

Il Lago di Candia nel Canavese.

Osservazioni fisiche e batometriche.

Prof. PERICLE ACCOMAZZO

Introduzione.

Prima che il Forel pubblicasse la sua ben nota monografia sul Lemano non si erano fatte sui laghi che poche osservazioni frammentarie di ben scarso valore scientifico. Forel fu il maggior propulsore in Europa e fuori degli studi limnologici. Ora che la spinta è data, le acque interne vanno attirando sempre più l'attenzione degli studiosi e qua e là anche l'interessamento dei Governi. In Svizzera, in Francia, in Germania, nella Svezia-Norvegia, ecc. gli studi limnologici hanno preso grande impulso ed i Governi dimostrano il loro interessamento a questa giovane scienza istituendo stazioni di ricerche, nominando commissioni scientifiche e incoraggiando sotto varie forme lo studio biologico dei laghi e dei fiumi.

In Italia si è rimasti alquanto indietro in questo movimento. I nostri laghi, che pur hanno grande importanza per numero e per estensione, hanno una ben scarsa letteratura. Dei laghi lombardi si occupò il prof. Forel (1), dei laghi veneti il Richter, il Marinelli (2), il De Lorenzi (3), ecc.; notevoli sono i lavori dell'ing. Delebeque (4)

(1) FOREL A., *Ricerche fisiche sui laghi d'Insubria*, in *Rendic. del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere*, vol. XXII, serie II, Milano, 1889.

(2) MARINELLI O., *Osservazioni batometriche e fisiche eseguite in alcuni laghi del Veneto nel 1894*, in *Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*, Venezia, 1894; *Studi sul lago di Cavazzo in Friuli*, in *Bollettino d. Soc. Geog. It.*, marzo, 1894; *Nuove osservazioni sulle condizioni di temperatura del lago di Cavazzo*, in *Riv. Geogr. It.*, fasc. VIII, Roma, 1894.

(3) DE LORENZI, *Il lago di Cavazzo nel Friuli*, in *In Alto*, Udine.

(4) A. DELEBEQUE, *Lac du Mont Cenis*, in *Archive des Sciences physiques et naturelles*, tome XXX, Genève, 1913.

sul lago del Cenisio e del De Agostini (1) sulle condizioni fisiche dei laghi piemontesi e laziali, dello Zacharias (2) sulla limnologia dei laghi italiani, ecc. Dello studio biologico delle acque interne si occuparono il Delponte, il Picone, il Garbini, il Pavesi (3) e più recentemente il Forti (4), la Monti (5) e vari altri. Sul lago di Candia la letteratura è assai povera. Importante è il lavoro del prof. Delponte: *Specimen desmidiacearum subalpinarum*, che è considerato come opera classica. Notizie del lago si hanno dal De Agostini nelle sue monografie sui laghi piemontesi e dal Bertolotti nelle sue «Passeggiate nel Canavese»; però il punto di vista sotto cui quest'ultimo autore tratta del lago di Candia non ha nessun rapporto col contenuto di queste note.

Le mie ricerche sul lago vennero eseguite negli anni 1912 e 1913; esse furono ostacolate da non poche difficoltà d'ordine puramente materiale, dovute all'insufficienza dei mezzi di cui ho potuto disporre e più all'opposizione dei pescatori rivieraschi che vorrebbero impedire la circolazione del lago nella regione della corona.

Tuttavia non mancarono le persone che gentilmente si prestarono ad agevolare il non facile mio lavoro. Mi piace qui ricordare, fra gli altri, il prof. Aimonetti del Politecnico di Torino che mise a mia disposizione un ottimo mulinello Woltmann necessario per l'individuazione dei punti nel lago, e i professori Mattiolo e Parona dell'Università di Torino che non mancarono in varie circostanze di facilitare e coadiuvare le mie osservazioni.

(1) DE AGOSTINI. *Sulla temperatura, colorazione e trasparenza di alcuni laghi piemontesi*, in *Atti della R. Accademia di scienze di Torino*, vol. XXX, 1895; *Le torbiere dell'anfiteatro morenico di Ivrea*, in *Rivista Geol. It.*, II, 1895; *Scandagli e ricerche fisiche sui laghi dell'anfiteatro morenico d'Ivrea*, in *Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino*, vol. XXIX, 1894; *Esplorazioni idrografiche nei laghi vulcanici della provincia di Roma*, in *Boll. d. Soc. Geogr. It.*, Roma, 1898; *Il lago d'Orta*, Torino, Carlo Clausen, 1897.

(2) ZACHARIAS, *Osservazioni limnologiche su alcuni laghi italiani*.

(3) PAVESI, *Nuova serie di ricerche della fauna pelagica nei laghi italiani*, in *Rendic. Reale Istituto Lomb. di Scienze e lettere*, serie II, vol. XII, fasc. 11-12.

(4) FORTI, *Contribuzioni diatomologiche*.

(5) MONTI R., *Le condizioni fisico biologiche dei laghi Ossolani e Valdostani*, Istituto Biologico, 1903.

Aspetto generale del paesaggio.

Il teatro morenico d'Ivrea, scrive il geologo Bartolomeo Gastaldi, è il più chiaro, il più parlante, il più importante fatto geologico dell'alta valle del Po. È nota la tradizione secondo la quale un vasto lago occupava una volta tutto l'anfiteatro. Jacopo Durando la cita nella sua storia di Vercelli trascrivendola dal libro dell'Azario: *De Bello Canepiciano* (1363).

« Fuit autem uno tempore ab Hipporegia (Ivrea) civitate inferius, tota vallis illa in montibus interclusa, lacu magnum universam illam planitiem comprehendente, occupata ». La tradizione parla anche dell'esistenza di certi anelli di ferro a cui si attaccavano le barche dell'antico lago. « Et etiam similes parietes sunt supra ripam lacorum Viveroni et Piveroni districtus Vercellarum a parte meridiei et cum anulis ferrei in quibus naves dicti lacus, homines et die trans-euntes ligabant ».

È probabile, dice il Gastaldi, che l'origine di tale tradizione sia sorta dalla stessa configurazione del paese circostante ad Ivrea; è poi certo che, se esistettero un tempo quegli anelli a cui si attaccavano le barche, oggidì si cercherebbero invano.

Indipendentemente però dalla tradizione, l'osservazione diretta dimostra che vi era un vasto lago nei dintorni di Ivrea, circoscritto dalle colline che formano quell'anfiteatro. È però difficile, se non impossibile, aggiunge il Gastaldi, fissare l'epoca in cui ebbe luogo la scomparsa di quel lago.

Dal punto di vista artistico il paesaggio dell'anfiteatro non è meno interessante che da quello geologico. La visione della piana verdeggiante che era il fondo dell'antico lago e della cerchia morenica che la cinge da tre lati come un'immensa barriera è uno spettacolo pieno di fascino.

Le superbe vette delle Alpi dai margini taglienti che si disegnano in lontananza sullo sfondo azzurro del cielo, i borghi appollaiati sulle creste delle morene o disseminati nel piano su, su, sino a perdersi nell'azzurro vaporoso del Mombarone, il grande nastro argentino della Dora che si snoda tortuoso nascondendosi o riapparendo tra il verde dei prati e dei boschi, i laghetti intermorenici che brillano come gemme nel vasto pianoro e cento e mille altre visioni di bellezza danno al paesaggio un incanto suggestivo. Basta portarsi

sopra un punto un po' elevato della cerchia morenica per avere la visione dell'anfiteatro. Ma chi vuol godere appieno la bellezza del panorama, chi vuole abbracciare collo sguardo tutto l'insieme del paesaggio morenico, deve portarsi sul monte Santo Stefano. Di là lo spettacolo dell'anfiteatro acquista un fascino nuovo.

