

SULAMA SİSTEMLERİNİN TASARIMI

BİREYSEL YAĞMURLAMA SULAMA SİSTEMLERİNİN TASARIM İLKELERİ

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Prof. Dr. Süleyman KODAL
Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

Gerekli basıncın pompa birimi ile sağlandığı, tek hatlı ana boru sistemi için Keller yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi

$$T = \frac{A d_t}{3.6 Q}$$

1. Pompanın yıllık çalışma süresi

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h,

A = Sulanacak alan, da,

d_t = Mevsimlik toplam sulama suyu gereksinimi, mm

Q = Sistem debisi, L/s

2. Pompa biriminin manometrik yüksekliği

H_m = Manometrik yükseklik, m,

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

h_{de} = Dinamik emme yüksekliği (derin kuyularda, tasarım aşamasında, kuyu dinamik yüksekliğine eşit alınabilir, $h_{de} = H_d$), m,

h_g = Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı (bayır aşağı eğimde eksi alınır) m,

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m (Birim yük kaybı tahmin: $h_f = 1.5$ m/100 m)

H = Ana boru hattında istenen basınç, m

Pompa-tek hat-Keller

3. Pompa biriminin fren gücü (pompa gücü)

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

Q = Sistem debisi, L/s

η_p = Pompa randımanı (tasarım aşamasında, elektrik motorlu pompalarda % 80, diesel motorlu pompalarda % 70 alınabilir), %

$$fBG = \frac{H_m Q}{75 \eta_p}$$

4. Pompa biriminin tesis masrafları (TM): Belirlenen H_m ve Q değerlerine uygun pompanın satın alınması, yerine taşınması, kurulması, kontrol panosu vb. işleri kapsayan proje keşif bedeli bulunur. Bu amaçla, piyasa araştırması yapılır ya da birim fiyatlardan yararlanılır.

Pompa-tek hat-Keller

5. Pompa biriminin fren gücü (fBG) başına tesis masrafları

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG,

TM = Pompa biriminin tesis masrafları, TL

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG

$$TM_{fBG} = \frac{TM}{fBG}$$

6. Pompa birimi servis ömrü (çizelgeden): Pompa biriminin toplam maliyeti içerisinde, motorun maliyetinin payı çok yüksek olduğu için, tasarım aşamasında, pompa biriminin ortalama servis ömrü olarak, motorun servis ömrü alınabilir.
7. Faiz oranı: Günün koşullarına uygun faiz oranı dikkate alınır (Yıllık enflasyon oranı ya da bankaların tarım alanlarına uyguladıkları kredi faizi).

Yağmurlama sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Unsur	Servis ömrü, n (yıl)
Kuyu	20
Pompa evi	20
Derin kuyu pompası	8
Dalgıç tipi pompa	8
Santrifüj tipi pompa	16
Elektrik motoru	25
Diesel motor	14
Alüminyum boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	15
PE boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	10
PE boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	40
PVC boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	5
PVC boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	35
Yağmurlama başlığı	8

Pompa-tek hat-Keller

8. Amortisman faktörü (herhangi bir unsurun maliyetinin bir yıla düşen miktarını bulmak amacıyla kullanılır)

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

$$SM_{fBG-yil} = (AF)(TM_{fBG})$$

9. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına sabit masrafları:

$SM_{fBG-yil}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına sabit masrafları, TL/fBG-yıl,

AF = Amortisman faktörü

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG

Pompa-tek hat-Keller

10. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına sabit masrafları

SM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına tesis masrafları, TL/fBG-h,

$SM_{fBG-yil}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına tesis masrafları, TL/fBG-yıl

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h

$$SM_{fBG-h} = \frac{SM_{fBG-yil}}{T}$$

11. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına enerji masrafları

- Pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.736 P_e$
- Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.27 P$

EM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına enerji masrafları, TL/fBG-h,

P_e = Elektrik enerjisi birim fiyatı (tarım alanlarına uygulanan), TL/kW-h

P = Motorin birim fiyatı, TL/L

Pompa-tek hat-Keller

12. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına bakım masrafları (TL/fBG-h) $BM_{fBG-h} = 0.40EM_{fBG-h}$

Tasarım aşamasında, pompa biriminin fren gücü-saat başına bakım masrafları, pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa ihmal edilebilir.

Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa, enerji masraflarının % 40'ı alınır.

13. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına toplam maliyeti (TL/fBG-h) $M_{fBG-h} = SM_{fBG-h} + EM_{fBG-h} + BM_{fBG-h}$

14. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/fBG-yıl) $M_{fBG-yu} = T(M_{fBG-h})$

15. Pompa biriminin hidrolik güç-yıl (hBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/hBG-yıl) $M_{hBG-yu} = \frac{M_{fBG-yu}}{\eta_p}$

Pompa-tek hat-Keller

16.Ana boru çapı: Ana boru bölümlerinde kritik debi değerleri çizelgesi

a) Boru dış çapı (mm) ($V=0.5-2.0$ m/s)	90	110	125
b) 100 m boru uzunluğunun maliyeti (TL/100 m)	680	840	1 040
c) Ardışık boru çapları arasındaki maliyet farkı (TL/100 m)	160	200	
d) Boru hattı servis ömrü, n (yıl)	35	35	
e) Faiz oranı, i (%)	10	10	
f) Amortisman faktörü, AF	0.10369	0.10369	
g) Ardışık boru çapları arasındaki yıllık maliyet farkı (TL/100 m) $[(15c) \times (15f)]$	16.59	20.74	
h) Bir sonraki geniş boru çapının ekonomik olabilmesi için tasarrufu gereken hidrolik güç (BG) $[(15g)/(14)]$	0.090	0.113	
i) Bir sonraki geniş boru çapının ekonomik olabilmesi için tasarrufu gereken yük kayıpları, Δh_f (m/100 m) $[75 \times (15h)/Q]$	0.30	0.38	
j) Kritik debi, Q (L/s) (Grafikten)	3.2	7.0	

