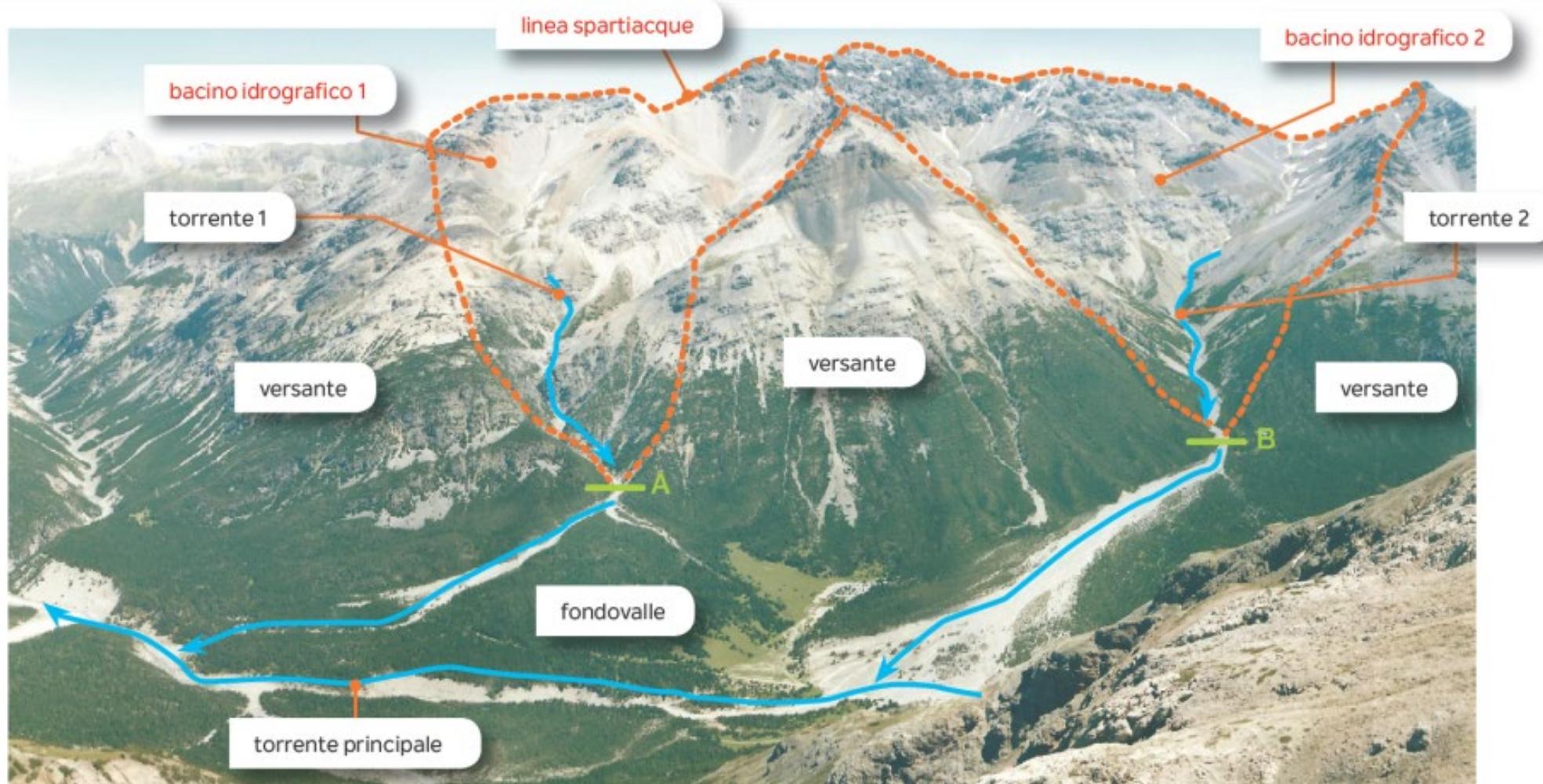


Principale caratteristiche geologiche dei laghi

Le acque superficiali caratterizzano il paesaggio



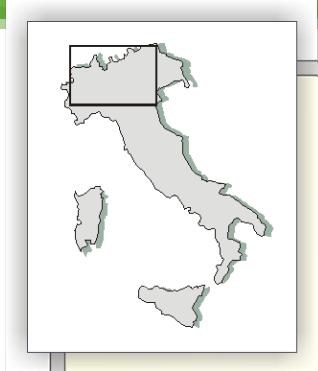
Bacini idrografici e linee spartiacque di due piccoli torrenti

Le acque superficiali caratterizzano il paesaggio



Il bacino idrografico del Fiume Po

I LAGHI



LIMNOLOGIA

È lo studio degli aspetti chimici, fisici, geografici e biologici che influenzano la produttività e la qualità degli ecosistemi d'acqua dolce ed in particolare dei laghi

Lago Garda

La Lombardia è la regione italiana più ricca di laghi, sia in termini di superficie (40%) che di volume (65%):
23 laghi naturali e 22 laghi artificiali

COSA STUDIARE

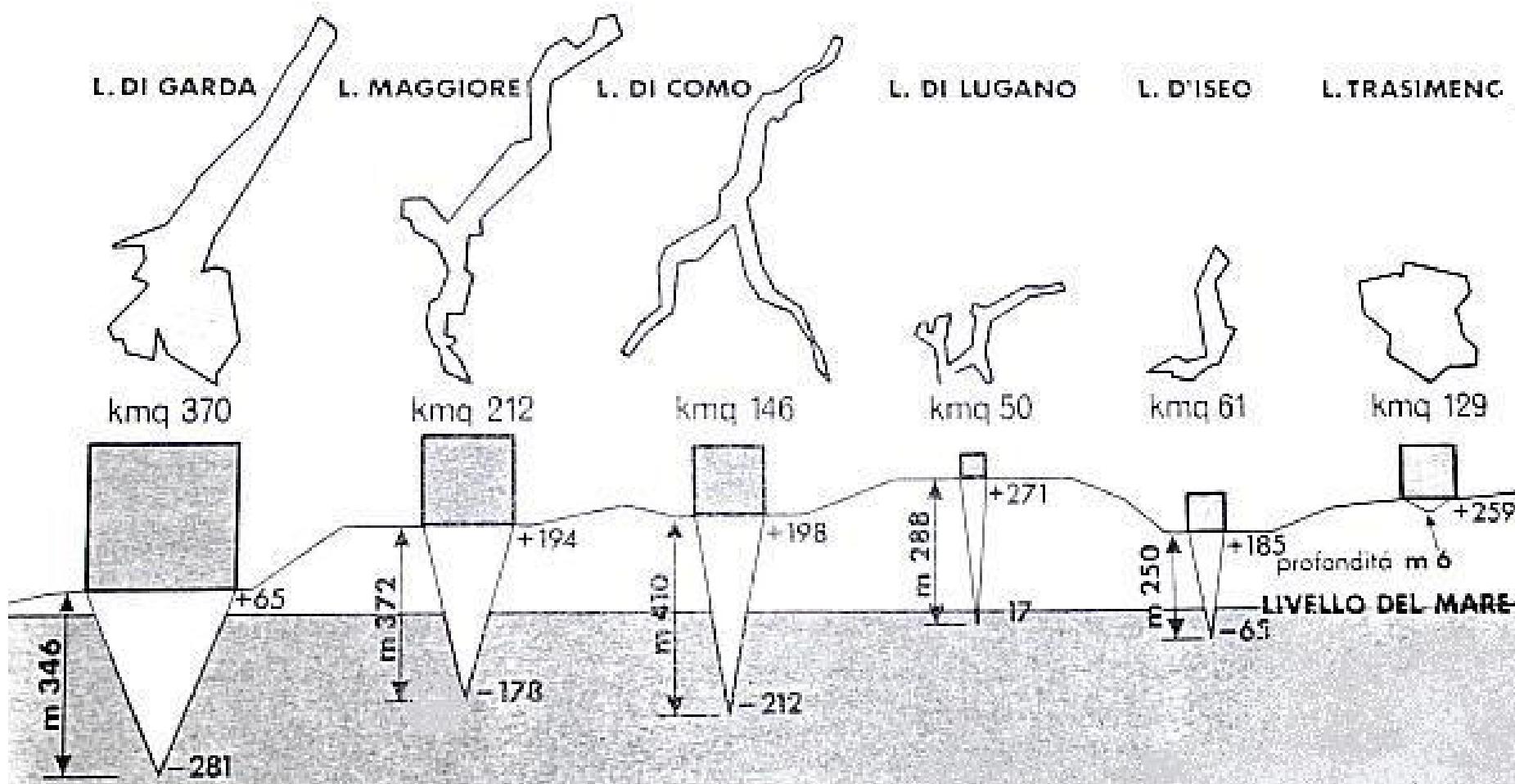
Geomorfologia del bacino
Regime pluviometrico
Idrologia e trasporto solido
Carichi inquinanti
Pressioni sul bacino
Aspetti ecologici e biologici
Aspetti turistici

Aree di alcuni laghi a confronto

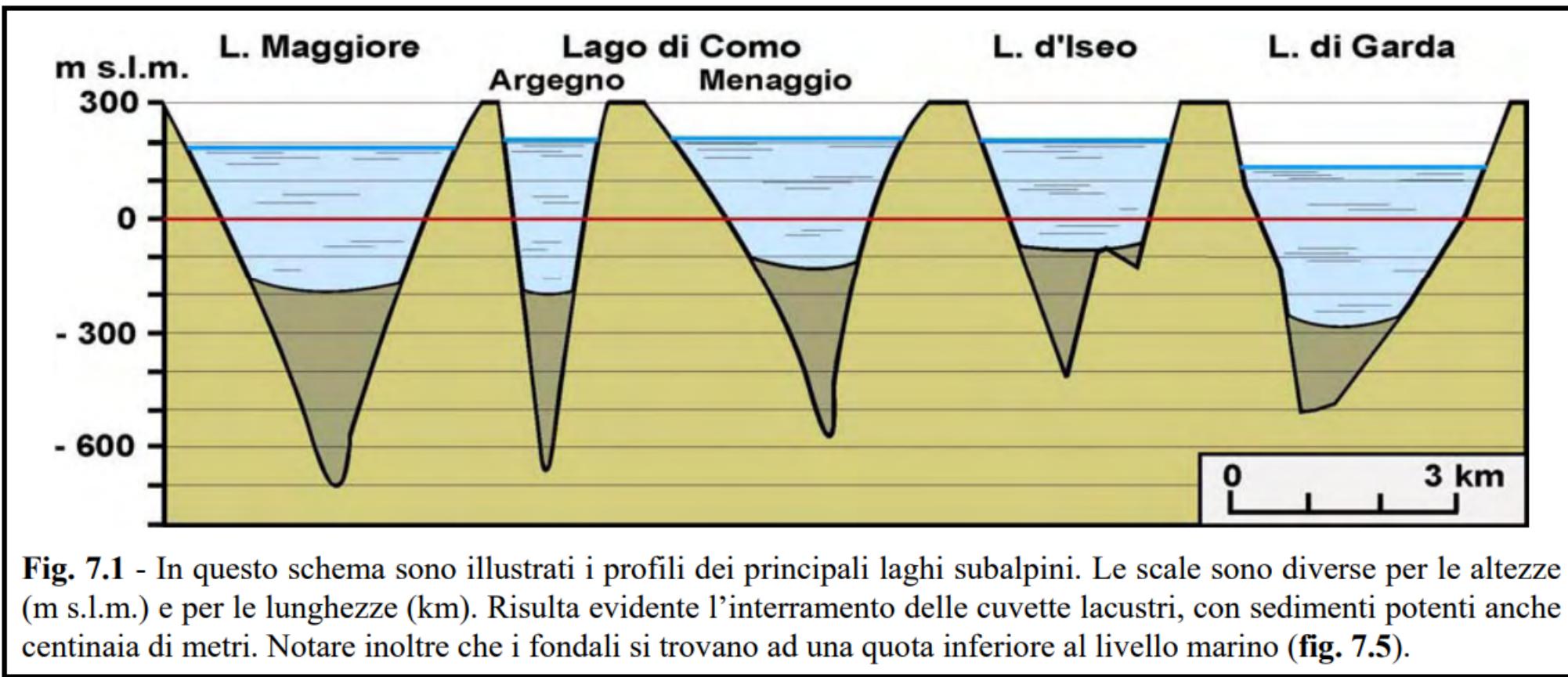


FIGURE 52. The surface areas of a number of the large inland waters of the world, all drawn to the same scale. From the journal *Die Umschau*, vol. 60, p. 23 (1960).

