



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00294**

(22) Data de depozit: **04.04.2011**

(41) Data publicării cererii:
28.12.2012 BOPI nr. **12/2012**

(71) Solicitant:
• **CENTRUL INTERNAȚIONAL DE
BIODINAMICĂ,
INTRAREA PORTOCALELOR NR. 1B,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **GHEORGHIU EUGEN, BD. UNIRII NR. 12,
BL. 7 C, AP. 18, SECTOR 4, BUCUREȘTI,
B, RO;**

• **POLONSCHII CRISTINA,
STR. STĂNJENEILOR NR. 5, BL. 3, SC. A,
ET. 2, AP. 10, SINAIA, PH, RO;**
• **BRATU DUMITRU, STR. VLAICU VODĂ
NR. 4, BL. C14, AP. 13, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **DISPOZITIV ȘI METODĂ DE MONITORIZARE A CALITĂȚII
UNUI MEDIU ACVATIC PRIN ANALIZA
COMPORTAMENTULUI UNEI POPULAȚII DE PEȘTI**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv și la o metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic, prin analiza comportamentului peștilor, relevat de dinamica pozițiilor acestora într-un bazin, pozițiile fiind determinate cu ajutorul ultrasunetelor. Dispozitivul conform inventiei este alcătuit dintr-un bloc (1) de comandă și control ale unei rețele de senzori (2) de ultrasunete care este montată într-un bazin (3) cu pești prevăzut cu mijloace (21, 30, 31, 32, 33, 34, 35) în sine cunoscute, care asigură condiții optime de viață, pozițiile peștilor din bazin, determinate cu ajutorul senzorilor (2) cu ultrasunete, sunt achiziționate de blocul (1) de comandă și control la intervale de timp optim alese, și sunt transmise unui calculator (5) care analizează semnalele achiziționate. Metoda de monitorizare, conform inventiei, constă din determinarea, în fiecare moment, a pozițiilor peștilor dintr-un bazin, cu ajutorul unei rețele de senzori comandanți de un bloc de comandă și control care transmite pozițiile unui calculator, unde se determină niște parametri relevanți, ca, de exemplu: centrul de masă corespunzător pozițiilor peștilor sau variația centrului de masă, care se modifică în funcție de calitatea apei din bazin.

Revendicări: 3
Figuri: 21

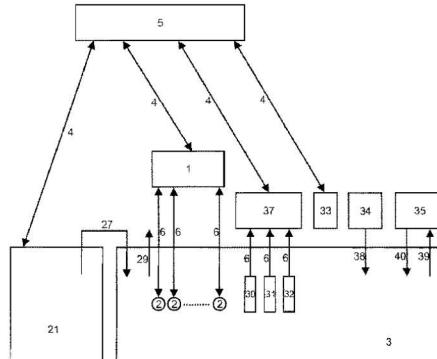
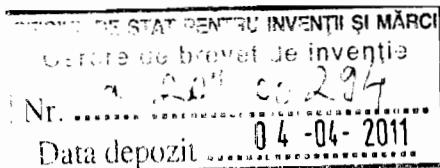


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozitivelor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de inventie a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de inventie este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).





Dispozitiv și metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești

DESCRIERE

Invenția se referă la un dispozitiv și o metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului peștilor relevat de dinamica pozițiilor acestora într-un bazin, determinate cu ajutorul ultrasunetelor. Dispozitivul și metoda au aplicații în controlul calității apei, precum și în acvacultură.

Sistemele actuale care utilizează biosenzori specifici pot detecta prezența și concentrația unor agenți poluanți și a unor microorganisme patogene în apă, dar sunt costisitoare, mai ales în cazul monitorizării continue, și pot avea un timp de răspuns relativ lung, în care poate fi pusă în pericol sănătatea populației care utilizează sursa respectivă de apă. Astfel, dezvoltarea unui sistem senzoristic unic, sensibil la o gamă largă de stimuli, care să detecteze rapid valori anormale ale parametrilor, sau compoziției apei, reprezintă o problemă încă actuală. S-a observat că atunci când un animal este expus unei perturbări, prima reacție a acestuia este de tip comportamental, cel mai des de evitare, cu rolul de a micșora probabilitatea morții sau costul metabolic aferent menținerii homeostaziei fiziologice [1], [2]. Astfel de alterări comportamentale devin indicatori foarte sensibili ai unui nivel de stres în mediul acvatic al peștilor [3], [4]. Mai exact, factori de mediu cum ar fi pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat în apă, temperatură, lumină, contaminarea biologică etc. modifică comportamentul peștilor, ceea ce permite monitorizarea calității apei folosind peștii ca bioindicatori.

Astfel, în prezent, dispozitivele de monitorizare a calității apei bazate pe evaluarea comportamentului unor specii acvatice în funcție de proprietățile apei se bucură de un interes deosebit. În această categorie intră:

- Un dispozitiv pentru monitorizarea calității apei pe baza comportamentului unor specii acvatice este prezentat în US Patent 4888703. Dispozitivul constă într-un bazin transparent în care se monitorizează un singur pește situat într-un volum de apă a cărei calitate se dorește să fie testată. O sursă de lumină și o cameră video sunt dispuse astfel încât să se obțină cuasi continuu imagini ale peștelui. În urma analizei imaginilor achiziționate se obține evoluția centrului de masă a peștelui. Un comportament anormal al peștelui este detectat prin compararea cu o evoluție de referință obținută anterior.
- US Patent 4626992 descrie o metodă și un dispozitiv pentru monitorizarea calității mediului. Se utilizează o cameră video pentru a monitoriza continuu, sau discontinuu (periodic) mișcarea mai multor organisme vii care sunt expuse la o probă de apă. Senzorii fizico-chimici măsoară parametri ai mediului, precum temperatura apei. Pe un calculator rulează un program care determină un set de parametri corespunzători tipelor de mișcare a organismelor. Un alt program analizează mișările organismelor și le compară cu tipurile de mișcare în condiții normale și transmite un mesaj de avertizare atunci când mișările organismelor se abat de la tipurile corespunzătoare stării normale.

Un dezavantaj al sistemelor descrise mai sus este acela că proba de apă trebuie să fie suficient de lăptăuă pentru a permite achiziția unor imagini destul de clare pentru a se putea monitoriza comportamentul speciilor acvatice. De asemenea, întrucât sistemele se bazează pe analiza de imagine, cantitatea datelor care trebuie prelucrate este foarte mare și nu în ultimul rând,

iluminarea trebuie să fie suficient de puternică și continuă, ceea ce poate provoca un stres suplimentar.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este posibilitatea monitorizării calității apei indiferent de gradul de turbiditate și fără să fie nevoie de utilizarea unei surse de lumină, deoarece nu se bazează pe un sistem de analiză de imagine.

Invenția descrie un dispozitiv și o metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești.

Dispozitivul de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești se compune dintr-un bloc de comandă și control a unei rețele de senzori de ultrasunete care este montată într-un bazin cu pești prevăzut cu mijloace prin care se asigură condiții optime de viață, având rolul de a monitoriza pozițiile peștilor în bazin, valorile amplitudinii și poziției semnalelor înregistrate la fiecare moment fiind trimise unui calculator unde rulează un program care analizează semnalele achiziționate.

Metoda de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești se caracterizează prin aceea că, în fiecare moment, se determină pozițiile peștilor dintr-un bazin cu ajutorul unei rețele de senzori de ultrasunete, comandați de un bloc de comandă și control, care trimit pozițiile peștilor unui calculator, care calculează centrul de masă corespunzător pozițiilor peștilor la fiecare moment, variația centrului de masă depinzând de comportamentul peștilor, care este în strânsă dependență de calitatea apei din bazin. Evoluția centrului de masă în condiții normale constituie semnalul de referință. După determinarea semnalului de referință, bazinul se racordează la sursa de apă a cărei calitate se dorește a fi monitorizată și se compară continuu variația centrului de masă cu semnalul de referință. Dacă se constată o deviație peste un anumit prag între cele două semnale, se emite o avertizare cu privire la calitatea apei.

Avantajele invenției sunt următoarele:

- se poate monitoriza calitatea apei indiferent de gradul de turbiditate
- nu este necesară utilizarea unei surse de lumină pentru iluminarea permanentă a bazinului
- nu se înregistrează și prelucrează cantități mari de date, semnalul analizat fiind de tip numeric și nu video.

În cele ce urmează este descris un exemplu de realizare a invenției în legătură cu figurile 1-21 care reprezintă:

Fig. 1 – Schema bloc a dispozitivului

Fig. 2 – Schema blocului de comandă și control

Fig. 3 – Schema bazinului cu pești

Fig. 4 – Schema modulului de ajustare termică

Fig. 5 – Dispunerea senzorilor în bazin

Fig. 6 – Grafic reprezentând evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$ în condiții de normalitate; semnale normate ($SD_{n\max}=137$ cm, $SD_{n\min}=43$ cm)

Fig. 7 – Grafic reprezentând evoluția variației $V(t)$ în condiții de normalitate, $p=3h$, $s=4$

Fig. 8 – Grafic reprezentând spectrul de putere aferent evoluției centrului de masă $SD_n(t)$ în condiții de normalitate; amplitudinea vârfului – 0.016, corespunzătoare unei perioade $T=23.65h$

Fig. 9 – Grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor – evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$; hașurat cu gri – perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină; semnale normate ($SD_{n\max}=145.9$ cm, $SD_{n\min}=47.4$ cm)

Fig. 10 – Grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor – evoluția variației $V(t)$, $p=3h$, $s=4$, $R=71.4\%$; hașurat cu gri – perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină

Fig. 11 – Grafic reprezentând efectul luminii asupra comportamentului peștilor – evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$ în perioada în care peștii au fost lipsiți de lumină; semnale normate ($SD_{n\max}=139.7$ cm, $SD_{n\min}=55.3$ cm)

Fig. 12 – Grafic reprezentând spectrul de putere aferent evoluției centrului de masă $SD_n(t)$ la acoperirea bazinului; amplitudinea vârfului – 0.005, corespunzătoare unei perioade de 3h

Fig. 13 – Grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor – evoluția dinamicii centrului de masă $D_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a pH-ului; semnale normate ($D_{n\max}=129.4$ cm, $D_{n\min}=32.5$ cm; $pH_{\max}=6.17$, $pH_{\min}=4.14$)

Fig. 14 – Grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor – evoluția centrului de masă $SD_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a pH-ului; semnale normate ($SD_{n\max}=143.9$ cm, $SD_{n\min}=18.5$ cm; $pH_{\max}=6.17$, $pH_{\min}=4.14$); hașurat cu gri – valoarea pH-ului situată sub valoarea critică de 4.5