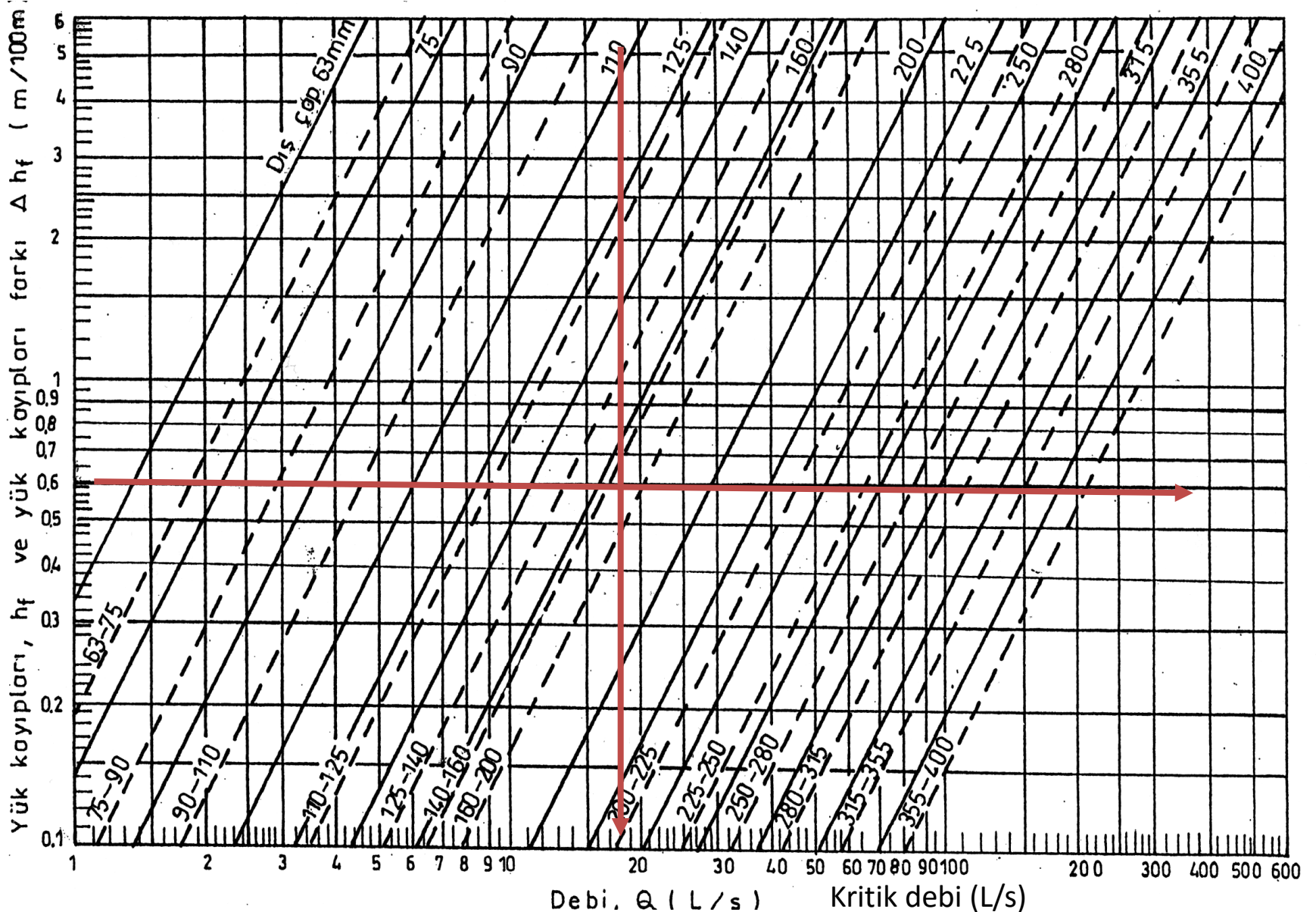
Farklı boru cinsi ve çapları için, ortalama akış hızının (V) 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu debi değerleri (L/s)

Alüminyum borular (6 atm)			Sert PE borular (6 atm)			Sert PVC borular (6 atm)			Sert PVC borular (10 atm)		
Çap (D)	Debi (L/s)		Dış çap (mm)	Debi (L/s)		Dış Çap (mm)	Debi (L/s)		Dış Çap (mm)	Debi (L/s)	
	0.5 m/s	2.0 m/s		0.5 m/s	2.0 m/s		0.5 m/s	2.0 m/s		0.5 m/s	2.0 m/s
2"	1.0	3.9	63	1.0	3.9	63	1.4	5.5	63	1.3	5.1
3"	2.5	10.1	75	1.4	5.4	75	2.0	7.9	75	1.8	7.2
4"	3.9	15.7	90	2.0	7.9	90	2.8	11.3	90	2.6	10.4
5"	6.1	26.4	110	3.0	11.7	110	4.2	16.9	110	3.9	15.5
6"	8.8	35.4	125	3.8	15.2	125	5.4	21.7	125	5.0	20.1
			140	4.8	19.0	140	6.8	27.3	140	6.3	25.2
						160	8.9	35.6	160	8.2	32.8
						200	14.0	55.7	200	13.0	51.5
						225	17.5	70.6	225	16.2	65.1
						250	21.8	87.0	250	20.0	80.5
						280	27.5	109.0	280	25.0	100.5
						315	34.5	138.5	315	32.0	127.5
			355	44.0	175.5	355	40.5	162.0			
			400	56.0	223.0	400	51.0	206.0			

Çizelgenin kullanımı

- Ana boru debisi sabitse:
 - Boru tipi: Sert PVC borular (10 atm)
 - Ana boru debisi 20,6 L/s
 - $V=0,5$ m/s sütununda 20,6 L/s debisi 20 ile 25 arasında, bunların karşılığı çap değerleri 250 ve 280 mm, bunlardan 250 mm çapta hız 0,5 in üzerindedir, 280 mm çapta ise hız 0,5 in altına düşer, onun için bu 2 çaptan küçük olan alınır: 250 mm
 - $V=2,0$ m/s sütununda 20,6 L/s debisi 20,0 ile 25,2 arasında, bunların karşılığı çap değerleri 125 ve 140 mm, bunlardan 125 mm çapta hız 2,0 in üzerindedir, 280 mm çapta ise hız 2,0 in altına düşer, onun için bu 2 çaptan büyük olan alınır: 140 mm
 - Ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu çap (min-maks): 140-250 mm olur.
- Ana boru debisi değişiyorsa:
 - Boru tipi: Sert PVC borular (10 atm)
 - Min. ana boru debisi 8,9 L/s için min-maks çaplar: 90-160 mm
 - Maks. ana boru debisi 22,4 L/s için min-maks çaplar: 140-250 mm
 - Tüm debiler için ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu çaplar (min-maks): 90-250 mm

Sert PVC borularda (10 atm) yük kayıpları grafiği (lateral-ana boru) (63-400 mm)



Grafiğin kullanımı

- BİR SONRAKİ GENİŞ BORU ÇAPININ EKONOMİK OLABİLMESİ İÇİN TASARRUFU GEREKEN YÜK KAYBI: 0,31 m
- BORU ÇAPLARI: 90-110
- KRİTİK DEBİ: 3,2 L/s

Pompa-tek hat-Keller

17. Ana boru hattında oluşan yük kayıpları (farklı ana boru bölümlerinde):

$$h_{f X-X} = h_f x L_X$$

$$h_f = \sum h_{f X-X}$$

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m
(çizelgeden)

L = Ana boru uzunluğu

18. Manometrik yükseklik (pompanın)

$$H_m = H_d \pm h_g + h_f + H$$

H_m = Manometrik yükseklik, m,

h_{de} = Dinamik emme yüksekliği (derin kuyularda, tasarım aşamasında, kuyu dinamik yüksekliğine eşit alınabilir, $h_{de} = H_d$), m,

h_g = Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı (bayır aşağı eğimde eksi alınır) m,

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m

H = Ana boru hattında istenen basınç, m

18. Pompa birimi: Piyasadan, manometrik yüksekliği, H_m (m) ve debisi Q (L/s) olan, en yüksek pompa randımanına sahip uygun pompa seçilir.

