

UYGULAMALAR

S.1. $\gamma_s = 2.70 \text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.02 \text{ t/m}^3$, $R = 0.3 \text{ m}$, $\nu = 1.6 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $J = 0.0013$, Shields yaklaşımına göre kritik dane çapını hesaplayınız.

Çözüm:

$$Re = \sqrt{9.81 \times 0.3 \times 0.0013} \cdot D / (1.6 \times 10^{-6}) = 38659D$$

$$\psi = Fr^* = (1.02 \times 0.3 \times 0.0013) / (2.70 - 1.02)D = 2.368 \times 10^{-4} / D$$

$$D = 1 \text{ mm} \Rightarrow Re = 38659 \times 0.001 = 38.7, \quad \psi = Fr^* = 2.368 \times 10^{-4} / 0.001 = 0.237 \text{ hareket Var,}$$

$$D = 5 \text{ mm} \Rightarrow Re = 38659 \times 0.005 = 193, \quad \psi = Fr^* = 2.368 \times 10^{-4} / 0.005 = 0.047 \text{ hareket yok,}$$

$$D = 4.5 \text{ mm} \Rightarrow Re = 38659 \times 0.0045 = 174, \quad \psi = Fr^* = 2.368 \times 10^{-4} / 0.0045 = 0.053 \checkmark$$

$$D_{\text{kritik}} = 4.5 \text{ mm.}$$

S.2. Kayma Gerilmesi Yaklaşımına Göre Tabanda Hareketin Başlaması:

Verilenler: $\gamma_s = 2.6 \text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$, $D = 8 \text{ mm}$, $\nu = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, dikdörtgen kanal, genişlik 10 m, su derinliği 1.0 m

İstenen: Tam hareketin başladığı andaki (kritik) eğim.

Çözüm: $R = A/U = 10 \cdot 1 / (10 + 2) = 0.833 \text{ m}$,

$$R_e^* = \frac{\sqrt{gRJ}D}{\nu} = \frac{\sqrt{9.81} \sqrt{0.833} \sqrt{J} \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-6}} = 11437 \cdot \sqrt{J}$$

$$F_r^* = \frac{\gamma R J}{(\gamma_s - \gamma) D} = \frac{1 \cdot 0.833 \cdot J}{(2.6 - 1) \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 65.1 \cdot J$$

Kritik eğim deneme-yanılma ile bulunmalıdır.

$$J = 0.001 \Rightarrow Re^* = 362, Fr^* = 0.0651 \Rightarrow \text{Hareket var, } J = 0.0008 \Rightarrow Re^* = 323, Fr^* = 0.0521 \Rightarrow \text{Hareket yok}$$

$$J = 0.0009 \Rightarrow Re^* = 343, Fr^* = 0.0586 \Rightarrow \text{Hareket var,}$$

$$J = 0.00088 \Rightarrow Re^* = 339, Fr^* = 0.0573 \Rightarrow \text{Kritik durum. Sonuç: Kritik eğim } 0.00088 (=1/1136).$$

S.3. Kayma Gerilmesi (Shields) Yaklaşımına Göre Tabanda Hareketin Başlamasının Analizi

Verilenler: $\gamma_s = 2.6 \text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$, $D = 3 \text{ mm}$, $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $T = 20^\circ \text{C}$,

İstenenler: **a.** $J = 0.001$ ($J = 1/1000$) iken kritik durumda $R = ?$,

b. $R = 0.5 \text{ m}$ iken kritik durumda $J = ?$

Çözüm: (3.4a) $\Rightarrow R_e^* = \frac{U_* D}{\nu} = \frac{\sqrt{9.81} \sqrt{R} \sqrt{J} * 3 * 10^{-3}}{10^{-6}} = 9396 \sqrt{R} \sqrt{J}$

(3.6) $\Rightarrow \psi = F_r^* = \frac{\gamma R J}{(\gamma_s - \gamma) D} = \frac{1 * R J}{(2.6 - 1) * 3 * 10^{-3}} = 208 R J$ Şekil 3.10'da hem R_e^* hem de F_r^* R ve J'ye bağlı olduğundan, kritik değerler deneme-yanılma ile bulunmalıdır.

a. $J = 0.001 \Rightarrow R_e^* = 9396 \sqrt{R} \sqrt{J} = 297 \sqrt{R}$, $F_r^* = 208 R J = 0.208 R$

$R = 1\text{m}$ seçilirse $\psi = F_r^* = 208 \times 1 \times 0.001 = 0.208$, $R_e^* = 297 \sqrt{1} = 297$ Sonuç: Hareket Var.

$R = 0.3\text{m}$ seçilirse $F_r^* = 208 \times 0.3 \times 0.001 = 0.062$, $R_e^* = 297 \sqrt{0.3} = 163$ Sonuç: Hareket Var.

$R = 0.2\text{m}$ seçilirse $F_r^* = 208 \times 0.2 \times 0.001 = 0.042$, $R_e^* = 297 \sqrt{0.2} = 133$ Sonuç: Hareket Yok.

$R = 0.22\text{m}$ seçilirse $F_r^* = 208 \times 0.22 \times 0.001 = 0.046$, $R_e^* = 297 \sqrt{0.22} = 139$ Kritik Durum.

