

76

6

86

Estratto dagli *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali*  
e del *Museo Civico di Storia Naturale in Milano*  
Vol. XCVII, Fasc. IV (1958)

---

G. P. MORETTI - F. GIANOTTI - C. ROSSI

Ritmi nictemerali dell'ossigeno disciolto nelle  
acque preappenniniche del Fiume Metauro  
(Marche - Pesaro)



MILANO

—  
1958

**Giampaolo Moretti - Francesco Gianotti - Claudio Rossi**

---

RITMI NICTEMERALI DELL'OSSIGENO DISCIOLTO  
NELLE ACQUE PREAPPENNINICHE DEL FIUME METAURO  
(Marche - Pesaro) (1)

---

**Premesse.**

Che esista un ritmo nictemerale nella produzione e nel consumo dell'ossigeno disciolto negli ambienti lotici è un fatto ormai acquisito e ben documentato dalla letteratura idrobiologica (Butcher-Pentelow-Woodley, 1927; Whitney, 1942; Jaernefelt, 1949, ecc). Che questo ritmo trovi la sua origine nell'attività fotosintetica della consociazione algale del fondo potamico e nella consistenza della copertura biologica è altrettanto chiaramente accertato. Di quale ampiezza sia il respiro fluviale in alvei ciottolosi, con ampi greti che restano in secca nei periodi di magra e che vengono sommersi e sconvolti nei periodi di piena, questo risulta meno chiaramente indagato. Non sempre poi si insiste da parte del ricercatore sulla responsabilità da imputarsi al tratto del letto posto a monte della stazione di campionamento. E' ovvio che gl'insediamenti subacquei di idrofite e le tappezature di alghe verdi sui ciottoli fluviali facciano sentire la loro voce nel bilancio della produzione di ossigeno, nelle modificazioni della durezza temporanea e nelle variazioni della concentrazione idrogenionica di un'acqua corrente. Ciò avviene in misura proporzionale ai seguenti fattori principali: superficie del letto sommerso; spessore, massa, turbolenza, temperatura, trasparenza, velocità di deflusso delle acque fluenti; pressione barometrica ed estensione degl'insediamenti idrofiteici stessi. Ma il tasso di produzione di ossigeno in ambiente reico deriva sia dallo sviluppo locale, sia dalla produzione e dal consumo avvenuti a monte, cosicchè in una indagine di ossigena-

---

(1) Una parte del presente lavoro ha formato oggetto di tesi di laurea per uno di noi (C. Rossi) presso l'Università di Camerino.

zione idrica negli ambienti potamici non si può prescindere da una oculata scelta del tratto dell'alveo nel quale svolgere le indagini.

Nel presente lavoro si è cercato di cogliere le variazioni del contenuto di ossigeno, del grado idrotimetrico, del pH nel corso delle ore diurne e notturne seguendo l'andamento del fenomeno in un tratto fluviale abbastanza omogeneo per poter essere preso come esponente del settore preappenninico terminale del fiume marchigiano.

#### Cenni idrografici e geomorfologici.

Il fiume Metauro deve il suo nome alla confluenza di due modesti torrenti: il Meta e l'Auro, il secondo dei quali si origina a quota più elevata ed è di più lungo corso. Esso è considerato quindi il ramo sorgentifero ed ha le sue origini sulle falde orientali dell'Alpe della Luna, sul Monte Maggiore (m. 1348). La confluenza dei due torrentelli ha luogo a circa 50 Km. a monte del punto preso in osservazione.

Nel regime idrico del Metauro predomina l'influsso delle precipitazioni meteoriche che qualificano il tipo submediterraneo; si hanno cioè due colmi o piene corrispondenti agli equinozi con prevalenza però delle precipitazioni meteoriche primaverili dovuta allo scioglimento delle nevi che si sovrappone alle precipitazioni della fine d'inverno. Segue una lunga magra estiva che può raggiungere anche i 5 mesi, poi una piena autunnale che trapassa nella morbida (abbondanza d'acqua) invernale che dura dal novembre al febbraio (Tonio, 1939).

Nel suo tragitto il fiume si è scavato una valle trasversa, dapprima nel macigno intercalato a calcare alberese, poi nei terreni più recenti costituiti da arenarie mioceniche, quindi nella scaglia cinerea eocenica, in fine si snoda in ampi meandri incorniciati dai terreni pliocenici che si stendono fino al mare (Villa, 1951). La stazione coincide pertanto con il tratto terminale del corso preappenninico, quello che precede la facies subappenninica che si instaura da Monte Maggiore alla foce.

#### Descrizione della località.

La stazione è situata nel basso corso del fiume Metauro a circa 20 Km. a monte della sua foce, in località denominata Pian di Rose di Sant'Ippolito (Pesaro), a 75 m. di quota (Fig. 1) <sup>(1)</sup>. Il tratto di

<sup>(1)</sup> I dati topografici per la individuazione della stazione sono: F° 109 della carta d'Italia Serrungarina. II S.E.

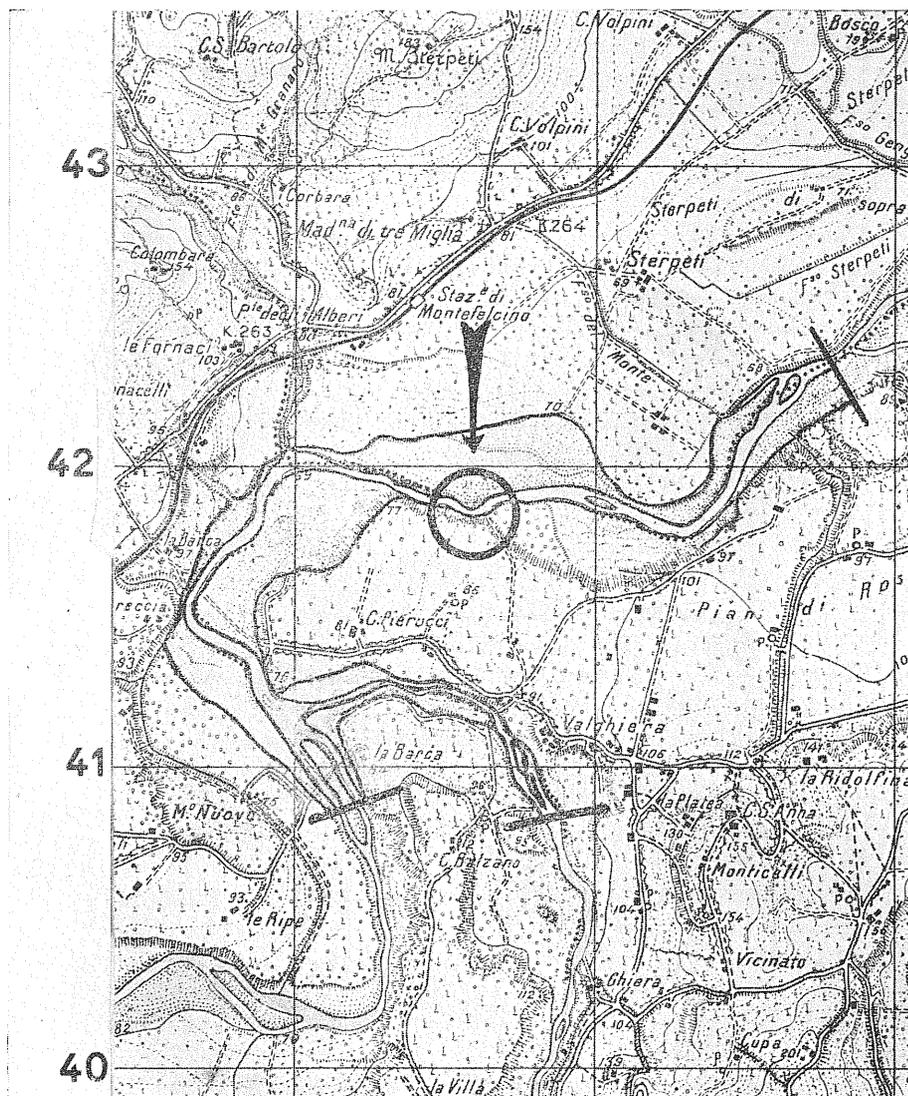


Fig. 1. — Tratto studiato del fiume Metauro. Le linee di sbarramento delimitano il settore illustrato nella cartina successiva (Fig. 2), il cerchietto con freccia la stazione esaminata (F° 109).

fiume esaminato è orientato da Ovest a Est, con alveo molto ampio (200-300 m.), fiancheggiato od in parte anche occupato da vegetazione arbustiva di salici, pioppi, ecc.. Il fondale è costituito da zone in prevalenza coperte da ciottoli di varie dimensioni intercalate da zone ricche di sabbia e banchi di argilla (Fig. 2, 3).

L'ampio alveo è scavato in sede alluvionale, con la sponda di destra soprelevata di 20 m. sul livello della corrente e precipite a forma di gradino (Tav. XIV, Fot. 5; Tav. XV, Fot. 7, 8, 11, 12) e quella di sinistra qua a dolce declivio, là con piccolo zoccolo emerso (Tav. XV, Fot. 9, 10). Il filone di corrente urtando contro il sedimento antico del fiume lo erode, lo fa franare ridepositando il ciottolame e la sabbia nell'alveo stesso, a spese del quale si guadagna il tortuoso tragitto verso valle (Tav. XIV, Fot. 4. Tav. XV, Fot. 8, 9, 10). A distanza le colline fiancheggiano la vallata.

La stazione è stata impostata su di un frangionde di ciottoli ingabbiati in rete metallica predisposti per disciplinare il corso del fiume e, come tale, adatta per i prelievi anche nei periodi di piena.

