

“MIT Açık Ders Malzemeleri

<http://ocw.mit.edu>

12.163./12.463 Yeryüzü Süreçleri ve Yüzey Şekillerinin Evrimi

2004 Güz

Bu materyallerden alıntı yapmak veya Kullanım Şartları hakkında bilgi almak için

<http://ocw.mit.edu/terms> ve <http://tuba.acikders.org.tr> sitesini ziyaret ediniz.”

## VI. Erozyonel Kanal Şebekeleri

### A. Plan Görünüm Şebeke Özellikleri

Dendritik kanal şebekesi en yaygın ölçek değişmezlerindedir.

Diğer kanal yapıları (kafes, dairesel örüntü vb.) litolojik ve yapısal kontrole sahiptir.

$D_d$  = Drenaj yoğunluğu

$$D_d = \frac{\sum l}{A} [m^{-1}]$$

$$A_c \propto x_c^2$$

$$\frac{1}{\lambda} \propto \frac{1}{2x_c}$$

$\lambda$  = kanallar arası boşluk

$$D_d = f(x_c) \Rightarrow \text{litoloji, iklim, tektonik}$$

### Drenaj Ağlarını Ölçeklendirme Kanunları

Hack's kuralı (1957):

Bir kanal uzunluğu drenaj alanına bağlıdır.

$$l \propto A^{0.52-0.67}$$

$$l \propto A^{0.6}$$

$$A = k_a x^h \quad x = \text{nehir boyunca uzunluk, } h = 1.67$$

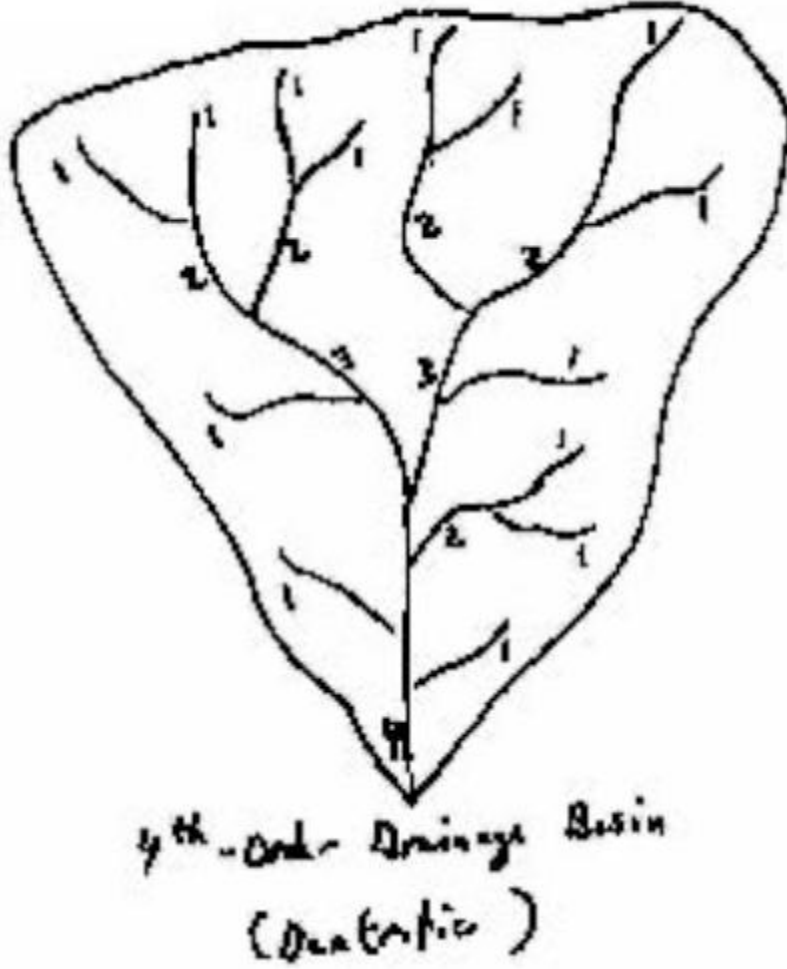
Horton's kuralı

Kanalların miktarı, uzunluğu ve alanı tümüyle tekdüze geometrik bir gelişim içinde büyümektedir.

