

Zeitschrift:	Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber:	Società ticinese di scienze naturali
Band:	30-31 (1935-1936)
Artikel:	Contributo all'indagine idrochimica e idrobiologica del Verbano (bacino di Locarno)
Autor:	Pelloni, Elzio
Kapitel:	3: Chimica del lago
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-1003639

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 31.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

CAPITOLO III.

CHIMICA DEL LAGO.

P A R T E P R I M A .

L'Ossigeno.

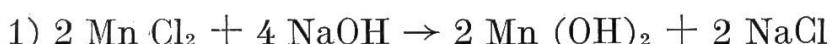
Tutte le raccolte d'acqua a differenti profondità sono state effettuate con un apparecchio *Friedinger* della capacità di due litri. Non abbiamo considerato le variazioni della pressione barometrica per il fatto che dal punto di vista biochimico esse non ci sembravano strettamente necessarie.

L'acqua raccolta era in seguito messa in flaconi calibrati della casa Schweder (Kiel) e analizzata col metodo di *Winkler* (cloruro di manganese e idrossido di sodio).

Le soluzioni sono costituite :

- I) 100 gr. Cl₂ Mn. 4 H₂ O + 200 cm³. dest. H₂ O
- II) 100 gr. NaOH + 60 gr. JK + 200 cm³. dest. H₂ O

Le reazioni chimiche che si succedono nell'analisi sono così riassunte :



L'idrossido di manganese è una combinazione bianca che in presenza di ossigeno diventa bruna più o meno rapidamente.

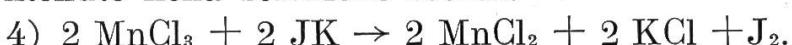


Le reazioni 1) e 2) succedono appena che si aggiungono all'acqua i reattivi preparati (3 cm³). L'analisi è poi continuata in laboratorio.

Si aggiungono allora 6 cm³. di HCl 38 %.



Il cloruro manganico cede facilmente Cl e agisce su JK contenuto nella soluzione sodica.

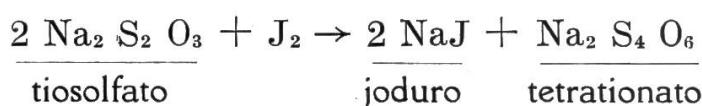


Si mette dunque in libertà il jodio che nel seguito vien titolato con tiosolfato 0,01 N;

Riassumendo :

- 1) $\text{MnCl}_2 + 2 \text{NaOH} \rightarrow \text{Mn}(\text{OH})_2 + 2 \text{NaCl}$
- 2) $4 \text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 4 \text{Mn}(\text{OH})_3$
- 3) $4 \text{Mn}(\text{OH})_3 + 12 \text{HCl} + 4 \text{JK} \rightarrow 4 \text{MnCl}_2 + 4 \text{KCl} + 12 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{J}_2$.

La reazione fondamentale della titolazione è la seguente :



Come indicatore si utilizza una soluzione di amido. Ogni cm^3 di 0,01 N. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ vale : $\frac{32}{4.100} = 0,08 \text{ mg. O}_2$.

ossia : $\frac{22,420}{4.100} = 0,056 \text{ cm}^3 \text{ O}_2$.

Per conseguenza il calcolo dell'ossigeno risulta :

$$\text{cm}^3 \text{ O}_2 = \frac{1000 \cdot X \cdot 0,056}{V - 6}$$

X = numero dei cm^3 di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

V = volume del flacone

6 = 3 cm^3 di MnCl_2 , 3 cm^3 di $\text{NaOH} + \text{JK}$;

La titolazione del tiosolfato si effettua con il bijodato di K., metodo indicato da *Mauchá*, e che ci sembra eccellente e rapido.

(10 cm^3 di una soluzione di $\text{KH}(\text{JO}_3)_2$: 0,325 gr. in 1000 $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{O} + 0,5$ gr. JK + 5 cm^3 10% HCl.)

L'equazione è così stabilita :

$\text{KH}(\text{JO}_3)_2 + 10 \text{JK} + 11 \text{HCl} \rightarrow 11 \text{KCl} + 6 \text{H}_2\text{O} + 6 \text{J}_2$
si titola il jodio con la soluzione di tiosolfato :

$$\varphi = \frac{X}{\beta}$$

φ = titolo di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

X = volume di $\text{KH}(\text{JO}_3)_2$

β = volume di $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Temperature medie del Bacino di Locarno (1934-35)

Tav. XII

Prof.	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Massimo	Minimo	Media	Aampiezza
0	22,3	21,1	20,7	16,3	9,8	7,9	6,9	6,7	7,5	9,3	12,5	18,2	20,6	22,5	18,9	23,8	6,3	14,7	17,5
5	19,5	18,8	17,8	14,8	9,6	7,8	6,9	6,1	6,7	8,9	9,8	13,2	17,8	19,1	16,4	22,1	6,1	12,8	15,9
10	16,3	15,8	16,1	13,6	9,5	7,8	6,9	6,1	6,5	7,8	9,3	11,5	13,9	16,4	15,6	17,6	6,1	11,5	11,5
15	12,7	14,0	13,8	12,8	9,5	7,8	6,9	6,1	6,3	7,2	8,5	10,1	10,9	14,1	15,0	15,3	6,1	10,3	9,2
20	10,0	11,6	10,9	10,9	9,4	7,4	6,9	6,1	6,2	7,2	8,0	9,3	9,4	10,1	14,2	13,4	6,1	9,1	7,3
25	8,6	9,2	9,5	9,3	8,9	7,4	6,8	6,1	6,1	6,8	7,3	8,8	8,5			10,4	6,1	7,9	4,3
30												8,4	8,3	8,5	10,3	10,3	6,1	7,4	4,2
35	7,5	8,0	8,1	7,6	7,9	7,4	6,8	6,1	6,1	6,3	6,9	7,9	7,9		8,3	8,8	6,0	7,3	2,8
40																			
50	7,1	7,3	6,9	6,8	6,9	7,0	6,8	6,0	6,0	6,4	6,5	7,3	7,0	7,0	7,4	7,7	6,0	6,3	1,7
70	6,9		6,9																
90																			
110	6,9	6,9	6,8	6,5	6,1	6,1	6,1	5,9	5,9	6,0	6,1	6,2	6,2	6,2	6,3	7,1	5,9	6,2	1,2
Epil.	19,3	18,5	18,2	14,9	9,6	7,8	6,9	6,3	6,9	8,6	10,5	14,3	17,4	19,3	16,9				13,2
Ipol.	8,5	9,5	8,9	8,9	8,1	7,1	6,7	6,0	6,1	6,6	7,2	8,2	8,3	9,1	10,2				7,9
Media	11,7	12,5	11,7	10,9	8,6	7,3	6,7	6,0	6,3	7,9	9,2	10,5	11,7	12,9	12,4				9,7

Quantunque la titolazione possa essere effettuata rapidamente abbiamo aggiunto alla soluzione 0,01 N. di tiosolfato, 10 cm³. di alcool isobutilico (per litro) che mantiene invariato il titolo per vari mesi.

Per il calcolo avendo sempre da effettuare delle analisi in serie abbiamo adottato per ogni flacone una costante

$$K = \frac{0,056 \cdot 1000}{V - 6}$$

di modo che per il calcolo dei cm³ non ci restava che moltiplicare K, per il numero dei cm³ N. 0,01 Na₂S₂O₃ utilizzati

In più nel corso delle nostre ricerche ogni profondità aveva un suo determinato flacone.

Per il calcolo delle saturazioni abbiamo adottato i valori forniti da *Maucha* e che differiscono un po' dai dati classici di Birge e Juday.

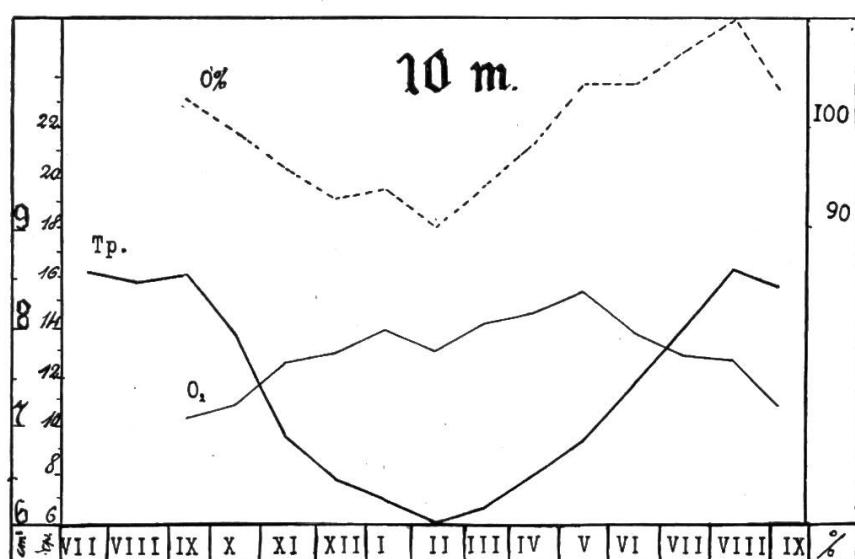
$$V = \frac{\beta (760 - f) n s}{760 \cdot 100}$$

Per il % delle saturazioni si ha :

$$\% = \frac{O_2}{O'_2} \cdot 100$$

O₂ = numero di cm³. O₂ trovati

O'₂ = numero di cm³. O₂ teorici (= saturazione.)



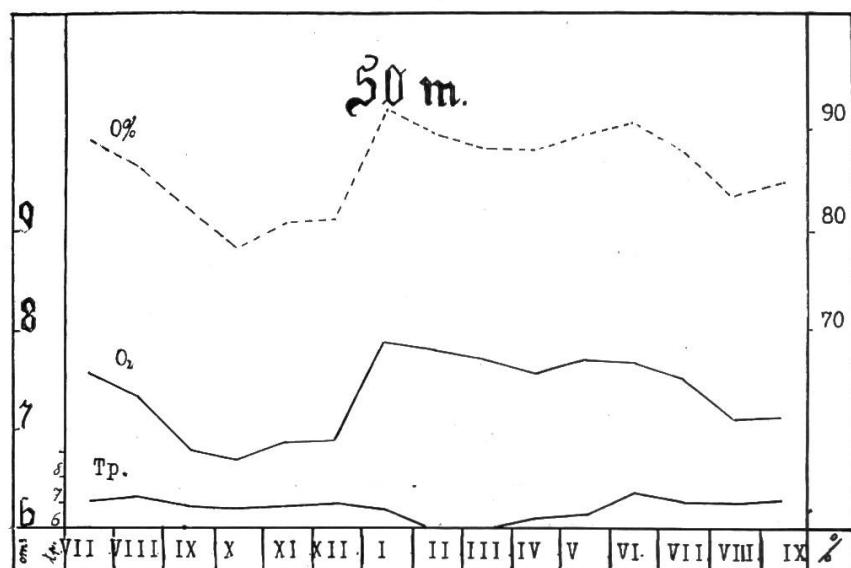
Tav. XIII

Temperatura, ossigeno e saturazione a 10 m.

