

PILOT-POSTROJENJA I PROJEKTIRANJE
POSTUPAKA PROČIŠĆAVANJA VODA

**FAKULTET KEMIJSKOG
INŽENJERSTVA I TEHNOLOGIJE**

ZAVOD ZA OPĆU I ANORGANSKU KEMIJU

Nastavnik:

Dr. sc. Laszlo SIPOS, red. prof.

Suradnici:

Marinko MARKIĆ, dipl. inž.

Mr. sc. Tamara ŠTEMBAL, dipl. inž.

Nataša ZUBER, dipl. inž.

Iva NOVAK, dipl. inž.

Mr. sc. Lidija FURAČ, dipl. inž.

Mr. sc. Željko KOVAČEVIĆ, dipl. inž.

Irena BRATELJ, dipl. inž.

Tatjana Ignjatić Zokić, dipl. inž.

Nikša ZOKIĆ, tehn. sur.

**PILOT-POSTROJENJA
OPĆENITO**

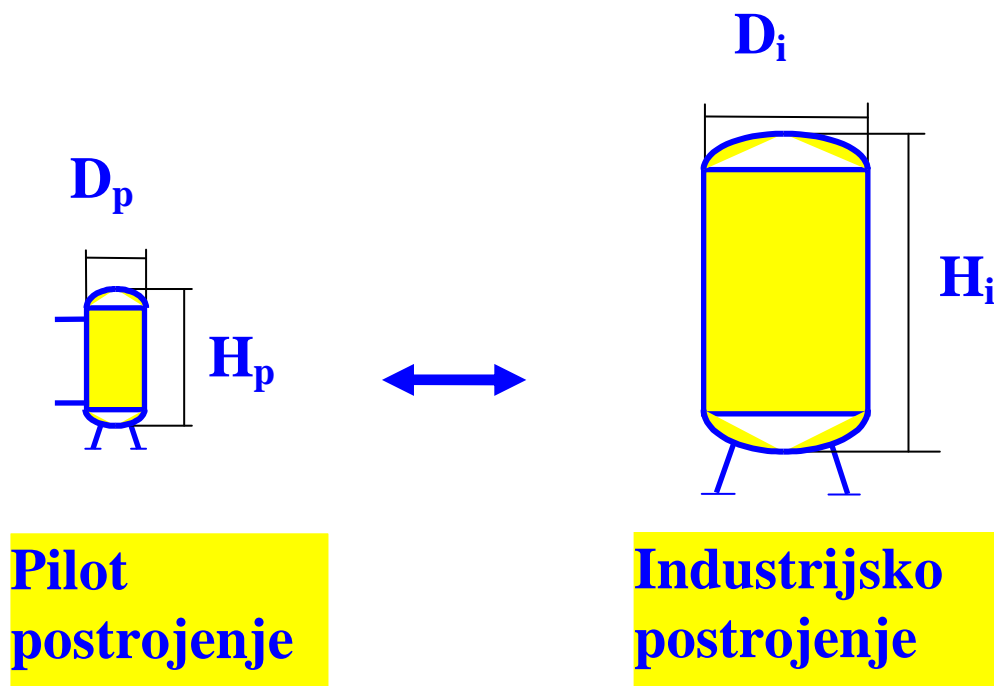
**PROČIŠĆAVNJE
OTPADNIH VODA
GRADOVA I
INDUSTRIJE**

**PRIPRAVA VODE ZA
PIĆE
PROČIŠĆAVANJEM
POVRŠINSKIH I
PODZEMNIH VODA**

ZAKLJUČCI

PILOT-POSTROJENJA ILI
POLUINDUSTRIJSKA POSTROJENJA
SU UMANJENE KOPIJE POSTOJEĆIH ILI
ZAMIŠLJENIH INDUSTRIJSKIH
POSTROJENJA, A OMOGUĆAVAJU
ODVIJANJE ODREĐENIH FIZIČKIH,
FIZIČKO-KEMIJSKIH, KEMIJSKIH I
BIOLOŠKIH PROCESA POD UVJETIMA
SLIČNIM U INDUSTRIJSKIM POSTRO-
JENJIMA.

PRENOŠENJE PROCESA U VEĆE MJERILO
"SCALE-UP"



$$H_p * r = H_i$$

- Geometrijska sličnost

Vanjska geometrijska sličnost

$$H_i/H_p = D_i/D_p = r$$

Unutrašnja geometrijska sličnost

$$H_p/D_p = H_i/D_i = k_l$$

- Fizikalna sličnost

$$\rho_{p1}/\rho_{p2} = \rho_{i1}/\rho_{i2} = k_\rho$$

- Kinetička sličnost
- Dinamička sličnost
- Kemijska sličnost
- Biološka sličnost
- Toplinska sličnost

- Potpuna sličnost

- Djelomična sličnost

Veliki broj funkcionalno povezanih varijabli komplicira problem prenošenja u veće mjerilo.

Iz raznih fizikalnih veličina treba definirati bezdimenzionalne veličine kao kriterij sličnosti.

