

# *Su Mühendisliđi Problemlerinde Belirsizliklerin İrdelenmesi*

Prof. Dr. Melih Yanmaz  
ODTÜ, İnşaat Müh. Bölümü

# Belirsizliklerin Kaynađı

- Hidrolojik (dođal, parametre, model)
- Hidrolik (model, yapı ve malzeme, işletme)
- Yapısal (temel problemleri ve erozyon, dalga etkisi, aşırı y¼kleme, vb.)
- Ekonomik (yapı, hasar, bakım-onarım-işletme maliyetleri, enflasyon, vb.)
- Geoteknik (zemin özellikleri, emniyet gerilmeleri, vb.)
- Zamana bağımlı değişimlerden kaynaklanan

# Parametre belirsizliği

$$W = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \longrightarrow W = \lambda_m g(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

## Bağımsız değişkenler durumunda

$$\begin{aligned} \Omega_W^2 \cong & \Omega_{\lambda_m}^2 + \left( \frac{\partial W}{\partial x_1} \right)_{W=\bar{W}}^2 \left( \frac{\bar{x}_1}{\bar{W}} \right)^2 \Omega_{x_1}^2 + \left( \frac{\partial W}{\partial x_2} \right)_{W=\bar{W}}^2 \left( \frac{\bar{x}_2}{\bar{W}} \right)^2 \Omega_{x_2}^2 \\ & + \dots + \left( \frac{\partial W}{\partial x_n} \right)_{W=\bar{W}}^2 \left( \frac{\bar{x}_n}{\bar{W}} \right)^2 \Omega_{x_n}^2 \end{aligned}$$

Örnek:  $W=Q_c$

$$\sigma_{\ln Q_c} = [\ln (\Omega_{Q_c}^2 + 1)]^{1/2} \quad \text{(Log-normal dağılımında)}$$

# Değişim katsayıları hk. bilgi varmı?

- Akım hızı ( $\Omega_u \approx 0.01$ , üçgen oyf)
- Debi ( $\Omega_Q \approx 0.1$ , lognormal oyf)
- Enerji eğimi ( $\Omega_S \approx 0.15$ , uniform oyf)
- Manning-n ( $\Omega_n \approx 0.2$ , normal oyf)

## Örnek: Manning denkleminin parametre belirsizliği

$$\bar{Q}_c = \frac{1}{n} \bar{\lambda}_m \bar{A}^{5/3} \bar{P}^{-2/3} \bar{S}_f^{1/2}$$

$$\Omega_{Q_c}^2 = \left( \frac{\partial Q_c}{\partial n} \right)_{Q_c=\bar{Q}_c}^2 \left( \frac{\bar{n}}{\bar{Q}_c} \right)^2 \Omega_n^2 + \left( \frac{\partial Q_c}{\partial A} \right)_{Q_c=\bar{Q}_c}^2 \left( \frac{\bar{A}}{\bar{Q}_c} \right)^2 \Omega_A^2 +$$

$$\left( \frac{\partial Q_c}{\partial P} \right)_{Q_c=\bar{Q}_c}^2 \left( \frac{\bar{P}}{\bar{Q}_c} \right)^2 \Omega_P^2 + \left( \frac{\partial Q_c}{\partial S_f} \right)_{Q_c=\bar{Q}_c}^2 \left( \frac{\bar{S}_f}{\bar{Q}_c} \right)^2 \Omega_{S_f}^2$$

$$\Omega_{Q_c} = \left( \Omega_n^2 + 2.78\Omega_A^2 + 0.44\Omega_P^2 + 0.25\Omega_{S_f}^2 \right)^{1/2}$$

# Trapez en kesitli açık kanal

$$A = by + my^2 \quad P = b + 2y\sqrt{1 + m^2}$$

$$\Omega_A = \left[ \left( \frac{\bar{b}\bar{y}}{\bar{b}y + \bar{m}y^2} \right)^2 \Omega_b^2 + \left( \frac{\bar{b} + 2\bar{m}y}{\bar{b} + \bar{m}y} \right)^2 \Omega_y^2 + \left( \frac{\bar{m}y^2}{\bar{b}y + \bar{m}y^2} \right)^2 \Omega_m^2 \right]^{1/2}$$

$$\Omega_P = \left[ \left( \frac{\bar{b}}{\bar{b} + 2\bar{y}\sqrt{1 + \bar{m}^2}} \right)^2 \Omega_b^2 + \left( 2\sqrt{1 + \bar{m}^2} \right)^2 \left( \frac{\bar{y}}{\bar{b} + 2\bar{y}\sqrt{1 + \bar{m}^2}} \right)^2 \Omega_y^2 + \right.$$

$$\left. \left( \frac{2\bar{m}y}{\sqrt{1 + \bar{m}^2}} \right)^2 \left( \frac{\bar{m}}{\bar{b} + 2\bar{y}\sqrt{1 + \bar{m}^2}} \right)^2 \Omega_m^2 \right]^{1/2}$$

# Model belirsizliği

## ● Örnek: Yağış-akış bağıntıları

$$Q_p = f(C, A, S, i)$$

$$t_p = h(L, S, u, i, \phi, R_b)$$

$$Q_p = \frac{0.276AC_p}{t_p}$$

**Snyder**

$$Q_p = 0.208 \frac{A}{t_p}$$

**Mockus**

$$Q_p = 141.44A^{0.96} t_p^{-1.07}$$

**Espey vd.**

# Bu değişkenleri ne kadar doğru hesaplıyoruz?

Kaç ölçüm yapıldı?

Ölçek (1)	A (km <sup>2</sup> ) (2)	P (km) (3)	$\Sigma L_u$ (km) (4)	N (5)	L (km) (6)	$D_d$ (km <sup>-1</sup> ) (7)	$D_f$ (km <sup>-2</sup> ) (8)
1:5000	3.04	8.6	15.46	68	4.0	5.09	22.37
1:25000	3.13	7.6	9.9	17	3.5	2.82	5.44
1:100000	3.10	8.0	2.6	3	3.7	0.84	0.97
1:200000	2.76	7.5	2.4	3	3.6	0.80	1.0

**Gelişmiş tekniklerin kullanılması:**

- CBS
- UA
- Güvenilirlik analizleri

# Zamana bağlı değişimler

- Yapı malzemelerinin yıpranması
- Yapısal, hidrolik, geoteknik zaafiyetlerin oluşması
- Havza kullanımında değişiklikler
- İşletme politikalarında değişiklik
- Zamanla gelişen yeni tasarım yöntemlerinin üstünlüğü