Valori di saturazione secondo Maucha.

Tav. XIV

Temperatura in C.	Cm. ³ O ₂ /Litro
0	10,19
1	9,91
2	9,64
3	9,39
4	9,14
5	8,91
6	8,68
7	8,47
8	8,26
9	8,06
10	7,87
11	7,69
12	7,52
13	7,35
14	7,19
15	7,04
16	6,89
17	6,75
18	6,61
19	6,48
20	6,36
21	6,23
22	6,11
23	6,00
24	5,89
25	5,78
26	5,67



Tav. XV

Temperatura, ossigeno e saturazione a 50 m.

Per maggior precisione nei calcoli, diamo nel seguente specchietto i valori della saturazione per i decimi di grado.

Tav. XVI

Tp. Saturazione

7	8,47
6,9	8,49
6,8	8,51
6,7	8,53
6,6	8,55
6,5	8,57
6,4	8,59
6,3	8,61
6,2	8,63
6,1	8,65
6,0	8,68

* * *

Diciamo subito, prima di entrare nei dettagli, che il lago di Locarno non può entrare nella categoria dei laghi oligotrofi tipici di *Thienemann*. *Haempel* nel 1930 lo classifica nella categoria degli STENO-OLIGOTROFI (Tanytarsusseen). Ecco la descrizione che dà *Haempel* nella sua "Fischereibiologie der Alpenseen" :

"... der See gehört somit zu den eigentlichen blauen Seen und ist ein typisch steno-oligotrophes Gewässer, welches in kristalline Schiefer eingebettet ist"

Più lungi aggiunge :

" . . . Alle genannte Seen sind mit Ausnahme gewisser Seebuchtten und arme ausgesprochen nährstoffarm, daher ist die quantitative Entwicklung des Phytoplankton und damit auch des planktogenen Detritus und Zooplankton gering Die tropholitische Schicht bleibt auch in der Stagnationperioden O₂ reich. Das herabsinkende Plankton wird wenig zersetzt sodass bei diesen Seen die relativ geringe Menge des sedimentierten organischen Detritus kompensiert wird durch den grösseren Nährstoffgehalt dieses Niederschlages."

Se nelle grandi linee noi siamo d'accordo con *Haempel* vedremo che il nostro lago non segue in tutto il medesimo ciclo dei laghi oligotrofi. In realtà non abbiamo mai consta-

tato delle condizioni d'azoicità totale, vale a dire disperazione totale dell'ossigeno nelle profondità da noi studiate.

Nei grandi fondali del lago (372 m.) per la morfometria potremo forse vedere oligotrofia tipica (R. Monti ha dimostrato il contrario), propria ai grandi laghi alpini.

Che il bacino di Locarno possa allontanarsi un po' dal tipo oligotrofo è quanto cercheremo di dimostrare.

E' ovvio ricordare che la ripartizione dell'ossigeno nell'acqua dei laghi è funzione della temperatura e della pressione. Il fattore temperatura ci spiegherà solo alcune questioni sul contenuto ossigeno; per il fatto che il nostro lago non presenta dal punto di vista termico che due periodi ciò ci faciliterà il compito.

E' così che il massimo di ossigeno nelle grandi profondità corrisponde con la circolazione, in seguito alle correnti di convezione che si determinano nell'acqua. La ripartizione dell' O_2 in profondità non è solamente sottomessa a dei fattori puramente fisici ma anche a dei fattori d'ordine biogeno aventi la loro origine nelle innumere associazioni animali e vegetali che popolano il biotopo lacustre.

Trascuriamo completamente la parte littoriale ove la vegetazione degli HEMERSI e SUBMERSI HERBOSA per la loro propria fisiologia e ove dei fenomeni meccanici ordinari arricchiscono l'acqua in O_2 , acqua che deve sempre essere a 100 % e anche superiore. Ci siamo limitati nelle nostre ricerche al biotopo pelagico. Ben a ragione *Minder* dice: " kann der Sauerstoffgehalt als Ausdruck, sogar als Maßstab für die Dichte der Biozönose genommen werden."

In altre parole: il contenuto in ossigeno di una zona determinata è influenzato, è vero dalla temperatura e dalla pressione, ma anche, in un largo limite, dal metabolismo degli esseri acquatici.

Per rendere più accessibile ciò che segue, riportiamo la divisione di Thienemann, per la massa d'acqua pelagica (da notare che fin'ora alcun lago sudalpino ha subito lo stesso studio: v. *Pelloni. Osservazioni bioittiologiche sulla pesca di ripopolamento del coregno 1934*).

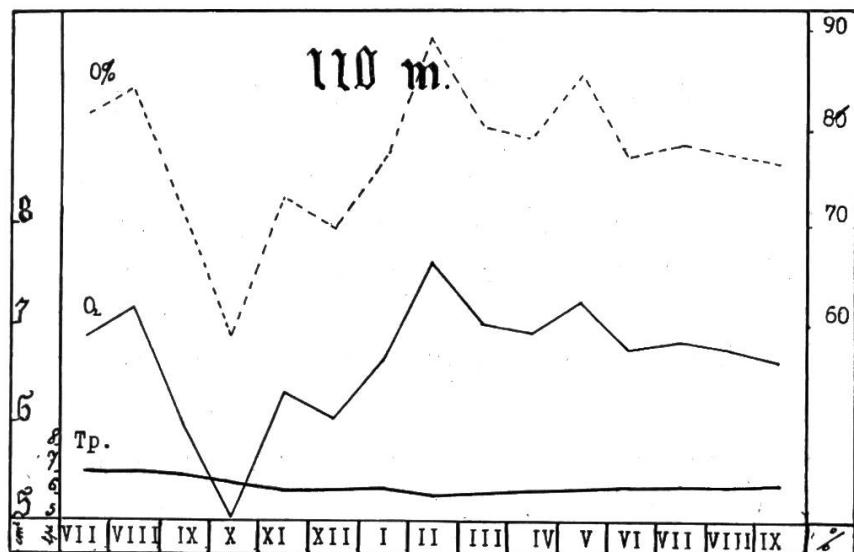
I) La zona 0-10 m. che grazie alla presenza di fitoplantonti provvisti di clorofilla possono arrivare alla sintesi di sostanze viventi, si chiama zona TROFOGENA. Da ricordare che in questa zona la vita autotrofa predomina sull'eterotrofa.

II) La zona 10 m.— fondo, ove la vita vegetale non può esistere per la diminuzione e poi l'assenza di radiazioni luminose si chiama TROFOLITICA. La vita eterotrofa è il fatto predominante in questo biotopo. Da una parte dunque biogenesi, dall'altra biolisi.

Da queste due espressioni trarremo le più importanti conclusioni per l'economia del lago.

Occorre tuttavia dire che la delimitazione della zona trofogena a 10 m. può sembrare un po' arbitraria. Forse per i laghi sudalpini situati sotto un cielo dei più bleu, dove l'aria è sempre chiara e l'intensità luminosa molto forte, la zona trofogena può discendere di più.

E' logico che il quoziente $\frac{\text{trofopolitica}}{\text{trofogena}}$ varierà secondo lo spessore della zona trofogena che proporzionalmente è la più ricca in ossigeno. Così per es. la sovrassaturazione in O_2 nel nostro lago non è rara fino a 20 m. di profondità.



Tav. XVII

Temperatura, ossigeno e saturazione a 110 m.

Per spiegare questo fatto si possono far intervenire le correnti di convezione, che tendono a uniformizzare il lago anche nel suo contenuto in ossigeno. Ma bisogna supporre una grande quantità di fitoplankton.

Per poter fare dei paralleli dei nostri risultati con quelli ottenuti sui laghi nordalpini accettiamo la divisione proposta dal Thienemann (1928).

Il 58 % dei mesi dell'anno le zone superficiali sono sovrassature in O_2 . Le zone profonde (110 m.) invece non arrivano mai ai valori di saturazione quantunque la temperatura si mantenga costante o quasi tutto l'anno.

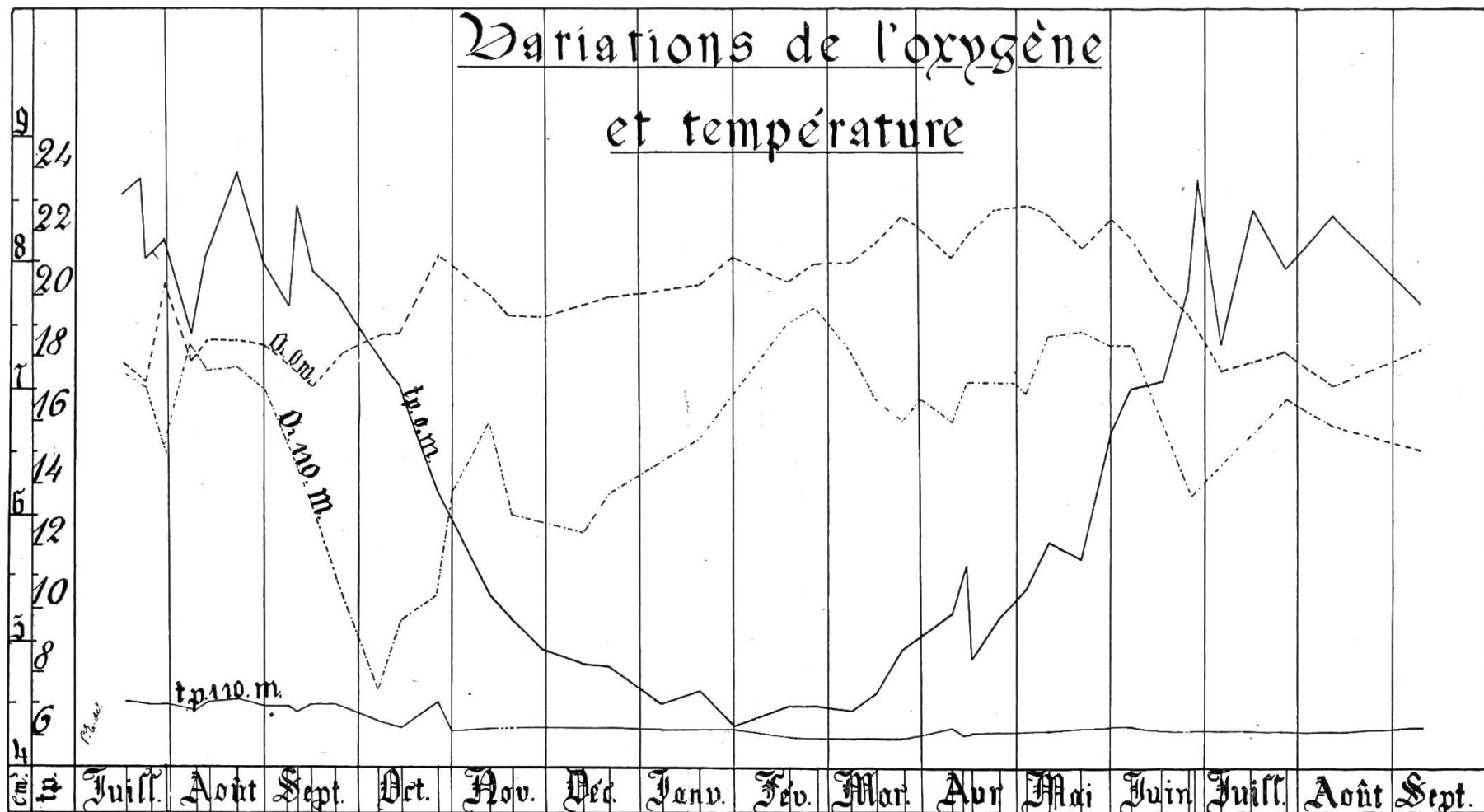
Tav. XVIII.

