



**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**

*Jeoloji Mühendisliği Bölümü – Hidrojeoloji Programı*

# SU YAPILARI

2.Hafta

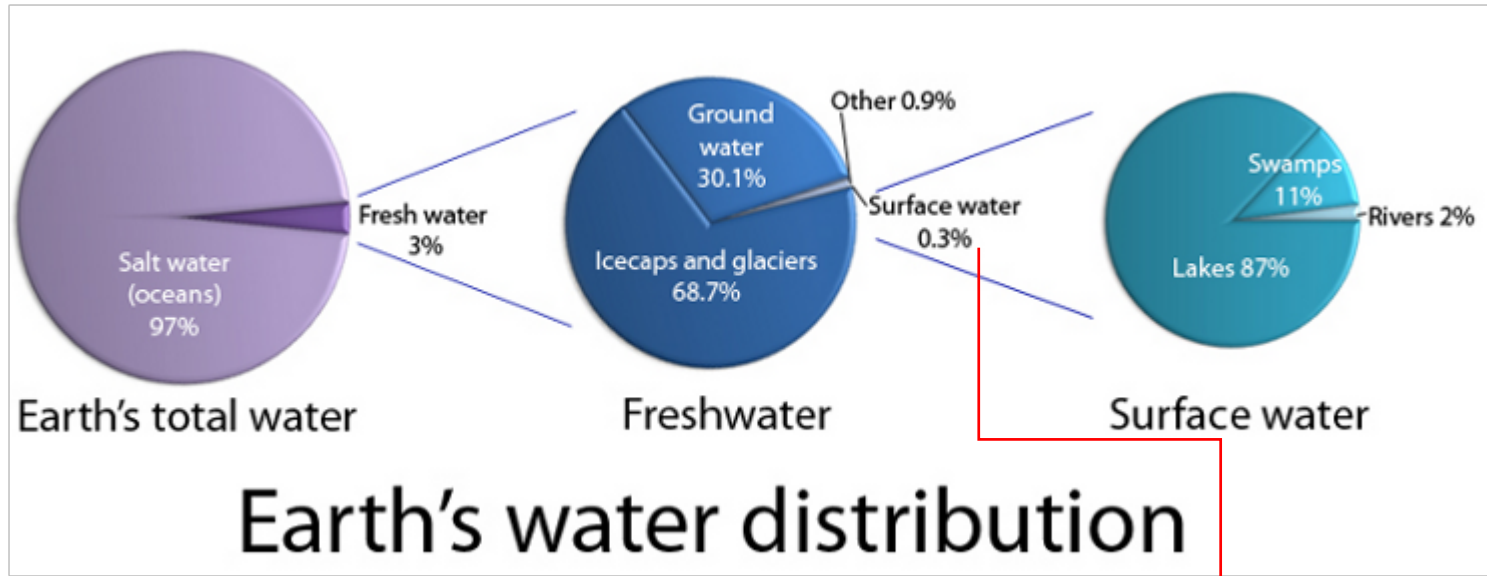
## Genel Tanımlar

- Havzalar-Genel özellikleri
- Akım nedir? ve Akım ölçümü
- Akım verilerinin değerlendirilmesi
- Akarsularda katı madde hareketi

Prof.Dr.N.Nur ÖZYURT

nozyurt@hacettepe.edu.tr

Su yapıları, suyun doğal akışını gözlemek, çevirmek, sınırlamak, durdurmak yada kullanmak için inşaa edilen yapılardır.



Yüzey suları

Su yapıları genellikle yüzeysu kaynaklarının geliştirilmesi için tasarlanırlar!

# Türkiye'deki Yüzey Su Havzaları



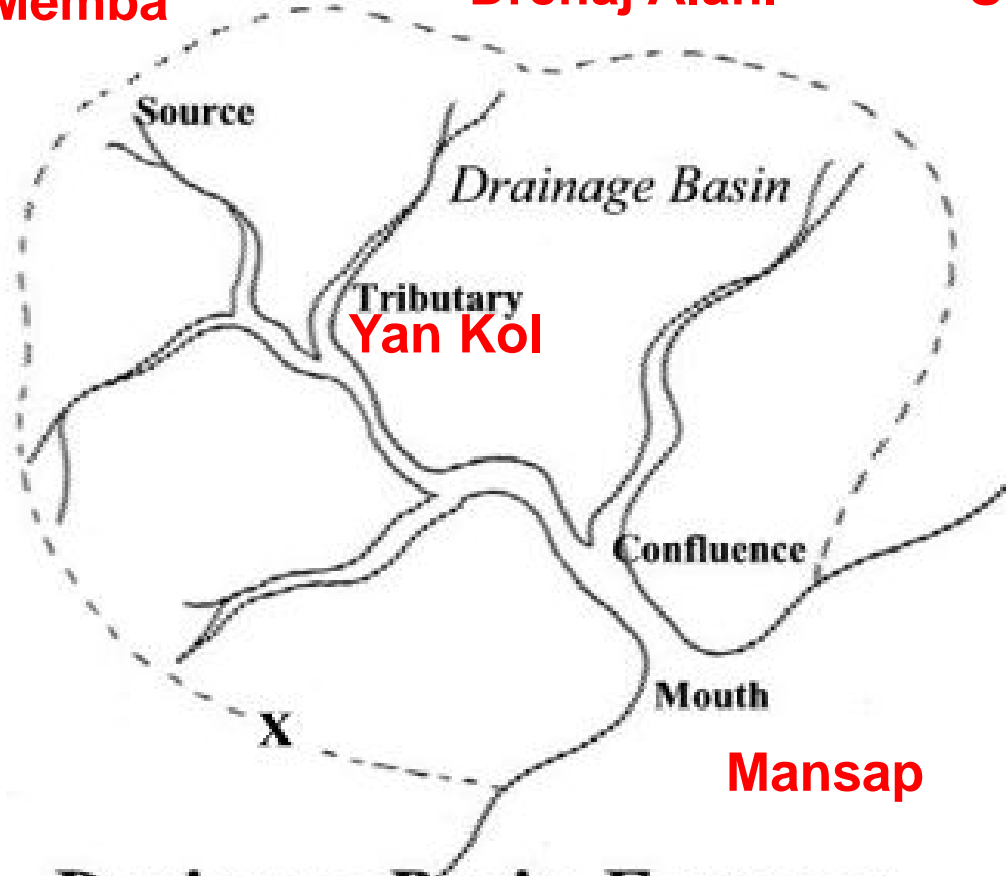
Soru: Kapalı havza nedir?

# Havzalar\_Genel Özellikler

**Memba**

**Drenaj Alanı**

**Sağ Sahil-Sol Sahil**



Havza Biçim Faktörü:  
 $m=A/(B \times L)$

Havza Görünüm Oranı  
 $a=B/L$

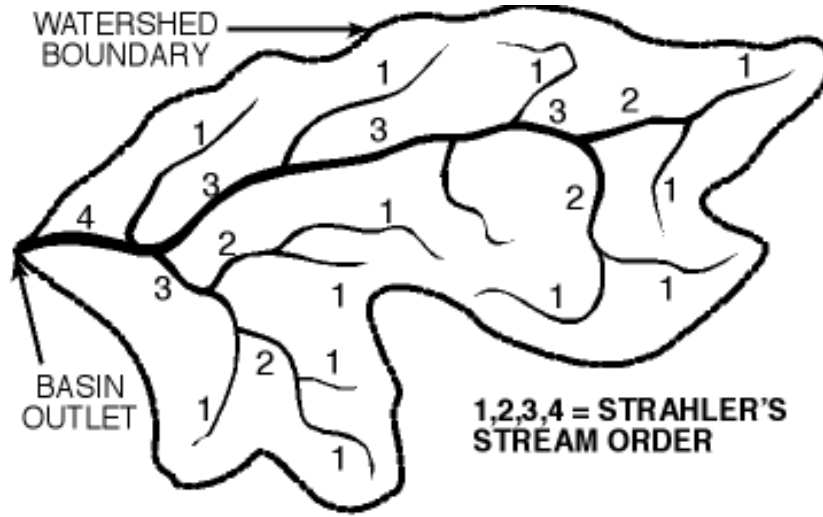
A:Havza alanı

B:Havza genişliği (en geniş nokta için)