Santo Stefano, che è denominato col nome pomposo di monte, non è che una modesta prominenza della morena destra sovrastante il villaggio di Candia. Situato tra il congiungimento della morena destra colla frontale, col cocuzzolo tondeggiante libero da piante e da ostacoli che possano limitare la visuale, col fianco orientale che domina l'anfiteatro e sovrasta quasi a picco l'abitato di Candia, monte Santo Stefano è uno dei migliori punti panoramici non solo del Canavese, ma di tutta l'alta valle del Po. Di lassù il piano dell'anfiteatro, livellato come specchio di mare tranquillo, si presenta in tutta la sua magnificenza. La prima impressione che si ha spaziando collo sguardo da una parte verso l'enorme barriera delle Alpi che si disegna nitida sullo sfondo del cielo e dall'altra sull'oceano delle formazioni collinose che svaniscono in lontananza verso la valle Padana, è un'impressione di grandezza. Verso oriente lo sguardo si posa sopra un grandioso baluardo dalla sagoma regolarissima che si disegna come una linea perfettamente orizzontale nell'azzurro del cielo: è la « Serra ». Sembra un immenso bastione inalzato per difendere il Canavese orientale, una poderosa muraglia costruita ad arte da leggendari ciclopi. I nevai indorati sulle vette ardite delle Alpi, i ghiacciai fulgenti che scintillano ai primi raggi del sole, l'accavallarsi dei monti che chiudono l'orizzonte verso nord, la distesa immensa dei prati, dei campi, dei villaggi sparpagliati ovunque pel piano e pei colli, il nastro tortuoso delle strade che compaiono e scompaiono in mezzo al verde dei prati e dei boschi, e infine il lago di Candia che si stende placido e tranquillo ai piedi del colle, sono tutte visioni piene di bellezza. Il lago di Candia, come tutti gli altri laghi dell'anfiteatro, ha delle acque che, in causa delle formazioni torbose, sono tipicamente brunastre; ma, visto in distanza, l'aspetto è ben diverso; le acque acquistano dei riflessi e delle gradazioni d'argento e di cobalto di grande effetto. Visti in primavera, il lago ed il villaggio di Candia acquistano un aspetto ed una veste nuova. Quando fiorisce il pesco ed il pero, la molle ondulazione collinosa che dall'abitato degrada sino al lago si ammantava di fiori bianchi e rosei che danno al paesaggio un aspetto di festa. Il lago s'inghirlanda di ninfee e di nufarri, i pergolati di

erbaluce che danno il famoso « Caluso » si coprono di pampini, ed ovunque è un'armonia di luce e di colori, un trionfo di fiori che riempiono l'aria di un'onda molle di profumo. Ma tutte le bellezze dell'anfiteatro sono lì dimenticate dall'uomo che non le apprezza o le ignora. I laghi che il Gallenga definì le gemme del paesaggio morenico sono lì senza strade, senza case, privi di alberghi e di tutto quel « comfort » moderno, senza del quale non ci può essere concorso di visitatori e di forestieri. Il lago di Candia, così bello in mezzo allo

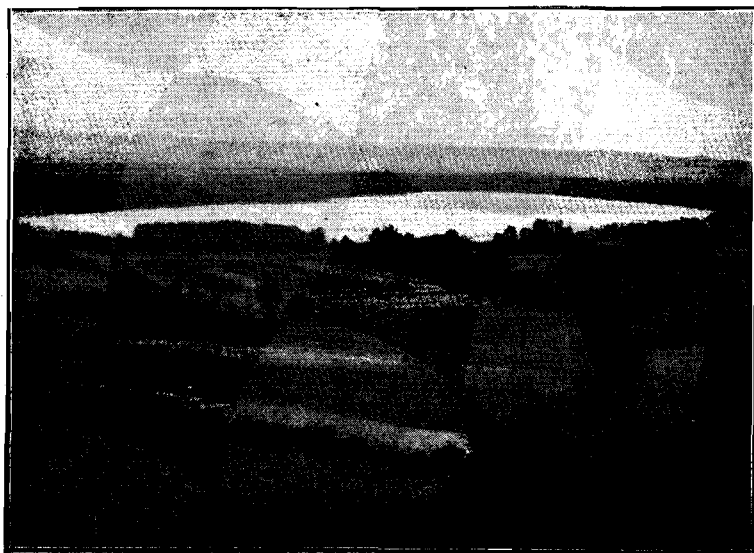


FIG. 1ª - Il lago di Candia

sfoggio esuberante della sua flora, è, da parte dell'uomo, in uno stato di deplorabile abbandono. Lo recinge una strada impraticabile che qua e là, al tempo delle piogge, diventa pantano ovvero accumulo di ciottoli morenici che rendono il transito oltremodo difficile se non impossibile. Non esiste nelle adiacenze del lago una sola casa che possa servire di ricovero dalle piogge, mancano mezzi di trasporto, manca, anche nella stagione estiva, quando il richiamo di forestieri potrebbe essere notevole, la possibilità di estinguere l'arsura con un sorso d'acqua che non sia quella torbosa del lago, mancano insomma le più elementari e primitive comodità alle quali l'uomo del secolo **xx** non sa e nè può rinunciare. L'anfiteatro eporediese è lì senza sussidi

d'arte e d'industria, poco dissimile forse da quando si originò all'epoca glaciale. E dovrà certo attendere ancora a lungo prima che l'opera umana intervenga a mettere in valore le sue superbe bellezze.

Il lago.

Il lago di Candia è un piccolo lago morenico situato nel bacino della Dora Baltea nell'anfiteatro eporediese. Per la presenza di una ricca flora acquatica radicata nel fondo, più che un lago si potrebbe



FIG. 2ª — Il canale emissario del lago di Candia.

definire uno stagno paludoso. Per la presenza di un emissario a deflusso continuo questo bacino appartiene al tipo dei laghi con emissario permanente. Dal punto di vista geologico, trovandosi completamente circondato dal cordone morenico dell'anfiteatro d'Ivrea, appartiene al tipo dei laghi intermorenici. Questo lago è, insieme a quello di Viverone, uno degli ultimi rappresentanti del gran lago intermorenico che occupava il basso Canavese dopo il ritiro dei ghiacciai. Probabilmente doveva avere un'estensione assai più vasta, come lo attestano evidenti depositi torbosi circconvicini; ora è ridotto ad uno stagno che occupa la leggera depressione formatasi in fondo

all'anfiteatro. Esso misura pochi metri di profondità ed è alimentato da poche roggie che raccolgono le acque delle campagne circostanti e forse da qualche polla subacquea. Le acque si scaricano fuori del bacino a mezzo di un emissario permanente che attraversa le cosiddette « Paludi di Candia » e va a versarsi nella Dora sopra Vische.

ORIGINE DEL LAGO E FORMAZIONE DELL'ANFITEATRO MORENICO. — Oggi più nessun geologo mette in dubbio l'origine glaciale dell'anfiteatro d'Ivrea. Il Bruno, e con lui qualche altro, crede che la



FIG. 3ª - La « palude di Candia ».

cerchia morenica di Ivrea sia di origine pliocenica. Essa sarebbe dovuta al contrasto della marea che tendeva ad estendere il lido coi materiali mobili del fondo del mare smossi dalle correnti marine e della corrente aerea della valle della Dora Baltea agente contrariamente verso il mare; il cordone si sarebbe formato là dove le forze si elidevano e si facevano equilibrio. Questa teoria sarebbe suffragata dal fatto che si trovano depositi pliocenici con fossili a Mercenasco,

a Candia, Caluso, Mazzè, ecc. Si obietta però che i fossili degli accennati depositi pliocenici, essendo sempre frantumati ed impastati gli uni cogli altri senza alcun ordine stratigrafico, è da escludersi l'ipotesi di un deposito pliocenico in posto. Noi non ne seguiamo qui la discussione che fa il Marco (1) per sostenere l'inammissibilità della tesi sostenuta dal Bruno, circa l'origine pliocenica del cordone morenico di Ivrea; osserviamo solo che l'origine glaciale del teatro morenico di Ivrea, così luminosamente dimostrata dal Gastaldi, è ora universalmente accettata dai geologi.

L'anfiteatro eporediese è un imponente fenomeno del quaternario. Le acque impetuose della Dora Baltea che avevano proporzioni ben maggiori di quelle modestissime di oggi, scavando e demolendo i depositi pliocenici, formarono da Settimo Vittone alle colline del Monferrato un grandioso cono di deiezione dovuto al deposito dei materiali di trasporto.

A questo periodo di alluvione fece seguito un periodo di avanzamento del ghiacciaio della valle d'Aosta formato da parecchi ghiacciai secondari di una superficie complessiva di circa 3000 km².

Questa corrente di ghiaccio, strisciando sul fondo della valle d'Aosta dopo un percorso di circa 100 km., giungeva alla gola di Montestrutto, al vertice del cono di deiezione della Dora.

Ora, si domanda il Marco, il ghiacciaio, incontrato il vertice del cono di direzione della Dora, l'intaccò spingendolo innanzi oppure lo sormontò pigiandolo? Questo autore ritiene che l'enorme potenza del ghiacciaio fosse più che sufficiente per urtare e spingere questo deposito alluvionale. Ma i moderni geologi e con essi il Parona sono oggi concordi nel ritenere che la costruzione delle morene sia dovuta allo scarico diretto dei detriti al margine della fronte senza però escludere che la base della morena risulti in parte di materiale alluvionale sospinto dal ghiacciaio. Già lo Stoppani che trattò del quaternario con sì larga originalità di vedute, confutando l'ipotesi di Mortillet sull'*evacuazione dei laghi*, s'era posto la domanda: Per quale legge meccanica possono i ghiacciai sprofondarsi nell'alluvione? «La pressione, scrive questo autore (2), può comprimere l'alluvione ma non smuoverla. Il ghiac-

(1) DR. CARLO MARCO, *Studio Geologico dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea*. Torino, 1892.