Kurallar

- Dalgıç pompalar yalnızca elektrik motoru ile çalıştırılabilir
- Ana boru hattında kullanılacak en küçük boru çapı, seçilen lateral boru çapından daha küçük olamaz
- 100 m boru hattı uzunluğunun maliyeti: her boru çapında, birim boru hattı uzunluğunun, kazı, satın alma, taşıma, döşeme, baş bağlama vb. işleri kapsayan keşif bedelleri bulunmalıdır. Tasarım aşamasında, birim fiyatlarda verilen boru hattının döşenmesi bedellerinin kullanılması da yeterli olabilir.

Kurallar

- Ana boru hattı sabit ve gömülü olacaksa sert PVC borulardan oluşturulmalıdır (6 veya 10 atm)
- Gömülü 6 atm işletme basınçlı sert PVC borular bireysel damla sulama sistemlerinde kullanılır
- Taşınabilir yağmurlama sulama sistemlerinde, ana boru hattı yüzeye serildiğinden ve bir konumdan diğerine taşındığından, çap değişikliği yoluna gidilmez, ana boru hattının tamamı aynı çaplı borulardan oluşturulur. Bu amaçla, yüzeye serili ana boru hatlarında kullanılan, 6 atm işletme basınçlı sert PE ve alüminyum borular için Şekil 3.25 ve 3.26 da verilen yük kayıpları grafiklerinden yararlanılabilir.

**Gerekli basıncın pompa birimi ile sağlandığı, tek hatlı ana boru sistemi için Doğrusal Programlama yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi
(ilk 15 aşama Keller yöntemi ile aynıdır)**

1. Pompanın yıllık çalışma süresi

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h,

A = Sulanacak alan, da,

d_t = Mevsimlik toplam sulama suyu gereksinimi, mm

Q = Sistem debisi, L/s

$$T = \frac{A d_t}{3.6 Q}$$

2. Pompa biriminin manometrik yüksekliği

H_m = Manometrik yükseklik, m,

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

h_{de} = Dinamik emme yüksekliği (derin kuyularda, tasarım aşamasında, kuyu dinamik yüksekliğine eşit alınabilir, $h_{de} = H_d$), m,

h_g = Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı (bayır aşağı eğimde eksi alınır) m,

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m (Tahmin edilir: $h_f = 1.5 \text{ m}/100 \text{ m}$)

H = Ana boru hattında istenen basınç, m

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

3. Pompa biriminin fren gücü (pompa gücü)

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

Q = Sistem debisi, L/s

η_p = Pompa randımanı (tasarım aşamasında, elektrik motorlu pompalarda % 80, diesel motorlu pompalarda % 70 alınabilir), %

$$fBG = \frac{H_m Q}{75 \eta_p}$$

4. Pompa biriminin tesis masrafları (TM): Belirlenen H_m ve Q değerlerine uygun pompanın satın alınması, yerine taşınması, kurulması, kontrol panosu vb. işleri kapsayan proje keşif bedeli bulunur. Bu amaçla, piyasa araştırması yapılır ya da birim fiyatlardan yararlanır.

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

5. Pompa biriminin fren gücü (fBG) başına tesis masrafları

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG,

TM = Pompa biriminin tesis masrafları, TL

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG

$$TM_{fBG} = \frac{TM}{fBG}$$

6. Pompa birimi servis ömrü (çizelgeden): Pompa biriminin toplam maliyeti içerisinde, motorun maliyetinin payı çok yüksek olduğu için, tasarım aşamasında, pompa biriminin ortalama servis ömrü olarak, motorun servis ömrü alınabilir.
7. Faiz oranı: Günün koşullarına uygun faiz oranı dikkate alınır (Yıllık enflasyon oranı ya da bankaların tarım alanlarına uyguladıkları kredi faizi).

Yağmurlama sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Unsur	Servis ömrü, n (yıl)
Kuyu	20
Pompa evi	20
Derin kuyu pompası	8
Dalgıç tipi pompa	8
Santrifüj tipi pompa	16
Elektrik motoru	25
Diesel motor	14
Alüminyum boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	15
PE boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	10
PE boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	40
PVC boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	5
PVC boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	35
Yağmurlama başlığı	8

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

8. Amortisman faktörü (herhangi bir unsurun maliyetinin bir yıla düşen miktarını bulmak amacıyla kullanılır)

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

$$SM_{fBG-yil} = (AF)(TM_{fBG})$$

9. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına sabit masrafları:

$SM_{fBG-yil}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına sabit masrafları, TL/fBG-yıl,

AF = Amortisman faktörü

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

10. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına sabit masrafları

SM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına tesis masrafları, TL/fBG-h,

$SM_{fBG-yıl}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına tesis masrafları, TL/fBG-yıl

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h

$$SM_{fBG-h} = \frac{SM_{fBG-yıl}}{T}$$

11. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına enerji masrafları

- Pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa

$$EM_{fBG-h} = 0.736 P_e$$

- Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa

$$EM_{fBG-h} = 0.27 P$$

EM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına enerji masrafları, TL/fBG-h,

P_e = Elektrik enerjisi birim fiyatı (tarım alanlarına uygulanan), TL/kW-h

P = Motorin birim fiyatı, TL/L

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

12. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına bakım masrafları (TL/fBG-h) $BM_{fBG-h} = 0.40EM_{fBG-h}$

Tasarım aşamasında, pompa biriminin fren gücü-saat başına bakım masrafları, pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa ihmal edilebilir.

Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa, enerji masraflarının % 40'ı alınır.

13. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına toplam maliyeti (TL/fBG-h) $M_{fBG-h} = SM_{fBG-h} + EM_{fBG-h} + BM_{fBG-h}$

14. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/fBG-yıl) $M_{fBG-yu} = T(M_{fBG-h})$

15. Pompa biriminin hidrolik güç-yıl (hBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/hBG-yıl) $M_{hBG-yu} = \frac{M_{fBG-yu}}{\eta_p}$

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

16. Pompa biriminde birim manometrik yükseklik maliyeti:

$$k_o = \frac{(M_{hBG-yil})Q}{75}$$

k_o = Birim manometrik yükseklik maliyeti, TL/m-yıl,

$M_{hBG-yil}$ = Pompa biriminin hidrolik güç-yıl başına toplam maliyeti, TL/hBG-yıl

Q = Sistem debisi, L/s

17. Seçenek boru çaplarında ($V=0.5-2.0$ m/s) birim uzunluk yıllık maliyetleri:

Dış çap (mm)	Maliyet (TL/m)	Faiz oranı, i (%)	Servis ömrü, n (yıl)	Amortisman Faktörü, AF	Birim uzunluk yıllık maliyeti (Maliyet x AF) (TL/m-yıl)
90	6.80	10	35	0.10369	0.71
110	8.40				0.87
125	10.40				1.08

Ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu debi değerleri

Alüminyum borular (6 atm)			Sert PE borular (6 atm)			Sert PVC borular (6 atm)			Sert PVC borular (10 atm)		
0.5 m/s	2.0 m/s	Dış çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	
1.0	3.9	63	1.0	3.9	63	1.4	5.5	63	1.3	5.1	
2.5	10.1	75	1.4	5.4	75	2.0	7.9	75	1.8	7.2	
3.9	15.7	90	2.0	7.9	90	2.8	11.3	90	2.6	10.4	
6.1	26.4	110	3.0	11.7	110	4.2	16.9	110	3.9	15.5	
8.8	35.4	125	3.8	15.2	125	5.4	21.7	125	5.0	20.1	
		140	4.8	19.0	140	6.8	27.3	140	6.3	25.2	
					160	8.9	35.6	160	8.2	32.8	
					200	14.0	55.7	200	13.0	51.5	
					225	17.5	70.6	225	16.2	65.1	
					250	21.8	87.0	250	20.0	80.5	
					280	27.5	109.0	280	25.0	100.5	
					315	34.5	138.5	315	32.0	127.5	
					355	44.0	175.5	355	40.5	162.0	
					400	56.0	223.0	400	51.0	206.0	

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

18. Doğrusal programlama modeline esas veriler (her boru bölümü için)

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi (V=0.5-2.0 m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
P-A	190	22.4	140	1.40	0.022	X ₁		
			160	1.84	0.011	X ₂		
			200	2.83	0.004	X ₃		
A-	108	17.9	125	1.08	0.025	X ₄		
			140	1.40	0.014	X ₅		
			160	1.84	0.008	X ₆		

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

19. Doğrusal programlama modelinin kurulması:

Amaç fonksiyonu: Ana boru hattı çapı, pompa birimi ile ana boru hattı yıllık toplam maliyetlerini en az kılacak biçimde seçilecektir.

M = Pompa birimi ve ana boru hattının toplam yıllık maliyeti, TL/yıl

k_o = Birim manometrik yükseklik maliyeti, TL/m-yıl,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

$k_o H_m$ = Pompa biriminin yıllık toplam maliyeti, TL/yıl

M_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının birim uzunluk maliyeti, TL/m-yıl

X_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının uzunluğu, m

$\sum_{i=1}^n M_i X_i$ = Ana boru hattının yıllık toplam maliyeti, TL/yıl

$$\text{MIN } M = k_o H_m + \sum_{i=1}^n M_i X_i$$

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

Kısıtlar :

- uzunluk kısıtları: Herhangi bir boru bölümünde, farklı çaplardaki boru uzunluklarının toplamı, boru bölümünün uzunluğuna eşit olmalıdır

$$X_1 + X_2 + \dots = 190$$

$$X_5 + X_6 + \dots = 108$$

- manometrik yükseklik kısıtı (kritik hat için):
Yük kayıpları (h_f) göz önüne alınmaz
- yük kayıpları kısıtı

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

$$H_m \geq H_d + h_g + H$$

$$H_m - h_f \geq h_{de} \pm h_g + H$$

Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

20. Doğrusal programlama modelinin çözümü:

Kurulan model çözümlenerek:

- her boru bölümünün çapı bulunur
- manometrik yükseklik değeri bulunur: $H_m=81$ m

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi ($V=0.5-2.0$ m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
P-A	190	22.4	140	1.40	0.022	X_1	0	
			160	1.84	0.011	X_2	190	160
			200	2.83	0.004	X_3	0	
A-	108	17.9	125	1.08	0.025	X_4	0	
			140	1.40	0.014	X_5	108	140
			160	1.84	0.008	X_6	0	

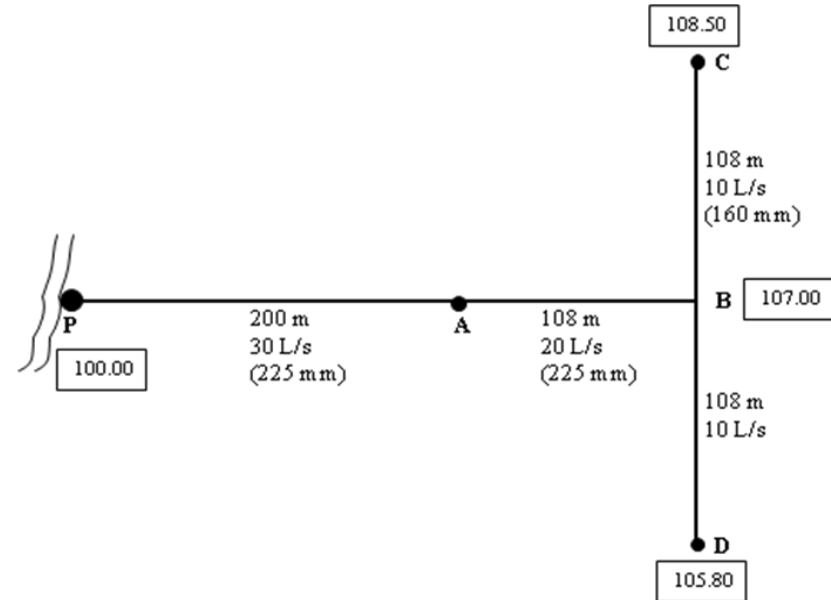
Pompa-tek hat-Doğrusal Programlama

21. Pompa birimi:

Piyasadan, manometrik yüksekliği, H_m (m) ve debisi, Q (L/s) özelliklerindeki, en yüksek pompa randımanına sahip uygun pompa seçilir.

Gerekli basıncın pompa birimi ile sağlandığı, dallı ana boru sistemi için Keller yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi

- Dallı ana boru hattında önce kritik hat ve yan dallar belirlenmelidir
- Kritik hatta ana boru çapı, tek hatta olduğu gibi Keller yöntemi ile belirlenir.
- Yan dalların boru çapı ise izin verilen yük kayıpları dikkate alınarak saptanır.



