

Damla Sulamada Lateral ve Manifold Boru Çaplarının Belirlenmesinde Grafiksel Yöntem

Osman YILDIRIM¹Halit APAYDIN¹

Geliş Tarihi : 16.09.1998

Özet : Bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde, kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı sağlamak amacıyla, lateral ve manifold boru çaplarının belirlenmesine yönelik grafiksel çözümler hazırlanmıştır. Christiansen eş dağılım katsayısının, lateral boru hatları için $C_u \geq \%98$ ve manifold boru hatları için $C_u \geq \% 97.5$ koşullarını sağlayan boru çaplarının seçilmesi önerilmiştir. Farklı boru çapları için C_u eş dağılım katsayısının doğrudan bulunabileceği grafikler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Damla sulama, lateral, manifold, eş dağılım katsayısı, grafiksel yöntem

Graphical Method for Determining Lateral and Manifold Pipe Diameters in Drip Irrigation

Abstract : In this study, graphical solutions were prepared for determining lateral and manifold pipe diameters to obtain an acceptable water distribution in drip irrigation. It was suggested that pipe diameters should be chosen when Christiansen's uniformity coefficient, C_u , was equal or greater than 98% and 97.5% for lateral and manifold pipe lines, respectively. Design charts which uniformity coefficient could be directly found were given for different lateral and manifold pipe diameters.

Key Words : Drip irrigation, lateral, manifold, uniformity coefficient, graphical method

Giriş

Damla sulama sistemlerinde bir işletme birimi, üzerinde damlatıcıların bulunduğu çok sayıda lateral boru hattı ve laterallerin bağlandığı manifold boru hattından oluşur. Lateral ve manifold boru hatları boyunca oluşan yük kayıpları ve eğimden kaynaklanan yükseklik farkları nedeniyle, her bir damlatıcı ya da lateral girişindeki basınç yükleri farklılık gösterir. Şekil 1 den izleneceği gibi, lateral üzerinde i. damlatıcının ya da manifold üzerinde i. lateral giriş basıncı;

$$h_i = h_{i-1} + h_{f_{i-1}} \pm h_{g_{i-1}} \quad (1)$$

olmaktadır. Burada; h_i : i. damlatıcı ya da lateral giriş basıncı (m), h_{i-1} : (i-1). damlatıcı ya da lateral giriş basıncı (m), $h_{f_{i-1}}$: (i-1). boru bölümünde oluşan yük kayıpları (m) ve $h_{g_{i-1}}$: (i-1). boru bölümünde eğimden kaynaklanan yükseklik farkı (m) dir. Bunun yanında i. damlatıcı ya da lateral debisi ise;

$$q_i = kh_i^x \quad (2)$$

eşitliği ile elde edilmektedir. Bu eşitlikte; q_i : i. damlatıcı ya da lateral debisi (L/h), k : akış yolu kesit alanı ve yapım biçimine bağlı katsayı, h_i : i. damlatıcı ya da lateral giriş basıncı (m) ve x : akış rejimine bağlı üs değeridir. Damlatıcı akış yolunda laminar akım koşullarında $x = 1$ ve türbülanslı akım koşullarında $x = 0.5$ değerlerine yaklaşmakta, lateral girişinde türbülanslı akım söz konusu olduğundan $x=0.5$ alınabilmektedir.

Damla sulamada, kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı sağlamak amacıyla, işletme biriminde damlatıcı debileri arasındaki farklılık düzeyi belirli bir sınırı aşmayacak biçimde manifold ve lateral boru çapları seçilmektedir. Eş su dağılım düzeyinin ifadesinde değişik yaklaşımlar yapılmaktadır. Örneğin, bazı araştırmacılar;

$$\frac{q_{\max} - q_{\min}}{q_o} \quad (3)$$

ifadesini önermekte ve bu değer lateral boru hattı boyunca % 10 u, işletme birimi için ise % 20 yi geçmediği koşulda kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımının sağlanacağını belirtmektedirler (Goldberg vd. 1976, Perold 1977, Howell and Barinas 1980, Korukçu 1980). İfadede; q_{\max} : en

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü - Ankara

yüksek damlatıcı debisi (L/h), q_{min} : en düşük damlatıcı debisi (L/h) ve q_0 : ortalama damlatıcı debisi (L/h) tır. Ancak, Wu ve Gitlin (1974), Perold (1977) ve Korukçu (1980) belirli damlatıcılar arasındaki debi farklılığı yerine tüm damlatıcılar arasındaki debi farklılığını temel alan;

$$C_U = 100 \left(1 - \frac{\Delta q_0}{q_0} \right) \quad (4)$$

Christiansen (1942) eşdağılım katsayısının daha sağlıklı sonuç vereceğini belirtmişlerdir. Eşitlikte; C_U : Christiansen eşdağılım katsayısı (%), Δq_0 : her bir damlatıcı ya da lateral debisinin ortalamadan olan mutlak sapmalarının ortalaması (L/h) ve q_0 : ortalama damlatıcı ya da lateral debisi (L/h) tır. 3 nolu ifadeye %10 sınırı $C_U = \%98$ e ve % 20 sınırı $C_U = \%95$ e karşılık gelmektedir (Christiansen 1942, Perold 1977). Wu ve Gitlin (1974), damla sulama lateralleri için $C_U \geq \%95$ değerini uygun bulmalarına karşın, damla yönteminin yaygın olarak topraktaki nem eksikliğine duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılması ve bitki besin maddelerinin sulama suyuna karıştırılarak uygulanması nedenleri ile bu koşulun lateral boyunca yeterli düzeyde eş su dağılımı sağlamayacağını savunan Perold (1977) $C_U \geq \%98$ ve Korukçu (1980) $C_U \geq \%97.5$ koşullarını önermişlerdir.