Dimensioni di alcuni laghi a confronto



Dimensioni di alcuni laghi a confronto



Origine dei laghi

I laghi sono cavità del suolo all'interno delle quali si accumula l'acqua raccolta dal bacino imbrifero. Tali cavità si possono essere prodotte nella crosta terrestre per svariati motivi.

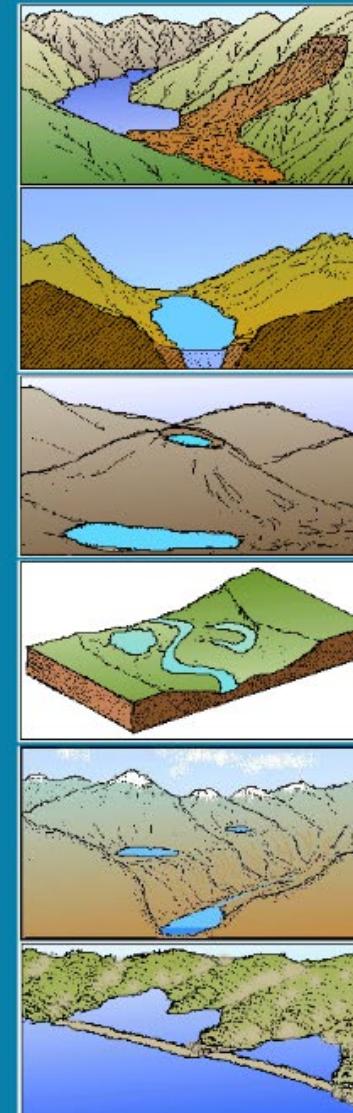
- **Laghi tettonici:** Tanganika, Niassa...
- **Laghi vulcanici:** Bracciano, Bolsena...
- **Laghi di pianura**
- **Laghi costieri**
- **Laghi di frana**
- **Laghi di cratere di meteorite**
- **Laghi di terremoto**
- **Laghi artificiali**
- **Laghi di escavazione e di sbarramento da ghiacciaio.** Costituiscono la maggior parte dei bacini lacustri delle regioni montuose che sono, o sono state, interessate dal glacialismo. Tutti i laghi della Regione Alpina e Prealpina sono di origine glaciale, dai grandi laghi profondi delle Prealpi (Lago Maggiore, L. di Lugano, L. di Como, L. d'Iseo e L. di Garda) ai piccoli bacini d'alta quota (laghi di circo, laghi in rocce motturate, laghi di doccia, ecc.), ai laghi morenici e intermorenici (ad esempio alcuni piccoli laghi della Regione Prealpina)

LA FORMA DIPENDE DALL'ORIGINE. PUÒ ESSERE:

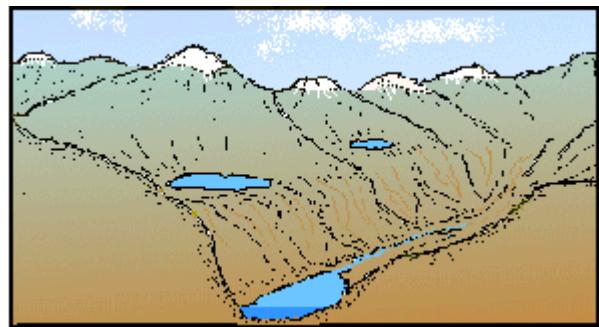
Circolare: laghi alpini (laghi morenici di circo) o vulcanici

Triangolare: sbarramento di un fiume ad opera di una frana o di una diga

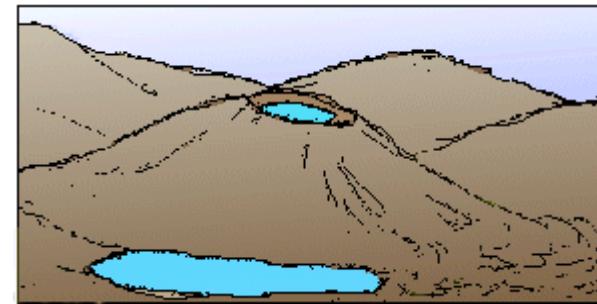
Allungata - Irregolare : per escavazione fluviale e successivo rimodellamento ad opera dei ghiacciai



