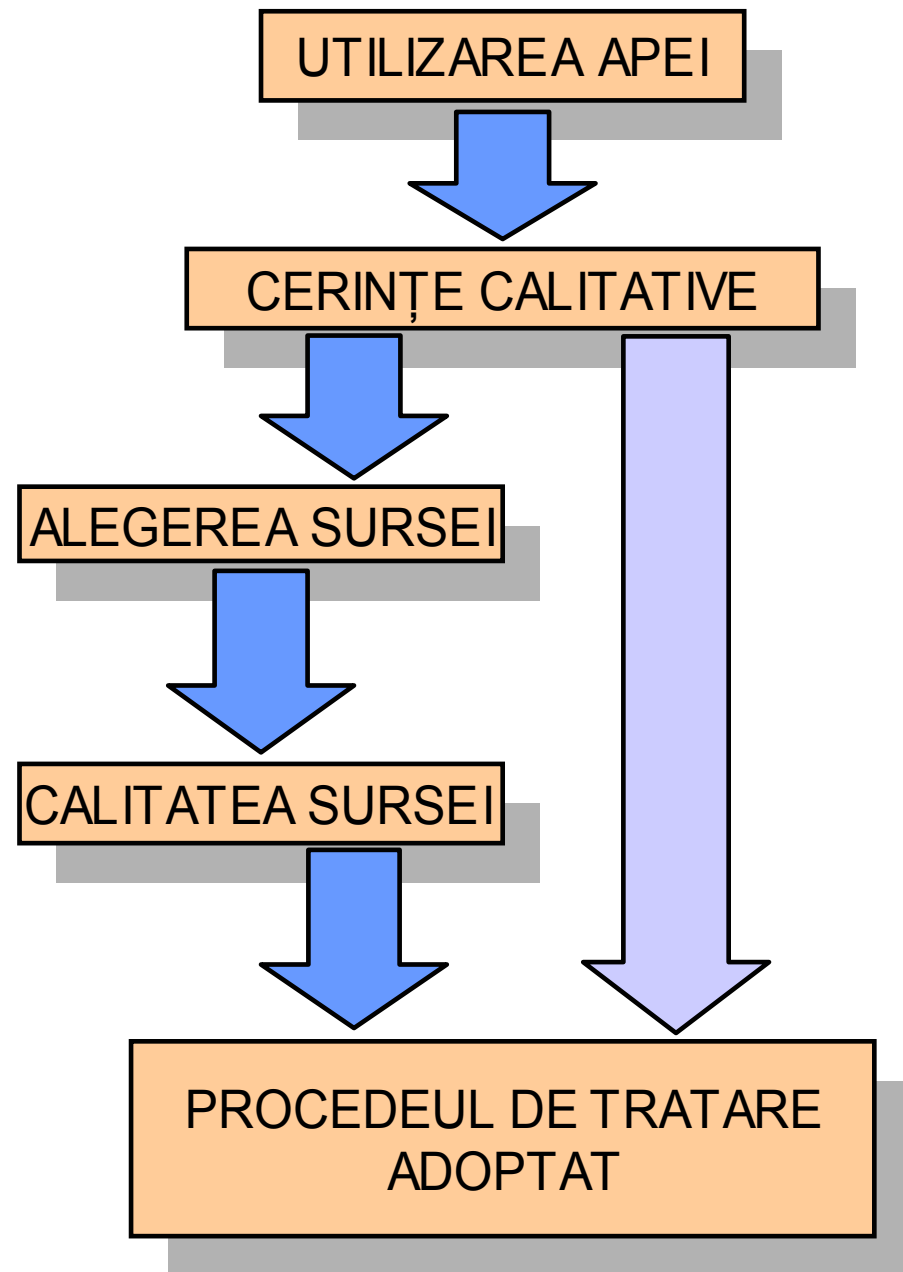


DEPOLUAREA EFLUENTILOR DIN INDUSTRIA ALIMENTARA SI BIOTEHNOLOGII

Prof.dr.ing. Lucian Gavrilă
2010 - 2011

**Operații Unitare și
Procese Tip în
Tratarea și
Condiționarea Apelor
Partea I**

- o Sunt extrem de rare cazurile în care caracteristicile de calitate ale apei preluate dintr-o sursă corespund integral cerințelor folosinței.
- o De cele mai multe ori, pentru ca dintr-o sursă oarecare de apă să se obțină o apă potabilă sau o apă industrială destinată unui anumit scop, este necesară **tratarea apei** prelevate din sursă.

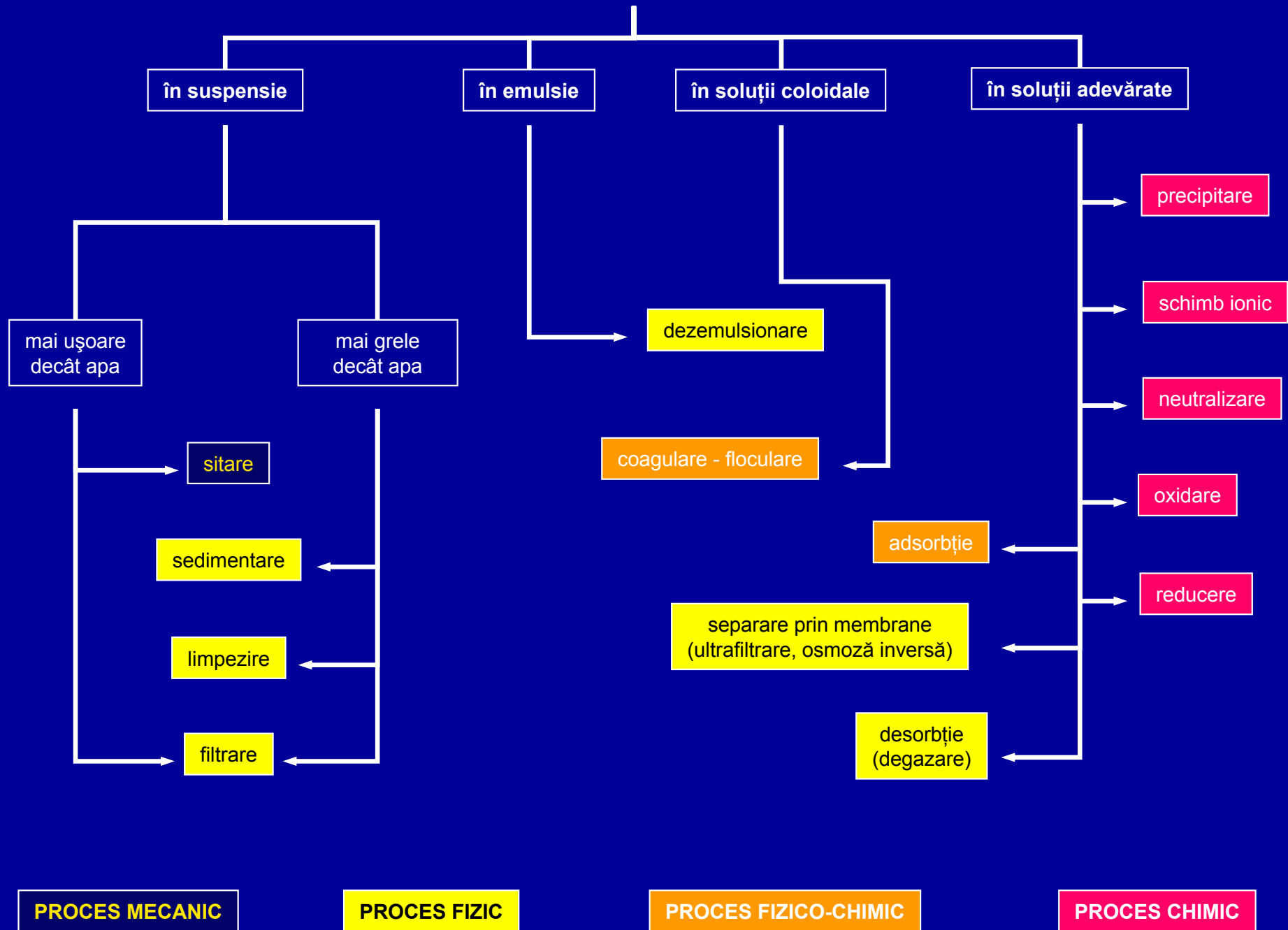


- o **Tratare** = succesiunea de procese mecanice, fizice, chimice și biochimice prin care se corectează indicii de calitate ai **apei brute**, astfel încât aceasta să corespundă d.p.d.v. calitativ folosinței căreia îi este destinată: apă potabilă, apă de cazan, apă de răcire, apă de spălare etc.
- o **Apa bruta** = denumire consacrată pentru apa preluată direct din sursă.

- o Alcătuirea **procesului tehnologic de tratare**, respectiv stabilirea operațiilor unitare și a proceselor tip care urmează a fi utilizate, precum și succesiunea acestora, se face pe baza unor considerente tehnico-economice ținându-se seama de sursă (existență, cheltuieli de captare, calitate, debit etc.) și de folosință (necesarul cantitativ și calitativ al consumatorului).

- o La modul cel mai general, obținerea apei de consum se bazează pe îndepărtarea parțială sau totală, selectivă sau globală, a impurităților din apa brută.
- o În funcție de natura și concentrația impurităților, precum și de forma sub care acestea se găsesc în apă, se aleg operațiile unitare sau procesele tip care intră în componența procesului tehnologic de tratare a apei.

IMPURITĂȚI



- o În general, în **stațiile de tratare** (instalațiile în care se realizează procesul tehnologic de prelucrare a apei brute în vederea obținerii apei de consum) se folosesc, în diverse combinații mai multe operații unitare și procese tip:

- o **Sitarea** - reținerea materialelor plutitoare și a corpurilor străine din apa care alimentează stația de tratare;
- o **Deznisiparea** sau **presedimentarea** - reținerea suspensiilor grosiere și a particulelor de nisip din apă;
- o **Coagularea** și **flocularea** - aglomerarea suspensiilor fine, care sedimentează greu sau de loc în flocoane ușor sedimentabile;

- o **Decantarea** sau **limpezirea** - reținerea mării majorității (90 - 95%) a suspensiilor coagulate și flocculate prin sedimentare gravitațională;
- o **Filtrarea** - reținerea pe suprafețe sau straturi filtrate a particulelor și flocoanelor fine, precum și a microorganismelor;
- o **Dezinfecția** - distrugerea prin diverse metode (fizice, chimice, fizico-chimice) a tuturor microorganismelor din apă, în special din apa de calitate potabilă;

- o **Aerarea** – îmbogățirea în oxigen a apei, pentru stimularea proceselor de oxidare;
- o **Degazarea** – îndepărtarea din apă a unor gaze a căror prezență nu este permisă în apa destinată anumitor utilizări (de exemplu îndepărtarea CO_2 din apa de cazan);
- o **Adsorbția** – reținerea pe adsorbanți poroși (uzual cărbune activ) a compuşilor care produc gustul și mirosul neplăcut sau culoarea apei;

- o **Neutralizarea** - corectarea pH-ului apei prin tratare cu substanțe având caracter acid sau bazic;
- o **Precipitarea** - îndepărtarea din soluție, sub formă de compuși insolubili, a ionilor a căror prezență în apă este nedorită (Fe^{2+} , Mn^{2+}), sau trebuie redusă sub anumite nivele (Ca^{2+} , Mg^{2+});
- o **Schimbul ionic** - înlocuirea din soluție a ionilor care conferă apei duritate (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} etc.) și salinitate (Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , etc.) cu ioni H^+ și OH^- ;

- o **Separarea prin membrane** - reținerea selectivă a substanțelor cu masă moleculară mare (**microfiltrare**, **ultrafiltrare**), sau a compușilor ionici (**osmoză inversă**) prin intermediul unor membrane semipermeabile care permit trecerea doar a moleculelor cu masă moleculară mică, neionizate și a apei.

- o Tot aceste procedee, împreună cu alte procese fizice, fizico-chimice, chimice și biologice se folosesc și pentru tratarea, în cadrul **stațiilor de epurare** (depoluare), a apelor reziduale - ape provenite din diverse activități: consum municipal, industrie, zootehnie, piscicultură etc.

SITAREA

- o Sitarea = proces mecanic prin care impuritățile solide grosiere din apa brută (bucăți de hârtie, folii din material plastic, resturi textile, fire, crengi, așchii, bucăți de lemn, frunze, alte fragmente de produse vegetale și animale etc.) sunt reținute pe grătare și site.

SITAREA

- o Reținerea corpurilor de dimensiuni mari se face pe **grătare**,
- o Reținerea corpurilor de dimensiuni mici se face pe **site**.
- o Corpurile ale căror dimensiuni sunt mai mari decât distanța dintre barele grătarului, respectiv decât deschiderea ochiurilor sitei sunt reținute la suprafața grătarului (sitei), în timp ce corpurile cu dimensiuni mai mici trec fără a fi reținute.

SITAREA

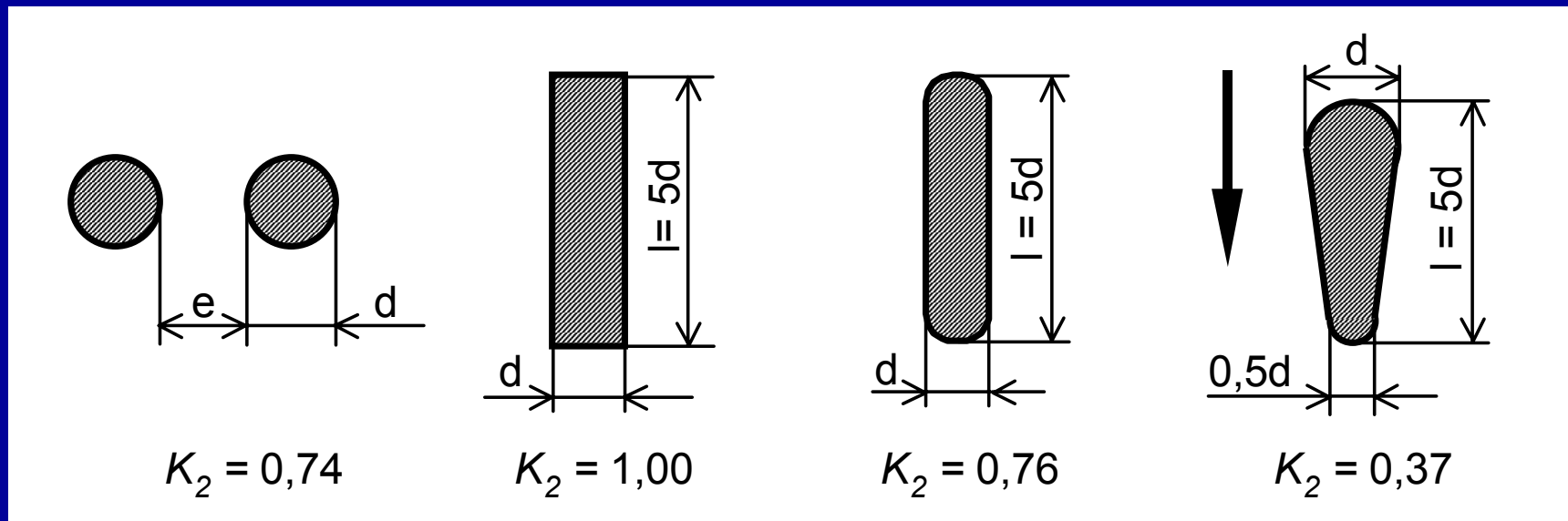
- o Grătarele mai sunt utilizate și ca mijloace de protecție pentru părțile mobile ale echipamentelor mecanice (rotoare de pompe) precum și pentru viețuitoarele care cad în apă și riscă să fie accidentate.
- o De asemenea astfel de dispozitive împiedică pătrunderea faunei acvatice mari în interiorul stației de tratare a apei.

SITAREA

- o Procesul de sitare este, de regulă, primul proces în fluxul tehnologic de tratare, pentru a se evita fenomenele nedorite produse de impuritățile de dimensiuni mari din apa supusă tratării:
 - formarea de straturi plutitoare și de depuneri greu de evacuat,
 - blocarea sistemelor de raclare,
 - blocarea pompelor și a armăturilor,
 - blocarea deversoarelor, etc.
- o Prizele de captare a apei sunt prevăzute cu grătare, site și microsite.

Grătare

o Grătarele sunt formate din bare paralele, echidistante, fixate rigid pe suporturi transversali. Barele sunt confecționate din vergele metalice de secțiune rotundă, inelară, pătrată, dreptunghiulară, trapezoidală, etc.



Grătare

- o În funcție de distanța dintre bare, (l - lumina grătarului), grătarele se clasifică în:
 - rare ($l = 30 \div 100 \text{ mm}$),
 - medii ($l = 10 \div 20 \text{ mm}$),
 - dese ($l = 3 \div 10 \text{ mm}$)
- o Grătarele pot fi drepte sau curbe, cu înclinații de $30 - 90^\circ$ față de orizontală, fiind plasate în calea curentului de apă.

Grătare

Menținerea corpurilor lipite pe grătar și evitarea antrenării lor printre barele acestuia se realizează printr-o viteză de trecere a apei prin grătare mai mare de $0,8 \text{ m/s}$.

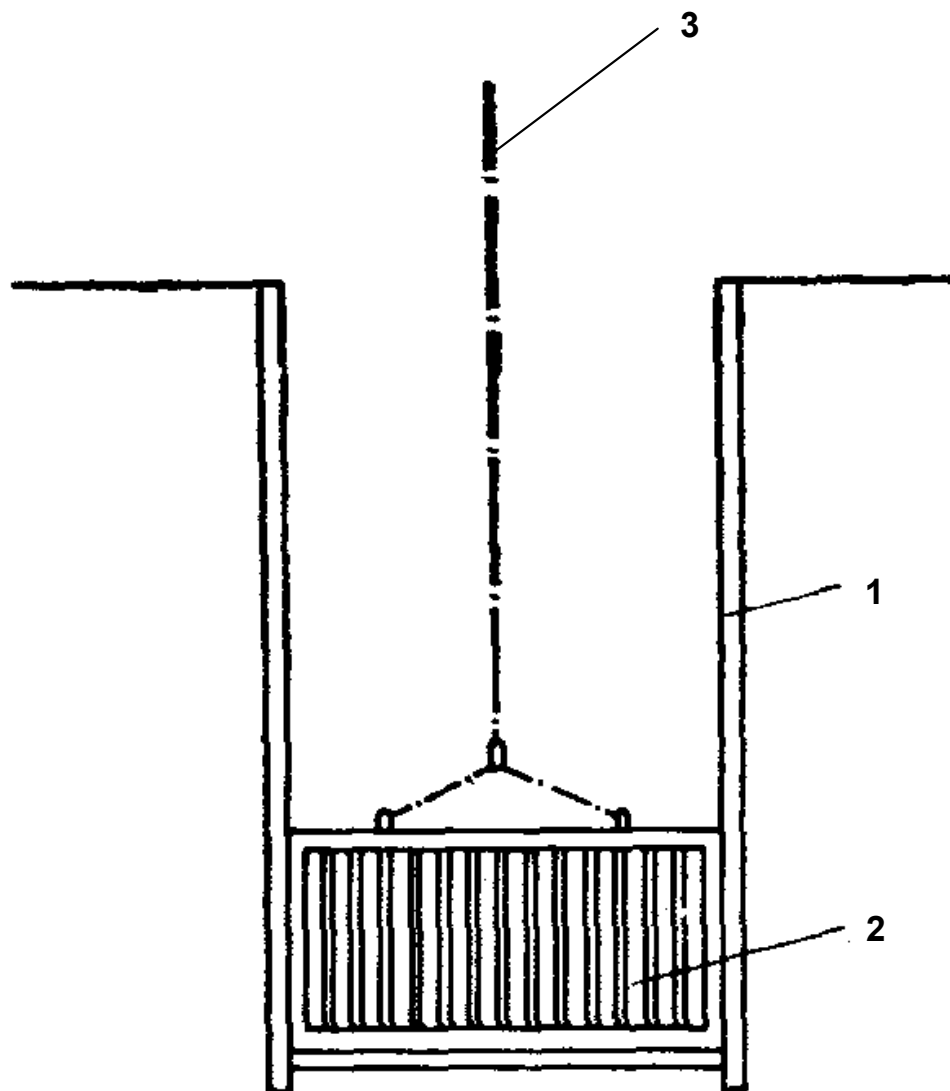
- o Uzual, se adoptă viteze ale apei între $0,6 - 1,0 \text{ m/s}$, care pot fi majorate la $1,2 - 1,4 \text{ m/s}$ la debite maxime ale apei

Grătare

- o Materialele reținute pe grătar, având dimensiuni mai mari decât lumina grătarului, se pot constitui în straturi filtrante care măresc treptat valoarea căderii de presiune la trecerea apei prin grătar.
- o Pentru a evita acest fenomen, suprafața grătarului trebuie curățată periodic.

Grătare

- o Pentru îndepărtarea corpurilor reținute pe grătar, acestea sunt prevăzute cu diverse sisteme de curățire, manuală sau mecanică (cu raclor sau cu jet de apă).



Tipuri de grătare utilizate la captarea apelor:

a – grătar vertical tip panou

1 – ghidaj;

2 – grătar;

3 – instalație de ridicat;

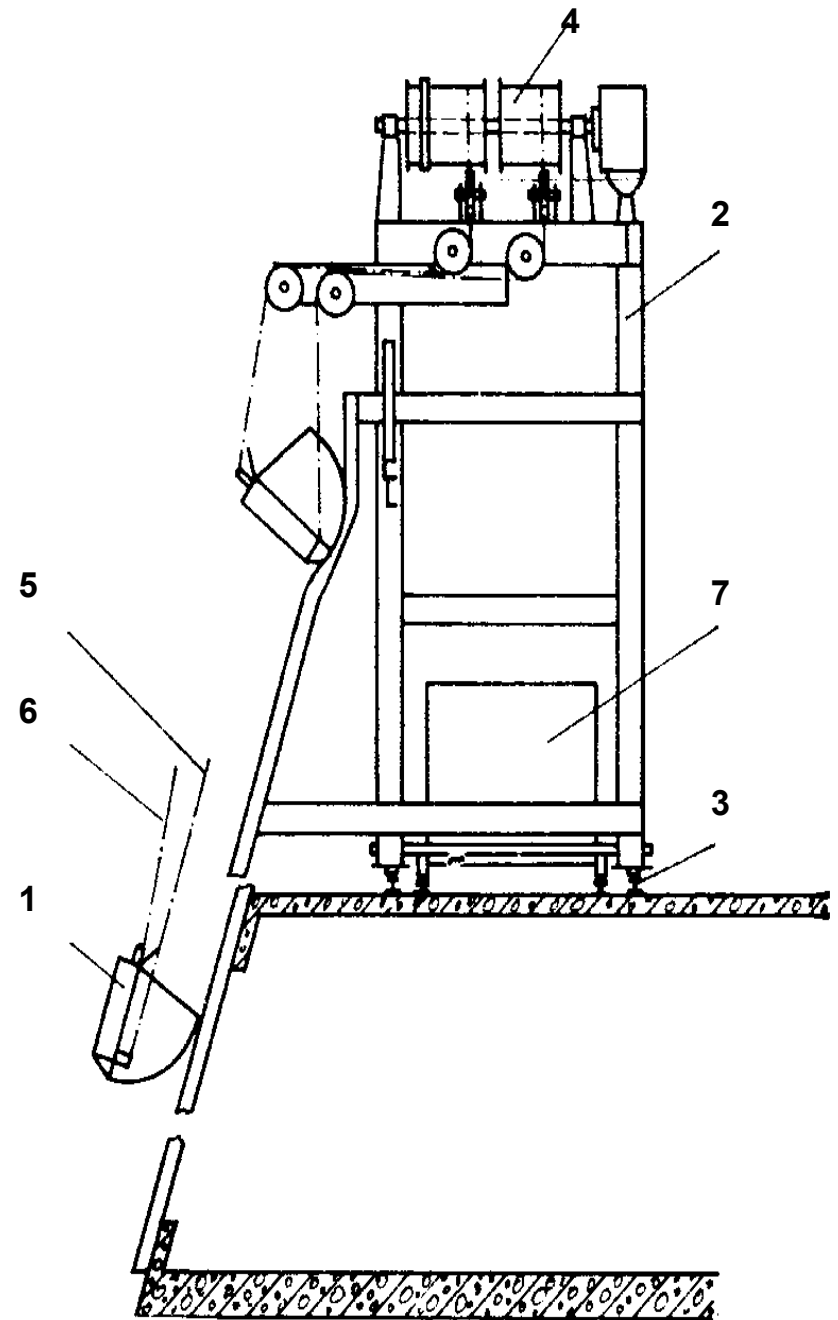
Grătarul vertical

- o Executat sub formă de panou vertical (2) care se introduce în același ghidaj (1) cu batardoul.
- o Curățirea se efectuează manual, prin extragerea de pe poziție a grătarului în perioada în care linia tehnologică este scoasă din funcțiune.
- o Operațiunea de scoatere a grătarului se mai efectuează toamna, după perioada de frunze, în vederea pregătirii de iarnă prin refacerea vopsirii de protecție împotriva zaiului.

Tipuri de grătare utilizate la captarea apelor:

b – grătar înclinat cu curățire mecanică

- 1 – grătar cuplă;
- 2 – cadrul mașinii;
- 3 – roată de rulare;
- 4 – troliu de acționare;
- 5 – cablu de deplasare;
- 6 – cablu de oscilare;
- 7 – container pe roți;



Grătarul înclinat

- o Este un grătar cu curățire mecanizată, amplasat la 80° față de orizontală, pentru a permite funcționarea mașinii de curățat.
- o Mașina de curățat este prevăzută cu roți care se deplasează pe șine, ce sunt dispuse paralel cu grătarul, amplasate pe coronament.
- o Mașina curăță $1 \div 2$ m deschidere de grătar, cu ajutorul unui cărucior pe două roți și a unei greble care este acționată prin cabluri. Corpurile reținute sunt descărcate într-un container platformă susținut pe patru roți care se deplasează odată cu mașina.
- o Aceste grătare sunt recomandate pentru captările mari din lacurile de acumulare prevăzute cu baraje și hidrocentrale de vârf.

Tipuri de grătare utilizate la captarea apelor:

c – grătar orizontal

1 – ramă pentru batardou;

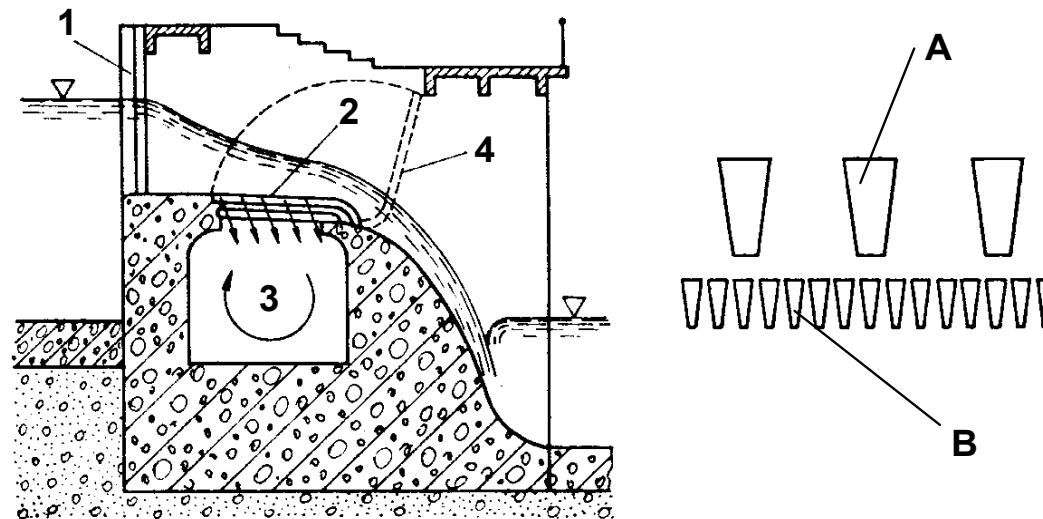
2 – grătar în poziție de lucru;

3 – zonă de captare;

4 – grătar rabătut în poziție de curățare.

A – grătar rar;

B – grătar des



Grătarul orizontal

- o Se utilizează la captările de apă cu prize pe coronament (prize tiroleze).
- o Grătarul se montează orizontal, fiind asemănător unui capac cu balamale înspre aval.
- o Axa de oscilație este orizontală, perpendiculară pe direcția de curgere a râului.
- o Barele grătarului au secțiune trapezoidală, cu baza mare la partea superioară, circulația apei fiind de sus în jos.
- o Curățirea grătarului se face hidraulic, prin simplă basculare spre poziție verticală. Apa râului circulă prin grătar în sens invers funcționării și, antrenând reținerile, produce spălarea. În acest timp admisia apei în priză este oprită.

