

سامانه رودخانه‌ها

سیل، خطرات سیلاب

و

مدیریت سیلاب

(بخش اول)

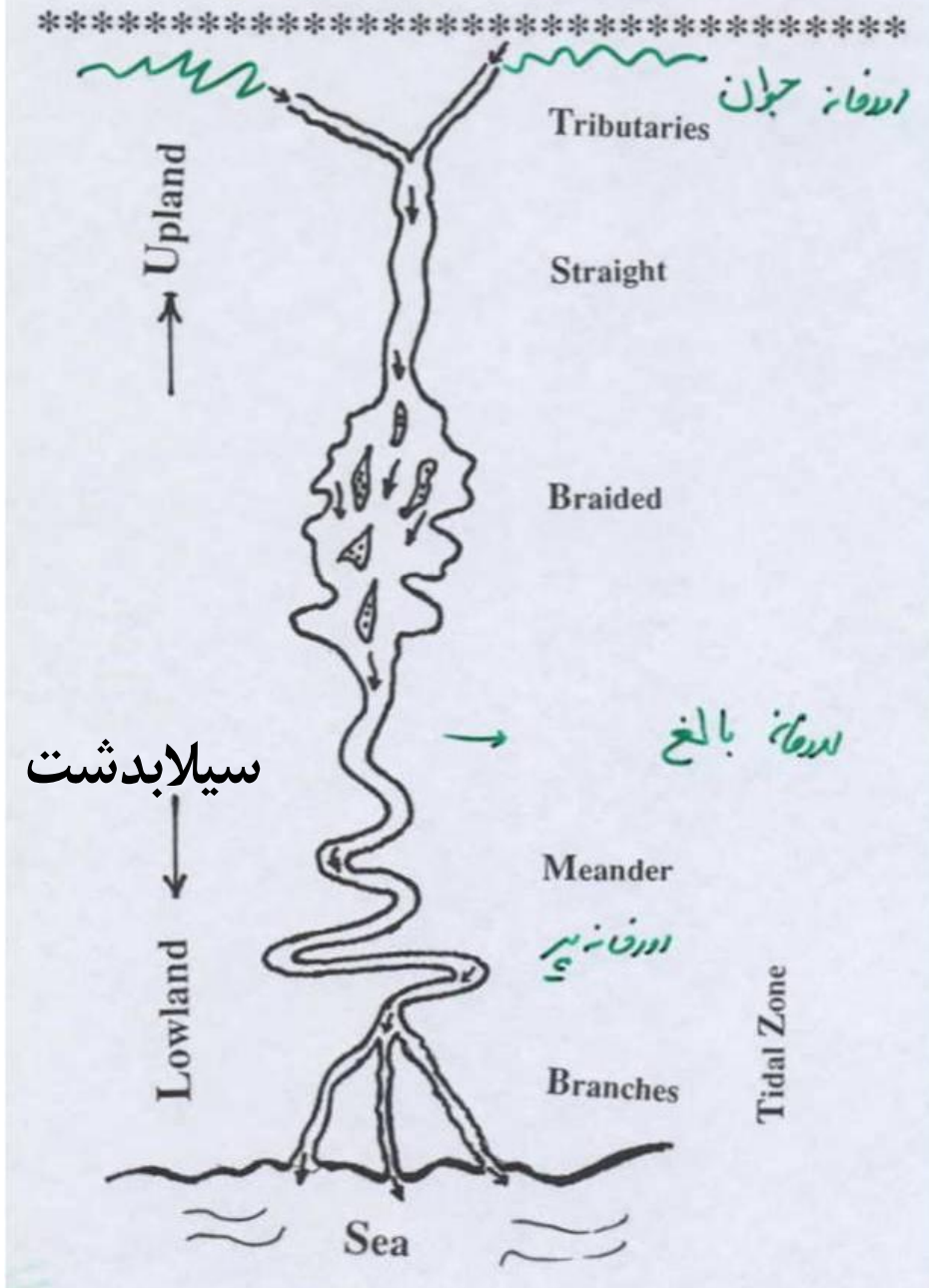
WaterEng.ir

مهدی یاسی

دانشیار مهندسی رودخانه، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران

RIVER FORMS ALONG ITS ENTIRE COURSE

تغییرات فرم رودخانه در طول مسیر



شاخه های کوهستانی

مخروطه افکنه

رودخانه مستقیم

رودخانه شریانی

رودخانه مارپیچی

دلتا

Streams Locked in Valleys



رودخانه ها در حلقه دره های کوهستان

Confluence of Green and Colorado Rivers



River Alluvial Fans

خروج رودخانه از دره و تشکیل مخروط افکنه



Braided River

رودخانه شریانی





سیمای رودخانه شریانی

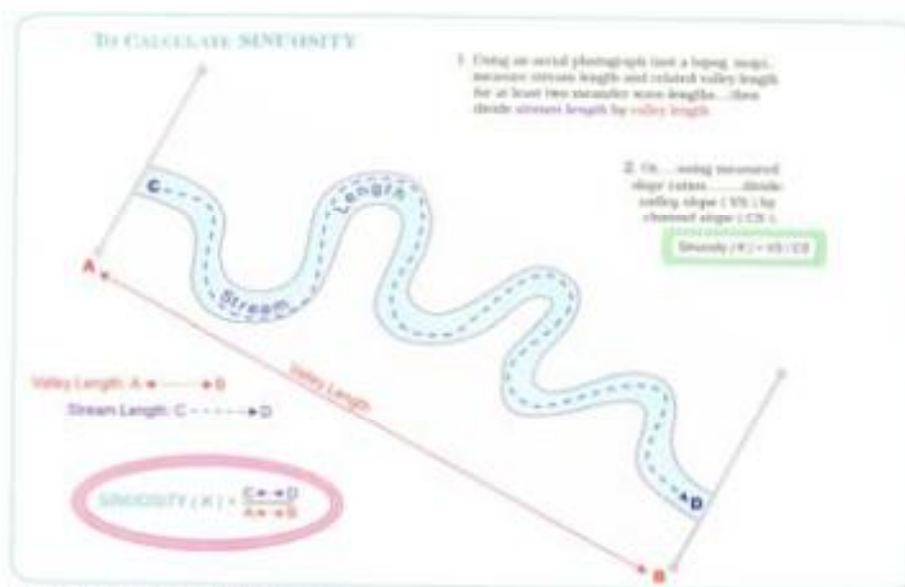


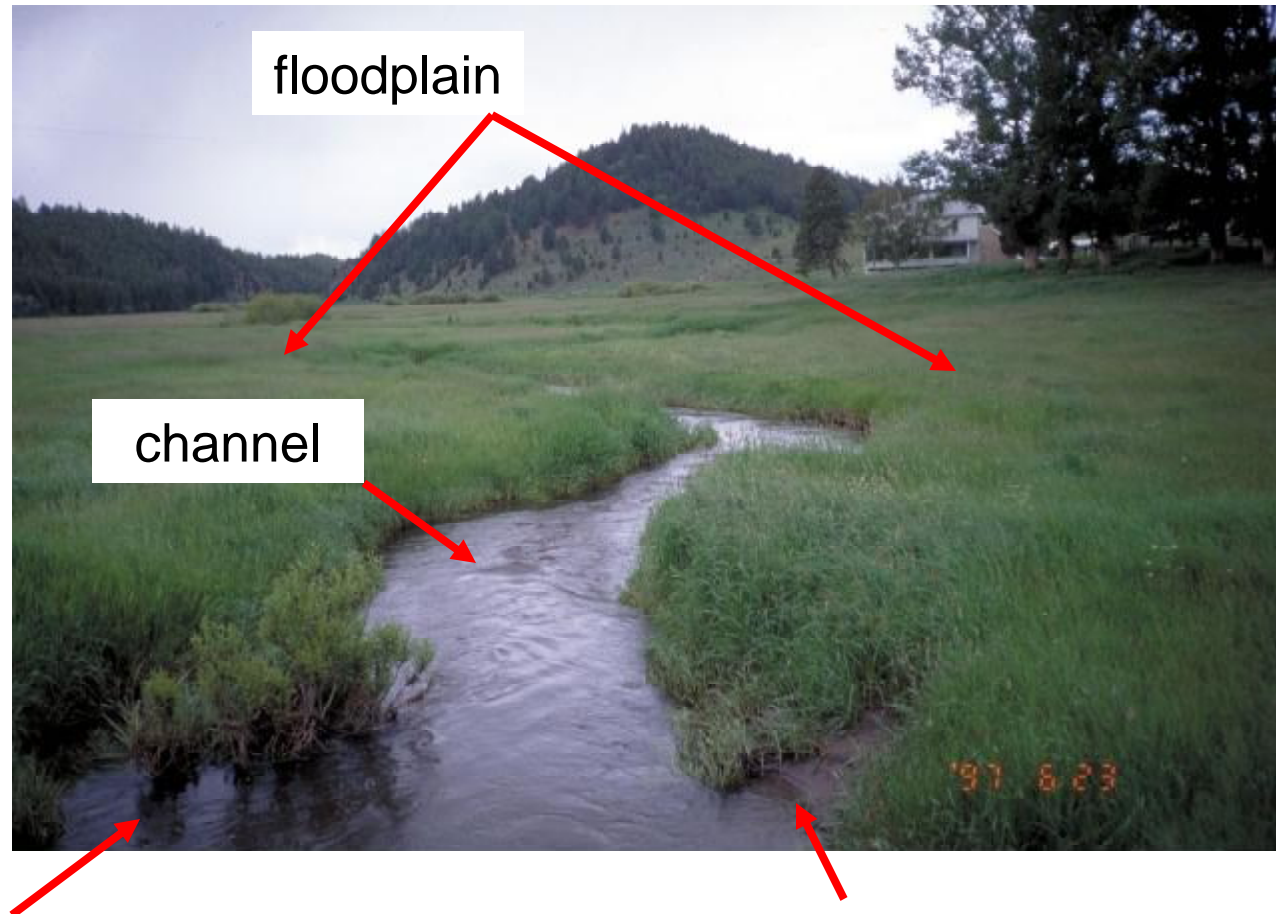
FIGURE 30. Channel Sinuosity Calculations



THE RIVER AND ITS FLOODPLAIN

رودخانه و سیلابدشت آن

A river constructs its own channel and floodplain.



At bankfull flow the river is on the verge of spilling out onto its floodplain.



سیلابدشت

رودخانه مارپیچی و سیلابدشتی

سیمای پیچانرودی رودخانه ها در طبیعت



زائده رود در دره پایین دست سد شاد عباس کهر (۱۳۸۰)

رودخانه نازک اباراستی مستقیم و بستر شنی - با شانه های پهن در بستر (۱۳۶۵)

سیمای زیبای مارپیچ رودخانه



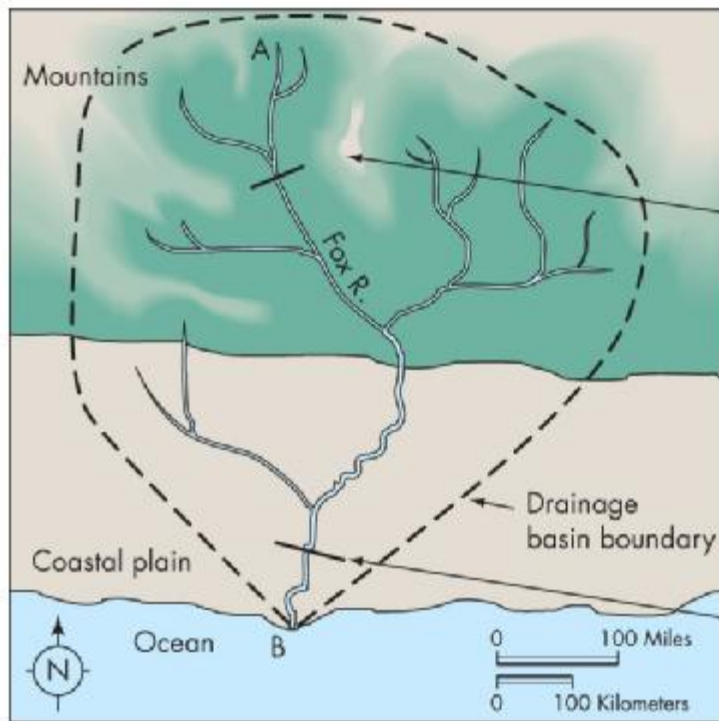
دریاچه خلغوی - پس از میان بوی پیچ رودخانه



دلتای رودخانه (مصب رودخانه ساحلی)

تقسیم بندی رودخانه ها

- 1- از نظر زمین شناسی (ژئومورفولوژی) : جوان، بالغ، پیر
- 2- از نظر آزادی تنظیم: با کنترل طبیعی و یا مصنوعی، آبرفتی و آزاد
- 3- از نظر شکل و فرم ظاهری در پلان : کوهستانی، مخروطه افکنی، مستقیم، مارپیچی، شریانی، دلتا
- 4- از نظر مواد بستری : ماسه ای شنی درشت دانه، کوهستانی
- 5- از نظر شکل مقطع عرضی : مقطع ساده مقطع مرکب
- 6- از نظر اقلیمی و هیدرولوژیکی : دائمی، فصلی
- 7- از نظر ابعاد و اندازه : کوچک، متوسط، بزرگ
- 8- از نظر هیدرولیکی : کوهستانی، نیمه کوهستانی، سیلابدشتی (آبرفتی)
مقیاس زبری : کم، متوسط، زیاد
- 9- از نظر فرم بستری : معین (تخت، ریپل، دون، ...)، نامعین (جزایر و بارها)
- 10- از نظر پایداری : پایدار، پایدار دینامیکی (در حال رژیم)، ناپایدار

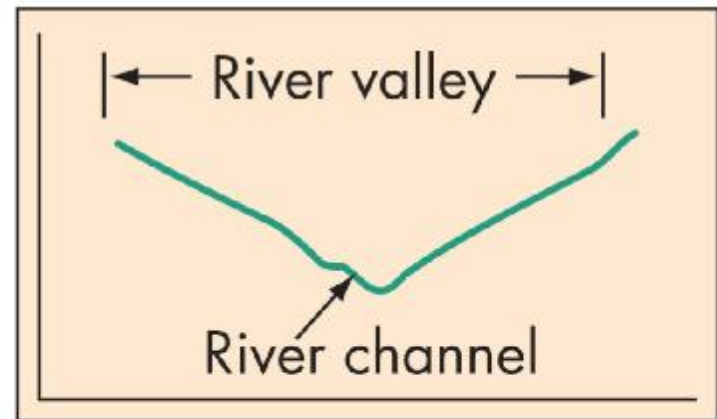


(a) Map (plan view)



(b) Longitudinal profile

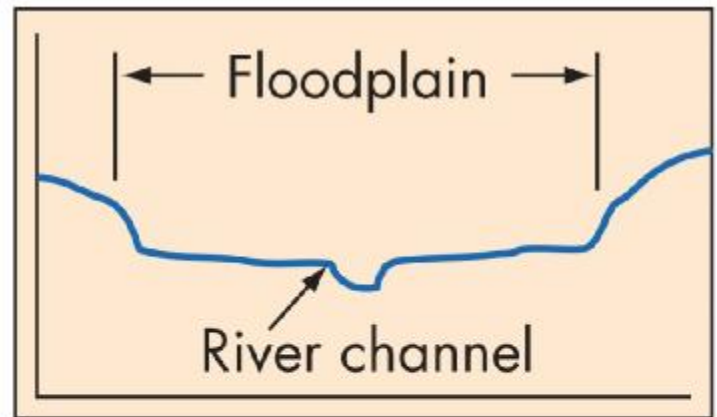
Elevation
(above sea level)



Distance across valley →

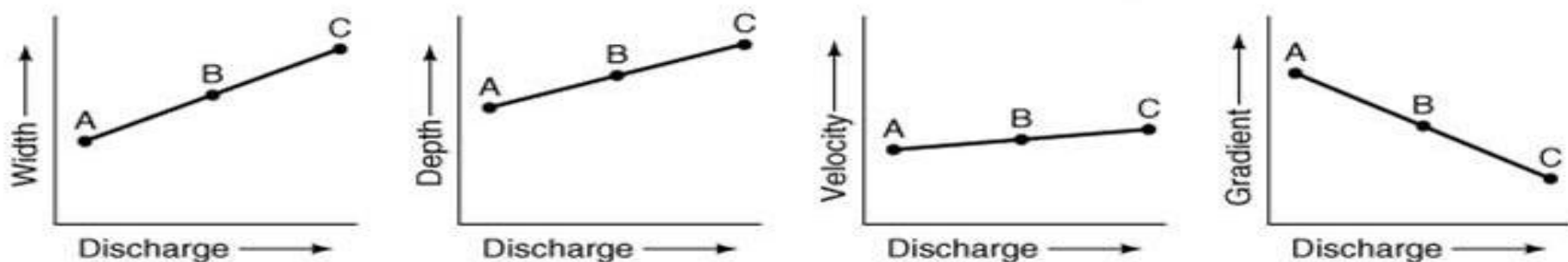
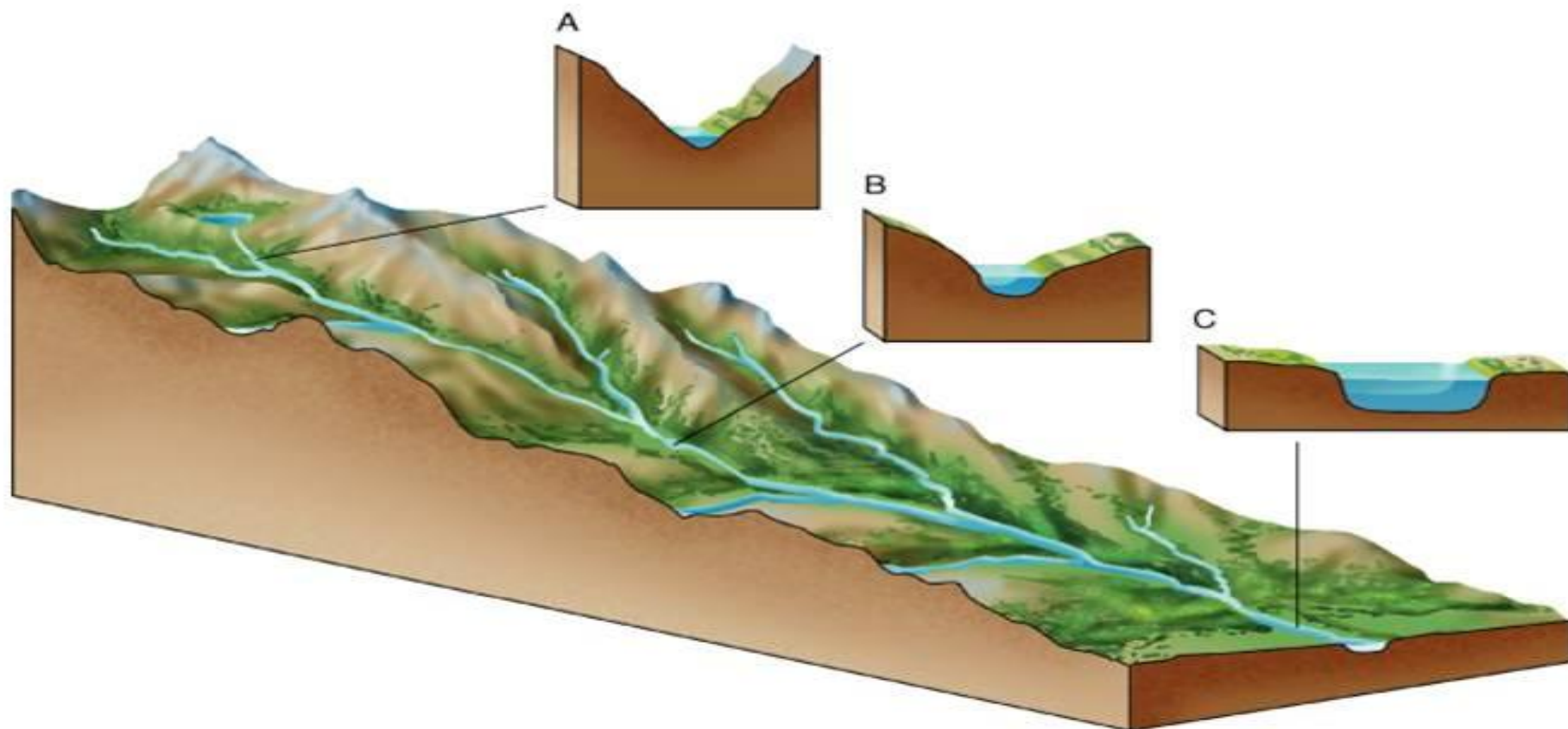
(c) Cross section across river valley near headwater

Elevation
(above sea level)



Distance across valley →

(d) Cross section across river valley near base level

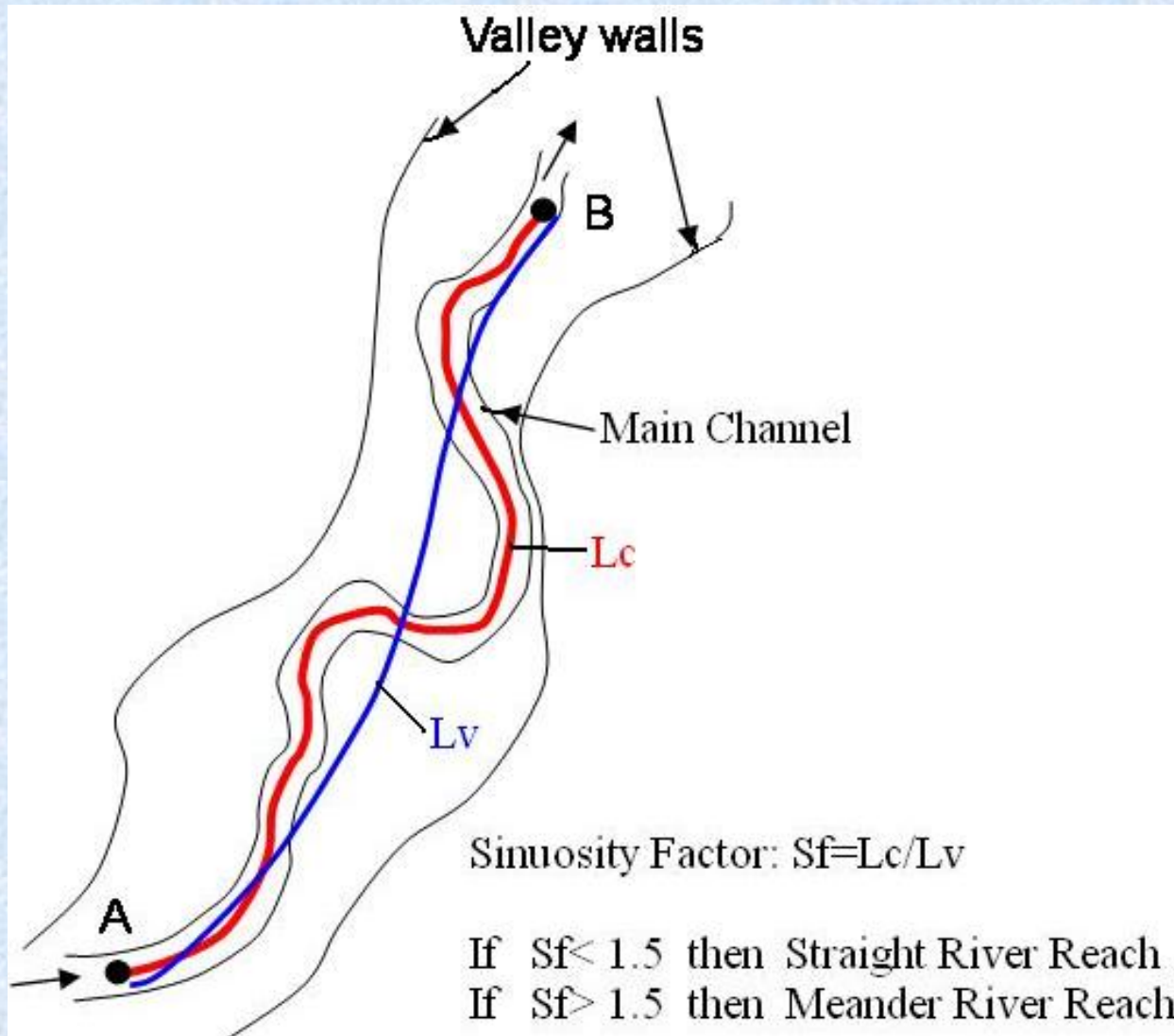


Copyright 2000 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

تغییرات مقطع عرض رودخانه در طول مسیر

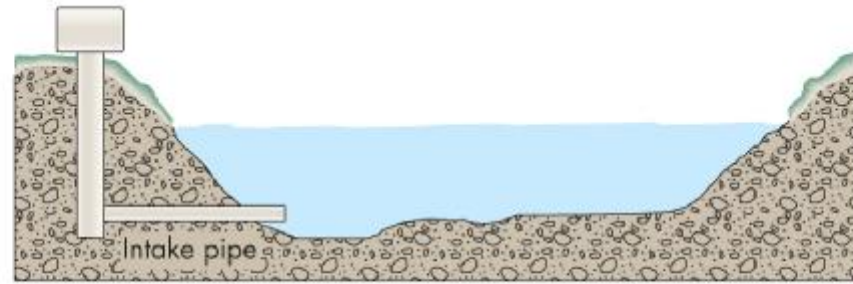
CHANNEL SLOPE VERSUS VALLEY SLOPE

Channel Sinuosity



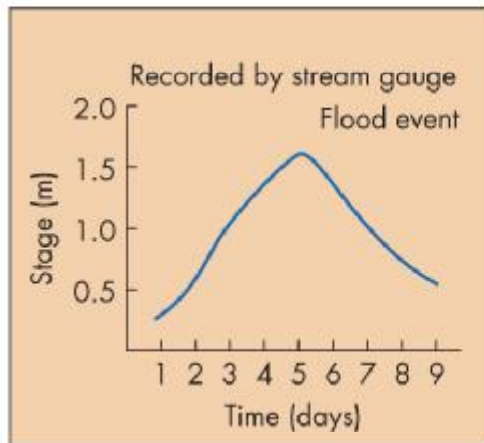
Flooding Data Measurement

Continuous recording gauge measures elevation of water in meters (stage).