# Geoteknik Parametrelerin Zamanla Değişimi

<b>Kayma Mukavemeti, <math>\tau</math></b>	<b><math>d\tau_{\text{kum}}/dt \approx 0</math>; <math>d\tau_{\text{kil}}/dt \approx</math> pozitive</b>
<b>Oturma, S</b>	<b>Kum: <math>S_{\text{ilk}} \approx</math> hızlı; <math>S_{\text{ilave}} \approx</math> yavaş (modellenebilir) Kil: <math>S \approx S(t)</math> (modellenebilir)</b>
<b>Oyulma, D</b>	<b>Üniform malzeme (kum): <math>D \approx D(t)</math> (modellenebilir) Tabakalı ve geniş dağılımlı (modellenmesi çok zor)</b>
<b>Geçirgenlik / borulanma</b>	<b>Borulanma nedeniyle geçirgenlik değişebilir. (modelleme veriye bağlı)</b>
<b>Gözlem kuyusuna akım</b>	<b>Tıkanma nedeniyle değişebilir.</b>
<b>Yükleme</b>	<b>Zamanla değişebilir. Ölçümlerle modellenebilir.</b>

**Benzer değişiklikler yapısal parametrelerde de mevcuttur !!**

## ***Deterministic Risk***

$$(P+q)^n=1.0 \quad \text{Risk}=1- q)^n \quad ??$$

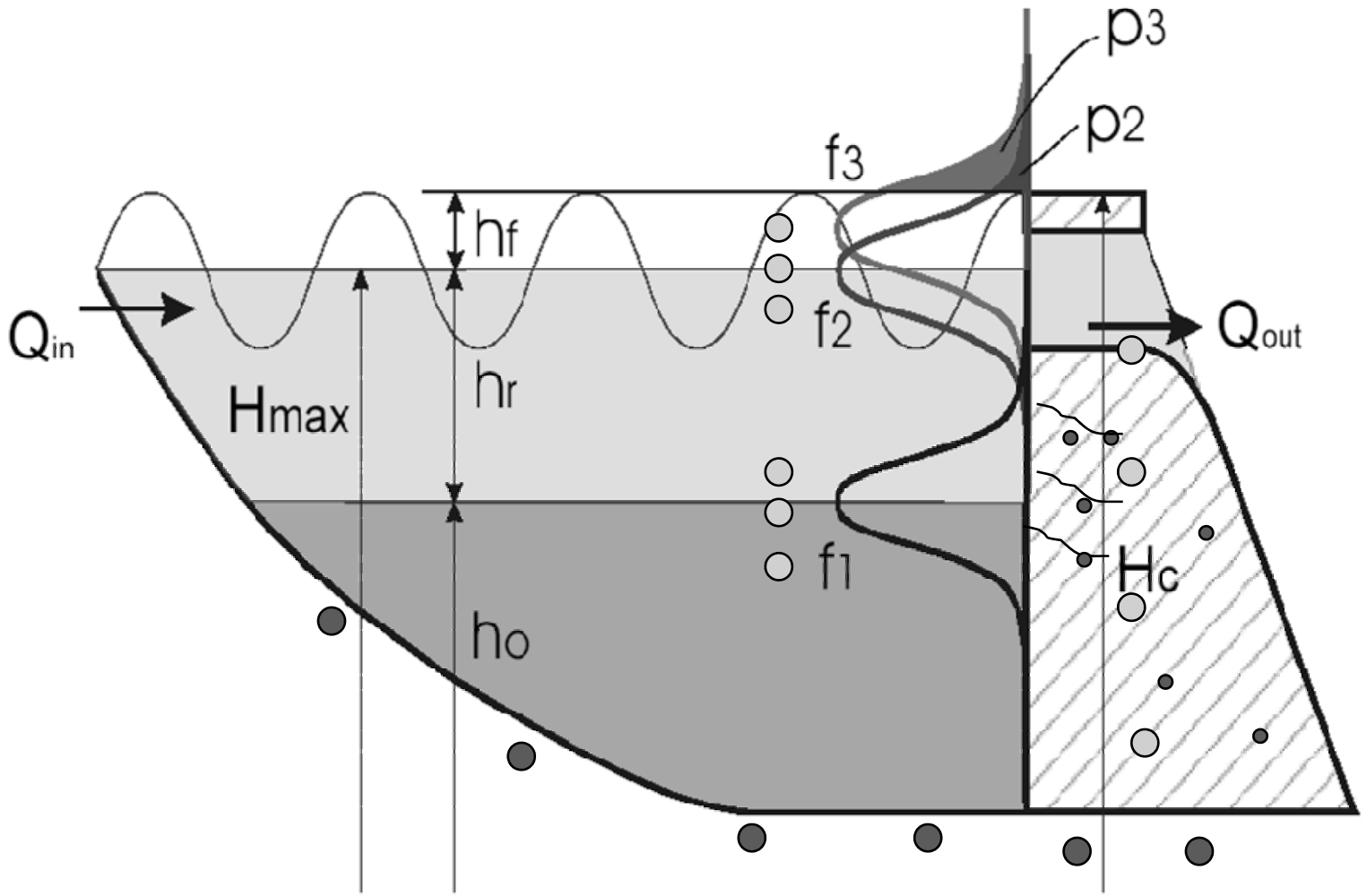
## ***Olasılık- esaslı risk yaklaşımı***

- Risk = P (S≥R)
- S=Yükleme
- R=Direnç (mukavemet)

**Örnek: Baraj**

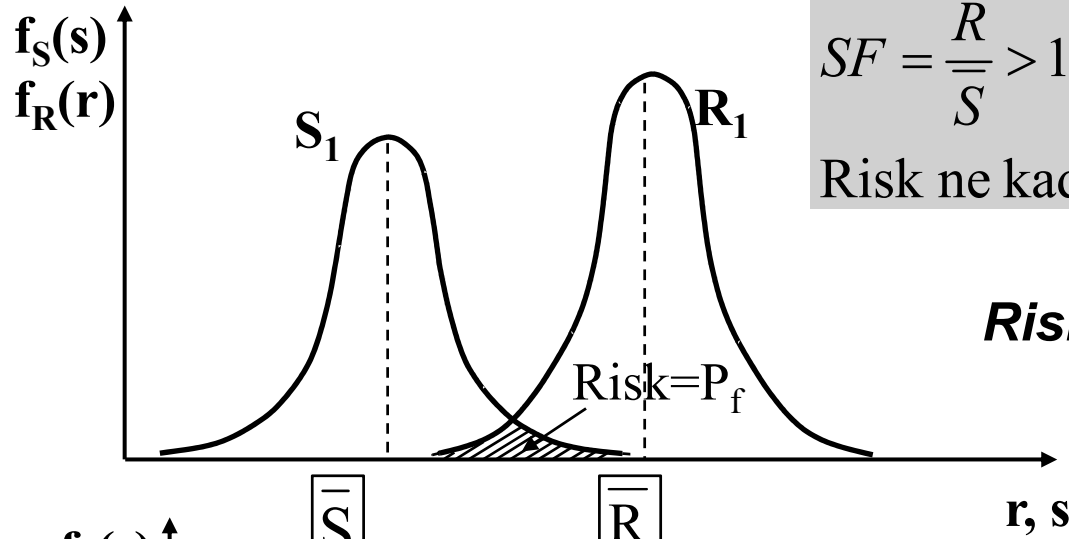
**S=zati yük, su basıncı, deprem, rüzgar, vs.**

