

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DAMLA SULAMA CAD YAZILIMI

Makina Mühendisi Burak ORANLIER

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet KOYUN
Jüri Üyesi: Prof Dr. Oktay Özcan
Jüri Üyesi: Yrd. Doç. Dr. Gökhan Yavuz

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Kaynak Taraması Yapılan İlgili Çalışmalar.....	1
1.1.1 Keller ve Karmelli (1974).....	1
1.1.2 Wu ve Gitlin (1974).....	1
1.1.3 Wu ve Gitlin (1977).....	4
1.1.4 Solomon ve Keller (1978).....	5
1.1.5 Braud ve Soom (1981).....	5
1.1.6 Warrick (1983).....	6
1.1.7 Warrick ve Yitayew (1986).....	6
1.1.8 Warrick ve Yitayew (1988).....	6
1.1.9 Yitayew (1989).....	10
1.1.10 Scaloppi (1988)	11
1.1.11 Cuenca (1989)	12
1.1.12 Hathoot ve diğerleri	14
1.2 Damla Sulama Yönteminin Üstünlükleri ve Zayıflıkları.....	16
2. DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN UNSURLARI	19
2.1 Genel	19
2.2 Pompa Birimi	19
2.3 Kontrol Birimi	20
2.4 Ana Boru Hattı	21
2.5 Manifold Boru Hatları.....	22
2.6 Lateral Boru Hattı.....	22
2.7 Damlatıcılar	23
2.7.1 Damlatıcı Türleri	24
2.7.2 Damlatıcı Hidroliği	26
2.7.3 Damlatıcı Üniformluğu	28
3. SULAMA SUYU İHTİYACI	31
3.1 Bitki Su Tüketimi	31
3.1.1 Bitki Su Tüketimini Etkileyen Faktörler.....	31

3.1.2	Bitki Su Tüketiminin Saptanması.....	32
3.1.3	Kıyas Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Penman-Monteith Yöntemi.....	33
3.2	Damlatıcı Aralığı.....	38
3.3	Lateral Tertip Biçimleri ve Islatılan Alan Oranları.....	38
3.3.1	Tarla Bitkileri Ve Sebzelerde Lateral Tertip Biçimleri:.....	38
3.3.2	Meyve Ağaçlarında Lateral Tertip Biçimleri:.....	39
3.3.3	Islatılan Alan Oranı:.....	39
3.4	Her Sulamada Uygulanacak Sulama Suyu Miktarı.....	40
3.5	Sulama Aralığı.....	45
3.6	Sulama Süresi.....	46
4.	LATERAL BORULARININ HİDROLİK ANALİZİ.....	47
4.1	Teori.....	47
4.2	Üniformluk Katsayıları.....	52
4.3	Sürtünme Katsayısı.....	53
5.	BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI.....	55
5.1	Lateral Giriş Basıncının Belirlenmesi.....	55
5.2	Üniform Sulama İçin En Düşük Lateral Giriş Basıncının Belirlenmesi.....	58
5.3	Programın Kullanımı.....	59
5.3.1	1. Sekme.....	59
5.3.2	2. Sekme.....	59
5.3.3	3. Sekme.....	59
5.3.4	4. Sekme.....	59
5.3.5	5. Sekme.....	63
5.3.6	6. Sekme.....	63
5.4	Manifold Hattı Hesapları.....	63
6.	UYGULAMALAR.....	65
6.1	Uygulama 1.....	65
6.2	Uygulama 2.....	69
6.3	Uygulama 3.....	73
7.	DEĞERLENDİRMELER.....	78
	KAYNAKLAR.....	81

SİMGE LİSTESİ

A	Lateral borunun kesit alanı
a	Hız yükü sabiti
B	Damlaticı basınç yükünün hesaplamasında kullanılan sabit
c	Alan ve debi etkilerine bağlı damlaticı katsayısı
CV	Damlaticılarda üretici değişim katsayısı
CVH	Basınç değişiminden kaynaklanan değişim katsayısı
CVM	Damlaticıdan kaynaklanan değişim katsayısı
CVT	Toplam değişim katsayısı
D	Lateral boru iç çapı
DU	Son çeyrek dağıtım üniformluk katsayısı
E	Damlaticı basınç yükünün hesabında kullanılan sabit
f	Darcy-Weisbach sürtünme katsayısı
f ₀	Sürtünme faktörü
g	Yerçekimi ivmesi
Hav	Damlaticının ortalama debisi ile ilgili ortalama basınç yükü
H _i	Lateralde i konumuna ait damlaticının basınç yükü
H _{max}	Lateral boruda ilk damlaticının basınç yükü
H _{rel}	Lateral boruda i konumundaki damlaticı basınç yükünün, ortalama basınç yüküne oranı
h _i	i konumundaki damlaticıdan itibaren lateraldeki sürtünme kaybı
H'	Toplam enerji
ΔH'	Lateral borunun tamamındaki toplam enerji kaybı
ΔH	Lateral borunun tamamındaki toplam basınç yükü değişimi
L	İlk ve son damlaticılar arasındaki boru uzunluğu
m	Darcy-Weisbach sürtünme katsayısının hesaplanmasında kullanılan, akım rejimine bağlı katsayı
n	Damlaticı adedi
Q _i	Lateral boruda i konumundaki damlaticıdan itibaren lateral debisi
Q _{max}	Lateral boruda giriş debisi
q _{av}	Ortalama damlaticı debisi
q _i	Lateral boruda i konumundaki damlaticının debisi
q _{rel}	Lateral boruda i konumundaki damlaticı debisinin, ortalama damlaticı debisine

	oranı
q	Birim lateral boru uzunluğundaki debi
Re	Reynolds sayısı
S0, s0	Lateral boru eğimi
s	Lateral hattı üzerindeki damlatıcıların ara mesafesi
UC	Christiansen üniformluk katsayısı
vi	Damlatıcıların ayırdığı lateral bölümündeki akım hızı
Vmax, V0	Lateral boru girişindeki maksimum akım hızı
x	Lateral boru girişinden itibaren, lateral boyunca maksimum mesafe
x0	Karakteristik uzunluk
y	Damlatıcı debi ilişkisindeki akış üssü
Δd	Giriş basınç yükünün tayininde hesaba katılan yük değişimi
$\Delta 0$	Damlatıcının ortalama basınç yükünde göz önüne alınan başlangıç yük ilavesi
v	Suyun kinematik viskozitesi

KISALTMA LİSTESİ

ASAE	American Society of Agricultural Engineering
ASCE	American Society of Civil Engineering
C_v	Coefficient of Variation
HCTA	Hidrolik Cilalı Türbülanslı Akım
HDPE	High Density Polietylen
ISO	International Standardization Organization
LDPE	Low Density Polietylen
TPTA	Tam Pürüzlü Türbülanslı Akım

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Damla sulama sisteminin unsurları	19
Şekil 2.2 Laterale Tespit Biçimine Göre Damlatıcı Türleri	25
Şekil 3.1.a Damlatıcı aralığı bitki sıra aralığından küçük ($S_d < S_s$).....	41
Şekil 3.1.b Damlatıcı aralığı bitki sıra aralığından büyük ($S_s \leq S_d \leq 2S_s$)	41
Şekil 3.1.c Sık ekilen ya da dikilen bitkiler ($S_d > 2S_s$)	41
Şekil 3.1 Tarla bitkileri ve sebzelerde lateral tertip biçimleri	41
Şekil 3.2.a Her ağaç sırasına tekil lateral tertip biçimi	42
Şekil 3.2.b Her ağaç sırasına ikili lateral tertip biçimi.....	42
Şekil 3.2. Meyve ağaçlarında lateral tertip biçimleri.....	42
Şekil 3.3.a Çok çıkışlı damlatıcılı tekil lateral tertip biçimleri.....	44
Şekil 3.3.b Salkım lateral tertip biçimi	44
Şekil 3.3 Meyve ağaçlarında lateral tertip biçimleri (devam)	44
Şekil 4.1 Lateral ve nokta kaynaklı damlatıcıların boy kesiti	48
Şekil 5.1 Lateral giriş basıncını belirlemeye yarayan fonksiyonun akım şeması.....	55
Şekil 5.2 Belli bir giriş basıncı suyun aktarılabilceği damlatıcı adedini hesaplayan fonksiyon.....	57
Şekil 5.3 Lateralde giriş basıncı-christiansen üniformite katsayısı ilişkisi.	58
Şekil 5.4 Hazırlanan yazılımın birinci sekmesine ait ekran görüntüsü.....	60
Şekil 5.5 Hazırlanan yazılımın ikinci sekmesine ait ekran görüntüsü.	60
Şekil 5.6 Hazırlanan yazılımın üçüncü sekmesine ait ekran görüntüsü.....	61
Şekil 5.8 Hazırlanan yazılımın beşinci sekmesine ait ekran görüntüsü.....	62
Şekil 5.9 Hazırlanan yazılımın altıncı sekmesine ait ekran görüntüsü.	62
Şekil 5.10 Manifoldtaki yük kaybı hesapları.....	63
Şekil 6.1 Uygulama 6.1 Hesap Sonuçları.....	68
Şekil 6.2 Uygulama 6.2 Hesap Sonuçları.....	72
Şekil 6.3 Uygulama 6.3 Hesap Sonuçları.....	76

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 TS 418/1 ve ISO - 9002 'ye Göre Sert Polietilen Boruların Kalite Standartları ...	22
Çizelge 2.2 TS 418/2 ve ISO - 9002 'ye Göre Yumuşak Polietilen Boruların Kalite Standartları.....	23
Çizelge 2.3 Boru Maddeleri İçin Mutlak Pürüzlülük Değerleri	28
Çizelge 2.4 Damlatıcı türleri için üretici değişim katsayısı ve akış üssü değerleri	29
Çizelge 2.5 ASAE Standartları Tarafından Belirlenen Damlatıcı Sınıflandırması	30
Çizelge 2.6 ASAE Standartları Tarafından Belirlenen Tasarım Kriterleri	30
Çizelge 3.1 Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon değerleri, $R_a(MJ/m^2/gün)$	36
Çizelge 3.2 Sıcaklık fonksiyonu. $f(T)$	36
Çizelge 3.3 Buhar basıncı fonksiyonu. $f(e_d)$	36
Çizelge 3.4 Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı.....	37
Çizelge 3.5 Güneşlenme oranı fonksiyonu. $f(n/N)$	37
Çizelge 3.6 Olası maksimum güneşlenme süresi. $N (h/gün)$	38
Çizelge 6.1. Uygulama 6.1 için dizayn çizelgesi.....	66
Çizelge 6.2 Uygulama 6.2 için dizayn çizelgesi.....	70
Çizelge 6.3 Rölatif akım hızı, Rölatif Damlatıcı Debisi, Rölatif Basınç Yükünün Lateral boyunca değişimi (-- : L: 150 m ve $y=0,54$ için bulunan değerler)	74
Çizelge 7.1 Uygulama 6.1' in çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması.....	78
Çizelge 7.2 Uygulama 6.2' nin çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması.....	79
Çizelge 7.3 Uygulama 6.3' ün çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması.....	79

ÖNSÖZ

Sunulan tez çalışmasında konu belirleme safhasından çalışmanın tamamlandığı ana kadar kıymetli tavsiyeleri ile bu çalışmayı yönlendiren, değerli bilgi ve tecrübe birikimleriyle kıymetli zamanlarını bu çalışmanın olgunlaşması için seferber kılan muhterem hocam Sayın Doç Dr. Ahmet Koyun' a teşekkürlerimi arz ederim. Çalışma arkadaşlarıma ve aileme bu vesile ile teşekkür ederim.

Burak ORANLIER

ÖZET

Damla sulama sistemlerinin tasarımı çok sayıda değişkenin göz önüne alınmasını gerektirdiğinden dolayı oldukça karmaşıktır. Bu sebeple, tasarım aşamasında bilgisayar araçları kullanmak oldukça faydalı olacaktır. Bu çalışmada CAD tabanlı bir yazılım hazırlanmış ve damla sulama CAD yazılımı hazırlamak için anahtar bilgiler sunulmuştur. Damla sulama sistemlerinin tasarımında boru hatlarının düzeni önemli bir yere sahiptir. Yazılım lateralleri parsel üzerine kendiliğinden çizmektedir. Lateral ve dağıtım borusu boruları boyunca basınç dağılımı ve parseldeki tüm damlatıcı debileri hesaplanmaktadır. Damlatıcı girişindeki basınç yükü bilindiğinde buna bağlı olarak damlatıcı debisi bulunur. Sunulan teknik ile yapılmış çözümler, daha önce kabul edilmiş tekniklerle karşılaştırıldığında oldukça yakın sonuçlar bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama; Damla; Hidrolik tasarım; Yazılım; CAD

ABSTRACT

The full design of drip irrigation systems is very complex, because of the large numbers of parameters to be considered. In this case, the use of a computational tool is actually essential. In this study, a CAD based software prepared and the key techniques presented for the development of a drip irrigation CAD software. The layout of pipe network plays an important role in the design of micro-irrigation system, Software draws lateral pipes automatically. Software calculates head and discharge distributions along laterals and submains, calculates all emitters discharge in the parcel. As the net pressure head at each emitter is evaluated, the corresponding emitter discharge is estimated accordingly. The results of examples solved using the presented technique are in close agreement with other rational analysis.

Keywords: Trickle irrigation; drip; Hydraulic design; Software; CAD.

1. GİRİŞ

Damla sulama yönteminde temel prensip, bitkide nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilime sebebiyet vermeden, her defasında az miktarda sulama suyunu sık aralıklarla yalnızca bitki köklerinin geliştiği ortama vermektir. Bu yöntemde bazen her gün, hatta günde birden fazla sulama yapılabilir.

Damla sulama yönteminde arındırılmış su, basınçlı bir boru ağıyla bitki yakınına yerleştirilen damlatıcılara kadar iletilir ve damlatıcılardan düşük basınç altında toprak yüzeyine verilir. Su buradan infiltrasyonla toprak içerisine girer, yerçekimi ve kapiler kuvvetlerin etkisi ile bitki köklerinin geliştiği 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.

Damla sulama sistemi, sabit sistem biçimindedir. Sistem unsurları, sulama mevsimi boyunca aynı konumda kalırlar. Ancak, sulama mevsimi sonunda unsurlar arazide kaldırılır. Bu sistemde ilk tesis masrafları yüksek olmasına rağmen, su kaynağının çok kısıtlı olması ve ekonomik değeri yüksek bitki tarımının yapılması durumunda, daha geniş bir alan sulanabildiğinden önemli ölçüde su tasarrufu sağlanmaktadır.

1.1 Kaynak Taraması Yapılan İlgili Çalışmalar

1.1.1 Keller ve Karmelli (1974)

Damla sulama sistemlerinde üniform su dağılımını belirlemek amacıyla tekil lateral boru yerine yan ana borudan (manifold) su alan lateral kümesini dikkate alarak, sistemdeki her bir üniteye en düşük damlatıcı debisinin ortalama damlatıcı debisine (q_{\min}/q_{av}) oranının en az 0.90 olmasını tavsiye etmişlerdir.

1.1.2 Wu ve Gitlin (1974)

Üniformluk katsayısının hesaplanmasında en doğru sonucu vermesi yönünden öncelikle, lateral üzerindeki tüm damlatıcı debilerinin ortalama damlatıcı debisinden sapmalarının değerlendirildiği ve Christiansen (1942)'in geliştirdiği;

$$CU = 100 \times \left(1 - \frac{\Delta \bar{q}}{q} \right) \quad (1.1)$$

Eşitliğini tavsiye etmişlerdir.

Eşitlikte;

CU: Üniformluk katsayısını,

$\bar{\Delta q}$: Ortalama damlatıcı debisinden sapmaların mutlak değer olarak ortalamasını ve

\bar{q} : Ortalama damlatıcı debisini ifade etmektedir.

Araştırmacılar, lateral boruların projelendirilmesinde CU değerinin 98 veya daha yüksek olmasının arzu edilir, 95 – 98 olmasının ise kabul edilebilir olduğunu, 95'den daha düşük CU değerlerinin ise kabul edilemeyeceğini bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, lateral boru uzunluğunca debi değişiminin kolayca hesaplanabileceği;

$$q_{değişim} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \quad (1.2)$$

Eşitliğini geliştirmişlerdir.

Eşitlikte;

q_{max} : Lateral uzunluğunca oluşan en yüksek damlatıcı debisi ve

q_{min} : Lateral uzunluğunca oluşan en düşük damlatıcı debisidir.

Araştırmacılar, geliştirdikleri bilgisayar programından yararlanarak $\Delta H / H$ ve $\Delta H' / H$ boyutsuz parametrelerinin değişik birleşimleri için lateral çapı, lateral uzunluğu, lateral giriş basıncı ve lateral giriş debisinin bir işlevi olarak, CU eş dağılım katsayısının doğrudan bulunabileceği grafiksel bir yöntem kullanmışlardır. Yöntemin geliştirilmesinde damlatıcı akış rejimine ilişkin katsayıyı 0.5 almışlar ve lateral boyunca toplam sürtünme kayıplarını, damlatıcı debilerinin lateral başındaki damlatıcı debisine eşit olduğu varsayımından yararlanarak hesaplamışlardır.

Araştırmacılara göre, uygulamada genel olarak kısmi türbülanslı akış rejimi özelliği gösteren ($y = 0.5$) damlatıcılı laterallerde, lateral boyunca meydana gelen damlatıcı debi değişiminin üst sınırı olarak $q_{değişim} = 0.10$ veya buna karşılık gelen UC Üniformluk katsayısının alt sınırı olarak $CU = 0.975$ değerleri sınır değerler olarak kabul edilmektedir. Araştırmacılar bununla birlikte, damlatıcı debi değişiminin $q_{değişim} = 0.20$ 'den daha yüksek değerlerinin veya buna karşılık gelen UC üniformluk katsayısının $CU = 0.95$ ' den daha küçük değerlerinin kabul edilemeyeceğini, bu sınır değerlerle kabul edilebilir düzeyde üniform su dağılımının sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

Araştırmacılara göre, lateral boruların projelendirilmesinde iki yol vardır. Birincisi, arzu edilen üniformluk sınırında bitkilerin ihtiyacı olan su miktarını karşılayacak lateral çapını seçmektir.

Diğer yol, lateral çapının belirlenmesi durumunda lateral eğimi ve akış koşulları dikkate alınarak lateral uzunluğunu belirlemektir. Damla sulama laterallerinin projelendirilmesinde genel olarak iç çapları 12–21 mm olarak üretilen polietilen (PE) borular kullanıldığından lateral çapı seçeneği azdır. Bu nedenle, projelendirmede daha çok belirli lateral çap değerleri için üniform su dağılımını gerçekleştirecek lateral uzunlukları belirlenir.

Araştırmacılara göre, üniform bir su dağılımı elde etmek amacıyla, lateral boru uzunluğunca farklı çap ve uzunlukta damlatıcı kullanmak veya damlatıcı aralığını değiştirmek, özellikle sulama sisteminin montajını ve kontrolünü güçleştirdiğinden uygulamada tercih edilmemektedir.

Wu ve Gitlin (1974), damla sulama laterallerinin mansap kısmında laminer akım şartlarının, önemli bir kısmında ise hidrolik yönden pürüzsüz borulardaki kısmi türbülanslı akım şartlarının hakim olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre, hidrolik yönden pürüzsüz borulardaki kısmi türbülanslı akım durumuna ilişkin eşitliğin. lateralin mansabında oluşan laminer akım şartlarında uygulanmasıyla yapılacak hata önemli düzeyde değildir. Bu nedenle, lateral borularda Darcy-Weisbach sürtünme katsayısı (f), sadece Reynolds sayısının bir fonksiyonudur. Araştırmacılar sürtünme katsayısı ile Reynolds sayısı arasındaki ilişkinin, bu sayının 3000-100000 sınırları arasında geçerli olan ve aşağıda verilen Blasius eşitliği ile belirlenebileceğini ortaya koymuşlardır.

$$f = 0.3164 \times \text{Re}^{-0.25} \quad (1.3)$$

Eşitlikte;

f: Darcy–Weisbach sürtünme katsayısı ve

Re: Reynolds sayısı

değerlerini göstermektedir.

Wu ve Gitlin (1974)' e göre damla sulamasının en önemli özelliği, bitkilere düşük debide su uygulanmasıdır. Bu nedenle, sistemin borularından akan debi küçüktür. 16 ve 20 mm gibi küçük çaplı borularda akmakta olan debinin oluşturacağı sürtünme kayıplarının hesaplanmasında yaygın olarak Hazen-Williams eşitliği,

$$h_f = \frac{6.815}{C^{1.852}} \times L \times \frac{V^{1.852}}{D^{1.167}} \quad (1.4)$$

ve Darcy – Weisbach eşitliği;

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \times g} \quad (1.5)$$

kullanılmaktadır.

Eşitliklerde;

h_f : Sürtünme nedeniyle oluşan kayıplar (m),

C: Hazen - Williams sürtünme faktörü,

L: Lateral boru uzunluğu (m),

D: Lateral boru iç çapı (m),

V: Borudaki suyun ortalama akış hızı (m/s),

f: Darcy-Weisbach sürtünme katsayısı,

g: Yerçekimi ivmesi (m/s^2),

değerlerini göstermektedir.

Araştırmacılara göre, damla sulama sistemlerindeki boru hatlarında oluşan sürtünme kaybının hesaplanmasında Hazen-Williams eşitliği kolaylığı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, damla sulama borularındaki ortalama su hızının düşük olması, bununla beraber suyun viskozite değerinin göz ardı edilmesi nedeniyle, sürtünme kayıplarının hesaplanmasında Darcy-Weisbach eşitliğinin daha doğru sonuç verdiği belirtilmektedir.

1.1.3 Wu ve Gitlin (1977)

Damlaticılardan kaynaklanan basınç kayıplarının hesaplanmasında, eşdeğer uzunluğu belirlemek için aşağıda verilen bağıntıyı önermiştir.

$$L_E = 3.43 \times H_e \times \left(\frac{D^{4.871}}{Q^{1.852}} \right) \quad (1.6)$$

Bağıntıda;

L_E : Damlaticı ve bağlantı elemanlarındaki sürtünme kayıplarını hesaplamak için eşdeğer uzunluk (m),

H_e : Damlaticı ve bağlantı elemanlarındaki sürtünme kaybı (m) , laboratuvar deneyleri ile hesaplanır.

D: Lateral boru iç çapı (mm),

Q: Lateral giriş debisi (l/h)

olarak verilmektedir.

1.1.4 Solomon ve Keller (1978)

Lateral uzunluğunca oluşan sürtünme kayıplarına ilişkin boyutsuz sürtünme kayıp eğrisi üzerinde 5 noktayı dikkate alarak, sabit çaplı, eğimsiz lateral borularda damlatıcı basınçlarının hesaplanabileceği bir eşitlik tavsiye etmiştir.

$$H(L) = H(l) + E(L) \times [H(0) - H(1)] \quad (1.7)$$

Eşitlikte;

H(L): Lateral borunun mansabından başlayarak (L) durumundaki damlatıcının basınç yüksekliği (mSS),

H(O) : Lateral boru girişindeki basınç yüksekliği (mSS),

H(L) : Lateral boru sonundaki basınç yüksekliği (mSS) ve

E(L) : Sürtünme kayıp oranı (L durumundaki damlatıcı ile lateralın sonu arasında oluşan sürtünme kayıplarının, toplam sürtünme kayıplarına oranı) olup.

E(L) değeri;

$$E(L) = \exp \left[-4.38815 \times \frac{L^{1.19085}}{(1-L)^{0.05555}} \right] \quad (1.8)$$

eşitliği ile belirlenmektedir.

Eşitlikte;

L: Uzunluk oranıdır.(L durumundaki damlatıcının lateral başlangıcına uzaklığının, lateral uzunluğuna oranı).

1.1.5 Braud ve Soom (1981)

Eğimsiz bir lateral için verilen sürtünme kaybının, damlatıcı debilerindeki değişim miktarı olan $\left((q_{\max} - q_{\min}) / \bar{q} \right)$ boyutsuz parametresi ile damlatıcı akış rejimini belirleyen x değerine göre değiştiğini belirterek, izin verilen sürtünme kaybı değerine bağlı olarak lateral uzunluğunun;

$$L = 0.0595 \times D^{1.708} \times \left(\frac{h_f}{F} \right)^{0.3506} \times \left(\frac{C \times \Delta L}{\bar{q}} \right)^{0.6494} \quad (1.9)$$

eşitliği ile belirlenmesini tavsiye etmişlerdir.

Eşitlikte;

L: Lateral uzunluğu (m),

D: Lateral iç çapı (mm),

h_f : Lateral uzunluğunca izin verilen sürtünme kaybı,

F: Azaltma faktörü,

C: Hazen-Williams sürtünme faktörü,

ΔL : Damlatıcı aralığı (m) ve

\bar{q} : Ortalama damlatıcı debisi (l/h) değerlerini göstermektedir.

1.1.6 Warrick (1983)

Christiansen üniformluk katsayısının bilinmesi halinde son çeyrek dağıtım üniformluğunun hesaplanabilmesi için şu basit dönüşümlerin kullanılmasını tavsiye etmiştir.

Üniform bir debi dağılımı için,

$$UC = 0.33 + 0.67 DU \text{ ve} \quad (1.10)$$

Nominal bir debi dağılımı için,

$$UC = 0.37 + 0.63 DU \quad (1.11)$$

1.1.7 Warrick ve Yitayew (1986)

Lateral borularındaki yük kayıplarının hesaplanmasında hız yükünün önemli bir etkisi olmadığını ortaya koyarak, lateral boru boyunca hidrolik yönden pürüzsüz borulardaki kısmi türbülanslı akım şartlarının hakim olduğunu kabul etmişlerdir. Araştırmacılar bu kabulden hareketle, lateral borunun mansap ucunda hakim olan laminer akımla birlikte, memba ucunda gerçekleşmesi muhtemel tam türbülanslı akımı da göz ardı etmişlerdir.

1.1.8 Warrick ve Yitayew (1988)

Lateral boyunca meydana gelen toplam sürtünme kayıplarını, memba ve mansap uçtaki rölatif damlatıcı debilerine bağlı olarak aşağıdaki şekilde hesaplamışlardır.

$$\Delta H = \left(\frac{q_{av}}{c} \right)^{1/y} \times \left[\left(\frac{q(0)}{q_{av}} \right)^{1/y} - \left(\frac{q(l)}{q_{av}} \right)^{1/y} \right] \quad (1.12)$$

Eşitlikte;

$\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right)$: Mamba uçtaki rölatif damlatıcı debisi,

$\left(\frac{q(l)}{q_{av}}\right)$: Mansap uçtaki rölatif damlatıcı debisi,

$q_{av} = \frac{v_0 \times A}{L}$ eşitliği ile hesaplanan ortalama damlatıcı debisi ($m^3 s^{-1}$)

v_0 = Lateral girişindeki akımın hızı (m/s),

A = Lateral borunun kesit alanı (m^2),

L = Lateral borunun uzunluğu (m).