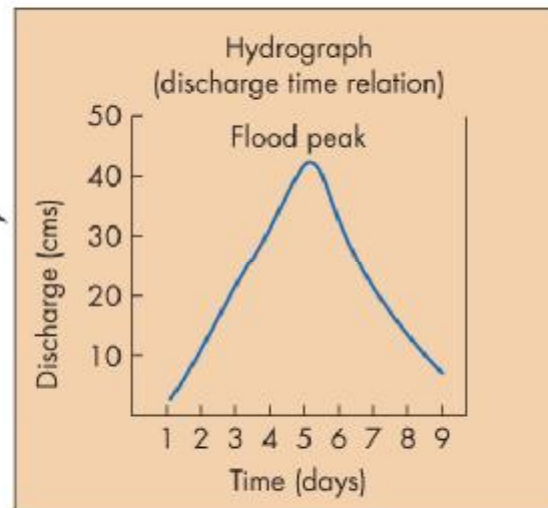


(a)

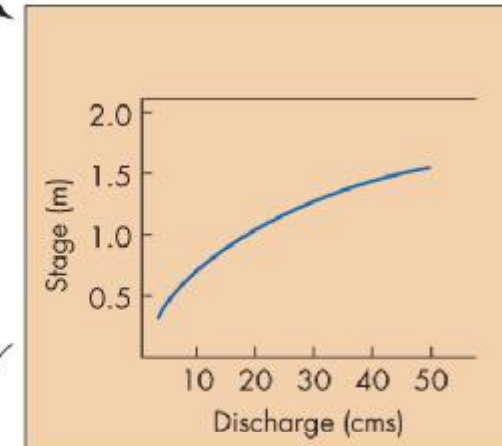
Field measurement of discharge in cubic meters/second (cms) at various stages. Discharge (Q) is calculated as the product of mean velocity of the water (V) measured with a current meter and cross sectional area of flow (A): $Q = VA$



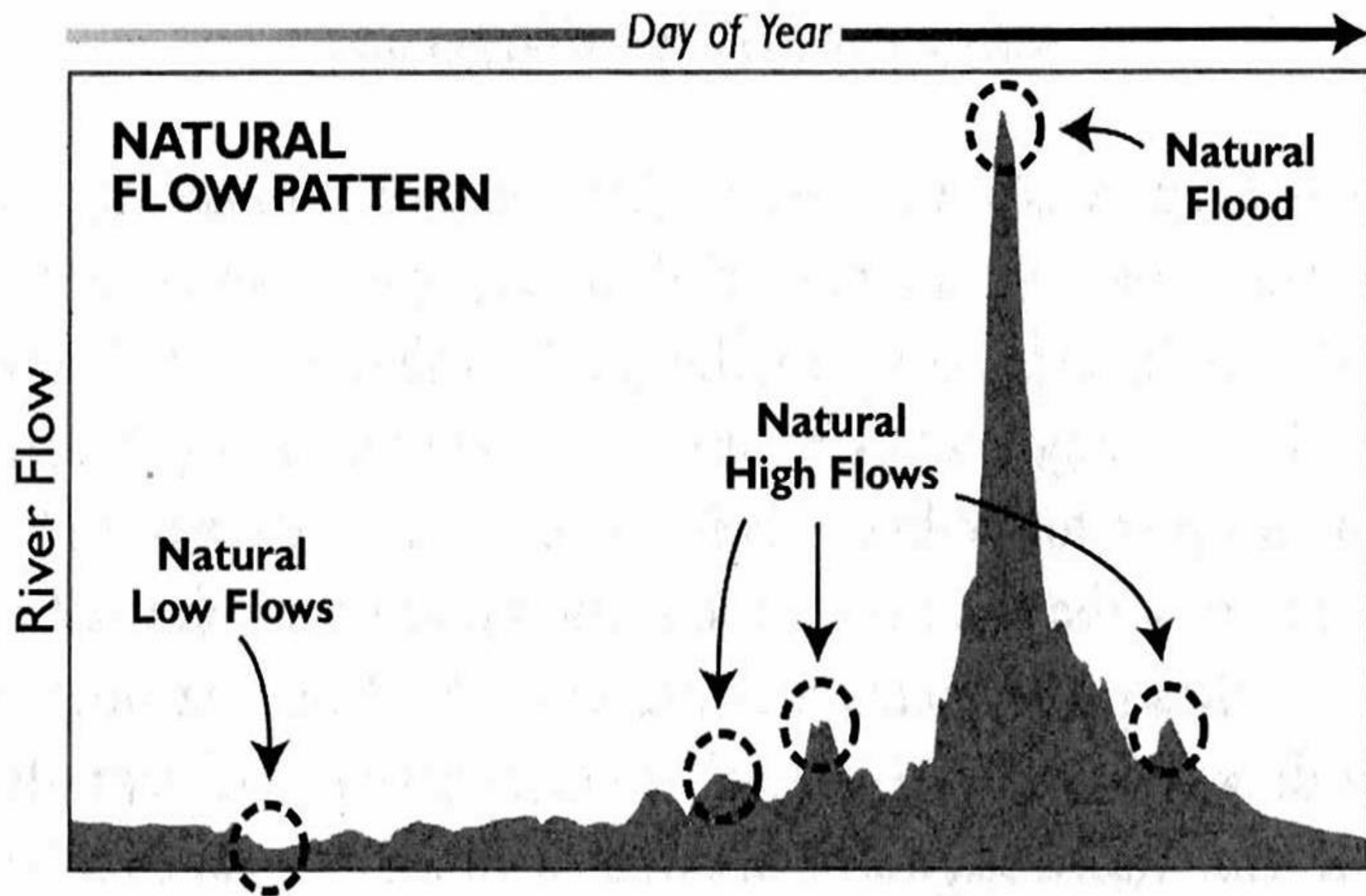
(b)



(d)



(c)



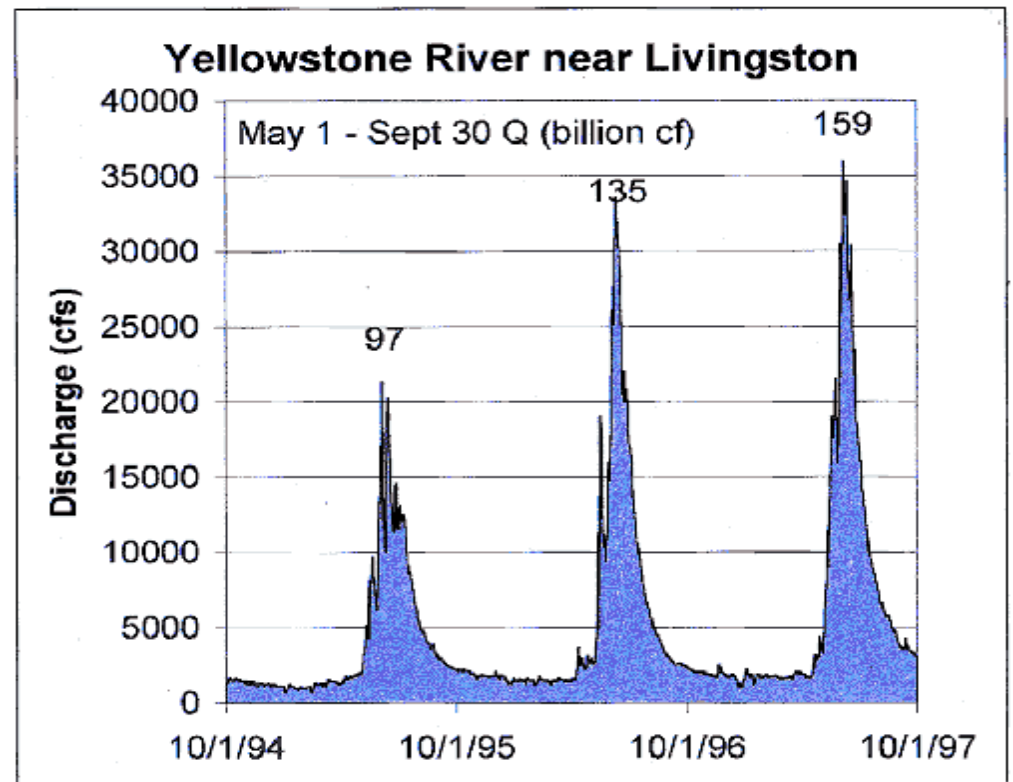
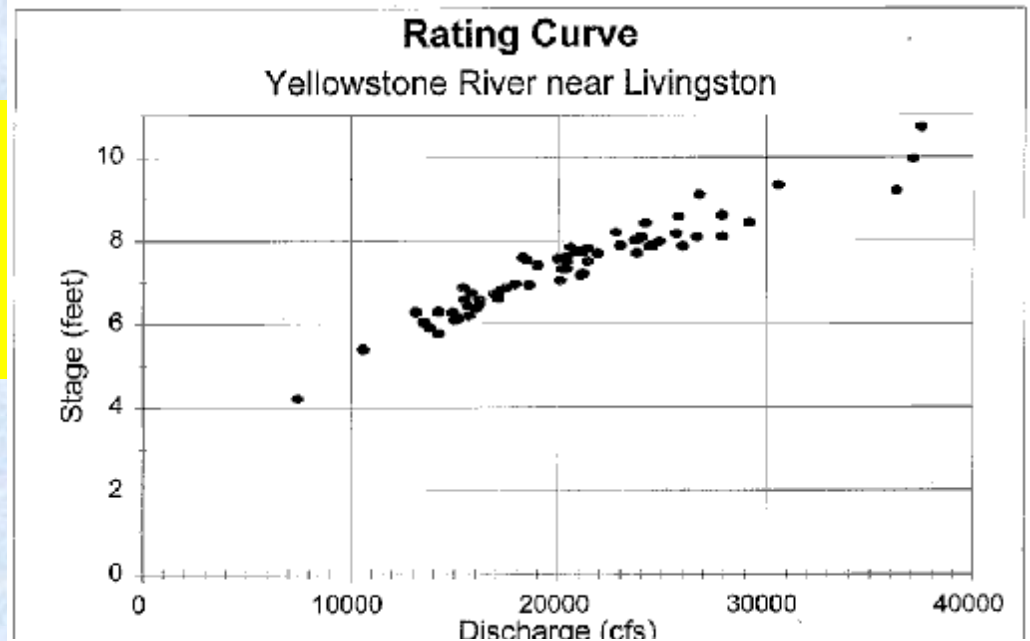
تغییرات جریان کم آبی تا سیلابی در رودخانه در یکسال

Yellowstone River at Livingston, MT

<http://water.usgs.gov/waterwatch/>

River Flows:

- Manually measured to define Rating Curve: $Q=VA$
- Continuously monitored: **Stage**



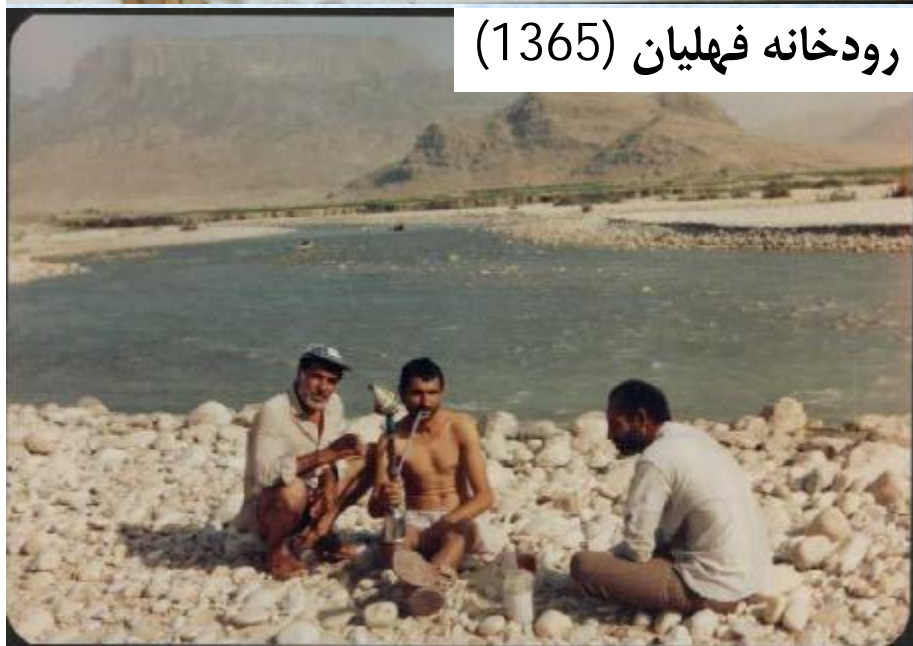
رودخانه فهلیان (1365)



رودخانه فهلیان (1365)



رودخانه فهلیان (1365)



رودخانه شهرچای (1387)

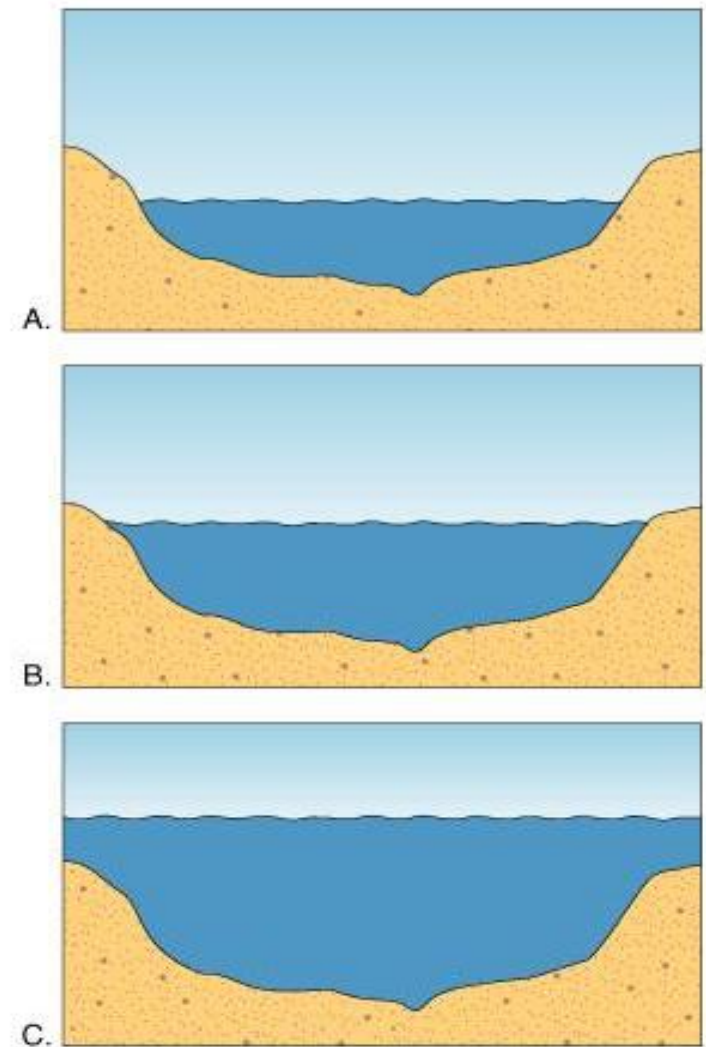
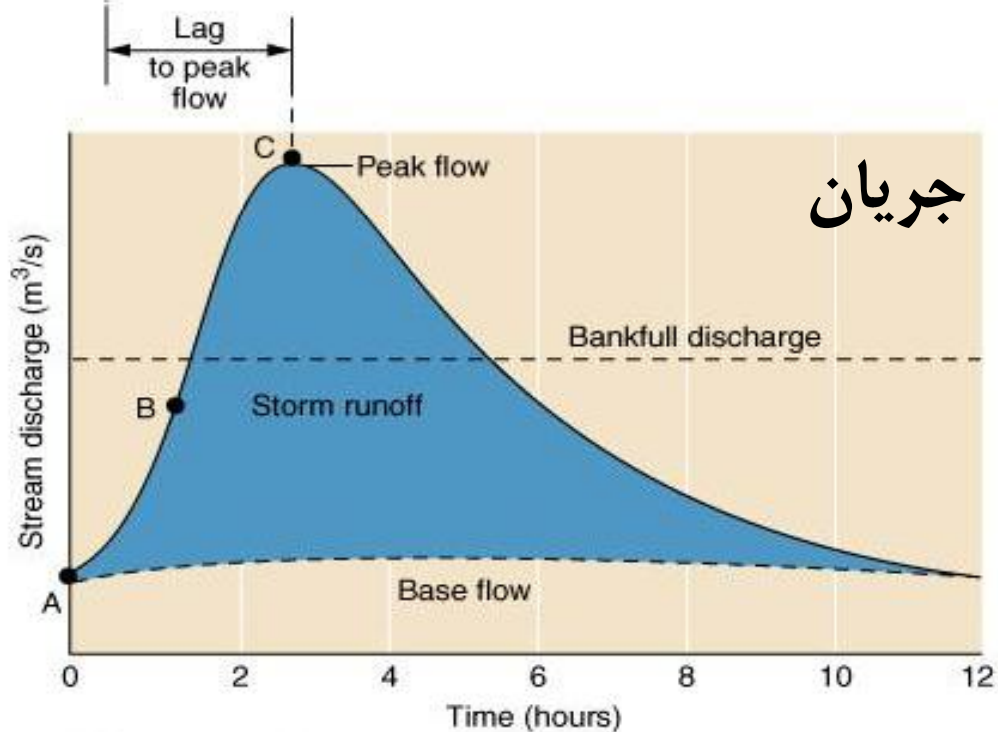
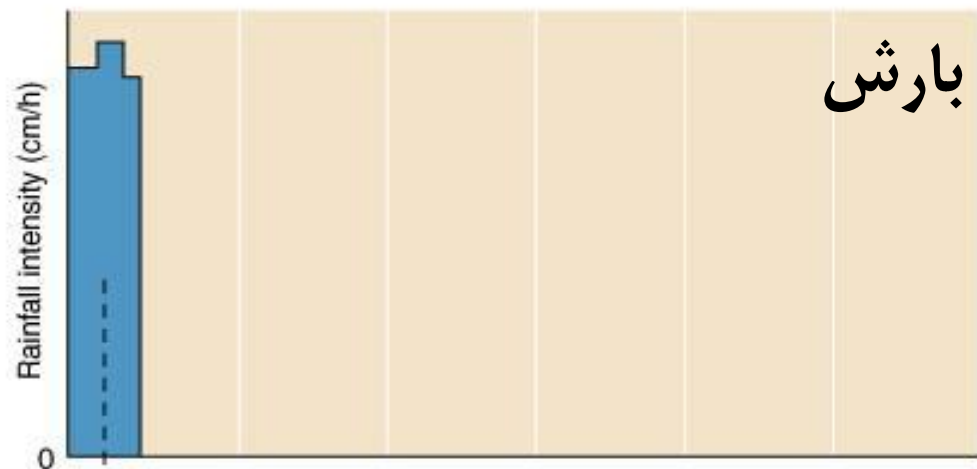


مطالعات و کارهای رودخانه ای

تعریف های سیلاب

در اثر بارش قابل توجه در حوضه رودخانه، رواناب سطحی ایجاد شده و در مسیر آبراهه ها جاری می شود. شبکه آبراهه ها بتدریج بهم پیوسته و جریان رودخانه شکل می گیرد.

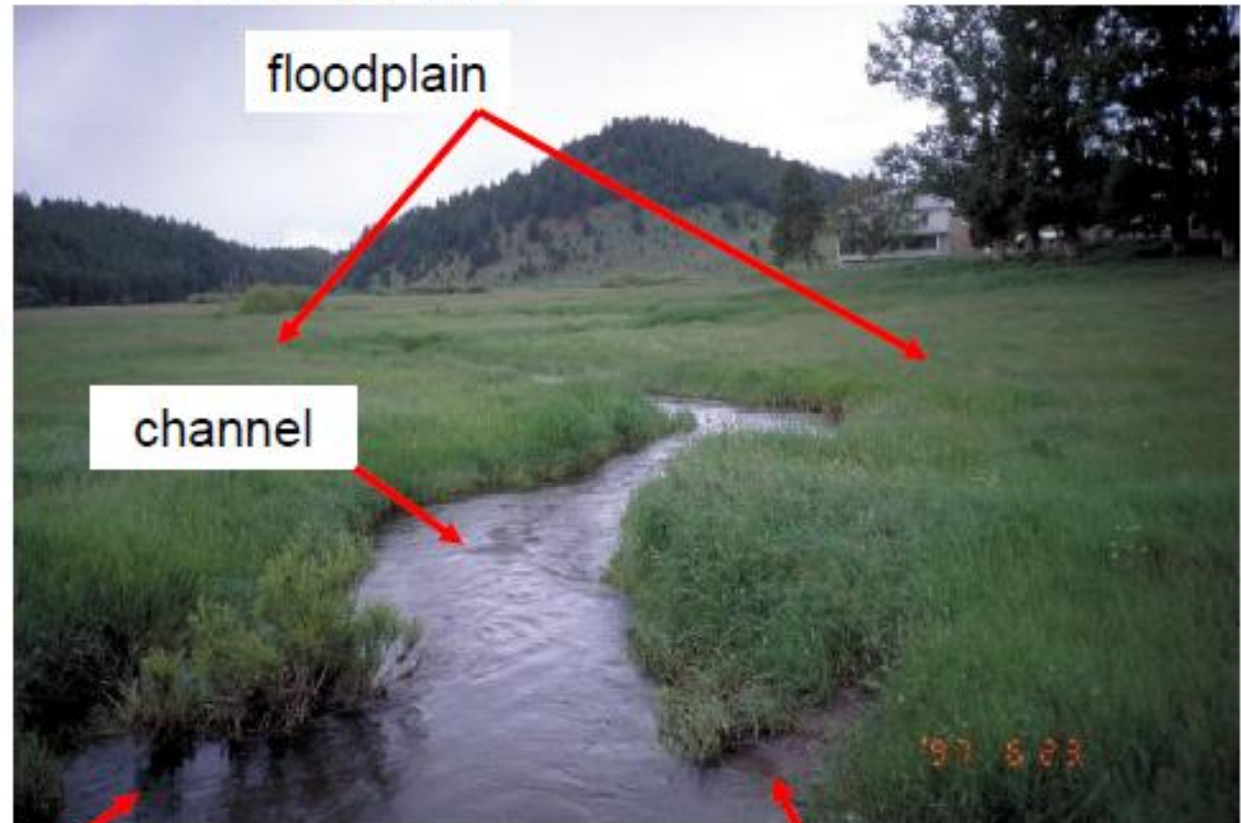
- اگر شدت جریان رودخانه تغییر قابل ملاحظه و یا ناگهانی رخ دهد، سیلاب وقوع یافته است.
- اگر شدت جریان بیشتر از ظرفیت انتقال رودخانه شود، آب در ساحل بالا و سیلابدشت رودخانه بصورت سیلاب جاری می گردد.
- اگر بستر و دیواره های رودخانه در برابر قدرت جریان آسیب پذیر و ناپایدار شود، آثار تخریب بیانگر وقوع سیلاب است.
- خسارات مالی و جانی، اختلالات در زندگی روزانه، و ترس و وحشت از قدرت جریان آب، بیانگر وقوع سیلاب است.



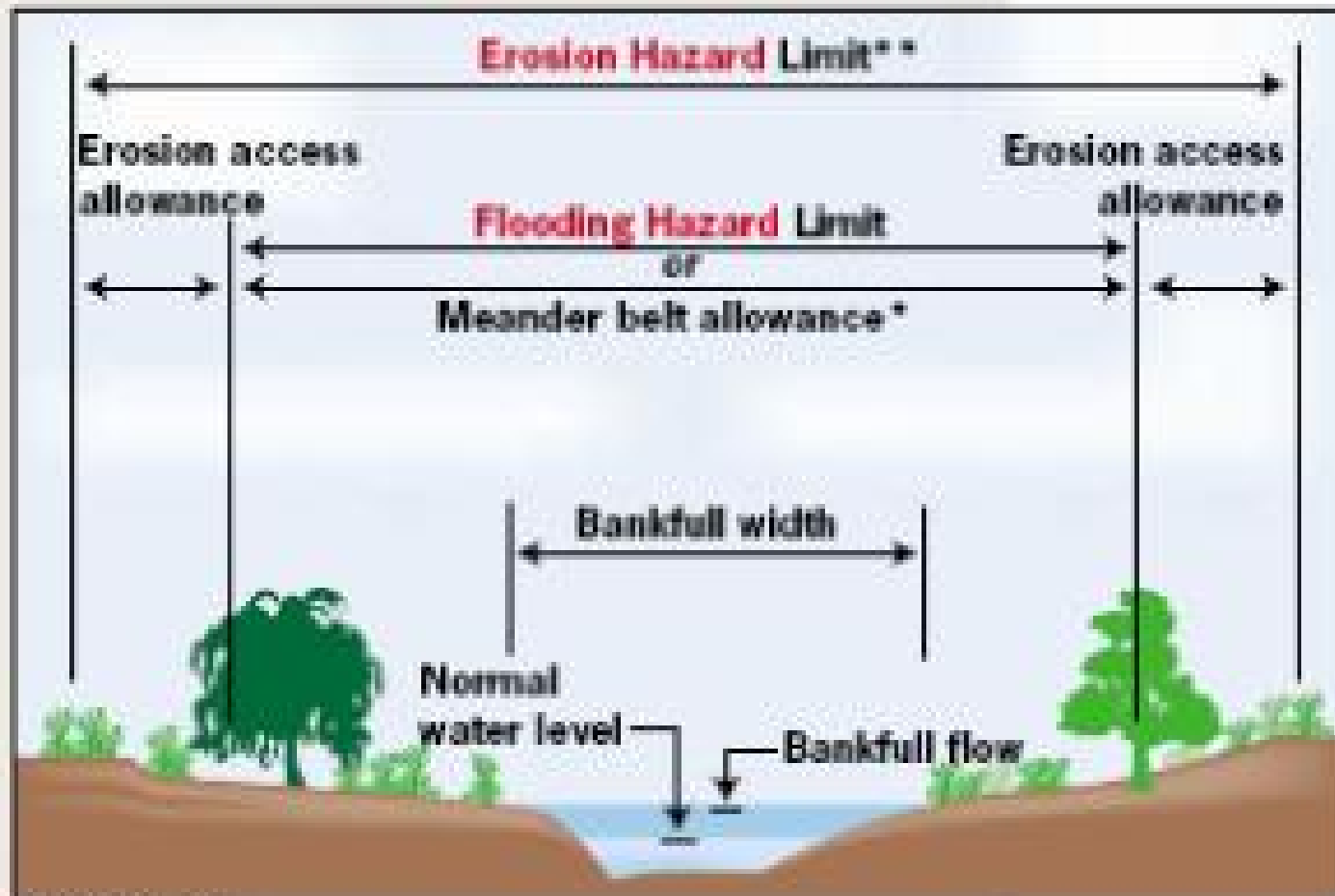
توسعه سیلاب و تغییرات سطح آب رودخانه در جریان سیل

BANKFULL PARAMETERS: THE RIVER AND ITS FLOODPLAIN

A river constructs its own channel and floodplain.



At bankfull flow the river is on the verge of spilling out onto its floodplain.



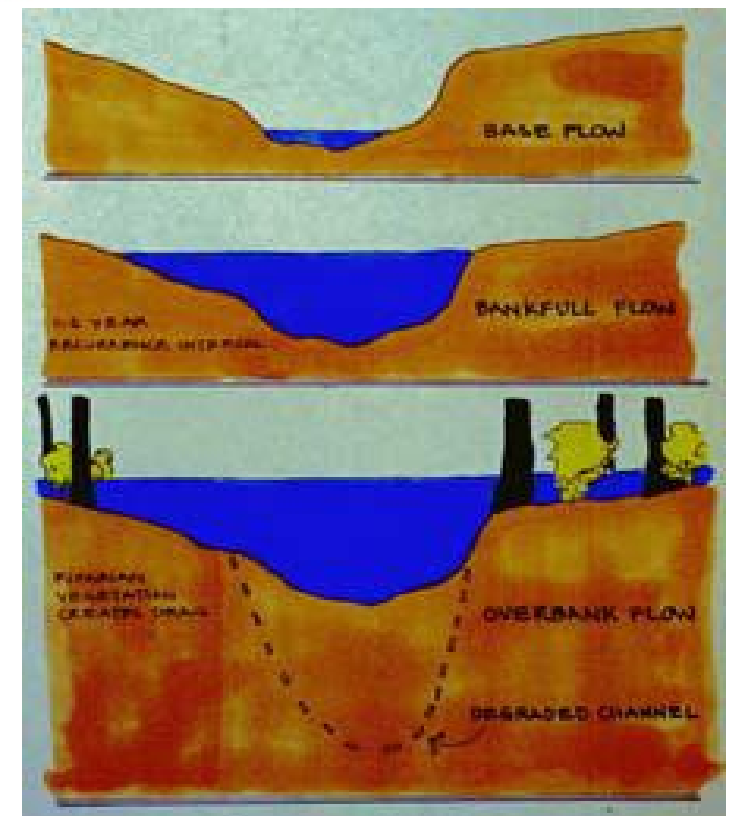
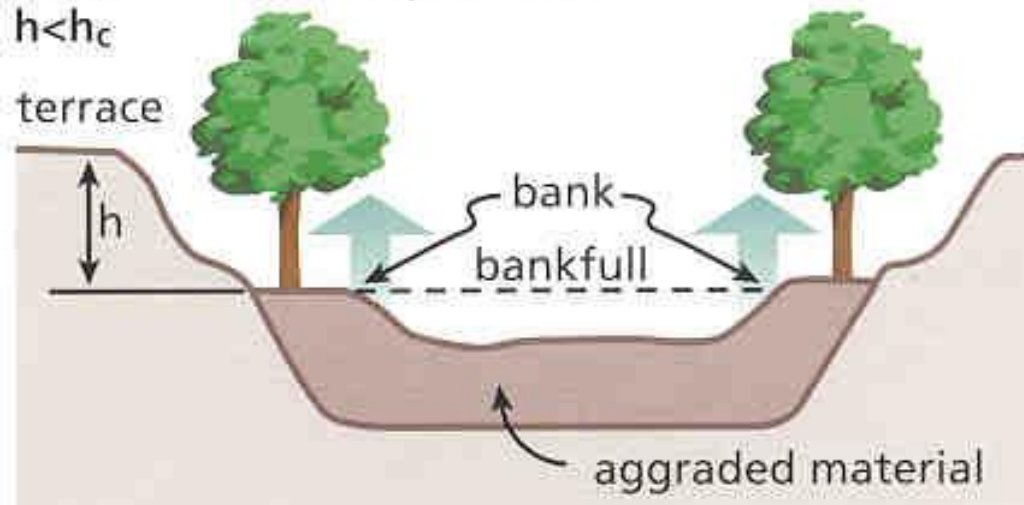
(NOT TO SCALE)

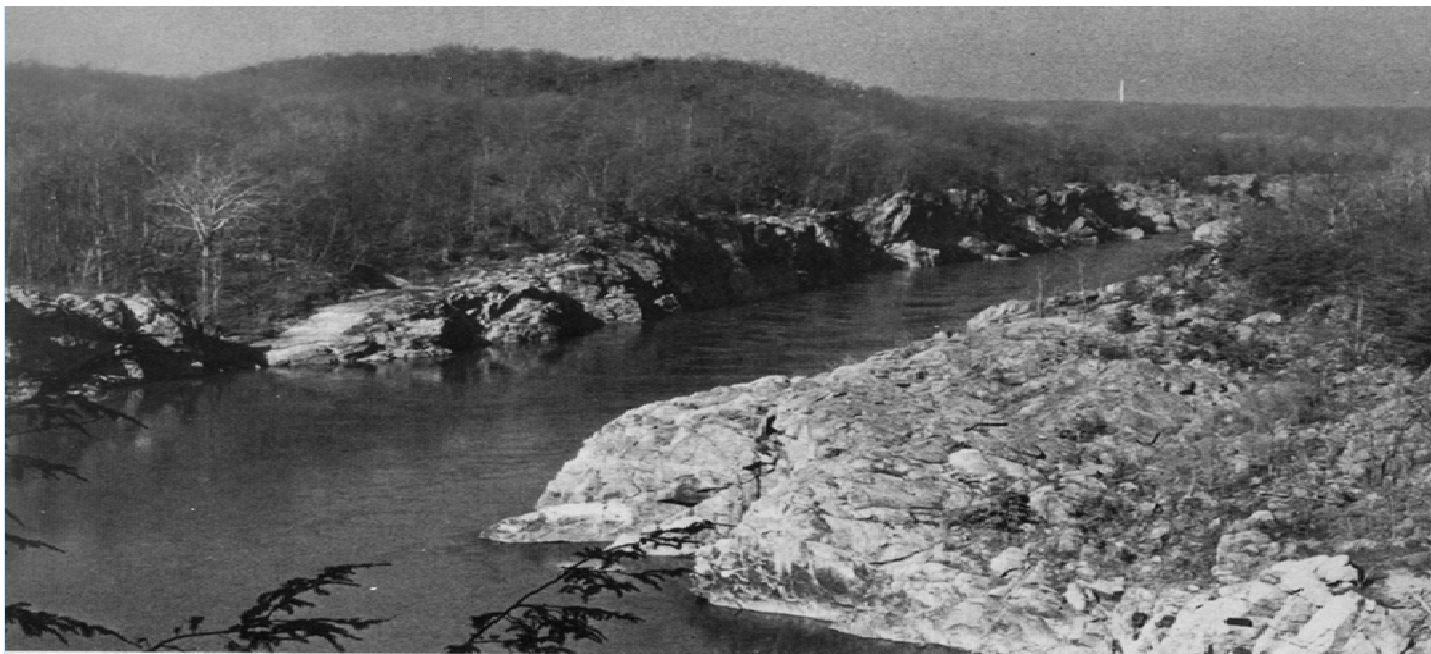
- * The bankfull channel width with the largest amplitude meander in the reach is used to determine Meander Belt Width.
- * *Erosion access allowance is also added to the flooding hazard limit, when known, to define the erosion hazard limit.