Sonuç: $R = R_{kr} = 0.22\text{m}$, $R > 0.22\text{ m} \Rightarrow \text{HAREKET VAR}$, $R < 0.22\text{ m} \Rightarrow \text{HAREKET YOK}$

b. $R = 0.5\text{m} \Rightarrow R_e^* = 9396 \sqrt{0.5} \sqrt{J} = 6644 \sqrt{J}$, $F_r^* = 208 \times 0.5 \times J = 104 J$

$J = 0.0002$ seçilirse $R_e^* = 6644 \sqrt{0.0002} = 94$, $F_r^* = 104 \times 0.0002 = 0.0208 \Rightarrow \text{Hareket Yok.}$

$J = 0.0005$ seçilirse $R_e^* = 6644 \sqrt{0.0005} = 149$, $F_r^* = 104 \times 0.0005 = 0.052 \Rightarrow \text{Hareket Var.}$

$J = 0.00045$ seçilirse $R_e^* = 6644 \sqrt{0.00045} = 141$, $F_r^* = 104 \times 0.00045 = 0.047$ Kritik Durum.

Sonuç: $J = J_{kr} = 0.00045 = (1/2222)$, $J > 0.00045 \Rightarrow \text{HAREKET VAR}$, $J < 0.00045 \Rightarrow \text{HAREKET YOK}$

S.4. Hız (Yang) Yaklaşımına Göre Tabanda Hareketin Başlaması:

Verilenler: $\gamma_s = 2.65\text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.0\text{ t/m}^3$, $\nu = 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$, $T = 20^\circ\text{C}$, $R = 1.0\text{ m}$,

İstenenler: **a.** $J = 0.002$ (1/500), $D = 0.3\text{ mm}$ iken $V_{kr} = ?$

b. $J = 0.05$ (1/20), $D = 0.3\text{ mm}$ iken $V_{kr} = ?$, **c)** $J = 0.05$ (1/20), $D = 1\text{ mm}$ iken $V_{kr} = ?$

Çözüm: $D = 0.3\text{ mm}$, $T = 20^\circ\text{C} \Rightarrow T.3.2$ $w_f = 4\text{ cm/s} = 0.04\text{ m/s}$,

$U_* = \sqrt{g R J} = \sqrt{9.81 \times 1} \sqrt{J} = 3.132 \sqrt{J}$

a. $J = 0.002 \Rightarrow U_* = 3.132 \sqrt{J} = 3.132 \sqrt{0.002} = 0.140\text{ m/sn}$

$\frac{U_* D}{\nu} = \frac{0.140 \times 3 \times 10^{-4}}{10^{-6}} = 42$, $1.2 < \frac{U_* D}{\nu} < 70 \Rightarrow$

(3.8a) $\Rightarrow \frac{V_{kr}}{0.04} = \frac{2.5}{\log(42) - 0.06} + 0.66 = 2.259 \Rightarrow V_{kr} = 0.090\text{ m/sn}$,

$V > 0.09\text{ m/sn} \Rightarrow \text{HAREKET VAR}$, $V < 0.09\text{ m/s} \Rightarrow \text{HAREKET YOK}$

b. $J = 0.05 \Rightarrow U_* = 3.132 \sqrt{J} = 3.132 \sqrt{0.05} = 0.70\text{ m/sn}$

$\frac{U_* D}{\nu} = \frac{0.70 \times 3 \times 10^{-4}}{10^{-6}} = 210 > 70$, (3.8b) $\Rightarrow \frac{V_{kr}}{0.04} = 2.05 \Rightarrow V_{kr} = 0.082\text{ m/sn}$ Sonuç: $J \uparrow \Rightarrow V_{kr} \downarrow$

c. $J = 0.05$, $D = 1\text{ mm} \Rightarrow V_f = 0.15\text{ m/sn}$, $\frac{U_* D}{\nu} = 700 \Rightarrow \frac{V_{kr}}{0.15} = 2.05 \Rightarrow V_{kr} = 0.3075\text{ m/sn}$.

Sonuç: $D \uparrow \Rightarrow V_{kr} \uparrow$

S.5. Du Boys Formülüne Göre Sürüntü Maddesi Debisi Hesabı:

Verilenler: $\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$, $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, $B = 8.0 \text{ m}$, $y = 0.8 \text{ m}$, dikdörtgen kanal,

İstenenler: $q_s = ?$, $Q_s = ?$,

a. $J = 1/50$, $D = 0.57 \text{ mm}$, **b.** $J = 1/5$, $D = 0.57 \text{ mm}$, **c.** $J = 1/5$, $D = 4 \text{ mm}$

Çözüm: $R = A/U = 8 * 0.8 / (8 + 2 * 0.8) = 0.667 \text{ m}$

$$\mathbf{a.} \quad \tau = \tau_0 = \gamma R J = 1 * 0.667 * 0.02 = 0.0133 \text{ t/m}^2 = 13.33 \text{ kg/m}^2$$

$$D = 0.57 \text{ mm} \Rightarrow \text{T.4.1} \quad \tau_k = 0.1184 \text{ kg/m}^2, \quad \psi' = 0.0279 \text{ m}^3/\text{kg/s}$$

$$(4.9) \text{ eşitliği} \Rightarrow q_s = \psi' \tau (\tau - \tau_k) = 0.0279 * 13.33 (13.33 - 0.1184) = 4.91 \text{ kg/s/m}, \quad Q_s = 491 * 8 = 39.3 \text{ kg/s}$$

$$\mathbf{b.} \quad \tau = 1 * 0.667 * 0.2 = 0.133 \text{ t/m}^2 = 133.33 \text{ kg/m}^2,$$

