

CE ESTE ȘI CUM SE APLICĂ ÎN PISCICULTURA INTENSIVĂ EUTROFIZAREA DIRIJATĂ A HELEȘTEELOR PENTRU CIPRINIDE

de

GRIGORE ROȘCA, GHEORGHE CARAIMAN

1. *Ce este procesul de eutrofizare al unui biotop*

Termenul „eutrof” derivă din grecescul „eu” ce înseamnă bine și „trophe” ce reprezintă hrană, însemnând deci, bine hrănit.

În accepțiunea termenului, eutrofizarea ar reprezenta deci un proces de îmbogățire în hrană al unui biotop.

Definiția clasică indică procesul de eutrofizare ca un proces „natural” de îmbătrânire al apelor în cursul secolelor (1).

Actualmente, ca urmare a numeroaselor cercetări efectuate pe plan mondial, termenul de eutrofizare și-a lărgit sfera de aplicare și modul de interpretare al factorilor care îl determină.

Astfel BENNETON (2) apreciază fenomenul ca o „boală a mediului natural”, apreciind că termenul de eutrofizare este utilizat pentru a indica schimbările provocate în ecosistemul acvatic prin îmbogățirea cu fertilizanți.

VOLLENWEIDER (1) definește, în accepțiunea modernă, eutrofizarea ca o îmbogățire în substanțe nutritive.

MĂLĂCEA (3) definește eutrofizarea lacurilor ca un proces normal care se realizează în timp, pe măsură ce se acumulează cantități de substanță organică pe fundul lor.

În contextul tuturor factorilor ce participă la procesul de eutrofizare — factori care vor fi analizați ulterior — și al fenomenelor ce decurg din acțiunea cumulată a acestora, noi considerăm procesul de eutrofizare a biotopurilor naturale și artificiale ca rezultat al creșterii în biotop a cantității substanțelor chimice generatoare de producție primară, în condițiile unui regim termic și de circulație a apei favorabile fenomenului. Prin substanțe chimice generatoare de producție primară înțelegem compuși cu azot, fosfor și calciu, substanțe organice, bioxid de carbon dizolvat și unele microelemente.

Datorită faptului că procesul de eutrofizare apare tot mai frecvent în apele naturale și artificiale din lume, este necesar să se facă o diferențiere între eutrofizarea naturală și cea artificială.

1.1. Eutrofizarea naturală, așa după cum a fost apreciată cu ani în urmă, apare ca un fenomen normal, determinat de procesul de îmbătrânire al unei suprafețe de apă.

Procesul survine legat de un complex de factori, în care predomină concentrarea apei în substanțe organice și elemente nutritive (azot și fosfor) provenite din mineralizarea substanței organice prezentă în apă și pe fundul acesteia, din detritusul vegetal acumulat din plantele acvatice căzute pe fundul biotopului și celelalte fitocenoză din biotopuri.

La aceasta se mai adaugă, aportul de substanțe bioenergetice adus de precipitațiile atmosferice, drenarea apelor de infiltrație și ape de spălare a terenurilor.

În aceste condiții se produce o înrăutățire continuă a condițiilor de mediu prin creșterea exagerată a substanțelor organice dizolvate, scăderea oxigenului dizolvat la zero, creșterea populațiilor fitoplanctonice și dezvoltarea exagerată a vegetației acvatice. În acest caz se poate vorbi de „fenomenul de îmbătrânire“, care determină în final dispariția populației piscicole.

Dinamica eutrofizării naturale este favorizată de procesul de stagnare al apei și de temperaturile ridicate.

Se reține ca un stadiu avansat al eutrofizării naturale hipertrofia, în care biotopul respectiv nu mai depinde de nici un factor extern, el funcționând ca un sistem autonom, la care sedimentele furnizează suficiente elemente nutritive și organice, necesare menținerii și avansării fenomenului.

Astăzi, în zonele civilizate, eutrofizarea naturală tinde să fie din ce în ce mai redusă, ea fiind înlocuită de eutrofizarea artificială.

1.2. Eutrofizarea artificială a apărut ca urmare a intensificării activității umane și este determinată de aportul în apele de suprafață a unor elemente bioenergetice (azot, fosfor, carbon, calciu) provenite din:

- evacuarea unor ape uzate rezultate din concentrații umane și epurate la grade diferite (uneori incomplet epurate);

- efluenți industriali cu concentrații ridicate de substanțe nutritive și bioenergetice;

- ape de spălare din precipitații a terenurilor agricole cu culturi intensive, unde sînt folosite îngrășăminte chimice cu azot și fosfor;

- ape ce se drenează de pe platformele irigate cu culturi intensive, îngrășate artificial.

Este de reținut că procesul de eutrofizare artificială se petrece rapid, în intervale uneori de numai cîțiva ani și are efecte negative asupra multor suprafețe de apă. Astfel, lacurile respective — naturale și artificiale — aduse în stare eutrofică, devin improprii unor activități umane, în special pentru alimentarea cu apă a centrelor populate, ca urmare a creșterii biomasei vegetale, în special fitoplancton și a cantității de substanțe organice.

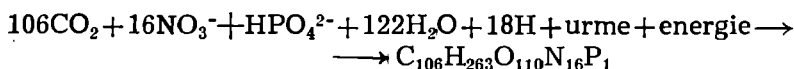
Din aceste motive pe plan mondial există preocupări intense pentru combaterea procesului de eutrofizare artificială, cu menținerea suprafețelor de apă respective în condiții oligo-trofe.

Căile și metodele de combatere a eutrofizării dirijate sînt astăzi mult discutate și cercetate pe plan mondial, procesul fiind considerat ca un fenomen de poluare ce trebuie combătut. Nu se va insista asupra metodelor de combatere a eutrofizării artificiale, deoarece ele nu fac obiectul prezentei lucrări.

2. Parametrii ce determină procesul de eutrofizare al unei suprafețe de apă

Definiția procesului de eutrofizare, — formularea noastră din capitolul anterior, — ține seama atât de factorii chimici cît și de cei fizici, care acționează ca un complex de parametri în declanșarea fenomenului.

2.1. Factorii chimici. Pentru a se înțelege efectul produs de factorii chimici este necesar să se ia în considerare ecuația stoechiometrică de fotosinteză a protoplasmei algale care este:



Se remarcă, deci, că în sinteza protoplasmei algale, care este de fapt prima și cea mai importantă verigă a producției primare și a procesului de eutrofizare, elementele chimice, care participă la sinteză, sînt fosforul, azotul, carbonul și oxigenul.

Din formula prezentată se constată că pentru a se sintetiza 100 gr. de protoplasmă algală sînt necesare:

0,87 g fosfor
6,3 g azot
49,5 g oxigen
7,4 g hidrogen
35,8 g carbon

Cu toată această situație, majoritatea autorilor (4, 5, 6) consideră ca elemente de bază fosforul și azotul și dintre acestea fosforul, apreciat și ca factor limitativ (5).

Ca atare s-a introdus în literatura de specialitate ideea că fosforul și azotul constituie principalii factori care determină apariția procesului de eutrofizare și declanșarea unei dezvoltări abundente a fitoplanctonului și macrofitelor.

În privința concentrațiilor de fosfor și azot din apă, la care se consideră că biotopul capătă un caracter eutrof, aprecierile sînt diferite.

După VOLLENWEIDER (7) eutrofizarea se produce cînd primăvara, concentrația de fosfor depășește în apă 0,01 mg/1 P pentru formele asimilabile și pentru azot între 0,2—0,3 mg/1 N, tot ca forme asimilabile. În ceea ce privesc limitele de fosfor total și azot total, pe baza experien-

telor lui THOMAS, VOLLENWEIDER propune următoarele concentrații în apă pentru fosfor total și azot mineral total, în cazul diferitelor tipuri de lacuri.

Caracterul trofic	P_{total} mg/m ³	$N_{\text{mineral total}}$ mg/m ³
Ultra-oligotrof	5	până la 200
Oligo-mezotrof	5—10	200—400
Mezo-eutrof	10—30	300—650
Eu-politrof	30—100	500—1 500
Politrof	peste 100	peste 1 500

De asemenea se consideră că eutrofizarea are loc la un aport excedentar în apă de:

$$\begin{aligned} &0,2—0,5 \text{ g } P_{\text{total}}/\text{m}^2/\text{an} \text{ și} \\ &5—10 \text{ g } N_{\text{total}}/\text{m}^2/\text{an} \end{aligned}$$

În privința concentrațiilor de fosfor și azot din apă, la care se consideră că biotopul capătă un caracter eutrof, aprecierile sînt diferite.

După VOLLENWEIDER (7) eutrofizarea se produce cînd primăvara concentrația de fosfor depășește în apă 0,01 mg/l P pentru formele asimilabile și pentru azot între 0,2—0,3 mg/l N total ca forme asimilabile.

În ceea ce privește raportul N/P, J. BARICA (8) apreciază că față de apele oligotrofe în care acest raport este de 3/8 în cele intens eutrofizate raportul este de 3/5.

Majoritatea autorilor străini care s-au ocupat de procesul de eutrofizare naturală au luat ca valori limită ale fenomenului datele citate de VOLLENWEIDER.

Cercetări efectuate în țară (9) arată că în lacurile eutrofe concentrațiile de azot și fosfor se situează în jurul valorilor de:

$$\begin{aligned} &0,150 \text{ mg/l } P \text{ total} \\ &1,500 \text{ mg/l } N \text{ mineral total.} \end{aligned}$$

Aceste limite variază însă și cu adîncimea apei, la ape stagnante cu adîncimi de pste 5 m, situația fiind diferită.

Aportul de nutrienți în apă, la care se apreciază că se poate produce o eutrofizare a biotopului, este apreciat la:

$$\begin{aligned} &0,60 \text{ P total g/m}^2/\text{an} \\ &3,5 \text{ N mineral g/m}^2/\text{an} \end{aligned}$$

Puțini cercetători se preocupă și de rolul important al celorlalte elemente chimice, care participă la procesul de eutrofizare al lacurilor. Astfel WRÖBE (10) menționează că bioxidul de carbon din apă este o altă cauză a eutrofizării.

El sesizează și efectul indirect al calciului prezent în apele bogate în bioxid de carbon. De asemenea același autor evidențiază efectul indirect al potasiului, care favorizează dezvoltarea algelor la concentrații ale acestuia între 0,4 și 39 mg/l K. Peste această limită se produce o inhibare a dezvoltării algelor albastre-verzi.

BERNHARDT și CLOSEN (11) includ în grupa elementelor fertilizante ce determină eutrofizarea unei suprafețe de apă și carbonul.

S. VILLERT (12) arată că în procesul de eutrofizare nu trebuie uitate oligo-elemente și substanțele organice. Nu trebuie să se uite că toată activitatea respiratorie a comunității acvatice (producător, consumator, descompunere) are la origine bioxidul de carbon utilizabil în fotosinteză. În apa îmbogățită în elemente nutritive, concentrația în CO_2 poate să fie un factor limitativ.

Este citat HOLL care, pentru ape cu salinitate de maximum 250 mg/l NaCl, apreciază că eutrofizarea se produce în condiții de:

$$\begin{array}{l} 100\text{—}300 \text{ mg/l CaO} \\ 5\text{—} 50 \text{ mg/l NO}_3^- \end{array}$$

Pentru lacuri oligotrofe se indică

$$\begin{array}{l} \text{max. } 25 \text{ mg/l CaO} \\ 1 \text{ mg/l NO}_3^- \end{array}$$

Se remarcă importanța pe care o dă autorul oxidului de calciu și concentrațiile ridicate de azotați la care se produce fenomenul de eutrofizare al unui biotop.

Cercetările lui VILLERT au arătat că trebuie cunoscută rezerva de CO_2 . Experimentările au dovedit un aspect deosebit de interesant legat de faptul că în ape îmbogățite în elemente nutritive, concentrația de CO_2 poate să fie un factor limitativ, atît timp cît utilizarea directă a bicarbonaților nu este asigurată.

Cercetări anterioare efectuate de autori în heleștee piscicole (16), cu scopul ridicării productivității naturale prin utilizarea de îngrășăminte minerale cu azot și fosfor și a îngrășămintelor organice sub forma de gunoi de grajd, au dovedit că prezența substanței organice dizolvate în apă are o influență favorabilă asupra dezvoltării fito și respectiv zooplanctonului, determinînd apariția fenomenului de eutrofizare. În heleșteele în care cantitățile de îngrășăminte minerale cu azot și fosfor au fost aceleași ca în celelalte, dar substanțele organice dizolvate în apă au fost în concentrații mai mici, procesul de eutrofizare nu s-a manifestat sau a fost minim.

Această situație ne-a determinat să conchidem asupra importanței egale pe care o are carbonul organic, alături de azot și fosfor, în declanșarea fenomenului de eutrofizare.

Importanța carbonului organic în procesul de eutrofizare al biotopurilor a fost evidențiat și de unii cercetători americani.

De altfel una din manifestările procesului de eutrofizare este și creșterea accentuată a pH-ului apei în domeniul alcalin, pînă la 9—9,5, ca urmare a reținerii în procesul de sinteză al proteinei vegetale produse de alge, a bioxidului de carbon din apă. Acest bioxid de carbon rezultă din descompunerea carbonatului de calciu și din mineralizarea substanțelor organice.

Substanța organică dizolvată în apă, are, pe lângă rolul menționat anterior și pe acela de a servi ca substrat pentru dezvoltarea bacterio-planctonului de care trebuie neapărat să se țină seama în fenomenul de eutrofizare.

Oxigenul este de asemenea un element esențial în declanșarea fenomenului de eutrofizare. Nu trebuie să i se diminueze importanța lui, atât ca participant la sinteza proteinei vegetale, cât și la mineralizarea substanțelor organice și ca rezultată a dezvoltării abundente în procesul de eutrofizare a producției primare (alge și vegetație acvatică).

Fără a minimaliza rolul important ce revine elementelor biogene fosfor și azot, punem pe acelaș plan al participării la declanșarea fenomenului de eutrofizare, carbonul, provenit în special din substanța organică dizolvată și din carbonații aflați în soluție (de sodiu și potasiu) sau în suspensii (de calciu și magneziu).

Ca atare, apreciem că în procesul de eutrofizare al unei suprafețe de apă, dintre factorii chimici, un rol egal și limitativ îl are concentrația de azot, fosfor, carbon și oxigen.

Dacă pentru azot și fosfor, pe plan mondial și în țară, există niște limite de la care se apreciază că se poate declanșa fenomenul de eutrofizare, pentru carbonul organic și anorganic nu există puncte de vedere. În acest sens cercetările noastre au ajuns la unele concluzii și valori pe care le vom prezenta în capitolele următoare.

2.2. Factorii fizici, au aceeași importanță în declanșarea procesului de eutrofizare ca agenții chimici, fiecare din ei contribuind în mod diferit la amploarea fenomenului.