#### Metodi e tecnica.

I sopralluoghi, per un totale di 15 nel periodo compreso fra il marzo 1957 ed il maggio 1958, sono stati effettuati regolarmente in un giorno compreso nella terza decade di ogni mese, ad eccezione del primo che ha coinciso col termine della prima decade di marzo (1957) e del quarto che non ha potuto essere completato per sopraggiunte sfavorevoli condizioni atmosferiche e che per tal motivo non è stato incluso nell'elenco dei 15 sopralluoghi predetti. Si hanno così sessantadue dati per la pressione barometrica, per la temperatura dell'aria e dell'acqua e per il pH e sessanta per tutti gli altri fattori che venivano assunti quattro volte nello stesso sopralluogo. I valori di trasparenza, velocità di corrente, profondità e densità della biocenosi del fondo venivano misurati una sola volta al giorno e precisamente a mezzodì. Ogni volta si eseguivano i quattro prelievi scaglionandoli nella giornata secondo il seguente orario: il primo da 30' a 20' prima del sorgere del sole, il secondo alle ore 12, il terzo da 20' a 30' dopo la scomparsa del sole all'orizzonte, il quarto alle ore 24. In ogni sopralluogo venivano assunti i seguenti valori (1):

(1) Tutte le misurazioni dei fattori ecologici indicati nelle tabelle e nei diagrammi sono state effettuate nella stazione 1 (v. Tav. XIV: Fot. 1 e 2).

Fiume METAURO : località Pian di Rose di Sant'Ippolito (Pesaro)  
 Particolare scala 0 300 m.

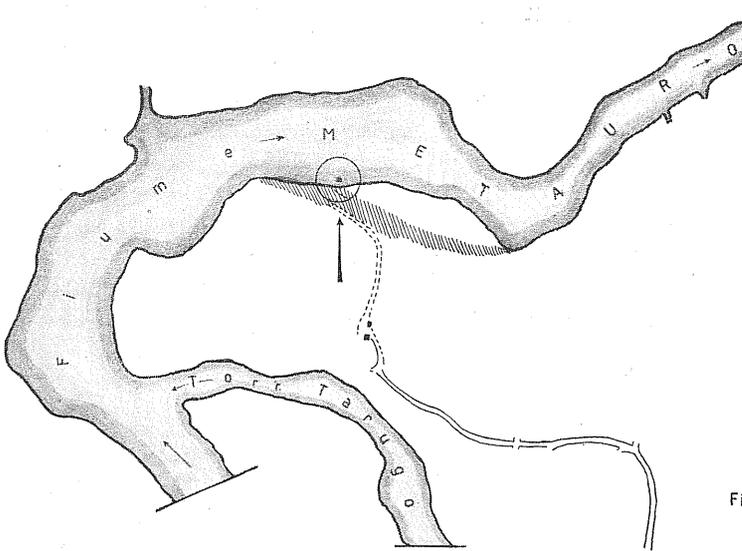


Fig. 2

Fig. 2.

Fiume METAURO : località Pian di Rose di Sant'Ippolito  
 (Pesaro)  
 Angolazione direzionale panoramica  
 delle singole documentazioni fotografiche

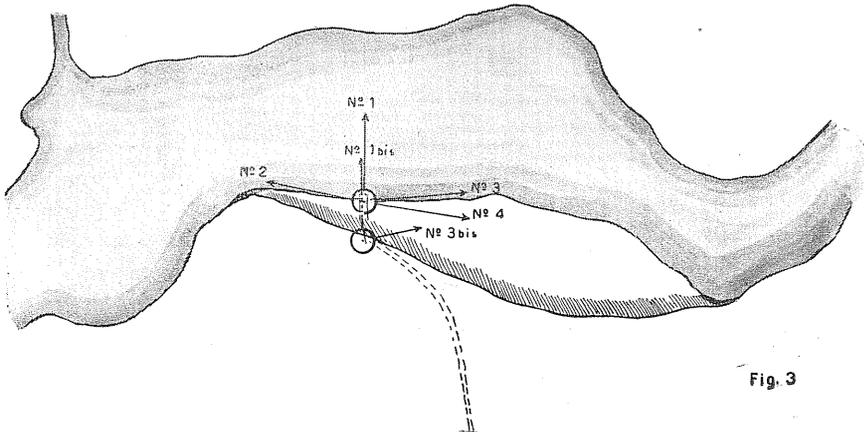


Fig. 3

Fig. 3.

1°) *Pressione barometrica*, sul posto, con barometro altimetro.

2°) *Temperatura dell'aria* in C°.

3°) *Temperatura dell'acqua* in C°.

4°) *Ossigeno* (reale, teorico e percentuale del valore di saturazione), con il metodo di Winkler. Le bottiglie da 250 cc. venivano riempite direttamente per immersione del recipiente, promovendo un prolungato ricambio dell'acqua ed equilibrando la temperatura della bottiglia con quella dell'acqua del fiume. In luogo dell'HCl fumante si usava  $H_2PO_4$  per evitare gli errori di titolazione dovuti al ferro presente nelle acque del fiume. I reagenti (KJ + NaOH ed il  $MnCl_2$ ) venivano usati in ragione di 3 cc. ciascuno e non di 1 cc. come talvolta consigliato.

5°) *pH*, con metodo colorimetrico.

6°) *Grado idrotimetrico*, espresso in gr. franc. di durezza (totale, temporanea e permanente); era misurato con metodo Bouton-Boudet e controllato con metodo complessometrico (Idrimer C. E.).

7°) *Trasparenza*, con lastra di celluloidi bianca rettangolare 6 X 9; adattamento del metodo Secchi alle acque correnti.

8°) *Velocità di corrente*, calcolata su un percorso di m. 25 con galleggiante in superficie. Questo procedimento, meglio del tubo di Pitot e del correntometro, mette in evidenza i risucchi, i gorgi e le correnti turbolente con effetto refluo, la cui importanza nel rimescolio dell'aria con l'acqua, e quindi nel giuoco meccanico che governa la saturazione dell'ossigeno, è intuitiva.

9°) *Profondità* dell'acqua, con scandaglio metallico influitabile.

10°) Campionamento della copertura biologica del fondo per spazzolamento e lavaggio in bacinella di ciottoli scelti fra quelli di maggior pezzatura. Il materiale veniva subito fissato in formalina al 6%.

#### Discussione.

Il fiume Metauro, in località Pian di Rose di Sant'Ippolito, scorre in alveo ciottoloso del tutto privo di idrofite radicate al fondo. Il letto s'inverdisce solo occasionalmente nei mesi estivi ad opera di un esteso insediamento di *Spirogyra*. Negli altri mesi dell'anno appare privo di copertura algale e macrofitica, talvolta ricoperto da un leggero strato di limo.

I fattori ambientali, inseguiti nelle loro oscillazioni mese per mese, hanno fornito i risultati che qui vengono discussi (<sup>1</sup>).

*Pressione barometrica.* Ha subito oscillazioni comprese entro 18 mm. della colonna di Hg, con un minimo di 753 (23-VIII-1957, al tramonto) ed un massimo di 771 (28-I-1958 all'alba, alle ore 12 e alle 24); a questi due valori corrispondono rispettivamente 85,1% e 93,2% del v.s. di ossigeno (Tabella 1).

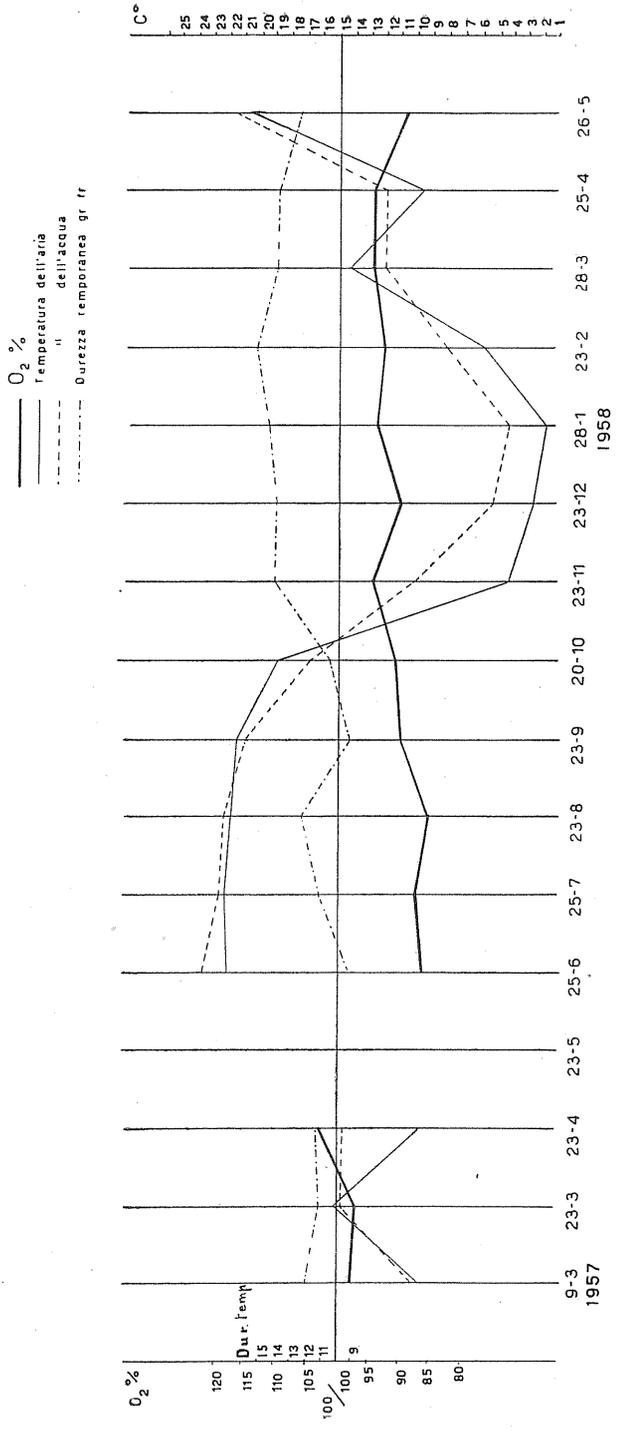
Troppe concause intervengono nell'influenzare il semplice meccanismo della solubilità dell'ossigeno in dipendenza della pressione barometrica perchè il fenomeno possa emergere, con la desiderabile chiarezza, dalle sessanta misurazioni eseguite nel corso dell'indagine sulle acque del fiume Metauro. In natura, le oscillazioni termiche, la turbolenza, la trasparenza, la profondità, la massa dell'acqua, la luminosità, la natura del fondo, il chimismo generale del mezzo idrico, ma soprattutto la copertura biologica, interferiscono, si sovrappongono in varia guisa, mascherando la linearità del giuoco fisico: pressione barometrica → solubilità del gas. D'altra parte le variazioni della pressione barometrica nel corso della stessa giornata non sono state mai così elevate nè improvvise da lasciar scorgere un rapporto diretto tra oscillazione delle percentuali dei valori di saturazione di ossigeno e pressione barometrica.

