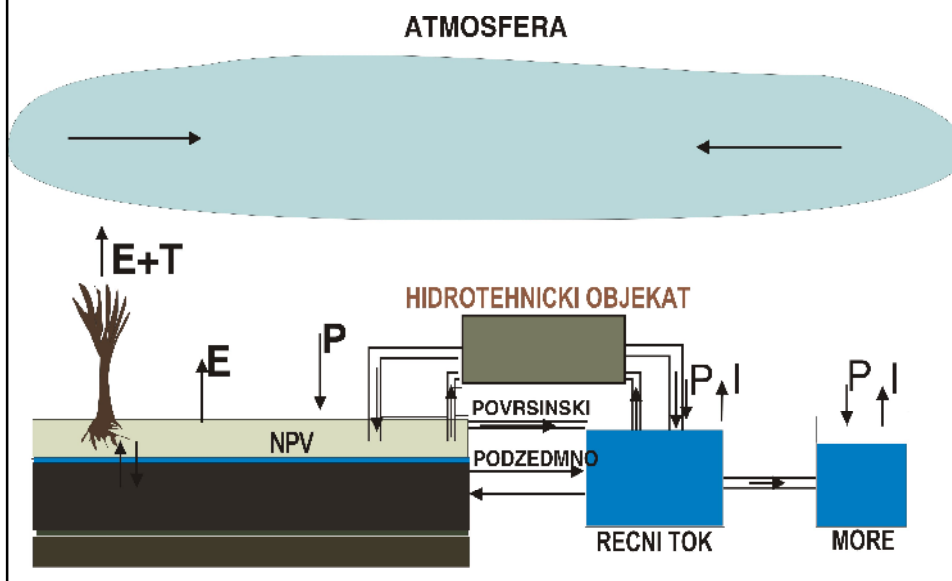


# HIDROLOGIJA

- Nauka o vodi-**HIDROLOGIJA**- bavi se definisanjem odnosno procjenom količina vode na određenoj području kao i njihovim vremenskim i prostornim rasporedom
- Šema kruženja vode u prirodi
- E- Evaporacija- isparavanje vode sa oranica (zemljišta)
- T- Transpiracija- potrošnja od strane biljaka
- ET- Evapotranspiracija
- P- Padavine
- I- Isparavanje

## Šema kruženja vode u prirodi

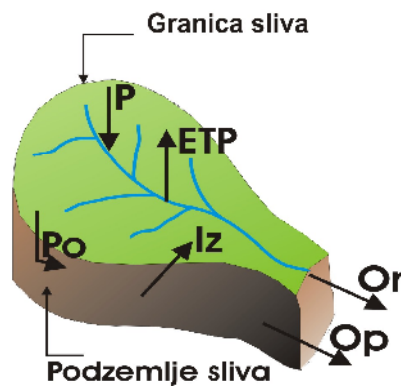


# Vodni Bilans

- Osnovna jednačina koja nam služi za definisanje nekog bilansa omeđenog prostora je:  
**JEDNAČINA KONTINUITETA.**
- *Posmatrajući jedan omeđen prostor, doticaj u njega (površinski, podzemni) mora biti jednak povećanju količine vode u njemu umanjeno za otciaj kroz granice omeđenog prostora.*

*Primjeri:*

## Prirodni vodni bilans



**P**-padavine na slivu

**ETP**-evapotranspiracija

**Po**-poniranje vode

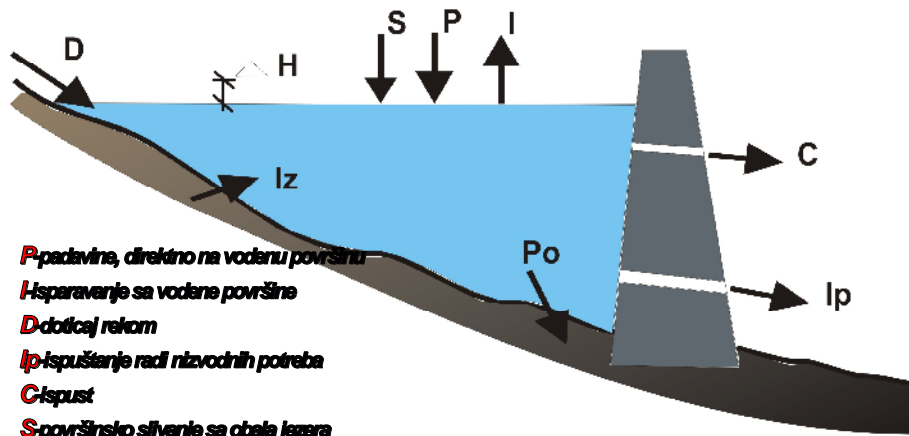
**Iz**-izviranje vode

**Or**-površinski otciaj rekom

**Op**-podzemni otciaj van granica sliva

Bilansna jednačina:  **$P - ETP - (Po + Op - Iz) = Or$**

## Izgradjena akumulacija



$$D - C - I_p + S + P - I - P_o + H_z = \pm \Delta H \quad \text{Bilansna jedna ina}$$

$$D - C - I_p = \pm \Delta H \quad \text{Skraćena bilansna jedna ina}$$

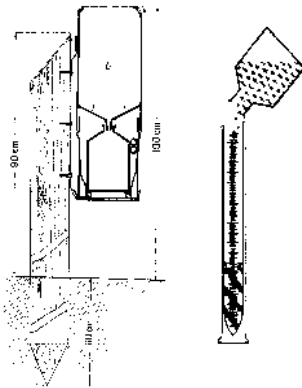
**-Padavine** su najznačajniji pozitivni element u bilansnoj jednačini

Padavine predstavljaju sve vidove kondenzovane ili sublimirane vodene pare koji se javljaju na površini Zemlje u tekućem ili čvrstom stanju.

Dijele se na horizontalne padavine: rosa, slana, inje i vertikalne: kisa, grad i snijeg

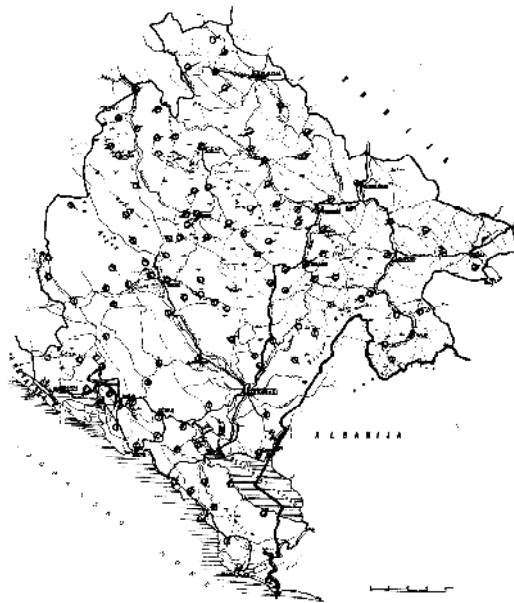
-Pod ukupnim padavinama za određeni period (čas, dan, mjesec, sezona, godina) se podrazumijeva visina kise - u mm vodenog stuba i visina sniježnih padavina izražena kao ekvivalent vode, također u mm

Instrumenti za mjerenje padavina nazivaju se kismjeri.  
 Koriste se dva tipa kismjera:  
 pluviometri- neregistrujući;  
 pluviografi - registrujući.



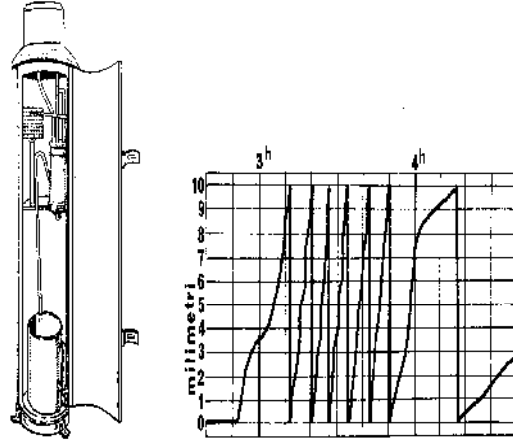
U nasoj zemlji je u upotrebi kismjer sa površinom otvora od 200cm<sup>2</sup> i precnika otvora 159.6mm. Gornja posuda sa lijevkom prihvata i sniježne padavine. Jedan milimetar kise na otvor površine 200cm<sup>2</sup> daje 20cm<sup>3</sup> vode. Za ovaj odnos izvršeno je i graduisanje staklene menzure pomocu koje se visina padavina cita direktno u mm.

$$1 \text{ mm} \times 1 \text{ m}^2 = 0.001 \text{ m}^3 \text{ m}^{-2} = 1 \text{ dm}^3 / \text{m}^2 = 1 \text{ L} / \text{m}^2$$



*Karta padavinskih stanica u Crnoj Gori*

## PLUMIOGRAFI - ure aji za kontinualno mjerenje padavina (visina, trajanje, intenzitet)



## PLUMIOGRAFI



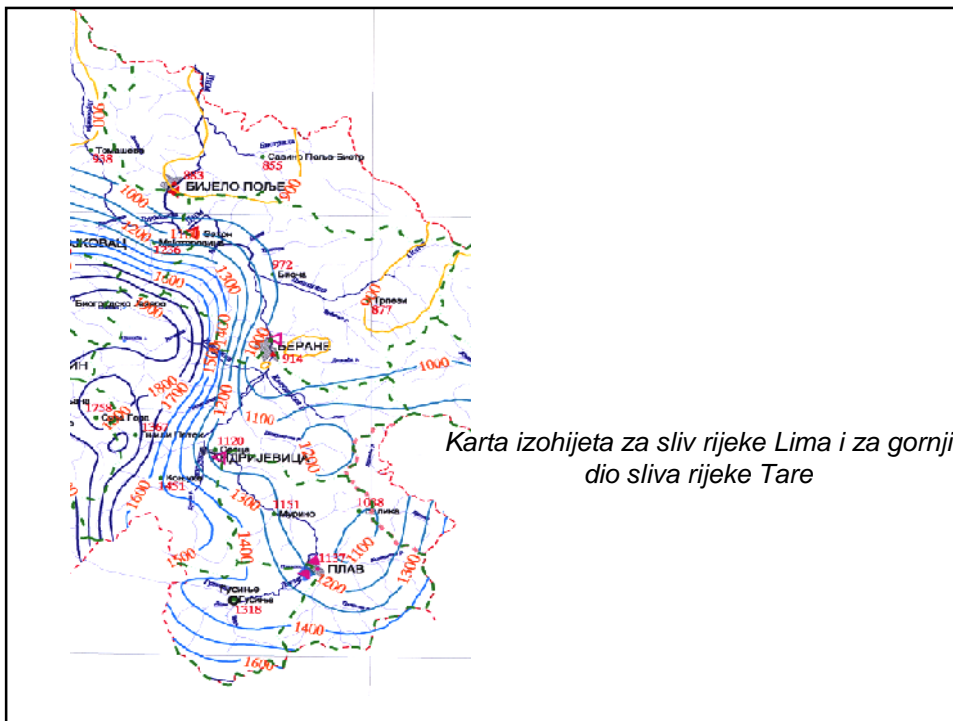
# PLUMIOGRAFI



# PLUMIOGRAFI



# PLUVIOGRAFI



## OBRADA PODATAKA O PADAVINAMA

S obzirom na nivo obrade: primarna i sekundarna obrada

**Primarna obrada:**

- **višegodišnji prosjeci** (mj. sez. god.) **visina padavina pojedina nih kišomjernih stanica** na bazi višegodišnjeg osmatranja;

- **više godišnji prosjek** (mj. sez. god.) padavina **palih na sliv:**

a) metoda aritmetičkih sredina:  $H_{sr} = \sum H_i / N$

b) Thiessenovim postupkom:  $sH_{sr} = \sum H_i A_i / A$

c) metoda izohijeta:  $sH_{sr} = [ 0.5 (H_i + H_{i+1}) \cdot A_i ] / A$

**Godišnje kolebanje padavina:** razlika (interval) između ukupne količine padavina najbogatijeg i najsiromašnijeg mjeseca u godini.

**Relativno godišnje kolebanje u % :** godišnje kolebanje u pojedinoj godini napram srednjem godišnjem kolebanju (može se odnositi i na druge meteorološke ili hidrološke mjerene veličine a ne samo na padavine).

