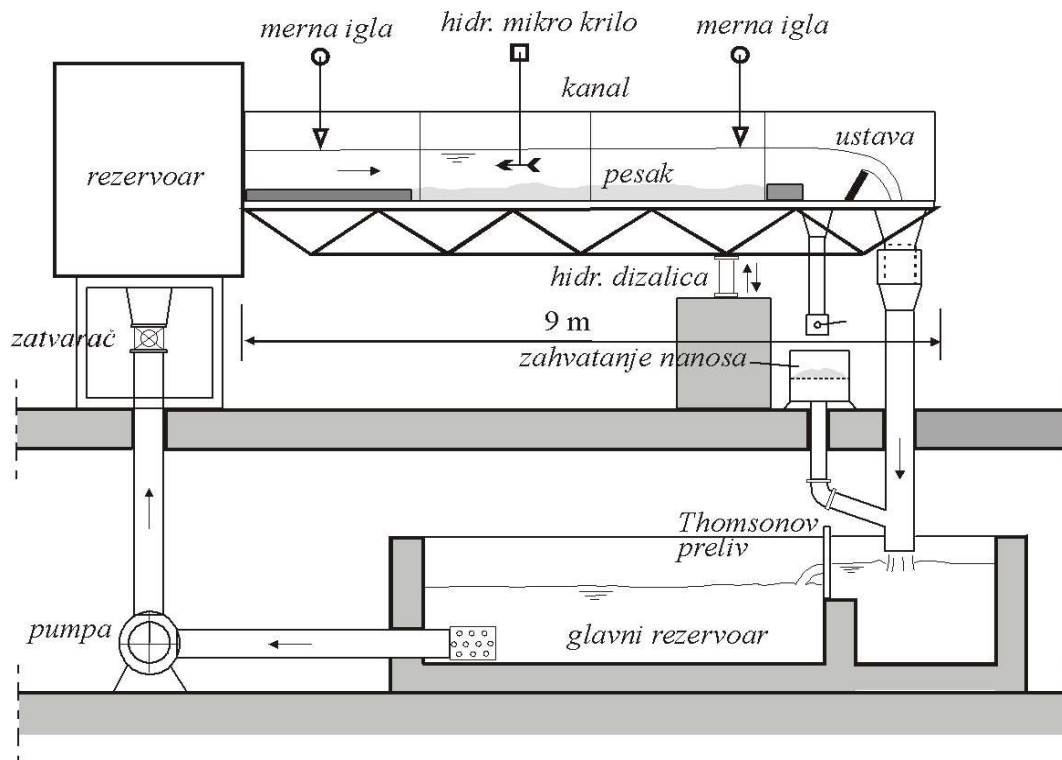


VEŽBE IZ PREDMETA "REGULACIJA REKA"

LABORATORIJSKA VEŽBA BR. 1

Na Slici 1 je shematski prikazana laboratorijska instalacija:



Slika 1: Laboratorijska instalacija

1.1 Koristeći Thomsonov oštroični preliv kao uređaj za merenje protoka, odrediti protok vode u kanalu za dati položaj regulacione ustave na nizvodnom kraju kanala (Slika 1).

Visina prelivnog mlaza $h_p = \dots\dots\dots$ m;

Protok $Q = (8/15) \sqrt{2g \cdot h_p^5} = \dots\dots\dots$ l/s.

Tabela 1: Proračun rasporeda brzine po dubini toka

$h = \dots\dots\dots$ m

Merna tačka	z [m]	z/h [-]	Čitanje na brojčaniku N			N_{sr} [-]	n_{ob} [o/s]	u [m/s]	u_{log} [m/s]	$\frac{ u - u_{log} }{u} \times 100$ [%]
			1	2	3					

1.2 Odrediti raspored brzine po dubini toka pomoću mikrokrila. Merenja obaviti u 5 tačaka date vertikale i to po 3 merenja u svakoj tački (Tabela 1).