Pompa-dalı-Keller-kritik hat

1. Pompanın yıllık çalışma süresi

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h,

A = Sulanacak alan, da,

d_t = Mevsimlik toplam sulama suyu gereksinimi, mm

Q = Sistem debisi, L/s

$$T = \frac{A d_t}{3.6 Q}$$

2. Pompa biriminin manometrik yüksekliği

H_m = Manometrik yükseklik, m,

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

h_{de} = Dinamik emme yüksekliği (derin kuyularda, tasarım aşamasında, kuyu dinamik yüksekliğine eşit alınabilir, $h_{de} = H_d$), m,

h_g = Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı (bayır aşağı eğimde eksi alınır) m,

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m
(Tahmin edilir: $h_f = 1.5 \text{ m}/100 \text{ m}$)

H = Ana boru hattında istenen basınç, m

Pompa-dalı-Keller-kritik hat

3. Pompa biriminin fren gücü (pompa gücü)

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

Q = Sistem debisi, L/s

η_p = Pompa randımanı, % (tasarım aşamasında,
elektrik motorlu pompalarda % 80,
diesel motorlu pompalarda % 70 alınabilir)

$$fBG = \frac{H_m Q}{75 \eta_p}$$

4. Pompa biriminin tesis masrafları (TM, TL): Belirlenen H_m ve Q değerlerine uygun pompanın satın alınması, yerine taşınması, kurulması, kontrol panosu vb. işleri kapsayan proje keşif bedeli bulunur. Bu amaçla, piyasa araştırması yapılır ya da birim fiyatlardan yararlanılır.

Pompa-dallı-Keller-kritik hat

5. Pompa biriminin fren gücü (fBG) başına tesis masrafları

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG,

TM = Pompa biriminin tesis masrafları, TL

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG

$$TM_{fBG} = \frac{TM}{fBG}$$

6. Pompa birimi servis ömrü (çizelgeden): Pompa biriminin toplam maliyeti içerisinde, motorun maliyetinin payı çok yüksek olduğu için, tasarım aşamasında, pompa biriminin ortalama servis ömrü olarak, motorun servis ömrü alınabilir.
7. Faiz oranı: Günün koşullarına uygun faiz oranı dikkate alınır (Yıllık enflasyon oranı ya da bankaların tarım alanlarına uyguladıkları kredi faizi).

Yağmurlama sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Unsur	Servis ömrü, n (yıl)
Kuyu	20
Pompa evi	20
Derin kuyu pompası	8
Dalgıç tipi pompa	8
Santrifüj tipi pompa	16
Elektrik motoru	25
Diesel motor	14
Alüminyum boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	15
PE boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	10
PE boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	40
PVC boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	5
PVC boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	35
Yağmurlama başlığı	8

Pompa-dallı-Keller-kritik hat

8. Amortisman faktörü (herhangi bir unsurun maliyetinin bir yıla düşen miktarını bulmak amacıyla kullanılır)

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

$$SM_{fBG-yil} (AF)(TM_{fBG})$$

9. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına sabit masrafları:

$SM_{fBG-yil}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına sabit masrafları, TL/fBG-yıl,

AF = Amortisman faktörü

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG

Pompa-dalı-Keller-kritik hat

10. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına sabit masrafları

SM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına tesis masrafları, TL/fBG-h,

$SM_{fBG-yıl}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına tesis masrafları, TL/fBG-yıl

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h

$$SM_{fBG-h} = \frac{SM_{fBG-yıl}}{T}$$

11. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına enerji masrafları

- Pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.736 P_e$
- Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.27 P$

EM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına enerji masrafları, TL/fBG-h,

P_e = Elektrik enerjisi birim fiyatı (tarım alanlarına uygulanan), TL/kW-h

P = Motorin birim fiyatı, TL/L

Pompa-dallı-Keller-kritik hat

12. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına bakım masrafları (TL/fBG-h) $BM_{fBG-h} = 0.40EM_{fBG-h}$

Tasarım aşamasında, pompa biriminin fren gücü-saat başına bakım masrafları, pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa ihmal edilebilir.

Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa, enerji masraflarının % 40'ı alınır.

$$M_{fBG-h} = SM_{fBG-h} + EM_{fBG-h} + BM_{fBG-h}$$

13. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına toplam maliyeti (TL/fBG-h)

14. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/fBG-yıl)

$$M_{fBG-yu} = T(M_{fBG-h})$$

15. Pompa biriminin hidrolik güç-yıl (hBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/hBG-yıl)

$$M_{hBG-yu} = \frac{M_{fBG-yu}}{\eta_p}$$

Pompa-dallı-Keller-kritik hat

16. Ana boru çapı: Ana boru bölümlerinde (kritik hat bölümlerinde) kritik debi değerleri çizelgesi

a) Boru dış çapı (mm) ($V=0.5-2.0$ m/s)	90	110	125
b) 100 m boru uzunluğunun maliyeti (TL/100 m)	680	840	1 040
c) Ardışık boru çapları arasındaki maliyet farkı (TL/100 m)	160	200	
d) Boru hattı servis ömrü, n (yıl)	35	35	
e) Faiz oranı, i (%)	10	10	
f) Amortisman faktörü, AF	0.10369	0.10369	
g) Ardışık boru çapları arasındaki yıllık maliyet farkı (TL/100 m) [(15c)x(15f)]	16.59	20.74	
h) Bir sonraki geniş boru çapının ekonomik olabilmesi için tasarrufu gereken hidrolik güç (BG) [(15g)/(14)]	0.090	0.113	
i) Bir sonraki geniş boru çapının ekonomik olabilmesi için tasarrufu gereken yük kayıpları, Δh_f (m/100 m) [75x(15h)/Q]	0.30	0.38	
j) Kritik debi, Q (L/s) (Grafikten)	3.2	7.0	

Ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu debi değerleri

Alüminyum borular (6 atm)			Sert PE borular (6 atm)			Sert PVC borular (6 atm)			Sert PVC borular (10 atm)		
0.5 m/s	2.0 m/s	Dış çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	
1.0	3.9	63	1.0	3.9	63	1.4	5.5	63	1.3	5.1	
2.5	10.1	75	1.4	5.4	75	2.0	7.9	75	1.8	7.2	
3.9	15.7	90	2.0	7.9	90	2.8	11.3	90	2.6	10.4	
6.1	26.4	110	3.0	11.7	110	4.2	16.9	110	3.9	15.5	
8.8	35.4	125	3.8	15.2	125	5.4	21.7	125	5.0	20.1	
		140	4.8	19.0	140	6.8	27.3	140	6.3	25.2	
					160	8.9	35.6	160	8.2	32.8	
					200	14.0	55.7	200	13.0	51.5	
					225	17.5	70.6	225	16.2	65.1	
					250	21.8	87.0	250	20.0	80.5	
					280	27.5	109.0	280	25.0	100.5	
					315	34.5	138.5	315	32.0	127.5	
					355	44.0	175.5	355	40.5	162.0	
					400	56.0	223.0	400	51.0	206.0	

Pompa-dallı-Keller-kritik hat

17. Ana boru hattında (kritik hatta) oluşan yük kayıpları (farklı ana boru bölümlerinde):

$$h_{f_{X-X}} = h_f x L_x$$

$$h_f = \sum h_{f_{X-X}}$$

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m (çizelgeden)

L = Ana boru uzunluğu

18. Manometrik yükseklik (kritik hat için)

$$H_m = H_d \pm h_g + h_f + H$$

19. Pompa birimi: Piyasadan, manometrik yüksekliği, H_m (m) ve debisi Q (L/s) olan, en yüksek pompa randımanına sahip uygun pompa seçilir.