Warrick ve Yitayew (1988), sundukları analitik çözümde hız yükü değişimini ihmal ederek, mamba uçtaki giriş basınç yükünün hesaplanmasında aşağıdaki eşitliği tavsiye etmişlerdir.

$$H_{\max} = \left[\left(\frac{q(0)}{q_{av}} \right) \times \frac{q_{av}}{c} \right]^{1/y} \quad (1.13)$$

Eşitlikte;

q_{av} : Ortalama damlatıcı debisi ($m^3 S^{-1}$),

$q(0)$: Lateral girişinden itibaren ilk damlatıcının debisi ($m^3 s^{-1}$),

c : Damlatıcı katsayısı ($m^{3-y} s^{-1}$) ve

y : Akım rejimine ve damlatıcı tipine bağlı katsayıdır.

Lateral boruların projelendirilmesinde araştırmacılar, iki temel kabulden yola çıkarak analitik ve nümerik çözüm yöntemleri geliştirmişlerdir. Bu kabullerden birincisi, lateral boyunca damlatıcıya ait üniform bir ortalama birim boy debisinin geçerli olduğu kabulüdür.

Warrick ve Yitayew (1988.a), bu kabulden yola çıkarak damlatıcıların lateral üzerine çok yakın mesafelerle yerleştirilmesi durumunda, lateralın boylamasına yarıklardan teşekkül eden ana borunun homojen bir sistemi olduğunu ileri sürmüşlerdir. Buradan hareketle, lateral içindeki akımın 2. mertebeden lineer olmayan basit diferansiyel denklem formunda incelendiği ve hız yükü değişiminin ihmal edildiği analitik bir çözüm tarzı sunmuşlardır. Diğer taraftan, lateral boruların projelendirilmesinde oldukça yakın tahminler veren, farklı akım rejimleri için kullanımı pratik tasarım grafikleri geliştirmişlerdir. Warrick ve Yitayew (1988.b) yukarıda söz edilen analitik çözümde sundukları temel prensiplere dayanarak bu çözümden elde edilen sonuçları kontrol üzere Runge - Kutta nümerik çözüm yöntemini

geliştirmişlerdir.

Warrick ve Yitayew (1988 b); Miller (1981)' e dayanarak, Christiansen üniformluk katsayısı (UC), memba uçtaki rölatif debi $\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right)$ ve boyutsuz koordinat (X_0) arasında, aşağıda verildiği şekilde lineer olmayan rasyonel bir fonksiyonun kullanılabilceğini belirtmiştir.

$$y = \left(\frac{K_1 + K_3x + K_5x^2 + \dots}{1 + K_2x + K_4x^3 + K_6x^4 + \dots} \right) \quad (1.14)$$

Bu fonksiyonda:

x: Bağımsız değişken (X_0)

y: Bağımlı değişken (UC veya $\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right)$)

K_1 ve K_2 : Katsayılar

Şeklinde ifade edilmektedir. Araştırmacılar, bu üç dizayn parametresi arasındaki ilişkiyi ifade eden rasyonel fonksiyon kullanılarak, üniformluk katsayısının ve giriş basınç yükünün kolaylıkla hesaplanabileceğini belirtmiştir.

Warrick ve Yitayew (1988.b), ortaya koydukları Runge- Kutta nümerik çözümünde tanımladıkları X_0 boyutsuz koordinat değerine bağlı olarak, Christiansen

üniformluk katsayısı (UC) ve memba rölatif debisinin $\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right)$ hesaplanabileceği bir tasarım

grafiği sunmuşlardır. Diğer taraftan söz konusu tasarım parametrelerinin daha kesin

değerlerinin hesaplanabilmesi için, UC, $\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right)$ ve x, arasındaki ilişkileri gösteren bir tablo

hazırlamışlardır. Araştırmacılar, belli bir X_0 değeri için söz konusu tasarım parametrelerinin hesaplanmasında farklı katsayıların geçerli olduğunu belirterek, bunlar arasındaki ilişkiyi şu eşitlikle ortaya koymuşlardır.

$$\left(\frac{q(0)}{q_{av}}\right), UC = \left(\frac{K_1 + K_3X_0 + K_5X_0^2 + \dots}{1 + K_2X_0 + K_4X_0^3 + K_6X_0^4 + \dots}\right) \quad (1.15)$$

Eşitlikte;

X_0 : Boyutsuz koordinatı ve

K_1, K_2, \dots : Her iki parametre alan katsayıları göstermektedir.

Her iki parametre için farklı değer alan katsayıları göstermektedir.

Warrick ve Yitayew (1988) , Keller ve Karmelli (1974)'ye dayanarak, lateral boyunca damlatıcılar tarafından dağıtılan debilerin sistemin tamamındaki üniformluğunun kontrol edilmesinde, dağıtım üniformluk katsayılarının pratik bir önemi olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, lateral boyunca üniform bir ortalama damlatıcı debisinin var olduğu kabulünden hareketle, lateral üzerindeki tüm damlatıcı

debilerinin ortalama damlatıcı debisinden sapmalarının değerlendirildiği Christiansen üniformluk katsayısını (UC) şu eşitlikle hesaplamışlardır.

$$UC = 1 - \left(\frac{1}{L \times q_{av}} \right) \int_{x=0}^{x=L} |q - q_{av}| dx \quad (1.16)$$

Araştırmacılar, entegral ifadesinde herhangi bir noktadaki damlatıcı debisinin, ortalama damlatıcı debisine oranının 1'e eşit olduğu ($q_i = q_{av}$) noktadaki boyutsuz koordinat ve hız değerlerini kullanarak aşağıdaki eşitliği bulmuşlardır.

$$UC = 1 - \left(\frac{2}{X_0} \right) (X_0 - X_0 V_{div} - X_{div}) \quad (1.17)$$

Eşitlikte;

X_0 : Lateral boru uzunluğunun karakteristik uzunluğa oranıdır. (L/X_0)

$X_{div}, V_{div} : \left(\frac{q_i}{q_{av}} = 1 \right)$ olduğu noktadaki boyutsuz koordinat ve hız değerleridir

Araştırmacılar, (1.28) eşitliği ile verilen Christiansen üniformluk katsayısı UC' nin yalnızca basınç değişimini esas aldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılara göre üretici değişim katsayısının da bilinmesi halinde hem basınç hem de üretici değişimlerini hesaba katan yeni UC değeri hesaplanabilir. Araştırmacılar, nominal bir debi dağılımı için Christiansen üniformluk katsayısı ile üretici değişim katsayısı (C_V) arasındaki ilişkiyi şu eşitlikle vermişlerdir.

$$UC = 1 - 0.798 \times C_V \quad (1.18)$$

Buna göre, yalnızca basınca bağlı hidrolik değişimi göz önüne alan üretici değişim katsayısı;

$$C_{V_H} = \frac{1.0}{0.798} \times (1 - UC_H) \quad (1.19)$$

eşitliği ile hesaplanabilir.

Eşitlikte;

CV_H : Hidrolik değişimi esas alan üretici değişim katsayısı,

UC_H : Hidrolik değişim katsayısına göre hesaplanan üniformluk katsayısını ifade etmektedir.

Warrick ve Yitayew (1988 b.), Bralts ve diğ. (1981)' ne dayanarak, hidrolik değişim katsayısı ile birlikte damlatıcıların kendi değişimlerinden kaynaklanan katsayının da bilinmesi halinde, toplam değişim katsayısının hesaplanabileceğini, bu katsayı göz önüne alınarak yeni UC değerinin belirlenmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar tarafından toplam değişim katsayısı;

$$CV_T = \left(CV_H^2 + CV_M^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1.20)$$

eşitliği ile verilmektedir.

Eşitlikte;

CV_T = Toplam değişim katsayısını,

CV_H = Hidrolik değişim katsayısını ve

CV_M = Damlatıcı değişim katsayısını

ifade etmektedir.

Araştırmacılar, lateral borunun son çeyreğindeki ortalama debinin, lateralın tamamındaki ortalama debiye oranı olarak tanımladıkları son çeyrek dağıtım üniformluk katsayısını da şu eşitlikle hesaplamışlardır.

$$DU = 4 \times V_{LQ} \quad (1.21)$$

Eşitlikte;

V_{LQ} : Lateral borunun son çeyreğinde, $X = 0.75 X_0$ boyutsuz koordinatına tekabül eden boyutsuz hız değeridir.

1.1.9 Yitayew (1989)

Lateral boruların tasarımına ait Yitayew ve diğerleri (1988) tarafından ortaya konulan analitik çözümün devamı olarak; lateral borulardaki sürtünme kayıplarının rölatif damlatıcı debisinin memba ve mansap sınır şartlarına bağlı olarak hesaplandığı basitleştirilmiş bir yaklaşım sunmuştur. Bu yaklaşıma göre lateral borunun memba ve mansap uç noktalarındaki toplam enerji değerlerinin farkı, sistem boyunca sürtünmeden doğan yük kayıplarını vermektedir.

Eşitlikte görülen memba ve mansap uç noktalarındaki rölatif damlatıcı debileri, tanımlanan boyutsuz hız ve mesafenin memba ve mansap sınır şartlarındaki değerlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

$$\Delta H = \frac{v_0^2}{2g} \left[\frac{\beta}{L^2} \left[\left(\frac{q(0)}{q_{av}} \right)^2 - \left(\frac{q(l)}{q_{av}} \right)^2 \right] + l^2 \right] \quad (1.22)$$

Eşitlikte;

$q(0)$: Memba sınır şartındaki (boru girişindeki) rölatif damlatıcı debisi (m^3s^{-1})

$q(l)$: Mansap sınır şartındaki (boru çıkışındaki) rölatif damlatıcı debisi (m^3s^{-1})

v_0 : Lateral boru girişindeki hız ($m s^{-1}$),

L : Lateral boru uzunluğu (m),

g : Yerçekimi ivmesi ($m s^{-2}$),

β : $\frac{\pi^2 g D^4 s^2}{8c^2}$ ile tanımlanan sabit,

D : Lateral boru iç çapı (m),

s : Damlatıcı ara mesafesi (m)

c : Damlatıcı tipine bağlı katsayı

şeklinde ifade edilmektedir.

1.1.10 Scaloppi (1988)

Damla sulaması lateral borularında komşu damlatıcılar arasında kalan lateral bölümlerindeki sürtünme kayıplarının;

$$\Delta h_f = K \times \frac{\Delta Q^m}{D^{2m+n}} \times \Delta L \quad (1.23)$$

genel niteliğindeki eşitlik ile hesaplanabileceğini belirtmiştir. Lateral uzunluğunca oluşan toplam sürtünme kayıpları ise, komşu damlatıcılar arasındaki her lateral bölümü için hesaplanan kayıpların toplamına eşittir ve

$$h_f = K \times \frac{Q^m}{D^{2m+n}} F \times L \quad (1.24)$$

genel eşitliği ile belirtilir.

Eşitliklerde;

Δh_f : Lateral boru üzerinde komşu damlatıcılar arasında kalan lateral bölümündeki sürtünme kayıpları (m),

K: Lateral boru çapına ve lateralde oluşan akış rejimine bağlı bir katsayı,

ΔL :Lateral üzerinde komşu iki damlatıcı arasındaki mesafe (m),

ΔQ : ΔL lateral bölümündeki debi (m³ s⁻¹),

h_f : Lateral uzunluğunca oluşan toplam sürtünme kayıpları (m),

L: Lateral boru uzunluğu (m),

Q: Lateral girişindeki debi (m³ s⁻¹)

m, n: Lateraldeki akış rejimine bağlı katsayıdır.

m değeri laminar akış koşulları için 1, hidrolik yönden pürüzsüz borularda kısmi türbülanslı akış için 1.75 ve tam türbülanslı akış için 2 olarak kabul edilmektedir. F değeri ise Christiansen azaltma faktörüdür.

Christiansen F azaltma faktörü, lateral üzerindeki damlatıcıların eşit aralıklarla yerleştirilmesi durumunda, lateral uzunluğunca oluşan gerçek sürtünme kayıplarının (h_f), damlatıcılarda akış olmadığı ve lateral giriş debisinin lateral uzunluğunca aktığı koşuldaki sürtünme kayıplarına (h_s) oranı olup;

$$F = \frac{h_s}{h_f} \quad (1.25)$$

$$F = \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{(m-1)^{0.5}}{6N^2} \quad (1.26)$$

eşitliğinden yararlanılmaktadır.

Eşitlikte;

N: Lateral boru üzerindeki damlatıcı sayısıdır.

1.1.11 Cuenca (1989)

Lateral boyunca boşaltım olmaksızın meydana gelen sürtünme kaybının, Darcy - Weisbach eşitliğinin aşağıdaki formu kullanılarak hesaplanacağını belirtmektedir.

$$h_f = 6.377 \times f \times L \times (Q^2 / D^5) \quad (1.27)$$

Eşitlikte;

h_f : Lateral boyunca meydana gelen sürtünme kaybı (m),

f : Sürtünme katsayısı,

L : Lateral uzunluğu (m),

Q : Lateral girişindeki debi (l/h)

D : Lateral boru çapı (mm)

olarak ifade edilmektedir.

Lateral boyunca boşaltım da dikkate alınarak oluşan gerçek sürtünme kaybı (h_{ac}), aşağıdaki bağıntı hesaplanır.

$$h_{ac} = F \times h_f \quad (1.28)$$

Bağıntıda;

F : Christiansen azaltma faktörüdür.

Cuenca (1989)' ya göre lateral uzunluğunca gerçek sürtünme kayıplarını hesaplayan (1.11) bağıntısı, damlatıcılardaki ve bağlantı elemanlarındaki kayıpları dikkate almamaktadır.

Araştırmacı, Keller ve Karmelli (1974)' ye dayanarak, yukarıda bahsedilen etkiler dikkate alındığında lateral boyundaki uzamayı (L_E : Eşdeğer uzunluk) damlatıcıların laterale tesis biçimine göre aşağıdaki şekilde vermiştir.

$L_E = 1.0 - 3.0$ m (Lateral üzerine geçik damlatıcılar için),

$L_E = 0.1 - 0.6$ m (Lateral boyuna geçik damlatıcılar için),

$L_E = 0.3 - 1.0$ m (Plastik laterale kaynaklanmış T solventi için)

Cuenca (1989), lateral boyunca damlatıcı debilerindeki üniformluğu, aşağıda verilen emisyon üniformluk katsayısı (U_e) eşitliği ile hesaplanmasını tavsiye etmiştir.

$$U_e = 100 \left[1.0 - \left(\frac{1.27}{n} \right) C_v \right] \frac{q_{\min}}{q_{av}} \quad (1.29)$$

Eşitlikte;

U_e : Yayılım (emisyon) üniformluğu (%),

C_v : Üretici tarafından belirlenen değişim katsayısı (damlatıcı tipinin ve üretim işlemleri süresince kalite kontrol uygulamalarının bir fonksiyonudur),

q_{\min} : Dağıtım sistemi içinde minimum basınç noktasına tekabül eden minimum damlatıcı debisi (l/h),

q_{av} : Ortalama debi veya proje damlatıcı debisi (l/h) ve

n: Nokta kaynaklı damlatıcılarda, aynı üründe bitki başına düşen damlatıcı sayısı, hat kaynaklı damlatıcılarda ise; hat boyunca bitki sıralan arasındaki lateral kısmının uzunluğu veya 1 değerlerinden büyük olanına eşit alınmaktadır.

Araştırmacı, yukarıda verilen yayılım üniformluğunu aşağıdaki sınır değerlere bağlı olarak şöyle sınıflandırmıştır:

$U_e \geq \%90$: Mükemmel

$\%80 < U_e < \%90$: İyi

$\%70 < U_e < \%80$: Yeterli

$U_e < \%70$: Yetersiz

Araştırmacı, yayılım üniformluğu ile birlikte aşağıda verilen pratik bir eşitlikle damlatıcı debi değişiminin de hesaplanmasının faydalı olduğunu işaret etmiştir. Araştırmacıya göre, bu basit yöntem ön yaklaşım için oldukça pratik olmasına rağmen, gerçek üniformluk seviyesinin belirlenmesinde daha fazla bilgi vermekten uzaktır.

$$q_{var} = 100 \times \left(1.0 - \frac{q_{min}}{q_{max}} \right) \quad (1.30)$$

Eşitlikte;

q_{var} : Damlatıcı debi değişimi (%) ,

q_{min} : Minimum basınç noktasına tekabül eden damlatıcı debisi (l/h),

q_{var} : Maksimum basınç noktasındaki damlatıcı debisi (l/h),

değerlerini göstermektedir. Araştırmacı, aşağıda verilen sınır değerlere bağlı olarak damlatıcı debi değişimini de şu şekilde sınıflandırmıştır.

$q_{var} \leq \%10$: Arzu edilir,

$\%10 < q_{var} \leq \%20$: Kabul edilebilir,

$q_{var} > \%20$: Kabul edilemez,

1.1.12 Hathoot ve diğerleri

Üzerinde eşit aralıklarla yerleştirilmiş nokta kaynaklı damlatıcılar bulunan üniform eğimdeki bir lateral boruda, tüm damlatıcı debilerinin hesaplandığı hız yükü ve Reynolds sayısındaki

değişimlerin de hesaba katıldığı analitik bir çözüm yöntemi sunmuşlardır.

Hathoot ve diğ. (1993), Üzerinde eşit mesafelerle yerleştirilmiş damlatıcılar bulunan bir lateral boruda, ardışık damlatıcılar arasındaki sürekli yük kaybını Darcy-Weisbach formülü kullanarak;

$$h_i = \frac{8 \times f_i \times s \times Q_i^2}{\pi^2 \times g \times D^5} \quad (1.31)$$

eşitliği ile hesaplamışlardır.

Eşitlikte;

f_i : Ardışık damlatıcılar arasındaki boru kısmında geçerli olan sürtünme katsayısı,

Q_i : Ardışık damlatıcılar arasındaki lateral debisi ($m^3 s^{-1}$),

s : Damlatıcı ara mesafesi (m),

D : Lateral boru iç çapı (m) ve

g : Yerçekimi ivmesidir.

Hathoot ve diğ. (1993), lateral boyunca ardışık damlatıcıların basınç yüklerinin hesaplanmasında şu eşitliği kullanmışlardır.

$$H_i = H_{i-1} + B \left[Q_{i-1}^2 - (Q_{i-1} - q_{i-1})^2 \right] - E f_i (Q_{i-1} - q_{i-1})^2 \pm s S_0 \quad (1.32)$$

Eşitlikte;

(i) : Damlatıcıların yerlerini gösteren indis,

H_i, H_{i-1} : Mansap yönünde, (i) ve (i-1) konumlarındaki damlatıcılara ait basınç yükü (m),

Q_{i-1} : Ardışık damlatıcılar arasındaki lateral debisi ($m^3 s^{-1}$),

q_{i-1} : Mansap yönünde (i-1) konumundaki damlatıcı debisi ($m^3 s^{-1}$),

f_i : Ardışık damlatıcılar arasındaki boru kısmında geçerli olan sürtünme katsayısı,

s : Damlatıcılar arasındaki mesafe (m),

S_0 : Lateral boru eğimi,

$$B = \left(\frac{3}{2gA^2} \right) \text{ ve } E = \left(\frac{8s}{\pi^2 g D^5} \right)$$

eşitlikleri ile tanımlanan sabitlerdir.

Hathoot ve diğ. (1993), Keller ve Karmelli (1974)'ye dayanarak, UC ve DU üniformalık

katsayılarını şu eşitliklerle hesaplamışlardır.

$$UC = 1 - \frac{1}{n \times q_{av}} \sum_{i=1}^{i=n} |q_i - q_{av}| \quad (1.33)$$

$$DU = \frac{4 \times \left[\sum_{i=\frac{3n}{4}}^{i=n} q_i \right]}{n \times q_{av}} \quad (1.34)$$

Eşitliklerde;

n: Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı,

q_i: Lateral üzerindeki herhangi bir damlatıcı debisi (m³ s⁻¹) ve

q_{av}: Ortalama damlatıcı debisidir (m³ s⁻¹).

Hathoot ve diğerleri (1993), bu kabulden yola çıkarak, üzerinde eşit aralıklarla yerleştirilmiş nokta kaynaklı damlatıcılar bulunan üniform eğimdeki bir lateral boruda, tüm damlatıcı debilerinin hesaplandığı, hız yükü ve Reynolds sayısındaki değişimlerin ele hesaba katıldığı diğer bir analitik çözüm yöntemi sunmuşlardır. Aynı araştırmacılar, bu çözümden hareketle lateral boruların analiz ve tasarımı için bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

Araştırmacılar, bilgisayar programından elde ettikleri sonuçların, diğer araştırmacıların verdiği sonuçlarla ve laboratuvar denemeleri ile de doğrulandığını bildirmişlerdir.

Araştırmacılar, çalışmalarında verdikleri iki nümerik örneğin çözümüne yönelik olarak geliştirdikleri bilgisayar programı yardımıyla iki adet tasarım grafiği sunmuşlardır. Araştırmacıların yaptığı bu çalışmada, iki nümerik örneğin verileri kullanılarak 0–250 m arasındaki değişik lateral boyları ile 7–20 mm arasındaki değişik lateral çapları için, boru girişindeki rölatif basınç yükü $\left(\frac{H_{max}}{H_{av}} \right)$ ve Christiansen üniformalık katsayıları grafiksel bir yöntemle belirlemektedir.

1.2 Damla Sulama Yönteminin Üstünlükleri ve Zayıflıkları

Damla sulama yönteminin diğer sulama yöntemlerine göre üstünlükleri şöylece sıralanabilir: (Yıldırım, 2005)

1. Arazinin yalnızca belirli bir bölümü ıslatıldığından sulama suyu ihtiyacı azdır ve su kaynağının kısıtlı olduğu durumlarda geniş bir alanın sulanması mümkündür.
2. Toprağın ıslatılan yüzeyi bitki tarafından gölgelendiğinden buharlaşma kayıpları minimum

olmaktadır. Bu nedenle bitki su tüketimi, dolayısıyla sulama suyu ihtiyacı azalmaktadır.

3. Bitki kök bölgesinde devamlı ve düşük gerilimle bir rutubet ortamı sağlandığından, bitki topraktan suyu fazla enerji harcamaksızın alır, bu ise ürün artışını sağlayan en önemli faktörlerden biridir.

4. Bitki besin maddeleri bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanda sulama suyu ile birlikte yalnızca bitki köklerinin geliştiği ortama verilir, böylece gübreden en üst düzeyde yararlanır. 5. Toprakta bulunan tuzlar ıslak şeridin çeperlerine doğru itilir. Bu nedenle tuzlu topraklarda veya tuz oranı yüksek sulama suyuyla emniyetli bir sulama yapılabilir.

6. Sulama suyu istenilen miktarda ve en iyi denetimle uygulanabilir, su uygulama randımanı çok yüksektir, işletilmesi kolaydır ve sulama işçiliği minimum düzeydedir.

7. Bitkilerin toprak üstü organları ıslatılmadığından, bitki hastalıklarının gelişmesi önlenmektedir, yabancı ot kontrolü daha kolaydır.

8. Bitki sıraları arasında ıslatılmayan kuru bir alan kaldığından, sulama sırasında bile bazı tarımsal işlemler kolaylıkla yapılabilmektedir.

9. Yüksek eğimli, dalgalı, hafif bünyeli ya da yüzlek topraklarda emniyetle uygulanabilir.

10. İşletme basıncı diğer sulama yöntemlerine göre daha düşük olduğundan enerji masrafları azdır.

11. Damla sulamayla verilen suyun tam denetimi sağlandığından yüzey akışı olmamaktadır. Böylece yüzey drenaj sistemi korunarak, erozyon kontrolü sağlanmaktadır.

12. Sistemin çalışması yağmurlama sulama yönteminde olduğu gibi rüzgardan etkilenmez.

13. Eğimli arazilerde, tesviyeye gerek kalmadan sulama yapılabilmektedir.

14. Toprak verimliliğini temin eden humus ve diğer mikro elementlerin kök bölgesinden yıkanmasını önler.

Damla sulama yönteminin yukarıdaki üstünlüklerinin yanı sıra, tasarım mühendisini alternatif sistemlere yöneltebilecek ciddi dezavantajları vardır. Bu yöntemin uygulanmasını kısıtlayan faktörler şu şekilde sıralanabilir:

1. Damla sulama yönteminde karşılaşılan en önemli problem damlatıcıların tıkanmasıdır, Tıkanmaya en çok kum ve silt parçacıkları, organik madde birikimi ve kimyasal madde birikimi neden olmaktadır. Dolayısı ile sulama suyunun kontrol biriminde çok iyi süzülmesi ve sistemin belirli aralıklarla seyreltik asit ile yıkanması gerekmektedir.

2. Sulama suyu çok iyi kalitede olsa bile bir miktar tuz içerir. Ayrıca toprakta da tuz vardır.

Damla sulamada bu tuzlar suyun hareketi ile ıslak hacmin çeperine doğru taşınırlar ve burada birikirler. Değinilen tuzlar genellikle kış yağışları ile alt katlara yıkanırklar. Ancak yıllık yağışı 300 mm' nin altında olan yörelerde bu yıkanma yetersiz kalabilir ve biriken tuzların kök bölgesinin altına yıkanması i in destekleyici yağmurlama ya da yüzey sulama yöntemlerini uygulamak gerekebilir.

3. Damla sulama yönteminde ilk tesis masrafları oldukça yüksektir. Ancak, özellikle su kaynağının kısıtlı olması ve ekonomik değeri yüksek bitki tarımının yapılması durumlarında, daha geniş bir alan sulanabildiğinden genellikle ekonomik olmaktadır.