L:Ana akarsu kolu uzunluğu

## ***Drainage Basin Features***

**Talveg: En düşük kotlu taban noktalarının birleştirilmesi ile elde edilen çizgi**



(a) Plan view of basin

Dereceli akarsu ağı  
 Çatallanma oranı R  
 $RB = N_n / N_{n+1}$

$$N_1 = 12$$

$$R_1 = 12/4 = 3$$

$$N_2 = 4$$

$$R_2 = 4/4 = 1$$

$$N_3 = 4$$

$$R_3 = 4/1 = 4$$

$$N_4 = 1$$

**Drenaj yoğunluğu**  $\text{km}^2$  ye düşen ortalama akarsu uzunluğudur.

$$\text{Drenaj yoğunluğu} = L/A$$

L: havza içindeki tüm kolların uzunluğu ( $\text{km}^2$ )

A: havza alanı (km)

**Örnek:** Alanı  $130 \text{ km}^2$  olan bir havzadaki toplam akarsu kolu uzunluğu  $3130 \text{ km}$  olduğuna göre havza için drenaj yoğunluğunu hesaplayınız?

$$\text{Drenaj yoğunluğu} = 3130/1350 = 2.32 \text{ km}$$

# Akarsu veriminin hesaplanması

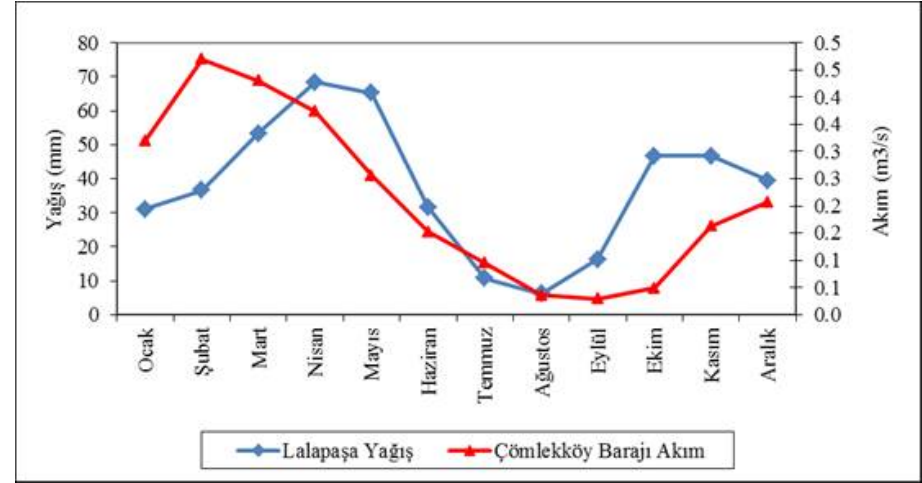
$$Q_o = \alpha \cdot P_o \cdot A$$

$Q_o$ : Havza ortalama verimi ( $m^3/yıl$ )

$\alpha$  : akış katsayısı

$P_o$ : Havza için uzun yıllar ortalama yağış yüksekliği (m)

A: Planlama noktası için havza alanı



**Örnek:** Havza alanı  $182 \text{ km}^2$  olan bir akarsu havzasında 10 yıllık ortalama yağış  $560 \text{ mm}$  ve akış katsayısı ( $\alpha$ )  $0.36$  olduğuna göre havzanın ortalama yıllık verimini hesaplayınız?

$$Q_o = \alpha \cdot P_o \cdot A$$

$$Q_o = 0.36 \times 560 \times 10^{-3} \times 182 \times 10^6$$

$$Q_o = 36.69 \times 10^6 \text{ m}^3/yıl$$

# Akış Katsayısı

Bir drenaj alanına düşen yağışın akışa geçen kısmı akış katsayısı ( $\alpha$ ) ile tanımlanır.

Akış katsayısı, belirli bir süre için drenaj alanındaki akışın yağışa oranıdır.

Havzanın ve yağışın özelliklerine göre 0.05 ile 0.95 arasında değişen değerler alır.

Ormanlı Bölgeler	0.05 – 0.20
Otlaklı Bölgeler (Meralar)	
Kumlu zemin	0.05 – 0.20
Az geçirimli zemin .	0.13 – 0.35
Yerleşim Bölgeleri	
Ayrık nizam	0.30 – 0.60
Bitişik nizam	0.60 – 0.75
İş ve Sanayi Bölgeleri	
Seyrek	0.50 – 0.70
Sık	0.70 – 0.95
Yollar	0.70 – 0.95

# Eğri Numarası (CN) Yöntemi ile Yüzeysel Akışın belirlenmesi

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Eşitlikte;

CN: eğri numarası

S: eğri numarasına bağlı katsayı

P: yağış (mm/yıl)

Q: yüzeysel akış (mm/yıl)



Toprak Sınıfı	Özellikleri
A	Düşük yüzey akış potansiyelli,derin,çok kumlu,az kil ve silt içeren,geçirgenlikleri yüksek olan topraklar
B	Orta yüzeyel akış potansiyelli, kumlu tın,tın,killi tın bünyeli, derin , geçirgenliği orta olan topraklar,
C	Yüksek yüzey akış potansiyelli,az derin,önemli düzeyde kil ve kolloid içeren,geçirgenliği düşük olan topraklar
D	Çok yüksek yüzey akış potansiyelli,şişme özelliği gösteren kil içeren, geçirgenliği çok az alt katmanları geçirimsiz olan topraklar.

Toprak Grubu ve Bitki Örtüsüne göre Eğri Numaraları						
Arazi Kullanımı	İşlem	Hidrolojik durum	Hidrolojik Toprak Grubu			
			A	B	C	D
Nadas	SR		77	86	91	94
Sıra ve çapa bitkileri (pancar gibi)	SR	Zayıf	72	81	86	91
	SR	İyi	67	78	85	89
	C	Zayıf	70	79	84	88
	C	İyi	65	75	82	86
	C&T	Zayıf	66	74	80	82
	C&T	İyi	62	71	78	81
Ufak Taneli (buğday gibi)	SR	Zayıf	65	76	84	88
	SR	İyi	63	75	83	87
	C	Zayıf	63	74	82	85
	C	İyi	61	73	81	84
	C&T	Zayıf	61	72	79	82
	C&T	İyi	59	70	78	81
Sık ekilmiş baklagil veya çayır	SR	Zayıf	66	77	85	89
	SR	İyi	68	72	81	85
	C	Zayıf	64	75	83	85
	C	İyi	55	69	78	83
	C&T	Zayıf	63	73	80	83
	C&T	İyi	51	67	76	80
Çayır ve Mera		Zayıf	68	79	86	89
		Müsait	49	69	79	84
		iyi	39	61	74	80
	C	Zayıf	74	67	81	88
	C	Müsait	25	59	76	83
	C	iyi	6	35	70	79
Devamlı Çayır			30	59	71	78
Orman		Zayıf	45	66	77	83
		Müsait	36	60	73	79
		iyi	25	55	70	77
Çiftlik binaları			59	74	82	86
Yollar			72	82	87	89
			74	84	90	92
	SR	eğim yönünde ekili				
	C	paralel				
	T	teraslanmış				

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)}$$

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Eşitlikte;

CN: eğri numarası

S: eğri numarasına bağlı katsayı

P: yağış (mm/yıl)

Q: yüzeyel akış (mm/yıl)

**Soru:** 10 hektar alana sahip alüvyal havzada (kumlu, killi) eğim yönünde buğday ekilmektedir. Yıllık ortalama yağış 530 mm olduğuna göre gerçekleşek yüzeysel akış miktarını hidrolojik durumları göz önünde bulundurarak hesaplayınız.

