

CENTRALE HIDROELECTRICE

Curs 4

10/02/2007

PTDEE - Curs 4 - prof. R. TIRNOVAN

4.1. Generalități

4.1.1. Introducere

Producerea energiei electrice în centrale hidroelectrice, alături de producerea energiei electrice în centrale termoelectrice și nucleare electrice, stă la baza asigurării consumului de energie electrică.

În țările dezvoltate, aproape toate resursele hidraulice rentabile au fost sau sunt utilizate. Din acest motiv, practic asigurarea creșterii cererii de energie electrică în aceste țări (cu excepția țărilor nordice) se realizează din alte surse decât cele hidraulice.

În schimb în țările în curs de dezvoltare există încă resurse hidraulice imense care pot fi exploatare.

De remarcat că producerea energiei electrice în centrale hidroelectrice se bucură de o serie de atuuri :

- energia obținută poate fi considerată „curată” și „regenerativă”;
- costuri practic nule pentru combustibil și deci un cost mai redus al energiei furnizate;

- ❑ disponibilitate practic tot timpul anului;
- ❑ un timp de răspuns foarte scurt la solicitările consumatorilor – practic pornirea și atingerea puterii maxime se poate face în câteva minute;
- ❑ marile acumulări de apă servesc și altor scopuri: irigații, alimentare cu apă industrială și apă potabilă, turism etc.

O amenajare hidroelectrică constă în principal din următoarele componente: baraj, priză de apă, lucrări pentru aducțiunea apei la centrala (uzina) propriuzisă, lucrări pentru evacuarea apei, stație și linii de evacuare a energiei produse.

4.1.2. Impactul asupra mediului

A. Efecte produse de baraje în amonte

❑ *inundarea unor suprafețe de teren* – construcția barajului și realizarea acumulărilor de apă au un impact social și funciar prin inundarea unor terenuri agricole, forestiere sau chiar prin transmutarea unor comunități. Pe de altă parte aceste amenajări hidraulice pot provoca modificări în pânza freatică și asupra surselor de apă. Este posibilă apariția unor alunecări de teren sau chiar a unor microseisme la umplerea lacurilor de acumulare;

❑ *riscuri de rupre (spargere) a barajului* – barajul ajută la stocarea unei energii potențiale enorme. Principalele cauze care pot produce ruperi sunt: insuficiența posibilității evacuării apei în cazul apariției unor viituri (cazul barajelor de pământ și anrocamente) și un comportament neadecvat al fundațiilor;

❑ *obstacol împotriva corpurilor solide* – obiectele flotante sunt oprite astfel încât barajele pot contribui la curățarea unor râuri, bineînțeles cu condiția ca această curățire să se facă regulat, astfel încât să nu apară obstrucționării în alimentarea cu apă a centralelor;

❑ *consecințe ale acumulărilor de apă* – acumularea apei conduce la modificării termice și chimice în adâncimea lacurilor de acumulare. Depunerile, sedimentele, ajunse pe fundul acumulărilor pot încuraja dezvoltarea unei flore acvatică (plancton, alge) care în anumite condiții poate provoca atrofierea acumulării – reducerea cantității de oxigen și moartea faunei . Totodată marile acumulări pot provoca modificări climatice locale în primul rând datorate evaporării apei (ceață).

B. Efecte produse de baraje în aval

□ *eroziunea* – sedimentele sunt reținute în spatele barajelor astfel încât malurile rârilor în aval de baraje sunt supuse erodărilor;

□ *consecințele lucrărilor subterane* – galeriile de aducțiune constituie adevărate drenaje pentru masivii traversați în cazul în care acestea nu sunt pline. În cazul umplerii acestora ele devin surse de presiune asupra structurilor geologice pe care le traversează;

□ *eliminarea viiturilor medii* – marile acumulări permit preluarea viiturilor din amonte până în anumite limite. Consecințele pot fi favorabile în cazul apariției unor inundații, sau defavorabile pentru faună, floră și chiar un pericol în cazul apariției unor viituri mari.

C. Impact economic local

Înafara producerii de energie electrică, amenajările hidrotehnice pot avea și alte consecințe asupra dezvoltării locale prin: construcția de echipamente, dezvoltarea infrastructurii, dezvoltarea turismului, crearea de locuri de muncă, irigații, navigație, creșterea volumului taxelor locale etc.

4.2. Energia hidraulică

Centralele hidroelectrice (CHE) utilizează ca resurse energetice primare căderile de apă naturale sau artificiale sau marea, valurile și presiunea osmotică, transformând energia hidraulică a acestora în energie electrică prin forma intermediară de energie mecanică. Majoritatea centralelor hidroelectrice construite până în prezent folosesc energia hidraulică a cursurilor de apă.

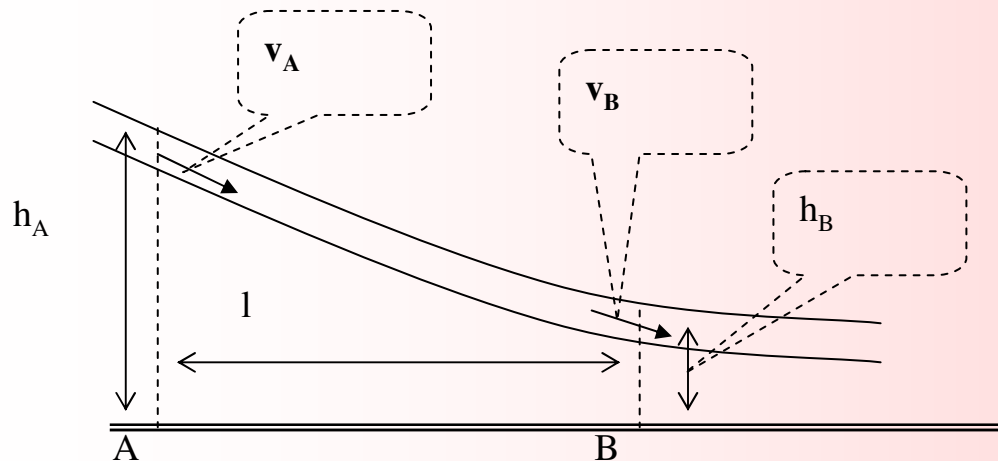


Fig.4.1. Secțiune longitudinală printr-o porțiune a unui curs de apă.