BUCKINGHAMOV teorem:

$$A = f(B_1, B_2, \dots, B_n)$$

$$f(A, B_1, B_2, \dots, B_n) = 0$$

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_m) = 0$$

$$\pi_1 = (A)^{a_1} * (B_1)^{b_1} * (B_2)^{c_1} * \dots$$

$$\pi_2 = (A)^{a_2} * (B_1)^{b_2} * (B_2)^{c_2} * \dots$$

:

$$\pi_m = (A)^{a_m} * (B_1)^{b_m} * (B_2)^{c_m} * \dots$$

$$m = n + 1 - k$$

gdje je:

A - ovisna varijabla

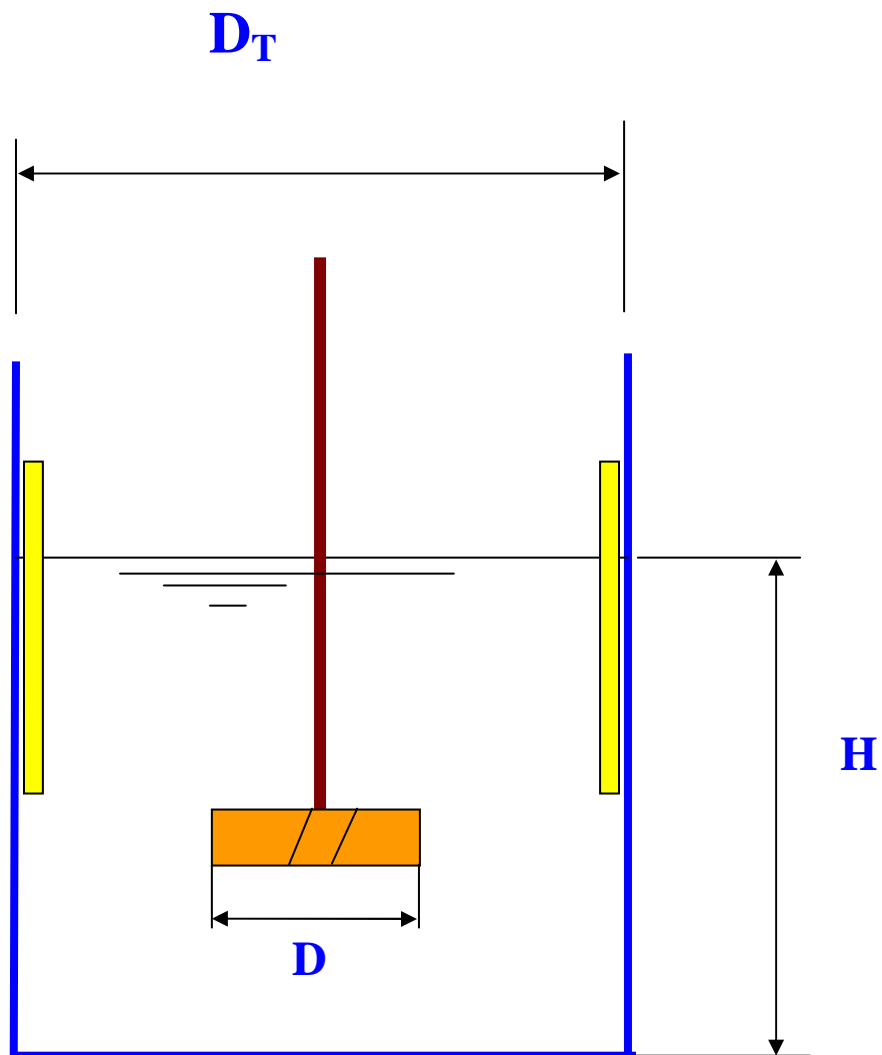
B - neovisna varijabla

π - bezdimenzionalne veličine

n - broj neovisnih varijabli

k - broj neovisnih dimenzija

m - broj bezdimenzionalnih veličina



MIJEŠALICA

- D** - Promjer miješalice
- D_T** - Promjer spremnika
- H** - Visina tekućine

$$P = f(\mu, \rho, N, g, D, D_T, \dots)$$

$$f(P, \mu, \rho, N, g, D, D_T, \dots) = 0$$

Snaga	P	$\text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$	$\text{M L}^2 \text{T}^{-3}$
Viskozitet	μ	$\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$	$\text{M L}^{-1} \text{T}^{-1}$
Gustoća	ρ	kg m^{-3}	M L^{-3}
Broj okretaja	N	s^{-1}	T^{-1}
Ubrzanje teže	g	m s^{-2}	L T^{-2}
Promjer mješalice	D	m	L
Promjer spremnika	D_T	m	L