RIVERS ARE THE AUTHORS OF THEIR OWN GEOMETRY

- Given enough time, rivers **construct** their own channels.
- A river channel is characterized in terms of its **bankfull geometry**.
- **Bankfull geometry** is defined in terms of river width and average depth at **bankfull discharge**.
- **Bankfull discharge** is the flow discharge when the river is just about to spill onto its floodplain.

Class VI. Quasi Equilibrium
 $h < h_c$



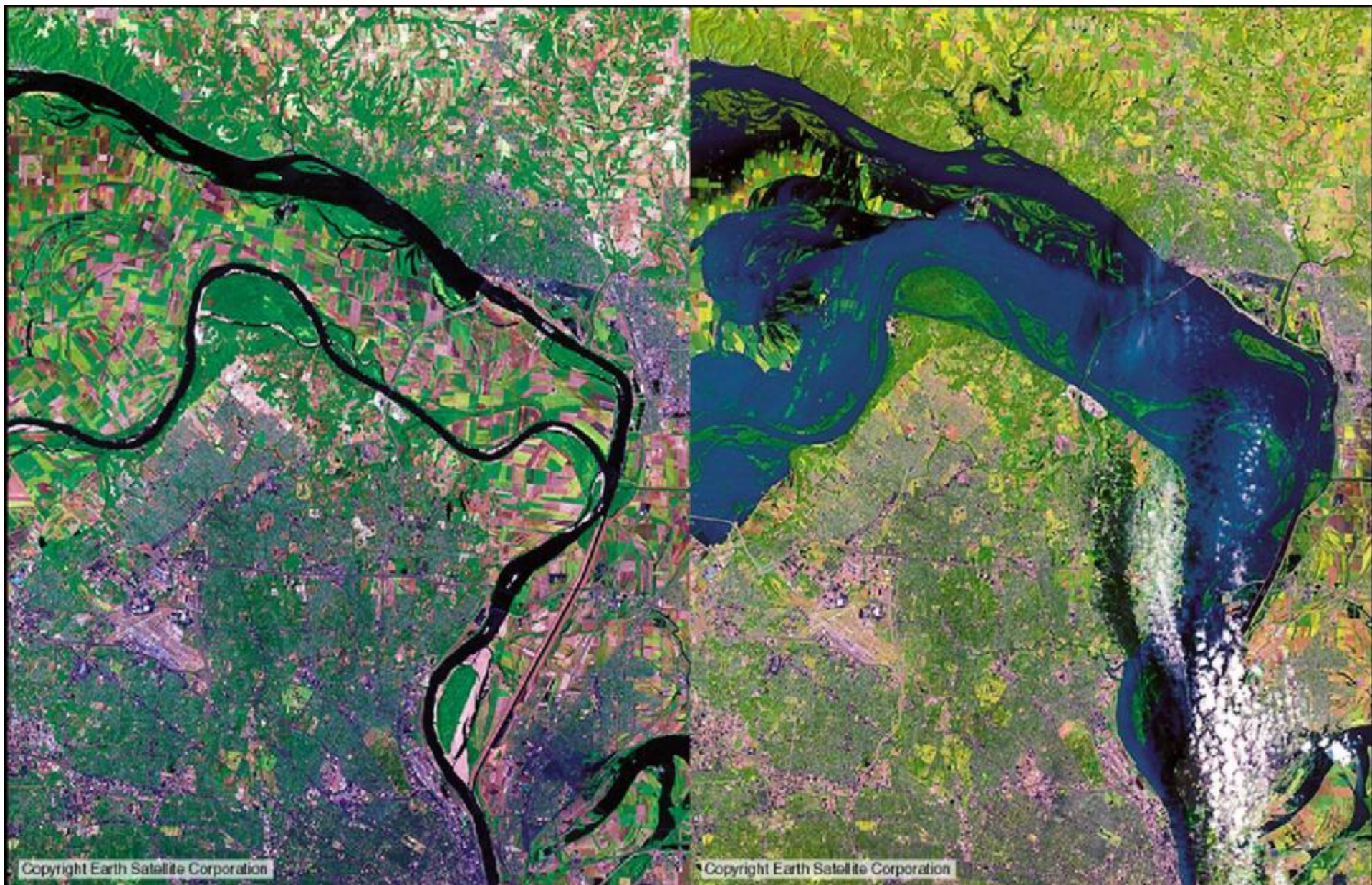


قبل از سیل

The Mather Gorge from Cowhoof Rock: ▲ (A) At normal water level.
▼ (B) During flood of June 1972.

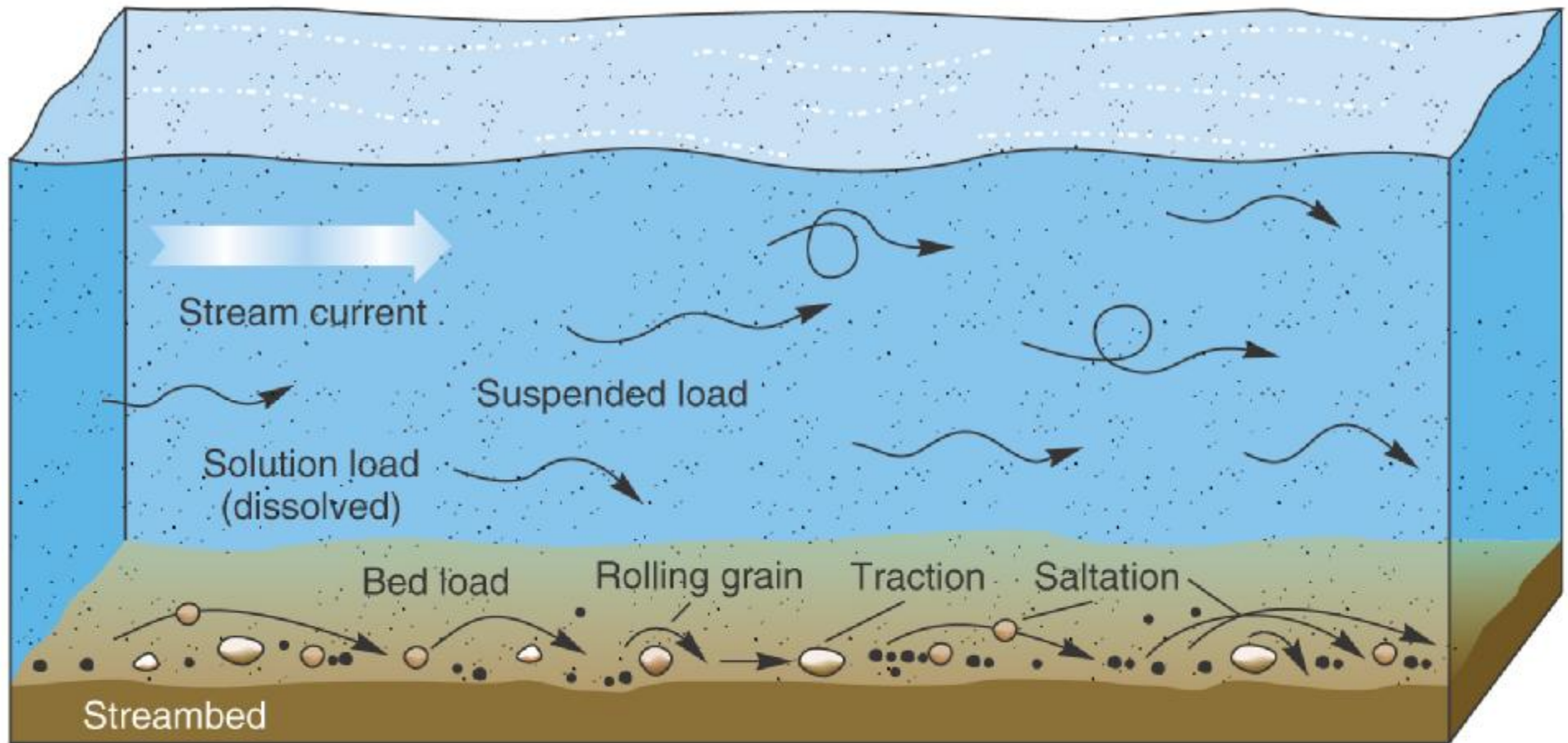


زمان سیل

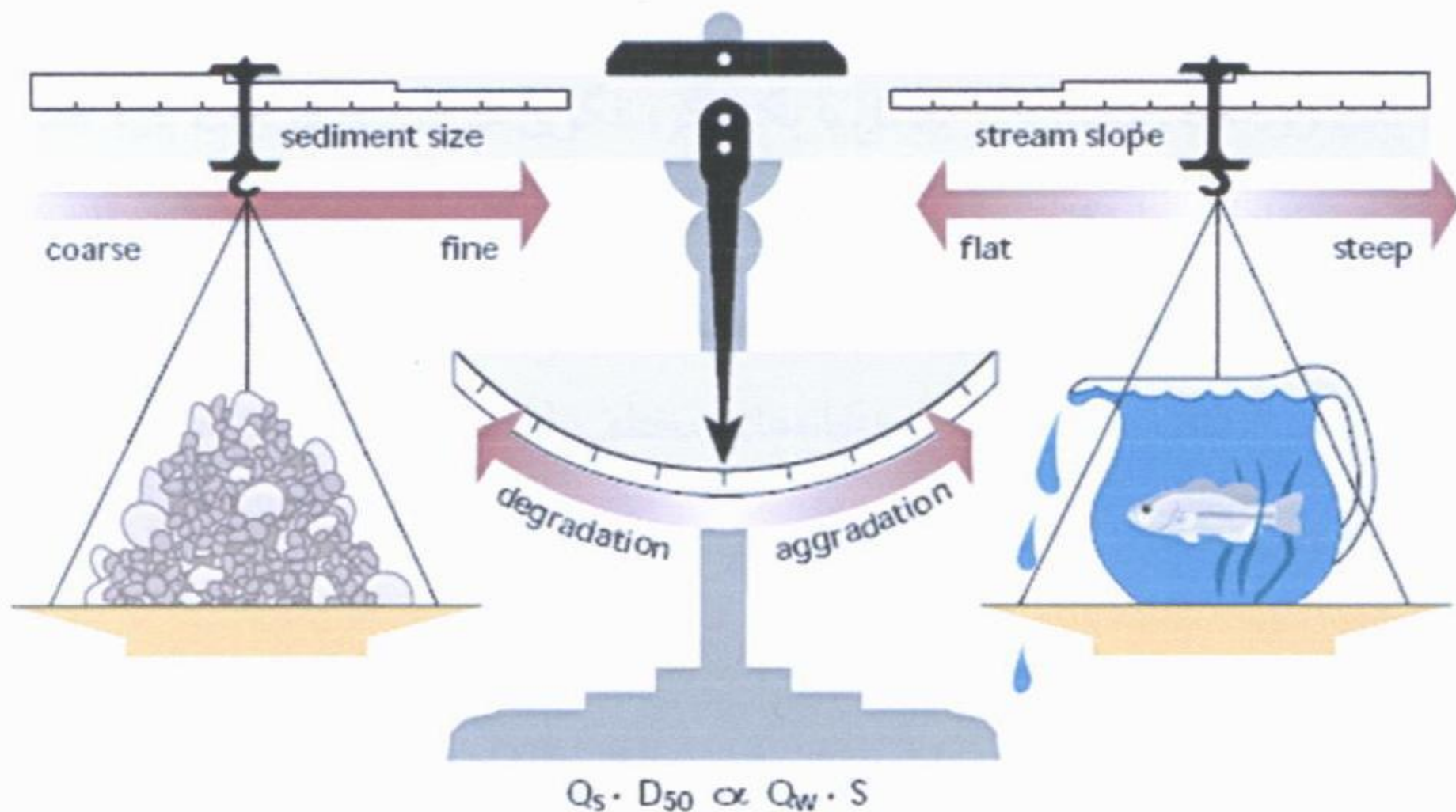


زمان سیل گستره سیلاب در رودخانه قبل از سیل

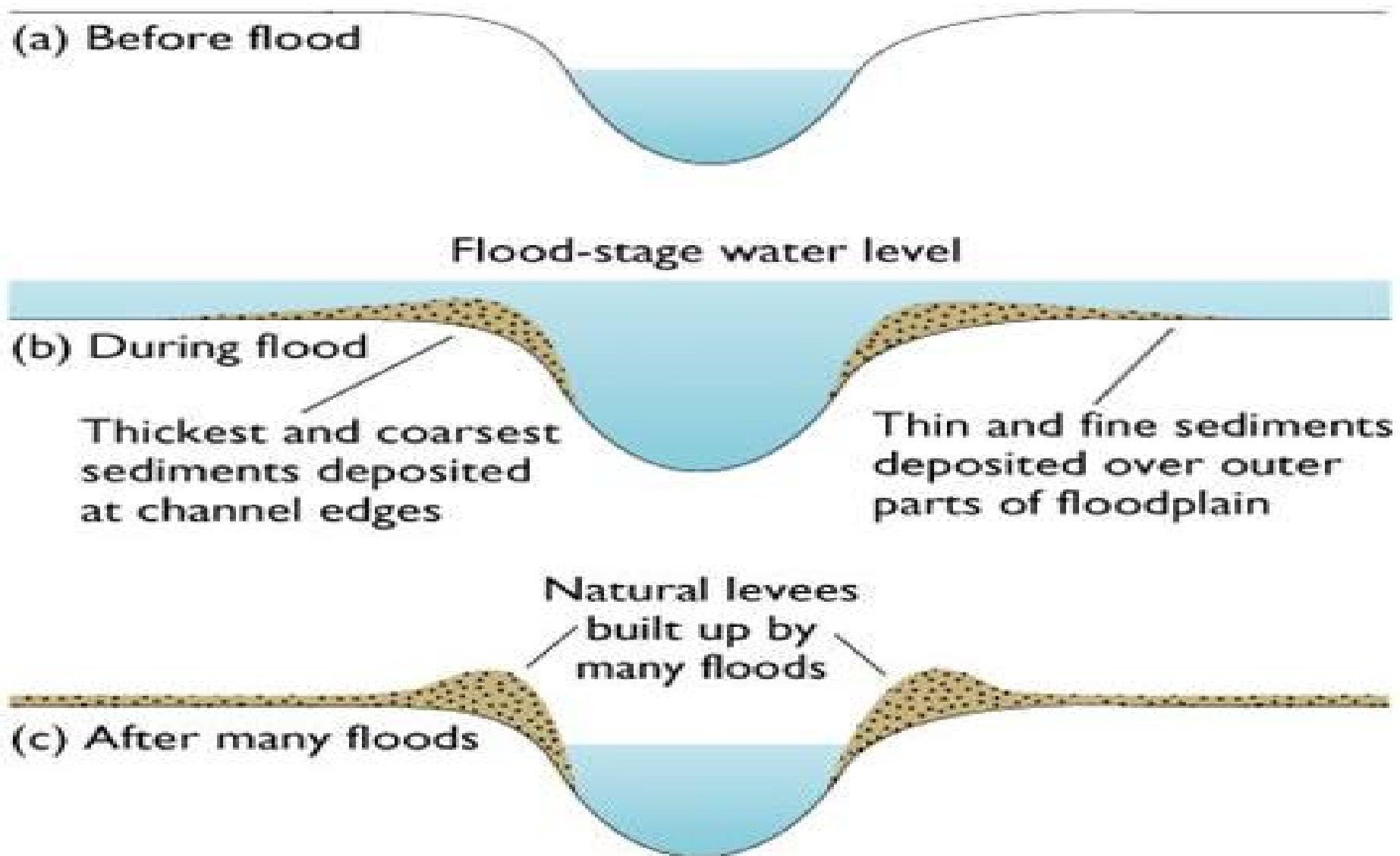
Stream Sediment Transport



در رودخانه، جریان آب همراه با انتقال رسوبات است.
تغییر (فرسایش/رسوبگذاری) در بستر مجرای اصلی رودخانه

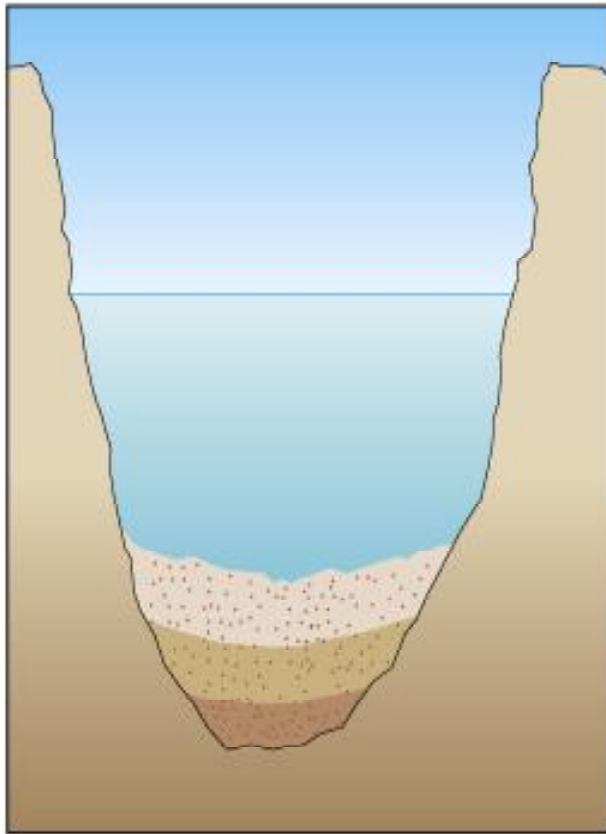


شکل (۵-۱۷) - تعادل مورفودینامیکی در رودخانه‌های آبرفتی از دیدگاه لین (Lane) [۷۰]

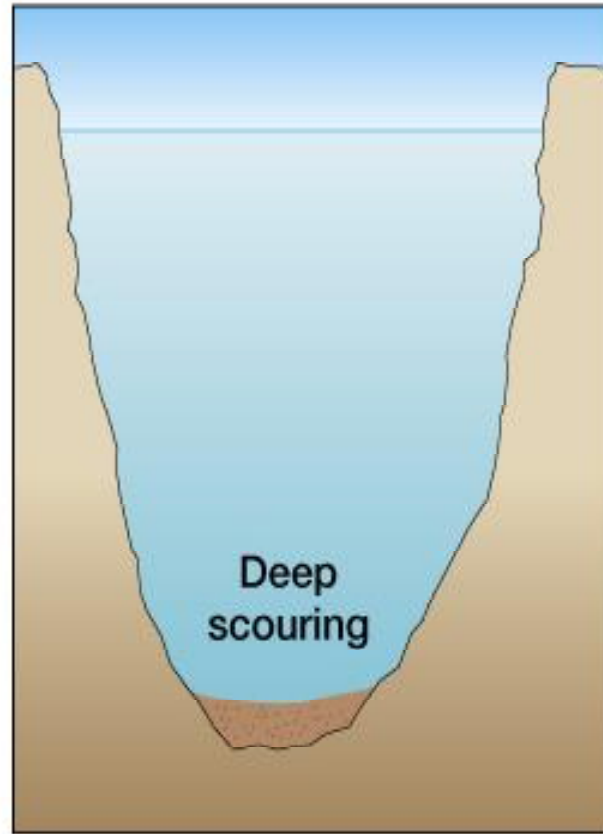


تغییرات طبیعی ساحل بالای مقطع اصلی
رودخانه سیلابدشتی در اثر سیلاب ها

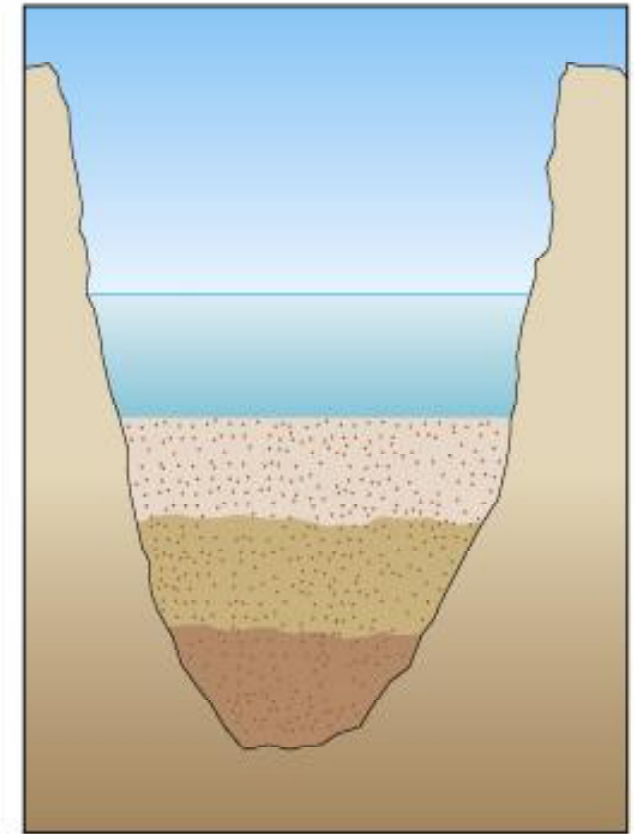
Seasonality of River Response to Flows



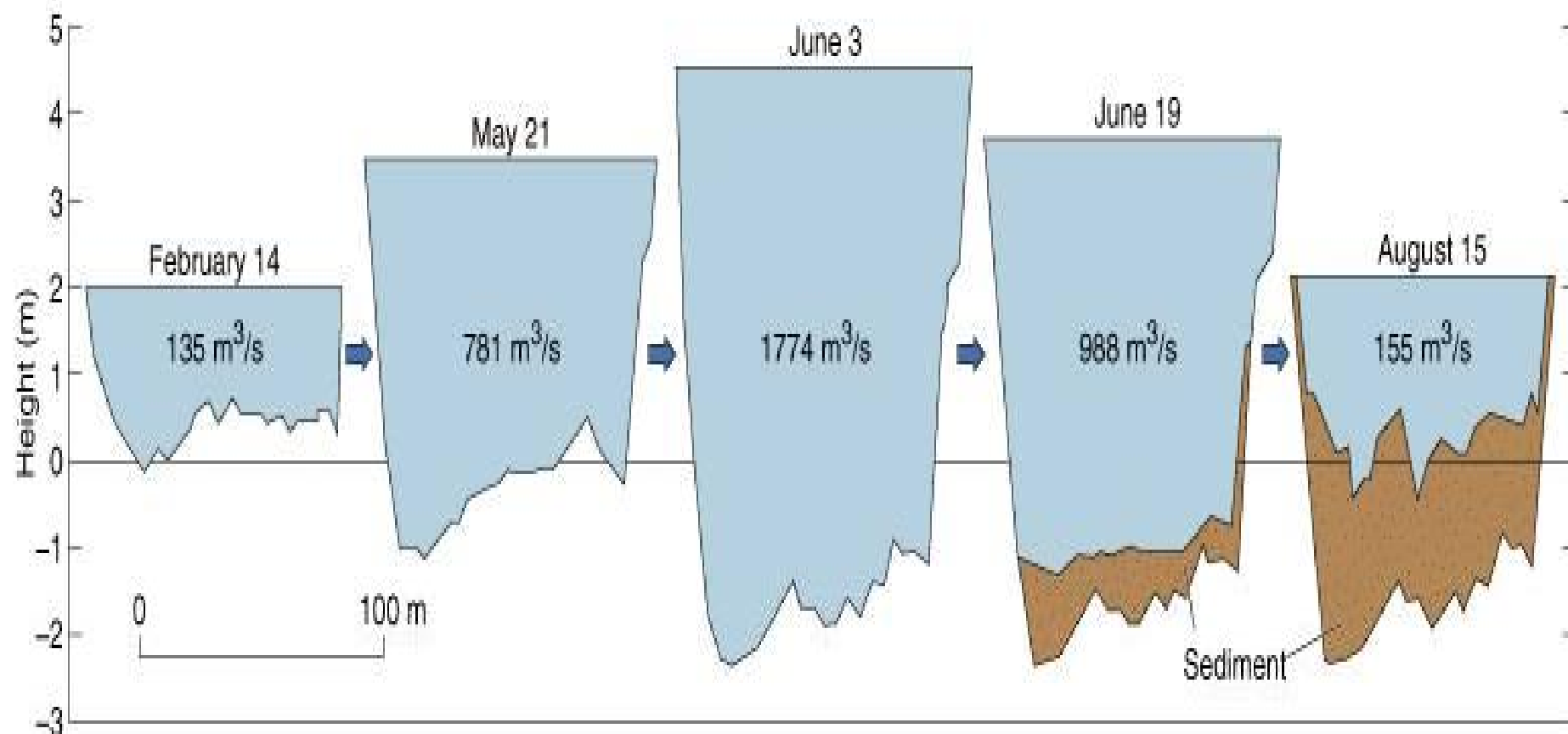
(a) Normal flow-
slight filling



(b) Flood flow-
deep scouring



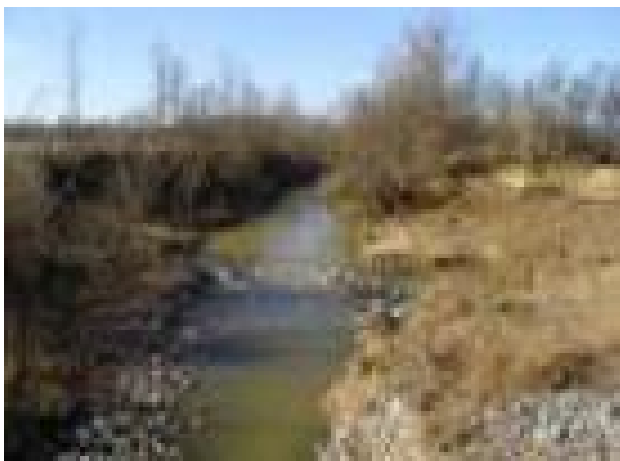
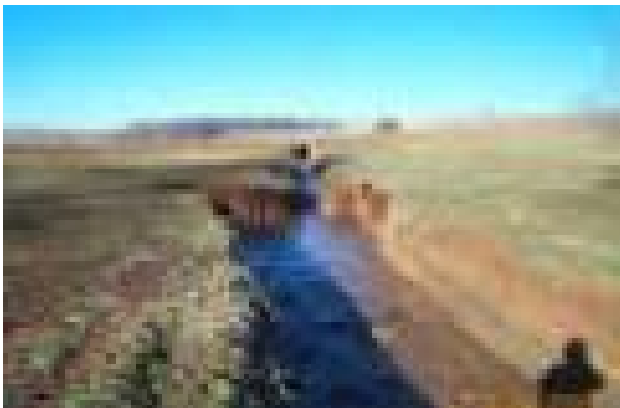
(c) Receding water
after flood-
filling



Copyright 2000 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

تغییرات پایدار دینامیکی مقطع عرضی
 رودخانه کلرادو، آمریکا، در بازه شهری
 در دوره پربابی 6 ماهه 1956