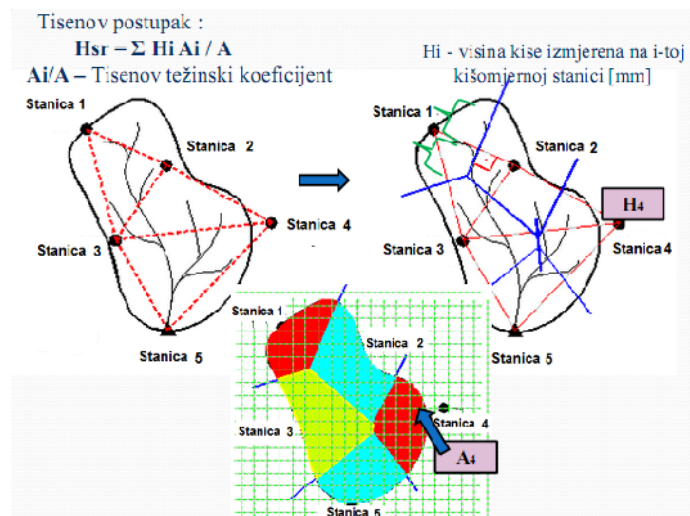
**Sekundarna obrada podataka o padavinama:** niz složenih obrada (prvenstveno intenziteta kiše) za potrebe hidroloških analiza:

statističke obrade serija pljuskova

- prilagođavanje krivih raspodele verovatnoće i podataka

- definisanje familije ITP krivih (*intenzitet-trajanje-period*)

## Ilustracija za Tisenov postupak

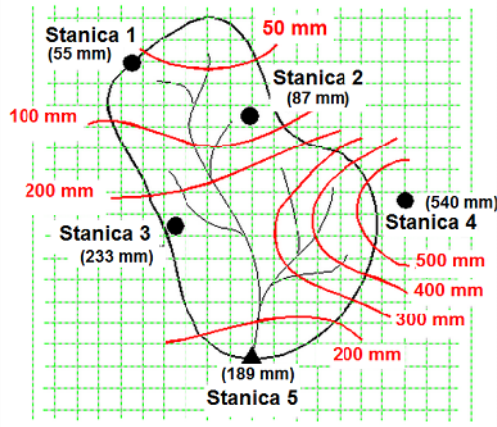




## Ilustracija za postupak izohijeta

Postupak izohijeta:

- Daje preciznije rezultate od prethodnih metoda
- Mogu se uzeti u obzir orografske karakteristike sliva i karakteristike pljuskova
- Podvarijante:
  - Metoda izohijeta sa subjektivnom interpolacijom
  - Metoda izohijeta sa linearnom interpolacijom



$$H_{sr} = \Sigma [ 0.5 (H_i + H_{i+1}) \cdot A_i ] / A$$

## ITP - krive

**na bazi pluviografskih podataka** - pouzdanije je određivanje mjerodavnog intenziteta;

**ITP - veza intenzitet - trajanje - ponavljanje :**

$$i = f(t_0, P_R)$$

određuje se matematičkim statističkim postupcima (neophodno je bar 10 do 15 god. mjerenja)

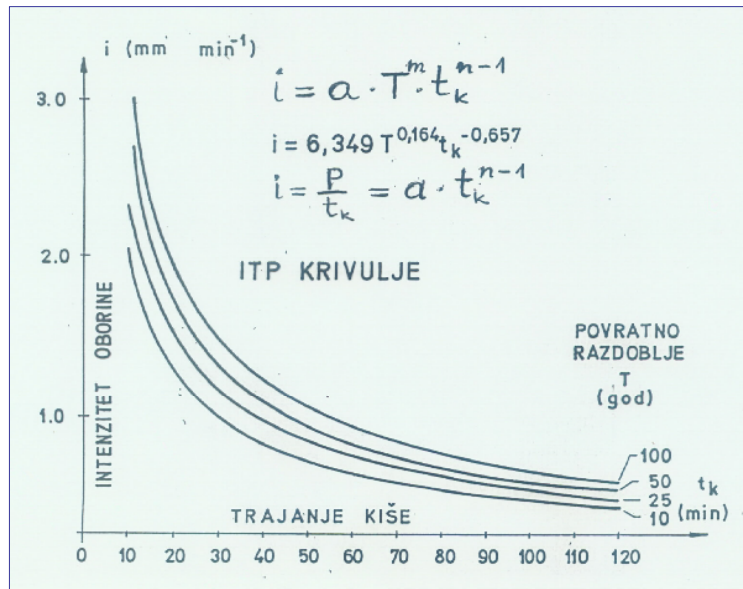
$$i = a \cdot P_R^b \cdot t_0^c \quad i = \frac{a \cdot P_R}{t_0 + b} \quad i = \frac{a \cdot P_R^b}{t_0^d + c}$$

**a** - parametar koji zavisi od hidroloških prilika obrađivanog područja i dimenzija u kojima se izražava jačina kiše;

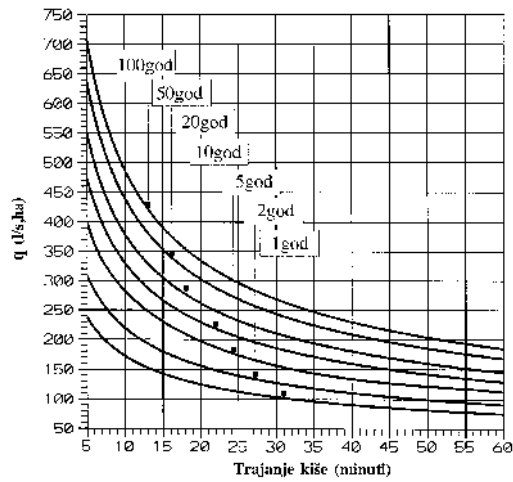
**b, c, d** - parametri koji zavise od klimatsko - hidroloških prilika obrađivanog područja;

iznalaženje **a, b, c** i **d**, je primjenom razna verovatnoća uz primjenu metode minimuma kvadrata odstupanja.

## ITP – krive

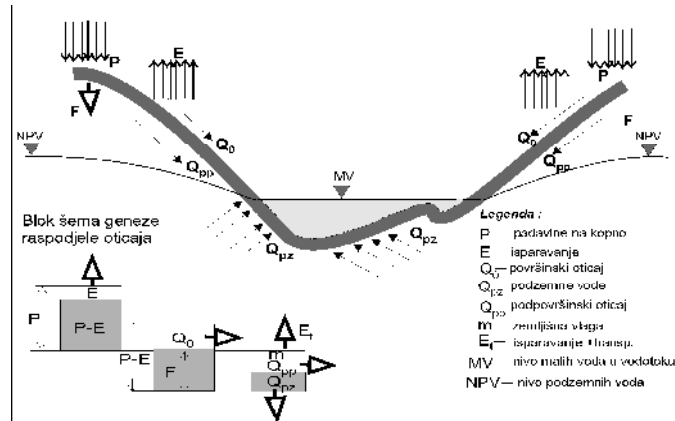


## ITP krive za Podgoricu



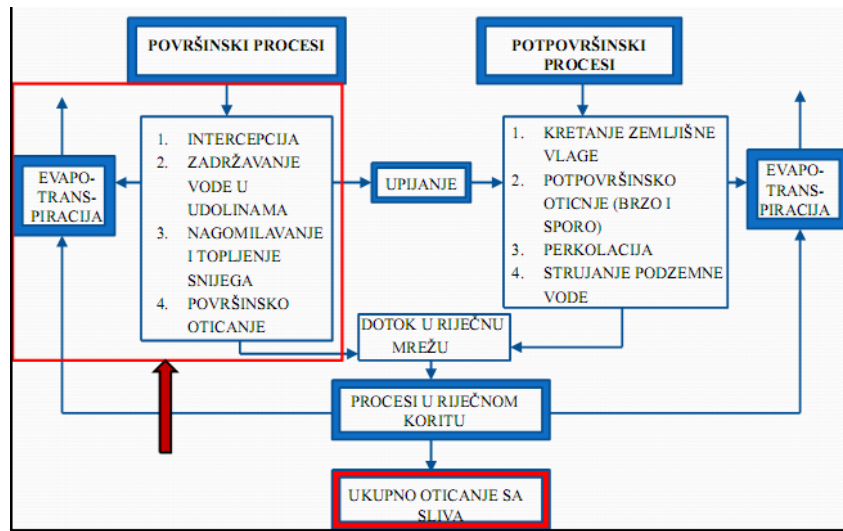
# OTICAJ

Dio padavina koji otice površinskim ili podzemnim putem naziva se oticaj ili: visak padavina, efektivne ili neto padavine. Oticaj predstavlja količinu vode koja se javlja kao proticaj na izlaznom profilu nekog sliva. Razlika između ukupnih (bruto) padavina i neto padavina predstavlja gubitke. Gubici su, dakle, preostali dio kiše koji se nije pojavio kao oticaj



Ukupni proticaj  $Q$  na izlaznom profilu se sastoji od tri komponente: površinski ( $Q_0$ ), potpovršinski ( $Q_{pp}$ ) i podzemni oticaj ( $Q_{pz}$ )

## KOMPONENTE OTICAJA



## SLIV- osnovna jedinica analize

**LEPEZASTI**

- Koncentracija nagla
- Mjernađavni intenzitet vrlo velik
- Oticanje kratkotrajno

**DUGULASTI**

- Koncentracija spora
- Intenzitet slab
- Oticanje dugotrajno

**TROKUTASTI**

- Koncentracija nagla
- Intenzitet velik
- Oticanje dugotrajno

**PRAVOUGAONI**

- Koncentracija spora
- Velike vode dugotrajno
- Oticanje dugotrajno


□ Oblik sliva utiše na veličinu i trajanje hidrograma

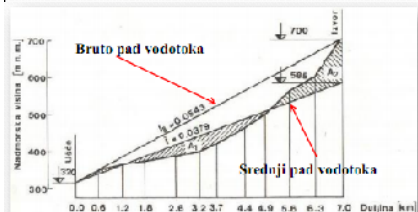
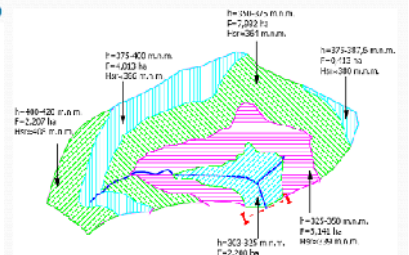
□ A(km<sup>2</sup>) - veličina sliva

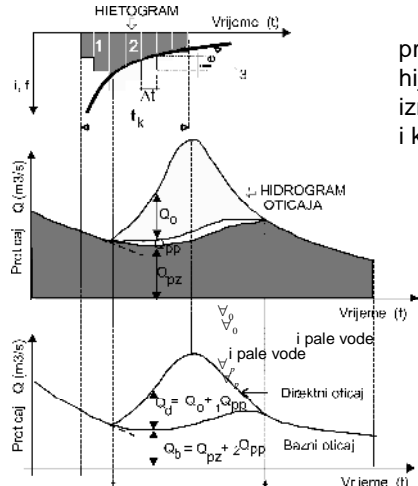
□ O(km) - opseg sliva

□ U(km) - udaljenost težišta sliva od proticajnog profila

□ I(km)





prikazane su komponente oticaja pomocu hijetograma (dijagrama bruto padavina izrazenog u funkciji intenziteta padavina  $i=i(t)$  i krive infiltracije  $f=f(t)$ .

Ako se sa  $\nabla d$  oznaci i zapremina direktnog oticaja, onda se kod nekih proračuna efektivna kisa  $Pe$  određuje iz odnosa:

$$Pe = \nabla d / A \text{ (mm)}$$

i zapremina otekle vode:

$$\nabla_d = \int_{t_1}^{t_2} Q_d dt$$

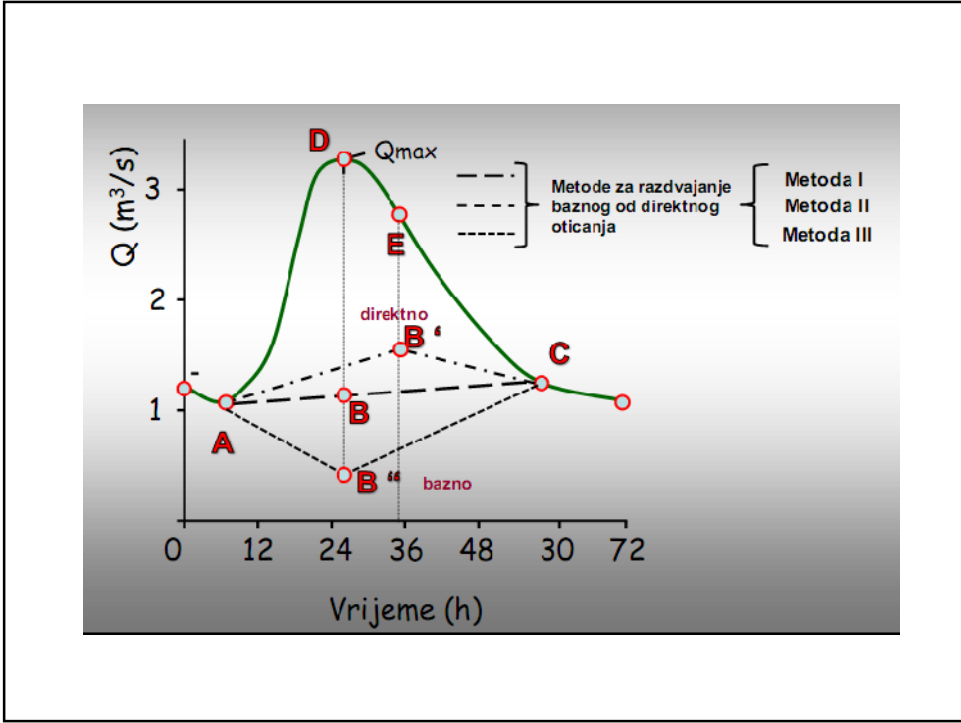
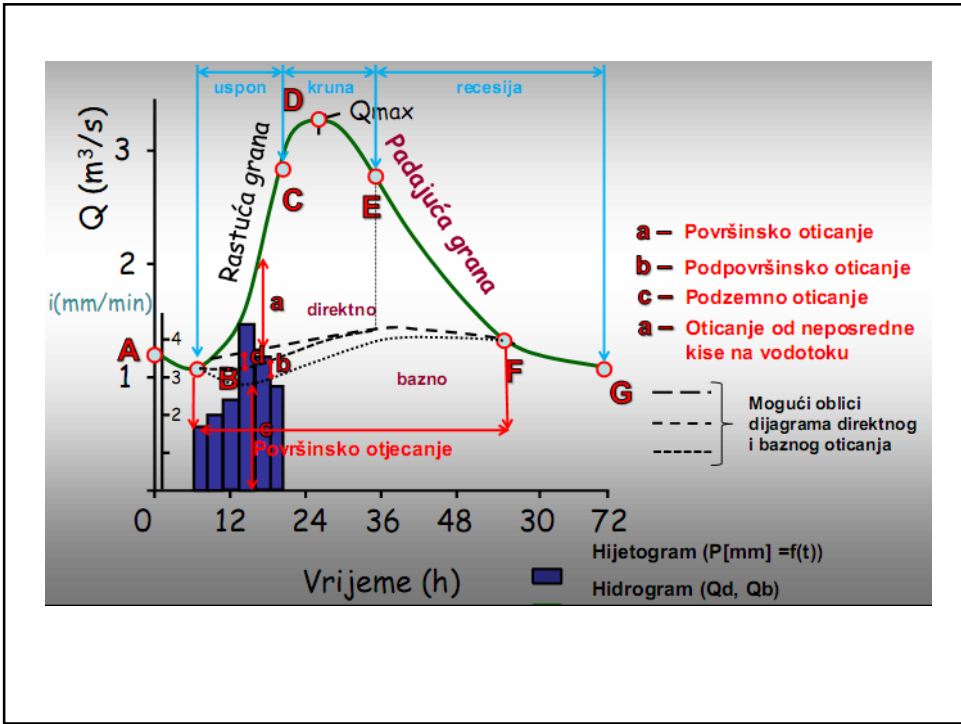
Za izdasnost sliva površine A(km<sup>2</sup>), u praksi se koriste dva pokazatelja