Factorii fizici, care participă direct la dezvoltarea abundentă a producției primare (alge, vegetație, bacterii) sînt: lumina, căldura acumulată, circulația apei și morfologia biotopului.

Lumina este unul din factorii determinanți ai procesului de eutrofizare. În absența ei nu este posibilă producerea de materie vie prin fotosinteză.

Lumina pătrunde în mod diferit într-un biotop, în funcție de adîncimea acestuia și de debitul de suspensii adus de apa de alimentare. În lacuri cu adîncimi mari — lacuri de acumulare — lumina pătrunde pînă la 10—11 metri. Odată cu eutrofizarea acestora cantitatea de lumină ce pătrunde scade de cca. 4 ori, iluminarea ajungînd doar la 2—3 m adîncime.

În biotopurile cu adîncimi de pînă la 2,5 m, în condiții oligotrofe, lumina pătrunde pînă aproape la fundul apei — maxim la 2 m. Odată cu declanșarea procesului de eutrofizare iradierea luminoasă scade la 30—50 cm de la suprafața apei, în lacurile cu grad avansat de eutrofizare, aceasta scăzînd pînă la 20—25 cm. Cu cît este mai gros stratul de iluminare al apei, în cazul îndeplinirii și a celorlalte condiții, cu atît este mai intens fenomenul de eutrofizare, prin creșterea producției de fitoplancton.

Căldura acumulată în biotop este unul dintre factorii favorizanți, de importanță majoră, care contribuie la accelerarea producției primare (fitoplancton și bacterioplancton).

Acumularea de căldură depinde de temperatură și de tipul de iluminare.

Creșterea temperaturii din biotop mărește viteza de înmulțire a algeilor, odată cu sinteza proteinei vegetale și stimulează dezvoltarea macrofitelor și a masei bacteriene. De asemenea favorizează procsul de mineralizare al substanțelor organice, cu punerea în libertate a elemntelor biogene fosfor—azot—calciu și a carbonului mineral, necesare menținerii unui nivel ridicat al fitocenozelor.

Gradul de iluminare are influență esențială în procesul de fotosinteză.

Căldura acumulată în cursul unui an într-un lac se poate calcula după formula (13)

$$A_c = (t_{m_{\max}} - t_{m_{\min}}) \cdot H_m$$

în care

A_c — căldura acumulată în cal/cm²;

$t_{m_{\max}}$ și $t_{m_{\min}}$ — temperaturile maxime și minime în valori medii pe toată adîncimea lacului într-un anumit punct în decursul unui an; în °C;

$H_m = \frac{S}{V}$ — în care S și V sînt suprafața și volumul lacului din perioada de măsurare.

Calculul căldurii acumulate reflectă pe de o parte timpul de iluminare, iar pe de alta viteza cu care s-au produs transformările chimice și biochimice în hipolimnion.

Experimentările noastre în lacuri de mică adîncime (1,5—2,5 m), populate cu ciprinide, au dovedit că pentru problemele legate de creșterea productivității naturale și a condițiilor de iernare ale materialului piscicol este suficient dacă se iau în considerare gradele zilnice din perioada de creștere a peștelui (aprilie—septembrie) și cele din perioada cu pod de gheață (decembrie—martie).

Modul de circulație al apei în biotop influențează în mod sensibil producția primară, ca urmare a efectului de ridicare a temperaturii apei prin stagnare și îmbogățirii apei în elemente biogene — N — P — Ca asimilabile — provenite din mineralizarea substanțelor organice autohtone. Menținerea unui curent ridicat de apă prin lac, facilitează evacuarea acestora, scoțîndu-le din circuitul de producție primară și determină o răcire a apei cu cîteva grade.

Experimentările autorilor au arătat că reducerea debitului de evacuare al apei dintr-un heleşteu are influențe favorabile asupra producției de fito și zooplanton și implicit asupra ritmului de creștere al peștelui.

Este edificator faptul că în condiții de concentrații similare și optime de fosfor și azot într-o apă curgătoare, procesul de eutrofizare nu se produce aproape deloc, în timp ce într-o apă stagnantă acesta are loc cu intensitate ridicată. De altfel sînt foarte rare situațiile cînd în ape curgătoare apar fenomene de eutrofizare.

3. Manifestarea fenomenului de eutrofizare — indici de eutrofizare —

Apariția calitativă a procesului de eutrofizare într-un biotop poate fi semnalată printr-o serie de manifestări.

Stabilirea, însă, a gradului de eutrofizare al biotopului respectiv nu poate fi apreciată decât prin măsurarea unor indicatori de eutrofizare.

3.1. Fenomenul de eutrofizare al unui lac se manifestă prin următoarele semne ce pot fi apreciate de orice observator cu oarecare pregătire în acest domeniu și dotat cu aparatură simplă.

a) Scăderea transparenței apei pînă la cîțiva centimetri, ca urmare a creșterii cantităților de suspensie biologică și colorarea apei în verde-albăstrui sau verde, mai rar brun deschis.

b) Creșterea valorii pH-ului pînă la valori cuprinse între 9—9,5, ca urmare a consumării intense a CO_2 dizolvat în apă.

c) Suprasaturații de oxigen la suprafața apei de peste 200% în cursul zilei și scăderea acestuia la zero, dimineata înainte de ivirea zorilor.

d) Creșterea exagerată și rapidă a biomasei fitoplanctonice, cu apariția înfloririi apei.

e) În heleșteele populate cu pește în primele faze ale procesului de eutrofizare se constată concentrarea acestuia la gurile de alimentare cu apă și „piparea” la suprafața apei. Pe măsura avansării eutrofizării apar pe suprafața apei exemplare de pești morți prin asfixie.

3.2. Indicii de eutrofizare reprezintă de fapt manifestări ale procesului de eutrofizare, ce pot fi măsurați prin diverse procedee, permițînd o cuantificare și ierarhizare a gradului de intensitate al fenomenului.

Diversii autori preocupați de problemă au propus un număr variat de indici, în funcție de specificul biotopurilor cercetate și legat de posibilitățile de măsurare de care au dispus.

La datele prezentate în literatura de specialitate (13), pe baza experimentărilor proprii de eutrofizare, am reformulat acești indici adăugînd alții noi, care întregesc lista indicilor și totodată oferă o mai ușoară urmărire și determinare.

Indicii de eutrofizare posibili să fie luați în considerare în cercetări de productivitate a suprafețelor piscicole intensive sînt:

- Reacția apei — pH-ul;
- Dinamica oxigenului dizolvat;
- Concentrația substanțelor organice exprimate sub forma consumului de permanganat sau a consumului chimic de oxigen la bicromat;
- Concentrația substanțelor biodegradabile exprimate prin consum biochimic de oxigen (CBO_5);
- Carbon organic total (COT) și carbon total (CT);
- Dinamica concentrației de nutrienți — azot, fosfor și calciu — eventual unele microelemente;
- Producția primară;
- Evoluția fitoplanctonului;
- Productivitatea măsurată prin cantitatea de biomasă vie prezentă în sistem (fito și zooplancton, bacterioplancton, fitocenoze, bentos);
- Organisme indicatoare.

Pentru o cunoaștere completă a dinamicii fenomenului de eutrofizare existent într-un biotop este necesar ca să fie abordați toți acești indicatori.

În cazul în care biotopul este bine cunoscut, se pot aborda numai o parte din indicii de eutrofizare prezentați, alegându-se cei care prezintă mai multă precizie și rapiditate.

Se vor analiza în continuare fiecare din indicatorii prezentați, în formularea dată, cu preponderență aplicativă în lacuri de adîncime mare, corelați la activități de productivitate piscicolă.

3.2.1. pH-ul este unul dintre indicatorii ușor accesibili.

În condițiile apariției și extinderii fenomenului de eutrofizare, ca urmare consumării bioxidului de carbon dizolvat în apă în procesul de fotosinteză al fitocenozelor intens dezvoltate, se produce o creștere rapidă a pH-ului la valori de pînă la 9—9,5. În cazul existenței în apă a unei rezerve suficient de mari de carbonați, în special de calciu, creșterile pH-ului sînt de pînă la 8—8,5, iar prezența și a unor consumatori moderați de fitoplancton, determină o echilibrare între producția de bioxid de carbon și fitoplancton, ceea ce asigură menținerea în apă a unor pH-uri de maxim 7,5.

3.2.2. Dinamica oxigenului dizolvat. Dezvoltarea intensă a fitoplanctonului, care apare în procesul de eutrofizare al unui lac, determină o producție mare de oxigen în cursul zilei, producție ce poate depăși 200% față de valoarea normală.

Noaptea consumul de oxigen al fitocenozelor este atît de intens încît înainte de apariția zorilor oxigenul dizolvat în apă scade între 0—0,5 mg/l O_2 , determinînd moartea prin asfixie a faunei piscicole.

Trasînd o curbă a variației oxigenului dizolvat în apă aceasta apare cu un maxim la orele 14—15 și un minim la ivirea zorilor.

3.2.3. Consumul chimic de oxigen determinat prin metoda cu perman-ganat de potasiu sau cea cu bicromat de potasiu, reprezintă concentrația de substanțe reducătoare, predominant organice dizolvate în apă (determinările se fac pe apă filtrată sau decantată 2 ore și exprimarea rezultatelor în O_2 mg/l).

Existența unor concentrații mici de substanțe organice dizolvate, sub 10 mg/l O_2 , nu poate determina creșteri importante ale producției de fitoplancton din biotop, cu apariția fenomenului de eutrofizare. Se apreciază că substanțele organice dizolvate reprezintă substratul energetic pe care se dezvoltă producția de plancton și bacterii, acestea fiind totodată și rezultatul producției primare.

Procesul de eutrofizare poate să apară în general la concentrații mai mari de substanțe organice dizolvate cca 15—20 mg/l O_2 și crește progresiv cu intensitatea fenomenului pînă la valori ale CCO de peste 40—50 mg/l O_2 .

Substanța organică dizolvată se consideră că este, alături de elementele biogene N—P—Ca, unul din factorii de bază în declanșarea eutrofizării.

Substanțele organice dizolvate, constituie unul din factorii limitativi ai procesului de eutrofizare.

3.2.4. Concentrația substanțelor biodegradabile exprimate sub forma consumului biochimic de oxigen la 5 zile (CBO_5).

Pentru stabilirea intensității proceselor de oxidare biologică dintr-un lac, literatura de specialitate (9) recomandă raportul

$$\frac{\text{consum de permanganat în } \text{O}_2 \text{ mg/l.}}{\text{O}_2 \text{ dizolvat}}$$

O_2 dizolvat

Ultimele noastre cercetări au dovedit însă că raportul are în condițiile procesului de eutrofizare o mare relativitate, datorită variațiilor mari ale concentrației oxigenului dizolvat în interval de 24 ore și imposibilitatea folosirii unor valori medii. Din aceste motive se apreciază că valoarea consumului biochimic de oxigen la 5 zile (CBO_5) este mai reprezentativă.

La valori ale CBO_5 sub 3 mg/l O_2 este puțin probabilă declanșarea eutrofizării biotopului.

Fenomenul este caracterizat de valori de circa 8 mg/l O_2 , atingând în perioada de vîrf 15—20 mg/l O_2 .

3.2.5. Carbonul organic total (COT) și carbonul total (CT) dizolvat în apă indică rezerva de carbon existentă în apă, rezervă care poate acționa ca bază energetică a producției primare și ca generator de carbon mineral folosit pentru CO_2 în fotosinteză.

La concentrații ale carbonului organic total sub 7 mg/l C face puțin probabilă declanșarea și menținerea unui proces de eutrofizare. Creșterea acestuia la 10—12 mg/l C indică apariția fenomenului, iar peste 15 mg/l este posibilă menținerea lui pe intervale lungi, fiind asigurată o rezervă suficientă pentru proliferarea fitocenozelor și a bacterioplanctonului.

3.2.6. Dinamica concentrației de nutrienți (elemente biogene) azot — fosfor — calciu (N—P—Ca).

În aprecierea unanimă a cercetătorilor, azotul și fosforul constituie factori limitativi ai fenomenului de eutrofizare. În absența lor (în special a fosforului) procesul nu se poate declanșa, iar reducerea acestora la zero în perioada de creștere a procesului determină oprirea și regresarea lui.

S-a ajuns la concluzia că troficitatea unor lacuri adînci de peste 5 m poate fi caracterizată după concentrațiile de fosfor total și azot mineral dizolvat în apă (13) astfel:

	P total P mg/l	N mineral total N mg/l
Lacuri oligotrofe pînă la	0,030	0,300
Lacuri mezotrofe pînă la	0,150	1,500
Lacuri eutrofe peste	0,150	1,500

Uneori procesele de eutrofizare din lacuri au loc la concentrații mult mai ridicate de 5—10 ori față de cele prezentate. Aceasta se petrece în special în faza de declanșare a procesului. Menținerea eutrofizării se produce uneori și la valori sub cele menționate pentru lacurile eutrofe.

Ca atare, concentrațiile de fosfor și azot prezentate pentru lacurile eutrofe, trebuiesc luate ca valori informative, ele fiind în funcție și de celelalte condiții din biotop (temperatură, circulația apei etc.).

Datele privind prezența calciului sînt foarte puține în literatură și ele se referă în special la biotehnica pisciculturii.

Cercetări anterioare ce s-au efectuat în heleștee carpicele (22) au indicat ca necesară prezența ionului de calciu sub formă solubilă între 40—100 mg/l Ca. În aceste condiții este și un favorizant al procesului de eutrofizare.

3.2.7. Producția primară este veriga fundamentală a lanțului trofic dintr-un biotop, fiind formată din fitocenoze (fitoplancton și plante acvaticе) și din populația bacteriană.

În lacurile eutrofe producția primară este foarte ridicată, fiind reprezentată în special de proliferarea exagerată a fitoplanctonului și a plantelor acvatice.

Măsurarea producției primare se poate efectua prin două metode, una de teren și cealaltă de laborator, ambele indicând date asupra cantității de fitoplancton prezentă.

a) Metoda de teren are și denumirea de metoda sticlulelor albe și negre. Aceasta se bazează pe determinarea oxigenului eliberat în procesul de fotosinteză și a celui consumat în respirația planctonului. Producția primară netă este dată de diferența dintre producția și consumul de oxigen.

Valoarea producției primare obținute se poate exprima în carbon, glucoză sau calorii.

Astfel, pentru 1 mg oxigen produs corespund 0,3750 mg carbon asimilat, 0,9375 mg glucoză și 3,510 calorii.