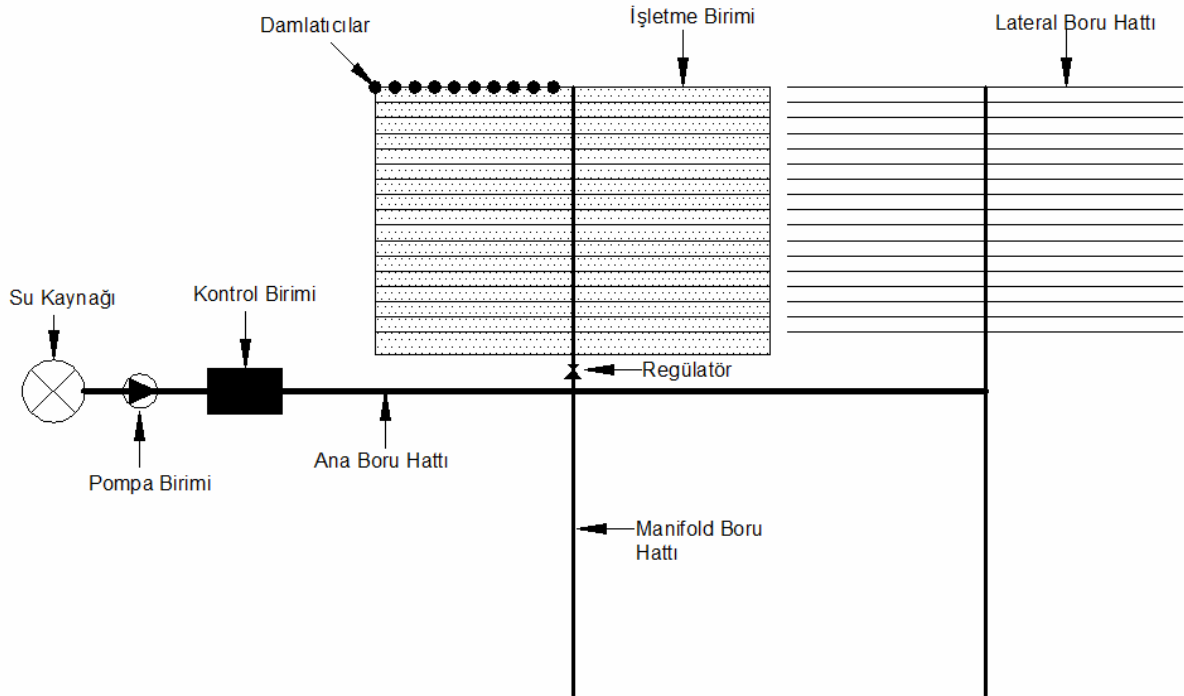
4. Rüzgar etkisi altında bulunan yerlerde, bitki sıraları arasında kalan kuru şeritlerden kaldırılan tozun bitkileri örtmesi zararlı olabilir.

2. DAMLA SULAMA SİSTEMİNİN UNSURLARI

2.1 Genel

Damla sulama sistemleri basınçlı olup, suyun kaynaktan alınması, süzülmesi, suya bitki elementlerinin karıştırılması, sulanacak alana iletilmesi, alan içerisinde dağıtılması ve bitki kök bölgesine kontrollü olarak verilmesi için gerekli yapı, makine, boru, alet ve araçlardan oluşur. Genellikle sabit sistem biçimindedir.

Bir damla sulama sistemi sırasıyla pompa birimi, kontrol birimi, ana boru hattı, gerekli ise regülatör(basınç kırıcı), manifold boru hatları (çok ağızlı borular), lateral boru hatları (yan borular) ve damlatıcılardan oluşur (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Damla sulama sisteminin unsurları

Damla sulama yönteminde her türlü su kaynağından yararlanılabilir. Ancak suyun fazla miktarda kum, sediment ve yüzen cisimler içermemesi gerekir. Ayrıca fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum bileşikleri ile demir bileşikleri içeren sular da damla sulama yöntemi için uygun değildir. (Yıldırım, 2005)

2.2 Pompa Birimi

Su kaynağının yeteri kadar yüksekte olmadığı durumlarda, gerekli işletme basıncı pompa birimi ile sağlanır. Su kaynağının tipine bağlı olarak santrifüj, derin kuyu ya da dalgıç tipi

pompalardan biri tercih edilebilir. Pompanın elektrik motoru ile çalıştırılması tavsiye edilmektedir.

2.3 Kontrol Birimi

Damla sulama yönteminde, suyun çok iyi süzöldükten sonra sisteme verilmesi gerekir. Aksi halde damlaticıların tıkanması sorunuyla karşılaşır. Bu işlem kontrol biriminde yapılır. Kontrol biriminde ayrıca, sisteme verilecek sulama suyunun basınç ve miktarı kontrol edilir. Diğer taraftan, bitkiye verilecek besin maddelerinin dağıtım sistemi boyunca uygun dağıtımı için kimyasal enjektör kullanılır. Kontrol birimi genellikle ana boru hattının başlangıcına kurulur.

Kontrol biriminde; hidrosiklon, kum - çakıl filtre tankı, gübre tankı, elek filtre, basınç regülatörü, su ölçüm araçları, manometreler ve vanalar bulunur.

Hidrosiklon, suda bulunabilecek kum parçacıklarının sisteme girmeden önce tutulduğu araçtır. Su hidrosiklonun üst kısmından çepere doğru girer ve çeper boyunca aşağıya doğru iner. Daha sonra su ortadan yukarıya doğru yükselir ve kum parçacıkları ağır olduğundan tabanda kalır. Kumdan arınan su hidrosiklonun üzerinden sisteme verilir. Kum - çakıl filtre tankında, sulama suyunda bulunabilecek sediment ve yüzücü cisimler tutulur. Su tanka üstten girer, çakıl ve kum-çakıl katmanlarından geçtikten sonra tankın altından çıkar. Bu arada sediment ve yüzücü cisimler genellikle üst kesimde tutulur. Tankın tabanında, etrafı elekfiltre ile sarılmış delikli boru bulunur. Burada amaç, tanktan su ile birlikte kumun çıkışını engellemektir. Kum-çakıl filtre tankında ayrıca suyun alttan girişini ve üstteki vanadan çıkışını sağlayan geri yıkama borusu bulunur. Bu boru aracılığıyla, bazen tankın üst kesiminde biriken sediment ve yüzücü cisimler yıkanarak tank temizlenir. Kum-çakıl filtrelerinde 70 kPa üzerindeki basınç düşmeleri, sistemin geri yıkama yolu ile temizlenmesi gerektiğine işaret etmektedir. Geri yıkama, akışın normal yönünü tersine çevrilip, filtre sistemi içinde çöktülen ya da akımdan uzaklaştırılmış maddelerin sistemden çıkartılması işlemidir.

Damla sulama sistemlerinde bitki besin maddeleri sulama suyuna karıştırılarak uygulanır. Bu amaçla sıvı gübre kullanılır. Sulanacak alanın büyüklüğüne göre hesaplanan sıvı gübre miktarı, kontrol birimindeki gübre tankının içerisine konur. Gübre uygulanacağı zaman ana boru üzerindeki vana kısmen kapatılır, gübre tankı giriş ve çıkış vanaları açılır. Böylece, ana borudaki suyun bir kısmı gübre tankı içine girer, sıvı gübre ile karışır ve tekrar ana boruya döner. Gübreleme ve kimyasal enjeksiyon sisteminde temel prensip, sistem çalışmadığı zamanlarda maddenin borularda kalmamasını sağlamaktır. Bunun için madde, tüm hatlar dolmadan ve damlaticılar boşaltıma geçmeden enjekte edilmemelidir. Pratik bir yol olarak,

boşalım başladıktan 1 saat sonra gübreleme başlar ve vanalar kapatılmadan 1 saat önce gübreleme biter. Bu şekilde, muhtemel aşınma tehlikesi ve bakteri büyümesi gibi problemler bertaraf edilmiş olur.

Kontrol birimine, gübre tankından sonra elekfiltre yerleştirilir. Filtre genellikle silindir biçimindedir. Tek ya da iç içe geçmiş iki filtreden oluşabilir. Elek filtrelerin, 80 – 200 göz arasında olması tavsiye edilmektedir. Elekfiltre ile kum çakıl filtre tankında süzülemeyen sediment ile gübre tankından gelebilecek gübre parçacıkları tutulur. Her sulamadan sonra elek filtreler sökülür ve yıkanarak temizlenir.

Elekfiltreden sonra, suyun boru hattına sabit basınç altında verilmesini sağlamak için bir basınç regülatörü yerleştirilir. Basınç regülatörleri bazen manifold boru hattı girişine de yerleştirilmektedir.

Kontrol biriminde ayrıca, kum-çakıl filtre tankının giriş ve çıkışı ile elekfiltre çıkışındaki basıncın ölçülmesi gerekmektedir. Bu amaçla, üç yollu bir manometreden faydalanılır. Böylelikle, basınç farklılıklarından dolayı filtrelerin tıkanma derecesi belirlenerek gerekli zamanlarda filtreler temizlenir.

2.4 Ana Boru Hattı

Suyu kaynaktan alarak manifold boru hatlarına iletir. Genellikle gömülüdür ve sert PVC borulardan teşkil edilir. Küçük sistemlerde ana boru hattı toprak yüzeyine döşenebilir. Bu durumda sert PE borular kullanılır. Sert polietilen borular (HDPE), yüksek yoğunluklu polietilenin boru yapımına gerekli maddesinden TS 418 / 1 ve ISO - 9002 kalite standartlarına uygun olarak imal edilmektedir. Basınç dayanımları; 2.5, 3.0 , 4.0 , 6.0 ve 10 kgf / cm² olmak üzere beş farklı tipte imal edilmektedir. Boru dış çapları; 10 ila 200 mm arasında ve et kalınlıkları ise, 2.0 ila 18.2 mm arasında değişmektedir. Ana ve yan boru hatlarında kullanılan sert (yüksek yoğunluklu) polietilen boruların TS 418/1 ve ISO - 9002' ye göre kalite standartları Tablo 2.1 'de görülmektedir.

Çizelge 2.1 TS 418/1 ve ISO - 9002 'ye Göre Sert Polietilen Boruların Kalite Standartları

Ortalama yoğunluk	0.95 g/cm ³
Uzunlamasına genleşme katsayısı	2 x 10 ⁻⁴ 1/°C
Isı iletkenliği	0.36 kcal/mh ⁰ C
Esneklik modülü	9000 kgf/cm ²
Yüzey direnci	Ohm>10 ¹²

2.5 Manifold Hatları

Boru

Manifold boru hatları çok ağızlı borulardan oluşur ve suyu ana boru hattından alarak lateral hatlarına iletir. Bir manifold boru hatlarına bağlı laterallerin tümü bir işletme birimini oluşturur. Manifold başlangıcındaki vana açıldığında işletme birimindeki tüm laterallere aynı anda su verilmiş olur.

Ana boru hatlarında olduğu gibi manifold boru hatları da genellikle sert PVC borulardan oluşur.

2.6 Lateral Boru Hattı

Lateral hatları için imal edilen yumuşak polietilen borular, aşınma (korozyon) ve toprağın boruya verebileceği zararlara karşı koyabilecek kimyevi maddeleri bünyelerinde ihtiva etmektedirler. İç ve dış yüzeyleri paslanmaya karşı dayanıklıdır. İç yüzeylerinin düzgünlüğü ve sürtünme katsayısının çok düşük olması nedeniyle kireç bağlamaz, bu nedenle tıkanmalara sebebiyet vermez. Soğuğa ve sığağa karşı dayanım özelliği vardır.

Her bitki sırasına bir lateral döşenir. Bazen, her bitki sırasına iki lateral ya da iki bitki sırasına bir lateral yerleştirilebilmektedir. Lateral boru hatları da, manifold boru hatlarında olduğu gibi, tesviye eğrilerine paralel (eğimsiz) ya da bayır aşağı eğimde döşenmelidir ve bayır yukarı eğimde döşenmekten mümkünse kaçınılmalıdır.

Damla sulaması laterallerinin hidrolüğüne ilişkin terminoloji, yağmurlama (sprinkler) sulama sistemindeki terminoloji ile aynıdır. Her iki sistemde de lateral boyunca meydana gelen sürtünme kayıpları, Darcy - Weisbach denklemi ile hesaplanmaktadır. Damla sulama yönteminde lateral üzerinde bulunan damlatıcılar vasıtasıyla, yağmurlama sulama yönteminde ise yağmurlama başlıkları ile boşalım sağlanmaktadır.

Çizelge 2.2 TS 418/2 ve ISO - 9002 'ye Göre Yumuşak Polietilen Boruların Kalite Standartları

Ortalama yoğunluk	0.92 g/cm ³
Uzunlamasına genleşme katsayısı	2 x 10 ⁻⁴ l/°C
Isı iletkenliği	0.30 kcal/mh ⁰ C
Esneklik modülü	1200 kgf/cm ²
Yüzey direnci	Ohm>10 ¹²

2.7 Damlatıcılar

Damla sulama sistemlerinin en önemli unsuru 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 şeklinde akışını mümkün kılan araçlardır.

Damlatıcılarda aranılan en önemli özellikler şunlardır:

- 1- Küçük basınç farklılıklarında, önemli düzeyde değişmeyen sabit ve düşük bir debiye sahip olmalı,
- 2- Tıkanma sorununun azaltılması yönünden, akış yolu kesit alanı nispeten büyük olmalı,
- 3- Ucuz ve sağlam olmalıdır.

Damlatıcı seçiminde şu dört hususa dikkat edilmesini tavsiye etmek gerekir: 1. Damlatıcının hidrolik performansı, 2. Debisi, 3. Mahsulün su ihtiyacı, 4. Toprağın cinsi ve özellikleri.

Solomon (1979), hangi tipte olursa olsun, aynı teknolojiye göre üretilen damlatıcıların sabit bir basınçta tam anlamıyla eşit debili olamayacağını, söz konusu damlatıcı debileri arasında yapımdan kaynaklanan farklılıkların bulunabileceğini belirtmekte ve damlatıcı yapım farklılığının belirlenmesinde varyasyon katsayısı kavramını kullanarak;

$$C_v = \frac{s}{\bar{q}} \quad (2.1)$$

Eşitliğini önermektedir. Eşitlikte;

C_v : Yapım farklılığı katsayısı,

s : Ölçülen debilere ilişkin standart sapma ve

\bar{q} : Ölçülen damlatıcı debilerinin ortalamasıdır.

Araştırmacı, damlatıcılardaki C_V değerinin 0.03 ve daha az olmasını yapım farklılığı yönünden mükemmel olarak tanımlamıştır. Araştırmacıya göre, yapım farklılığı, C_V değeri 0.05 ile 0.07 arasında ise orta, 0.08 ile 0.10 arasında ise sınırdaki, 0.11 ile 0.14 arasında ise kötü ve 0.15 'den büyükse çok kötüdür.

2.7.1 Damlatıcı Türleri

Damlatıcılar değişik özelliklerine göre çok çeşitli biçimlerde sınıflandırılabilirler. Howell ve Hiler (1974), Keller ve Karmelli (1974)'ye dayanarak, damlatıcıları şu özelliklerine göre sınıflandırmaktadırlar; 1 Akış rejimi, 2. Basıncın kırılması, 3. Lateral boruya bağlantı biçimi, 4. Suyun dağılımı. 5. Akış kesiti, 6. Kendini temizleme özellikleri, 7. Basınç düzenleme, 8. Yapım materyali.

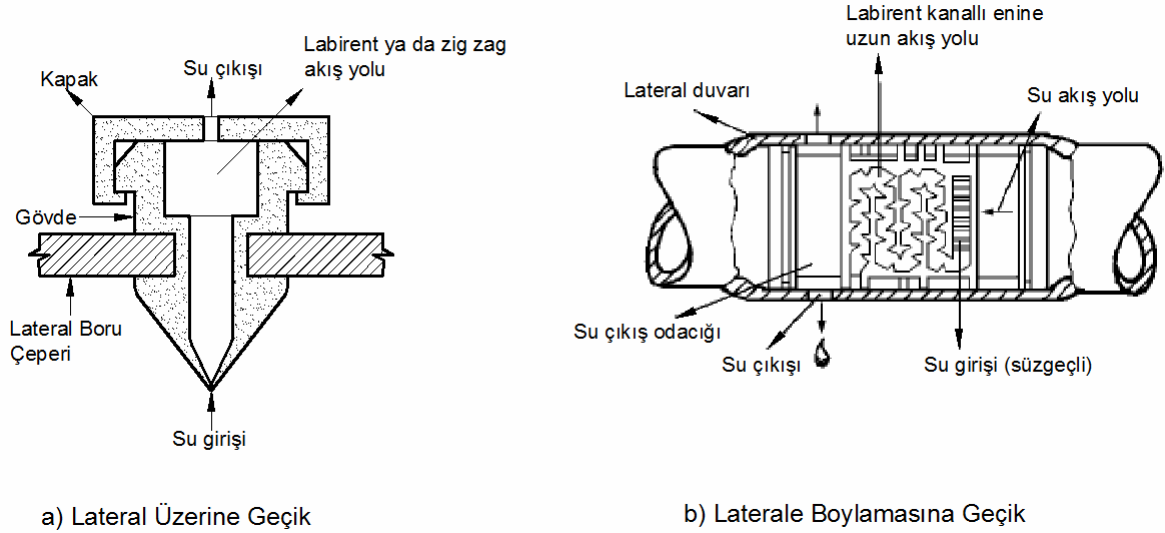
Nokta kaynaklı damlatıcılarda suyun enerjisi damlatıcı girişindeki orifis ve damlatıcı içerisindeki akış yolu boyunca sürtünme ile kırılmaktadır. Bunlar, laterale tespit biçimine göre, lateral üzerine geçik (on-line) ve laterale boylamasına geçik (in-line) olmak üzere iki şekilde üretilmektedir. (Şekil 2.2)

Lateral üzerine geçik damlatıcılarda, damlatıcı girişi lateral içinde, gövde ise borunun dışındadır. Bu tip damlatıcılar orifis girişli ve genellikle kısa akış yolludur. Suyun enerjisi, girişteki orifis ve akış yolu boyunca kırılmaktadır. (Şekil 2.2.a)

Laterale boylamasına geçik damlatıcılarda ise, ya lateral boru damlatıcının her iki ucuna bağlanmakta veya damlatıcılar lateral içerisine sabit aralıklarla ve boylamasına yerleştirilmektedir. Bu tip damlatıcılarda akış yolu genellikle uzundur. Lateralden gelen basınçlı su, boru çeperinden damlatıcıya girmekte, uzun akış yolu boyunca sürtünme ile enerjisini tüketerek boru dışından toprak yüzeyine verilmektedir. (Şekil 2.2.b)

Hat kaynaklı damlatıcılar ise, iç içe geçmiş iki borudan oluşmaktadır. İç borudaki orifisler, dış borudakinden 4 kat uzağa yerleştirilir. Böylece, iç borudaki su dış borudaki orifislere ulaşmaya kadar büzülmeden dolayı dar bir kesitten geçerek enerjisini tüketmektedir. Bu sistem oldukça düşük bir basınçta çalışır. Bu tip damlatıcıların en büyük dezavantajı, sınırlı bir lateral uzunluğunda (75 m) ve düz yüzeyli alanlarda kullanılabilir olmasıdır.

Bir diğer damlatıcı türü ise, kendinden basınç regülatörlü (debi ayarlı) damlatıcılardır. Bu tip damlatıcılar, dağıtım sistemindeki basınç değişimlerine rağmen, hat boyunca sabit bir debi verebilmektedir. Bu nedenle, engebeli araziler için en uygun damlatıcı türüdür.



Şekil 2.2 Laterale Tespit Biçimine Göre Damlatıcı Türleri

Piyasada nokta kaynaklı damlatıcı sınıfında, normal labirent damlatıcılar ve otomatik kontrollü diyaframlı damlatıcılar üretilmektedir. Her iki damlatıcı tipi de; 1. Vidalı kapak, 2. Labirent pastil veya diyafram ve 3. Gövde kısımlarından teşkil edilmektedir.

Normal labirent damlatıcılarda bulunan labirent pastil damlatıcı içindeki suyun istenilen debide akmasını sağlar. Su damlatıcının içindeki labirentten geçmek suretiyle enerjisini kaybeder ve damla damla akar. Tıkanmalarda, vidalı kapak sökülerek labirent pastil temizlenir. Bu tip damlatıcılar, genellikle 1.5 atm işletme basıncı altında 4 l/h debi vermektedirler.

Otomatik kontrollü damlatıcıların çalışma prensibi de normal labirent damlatıcılarda olduğu gibidir. Ancak bu tip damlatıcılar labirent yerine, damlatıcının debisini basınç farklarına rağmen sabit tutan diyafram uygulamasıyla gerçekleştirilmiştir. Bu tür damlatıcılar daha ziyade, lateral boru uzunluğunun fazla olması ve hattın her iki ucu arasındaki kot farkının büyük olması gibi durumlarda tercih edilmektedir. Bunlar, 0.5 ila 4 atm arasında değişen işletme basınçlarında 4, 6 ve 8 l/h sabit debi verebilmektedirler.

Tipik olarak nokta kaynaklı damlatıcılar, geniş aralıklarla dikilen bitkilerde, hat kaynaklı damlatıcılar ise, daha sık dikilen bitkilerde uygulanır. Buradaki temel prensip, suyun hat boyunca yüksek üniformlukta kök bölgesine uygulanabilmesidir. Damlatıcı uygulamada PVC, PE ve ABC (aknito - nitril - bütanin-sitril)' den yapılmaktadır. Damlatıcı içerisindeki akış yolu boyunca kimyasal madde birikiminin engellenmesi bakımından işletme basıncının mecbur kalmadıkça 1 atm' den az seçilmemesi gerekir.

Damlatıcı debisi ise, su alma hızı düşük ağır bünyeli topraklarda düşük, su alma hızı yüksek

hafif bünyeli topraklarda yüksek olmalıdır. Uygulamada damlatıcı debisinin, su alma hızı düşük ağır bünyeli topraklarda 2–4 l/h, orta bünyeli topraklarda 4–6 l/h, su alma hızı yüksek hafif bünyeli topraklarda ise 6–16 l/h arasında seçilmesi tavsiye edilmektedir.

2.7.2 Damlatıcı Hidroliği

Damlatıcı debisi, basınç yüküne bağlı olarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$q = cH^y \quad (2.2)$$

Eşitlikte;

q : Damlatıcı debisi (l/h, m³/s) ,

H : Damlatıcının basınç yükü (m),

c : Ampirik damlatıcı katsayısı (m^{3-y}/s) ve

y : Damlatıcı tipine ve akımın rejimine bağlı akış üssüdür.

Cuenca (1989), damlatıcı debisi ile işletme basıncı arasındaki ilişkinin akım rejimine bağlı olarak belirlendiğini ifade etmiştir. Akımın rejimi ise, aşağıda verilen Reynolds Sayısı ile belirlenmektedir.

$$Re = \frac{VD}{1000\nu} \quad (2.3)$$

Burada;

V : Akımın hızı (m/s)

D : Damlatıcı çapı (m)

ν : suyun kinematik viskozitesi (m²/s)

Damlatıcılar içerisindeki akımın rejimi Reynolds Sayısının fonksiyonu olarak şöyle sınıflandırılmaktadır:

$Re \leq 2000$: Laminer akım,

$2000 < Re \leq 4000$: Kararsız akım,

$4000 < Re \leq 10000$: Hidrolik cilalı türbülanslı akım (HCTA),

$Re > 10000$: Tam pürüzlü türbülanslı akım (TPTA).

Araştırıcı, damlatıcı tipine ve akımın rejimine bağlı olarak, damlatıcı debisi ile işletme basıncı

arasında şu eşitliklerin kullanılmasını tavsiye etmiştir.

Orifis damlatıcı ve tam pürüzlü türbülanslı akım halinde damlatıcı debisi;

$$q = 3.6AC_0\sqrt{2gH} \quad (2.4)$$

Eşitlikte;

q : Damlatıcı debisi (l/h),

A : Damlatıcı kesit alanı (mm^2),

C_0 : Boyutsuz orifis katsayısı,

g : Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s^2)

H : Damlatıcı basınç yükü (m)' dir.

Laminer akım rejiminde uzun yollu damlatıcılar için şu bağıntı tavsiye edilmektedir:

$$q = 0.11384A\sqrt{2g\left(\frac{HD}{fL}\right)} \quad (2.5)$$

Eşitlikte;

f : Sürtünme katsayısı, boyutsuz

L : Damlatıcı uzunluğu (m)'dur.

Kısmi (hidrolik cilalı) türbülanslı akım şartlarında uzun yollu damlatıcılarda;

$$q = 0.11384A\sqrt{2gH^{0.5}DfL} \quad (2.6)$$

eşitliği verilmektedir.

Sürtünme katsayısı (f), lateralde cereyan eden akımın rejimine bağlı olarak hesaplanmaktadır. Laminer akım için verilen lineer bağıntı;

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (2.7)$$

Tam pürüzlü türbülanslı akım için f , borunun rölatif pürüzlülüğünün bir fonksiyonudur.

Tam pürüzlü akım halinde f için verilen bağıntı;

$$(1/f)^{0.5} = 2 \times \log(D/\varepsilon) + 1.14$$

şeklindedir. Burada;

ε : Lateral borunun mutlak pürüzlülüğü (mm)' dür.

Rölatif pürüzlülük, (ε/D) 'ye eşittir ve mutlak pürüzlülükle çap aynı birimde olmalıdır. Bölüm sonundaki tabloda değişik maddelerden yapılan borular için mutlak pürüzlülük değerleri verilmiştir.

2.7.3 Damlatıcı Üniformluğu

Damla sulama sisteminin tasarımında, bitki su ihtiyacı ve damlatıcı debisi arasındaki denge çok önemlidir. Bu dengenin devamını sağlamak için lateral boyunca damlatıcılardan boşaltılan debi yüksek mertebeden üniform olmalıdır. Lateral boyunca kabul edilebilir bir düzeyde üniformluğun sağlanabilmesi için damlatıcı debileri arasındaki değişimin belli sınırlar dahilinde kalması sağlanmalıdır. Bunun için lateral boyunca damlatıcı debilerindeki değişimin, üniformluk katsayısı (UC)'nin 0.95 ve daha üzerinde değerlerine tekabül edecek şekilde düzenlenmesi gerekir.