W = kanal düzeni

İkinci düzey kanal – iki yada daha fazla birincil kanallar birleşir

Üçüncü düzey kanal – iki yada daha fazla ikincil kanallar birleşir



Dere sayısı (çatallanma oranı) :

$$Rn = Rb = \frac{n_w}{n_{w+1}} = \text{sabit (3-5) 4} \quad - \quad \text{işaret/simge : (değer kümesi) modu}$$

Dere alanları :

$$Ra = \frac{\bar{a}_{w+1}}{\bar{a}_w} = \text{sabit (3-6) 4}$$

Dere segment uzunlukları:

$$Rl = \frac{\bar{l}_w + 1}{\bar{l}_w} = \text{sabit (1.5-3) 2}$$

## **B. Kanal Boyuna Profiller (Ampirik/Deneysel)**

1960, 1970'lerin istatistiksel ampirik çalışmaları ne tür eşitliklerin uzun profilleri tanımladığı sorusunu sorarlar.

Birçok araştırmacı Güç Yasası  $Z^{\infty}x^b$ , logaritmik, yarı-log, üslü değerlerin çalışmalarında en iyi kanal profillerini oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın arkasındaki düşünce : dere aşağı  $Q_w$  değeri artar = daha çok taşınım kapasitesi/erozyonun etkisi = daha az kanal eğimi

Problem : Havza şekli  $Q_w$  ve  $x$  arasındaki bağıntıyı kontrol eder.

$$Q_w = k_q A^c, \quad 0.7 \leq c \leq 1,$$

Süzülme sonucu kayıp, düzensiz yağış ve taşkın ovası birikiminden dolayı  $c < 1$ 'dir.

Hack kuralı ile birleştirirsek;

$$A = k_a x^h; \quad k_a = 6.69, \quad h = 1.667$$

$$Q_w = k_q k_a^c x^{hc}$$

Bu nedenle, belirgin olmadıkça farklı şekle sahip havzalar birbirinden çok farklı nehir profilleri oluşturur.

Flint (1974) havza şekli problemini ortadan kaldırarak (aşağı yukarı) bu tartışmayı çözmüştür

Flint'in kuralı,  $S$  ve  $A$  arasındaki Güç kuralıdır.

$$S = k_s A^{-\theta}$$

$k_s$  = Yükseklik indeksi,  $\theta$  = konkavlık indeksi

$\log S$ 'nin  $\log A$ 'ya izdüşümünün regresyonundan hesaplanabilir

$$\log S = \log(k_s A^{-\theta}) = \log k_s + \log A^{-\theta} = \log k_s - \theta \log A$$

Sıkça gözlenen:

$0.4 \leq \theta \leq 0.6$ ; fakat nehir aşağı değişir (Jeoloideki mekansal değişimleri tektonik, dengesizlik durumlar vs.)

Problem :  $k_s$  ,  $\theta$  kovaryans...  $\theta$  değerindeki küçük farklılık görünür  $k_s$  değerinde büyük değişime neden olmaktadır.

İşe yarar karşılaştırma için bir şekilde normalize edilmesi gerekmektedir. İki yöntem :

$$S_r = k_s A_{ref}^{-\theta} \quad ; \quad S = k_{sn} A^{-\theta_{ref}}$$

Ayrıntılı olarak daha sonra laboratuvarında tartışılıyor.

### **C. Kanal Genişliği Probleminin Yeniden Değerlendirmesi**

Empirik gözlemi anımsayalım (alüvyal ve anakaya üzerindeki kanallardaki tüm veri)

$$W \propto Q_w^{1/2}$$

Bunun hidroloji ve Parker Kanal Genişliği kapanımına göre nereden geldiğini inceleyelim.

Su kütlelerinin korunumu ve Drenaj Havza Hidrolojisini birleştirip drenaj genişliğini drenaj alanının, akış hızının ve derinliğin fonksiyonuna göre hesaplırsak:

$$Q_w = \bar{u}hW \quad ; \quad Q_w = k_q A^c$$

$$W = \frac{k_q A^c}{\bar{u}h}$$

bulunur.