După RODHE (14) citat de GEORGESCU și colab. (9) aspectul producției primare, exprimată în carbon pentru diversele tipuri de lacuri cu adâncimi relativ mari, este următoarea:

Lacul	Producția	
	rate anuale	rate medii în sezonul de creștere
	g C/m ² ·an	mg C/m ² ·an
oligotrofe	7—25	30—100
eutrofe natural	75—250	300—1000
eutrofe prin poluare	350—700	1500—3000

După VALLENWEIDER (15) producția zilnică și anuală în funcție de tipul de lac se prezintă astfel:

	Producția		
	zilnică — mgC/m ² ·zi		anuală g C/m ² ·an
	maximă	medie	
lacuri oligotrofe	65—2900	50—175	10—45
lacuri mezotrofe	1040	410	140—160
lacuri eutrofe	600—4960	325—1585	60—580
lacuri distrofe	5960	195	70

Toate aceste date din literatură privind producția primară în diverse tipuri de lacuri privesc în special lacuri cu adâncimi mari, unde procesul de încălzire și stratificare al apei este cu totul altul decât în lacuri de

mică adîncime. În afară de aceasta densitatea vegetației este complet diferită, iar sursele de alimentare cu apă au oarecare diferențieri.

b) Metoda de laborator privește recoltarea și concentrarea fitoplanctonului de pe anumite suprafețe, după care se determină conținutul în clorofilă a.

Această valoare indică gradul de dezvoltare al fitoplanctonului din biotop.

Pentru lacuri adînci, BARICA (8) citînd pe HAMMER arată că are loc înflorirea apei cînd concentrația de alge atinge 500 mg/m^3 . Limita arbitrară folosită pentru clorofilă în astfel de situații este de $50 \text{ } \mu\text{g/l}$.

Cînd se ating $200 \text{ } \mu\text{g/l}$ clorofilă, se apreciază că are loc un proces de distrofie a lacului.

3.2.8. Dinamica fitoplanctonului. Dezvoltarea puternică a fitoplanctonului este manifestarea cel mai ușor de constatat privind declanșarea procesului de eutrofizare al unui biotop. La început se dezvoltă colonii mici pe suprafața apei, determinate de condiții favorabile, apoi se produce o creștere a mărimii coloniilor, care duce în final la acoperirea întregii suprafețe cu o masă verde sau albastru-verde. Această fază este cunoscută ca „înflorirea apei”. În condițiile menținerii unor factori favorabili, aceste alge în timp, cad la fundul apei și sînt înlocuite de alte colonii, situație în care consumul de oxigen devine maxim, prin reținerea acestuia atît în procese de respirație (noaptea) cît și în procesul permanent de mineralizare al algelor moarte căzute pe fundul lacului.

Pentru a avea o situație reală a modului de distribuire al fitoplanctonului este necesar ca probele să fie luate pe toată adîncimea stratului fotic.

Din punct de vedere calitativ în faza de „înflorire a apei” cel mai des predomină algele albastre-verzi. Sînt rare înfloririle numai cu alge verzi.

S-au emis diverse valori ale indicelui de fitoplancton pentru lacuri aflate în diverse stadii de troficitate. Se pare că cele mai apropiate de situația reală din lacuri cu adîncimi mari sînt următoarele valori (13):

Lacuri	Biomasă fitoplanctonică medie pe adîncimea zonei fotice
	mg/l
Lacuri oligotrofe pînă la	10
Lacuri mezotrofe	10—20
Lacuri eutrofe peste	20

În funcție de adîncimea lacului se apreciază însă că aceste valori suferă modificări, ele fiind un indiciu cu caracter general.

3.2.9. Productivitatea măsurată prin cantitatea de masă vie prezentă în sistem.

Acest indicator este deosebit de important pentru cunoașterea unui biotop aflat în exploatare piscicolă și va fi analizat într-un capitol separat.

Precizăm totuși că totalitatea masei vie din sistemul analizat poate fi cercetată în două situații.

În prezența sau în absența verigei trofice finale — peștele —, rezultatele fiind complet diferite.

În cadrul acestui indicator este necesar să se analizeze toată baza trofică a biotopului — plancton, bacterii, bentos și vegetație acvatică — fiecare din ele participând cu o cotă parte la procesul de eutrofizare. Înmulțirea fiecărei verigi trofice fiind strâns legată de dinamica celei care o precede.

3.2.10. Organisme indicatoare. Unul din primele fenomene semnalate în procesul de eutrofizare este apariția de noi specii de organisme și dispariția celor existente.

În apele oligotrofe varietatea speciilor prezente este mare iar numărul indivizilor redus.

În apele eutrofe scade numărul de specii și crește numărul indivizilor.

În condiții de eutrofizare se remarcă o dezvoltare intensă a unor alge perifitice cum sînt: *Cladophora*, *Microspora*, *Nitzschia*.

Apar colonii bine formate de *Mycrocystis*, *Anabena* și *Aphanizomenon*, *Scenedesmus* sp.

Deși cu hrană suficientă la dispoziție, zooplanctonul scade, iar vegetația acvatică se dezvoltă abundant tinzînd să acopere întregul luciul de apă. În condiții normale macrofitele submerse nu depășesc 5 kg/m² (material proaspăt) în timp ce, în lacurile eutrofice se înregistrează creșteri apreciabile.

În apele eutrofe se remarcă faptul că în primăverile ploioase macrofitele se dezvoltă înaintea fitoplanctonului, reținînd astfel o bună parte din elementele biogene dezvoltate în apă și reducînd astfel proliferarea fitoplanctonului.

În primăverile uscate și tîrzii fitoplanctonul este cel care se dezvoltă primul determinînd, prin reținerea elementelor biogene și a substanțelor organice alohtone, înfloririle de primăvară.

4. Productivitatea naturală a bazinelor piscicole

Productivitatea naturală, în sensul preocupărilor de creștere a peștelui, reprezintă capacitatea de hrănire a unui biotop exprimată prin cantitatea de pește care poate fi produsă în curs de un an, în condiții normale de producție și cu o anumită componentă de specii.

Măsurarea productivității naturale, pînă la producția finală — peștele — se face prin luarea în considerare a cantităților de biocenoză ce se dezvoltă în bazin — fito și zooplancton, vegetație acvatică, floră bacteriană și zoobentos.

De obicei biocenozele respective sînt măsurate periodic și în condițiile populării cu pești, ele reprezentînd de fapt masa remanentă, după consumarea lor de către verigile intermediare și fauna piscicolă.

Productivitatea naturală este caracteristică fiecărui biotop și are o valoare de bază, determinată de condițiile pedoclimatice. La această valoare se adaugă sau se scade productivitatea variabilă ce este caracteristică fiecărui an, fiind determinată de curba temperaturilor, debitul de alimentare cu apă, calitatea apei de alimentare, speciile populate în ba-

zin etc. Ca atare productivitatea naturală a bazinului piscicol respectiv variază anual între niște limite relativ apropiate.

Cercetările noastre anterioare, au dus la stabilirea câtorva clase de productivitate naturală. Astfel:

- biotopuri sărace între 100—300 kg/ha;
- biotopuri medii între 300—500 kg/ha;
- biotopuri productive între 500—800 kg/ha;
- biotopuri cu productivitate ridicată 800—1200 kg/ha;
- biotopuri de înaltă productivitate peste 1200 kg/ha.

Între aceste clase există clase intermediare de productivitate.

În general sînt puține biotopuri care să se poată încadra în ultima categorie. Majoritatea unităților piscicole din țară se ridică pînă la nivelul celor caracterizate ca productive.

În aplicarea și urmărirea aplicării procesului de eutrofizare dirijată, este absolut necesară cunoașterea inițială a productivității naturale pentru a putea elabora formule de populare cu specii și vârste de pește diferite și rețete de eutrofizare dirijată adecvate.

Determinarea productivității naturale în buncuri piscicole populate, se face în regim natural — fără furajare — prin aplicarea unor măsurători devenite clasice și anume:

- Caracteristicile fizico-chimice ale apei și mîlului.
- Repartiția vegetației.
- Calitatea și cantitatea fito și zooplanctonului.
- Calitatea și cantitatea bentosului.

Datele se cumulează cu ritmul de creștere al peștelui pe intervale de 15 zile și în final cu sporul de producție obținut.

Este absolut necesară luarea în considerare a tuturor acestor determinări, deoarece ele dau indicații prețioase asupra formulei de populare alese și asupra predominanței diverselor verigi trofice și măsura în care acestea au fost transformate în carne de pește. Astfel, în foarte multe situații o populare nerațională, în care să nu fi fost incluse amestecuri de vârste și specii, poate determina o consumare insuficientă a unora din biocenozele care apar excedentare analitic și care ar fi putut fi folosite în cazul prezenței consumatorilor adecvați.

Luînd — în cazul respectiv — în considerare numai cantitatea de pește produsă pentru măsurarea productivității naturale, se comite o greșeală, deoarece biocenozele rămase ar fi putut hrăni și alte vârste sau specii de pește, dacă acestea ar fi fost introduse.

Scopul procesului de eutrofizare dirijată este tocmai ca, pornind de la valori scăzute ale productivității naturale, să se ridice la productivități înalte în condiții economice avantajoase.

Cunoașterea și urmărirea productivității naturale a biotopului apare, deci, ca o necesitate în lansarea și urmărirea eutrofizării dirijate a unui biotop.

5. Eutrofizarea dirijată ca instrument de creștere a productivității naturale în amenajările piscicole

5.1. Ce este eutrofizarea dirijată

Termenul de eutrofizare dirijată, ce l-am introdus de curind în terminologia biotehnicii piscicole (16), înlocuiește o exprimare mai veche, aceea de îngrășare a heleșteelor. Noțiunea de îngrășare nu mai corespunde actualelor concepții, deoarece nu reflectă de fapt toate principiile aplicate în tehnologie și nici complexitatea factorilor ce participă la proces. Ridicarea productivității naturale a biotopului, prin utilizarea de substanțe chimice, nu se produce numai ca rezultat al acestei acțiuni, ci, este — după cum s-a demonstrat anterior — un fenomen complex de eutrofizare, care depinde de o sumă de parametri, unii limitativi iar alții favorizanți.

S-ar fi folosit termeni ca cei de eutrofizare artificială, temporară sau sezonieră, dar nici una din aceste exprimări nu reflectă faptul că procesul de eutrofizare, care se urmărește a fi declanșat în biotop, trebuie să fie dirijat în sensul obținerii unor productivități sporite, limitate pe anumite perioade și la nivelele dorite, în funcție de populația piscicolă din bazin. Deci, această eutrofizare, care într-adevăr se produce artificial, este temporară și se încadrează într-un anumit interval de timp, dar, trebuie să fie dirijată în sensul creșterii la maximum a productivității naturale, cu menținerea unor condiții normale de viață pentru fauna piscicolă prezentă în biotop.

Noțiunea de dirijat folosită, capătă în acest caz și un sens calitativ, deoarece declanșarea fenomenului de eutrofizare trebuie să se producă în sensul stimulării dezvoltării elementelor trofice cu valoare nutritivă ridicată. Nu are nici o rațiune să provoci în bazin dezvoltări abundente de biomasă cu valoare nutritivă redusă, biomasă ce ocupă spațiul vital al peștelui în mod inutil, fără să aducă un aport substanțial în sporul de creștere al acestuia și care participă și la înrăutățirea condițiilor de mediu.

Dirijarea eutrofizării este de asemenea necesar să țină seama de densitatea populației piscicole din biotop și varietatea speciilor și vîrstelor introduse, în sensul asigurării hranei naturale pentru toți consumatorii finali, fără întreruperea pe parcurs a vreuneia din verigile trofice dezvoltate.

Se remarcă de aici că noțiunea de „îngrășare a heleșteelor“, practică pînă de curind în piscicultură, a devenit nesatisfăcătoare, tocmai datorită faptului că ea nu cuprinde întregul complex de factori ce concură la provocarea fenomenului de eutrofizare într-un biotop. Termenul respectiv ținea seama de numai simpla introducere în heleșteu a unor cantități de îngrășăminte minerale și organice, fără a cuprinde și ceilalți factori ce concură la declanșarea fenomenului și care, și ei, trebuie să fie dirijați de biotehnician.

Ținînd seama de considerațiile de mai sus se apreciază că: eutrofizarea dirijată a unui biotop reprezintă introducerea periodică în bazinul respectiv a unor cantități de elemente biogene, în condițiile dirijării fac-

torilor favorizanți și asigurării unor condiții normale de viață populației piscicole.

Altă caracteristică a procesului de eutrofizare dirijată este faptul că intervenția operatorului asupra factorilor ce declanșează fenomenul de eutrofizare este limitată și nu se poate extinde asupra tuturor, fie din motive tehnice, fie economice.

Astfel, deocamdată nu se poate interveni economic în biotopuri cu volume mari de apă, asupra optimizării curbei de temperaturi și timpului de iluminare. De asemenea nu se poate interveni în morfologia bazinului.

Factorii chimici, care au rol limitativ în eutrofizarea dirijată, din considerente economice, nu pot fi totdeauna asigurați la limitele optime solicitate de formele biologice ce dorim a le dezvolta.

De asemenea, circulația apei din biotop trebuie dirijată cu multă prudență, asigurându-se volumele optime necesare și calitatea corespunzătoare vieții.

5.2. Aspectul și optimizarea indicilor de eutrofizare în condițiile eutrofizării dirijate a unei suprafețe piscicole

Se apreciază ca foarte important în aplicarea și urmărirea tehnologiei de eutrofizare dirijată, înțelegerea diferențelor ce există între eutrofizarea naturală și artificială, pe de o parte și cea dirijată, de pe alta. Primele două nu au nici-un scop practic, ci din contră, sînt de nedorit pe suprafețele de apă, deprecind calitatea acestora, în timp ce eutrofizarea dirijată este provocată intenționat, în sensul producerii de proteină alimentară.

Din aceste motive, chiar dacă indicii de eutrofizare ce se iau în considerare în fenomenul de eutrofizare dirijată sînt în general aceiași ca cei pentru eutrofizarea naturală și artificială, ei capătă alte sensuri și mărimi, impuse de echilibrarea producției maxime de hrană naturală din biotopul populat cu pește, cu condițiile optime de viață.

Se vor analiza fiecare din indicii de eutrofizare prezentați anterior, precizîndu-se modul lor calitativ și cantitativ de manifestare în condițiile unor populări piscicole a biotopului cu amestec de specii și vîrste. Se vor analiza și aspectele legate de posibilitățile de optimizare în sensul solicitat de producțiile maxime de pește.

În *tabelul nr. 1* se prezintă valorile optime și cele admisibile pentru indicii de eutrofizare dirijată aplicată în piscicultura intensivă.

5.2.1. Reacția apei — pH-ul în procesele de eutrofizare naturală și artificială crește pînă la valori de 9,5.

În cazul introducerii în biotop a sărurilor de azot și fosfor, dar în special a varului sau a carbonatului de calciu, apare în apă o rezervă de substanțe generatoare de bioxid de carbon (Ca(OH)_2 și CaCO_3) care este preluat în procesul de fotosinteză. În această situație nu mai apar deficiente importante de bioxid de carbon în apă, care să permită creșterea pH-ului pînă la valori de 9,0—9,5, ci acesta se menține la maxime de 8,0.

