



CMC 3206 Kanalizasyon Sistemlerinin Tasarımı

2-5. Dersler

ATIKSU KANAL ÖRNEKLERİ ve PROJE

Prof. Dr. Ahmet GÜNAY

Balıkesir Üniversitesi,

Mühendislik Fakültesi

Çevre Müh. Böl.

Çağış/Balıkesir

agunay@balikesir.edu.tr

ahmetgunay2@gmail.com

+90 505 529 43 17



ÖRNEK-1

Ortalama günlük su sarfiyatı $q_{gün}^{ort} = 180 \text{ L/N-gün}$ olan bir yerleşim bölgesinin nüfusu 10 000 kişidir. Atıksuların kanala intikal süresi, $t = 10 \text{ saat}$ 'tir.

a) Şehrin ana kollektör debisini hesaplayınız.

b) Ana kollektörün eğimi $J = ‰ 3$ olduğuna göre kanalı Prandtl-Colebrook tablosu yardımı ile kanalı boyutlandırınız ve gerekli tahkikleri yapınız.

ÇÖZÜM

a) Atıksu debisi;

$$Q = \frac{1,5 \times q_{gün}^{ort} \times N}{\alpha \times 3600}$$

$$Q = \frac{1,5 \times 180 \times 10000}{10 \times 3600} = 75 \text{ L/sn}$$

$$q_{gün}^{max} = 1,5 \times q_{gün}^{ort}$$

Q: atıksu debisi, L/sn

$q_{gün}^{max}$: kişi başına maksimum günlük su tüketimi, L/N-gün

α : kanala intikal süresi, saat

b)

Debi ve kanal çapı

$$Q = 75 L / sn$$

$$J = \text{‰}3$$

$$\text{Asgari dolu debi} = Q_{d-azami} = 1,5 \times 75 = 112,5 L / sn$$

$$J = \text{‰}3$$

$$\left(\frac{1}{0,67} = 1,5 \right)$$

‰3 eğim için seçilen kanalın dolu debisi 112,5 l/sn'den büyük olmalıdır.

D, mm		300		400		500		600	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	‰1	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3	0,64	181,9
0,002	‰2	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0	0,91	257,3
0,003	‰3	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1	1,11	315,1
0,004	‰4	0,76	53,7	0,95	119,3	1,12	220,6	1,29	363,8
0,005	‰5	0,85	60,1	1,06	133,4	1,26	246,7	1,44	406,7

1. Eğim
2. Atıksu **debisi** ve atıksu akış **hızı**
3. Kanal çapı

$$V = C\sqrt{RJ} \quad \text{ve} \quad C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \quad (m = 0,35)$$

$$V = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{RJ}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{d-azami} = 112,5 L / sn \\ J = \text{‰}3 \end{array} \right\}$$

$$\phi 500 \text{ için } \left\{ \begin{array}{l} Q_d = 191,1 L / sn \\ V_d = 0,97 m / sn \end{array} \right.$$

$$\left(\frac{(Q)75 L / sn}{(\phi 400 \text{ için } Q_d)104} = 0,72 > 0,67 \right) \rightarrow 3$$



b) Ayrık sistem kanalizasyon kanalları kısmen dolu akışa göre boyutlandırılır.

$$\frac{h}{D} \leq 0,60$$

ve

$$\frac{Q}{Q_d} \leq 0,67$$

1. Debi, $Q=1,5 \times 75 = \mathbf{112,5 \text{ L/sn}}$

2. $J = \text{‰} 3$ eğim için Prandtl-Colebrook tablosundan;

I. $D=500 \text{ mm}$

II. $Q_d=191 \text{ L/sn}$

III. $V_d=0,97 \text{ m/sn}$

3. Debi cinsinden doluluk oranı, $\frac{Q}{Q_d} = \frac{75}{191,1} = 0,392 < 0,67$ uygun

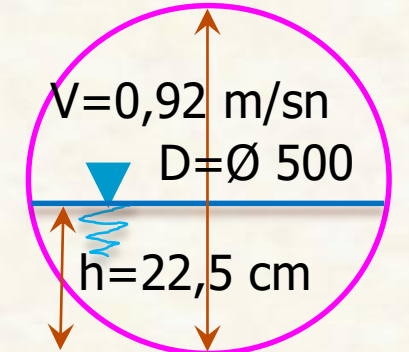
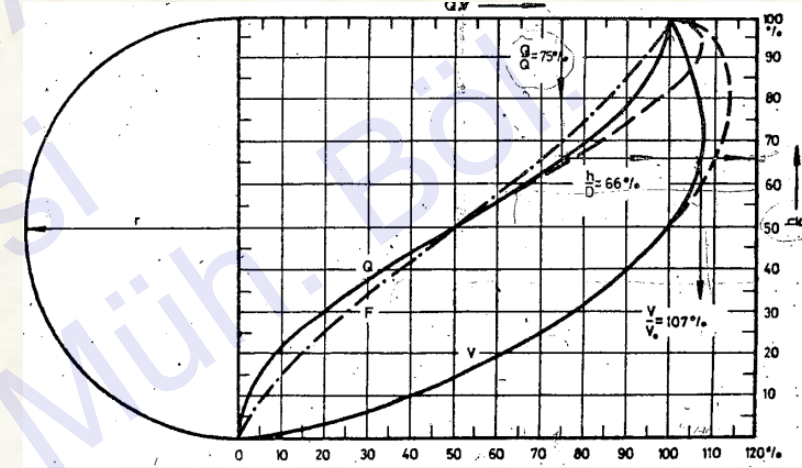
4. Su derinliği cinsinden doluluk oranı abaktan $\frac{h}{D} = 0,44$ ve $\frac{V}{V_d} = 0,95$

Tahkikler;

5. Kanalda atıksu derinliği; $h=0,44 \times D=0,45 \times 50 \text{ cm} = \mathbf{22,0 \text{ cm}} > 2 \text{ cm}$

6. Kanaldaki atıksu akış hızı; $V=0,95 \times V_d=0,95 \times 0,97 = \mathbf{0,92 \text{ m/sn}}$

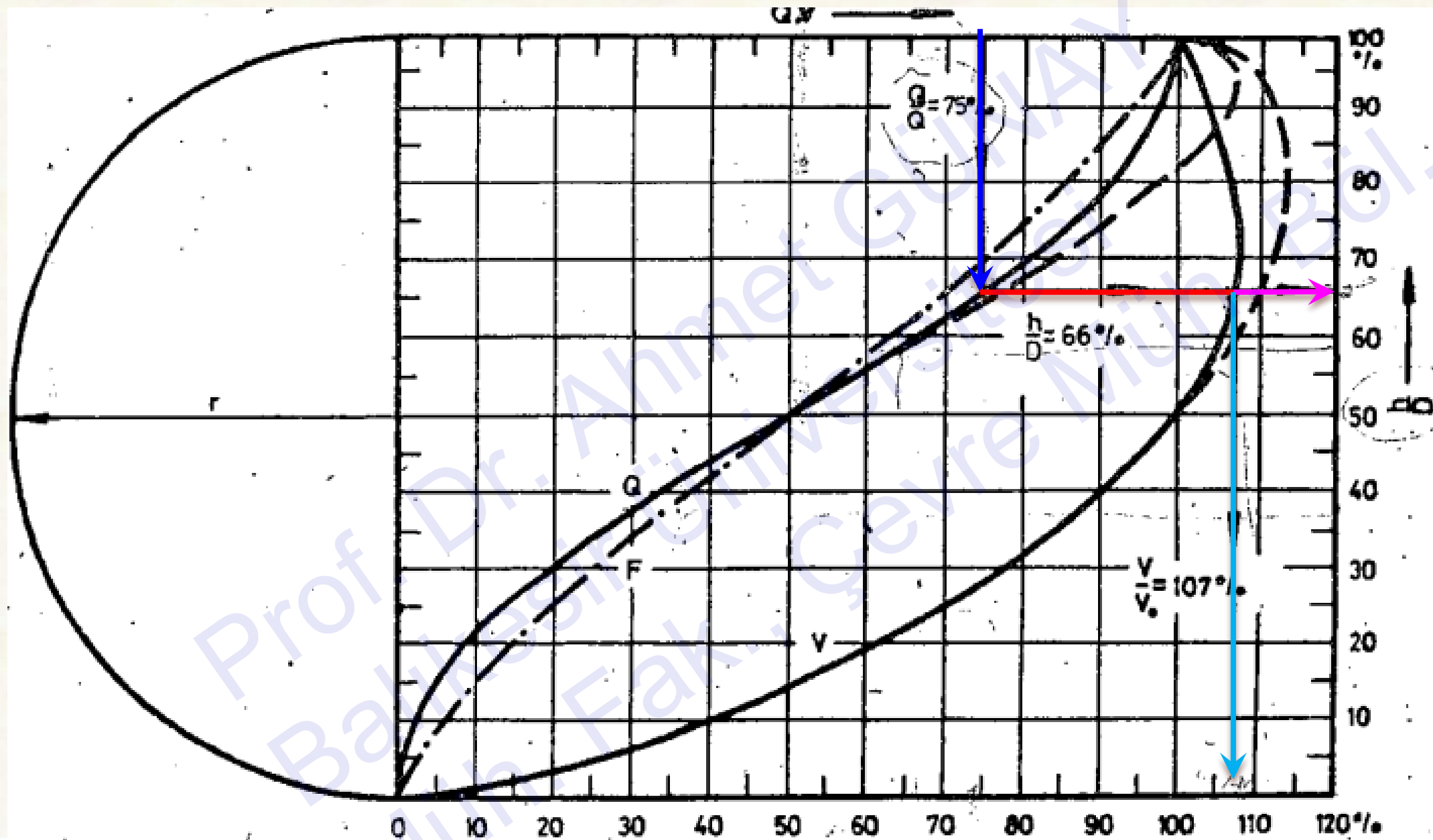
$$(V_{\min} = 0,5 / \text{sn} < V = 0,92 \text{ m/sn} < V_{\max} = 2,5 \text{ m/sn})$$



$$J = \text{‰} 3$$

Kanal enkesiti





h/D



v/V_d

ÖRNEK-2

Bir yerleşim merkezinin alanı **250 ha** ve nüfus kesafeti **200 kişi/ha**'dır. Bölgede $q_{\text{ort}} = 150 \text{ L/N-gün}$ ve atıksuların kanala intikal süresi, $t = 12$ saat olduğuna göre;

a) Şehrin ana kollektör debisini,

b) $J_{\text{cadde}} = 1:500$ olduğunu kabul ederek kanalı Prandtl-Colebrook tablosu yardımı ile boyutlandırınız ve gerekli tahkikleri yapınız.

Kaynak: Topacık, D. Ve Eroğlu V., (1993) Su Temini ve Atıksuların Uzaklaştırılması Uygulamaları, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, p413

ÇÖZÜM

a) Atıksu debisi;

$$Q = \frac{\max q_{\text{gün}} \times N}{\alpha \times 3600}$$

Q: atıksu debisi, L/sn

$\max q_{\text{gün}}$: kişi başına maksimum günlük su tüketimi, L/N-gün

α : kanala intikal süresi, saat

$N = 250 \text{ ha} \times 200 \text{ N/ha} = 50 \text{ 000 kişi}$

$\max q_{\text{gün}} = 1,5 \times 150 \text{ L/N-gün} = 225 \text{ L/N-gün}$

$$Q = \frac{225 \times 50 \text{ 000}}{12 \times 3600} = 260,41 \text{ L / sn}$$

b) Ayrık sistem kanalizasyon kanalları kısmen dolu akışa göre boyutlandırılır.

$$\frac{h}{D} \leq 0,60$$

ve

$$\frac{Q}{Q_d} \leq 0,67$$

D, mm		300		400		500		600		700	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	%1	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3	0,64	181,9	0,72	277,2
0,002	%2	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0	0,91	257,3	1,02	392,0
0,003	%3	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1	1,11	315,1	1,25	480,1

1. Buna göre dolu debi, $Q_d = 1,5 \times Q = 1,5 \times 260,41 \text{ L/sn} = \mathbf{391 \text{ L/sn}}$

2. **J=1:500** eğim ve **Q_d=391 L/sn** için Prandtl-Colebrook tablosundan;

I. D=700 mm

II. Q_d=392 L/sn

III. V_d=1,02 m/sn

3. Debi cinsinden doluluk oranı;

$$\frac{Q}{Q_d} = \frac{260,41}{392} = 0,66 < 0,67$$

4. Su derinliği cinsinden doluluk oranı abaktan

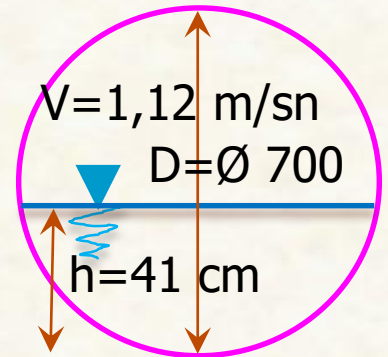
$$\frac{h}{D} = 0,59 \quad \text{ve} \quad \frac{V}{V_d} = 1,05$$

Tahkikler;

5. Kanalda atıksu derinliği; $h = 0,59 \times D = 0,59 \times 70 = \mathbf{41 \text{ cm}} > 2 \text{ cm}$

6. Kanaldaki atıksu akış hızı; $V = 1,05 \times V_d = 1,05 \times 1,02 = \mathbf{1,10 \text{ m/sn}}$

$$(V_{\min} = 0,5 \text{ m/sn} < \quad V = 1,10 \text{ m/sn} < \quad V_{\max} = 2,5 \text{ m/sn})$$



$$J = \text{‰} 2$$

Kanal enkesiti



ÖRNEK-3

Manning Formülüne göre atıksu kanalizasyonu için %100 dolulukta minimum kanal çapının Ø300 olması halinde maksimum ve minimum eğimi hesaplayalım.