Boyutsal makaslama kuvvetine göre Parker Kanal Genişliği Kapanımını yazınız.

$$\tau_* = (1 + \varepsilon)\tau_{*c} ; \varepsilon = 0.2 - 0.4 ; \tau_{*c} = 0.06 \text{ (çakıl için)}$$

$$\tau_* = 2 \text{ (kum için)}$$

$$\tau_b = (1 + \varepsilon)0.06(\rho_s - \rho)gD \text{ (çakıl)}$$

$$\tau_b = 2(\rho_s - \rho)gD \text{ (kum)}$$

$$\tau_b = \alpha(\rho_s - \rho)gD \text{ eşitlikteki } \alpha \text{ çakıl/kum tabakası oranına bağlıdır.}$$

Kütlenin korunumunu kullanırsak

$$\tau_b = \rho ghS \quad ; \quad \tau_b = \rho C_f \bar{u}^2$$

Sınır makaslama kuvvetinde  $h$  ve hız değeri yerine  $W$  ile ilişkisine göre göreceli olarak birinci ve ikinci bağıntıyı kullanınız, sonra kanal kapanım durumunu sınır makaslama kuvveti yerine koyunuz:

$$W = \frac{k_q \rho^{3/2} g \sqrt{C_f} A^c S}{[\alpha(\rho_s - \rho)gD]^{3/2}}$$

Gözlenen bağıntıyı nehir profil konkavlığı ile değiştiriniz.

$$S = k_s A^{-\theta}$$
$$W = \frac{k_q k_s \rho^{3/2} g \sqrt{C_f} A^{c-\theta}}{[\alpha(\rho_s - \rho)gD]^{3/2}}$$

Bu nedenle, eğer  $C \sim 1$  (tipik olarak) ve  $\theta \sim 1/2$  ise bu durumda  $W \propto A^{1/2} \propto Q_w^{1/2}$  bağıntısı elde edilir.

Empirik/deneysel bağıntılar dahili olarak uyumludur ve iyi bir kontrol mekanizmasıdır. Fakat bu kanal genişliği problemi ve nehir profili probleminin birbiriyle sıkı sıkıya bağlı olduğu anlamına gelmez. Sonuçta birinin çözümü her ikisinin çözümünü gerektirmektedir.

#### **D. Sınırlı Taşınımlı Bölünmüş Kanallar (Alüvyal fakay erozyonal):**

##### **Yükselme ile Kütlenin Korunumu (sediman)**

$$\frac{\partial z}{\partial t} = U - \frac{1}{1 - \lambda_p} \frac{\partial q_s}{\partial x}$$

##### **Genelleştirilmiş Sediman Taşınım Kuralı**

$$Q_c = Wq_s = K_f A^{m_f} S^{n_f}$$

Çakıl için yatak yükü  $m_f = 1, n_f = 1$

Toplam kum yükü  $m_f = 4/3, n_f = 5/3$

Formülün detayları kanal kapanım kuralı, sediman taşınma eşitliği, akış aşağı duruluğun temizliğine vb. bağlıdır (Türevler aşağıdadır)

$$\tau_b = (1 + \varepsilon)\tau_c \text{ or } W = k_w Q^b$$

Yatak yükü taşınımı :  $qs \propto \tau_b^{3/2}, n_f = \frac{2}{3} \times \frac{3}{2} = 1$

Hızlı akış aşağı incelleme :  $mf = 1.5$

### **Denge Durumu Profili**

Sınırlı taşınımına sahip kanalların tanımıyla:

$$Q_c = Q_s$$

Düzenli kayaç yükselminde denge durumu sediman akışı:

$Q = \beta_g AU$  formülde  $\beta_g$  toplam sediman akışının yatay yükü fraksiyonuna karşılık gelir.

Bu eşitliği alıp, genel sediman taşınma kuralı ile değiştirelim:

$$K_f A^{m_f} S^{n_f} = \beta_g AU$$

$$S = \left( \frac{\beta_g U}{K_f} \right)^{\frac{1}{n_f}} A^{\frac{1-m_f}{n_f}}$$

$IF m_f = 2, n_f = 2 \Rightarrow \theta = \frac{1}{2}$ ; yukarıda verilen değerler uyumsuz olacaktır.