Ca atare, varul și carbonatul de calciu introdus nu are numai rolul de a suplimenta în heleșteu rezerva de calciu, ci este și o rezervă de bioxid de carbon. Deși la prima vedere pare paradoxal, dar în procesul de eutrofizare dirijată carbonatul de calciu și varul introdus nu au rol de alcalinizare a mediului, ci, din contră, de scădere a pH-ului sub 8,0, ca

Tabel nr. 1

**Indicii necesari a fi analizați în condițiile aplicării procedurii de eutrofizare
dirijată în cultura intensivă a peștelui**

Nr. crt.	Indicele de eutrofizare	Valori		Observații
		optim	admi- sibil	
1.	pH	6,5—7,5	6—9	Valoarea de 6 se admite pe interval de maximum 15 zile
2.	Oxygen dizolvat, ‰	50—120	25—180	Valorile minime se admit numai la ivirea zorilor.
3.	Oxidabilitatea la permanganat de potasiu	KMnO ₄ mg/l	30—100	Valorile maxime de 100—125 mg/l KMnO ₄ și respectiv 25—30 mg/l O ₂ se admit pe interval de max. 2 zile
		O ₂ mg/l	8—25	
4.	Consum chimic de oxigen la bicromat — CCO — O ₂ mg/l	20—80	20—100	Valoarea maximă de 80—100 mg/l se admite pe interval de max. 3 zile.
5.	Consum biochimic de oxigen — CBO ₅ , O ₂ mg/l	10—20	5—25	Valoarea de 25 se admite pe interval maximum de 5 zile.
6.	Carbon organic total — COT	C mg/l	10—18	8—25
7.	Fosfor P mg/l din care	total	0,5—1,5	0,08—0,8
		‰ mineral	75	50
8.	Azot mineral N mg/l din care	total	1,5—4	0,3—6
		‰ NO ₃ ⁻	40—60	25—35
9.	Calciu, Ca mg/l		50—80	30—120
10.	Producția primară	C mg/m ² ·zi	500—	300—
			2 000	2 500
		Clorofilă a ug/l total din care	30—50	30—70
11.	Densitatea fitoplanctonului mg/l	‰ cyano-ficee	25—80	20—100
			10—20	20—30
12.	Fito + zooplancton mg/l		200—	1 000 min. 150
13.	Organisme indicatoare		Conform capitolului 5.2.10	

urmare CO₂ pus în libertate. De aici concluzia că varul sau carbonatul de calciu sînt indispensabile în eutrofizarea dirijată. De asemenea, se recomandă ca pH-ul apei să fie cuprins între 6,5—7,5, lucru posibil de realizat.

Acidifierea la valori sub 6 sau creșterea pH-ului peste 9, indică sau fenomene puternice de descompunere a unor depozite de fitoplancton, sau plante căzute pe fundul apei și intrate în fermentare anaerobă acidă, sau creșterea excesivă a fitoplanctonului (în lipsa consumatorilor zooplancton sau pește), cu consumarea integrală a CO_2 din apă în procesul de fotosinteză, determinând creșterea excesivă a pH-ului.

Ambele situații se pot evita printr-o distribuție corectă de var și/sau carbonat de calciu și printr-o echilibrare a populației de pești fitoplanctonofagi în biotopul supus eutrofizării.

În situații limită există căi de remediere, fără riscul pierderii materialului piscicol.

5.2.2. Dinamica oxigenului dizolvat. În condiții de eutrofizare naturală a suprafețelor de apă s-a arătat că diagrama de 24 ore a oxigenului dizolvat în apă are variații foarte mari, cu maxime de saturație a apei în oxigen de peste 200% în cursul zilei și scăderi la zero noaptea.

În condițiile tehnologiei de eutrofizare dirijată maximele și minimele semnalate dispar, curba dinamicii tinzând către reducerea vîrfurilor exagerate. Astfel, chiar în cursul zilei, la temperaturi ale apei de 28—29°C suprasaturația oxigenului dizolvat în apă nu depășește 120%, iar scăderea de noapte este la minimum 25% (cca 2 mg/l O_2). Această situație se realizează printr-o judicioasă dozare și urmărire a distribuirii îngrășămintelor chimice cu azot și fosfor și a celor organice. De asemenea, trebuie avută în vedere formula de populare a biotopului, la cantitățile de îngrășămintă minerale ce urmează a se distribui, făcîndu-se modificări pe parcurs, odată cu dezvoltarea exagerată a fitoplanctonului și a macrofitelor, sau atunci cînd fitoplanctonul tinde spre o scădere la zero.

Păstrarea unei dinamici optime a oxigenului dizolvat în apă se poate realiza numai prin aplicarea unor măsuri de eutrofizare dirijată, cu luarea în considerare a formulei de populare și reglarea dozelor de îngrășămintă, în raport cu dinamica și componența fitoplanctonului. Debitul de alimentare cu apă al biotopului are un rol limitativ în proliferarea fitoplanctonului.

5.2.3. Consumul chimic de oxigen determinat la apa din biotop reprezintă totalitatea substanțelor consumatoare de oxigen prezente la un moment dat, fiind denumit și oxidabilitatea apei.

Consumul chimic de oxigen include atît substanțele organice cît și cele anorganice. În condițiile unor suprafețe piscicole, substanțele organice predomină în proporție de 99%.

Determinarea acestui indicator de eutrofizare se efectuează în două moduri:

— prin oxidare cu permanganat de potasiu (oxidabilitate la permanganat) — exprimarea se face în KMnO_4 mg/l sau O_2 mg/l;

— prin oxidare cu bicromat de potasiu (CCO sau $\text{CCO}-\text{Cr}$) — exprimarea făcîndu-se în O_2 mg/l. Bicromatul de potasiu este un oxidant mai puternic decît permanganatul de potasiu, el acționînd și asupra unor substanțe organice mai rezistente, care nu sînt afectate de permanganat.

În procesul de eutrofizare dinamica substanțelor organice prezente în apă are un rol esențial, ele constituind atît substratul bioenergetic, cît și rezultantă a producției primare. Astfel, în ape cu concentrații inițiale de

substanțe organice foarte scăzute fenomenul de eutrofizare nu se produce.

Astăzi nu se poate concepe tehnologia de eutrofizare dirijată fără utilizarea ca adaos suplimentar în biotop a substanțelor organice.

Prezența acestor substanțe dizolvate în apă, în cantități ridicate are efect negativ, deoarece, ele fiind consumatoare de oxigen în procesul de mineralizare, pot determina scoaterea din circuit a unor cantități importante de oxigen, pînă la reducerea acestuia la zero.

De altfel prezența unor cantități mari de substanțe organice în apele eutrofizate natural este un indicator al declanșării fenomenului.

În cazul aplicării eutrofizării dirijate concentrațiile de substanțe organice din apă, determinate cu permanganat de potasiu, ating valori cuprinse între 30—100 mg/l KMnO_4 (8—25 mg/l O_2) și determinate cu bicromat de potasiu (CCO) între 20—100 mg/l O_2 . Este necesar de precizat că la valori sub limitele prezentate se apreciază că nu s-a declanșat încă procesul de eutrofizare, iar peste valorile maxime, se trece deja în domeniul hipertrofiei, care este de nedorit.

În aplicarea eutrofizării dirijate este riscant să se lucreze la limitele maxime, care pot afecta curba oxigenului dizolvat, cu atingerea punctului zero.

În tabelul 1 se indică valorile optime și cele admisibile pentru procesul de eutrofizare dirijată.

În cazul creșterii excesive a substanțelor organice dizolvate în apă, se impune luarea unor măsuri ce implică în primul rînd scăderea producției primare, prin reducerea sau distanțarea ritmului de distribuire al îngrășămintelor cu azot și fosfor și eventual recircularea apei din biotop printr-un sistem de repompare a apei. Experiența cercetărilor noastre a dovedit însă că în general într-un proces de eutrofizare bine dirijat nu se ating situații limită de acest gen.

5.2.4. Concentrația substanțelor organice biodegradabile dizolvate exprimate ca CBO_5 este un indicator important al declanșării și menținerii procesului de eutrofizare dirijată. El se exprimă prin O_2 mg/l și reprezintă oxigenul ce este consumat de substanțele biodegradabile dizolvate în apă în interval de 5 zile.

În condițiile unor populații piscicole mixte în biotop, acest indicator are, în procesul de eutrofizare dirijată, valori cuprinse între 5—25 mg/l O_2 . Sub aceste valori procesul de eutrofizare este minim, iar peste 25 mg/l O_2 apare hipertrofia.

Se apreciază că pentru CBO_5 valorile optime sînt între 10—20 mg/l O_2 .

5.2.5. Carbonul organic total (COT) și carbonul total aflat în soluție (CT) reprezintă un indicator al rezervei de carbon din apă, permițînd să se aprecieze, în cazul eutrofizării dirijate, stadiul procesului și eventual intervalul de manifestare.

Există date analitice asupra valorilor carbonului organic total prezent în eutrofizarea dirijată.

Din cercetările autorilor rezultă că manifestarea procesului de eutrofizare dirijată este semnalată prin prezența în apă a unor concentrații de 8—25 mg/l C. Frecvent aceste valori sînt semnalate în fenomenele prelungite de eutrofizare dirijată.

Se apreciază că valoarea optimă pentru COT este de 10—18 mg/l C, situație în care se asigură și o întreținere prelungită a procesului de eutrofizare.

5.2.6. Dinamica elementelor biogene azot, fosfor și calciu (N, P, Ca).

Este relativ dificil de stabilit niște măsuri precise pentru concentrația elementelor azot, fosfor, calciu dizolvate în apa heleșteului. Acești indicatori de eutrofizare au o dinamică foarte rapidă, cu modificări legate de dezvoltarea fitocenzelor din biotop și de factorii favorizanți — circulația apei și temperatura.

S-a încercat, în decursul cercetărilor de eutrofizare dirijată, să se stabilească limite, care, pe de o parte, să indice existența procesului de eutrofizare în bazin, iar pe de alta, să reprezinte valori optime, la care, printr-o judicioasă distribuie de îngrășămintă, să se realizeze și să se mențină dezvoltarea bazei trofice din biotop la valori favorabile.

Cercetările autorilor străini au insistat mai mult asupra concentrației de substanță activă biogenă, ce trebuie introdusă în biotop și mai puțin asupra concentrațiilor realizate în apă a acestuia. Se arată, de asemenea, că primăvara concentrațiile de fosfor sînt mai ridicate decît vara, crescînd din nou în toamnă. Dinamica azotului este inversă decît a fosforului, maxima apare în cursul verii.

În privința calciului, el are un rol important în dezvoltarea fitoplanctonului atunci cînd este introdus sub forma de carbonat de calciu, prin CO₂ pus în libertate. Calciul este însă foarte necesar pentru dezvoltarea peștelui.

Eutrofizarea dirijată ține seama de acest indicator, apreciînd prezența lui între anumite limite ca absolut necesară.

Din cercetările și practica autorilor se propune ca în eutrofizarea dirijată să se ia ca limite pentru fosfor, azot și calciu următoarele valori:

	Fosfor total, P, mg/l		Azot mineral N, mg/l		Calciu Ca mg/l
	total	din care % mineral	total mineral	din care % NO ₃	
optim	0,5—1,5	75	1,5—4	40—60	50—80
admisibil	0,08—0,80	50	0,3—6	25—35	30—120

Indicatorii prezentați mai sus, trebuiesc luați în considerare în tehnica distribuirii îngrășămintelor minerale. De asemenea, după declanșarea fenomenului de eutrofizare, sînt posibile scăderi sub limitele prezentate, uneori pînă la zero, dar aceste scăderi trebuie să apară numai legate de menținerea fitoplanctonului la valori ridicate.

5.2.7. Producția primară, care, așa după cum s-a arătat anterior, constituie veriga fundamentală a lanțului trofic din biotop, este un indicator de bază și în eutrofizarea dirijată. Din aceste motive determinarea lui este importantă, luîndu-se ca element de observație cantitatea de clorofilă sau efectul acesteia.

S-a arătat în cap. 3 cum poate fi măsurat acest indicator pe teren prin metoda sticlulelor albe și negre, iar în laborator prin determinarea clorofilei. Exprimarea indicatorului se face în carbon, glucoză, ca-

lorii sau concentrația de clorofilă. De asemenea s-au dat și valori ale producției primare pentru lacuri de adâncime mare.

Între lacurile adânci și unitățile piscicole amenajate, cu adâncimi de max. 3 m, există însă diferențe, determinate de gradul de încălzire al apei, adâncimea de iluminare, aportul important al milului, dezvoltarea și repartizarea vegetației, sursele de alimentare cu apă etc. În aceste condiții se apreciază că indicii de producție primară capătă alte mărimi și interpretare decât în biotopurile cu adâncime mare.

Astfel, este necesar să se țină seama de prezența consumatorilor — peștii fitoplanctonofagi și zooplancton — care pot realiza consumuri ridicate de fitoplancton pe intervale de timp foarte scurte. Prezența exagerată a speciilor fitofage duce uneori la reduceri masive ale vegetației acvatice. Se impune ca în evaluarea producției primare să se țină seama de adâncimea la care pătrunde lumina și raportarea să se facă la volumele de apă respective, adică la adâncimea trofică.

Din puținele date experimentale privind determinarea producției primare cu metoda sticlucelilor, efectuate în țară în biotopuri piscicole, se pot aprecia unele valori care să indice gradul de eutrofizare al acestora.

Pentru biotopuri cu adâncimi de până la 3 m, populate cu pește în amestecuri de vârste și specii, aplicarea procedurii de eutrofizare dirijată trebuie să aibă în vedere următoarele valori informative pentru producția primară exprimată în carbon.

	mg C/m ² ·zi
lacuri oligotrofe	30— 100
lacuri eutrofizate natural	400—1 600
lacuri eutrofizate dirijat	500—2 000
lacuri distrofe peste	3 000

După cum se remarcă valorile se referă la suprafața luciului de apă, urmînd ca pentru obținerea unor măsurări pe volume de apă să se facă determinări la diverse adâncimi ale zonei fotice, din care să se poată calcula media pe coloane de apă luate în studiu.

De asemenea valorile se referă la producția primară zilnică. Nu facem referiri la producția anuală deoarece interesul producătorului de pește este limitat la o mărire a productivității pentru intervalul de creștere al populației piscicole.

Ar fi foarte important să se abordeze cercetări privind stabilirea producției primare pe întreaga perioadă de creștere a peștelui de consum și separat pentru perioada de iernare.

Bazați pe aceste date și considerente, se apreciază că în perioada aprilie—septembrie producția primară într-un biotop populat cu pește și eutrofizat dirijat trebuie să oscileze între următoarele valori ale carbonului:

	optim	admisibil
C mg/m ² ·zi	500—2 000	300—2 500

După cum s-a prezentat anterior, producția primară se mai poate aprecia în laborator și după concentrația în clorofilă.

În unități piscicole din țară nu s-au efectuat decât analize accidentale de clorofilă, ceea ce nu permite a se prezenta indici pentru acest parametru. Cităm (13) cazul lacului Siut Ghiol în care într-o perioadă de puternică înflorire cu alge verzi sau dozat 40,866 mg/l clorofilă a.