İlk aşamada, lateral ya da manifold boru hattı sonundaki damlatıcı ya da lateral debisi bilinmediği için her bir debinin hesaplanması ve C_U eşdağılım katsayısının elde edilmesi oldukça güçtür ve bazı deneyim-yanılgı işlemlerini gerektirmektedir. Bunu göz önüne alan bazı araştırmacılar C_U eşdağılım katsayısının doğrudan bulunabileceği grafiksel çözümler geliştirmişlerdir (Wu ve Gitlin 1974, Perold 1977, Korukçu 1980). Ancak, bu grafikler çoğunlukla belirli boru çapı için hazırlanmıştır. Damla sulama lateral ve manifold boru hatlarında yük kayıplarının belirlenmesinde yaygın olarak;

$$h_f = KL \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.871}} \quad (5)$$

Hazen-Williams eşitliği kullanılmaktadır. Eşitlikte; h_f : yük kayıpları (m), K : birim çevirmelerini kapsayan katsayı, L : boru uzunluğu (m), Q : debi (L/h), C : Hazen-Williams sürtünme katsayısı ve D : boru iç çapı (mm) dir. Bazı araştırmacılar, damla sulama lateral ve manifold boru hatlarında kullanılan PE ve PVC borular için $C = 150$ değerini önermelerine karşın (Wu ve Gitlin 1974, Bresler 1978, Howell and Barinas 1980, Wu vd. 1983), damlatıcı ve lateral bağlantı girişlerinin boru çapını daraltması nedeniyle C katsayısının daha düşük alınması gerektiğini savunan Howell ve Hiler (1974), yersel kayıpları da kapsayacak biçimde bu değeri 128-130 arasında ölçmüşler ve $C = 130$ alınmasını önermişlerdir. Benzer sonucu Korukçu (1980) da elde etmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, damla sulama işletme biriminde su dağılım düzeyinin ifadesinde, (4) nolu eşitlikle verilen Christiansen C_U eş dağılım katsayısı kullanılmış ve değişik çaplı PE lateral ve PVC manifold boru hatları için bu katsayının doğrudan bulunabileceği grafiklerin hazırlanması amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle (1), (2) ve (4) nolu eşitliklerin çözümünü kapsayan bir bilgisayar programı oluşturulmuştur. Lateral ve manifold boru hatları için program girdileri Çizelge 1 ve 2 de verilmiştir. Bu çizelgelerdeki değerler, uygulamada yaygın olarak kullanılan boru cinsi ve çapları, işletme basıncı ve damlatıcı debilerine göre seçilen (2) nolu eşitlikteki k ve x değerlerini ve ayrıca boru hattı eğimlerini kapsamaktadır. (1) nolu eşitlikteki yük kayıpları, (5) nolu Hazen-Williams eşitliği ile hesaplanmış ve sürtünme katsayısı $C = 130$ alınmıştır (Howell ve Hiler 1974). Böylelikle, Çizelge 1 ve 2 de verilen tüm kombinasyonlarda, farklı damlatıcı ya da lateral sayısı için $C_U = \%90$ değerine kadar eşdağılım katsayıları hesaplanmıştır.

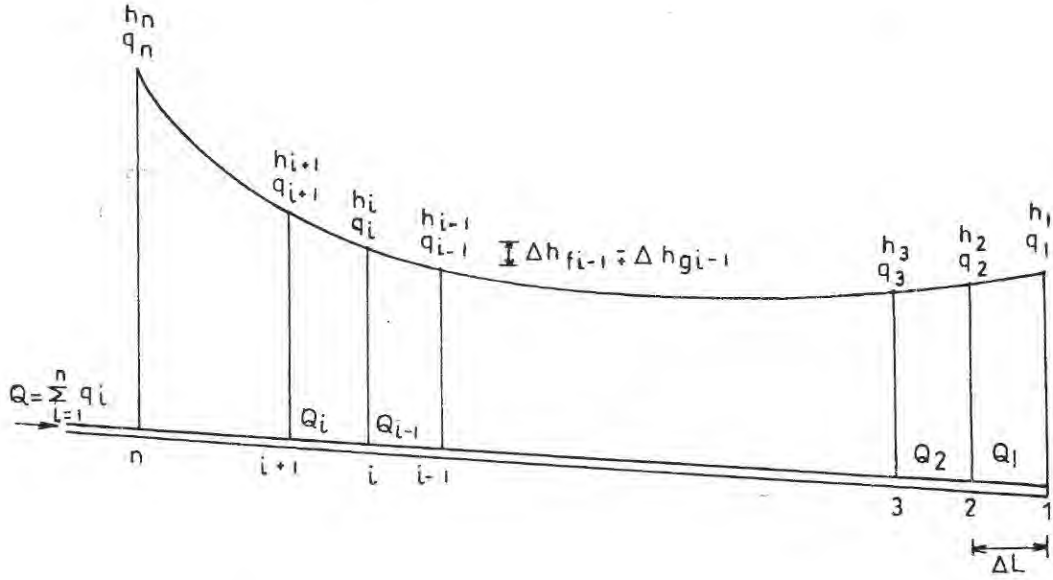
Eşdağılım katsayısı grafikleri Wu ve Gitlin'de (5) verilen ilkelere göre hazırlanmıştır. Bu amaçla, bir dik koordinat sistemi gözönüne alınmış ve I. bölümde h_f/h_0 ve h_0/h_0 boyutsuz parametreleri için C_U eş dağılım katsayıları, II. bölümde L/h_0 ve h_0/h_0 boyutsuz parametreleri için lateral ya da manifold eğimleri, IV. bölümde ise L/h_0 ve h_f/h_0 boyutsuz parametreleri için Q lateral yada manifold debileri işaretlenmiştir (Şekil 2). Manifold boru hatları için h_0 işletme basıncı yerine h_l lateral giriş debileri kullanılmıştır. Her bölümde eş olan değerler birleştirilerek eş dağılım katsayısı, eğim ve debi eğri ya da doğruları elde edilmiştir. Grafiklerin oluşturulması SURFER bilgisayar programı ile yapılmıştır.