Degradation



Degradation فرسایش کف بستر

Degradation and Widening فرسایش کف بستر و تعریض رودخانه

Degradation and Widening



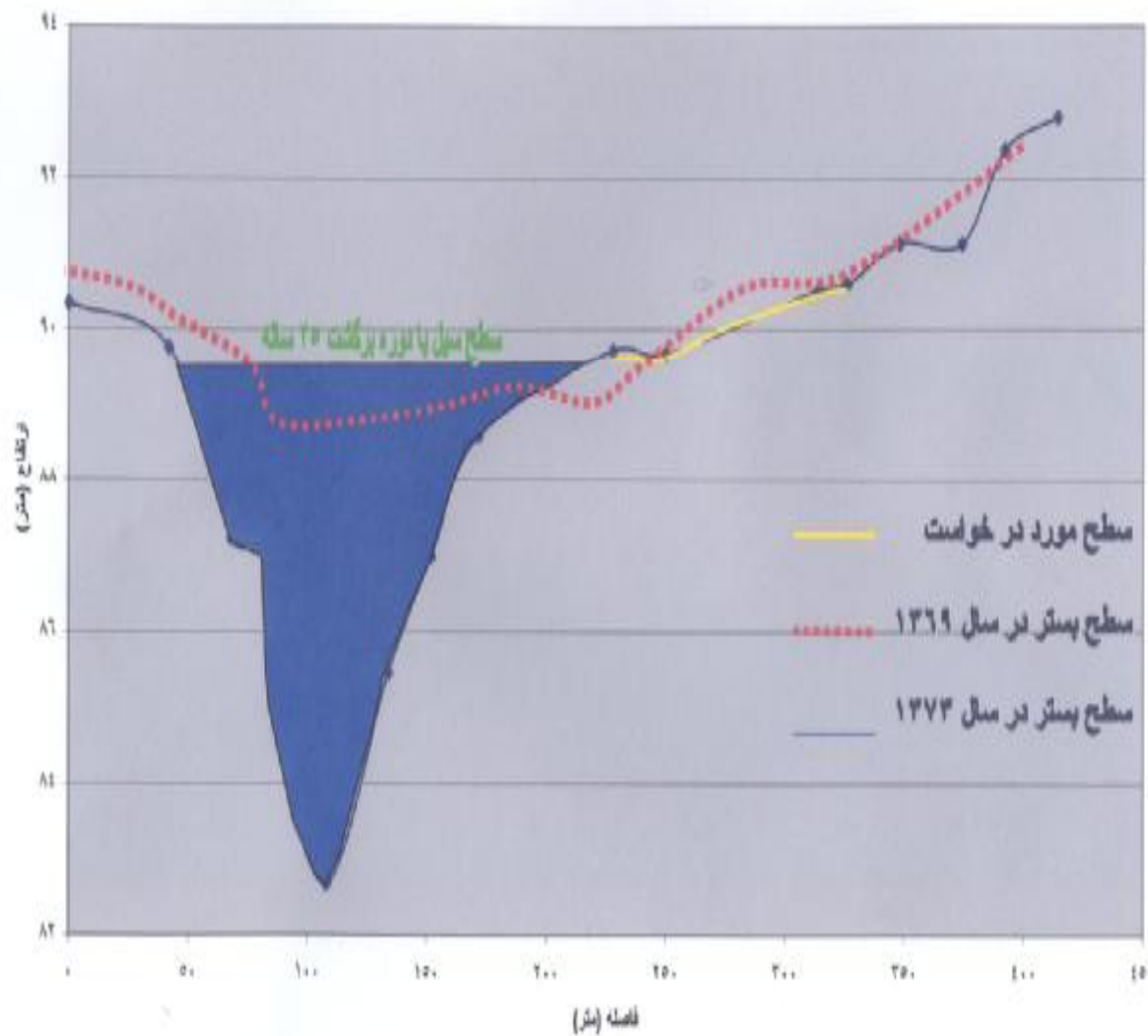
Aggradation and Widening

رسوبگذاری در کف بستر و تعریض رودخانه



مقایسه مقطع عرضی رودخانه تالار - سال 1369 و 1373

مقایسه مقطع عرضی رودخانه تالار در سال ۱۳۶۹ و ۱۳۷۳

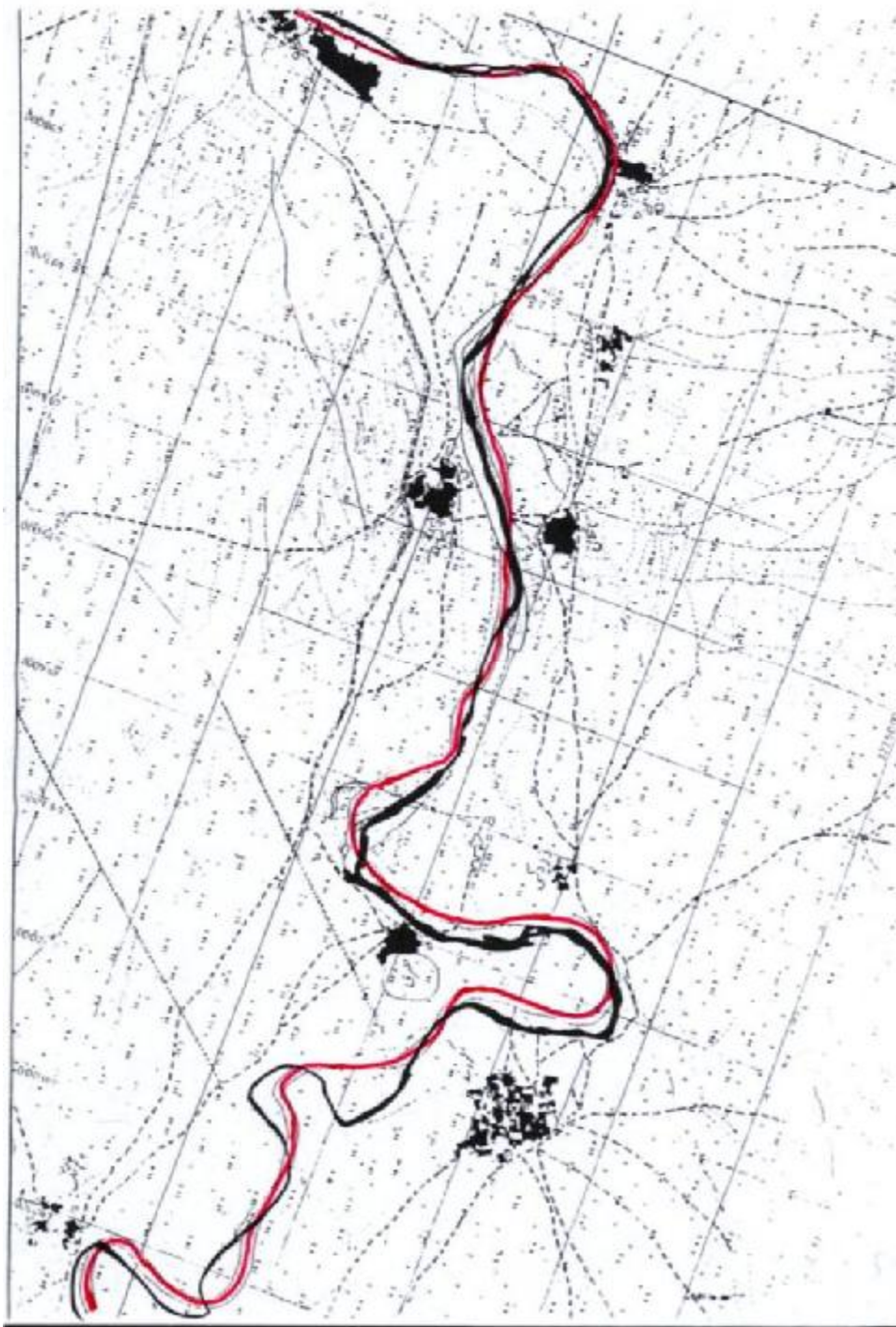




آسیب پذیری مرزی ایران (رودخانه ارس، 1385)



پتانسیل حمله جریان به دیواره خاکریز ساحلی، رود ارس (1384)

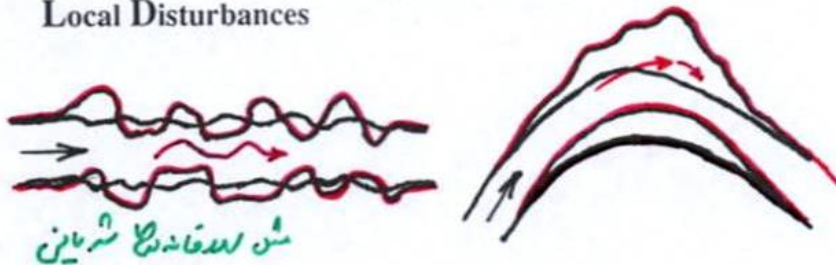


تاریخچه
30 ساله
تغییرات
رودخانه حله
(1335-1364)

2. RIVER CHANGES

- Irregularity in Channel Geometry:

Local Disturbances



- Braiding:

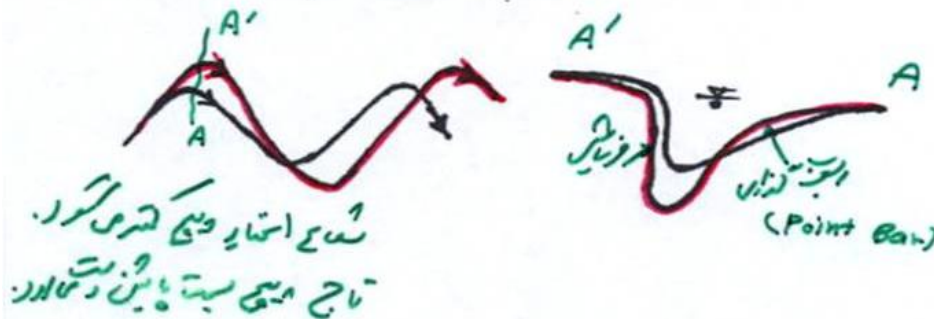
Becoming Wider and Shallower with Bars and Islands



- Meandering:

Channel Migration

Bends Sharpen and Moving Down

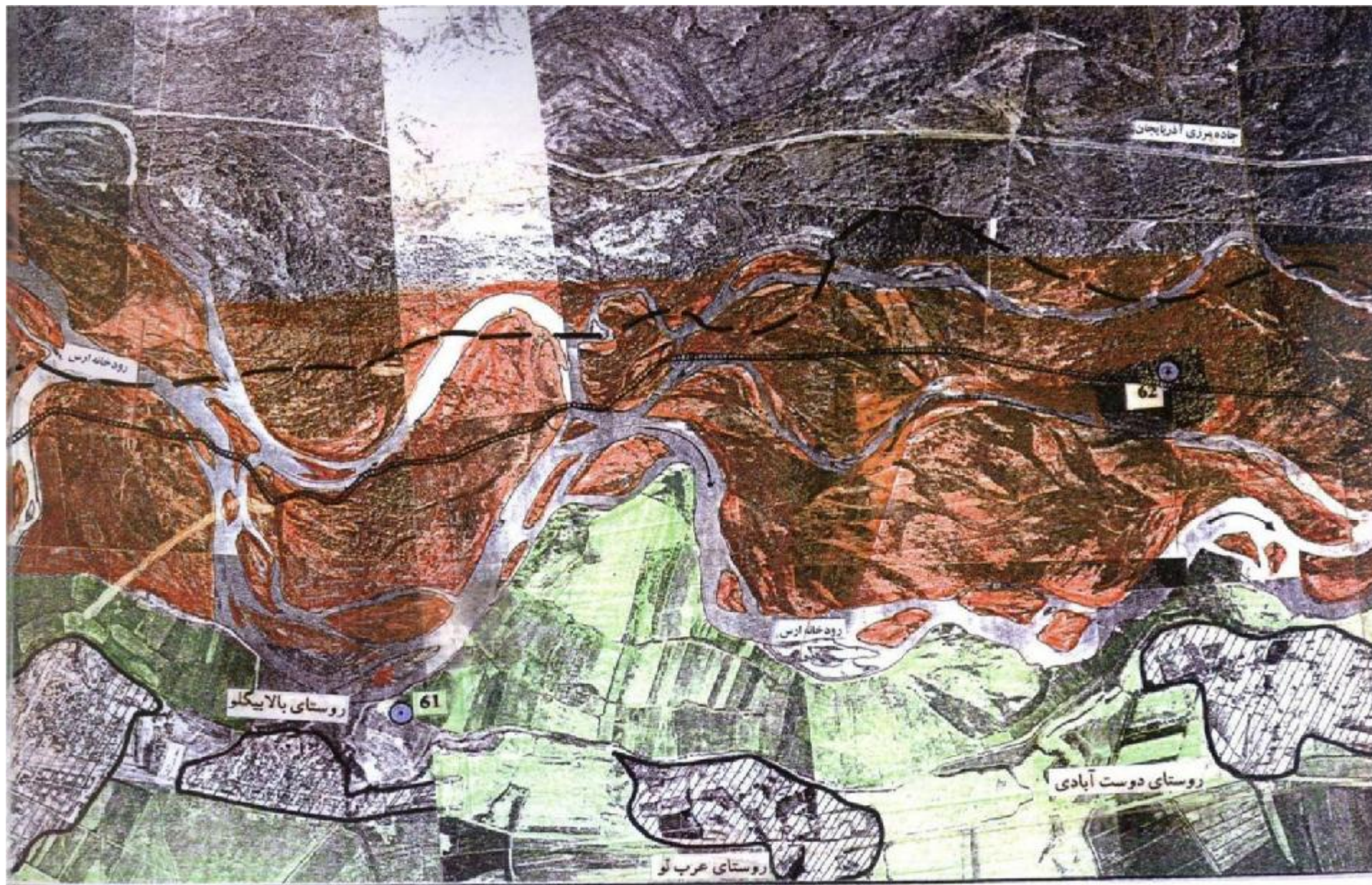


تغییرات رودخانه ای

تغییرات عرضی منظم و پایدار

تغییرات عرضی زیاد و شریانی شدن

روند مارپیچی شدن



تغییرات خط مرزی رود ارس در 50 سال (84-1335)



تخریب دیواره رودخانه شریانی فمیلیان، ممسنی، فارس (1365)



گسیختگی دیواره رودخانه فهلیان (1365)



پیشروی تخریب دیواره پیچ رودخانه شیو، فارس (1360)

آبشار ناخواسته در شاخه رودخانه اترک (1385)



آبشار ناشی از سازه تقاطعی در رودخانه قره آغاج، فارس (دکتر محمود جوان، 1361)



RIVER CHANGES

تغییرات رودخانه ای

- Cut-off:

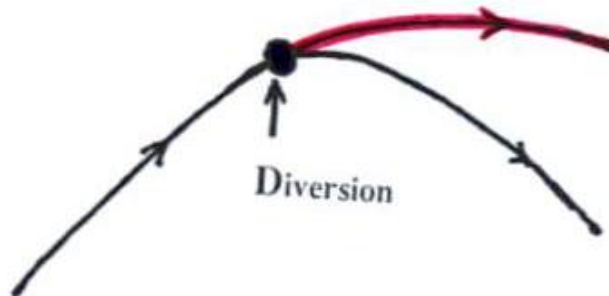
Shortening the Length in a Developed Meander Loop



روند میان بری در پیچ رودخانه

- Avulsion:

Permanent Change in River Course



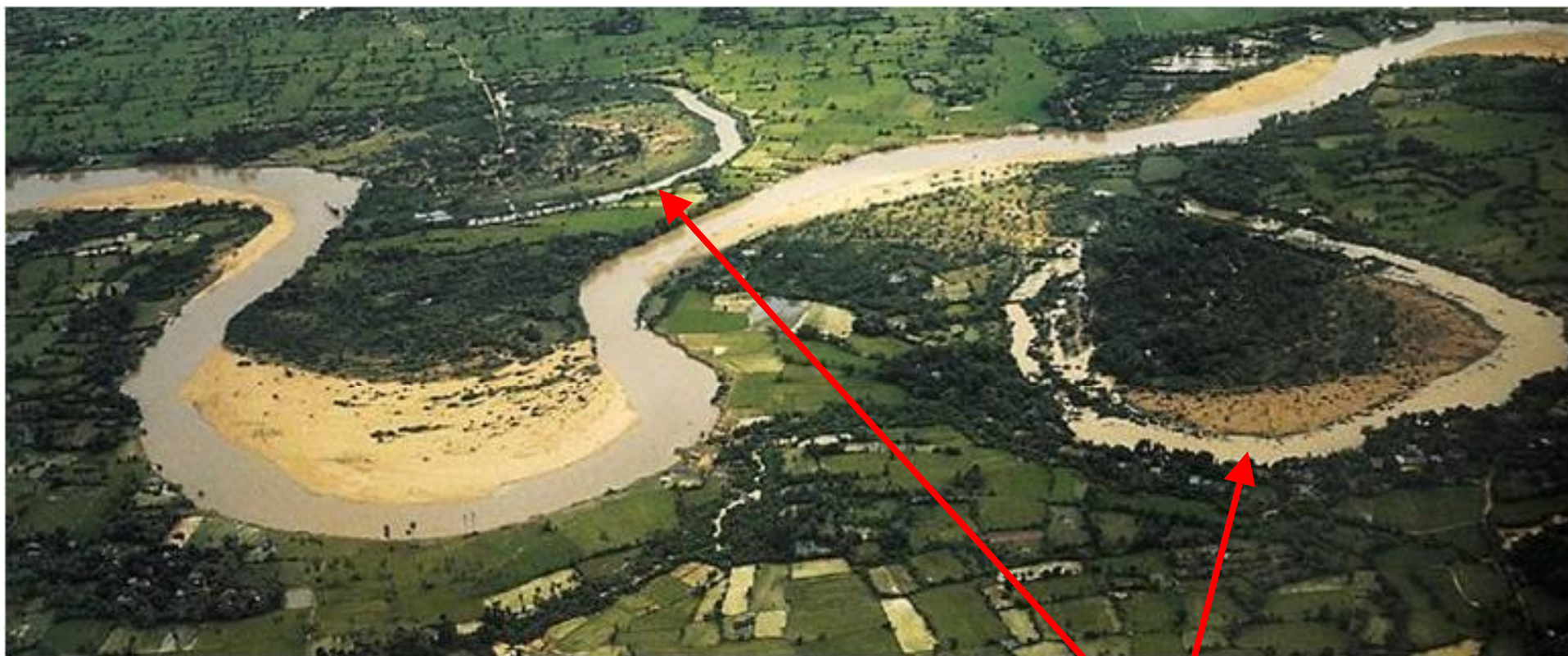
انحراف مسیر رودخانه



شکل ۲-۱۵: مقایسه تغییر مسیر رودخانه سیستان در سالهای مختلف در فاصله بین سد زهک و سد سیستان



توسعه مارپیچ رودخانه و میان بری پیچ



دریاچه حلقوی - پس از میان بری پیچ رودخانه

انحراف مسیر
رودخانه حله
از زمان
سیل اسفند
سال 1344





رودخانه اصلی و قدیم حله، برازجان، بوشهر (1365)

انواع سری های سیلاب در تحلیل آماری سیلاب

1. سری مقادیر کامل سیلاب (*Complete Duration Flood Series*)

2. سری های حداکثر سالیانه سیلاب (*Annual Maximum Flood Series*) یا *AM*

این سری شامل بزرگترین سیلاب هر سال از یک دوره زمانی خاص می باشد. بنابراین طول سری ها مساوی با تعداد سال های آماری می باشند، بنابراین حوادث در یک فاصله زمانی ثابت نمونه برداری شده اند. این روش عمومیت بسیاری دارد.

3. سری حداکثر دوره ای سیلاب (*Periodic Maximum Flood Series*) یا *PM*

این سری شامل تعداد n سیلاب حداکثر رتبه بندی شده مشاهداتی در طی دوره n ساله بدون ملاحظه سالی که آن ها رخ داده اند.

4. سری مقادیر جزئی سیلاب (*Partial Duration Flood Series*) یا *PD*

این سری که به نام اوج فراتر از آستانه نیز معروف است که از یک حد انتخابی بزرگتر یا کوچکتر باشد. در این روش سیلاب ها در فواصل زمانی ثابت جمع آوری نشده اند. بر خلاف سری های *AM* که فواصل زمانی نمونه گیری برای یک مشاهده تعیین شده می باشد. در سری *PD* فراوانی سیلاب ها در دوره زمانی معین تصادفی می باشد. برای ایجاد یک سری مقدار جزئی ابتدا بایستی یک مقدار آستانه تعریف گردد.

Frequency and Magnitude of Flood

- **Recurrence interval**

$$R = (N + 1)/M$$

N is the number of years of record, M is the rank of individual flow within the recorded years

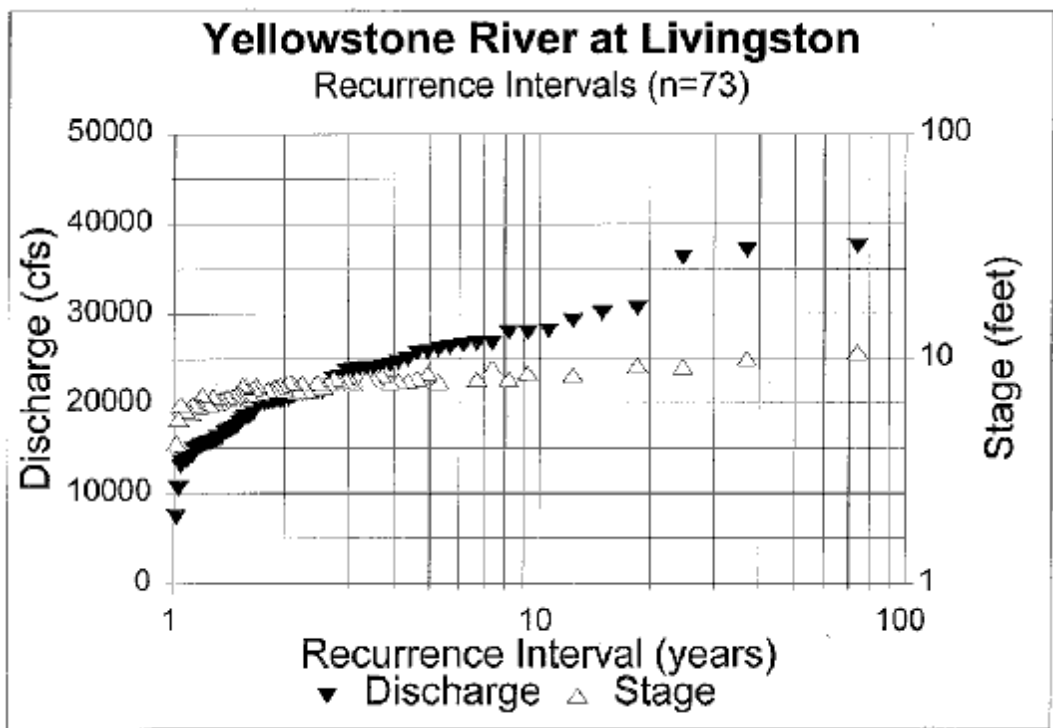
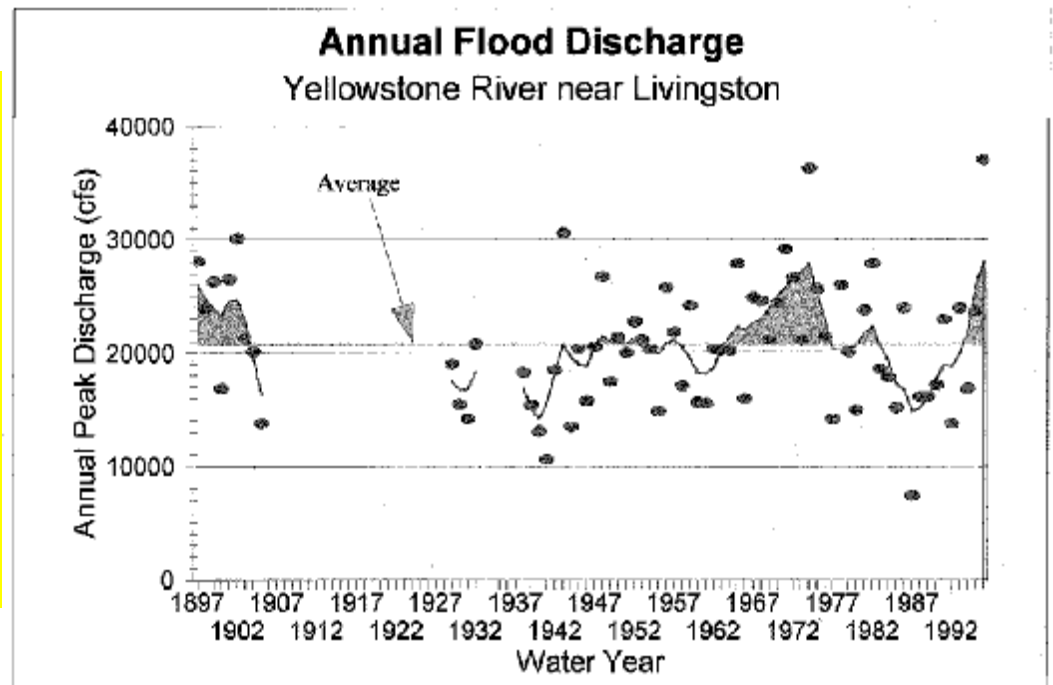
- **The probability of a given magnitude flood**

$$P = 1/R$$

- **Statistical probability versus reality**

- Probability: One 25-year flood, on average, once every 25 years
- Reality: Two 25-year floods **can** occur in consecutive years

Yellowstone River at Livingston, MT



روش های مختلف انتخاب حد آستانه سیل در تحلیل سری جزئی سیلاب

مقدار آستانه برای این سری ها می تواند دلخواه باشد. ولی در منابع مختلف روش های متفاوتی برای تعیین مقدار آستانه ارائه شده است. بسیاری از محققین روش هایی را برای انتخاب آستانه پیشنهاد نموده اند که بر اساس عدد میانگین از تجاوز حداکثر در سال برای شرایط خاص اقلیمی یا مناطق جغرافیایی ثابت باشند.

از جمله این روش ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. استفاده از سیلی که ۵-۱/۲ بار در هر سال رخ می دهد.

۲. مقدار آستانه ای که x_0 بر اساس یک فاکتور از پیش تعریف شده k بعلاوه میانگین و انحراف معیار سری های اصلی و بر اساس رابطه زیر بیان شود:

$$x_0 = x + ks$$

مقدار $k = 3$ توصیه شده است.

۳. مقدار آستانه ای که از مقدار ۹۰ درصد سیلاب ها بیشتر باشد.

هنوز یک روش قابل قبول برای انتخاب مقدار آستانه سیل برای شرایط مختلف رودخانه ها بدست نیامده است.

PMP and PMF Definitions

- **PMP – Probable Maximum Precipitation:**

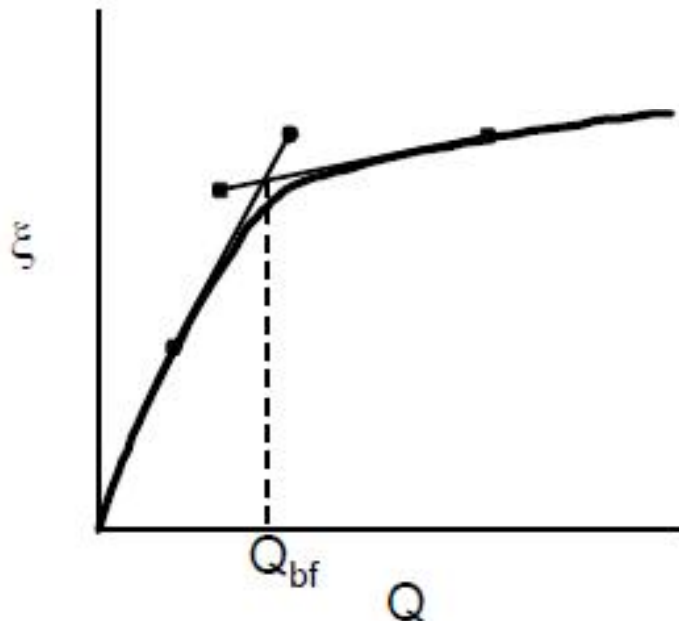
“theoretically, the greatest depth of precipitation for a given duration that is physically possible over a given size storm area at a particular geographic location during a certain time of year”

- **PMF – Probable Maximum Flood:**

“the flood that may be expected from the most severe combination of critical meteorologic and hydrologic conditions that are reasonably possible in the drainage basin under study”

THE DEFINITION OF BANKFULL DISCHARGE Q_{bf}

Let ξ denote river stage (water surface elevation in meters or feet relative to an arbitrary datum) and Q denote volume water discharge (cubic meters or feet per second). In the case of rivers with floodplains, ξ tends to increase rapidly with increasing Q when all the flow is confined to the channel, but much less rapidly when the flow spills significantly onto the floodplain. The rollover in the curve defines bankfull discharge Q_{bf} .



The floodplain is often somewhat poorly-developed in mountain gravel-bed streams. Bankfull stage, however, can often still be determined by direct field inspection.



Minnesota River and flooded floodplain, USA, during the record flood of 1965

11

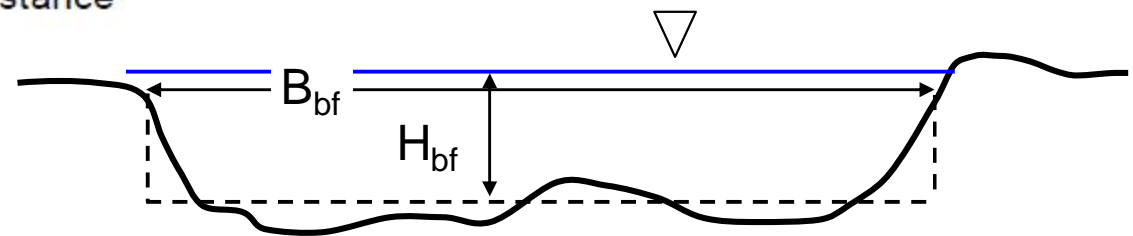
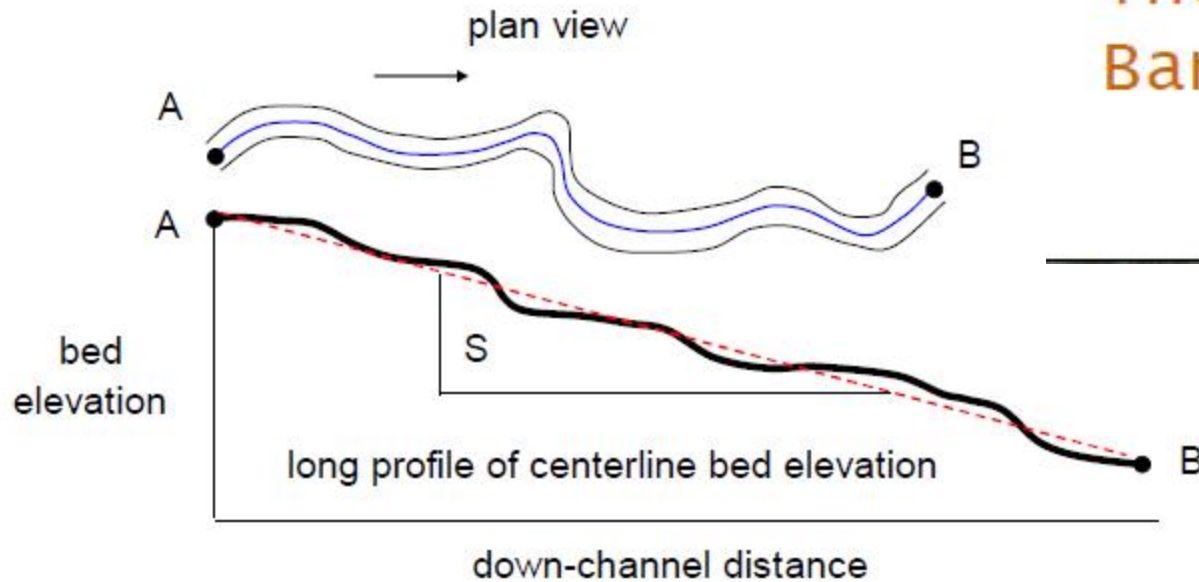
CHARACTERIZING BANKFULL DISCHARGE Q_{bf}

- Bankfull discharge Q_{bf} is used as a shorthand for the *characteristic flow discharge that forms the channel*.
- One way to determine it is by means of direct measurement of the flow in a river. Since bankfull flow is not frequent, this method may be impractical in a river restoration scheme.
- Another way to estimate it is from a stage-discharge curve, as described in the previous slide. In order to implement this, the river must be gaged near the reach of interest.
- Another way is to estimate it using *stream hydrology*. It has been found that in gravel-bed streams bankfull flow is often reasonably estimated in terms of a **peak flood discharge with a recurrence of 2 years** (e.g. Williams, 1978). This corresponds to a flow discharge that has a 50% probability of occurring in any given year.
- When none of the above methods can be implemented, Q_{bf} can be estimated from bankfull channel characteristics using the tool **BankfullDischargePredictor.ppt** of this toolbox.