Le osservazioni condotte giungono tuttavia ad evidenziare una globale dipendenza del contenuto di ossigeno nelle acque dalla pressione barometrica, in quanto a pressioni maggiori corrispondono alte percentuali del valore di saturazione di ossigeno ed a pressioni minori percentuali più basse.

*Temperatura.* Com'era logico attendersi, le oscillazioni termiche dell'aria sono risultate sempre più forti di quelle dell'acqua, sia nel corso delle stagioni, sia nell'ambito della durata del singolo sopralluogo. Dai dati esposti nella Tabella 1<sup>a</sup> e dalle curve delle medie indicate nel Diagramma 1 emerge tuttavia lo stretto condizionamento termico che l'atmosfera esercita sulla massa idrica fluente, per modo che le due curve decorrono assai accostate l'una all'altra con vertici ed avvallamenti naturalmente più addolciti per il profilo termico del fiume. La

---

(<sup>1</sup>) Nei diagrammi e nella tabella dei dati dei valori ecologici (tabella 1) il mezzogiorno e la mezzanotte vengono indicate con le ore 12 e 24; l'alba ed il tramonto come tali, dato il variare dell'ora nei diversi mesi.



Diagr. 1. — Oscillazioni di O<sub>2</sub> %, temperatura dell'aria, temperatura dell'acqua e durezza temporanea registrate nei singoli sopralluoghi mensili. Medie desunte dai quattro reperti nicotemerali.

rapida risposta dell'acqua alle oscillazioni di temperatura dell'aria è funzione palese della profondità, della superficie e della velocità di corrente del filone, oltrechè della estensione del tratto fluviale subappenninico e della direzione dei venti. Il fenomeno si svolge in funzione diretta: della superficie dello specchio corrente, della direzione dei venti e della larghezza della valle; ed in funzione inversa: della profondità, della velocità di corrente e del volume di deflusso. Si discuterà più avanti il rapporto che intercorre fra le oscillazioni termiche ed il contenuto in ossigeno dell'acqua nel corso del giorno e della notte, ma i dati riportati nella Tabella I insegnano che la produzione di ossigeno da parte del fiume si modella sul profilo termico anzichè avere decorso inverso come dovrebbe avere secondo la legge della solubilità del gas nell'acqua. Questo per quanto riguarda la pulsazione giorno notte, mentre il calcolo delle medie globali di ciascun sopraluogo nei vari mesi dell'anno denuncia l'aumento dell'ossigeno nei mesi più freddi e la diminuzione nei mesi più caldi (Diagr. 1). I dati presi isolatamente non collimano sempre con l'andamento teorico del fenomeno; infatti, la temperatura più bassa toccata dall'acqua corrisponde a uno dei minimi delle percentuali del valore di saturazione 77,1% e la temperatura più alta raggiunta dal fiume è accompagnata da un valore di lieve soprassaturazione (<sup>1</sup>). La chiave delle fluttuazioni dell'ossigeno disciolto non sta però nel confronto fra questi valori, ma nei processi di fotosintesi che verranno più avanti discussi.

Il fattore temperatura giuoca quindi un ruolo più vistoso e determinante di quello della pressione barometrica sull'andamento del tasso di ossigeno disciolto nell'acqua. Nel corso dei 15 sopraluoghi il minimo della temperatura è stato rispettivamente di  $-2^{\circ},2$  per l'aria (28-I-1958 alle ore 24) e di  $+1^{\circ}$  per l'acqua (23-12-1957 all'alba); i massimi sono stati invece di  $32^{\circ}$  (25-VII-1957 alle ore 12) e di  $25^{\circ},7$  (25-VI-1957 alle ore 12).

*Ossigeno.* I dati fin ad ora raccolti denunciano tre tipi di oscillazioni dell'ossigeno disciolto nell'acqua: uno stagionale, uno mensile ed uno nictemerale. Di questi solo il terzo manifesta assoluta e costante simmetria nel decorso del fenomeno; gli altri due, pur diffe-

---

(<sup>1</sup>) E bensì vero che un'altro minimo del % v. s. di  $O_2$  concomita con un periodo estivo di elevata temperatura dell'acqua ( $O_2$  % v. s. = 77,1;  $C^{\circ}$  = 20,5; 25-VII-57).

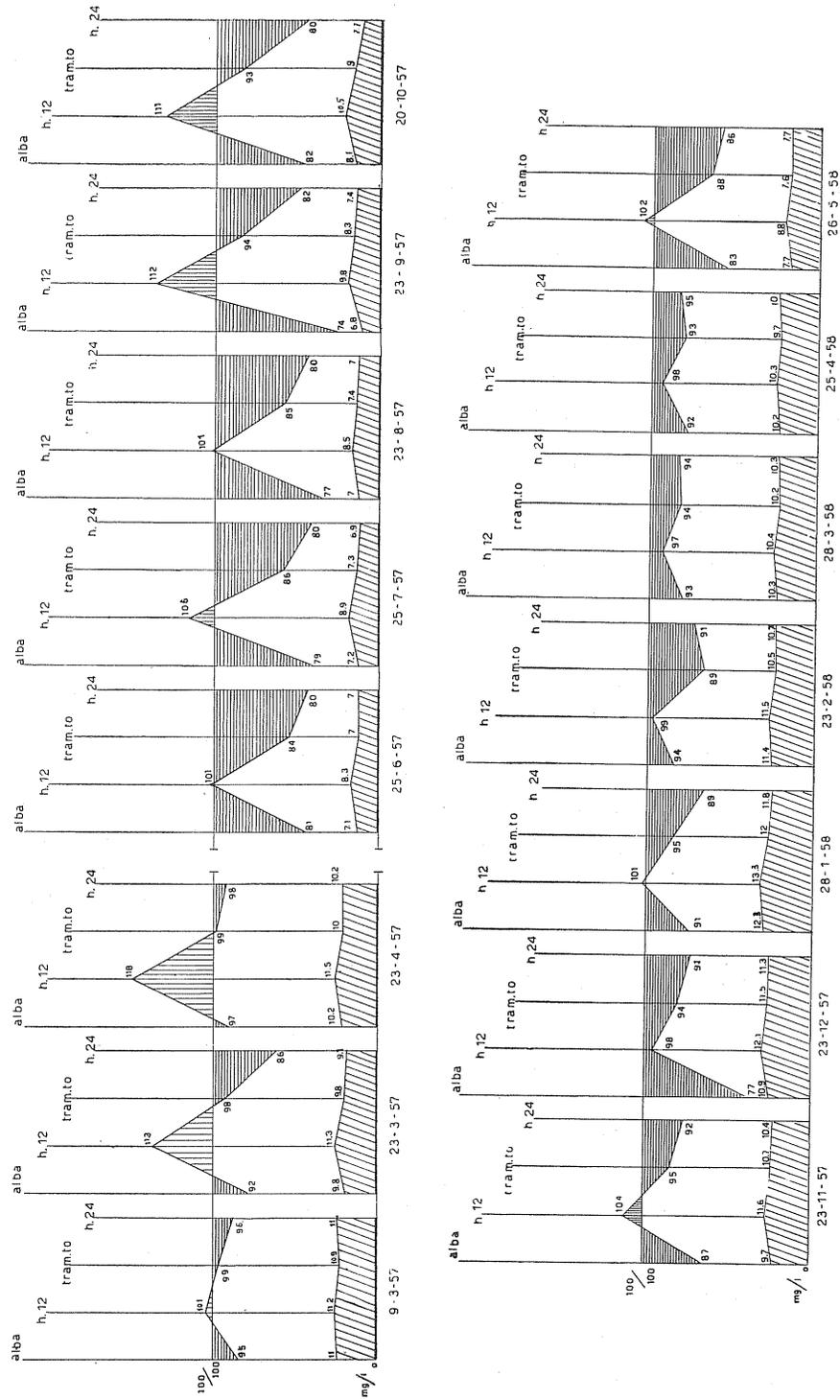
renziandosi nell'ambito delle loro oscillazioni, soggiacciono ad un numero troppo elevato di fattori variabili per potersi ripetere con puntuale fedeltà da un anno all'altro. Queste variabili sono le stesse che concorrono a rendere complessa l'interpretazione dei fattori ambientali precedentemente discussi. E poichè il tasso di ossigeno costituisce la spia più sensibile dell'alterno o del sovrapposto giuoco dei fattori che entrano nel bilancio chimico-fisico e biologico del corso d'acqua, si capisce come l'interpretazione dei dati raccolti assuma aspetti di particolare delicatezza. Discutiamo dapprima la possibilità di evidenziare l'incostanza dell'ossigeno disciolto nell'ambito dei reperti stagionali.

In primavera si sono avuti due modelli di curve: uno con forti sovrasaturazioni, l'altro con persistenti sottosaturazioni dell'acqua. Il primo riguarda la situazione del 1957, il secondo quella del 1958 (Diagr. 2, per i mesi corrispondenti) <sup>(1)</sup>. I tre sopralluoghi del marzo e dell'aprile della prima annata hanno fatto registrare costantemente punte di fugace sovrasaturazione, progressivamente più marcate (da 101 a 118%), mentre i due sopralluoghi condotti nei corrispondenti mesi della successiva annata hanno denunciato valori massimi inferiori al 100% (da 97 a 98%). Queste differenze trovano agevole interpretazione nell'incostanza climatica e nella irregolarità del regime fluviale nel corso degli anni. I dati termometrici raccolti nella Tabella 1 ne sono un chiaro esempio. Da essi risulta che i sopralluoghi della primavera del 1958 non hanno fornito gli stessi valori di quelli dell'anno precedente. Infatti la media dei reperti di temperatura del 28 marzo e del 25 aprile del 1958 è apparsa più bassa della corrispondente media dei dati desunti dai sopralluoghi del 23 marzo e del 23 aprile del 1957: C° 12,1 contro C° 14,3.