Şekil 2 deki dik koordinat sisteminde; L : lateral(veya manifold) uzunluğu (m), h_0 : lateral üzerinde ortalama damlatıcı basıncı (işletme basıncı, m), h_l : manifold üzerinde ortalama lateral giriş basıncı (m), h_f : lateral (manifold) boyunca oluşan yük kayıpları (m), h_0 : lateral (manifold) boyunca eğimden kaynaklanan yükseklik farkı (m), Q : Lateral (manifold) debisi (L/h), C_U : Christiansen eşdağılım katsayısı (%) ve S : Lateral (manifold) eğimi (%) değerlerini göstermektedir.

Bulgular ve Tartışma

Debi değişimi - eşdağılım katsayısı ilişkisi

Lateral ya da manifold boru hattı boyunca, (3) nolu eşitlikle verilen maksimum ve minimum debi farkının ortalama debiye oranı $[(q_{max}-q_{min})/q_0]$ ile (4) nolu eşitlikle verilen Christiansen C_U eşdağılım katsayısı arasındaki ilişki araştırılmış ve bu ilişkinin yalnızca eğime bağlı olarak önemli düzeyde değiştiği bulunmuştur. Şekil 3 ten izleneceği gibi, eğimsiz ya da bayır yukarı eğim koşulunda $(q_{max}-q_{min})/q_0 = 0.10$ için $C_U = \%97.5$ ve



Şekil 1. Lateral ya da manifold boru hattı boyunca basınç yükü ve debi dağılımı

$(q_{\max}-q_{\min})/q_0 = 0.20$ için $C_U = \% 95.1$ olmaktadır. Bu değerler Korukçu'nun (1980) bulgularıyla aynıdır. Ancak, $\% 5$ bayır aşağı eğim koşulunda C_U değerleri, sırasıyla, $\% 97.9$ ve $\% 95.8$ 'e kadar artmaktadır. Bunun yanında, Keller ve Karmeli (1975), damla sulama sistemlerinde bir işletme birimindeki basınç yükü değişiminin $\% 55$ inin lateral boru hattı ve $\% 45$ inin manifold boru hattı boyunca olmasını önermektedir. Bu yaklaşımdan hareketle ve ayrıca işletme biriminde en çok $(q_{\max}-q_{\min})/q_0 = 0.20$ olduğunda kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımının sağlanacağı (Goldberg vd. 1976, Perold 1977, Howell and Barinas 1980, Korukçu 1980) koşulu göz önüne alınarak, $(q_{\max}-q_{\min})/q_0$ boyutsuz parametresinin lateral boru hatları için 0.09 ve manifold boru hatları için 0.11 değerlerini geçmemesi gerektiği söylenebilir. Bu değerlere karşılık gelen ortalama C_U eşdağılım katsayıları, sırasıyla; $\% 98$ ve $\% 97.5$ tir (Şekil 3). Sonuç olarak bu çalışmada, damla sulama sistemlerinde kabul edilebilir düzeyde eş su dağılımı için, $C_U \geq \% 98$ koşulunu sağlayan lateral boru çapı ve $C_U \geq \% 97.5$ koşulunu sağlayan manifold boru çapının seçilmesi önerilmiştir.

Eşdağılım katsayısı grafikleri

Bu çalışmada elde edilen Christiansen C_U eşdağılım katsayısı grafikleri, lateral boru hatları için Şekil 4 ve Şekil 5, manifold boru hatları için ise Şekil 6 da verilmiştir. Grafiklerin kullanılmasında, en küçük boru çapından başlanarak, sol üst bölümde L/h_0 (ya da L/h_1) boyutsuz parametresinden lateral ya da manifold debisine ($Q, L/h$) kadar dik çıkılır ve buradan sağa doğru sağ üst bölüme geçecek biçimde paralel çizilir. Sonra, sağ alt bölümde yine L/h_0 (ya da L/h_1) boyutsuz parametresinden eğim derecesine ($S, \%$) kadar paralel çizilir ve buradan yukarı doğru dik çıkılır. Dikin sağ üst bölümde daha önce