**R=malzeme ve zemin özellikleri, tasarımın gerçekçiliği, yapım tekniği ve kalitesi, vs.**



○ Yükleme

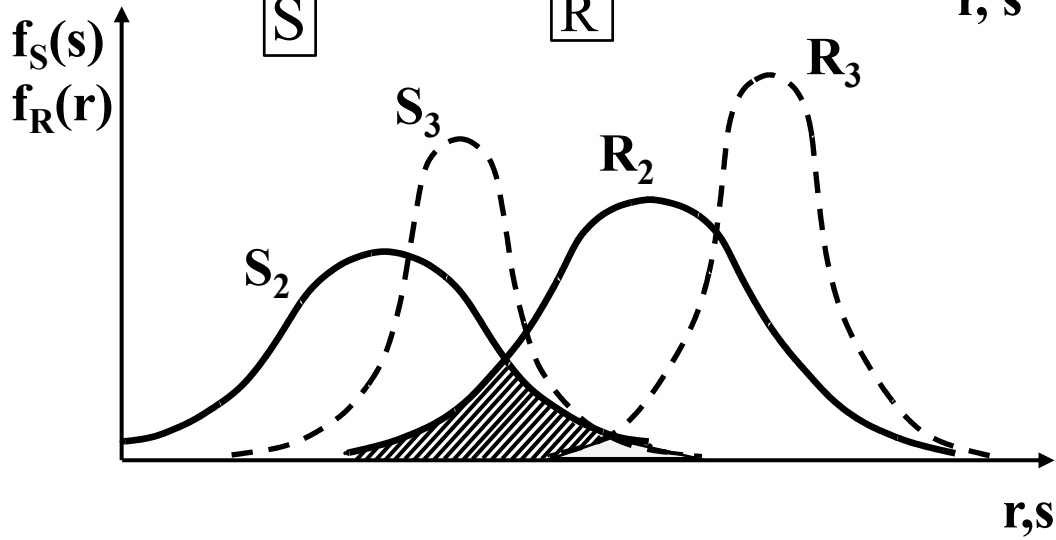
● Direnç



$SF = \frac{\bar{R}}{\bar{S}} > 1.0$  Uygun mu ????

Risk ne kadar ??

**Riski azaltabilir miyiz?**



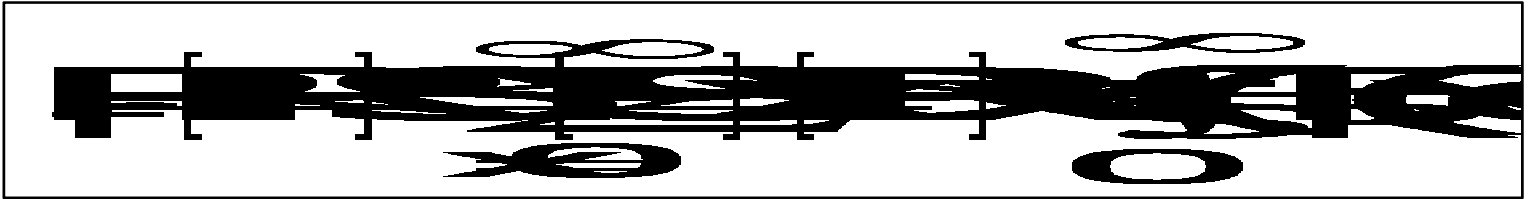
$SF = \frac{R_{min}}{S_{max}} > 1.0$  Uygun mu?, risk küçük mü?

**Risk hesaplamak için veri gerekli !  
Veri kullanılarak oyf hesaplanmalı**

**Verinin kaynakları**

- Ölçümü olan veri
- Yapı civarında veya içinde veri temini

**Bağımsız değişkenler durumunda**



**Bağımlı değişkenler durumunda**

$$P_f = 1 - \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} f_{r,s}(r,s) dr ds$$