- Koefficient oticaja ( $k_0$ ), koji se dobija kao odnos kolicine otekle i pale vode

$$k_0 = \nabla_o / \nabla_p, (0 < k_0 < 1)$$

- Specifčni oticaj ( $q$ ): odnos proticaja Q i površine sliva A (km<sup>2</sup>)

$$q = Q / A \text{ (ls}^{-1} / \text{km}^2)$$



Rijeka	Sliv	Profil	A (km <sup>2</sup> )	P <sub>br</sub> (mm)	P <sub>n</sub> (mm)	E (mm)	k <sub>o</sub>	Q (m <sup>3</sup> /s)	q (l/s/km <sup>2</sup> )	∇ (hm <sup>3</sup> /god)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Ibar		Rošaje	145	1073	534	539	0,50	2,46	17,0	77,6
		Baš	405	982	436	546	0,44	5,61	13,9	176,9
Lim		Plav	364	1986	1670	316	0,84	19,3	53,0	608,6
		Andrijevića	681	1798	1378	420	0,77	29,9	43,8	939,8
		Berane	1283	1569	1134	435	0,72	46,2	36,0	1457,0
		Zaton	1794	1400	967	433	0,69	55,1	30,7	1737,6
Jehotina		Bijelo Polje	2183	1348	939	409	0,70	65,4	29,9	2053,0
		Pištva	393	933	539	394	0,58	6,73	17,1	212,2
Tara		Gradac	810	930	521	409	0,56	13,4	16,5	422,6
		Crna poljana	247	2150	1543	607	0,72	12,1	49,0	381,6
		Trebašjevo	506	2061	1556	505	0,76	25	49,4	788,4
		Bistrica	780	1973	1381	592	0,70	34,2	43,8	1078,5
		Šurjevića Tara	1381	1798	1339	459	0,74	58,7	42,5	1851,2
Piva		Ježevlje	2006	1703	1247	456	0,73	79,4	39,6	2504,0
		Duki most	379	1924	1255	669	0,65	15,1	39,8	476,2
Morača		Ježevlje	1784	1719	1323	396	0,77	74,9	42,0	2362,0
		Pemica	441	2413	2157	256	0,89	30,2	68,5	952,4
		Zlatica	985	2381	1875	506	0,79	58,6	59,5	1844,9
Zeta		Podgorica	2628	2336	1922	414	0,82	161,9	60,9	5105,7
		Dukov most	327	2220	1782	438	0,80	18,5	56,6	583,4
Cijevna		Danilovgrad	1216	2287	2034	253	0,89	78,5	64,6	2475,6
		Trgaj	383	2500	2040	460	0,82	24,8	64,8	782,1

*Karakteristike moguće prosječnog oticaja na hidrološkim stanicama glavnih vodotoka u Crnoj Gori*

## HIDROMETRIJA

- **Hidrometrija** je nauka o merenju i analizi vode u svim njenim oblicima pojavljivanja na Zemlji, uključujući i metode, mjerne tehnike i instrumente koji se koriste u hidrologiji.
- Osnovni zadaci hidrometrije su:
  - razrada metoda i hidrometrijskog pribora;
  - mjerenje hidroloških veličina kao elemenata vodnog režima;
  - obrada podataka dobijenih mjerenjem;
  - organizacija hidrometrijskih stanica u svrhu dobijanja optimalnih informacija.

## Hidrometrijski (vodomjerni) profil

**Hidrometrijski ili vodomjerni profil** je poprečni profil (*upravno na smjer toka vode*) u kojem se dobijaju podaci o vodi u rijekama, jezerima, ili jezerima, retencijama i močvarama, na osnovu jednoga ili više mjerenih elemenata: vodostaja, oticaja vode, pronosa nanosa, temperature i drugih fizičkih i hemijskih svojstava vode i karakteristika ledenoga pokrivača. Kod mjerenja podzemnih voda i površinskih stajanja voda (*jezera i močvara*) hidrometrijskim se profilom naziva pravac duž kojeg se u više tačaka pravca vrše mjerenja.

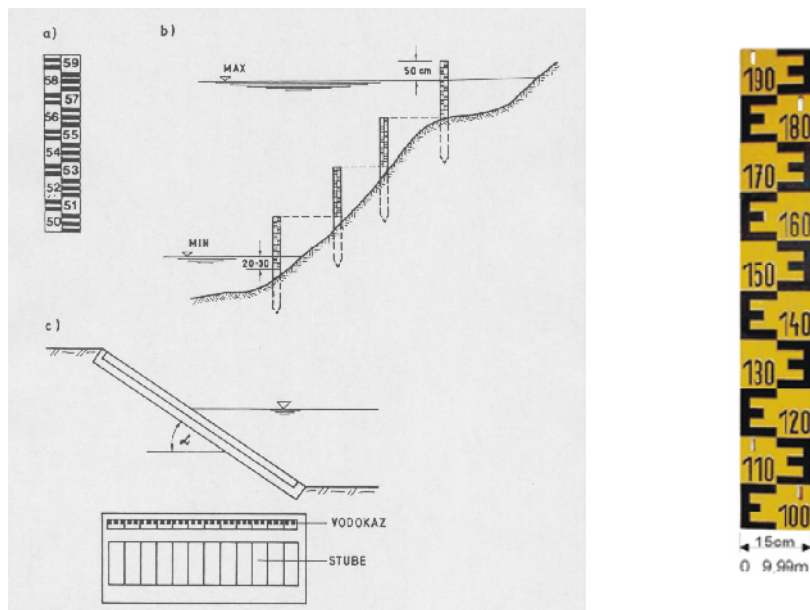
## Mjerenje nivoa vode (vodostaja)

**Nivo vode** (*vodostaj*) je upravna udaljenost vodene površine vodotoka, prirodnog ili akumulacijskog jezera, močvare, izvora ili površine vodnog lica u pijezometrima podzemnih voda, od definisane početne (*referentne*) nivo tačke mjerenja. Referentnoj (*početnoj*) tački mjerenja nivoa vode pridružuje se geodetskim postupkom visinska kota, tj. nadmorska visina – *kota nule vodokaza*. Na taj se način omogućuje da se na osnovu mjerenja relativne udaljenosti površine vode od početne tačke mjerenja iskaže nivo vode u apsolutnom iznosu, tj. kao nadmorska visina.

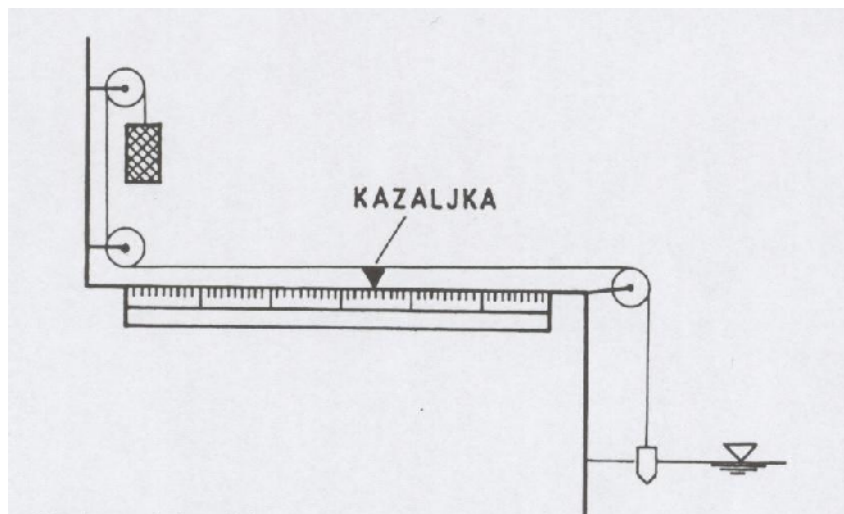
Nivoi vode mogu se beležiti na dva načina:

1. prekidno (*nekontinuirano*) na letvi;
2. neprekidno (*kontinuirano*) pomoću sprave za permanentno beleženje nivoa vode.

## vodomjerna letva

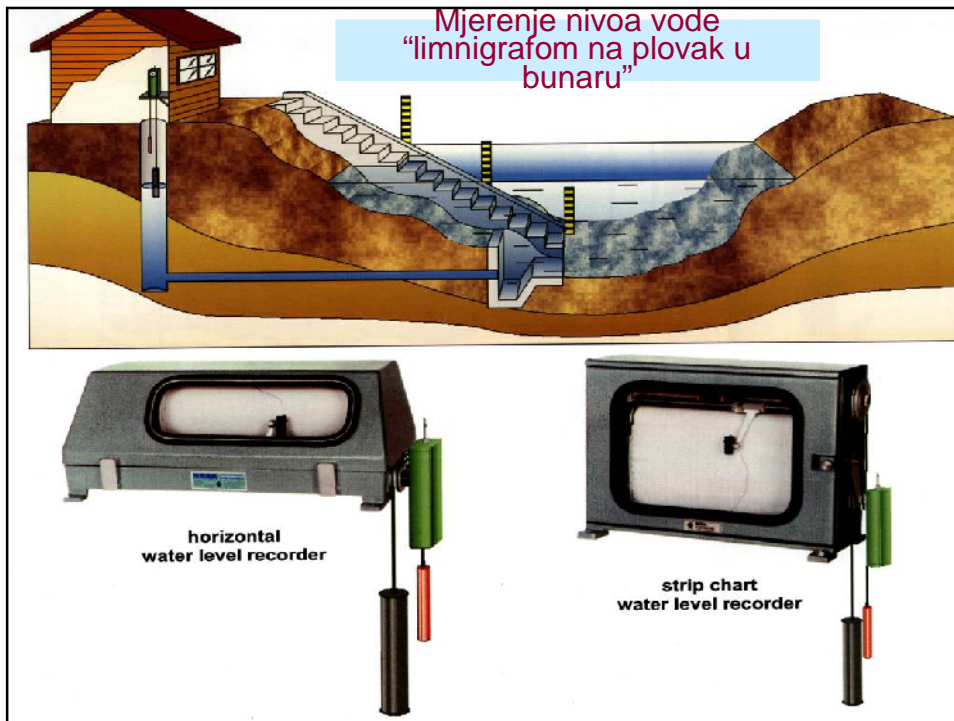
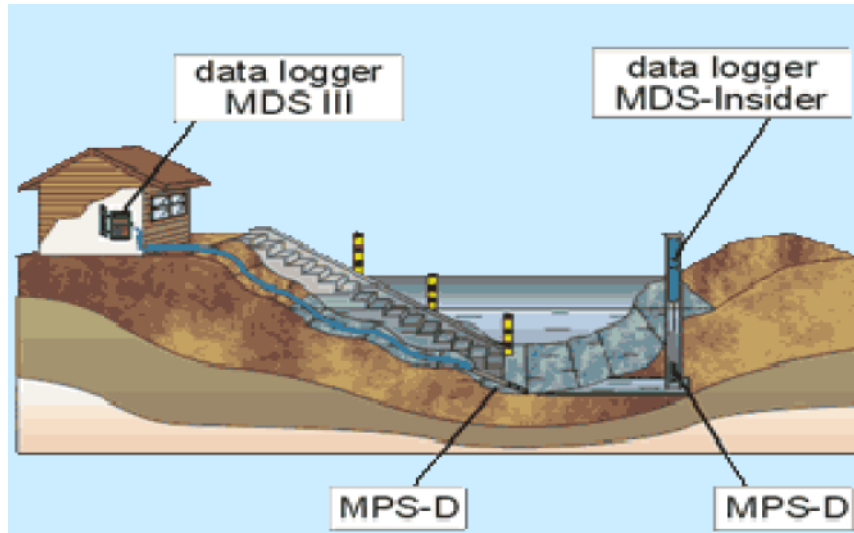


