,7439	0,4997	1,0000
D7	1,0566	0,5069	0,9999
D8	1,4466	0,1568	0,9923
D9	5,1648	-0,0621	0,5906

*) Damlatıcı boyutlarını karakterize eden katsayı

**) Damlatıcının akış rejimi katsayısı

Çizelge 4.2'nin incelenmesinden de görüleceği gibi r^2 değerlerinin 0,5906 ile 1,0000 arasında değiştiği görülmüştür. D1, D3, D5, D6, D7 ve D8 damlatıcılarında bağdaşım katsayısı değeri 0,9923 – 1,0000 arasında değişmesi bu damlatıcılarda basınç ile debi arasındaki ilişkinin çok kuvvetli olduğunu göstermektedir. D2, D4 ve D9 damlatıcılarında ise bağdaşım katsayısı değerlerinin sırasıyla, 0.7122, 0,7776 ve 0.05906 elde edilmiştir.

Damlatıcı akış rejim katsayısı (x) değerleri incelendiğine, D1, D5, D6 ve D7 damlatıcılarında x değerleri 0,5069-0,6164 arasında değişmiştir. D2, D3, D4, D8 ve D9 damlatıcılarının x değerlerinin sıfıra oldukça yakın olduğu için damlatıcıların basınç düzenleme özelliğinin bulunduğu sonucuna varılmıştır. Çizelge 4.2 incelendiğinde D2, D4 ve D9 damlatıcılarının x katsayılarının negatif değerler aldıkları görülmektedir.

Şekil 4.3'de de damlatıcı debilerinin belirli bir basınç değerine kadar azaldığı ve en düşük debi değerini 15 mSS basıncında aldığı görülmektedir. Bu basınç değerinden sonraki basınçlarda damlatıcı debilerinde artış görülmektedir. Bunun sonucunda D2, D4 ve D9 damlatıcılarında x katsayılarının negatif değerler aldığı saptanmıştır.

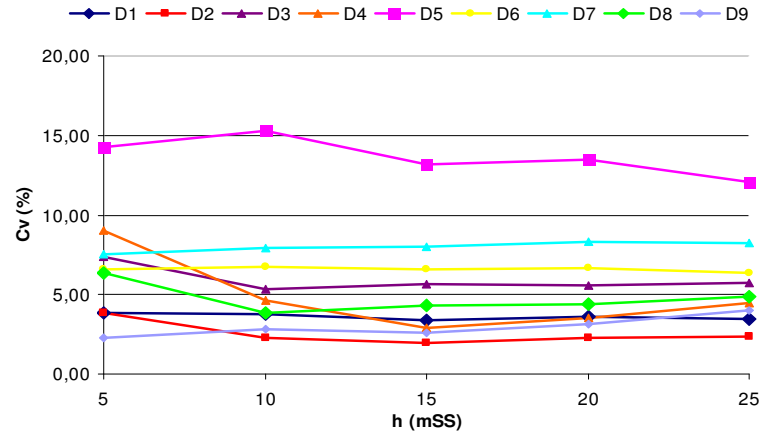
4.2. Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısı (C_v)

Denemeye alınan damlatıcıların debi ölçümleri ve bu debilerin standart sapmaları dikkate alınarak C_v değerleri belirlenmiştir. Belirlenen yapım farklılık katsayıları ve ASAE (2002)'ye göre sınıflandırılması Çizelge 4.3'de verilmiştir. Aynı zamanda C_v değerlerinin basınçla birlikte değişimini gösteren grafik Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Denemeye Alınan Damlatıcıların Yapım Farklılık Katsayıları (%) ve Sınıflandırması

	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9	
h (mSS)	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı	Cv	Sınıfı
5	3,81	M	3,86	M	7,34	S	9,05	S	14,25	ÇK	6,62	İ	7,54	S	6,34	İ	2,31	M
10	3,78	M	2,29	M	5,35	İ	4,66	M	15,26	KE	6,78	İ	7,91	S	3,85	M	2,82	M
15	3,39	M	1,95	M	5,62	İ	2,89	M	13,18	ÇK	6,60	İ	8,01	S	4,33	M	2,56	M
20	3,58	M	2,29	M	5,55	İ	3,53	M	13,52	ÇK	6,66	İ	8,33	S	4,37	M	3,14	M
25	3,46	M	2,33	M	5,76	İ	4,46	M	12,11	ÇK	6,37	İ	8,24	S	4,83	M	4,00	M
ORT.	3,60	M	2,54	M	5,92	İ	4,92	M	13,66	ÇK	6,61	İ	8,01	S	4,74	M	2,97	M

M)Mükemmel İ-M)Mükemmel ve İyi arasında İ)İyi S)Sınırdı ÇK)Çok kötü KE)Kabul edilemez



Şekil 4.4 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-yapım farklılık katsayıları eğrileri

Çizelge 4.3'den görüleceği gibi aynı damlatıcının farklı basınç değerleri altında farklı yapım farklılık katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Bu yönden yapılan değerlendirmelere göre D1, D5, D6, D7 damlatıcısının yapım farklılık katsayıları birbirine çok yakın değerler aldığı görülmektedir.

D2, D3, D4 ve D8 damlatıcılarında 5 mSS'luk basınç yükü altında Cv katsayılarının daha yüksek basınç değerlerine göre daha büyük değerler aldığı saptanmıştır. Düşük basınç değerlerinde katsayının yüksek olması söz konusu basınç altında basınç dengeleme görevini yapan parçaların yeterli tepkiyi vermemesiyle açıklanabilir (Solomon, 1979). Nitekim basınç düzenleyicili damlatıcılarda en düşük çalışma basıncının çoğunlukla 8-10 mSS basınç değerlerinden başlaması gerektiği bilinmektedir (Kang ve ark., 1998).

En yüksek damlatıcı yapım farklılığı katsayısına sahip damlatıcı %15,26 ile D5 damlatıcısı, en düşük damlatıcı yapım farklılık katsayısına sahip damlatıcı %1,95 ile D2 damlatıcısıdır. Çizelge 4.3 incelendiğinde D1, D2 ve D9 damlatıcılarının tüm basınçlarındaki ve D4 ile D8 damlatıcılarının ise 10 mSS basıncından sonraki ölçülen Cv değerleri çizelge 2.2'de yapılan sınıflandırmaya göre Mükemmel sınıfına girdiği belirlenmiştir. D3 damlatıcısının 5 mSS basıncından sonraki ölçülen değerleri, D6 damlatıcısının tüm basınçlarındaki Cv değerleri ve D8 damlatıcısının 5 mSS basıncındaki Cv değerlerinin iyi sınıfına, D3, D4 damlatıcılarının 5 mSS basıncındaki Cv değerleri ve D7 damlatıcısının tüm değerlerinin sınırda sınıfına girdiği belirlenmiştir. En yüksek Cv değerine sahip olan damlatıcı olan D5 damlatıcısının Cv değerlerinden 10 mSS basıncında ölçülen değer Kabul edilemez sınıfına, diğer değerlerinin ise

“çok kötü” sınıfında yer almıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda D5 damlatıcısının yapım tekniğinin, daha da geliştirilmesi gerektiği söylenebilir.

Denemeye alınan her bir damlatıcı için 5-25 mSS basınç aralıklarında ölçülen damlatıcı yapım farklılık katsayılarının ortalamaları aynı çizelgede verilmiştir. Ortalamalara göre en yüksek Cv değeri D5 damlatıcısında, en düşük Cv değeri ise D2 damlatıcısında bulunmuştur.

Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmada Cv değerlerinin basınçla birlikte değiştiğini, ancak basınç düzenleyicili damlatıcıların değişim oranlarının basınç düzenleyicisizlere göre daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Benzer şekilde Çizelge 4.3 ve Şekil 4.4 incelendiğinde kısmi basınç düzenleyicili ve tam basınç düzenleyicili damlatıcıların (D2, D3, D4, D8 ve D9) Cv değerlerinin basınçla birlikte değişim oranlarının basınç düzenleyicisiz damlatıcılara (D1, D5, D6 ve D7) göre daha fazla olduğu görülmüştür.

Demir (1997), yaptığı çalışmada ülkemizde yaygın olarak kullanılan farklı yapım özelliklerine sahip damlatıcıların teknik özellikleri ve yapım farklılıklarını belirlemek amacıyla 30 damlatıcıyı ele almış ve değerler ortaya koymuştur. Yaptığı araştırma sonuçlarına göre en yüksek Cv değeri 0,210, en düşük Cv değeri ise 0,010 olarak bulunmuştur. Yapım farklılığı yönünden yapılan sınıflandırmada 8 adet damlatıcının “mükemmel” sınıfa, 1 adet damlatıcının “orta sınıfa”, 1 adet damlatıcının da “çok kötü” sınıfında olduğu görülmüştür.

Çamoğlu (2004), yaptığı çalışmada farklı tip ve özellikte imal edilen damlatıcıların yapım farklılıklarının eş su dağılımına etkisini belirlemek amacıyla 30 adet damlatıcıyı ele almış ve değerler ortaya

koymuştur. Bu araştırma sonuçlarına göre en yüksek Cv değeri 0,1437 en düşük Cv değeri ise 0,0102 olarak bulunmuştur. Yapım farklılığı yönünden yapılan sınıflandırmada damlatıcıların %70,6'sı "mükemmel", %11,8'i "iyi", %11,8'i "sınırdá" ve %5,9'u "ok kötü" sınıfında yer almıştır.

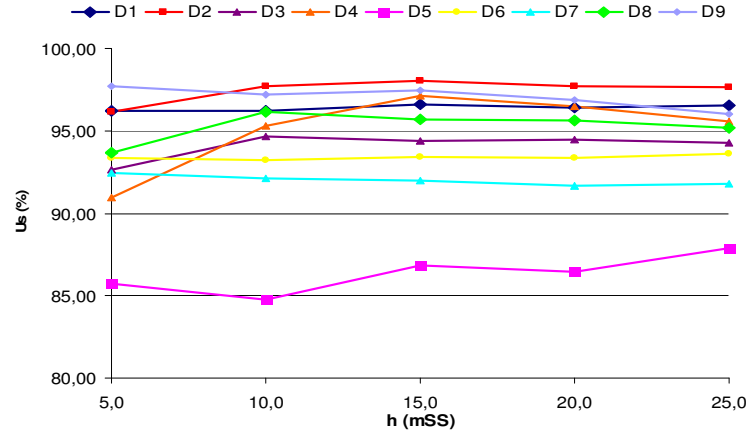
4.3. İstatistiksel Yeknesaklık (Us)

Denemeye alınan damlatıcılara ait Us değerleri ASAE (2002)'ye göre sınıflandırması izelge 4.4'de özetlenmiştir. Aynı zamanda Us değerlerinin basınçla birlikte değişimini gösteren grafik şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Denemeye Alınan Damlatıcıların Us Katsayıları (%) ve Sınıflandırması

	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9	
h (mSS)	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı	Us (%)	Sınıfı
5	96,19	M	96,14	M	92,66	İ-M	90,95	İ-M	85,75	İ	93,38	İ-M	92,46	İ-M	93,66	İ-M	97,69	M
10	96,22	M	97,71	M	94,65	İ-M	95,34	M	84,74	İ	93,22	İ-M	92,09	İ-M	96,15	M	97,18	M
15	96,61	M	98,05	M	94,38	İ-M	97,11	M	86,82	İ	93,40	İ-M	91,99	İ-M	95,67	M	97,44	M
20	96,42	M	97,71	M	94,45	İ-M	96,47	M	86,48	İ	93,34	İ-M	91,67	İ-M	95,63	M	96,86	M
25	96,54	M	97,67	M	94,24	İ-M	95,54	M	87,89	İ	93,63	İ-M	91,76	İ-M	95,17	M	96,00	M
ORT.	96,40	M	97,46	M	94,08	İ-M	95,08	M	86,34	İ	93,39	İ-M	91,99	İ-M	95,26	M	97,03	M

M)Mükemmel İ-M)Mükemmel ve İyi arasında İ)İyi S)Sınırdaki ÇK)Çok kötü KE)Kabul edilemez



Şekil 4.5 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-istatistiksel yeknesaklık eğrileri

Çizelge 4.4 incelendiğinde en yüksek istatistiksel yeknesaklık katsayısına (Us) sahip damlatıcı %98,05 ile D2 damlatıcısı olduğu en düşük Us değerine sahip damlatıcının ise %84,74 ile D5 damlatıcısı olduğu görülmektedir. D1, D2 ve D9 damlatıcıları %95 seviyesinin üzerinde kalarak mükemmel sınıfa girmiştir. D4 ve D8 damlatıcılarının 5 mSS basınçta %95 çizgisinin biraz altında kalarak “iyi-mükemmel” sınıfları arasında, diğer basınç değerlerinde ise “mükemmel” sınıfta yer almıştır. D3, D6 ve D7 damlatıcıları “iyi-mükemmel” sınıfları arasında, D5 damlatıcısı ise “iyi” sınıfında yer almıştır.

Cv değerlerinin “çok kötü” ve “kabul edilemez” sınıfında olduğu D5 damlatıcısında Us değerinin “iyi” sınıfında olduğu görülmektedir. Bu farklılığının nedeni olarak, ölçümlerin bir damla sulama sistem için değil, aynı basınç altında 30 damlatıcıda olması gösterilebilir.

Denemeye alınan her bir damlatıcı için 5-25 mSS basınç aralıklarında ölçülen Us katsayılarının ortalamaları aynı çizelgede verilmiştir. Bu değerlere göre en yüksek Us değeri aynı zamanda en düşük Cv değerine sahip olan D2 damlatıcısında bulunmuştur.

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

Çamoğlu (2004) yaptığı çalışmada, ele aldığı 17 damlatıcıdan, 1.0 atm basınç altında, istatistiksel yeknesaklık değerlerine göre hat içi damlatıcıların yaklaşık % 65’i ve hat üstü damlatıcıların da % 25’i ASAE (2002)’nin önerdiği % 95 değerinin üzerinde kalarak “mükemmel” sınıfında yer almıştır.

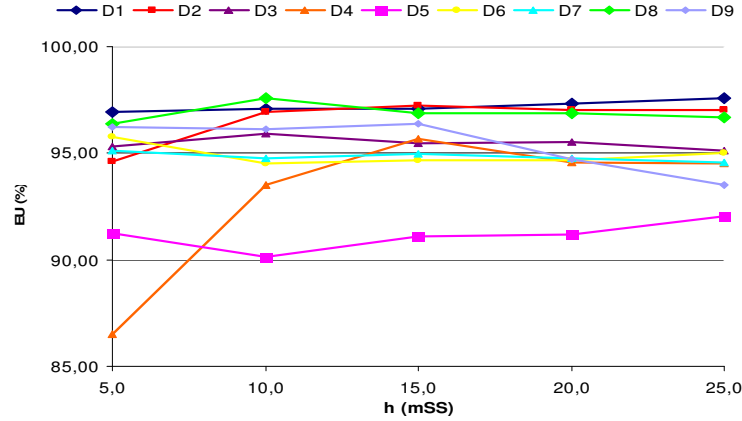
4.4. Damlama Türdeşliği (Eu)

Denemeye alınan damlatıcılara ait Eu değerleri ve ASAE 2002'ye göre sınıflandırması çizelge 4.5'de özetlenmiştir. Aynı zamanda Eu değerlerinin basınçla birlikte değişimini gösteren grafik şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5 Denemeye Alınan Damlatıcıların Eu Katsayıları (%) ve Sınıflandırması

	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9	
h (mSS)	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı	Eu (%)	Sınıfı
5	96,95	M	94,61	M	95,32	M	86,52	İ	91,25	İ-M	95,79	M	95,10	M	96,40	M	96,24	M
10	97,10	M	96,94	M	95,94	M	93,52	İ-M	90,15	İ-M	94,52	M	94,79	M	97,57	M	96,14	M
15	97,10	M	97,21	M	95,47	M	95,65	M	91,09	İ-M	94,67	M	94,98	M	96,90	M	96,39	M
20	97,31	M	97,01	M	95,51	M	94,58	M	91,20	İ-M	94,68	M	94,77	M	96,89	M	94,69	M
25	97,59	M	97,04	M	95,14	M	94,50	M	92,05	İ-M	95,01	M	94,54	M	96,68	M	93,52	İ-M
ORT.	97,21	M	96,56	M	95,48	M	92,95	M	91,15	İ-M	94,93	M	94,84	M	96,89	M	95,40	M

M)Mükemmel İ-M)Mükemmel ve İyi arasında İ)İyi S)Sınırdaki ÇK)Çok kötü KE)Kabul edilemez



Şekil 4.6 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-damlama türdeşliği eğrileri

Eşitlik 7 ile elde edilmiş ve çizelge 4.5’de gösterilmiş damlama türdeşliği değerlerine göre 10 mSS basınçta Eu değeri en düşük %90,15 ile D5 damlatıcısında, en yüksek değeri ise %97,57 ile D8 damlatıcısında olduğu görülmektedir. Bütün basınç değerlerine bakıldığında en düşük Eu değeri %86,52 ile D4 damlatıcısında, en yüksek değeri ise %97,59 ile D1 damlatıcısına aittir.

D1, D2, D3, D6, D7 ve D8 damlatıcıları Mükemmel sınıfında yer almıştır. D5 damlatıcısına ait değerler İyi-mükemmel arasında bulunmuştur. D4 damlatıcısının 5 mSS basıncındaki Eu değeri iyi sınıfında yer almış, 10 mSS basıncındaki Eu değeri ise İyi-mükemmel arasında bulunmuş diğer basınç değerlerindeki Us değerleri ise mükemmel sınıfına girmiştir. D9 damlatıcısının 25 mSS basıncındaki Eu değeri ise iyi-mükemmel arasında bulunmuş diğer basınç değerlerindeki Eu değerleri mükemmel sınıfına girmiştir.