Pe porțiunea AB a acestui curs de apă considerăm că debitul se păstrează constant. În raport cu sistemul de referință adoptat, energia hidraulică totală a cantității de apă m care se scurge printr-o secțiune transversală a cursului de apă în timpul t se determină ca suma dintre energia potențială și cinetică corespunzătoare:

$$W_A = m \cdot g \cdot h_A + \frac{m \cdot v_A^2}{2} \quad (4.1);$$

$$W_B = m \cdot g \cdot h_B + \frac{m \cdot v_B^2}{2} \quad (4.2).$$

unde v_A și v_B sunt vitezele apei în punctul A respectiv B, iar h_A și h_B , sunt înălțimile apei deasupra unui nivel de referință, de exemplu nivelul mării. Energia hidraulică totală, dezvoltată de cantitatea de apă m , curgând între două puncte situate la distanța l și o diferență de nivel h este:

$$W_{AB} = W_A - W_B = m \cdot g \cdot \left(h + \frac{v_A^2 - v_B^2}{2 \cdot g} \right) = m \cdot g \cdot (h + h_d) \quad (4.3)$$

unde $h=h_A-h_B$. La centralele hidroelectrice cu cădere mare, diferența de nivel h este cu mult mai mare decât diferența de înălțime dinamică h_d :

$$h \gg \frac{v_A^2 - v_B^2}{2 \cdot g} \quad (4.4)$$

astfel încât diferența de energie cinetică poate fi neglijată. În acest caz:

$$W_{AB} \approx mgh \quad (4.5)$$

Puterea hidraulică teoretică sau potențialul hidroenergetic teoretic al căderii de apă este dată de relația:

$$P_{AB} = \frac{E}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t} = \frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{t} = \rho \cdot g \cdot D \cdot h \quad (4.6)$$

unde D este debitul cursului de apă în m^3/s iar h este căderea de apă în m . Dacă se ține cont că densitatea apei este $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ și accelerația gravitațională $g=9.8 \text{ m/s}^2$, atunci se poate scrie puterea hidraulică teoretică:

$$P = 9,8 \cdot D \cdot h \quad [kW] \quad (4.7)$$

Energia maximă teoretică ce poate fi furnizată de sectorul considerat este:

$$E = 8760 \cdot 9,81 \cdot D_{med} \cdot h \cdot \eta_{tot} = 86000 \cdot D_{med} \cdot h \cdot \eta_{tot} \quad [kWh / an] \quad (4.9)$$

unde D_{med} – reprezintă debitul mediu anual al cursului de apă în m³/s; h – este căderea de apă în m, iar η_{tot} – este randamentul global al centralei în jur de 90 – 95% (85 – 92% randamentul turbinei hidraulice, 95 – 97% randamentul generatorului și în jur de 1% consumul serviciilor interne.

Puterea hidraulică specifică, p_l este dată de relația:

$$p_l = \frac{P_{AB}}{l} \quad [kW / km] \quad (4.10)$$

4.3. Noțiuni hidroenergetice. Caracteristicile unei căderi de apă

4.3.1. Noțiuni hidroenergetice

Potențialul hidroenergetic teoretic, reprezintă resursele de energie hidraulică fără a ține seama de posibilitățile tehnice și economice de amenajare.

Potențialul hidroenergetic amenajabil, corespunde producției de energie real posibilă a tuturor amenajărilor hidroelectrice realizabile pe un anumit curs de apă. El poate fi la rândul lui tehnic-amenajabil sau economic amenajabil.

Potențialul hidroenergetic tehnic amenajabil reprezintă energia sau puterea ce pot fi obținute prin amenajarea unui curs de apă și se calculează pe baza unei scheme de amenajare.

Potențialul hidroenergetic economic amenajabil reprezintă energia sau puterea tuturor amenajărilor care se pot realiza în condiții economice. Acest potențial este cel mai susceptibil de modificări, fiind influențat de progresul

tehnologic în construcția CHE, costul altor categorii de centrale, amplasarea teritorială a surselor de energie primară etc.

CHE au unele particularități față de alte tipuri de centrale electrice:

- ❑ sunt dependente de debitul de apă al râului, variabil în timp;
- ❑ sunt dependente de înălțimea de cădere a apei;
- ❑ sunt dependente de configurația geografică a zonei și de geologia ei, practic fiecare centrală hidroelectrică este diferită de celelalte, nu există posibilități de tipizare.

4.3.2. Caracteristicile unei căderi de apă

puterea instalată P (în kW), care se calculează cu relația:

$$P = k \cdot D \cdot h \quad [kW] \quad (4.11)$$

unde k este un coeficient care depinde de randamentul global al instalației;

- **productivitatea anuală** W_{pm} (kWh) este cantitatea de energie electrică anuală care poate fi obținută luând în considerare o valoare medie a debitului în condiții ideale de exploatare (fără pierderi de energie sau instalații în repaos);
- **producția medie pe an** W_{ap} (kWh), corespunde unei producții calculate luând în considerare debitele zilnice utilizabile;
- **indicele de productivitate** $I_p = W_{ap} / W_{pm}$;
- **producția reală anuală** W_{aa} (kWh) este cantitatea de energie produsă în mod real, ținând cont de evenimente nepravăzute în ceea ce privește nivelele de acumulare și pierderile legate de indisponibilitatea unor echipamente;
- **puterea garantată** P_g (W) este puterea disponibilă în mod sigur pe o durată determinată. Are o importanță deosebită în ceea ce privește modul de conducere a sistemelor electroenergetice;
- **coeficientul energetic** a echipamentului, C_e este valoarea în kWh a unui metru cub de turbină.

4.4. Amenajările CHE

4.4.1. Scopul unei amenajări hidroelectrice este:

- de a asigura o cădere de apă cât mai mare;
- de a asigura un debit de apă cât mai mare;
- de a asigura conducerea apei spre turbine;
- de a uniformiza debitul de apă prin compensarea variațiilor acestuia.

Din punct de vedere al căderii de apă centralele hidroelectrice pot fi:

- cu cădere de apă mică, $h < 20\text{m}$;
- cu cădere de apă medie $20\text{m} < h < 100\text{m}$;
- cu cădere de apă mare $100\text{m} < h < 2000\text{m}$.

Sub raportul felului în care asigură regularizarea debitului natural al cursului de apă, CHE pot fi:

- fără acumulare;
- cu acumulare mică, cu rol de compensare zilnică, săptămânală sau lunară;
- cu acumulare medie, cu rol de compensare sezonieră;
- cu acumulare mare cu rol de compensare anuală sau multianuală.