Broj neovisnih varijabli: $n = 6$

Broj neovisnih dimenzija: $k = 3$

Broj bezdimenzionalnih veličina:

$$m = n + 1 - k = 6 + 1 - 3 = 4$$

$$\pi_1 = (\rho)^{k1} * (N)^{k2} * (D)^{k3} * (P)^1$$

$$\pi_2 = (\rho)^{k4} * (N)^{k5} * (D)^{k6} * (\mu)^1$$

$$\pi_3 = (\rho)^{k7} * (N)^{k8} * (D)^{k9} * (g)^1$$

$$\pi_4 = (\rho)^{k10} * (N)^{k11} * (D)^{k12} * (D_T)^1$$

$$\pi_1 = (\rho)^{k_1} * (\mathbf{N})^{k_2} * (\mathbf{D})^{k_3} * (\mathbf{P})^1$$

$$\pi_1 = (\mathbf{M} \mathbf{L}^{-3})^{k_1} * (\mathbf{T}^{-1})^{k_2} * (\mathbf{L})^{k_3}$$

$$* (\mathbf{M} \mathbf{L}^2 \mathbf{T}^{-3})^1 = \mathbf{M}^0 \mathbf{L}^0 \mathbf{T}^0$$

$$\mathbf{M}: 0 = k_1 + 1$$

$$\mathbf{L}: 0 = -3k_1 + k_3 + 2$$

$$\mathbf{T}: 0 = -k_2 - 3$$

$$k_1 = -1$$

$$k_2 = -3$$

$$k_3 = -5$$

$$\pi_1 = \mathbf{P}/\rho \mathbf{N}^3 \mathbf{D}^5$$

$$\pi_2 = (\rho)^{k_4} * (\mathbf{N})^{k_5} * (\mathbf{D})^{k_6} * (\mu)^1$$

$$\pi_2 = (\mathbf{M} \mathbf{L}^{-3})^{k_4} * (\mathbf{T}^{-1})^{k_5} * (\mathbf{L})^{k_6}$$

$$* (\mathbf{M} \mathbf{L}^{-1} \mathbf{T}^{-1})^1 = \mathbf{M}^0 \mathbf{L}^0 \mathbf{T}^0$$

$$\mathbf{M}: 0 = k_4 + 1$$

$$\mathbf{L}: 0 = -3k_4 + k_6 - 1$$

$$\mathbf{T}: 0 = -k_5 - 1$$

$$k_4 = -1$$

$$k_5 = -1$$

$$k_6 = -2$$

$$\pi_2 = \mu/\rho \mathbf{N} \mathbf{D}^2$$

$$\pi_3 = (\rho)^{k7} * (\mathbf{N})^{k8} * (\mathbf{D})^{k9} * (\mathbf{g})^1$$

$$\pi_3 = (\mathbf{M} \mathbf{L}^{-3})^{k7} * (\mathbf{T}^{-1})^{k8} * (\mathbf{L})^{k9}$$

$$* (\mathbf{L} \mathbf{T}^{-2})^1 = \mathbf{M}^0 \mathbf{L}^0 \mathbf{T}^0$$

$$\mathbf{M}: 0 = k7$$

$$\mathbf{L}: 0 = -3k7 + k9 + 1$$

$$\mathbf{T}: 0 = -k8 - 2$$

$$k7 = 0$$

$$k8 = -2$$

$$k9 = -1$$

$$\pi_3 = \mathbf{g} / \mathbf{N}^2 \mathbf{D}$$

$$\pi_4 = (\rho)^{k10} * (\mathbf{N})^{k11} * (\mathbf{D})^{k12} * (\mathbf{D}_T)^1$$

$$\pi_4 = (\mathbf{M} \mathbf{L}^{-3})^{k10} * (\mathbf{T}^{-1})^{k11} * (\mathbf{L})^{k12}$$

$$* (\mathbf{L})^1 = \mathbf{M}^0 \mathbf{L}^0 \mathbf{T}^0$$

$$\mathbf{M}: 0 = k10$$

$$\mathbf{L}: 0 = -3k10 + k12 + 1$$

$$\mathbf{T}: 0 = -k11$$

$$k10 = 0$$

$$k11 = 0$$

$$k12 = -1$$

$$\pi_4 = \mathbf{D}_T / \mathbf{D}$$

$$P/\rho N^3 D^5 = f \{ (\rho N D^2 / \mu), (N^2 D/g), (D_T/D) \}$$

Značajka snage:

$$N_P = P/\rho N^3 D^5$$

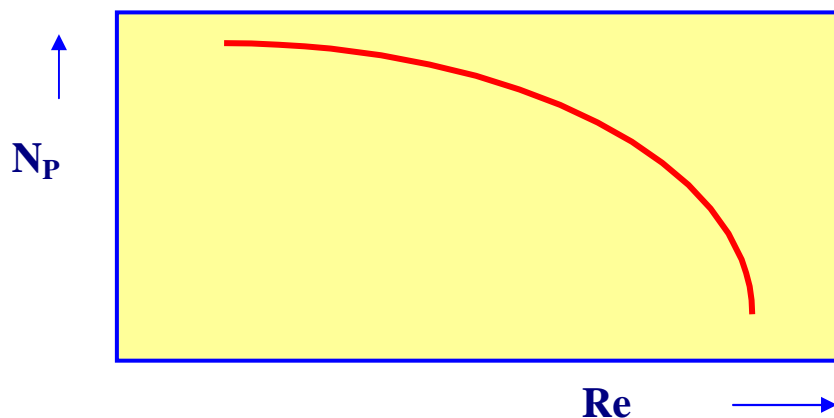
Reynolds-ova značajka:

$$Re = \rho N D^2 / \mu$$

Froud-ova značajka:

$$Fr = N^2 D/g$$

$$N_p = f (Re, Fr, D_T/D)$$



NA SLIČAN NAČIN, KOD FILTRACIJE DOBIVAMO:

$$H = F \left(\frac{\rho d v}{\mu} \right)^A \left(\frac{d g}{v^2} \right)^B \left(\frac{h}{d} \right)^C \left(\frac{D}{d} \right)^E \left(\frac{e}{d} \right)^F (P)^G (U)^H (Z)^I$$

Gdje je:

H - gubitak tlaka

F - funkcija

D - Promjer spremnika

g - konstanta grav.