Denemeye alınan her bir damlatıcı için 5-25 mSS basınç aralıklarında ölçülen Eu katsayılarının ortalamaları aynı çizelgede verilmiştir. Ortalamalar dikkate alındığında en yüksek Eu değeri D1 damlatıcılarında görülmüştür.

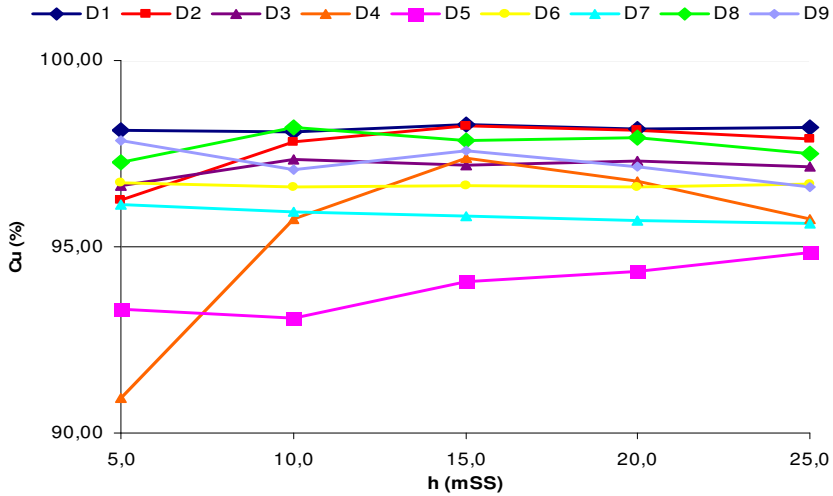
Çamoğlu ve Yavuz (2006), yaptıkları çalışmada 17 adet damlatıcıyı denemeye almışlar ve bu damlatıcıların sulama yeknesaklığı parametrelerinden biri olan damlama türdeşliği değerinin belirlemişlerdir. Ele alınan damlatıcılarda en yüksek Eu değeri %98,37, en düşük Eu değeri %86,40 olarak belirlenmiştir. Bu damlatıcılardan 12 damlatıcı mükemmel sınıfında, 4 damlatıcı iyi-mükemmel sınıfında ve 1 damlatıcı İyi sınıfında yer almıştır.

4.5. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)

Denemeye alınan damlatıcılara ait Cu değerleri Çizelge 4.6'de özetlenmiştir. Aynı zamanda Cu değerlerinin basınçla birlikte değişimini gösteren grafik Şekil 4.7'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Denemeye Alınan Damlatıcıların Cu Katsayıları (%)

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
h (mSS)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)	Cu (%)
5	98,11	96,24	96,66	90,94	93,31	96,71	96,15	97,28	97,84
10	98,08	97,83	97,33	95,75	93,10	96,61	95,93	98,21	97,06
15	98,28	98,23	97,20	97,38	94,08	96,64	95,82	97,87	97,58
20	98,16	98,11	97,30	96,75	94,33	96,62	95,71	97,94	97,13
25	98,21	97,89	97,14	95,73	94,83	96,68	95,64	97,50	96,60
ORT.	98,17	97,66	97,13	95,31	93,93	96,65	95,85	97,76	97,24



Şekil 4.7 Denemeye alınan damlatıcıların basınç-Christiansen yeknesaklık katsayısı eğrileri

Yapılan çalışmada damlatıcılara ait elde edilen veriler doğrultusunda Eşitlik 8'den yararlanılarak elde edilen Christiansen yeknesaklık katsayıları çizelge 4.6 ve şekil 4.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, 10 mSS basınç değerinde damlatıcıların %67'si $Cu \geq 97,5$ (Korukçu,1980) koşulunu sağlayamamıştır. Wu ve Gitlin (1974)'in belirtmiş olduğu $Cu \geq 95$ 'e göre ise damlatıcıların %11'inin bu koşulu sağlayamadığı görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, denemede basınç ve sürtünme kayıpları önemsenmeyecek derecede küçük olduğu varsayıldığından ortaya çıkan bu değerler damlatıcı yapım farklılığı katsayılarından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Cv değerinin kabul edilemez ve çok kötü sınıfına girdiği D5 damlatıcısında Cu değerlerinin de çok düşük çıkmasının nedeni iki parametre için kullanılan formüllerin birbirine benzerlik göstermesine dayandırılabilir.

D1 ve D2 damlatıcılarının bütün basınç değerlerinde $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlamaktadır. D3, D4, D5 ve D6 damlatıcılarının herhangi bir basınç değerinde $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayamadığı fakat D3, D6, D7, D8 ve D9 damlatıcılarının bütün basınç değerlerinde $Cu \geq 95$ koşulunu sağlayabildiği görülmüştür. D4 damlatıcısının $Cu \geq 95$ koşulunu sağlayabilmesi için 10 mSS basınç ve üzerindeki basınçlarda çalıştırılması gerektiği görülmüştür. D2 damlatıcısının $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayabilmesi için 10 mSS basınç ve üzerindeki basınçlarda çalıştırılması gerektiği görülmüştür.

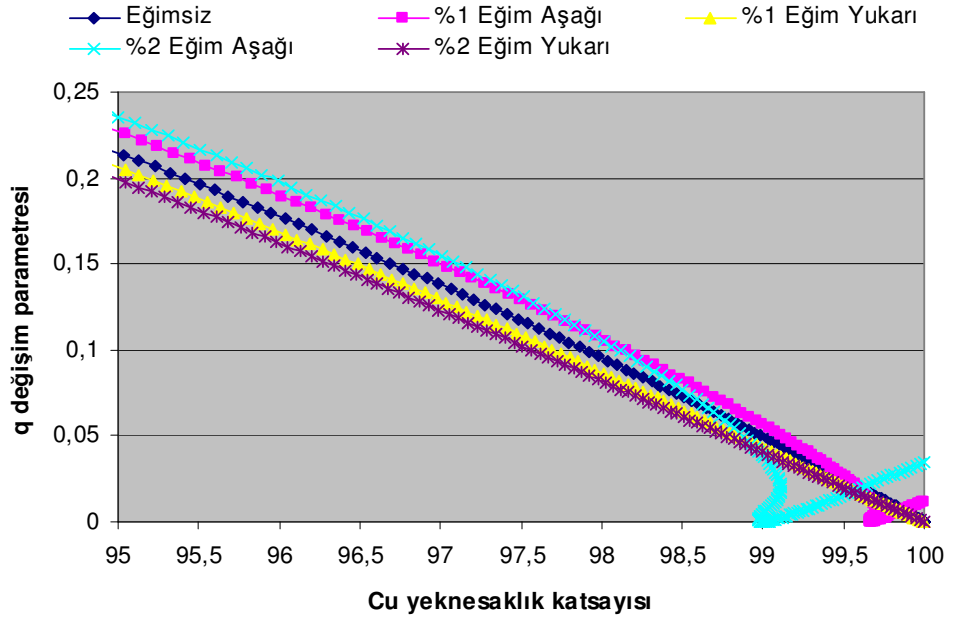
Denemeye alınan her bir damlatıcı için 5-25 mSS basınç aralıklarında ölçülen Cu katsayılarının ortalamaları aynı çizelgede

verilmiştir. Bu ortalamalara göre D1, D2 ve D8 damlatıcıları $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlamaktadır.

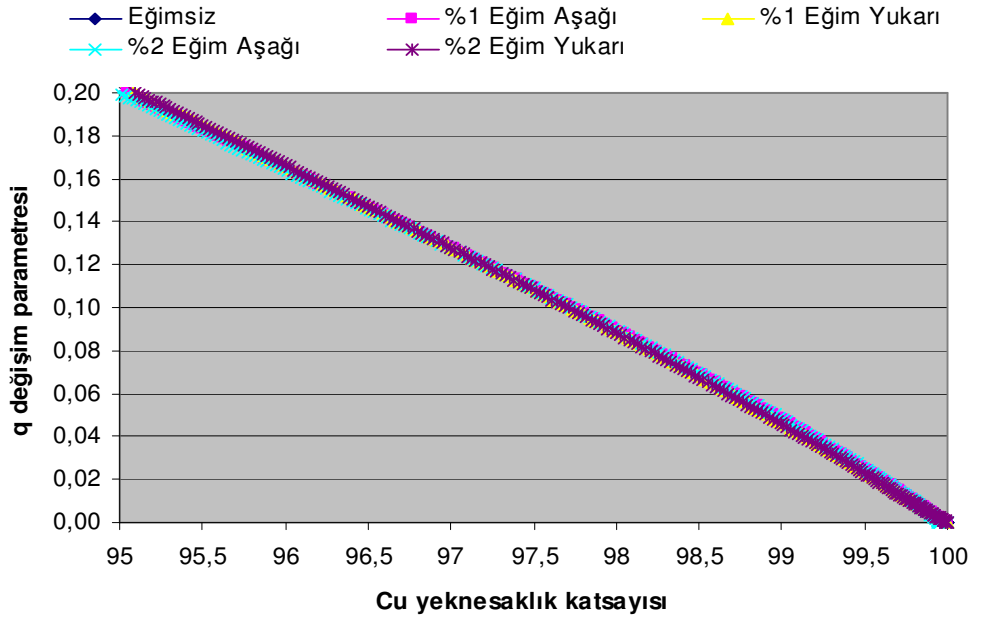
4.6. Damla Sulama Sisteminin Tasarımına İlişkin Bulgular

4.6.1.Damla Sulama Lateral Uzunluğunun Belirlenmesinde Hidrolik Çözümleme

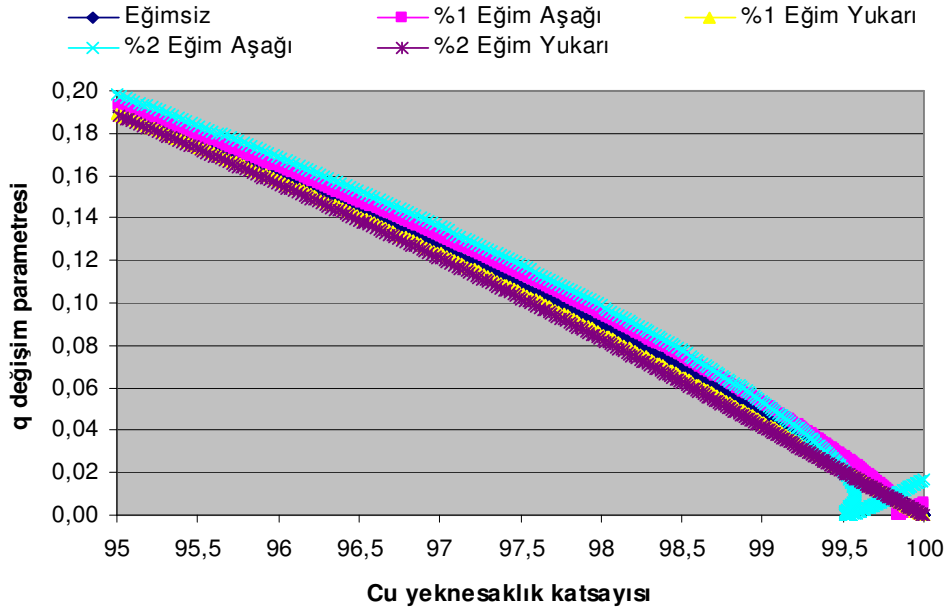
Damla sulama sistemlerinde, yeknesak su dağılımını sağlayacak lateral uzunluğunun seçiminde yaygın olarak $q_{degisim}$ boyutsuz parametresi veya Cu yeknesaklık katsayısı kullanılmaktadır (Eşitlik 8 ve 9). Bu nedenle denemeye alınan bazı damlatıcılara sahip laterallerdeki 1 m damlatıcı aralıkları için değişik lateral eğim koşullarındaki $q_{degisim}$ boyutsuz parametresi ile Cu katsayıları arasındaki ilişkiler bilgisayar çıktılarından yararlanılarak Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16'da ve denemeye alınan damlatıcıların 1.00 m damlatıcı aralığı 10 mSS basınç değeri ve çeşitli eğimlerdeki optimum lateral uzunlukları çizelge 4.7'de gösterilmiştir.



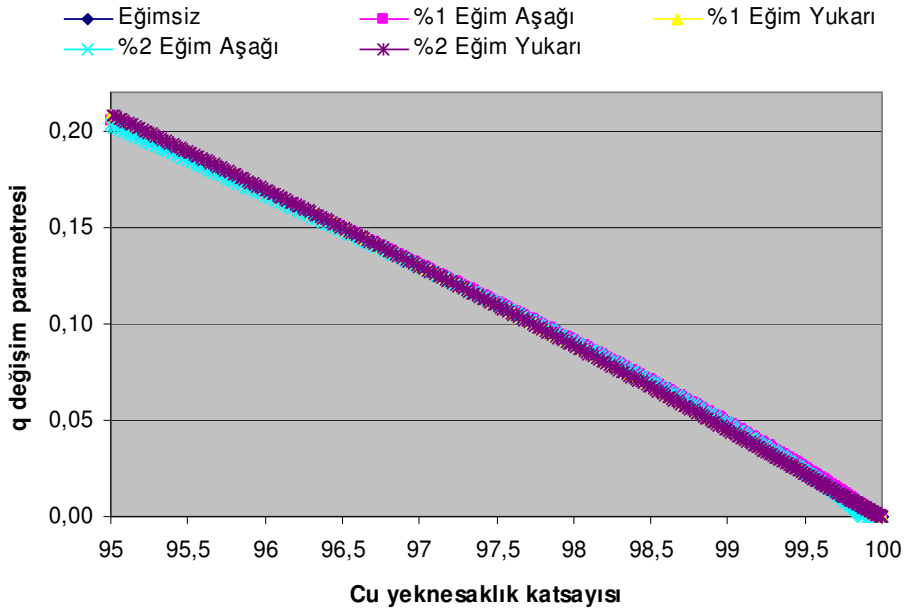
Şekil 4.8 D1 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



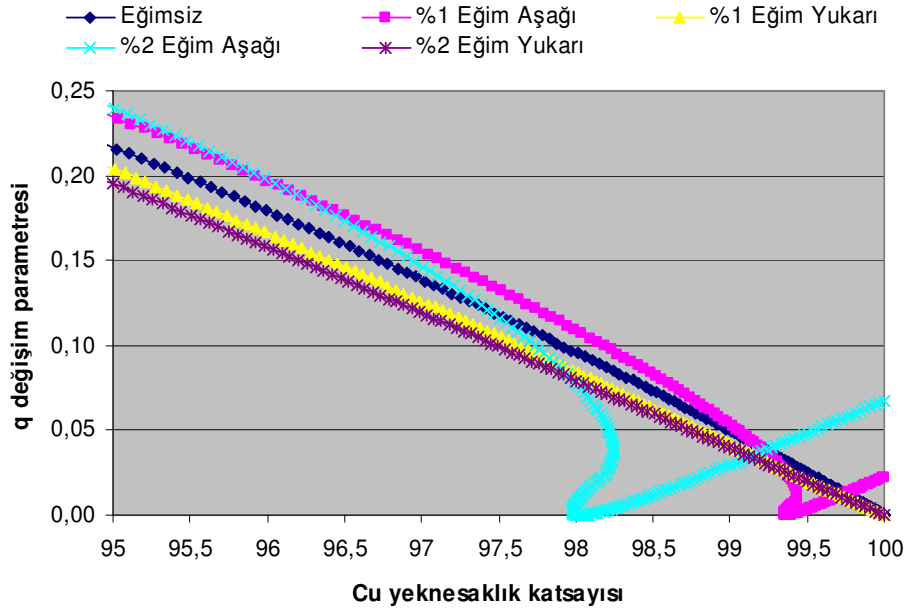
Şekil 4.9 D2 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



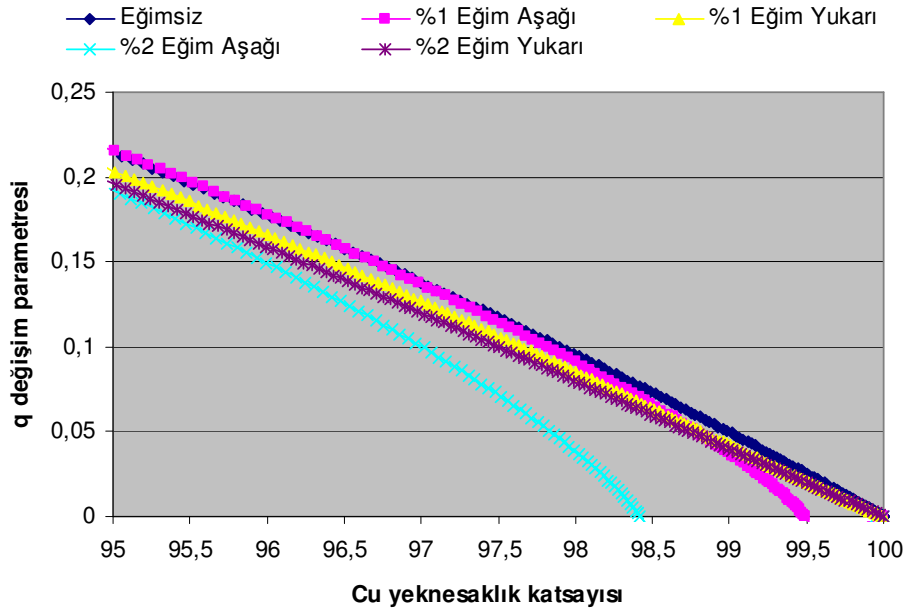
Şekil 4.10 D3 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