După modul de amplasare al centralei avem:

- CHE pe firul apei;
- CHE în derivație cu cursul natural al apei.

4.4.2. Scheme de amenajare a CHE

4.4.2.1. Scheme de amenajare a CHE pe firul apei

Amenajarea cuprinde un baraj care reține apa unui râu și o CHE amplasată chiar în albia râului, în imediata apropiere a barajului, cu care poate forma corp comun.

Amenajările CHE pe firul apei au următoarele caracteristici:

- căderea de apă este mică sau medie, înălțimea de cădere a apei este dată exclusiv de ridicarea de nivel obținută prin baraj;
- posibilitățile de acumulare sunt reduse, în unele situații acumularea este practic nulă;
- coeficientul de suprainstalare este de obicei mare, în jur de 10;
- se folosesc în special pe cursuri de apă cu debite relativ mari;
- în exploatare sunt supuse unor variații mari de putere disponibilă, în funcție de nivelul apei din amonte de baraj.

În figura 4.2 este prezentată o schemă de amenajare a unei CHE pe firul apei. Există și CHE amplasate la piciorul barajului.

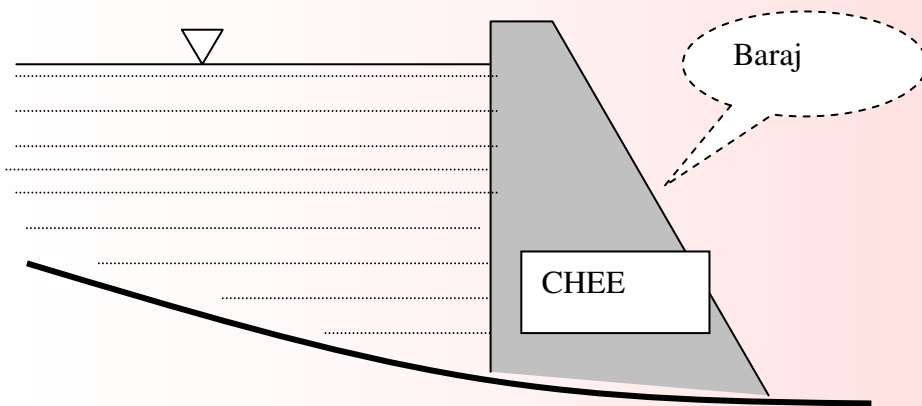


Fig.4.2. CHE pe firul apei.

Față de axa barajului există posibilitatea amplasării centralelor în axa barajului, la o extremitate a acestuia sau la ambele extremități câte una cum e cazul CHE de la Porțile de fier I (una pentru România pe malul stâng al Dunării și una pentru Serbia pe malul drept al Dunării).

La noi în țară astfel de centrale hidroelectrice sunt foarte răspândite. O întâlnim la CHE de pe Dunăre de la Porțile de fier și la zecile de centrale hidroelectrice din aval de centralele mari, pe râurile: Bistrița, Someș, Olt, Argeș etc.

4.4.2.2. *Scheme de amenajare a CHE în derivație*

Realizarea derivației de la cursul normal al râului se face în două scopuri: fie pentru CHE de putere mică, când nu se utilizează tot debitul cursului de apă, fie pentru CHE de putere mare în scopul măririi căderii de apă.

Realizarea schemei este posibilă fie prin ridicarea nivelului **amonte** sau prin coborârea nivelului **aval**.

Prin ridicarea *nivelului amonte* se înțelege mutarea barajului de lângă centrală mult mai în amonte de centrală, pentru ridicarea nivelului amonte.

Căderea totală de apă h_{total} se compune din două componente: h_B și $h_{natural}$, prima obținută cu ajutorul barajului iar cea de a doua prin amenajarea unei porțiuni a cursului râului și depinde de panta naturală a râului.

Acest tip de amenajare este cu atât mai convenabilă cu cât panta longitudinală a râului este mai mare, de aceea este potrivită pentru râuri de munte cu pante mari și debite mici.

În figura 4.3 se prezintă schema unei **CHE cu ridicarea nivelului amonte**.

La acest tip de centrale, apele cursului de apă sunt deviate pe un traseu care are o pantă mai mică decât panta naturală a râului, iar înălțimea (căderea) totală a amenajării este suma dintre câștigul de înălțime obținut pe traseul amenajat și înălțimea barajului.

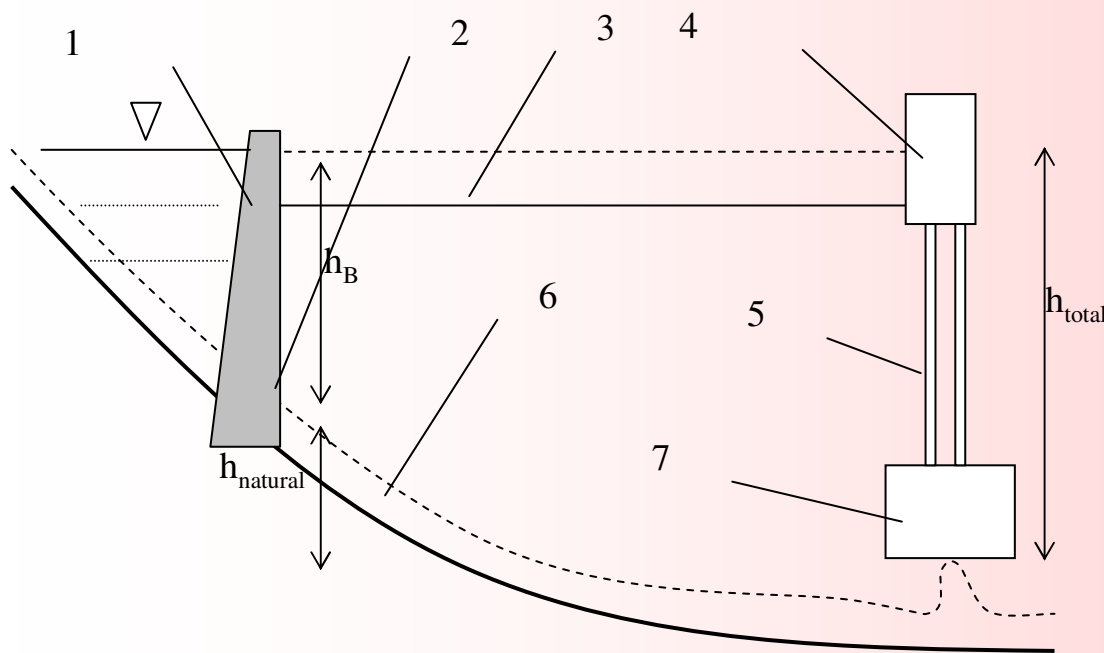


Fig.4.3. Amenajare CHE în derivație cu ridicarea nivelului amonte:
1-captarea și priza de apă; 2-baraj; 3-canal de aducțiune; 4-castel de apă; 5-conducte forțate; 6-albia râului; 7-centrala electrică.