Apreciem că literatura indică valori optime într-un proces de eutrofizare dirijată între 30—50 ug/l clorofilă a.

5.2.8. Densitatea fitoplanctonului. Creșterea rapidă a cantităților de fitoplancton dintr-un biotop este primul și cel mai evident semnal al apariției unui fenomen de eutrofizare. Nu revenim asupra unor aspecte prezentate în cap. 3.2.8, ci se vor aborda doar problemele determinate de procesul de eutrofizare dirijată.

Provocarea dezvoltării fitoplanctonului pînă la procesul de înflorire al apei se produce în eutrofizarea dirijată prin tratarea bunului piscicol cu îngrășăminte organice, var și săruri minerale de fosfor și azot. Acestea în ansamblu inițiază producția de fitoplancton sau cînd aceasta este deja produsă o stimulează și o menține.

În condițiile tratării unui bun piscicol cu îngrășăminte, fenomenul de eutrofizare capătă diverse aspecte ale densității fitoplanctonului în funcție de consumatorii prezenți. Ceea ce este de primă importanță în această situație sînt două aspecte esențiale în reușita acțiunii de eutrofizare dirijată și anume:

a) Menținerea unui fitoplancton bogat pe întreaga perioadă de creștere a peștelui, care să asigure pe de o parte, suficientă hrană peștilor fitoplanctonofagi, iar pe de alta, reproducerea și dezvoltarea verigei următoare, zooplancton și bentos, precum și o dinamică optimă a oxigenului dizolvat.

b) Producerea unui fitoplancton în care să predomine minimul 70% cloroficee și restul de 30% cianoficeele sau/și alte specii de alge.

Creșterea procentului de cianoficee influențează negativ condiția de mediu din biotop, datorită faptului că ele, prin conținutul de ficocianină și ficoeritrină active la un spectru mai larg de radiație decât alte organisme fitoplanctonice, au o producție mai mare de oxigen în cursul zilei și respectiv un consum mai mare noaptea, ceea ce poate determina scăderi ale oxigenului dizolvat în apă aproape de zero. S-a constatat că cianoficeele dau o producție de opt ori mai mare decât diatomeele. Prin căderea la fundul apei a cianoficeelor și degradarea acestora se pun în libertate o serie de substanțe cu caracter toxic pentru fauna piscicolă.

Peștii fitofagi consumă cu precădere cloroficee nu cianoficee.

În condițiile eutrofizării dirijate se apreciază următorii indici de eutrofizare pentru calitatea și cantitatea fitoplanctonului, în condițiile unor formule de populare optime:

I	optim		admis	
	total	% cianoficee	total	% cianoficee
Densitatea fitoplanctonului, mg/l	25—80	10—20	20—100	20—30

5.2.9. Biocenozele totale sau cantitatea de masă vie prezentă în sistem.

Este relativ dificil a face aprecieri asupra gradului de eutrofizare al unei suprafețe piscicole populate cu amestecuri de specii și vârste, după cantitatea de masă vie — fitocenoze și zoocenoze — deoarece în aprecierea acestor cantități, intervine în mod permanent consumatorul din bazin — peștele — care are un rol determinant în masa vie remanentă pe care o apreciază analitic observatorul.

Din aceste motive o evaluare exactă a efectului de eutrofizare dirijată poate fi făcută numai prin luarea în considerare a cantităților de masă vie aflate în bazin, conținutul stomacal al peștelui și ritmul de creștere al acestuia. Metoda este relativ greoaie și din aceste motive toți cercetătorii apreciază efectul de eutrofizare dirijată numai prin masa vie remanentă în bazin.

Astfel se consideră că la o biomasă fito și zooplanctonică cuprinsă între 200—1 000 mg/1 biotopul prezintă caractere eutrofe.

Cumulat cu ritmul lunar de creștere al peștelui, indicatorul poate da rezultate mai sigure.

5.2.10. Organisme indicatoare. În condițiile eutrofizării dirijate a unei suprafețe piscicole apar organisme indicatoare ce aparțin atât cyanophiceelor cât și clorphyceelor. Astfel se remarcă: *Cladophora*, *Microspora*, *Oscillatoria limosa*, *Asterionella formosa*, *Microcystis flos aquae*, *Aphanizomenon*, *Scenedesmus*, *Anabaena*, *Euglena*, pentru a le enumera numai pe cele mai importante.

În eutrofizarea accentuată, care trebuie evitată, predomină *Anabena*, *Aphanizomenon* și *Microcystis*.

Indicii de eutrofizare prezentați și sintetizați în tabelul nr. 1 pot să fie utilizați în aprecierea gradului de intensitate și a intervalului de timp în care fenomenul se menține, numai în cazul determinării a cel puțin 4 indicatori chimici (pH, oxigen dizolvat, consum chimic de oxigen și fosfor total) și a 2 indicatori biologici (biomasa fitoplanctonului și organismele predominante).

Pentru cercetări aprofundate este necesar a se lua în studiu toți indicatorii de eutrofizare dirijată.

6. Modul de aplicare și urmărire al procesului de eutrofizare dirijată

Eutrofizarea dirijată este un proces complex, a cărui reușită în aplicare depinde de o sumă de factori, unii cu caracter general, alții cu o specificitate limitată și locală.

Există pe plan mondial și în țara noastră o serie de normative ce prescriu diverse procedee de tratare cu îngrășăminte mixte, normative elaborate pe baza unor cercetări îndelungate, dar care nu pot fi luate și aplicate întocmai în sectorul productiv, fără a se adopta aceste prescripții la condițiile specifice, care ele singure asigură succesul acțiunii.

Este de asemenea importantă urmărirea evoluției procesului de eutrofizare pentru a se putea interveni pe parcursul desfășurării lui în sensul dirijării dozelor de îngrășăminte complexe introduse și asigurării condițiilor optime de viață materialului piscicol.

6.1. Condițiile care determină rezultate optime în alegerea și aplicarea unei formule optime de eutrofizare dirijată

În alegerea formulei optime de eutrofizare dirijată a unei suprafețe piscicole în regim de cultură intensivă este necesar să se țină seama de următorii factori determinanți în reușita acțiunii:

6.1.1. Zona climatică în care este amplasată unitatea și regimul apelor pluviale.

Temperaturile zilnice și medii lunare ce se înregistrează în zona respectivă au influență asupra momentului declanșării procesului de eutrofizare dirijată și asupra producției de fitoplancton în biotop. În condiții de temperaturi scăzute în primăvară cu valori zilnice și medii lunare de vară coborâte, va fi necesar ca procesul de eutrofizare să înceapă mai târziu, după realizarea în apă a 14—15°C, iar menținerea unui nivel ridicat al producției primare, reprezentată de dezvoltarea intensivă a fitoplanctonului, să fie realizată prin utilizarea unor doze ridicate de azot și fosfor distribuite la intervale scurte de timp.

Cînd, dimpotrivă, biotopul exploatat intensiv este situat într-o zonă cu un regim termic cald, caracterizat de creșteri rapide ale temperaturii încă din luna martie și menținerea unor valori ridicate în toată perioada de creștere a peștelui, procesele de mineralizare ale elementelor biogene din substanțele organice sînt mai energice iar dezvoltarea fitoplanctonului favorizată de o termică ridicată, determină reducerea cantităților de îngrășăminte minerale introduse și distanțarea dozelor la intervale mai mari în perioada de vară.

Temperatura este un factor favorizant în procesul de eutrofizare dirijată.

Regimul pluvial influențează de asemenea desfășurarea procesului de eutrofizare sub două aspecte:

favorizant prin:

— aportul de apă în plus, determină reducerea debitului de alimentare cu apă a biotopului;

— apa de ploaie și cea de șiroire de pe versanții lacului, aduce în apă aport de elemente biogene-azotați și fosfați;

defavorizant:

— în cazul unui regim pluvial intens, pentru menținerea unor nivele normale de apă în suprafața amenajată este necesar să se lase un debit mai mare de evacuare al apei din biotop, ceea ce determină debite mari de elemente biogene evacuate din biotop, neutilizate de baza trofică.

6.1.2. Sistemul de exploatare al biotopului piscicol vidabil total sau parțial.

În bunurile vidabile total, tratarea cu var și îngrășămint organic se face de obicei iarna, pe fundul uscat: îngrășămintul organic sub formă de grămezi, iar varul împrăștiat pe toată suprafața bazinului.

În biotopuri vidabile parțial, îngrășămîntul organic se distribuie iarna tot în grămezi în zona vidată, iar varul se împrăștie primăvara după inundare, în apă, în doze repetate în perioada de creștere a peștelui.

6.1.3. Adîncimea biotopului determină variații mari ale cantităților de îngrășăminte minerale folosite în aceleași condiții de suprafață dar adîncimi diferite, datorită faptului că doza de îngrășămînt se calculează la volumul de apă.

De asemenea în suprafețele piscicole cu adîncimi de peste 3 m, apare fenomenul de stratificare termică a apei, cu un strat de apă mai rece în zona de fund.

6.1.4. Caracteristicile fizico-chimice ale apei de alimentare, ale apei din biotop și ale mîlului.

Cunoașterea acestor caracteristici este determinantă în alegerea formulei de eutrofizare dirijată, deoarece ele dau indicații asupra reacției apei, dinamica oxigenului dizolvat, substanțele organice prezente în soluție, deci baza energetică, prezența elementelor biogene: azot, fosfor și calciu. Se poate aprecia aportul în aceste elemente al apei de alimentare.

Analiza de nămol oferă date privind substanțele energetice și biogene autohtone din bazin și capacitatea lor de mineralizare și de dizolvare în apă. O evaluare justă a dinamicii acestora, permite să se facă aprecieri asupra evoluției concentrației oxigenului dizolvat și asupra aportului de elemente biogene autohtone, influențînd cantitățile de îngrășăminte organice și minerale, care urmează a fi introduse în biotop, precum și ritmul de introducere al acestora.

Cunoașterea condițiilor fizico-chimice pe parcursul procesului de eutrofizare dirijată, permite de asemenea prognozarea sensului de variație al dinamicii fito și zooplanctonului, precum și efectuarea unor modificări în privința cantităților de îngrășăminte ce se introduc și a intervalului de distribuire.

Astfel, concentrații ridicate de substanțe organice, azotați și fosfați, prezente în apă, determină micșorarea cantităților de îngrășăminte introduse sau răirirea ritmului de introducere al acestora.

Din contră, cînd concentrațiile sînt mici, apare necesitatea măririi cantităților de azot și fosfor, precum și micșorarea intervalului de distribuire.

Aceste aspecte în mod obligatoriu trebuie analizate prin dinamica fitoplanctonului în perioada de referință.

Analiza chimică din sursa de alimentare este importantă și prin faptul că preîntîmpină posibilitatea introducerii în biotop, a unor ape poluate și obligă la reducerea distribuirii îngrășămintelor.

După cum s-a mai prezentat anterior, apariția unor valori ale pH-ului foarte ridicate, de peste 9,0 este unul din indicatorii fenomenului de eutrofizare, ceea ce permite luarea de măsuri imediate.

Scăderea excesivă a pH-ului sub valori de 6,0 indică fenomene de fermentare anaerobe a substanțelor organice de pe fundul apei și prognozarea unei proaste dinamici a oxigenului dizolvat.

Cele mai indicate valori de pH ale apei din heleșteu sînt cele cuprinse între 6,5—7,5, iar pentru mîl se recomandă reacția neutră sau ușor acidă.

6.1.5. Gradul de dezvoltare și răspîndire a vegetației acvatice are un rol determinant în alegerea și aplicarea formulei de eutrofizare dirijată.

Astfel, îngrășămintele minerale nu se vor distribui decît în biotopuri în care vegetația acoperă maxim 20% din suprafața acestuia, deoarece efectul azotului și fosforului se răsfrînge asupra creșterii plantelor și este reținut în cantități minime de către fitoplancton.

Este de asemenea important ca în toată perioada de distribuire a îngrășămintelor minerale să nu se depășească nivelul maxim de 20% suprafață acoperită de vegetația acvatică, activîndu-se permanent pentru reducerea acesteia.

Heleșteele invadate de vegetație se recomandă să fie tratate numai cu îngrășămint organic. Ele pot primi și îngrășămint minerale numai după defrișarea vegetației la nivelul stabilit.

6.1.6. Dezvoltarea bazei trofice. Cunoașterea posibilităților de producție naturală a bazinului piscicol respectiv permite alegerea unei formule de eutrofizare care să suplimenteze necesarul de elemente chimice, în funcție de gradul de dezvoltare al producției primare, cu precădere fitoplancton. Astfel, acolo unde dinamica elementelor biogene și a substanței organice asigură un regim al oxigenului echilibrat și o bună dezvoltare a fitoplanctonului, cantitățile și dozele de îngrășămint minerale ce se vor folosi vor fi între valorile minime și cele medii, pentru a nu determina apariția fenomenului de hipertrofie.

Din contră, acolo unde se dovedește că biotopul are o capacitate de producție minimă, se vor folosi cantitățile maxime de îngrășămint minerale, cu care se vor crea condiții optime pentru producția primară.

6.1.7. Debitul apei de alimentare. În biotopurile supuse procesului de eutrofizare dirijată, nu se recomandă folosirea unor debite mari de alimentare cu apă și nici evacuări intense și permanente.

Astfel, în zilele cînd se introduc îngrășămint chimice este necesar să nu se evacueze apă din biotop, iar debitul de alimentare să asigure numai menținerea nivelului programat în biotop.

În restul perioadei de creștere a peștelui, în condițiile unei dinamici favorabile a oxigenului dizolvat, debitul de alimentare se poate menține la 1 l/s/ha. Se mai poate lua în considerare ca indicator și înlocuirea totală a apei din biotop în cca. 25—30 zile.

S-a constatat că procesul de stagnare al apei este un factor favorizant în eutrofizarea dirijată. El trebuie însă să nu depășească o oarecare limită de la care apare caracterul unei ape poluate cu substanțe organice dizolvate.

6.1.8. Măsuri pregătitoare ale bazinului piscicol.

Suprafețele piscicole vidabile total, înainte de a fi tratate cu îngrășămint, sînt supuse unui proces de pregătire. Acesta constă în primul rînd în măsuri de defrișare a vegetației dure, pentru reducerea ei la minimum, ararea fundului și eventual însămînțarea cu borceag.

În perioada de iarnă se va împrăști varul sub formă mărunțită și se va realiza amplasarea gunoiului de grajd în grămezi de 300—400 kg.

Numărul acestora variind în funcție de cantitatea totală stabilită să fie introdusă.

În perioada pînă la inundarea bazinului se vor efectua remedieri la gurile de alimentare cu apă, instalîndu-se site cu ochiuri între 0,5—1 mm.

6.1.9. Alegerea formulei de populare optime este un factor hotărîtor în asigurarea succesului procesului de eutrofizare dirijată.