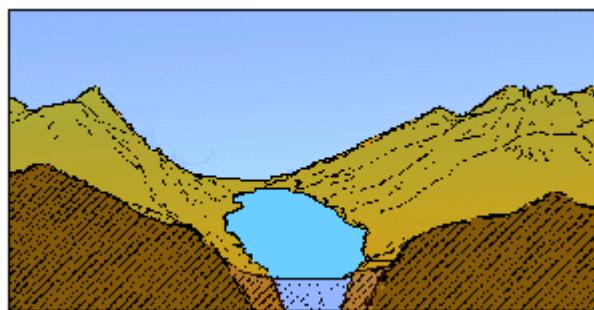
Origine dei laghi



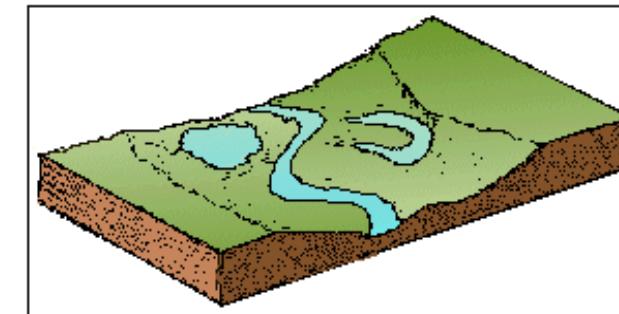
glaciale



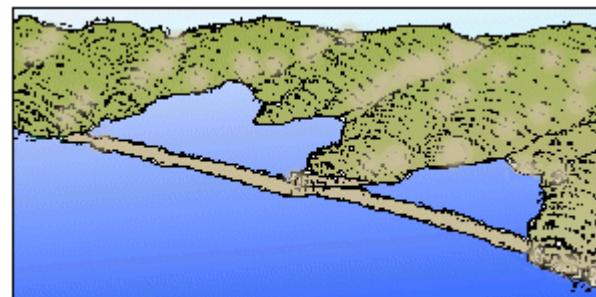
vulcanica



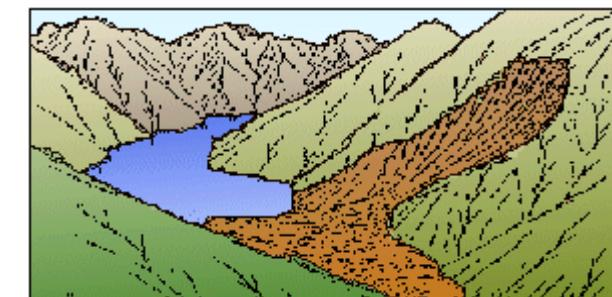
tettonica



fluviale

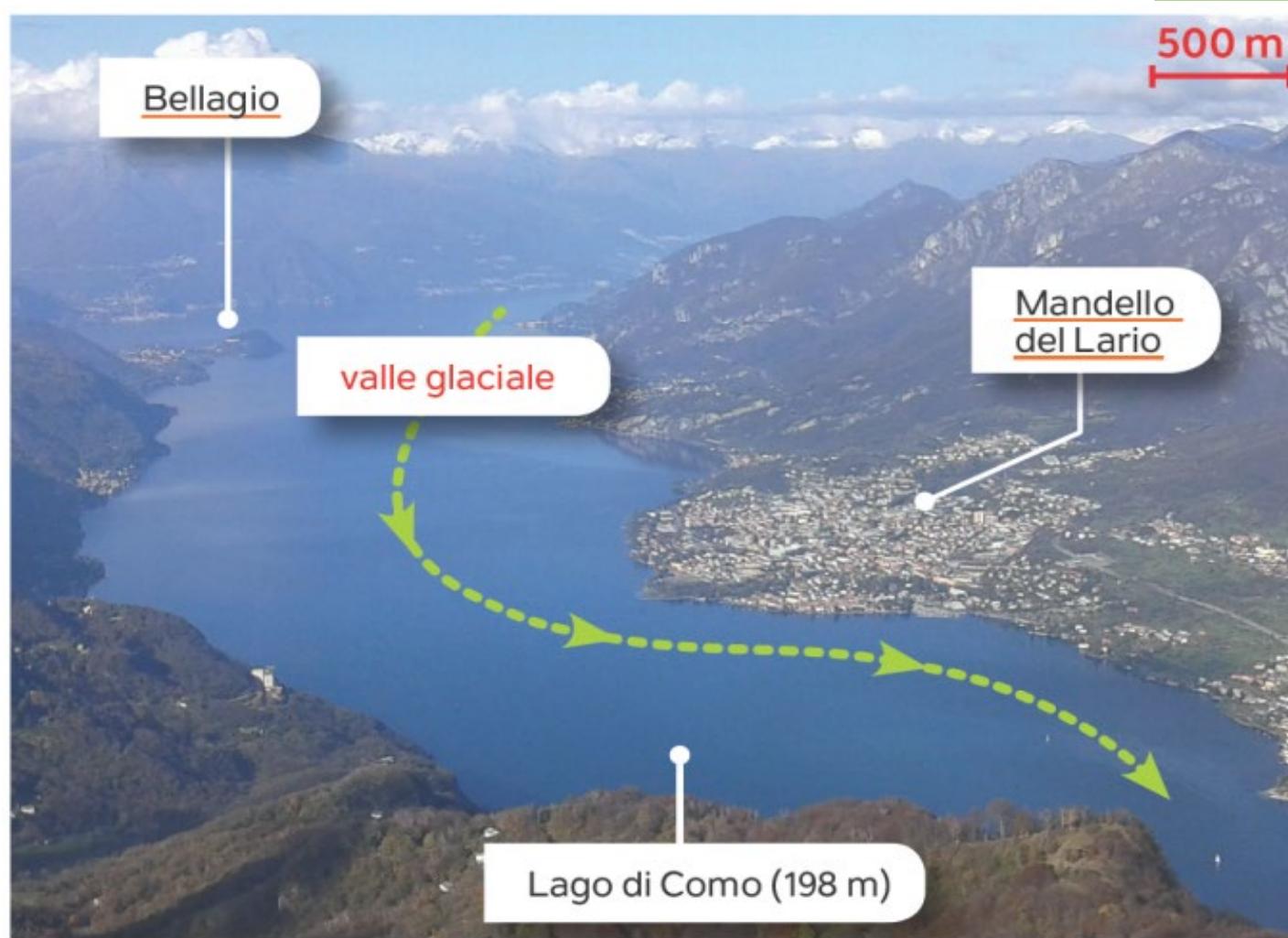


costiera



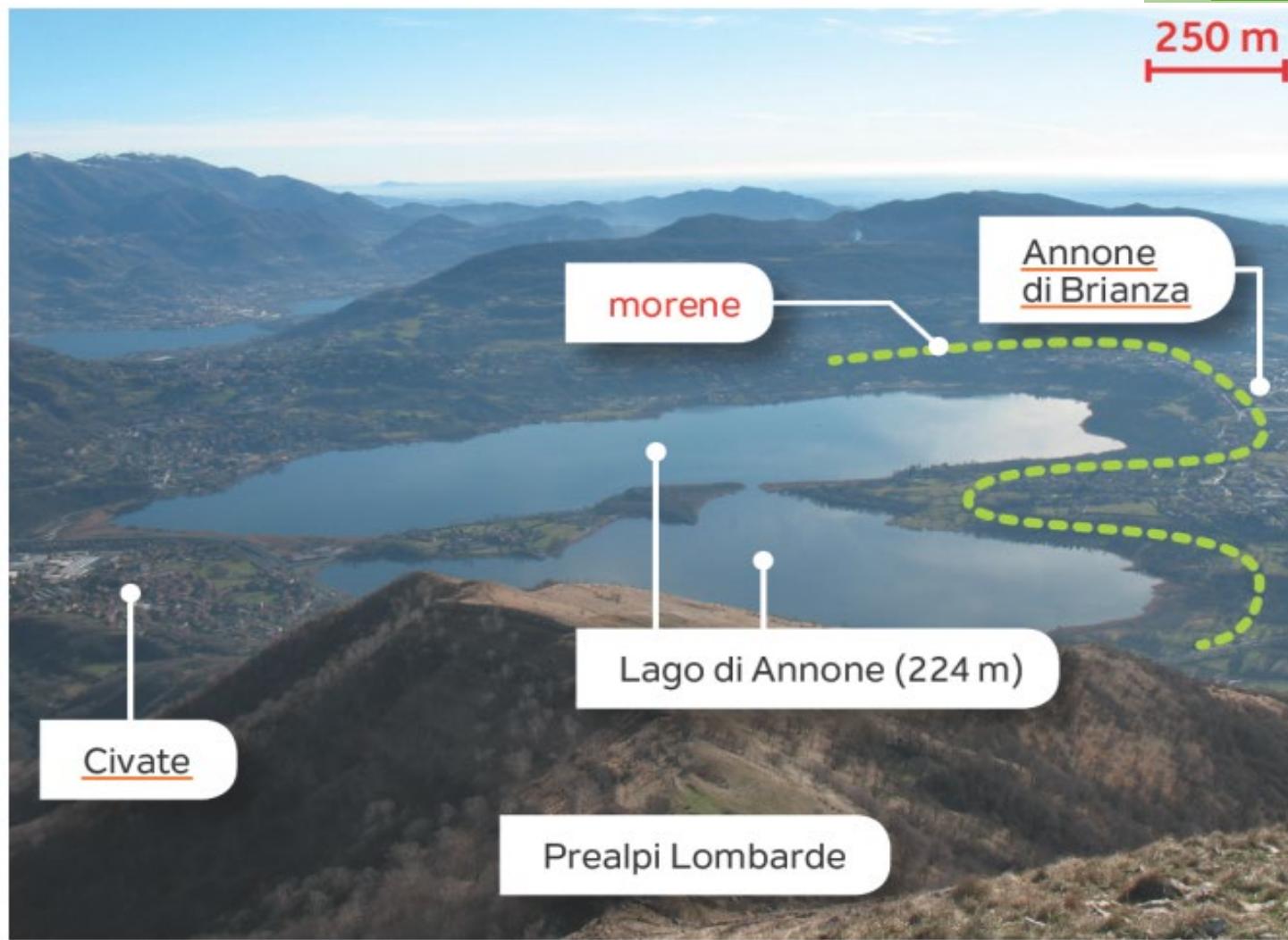
sbarramento

Origine dei laghi



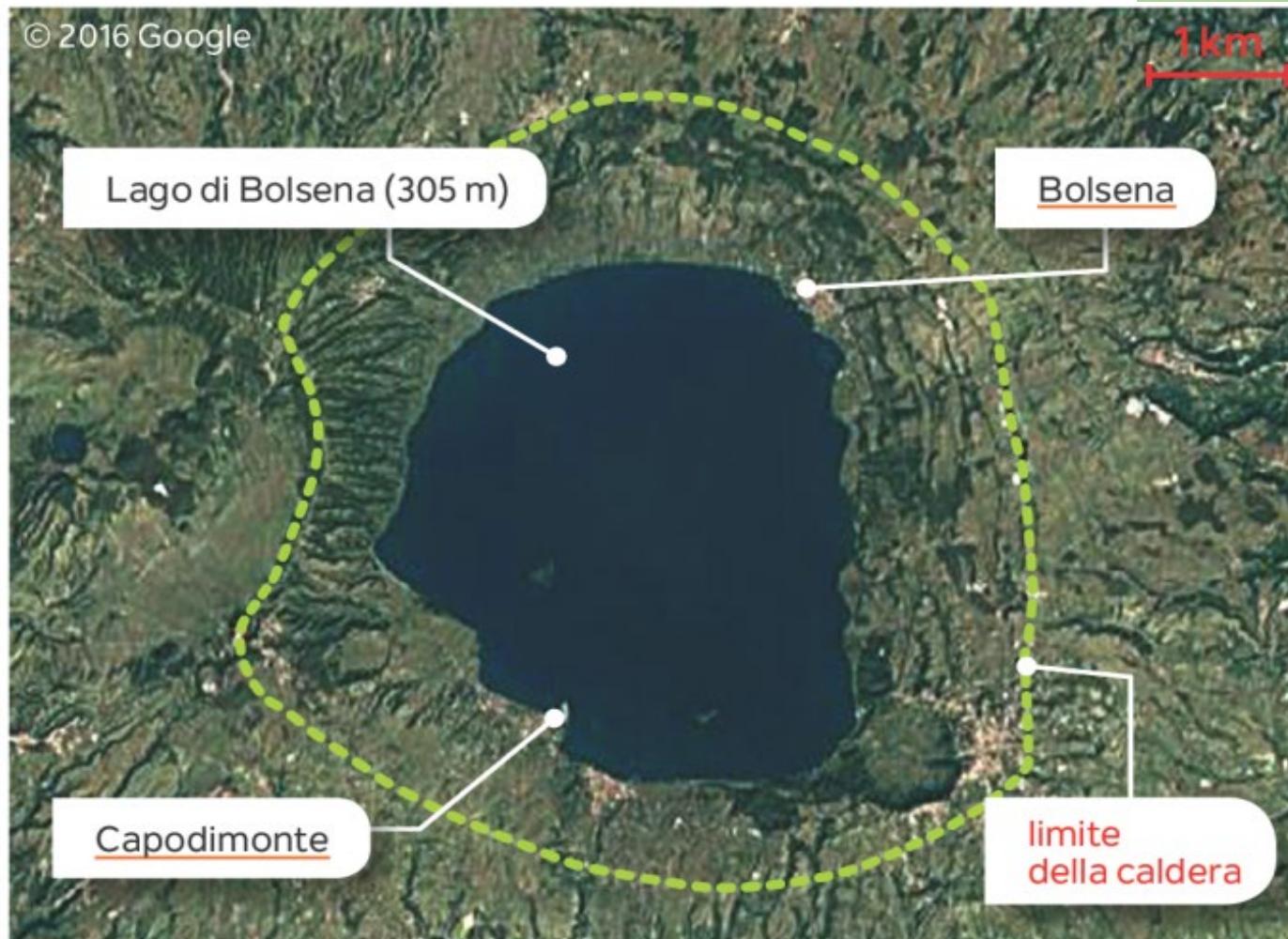
Lago di Como, o Lario (Lombardia), di origine glaciale

Origine dei laghi



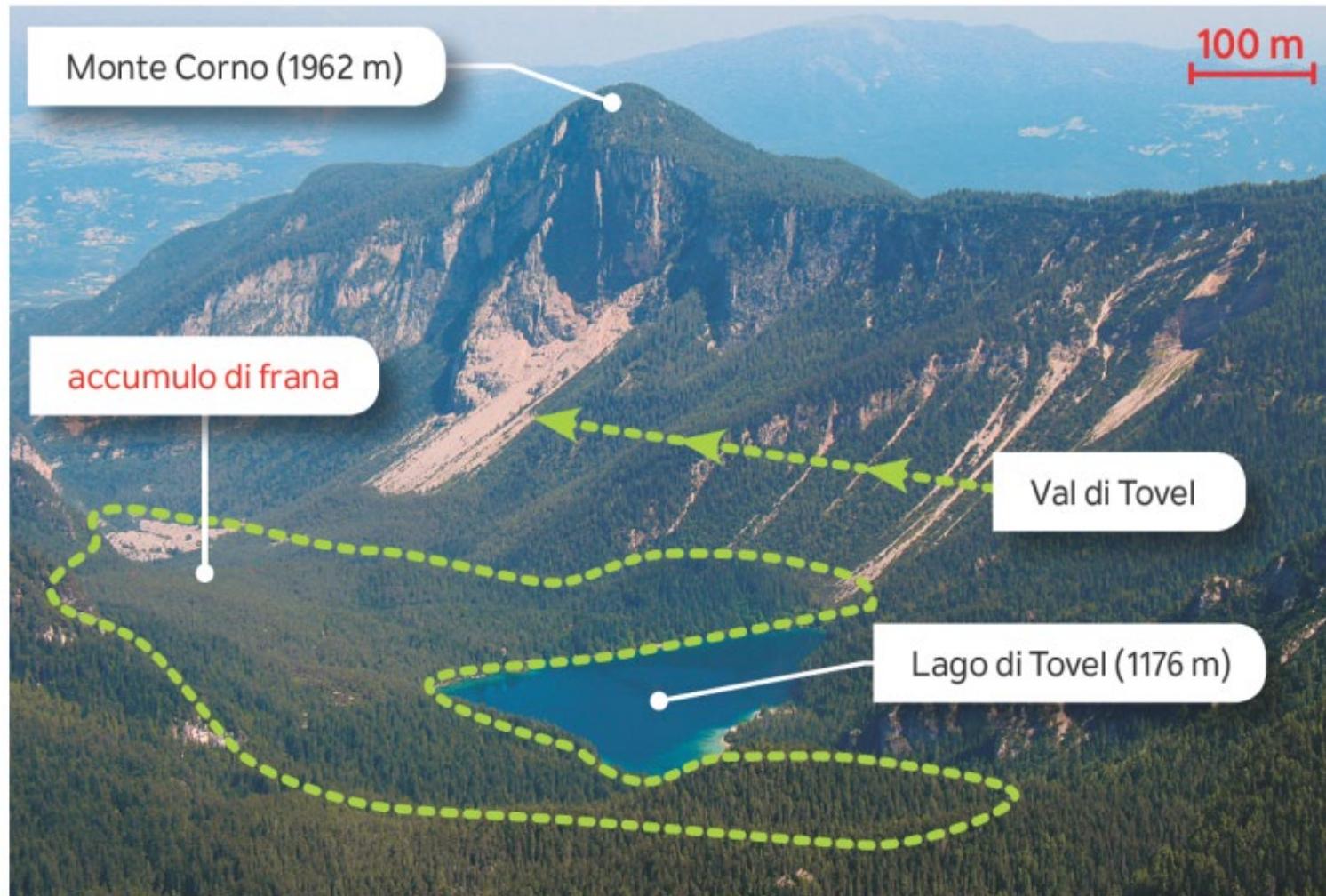
Lago di Annone (Lombardia), di origine glaciale

Origine dei laghi



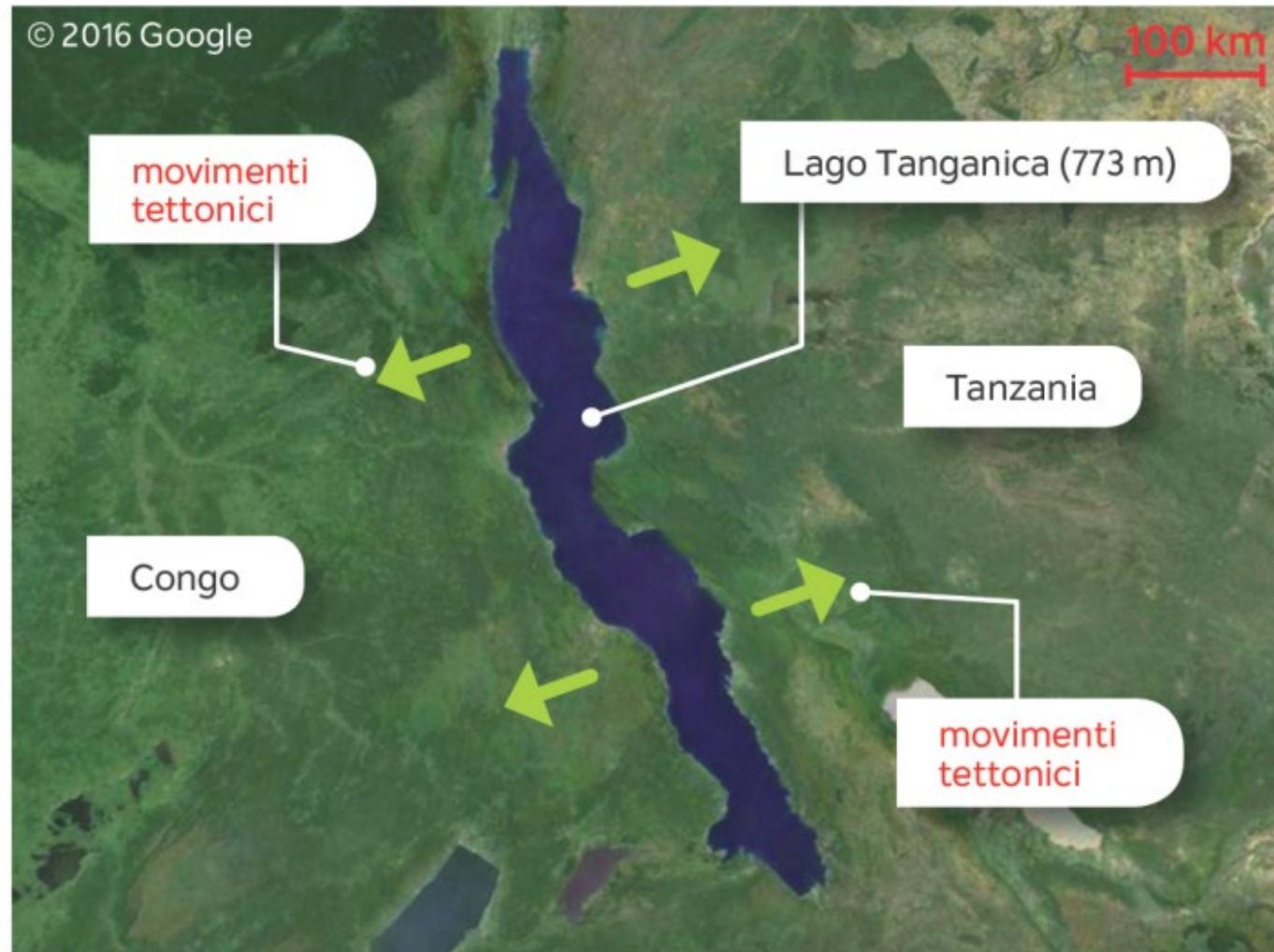
Lago di Bolsena (Lazio), di origine vulcanica