(2) A. STOPPANI, *Note ad un corso annuale di geologia*, Milano, Tip. Bernardoni, 1866.

ciaio scorre semplicemente sul pendio, nè rimuove ostacoli che quando gli si parano dinanzi; avanzandosi esso preme sul suolo in modo, non da smuovere, ma da conficcare i ciottoli nel suolo formando una specie di pavimento ».

Oggi dunque prevale fra i geologi il concetto che l'azione escavatrice dei ghiacciai sia nulla, o almeno, molto limitata, ciò che è stato osservato e verificato sui ghiacciai attuali.

All'uscita dall'angusta valle d'Aosta il ghiacciaio si allargò e si divise in tre rami i quali accumularono il materiale morenico nei rami interposti tra ramo e ramo originando le morene incidenti Tino-Borgomasino e Albiano-Azeglio.

La morena si sviluppò potentissima sul lato sinistro formando quel regolarissimo profilo rettilineo lungo ben 25 chilometri e largo 5 ch'è la famosa « Serra » la quale, secondo i moderni geologi, sarebbe in gran parte opera della seconda glaciazione. La morena di destra formò le colline Brosso-Candia mentre dalla fronte del ghiacciaio si deposero le colline Caluso-Candia.

Si calcola che il materiale detritico portato da questa immensa fiumana di ghiaccio raggiunga i 70 km³.

Mutate le condizioni d'ambiente, il ghiacciaio si ritirò e nel bacino della cerchia morenica si andarono radunando le acque di ablazione, le quali si innalzarono a poco a poco sino a raggiungere il punto più basso delle morene. Si formò così un gran lago le cui acque uscirono prima a SE dell'attuale lago di Viverone formando quel deposito alluvionale conosciuto col nome di Dora morta. Ma poi le acque riuscirono ad aprirsi un altro varco tra Caluso e Mazzè, dove trovarono un punto di minore resistenza. In questo punto si ebbe così un nuovo emissario di cui si hanno le tracce nell'attuale Valle della Motta. Finalmente la Dora si formò l'attuale passaggio scavando la magnifica forra di Mazzè che è l'unico punto in cui sia oggi interrotta la cerchia morenica.

Che l'attuale anfiteatro fosse occupato dal gran lago morenico è probabile e ne è una prova la mirabile regolarità della piana con livello sensibilmente inclinato verso Mazzè. La differenza di livello è solo di m. 28 sopra un percorso di 28 km. Ora, dice il Marco, non vi è altro che l'acqua ferma e quieta di un lago che abbia un potere così elevato di livellazione.

Residuo di questo grande lago intermorenico sono i numerosi depositi torbosi dell'anfiteatro ed i laghi di Viverone e di Candia.

Questa in parole sommarie la storia geologica del grande anfiteatro d'Ivrea; il lettore desideroso di notizie particolareggiate al riguardo potrebbe consultare molto proficuamente il terzo volume dell'opera di A. Penk ed E. Brückner: «Die Alpen im Eiszeitalter». (Leipzig, 1909, pag. 761 e seg.) che è la più recente e nello stesso tempo la più autorevole in argomento.

PROVENIENZA E NATURA DEI MATERIALI MORENICI FORMANTI IL BACINO DI ALIMENTAZIONE DEL LAGO. — Il lago, situato com'è al

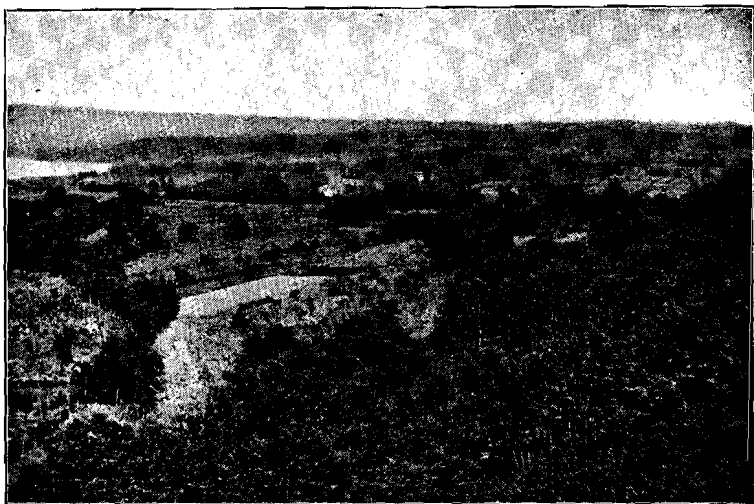


FIG. 4^a — La morena frontale vista da Caluso.

fondo dell'anfiteatro, riceve le acque di scorrimento della morena di Caluso che è la morena frontale e della morena di Candia che è la parte meridionale della morena destra.

Secondo il Marco (1) nella morena frontale sarebbero abbondanti i rappresentanti della zona dello gneiss centrale e cioè gneiss, graniti, granito talcoso e micaceo (protogino del Monte Bianco), poco frequenti invece nelle morene laterali. Questo fatto è dovuto al trovarsi della zona dello gneiss centrale all'origine della valle d'Aosta, cioè al Monte Bianco. I detriti raccolti al nascere del ghiacciaio furono continuamente portati innanzi dal ghiacciaio e deposti alla fronte

(1) Dr. CARLO MARCO, *Studio Geologico dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea*.

e non ai lati. La quasi totalità dei materiali morenici, osserva il Marco, proviene dalla zona delle pietre verdi. Così si trovano numerosi frammenti di diorite, serpentina, amfibolite, cloritescisti, quarziti, gneiss tabulare con granito e grande varietà di micaschisti.

Data la facilità con cui possono essere alterati, i calcari sono poco frequenti sulla superficie esterna delle morene.

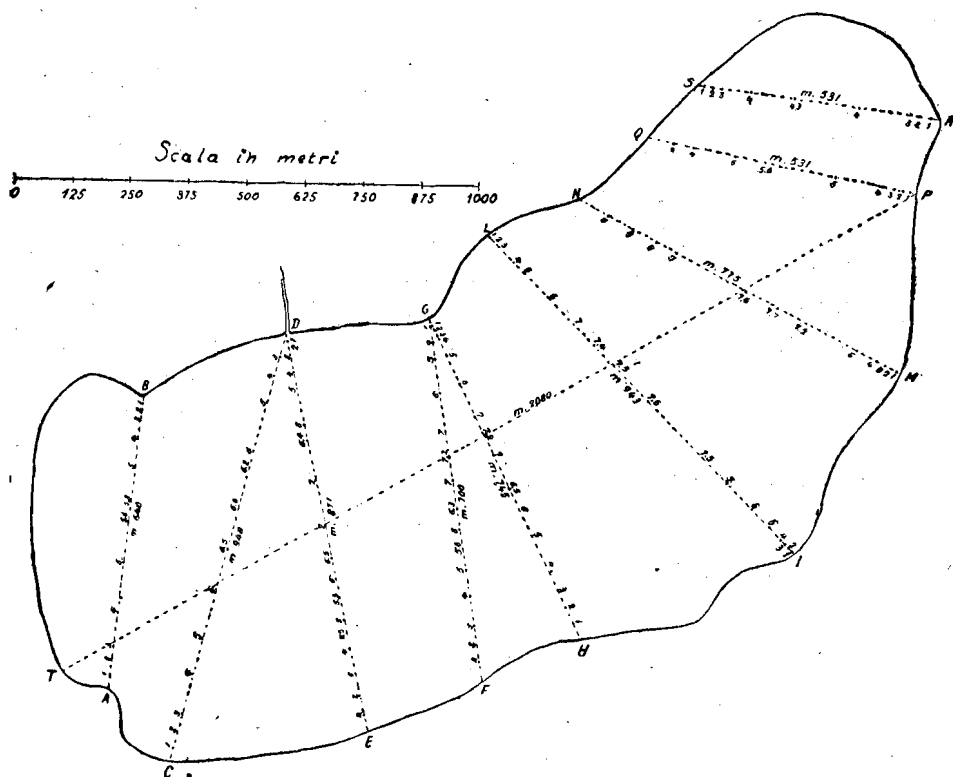


FIG. 5ª - Carta batometrica del lago di Candia, rilevata dall'autore.

Del resto è notorio a tutti gli agricoltori dell'anfiteatro che i terreni morenici, mentre sono relativamente ricchi di potassa, sono assai poveri di calce.

In un campione di terra prelevato sulla morena di Caluso e analizzato col calcimetro riscontrai solo l'1 % di calce.

