



# Contratto di lago del CUSIO



## Allegato 1

### **Pre-analisi territoriale per l'area del Cusio ai fini della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Contratto di Lago del Cusio**

a cura di  
Dott.ssa Giulia Saporiti

Dicembre 2019



## Sommario

1. Premessa.....	3
2. Contesto territoriale .....	4
2.1. La Regione del Cusio .....	4
2.2. Il bacino del lago d'Orta .....	10
2.3. La valle dell'Agogna.....	14
2.4. La valle dello Strona.....	16
2.5. Aree Protette.....	18
3. Analisi delle problematiche .....	20
3.1. Inquinamento: dalla morte del lago alla rinascita mediante liming .....	21
3.1.1. Stato di qualità attuale.....	29
3.1.2. L'industria locale .....	37
3.2. Problematiche idrogeologiche.....	41
3.2.1. Le piene del lago d'Orta.....	42
3.2.2. I principali dissesti idrogeologici .....	48
4. Elaborati Cartografici.....	56
5. Bibliografia .....	60



## 1. Premessa

Il presente elaborato viene proposto come bozza di pre-analisi territoriale relativa al contesto geografico del Cusio. Esso riprende parte del progetto di tesi intitolato "Il contratto di lago: pianificazione strategica e partecipata del bacino idrografico del lago d'Orta" realizzato in collaborazione con l'Ecomuseo del Lago d'Orta e Mottarone nel corso dell'anno accademico 2017/2018. L'analisi approfondisce il contesto territoriale della regione cusiana, definendone in primo luogo i confini geografici e amministrativi e successivamente descrivendo le caratteristiche ambientali delle aree individuate.

Per ultimare la caratterizzazione ambientale in tutti i suoi aspetti, si ritiene di dover affrontare alcune tematiche aggiuntive:

- Comparto atmosfera, non affrontato nel progetto di tesi, e per il quale si propone di sintetizzare una descrizione meteo-climatica rappresentativa dell'area in esame, con riferimento agli eventi calamitosi degli ultimi anni. Attraverso tale lavoro si vuole verificare l'esistenza e la disponibilità di dati meteo-climatici e dei relativi sistemi di monitoraggio, tenendo in considerazione la ricorrenza di fenomeni particolarmente intensi anche in relazione ai cambiamenti climatici.
- Componente faunistica. In questo caso si propone il riferimento ad alcuni studi tecnici effettuati in passato e a progetti di ricerca ancora in fase di realizzazione.
- Si propone di approfondire in modo esaustivo la caratterizzazione ambientale della Valle Strona integrando con una descrizione qualitativa del corpo idrico e delle relative problematiche.
- Rapporto con le aree protette interne ed esterne anche al fine di valutare le connessioni ecologiche.
- L'analisi delle problematiche necessita di essere integrata con altri aspetti, ad esempio gli impatti legati al turismo.

Si sottolinea che alcuni aspetti per i quali mancano i dati di partenza potranno essere oggetto di attività inserite nel Piano d'Azione quale attività di ricerca e aggiornamento.

Inoltre, si ritiene che in relazione all'evoluzione in corso dell'ecosistema lago, per effetto combinato della ripresa della vita a seguito dell'intervento di liming e dei progetti in corso mirati a migliorare l'ecosistema, saranno necessari periodici aggiornamenti sullo stato ambientale dell'area.



## 2. Contesto territoriale

Con lo scopo di inquadrare il contesto territoriale in cui è stato avviato il processo che porta alla firma del Contratto di Lago del Cusio è stata effettuata l'analisi dei documenti pianificatori di diverso livello, quali PTR, PPR, PTA e di alcuni testi accademici che hanno trattato la tematica e risultano pertanto importanti punti di riferimento.

Il Contratto di Lago del Cusio comprende l'area del bacino idrografico del lago d'Orta, la Valle Strona e parte della Valle dell'Agogna. Complessivamente questa regione è stata identificata, negli studi di geografia umana, come “Regione del Cusio”.<sup>1</sup>

### 2.1. La Regione del Cusio

La regione Cusiana è una porzione di territorio situata nella parte Nord-Est della Regione Piemonte. Comprende i territori dei comuni che si affacciano sul lago d'Orta e diversi altri comuni che sono strettamente collegati al lago sul piano ambientale ma anche sul piano socio-economico. Per definirla con più precisione si possono da un lato analizzare i documenti amministrativi e pianificatori di vario livello e dall'altro riprendere gli scritti del Beretta che nella sua elaborazione "La regione del Cusio" identifica e caratterizza la regione a livello geografico, morfologico e socio-economico.

Il **Piano Paesaggistico Regionale (PPR)**<sup>2</sup> e il **Piano Territoriale Regionale (PTR)**<sup>3</sup> sono strumenti complementari per l'attuazione di un unico processo di pianificazione con lo scopo di riconoscere, gestire, salvaguardare, valorizzare e riqualificare i territori della regione. Senza entrare nel dettaglio dei due Piani, di seguito, si analizza la ripartizione del territorio elaborata a livello paesaggistico e territoriale.

Il PPR, redatto ai sensi del Codice dei beni culturali e del paesaggio (D.Lgs. 42/2004) e coerentemente con la Convenzione europea del paesaggio, costituisce il riferimento per tutti gli strumenti di governo del territorio, definendo regole e obiettivi per la conservazione e la valorizzazione dei paesaggi e dell'identità ambientale, storica e insediativa del territorio regionale. A tale scopo, suddivide il territorio piemontese in 76 ambiti di paesaggio con l'intento di valorizzare il più possibile le diversità paesaggistiche e ambientali, urbanistiche e infrastrutturali, economiche e sociali del territorio articolando le conoscenze, gli obiettivi, le indicazioni strategiche e gli indirizzi

<sup>1</sup> Istituto di geografia, Pier Luigi Beretta, *La regione del Cusio*. La nuova Italia editrice, Firenze agosto 1974.

<sup>2</sup> Adottato nell'agosto 2009, aggiornato e approvato con D.C.R. numero 233-35836 del 3 ottobre 2017.

<sup>3</sup> Approvato con D.C.R. numero 122-29783 del 21 luglio 2011.



normativi per ogni ambito di paesaggio individuato. L'ambito che comprende il lago d'Orta è il numero 14 e viene suddiviso in 4 unità di paesaggio: Valle dello Strona tra Gravellona e Omegna a nord; Mottarone e alta Riviera d'Orta a est; Orta San Giulio e la riviera al centro e Gozzano e i territori meridionali del lago d'Orta a sud. La Valle Strona viene considerata a parte, identificata con l'ambito di paesaggio numero 13 e suddivisa nelle unità paesaggistiche di Campello Monti e Alta Valle Strona a nord e Bassa Valle Strona a sud<sup>4</sup>.