Damlatıcı tipine bağlı üretici değişim katsayısı (C_v) bilinirse, hem basınç değişimini hem de üretici değişimlerini hesaba katan üniformluk katsayısı (UC) hesaplanabilir. Normal bir debi dağılımı için üniformluk katsayısı, üretici değişim katsayısı ile ilişkili olarak şu eşitlikle hesaplanabilir.

$$UC = 1 - 0.798C_v \quad (2.9)$$

Buradaki üretici değişim katsayısı (C_v), damlatıcı türünün ve üretim süresince uygulanan kalite kontrolünün bir fonksiyonudur. Çeşitli damlatıcı türleri için üretici değişim katsayısı ve akış üssü değerleri Çizelge 2.4'de verilmiştir. Diğer taraftan, Amerikan Ziraat Mühendisleri Birliği (ASAE)'nin üretici değişim katsayısına bağlı olarak damlatıcıların sınıflandırılmasına ait standartlar Çizelge 2.5'de verilmektedir. (Cuenca, 1989)

Amerikan Ziraat Mühendisleri Birliği (ASAE) tarafından, dağıtım üniformluğunun damlatıcı türüne, ürün ara mesafesine ve topografyaya bağlı olarak sınıflandırılmasına ait tasarım standartları da geliştirilmiştir. Bu standartlar Çizelge 2.6'da verilmiştir. (Cuenca, 1985)

Çizelge 2.3 Boru Maddeleri İçin Mutlak Pürüzlülük Değerleri

Boru cinsi	Mutlak Pürüzlülük (mm)	
	Minimum	Maksimum
Plastik	0.003	0.03
Dövme demir	0.03	0.09
Galvanize demir	0.06	0.02
Alüminyum	0.1	0.3

Beton	0.3	3.0
Perçinlenmiş çelik	0.9	9.0
Oluklu metal boru	30.0	60.0

Çizelge 2.4 Damlatıcı türleri için üretici değişim katsayısı ve akış üssü değerleri

Damlatıcı Türü	C_v	y
Tek girdaplı	0.07	0.42
Esnek orifis	0.05	0.70
Küçük boru	0.05	0.70
Uzun yollu spiral (basınç destekli)	0.02	0.65
Uzun yollu spiral (basınç desteksiz)	0.06	0.75
Çift çeperli lateral	0.17	0.61
Eğrisel uzun yollu	0.02	0.65
Gözenekli boru	0.40	1.00
Oluk ve kapaklı, kısa yollu	0.02	0.65
Delik ve plak, kısa yollu	0.08	0.33
Sarmal uzun yollu, su ile temizlenen	0.02	0.8
Sarmal uzun yollu, elle temizlenen	0.06	0.65

Çizelge 2.5 ASAE Standartları Tarafından Belirlenen Damlatıcı Sınıflandırması

Damlatıcı Türü	C _v	Sınıflandırma
Nokta Kaynaklı	< 0.05	İyi
	0.05-0.10	Ortalama
	0.10- 0. 15	Kabul edilebilir
	> 0.15	Kabul edilemez
Hat Kaynaklı	< 0.10	İyi
	0.10 - 0.20	Ortalama
	> 0.20	Kritik veya kabul edilemez

Çizelge 2.6 ASAE Standartları Tarafından Belirlenen Tasarım Kriterleri

Damlatıcı Türü	Bitki Aralığı (m)	Arazi Topografyası	Eğim	EU (%)
Nokta Kaynaklı	> 4.0	Üniform	> % 2	90-95
		Dik veya engebeli	< % 2	85-90
	< 2.0	Üniform	> % 2	85-90
		Dik veya engebeli	< % 2	85-90
Hat Kaynaklı	< 2.0	Üniform	> % 2	85-90
		Dik veya engebeli	> % 2	75-85

3. SULAMA SUYU İHTİYACI

Bitkilerin ihtiyaç duydukları suyun yağışlarla karşılanamayan kısmı sulama ile toprağa verilmektedir. Bu nedenle, bitkilerin sulama suyu ihtiyacını belirleyebilmek için, tükettikleri su miktarının, bu miktarın yağışlarla karşılanan kısmının (etkili yağış) ve sulama suyunun iletilmesi ve dağıtılmasındaki kayıpları kapsayan sulama randımanının bilinmesi gerekmektedir.

Sulama suyu ihtiyacının hesaplanması için gerekli olan bitki su tüketimi, etkili yağış ve sulama randımanı kavramları ile sulama zamanının planlanması aşağıda açıklanmıştır.

3.1 Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi (evapotranspirasyon), toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ve bitki yapraklarından olan terleme (transpirasyon) miktarlarının toplamıdır. Genellikle derinlik (mm) cinsinden ifade edilmektedir.

Sulama uygulamalarında, toprak nemindeki değişimlerin değerlendirilmesi önemli olduğundan, buharlaşma ve terleme miktarlarının ayrı ayrı ölçülmesi yerine, birlikte ölçülmesi yada tahmin edilmesi yeterli olmaktadır.

Bitki su tüketimi değerleri; günlük, haftalık ve on günlük gibi kısa periyotlarla, aylık ve mevsimlik gibi uzun periyotlar için belirlenmektedir. Kısa periyotlu bitki su tüketimi değerleri sulama zamanının planlanmasında sulama aralığını saptamak için kullanılmaktadır. Uzun periyotlu bitki su tüketimi değerlerinden ise, belirli bir sulama projesi alanındaki ortalama bitki su tüketimi tahminlerinde yararlanılmaktadır. Dolayısıyla, kısa periyotlu bitki su tüketimi tahmininde kullanılacak eşitlikler, bitki su tüketimine etkili birçok iklim faktörünü kapsarlar ve uzun periyotlu bitki su tüketimi tahmin eşitliklerine oranla daha sağlıklı sonuç verirler. Burada, hem kısa hem de uzun periyotlu bitki su tüketimi tahmin yöntemleri üzerinde durulacaktır.

3.1.1 Bitki Su Tüketimini Etkileyen Faktörler

Bitki su tüketimini çok sayıda faktör etkilemektedir.

İklim faktörleri açısından; solar radyasyon miktarı (güneş ışınları şiddeti), sıcaklık, rüzgar hızı ve esme süresi, güneşlenme süresi (gündüz havanın bulutla kaplı olmadığı süre) ve güneşin doğuşundan batışına kadar olan gündüz saatleri arttıkça, hem toprak yüzeyinden olan buharlaşma miktarı hem de bitki yapraklarından olan terleme miktarı artacağından, bitki su tüketimi de artmaktadır. Buna karşın bitki civarındaki havanın bağıl nemi arttığında ise,

buharlařma ve terleme miktarı dūőeđeđinden bitki su tūketimi azalmaktadır. Toprađın ūst katmanındaki nem miktarı arttıka ve ūzellikle doyma noktasına yaklařtıka toprak yūzeyinden olan buharlařma miktarı artmaktadır. Toprak yūzeyinin iřlenmiř olması da yūzeyden olan buharlařma miktarını arttırmaktadır. Bitki kūk būlgesinde tarla kapasitesinin altındaki nem kořullarında toprak yūzeyinden olan buharlařma miktarı yok denecek kadar az olmaktadır. Bunun yanında sulamadan hemen sonra toprak yūzeyi ıslak olacađından, buharlařma miktarı yūksek olmakta ve zamanla bu deđer azalmaktadır. Ayrıca, toprak yūzeyinden olan buharlařma miktarı, toprak yūzeyinin bir kısmının ıslatıldıđı damla sulama yūntemlerine oranla, toprak yūzeyinin tamamının ıslatıldıđı yūzey ve yađmurlama sulama yūntemlerinde daha yūksek olmaktadır. Toprak yūzeyinden olan buharlařma miktarının yūksek olması kořulunda dođal olarak bitki su tūketimi de artmaktadır.

Bitki kūk būlgesinde devamlı olarak bitki su ihtiyaını karřılayacak dūzeyde nem bulundurulması, bitki geliřmesini olumlu yūnde etkiler. Bitki geliřtikçe yapraklardan olan terleme miktarı da artmaktadır. Buna karřın, bitki geliřtikçe toprak yūzeyinde gūlgeleme oranı artacađından, toprak yūzeyinden olan buharlařma miktarı dūřmektedir. Bu nedenle, bitki būyūme mevsimi boyunca, geliřmenin ilk devrelerinde toprak yūzeyinden olan buharlařmanın bitki su tūketimi iđerisindeki payı, bitki yapraklarından olan terlemeye oranla genellikle daha fazladır. Bitki geliřtikçe terlemenin payı artmakta ve maksimum bitki ūrtūsünde en yūksek deđerere ulařmaktadır. Bu kořulda, bitki yapraklarından olan terlemenin bitki su tūketimi iđerisindeki payı, genellikle toprak yūzeyindeki buharlařmadan daha fazla olmaktadır

Yaprak būyūklūđū ve birim alandaki gūzenek sayıları bitkilerde ūnemli dūzeyde farklılık gūsterdiđinden, bitki su tūketimi de bitki cinsine bađlı olarak deđiřmektedir. Bunun yanında bitki su tūketimi, belirli bir bitkinin būyūme devrelerine gūre de deđiřmektedir, Ekim ya da dikimden sonraki bařlangıç devresinde bitki su tūketimi en az dūzeydedir. Bundan sonra vejetatif geliřmeye paralel olarak bitki su tūketimi artar ve vejetatif geliřmenin tamamlandıđı devrede en yūksek deđerine ulařır, Hasada kadar gečen devrede ise bitki su tūketiminde tekrar belirli oranda azalma meydana gelir. Ayrıca, būyūme mevsimi uzun olan bitkilerin mevsimlik su tūketimleri, kısa olanlara oranla daha fazladır

3.1.2 Bitki Su Tūketiminin Saptanması

Bitki su tūketimi uygulamada ya dođrudan ūlçūlmekte ya da iklim verilerinden yararlanarak tahmin edilmektedir. Dođrudan ūlme yūntemleri daha sađlıklı sonuē vermesine karřın hem oldukēa pahalı, hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle, bitki su tūketiminin dođrudan ūlçūlmesi ancak iklim verilerinden tahmin eřitliklerinin kalibrasyonu ve yūresel bitki katsayılarının

bulunması amacıyla yapılmaktadır, Dolayısıyla, uygulamada bitki su tüketimi değerleri, yaygın olarak, iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri kullanılarak belirlenmektedir

İklim verilerinden yararlanarak bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek çok sayıda eşitlik geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları, birkaç iklim faktörünün dikkate alınmasıyla geliştirilen, Çözümü kolay, ancak uzun periyotlar için sağlıklı sonuç verebilen eşitliklerdir. Bazıları ise, bitki su tüketimine etkili olan birçok iklim faktörü göz önüne alınarak geliştirilmiş, kısa periyotlar için bile sağlıklı sonuç veren, ancak oldukça karmaşık eşitliklerdir.

Uygulamada bitki su tüketimi değerlerinin tahmin edilmesinde yaygın olarak izlenen yol, önce yalnızca iklim faktörlerinin etkili olduğu bir potansiyel bitki su tüketimi tanımlamak ve potansiyel bitki su tüketiminin hesaplanmasında kullanılabilecek ampirik eşitlikleri geliştirmektir. Sonra, potansiyel bitki su tüketimi değerlerini, bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltmektir.

$$ET = k_c ET_0 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün

k_c : Bitki katsayısı

ET_0 : Kıyas bitki su tüketimi, mm/gün'dür.

Uygulamada kıyas bitki olarak çayır bitkileri ile yonca ve benzeri bitkiler göz önüne alınmaktadır. Çayır bitkileri söz konusu olduğunda kıyas bitki su tüketimi; "8–10 cm yüksekliğinde, yeknesak boylu, etkili olarak büyüyen, alanı tam örten, yeterli düzeyde sulanmış çayır bitkileri ile kaplı geniş bir alandaki bitki su tüketimi" biçiminde tanımlanmaktadır.

Burada, kıyas bitki olarak çayır bitkilerinin göz önüne alındığı, kısa periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren Penman-Monteith yöntemi üzerinde durulacaktır.

3.1.3 Kıyas Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Penman-Monteith Yöntemi

Bu yöntemde kıyas bitki su tüketimi;

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} u_2 (e_a - e_d) \quad (3.2)$$

eşitliği ile tahmin edilmektedir. Bu eşitlikteki terimlerin hesaplanmasında kullanılan eşitlikler

aşağıda verilmiştir.

$$\delta = \frac{4098e_a}{(T + 237,3)^2} \quad (3.3)$$

$$\lambda = 2,501 - 2,361 \times 10^{-3} T \quad (3.4)$$

$$\gamma = 0,0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (3.5)$$

$$\gamma^* = \gamma(1 + 0,34u_2) \quad (3.6)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (3.7)$$

$$R_{ns} = 0,75R_s \quad (3.8)$$

$$R_{nl} = 2,451f(T)f(e_d)f\left(\frac{n}{N}\right) \quad (3.9)$$

$$R_s = \left(0,25 + 0,50 \frac{n}{N}\right) R_a \quad (3.10)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.11)$$

$$u_2 = u_z \left(\frac{2}{z}\right)^{0,2} \quad (3.12)$$

ET = Referans bitki su tüketimi, mm/gün

δ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi, kPa/0C

γ^* = Modifiye psikrometrik sabite, kPa/0C

γ = Psikrometrik sabite, kPa/0C

P = Atmosfer basıncı, kPa

R_n = Bitki yüzeyindeki net radyasyon, MJ/m²/gün

R_a = Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon, MJ/m²/gün (Çizelge 4.2)

R_s = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, MJ/m²/gün

R_{ns} = Kısa dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün

R_{nl} = Uzun dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün

$f(T)$ = Sıcaklık fonksiyonu (Çizelge 4.3)

T = Sıcaklık, 0C

$f(e_d)$ = Buhar basıncı fonksiyonu (Çizelge 4.4)

e_d = Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa

e_a = Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa (Çizelge 4.5)

$f(n/N)$ = Güneşlenme oranı fonksiyonu (Çizelge 4.6)

n = Güneşlenme süresi, h

G = Topraktaki ısı akımı, MJ/m²/gün (ihmal edilebilir)

λ = Buharlaşma gizli ısı, MJ/kg (Ortalama bir değer olarak 2,45 MJ/kg alınabilir)

u_2 = Rüzgar hızının 2 m yükseklikteki eşdeğeri, m/s

u_z = z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s

z = Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik, m (Türkiye'de genellikle 10' dur)

RH= Ortalama bağıl nem, %

Çizelge 3.1 Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon değerleri, R_a (MJ/m²/gün)

Enlem derecesi	Aylar							
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
44	26.0	33.6	39.5	42.2	40.7	36.0	29.2	21.3
42	27.0	34.3	39.7	42.4	40.9	36.8	29.9	22.3
40	27.9	35.0	39.7	42.4	40.9	37.3	30.6	23.5
38	28.9	35.5	40.2	42.2	40.9	37.5	31.4	24.5
36	29.7	36.0	40.2	42.2	40.9	37.7	32.1	26.0
34	30.4	36.3	40.4	41.9	41.2	38.0	32.8	26.5

Çizelge 3.2 Sıcaklık fonksiyonu. $f(T)$

T.°C	2	4	6	8	10	12	14	16	18
f(T)	11.4	11.7	12	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2
T.°C	20	22	24	26	28	30	32	34	39
f(T)	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Çizelge 3.3 Buhar basıncı fonksiyonu. $f(e_d)$

e_d . kPa	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
$f(e_d)$	0.23	0.22	0.20	0.19	0.18	0.16	0.17	0.14	0.13
e_d . kPa	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
$f(e_d)$	0.12	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08	0.08	0.07	0.06

Çizelge 3.4 Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı

T. °C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
e _a . kPa	11.4	11.7	12	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2
T. °C	10	11	12	13	14	15	16	17	18
e _a . kPa	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1
T. 0C	19	20	21	22	23	24	25	26	27
e _a . kPa	2.2	2.34	2.49	2.64	2.81	2.98	3.17	3.36	3.57
T. 0C	28	29	30	31	32	33	34	35	36
e _a . kPa	3.78	4.01	4.24	4.49	4.76	5.03	5.32	5.62	5.94

Çizelge 3.5 Güneşlenme oranı fonksiyonu. f(n/N)

n/N	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
f(n/N)	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37
n/N	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65
f(n/N)	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69
n/N	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	
f(n/N)	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	

Çizelge 3.6 Olası maksimum güneşlenme süresi. N (h/gün)

Enlem derecesi	Aylar							
	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
44	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0
42	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1
40	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2
35	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3
30	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5

3.2 Damlatıcı Aralığı

Damla sulamada temel prensip, bitki sıralarına döşenen lateral boru hattı boyunca, toprak içerisinde kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı sağlayan ıslak bir şerit elde etmektedir. Bunu sağlamak için, her bir damlatıcıya ilişkin ıslak hacmin birbirini belirli oranda örtmesi gerekir. Uygulamada, bu örtmenin, damlatıcı ıslatma çapının 1/5–1/3' ü kadar olması istenir ve sistem debisi ile maliyetini arttırmamak için 1/5 değeri çoğunlukla tercih edilir. Buna bağlı olarak, lateral boru hattı üzerindeki damlatıcı aralığı, ıslatma çapının %80' i kadar alınabilir. Eğer, ıslatma çapı arazi testleri ile belirlenmemişse, damlatıcı aralığı;

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (3.13)$$

eşitliği ile saptanabilir. Bu eşitlikte;

S_d = Damlatıcı aralığı, m

q = Damlatıcı debisi, l/h ve

I = Toprağın su alma hızı, mm/h' tır.

3.3 Lateral Tertip Biçimleri ve Islatılan Alan Oranları

3.3.1 Tarla Bitkileri Ve Sebzelerde Lateral Tertip Biçimleri:

Tarla bitkileri ve sebzeler için lateral tertip biçimleri. Şekil 3.1 de verilmiştir. Eğer damlatıcı aralığı bitki sıra aralığından küçükse ($S_d < S_s$), her bitki sırasına bir lateral döşenir (Şekil 3.1

a). Bu durumda. lateral aralığı bitki sıra aralığına eşit olur ($S_l=S_s$). Damlatıcı aralığının bitki sıra aralığına eşit ya da büyük ve bitki sıra aralığının iki katından küçük ya da eşit olduğu koşulda ($S_s \leq S_d \leq 2S_s$) her iki bitki sırası arsına bir lateral boru hattı döşenir (Şekil 3.1 b) ve lateral aralığı bitki sıra aralığının iki katına eşit olur ($S_l=2S_s$). Sık ekilen ya da dikilen bitkilerde ($S_d > 2S_s$) lateraller damlatıcı aralığına eşit olacak şekilde döşenir ($S_l=S_d$) (Şekil 3.1 c).

3.3.2 Meyve Ağaçlarında Lateral Tertip Biçimleri:

Damla sulama yönteminin uygulandığı meyve ağaçları için lateral tertip biçimleri. Şekil 3.2'de verilmiştir.

Bağ ya da sık dikim aralıklarımı sahip meyve ağaçları söz konusu olduğunda, her ağaç sırasına bir lateral boru hattı döşenir. Lateral boru üzerine damlatıcılar, arazi testleri ile ya da (3.13) nolu eşitlikle saptanan aralıkta yerleştirilir. Böylelikle, ağaç sıra üzeri tamamen ıslatılır ve kuru alan bırakılmaz. Kuru alan ağaç sıra aralarında kalır. Lateral aralığı ağaç sıra aralığına eşit olur ($S_l = S_s$). Dikim aralıkları geniş olan meyve ağaçlarında genellikle her ağaç sırasına iki lateral boru hattı döşenir (Şekil 3.2 b). Her ağaç sırasında lateraller ağaçların iki tarafına yerleştirilir. Böylece ağaç sırası boyunca nemin eş dağıldığı, daha geniş bir ıslak şerit elde edilir. İkili lateral tertibiyle yeterli ıslatma oranı elde edilemeyen, dikim aralıkları çok geniş meyve ağaçlarında, her ağaç sırasına bir lateral boru hattı döşenerek her ağaca bir adet çok çıkışlı damlatıcı yerleştirilebilir (Şekil 3.3 c). Damlatıcıda çıkış sayısı 4, 6 ve 8 adet

3.3.3 Islatılan Alan Oranı:

Islatılan alan arazi testleri yapılmadan belirlenmişse damlatıcı aralığı (3.13) nolu eşitlik ile belirlenmiş ise tarla bitkileri ve sebzeler ile meyve ağaçlarında tekil lateral tertip biçimi için ıslatılan alan oranı;

$$P = k \frac{S_d}{S_l} \quad (3.14)$$

ikili lateral tertip biçimi için ıslatılan alan oranı;

$$P = k \frac{2S_d}{S_s} \quad (3.15)$$

ve çok çıkışlı damlatıcılı ile salkım tertip biçimleri için ıslatılan alan oranı;

$$P = k \frac{nS_d^2}{S_a S_s} \quad (3.16)$$

P = Islatılan alan oranı.

k = Katsayı

S_d = Damlatıcı aralığı. m

S_l = Lateral aralığı. m

n = Ağaç başına damlatıcı ya da çıkış sayısı.

S_s = Sıra aralığı. m

S_a = Sıra üzerinde ağaç aralığı. m.

Bu eşitlikteki k katsayısı; tarla bitkileri ve sebzelerde $k = 1$, bağ ve meyve ağaçlarında ise hafif bünyeli topraklar için $k = 1$, orta bünyeli topraklar için $k = 1.2$, ağır bünyeli topraklar için $k = 1.3$ alınabilir.

3.4 Her Sulamada Uygulanacak Sulama Suyu Miktarı

Damla sulama yönteminde, her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı, kullanılabilir su tutma kapasitesinin derinlik cinsinden ifade edilmesi koşulunda;

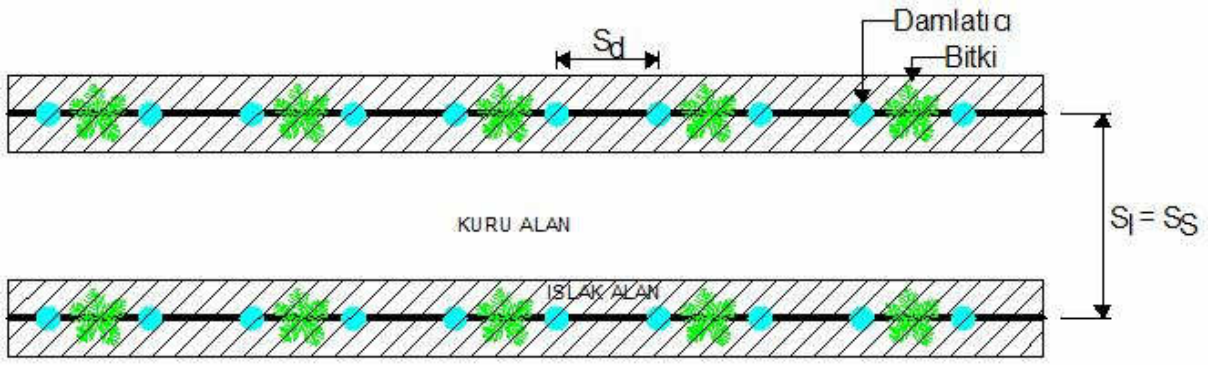
$$d_{n_{\max}} = d_k D R_y P \quad (3.17)$$

$d_{n_{\max}}$ = Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı. mm

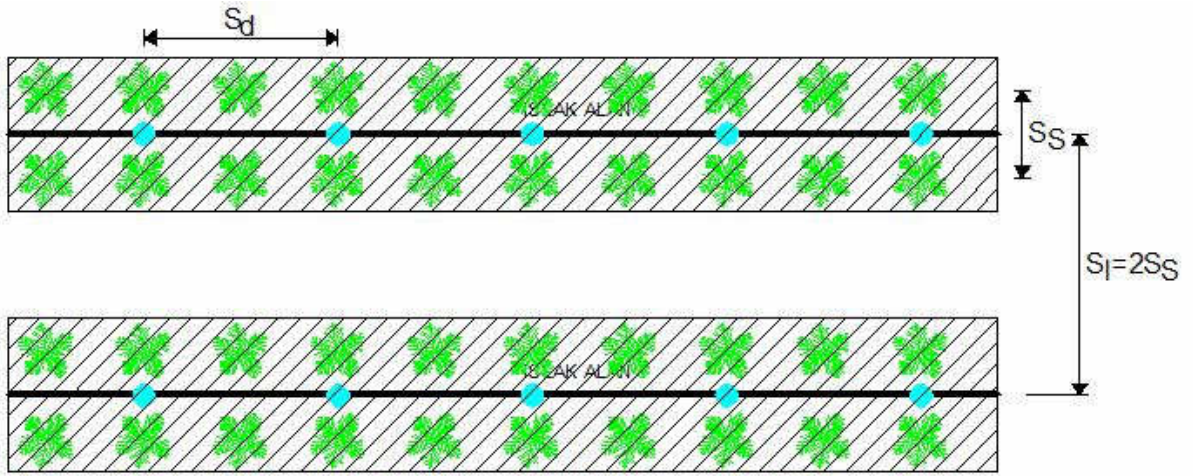
R_y = Kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı

D = Islatılacak toprak derinliği. mm ya da m

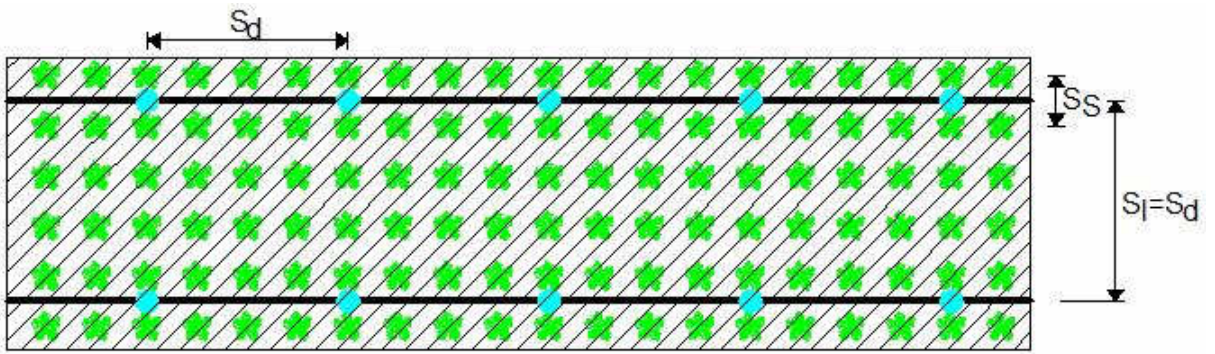
P = Islatılan alan oranı



Şekil 3.1.a Damlaticı aralığı bitki sıra aralığından küçük ($S_d < S_s$)