SITUAZIONE GEOGRAFICA E DIMENSIONI. — La posizione del centro di figura del lago, come si deduce dalle carte dell'Istituto geografico

militare, è a $40^{\circ} 33'$ di latitudine nord ed a $45^{\circ} 20'$ di longitudine est del meridiano di Roma.

Il lago di Candia è il più basso dei laghi dell'anfiteatro eporediese. Il pelo dell'acqua si trova a m. 226 sul livello del mare.

Esso ha forma allungata da oriente ad occidente colle due estremità rispettivamente verso Candia e verso Vische. Le due rive nord e sud decorrono a guisa di due cerchi sensibilmente paralleli colla convessità verso sud. Le rive sono basse, regolari e paludose.

La lunghezza del lago misurata sulle mappe catastali sull'allineamento *TP* (vedi carta batometrica) è di km. 2,080. La massima larghezza è di m. 943 misurata sull'allineamento *IL*. La superficie del lago divisa per la sua massima lunghezza dà una larghezza media di km. 0,69. La superficie è di km.² 1,69; dopo il lago di Viverone, la cui superficie misura km.² 5,78, il lago di Candia è quindi il più esteso dei numerosi laghi dell'anfiteatro. Lo sviluppo delle sue coste è di km. 5,50. Il volume delle acque del lago, calcolato seguendo le indicazioni del Forel è di m.³ 10.077.470.

Questo autore propose di paragonare un lago ad un cono la cui base è uguale alla superficie del lago e l'altezza uguale alla profondità massima. Il volume del cono corrisponderebbe approssimativamente a $\frac{67}{100}$ del volume del lago. Applicando questo calcolo al lago di Candia si ottiene come volume del cono m.³ 15.041.000. La profondità media del lago, ottenuta dividendo il volume per la superficie, è di m. 5,96. Per mostrare le dimensioni del lago di Candia in confronto cogli altri laghi dell'anfiteatro ho disegnato un « Prospetto altimetrico e batometrico dei laghi dell'anfiteatro eporediese ». Da esso si rileva a colpo d'occhio la diversa altitudine dei laghi dell'anfiteatro, nonchè la loro profondità ed estensione.

Idrografia

Non mi consta che sia stato fatto pel lago di Candia un vero rilievo idrografico. Il De Agostini eseguì alcuni sondaggi allo scopo, più che altro, di farci conoscere la profondità del lago, ma questi, per la loro esiguità, sono insufficienti per tracciare una carta batometrica. I numerosi scandagli da me eseguiti offrono in larga misura gli elementi per la conoscenza della forma del fondo e per tracciare con sufficiente esattezza una carta idrografica.

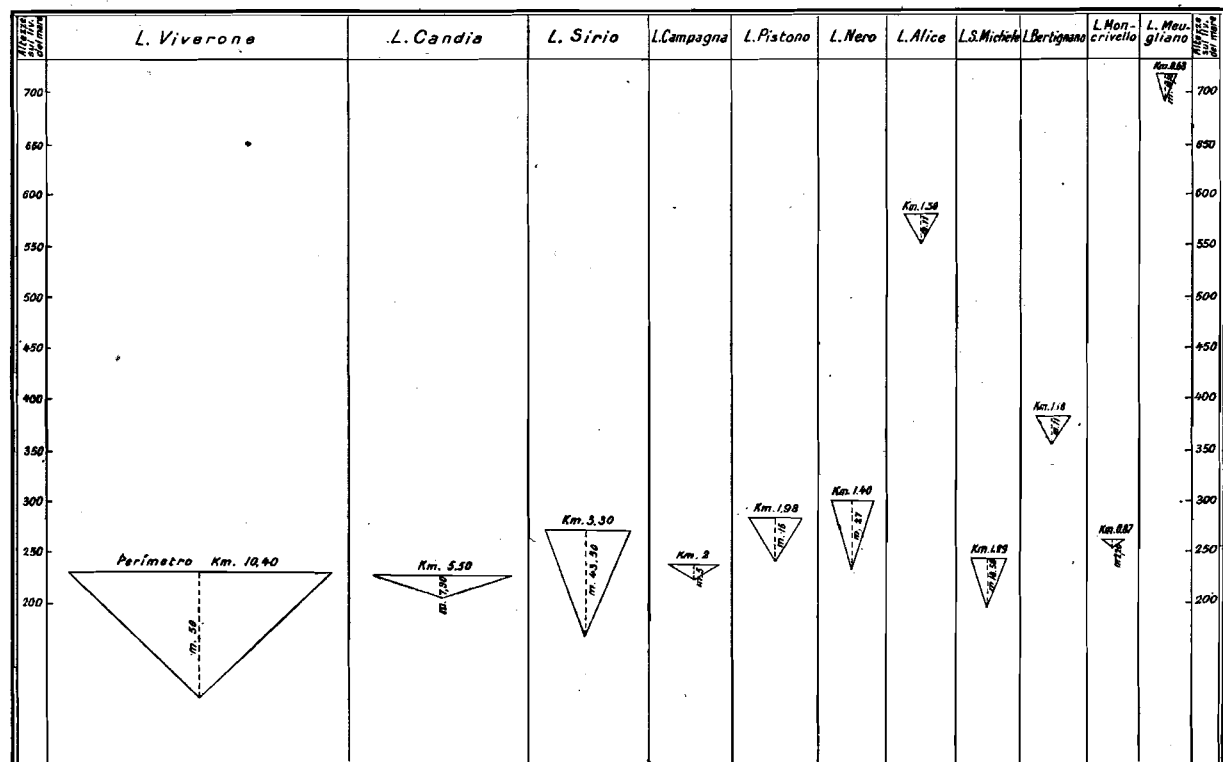


FIG. 6ª - Prospetto altimetrico e batometrico dei laghi dell'Anfiteatro Eporediese.

METODO DI RILEVAMENTO IDROGRAFICO. — Il rilevamento idrografico di un lago presenta in generale grandi difficoltà ed è esposto a varie cause d'errore. Nel caso nostro il lavoro è stato molto semplificato dalla poca profondità delle acque e dalla loro limitata estensione. Tutte le cause d'errore che possono essere gravi in altri casi, come la mancanza di verticalità del filo dovuta allo spostamento del battello, la lettura degli strumenti, ecc. o mancano nel caso nostro o sono molto limitate.

Le dimensioni del lago furono desunte dalle mappe catastali all'1:2000.

Per individuare i punti di sondaggio non ho fatto uso di stadia e di goniometro come si opera generalmente, e ciò per varie ragioni; prima di tutto perchè il metodo, certamente molto esatto, è laboriosissimo, in secondo luogo perchè le rive tutte invase da vegetazione e frastagliate da pozzanghere rendono difficili le stazioni e lasciano pochi punti scoperti per condurre visuali. Il problema è stato risolto in modo molto più semplice e sufficientemente esatto facendo ricorso al mulinello Woltmann. L'apparecchio che mi è stato fornito dal laboratorio di idraulica del R. Politecnico di Torino è troppo noto perchè io mi indugi qui a farne la descrizione. Scopo del mulinello veramente è quello di misurare la velocità di una corrente. A tal uopo si tiene fisso il mulinello e dal numero dei giri compiuti dall'elica si può, moltiplicando per un determinato coefficiente, avere la velocità dell'acqua. Ma è chiaro che se, rimanendo ferma l'acqua, si fa muovere il mulinello, il numero dei giri dell'elica darà il percorso di quest'ultimo. Così il mulinello può servire ad indicare il percorso della barca.

Ecco come operavo per l'individuazione dei punti scandagliati.

Sceglievo sulle due rive opposte del lago dei punti bene individuati, cioè termini di confine, incrocio di strade, alberi, sbocco di fossi, ecc. e conducevo per essi, idealmente, degli allineamenti che misuravo servendomi delle mappe catastali. Data la grande piccolezza della scala queste cifre desunte dai grafici possono considerarsi esatissime. Individuato l'allineamento mediante due punti materiali sulle opposte rive del lago, lo percorrevo con una barca guidata da un esperto pescatore che teneva sempre di mira i due punti estremi. Alla parte anteriore della barca applicavo il mulinello che estraeva rapidamente ogni qualvolta la barca si fermava per compiere una osservazione. Ad ogni punto scandagliato lungo il percorso facevo la lettura dell'apparecchio prendendo nota su apposito registro. A

corsa finita leggevo il numero complessivo dei giri compiuti dalle rotelle; sapendo la lunghezza dell'allineamento potevo avere mediante un semplice conteggio il percorso della barca per ogni giro e per ogni dente dell'apparecchio. Moltiplicando questo numero per le letture fatte, ottenevo gli elementi per poter individuare sulla carta i diversi punti.