Yamaç eğimlerinde asılı sediman taşınımı ( $qs \propto \tau_b^3$ , genişlikte değişim yok) Willgoose

(1991) tarafından tanımlanan  $mf = 2, nf = 2 \Rightarrow \theta = \frac{1}{2}$  ile uyumludur.

Fakat bununla bağlantılı soru, alüvyal nehirler için sediman taşınım bağıntıları ve kanal kapanım kuralları gözlenen nehir profil konkavlıları ile uyumlu mudur? Bu soruyu cevaplamak için fiziğin genelleştirilmiş taşınım bağıntısında ( $m_f$  ve  $n_f$ ), üsleri nasıl etkilediğine bakmamız gerekir.

### Parker Kanal Kapanımı ile Çakıl Taşınımı (MPM)

Kütlenin Korunumu (Su)

$$Q = \bar{u}hW = k_q A^c$$

Momentumun Korunumu

$$\tau_b = \rho ghS \quad ; \quad \tau_b = \rho C_f \bar{u}^2$$

ikisinin birleşimi

$$\tau_b^{3/2} = \frac{\rho^{3/2} g \sqrt{C_f} S Q}{W} = \frac{\rho^{3/2} g k_q \sqrt{C_f} S A^c}{W}$$

vermektedir.

Kanal kapanımı (Parker, çakıl)

$$(\tau_b - \tau_c)^{3/2} = c_w \tau_b^{3/2} \quad ; \quad c_w = \left( \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \right)^{3/2}$$

$$(\tau_b - \tau_c)^{3/2} = \frac{\rho^{3/2} g c_w k_q \sqrt{C_f} S A^c}{W}$$

MPM Çakıl Taşınımı (alüvyal profil notlarından)

$$Q_c = W q_s = \frac{8W}{\rho^{3/2} ((\rho_s - \rho)/\rho) g} (\tau - \tau_{cr})^{3/2}$$

$(\tau_b - \tau_c)^{3/2}$  ile yer değiştirirsek;

$$Q_c = \frac{8W}{\rho^{3/2} ((\rho_s - \rho)/\rho) g} \frac{\rho^{3/2} g c_w k_q \sqrt{C_f} S A^c}{W}$$

$$Q_c = \frac{8 c_w k_q \sqrt{C_f}}{((\rho_s - \rho)/\rho)} A^c S$$

buradan,



$$Q_c = Wq_s = K_f A^{m_f} S^{n_f}$$
$$K_f = \frac{8c_w k_q \sqrt{C_f}}{((\rho_s - \rho)/\rho)} \quad ; \quad m_f = c \sim 1 \quad ; \quad n_f = 1$$

formülünü buluruz.

Not: Hareketin eşik sınırının oluşumu dikkate alınmamış, kanal kapanım kuralı içine dahil edilmiştir.

*Denge durumu profili konkavlık indeksinin içeriği :*

$$S = \left( \frac{\beta_g U}{K_f} \right)^{\frac{1}{n_f}} A^{\frac{1-m_f}{n_f}}$$
$$\theta = -\frac{1-m_f}{n_f} = \frac{m_f-1}{n_f} = 0$$

!! PROBLEM

### **Parker Kanal Kapanımı ile Kum Taşınımı (Engelund ve Hansen)**

Kütle Korunumu (su)

$$Q = \bar{u}hW = k_q A^c$$

Momentumun Korunumu

$$\tau_b = \rho ghS \quad ; \quad \tau_b = \rho C_f \bar{u}^2$$

Daha önce yaptığımız gibi ikisini birleştirirsek;

$$\tau_b^{3/2} = \frac{\rho^{3/2} g k_q \sqrt{C_f}}{W} A^c S$$

formülünü verir.

Kanal kapanımı (Parker, kum)

$$\tau_* = 2 \quad (\text{kum için})$$

$$\tau_b = 2(\rho_s - \rho)gD \quad (\text{kum})$$

Yukarıdaki bağıntıların bileşimi

$$\tau_b^{5/2} = \tau_b \tau_b^{3/2} = 2(\rho_s - \rho)gD \frac{\rho^{3/2} g k_q \sqrt{C_f}}{W} A^c S$$

$$\tau_b^{5/2} = \frac{2(\rho_s - \rho)\rho^{3/2} g^2 k_q D \sqrt{C_f}}{W} A^c S$$

verir.