$$q_s = 0.0279 * 133.33 (133.33 - 0.1184) = 495.5 \text{ kg/s/m}, \quad Q_s = 3964 \text{ kg/s} \quad (\mathbf{a} \Rightarrow \mathbf{b}) \Rightarrow J \uparrow \Rightarrow q_s \uparrow, Q_s \uparrow$$

$$\mathbf{c.} \quad D = 4 \text{ mm} \Rightarrow \text{T.3.3} \quad \tau_k = 0.440 \text{ kg/m}^2, \quad \psi' = 0.006 \text{ m}^3/\text{kg/s}$$

$$q_s = 0.006 * 133.33 (133.33 - 0.44) = 106.3 \text{ kg/s/m}, \quad Q_s = 850.5 \text{ kg/s} \quad (\mathbf{b} \Rightarrow \mathbf{c}) \Rightarrow D \uparrow \Rightarrow q_s \downarrow, Q_s \downarrow$$

S.6. Sürüntü Malzemesi Debinin Hesabı:

Verilenler: $D = 0.5 \text{ mm}$, $J = 0.005$, $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, $B = 5.0 \text{ m}$, dikdörtgen kanal, $\gamma_s = 2.6 \text{ t/m}^3$,

$\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$, $\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $R = 0.8 \text{ m}$, $n'/n = 0.9$

İstenen: Sürüntü malzemesi debisini (Q_s) **a.** Schoklitsch **b.** Meyer- Peter – Müller'e göre hesaplayınız.

$$\mathbf{Çözüm:} \quad q = Q/B = 10/5 = 2.0 \text{ m}^3/\text{s/m}$$

$$\mathbf{a.} \quad \text{Schoklitsch formülü: (4.10)} \Rightarrow q_s = \frac{7000}{D^{0.5}} J^{1.5} \left(q - 1.94 * 10^{-5} \frac{D}{J^{4/3}} \right)$$

$$q_s = \frac{7000}{(0.5)^{0.5}} * 0.005^{1.5} * \left(2 - 1.94 * 10^{-5} \frac{0.5}{(5 * 10^{-3})^{4/3}} \right) = 6.96 \text{ kg/s/m}$$

$$q_s = 6.96 * 10^{-3} \text{ t/s/m} \Rightarrow Q_s = q_s * B = 5 * 6.96 * 10^{-3} = 0.0348 \text{ t/s}$$

$$Q_s = 0.0348 / 2.6 = 0.0134 \text{ m}^3/\text{s}$$

b. Meyer - Peter – Müller Formülü:

$$(4.11a) \Rightarrow q_s = \left[\frac{\left(\frac{Q_t}{Q} \right) \left(\frac{n'}{n} \right) \gamma R J - 0.047 (\gamma_s - \gamma) D}{0.25 (\rho)^{1/3} (\gamma_s - \gamma)^{2/3}} \right]^{1.5} =$$

$$\left[\frac{1 * 0.9 * 1000 * 0.8 * 0.005 - 0.047 (2600 - 1000) * 5 * 10^{-4}}{0.25 \left(\frac{1000}{9.81} \right)^{1/3} (2600 - 1000)^{2/3}} \right]^{1.5} = 3.33 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m},$$

$$Q_s = 3.33 * 10^{-3} * 5 = 0.0166 \text{ m}^3/\text{s}$$

S.7. Askı Malzemesi Debisinin Hesabı:

Verilenler: $D = 0.2 \text{ mm}$, $R = 1.2 \text{ m}$, $J = 0.003$, $T = 20^\circ\text{C}$, $Q = 20 \text{ m}^3/\text{s}$, $\gamma_s = 2.6 \text{ t/m}^3$, $B = 10 \text{ m}$, $V = 0.1 \text{ m/s}$.

İstenen: Askı malzemesi taşınım debisini **a.** Şentürk'e, **b.** Wu'ya göre hesaplayınız.

Çözüm: $D = 0.2 \text{ mm} \Rightarrow T.3.3 \quad \tau_{kr} = 0.082 \text{ kg/m}^2$, $T = 20^\circ\text{C} \Rightarrow W_f = 2.3 \text{ cm/s}$.

a. Şentürk Formülü:

$$(4.19) \Rightarrow q_a = \left(\frac{\gamma_s^{1.5} D^{1.5}}{313.805} \right) \left(\frac{\gamma R J}{\gamma_s D} \right)^{1.49} = \left(\frac{2600^{1.5} (2 \cdot 10^{-4})^{1.5}}{313.805} \right) \left(\frac{1000 \cdot 1.2 \cdot 0.003}{2600 \cdot 2 \cdot 10^{-4}} \right)^{1.49} = 0.0213 \text{ kg/s/m}$$

$$Q_a = q_a \cdot B = 0.0213 \cdot 10 = 0.213 \text{ kg/s} = 0.213 \cdot 10^{-3} \text{ t/s} = 0.213 \cdot 10^{-3} / 2.6 = 8.19 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}.$$

b. Wu Formülü: $\tau_{ort} = \gamma R J = 1000 \cdot 1.2 \cdot 0.003 = 3.6 \text{ kg/m}^2$,

$$(4.20) \Rightarrow Q_a = 0.0000262 \left[\left(\frac{\tau_{ort}}{\tau_{kr}} - 1 \right) \frac{V}{W} \right]^{1.74} = 0.0000262 \left[\left(\frac{3.6}{0.082} - 1 \right) \frac{0.1}{0.023} \right]^{1.74} \Rightarrow 0.234 \text{ m}^3/\text{s}$$