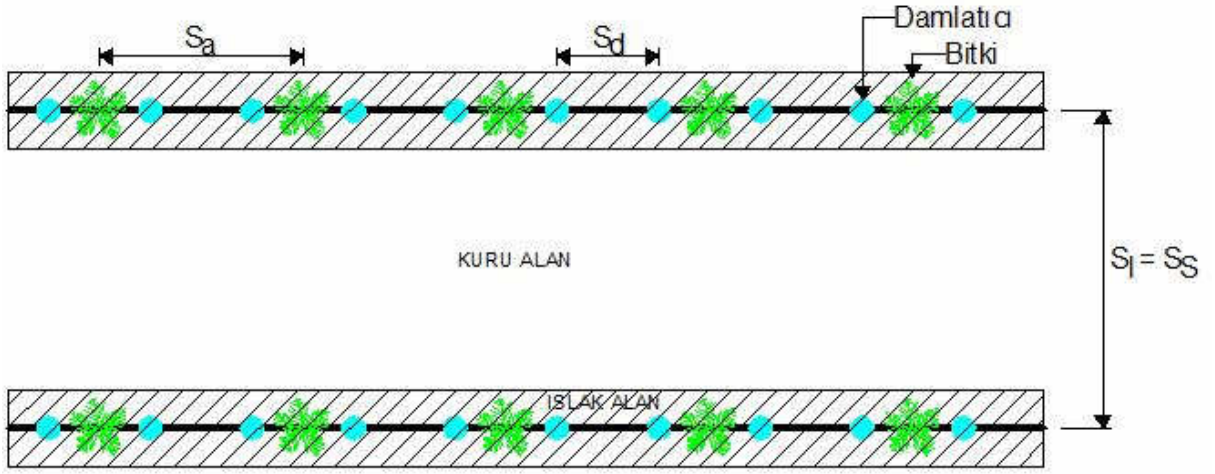


Şekil 3.1.b Damlaticı aralığı bitki sıra aralığından büyük ($S_s \leq S_d \leq 2S_s$)

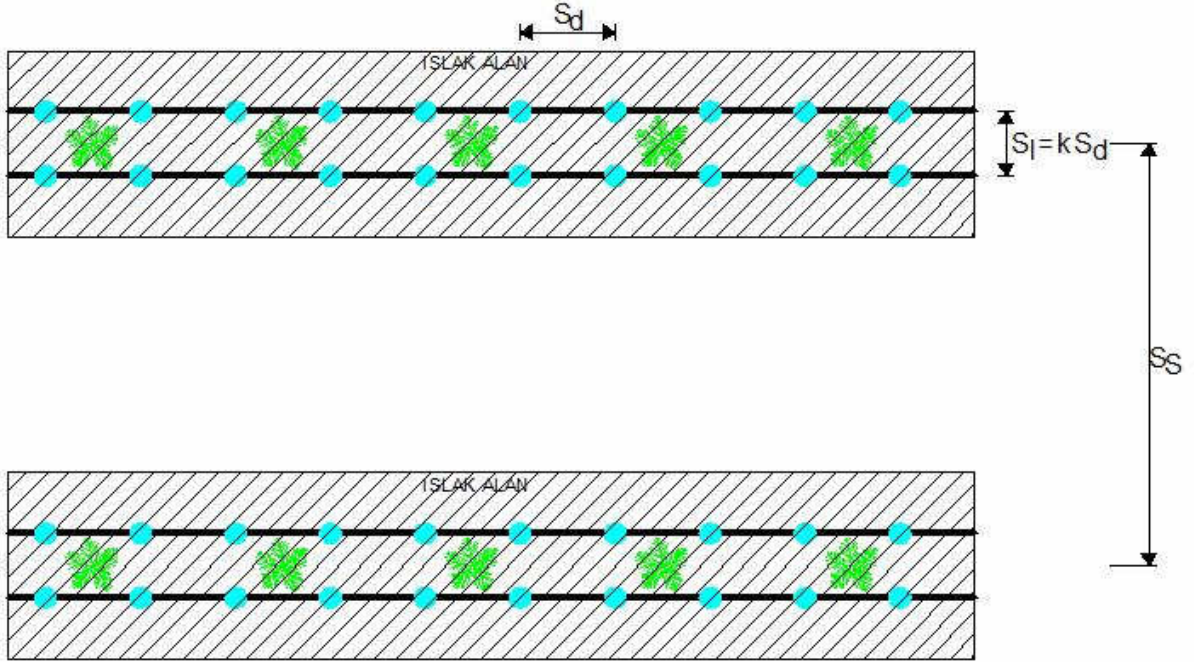


Şekil 3.1.c Sık ekilen ya da dikilen bitkiler ($S_d > 2S_s$)

Şekil 3.1 Tarla bitkileri ve sebzelerde lateral tertip biçimleri

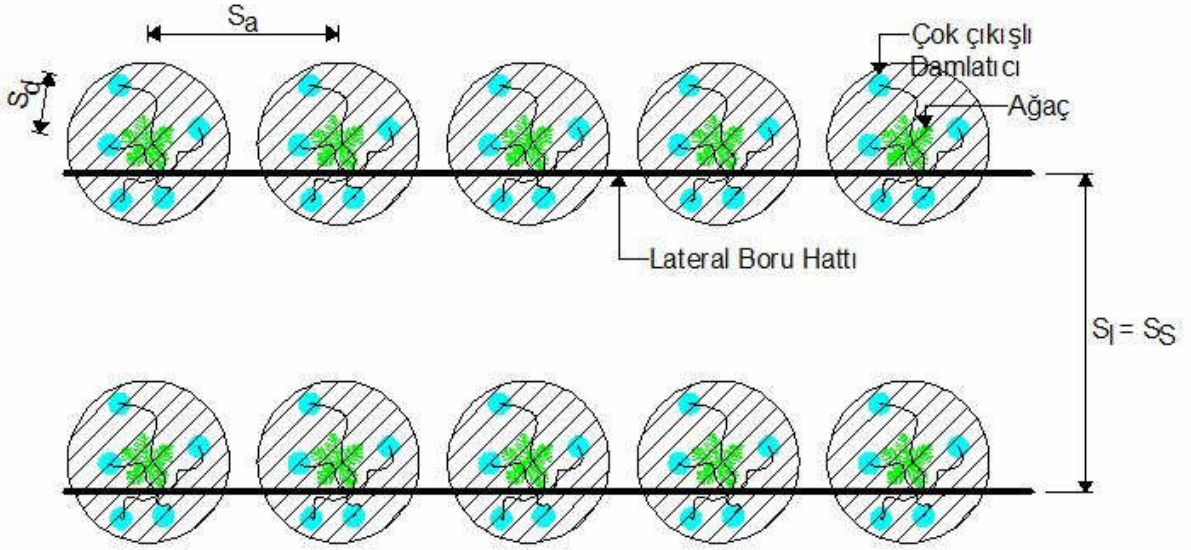


Şekil 3.2.a Her ağaç sırasına tekil lateral tertip biçimi

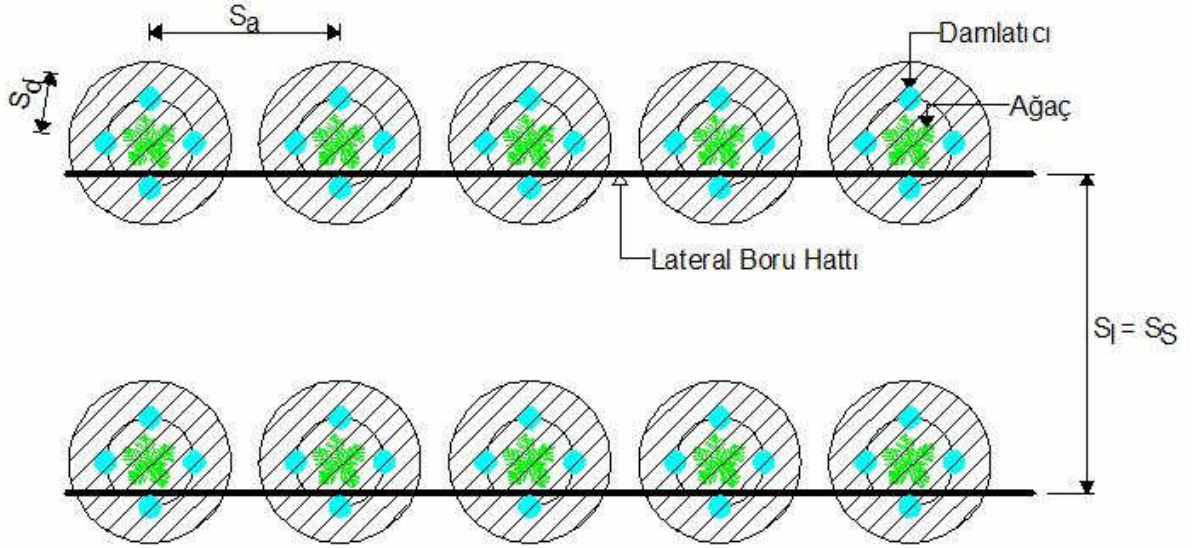


Şekil 3.2.b Her ağaç sırasına ikili lateral tertip biçimi

Şekil 3.2. Meyve ağaçlarında lateral tertip biçimleri



Şekil 3.3.a Çok çıkışlı damlatıcılı tekil lateral tertip biçimleri



Şekil 3.3.b Salkım lateral tertip biçimi

Şekil 3.3 Meyve ağaçlarında lateral tertip biçimleri (devam)

d_k = Kullanılabilir su tutma kapasitesi. mm/m

Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı ise net sulama suyu miktarının su uygulama randımanına bölünmesi ile elde edilir.

$$d_t = \frac{d_n}{E_a} \quad (3.18)$$

d_t = Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı. mm

d_n = Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı. mm

E_a = Su uygulama randımanı.

3.5 Sulama Aralığı

Damla sulama yönteminde, projelirmede göz önüne alınacak maksimum sulama aralığı;

$$SA_{\max} = \frac{d_{n_{\max}}}{T} \quad (3.19)$$

SA_{\max} = Maksimum sulama aralığı. gün

$d_{n_{\max}}$ = Her sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı. mm

T = Damla sulama yöntemi altında bitki su tüketimi. mm/gün

$$T = ET \frac{P_s}{85} \quad (3.20)$$

ET = Geleneksel yöntemlerle hesaplanan bitki su tüketimi. mm/gün

P_s = Bitki tarafından gölgelenen alan yüzdesi. %

Tasarımda maksimum örtü düzeyindeki gölgelenen alan yüzdesi dikkate alınır. Bu değer tarla bitkileri ve sebzelerde %80, bağ ve sık dikim aralıklarına sahip meyve ağaçlarında %75, geniş dikim aralıklarına sahip meyve ağaçlarında ise %70 alınması önerilmektedir.

Uygulamada belirli aralıklarla toprak nemini kontrol etmek ve sulama aralığını ya da uygulanacak sulama suyu miktarını düzeltmek gerekebilir.

$$d_n = T(SA) \quad (3.21)$$

d_n = Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı. mm

T = Damla sulama yöntemi altında bitki su tüketimi. mm/gün

SA = Sulama aralığı. gün

3.6 Sulama Süresi

Damla sulama yönteminde sulama süresi;

$$T_a = \frac{1000d_t}{qN} \quad (3.22)$$

eşitliği ile hesaplanır. Eşitlikte;

T_a = Sulama süresi. h

d_t = Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı. mm

N = Bir dekar alandaki damlatıcı sayısı. adet/da

4. LATERAL BORULARININ HİDROLİK ANALİZİ

4.1 Teori

Damla sulama sisteminde lateral borular üzerindeki nokta kaynaklı damlatıcılar lateral boru üzerine eşit mesafelerle yerleştirilir. Damlatıcı debisi basınç yüküne bağlı olarak aşağıdaki ilişki ile verilmektedir.

$$q_i = cH_i^y \quad (4.1)$$

Burada:

i = Damlatıcının konumunu gösteren indis.

q_i = Damlatıcı debisi (l/h. m³/s)

H_i = Lateral boru içindeki i numaralı damlatıcının basınç yükü (m)

c = Alan ve debi etkilerini ihtiva eden, birim dönüşümü sağlayan ampirik damlatıcı katsayısı. sabit (m^{3-y}s⁻¹)

y = Akım rejimine ve damlatıcı tipine bağlı akış üssüdür.

Burada (4.1) eşitliği ile verilen damlatıcının basınç yükü – debi ilişkisi laboratuvar denemeleri ile farklı basınçlarda damlatıcı debileri ölçülerek belirlenmektedir. Eşitlikteki y değerini belirlemek için iki değişik basınç yüküne (H_1 ve H_2) karşılık gelen damlatıcı debileri (q_1 ve q_2) ölçülür. Aşağıdaki eşitlik kullanılarak akış üssü değeri bulunur.

$$y = \frac{\log(q_1/q_2)}{\log(H_1/H_2)}$$

Daha sonra (4.1) eşitliği yardımıyla ampirik damlatıcı katsayısının (c) değeri belirlenir. Üretici kuruluş, farklı işletme basınçlarındaki damlatıcı debilerini gösteren çizelge ya da grafikleri planlayıcı ve uygulayıcılara vermekle yükümlüdür.

Akış üssü (y), farklı tipteki damlatıcılar için genellikle şu değerleri almaktadır:

Orifis (kısa akış yollu) damlatıcılar için : $y = 0.5$

Uzun akış yollu damlatıcılarda;

Tam türbülanslı akım hali için (TPTA): $y = 0.5$

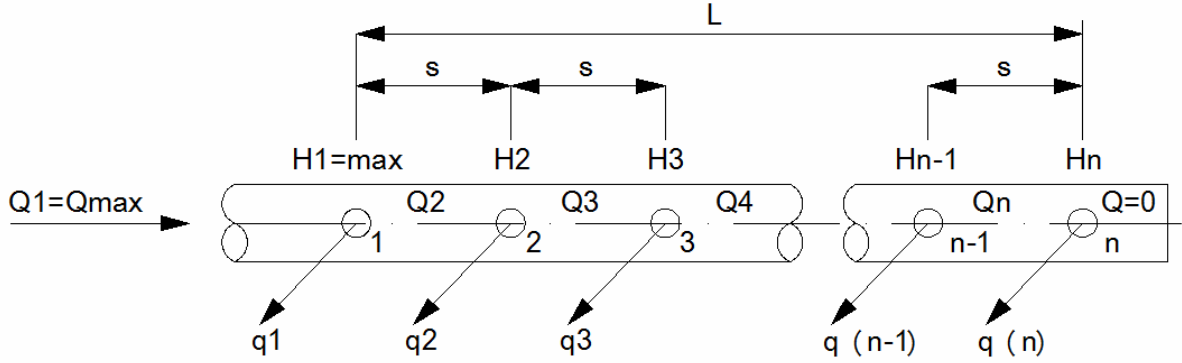
Laminer akım hali için : $y = 1.0$ ve

Kısmi türbülanslı akım hali için (HCTA): $0.5 < y < 1.0$.

Yarı basınç dengeleyicili (kendinden regülatörlü) damlatıcılarda : $0 < y < 0.5$.

Tam basınç dengeleyicili damlatıcılarda: $y = 0$.

Üzerinde eşit aralıklarla yerleştirilmiş nokta kaynaklı damlatıcıların bulunduğu üniform eğimde döşenen bir lateral borunun boy kesiti Şekil 4.1' de görülmektedir.



Şekil 4.1 Lateral ve nokta kaynaklı damlatıcıların boy kesiti

Lateral boru üzerinde n adet damlatıcının eşit s mesafesi ile yerleştirilmesi durumunda, ara mesafe sayısı (n-1) ve lateral boru uzunluğu da (ilk ve son damlatıcılar arasındaki mesafe);

$$L = s(n - 1) \quad (4.2)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Şekil 4.1' de görüldüğü gibi.

$H_1 = (H_{\max})$: İlk damlatıcıya ait basınç yükü (m).

$Q_1 = (Q_{\max})$: Birinci damlatıcıdan itibaren ilk lateral memba debisi (m³/s)

$q_1 = (q_{\max})$: İlk damlatıcının debisi (m³/s)

$V_1 = (V_{\max})$: Lateral borunun girişi ile 1. damlatıcı arasında kalan boru kısmındaki akım hızı (m/s).

(4.1) denklemi 1. damlatıcı için yazılırsa:

$$q_1 = cH_1^y \quad (4.3)$$

Birinci ve ikinci damlatıcılar arasındaki lateral debisi Q_2 , aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$Q_2 = Q_1 - q_1 \quad (4.4)$$

İkinci damlatıcının basınç yükü H_2 , H_1 ' e bağlı olarak Bernoulli denklemi ile verilmektedir.

$$H_1 + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_2 + \Delta H_2$$

$$H_1 + \left(\frac{Q_1^2}{2gA^2} \right) + z_1 = H_2 + \left(\frac{Q_2^2}{2gA^2} \right) + z_2 + h_2 + \Delta H_2 \quad (4.5)$$

Denklemden;

H_1, H_2 : (1) ve (2) damlatıcılarına ait basınç yükleri (m).

z_1, z_2 : (1) ve (2) damlatıcılarının kıyas düzlemine göre geometrik kotları (m).

V_1, V_2 : (1) ve (2) damlatıcılarının bulunduğu lateral kısmındaki akım hızları (m/s)

Q_1, Q_2 : (1) ve (2) damlatıcılarının bulunduğu lateral kısmındaki debi (m³/s)

ΔH_2 : Lateral debisindeki azalmanın (Q_1 ve Q_2 ' ye) sebep olduğu momentum etkisi (m)
(Hathoot ve diğ. 1993, Featherstone ve Nalluri 1982' ye dayanarak önermiştir).

h_2 : (1) ve (2) damlatıcıları arasındaki boru kısmında sürtünmeden meydana gelen yük kaybı (m).

A : Lateral borunun kesit alanı (m²) ve

g : Yerçekimi ivmesidir (m/s²).

(4.5) denklemi H_2 için düzenlenirse.

$$H_2 = H_1 + \left(\frac{Q_1^2}{2gA^2} \right) - \left(\frac{Q_2^2}{2gA^2} \right) + (z_1 - z_2) - h_2 - \Delta H_2 \quad (4.6)$$

eşitliği elde edilir.

Lateral boru S_0 üniform eğiminde döşenmişse. (1) ve (2) damlatıcılarının geometrik kotları farkı ($z_1 - z_2$) aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$S_0 = \pm \frac{(z_1 - z_2)}{s}$$

$$(z_1 - z_2) = \pm s S_0 \quad (4.7)$$

(4.7) denklemindeki pozitif işaret lateral borunun aşağıya doğru eğimli olduğunu, negatif işaret ise yukarıya doğru eğimli olduğunu göstermektedir.

Araştırmacılar Watters ve Keller (1978)' e dayanarak, damla sulaması için kullanılan pürüzsüz lateral borularında sürtünmeden doğan yük kayıplarının (sürekli yük kaybı) doğru tahmininde Darcy-Weisbach denkleminin kullanılmasının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Buradan hareketle (1) ve (2) damlatıcıları arasındaki sürekli yük kaybı (h_2) aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$h_2 = f_2 x \frac{s}{D} x \frac{V_2^2}{2g} = f_2 x \frac{s}{D} x \left(\frac{Q_2^2}{2gA^2} \right)$$

$$h_2 = f_2 x \frac{s}{D} x \frac{V_2^2}{2g} = f_2 x \frac{s}{D} x \frac{Q_2^2}{\left(\frac{\pi D^2}{4} \right) x 2g}$$

$$h_2 = \left(\frac{8 \times f_2 \times s \times Q_2^2}{\pi^2 \times g \times D^5} \right) \quad (4.8)$$

f_2 : (1) ve (2) damlatıcıları arasındaki lateral kısmında esas alınan sürtünme katsayısı.

s : (1) ve (2) damlatıcıları arasındaki mesafe (m).

Q_2 : (1) ve (2) damlatıcıları arasındaki lateral debisi (m^3/s) ve

D : Lateral boru çapıdır (m).

Hathoot ve deığerleri (1993), momentum değişiminden dolayı meydana gelen basınç yükü değişimi (ΔH_2) hesabı için Streeter ve Wylie 1979' ye dayanarak (4.9) denklemini önermiştir.

ΔF_2 : Lateralin (1) ve (2) noktaları arasındaki kesitinde meydana gelen basınç kuvveti değişimi (t).

ρ : Suyun yoğunluğu (t/m^3)

γ : Suyun birim hacim ağırlığı (t/m^3).

Δp : Lateralin (1) ve (2) noktaları arasındaki basınç değişimi (t/m^2) ve

ΔH_2 : Söz konusu kesitte momentum değişiminden meydana gelen basınç yükü değişimi (m) olmak üzere;

$$\Delta F_2 = F_2 - F_1 = \rho(Q_2 V_2 - Q_1 V_1)$$

$$\Delta p = \frac{\Delta F_2}{A} = \frac{\rho(Q_2 V_2 - Q_1 V_1)}{A}$$

$$\Delta H_2 = \frac{\Delta p}{\gamma} = \frac{\rho(Q_2 V_2 - Q_1 V_1)}{A\gamma}$$

eşitliği elde edilir.

$$\gamma = \rho g, \quad V_1 = \frac{Q_1}{A}, \quad V_2 = \frac{Q_2}{A}$$

değerleri yukarıdaki eşitlikte yerine yazılarak;

$$\Delta H_2 = \frac{\rho}{A \times \rho \times g} \times \left(Q_2 \times \frac{Q_2}{A} - Q_1 \times \frac{Q_1}{A} \right)$$

$$\Delta H_2 = \frac{(Q_2^2 - Q_1^2)}{gA^2} \quad (4.9)$$

eşitliği elde edilir.

(4.4), (4.7), (4.8) ve (4.9) denklemleri (4.6) denkleminde yerine yazılarak genel çözüme gidilir.

$$H_2 = H_1 + \left(\frac{Q_1^2}{2gA^2} \right) - \frac{(Q_1 - q_1)^2}{2gA^2} - \frac{8f_2 s (Q_1 - q_1)^2}{\pi^2 g D^5} - \frac{(Q_1 - q_1)^2}{gA^2} + \left(\frac{Q_1^2}{gA^2} \right) \pm sS_0$$

$$H_2 = H_1 + \frac{1}{2gA^2} \left[Q_1^2 - (Q_1 - q_1)^2 \right] + \frac{1}{gA^2} \left[Q_1^2 - (Q_1 - q_1)^2 \right] - \frac{8f_2 s (Q_1 - q_1)^2}{\pi^2 g D^5} \pm sS_0$$

$$H_2 = H_1 + \frac{3}{2gA^2} \left[Q_1^2 - (Q_1 - q_1)^2 \right] + f_2 \frac{8s}{\pi^2 g D^5} (Q_1 - q_1)^2 \pm sS_0 \quad (4.10)$$

$$H_2 = H_1 + \frac{3}{2gA^2} \left[Q_1^2 - (Q_1 - q_1)^2 \right] + Ef_2 (Q_1 - q_1)^2 \pm sS_0 \quad (4.11)$$

Denklemden B ve E aşağıdaki eşitliklerde tanımlanan sabitlerdir.

$$B = \frac{3}{2gA^2} \quad (4.12)$$

$$E = \frac{8s}{\pi^2 g D^5} \quad (4.13)$$

Lateral üzerindeki ardışık damlatıcılar göz önüne alınırsa (4.11) denklemini en genel halde aşağıdaki formda yazılabilir.

$$H_i = H_{i-1} + B \left[Q_{i-1}^2 - (Q_{i-1} - q_{i-1})^2 \right] - Ef_i (Q_{i-1} - q_{i-1})^2 \pm sS_0 \quad (4.14)$$

Herhangi bir damlatıcıdan başlayarak, bundan bir önceki damlatıcının durumunun bilinmesi halinde (4.1) ve (4.14) denklemleri yardımı ile buna ait debi hesaplanabilir.

4.2 Ünifomluk Katsayıları

Araştırmacılar, lateral boruda göz önüne alınan nokta kaynaklı damlatıcıların, sistem boyunca minimum ve ortalama damlatıcı debileri arasındaki ilişkiyi ifade eden dağıtım ünifomluğunun hesaplanması için oldukça uygun olduğunu belirtmişlerdir. Damla sulaması laterallerinde damlatıcı debilerinin sistemin her tarafında ünifomluğunu kabul etmek üzere, Christiansen ünifomluk katsayısı (UC) ve son çeyrek dağıtım ünifomluğu (LQDU) kullanılmaktadır. (Keller ve Karmelli 1974)

Diğer taraftan Wu ve Gitlin (1974), laterallerdeki debi değişiminin belirlenmesinde lateral üzerindeki her bir damlatıcı debisinin dikkate alındığı Christiansen tarafından geliştirilen ünifomluk katsayısının kullanılmasının en doğru yöntemlerden birisi olduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, $CU \geq 0.95$ olması durumunda yeterli düzeyde, $CU \geq 0.975$ şartının sağlanmasıyla arzu edilen ünifomlukta su dağılımının elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Araştırmacılar lateral üzerindeki tüm damlatıcı debilerinin ortalama damlatıcı debisinden sapmalarının değerlendirildiği, Christiansen tarafından geliştirilen Christiansen ünifomluk katsayısının aşağıdaki eşitlikle hesaplanabileceğini belirtmişlerdir.

$$UC = 1 - \frac{1}{n \times q_{av}} \sum_{i=1}^{i=n} |q_i - q_{av}| \quad (4.15)$$

Diğer taraftan lateralın son çeyreğindeki ortalama debinin, lateralın tamamındaki ortalama debiye oranı olarak tanımlanan son çeyrek dağıtım ünifomluk katsayısı şu eşitlikte verilmektedir.

$$LQDU = \frac{4 \times \left[\sum_{i=\frac{3n}{4}}^{i=n} q_i \right]}{n \times q_{av}} \quad (4.16)$$

Eşitliklerde;

n : Lateral üzerindeki damlatıcı sayısı.

q_i : Lateral üzerindeki herhangi bir damlatıcının debisi (m^3/s) ve

q_{av} : Ortalama damlatıcı debisidir (m^3/s).

4.3 Sürtünme Katsayısı

Damla sulamasında kullanılan lateral borular genellikle pürüzsüz malzemelerden yapılır. Lateral boru içindeki akımda genellikle kısmi türbülanslı akım rejimi hakimdir ($3000 < R \leq 10^5$).

Bazen lateral borunun memba ucunda tam türbülanslı akım şartları gerçekleşebilir ($10^5 < R < 10^7$). Hızın giderek sıfıra yaklaştığı mansap bölgesinde ise akım laminer akım rejimine dönüşebilmektedir ($R < 2000$).

Laminer akım hali için sürtünme katsayısı (f) aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$f = \frac{64}{R} = \frac{64\nu}{VD} \quad (4.17)$$

eşitliği elde edilir. Lateralin herhangi bir bölümü için sürtünme katsayısı aşağıdaki formda yazılabilir.

$$f_i = \frac{64\nu}{V_i D} \quad (4.18)$$

$V_i = \frac{Q_i}{A}$, $A = \frac{\pi D^2}{4}$ değerleri (4.18) eşitliğinde yazılarak;

$$f_i = \frac{64\nu}{\frac{Q_i D}{\left(\frac{\pi D^2}{4}\right)}} \quad (4.19)$$

eşitliği elde edilir.

Eşitlikte;

R : Reynolds sayısı ve

ν : Suyun kinematik viskozitesidir. (20°C sıcaklıkta $\nu = 1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)

Geçiş bölgesinde ($2000 < R < 3000$) gerçekleşen akımın rejimi belli olmadığından, bu bölgedeki rejimler tasarım kriterleri içinde dikkate alınmamaktadır.