Toprak Sınıfı: kumlu killi → B Sınıfı  
İşlem → SR  
Arazi kullanımı → Buğday

Hidrolojik durum Zayıf ise EN: 76  
Hidrolojik Durum İyi ise EN: 75

EN: 75 ise;

$$S = (1000/75) - 10 = 3.33$$

$$Q = (530 - 0.2 * 3.33)^2 / (530 + 0.8 * 3.33) \rightarrow Q = 526 \text{ mm}$$

EN: 76 ise

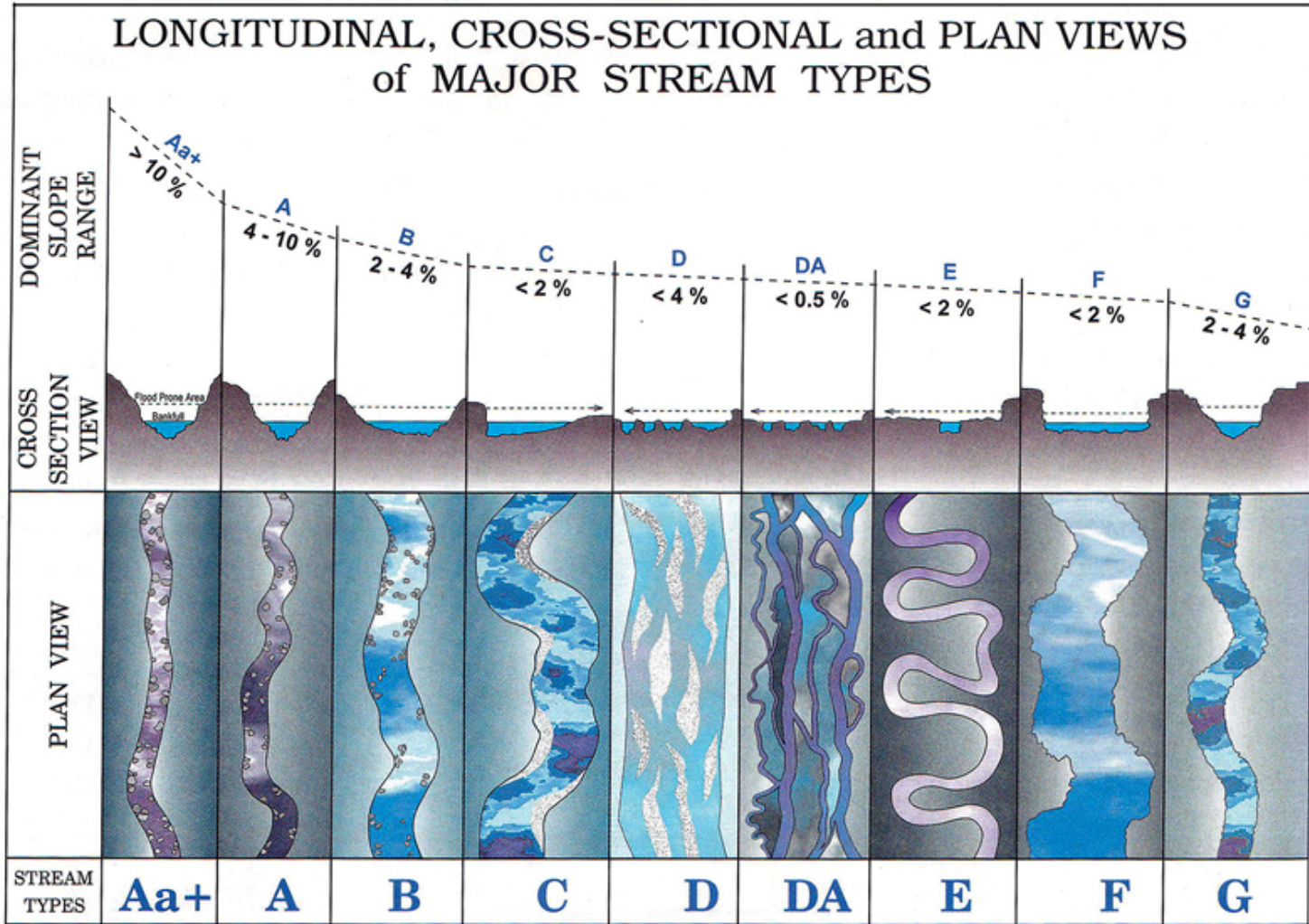
$$S = (1000/76) - 10 = 3.15$$

$$Q = (530 - 0.2 * 3.15)^2 / (530 + 0.8 * 3.15) \rightarrow Q = 526.23 \text{ mm}$$

$$Q = 526 * 10^{-3} \text{ m} * 10 * 10000 \text{ m}^2 = 52600 \text{ m}^3/\text{yıl}$$

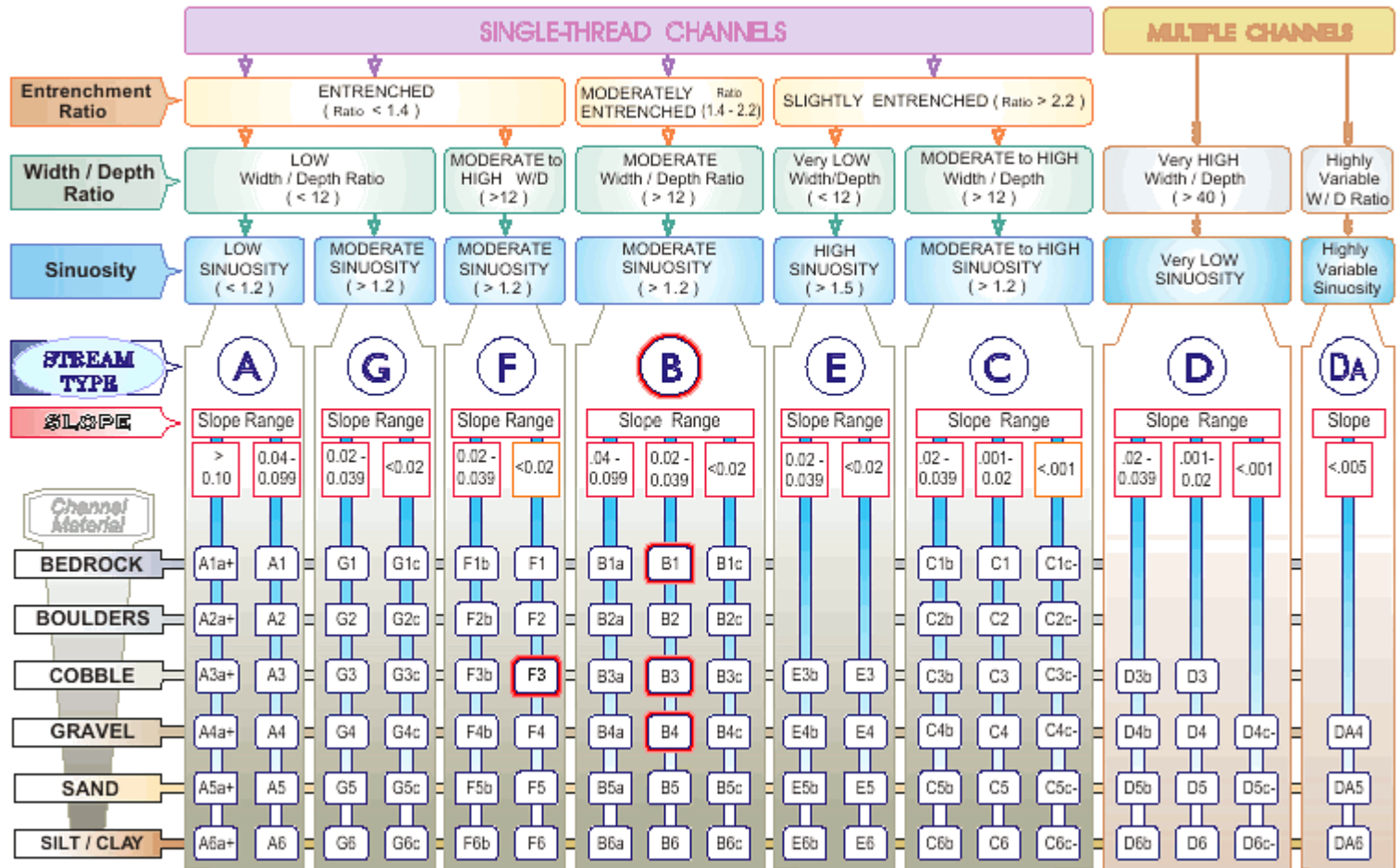
# Ana Akarsu Türlerinin Kesit ve Plan Görünümleri

