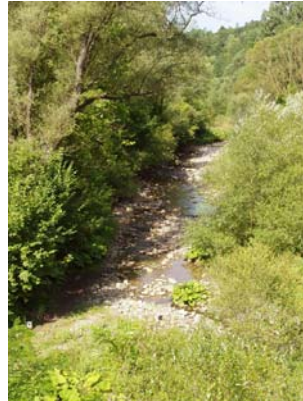


## ANALIZA MALIH VODA

### ■ Suše

- Meteorološka suša
  - period sa padavinama manjim od očekivanih (beskišni period)
  - kvantifikuje se kao broj dana bez padavina ili broj dana sa padavinama ispod nekog praga
- Hidrološka suša
  - duži period sa protocima znatno manjim od prosečnih protoka (malovodni period – MALE VODE)
  - posledica nedostatka (deficita) padavina koja dovodi do smanjenja protoka i smanjenja zaliha podzemne vode



## Posledice malih voda

- Problem količina: otežano vodosnabdevanje, navodnjavanje
- Letnje suše: visoke temperature povećavaju potrebe za vodom, pa se zaoštrava deficit između potražnje i raspoložive vode
- Problem kvaliteta: vodotok ima manju sposobnost za razblaživanje zagađujućih materija
  - povećane koncentracije polutanata, njihovo duže zadržavanje, povećana potrošnja kiseonika u vodi

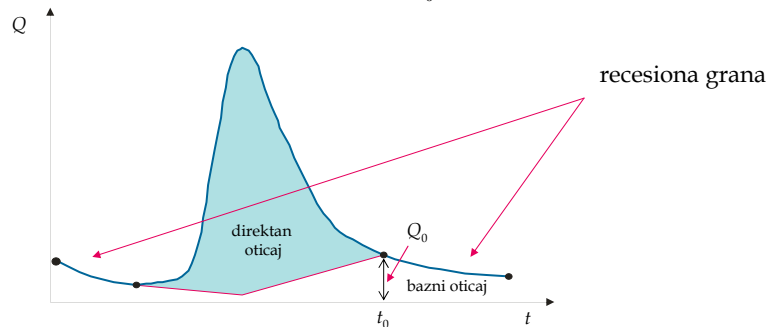


## Analiza oticaja u malovodnom periodu

### ■ Recesiona grana hidrograma – bazni oticaj

- recesiona grana = kriva iscrpljenja podzemnih voda
- aproksimacija recesione grane eksponencijalnom funkcijom

$$Q(t) = Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)}$$



## Analiza oticaja u malovodnom periodu

### ■ Recesiona grana hidrograma

- prosečna recesiona grana iz većeg broja talasa za određivanje koeficijenta  $\alpha$
- približna procena zapremine rezervi podzemnih voda u periodu  $(t_0, t_1)$

$$V_{rez} = \int_{t_0}^{t_1} Q dt = \int_{t_0}^{t_1} Q_0 e^{-\alpha(t-t_0)} dt = \frac{Q_0}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(t_1-t_0)}]$$

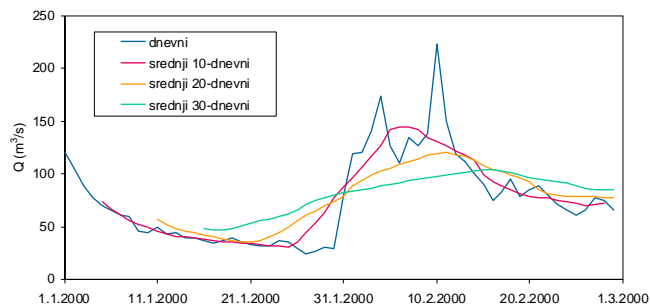
- za "beskonačnu sušu"

$$V_{rez} = \lim_{t_1 \rightarrow \infty} \frac{Q_0}{\alpha} [1 - e^{-\alpha(t_1-t_0)}] = \frac{Q_0}{\alpha}$$