Prof.	Mass.	%	Min.	%	Media
0 m.	8,42	106,3	7,00	118,8	7,65
5	8,82	113,5	7,04	108,6	7,64
10	8,74	107,6	6,71	94,7	7,74
15	8,16	107,1	5,51	76,1	7,23
20	8,27	99,1	6,87	85,8	7,66
25	7,81	97,8	6,64	82,1	7,39
30	8,18	99,4	7,12	86,8	7,61
35					
40	8,04	94,9	7,00	83,1	7,61
50	7,87	93,9	6,45	76,1	7,35
70	7,77	91,6	7,07	81,4	7,38
90	7,54	87,5	7,08	82,6	7,20
110	7,64	87,8	4,58	53,3	6,65

La massima variazione si trova a 110 m. con $3,06 \text{ cm}^3 \text{ O}_2/\text{L}$. e la si deve attribuire alla predominanza dell'eterotrofia sull'autotrofia. Nelle zone metalimnetiche e ipolimnetiche superiori i due termini si equilibrano e arrivano a una certa costanza nella produzione ossigeno (O_2 Produktion.)

Il regime dell'ossigeno nel nostro lago è un po' differente da quanto succede nei laghi classici: Bodensee, Leman, lago di Neuchâtel.

Variations de l'oxygène
et température



Tav. XX.	Prof.	Massimi della Tp.	Minimi O ₂
	0	VIII	IX
	5	VIII	LX
	10	VII	IX
	15	VII	VIII
	20	IX	VIII
	25	IX	X
	30	VIII	IX
	35	IX	IX
	50	VI	X
	110	VIII	X

Non si constata sincronismo fra i massimi di temperatura e minimi di ossigeno tranne a 35 m. Secondo *Auerbach* (1926) lo stesso caso capita per il Bodamico. Durante tutto l'anno, a partire da 20 m. l'acqua non arriva mai a dei valori $> 100\%$.

Consultando lo specchietto annesso si vede che le più forti variazioni si trovano a 15 e a 110 m.. Tali variazioni sono da interpretare differentemente: nella zona trofogena dove l'autotrofia predomina sull'eterotrofia, l'attività fotosintetica delle alghe fa che le variazioni siano molto marcate, ed esiste in più un accrescimento in O₂ (variazione positiva); il più in ossigeno dei valori di saturazione è così funzione dell'attività vitale dei fitoplanktoni che d'ordinario sfuggono dalle zone troppo rischiarate della superficie per rifugiarsi a una profondità ove trovano il loro optimum d'intensità fotica.

Tav. XXI.	Prof. in m.	Variazione in cm ³
	0	1,42
	5	1,78
	10	2,03
	15	2,61 *
	20	1,40
	25	1,17
	30	1,06
	35	1,61
	40	1,04
	50	1,42
	70	0,70
	90	0,46
	110	3,06 *

A 110 m. invece è l'eterotrofia che si stabilisce su di una vasta scala e che utilizza l'ossigeno in processi fisiologici diversi; i massimi di ossigeno a 110 m. coincidono giustamente con la circolazione invernale, i minimi coincidono invece con la fine della stagnazione.

Per le zone superficiali i massimi coincidono con il mese di maggio, i minimi cadono nel mese di settembre. Il massimo assoluto constatato durante il mese di maggio dà: $8,82 \text{ cm}^3/\text{L.} = 110 \%$ (3 maggio 1935). Il 30 maggio a 5 m. di profondità abbiamo constatato il più forte contenuto in O_2 : $8,82 = 113,5 \%$.

Cercheremo ora di analizzare queste oscillazioni. Abbiamo già fatto rimarcare che la temperatura non ha che un ruolo secondario; è così che in inverno non si notano mai massimi di O_2 che cadono invece in primavera quando la temperatura dell'acqua è in aumento. I più forti valori della saturazione arrivano nel mese di maggio-giugno. Solo i mesi di novembre, dicembre, gennaio, febbraio e marzo presentano nella zona trofogena dei valori inferiori a 100 %.

La diffusione atmosferica dell' O_2 non ci spiega questo accrescimento; occorre allora far intervenire un fattore nuovo: il fitoplankton. E' con l'accrescimento primaverile delle alghe limnetiche del tipo *Ceratium*, *Dynobrion*, *Asterionella*, che sono straordinariamente sviluppate, che cade il massimo di O_2 alla superficie del lago: tale biogena influenza si fa sentire soprattutto nella zona 0-10, 0-15 m., un po' al disotto del pelo del lago, per il fatto che il debole spessore di acqua impedisce le azioni necrotiche delle radiazioni ultra-spettrali dei raggi solari, ed è là che le alghe trovano il livello optimum per la loro complessa ecologia.

I fitoplanktoni, è vero, reagiscono all'intensità luminosa con apparecchi protettori e con olii diversamente colorati; solo le cloroficee quantitativamente rare nel lago non potendo fabbricarsi alcun filtro speciale, abbandonano le zone superficiali e presentano il loro massimo a una profondità determinata dalle loro esigenze fisiologiche.

Ripartizione orizzontale dell' ossigeno.

Possiamo dire subito che i valori per una stessa temperatura e uno stesso stato del lago sono quasi costanti, ciò che biologicamente significa: CHE LA FISIOLOGIA DEL LAGO E' LA STESSA PER TUTTO IL BIOTOPO; (ci limitiamo sempre alla parte pelagica). Il 18 febbraio 1935, la massa lacustre è ancora in piena omeotermia e l'ossigeno è uniformemente ripartito. Notiamo però una certa diminuzione alla stazione IV; tale punto è situato nelle vicinanze degli sfoci delle acque residue della città di Locarno; si stabiliscono là dei fenomeni di biolisi che determinano una considerevole distruzione di ossigeno come Surbeck e Steinmann (1918) hanno mostrato:

1 gr. di albumina per ossidarsi utilizza	L. 1,611 O ₂
1 gr. di grasso per ossidarsi utilizza	L. 2,015 O ₂
1 gr. di idrati di carbonio per ossid. utilizza	L. 0,829 O ₂

(da notare che L. 1,611 O₂ sono contenuti in 229 L. d'acqua a 15° C.).

Tutti i detriti organici, trypton e planktoni sono durante questo periodo presi nel giuoco della circolazione e distribuiti in tutta la massa del lago e il consumo ossigeno non è molto considerevole e soprattutto non è LOCALIZZATO. Durante l'inverno l'attività delle alghe non arriva a saturare l'acqua. I fenomeni distruttori e produttori non sono considerevoli; il riposo del lago non è però realizzato, la temperatura superficiale e la luce permettendo ai zoo e fitoplanktoni l'accoppiamento delle loro funzioni normali.

Tav. XXII.

25 giugno 1935.

Stazione	Tp.	O ₂	O ₂ %
I	18,2	8,16	123,4
II	19,3	7,55	116,5
III	19,3	7,81	120,5
IV	20	7,81	122,5
V	20,1	7,55	118,7
VI	19,9	7,69	118,6
VII	20	7,63	119,9
VIII	19,9	7,67	118,3

Occorre notare i fatti regionali delle correnti regolari (inverna) che apportano giornalmente dei deboli aumenti di ossigeno. Così per es. il 24 marzo 1935 abbiamo notato durante l'intervallo di un'ora un'accrescimento di $8,34 - 8,46 = 0,12 \text{ cm}^3 / \text{L.}$

Dallo specchietto precedente appare subito che la costanza degli scambi gassosi del lago perdura anche durante la stagnazione.

Verso la fine della stagnazione anche nelle profondità, la distribuzione dell'ossigeno è una delle più costanti :

I	II	III	IV
7,30	6,66	6,29	6,59

(il punto I° presenta valori elevati per il fatto che non abbiamo raggiunto il fondo; la serie delle stazioni si svolge in senso longitudinale).

Possiamo così dire che il bacino di Locarno PRESENTA DURANTE TUTTO L'ANNO LA STESSA GRANDEZZA NEGLI SCAMBI GASSOSI.



Il 3 maggio tutta la zona trofogena è sovrassatura e ciò è attribuibile senza dubbio al fitoplankton.

Tav. XXIII. Prof.	Tp.	O ₂	O ₂ %
0 m	11,3	8,82	109,0
1	11,1	8,40	109,5
2	10,9	8,42	109,3
3		8,39	107,8
4		8,40	107,9
5	10,2	8,52	108,8
6		8,49	108,4
7			
8		8,45	107,9
9		8,46	108,1
10	10,05	8,56	108,7

I più forti valori della saturazione si trovano a 2m. per quanto abbiamo detto più avanti circa la sensibilità delle alghe alle radiazioni luminose.

Già nel metalimnio notiamo dei valori inferiori alla saturazione.

Tav. XXIV.

25 giugno 1935 (ore 24).

Prof.	Tp.	O ₂	O ₂ %	Ca CO ₃ mg./L.
0 m.	21,4	7,47	120,8	40,03
0,50		7,48		40,03
1		7,91		40,03
2	18,0	7,63	115,4	40,03
3		7,56		35,03
5	15,4	7,89	113,0	35,03
10	12,6	7,91	106,7	35,03

Le zone epilimnetiche sono tutte sovrassature anche durante la notte (la curva termica è regolarmente decrescente, non esiste ancora metalimnio nettamente differenziato). Se facciamo il parallelo con i dati di giorno notiamo che i massimi di saturazione scompaiono (1, 2, 3 m.) durante la notte e ciò per la forte utilizzazione dei zooplanktoni che son saliti alla superficie (migrazioni verticali). In più le alghe non producono ossigeno ma lo utilizzano per la respirazione.