Fig. 15 – Grafic reprezentând efectul pH-ului asupra comportamentului peștilor – evoluția variației $V(t)$, $p=3h$, $s=4$, $R=71.4\%$; hașurat cu gri – valoarea pH-ului situată sub valoarea critică

Fig. 16 – Grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comportamentului peștilor – evoluția centrului de masă $SD_n(t)$, a mediilor $M(t)$ și a concentrației de oxigen dizolvat (OD); hașurat cu gri – perioada în care a fost oprită aerarea; semnale normate ($SD_{n\max}=249$ cm, $SD_{n\min}=58.1$ cm; $OD_{\max}=77.3\%$, $OD_{\min}=10.7\%$)

Fig. 17 – Grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comportamentului peștilor – evoluția variației $V(t)$, $p=3h$, $s=4$, $R=71.4\%$; hașurat cu gri – perioada în care a fost oprită aerarea

Fig. 18 – Grafic reprezentând efectul concentrației de oxigen dizolvat asupra comportamentului peștilor – evoluția variației $V(t)$, $p=2h$, $s=3$, $R=82.4\%$; hașurat cu gri – perioada în care a fost oprită aerarea

Fig. 19 – Grafic reprezentând evoluția variației $V(t)$ în condiții de normalitate, $p=2h$, $s=3$

Fig. 20 – Grafic reprezentând efectul lipsei hranei asupra comportamentului peștilor – evoluția centrului de masă $SD_n(t)$ și a mediilor $M(t)$; hașurat cu gri – perioada în care a fost oprit hrănitorul; semnale normate ($SD_{n\max}=207.6$ cm, $SD_{n\min}=1.25$ cm)

Fig. 21 – Grafic reprezentând efectul lipsei hranei asupra comportamentului peștilor – evoluția $V(t)$, $p=3h$, $s=4$; hașurat cu gri – perioada în care a fost oprit hrănitorul

Dispozitivul conform invenției se compune, în conformitate cu Fig. 1, dintr-un bloc de comandă și control (1) și dintr-o rețea de senzori de emisie / recepție ultrasunete (2) care este montată într-un bazin (3) cu pești prevăzut cu mijloace prin care se asigură condițiile optime de viață. Blocul de comandă și control (1) filtrează și amplifică semnalele recepționate de senzori și apoi le convertește în semnale digitale și le transmite prin comunicație serială RS-232 (4) calculatorului (5).

Bazinul (3) cu pești este prevăzut, în conformitate cu Fig. 3, cu un modul de ajustare termică (21), o pompă de aer (34), o pompă de filtrare (35), senzori de temperatură (30), pH (31) și oxigen dizolvat (32), un hrănitor automat (33) și cu senzori de ultrasunete (2).

O pompă (19) introduce apă curată sau apă de testat (36) printr-o conductă (20) în modulul de ajustare termică (21). Temperatura apei este un factor important care influențează comportamentul peștilor. Modulul de ajustare termică (21) menține constantă temperatura apei astfel încât comportamentul peștilor să poată fi observat în condiții optime.

Modulul de ajustare termică (21) este alcătuit, în conformitate cu Fig. 4, dintr-un bazin (22) în care se stochează apă curată, sau de testat. Apa în exces este eliminată din bazin (22) printr-o conductă (28). Temperatura apei din bazin (22) este detectată cu un senzor de temperatură (23) a cărui ieșire este conectată la un modul de termostatare (24). Modulul de termostatare (24) este comandat de un calculator (5) prin comunicație serială (4) și controlează un modul de încălzire a apei (25) astfel încât temperatura apei să fie menținută la o valoare optimă constantă. După caz se poate adăuga și un modul de răcire a apei.

O pompă (26) controlată de calculator (5) prin comunicație serială (4) introduce apă cu temperatură ajustată la valoarea dorită printr-o conductă (27) în bazinul (3) cu pești. Apa în exces este eliminată din bazin (3) printr-o conductă (29). Pentru stabilirea semnalului de referință, în loc de apă de testat se utilizează apă curată.

În bazin (3) se asigură condiții optime de temperatură, pH, aerare și hrană pentru pești. În acest scop, permanent apă se aerează cu o pompă de aer (34) printr-un furtun (38) și se filtrează cu o pompă (35) de debit mare prevăzută cu o țeavă de alimentare (39) și o țeavă de evacuare (40). De asemenea, bazinul (3) este dotat cu un hrănitor automat (33) controlat de calculator (5) care administrează la intervale stabilite de timp aceeași cantitate de hrană. Bazinul (3) este dotat cu senzori de temperatură (30), pH (31) și oxigen dizolvat (32), comandați de o unitate de achiziție (37) care transmite calculatorului (5) prin comunicație serială (4) valorile măsurate. Dacă valorile măsurate de acești senzori nu se încadrează în intervalul de normalitate, calculatorul (5) ajustează temperatură, volumul de aer furnizat cu pompa (34) și cantitatea de apă furnizată cu pompa (26) de modulul de ajustare termică (21).

Bazinul (3) este prevăzut cu o rețea de senzori de ultrasunete (2) dispuși astfel încât să se asigure o acoperire optimă a traseelor frecventate de pești. Senzorii de ultrasunete (2) sunt controlați de un bloc de comandă și control (1) prin cabluri coaxiale (6).

Blocul de comandă și control (1) este alcătuit, în conformitate cu Fig. 2, dintr-un modul de generare (10), un modul de limitare (11), un modul de filtrare (12), un modul de amplificare (13), un modul de multiplexare (14), un modul de conversie (15) și un modul de comandă și transmisie (16) a datelor achiziționate către calculator (5). De asemenea, conține sursele de alimentare (7), (8) și (9). Sursa de alimentare (9) alimentează prin cablul (18) modulele (11), (12), (13), (14) și (15). Sursa de alimentare (8) alimentează prin cablul (18) modulul (16). Cele 3 surse de alimentare (7), (8) și (9) se alimentează de la rețeaua electrică 220V (17).

Sursa de alimentare (7) alimentează prin cablul (18) modulul de generare (10) care, la rândul său, transmite senzorilor de ultrasunete (2) prin cabluri coaxiale (6) pulsuri de înaltă tensiune. Pulsurile se repetă la intervale regulate de timp, intervale comandate de către modulul de comandă și transmisie (16).

Senzorii de ultrasunete (2) convertește pulsurile electrice primite de la modulul de generare (10) în unde mecanice sinusoidale amortizate, care au frecvență egală cu frecvența de rezonanță a senzorilor (situată în domeniul ultrasunetelor) și amplitudinea proporțională cu energia pulsurilor de înaltă tensiune. Aceste unde ultrasonice emise de senzorii de ultrasunete (2) se propagă în mediul lichid după un fascicul aproximativ cilindric. Atunci când undele ultrasonice întâlnesc un obiect (pește) cu densitate (impedanță acustică) diferită de cea a mediului lichid, obiectul reflectă ultrasunetele pe o direcție normală pe suprafața sa. Undele ultrasonice reflectate au aceeași

frecvență și durată cu undele emise de senzor (2), dar au amplitudinea mult mai mică. Amplitudinea undei reflectate depinde de suprafața peștelui normală la fascicolul de ultrasunete pe care se reflectă acesta. Undele ultrasonice reflectate de obiect sunt recepționate de același senzor de ultrasunete (2) care le-a emis, și sunt convertite de acesta într-un semnal electric.

Semnalele emise și recepționate de senzorii de ultrasunete (2) și convertite în semnale electrice se transmit modulului de limitare (11), care are rolul de a le limita în intervalul $\pm 1V$, protejând astfel circuitele de tensiuni înalte. Semnalele limitate se transmit apoi modulului de filtrare (12) analogic care filtrează semnalele cu ajutorul unor filtre trece banda în domeniul frecvenței de rezonanță a senzorilor de ultrasunete (2). Semnalele filtrate se transmit modulului de amplificare (13), care le amplifică de 10000 de ori. Semnalele amplificate se transmit modulului de multiplexare (14) care le multiplexează atunci când primește o comandă de la modulul de comandă și transmisie (16). Semnalul multiplexat (fiind de tip analogic) se transmite modulului de conversie (15) care, atunci când primește o comandă de la modulul de comandă și transmisie (16), îl convertește în semnal digital. Semnalul digital se transmite modulului de comandă și transmisie (16) care, la rândul său, îl transmite calculatorului (5) prin comunicație serială RS-232 (4).

Pe calculator (5) rulează un program de achiziție care comunică folosind protocolul serial RS-232 cu modulul de comandă și transmisie (16). Atunci când programul trimite modulului de comandă și transmisie (16) comanda de achiziție, modulul îi transmite semnalul digital achiziționat în format hexadecimal. Programul convertește semnalul recepționat în format decimal. Cunoscând viteza ultrasunetelor în apă ($\sim 1480m/s$) și intervalul de timp dintre momentul emisiei unei ultrasonice și receptiei acesteia, programul calculează distanța parcursă de undele ultrasonice până la obiect (pește) și astfel rezultă pozițiile peștilor față de senzori (2). Pentru fiecare senzor (2), în fiecare moment, programul afișează pe un grafic amplitudinea și poziția semnalului în funcție de distanță față de senzor (2) și determină amplitudinea și poziția vârfurilor care depășesc un prag stabilit de utilizator. Programul salvează într-un fișier text, pentru fiecare senzor (2), timpul, amplitudinea și poziția vârfurilor determinate la fiecare achiziție.

Un alt program de analiză citește fișierul salvat și calculează centrul de masă corespunzător perechilor de tipul (amplitudine, poziție) salvate la fiecare achiziție. Astfel, se calculează valorile x, y, z :

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij} \cdot x_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij}}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij} \cdot y_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij}}, \quad \bar{z} = \frac{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij} \cdot z_{ij}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} A_{ij}}, \quad \text{unde } x, y, z \text{ reprezintă coordonatele în spațiul tridimensional pentru fiecare vârf cu amplitudinea } A, i \text{ reprezintă indicatorul senzorului (2), } n \text{ este numărul de senzori (2), } j \text{ este indicatorul vârfului, iar } m \text{ este numărul de vârfuri măsurate pentru fiecare senzor (2) la fiecare moment. Valorile } x, y \text{ și } z \text{ ale coordonatelor fiecărui vârf se determină ținând seama atât de coordonatele (fixe) ale senzorilor de ultrasunete (2), cât și de distanță (variabilă) între vârf, respectiv poziția peștelui unde s-a produs reflexia receptată de senzor (2) cu amplitudinea } A, \text{ și senzorul (2) respectiv.}$$

Apoi programul calculează:

$$SD_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} - \bar{x} \right)^2}{n}}, \quad SD_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} - \bar{y} \right)^2}{n}}, \quad SD_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{z_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} - \bar{z} \right)^2}{n}}$$

$SD(t) = \sqrt{SD_x(t)^2 + SD_y(t)^2 + SD_z(t)^2}$, unde $SD(t)$ reprezintă distanța dintre origine și centrul de masă la un anumit moment t (Fig. 5).