Origine dei laghi



Lago di Tovel (Trentino Alto Adige), originato per **sbarramento da frana**

Origine dei laghi



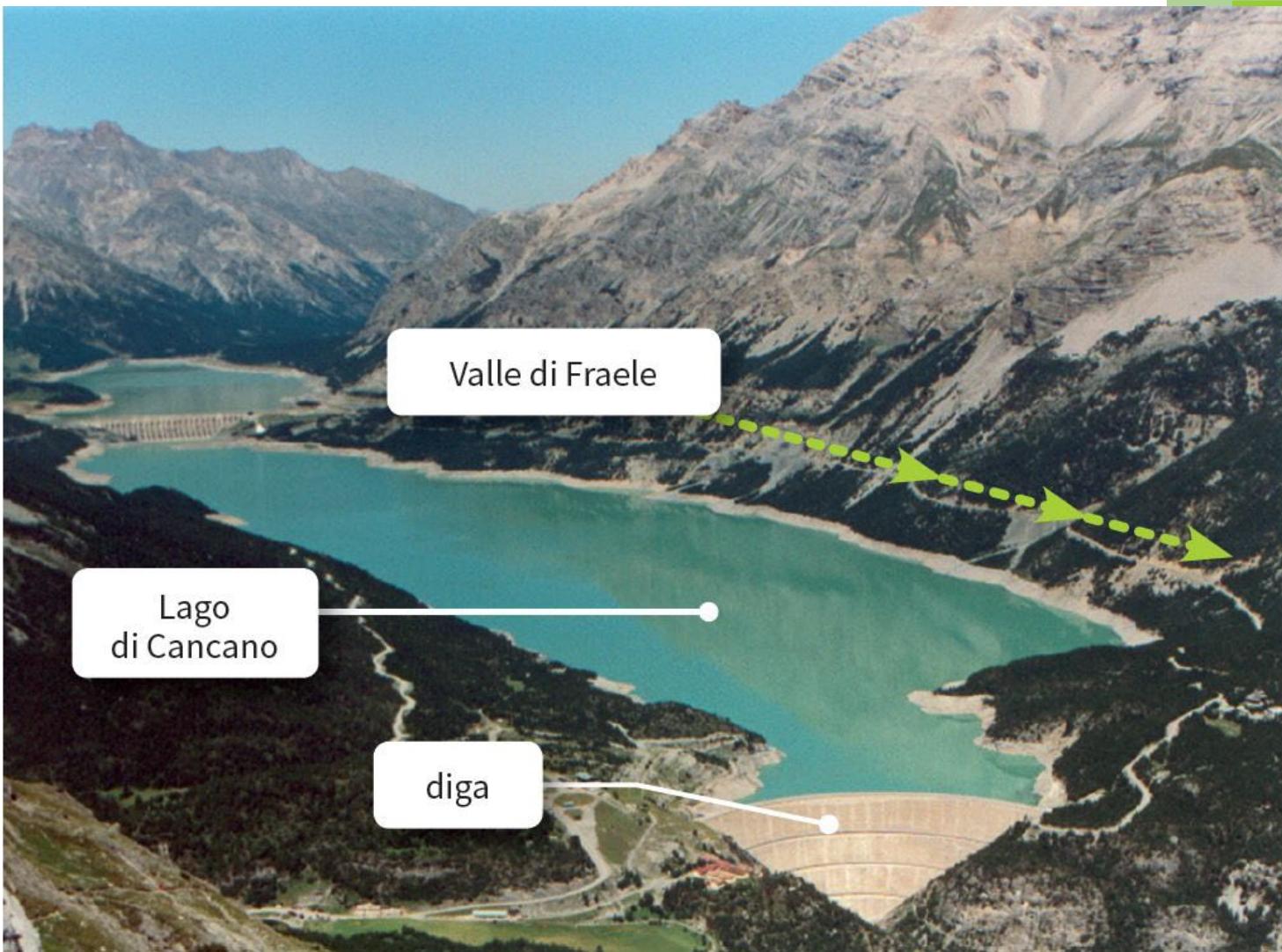
Lago Tanganica (Africa centromeridionale), di origine tettonica

Origine dei laghi



Lago del Fusaro (Campania), di tipo costiero

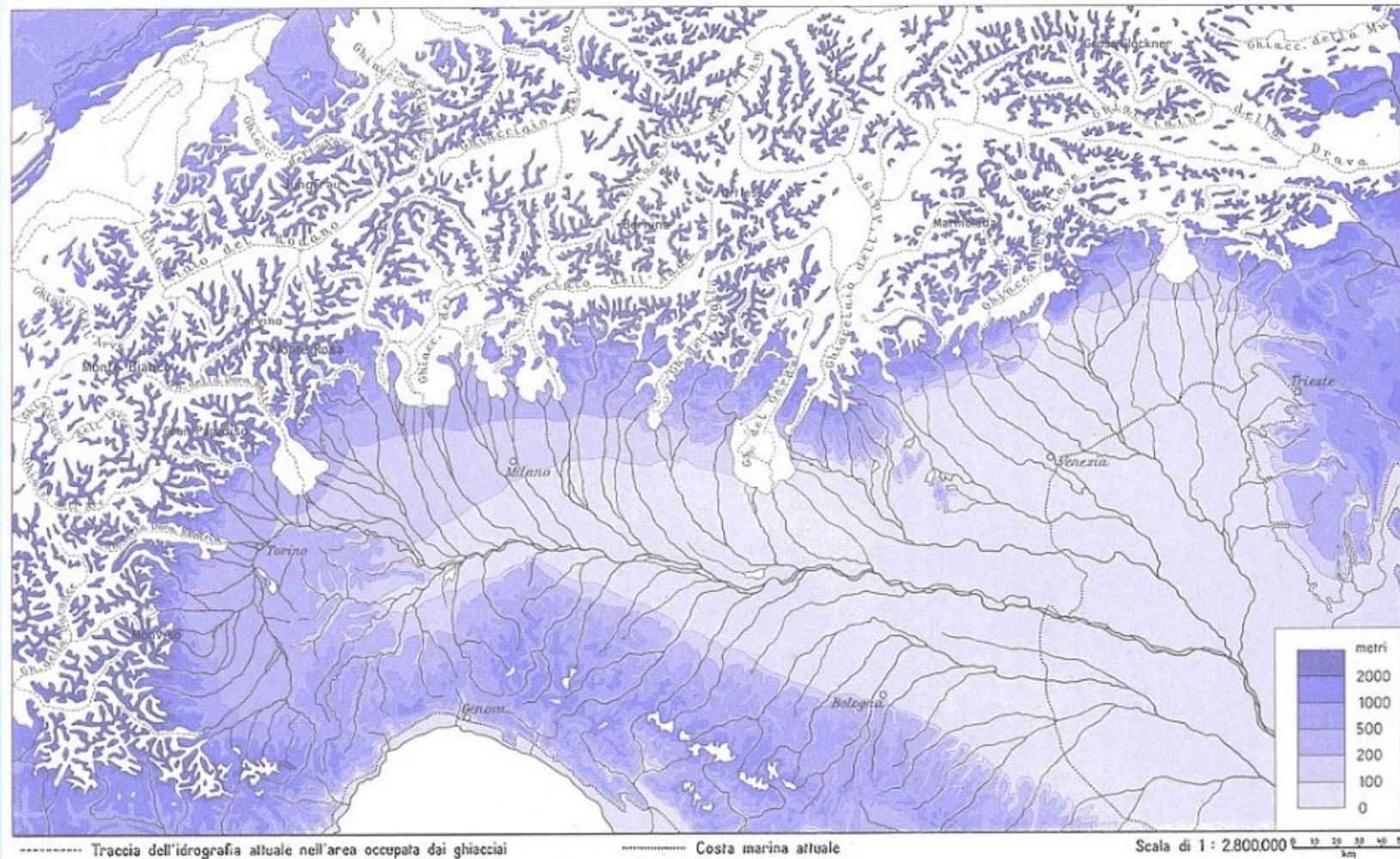
Origine dei laghi



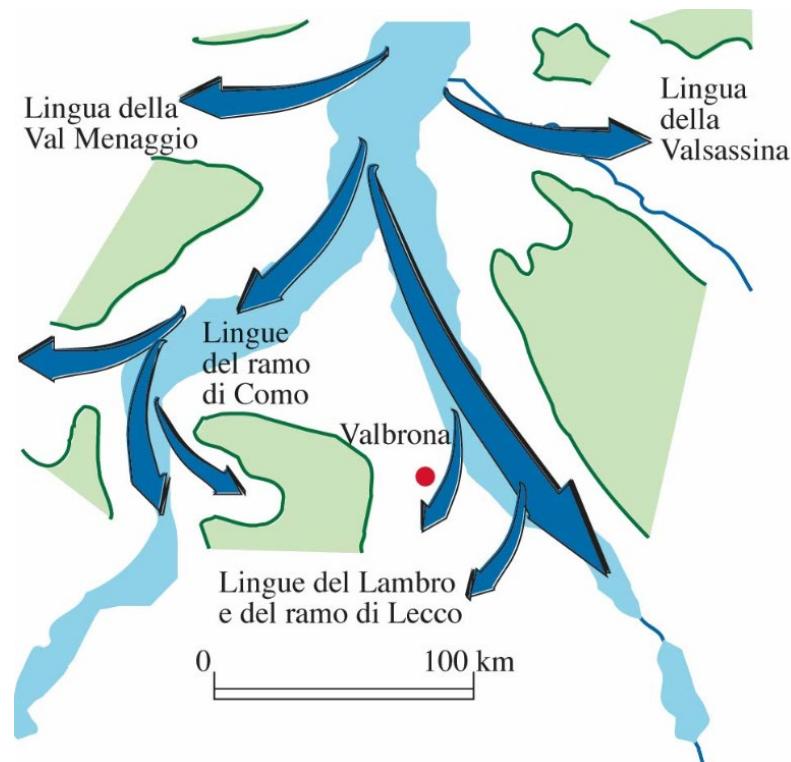
La diga di Cancano (Lombardia) ha sbarrato il corso del Fiume Adda, creando un **lago artificiale** (Lago di Cancano) nella Valle di Fraele

Origine glaciale

Estensione dei ghiacciai alpini durante la maggior glaciazione del quaternario



Origine glaciale



Le origini del Lago di Garda

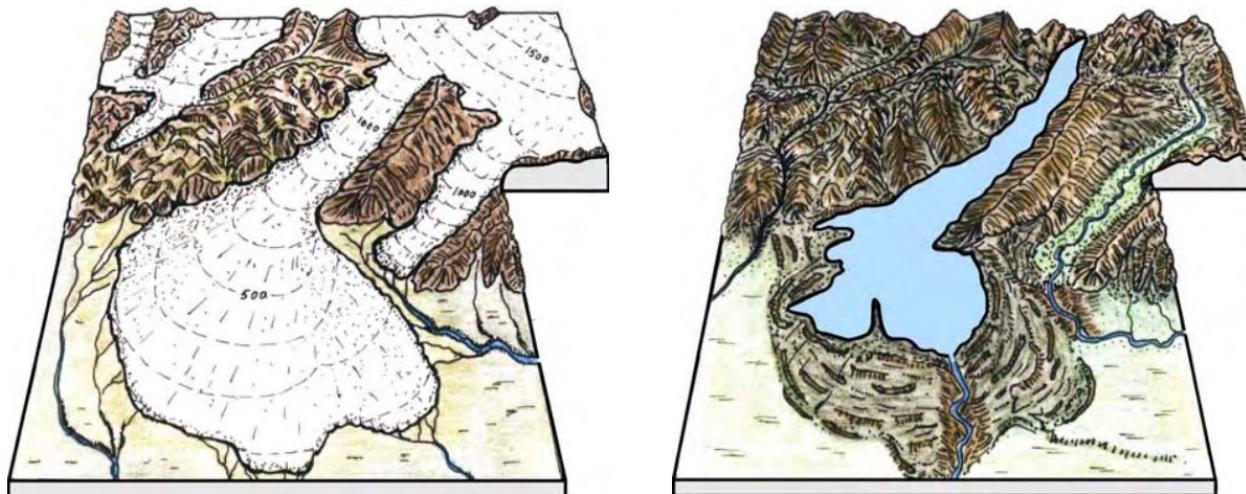


Fig. 7.4 - A sinistra il ghiacciaio del Garda durante la fase di massima espansione della glaciazione wurmiana. A destra lo stesso panorama come appare oggi dopo il ritiro dei ghiacci. Nell'anfiteatro morenico rimasto (dove era il fronte glaciale) si notano le cerchie moreniche appartenenti alle diverse fasi glaciali.