## Rosgen Akarsu Sınıflaması



[https://www.researchgate.net/figure/Rosgens-stream-types-in-cross-sectional-and-plan-views-Rosgen-1996\\_fig5\\_305765813](https://www.researchgate.net/figure/Rosgens-stream-types-in-cross-sectional-and-plan-views-Rosgen-1996_fig5_305765813)

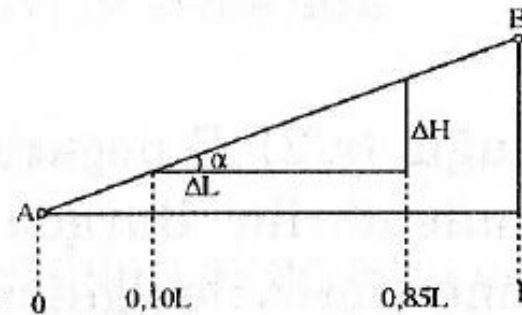
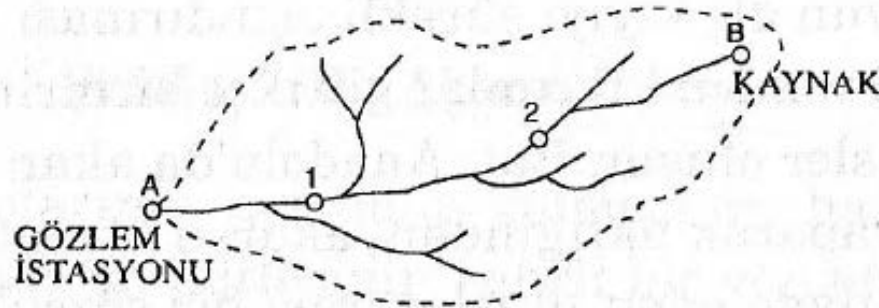
# The Key to the Rosgen Classification of Natural Rivers



As a function of the "continuum of physical variables" within stream reaches, values of **Entrenchment** and **Sinuosity** ratios can vary by +/- 0.2 units; while values for **Width / Depth** ratios can vary by +/- 2.0 units.

<https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17833.wba>

# Akarsu Eğimi



$$\text{BENSON EĞİMİ} = \text{tg}\alpha = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

Ana Dere Eğiminin Belirlenmesi (Benson Eğimi)



# Akım Nedir?

Akım (=Debi)

Akarsu ya da kanalın herhangi bir kesitinden birim zaman içinde geçen su hacmidir.

Simgesi: Q Boyut: V/T Birim: m<sup>3</sup>/s

$$Q=A.V$$

V:Akım hızı m/s

A:Kesit alanı m<sup>2</sup>

$$1\text{l}=0.001\text{m}^3$$

**l/s**

# Manning Eşitliği

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Q: debi (m<sup>3</sup>/s),

N: Manning pürüzlülük katsayısı(boyutsuz),

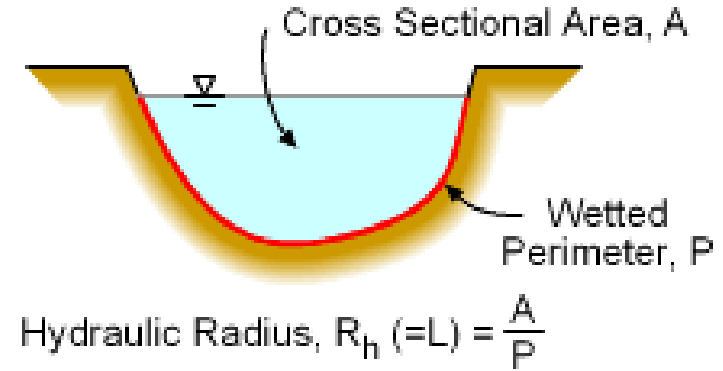
A akıma dik akarsu en kesit alanının (m<sup>2</sup>),

R hidrolik yarıçap (m)

S su yüzeyi eğimini (boyutsuz) göstermektedir.

$$R = \frac{A}{P}$$

P akıma dik akarsu yatak taban uzunluğunu (= Islak Çevre, m)







# Akarsuda akım nasıl belirlenir?

- Doğrudan ölçüm

Muline, Yüzen cisim, İzleyici, Ultrasonik yöntemler, Elektromanyetik yöntemler

- Hidrolik yapılar ile ölçüm

Savaklar, orifis, kanallar

- Akımın tahmin edilmesi

Yağış-akış ilişkileri, hidrograf analizleri

# Akım hızı ölçümü

**Muline ile akım (debi) değil akım hızı ölçülür!!**



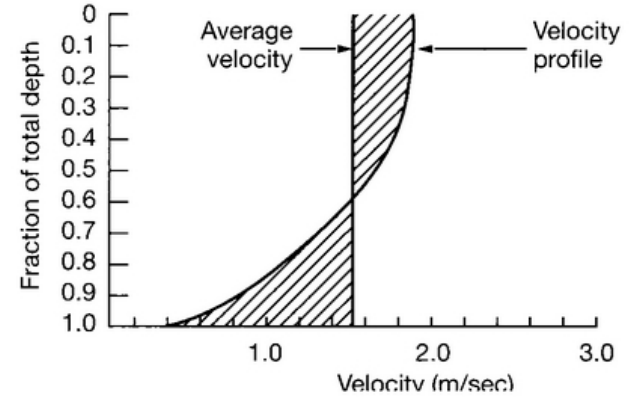
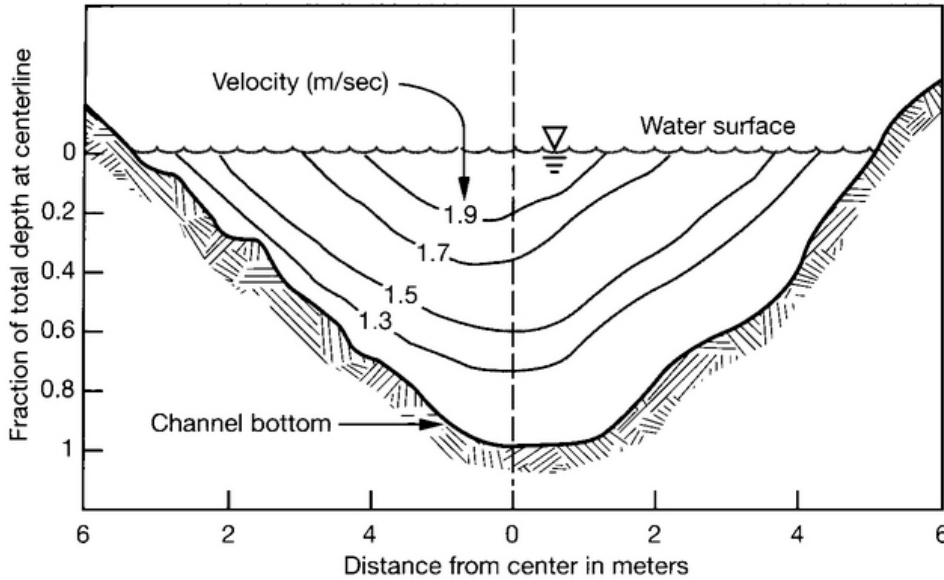
# Akım hızının değişimi