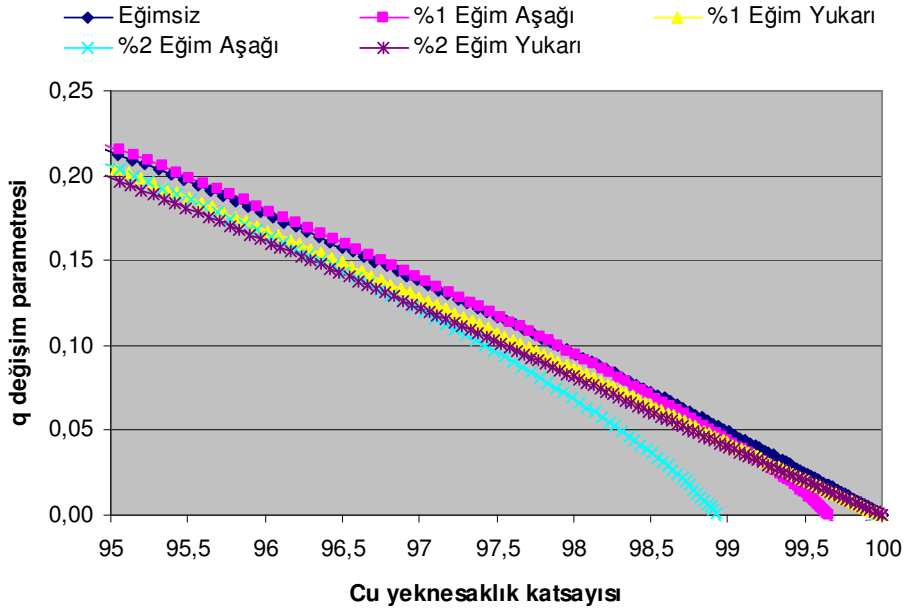
Şekil 4.11 D4 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



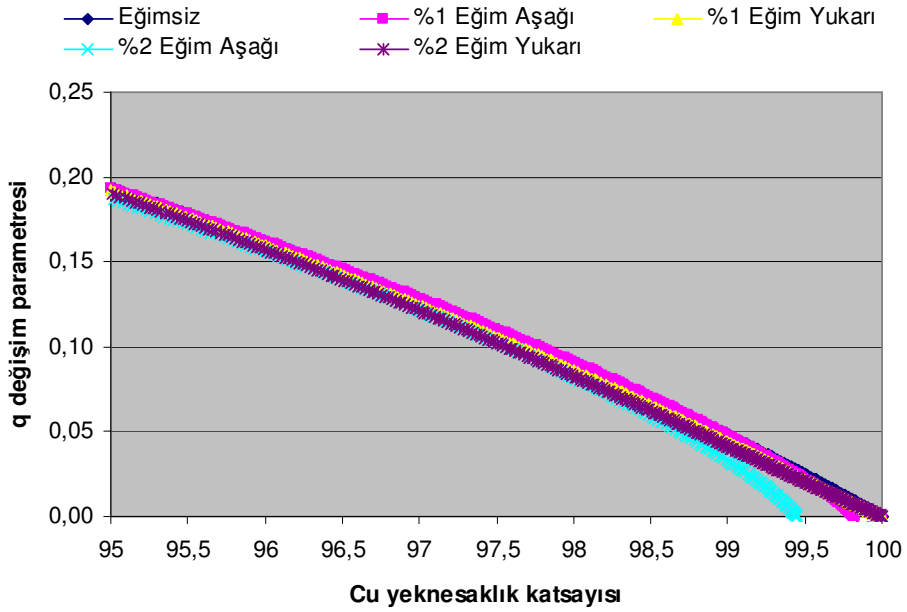
Şekil 4.12 D5 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



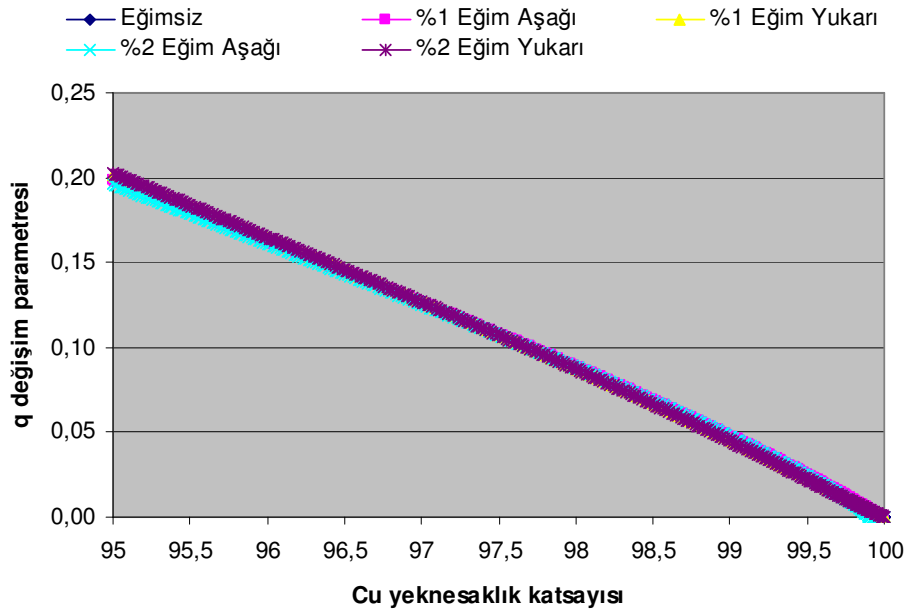
Şekil 4.13 D6 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.14 D7 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.15 D8 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.16 D9 için q değişim parametresi ile Cu yeknesaklık katsayısı arasındaki ilişkiler

Çizelge 4.7 Denemeye alınan damlatıcıların 1.00 m damlatıcı aralığında, 10 mSS basınç değerinde ve çeşitli eğimlerde $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)								
		$Cu \geq 97,5$								
		Lateral Sonu Basınç = 10 mSS								
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Eğimsiz		103,00	154,00	256,00	238,00	129,00	143,00	112,00	248,00	248,00
Aşağı Eğim	1	118,00	156,00	276,00	244,00	156,00	169,00	129,00	270,00	253,00
	2	128,00	158,00	290,00	249,00	168,00	183,00	141,00	285,00	256,00
	3	132,00	159,00	297,00	251,00	56,00	70,00	144,00	292,00	258,00
	4	51,00	160,00	295,00	252,00	40,00	49,00	51,00	287,00	258,00
	5	38,00	161,00	142,00	250,00	32,00	38,00	39,00	115,00	257,00
Yukarı Eğim	1	85,00	152,00	234,00	231,00	97,00	111,00	92,00	223,00	243,00
	2	70,00	149,00	213,00	224,00	72,00	85,00	75,00	199,00	237,00
	3	57,00	147,00	193,00	216,00	54,00	66,00	60,00	177,00	232,00
	4	48,00	145,00	174,00	209,00	43,00	53,00	50,00	158,00	227,00
	5	40,00	142,00	157,00	202,00	35,00	43,00	42,00	140,00	221,00

Tüzel (1990) yaptığı çalışmada ele aldığı damlatıcının eğimsiz ve düzgün eğim yukarı lateral koşullarında Cu yeknesaklık katsayısı ile $q_{degisim}$ boyutsuz parametresi arasında oldukça iyi bir ilişki bulunmuş olup $q_{degisim}$ boyutsuz parametresinin 0,1 değeri için $Cu=97,4$ değerine karşılık geldiğini belirtmiştir. Lateralin düzgün eğim aşağı olması durumunda ise eğimin değişik derecelerine bağlı olarak, Cu yeknesaklık katsayısının belirli değerlerinden sonra, eğimsiz ve düzgün eğim yukarı lateral için belirlenen ilişkide sapmalar görüldüğünü belirtmiştir.

Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14, 4.15, 4.16'dan da görüleceği gibi Tüzel (1990)'ın belirttiği gibi damlatıcıların, eğimsiz ve düzgün eğim yukarı lateral koşullarında Cu yeknesaklık katsayısı ile $q_{degisim}$ boyutsuz parametresi arasında oldukça iyi bir ilişki bulunmuştur. Bu ilişki doğrultusunda $q_{degisim}$ boyutsuz parametresinin 0,1 değeri D1, D2, D4, D7 damlatıcılarının bulunduğu laterallerde $Cu=97,6$ değeri, D3, D6 damlatıcılarının bulunduğu laterallerde $Cu=97,5$ değeri, D8, D9 damlatıcılarının bulunduğu laterallerde $Cu=97,7$ ve D5 damlatıcısının bulunduğu laterallerde $Cu=97,8$ değerine karşılık gelmektedir. Deneme sonuçlarından elde edilen verilerin Wu ve ark (1979) tarafından bildirilen değerlerden sapma göstermesinin nedeni, damlatıcı akış rejimine bağlı "x" katsayısının 0,5'den farklı olarak D1 damlatıcısında 0,5193, D2 damlatıcısında -0,0659, D3 damlatıcısında 0,1366, D4 damlatıcısında -0,0748, D5 damlatıcısında 0,6164, D6 damlatıcısında 0,4997, D7 damlatıcısında 0,5069, D8 damlatıcısında 0,1568, D9 damlatıcısında -0,0621, alınması ile açıklanabilir.

Lateralin düzgün eğim aşağı olması durumunda ise Tüzel (1990)'ın belirttiği gibi eğimin değişik derecelerine bağlı olarak, Cu yeknesaklık katsayısının belirli değerlerinden sonra, eğimsiz ve düzgün eğim yukarı lateral için belirlenen ilişkide sapmalar görülmektedir. Bunun nedeni, eğimsiz ve düzgün eğim yukarı lateral konumunda en yüksek ve en düşük damlatıcı debileri lateralin başı ve sonunda bulunmaktadır. Buna rağmen düzgün eğim aşağı laterallerde en yüksek damlatıcı debisinin lateralin başı veya sonunda, en düşük damlatıcı debisinin ise eğimin derecesine bağlı olarak lateralin herhangi bir yerinde bulunması ile açıklanabilir.

Örnek olarak, şekil 4.8'den D1 damlatıcısında eğimsiz, %1 ve %2 eğim yukarı lateral konumunda $Cu = 100$ değerinde iken $q_{\text{degisim}} = 0$ değerinde olduğu görülmüştür. Bunun nedeni en düşük debili damlatıcının lateral sonunda bulunmasıdır. Fakat %1 eğim aşağı lateral konumunda $Cu = 99,65$ değerinde iken $q_{\text{degisim}} = 0$ değerini almış, %2 eğim aşağı durumunda ise $Cu = 99$ değerinde iken $q_{\text{degisim}} = 0$ değerini almıştır.

Şekil 4.12, 4.13, 4.14'de de görüldüğü gibi D5, D6 ve D7 damlatıcıları için aynı durum oluşmuştur. Fakat bu durumun damlatıcı akış rejimine bağlı "x" katsayısının ne kadar düşük olduğu ile orantılı olarak değişmekte olduğu görülmektedir. Şekil 4.9, 4.11, 4.16'da gösterilen D2, D4 ve D9 damlatıcıları için oluşturulan grafiklerden de görüleceği gibi bütün eğim derecelerinde aynı değerleri almıştır. Daha önceden de belirtildiği gibi D2, D4 ve D9 damlatıcılarının x değerleri negatif değerler almıştır. Bu yüzden D2, D4 ve D9 damlatıcılarının

kullanıldığı bir damla sulama sisteminde en düşük damlatıcı debisi eğim farkı olmaksızın lateral başındadır. Şekil 4.10, 4.15’de ise D3 ve D8 damlatıcısının x değerine bağlı olarak eğim farkından oluşan değişimin D1, D5, D6 ve D7 damlatıcılarından daha az olduğu görülmüştür.

Düzgün eğim aşağı lateral projelendirilmesinde en düşük debideki damlatıcının, lateral üzerindeki yeri bilinmediğinden, gerek eğimsiz ve düzgün eğim yukarı gerekse düzgün eğim aşağı laterallerdeki debi değişiminin belirlenmesinde, lateral üzerindeki her bir damlatıcı debisinin dikkate alındığı Christiansen (Cu) yeknesaklık katsayısının kullanılmasının en doğru yöntem olduğu Korukçu (1980) ile Wu ve ark (1986) tarafından bildirilmiştir. Korukçu (1980), $Cu \geq 97,5$ koşulu sağlandığında lateral uzunluğunca yeknesak su dağılımının elde edildiği kabul edilirken, Wu ve ark (1986) $Cu \geq 95$ olması durumunda yeterli düzeyde, $Cu \geq 98$ koşulunun sağlanmasıyla arzu edilen yeknesaklıkta su dağılımının elde edileceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler doğrultusunda araştırmada, yeknesak su dağılımının sağlanabileceği lateral uzunluklarının belirlenmesinde Korukçu (1980) ve Tüzel (1990) tarafından önerilen $Cu \geq 97,5$ değeri esas alınmıştır.

Denemeye alınan 16 mm dış çaplı laterallerde 1.00 m, 0.75 m, 0.60 m, 0.50 m, 0.40 m, 0.33 m ve 0.25 m damlatıcı aralıkları ve her bir damlatıcı aralığı için eğimsiz, %1-%2-%3-%4-%5 eğim yukarı ve %1-%2-%3-%4-%5 eğim aşağı lateral koşullarında $Cu \geq 97,5$ olacak biçimde, lateral sonu basıncına bağlı olarak yeknesak su dağılımının sağlanabileceği lateral uzunlukları çizelgeler halinde Ek 2.’de verilmiştir. Fakat her damlatıcıya ait 1.00 m damlatıcı aralıkları ve her bir damlatıcı aralığı için eğimsiz, %1-%2-%3-%4-%5 eğim yukarı ve %1-%2-%3-

%4-%5 eğim aşağı lateral koşullarında $Cu \geq 97,5$ olacak biçimde, lateral sonu basıncı 10mSS olacak şekilde yeknesak su dağılımının sağlanabileceği lateral uzunlukları çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7’de D1, D5, D6 ve D7 damlatıcılarının lateral uzunluklarından da görüleceği gibi, düzgün eğim yukarı konumdaki lateral uzunlukları, eğimsiz konumdaki lateral uzunluklarına oranla, eğim derecesine bağlı olarak önemli düzeyde azalmaktadır. Bunu nedeni, eğimden ileri gelen ve lateral uzunluğunca doğrusal olarak artan basınç kayıplarının, lateralde oluşan sürtünme kayıpları ile birlikte etkisi sonucunda damlatıcı debileri arasındaki farklılığın arttırması şeklinde açıklanabilir.

D1, D5, D6 ve D7 damlatıcılarında aşağı eğim olması durumunda, belirli eğim derecelerinde eğim nedeniyle kazanılan basınç, sürtünme nedeniyle kaybolan basıncı belirli bir lateral uzunluğunca dengeleyecektir. Bu nedenle lateral üzerindeki damlatıcıların çalışma basınçları, daha uzun mesafelerde önemli oranda bir değişme göstermekte, dolayısıyla damlatıcı debileri de daha uzun mesafelere yeknesak su dağılım sınırları içerisinde kalmaktadır. Bunun sonucu olarak, belirli eğim dereceleri ve lateral sonu basınçlarında aşağı eğimli laterallerin uzunlukları eğimsiz ve yukarı eğimli laterallere göre daha fazla bulunmuştur. Aşağı eğim derecesinin artması halinde lateralde oluşan basınç farklılıkları, damlatıcı debileri arasındaki farklılığı arttırdığından eş su dağılımının hızla düşmesine neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak da belirli bir aşağı eğim derecesinden sonra lateral uzunlukları hızla düşmektedir.

Belirli bir damlatıcı aralığı için lateral eğiminin artan derecelerinde farklı lateral uzunlukları bulunmasının nedeni, ardışık damlatıcılar arasında eğimden ileri gelen yükseklik farklarının sürtünme kayıplarına oranla Cu yeknesaklık katsayısı üzerine daha büyük bir etkide bulunmasıdır.

D2, D4 ve D9 damlatıcıları dikkate alındığında eğimsiz, eğim aşağı veya eğim yukarı lateral fark etmeden basıncın artmasıyla birlikte lateral uzunluklarının arttığı gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak damlatıcıların basınç düzenleyicili olması gösterebilir. Diğer bir ifadeyle basınç düzenleyicisiz bir damlatıcıda meydana gelen, yani eğim ve lateral boyunca oluşan sürtünme kayıplarının birlikte etki etmesi sonucu lateral boyunca basınç azalması, buna bağlı olarak damlatıcı debilerinin azalması ve lateral uzunluklarının azalması olayı gerçekleşmemektedir. Basınç düzenleyicili damlatıcılarda, eğim ve sürtünme kayıpları basınç tarafından devamlı olarak dengelenmekte olup buna bağlı olarak debi ve lateral uzunlukları artmıştır.

D3 ve D8 damlatıcılarının uzunluklarının gösterildiği çizelgelerde eğimsiz, eğim aşağı ve eğim yukarı uzunluklar basınçla birlikte arttığı görülmüştür. Fakat D1 ve D5’de olduğu gibi aynı nedenden dolayı belli bir aşağı eğim derecesinden sonra lateral uzunlukları hızla düşmektedir.

4.6.2. Damlatıcı Yapım Farklılık Katsayısının Sistem Tasarımı Üzerine Etkisi

Lateral boyutlandırılması üzerine damlatıcı yapım farklılık katsayısının etkisini bulmak amacıyla farklı damlatıcılar için bağıntılar geliştirilerek lateral planlamasında kullanılabilecek ilişkiler saptanmıştır. Söz konusu hesaplamalarda, her bir damlatıcı için 1m damlatıcı aralığı, 10 mSS basınç altında ve eğimsiz koşuldaki lateraller dikkate alınmıştır.

Bağıntılarda, her damlatıcı için lateral uzunlukları ile ilgili parametrelerin birbirleri ile ilişkileri belirtilmiştir. Bu bağıntıların güvenilirliğini belirten bağdaşım katsayıları oldukça yüksek çıkmıştır. Bu bağıntıların oluşturulmasındaki amaç, her damlatıcı için hidrolik olarak belirlenmiş olan tasarım ölçütlerini yapımcı farklılık katsayısını da dikkate alarak geliştirmektir. Damlatıcı yapım farklılığının lateral boyutlandırılmasına etkisinin daha iyi incelenebilmesi için her bir damlatıcının C_u - $C_v(h)$ ve C_u - $C_v(hm)$ arasındaki ilişkileri belirten grafikler çizilmiştir.