Jednačina hidrometrijskog krila:

$$\begin{aligned} u &= 0.0576 \cdot n_{ob} + 0.034 & \text{za } n_{ob} \leq 5 \text{ o/s} \\ u &= 0.0550 \cdot n_{ob} + 0.047 & \text{za } n_{ob} > 5 \text{ o/s,} \end{aligned}$$

gde je $n_{ob} = N_{sr}/\Delta t$ - broj obrtaja elise, N_{sr} - srednja vrednost čitanja na brojčaniku, a $\Delta t = \dots \text{ s}$ - vremenski interval merenja.

1.3 Sračunati raspored brzine u istoj vertikali prema teorijskom logaritamskom zakonu:

$$u_{log} = u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \left(\frac{z}{z_o} \right),$$

koji predstavlja dvoparametarski računski model rasporeda brzine. Vrednosti parametara – referentnog odstojanja z_o i smičuće brzine u_* , određuju se na osnovu izmerenog profila brzine. Sračunate vrednosti uneti u pretposlednju kolonu Tabele 1, a u poslednjoj koloni prikazati relativna odstupanja izmerenih i računskih brzina. (Vrednost koeficijenta viskoznosti zavisi od temperature, prema izrazu: $\nu(T) = [1.14 - 0.031(T - 15) + 0.00068(T - 15)^2] \times 10^{-6}$, gde je temperatura T u Celzijusovim stepenima).

Uputstvo: Postupak se zasniva na činjenici da data logaritamska zavisnost, napisana u obliku:

$$u = 5.75 \cdot u_* \cdot \log \left(\frac{z}{h} \right) + 5.75 \cdot u_* \cdot \log \left(\frac{h}{z_o} \right)$$

predstavlja pravu na dijagramu u logaritamskoj podeli (Slika 2). Težišna prava se povlači kroz sistem mernih tačaka do odstojanja $z/h < 0.2$, jer je logaritamska zavisnost u toj oblasti „najjača”. Pomoću ove prave se očitavaju vrednosti dve karakteristične brzine $u(z/h)$:

$$\begin{aligned} u_1 &= u(1) = 0 + 5.75 \cdot u_* \cdot \log \left(\frac{h}{z_o} \right) \\ u_2 &= u(0.1) = -5.75 \cdot u_* + 5.75 \cdot u_* \cdot \log \left(\frac{h}{z_o} \right), \end{aligned}$$

pa se, oduzimanjem druge jednačine od prve, najpre računa vrednost: $u_* = (u_1 - u_2)/5.75$, a zatim, iz izraza:

$$u_1 = 5.75 \cdot u_* \cdot \log \left(\frac{h}{z_o} \right); \quad z_o = h \cdot 10^{-\frac{u_1}{5.75 u_*}},$$

vrednost parametra z_o .

Tabela 2: *Rezultati proračuna*

u_1 [m/s]	u_2 [m/s]	u_* [m/s]	z_o [m]

Na Slici 2 grafički prikazati profile izmerenih i sračunatih brzina. Odrediti vrednost srednje brzine po dubini integracijom rasporeda izmerenih brzina i pomoću teorijski izvedenog uslova: $\tilde{u} \approx u(0.4h) = \dots \text{ m/s}$.

1.4 Pokazati na Šildsovom dijagramu (Slika 3) da se nanos nalazi u stanju mirovanja. Manevrom ustave povećati pijeometarski pad u kanalu (odnosno tangencijalni napon), tako da se može uočiti masovno pokretanje nanosa. Pokazati na Šildsovom dijagramu da se nanos nalazi u stanju kretanja. (Proračun obaviti u Tabelama 3 i 4.)