Este necesar, ca în funcție de capacitatea de producție a biotopului, să se aleagă acele vîrste și specii de pește, de la care, în condițiile trătării cu îngrășăminte chimice, să se poată obține producțiile maxime. De asemenea se va avea în vedere o echilibrare a numărului de exemplare introduse în biotop, pe vîrste și specii, pentru a nu periclita la un moment dat consumarea integrală, cu întreruperea vreunei verigi trofice, ceea ce ar duce la o scădere masivă a hranei naturale pentru o anumită specie sau vîrstă. Se dă ca exemplu populările masive cu pești fitoplanctonofagi și crap de o vară. Primii pot consuma aproape integral fitoplanctonul, reducînd astfel posibilitățile de dezvoltare a zooplanctonului, hrana de bază a crapului de o vară.

Dintr-o formulă de populare nu trebuie să lipsească consumatorii de zoobentos și peștii fitofagi.

6.1.10. Calitatea apei evacuate din biotopul eutrofizat dirijat, trebuie să se înscrie în cadrul unor limite acceptate de legislația și normativele în vigoare privind calitatea apelor de suprafață. Astfel, nu se poate evacua dintr-o crescătorie piscicolă apă folosită în heleșteu cu conținut exagerat de substanțe organice, azotați și ioni de amoniu.

Din aceste motive dozele de îngrășăminte și momentul încheierii acțiunii trebuie ales în așa fel ca cel puțin cu 10 zile înainte de evacuarea totală a apei din biotop concentrațiile de substanțe organice și minerale să scadă la limite acceptabile pentru apele de suprafață.

Aceeași problemă trebuie avută în vedere și pentru debitele mici de apă, care se evacuează în toată perioada de creștere a peștelui. Dezideratul se poate realiza printr-o echilibrare a dozelor de îngrășăminte minerale.

Se vor prezenta în mod sumar metodele care se practică astăzi în țară și străinătate.

6.1.11. Trebuie avut în vedere ca valoarea producției de pește realizată în plus, prin aplicarea procesului de eutrofizare, să fie cu mult peste prețul de cost al aplicării procedurii, ceea ce asigură succesul economic al acestuia.

6.2. METODOLOGIA DE STABILIRE A NECESARULUI DE ÎNGRĂȘĂMINTE COMPLEXE

Pentru stabilirea necesarului de îngrășăminte complexe într-un biotop există mai multe metode, care, aplicate fiecare în parte sau combinate, pot da soluții asupra modului și a cantităților de substanțe organice și minerale care trebuie să fie introduse în biotop, pentru declanșarea și menținerea procesului de eutrofizare la limitele acceptabile de condițiile de mediu și realizarea producțiilor maxime de pește.

6.2.1. Cel mai vechi procedeu este stabilirea condițiilor de mediu — chimice și hidrobiologice — din biotopul respectiv și completarea

elementelor biogene pînă la concentrațiile prescrise în indicii de eutrofizare, la care se produce dezvoltarea abundentă a fitoplanctonului. Se iau în considerare în această metodă cu precădere azotul, fosforul, calciul și substanța organică dizolvată.

Limitele stabilite ca optime pentru dezvoltare sînt foarte variate, diferențele fiind uneori foarte mari, de la un cercetător la altul.

Astfel GUSEVA (17) arată că pentru dezvoltarea algelor albastre și verzi trebuie să asigure în apă concentrații ale azotului cuprinse între 0,6—2 mg/1 N.

POLIAKOVA (18) recomandă pentru tratarea cu îngrășăminte minerale realizarea în apă a unor concentrații de 1—2 mg/1 nitrați și fosfor peste 1 mg/1, situații în care se produce dezvoltarea algelor.

MAMONTOVA (18) ridică limitele optime pentru azot la 5 mg/1 iar fosforul la 0,3 mg/1. Cele mai bune rapoarte N/P se consideră 4/1—4/2.

E. POPESCU și colab. (19) arată că între 6—14 mg/1 N se dezvoltă intens protocecelele, iar la 1,35 mg/1 P se dezvoltă dinoflagelate, care pentru menținere solicită doar 0,24 mg/1 P.

Aceeași autori (20) arată că în condițiile unor suprafețe mici s-a produs o intensă dezvoltare a protocoalelor și zooplanctonului la concentrații în apă de 1,2—2,7 mg/1 N și 0,25—0,77 mg/1 P.

Cercetări mai vechi efectuate de autori au dus la concluzia că la concentrații în apă de 2—2,66 mg/1 N și 0,33—0,66 mg/1 P se produce o bună dezvoltare a fitoplanctonului.

Și în privința raportului optim N/P părerile sînt diferite, variind de la 2,8/1 pînă la 9/1. Ceea ce se remarcă însă este faptul că într-o formulă de eutrofizare optimă trebuie să predomină azotul.

Conchidem că cele mai indicate concentrații, pe care trebuie să le aibă azotul și fosforul în procesul de eutrofizare dirijată, sînt între 2—3 mg/1 N și 0,5—1 mg/1 P, valori ce apar în indicii de eutrofizare optimi (tabelul 1).

Raportul optim N/P se situează între 4/1—8/1.

În cadrul acestei metode se analizează și dinamica oxigenului dizolvat în apă. Apariția unor concentrații de peste 150% în cursul zilei indică existența unui proces de eutrofizare, ce trebuie menținut la nivelul solicitat de formula de populație din biotop.

Aprecierea necesarului de îngrășămint organic se face în funcție de cantitatea de substanță organică dizolvată în apă și conținutul acesteia în ml. Astfel, cînd consumul de permanganat se situează sub 10 mg/1 O₂ și CCO—Cr sub 20 mg/1 O₂ este un indiciu că biotopul respectiv are nevoie de substanță organică. Aceasta se va suplimenta prin introducerea de îngrășăminte organice pînă la obținerea valorilor optime pentru eutrofizarea dirijată, de 15—20 mg/1 O₂ pentru oxidabilitatea la permanganat și 40—80 mg/1 pentru oxidabilitatea la bicromat de potasiu.

Analiza chimică se completează cu cea hidrobiologică, în special concentrația de fitoplancton, care trebuie să depășească 25 mg/1.

Prin aprecierea datelor analitice obținute se stabilesc cantitățile și dozele de îngrășămint minerale și organice, care urmează să completeze pe cele autohtone aflate în biotop și cele aduse cu apa de alimentare.

6.2.2. Observarea vizuală a fitoplanctonului este o metodă rapidă de determinare a prezenței procesului de eutrofizare. Se pleacă de la faptul

stabilit experimental că, la o transparență a apei între 20—30 cm, măsurată cu discul Sechi, există în apă un proces de eutrofizare.

Prin distribuirea repetată în apă a unor doze de îngrășăminte stabilite arbitrar se caută să se atingă sau să se realizeze transparența dorită.

Metoda, apreciem că, are mai mult un caracter calitativ și informativ, fără a putea să ofere date cantitative asupra cantităților și dozelor de îngrășăminte complexe necesare a fi introduse în biotop.

6.2.3. Metoda vaselor de sticlă elaborată și aplicată experimental în anii anteriori de către autori (19) permite cu o precizie ridicată aprecierea necesarului de îngrășăminte al unui biotop.

Procedul constă în umplerea cu apă din heleșteul respectiv a unui număr de vase de sticlă cu capacitate de cca. 2 l. În fiecare din aceste vase se introduc concentrații diferite de azot și fosfor. Vasele se așează în apă neacoperite în așa fel încât să nu pătrundă în ele apa din biotop. La intervale de 3—7 zile se recoltează din vasele respective probe de apă pentru analize chimice și hidrobiologice, comparându-se cu analiza apei din biotop.

Varianta în care se stabilesc cele mai mari suprasaturații în oxigen, scăderi importante ale azotului și fosforului dizolvat și cea mai mare concentrație de fitoplancton se ia ca variantă optimă pentru a fi utilizată în eutrofizarea dirijată a biotopului sau a grupului de heleștei cercetat, introducându-se cantitățile de substanțe minerale folosite în experimentare.

Metoda prezentată are deficiența că pe parcursul experimentării în vasele de sticlă se exclude aportul în elemente biogene ce se produce în biotop din sol, vegetație, organisme moarte căzute pe fund. Acestea aduc unele concentrații de elemente biogene.

Pentru a putea aplica însă cu succes procedul de eutrofizare dirijată este absolut necesar ca pe lângă stabilirea necesarului de îngrășăminte complexe printr-una din metodele menționate, să fie bine cunoscută productivitatea naturală a biotopului ce urmează a fi tratat.

6.3. PROCEDEE DE TRATARE CU ÎNGRĂȘĂMINTE COMPLEXE ȘI AMENDAMENTE CALCICE

Procedeele moderne de tratare cu îngrășăminte minerale nu mai practică nici unul împrăștierea acestora pe fundul uscat al biotopului în perioada de iarnă sau primăvara înainte de inundare.

6.3.1. Toți cercetătorii recomandă, și practica a dovedit, că *distribuirea îngrășămintului mineral* trebuie efectuată numai în soluție pe suprafața heleșteului inundat la un interval de timp după inundare, interval ce variază în funcție de temperatura apei.

Se recomandă ca tratarea cu îngrășăminte să înceapă la temperaturi ale apei de 13°—15°C, temperaturi care să se mențină pe interval de minimum 3 zile.

Împrăștierea soluției de îngrășămint se face uniform pe toată suprafața heleșteului cu ajutorul unor mijloace mecanizate. Se evită pătrunderea în zonele cu vegetație, care nu trebuie să cuprindă mai mult de 20% din suprafața iazului sau heleșteului.

Cantitățile stabilite să fie introduse în decursul unui an, sînt repartizate în 12—14 doze.

În vederea declanșării procesului de dezvoltare a fitoplanctonului în primăvară, se introduc primele 3—4 doze zilnic, următoarele 4 doze la 3—5 zile, iar restul săptămînal sau decadal, în funcție de gradul de eutrofizare constatat și de ritmul de creștere al peștelui. În toamnele călduroase și prelungite se poate suplimenta numărul de doze cu încă 2—3.

Cînd analizele efectuate dovedesc un fenomen prelungit de eutrofizare se vor distanța intervalele de introducere a dozelor de îngrășăminte și eventual sistarea lor. Reluarea se poate face fără nici-un risc, atunci cînd condițiile o permit.

Îngrășămintele minerale care se recomandă să fie folosite sînt azotatul de amoniu, cu un conținut de 33—34% N și superfosfatul simplu, cu 12—16% P_2O_5 (6,1% P).

În cazul unei formule de populare cu pești fitoplanctonofagi este necesar ca eutrofizarea dirijată să practice doze mai mari și mai dese de îngrășăminte minerale, decît în cazul populării numai cu crap.

6.3.2. *Ingrășămintul organic* se introduce în mod diferit în heleșteul sau iazul ce urmează să fie eutrofizat, în funcție de posibilitățile de vidare ale acestuia.

Astfel, în bunuri vidabile, gunoiul de grajd folosit ca îngrășămint organic se introduce iarna pe fundul uscat, sub formă de grămezi de 300—400 kg. Numărul de grămezi la hectar variază în funcție de cantitatea totală programată a fi folosită.

În bunuri vidabile parțial, o parte din îngrășămintul organic se introduce pe partea uscată sub formă de grămezi, în perioada de vidare, iar restul tot sub formă de grămezi, în apă, după inundare.

În iazuri, se evită depunerea grămezilor de gunoi în zone unde adîncimea apei depășește, în perioada de creștere a peștelui, 2 m.

Se preferă ca îngrășămintul organic ce se folosește să fie gunoi de grajd fermentat. În cazul folosirii gunoiului rezultat din creșterea porcilor se vor lua măsuri de reducere a cantităților la hectar datorită acidității acestuia.

6.3.3. *Amendamente calcice.* Piscicultura folosește de multă vreme ca amendament calcic varul. Acesta, în afară de faptul că pune în libertate cu ușurință calciul pe care îl conține, prezintă avantajul că, în biotopurile situate pe terenuri acide, ridică pH-ul. Varul are și rol de dezinfectant al bunului piscicol.

În afara varului obișnuit se mai poate folosi var hidratat cu un grad mare de solubilitate sau carbonat de calciu, cu o solubilitate foarte mică, dar cu mare rezervă de calciu în timp.

Tratarea biotopurilor cu var se face de asemenea diferențiat, în funcție de posibilitățile de vidare ale acestora.

În iazuri sau heleștee total vidabile varul se distribuie iarna pe fund sub formă de bulgări mici sau pulbere. După inundare, în cazul apariției unui deficit mare de calciu sau scădere ale pH-ului sub 5,8, se pot introduce în heleștee suspensii de var în apă, în doze de 30—40 kg/ha.

În bunurile vidabile parțial sau nevidabile, varul se distribuie în apă în doze de 30—40 kg/ha la intervale de 7—10 zile, evitîndu-se să se suprapună cu zilele cînd se introduc îngrășămintele minerale.

6.4. URMĂRIREA ȘI DIRIJAREA PROCESULUI DE EUTROFIZARE — MĂSURAREA LUI —

Eutrofizarea dirijată odată declanșată, trebuie urmărită în mod permanent pentru a se putea stabili pe parcursul aplicării ei, efectul produs de îngrășămintele distribuite și orientarea direcției de urmat ca: mărirea, scăderea sau sistarea dozelor de îngrășămintă introduse, micșorarea sau mărirea intervalului de distribuire al îngrășămintului, modificările în debitul de alimentare cu apă etc.

Prin măsurarea pe parcurs a condițiilor de mediu și a ritmului de dezvoltare al peștelui se poate asigura succesul acțiunii.

Metodele de urmărire a procesului de eutrofizare se referă la chimismul apei, baza trofică și ritmul de dezvoltare al peștelui. În cazul în care caracteristicile controlate se înscriu în indicii de eutrofizare dirijată prezentați în tabelul 1, întregul proces se desfășoară normal. În caz contrar, când acești indicatori sînt în afara indicilor prevăzuți, sînt necesare de luat măsuri pentru îmbunătățire.

În cele ce urmează se vor analiza situațiile ce pot apare și dirijarea lor spre desfășurarea normală a procesului.

6.4.1. Caracteristicile fizico-chimice ale apei

a) Primul semnal al desfășurării normale a procesului de eutrofizare este *dinamica oxigenului dizolvat*.

În condițiile favorabile, curba concentrațiilor de oxigen nu trebuie să scadă înainte de ivirea zorilor sub 30%, iar ziua (orele 12,00—14,00) se admit maxime de pînă la 150%. Concentrații de oxigen în afara acestor valori indică o dezvoltare abundentă a fitoplanctonului și lipsa consumatorilor din veriga intermediară (zooplancton) sau finală (pești fitofagi).

În astfel de situații se sistează temporar sau se distanțează dozele de îngrășămintă minerale introduse, mărindu-se și debitul de alimentare și evacuare a apei.