çizilen paralelin kesim noktasından Christiansen C_U ($\%$) eşdağılım katsayısı okunur. Bu amaçla, bayır aşağı eğimde düz çizgili eğilerden, bayır yukarı eğimde ise kesik çizgili doğ-rulardan yararlanılır. Lateral boru hatları için $C_U \geq \% 98$ ve manifold boru hatları için $C_U \geq \% 97.5$ ise grafiğe ilişkin boru çapı uygundur. Aksi durumda, bir büyük boru çapına ait grafiğe geçilir. Bu grafiklerden, lateral ya da manifold boru hattı boyunca oluşan toplam yük kayıpları (h_f) da elde edilebilir. Bu amaçla, kullanılan grafiğin sağ üst bölümünde çizilen paralelin düşey eksenini kestiği noktadan h_f/h_0 ya da h_f/h_1 boyutsuz parametresi okunur. İşletme basıncı (h_0) bilindiğinden ve aşağıda açıklanacağı gibi lateral giriş basıncı (h_1) hesaplanabildiğinden h_f yük kayıpları bulunur.

Lateral ve manifold giriş basıncı

Damla sulama sistemlerinin tasarımı ve işletilmesinde lateral ve manifold giriş basınçlarının bilinmesine gerek vardır. Bu değerlerin hesaplanmasında işletme lateral boyunca ortalama basınç yüküne eşdeğer olan işletme basıncından (h_0) başlanır. Bunun için lateral ve manifold boru hattı boyunca ortalama basınç yükünün olduğu nokta bilinmelidir. Boru hattı boyunca bu noktanın yeri eğim derecesine bağlı olarak değişmektedir. Christiansen (1942) eşdağılım katsayısının daha sağlıklı sonuç vereceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, lateral giriş basıncının;

$$h_f = h_0 + E_0 H_f \pm L_0 h_x \quad (6)$$

ve manifold giriş basıncının;

$$h_m = h_l + E_0 H_f \pm L_0 h_g \quad (7)$$

eşitlikleri ile hesaplanabileceği bulunmuştur. Bu eşitliklerde; h_l : lateral giriş basıncı (m), h_m : manifold giriş basıncı (m), h_0 : işletme basıncı (lateral boyunca ortalama damlatıcı basıncı, m), E_0 : boyutsuz yük kaybı oranı (lateral yada manifold boru hattında başlangıçtan itibaren ortalama damlatıcı yada lateral giriş basıncının olduğu noktaya kadar meydana gelen yük kayıplarının

toplam yük kayıplarına oranı, m), L_0 : boyutsuz uzunluk oranı (lateral yada manifold boru hattında ortalama damlatıcı yada lateral giriş basıncının olduğu noktanın başlangıca olan mesafesinin toplam uzunluğuna oranı, m), h_f : lateral yada manifold boru hattı boyunca oluşan yük kayıpları (m) ve h_g : lateral yada manifold boru hattı boyunca eğimden kaynaklanan yükseklik farkı (işareti bayır aşağı eğimde - ve bayır yukarı eğimde + alınır)(m) değerlerini göstermektedir. Bu eşitliklerdeki E_0 ve L_0 boyutsuz parametreleri Çizelge 3 te verilmiştir.

Çizelge 1. Lateral boru hatları için program girdileri

Boru cinsi	Boru dış çapı (mm)	Boru iç çapı (mm)	Damlatıcı aralığı (m)	k değeri	x değeri	Lateral sonundaki damlatıcı basıncı (m)	Lateral eğimi (%)
PE (4 atm)	16	14.0	0.20	0.20	0.5	10	0.00
	20	17.7	0.30	0.30	0.6	15	0.25 (-)*
			0.40	0.40	0.7	20	0.50 (-)
			0.50	0.50	0.8		1.00 (-)
			0.60	0.60		2.50 (-)	
			0.80	0.80		5.00 (-)	
			1.00	1.00		0.25 (+)	
			1.25	1.25		0.50 (+)	
						1.00 (+)	
						2.50 (+)	
			5.00 (+)				

* (-) Bayır aşağı eğim, (+) bayır yukarı eğim

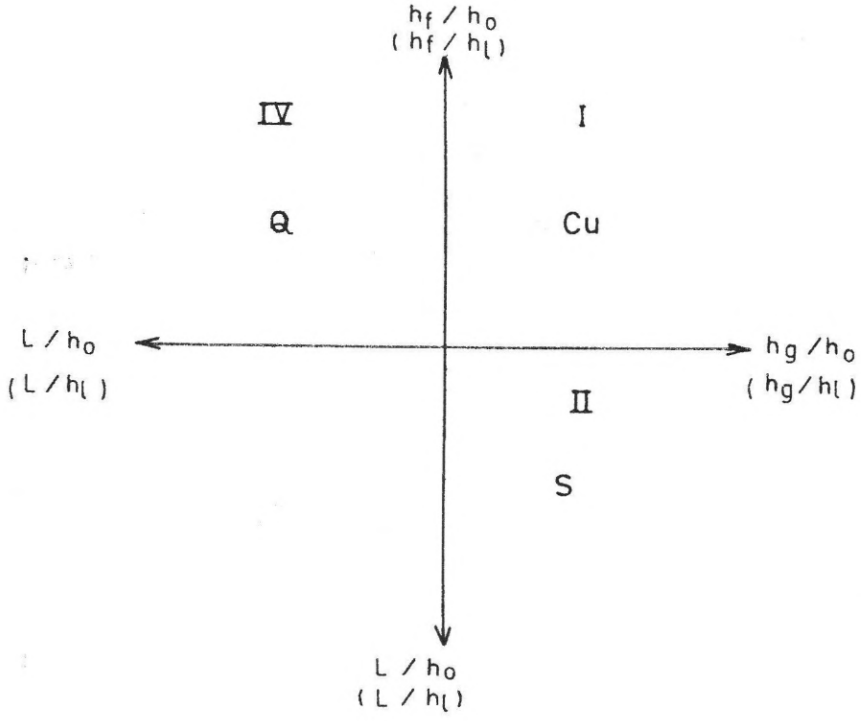
Çizelge 2. Manifold boru hatları için program girdileri