Durante la notte esiste l'equazione :

Fenomeni produttori O₂ < Fenomeni distruttori.

Anche per il carbonato di calcio vediamo che tende a ricostituirsi in seguito all'accumulazione di CO₂, gaz prodotto nella respirazione.

Malgrado la predominanza di "Zehrungsvorgänge" da notare la sovrassaturazione della zona trofogena, ciò che indica che il lago di Locarno è ben lungi DALL'ESSERE UN LAGO "PHYTOPLANKTONARM".

Tav. XXV.

26 giugno 1935 (ore 12).

Prof.	Tp.	O ₂	O ₂ %	Ca Co ₃ mg./L.
0 m.	22,5	7,37	121,8	40,03
0,50		7,60		35,03
1		8,03	120,3	35,03
2	17,3	8,06		35,03
3		8,03		35,03
5	15,6	7,79	112,0	35,03
10	10,9	7-77	100,9	40,03 ?

Anche durante il giorno l'epilimnio è sovrassaturo. Una certa accumulazione a 1, 2 e 3 m. è dovuta all'azione clorofilliana: durante la notte l'ossigeno è mantenuto in loco, dalle temperature decrescenti.

Per ciò che concerne il carbonato di calcio si nota che le alghe lo decompongono nella loro complessa funzione.

In conclusione durante il giorno abbiamo :

Fenomeni produttori > Fenomeni distruttori

Tav. XXVI.

Variazioni dell'ossigeno durante 24 ore.

Prof.	25 VI giorno	25 VI notte	26 VI giorno
0 m.	7,59 (120,5)	7,47 (120,8)	7,37 (121,8)
5	7,80 (115,0)	7,89 (115,4)	7,79 (112,0)
10	7,62 (108,2)	7,91 (113,0)	7,77 (100,9)

In conclusione diremo che nell'epilimnio si stabilisce una quantità considerevole di ossigeno autoctono e di cui una certa parte entra nell'atmosfera e un'altra viene dalle correnti di convezione condotta nell'ipolimnio.



Distribuzione dell'ossigeno nelle profondità.

Secondo Bröndstedt e Wesenberg nel Fürsee (1908-1909).

I) L'ossigeno è distribuito in modo omogeneo all'epoca della circolazione delle acque.

II) Durante la stagnazione l'ossigeno diminuisce nelle

profondità e questa diminuzione si mantiene durante tutta l'estate.

La nozione principale è che l'ossigeno delle grandi profondità del lago di Locarno non discende mai al disotto del 50 % della saturazione.

Il regime dell'ossigeno si mantiene nelle grandi linee nel tipo OLIGOTROFO; in generale non abbiamo mai notato una considerevole diminuzione dell' O_2 nel metalimnio: questa potrebbe essere la seconda ragione in favore dell'OLIGOTROFIA.

Thienemann (1925) dice per i laghi OLIGOTROFI :

“ Sauerstoffgefälle von der Oberfläche zur Tiefe gleichmässig ohne Verstärkung im Metalimnium. Die O_2 -Kurve durchdringt also die Tp. Kurve beim oligotrophen Seetypus im Hochsommer gradlinig . . . ”

Come si comporta l'ossigeno nei differenti orizzonti del bacino di Locarno ? Abbiamo già menzionato quanto capita per l'epilimnio: il grafico n.ro XL mostra che durante 6 mesi l'Epilimnio è inferiore ai valori normali della saturazione. Il massimo cade durante il mese di maggio quando la vegetazione limnetica è nel parossismo del suo sviluppo.

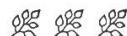
I grafici n.ro IX - X - XIII - XV - XVII spiegano le oscillazioni nell'epi e nell'ipolimnio. Durante la stagnazione si nota una notevole distruzione di O_2 nella zona trofotica ed è in questa zona (110 m.) che verso la fine della stagnazione cadono i minimi costanti nella ripartizione verticale.

Durante il mese di Luglio, per il fatto che la circolazione regna ancora nell'ipolimnio, le zone di fondo sono ancora riccamente ossigenate. Quando la stagnazione estivale raggiunge il suo massimo sviluppo le cose cambiano: l'andamento generale della curva ossigeno mostra una certa distruzione dell' O_2 già nel metalimnio e nell'ipolimnio superiore, ma i massimi assoluti non si hanno che a 110 m. (inizio di ottobre $4,58 \text{ cm}^3 / \text{L.} = 53,3 \%$). Nell'ipolimnio la stratificazione d'estate non scompare che nel mese di dicembre. Nelle zone epi e metalimnetiche che si raffreddano sensibilmente si tende, grazie alle correnti di convezione, a una certa uniformizzazione dell'ossigeno.

Per la discesa del zooplankton dovuta ai moti convettivi il minimo tende a trovarsi verso 40 - 50 m. Durante i mesi di gennaio e febbraio, quando l'omeotermia è raggiunta l'ossigeno si trova regolarmente distribuito a tutti gli orizzonti; a 110 m. esso va sempre crescendo fino a raggiungere il suo massimo, il 27 febbraio con $\text{cm}^3. 7,64 = 87,3 \%$. Graficamente la ripartizione verticale dell'ossigeno può essere rappresentata da una linea retta: UNIFORMIZZAZIONE E OMEOTERMIA.

Nel mese di marzo si nota un debole accrescimento nelle zone epilimnetiche ma persiste sempre l'uniformizzazione dell'ipolimnio; la stratificazione termica inizia con un riscaldamento delle zone superficiali (IV - V).

Durante i mesi di giugno - luglio la distribuzione è una delle più normali.



Vediamo ora le oscillazioni dell'ossigeno nelle diverse stagioni lacustri.

I) Stagnazione d'estate 1934.

(Fino al 14 settembre 1934.)

L'acqua è sovrassatura fino a 10 - 15 m. (il mese di novembre presenta ancora dei valori di più di 100 %).

Nell'ipolimnio verso la fine del periodo scomparsa marcata di ossigeno.

Valore massimo : $7,89 = 112,9 \%$ (15 m.)

Valore minimo : $5,55 = 75,9 \%$ (15 m.)

Il minimo di $\text{cm}^3. 5,55$ si trova a 15 m. là dove c'è forte consumo di O_2 in seguito alle funzioni respiratorie dei zooplanktoni.

Valori dell'ossigeno durante la stagnazione :

Tav. XXVII.

Zona	O_2	$\text{O}_2 \%$	Tp.
Epilimnio	7,23	110,7	18,6
Ipolimnio	7,00	86,6	8,9
Fondo	6,67	78,3	6,8

II) Circolazione d'inverno 1934-35.

(14 settembre 34 - 30 gennaio 1935)

L'epilimnio è saturo fino all'inizio di novembre. La zona del salto termico scompare durante il mese di novembre; all'inizio della circolazione i valori minimi si trovano nelle zone di fondo. In seguito, per le correnti di convezione il fondo si disinfecta e si arricchisce in ossigeno.

Valore massimo : $8,74 = 107,6 \%$ (10 m.)
Valore minimo : $4,58 = 53,3 \%$ (110 m.)

Valori dell'ossigeno durante la circolazione :

Tav. XXVIII.

Zona	0 2	0' 2 %	Tp.
Epilimnio	7,69	97,3	9,8
Ipolimnio	7,09	85,2	7,7
Fondo	5,82	67,4	6,2

(La sovrassaturazione del mese di ottobre nell'epilimnio è attribuibile allo sviluppo autunnale del fitoplankton a diatomee).

III) Stagnazione d'estate 1935.

(30 gennaio - 9 settembre 1935).

I più forti valori assoluti e relativi cadono in questo periodo. Il mese di febbraio anche nell'epilimnio non presenta saturazione, la quale comincia a 5 metri, il 24 marzo. Nel seguito i valori superiori a 100 % aumentano in potenza fino a raggiungere la profondità di 20 metri.

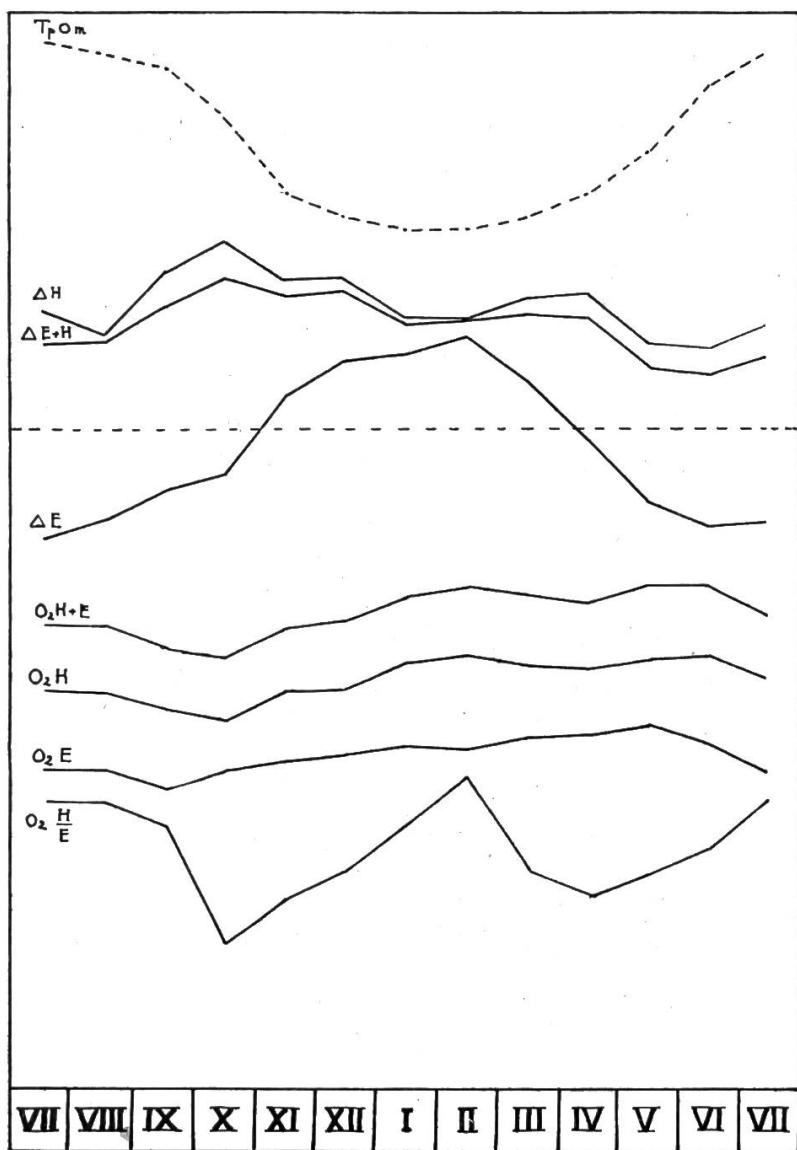
Possiamo dire che per il lago di Locarno la zona di 20 metri rappresenta la profondità massima, raggiunta dalla sovrassaturazione in ossigeno. Dal mese di giugno questa zona si restringe e nel mese di luglio non arriva più che a 15 metri, per comprimersi ancora di più nei mesi seguenti.