În situații limită, cînd dezvoltarea fitoplanctonului se menține la nivele ridicate periclitînd viața peștelui, se iau măsuri de distrugere a fitoplanctonului prin tratare cu o soluție de sulfat de cupru ce conține între 1—1,5 mg/l Cu.

Se mai poate practica și recircularea apei din biotop cu ajutorul pompelor.

pH-ul puternic alcalin — peste 8,6 — indică un consum în procesul de fotosinteză al bioxidului de carbon dizolvat în apă. Fenomenul este însoțit de „înflorirea apei”. Și în această situație, care determină și scăderi masive ale oxigenului dizolvat, pînă aproape de zero în cursul nopții, cauzele sînt aceleași ca cele arătate anterior și măsurile ce se iau sînt similare.

b) *Concentrația substanțelor organice din apă* trebuie să se mențină între limitele indicate în tabelul 1.

Absența substanțelor organice indică o sărăcire în bazin, determinate de lipsa îngrășămintului organic și a producției primare. Aceasta se întîmplă de obicei cînd consumul de permanganat scade sub 30 mg/l KMnO_4 (8 mg/l O_2) sau cînd CCO-ul scade sub 20 mg/l O_2 . Situația se rezolvă prin suplimentarea îngrășămintelor organice direct în apă sub forma de

grămezi, mărirea cantităților de îngrășăminte minerale și reducerea intervalului de distribuire a dozelor. De asemenea se reduce debitul de evacuare a apei din biotop total sau la minimum.

Această situație se menține pînă cînd caracteristicile apei intră în domeniul admisibil de eutrofizare.

Se poate petrece și cazul invers, cînd apa se concentrează puternic în substanțe organice (peste 100 mg/l KMnO_4 și peste 100 mg/l O_2 ca CCO—Cr). Aceasta, în majoritatea cazurilor se datorează unei creșteri rapide a producției primare (fitoplancton) și mai rar unor substanțe poluante aduse cu apa de alimentare.

În astfel de situații se sistează distribuirea de îngrășăminte minerale și, dacă apa de alimentare nu este poluată, se mărește debitul de alimentare cu apă al biotopului la maximum. La fel cel de evacuare. Se mai poate aplica procedeul de recirculare a apei din biotop cu pompele.

După revenirea apei la concentrațiile admise de substanțe organice se reia introducerea de îngrășăminte minerale, dar în doze reduse și la intervale de distribuire mai mari.

c) *Consumul biochimic de oxigen și carbonul organic total* sînt caracteristici ce trebuie să concorde cu consumul de permanganat și cu CCO—Cr, confirmînd aceste valori. Sensul de variație al CBO_5 în procesul de eutrofizare este similar cu cel al concentrației de substanțe organice și măsurile ce se iau sînt similare.

d) *Concentrația elementelor biogene P și N* are un caracter labil datorită vitezei mari cu care acestea sînt consumate în procesul de producție primară. Din aceste motive concentrațiile determinate în apă, trebuie să fie corelate cu dezvoltarea fitoplanctonului și în general a întregii baze trofice.

Astfel, prezența unor cantități minime de azot și fosfor, sub cele indicate ca admisibile în procesul de eutrofizare dirijată, asociate cu un fitoplancton sărac, este un indiciu al insuficienței cantităților de îngrășăminte introduse și al unui ritm prea lent de introducere al acestora. Cînd concentrațiile minime de azot și fosfor sînt asociate cu dezvoltarea abundentă — la limite optime — a fitoplanctonului, se conchide că dozele și cantitățile de îngrășăminte minerale sînt bine alese. În primul caz se va remedia situația prin mărirea cantităților de îngrășăminte și îndesirea dozelor, iar în cel de al doilea se va menține aceeași situație.

Mai este posibil să apară situații cînd, deși concentrațiile de azot și fosfor sînt suficiente, totuși, fitoplanctonul să nu atingă limitele optime. În acest caz intervin alți factori de eutrofizare ce nu sînt satisfăcuți ca: debitul de apă, concentrația substanțelor organice, scăderi brusce de temperatură etc. Este necesară analizarea totală a biotopului și luarea măsurilor la ceilalți parametri dereglați.

Cînd concentrațiile de fosfor și azot din apă depășesc limitele optime ale eutrofizării dirijate, fitoplanctonul avînd valori optime, este necesară rărirea sau sistarea dozelor de îngrășăminte chimice pe intervale ce se stabilesc prin analize ulterioare. Distribuirea de îngrășăminte în aceste perioade este inutilă și neeconomică. Ea se reia după intrarea în limitele de eutrofizare.

e) *Calciul* — este elementul biogen reținut de peste și direct din apă, avînd însă un rol regulator și în producția primară.

Absența acestui element trebuie completată chiar în cursul verii, cu var distribuit direct în apă. În condițiile țării noastre nu apar în general concentrații ridicate și atunci când acestea sînt, ele nu deranjează procesul de eutrofizare.

6.4.2. Condițiile hidrobiologice

a) Producția primară, indiferent de metodele aplicate pentru măsurarea ei, trebuie corelată cu ceilalți indicatori de eutrofizare. Când aceasta este sub limitele optime, este necesar ca din analize chimice să se depisteze indicatorul deficitar și acesta să fie adus la condițiile cerute de eutrofizarea dirijată. De obicei situația se datorează deficitului de elemente biogene sau unei circulații prea rapide a apei prin biotop. Ea mai poate să apară în primăverile cu variații mari de temperatură și în cazul unui consum intens de către fauna piscicolă a biocenozelor din apă.

b) Concentrația fitoplanctonului, am arătat anterior, că trebuie corelată cu indicatorii chimici și este unul din parametri ce poate fi măsurat rapid, fie prin determinarea transparenței apei, fie prin analiză cantitativă. Absența fitoplanctonului din apă denotă că unul sau mai mulți parametri fizico-chimici ai apei (de obicei concentrația în N, P și substanțe organice) nu sînt satisfăcuți la valorile optime. Reglarea acestora aduce după sine creșterea concentrației de fitoplancton.

În situațiile în care apar „înfioriri” puternice ale apei cu alge albastre este necesară luarea unor măsuri mai energice — care au fost prezentate anterior — și care încep cu sistarea dozelor de îngrășăminte pe un timp limitat și sfîrșesc prin tratarea biotopului cu sulfat de cupru în concentrație de 1—1,5 mg/l Cu, în cazul cînd celelalte soluții nu dau rezultate.

Precizăm că în cazul formulelor de populare judicios alese cu amestecuri de vîrste și specii, prin aplicarea unei rețete de eutrofizare dirijată adecvată condițiilor chimice și hidrobiologice din bazinul piscicol respectiv, nu pot apare astfel de situații sau dacă ele apar au un grad de intensitate minim și dispar în intervale scurte numai prin mărirea intervalului la care se distribuie dozele de îngrășăminte minerale.

c) Dezvoltarea unui fitoplancton în care predomină cloroficeele, în special protococalele, este un indicator că procesul de eutrofizare dirijată se desfășoară în condiții optime și el trebuie continuat în același ritm.

Predominanța cianoficeelor este în general determinată de condiții de temperatură ridicată și de cantități reduse de fosfor și azot. Asupra posibilităților de declanșare a unei „înfioriri” a apei numai cu cloroficee părerile sînt împărțite și nu se poate adopta ca instrument de lucru nici una din teoriile existente, contradicțiile dintre ele fiind mari.

6.4.3. Ritmul de creștere al peștelui

Ritmul de creștere al peștelui indică în ce măsură procesul de eutrofizare este bine dirijat.

Producția primară realizată în biotop pe seama îngrășămintelor asigură baza trofică ce este consumată de pește.

Ritmurile bune de creștere indică desfășurarea normală a procesului de eutrofizare. Din contră, dezvoltări lente ale faunei piscicole impun luarea unor măsuri de modificare în ritmul de introducere al îngrășămintelor minerale și mărirea cantităților folosite.

În astfel de situații trebuie realizați și reprogramați, de altfel, toți factorii ce concură la optimizarea eutrofizării dirijate, începînd cu dozele de îngrășăminte și debitele de apă și terminînd cu răirirea sau suplimentarea populației piscicole.

6.5.5. Periodicitatea recoltării probelor de control

Literatura recomandă diverse intervale la care să se recolteze probele de apă și mil pentru analiza chimică și hidrobiologică, precum și a pescuitului de control.

Coroborînd aceste date cu experiența autorilor, se recomandă următoarele perioade de control ale indicatorilor de eutrofizare:

a) Zilnic analiză de pH, oxigen dizolvat, transparență cu disc Sechi și consum de permanganat. Se precizează că oxigenul dizolvat se va doza de două ori pe zi, înainte de ivirea zorilor și între orele 12—15.

Observații asupra suprafețelor ocupate de vegetație și a cantităților de fitoplancton prezente.

b) La 6—7 zile: consumul chimic de oxigen (CCO—Cr) la bicromat de potasiu, concentrația de azot, fosfor și calciu, densitatea fitoplanctonului și analiza pe grupe fitoplanctonice.

c) La 14 zile: consumul biochimic de oxigen, zoobentosul și ritmul de creștere al peștelui.

d) La 30 zile: analiza bentosului, determinarea producției primare, analiza completă de apă.

e) De 4 ori, în timpul perioadei de creștere a peștelui, în lunile februarie, mai, august și noiembrie — analiza milului din biotop.

În cazul în care unitatea dispune de mijloace automate pentru analiza chimică a apei, analizele ce se efectuează la 7 și 14 zile se pot realiza mai des.

Analizele chimice și hidrobiologice să nu fie efectuate în zilele cînd se distribuie îngrășăminte minerale.

6.4.5. Măsurarea efectului procesului de eutrofizare dirijată

Cea mai sigură măsurare a eficienței procesului de eutrofizare aplicat și a formulei de populare folosită este stabilirea sporului de producție înregistrat la pescuitul de toamnă raportat la cantitățile de îngrășăminte organice și minerale folosite, iar, în cazul folosirii și a furajelor, raportat și la coeficientul de furajare.

În cercetări anterioare (16) am folosit deja două noțiuni care s-au dovedit în cursul experimentărilor ulterioare că sînt suficient de concludente și pe care le completăm și corectăm cu detalii rezultate din experimentări ulterioare.

a) Coeficienții de eutrofizare reprezintă cantitatea de îngrășămînt raportată la sporul de producție înregistrat la hectarul de suprafață populată. Aceștia sînt:

— coeficient de eutrofizare îngrășămînt organic (CEO)=

$$= \frac{\text{kg/ha îngrășămînt organic}}{\text{kg/ha spor producție}}$$

— coeficient de eutrofizare îngrășămînt azotat (CEN)=

$$= \frac{\text{kg/ha substanță activă N din îngrășămînt mineral}}{\text{kg/ha spor producție}}$$

$$\text{— coeficient de eutrofizare îngrășământ fosfatic (CEP)} = \frac{\text{kg/ha substanță activă P din îngrășământ mineral}}{\text{kg/ha spor producție}}$$

Acești trei coeficienți au o însemnătate deosebită pentru măsurarea consumului de îngrășământ și în calculele economice.

b) Pe baza experienței acumulate, în anul 1982, am introdus în literatura de specialitate un termen nou, nesemnalat în alte lucrări pe plan mondial. Acest termen a fost denumit „coeficient de productivitate” și a apărut ca o necesitate pentru măsurarea aportului procesului de eutrofizare și a productivității naturale la producția finală de pește, în situații în care biotopul este și furajat.

Coeficientul de productivitate reprezintă sporul de producție în kg/ha raportat la coeficientul de furajare.

$$\text{Coeficient de productivitate (C.P.)} = \frac{\text{kg/ha spor producție}}{\text{coeficient furajare}}$$

Acest coeficient este cu atât mai mare cu cât sporul de producție a fost mai mare și coeficientul de furajare mai mic, reflectând în mod vădit aportul hranei naturale obținută prin aplicarea procesului de eutrofizare dirijată.

Cu alte cuvinte, coeficientul de productivitate reflectă reușita procesului de eutrofizare dirijată, care este cu atât mai bun, cu cât acesta este mai mare.

Se face precizarea că în cazul în care coeficientul de furajare este sub valoarea 1, nu se poate calcula coeficientul de productivitate. În condițiile exploatarei biotopului în regim nefurajat, cu coeficient de furajare zero, coeficientul de productivitate este dat de însăși sporul de producție.

7. Cantități de îngrășăminte utilizate și sporuri de producție realizate în condiții de eutrofizare dirijată

Cercetări privind introducerea de îngrășăminte organice și chimice în iazuri și heleștee au fost inițiate în țara noastră în urmă cu 60—70 ani și au urmărit în special aportul în producție al procedului, fără să aprofundeze parametri ce determină succesul metodei și nici posibilitatea stăpînirii și dirijării procesului sau elaborarea unor indici.

În acea perioadă procedeul era cunoscut sub denumirea de „îngrășarea heleșteelor” termen impropriu, care nu redă fenomenul în sine.

Începînd din anii 60 cercetările s-au axat în special pe stabilirea și urmărirea unor condiții de eutrofizare. Lucrările ce au avut astfel de obiective s-au efectuat în cadrul fostului Institut de Cercetări și Proiectări Piscicole și au cuprins o gamă largă de tipuri de biotopuri situate în zone climatice diferite, cuprinse între Delta Dunării și Nord-Vestul Ardealului, precum și un număr variat de formule de populări și tehnici de eutrofizare dirijată.

Capitolul de față nu are ca obiect prezentarea unui istoric al acestor cercetări, ci numai de a rezuma o parte din rezultatele obținute de autori după anii 60, în cadrul aplicării procedurii de eutrofizare dirijată în condițiile Crescătoriei Piscicole Cefa din jud. Bihor, cu scopul de a fi luate în considerare de unitățile piscicole din țară, care au condiții hidro- și pedo-climatice asemănătoare cu ale acestei unități. Și celelalte unități pot folosi aceste date, cu mențiunea că ele trebuiesc adoptate la condițiile de mediu, productivitate naturală și populare existentă în biotop.

În decursul cercetărilor este necesar să se semnaleze existența a trei etape:

a) Intervalul 1961—1970, când populările au avut ca material de bază crapul, speciile fito și planctonofage fiind în procente reduse (21, 22).

În acest interval, în creșterea puietului (Co+Fo) s-a urmărit realizarea în apă a unor concentrații de azot de 1 mg/l N și 0,13 mg/l P (21) ceea ce a necesitat distribuirea anuală a 360 kg/ha azotat de amoniu și 240 kg/ha superfosfat.

În aceste condiții s-au obținut următoarele rezultate:

spor de producție kg/ha	— 1536—1584
coeficient de furajare (c.f.)	— 2,9—3,2
coeficient de productivitate (C.P.)	— 495—530

b) În perioada anilor 1970—1980, odată cu extinderea procesului de eutrofizare dirijată pe suprafețe mai mari din cadrul crescătoriei Cefa și prin creșterea procentuală a peștilor fito și planctonofagi în formula de populare, rezultatele au fost diferite de anii anteriori (23, 24, 25).