La dotazione termica inferiore non poteva non indurre un ritardo nella fioritura algale della fitocopertura del fondo e di conseguenza un più contenuto tasso di ossigeno nell'acqua sovrastante. La Tabella 2 mette infatti in chiaro la lieve densità di popolazione diatomologica alla fine del marzo del 1958 mentre alcune di queste alghe lussureggiavano all'avvento della primavera del precedente anno.

---

<sup>(1)</sup> Nel diagramma 2 i valori riguardanti le percentuali di saturazione sono stati arrotondati.



Diagr. 2. — Oscillazioni del contenuto di O<sub>2</sub> dall' 'alba a mezzanotte per ciascun mese, dal marzo del 1957 al maggio del 1958 (mgr./l e % v. s.).

Vale intanto la pena di fissare subito l'attenzione sul seguente specchio:

Ora	23 - III - 1957				25 - III - 1958			
	T°	T° media	O <sub>2</sub> mgr/l	O <sub>2</sub> media	T°	T° media	O <sub>2</sub> mgr/l	O <sub>2</sub> media
Alba	12,6		9,83		11		10,29	
h 12	15,4	14,1	11,32	10	12,5	11,7	10,36	10,3
Tram.to	15,3		9,8		10,15			
h 24	13,2		9,06		10,3			
	23 - IV - 1957				25 - IV - 1958			
Alba	13		10,24		11		10,23	
h 12	16,5	14,5	11,52	10,5	13	12,6	10,3	10,05
Tram.to	15,5		9,97		9,7			
h 24	13,2		10,24		10			

Esso mette infatti in evidenza che nei sopralluoghi del marzo e dell'aprile del 1957 le temperature sono state più elevate e le curve giornaliere del contenuto di ossigeno hanno avuto un andamento caratterizzato da forti sbalzi, mentre nei sopralluoghi dei corrispondenti mesi del 1958 temperatura e contenuto in ossigeno sono risultati sensibilmente più omogenei. Risulta inoltre che le medie termiche dei due sopralluoghi della primavera del 1957 superarono i 14 C° mentre quelle dell'anno successivo oscillarono intorno ai 12 C° ed il tasso medio di ossigeno si mantenne invece all'incirca uguale per tutti e quattro i sopralluoghi.

Proseguendo nell'esame del tasso stagionale del gas disciolto si nota che la sovrasaturazione estiva è stata, almeno per i sopralluoghi del 1957, estremamente modica avendo oscillato fra 101 e 106% del valore di saturazione e questo a dispetto della densa copertura biologica del fondo, che peraltro non va disgiunta dai più accesi fenomeni catabolici e putrefattivi del fondale sommerso, fenomeni notoriamente mortificanti la riserva di ossigeno prodotto dalla fotosintesi; nè era ancora comparsa la ingente tappezzatura di *Spirogyra* che farà segnare sovrasaturazioni molto rilevanti nei mesi autunnali (112-104%).

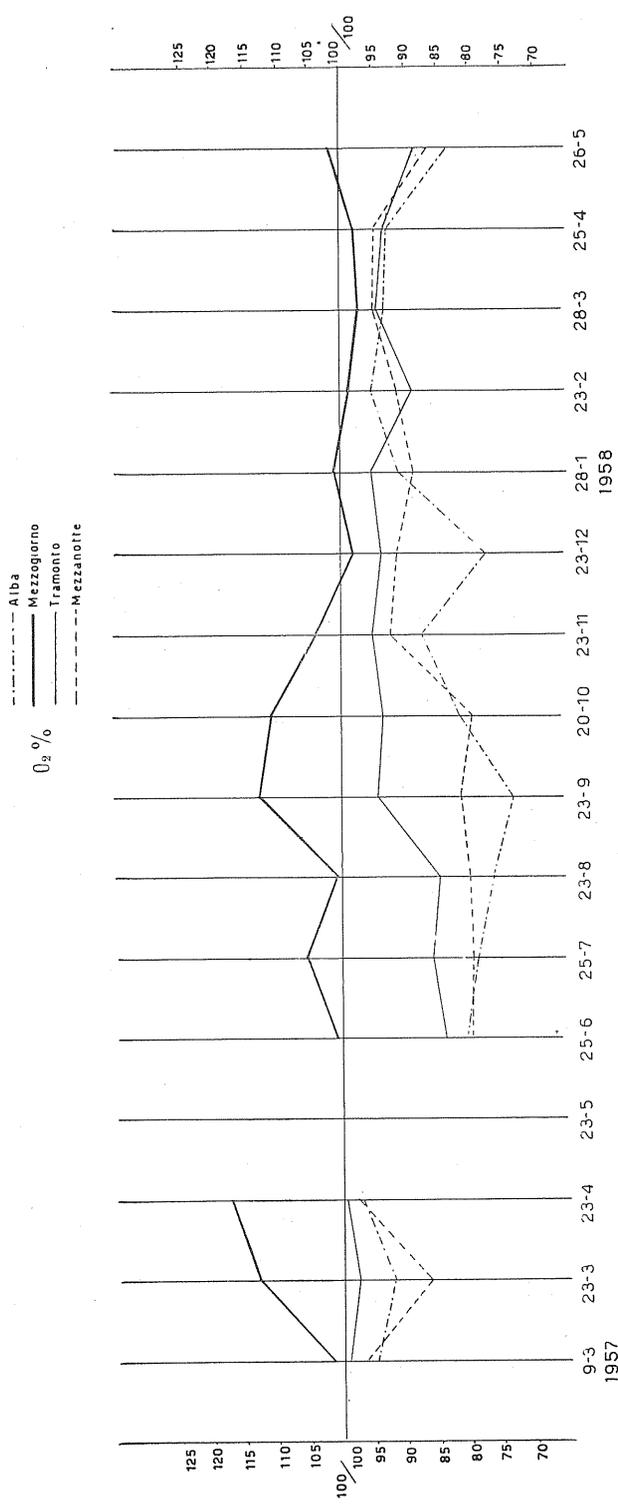
L'avvento dell'inverno riporta le acque del Metauro preappenninico alle sottosaturazioni od alle modestissime ed episodiche sovrassaturazioni (101%) dominate dalla maggiore torbidità, e quindi, dalla minore insolazione dei ciottoli del fondo pur popolati da alti contingenti algali (Tabella 2).

Passando ora ad esaminare i ritmi mensili dei tenori di ossigeno, si può rilevare come il mese che ha dato minime oscillazioni nel corso della stessa giornata sia stato il marzo del 1958, con un divario del 4% sui valori registrati nel sopraluogo del giorno 28, ed il mese che ha fornito le massime fluttuazioni sia stato invece il settembre del 1957, con una differenza del 38% sui tenori della giornata del 23. Va rilevato però, come già è stato detto, che il 23 di marzo del 1957 l'oscillazione della percentuale del valore di saturazione fu assai più ampia avendo toccato il 27%; ma questa differenza è stata già spiegata nelle considerazioni precedentemente esposte.

Il fenomeno più vistoso e regolare delle variazioni dell'ossigeno disciolto è tuttavia quello che viene illustrato dalle curve dei valori di saturazione comprese nel ritmo nictemerale.

I dati espressi nella tabella 1 ed i grafici parziali con essi costruiti (Diagr. 2) collimano infatti nell'evidenziare un costante aumento dell'ossigeno dall'alba al mezzodì, una palese diminuzione dal mezzodì al tramonto ed un prevalente decremento dal crepuscolo alla mezzanotte in tutti i sopraluoghi effettuati mensilmente nella stazione di repere del corso preappenninico del fiume Metauro.

Le quattro letture effettuate nelle ore comprese tra il sorgere del sole ed il cuore della notte lasciano discernere che vi è un'ora in cui la quantità di ossigeno presente nell'acqua tocca il suo massimo e che quest'ora è infallibilmente determinata dallo scorcio di tempo in cui l'illuminazione solare è più intensa. Questo incremento è riconoscibile sia nella valutazione del contenuto effettivo di ossigeno (mgr./l) sia nel computo delle percentuali del valore di saturazione. Che l'aumento superi il 100% del valore di saturazione o che non lo raggiunga affatto è sempre a mezzogiorno che i reperti concordano nel mettere in mostra il vertice del tasso di ossigeno. Riportando in un grafico (Diagr. 3) le variazioni delle percentuali dei valori di saturazione corrispondenti a ciascun sopraluogo e collegandole tra loro, si ottengono quattro profili differenti così ripartiti.



Diagr. 3. — Le quattro curve delle variazioni delle percentuali dei valori di saturazione dell'ossigeno all'alba, a mezzogiorno, al tramonto e a mezzanotte nei 15 controlli dell'annata 1957-1958.

Il primo (linea a tratto-punto) indica l'andamento della percentuale di ossigeno nelle ore antelucane. Questa, sempre decorrente al di sotto della linea orizzontale che indica il 100% del valore di saturazione, segna i valori di norma più bassi specialmente nei mesi estivo-autunnali che sono quelli in cui sono più intensi i processi fermentativi e putrefattivi. Nel periodo invernale e dell'inizio della primavera la curva tende ad avvicinarsi al valore di saturazione evidentemente però non per cause imputabili alla fotosintesi, ma unicamente al giuoco meccanico della cattura e della trattenuta dell'aria da parte dell'acqua. Nella primavera torna infatti a discostarsi.

Il secondo (linea continua più marcata), quasi costantemente al di sopra della riga orizzontale che segna il 100% del valore di saturazione, indica i valori del mezzogiorno con massimi corrispondenti, come è stato detto, alla primavera ed all'autunno del 1957 e con minimi concomitanti con la primavera del 1958 per le ragioni precedentemente esaminate.

Il terzo (linea sottile continua) indica le fluttuazioni delle percentuali nelle ore del tramonto. Come quello dell'alba, anche questo decorre costantemente al di sotto della linea di equilibrio dei valori di saturazione, discostandosene maggiormente nei mesi estivi ed avvicinandosi in quelli invernali e primaverili. Le percentuali v. s. del tasso di ossigeno nelle ore crepuscolari sono peraltro quasi costantemente più alte di quelle dell'aurora.