Valore massimo : $8,82 = 113,3 \%$ (5 m.)
Valore minimo : $6,12 = 70,5 \%$

Valori medi durante la stagnazione :

Tav. XXIX.	Zona	0	0 %	Tp.
	Epilimnio	7,84	103,1	12,5
	Ipolimnio	7,43	91,5	8,7
	Fondo	6,98	64,1	6,1

Non abbiamo mai constatato una saturazione dell'acqua nelle zone inferiori a 20 metri durante i due periodi di



circolazione studiati: occorre vedere in questo fatto che il bacino di Locarno NON E' COSÌ OLIGOTROFO COME SI CREDE (STENO-OLIGOTROFO ?); ma dal fatto che l'arricchimento epilimnetico non arriva mai a coprire anche in parte il deficit del meta e ipolimnio superiore, si deve vedere che le biocenosi vi sono talmente intense da impedire dei valori di saturazione superiori a 100 %.



Valori numerici dell'ossigeno (secondo il metodo Thienemann 1928).

Spiegazioni dei termini e dei segni :

O_2	cm ³ . calcolati nell'analisi
O'_2	valore teorico della saturazione
$O'_2 \%$	% della saturazione
Tp.	temperatura
Prof.	profondità
E	epilimnio (zona trofogena: 0 - 10 m.)
M	metalimnio
H	ipolimnio } (zona trofopolitica)
$O_2 E$	numero di cm ³ . dell'epilimnio
$O_2 H$	numero di cm ³ . dell'ipolimnio
$O_2 H/E$	quoziente tra i valori $O_2 H$ e $O_2 E$.
$O_2 E + H$	ossigeno totale del bacino ($O_2 E + O_2 H$)
ΔE	deficit dell'ipolimnio rispetto ai valori di saturazione
ΔH	deficit dell'ipolimnio rispetto ai valori di saturazione
$\Delta E + H$	deficit di tutto il bacino rispetto ai valori di saturaz.
$O_2 A$	quantità di ossigeno espresso in cm ³ . per compensare il deficit del lago.

I dati morfometrici del bacino di Locarno sono stati stabiliti colla formula :

$$(A + B + \sqrt{A B}) \frac{H}{3}$$

A = superficie della curva di livello superiore.

B = superficie della curva di livello inferiore.

H = equidistanza.

Il bacino di Locarno limitato dalla Maggia e il punto 215 stazione F. F. S. St. Nazzaro presenta i valori morfometrici seguenti :

Volume dell'epilimnio (0 - 10 metri).
m³. 144.900.000.

Volume dell'ipolimnio (10 m. - 110)
m³. 929.050.000.

Volume totale del bacino
m³. 1.073.950.000.

Superficie del bacino
Km.² 15,00.

Profondità media V/S = m. 71,6.

Volume E in % del volume totale = 13,4.

Esempio di calcolo.

I. — Calcolo di O₂ E.

6 ottobre 1934.

Tav. XXXI.

prof.	Tp.	0 2	0' 2	0' 2 %
0	18	7,42	6,61	112,3
5	16,4	7,18	6,83	105,1
10	14,9	6,97	7,05	98,8
media	16,4	7,19	6,83	

Ossigeno di tutto l'epilimnio del bacino di Locarno :
 $m^3 \cdot 144.900.000 \cdot 7190 \text{ cm}^3 = 10411.10^8 \text{ cm}^3$.

2. — Calcolo di $O_2 H$:

Tav. XXXII.

Prof.	Tp.	O_2	$O'2$	$O'2 \%$
15	13,8	6,95	7,22	96,2
25	8,7	6,64	8,12	81,7
35	7,1	6,62	8,44	78,4
50	6,6	6,88	8,55	80,2
110	6,4	4,58	8,59	53,3
media	8,5	6,33	8,16	

Ossigeno in tutto l'ipolimnio del bacino di Locarno :
 $O_2 H: m^3 \cdot 929.050.000 \cdot 6330 \text{ cm}^3 = 58.802.10^8 \text{ cm}^3$.

3. — Calcolo di tutto l'ossigeno del bacino : $O_2 E + H$.

$$10411.10^8 \text{ cm}^3.$$

$$\underline{58802.10^8 \text{ cm}^3.}$$

$$O_2 E + H = 69213.10^8 \text{ cm}^3.$$

4. — Calcolo di $O_2 H/E$ (quoziente tra il contenuto in ossigeno della zona trofotica e il contenuto O_2 della zona trofogena).

$$O_2 H/E \frac{58802.10^8}{10411.10^8} = 5,64.$$

5. — Calcolo di ΔE vale a dire l'ossigeno che manca o che è in più nell'epilimnio per raggiungere i valori normali di saturazione.

(Se v'è sovrassaturazione ΔE diventa negativo).

6 ottobre 1934

contenuto medio di E nella zona 10 - 0 m. $7,19 \text{ cm}^3$.

Temperatura media dell'epilimnio $16^0,4 \text{ C.}$

Saturazione corrispondente a $16^0,4$ 6,83.

Deficit dell'E. = $\Delta E : 7,19 - 6,38 = - 0,36$ (sovrasaturazione).

6. — Calcolo di ΔH vale a dire l'ossigeno che manca nell'ipolimnio per raggiungere i valori normali di saturazione.

6 ottobre 1934.

Contenuto medio dell'Ipolimnio $6,33 \text{ cm}^3$ /L.

Temperatura media dell'Ipolimnio $8^0,8 \text{ C.}$

Saturazione corrispondente a $8^0,8$: 8,10.

Deficit dell'Ipolimnio ΔH : $8,10 - 6,33 = 1,77$ (H è +).

7. — Calcolo di tutto il deficit del lago :

Deficit totale dell'Ep. = $0,36 \cdot 144.900.000 = 5216.10^7 \text{ cm}^3$.

Deficit totale dell'Ip. $1,77 \cdot 929.050.000 = 16444.10^8 \text{ cm}^3$.

$\Delta E + H = 15922.10^8 \text{ cm}^3$.

E' interessante di calcolare il deficit del lago espresso in $\text{cm}^3/\text{L.}$; non c'è che da dividere il deficit totale per il volume del lago espresso in L^4 . v. a. d.

$$\Delta E + H = \frac{15922.10^8}{1.073.950.000.10^3} = 1,51$$

Nel caso specifico nell'epilimnio non abbiamo deficit: c'è piuttosto biogenesi. Nell'ipolimnio invece abbiamo un deficit marcato. In natura questo deficit vien compensato dalla diffusione atmosferica e risulta così interessante di calcolare quanto ossigeno deve diffondere per compensare $\Delta E + H$.

Si ha così il

8. — Calcolo di $O_2 A$ (O_2 Aufnahme Th.).

$$O_2 A = \frac{\Delta H + E \cdot \text{Volume del lago. } 10^3}{\text{Superficie del lago in } cm^2}$$

nel nostro caso il 6 ottobre abbiamo :

$$O_2 A = \frac{15922 \cdot 10^8}{15,10^6 \cdot 10^4} = \text{cm. } 10,61$$

Ciò significa che per compensare tutto il deficit del lago di Locarno il 6 ottobre occorre una colonna di ossigeno di un'altezza di cm. 10,61.

Ciclo dell'ossigeno durante l'anno.

$O_2 E$. La produzione O_2 nell'epilimnio è legata alle leggi dei gaz e al fitoplankton. Minimo marcato in settembre e massimo in maggio (30 maggio).

$O_2 H$. Il massimo cade durante il mese di febbraio (la massa ipolimnetica è ancora in circolazione). Il minimo cade alla fine di settembre, inizio di ottobre (l'ipolimnio è in stagnazione) in conseguenza della forte biolisi che si effettua nella zona trofotatica.

Le più forti variazioni sono negative rispetto alla media dell'anno. (14,7%).

$O_2 H + E$. L'ossigeno totale non varia fortemente durante l'anno. Il massimo che cade in primavera (maggio-giugno) rappresenta l'8,9 % della media annuale; il minimo che cade all'inizio d'autunno rappresenta l'11,9 % della media annuale.

$O_2 H/E$. Si dimostra nel nostro bacino di tipo oligotrofo in quanto resta sempre > 1 . Le variazioni non sono molto forti ma talvolta più marcate che nell'oligotrofo Bodamico.

Ciò dimostra che la zona trofogena del nostro lago è più piccola della trofotrofica e che in generale questa non è mai sprovvista di ossigeno: il suo ossigeno totale non sorpassa in generale 6 volte l'ossigeno totale della zona trofogena: massimo in febbraio e minimo in ottobre.

ΔE . Nel corso dell'anno (luglio 34- luglio 35) notiamo 5 mesi in deficit e 7 mesi in sovrassaturazione vale a dire con ΔE negativo. In generale l'epilimnio è in media sovrassaturo durante l'anno. Le variazioni sono molto forti. (ΔE è in media negativo). L'ampiezza delle variazioni è di cm^3 . 1,88. Il lago ha così una certa analogia per ciò che concerne ΔE con l'eutrofo Plönersee.

ΔH . E' sempre positivo. La biolisi predomina tutto l'anno sulla biogenesi. Le variazioni non sono molto forti, l'ampiezza delle variazioni essendo di cm^3 . 1,28. Massimo in estate- inizio dell'autunno, minimo in primavera.

$\Delta H + E$. In generale la curva è parallela a ΔH . Una sovrassaturazione in O_2 non fu mai constatata, ΔH rimanendo sempre positivo. I valori di sovrassaturazione dell'epilimnio ($-\Delta E$) hanno nel fenomeno un ruolo dei più importanti poichè l'epilimnio compensa in certo qual modo per diffusione il deficit dell'ipolimnio. In ogni modo esso non arriva mai a compensare l'ipolimnio e l'equazione resta sempre

$$\frac{O_2 E}{O_2 H} < 1$$

I valori ΔE non sono determinati solo dalla termica del lago ma anche dal fitoplankton; così nei mesi caldi di primavera e d'estate l'acqua è sempre sovrassatura. Durante il mese di giugno lo stato del lago tende all'equilibrio fra $O_2 E$ e $O_2 H$: il deficit di tutto il lago non è il 25 giugno che di cm^3 . 0,32. E' il valore minimo realizzato. Nel seguito la stagnazione sempre progressiva impedisce la diffusione e il trasporto molecolare dell'ossigeno.