RILIEVO IN PROFONDITÀ DEL LAGO. — Data la poca profondità del lago non esiste nel senso vero della parola una regione pelagica. Ciò

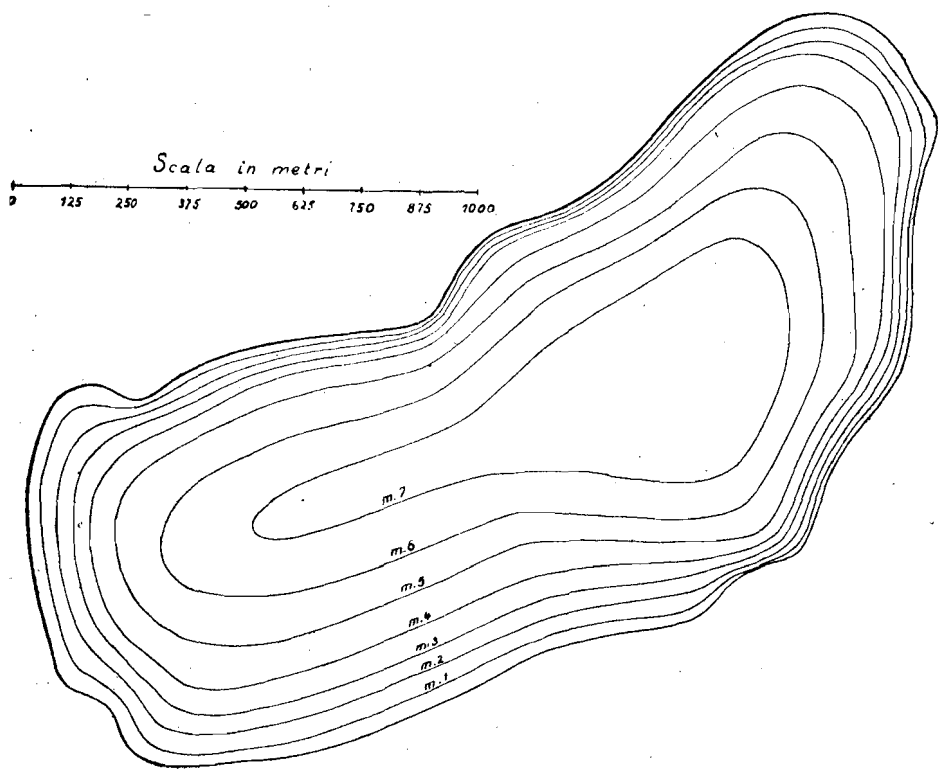


FIG. 7* — Lago di Candia. Curve isobate.

nondimeno, essendo la biologia della parte costiera diversa da quella interna, distinguerò una *regione litorale* ed una *regione profonda*. Chiamerò regione litorale quella che arriva sino alle pertiche, o, come si suol dire, alla corona, e regione profonda la rimanente. Il bacino del lago, come è noto, è dato da una leggera depressione che

ha lasciato il ghiacciaio nella sua ritirata; le coste sono perciò quasi dappertutto a declivio molto dolce.

Il lago si può dividere idealmente in due bacini, uno orientale e l'altro occidentale. Il bacino occidentale è meno profondo e con coste o declivio più dolce, mentre quello orientale è più profondo e con coste più ripide che raggiungono il massimo di pendenza sulla costa di Mazzè. Il fondo ha la forma di una conca; è molto uniforme, quasi piano a debole pendenza ed a curve di livello regolarissime (vedi cartina). La massima profondità è stata misurata in metri 7,90 e trovasi nel bacino orientale. Questo dato non corrisponde esattamente con quelli di altri autori. L'ing. G. Burci in: B. Gastaldi, « Cenni sui vertebrati fossili del Piemonte » pubblicati nelle « Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino » vol. XIX, dà al lago di Candia la profondità massima di m. 10. Giovanni De Agostini (1) assegna invece come profondità massima solo m. 7,50. Ora la differenza di m. 2,50 tra le misure dell'ing. Burci e quelle del dott. De Agostini non è piccola, trattandosi di un lago così poco profondo. È vero che il livello subisce delle variazioni in rapporto al regime delle piogge; è vero che, come succede per tutti i laghi di torbiera, le acque si ritirano lentamente, ma con tutto questo una differenza di livello di m. 2,50 in pochi anni non è assolutamente possibile. Probabilmente tale differenza è dovuta a errori di misurazione.

Il lago di Candia è il meno profondo dei laghi dell'anfiteatro morenico d'Ivrea, se si eccettuano i laghetti di Campagna e Moncrivello che per la loro limitata superficie hanno interesse molto secondario.

Per gli altri laghi dell'anfiteatro si hanno infatti le seguenti cifre:

Lago di Viverone	profondità massima	m. 50
» Sirio	»	» 43,5
» Nero	»	» 27
» Pistono	»	» 16
» Alice	»	» 11
» S. Michele	»	» 18,50
» Bortignano	»	» 11
» Mecegliano	»	» 10,50

(1) Dr. G. AGOSTINI, *Scandagli e ricerche fisiche sui laghi dell'anfiteatro morenico di Ivrea*, in *Atti della R. Accademia delle scienze di Torino*, volume XXIX, 1894.

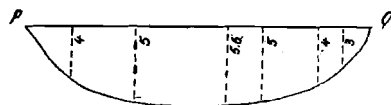
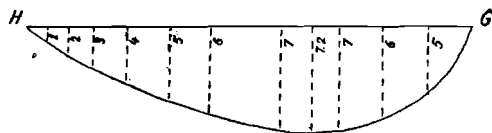
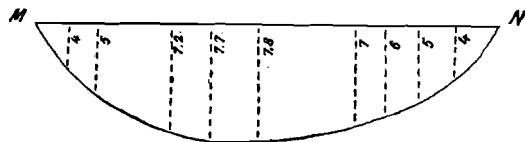
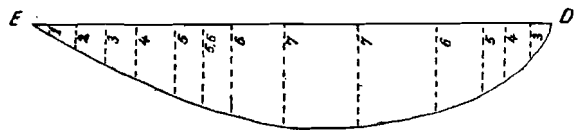
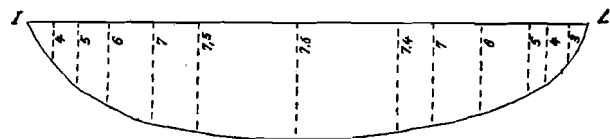


FIG. 8^a - *Profili del lago di Candia.* — *Scala delle lunghezze 1:12.500.* — *Scala delle profondità 1:500.*

Confrontato coi maggiori laghi prealpini, lo specchio del lago di Candia sarebbe elevato di m. 32 sul lago Maggiore, di m. 25 sul lago di Como e di m. 161 sul lago di Garda.

La profondità del lago di Candia, in base ai dati da me trovati, sarebbe $\frac{1}{283}$ della massima lunghezza e $\frac{1}{119}$ della massima larghezza. Se nella scala 1 : 4000 si facesse una sezione esatta del lago, la profondità sarebbe segnata da un segmento di appena mm. 1,97 di altezza.

LE COSTE. — Il lago è coronato da una cerchia di rigogliosa vegetazione che solo in qualche punto presenta, dirò così, soluzione di continuità.

Nella parte sud verso la morena frontale si osservano due soli tratti di spiaggia scoperta, uno verso Caluso, l'altro verso Vische. Nel tratto verso Caluso la pendenza è del 3,20 %. Procedendo dall'esterno verso l'interno si riscontra:

1° una zona di sabbia silicea perfettamente lavata con grani a spigoli vivi;

2° una zona a ciottoli grossi ricoperti da un'incrostazione di polvere lacustre e limo diatomaceo;

3° fondo melmoso con limo ricchissimo di vegetazione, particolarmente di diatomee.

I grossi ciottoli si trovano un po' dappertutto sul fondo del lago; io li ho sempre riscontrati verso le coste ove è più facile, del resto, fare l'osservazione, ma non è da escludersi che si trovino anche al largo immersi nel limo melmoso. Credo si tratti di blocchi erratici, resti dell'antico terreno di trasporto glaciale. Uno di questi massi assume dimensioni veramente eccezionali; esso si trova a poca distanza dalla costa tra Caluso e Mazzè ed ha un volume a mio giudizio di alcune decine di metri cubi. In taluni punti, specie verso la costa meridionale, questi ciottoli, quasi tutti del volume di qualche metro cubo, sono ammassati caoticamente in modo da ricoprire letteralmente il fondo. La natura petrografica di questi massi è necessariamente diversa, perchè essi derivano dalle diverse rocce di tutto il grande bacino di alimentazione dell'antico ghiacciaio della Valle d'Aosta che, scendendo dal monte Bianco, raccoglieva tutti gli altri rami delle valli laterali.