Engelund ve Hansen Kum Toplam Yük Eşitliği (Alüvyal profil ders notlarından)

$$Q_c = Wq_s$$

$$q_{s*} = \frac{0.05}{C_f} \tau_*^{5/2}$$

$$q_{s*} = \frac{q_s}{\sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD}} \quad ; \quad \tau_* = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gD}$$

$$q_s = q_{s*} \sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD} = \frac{0.05 \sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD}}{C_f [(\rho_s - \rho)gD]^{2.5}} \tau_b^{5/2}$$

Bağıntıyı  $\tau_b^{5/2}$  nin yerine koyarsak;

$$Q_c = Wq_s = \frac{0.1k_q}{(\rho_s - \rho)\rho\sqrt{C_f}} A^c S$$

Böylece yeniden

$$Q_c = Wq_s = K_f A^{m_f} S^{n_f}$$

$$K_f = \frac{0.1k_q}{(\rho_s - \rho)\rho\sqrt{C_f}} \quad ; \quad m_f = c \sim 1 \quad ; \quad n_f = 1$$

bağıntısını buluruz.

Aynı kestirim (ve problem) denge durumu nehir profil konkavlık indeksi için de kullanılır.

### Kanal Genişliği $A_c$ ile Kum Taşınımmı (Engelund ve Hansen)

Kütlenin Korunumu (su)

$$Q = \bar{u}hW = k_q A_c^c$$

Momentinin Korunumu

$$\tau_b = \rho ghS \quad ; \quad \tau_b = \rho C_f \bar{u}^2$$

Daha önce yaptığımız gibi iki bağıntıyı birleştirirsek;

$$\tau_b^{3/2} = \frac{\rho^{3/2} g k_q \sqrt{C_f}}{W} A_c^c S$$

$$\tau_b^{5/2} = (\tau_b^{3/2})^{5/3} = \frac{\rho^{5/2} (g k_q \sqrt{C_f})^{5/3}}{W^{5/3}} A_c^{5c/3} S^{5/3}$$

elde ederiz.

Engelund ve Hansen Kum Toplam Yük Eşitliği (Alüvyal profil ders notlarından)

$$Q_c = Wq_s$$

$$q_{s*} = \frac{0.05}{C_f} \tau_*^{5/2}$$

$$q_{s*} = \frac{q_s}{\sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD}} \quad ; \quad \tau_* = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gD}$$

$$q_s = q_{s*} \sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD} = \frac{0.05 \sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho)gDD}}{C_f [(\rho_s - \rho)gD]^{2.5}} \tau_b^{5/2}$$

Bağıntının yerine  $\tau_b^{5/2}$  koyarsak;

$$Q_c = Wq_s = \frac{W 0.05 \sqrt{((\rho_s - \rho)/\rho) g D D} \rho^{5/2} (g k_q \sqrt{C_f})^{5/3}}{C_f [(\rho_s - \rho) g D]^{2.5} W^{5/3}} A^{5c/3} S^{5/3}$$
$$Q_c = \frac{0.05 k_q^{5/3}}{((\rho_s - \rho)/\rho)^2 C_f^{1/6} g^{1/3} D W^{2/3}} A^{5c/3} S^{5/3}$$

Ampirik/Deneysel kanal kapanımı (Hidrolik Geometri)

$$W = k_w Q^b = k_w k_q^b A^{bc}$$

Yukarıdaki bağıntıların bileşimi

$$Q_c = \frac{0.05 k_q^{(5-2b)/3}}{((\rho_s - \rho)/\rho)^2 k_w^{2/3} C_f^{1/6} g^{1/3} D} A^{(5c-2bc)/3} S^{5/3}$$

verir.