## HORIZONTALNA LETVA

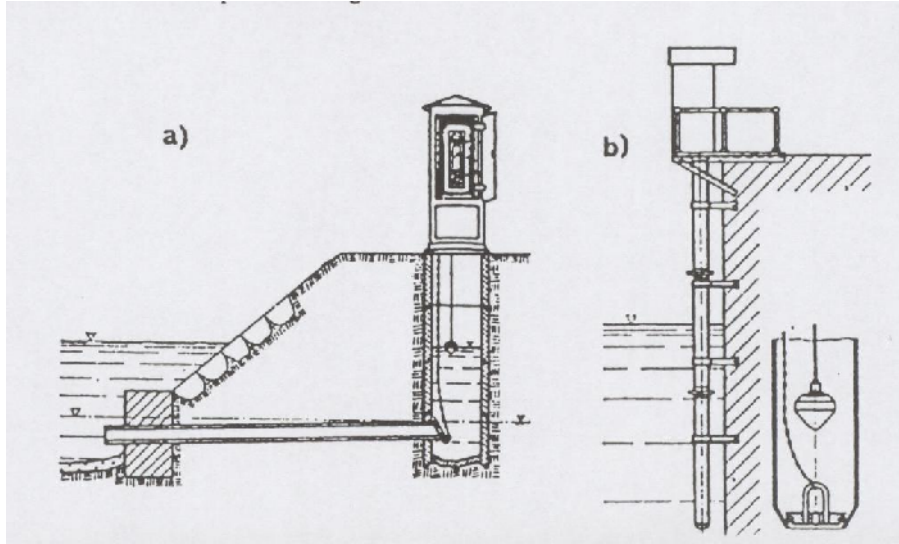




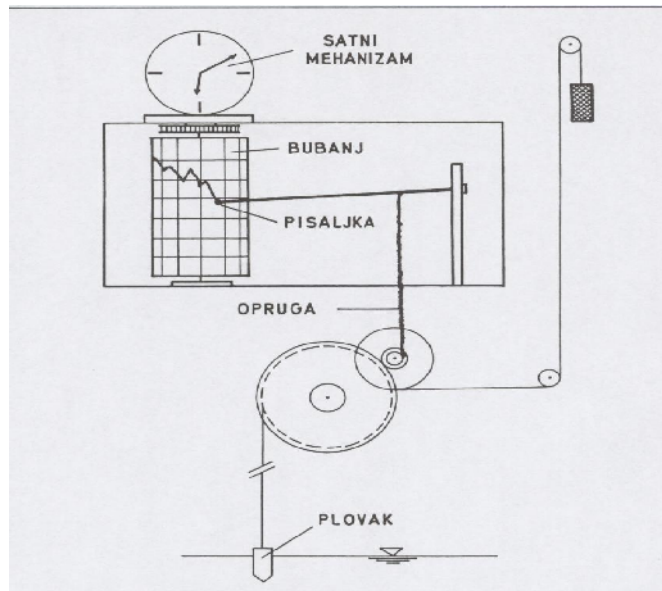
**MJERENJE VODNOG NIVOVA (vodostaja)**  
na hidrometrijskoj (vodomjernoj) stanici



**Shema merenja nivoa vode limnigrafom:  
a) plovak u bunaru; b) plovak u cijevi**



**Shema principa rada limnigrafa**



# LIMNIGRAF



Irrigation Channel (TS1), Tarsus/TURKEY



Seyhan River, Balbağ Station (018-0028), Adana/TURKEY

# LIMNIGRAF





*LIMNIGRAF*



Primer limnigraf i letve



## Limnigraf – ure aj

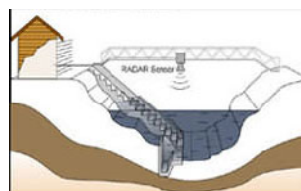


## MJERENJE NIVOVA VODE – vrste senzora

Plovak



Radar



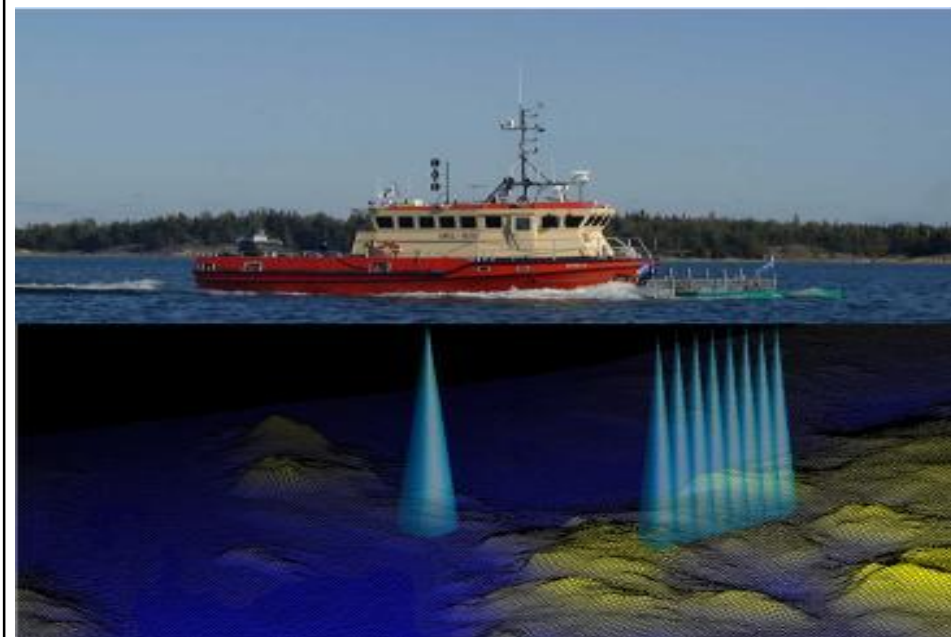
Senzor pod pritiskom



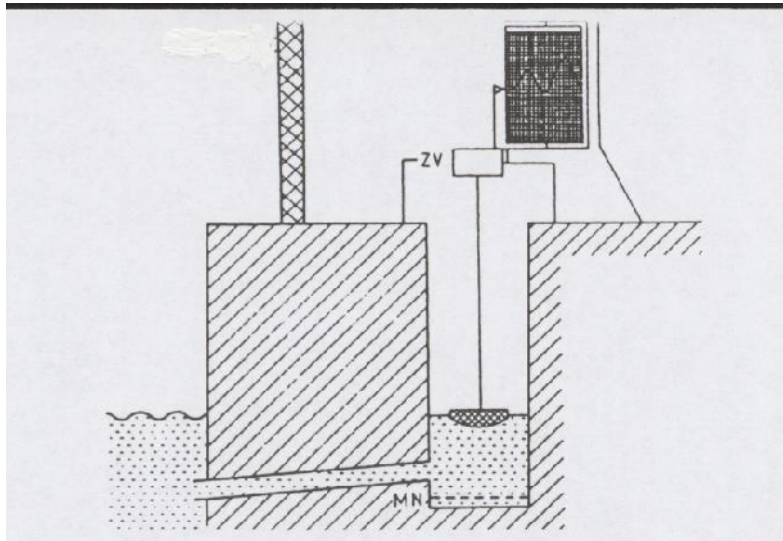
“ispuštanje vazduha pod pritiskom”



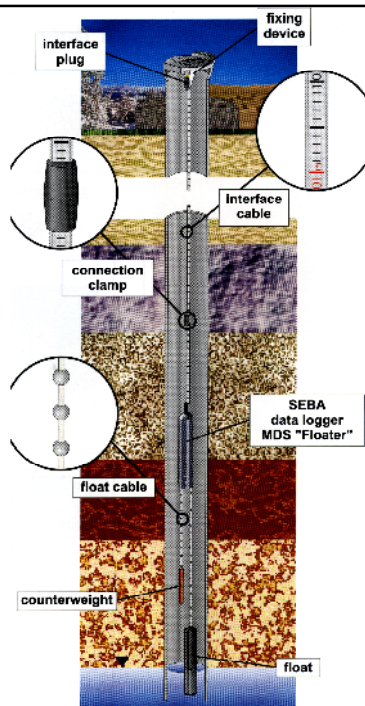
# EHO SONDER



## Shema mareografa

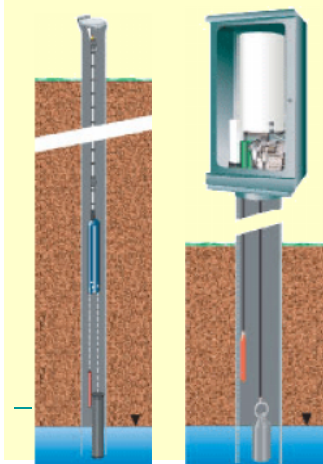


## MJERENJE NIVOVA PODZEMNE VODE (presjek pijezometra)

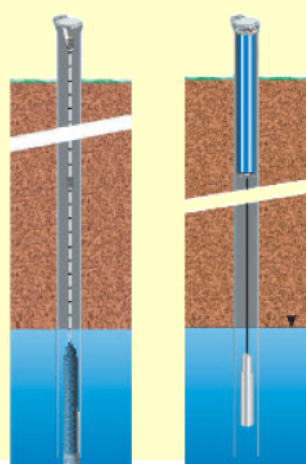


## Mjerenje nivoa podzemne vode: *pijezometri*

na plovak



na senzor



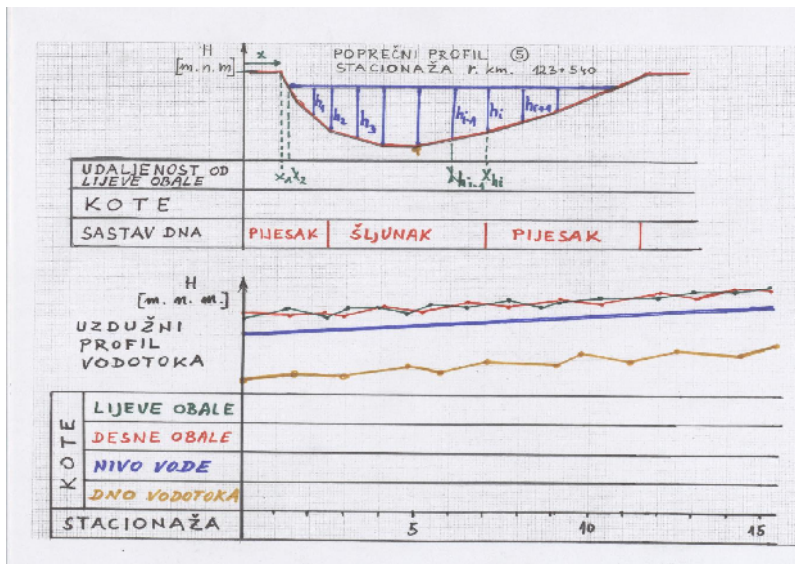
## Prenos podataka na daljinu – putem satelita



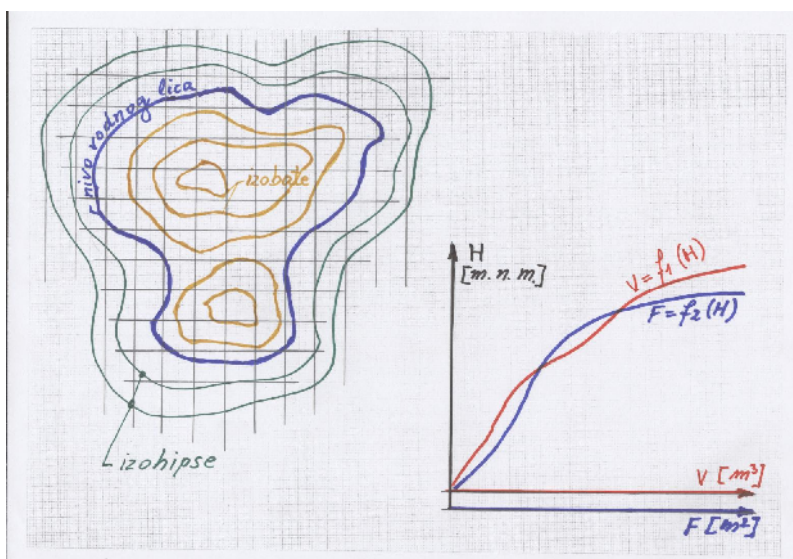
- 66 nisko-orbitnih satelita
- Posebno važno za službe odbrane od poplava



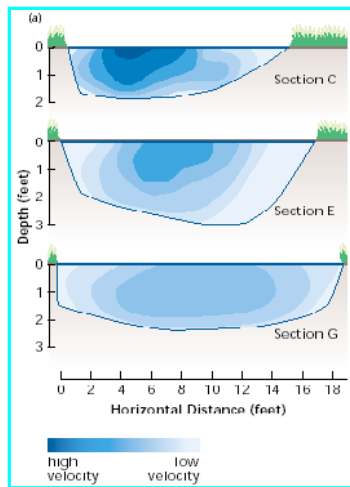
## Merenje dubina u vodotoku u svrhu snimanja popre nih i uzdužnog profila



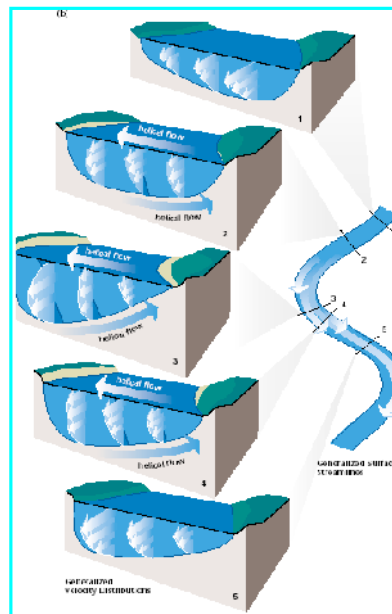
## Merenje dubina u jezeru u svrhu snimanja konfiguracije dna jezera