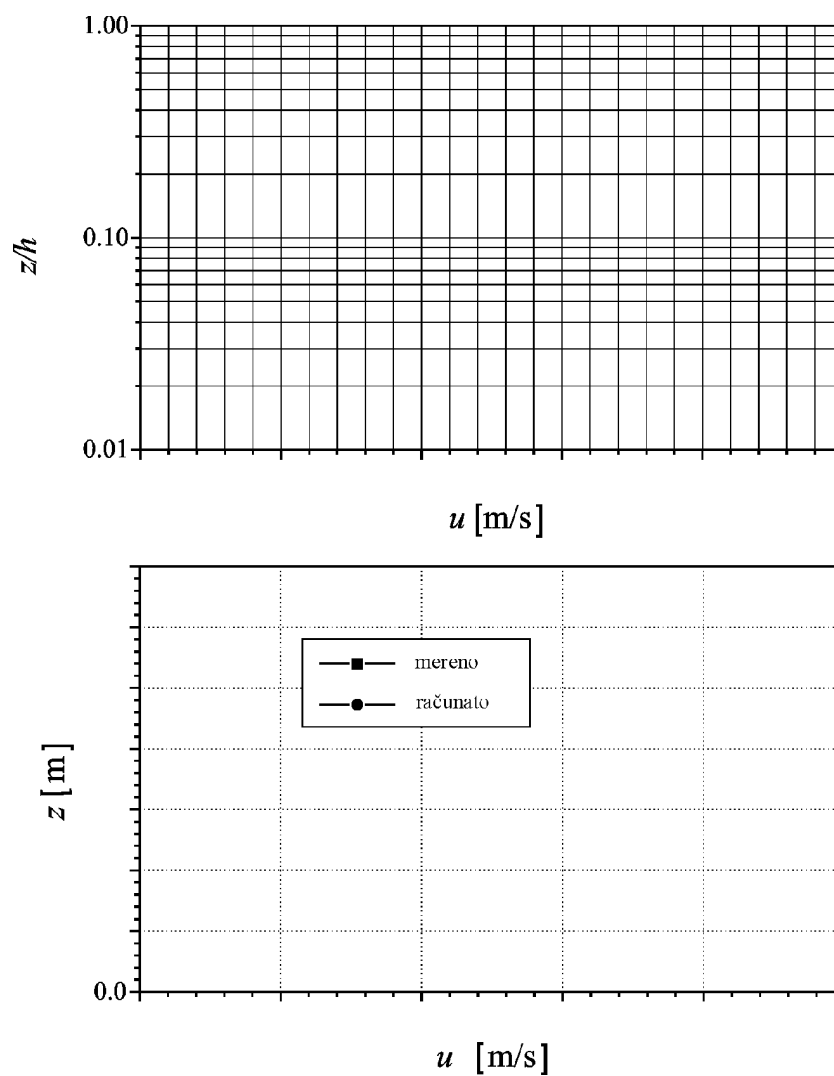
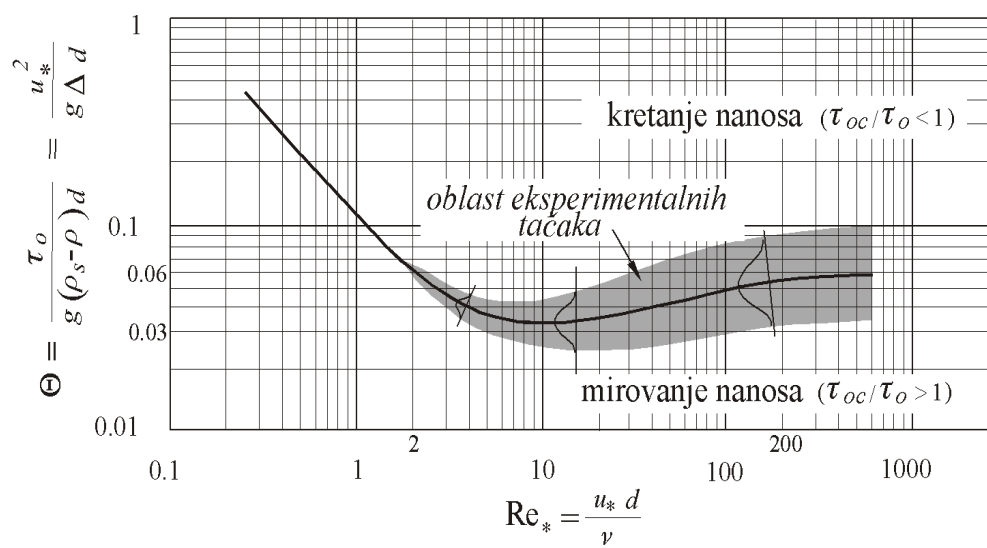
Slika 2: *Profili brzina*Slika 3: *Šildsov dijagram*