S.8. Toplam Katı Madde Debisinin Hesabı:

Verilenler: $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3$, $\gamma = 1.0 \text{ t/m}^3$, $D = D_{50} = 0.4 \text{ mm}$, $R = h = 1.5 \text{ m}$, $V = 1.2 \text{ m/s}$, $J = 0.001$, $v = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $B = 25 \text{ m}$, $w_f = 5 \text{ cm/s} = 0.05 \text{ m/s}$, $V_{kr} = 0.11 \text{ m/s}$, Dikdörtgen Kanal,

İstenen : Toplam katı madde debisini, **a.** Engelund ve Hansen'e, **b.** Acaroğlu'na göre hesaplayınız.

Çözüm: $Q = BhV = 25 \cdot 1.5 \cdot 1.2 = 45 \text{ m}^3/\text{s}$,

$$\text{a. Engelund ve Hansen: (4.21) eşitliği} \quad q_t = \frac{\left[\frac{\gamma R J}{D_{50} (\gamma_s - \gamma)} \right]^{2.5}}{196.2 \frac{J h}{V_{ort}^2}} * \left[\gamma_s \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) g D_{50}^3 \right]^{0.5} \Rightarrow$$

$$q_t = \frac{\left[\frac{1000 \cdot 1.5 \cdot 0.001}{4 \times 10^{-4} (2650 - 1000)} \right]^{2.5}}{196.2 \frac{(10^{-3} \cdot 1.5)}{1.2^2}} * \left[2650 \left(\frac{2650 - 1000}{1000} \right) 9.81 \cdot (4 \cdot 10^{-4})^3 \right]^{0.5} = 0.063 \text{ m}^3/\text{s/m},$$

$$Q_t = q_t \cdot B = 0.063 \cdot 25 = 1.58 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$\text{b. Acaroğlu: (4.25) eşitliği} \quad C = 10^6 \left(\frac{21.44 D_{50}^{1.5}}{R V} \right) \left(\frac{J R}{D_{50}} \right)^{2.52} = 10^6 \left(\frac{21.44 (4 \cdot 10^{-4})^{1.5}}{1.5 \cdot 1.2} \right) \left(\frac{10^{-3} \cdot 1.5}{4 \cdot 10^{-4}} \right)^{2.52} = 2664$$

$$C = 2664 \text{ ppm} = 2664 \text{ gr/m}^3, \quad Q_t = Q C = 45 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 2664 \text{ gr/m}^3 = 120000 \text{ gr/s},$$

$$Q_t = 0.12 \text{ t/s} = 0.12 / 2.65 = 0.0452 \text{ m}^3/\text{s}.$$

S.9. Baraj Yüksekliğinin Hesabı:

Havza alanı 800 km^2 olan bir akarsuyun yıllık ortalama debisi $18.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 'dir. Akarsuyun debisi (Q , m^3/s) ile sediment debisi (Q_s , $\text{m}^3/\text{gün}$) arasında $Q_s = 3.2 \cdot Q^{1.82}$ şeklinde bir ilişki vardır. Akarsuda yapılacak olan bir barajın faydalı (net) göl (rezervuar) hacmi, 1 yıllık toplam su tüketimi kadar olacaktır. Akarsudan yılda ortalama $2.3 \text{ m}^3/\text{s}$ su enerji, $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ su ise içme ve kullanma maksadıyla, ayrıca 4 ay süreyle ortalama $3.6 \text{ m}^3/\text{s}$ sulama için kullanılacaktır. Rezervuara gelen sedimentin %80'i rezervuarda birikecektir. Rezervuar alanının yükseklik - alan verileri aşağıda verilmiştir. Hava payını 4.0 m alarak, ekonomik ömrü 100 yıl olarak planlanan barajın yüksekliğini hesaplayınız.

Yükseklik (m)	0	12	16	24	30	36	42	50	60
Alan (10^6 m^2)	0	3	7	11	17	24	34	60	75

Çözüm:

Ara hacim ΔV (10^6 m^3)	0	18	20	72	84	123	174	376	675	
Toplam hacim (10^6 m^3)	0	18	38	110	194	317	491	867	1542	

Ardışık iki kot arasındaki göl hacimleri, yaklaşık olarak (değişimlerin doğrusal olduğu kabulüyle) $\Delta V = \Delta h \cdot (A_1 + A_2)/2$ eşitliğinden belirlenir. Bu şekilde bulunan hacimler toplanarak her kottaki hacim bulunmuş ve aşağıdaki tabloda verilmiştir. Örnek olarak, ilk 2 derinlik için hesaplar şöyledir:

$$\Delta h = 12 \text{ m}, \Delta V_1 = 12 \cdot (3 + 0)/2 = 18 \cdot 10^6 \text{ m}^3, \Delta V_2 = 6 \cdot (3 + 7)/2 = 30 \cdot 10^6 \text{ m}^3,$$

$$\text{Ölü hacim} = 0.80 \cdot 3.2 \cdot 18.3^{1.82} \cdot 365 \cdot 100 = \underline{18\,543\,590 \text{ m}^3},$$

$$\text{Faydalı (aktif) hacim} = (2.3 + 1.8) \cdot 365 \cdot 86400 + (4/12) \cdot 3.6 \cdot 365 \cdot 86400 = \underline{167\,140\,800 \text{ m}^3},$$

Toplam hacim = $18\,543\,590 + 167\,140\,800 \text{ m}^3 = \underline{185\,684\,390 \text{ m}^3}$ olarak elde edilir. Bu hacme karşılık gelen baraj yüksekliği enterpolasyonla $h = 29.4 \text{ m}$ olarak elde edilir. Bu değere hava payı olan 4.0 m eklendiğinde baraj yüksekliği $29.4 + 4 = \underline{33.4 \text{ m}}$ olarak elde edilir.