Folosind valorile $SD_x(t)$, $SD_y(t)$ și $SD_z(t)$ se calculează dinamica centrului de masă ($D(t)$):

$$D(t) = \sqrt{(SD_x(t) - SD_x(t-1))^2 + (SD_y(t) - SD_y(t-1))^2 + (SD_z(t) - SD_z(t-1))^2}.$$

Programul aplică o procedură de netezire prin integrare a poziției $SD(t)$ și dinamicii centrului de masă și a dinamicii sale $D(t)$, rezultând $SD_n(t)$ și $D_n(t)$, pe care le reprezintă apoi grafic în funcție de timp.

Poziția ($SD_n(t)$) și dinamica ($D_n(t)$) centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazin (3) depinde de comportamentul peștilor care, la rândul său, depinde de calitatea apei din bazin (3).

Astfel, dacă pentru peștii din bazin (3) se asigură condiții optime de temperatură, pH, concentrație de oxigen dizolvat în apă, hrană, lumină etc., evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ are un caracter periodic (cu perioada de 24 de ore), centrat pe media aritmetică corespunzătoare, după cum se observă în Fig. 6, 7 și 8. În acest caz, $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ devin semnale de referință.

Se calculează media aritmetică $M(t_i)$ din semnalele $SD_n(t)$ pentru intervale egale a căror lungime p este setată de utilizator astfel încât să cuprindă variații relevante:

$$M(t_i) = \frac{\sum_{f=1}^p SD_n(t_i + f)}{p}, \text{ unde } t_i \text{ este indicatorul intervalului (corespunde momentului de timp de la începutul intervalului).}$$

Pentru semnalul $M(t_i)$ se calculează variația procentuală $V(t_i)$ astfel:

$$V(t_i) = \frac{|M(t_i + s) - M(t_i)|}{M(t_i + s)} \cdot 100, \text{ unde } s \text{ este setat de utilizator astfel încât să se obțină o variație relevantă.}$$

Se calculează $V(t_i)$ în condiții de normalitate, se calculează maximul variației procentuale V_{max} și se stabilește un prag $R = V_{max} + S$, unde S reprezintă o marjă de siguranță pentru a nu se emite alerte false.

Orice deviere semnificativă a $V(t)$ față de R indică un comportament anormal al peștilor, ceea ce declanșează un semnal de avertizare.

Dacă pentru un interval semnificativ ales de utilizator $V(t)$ nu prezintă variații mai mari decât R , programul calculează spectrul de putere SP aferent și determină perioada T corespunzătoare maximului. Dacă $T \neq 24h \pm 0.5$, se emite un semnal de avertizare.

Metoda conform inventiei constă în următoarele etape:

- se populează bazinul de măsura cu un grup de pești având o stare bună de sănătate, al căror număr depinde de dimensiunea bazinului, astfel încât rezultatele să fie relevante statistic și să nu se inducă un stres suplimentar datorat lipsei de spațiu

- se pompează periodic apă, considerată normală, în modulul de ajustare termică
- se aduce apă la temperatura dorită
- se pompează periodic un volum de apă considerată normală ajustată termic în bazinul cu pești, pentru a menține valori optime ale temperaturii și pH-ului; de asemenea, această activitate are rolul de a obișnui peștii cu pomparea apei în bazin
- apa în exces este eliminată din bazin printr-o conductă
- apa se aerează permanent cu o pompă de aer care are rolul de a menține o concentrație optimă de oxigen dizolvat
- apa se filtrează permanent cu o pompă de debit mare care are rolul de a menține valori optime ale pH-ului
- un hrănitor automat administrează la intervale stabilite de timp aceeași cantitate de hrana
- se măsoară continuu temperatura, pH-ul, concentrația de oxigen dizolvat în apă din bazin; dacă valorile măsurate nu se încadrează în intervalul de normalitate, se modifică temperatura și cantitatea de apă ajustată termic astfel încât să se obțină condiții optime pentru peștii din bazin
- cu ajutorul dispozitivului de monitorizare a comportamentului peștilor se înregistrează în fiecare moment pozițiile peștilor în bazin
- se analizează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul programului de analiză, rezultând poziția și dinamica centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazin ($SD_n(t)$, $D_n(t)$); se calculează mediile $M(t)$ și variația $V(t)$ corespunzătoare intervalului de timp ales
- atunci când evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ capătă un caracter periodic (cu perioada T de 24 de ore), centrat pe media aritmetică corespunzătoare, rezultă că s-a încheiat perioada de acomodare la noile condiții (care depinde de specia de pești utilizată)
- după încheierea perioadei de acomodare, se înregistrează evoluția $SD_n(t)$ și $D_n(t)$ și se calculează V_{max} , rezultând semnalul de referință și pragul R ; obținerea semnalului de referință este determinată exclusiv de asigurarea condițiilor optime ale apei din bazin
- după obținerea semnalului de referință se poate trece la etapa de monitorizare a apei de testat
- se pompează periodic apă de testat în modulul de ajustare termică
- se aduce apă la temperatura stabilită în etapele anterioare
- se pompează periodic un volum (stabilit în etapele anterioare) de apă de testat ajustată termic în bazinul cu pești
- cunoșcându-se volumul pompăt în bazin, se determină momentul în care apă din bazin este înlocuită complet de apă de testat; din acel moment se ia în considerare pentru analiza semnalul achiziționat
- se înregistrează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul dispozitivului de monitorizare a comportamentului peștilor
- se analizează pozițiile peștilor în bazin cu ajutorul programului de analiză rezultând poziția și dinamica centrului de masă corespunzătoare grupului de pești din bazin ($SD_n(t), D_n(t)$); se calculează mediile $M(t)$ și variația $V(t)$ corespunzătoare intervalului de timp ales
- dacă temperatura și concentrația de oxigen dizolvat măsurate sunt în limite normale, iar $V(t) > R$, se declanșează un semnal de avertizare (de tip auditiv, sms sau e-mail) cu privire la calitatea apei
- dacă temperatura și concentrația de oxigen dizolvat măsurate sunt în limite normale, iar $V(t) < R$, se calculează spectrul de putere SP și se determină perioada T corespunzătoare maximului; dacă $T \neq 24h \pm 0.5$, se declanșează un semnal de avertizare (de tip auditiv, sms, sau e-mail) cu privire la calitatea apei

- în urma semnalului de avertizare se prelevează o probă de apă din bazin și se efectuează analize (fizico-chimice, microbiologice etc) menite să evidențieze cauza care a determinat modificarea de comportament a peștilor.

Un exemplu de utilizare a invenției este prezentat mai jos.

Senzorii de ultrasunete (2) utilizați sunt de tip piezoceramic, cu frecvență de rezonanță de 50kHz și domeniul de acțiune de maxim 5m. Pentru a emite un tren de pulsuri de unde ultrasonice, modulul de generare (10) aplică la bornele lor un impuls de tensiune negativă de ~250V și cu o durată de 40ns.

Măsurările au loc într-un bazin de 2 m³, pe o populație de 4 sturioni în vîrstă de 3 ani (Acipenser stellatus – păstrugă). Datorită creșterii dimensiunii peștilor o dată cu înaintarea în vîrstă, numărul sturionilor s-a redus de la 10 la 4.

Se asigură condițiile optime de temperatură, pH, turbiditate, aerare și hrana pentru păstrugi. Astfel, temperatura se menține în intervalul 19-22.5°C și pH-ul între 6 – 7.

Bazinul (3) cu pești este prevăzut cu 8 senzori de ultrasunete (2) (Fig. 5). Datele achiziționate de blocul de comandă și control (1) se trimit prin interfață serială RS-232 (6) la un calculator (5) pe care rulează programul de achiziție. Datele achiziționate se prelucrează apoi cu programul de analiză, rezultând valorile centrului de masă, și se compară cu semnalul de referință obținut în condiții de normalitate.

Pentru a putea suprapune grafic semnalele între care există diferențe foarte mari, toate semnalele au fost normate după formula:

$$SN = \frac{S - S_{min}}{S_{max} - S_{min}}, \text{ unde } SN \text{ este semnalul normat, } S \text{ reprezintă semnalul la momentul curent,}$$

S_{min} corespunde valorii minime a lui S , iar S_{max} valorii maxime a semnalului S în intervalul analizat.

Pentru o perioadă de 4 zile s-a înregistrat semnalul de referință. Programul de analiză a calculat poziția $SD_n(t)$, $M(t)$ (Fig. 6) și $V(t)$ aferentă (Fig. 7), pentru $k=3h$ și $p=4$, rezultând V_{max} și R . În acest caz, $V_{max}=41.4\%$, $S=30\%$, de unde rezultă $R=71.4\%$. Semnalul normat corespunzător $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 137 cm și valoarea minimă de 43 cm.

De asemenea, s-a calculat spectrul de putere SP (Fig. 8), rezultând $T=23.65h$.

Apoi s-a înlocuit apa din bazin cu apă de testat și s-a înregistrat semnalul corespunzător. S-a utilizat o apă cu un pH acid cunoscut. După cum se observă în Fig. 13 și 14, la înlocuirea apei din bazin cu apă de testat, poziția $SD_n(t)$ și dinamica $D_n(t)$ centrului de masă au prezentat o deviație față de semnalul de referință. După depășirea pH-ului critic pentru sturioni (4.5), la momentul $t=310h$, $V(t)$ a depășit cu 15 % pragul $R=70\%$, înregistrând un maxim la $t=313h$, unde îl depășește cu 130% (Fig. 15). Momentul $t=313h$ corespunde unui pH de 4.45.

Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 143.9 cm și valoarea minimă de 18.5 cm. Semnalul normat aferent $D_n(t)$ provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 129.4 cm și valoarea minimă de 32.5 cm. Semnalul normat aferent pH-ului provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 6.17 și valoarea minimă de 4.14.

De asemenea, s-a testat efectul aerării, efectul hranei și luminii asupra comportamentului păstrugilor.