$O_2 A$. L'ossigeno prodotto nell'epilimnio in più dei valori di saturazione non presenta che una debole parte dell'ossigeno necessario all'equilibrio del lago. I più forti valori sono raggiunti in ottobre e i minimi in giugno.

In conclusione potremo dire che DURANTE TUTTO L'ANNO I FENOMENI PRODUTTORI RESTANO < DEI DISTRUTTORI, I QUALI RAGGIUNGONO IL LORO APOGEO DURANTE O ALLA FINE DELLA STAGNAZIONE.

Infatti $\Delta E + H$ non raggiunge mai zero ma si avvicina molto di più che negli altri laghi oligotrofi. Nell'epilimnio i FENOMENI PRODUTTORI PREDOMINANO ($-\Delta E$); NELL'IPOLIMNIO SONO INVECE I DISTRUTTORI. ($+\Delta H$).

Le relazioni dell'ossigeno sono nel nostro lago influenzate biologicamente: la temperatura non ha nel lago di Locarno la stessa influenza che nell'oligotrofo Bodamico.

Tav. XXXIII.

Relazioni	Lago oligotrofo	Lago di Locarno	Lago eutrofo
O ₂ H/E	> I	> I	< I
Influenza di Tp. su O ₂	diretta	diretta ma non esclusiva	indiretta
Influenza delle bioce- nosi su O ₂	debole	considerabile	predominante
Produzione O ₂	debole	considerabile in primavera	predominante
Distruzione O ₂	debole	considerabile inizio d'autunno	predominante
O ₂ nella circolazione	senza ghiaccio	senza ghiaccio	con ghiaccio
△ H + E	sempre +	sempre + ; tende a 0	varia coi generi di eutrofia
Curva O ₂	oligotrofa (TH.)	oligotrofa	eutrofa
O ₂ A	proviene dall'atmos- fera esclusivamente	id. ma è influenzata biologicamente	atmosfera e biolo- gicamente
Ossigeno dei fondali	5, 11— 7,57 cm ³ ./L. 59— 90,5 %	4,58— 7,64 cm ³ ./L. 53— 87,8 %	fino a 0 cm ³ ./L.

Morfometria del Verbano e parallelo con gli altri laghi alpini.

I) *Profondità media.* = $V/S = 71,6$ m. Tale cifra ci indica il rapporto che esiste fra la massa d'acqua dove vengono diluite le sostanze organiche e la superficie illuminata che è la sede della biogenesi.

Per i laghi alpini (oligotrofi) tale rapporto varia tra :
309,7 — 33,7

Per tutto il bacino del Verbano il rapporto è di 175,4; per il bacino di Locarno il valore è più debole. E' facile di comprenderne il motivo: il bacino di Locarno è un bacino di riempimento dei delta della Maggia, della Verzasca e del Ticino.

La profondità media del lago E' UN PRIMO CARATTERE OLIGOTROFO.

II) *Volume dell'epilimnio in rapporto al volume totale.*
Per i laghi alpini si ha :

5,6 — 44,2 %

vale a dire che l'epilimnio è sempre più piccolo dell'ipolimnio. Per il lago di Locarno tale rapporto è di 13,4 %.

E' UN SECONDO CARATTERE OLIGOTROFO.

III $O_2 H/E$. Come in tutti i laghi alpini fin'ora studiati anche nel nostro lago il rapporto è > 1 . Per i laghi alpini : 19,1 — 1,05

Nel bacino di Locarno la media è di 6,0. Questo coefficiente fa sortire un po' il lago dal sistema tipicamente oligotrofo. Come il lago di Zurigo che si eutrofizza per la colonizzazione graduale delle sue rive, il bacino di Locarno per la sua natura stessa e, ciò che ci importa per l'abbondanza del plankton sia animale che vegetale (Zootrofo: Monti) presenta nei caratteri specifici una netta differenza con i laghi tipicamente oligotrofi e specialmente con la STENO-OLIGOTROFIA dove si è voluto classificarlo.

La preponderanza dei valori superiori a 100 % è già un fatto che non arriva per i laghi nordalpini; è questa

senza dubbio una ragione in favore dell'abbondanza del fitoplankton e specie delle influenze di ordine biologico sulla produzione O_2 . La ripartizione dell'ossigeno è dominata piuttosto da cause biologiche che non puramente fisiche.

Non vogliamo spingere più oltre il ragionamento per applicarlo al resto del lago. *Monti* ha però potuto enunciare che tutti i laghi insubrici non possono entrare, salvo che per i caratteri morfometrici nella categoria nettamente oligotrofa; ed ha anche fondato una categoria nuova: la *ZOOTROFIA*. Benchè la nuova definizione non possa ancora basarsi su dati biochimici noi siamo d'accordo di vedere nelle associazioni e nelle biocenosi del lago una delle cause fondamentali del regime O_2 .

IV) *O_2 delle grandi profondità.* (110 m.)
sviluppata che nei laghi alpini.

5,11 — 7,57 (90,5 — 59,0 %)

Per il Verbano

4,58 — 7,64 (53 — 87 %)

Occorre vedere in queste forti oscillazioni dell'ossigeno una delle ragioni in favore della zootrofia. La grande abbondanza di plankton sia animale che vegetale che cade sul fondo e ivi si decompone è una delle cause che spiegano questa distruzione O_2 .

Azoicità delle zone profonde non è mai stata realizzata nel bacino studiato, ma la biolisi vi è molto più fortemente sviluppata che nei faghi alpini.

E' QUESTO UN CARATTERE CHE NON E' TIPI-CAMENTE OLIGOTROFO.

V) ΔE . Per i laghi alpini :

0,51, — 1,24

Per il bacino di Locarno la media dell'anno è superiore a 100 %. Il massimo è di — 1,09. E' un valore che lo avvicina al Bodensee-Untersee; ne differisce però per gli altri caratteri.

VI) ΔH . Per i laghi alpini :

1,32 — 2,43

Nel nostro caso il massimo è di 1,77 (cifra simile a quella dei laghi mediamente eutrofi ?)

VII) $\Delta E + H$. Per i laghi alpini :

1,24 — 1,36.

Il massimo per il Verbano è di 1,51. In media si ha 0,85, valore che si allontana dai laghi oligotrofi.

VIII) $O A$. E' la quantità che deve essere assorbita dal lago per fare $\Delta H + E = O$. Nel nostro lago $\Delta H + E$ non arriva mai a 0 ma ha tendenza a farlo come per es. il 25 VI 1935.

E' un caso che non è mai realizzato nei laghi oligotrofi: occorre dire che le condizioni morfometriche del bacino permettono questa realizzazione: una circolazione e un rimescolamento delle acque essendo possibile. Ma nel mese di giugno non si può ancora parlare di circolazione per il fatto che il lago è in stagnazione avanzata fino a 50 m. A tale epoca una sovrassaturazione dell'acqua è possibile fino a 20 m. di profondità in causa dell'attività del fitoplankton. Thienemann ha trovato che: "je tiefer die See umso höher die Wert."

Per Thienemann, in qualche sorta, i dati morfometrici hanno maggior influenza dell'attività biologica del biotopo e la determinano. Ciò che nel nostro lago E' BEN LUNGI DALL'ESSERE REALIZZATO.



Cerchiamo ora di concludere partendo dall'analisi che abbiamo fatto, sulla posizione del lago di Locarno nel sistema *Thienemann-Naumann*.

Abbiamo visto che per qualche carattere il lago è oligotrofo (I, II), soprattutto per ciò che concerne la morfometria. Si stacca pertanto dall'oligotrofia per qualche carattere biologico e per conseguenza biochimico. Teniamo a

Ossigeno dissolto (metodo di Winkler) espresso in cm³/L e in % della saturazione (Medie mensili del Bacino di Locarno)

Tav. XXXIV

ripetere quanto diceva *Monti* nel 1929 al IV Congresso Internazionale di Limnologia teorica ed applicata :

“ già il Pesta ha giustamente osservato che non è possibile far rientrare i laghi sudalpini nella classificazione del *Thienemann* e del *Naumann* i quali considerano i nostri laghi come il prototipo degli oligotrofi lo stesso termine oligotrofo si presta facilmente ad una falsa interpretazione perchè fa credere che i laghi sudalpini siano laghi poveri, capaci di alimentare appena una scarsa popolazione lacustre come sono soltanto taluni laghi delle alpi ancora in via di colonizzazione naturale ”.

Ricorderò che *Rina Monti*, uno dei più illustri limnologi italiani, ritiene che la classificazione di *Naumann* non è applicabile ai laghi cisalpini, dove la circolazione della vita non subisce sosta sensibile durante l'inverno e ove la produzione del zooplankton è ben più forte che nei laghi nordalpini.

Ecco i fattori che secondo Monti occorre considerare :

- I) Profondità e conformazione del bacino.
- II) Regime termico superficiale e profondo.
- III) Composizione chimica delle acque.
- IV) Concentrazione dei joni-idrogeno.
- V) Regime delle acque.
- VI) Potere di autocatarsi.
- VII) Costituzione delle biocenosi.

Tav. XXXV.

VARIAZIONI ANNUALI di O₂ (Lago di Locarno)

Mese	O ₂ E. 10 ¹⁰	O ₂ H. 10 ¹⁰	O ₂ H + E.	O ₂ $\frac{H}{E}$	△ H + E	△ E	△ H	O ₂ A.
Luglio	106	667	773	6,2	— 0,93	0,98	0,73	5,29
Agosto	105	666	772	6,2	— 0,76	0,79	0,75	5,42
Settembre	101	632	733	6,1	— 0,56	1,27	1,02	7,32
Ottobre	107	610	717	5,6	— 0,40	1,52	1,28	9,02
Novem.	111	651	762	5,8	0,26	1,23	1,12	7,80
Dicem.	112	667	779	5,9	0,55	1,25	1,18	8,26
Gennaio	114	706	820	6,1	0,58	0,93	0,90	6,82
Febbraio	114	720	834	6,3	0,74	0,93	0,92	6,47
Marzo	117	703	820	5,9	0,40	1,08	1,00	7,06
Aprile	118	692	810	5,8	— 0,07	1,10	0,96	6,90
Maggio	121	715	836	5,9	— 0,61	0,72	0,55	3,87
Giugno	115	717	832	6,0	— 0,84	0,67	0,47	3,33
Luglio	105	681	790	6,2	— 0,83	0,86	0,64	4,52
Agosto	107	653	760	5,9	— 0,99	1,01	0,75	5,30
Settembre	105	656	762	6,2	— 0,51	0,77	0,61	4,27
Media	110	678	786	6,0	— 0,26	1,00	0,85	6,07
Massimo	124	738	857	6,3	0,79	1,77	1,51	10,61
Aampiezza in % della media	12,7	8,9	9,0	5,3	403,8	77	77,7	74,7
Minimo	101	588	692	5,2	— 1,09	0,49	0,32	2,24
Aampiezza in % della media	8,1	14,7	11,9	13,3	319,2	51	62,3	63,0

Tav. XXXVI.