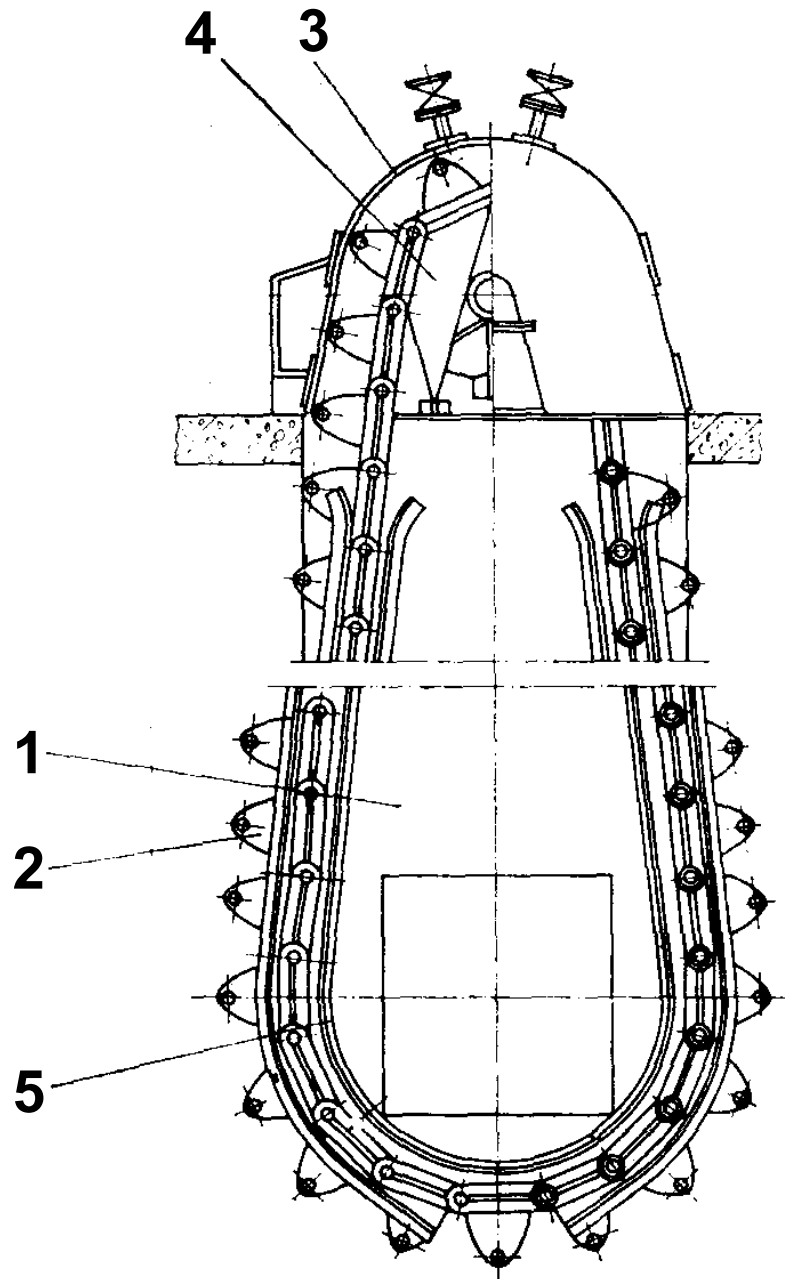
Site

- o Sunt echipamente destinate reținerii particulelor mai mici decât cele reținute de grătare:
 - **Macrosite**, cu ochiuri mai mari de 0,3 mm.
 - **Microsite**, cu ochiuri mai mici de 0,1 mm.
- o Datorită fenomenului de îmbâcsire a sitei, dimensiunile particulelor reținute sunt mai mici decât diametrul ochiurilor sitei.
- o Sunt echipate cu țesături din materiale anticorozive (bronz, oțel inoxidabil, fibre sintetice). Țesătura este montată pe o ramă ce formează un panou, echipamentul conținând mai multe panouri.
- o Curățirea = cu jet invers de apă sau de aer comprimat.

Site

- o Macrositele au rolul de a reține materiile în suspensie, cele flotante și semiflotante: frunze, insecte, alge, ierburi.
- o Micrositele sunt utilizate pentru reținerea planctonului.
- o În mod frecvent sunt utilizate:
 - site articulate (curățitoare cu sită)
 - tamburi cu sită.

Sitele articulate



1 - lanț;

2 - element sită;

3 - carcasă de
protecție;

4 - jgheab colector;

5 - ghidaj încastrat.

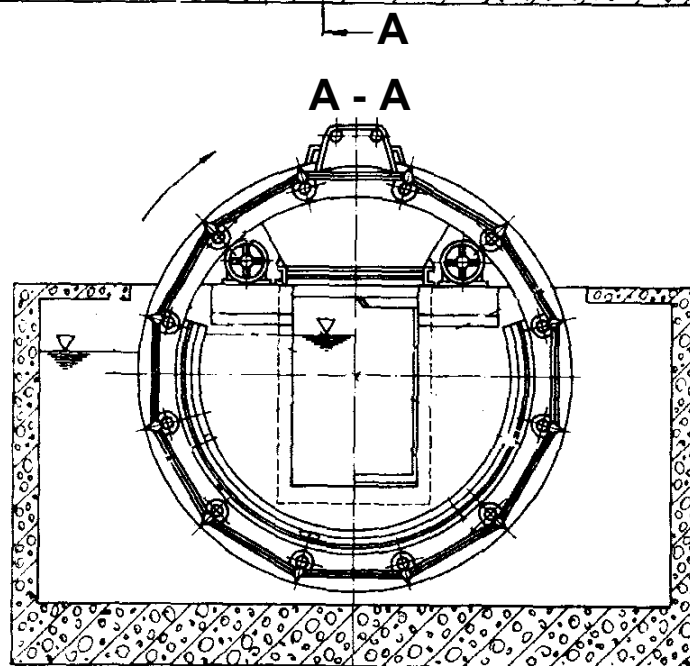
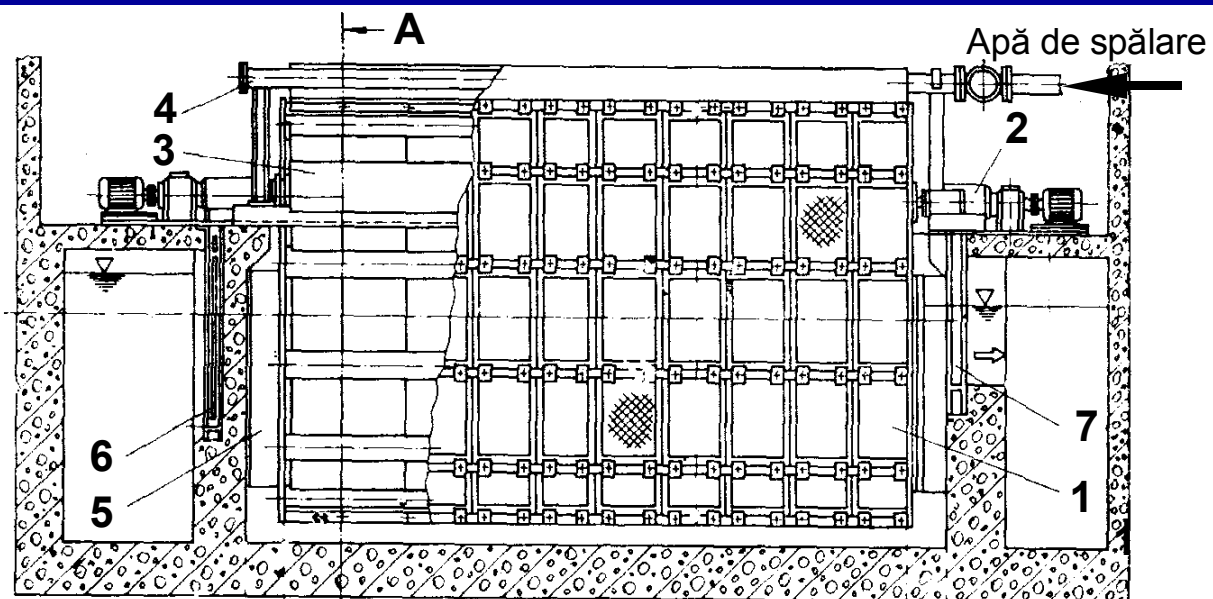
Sitele articulate

- o Au lungimi mari, fiind utilizate în captările de apă de suprafață care au, de regulă, un nivel variabil.
- o Apa pătrunde central și este evacuată lateral, îmbâcsirea sitelor având loc pe interior.
- o Reținerile de pe sită sunt transportate și descărcate într-un jigheab odată cu mișcarea de întoarcere peste arborele motor superior.
- o La partea superioară, în exterior, sunt montate duzele de spălare cu jet de apă sub presiune.
- o Jetul de apă desprinde reținerile aderente descărcându-le în jigheab, de unde prin transport hidraulic sunt evacuate în aval de captare.

Sitele articulate

- o Aceste dispozitive utilizează site cu ochiuri de $2 \div 6$ mm, care rețin frunze, pești, raci, etc. Viteza apei prin țesătură este corelată cu mărimea ochiului sitei.
- o Viteza de deplasare a lanțului cu site este de $0,08 - 0,10$ m/s, putându-se dubla în cazul în care îmbâcsirea sitelor se face rapid.

Tamburii cu sită



- 1 – tambur;
- 2 – grup de antrenare;
- 3 – jgheab colector;
- 4 – instalație de spălare;
- 5 – etanșare;
- 6 – stavilă;
- 7 – deversor.

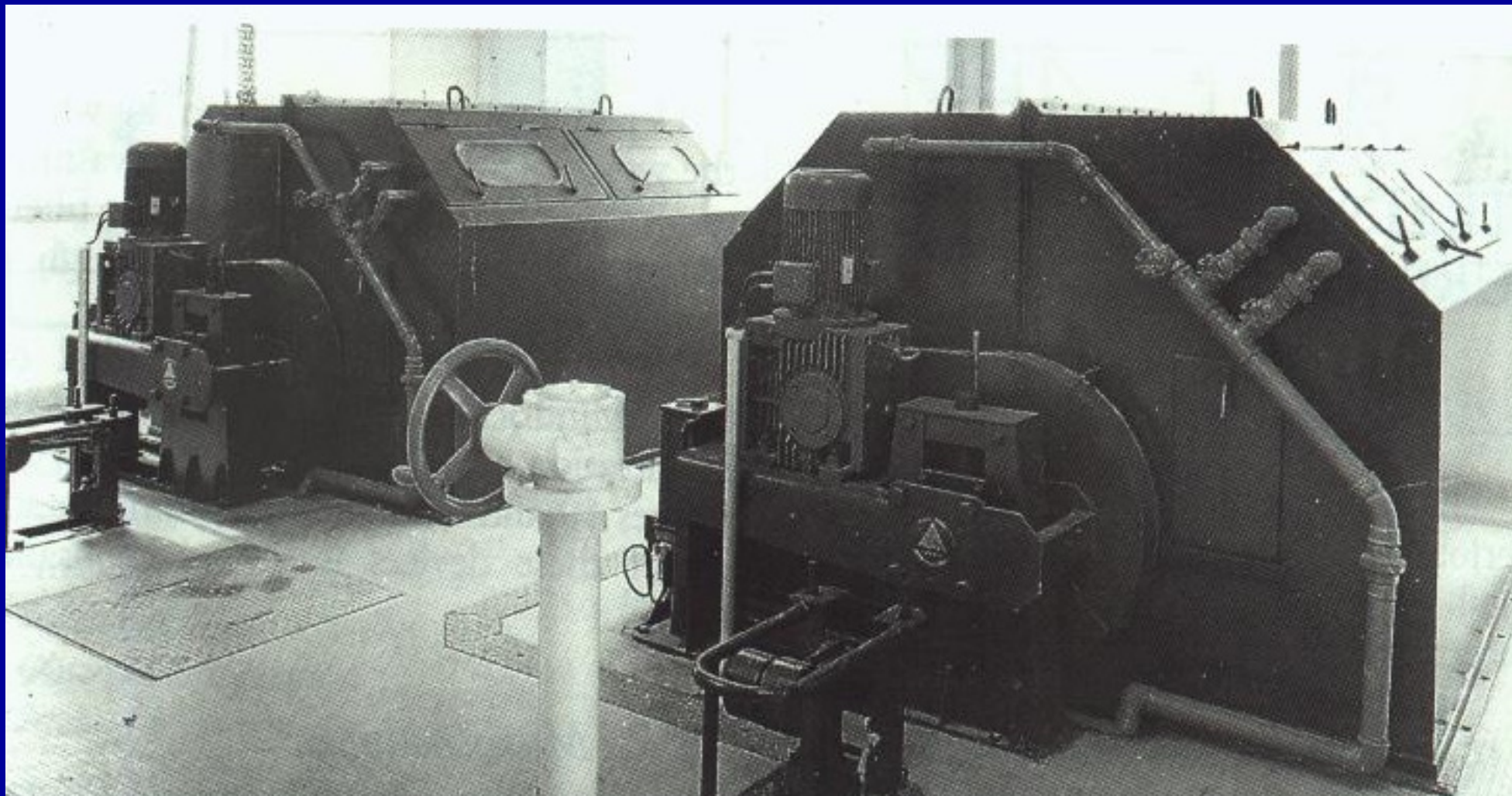
Tamburii cu sită

- o Sunt utilizați pentru sitarea apelor cu nivel constant (alimentate prin deversoare).
- o Pot fi echipați cu macro- sau microsite.
- o Panourile cu site (uzual 12) sunt montate pe suprafața laterală a tamburului cilindric care se rotește în interiorul unei cuve din beton în care se află apa.
- o Alimentarea cu apă se face prin interiorul tamburului iar evacuarea prin exterior.

Tamburii cu sită

- o La partea superioară este amplasat sistemul de spălare a sitelor. Apele de spălare (2 - 3 % din debitul de apă sitat) împreună cu impuritățile dislocate sunt preluate de către jgheabul colector montat în interiorul tamburului.
- o Viteza periferică a tamburului este de 0,1 - 0,2 m/s pentru debite de apă de 0,4 - 0,8 m³/s.

Tamburii cu sită



SEDIMENTAREA

- o Separarea suspensiilor lichid - solid în fazele componente se poate face prin:
 - sedimentare,
 - filtrare (ambele putând avea loc atât în câmp gravitațional, cât și în câmp centrifugal)
 - presare (stoarcere).

SEDIMENTAREA

- o Sedimentarea este operația prin care fazele unui amestec eterogen sunt separate prin acțiunea diferențiată a unui câmp de forțe (gravitaționale sau centrifuge) asupra fazelor de densități diferite.
- o După cum faza dispersă are densitate mai mare sau mai mică decât faza continuă, particulele dispersate se depun sau se ridică.

SEDIMENTAREA

o Operația de sedimentare este utilizată în tehnologia tratării și condiționării apelor pentru:

- separarea din apă a particulelor solidelor aflate în suspensie,
- separarea coloizilor, după o prealabilă coagulare și floculare.

SEDIMENTAREA

- o Particulele discrete, grăunțoase, cum sunt pietrișul sau grăunțele de nisip sedimentează independent una de cealaltă.
- o Particulele floconoase sedimentează după un alt mecanism, dependent de concentrația acestora.
 - La concentrații reduse, viteza de sedimentare crește pe măsura creșterii dimensiunilor flocoanelor, ca rezultat al fenomenului de aglomerare; aceasta este sedimentarea floculantă.
 - La concentrații mari, cantitatea ridicată de flocoane din apă provoacă întârzierea sedimentării, cu formarea unei interfețe vizibile între masa de nămol și supernatantul limpede; aceasta este sedimentarea frânată.

SEDIMENTAREA

- o **suspensie** = sistemul eterogen lichid - solid inițial;
- o **decantat** = lichidul mai mult sau mai puțin limpede, rezultat după sedimentare,
- o **sediment sau precipitat** = reziduul conținând faza solidă îmbibată cu lichid.

SEDIMENTAREA

- o **decantare** = îndepărtarea lichidului (decantatului, supernatantului) după sedimentare.
- o **clarificare sau limpezire** = eliminarea fazei solide dintr-o suspensie, prin sedimentare; se aplică, în special, la sedimentarea suspensiilor grăunțoase, diluate, ale căror granule sedimentează independent.
- o **îngroșare** = concentrarea, prin sedimentare, a fazei solide și se referă, de obicei, la precipitate negrăunțoase care conțin încă mult lichid.

SEDIMENTAREA

- o După cum ambele faze sunt valoroase sau numai una dintre ele, termenul propriu pentru denumirea operației de separare este:
- o **sedimentare** (când ambele faze sunt valoroase),
- o **îngroșare** (când faza solidă este faza valoroasă),
- o **clarificare sau limpezire** (când se urmărește obținerea, cât mai curată, a fazei lichide).

SEDIMENTAREA

- o Sedimentarea este o operație complexă, fiind influențată de un număr mare de factori.
- o O sedimentare bună trebuie să obțină un decantat cât mai limpede și un sediment cât mai concentrat în fază solidă, într-un timp cât mai scurt și cu investiții minime.

Factorii care influențează sedimentarea

Grupa de factori	Factorul de influență
Factori referitori la suspensie	- concentrația fazei solide (raportul solid - lichid) - cantitatea (debitul) suspensiei - vârsta suspensiei, din momentul formării ei - temperatura suspensiei
Factori referitori la faza lichidă	- natura fazei lichide - densitatea - viscozitatea - concentrația în electroliți

Grupa de factori	Factorul de influență
Factori referitori la faza solidă	- natura fazei solide - densitatea - granulometria - structura (grăunțoasă, negrăunțoasă, coloidală, mixtă) - tendința de aglomerare
Factori referitori la operația de sedimentare	- viteza de sedimentare, curba de sedimentare - durata sedimentării - adaosuri - funcționarea continuă, discontinuă sau mixtă - modul de evacuare a sedimentului (nămolului) - tipul decantorului

Grupa de factori	Factorul de influență
Factori referitori la produsele rezultate	- concentrația fazei solide în decantat - concentrația fazei lichide în sediment

Viteza de sedimentare

- o Sedimentarea suspensiilor diluate, cu particule grăunțoase, este un proces simplu, ușor de descris matematic.
- o Fiecare particulă sedimentează independent, viteza de sedimentare a granulelor fiind funcție de mărimea acestora.

$$v_0 = \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g}{\xi} \cdot \frac{(\rho_p - \rho_l) \cdot d_p}{\rho_l}}$$

Viteza de sedimentare

- o Pentru majoritatea cazurilor, expresia vitezei de sedimentare se calculează după legea lui **Stokes** (pt. curgerea laminară a lichidului în jurul unei particule solide, la $Re < 1$):

$$v_0 = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_p - \rho_l)}{\mu} \cdot d_p^2 \cdot g$$

Viteza de sedimentare

- o viteza de sedimentare este direct proporțională cu densitatea particulelor și cu pătratul diametrului acestora și este invers proporțională cu viscozitatea fazei lichide.
- o la sedimentarea independentă a particulelor discrete, cel mai rapid se depun particulele grele și cu diametru mare.

Viteza de sedimentare

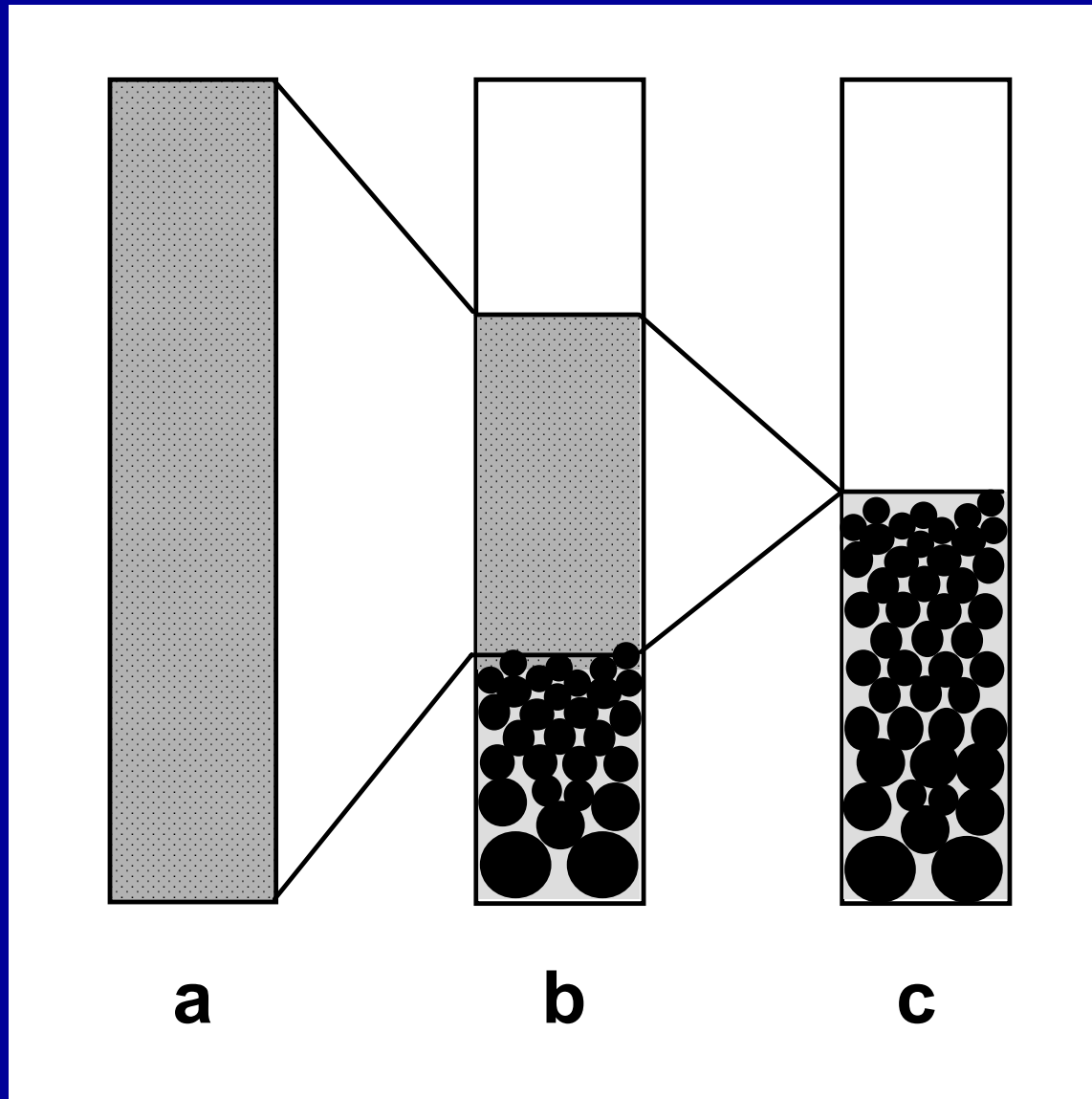
- o Pentru sedimentarea particulelor de altă formă decât cea sferică, coeficientul de rezistență ξ din expresia vitezei de sedimentare se corectează prin intermediul factorului de sfericitate, φ :

$$\varphi = \frac{\text{volumul unei sfere avand aceeași arie cu particula}}{\text{volumul particulei}}$$

Valorile factorului de sfericitate φ pentru unele materiale

Materialul	φ	Materialul	φ
Nisip	2	Ghips	4
Cărbune	2,25	Lamele de grafit	22
Talc	2,25	Mică	170

Mecanismul sedimentării suspensiilor grăunțoase



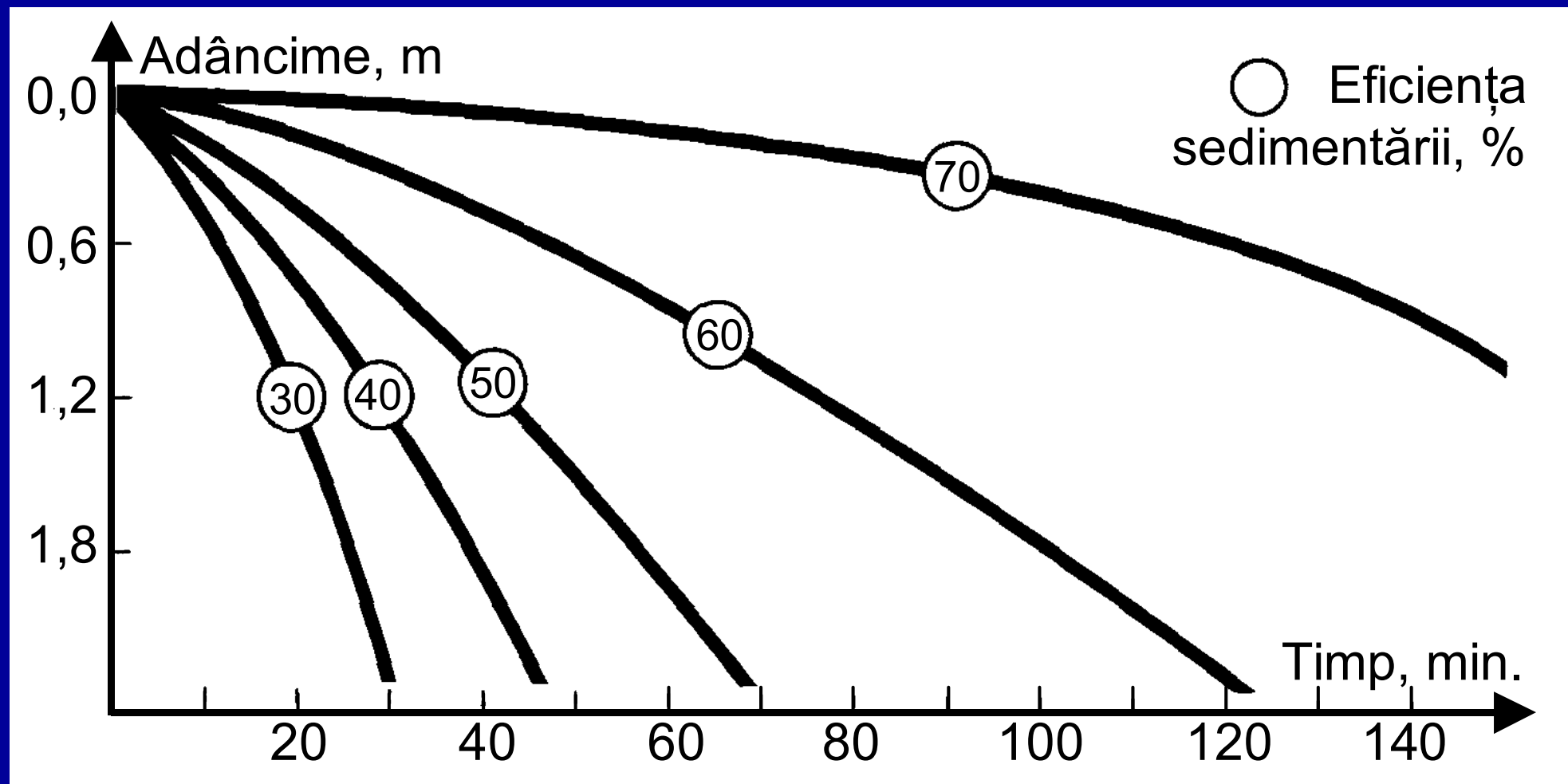
Mecanismul sedimentării suspensiilor grăunțoase
a - începutul sedimentării;
b - la un moment dat;
c - sfârșitul sedimentării

Sedimentarea floculantă

- o În timpul sedimentării floculante, flocoanele aflate în suspensie au tendința de a se aglomera, formând agregate mari, care înglobează cantități importante de apă.
- o Mărimea flocoanelor crescând, crește și viteza de sedimentare a flocoanelor.
- o Această creștere a vitezei de sedimentare ca urmare a modificării dimensiunilor flocoanelor se manifestă atunci când concentrația flocoanelor din suspensie depășește 50 mg/L.

Sedimentarea floculantă

- o Viteza de sedimentare a flocoanelor nu poate fi calculată matematic, legea lui *Stokes* neputându-se aplica unor astfel de sisteme.
- o Viteza de sedimentare pentru suspensiile alcătuite din flocoane se determină experimental, în instalații de laborator.



Efectul duratei sedimentării și a adâncimii decantorului asupra gradului de îndepărtare a flocoanelor în sedimentarea floculantă

Sedimentarea frânată

- o Cunoscută și ca **sedimentare întârziată** sau **stânjenită** (hindered settling), această formă a sedimentării se manifestă de îndată ce concentrația flocoanelor depășește o anumită limită.
- o Particulele aderă una de cealaltă, iar între lichidul supernatant și suspensie se formează o interfață vizibilă.
- o Fenomenul este caracteristic sedimentării nămolului activat și suspensiilor floculante cu concentrație mai mare de 500 mg/L.
- o Flocoanele sedimentează colectiv, influențându-se reciproc.

Sedimentarea frânată

Într-o astfel de suspensie se pot vizualiza - la un moment dat - patru straturi distincte:

- A. un strat superior de lichid limpede sau slab tulbure, a cărui grosime crește continuu;
- B. un strat de suspensie floculată, omogenă, de concentrație apropiată concentrației inițiale, a cărui grosime scade continuu;
- C. un strat de tranziție, relativ subțire și nu întotdeauna vizibil, în care concentrația fazei solide crește de la concentrația stratului precedent până la concentrația stratului următor; grosimea acestui strat se menține aproximativ constantă până spre sfârșitul sedimentării, când grosimea lui scade până la dispariție;
- D. un strat de sediment, de concentrație relativ mare, a cărui grosime crește rapid la început, după care scade lent, datorită fenomenului de tasare.