Pentru a determina efectul aerării asupra comportamentului păstrugilor s-a oprit pompa de aer pe o perioadă de 7-9h. În Fig. 16 se observă evoluția SD_n și a concentrației de oxigen dizolvat (OD). La 6h de la oprirea pompei de aer, $V(t)$ a depășit cu 57% pragul $R=70\%$ (Fig. 17). Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 249 cm și valoarea minimă de 58.1 cm. Semnalul normat aferent concentrației de oxigen dizolvat (OD) provine dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 77.3% și valoarea minimă de 10.7%.

Pentru a determina efectul hranei asupra comportamentului păstrugilor s-a oprit hrănitorul pe o perioadă de 7 zile. La 15h de la oprirea hrănitorului, $V(t)$ a depășit cu 60% pragul $R=70\%$ (Fig. 20, 21). Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 207.6 cm și valoarea minimă de 1.25 cm.

Pentru a determina efectul luminii asupra comportamentului păstrugilor s-a acoperit bazinul pe o perioadă de 5 zile. Pe întreaga perioadă de 5 zile (Fig. 11), $V(t)$ nu a depășit pragul $R=70\%$ (Fig. 9, 10). De aceea programul a calculat spectrul de putere SP (Fig. 12), rezultând o perioadă $T=3h$ corespunzătoare maximului. Semnalul normat aferent $SD_n(t)$ reprezentat în Fig. 11 a rezultat dintr-un semnal pentru care valoarea maximă este de 139.7 cm și valoarea minimă de 55.3 cm.

Pentru evenimente a căror dinamică este mai rapidă (ca de exemplu efectul aerării asupra comportamentului păstrugilor) se poate utiliza un interval mai mic ($k=2h$ și $p=3$), ceea ce conduce la o variație mai mare a $V(t)$, de 100% față de R (Fig. 18). De asemenea, în acest caz se recalculă $V(t)$ aferent semnalului de referință, pentru a se recalculeze R – în acest caz R devine $\sim 50+30=80\%$ (Fig. 19).

Revendicări

1. Dispozitiv de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești **caracterizat prin aceea că** se compune dintr-un bloc de comandă și control (1) și unei rețele de senzori de ultrasunete (2) care este montată într-un bazin (3) cu pești, prevăzut cu mijloace(21, 34, 35, 33, 30, 31, 32) care asigură condiții optime de viață în sine cunoscute, pozițiile peștilor din bazin se determină cu ajutorul senzorilor de ultrasunete (2), comandați de blocul de comandă și control (1), care achiziționează pozițiile peștilor în bazin (3) la intervale de timp optim alese pentru a surprinde deplasarea peștilor și trimit valorile amplitudinii și poziției semnalelor înregistrate la fiecare moment unui calculator (5) care analizează semnalele achiziționate.
2. Dispozitiv conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** senzorii de ultrasunete (2) sunt dispuși în bazin (3) într-o configurație care asigură o acoperire optimă a traseelor frecventate de pești.
3. Metodă de monitorizare a calității unui mediu acvatic prin analiza comportamentului unei populații de pești **caracterizată prin aceea că**, în fiecare moment, se determină pozițiile peștilor dintr-un bazin cu ajutorul unei rețele de senzori (2), comandați de un bloc de comandă și control (1), care trimit pozițiile peștilor unui calculator (5) unde se determină parametrii relevanți, de exemplu centrul de masă corespunzător pozițiilor peștilor, variația centrului de masă, care se modifică funcție de comportamentul peștilor în strânsă dependență de calitatea apei din bazin.

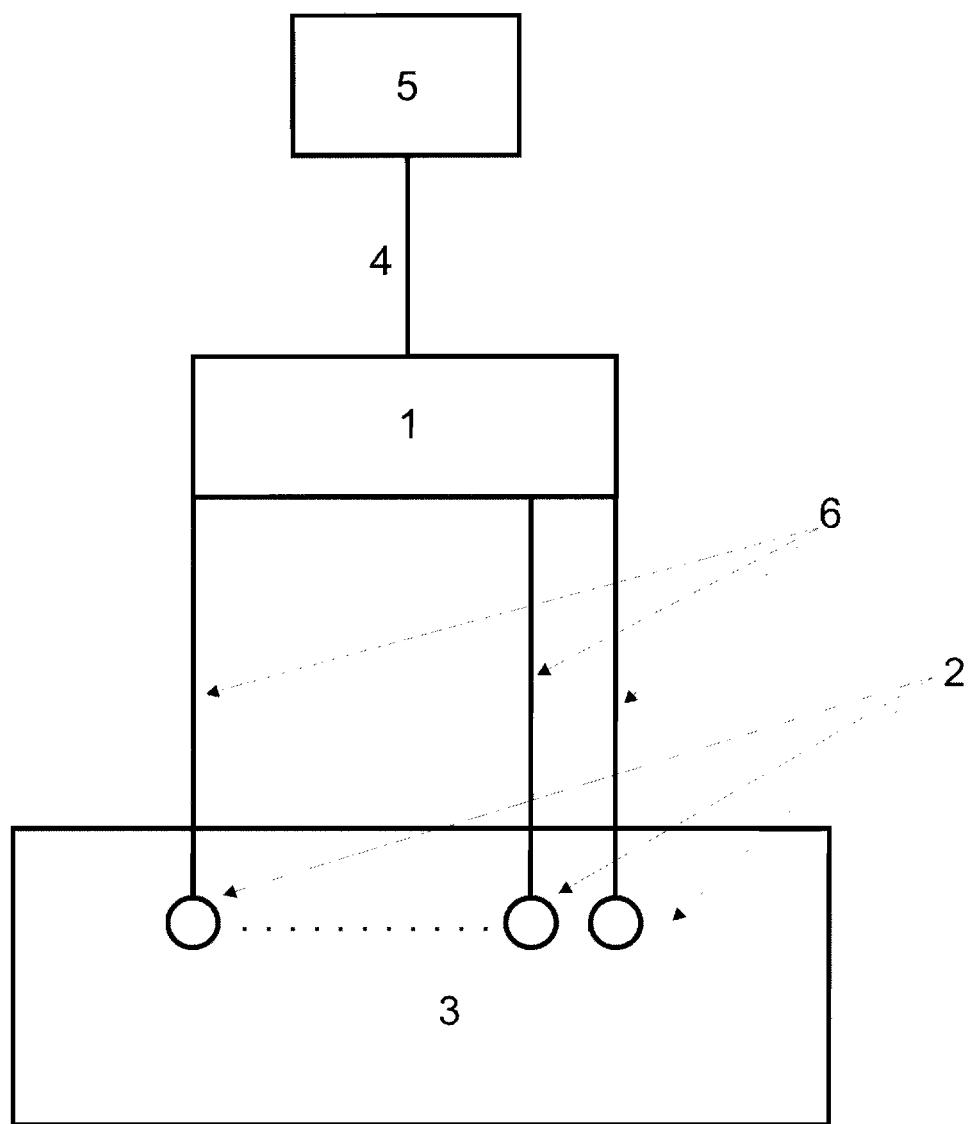
Desene

Fig. 1 – Schema bloc a dispozitivului de monitorizare a calității apei prin analiza comportamentului unei populații de pești