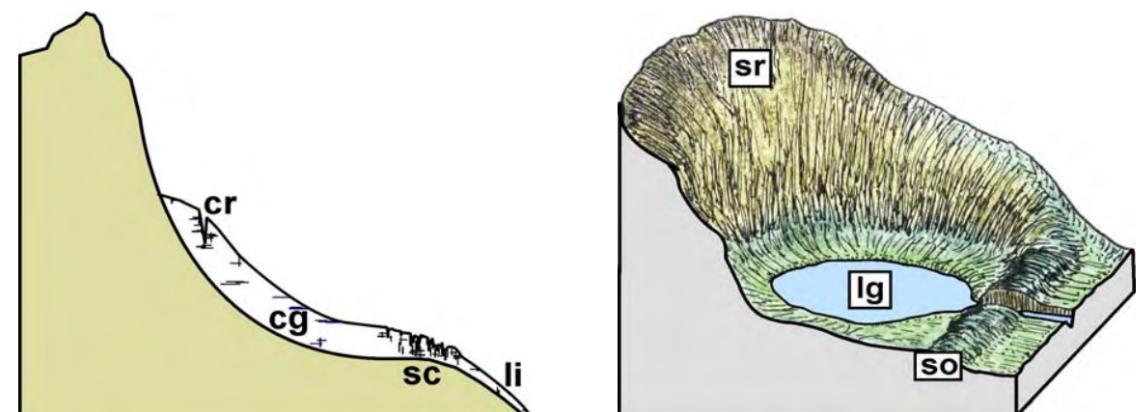


Fig. 7.6 - Nella sezione trasversale di un ghiacciaio di circo sono visibili il crepaccio periferico (cr), la soglia crepacciata (sc), il circo glaciale (cg) e la lingua (li). Molti laghetti di alta montagna sono dovuti all'azione di piccoli circhi glaciali che "scavarono" delle ripide sponde (sr), trascinando materiali a valle, formando contropendenze o sponde (so) successivamente incise da piccoli emissari dei laghetti (lg) formatisi in seguito allo scioglimento dei ghiacci. Tali conce prendono il nome di laghi di circo e talora caratterizzano frequentemente i paesaggi alpini modellati dall'erosione glaciale (fig. 7.7).

Le origini del Lago di Garda

Si ipotizza che si sia plasmato in seguito a diversi eventi geologici, circa 35 milioni di anni fa durante l'Eocene.

All'epoca **la terra presentava una fossa tettonica**. La crosta terrestre si stava modellando e le rocce fluide delle montagne intorno probabilmente ripiegavano a valle, generando il letto del lago e innalzando sempre più i rilievi intorno come il Monte Baldo (2218 m), il Monte Manerba, il Monte Pizzocolo e il Monte Brione sopra Riva del Garda.

Questi movimenti hanno dato origine al bacino odierno chiamato Lago di Garda: dei **fiumi che oggi conosciamo come Sarca, Chiese e Adige, sappiamo che le loro acque hanno iniziato a riempire la fossa raffreddata. Essi hanno eroso le rocce e, modellandone la forma, han creato le condizioni perché il Garda diventasse un lago.**

Durante l'epoca successiva del Pliocene, tutta l'area della Pianura Padana e del Garda furono invase del mare. Queste valli furono coperte da sedimenti argillosi, e ancora oggi si trovano fossili marini a testimoniare la storia del Lago di Garda.

In seguito **arrivarono in questo territorio delle importanti glaciazioni**, per cui il ghiaccio invase le valli e creò anche i molti laghi prealpini che troviamo nel Nord Italia. Il bacino del Benaco **fu interessato da circa 4 glaciazioni**, quindi i detriti ogni volta si accumularono, formando il paesaggio morenico che oggi vediamo sulle coste del Garda: un lavoro erosivo dei ghiacciai, che ci ha donato il lago più grande del territorio nazionale. **Dopo le glaciazioni, nacque il fiume Mincio che raccolse il ghiaccio in discioglimento dal bacino del Garda.** Da allora il lago non si è più prosciugato, anche se fino a circa 9000 anni fa, durante l'età del bronzo, la situazione comprendeva anche un'estensione del lago nella piana del Sarca.

Bacino idrografico e caratteristiche dei laghi

Il bacino idrografico (imbrifero) influenza enormemente sul sistema lago:

- **la sua superficie** determina il volume delle acque raccolte,
- **la sua composizione mineralogica** influenza il chimismo di base dei laghi,
- **la sua copertura vegetale** influenza nella ripartizione delle acque di ruscellamento e di evapotraspirazione.

Le acque drenate si caricano poi di sostanze organiche e inorganiche, ma anche di inquinanti in funzione dell'uso prevalente (agricolo, industriale, urbano) del territorio attraversato.

Oltre alle acque che giungono al lago dalla superficie del bacino, ci sono poi

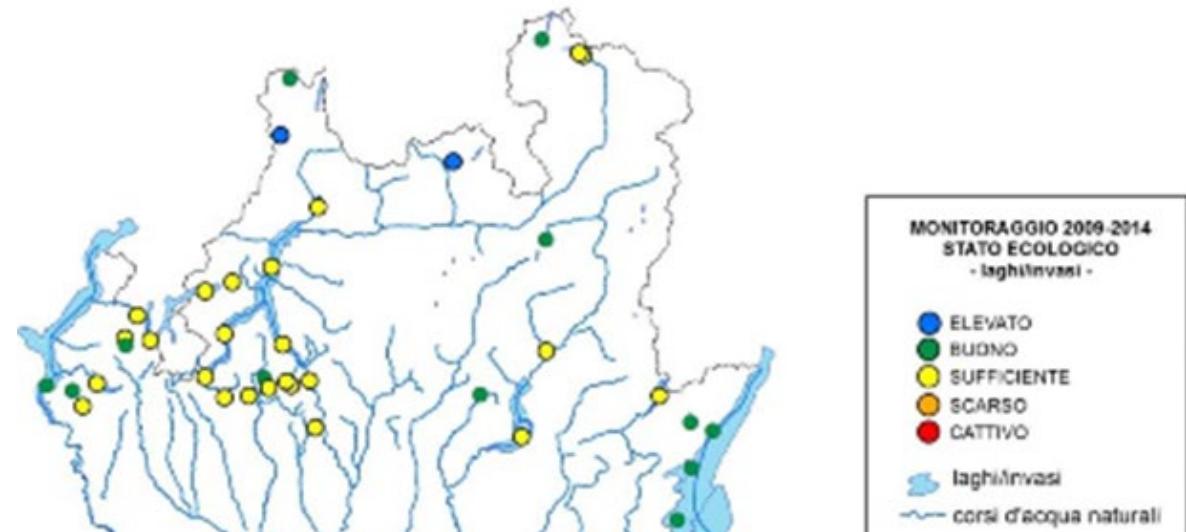
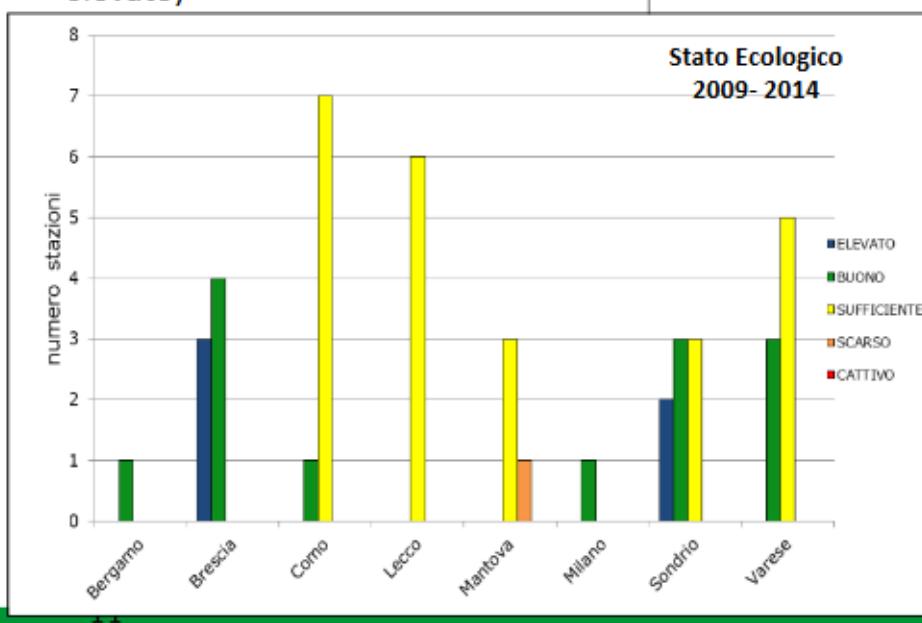
- altre sorgenti sotterranee rappresentate dalle acque di falda
- nel caso dei laghi vulcanici, infiltrazioni di acque profonde originate dall'apparato vulcanico e caratterizzate da un chimismo molto particolare.

Monitoraggio lacuale

Monitoraggio Laghi

Stato Ecologico dei laghi

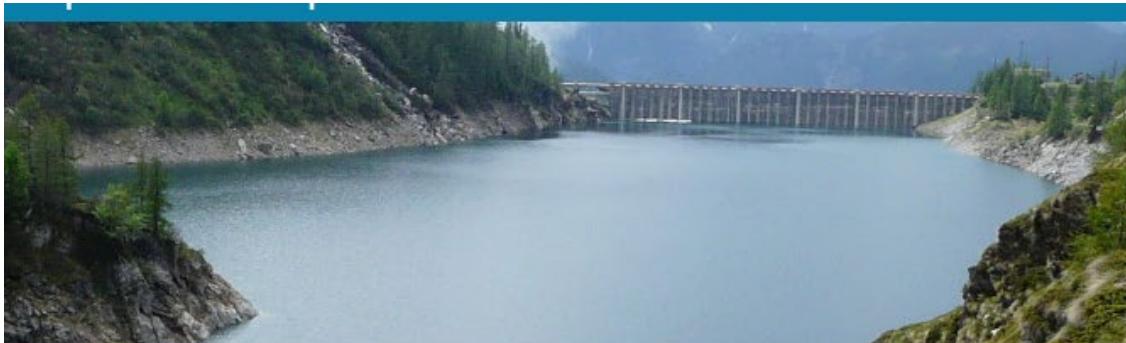
- Sulla base della valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), degli elementi fisico-chimici, chimici (inquinanti specifici) e idromorfologici a sostegno
- Classificazione triennale sulla base di 5 classi di qualità (da cattivo a elevato)