*Akarsu kesitinde akım hızı değişkendir.*

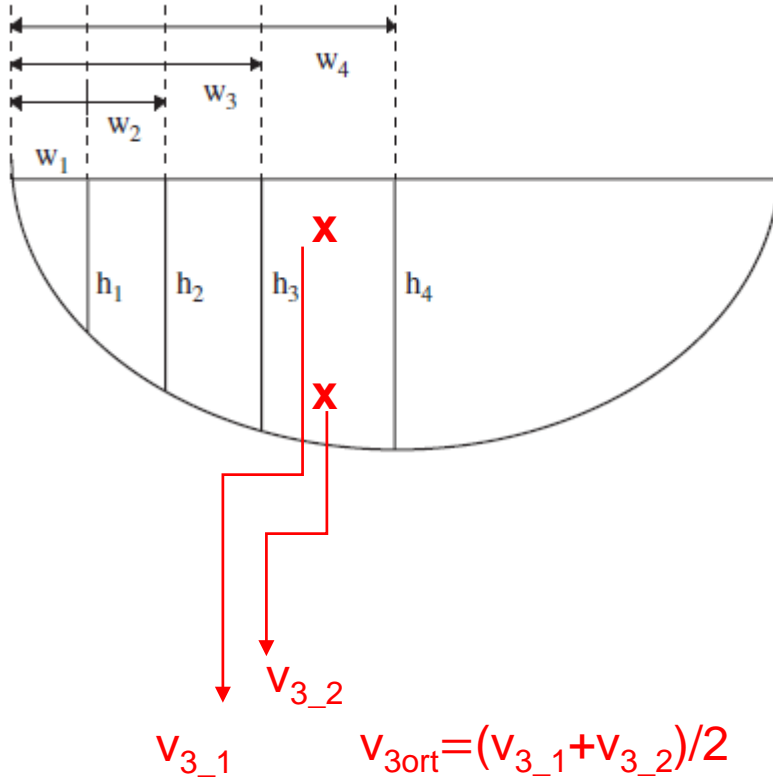
*En yüksek hız kesitin orta noktasında su yüzeyinde gözlenir.*

*Akarsu tabanında sürtünme nedeni ile akım hızı düşer.*

*Soru: Bu durumda akım hızı akarsu kesitinin neresinde ölçülmelidir?*



# Akarsu kesitinde ortalama akım hızının belirlenmesi



$$v_{3_{ort}} = \frac{(v_{3_1} + v_{3_2})}{2}$$
$$v_{ort} = \frac{(v_{1_{ort}} * A_1) + (v_{2_{ort}} * A_2) + (v_{3_{ort}} * A_3) + \dots}{\sum A}$$

Akarsu kesiti sanal parçalara ayrılır ve her bir parçanın yaklaşık alanları belirlenir.

Bu akarsu parçalarının her birinde derinliğin %20 ve %80 ini denk gelen noktalarda akım hızı ölçülür ve ortalaması alınır.

Daha sonra akarsu kesiti için ağırlıklı ortalama yöntemi ile ortalama akım hızı belirlenir.

Bu durumda hesaplanan ortalama akım hızı, kesit alanı ile çarpılarak akarsu kesitinde debi belirlenmiş olur.

***Bu ölçüm yüzlerce noktada günde 2 kez yapılabilir mi?***



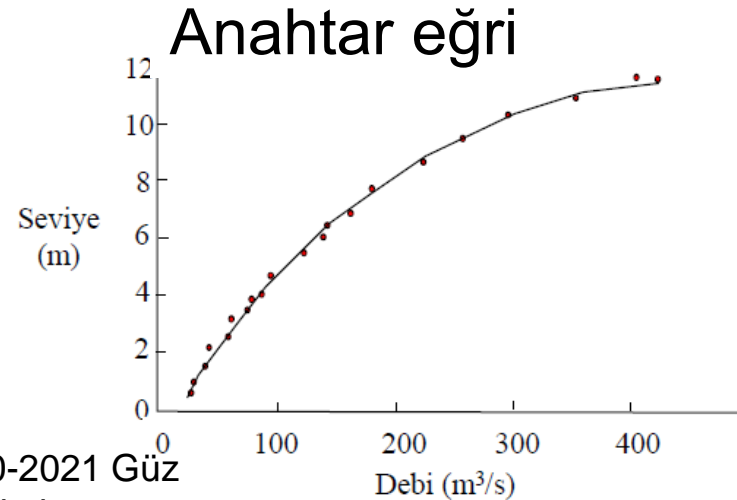
# Seviye ölçümü-Akım Hesaplaması



Akarsularda, **eşel** adı verilen cetveller yada **limnigraflar** ile sürekli su seviyesi değişimi gözlenir.

Akım gözlem istasyonu kurulan her akarsu kesiti için seviye/debi ilişkisini gösteren «**anahtar eğriler**» oluşturulur.

Ve ölçülen seviyeler bu eğri ile debiye dönüştürülür. *Bu eğri akarsu kesit alanı değişmediği sürece geçerlidir.*

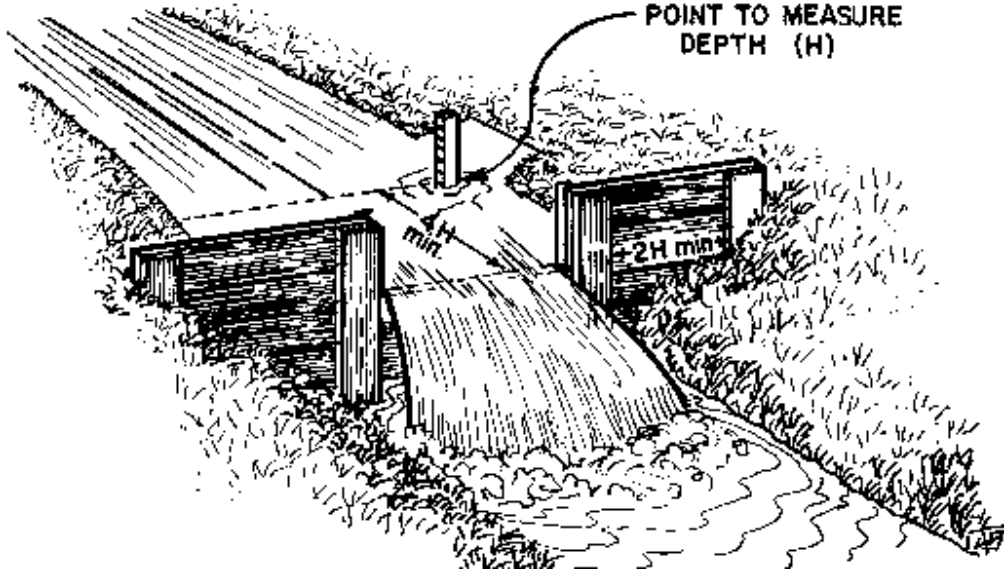


# Anahtar Eğri Kontrolü ve Ekstrem Akım Ölçümleri

Akarsu kesitleri, ile birlikte taşınan katı malzemenin yatak içindeki birikmesi ve suyun yatağı yeryer oyması sonucunda zaman içinde değişmektedir. Bu nedenle anahtar eğriler periyodik olarak kontrol edilir ve gerekli değişiklikler yapılır.

Anahtar eğriler akarsuyun yıllık ortalama debisinin ölçümü için geçerlidir. Aşırı kurak dönemlerdeki minimum ve taşkın dönemlerindeki maksimum akımların ölçümünde anahtar eğriler kullanılmaz. Çünkü akarsu yatak kesiti değişmiştir. Ekstrem akım olarak adlandırılan bu durumlarda yerinde akım ölçümü yapılması gereklidir.