μ - viskoznost

v - brzina toka

ρ - gustoća

d - promjer čestice

e - značajka površine

h - visina filt. ispune

U - raspodjela čestica

P - poroznost f. medija

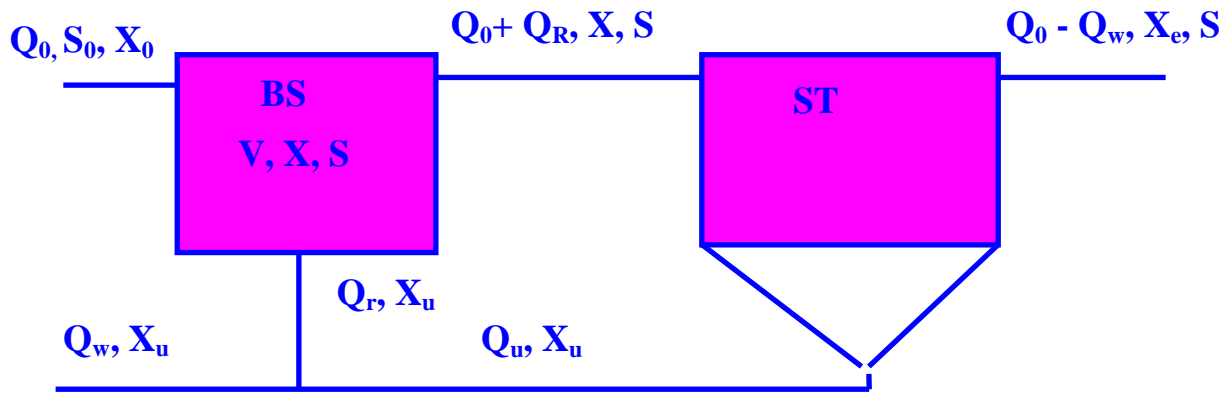
Z - značajka oblika č.

Gubitak tlaka ovisit će od:

- 1. visine filtarske ispune**
- 2. veličina čestica ispune**
- 3. oblika čestica**
- 4. poroznosti ispune**
- 5. složenosti ispune**
- 6. veličine: D/d**

$$\mathbf{D/d > 50}$$

$$\mathbf{d = 0.5 \text{ mm} \quad D = 25 \text{ mm}}$$



Koncentracija biomase X

Vrijeme zadržavanja - hidrauličko

$$\theta = V/Q_0$$

Vrijeme zadržavanja - biomase (starost mulja)