- npr. za  $Q_0 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$  i  $\alpha = 0.05 \text{ dan}^{-1}$ :  $V_{rez} = 1.73 \cdot 10^3 \text{ m}^3$

## Statistička analiza malih voda

- Nizovi godišnjih minimuma protoka
  - apsolutni minimumi nisu od interesa
  - minimalni srednji mesečni protoci (najmanji srednji mesečni protok) – napušten princip
  - minimalni protoci trajanja  $t$  dana ( $t = 7, 10, 20, 30$  dana)
    - dobijaju se osrednjavanjem dnevnih vrednosti u periodu od  $t$  dana



## Statistička analiza malih voda

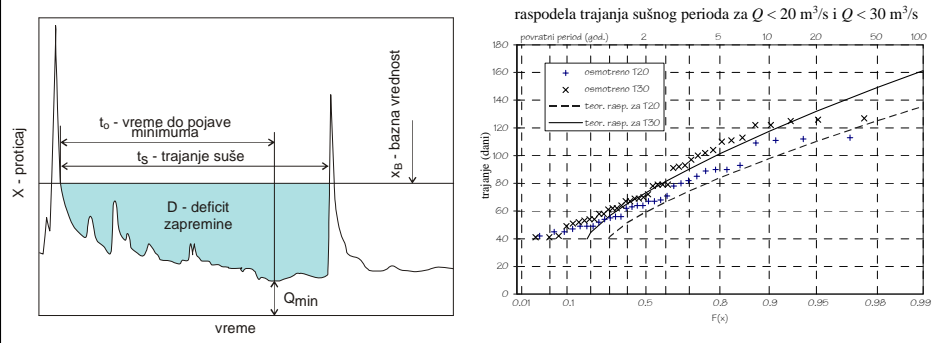
- Raspodele koje se preporučuju u literaturi za male vode
  - log-Pirson III
  - Pirson III
  - log-normalna
  - Vejbulova (raspodela ekstremnih vrednosti III tipa)

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left( \frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} e^{-(x/\beta)^\alpha}$$

$$F(x) = 1 - e^{-(x/\beta)^\alpha}$$

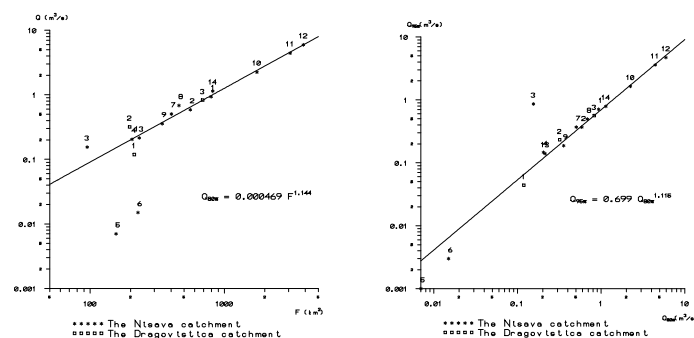
## Statistička analiza malih voda

- Metoda prekoračenja ispod praga (POT metoda)
  - daje mogućnost da se analiziraju i druge slučajne veličine osim  $Q_{\min}$ :
    - zapremina deficita vode
    - trajanje malovodnog perioda
    - broj malovodnih perioda u fiksiranom vremenskom intervalu
    - itd.



## Regionalna statistička analiza malih voda

- Regionalne zavisnosti
  - uticaj geološkog sastava presudan za izdašnost sliva u malovodnom periodu
- Metoda Vladimirova
  - regionalne veze  $Q_{30}(80\%) = f_1(A)$ ,  $Q_{30}(95\%) = f_2[Q_{30}(80\%)]$



