



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

UN ECHIPAMENT PERFORMANT DE PROTECȚIA MEDIULUI

Paul VLASE

ENVIRONMENTAL PROTECTION PERFORMANT EQUIPMENT

L'article représente une contribution aux efforts de plus en plus difficiles à mettre en œuvre pour la protection efficace de l'environnement. Il présente les résultats des recherches pour la réalisation d'un équipement d'aération-oxygénation des bassins, canaux, lacs, exploitations piscicoles, et différentes plans d'eau sportifs ou d'agrément.

Mots-clés: aéré-oxygénation, transfert de masse, aération, environnement

Cuvinte cheie: aero-oxigenare, transfer de masă, echipament de aerare, mediu

1. Introducere

Poluarea apei în general est un fenomen de stringență actualitate.

Bazinele de aspirație ale stațiilor de pompare, lacurile de acumulare, bazinele tampon și cele de stocaj ale diverselor tipuri de stații de tratare, lacurile de agrement și, în general , toate planurile de apă sunt expuse fenomenului de «eutrofizare» - fenomen ce apare în special datorită lipsei de oxigen dizolvat în volumul de apă considerat și care este sinonim cu calificativul bine cunoscut de «apă moartă».



Fig. 1 Bazinul de aspirație al unei stații de pompare, poluat

În figura 1 este prezentat un exemplu de poluare a bazinului de aspirație al unei stații de pompare.

El devine din ce în ce mai periculos pe măsură ce ritmul de dezvoltare a tuturor ramurilor industriale se accelerează. În plus dezvoltarea urbană, intensificarea traficului și creșterea alarmantă a numărului de mijloace de transport poluante, sunt tot atâtea cauze de intensificare a poluării mediului înconjurător.

În acest context calitatea apei, element ce a reprezentat dintotdeauna o condiție vitală pentru un mediu sănătos și pentru viață în general, a pierdut caracterul abstract – teoretic și a devenit o componentă esențială a protecției mediului înconjurător.

Comunicarea de față prezintă rezultatele cercetărilor desfășurate de autor pentru combaterea acestui fenomen, cercetări ce au condus la realizarea unei serii de echipamente hidraulice de aerare și oxigenare astfel concepute încât să asigure protecția eficientă a volumelor de apă considerate.

În afara de obiectivul principal al studiilor efectuate, s-a urmărit în mod special realizarea unor echipamente simple, eficiente și ușor de instalat, astfel încât să se limiteze în mod drastic investițiile și cheltuielile de întreținere ale echipamentelor de acest tip lansate în exploatare.

2. Aero-oxigenarea apei - caracteristici de bază

Unul dintre parametrii cei mai importanți ai acestui concept de calitate a apei este concentrația de oxigen dizolvat în masa de lichid raportată la o valoare de referință și anume concentrația de saturație, C_s , exprimată în g/l.

Echilibrul oxigenului dizolvat în apă este condiționat de o serie de factori printre care cei mai importanți sunt: ● temperatura apei; ● presiunea și temperatura atmosferică; ● concentrația deșeurilor organice; ● existența compușilor organo-halogați; ● detergenții; ● existența și concentrația anumitor metale (precum aluminiul).

Până în prezent, efortul principal de depoluare a apei a fost orientat către stațiile de epurare. Adaptate acestui tip de uvraje, au fost concepute o multitudine de soluții de aero-oxigenare, literatura tehnică de specialitate oferind o mare varietate de exemple practice, metode de dimensionare, curbe de performanță etc. În schimb, bazinele de apă naturale sau artificiale, care de asemenea riscă să devină «ape moarte» datorită poluării și diminuării alarmante a concentrației de oxigen dizolvat, dispun de foarte puține soluții tehnice pentru combaterea degradării lor.

De aceea ne-am propus să studiem soluțiile tehnice și posibilitățile de realizare a echipamentelor hidraulice destinate a efectua aero-oxigenarea necesară în cazul acestor aplicații.

3. Aerarea și aportul de oxigen în apă – compendiu teoretic

Oxigenul necesar pentru întreținerea și dezvoltarea complicatelor procese biologice, precum și pentru eliminarea poluanților mediului lichid, provine în special din aerul atmosferic.