12

The Gravel River Bankfull Channel Estimator

Gary Parker, 10/2004



$$H_{bf} = 0.3785 \frac{Q_{bf}^{2/5}}{g^{1/5}}$$

$$B_{bf} = 4.698 \frac{Q_{bf}^{2/5}}{g^{1/5}} \left(\frac{Q_{bf}}{\sqrt{gD_{s50}} D_{s50}^2} \right)^{0.0661}$$

$$S = 0.1003 \left(\frac{Q_{bf}}{\sqrt{gD_{s50}} D_{s50}^2} \right)^{-0.3438}$$

Bankfull discharge	Q_{bf} (in meters ³ /sec)	2.7 ~ 5440
Bankfull width	B_{bf} (in meters)	5.24 ~ 280
Bankfull depth	H_{bf} (in meters)	0.25 ~ 6.95
Channel slope	S	0.00034 ~ 0.031
Surface median size	D_{s50} (in mm)	27 ~ 167

ص ۲/۲

Dominant Discharge

موضوع: برآورد مقدار دبی غالب

1- Inglis (1949)

مقدار جریان غالب به لحاظ کمی 80 درصد جریان مقطع پر در مقطع اصلی رودخانه میباشد.

2- Leopold & Wolman (1957)

در 24 رودخانه امریکا که دارای دشت سیلابی بالغ میباشند دبی مقطع پر معادل سیلابهای با دوره برگشت بین 1 تا 2 سال (ترجیحا 1.4 سال) میباشد.

3- Nixon (1958)

بر اساس مشاهدات خود روی رودخانه های انگلیس دبی با احتمال وقوع 60 درصد (یا دوره برگشت 170 روزه) را به عنوان مقدار کمی دبی غالب ارائه نموده است.

4- Bray (1975, 1982)

در مطالعات رژیم 70 رودخانه با مواد بسترری شنی در کانادا، دبی غالب و مقطع پر را معادل سیل متوسط سالیانه با دوره برگشت 2 سال با توزیع لای نرمال گرفت.

5- Hey (1975)

مقدار جریان مقطع پر به سیلاب 1.5 ساله نزدیک میباشد.

6- Hey (1982)

در بررسی 66 بازه رودخانه ای با مواد بسترری شنی و درشت دانه در انگلیس سیل با تناوب 1.5 ساله را به عنوان دبی غالب ارائه کرده است. در این حد، نسبت عرض به عمق در مقطع اصلی رودخانه حداقل میگردد (یا مقاومت جریان حداقل میگردد).

7- Schumm (1984)

وی دبی مقطع پر را معادل سیل متوسط سالیانه و یا دبی متوسط سالیانه گرفت.

8- Hey & Heritage (1988)

وی با تحقیق روی 14 رودخانه با بستر شنی در انگلستان دوره برگشت دبی مقطع پر در محدوده 0.56 تا 3.44 سال با متوسط 0.9 سال میباشد.

- 9

Nixon (1959) ; Woodger (1968) ; Kellerhals, Neil and Bray (1972) ; Dury (1973) ; Bray (1975)

در رودخانه های کم دبی که در زمان بستر خود را در تراس های سازرس دبی مقطع پر معادل دبی در تراس بالایی مقطع رودخانه است.

ص ۲/۲

Dominant Discharge

تعاریف ارائه شده برای دبی غالب

1- Yasi (2003)

دبی غالب، دبی شاخص مرفولوژیکی رودخانه یا دبی جریان متناوبی است که شرایط پایداری نسبی رودخانه (فرم، شکل، ابعاد عمومی) را بوجود میآورد.

2- Inglis (1941, 1949)

رودخانه ها به لحاظ دینامیکی تحت سیلابهای متناوبی میتوانند به حالت تعادل خود برسند وی به دنبال تحقیقات خود این قیل جریانان را جریان غالب نام گذاری کرد.

3- Henderson (1966)

وی دبی غالب را دبی مقطع پر میداند و عبارت از جریانی است که با تناوب پیوسته دبی و رسوب فرم و مقطع اصلی رودخانه را میسازد.

4- Leopold & Skibitzke (1977)

این دو دبی غالب را معادل دبی جریانی که تراز سطح آب را به حد پوشش گیاهی نسبتا دائمی روی دیواره های مقطع اصلی رودخانه برساند میدانند.

5- Zarreti (1987)

فرسایش یا رسوبگذاری در رودخانه آندر توسعه میابد تا به یک تعادل پایدار برسد که در این حالت مقدار دبی که مجرا را بتواند پر کند دارای خواص زیر میباشد:

- 1- میتواند مقطع فعلی رودخانه را بدون فرسایش یا رسوبگذاری حفظ نماید (مثلا برای رودخانه های سیلاب دشتی)
- 2- تعداد سیلابهای غیر متناوب بزرگ آندر زیاد نیست که سیلاب دشت قابل ملاحظه ای ساخته شود

6- Tabatabai & Hey (1998)

جریان غالب به جریان دائمی گفته میشود که بتواند مانند سیلابهای متناوب باعث ایجاد رژیم (تعادل) در رودخانه شود.

7- Hey (1982)

دبی غالب در حد تراز سطح آبی است که در آن تراز، نسبت عرض به عمق در مقطع اصلی رودخانه می بینیم دوره؟ و یا مقاومت عرضی رودخانه.

Popular Maximum Discharge Formulas of the 1940-60s

Myers Equation (Jarvis, 1942)

$$Q = 10,000A^{0.5}$$

**where A = drainage area, sq. miles for watersheds
larger than 4 sq. miles**

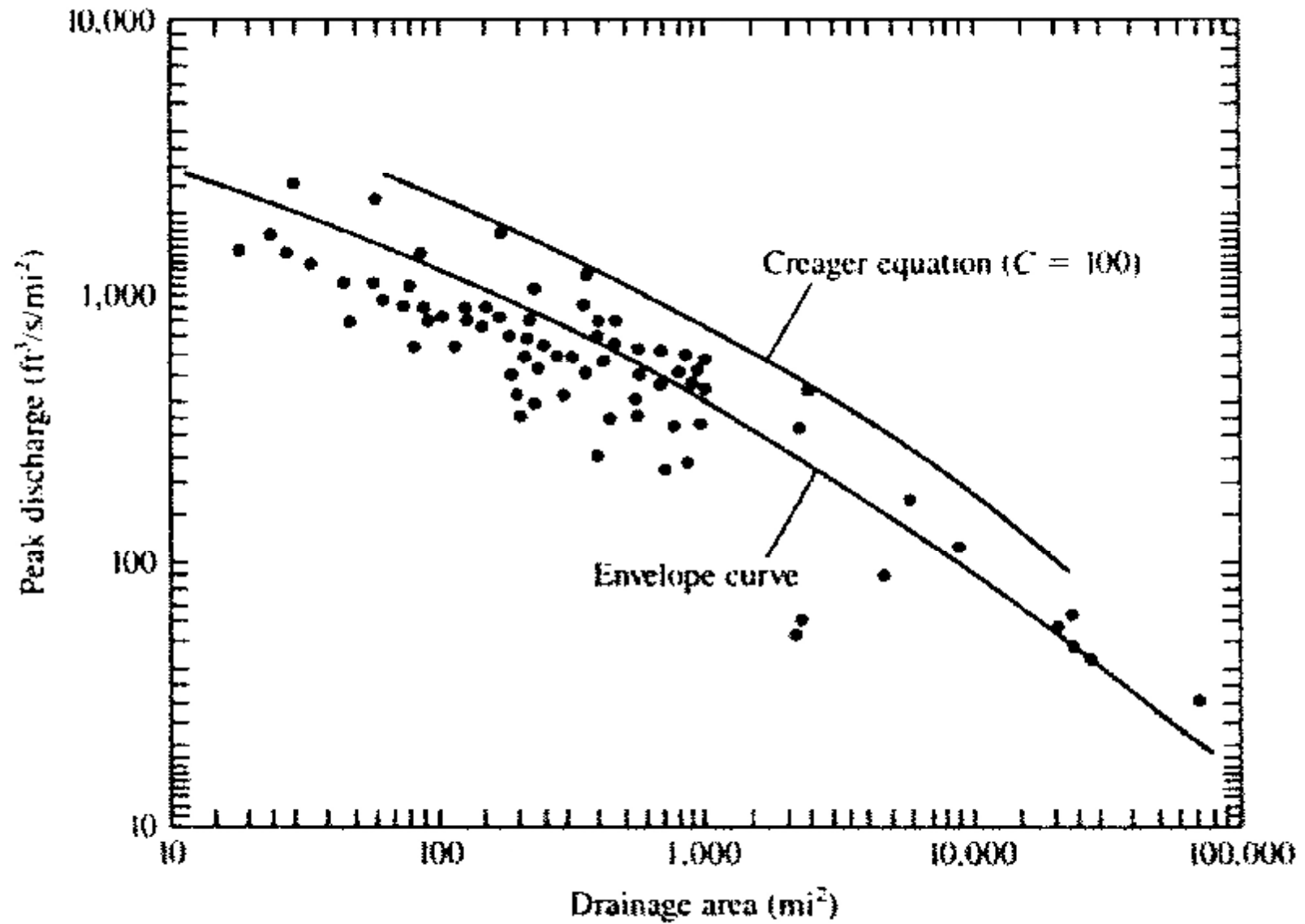
Q = ultimate maximum flood flow (cfs)

Creager Equation (Creager and Justin, 1950)

$$Q = 46CA^{(0.894A^{-0.048})}$$

**where C = coefficient with maximum value of 100
for many areas**

Creager Envelop Curve

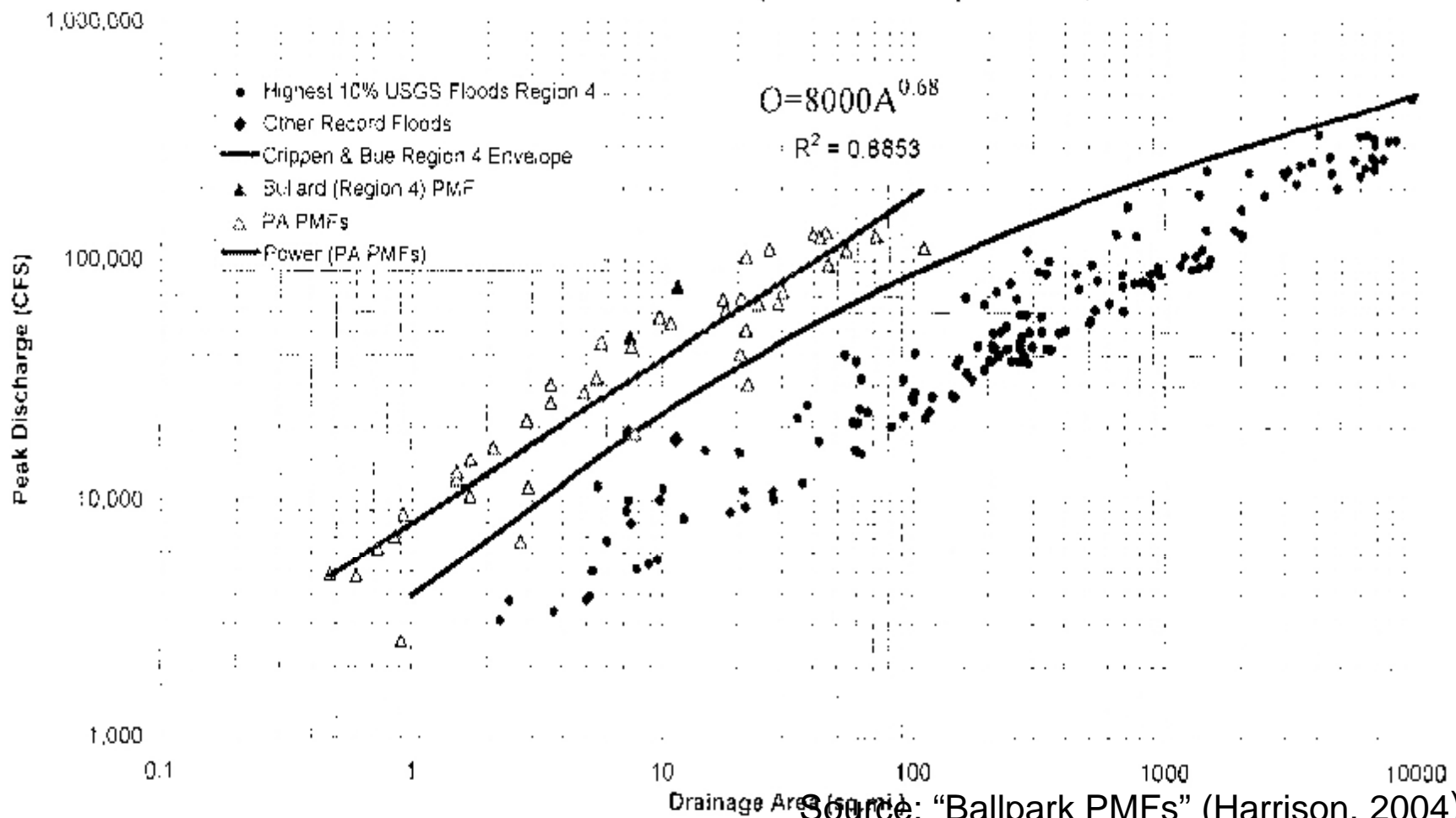


Do actual floods ever approach the PMF?

- **Harrison and Paxson have developed Fig. 6 for floods in the Northern Appalachian area (PA).**
- **The PMFs lie above the envelop curve for maximum observed floods in PA (See Fig. 6)**

Northern Appalachian Region

Figure 6: Northern Appalachian (Crippen & Bue Region 4)
Observed Flows and Computed PMFs (HMR 51)



Recent PMF Relationships

- Using data from PA, Harrison and Paxson (2002) developed statistical relationships for the PMF, the best of which is:

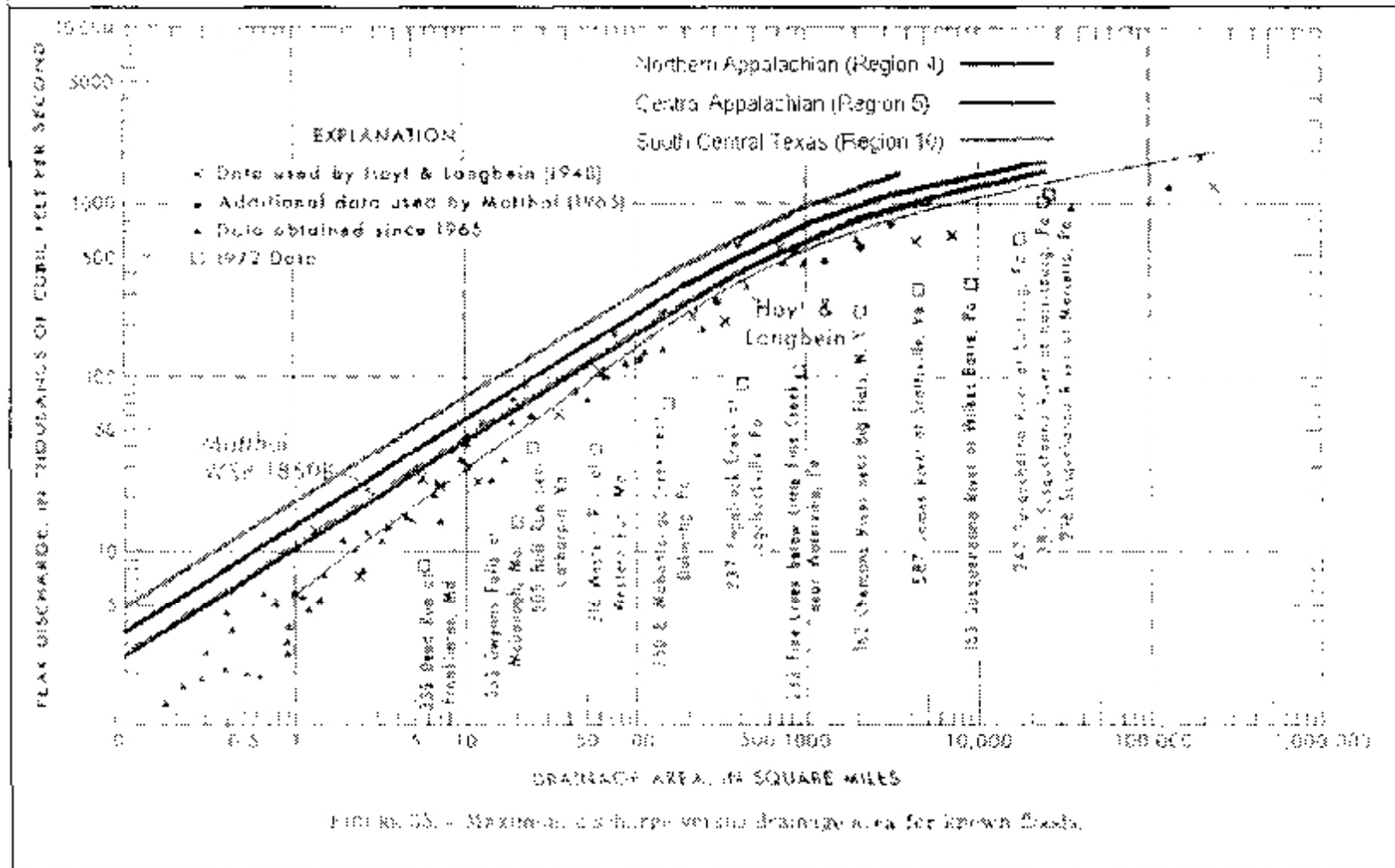
$$Q = 8148A^{0.69}$$

where Q = PMF in cfs; A = drainage area in sq mi

- Looks a lot like the old Myers.
- But – This type of statistical PMF relations intended only in areas where there is little hydrologic data available. See Fig 9.

PMF vs. Drainage Areas

Figure 9: Approximate PMF vs Drainage Area for Evaluated Regions
(Base graph source: USGS PP924)



Summary and Current Status of PMP/PMF

- There remain uncertainties regarding the estimation of the PMP, its time distribution and its probability of occurrence.
- Questions remain about the PMF, because it is a hydrologic estimate based on the PMP and the saturation condition of the watershed.
- Because it has almost zero exceedance probability, the PMF is difficult to fit into current-day risk analysis.
- The use of *fractional parts* of the PMF has led to an inconsistent standard across US.
- Other approaches have been adopted, such as the use of “incremental analysis”

راهنمای تعیین دوره بازگشت سیلاب طراحی

سیلاب طراحی از دو جنبه قابل
تعریف می باشد

- از نظر طراحی سازه هیدرولیکی
بیشترین سیلابی است که سازه
مربوطه با اطمینان از خود عبور
میدهد

- از نظر کنترل سیل، سیلابی که
در برابر آن یک منطقه باید حفظ
شود



روشهای محاسبه و تعیین سیلاب طراحی

بر اساس تحلیل خطرپذیری

دوره برگشت سیلاب طراحی متناسب با ریسک پذیري کارفرما از رابطه زیر برای مناطق صنعتی:

$$R = 1 - (1 - T)^n$$

بر اساس تحلیل اقتصادی

پیشینه نمودن نسبت سود به هزینه
هزینه = هزینه اجرا و بهره برداری و تملک
سود = حذف خسارت مستقیم غیر مستقیم

تجربه سایر کشورها

پیشنهاد دوره برگشت سیل طراحی به تفکیک
مناطق مسکونی، تجاری، صنعتی و کشاورزی
(200-25) (200-25) (500-25) (100-5)

بر اساس ملاحظات اجتماعی

آثار اجتماعی خسارات سیل در شاخص های
خسارات مستقیم، خسارات غیر مستقیم و
خسارات نامحسوس امتیازبندی شده و دوره
برگشت سیل محاسبه میشود

دوره بازگشت سیلاب طراحی در کشورهای مختلف

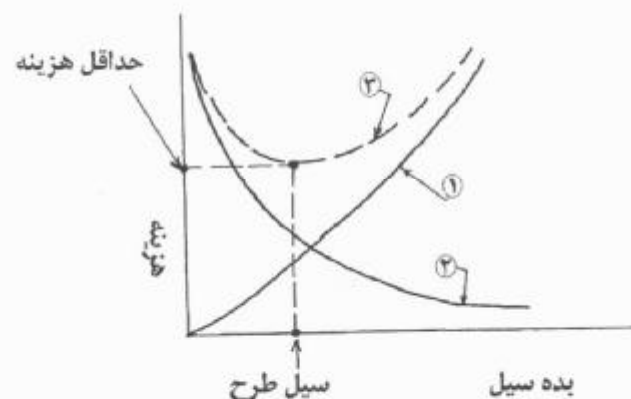
کشور / کاربری	مسکونی	تجاری	صنعتی	کشاورزی	توضیح
آمریکا	۱۰۰-۲۵	۱۰۰-۲۵	۱۰۰-۲۵	۲۵-۵	در مناطق غیر کشاورزی، حد بالا برای حالت وجود خطر جانی و حد پایین برای نبودن خطر جانی است
استرالیا	۱۰۰-۵۰	۱۰۰-۵۰	۱۰۰-۵۰	۵۰-۵	-
بلغارستان	۲۰۰-۳۰	۲۰۰-۱۰۰	۲۰۰-۱۰۰	۱۰-۵	مناطق مسکونی پرجمعیت، حد بالا و مناطق مسکونی کم جمعیت، حد پایین را استفاده می کنند
چکسلواکی	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰-۵۰	۲۰-۷	-
چین	۲۰۰-۱۰۰	-	-	-	-
ژاپن	۲۰۰-۱۰۰	۲۰۰-۱۰۰	۲۰۰-۱۰۰	-	تقسیم بندی برحسب رودخانه می باشد. فقط رودخانه های بزرگ در این جدول آورده شده است.
سوئیس	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-
فیلیپین	۱۰۰-۵۰	۱۰۰	-	-	-
لهستان	۱۰۰-۱۰۰	۱۰۰-۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰-۵۰	-
کانادا	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-
هندوستان	۵۰	۵۰	۵۰	۲۵	-

پیشنهاد تجربی دوره بازگشت سیلاب طراحی در رودخانه های ایران

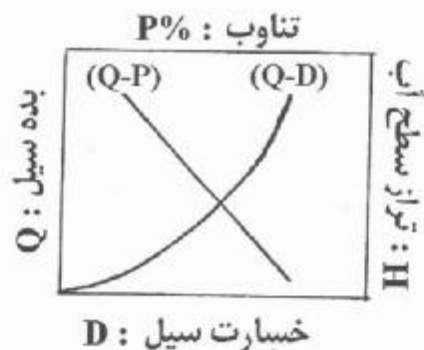
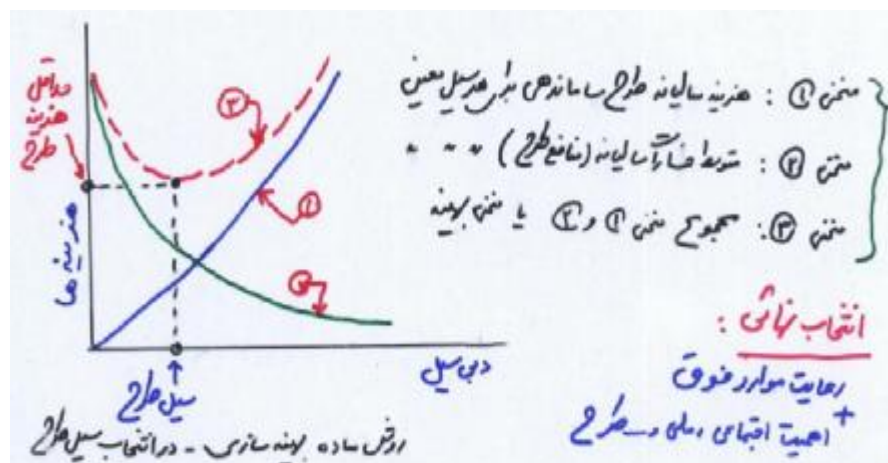
منطقه	دامنه سیل	توضیحات
شهری	200-50	1- حد پایین برای شهرهای کوچک با تراکم جمعیت کم و توسعه نیافته 2- حد بالا برای شهرهای بزرگ (کلان شهرها) با تراکم جمعیت زیاد و بازه های محل تجمع و اماکن توسعه یافته یا در جوار طرحهای توسعه گردشگری و تجاری و میراث فرهنگی
روستایی	50 – 25	1- حد پایین برای روستاهای کوچک با تراکم جمعیت کم و توسعه نیافته 2- حد بالا برای روستاهای بزرگ با مناطق پرتراکم و توسعه یافته
کشاورزی	50 – 15	1- حد پایین برای حفاظت مناطق کشاورزی معمولی 2- حد بالا برای حفاظت مجتمع های کشت و صنعت با سیستم آبیاری مدرن و توسعه یافته
صنعتی	200 – 50	1- حد پایین برای مراکز صنعتی کوچک با هزینه های سرمایه گذاری پایین 2- حد بالا برای حفاظت مراکز و قطب های صنعتی و با ریسک ایجاد آلودگی منطقه ای

روشه تحلیل ریسک در تعیین سیلاب طراحی

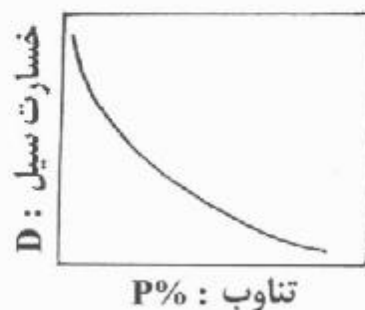
روش ساده بهینه سازی انتخاب سیلاب طراحی در شکل (۶-۱۰) نشان داده شده است [۱۲۸]. در این شکل، منحنی شماره ۱ هزینه معادل سالانه طرح برای حفاظت از هر سیل معین، منحنی شماره ۲ متوسط خسارات سالانه ناشی از هر سیل معین، و منحنی شماره ۳ مجموع دو منحنی ۱ و ۲ است. نقطه مینیمم بر روی منحنی شماره ۳ بیانگر گزینه سیل طراحی براساس حداقل هزینه متوسط سالانه طرح ساماندهی است. شکل (۶-۱۱) رابطه بده سیلاب یا ارتفاع سطح آب نظیر آن را با میزان خسارات حاصله نشان می دهد. از ترکیب رابطه (بده سیل - خسارت) یا منحنی تناوب سیلاب (رابطه بده سیل - تناوب یا دوره برگشت سیل)، رابطه (خسارت - تناوب) مطابق شکل (۶-۱۲) بدست می آید. متوسط خسارات سالانه از سطح زیر منحنی شکل (۶-۱۲) قابل محاسبه است. با اجرای طرح ساماندهی، خسارات سالانه معادل منافع سالانه طرح محسوب می گردد. هزینه سالانه طرح نیز از ارزیابی اقتصادی هزینه طرح (برای هر گزینه پیشنهادی ساماندهی) در طول عمر مفید طرح محاسبه می گردد. از این رو با توجه به نسبت هزینه به خسارات سالانه حداقل، گزینه برتر اقتصادی و نیز سیلاب طراحی نظیر آن بدست خواهد آمد [۳۷].