D1 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$C_u = -67,334 C_v(h) + 100 \quad (R^2 = 1)$$

$$C_u = 1716 C_v(hm)^2 - 306,27 C_v(hm) + 108,9 \quad (R^2=0,9849)$$

D2 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$C_u = -80,961 C_v(h) + 100,09 \quad (R^2 = 0,998)$$

$$C_u = 972,72 C_v(hm)^2 - 195,37 C_v(hm) + 103,76 \quad (R^2=0,9849)$$

D3 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -72,43 C_v(h) + 100,03 \quad (R^2 = 0,9996)$$

$$Cu = 3381,1 C_v(hm)^2 - 607,3 C_v(hm) + 122,57 \quad (R^2=0,9856)$$

D4 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -79,718 C_v(h) + 100,08 \quad (R^2 = 0,9983)$$

$$Cu = 3123,3 C_v(hm)^2 - 533,37 C_v(hm) + 117,82 \quad (R^2=0,9902)$$

D5 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -67,089 C_v(h) + 100 \quad (R^2 = 1)$$

$$Cu = 17835 C_v(hm)^2 - 5999,1 C_v(hm) + 599,86 \quad (R^2=0,9747)$$

D6 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -67,489 C_v(h) + 100 \quad (R^2 = 1)$$

$$Cu = 4354,1 C_v(hm)^2 - 864,76 C_v(hm) + 138,36 \quad (R^2=0,9794)$$

D7 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -67,404 C_v(h) + 100 \quad (R^2 = 1)$$

$$Cu = 5512,1 C_v(hm)^2 - 1181,4 C_v(hm) + 158,7 \quad (R^2=0,9784)$$

D8 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

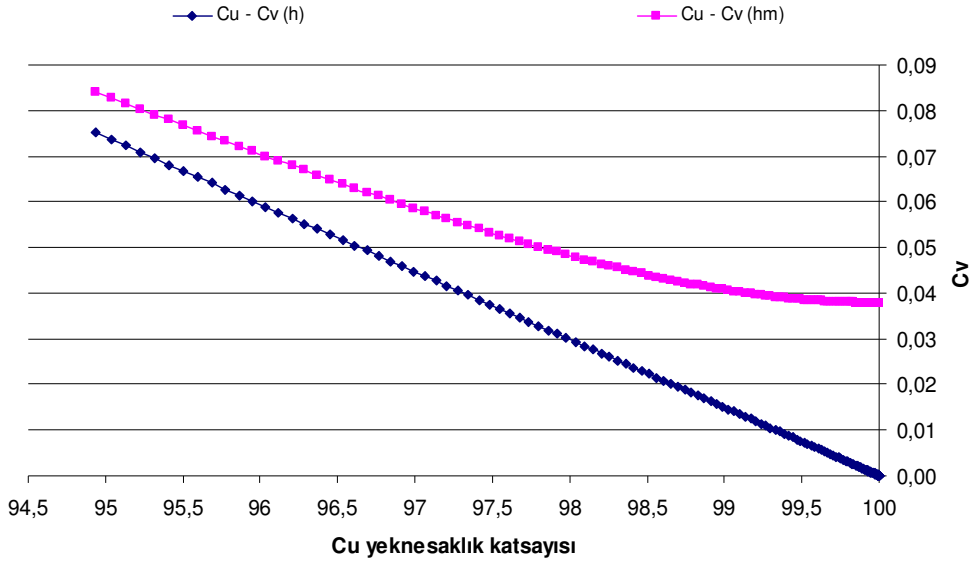
$$Cu = -71,611 C_v(h) + 100,03 \quad (R^2 = 0,9997)$$

$$Cu = 1990 C_v(hm)^2 - 343,83 C_v(hm) + 110,05 \quad (R^2=0,9875)$$

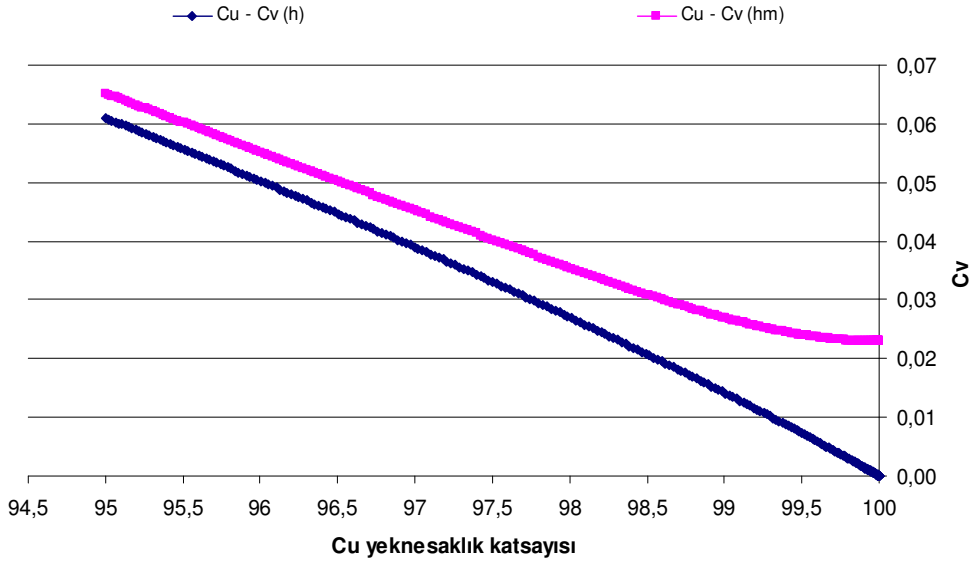
D9 damlatıcısı için oluşturulan bağıntılar;

$$Cu = -81,658 C_v(h) + 100,09 \quad (R^2 = 0,998)$$

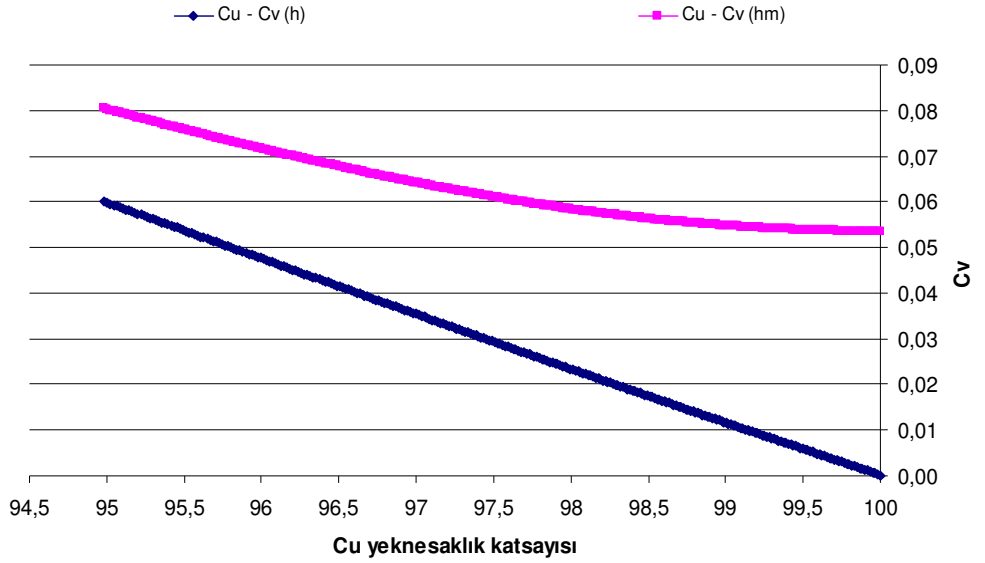
$$Cu = 1389,2 C_v(hm)^2 - 251,39 C_v(hm) + 105,77 \quad (R^2=0,9935)$$



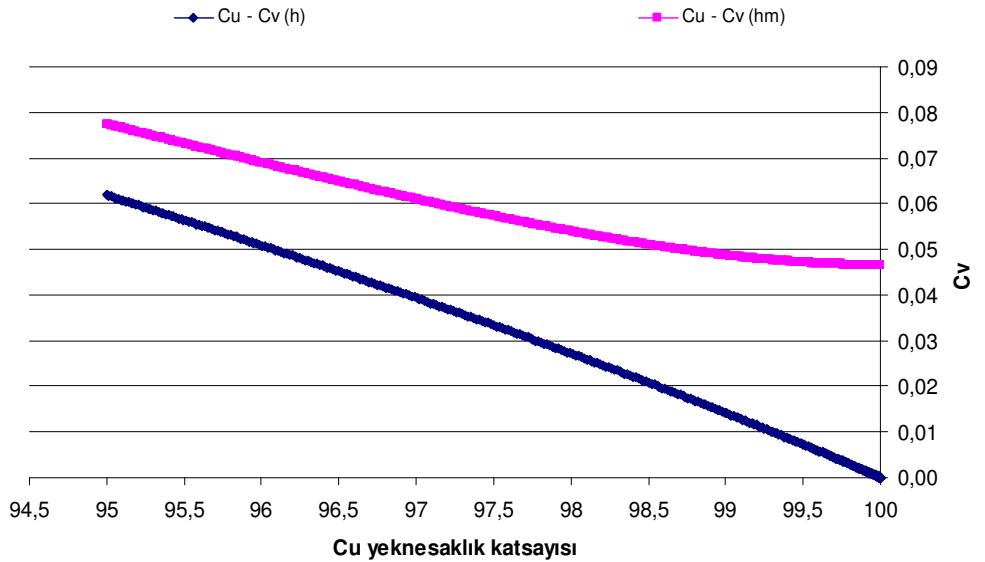
Şekil 4.17 D1 damlatıcısı için $C_u - C_v(h)$ ve $C_u - C_v(hm)$ arasındaki ilişkiler



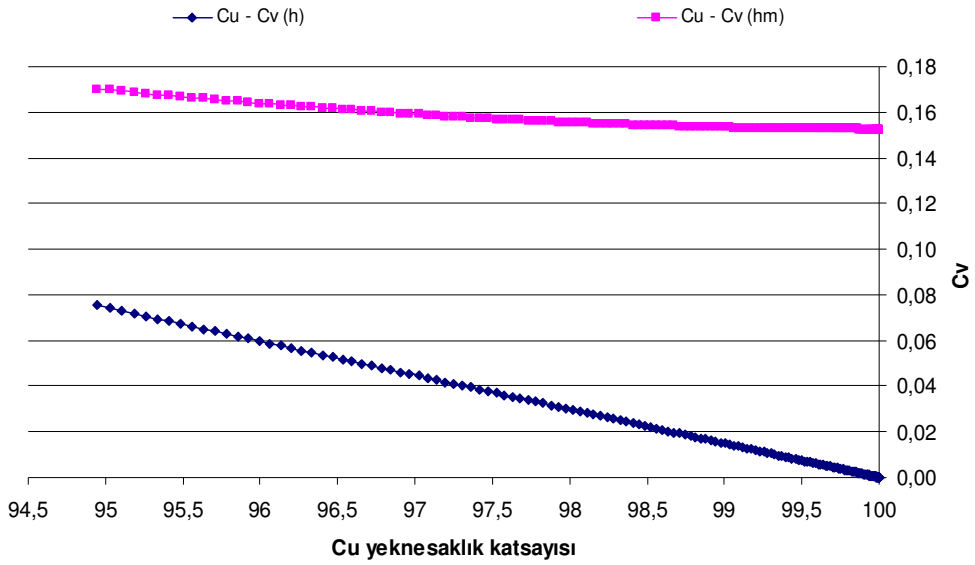
Şekil 4.18 D2 damlatıcısı için $C_u - C_v(h)$ ve $C_u - C_v(hm)$ arasındaki ilişkiler



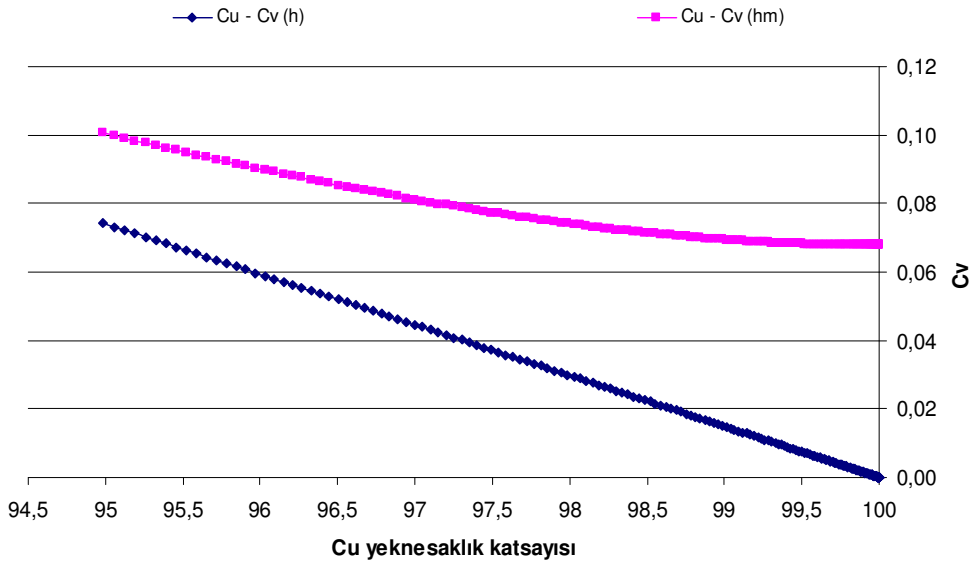
Şekil 4.19 D3 damlatıcısı için $Cu-Cv(h)$ ve $Cu-Cv(hm)$ arasındaki ilişkiler



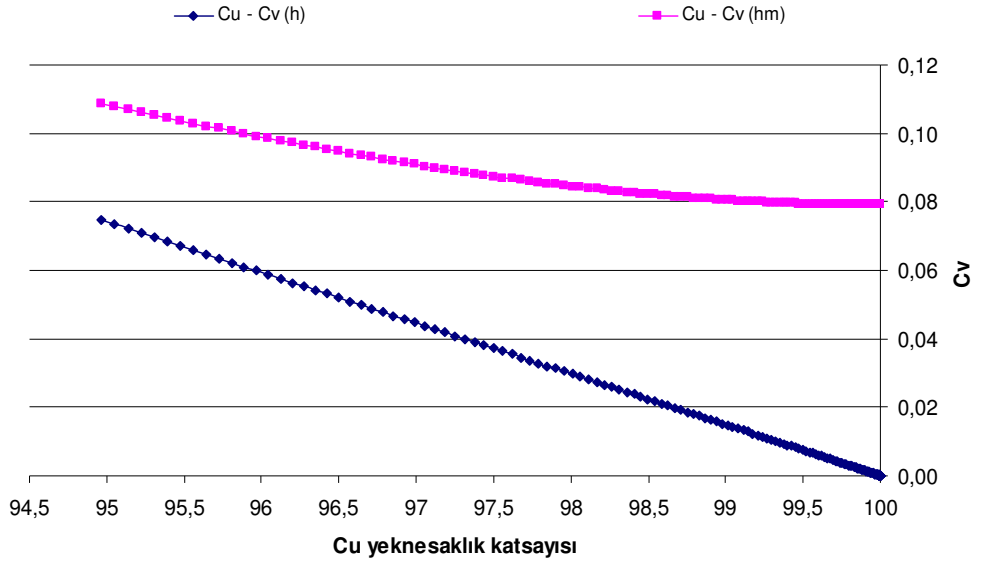
Şekil 4.20 D4 damlatıcısı için $Cu-Cv(h)$ ve $Cu-Cv(hm)$ arasındaki ilişkiler



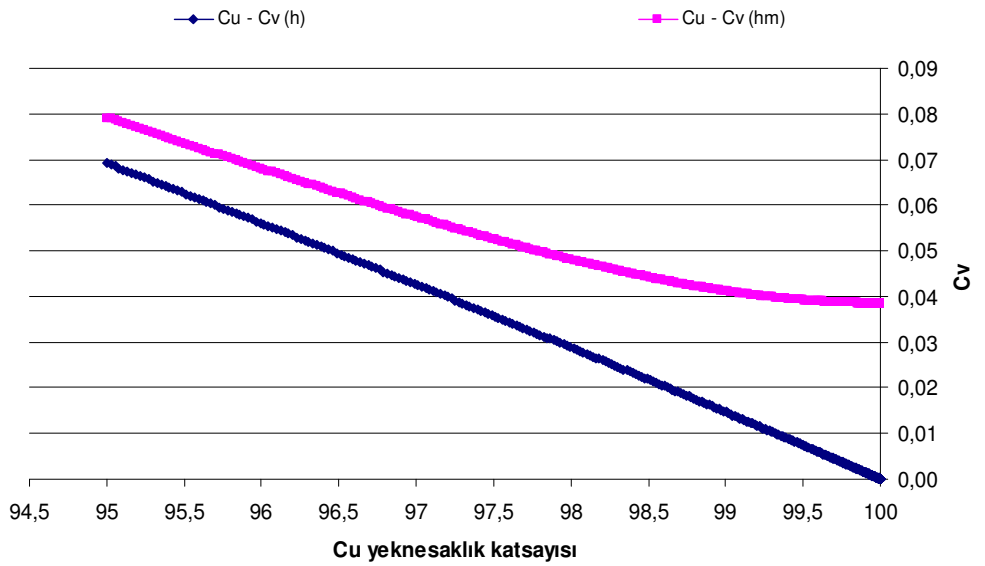
Şekil 4.21 D5 damlatıcısı için $C_u-C_v(h)$ ve $C_u-C_v(hm)$ arasındaki ilişkiler