Deci, pentru realizarea oxigenării volumului de apă considerat, va trebui să găsim modalitățile de introducere a unui volum suficient de aer în apă, prin intermediul unui schimb masic la interfața cu atmosfera, astfel încât să se obțină un transfer optimal de oxigen în masa de lichid.

Putem considera că procesul de transfer al oxigenului se realizează în trei etape :

- O primă fază rapidă, când moleculele de oxigen din atmosferă sunt aduse la suprafața lichidului, realizându-se un aport superficial ce influențează echilibrul aer-apă;

- O a doua fază este cea în care moleculele de oxigen trebuie să traverseze stratul de separație între masa de lichid și atmosferă (strat ce are în mod normal grosimea a trei molecule), operație ce se realizează prin difuzie moleculară;

- În cea de a treia fază oxigenul de aport atmosferic trebuie să se dizolve în masa de lichid, operație ce se realizează prin difuzie și convecție. În toate cazurile, caracteristicile stratului de separație între atmosferă și masa de lichid condiționează în mod fundamental transferul de oxigen.

- În condiții laminare, viteza de transfer a moleculelor de oxigen ce traversează stratul de neperturbat de separație apă-aer este redusă și difuzia oxigenului este diminuată;

- În condiții de turbulență crescută, transferul de oxigen se accelerează deoarece stratul de separație interfacial este continuu perturbat devenind mult mai permeabil pentru moleculele de oxigen atmosferic.

Procesul de transfer poate fi exprimat prin ecuația:

$$\frac{dM}{dt} = K_L \cdot A \cdot (C_s - C_L) \quad (1)$$

unde :

dM/dt = viteza de transfer masic ;

A = suprafața interfacială de transfer ;

C_s = concentrația de saturație în oxigen ;

C_L = concentrația de oxigen în lichid ;

K_L = coeficientul de transfer de masă.

Utilizând unitățile de concentrație specifică, cei doi membri ai ecuației de mai sus trebuie transportați la volumul de apă din bazinul considerat, iar relația respectivă devine

$$\frac{1}{V} \cdot \frac{dM}{dt} = K_L \cdot (A/V) \cdot (C_s - C_L) \quad (2)$$

Dacă notăm $K_L \cdot A/V = K_{La}$, ecuația de mai sus devine

$$\frac{1}{V} \cdot \frac{dM}{dt} = K_{La} \cdot (C_s - C_L) \quad (3)$$

În calculele curente se folosește cu prioritate acest coeficient de transfer al oxigenului, deoarece el înglobează atât coeficientul de masă, cât și suprafața interfacială pe unitatea de volum.

În practică este imposibil să se măsoare suprafața interfacială; de aceea se utilizează în mod curent coeficientul global pentru efectuarea calculelor de concepție ale instalațiilor de aerare, precum și pentru estimarea eficacității lor.

Acest coeficient depinde de o serie de factori printre care cei mai importanți sunt: ● configurația geometrică a echipamentelor de aerare; ● puterea instalată a elementului motor; ● caracteristicile hidraulice ale mișcărilor în masa de apă; ● temperatura lichidului.

Concentrația de saturație a oxigenului dizolvat depinde de temperatura mediului, dar și de presiunea atmosferică.

Corelația $C_s = f(T^\circ)$ este dată de Tabela lui MORTIMER care a fost adoptată și de norma ANF T90-032.

Concentrația de oxigen în masa de lichid C_L poate fi determinată prin două metode:

- metoda dozajului chimic;
- metoda electrochimică utilizând sondele polarografice sau sondele galvanice.

La data când s-au făcut cercetările prezentate în comunicarea de față, metoda cea mai des utilizată a fost metoda electrochimică, bazată pe rezultatele furnizate de sondele polarografice modernizate și anume sonda CLARK echipată cu senzori de temperatură.

4. Echipamentele de aerare - Principii de funcționare și caracteristici de performanță

În domeniul echipamentelor de aero-oxigenare există o multitudine de clasificări posibile; noi ne vom rezuma la prezentarea succintă a câtorva dintre ele și anume cele mai frecvent întâlnite în practica actuală.

Astfel, în funcție de poziționarea lor în funcționare normală, le vom grupa în două mari categorii :

- Aeratoare de volum;
- Aeratoare de suprafață.