Astfel, în condițiile populării cu puiet s-au introdus cantități de îngrășăminte cuprinse între:

îngrășămint organic	2 000—4 000 kg/ha
azotat de amoniu	135—210—350 kg/ha
superfosfat	70—135—305 kg/ha

Rezultatele au fost mai bune decât în anii anteriori, obținându-se:

spor de producție kg/ha	— 1 700—2 150
coeficient de furajare (c.f.)	— 3,1—3,9
coeficient de productivitate (C.P.)	— 500—690

Se remarcă de aici creșterea coeficientului de productivitate până la 690, ceea ce indică efectul ridicat al eutrofizării dirijate.

În condițiile populării cu vârsta C₁ și C₂ și trtare cu: (24, 25);

îngrășămint organic	2 200—3 000 kg/ha
azotat de amoniu	180— 270 kg/ha
superfosfat	90— 150 kg/ha

s-a obținut:

spor de producție kg/ha	2 200—2 440
coeficient de furajare (c.f.)	3,5—4,5
coeficient de productivitate (C.P.)	540—630

c) A treia etapă a cercetărilor efectuate de autori și publicate parțial s-a desfășurat între 1980—1988, în condițiile reducerii cantităților de furajare atribuite unității piscicole.

În 1981—1982 (16) experimentările au folosit amestecuri de vârste și specii sau numai de specii.

Tratarea cu îngrășăminte a fost efectuată cu

îngrășământ organic	2 500—3 000 kg/ha
azotat de amoniu	170— 190 kg/ha
superfosfat	100— 125 kg/ha

În aceste condiții de eutrofizare dirijată s-au realizat:

spor de producție kg/ha	— 1 660—2 470
coeficient de furajare (c.f.)	— 1,7—3,1
coeficient de productivitate (C.P.)	— 800—1 200

Experimentările acestor ani, efectuate pe 90% din suprafața crescătoriei, au permis să se conchidă că este probabil ca printr-un proces de eutrofizare dirijată și formule de populare adecvate, ambele bine sincronizate și urmărite, să se poată atinge și depăși coeficientul de productivitate 1 000.

Ca atare, anii în care toate cele cca. 1 000 ha heleștee de la I. P. Cefa au fost exploatate în regim de populare mixtă cu amestecuri de specii și vârste și de eutrofizare dirijată, rezultatele înregistrate în anii 1987 și 1988 au avut următorul aspect:

Îngrășăminte distribuite:

— îngrășământ organic	— 2 350—3 750 kg/ha
— azotat de amoniu	— 110— 215 kg/ha
— superfosfat	— 50— 150 kg/ha

Cele mai bune rezultate obținute pe cca. 80% din suprafața de heleștee eutrofizate dirijat au fost:

— spor de producție	— 1 200—1 700
— coeficient de furajare (c.f.)	— 1,2—1,6
— coeficient de productivitate (C.P.)	— 835—1 140.

Din datele prezentate se remarcă următoarele aspecte, ce determină reușita procesului de eutrofizare dirijată:

— cunoașterea productivității naturale a bazinului piscicol populat, ceea ce asigură alegerea unei formule judicioase de populare în funcție de biocenozele predominante,

— practicarea unui procedeu de eutrofizare dirijată din care să nu lipsească îngrășământul organic și urmărirea, pe parcursul perioadei de creștere a peștelui, a indicilor de eutrofizare, singurii care permit luarea de măsuri în diferite situații ce apar;

— acumularea experienței în biotopul respectiv pe interval de câțiva ani poate duce la creșterea periodică a indicelui de productivitate.

Cercetările efectuate pînă în prezent au avut ca obiectiv atingerea unui coeficient de 1 100 în condiții economice. În continuare se urmărește realizarea în anii următori în prima etapă, a unui coeficient de productivitate de 1 500, iar în cea de a doua etapă de 2 000.

Completarea cercetărilor experimentale de teren cu cercetări fundamentale privind suplimentarea și corectarea indicilor de eutrofizare elaborați în această primă etapă, vor putea duce la realizarea dezideratelor impuse și extinderea la toate unitățile intensive din țară.

8. Concluzii

Cercetările privind eutrofizarea dirijată a biotopurilor piscicole intensive, cercetări efectuate într-un interval de timp lung, au permis autorilor să elaboreze principiile și indicii cu caracter fundamental și practic, ce asigură în actuala fază să se precizeze puncte de vedere, concluzii aplicative și perspectivele de viitor, privind posibilitatea sporirii productivității naturale a bunurilor piscicole în cultura intensivă a ciprinidelor.

Indicii de eutrofizare elaborați în țară și în diverse alte țări, pentru caracterizarea suprafețelor de apă cu adâncimi de peste 4—5 m, eutrofizate natural sau artificial, nu pot fi aplicați întocmai pentru unități piscicole cu adâncimi de până la 3 m, în care condițiile de aplicare a procesului de eutrofizare dirijată sînt diferite.

În această situație a apărut necesitatea modificării limitelor la acești indici și completarea lor cu alți indicatori care să cuprindă toată complexitatea creșterii productivității naturale, în condițiile existenței în biotop a unei populații dense de pește.

Procesul de eutrofizare dirijată practicat azi în multe din unitățile piscicole intensive se definește ca: introducerea periodică în bazinul respectiv a unor cantități de elemente bioenergetice, în condițiile dirijării factorilor favorizanți și asigurării unor condiții de viață normale populației piscicole, pe intervalul de creștere al acesteia.

Pe baza cercetărilor efectuate s-au elaborat primii indici de eutrofizare ce pot fi aplicați în piscicultura dirijată, precizîndu-se limitele optime și admisibile. Aceștia sînt prezentați în tabelul 1. Se evidențiază rolul important al elementelor biogene: azot, fosfor, calciu precum și al substanțelor organice dizolvate și al factorilor limitativi; temperatură, circulația apei.

Stabilirea modului de desfășurare și urmărire al procesului de eutrofizare dirijată, prin determinarea pe parcursul aplicării lui a indicilor de eutrofizare, asigură reușita acțiunii de creștere a productivității naturale. Pentru fiecare din acești indici se precizează în lucrare posibilitățile de redresare în situația unor devieri de la valorile admise.

Măsurarea consumului de îngrășămintă în procesul de eutrofizare dirijată se face prin raportarea sporului de producție de pește la cantitățile de îngrășămintă mixte consumante. Apar astfel trei coeficienți și anume:

- coeficientul de eutrofizare îngrășămint organic (C.E.O.);
- coeficientul de eutrofizare îngrășămint azotat (C.E.N.);
- coeficientul de eutrofizare îngrășămint fosfatic (C.E.P.).

Pentru măsurarea productivității naturale în bunuri piscicole furajate, s-a introdus un termen nou pentru literatura de specialitate, anume cel de „coeficient de productivitate“, care reprezintă raportul între sporul de producție și coeficientul de furajare. (Spor producție/coeficient furajare). Acest coeficient este însă reprezentativ și se poate calcula numai în situațiile în care coeficientul de furajare este peste 1.

Coeficientul de productivitate nu se calculează pentru valori ale coeficientului de furajare cuprinse între 0 și 1 inclusiv. Când sistemul de exploatare este nefurajat, deci coeficientul de furajare este zero, atunci coeficientul de productivitate este dat de sporul de producție piscicolă obținut.

Experimentările efectuate în țară, într-un interval de 15 ani, pe întreaga suprafață a fermelor piscicole de la I. P. Cefa din jud. Bihor, au arătat că, în condiții de policultură a ciprinidelor și amestec de vârste, se pot folosi cu rezultate bune doze de îngrășăminte ce variază între: 2 000—4 000 kg/ha îngrășămint organic;

130— 350 kg/ha azotat de amoniu;

70— 300 kg/ha superfosfat.

An de an rezultatele obținute au fost din ce în ce mai bune, obținându-se în final:

spor de producție mediu — 1 800 kg/ha

coeficient de furajare — 1,2—1,6

coeficient de productivitate — 900—1 200.

Rezultatele obținute permit să se estimeze că prin aplicarea corectă a procedurii de eutrofizare dirijată, se pot atinge sporuri de producție de 2 000 kg/ha, cu coeficienți de furajare sub 1,5 și coeficient de productivitate de peste 1 200.

Este necesar ca cercetările ulterioare să extindă aria experimentărilor de eutrofizare dirijată și să aducă îmbunătățiri primilor indici de eutrofizare a bunurilor piscicole intensive, elaborați în lucrarea de față, ca instrumente de aplicare în practică și în cercetarea piscicolă de viitor.

BIBLIOGRAFIE

1. VOLLENWEIDER R. A. — Eutrophisation: probleme mondial. Bulletin de la qualité des eaux — Canada — vol. VI, nr. 3 — sept. 1981, pag. 59—61.
2. BENNETON J. P. — Eutrophisation des plans de l'eau. Inventaire des principales sources de substances nutritives azotées et phosphorées. La Tribune du Cebedeau. Jan. 1986 vol. 39, nr. 506, pag. 15—26.
3. MĂLĂCEA I. — Biologia apelor impurificate. Ed. Acad. R.S.R., 1969.
4. GEORGESCU D. și colab. — Manifestări de eutrofizare accelerată la unele lacuri naturale din țara noastră. ICPGA — Studii alimentare cu apă, vol. VIII — 1975, pag.
5. RYDER R. A. — Les effets de L'eutrophisation sur les pêches, Bulletin de la qualité des eaux, vol. VI, nr. 3, 1981, p. 82—86.

6. KERLAN F. — Y. SENEBEI — La pollution des eaux par les composés de l'azote et du phosphore — Les moyens de lutte, Techniques et sciences municipales, nr. 6/1985, p. 289—294.
7. VOLLENWEIDER R. — Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. La Technique de l'eau et de l'assainissement. Nr. 292—296 — 1971.
8. BARICA J. — Hyperentrophie: la dernière étape de l'eutrophisation. Bulletin de la qualité des eaux, Canada, vol. IV, nr. 4, dec. 1981, pag. 96—99.
9. GEORGESCU D. și colab. — Indici de eutrofizare a unor lacuri artificiale din țara noastră. Studii de alimentări cu apă — I.C.P.G.A., vol. VIII, 1975, pag. 174—240.
10. WRÓBEL STANISLAW — Fertilisation inorganique et eutrophisation des eaux. Bulletin de la qualité des eaux — Canada, vol. IV, nr. 4 — 1981, pag. 138—140.
11. BERNHARDT A. et CLOSEN J. — Oligotrophisation du réservoir Wahnbach. Bulletin de la qualité des eaux — Canada, vol. VI, nr. 3 — 1981, pag. 73—76.
12. VILLERT S. — L'eutrophisation des milieux aquatiques et les pollutions. Techniques et Sciences Municipales, Franța 72. Nr. 8—9 — 1977, pag. 359—364.
13. Îndrumări metodologice de efectuare a unor determinări unitare de control a calității apei din lacuri, în vederea stabilirii gradului și ritmului de eutrofizare, a măsurilor de prevenire și combatere — ICPGA — 1984.
14. RODHE W. — Custallization of Eutrophication concepts in Northern Europe.
15. VOLEMWEIDER R. — Les bases scientifiques de l'eutrophisation des lacs et des eaux courantes sous l'aspect particulier du phosphore et de l'azote comme facteurs d'eutrophisation. La Technique de l'eau et de l'assainissement, nr. 292—296 — 1971.
16. CARAIMAN GH., GEORGESCU R., ROȘCA GR. — Creșterea intensivă a puilor de crap (Cyprinus Carpio) în condițiile eutrofizării dirijate a heleșteelor în anul 1981. Buletin de cercetări piscicole anul IV (XXXV), 1982, nr. 1—2, pag. 37—61.
17. GUSEVA, S. A. — Trudi gidrobiologhicescogo obșcestva SSR (Lucrările Societății de Hidrobiologie), Ed. Akad. Nauk, t. IV, 1952.
18. COJOCARU E. V., COJOCARU T. T., MIHAILOVSKI N. M., KOJUHARI I. F. — Instrucțiuni și normative de administrare a îngrășămintelor minerale în eleștee pentru intensificarea la nivel superior a pisciculturii. — Stațiunea de cercetări pentru piscicultură moldovenească Mold NIRHS — Chișinău — 1982.
19. EC. POPESCU, GR. ROȘCA, I. BIRCA — Experimentări biologice pentru stabilirea necesarului de îngrășăminte minerale în bazinele piscicole. Bul. I.C.P.P. XX, nr. 2 — 1961, p. 5—15.
20. POPESCU EC. — Influența îngrășămintelor și populărilor în sporirea productivității piscicole a heleșteelor. Bul. I.C.P.P. 1974 — anul XXIII, nr. 4, pag. 57—63.
21. GR. ROȘCA — Ridicarea producției de pește în bunuri amenajate, prin folosirea îngrășămintelor chimice. — Revista de Industrie Alimentară, vol. XIX, oct. 1968, pag. 567—569.
22. GR. ROȘCA — Folosirea îngrășămintelor complexe în piscicultură. Studii și cercetări ale Institutului de Cercetări și Proiectări Piscicole, vol. 3 (VI) 1964 — pag. 189—226.
23. A. SCHNEIDER, GR. ROȘCA, R. TILENSCHI, N. NAZIRU, GH. CARAIMAN — Influența azotului și fosforului din îngrășămintele organice asupra productivității piscicole naturale. Revista de Creștere a Animalelor nr. 12/1975, pag. 57—62.
24. GH. CARAIMAN — Experimentarea unor metode de creștere intensivă a crapului de cultură (Cyprinus Carpio) în crescătorii sistematice — Buletinul de cercetări piscicole — seria nouă nr. 1—2 (XXXII) 1979, pag. 135—185.
25. G. RUSU, L. PARLALA — Efectele stimulării bazei trofice asupra producțiilor de pește obținute în diferite formule de populare. — Buletinul de Cercetări Piscicole — serie nouă — nr. 1—2, anul 1 (XXXII) 1979, pag. 5—27.

WHAT IS IT AND HOW ONE USE FOR THE INTENSIVE PISCICULTURE THE CONTROLLED EUTROPHY OF PONDS FOR CYPRINIDAE

(Summary)

In this paper are presented the points of view on the factors which produce and maintain the biotop eutrofisation.

There are taking into account the possibilities of artificially initiating the eutrofisation phenomenon. Based on certain individual previous researches there have been elaborated the eutrophisation parameters which must be controlled in view to increase the natural productivity of the areas goods populated with cuprinide exploited in intensive culture.

Optimum and admitted limits are given for these parameters and new coefficients are leaborated for measuring the effects of mineral and organic manures (fertilizers) used in conducted eutrophisation process.

Finally, there are presented the quantities of mixed (organic and mineral) manures (fertilizers) used in experiments performed during the lost 15 years, the distribution and the results obtained in fish production.

Practical recommandations are made for the use of mixed manures (fertilizers) in pisciculture for the control of eutrophisation parameters and for the selection of the necessary emergency measures.