شکل ۶-۱۰ - بهینه سازی انتخاب سیلاب طراحی در ساماندهی رودخانه [۳۷]



شکل ۶-۱۱ - رابطه بده سیلاب یا ارتفاع سطح آب نظیر آن با میزان خسارات حاصله [۳۷]



شکل ۶-۱۲ - رابطه خسارت سیلاب با تناوب یا دوره برگشت سیل [۳۷]

انواع سیلاب

- 1- سیلاب های منطقه ای Regional Floods
- 2- سیلاب های ناگهانی Flash Floods
- 3- سیلاب های ناشی از وقوع توفان Storm-Surge Floods .
- 4- سیلاب های ناشی از زمین لغزه، جریان گلاب و آشفال
Debris & Landslide & Mud flow Floods
- 5- سیلاب های ناشی از شکست سد و خاکریز های ساحلی رودخانه
Dam & Levee Failure Floods
- 6- سیلاب های ناشی از وجود توده های یخ Ice-Jam Floods
- 7- سیلاب های ناشی از توسعه شهری Urbanization Floods

Types of Flooding

- **By stream location**

- Ø **Upstream flood:** Shorter duration, smaller area

- Ø **Downstream flood:** Longer duration, greater magnitude, larger area

- **By duration**

- Ø **Flash flood:** High volume of flooding water in very short duration, characteristic short lag time, usually in upstream

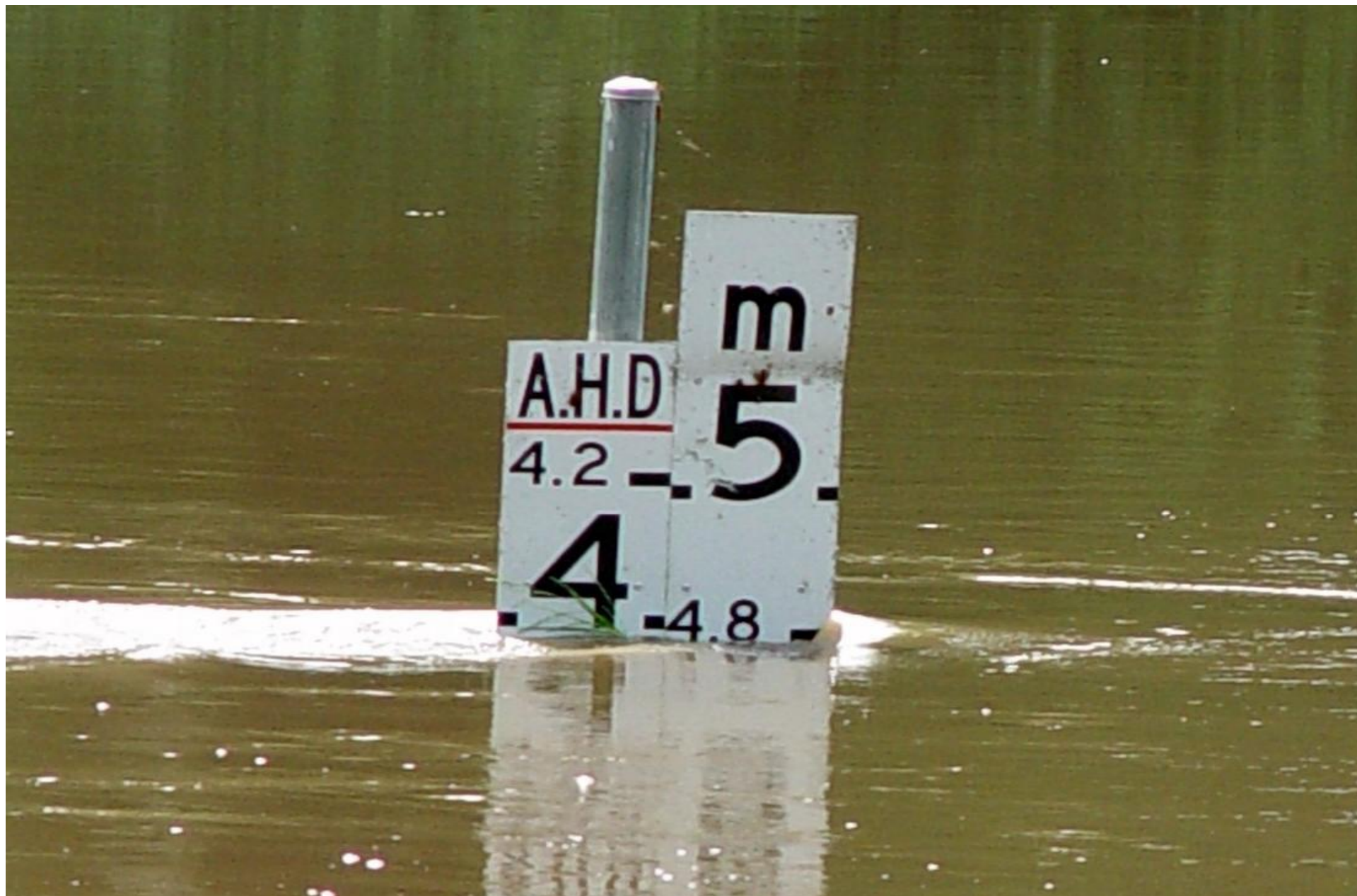
- Ø **Non-flash flood**

- **By magnitude/recurrence interval**

- Ø 100-year, 50-year, 25-year, 10-year floods



گستره سیل منطقه ای در سیلابدشت رودخانه



شاخص ارتفاع سطح آب در سیلاب

“General” and Widespread Floods



MISSISSIPPI Floods 1993



Bangladesh floods in 2004



پل تاریخی در زمان سیلاب



شهر در محاصره سیلاب





همراه با سیلاب





فرار گاو نر
از
خطر سیلاب



قدرت سیلاب گلستان - مرداد 1384



قدرت گردابی سیلاب



همزیستی با سیلاب



سیلاب تابستان 2017 - هند، بنگلادش، نپال - واقعه 20 ساله

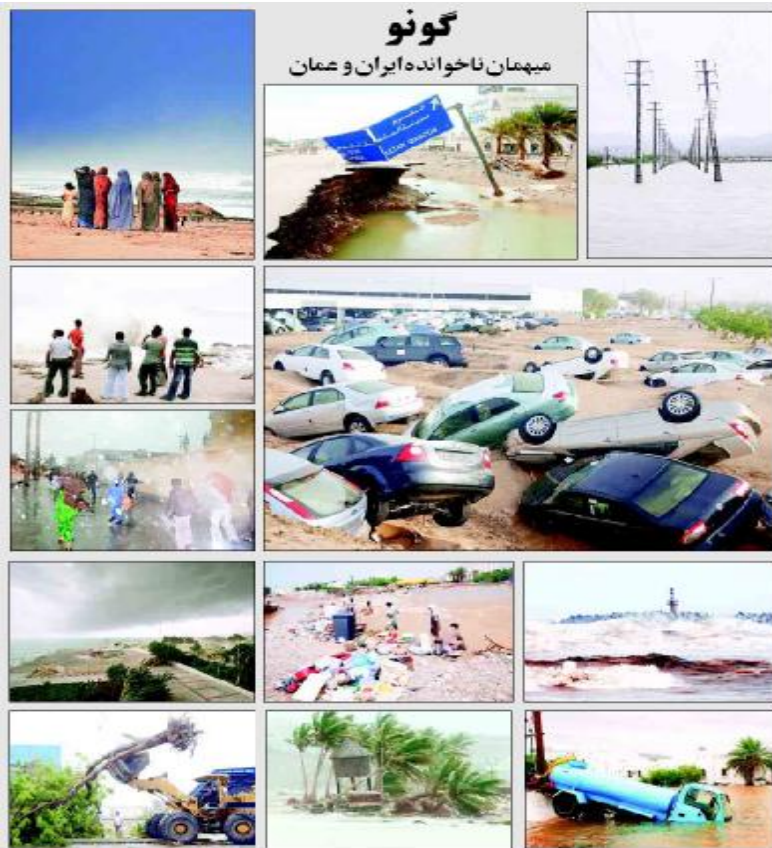
راجیو رانجان، وزیر منابع آب ایالت بیهار هند:

باران های موسمی سبب سیل اخیر بوده اند. بیش از 500 نفر کشته؛ و بیش از 12 میلیون نفر بی خانمان. موش ها با ایجاد حفره در بدنه سد ها، موجب تشدید سیل در منطقه اند.



1200 کشته سیل در نپال، هند و بنگلادش؛ ده ها هزار نفر بی خانه!

وقوع طوفان در عمان و سیلاب گوانا در رود کاجو، بلوچستان (1386)





Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

What is a flash flood?

A Flash Flood

Can occur in normally dry areas with no visible stream channel.

What is a Flash Flood?

A flash flood is a life-threatening flood that begins within 6 hours - and often within 3 hours- of the rain event.



South Ash Creek in Utah, January 2005
USGS

Fort Collins, CO (July 1997)

- **Flash Flood**
– Thunderstorms

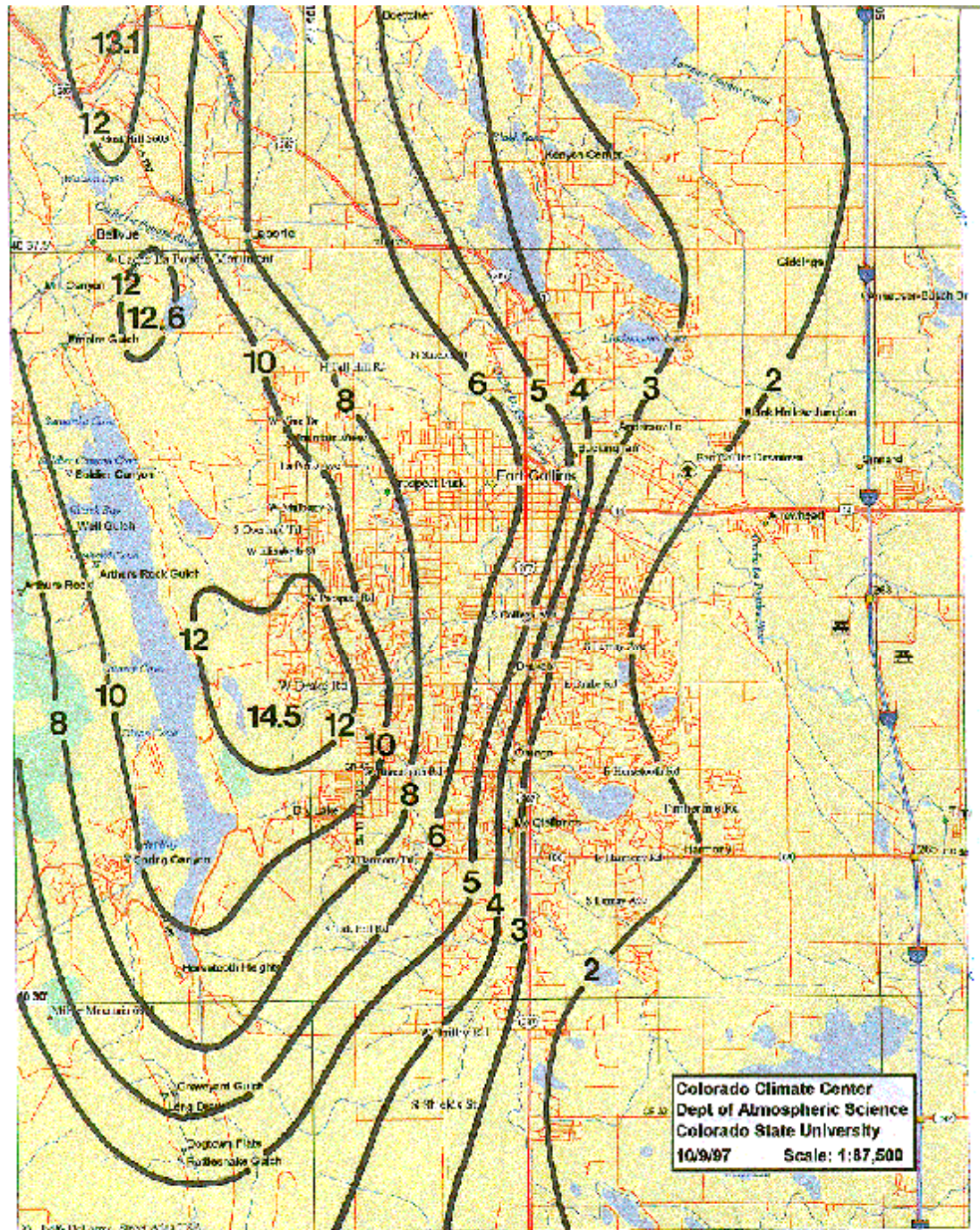


Figure 14. Rainfall (Inches) for Fort Collins, Colorado, for 4:00 p.m. MDT July 27, 1997 through 11:00 p.m. MDT for July 28, 1997



سیلاب
در
رودخانه خشک شیراز
(آذر 1364)

رودخانه خشک شیراز
(شهریور 1385)





حمله سیلاب به منازل مسکونی

سیلاب گلستان (1384)

حوضه گلیداغ (9 مرداد 84)

- تلفات: حدود 27 نفر کشته
- دبی پیک سیل: 155 مترمکعب بر ثانیه
- میزان بارش: 84 میلیمتر
- مدّت بارش: 2 ساعت
- دلایل تشدید خسارت:
- تخریب پوشش گیاهی
 - دخل و تصرف غیرمجاز در بستر و حریم
 - عدم مطالعات و اجرای سیستم هشدار و پیش بینی سیلاب



سیلاب ماسوله (1377)



تلفات و خسارات: 30 نفر کشته،
انهدام 50 دستگاه وسیله نقلیه،
تخریب 6 دهنه پل.



دلایل تشدید خسارت:

- تخریب پوشش گیاهی
- اشغال حریم مجاری آب

سیلاب رودخانه مشکین شهر اردبیل (1380)

تلفات و خسارات: 30 نفر کشته ،

انهدام 20 دستگاه خودرو

دبی پیک سیل: 250 مترمکعب بر ثانیه

میزان بارش: 65 میلیمتر

مدّت بارش: 1 ساعت و 10 دقیقه

دلایل تشدید خسارت :

واقع شدن روستاهای آسیب دیده در مسیر آبراهه های طبیعی

شکست سد خاکی قیزقلعه در سیلاب گلستان (مرداد 1384)



Teton dam failure (4)



Teton dam failure (6)



Other dam-break examples (1/2)



St. francis dam failure



Location: Benmore Dam

Distance from Pukaki Lake Control: **50.30 km**
Distance from Head of Lake Benmore: 30.25 km
Flood Arrival Time: 2.6 - 3.9 hrs
Time to Peak Flood Elevation: 6.4 - 9.1 hrs
Peak Flood Elevation: 368 - 372 m
Normal Design Flood Elevation: 362 m

Location: Parsons Rock (Waitaki)

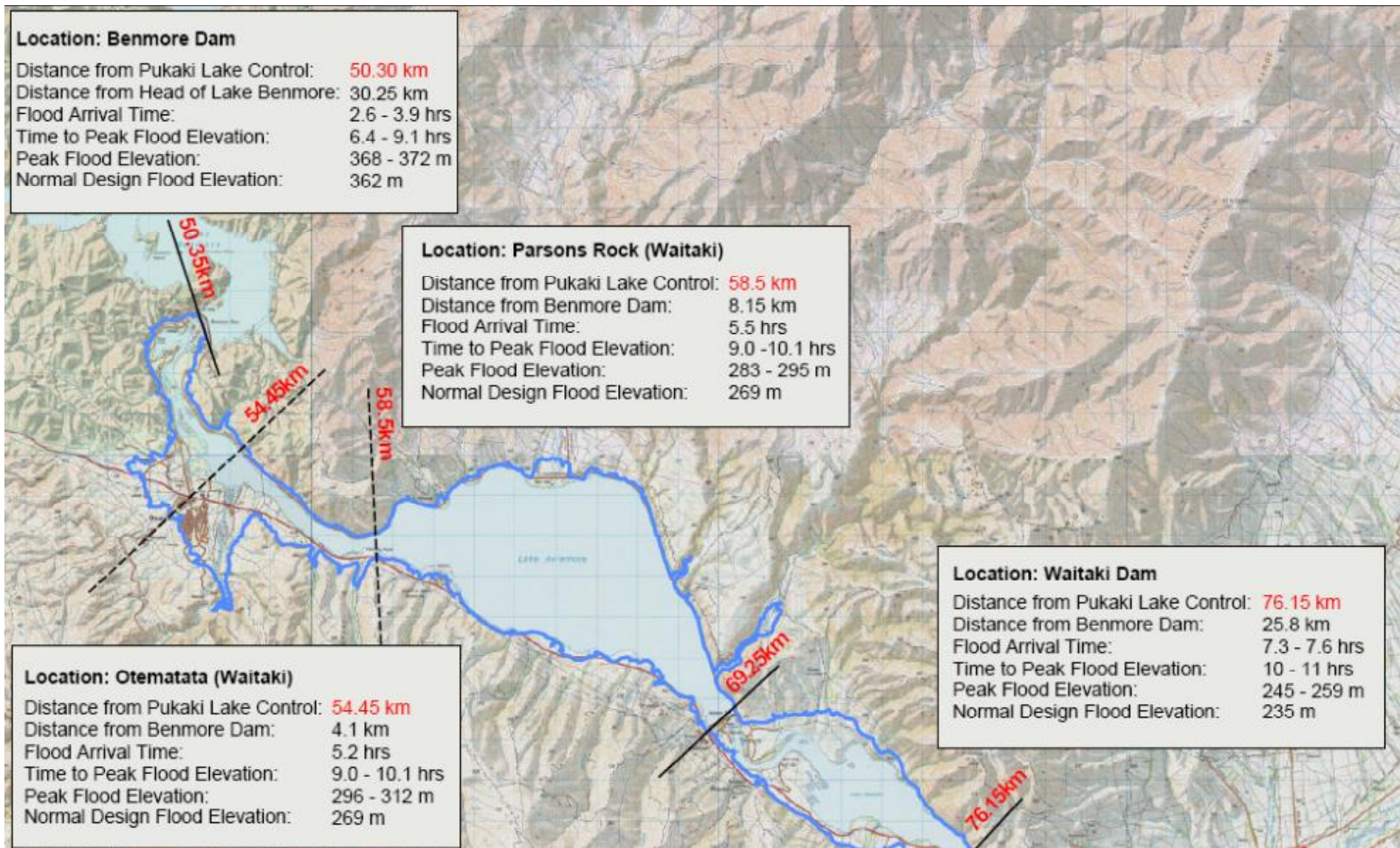
Distance from Pukaki Lake Control: **58.5 km**
Distance from Benmore Dam: 8.15 km
Flood Arrival Time: 5.5 hrs
Time to Peak Flood Elevation: 9.0 - 10.1 hrs
Peak Flood Elevation: 283 - 295 m
Normal Design Flood Elevation: 269 m

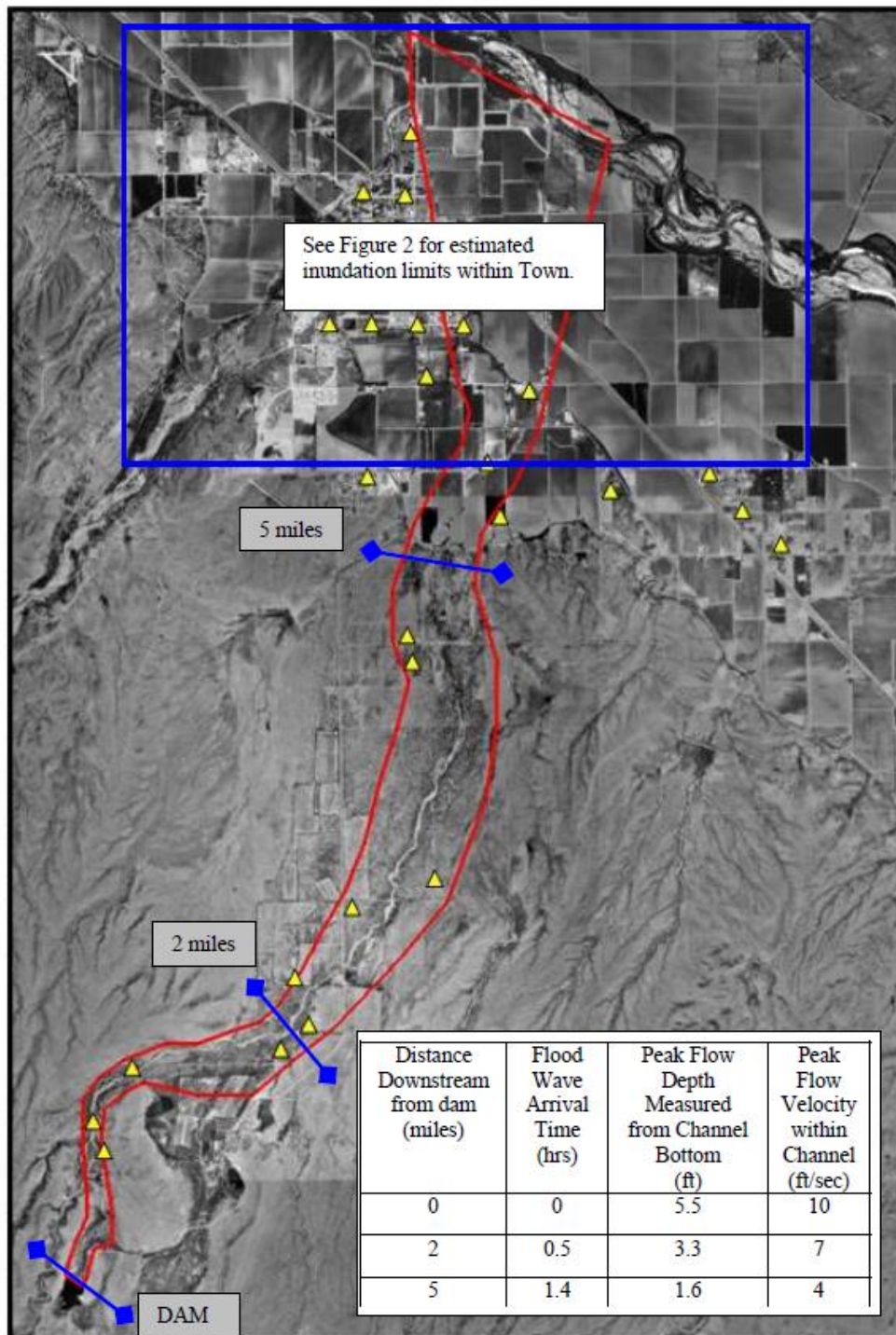
Location: Otematata (Waitaki)

Distance from Pukaki Lake Control: **54.45 km**
Distance from Benmore Dam: 4.1 km
Flood Arrival Time: 5.2 hrs
Time to Peak Flood Elevation: 9.0 - 10.1 hrs
Peak Flood Elevation: 296 - 312 m
Normal Design Flood Elevation: 269 m

Location: Waitaki Dam

Distance from Pukaki Lake Control: **76.15 km**
Distance from Benmore Dam: 25.8 km
Flood Arrival Time: 7.3 - 7.6 hrs
Time to Peak Flood Elevation: 10 - 11 hrs
Peak Flood Elevation: 245 - 259 m
Normal Design Flood Elevation: 235 m







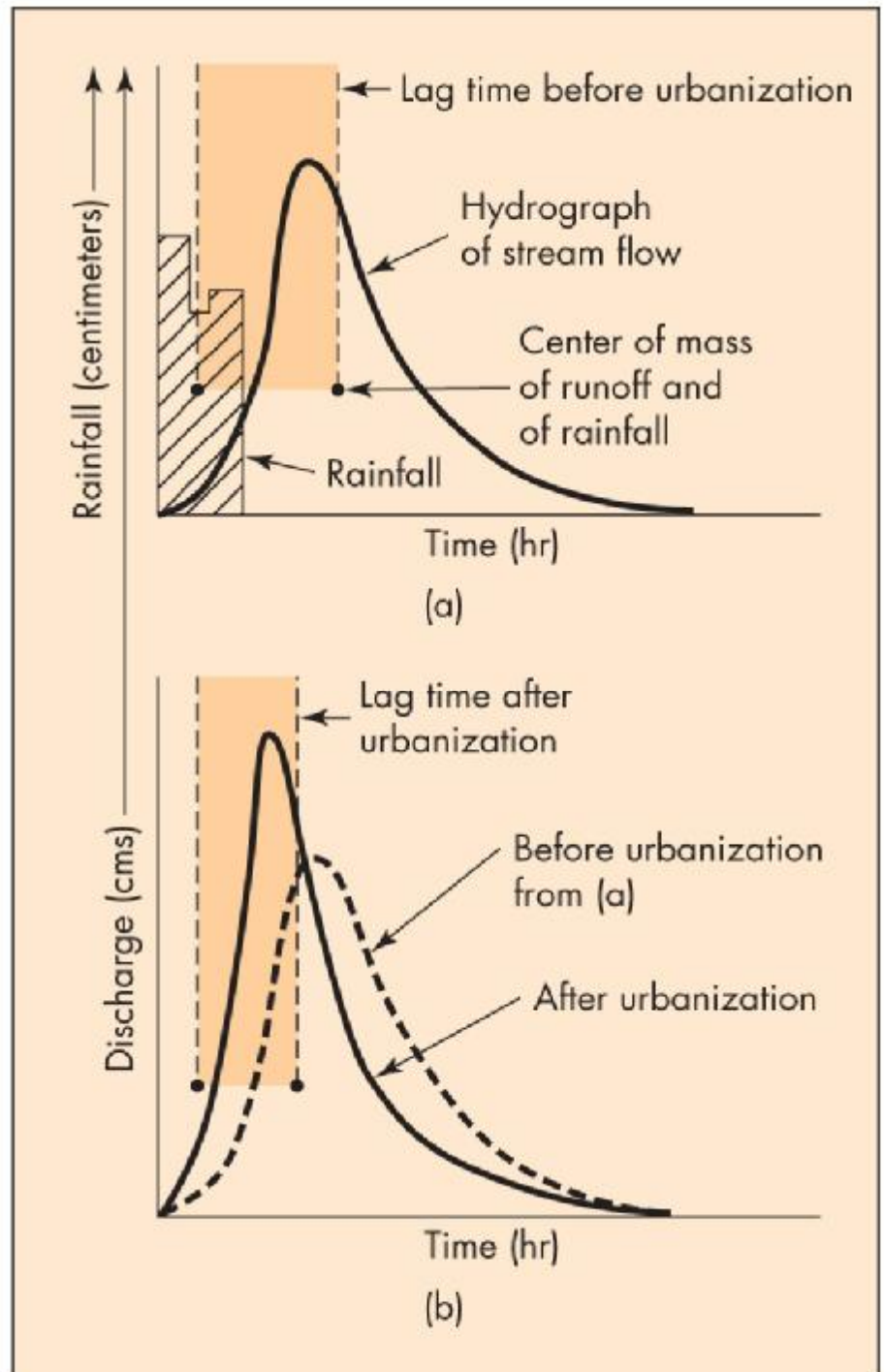
شکست
دیواره ساحلی
خاکریز رودخانه
در اثر سیل
و گسترش
تند سیلاب
به
سیلابدشت قدیم
رودخانه

Urbanization and Flooding

- **Impact on frequency and magnitude**
 - Ø Increase in both frequency and magnitude, especially in small drainage basins
- **Impact on a river's discharge**
 - Ø Increase in runoff, without an increase in precipitation
- **Significant reduction in lag time** or *flashy discharge*

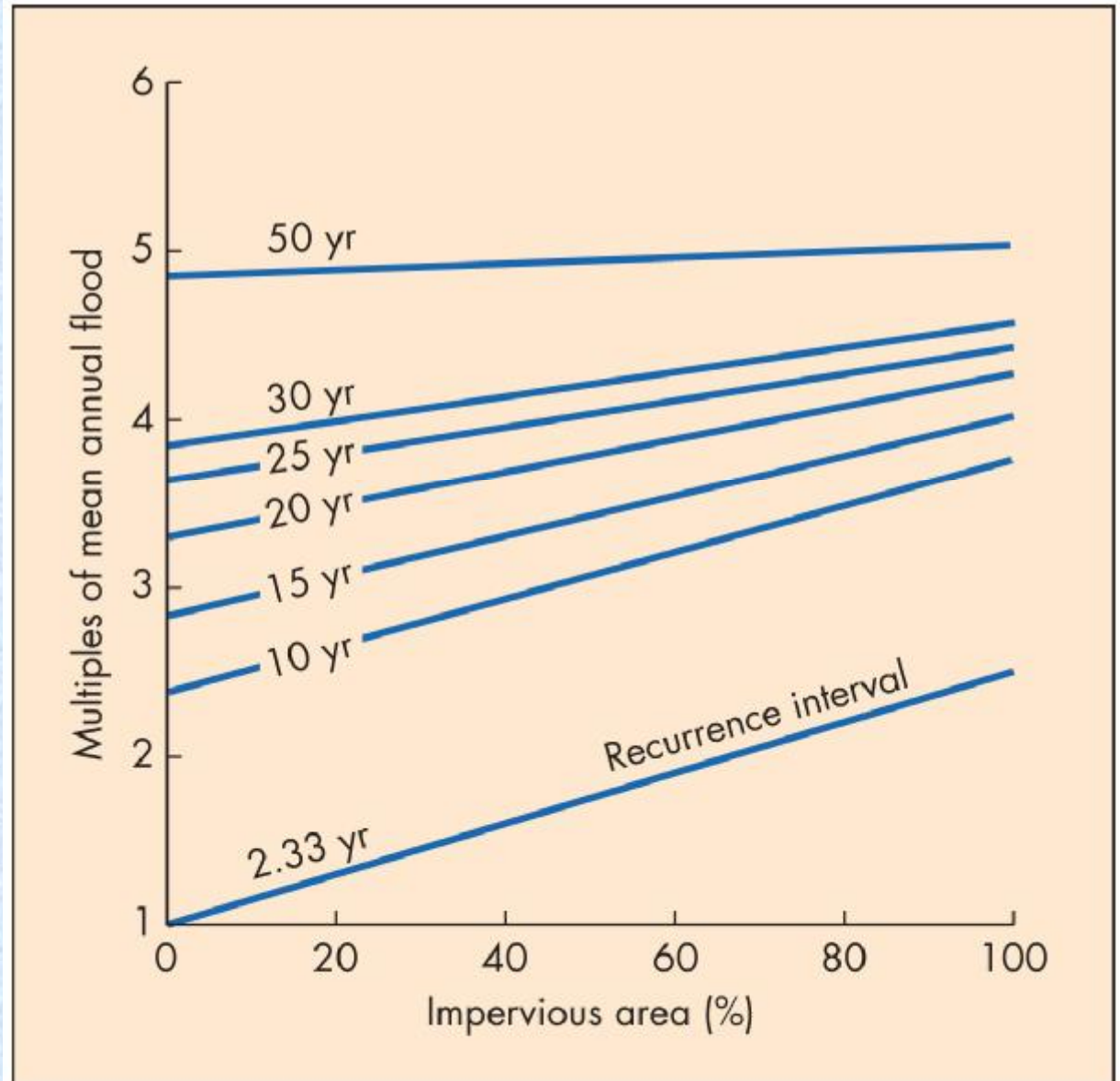
Urbanization and Flooding

- “Normal” storm hydrograph
 - What controls lag time?
 - What controls flood peak Q?
- Urbanized storm hydrograph
 - Same questions



Urbanization and Flooding

**Effect of
Impervious
Area
in an
Urban
Flooding**



با وجود شبکه سد های رود کارون بزرگ، خطر سیل همچنان جدی است!