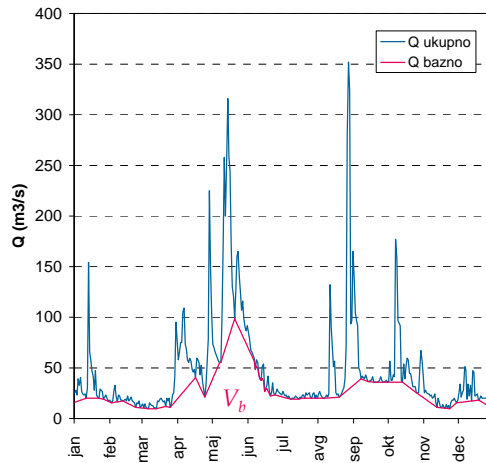
## Indeks baznog protoka

### ■ Indeks baznog protoka

- količnik zapremina baznog i ukupnog oticaja:

$$IBP = V_b / V_o$$

- zavisi od geološkog sastava
- vrednosti 0.15 – 0.9



## ANALIZA SREDNJIH VODA

### ■ Srednje vode ili ukupan oticaj

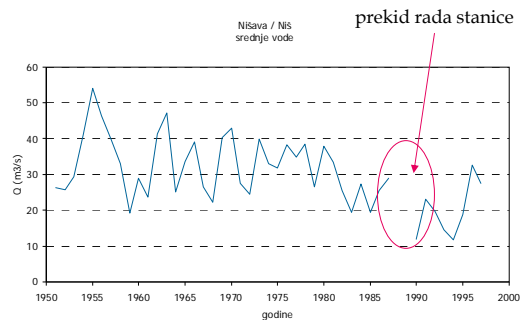
### ■ Pokazatelji:

- srednji godišnji protok  $Q_{sr.god} = \frac{V_o}{T_{god}}$
- godišnja zapremina otekle vode  $V_o = \int_0^{T_{god}} Q dt$
- sloj oticaja  $P_e = \frac{V_o}{A}$
- specifični oticaj  $q_{sr} = \frac{Q_{sr.god}}{A}$

## Analiza srednjih voda

### ■ Homogenost niza

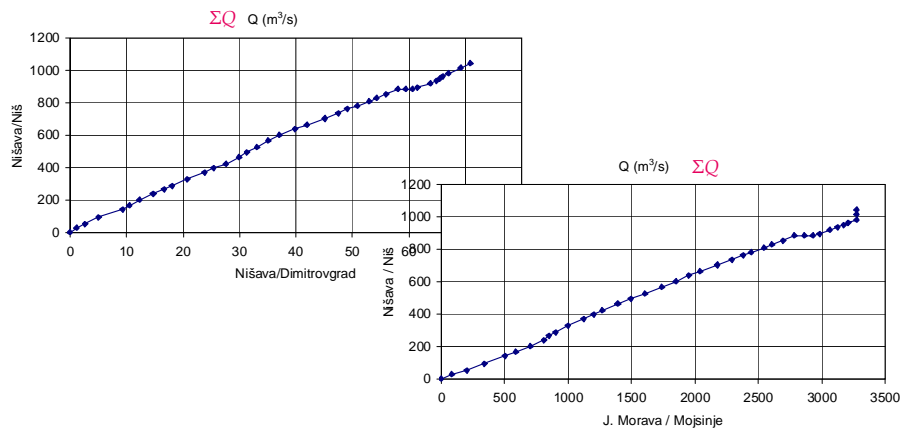
- konsistentnost, istorodnost
- razlozi za nehomogenost:
  - uticaj ljudskih aktivnosti (krčenje šuma, povećanje nepropusnih površina, regulacioni radovi, protiverozioni radovi...)
  - prirodni uticaji (šumski požari...)
  - sistematske greške u merenjima
  - klimatske promene (?)



## Homogenost niza

### ■ Metoda za urvrđivanje (ne)homogenosti

- statistički testovi homogenosti (Stohastička hidrologija)
- metoda dvostruke sumarne linije



## Analiza srednjih voda

- Statistička analiza srednjih godišnjih protoka
- Statistička analiza srednjih mesečnih protoka (po mesecima)
- Prosečna linija trajanja protoka (unutargodišnja zastupljenost)

$$Q(t) = \frac{1}{N_{god}} \sum Q_i(t)$$