Il PTR rappresenta lo strumento di connessione tra le indicazioni di programmazione regionale e le caratteristiche del territorio. Costituisce il quadro di indirizzo per la pianificazione territoriale e settoriale a livello regionale, sub-regionale, provinciale e locale per un governo efficiente e sostenibile delle attività sul territorio. Il PTR articola il territorio regionale in 33 Ambiti di Integrazione Territoriale (AIT), aventi dimensione intermedia tra Province e Comuni, con lo scopo di ottenere una visione integrata a scala locale. Ogni ambito viene caratterizzato a livello territoriale (sistema verde, aree protette, strutture colturali, aree di elevata qualità, suoli a elevata produttività) e a livello storico-paesistico in quanto patrimonio collettivo. Inoltre, vengono definite le indicazioni per gli interventi che si ritengono necessari sotto l'aspetto strategico per l'intera collettività (interventi sulle infrastrutture, priorità per le risorse idriche, direttive per aree urbane). L'area in esame rientra in parte nel AIT numero 2 - Verbania laghi e in parte nel 3 - Borgomanero. Nel primo vengono raccolti i comuni nord occidentali del lago facenti parte della Provincia del VCO (Arola, Casale Corte Cerro, Cesara, Gravellona Toce, Madonna del Sasso, Nonio, Omegna, Quarna Sopra e Quarna Sotto) e quelli della Valle Strona (Valstrona, Germagno, Massiola e Loreglia). Nel secondo ambito rientrano il lago d'Orta e i comuni rivieraschi e meridionali (Ameno, Armeno, Bolzano Novarese, Briga Novarese, Gozzano, Miasino, Orta San Giulio, Pettenasco, Pella, Pogno e San Maurizio d'Opaglio)<sup>5</sup>.

Un altro strumento importante della pianificazione territoriale regionale è il **Piano di Tutela delle Acque (PTA)**. L'obiettivo del piano è perseguire la protezione e la valorizzazione delle acque superficiali e sotterranee nell'ottica dello sviluppo sostenibile della comunità e per il pieno raggiungimento degli obiettivi ambientali previsti dalla Direttiva 2000/60/CE. Inoltre, punta a rafforzare la resilienza degli ambienti acquatici e degli ecosistemi connessi per affrontare gli effetti dei cambiamenti climatici in atto. Il PTA è stato recentemente soggetto a revisione, la Giunta Regionale del Piemonte ha adottato il Progetto di Revisione del PTA il 20 luglio 2018 con D.G.R. numero 28-7253. Uno degli elementi essenziali delle politiche per la tutela delle risorse idriche è il

<sup>4</sup> Relazione PPR pagg 49-52.



Sistema Idrico Integrato (SII). Tramite il SII la Regione ha stabilito, secondo i principi dettati dalla normativa nazionale, la netta separazione tra la funzione di governance, affidata a sei enti di governo di ambito territoriale ottimale (EgATO) e la funzione di erogazione del servizio ai cittadini con l'intento di raggiungere elevati livelli di efficienza, efficacia ed economicità del servizio stesso. L'ATO 1 comprende il VCO e la pianura novarese e il principale gestore del sistema idrico è l'ente Acqua Novara VCO S.p.A. che serve oltre il 90 % della popolazione residente nell'ATO 1. La dotazione pro-capite effettuata per l'ATO 1 è di 334 L/g per abitante, mentre la media tra tutti gli ATO è di 390 L/g per abitante. In materia di collettamento e trattamento delle acque reflue urbane sono presenti 24 impianti di depurazione a servizio di agglomerati aventi più di 2000 A.E. coprendo il trattamento del carico generato da 614.859 di A.E. e 202 impianti di depurazione a servizio di agglomerati aventi meno di 2000 A.E. che trattano gli scarichi di 103.439 A.E.<sup>6</sup>

L'analisi dei diversi strumenti di pianificazione ha messo in evidenza come l'area cusiana sia suddivisa in modo diverso in ciascun ambito, a seconda delle finalità dei piani stessi. Va aggiunta la divisione del territorio tra le province di Novara, per la parte centro-meridionale, e del Verbano Cusio Ossola VCO, per quella settentrionale.

Dal punto di vista accademico, l'elaborazione del Beretta fu il primo tentativo di definire la regione cusiana tenendo in considerazione aspetti geografici, morfologici, naturali e socio-economici.

Dal punto di vista morfologico - amministrativo, raccoglie 26 comuni suddivisi in 4 zone:

- Bacino del lago d'Orta, nella quale si possono comprendere i territori dei comuni di Arola, Cesara, Madonna del Sasso, Nonio, Omegna, Orta San Giulio, Pella Pettenasco, Quarna Sopra, Quarna Sotto, San Maurizio d'Opaglio;
- tra lago d'Orta e Agogna, a oriente, comprende i comuni di Ameno, Armeno e Miasino;
- Bacino dello Strona, nella parte nord-occidentale, comprende i comuni di Casale Corte Cerro, Germagno, Gravellona Toce, Loreglia, Massiola, Valstrona;
- Morena meridionale, a sud, comprende Bolzano Novarese, Briga Novarese, Gargallo, Gozzano, Pogno, Soriso.<sup>7</sup>

Dal punto di vista geografico si possono individuare i seguenti confini fisici. A settentrione la linea dello spartiacque che parte dalla Cima Capezzone (Valstrona) e giunge sino al Monte Cerano (punto di incontro tra i comuni di Ornavasso, Casale Corte Cerro, Loreglia) separando la Valle Strona dalla

<sup>5</sup> Allegato 1 al PTR pag 9, tavola a allegata al PTR; relazione PTR pagg 66-73

<sup>6</sup> Relazione generale PTA 2007, pagg 52-58



Val d'Ossola. Il confine occidentale è ben delineato dallo spartiacque che divide il bacino del lago d'Orta da quello del fiume Sesia separando nettamente le due regioni. Nella parte meridionale il limite fisico è individuabile con la zona morenica che delimita le sponde del lago e lo separa dall'abitato di Gozzano. A oriente il limite è meno esattamente definibile a causa della morfologia del territorio costituito da bassi rilievi che si dipartono dal Mottarone e separano il bacino del lago d'Orta da quello del torrente Agogna. Il corso d'acqua risulta idrograficamente estraneo al Cusio, infatti le sue acque non si immettono nel lago, ma proseguono verso sud e confluiscano nel Po a Mezzana Bigli (PV). Tuttavia, parte del bacino dell'Agogna, rientra nella regione cusiana tramite i comuni di Ameno, Armeno, Bolzano Novarese, strettamente connessi al Cusio. Si può pertanto considerare come limite orientale la linea di spartiacque che divide il bacino del torrente Agogna da quello del lago Maggiore con l'esclusione della fascia orientale del torrente compresa nei territori dei comuni di Gignese, Brovello Carpugnino, Massino Visconti e di Nebbiuno, facenti parte del Verbano.<sup>8</sup>

La morfologia della regione cusiana è piuttosto complessa, nella parte propriamente montana si può ricondurre a quella delle Alpi occidentali, cui si aggiungono progressivamente le forme più dolci delle Prealpi; ad eccezione di alcune vette più pronunciate, è evidente l'impronta del modellamento glaciale pleistocenico.