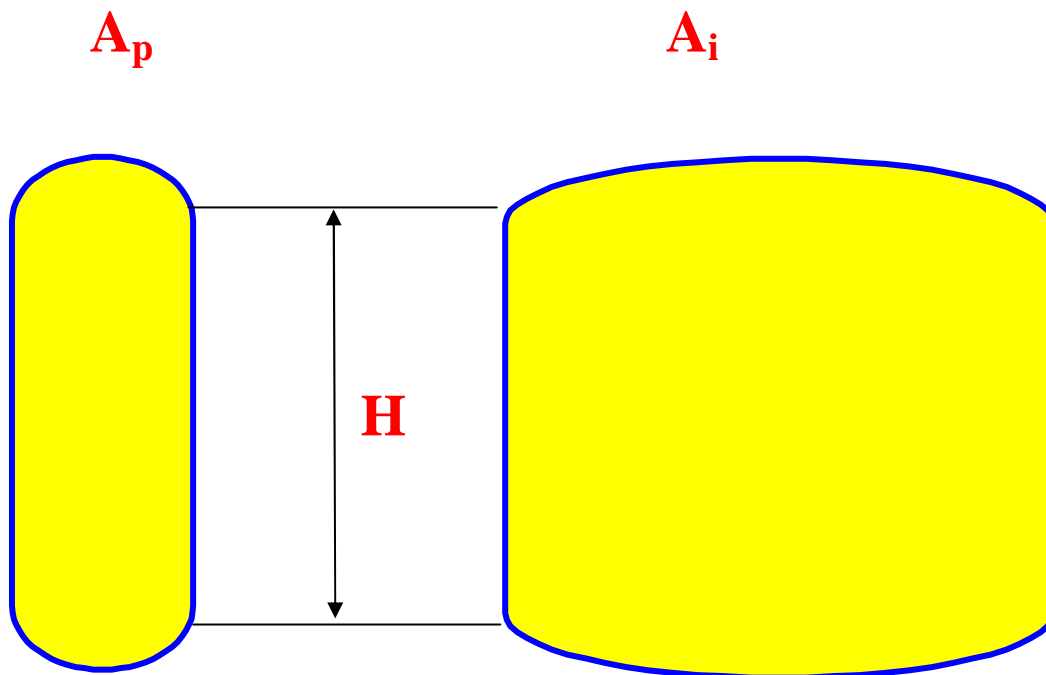
$$\theta_c = (VX)/(Q_w X_u)$$

Prostorno opterećenje

$$V_L = Q * S_0/V \quad \text{kg BPK}_5/(\text{m}^3 * \text{d})$$

Muljno opterećenje

$$F/M = Q (S_0 - S)/(V * X) \quad \text{kg BPK}_5/(\text{kg ST} * \text{d})$$



**Pilot
postrojenje**

**Industrijsko
postrojenje**

$$H_p = H_i$$

$$A_p * r = A_i$$

$$V_p * r = V_i$$

$$Q_p * r = Q_i$$

$$\Theta = V_p/Q_p = V_i/Q_i$$

PILOT-POSTROJENJA
FAKULTETA KEMIJSKOG INŽENJERSTVA I
TEHNOLOGIJE ZAGREB

1. Babina Greda	pitke vode
2. Bjelova	otpadne vode
3. Bjelovar	pitke vode
4. Buzet	pitke vode
5. Čazma	pitke vode
6. Ivanić Grad	pitke vode
7. Koprivnica	otpadne vode
8. Osijek	pitke vode
9. Petrinja	pitke vode
10. Požega	pitke vode
11. Ravnik	pitke vode
12. Sunja	pitke vode
13. Veliki Zdenci	otpadne vode
14. Vinkovci	pitke vode
15. Zagreb	otpadne vode

OSTALE DJELATNOSTI

1. Davor	pitke vode
2. Drenovci	pitke vode
3. Kutina	otpadne vode
4. N.P. Krka	pitke vode
5. Nova Rača	pitke vode
6. Rijeka	otpadne vode
7. Varaždin	otpadne vode

**PILOT POSTROJENJA I PROČIŠĆAVNJE
PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA**

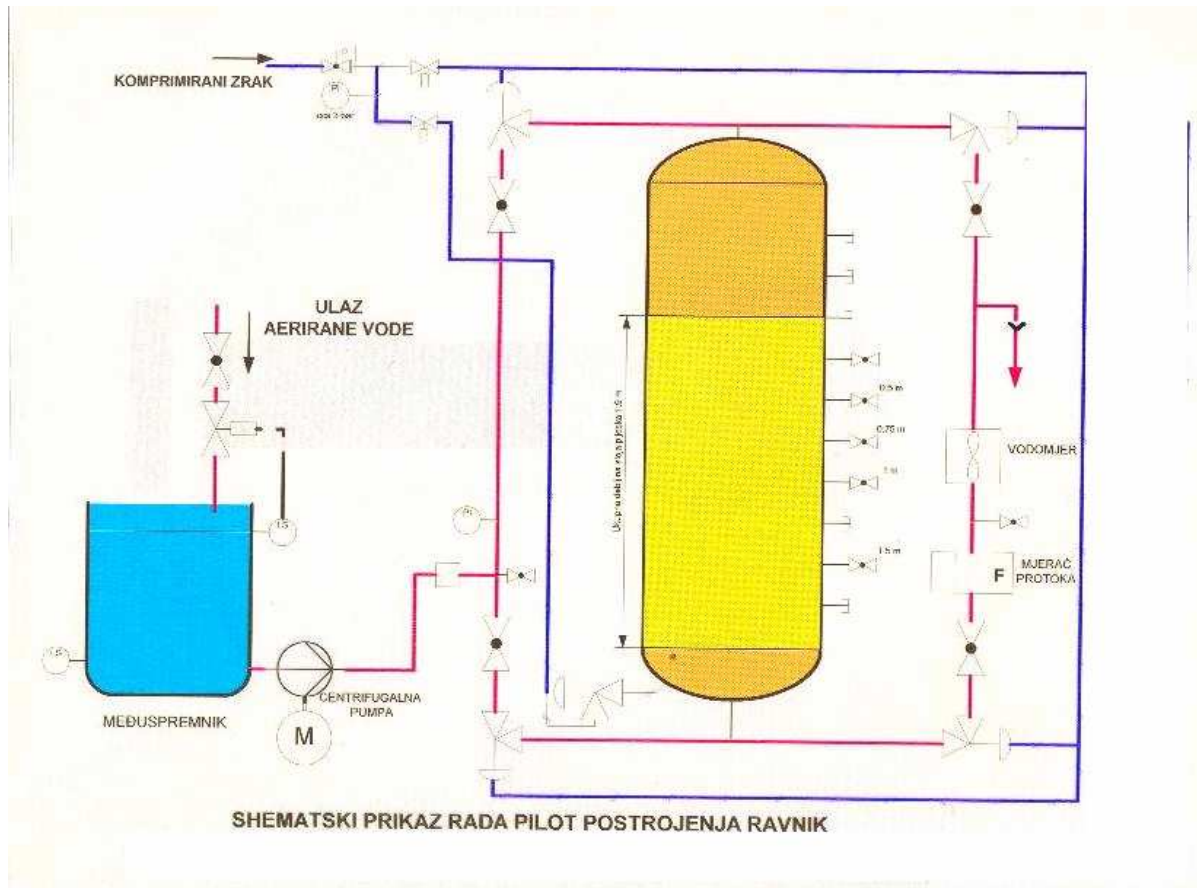


Tablica 1. Vrijednosti T(95/15) koncentracija amonijaka, željeza, mangana i permanganatnog broja u pojedinim fazama priprave vode na postrojenju "Ravnik" za razdoblje od siječnja 1993 do studenog 1997. godine