Sedimentarea frânată

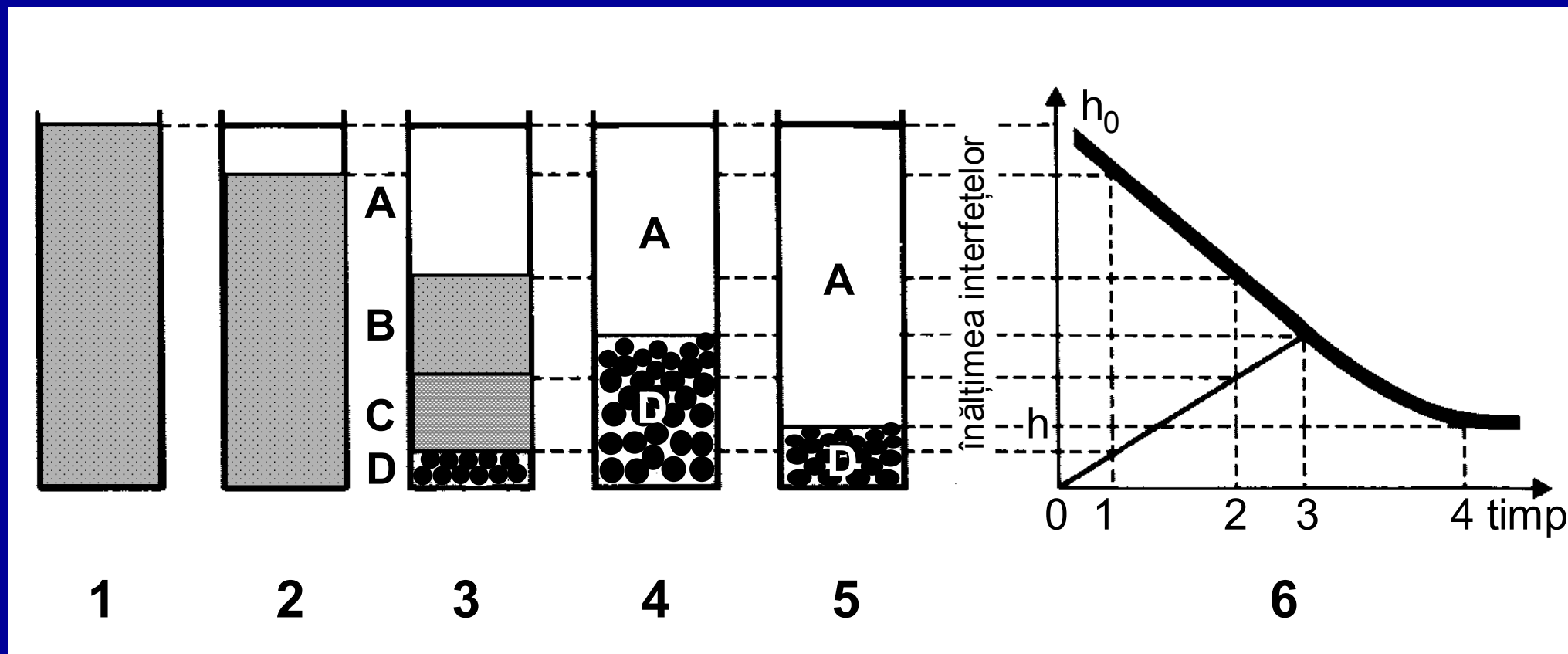
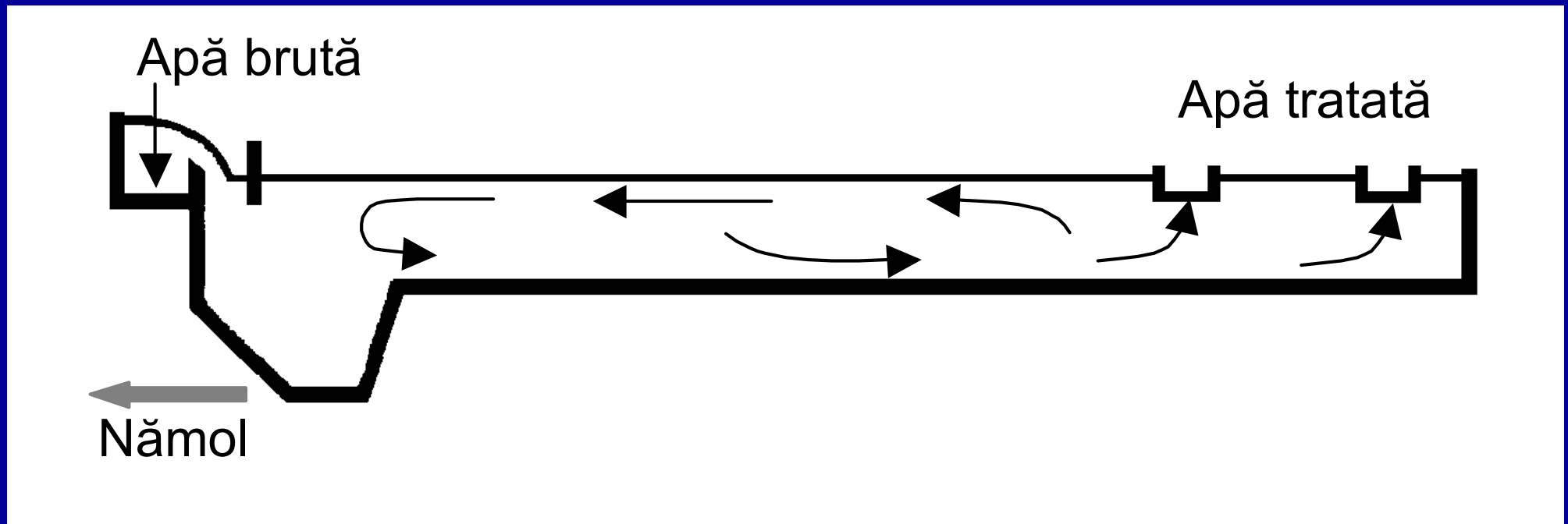


Fig. 4.9. Mecanismul sedimentării frânate:
1 – începutul sedimentării; 2, 3, 4 – faze intermediare;
5 – sfârșitul sedimentării; 6 – curba lui Kynch

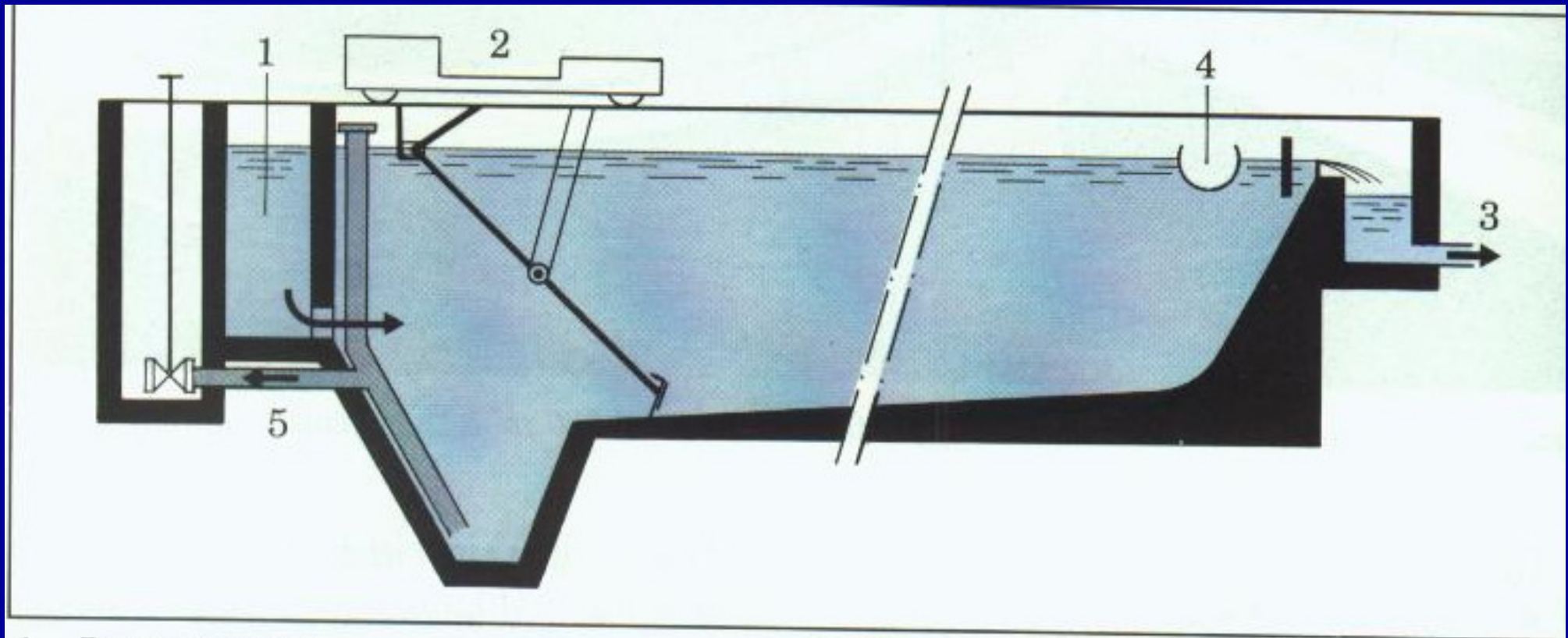
Sedimentarea frânată

- o La sfârșitul sedimentării rămân numai primul și ultimul strat.
- o Variația în timp a înălțimii interfeței A-B și apoi a celei A-D este dată de către curba lui *Kynch*.

Bazine de sedimentare



Bazine de sedimentare



1 - Raw water inlet.

2 - Scraper bridge.

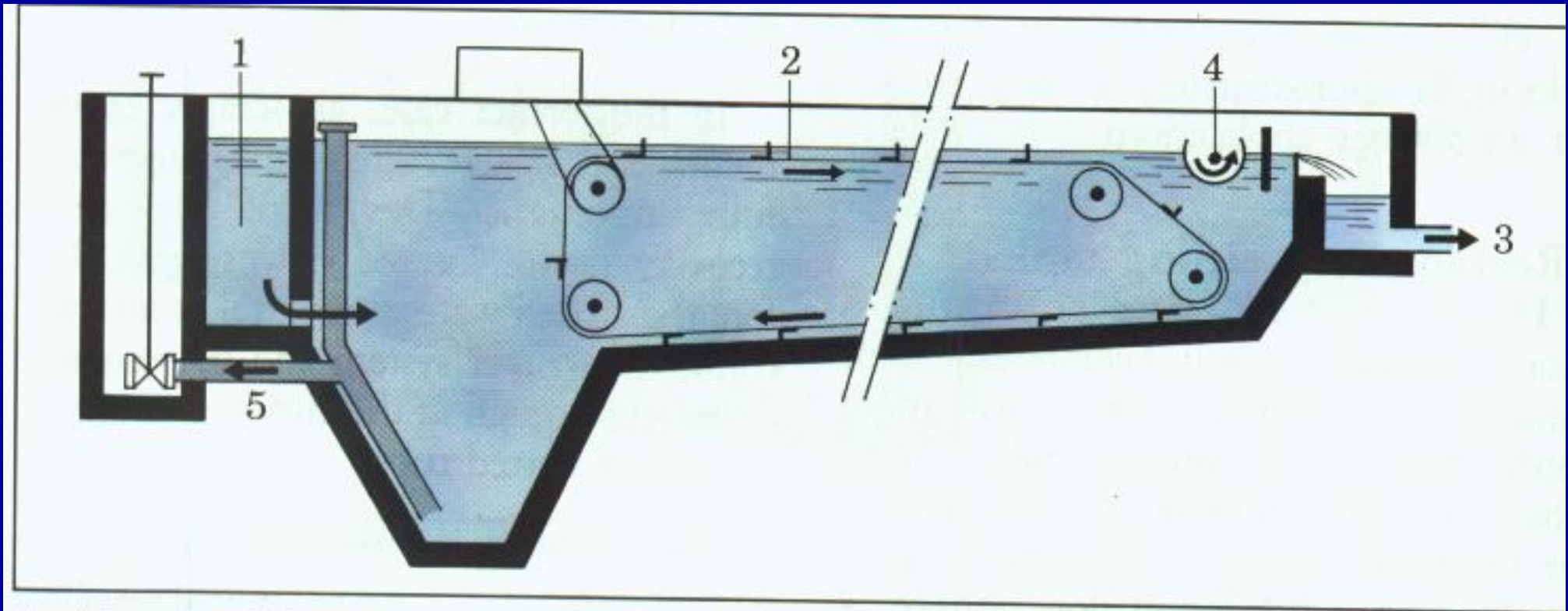
3 - Settled water outlet.

4 - Recovery of floating matter.

5 - Sludge removal.

Figure 311. Longitudinal settling tank with scraper bridge.

Bazine de sedimentare



1 - Raw water inlet.

2 - Scraper chain.

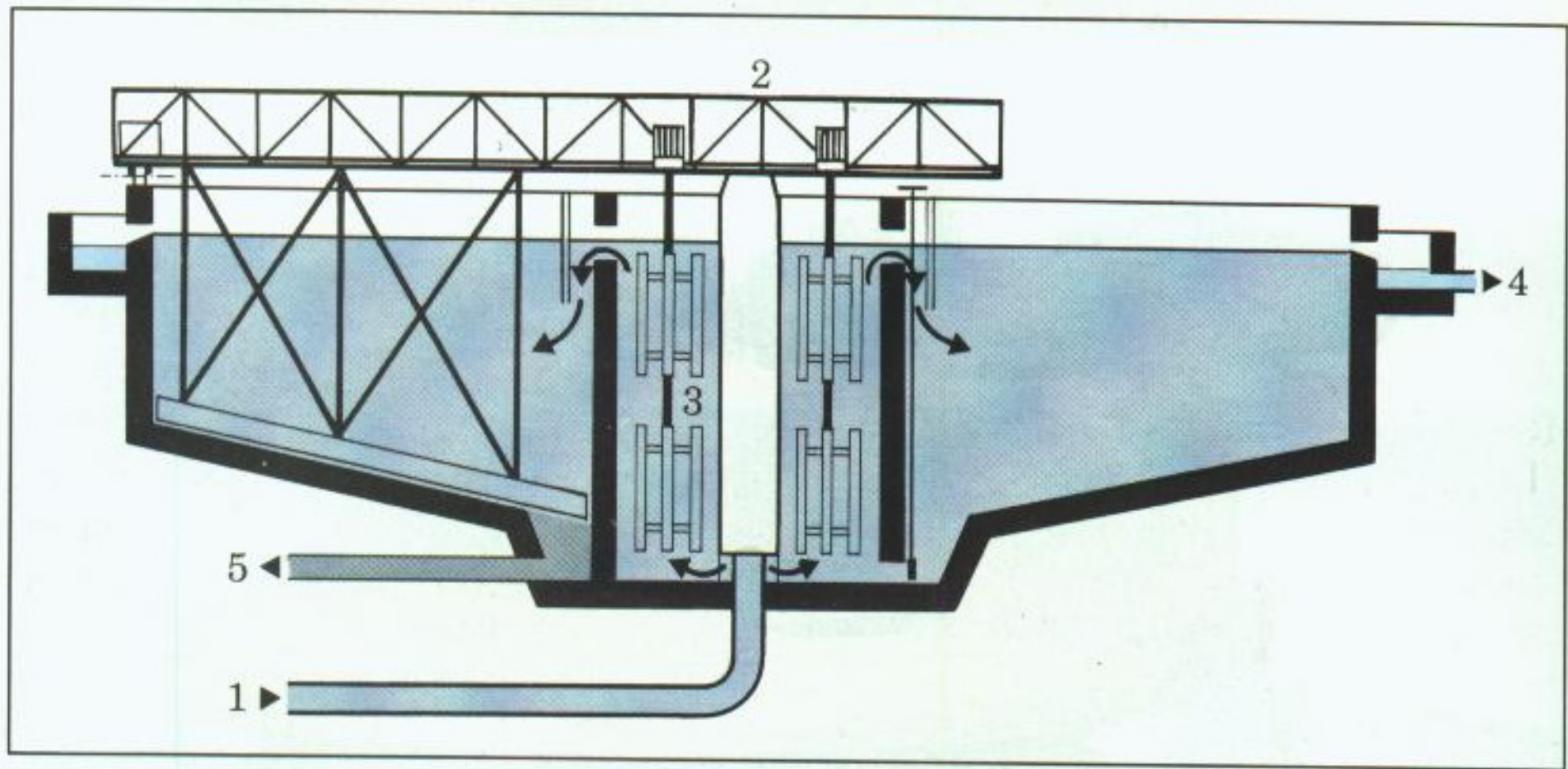
3 - Settled water outlet.

4 - Recovery of floating matter.

5 - Sludge removal.

Figure 312. Longitudinal settling tank with chain-driven scraper.

Decantoare radiale



1 – Raw water inlet.

2 – Scraper bridge.

3 – Flocculation area.

4 – Settled water outlet.

5 – Sludge draw-off.

Figure 309. Flocculator/settling tank with peripheral bridge drive.

Decantoare radiale



*Figure 308. Valenton (Paris area, France) facility for SIAAP. Flow: $300,000 \text{ m}^3.\text{d}^{-1}$.
Central drive unit on the concrete centre column of a primary settling tank, 52 m dia.*

Decantoare radiale



Figure 310. Cannes (Southern France) facility. Maximum flow: $5,500 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Flocculator/settling tanks.

Decantoare lamelare

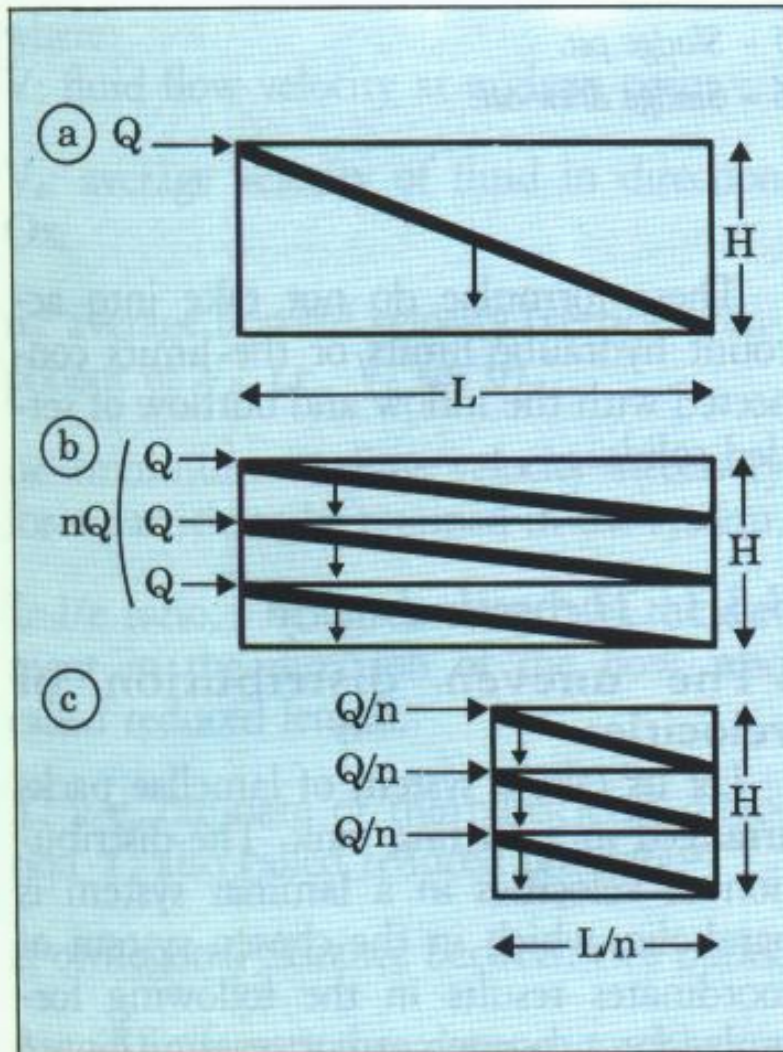


Figure 48. Horizontal flow settling.

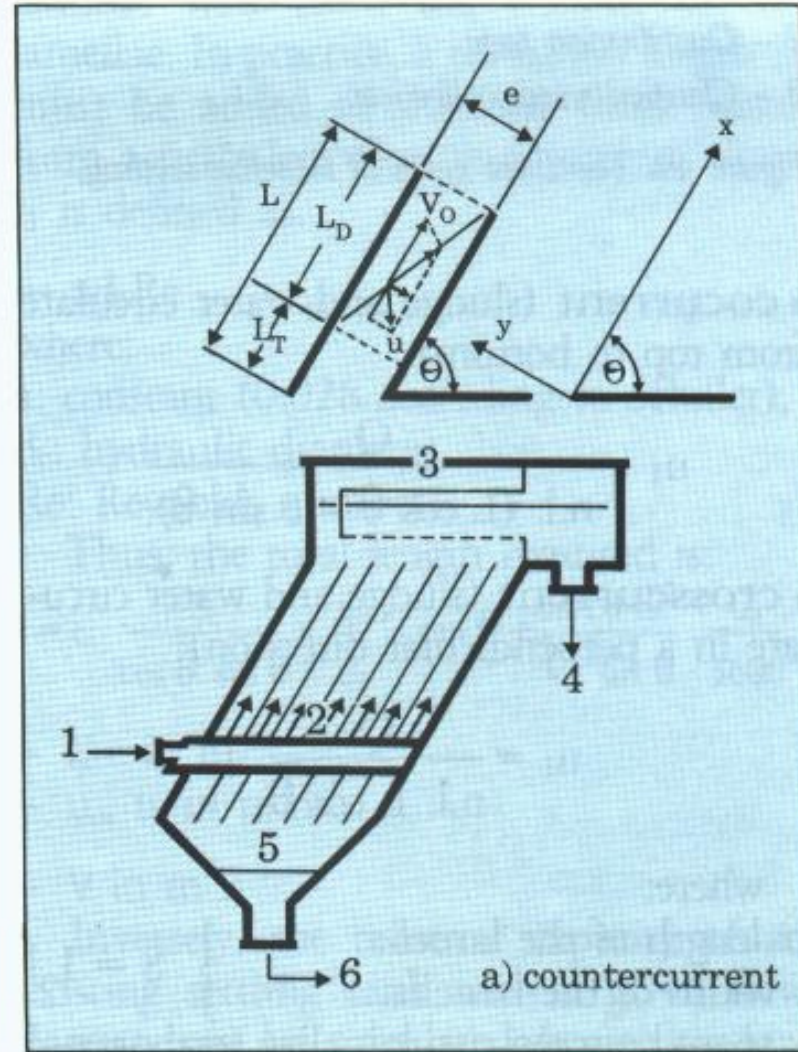


Figure 49 a. Countercurrent lamellae settling.

Decantoare lamelare

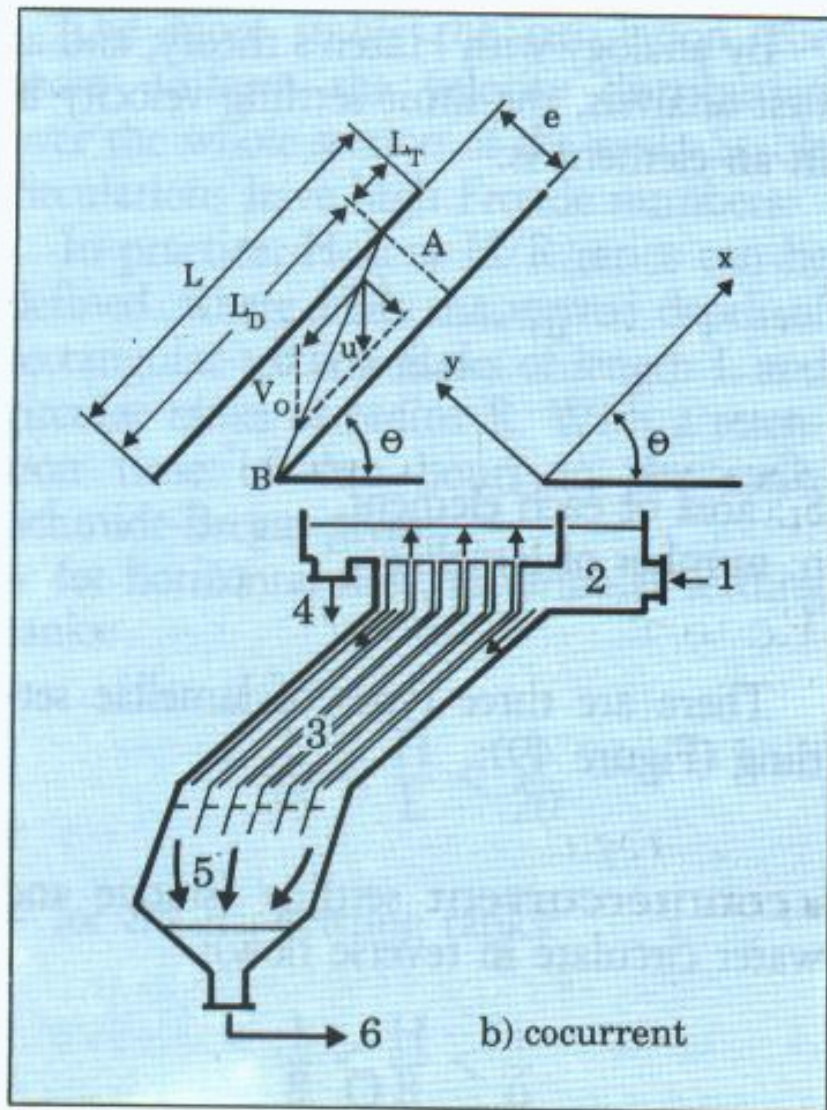


Figure 49 b. Cocurrent lamellae settling.

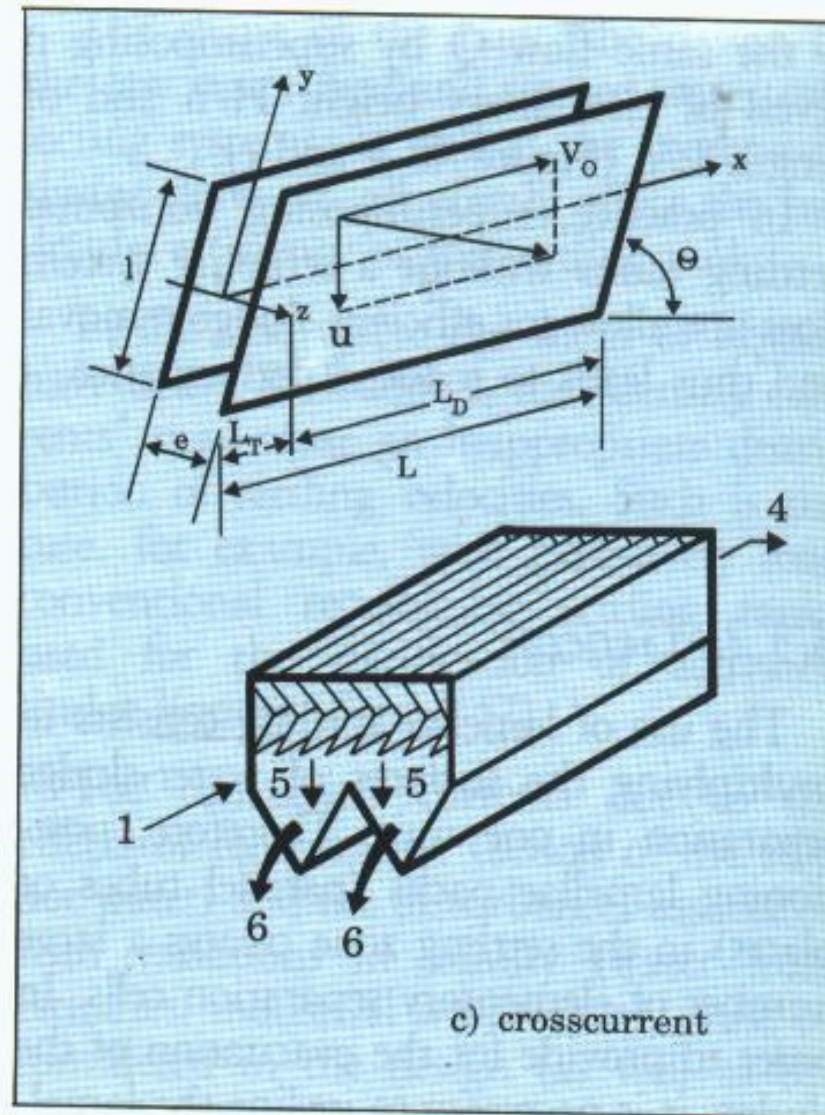
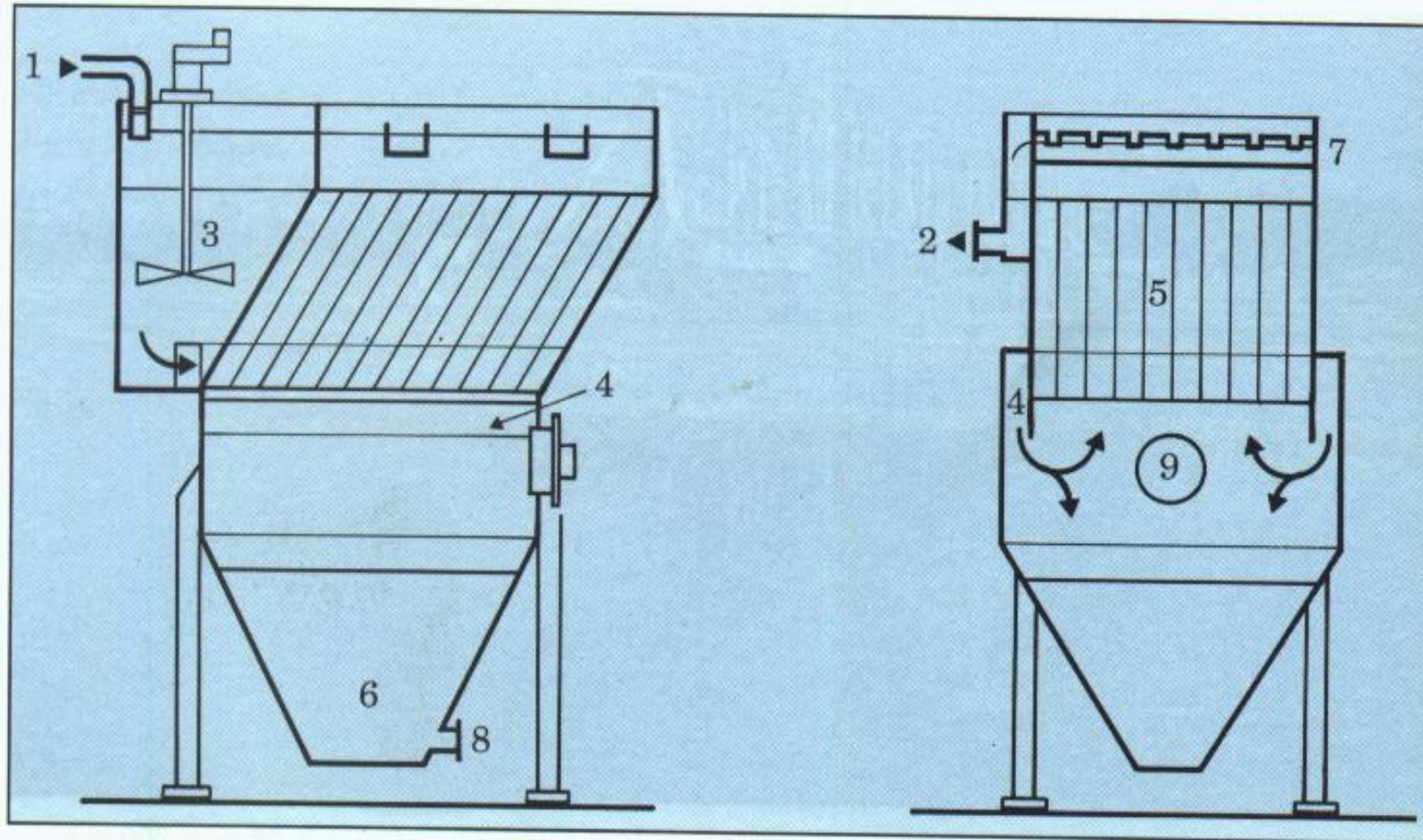


Figure 49 c. Crosscurrent lamellae settling.

Decantor “Sedipac”



- | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------|
| 1 - Raw water inlet. | 4 - Flocculated water distribution channel. | 7 - Settled water collection. |
| 2 - Settled water outlet. | 5 - Lamellae settling. | 8 - Sludge removal. |
| 3 - Flocculation. | 6 - Sludge concentration. | 9 - Inspection manhole. |

Figure 315. Sédipac. Basic diagram.