Böylece aşağıdaki eşitliği buluruz.

$$Q_c = Wq_s = K_f A^{m_f} S^{n_f}$$
$$K_f = \frac{0.05 k_q^{(5-2b)/3}}{((\rho_s - \rho)/\rho)^2 k_w^{2/3} C_f^{1/6} g^{1/3} D} ;$$

$c \sim 1$  ve  $b \sim 1/2$  için  $m_f \sim 4/3$ ;  $n_f = 5/3$ 'dür.

**Denge durumu nehir profil konkavlık indeksi için kestirim:**

$$\theta = 1 - \frac{1 - m_f}{n_f} = \frac{m_f - 1}{n_f} = \frac{1}{5} \text{ olasılıkla kumlu, asılı alüvyal nehirler için kabul edilebilir bağıntı.}$$

**D. Alüvyalden Anakaya (karışık) Kanallarına Geçiş**

**Yönelimsiz Anakaya Kanal Numarası,  $N_{br}$**

Hangi durumlarda kanallar detachment-limitli/taşınım limitli konumuna gelirler?

Tanım :  $DL: Q_c > Q_s$  ,  $TL: Q_c \leq Q_s$

$$N_{br} = \frac{Q_s}{Q_c}$$

$N_{br} < 1 \Rightarrow DL$  (karışık),  $N_{br} \geq 1 \Rightarrow TL$  Denge durumu:

$$Q_s = \beta_g A U, \quad Q_c = K_f A^{m_f} S^{n_f}$$

$$S = \left( \frac{U}{K} \right)^{\frac{1}{n}} A^{-\frac{m}{n}}$$

Kanalın DL olduğunu varsayalım,

$$Q_c = K_f A^{m_f} \left[ \left( \frac{U}{K} \right)^{\frac{1}{n}} A^{-\frac{m}{n}} \right]^{n_f}$$

Dağ kanalları  $\Rightarrow$  çakıl yatak yükü  $\Rightarrow n_f = 1$

$$N_{br} = \frac{Q_s}{Q_c} = \frac{\beta_g}{K_f} K^{\frac{n_f}{n}} U^{1-\frac{n_f}{n}} A^{1-m_f+\frac{mn_f}{n}}$$

1. Eğer  $K$  yükselirse (daha ıslak/şiddetli, zayıf kayaç) yada  $K_f$  aşağı inerse (kaba çakıl) yada  $\beta_g$  yükselirse (çok fazla çakıl)  $\Rightarrow TL$
2. Sadece ve sadece  $n < n_f$  ( $n < 1$ )  $U$  yükselirse  $\Rightarrow DL$

$$f(U)$$

3. Eğer  $n = n_f$  ( $n=1$ ),  $n_{br} \neq f(U)$  ise
4. Eğer  $TL$  sisteminin konkavlığı  $DL$ 'nin konkavlığından az ise  $\Rightarrow$  nehir aşağı  $TL$ 'ye doğru geçiş (yada tersi) beklenir.

$$DL: S = \left( \frac{U}{K} \right)^{\frac{1}{n}} A^{-\frac{m}{n}}, \quad \frac{m}{n} \Rightarrow$$

konkavlık (sonraki derslerde görülecek)

$$TL: S = \left( \frac{\beta_g U}{K_f} \right)^{\frac{1}{n_f}} A^{\frac{1-m_f}{n_f}}, \quad -\frac{1-m_f}{n_f} \Rightarrow \text{konkavlık}$$

Whipple ve Tucker (2002) bu geçiş için kritik drenaj alanı, bilinen drenaj alanı tahmininde bulunmakta ve bu geçiş için kritik kayaç yükselim oranı vermektedir.

5. Eğer konkavlıklar aynı ise,  $N_{br} \neq f(A)$

Not : Bu durumda, yukarıdaki denge durumu kalan eğimi için verilen bağıntıda, DL ve TL kanalları belirgin boyuna profiller kazanırlar.

**Sonraki ders : ana kayaç, detacman-limitli kanal için idealize edilmiş model.**

Taşıma kapasitesi :  $Q_c$

Sediman akışı :  $Q_s$

$Q_s / Q_c \rightarrow$  çok küçük

Erozyon ana kaya içindeki bölünme yada ayrılma ile kontrol edilmektedir.

$\frac{\partial g_s}{\partial x}$  ile sınırlı değildir.