Boru cinsi	Boru dış çapı (mm)	Boru iç çapı (mm)	Lateral aralığı (m)	k değeri	x değeri	Manifold sonundaki damlatıcı basıncı (m)	Manifold eğimi (%)
Sert PVC (6 atm)	63	59.2	0.50	1.50	0.5	10	0.00
	75	70.6	0.60	2.00		15	0.25 (-) *
	90	84.6	0.80	3.00		20	0.50 (-)
	110	103.6	1.00	4.00			1.00 (-)
	125	117.6	1.25				2.50 (-)
			1.50				5.00 (-)
						0.25 (+)	
						0.50 (+)	
						1.00 (+)	
						2.50 (+)	
						5.00 (+)	

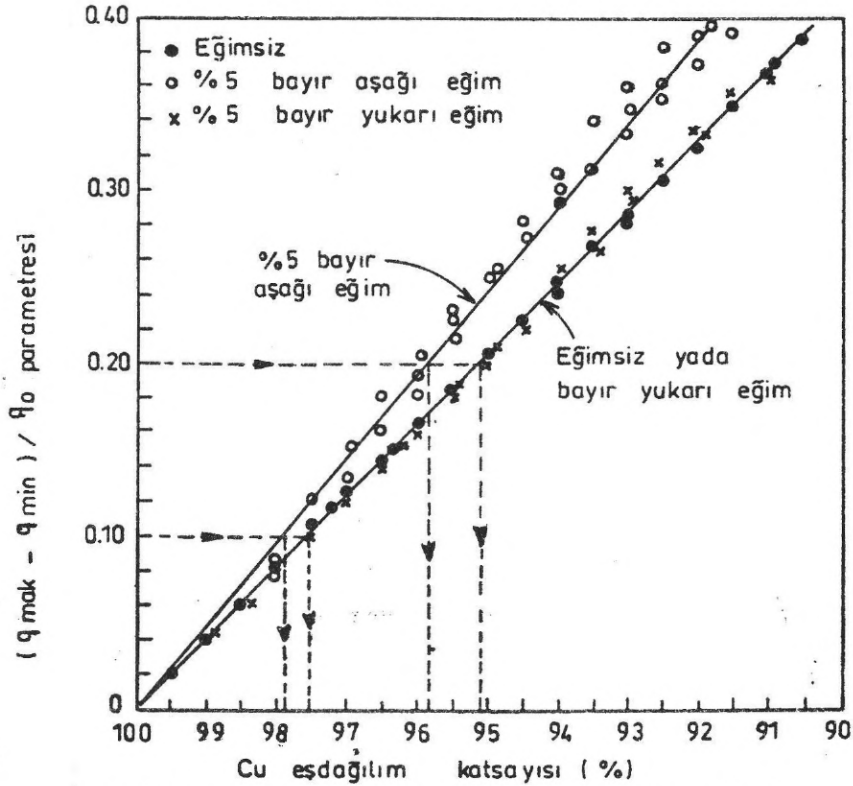
• (-) Bayır aşağı eğim, (+) bayır yukarı eğim