La depressione cusiana appare quasi completamente scavata nella formazione geologica degli scisti sericitici, ricoperti da depositi morenici nella porzione meridionale e orientale. Inoltre, si riscontrano frequenti interruzioni di dicchi ed espandimenti porfirici: una zona di porfido rosso quarzifero si trova alla estremità meridionale del lago dove forma il colle della Torre del Buccione (458 m), il Monte Mesma (576 m), attraversa il torrente Agogna e termina nella porzione più orientale del suo bacino. A Sud della Torre di Buccione e verso il bacino lacustre gli scisti sericitici si estendono sino quasi a Pella, ricoperti per tutto questo tratto dalle colline moreniche che circondano il lago nella sua parte meridionale. Questa cerchia morenica sulla sinistra del lago si stacca dal promontorio di Orta e dal piano di Legro (360 m), sale gradatamente per San Rocco (375 m), Corconio (368 m) sino ai Monti Coloni (422 e 411 m), mentre sulla parte occidentale del lago, da Pella si estende ad Alzo (373 m) e al Roccolo (421 m); da questo punto la cerchia morenica si divide in due semicerchi: il più esteso va a S. Maurizio d'Opaglio (373 m) e per alcuni poggi a lieve ondulazione scende al piccolo passo percorso dalla SS n 229 che da Gozzano conduce a Omegna. Il semicerchio morenico più interno si estende dal Colle di Opaglio (369 m), comprende San Carlo di

---

<sup>7</sup> Elaborato cartografico "La regione del Cusio - Comuni e Province"



Pascolo (364 m), Sazza (361 m) e la Madonna di Luzzara (362 m), e giunge fino alla Valle Luzzara (357 m). Queste due cerchie moreniche simili a due terrazze disposte ad arco spiccano molto nettamente, limitando l'estensione del lago. A Nord delle morene, nella parte occidentale della regione, si estendono i graniti che da Alzo discendono e scompaiono sotto le acque del lago a mezza strada tra Pella e Ronco. La zona granitica ricompare nel versante orientale, nel massiccio del Mottarone, presentando le medesime caratteristiche di quella di Alzo. A Nord di Bagnella si trova nuovamente il terreno morenico formante la morena di Omegna che si estende fra il torrente Bagnella, l'estremità settentrionale del lago, la Nigoglia, il torrente Strona e la montagna di Cireggio. In questa zona l'ostacolo che impedisce l'immissione del torrente nel lago è costituito da un dosso di micascisto sul quale poggia la morena stessa<sup>9</sup>.

In passato la regione del Cusio è stata modellata dall'invasione del ghiacciaio antico del Toce (o dell'Ossola). Nel Pleistocene, in corrispondenza del monte Mottarone esso si sviluppava in due rami: quello sinistro di lunghezza maggiore e largo fino a 10 chilometri, si collegava al ghiacciaio ticinese (o Verbano) e occupava la valle del Lago Maggiore e quello destro, il minore, largo poco più di 4 chilometri, si insinuava nella bassa Valle Strona e andava a occupare la conca cusiana lasciando il rilievo del Mottarone.<sup>10</sup> Il ghiacciaio in alcuni tratti raggiungeva i 900-1000 metri di spessore e l'ampiezza di vari chilometri, e terminava nel piano padano. Nel periodo post-glaciale, durante l'Olocene, il ghiacciaio ossolano si ritirò rapidamente smembrandosi in diversi ghiacciai minori (d'Antigorio, di Devero, del Sempione, di Bognanco, di Antrona, di Macugnaga, ecc.) e lasciando numerosi depositi morenici, laterali e frontali<sup>11</sup>. Sul lato orientale le coperture moreniche hanno portato alla formazione di numerosi e ampi ripiani tra i 500 m e il livello del lago, favorendo l'insediamento umano (Armeno, Ameno, Miasino e altri centri minori). I depositi morenici frontali, disposti ad archi concentrici, contornano l'apice meridionale del lago, ma non sono essi che ne formano lo sbarramento. Piuttosto esso va individuato nella cerchia di colli con decorso irregolare che prosegue da Pogno, Bugnate, Auzate, Gozzano, Bolzano Novarese delimitando anche il bacino idrografico del lago.

---

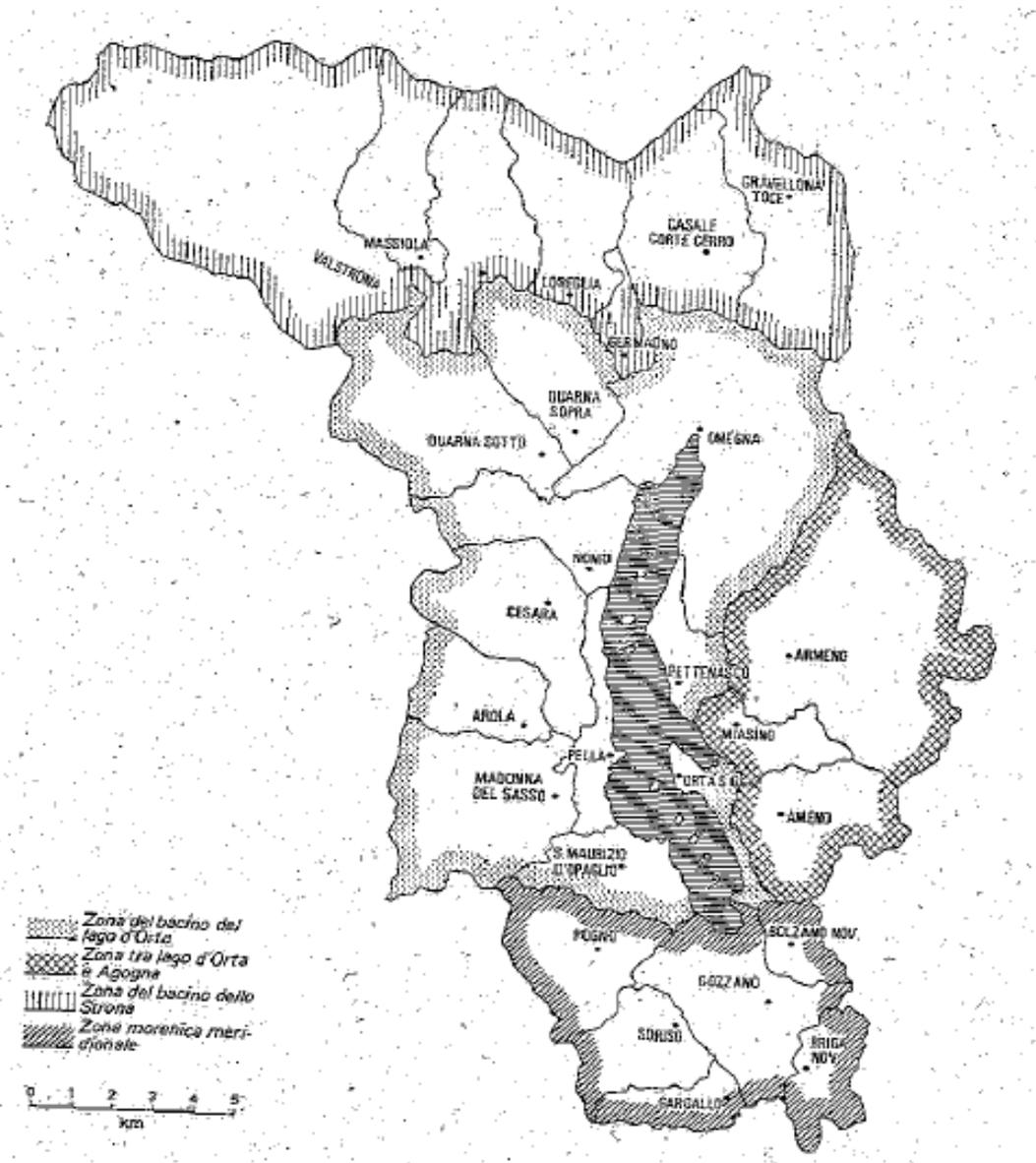
<sup>8</sup> Beretta 1974, *La regione del Cusio*, pagg. 13-16.