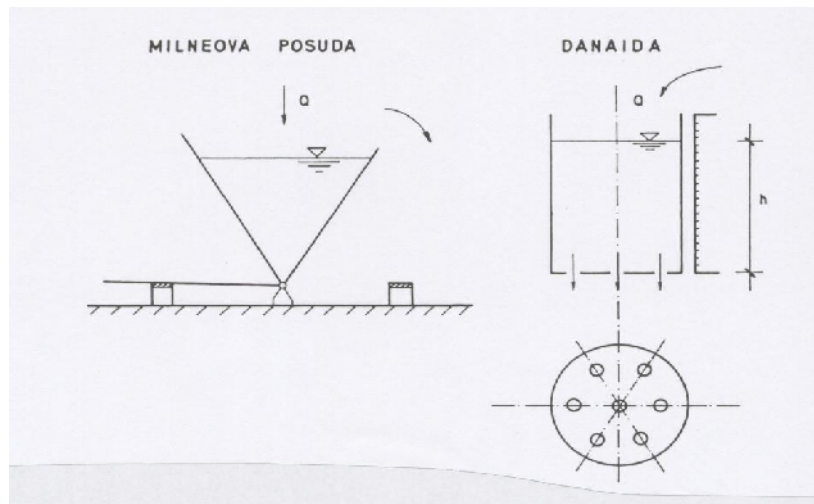
## MJERENJE BRZINA TE ENJA I PROTICAJA



podjela brzina u koritu vodotoka



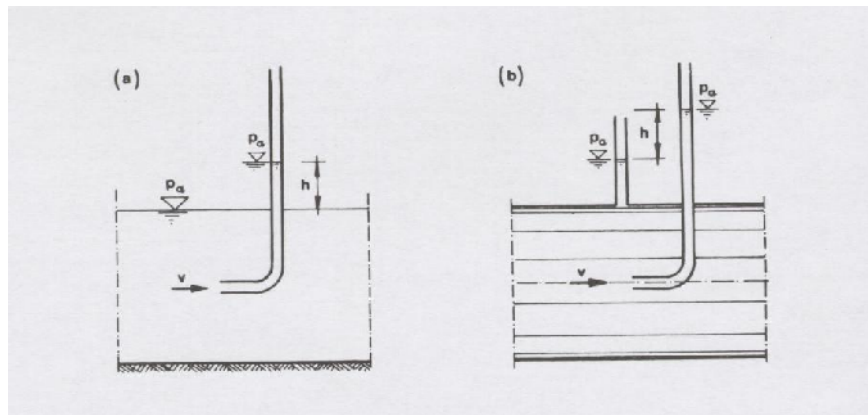
## Mjerenje proticaja - mali proticaji : pomo u mjernih posuda (zapreminska metoda)



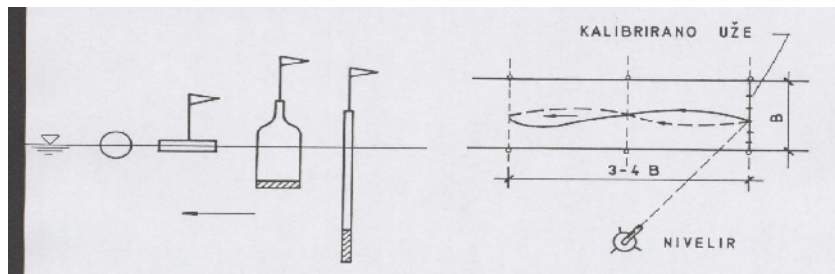
## Merenje brzine toka pomoću Pitotove cijevi

a) U otvorenim tokovima    b) u cijevima

$$v = \sqrt{2gh}$$

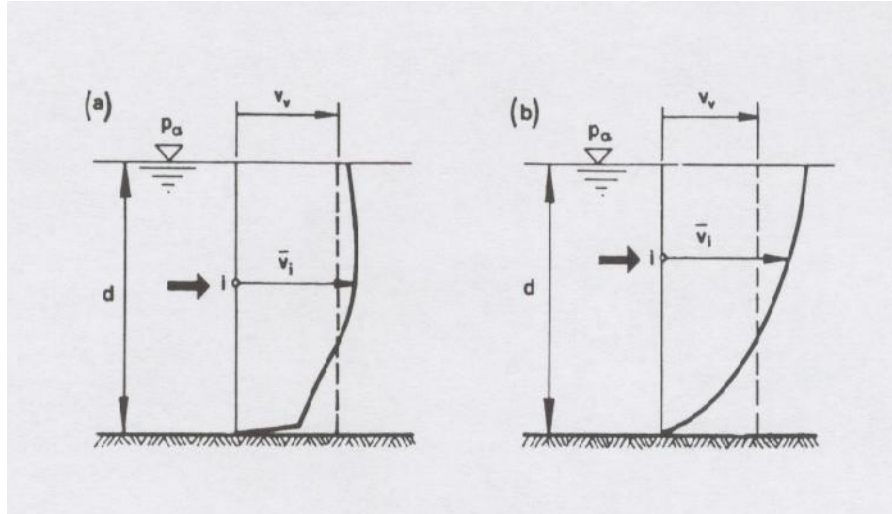


## Merenje brzine toka pomoću plovka



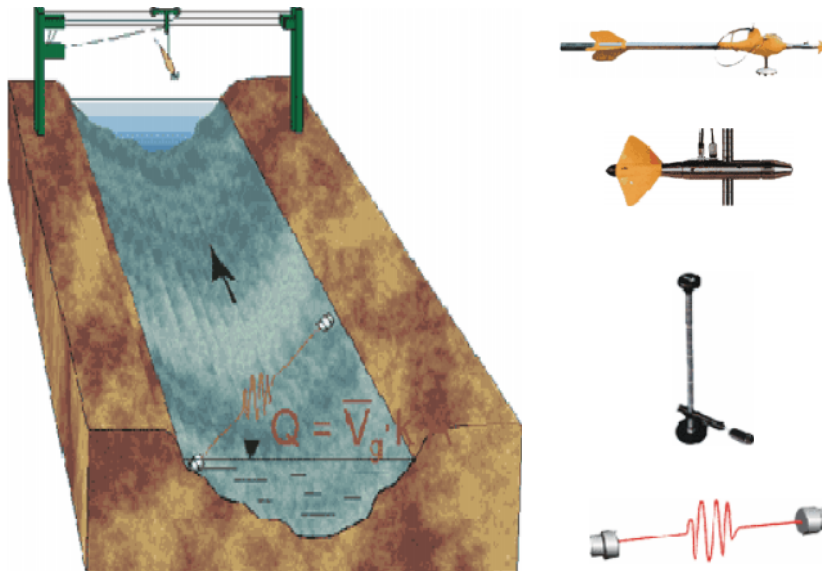
Na ravnoj dionici dužine  $L = 3B$  (do  $4B$ ) pušta se plovak i mjeri vrijeme putovanja plovka  $t$ ;  
Brzina na trasi plovka određena je izrazom za brzinu  $v = L/t$ ; Plovak se pušta na više trasa po širini korita, a srednja se brzina dobije kao aritmetička sredina svih brzina po mjernim trasama.

## Dijagram brzine tečenja po vertikali

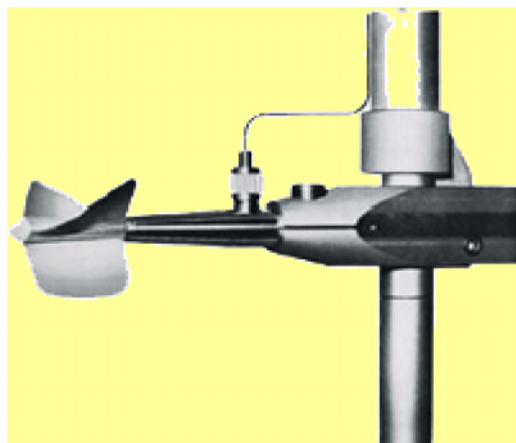


## MERENJE PROTOKA U VODOTOCIMA

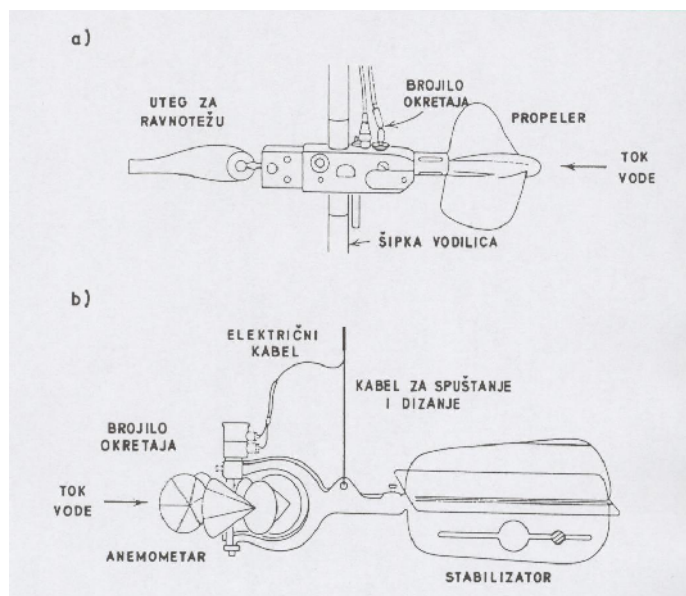
$Q = F \cdot v$  [m<sup>3</sup>/s]