S.10. Baraj Yüksekliğinin Belirlenmesi:

Havza alanı 2600 km^2 olan ve her yıl km^2 'sinden 300 m^3 katı madde taşınan bir akarsu üzerinde yapılacak barajın gölüne bu katı maddelerin %75'i gelmekte ve gelenlerin % 85'i gölde tutulmaktadır. 80 yıl ekonomik ömürlü bu barajın ölü hacmini bulunuz. Baraj gölünde tesviye eğrilerinin çevrelediği alanlar tabloda verildiğine göre Kot-Alan-Hacim Eğrilerini çizin ve baraj yüksekliğini belirleyiniz. Barajda hava payı 3 m ve faydalı (aktif) hacim 460 milyon m^3 olarak verilmiştir.

Kot (m)	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Alan (10^6 m^2)	0	2	5	9	15	25	37	55	75

Çözüm:

Barajın ekonomik ömrü içinde göl alanında toplanacak katı madde hacmi (ölü hacim) şöyle hesaplanır.

$$V_d = 300 * 2600 * 80 * 0.75 * 0.85 = 3.98 * 10^7 m^3 \cong 40 * 10^6 m^3 ,$$

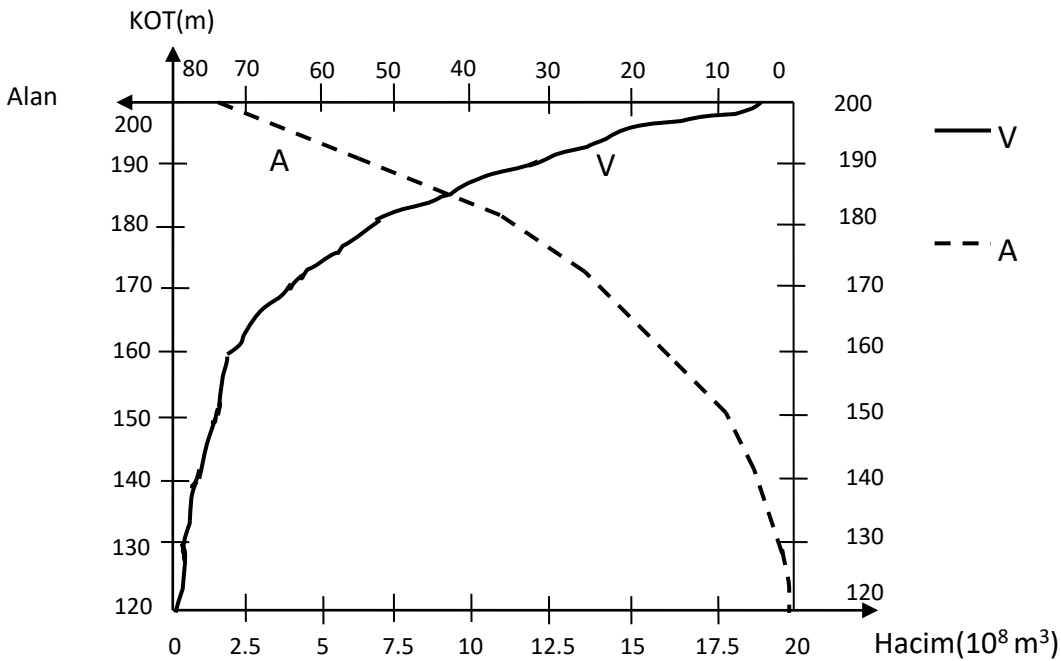
Toplam hacim ise ; $(460 + 40) * 10^6 = 500 * 10^6 m^3$ 'tür.

Diğer taraftan ardışık iki kot arasındaki göl hacimleri, yaklaşık olarak (değişimlerin doğrusal olduğu kabulüyle) $\Delta V = \Delta h * (A_1 + A_2) / 2$ eşitliğinden belirlenir. Burada A_1 ve A_2 , 1 ve 2 kotlarındaki alanlar, Δh ise bu seviyeler arasındaki kot farkıdır. Bu şekilde bulunan hacimler toplanarak her kottaki hacim bulunmuş ve aşağıdaki tabloda verilmiştir. Örnek olarak, ilk 2 derinlik için hesaplar şöyledir:

$$\Delta h = 10 \text{ m}, \Delta V_1 = 10 * (2 + 0) / 2 = 10 * 10^6 m^3, \Delta V_2 = 10 * (2 + 5) / 2 = 35 * 10^6 m^3,$$

Kot (m)	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Alan ($10^6 m^2$)	0	2	5	9	15	25	37	55	75
Ara hacim ΔV ($10^6 m^3$)	0	10	35	70	120	200	310	460	650
Toplam hacim ($10^6 m^3$)	0	10	45	115	235	435	745	1205	1855

Toplam hacim olan $500 * 10^6 m^3$ 'e karşı gelen kot tablo değerinden enterpolasyonla 172.1 m bulunur. Ayrıca 3 m hava payı bırakılacağından barajın üst kotu 175.1 m olur. Taban kotu 120 m olduğuna göre baraj yüksekliği $175.1 - 120 = 55.1$ m bulunur.