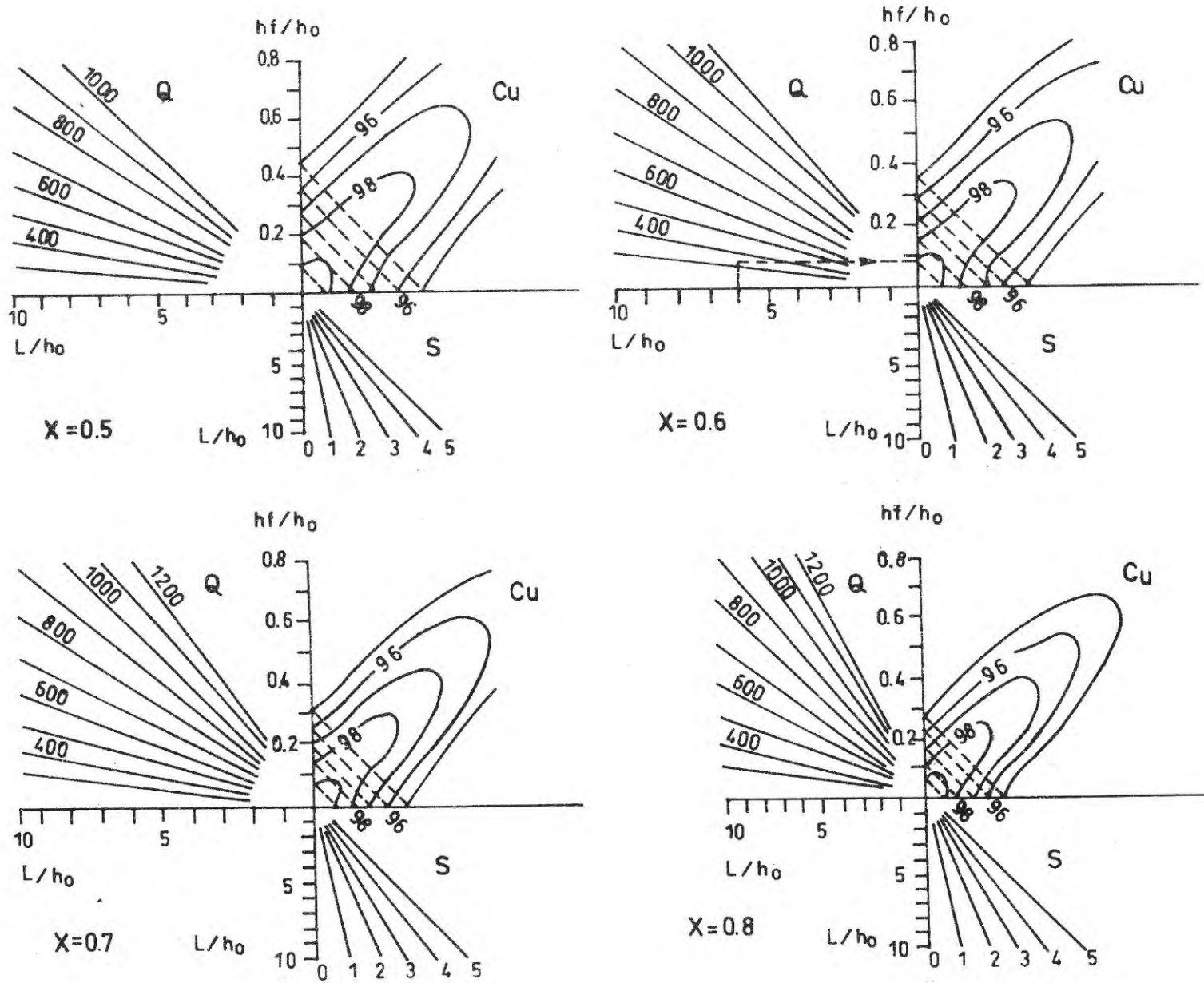
Çizelge 3. Lateral ve manifold boru hatları için E_0 ve L_0 boyutsuz parametreleri

Lateral ya da manifold eğimi, S (%)	Boyutsuz yük kaybı oranı, E_0	Boyutsuz uzunluk oranı, L_0
0.00 (eğimsiz)	0.738	0.370
0.25 (bayır aşağı eğim)	0.724	0.358
0.50 " " "	0.705	0.346
1.00 " " "	0.675	0.328
2.50 " " "	0.636	0.288
5.0 " " "	0.510	0.230
5.1	0.748	0.380
5.2	0.760	0.396
0.25 (bayır yukarı eğim)	0.780	0.414
0.50 " " "	0.807	0.436
1.00 " " "	0.843	0.468
2.50 " " "		
5.00 " " "		