Non ho fatto indagini sulla natura litologica dei ciottoli e delle sabbie del lago; le mie osservazioni si limitano ad un saggio di levi-

gazione eseguito su un campione di sabbia prelevato sulla riva di Caluso, nell'unico tratto scoperto, cioè non invaso da vegetazione. Le particelle di diametro superiore a mm. 0,1 furono separate coi setacci e quelli di diametro inferiore (sabbia finissima e materia argilloforme) furono separate per levigazione col levigatore Appiani.

L'analisi di 100 grammi di terra diede i risultati seguenti:

Sassi e ciottoli - particelle del diam. superiore a mm. 5	gr. 0,75
Ghiaia } » » da 5 a 4 mm. . . »	0,70
} » » » 4 » 3 » . . »	0,20
Sabbione » » » 3 » 1 » . . »	14,15
Sabbia comune » » » 1 » 0,4 » . . »	2,20
Sabbia mezzana } » » » 0,4 » 0,3 » . . »	6,95
} » » » 0,3 » 0,2 » . . »	9,25
Sabbia fine » » » 0,2 » 0,1 » . . »	16,30
Sabbia finissima ed argilla » inferiore a mm. 0,1 . . »	37,5
Impurità diverse	3
Totale . . . gr. 100	

Grammi 10 di terra fina sottoposti a levigazione diedero i seguenti risultati:

Velocità di caduta per secondo	Diametro dei granelli	Peso in gr.
mm. 0,2	< di mm. 0,01	tracce
» 2	da mm. 0,01 a mm. 0,05	0,17
» 7	» 0,05 » 0,10	0,77
» 25	» 0,10 » 0,20	2,60
> di mm. 25	> di mm. 0,20	6,4

Il fondo del lago è coperto da limo in cui sono molto abbondanti i resti della vita animale e vegetale. Il Forel fa distinzione netta fra *limo* e *fango*. Il limo sarebbe deposito estremamente fino in cui i grani minerali non si sentono più nello sfregamento fra le dita. La sua consistenza è assai meno plastica di quella dell'argilla. Fango sarebbe invece un deposito che, per sovrabbondanza di materie organiche, diventa fetido. Il mantello di deposito lacustre che copre il fondo del lago, stando alla accennata distinzione del Forel, ha il carattere del limo; esso è leggero, di grande finezza, d'un colore decisamente bruno verdastro, con pochissimi grani di sabbia e con

resti di una ricca flora diatomacea e cadaveri di organismi lacustri in cui abbondano gli entomostraci.

L'analisi microscopica del limo mostrò grani di sabbia di dimensioni variabili da 2-3 a 20-30 mm. e più.

Idrologia.

Lo studio idrologico del lago di Candia, data la mancanza di affluenti e la ristrettezza del bacino di alimentazione, è, naturalmente, molto semplice. Le terre che versano le loro acque nel lago sono di limitatissima estensione; esse comprendono solamente le pendici dell'arco morenico che da Candia va poco oltre Caluso; verso settentrione si distende la piana livellata dell'anfiteatro la quale, avendo una leggera inclinazione da nord a sud nel senso in cui scorre la Dora, non può naturalmente versare acque nel lago. Mancano affluenti che alimentano permanentemente il lago con acque di scorrimento superficiale; solo durante le piogge le acque si raccolgono in rogge e fosse di scolo che, seguendo le linee di maggior declivio, scendono lungo le ondulazioni collinose dell'arco morenico e raggiungono il lago. Se manca un affluente nel senso vero della parola con acqua perenne è però da notare la presenza di un emissario a deflusso costante; questo canale, di assai modeste proporzioni, è noto nella località col nome di « Traversaro »; esso all'uscita del lago traversa le cosiddette « Paludi » e sbocca nella Dora al di sopra di Vische.

Ora, siccome esiste, per quanto modesto, un canale di scarico a deflusso continuo e manca d'altra parte un canale immissario, balza spontaneo il dubbio che il lago sia alimentato da polle subacquee.

Anzi fra molti pescatori e pratici del luogo è radicata la convinzione che il lago sia alimentato essenzialmente da polle di cui alcuni giungono persino a precisarne il numero (2-3) e la posizione. Dalle ricerche da me fatte sulla scarsa letteratura del lago non potei trovare notizie in proposito; solo il De Agostini nella monografia già più volte ricordata accenna alla presenza di polle subacquee. Io ho istituito alcune osservazioni per accertare o meno la presenza di tali polle ma, francamente, non ho potuto raccogliere elementi attendibili per poter dire una parola sicura. Credo però di poter affermare che le ragioni addotte dai conoscitori del lago per sostenere la presenza delle polle non hanno valore.

Mi era stato detto che i pescatori durante la stagione estiva trovandosi al largo si recano spesso nei punti ove esisterebbero le pretese polle per trovarvi acqua, se non fresca, almeno ad una temperatura molto più bassa della restante del lago. Per controllare la verità di tale affermazione mi feci accompagnare da un vecchio pescatore praticissimo del lago in vari punti ove avrebbero dovuto trovarsi le pretese polle, ho esaminato la temperatura dell'acqua alla superficie ed a diverse profondità, ma non ho trovato nulla che potesse far supporre la presenza di polle subacquee. In un'osservazione fatta il 22 luglio 1913 trovai:

Temperatura dell'aria	27°
Temperatura dell'acqua alla superficie	26°,5
» » 4 metri di profondità	23°,5
» » 5 metri di profondità	23°,5

Tale piccola differenza di temperatura, che osservai del resto nello stesso giorno in vari punti del lago, non può certo essere messa in relazione colla presenza di polle.

Alcuni mettono in relazione la presenza di polle col fatto che in inverno, quando il lago si copre di ghiaccio, rimangono qua e là alla superficie dei tratti circolari più o meno estesi in cui l'acqua non si congela.

In corrispondenza di tali punti dovrebbero trovarsi le polle. Ma a togliere ogni valore a tale supposizione basta far notare che tali oasi di acqua libera in mezzo alla distesa del ghiaccio non hanno una posizione fissa, costante; esse si spostano da un punto all'altro con una relativa facilità. Del resto nel gennaio 1914 il lago si è coperto di uno strato di ghiaccio dello spessore di 10-15 centimetri che invase indistintamente tutta la superficie, non lasciando nessun tratto scoperto.

Insomma dalla mia conoscenza del lago acquistata in un anno di osservazioni sono venuto nella convinzione che manchino gli elementi per affermare la presenza di polle subacquee nel senso comunemente attribuito. Se l'alimentazione del lago avvenisse a mezzo di polle, il regime sarebbe molto più uniforme di quel che oggi non sia. Il livello dell'acqua dovrebbe mantenersi pressochè costante, mentre invece le variazioni di livello sono molto sensibili; nel periodo delle piogge primaverili ed autunnali il lago gonfia notevolmente, mentre in estate il livello diminuisce talvolta di 40-50 centimetri

ed anche più; pur non escludendo la presenza di infiltrazioni sotterranee io credo che l'alimentazione del lago avvenga essenzialmente da acque di scorrimento superficiale.

Il livello del lago subisce delle oscillazioni notevoli in rapporto all'andamento delle stagioni ed al regime delle piogge. La differenza di livello, come da osservazioni dirette e da informazioni assunte, superano anche il mezzo metro, per cui, come faccio notare più oltre, esiste una zona costiera invasa dalle acque nel tempo delle massime precipitazioni, cioè in primavera ed in autunno.

Termica.

Lo stato di equilibrio di una massa d'acqua è dipendente dalla temperatura e dalla pressione che questa sopporta. L'acqua si stratifica seguendo l'ordine della sua densità. A causa della pressione idrostatica la densità aumenta rapidamente colla profondità, per cui si spiega come dell'acqua, per esempio a 10°, ma sottoposta alla pressione degli strati sovrastanti, sia più densa dell'acqua a 4° che si trova alla superficie. Si ha quindi il fatto apparentemente paradossale di una massa d'acqua fredda sovrapposta stabilmente ad una calda. Naturalmente, affinché l'equilibrio possa sussistere è necessario che l'aumento della densità dovuto all'aumento di pressione sia maggiore della diminuzione dovuta all'aumento di temperatura.

Il procedimento di stratificazione termica delle acque d'un lago non è semplice. Se l'acqua superficiale è calda, cioè ha temperatura superiore a 4°, per raffreddamento gli strati acquei superficiali aumentano di densità e tendono a discendere; a misura che essi scendono in profondità aumenta la pressione a cui sono sottoposti e conseguentemente la loro densità; essi si arresteranno solo quando trovano degli strati della stessa temperatura e perciò della stessa densità. Data la mobilità della massa liquida le acque sono sempre stratificate in guisa tale che gli strati più densi sono al fondo e i più leggeri alla superficie. Poiché l'acqua ha la sua massima densità a 4°, la stratificazione ha andamento opposto secondo che la temperatura dell'acqua alla superficie è superiore o inferiore a 4°.