# Silindirik Köprü ayaklarında oyulma verisi

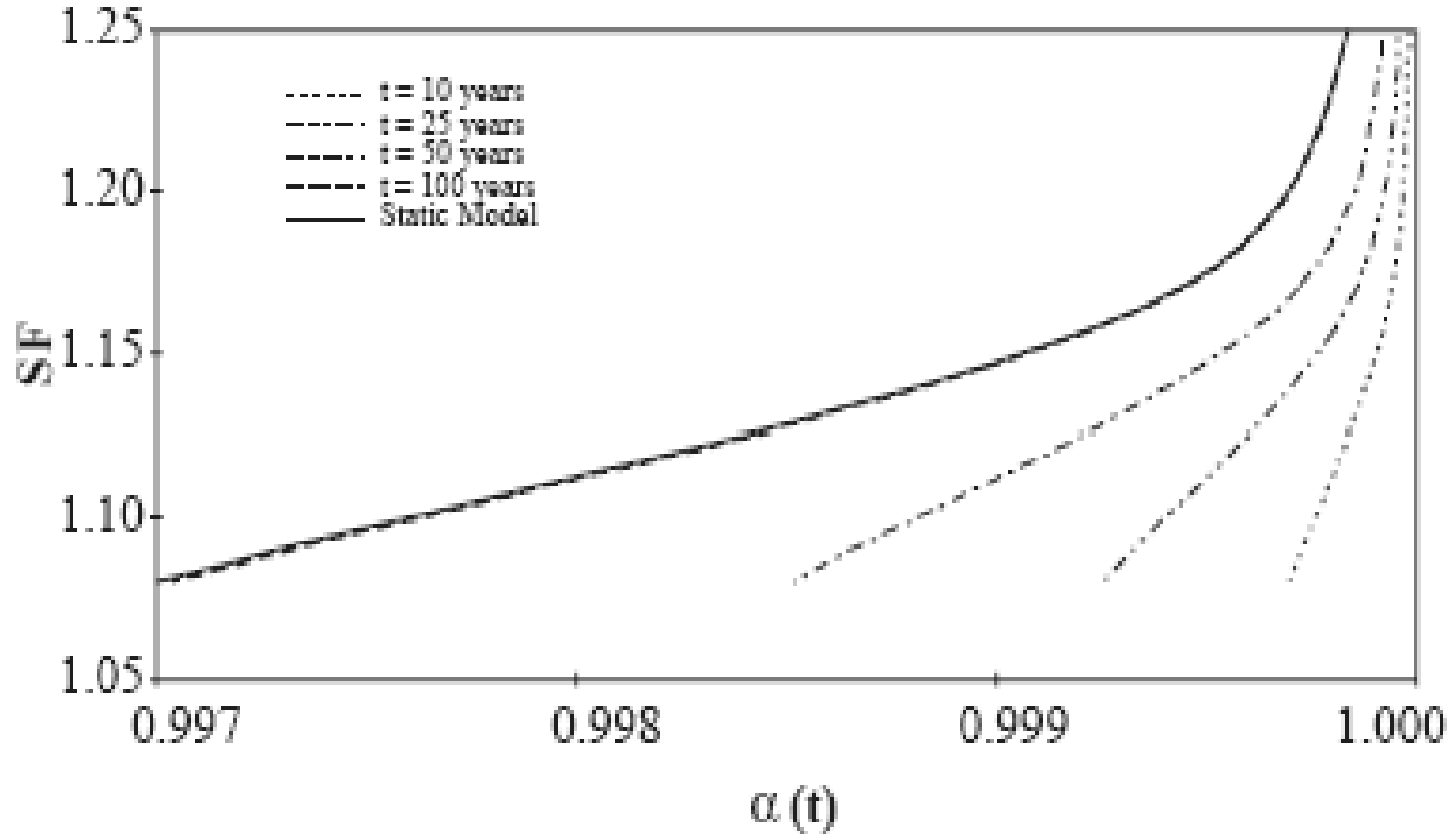
Araştırmacı	b	d <sub>0</sub>	D <sub>50</sub>	d <sub>s</sub>	F <sub>r</sub>
	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)	
Chab.ve Engeldinger (1956)	10.00-15.00	10.00-35.00	0.52-3.00	11.50-21.14	0.35-0.77
Tarapore (1962)	5.00	3.70-11.80	0.15-0.50	6.10-7.60	0.37-0.98
Laursen(1963)	17.40	17.90-21.50	0.16-0.51	18.50-23.10	0.33-0.46
Shen et al. (1966)	15.00-17.40	11.37-21.31	0.24-1.51	12.75-23.10	0.30-1.02
Hancu (1971)	13.00	5.00	0.50	9.36-14.89	0.31-0.85
Başak et al. (1977)	4.00-39.50	3.26-16.70	0.70	4.50-27.00	0.37-0.55
Jain and Fischer (1979)	5.08-10.16	10.16	0.25	8.38-18.49	0.50-1.20
Melville (1984)	5.08-10.16	10.00	0.24-1.40	6.10-18.9	0.30-1.21

## İstatistiksel deęerler

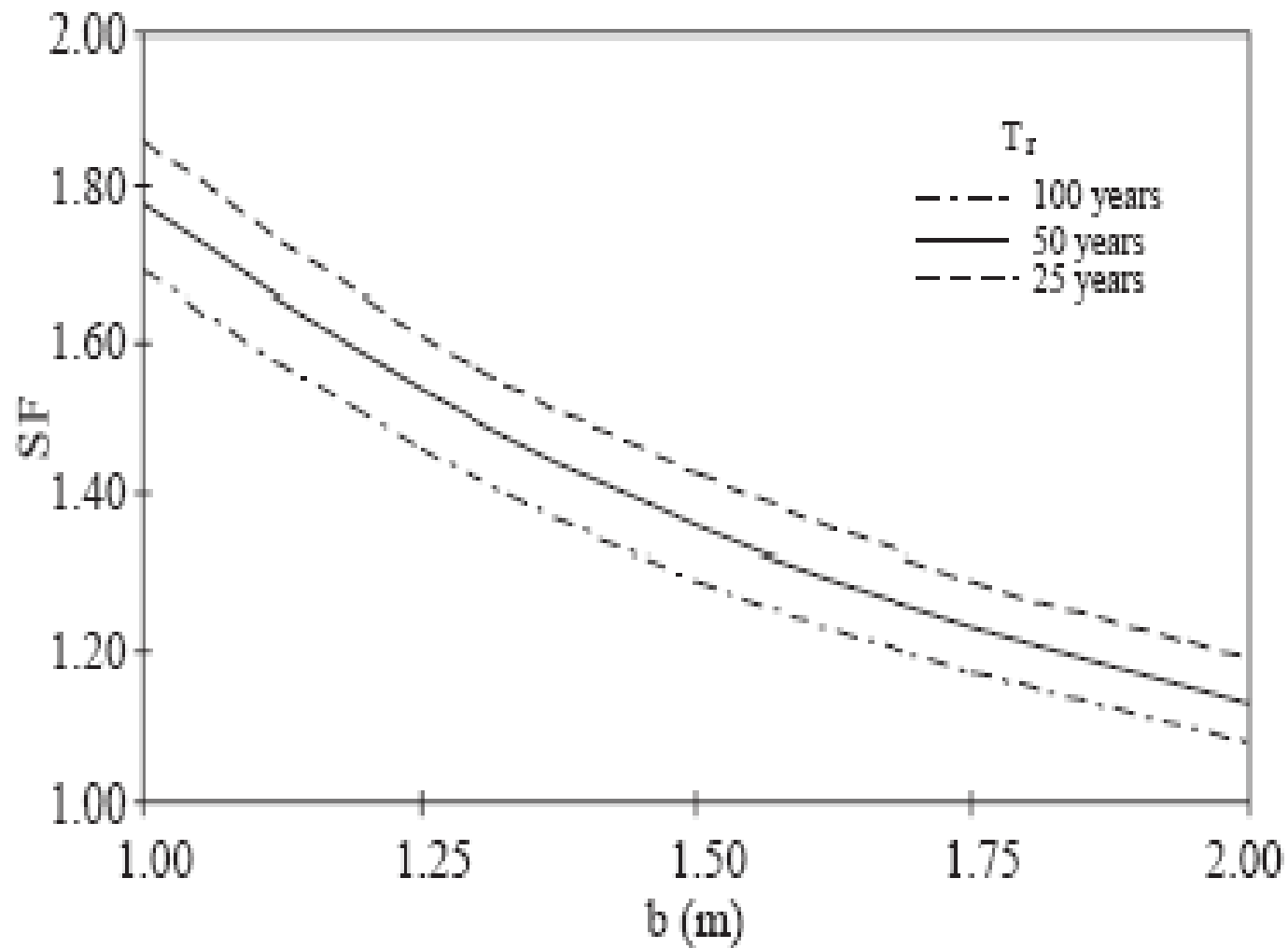
Parametre	$\mu$	$\Omega$
$x=d_0/b$	1.2558	0.4795
$y=d_s/b$	1.3436	0.2758
$z=F_r$	0.6180	0.4055