# Savaklar

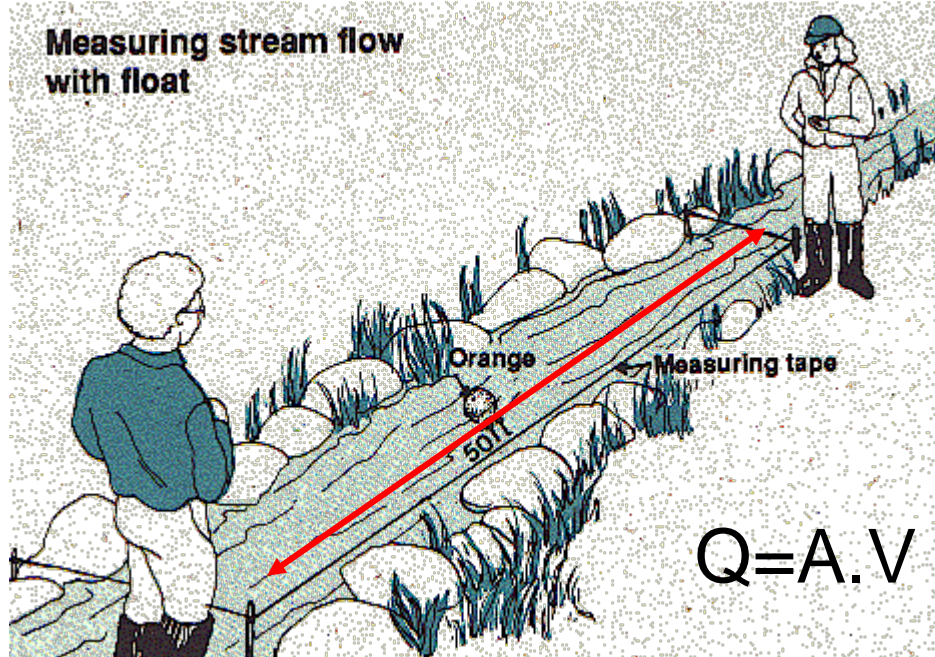


Savaklarda akımın gerçekleştiği kesit alanı değişmediğinden, anahtar eğri kontrolü yapılmasına gerek yoktur. Aynı zamanda savak kesiti düşük akımları sağlıklı şekilde gözlemeye uygun V kesitli olarak tasarlanarak değişken debili akarsularda gözlem yapılabilir.