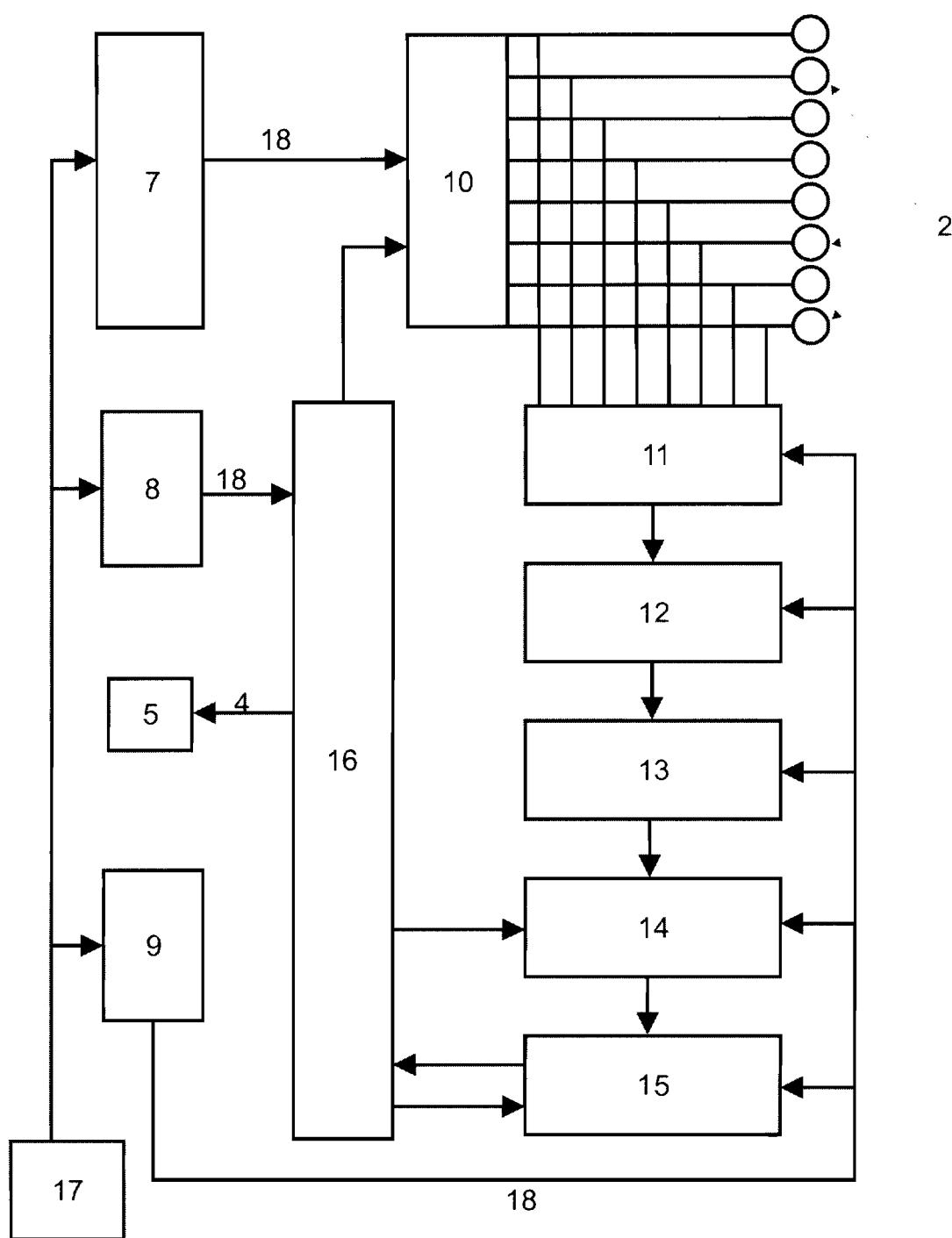


Fig. 2 – Schema blocului de comandă și control

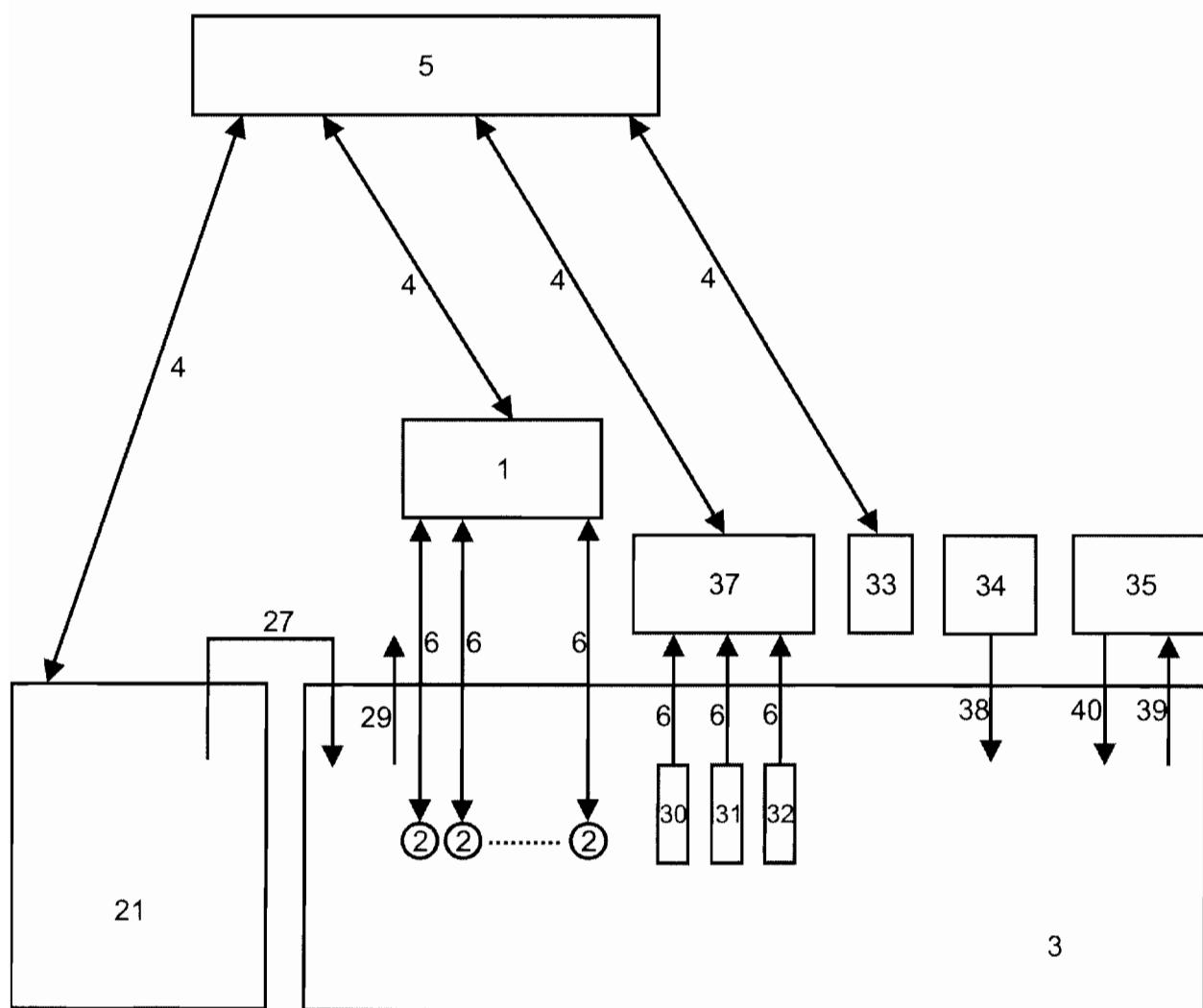


Fig. 3 – Schema bazinului cu pești

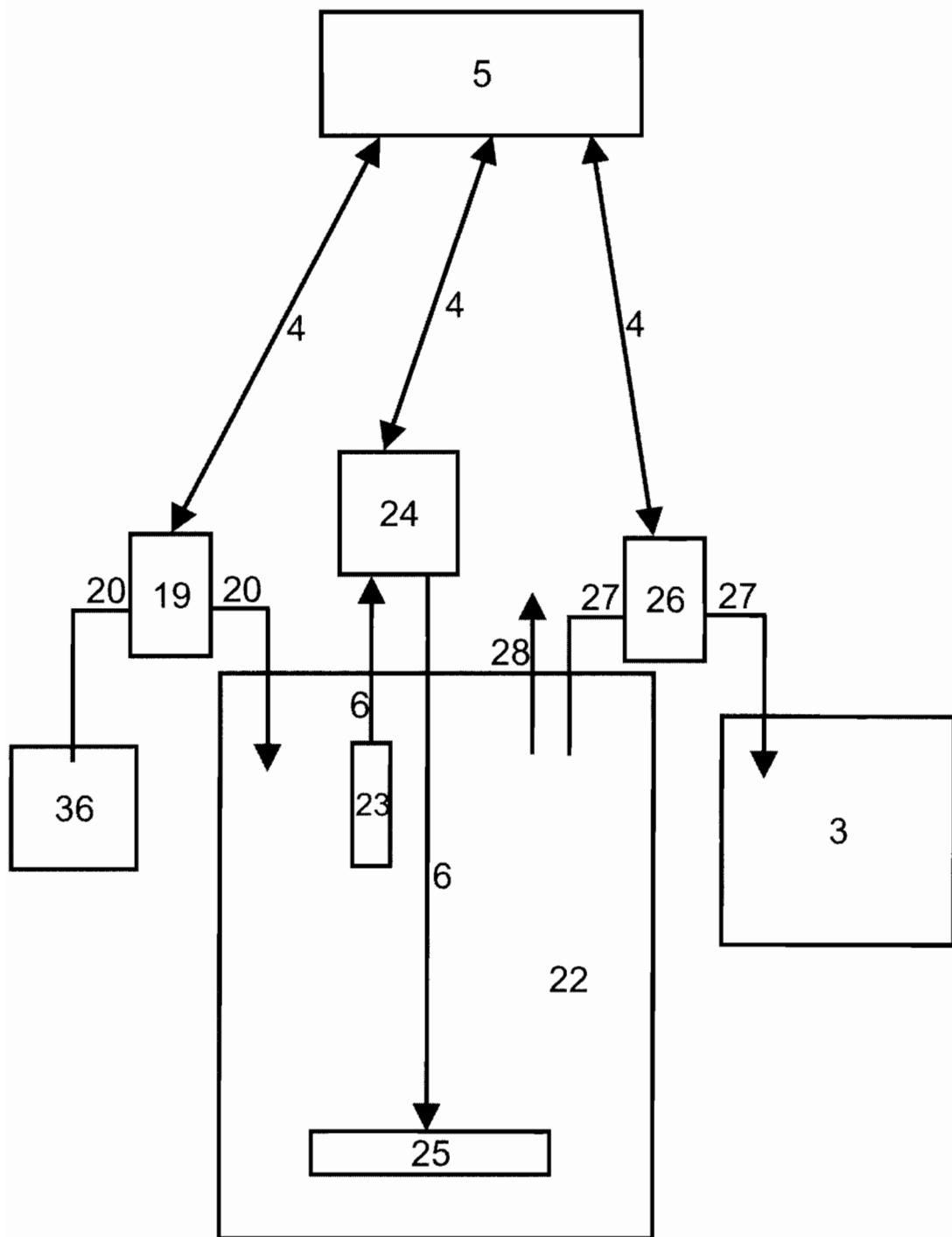


Fig. 4 – Schema modulului de ajustare termică

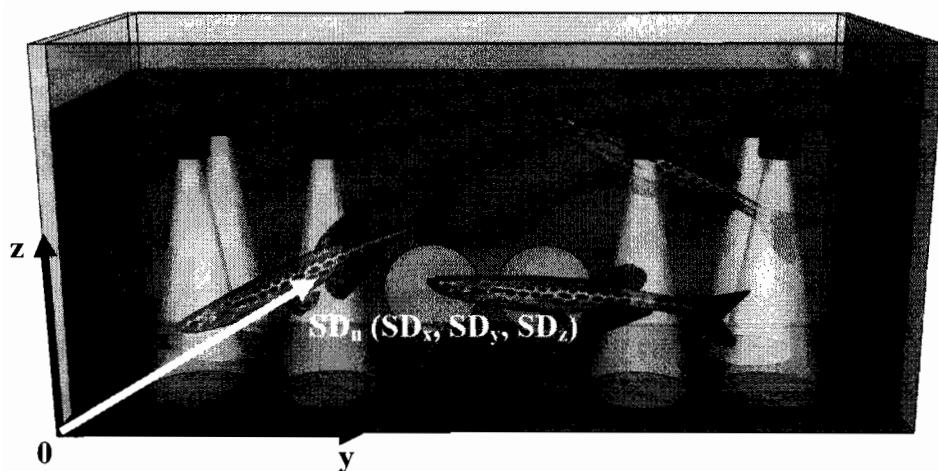


Fig. 5 – Dispunerea senzorilor în bazin și cele 3 axe x, y, z

02011-00294 -
04-04-2011

60

M
SDn

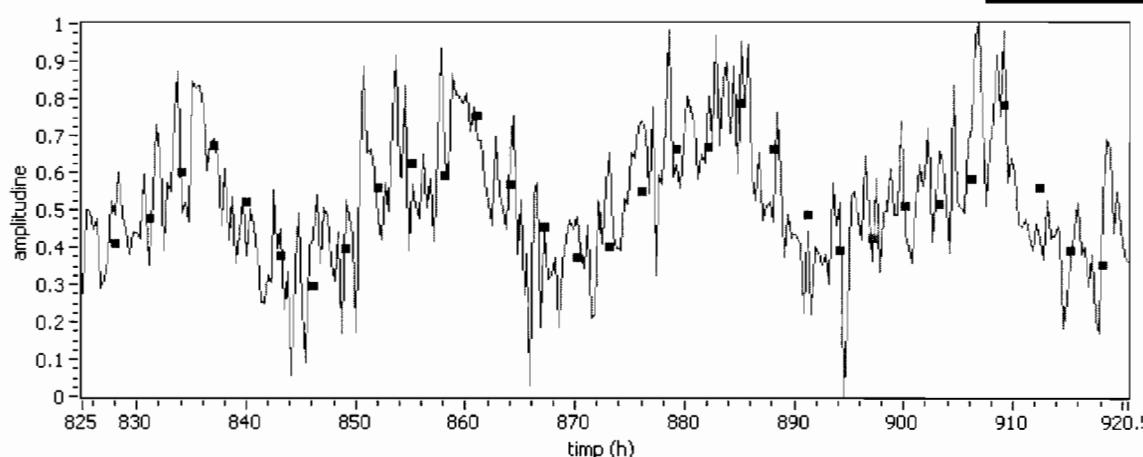


Fig. 6

V(%)