## VODOMJERNO KRILO (hidrometrijsko krilo)



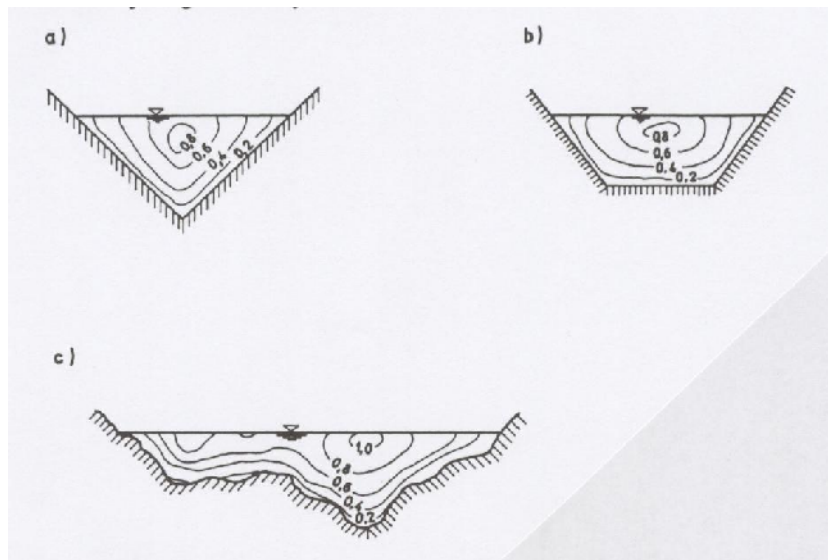
## Hidrometrijsko krilo - shema



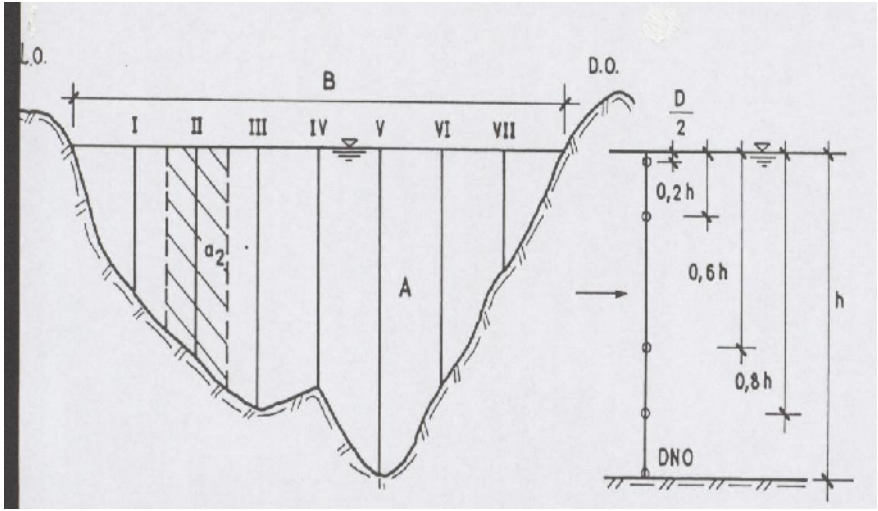
## PRIMENA VODOMJERNOG KRILA S MOSTA



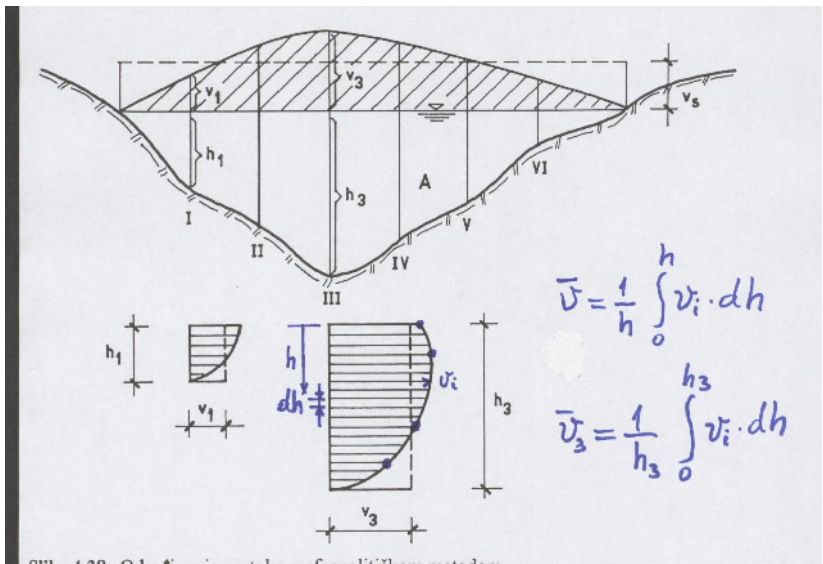
## IZOTAH E – linije jednakih brzina



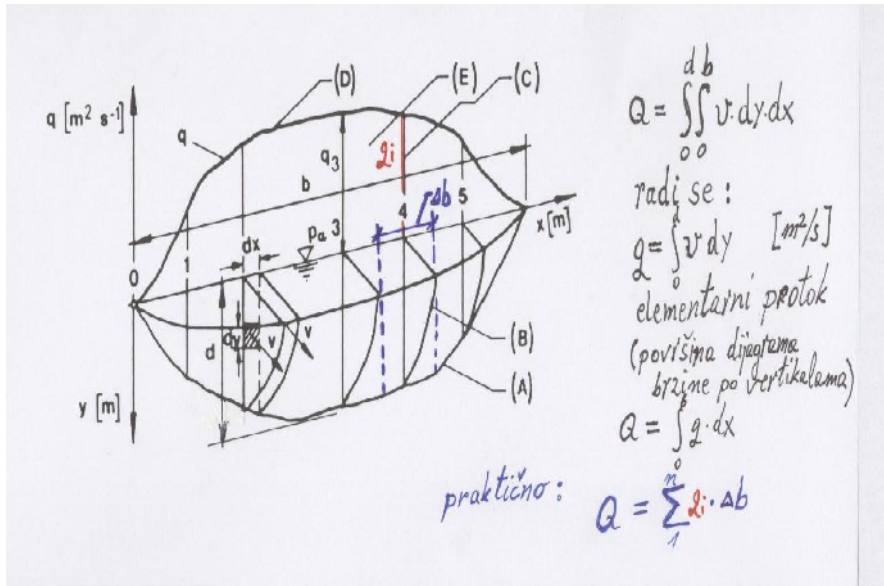
**Merenje brzina  
u vertikalama popre nog preseka**



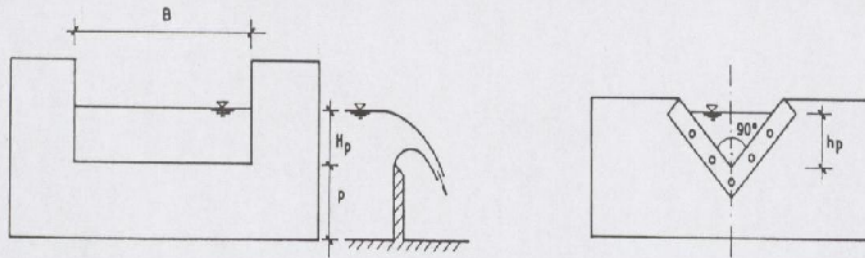
**Određivanje srednje brzine u vertikali**



## Prora un protoka za celi proto ni presek



## Mjerenje protoka pomo u preliva



**Bazenov preliv**

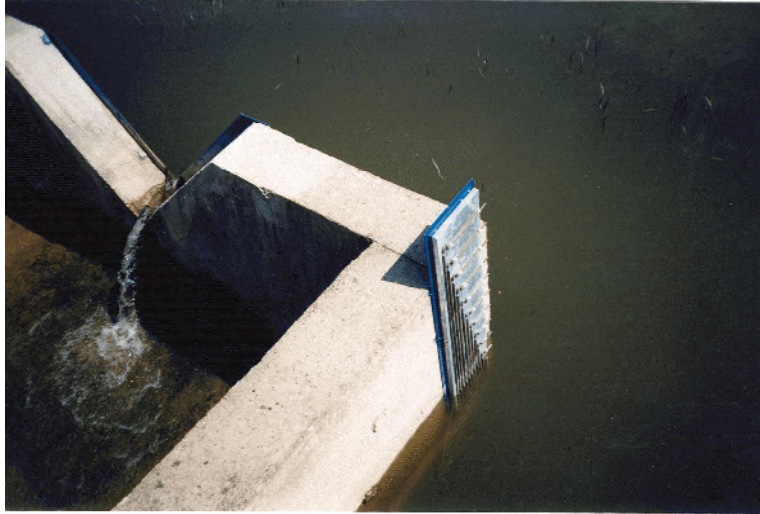
$$Q = \frac{2}{3} C_b \cdot \sqrt{2g} \cdot B \cdot H_p^{\frac{3}{2}}$$

**Thomsonov preliv**

$$Q = \frac{8}{15} C_i \cdot \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} \cdot h_p^{\frac{5}{2}}$$

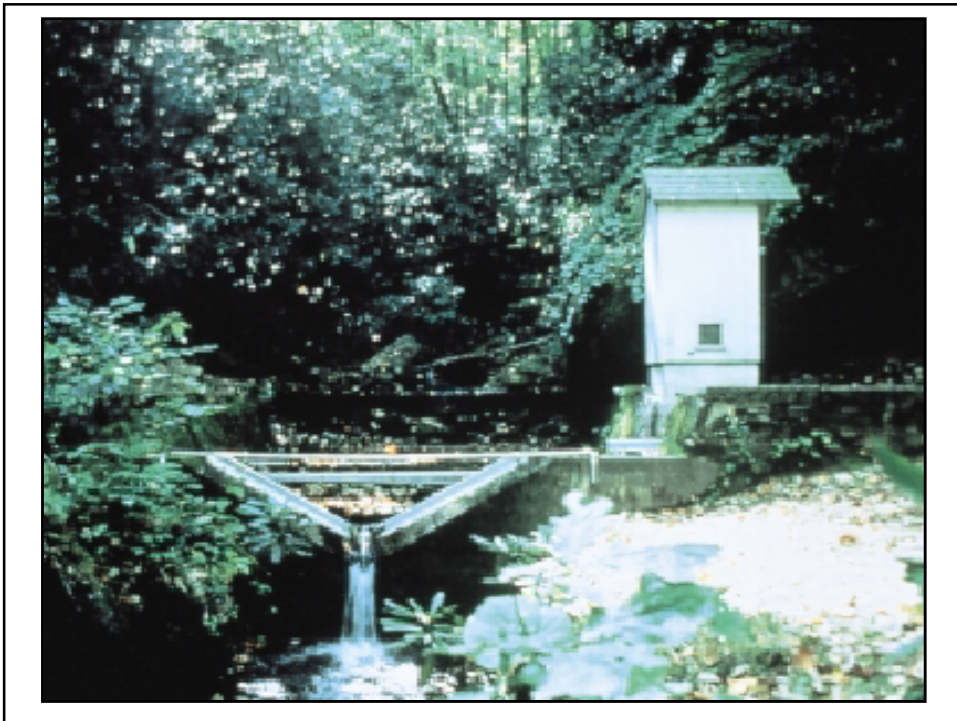


## Thomsonov preliv

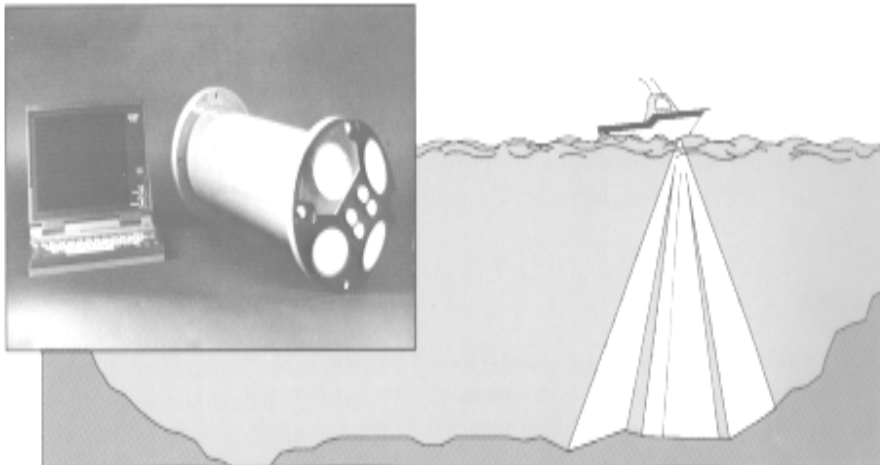


## Kombinovani Thomson-Bazenov preliv i limnigraf



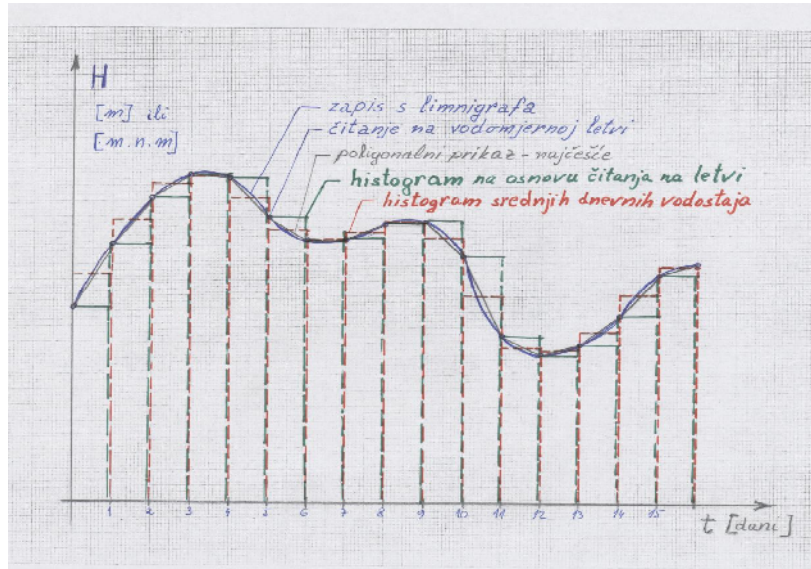


**Mjerna oprema  
za ultrazvu no mjerenje protoka s plovila**



## OBRADE I PRIKAZIVANJE HIDROLOŠKIH PODATAKA

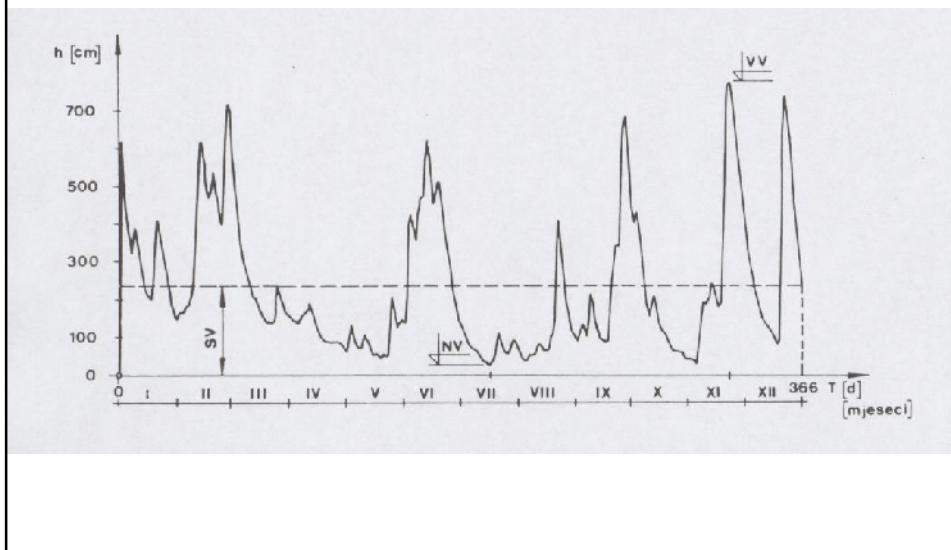
### NIVOGRAM – hronološki grafi ki prikaz vodostaja



Primjer prikaza zapisa dnevnih vodostaja u hidrološkom godišnjaku

RJEKA SAVA, VODOMJER BR. 916 - CRNAC, LIMNIGRAF												
A = 23 102 [km <sup>2</sup> ] KOTA "0" TOČKE 90.03 [m n.m.]												
DAN	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	621+	159+	571+	148	78	192	110	51	100	398	41	359
2	541	161	509	142	124	396	99	42	123	428+	42	317
3	478	165	457	140	134	423	88	36+	136	405	34+	285
4	428	173	407	136	110	412	81	34	120	360	27	258
5	379	180	362	139	82	376	77	40	100	310	36	234
6	338	201	327	153	70	352	71	49	126	266	108	210
7	319	227	300	153	65	434	70	51	212	225	172	190
8	364	245	281	161	71	467	64	51	216	186	195	170
9	392	340	264	168	101	468	58	56	178	165	196	152
10	369	459	246	185	110	476	48	76	138	152	192	139
11	328	550	218	189+	92	574	41	83	118	184	202	135
12	286	619	207	169	75	623+	35	73	102	216	238	127
13	248	616	205	151	62	585	31	61	91	196	138	118
14	225	564	194	132	52	499	29	62	91	164	216	108
15	217	504	180	117	54	448	27	67	88	136	192	98
16	206	465	166	102	54	460	25+	68	85+	120	174	91
17	199	490	152	93	50	492	36	99	91	115	192	82+
18	213	536	139	89	46+	516	54	105	176	111	378	85
19	292	534	136	85	46	481	88	136	243	100	580	232
20	394	498	138	85	54	432	115+	344	290	85	718	630
21	414	457	137	85	46	387	98	416+	347	74	770	739+
22	385	413	135+	85	52	340	77	372	338	64	779+	744
23	338	393	138	84	130	311	61	296	349	58	762	704
24	297	495	210	83	210+	283	53	235	574	59	720	634
25	259	593	240	83	190	244	53	195	662	59	654	556
26	230	661	216	85	154	213	58	169	687+	60	598	496
27	202	725+	191	81	126	181	86	135	678	57	542	438
28	177	700	175	77	128	158	88	116	608	53	496	386
29	157	646	162	67	142	139	92	105	517	46	452	334
30	145+		158	59+	144	123+	78	96	438	42+	410	289
31	152		154			134	63	91		43		250
NV	144	156	133	56	42	115	24	34	84	40	26	78
SV	309	440	238	118	96	383	66	123	267	159	345	309
VV	664	730	609	195	214	626	119	422	694	434	780	750
1968	NV	DATUM					SV	VV		DATUM		
	24	16 - VII					236	7x(0)		22 - XI		
NNV	- 17					2 - X - 1967.		VVV 886		6 - XII - 1967.		