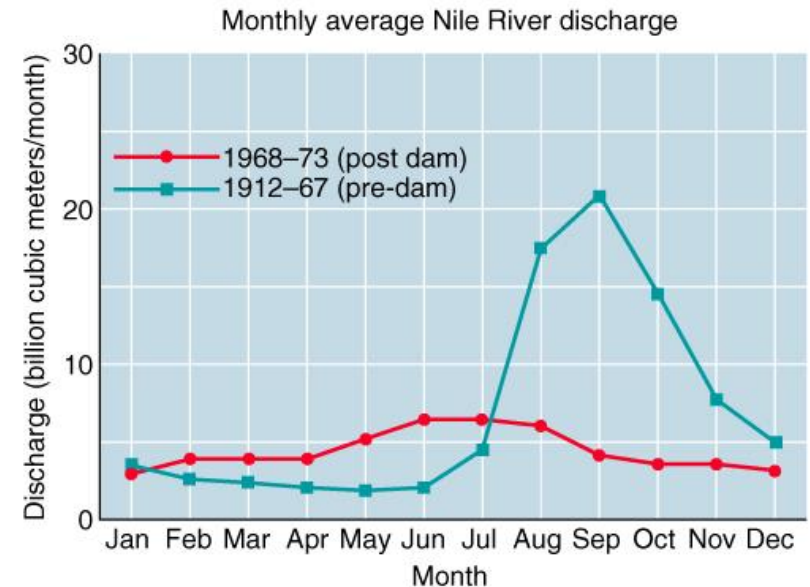
سد آسوان، رود نیل، مصر



حجم مخزن: 160 میلیارد مترمکعب
جریان متوسط سالانه: 2500 مترمکعب بر ثانیه
ظرفیت آگیری: 11000 مترمکعب بر ثانیه

تاثیر سد آسوان بر تغییر رژیم جریان رود نیل

با وجود سد آسوان، خطر سیل همچنان
در رود نیل جدی است!



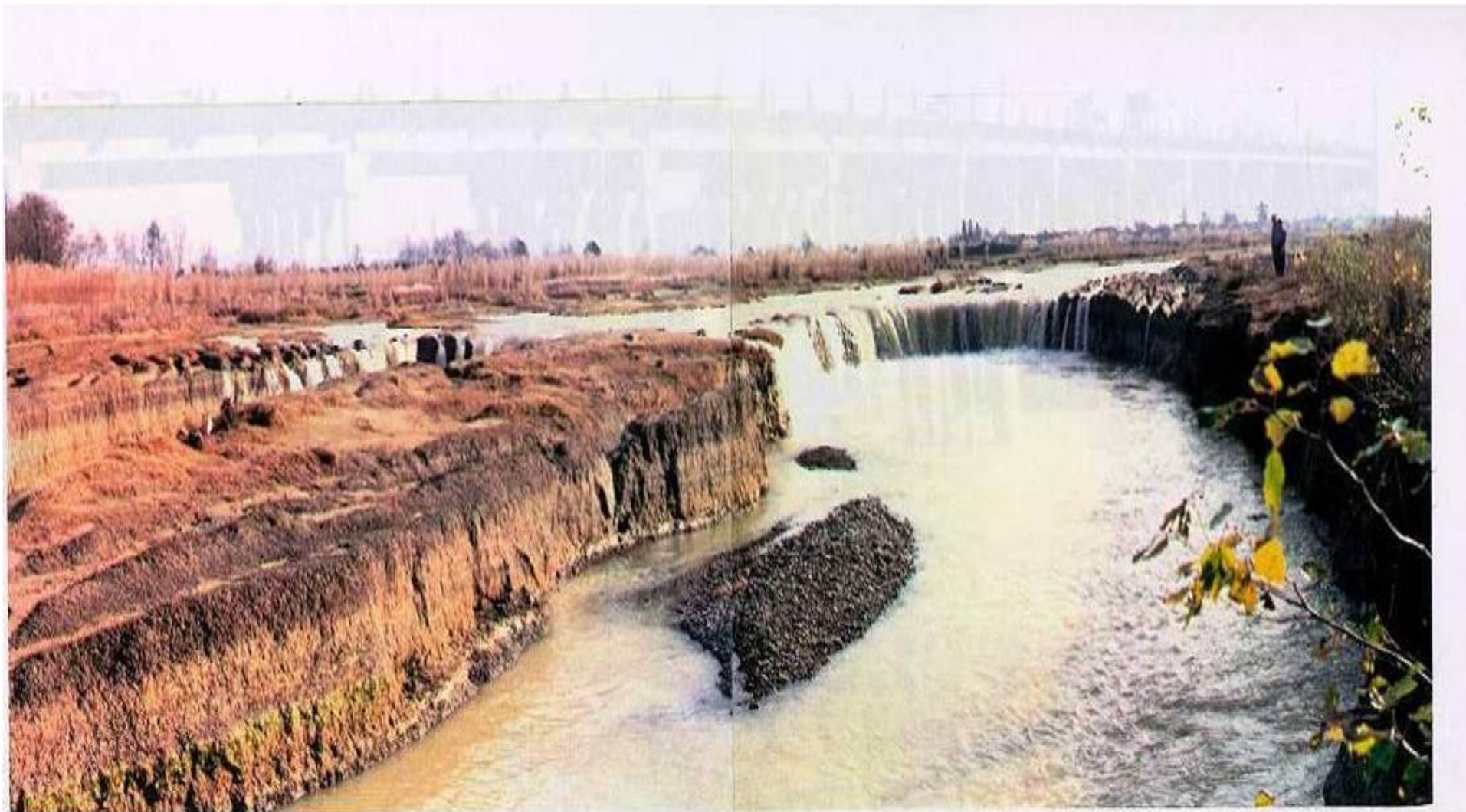
نابسامانی ها و آسیب پذیری در برابر سیلاب



احداث باغ در بستر رودخانه نازلو، ارومیه (1385)



برداشت بی رویه مصالح از بستر و حریم رودخانه

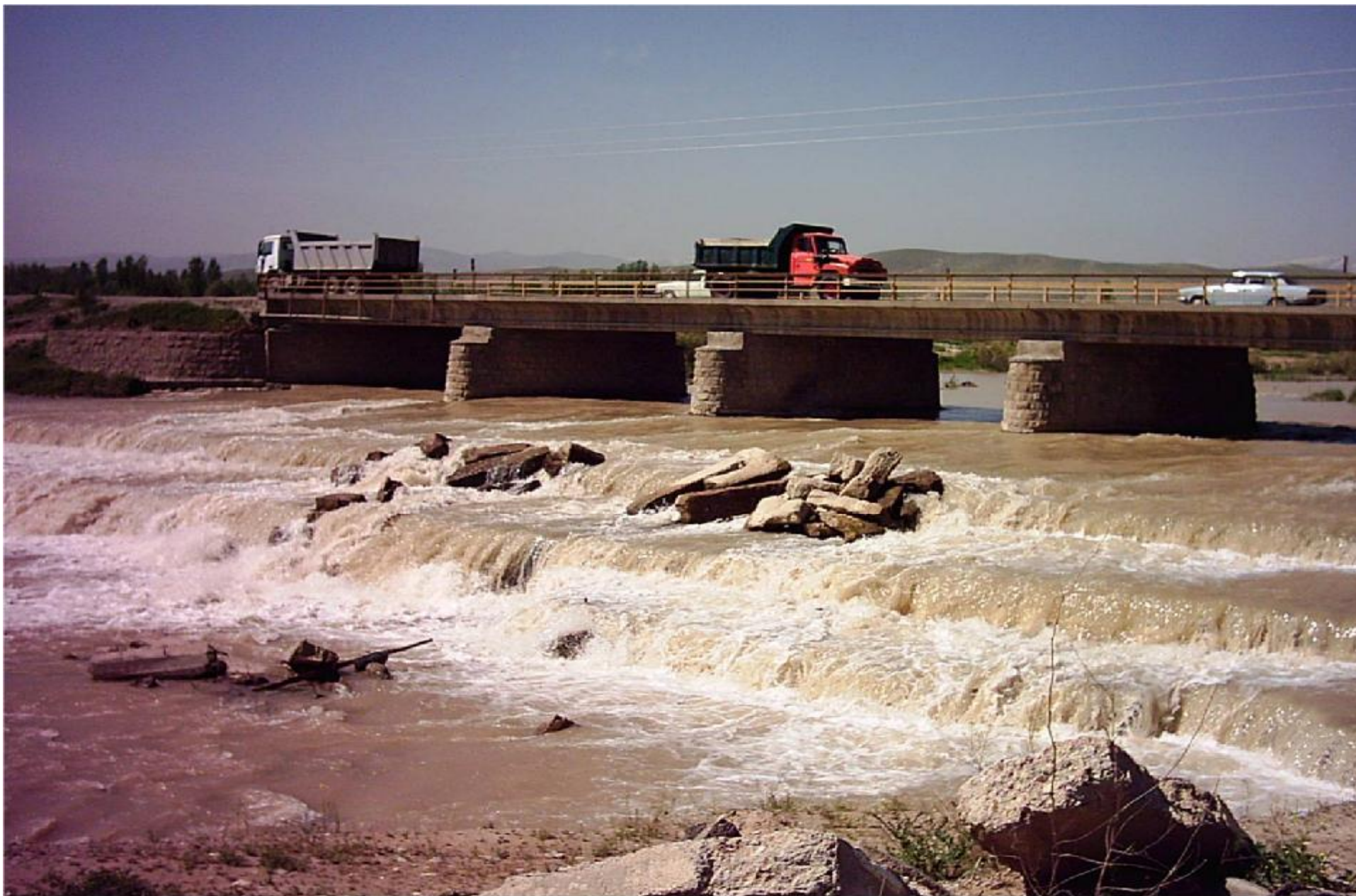


آثار ناهنجار برداشت مصالح رودخانه ای

آثار منفی تجاوز و تصرف بستر رودخانه ها

پایین افتادن کف بستر و به تبع آن پایین افتادن سطح آب رودخانه





ناپایداری پل نازلو در اثر آبشستگی آبشاری، جاده ارومیه - ترکیه (1386)



کاهش عرض رودخانه

و

سرپوشانی

رودخانه سرعین،

سرعین، (1382-1394)



(1386)



10 دقیقه

بارش تابستانه

سرعین (1388)



آبگیری معابر در کنار
رودخانه خالی!

سیلاب در تبریز
(اردیبهشت 1386)

سیلاب در اهواز
(اردیبهشت 1386)



تأثیر رودهای حومه شهر در آسیب
پذیری متروی تهران،
(فروردین 1391)



شاخه رودخانه لار (11 تیر 1395)

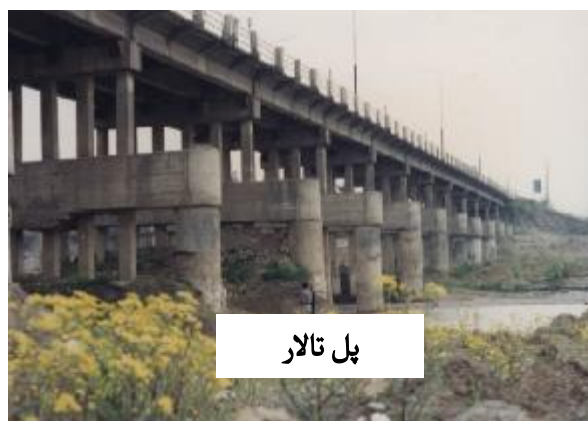


فرداهای آنروز!!

تخریب سازه های تقاطعی و خطوط حیاتی



پل آتش رود



پل تالار



پل تالار



سر دهنه زراعی اسماعیل دکتی



خط انتقال لوله نفت (تجن)



ناو هوایی موسی آباد

طراحی و اجرای غیر اصولی سازه های تقاطعی رودخانه



پس از سیلاب



آثار سیلاب بهاره در حوضه کوهستان و جنگل



ته نشست رسوبات در بستر کبیر رودخانه پس از سیلاب



رسوب گذاری در پیچ داخلی رودخانه پس از سیلاب

آثار حمله جریان و تخریب دیواره رودخانه سیستان (هیرمند)،
پل زهک زابل (فروردین 1367)





تخریب دیواره رودخانه سیستان (هیرمند)،
پل زهک زابل (فروردین 1386)



ایستگاه هیدرومتری گرگانرود - پس
از سیلاب گلستان (مرداد 1384)

پس از سیلاب

تخریب ایستگاه
هیدرومتری
رودخانه خرم آباد
(1387)



پس از سیلاب



تخریب پل تاریخی میرزا رسول در اثر احداث دیواره خاکریز ساحلی سیمینه رود (1384)

پس از سیلاب



آبشستگی پایه های پل

پس از سیلاب



آبشستگی پایه های پل در اثر سیلاب



شهر در آرامش پس از سیلاب



پس از سیلاب



آرامش در سیلاب



فروکش سیلاب و خسارت سیل 2006 - نیویورک



تخریب دیواره تورسنگ رودخانه فہلیان (سیل آذر 1365)



سیلاب گلستان ، جاده گرگان - مشهد
(مرداد 1384)



تخریب پل تاریخی باراندوز چای (سیل اردیبهشت 1385)



حمله جریان و تخریب آبشکن رود ارس، دشت مغان (1385)



Buffalo River Flood
Peak at Hwy 65

 USGS

حد اکثر تراز سیلاب در محل پل رودخانه بوفالو، آمریکا

داغآب سیل و رسوبات

پس از سیلاب

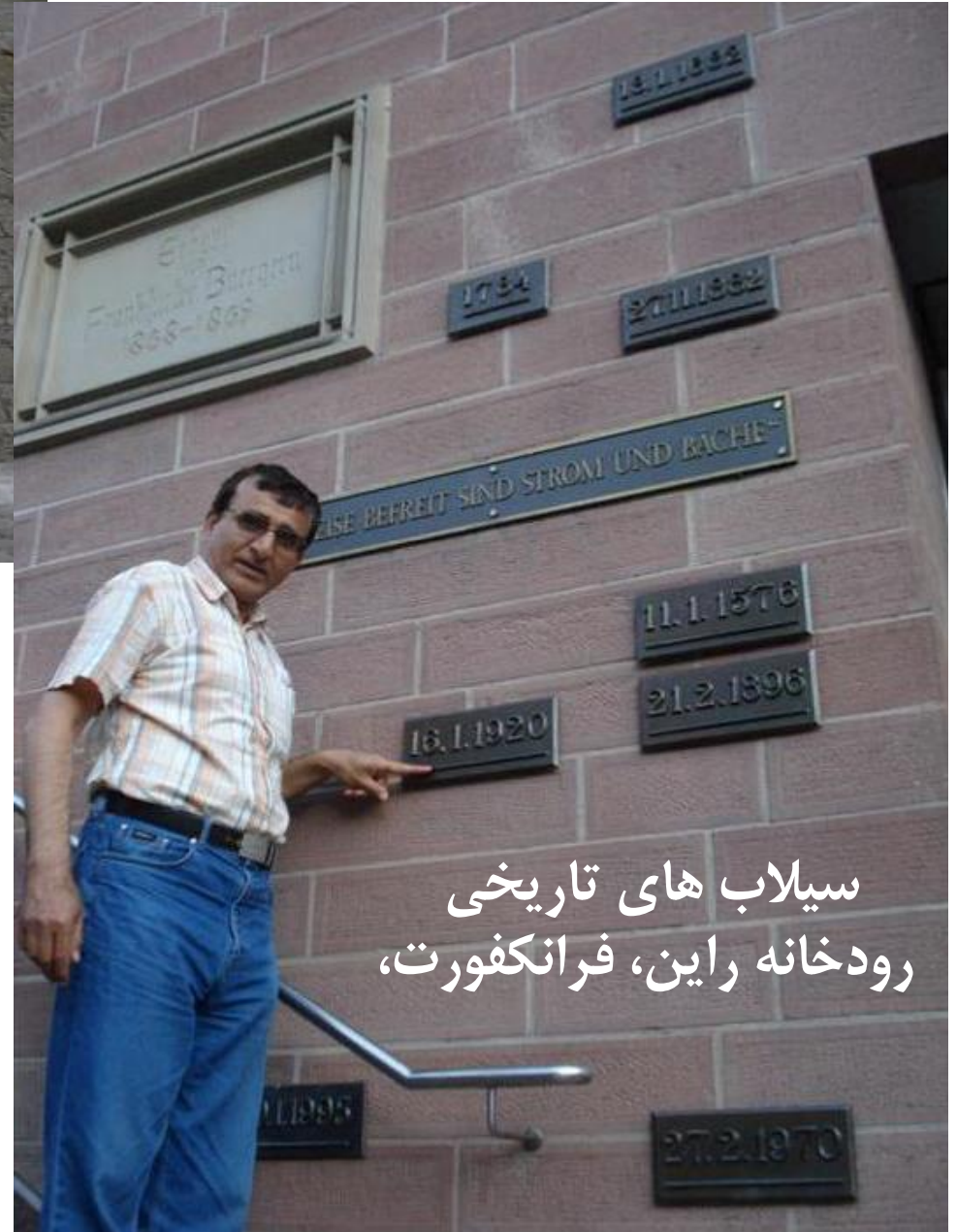
بلوچستان - بهار 1386



اشل سیلاب رود قون، فرانسه



نمایش سطح آب رودخانه



سیلاب 28 دسامبر
1870 شهر رم



سیل پاکستان ۲۰۱۰ و تار عنکبوتان

سلام بر شما.

سه سال پیش (July 2010)، بارشی معادل ۱۰ سال در مدت یک هفته، بر حوضه رودخانه سند (پاکستان) بارید. آثار این سیلاب بزرگ همچنان باقی است.

گزارش خبری زیر نمونه آشکاری از توازن طبیعی در سامانه زیست بوم رودخانه سند است. تداوم ماندابی در سیلابدشت رودخانه، طغیان پشه ها و حشرات مرگبار (نظیر دنگی!)، مهاجرت مردان و زنان عنکبوتی (Spider men/women) بر درختان ساحلی رودخانه، و سرانجام، دام گسترده برای نجات بینوایان ساحل نشین!



WMO Report (2014)

تلفات انسانی و خسارات مالی

مخاطرات طبیعی

مرتبط با آب و هوا

(سیل؛ خشکسالی؛

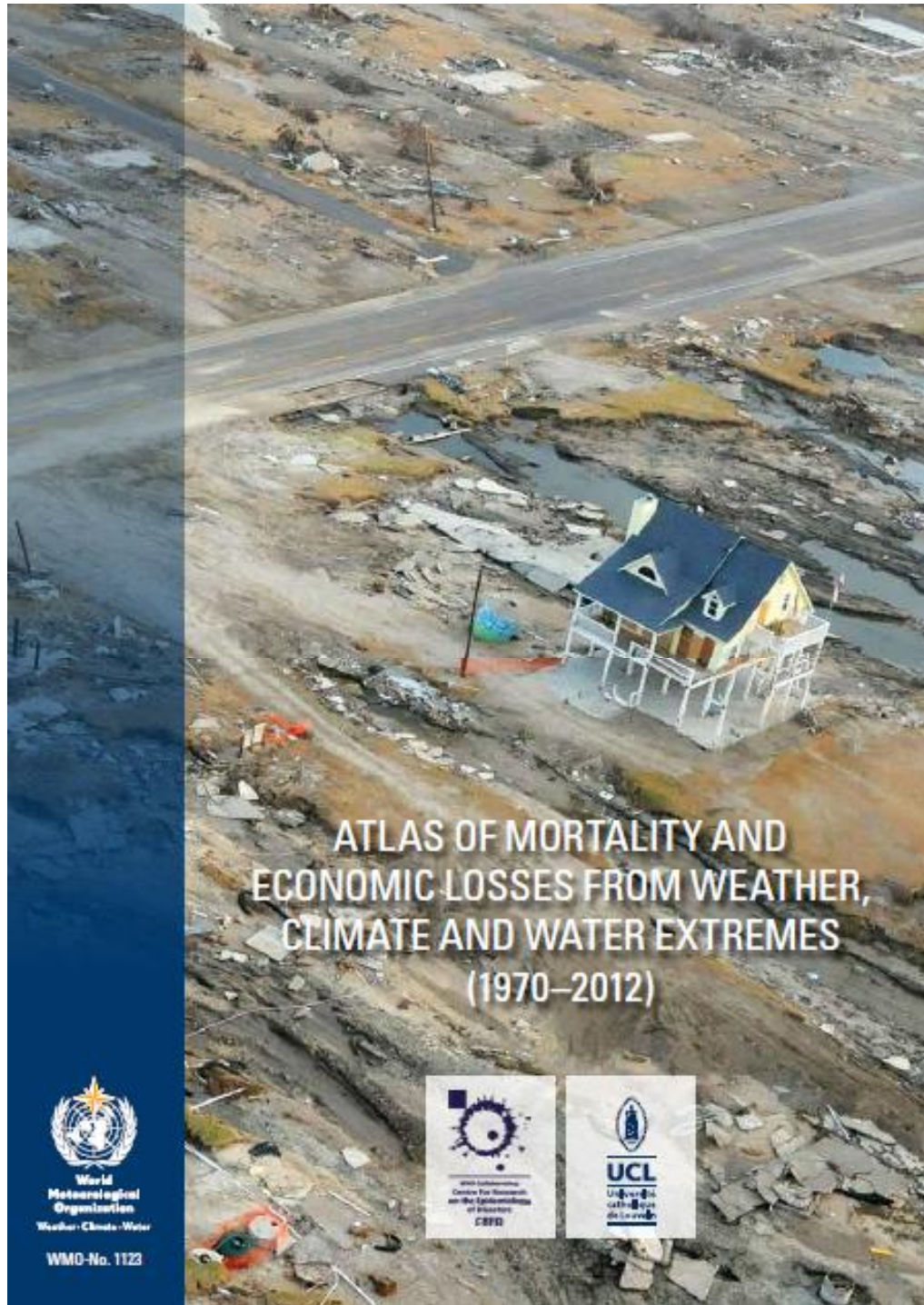
طوفان؛ آتش سوزی؛ دمای

هوا؛ زمین لغزش)

در 43 سال گذشته

(1970-2012)

141



گروه بندی انواع خطرات در بلایای طبیعی مرتبط با آب

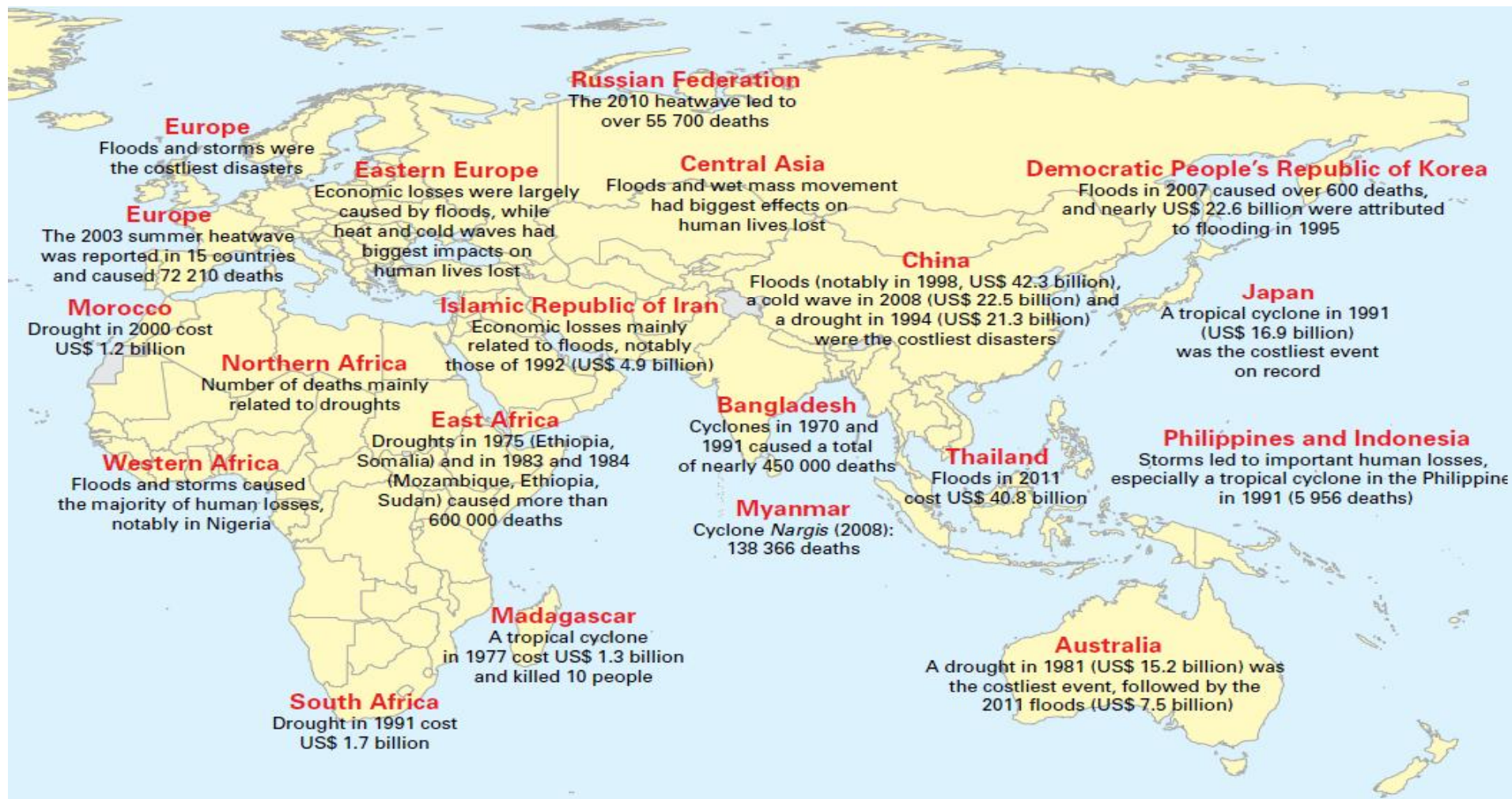
Table 1. Hazard classification as defined in EM-DAT^a

Disaster sub-group	Disaster main type	Disaster sub-type	Disaster sub-sub-type
Hydrological	Flood	General river flood, flash flood, storm surge/coastal flood	
	Mass movement wet	Rockfall	
		Landslide	Debris flow, debris avalanche
		Avalanche	Snow avalanche, debris avalanche
		Subsidence	Sudden subsidence, long-lasting subsidence

Map highlighting major reported disasters linked to weather, climate and water extremes

ایران (یکی از 191 عضو WMO)

- بیشترین خسارات را از خطر سیل دارد.
- خسارات مالی سیل در 1992 (1370): 5 میلیارد دلار!



191 کشور عضو در پایگاه داده های WMO (CRED EM-DAT)

گزارش خسارات

definitions describing the social and economic impacts of disasters

Field	Definition
Killed	Persons confirmed as dead and persons missing and presumed dead
Injured	People suffering from physical injuries, trauma or an illness requiring medical treatment as a direct result of a disaster
Homeless	People needing immediate assistance for shelter
Affected	People requiring immediate assistance during a period of emergency, including displaced or evacuated people
Total affected	Sum of injured, homeless and affected
Total estimated damages	The value of all damages and economic losses directly or indirectly related to the disaster
Reconstruction cost	Costs of replacing lost assets
Insured losses	Economic damages covered by the insurance industry

اثرات خسارات

Economic impact	<ul style="list-style-type: none"> • Estimated damages (direct/indirect; by sector) • Insured losses • Reconstruction cost(s)
Human impact	<ul style="list-style-type: none"> • Deaths • Injured • Homeless • Affected • Total affected (injured + homeless + affected)
Sector impact	<ul style="list-style-type: none"> • Impact on infrastructure: houses, bridges, hospitals, crops, roads damaged/destroyed • Sectors affected: industry, sanitation, communication

Disasters ranked according to reported (a) deaths and (b) economic losses (1970–2012). TC indicates disasters caused by tropical cyclones.

(a)	Disaster type	Year	Country	Number of deaths
1	Storm (TC ^a)	1970	Bangladesh	300 000
2	Storm (TC ^b)	1991	Bangladesh	138 866
3	Storm (<i>Nargis</i>)	2008	Myanmar	138 366
4	Flood	1974	Bangladesh	28 700
5	Storm (TC)	1985	Bangladesh	15 000
6	Storm (TC)	1977	India	14 204
7	Storm (TC)	1999	India	9 843
8	Storm (TC)	1971	India	9 658
9	Flood	1980	China	6 200
10	Storm (<i>Sidr</i>)	2007	Bangladesh	4 234

(b)	Disaster type	Year	Country	Economic losses (in US\$ billion)
1	Flood	1998	China	42.25
2	Flood	2011	Thailand	40.82
3	Flood	1995	Democratic People's Republic of Korea	22.59
4	Extreme temperature	2008	China	22.49
5	Drought	1994	China	21.33
6	Flood	2010	China	18.95
7	Flood	1996	China	18.45
8	Storm (<i>Mireille</i>)	1991	Japan	16.86
9	Flood	1991	China	12.65
10	Flood	1999	China	11.16

در آسیا: 45% خسارات از سیل.
ایران: در 10 کشور اول نیست!