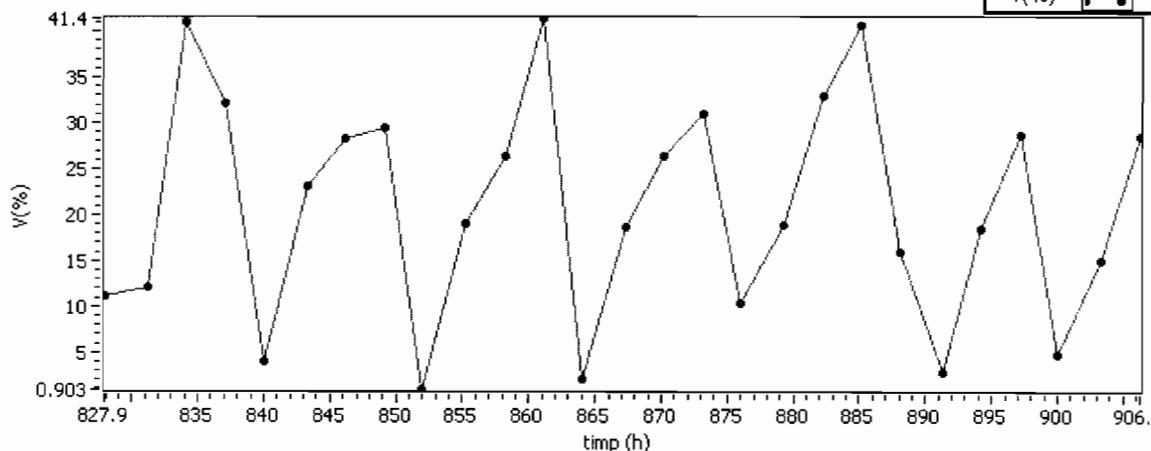


Fig. 7

spectru de putere

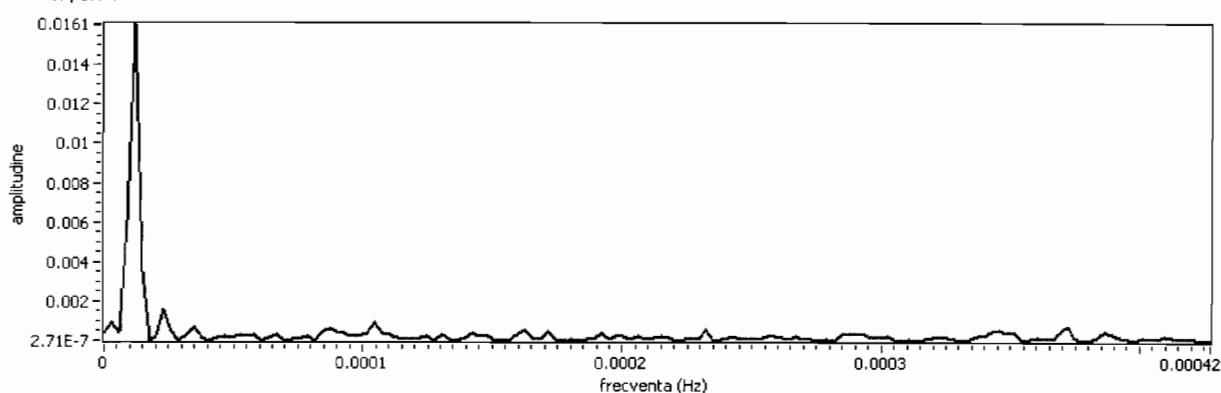


Fig. 8

2011-00294--

04-04-2011

59

M
SDn

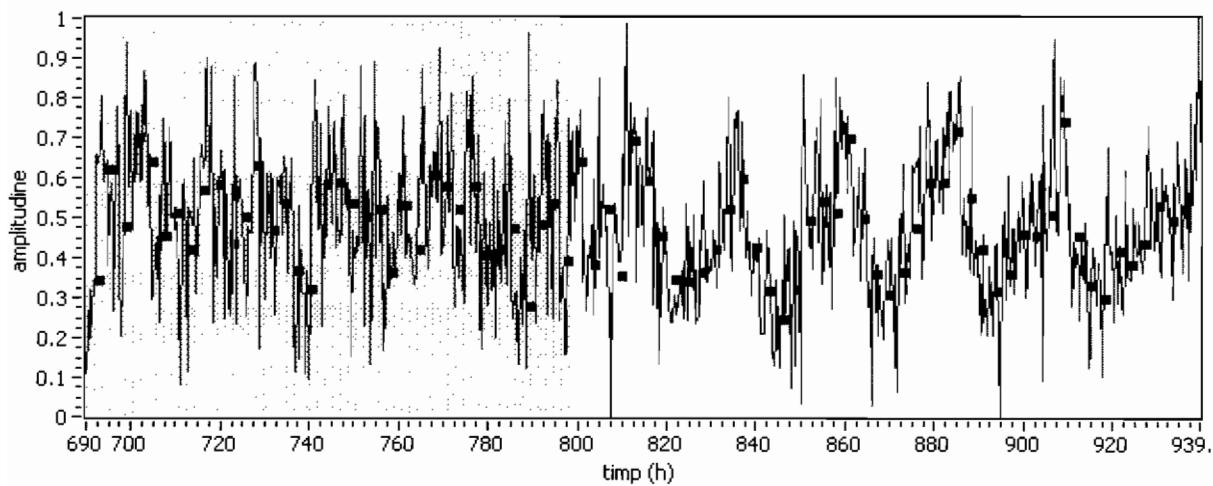


Fig. 9

V(%)

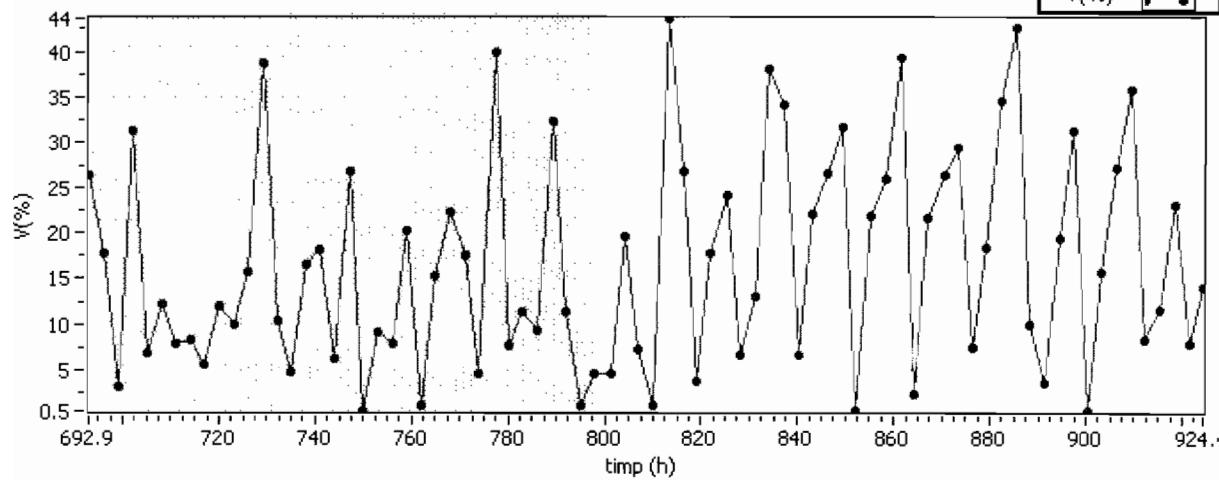


Fig. 10

2011-00294

04-04-2011

88

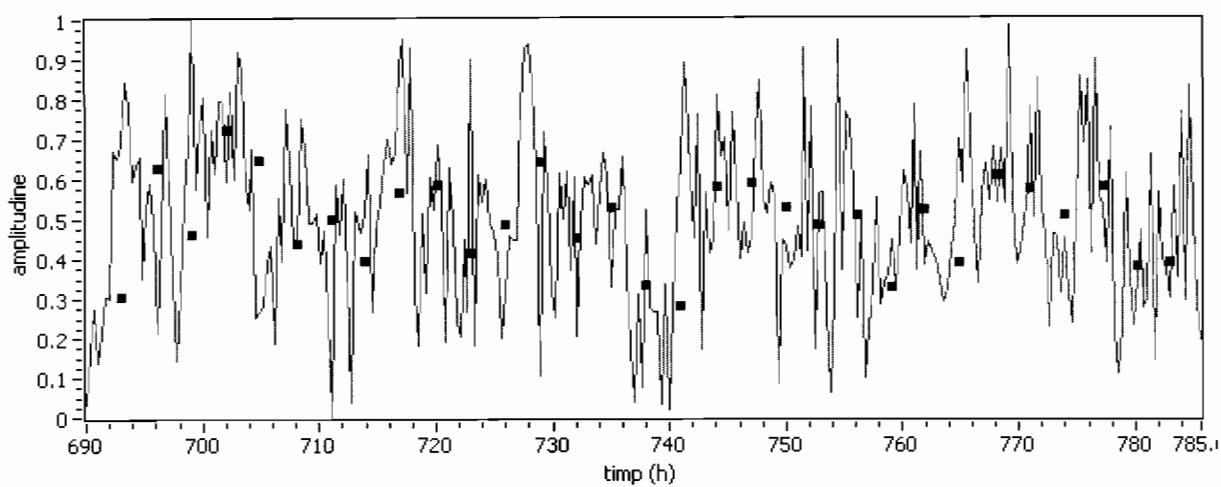
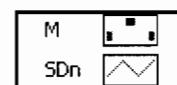