## Primjer godišnjeg nivograma



## POVEZANOST VODOSTAJA I PROTOKA

### PONOVIMO!

- **VODOSTAJ** - vertikalna udaljenost vodene površine vodotoka, izvora, jezera, akumulacije ili nivoa vode u pijezometru od pretpostavljene početne mjere –kote «0»



- **PROTOK** - hidrološka veličina koja označava količinu protekle vode u jedinici vremena –dimenzija joj je  $m^3/s$ , a za manje protoke često se koristi i  $l/s$ . Rijetko se neposredno mjeri, već se uglavnom dobija izvedena iz drugih mjerenja –npr. dubina vode (geometrije proticajnog profila) i brzina vode mjerenih u nekim karakterističnim tačkama.

- Obrada protoka i vodostaja predstavlja osnovnu ili standardnu obradu podataka mjerenja na vodotocima

## KRIVA PROTOKA

DEFINICIJA: Kriva odnosa između vodostaja i protoka u proticajnom profilu

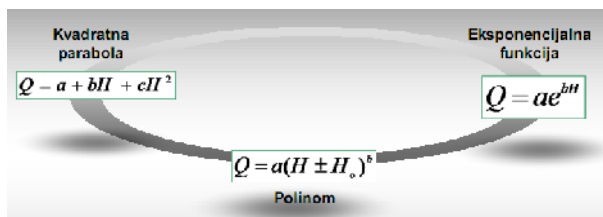
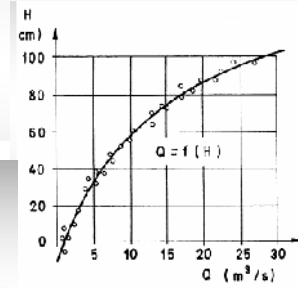
➤ Opšti izraz za određivanje krive protoka je:

$$Q = f(H)$$

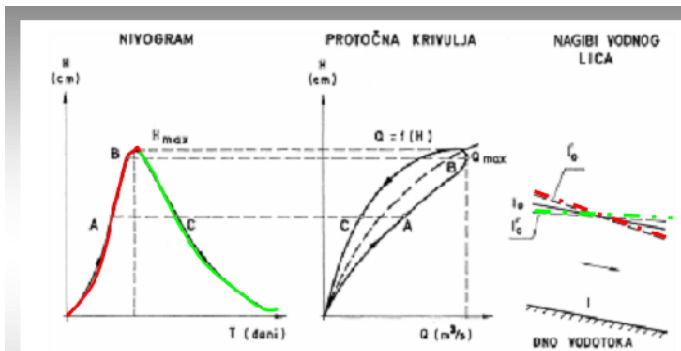
gdje je  $H$  (m) vodostaj; a  $Q$  (m<sup>3</sup>/s), (l/s) protok.

➤ Može biti izražena u vidu:

- Tablice parova vrijednosti
- Jednacije
- Grafičkog prikaza



## KRIVA PROTOKA - konsumpcija



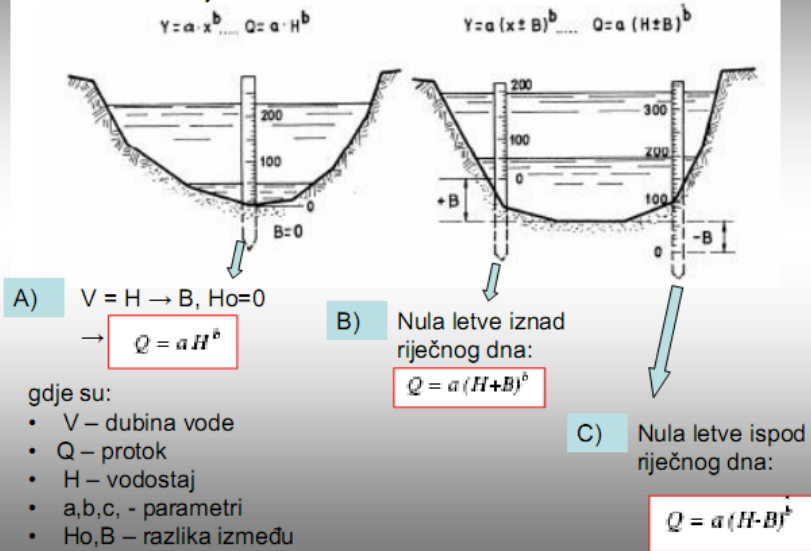
**DOLAZAK TALASA:**  
 $t_0 > t_0$  → tačka A na hidrogramu

Za vrijeme dolaska talasa pad vodnog lica je strm, brzina voda je veća i time se povećava protok.

**OPADANJE TALASA:**  
 $t_0 < t_0$  → tačka C na hidrogramu

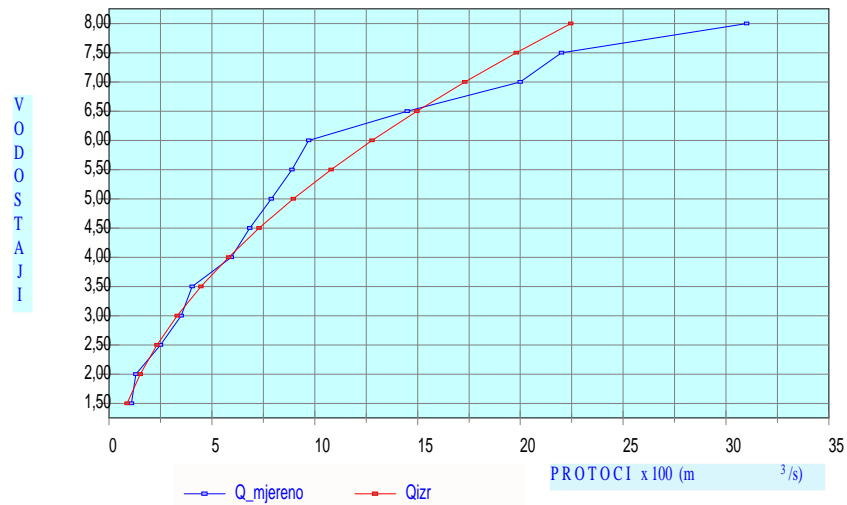
Za vrijeme opadanja talasa (recesije) pad vodnog lica je blaži i za odgovarajući vodostaj protok je manji.

S obzirom na položaj nule letve, u profilu vodotoka mogu se pojaviti tri karakteristična slučaja:

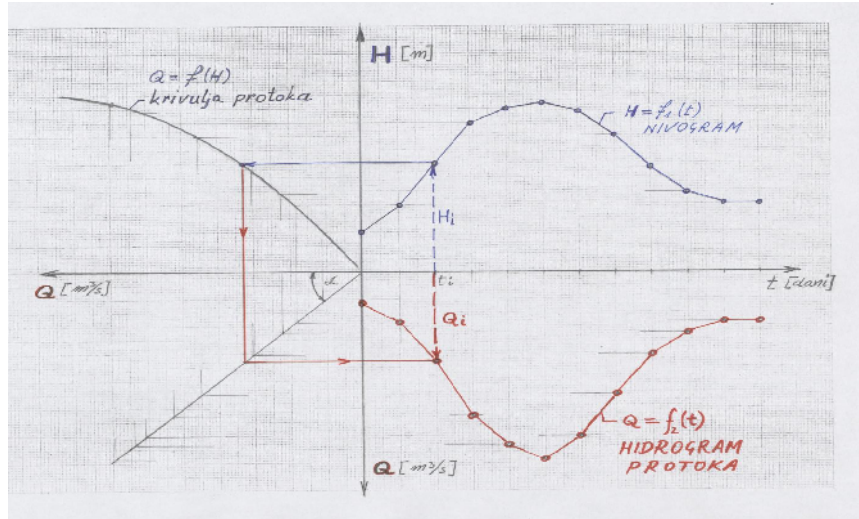


## PRIMJER KRIVE PROTOKA u normalnoj razmjeri

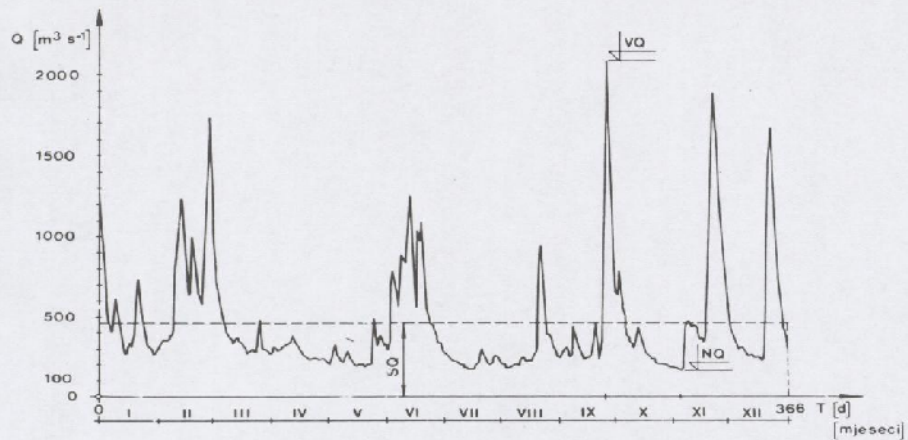
KRIVULJA PROTOKA



**HIDROGRAM** – hronološki grafi ki prikaz protoka;  
 odre ivanje hidrograma preslikavanjem nivograma



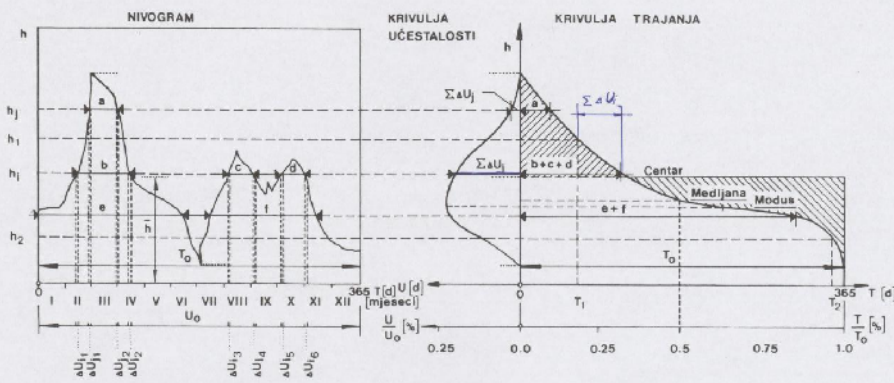
**Primjer godišnjeg hidrograma**



Primjer prikaza  
zapisa dnevnih  
protoka u  
hidrološkom  
godišnjaku

RJEKA SAVA, VODOMJER BR. 916 - CRNAC, LIMNIGRAF												
A = 23 102 [km <sup>2</sup> ]												
KOTA "0" TOČKE 90.03 [m n.m.]												
DAN	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1246	315	1006	323	238	321	261	195	269	626	181	433
2	798	339	874	307	284	693	251	183	284	789	179	385
3	679	364	680	281	331	794	230	183	313	698	177	357
4	578	349	637	285	256	733	219	175	295	558	160	325
5	489	352	540	295	242	632	221	185	239	512	171	290
6	436	376	480	315	228	543	218	197	255	375	248	311
7	400	383	415	316	212	858	218	196	440	366	435	306
8	580	399	404	327	218	895	206	201	409	342	477	301
9	630	843	371	332	265	854	204	183	380	331	451	273
10	587	866	358	347	289	834	197	229	308	309	435	252
11	477	1022	332	385	250	1172	183	245	279	354	452	261
12	361	1241	361	347	226	1251	176	226	254	439	440	262
13	265	1225	378	319	212	1141	173	212	228	402	433	240
14	269	1038	350	285	194	698	169	233	244	358	360	235
15	288	793	345	282	194	554	167	223	240	309	371	239
16	335	641	323	258	206	1028	165	216	238	265	341	237
17	311	708	303	252	203	964	196	250	246	272	363	223
18	341	995	273	241	189	1089	202	264	335	264	724	229
19	423	894	275	236	187	861	234	288	466	245	1069	474
20	728	755	285	230	206	698	306	921	343	225	1292	1488
21	743	652	295	235	195	549	258	937	218	225	1890	1670
22	540	613	277	237	204	504	226	715	280	201	1728	1651
23	500	571	275	238	258	458	204	502	370	198	1643	1433
24	372	944	430	232	485	448	198	386	1346	199	1349	1171
25	311	1212	486	231	421	400	202	393	2091	202	1150	915
26	315	1454	351	242	321	359	197	378	1563	204	1031	749
27	311	1735	359	235	279	344	259	313	1435	204	867	604
28	263	1548	339	231	273	335	248	285	1155	194	736	521
29	257	1389	333	221	321	305	254	246	854	191	604	432
30	265	328	202	325	283	227	250	646	180	521	414	325
31	303	328	289	289	289	204	240	240	182	182	182	325
NQ	257	315	273	202	187	283	165	175	218	180	160	223
SQ	465	828	413	276	258	687	215	311	534	330	676	548
VQ	1246	1735	1006	385	485	1251	306	937	2091	789	1890	1670
1968	NQ	DATUM			SQ	VQ	DATUM		$\Sigma Q$	$10^6$	[m <sup>3</sup> ]	
	160	4 - XI			459	2091	25 - IX		14 514			
NNQ						VVQ						