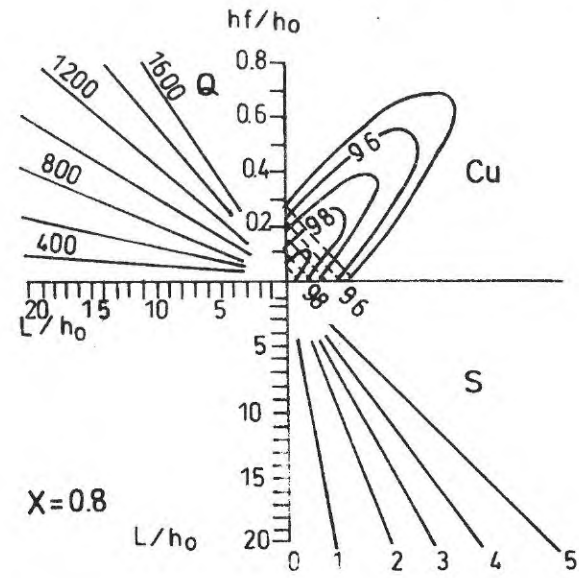
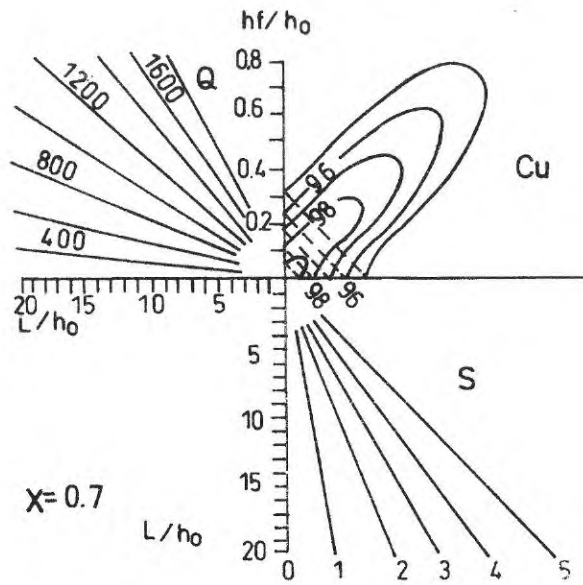
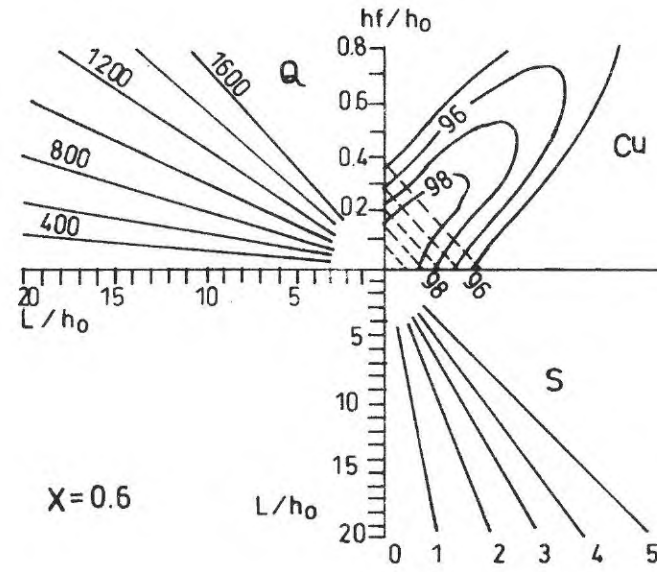
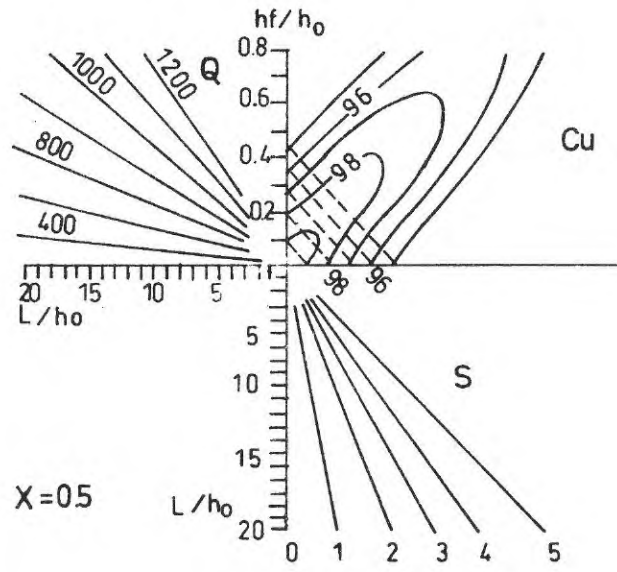