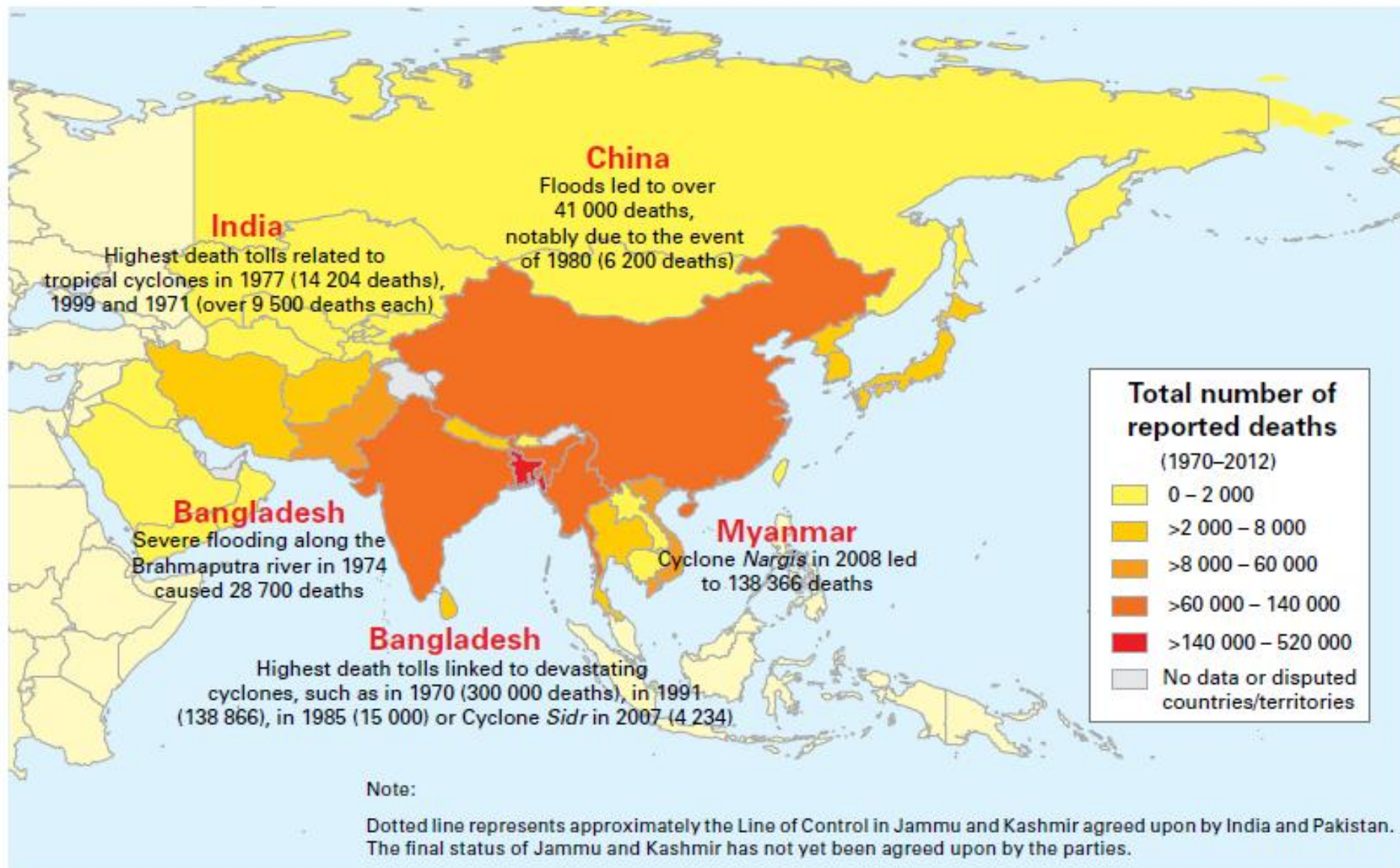
WMO Region II (Asia)	
Country/territory	No. of disasters
Afghanistan	101
Bangladesh	241
Bhutan	6
Cambodia	24
China	525
Democratic People's Republic of Korea	31
Hong Kong, China	104
India	432
Iran, Islamic Republic of	81
Iraq	8
Japan	150
Kazakhstan	15
Kuwait	1
Kyrgyzstan	16
Lao People's Democratic Republic	27
Macao, China	4
Maldives	3
Mongolia	20
Myanmar	32
Nepal	74
Oman	8
Pakistan	120
Republic of Korea	86
Russian Federation	61

Union of the Soviet Socialist Republics (until 1991)	12
Saudi Arabia	13
Sri Lanka	69
Taiwan Province of China (CHN)	63
Tajikistan	40
Thailand	107
Turkmenistan	1
Uzbekistan	3
Viet Nam	165
Yemen prior to 1990 (Yemen Arab Republic)	4
Yemen prior to 1990 (People's Democratic Republic of Yemen)	7
Yemen	27

از نظر تعداد
مخاطرات:
ایران رتبه
11 از 35
در آسیا دارد.

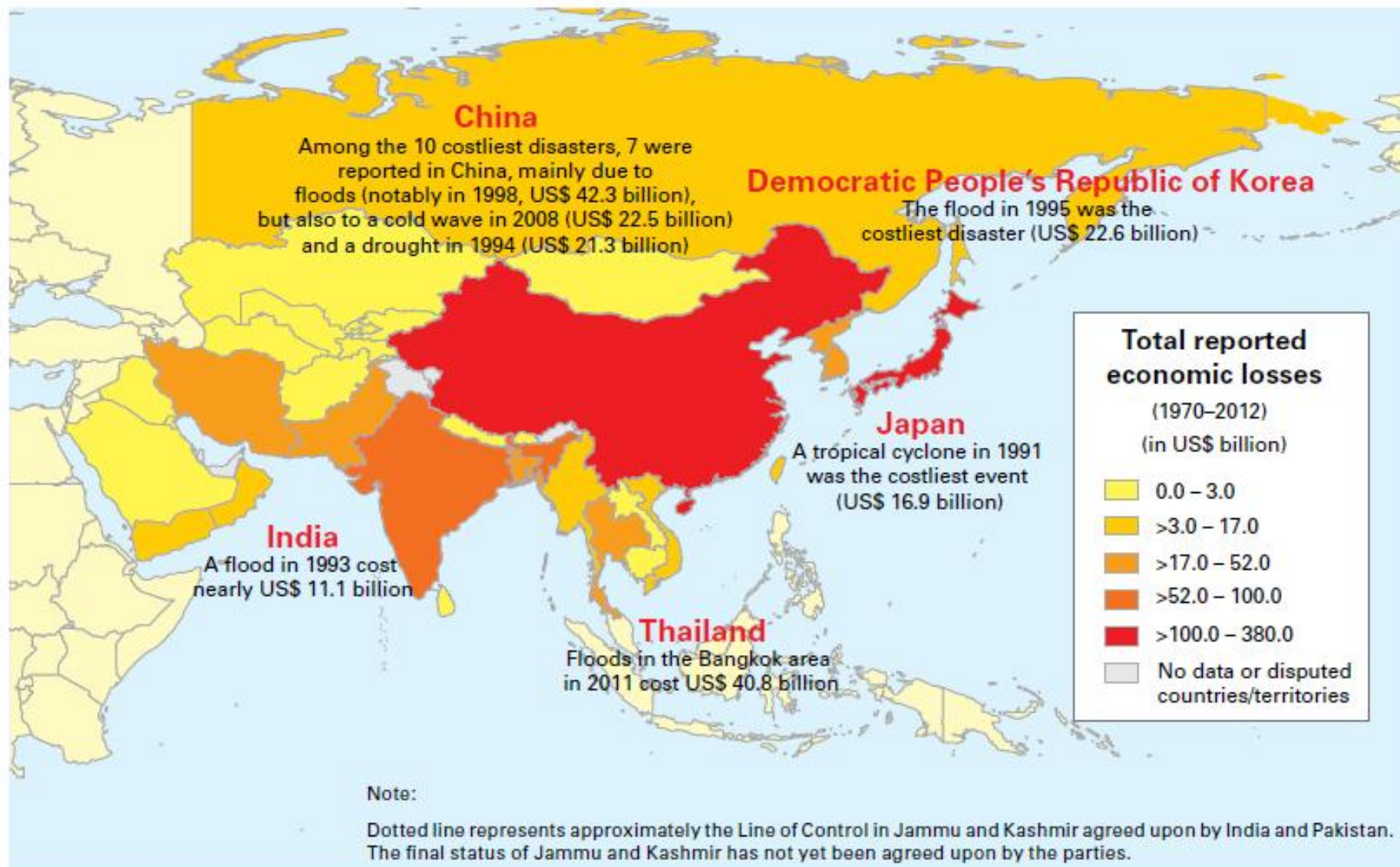
ایران: تلفات انسانی (8000-2000) نفر در 43 سال گذشته

Map of reported disasters and their related deaths (1970-2012)

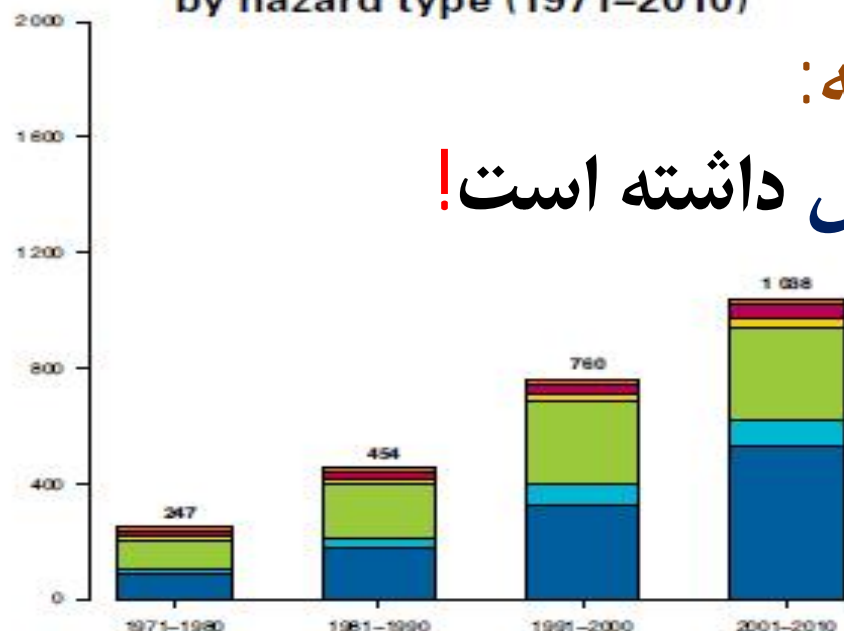


ایران: خسارات مالی (17-52) میلیارد دلار در 43 سال گذشته

Map of reported disasters and their related economic losses (in US\$ billion, 1970–2012)



Number of reported disasters by decade
by hazard type (1971–2010)



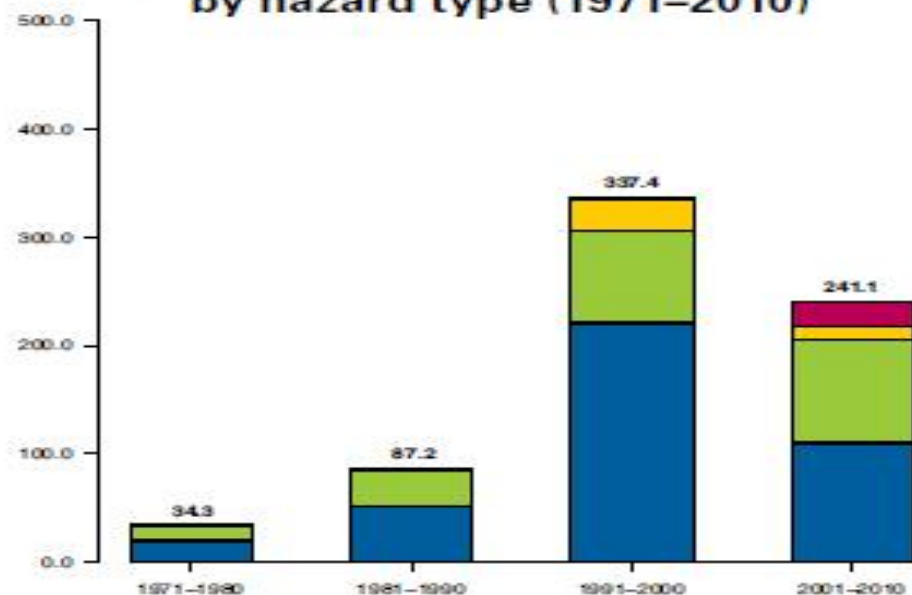
در 4 دهه متوالی گذشته:

تعداد مخاطرات (سیل) رو به افزایش داشته است!

در 4 دهه متوالی گذشته:

خسارات (سیل) رو به رشد، یا
قابل توجه بوده است!

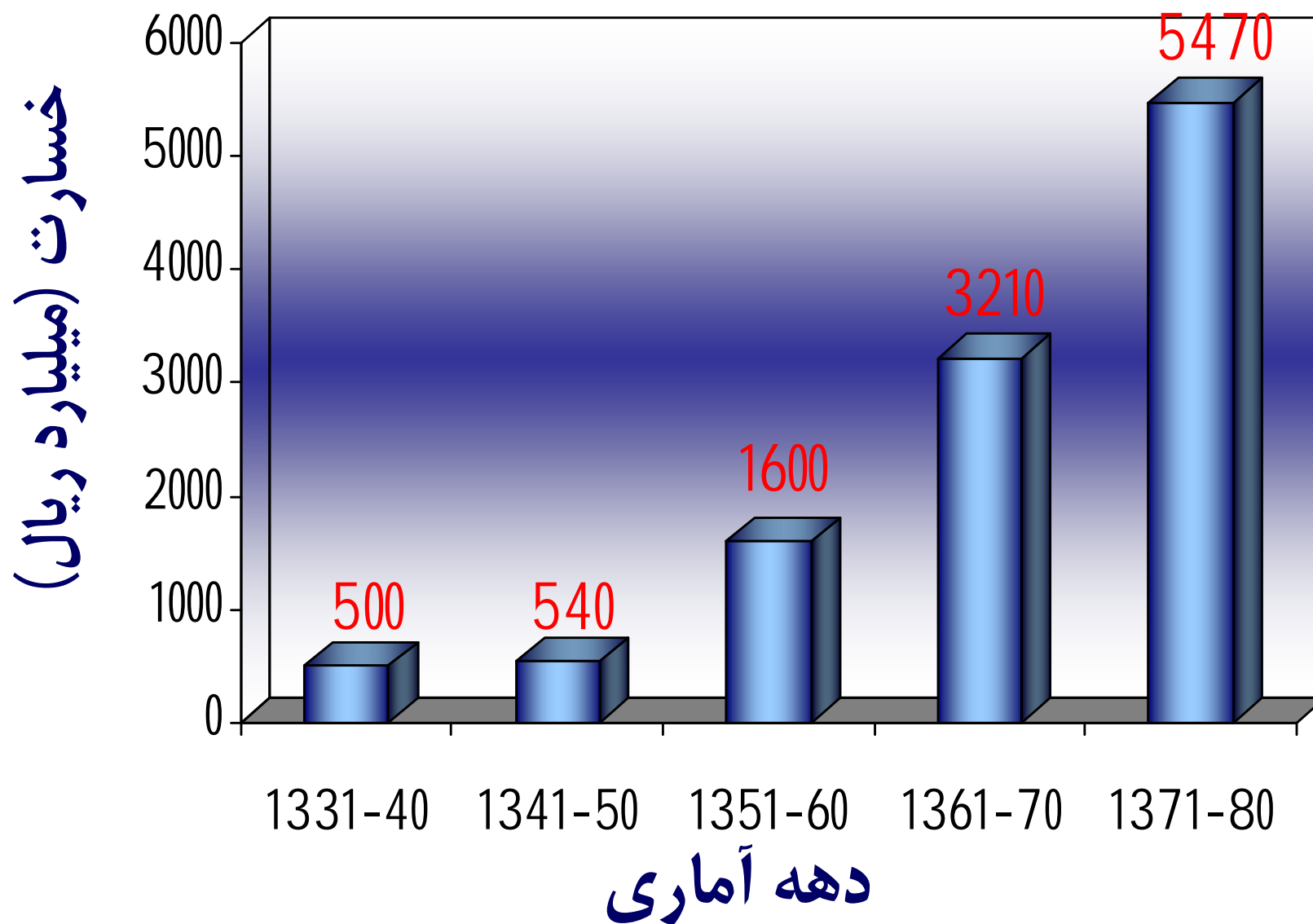
Reported economic losses by decade
by hazard type (1971–2010)



(in US\$ billion, adjusted to 2012)

Floods Mass movement wet Storms Droughts Extreme temperature Wildfires

نمودار میزان خسارات سیل 50 ساله ایران (80-1330)



تعداد حوادث و تلفات انسانی سیل در دهه 1370 ایران

تلفات جانی	تعداد سیل	سال	تلفات جانی	تعداد سیل	سال
979	120	1377	39	15	1371
13	66	1378	46	17	1372
55	79	1379	40	19	1373
57	84	1380	306	23	1374
35	21	1381	49	15	1375
1675	477	جمع	56	18	1376

سیلاب رودخانه مشکین شهر اردبیل (1380)

تلفات و خسارات: 30 نفر کشته ،

انهدام 20 دستگاه خودرو

دبی پیک سیل: 250 مترمکعب بر ثانیه

میزان بارش: 65 میلیمتر

مدت بارش: 1 ساعت و 10 دقیقه

دلایل تشدید خسارت :

واقع شدن روستاهای آسیب دیده در مسیر آبراهه های طبیعی

- سیلاب شایع ترین و یکی از مخرب ترین وقایع طبیعی در جهان است.
- در بین 10 واقعه طبیعی مرگبار در جهان، 5 واقعه مربوط به وقوع سیلاب بوده است؛ که هر 10 واقعه نیز در قاره آسیا به وقوع پیوسته‌اند.
- در میان بلایای طبیعی، ایران بیشترین خسارات را از سیل دارد.
- کشور ما از نظر تعداد وقایع سیلاب در بین مناطق متوسط جهان قرار داشته؛ و در آسیا رتبه 11 از 35 دارد.
- در چند دهه متوالی گذشته، تعداد مخاطرات سیل، تلفات انسانی و خسارات مالی رو به افزایش داشته است.
- سالانه تلفات انسانی 40 تا 180 نفر؛ و خسارات مالی 400 تا 1200 میلیون دلار برآورد شده است.
- پدیده سیل در ایران یک پدیده همه ساله و فراگیر بوده؛ و بیشتر نواحی کشور به نوعی متحمل خسارات آن شده‌اند.

ارزیابی خسارات سالیانه سیلاب در 100 سال گذشته، بصورت درصدی از درآمد تولیدی خالص سالیانه، آمریکا (2001)

US Damage impact: Figure 4.3 indicates the annual flood damage in the United States in percentage of GDP. It shows it varies from 0.02 to 0.48% of GDP with an average of 0.081%, representing about US\$ 9.6 billion nowadays.

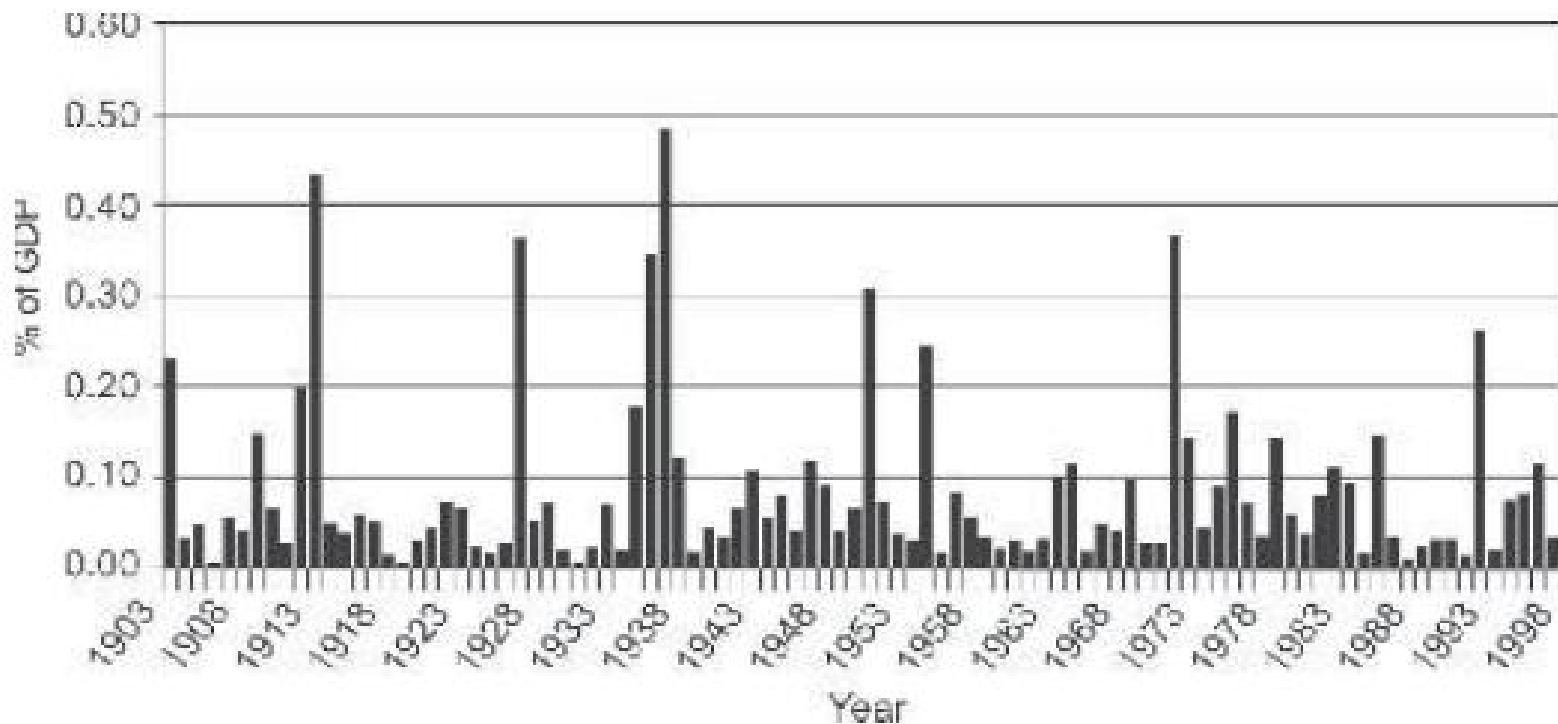


Figure 4.3: Historic series of annual flood damage in % of GDP (Priscoli, 2001)

متوسط سالیانه خسارات سیلاب = 0/08% درآمد خالص سالیانه

متوسط سالیانه

نسبت

هزینه کنترل سیلاب

به

میزان خسارات سیلاب

1 : 4/4

مهندسی ارتش آمریکا

(1981)

اقتصاد و هزینه طرحهای ساماندهی رودخانه

الف (مهندسی ارتش آمریکا (۱۹۸۱):

در آمریکا هر ۵ میلیون کیلومتر طول رودخانه های آبرفتی میباشد که حدود ۹۲۰۰۰ کیلومتر آن (۱۶۴/۱) در معرض فرسایش و تخریب است. از این مقدار نیز در حدود ۲۲۷۰۰۰ کیلومتر (۲۴۶/۷) دچار تخریب جدی بوده و در اولویت رسیدگی قرار دارند. **برآورد خسارت یک لیانه معادل ۲۵۰ میلیون دلار و هزینه معادل ۱۰۰ میلیون دلار برای کنترل خسارت برابر ۱۱۰ میلیون دلار بوده است. ضربه هزینه به خسارت (نسبتاً) معادل ۱/۴ بوده است**
ب (ایران - دفتر مهندسی رودخانه - وزارت نیرو (مهندس جاوشیان) - (۱۳۸۲)

۳۸۰ کیلومتر طول رودخانه در اولویت اول ساماندهی است.

• هزینه حفاظت با روشهای ساماندهی (سازه ای - طبیعی):

۱. هر یک متر طول رودخانه معادل ۱۰۰۰۰۰۰ تومان هزینه را در بر میگیرد. (تأثیرات زیست محیطی را در بر میگیرد).
۲. بر اساس فهرست بها (نه واقعی) هر کیلومتر از طول رودخانه معادل ۱۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تومان هزینه را در بر میگیرد. پس ۱۴ کیلومتر طرح ساماندهی هزینه ای برابر با ۱۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تومان را شامل خواهد شد. (۱۴-۱۵ میلیارد تومان)

• هزینه مطالعه برای تعیین بستر و حریم:

۱. مطابق شرح خدمات ۴۰۰۰۰۰ تومان برای هر کیلومتر از طول رودخانه
۲. با اطلاعات صحرائی لازم (نقشه برداری، نمونه برداری و سفرها و ...) ۱۰۰۰۰۰۰۰۰ تومان برای هر کیلومتر از طول رودخانه

ج (کتاب گوره ها - سازمان برنامه و بودجه (مشاور سازه پردازی ایران و ۱۳۸۰)
در ۵۰ سال گذشته (۱۳۸۰-۱۳۳۰) تعداد ۲۴۰۰ سیل بزرگ در کشور اتفاق افتاده است که ۴۸۰۰۰۰ واحد مسکونی روستایی و شهری تخریب شده است.
در سال ۱۳۷۶ خسارات ناشی از سیل ۷۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰ تومان برآورد شده است. (بلا سیلر در تخریب خسارتها)
✓ ۲۲٪ از مرز ایران (محیط کشور ۸۷۵۵ کیلومتر) یعنی طولی معادل با ۱۹۲۶ کیلومتر، رودخانه مرزی است.

د (طرح ساماندهی بالارود: (۱۳۸۲ و مشور یکم)

۴۰ کیلومتر از یک طرف رودخانه (همه جا تیزکار نمیشود) در طرح میباشد که هزینه آن ۱۸۰۹۴۷۰۷۵۰۰۰۰۰۰ ریال برآورد شده است (تقریباً ۱۹ میلیارد تومان). - حدود یک میلیارد تومان برای هر متر طول رودخانه (در دست)

ه (طرح ساماندهی رودخانه فلیان: (۱۳۶۷ و ۱۳۷۱)

این طرح بر اساس فهرست بهای سال ۱۳۶۴ دارای هزینه ای معادل ۱۰ میلیون تومان به ازای هر کیلومتر بوده است (تقریباً ۱۰۰۰ میلیارد تومان) (برآورد هزینه طرح بالارود: ۱۳۶۵)

لحظه تفاوت برآورد هزینه ساماندهی در زمانهای ۱۳۶۵، ۱۳۸۲ و (۱۳۸۷)، مطابق منابع صورت برای کشور، ۱۰۰ برابر است. (تقریباً تفاوت ارزش ریالی دلار آمریکا!).

سیلاب طوفان هاروی در تگزاس - تابستان 2017

بیش از 300 هزار نفر از دولت فدرال کمک خواسته‌اند.

80 درصد تگزاسی‌ها بیمه سیلاب ندارند.

پناهگاه (اسکان موقت) برای 43000 نفر



It would take 10-15 days for floodwaters to recede.

'Please don't come home'

At least 13 toxic waste sites in Texas were flooded or damaged by Hurricane Harvey

سیلاب طوفان هاروی در تگزاس تابستان 2017

حدود 80 میلیارد مترمکعب آب بر روی
منطقه هیوستن (تگزاس) بارید.
بیش از 53 نفر جان باخته‌اند.



بازسازی خرابی‌های طوفان هاروی
چند سال طول می‌کشد.
بیش از 125 میلیارد دلار
برای بازسازی لازم است.



Costs of measures vs costs to society



- Costs of prevention, protection and preparedness can be substantial ...
- ... but so are the costs to society of the damage caused by floods!
- It make economic sense to select measures which have multiple benefits for society !
- Chose measures that are robust and flexible in context of climate change ("no-regret").

سیلاب:

» خوب یا بد ؟
» نعمت یا خطر ؟
» فرصت یا تهدید ؟
» حیات یا ممات ؟

خطر سیلاب؟؟

آسیب پذیری از سیلاب؟؟

خطرپذیری (ریسک) سیلاب؟؟

کاهش خطرات سیلاب

مدیریت سیلاب

خوبی های سیلاب

» منبع متناوب تامین آب در مناطق خشک و نیمه خشک.

» ذخیره آب در مخازن سدها.

» رهاسازی آب از سدها به رودخانه پائین دست.

» انتقال رسوبات در مجرای اصلی رودخانه: بهسازی بستر، کنترل رویش گیاهی، شستشوی آلاینده ها

» گستره آب در سیلابدشت رودخانه: حاصلخیزی، خیزی، و حیات ساحلی

» خطر ساز تجاوزات به رودخانه؛ حفاظت بستر و حریم رودخانه ها

» نوآوری و پایدارسازی سازه های رودخانه ای

» ورود آب به پیکره های پایاب: تالاب ها، دریاچه ها، و دریاها.

» حیات پایانه های آبی: تامین قابلیت کشتیرانی؛ محیط زیست ساحلی؛ شیلات و گردشگری.

اگر سیل نیاید، دچار **مشکل** می شویم!

خطرات سیلاب؟؟

آسیب پذیری از سیلاب؟؟ خطرپذیری (ریسک) سیلاب؟؟

کاهش خطرات سیلاب ↔ مدیریت سیلاب

Nature and Extent of Flood Hazard

- Factors affecting flood damage
 - Ø Type of land use on the floodplain
 - Ø Magnitude and frequency of flood
 - Ø Rate and duration of flood
 - Ø Season of the flood
 - Ø Population density
 - Ø Public awareness
 - Ø Effectiveness of forecasting, warning, and emergency planning

Impact Effects of Flooding

- Primary effects
 - Ø Injury and loss of life, damage and destruction of property, erosion and deposition of sediments
- Secondary effects
 - Ø Water pollution
 - Ø Fire
 - Ø Diseases
 - Ø Displacement of people
 - Ø Interruption of social and economic activities

Applied and Critical Thinking Topics

- List four possible causes for flooding.
- What is the largest flood to ever occur in your area?
- With global warming, do you think the frequency and magnitude of flooding will change?
- Differentiate between competency and capacity. Does a stream's competency and capacity change over time?