ÇÖZÜM

Manning Formülü; $V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$ $n = 0,013$

Dairel kesit için hidrolik yarıçap; $R = \frac{\text{Islak kesit alanı}}{\text{Islak çevre}} = \frac{\pi D^2 / 4}{\pi D} = \frac{D}{4}$

Maksimum eğimde maksimum atıksu akış hızı ($V_{\max} = 3 \text{ m/sn}$) ortaya çıkar, minimum eğimde minimum akış hızı ($V_{\min} = 0,5 \text{ m/sn}$) gerçekleşir.

Minimum kanal çapı Ø300'dür. Ø300 için $R = 0,075 \text{ m}$

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \rightarrow J = [VnR^{-2/3}]^2$$

$$J_{\max} = [V_{\max} n R^{-2/3}]^2 \rightarrow J_{\max} = [3,0 \times 0,013 \times 0,075^{-2/3}]^2 \cong \%5$$

$$J_{\min} = [V_{\min} n R^{-2/3}]^2 \rightarrow J_{\min} = [0,5 \times 0,013 \times 0,075^{-2/3}]^2 \cong \%1$$

Ø200 için

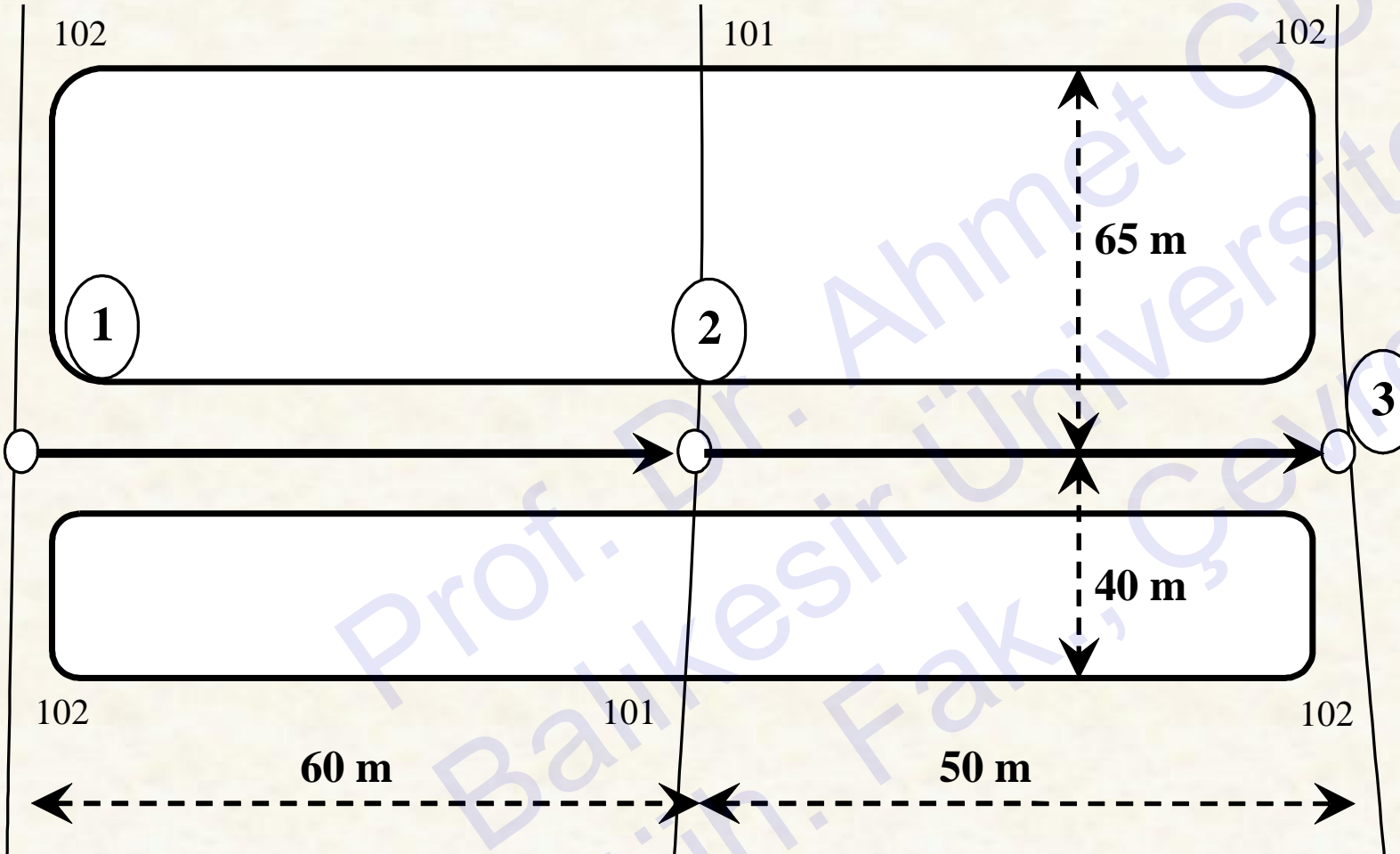
$$J_{\max} = [3,0 \times 0,013 \times 0,05^{-2/3}]^2 \cong \%8,26$$

$$J_{\min} = [0,5 \times 0,013 \times 0,05^{-2/3}]^2 \cong \%2,29$$



ÖRNEK-4

Şekildeki yerleşim yerindeki 1-2-3 kanallarını projelendiriniz , gerekli tahkikleri yapınız, 1-2-3 kanalının boykesitini çıkarınız



- $Max q_{gün} = 300 \text{ l/N-gün}$
- Atıksuların kanala intikal süresi=10 saat,
- Atıksuların kanala intikal yüzdesi=%90,
- Nüfus kesafeti=800 kişi/ha,
- Minimum kazı derinliği 3 m.
- Minimum eğim ‰ 3,
- Maksimum baca aralığı 60 m

$$Q_{atıksu} = \frac{N \times Max q_{gün} \times \text{İntikal yüzdesi}}{\text{intikal süresi} \times 3600}$$



ÇÖZÜM

1-2 Kanalı

Alan, $A=60 \times (60+45)=6300 \text{ m}^2=0,63 \text{ ha}$

Nüfus, $N=1000 \text{ kişi/ha} \times 0,63 \text{ ha}=630 \text{ kişi}$

Atıksu debisi, Q

$$Q_{1-2} = \frac{\max q_{\text{gün}} \times N \times \text{Int.\% 'si}}{\alpha \times 3600}$$
$$= \frac{300 \times 630 \times 0,9}{10 \times 3600} = 4,73 \text{ L/sn}$$

1-2 kanalının eğimi; $J=(102-101)/60=0,0167 \approx \text{‰}17$

$J=\text{‰}17$ ve $Q=4,73 \text{ L/sn}$ için

$$Q_{d-\text{asgari}} = 4,73 \times 1,5 = 7,09 \text{ L/sn} \text{ ve } J = \text{‰}17$$

$$\phi 300 \text{ için } \left\{ \begin{array}{l} Q_d = 110,8 \text{ L/sn} \\ V_d = 1,57 \text{ m/sn} \end{array} \right.$$

$$\frac{Q}{Q_d} = \frac{4,73}{110,8} = 0,043 \text{ için } \frac{h}{D} = 0,14 \Rightarrow h = 0,14 \times 30 = 4,2 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$$

$$\frac{V}{V_d} = 0,44 \Rightarrow V = 0,44 \times 1,56 = 0,69 \text{ m/sn} > 0,5 \text{ m/sn}$$

D, mm		300		400	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	‰1	0,38	26,9	0,47	59,6
0,002	‰2	0,54	38,0	0,67	84,4
0,003	‰3	0,66	46,5	0,82	103,3
0,004	‰4	0,76	53,7	0,95	119,3
0,005	‰5	0,85	60,1	1,06	133,4
0,006	‰6	0,93	65,8	1,16	146,1
0,007	‰7	1,01	71,1	1,26	157,8
0,008	‰8	1,08	76,0	1,34	168,7
0,009	‰9	1,14	80,6	1,42	178,9
0,010	‰10	1,20	85,0	1,50	188,6
0,011	‰11	1,26	89,1	1,57	197,8
0,012	‰12	1,32	93,1	1,64	206,6
0,013	‰13	1,37	96,9	1,71	215,1
0,014	‰14	1,42	100,5	1,78	223,2
0,015	‰15	1,47	104,1	1,84	231,0
0,016	‰16	1,52	107,5	1,90	238,6
0,017	‰17	1,57	110,8	1,96	245,9
0,018	‰18	1,61	114,0	2,01	253,1
0,019	‰19	1,66	117,1	2,07	260,0

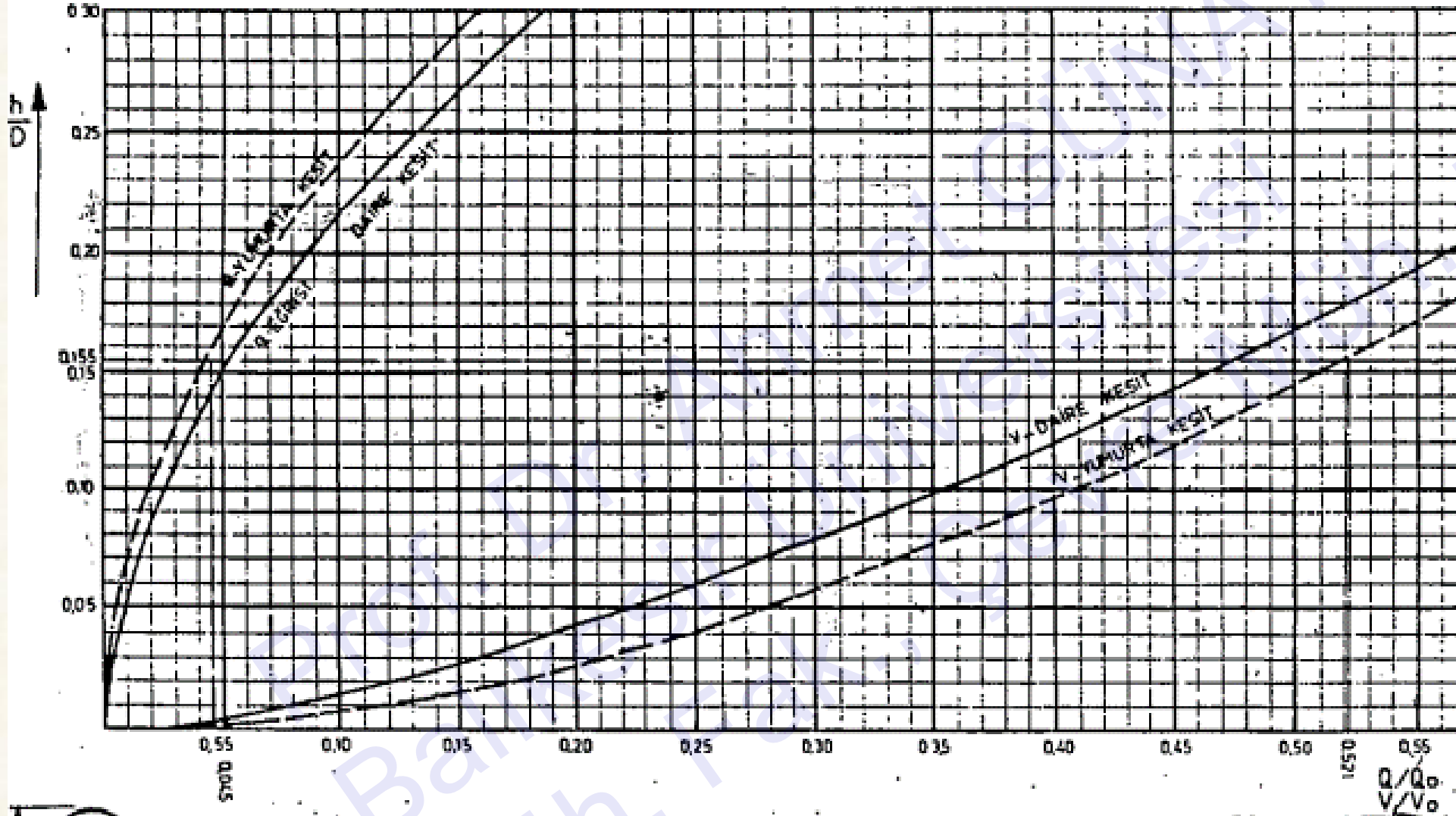
$$V = C \sqrt{RJ} \text{ ve}$$

$$C = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

$$(m = 0,35)$$

$$V = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{RJ}$$





DAİRE ve YUMURTA KESİTLİ KANALLARDA KÜÇÜK DOLULUK EĞRİLERİ



2-3 Kanalı

Alan, $A=50 \times (60+45)=5250 \text{ m}^2=$ **0,525 ha**

Nüfus, $N=1000 \text{ kişi/ha} \times 0,525 \text{ ha}=$ **530 kişi**

Atıksu debisi, Q

$$Q_{2-3} = Q_{1-2} + \frac{\max q_{\text{gün}} \times N \times \text{Int.\% 'si}}{\alpha \times 3600}$$
$$= 4,73 + \frac{300 \times 530 \times 0,9}{10 \times 3600} = 8,70 \text{ L/sn}$$