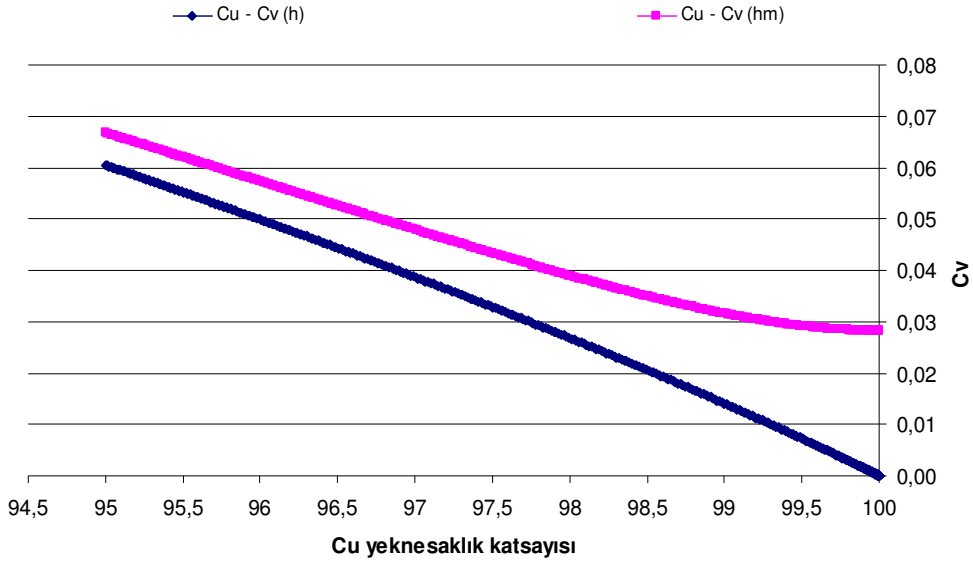
Şekil 4.22 D6 damlatıcısı için $C_u-C_v(h)$ ve $C_u-C_v(hm)$ arasındaki ilişkiler



Şekil 4.23 D7 damlatıcısı için $Cu-Cv(h)$ ve $Cu-Cv(hm)$ arasındaki ilişkiler



Şekil 4.24 D8 damlatıcısı için $Cu-Cv(h)$ ve $Cu-Cv(hm)$ arasındaki ilişkiler



Şekil 4.25 D9 damlatıcısı için Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkiler

4.6.2.1. Damlatıcı Yapım Farklılığının Us (İstatistiksel Yeknesaklık) Üzerine Etkisi

Damlatıcı yapım farklılığının lateral boyutlandırılmasına etkisinin daha iyi incelenebilmesi için her bir damlatıcının Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkileri belirten Şekil 4.17, 4.18, 4.19, 4.20, 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 ve 4.25’den yola çıkarak her bir damlatıcıya ait Cu = 98’e karşılık gelen Cv(h) ve Cv(hm) değerleri bulunmuştur. Bu değerler Eşitlik 6’da yerine konularak Us değerleri belirlenmiş ve Çizelge 2.2’de verilen sınıflandırmaya göre hangi sınıfta yer aldıkları tablo halinde Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Her Bir Damlatıcının $Cu = 98$ Değerinde Oluşan $Cv(h)$, $Cv(hm)$, Us Değerleri ve Us Sınıfı

Damlatıcı	Cu Değerleri	$Cv(h)$ - $Cv(hm)$ Değerleri	Us Değerleri	Sınıfı
D1	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,030$	$Us = 97,0$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,048$	$Us = 95,2$	M
D2	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,025$	$Us = 97,5$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,035$	$Us = 96,5$	M
D3	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,022$	$Us = 97,8$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,058$	$Us = 94,2$	İ-M
D4	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,027$	$Us = 97,3$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,055$	$Us = 94,5$	İ-M
D5	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,035$	$Us = 96,5$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,156$	$Us = 84,4$	İ
D6	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,030$	$Us = 97,0$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,072$	$Us = 92,8$	İ-M
D7	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,030$	$Us = 97,0$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,083$	$Us = 91,7$	İ-M
D8	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,028$	$Us = 97,2$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,047$	$Us = 95,3$	M
D9	$Cu = 98$	$Cv(h) = 0,028$	$Us = 97,2$	M
	$Cu = 98$	$Cv(hm) = 0,040$	$Us = 96,0$	M

Çizelge 4.8'den görüleceği gibi, damlatıcıların yapım farklılık katsayısı dikkate alınmadan elde edilen $Cv(h)$ değerlerinin Eşitlik 6'da yerine konulması ile bulunan Us katsayıları, damlatıcıların yapım farklılık katsayısı dikkate alınması ile elde edilen $Cv(hm)$ değerlerinin eşitlik 6'da yerine konulması ile bulunan Us katsayılarından yüksektir. Bunun nedeni kullanılan damlatıcıların yapım farklılık katsayısı olarak açıklanabilir.

Denemeye alınan damlatıcılar arasında Çizelge 4.3’de de görüleceği gibi en yüksek yapım farklılık katsayısına sahip damlatıcı 5 numaralı damlatıcıdır.

Bu nedenden dolayı Çizelge 4.8’den de görüleceği gibi D5 damlatıcısı Us değerleri arasında çok fazla bir fark oluşmuştur. D5 damlatıcısının Us sınıfı yapım farklılığı dikkate alınmadan 96,5 ve sınıfı “mükemmel” olurken yapım farklılığı dikkate alındığında ise bu değer 84,4 ve sınıfı “iyi” olmuştur.

Denemeye alınan damlatıcıların yapım farklılığı nedeniyle Us değerleri arasında farklar oluşmuştur. D1, D2, D8, D9 damlatıcılarında bu farklılıklar Us sınıfını etkilememiştir. Fakat D3, D4, D6 ve D7 damlatıcılarında bu farklılık Us sınıfını “mükemmel”den “iyi-mükemmel” sınıfına düşürmüş, D5 damlatıcısında ise bu düşüş yapım farklılığının kabul edilemez sınıfında olduğu için çok fazla olmuş ve Us sınıfı “mükemmel” den “iyi” ye düşmüştür.

4.6.2.2. Damlatıcı Yapım Farklılığının Cu ve $q_{\text{değişim}}$ Parametreleri Üzerine Etkisi

Denemeye alınan damlatıcıları için oluşturulmuş Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkileri belirten grafiklerden yola çıkarak her bir damlatıcıya ait Cu = 98’e karşılık gelen Cv(h) ve Cv(hm) değerleri ve Şekil 2.2’den Cu = 98’e karşılık gelen $q_{\text{değişim}}$ parametresinin değeri bulunmuştur. Bulunan Cv(hm) değerinin Cv(h) değeri olarak dikkate alınmasından sonra oluşacak Cu ve $q_{\text{değişim}}$ değerleri belirlenmiş ve

böylece damlatıcı yapım farklılığının C_u ve q_{degisim} üzerine etkileri bulunmuştur.

D1 damlatıcısı için

$C_u = 98$ 'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, $C_v(h)$ değeri 0.03, $C_v(hm)$ değeri ise 0,048 olmaktadır. Elde edilen bu $C_v(hm)$ değerini $C_v(h)$ eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen C_u değeri 96.6 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %14 seviyesine yükselmiştir.

D2 damlatıcısı için

$C_u = 98$ 'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, $C_v(h)$ değeri 0.025, $C_v(hm)$ değeri ise 0,035 olmaktadır. Elde edilen bu $C_v(hm)$ değerini $C_v(h)$ eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen C_u değeri 97.2 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %12 seviyesine yükselmiştir.

D3 damlatıcısı için

$C_u = 98$ 'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, $C_v(h)$ değeri 0.022, $C_v(hm)$ değeri ise 0,058 olmaktadır. Elde edilen bu $C_v(hm)$ değerini $C_v(h)$ eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen C_u değeri 95 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %20 seviyesine yükselmiştir.

D4 damlatıcısı için

Cu = 98'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, Cv(h) değeri 0.027, Cv(hm) değeri ise 0,055 olmaktadır. Elde edilen bu Cv(hm) değerini Cv(h) eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen Cu değeri 95.2 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %19 seviyesine yükselmiştir.

D5 damlatıcısı için

Cu = 98'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, Cv(h) değeri 0.035, Cv(hm) değeri ise 0,156 olmaktadır. Elde edilen bu Cv(hm) değerini Cv(h) eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen Cu değeri 88 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %37 seviyesine yükselmiştir.

D6 damlatıcısı için

Cu = 98'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, Cv(h) değeri 0.030, Cv(hm) değeri ise 0,072 olmaktadır. Elde edilen bu Cv(hm) değerini Cv(h) eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen Cu değeri 95 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %20 seviyesine yükselmiştir.

D7 damlatıcısı için

Cu = 98'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, Cv(h) değeri 0.03, Cv(hm) değeri ise 0,083 olmaktadır. Elde edilen bu Cv(hm) değerini Cv(h) eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen Cu değeri 94,3 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %22 seviyesine yükselmiştir.

D8 damlatıcısı için

$C_u = 98$ 'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, $C_v(h)$ değeri 0.028, $C_v(hm)$ değeri ise 0,047 olmaktadır. Elde edilen bu $C_v(hm)$ değerini $C_v(h)$ eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen C_u değeri 96.5 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %15 seviyesine yükselmiştir.

D9 damlatıcısı için

$C_u = 98$ 'e karşılık gelen q_{degisim} değeri %10, $C_v(h)$ değeri 0.028, $C_v(hm)$ değeri ise 0,040 olmaktadır. Elde edilen bu $C_v(hm)$ değerini $C_v(h)$ eğrisi üzerinde dikkate alındığımızda grafikten elde edilen C_u değeri 97 olarak değişmiş ve buna bağlı olarak q_{degisim} değeri de %13 seviyesine yükselmiştir.

Denemeye alınana bütün damlatıcılar için elde edilen C_u ve q_{degisim} değerlerin doğrultusunda damlatıcı yapım farklılığı dikkate alındığında bu değerlerin değiştiği gözlenmektedir. Her bir damlatıcı için damlatıcı yapım farklılığı dikkate alınarak bulunan C_u değerleri içinde en fazla düşüş en yüksek yapım farklılığına sahip olan D5 damlatıcısında görülmüştür. Diğer damlatıcılardaki düşüşler ise göz ardı edilemeyecek kadar fazla olmuştur.

Araştırmacılar, lateral projelendirmesinde C_u değeri 98 veya daha yüksek olması arzu edildiğini, 95-98 olmasının kabul edilebilir olduğunu, 95'den daha düşük C_u değerlerinin ise kabul edilemeyeceğini savunmaktadırlar. Bu kapsamda elde edilen değerlerden görüleceği gibi D1, D2, D3, D4, D6, D8, D9 damlatıcılarının kabul edilebilir düzeyde

olduğunu fakat D5 ve D7 damlatıcısının kabul edilemeyecek düzeyde olduğu görülmüştür.

Damlatıcı debi değişimi ile C_u katsayısı arasındaki ilişkiyi de ortaya koyan araştırmacılar, $q_{\text{değişim}} = \%10$ 'un $C_u = 98$ 'e ve $q_{\text{değişim}} = \%20$ 'nin $C_u = 95$ 'e yaklaştığını belirtmişlerdir. Bu koşulda damlatıcının C_u değeri 98'den daha düşük değerler aldıkça buna bağlı olarak $q_{\text{değişim}}$ değeri de yükselmektedir. Denemeye alınan damlatıcılardan elde edilen sonuçlar bu yaklaşıma uymaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Damla sulama sisteminde kullanılan, farklı tip ve özellikte imal edilen damlatıcılara ait bazı teknik özelliklerinin ve damlatıcı yapım farklılık katsayısının projelendirme kriterlerinden biri olan sistem tasarımı üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanan öneriler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Denemeye alınan damlatıcılardan 3 tanesi basınç düzenleyicili, 2 tanesi kısmi basınç düzenleyicili ve 4 tanesi de basınç düzenleyicisizdir. Basınç düzenleyicili damlatıcılarda debi değeri 15 mSS basınç değerine kadar azalmakta ve diğer basınç değerlerinde sabitlenmektedir. Kısmi basınç düzenleyicili ve basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda ise basınç artışıyla birlikte debi değerleri de artmaktadır. Fakat debi değerindeki bu artış kısmi basınç düzenleyicili damlatıcılarda basınç düzenleyicisiz damlatıcılara oranla daha az olmuştur. Çizelge 4.2’de verilen r^2 (bağdaşım katsayısı) değerlerinden de görülebileceği gibi basınç ile debi değerleri arasındaki ilişki basınç düzenleyicisiz ve kısmi basınç düzenleyicili damlatıcılarda kuvvetli fakat basınç düzenleyicili damlatıcılarda bu ilişki diğerlerine oranla zayıftır. Bu nedenlerden dolayı basınç dalgalanmalarından etkilenmeyen basınç düzenleyicili damlatıcı kullanılması önerilmektedir.

Aynın firmanın ürettiği aynı özellikteki damlatıcının aynı basınçta test edilmesi sonucunda farklı debilerin ortaya çıkması damlatıcı yapım farklılığından kaynaklanmış ve yeknesak su dağılımını önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Bu damlatıcıların yeknesaklık katsayılarının

(Us, Eu, Cu) ortalama değerlerine bakıldığında damlatıcı yapım farklılık katsayısı (Cv) ile paralellik gösterdiği belirlenmiştir. Cv değeri düşük olduğu sürece Us, Eu, Cu değerleri yüksek değerlerde seyretmektedir. Damlatıcılara ait yapım farklılığı katsayıları işletme basınçlarına bağlı olarak belirli oranlarda değişiklik göstermiştir. Bu nedenle damlatıcı için en uygun basınçta sistem çalıştırılmalıdır. Örnek olarak D4 damlatıcısı dikkate alındığında 5 mSS basınçta çalıştırılması sonucu Cv değeri %9, 10 mSS basınçta çalıştırıldığında ise bu değerin %4,66 olduğu görülmüştür. Bu nedenlerden dolayı yapılan projelirmede damlatıcı seçimi yapılırken üretici firmanın verdiği yapımçı farklılık katsayısı ve basınç değerleri dikkate alınarak projelendirilmelidir.

Damla sulama sisteminde laterallerin hidrolik yönden projelendirilmesinin esas amacı, damlatıcı debileri arasındaki değişimin belirli bir değeri aşmamasını sağlamaktır. Bu nedenle, uygulamada karşılaşılan koşullara cevap verebilecek biçimde seçilen damlatıcı aralıkları ile lateral eğiminin değişik dereceleri için lateral sonu basıncına bağlı lateral uzunlukları belirlenerek çizelgeler şeklinde hazırlanmıştır. Çizelgelerin söz konusu koşullarda yapılacak proje çalışmalarında kolaylık sağlayacağı söylenebilir.

Damlatıcı yapım farklılık katsayısının lateral tasarımı üzerine etkisi belirlemek amacıyla her bir damlatıcı için 1 m damlatıcı aralığı, 10 mSS basınç altında ve eğimsiz koşulda çeşitli bağıntılar geliştirilmiş ve bu bağıntılarının yardımıyla Cu-Cv(h) ve Cu-Cv(hm) arasındaki ilişkileri belirten grafikler çizilmiştir. Grafiklerden elde edilen verilerin sonucunda damlatıcı yapım farklılığının Us, Cu ve $q_{degisim}$ üzerine etkileri

araştırılmış ve damlatıcı yapım farklılık katsayısının yüksek olduğu durumlarda bu değerlerin çok fazla değiştiği görülmüştür.

Söz konusu değerlere göre damlatıcı debi değişiminin yalnızca hidrolik hesaplamalar dikkate alınarak yapılması durumunda debi değişiminde %10 olarak öngörülen değişim, damlatıcı yapım farklılık katsayısının %2,5 olduğu koşulda %12'ye yükselmektedir. Buna karşın damlatıcı yapım farklılık katsayısının %15,6 olduğu koşulda debi değişimi çok daha fazla artarak %37'ye yükselmektedir.