Quando la temperatura del lago è superiore a 4°, gli strati più caldi sono al di sopra degli strati più freddi. Si ha così, come dice il Forel, la *stratificazione termica diretta*. Quando il lago è più freddo

di 4°, gli strati più freddi sono sovrapposti agli strati più caldi; si ha allora la disposizione detta dal Forel *stratificazione inversa*.

Un lago è soggetto a delle variazioni dello stesso segno di quelle dell'aria; esso subisce un raffreddamento notturno ed un riscaldamento diurno: un riscaldamento estivo ed un raffreddamento invernale. Ma, data la grande capacità calorifica dell'acqua, tali variazioni subiscono un notevole ritardo in confronto di quelle che avvengono nell'aria. Queste azioni di riscaldamento e di raffreddamento tendono a sviluppare la stratificazione termica oppure ad annullarla.

Supponiamo che un lago ad acqua calda, cioè a temperatura superiore a 4°, riceva calore alla superficie, e che un lago freddo, cioè a temperatura inferiore a 4°, perda calore. In ambedue i casi le acque superiori, già più leggere di quelle sottostanti, perdono ancora più della loro densità, per cui la stabilità dell'equilibrio è accresciuta (processo di stratificazione).

Supponiamo ora che un lago ad acqua calda si raffreddi alla sua superficie; lo strato superiore, diventato più pesante, scende in profondità ed è sostituito dallo strato immediatamente più basso. Questo si raffredda a sua volta, si abbassa ad una temperatura inferiore a quella a cui era sceso il primo strato e discende quindi in profondità ad occupare il posto occupato precedentemente. Si ha così un processo di raffreddamento che porta all'annullamento della stratificazione diretta (processo di uniformizzazione).

In un lago di poca profondità come il lago di Candia è chiaro che l'ampiezza delle variazioni termiche è assai maggiore che in un lago profondo. In quest'ultimo i guadagni di calore eleveranno di poco la temperatura della superficie, come l'abbasseranno di poco le perdite di calore.

Forel, analizzando le variazioni di temperatura degli strati profondi dei laghi, fa la seguente classificazione:

1° laghi di *tipo tropicale*, i cui strati profondi si trovano al di sopra del massimo di densità, ossia di 4°;

2° laghi di *tipo temperato*, i cui strati profondi variano al di sopra ed al di sotto di 4°;

3° laghi di *tipo polare*, i cui strati profondi variano al di sotto di 4°.

Il lago di Candia si può riferire al tipo dei laghi temperati. Per esso si ha alla superficie:

massimo estivo	27°
minimo invernale	0°

L'ampiezza dell'oscillazione termica alla superficie è dunque di 27°.

È chiaro che in queste condizioni la stratificazione è ora diretta, ora inversa.

In estate l'acqua si riscalda alla superficie molto al di sopra di 4°, diventa specificamente più leggera degli strati più profondi e si ha aumento di stabilità nella sua stratificazione. In inverno l'acqua si raffredda alla superficie al di sotto di 4°, diventa più leggera degli strati sottostanti, sicchè si ottiene pure un aumento di stabilità nella stratificazione. Tanto nel primo quanto nel secondo caso si ha un perfezionamento nel processo di stratificazione, con questa differenza che in estate si ha la stratificazione diretta ed in inverno la stratificazione inversa. In autunno l'acqua calda del lago si raffredda ed in primavera si riscalda, sicchè si verificano dei processi di uniformizzazione. Ecco le osservazioni termiche da me raccolte dall'aprile 1913 al gennaio 1914.

DATA	Stato del cielo	Stato del lago	Profondità dell'acqua nel punto esplorato m.	Temperatura dell'aria sul lago	Temperatura dell'acqua alla superficie		Temperatura dell'acqua a m. 5 di profondità
					osservazioni fatte alla riva	osservazioni fatte al largo	
Aprile 15 — ore 16	3/4 coperto	calmo	3	18°,5	—	17°,2	—
Maggio 31 — ore 17	sereno	id.	0,30	25°	27°	—	—
Giugno 13 — ore 17	id.	id.	0,30	27°	28°,2	—	—
Giugno 15 — ore 17	coperto	id.	0,50	26°	22°		
Giugno 22 — ore 15	sereno	id.	0,30	25°	28°		
Luglio 16 — ore 16	id.	id.	0,30	28°	27°		
Luglio 17 — ore 16	id.	id.	2,90	26°,5	—	25°	
Luglio 18 — ore 15	3/2 coperto	leggermente agitato	5,80			26°,4	24°,5
Luglio 22 — ore 15	1/4 coperto	id.	6			26°,5	24°,5
Luglio 24 — ore 16	sereno	calmo	6,10			26°,4	24°,5
Luglio 25 — ore 18	id.	id.	1,70		28°,2		
Agosto 8 — ore 8	coperto	agitato	0,40	19°	24°,5		
Agosto 9 — ore 8,30	id.	id.	1	20°	26°,2		
Agosto 9 — ore 16	id.	leggermente agitato	7,40	23°			24°
Ottobre 1 — ore 14	id.	agitato	0,50	12°,5	19°,5		
Ottobre 30 — ore 14	id.	id.	0,40	14°,5	15°		
Novemb. 8 — ore 15	sereno	tranquillo	0,50	7°,5	12°,2		
Novemb. 27 — ore 16	id.	id.	0,50	11°,8	11°		
Novemb. 29 — ore 15	id.	id.	0,40	11°,2	11°		
Novemb. 29 — ore 16	id.	id.	1,50	11°	10°		
Novemb. 30 — ore 16	id.		6,30	10°,2		9°,4	
Dicemb. 11 — ore 13	id.	id.	1,50	8°,5	7°,2		
Dicemb. 11 — ore 16	id.	id.	6,80	7°,5		6°,2	
Gennaio.	il lago è ghiacciato.						

In base ai dati raccolti ed alle considerazioni svolte più sopra, possiamo riassumere le seguenti conclusioni:

1° Il lago di Candia appartiene al tipo dei laghi temperati.

- 2° L'oscillazione termica avviene entro limiti molto ampi.
 3° La massa acquosa risente molto rapidamente le variazioni termiche.

4° In estate si ha nel lago la stratificazione diretta, in inverno la stratificazione inversa, in primavera ed autunno il processo di uniformizzazione.

Ottica.

TRASPARENZA. — Fu determinata col metodo del P. Secchi facendo scendere verticalmente nell'acqua un piatto bianco quadrangolare di 20 cm. di lato. Veramente il padre Secchi si serviva di un piatto circolare di 30 cm. di diametro, ma la forma e le lievi differenze nelle dimensioni non influiscono menomamente nella determinazione del limite di visibilità.

Cercando la profondità alla quale il disco scompare nella discesa e quella alla quale riappare nell'ascesa e facendo la media di queste due misure si ottiene il *limite di visibilità*, ossia il grado di trasparenza delle acque. Per maggior esattezza le misurazioni venivano ripetute varie volte in diverse località.

Ecco i dati raccolti in proposito:

Aprile 15	trasp. m.	1,90-2	temp. dell'acq.	alla sup.	17°
Maggio 31	»	1,90	»	»	22°
Novembre 28	»	2,20-2,30	»	»	9,5

Come si vede, quando la temperatura dell'acqua è più bassa la trasparenza è maggiore; essa diminuisce invece in estate quando la temperatura si alza. Non ho potuto compiere le osservazioni nel corso dell'inverno, ma probabilmente i dati non avrebbero differito sensibilmente da quelli raccolti alla fine novembre, e cioè alla fine d'autunno, quando le acque hanno già subito un notevole raffreddamento.

Nel lago di Candia, come appare dalle cifre sopra riportate, la differenza fra i limiti estremi di visibilità è molto lieve; essa si aggira sui 20-30 cm.

Le cause di questa diversa trasparenza delle acque sono note e d'altronde evidenti. L'acqua calda, assorbendo una minor quantità di luce di quella fredda, è meno trasparente. Inoltre in estate la vita

organica è in maggior attività che non in inverno, quindi l'acqua è meno limpida.

Faccio però notare che nel lago di Candia mancano le cause essenziali che determinano forti differenze nel grado di trasparenza, come torbide portate da torrenti, da fiumi, ecc.; di conseguenza il limite di visibilità si mantiene quasi costante nelle diverse stagioni.

Ecco il limite di visibilità delle acque di alcuni laghi dell'anfiteatro eporediese e altri laghi maggiori:

Lago di Mergozzo	limite di visibilità m.	6
» Viverone	» »	7
» Sirio	» »	4
» Avigliana	» »	5
» Erana	» »	3
» Maggiore e lago di Como	» »	6
» di Lugano	» »	3
» Orta	» »	9,5

COLORE. — Il colore dell'acqua dei laghi varia entro limiti molto estesi, esso va dal bleu al verde, al verde bruno, al bruno nero. Il lago di Garda, per esempio, ha le acque di color bleu; la maggior parte dei laghi della Svizzera e della Baviera sono verdi; i laghi torbosi hanno in generale una colorazione bruno-nera.