O astfel de amenajare se poate vedea la noi în țară la CHE Bicz de pe râul Bistrița.

Mai există și alte tipuri de amenajări CHE în derivație, cu proprietăți asemănătoare.

În figura 4.4 este prezentată o amenajare **CHE în derivație cu coborârea nivelului aval**. Prin coborârea nivelului aval se înțelege amplasarea centralei electrice în subteran mult sub nivelul barajului, evacuarea apei din centrală realizându-se prin o galerie de fugă cu pantă mică care readuce apa la suprafață

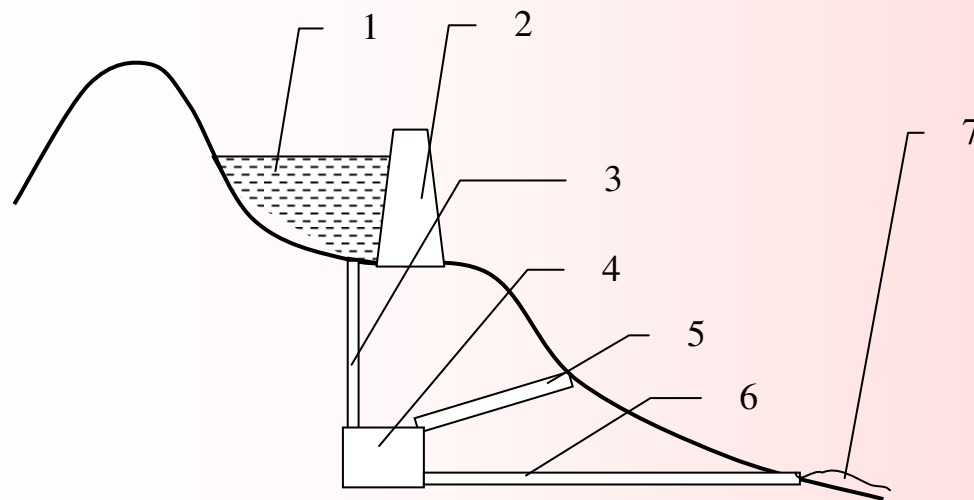


Fig.4.4. Amenajare CHE cu coborârea nivelului aval:
 1 – lac de acumulare; 2 – baraj; 3 – conductă forțată (puț forțat); 4 – CHE; 5 – galerie de acces; 6 – galerie de evacuare; 7 – albia râului.

unde va în aval de centrală.

Realizarea CHE în subteran are mai multe avantaje:

- creșterea căderii de apă;
- are o importanță strategică;
- este la adăpost de condiții dificile de climă (de exemplu temperaturile scăzute de iarnă).

Astfel de amenajări sunt mult întâlnite în țările nordice, Norvegia, Suedia, pornind tocmai de la condițiile deosebite de climă ale acestor țări, de aceea ele mai poartă denumirea de **soluția suedeză**.

Mult mai utilizată este totuși **amenajarea CHE mixtă**, o combinație între cele două amenajări în derivație prezentate anterior. În acest caz, amenajarea conține o aducțiune, un castel de echilibru și un puț forțat prin care apa ajunge în sala mașinilor amplasată în subteran. În acest caz diferența de nivel la căderea apei este asigurată pe trei căi: prin baraj, prin ridicarea nivelului amonte dar și prin coborârea nivelului aval (figura 4.5).

Astfel de amenajări sunt întâlnite la noi în țară la CHE Argeș și CHE Mărișelu de pe râul Someș. La aceasta din urmă, lacul de acumulare se află la Beliș, castelul de echilibru se află în dreptul localității Mărișelu la 9 Km în aval, apa ajungând aici printr-o galerie de aducțiune cu pantă mică săpată în munte. De aici apa este adusă la turbine, amplasate într-o centrală subterană la 100 m sub nivelul albiei Someșului, căderea totală fiind de aproximativ 500 m. Accesul în centrală este posibil prin o galerie de acces cu panta de 10%, deci lungă de 1 Km.

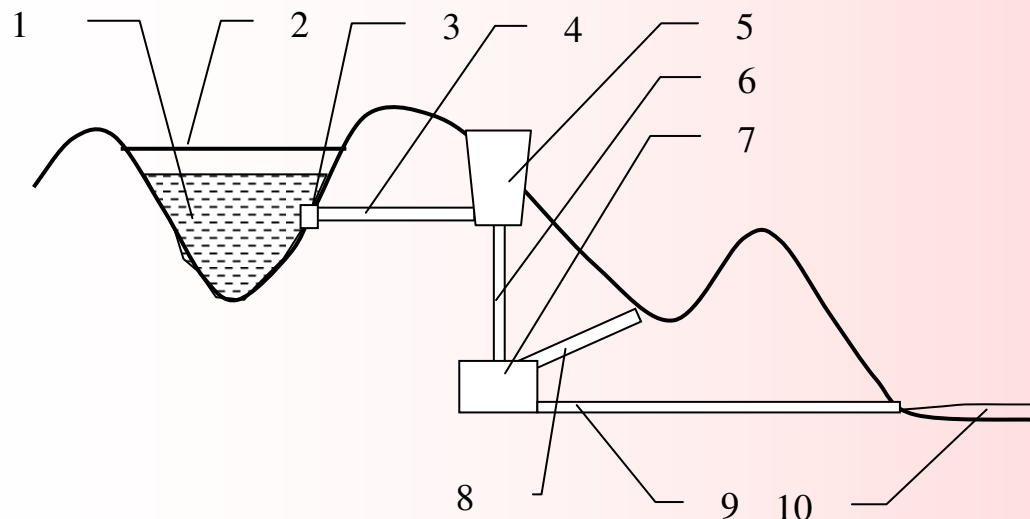


Fig.25. Amenajare CHE în derivație cu schema mixtă:
 1 – lac de acumulare; 2 – baraj; 3 – priza de apă; 4 – canal de aducțiune; 5 – castel de echilibru; 6 – puț forțat; 7 – CHE; 8 – galerie de acces; 9 – canal de evacuare a apei din centrală; 10 – albia râului.