<sup>9</sup> Beretta, 1974 *La regione del Cusio*, pagg 16-18.

<sup>10</sup> Sacco Federico. *Il glacialismo nelle valli Sesia, Strona, Anza e nell'Ossola*. 1930

<sup>11</sup> Sacco Federico. *Il glacialismo piemontese*, 1938

L'elaborato cartografico "La regione del Cusio - Comuni e Province" rappresenta i comuni del Cusio e la suddivisione in province.



*Il Cusio suddiviso in zone. (Fonte: Beretta 1974, La regione del Cusio)*



## 2.2. Il bacino del lago d'Orta

Il lago d'Orta è il più occidentale dei grandi laghi marginali prealpini (45°46' - 45° 52' Nord e 8°23' - 8°26' Ovest). Si tratta di laghi fluvio-glaciali le cui origini risalgono a fenomeni di escavazione e rimodellamento da parte dei ghiacciai delle grandi vallate prealpine. Queste furono precedentemente modellate e scavate dall'azione dei fiumi che le attraversavano per poi essere progressivamente riempite dai loro depositi durante un periodo di innalzamento del livello del mare. Per quanto riguarda le caratteristiche morfologico-morfometriche del lago, il livello medio delle sue acque si trova a 292 m s.l.m. con una lunghezza massima di 12,55 km e una larghezza che va da un minimo di 500 m alle due estremità e un massimo di 1850 m nella parte centrale. L'area occupata dalle acque misura 18,034 km<sup>2</sup> con un volume di 1,29 Km<sup>3</sup>. La conca lacustre risulta composta da due bacini separati da una dorsale sommersa che si estende tra la punta di Crabbia e Ronco<sup>12</sup>. Il bacino settentrionale è più profondo ma più corto di quello meridionale, che, invece, risulta più allungato e meno profondo. Analisi sul plancton hanno dimostrato che non c'è nessuna differenza tra la parte superiore e la parte inferiore del lago e quindi si può considerare come un bacino unitario per le condizioni biologiche.<sup>13</sup> La profondità massima è di 143 m e il perimetro del lago misura 36,188 km. I ripiani del fondale sono coperti da limo finissimo, essenzialmente costituito da modesti granuli silicei, avanzi di gusci di diatomee e da scagliette di miche. A livello termico è stato classificato in passato come lago monomittico caldo, caratterizzato da un periodo di massimo ricircolo delle acque durante il tardo inverno e una massima stratificazione delle acque tra fine estate e inizio inverno con assenza di stratificazione invernale. Ciononostante, studi più recenti sul regime termico hanno evidenziato che la piena circolazione delle acque non avviene ogni anno e per questo viene classificato come olo-oligomittico<sup>14</sup>.

Il rapporto medio N/P è 457,5, è stato individuato come fattore limitante il fosforo e non si verificano fioriture algali significative. La morfologia delle rive del lago si presenta piuttosto uniforme. Esse risultano piuttosto ripide, specialmente nella parte settentrionale.

Nella parte centrale si protende dalla riva orientale verso occidente una penisola ai cui piedi giace la città di Orta San Giulio e sulla cui sommità è presente il Sacro Monte di Orta.

Da questa grossa penisola e dal Monte Carcegnà (613 m) viene formato il golfo di Bagnera che si estende per circa 1200 m con una larghezza che varia da 500 a 600 metri. Di fronte a Orta a circa 400 m di distanza si trova l'isola di Giulio, disposta in direzione NE-SO, lunga 275 m larga 140 m

<sup>12</sup> De Agostini G. *Il Lago d'Orta*. 1987

<sup>13</sup> Baldi E. 1949. *Il lago d'Orta, suo declino biologico e condizioni attuali*.



con una superficie di 3 ettari. Si osservano altre sporgenze che avanzano nel lago: la punta Casario e la punta di Pella sulla costa occidentale; quella di Buccione, del Movero e di Crabbia su quella orientale. Tra Pella e Punta Casario si stende a semicerchio l'insenatura di Lagna, la più ampia del lago; nell'insenatura di Brolo, si immette il torrente Bagnella e nella parte meridionale vi è quella formata dal promontorio sul quale sorge la Torre di Buccione.

Il bacino del lago d'Orta è formato da un lungo e stretto solco in direzione Nord-Sud e ricopre un'area di 115,57 km<sup>2</sup>. La quota massima raggiunta all'interno del bacino è 1643 m s.l.m. e la minima 290 m s.l.m. con una quota media di 590 m s.l.m. e una pendenza media di 12,59%. A livello meteo-climatico è stato registrato un afflusso medio annuo di precipitazioni di 1729 mm, una temperatura media annua di 12,4 °C e un'evapotraspirazione potenziale media annua di 750 mm. Dal punto di vista litologico il bacino imbrifero risulta costituito essenzialmente da rocce intrusive acide, quali gneiss, micascisti e graniti, mentre nella parte meridionale il lago è chiuso da consistenti depositi morenici ad arco. Questa composizione spiega la bassa alcalinità e il modesto contenuto di soluti che caratterizzava il lago prima dell'intervento di risanamento mediante liming eseguito nel 1989 a fronte del grave inquinamento antropico che aveva sconvolto lo stato chimico, fisico e biologico del lago a partire dalla prima metà del '900. L'esame della rete idrografica pone in evidenza la modesta lunghezza dei corsi d'acqua che alimentano il lago. I principali immissari si trovano sulla sponda occidentale e sono, partendo da Nord Fiumetta, Acqualba, Pellino, Lagna, con areali contribuenti rispettivamente di 22.6, 8.4, 17.5, 5.0 km<sup>2</sup>. Sulla sponda orientale vi è solo il torrente Pescone, con un areale contribuente di 18.0 km<sup>2</sup>. Ne consegue un maggior sviluppo dell'areale contribuente al lago ad occidente rispetto a quello orientale. Oltre che da questi corsi d'acqua, il lago viene alimentato da ruscelli e rivi a carattere stagionale alimentati da piogge abbondanti o dallo scioglimento delle nevi. Unico emissario del lago è il torrente Nigoglia. Situato nella punta settentrionale, si immette prima nel torrente Strona, poco più a nord nel Toce e infine nel lago Maggiore. A partire dal 1882 il deflusso del Nigoglia è regolato meccanicamente mediante una diga a paratie movibili della larghezza complessiva di 20,30 m costruita in corrispondenza del limite tra lago ed emissario nel comune di Omegna. Tenendo conto delle portate medie annuali di tutti gli input e output del lago è stato calcolato un tempo teorico di ricambio delle acque di 8,9 anni<sup>15</sup>.