2-3 kanalının eğimi; $J=$ **‰3**

$J=$ **‰3** ve $Q=$ **8,70 L/sn** için

$$Q_{d\text{-asgari}} = 8,70 \times 1,5 = 13,05 \text{ L/sn} \text{ ve } J = \text{‰}3$$

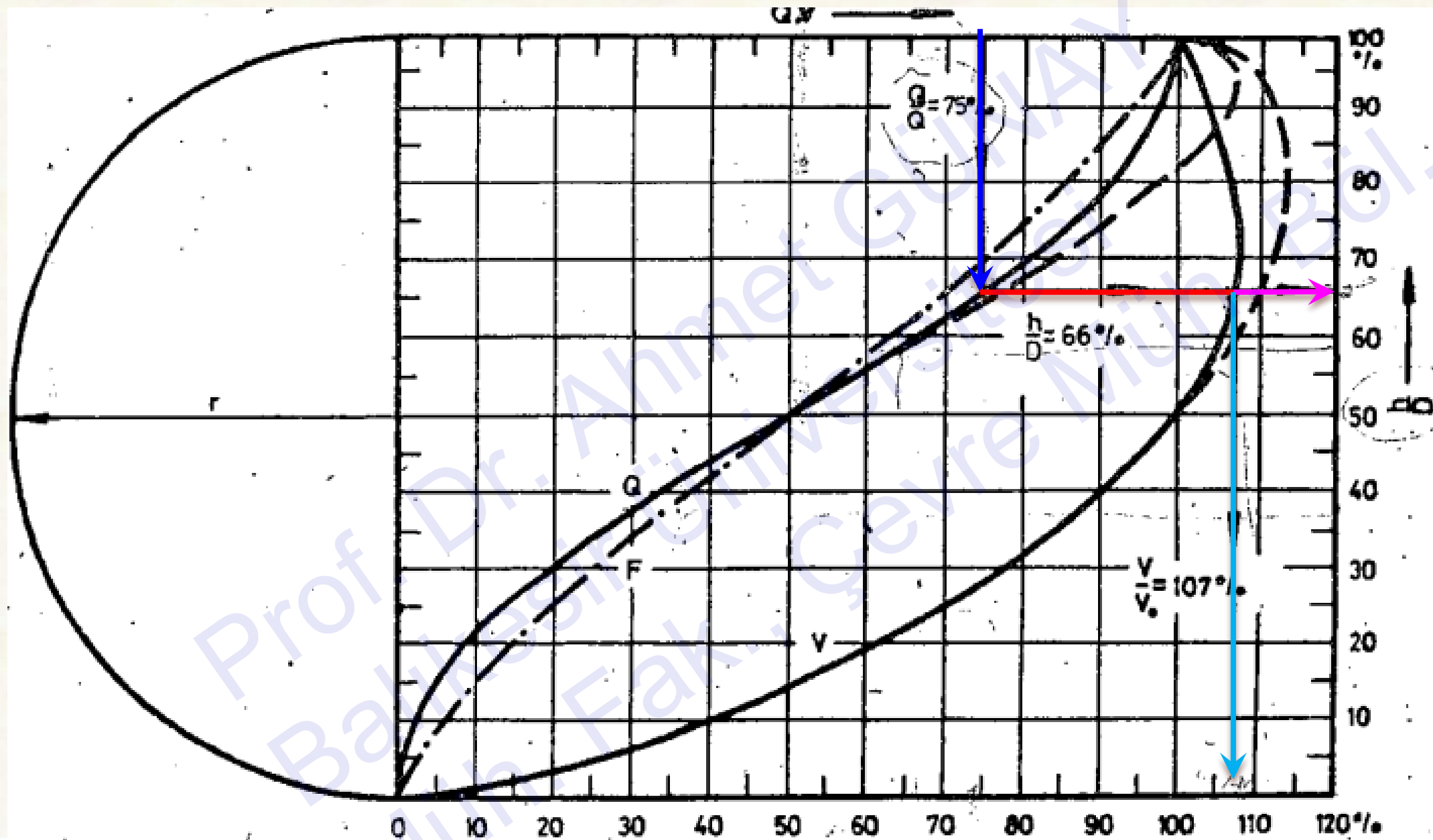
$$\phi 300 \text{ için } \left\{ \begin{array}{l} Q_d = 46,5 \text{ L/sn} \\ V_d = 0,66 \text{ m/sn} \end{array} \right. \quad \frac{Q}{Q_d} = \frac{8,70}{46,5} = 0,19 \text{ için } \frac{h}{D} = 0,29 \Rightarrow h = 0,29 \times 30 = 8,7 \text{ cm} > 2 \text{ cm}$$
$$\frac{V}{V_d} = 0,77 \Rightarrow V = 0,77 \times 0,66 = 0,51 \text{ m/sn} > 0,5 \text{ m/sn}$$

D, mm		300		400	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	‰1	0,38	26,9	0,47	59,6
0,002	‰2	0,54	38,0	0,67	84,4
0,003	‰3	0,66	46,5	0,82	103,3
0,004	‰4	0,76	53,7	0,95	119,3
0,005	‰5	0,85	60,1	1,06	133,4

$$V = C\sqrt{RJ} \quad \text{ve} \quad C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \quad (m = 0,35)$$

$$V = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{RJ}$$



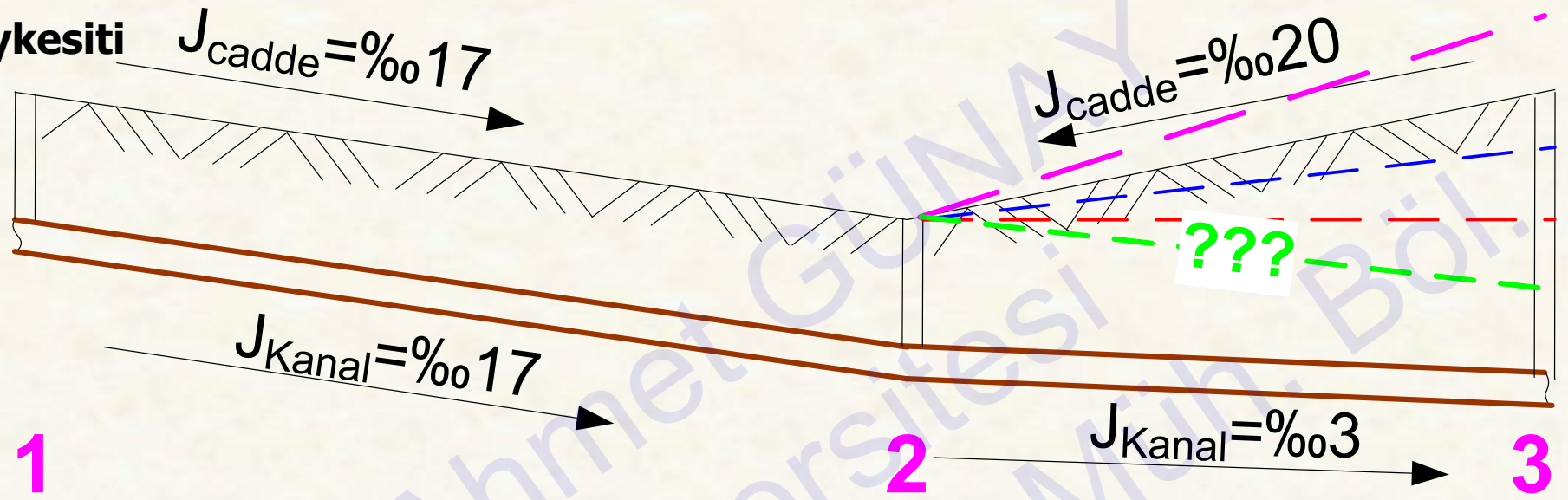
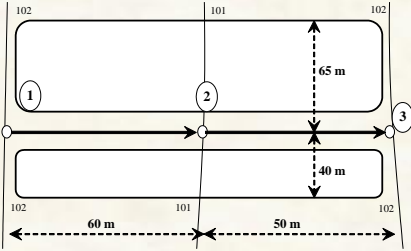


h/D



v/V_d

1-2-3 Kanalı'nın Boykesiti



1

2

3

Baca No	1	2	3
Zemin kotu	102,00	101,00	102,00
Kanal derinliği	3,00	3,00	4,15
Kanal sırt kotu	99,00	98,00	97,85
Kanal taban kotu	98,70	97,70	97,55
Cadde eğimi		‰17	- ‰20
Kanal eğimi		‰17	‰3
Ara mesafe, m		60,00	50,00
Boru çapı ve cinsi		Betonarme, Ø300	Betonarme, Ø300

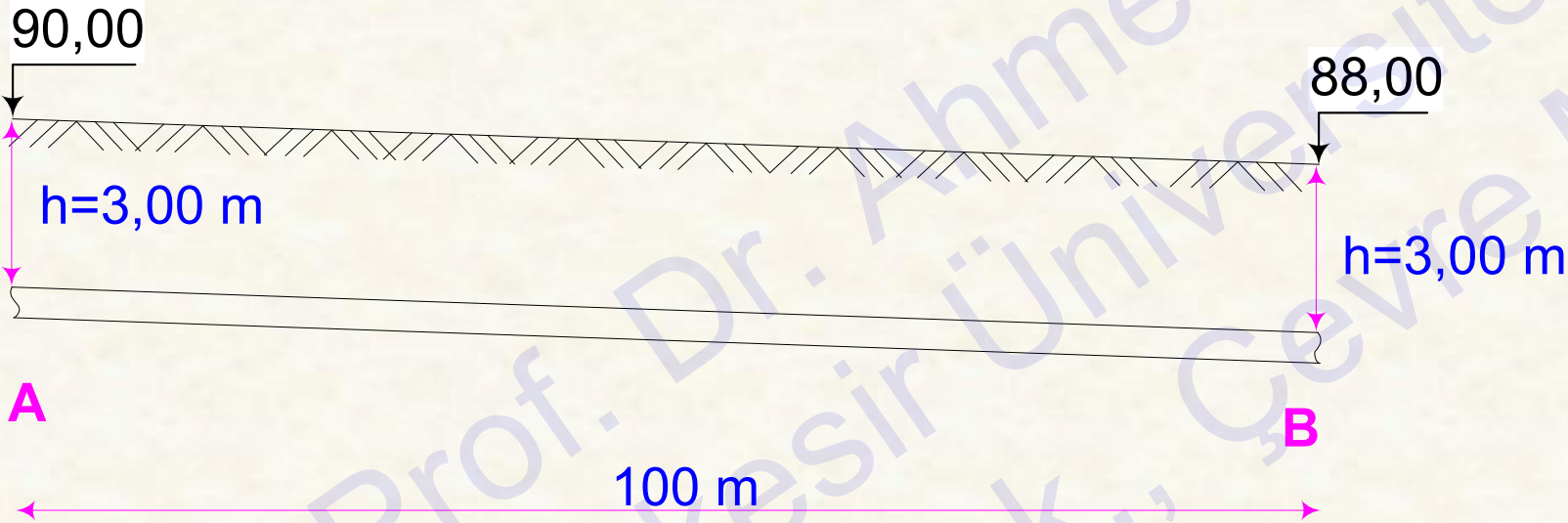
ÖRNEK-5

Maksimum günlük su sarfiyatı $\max q_{\text{gün}} = 400 \text{ lt/N/gün}$ olan $N = 20\ 000$ nüfuslu bir şehrin atıksularını iletecek olan Şekildeki kanalın gerekli eğimini ve çapını bulunuz.