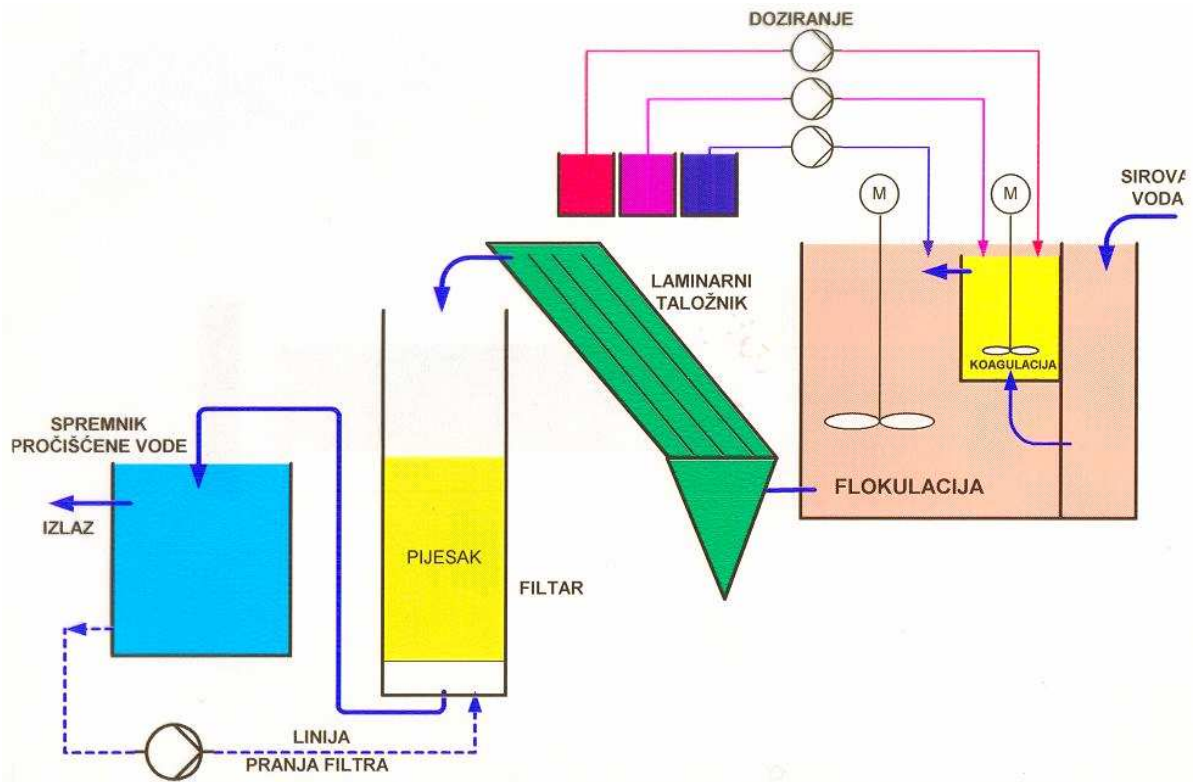
Lokacija	pH	NH ₃ -N mg/L	Fe mg/L	Mn mg/L	KMnO ₄ mg/L O ₂
Sirova v.	7.48	1.011	2.450	0.224	*
F1 – izlaz	7.50	0.101	0.0824	**	1.85
F2 – izlaz	7.52	0.103	0.0935	**	1.66
F3 – izlaz	7.50	0.104	0.0666	**	2.02
F4 – izlaz	7.50	0.104	0.0864	**	1.93
F5 – izlaz	7.51	0.105	0.0786	**	2.13
F6 – izlaz	7.50	0.104	0.0771	**	1.91
F7 – izlaz	7.51	0.105	0.0849	**	1.94
MDK	6.5-8.5	0.1	0.3	0.05	3

*) nema dovoljan broj podataka za procjenu T(95/15)