Parametre	OYF	$\chi^2$				
		Hesaplanan deęer	Kritik deęer value		Karar	
			$\alpha=0.90$	$\alpha=0.95$	$\alpha=0.90$	$\alpha=0.95$
x	N	48.9557	13.40	15.50	Red	Red
	LN2	117.4975	13.40	15.50	Red	Red
	LN3	99.3202	13.40	15.50	Red	Red
	EV1	98.3448	13.40	15.50	Red	Red
	PT3	98.3448	13.40	15.50	Red	Red
	LPT3	59.5074	13.40	15.50	Red?	Red ?
y	N	7.9901	13.40	15.50	Kabul	Kabul
	LN2	7.9015	13.40	15.50	Kabul	Kabul
	LN3	6.7488	13.40	15.50	Kabul	Kabul
	EV1	11.2709	13.40	15.50	Kabul	Kabul
	PT3	6.7488	13.40	15.50	Kabul	Kabul
	LPT3	10.6502	13.40	15.50	Kabul	Kabul

# Örnek: Köprü ayakları etrafındaki oyulmanın güvenilirliği



$t$ =Ekonomik ömür,  $SF=d_f/d_s$



# Ekonomik ömür süresince değerlendirme - Zamana bağlı

- Direncin zamanla azalması
- Yüklemenin zamanla artması
- Gerçekçi tasarım / analiz yöntemlerinin geliştirilmesi