Il quarto, infine, (linea a tratto) contrassegna il decorso del fenomeno per i valori della mezzanotte. Il profilo può dirsi intermedio tra quello dell'alba e quello del tramonto, documentando così la graduale perdita della iperproduzione di ossigeno del mezzogiorno già mortificatasi nelle ore serali ed avviata all'esaurimento che culmina con le ore dell'alba. Il più basso livello seguito dalla curva dell'ossigeno notturno ed antelucano ricalca fedelmente il contrarsi del profilo termico corrispondente alle ore afotiche. Se dunque il tasso di  $O_2$  non solo non aumenta, ma persino non cessa di scemare malgrado l'abbassarsi della temperatura, ciò significa che esso dipende essenzialmente dall'azione clorofilliana.

Facendo ora le medie degli scarti di ossigeno dall'alba alla notte, comprensive della somma dei sopraluoghi delle singole stagioni, si ottiene il seguente quadro sinottico:

Stagione	Mese	Minimo O <sub>2</sub> ‰	Massimo O <sub>2</sub> ‰	Differ.	Media stag.
Primavera	Marzo	94,7	101,4	6,7	17,9
	Marzo	86,4	112,9	26,5	
	Aprile	97,2	117,6	20,4	
Estate	Giugno	80,1	100,7	20,6	23,5
	Luglio	79,1	105,6	26,5	
	Agosto	77,1	100,6	23,5	
Autunno	Settembre	73,8	112,3	36,5	28,1
	Ottobre	79,8	110,8	31	
	Novembre	87	103,7	16,7	
Inverno	Dicembre	77,1	97,8	20,7	14,2
	Gennaio	88,6	100,6	12	
	Febbraio	88,6	98,6	10	
Primavera	Marzo	93,1	97,2	4,1	9,1
	Aprile	92,5	97,6	5,1	
	Maggio	83,3	101,6	18,3	

Da cui risulta che la media stagionale deducibile dai valori di saturazione si aggira sui valori minimi in primavera (per ambedue gli anni) e nell'inverno, mentre tocca i massimi d'estate e d'autunno quando i processi fotosintetici, mascherati o no da quelli della decomposizione, sono da ritenersi più elevati.

Concludendo, le prove che testimoniano che la fotosintesi algale è la causa determinante dell'aumento del tenore di ossigeno disciolto, nelle ore di massima illuminazione del fondo fluviale del Metauro, sono quindi le tre seguenti:

1) Massimi apporti di sovrasaturazione autunnale concomitanti con la fioritura dell'ambiente bentonico ad opera delle Spirogire.

2) Costanza della sottosaturazione nell'inverno e nella primavera del 1958.

3) Ampie oscillazioni estive con minimi e massimi tra loro fortemente distanziati in corrispondenza della notte e del giorno. Apparentemente militerebbe contro l'elemento determinante dell'attività fotosintetica la sottosaturazione estiva, infirmata peraltro dalla ampiezza delle fluttuazioni nell'ambito della saturazione stessa.

Si ritiene quindi sufficientemente dimostrata l'organicazione del carbonio di competenza algale anche in un fiume a fondale ciottoloso, incostante e privo di tappeti macrofitici sommersi. Il limo, la sabbia, lo sconvolgimento del greto sommerso, non giungono quindi in nessun periodo dell'anno, a cancellare totalmente il fenomeno legato alla attività clorofilliana o dei pigmenti fotosintetici che si concreta con lo sviluppo di ossigeno. Molto più difficile invece è separare le responsabilità imputabili al puro giuoco del rimescolamento aria-acqua nell'ambiente potamico, intervenendo in questo caso tutti quei fattori che furono per primi additati quali concause del processo.

*Il pH.* Le oscillazioni della concentrazione idrogenionica, quando siano sufficientemente ampie e chiaramente vincolate alla illuminazione solare del mezzo idrico, possono sussidiare le indagini miranti a stabilire la presenza di un processo fotosintetico in seno ad un corso d'acqua. La reazione del mezzo, così come ci è apparsa nella serie delle osservazioni scaglionate nel corso del giorno e della notte, è tuttavia rimasta troppo contenuta nelle sue fluttuazioni per poter venire in aiuto nell'interpretazione del processo di organicazione del carbonio nel corso dell'anno. I valori registrati sono stati talvolta contraddittori, oltre che troppo omogenei. Malgrado ciò si può scoprire nella serie dei dati indicati dalla Tabella 1 un accenno non trascurabile ad una reazione meno alcalina corrispondente alla stagione invernale.

La concentrazione idrogenionica del fiume Metauro, nel corso preappenninico indagato, si aggira quasi regolarmente per tutto l'anno su valori compresi fra 7,7 e 7,8, con una netta prevalenza dei primi sui secondi tanto che si può dire che le acque del Metauro hanno un pH medio di 7,7. Ma, a partire dal dicembre, il pH subisce un evidente abbassamento che lo porta a valori pari a 7,4. Tale stato di cose prosegue immutato a gennaio, ma dal febbraio si assiste ad una rimonta dei valori che cominciano a salire a 7,6 per poi tornare a 7,7 in marzo, ridiscendere lievemente in aprile e risalire infine stabilmente a 7,7 in maggio. L'ipotesi più avvincente è che nei mesi invernali l'affievolirsi dei processi fotosintetici abbia consentito alle acque fluviali di conservare la loro dotazione di acido carbonico non erogato in quantità sufficiente dalle associazioni algali nelle ore diurne, il che andrebbe a convalidare la veridicità delle interpretazioni date alle più contenute oscillazioni del tasso di ossigeno dell'inverno e dell'inizio della primavera. Non si può prescindere però, per una corretta interpretazione del fenomeno, dalla concomitante morbida invernale che, con l'elevato



ES P O N E N T I D E L L A Z O O G E N O S I	9 III 1957	23 III	23 IV	23 V	25 VI	25 VII	23 VIII	23 IX	20 X	23 XI (1)	23 XI	28 I 1958	23 II	28 III	25 IV	26 V
Rizopodi									×		×	×	×			
Anguillulidi		×						×	×							
Rotiferi									×							
Ostracodi							×				×					
Caenis						×	×				×		×			
Baëtis		×		×	×	×	×									
Cloëon			×	×												
Rhithrogena							×		×							
Ecdyonurus, neanidi						×							×			
Hydropsyche						×	×	×			×	×	×		×	×
Cheumatopsyche lepida						×	×				×	×	×			
Tinodes gr. waeneri							×				×					
Hydroptilidi, larve							×	×			×					
» ninfe							×									
» foderi vuoti							×									
Chironomidi ort., larve		×		×	×		×	×	×		×		×	×		
» nel tubo							×	×	×							
» ninfe				×				×								
Melusina			×								×					
Simulium			×													

(1) Il 23 - XI - 1957 non furono eseguiti i campionamenti biologici sul fondo.  
 × presente  
 ×× frequente  
 ××× molto abbondante  
 ×××× dominante.

apporto di detrito, ha intorbidato il filone corrente ed ha aumentato la profondità dell'acqua, denunciando l'apporto di acidi e sali umici disciolti per dilavamento dei versanti coltivati e boschivi del bacino d'impluvio.

Non si ritiene di dover attribuire particolare significato a quello sbalzo della concentrazione idrogenionica che è stato sorpreso all'alba del 23 agosto e che rappresenta il minimo assoluto di tutti i valori osservati ( $\text{pH} = 7,1$ ). Trattasi di un fenomeno episodico la cui esistenza non sembra infirmare le deduzioni qui esposte.

Complessivamente si può concludere che variazioni del pH sono avvertibili in una sola stagione dell'anno, mentre fluttuazioni nicotemerali che accompagnino in modo convincente la produzione di ossigeno di origine biogena non si sono potute cogliere.

*Durezza.* Come il pH, anche la durezza, soprattutto quella temporanea, dovuta al rapporto carbonati-bicarbonati-reazione del mezzo e, ovviamente, anche quote di gas carbonico, accompagna nelle acque selvagge i processi di fotosintesi.

Nel complesso, anche la durezza totale del tratto preappenninico terminale del fiume Metauro si dimostra sensibilmente costante; in media essa oscilla su valori molto prossimi a 25 gr. fr. Solo nel mese di giugno si nota una rimarchevole riduzione del grado idrotimetrico i cui valori medi si abbassano a 23 gr. fr. La maggior illuminazione del fondo, che coincide con questo mese, ed il rapido aumento della temperatura concorrono a fornire una chiave del meccanismo: fotosintesi e riduzione della densità delle acque conducono ad una soddisfacente interpretazione del processo. Che in effetti la causa di tale riduzione sia da ricercarsi nel minore contenuto in carbonati acidi di calcio disciolti nelle acque correnti è comprovato dalla curva relativa alla durezza temporanea tracciata nel Diagramma 1 dove è discernibile un decremento proprio in corrispondenza del mese di giugno: da 11,2 gr. fr. la durezza temporanea si abbassa a 8,9. In settembre, con la piena fioritura autunnale delle alghe, in particolare della *Spirogyra*, la durezza temporanea torna a scemare ad una media di 9,3 gr. fr. dopo essere risalita a 11,1 e 12,3 gr. fr. in luglio ed agosto; poi s'avvia ai valori massimi (15,2) che tenderà a mantenere, con lievi oscillazioni, per tutto l'inverno fino alla successiva primavera, in cui, di nuovo, accenna a deerescere. Naturalmente anche in questo caso interviene il maggior carico di carbonati disciolti dovuto al più marcato dilavamento legato alla morbida invernale, per cui la chiarezza del fenomeno

biogenico si nasconde sotto il mascheramento delle concause più volte chiamate in causa. La diminuzione della durezza totale (23,8) del maggio del 1958 non è accompagnata invece da un marcato abbassarsi di quella temporanea, ma l'accento ad una simmetrica discesa del grado idrotimetrico è ugualmente ravvisabile.

La durezza permanente si è mantenuta complessivamente più alta nella primavera, nell'estate e nel primo autunno, mentre si è abbassata nel tardo autunno e nell'inverno, mantenendosi poi piuttosto bassa anche nella primavera dell'anno successivo. A partire dal novembre ha subito un balzo in giù accompagnata invece dal già citato aumento della temporanea cosicché i rapporti fra le due durezza risultano invertiti: dal marzo all'ottobre il rapporto fu di 14,2 per la durezza permanente e di 10,8 per la temporanea; dal novembre in poi mutò secondo il nuovo bilancio di 11,1 per la permanente e di 13,9 per la temporanea.