Evacuarea apei se face printr-o galerie de evacuare subterană, pe sub un alt munte, la câțiva Km în aval, la coada lacului CHE Tarnița.

În practică se întâlnește și o mare diversitate de amenajări complexe:

- amenajarea unui bazin hidrografic, utilizând mai multe captări;
- amenajări cu trecerea apei dintr-un bazin hidrografic în altul;
- amenajarea integrală a unui curs de apă prin cascade de hidrocentrale.

În acest fel se asigură utilizarea de debite de apă ale afluenților râului principal sau ale unor afluenți care se varsă în râul principal în aval. În funcție de situație se pot realiza centrale hidroelectrice pe traseele de

aducțiune sau chiar mici stații de pompare, dacă prin acest lucru se câștigă căderi mari de apă. Astfel de amenajări se întâlnesc în zonele muntoase din Elveția, Franța, Austria, dar și în România în bazinul Lotrului și Someșului.

4.4.3. Amenajările centralelor hidroelectrice cu acumulare prin pompare (CHEAP)

Centralele hidroelectrice cu acumulări artificiale realizate prin pompare (CHEAP) sunt rezultatul preocupării de acoperire a vârfurilor de sarcină în sistemele energetice.

CHEAP utilizează energia electrică disponibilă în anumite perioade ale zilei sau anului, pentru a pompa apa dintr-un rezervor inferior într-unul superior, între care există o diferență de nivel, care reprezintă căderea statică a CHEAP. De aici apa este turbinată și se produce din nou energie electrică în perioadele de sarcină maximă a consumului.

În acest fel se realizează o stocare a energiei electrice, din perioada când aceasta este disponibilă, sub forma de energie potențială a apei, pentru ca să o producă din nou în perioadele când aceasta este deficitară în sistemul energetic.

În figura 4.6 se prezintă cazul tipic al unei centrale hidroelectrice cu pompare în circuit deschis.

La aceste amenajări întreaga cantitate de apă trecută prin turbine este obținută prin pompare. Stația de pompare **1** preia apa din primul lac natural și o pompează până în lacul artificial aflat la înălțimea h_p . De aici apa este adusă prin conducta forțată până la CHE amplasată mai jos cu înălțimea de turbinare h_t .

O altă soluție constructivă pentru amenajările CHEAP este cea cu circuit închis, figura 4.7.

Acest tip de amenajare poate fi considerat cu acumulare prin pompaj pură, amenajarea în circuit deschis mai purtând numele și de CHE cu pompaj secundar.

La acest tip de amenajare, conducta forțată se utilizează atât pentru turbinare cât și pentru pompare, din acest motiv turbinarea și pomparea nu pot funcționa simultan ca la cele în circuit deschis.

Dacă la CHEAP în circuit deschis se utilizau patru mașini energetice: motor, pompă, turbină și generator; la CHEAP în circuit închis se poate reduce numărul mașinilor energetice la trei sau chiar la două, având în

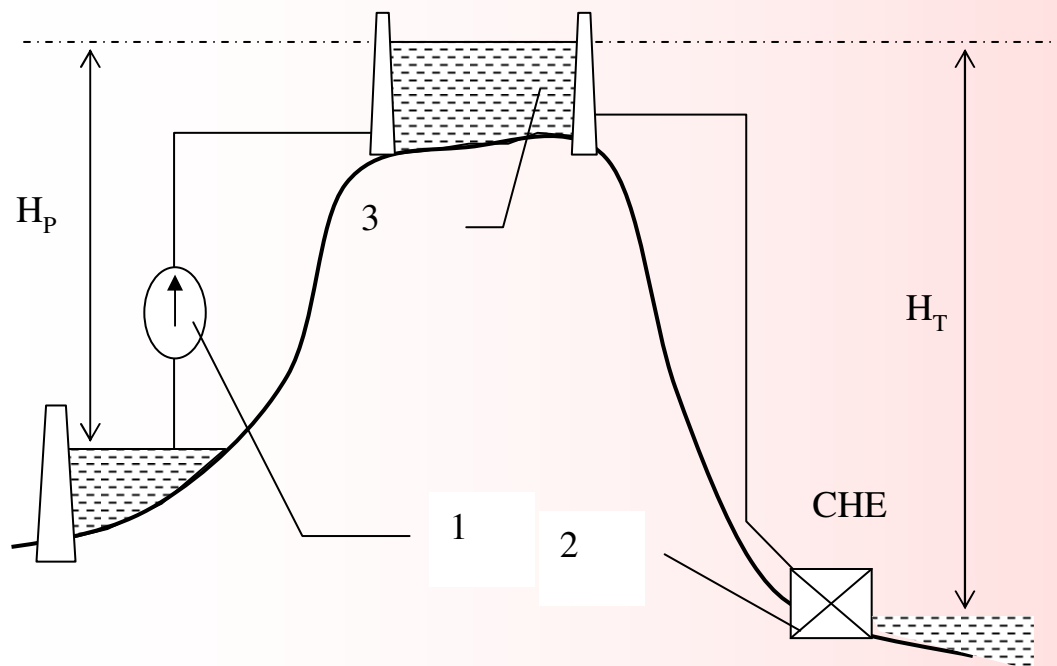


Fig.4.6. Schema de amenajare cu pompare în circuit deschis:
 1 – stația de pompare; 2 – centrala hidroelectrică; 3 – bazinul superior; H_p – înălțimea de pompare; H_T – înălțimea de turbinare.