Kanal yarı dolu $h/D = 0,50$ olacak şekilde ve Manning formülü kullanılarak projelendirilecektir.

$n = 0,013$; $V_{\max} = 2,5 \text{ m/sn}$; $h_{\max} = 6,00 \text{ m}$; $h_{\min} = 3,00 \text{ m}$; Kanala intikal süresi $\alpha = 12$ saat

Kaynak: Muslu Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 2002, İstanbul, p427



Manning Formülü;

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

$$n = 0,013$$



$$Q = \frac{\max q_{gün} \times N}{\alpha \times 3600}$$

$$= \frac{400 \times 20000}{12 \times 3600} = 185,2 L / sn$$

$$Q_d = 2 \times Q = 2 \times 185,2 = 370,4 L / sn$$

$$\frac{h}{D} = 0,50 \text{ için } \frac{V}{V_d} = 1,0$$

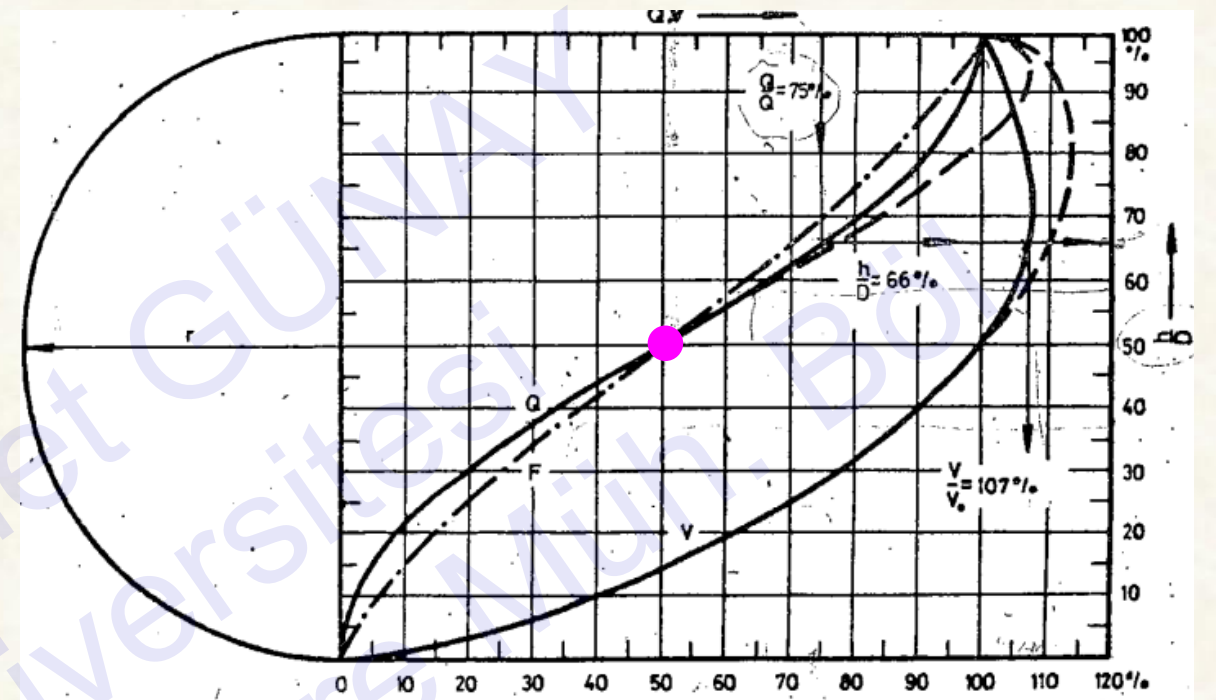
$$J = \frac{90,00 - 88,00}{100,00} = \%2$$

Eğim %2 olduğundan kanal da %2 eğimle zemine paralel döşenecektir.

$$V = \frac{1}{0,013} \cdot 0,02^{1/2} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \text{ ve } V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} = \frac{4 \times 0,3704}{\pi \times D^2}$$

$$\frac{4 \times 0,3704}{\pi \times D^2} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,02^{1/2} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}$$

Bu denklemin çözümünden $D=0,4375$ m ve $V=2,45$ m/sn < 2,5 m/sn bulunur.



$$\frac{4 \times 0,3704}{\pi \times D^2} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,02^{1/2} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3}$$

$$\frac{0,47161}{D^2} - 10,8785 \times \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} = 0$$

$$0,47161 - 10,8785 \times \frac{D^{2/3} \times D^2}{4^{2/3}} = 0$$

$$4,3171 \times D^{8/3} = 0,47161$$

$$D^{8/3} = 0,1092$$

$$D = 0,4359 \text{ m}$$

Bu denklem;

- CASIO fx 5800 solve ile çözdürülebilir.
- MS-excel solver add ile çözülebilir.
- Analitik yolla çözülebilir.



$$D^{2/3} \times D^2 = D^{2/3} \times D^{6/3} = D^{(2+6)/3} = D^{8/3}$$

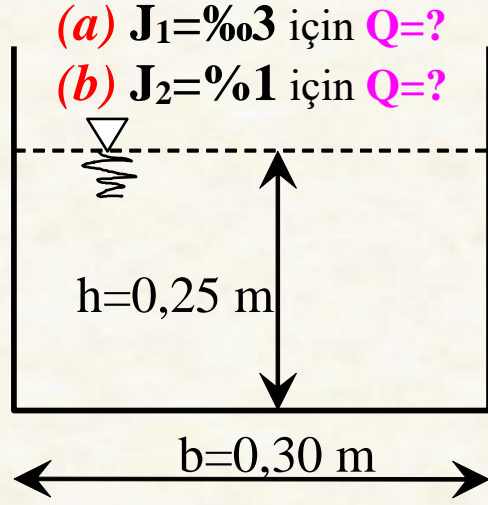
Bu denklemin çözümünden $D=0,4359 \text{ m}$ ve $V=2,45 \text{ m/sn} < 2,5 \text{ m/sn}$ bulunur.

Standart kanalizasyon çapı $\emptyset 300, \emptyset 400, \emptyset 500, \emptyset 600 \emptyset 700 \dots$ şeklinde olduğundan kanal çapı **$\emptyset 500$** uygundur.



ÖRNEK-6

Aşağıda enkesiti verilen dikdörtgen kesitli açık yüzeyli kanalda su derinliği **0,25 m**'dir. Kanaldan akabilecek debileri **%03** ve **%1** eğimler için ayrı ayrı hesaplayınız.



$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,013$$

Her iki durumda da hidrolik yarıçap (R) niçin değişmez?

$$b = 0,3 \text{ m}; h = 0,25 \text{ m}$$

$$A = 0,3 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 0,075 \text{ m}^2$$

$$Ç = 0,3 \text{ m} + 2 \times 0,25 \text{ m} = 0,80 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{Ç} = \frac{0,075 \text{ m}^2}{0,80 \text{ m}} = 0,09375 \text{ m}$$

(a) $J = \%03$ için;

$$V = \frac{1}{0,013} \cdot 0,003^{1/2} \cdot 0,09375^{2/3}$$

$$= 0,8695 \text{ m / sn, ve}$$

$$Q = V \times A = 0,8695 \times 0,075 = 0,06521 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$\equiv 65,21 \text{ L / sn}$$

(b) $J = \%1$ için;

$$V = \frac{1}{0,013} \cdot 0,01^{1/2} \cdot 0,09375^{2/3}$$

$$= 1,587 \text{ m / sn, ve}$$

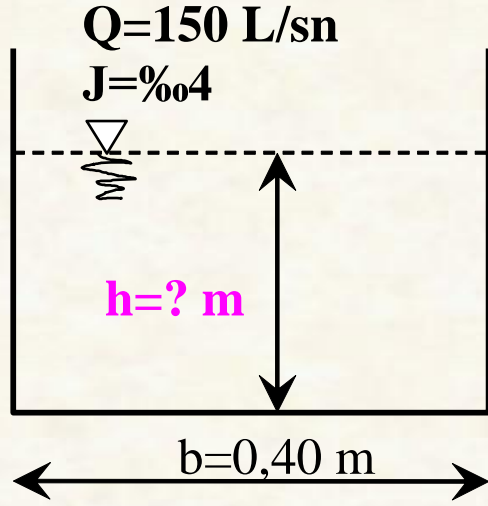
$$Q = V \times A = 1,587 \times 0,075 = 0,11906 \text{ m}^3 / \text{sn}$$

$$\equiv 119,06 \text{ L / sn}$$



ÖRNEK-7

Geniřlięi $b=40$ cm olan dikdörtgen kesitli açık yüzeyli bir kanalın eğimi $J=\text{‰}4$ 'tür. Bu kanaldan $Q=150$ L/sn debi geçirmek için Manning Formülüne göre kanalın asgari derinliği kaç cm olmalıdır.



$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,013$$

ÇÖZÜM-1

Bu kanaldaki eğim ve debi bilindiğine göre su derinliği deneme-yanılma yöntemiyle hesaplanabilir. Farklı kanal derinlikleri için kanalın debisini hesaplamak gerekir.

$$h = 31,33 \text{ cm}$$

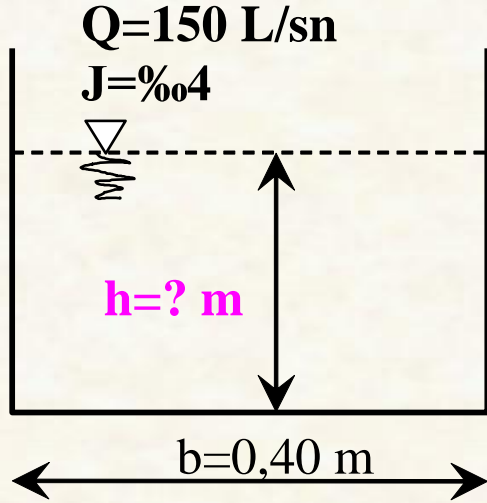
Non-linear regresyon tekniği ile çözüm?



b, m	h, m	J, %	A, m ²	Ç, m	R, m	V, m/sn	Q, l/sn
0,4	0,25	0,004	0,1	0,9	0,11111	1,12441	112,441
0,4	0,3	0,004	0,12	1	0,12	1,18361	142,033
0,4	0,35	0,004	0,14	1,1	0,12727	1,23096	172,334
0,4	0,33	0,004	0,132	1,06	0,12453	1,2132	160,142
0,4	0,32	0,004	0,128	1,04	0,12308	1,20375	154,081
0,4	0,315	0,004	0,126	1,03	0,12233	1,19888	151,059
0,4	0,313	0,004	0,1252	1,026	0,12203	1,1969	149,852
0,4	0,3133	0,004	0,12532	1,0266	0,12207	1,1972	150,033

ÇÖZÜM-2

Bu kanaldaki eğim ve debi bilindiğine göre su derinliği non-lineer regresyon tekniği ile hesaplanabilir.



$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,013$$

(i) $b = 0,4(m)$; $h = ???(m)$

$$A = 0,4(m) \times h(m) = 0,4 \times h(m^2)$$

$$\zeta = 0,4(m) + 2 \times h(m)$$

$$R = \frac{A}{\zeta} = \frac{0,4 \times h(m^2)}{0,4(m) + 2 \times h(m)}$$

(ii) $J = ‰4$ için; $Q = V \times A$

$$\underbrace{0,150(m^3 / sn)}_Q = \frac{1}{0,013} \cdot 0,004^{1/2} \cdot \underbrace{\left(\frac{0,4 \times h(m^2)}{0,4(m) + 2 \times h(m)} \right)^{2/3}}_V \cdot \underbrace{0,4(m) \cdot h(m)}_A$$

$$h = 0,3132(m)$$
$$= 31,32(cm)$$

$$0,150 = \frac{1}{0,013} \cdot 0,004^{1/2} \cdot \underbrace{\left(\frac{0,4 \times h}{0,4 + 2 \times h} \right)^{2/3}}_V \cdot \underbrace{0,4 \cdot h}_A$$

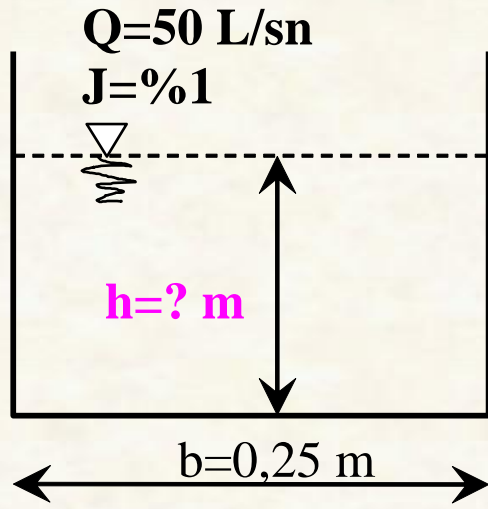


Solve?