## İyileştirme

- İzleme, tetkik, tamir

**Yıkma !!**











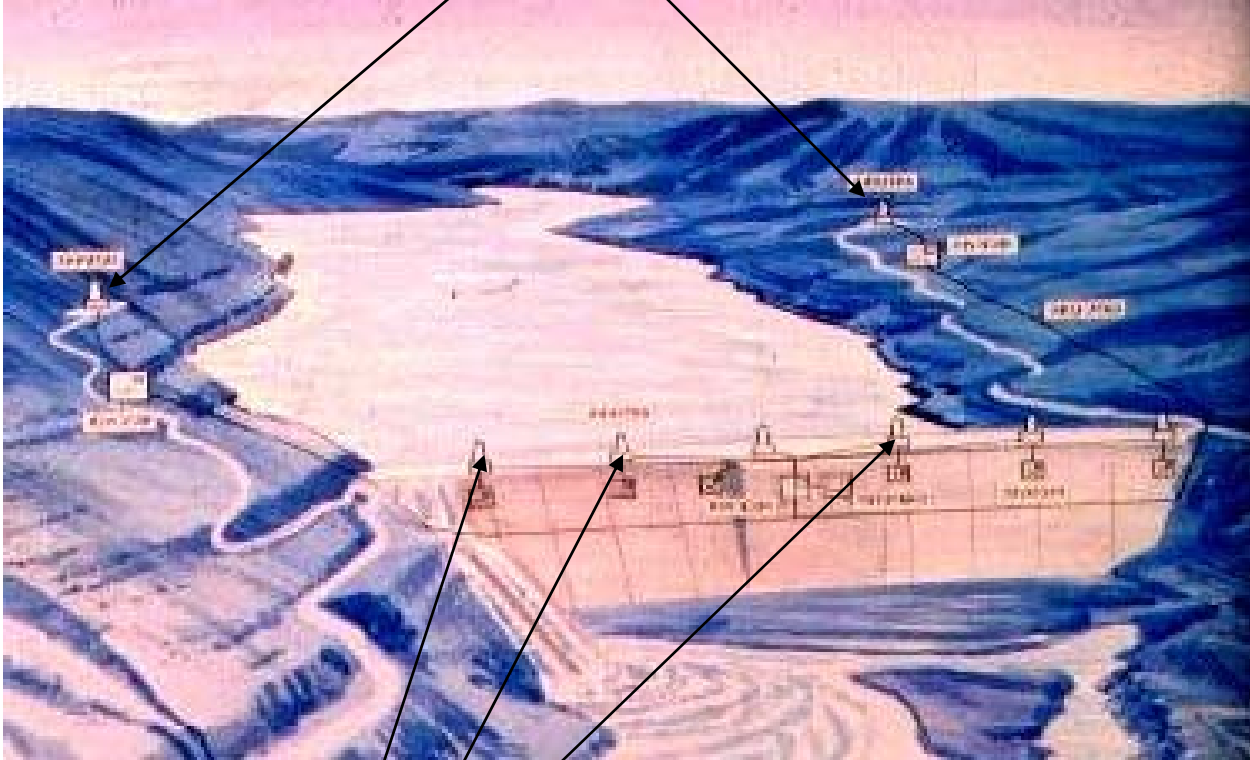








## GPS referans istasyonları



Hedef noktalar

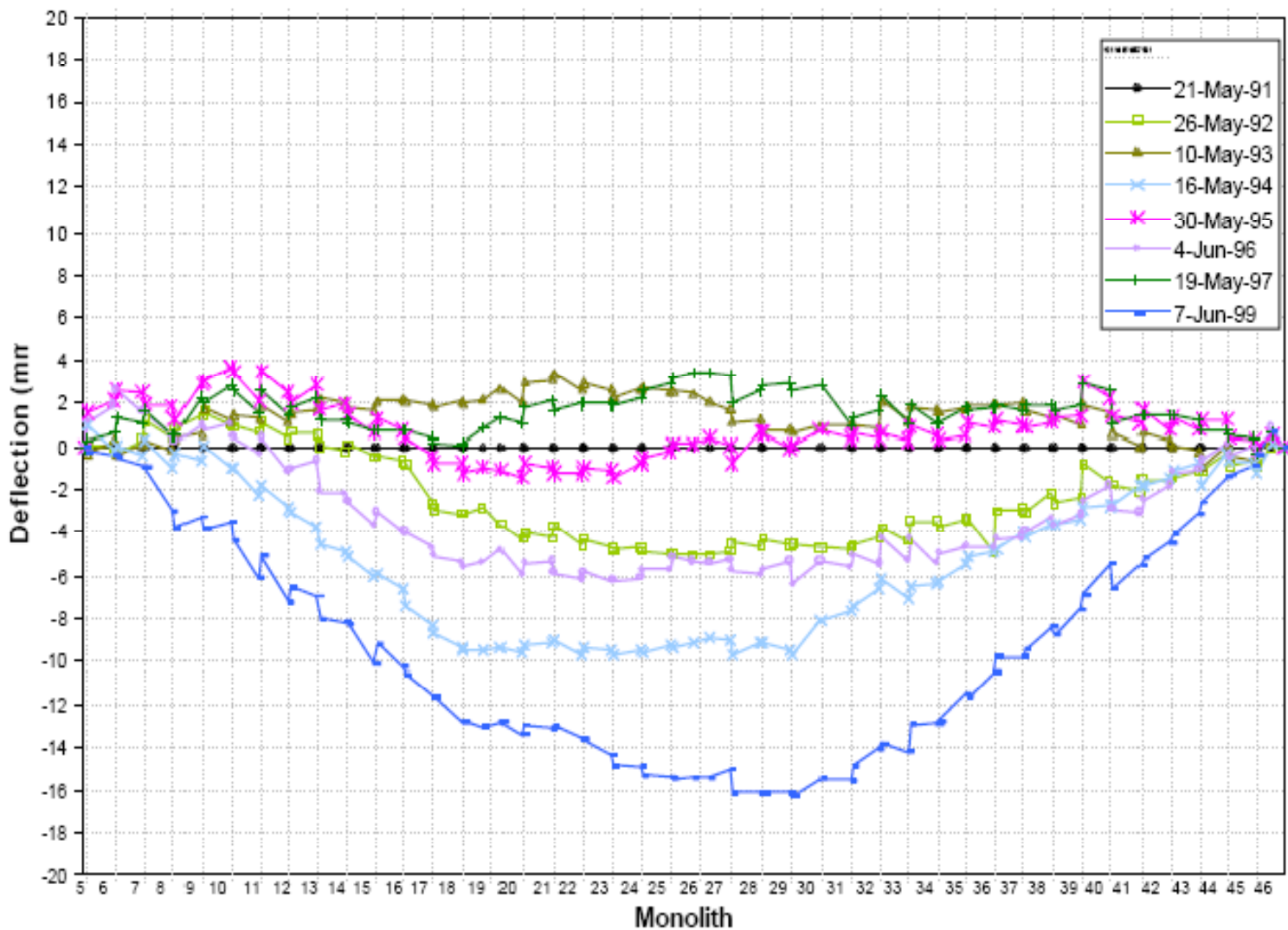
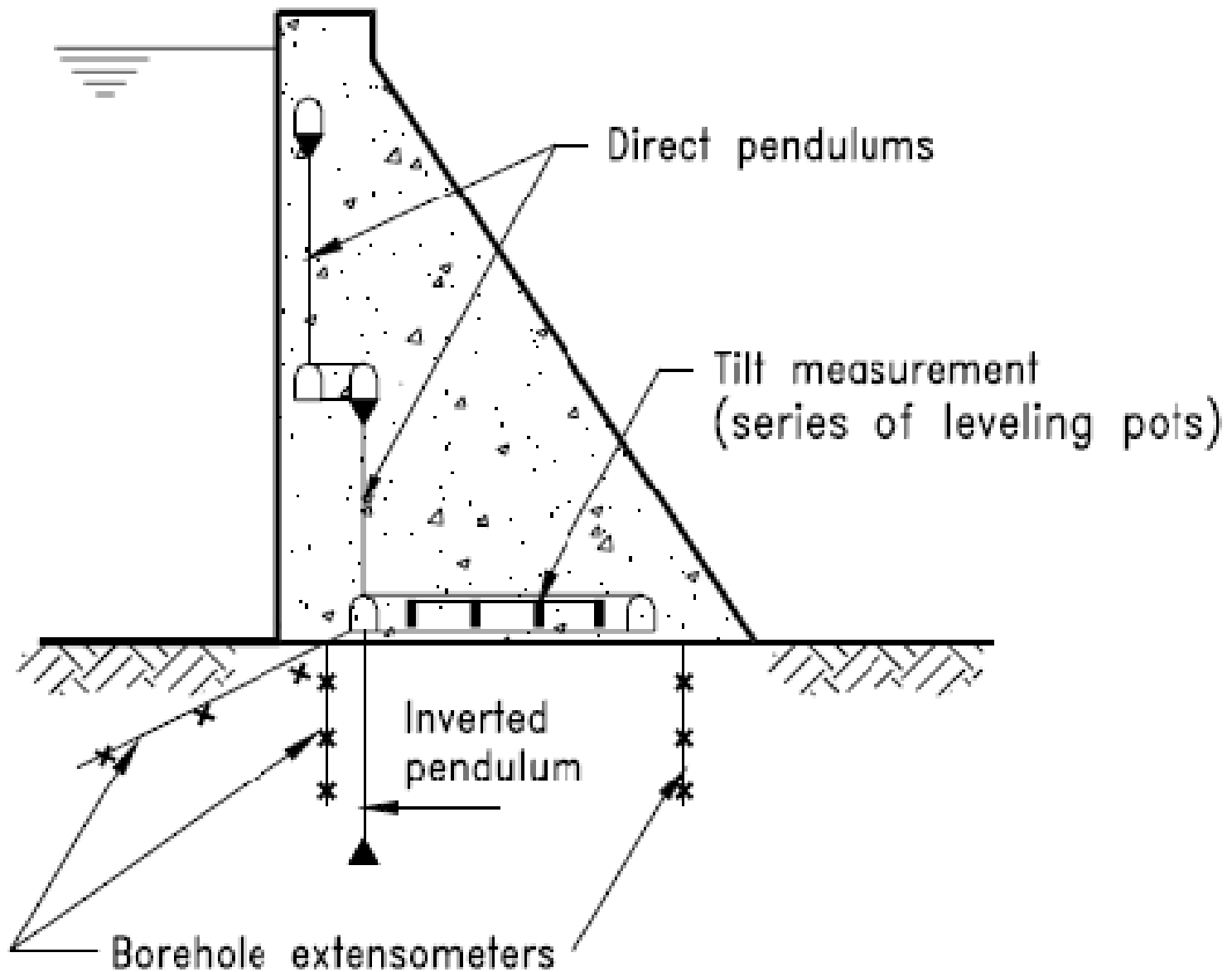