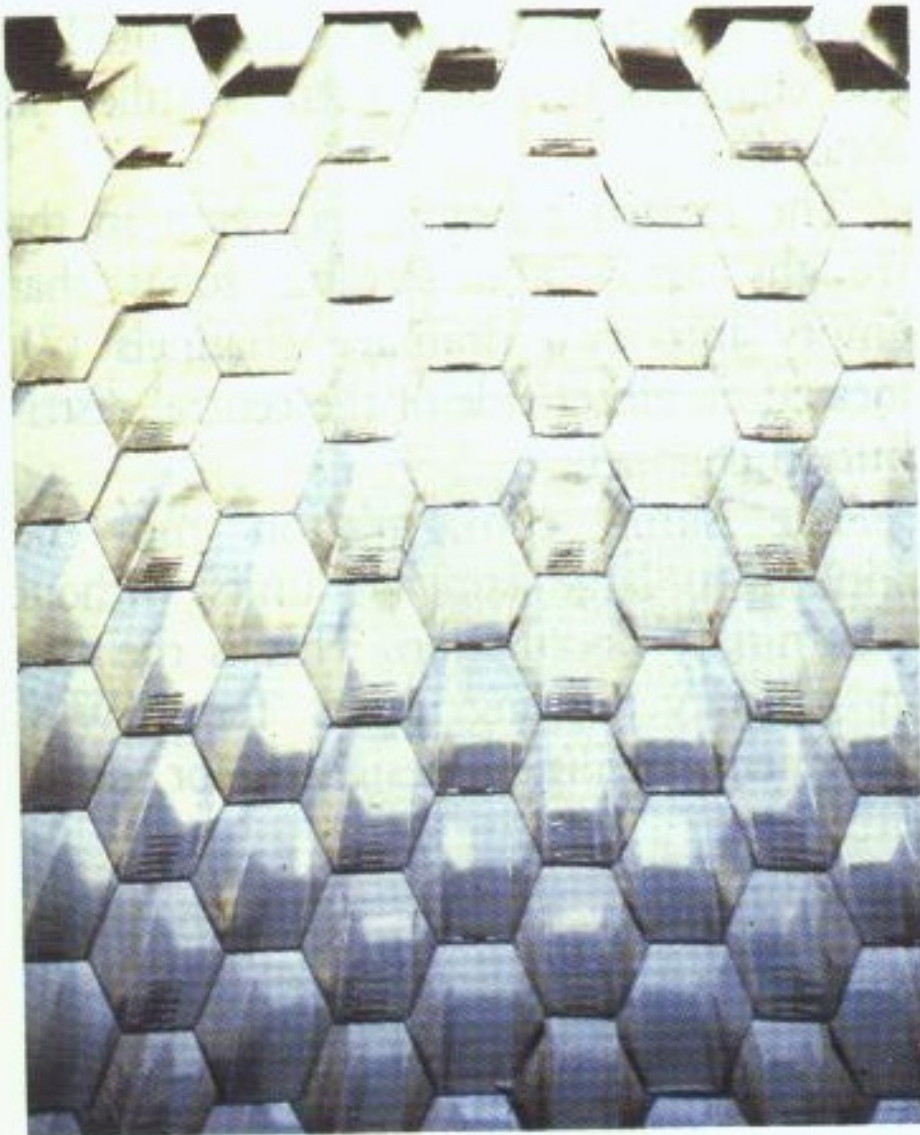
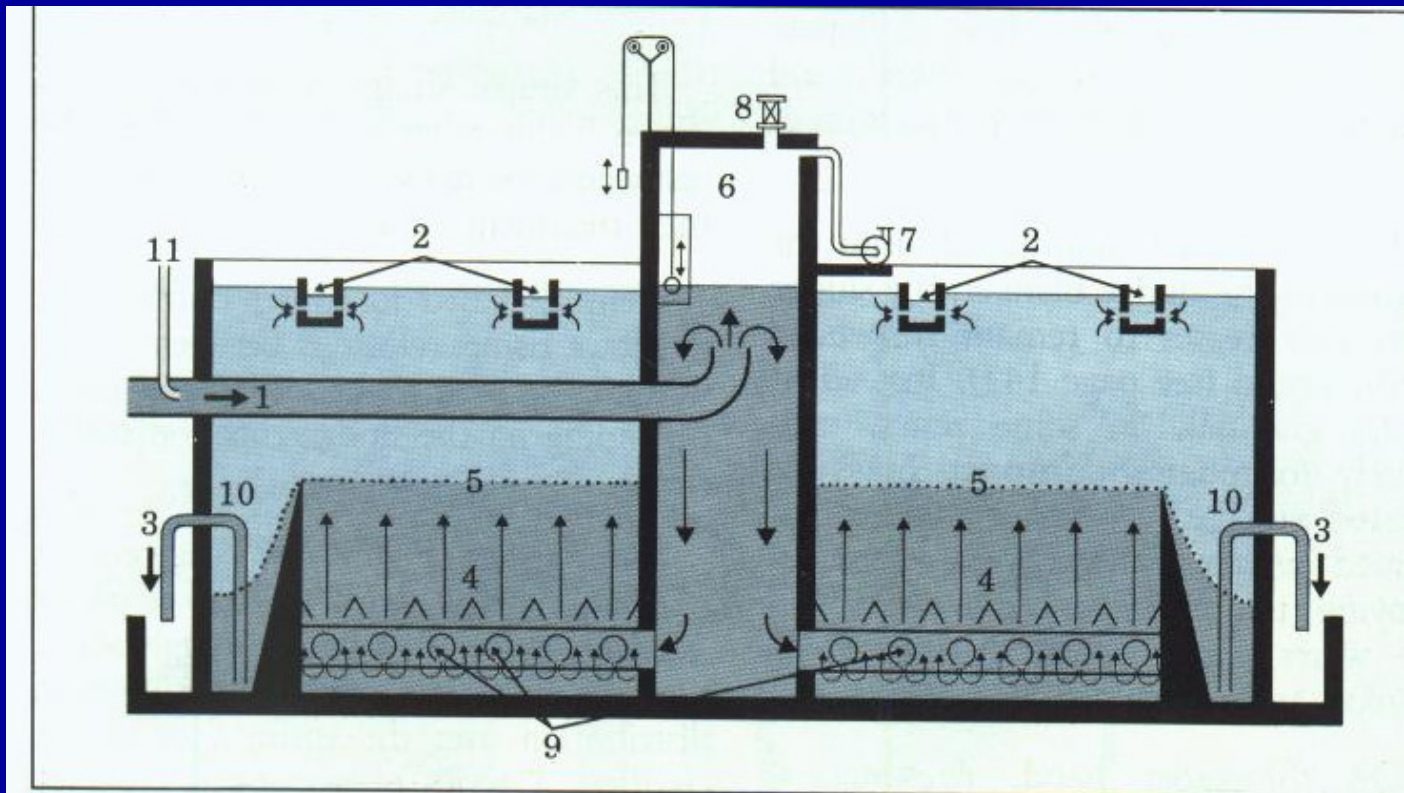


Figure 316. Degrémont lamellae modules.



Figure 317. Metal Sédipac. Facility in Rheinfelden, Germany.

Limpezitor “Pulsator”



1 – Raw water inlet.

2 – Clarified water outlet.

3 – Sludge removal.

4 – Stilling baffles.

5 – Upper level of sludge blanket.

6 – Vacuum chamber.

7 – Vacuum pump.

8 – Air release valve.

9 – Raw water distribution system.

10 – Sludge concentrators.

11 – Reagent feed.

Figure 332. Pulsator clarifier.

Limpezitor “Pulsatube”

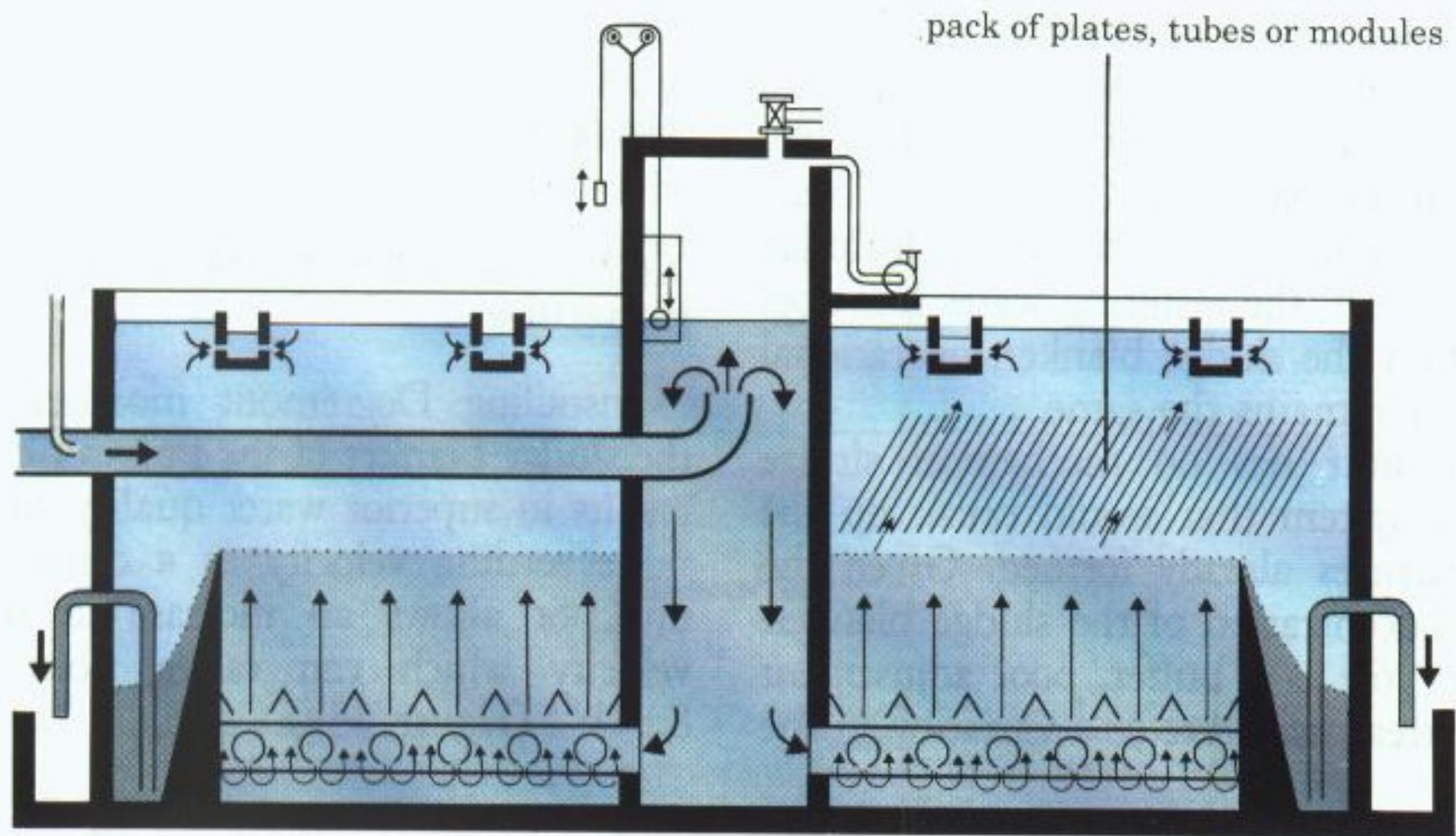
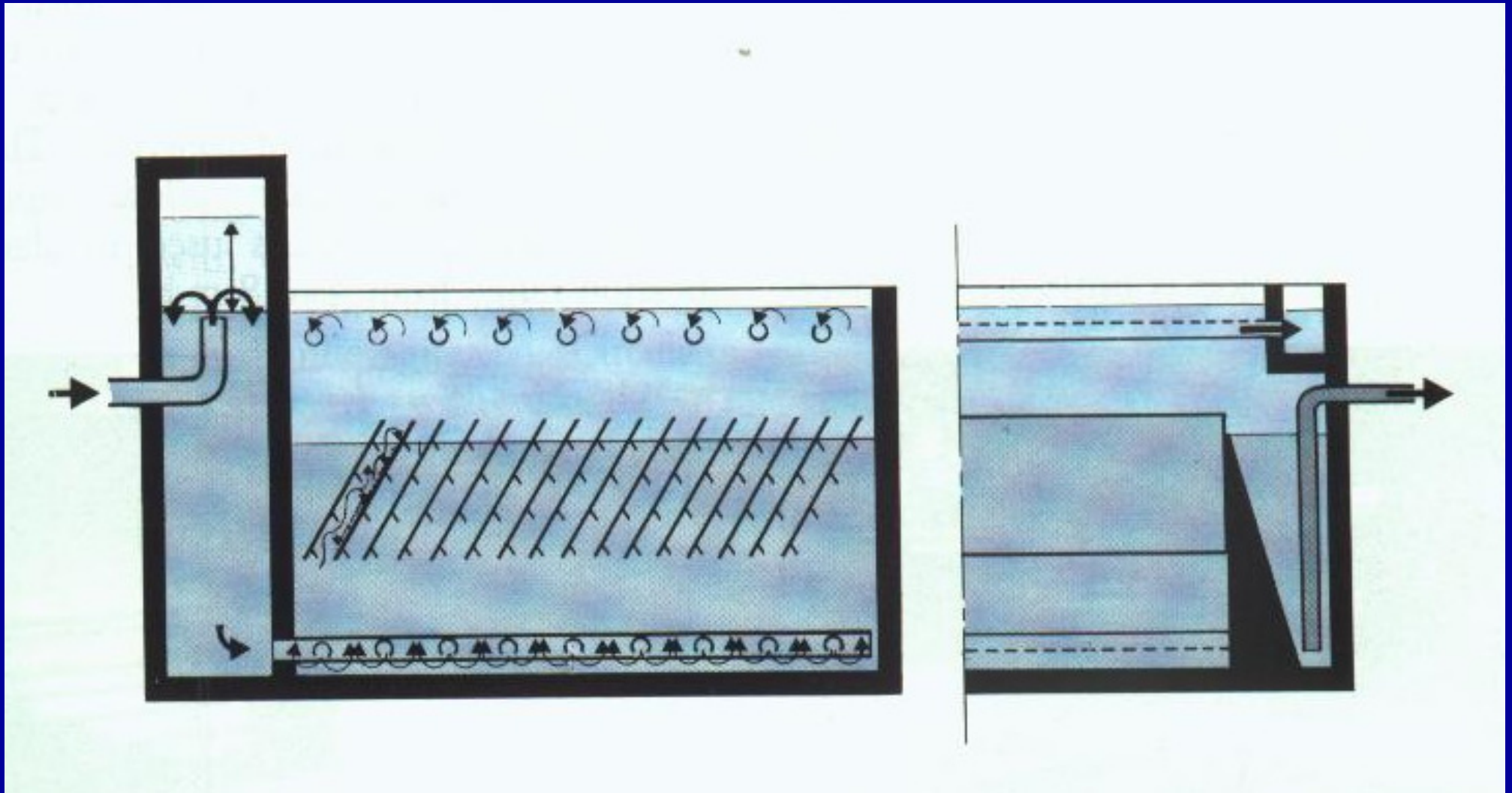
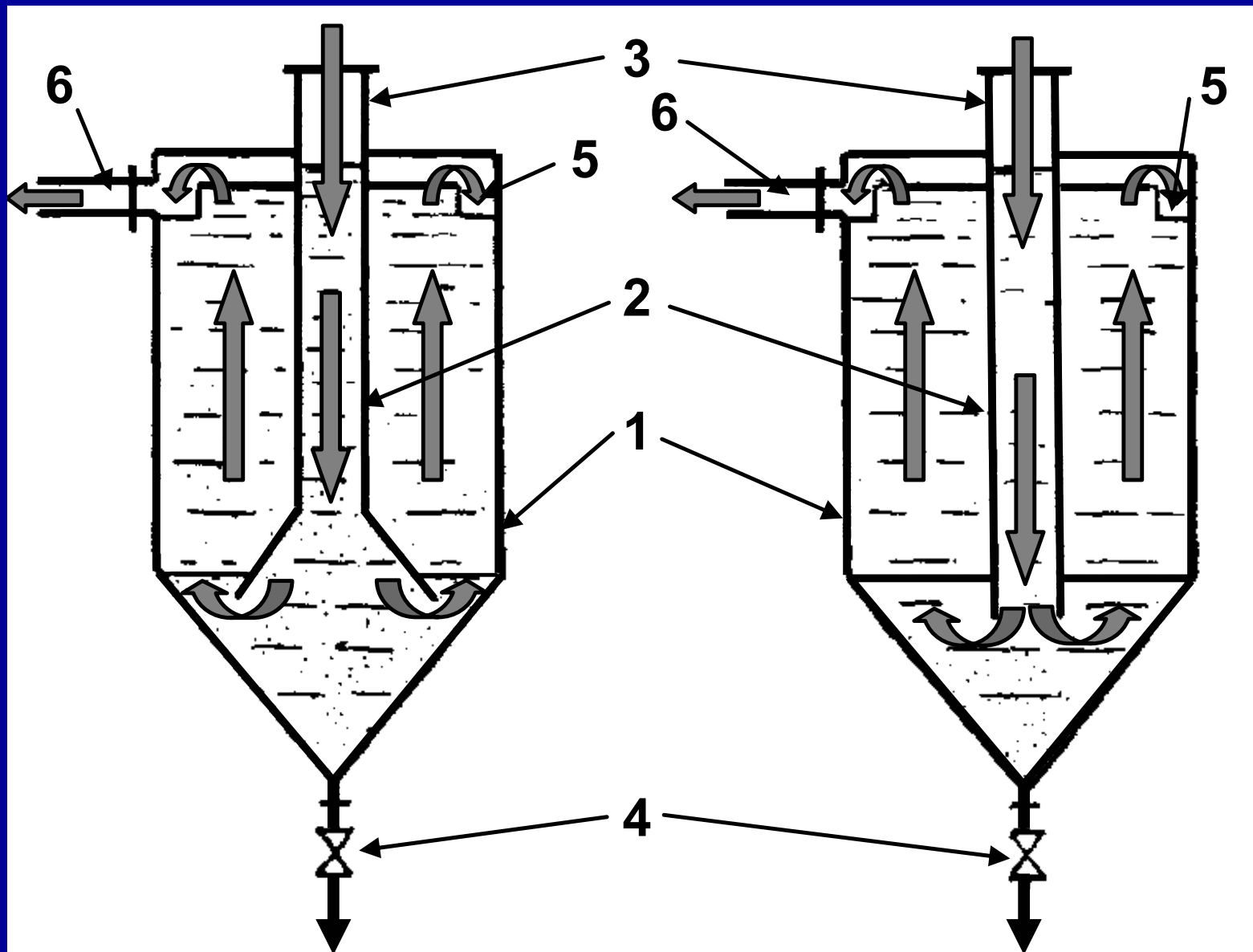


Figure 334. Lamellae Pulsator clarifier or Pulsatube.

Limpezitor “Superpulsator”





Decantoare verticale:

1 – manta verticală; 2 – tub central; 3 – conductă de alimentare cu suspensie;
 4 – racord pentru evacuarea sedimentului; 5 – rigolă pentru colectarea apei decantate;
 6 – conductă pentru evacuarea apei decantate.

COAGULAREA ȘI FLOCCULAREA

- o Procesele de flocculare și coagulare facilitează îndepărtarea solidelor fine aflate în suspensie și a coloizilor.
- o Aceste procese intervin în etapa finală a unui proces de separare solid-lichid, cum ar fi sedimentarea.

SUSPENSII COLOIDALE

Timpul de sedimentare (în conformitate cu legea lui Stokes)
al diferitelor particule, într-un strat de apă de 1 m la 293 K

Diametrul particulelor [μm]	Tipul particulelor	Durata sedimentării	Suprafața specifică [$\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$]
10^4	Pietriș	1 secundă	$6 \cdot 10^2$
10^3	Nisip	10 secunde	$6 \cdot 10^3$
10^2	Nisip fin	2 minute	$6 \cdot 10^4$
10	Argilă	2 ore	$6 \cdot 10^5$
1	Bacterii	8 zile	$6 \cdot 10^6$
10^{-1}	Coloizi	2 ani	$6 \cdot 10^7$
10^{-2}	Coloizi	20 ani	$6 \cdot 10^8$
10^{-3}	Coloizi	200 ani	$6 \cdot 10^9$

SUSPENSII COLOIDALE

- o Datorită suprafeței specifice foarte mari, suspensiile coloidale sunt extrem de stabile și **nu sedimentează în mod natural**.
- o Particulele care formează suspensiile coloidale sunt supuse acțiunii a două forțe:
 - forțelor de atracție *van der Waals* (sunt funcție de structura și forma particulelor, precum și de caracteristicile mediului),
 - forțelor electrostatice de repulsie (sunt funcție de sarcinile superficiale ale particulelor coloidale).
- o Stabilitatea unei suspensii coloidale depinde de echilibrul care se stabilește între forțele de atracție și cele de repulsie.

SUSPENSII COLOIDALE

- o Pentru destabilizarea unei suspensii coloidale trebuie depășită bariera energetică, E_s .
- o Pentru a putea realiza acest lucru, este necesară reducerea forțelor repulsive dintre particule, fapt care permite aglomerarea coloizilor.
- o Acest proces de aglomerare poartă denumirea de **coagulare**.

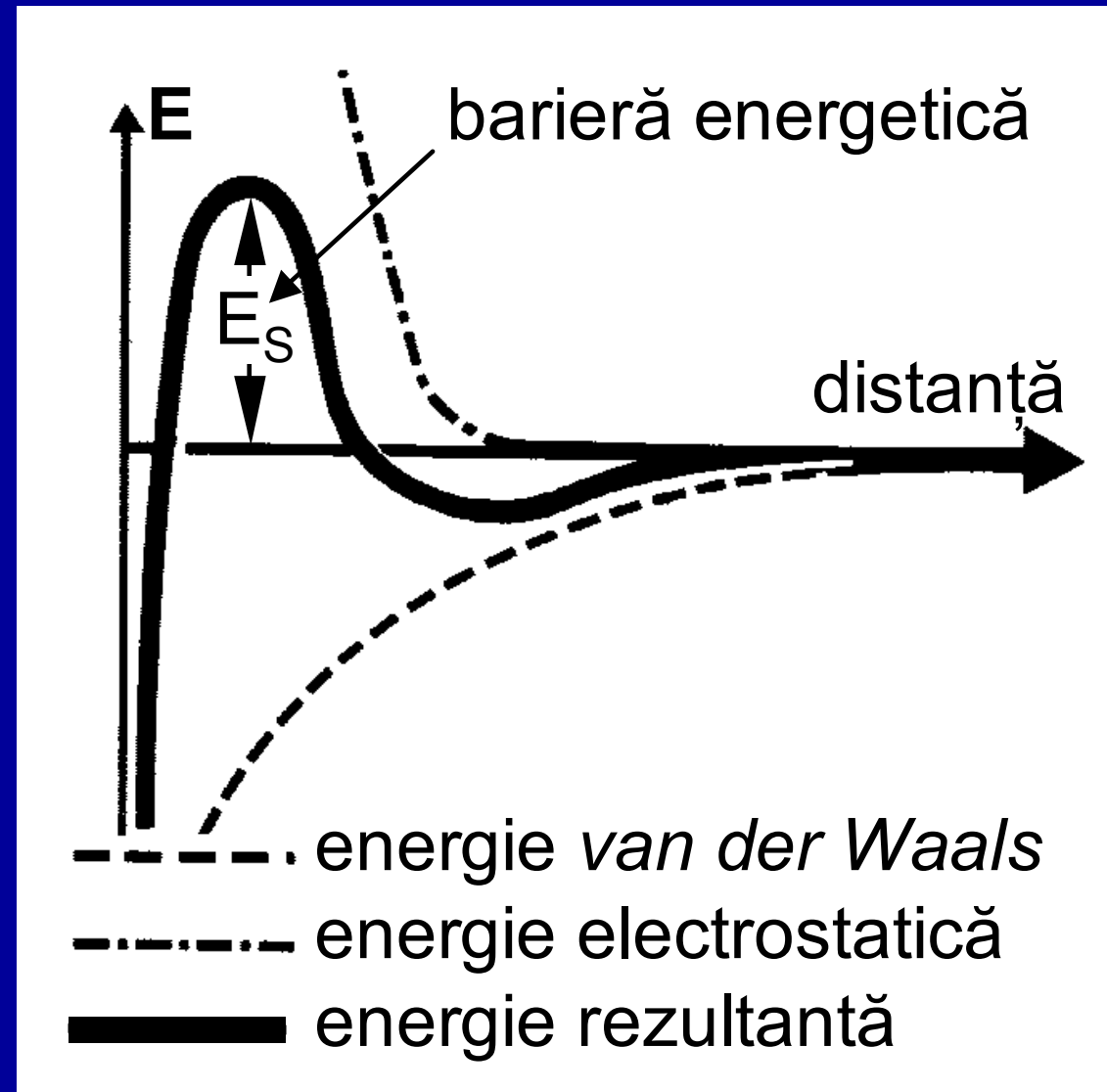


Diagrama energetică a
suspensiilor coloidale

Mecanisme de coagulare

- o Coloizii prezenți în apa brută sunt în exclusivitate încărcăți **negativ** (datorită imperfecțiunilor din structura cristalină, prin ionizarea grupelor periferice etc.), iar pentru neutralizarea lor, cationii prezenți sau introduși în apă se grupează pentru a forma un strat care înconjoară coloidul.
- o Modul de asociere al coloizilor electronegativi cu particulele electropozitive a fost explicat prin câteva teorii.

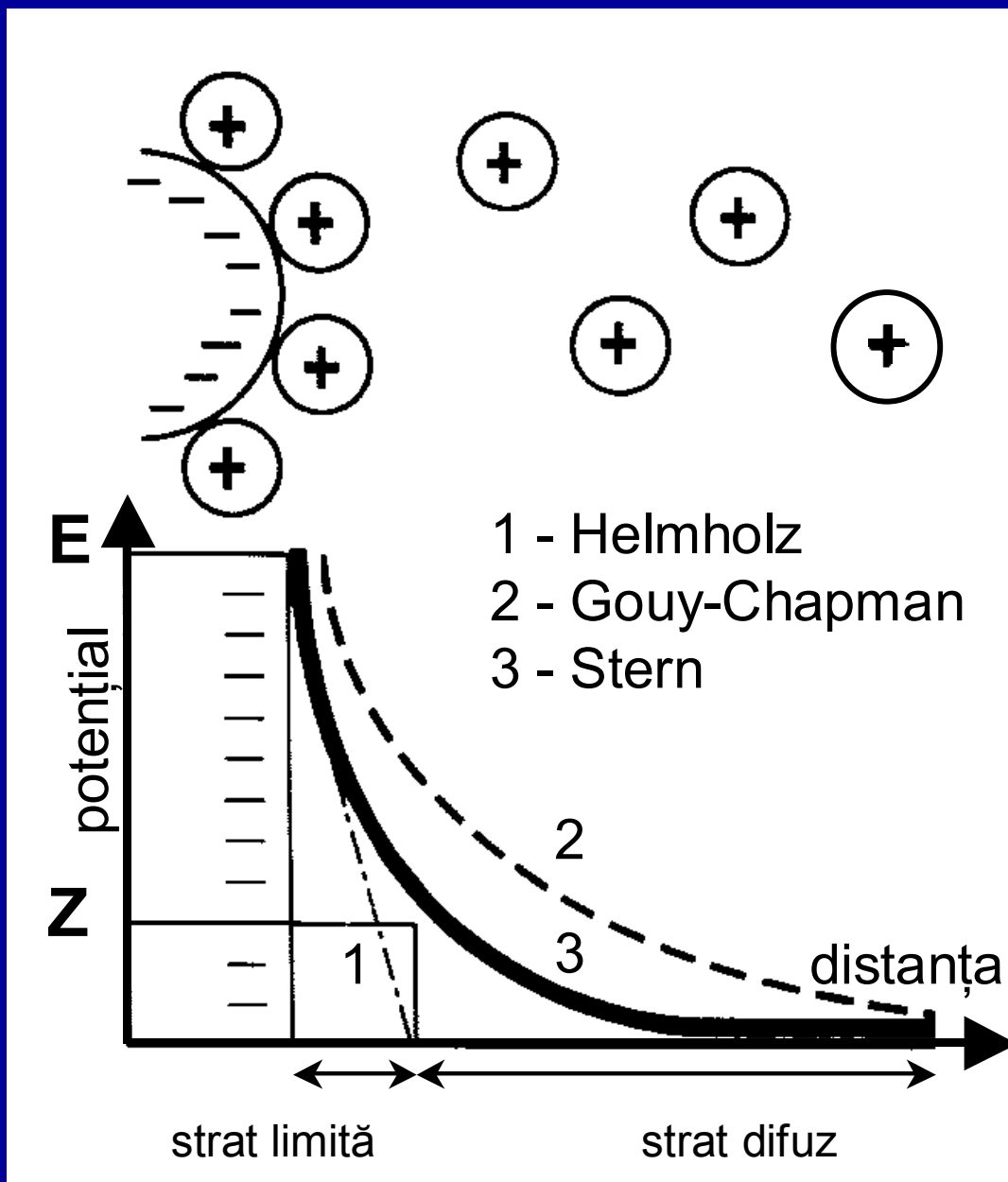
Mecanisme de coagulare

- o Conform **teoriei lui Helmholtz** un strat de cationi (stratul limită) acoperă întreaga suprafață a coloidului asigurând neutralitatea electrică a complexului.
- o După **teoria Gouy-Chapman**, stratul de cationi este distribuit inegal în spațiu în jurul coloidului; neutralitatea se obține la o distanță ceva mai mare (stratul difuz).
- o **Teoria lui Stern** combină ipotezele teoriilor precedente, introducând noțiunea de **strat dublu electric**. Primul strat, atașat de coloid își pierde rapid potențialul. Cel de-al doilea strat, care este mai difuz, suferă o pierdere mai lentă a potențialului.

Mecanisme de coagulare

- o Coloidul se deplasează împreună cu o parte a stratului dublu electric. Această parte, atașată coloidului, corespunde stratului staționar din teoria lui *Stern*.
- o În acest caz, particula coloidală prezintă două potențiale:
 - **potențialul E**, care este potențialul suprafeței coloidului, sau potențialul termodinamic;
 - **potențialul Z**, care este potențialul electrocinetic (potențial zeta).

Mecanisme de coagulare



- o **Potențialul zeta** determină mișcarea coloizilor și interacțiunile dintre aceștia.
- o El poate fi definit prin intermediul electroforezei: o particulă aflată în câmp electric este supusă pe de o parte acțiunii forței de atracție a câmpului electric, iar pe de altă parte acțiunii forțelor de frecare datorate viscozității mediului.

Mecanisme de coagulare

- o Particulele având același potențial zeta posedă aceeași mobilitate electroforetică, indiferent de diametrul lor.
- o Pentru coloizii din sursele naturale de apă, potențialul zeta este în general cuprins între **-14 și -30 mV**; cu cât valoarea este mai negativă, cu atât mai puternică este sarcina particulei.