Silvia Anna Bellinzona

Settore Monitoraggi Ambientali
ARPA Lombardia

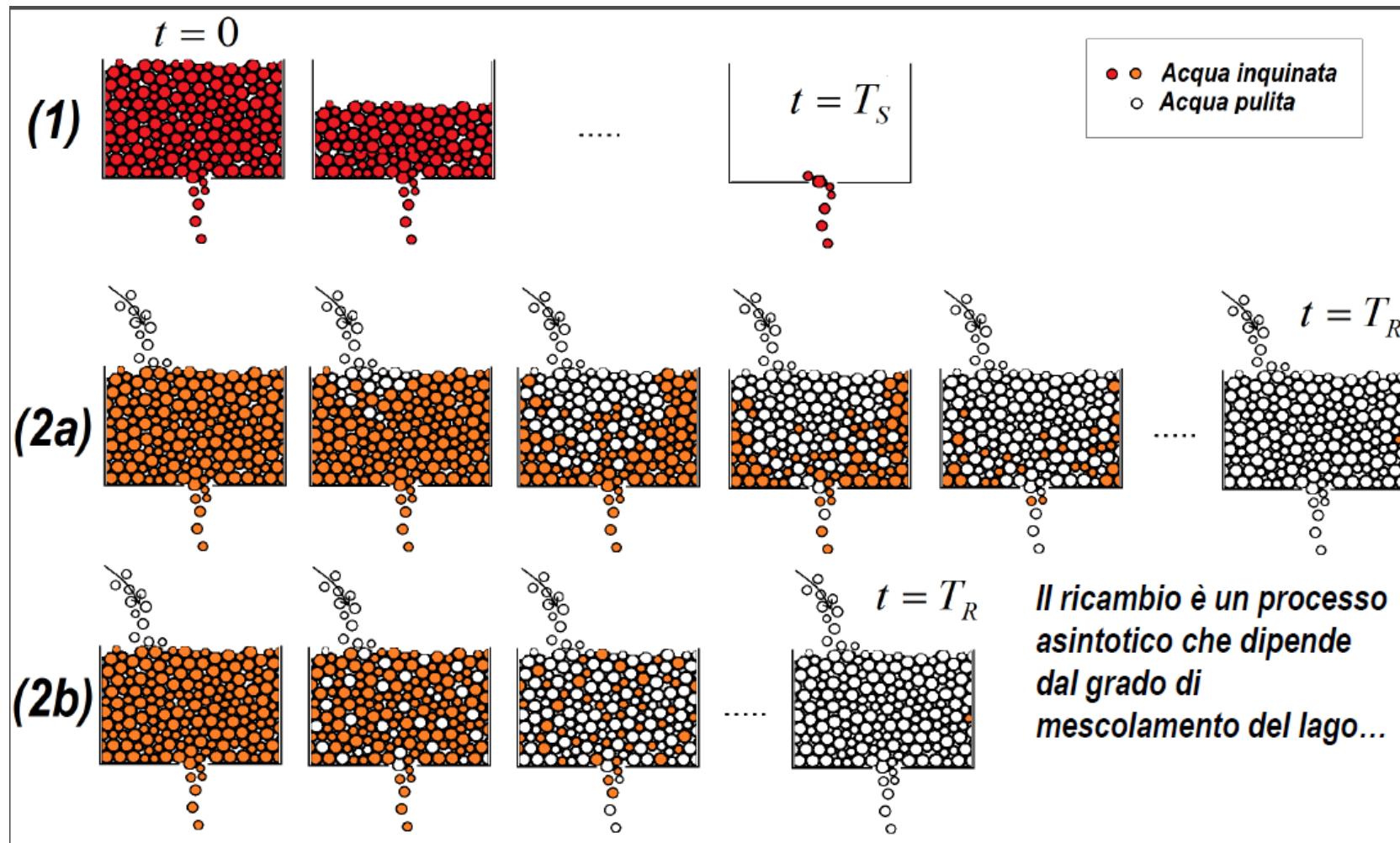
Variazioni del livello



Sono più forti e frequenti negli invasi artificiali (p.e. serbatoi ad uso idroelettrico)

- ✓ ha effetti sulle variazioni che avvengono nel periodo di crescita delle macrofite con limitazione fisica dell'habitat;
- ✓ modifica le rive;
- ✓ ha effetti negativi sulla stabilità delle strutture;
- ✓ peggiora la qualità paesaggistica delle sponde;
- ✓ ha effetti negativi sulla riproduzione dei pesci

Svuotamento e ricambio



BILANCIO ENTRATE-USCITE

AFFLUSSI

- precipitazione diretta
- apporto degli immissari
- acque sotterranee
- ogni scarico puntiforme

DEFLUSSI

- emissari
- evaporazione
- perdite attraverso il terreno
- utenza



Tempo di ricambio

E' il tempo necessario per il ricambio dell'intero volume d'acqua di un lago.

$$\text{TEMPO DI RICAMBIO TEORICO} = \frac{300 \text{ g}}{\text{Volume del lago}} \\ \text{portata emissario}$$

Dipende dal bilancio del lago ma anche da altri fattori quali: scambi con le falde, evapotraspirazione, stratificazione, etc.). QUELLO REALE E' SEMPRE MAGGIORE DI QUELLO TEORICO e SPESSO NON RICAMBIANO MAI COMPLETAMENTE.

Il tempo di ricambio è un indice della capacità del lago di smaltire attraverso l'emissario parte degli inquinanti che giungono dal bacino.

Le proprietà termiche di un lago sono il fattore fisico più importante del determinare il ciclo annuale e giornaliero di un lago, queste influenzano le caratteristiche chimiche delle acque e in ultima analisi l'ecologia degli organismi costituenti il suo ecosistema

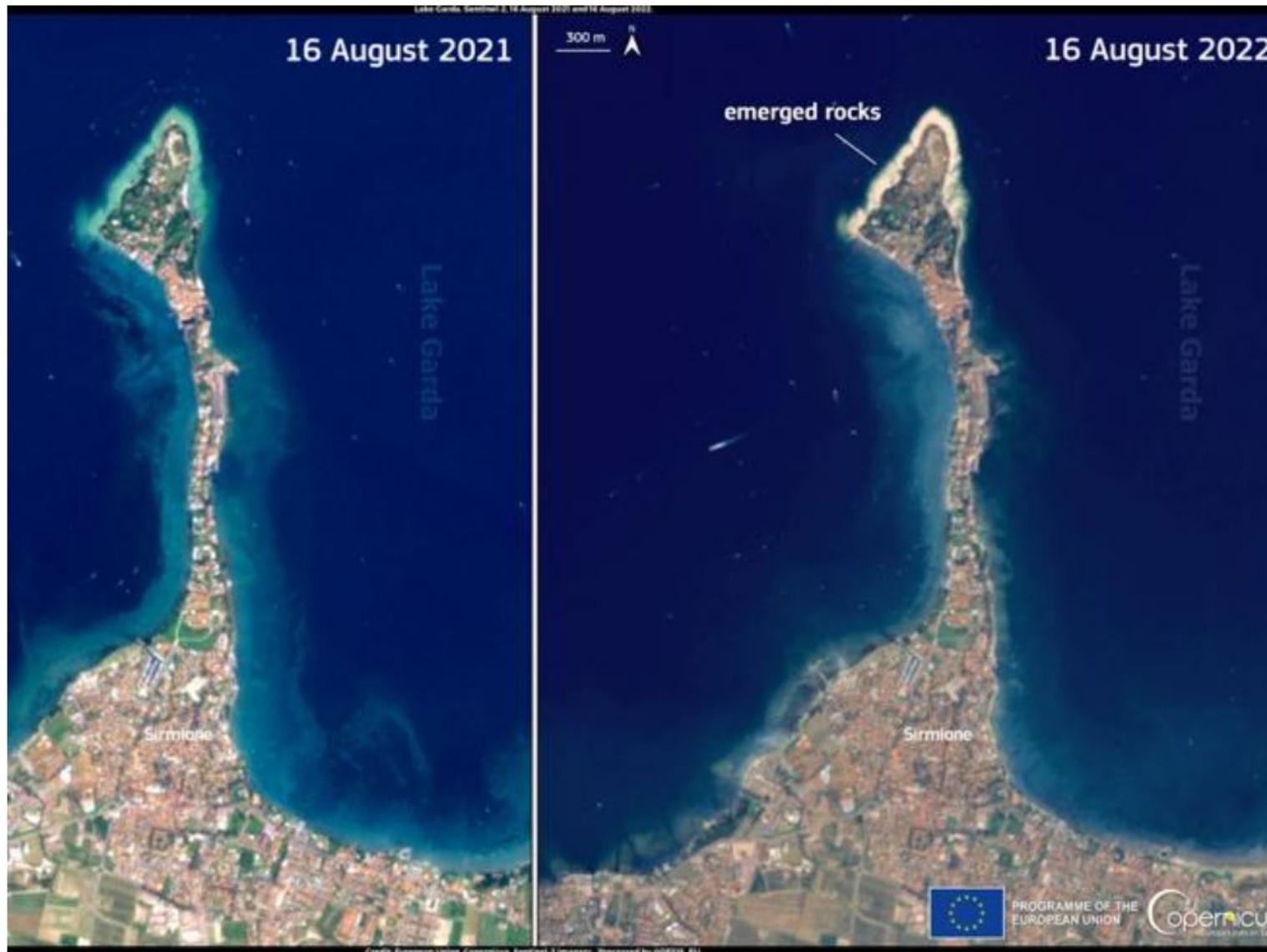
Tempo di ricambio

Calcolate i tempi di ricambio mancanti

LAGO	BACINO km ²	VOLUME k m ³	PROFONDITÀ m	SUPERFICIE km ²	PORTATA EMIS. m ³ /sec	TEMPO RIC. anni
Garda	2350	50,35	346	370	59,5	
Iseo	1842	7,60	251	62	59,4	
Como	4572	22,50	410	146	158,0	
Maggiore	6559	37,50	370	212	297,0	
Albano	10	0,46	165	6	-	47
Nemi	11	0,03	34	1,6	-	15
Trasimeno	376	0,59	6	124	0,9	21
Bolsena	273	9,20	151	114	2,4	120
Vico	41	0,26	49,5	12	0,5	17
Bracciano	147	5,05	165	57	1,2	137
Monticchio (Gr.)	4	0,004	38	0,4	-	110

Principali caratteristiche dei maggiori laghi subalpini e di alcuni laghi vulcanici dell'Italia Centrale

Crisi idrica del 2022 – Sirmione (Lago di Garda, BS)



Fotografie scattate dal satellite europeo
Copernicus, il Sentinel-2

Agosto 2021: 29 cm

Agosto 2022: 114 cm

sopra lo zero idrometrico 64,027 m s.l.m.

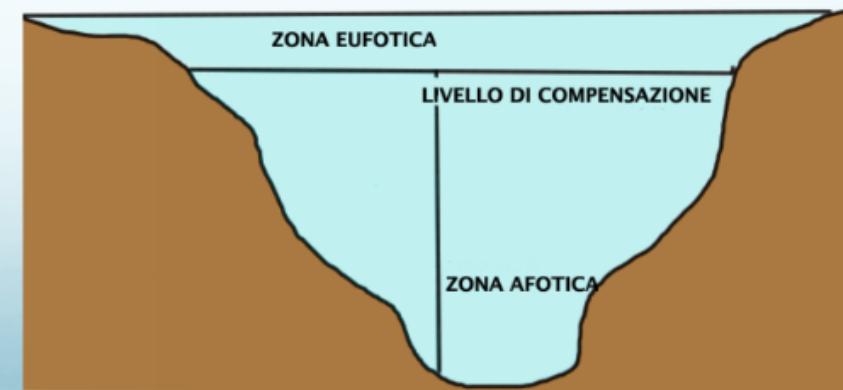
Differenza: 0.85 m

A quanta acqua corrisponde?

Fattori determinanti per le caratteristiche di un lago

Luce → la quantità di luce che penetra in un lago diminuisce all'aumentare della profondità. Si distinguono:

- Zona eufotica → sono gli strati più superficiali dove il processo fotosintetico prevale rispetto alla respirazione
- Zona di compensazione → qui i due processi si equivalgono
- Zona afotica → sono gli strati più profondi dove prevale la respirazione sulla fotosintesi



Misure sul lago



Prelievo di un campione
d'acqua ad una profondità
assegnata.