Şekil 2. Grafiklerin çizilmesinde göz önüne alınan dik koordinat sistemi

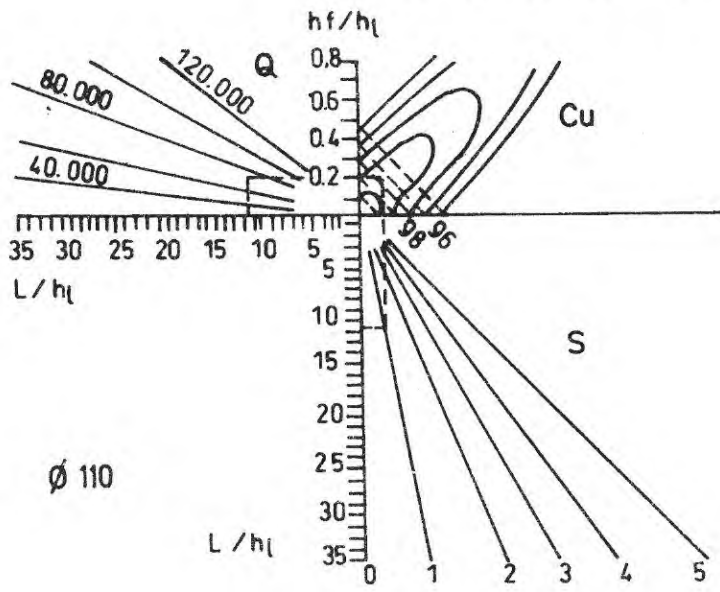
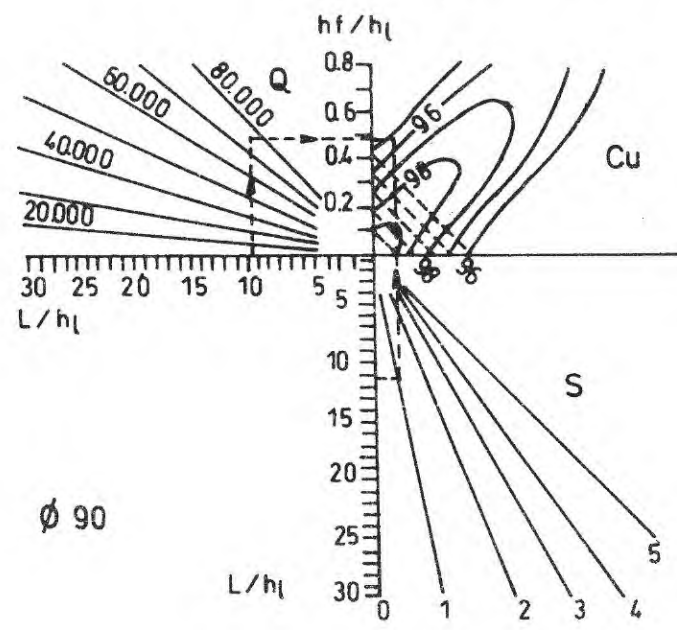
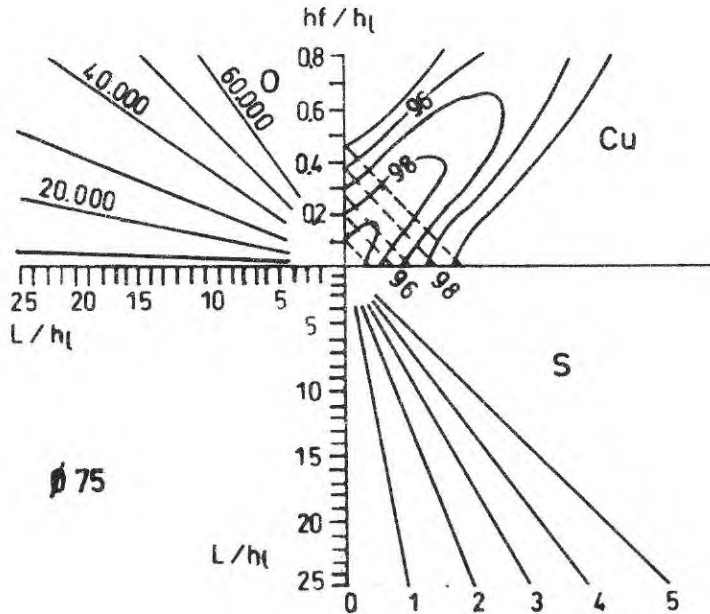
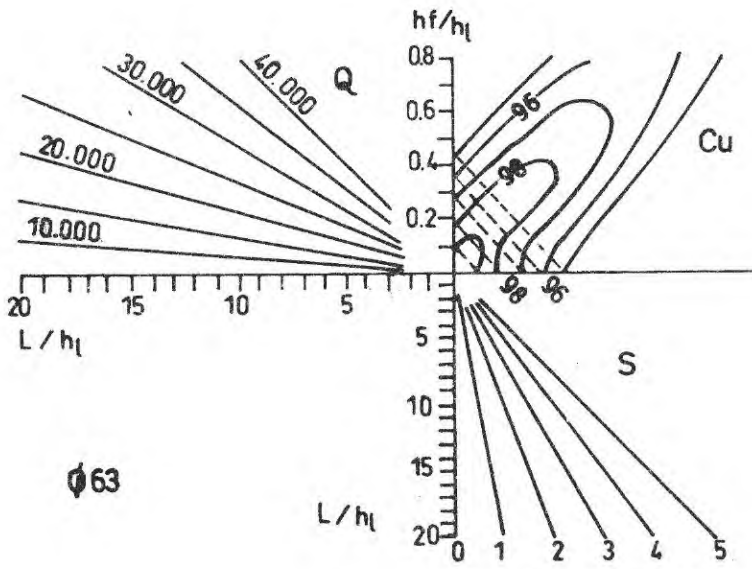
Şekil 3. $(q_{max} - q_{min})/q_0$ boyutsuz parametresi- C_u eşdağılım katsayısı ilişkisi



Şekil 4. 16 mm dış çaplı PE (4 atm) lateral boru hatları için eşdağılım katsayısı grafikleri



Şekil 5. 20 mm dış çaplı PE (4 atm) lateral boru hatları için eşdağılım katsayısı grafikleri



Şekil 6. Değişik çaplı sert PVC (6 atm) manifold boru hatları için eşdağılım katsayısı grafikleri

Kaynaklar

- Bresler, E. 1978. **Analysis of Trickle Irrigation With Application to Design Problems.** Irrig. Sci., 1(1);3-17.
- Christiansen, J.E. 1942. **Irrigation by Sprinkling.** Univ. Calif. Agr. Exp. Sta. Bul. 670, USA, 124.
- Goldberg, D. Gornat, B. and Rimon, D. 1976. **Drip Irrigation.** Drip Irrig. Sci. Publ., Kfar Shmaryahu, Israel.
- Howell, T.A. and Barinas, A.B. 1980. **Pressure Losses Across Trickle Irrigation Fittings and Emitters.** Transactions of the ASAE, 17(5);928-933.
- Howell, T.A. and Hiler, E.A. 1974. **Trickle Irrigation Lateral Design.** Transactions of the ASAE, 17(5);902-908.
- Keller, J. and Karmeli, D. 1975. **Trickle Irrigation Design Parameters.** Transactions of the ASAE, 17(4);678-684.
- Korukçu, A. 1980. **Damla Sulamasında Yan Boru Uzunluklarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma.** Ank. Üniv. Zir. Fak. Yayınları 742, Ankara, 75.
- Perold, R.P. 1977. **Design of Irrigation Pipe Laterals.** ASCE, Jour. Irrig. Drain. Div., 103(IR2);179-195.
- Wu, I.P. and Gitlin, H.M. 1974. **Drip Irrigation Design Based on Uniformity.** Transactions of the ASAE, 17(3);429-432.
- Wu, I.P., Saruwatari, C.A. and Gitlin, H.M. 1983. **Design of Drip Irrigation Lateral Length on Uniform Slopes.** Irrig. Sci., 4(2);117-135.