## Kriva trajanja i kriva u estalosti vodostaja

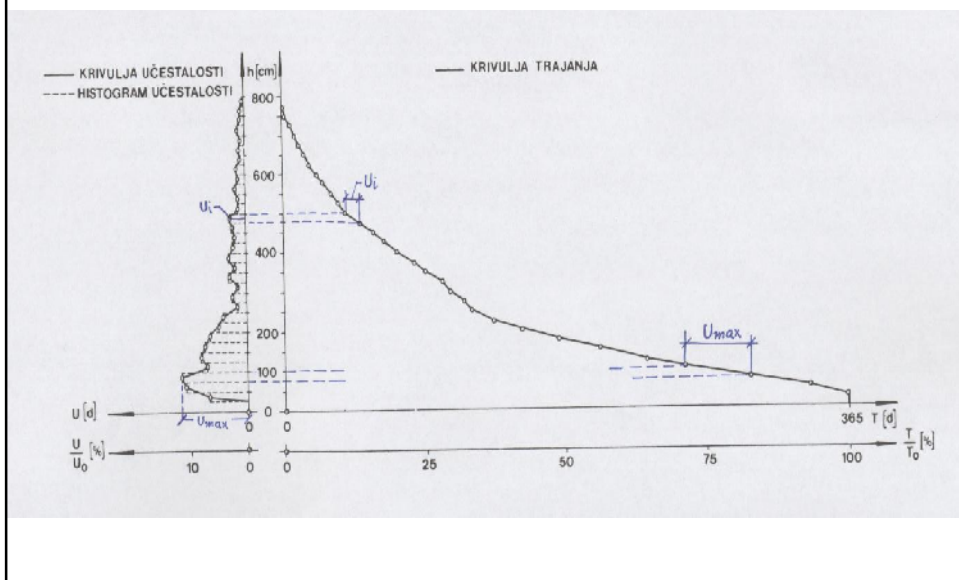




Primer sre enih podataka za konstrukciju krive u estalosti i krive trajanja vodostaja

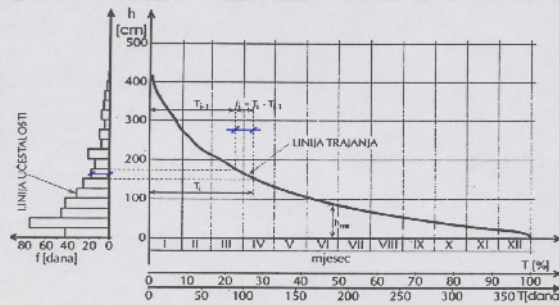
Razred [cm]	Učestalost		Ukupna učestalost	
	[d]	[%]	[d]	[%]
01	02	03	04	05
800 - 775	1	0.27	1	0.27
774 - 750	2	0.55	3	0.82
749 - 725	3	0.82	6	1.64
724 - 700	4	1.09	10	2.73
699 - 675	2	0.55	12	3.28
674 - 650	3	0.82	15	4.10
649 - 625	3	0.82	18	4.92
624 - 600	5	1.37	23	6.29
599 - 575	4	1.09	27	7.38
574 - 550	6	1.64	33	9.02
549 - 525	4	1.09	37	10.11
524 - 500	4	1.09	41	11.20
499 - 475	10	2.73	51	13.93
474 - 450	8	2.19	59	16.12
449 - 425	7	1.91	66	18.03
424 - 400	8	2.19	74	20.22
399 - 375	11	3.00	85	23.22
374 - 350	7	1.91	92	25.13
349 - 325	11	3.00	103	28.13
324 - 300	5	1.37	108	29.50
299 - 275	9	2.46	117	31.96
274 - 250	5	1.37	122	33.33
249 - 225	15	4.10	137	37.43
224 - 200	18	4.92	155	42.35
199 - 175	24	6.56	179	48.91
174 - 150	27	7.38	206	56.29
149 - 125	30	8.20	236	64.49
124 - 100	25	6.83	261	71.32
99 - 75	42	11.47	303	82.79
74 - 50	39	10.65	342	93.44
49 - 25	24	6.56	366	100.00
Ukupno:	366	100.00		

Primer krive trajanja i krive u estalosti



## 2. primer konstruisanja krive u estalosti i krive trajanja vodostaja

i	Vod. od - do h (cm)	Učestalost pojave po mjesecima $f_{ik}$ (dana)												Ukup. učest. $f_i$ (dana)	Trajanje $T_i$ (dana)
		Mjesec k													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	400-425		1										1	2	2
2	375-400		1										2	3	5
3	350-375		4										1	5	10
4	325-350		2	3									1	6	16
5	300-325		4	2									2	8	24
6	275-300		3	2									5	29	
7	250-275		4	4								1	1	10	39
8	225-250		1	5	1								1	8	47
9	200-225		4	10	6								1	21	68
10	175-200			5	5								4	14	82
11	150-175	2			14								2	18	100
12	125-150	2			4	9					1	1	10	26	126
13	100-125	8	3			12	2				1	1	5	32	158
14	75-100	19	1			10	4				2	6		42	200
15	50-75					24	10				2	10		46	246
16	25-50						21	31	14		11			77	323
17	0-25								16	26				42	365
$\Sigma$			31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365



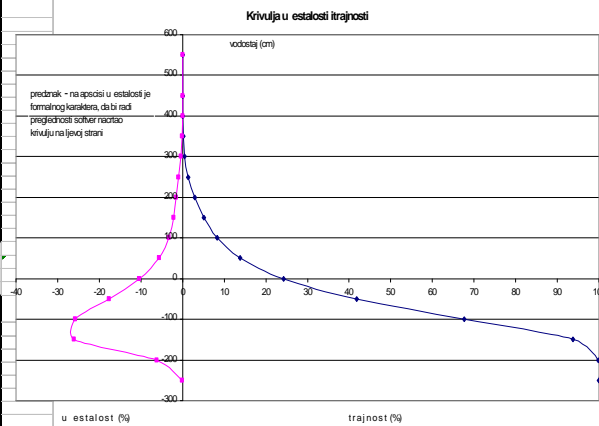
## 3. primer krive u estalosti i krive trajanja

Treba nacrtati krivulju u estalosti i krivulju trajnosti za vodostaje Save u Zagrebu u periodu 1926 - 1965, koji su podijeljeni u razrede inkrementa  $\Delta X = 50$  cm:

Interval vodostaja (cm)	trajnost (%)		u estalost (%)	
	apsolutna	relativna (%)	apsolutna	relativna (%)
500 - 550			1	
450 - 500			1	
400 - 450			4	
350 - 400			14	
300 - 350			48	
250 - 300			137	
200 - 250			219	
150 - 200			315	
100 - 150			477	
50 - 100			812	
0 - 50			1512	
0 - (-50)			2574	
-50 - (-100)			3765	
-100 - (-150)			3819	
-150 - (-200)			897	
-200 - (-250)			15	

Rješenje:

Interval vodostaja (cm)	trajnost (%)		u estalost (%)	
	apsolutna	relativna (%)	apsolutna	relativna (%)
500 - 550	1	0	1	0
450 - 500	2	0	1	0
400 - 450	6	0	4	0
350 - 400	20	0	14	0
300 - 350	68	0	48	0
250 - 300	205	1	137	1
200 - 250	424	3	219	1
150 - 200	739	5	315	2
100 - 150	1216	8	477	3
50 - 100	2028	14	812	6
0 - 50	3540	24	1512	10
0 - (-50)	6114	42	2574	18
-50 - (-100)	9879	68	3765	26
-100 - (-150)	13698	94	3819	26
-150 - (-200)	14595	100	897	6
-200 - (-250)	14610	100	15	0
sum			14610	



## RACIONALNA METODA

Osnovna metoda parametarske hidrologije:

$$Q_{\max} = C i A \quad [m^3/s]$$

**C** ... koeficijent oticanja

**i** ... mjerodavan intenzitet kiše

**A** ... površina sliva.

Racionalna metoda (*racionalna formula*) je formula za izračunavanje maksimalnih protoka s malih slivova, kao proizvoda slivne površine, mjerodavnog kišnog intenziteta i koeficijenta oticanja.

**Osnovne pretpostavke metode:**

**Intenzitet kiše je jednolik na cijelom slivu za cijelo vrijeme njenog trajanja, što u prirodi teško može biti ispunjeno. To se može prihvatiti samo za manje slivove (do 50 km<sup>2</sup>)**

**Maksimalan protok na izlaznom profilu sliva pojavljuje se u trenutku kada cijeli sliv sudjeluje u procesu oticanja, tj. nakon vremena koncentracije oticanja. Vrijeme koncentracije je vrijeme koje protekne od početka padanja kiše pa do trenutka kada voda iz najudaljenijeg dijela sliva dospje do izlaznog profila. To vrijeme zavisi od karakteristika sliva (veličine sliva, topografije, geoloških svojstava, vegetacije i dr.)**

**Za pojavu maksimalnog otjecanja mjerodavna je kiša jakog intenziteta koja traje upravo onoliko koliko je i vrijeme koncentracije oticanja.**

## Dimenzionalni koeficijent racionalne metode

Dimenzija protoka **Q** je [**m<sup>3</sup>/s**]. Da bi se protok izračunao u toj dimenziji potrebno bi bilo intenzitet kiše izraziti u [**m/s**], a površinu sliva u [**m<sup>2</sup>**].

S obzirom da se intenzitet kiše i površina sliva mogu u dimenzionalnom smislu izraziti na različite načine, to se zavisno od tih načina u racionalnoj formuli pojavljuje i odgovarajući dimenzionalni koeficijent.

Za slučaj da se intenzitet kiše iskaže u [**mm/min**] a površina sliva u [**ha**] :

$$Q_{\max} = C \cdot i \left[ \frac{0,001m}{60s} \right] \cdot A [10000m^2] = \frac{10}{60} C \cdot i \cdot A \quad [m^3/s]$$

$$Q_{\max} = 0,166 \cdot C \cdot i \cdot A \quad [m^3/s]$$

Za slučaj da se intenzitet kiše iskaže u [**mm/sat**] a površina sliva u [**km<sup>2</sup>**] bit će:

$$Q_{\max} = C \cdot i \left[ \frac{0,001m}{3600s} \right] \cdot A [10^6m^2] = \frac{1000}{3600} C \cdot i \cdot A \quad [m^3/s]$$

$$Q_{\max} = 0,286 \cdot C \cdot i \cdot A \quad [m^3/s]$$

## Koeficijent oticanja

**C - koeficijent oticanja** predstavlja odnos izme u maksimalnog protoka  $Q_{max}$  koji u sekundi otice sa sliva [ $m_3/s$ ], i ukupnog (bruto) vodenog taloga ( $i \cdot A$ ) koji u sekundi dospjeva na cjelokupnu površinu sliva. To je dakle koeficijent koji kaže koliko od ukupno pale kise (*u sekundi*) fakti ki oti e (*u sekundi*).

Definise se kao odnos efektivne i bruto kise:

$$C = \frac{P_e}{P}$$

$P$  je bruto kisa koja pada na sliv; mjerodavan iznos bruto kise za koju e se ra unati  $Q_{max}$  ustanovljuje se na osnovu kišomjernih podataka o palim kisama na itavom slivnom podru ju.

$P_e$  je onaj dio bruto kise pale na sliv koji fakti ki oti e, tj. formira oticanje, a naziva se efektivnom kisom (*neto kisom, koja oti e*)

**U stru noj literaturi se iskazuju prosje ne vrijednosti koeficijenta oticanja zavisno od osobina slivnih površina datih opisno – naj eš e u vidu tabli nih prikaza, a re e u vidu parametarskih jednacina.**

### Primjer prosje nih vrijednosti koeficijenta oticanja C

Vegetacija i topografski uvjeti		pad sliva	pijesak	mulj, glina	zbijena glina
1. šumska zemljišta	a) ravnice	0 - 5%	0,10	0,30	0,40
	b) brežuljci	5 - 15%	0,25	0,35	0,50
	c) brda	15 - 30%	0,30	0,50	0,60
2. pašnjaci i trava	a) ravnice	0 - 5%	0,10	0,30	0,40
	b) brežuljci	5 - 15%	0,16	0,36	0,55
	c) brda	15 - 30%	0,22	0,42	0,60
3. obradiva zemljišta	a) ravnice	0 - 5%	0,30	0,50	0,60
	b) brežuljci	5 - 15%	0,40	0,60	0,70
	c) brda	15 - 30%	0,52	0,72	0,82
4. naselja	a) ravnice	0 - 5%	nepropusnost zemljišta:		
			30%	50%	70%
	b) brežuljci	5 - 15%	0,40	0,55	0,65
			0,50	0,65	0,80
5. parkovi, groblja igrališta rezidencijalne stambene površine industrijske zone terase, krovovi za vožnju i prolaznje gradovi u ravnici, asfalt, beton, kosi krovovi			0,10 - 0,25		
			0,20 - 0,35		
			0,30 - 0,70		
			0,50 - 0,90		
			0,75 - 0,85		
			0,75 - 0,95		

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i \cdot A_i}{A}$$

## ITP – krive