Dati sull'O₂ di alcuni laghi alpini

Lago	Data	O ₂ E. 10 ¹⁰	O ₂ H 10 ¹⁰	O ₂ H + E. 10 ¹⁰
Genève	14 - VIII - 94			
	+ 3 - VII - 95	3258	62930	66188
Bodensee		3000	32000	35000
Zürich Untersee	7 - XI - 20	414,7	1194	1608,7
Bodensee Untersee	7 - VII - 26	319,4	230,9	550,3
Verbano Lago di Locarno (Pelloni)	6 - X - 34	104	588	692

Tav. XXXVII.

Alcuni giorni tipici per la ripartizione

6 ottobre 1934		7 marzo 1935	
O ₂ E	104.10 ¹⁰	O ₂ E	114.10 ¹⁰
O ₂ H	588.10 ¹⁰	O ₂ H	707.10 ¹⁰
O ₂ E + H	692.10 ¹⁰	O ₂ E + H	821.10 ¹⁰
O ₂ H/E	5,6	O ₂ H/E	6,1
△ E	-0,36	△ E	0,69
△ H	1,77	△ H	1,07
△ E + H	1,51	△ E + H	0,85
O ₂ A	10,61	O ₂ A	5,96
Tp. E	16,4	Tp. E	6,3
Tp. H	8,8	Tp. H	6,0
O ₂ delle profondità: 4,58 cm ³ . /L.		O ₂ delle profondità: 7,31 cm ³ . /L.	

(in parte da Thienemann 1928)

O_2 H/E	Δ E	Δ H	Δ H + E	O_2 A	O_2 delle grandi profondità	Curva O_2
19,3	— 0,31	1,32	1,24	19,1	69,3 %	oligotrofa
10,4	— 0,42	1,49	1,31	13,1	90,5 %	oligotrofa
0,29	0,23	4,74	3,99	21,4	10,7 %	eutrofa
0,72	— 1,24	1,83	0,29	0,38	55 %	eutrofa
—	—	—	—	—	—	—
5,6	— 0,36	1,77	1,51	10,61	53 %	meso- oligotrofa o zootrofa
—	—	—	—	—	—	—

dell' O_2 nel Lago di Locarno.

	30 maggio 1935		7 giugno 1935
O_2 E	$124 \cdot 10^{10}$	O_2 E	$119 \cdot 10^{10}$
O_2 H	$717 \cdot 10^{10}$	O_2 H	$738 \cdot 10^{10}$
O_2 E + H	$841 \cdot 10^{10}$	O_2 E + H	$857 \cdot 10^{10}$
O_2 H/E	5,8	O_2 H/E	6,0
Δ E	—1,09	Δ E	—0,82
Δ H	0,66	Δ H	0,49
Δ E + H	0,58	Δ E + H	0,32
O_2 A	4,09	O_2 A	2,24
Tp. E	12,0	Tp. E	12,3
Tp. H	7,6	Tp. H	8,0
O_2 delle profondità: 7,33 cm ³ . /L.		O_2 delle profondità: 7,33 cm ³ . /L.	

Distruzione di ossigeno nell'intervallo di 24 ore.

E' questa una vera biolisi dove gli agenti distruttori sono i zooplanktoni e anche i fitoplanktoni. Per le zone epilimnetiche si nota il 27 - VI - 35 una sovrassaturazione a 0 — 10 m. con un massimo di produzione a 2 — 3 m., là dove si trova il massimo di fitoplankton che non sopporta l'intensità luminosa delle zone nettamente superficiali.

Dopo 24 ore abbiamo notato una distruzione rimarchevole: in realtà nella raccolta d'acqua restano molti organismi: protozoi, rotiferi ed anche dei Cyclops e delle Daphnie, che nei flaconi respirano utilizzando l'ossigeno dissolto. Si deve vedere nella respirazione degli organismi una delle cause della distruzione dell'ossigeno ma occorre aggiungere delle ipotesi probabili: le sostanze albuminoidi disiolte nell'acqua subiscono una decomposizione da parte di organismi aerobi; aggiungiamo ancora gli excreta dei zooplanktoni che sono mineralizzati per la stessa via.

Dai valori assoluti di questa distruzione possiamo farci un'idea della grandezza degli scambi biochimici del lago e per conseguenza sull'intensità delle sue biocenosi.

Altrimenti detto partendo dalla nozione di BIOMASSA e dall'ordine delle grandezze realizzate nella fisiologia del biotopo si arriva all'idea di BIOPRODUZIONE CIO' CHE PUO' TROVARE INNUMERI APPLICAZIONI ANCHE IN ITTIOLOGIA.

C'è nel biotopo lacustre un sincronismo assoluto e rigoroso fra biocenosi e dati biochimici. Ogni organismo ha la sua curva speciale e tipica per la sua vitalità, per la sua fisiologia. Dalla grandezza degli scambi metabolici realizzati da un organismo si giudica della sua vitalità. Nello stesso modo partendo dalla grandezza della distruzione O₂ di un lago e dall'ordine della sua biolisi si giudica del sistema cui il lago appartiene.

Secondo Thienemann che classifica i laghi secondo i loro caratteri biologici e biochimici il lago sarebbe: EINE LIMNOLOGISCHE EINHEIT VON BIOTOP PLUS BIOZÖNOSE, VON LEBENSRAUM PLUS LEBEWELT.

Ciò che significa: il lago altro non che la risultante delle condizioni ambientali e delle biocenosi.

Il lago oligotrofo sarebbe un sistema sempre in equilibrio vale a dire produzione e distruzione sono termini uguali.

La reversibilità del ciclo vitale condurrebbe la sostanza organica, sintetizzata dalle alghe e trasformata dai rotiferi e dai crostacei, allo stato minerale per arrivare di nuovo allo stesso punto attraverso le alghe limnetiche. La stessa quantità di sostanza organica che è ex novo fabbricata dalle alghe nella funzione clorofilliana, sintetizzando gli elementi minerali dell'acqua con il carbonio dissolto nell'acqua, è nello stesso tempo distrutta (o piuttosto trasformata); un più in biogenesi (come ciò arriva nei laghi eutrofi) rompe l'equilibrio e il lago non potendo mineralizzare tutta la nuova sostanza la precipita e forma dei sedimenti.

Tutti gli stadi sono possibili :

I) Produzione = Distruzione OLIGOTROFIA : senza sedimenti, fondo ossigenato.

II) Stadio intermediario MESO-OLIGOTROFIA Lago di Locarno

III) Produzione > Distruzione EUTROFIA :
sedimenti organogeni: fondo talvolta azoico.

Disgraziatamente non abbiamo molto da dire sui sedimenti del lago: quelli che abbiamo raccolto ci son sembrati abbastanza organici e ciò per due motivi: I) la grande quantità di zooplankton che dopo morte cade sul fondo; II) la grande abbondanza di alluvioni condotti dai fiumi (buzze).

Quantunque si abbia sempre classificato il Verbano nella categoria degli STENO-OLIGOTROFI possiamo asserire che durante 5 mesi dell'anno L'ACQUA DELL'EPILIMNIO PRESENTA DEI VALORI INFERIORI ALLA SATURAZIONE; ciò sembra confermare che il lago non è precisamente "PHYTOPLANKTONARM".

Parte seconda.

Complementi alla chimica del Verbano.

Secondo *L. W. Collet* la costituzione dell'acqua del lago sarebbe la seguente :

Tav. XXXVIII.

Ressiduo secco	0,0972
Si O ₂	0,0046
Fe O ₃ + Al ₂ O ₃	traccie
Ca O	0,0312
Mg O	0,0065
S O ₃	0,0244
Na ₂ O	0,0014
K ₂ O	0,001
C O ₂	0,0139

(le cifre si intendono in mg. /L.)

Il lago Maggiore sarebbe così un *lago siliceo* a debole residuo secco e ciò è dovuto al fatto che il bacino imbrifero è costituito da rocce silicate e solo in debole parte calcari.

La concentrazione in joni-idrogeno (pH) è di 7,1 — 7,4: lago a debole acidità e a reazione tendente all'acalina.

**Le variazioni del carbonato di calcio
nel bacino di Locarno.**

Tecnica. Il calcio è stato determinato per titolazione di 100 cm³. di acqua con HCl O, IN. in presenza di 0,01 % metilarancio.

La reazione è finita quando il liquido presenta un viaggio dal giallo all'arancio. Il nro di cm³. O, IN. HCl utilizzati, moltiplicati per 5 dà la durezza dell'acqua espressa in gradi francesi. Abbiamo però preferito calcolare i grammi di carbonato per litro.

I bi e i monocarbonati sono quelli che costituiscono la durezza temporanea dell'acqua perchè possono essere eliminati sottponendo l'acqua all'ebollizione. I bicarbonati si decompongono con sviluppo di C O₂ e separazione di carbonati.

Tav. XXXIX.

Variazioni annuali della durezza delle acque nel Bacino di Locarno
 (mg Ca CO₃/ L)

	Prof. 23-VII-34	21-VII-34	22-IX-34	13-X-34	19-XI-34	20-XII-34	19-I-35	13-II-35	15-III-35	9-IV-35	30-V-35	16-VI-35
0	35,03	35,03	35,03	35,03	40,03	40,03	45,04	45,04	45,04	45,04	45,04	35,03
5			35,03	35,03	40,03	35,03	40,03	45,04	40,03	45,04	35,03	35,03
10				35,03		40,03	40,03	45,04	40,03	45,04	45,04	35,03
15	40,03	35,03	35,03	40,03	35,03	40,03	40,03	45,04				
20							40,03	45,04	45,04	45,04	45,04	45,04
25	40,03	35,03	35,03	40,03	40,03	35,03	40,03					
30								45,04	40,03	45,04	45,04	45,04
35				40,03	40,03	40,03	40,03					
40								45,04	45,04	45,04	45,04	45,04
50	40,03	45,04	40,03	40,03	40,03		40,03	50,04	45,04	45,04	45,04	45,04
70								45,04	45,04	45,04	50,04	45,04
90						35,03		45,04	45,04	45,04	45,04	50,04
110	40,03	45,04	45,04	45,04	45,04	45,04	40,03	45,04	45,04	45,04	45,04	50,04

Il calcolo si stabilisce così :

Prelevati 100 cm³. H₂O
Utilizzati 0,7 cm³. O, I N. HCl

1000 cm³. O, I N. HCl = CaCO₃/20 = 100,09/20 = gr.
5,0045 CaCO₃.