Aeratoarele de volum pot fi și ele grupate în două categorii distincte (compuse la rândul lor din numeroase variante) și anume :

- Agitatoare masice;
- Difuzoare de bule cu diverse dimensiuni.

Aeratoarele de suprafață, mult mai puțin diversificate decât cele de volum, pot fi clasificate astfel: ▪ Aeratoare cu rotor; ▪ Aeratoare cu perii; ▪ Aeratoare cu jet.

Aeratoarele de volum, datorită particularităților lor de funcționare, nu sunt utilizabile în cazul planurilor de apă naturale care nu au nici fundul stabilizat, nici malurile consolidate pentru a rezista acțiunii de eroziune provocate de aeratoare. În schimb, ele sînt utilizate pe scară largă în stațiile de tratare a apelor uzate.

Aeratoarele de suprafață, însă, sunt perfect adaptabile la tratarea planurilor de apă naturale sau amenajate în cadrul diferitelor utilizări. Oricare ar fi varianta de aerator de suprafață, el trebuie să îndeplinească următoarele funcții :

- să creeze o circulație suficient de intensă în masa de lichid pentru a asigura o distribuție uniformă a oxigenului dizolvat;
- să realizeze un transfer de oxigen din aer în masa de lichid în cantitate suficientă pentru a compensa deficitul. Acest transfer se poate efectua printr-o reînnoire permanentă a interfeței aer - apă.

Pentru a caracteriza funcționarea și performanțele aeratoarelor de suprafață, următorii parametri sunt utilizați în mod curent:

- aportul orar de oxigen $A_n = \text{kg O}_2/\text{h}$;
- capacitatea de oxigenare $CO = \text{kg O}_2 \text{ m}^3/\text{h}$;
- aportul specific net de oxigen $ASN = \text{kg O}_2/\text{kWh}$.

În mod firesc, criteriul cel mai des utilizat pentru caracterizarea unui aerator de suprafață este «ASN», el fiind și cel mai important din punct de vedere economic.

Pentru o analiză aprofundată a performanțelor unui aerator de suprafață este însă necesar să se ia în considerație și o serie de parametri complementari cum ar fi, de exemplu:

- stratificarea termică a planului de apă;
- intensitatea circulației de lichid la nivelul întregului volum considerat;
- puterea electrică disipată de echipamentul respectiv;
- aportul brut de oxigen în apă.

5. Aeratorul flotant de tip «oxi-jet V500»

Studiile și cercetările efectuate de echipa autorului au condus la realizarea unui echipament flotant de aero-oxigenare de tip « Oxi-Jet »



declinat în mai multe tipodimensiuni.

Fig. 2
Aeratorul
Oxi-Jet V500
în funcțiune

Acest
echipament
răspunde
imperativu-
lui de

regenerare a oxigenului dizolvat în apă prin accelerarea procesului de biodegradare a materiilor organice din volumul de lichid considerat și prin crearea condițiilor optime de transfer de oxigen din atmosferă în masa de apă. El combate proliferarea algelor dăunătoare, combate declanșarea proceselor de descompunere și realizează un control eficace al stratificării termice a volumului de apă astfel tratat.

Funcționarea hidraulică a acestor echipamente a fost în mod special studiată în vederea creării a două tipuri de circulație hidraulică:

1) o circulație subacvatică (curgere axial-simetrică) ce se dezvoltă în jurul părții submersibile a echipamentului hidraulic, într-o zonă de influență circulară cu rază mare de acțiune;

2) o circulație aeriană sub forma unui jet de apă dispersat care realizează un efect estetic de «corolă» ce se dezvoltă deasupra planului de apă.

Captarea moleculelor de oxigen din aerul atmosferic se realizează în cadrul acestei curgeri de tip dispersie neuniformă. Impactul picăturilor astfel formate pe suprafața lichidului conduce la distrugerea locală a stratului superficial de separație, favorizând penetrarea oxigenului în masa de apă a bazinului respectiv.

Parametrii geometrici ai celor două tipuri de circulație, precum și performanțele de oxigenare realizate de echipamentul flotant sunt funcție de gabaritele aparatului, de viteza de rotație a părții mobile și de puterea lui instalată.