Il bacino del lago d'Orta si può suddividere nei due versanti, occidentale e orientale.

Il versante occidentale è prevalentemente montuoso, le coste si innalzano ripide sul lago

---

<sup>14</sup> Ambrosetti *et al.* 2001 *Temperature, heat content, mixing and stability in Lake Orta: a pluriannual investigation*



specialmente nel tratto Oira-Egro, per poi formare una zona pianeggiante dove si trovano numerosi insediamenti. Questa viene interrotta da alcuni rilievi dalle linee morbide, per poi nuovamente diventare ripide e scoscese verso le vette più elevate della catena montuosa che divide il bacino del lago d'Orta da quello del fiume Sesia. I torrenti che discendono da queste cime hanno profondamente inciso le rocce con percorsi perpendicolari alla costa del lago.

Il versante orientale presenta anch'esso coste abbastanza ripide, soprattutto nel tratto Torre di Buccione-Miasino. Salendo e procedendo verso est, dopo una linea di dorsale all'incirca sui 400 m, si aprono ripiani terrazzati ove il fenomeno glaciale ha lasciato depositi morenici e si sono sviluppati nel tempo numerosi insediamenti. Verso nord si evidenziano diversi tronchi montuosi con prevalente direzione N-S che si riuniscono nel massiccio del Mottarone.

La zona morenica meridionale è limitata a nord da una linea che va dal monte Prerro al monte Tessera e passa per l'apice meridionale del lago. La morena si è depositata nei pianori terrazzati ricoprendo le pendici e le sommità delle colline, conferendo alla zona un aspetto prevalentemente collinoso, interrotto soltanto dalla breve placca quarzifera del monte Mesma. Più a sud, dopo Gozzano, si apre la valle dell'Agogna con le alluvioni quaternarie limitate a ovest dalle colline di Maggiora. Anche in questa zona morenica meridionale, come nella bassa valle Strona, le favorevoli condizioni ambientali hanno permesso un insediamento più fitto e un considerevole sviluppo delle attività economiche.

Per quanto riguarda la destinazione di uso del suolo può essere ripresa la monografia del PTA che definisce le percentuali per le diverse classi di uso del suolo del bacino del lago d'Orta. La percentuale maggiore è occupata da zone boscate (53,03%), seguono aree interessate da corsi d'acqua, canali e idrovie bacini d'acqua (14,96%), zone agricole eterogenee (13,60%), zone caratterizzate da vegetazione arbustiva e/o erbacea (11,84%), zone urbanizzate (5,72%) e sotto l'1% zone industriali, commerciali e reti di comunicazione (0,39%), zone aperte a vegetazione rada o assente (0,25%), zone verdi artificiali non agricole (0,22%)<sup>16</sup>.

Analizzando i parametri naturali descritti nel PPR della Regione Piemonte è possibile delineare un quadro dettagliato e aggiornato dell'area. In merito all'ambito di paesaggio 14 Lago d'Orta il patrimonio forestale è stato valutato, in una scala di valori da I (basso) a V (molto alto), di classe V, molto alto, con una percentuale di copertura boscata pari al 70,2%: prevalgono i castagneti (34,7%), a seguire faggeti (13,9%), boschi di acero - tiglio - frassino (6%), boscaglie pioniere e d'invasione (5,4%), robinieti (4,4%), quercu-carpineti (2,4%), zone di rimboschimento (2,1%), sotto l'1% alneti

<sup>15</sup> Piano di Tutela delle Acque 2007, Regione Piemonte. Monografia Lago d'Orta. pagg 1-5.



planiziali e montani, querceti di rovere, saliceti e pioppeti ripari. Il parametro della qualità del bosco rivela però un livello di naturalità dei popolamenti forestali medio bassa, con prevalenza di cenosi instabili e non in grado di perpetuarsi naturalmente, caratterizzate da profonde modificazioni derivanti da un'attiva gestione antropica. Ciononostante, è stata rilevata una elevata diversità ecologica, intesa come grado di diversità del territorio. Essa risulta molto importante a livello ambientale poiché è il supporto fondamentale per il sussistere della diversità specifica e intraspecifica: a un elevato numero di biotopi corrispondono caratteristiche ambientali diversificate e di conseguenza un elevato numero di specie che vi trovano le condizioni ideali per il loro sviluppo. In particolare, è stato valutato un grado medio alto di biodiversità potenziale per la classe dei mammiferi. Tale valore definisce condizioni territoriali idonee a sostenere una ricca comunità di mammiferi. Ciononostante, l'ambito di paesaggio è caratterizzato da un medio basso valore di connettività ecologica, secondo il quale sussistono condizioni di notevole frammentazione degli habitat naturali e dove prevale la presenza di importanti infrastrutture antropiche che limita fortemente la possibilità di transito delle specie terrestri.

Per valutare il grado di equilibrio del sistema ambientale e quindi il metabolismo degli ecosistemi in relazione alle capacità omeostatiche e omeoretiche si può analizzare il parametro della biopotenzialità territoriale. È fondamentale tenere presente che il paesaggio, in quanto sistema vivente, è un sistema complesso, adattativo, in continua evoluzione, caratterizzato da un equilibrio dinamico e passibile di evolvere verso uno stato più organizzato o viceversa di degradare. Inoltre i livelli di organizzazione e di ordine del sistema dipendono dalla sua capacità di incorporare disturbi, intesi come eventi che producono rilevanti modificazioni nella struttura e nel funzionamento del sistema stesso. Entro un range di disturbi un sistema paesaggistico fluttua con variazioni poco significative utilizzando e ottimizzando i flussi di energia che lo attraversano. Superato tale range di disturbo il sistema ricalibra le sue funzioni sulle nuove condizioni e si verifica un cambiamento tipologico del paesaggio che tende a essere rimpiazzato da uno nuovo. Se tale modificazione non è compatibile con un paesaggio di scala maggiore, o non è in grado di incorporare il regime locale di disturbi, ciò può indicare che tutto il sistema è in degrado e vi è la necessità di un'azione di risanamento. Per quanto riguarda l'ambito del lago d'Orta il livello di biopotenzialità territoriale è alto, identificando un sistema capace di una buona autoregolazione caratterizzato da biotopi naturali a media resistenza<sup>17</sup>.