Ülkemizde büyük bir kullanım potansiyeli bulunan damla sulama sisteminin en önemli unsuru olan damlatıcının seçiminde Cv katsayısının mutlaka %5'in altında olması yeknesak sulama yönünden son derece önemlidir. Ayrıca damlatıcının üretim aşamasında gerek hammadde gerekse teknik yönden yapım farklılığını en aza indirecek düzeyde kalite kontrol sistemine ve daha iyi damlatıcıların üretilmesi için ar-ge birimine ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anonim, 2009**, Sulama Sistemine Göre Sulama Yapan İşletme Sayısı ve Sulanan Alan, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK),
http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=296
- ASAE, 2002**, Design and Installation of Microirrigation Systems, ASAE EP405.1 Dec.01, p.903-907.
- 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, Adana, s.20.
- 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., F., Edwards, D., M., 1986**, Field Evaluation of Drip Irrigation Submain Units, Trans. ASAE 29(6): 1659-1664.
- Bralts, V.F., Edwards, D.M ve Wu, I.P., 1987**, Drip İrrigation Design and Evaluation Based on the Statistical Uniformity Concept. Advances in İrrigation, Vol.4, p.71
- Chiristiansen, J. E., 1942**, Hydraulic of Springling Systems for Irrigation, Trans. ASCE 107, p.221-239.
- Çamoğlu, G., 2004**, Farklı Yapımcı ve Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcılarda Eş Su Dağılımının İncelenmesi, Ç.O.M.Ü. Fen Bil. Enst.Y. Lisans Tezi, s.5-31.
- Çamoğlu, G., Yavuz, M.Y., 2006**, Boruya İçten Geçik (In-Line) ve Dıştan Geçik (On-Line) Damlatıcılarda Yapım Farklılığı Katsayısının Sulama Yeknesaklığına Etkisi, Akdeniz Üni. Zir. Fak. Dergisi 19(1): 1-8.
- Demir, V., 1997**, Mikro Sulama Sistemlerini Oluşturan Elemanların Teknik Özelliklerinin ve Bu Sistemlerdeki Sürtünme Kayıplarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Ege Ün. Fen Bil. Ens. Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir s.35-36, 99.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kang, Y.**, 2000, Effect of Operating Pressures on Microirrigation Uniformity, Trans. Irrigation Science. 20: 23-27
- Kapdaşı, 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, Trans. ASAE 17(4): 678-684.
- Keller, J., Karmeli, D.**, 1975, Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation Glendora, California, U.S.A., p.1- 49.
- Korukçu, A.**, 1980, Damla Sulamasında Yan Boru Uzunlarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, Ankara Ün. Zir. Fak. Yayınları 742, Ankara, s.75.
- Korukçu, A.**, 1992, Sulamadaki Gelişmelerin Türkiye'ye Yansımaları, TOPRAKSU Dergisi, Ankara, s.4-5.
- Korukçu, A., Yıldırım, O.**, 1984, Damla Sulamasında Su Dağılımı Açısından Yan Boru Uzunluklarının Saptanması, I. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Ç.Ü.Z.F, Adana, s.16-39.
- Korukçu, A., Yazgan, S., Büyükcangaz, H.** 2007, Tarımda Suyun Etkin Kullanımı: Türkiye'ye Bir Bakış, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, İstanbul, s.171.
- Nakayama, F.S., Bucks, D.A., Clemmens, A.J.**, 1979, Assesing Trickle Emitter Application Uniformity, Trans. ASAE 22(4):816-821.
- Özekici, B., Sneed, R., E.**, 1995, Manufacturing Variation for Various Trickle Irrigation On-Line Emitters, Applied Engineering in Agriculture 11(2), s.235-240.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özekici, B., Bozkurt, S.,** 1996, Boru İçi (In-Line) Damlatıcıların Hidrolik Performanslarının Belirlenmesi, J. of Agriculture and Forestry 23 (1999) Ek Sayı 1, Tübitak, s.19-24.
- Pitts, D., J., Ferguson, J., A., Wright, R., E.,** 1986, Trickle Irrigation Lateral Line Design by Computer Analysis, Trans. ASAE 29(5):1320-1324.
- Püskülcü, H., İkiz, F.,** 1986, İstatistiğe Giriş, Ege Ün. Mühendislik Fak. Ders Kitapları Yayın No: 1, İzmir, s.234.
- Solomon, K.,** 1979, Manufacturing Variation of Trickle Emitters, Trans. ASAE 22(5):1034-1038
- Solomon, K., Keller, J.,** 1978, Trickle Irrigation Uniformity and Efficiency, Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE, Vol.104, No.1R3
- Şener, S., Ertaş, M., R., Öğretir, K., Aran, A.,** 1995, Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Sulama Teknikleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Yayın No: 89, Menemen/İZMİR, s.64-66.
- 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, Doktora Tezi, İzmir, s.3-35
- Tüzel, İ., H., Anaç, S.,** 1991, Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları, Ege Ün. Ziraat Fak. Der. Cilt:28, No:1, İzmir, s.239-254.
- Wu, I.P.,** 1996, An Assessment of Hydraulic Design of Micro-Irrigation Systems, Trans. Agricultural Water Management 32 (1997): 275-284.
- Wu, I.P., Gitlin, H.M.,** 1974, Drip Irrigation Design Based on Uniformity, Trans. ASAE, Vol.17, No:13
- 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.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- 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., Gitlin, H.M., Solomon, K. H., ve Saruwatari, C.A.,** 1986, Design Principles System Design In Trickle Irrigation for Crop Production (ed. F.S.Nakayama, D.A.Bucks), Elsevier Science Publishers, B.Y.The Netherlands.
- Wu, I., P., Barragan, J.,** 2000, Design Criteria for Microirrigation Systems, Trans. ASAE 43(5), p.1145-1154.
- Yaşar, S., Anaç, S.,** 1989, Damla Sulama Sistemlerinin Hidroliği, E.Ü. Ziraat Fakültesi Dergi, Cilt. 26, No.2, İzmir, s.253.
- Yıldırım, O.,** 1996, Sulama Sistemleri II, A.Ü. Ziraat Fakültesi, Yayın No:1449, Ders Kitabı: 429, Ankara, s.229-239.
- 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 Grafıksel Yöntem, A.Ü.Z.F. Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt: 5, Sayı:1, Ankara, s.24-32.

ÖZGEÇMİŞ

25 Ocak 1983 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’ de tamamladı. 2001 yılında başladığı Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programının Tarımsal Yapılar ve Sulama opsiyonundan 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda Lisansüstü öğrenimine başladı.

EKLER

- Ek 1.** Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Lateral Uzunluğunun Bulunduğu ve $C_v(h)$ ve $C_v(hm)$ Değerlerinin Lateral Tasarımına Etkisinin Araştırıldığı Tablo
- Ek 2.** Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Çeşitli Basınç, Damlatıcı Aralığı ve Eğim Koşulları İçin Yeknesak Su Dağılımının Sağlanabileceği Lateral Uzunlukları

Ek 1. Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Lateral Uzunluğunun Bulunduğu ve Cv(h) ve Cv(hm) Değerlerinin Lateral Tasarımına Etkisinin Araştırıldığı Tablo

Damlatıcı Sayısı	Lateral Sonu Basıncı (mSS)	Damlatıcı Debişi q=kxh	Yük kaybı (hf)	Cv (h)	Cv (m)	CV (hm)	Christiansen yeknesaklık katsayısı	Damlatıcı Debi Değişimi	Lateral Uzunluğu (m)
1	10,0000000	3,8266699	0,0000139	0,0000000	0,0378463	0,0378463	100,0000000	0,0000000	1
2	10,0000139	3,8266727	0,0000502	0,0000004	0,0378463	0,0378463	99,9999820	0,0000000	2
3	10,0000641	3,8266826	0,0001063	0,0000014	0,0378463	0,0378463	99,9999220	0,0000000	3
4	10,0001704	3,8267038	0,0001811	0,0000034	0,0378463	0,0378463	99,9998009	0,0000000	4
5	10,0003515	3,8267397	0,0002738	0,0000067	0,0378463	0,0378463	99,9996003	0,0000000	5
6	10,0006253	3,8267942	0,0003838	0,0000115	0,0378463	0,0378463	99,9993024	0,0000000	6
7	10,0010092	3,8268704	0,0005106	0,0000180	0,0378463	0,0378463	99,9988902	0,0000000	7
8	10,0015198	3,8269719	0,0006539	0,0000265	0,0378463	0,0378463	99,9983471	0,0000000	8
9	10,0021737	3,8271018	0,0008133	0,0000373	0,0378463	0,0378463	99,9976567	0,0000000	9
10	10,0029870	3,8272634	0,0009886	0,0000505	0,0378463	0,0378463	99,9968030	0,0000000	10
11	10,0039756	3,8274598	0,0011795	0,0000664	0,0378463	0,0378463	99,9957702	0,0000000	11
12	10,0051551	3,8276942	0,0013857	0,0000853	0,0378463	0,0378464	99,9945431	0,0000000	12
13	10,0065408	3,8279695	0,0016072	0,0001074	0,0378463	0,0378464	99,9931061	0,0000000	13
14	10,0081480	3,8282887	0,0018437	0,0001328	0,0378463	0,0378465	99,9914444	0,0000000	14
15	10,0099918	3,8286550	0,0020951	0,0001619	0,0378463	0,0378466	99,9895430	0,0000000	15
16	10,0120869	3,8290711	0,0023613	0,0001947	0,0378463	0,0378468	99,9873872	0,0000000	16
17	10,0144482	3,8295400	0,0026420	0,0002317	0,0378463	0,0378470	99,9849625	0,0000000	17
18	10,0170902	3,8300647	0,0029372	0,0002728	0,0378463	0,0378473	99,9822545	0,0000000	18
19	10,0200275	3,8306478	0,0032468	0,0003185	0,0378463	0,0378476	99,9792490	0,0000000	19
20	10,0232743	3,8312924	0,0035707	0,0003688	0,0378463	0,0378481	99,9759317	0,0000000	20
21	10,0268450	3,8320011	0,0039087	0,0004240	0,0378463	0,0378487	99,9722888	0,0000000	21
22	10,0307537	3,8327767	0,0042609	0,0004844	0,0378463	0,0378494	99,9683065	0,0000000	22
23	10,0350146	3,8336221	0,0046270	0,0005500	0,0378463	0,0378503	99,9639709	0,0000000	23
24	10,0396416	3,8345399	0,0050070	0,0006211	0,0378463	0,0378514	99,9592684	0,0000000	24
25	10,0446486	3,8355329	0,0054010	0,0006979	0,0378463	0,0378527	99,9541857	0,0000000	25
26	10,0500496	3,8366038	0,0058087	0,0007806	0,0378463	0,0378543	99,9487092	0,0000000	26
27	10,0558583	3,8377551	0,0062301	0,0008693	0,0378463	0,0378563	99,9428258	0,0000000	27
28	10,0620884	3,8389897	0,0066653	0,0009644	0,0378463	0,0378586	99,9365223	0,0000000	28
29	10,0687537	3,8403101	0,0071141	0,0010660	0,0378463	0,0378613	99,9297856	0,0000000	29
30	10,0758678	3,8417189	0,0075764	0,0011742	0,0378463	0,0378645	99,9226029	0,0000000	30
31	10,0834442	3,8432187	0,0080523	0,0012893	0,0378463	0,0378682	99,9149612	0,0000000	31
32	10,0914965	3,8448122	0,0085418	0,0014114	0,0378463	0,0378726	99,9068480	0,0000000	32
33	10,1000383	3,8465018	0,0090447	0,0015408	0,0378463	0,0378776	99,8982505	0,0000000	33
34	10,1090830	3,8482902	0,0095610	0,0016776	0,0378463	0,0378834	99,8891563	0,0000000	34
35	10,1186440	3,8501799	0,0100908	0,0018220	0,0378463	0,0378901	99,8795530	0,0000000	35
36	10,1287347	3,8521733	0,0106339	0,0019742	0,0378463	0,0378977	99,8694283	0,0000000	36
37	10,1393687	3,8542730	0,0111905	0,0021344	0,0378463	0,0379064	99,8587700	0,0000000	37
38	10,1505592	3,8564814	0,0117604	0,0023027	0,0378463	0,0379163	99,8475662	0,0000000	38
39	10,1623196	3,8588010	0,0123437	0,0024793	0,0378463	0,0379274	99,8358049	0,0000000	39
40	10,1746632	3,8612343	0,0129403	0,0026644	0,0378463	0,0379400	99,8234742	0,0000000	40
41	10,1876035	3,8637837	0,0135502	0,0028582	0,0378463	0,0379541	99,8105624	0,0000000	41
42	10,2011537	3,8664516	0,0141735	0,0030609	0,0378463	0,0379699	99,7970579	0,0000000	42
43	10,2153272	3,8692404	0,0148101	0,0032725	0,0378463	0,0379875	99,7829493	0,0000000	43
44	10,2301373	3,8721524	0,0154601	0,0034933	0,0378463	0,0380072	99,7682251	0,0000000	44
45	10,2455974	3,8751901	0,0161234	0,0037235	0,0378463	0,0380290	99,7528742	0,0000000	45

Ek 2. Denemeye Alınan Damlatıcılara Sahip Lateraller İçin Çeşitli Basınç, Damlatıcı Aralığı ve Eğim Koşulları İçin Yeknesak Su Dağılımının Sağlanabileceği Lateral Uzunlukları

D1 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		41,25	41,50	41,75	42,00	42,25
Aşağı Eğim	1	46,25	44,50	43,75	43,50	43,25
	2	50,25	46,75	45,50	44,75	44,50
	3	52,50	49,00	47,00	46,25	45,50
	4	52,75	50,75	48,50	47,25	46,50
	5	20,25	52,00	49,75	48,50	47,50
Yukarı Eğim	1	35,50	38,75	40,00	40,50	41,00
	2	30,25	35,75	38,00	39,00	39,75
	3	25,75	33,25	36,00	37,50	38,50
	4	22,00	30,50	34,25	36,25	37,50
	5	19,00	28,25	32,50	34,75	36,25

D1 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		49,50	49,83	50,16	50,49	50,49
Aşağı Eğim	1	56,43	53,79	52,80	52,47	52,14
	2	61,38	57,09	55,44	54,45	53,79
	3	63,69	59,73	57,42	56,10	55,44
	4	26,07	62,04	59,40	57,75	56,76
	5	19,14	63,69	61,05	59,07	58,08
Yukarı Eğim	1	41,25	45,54	47,19	48,18	48,84
	2	34,32	41,58	44,55	46,87	47,19
	3	28,05	37,95	41,91	43,89	45,21
	4	23,43	34,32	39,27	41,91	43,56
	5	19,80	31,02	36,63	39,93	42,24

D1 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		56,00	56,40	56,80	57,20	57,20
Aşağı Eğim	1	64,80	61,60	60,40	59,60	59,60
	2	70,80	65,60	63,20	62,00	61,60
	3	71,60	68,80	66,00	64,40	63,20
	4	24,40	71,60	68,40	66,40	64,80
	5	18,80	72,80	70,40	68,00	66,40
Yukarı Eğim	1	45,60	51,20	53,20	54,40	56,20
	2	36,80	46,00	49,60	51,60	52,80
	3	29,60	41,20	46,40	48,80	50,80
	4	24,40	36,80	43,20	46,40	48,40
	5	20,40	33,20	40,00	44,00	46,40

D1 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		65,00	65,50	65,50	66,00	66,00
Aşağı Eğim	1	76,50	72,00	70,00	69,50	69,00
	2	83,00	77,00	74,00	72,50	71,50
	3	35,50	81,00	77,50	75,50	74,00
	4	24,00	84,00	80,50	78,00	76,50
	5	18,50	84,00	82,50	80,00	78,00
Yukarı Eğim	1	51,00	58,00	61,00	62,00	63,00
	2	39,50	51,50	56,00	58,50	60,00
	3	31,00	45,50	51,50	55,00	57,50
	4	25,00	40,00	47,50	52,00	54,30
	5	20,50	35,00	43,50	48,50	52,00

D1 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		73,20	73,80	73,80	74,40	74,40
Aşağı Eğim	1	87,00	81,60	79,80	78,60	78,00
	2	94,20	88,20	84,60	82,80	81,60
	3	33,60	92,40	88,80	85,80	84,60
	4	23,40	94,80	91,80	88,80	87,00
	5	18,60	45,00	94,20	91,80	89,40
Yukarı Eğim	1	55,80	64,80	67,80	69,60	70,80
	2	42,00	56,40	61,80	65,40	67,20
	3	32,40	48,60	56,40	60,60	63,60
	4	25,80	42,00	51,00	56,40	60,00
	5	21,00	36,60	46,80	52,80	56,40

D1 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		84,00	84,75	85,50	85,50	86,25
Aşağı Eğim	1	102,75	96,00	93,00	91,50	90,75
	2	108,00	103,50	99,75	96,75	95,25
	3	32,25	108,75	104,25	101,25	99,00
	4	23,25	108,75	108,00	105,00	102,00
	5	18,75	40,50	110,25	108,00	105,00
Yukarı Eğim	1	61,50	72,75	77,25	79,50	81,00
	2	45,00	62,25	69,75	73,50	76,50
	3	33,00	52,50	62,25	68,25	71,25
	4	26,25	45,00	55,50	62,25	66,75
	5	21,75	38,25	50,25	57,75	63,00

D1 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		102,00	103,00	103,00	104,00	104,00
Aşağı Eğim	1	127,00	118,00	114,00	112,00	111,00
	2	52,00	128,00	122,00	119,00	117,00
	3	31,00	132,00	129,00	125,00	122,00
	4	23,00	51,00	133,00	129,00	126,00
	5	19,00	38,00	131,00	133,00	130,00
Yukarı Eğim	1	70,00	85,00	91,00	95,00	97,00
	2	47,00	70,00	80,00	86,00	90,00
	3	35,00	57,00	70,00	78,00	83,00
	4	27,00	48,00	62,00	70,00	77,00
	5	22,00	40,00	54,00	64,00	71,00

D2 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		47,50	62,50	73,25	82,00	89,75
Aşağı Eğim	1	48,00	63,75	73,75	82,50	90,00
	2	48,25	63,25	74,00	82,75	90,25
	3	48,75	63,50	74,25	83,00	90,50
	4	49,00	63,75	74,50	83,25	90,75
	5	49,25	64,00	74,75	83,50	91,00
Yukarı Eğim	1	47,00	62,00	73,00	81,75	89,25
	2	46,75	61,75	72,50	81,50	89,00
	3	46,25	61,25	72,25	81,00	88,75
	4	45,75	61,00	72,00	80,75	88,50
	5	45,25	60,75	71,50	80,50	88,00

D2 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		57,09	74,91	87,78	98,34	107,25
Aşağı Eğim	1	57,75	75,24	88,44	98,67	107,58
	2	58,08	75,57	88,77	99,00	108,24
	3	58,41	75,90	89,10	99,66	108,57
	4	59,07	76,23	89,43	99,99	108,90
	5	59,40	76,89	89,76	100,32	109,23
Yukarı Eğim	1	56,43	74,25	87,12	97,68	106,92
	2	55,77	73,92	86,79	97,35	106,59
	3	55,11	73,26	86,13	96,69	105,93
	4	54,45	72,60	85,47	96,36	105,60
	5	53,79	71,94	85,14	96,03	104,94

D2 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		64,40	84,80	99,20	111,20	121,60
Aşağı Eğim	1	65,20	85,60	100,00	111,60	122,00
	2	66,00	86,00	100,80	112,40	122,80
	3	66,40	86,40	101,20	112,80	123,20
	4	67,20	87,20	101,60	113,60	123,60
	5	67,20	87,60	102,00	114,00	124,00
Yukarı Eğim	1	63,60	84,00	98,80	110,80	120,80
	2	62,80	83,20	98,00	110,00	120,40
	3	62,00	82,80	97,60	109,60	119,60
	4	61,20	82,00	96,80	109,20	119,20
	5	60,40	81,20	96,00	108,40	118,80