Mecanisme de coagulare

- o În accepțiunea teoriei stratului dublu electric, coagulară are ca efect anularea potențialului zeta.
- o Pe măsura micșorării potențialului zeta, particulele coloidale se pot apropia mai mult, crescând probabilitatea ciocnirii lor.
- o Coagulară se produce în practică la un potențial ușor negativ, nefiind necesară neutralizarea completă a sarcinilor.
- o Un exces de coagulant poate conduce la încărcarea pozitivă a suprafeței coloizilor (apare un potențial zeta pozitiv) și la redispersarea acestora.

Etapele procesului de coagulare și floculare

Etapa	Factori	Termen
Adăugare de coagulant	Reacția cu apa, ionizarea, hidroliza, polimerizarea	HIDROLIZĂ
Destabilizare	Comprimarea stratului dublu Adsorbția ionilor din coagulant pe suprafața particulei Legarea ionilor pe suprafața particulei Incluziunea coloidului într-un precipitat de hidroxid Legarea între particule prin specii polimerice de coagulant	COAGULARE
Transport	Mișcare browniană Energie disipată	FLOCULARE PERICINETICĂ FLOCULARE ORTOCINETICĂ

Etapele procesului de coagulare și floculare

- o Coagulara reprezintă fenomenul de destabilizare a particulelor coloidale datorită acțiunii unor reactivi chimici cunoscuți sub denumirea de coagulanți.
- o Floculara reprezintă fenomenul de aglomerare a particulelor coloidale destabilizate sub formă de microflocoane, care ulterior se aglomerează în flocoane sedimentabile.
- o Introducerea altor reactivi, cunoscuți ca floculanți sau adjuvanți de floculare poate provoca aglomerarea microflocoanelor.

Etapele procesului de coagulare și floculare

- o Flocularea este determinată de doi factori de transport:
 - Flocularea pericinetică, datorată difuziei browniene. Acest tip de floculare apare doar dacă particulele au $d < 1 \mu\text{m}$. Ea promovează formarea microflocoanelor.
 - Flocularea ortocinetică, legată de disiparea energiei.

Etapele procesului de coagulare și floculare

- o Timpul necesar pentru producerea coagulării și floculării este esențial, cinetica proceselor fiind influențată de:
 - mediul în care au loc,
 - temperatură,
 - concentrația coloizilor,
 - prezența inhibitorilor, etc.
- o În practică, acest timp se stabilește experimental, cu ajutorul unor teste de floculare.

Coagulanți

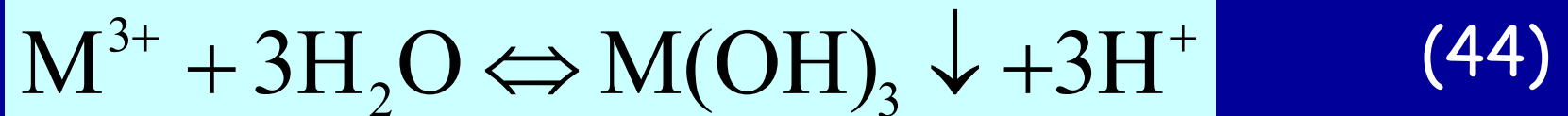
- o Drept agenți de coagulare se utilizează:
 - coagulanți anorganici: săruri de Al sau Fe,
 - polielectroliți cationici organici sintetici.

Coagulanți anorganici

- o Adăugarea în apa brută a unor săruri anorganice hidrolizabile conduce la neutralizarea sarcinii superficiale a coloidului de către cationii proveniți prin hidroliza sării.
- o Cu cât sarcina cationului este mai mare, cu atât este mai eficientă coagularea: un ion trivalent este de zece ori mai eficient decât unul divalent.
- o Alegerea coagulantului este condiționată nu numai de eficiența acestuia, ci și de toxicitatea și costul său: **sărurile de Al^{3+} și Fe^{3+}** au fost și continuă să fie cele mai utilizate produse pentru coagulare.

Coagulanți anorganici

- o Datorită hidrolizei coagulanților se modifică conductivitatea și pH-ul apei tratate:



- o **Valoarea optimă a pH-ului** în procesul de îndepărtare a coloizilor este un compromis între:
 - pH-ul necesar coagulării (care este funcție de tipul coloidului)
 - pH-ul necesar floculării (care este legat de aglomerarea flocoanelor de hidroxid feric sau de aluminiu).

Coagulanți anorganici

- o De obicei se alege acea valoare pH pentru care solubilitatea $M(OH)_3$ este minimă, optimizându-se astfel etapa de floculare.
- o În cazul utilizării sărurilor de aluminiu, pH-ul optim este de 6,0 – 7,4;
- o În cazul utilizării sărurilor ferice, $pH > 5$.
- o Formarea hidroxizilor metalici conform reacției (44) conduce la obținerea în proces a unei importante cantități de nămol, care va trebui ulterior îndepărtat în faza finală de separare solid – lichid.

Coagulanți anorganici

- o Dintre **sărurile de aluminiu** se utilizează drept coagulanți:
 - sulfatul de aluminiu (cu sau fără adaosuri de var sau sodă),
 - clorura de aluminiu,
 - aluminatul de sodiu,
 - polimeri pe bază de policlorură bazică de aluminiu.

Coagulanți anorganici

- o La tratarea apei cu săruri conținând ioni Al^{3+} , concomitent cu formarea hidroxidului se pun în libertate ioni H^+ care modifică aciditatea:



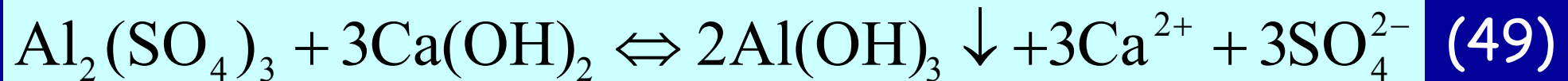
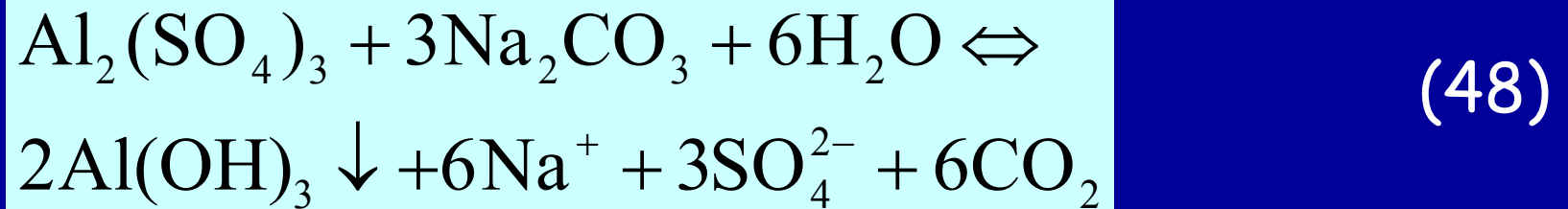
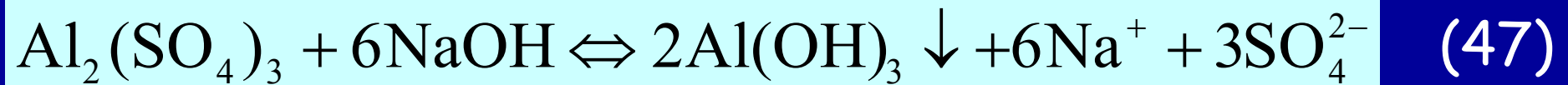
- o Acești ioni pot reacționa cu unii ioni din soluție, în special cu anionii de carbonat acid:



Coagulanți anorganici

- o Dioxidul de carbon format poate interfera cu procesul de coagulare, bulele de CO_2 care părăsesc faza lichidă antrenând flocoanele de $\text{Al}(\text{OH})_3$ și provocând mai degrabă flotația decât sedimentarea acestora.
- o Pentru prevenirea acestui fenomen, alături de sulfatul de aluminiu se dozează și o bază (hidroxid sau carbonat de sodiu, hidroxid de calciu) care să neutralizeze creșterea de aciditate:

Coagulanți anorganici



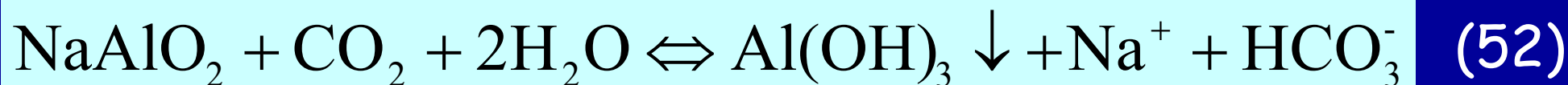
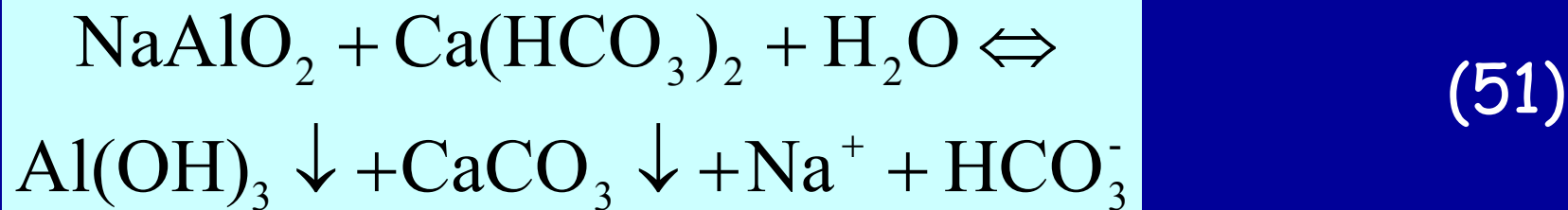
- o Pentru limpezirea apelor de suprafață se utilizează 10 – 150 g/m³ sulfat de aluminiu comercial $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}]$, iar pentru apele uzate 50 – 300 g/m³.
- o Necesarul de Na_2CO_3 sau $\text{Ca}(\text{OH})_2$ este de 50-100%, respectiv 33% din doza de sulfat de aluminiu.

Coagulanți anorganici

- o La utilizarea aluminatului de sodiu se formează în urma hidrolizei ioni OH^- :



- o Aluminatul de sodiu poate reacționa cu ionii HCO_3^- sau cu CO_2 liber din apă cf. ec.:



- o Pentru limpezirea apelor de suprafață se utilizează între 5 și 50 g/m³ produs comercial cu 50% Al_2O_3 .

Coagulanți anorganici

- o Clorura de aluminiu este foarte eficientă, dar este utilizată numai în situații speciale, datorită prețului său prohibitiv.
- o Sărurile polimerice pe bază de aluminiu se utilizează atât pentru neutralizarea cât și pentru legarea particulelor coloidale, coagularea fiind astfel mai eficientă.
- o Produsele comerciale corespund formulei generale $Al_n(OH)_p(Cl)_q(SO_4)_r$, fiind caracterizate printr-un raport molar OH/Al cuprins între 0,4 și 0,6.

Coagulanți anorganici

- o Cu cât gradul de polimerizare este mai ridicat, cu atât flocoanele formate pe baza unității $Al_6(OH)_{12}^{6+}$ sunt mai cristaline.
- o Aciditatea acestor polimeri este mai redusă, iar coeziunea nămolului este mai bună.
- o În majoritatea cazurilor doza de coagulant este mai scăzută comparativ cu sărurile monomere.

Coagulanți anorganici

- o Coagularea cu săruri ferice are la bază o reacție similară cu (45):



cu observația că prezența ionului Fe^{3+} produce colorarea apei tratate.

- o La tratarea cu săruri ferice, sau cu săruri ferice și adaos de baze, reacțiile care au loc sunt similare cu cele ale sulfatului sau clorurii de aluminiu.

Coagulanți anorganici

Doze de coagulanți pe bază de săruri de fier la tratarea apelor

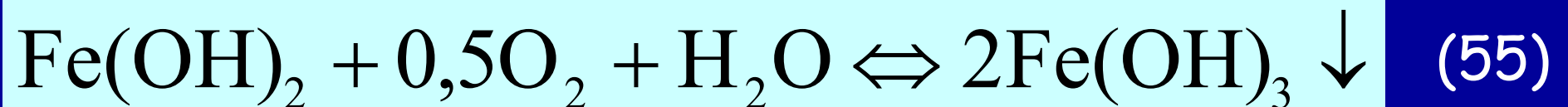
Tratare cu:	Doza de coagulant [$\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$]		Observații
	apă brută	apă uzată	
FeCl_3	5 - 150		ca $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ comercială
$\text{FeCl}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$		50 - 300 50 - 500	ca $\text{FeCl}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ comercială
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	10 - 250		ca $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ comercial
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2$	10 - 250 5 - 125		ca $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3\cdot 9\text{H}_2\text{O}$ comercial
FeSO_4	5 - 150	100 - 400	ca $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ comercial
$\text{FeSO}_4 + \text{Cl}_2$			necesarul de Cl_2 este de 12% din doza de FeSO_4
$\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2$		250 - 350 100 - 150	ca $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ comercial

Coagulanți anorganici

- o Pe lângă sărurile de Fe^{3+} se pot folosi și săruri de Fe^{2+} , cu sau fără adaos de agenți oxidanți.
- o Sulfatul feros hidrolizează în prezența carbonaților acizi din apă:

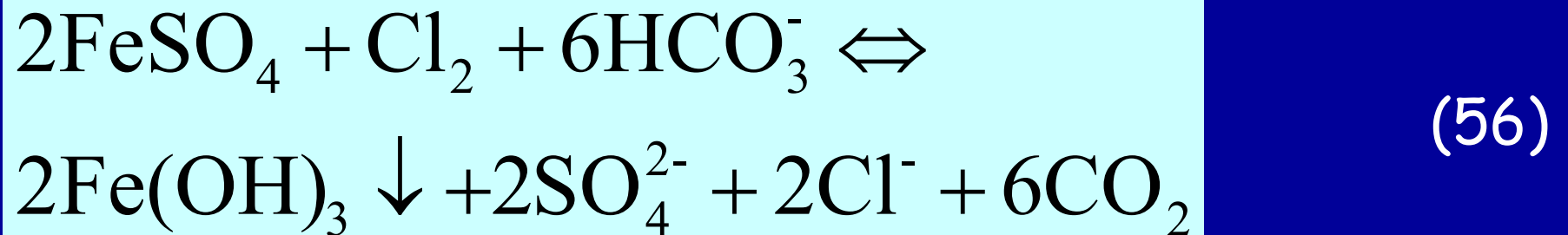


- o În apă aerată, hidroxidul feros se oxidează la hidroxid feric:



Coagulanți anorganici

- o Sulfatul feros poate fi utilizat în combinație cu clorul gazos sau cu hidroxidul de calciu, cazuri în care reacțiile sunt:



Coagulanți anorganici

- o Pe piață există și produse mixte, pe bază de Fe și Al, cum ar fi amestecul solid de sulfat feric și sulfat de aluminiu, utilizat în special pentru îndepărtarea fosfaților din apele reziduale municipale și industriale.
- o Cu o utilizare mai restrânsă ca agenți de coagulare se pot aminti:
 - sulfatul de cupru (algicid),
 - ozonul și clorul (bactericizi).

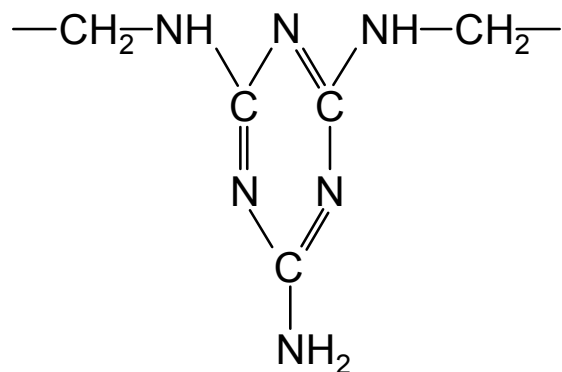
Coagulanți organici

- o Aceste produse sunt polimeri organici de sinteză, având mase moleculare medii de $10^4 - 10^5$, livrate sub formă lichidă, în soluție apoasă.
- o Se pot utiliza ca înlocuitori totali sau parțiali ai coagulanților anorganici.
- o Utilizarea lor conduce la reducerea substanțială a cantității de nămol formate; în plus, nămolul este mai dens și mai aderent.
- o Modificările de pH și de salinitate pe care acești polimeri le produc apei sunt insignifiante.

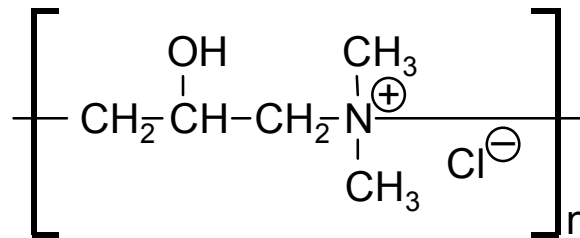
Coagulanți organici

- o Producții comerciale conțin unități monomere cationice, principalele clase de monomeri utilizate fiind:
 - melaminformaldehida,
 - epiclorhidrin dimetilamina,
 - clorura de dialil-dimetil amoniu.
- o Se mai utilizează, de asemenea, diferite alte **poliamine** și **polietilenimine**, în special la limpezirea apelor reziduale industriale.

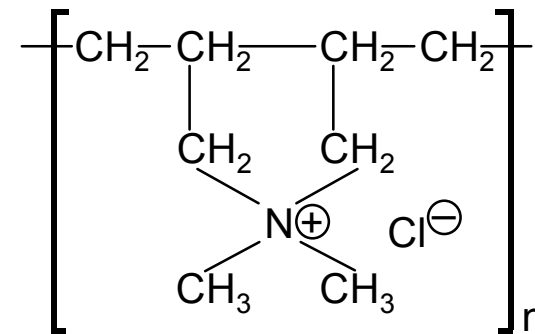
Coagulanți organici



a



b



c

Principalele tipuri de coagulanți organici polimeri:

a – polimelaminformaldehidă;

b – poliepiclorhidrin dimetilamină;

c – policlorură de dialil-dimetil amoniu.

Coagulanți organici

- o Coagulanții organici se folosesc în doze de:
 - 5 - 15 g/m³ pentru tratarea apei brute,
 - 5 - 50 g/m³ la tratarea apelor reziduale.
- o Utilizarea coagulanților organici alături de coagulanți anorganici are efect sinergetic:
 - necesarul de coagulant anorganic se reduce cu 40 - 80%,
 - cantitatea de nămol formată este minimă.

Floculanți

- o În calitate de floculanți pot fi folosite diverse tipuri de polimeri anorganici sau organici, naturali sau sintetici.
- o Dintre **polimerii naturali** se pot menționa silicea activată, aluminosilicații, bentonita, caolinul, carbonatul de calciu precipitat pur, kieselgurul, pulberea de cărbune activat, nisipul fin, alginații, amidonul, unele polizaharide (galactomananii, pectinele, xantanii).
- o **Dozele de floculanți naturali** sunt variabile: de la 0,5 - 4 mg/L SiO_2 în cazul silicei activate, până la 5 - 10 g/L în cazul amidonului.

Floculanți

- o Floculanții organici de sinteză pot fi:
 - anionici (acrilamide și copolimeri acizi),
 - cationici (copolimeri ai acrilamidei cu metacrilatul sau acrilatul de dimetil-aminoetil),
 - neionici (poliacrilamide).
- o Au catene liniare lungi, având mase moleculare de $10^6 - 10^7$, unii posedând și sarcini electrice sau grupări ionizabile.
- o Performanțele lor sunt net superioare celor ale floculanților naturali.
- o Floculanții de sinteză sunt disponibili:
 - sub formă solidă,
 - în emulsie (polimer într-un solvent organic),
 - în soluție apoasă (circa 20 g/L).

Floculanți

- o În **procesele de limpezire** a apelor de suprafață, floculanții sintetici sunt utilizați în combinație cu un coagulant.
 - Se recomandă utilizarea polimerilor anionici, neionici sau slab cationici, în doze de 0,05 - 0,5 g/m³;
 - În cazul apelor cu turbiditate mare, doza poate crește până la 2 g/m³.

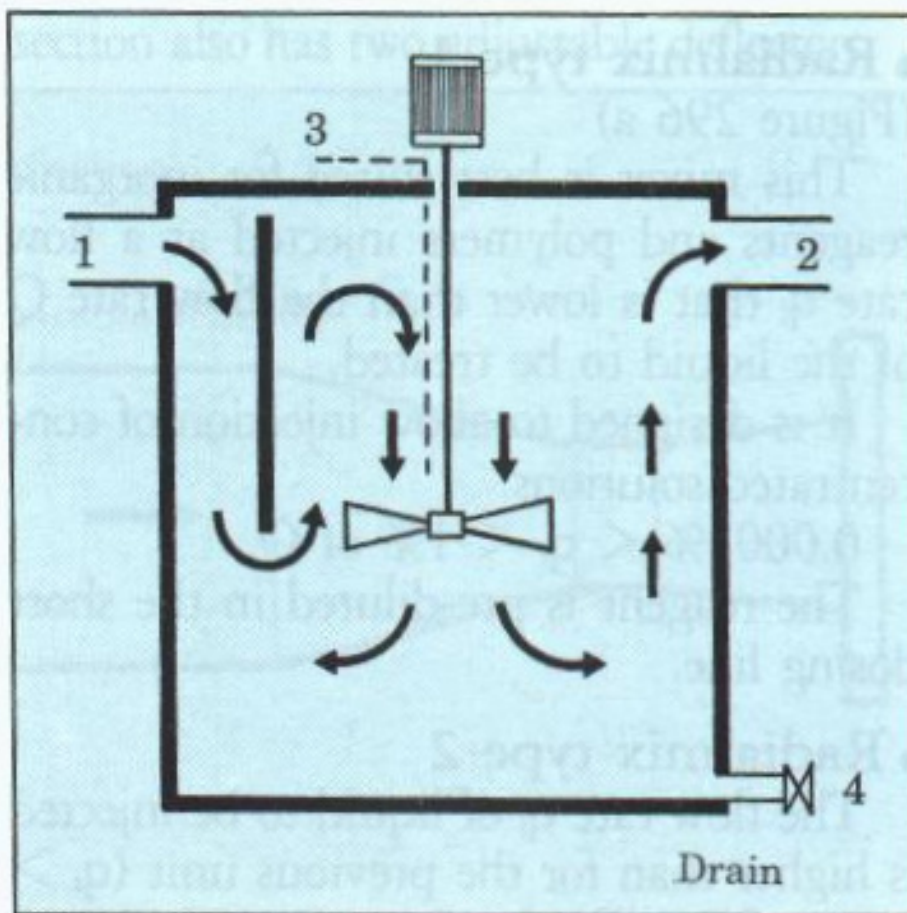
Floculanți

- o Pentru **tratarea apelor uzate industriale**, dacă se folosește și un coagulant, doza de floculant este de până la 2 g/m^3 . În unele cazuri se folosește numai un polimer floculant cationic, în doze între $0,5 - 5 \text{ g/m}^3$.
- o La **tratarea apelor uzate municipale** se utilizează de regulă un floculant anionic (până la 2 g/m^3) în combinație cu un coagulant anorganic. Dacă se urmărește numai îndepărtarea suspensiilor solide, floculantul singur este suficient.
- o Floculanții cationici sunt utilizați **pentru deshidratarea nămolurilor** de natură organică, în timp ce floculanții anionici sunt indicați pentru deshidratarea nămolurilor anorganice. Dozele de polimer pot varia între $0,5 - 7 \text{ kg}$ pe tona de solide uscate.

UTILAJE PENTRU COAGULARE - FLOCULARE

- A. Utilaje in care se realizeaza separat coagularea, flocularea, sedimentarea;
- B. Utilaje in care se realizeaza combinat procesele de coagulare, floculare, sedimentare (decantoare suspensionale)
 - o In cazul "A":
 - coagularea - camere de amestec;
 - flocularea - camere de reactie (floculatoare);
 - sedimentarea flocoanelor - decantoare radiale sau rectangulare

Camera de amestec cu agitare mecanica



1 - Water inlet. 3 - Reagent.
2 - Water outlet. 4 - Drain.

Figure 295. Mixing chamber with a flash mixer.

DENSADEG RPL

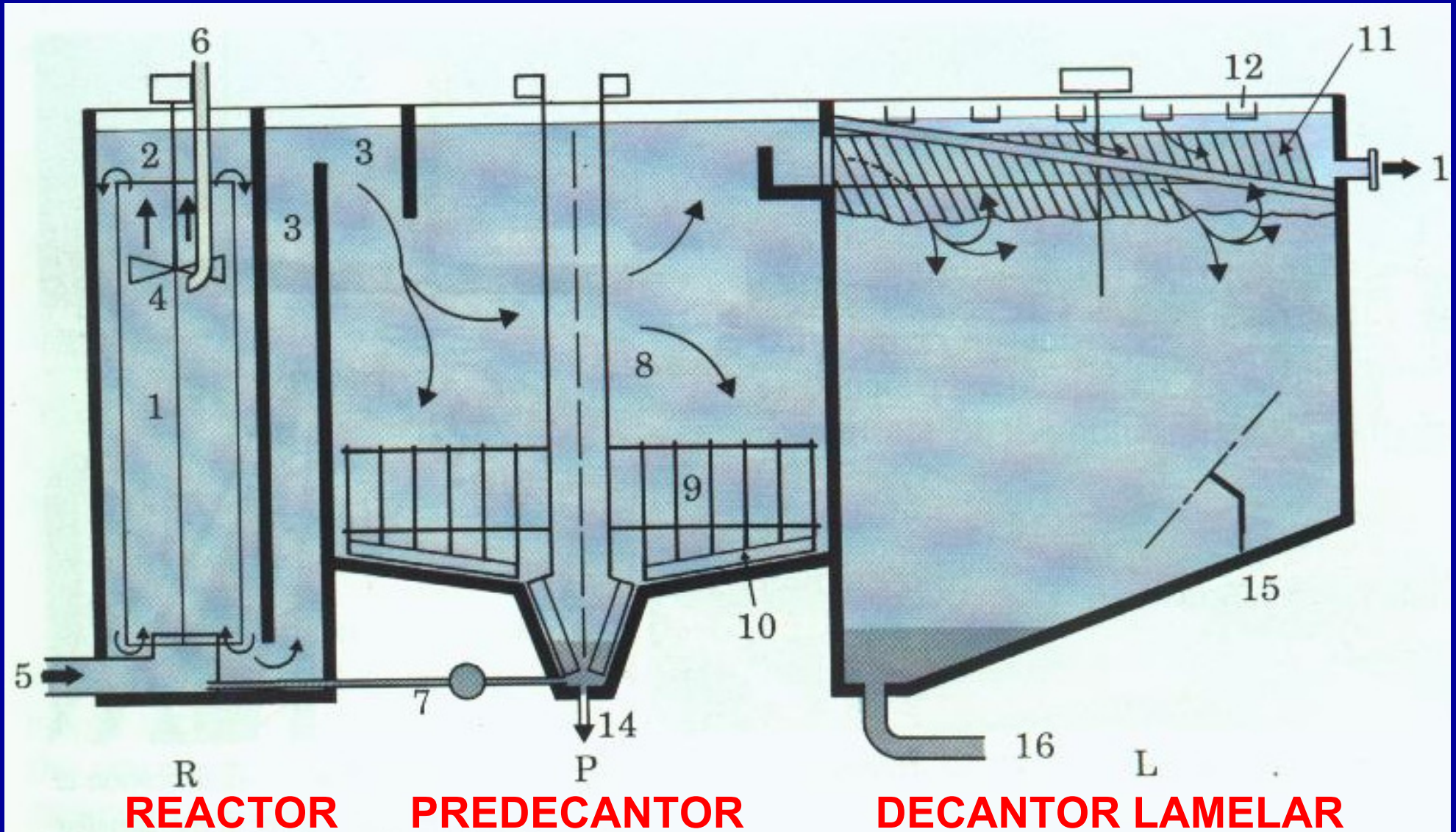
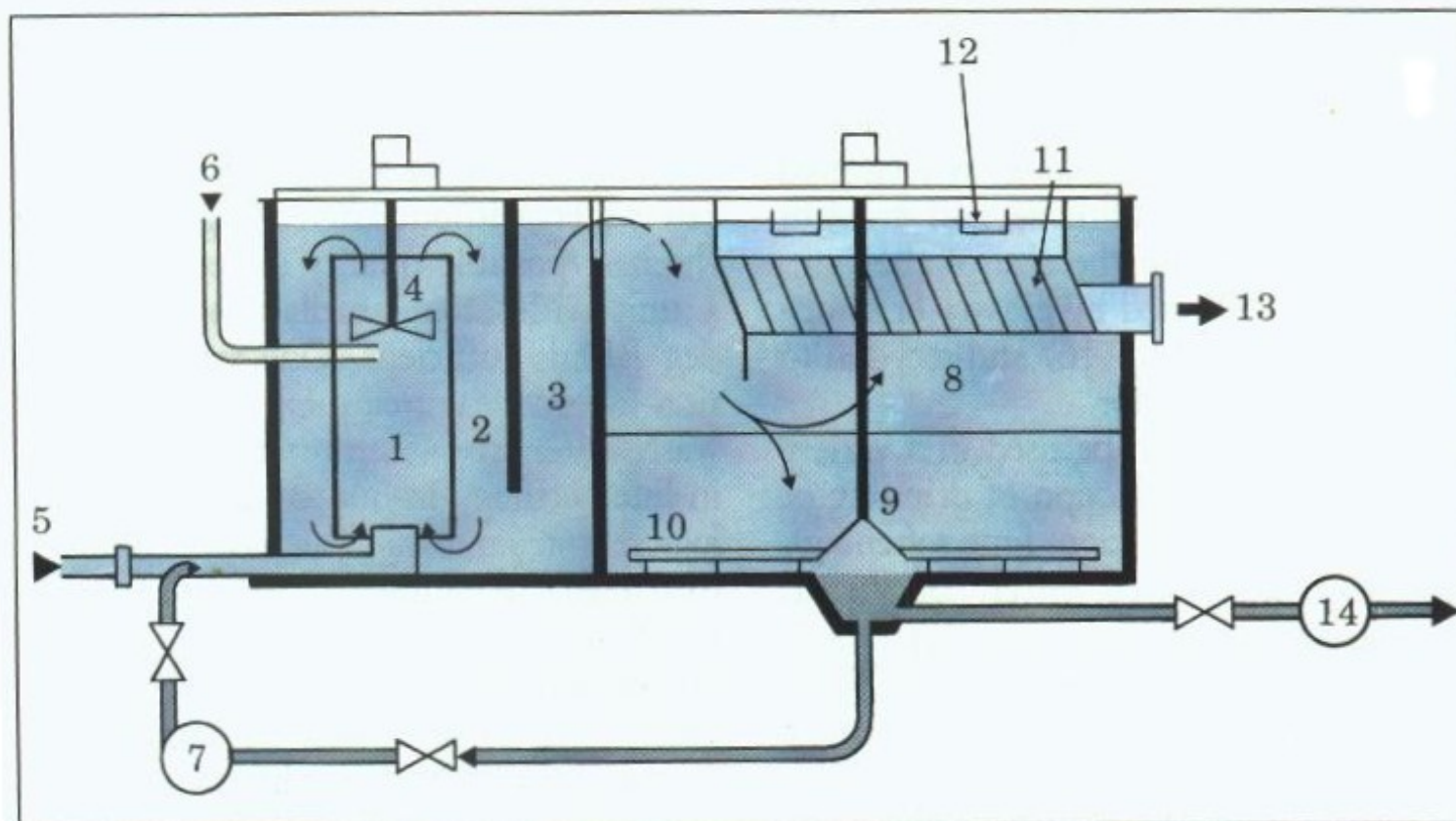


Figure 345. RPL Densadeg. Basic diagram.