A livello amministrativo il lago rientra in buona parte nella provincia di Novara e in parte nel VCO,

---

<sup>16</sup> Piano di Tutela delle Acque 2007, Regione Piemonte. Monografia Lago d'Orta. pag. 4



i comuni rivieraschi sono Omegna (VB), Pettenasco (NO), Miasino (NO), Orta San Giulio (NO), Gozzano (NO), San Maurizio d'Opaglio (NO), Pella (NO), Nonio (VB).

Appartiene all'Ambito Territoriale Ottimale numero 1 della regione Piemonte e come risulta dal Piano di Tutela delle Acque la destinazione d'uso delle acque prevede la balneazione ma non l'uso idropotabile, il quale risulta attualmente in corso di studio.

Nell'area cusiana sono presenti aree naturali protette, SIC, e ZPS per un'area totale di 4.17 km<sup>2</sup> : ZPS Alta Val Strona e Val Segnara, area contigua Alta Val Strona, Parco Naturale dell'Alta Val Sesia e Alta Valstrona, ZSC/SIC Campello Monti, riserva naturale del Sacro Monte di Orta, riserva naturale del COLle di Buccione, riserva naturale del Monte Mesma, ZSC/SIC Boletto-Monte Avigno.<sup>18</sup>

### 2.3. La valle dell'Agogna

Il torrente Agogna scorre per 140 km prima di tributare le proprie acque nel fiume Po come affluente di sinistra. Nasce dal Monte Mottarone e scorre per la provincia di Novara per poi entrare in provincia di Pavia e attraversare la Lomellina.

Il bacino idrografico copre un'area di 995 km<sup>2</sup> l'orientamento prevalente risulta in direzione Sud-Est. La quota massima è registrata a 1175 m s.l.m. e la minima a 118 m s.l.m. con una media di 331 m s.l.m. e una pendenza media di 7,7 %. A livello meteo-climatico l'apporto medio annuo arriva a 1235 mm, la temperatura media annua a 12 °C con un'evapotraspirazione potenziale media annua di 743 mm. Essendo un sottobacino del fiume Po, ricade nel comprensorio di competenza dell'Autorità di Bacino del fiume Po, che coordina le attività legate alla difesa del suolo, affiancata dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (ex Magistrato alle Acque del Po), che si occupa di manutenzione e pulizia idraulica e di servizio di piena.

La parte cusiana della valle dell'Agogna è caratterizzata a livello geologico dall'unità tettonica degli Scisti dei Laghi nel tratto montano, il settore pedemontano è impostato nell'anfiteatro morenico del Cusio-Verbano<sup>19</sup>.

Il tratto montuoso del torrente rientra nell'area cusiana e presenta un alveo roccioso e non molto largo delimitato da una valle stretta e incassata che si estende dalla sorgente sino a Bolzano

<sup>17</sup> Piano di Monitoraggio, PPR di Regione Piemonte pagg. 27-94

<sup>18</sup> Elaborato Cartografico "La regione del Cusio - Idrografia, ambiti di paesaggio, SIC"

<sup>19</sup> Piano di Tutela delle Acque 2007, Regione Piemonte. Monografia Torrente Agogna. pagg 3-5



Novarese con forti pendenze e un elevato interesse naturalistico.<sup>20</sup> Lo stato ecologico del torrente è stato approfondito e caratterizzato recentemente attraverso il lavoro di valutazione ambientale previsto dal Contratto di Fiume Agogna, approvato definitivamente a marzo 2015<sup>21</sup>. Il dossier ambientale redatto in occasione di tale lavoro classifica lo stato di qualità chimico fisica, biologico ambientale, morfologica dell'intero torrente. Analizzando la sola parte montana, cioè la porzione compresa tra la sorgente e il confine meridionale del comune di Briga Novarese emerge uno stato di qualità buono ma con un peggioramento lento e progressivo. È presente una marcata discontinuità longitudinale che caratterizza l'intero corso (sono state censite 43 traverse fluviali significative dal punto di vista della geomorfologia fluviale) e una fauna ittica scarsamente strutturata e sofferente già alla stazione ARPA di Montezelio Basso (Invorio) con scarsa presenza di specie autoctone. Significativo è lo stato mediocre del macrodescrittore della qualità dell'acqua *Escherichia coli*, tipico di carichi di origine civile generati già nel tratto di Armeno. Un'alterazione significativa delle caratteristiche morfologiche del corso d'acqua è determinata in un tratto localizzato di circa 1,5 km nel VCO dovuto a interventi di regimazione a difesa delle tubazioni SNAM<sup>22</sup>. La riqualificazione integrata a scala di tratto delineata nell'abaco delle azioni prevede per il tratto montano due azioni specifiche: l'eliminazione o la mitigazione delle fonti di inquinamento tramite lo studio e attuazione di soluzioni per il miglioramento delle pratiche zootecniche nella zona montana, l'adeguamento del depuratore di Briga Novarese (BAT e finissaggio con tecniche di depurazione naturali), lo studio e la risoluzione delle pressioni da scarichi industriali sugli affluenti La Grua e Tancognino; il riequilibrio del regime idrologico del corso d'acqua attraverso lo studio e l'attuazione di soluzioni per il riassetto organizzativo e l'ottimizzazione degli usi della risorsa idrica a scopi idropotabili<sup>23</sup>. Tali operazioni, unite a tutte le azioni descritte approfonditamente nel Piano d'Azione definiscono uno schema di intervento mirato alla risoluzione delle criticità individuate che rendono sofferente il sistema ambientale e territoriale del fiume Agogna. Il lavoro svolto per la stesura del Contratto di Fiume Agogna rappresenta un importante spunto per il percorso già avviato che porterà alla redazione del Contratto di Lago per il Cusio.