ÖRNEK-8

Geniřlięi **b=25 cm** olan dikdörtgen kesitli açık yüzeyli bir kanalın eğimi **J=%1**'dir. Bu kanaldan **Q=50 L/sn** debi geçirmek için Manning Formülüne göre kanalın asgari derinliği kaç cm olmalıdır.



$$h = 15,44 \text{ cm}$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,013$$

ÇÖZÜM-1

Bu kanaldaki eğim ve debi bilindiğine göre su derinliği deneme-yanılma yöntemiyle hesaplanabilir. Farklı kanal derinlikleri için kanalın debisini hesaplamak gerekir.

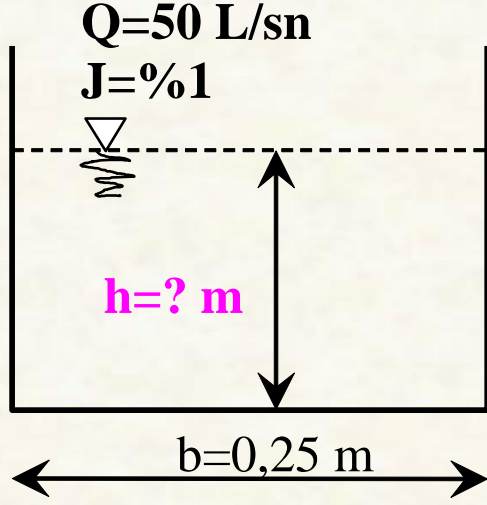
b, m	h, m	J, %	A, m ²	Ç, m	R, m	V, m/sn	Q, l/sn
0,25	0,1	0,01	0,025	0,45	0,05556	1,11997	27,9994
0,25	0,15	0,01	0,0375	0,55	0,06818	1,28381	48,1431
0,25	0,16	0,01	0,04	0,57	0,07018	1,30872	52,3488
0,25	0,155	0,01	0,03875	0,56	0,0692	1,29652	50,2401
0,25	0,154	0,01	0,0385	0,558	0,069	1,29402	49,8198
0,25	0,1544	0,01	0,0386	0,5588	0,06908	1,29502	49,9879
0,25	0,15443	0,01	0,03861	0,55886	0,06908	1,2951	50,0005

**Non-linear regresyon
tekniki ile çözüm?**



ÇÖZÜM-2

Bu dikdörtgen kesitli kanaldaki eğim ve debi bilindiğine göre su derinliği non-lineer regresyon tekniği ile hesaplanabilir.



$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,013$$

$$(i) \quad b = 0,25 (m); \quad h = ??? (m)$$

$$A = 0,25(m) \times h(m) = 0,25 \times h (m^2)$$

$$\zeta = 0,25(m) + 2 \times h(m)$$

$$R = \frac{A}{\zeta} = \frac{0,25 \times h (m^2)}{0,25(m) + 2 \times h(m)}$$

$$(ii) \quad J = \%1 \text{ için}; \quad Q = V \times A$$

$$\underbrace{0,050 (m^3 / sn)}_Q = \underbrace{\frac{1}{0,013} \cdot 0,01^{1/2}}_V \cdot \underbrace{\left(\frac{0,25 \times h (m^2)}{0,25(m) + 2 \times h(m)} \right)^{2/3}}_R \cdot \underbrace{0,25(m) \cdot h(m)}_A$$

$$h = 0,15443 (m)$$
$$= 15,44 (cm)$$

$$\underbrace{0,050}_Q = \underbrace{\frac{1}{0,013} \cdot 0,01^{1/2}}_V \cdot \underbrace{\left(\frac{0,25 \times h}{0,25 + 2 \times h} \right)^{2/3}}_R \cdot \underbrace{0,25 \cdot h}_A$$



Solve?



ÖRNEK-9

$h/D=60\%$ oranında kısmen dolu akan ve bu esnada atıksu akış hızı $V=0,50 \text{ m/sn}$ olan daire kesitli bir kanalda $Q=50 \text{ L/sn}$ debisi iletilmek istendiğine göre kanalın çapı ve eğimi ne olmalıdır?

Kaynak: Muslu Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 2002, İstanbul, p423

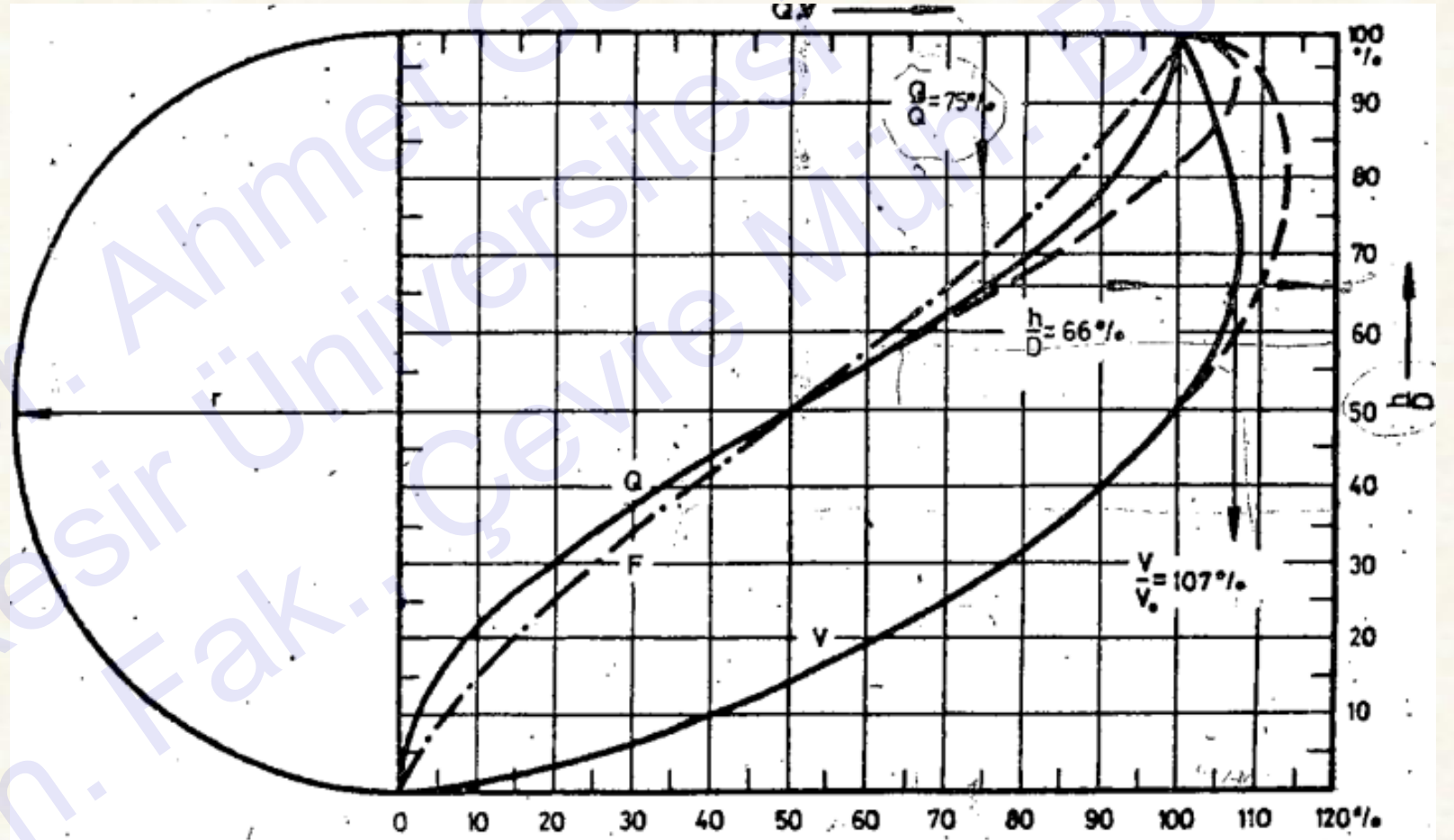
$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$
$$n = 0,015$$

ÇÖZÜM

$h/D=60\%$ oranı için;

$$\frac{Q}{Q_d} = 0,67 \text{ ve } \frac{V}{V_d} = 1,04$$

$$\frac{50}{Q_d} = 0,67 \text{ ve } \frac{0,48}{V_d} = 1,04$$



$$V_d = \frac{0,50}{1,04} = 0,48 \text{ m / sn}$$

$$\frac{50}{Q_d} = 0,67 \text{ ve } \frac{0,48}{V_d} = 1,04$$

$$Q_d = \frac{50}{0,67} = 74,63 \text{ l / sn}$$

$$Q_d = V \times A =$$
$$0,07463 = 0,48 \times A$$

$$A = 0,1555 \text{ m}^2 \Rightarrow A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D = 0,445 \text{ m}$$
 Seçilen $\phi 500$

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \rightarrow J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \text{ ve } R = \frac{D}{4} = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ m}$$

$$n = 0,015$$

$$J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \rightarrow J = \left[\frac{0,015 \times 0,48}{0,125^{2/3}} \right]^2 = 0,00083$$

Minimum eğim ‰2'den az olmamalıdır.



ÖRNEK-10

$h/D=50\%$ oranında kısmen dolu akan ve bu esnada $Q=89,5$ L/sn debi için atıksu akış hızı $V=1,5$ m/sn olan daire kesitli bir kanalın çapı ($D=?$) ve eğimi ($J=?$) ne kadardır?

Kaynak: Muslu Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 2002, İstanbul, p389 (değiştirilmiştir).

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

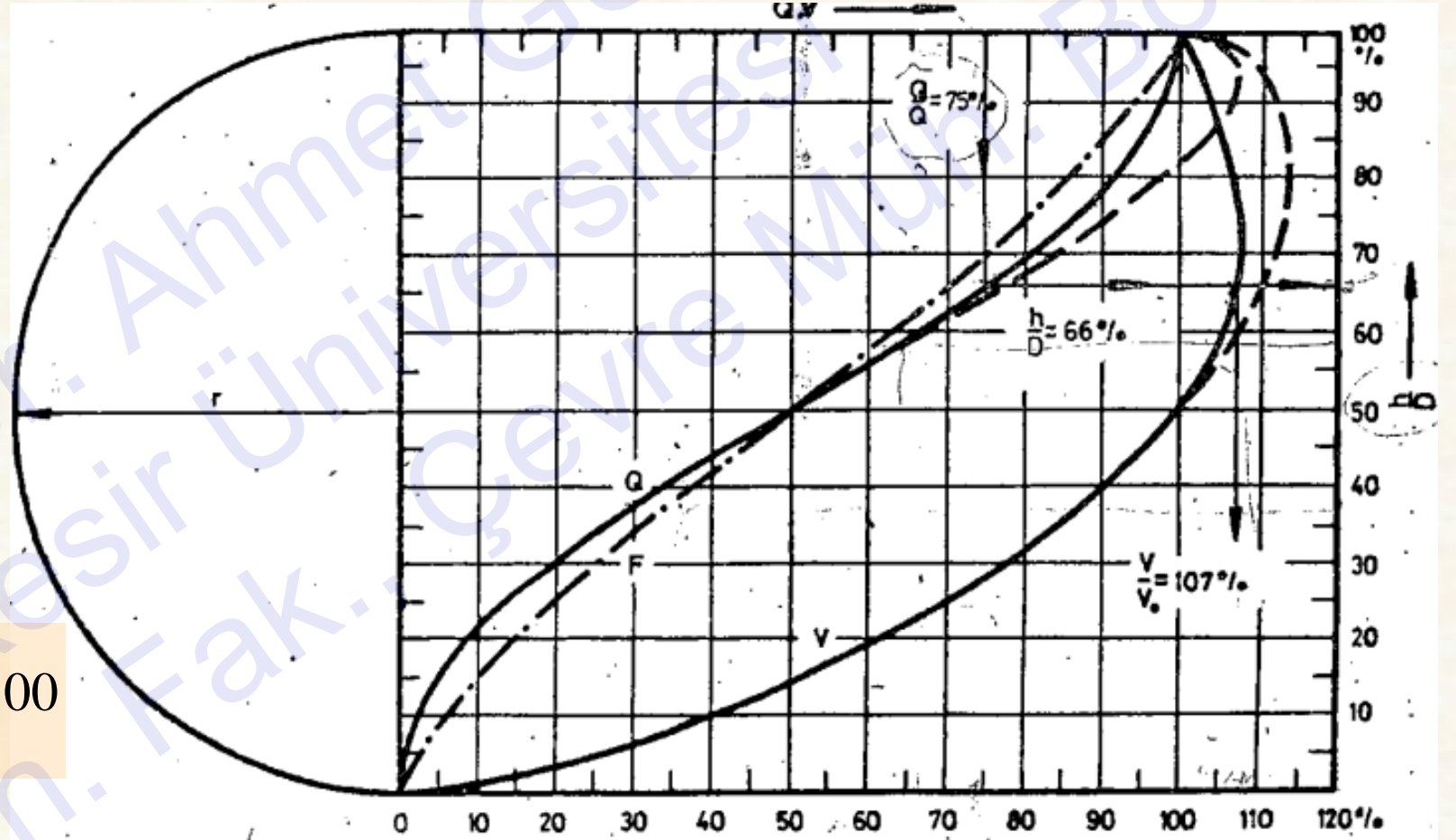
$$n = 0,0144$$

ÇÖZÜM

$h/D=50\%$ oranı için;