Fig. 11

spectru de putere

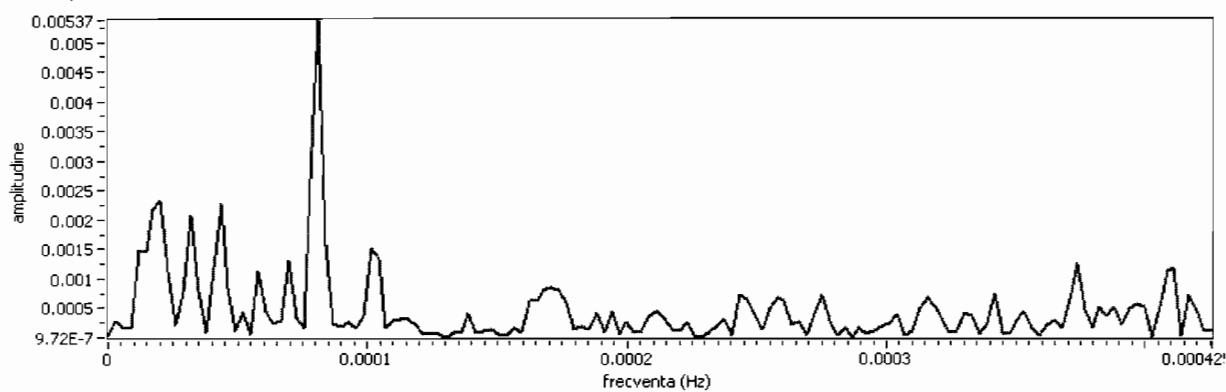


Fig. 12

CN-2011-00294--

04-04-2011

57

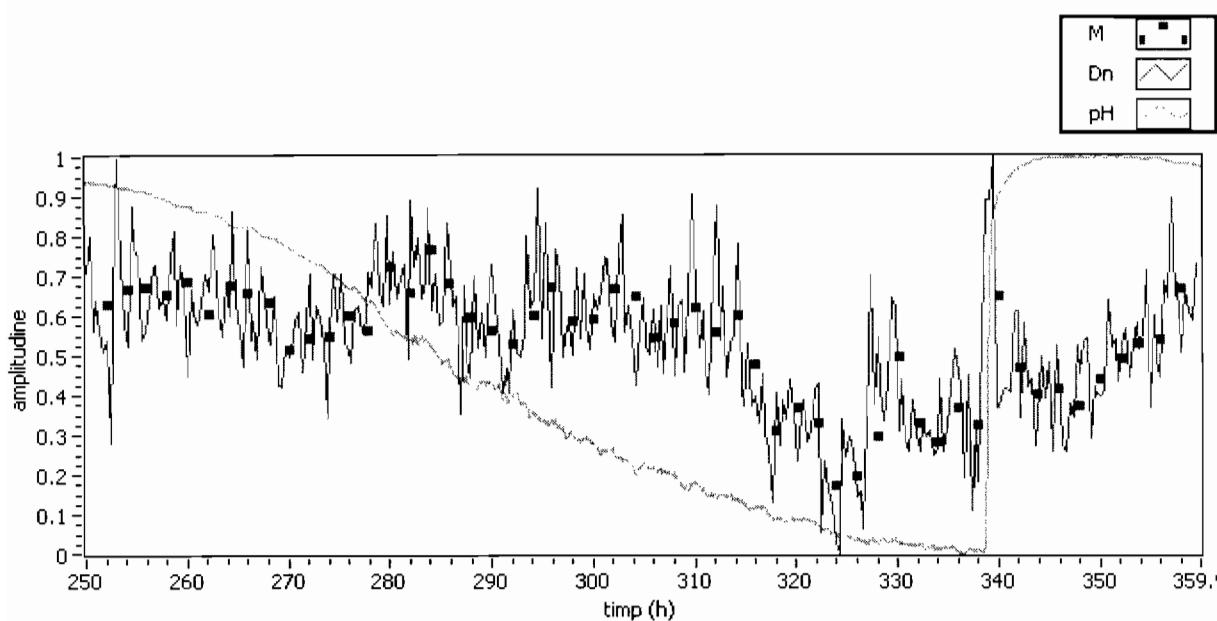


Fig. 13

0 - 2 0 1 1 - 0 0 2 9 4 - -
0 4 - 04 - 2011

56

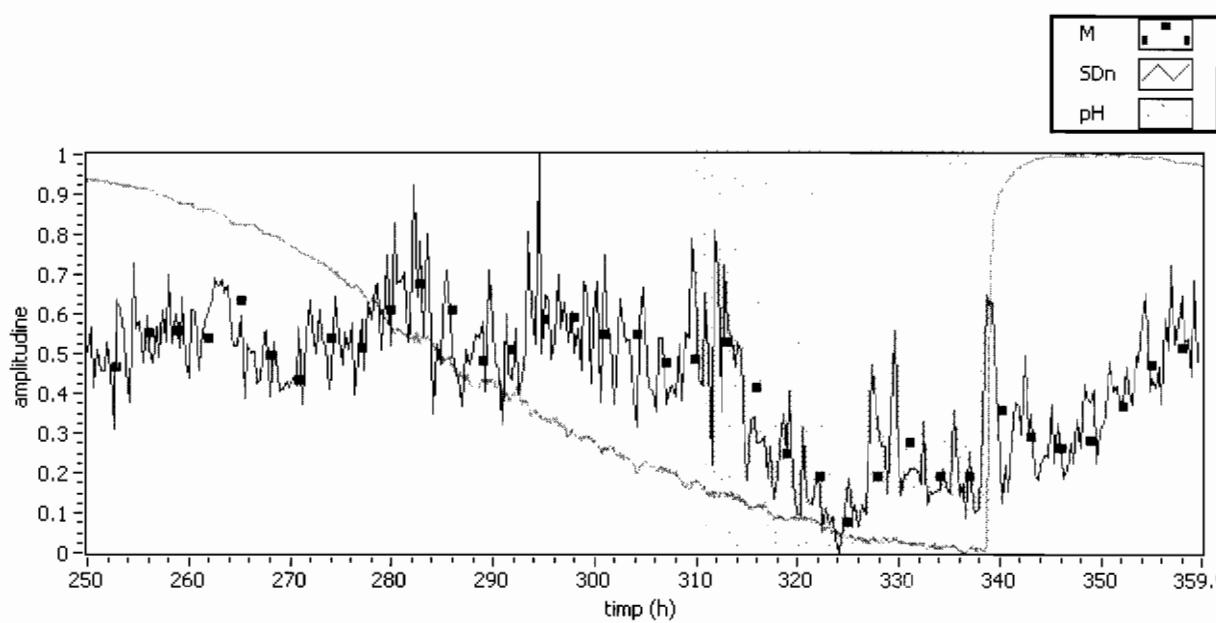


Fig. 14

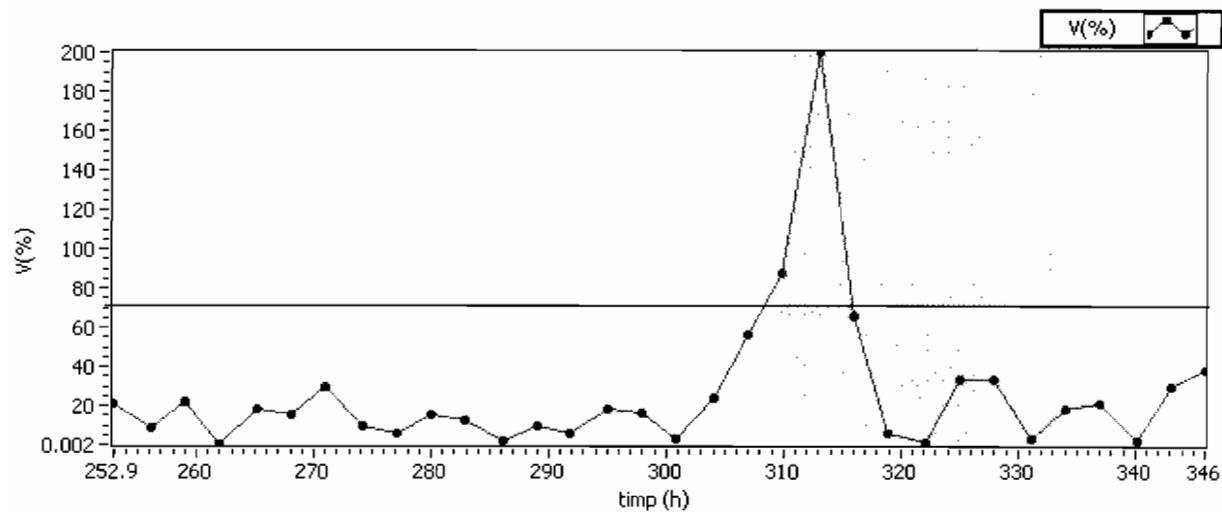


Fig. 15

a-2011-00294--

04-04-2011

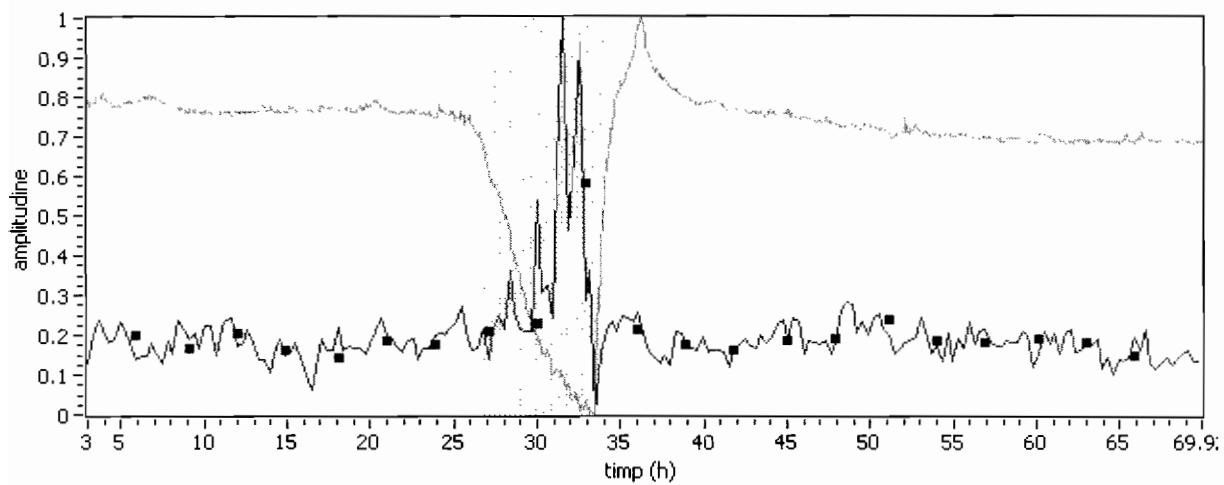
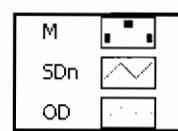