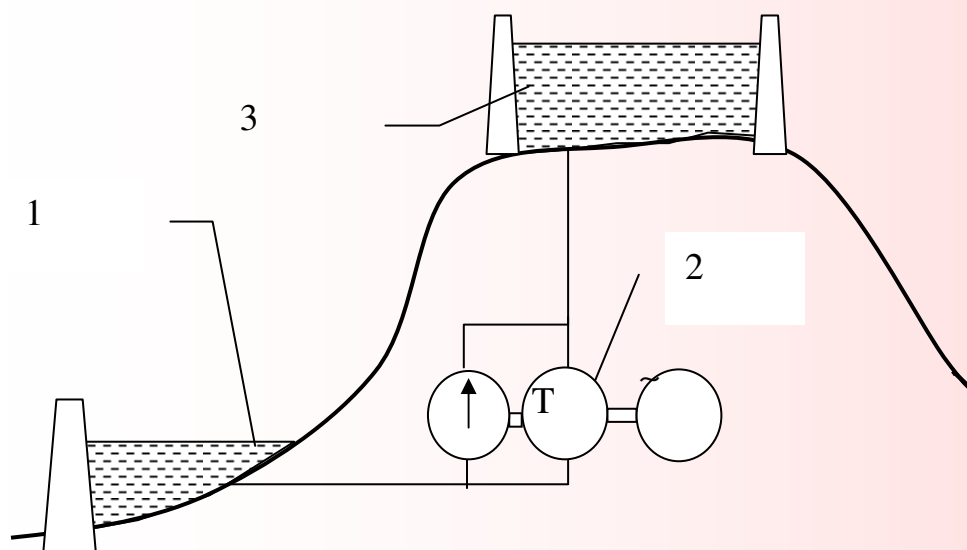


Fig.4.7. CHEAP în circuit deschis:
 1 – bazin inferior; 2 – grupul pompă – turbină – motor – generator; 3 – bazin superior.

vedere că turbina hidraulică poate funcționa și în regim de pompă prin modificarea unghiului paletelor directoare, iar generatorul sincron trece ușor în regim de motor sincron.

Toate țările avansate din punct de vedere economic: SUA, Japonia, Germania etc. au astfel de centrale cu puteri totale de mii de MW. Ele folosesc căderi mari de apă (mai mari de 200 m) pentru a fi necesare debite mai reduse. Puterea unitară a agregatelor este cuprinsă între 100 și 450 MW. Până la căderi de 400 m se utilizează mașini hidraulice reversibile (pompă – turbină), la înălțimi mai mari se utilizează agregate cu două mașini hidraulice separate.

Și la noi în țară avem instalați 60 MW în trei stații de pompaj secundar la CHE Lotru, și există un proiect pentru o CHEAP în circuit închis la CHE Tarnița, pe Someș, cu un lac artificial la Lăpuștești, la o diferență de nivel de aproximativ 400 m față de lacul de la Tarnița.

4.5. Instalațiile CHE

1. Lacul de acumulare;

2. Barajul:

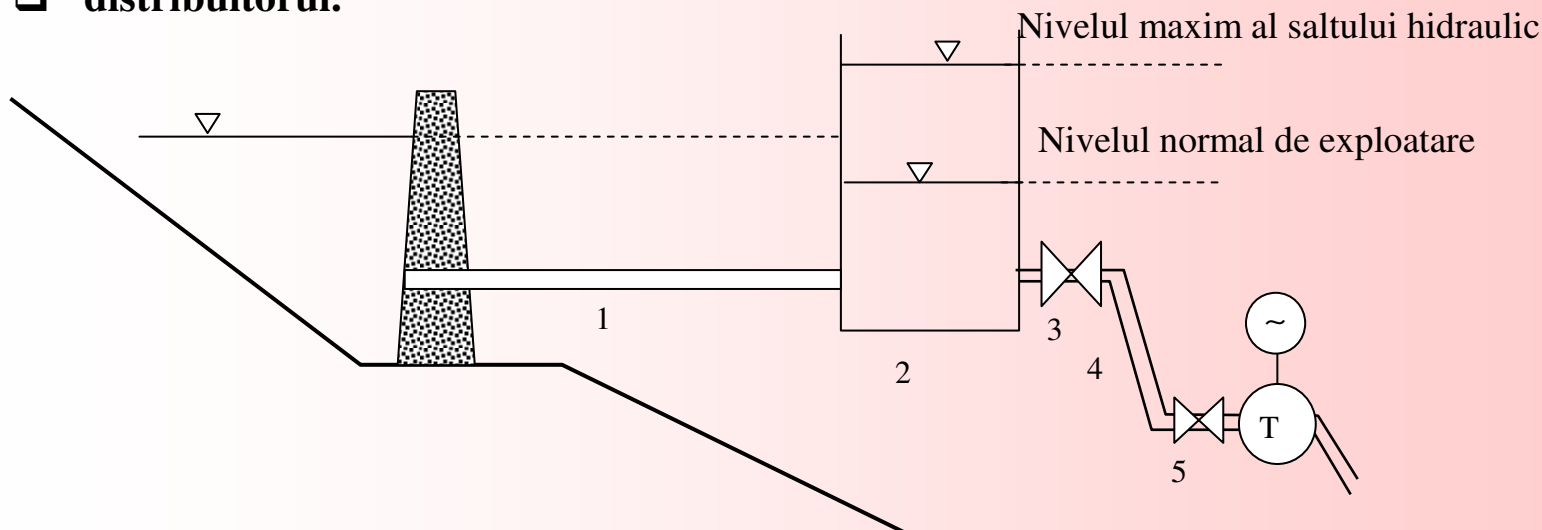
- Barajul de greutate (pământ, anrocamente, beton – pline, cu contraforți, cu pile);
- Barajele în arc;

3. Aducțiunea

- priza de apă;
- canalul de aducțiune;
- castelul de echilibru;
- conducta forțată,
- distribuitorul.

Fig.4.8. Schema principială a aducțiunii:

*1 – canal de aducțiune; 2 – castel de echilibru;
3 – vană fluture; 4 – conductă forțată; 5 - vană
de închidere a turbinei (T).*



4.6. Turbine hidraulice

4.6.1. Clasificare

După principiul de funcționare, turbinele hidraulice se împart în:

□ **turbine cu acțiune** (de egală presiune), la care energia potențială a apei este transformată aproape în întregime în energie cinetică până la ieșirea din statorul turbinei, iar rotorul are rolul numai de a prelua această energie, din această categorie fac parte turbinele **Pelton**;

□ **turbine cu reacțiune** (cu suprapresiune), la care energia potențială a apei se transformă în energie cinetică a rotorului în interiorul turbinei; din această categorie fac parte turbinele **Francis, Kaplan și bulb**.

După ponderea zonei de curgere a apei pe circumferința rotorului, admisia apei poate fi:

□ **parțială**, când curgerea apei se realizează printr-un singur punct sau mai multe puncte ale circumferinței rotorului;

□ **totală**, când curgerea apei se realizează în mod uniform pe întreaga circumferință a rotorului.

După direcția de admisie a apei în rotor, se deosebesc următoarele tipuri de admisie:

□ **axială**, după o direcție paralelă cu axa de rotație a turbinei;

□ **oblică**;

□ **radială**, după direcția razei;

□ **transversală**, când unghiul dintre direcția de admisie și rază este de cel mult 45° ;

□ **tangențială**, când unghiul format dintre direcția de admisie și tangentă este mai mic de 45° .