S.11. Haznede Ölü Hacmin Ampirik Formül İle Bulunması:

Havza alanı 1200 km^2 olan bir barajın toplam hazne (rezervuar) hacmi 230 milyon m^3 olacaktır. 100 yıl ekonomik ömürlü olacak bu barajın ölü hacmini ve faydalı hacmini bulunuz. $\gamma_s = 2.65 \text{ t/m}^3$.

Çözüm:

Bir yılda baraj kesitine gelecek katı madde miktarı $G = 1421 * A^{-0.229}$ bağıntısından

$$G = 1421 * A^{-0.229} = 1421 * 1200^{-0.229} = 280 \text{ m}^3 / \text{km}^2 / \text{yıl} = 280 * 2.65 = 742 \text{ t} / \text{km}^2 / \text{yıl} \text{ bulunur.}$$

Haznede her yıl teşekkül edecek hacim azalması yüzde olarak;

$$R = 0.0002 * G^{0.95} \left(\frac{A}{V} \right)^{0.80} = 0.0002 * 742^{0.95} * \left(\frac{1200 * 10^6}{230 * 10^6} \right)^{0.8} = 0.4 \text{ elde edilir. } \%0.4 = 0.004 \text{ yazılarak } 1$$

yılda ortaya çıkacak hacim kaybı; $R * V = 0.004 * 230 * 10^6 = 0.92 * 10^6 \text{ m}^3$ ve 100 yıldaki hacim kaybı ise

$$100 * 0.92 * 10^6 = 92 * 10^6 \text{ m}^3 \text{ olarak elde edilir.}$$

Bu değer ölü hacimdir. Faydalı (aktif) hacim ise toplam hacimden ölü hacmin çıkarılması ile

$$(230 - 92) * 10^6 = 138 * 10^6 \text{ m}^3 \text{ olarak elde edilir.}$$

S.12. Baraj Haznesinde Ölü Hacim ve Baraj Yüksekliğinin Hesabı:

Havza alanı 600 km^2 olan bir haznenin toplam hacmi $170 * 10^6 \text{ m}^3$, katı maddenin özgül ağırlığı 2.65 t/m^3 'tür. Ekonomik ömrü 90 yıl olarak planlanan barajın ölü hacmini ve faydalı hacmini hesaplayınız.

Hazne hacmi ($V, 10^6 \text{ m}^3$) ve su derinliği (h, m) arasında $V = 2h^{1.1}$ şeklinde bir ilişki olduğuna göre, hava payını 2.5 m alarak baraj yüksekliğini hesaplayınız.

Çözüm: Bir yılda baraj kesitine gelecek katı madde miktarı

$$G = 1421 * A^{-0.229} = 1421 * 600^{-0.229} = 328 \text{ m}^3 / \text{km}^2 / \text{yıl} = 328 * 2.65 = 870 \text{ t} / \text{km}^2 / \text{yıl} \text{ bulunur.}$$

Haznede her yıl meydana gelecek hacim azalması yüzde olarak

$$R = 0.0002 * G^{0.95} * \left(\frac{A}{V} \right)^{0.80} = 0.0002 * 870^{0.95} * \left(\frac{600 * 10^6}{170 * 10^6} \right)^{0.80} = \%0.34 = 0.0034$$

$$V_{\text{ölü}} = 0.0034 * 170 * 10^6 * 90 = 52.02 * 10^6 \text{ m}^3, V_{\text{faydalı}} = 10^6 * (170 - 52.02) = 117.98 * 10^6 \text{ m}^3$$

$$V = 170 = 2h^{1.1} \Rightarrow \text{Su derinliği } h = 56.76 \text{ m ve buna hava payı eklenerek baraj yüksekliği ise}$$

$$56.76 + 2.5 = 59.26 \text{ m olarak bulunur.}$$

S.13. Konsantrasyon Profili Yardımıyla Birim Genişlikteki Askı Maddesi Debisinin Hesabı:

Çeşitli Derinliklerdeki (d, m) su hızı profili ve askı maddesi konsantrasyon profili aşağıda verilen bir akarsuda birim genişlikten geçen askı maddesi debisini bulunuz.