Fig. 16

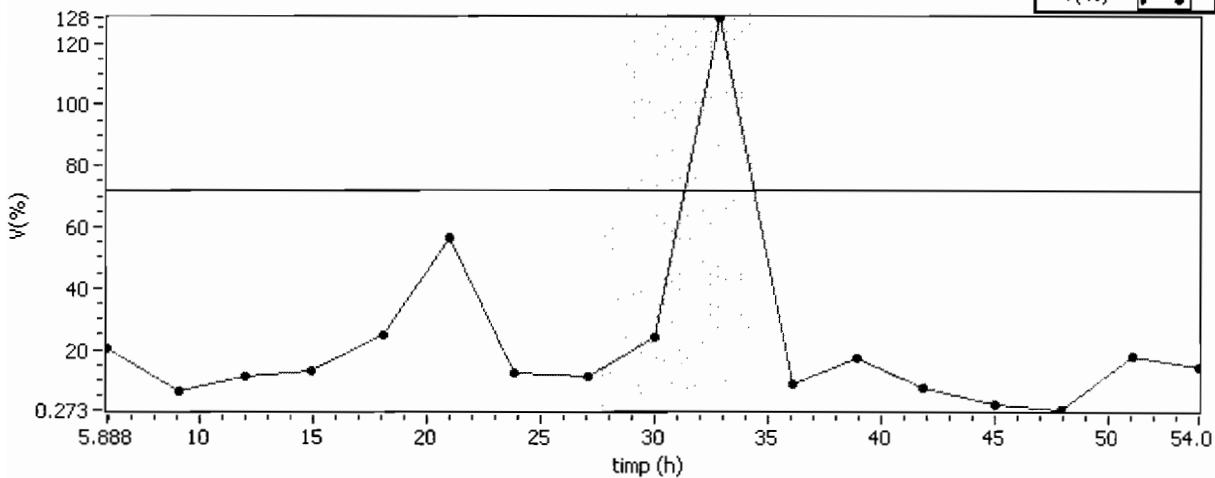
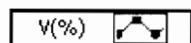


Fig. 17

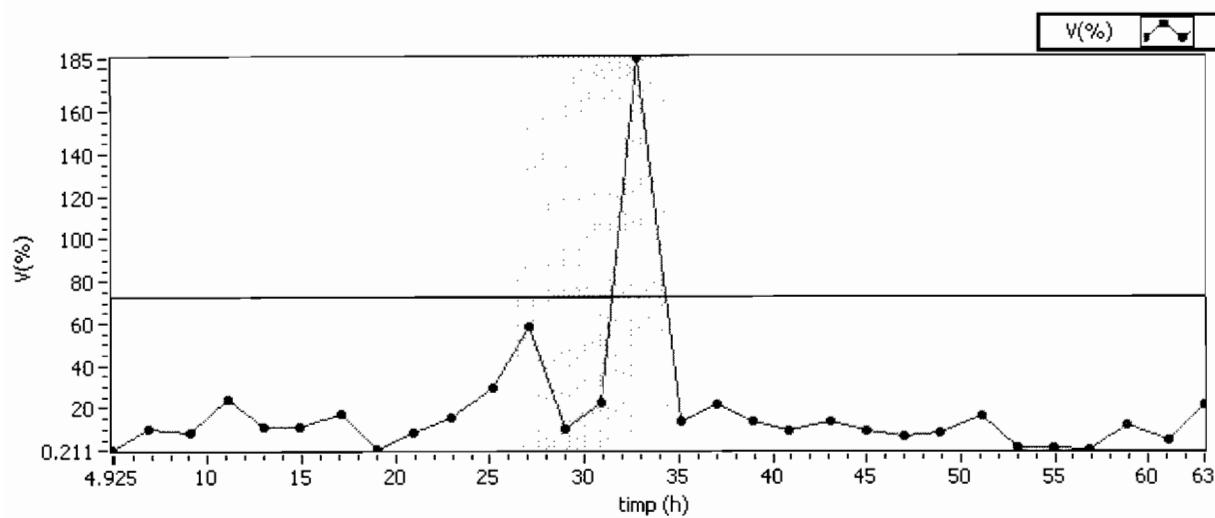


Fig. 18

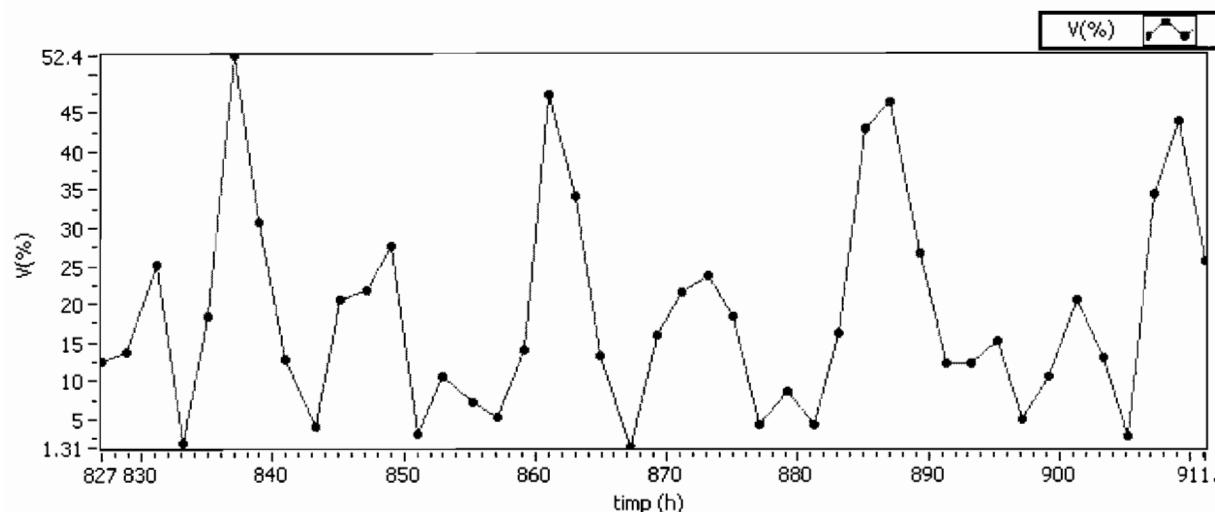


Fig. 19

2011-04-04 294 -

B

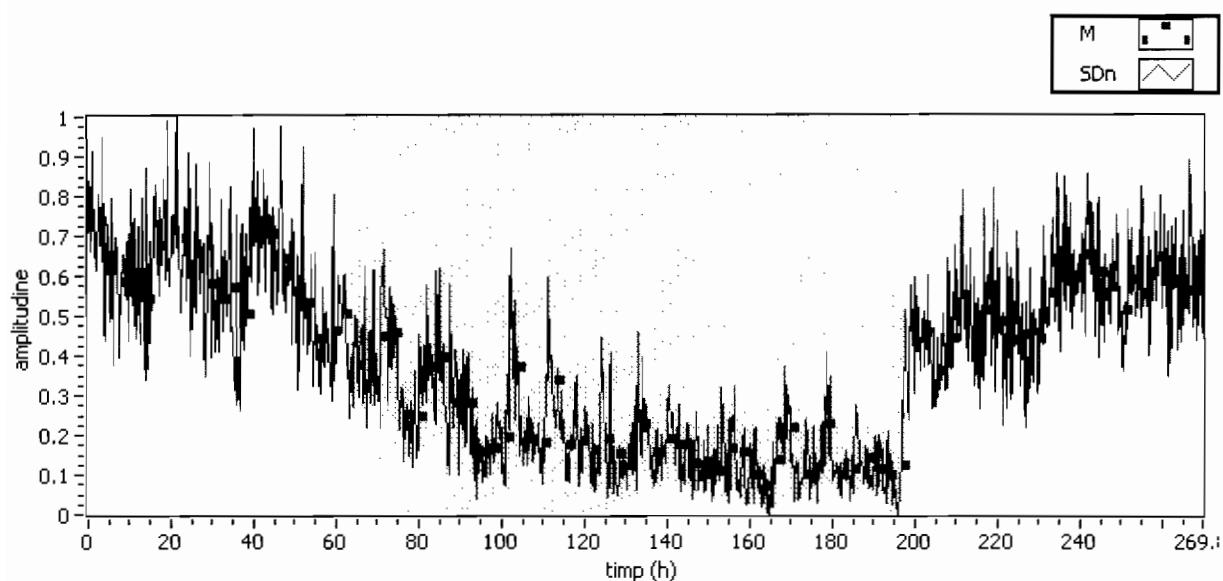


Fig. 20

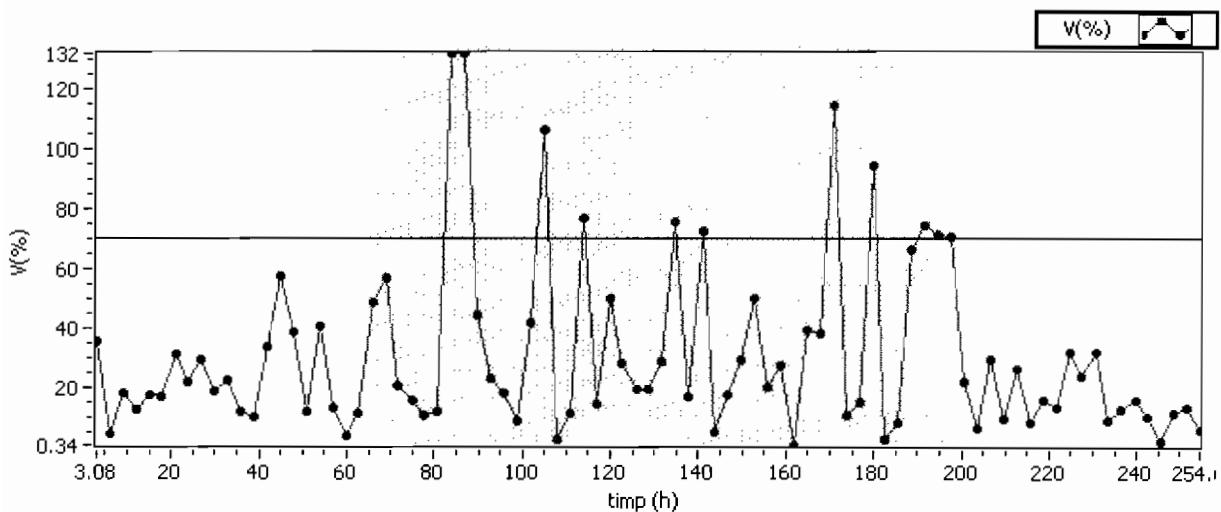


Fig. 21