I metodi per la determinazione della colorazione delle acque sono numerosi. Bunsen si serviva a tal uopo di un tubo opaco lungo 4 metri, chiuso da lastre trasparenti di vetro all'estremità e pieno dell'acqua da esaminare. Egli determinava il colore guardando, attraverso al tubo, una superficie bianca bene illuminata. Forel invece si serviva di un tubo di zinco lungo 6 metri e del diametro di 3 cm. chiuso alle estremità con vetri trasparenti; ad ogni estremità una piccola apertura permetteva di versare l'acqua nel tubo a mezzo di un imbuto e di lasciare uscire l'aria durante il riempimento e la vuotatura.

Lo studio della colorazione dell'acqua si potrebbe anche fare senza l'aiuto di speciali apparecchi, ma l'osservazione è resa difficile pel fatto che la luce del sole si riflette sulla superficie dell'acqua e sul fondo colorato del lago. Per eliminare o, almeno, ridurre l'effetto della luce riflessa bisogna guardare l'acqua seguendo un raggio verticale perpendicolare alla superficie. Quando il raggio visuale è nor-

male alla superficie acquea la luce riflessa è ridotta al suo massimo e il colore dell'acqua è dominante.

Per eliminare nel miglior modo l'azione della luce riflessa dallo specchio dell'acqua, Forel raccomanda all'osservatore di guardare in mezzo all'immagine oscura formata dalla sua propria figura; egli può ingrandire questo campo oscuro distendendo al disopra della sua testa uno schermo nero, per esempio un parapioggia.

Il colore dell'acqua profonda di un lago, come fa osservare il Forel, è di un tono relativamente scuro; infatti l'acqua, invece di apparire su di una superficie bianca rischiarata come nel tubo di Bunsen, si mostra sul fondo scuro e nero del lago. Mentre su un fondo chiaro il tono è abbassato, su un fondo scuro è rialzato.

Nell'esame della colorazione del lago di Candia m'è parso molto più opportuno attenermi al metodo escogitato da Forel per lo studio del lago di Ginevra, metodo che, per la sua semplicità ed esattezza, viene generalmente adottato dagli studiosi di limnologia. Il metodo proposto da Forel ha però bisogno di essere modificato se applicato ai laghi di torbiera. Nella gamma delle colorazioni composta dal geniale ricercatore vodese manca il termine corrispondente al colore giallo bruno dei laghi di torbiera; ho però completato la scala di Forel seguendo le indicazioni del dott. W. Ule di Halle. Ho così composto una scala di colorazione di 21 termini e contenente esattamente il colore del lago in istudio.

Ecco il procedimento seguito per la composizione della gamma:

Seguendo le istruzioni di Forel feci due soluzioni acquose, l'una bleu di solfato di rame ammoniacale, l'altra gialla di cromato neutro di potassio; l'una e l'altra al 1 : 200. Le soluzioni erano così formate:

Soluzione bleu:

Solfato di rame	1
Ammoniaca	5
Acqua distillata	194
Totale	200

Soluzione gialla:

Cromato neutro di potassio	1
Acqua distillata	199
Totale	200

Mescolando queste soluzioni in proporzioni convenienti ottenni i seguenti numeri di una gamma di tinte regolarmente decrescenti:

	Soluzione gialla	Soluzione bleu
I	0	100
II	2	98
III	5	95
IV	9	91
V	14	86
VI	20	80
VII	27	73
VIII	35	65
IX	44	56
X	54	46
XI	65	35

Sempre seguendo le istruzioni di Forel riempi con dette soluzioni altrettante fiale di vetro bianco di 8 cm. di diametro circa che chiusi accuratamente alla fiamma allo scopo di conservare senza alterazione i liquidi colorati.

Senonchè nella gamma così composta mancava il numero corrispondente alla esatta colorazione del lago. La scala Forel va dal bleu al giallo, mentre il lago di Candia, come in generale tutti i laghi di torbiera, ha una colorazione sensibilmente brunastra. Ho quindi completato la scala aggiungendo altri 10 termini secondo i suggerimenti del dott. W. Ule di Halle.

Il colore bruno dei laghi torbosi l'ho ottenuto aggiungendo alla soluzione verde n. 11 della scala Forel una soluzione bruna di solfato di cobalto a 1 : 200 in acqua fortemente ammoniacale.

Ecco il prospetto delle mescolanze:

	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX	XXI
Soluzione verde	100	98	95	91	86	80	73	65	56	46	35
Soluzione bruna	0	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65

Per facilità di maneggio ho poi montato le fiale rappresentanti i 21 numeri della scala Forel-Ule in uno speciale telaino. L'uso della scala è semplicissimo. Si guardano per trasparenza le fiale avvicinandole o allontanandole dall'occhio, e si arriva subito a stabilire il numero corrispondente alla colorazione del lago.

Da numerose osservazioni compiute in ore e stagioni diverse ho potuto riscontrare che il colore dell'acqua del lago si mantiene identico o, almeno, se varia, queste variazioni avvengono entro limiti talmente ristretti da sfuggire alla mia attenzione.

Osservata in distanza, la massa del lago si presenta di una colorazione tendente all'azzurro, tanto che i diversi artisti che riprodussero sulle tele il lago di Candia lo rappresentarono come lago azzurro. Detta colorazione sta fra i numeri 3 e 4 della scala di Forel, ma è questo un fenomeno di illusione ottica; tale colorazione è dovuta, come più sopra si è osservato, alla luce riflessa del sole sulla superficie dell'acqua, luce più o meno colorata dall'azzurro del cielo. Portandosi sulle sponde del lago si osserva subito che le acque presentano il colore brunastro tipico delle acque di torbiera.

Nelle mie osservazioni, fatte costantemente in mezzo al lago per eliminare le influenze perturbatrici del fondo, ho riscontrato che il colore delle acque risponde al numero 20 della scala Forel-Ule. Esprimerò quindi con questo numero il colore delle acque del lago di Candia.

Forel nella sua classica monografia sul Lemano si pone molto opportunamente questa domanda: Quali sono le cause delle diverse colorazioni delle acque dei laghi? Prima di tutto bisogna risolvere, egli dice, una questione pregiudiziale: Come si spiega che le acque di un lago possono parere bleu o verdi quando il fondo del lago è nero? A una certa profondità la luce non penetra, di conseguenza gli strati profondi devono essere senza luce e perciò neri. Un corpo trasparente visto sopra un fondo nero deve parer nero. Se nel tubo di Bunsen noi guardiamo attraverso l'acqua una superficie nera, noi non vediamo che del nero. Se l'acqua fosse fisicamente pura, sempre ammettendo un fondo nero, ci apparirebbe nera. Ma l'acqua non è pura. Essa contiene sospesi innumerevoli grani di polvere che arrestano la luce solare e la riflettono sotto forma di luce diffusa che arriva all'occhio dal basso all'alto. I raggi riflessi da ogni singolo granello di polvere si sovrappongono otticamente e ci impediscono di vedere il nero del fondo dell'acqua. Il colore proprio dell'acqua è dovuto alla diffusione della luce sulle polveri in sospensione nella acqua.

Venendo a considerare le cause che determinano la diversa colorazione delle acque, Forel nota, com'è già stato dimostrato da Bunsen e da altri ricercatori, che l'acqua pura distillata ha il colore

azzurro del cielo più o meno accentuato. L'acqua dei laghi azzurri si avvicinerebbe quindi al colore delle acque pure. Il Lemano e il Benaco avrebbero il colore dell'acqua distillata. Però il colore bleu non è solo in relazione colla purezza dell'acqua. Difatti vi sono acque marine molto cariche di sali minerali e che presentano una bellissima colorazione bleu. Il problema adunque è molto complesso.

Secondo Bunsen il color verde della maggior parte delle acque lacustri sarebbe dovuto a particelle giallastre in sospensione nel liquido, secondo altri invece (Wittstein) tale colorazione sarebbe dovuta a una sostanza gialla particolare che si ottiene col residuo delle evaporazioni.

Secondo Tyndall il colore azzurro del Lemano è dovuto a fini particelle sospese nell'acqua. Altri sperimentatori cercano la causa di tale colorazione in fatti di natura chimica, ottica, biologica, ecc. fatti ai quali, per ragioni di brevità, mi risparmio di accennare.

Per quello che riguarda il lago di Candia osservo che si tratta di lago di torbiera e che il colore brunastro delle acque è probabilmente una conseguenza di sali umici in esse disciolti.