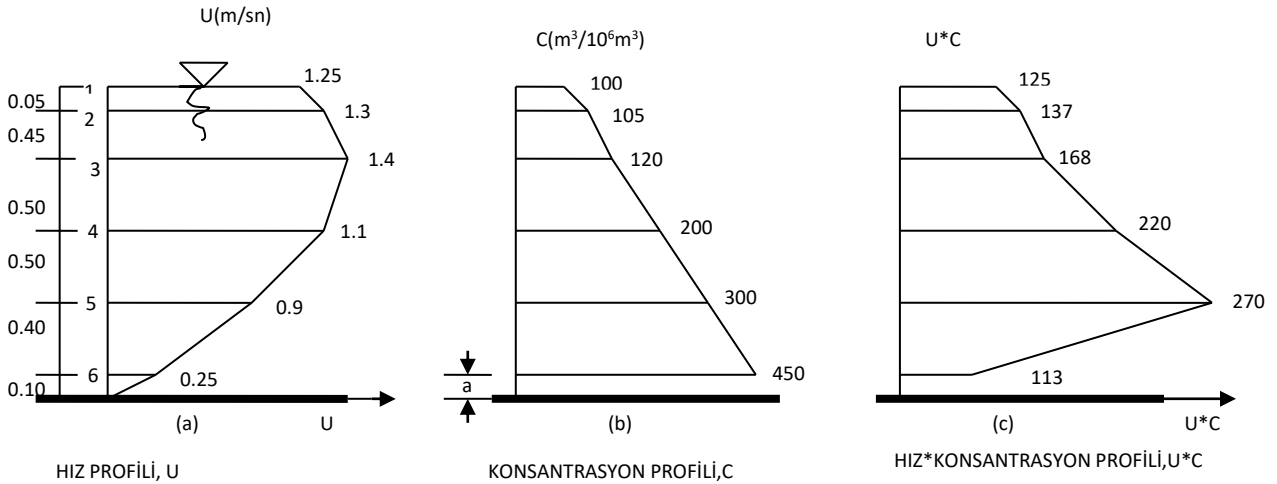
d (m)	0.0	0.05	0.50	1.0	1.5	1.9
C (m ³ /10 ⁶ m ³)	100	105	120	200	300	450
U (m/s)	1.25	1.30	1.40	1.1	0.9	0.25
Çözüm:						
U*C	125	137	168	220	270	113

Birim genişlikten geçen askı maddesi debisi $q_i = \int_{y=a}^h C_i U_i dy \approx \bar{V} \bar{C} h$ 'dir (6.2 eşitliği). Her noktanın hızı o

noktadaki konsantrasyonla çarpılarak U*C profili bulunmuş ve şekilde gösterilmiştir. U*C değerlerinin derinlik (y) boyunca a dan h değerine kadar integrali şekildeki trapez alanların toplamına eşittir. Böylece birim genişlikten geçen askı maddesi debisi şöyle bulunur.

$$q_a = \left(\frac{113+270}{2} 0.4 + \frac{270+220}{2} 0.5 + \frac{220+168}{2} 0.5 + \frac{168+137}{2} 0.45 + \frac{137+125}{2} 0.05 \right) \times 10^{-6} = 371.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m}$$

Dolayısıyla birim genişlikten geçen askı maddesi debisi $q_a = 371.3 \times 10^{-6} \text{ m}^3 / \text{s} / \text{m} = 371.3 \text{ cm}^3 / \text{s} / \text{m}$ ' dir.



S.14. Bir Akarsu Kesitinden Geçen Toplam Askı Maddesi Debisinin Hesabı:

Trapez en kesitli bir akarsuyun taban genişliği 60 m, şev eğimleri 1/3 ve su derinliği 2 m'dir. Tabanın orta ve uç noktalarında seçilen düşeylerdeki ortalama hız ve askı maddesi konsantrasyonları aşağıda verildiğine göre kesitten geçen toplam askı maddesi debisini bulunuz.

	Ort. Hız (V, m/s)	Konsantrasyon C	
		kg/m ³	mg/l (ppm)
Tabanın uç noktalarındaki düşeylerde	1.1	0.4	400
Tabanın ortasındaki düşeyde	1.4	0.6	600

Çözüm: Şekilde gösterildiği gibi her düşeyde birim genişlikten geçen askı maddesi debisi

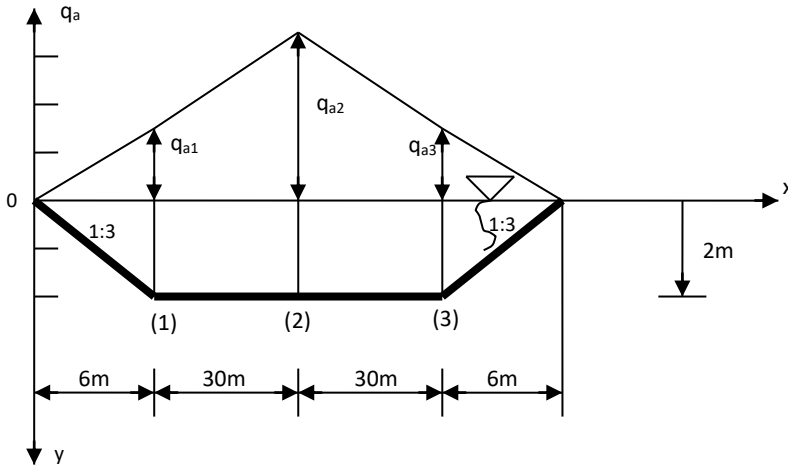
$q_a = V \cdot h \cdot \bar{C}$ eşitliğinden bulunabilir. Burada V ortalama hız, h su derinliği ve $\bar{C}$ ortalama askı maddesi konsantrasyonudur. Böylece 1 ve 3 düşeylerinde

$$q_{a1} = V_1 \cdot h_1 \cdot \bar{C}_1 = 1.1 \cdot 2 \cdot 0.40 = 0.88 \text{ kg/s/m}, \quad q_{a3} = V_3 \cdot h_3 \cdot \bar{C}_3 = 1.1 \cdot 2 \cdot 0.40 = 0.88 \text{ kg/s/m}$$

$$2 \text{ kesitinde } q_{a2} = V_2 \cdot h_2 \cdot \bar{C}_2 = 1.4 \cdot 2 \cdot 0.6 = 1.68 \text{ kg/s/m}$$