Figure 3-15. May results of Libby laser alignment (1991 base)



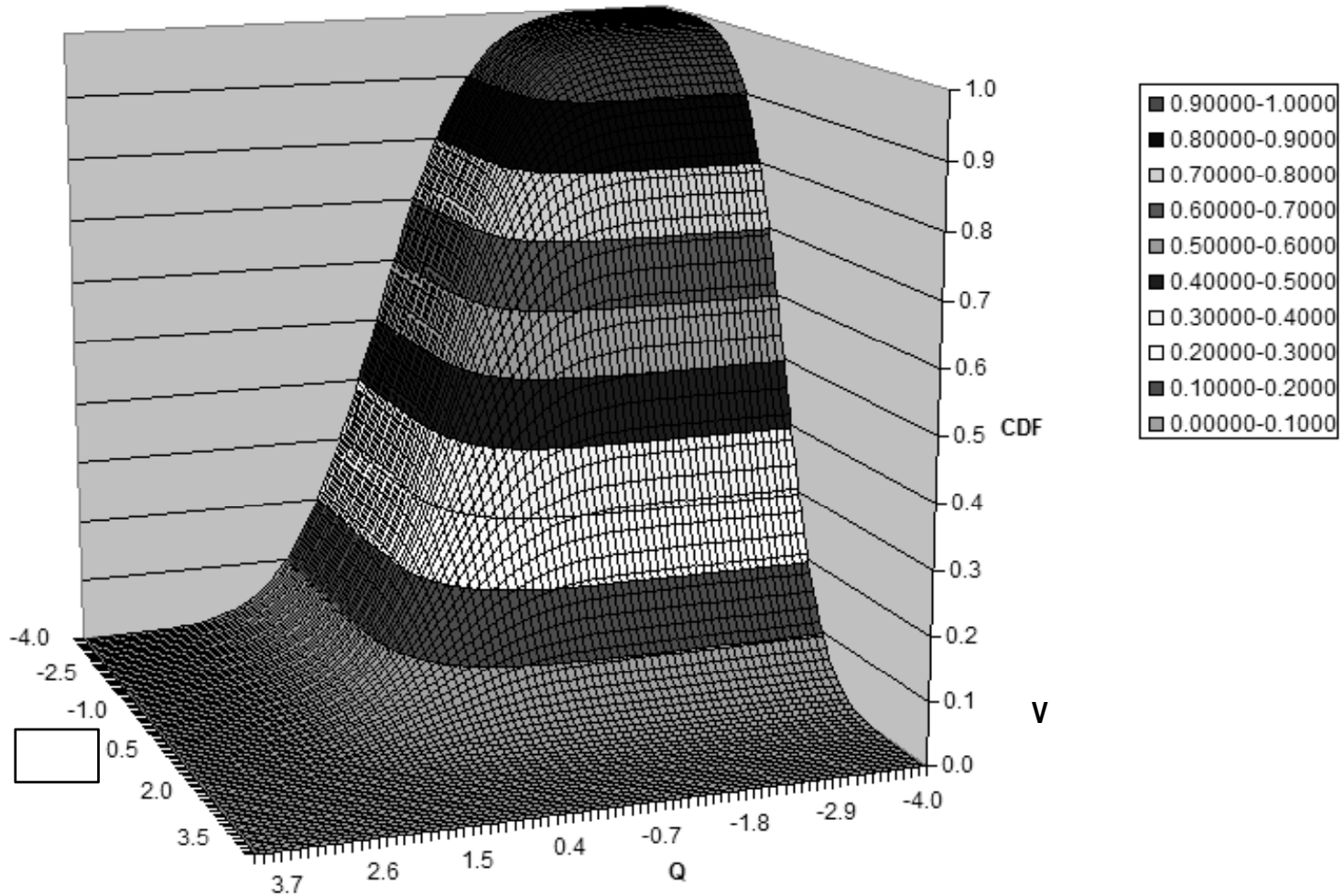
# Yeni tasarım / analiz yöntemleri

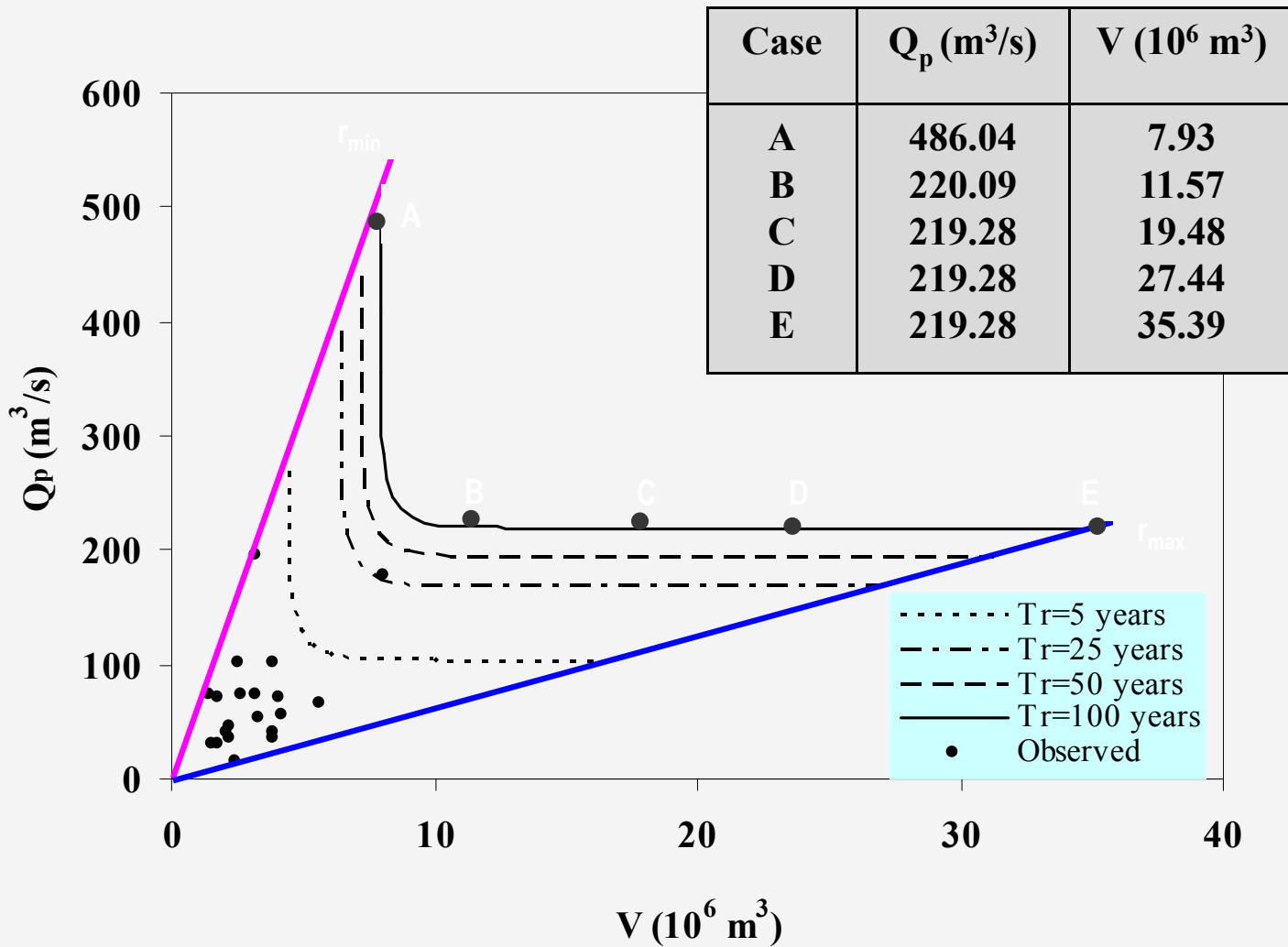
Örnek: Taşkın frekans analizi

- Klasik yaklaşım: Tek değişken  $Q_p$
- Çok değişkenli yaklaşım:  $Q_p, t_b, V$

# İki değişkenli taşkın frekans analizi

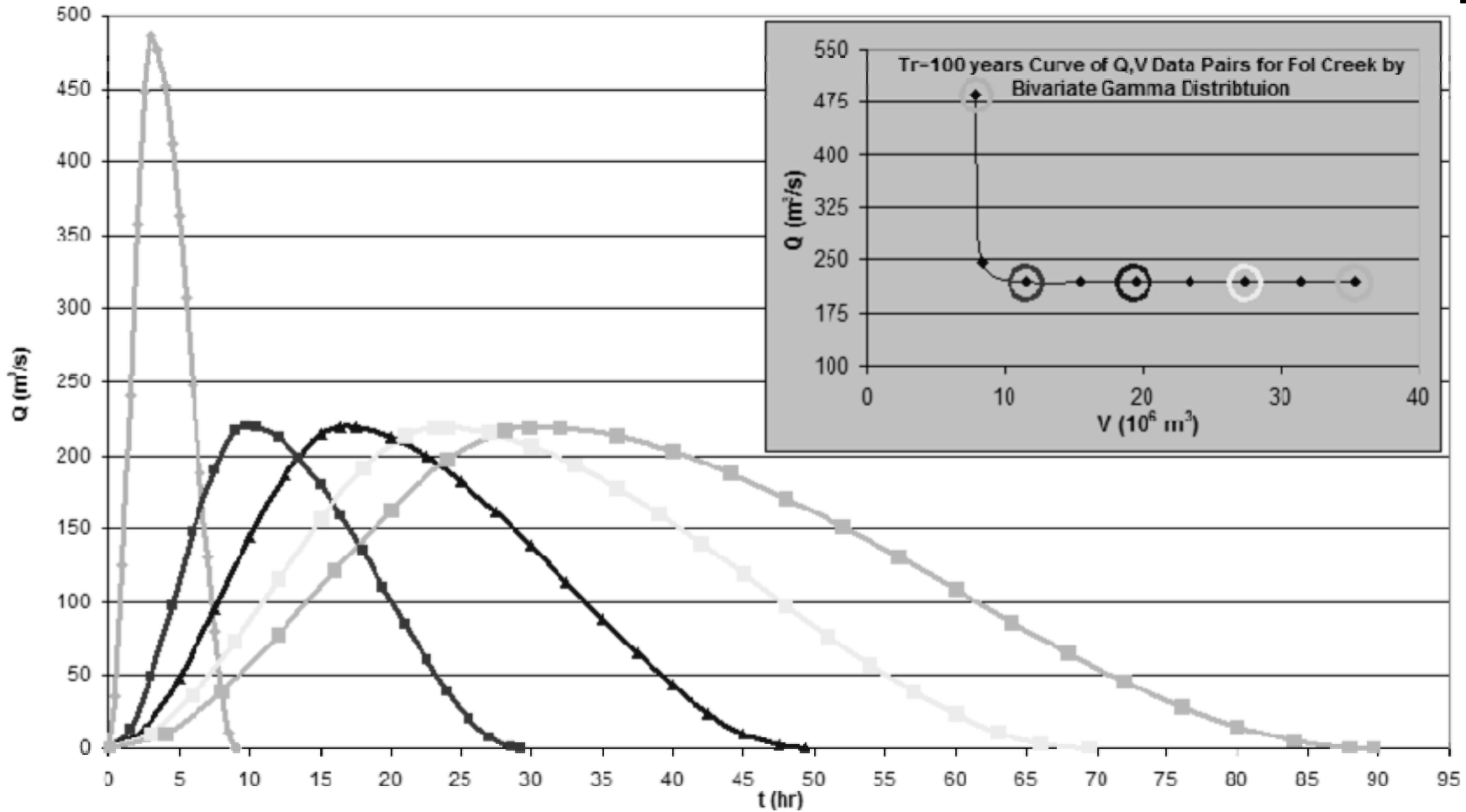
Fol Creek P<sub>upper-right</sub> by Drezner's Algorithm





# Olası tasarım hidrografları: A-E

Direct Runoffs of Fol Creek for  $T_r=100$  years by Bivariate Gamma Distribution  
Aldamo & Ramirez Method by Hermitian Polynomials (1999)



## Q<sub>p</sub> değerlerinin karşılaştırılması

<b>T<sub>r</sub></b>	<b>Q<sub>p</sub> (m<sup>3</sup>/s) (tek-değişken)</b>	<b>Q<sub>p</sub> (m<sup>3</sup>/s) (çift-değişken)</b>
<b>2</b>	<b>57.5</b>	<b>60-181.4</b>
<b>5</b>	<b>92.4</b>	<b>102.9-269.0</b>
<b>10</b>	<b>115.6</b>	<b>131.9-325.3</b>
<b>25</b>	<b>144.7</b>	<b>167.9-391.9</b>
<b>50</b>	<b>166.2</b>	<b>193.8-440.3</b>
<b>100</b>	<b>187.7</b>	<b>219.6-486.0</b>

Tasarıma ve emniyet seviyesine etkileri !!!