$$\frac{Q}{Q_d} = 0,50 \text{ ve } \frac{V}{V_d} = 1,00$$

$$\frac{89,5}{Q_d} = 0,50 \text{ ve } \frac{1,50}{V_d} = 1,00$$



$$V_d = \frac{1,50}{1,00} = 1,50 \text{ m / sn}$$

$$Q_d = \frac{89,5}{0,50} = 189,00 \text{ l / sn}$$

$$\frac{50}{Q_d} = 0,50 \text{ ve } \frac{2,50}{V_d} = 1,0$$

$$Q_d = V \times A =$$

$$0,189 = 1,5 \times A$$

$$A = 0,126 \text{ m}^2 \Rightarrow A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D \cong 0,40 \text{ m} \Rightarrow \phi 400$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \rightarrow J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \text{ ve } R = \frac{D}{4} = \frac{0,4}{4} = 0,1 \text{ m}$$

$$n = 0,0144$$

$$J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \rightarrow J = \left[\frac{0,0144 \times 1,5}{0,10^{2/3}} \right]^2 = 0,010$$

Kanlın çapı **Ø400** ve kanal eğimi **%1**'dir.

KONROL-TEYİT

D, mm		300		400		500	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	‰1	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3
0,002	‰2	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0
0,003	‰3	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1
0,004	‰4	0,76	53,7	0,95	119,3	1,12	220,6
0,005	‰5	0,85	60,1	1,06	133,4	1,26	246,7
0,006	‰6	0,93	65,8	1,16	146,1	1,38	270,2
0,007	‰7	1,01	71,1	1,26	157,8	1,49	291,9
0,008	‰8	1,08	76,0	1,34	168,7	1,59	312,0
0,009	‰9	1,14	80,6	1,42	178,9	1,69	331,0
0,010	‰10	1,20	85,0	1,50	188,6	1,78	348,9
0,011	‰11	1,26	89,1	1,57	197,8	1,86	365,9
0,012	‰12	1,32	93,1	1,64	206,6	1,95	382,1
0,013	‰13	1,37	96,9	1,71	215,1	2,03	397,8
0,014	‰14	1,42	100,5	1,78	223,2	2,10	412,8

Hesaplanan eğim Kutter Tablosundan
‰1 (‰10) eğim ve
Ø400 için;

- Q_d=189 L/sn ve
- V_d=1,50 L/sn

Olduğundan çözümün doğruluğu teyit edilebilir.

Ayrıca h/D=‰50 için abaktan gerekli kontroller de yapılabilir.

ÖRNEK-11

$h/D = \%40$ oranında kısmen dolu akan ve bu esnada $Q = 167,75 \text{ L/sn}$ debi için atıksu akış hızı $V = 2,26 \text{ m/sn}$ olan daire kesitli bir kanalın çapı ($D = ?$) ve eğimi ($J = ?$) ne kadardır?

Kaynak: Muslu Y., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Su Vakfı Yayınları, 2002, İstanbul, p389 (değiştirilmiştir).

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

$$n = 0,0141$$

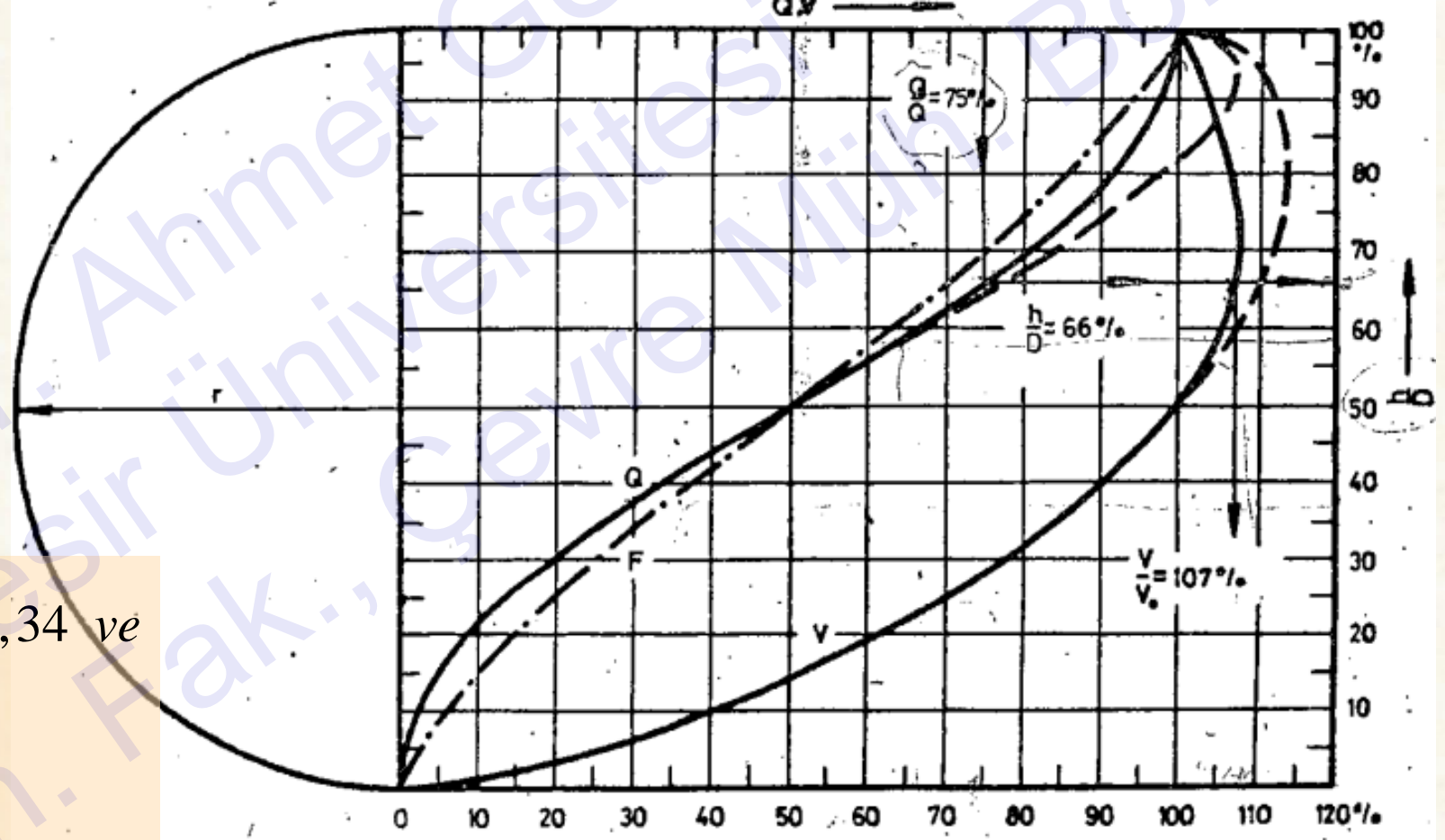
ÇÖZÜM

Dolu hız ve dolu debi;

$h/D = \%40$ oranı için;

$$\frac{h}{D} = 0,40 \Rightarrow \text{Abaktan}; \frac{167,75}{Q_d} = 0,34 \text{ ve}$$

$$\frac{V}{V_d} = \frac{2,26}{V_d} = 0,90$$



$$V_d = \frac{2,26}{0,9} = 2,51 \text{ m / sn}$$

$$Q_d = \frac{167,75}{0,34} \cong 493,4 \text{ l / sn}$$

$$\frac{Q}{Q_d} = 0,34 \text{ ve } \frac{V}{V_d} = 0,90$$

$$Q_d = V \times A =$$

$$0,4934 = 2,51 \times A$$

$$A = 0,1966 \text{ m}^2 \Rightarrow A = \frac{\pi D^2}{4} \rightarrow D \cong 0,50 \text{ m} \Rightarrow \phi 500$$

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \rightarrow J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \text{ ve } R = \frac{D}{4} = \frac{0,5}{4} = 0,125 \text{ m}$$

$$n = 0,0141$$

$$J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \rightarrow J = \left[\frac{0,0141 \times 2,51}{0,125^{2/3}} \right]^2 = 0,020$$

Kanlın çapı Ø500 ve kanal eğimi %2'dir.

KONROL-TEYİT

D, mm		300		400		500	
J	J	V _a m/sn	Q _a L/sn	V _a m/sn	Q _a L/sn	V _a m/sn	Q _a L/sn
0,001	%1	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3
0,002	%2	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0
0,003	%3	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1
0,004	%4	0,76	53,7	0,95	119,3	1,12	220,6
0,005	%5	0,85	60,1	1,06	133,4	1,26	246,7
0,006	%6	0,93	65,8	1,16	146,1	1,38	270,2
0,007	%7	1,01	71,1	1,26	157,8	1,49	291,9
0,008	%8	1,08	76,0	1,34	168,7	1,59	312,0
0,009	%9	1,14	80,6	1,42	178,9	1,69	331,0
0,010	%10	1,20	85,0	1,50	188,6	1,78	348,9
0,011	%11	1,26	89,1	1,57	197,8	1,86	365,9
0,012	%12	1,32	93,1	1,64	206,6	1,95	382,1
0,013	%13	1,37	96,9	1,71	215,1	2,03	397,8
0,014	%14	1,42	100,5	1,78	223,2	2,10	412,8
0,015	%15	1,47	104,1	1,84	231,0	2,18	427,3
0,016	%16	1,52	107,5	1,90	238,6	2,25	441,3
0,017	%17	1,57	110,8	1,96	245,9	2,32	454,8
0,018	%18	1,61	114,0	2,01	253,1	2,38	468,0
0,019	%19	1,66	117,1	2,07	260,0	2,45	480,9
0,020	%20	1,70	120,2	2,12	266,7	2,51	493,4
0,021	%21	1,74	123,1	2,18	273,3	2,57	505,5
0,022	%22	1,78	126,0	2,23	279,8	2,64	517,4
0,023	%23	1,82	128,9	2,28	286,1	2,69	529,1
0,024	%24	1,86	131,6	2,33	292,2	2,75	540,4
0,025	%25	1,90	134,4	2,37	298,2	2,81	551,6

Hesaplanan eğim Kutter Tablosundan
%2 eğim ve
Ø500 için;

- Q_d=492 L/sn ve
- V_d=2,51 L/sn

Olduğundan çözümün doğruluğu teyit edilebilir.

Ayrıca h/D=%40 için abaktan gerekli kontroller de yapılabilir.



ÖRNEK-12 (Sınav sorusu)

$h/D=30\%$ oranında kısmen dolu akan ve bu esnada $Q=19,4 \text{ L/sn}$ debi ($Q/Q_d=0,2$) için atıksu akış hızı $V=1,07 \text{ m/sn}$ ($V/V_d=0,77$) olan daire kesitli bir kanalın çapı ($D=?$) ve eğimi ($J=?$) ne kadardır?

CEVAP: .