DENSADEG RL



1,2,3 – Flocculation chambers.

4 – Propeller.

5 – Raw water inlet.

6 – Reagent feed.

7 – Recirculation pump.

8 – Flocculated water inlet.

9 – Drive shaft.

10 – Scraper.

11 – Modules.

12 – Collection troughs.

13 – Treated water outlet.

14 – Sludge draw-off pump.

Figure 346. Densadeg RL – Basic diagram.

Flocularea pe solide

- o Eficiența floculării poate fi mărită prin:
 - creșterea concentrației nămolului în reactorul de floculare,
 - creșterea gradientului de viteză,
 - creșterea timpului de contact.
- o Creșterea gradientului de viteză peste o anumită limită poate conduce la efecte adverse (distrugerea flocoanelor prin forfecare);
- o Creșterea timpului de contact necesită:
 - fie creșterea timpului de staționare în reactor (echivalentă cu reducerea productivității),
 - fie mărirea volumului reactorului (echivalentă cu creșterea costurilor de investiții).

Flocularea pe solide

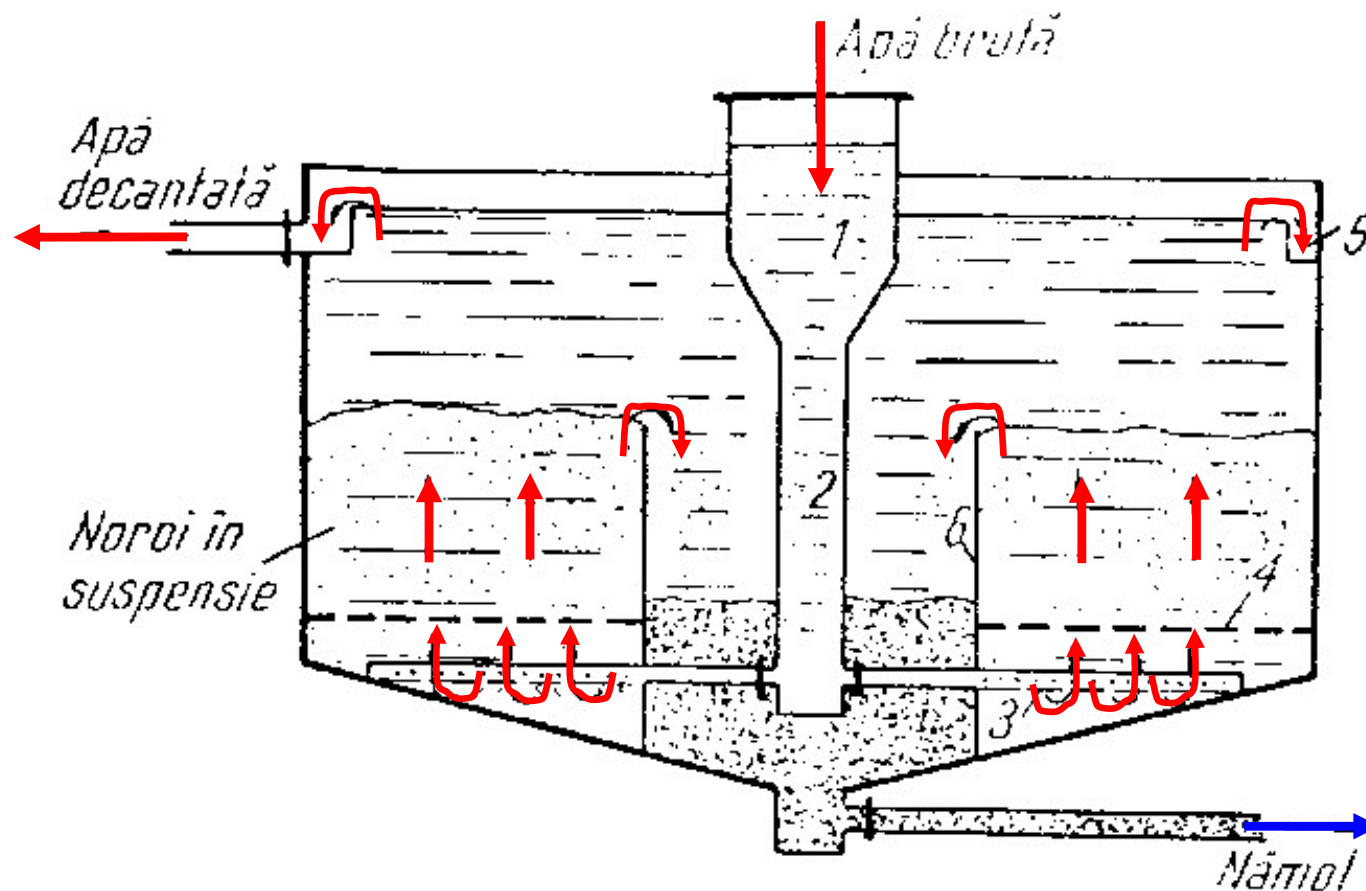
- o Singura posibilitate de creștere a eficienței rămâne **creșterea concentrației nămolului în reactor**, crescând astfel probabilitatea ca ciocnirile dintre particulele coloidale să aibă loc în interiorul reactorului.
- o Acest principiu al creșterii concentrației nămolului este utilizat în **decantoarele suspensionale**, în care creșterea eficienței floculării se poate realiza prin:
 - recircularea nămolului;
 - formarea unui strat (pături) de nămol într-o anumită zonă a decantorului;
 - imprimarea unei pulsații stratului de nămol din decantor.

Flocularea pe solide

o Utilizarea decantoarelor suspensionale oferă o serie de **avantaje**:

- îmbunătățirea floculării prin formarea de flocoane omogene, absența particulelor fin divizate, reducerea timpului de floculare;
- viteze de sedimentare mai mari, deci utilaje de volum mai mic;
- definitivarea unor procese specifice: precipitare, adsorbție pe cărbune activat, etc.;
- grad superior de îndepărtare a substanțelor organice, prin reținerea lor în flocoane;
- economie de reactivi, prin utilizarea efectului de coagulare și floculare al nămolului recirculat.

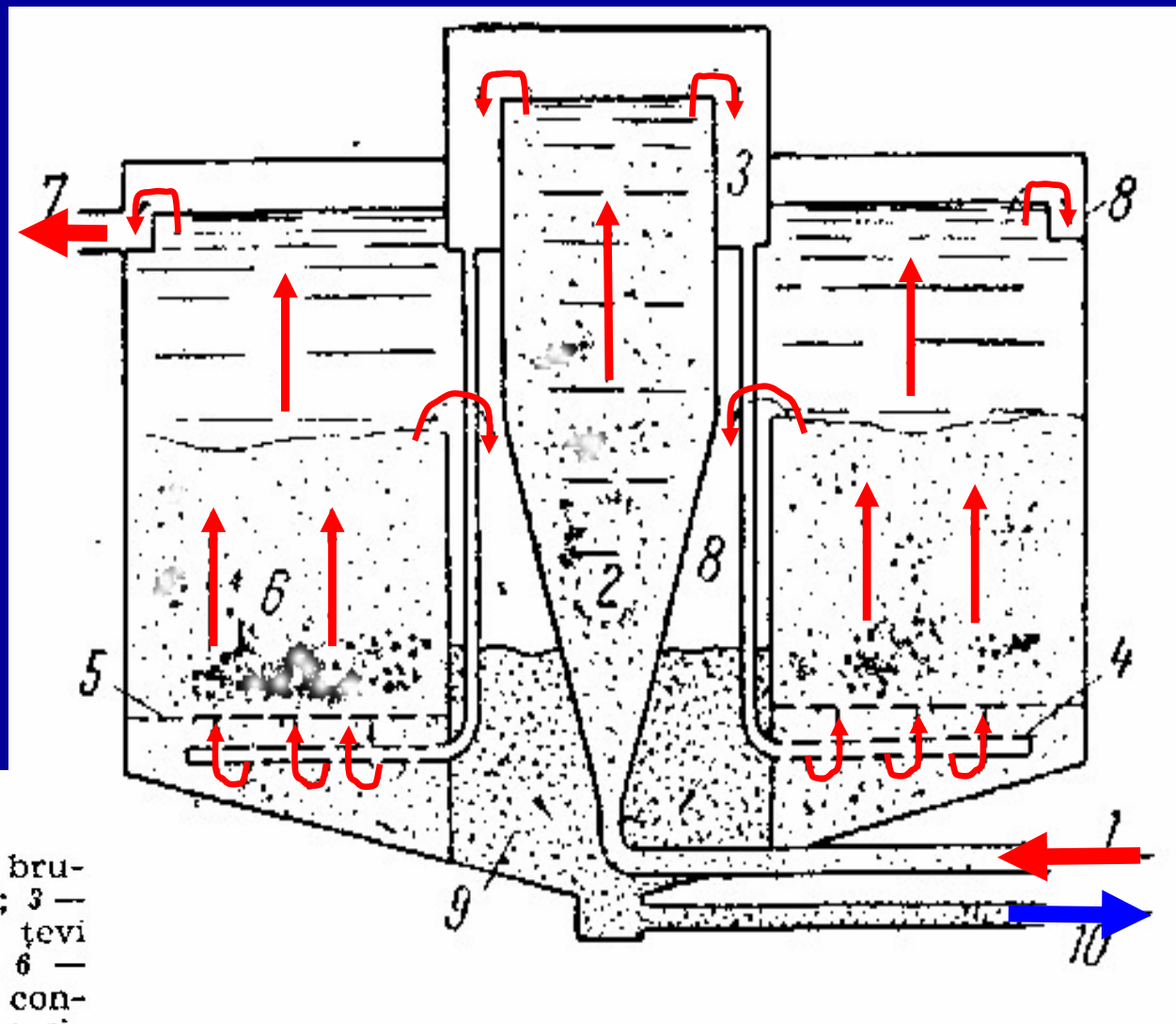
Decantoare suspensionale



Limpezitor cu fund perforat:

1 — separator de aer; 2 — tub central; 3 — țevi radiale, găurite; 4 — fund perforat; 5 — rigolă periferică pentru colectarea apei limpezi; 6 — recipient pentru concentrarea nămolului.

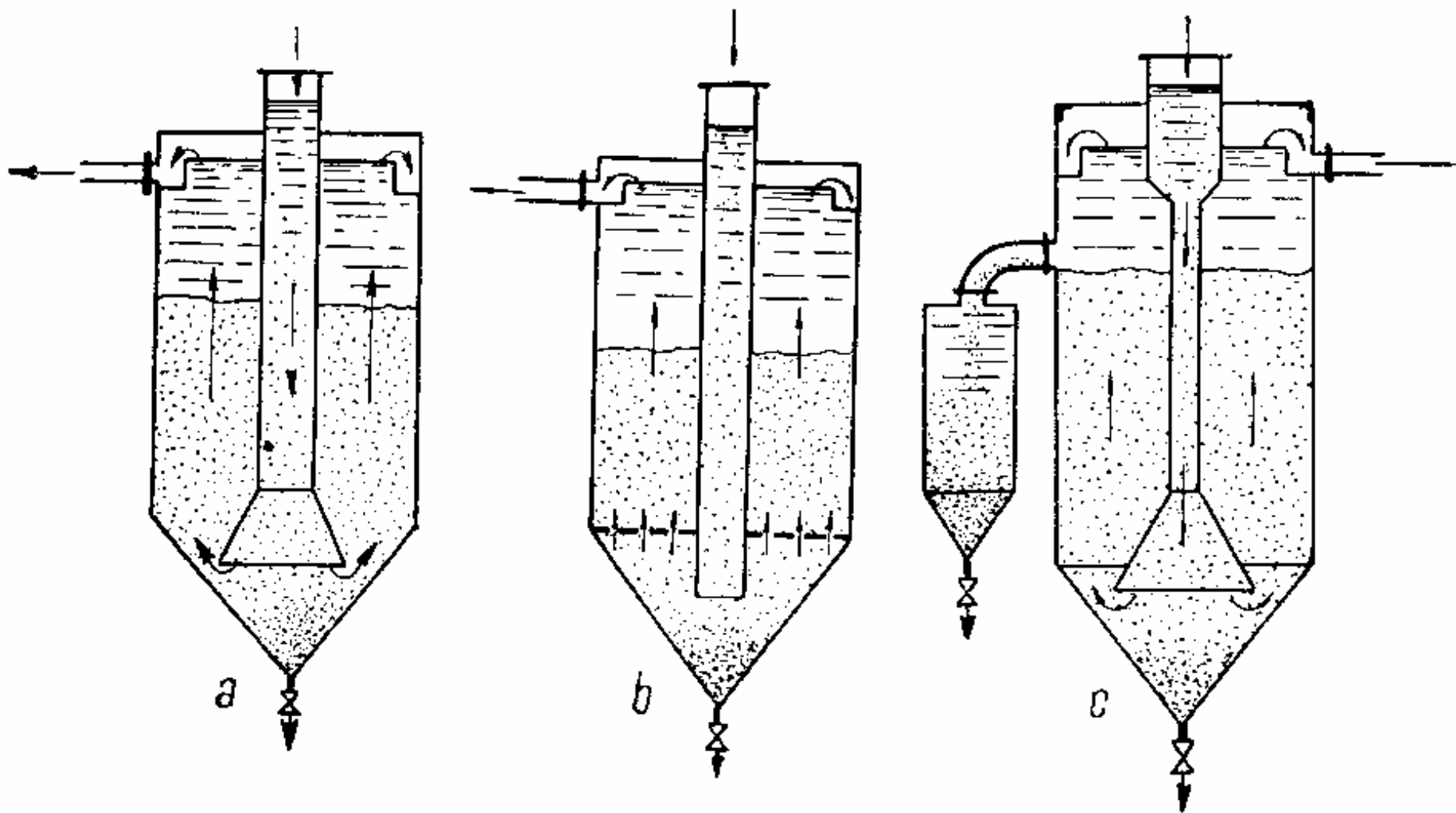
Decantoare suspensionale



Limpezitor mixt:

1 — conductă de alimentare cu apă brută; 2 — difuzor (spațiu de floculare); 3 — separator de aer (degazor); 4 — țevi radiale găurite; 5 — fund perforat; 6 — strat de suspensie concentrată; 7 — conducte de apă decantată; 8 — rigolă periferică pentru colectarea apei limpezite; 9 — recipient pentru concentrarea nămolului; 10 — conductă pentru evacuarea nămolului concentrat.

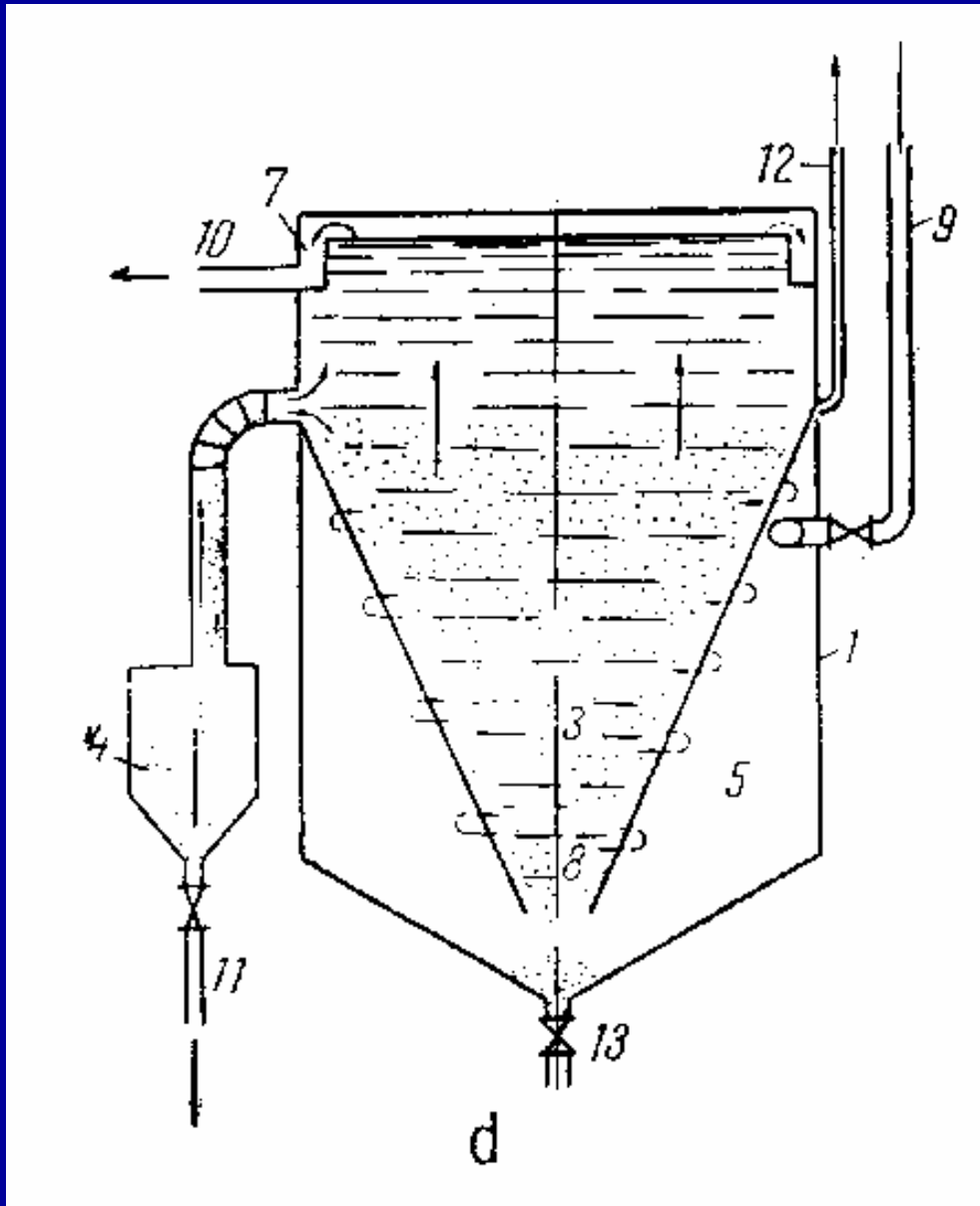
Decantare suspensionale



Decantoare suspensionale

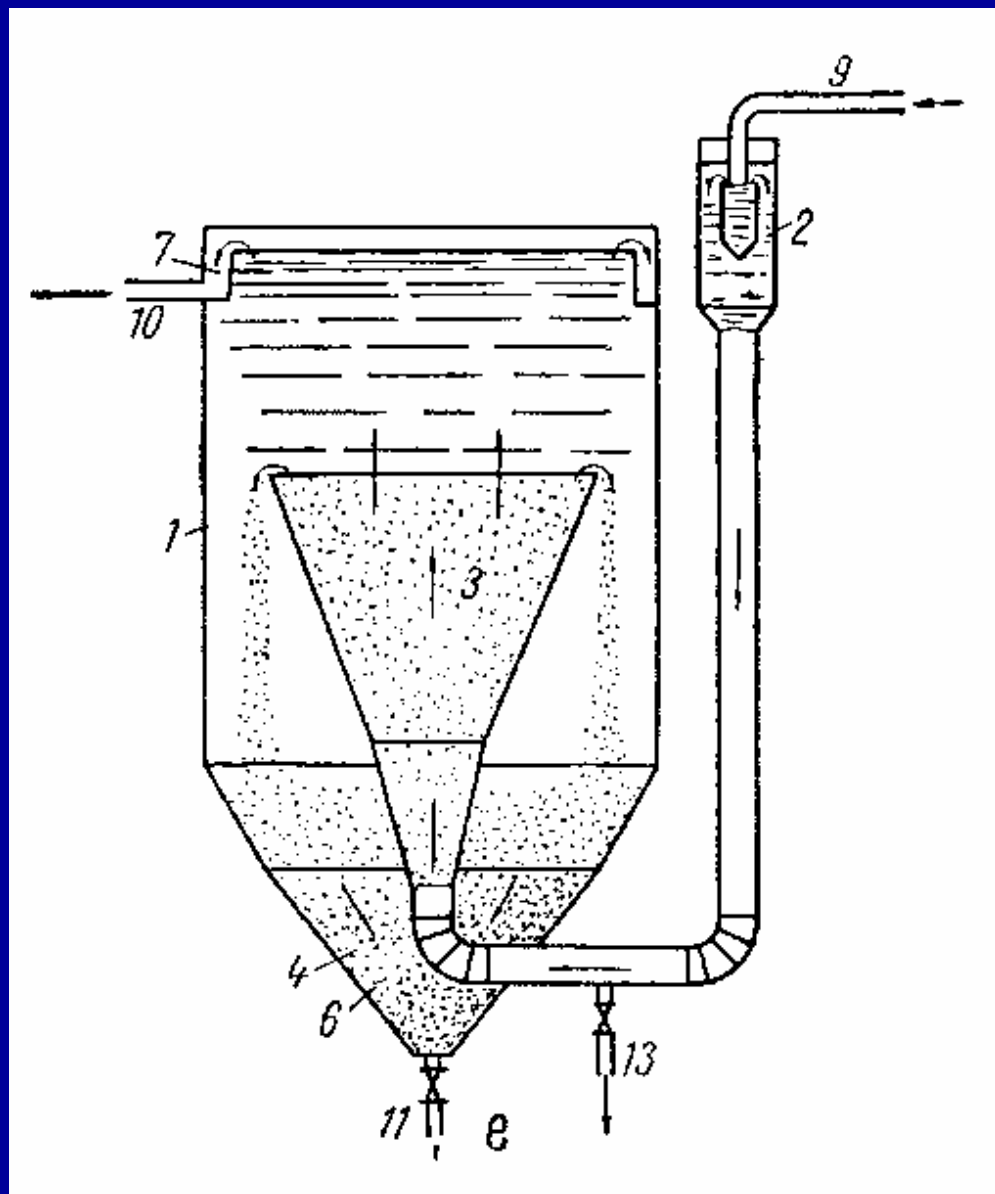
- a. Decantor vertical obisnuit, functionand innamolit: cu un strat gros de suspensie concentrata prin care trece apa bruta;
- b. decantor vertical caruia i s-a adaugat un fund perforat pentru uniformizarea curgerii ascendente;
- c. Decantor vertical completat cu un separator de aer si un concentrator de namol.

Decantare suspensionale



1. manta exterioara
2. separator de aer
3. difuzor
4. concentrator de namol
5. spatiu de reactie
6. fund conic
7. rigola de colectare apa decantata
8. opritor de vartejuri
9. alimentare apa bruta
10. apa decantata
11. evacuare namol
12. aerisire
13. golire de fund

Decantoare suspensionale



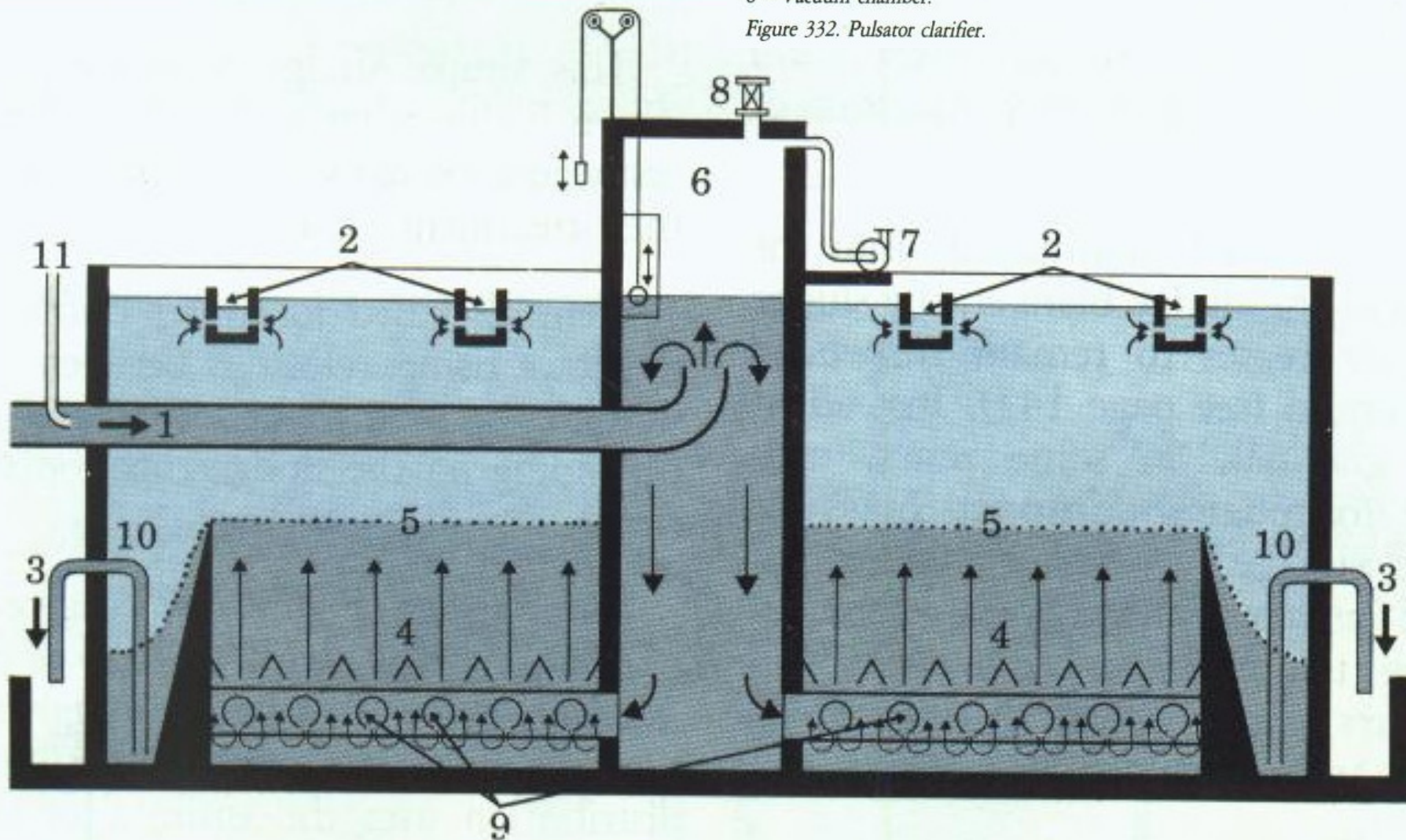
1. manta exterioara
2. separator de aer
3. difuzor
4. concentrator de namol
5. spatiu de reactie
6. fund conic
7. rigola de colectare apa decantata
8. opritor de vartejuri
9. alimentare apa bruta
10. apa decantata
11. evacuare namol
12. aerisire
13. golire de fund

Decantare suspensionale

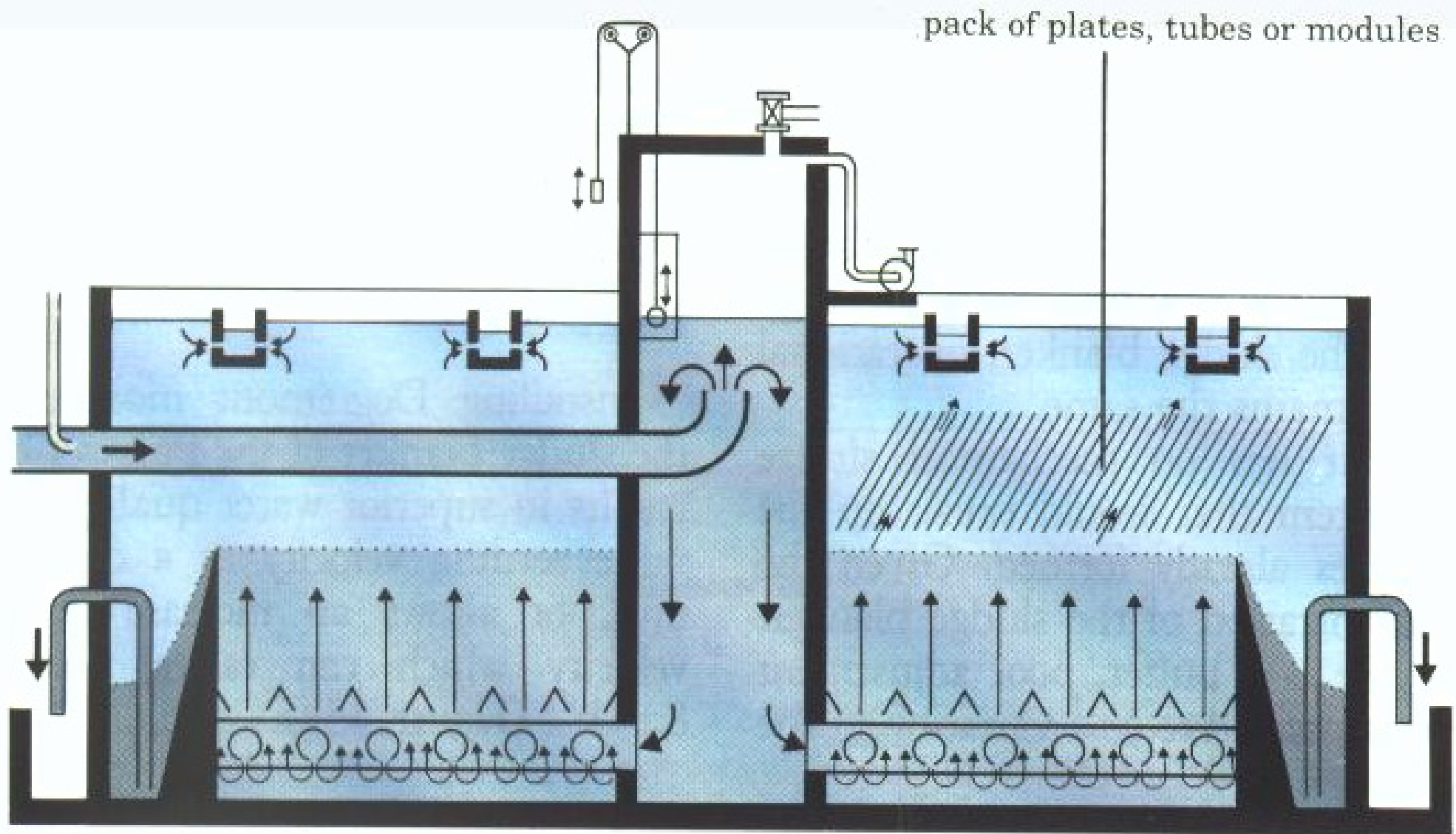
- 1 - Raw water inlet.
- 2 - Clarified water outlet.
- 3 - Sludge removal.
- 4 - Stilling baffles.
- 5 - Upper level of sludge blanket.
- 6 - Vacuum chamber.