**) nema podataka





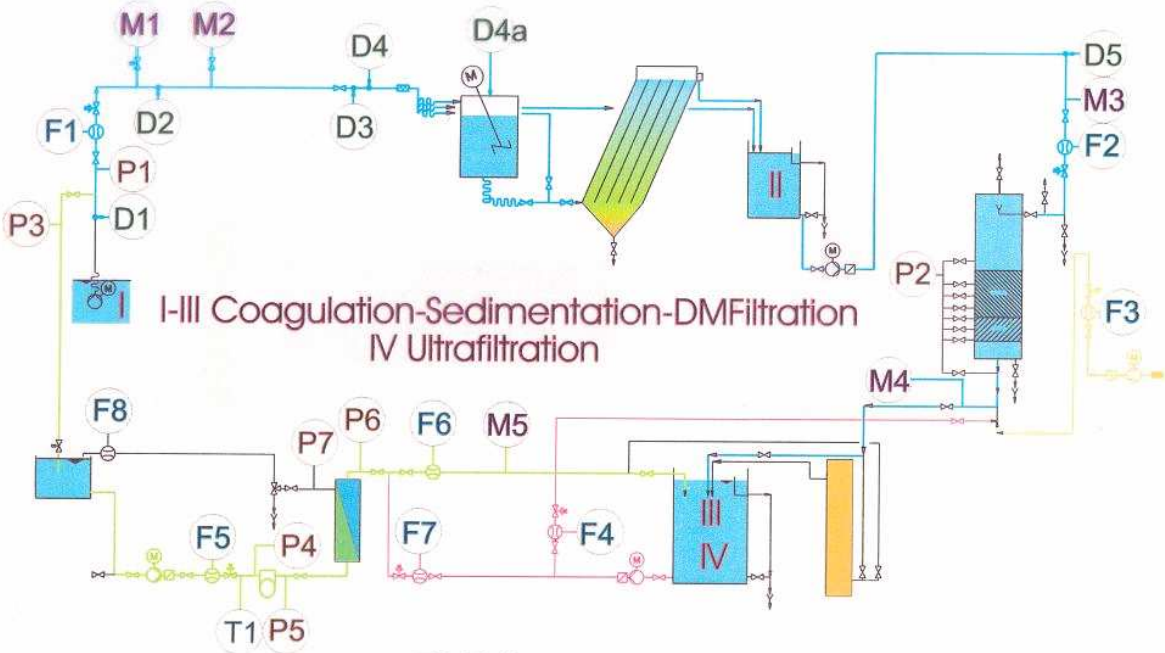


POJEDNOSTAVLJENI SHEMATSKI PRIKAZ RADA PILOT POSTROJENJA PETRINJA 1998-2000

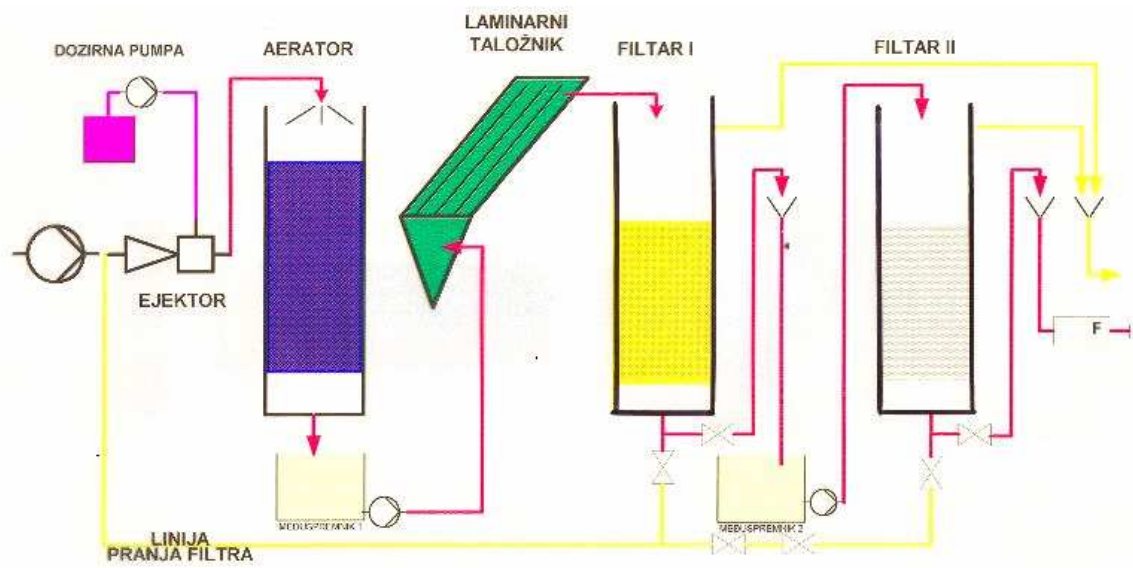




FLOW DIAGRAM PILOT PLANT

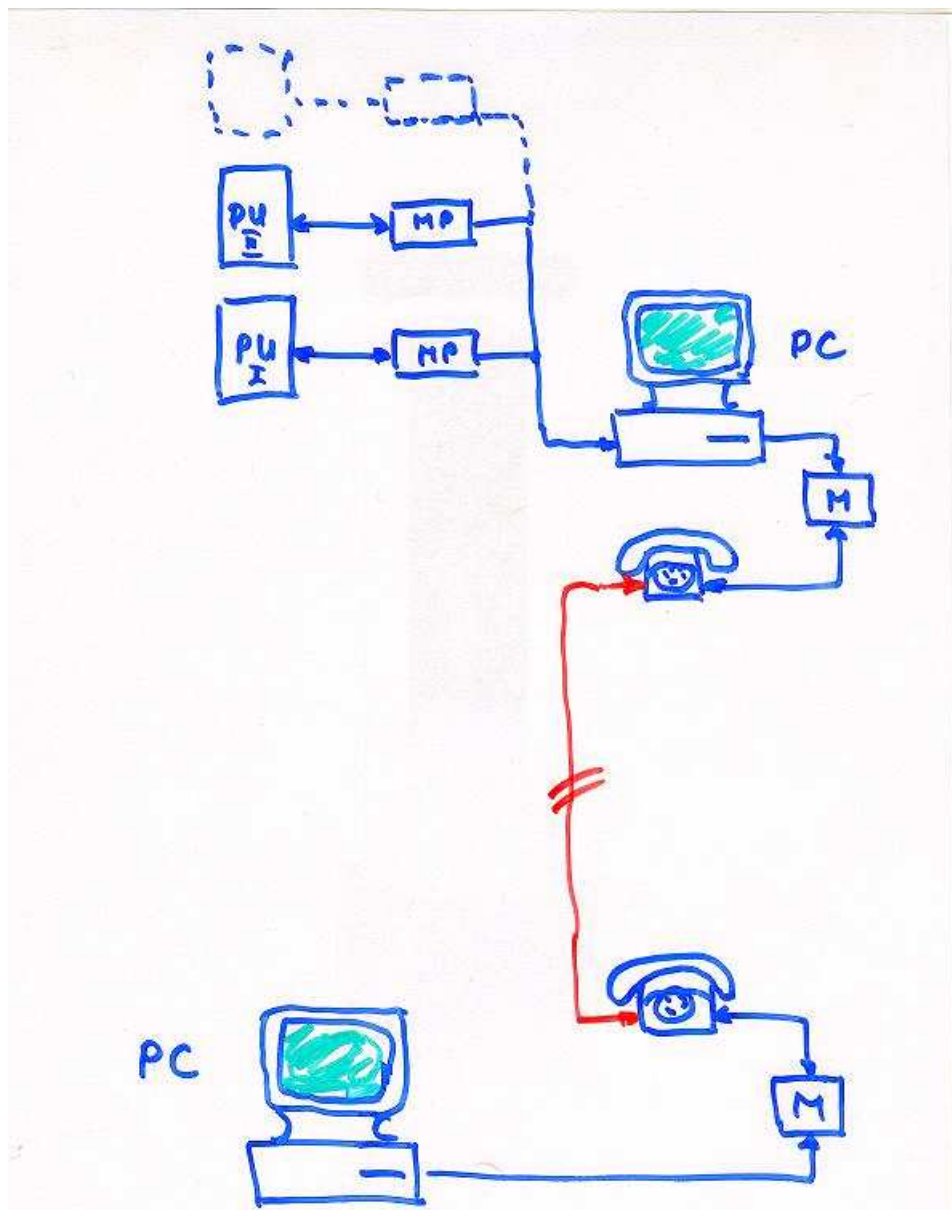