Fatti del genere sogliono verificarsi frequentemente nelle acque fluviali sempre in dipendenza del regime idrico del corso d'acqua.

Quanto alla biocenosi bentica si è voluto trascurare la composizione totale per inseguire piuttosto l'avvicendamento dei termini di più regolare comparsa e di maggiore persistenza. Questo ci ha permesso di sorprendere gli arricchimenti estivi (agosto) ed invernali (dicembre) concomitanti per la fito e la zoocopertura. I più doviziosi elenchi non risultano tuttavia caratterizzati da un aumento assoluto della popolazione e quindi degli individui per superficie unitaria, ma piuttosto dal più alto numero di specie reperite (Tabella 2).

L'aumento dei termini della zoocenosi si traduce però sempre in un maggior consumo di ossigeno ed anche questo rilievo può spiegare, almeno in parte, l'abbassarsi della curva dell'ossigeno  $\%$  per tutte le ore del giorno e della notte in corrispondenza dei due mesi suddetti (Diagr. 2).

### Riassunto

Vengono studiate le oscillazioni del tasso di ossigeno disciolto nelle acque del tratto preappenninico del F. Metauro (Pesaro) nel corso del giorno e della notte.

L'alveo è costituito da un'ampia distesa alluvionale di ciottoli che viene in parte sommersa e sconvolta dalle acque di piena.

Il Metauro ha un regime fluviale di tipo toscano-marchigiano con una piena primaverile ed una autunnale separate da una lunga magra estiva e da una morbida invernale.

Le misurazioni, in numero di quattro per ogni sopraluogo mensile, venivano effettuate all'alba, a mezzogiorno, al tramonto e a mezzanotte.

Insieme con le variazioni del contenuto di  $O_2$  (mgr./l; mgr./l teorico; % del valore di saturazione), della temperatura e della pressione barometrica sono state controllate le modificazioni della durezza (totale, permanente e temporanea in gr. fr.) e del pH. Sono stati altresì esaminate, una volta al mese, le modificazioni della profondità, trasparenze, velocità di corrente e campionati gli insediamenti florofaunistici del fondo.

Si è potuto osservare che mentre alcuni fattori ecologici presentavano fluttuazioni sensibilmente irregolari, dipendenti dall'andamento delle condizioni meteorologiche (profondità, torbidità, velocità di corrente, temperatura ecc.), altri puntualmente si ripetevano secondo ritmi e pulsazioni stagionali e nictemerali. Tra questi ultimi figurano le oscillazioni regolari del tasso di  $O_2$  nell'avvicinarsi del giorno e della notte.

Temperatura, pressione barometrica, portata del fiume, velocità di corrente, trasparenza influiscono sulle variazioni complessive del contenuto di  $O_2$  obbedendo a un giuoco complesso di interferenze e sovrapposizioni che complicano l'interpretazione dei valori di durezza e del pH.

La copertura algale del fondo domina invece direttamente l'avvicendamento delle dotazioni di  $O_2$  nel corso del giorno e della notte, fornendo immagini grafiche simmetriche per ciascun sopraluogo. L'inverno e talvolta la primaveradanno profili più contenuti che inducono sottosaturazione; l'estate evidenzia una bilanciata saturazione; l'autunno mostra evidente sovrasaturazione nelle ore centrali più illuminate del giorno. Alla fotosintesi dunque si deve attribuire la chiave del ritmo nictemerale dell' $O_2$  disciolto, in particolare il puntuale incremento (sotto, sopra o saturo che sia) dell'ossigeno del mezzogiorno.

### Summary

The fluctuations in the degree of oxygen dissolved in the pre-Appennine reaches of the river Metauro (Pesaro), both during the day and during the night, have been studied.

The river bed is formed from a broad alluvial expanse of shingle which becomes partly submerged and partly disturbed by the flood waters.

The river Metauro has a fluvio-regimen of the « Tosco-Marchigiano » type, with a spring flood and autumn flood separated by a long summer low-water and a winter « morbida ».

Measurements were taken at dawn, at mid-day, at sunset and at midnight; four times for every monthly survey.

Together with the variations in the content of  $O_2$  (mgr./l; mgr./l theoretic; % of the saturation value), in the temperature and in the barometric pressure, the modifications in the hardness (total, permanent and temporary in gr. fr.) and in pH have been verified. Similarly, the modi-

fications of depth, transparency and current speed have been examined monthly, and the floral-faunal installations at the bottom have been sampled.

It could be observed that, while some ecological factors showed noticeably irregular fluctuations, depending on the state of meteorological conditions (depth, turbidity, current speed, temperature etc...) others were exactly repeated according to seasonal and «nictemerali» rhythms and pulsations. Among the latter appear the regular fluctuations in the  $O_2$  quota in the succession of day and night.

Temperature, barometric pressure, discharge of the river, current speed and transparency, influence the total variations in  $O_2$  content, yielding to a complex play of interference and superposition which complicate the interpretation of the hardness values and pH.

The algae covering of the bed, however, directly influences the alternation in the  $O_2$  dotation in the course of the day and night, giving symmetric graphs for each survey. The winter, and sometimes the spring, gives more limited outlines which determine under-saturation; the summer shows a balanced saturation; the autumn, a clear over-saturation in the highest illuminated hours of the day. Therefore, one must attribute the «nictemerali» rhythmic key of dissolved  $O_2$  to photosynthesis, and particularly, the exact increase (whether under-saturated, saturated, or over-saturated) of the oxygen at mid-day.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) ADENEY W. E., BECKER H. G., 1919. On the determination of the rate of solution of atmospheric nitrogen and oxygen by water. *Phil. Mag.*, 38: 317.
- (2) ADENEY W. E., 1926. On the rate and mechanism of the aeration of water under open-air conditions. *Sci. Proc. R. Dublin Soc.*, 18: 211-217.
- (3) ALLEN J. A., 1955. Solubility of oxygen in water. *Nature Lond.*, 175: 83.
- (4) AMBÜHL H., 1955. Die praktische Anwendung der elektrochemischen Sauerstoffbestimmung im Wasser. *Schweizer Zeitschr. f. Hydrologie*, 17: 123-153.
- (5) ANNALI IDROLOGICI, 1946. (Ed. 1950) Min. LL. PP. Serv. Idrog., Sez. Auton. Gen. Civ. Bologna, 105 pp.
- (6) ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION, 1948. Chimie des eaux. Dosage de l'oxygène. S N V 81506: 1-5.
- (7) BADCOCK R. M., 1953. Comparative studies in the populations of streams. *Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 35: 38-50.

- (8) BADCOCK R. M., 1953. Studies of the benthic fauna in tributaries of the kavlinge River southern Sweden. *Inst. Freshw. Res. Drottningholm*, 35: 21-37.
- (9) BERG K., 1948. Biological studies on the River Susaa. *Folia Limnolog. Scandinav.* 4: 318.
- (10) BIRGE E. A., 1907. The oxygen dissolved in the waters of Wisconsin Lakes. *Rept. Wis. Comm. Fish.*, 118-139.
- (11) BIRGE E. A., JUDAY C., 1911. The dissolved gases of the wather and their biological significanse. *Wis. Geol. Nat. Hist. Surv., Bull.* 22, 259 pp.
- (12) BUTCHER R. W., PENTELOW F. T. K., WOODLEY J. W. A., 1927. Diurnal variation of oxygen in river water. *Biochem. Jour.*, 21: 945, 1423-1435.
- (13) CENTRE BELGE D'ETUDE ET DE DOCUMENTATION DES EAUX, 1955. Livre de l'eau, 1: 344 pp.; 2: 269 pp. Centre Belge d'etude et de documentation des eaux. Liège.
- (14) COLE A. E., 1921. Oxygen supply of certain animals living in water containin no dissolved, oxygen. *Jour. Exp. Zool.*, 33: 293-320.
- (15) DAKIN W. J., DAKIN C. M. G., 1925. The oxygen requisemenst of certain aquatic animals and its bearing upon the source of food supply. *Brit. Jour. Exp. Biol.*, 2: 292-322.
- (16) DORIER A., VAILLANT F., 1955. Sur le facteur vitesse du courant. *Verh. Int. Ver. Limnolog.*, 12: 593-612.
- (17) DUSSART B., FRANCIS-BOEUF C., 1949. Technique de dosage de l'oxygène dissous dans l'eau basée sur le méthode de Winkler. *Circ. Centre Rech. d'E. Oceanogr. Instruction Techn.*, 1: 8 pp.
- (18) FORBES S. A., 1911. Chemical and biological investigations on the Illinois River midsummer of 1911. *Ill. State Lab. Nat. Hist.*, 9 pp.
- (19) FOX H. M., WINGFIELD C. A., 1938. A portable apparatus for the determination of oxygen dissolved in a small volume of water. *Jour. Exp. Biol.*, 15: 437-445.
- (20) GAMESON A. L. H., ROBERTSON K. G., 1955. The solubility of oxygen in pure water and sea water. *Jour. Appl. Chem.*, 5: 502.
- (21) HIESTAND W. A., 1931. The influence of varying tensions of oxygen upon the respiratory metabolism of certain aquatic insects and the Crayfish. *Physiol. Zool.*, 4: 246-270.
- (22) HÖLL K., 1955. Chemische Untersuchungen an Kleinen Fliessgewässern, *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 12: 360-372.
- (23) HURAULT E., 1927. Contribution à l'étude des invertébrés torrenticoles *Bull. Biol. fr. bel.*, 9.
- (24) HUET M., 1954. Biologie, profils en long et en travers des eaux courantes. *Bull. fr. Pisc.*, 175: 41-53.
- (25) HUTCHINSON G. E., 1957. A treatise on Limnology, 1: 575-652. J. Wiley, New York.