Kısmi türbülanslı akım hali için Blasius denkleminin kullanılması uygundur ($3000 < R \leq 10^5$).

$$f = 0.316R^{-0.25} \quad (4.20)$$

veya herhangi bir lateral bölümü için;

$f_i = 0.316 \left(\frac{v}{V_i D} \right)^{0.25}$ eşitliği elde edilir. $V_i = \frac{Q_i}{A}$, $A = \frac{\pi D^2}{4}$ değerleri yukarıdaki eşitlikte yazılarak,

$$f_i = 0.316 \left(\frac{\pi D v}{4 Q_i} \right)^{0.25} \quad (4.21)$$

eşitliği elde edilir.

Tam türbülanslı akım hali için ($10^5 < R < 10^7$). Watters ve Keller' e (1978) göre.

$$f = 0.310 R^{-0.172} \quad (4.22)$$

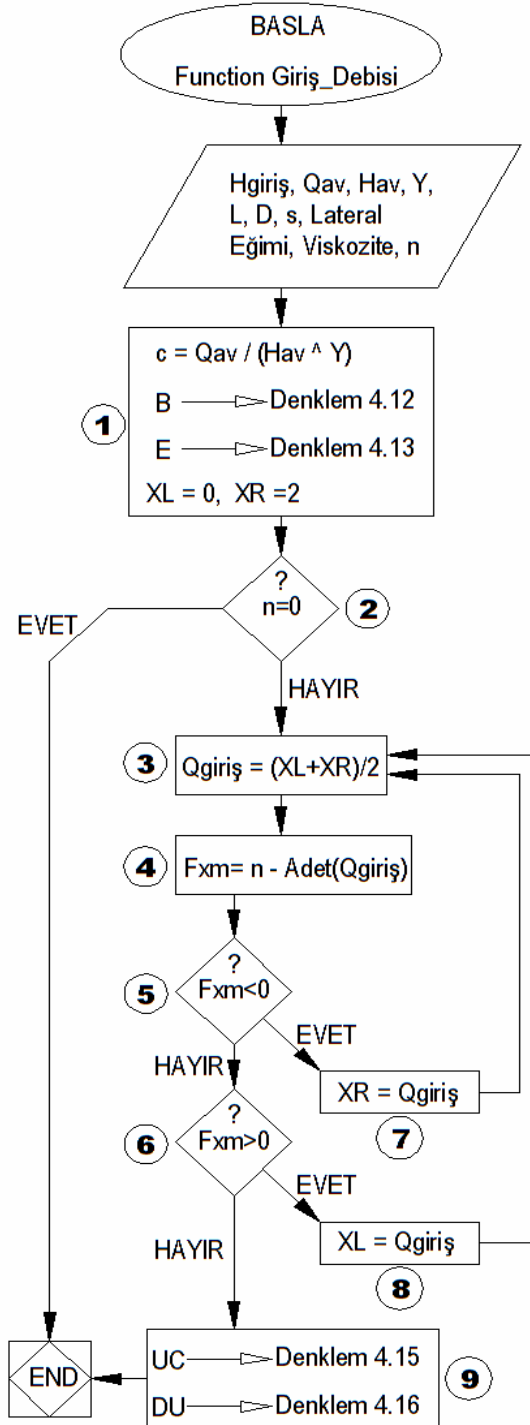
veya

$$f_i = 0.130 \left(\frac{\pi D v}{4 Q_i} \right)^{0.172} \quad (4.23)$$

şeklinde verilmektedir.

5. BİLGİSAYAR PROGRAMININ HAZIRLANMASI

5.1 Lateral Giriş Basıncının Belirlenmesi



Şekil 5.1 Lateral giriş basıncını belirlemeye yarayan fonksiyonun akım şeması.

Sulanacak alanın analizinin yapılabilmesi için belirli olan bir lateral giriş basıncı için lateral giriş debisinin program tarafından belirlenebilmesi gereklidir. Bu amaçla Şekil 5.1' de akım şeması görülen alt fonksiyon yazılmıştır.

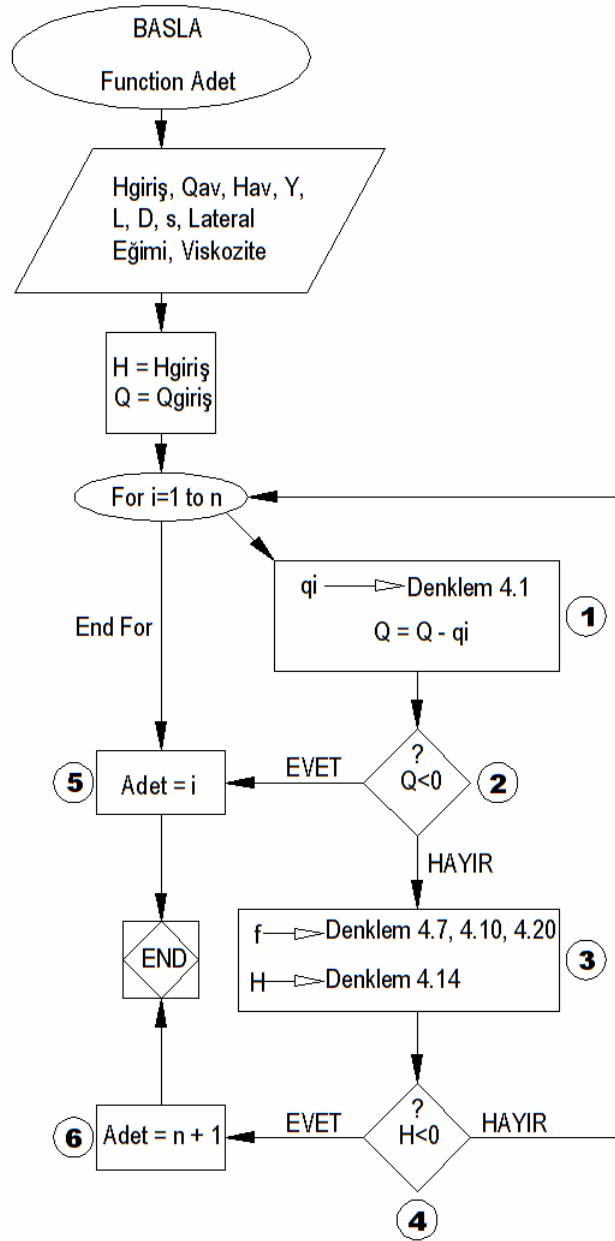
Bu alt fonksiyon ile belirli bir giriş basıncı için, giriş debisi geniş bir aralıkta enterpole edilerek giriş debisi bulunur.

Veriler:

- Laterale ait; giriş basıncı ($H_{giriş}$), uzunluk (L), eğim (S_0) ve çap değerleri.
- Üreticiden alınan, damlatıcıya ait debi-basınç ilişkisi (q_{av} , H_{av} , y)
- Damlatıcı ara mesafesi (s)
- Akışkana ait kinematik viskozite değeri (ν).

Akış diyagramı

1. Dördüncü bölümde açıklanan yöntemlerle denklem 4.13 ile "E" denklem 4.12 ile "B" denklem 4.1 ile "c" değerleri hesaplanır ayrıca enterpolasyonun yapılacağı aralığa ait sınır değerleri belirlenir.
2. Damlatıcı adedi kontrol edilir. Lateral hattı çok kısa ise damlatıcı adedi sıfır olabilir, eğer damlatıcı sıfır ise fonksiyondan çıkılır.
3. Enterpolasyonun yapıldığı aralığın sınır değerleri, lateral giriş debisi ($Q_{giriş}$) olarak atanır.
4. Bulunan $Q_{giriş}$ değeri "adet" isimli alt fonksiyona gönderilir. Geri dönen değer, gönderilen lateral giriş debisi ($Q_{giriş}$) ile sistemdeki kaç damlatıcının çalışabileceğini göstermektedir.
5. Eğer geri dönen değer lateralın damlatıcı adedinden küçük ise $Q_{giriş}$ değerinin artırılması gerektiği anlaşılır ve 7 nolu adıma geçilir.
6. Eğer geri dönen değer lateralın damlatıcı adedinden büyük ise $Q_{giriş}$ değerinin azaltılması gerektiği anlaşılır ve 8 nolu adıma geçilir.
7. Eğer geri dönen değer lateralın damlatıcı adedine eşit ise lateralın giriş basıncı yeterli yaklaşıklık ile hesaplanmış olur.



Şekil 5.2 Belli bir giriş basıncı suyun aktarılabileceği damlatıcı adedini hesaplayan fonksiyon.

Veriler:

- Laterale ait; giriş basıncı ($H_{giriş}$), uzunluk (L), eğim (S_0) ve çap değerleri.
- Üreticiden alınan, damlatıcıya ait debi-basınç ilişkisi (q_{av} , H_{av} , y).
- Damlatıcı ara mesafesi (s).
- Akışkana ait kinematik viskozite değeri (ν).
- Lateralin giriş basıncı ($H_{giriş}$), giriş debisi ($Q_{giriş}$).

Akış diyagramı:

1. Denklem 4.1 ile damlatıcı debisi (q_i) hesaplanır. Bulunan damlatıcı debisi lateralın debisinden çıkarılır.
2. Eğer lateral hattındaki debi değeri sıfırdan küçük ise. 5. adıma geçilir ulaşılan damlatıcı adedi fonksiyonun sonucu olarak geri döner.

3. Reynolds sayısı(Re) belirlenir, akış rejimine göre sürtünme katsayısı belirlenir. Denklem 4.14 ile basınç yükü bulunur.
4. Bulunan basınç yükü değeri negatif ise “damlatıcı adedi+1” değeri fonksiyondan geri gönderilir.

5.2 Üniform Sulama İçin En Düşük Lateral Giriş Basıncının Belirlenmesi

Damla sulama sisteminde akışkanın dağıtımının istenen üniformlukta sağlanabilmesi için sistemde tüm laterallerin giriş basıncının belli bir değer aralığında olması gereklidir. Lateral giriş basıncının belirlenmesini sağlayan veriler biliniyorsa, bir lateralin; Christiansen üniformite sabitinin belli bir aralıktaki değerleri için lateral giriş basıncının değer aralığı da bulunabilir.

Şekil 5.3 de hidrolik hesaplamalar için gerekli olan tüm verilerin biliniyor olması durumunda, farklı giriş basınçları ile üniformite değeri arasındaki ilişkiyi gösteren grafik sunulmuştur. Üniformite katsayısının 0.95 olmasının gerekli olduğu bir lateralde, görüldüğü gibi bu değer yaklaşık olarak 8.4 mSS ve 10.1 mSS giriş basınçları için sağlanmaktadır. Buna göre ele alınan lateralde istenen üniformlukta sulama yapılabilmesi için en düşük giriş basıncı $H_{min}= 8.4 mSS$ ve en yüksek giriş basıncı $H_{max}= 10.1 mSS$ olmalıdır.



Şekil 5.3 Lateralde giriş basıncı-christiansen üniformite katsayısı ilişkisi.

Üniform sulamanın mümkün olmadığı, lateral uzunluğunun veya bayır yukarı eğimin çok yüksek olması gibi durumlarda ise Şekil 5.3' deki eğrinin tepe noktası istenen üniformite

sabitinin altında kalacaktır.

5.3 Programın Kullanımı

Program adım adım ilerleme mantığı ile çalışmaktadır.

5.3.1 1. Sekme

Kıyas bitki su tüketiminin belirlenmesi için gerekli olan verilerin girişleri bu sekmede yapılır. Sulamanın yapılacağı şehir, sulamanın hangi ayda yapılacağı, toprak tipi seçildiğinde veri tabanında mevcut olan değerler görüntülenir. Kullanıcı gerekli ise bu verileri değiştirme imkanına sahiptir. Programın birinci sekmesine ait ekran görüntüsü Şekil 5.4' de görülmektedir.

5.3.2 2. Sekme

Damlaticı ve bitki seçimi bu bölümde yapılır. Tarla sulama kapasitesinin hesabı için gerekli verilerin girişi ve tasarımı yapılacak olan parselin çizimi bu sekmede yapılır. Parseli Çiz komutu ile kullanılan CAD programına parseli sınırlandıran noktaların girişi yapılır. Bu sekmede istenirse damlaticı ve lateral ara mesafeleri değiştirilebilir. Lateral tertip biçimine ait veri girişleri yapılarak diğer sekmeye geçilir. (Şekil 5.5)

5.3.3 3. Sekme

Şekil 5.6 da görüldüğü gibi sulamada kullanılacak lateral ve manifold borularının iç çapları ile bu hatların eğimleri şekilde görüldüğü gibi tanımlanır.

5.3.4 4.Sekme

Bu aşamada gerekli olan Christiansen üniformite sabiti (UC) ile regülatör çıkış basıncı değerleri belirlenir. (Şekil 5.7)

Hesaplama aşamasında öncelikle verilen lateral ve manifold hattı doğrultusuna uygun olacak şekilde sulanacak alan üzerindeki lateral borularının çizimleri yapılır. Bu aşamada lateral boru üzerindeki damlatıcılar da yazılım tarafından şekil üzerinde konumlandırılır.

Damla Sulama

İstasyon & Bitki | **Parsel & Tertip** | **Lateral & Manifold** | **HESAP** | **Hesap Sonuçları** | **Anaboru & Regülatör**

Şehir
AFYON

İstasyon Enlem: 38
İstasyon Boylam: 30.32
Rakım (m): 1034

Toprak
Siltli kil
İnfiltrasyon hızı (mm/h): 3

Ay
Ağustos

Ortalama
Maks. Sıcaklık (C): 25,6
Nem (%): 57,5
Rüzgar Hızı (m/s): 1,9
Min. Sıcaklık (C): 11,8
Güneşlenme Süresi (h/gün): 9,8

Bitki
 Tarla Bitkisi & Sebze
 Meyve Ağaç
Ayıceği(4)

kd : Etkili Kök Derinliği (mm) : 900
kc : Bitki faktörü : 0,4
Bitki Sıra Aralığı (m) : 0,8

Gölgelenen Alan Yüzdesi : 70
Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi : 1,2
Su Uygulama Randımanı : 0,85
Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesinin Kullanılabilir Kısmı : 0,3
Ölçülen Yağış Miktarı (mm/ay) : 0

<< >>

Şekil 5.4 Hazırlanan yazılımın birinci sekmesine ait ekran görüntüsü.

Damla Sulama

İstasyon & Bitki | **Parsel & Tertip** | **Lateral & Manifold** | **HESAP** | **Hesap Sonuçları** | **Anaboru & Regülatör**

Parseli Çiz

Manifold Sulama Yönü
 Tek Yöne Sulama
 İki Yöne Sulama

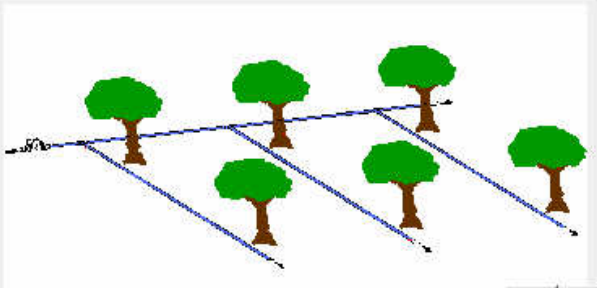
Damlaticı
q (l/h) : 4
Hav (mSS) : 9
Aks Üssü : 0,54

Lateral Tertip Biçimi
 Tekil Lateral Tertip Biçimi
 İkili Lateral Tertip Biçimi
 Çok Çıpaşlı & Salkım

Damlaticılar Arası Mesafe (m) : 0
Lateraller Arası Mesafe (m) : 0

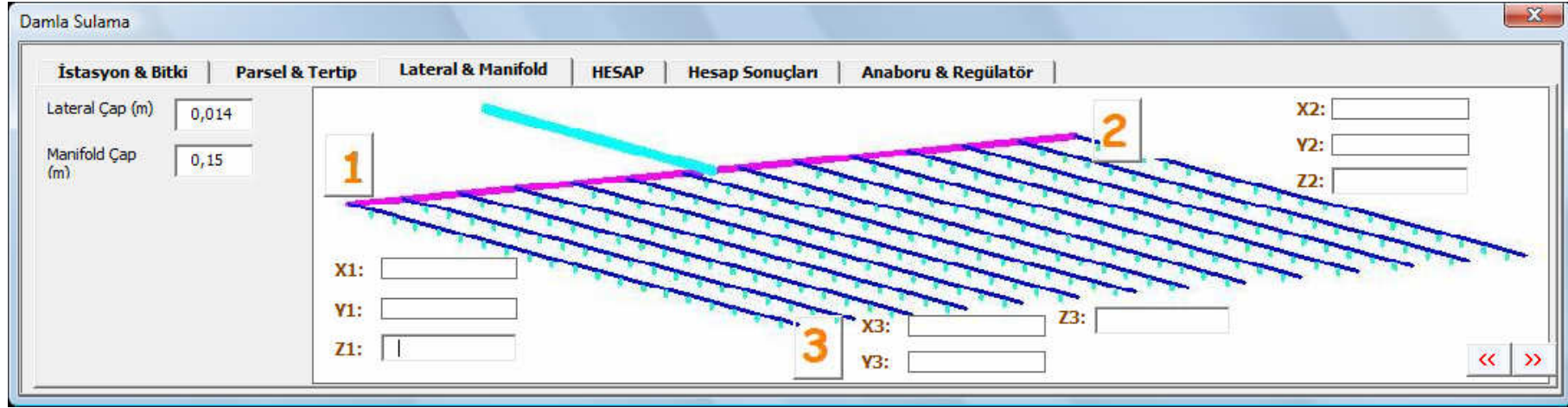
hesapla

Damlaticı Aralığı (m)
Lateral Aralığı (m)
Islatılan Alan Yüzdesi :
Damla Sulama Bitki Su Tüketimi (mm/h)
Maksimum Sulama Aralığı (gün)
Sulama Süresi (h)
Her Sulamada Uygulanacak Toplam Su...
Her Sulamada Uygulanacak Maks. Ne...

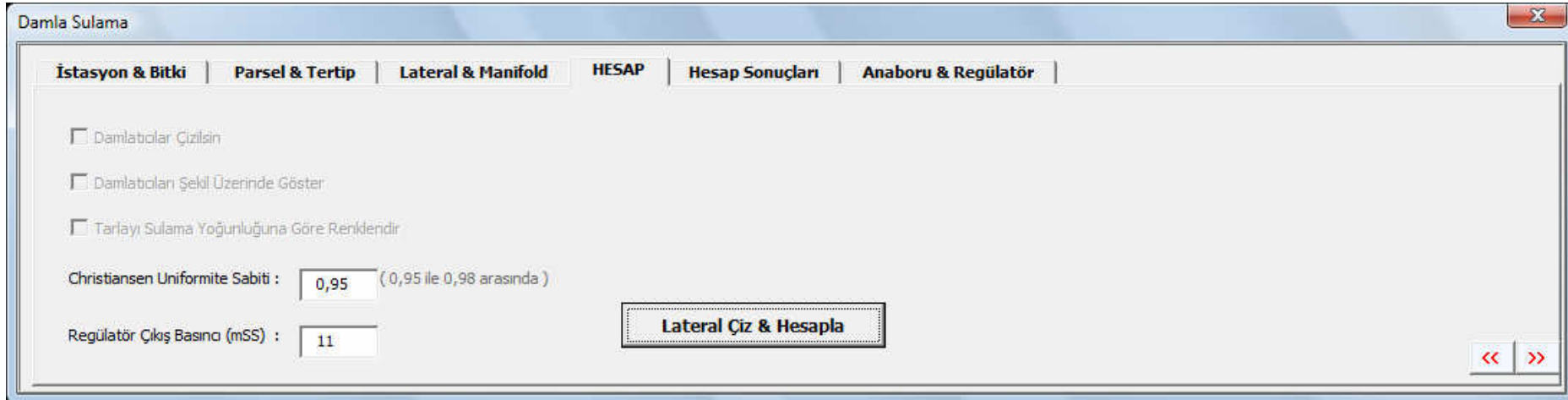


<< >>

Şekil 5.5 Hazırlanan yazılımın ikinci sekmesine ait ekran görüntüsü.



Şekil 5.6 Hazırlanan yazılımın üçüncü sekmesine ait ekran görüntüsü.



Şekil 5.7 Hazırlanan yazılımın dördüncü sekmesine ait ekran görüntüsü.

Damla Sulama

İstasyon & Bitki | Parsel & Tertip | Lateral & Manifold | HESAP | Hesap Sonuçları | Anaboru & Regülatör

Malzeme Listesi

Manifold

Lateral

No	Baş Nokt	Uzunluk	Çap	CU	Giriş Basıncı	Giriş Debisi	Eğim	Damlaba Adedi	reg no
1	1	59,65	0,014	0,95	8,48	223,16	0	59	1
2	2	60	0,014	0,95	8,48	226,59	0	59	1
3	3	60,35	0,014	0,95	8,48	226,59	0	60	1
4	4	60,7	0,014	0,95	8,48	226,59	0	60	1
5	5	61,06	0,014	0,95	8,49	230,03	0	60	1
6	6	61,41	0,014	0,95	8,49	230,03	0	61	1
7	7	61,76	0,014	0,95	8,5	230,03	0	61	1
8	8	62,11	0,014	0,95	8,51	233,46	0	61	1
9	9	62,46	0,014	0,95	8,52	233,46	0	62	1
10	10	62,81	0,014	0,95	8,54	233,46	0	62	1
11	11	63,17	0,014	0,95	8,55	236,89	0	62	1
12	12	63,52	0,014	0,95	8,58	236,89	0	63	1

Excel'e Gönder

Şekil 5.8 Hazırlanan yazılımın beşinci sekmesine ait ekran görüntüsü.

Damla Sulama

İstasyon & Bitki | Parsel & Tertip | Lateral & Manifold | HESAP | Hesap Sonuçları | Anaboru & Regülatör

Regülatörler

Regülatör No	Durum
3	Açık
1	Açık
2	Açık

Ana Boru Hatları

Boru No :	N...	N...	Uzunluk ...	Debi (m3...	Hız (m/s)	Çap	Kayıp (m...	Kod Fark...	Enerji De...
6	1	3	28,2	17,94	2,3	DN50	5,93	0	5,93
1	3	2	2,62	0,18	0,25	DN15	0,02	0	0,02
4	3	5	2,4	17,76	2,28	DN50	0,62	0	0,62
2	5	4	2,62	9,18	2,64	DN32	1,24	0	1,24
5	5	7	88	8,58	2,47	DN32	31,35	0	31,35
3	7	6	2,66	8,58	2,47	DN32	1,1	0	1,1

Uzunluk (m) = 28,2 Kod Değişimi (m) = 0

Maksimum Hız (m/s) : 3

Hesapla

Pompa İstasyonu Çıkış Verileri

Şekil 5.9 Hazırlanan yazılımın altıncı sekmesine ait ekran görüntüsü.

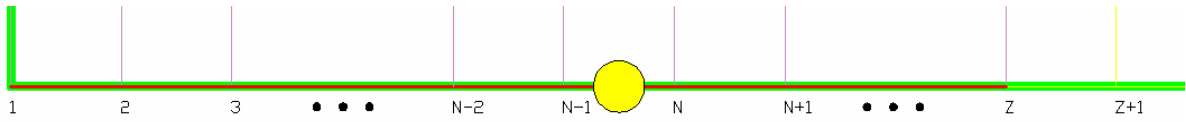
5.3.5 5. Sekme

Çizim üzerinde oluşturulan lateral ve manifold hatlarına ait hidrolik hesap sonuçları ile kullanılacak ekipmanların listelendiği sekmedir. (Şekil 5.8)

5.3.6 6. Sekme

Anaboru hatları şekil üzerine kullanıcı tarafından çizilir. Pompa bağlantısı yapılır. Hazırlanan sulama takvimine göre ana boru hatlarının çaplandırılması, girilen en yüksek hız değerini aşmayacak şekilde veritabanında mevcut olan boru çaplarından uygun olanları otomatik olarak seçilerek yapılır. Pompa istasyonu çıkış basıncı ve debisi bulunmuş olur. (Şekil 5.9)

5.4 Manifold Hattı Hesapları



Şekil 5.10 Manifoldtaki yük kaybı hesapları.

Şekil 5.10 da görülen 1 numaralı laterale ait en düşük giriş basıncı değeri bölüm 4.0 da değinilen şekilde belirlenir. En düşük giriş basıncı belirlenmiş olan lateralin giriş debisi de belirlenmiş ve bu laterale bağlı olan manifold hattındaki debi de hesaplanmış olur.

1 nolu lateralden itibaren i nolu laterale kadar manifold hattındaki enerji kaybı 5.1 formülü ile hesaplanır.

$$h = \sum_{j=1}^i K_m \times L \times C \times \frac{Q_{Mj}^{1.75}}{D_{Mj}^{4.75}} \quad (5.1)$$

L = İki komşu lateral arasındaki mesafe.

K_m = Yersel kayıp katsayısı

C = Sıcaklığa bağlı Blasius formülü katsayısı

D_M = Manifold hattı iç çapı.

Q_M = Manifold hattının debisi.

Bulunan değer 2 nolu lateral giriş basıncıdır. Bu giriş basıncı ile lateral giriş debisi ve üniformluk katsayısı 5.1' de anlatılan yöntemle bulunur. Üniformluk katsayısı istenilen değer üzerinde ise işlemlere devam edilir. N nolu laterale geldiğinde lateral giriş basıncı

üniform sulama yapamayacak şekilde artmış olur. Bu nedenle N-1 nolu lateral ile N nolu lateral arasına manifolda giriş yapan anaboru bağlantısı eklenir. Benzer işlemler manifold hattının diğer tarafına da uygulanır ve Z nolu lateraline kadar üniform sulamanın yapılabileceği belirlenmiş olur. Aynı işlemler Z+1 lateralinden başlanarak mevcut tüm laterallere uygulanır ve böylelikle anaboru hatları ile manifold hatlarının birleşeceği noktalar ile bu noktalardaki basınç ve debi değerleri belirlenmiş olur.

6. UYGULAMALAR

Damla sulaması için kullanılan lateral borularının tasarımında genellikle belirli bir damlatıcı özelliği için kabul edilebilir bir yük kaybı ve üniformalık seviyesi göz önüne alınarak, sistemin bütününde bu üniformalığı sağlayacak bir debi dağılımının gerçekleşmesi için gerekli lateral uzunluğu, lateral boru iç çapı ile giriş basınç yükünün belirlenmesi ya da belirli bir boru uzunluğu ve boru çapı öngörülerek sistemin girişindeki maksimum basınç yükü için, sistemin tamamındaki toplam sürtünme kaybı ve sistemin bu şartlarda kazanacağı üniformalık seviyesinin belirlenmesi istenebilir.