Pompa-dallı-Keller-yan dallar

Yan dallarda ana boru çapı (her bir yan dal için):

- her yan dalda izin verilen yük kayıpları saptanır.
- izin verilen yük kayıplarını geçmeyecek kadar yük kaybı oluşturan boru çapı seçilir.
- izin verilen yük kayıplarını belirlemek için, yan dal başlangıç noktasında istenen basınç değeri hesaplanır.

Pompa-dallı-Keller-yan dallar

1. Yan dalların başlangıç noktasında istenen basınç değerleri: Kritik hat üzerindeki yan dal başlangıç noktalarında istenen basınç değerleri, yük kayıpları ve yükseklik farkı gözönüne alınarak belirlenir.

$$H_X = H_Y + h_{fX-Y} \pm h_{gX-Y}$$

2. Yan dalda izin verilen yük kayıpları

$$H_X = H + h_{fX-Y} \pm h_{gX-Y}$$

3. Yan dalı boru çapı:

- ana boru hattında kullanılacak en küçük çap ile başlanır ($V=0.5-2.0$ m/s)
- Yük kaybı hesaplanır
- Oluşan yük kaybı, izin verilen yük kaybına eşit veya küçükse, alınan çap uygundur
- Uygun değilse bir üst çapa geçilir
- Yan dalda farklı boru çapları da kullanılabilir

**Gerekli basıncın pompa birimi ile sağlandığı, dallı ana boru sistemi için Doğrusal Programlama yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi
(ilk 15 aşama Keller yöntemi ile aynıdır)**

- **Dallı ana boru hattında önce kritik hat ve yan dallar belirlenmelidir**

Pompa-dalı-Doğrusal Programlama (ilk 15 aşama Keller yöntemi ile aynıdır)

1. Pompanın yıllık çalışma süresi

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h,

A = Sulanacak alan, da,

d_t = Mevsimlik toplam sulama suyu gereksinimi, mm

Q = Sistem debisi, L/s

$$T = \frac{A d_t}{3.6 Q}$$

2. Pompa biriminin manometrik yüksekliği

H_m = Manometrik yükseklik, m,

h_{de} = Dinamik emme yüksekliği (derin kuyularda, tasarım aşamasında, kuyu dinamik yüksekliğine eşit alınabilir, $h_{de} = H_d$), m,

h_g = Pompa birimi ile basma noktası arasındaki yükseklik farkı (bayır aşağı eğimde eksi alınır) m,

h_f = Ana boru hattında oluşan yük kayıpları, m (Tahmin edilir: $h_f = 1.5 \text{ m}/100 \text{ m}$)

H = Ana boru hattında istenen basınç, m

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

Pompa-dalı-Doğrusal Programlama

3. Pompa biriminin fren gücü (pompa gücü)

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

Q = Sistem debisi, L/s

η_p = Pompa randımanı (tasarım aşamasında, elektrik motorlu pompalarda % 80, diesel motorlu pompalarda % 70 alınabilir), %

$$fBG = \frac{H_m Q}{75 \eta_p}$$

4. Pompa biriminin tesis masrafları (TM): Belirlenen H_m ve Q değerlerine uygun pompanın satın alınması, yerine taşınması, kurulması, kontrol panosu vb. işleri kapsayan proje keşif bedeli bulunur. Bu amaçla, piyasa araştırması yapılır ya da birim fiyatlardan yararlanır.

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

5. Pompa biriminin fren gücü (fBG) başına tesis masrafları

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG,

TM = Pompa biriminin tesis masrafları, TL

fBG = Pompa biriminin fren gücü, BG

$$TM_{fBG} = \frac{TM}{fBG}$$

6. Pompa birimi servis ömrü (çizelgeden): Pompa biriminin toplam maliyeti içerisinde, motorun maliyetinin payı çok yüksek olduğu için, tasarım aşamasında, pompa biriminin ortalama servis ömrü olarak, motorun servis ömrü alınabilir.
7. Faiz oranı: Günün koşullarına uygun faiz oranı dikkate alınır (Yıllık enflasyon oranı ya da bankaların tarım alanlarına uyguladıkları kredi faizi).

Yağmurlama sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Unsur	Servis ömrü, n (yıl)
Kuyu	20
Pompa evi	20
Derin kuyu pompası	8
Dalgıç tipi pompa	8
Santrifüj tipi pompa	16
Elektrik motoru	25
Diesel motor	14
Alüminyum boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	15
PE boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	10
PE boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	40
PVC boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	5
PVC boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	35
Yağmurlama başlığı	8

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

8. Amortisman faktörü (herhangi bir unsurun maliyetinin bir yıla düşen miktarını bulmak amacıyla kullanılır)

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

$$SM_{fBG-yil} (AF)(TM_{fBG})$$

9. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına sabit masrafları:

$SM_{fBG-yil}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına sabit masrafları, TL/fBG-yıl,

AF = Amortisman faktörü

TM_{fBG} = Pompa biriminin fren gücü başına tesis masrafları, TL/fBG

Pompa-dalı-Doğrusal Programlama

10. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına sabit masrafları

SM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına tesis masrafları, TL/fBG-h,

$SM_{fBG-yıl}$ = Pompa biriminin fren gücü-yıl başına tesis masrafları, TL/fBG-yıl

T = Pompanın yıllık çalışma süresi, h

$$SM_{fBG-h} = \frac{SM_{fBG-yıl}}{T}$$

11. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına enerji masrafları

- Pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.736 P_e$
- Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa $EM_{fBG-h} = 0.27 P$

EM_{fBG-h} = Pompa biriminin fren gücü-saat başına enerji masrafları, TL/fBG-h,

P_e = Elektrik enerjisi birim fiyatı (tarım alanlarına uygulanan), TL/kW-h

P = Motorin birim fiyatı, TL/L

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

12. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına bakım masrafları (TL/fBG-h) $BM_{fBG-h} = 0.40EM_{fBG-h}$

Tasarım aşamasında, pompa biriminin fren gücü-saat başına bakım masrafları, pompa elektrik motoru ile çalışıyorsa ihmal edilebilir.

Pompa diesel motoru ile çalışıyorsa, enerji masraflarının % 40'ı alınır.