Prova di misura
con ossimetro

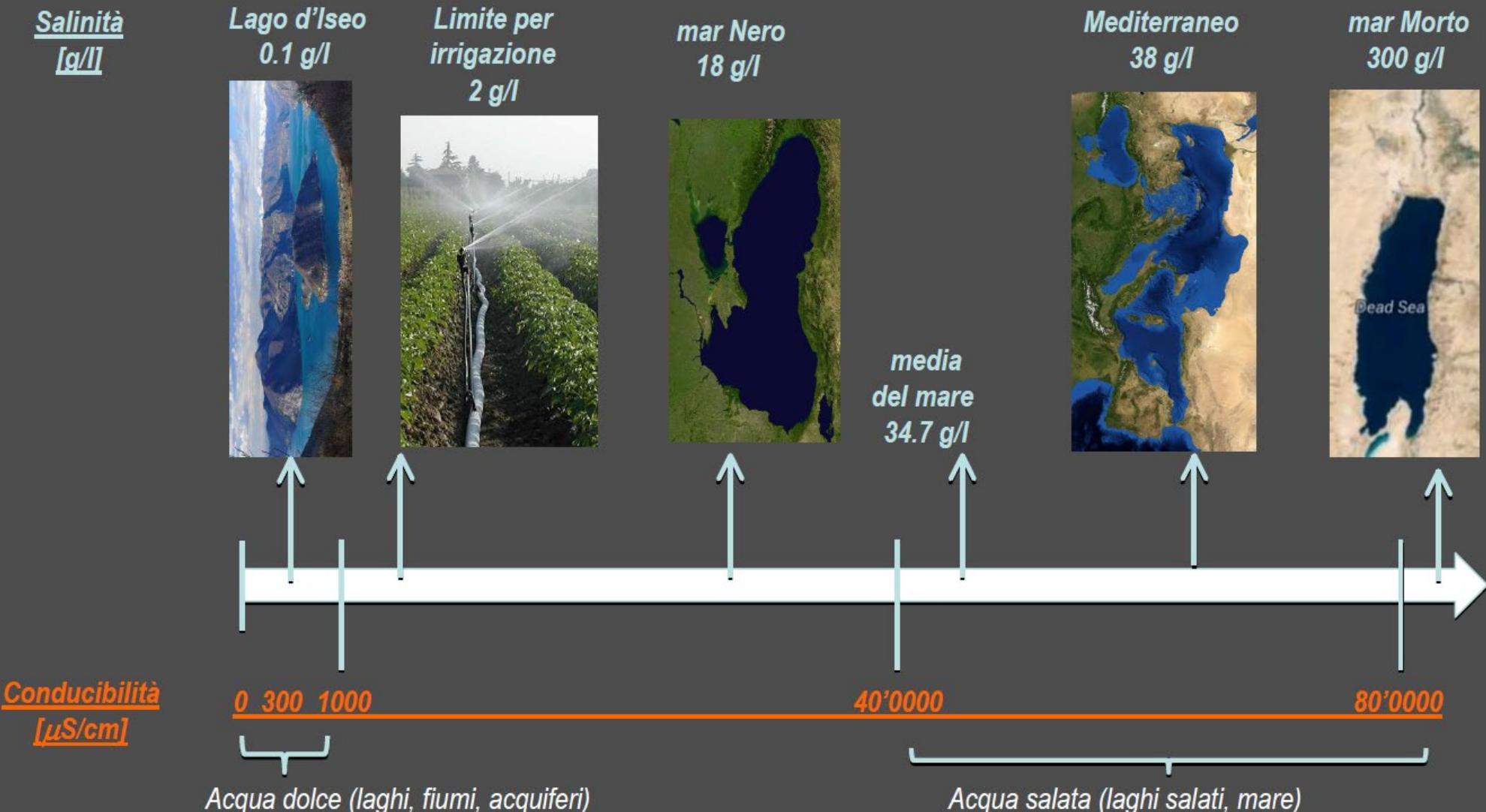


Prelievi con retino per la cattura di fitoplancton



LABORATORIO ACQUE
SUPERFICIALI E
SOTTERRANEE

Che valori assume la conducibilità in situazioni tipiche ? (NB: 1 μ Siemens = 10^{-6} S)



Proprietà termiche

Le proprietà termiche di un lago sono il fattore fisico più importante del determinare il ciclo annuale e giornaliero di un lago, queste influenzano le caratteristiche chimiche delle acque e in ultima analisi l'ecologia degli organismi costituenti il suo ecosistema

La principale fonte di calore di un lago è la radiazione solare che cede calore venendo assorbita dall'acqua.

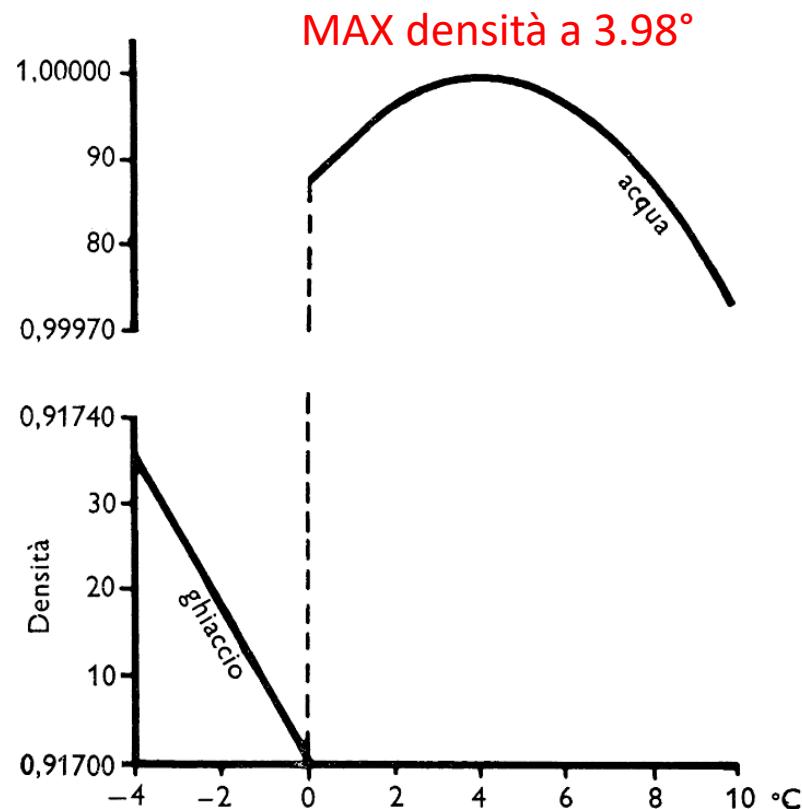
epilimnio, lo strato superficiale (nell'ordine di alcuni metri), risulta influenzato dalla temperatura esterna, perchè l'acqua ha una scarsa tendenza a cedere calore per diffusione molecolare

metalimnio, la temperatura varia rapidamente con la profondità

ipolimnio, uno strato in cui la temperatura si mantiene costante intorno ai 4 °C.

Densità acqua

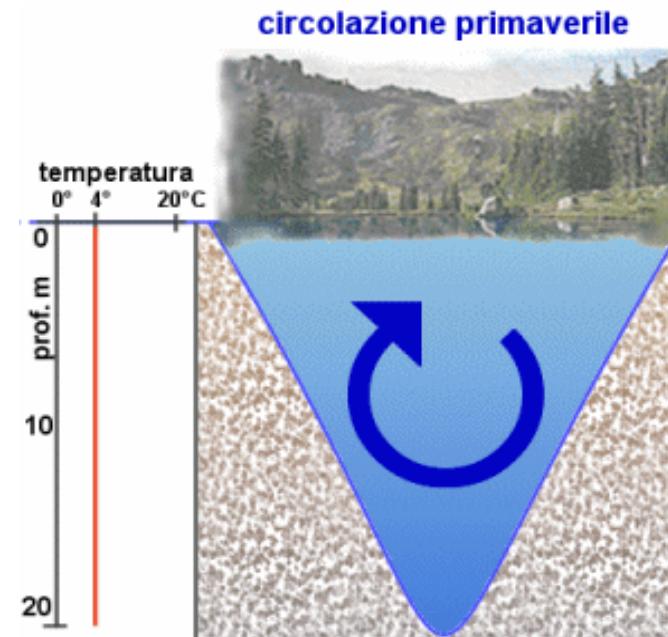
La densità di un qualunque corpo diminuisce con l'aumentare della temperatura a causa dell'aumento di volume del corpo stesso. Anche l'acqua, segue in linea generale questo andamento, tuttavia fa eccezione nell'intervallo di temperatura che va da 0°C a 4 °C in cui la sua densità aumenta con la temperatura.



Nel 1913, (L.J. Henderson): "Se così non fosse l'acqua fredda scenderebbe sul fondo di mari e laghi e vi ghiaccerebbe; nè il ghiaccio potrebbe più sciogliersi perchè in superficie si troverebbe acqua più calda e quindi più leggera. Dopo un certo numero di anni la maggior parte dell'acqua esistente sul pianeta sarebbe trasformata in ghiaccio. Così come stanno le cose, invece, la temperatura al fondo di un corpo idrico non può essere inferiore a quella corrispondente al massimo di densità (ossia appunto 4 °C); via via che l'acqua si raffredda sotto questo valore, diviene più leggera e sale in superficie, e solo qui può formarsi il ghiaccio. In tal caso l'acqua liquida che sta sotto lo strato ghiacciato rimane protetta da un ulteriore raffreddamento, con favorevoli ripercussioni sul clima e sulla popolazione biologica; a primavera i primi tepori disciolgono il ghiaccio ed il ciclo ricomincia".

Comportamento termico stagionale teorico

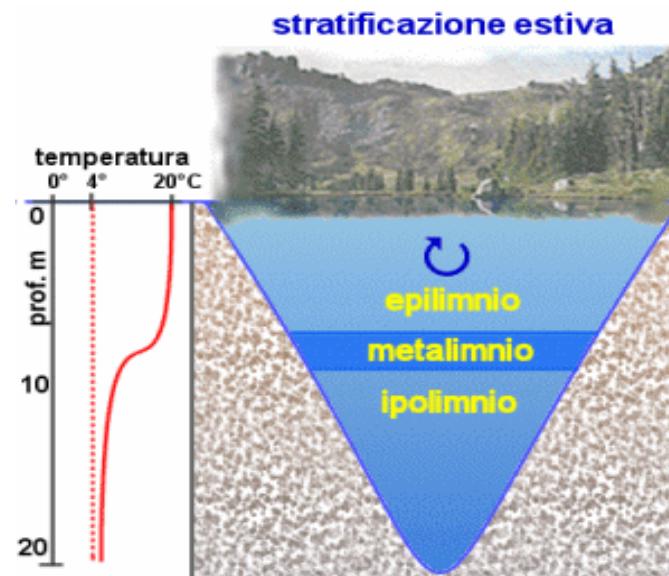
Temperatura



Le acque di un lago poco profondo della regione temperata, alla fine della stagione invernale presentano una temperatura uniforme di circa 4°C. Temperatura uniforme corrisponde ad una identica densità ad ogni profondità. L'azione del vento può facilmente provocare un rimescolamento delle acque (**circolazione primaverile**)

Comportamento termico stagionale teorico

Temperatura



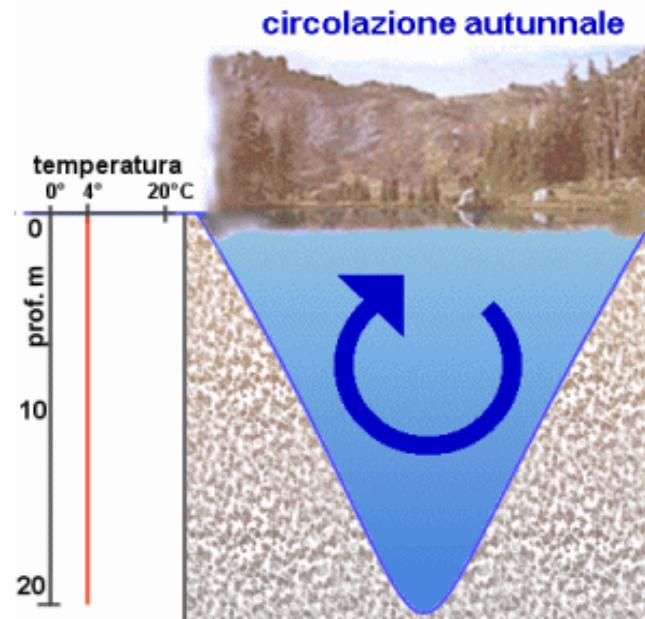
Con l'avanzare della primavera, l'apporto di calore attraverso la radiazione solare determina un innalzamento della temperatura delle acque superficiali.

Si crea così un gradiente termico, e quindi di densità, sempre più elevato fino a impedire il rimescolamento ad opera del vento.

Nella stagione calda, si instaura quindi, una stratificazione termica che separa il lago in uno strato superficiale caldo (**epilimnio**) da uno strato profondo più freddo (**ipolimnio**), fra cui si interpone uno strato di passaggio (**metalimnio o tremoclinio**).