$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3}$$

$$n = 0,0148$$

ÇÖZÜM

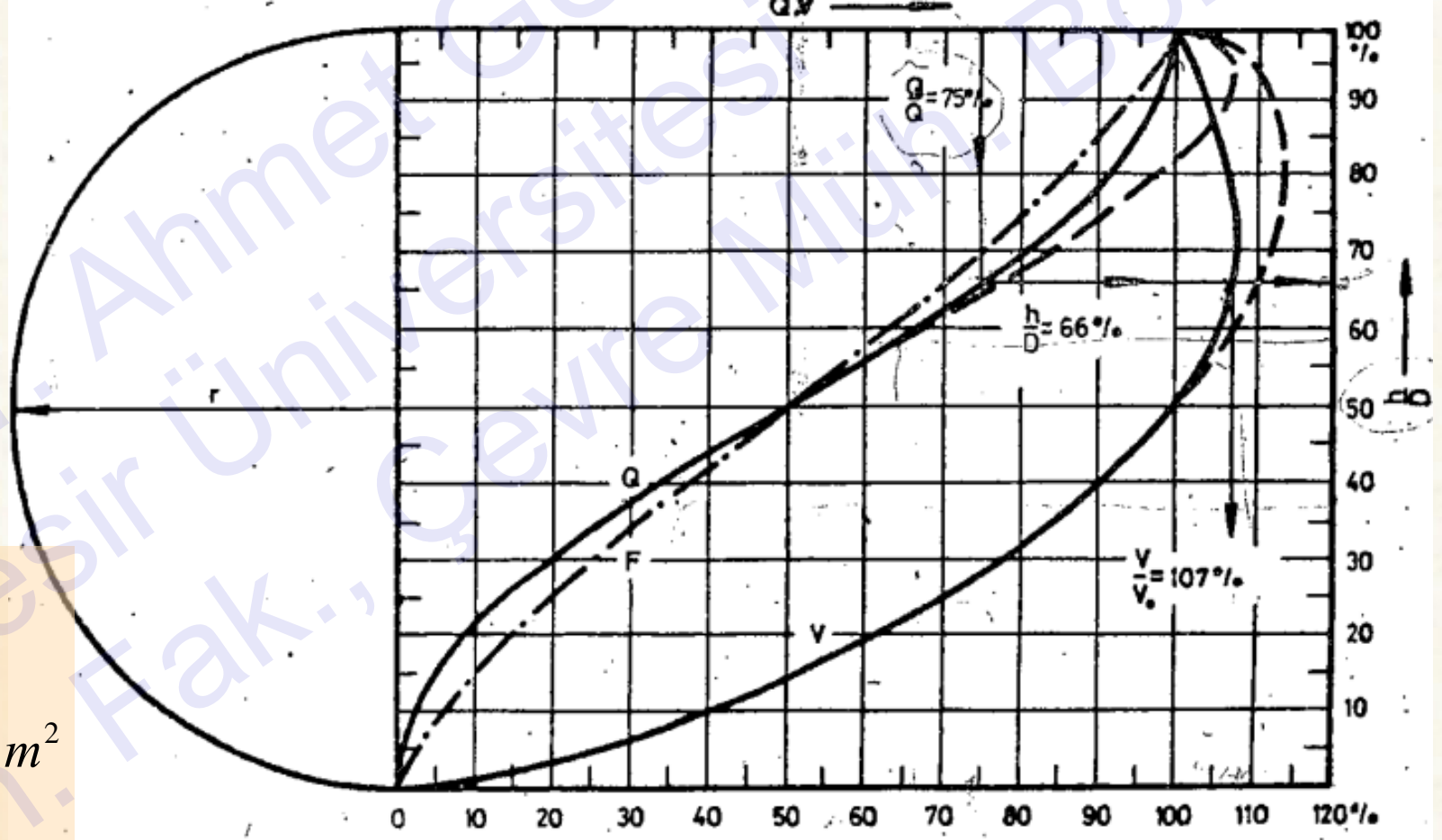
Dolu hız ve dolu debi;
 $h/D=30\%$ oranı için;

$$Q_d = 96,9 \text{ L / sn}$$

$$V_d = 1,37 \text{ m / sn}$$

$$\text{Kanalın enkesit alanı; } A = 0,07073 \text{ m}^2$$

$$D = 0,30 \text{ m}$$



$$V = \frac{1}{n} \cdot J^{1/2} \cdot R^{2/3} \quad \rightarrow \quad J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \quad \text{ve} \quad R = \frac{D}{4} = \frac{0,3}{4} = 0,075m$$

$$n = 0,0148$$

$$J = \left[\frac{n \times V}{R^{2/3}} \right]^2 \rightarrow J = \left[\frac{0,0148 \times 1,37}{0,075^{2/3}} \right]^2 = 0,013$$

Kanlın çapı **Ø300** ve kanal eğimi **%1,3 (‰ 13)** 'dür.

1. Kanalın dolu debisi ve dolu akış hızı belirlenir.
2. Kanalın enkesit alanı (çapı) hesaplanır.
3. Manning formülüne göre kanalın eğimi hesaplanır.



D, mm		300		400		500	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	%01	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3
0,002	%02	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0
0,003	%03	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1
0,004	%04	0,76	53,7	0,95	119,3	1,12	220,6
0,005	%05	0,85	60,1	1,06	133,4	1,26	246,7
0,006	%06	0,93	65,8	1,16	146,1	1,38	270,2
0,007	%07	1,01	71,1	1,26	157,8	1,49	291,9
0,008	%08	1,08	76,0	1,34	168,7	1,59	312,0
0,009	%09	1,14	80,6	1,42	178,9	1,69	331,0
0,010	%010	1,20	85,0	1,50	188,6	1,78	348,9
0,011	%011	1,26	89,1	1,57	197,8	1,86	365,9
0,012	%012	1,32	93,1	1,64	206,6	1,95	382,1
0,013	%013	1,37	96,9	1,71	215,1	2,03	397,8
0,014	%014	1,42	100,5	1,78	223,2	2,10	412,8

Hesaplanan eğim Kutter Tablosundan
%1,3 eğim ve
Ø300 için;

- Q_d=97 L/sn ve
- V_d=1,37 L/sn

Olduğundan çözümün doğruluğu teyit edilebilir.

Ayrıca h/D=%30 için abaktan gerekli kontroller de yapılabilir.

D, mm		300		400		500		600		700		800		900		1000		1100		1250	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,001	%01	0,38	26,9	0,47	59,6	0,56	110,3	0,64	181,9	0,72	277,2	0,79	398,8	0,86	549,1	0,93	730,5	0,99	945,1	1,09	1334,1
0,002	%02	0,54	38,0	0,67	84,4	0,79	156,0	0,91	257,3	1,02	392,0	1,12	563,9	1,22	776,5	1,32	1033,1	1,41	1336,6	1,54	1886,7
0,003	%03	0,66	46,5	0,82	103,3	0,97	191,1	1,11	315,1	1,25	480,1	1,37	690,7	1,49	951,1	1,61	1265,2	1,72	1637,0	1,88	2310,7
0,004	%04	0,76	53,7	0,95	119,3	1,12	220,6	1,29	363,8	1,44	554,4	1,59	797,5	1,73	1098,2	1,86	1461,0	1,99	1890,3	2,17	2668,2
0,005	%05	0,85	60,1	1,06	133,4	1,26	246,7	1,44	406,7	1,61	619,8	1,77	891,7	1,93	1227,8	2,08	1633,4	2,22	2113,4	2,43	2983,1
0,006	%06	0,93	65,8	1,16	146,1	1,38	270,2	1,58	445,6	1,76	679,0	1,94	976,8	2,11	1345,0	2,28	1789,3	2,44	2315,1	2,66	3267,9
0,007	%07	1,01	71,1	1,26	157,8	1,49	291,9	1,70	481,3	1,91	733,4	2,10	1055,1	2,28	1452,8	2,46	1932,7	2,63	2500,6	2,88	3529,7
0,008	%08	1,08	76,0	1,34	168,7	1,59	312,0	1,82	514,5	2,04	784,0	2,24	1127,9	2,44	1553,1	2,63	2066,1	2,81	2673,3	3,07	3773,4
0,009	%09	1,14	80,6	1,42	178,9	1,69	331,0	1,93	545,7	2,16	831,6	2,38	1196,3	2,59	1647,3	2,79	2191,5	2,98	2835,4	3,26	4002,3
0,010	%10	1,20	85,0	1,50	188,6	1,78	348,9	2,03	575,2	2,28	876,5	2,51	1261,0	2,73	1736,4	2,94	2310,0	3,14	2988,8	3,44	4218,8
0,011	%11	1,26	89,1	1,57	197,8	1,86	365,9	2,13	603,3	2,39	919,3	2,63	1322,6	2,86	1821,2	3,08	2422,7	3,30	3134,7	3,61	4424,7
0,012	%12	1,32	93,1	1,64	206,6	1,95	382,1	2,23	630,1	2,50	960,2	2,75	1381,4	2,99	1902,1	3,22	2530,5	3,45	3274,1	3,77	4621,5
0,013	%13	1,37	96,9	1,71	215,1	2,03	397,8	2,32	655,9	2,60	999,4	2,86	1437,8	3,11	1979,8	3,35	2633,8	3,59	3407,7	3,92	4810,2
0,014	%14	1,42	100,5	1,78	223,2	2,10	412,8	2,41	680,6	2,69	1037,1	2,97	1492,1	3,23	2054,5	3,48	2733,2	3,72	3536,4	4,07	4991,7
0,015	%15	1,47	104,1	1,84	231,0	2,18	427,3	2,49	704,5	2,79	1073,5	3,07	1544,4	3,34	2126,6	3,60	2829,2	3,85	3660,5	4,21	5166,9
0,016	%16	1,52	107,5	1,90	238,6	2,25	441,3	2,57	727,6	2,88	1108,8	3,17	1595,1	3,45	2196,4	3,72	2921,9	3,98	3780,6	4,35	5336,4
0,017	%17	1,57	110,8	1,96	245,9	2,32	454,8	2,65	750,0	2,97	1142,9	3,27	1644,2	3,56	2264,0	3,83	3011,9	4,10	3896,9	4,48	5500,6
0,018	%18	1,61	114,0	2,01	253,1	2,38	468,0	2,73	771,8	3,06	1176,0	3,37	1691,8	3,66	2329,6	3,95	3099,2	4,22	4009,9	4,61	5660,1
0,019	%19	1,66	117,1	2,07	260,0	2,45	480,9	2,80	792,9	3,14	1208,2	3,46	1738,2	3,76	2393,5	4,05	3184,1	4,34	4119,8	4,74	5815,2
0,020	%20	1,70	120,2	2,12	266,7	2,51	493,4	2,88	813,5	3,22	1239,6	3,55	1783,4	3,86	2455,6	4,16	3266,8	4,45	4226,8	4,86	5966,3
0,021	%21	1,74	123,1	2,18	273,3	2,57	505,5	2,95	833,6	3,30	1270,2	3,64	1827,4	3,96	2516,3	4,26	3347,5	4,56	4331,2	4,98	6113,6
0,022	%22	1,78	126,0	2,23	279,8	2,64	517,4	3,02	853,2	3,38	1300,1	3,72	1870,4	4,05	2575,5	4,36	3426,3	4,66	4433,1	5,10	6257,5
0,023	%23	1,82	128,9	2,28	286,1	2,69	529,1	3,09	872,4	3,45	1329,4	3,80	1912,4	4,14	2633,4	4,46	3503,3	4,77	4532,7	5,21	6398,1
0,024	%24	1,86	131,6	2,33	292,2	2,75	540,4	3,15	891,1	3,53	1357,9	3,89	1953,6	4,23	2690,0	4,56	3578,6	4,87	4630,2	5,33	6535,7
0,025	%25	1,90	134,4	2,37	298,2	2,81	551,6	3,22	909,5	3,60	1385,9	3,97	1993,9	4,32	2745,5	4,65	3652,4	4,97	4725,7	5,44	6670,5