13. Pompa biriminin fren gücü-saat (fBG-h) başına toplam maliyeti (TL/fBG-h) $M_{fBG-h} = SM_{fBG-h} + EM_{fBG-h} + BM_{fBG-h}$

14. Pompa biriminin fren gücü-yıl (fBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/fBG-yıl) $M_{fBG-yu} = T(M_{fBG-h})$

15. Pompa biriminin hidrolik güç-yıl (hBG-yıl) başına toplam maliyeti (TL/hBG-yıl) $M_{hBG-yu} = \frac{M_{fBG-yu}}{\eta_p}$

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

16. Pompa biriminde birim manometrik yükseklik maliyeti:

$$k_o = \frac{(M_{hBG-yil})Q}{75}$$

k_o = Birim manometrik yükseklik maliyeti, TL/m-yıl,

$M_{hBG-yil}$ = Pompa biriminin hidrolik güç-yıl başına toplam maliyeti, TL/hBG-yıl

Q = Sistem debisi, L/s

17. Seçenek boru çaplarında ($V=0.5-2.0$ m/s) birim uzunluk yıllık maliyetleri:

Dış çap (mm)	Maliyet (TL/m)	Faiz oranı, i (%)	Servis ömrü, n (yıl)	Amortisman Faktörü, AF	Birim uzunluk yıllık maliyeti (Maliyet x AF) (TL/m-yıl)
90	6.80	10	35	0.10369	0.71
110	8.40				0.87
125	10.40				1.08

Ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu debi değerleri

Alüminyum borular (6 atm)			Sert PE borular (6 atm)			Sert PVC borular (6 atm)			Sert PVC borular (10 atm)		
0.5 m/s	2.0 m/s	Dış çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	
1.0	3.9	63	1.0	3.9	63	1.4	5.5	63	1.3	5.1	
2.5	10.1	75	1.4	5.4	75	2.0	7.9	75	1.8	7.2	
3.9	15.7	90	2.0	7.9	90	2.8	11.3	90	2.6	10.4	
6.1	26.4	110	3.0	11.7	110	4.2	16.9	110	3.9	15.5	
8.8	35.4	125	3.8	15.2	125	5.4	21.7	125	5.0	20.1	
		140	4.8	19.0	140	6.8	27.3	140	6.3	25.2	
					160	8.9	35.6	160	8.2	32.8	
					200	14.0	55.7	200	13.0	51.5	
					225	17.5	70.6	225	16.2	65.1	
					250	21.8	87.0	250	20.0	80.5	
					280	27.5	109.0	280	25.0	100.5	
					315	34.5	138.5	315	32.0	127.5	
					355	44.0	175.5	355	40.5	162.0	
					400	56.0	223.0	400	51.0	206.0	

Pompa-dalı-Doğrusal Programlama

18. Doğrusal programlama modeline esas veriler (kritik hattın her boru bölümü için)

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi (V=0.5-2.0 m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
P-A	190	22.4	140	1.40	0.022	X ₁		
			160	1.84	0.011	X ₂		
			200	2.83	0.004	X ₃		
A-	108	17.9	125	1.08	0.025	X ₄		
			140	1.40	0.014	X ₅		
			160	1.84	0.008	X ₆		

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

19. Doğrusal programlama modelinin kurulması:

Amaç fonksiyonu: Ana boru hattı çapı, pompa birimi ile ana boru hattı yıllık toplam maliyetlerini en az kılacak biçimde seçilecektir.

M = Pompa birimi ve ana boru hattının toplam yıllık maliyeti, TL/yıl

k_o = Birim manometrik yükseklik maliyeti, TL/m-yıl,

H_m = Manometrik yükseklik, m,

$k_o H_m$ = Pompa biriminin yıllık toplam maliyeti, TL/yıl

M_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının birim uzunluk maliyeti, TL/m-yıl

X_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının uzunluğu, m

$\sum_{i=1}^n M_i X_i$ = Ana boru hattının yıllık toplam maliyeti, TL/yıl

$$\text{MIN } M = k_o H_m + \sum_{i=1}^n M_i X_i$$

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

Kısıtlar :

- uzunluk kısıtları: Herhangi bir boru bölümünde, farklı çaplardaki boru uzunluklarının toplamı, boru bölümünün uzunluğuna eşit olmalıdır

$$X_1 + X_2 + \dots = 190$$

$$X_5 + X_6 + \dots = 108$$

- manometrik yükseklik kısıtı (kritik hat için):
Yük kayıpları (h_f) göz önüne alınmaz
- yük kayıpları kısıtı

$$H_m = h_{de} \pm h_g + h_f + H$$

$$H_m \geq H_d + h_g + H$$

$$H_m - h_f \geq h_{de} \pm h_g + H$$

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

20. Doğrusal programlama modelinin çözümü:

Kurulan model çözümlenerek:

- her boru bölümünün çapı bulunur
- manometrik yükseklik değeri bulunur: $H_m=81$ m

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi ($V=0.5-2.0$ m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
P-A	190	22.4	140	1.40	0.022	X_1	0	
			160	1.84	0.011	X_2	190	160
			200	2.83	0.004	X_3	0	
A-	108	17.9	125	1.08	0.025	X_4	0	
			140	1.40	0.014	X_5	108	140
			160	1.84	0.008	X_6	0	

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

21. Pompa birimi:

Piyasadan, manometrik yüksekliği, H_m (m) ve debisi, Q (L/s) özelliklerindeki, en yüksek pompa randımanına sahip uygun pompa seçilir.

Gerekli basıncın yerçekimi ile sağlandığı, dallı ana boru sistemi için Keller yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi

- Dallı ana boru hattında önce kritik hat ve yan dallar belirlenmelidir
- Kritik hat boyunca oluşan yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarını aşmayacak biçimde boru çapı seçilir.
- Yan dalların boru çapı izin verilen yük kayıpları dikkate alınarak saptanır.

Yerçekimi-dallı-Keller-kritik hat

1. Kritik hatta izin verilen yük kayıpları

$$h_{f D-B} = h_{g D-B} - H$$

2. Kritik hatta ana boru çapı:

- ana boru hattında kullanılacak en küçük çap ile başlanır (V=0.5-2.0 m/s)
- Yük kaybı hesaplanır
- Oluşan yük kaybı, izin verilen yük kaybına eşit veya küçükse, alınan çap uygundur
- Uygun değilse bir üst çapa geçilir
- Kritik hatta farklı boru çapları da kullanılabilir

Yerçekimi-dallı-Keller-yan dallar

Yan dallarda ana boru çapı (her bir yan dal için):

- her yan dalda izin verilen yük kayıpları saptanır.
- izin verilen yük kayıplarını geçmeyecek kadar yük kaybı oluşturan boru çapı seçilir.
- izin verilen yük kayıplarını belirlemek için, yan dal başlangıç noktasında istenen basınç değeri hesaplanır.