Acest dispozitiv face parte din categoria aeratoarelor de suprafață cu turbină rapidă. Principiul său de funcționare este clasic, dar autorul a introdus o serie de soluții originale, ca de exemplu geometria turbinei și posibilitatea de a realiza o serie de tipodimensiuni pe baza unei singure configurații statorice în vederea adaptării la o gamă largă de aplicații.

Aeratorul tip «Oxi-Jet» este compus din următoarele părți principale :

1) Flotorul rotomulat special conceput și dimensionat pentru a putea asigura stabilitatea grupului electro-hidraulic și prevăzut cu dispozitivele necesare de fixare a contragreutăților de ancorare și menținere pe linia de plutire a ansamblului;

2) Grupul hidraulic electropropulsor compus din rotor, stator și motor electric submersibil. El este fixat în decuparea special studiată a flotorului rotomulat;

3) Carcasa cilindrică formată din tablă perforată (sau țesătură metalică) terminată cu un fund bombat – totul din INOX 304L – având rol de protecție (figura 3).

Alimentarea cu energie electrică, comanda și releele de protecție sunt dispuse într-un tablou electric amplasat pe mal astfel încât să se asigure o funcționare sigură și neîntreruptă a echipamentului de aero-oxigenare.

Automatizarea este realizată cu ajutorul unui releu orar cu mai multe plaje de funcționare pe parcursul a celor 24 ore; comanda manuală este posibilă astfel încât să se evite blocajele provocate de îngheț.

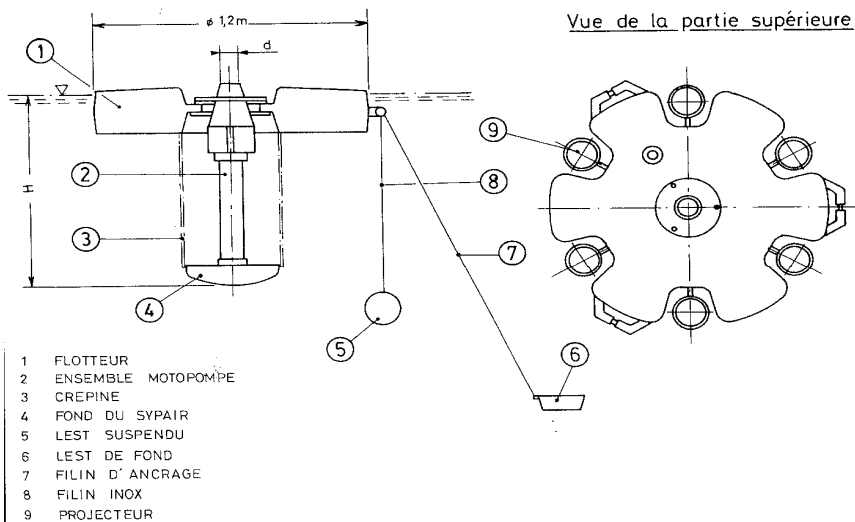


Fig. 3 Schema Aeratorului OXI-JET V500

6. Condițiile de funcționare ale echipamentului «oxi-jet V500»

- Oxi-Jetul poate fi amplasat pe un plan de apă sau într-un bazin cu adâncimea minimă de 0,8 – 1 m;

- Echipamentul flotant trebuie amarat cu ajutorul unor cabluri corespunzătoare în trei puncte fixe, astfel încât să se evite deplasările nedorite sau intrarea lui în rotație;

- Legăturile celor trei cabluri la punctele fixe ale flotorului se fac prin intermediul a trei coliere special studiate pentru a asigura integritatea ansamblului;

- Cablurile electrice de alimentare ale motorului și proiectoarelor submersibile trebuie să respecte indicele de protecție IP 68 și să fie astfel pozate încât să se evite obstacolele contondente.

- Motorul electric este alimentat în curent trifazic 3~ 380 V și este echipat cu releu termic de protecție și cu o cutie de joncțiune etanșă.

Principalele caracteristici ale oxi-jetului « V500 » sunt: 1) Geometria corolei aeriene : $D \sim 12$ m ; $H \sim 2,5$ m ; 2) Circulația subacvatică: $R_{\max} \sim 80$ m ; $Q_{\max} \sim 200$ m³/h ; 3) Putere instalată 3,7 kW.