<sup>20</sup> "Il Torrente Agogna. Tra Novara e Borgolavezzaro. Conoscere per riqualificare." Estratto dal documento di Studio di fattibilità per la riqualificazione fluviale del torrente Agogna, Provincia di Novara CIRF 2006

<sup>21</sup> Adottato con decreto del Presidente della Provincia di Novara, N 45/2015, 26 marzo 2015

<sup>22</sup> Dossier Ambientale a cura di CIRF - Allegato C al Contratto di Fiume Agogna. pagg 56-61

<sup>23</sup> Piano di Azione, Contratto di Fiume Agogna



## 2.4. La valle dello Strona

La valle Strona prende il nome dall'omonimo torrente che scorre al suo interno, essa fu occupata da un'importante fiumana glaciale costituente il Ghiacciaio dello Strona. Nella parte terminale della valle i depositi morenici derivano in gran parte dal fianco destro del ghiacciaio ossolano che penetrava per un tratto nella valle Strona. Più a monte si sviluppa una formazione morenica nei dintorni di Massiola sia come depositi insinuati nelle vallette laterali ad esempio a sinistra su cui sorge il paesello di Luzzagno, sia con piccole terrazze laterali in corrispondenza di Sambughetto, sia come archi stadiari, come quello che forma il restringimento vallivo su cui sorge il paese Strona. Un'altra formazione morenica si trova nei pressi di Forno, sia come deposito laterale sviluppatosi nel vallone di sinistra presso Prà del Ferrario, sia come archi stadiari caratterizzati da grandi massi angolosi, quale è appunto l'arco ampio e potente su cui sorgono Forno e Otra, nonché quello più gracile e sventrato che discende fino a Rosarolo. Più a monte ancora si notano archi minori più o meno dilavati o sventrati, come quelli di Le Piane-San Giulio e quelli di Piana di Forno e Tapone. Nella parte più alta della valle, attorno a Campello, si ritrovano alcuni massi erratici e sparsi lembi morenici, spesso trasformati in depositi franoidi a causa della forma precipitosa dei pendii vallivi. Infine, nella parte più alta della valle, poco sotto i crinali, si trovano laghetti a semicerchio morenico, come attorno alla Cima Capezzone, presso la Bocca di Campello<sup>24</sup>.

Il torrente Strona nasce dal monte Capezzone a 2421 m e attraversa i comuni di Valstrona, Massiola, Quarna Sopra, Loreglia, Germagno, Omegna, Casale Corte Cerro e Gravellona Toce. A Omegna riceve le acque del torrente Nigoglia, emissario del lago d'Orta e a Gravellona Toce si getta nel Toce. Ha una lunghezza di 23 km e una portata media di 12,5 m<sup>3</sup>/s il suo bacino idrografico si estende su un'area di 235 km<sup>2</sup> con un perimetro di 79 km e un orientamento prevalente in direzione Nord-Est. La quota massima è registrata a 2404 e la minima a 199 m s.l.m. con una media di 871 m s.l.m. e una pendenza media di 39,8%. A livello meteo-climatico l'afflusso medio annuo di precipitazioni ammonta a 2063 mm, temperatura media annua di 9° e evapotraspirazione potenziale media annua di 583 mm. Le sue acque sono destinate al consumo potabile<sup>25</sup>.

La Valle Strona rientra per intero nell'ambito di paesaggio numero 13 all'interno del Piano Paesaggistico Regionale piemontese. Tramite l'analisi dei parametri naturali in esso descritti è possibile avere una rappresentazione aggiornata del territorio e ricavare lo stato di qualità delle sue componenti ambientali. Il patrimonio forestale della Valle Strona rientra nella classe di valore IV –

<sup>24</sup> Sacco Federico. *Il glacialismo nelle valli Sesia, Strona, Anza e nell'Ossola*. 1930

<sup>25</sup> Piano di Tutela delle Acque 2007, Regione Piemonte. Monografia Fiume Toce. Pag 4



alto, con una percentuale di aree boscate di 59,8. Nella valle prevalgono le faggete (29,1%), ma sono presenti anche castagneti (9,4%), boscaglie pioniere e d'invasione (8,3%) e arbusteti subalpini (7,4%). In minor quantità boschi di acero – tiglio – frassini (2,5%), abetine (2,3 %) e in minima parte querceti di rovere (0,4%), lariceti e cembrete (0,3%), zone destinate a rimboschimento (0,1%). Tale patrimonio forestale si rivela di alta qualità (classe IV – alta), con vaste aree caratterizzate da coperture forestali a elevato valore ecologico e conservazionistico, dove si registra una prevalenza di formazioni pioniere primarie, formazioni seminaturali più o meno alterate nella struttura e/o composizione specifica, in grado di perpetuarsi senza gestione antropica. La diversità ecologica in termini di biotipi e quindi in termini di ricchezza di elementi del paesaggio è alta. Ciò sta ad indicare la presenza di ambienti ricchi e mutevoli con caratteristiche ambientali diversificate potenzialmente adatti ad ospitare un elevato numero di specie. Tale aspetto viene confermato dalla presenza di aree a elevata biodiversità per la classe dei mammiferi, parametro relativamente al quale la Valle Strona ha un livello di valore alto e rispecchia la presenza di condizioni territoriali idonee a sostenere una ricca comunità di mammiferi. Il consumo di suolo complessivo è l'indice che misura il consumo di suolo derivante dalle attività antropiche che si sviluppano sul territorio. Nel PPR vengono distinti tre tipi di consumo del suolo: il consumo di suolo da superficie urbanizzata (CSU), il consumo di suolo da superficie infrastrutturata (CSI) e altri tipi di consumo di suolo (CSR) connessi alla presenza di aree estrattive, di impianti sportivi e tecnici, di strutture specializzate per la produzione di nuove forme di energia, di parchi urbani, etc. Queste tre categorie sono originate da cause diverse e presentano differenti gradi di reversibilità: CSU e CSI definiscono consumo di suolo irreversibile (CSCI), gli altri tipi di consumo di suolo individuano forme di consumo reversibile (CSR). La somma di tutte le voci definisce il consumo di suolo complessivo (CSC). Di seguito i dati sul consumo di suolo relativi all'ambito di paesaggio della Valle Strona. Tenendo conto che il CSC medio regionale è pari al 7,2% si può apprezzare il basso consumo di suolo totale che caratterizza la Valle Strona, la cui componente corrisponde al CSU (Tabella 1). Conferma della buona qualità ambientale della zona è il valore medio alto del parametro relativo alla connettività ecologica cui corrisponde una minore frammentazione degli habitat e quindi una buona permeabilità al transito delle specie, che favorisce la dispersione e garantisce un'elevata funzionalità della rete ecologica.

La biopotenzialità territoriale, descritta in precedenza, risulta alta anche per la Valle Strona, identificando un sistema capace di una buona autoregolazione, in cui il rapporto resistenza/disturbo



è maggiore di 1 e dove prevalgono biotopi naturali a media resistenza.<sup>26</sup>

Ambito di Paesaggio (Ap)	Sup Ap.	CSU		CSI		CSR		CSC		Classe
	Ha	ha	%	Ha	%	ha	%	ha	%	
13 Valle Strona	8327	81	0,98	48	0,58	0,24	0	130	1,56	I - Basso
14 Lago d'Orta	23966	2241	9,35	325	1,36	75,98	0,32	2642	11,02	IV - Medio alto

*Tabella 1- Consumo di suolo in ettari (ha) e percentuali (%) per l'ambito numero 13 Valle Strona e 14 Lago d'Orta. (Fonte: Regione Piemonte)*

## 2.5. Aree Protette

Nel contesto territoriale del Cusio sono presenti diverse aree protette, verranno di seguito elencate sia quelle interne ai confini cusiani descritti in precedenza, sia quelle limitrofe, con lo scopo di fornire il quadro completo dei siti protetti della zona e la definizione di un eventuale coinvolgimento rispetto alle attività del Piano d'Azione del Contratto di Lago.