Yerçekimi-dallı-Keller-yan dallar

1. Yan dalların başlangıç noktasında istenen basınç değerleri: Kritik hat üzerindeki yan dal başlangıç noktalarında istenen basınç değerleri, yük kayıpları ve yükseklik farkı gözönüne alınarak belirlenir.

$$H_X = H + h_{fX-Y} \pm h_{gX-Y}$$

2. Yan dalda izin verilen yük kayıpları

$$H_X = H + h_{fX-Y} \pm h_{gX-Y}$$

3. Yan dalı boru çapı:

- ana boru hattında kullanılacak en küçük çap ile başlanır ($V=0.5-2.0$ m/s)
- Yük kaybı hesaplanır
- Oluşan yük kaybı, izin verilen yük kaybına eşit veya küçükse, alınan çap uygundur
- Uygun değilse bir üst çapa geçilir
- Yan dalda farklı boru çapları da kullanılabilir

Gerekli basıncın yerçekimi ile sağlandığı, dallı ana boru sistemi için Doğrusal Programlama yöntemi ile ana boru çapı ve pompa biriminin belirlenmesi

- Dallı ana boru hattında önce kritik hat ve yan dallar belirlenmelidir
- Kritik hat boyunca oluşan yük kayıpları, izin verilen yük kayıplarını aşmayacak biçimde boru çapı seçilir.
- Pompa birimi bulunmadığı için manometrik yükseklik kısıtı söz konusu olmaz.
- Yan dalların boru çapı izin verilen yük kayıpları dikkate alınarak saptanır.

Yerçekimi-dallı-Doğrusal Programlama

1. Faiz oranı: Günün koşullarına uygun faiz oranı dikkate alınır (Yıllık enflasyon oranı ya da bankaların tarım alanlarına uyguladıkları kredi faizi).
2. Amortisman faktörü (herhangi bir unsurun maliyetinin bir yıla düşen miktarını bulmak amacıyla kullanılır)

AF = Amortisman faktörü,

i = Faiz oranı, %

n = Servis ömrü, yıl

$$AF = \frac{i}{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}$$

Yağmurlama sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Unsur	Servis ömrü, n (yıl)
Kuyu	20
Pompa evi	20
Derin kuyu pompası	8
Dalgıç tipi pompa	8
Santrifüj tipi pompa	16
Elektrik motoru	25
Diesel motor	14
Alüminyum boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	15
PE boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	10
PE boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	40
PVC boru ve bağlantı elemanları (yüzeyde)	5
PVC boru ve bağlantı elemanları (gömülü)	35
Yağmurlama başlığı	8

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

3. Seçenek boru çaplarında ($V=0.5-2.0$ m/s) birim uzunluk yıllık maliyetleri:

Dış çap (mm)	Maliyet (TL/m)	Faiz oranı, i (%)	Servis ömrü, n (yıl)	Amortisman Faktörü, AF	Birim uzunluk yıllık maliyeti (Maliyet x AF) (TL/m-yıl)
90	6.80	10	35	0.10369	0.71
110	8.40				0.87
125	10.40				1.08

Ortalama akış hızının 0.5 m/s ve 2.0 m/s arasında olduğu debi değerleri

Alüminyum borular (6 atm)			Sert PE borular (6 atm)			Sert PVC borular (6 atm)			Sert PVC borular (10 atm)		
0.5 m/s	2.0 m/s	Dış çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	Dış Çap (mm)	0.5 m/s	2.0 m/s	
1.0	3.9	63	1.0	3.9	63	1.4	5.5	63	1.3	5.1	
2.5	10.1	75	1.4	5.4	75	2.0	7.9	75	1.8	7.2	
3.9	15.7	90	2.0	7.9	90	2.8	11.3	90	2.6	10.4	
6.1	26.4	110	3.0	11.7	110	4.2	16.9	110	3.9	15.5	
8.8	35.4	125	3.8	15.2	125	5.4	21.7	125	5.0	20.1	
		140	4.8	19.0	140	6.8	27.3	140	6.3	25.2	
					160	8.9	35.6	160	8.2	32.8	
					200	14.0	55.7	200	13.0	51.5	
					225	17.5	70.6	225	16.2	65.1	
					250	21.8	87.0	250	20.0	80.5	
					280	27.5	109.0	280	25.0	100.5	
					315	34.5	138.5	315	32.0	127.5	
					355	44.0	175.5	355	40.5	162.0	
					400	56.0	223.0	400	51.0	206.0	

Pompa-dalı-Doğrusal Programlama

4. Doğrusal programlama modeline esas veriler (kritik hattın her boru bölümü için)

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi (V=0.5-2.0 m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
D-A	800	15	110	0.87	0.032	X ₁		
			125	1.08	0.018	X ₂		
			140	1.40	0.010	X ₃		
A-B	300	10	90	0.71	0.040	X ₄		
			110	0.87	0.015	X ₅		
			125	1.08	0.008	X ₆		

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

5. Doğrusal programlama modelinin kurulması:

Amaç fonksiyonu: Ana boru hattı çapı, pompa birimi ile ana boru hattı yıllık toplam maliyetlerini en az kılacak biçimde seçilecektir.

M_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının birim uzunluk maliyeti, TL/m-yıl

X_i = Ana boru hattında, herhangi bir bölümün i . çaptaki kısmının uzunluğu, m

$\sum_{i=1}^n M_i X_i$ = Ana boru hattının yıllık toplam maliyeti, TL/yıl

$$\text{MIN } M = \sum_{i=1}^n M_i X_i$$

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

Kısıtlar :

- uzunluk kısıtları: Herhangi bir boru bölümünde, farklı çaplardaki boru uzunluklarının toplamı, boru bölümünün uzunluğuna eşit olmalıdır

$$X_1 + X_2 + \dots = 190$$

$$X_5 + X_6 + \dots = 108$$

- yük kaybı kısıtları: Sistem basıncının yerçekimi ile sağlandığı yağmurlama sulama sistemlerinde, ana boru hattının herhangi bir boru bölümündeki yükseklik farkı, en az, o boru bölümünde oluşan yük kayıpları ile ana boru hattında istenen basıncın toplamı kadar olmalıdır.

$$h_g \geq h_f + H$$

$$h_f \leq h_g - H$$

Pompa-dallı-Doğrusal Programlama

6. Doğrusal programlama modelinin çözümü:

Kurulan model çözümlenerek:

- her boru bölümünün çapı bulunur

Boru bölümü	Uzunluk (m)	Debi ($V=0.5-2.0$ m/s) (L/s)	Seçenek boru dış çapı (mm)	Birim uzunluk yıllık maliyeti (TL/m-yıl)	Yük kayıpları (m/m) (grafikten)	Seçenek boru çapında uzunluk simgesi (m)	Çözüm sonucu	Bulunan boru dış çapı (mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)		(8)
D-A	800	15	110	0.87	0.032	X_1	0	
			125	1.08	0.018	X_2	80	125
			140	1.40	0.010	X_3	720	140
A-B	300	10	90	0.71	0.040	X_4	0	
			110	0.87	0.015	X_5	300	110
			125	1.08	0.008	X_6	0	

- DAMLA EXCEL YAZILIMINDAKİ
DÜZENLEMELERİ İLAVE ET