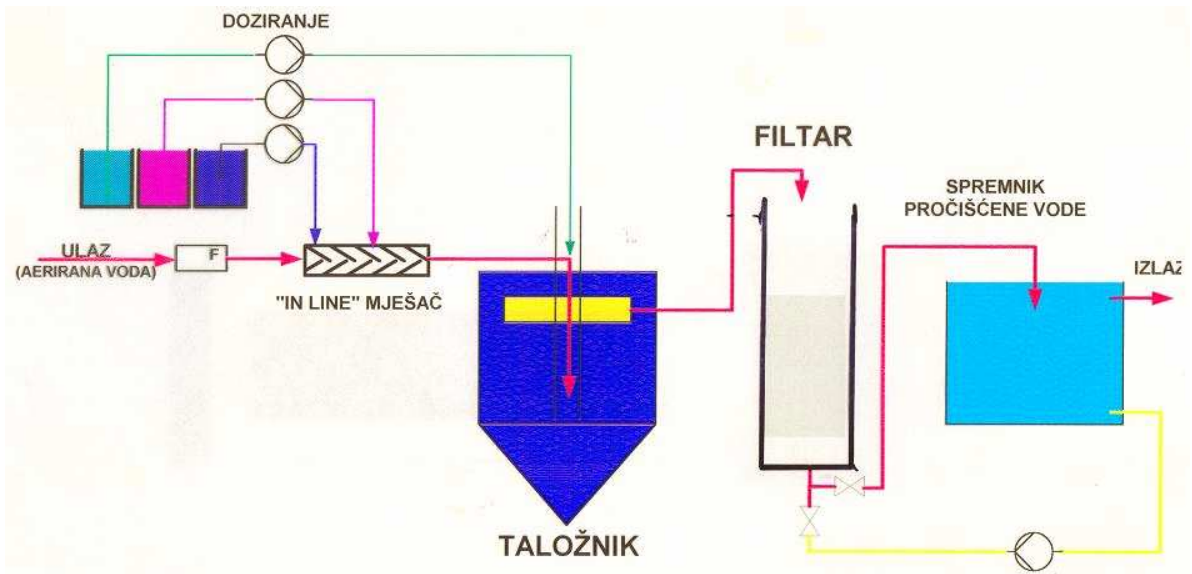


POJEDNOSTAVLJENI SHEMATSKI PRIKAZ RADA PILOT POSTROJENJA VINKOVCI





**Daljinski nadzor i upravljanje pilot postrojenjem
Vinkovci 1993/94**



POJEDNOSTAVLJENI SHEMATSKI PRIKAZ RADA PILOT POSTROJENJA OSIJEK