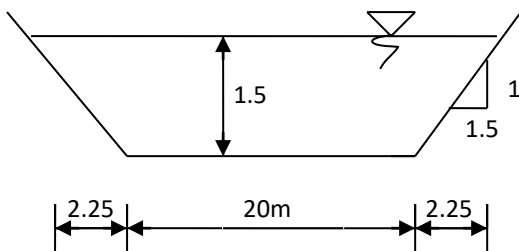
şeklinde askı maddesinin birim genişlik debileri elde edilir. Bu değerler en kesitin düşey eksenleri üzerinde şematik olarak gösterilir ve ortaya çıkan kapalı alan hesaplanırsa, bu en kesit boyunca askı maddesinin entegrasyonu olan askı maddesi miktarını verir. Bu miktar, q_{a1} , q_{a2} ve q_{a3} değerlerine bağlı olarak

$$Q_a = 6 \frac{0.88}{2} + 30 \frac{0.88 + 1.68}{2} + 30 \frac{0.88 + 1.68}{2} + 6 \frac{0.88}{2} = 82.08 \text{ kg/s} \text{ bulunur.}$$



Akarsu Enkesiti ve Birim Genişlik Askı Maddesi Debisi.

S.15. Bir akarsuyun, günlük askıda sediment miktarı Q_s (ton/gün) ile günlük debi Q (m^3/s) arasındaki denklemin katsayıları $a = 1.31$, $b = 1.77$ 'dir. Trapez kesitli olan akarsuyun taban genişliği 20 m, şev eğimleri 1/1.5 ve su derinliği 1.5 m'dir. Taban eğimi 1/100, Manning katsayısı $k = 1/n = 50$ ve sediment daneciklerinin özgül ağırlıkları 2.6 t/m^3 olduğuna göre, sediment debisini m^3/s ve konsantrasyonu ppm olarak hesaplayınız.



Çözüm: 6.4 eşitliği: $Q_s = aQ^b$, $a = 1.31$, $b = 1.77 \Rightarrow Q_s = 1.31 * Q^{1.77}$

$$A = (24.5 + 20) / 2 * 1.5 = 33.375 m^2, \quad U = 20 + 2\sqrt{2.25^2 + 1.5^2} = 25.408 m$$

$$R = 33.375 / 25.408 = 1.314 m, \quad Q = 50 * 0.01^{0.5} * 33.375 * 1.314^{2/3} = 200.1 m^3 / s,$$

$$Q_s = 1.31 * Q^{1.77} = 15512 t / gün = 15512 / 86400 = 0.180 t / s = 0.180 / 2.6 = 0.069 m^3 / s,$$

$$C (gr / m^3) * 200.1 m^3 / s * 86400 s = 15512 * 10^6 gr \Rightarrow C = 897.2 gr / m^3 = 897.2 ppm$$

S.16. Taban genişliği 30 m olan dikdörtgen kesitli bir akarsu, 10'ar m genişliğinde 3 eşit dilime (Kesit I, II, ve III) bölünmüş ve her dilimin ortasındaki düşeyde farklı derinliklerden sediment numunesi alınmıştır. Her 3 kesitte ölçülen tabandan yükseklik (y, m), noktasal hız (U, m/s) ve konsantrasyon (C, $m^3/10^6 m^3$) değerleri aşağıda verilmiştir.

a. Her üç kesitte de birim genişlikten geçen katı madde debilerini ayrı ayrı hesaplayınız.

Çözüm:

Kesit	y	0.05	0.6	0.9	1.2	1.6
I	U	0.20	0.65	0.80	1.10	1.05
	C	1 500	800	400	150	100
	U*C	300	520	320	165	105
II	U	0.25	0.80	1.00	1.20	1.10
	C	2 000	1 000	550	200	130
	U*C	500	800	550	240	143
III	U	0.22	0.68	0.83	1.02	1.00
	C	1 600	850	450	180	110
	U*C	352	578	374	184	110

$$q_{a1} = \frac{1}{2} [0.55(300 + 520) + 0.3(520 + 320) + 0.3(320 + 165) + 0.4(165 + 105)] * 10^{-6} = 478 * 10^{-6} m^3 / s / m$$

$$q_{a2} = \frac{1}{2} [0.55(500 + 800) + 0.3(800 + 550) + 0.3(550 + 240) + 0.4(240 + 143)] * 10^{-6} = 755 * 10^{-6} m^3 / s / m$$

$$q_{a1} = \frac{1}{2} [0.55(352 + 578) + 0.3(578 + 374) + 0.3(374 + 184) + 0.4(184 + 110)] * 10^{-6} = 541 * 10^{-6} m^3 / s / m$$

b. Kesit I, II ve III'ten geçen birim genişlik debilerini sırasıyla $500 * 10^{-6}$, $680 * 10^{-6}$ ve $530 * 10^{-6} m^3/s/m$ kabul ederek tüm kesitten geçen toplam katı madde debisini kg/s olarak hesaplayınız, daneciklerin özgül ağırlığı $2.6 t/m^3$ 'tür.

Çözüm:

$$Q = 10 * (500 + 680 + 530) = 17100 * 10^{-6} m^3 / s = 17100 * 10^{-6} m^3 / s * 2.6 t / m^3 = 0.0444 t / s = 44.46 kg / s$$