Comportamento termico stagionale teorico

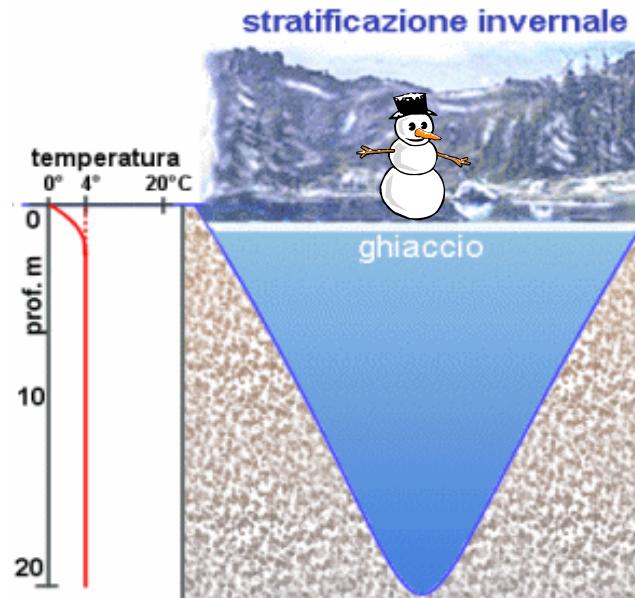
Temperatura



In autunno l'acqua superficiale si raffredda, diventa più densa e scende verso il fondo. Il lago esce dunque dalla stratificazione e si instaura l'isotermia. Tale situazione produce dunque, una circolazione completa delle acque (**circolazione autunnale**).

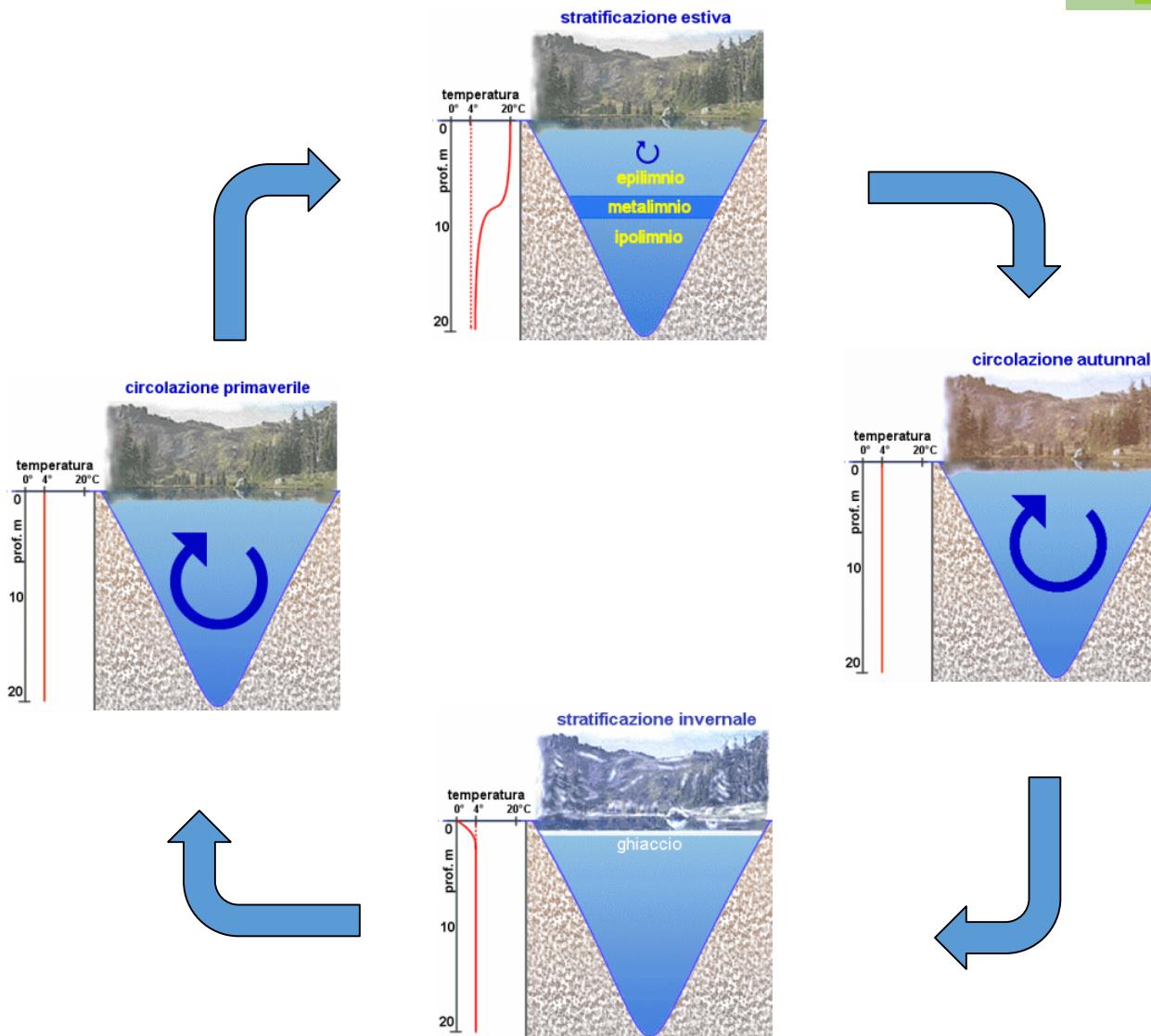
Comportamento termico stagionale teorico

Temperatura

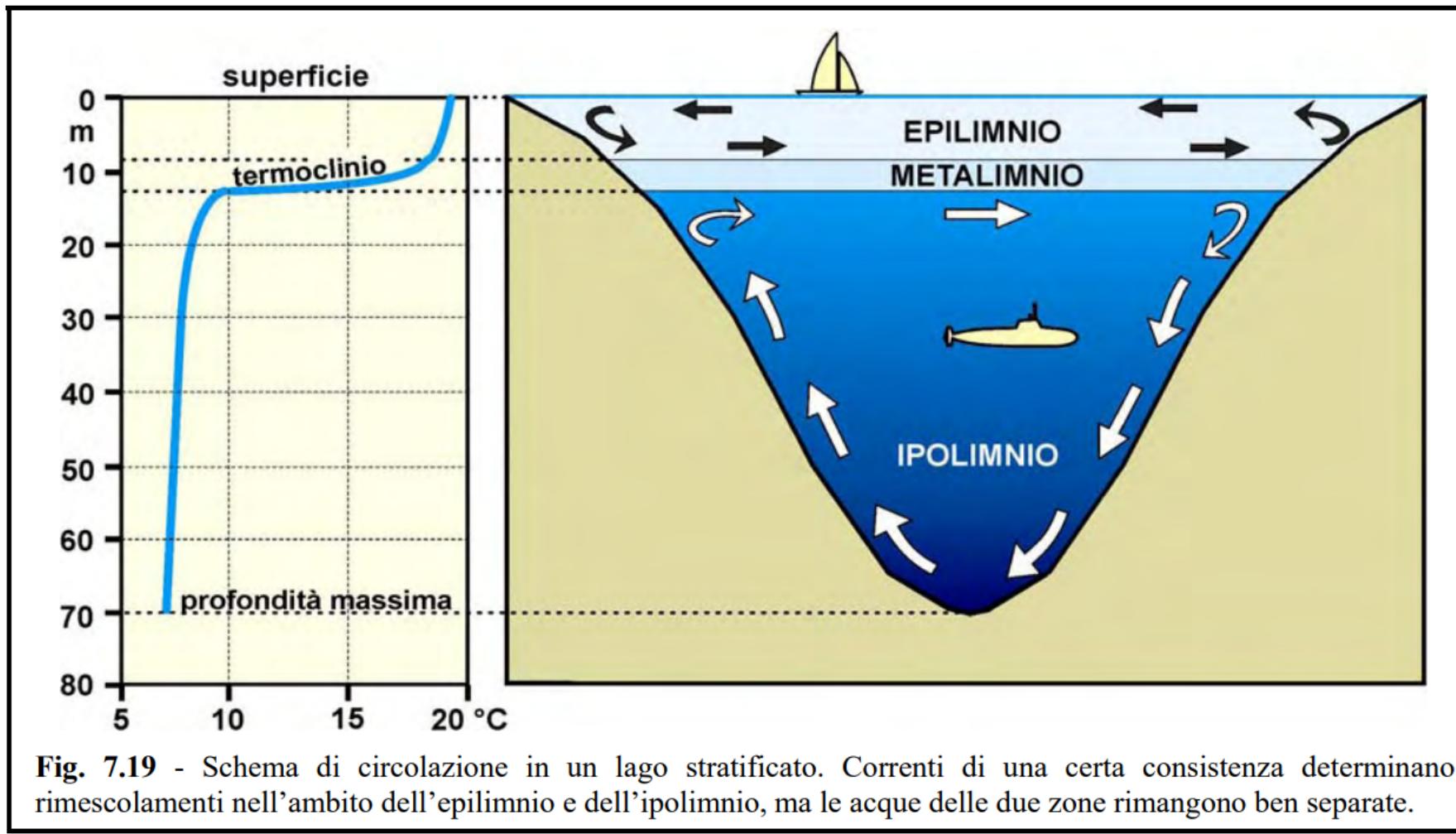


In inverno la densità dell'acqua superficiale diminuisce per un ulteriore raffreddamento. Questo causa l'instaurarsi di una instabile stratificazione termica inversa, con uno strato superficiale più freddo sopra uno strato più profondo di acqua a 4 °C. La presenza di ghiaccio superficiale può rendere stabile la stratificazione termica inversa.

Comportamento termico stagionale teorico



Comportamento termico stagionale teorico



Al variare delle condizioni climatiche e della profondità del corpo lacustre i cicli annuali e giornalieri di laghi diversi differiscono notevolmente, si distinguono quindi:

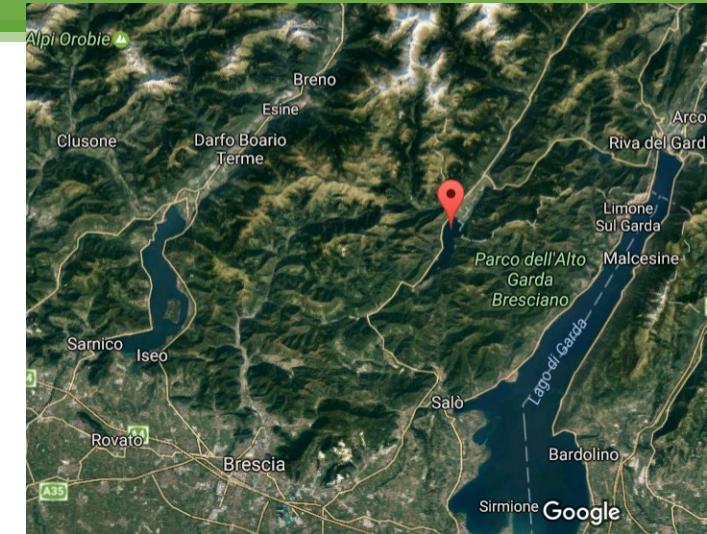
- **Laghi olomittici**, presentano almeno una fase di piena circolazione
- **Laghi dimittici**, due fasi di piena circolazione (tipicamente i laghi delle zone temperate)
- **Laghi monomittici**, una sola fase di piena circolazione (tipicamente i laghi sub-polari ed i laghi sub-tropicali)
- **Laghi meromittici**, privi di una fase di piena circolazione (con stratificazione perenne dovuta al profilo della temperatura e/o all'eccesso di sali dissolti nella acque, aumentandone così la densità, sul fondo)
- **Laghi oligomittici**, con fasi di piena circolazione non regolari negli anni

Il lago d'Idro, un lago meromittico



Ha una meromissi naturale aumentata dall'immissione di carichi eutrofizzanti

Nei laghi meromittici l'isolamento degli strati più profondi, la conseguente scomparsa dell'ossigeno ed i processi di decomposizione anaerobica determinano la comparsa di vari composti ridotti, come acido solfidrico (H_2S), ammonio (NH_4^+) e metano (CH_4). I sedimenti profondi assumono un colore nero o grigio ed hanno il caratteristico odore dell'acido solfidrico. Questa condizione ha ovviamente delle conseguenze negative sugli organismi che vivono in prossimità del fondo



Principali cause dell'eutrofizzazione

Apporti di fosforo derivanti da:

- ✓ dilavamento delle rocce e dei suoli;

Apporti eccessivi di fosforo dovuti a:

- ✓ liquami domestici;
- ✓ agricoltura;
- ✓ attività zootecniche;
- ✓ attività industriali.



Ecologia delle acque interne, Prof.ssa Leoni