# Enstrüman ile ölçüm şansın yoksa ☹️



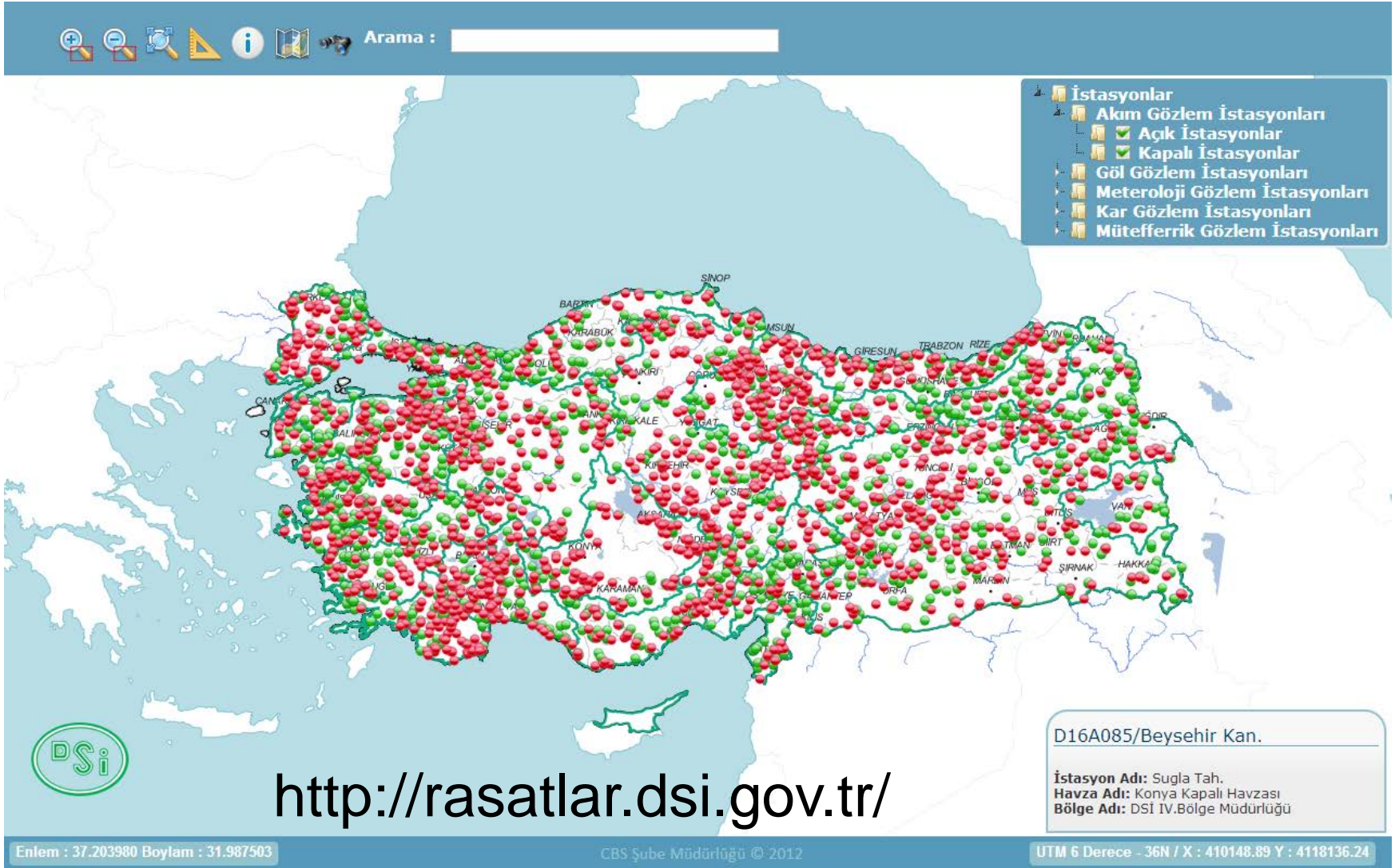
$$Q=A \cdot V \quad Q=A \cdot L/t$$

V: Akım hızı m/s

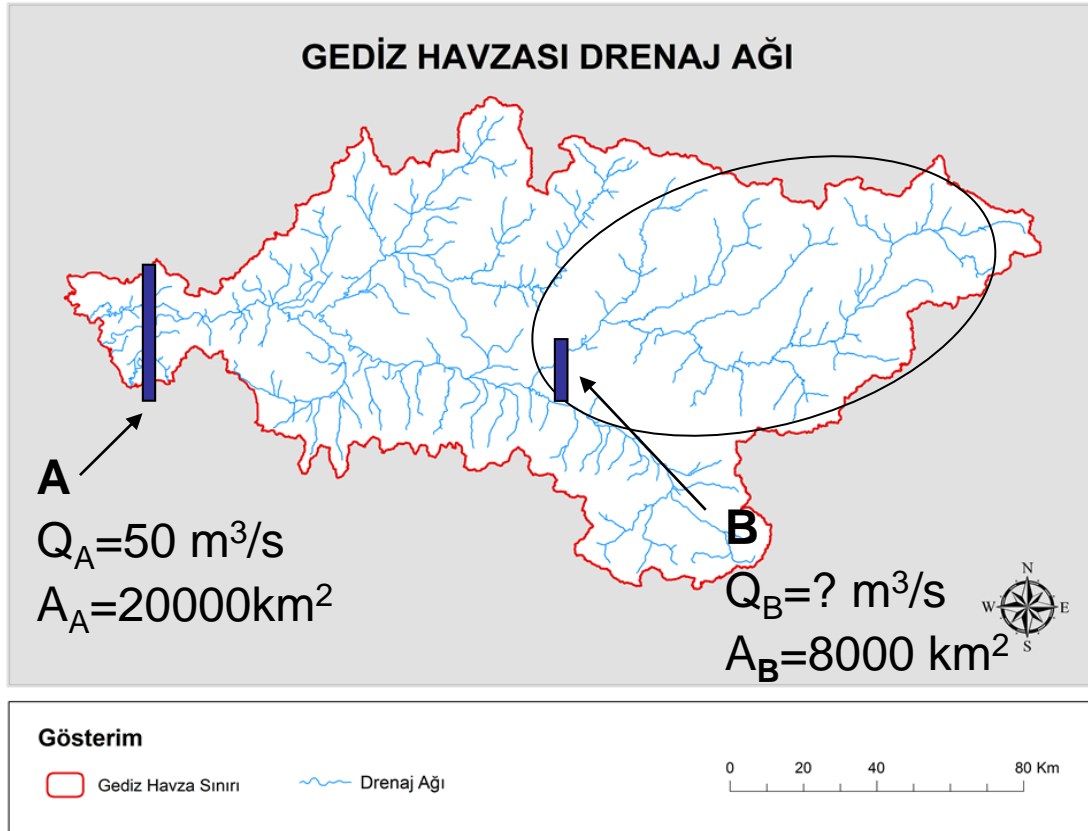
A: Kesit alanı m<sup>2</sup>



# Türkiye'de akım gözlem ağı



# Drenaj alanı içinde akımın değişimi



## EİE

## 18 - SEYHAN HAVZASI

## 1822 - ZAMANTI NEHRİ - FRAKTİN KÖPRÜSÜ

Yeri : ( 35°37'35" D - 38°14'45" K ) (Kayseri-L35) Kayseri'ye bağlı Develi İlçesi-Bakırdağ yolunun 10. km'sinden sağa ayrılan yolun 10. km'sindeki Fraktin Köyünde Zamanti Nehri üzerindeki köprüdedir.

Yağış Alanı : 6334.8 km<sup>2</sup> Yaklaşık Kot : 1270 m

Gözlem Süresi: 19.10.1968 - Uzun Süreli Ortalama Akım : 19.5 m<sup>3</sup>/s

Seviye Ölçeği: Eşel ve Linnigrat

Ek Bilgiler : 1970 su yılından itibaren 1803 olan AGİ No su 1822 olarak değiştirildi. Koord. GPS ile bulundu.

# Akım gözlemleri

AYLIK ORTALAMA AKIMLAR (m<sup>3</sup>/s)

YIL / AY	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	Y.ORT.
1969	-	-	21.6	20.0	19.0	58.9	66.0	81.2	39.6	25.5	20.6	18.9	37.1
1970	17.5	15.9	20.0	20.0	26.0	37.8	48.8	33.5	22.9	14.5	11.9	11.9	23.4
1971	14.1	15.3	14.8	14.0	12.7	18.9	32.8	27.8	17.5	8.56	9.80	9.59	16.3
1972	9.98	10.7	11.5	10.3	10.7	18.5	31.4	29.6	35.2	14.6	9.39	10.8	16.9
1973	12.3	12.0	12.6	14.3	11.4	16.3	26.3	25.2	12.1	5.41	5.01	5.77	13.2
1974	7.24	7.86	9.39	11.5	11.6	22.0	25.7	21.4	7.26	5.14	5.86	7.28	11.9
1975	7.72	8.55	8.98	9.00	9.18	25.9	59.7	64.5	27.5	15.4	11.2	10.4	21.5
1976	11.1	11.4	11.0	10.1	9.56	21.9	57.5	53.1	26.2	10.6	8.17	10.0	20.1
1977	13.9	13.5	16.0	12.2	22.7	34.4	53.3	56.2	24.2	12.8	10.1	10.6	23.3
1978	11.9	12.5	13.0	13.2	21.3	28.9	46.9	46.1	23.8	11.8	9.69	11.6	20.9
1979	12.4	13.9	16.4	20.4	26.2	28.1	36.5	29.9	27.9	13.8	9.86	9.12	20.4
1980	9.82	17.0	15.6	16.7	17.3	36.1	70.5	91.6	37.7	20.3	15.0	16.0	30.3
1981	18.9	16.2	18.7	16.4	17.8	48.5	48.1	54.0	43.6	20.1	13.7	12.9	27.4
1982	14.6	15.9	27.5	19.6	26.4	21.8	69.4	50.5	26.5	14.9	11.8	14.0	26.1
1983	13.3	13.4	9.45	13.7	16.8	23.7	46.4	38.6	21.6	8.94	6.28	8.80	18.4
1984	11.1	21.9	23.7	16.9	18.3	27.6	32.6	24.9	14.4	12.2	9.83	7.92	18.4
1985	9.72	10.3	8.15	9.32	11.6	18.3	37.7	23.7	9.14	5.32	5.13	6.05	12.9
1986	13.3	13.2	12.4	12.3	15.7	22.4	22.9	25.5	18.2	9.14	8.92	9.11	15.2
1987	7.98	9.99	11.0	11.6	20.0	16.5	53.8	51.7	34.6	15.7	10.8	9.71	21.1
1988	12.2	16.3	18.9	14.2	17.4	32.0	74.4	65.4	46.1	23.9	18.8	10.2	29.8
1989	21.3	27.9	23.4	17.6	18.3	37.2	26.0	13.4	9.82	5.79	5.90	7.78	17.8
1990	10.0	13.1	15.0	10.1	15.7	29.8	31.6	32.8	14.7	8.34	6.79	9.49	16.5
1991	11.0	11.6	11.6	9.38	10.0	30.2	42.0	26.3	14.7	7.69	5.56	7.94	15.7
1992	10.2	11.2	13.1	11.1	9.06	24.1	51.7	47.9	27.5	12.4	9.36	9.12	19.7
1993	12.0	13.8	13.1	14.0	15.7	22.5	63.6	56.3	31.5	13.3	13.0	11.9	23.4
1994	12.7	13.6	13.8	13.5	13.1	19.6	25.3	19.7	5.13	5.14	5.06	6.36	12.7
1995	8.10	13.9	12.4	16.0	14.1	21.9	42.1	57.5	27.8	14.8	9.92	10.8	20.8
1996	12.0	23.1	16.1	15.6	14.9	24.0	50.7	60.0	25.3	13.2	11.9	14.1	23.4
1997	15.9	16.2	18.5	16.8	15.3	16.3	36.0	35.7	20.4	10.5	9.82	10.2	18.5
1998	14.9	15.6	14.9	12.8	13.6	25.9	65.7	62.5	40.6	16.9	13.8	13.4	25.9
1999	15.3	16.4	23.7	17.1	18.1	24.4	42.6	34.9	19.9	11.7	9.74	11.4	20.4
2000	12.3	12.1	12.3	11.7	12.2	15.2	63.1	46.8	18.9	8.78	7.41	8.85	19.1
2001	11.1	11.5	10.8	10.1	10.0	13.6	14.5	15.2	4.28	1.48	1.43	3.13	8.93
2002	6.16	7.08	8.26	9.47	10.1	19.5	43.8	37.1	19.5	10.6	5.87	9.12	15.5
2003	9.29	9.84	8.50	10.9	9.34	14.1	39.5	24.4	11.6	3.42	3.23	5.36	12.5
2004	3.05	3.35	4.61	8.15	17.5	26.0	25.8	28.8	14.5	7.58	9.03	9.86	13.2
2005	12.7	6.38	7.59	7.47	13.1	16.3	26.2	23.4	13.5	5.70	5.57	4.42	11.9

A.Ort.:	11.9	13.4	14.3	13.4	15.4	25.4	44.1	41.0	22.6	11.5	9.33	10.1	19.5
Verim :	1.87	2.11	2.25	2.12	2.44	4.01	6.96	6.47	3.56	1.82	1.47	1.59	3.07
Akış :	5.01	5.48	6.03	5.68	5.90	10.7	18.0	17.3	9.24	4.87	3.94	4.11	97.0
Akım :	31.8	34.7	38.2	36.0	37.4	68.0	114.	110.	58.5	30.8	25.0	26.1	615.
Aylık Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Verim (l/s/km <sup>2</sup> )			Akış (mm)			Akım (milyon m <sup>3</sup> )						