- (26) IDE F. P., 1953. The effect of temperature on the distribution of the mayfly fauna of a stream. *Univ. Toronto Studies Biol.*, 50: 1-76.
- (27) ILLIES J., 1952. Die Mölle. *Arch. f. Hydrobiol.*, 46: 424-612.
- (28) ISAACS M. L., 1953. A colorimetric method for the determination of dissolved oxygen. *Sewage Works J.*, 7: 435.
- (29) JACOBSEN J. P., 1905. Die Löslichkeit von Sauerstoff im Meerwasser durch Winkler's Titriermethode bestimmung. *Medd. Komm. Havunders, Ser. Hydrogr.* 1.
- (30) JAERNEFELT H., 1949. Der Einfluss der Stromschnellen auf den Sauerstoffund Kohleensäuregehalt und den pH des wassen in Flusse Vuoksi. *Internat. Verein f. theor. u. angew. Limnol.*, 10.
- (31) JOHNSON M. L., WHITNEY R. J., 1939. Colorimetric method for estimation of dissolved oxygen in the field. *Jour. Exp. Biol.*, 16: 56-59.
- (32) JONASSON P., 1948. Quantitative studies of the bottom fauna. *Biol. Stud. riv. Susaa, Folia Limnolog. Scandinav.*, 4: 204-284.
- (33) JUDAY C., VAGNER G., 1908. Dissolved oxygen as a factor in the distribution of fishes. *Trans. Wis. Acad. Sci., Arts., Let.*, 16: 17-22.
- (34) LAFON J., 1935. Recerches sur la faune aquatique litorale du Rhone a Lyon. *Bull. Soc. Limn.*, 2: 36-46.
- (35) MARGALEF R., 1947. Los metodos para la investigation de las comunidades acuáticas adnadas y especialmente las formadas por organismos microscopicos (perifiton, pecton). *Collect. Bot.*, 1: 247-259.
- (36) MAUCHA R., 1932. Hydrochemische Methoden in der Limnologie. 173 pp. Stuttgart.
- (37) MINDER L., 1941. Ueber die Löslichkeit des Sauerstoffs in Gehiggs wässern. *Vjschr. Naturf. Ges. Zürich.*, 86: 157-183.
- (38) MOFFETT J. W., 1936. A quantitative study of the bottom fauna in some Utah streams variously affected by erosion. *Bull. Univ. Utah*, 26: 33 pp.
- (39) MORETTI G. P., 1953. I fattori ecologici che regolano la vita nelle acque correnti delle Alpi e degli Appennini. *Mem. Ist. It. Idrobiol.*, 7: 229-315.
- (40) MORREN AU., MORREN CH., 1841. Recherches physiologiques sur les hydrophytes de Belgique, *Mém. Acad. Brux.* 14: 1-46.
- (41) MORRISON T. J., BILLET F., 1948. The measurement of gas solubilities. *Jour Chem. Soc.* 1948, 2033.
- (42) MORTIMER C. H., 1956. The oxygen content of air-saturated fresh waters, and aids in calculating percentage saturation. *Mitt. d. Internat. Vereinig f. Limnologie*, 6: 20 pp.
- (43) NAUMANN E., 1926. Der pH-Standard des Süßwassers. Eine ökologische Orientierung auf regionaler Grundlage. *Verh. d. Int. Ver. f. theor. u. angew. Limn.*, 3: 291-304.

- (44) OHLE W., 1953. Die chemische und die elektrochemische Bestimmung des molekular gelösten Sauerstoffes der Binnengewässer. *Mitt. d. Internat. Vereinig f. Limnologie*, 3: 44 pp.
- (27) PERLEY G. A., 1937. Modern views of pH measurement. *Am. Dyestuff Reprtr.*, 5 pp.
- (46) PLESKOT G., 1951. Wassertemperatur und Leben im Bach. *Wetter und Leben*, 3.
- (47) PLESKOT G., 1953. Beiträge zur Limnologie der Wienerwaldbäche. *Wetter und Leben*, 2.
- (48) POWERS E. B., 1929. Fresh water studies. I. The relative temperature, oxygen content, alkali reserve, the carbon dioxide tension and pH of the waters of certain mountain streams at different altitudes in the Smoky Mountain National Park. *Ecology*, 10: 97-111.
- (49) RAVERA O., 1951. Velocità di corrente e insediamenti bentonici. Studio su una lanca del fiume Toce. *Mem. Ist. It. Idrobiol.*, 6: 221-267.
- (50) RAWSON D. S., 1944. The calculation of oxygen saturation values and their correction for altitude. *Amer. Soc. Limnol. Oceanogr., Spec. Publ.* 15: 4 pp.
- (51) RICKER W. E., 1934. A critical discussion of various measures of oxygen saturation in lakes. *Ecology*, 15: 348-363.
- (52) RUTTNER F., 1948. Die Veränderungen des Äquivalentleitvermögens als Mass der Karbonatassimilation bei Wasserpflanzen. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11.
- (53) RUTTNER F., 1953. Fundamentals of Limnology. 242 pp. *Univ. Toronto Press.*
- (54) SAUNDERS J. T., 1926. The hydrogen-ion concentration of natural waters. I. The relation of pH to the pressure of carbon dioxide. *Brit. Jour. Exp. Biol.*, 4: 46-72.
- (55) SCHMASSMANN H., 1949. Die Sauerstoffsättigung natürlicher Wässer, ihre Ermittlung und ihre Bedeutung in der Hydrologie. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 11: 430-462.
- (56) SCHMITZ W., 1954. Grudlangen der Untersuchung der Temperaturverhältnisse in den Fliessogewässern. *Ber. Limnolog. Flusstation Freudenthal*, 6: 29-50.
- (57) SCOTT W., 1924. The diurnal oxygen pulse in Eagle (Winona) Lake. *Proc. Ind. Acad. Sci.*, 33: 311-314.
- (58) SERVIZIO IDROGRAFICO ITALIANO, 1934. Il trasporto solido dei corsi d'acqua italiani. *Pubbl.* 15 Min. LL. PP.
- (59) SHELFORD V. E., 1923. Determination of hydrogen-ion concentration in connection with fresh-water biological studies. *State of Ill. Dept. Reg. Ed., Div. of Nat. Hist. Surv.*, 14: 379-395.

- (60) SHELFORD V. E., 1925. The hydrogen-ion concentration of certain Western American inland waters. *Ecology*, 6: 279-287.
- (61) SNOKE A. W. E., 1929. The determination of dissolved oxygen with the micro-Winkler apparatus of Thompson and Miller. *Ecology*, 10: 163-164.
- (62) SPRULES WM. M., 1947. An ecological investigation of stream insects in Algonquin Park, Ontario. *Univ. Toronto Studies, Biol. Sez., Publ. Ont. Fish. Res. Lab.*, 69: 81 pp.
- (63) STEINMANN P., 1915. Praktikum der Susswasserbiologie. Die Organismen des fließenden Wassers, 1: 1-184.
- (64) STELLA E., 1951. Studio biologico preliminare sulle zoocenosi del Tevere. *Atti Soc. Int. Limnol.*, 11: 383-391.
- (65) STEPHENSON T. A., ZOOND A., EYRE J., 1934. The liberation and utilization of oxygen by the population of rock pools. *F. Exp. Biol.*, 11: 162 pp.
- (66) SULLIVAN K. C., 1929. Notes on the aquatic life of the Niaugua River, Missuori, with special reference to insects. *Ecology*, 10: 322-325.
- (67) SURBER E. W., 1937. Rainbow trout and bottom fauna production in one mile of stream. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 66: 193-202.
- (68) THOMPSON T. G., MILLER R. C., 1928. Apparatus for the microdetermination of dissolved oxygen. *Ind. Eng. Chem.*, 20: 774.
- (69) TONIOLO A. R., 1939. Le attuali conoscenze sul regime dei fiumi appenninici. *Atti S.I.P.S.*: 1-18.
- (70) TONOLLI V., 1947. Abaco per la determinazione grafica dei valori di saturazione dell'ossigeno disciolto. *Mem. Ist. It. Idrobiol.*, 3: 465-467.
- (71) TRUESDALE G. A., DOWNING A. L., 1954. Solubility of oxygen in water. *Nature Lond.*, 173: 1236.
- (72) TRUESDALE G. A., DOWNING A. L., LOWDEN G. F., 1955. The solubility of oxygen in pure water and sea-water. *Jour. Appl. Chem.*, 5: 53-62.
- (73) VILLA G., 1951. Morfologia delle valli Marchigiane. *Stud. Urbin.*, 2: 1-19.
- (74) WELCH P. S., 1948. Limnological methods. 197-227. Blakiston Company, Philadelphia.
- (75) WHITNEY R. J., 1942. Diurnal fluctuation of oxygen and pH in two small ponds and a Stream. *Jour. Exp. Biol.*, 19: 92-99.
- (76) WINKLER L. W., 1888. Die Bestimmung des im Wasser gelösten Sauerstoffs. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 21: 2843.
- (77) WINKLER L. W., 1889. Die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 22: 1764-1774.
- (78) WINKLER L. W., 1891. Die Löslichkeit der Gase im Wasser. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 24: 89, 3602.
- (79) WINKLER L. W., 1901. Die Löslichkeit der Gase im Wasser. *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 34: 1408.

TAVOLA XIV

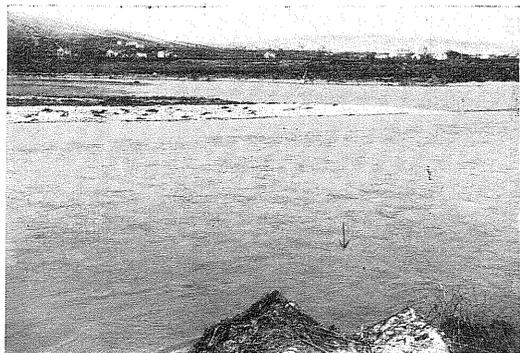
(cfr. Fig. 3 nel testo)

- Fot. 1. — Stazione 1 d'inverno.
- Fot. 2. — Stazione 1 d'estate.
- Fot. 3. — Stazione 1 bis d'inverno.
- Fot. 4. — Stazione 1 bis d'estate.
- Fot. 5. — Stazione 2 d'inverno.
- Fot. 6. — Stazione 2 d'estate.

TAVOLA XV

(cfr. Fig. 3 nel testo)

- Fot. 7. — Stazione 3 d'inverno.
- Fot. 8. — Stazione 3 d'estate.
- Fot. 9. — Stazione 3 bis d'inverno.
- Fot. 10. — Stazione 3 bis d'estate.
- Fot. 11. — Stazione 4 d'inverno.
- Fot. 12. — Stazione 4 d'estate.