Scurgerea apei din rotor poate fi: axială, radială sau radial-axială.

4.6.2. Turația specifică (tabelul 4.1)

$$n_s = \frac{n}{H} \sqrt{\frac{P}{\sqrt{H}}} \left[\frac{CP^{0,5}}{\text{min} \cdot m^{1,25}} \right] \quad (4.12)$$

n – este turația nominală a turbinei în rotații pe minut, P – puterea nominală a turbinei în CP , H – căderea de apă în m .

Tabelul 4.1. Date de performanță pentru turbine hidraulice

Tipul turbinei	Varianta	Rapiditate n_s	Căderea netă $H[m]$	Dispoziție ax
Pelton	lent	1 - 10	> 300	orizontală
	normal	11 - 25		verticală
	rapid	26 - 60		
Francis	lent	60 - 150	50 - 625	verticală
	normal	151 - 250		orizontală
	rapid	251 - 350		
Kaplan	lent	300 - 600	10 - 90	verticală
	normal	601 - 800		
	rapid	801 - 1200		
Bulb	lent	500 - 900	< 16.6	orizontală
	normal	901 - 1400		verticală
	rapid	1401 - 2000		

4.6.3. Turbina Pelton

Turbinele Pelton (figura 4.9) sunt turbine cu acțiune cu admisie parțială și tangențială în care scurgerea apei se realizează axial, datorită cupelor cu dublă ieșire. Ele pot fi realizate și în varianta cu ax vertical.

Ele sunt preferate la amenajările cu căderi mari de apă și debite reduse din zonele de munte. Înălțimea căderii nete se măsoară până la axul injectorului; diferența de înălțime până la nivelul aval din canalul de fugă este inutilizabilă.

Apa adusă prin conducte forțate capătă o viteză ridicată în injectorul **3**, lovind apoi cu putere cupele rotorului **2**, fixate rigid pe un ax **1**.

Transformarea energiei potențiale a apei în energie cinetică are loc în totalitate în ajutorul **3**, în cupe având loc numai devierea jetului de lichid.

Reglajul turbinei se realizează prin variația secțiunii injectorului, printr-un ac profilat hidrodinamic.

Caracteristicile mai importante ale turbinelor Pelton sunt:

- funcționare fără șocuri la orice sarcină;
- randamente ridicate (până la 90%);
- părțile componente ușor accesibile;
- reglaj ușor al puterii.

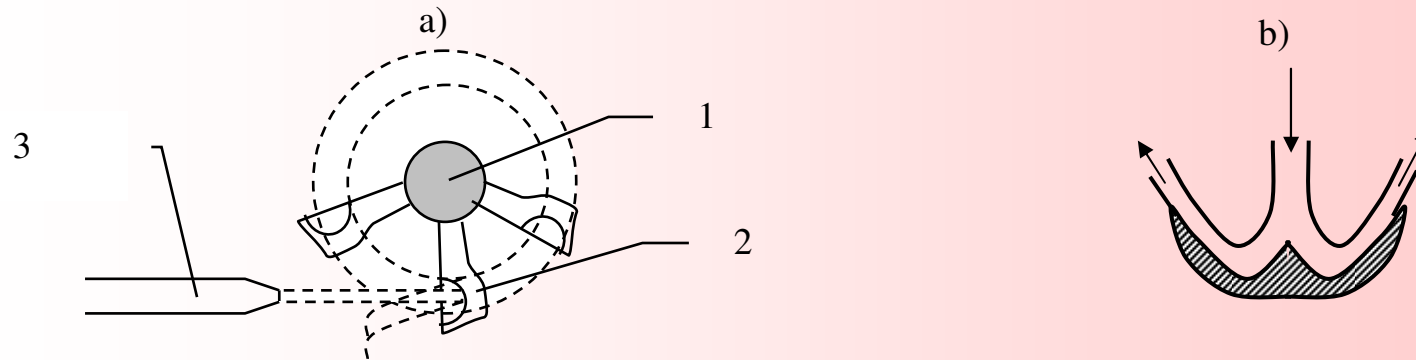


Fig.4.9. Turbina Pelton:

a) schema principială; b) jetul de lichid, 1-axul turbinei; 2-cupele rotorului; 3-ajutaj.

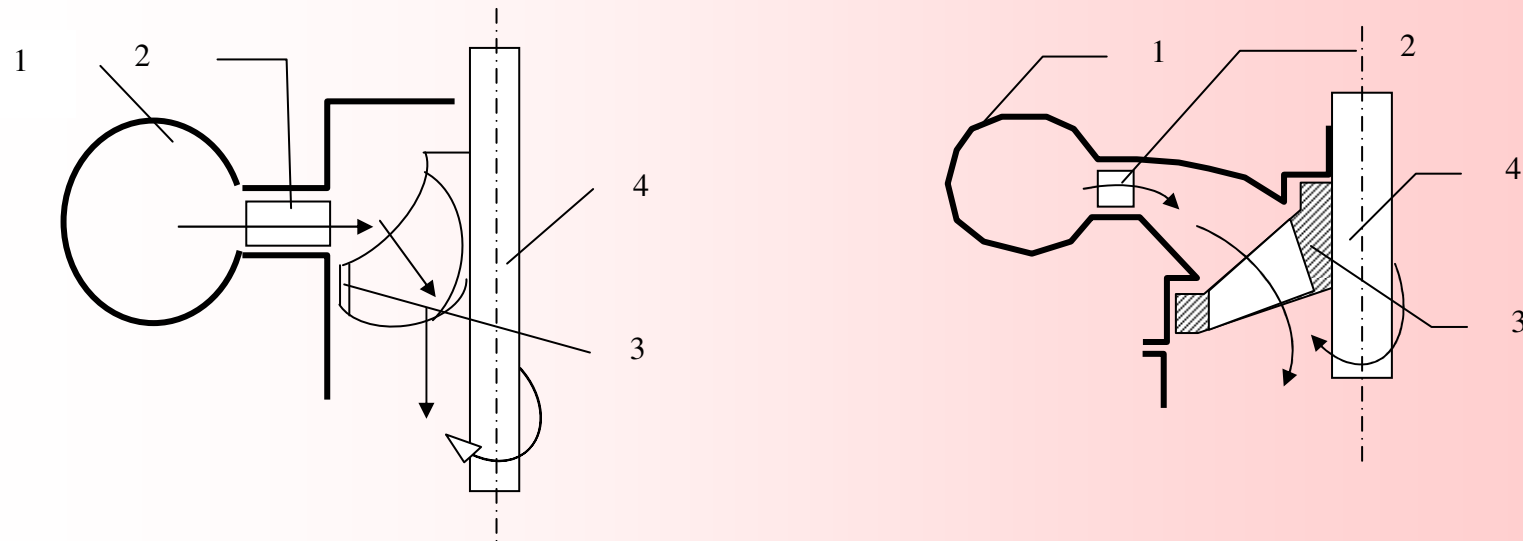


Fig.4.10. Turbina Francis:

1-distribuitor; 2-palete directoare de reglaj; 3- paletele turbinei 4 - ax.