Günlük akım gözlemi

Aylık toplam akım hesaplaması

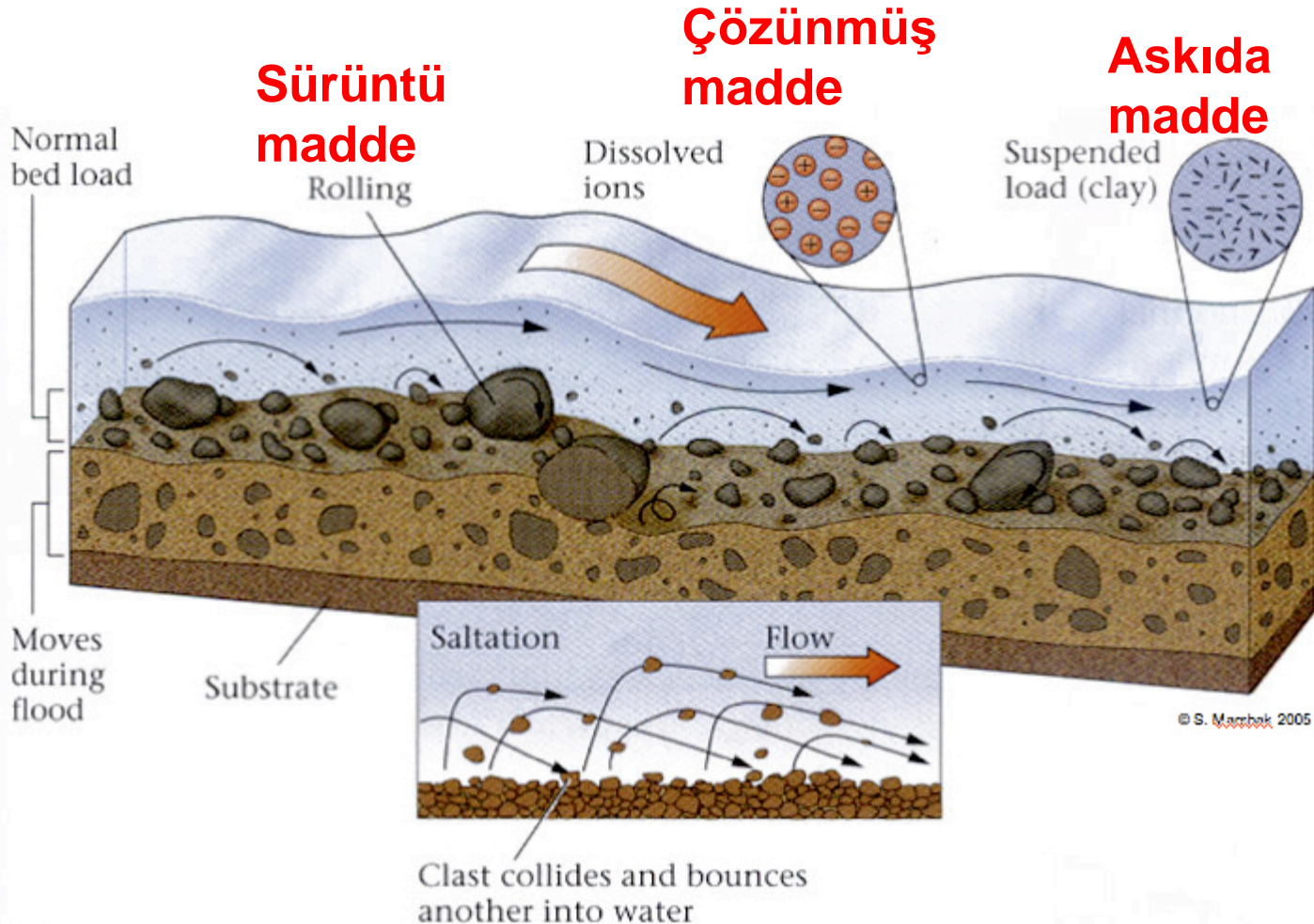
Yıllık ortalama akım hesaplaması

Ekstrem akımların gözlenmesi

Anahtar eğri kontrolü

# Akarsularda katı madde hareketi

Akarsudaki katı maddeler havzadaki erozyondan veya akarsu yatağındaki aşınmadan kaynaklanır.

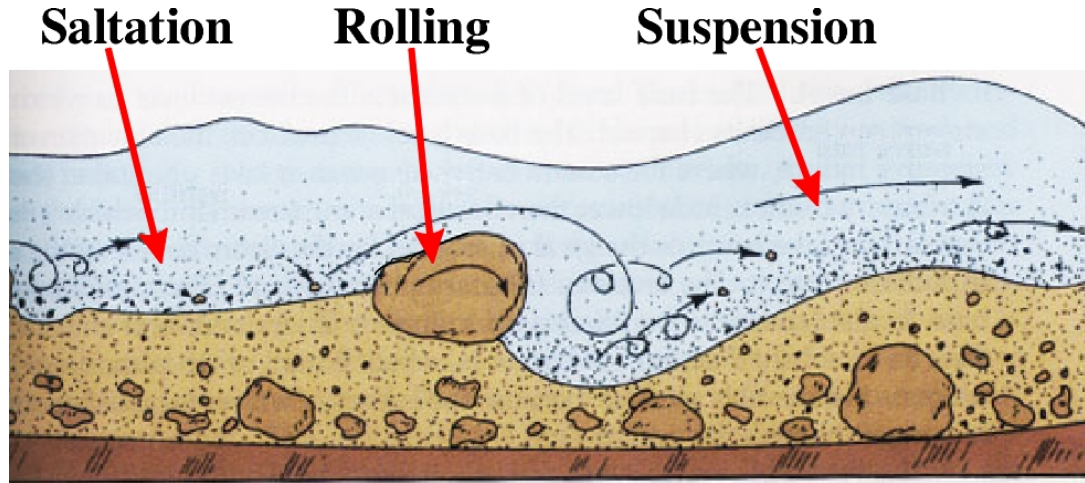




Akarsuyun katı madde taşıma kapasitesi akımın, akışkanın, katı maddenin özellikleri ve yer çekim ivmesine bağlıdır.

### Katı maddenin özellikleri

- Dane çapı
- Dane özgül ağırlığı
- Dane biçimi



Birim zamanda taşınan katı madde miktarı  $m^3/s$



# Akarsularda Katı Madde Miktarının Ölçülmesi

Yatak malzemesi

- Yatak boyunca sürüklenerek doldurulan aletler
- Sabit tutulup yatak malzemesini kazarak veya kaparak doldurulan aletler.

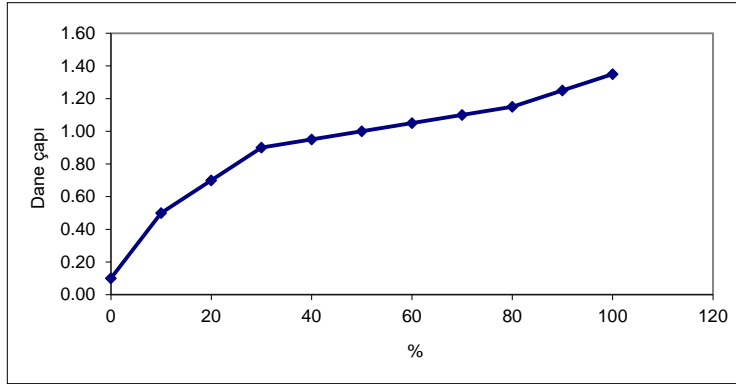
Sürüntü madde miktarı ölçümü için:

- Akarsu tabanına yerleştirilen ve sürüntü maddeyi yakalayan düzenekler (Sepet tipi, Tava tipi, Delikli aletler)

Askıda madde miktarı ölçümü için:

- Örnek alınır

Örnek: Akarsu taban malzemesi örneğinde yapılan elek analizi ile belirlenen dane çapı yüzdelerini kullanarak taban malzemesi ortalama çapı D50 ve D90 karakteristik çaplarını bulunuz.



D<sub>0.93</sub>=0.93 mm  
D<sub>50</sub>=1.00 mm  
D<sub>90</sub>=1.25 mm

Elekten geçen malzemenin % dağılımı	Dane çapı (mm)
0	0.10
10	0.50
20	0.70
30	0.90
40	0.95
50	1.00
60	1.05
70	1.10
80	1.15
90	1.25
100	1.35