- 7 - Vacuum pump.
- 8 - Air release valve.
- 9 - Raw water distribution system.
- 10 - Sludge concentrators.
- 11 - Reagent feed.

Figure 332. Pulsator clarifier.

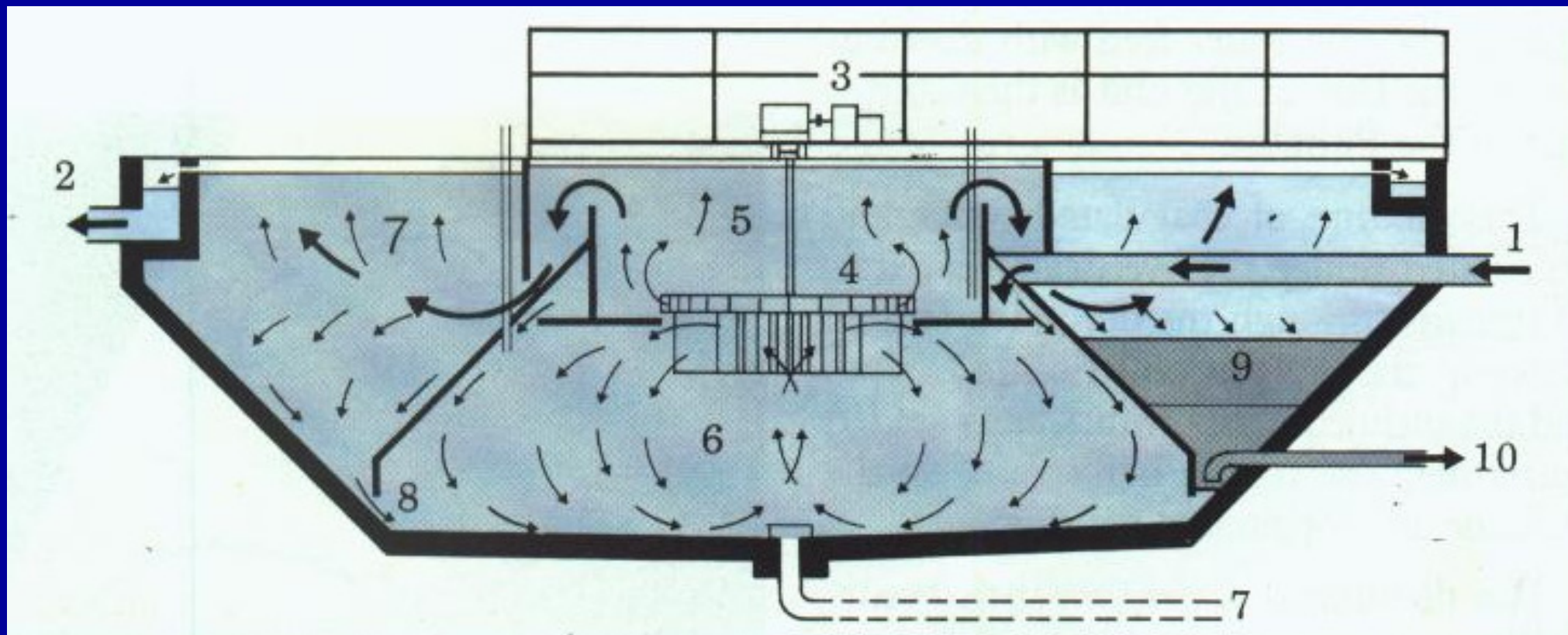


Decantoare suspensionale



Lamellae Pulsator clarifier or Pulsatube.

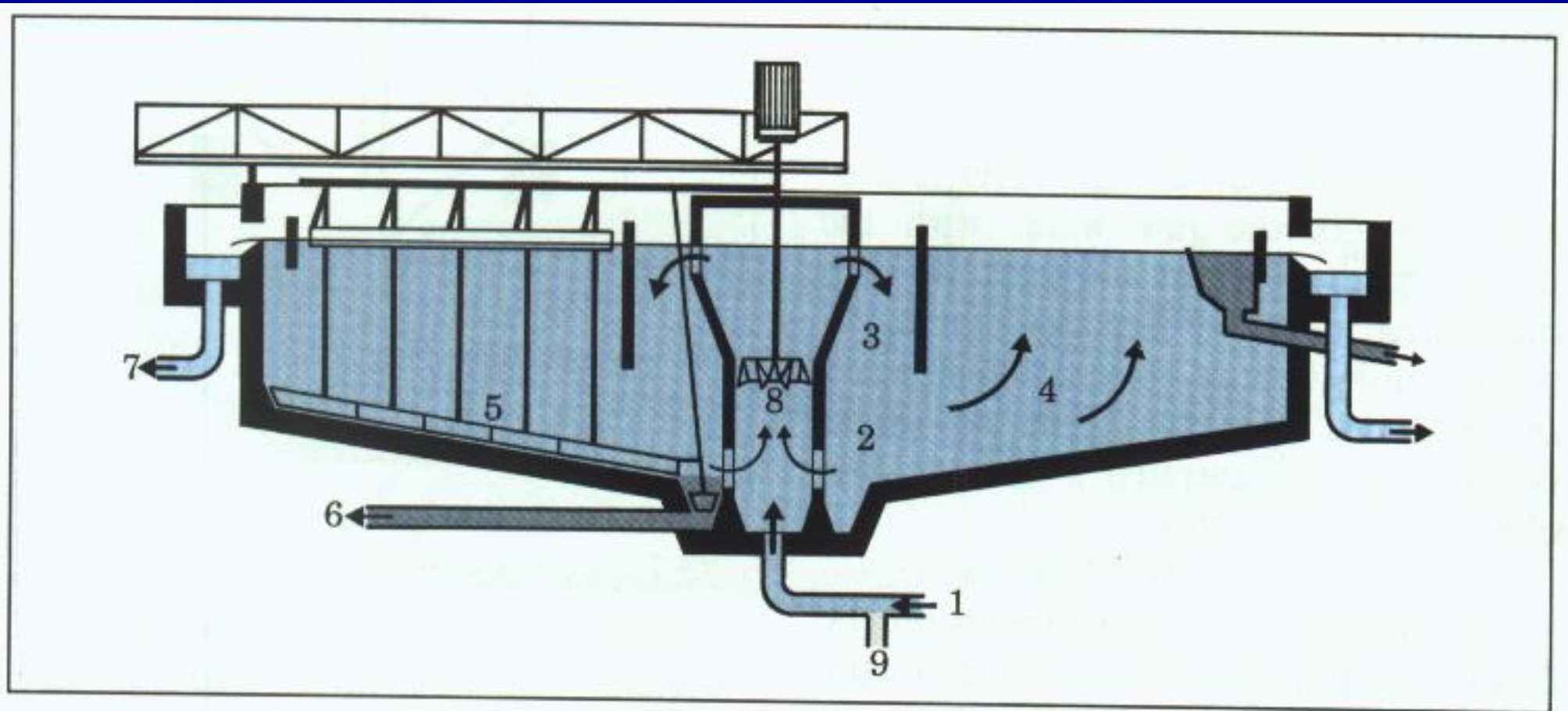
Decantoare suspensionale



1 - Raw water inlet. 2 - Treated water outlet. 3 - Drive unit. 4 - Turbine. 5 - Primary mixing zone. 6 - Secondary mixing zone. 7 - Clarified water. 8 - Sludge recirculation. 9 - Sludge concentrator. 10 - Excess sludge. 11 - Drain.

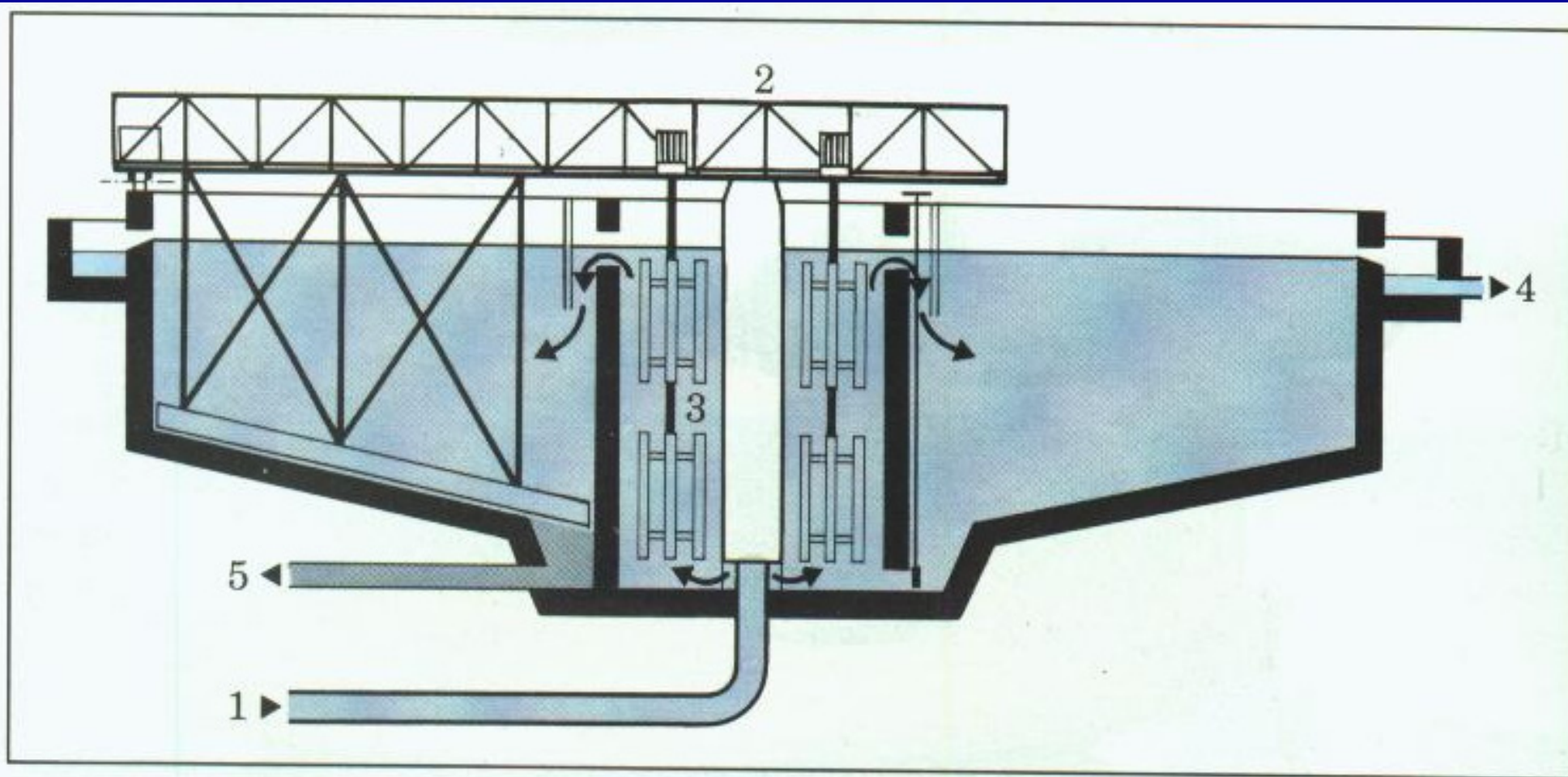
Decantor “ACCELERATOR” cu recircularea namolului

Decantoare suspensionale



1 – Raw water inlet. 2 – Sludge recycling. 3 – Floc maturation. 4 – Settling zone. 5 – Scrapers. 6 – Excess sludge. 7 – Treated water outlet. 8 – Impeller for mixing raw water and recycled sludge. 9 – Reagent feed.
Figure 341. Turbocirculator clarifier.

Decantoare suspensionale



1 - Raw water inlet.
2 - Scraper bridge.
3 - Flocculation area.

4 - Settled water outlet.
5 - Sludge draw-off.

Figure 309. Flocculator/settling tank with peripheral bridge drive.

Decantare suspensionale

- o Aplicarea tehnicilor suspensionale în procesele de coagulare - floculare:
 - limpezire,
 - dedurizare cu var,
 - îndepărtarea culorii,
 - deferizare și demanganizare,
 - tratare aerobă sau anaerobă a nămolurilor.
- o În procesele cu nămol activat, recircularea nămolului are și rolul de a asigura biomasa necesară proceselor de purificare.

Decantoare suspensionale

- o Unul dintre dezavantajele acestui sistem este acela că la concentrații prea ridicate ale nămolului procesul de sedimentare este stânjenit.
- o Din acest motiv, exploatarea unor astfel de utilaje este destul de pretențioasă.

Flocularea emulsiilor

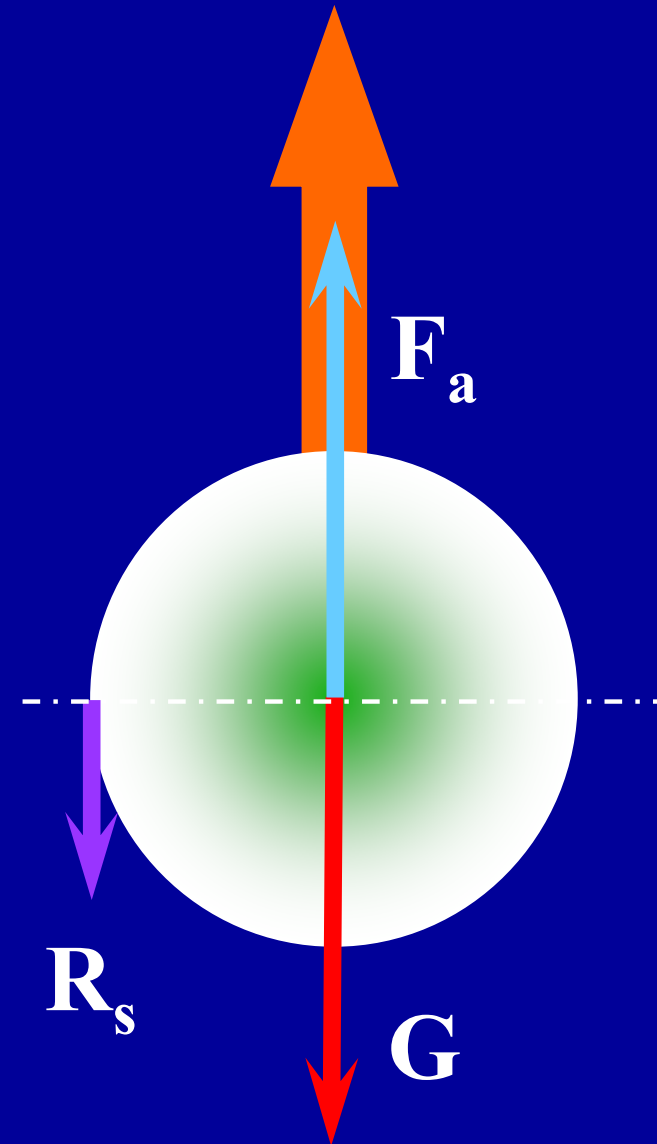
- o Una din problemele care apar frecvent în tratarea apelor este **separarea emulsiilor** de hidrocarburi sau uleiuri din apă.
- o Funcție de natura compuşilor emulsionați se deosebesc:
 - **emulsii mecanice**, relativ instabile, care după o sedimentare statică preliminară (timp de 1 h) formează micle cu mărimi de $10^3 - 10^4$ nm, în concentrații de 100 - 500 mg/L,
 - **emulsii chimice**, relativ stabile fie datorită naturii substanțelor conținute (asfaltene, naftenăți, etc.), fie datorită prezenței simultane a unor dispersanți (săruri alcaline, detergenți, etc.). După o sedimentare statică de 1 h, acestea produc micle de $10^2 - 10^3$ nm, având concentrații de hidrocarburi variind între 50 mg/L (fluide de tăiere) și 100 mg/L (efluenți din complexe petrochimice).

Flocularea emulsiilor

- o Ca și în cazul coagulării particulelor coloidale, și în cazul coagulării emulsiilor trebuie neutralizat potențialul zeta.
- o În cazul **emulsiilor mecanice**, mecanismul predominant de coagulare este coalescența, urmată de o fază de coagulare parțială și una de filtrare.
- o În cazul **emulsiilor chimice**, coagularea trebuie urmată de floculare și separare prin sedimentare sau flotare cu aer dizolvat.

FLOTAȚIA

- o Flotația poate fi considerată o „sedimentare inversă”, în sensul că particulele suspendate în lichid se deplasează în sens ascendent, spre suprafața acestuia, pe baza diferenței de densitate.



FLOTAȚIA

o Flotația poate fi:

- **naturală**, când diferența de densitate dintre particule și mediul lichid este suficient de mare pentru realizarea separării,
- **ajutată**, când se utilizează mijloace externe pentru a iniția separarea particulelor care prezintă flotabilitate naturală,
- **indusă**, când densitatea inițială a particulelor de separat, mai mare decât densitatea lichidului, este redusă în mod artificial.

FLOTAȚIA

- o Micșorarea densității particulelor se realizează uzual prin dispersarea în lichid a unor bule de gaz (uzual aer) care aderă de suprafața particulelor solide sau lichide, formând agregate a căror densitate este mai mică decât cea a fazei continue.

FLOTAȚIA

- o Viteza ascensională a bulelor de gaz utilizate în flotația indusă în regim de curgere laminar este dată de **legea lui Stokes** scrisă sub forma:

$$v_0 = \frac{1}{18} \cdot \frac{(\rho_l - \rho_g)}{\mu} \cdot d_b^2 \cdot g$$

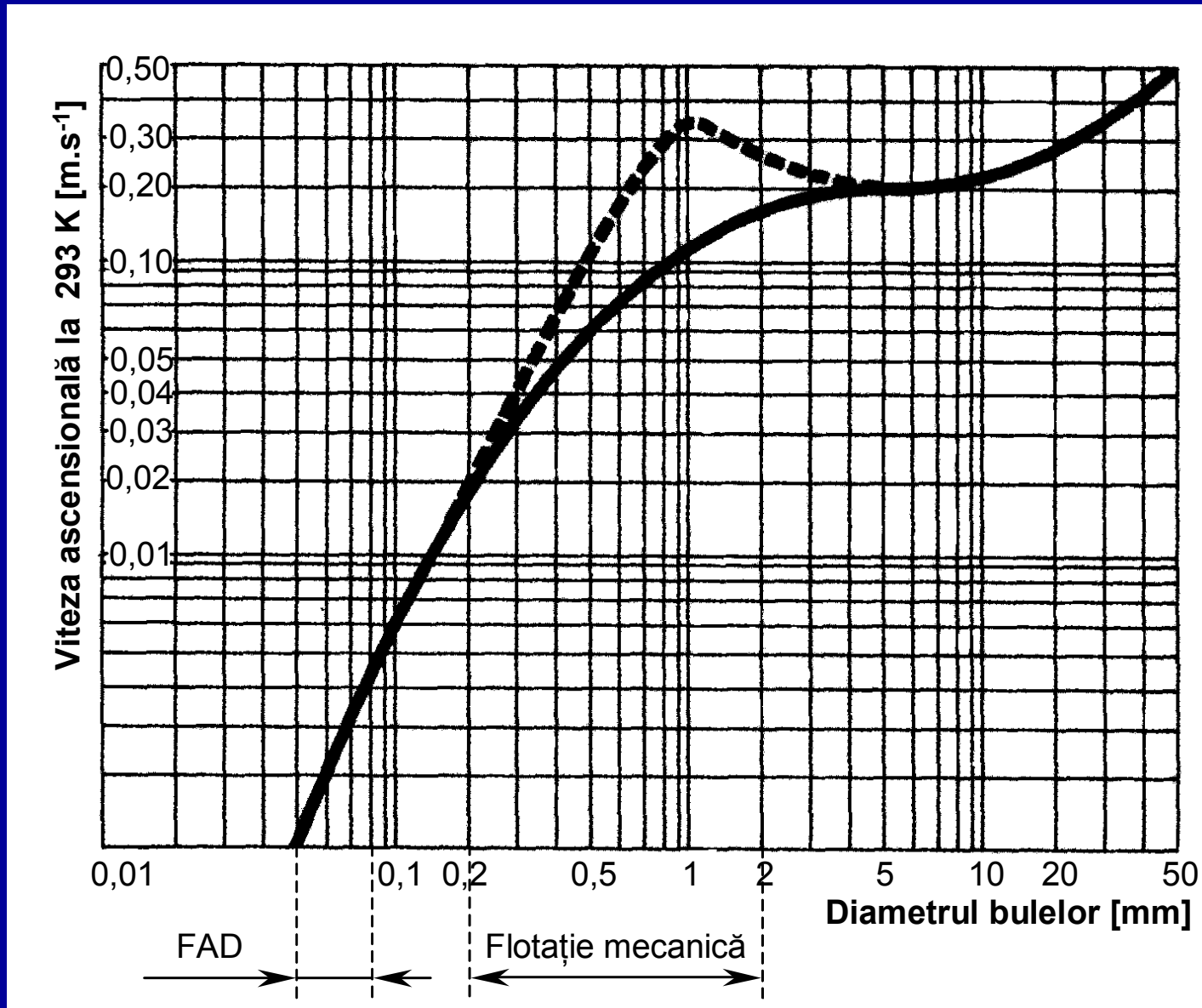
FLOTAȚIA

- o In domeniul tratării apelor, termenul de **flotație** se referă la flotația indusă prin bule de aer fine, cu diametrul de 40 - 70 μm (microbule, similare celor prezente în „apa albă” care curge de la robinet când presiunea este ridicată).
- o Acest procedeu de flotație este cunoscut drept **flotație cu aer dizolvat** - FAD (DAF - Dissolved Air Flotation)

FLOTAȚIA

- o În prelucrarea minereurilor, termenul de **flotație** este folosit în sensul de **flotație mecanică**, proces prin care aerul este dispersat în bule de 0,2 - 2 mm diametru, în suspensia de minereu măcinat.

FLOTAȚIA



o Viteza ascensională a bulelor de aer în apă

FLOTAȚIA

- o Agregatele formate din bule de aer și particule solide sau lichide se deplasează conform legii lui Stokes, în care ρ_g se înlocuiește cu ρ_p , densitatea agregatului, iar diametrul bulelor este înlocuit cu diametrul echivalent al agregatului.
- o De asemenea, trebuie ținut cont și de factorul de sfericitate al agregatelor.

Flotația naturală

- o Această operație se utilizează în general pentru separarea preliminară a hidrocarburilor din apă.
- o Procesul, precedat de o etapă de coalescență a micropicăturilor fazei disperse, poate considerat ca o separare prin sedimentare a unui sistem bifazic lichid – lichid.
- o Pe baza densității hidrocarburilor se pot stabili vitezele ascensionale ale picăturilor de diferite diametre în apă aflată la diverse temperaturi.
- o Pe baza acestor date pot fi dimensionate separatoarele statice de ulei.

Flotația naturală

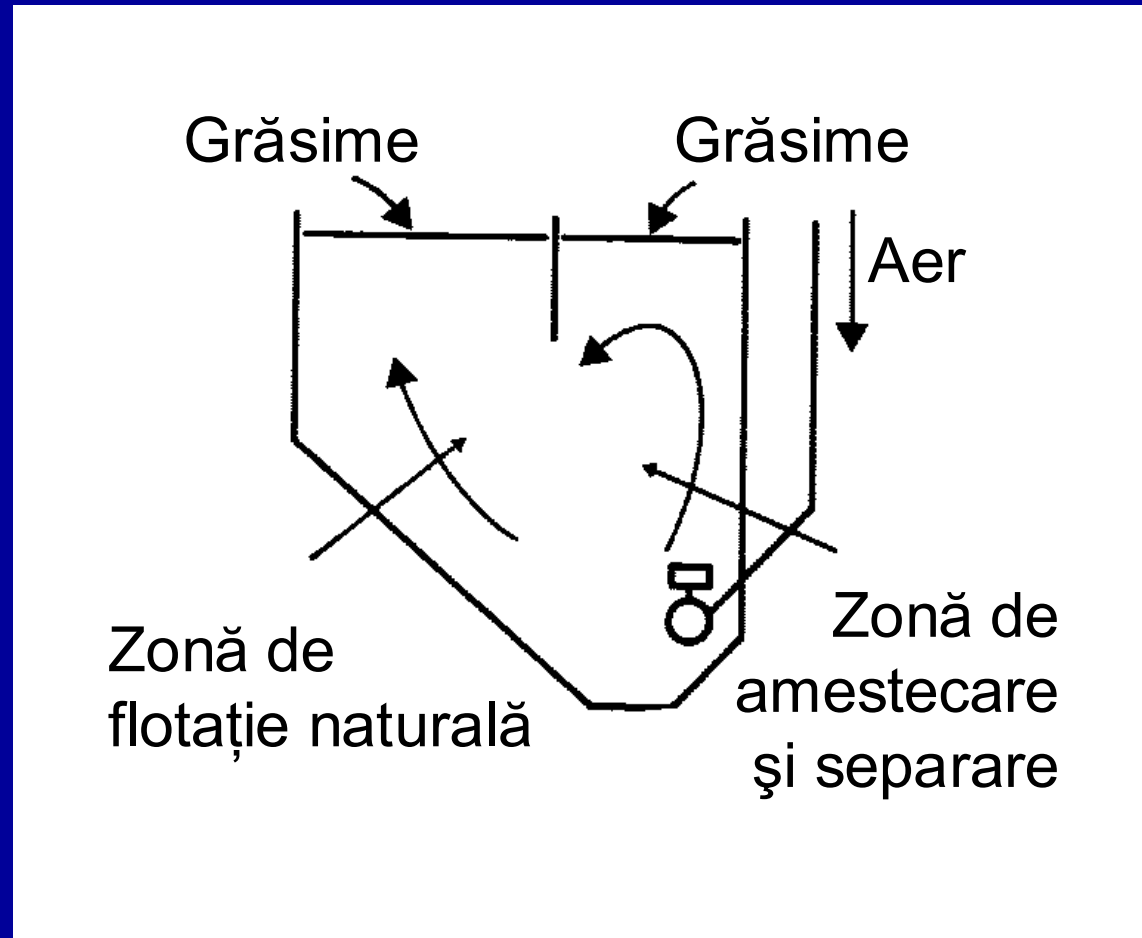
- o Flotația naturală mai poate apărea ca rezultat al punerii în libertate a gazelor în procesele de fermentare.
- o Este cazul spumei din fermentatoare, spumă care poate conține 20 - 40% solide în suspensie, dar a cărei densitate este de numai 0,7 - 0,8 kg/L.

Flotația ajutată

- o Acest proces este tot unul de flotație naturală, îmbunătățit prin insuflarea de bule de aer prin masa de lichid.
- o Procedeeul este utilizat în special la separarea grăsimilor solide dispersate într-un lichid tulbure, de regulă apă de canal.
- o În general aparatele folosite au două zone, una de amestecare și emulsificare, alta - mai calmă - de flotație.

Flotația ajutată

- o Aerul este introdus prin niște orificii care generează bule cu diametrul de 2 - 4 mm.
- o Aceste bule creează o turbulență locală care conduce la separarea particulelor grele aderente la grăsime.



Flotația ajutată

- o Pentru o separare avansată, aerul este divizat în bule fine (0,5 - 1 mm) printr-un aerator submersibil.
- o Elementul mobil al aparatului asigură amestecarea și separarea grăsimilor, în timp ce efectul bulelor de aer asigură transportul particulelor spre suprafață.

Flotația mecanică și flotația spumantă

- o Aceste procese se deosebesc față de FAD prin:
 - mărimea particulelor solide,
 - mărimea bulelor de aer,
 - modul de amestecare.
- o În aceste procese se utilizează și anumiți reactivi de flotație, capabili să modifice tensiunea superficială.