La noi în țară, turbine Pelton de performanță se utilizează la CHE Lotru cu o cădere de 809 m și putere unitară de 167 MW. Turbinele Pelton cu cea mai mare cădere realizată sunt cele de la Reisseck din Austria cu o cădere de 1766 m și o putere de 23,5 MW.

4.6.4. Turbina Francis

Turbinele Francis (Fig. 4.10) sunt turbine cu reacțiune cu admisie totală și radială, scurgerea apei prin rotor realizându-se radial-axial.

Această turbină mai poartă numele de turbină cu flux central.

Turbinele Francis au cea mai largă utilizare deoarece acoperă domeniul de căderi și de debite cel mai frecvent întâlnit în amenajările hidroelectrice.

Construcția lor obișnuită este cu ax vertical ceea ce permite ca distribuitorul de apă să formeze o spirală în plan orizontal.

Transformarea energiei potențiale a apei are loc atât în distribuitorul statoric cât și în canalele formate de palele rotorului, construite din tablă cu o formă și profil curb în spațiu. Forma paletelor depinde de rapiditatea mașinii (Fig. 4.10 a și b).

Apa dirijată cu ajutorul distribuitorului **1**, și a paletelor directoare de reglaj **2**, intră în rotorul turbinei **3**, parcurgându-l mai întâi pe direcția radială, de la exterior la interior, apoi pe direcție axială ajungând în final în aspiratorul **4**.

La ieșirea din turbină presiunea este subatmosferică, aspiratorul înecat, cu marginea inferioară sub nivelul apei din canalul de fugă, asigurând coloana neîntreruptă de lichid.

Randamentul turbinelor Francis este ridicat depășind 90%. La noi în țară se găsesc montate la CHE Bicaz (50 MW, cădere 145 m), CHE Argeș (55 MW, cădere 324 M), CHE Mărișelu (75 MW, cădere 500 m).

Principalele avantaje ale turbinei sunt:

- utilizarea completă a căderii de apă;
- la puteri și căderi egale, necesită un spațiu de instalare mai mic decât turbinele cu acțiune;
- funcționează cu randament maxim în apropiere de sarcina nominală.

4.6.5 Turbina Kaplan

Turbinele Kaplan (Fig. 4.11) sunt turbine cu reacțiune de tip elicoidal cu pas variabil, cu admisie totală axială și scurgerea apei prin rotor axial.

Construcția mecanică generală este asemănătoare celei a turbinelor Francis, cu excepția rotorului și a elementelor asociate lui.

Aceste turbine sunt favorabile amenajărilor hidroelectrice cu căderi mici de apă și debite mari, de tipul celor fluviale. Reglarea puterii se realizează atât prin paletel directoare de reglaj din stator cât și prin reglarea paletelor rotorului

Printre cele mai mari turbine de acest tip din lume se numără și cele de la CHE Porțile de Fier I, cu puterea de 178 MW, căderea 38 m și un diametru al rotorului de 9 m.

Mai există și alte tipuri de turbine hidraulice. Turbinele Francis au o mare varietate constructivă, de exemplu Turbina Turgo, Turbina Banki etc.

La căderi mici și debite mici de apă se utilizează și **turbine bulb**. Acestea au o construcție monobloc sau în țeavă, generatorul lor face corp comun cu turbina, fiind introduse împreună într-o carcasă metalică de forma unui bulb hidrodinamic plasat pe traseul canalului prin care are loc scurgerea apei.

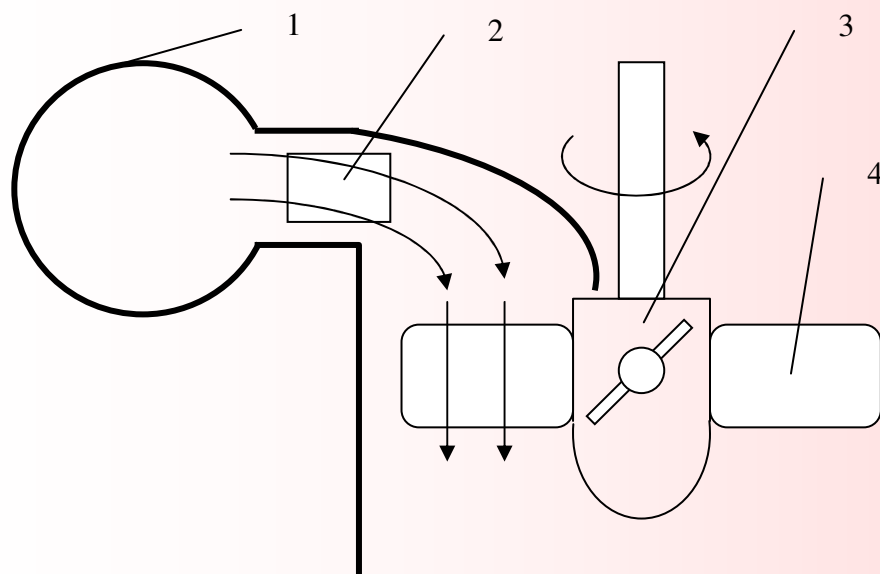


Fig.4.11. Schema funcțională a unei turbine Kaplan.
1-distribuitor; 2-palete directoare de reglaj; 3-axul rotorului; 4-paletele reglabile ale rotorului.

Axul grupului poate fi orizontal, vertical sau înclinat.

La microhidrocentrale, de importanță locală, se utilizează uneori și pompe centrifuge cu rol de turbină hidraulică, iar motorul asincron de antrenare poate fi folosit în regim de generator (De exemplu microcentrala aparținând CONEL Cluj de pe râul Someșul Rece, echipată cu pompe Brateș și motoare de 75 kW).