6.1 Uygulama 1

Damlatıcı debi–basınç yükü ilişkisi $q = 3.58 \cdot 10^{-7} H^{0.5}$ olarak verilen boruda, gerekli lateral boru uzunluğunu (L) ve boru girişindeki basınç yükünü (H_{max}) bulunuz.

$$q_{av} = 1.111 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ (4.0 l/h)}$$

$$s = 1.0 \text{ m}$$

$$S_0 = 0.00$$

$$UC = 0.95$$

$$D = 0.014 \text{ m (14 mm)}$$

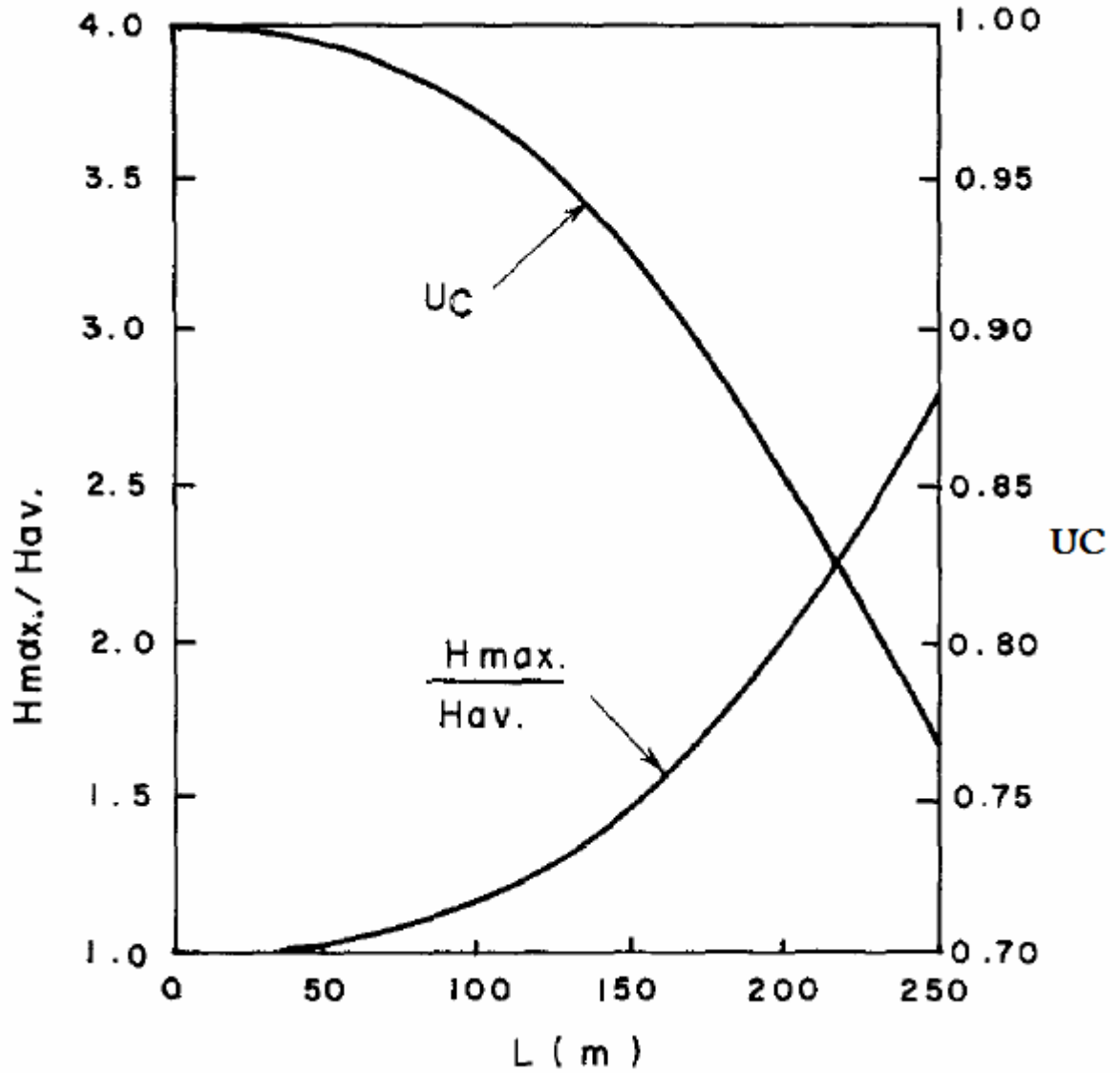
Hathoot ve diğerlerinin sunduğu çözüm:

Hathoot ve diğerleri (1993) bu uygulamadaki verilere göre çizelge 6.1 deki tasarım grafiğini sunmuştur.

Grafik ile 0-250 m arasındaki lateral uzunlukları için giriş basınç yükü $\left(\frac{H_{max}}{H_{av}} \right)$ ve

christiansen üniformalık katsayısı (UC) değerleri belirlenmektedir. Bu eğriden UC = 0.95 için lateral uzunluğu L = 129 m bulunur.

Çizelge 6.1. Uygulama 6.1 için dizayn çizelgesi



$\left(\frac{H_{\max.}}{H_{av.}}\right)$ eğrisinin $L=129.0$ m için aldığı değer ise $\left(\frac{H_{\max.}}{H_{av.}}\right)=1.32$ olarak bulunur. Giriş basınç yükünün ($H_{\max.}$) hesaplanabilmesi için öncelikle ortalama basınç yükünün değeri bulunmalıdır. Damlatıcının debi - basınç yükü ilişkisinden;

$$q_{av} = c \times H_{av}^y$$

$$H_{av} = \left(\frac{q_{av}}{c}\right)^{\frac{1}{y}}$$

$$H_{av} = \left(\frac{1.111 \times 10^{-6}}{3.58 \times 10^{-7}}\right)^{\frac{1}{0.5}}$$

$$H_{av} = 9.6327m$$

Lateral girişindeki basınç yükünün değeri;

$$H_{max} = 1.32 \times 9.6327$$

$$H_{max} = 12.71m$$

Lateral girişindeki rölatif damlatıcı debisi de;

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = \frac{c \times H_{max}^y}{q_{av}}$$

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = \frac{3.58 \times 10^{-7} \times 12.71^{0.5}}{1.111 \times 10^{-6}}$$

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = 1.148 \cong 1.15 \text{ bulunur.}$$

Hazırlanan yazılım ile bulunan çözüm:

Geliştirilen bilgisayar programı ile lateral boyunca rölatif damlatıcı debisi $\left(\frac{q_i}{q_{av}}\right)$, rölatif basınç yükü $\left(\frac{H_i}{H_{av}}\right)$, rölatif hız $\left(\frac{V}{V_{max}}\right)$, değişimlerini gösteren grafikler sunulmuştur. 6.1.d grafiği ile de uygulama 6.1 de ele alınan lateralın farklı giriş basınçlarında üniformite katsayısının değişimi gösterilmiştir.

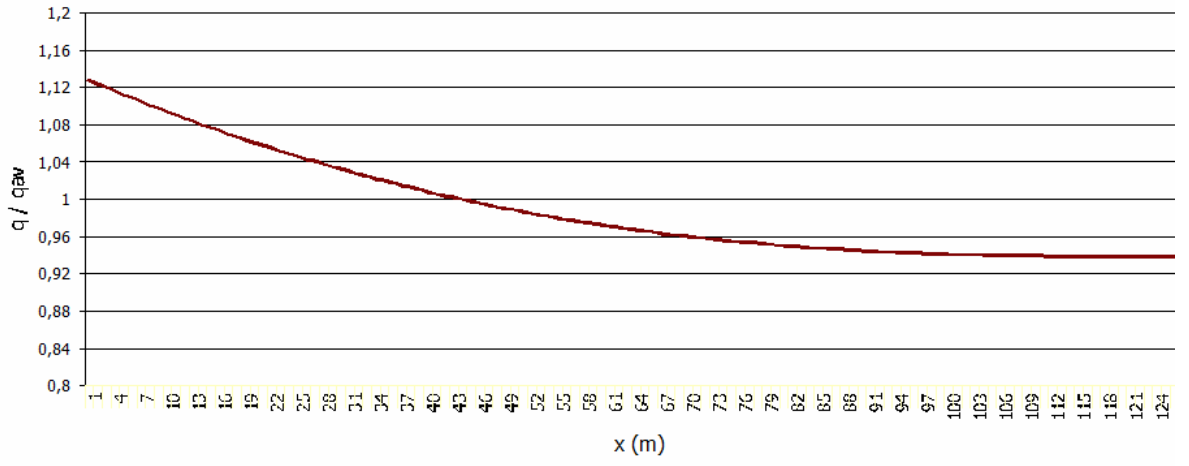
Şekil 6.1 de verilen eğride rölatif basınç yükünün lateral girişindeki değeri. $\left(\frac{H_{max}}{H_{av}}\right) = 1.361$

ve $\left(\frac{H_{min}}{H_{av}}\right) = 0.941$ olarak okunmaktadır. Lateraldeki sürtünme kaybı hesaplanırsa,

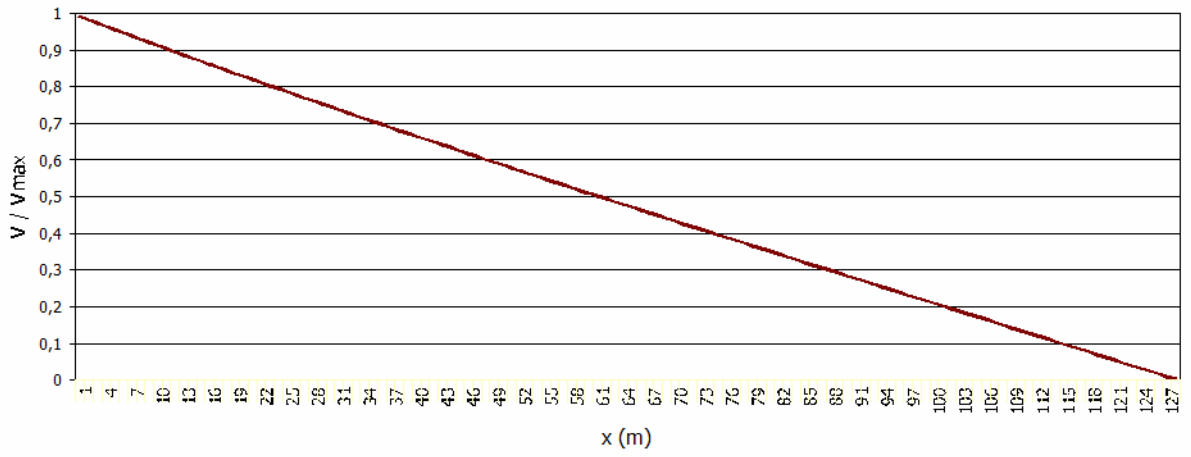
$$\Delta H = H_{av} (1.361 - 0.941) = 9 \times (1.361 - 0.941) = 3.78 \text{ m bulunur.}$$

Rölatif damlatıcı debisinin memba ve mansap uç noktalarındaki değerlerinin;

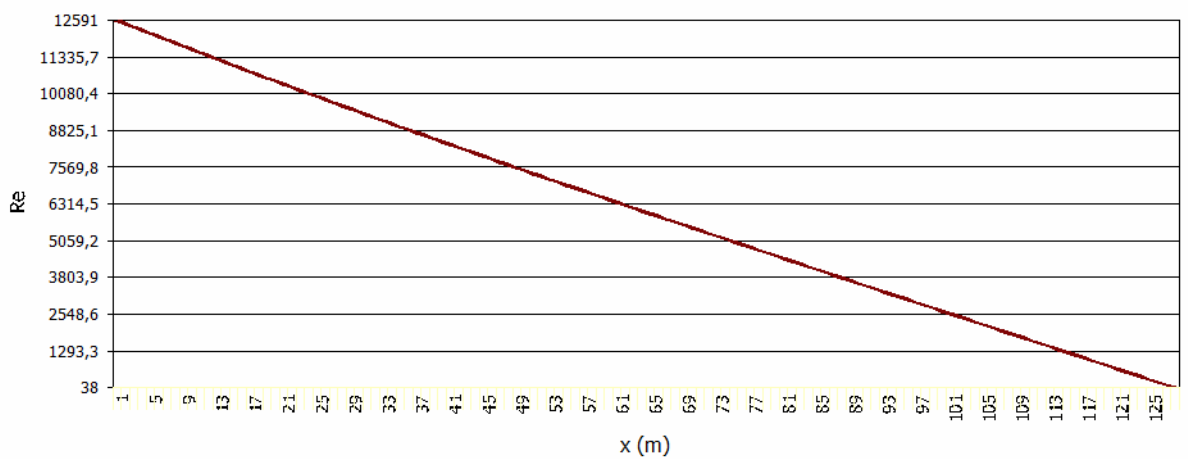
$$\left(\frac{q_{max}}{q_{av}}\right) = 1.128 \text{ ve } \left(\frac{q_{min}}{q_{av}}\right) = 0.938 \text{ olduğu görülmektedir.}$$



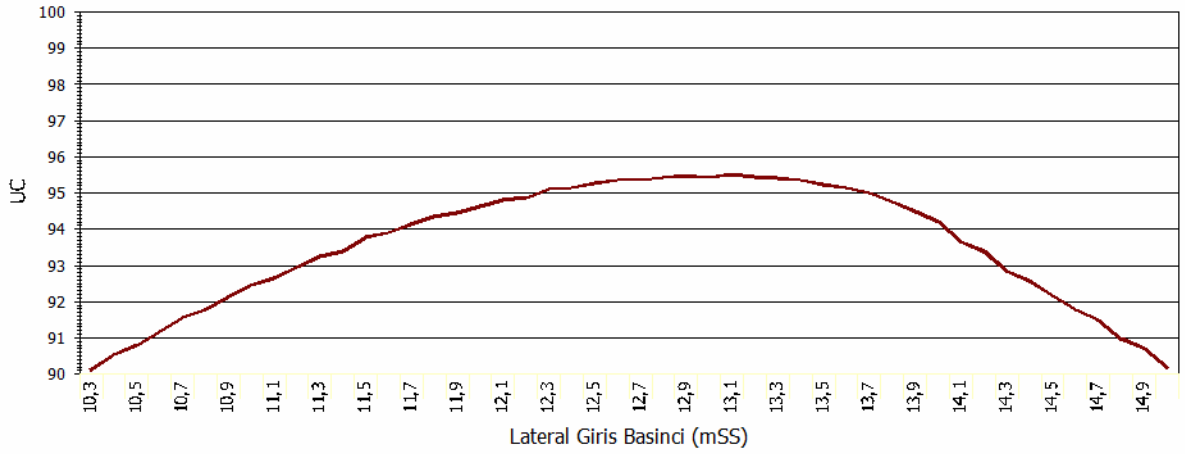
Şekil 6.1.a Rölatif Debinin Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.1.b Rölatif Hızın Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.1.c Reynolds Sayısının Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.1.d Lateralde giriş basıncına göre üniformalık katsayısının değişimi

6.2 Uygulama 2

Damlaticı debi – basınç yükü ilişkisi aşağıda verilen boruda gerekli lateral boru iç çapını (D) ve boru girişindeki basınç yükünü (H_{max}) bulunuz.

(Lateralin tamamında kısmi türbülanslı akım şartlarının hakim olduğu kabul edilmektedir.)

$$q = 2.073 \cdot 10^{-7} H^{0.5}$$

$$q_{av} = 5.555 \cdot 10^{-7} m^3 s^{-1} (2.0 l/h)$$

$$s = 1.0 m$$

$$S_0 = 0.00$$

$$UC = 0.95$$

$$L = 150.0 m$$

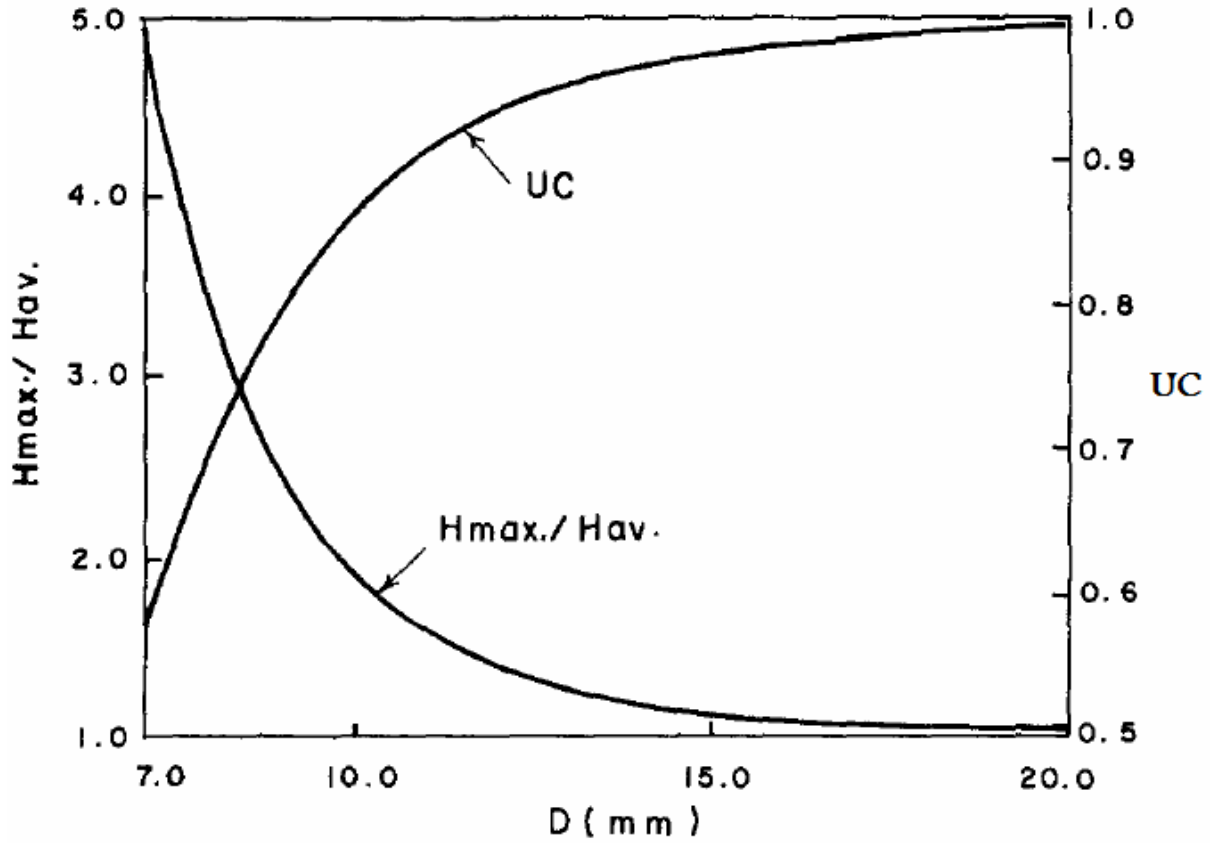
Hathoot ve diğerlerinin sunduğu çözüm:

Grafik üzerinden 7–20 mm aralığındaki değişik lateral çapları için, lateral girişindeki rölatif

basınç yükü $\left(\frac{H_{max}}{H_{av}} \right)$ ve christiansen üniformalık katsayısı (UC) değerleri tayin edilmektedir.

Çizelge 6.2 deki UC eğrisinden, arzu edilen üniformalık oranı UC=0.95 için lateral çapı D=12.7 mm bulunur.

Çizelge 6.2 Uygulama 6.2 için dizayn çizelgesi



$$H_{av} = \left(\frac{q_{av}}{c} \right)^{\frac{1}{y}}$$

$$H_{av} = \left(\frac{5.555 \times 10^{-7}}{2.073 \times 10^{-7}} \right)^{\frac{1}{0.5}}$$

$$H_{av} = 7.18m$$

Lateral girişindeki basınç yükünün değeri;

$$H_{max} = 1.317 \times 7.18$$

$$H_{max} = 9.45m$$

Lateral girişindeki rölatif damlatıcı debisi de;

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = \frac{c \times H_{max}^y}{q_{av}}$$

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = \frac{2.073 \times 10^{-7} \times 9.45^{0.5}}{5.555 \times 10^{-7}}$$

$$\frac{q(0)}{q_{av}} = 1.147 \cong 1.15 \text{ bulunur.}$$

Hazırlanan yazılım ile bulunan çözüm:

Geliştirilen bilgisayar programı ile lateral boyunca rölatif damlatıcı debisi $\left(\frac{q_i}{q_{av}}\right)$, rölatif basınç yükü $\left(\frac{H_i}{H_{av}}\right)$, rölatif hız $\left(\frac{V}{V_{\max}}\right)$, değişimlerini gösteren grafikler sunulmuştur. 6.2.d grafiği ile de uygulama 6.2 de ele alınan lateralin farklı giriş basınçlarında üniformite katsayısının değişimi gösterilmiştir.

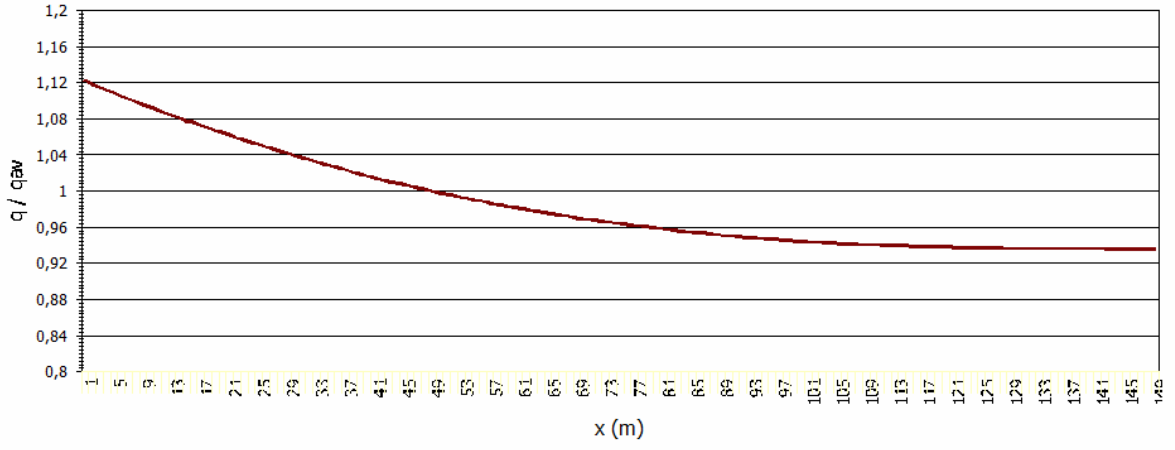
Şekil 6.2.a' da verilen eğride rölatif basınç yükünün lateral girişindeki değeri $\left(\frac{H_{\max}}{H_{av}}\right) = 1.004$

ve $\left(\frac{H_{\min}}{H_{av}}\right) = 0.698$ olarak okunmaktadır. Lateral boyunca sürtünme yoluyla harcanan enerji hesaplanırsa,

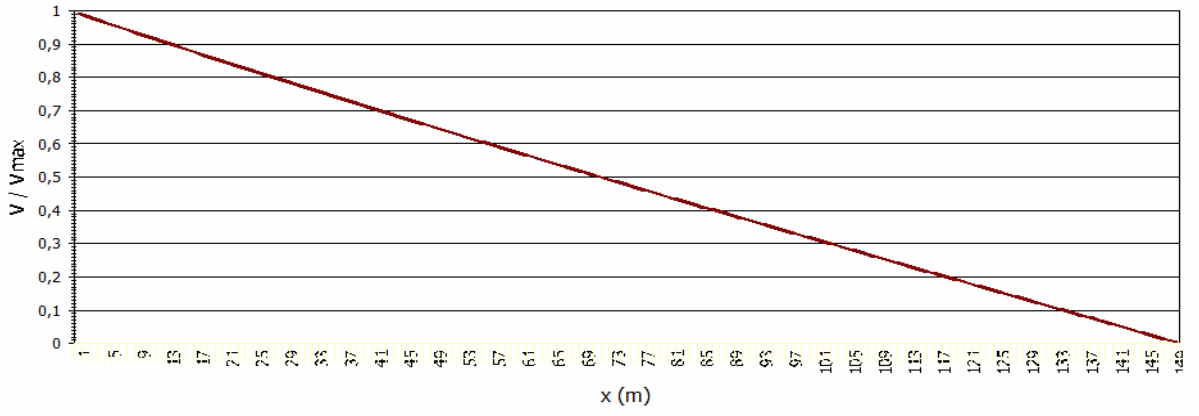
$$\Delta H = H_{av} (1.004 - 0.698) = 7.18 \times (1.004 - 0.698) = 2.197 \text{ m bulunur.}$$

Rölatif damlatıcı debisinin memba ve mansap uç noktalarındaki değerlerinin;

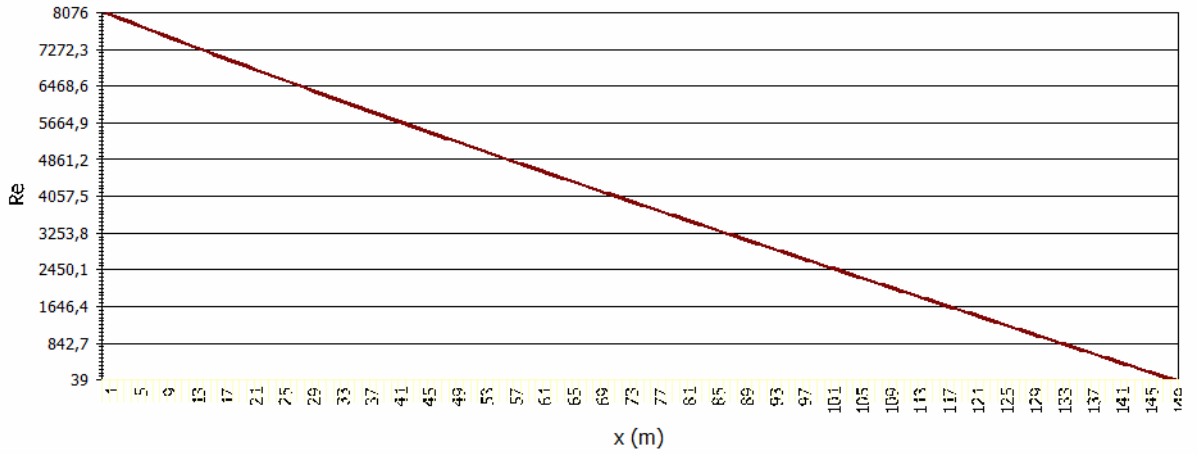
$$\left(\frac{q_{\max}}{q_{av}}\right) = 1.122 \text{ ve } \left(\frac{q_{\min}}{q_{av}}\right) = 0.935 \text{ olduğu görülmektedir.}$$