D2 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		74,50	98,00	115,00	128,50	140,50
Aşağı Eğim	1	75,50	99,00	115,50	129,50	141,00
	2	76,50	100,00	116,50	130,00	142,00
	3	77,00	100,50	117,00	131,00	142,50
	4	77,50	101,00	118,00	131,50	143,00
	5	78,00	101,50	118,50	132,00	144,00
Yukarı Eğim	1	73,50	97,00	114,00	128,00	139,50
	2	72,50	96,00	113,00	127,00	138,00
	3	71,50	95,00	112,50	126,00	137,50
	4	70,50	94,00	111,50	125,50	137,00
	5	69,00	93,00	110,50	124,50	136,50

D2 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		84,00	110,40	129,60	144,60	158,40
Aşağı Eğim	1	85,20	111,60	130,20	145,80	159,00
	2	86,40	112,20	131,40	147,00	160,20
	3	87,00	113,40	132,60	147,60	160,80
	4	87,60	114,00	133,20	148,20	161,40
	5	88,20	114,60	133,80	148,80	162,00
Yukarı Eğim	1	82,80	109,20	128,40	144,00	157,20
	2	81,00	108,00	127,20	143,40	156,00
	3	79,80	106,80	126,00	142,20	155,40
	4	78,60	105,60	124,80	140,40	154,20
	5	77,40	104,40	123,60	139,80	153,00

D2 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		97,50	127,50	150,00	168,00	183,00
Aşağı Eğim	1	99,00	129,00	151,50	168,75	184,50
	2	100,50	130,50	152,25	170,25	185,25
	3	101,25	131,25	153,75	171,00	186,75
	4	102,00	132,75	154,50	172,50	187,50
	5	102,00	132,75	155,25	173,25	188,25
Yukarı Eğim	1	95,25	126,00	148,50	166,50	181,50
	2	93,75	124,50	147,00	165,00	180,75
	3	91,50	123,00	145,58	163,50	179,25
	4	90,00	121,50	144,00	162,00	177,75
	5	87,75	120,00	142,50	160,50	176,25

D2 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		117,00	154,00	181,00	202,00	221,00
Aşağı Eğim	1	120,00	156,00	183,00	204,00	223,00
	2	121,00	158,00	184,00	206,00	224,00
	3	122,00	159,00	186,00	207,00	226,00
	4	123,00	160,00	187,00	209,00	227,00
	5	123,00	161,00	188,00	210,00	228,00
Yukarı Eğim	1	115,00	152,00	178,00	200,00	219,00
	2	112,00	149,00	176,00	198,00	217,00
	3	109,00	147,00	174,00	196,00	215,00
	4	106,00	145,00	172,00	194,00	213,00
	5	104,00	142,00	170,00	192,00	211,00

D3 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		86,75	104,25	115,75	124,75	132,25
Aşağı Eğim	1	91,75	107,75	118,75	127,50	134,75
	2	95,50	111,00	121,50	130,00	137,00
	3	98,25	113,50	124,00	132,25	139,00
	4	100,25	116,00	126,25	134,25	141,00
	5	100,75	117,75	128,25	136,25	142,75
Yukarı Eğim	1	81,75	100,25	112,75	122,00	130,00
	2	76,50	96,75	109,50	119,50	127,50
	3	71,75	93,00	106,50	116,75	125,25
	4	67,00	89,50	103,50	114,00	122,75
	5	62,75	86,00	100,75	111,50	120,25

D3 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		103,95	124,74	138,60	149,49	158,40
Aşağı Eğim	1	110,88	129,69	142,89	153,45	162,03
	2	115,83	134,31	146,85	156,75	165,00
	3	119,13	137,94	150,15	159,72	167,97
	4	120,78	140,58	153,12	162,69	170,61
	5	119,46	142,89	155,43	165,33	173,25
Yukarı Eğim	1	96,69	119,46	134,31	145,53	155,10
	2	89,43	113,85	129,69	141,57	151,47
	3	82,50	108,90	125,40	137,94	148,17
	4	76,23	103,95	121,44	134,31	144,87
	5	70,29	99,00	117,15	130,35	141,57

D3 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		118,00	141,20	157,20	169,60	179,60
Aşağı Eğim	1	126,40	148,00	162,80	174,40	184,00
	2	132,40	153,20	167,20	178,40	188,00
	3	136,00	157,60	171,60	182,40	191,60
	4	136,40	160,80	175,20	186,00	194,80
	5	130,80	163,20	178,00	188,80	198,00
Yukarı Eğim	1	108,40	134,40	151,20	164,40	175,20
	2	99,20	127,60	145,60	159,60	170,80
	3	90,80	121,20	140,40	154,80	166,40
	4	82,80	114,80	134,80	150,00	162,00
	5	75,20	108,40	129,60	145,20	157,60

D2 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		136,50	163,50	181,50	196,00	207,50
Aşağı Eğim	1	147,50	172,00	189,00	202,50	213,50
	2	154,50	179,00	195,00	208,00	219,00
	3	158,00	184,00	200,50	213,00	223,50
	4	155,00	187,50	204,50	217,00	227,50
	5	65,50	189,50	207,50	220,50	231,00
Yukarı Eğim	1	123,50	154,00	174,00	189,00	201,50
	2	111,50	145,00	166,50	182,50	196,00
	3	100,50	136,50	159,00	176,00	190,00
	4	90,00	128,50	152,00	170,00	184,00
	5	81,00	120,50	145,00	163,50	178,50

D3 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		153,60	184,20	204,60	220,80	234,00
Aşağı Eğim	1	167,40	194,40	213,00	228,60	241,20
	2	175,80	202,80	221,40	235,80	247,80
	3	177,60	208,80	227,40	241,80	253,20
	4	166,20	212,40	232,20	246,60	258,60
	5	60,60	213,00	235,80	250,80	262,20
Yukarı Eğim	1	137,40	172,20	195,00	211,80	226,20
	2	122,40	160,80	185,40	204,00	218,40
	3	108,60	150,00	176,40	195,60	211,20
	4	96,00	139,80	167,40	187,80	204,00
	5	85,20	130,20	159,00	180,00	196,80

D3 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		177,75	213,00	236,25	255,00	270,00
Aşağı Eğim	1	195,00	226,50	248,25	265,50	279,25
	2	204,75	237,00	258,00	274,50	288,00
	3	203,25	243,75	265,50	282,00	295,50
	4	79,50	246,75	270,75	288,00	301,50
	5	58,50	243,00	273,75	292,50	306,75
Yukarı Eğim	1	156,00	197,25	223,50	243,75	260,25
	2	136,50	182,25	210,75	232,50	249,75
	3	118,50	168,00	198,75	222,00	240,00
	4	130,50	154,50	187,50	211,50	231,00
	5	90,00	142,50	176,25	201,00	222,00

D3 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		214,00	256,00	285,00	307,00	326,00
Aşağı Eğim	1	238,00	276,00	302,00	323,00	340,00
	2	248,00	290,00	315,00	335,00	351,00
	3	221,00	297,00	325,00	345,00	361,00
	4	74,00	295,00	330,00	352,00	369,00
	5	57,00	142,00	330,00	356,00	374,00
Yukarı Eğim	1	183,00	234,00	266,00	291,00	311,00
	2	155,00	213,00	248,00	275,00	297,00
	3	131,00	193,00	231,00	260,00	283,00
	4	111,00	174,00	215,00	245,00	269,00
	5	95,00	157,00	199,00	231,00	256,00

D4 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		73,25	96,75	113,50	127,25	139,25
Aşağı Eğim	1	74,50	97,75	114,50	128,50	140,25
	2	75,50	98,75	115,50	129,25	141,00
	3	76,50	99,75	116,50	130,00	142,00
	4	77,00	100,25	117,25	131,00	142,75
	5	77,25	101,00	117,75	131,75	143,50
Yukarı Eğim	1	72,00	95,50	112,50	126,25	138,25
	2	70,50	94,25	111,25	125,25	137,25
	3	69,25	93,00	110,25	124,25	136,25
	4	67,75	91,75	109,25	123,25	135,25
	5	66,50	90,75	108,00	122,25	134,50

D4 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		87,78	115,83	135,96	152,46	166,65
Aşağı Eğim	1	89,43	117,15	137,28	154,11	168,30
	2	91,08	118,80	138,98	155,43	169,29
	3	92,07	119,79	139,92	156,42	170,61
	4	92,73	120,78	140,91	157,41	171,60
	5	92,73	121,44	141,90	158,40	172,59
Yukarı Eğim	1	85,80	113,85	134,31	151,14	165,33
	2	83,82	112,20	132,99	149,49	164,01
	3	81,84	110,55	131,34	148,17	162,69
	4	77,86	108,90	129,69	146,85	161,04
	5	78,21	107,25	128,37	145,20	159,72

D4 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		99,60	131,20	152,00	172,80	189,20
Aşağı Eğim	1	101,60	133,20	156,00	174,80	190,80
	2	103,60	134,80	157,60	176,40	192,40
	3	104,40	136,40	159,20	177,60	193,60
	4	105,20	137,20	160,40	179,20	195,20
	5	105,20	138,00	161,20	180,00	196,00
Yukarı Eğim	1	97,20	129,80	152,00	171,20	187,20
	2	94,40	126,80	150,00	169,20	185,60
	3	92,00	124,80	148,00	167,20	183,60
	4	89,60	122,40	146,00	165,20	181,60
	5	87,20	120,40	144,00	163,60	180,00

D4 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		115,00	151,50	178,00	200,00	218,50
Aşağı Eğim	1	118,00	154,50	180,50	202,50	221,00
	2	120,00	156,50	183,00	204,50	223,00
	3	121,50	158,00	184,50	206,00	224,50
	4	121,50	159,50	186,00	208,00	226,50
	5	121,00	160,00	187,50	209,00	227,50
Yukarı Eğim	1	111,50	149,00	175,50	197,50	216,00
	2	108,50	146,00	173,00	195,00	213,50
	3	105,00	143,00	170,00	192,50	211,00
	4	101,50	140,00	167,50	190,00	209,00
	5	98,50	137,00	165,00	187,00	206,50

D4 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		129,60	170,40	200,40	225,00	246,00
Aşağı Eğim	1	133,20	174,00	204,00	228,00	249,00
	2	135,60	176,40	206,40	231,00	251,40
	3	136,60	178,80	208,80	232,80	253,80
	4	136,80	180,00	210,00	234,60	255,60
	5	135,60	180,60	211,20	236,40	257,40
Yukarı Eğim	1	125,40	166,80	197,40	222,00	243,00
	2	121,20	163,20	193,80	218,40	240,00
	3	117,00	159,60	190,20	215,40	237,00
	4	112,80	156,00	187,20	212,40	234,00
	5	108,60	152,40	183,60	208,80	231,00

D4 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		150,00	197,25	231,75	260,25	284,25
Aşağı Eğim	1	154,50	201,75	236,25	264,00	288,00
	2	157,50	204,75	239,25	267,75	291,75
	3	158,25	207,00	242,25	270,00	294,00
	4	157,50	208,50	243,75	272,25	297,00
	5	154,50	208,50	245,25	273,75	298,50
Yukarı Eğim	1	144,00	192,75	227,25	255,75	280,50
	2	138,75	187,50	222,75	251,25	276,00
	3	132,75	183,00	218,75	247,50	272,25
	4	127,50	177,75	213,75	243,00	267,75
	5	121,50	172,50	209,25	238,50	264,00

D4 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		180,00	238,00	280,00	313,00	343,00
Aşağı Eğim	1	187,00	244,00	286,00	319,00	348,00
	2	190,00	249,00	290,00	324,00	353,00
	3	190,00	251,00	293,00	327,00	356,00
	4	187,00	252,00	295,00	330,00	359,00
	5	178,00	250,00	296,00	331,00	361,00
Yukarı Eğim	1	172,00	231,00	273,00	307,00	337,00
	2	164,00	224,00	266,00	301,00	331,00
	3	156,00	216,00	260,00	295,00	325,00
	4	148,00	209,00	253,00	289,00	319,00
	5	140,00	202,00	247,00	282,00	313,00

D5 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		54,50	52,50	51,50	50,75	50,25
Aşağı Eğim	1	64,25	57,75	55,00	53,25	52,25
	2	70,00	62,00	58,00	55,50	54,00
	3	30,00	65,00	60,50	57,75	55,75
	4	20,25	67,50	62,75	59,50	57,25
	5	15,75	68,25	64,50	61,25	58,75
Yukarı Eğim	1	42,75	47,00	48,00	48,25	48,25
	2	33,25	41,75	44,50	45,50	46,00
	3	25,75	37,00	41,00	43,00	44,25
	4	20,75	32,50	38,00	40,75	42,25
	5	17,00	28,75	35,00	38,25	40,25

D5damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		65,01	63,03	61,71	60,72	60,06
Aşağı Eğim	1	78,87	70,29	66,66	64,35	63,03
	2	84,81	75,90	70,62	67,65	65,67
	3	27,72	79,86	74,25	70,29	67,98
	4	19,80	81,84	76,89	72,93	69,96
	5	15,51	37,29	78,87	74,91	71,94
Yukarı Eğim	1	48,44	55,11	56,43	57,09	57,09
	2	35,97	47,52	51,48	53,46	54,12
	3	27,06	40,92	46,86	49,83	51,48
	4	21,12	35,31	42,57	46,53	48,84
	5	17,49	30,69	38,61	42,23	46,20

D5 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		73,60	71,20	70,00	68,80	68,00
Aşağı Eğim	1	90,80	80,40	76,00	73,60	71,60
	2	52,80	87,20	81,20	77,60	75,20
	3	26,80	91,60	85,20	80,80	78,00
	4	19,60	92,00	88,40	84,00	80,40
	5	15,60	34,40	90,40	86,40	82,80
Yukarı Eğim	1	53,20	61,20	63,20	64,00	64,40
	2	37,60	52,00	57,20	59,60	60,80
	3	28,00	44,00	51,20	54,80	57,20
	4	30,40	37,20	46,00	50,80	53,60
	5	17,60	32,00	41,20	46,80	50,40

D5 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		85,50	82,50	81,00	79,50	79,00
Aşağı Eğim	1	107,00	94,50	89,00	86,00	83,50
	2	44,00	102,50	95,50	91,00	88,00
	3	26,50	107,00	100,50	95,00	91,50
	4	19,50	45,00	104,00	99,00	95,00
	5	15,50	33,00	105,00	101,50	97,50
Yukarı Eğim	1	58,00	69,00	72,00	73,00	74,00
	2	39,50	57,00	64,00	67,00	69,00
	3	28,50	47,00	56,50	61,00	64,00
	4	22,00	39,00	49,50	65,50	59,50
	5	18,00	33,00	44,00	51,00	55,50

D5 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		96,00	93,00	91,20	89,40	88,80
Aşağı Eğim	1	122,40	107,40	101,40	97,20	94,80
	2	42,00	117,60	109,20	103,80	100,20
	3	26,14	120,00	114,60	108,60	104,40
	4	19,80	42,00	118,20	112,80	108,60
	5	15,60	31,80	59,40	115,80	111,60
Yukarı Eğim	1	62,40	75,60	79,80	81,60	82,20
	2	40,80	61,20	69,60	73,80	76,20
	3	28,80	49,20	60,60	66,60	70,20
	4	22,20	40,20	52,20	60,00	64,80
	5	18,00	33,60	45,60	54,00	59,40

D5 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		111,00	107,25	105,00	103,50	102,75
Aşağı Eğim	1	143,25	126,75	118,50	114,00	110,25
	2	40,50	138,00	128,25	121,50	117,00
	3	26,25	61,50	135,00	128,25	123,00
	4	19,50	40,50	135,75	132,75	127,50
	5	15,75	31,50	51,75	135,00	131,25
Yukarı Eğim	1	66,75	84,75	90,75	93,00	93,75
	2	42,00	66,00	77,25	82,50	86,25
	3	29,25	51,75	65,25	73,50	78,00
	4	22,50	41,25	55,50	65,25	71,25
	5	18,00	34,50	48,00	57,75	64,50

D5 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		134,00	129,00	127,00	125,00	124,00
Aşağı Eğim	1	174,00	156,00	146,00	139,00	135,00
	2	40,00	168,00	158,00	150,00	144,00
	3	26,00	56,00	165,00	158,00	152,00
	4	20,00	40,00	67,00	162,00	158,00
	5	16,00	32,00	49,00	76,00	161,00
Yukarı Eğim	1	73,00	97,00	106,00	109,00	111,00
	2	43,00	72,00	87,00	95,00	100,00
	3	30,00	54,00	71,00	82,00	89,00
	4	23,00	43,00	59,00	71,00	79,00
	5	18,00	35,00	50,00	62,00	71,00

D6 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		57,00	58,00	58,75	59,00	59,50
Aşağı Eğim	1	65,75	63,00	62,25	61,75	61,75
	2	71,50	67,25	65,25	64,25	63,75
	3	73,00	70,00	68,00	66,50	65,75
	4	25,50	72,50	70,25	68,50	67,50
	5	19,50	74,50	72,25	70,50	69,00
Yukarı Eğim	1	46,75	52,50	55,00	56,25	57,00
	2	37,75	47,50	51,25	53,50	55,00
	3	30,50	42,50	47,75	50,75	52,25
	4	25,00	38,25	44,50	48,00	50,25
	5	21,00	34,25	41,25	45,50	48,25

D6 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		68,31	69,63	70,29	70,62	71,28
Aşağı Eğim	1	80,52	76,56	75,24	74,58	74,25
	2	87,45	82,17	79,53	78,21	77,55
	3	35,97	86,46	83,16	81,18	80,85
	4	24,42	89,10	86,13	83,82	82,17
	5	19,14	88,77	88,44	86,13	84,48
Yukarı Eğim	1	53,79	61,71	65,01	66,66	67,98
	2	41,58	54,45	59,73	62,70	64,68
	3	32,34	47,85	54,78	58,74	61,71
	4	26,07	41,91	50,16	55,11	58,08
	5	21,45	36,96	46,20	51,81	55,44