Testele și încercările «in-situ» pentru punerea la punct a prototipului de aero-oxigenator prezentat mai sus au fost realizate în mai multe variante și în diferite condiții de funcționare.

Rezultatele cele mai concludente au fost obținute în condițiile unei gări portuare dezafectate, situată pe canalul navigabil din nordul Franței, canal ce a asigurat de-a lungul timpului traficul de mărfuri spre regiunea pariziană. După scoaterea din uz a bazinului portuar care nu a mai beneficiat de circulația navelor, ne având nici-un aport exterior și nici-o legătură cu acviferele înconjurătoare, calitatea apei s-a degradat rapid și fenomenul de eutrofizare și-a făcut apariția cu tot cortegiul său de efecte negative asupra mediului înconjurător.

Instalarea echipamentului «Oxi-Jet V500» în acest amplasament și punerea lui în funcțiune, cu reglajele ce s-au impus în condițiile concrete de teren, au permis desfășurarea unor campanii de observații și măsurători care s-au dovedit mai mult decât satisfăcătoare.

Măsurătorile au fost realizate la diferite adâncimi pe mai multe verticale distribuite în punctele caracteristice ale bazinului; s-a putut constata că valorile concentrației de oxigen au crescut simțitor pe măsură ce echipamentul de aerare funcționa și că valorile cele mai ridicate se înregistrau în apropierea suprafeței libere a bazinului.

Măsurătorile consecutive s-au desfășurat în condiții de temperatură și meteorologii variabile, iar rezultatele obținute au demonstrat o bună reproductibilitate a măsurătorilor, dispersia lor ne depășind 5 %.

Rezultatele prelucrate după o serie de 8 campanii de măsurători ne-au permis să sintetizăm următoarele performanțe medii ale aparatului: ▪ capacitatea de oxigenare medie = 20 - 25 g O₂/h m³; ▪ Aportul specific net = 1,6 – 1,8 kg O₂/kWh; ▪ Coeficientul de transfer Oxi-Jet V500 = 2,3 h⁻¹.

7. Concluzii

■ Observațiile efectuate înainte și după punerea în funcțiune a echipamentului de aero-oxigenare, precum și rezultatele măsurătorilor de performanțe au confirmat calculele de dimensionare efectuate de autor.

■ Ele ne-au permis de asemenea să abordăm problematica aero-oxigenării acestui tip de bazine de apă în ideea de a realiza serii de tipodimensiuni adaptate acestor aplicații. Alte aplicații sunt susceptibile să beneficieze de aportul de oxigen asigurat de aceste echipamente și anume:



Fig. 4
Ansamblu de
două
echipamente
Oxy-Jet în
funcțiune pe un
bazin de mari
dimensiuni

- exploată-
rile pisci-
cole;
- bazin
ele de aspira-
ție ale stațiilor

de pompare;

- lacurile de agrement;
- bazele sportive nautice.

■ Marea diversitate a metodelor de dimensionare, complexitatea fenomenelor de aerare – oxigenare și dependența lor de factorii meteorologici aleatori impun ca în fiecare caz în parte să se facă apel la experimentări aprofundate, la încercări pe model și la teste «in situ» pentru a confirma pertinenta utilizării fiecărui echipament în cadrul aplicației pentru care a fost dimensionat.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Eckenfelder, J., *Advances in water quality*. D. L. Ford Improvement; Texas 1967.
- [2] Kalinske, A. A., *Evaluation of oxygenation capacity of localized aerators*. J.V.P.C.F 1965.
- [3] Héduit, R., *Les performances des systèmes d'aération des stations d'épuration*. Publication CTGREF – France 1980.
- [4] Linfield, C., Brown, I., *Oxygen transfer parameters estimation* Tufts University, 1979.
- [5] Roustan, M., *Comment caractériser les turbines de surface*. INSA Toulouse 1979.
- [6] Zlokarnik, M., *Comparaison des différents systèmes d'aération et méthodes de dimensionnement*; Publications Bayer Leverkusen, 1979.
- [7] Mateescu, C., *Hidraulica*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1964.

Dr. Ing. Paul VLASE
Expert tehnic S.C - HP2E France. Membru A.I.R.H
E-mail: vlasep@orange.fr