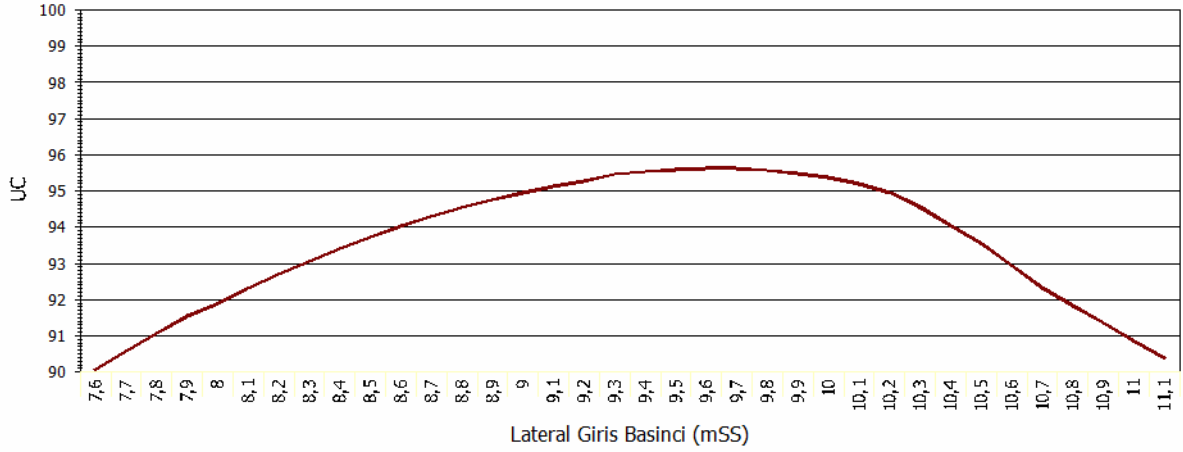
Şekil 6.2.a Rölatif Debinin Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.2.b Rölatif Hızın Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.2.c Reynolds Sayısının Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.2.d Lateralde giriş basıncına göre üniformluk katsayısının değişimi

6.3 Uygulama 3

Lateral boru uzunluğu ve boru çapı bilinen sistemde, lateral giriş basıncını ve debi dağılımının üniformluk seviyesini belirleyiniz.

$$q_{av} = 5.555 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \text{ (2.0 l/h)}$$

$$H_{av} = 7.2 \text{ m}$$

$$s = 1.0 \text{ m}$$

$$S_0 = 0.00$$

$$y = 0.54 \text{ (Üreticiden alınan akış üssü değeri)}$$

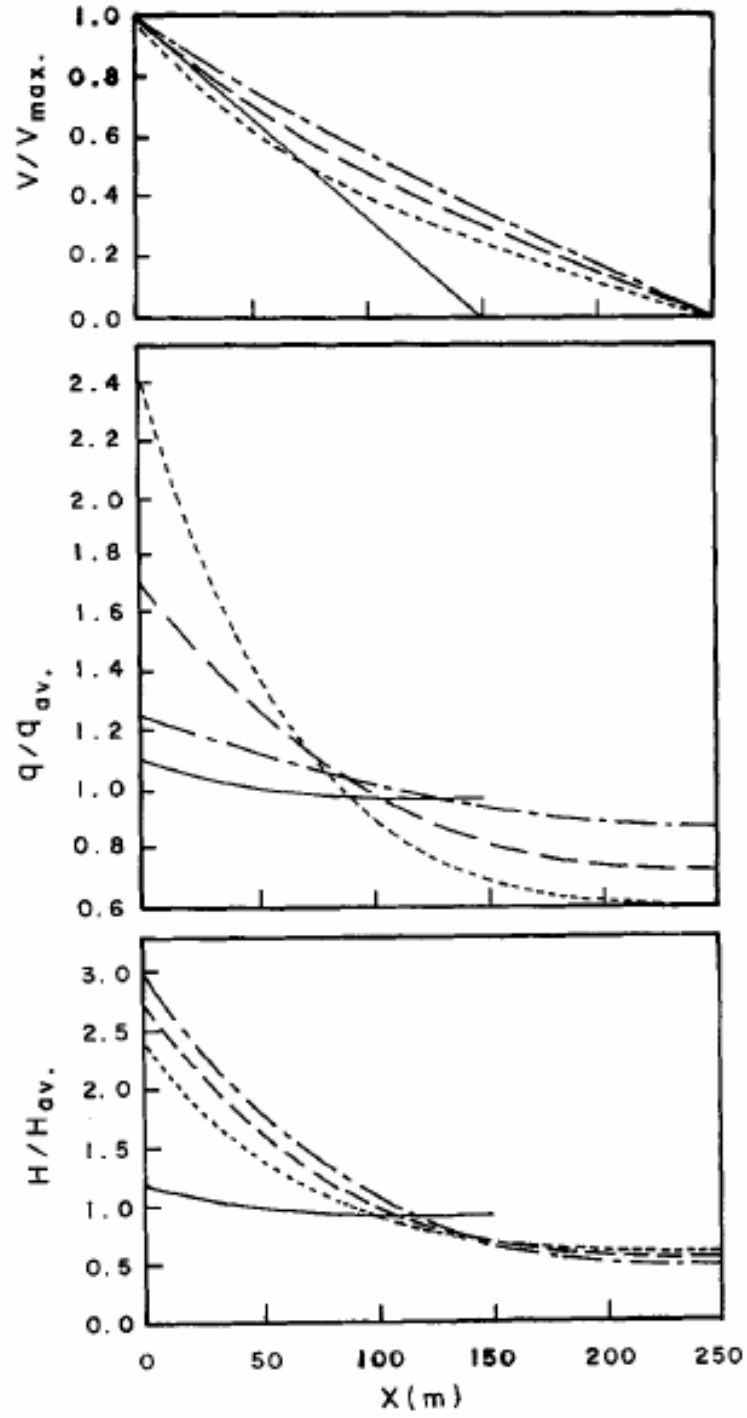
$$D = 0.014 \text{ m (14 mm)}$$

$$L = 150.0 \text{ m}$$

Hathoot ve diğerlerinin sunduğu çözüm:

Hathoot ve diğerleri geliştirdikleri bilgisayar programı yardımıyla, lateral uzunluğunca rölatif debi $\left(\frac{q}{q_{av}}\right)$, rölatif basınç yükü $\left(\frac{H}{H_{av}}\right)$, rölatif hızın $\left(\frac{V}{V_{max}}\right)$ mesafe ile değişimlerini gösteren grafikleri sunmuşlardır. (Çizelge 6.3)

Çizelge 6.3 Rölatif akım hızı, Rölatif Damlatıcı Debisi, Rölatif Basınç Yükünün Lateral boyunca değişimi (-- : L: 150 m ve y=0,54 için bulunan değerler)



$$\left(\frac{q(0)}{q_{av}} \right) = 1.1 \text{ olarak bulunur.}$$

Diğer taraftan lateral girişindeki basınç yükünün değeri;

$$\left(\frac{H_{\max}}{H_{av}} \right) = 1.182 \text{ ve } \left(\frac{H_{\min}}{H_{av}} \right) = 0.909 \text{ olarak bulunur.}$$

Buna göre lateralın memba ucundaki basınç yükü;

$$H_{\max} = 1.182 \times 7.2 = 8.51 \text{ m ve}$$

Lateralın mansap ucundaki basınç yükü;

$$H_{\min} = 0.909 \times 7.2 = 6.545 \text{ m bulunur.}$$

Buna göre. lateral uzunluğunca meydana gelen toplam sürtünme kaybı;

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min} = 8.51 - 6.545 = 1.96 \text{ m bulunur.}$$

Hathoot ve diğerleri yazılımdan elde ettikleri üniformluk katsayısı değerlerinin; UC=0.97 ve DU=0.977 olarak bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Hazırlanan yazılım ile bulunan çözüm:

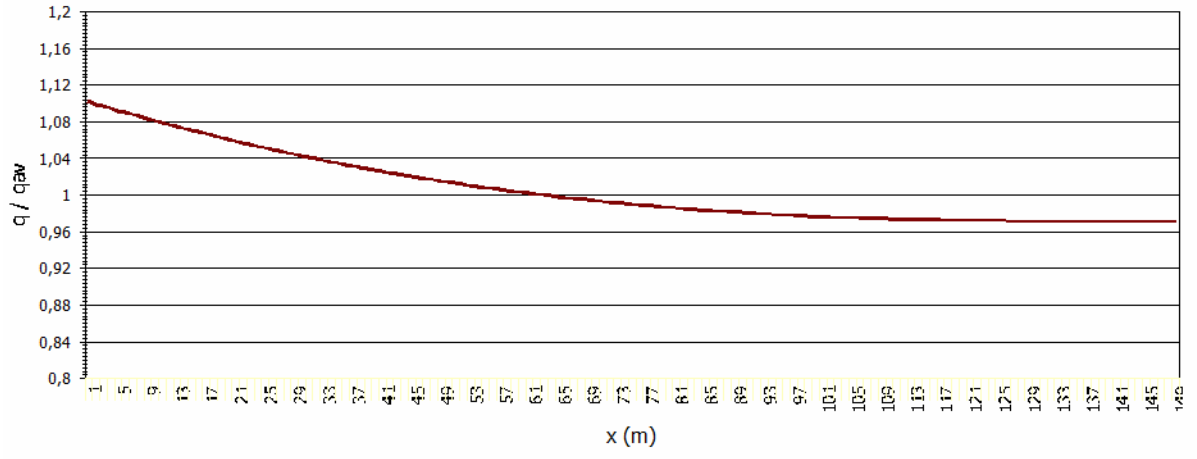
Geliştirilen bilgisayar programı ile lateral boyunca rölatif damlatıcı debisi $\left(\frac{q_i}{q_{av}}\right)$, rölatif basınç yükü $\left(\frac{H_i}{H_{av}}\right)$, rölatif hız $\left(\frac{V}{V_{\max}}\right)$, değişimlerini gösteren grafikler sunulmuştur. 6.3.d grafiği ile de uygulama 6.3 de ele alınan lateralın farklı giriş basınçlarında üniformite katsayısının değişimi gösterilmiştir.

Şekil 6.3.a da verilen eğride rölatif basınç yükünün lateral girişindeki değeri $\left(\frac{H_{\max}}{H_{av}}\right) = 0.957$

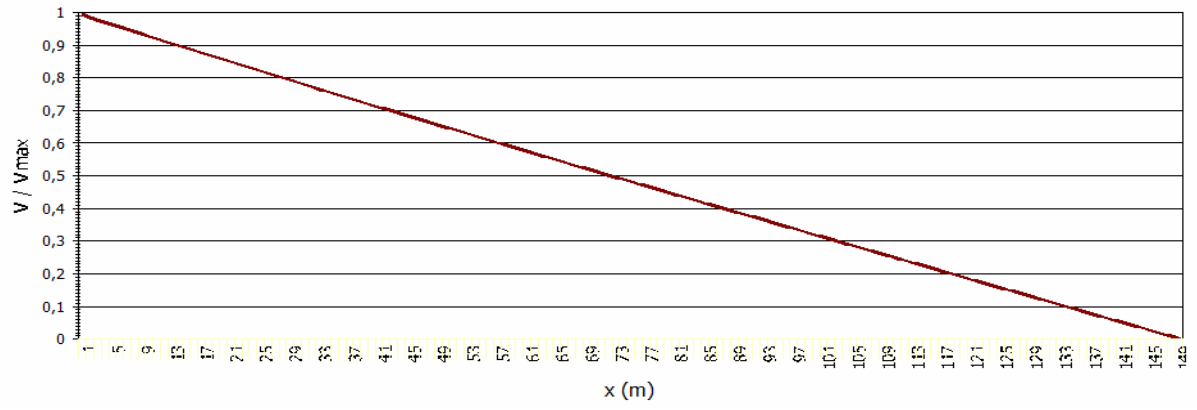
ve $\left(\frac{H_{\min}}{H_{av}}\right) = 0.757$ olarak okunmaktadır. Lateral boyunca sürtünme yoluyla harcanan enerji hesaplanırsa.

$\Delta H = H_{av}(0.957 - 0.757) = 7.2 \times (0.957 - 0.757) = 1.44 \text{ m}$ bulunur. Rölatif damlatıcı debisinin memba ve mansap uç noktalarındaki değerlerinin;

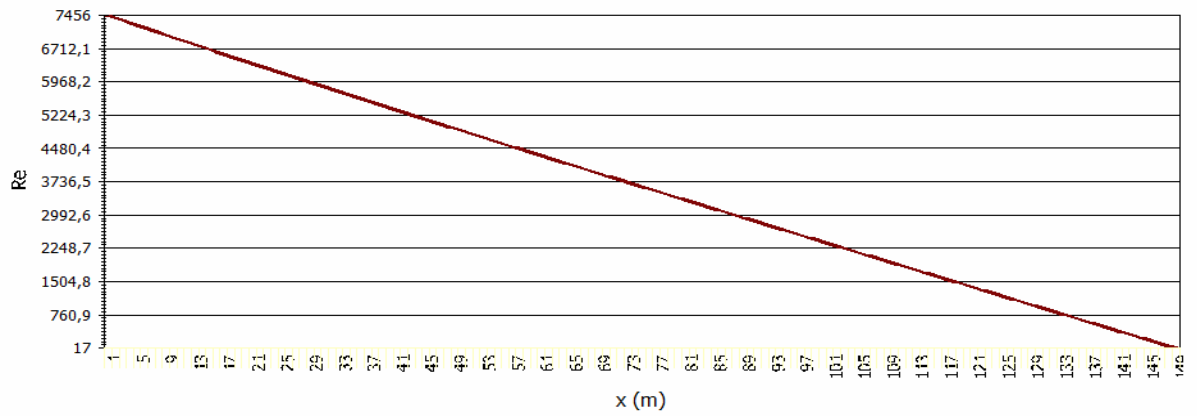
$$\left(\frac{q_{\max}}{q_{av}}\right) = 1.102 \text{ ve } \left(\frac{q_{\min}}{q_{av}}\right) = 0.971 \text{ olduğu görülmektedir.}$$



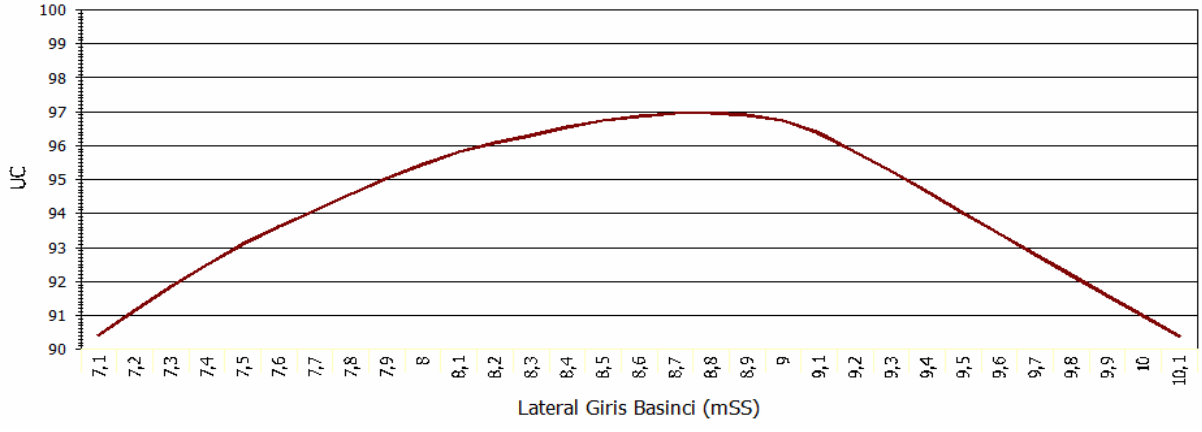
Şekil 6.3.a Rölatif Debinin Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.3.b Rölatif Hızın Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.3.c Reynolds Sayısının Mesafe ile Değişimi



Şekil 6.3.d Lateralde giriş basıncına göre üniformalık katsayısının değişimi.

7. DEĞERLENDİRMELER

Çizelge 7.1 Uygulama 6.1' in çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması
Uygulama 6.1 de bulunan sonuçlar çizelge 7.1 de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Hazırlanan

VERİLER						SONUÇLAR									
c	y	q _{av}	H _{av}	D	UC	Warrick ve Diğerleri (1986)			Hathoot ve Diğerleri (1993)			Bilgisayar Programı ile Bulunan Çözüm			
						L	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	L	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	L	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	ΔH
(m ^{3-y s⁻¹})		(l/h)	(m)	(mm)		(m)		(m)	(m)		(m)		(m)		(m)
3.58x10 ⁻⁷	0.5	4.0	9.63	14.0	0.95	126.6	1.1	11.65	129.0	1.15	12.71	129.0	1.128	12.24	3.78
m = 1.75. v = 1.011x10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹ . g = 9.81 m s ⁻² . s = 1.0 m. S ₀ = 0.0															

bilgisayar programı, lateralleri sulanacak parsel üzerine belirtilen doğrultuda çizmekte ve lateral uzunluğu değerini çizimden otomatik olarak almaktadır. Uygulamada belirli lateral uzunluklarına göre hesaplar yapılacağından, lateral uzunluğunu belirlemek üzere bir fonksiyon hazırlanmamıştır, lateral uzunluğu değeri de Hathoot' un çalışmasında bulunduğu gibi (L=129) girilerek hesaplar yapıldığında sonuçların birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Aynı uygulama L=120 değeri için çözüldüğünde ise lateral giriş basıncı olan H_{max}=11.291, lateral memba ve mansap uçları arasındaki basınç farkı $\Delta H = 11.291 - 8.282 \cong 3$, girişteki

rölatif damlatıcı debisi $\frac{q(0)}{q_{av}} = 1.083$ olarak bulunmuştur.

Bu sonuçlardan, lateral boru uzunluğundaki azalmayla birlikte toplam sürtünme kaybının azaldığı, buna bağlı olarak, girişteki rölatif damlatıcı debisi ve giriş basınç yükü değerlerinin de azaldığı görülmektedir. Burada lateral boru çapı değişmediğinden, Darcy-Weisbach formülüne göre sürekli yük kayıpları lateral boru uzunluğu ile doğru orantılı olarak azalmaktadır. Belirli bir lateral çapı için hesap yapılıyorsa, üniformalığı artırmak için lateral boru uzunluğunun azaltılması gereklidir.

Çizelge 7.2 Uygulama 6.2' nin çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması.

Çizelge 7.3 Uygulama 6.3' ün çözümünde farklı yöntemlerin karşılaştırılması

VERİLER						SONUÇLAR									
c	y	q _{av}	H _{av}	L	UC	Warrick ve Diğerleri (1986)			Hathoot ve Diğerleri (1993)			Bilgisayar Programı ile Bulunan Çözüm			
						D	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	D	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	D	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	ΔH
(m ^{3-y} s ⁻¹)		(l/h)	(m)	(m)		(mm)		(m)	(mm)		(m)	(mm)		(m)	(m)
2.073x10 ⁻⁷	0.5	2.0	7.18	150.0	0.95	12.8	1.098	8.65	12.7	1.147	9.45	12.7	1.122	9.034	2.12
.m = 1.75. v = 1.011x10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹ . g = 9.81 m s ⁻² . s = 1.0 m. S ₀ = 0.0															

Uygulama 6.2 ve 6.3' e ait karşılaştırma tabloları da yukarıda verilmiştir. Araştırmacıların bulduğu sonuçlar ile programda bulunan sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Geçmişte ve günümüzde birçok araştırmacı, lateral hatlarının hidrolik hesaplamaları konusu

VERİLER						SONUÇLAR									
c	y	q _{av}	H _{av}	D	L	Warrick ve Diğerleri (1986)			Hathoot ve Diğerleri (1993)			Bilgisayar Programı ile Bulunan Çözüm			
						UC. DU	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	UC. DU	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	UC. DU	$\frac{q(0)}{q_{av}}$	H _{max}	ΔH
(m ^{3-y} s ⁻¹)		(l/h)	(m)	(mm)	(m)	(m)		(m)	(m)		(m)			(m)	(m)
1.913x10 ⁻⁷	0.54	2.0	7.2	14.0	150.0	0.97 0.96	1.116	8.82	.97 .977	1.1	8.51	.969	1.102	8.616	1.44
.m = 1.75. v = 1.011x10 ⁻⁶ m ² s ⁻¹ . g = 9.81 m s ⁻² . s = 1.0 m. S ₀ = 0.0															

ile ilgilenmiş ve farklı yaklaşımlar ile çözümler sunmuşlardır. Giriş kısmındaki literatür özetleri bölümünde bu metotların bir kısmına değinilmeye çalışılmıştır. Laterallerin hidrolik hesapları oldukça fazla sayıda damlatıcının ayrı ayrı hesabını gerektirdiğinden, el ile yapılması mümkün değildir, geçmişte bilgisayar teknolojisinin olmayışı ya da yeterince yaygın olmayışı araştırmacıları bu konu ile ilgili daha pratik metotlar geliştirmeye zorlamıştır. Bunun sonucu olarak hesapların el ile de yapılmasına da olanak sağlayan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Bu çalışmada kullanılan çözüm ise damlatıcı debilerinin, ayrı ayrı giriş basınçlarına göre hesaplandığı, Hathoot ve diğerleri' nin (1993) geliştirdikleri yöntemdir.

Basitleştirilmiş hesap metotları ile yapılırsa dahi damla sulama sisteminin hesabı çok fazla miktarda lateral ve manifold hattının hesabını gerektireceğinden zaman alıcı ve hatalara açıktır. Mevcut damla sulama yazılımlarının maliyetli oluşu ve içeriklerinin tam anlamı ile bilinemeyişi nedeni ile bu çalışmada sunulan yazılım hazırlanmıştır.

Araştırmacılar, laterallerin projelendirilmesinde göz önüne alınan üniformite katsayısının doğru şekilde belirlenebilmesinin ancak tüm damlatıcı debilerinin dikkate alınmasıyla mümkün olduğunu belirtmişlerdir. Burada sunulan program çözümünde, lateral boyunca tüm damlatıcı debileri göz önüne alındığından, sistemin sahip olduğu üniformite katsayısı mümkün olduğunca doğru şekilde ortaya konmuştur.

Program çözümünde ayrıca hız yükünün debi dağılımı üzerindeki etkisi ve lateral boyunca damlatıcıların ayırdığı her bir boru kısmında, hız yükü ve debi değişimleri de hesaba katılmıştır.

Programın çalışma prensiplerinin açıklanmaya çalışıldığı beşinci bölümde de değinildiği gibi lateral giriş basıncı belirlenirken; giriş basıncı üzerinde değil, damlatıcı adedi üzerinde interpolasyon yapılmaktadır. Bu nedenle de bir damlatıcı debisinden fazla olmamak kaydıyla, lateral giriş debisinde bir miktar sapma olması mümkündür. Fakat bu sapma değeri toplam giriş debisi göz önüne alındığında önemsenecek düzeydedir.

KAYNAKLAR

- Braud, H.J. and Soom, A.M, 1981. Trickle Irrigation Lateral Design on Sloping Fields Transactions of the ASAE, 24, 941-945
- Cuenca, Richard H., 1989. Irrigation System Design: an engineering approach, Department of Agricultural Eng., Oregon State University, New Jersey.
- Featherstone, R. E., and Nalluri, C. (1982). Civil engineering hydraulics, essential theory, worked examples. Granada Publishing, New York, N.Y.
- Hathoot H.M, Al-Amoud Ahmed I, Fawzi S. Mohammad (1993), Analysis And Design Of Trickle Irrigation Laterals, Journal of Irrigation and Drainage Engrg. Vol. 119,756-767
- Howell,T.A and Hiler, E.A., 1974 a, Trickle Irrigation Lateral Design, Transaction of the ASAE, 17, 552-561
- Howell,T.A and Hiler, E.A., 1974 b, Designing Trickle Irrigation Laterals for Uniformity. J. of Irrig. and Drain , Vol. 100, 778-786
- Keller, J. And Karmelli, D., 1974. Trickle Irrigation Design Parameters. Transaction of the ASAE, 17, 225-232
- Scaloppi, E. J., 1988. Adjusted F Factor for Multiple Outlets Pipes, Journal of Irrigation and Drainage , 114, 300-305
- Solomon, K. And Keller, J., 1978. Trickle Irrigation Uniformity and Efficiency, Journal of Irrigation and Drainage , 104, 611-619
- Streeter, V.L.and Wylie, B.E., 1979 Fluid Mechanics, New York:Mc Graw-Hill
- Warrick, A.W., 1983 . Interrelationships of Irrigation Uniformity Terms. Journal of Irrigation and Drainage , 109,317-332.
- Warrick, A. W., and Yitayew, M. (1988). Trickle lateral hydraulics. I: Analytical solution. J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, 114(2), 281-288.
- Wu, I.P and Gitlin, H.M, 1974. Drip Irrigation Design Based on Uniformity, Transactions of the ASAE, 17, 182-189
- Wu, I.P and Gitlin, H.M, 1975. Enerji Gradient Line for Drip Irrigation Laterals. J. Irrig. Drain. Engrg , 101, 321-326.
- Wu, I.P and Gitlin, H.M, 1977. Design of Drip Irrigation Submains. J. Irrig. Drain. Engrg, 101, 160-165.
- Yaohu KANG, Hydraulic Characteristics And Computerized Design Of Microirrigation Systems
- Yıldırım Gürol, Ağırlioğlu Necati “Comparative Analysis of Hydraulic Calculation Methods in Design of Microirrigation Laterals”, ASCE , June 2004
- Yıldırım Osman, Güngör Yetkin, Erözel Zeki 2004. Sulama, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın no: 1540
- Yıldırım Osman 2005. Sulama Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın no: 1542
- Yitayew, M., and Warrick, A. W. (1986). Velocity head consideration for trickle laterals. J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, 113(4), 611-615.
- Yitayew, M., and Warrick, A. W. (1988). "Trickle lateral hydraulics. II: Design and examples."J. Irrig. Drain. Engrg., ASCE, 114(2), 289-300.

Yitayew, M., 1989. Head loss in manifolds or trickle lateral: Simplified approach, J. Irrig. Drain. Engrg, 115, 739-743

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	02.09.1980	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1995-1998	Ankara Bahçelievler Deneme Lisesi
Lisans	1998-2002	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Müh. Bölümü
Yüksek Lisans	2004-2008	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Müh. Anabilim Dalı Isı Proses Programı