D, mm		300		400		500		600		700		800		900		1000		1100		1250	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,026	%026	1,94	137,0	2,42	304,1	2,86	562,5	3,28	927,5	3,67	1413,4	4,05	2033,3	4,40	2799,9	4,74	3724,8	5,07	4819,3	5,54	6802,6
0,027	%027	1,98	139,6	2,47	309,9	2,92	573,2	3,34	945,2	3,74	1440,3	4,12	2072,1	4,48	2853,2	4,83	3795,7	5,17	4911,1	5,65	6932,2
0,028	%028	2,01	142,2	2,51	315,6	2,97	583,7	3,40	962,5	3,81	1466,7	4,20	2110,1	4,57	2905,6	4,92	3865,4	5,26	5001,2	5,75	7059,4
0,029	%029	2,05	144,7	2,56	321,2	3,03	594,1	3,46	979,6	3,88	1492,7	4,27	2147,5	4,65	2957,0	5,01	3933,8	5,36	5089,7	5,85	7184,3
0,030	%030	2,08	147,2	2,60	326,7	3,08	604,2	3,52	996,3	3,95	1518,2	4,35	2184,2	4,73	3007,5	5,09	4001,0	5,45	5176,7	5,95	7307,2
0,031	%031	2,12	149,6	2,64	332,1	3,13	614,2	3,58	1012,8	4,01	1543,3	4,42	2220,3	4,81	3057,3	5,18	4067,2	5,54	5262,3	6,05	7427,9
0,032	%032	2,15	152,0	2,69	337,4	3,18	624,0	3,64	1029,0	4,07	1568,0	4,49	2255,8	4,88	3106,2	5,26	4132,2	5,63	5346,5	6,15	7546,8
0,033	%033	2,18	154,4	2,73	342,6	3,23	633,7	3,70	1045,0	4,14	1592,3	4,56	2290,8	4,96	3154,3	5,34	4196,3	5,71	5429,4	6,25	7663,8
0,034	%034	2,22	156,7	2,77	347,8	3,28	643,3	3,75	1060,7	4,20	1616,3	4,63	2325,2	5,03	3201,8	5,42	4259,4	5,80	5511,1	6,34	7779,1
0,035	%035	2,25	159,0	2,81	352,9	3,32	652,6	3,81	1076,2	4,26	1639,9	4,69	2359,2	5,11	3248,5	5,50	4321,6	5,88	5591,5	6,43	7892,6
0,036	%036	2,28	161,2	2,85	357,9	3,37	661,9	3,86	1091,4	4,32	1663,1	4,76	2392,6	5,18	3294,6	5,58	4382,9	5,97	5670,8	6,52	8004,6
0,037	%037	2,31	163,5	2,89	362,8	3,42	671,0	3,91	1106,5	4,38	1686,1	4,83	2425,6	5,25	3340,0	5,66	4443,4	6,05	5749,1	6,61	8115,0
0,038	%038	2,34	165,7	2,93	367,7	3,46	680,0	3,97	1121,3	4,44	1708,7	4,89	2458,2	5,32	3384,9	5,73	4503,0	6,13	5826,2	6,70	8223,9
0,039	%039	2,37	167,8	2,96	372,5	3,51	688,9	4,02	1136,0	4,50	1731,0	4,95	2490,3	5,39	3429,1	5,81	4561,9	6,21	5902,4	6,79	8331,4
0,040	%040	2,40	170,0	3,00	377,2	3,55	697,7	4,07	1150,5	4,56	1753,1	5,02	2522,1	5,46	3472,8	5,88	4620,0	6,29	5977,6	6,88	8437,6
0,041	%041	2,43	172,1	3,04	381,9	3,60	706,4	4,12	1164,7	4,61	1774,9	5,08	2553,4	5,53	3515,9	5,96	4677,4	6,37	6051,8	6,96	8542,4
0,042	%042	2,46	174,2	3,08	386,6	3,64	714,9	4,17	1178,9	4,67	1796,4	5,14	2584,3	5,59	3558,6	6,03	4734,1	6,45	6125,2	7,05	8645,9
0,043	%043	2,49	176,2	3,11	391,1	3,68	723,4	4,22	1192,8	4,72	1817,7	5,20	2614,9	5,66	3600,7	6,10	4790,1	6,52	6197,7	7,13	8748,3
0,044	%044	2,52	178,3	3,15	395,7	3,73	731,8	4,27	1206,6	4,78	1838,7	5,26	2645,2	5,73	3642,3	6,17	4845,5	6,60	6269,3	7,21	8849,4
0,045	%045	2,55	180,3	3,18	400,1	3,77	740,0	4,32	1220,2	4,83	1859,4	5,32	2675,0	5,79	3683,5	6,24	4900,2	6,67	6340,2	7,29	8949,4
0,046	%046	2,58	182,3	3,22	404,5	3,81	748,2	4,36	1233,7	4,89	1880,0	5,38	2704,6	5,85	3724,2	6,31	4954,4	6,75	6410,2	7,37	9048,3
0,047	%047	2,61	184,2	3,25	408,9	3,85	756,3	4,41	1247,1	4,94	1900,3	5,44	2733,8	5,92	3764,4	6,38	5007,9	6,82	6479,5	7,45	9146,1
0,048	%048	2,63	186,2	3,29	413,2	3,89	764,3	4,46	1260,3	4,99	1920,4	5,50	2762,8	5,98	3804,3	6,44	5060,9	6,89	6548,1	7,53	9242,9
0,049	%049	2,66	188,1	3,32	417,5	3,93	772,2	4,50	1273,3	5,04	1940,3	5,55	2791,4	6,04	3843,7	6,51	5113,4	6,96	6616,0	7,61	9338,7
0,050	%050	2,69	190,0	3,36	421,8	3,97	780,1	4,55	1286,3	5,09	1960,0	5,61	2819,7	6,10	3882,7	6,58	5165,3	7,03	6683,1	7,69	9433,5



D, mm		300		400		500		600		700		800		900		1000		1100		1250	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,051	%51	2,71	191,9	3,39	426,0	4,01	787,8	4,59	1299,0	5,14	1979,5	5,67	2847,8	6,16	3921,3	6,64	5216,7	7,10	6749,6	7,76	9527,4
0,052	%52	2,74	193,8	3,42	430,1	4,05	795,5	4,64	1311,7	5,19	1998,8	5,72	2875,6	6,22	3959,6	6,71	5267,6	7,17	6815,5	7,84	9620,3
0,053	%53	2,77	195,6	3,46	434,2	4,09	803,1	4,68	1324,3	5,24	2018,0	5,78	2903,1	6,28	3997,5	6,77	5318,0	7,24	6880,7	7,91	9712,4
0,054	%54	2,79	197,5	3,49	438,3	4,13	810,7	4,73	1336,7	5,29	2036,9	5,83	2930,4	6,34	4035,0	6,83	5367,9	7,31	6945,3	7,99	9803,6
0,055	%55	2,82	199,3	3,52	442,4	4,17	818,1	4,77	1349,0	5,34	2055,7	5,88	2957,4	6,40	4072,2	6,90	5417,4	7,38	7009,3	8,06	9893,9
0,056	%56	2,84	201,1	3,55	446,4	4,20	825,5	4,81	1361,2	5,39	2074,3	5,94	2984,1	6,46	4109,1	6,96	5466,4	7,44	7072,8	8,14	9983,5
0,057	%57	2,87	202,9	3,58	450,3	4,24	832,9	4,86	1373,3	5,44	2092,7	5,99	3010,7	6,52	4145,6	7,02	5515,0	7,51	7135,6	8,21	10072,2
0,058	%58	2,90	204,7	3,61	454,3	4,28	840,2	4,90	1385,3	5,49	2111,0	6,04	3037,0	6,57	4181,8	7,08	5563,2	7,57	7198,0	8,28	10160,2
0,059	%59	2,92	206,4	3,65	458,2	4,32	847,4	4,94	1397,2	5,53	2129,1	6,09	3063,0	6,63	4217,7	7,14	5611,0	7,64	7259,7	8,35	10247,4
0,060	%60	2,94	208,2	3,68	462,0	4,35	854,5	4,98	1409,0	5,58	2147,1	6,15	3088,9	6,69	4253,3	7,20	5658,3	7,70	7321,0	8,42	10333,9
0,061	%61	2,97	209,9	3,71	465,9	4,39	861,6	5,02	1420,7	5,63	2164,9	6,20	3114,5	6,74	4288,6	7,26	5705,3	7,77	7381,8	8,49	10419,6
0,062	%62	2,99	211,6	3,74	469,7	4,42	868,6	5,07	1432,3	5,67	2182,6	6,25	3139,9	6,80	4323,6	7,32	5751,8	7,83	7442,0	8,56	10504,7
0,063	%63	3,02	213,3	3,77	473,4	4,46	875,6	5,11	1443,8	5,72	2200,1	6,30	3165,2	6,85	4358,3	7,38	5798,0	7,89	7501,8	8,63	10589,1
0,064	%64	3,04	215,0	3,80	477,2	4,49	882,5	5,15	1455,2	5,76	2217,5	6,35	3190,2	6,91	4392,8	7,44	5843,9	7,96	7561,1	8,70	10672,8
0,065	%65	3,06	216,7	3,83	480,9	4,53	889,4	5,19	1466,6	5,81	2234,8	6,40	3215,0	6,96	4427,0	7,50	5889,4	8,02	7620,0	8,76	10755,8
0,066	%66	3,09	218,3	3,86	484,6	4,56	896,2	5,23	1477,8	5,85	2251,9	6,45	3239,6	7,01	4460,9	7,56	5934,5	8,08	7678,3	8,83	10838,3
0,067	%67	3,11	220,0	3,89	488,2	4,60	903,0	5,27	1488,9	5,90	2268,9	6,49	3264,1	7,07	4494,6	7,61	5979,3	8,14	7736,3	8,90	10920,1
0,068	%68	3,13	221,6	3,91	491,9	4,63	909,7	5,31	1500,0	5,94	2285,8	6,54	3288,4	7,12	4528,0	7,67	6023,7	8,20	7793,8	8,96	11001,3
0,069	%69	3,16	223,2	3,94	495,5	4,67	916,4	5,34	1511,0	5,98	2302,5	6,59	3312,5	7,17	4561,2	7,73	6067,9	8,26	7850,9	9,03	11081,9
0,070	%70	3,18	224,8	3,97	499,0	4,70	923,0	5,38	1521,9	6,03	2319,1	6,64	3336,4	7,22	4594,1	7,78	6111,7	8,32	7907,6	9,10	11161,9
0,071	%71	3,20	226,4	4,00	502,6	4,73	929,5	5,42	1532,7	6,07	2335,6	6,68	3360,1	7,27	4626,8	7,84	6155,2	8,38	7963,9	9,16	11241,3
0,072	%72	3,23	228,0	4,03	506,1	4,77	936,1	5,46	1543,5	6,11	2352,0	6,73	3383,7	7,32	4659,3	7,89	6198,4	8,44	8019,8	9,22	11320,2
0,073	%73	3,25	229,6	4,06	509,6	4,80	942,5	5,50	1554,2	6,15	2368,3	6,78	3407,1	7,37	4691,5	7,95	6241,3	8,50	8075,3	9,29	11398,5
0,074	%74	3,27	231,2	4,08	513,1	4,83	949,0	5,53	1564,8	6,20	2384,5	6,82	3430,4	7,42	4723,5	8,00	6283,9	8,56	8130,4	9,35	11476,4
0,075	%75	3,29	232,7	4,11	516,6	4,87	955,4	5,57	1575,3	6,24	2400,5	6,87	3453,5	7,47	4755,3	8,05	6326,2	8,61	8185,1	9,41	11553,6



D, mm		300		400		500		600		700		800		900		1000		1100		1250	
J	J	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn	V _d m/sn	Q _d L/sn
0,076	%76	3,31	234,3	4,14	520,0	4,90	961,7	5,61	1585,8	6,28	2416,5	6,92	3476,4	7,52	4786,9	8,11	6368,2	8,67	8239,5	9,48	11630,4
0,077	%77	3,34	235,8	4,17	523,4	4,93	968,0	5,65	1596,2	6,32	2432,3	6,96	3499,2	7,57	4818,3	8,16	6410,0	8,73	8293,6	9,54	11706,7
0,078	%78	3,36	237,3	4,19	526,8	4,96	974,3	5,68	1606,5	6,36	2448,1	7,01	3521,9	7,62	4849,5	8,21	6451,5	8,78	8347,2	9,60	11782,4
0,079	%79	3,38	238,8	4,22	530,2	4,99	980,5	5,72	1616,8	6,40	2463,7	7,05	3544,4	7,67	4880,5	8,27	6492,7	8,84	8400,6	9,66	11857,7
0,080	%80	3,40	240,4	4,25	533,5	5,03	986,7	5,75	1627,0	6,44	2479,3	7,10	3566,7	7,72	4911,3	8,32	6533,7	8,90	8453,6	9,72	11932,5
0,081	%81	3,42	241,9	4,27	536,8	5,06	992,9	5,79	1637,1	6,48	2494,7	7,14	3589,0	7,77	4941,9	8,37	6574,4	8,95	8506,2	9,78	12006,9
0,082	%82	3,44	243,3	4,30	540,1	5,09	999,0	5,83	1647,2	6,52	2510,1	7,18	3611,0	7,82	4972,3	8,42	6614,8	9,01	8558,6	9,84	12080,8
0,083	%83	3,46	244,8	4,32	543,4	5,12	1005,0	5,86	1657,2	6,56	2525,3	7,23	3633,0	7,86	5002,5	8,47	6655,0	9,06	8610,6	9,90	12154,2
0,084	%84	3,48	246,3	4,35	546,7	5,15	1011,1	5,90	1667,2	6,60	2540,5	7,27	3654,8	7,91	5032,6	8,52	6695,0	9,12	8662,3	9,96	12227,2
0,085	%85	3,50	247,8	4,38	549,9	5,18	1017,1	5,93	1677,1	6,64	2555,6	7,31	3676,5	7,96	5062,4	8,57	6734,7	9,17	8713,7	10,02	12299,8