Tabela 3: *Hidraulički parametri toka*

Nanos u stanju mirovanja						Nanos u pokretu					
n	A	O	R	V	V_*	n	A	O	R	V	V_*
$[\text{m}^{-1/3}\text{s}]$	$[\text{m}^2]$	$[\text{m}]$	$[\text{m}]$	$[\text{m/s}]$	$[\text{m/s}]$	$[\text{m}^{-1/3}\text{s}]$	$[\text{m}^2]$	$[\text{m}]$	$[\text{m}]$	$[\text{m/s}]$	$[\text{m/s}]$

Tabela 4: *Vrednosti parametara Šildsove zavisnosti*

Nanos u stanju mirovanja			Nanos u pokretu		
Re_*	τ_o	Θ	Re_*	τ_o	Θ
$[-]$	$[\text{kPa}]$	$[-]$	$[-]$	$[\text{kPa}]$	$[-]$

LABORATORIJSKA VEŽBA BR. 2

2.1 Posmatrati stvaranje i pokretanje nanosnih formi („peščanih talasa”) na dnu kanala u datim hidrauličkim uslovima:

Visina prelivnog mlaza $h_p = \dots\dots\dots \text{m}$;

Protok $Q = (8/15) \sqrt{2g \cdot h_p^5} = \dots\dots\dots \text{l/s}$.

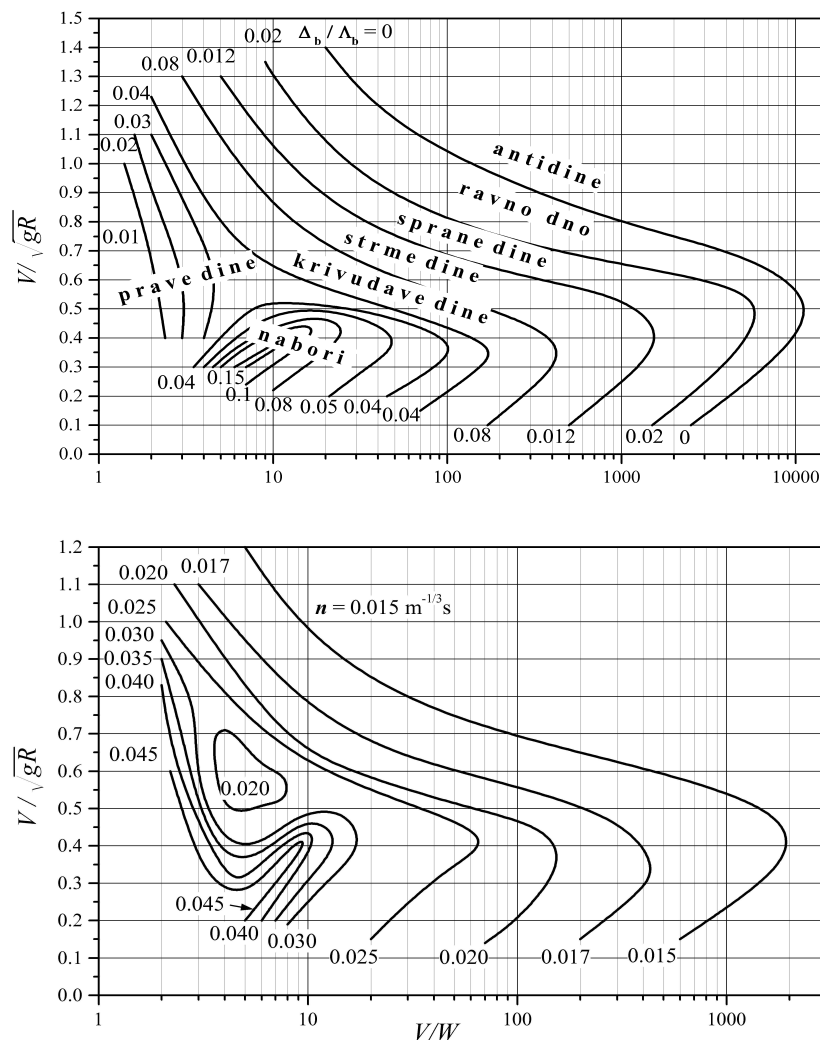
Proveriti tip nanosnih formi pomoću dijagrama Znamenskaje (Slika 4). Vrednosti parametara V/W i Fr sračunati u Tabeli 5. Za proračun brzine tonjenja koristiti empirijski obrazac:

$$\begin{array}{llll}
 G_* \leq 10 & \dots & \text{Re}_W = 0.0556 & G_* \\
 G_* = 10-300 & \dots & \text{Re}_W = 0.0784 & G_*^{0.85} \\
 G_* = 300-67000 & \dots & \text{Re}_W = 0.1711 & G_*^{0.713} \\
 G_* > 67000 & \dots & \text{Re}_W = 1.826 & G_*^{0.5}
 \end{array}$$

gde je bezdimenzioni parametar zrna $G_* = g \cdot \Delta \cdot d^3 / \nu^2$ definisan u funkciji srednjeg prečnika zrna d , relativne gustine nanosa $\Delta = (\rho_s - \rho) / \rho$ i kinematičkog koeficijenta viskoznosti ν . Brzina tonjenja zrna je $W = \text{Re}_W \cdot \nu / d$.

2.2 Na osnovu očitane vrednosti Maningovog koeficijenta koji obuhvata i „aluvijalni otpor”, sračunati vrednost Šildsovog broja (Tabela 6) i pokazati na dijagramu na Slici 3 da je nanos u pokretu. Na koji način otpor usled prisustva nanosnih formi utiče na režim kretanja vučenog nanosa? (Uporediti sa rezultatima iz tačke 1.4.)

2.3 Odrediti brzinu pomeranja nanosnih „talasa”. Pretpostavljajući da se oblik pešćanog talasa u uzdužnom profilu ne menja tokom njegovog kretanja, sračunati zapreminski i maseni jedinični pronos vučenog nanosa. Zapreminska masa nanosa iznosi $\rho_z = 1.65 \text{ t/m}^3$. (Proračun obaviti u Tabeli 7.)



Slika 4: Empirijski dijagrami Znamenskaje (1964) za procenu vrste nanosnih oblika, njihovih dimenzija i veličine „aluvijalnog otpora”; karakteristike nanosa su definisane „faktorom pokretljivosti” V/W , gde je V – srednja profilska brzina, a W – brzina tonjenja zrna, dok su karakteristike toka definisane vrednošću Frudovog broja $V/\sqrt{g \cdot R}$; dimenzije nabora, dina i antidina su određene odnosom visine Δ_b i dužine Λ_b ; Manningov koeficijent obuhvata otpor trenja i otpor oblika pešćanih talasa (aluvijalni otpor)

Tabela 5: Vrednosti parametara zavisnosti Znamenskaje

Q [m ³ /s]	h [m]	B [m]	A [m ²]	O [m]	R [m]	V [m/s]	$Fr=V/\sqrt{g \cdot R}$ [-]

d [m]	Δ [-]	ν [m ² /s]	G_* [-]	R_W [-]	W [m/s]	V/W [-]	Tip nanosne forme	Koef. otpora n [m ^{-1/3} s]

Tabela 6: *Parametri Šildsove zavisnosti*

V_*	Re_*	τ_o	Θ
[m/s]	[-]	[kPa]	[-]

Tabela 7: *Proračun brzine kretanja nanosnih talasa i pronosa vučenog nanosa*

Merenje	Δx [m]	Δt [s]	u_b [m/s]	Λ_b [m]	Δ_b [m]	T_b [s]	∇_b [m ³ /m]	q_v [m ³ /(sm)]	q_{vm} [kg/(sm)]
1									
2									
3									

LABORATORIJSKA VEŽBA BR. 3

3.1 Analizirati kvalitativno pojavu lokalne erozije oko stuba u uslovima „čiste vode” (u odsustvu opšte deformacije dna). Skicirati oblik erozije jame i odrediti njenu najveću dubinu. Ispitati kako na dimenzije erozije jame utiče: (a) oblik stuba i (b) njegov položaj u odnosu na pravac glavnog toka.

3.2 Analizirati kvalitativno lokalnu deformaciju dna u zoni suženja kanala (”naper”, ”mostovski oporac”). Skicirati oblik erozije jame tokom njenog razvoja do konacnih dimenzija.