1 cm³. HCl O, IN. = 0,0050045 gr. CaCO₃.

100 cm³. contengono :

0,0050045. 0,7 = 0,00350315 Gr. CaCO₃.

1000 cm³. contengono :

0,00350315. 10 = 0,0350315 gr. CaCO₃ = 35,03 mg, /L.

Poichè la maggior parte dei lavori di limnologia dà la durezza espressa in gradi tedeschi, diamo la sinonimia dei termini :

1 grado francese = mg. CaCO₃ in 100.000 parti di acqua.

1 grado tedesco = mg. CaO in 100.000 parti di acqua.

1 grado tedesco = 0,56 gradi francesi.

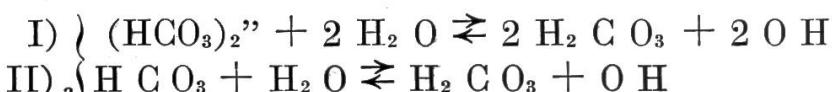
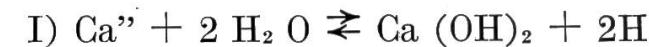
1 grado francese = 1,76 gradi tedeschi.

La relazione fra gradi tedeschi e francesi si ottiene :

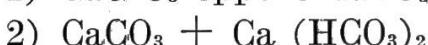
Pm. CaCO₃; Pm. CaO = gradi francesi : gradi tedeschi
(109,09) (56,09) (Pm. = peso molecolare)

L'importanza biologica della durezza delle acque risale all'attività delle alghe pelagiche: nell'acqua esistono dei carbonati e dei bicarbonati; CaCO₃ non può esistere che in minime parti perchè un litro ne discioglie solo gr. 0,013; se nell'acqua esiste CO₂ si forma subito Ca (HCO₃)₂.

L'idrolisi dà :

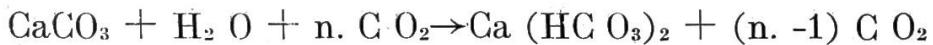


Nell'acqua abbiamo :



- 4) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CO}_2$ (zugehörige CO_2)
- 5) $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CO}_2$ (aggressiver CO_2)
- 6) CO_2 (freier CO_2)

In seguito all'assorbimento di CO_2 da parte delle alghe si ha :



Per il Verbano non abbiamo molto da dire sulla durezza delle acque: data la sua natura silicea, la durezza è sottoposta a deboli variazioni; durante la circolazione abbiamo i valori massimi dovuti al debole sviluppo del fitoplankton. Le alghe nella fotosintesi distruggono la molecola dei bicarbonati per ottenere il CO_2 necessario alle loro sintesi vitali. Si forma allora del CaCO_3 insolubile, ma se si pensa alla debole variazione superficiale

$$45,04 - 35,03 = 10 \text{ mg. CaCO}_3$$

si vede subito che l'abioseston autoctono e biogeno è molto debole per il Verbano.

In generale la durezza cresce sensibilmente dalle zone superficiali alle ipolimnetiche dove predomina costante o quasi durante l'anno. Ciò che ci dimostra l'influenza del fitoplankton sulla durezza è il fatto seguente: nella notte del 25 - VI - 1935 l'acqua dell'epilimnio presenta molto più CaCO_3 che durante il giorno; durante la notte le piante non possono decomporre il bicarbonato, perchè loro manca il reattivo principale che è la luce.



Colore dell'acqua del Lago.

Potremmo dire del colore nella parte biologica di questo studio, ma siccome secondo le moderne ricerche il colore sembra dipendere in certa misura dalla costituzione chimica (ma anche dalle biocenosi) preferiamo parlarne qui.

Secondo *Monti* (1924) il colore del Verbano è III-IV della scala *Forel-Uhle*. Per *Spring* i composti ferrici e le sostanze umiche hanno il ruolo fondamentale nel colore del lago.

Si può dire che le sostanze umiche riducono gli ossidi e gli idrati di ferro e si forma un composto insolubile. I composti ferrici hanno nell'acqua il ruolo di vettori di ossigeno; l'ossidazione delle sostanze umiche aumenta con l'intensità della luce: l'acqua perde i suoi coloranti gialli e tende verso un colore bleu. Si comprende così come le acque le più bleu si TROVINO SOTTO I CIELI PIU' SOLEGGIATI (come il Verbano).

Non bisogna tuttavia trascurare il fattore biologico: in seguito a uno straordinario sviluppo di fitoplankton v. a. d. Diatomee, Dynobrion, Ceratium ecc. si assiste a un'evoluzione del colore verso una tinta giallo-verdastra.

Trasparenza del Bacino di Locarno.

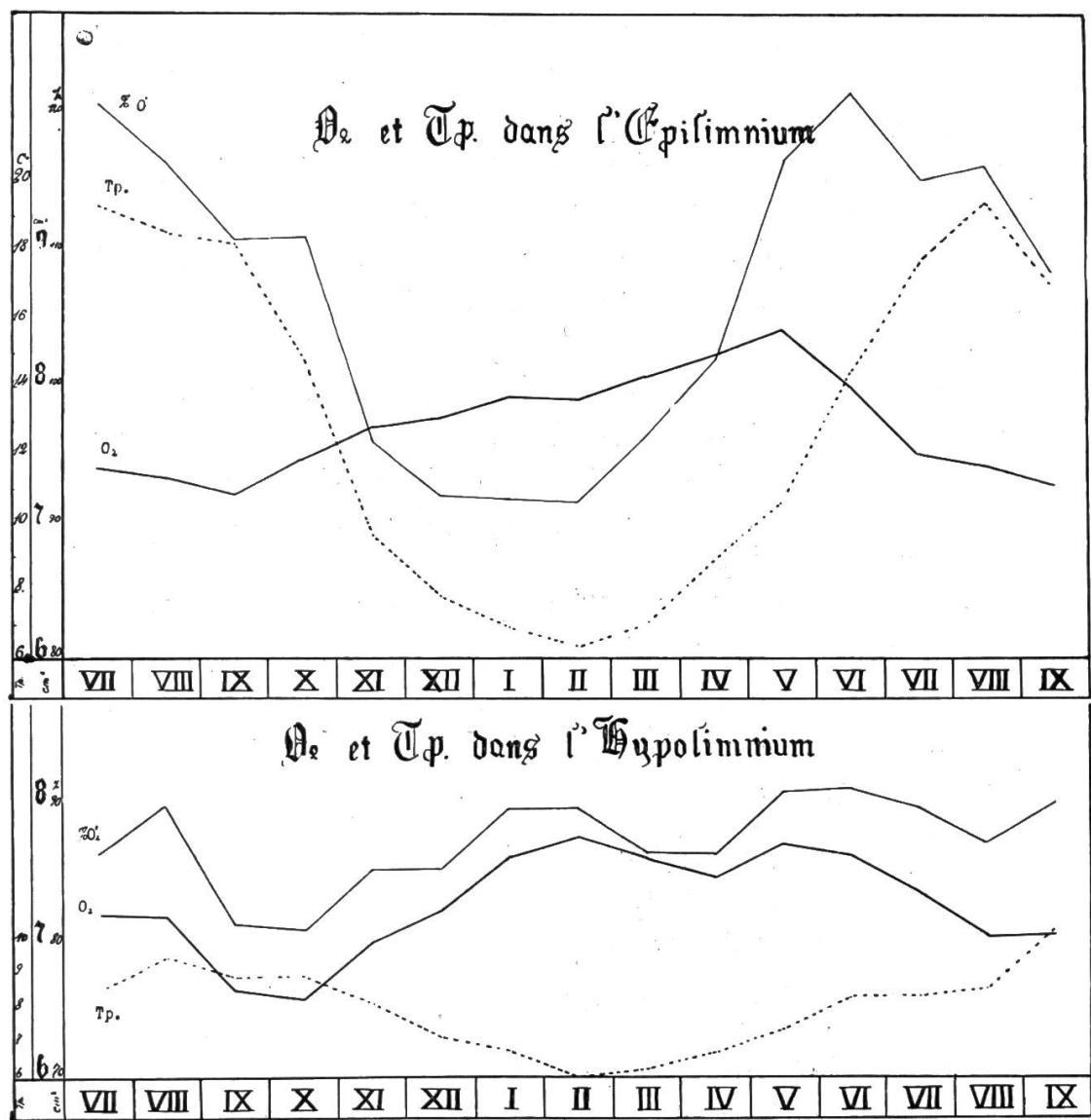
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
11,25	12,15	9,40	8,50	5,60	3,10	4,00	3,40	4,50	4,60	7,10	10,0

In generale la trasparenza è minima durante la stagnazione e massima durante la circolazione. Le cause principali sono fisiche ma in grande quantità biologiche: durante i mesi d'inverno, data la limitazione qualitativa e quantitativa delle biocenosi superficiali, in quanto molte specie tendono a discendere a orizzonti più profondi e propizi (?), la trasparenza è massima. Essa decresce sensibilmente col crescere delle associazioni planktoniche per raggiungere il minimo durante l'estate, quando i fitoplanktoni si riproducono abbondantemente, quando Asterionella, Fragillaria e Synedra contribuiscono pro parte alla colorazione giallo-verdastra delle acque. Il grafico della trasparenza è in piena opposizione con le temperature epilimnetiche e con le variazioni globali del plankton.

Occorre dire che la trasparenza misurata col metodo *Secchi* è difficile da controllare quando il cielo è coperto data l'uniformità fra cielo e acqua; in più gli abbondanti detriti allogenici condotti dai fiumi contribuiscono a una passeggera diminuzione della trasparenza.

Teniamo a dire qui che il Verbano è uno dei laghi i più chiari, i più luminosi, i più latini. Questo luminoso Verbano è uno degli elementi essenziali della triologia insubrica: la campagna, le città, i laghi.

Niente è per noi più bello di questo grande lago maestoso, imponente, seminato di villaggi sui suoi fianchi; è un orizzonte grandioso e placido che in primavera passa a un lirismo gaio e penetrante, a un vero gaudio della natura, mentre Locarno si riflette tranquilla nelle onde bleu di questo lago che già i Romani chiamavano "MAYUS".



Tav. XL.

Ossigeno e Temperatura nell'Epi e Ipolimnio