D6 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		77,20	78,80	79,60	80,00	80,80
Aşağı Eğim	1	92,80	87,60	86,00	85,20	84,80
	2	99,60	94,40	91,20	89,60	88,40
	3	34,00	99,60	95,60	93,20	92,00
	4	24,00	101,20	99,20	96,40	95,20
	5	19,20	44,40	101,60	99,20	97,20
Yukarı Eğim	1	58,80	68,80	72,80	74,80	76,40
	2	44,00	59,60	66,00	70,00	72,00
	3	33,60	51,60	60,00	65,20	67,60
	4	26,40	44,40	54,40	60,40	64,00
	5	22,00	38,40	49,20	56,00	60,80

D6 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		89,50	91,00	92,00	92,50	93,00
Aşağı Eğim	1	109,00	102,50	100,50	99,00	98,50
	2	113,00	109,50	107,00	105,00	105,00
	3	33,00	116,50	112,50	109,50	108,00
	4	24,00	63,00	116,50	113,50	111,50
	5	19,00	41,00	118,50	117,00	114,50
Yukarı Eğim	1	65,00	78,00	83,00	85,50	87,50
	2	46,50	69,50	74,50	80,00	82,00
	3	34,50	60,50	66,50	75,00	77,00
	4	27,00	51,00	59,00	68,00	71,50
	5	22,00	40,00	53,00	61,00	67,00

D6 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		100,80	102,60	103,80	104,40	105,00
Aşağı Eğim	1	124,80	117,00	114,00	112,80	111,60
	2	54,60	127,20	122,40	119,40	117,60
	3	32,40	132,00	128,40	125,40	123,00
	4	23,40	54,00	132,60	129,60	127,20
	5	19,20	39,60	132,60	133,20	130,80
Yukarı Eğim	1	70,20	85,80	91,80	95,40	97,80
	2	48,60	70,80	81,00	87,00	91,20
	3	35,40	58,80	71,40	79,20	84,00
	4	27,60	48,60	63,00	72,00	78,00
	5	22,20	41,40	55,20	64,80	72,00

D6 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		116,25	118,50	120,00	120,75	121,50
Aşağı Eğim	1	146,25	137,25	133,50	131,25	130,50
	2	51,00	150,00	144,00	140,25	138,00
	3	32,25	150,00	151,50	147,75	144,00
	4	24,00	50,25	153,75	152,25	149,25
	5	18,75	39,00	66,75	155,25	153,75
Yukarı Eğim	1	76,50	96,75	104,25	108,75	111,75
	2	50,25	77,25	90,00	97,50	102,75
	3	36,00	62,25	78,00	87,75	93,75
	4	27,75	51,00	66,75	78,00	85,50
	5	22,50	42,00	57,75	69,75	78,00

D6 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		140,00	143,00	144,00	145,00	146,00
Aşağı Eğim	1	180,00	169,00	164,00	161,00	159,00
	2	49,00	183,00	178,00	173,00	165,00
	3	32,00	70,00	185,00	182,00	175,00
	4	24,00	49,00	86,00	187,00	180,00
	5	19,00	38,00	60,00	102,00	188,00
Yukarı Eğim	1	85,00	111,00	122,00	128,00	132,00
	2	53,00	85,00	102,00	113,00	123,00
	3	37,00	66,00	85,00	98,00	112,00
	4	28,00	53,00	72,00	86,00	99,00
	5	23,00	43,00	61,00	75,00	86,00

D7 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		44,75	45,50	45,75	46,25	46,25
Aşağı Eğim	1	50,50	48,75	48,00	48,00	47,75
	2	54,75	51,50	50,00	49,50	49,00
	3	57,25	53,75	52,00	51,00	50,25
	4	31,25	55,75	53,50	52,25	51,50
	5	20,25	57,25	55,00	53,50	52,50
Yukarı Eğim	1	38,25	42,00	43,50	45,00	45,00
	2	32,50	38,75	41,25	42,75	43,50
	3	27,25	35,75	39,25	41,00	42,25
	4	23,00	32,75	37,00	39,25	40,75
	5	19,75	30,00	34,75	37,75	39,50

D7 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		53,79	54,45	55,11	55,44	55,44
Aşağı Eğim	1	61,71	59,07	58,08	57,75	57,42
	2	66,99	62,70	60,72	60,06	59,40
	3	68,97	66,00	63,36	62,04	61,05
	4	25,74	68,31	65,67	63,69	62,70
	5	19,47	69,63	67,32	65,34	64,02
Yukarı Eğim	1	44,50	49,50	51,48	52,80	53,46
	2	36,30	44,88	48,51	50,16	51,48
	3	29,70	40,59	45,21	47,85	49,50
	4	24,42	36,63	42,24	45,54	47,52
	5	20,46	33,00	39,60	43,23	45,54

D7 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		60,80	61,60	62,40	62,80	62,80
Aşağı Eğim	1	70,80	67,60	66,40	66,00	65,60
	2	77,20	72,00	69,60	68,80	68,00
	3	40,00	75,60	72,80	71,20	70,00
	4	24,80	78,40	75,60	74,00	72,00
	5	19,20	79,60	77,60	75,20	73,60
Yukarı Eğim	1	49,20	55,60	58,00	59,20	60,00
	2	38,80	49,60	54,00	56,00	57,60
	3	31,20	44,00	50,00	52,80	55,20
	4	25,20	39,20	46,00	49,60	52,80
	5	21,20	34,80	42,80	48,00	50,40

D7 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		70,50	71,50	72,00	72,50	73,00
Aşağı Eğim	1	83,50	79,00	77,50	76,50	76,00
	2	90,50	85,00	82,00	80,50	79,00
	3	35,00	89,00	85,50	83,50	82,00
	4	24,00	92,00	89,00	87,00	84,50
	5	19,00	51,50	91,00	86,00	86,50
Yukarı Eğim	1	55,00	63,00	66,50	68,00	69,50
	2	42,00	55,50	61,00	63,50	66,00
	3	32,50	48,50	55,50	59,00	62,50
	4	26,00	42,00	51,00	55,00	59,00
	5	21,50	37,00	46,50	51,50	56,00

D7 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		79,20	80,40	81,00	81,60	81,60
Aşağı Eğim	1	95,40	90,00	87,60	87,00	86,40
	2	102,00	96,60	93,00	91,80	90,00
	3	33,00	102,00	97,80	95,40	93,60
	4	24,00	103,20	101,40	98,40	96,60
	5	19,20	43,20	103,80	101,40	99,00
Yukarı Eğim	1	59,40	69,60	73,80	75,60	77,40
	2	44,40	60,00	67,20	70,20	73,20
	3	33,60	51,60	60,60	64,80	69,00
	4	26,40	44,40	54,60	59,40	64,80
	5	21,60	38,40	49,20	54,60	61,20

D7 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		91,50	93,00	93,70	94,50	94,50
Aşağı Eğim	1	111,75	105,00	102,75	101,25	100,50
	2	114,00	111,00	109,50	107,25	105,00
	3	32,25	119,25	115,50	112,50	109,50
	4	24,00	58,50	119,25	116,25	113,25
	5	18,75	40,50	120,75	119,25	117,00
Yukarı Eğim	1	66,00	78,50	84,00	85,50	88,50
	2	46,50	66,75	75,00	81,00	83,25
	3	34,50	55,50	66,75	72,75	77,25
	4	27,00	47,25	59,25	66,75	72,00
	5	21,75	39,75	52,50	58,50	67,50

D7 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		110,00	112,00	113,00	114,00	114,00
Aşağı Eğim	1	152,00	129,00	125,00	123,00	122,00
	2	51,00	141,00	135,00	132,00	129,00
	3	32,00	144,00	142,00	138,00	135,00
	4	24,00	51,00	145,00	143,00	140,00
	5	19,00	39,00	69,00	146,00	144,00
Yukarı Eğim	1	74,00	92,00	99,00	103,00	106,00
	2	50,00	75,00	86,00	93,00	97,00
	3	36,00	60,00	75,00	84,00	90,00
	4	28,00	50,00	65,00	75,00	82,00
	5	22,00	42,00	57,00	68,00	75,00

D8 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		85,00	101,00	111,75	119,75	126,75
Aşağı Eğim	1	90,50	105,00	115,00	123,00	129,25
	2	94,75	108,50	118,00	125,50	132,00
	3	97,75	111,50	120,75	128,00	134,00
	4	99,75	114,00	123,25	130,25	136,25
	5	100,00	116,00	125,25	132,25	138,25
Yukarı Eğim	1	79,00	96,50	108,00	117,00	124,00
	2	73,25	92,50	104,75	114,00	121,25
	3	67,75	87,00	101,25	111,00	118,75
	4	62,50	83,50	98,00	108,00	116,00
	5	57,50	80,50	94,75	105,00	113,50

D8 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		101,64	120,78	133,65	143,55	151,80
Aşağı Eğim	1	109,56	126,72	138,27	147,84	155,43
	2	115,17	131,34	142,56	151,47	159,06
	3	118,80	135,30	146,52	154,77	162,36
	4	119,79	138,60	149,49	158,07	165,00
	5	116,49	140,91	152,13	160,71	167,64
Yukarı Eğim	1	93,06	114,84	128,70	139,26	147,84
	2	85,14	108,90	123,75	134,97	143,88
	3	77,22	102,96	119,13	130,68	140,25
	4	70,29	97,35	114,18	126,72	136,62
	5	63,69	92,07	109,56	122,43	132,99

D8 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		115,20	136,80	151,60	162,80	172,00
Aşağı Eğim	1	124,80	144,40	157,60	168,00	176,80
	2	131,60	150,40	162,80	172,80	181,20
	3	135,20	154,80	167,20	177,20	185,20
	4	134,80	158,40	171,20	180,80	188,80
	5	61,60	160,80	174,40	184,00	192,00
Yukarı Eğim	1	104,40	129,20	145,20	157,20	167,20
	2	94,00	121,60	137,60	151,60	162,00
	3	84,40	114,40	132,80	146,40	157,20
	4	75,60	107,20	126,80	141,20	152,40
	5	68,00	100,40	120,80	136,00	148,00

D8 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		133,50	158,50	175,00	188,00	199,00
Aşağı Eğim	1	146,00	168,00	183,00	195,00	205,00
	2	154,00	175,50	190,00	201,00	211,00
	3	157,00	181,50	195,50	207,00	216,00
	4	150,00	185,00	200,00	211,50	220,50
	5	55,50	186,50	203,50	215,00	224,50
Yukarı Eğim	1	118,50	148,00	166,50	180,50	192,00
	2	105,00	138,00	158,00	173,50	185,50
	3	92,50	128,00	150,00	166,00	179,00
	4	81,50	119,00	142,50	159,50	173,00
	5	72,00	110,50	134,50	152,50	166,50

D8 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		150,00	178,20	197,40	211,80	223,80
Aşağı Eğim	1	165,60	190,20	207,00	220,80	231,60
	2	174,60	199,20	215,40	228,00	238,80
	3	175,80	205,80	222,60	234,60	245,40
	4	73,80	209,40	227,40	240,00	250,20
	5	53,40	208,80	231,00	244,20	255,00
Yukarı Eğim	1	131,40	165,00	186,60	202,20	215,40
	2	114,60	152,40	175,80	193,20	207,00
	3	99,60	140,40	165,60	184,20	199,20
	4	86,40	129,00	156,00	175,80	191,40
	5	75,00	118,80	146,40	167,40	183,60

D8 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		173,25	206,25	228,00	244,50	258,75
Aşağı Eğim	1	193,50	222,00	241,50	256,50	269,25
	2	204,00	233,25	252,00	266,25	278,25
	3	197,25	240,75	260,25	274,50	286,50
	4	68,25	243,00	265,50	281,25	293,25
	5	51,75	234,75	268,50	285,75	298,50
Yukarı Eğim	1	149,25	188,25	213,75	232,50	247,50
	2	126,75	171,75	199,50	220,50	237,00
	3	108,00	156,00	186,00	208,50	225,75
	4	91,50	141,75	173,25	197,25	215,25
	5	78,75	128,25	162,00	186,00	205,50

D8 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		209,00	248,00	275,00	295,00	312,00
Aşağı Eğim	1	237,00	270,00	294,00	312,00	327,00
	2	246,00	285,00	308,00	325,00	340,00
	3	96,00	292,00	318,00	336,00	350,00
	4	65,00	287,00	323,00	343,00	358,00
	5	51,00	115,00	321,00	347,00	364,00
Yukarı Eğim	1	174,00	223,00	254,00	277,00	296,00
	2	143,00	199,00	234,00	260,00	280,00
	3	117,00	177,00	215,00	243,00	265,00
	4	97,00	158,00	197,00	227,00	250,00
	5	82,00	140,00	181,00	211,00	236,00

D9 damlatıcısının 0.25 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		76,75	100,75	118,00	132,25	144,25
Aşağı Eğim	1	77,75	101,50	118,75	133,00	145,00
	2	78,50	102,25	119,50	133,75	145,75
	3	79,25	103,00	120,25	134,25	146,25
	4	79,75	103,50	120,75	134,75	146,75
	5	80,00	104,00	121,25	135,25	147,25
Yukarı Eğim	1	76,00	100,00	117,25	131,25	143,50
	2	74,75	99,00	116,50	130,25	143,00
	3	73,75	97,75	115,75	129,75	142,50
	4	72,75	97,00	114,75	129,00	141,50
	5	71,75	96,35	114,00	128,25	140,50

D9 damlatıcısının 0.33 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		92,07	120,78	141,24	158,07	172,59
Aşağı Eğim	1	93,39	121,77	142,56	159,06	173,58
	2	94,38	122,43	143,55	160,05	174,57
	3	95,04	123,09	144,87	161,04	175,56
	4	95,70	124,08	145,53	161,70	176,22
	5	95,70	125,07	145,86	162,69	176,88
Yukarı Eğim	1	90,75	119,46	140,25	157,08	171,60
	2	89,10	118,47	139,26	156,07	170,34
	3	87,78	117,46	137,94	155,79	169,33
	4	86,13	116,45	136,62	153,81	168,32
	5	84,81	114,18	135,63	152,79	167,31

D9 damlatıcısının 0.40 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		104,40	136,80	160,00	179,20	195,60
Aşağı Eğim	1	106,00	138,40	161,60	180,80	197,20
	2	106,80	139,20	162,40	182,00	198,40
	3	107,60	140,40	164,00	183,20	199,20
	4	108,40	141,20	164,80	184,00	200,00
	5	108,40	142,00	165,60	184,40	200,80
Yukarı Eğim	1	102,40	135,20	158,80	178,00	194,00
	2	100,00	133,60	157,20	176,80	192,00
	3	98,00	132,40	156,00	174,80	190,40
	4	96,80	130,40	154,00	173,20	189,60
	5	94,80	128,40	152,80	172,00	188,80

D9 damlatıcısının 0.50 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		120,50	158,00	185,50	207,00	226,00
Aşağı Eğim	1	123,00	160,00	187,00	207,50	227,50
	2	123,50	162,00	188,00	211,50	229,00
	3	124,00	163,00	189,00	212,50	230,00
	4	124,50	163,50	190,00	213,00	231,50
	5	125,00	164,50	192,00	214,00	233,00
Yukarı Eğim	1	118,00	156,00	183,50	205,50	224,50
	2	114,50	153,00	181,00	204,00	223,00
	3	113,00	151,00	179,00	202,00	221,00
	4	111,50	149,00	177,00	200,00	220,00
	5	108,00	147,00	175,00	198,00	217,50

D9 damlatıcısının 0.60 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		136,20	178,20	208,20	233,40	254,40
Aşağı Eğim	1	137,40	180,60	210,60	235,80	256,80
	2	138,60	182,40	213,00	237,60	258,60
	3	140,40	183,60	214,80	239,40	260,40
	4	141,00	184,80	216,00	240,60	261,60
	5	141,60	185,40	216,60	241,80	262,80
Yukarı Eğim	1	135,00	175,20	205,80	231,00	252,60
	2	134,40	172,80	203,40	228,60	250,20
	3	133,20	169,80	201,00	226,20	247,80
	4	132,00	166,80	198,60	223,80	245,40
	5	130,80	164,40	196,20	222,00	243,60

D9 damlatıcısının 0.75 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		156,75	205,50	241,50	270,00	294,00
Aşağı Eğim	1	160,50	209,25	243,75	272,25	297,00
	2	162,75	211,50	246,75	275,25	300,00
	3	163,50	213,00	248,25	277,50	301,50
	4	162,75	213,75	249,75	278,25	303,00
	5	159,75	213,75	250,50	279,75	304,50
Yukarı Eğim	1	153,00	202,50	237,75	267,00	291,00
	2	148,50	198,75	234,00	263,25	288,00
	3	144,00	195,00	231,00	260,25	285,00
	4	139,50	191,25	228,00	257,25	282,00
	5	135,75	187,50	224,25	254,25	279,00

D9 damlatıcısının 1.00 m damlatıcı aralığında farklı eğim ve basınçlarda $Cu \geq 97,5$ koşulunu sağlayan optimum lateral uzunlukları.

Lateral Eğimi (%)		Lateral Uzunlukları (m)				
		Lateral Sonu Basınçları (mSS)				
		5	10	15	20	25
Eğimsiz		189,00	248,00	291,00	325,00	355,00
Aşağı Eğim	1	194,00	253,00	295,00	329,00	359,00
	2	197,00	256,00	296,00	332,00	361,00
	3	197,00	258,00	298,00	335,00	365,00
	4	194,00	258,00	300,00	337,00	367,00
	5	187,00	257,00	302,00	338,00	369,00
Yukarı Eğim	1	183,00	243,00	286,00	321,00	351,00
	2	177,00	237,00	280,00	317,00	347,00
	3	171,00	232,00	274,00	311,00	342,00
	4	164,00	227,00	269,00	307,00	337,00
	5	158,00	221,00	266,00	302,00	333,00