1



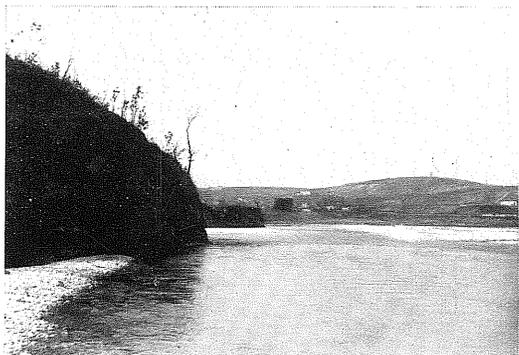
2



3



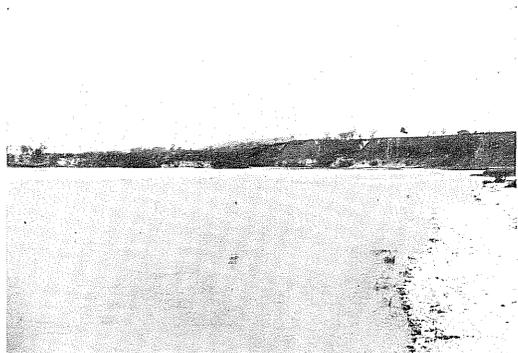
4



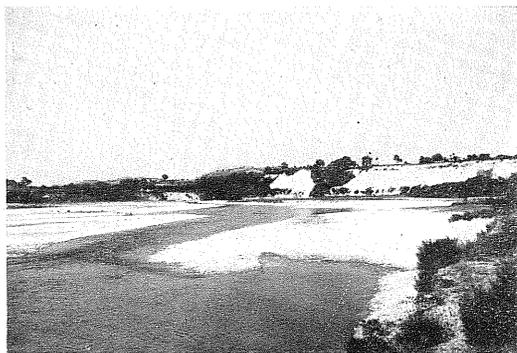
5



6



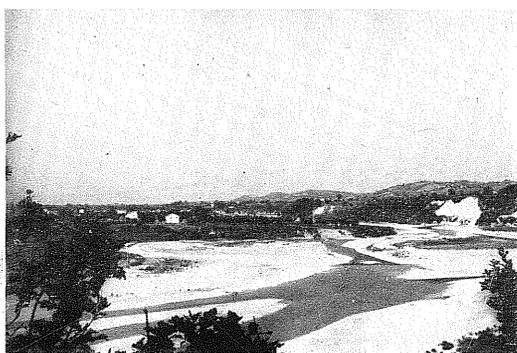
7



8



9



10



11



12

9 - III - 1957

23 - III

23 - IV

V A L O R I E C O L O G I C I	9 - III - 1957				23 - III				23 - IV			
	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24
Pressione barometrica	755	756	756	757	755	755	755	754	762	762	761	761
T- aria (C <sup>o</sup> )	5.2	15.5	11.7	5.7	9	20	15.5	16.2	5	16.2	11	7
T. acqua (C <sup>o</sup> )	8.7	11	11	9.5	12.6	15.4	15.3	13.2	13	16.5	15.5	13.2
O <sub>2</sub> (mgr./l.)	11.04	11.19	10.90	10.99	9.83	11.32	9.80	9.06	10.24	11.52	9.97	10.24
O' <sub>2</sub> (mgr./l.)	11.66	11.03	11.03	11.41	10.65	10.03	10.04	10.49	10.54	9.8	10.02	10.49
O <sub>2</sub> %	94.7	101.4	98.8	96.3	92.3	112.9	97.6	86.4	97.2	117.6	99.5	97.6
pH	7.8	7.9	7.9	7.8	7.8	7.7	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Durezza totale (gr. fr.)	26.3	26	25.8	26	25.5	24.6	24.9	26	26	25.7	26	26.2
» permanente »	14.3	13.8	14.2	13.6	14.3	13.9	14.5	14.1	14.7	14.5	15	14.7
» temporanea »	12	12.2	11.6	12.4	11.2	10.7	10.4	11.9	11.3	11.2	11	11.5
Profondità (m.)		1.35				1.02				1.00		
Veloc. corr. superf. (m./m')		83				55				51		
Trasparenza (m.)		0.60				0.90				0.50		
Fase idrica	piena				piena				piena			

TABELLA 1 — Valori ecologici registrati una volta al mese in quattro o

23 - IV			23 - V			25 - VI				25 - VII				23 - VIII				23 - IX			
12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto
762	761	761	754	761			754	756	756	756	758	758	758	757	755	755	753	755	757	757	756
16.2	11	7	16	24			16.10	30	25	17.7	15.2	32	22.2	20	15.5	27.7	23.5	21	15.5	27	24
16.5	15.5	13.2	19	20.7			22	25.7	24.8	22.5	20.5	24.2	24	22.7	20.5	24	23	22.7	20	22.5	22
4 11.52	9.97	10.24					7.09	8.27	7.02	6.98	7.19	8.92	7.29	6.92	7.01	8.55	7.36	6.97	6.76	9.78	8.26
4 9.8	10.02	10.49					8.8	8.21	8.37	8.71	9.09	8.45	8.5	8.7	9.09	8.05	8.65	8.7	9.15	8.71	8.8
117.6	99.5	97.6					80.6	100.7	83.9	80.1	79.1	105.6	85.7	79.5	77.1	100.6	85.1	80.2	73.8	112.3	93.9
7.7	7.7	7.7	7.8	7.8			7.8	7.7	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.1	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8
25.7	26	26.2					23	23.2	23	23	25.2	24.9	23.5	24.7	24.6	24.6	23.4	25	26	25.7	24.8
14.5	15	14.7					14	13.7	14.2	13.5	13.7	13.3	13.7	13.2	12	11.6	11.8	13	16.8	16.6	15
11.2	11	11.5					9	9.5	8.8	9.5	11.5	11.6	9.8	11.5	12.6	13	11.6	12	9.2	9.1	9.8
1.00				0.87				0.65				0.50				0.35				0.35	
51				53				60				42				42				39	
0.50				0.50				0.15				0.50				0.35				0.35	
piena			piena			magra				magra				magra				magra			

quattro osservazioni giornaliere (9 Marzo 1957 - 26 Maggio 1958).

23 - IX				20 - X				23 - XI				23 - XII				28 - I - 1958				23 - II		
12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto
57	756	757	755	756	755	755	761	762	762	763	766	765	764	764	764	771	771	770	771	758	758	758
7	24	19.5	18	22.2	18	18	8.5	9.7	9.5	10.5	-2	6	3.5	2	-0.5	5.5	1.5	-2.2	-1.5	9	8	8
2.5	22	20.5	16	18	17.5	17	10.7	20.2	10	10	1	6	6.5	6	4	3.5	5.5	3.5	3.5	7	8.5	8
9.78	8.26	7.41	8.11	10.54	8.97	7.74	9.66	11.63	10.72	10.40	10.94	12.15	11.5	11.28	12.34	13.33	11.98	11.76	11.45	11.52	10.47	10.47
8.71	8.8	9.09	9.9	9.51	9.6	9.7	11.1	11.21	11.29	11.29	14.18	12.42	12.28	12.42	13.6	13.26	12.58	13.26	12.12	11.68	11.81	11.81
12.3	93.9	81.6	81.9	110.8	93.4	79.8	87	103.7	94.99	92.10	77.1	97.8	93.6	90.8	90.7	100.6	95.2	88.6	94.4	98.6	88.6	88.6
7.8	7.8	7.9	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6	7.7	7.7	7.4	7.4	7.4	7.4	7.5	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7
5.7	24.8	25.1	25.2	25.8	25.4	26.4	25.5	25.5	25	25	25.5	25.5	24.5	25.5	24.5	24.5	24.5	25	25	22.5	24.5	25.5
6.6	15	16	15.6	15.4	15.2	14.6	11.5	11.0	10.5	12.5	11.5	11	11.5	11.5	10.5	10	10.5	10.5	10.5	10.5	10	10
9.1	9.8	9.1	9.6	10.4	10.2	11.8	14	14.5	14.5	12.5	14	14.5	13	14	14	14.5	14.5	14.5	15	14.5	15.5	15.5
0.35			0.30					0.70				0.70				0.30					0.25	0.25
9			33					53				50				100					78	78
0.35			0.30					0.35				0.40				0.30					0.10	0.10
magra				magra				morbida verso piena				morbida verso piena				morbida				morbida		

28 - I - 1958

23 - II

28 - III

25 - IV

26 - V

	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24	alba	12	tramonto	24
	771	770	771	758	758	758	756	761	761	760	759	763	763	761	761	762	763	763	763
5	5.5	1.5	-2.2	-1.5	9	8	7	12.5	17.5	13	14.5	5	17.5	9.5	6.5	16.5	27	21	18
	3.5	5.5	3.5	7	8.5	8	8.5	11	12.5	12	11.5	11	13	13.5	13	19	23	23	21
4	13.33	11.98	11.76	11.45	11.52	10.47	10.66	10.29	10.36	10.16	10.30	10.23	10.30	9.70	10	7.75	8.77	7.60	7.71
3	13.26	12.58	13.26	12.12	11.68	11.81	11.68	11.05	10.65	10.78	10.9	11.05	10.55	10.45	10.55	9.30	8.63	8.63	8.96
7	100.6	95.2	88.6	94.4	98.6	88.6	91.2	93.1	97.2	94.2	94.5	92.5	97.6	92.8	94.7	83.3	101.6	88	86
5	7.4	7.4	7.4	7.4	7.7	7.7	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.5	7.6	7.8	7.6	7.8	7.8	7.7	7.7
5	24.5	25	25	22.5	24.5	25.5	26.5	25.5	25	25.5	24.5	25	26	26.5	25.5	24	24	23	23.5
5	10	10.5	10.5	10.5	10	10	10.5	11	11.5	11.5	11	11.5	12	12.5	12	11	11.5	11	11
	14.5	14.5	14.5	15	14.5	15.5	16	14.5	13.5	14	13.5	13.5	14	14	13.5	13	12.5	12	12.5
	0.30				0.25				1.30				1.10				0.50		
	100				78				93				50				83		
	0.30				0.10				0.25				0.40				0.50		
	morbida			morbida				piena				piena				morbida verso magra			