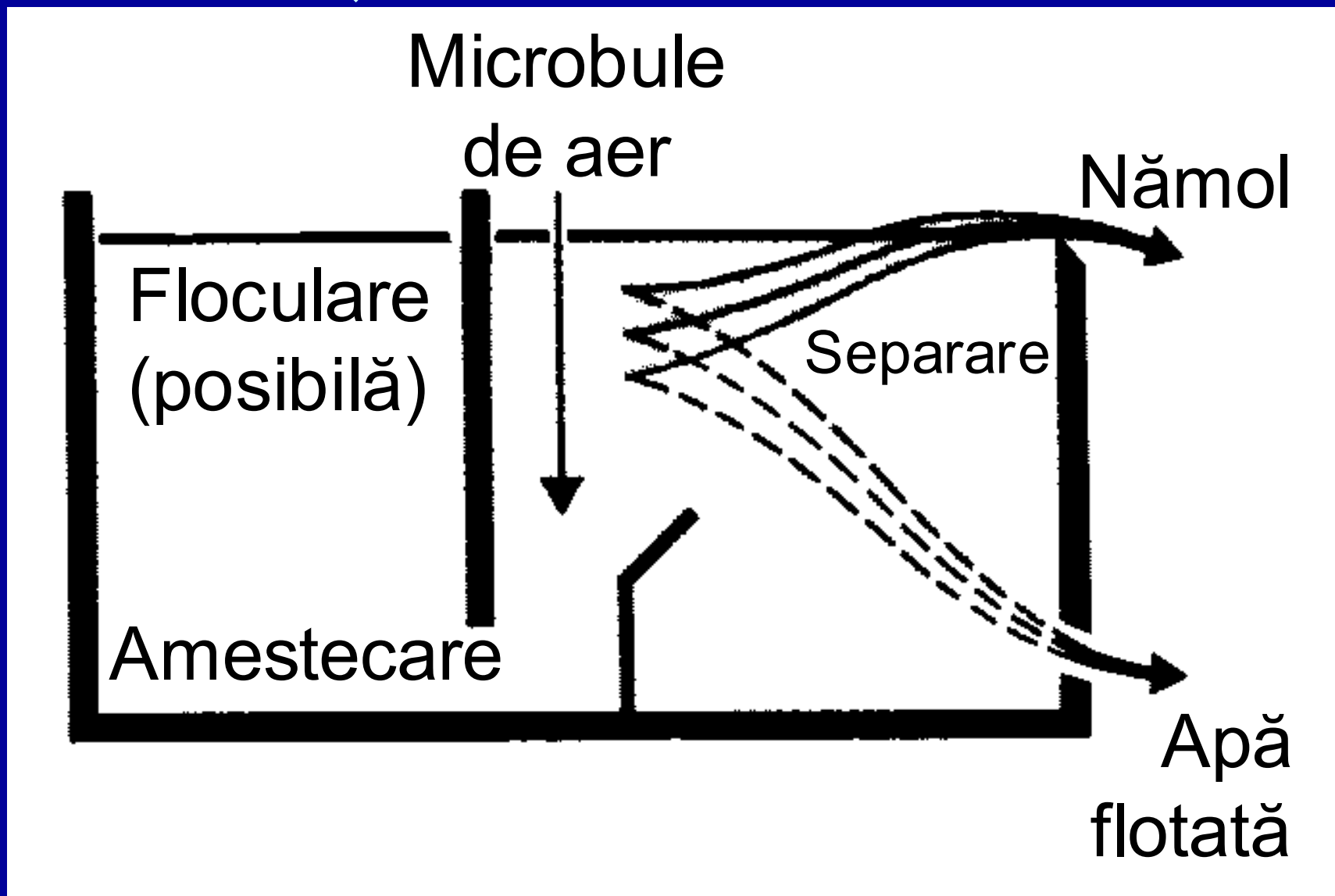
Flotația mecanică și flotația spumantă

- o **Flotația mecanică** constă în dispersarea prin mijloace mecanice a unor bule de aer de 0,2 - 2 mm într-o pulpă alcătuită din material solid și apă.
- o Procedul se folosește în special la concentrarea minereurilor (în special neferoase) măcinate la o granulație sub 0,2 mm.
- o În pulpă se adaugă un agent colector și un activator sau un depresor.
- o Procesul se realizează în mai multe celule de flotație înseriate, celulele utilizând dispozitive pneumatice, mecanice, sau pneumomecanice pentru introducerea și dispersarea aerului.

Flotația mecanică și flotația spumantă

- o **Flotația spumantă** este denumirea dată procedeului de separare prin flotație mecanică a uleiului din apele uleioase provenite din rafinăriile de petrol.
- o În emulsia supusă separării se adaugă un coagulant organic sau un dezemulgator.
- o Unitățile de flotație sunt constituite din 3 - 4 celule înseriate.
- o Procedeul se poate utiliza și pentru separarea din apă a surfactanților.

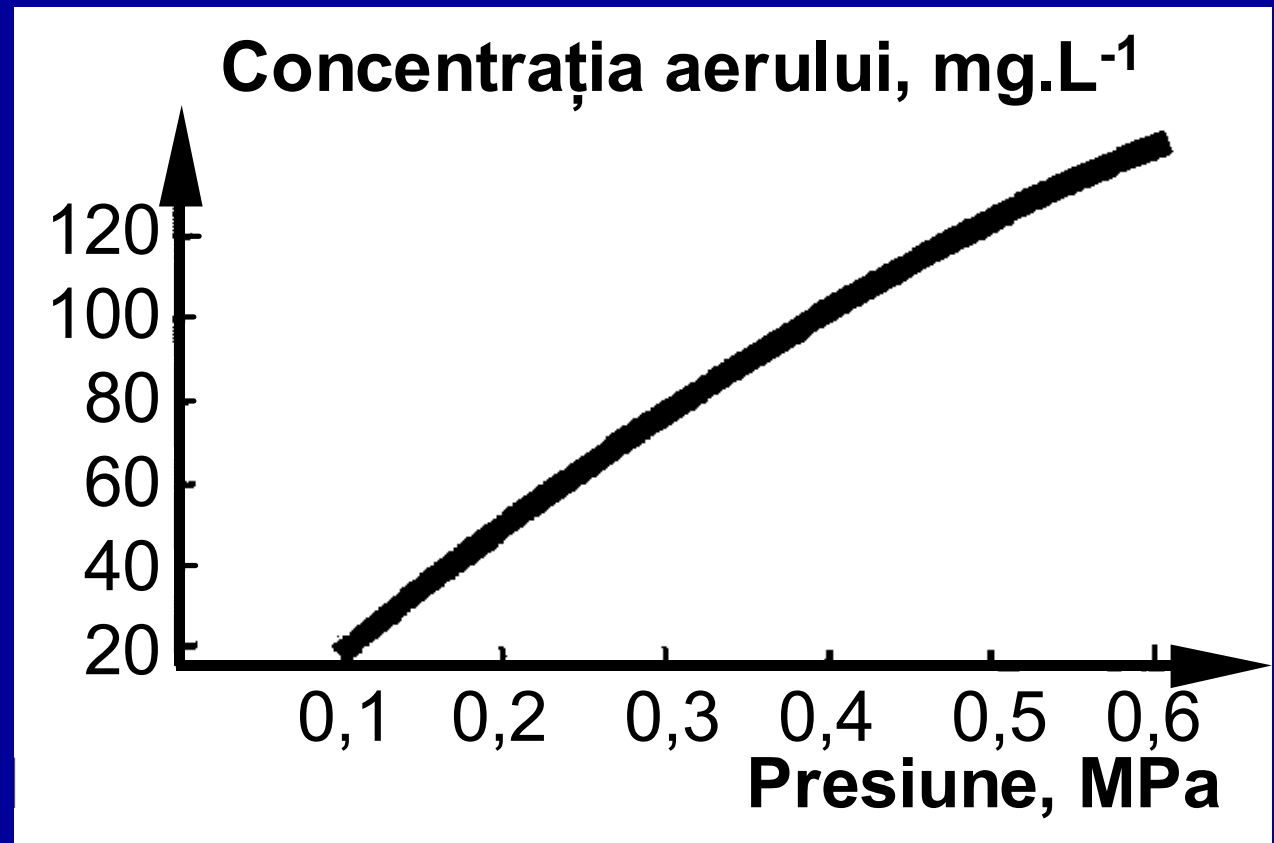
Flotația cu aer dizolvat



Principiul aparatelor bazate pe flotația cu aer dizolvat (FAD)

Flotația cu aer dizolvat

- o Tehnica cea mai frecvent utilizată pentru producerea microbulelor este **presurizarea**.
- o Este binecunoscut faptul că solubilitatea gazelor în apă crește cu creșterea presiunii.



Solubilitatea oxigenului în apă
la 293 K (20 °C)

Flotația cu aer dizolvat

- o Bulele de aer se obțin prin expandarea apei în prealabil îmbogățită cu aer dizolvat sub presiune.
- o Tipul dispozitivului de expandare are un efect esențial asupra calității bulelor de aer formate.
- o Lichidul presurizat poate fi:
 - apa brută (presurizare completă),
 - apă tratată recirculată (presurizare cu recirculare).

Flotația cu aer dizolvat

- o **Presurizarea completă** este utilizată în procesele de îngroșare a nămolului (în stațiile de apă potabilă sau de epurare a apelor uzate),
- o **Presurizarea cu recirculare** este utilizată în limpezirea apelor de suprafață; debitul de apă presurizată reprezintă 10 - 50% din debitul total de apă, presurizare făcându-se la 0,3 - 0,6 MPa.
- o Cantitatea de aer dizolvată este de circa 70% din concentrația de saturație la presiunea respectivă.
- o Necesarul de aer comprimat este de circa 15 - 50 L (CN) pentru fiecare mc de apă tratată.

Flotația cu aer dizolvat

- o O altă tehnică de producere a microbulelor este **electroflotația**, bulele de gaz (O_2 și H_2) fiind produse prin electroliza apei.
- o Se utilizează densități de curent de 80 - 90 Ah pentru fiecare m^2 de suprafață a celulei de flotație.
- o Producția de gaz este de circa $50 - 60 L \cdot h^{-1} \cdot m^{-2}$.
- o Vitezele ascensionale ale microbulelor sunt însă mai reduse decât în cazul FAD.
- o Tratarea chimică preliminară a apei sau dezincrustarea periodică a catozilor este necesară în cazul în care polaritatea electrozilor nu este schimbată periodic pentru autocurățire.

Flotația cu aer dizolvat

- o Aplicațiile FAD în tratarea apelor:
 - separarea materiei flocluate în limpezirea apelor de suprafață cu un conținut redus de solide în suspensie;
 - separarea și recuperarea fibrelor din efluenții fabricilor de celuloză;
 - separarea uleiurilor flocluate și neflocluate din apele reziduale ale rafinăriilor, aeroporturilor și oțelării;
 - separarea hidroxizilor metalici sau a pigmentilor la tratarea apelor reziduale industriale;
 - îngroșarea nămolului de la tratarea biologică a apelor uzate sau de la limpezirea apei potabile;
 - limpezirea fazei lichide de la tratarea cu nămol activat.

Flotația cu aer dizolvat

- o Într-o unitate de flotație, concentrația nămolului flotat este puternic influențată de către raportul dintre cantitatea de aer dizolvat și cantitatea de material care urmează a fi flotat.
- o De regulă, cu cât acest raport este mai mare, cu atât mai mare este viteza ascensională, iar cu cât concentrația volumică a solidelor în apă este mai redusă, cu atât mai mare este concentrația solidelor uscate în materialul flotat.

Flotația cu aer dizolvat

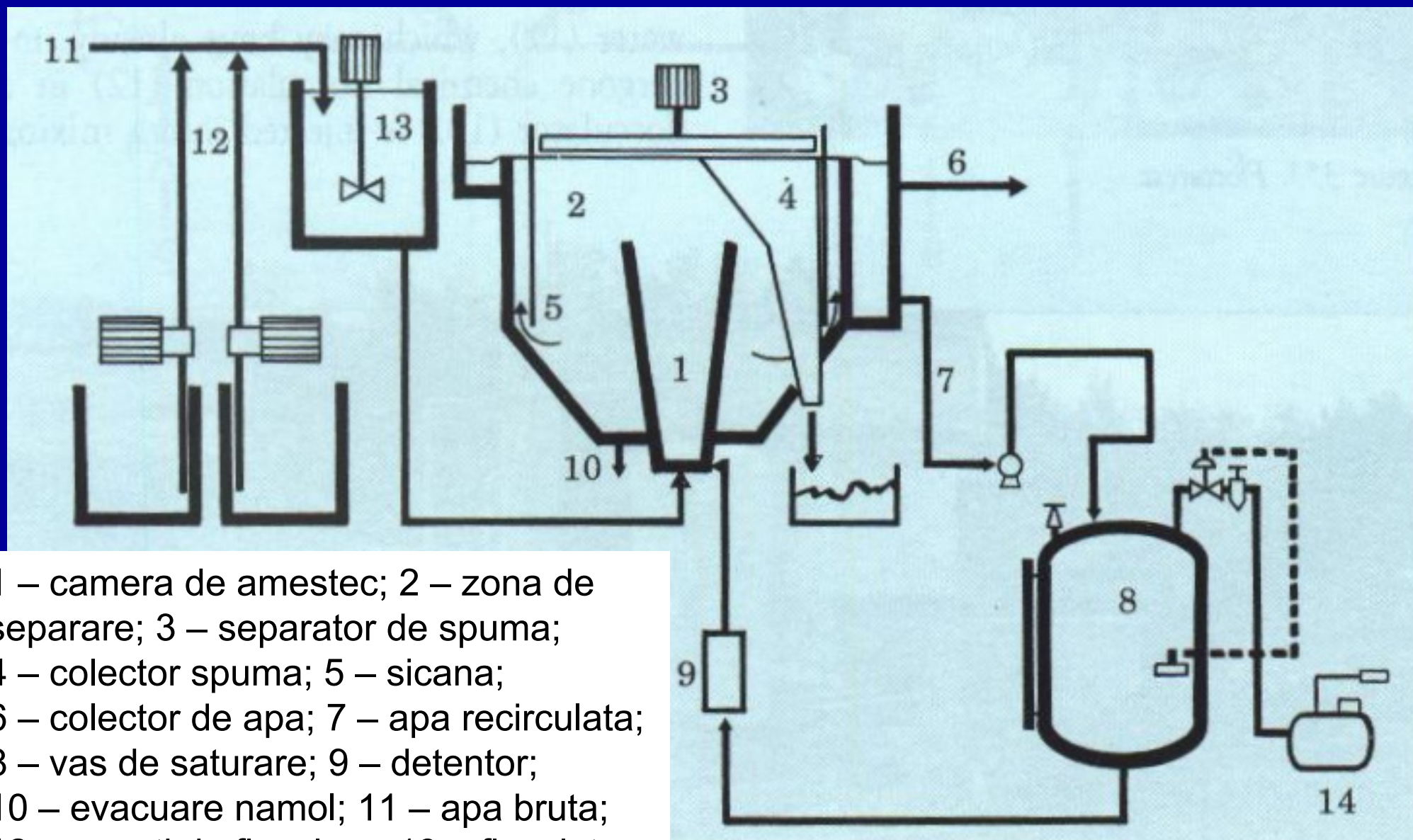
- o În cazul tratării apelor reziduale, nu este posibilă flotarea tuturor suspensiilor și, drept urmare, o parte din materialul solid se acumulează la fundul echipamentelor de flotație.
- o Acestea vor trebui echipate cu dispozitive de îndepărtare a nămolului sedimentat.

Caracteristici ale proceselor de flotație utilizate în tratarea apelor

Tipul de proces	Flotație ajutată (îndepărtarea grăsimilor)	Flotație mecanică (flotație spumantă)	Flotație cu aer dizolvat (limpezire)
Debit de aer [NL.m ⁻³ apă]	100 - 400	10 000	15 - 50
Dimensiunea bulelor [mm]	2 - 5	0,2 - 2	0,04 - 0,07
Putere consumată [Wh.m ⁻³]	5 - 10	60 - 120	40 - 80
Timp de retenție teoretic [min]	5 - 15	4 - 16	20 - 40*
Încărcare hidraulică superficială [m.h ⁻¹]	10 - 30		3 - 10

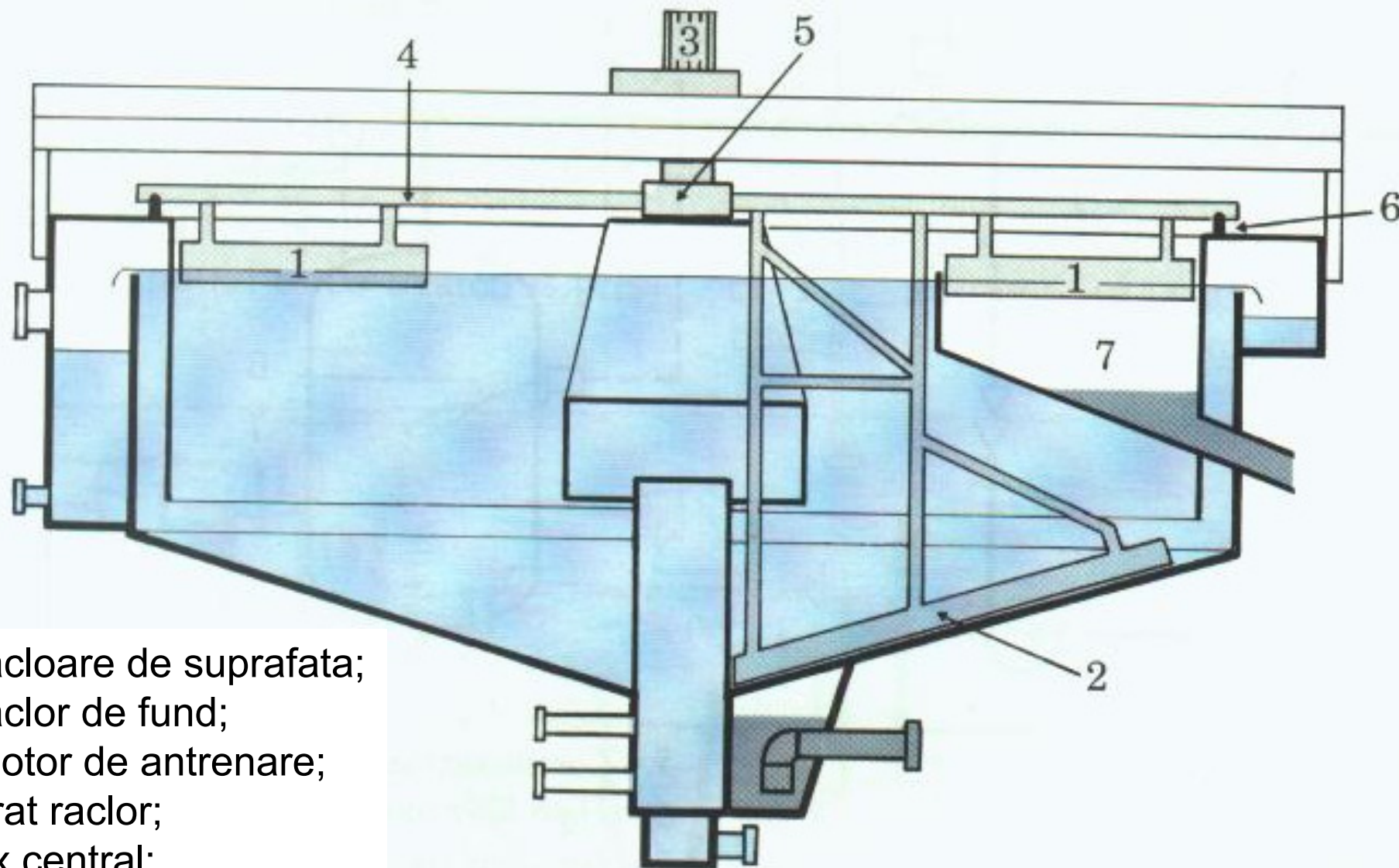
* - exclusiv timpul necesar floculării

Instalatie de flotatie - principiu



1 – camera de amestec; 2 – zona de separare; 3 – separator de spuma;
4 – colector spuma; 5 – sicana;
6 – colector de apa; 7 – apa recirculata;
8 – vas de saturare; 9 – detentor;
10 – evacuare namol; 11 – apa bruta;
12 – agenti de floclurare; 13 – flocluator;
14 – aer comprimat.

FLOTAZUR BR

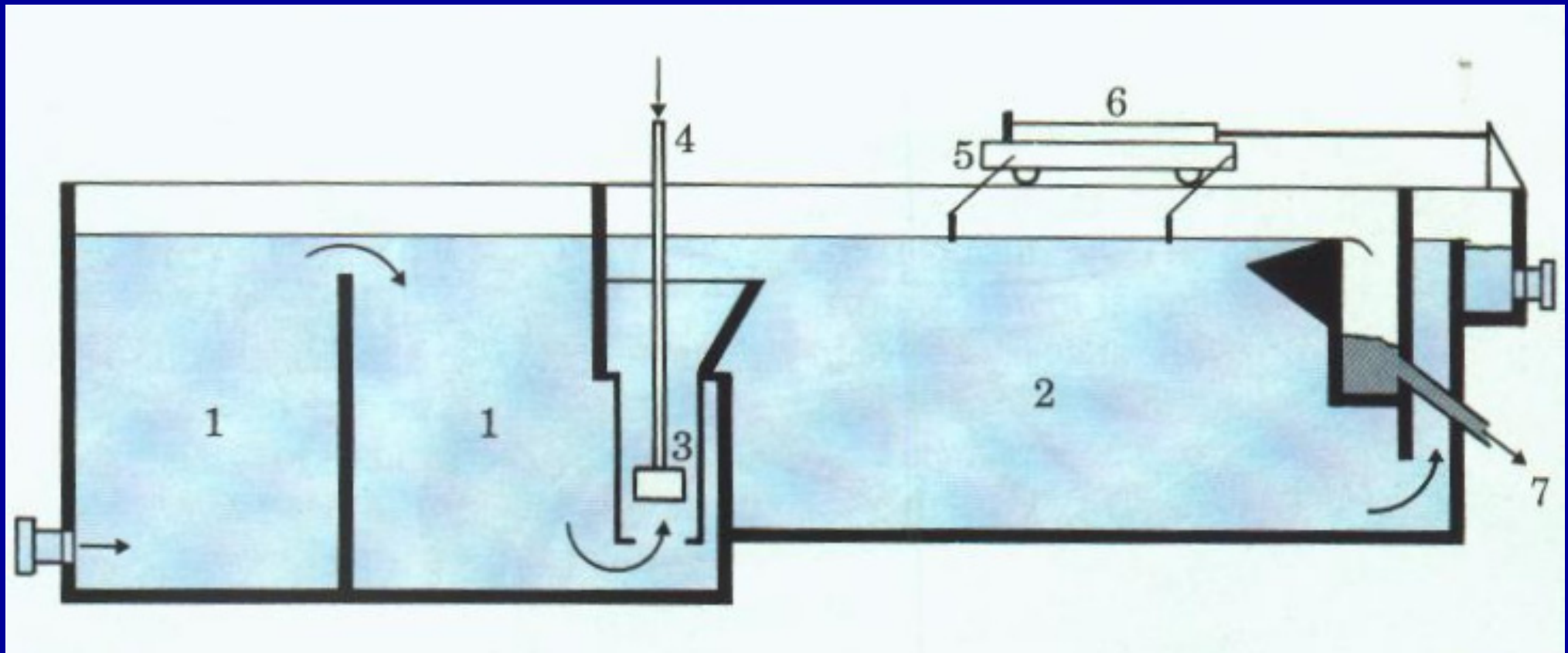


- 1 – racloare de suprafata;
- 2 – raclor de fund;
- 3 – motor de antrenare;
- 4 – brat raclor;
- 5 – ax central;
- 6 – role de ghidaj;
- 7 – evacuare namol flotat.



Figure 358. Barrancabermeja (Colombia) facility for Ecopetrol. Flow rate: $3,000 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Flotation of oily water. 4 Sédiflotazur units, each 15 m dia.

FLOTAZUR P



1 – flocculator; 2 – unitate rectangulara de flotatie; 3 – camere de amestec;
4 – apa presurizata; 5 – pod raclor mobil; 6 – dispozitiv de antrenare a
podului; 7 – evacuare namol flotat.

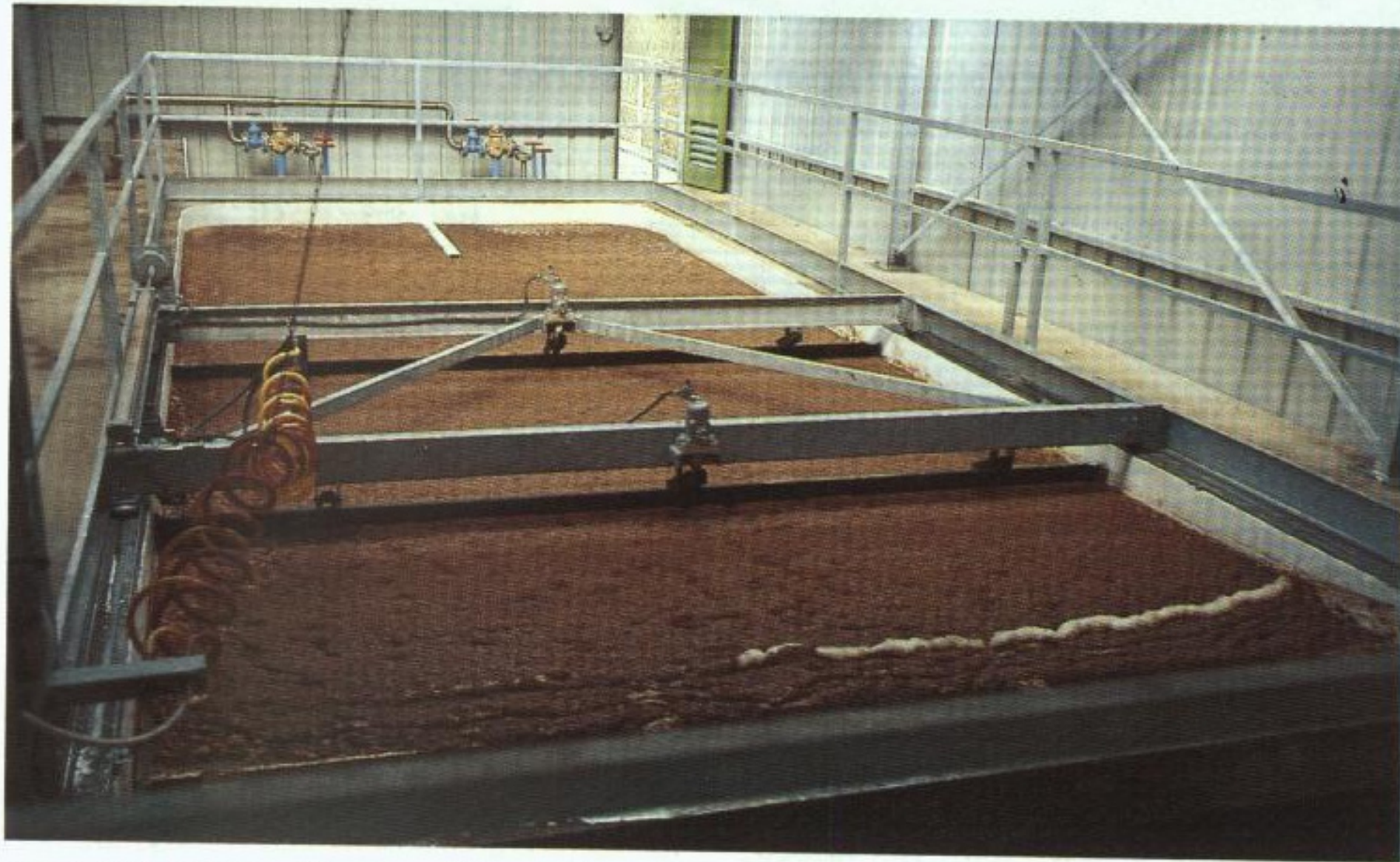
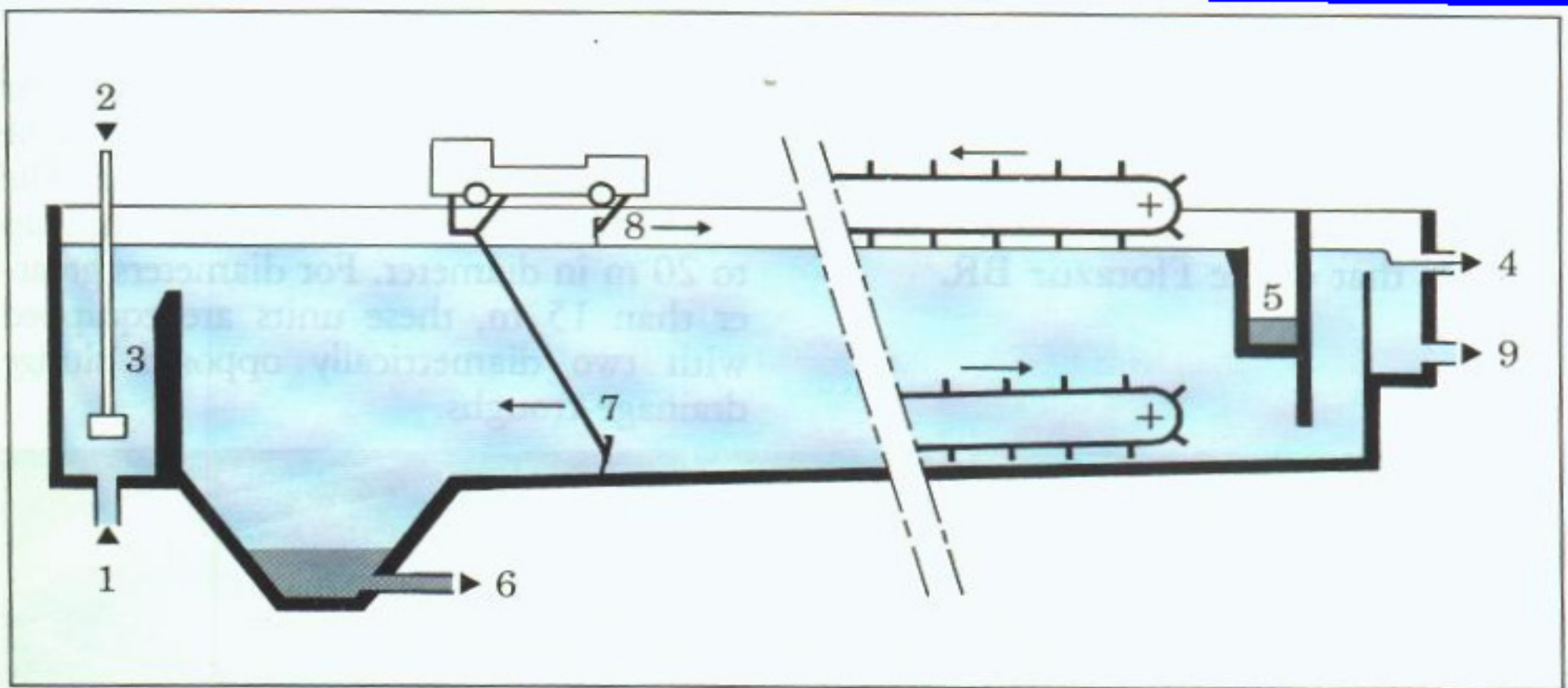


Figure 360. Facility at Pontrieux (Western France). Drinking water supply. Flow: $200 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. Clarification of river water by flotation. View of the sludge and the Flotazur P scraper system, with a surface area of 27 m^2 .

FLOTAZUR L



- 1 – Raw water inlet.
- 2 – Pressurized water inlet.
- 3 – Mixing zone.
- 4 – Treated water outlet.
- 5 – Float outlet.

- 6 – Sludge removal.
- 7 – Bottom scraping.
- 8 – Surface skimming.
- 9 – Water recycled to pressurization.