### 1. ZPS Alta Val Strona e Val Segnara

L'alta Val Strona e la Val Segnara sono due valli contigue; la prima si affaccia sul Lago d'Orta, mentre la seconda è una valle laterale della Valle Anzasca. Esse sono separate dalla linea di spartiacque che partendo dalla Cima Capezzone (2421 m) si dirige verso la Punta dell'Uscio (2186 m), passando per il Monte Ronda (2416 m). I confini della ZPS comprendono tutta la Val Segnara, fino al fondovalle della Valle Anzasca (circa 450 m), e la testata della Val Strona, fino all'abitato di Piano del Forno, posto a circa 1100 metri di quota.

La ZPS è stata istituita in data 01-05-2006 ed è gestita dall'Ente di gestione delle aree protette della Valle Sesia, copre un'area complessiva di circa 7000 ettari ed è composta a sua volta dalle seguenti aree protette:

- Area contigua Alta Val Strona: istituita nel 2011
- Area Protetta Parco Naturale dell'Alta Val Sesia e Alta Val Strona: istituito nel 1979
- ZSC/SIC Campello Monti: istituito nel 1996

### 2. Sacro Monte di Orta

<sup>26</sup> Piano di Monitoraggio, PPR di Regione Piemonte. Pagg. 27-94



Riserva naturale speciale localizzata nel comune di Orta San Giulio sulle pendici dell'omonimo rilievo, con un'area di circa 13 ettari. Rientra tra i siti gestiti dall'Ente di gestione dei Sacri Monti.

### 3. Torre di Buccione

La Riserva Naturale Speciale del Colle della Torre di Buccione è situata nel comune di Gozzano nella zona meridionale del bacino del lago d'Orta. Istituita nel 1993, ha una superficie di circa 30 ettari e fa parte delle zone protette gestite dall'Ente di gestione delle aree protette del Ticino e del Lago Maggiore. Sulla sommità del colle di Buccione spicca l'omonima torre, unica parte rimasta intatta del castello longobardo di Buccione.

### 4. Monte Mesma

La riserva Naturale Speciale del Monte Mesma è situata nel comune di Ameno, sulla sommità del rilievo sorge un complesso monumentale costituito da un convento risalente al Seicento e da alcune cappelle religiose costruite lungo il percorso che porta al convento. La riserva fu istituita nel 1993 e attualmente è anch'essa gestita dall'Ente di gestione delle Aree Protette del Ticino e del Lago Maggiore.

### 5. Monte Avigno

Sul versante occidentale del lago, nel comune di Boleto è presente l'area protetta ZSC/SIC denominata Boleto-Monte Avigno. L'area protetta ha un'estensione di circa 390 ettari e fu istituita nel 1996. L'ente gestore attualmente competente è la Provincia del Verbano Cusio Ossola.

All'esterno dell'area cusiana delineata nei primi paragrafi del presente documento, sono presenti tre Aree Protette, seppur non direttamente ricadenti nell'area di interesse, si elencano di seguito per consentire l'inquadramento più dettagliato del territorio.

### 6. SIR Mottarone

Nell'area cusiana è presente un Sito di Importanza Regionale (SIR) nei pressi del Monte Mottarone, sulla sponda orientale del lago d'Orta. Il sito, denominato Torbiera di Valle Scoccia, fu schedato nel 1997, è situato nei comuni di Stresa e Gignese e ha un'estensione di circa 30 ettari. Presenta elevato interesse per presenza di specie floristiche e zoologiche rare quali *Betula pubescens*, *Rhyncospora alba*, *Lacerta vivipara* e altri.



### 7. Monte Fenera

Il Parco Naturale del Monte Fenera è situato a sud-ovest rispetto al lago d'Orta, rientra nei territori comunali di Valduggia, Boca, Cavallirio, Grignasco, Borgosesia e Prato Sesia e copre una superficie di 3378 ettari. È stato istituito nel 1987 ed è gestito dall'Ente di gestione delle aree protette della Valle Sesia.

### 8. Fondo Toce

Situata a nord rispetto all'area cusiana, nei pressi della confluenza del torrente Strona nel Toce, è presente l'area protetta di Fondo Toce, composta a sua volta da:

7a. ZPS/ZSC SIC Fondo Toce

7b. Riserva Naturale di Fondo Toce

La prima istituita nel 1996, la seconda nel 1990, sono gestite entrambe dall'Ente di gestione delle aree protette del Ticino e del Lago Maggiore.

## 3. Analisi delle problematiche

Un passo importante nel percorso che porta alla realizzazione del Contratto di lago riguarda l'individuazione delle problematiche presenti sul territorio che coinvolgono il corpo idrico e il suo bacino idrografico. Come verrà spiegato meglio in seguito, l'analisi delle criticità identificate porterà successivamente alla stesura di un piano d'azione costituito da singoli interventi che hanno sostanzialmente l'obiettivo di recupero, tutela e sviluppo sostenibile della risorsa ambientale. In questo contesto verranno ora approfondite le problematiche che si riscontrano per il bacino del lago d'Orta. A seguito di un programma di monitoraggio da parte di Arpa Piemonte finalizzato alla caratterizzazione dei corpi idrici superficiali piemontesi, ai sensi del decreto ministeriale 260/210, lo stato chimico delle acque e lo stato ecologico del lago d'Orta sono stati classificati entrambi come buono<sup>27</sup>, tuttavia è fondamentale ricordare la prolungata storia di inquinamento che ha interessato il Cusio nel corso del '900, a causa del quale il corpo idrico è stato definito "lago morto", per poi "rinascere" a seguito dell'intervento di liming eseguito tra il 1989 e il 1990. Sulla scorta dell'inquadramento cronologico verrà poi fatta una panoramica circa la situazione attuale delle attività produttive e delle aree dismesse presenti sul territorio, anche tramite supporto cartografico.

<sup>27</sup> ARPA Piemonte, *Relazione monitoraggio 2009-2014* - Stato di qualità dei corpi idrici superficiali ai sensi del Decreto 260/2010 (pag. 142)



Infine, verranno analizzate le problematiche idrogeologiche incombenti dopo un resoconto dei principali eventi passati.

### 3.1. Inquinamento: dalla morte del lago alla rinascita mediante liming

Il lago d'Orta è situato in una zona a bassa densità demografica e con un settore agricolo piuttosto ridotto, di conseguenza, l'inquinamento derivante da reflui urbani e agricoli è trascurabile.<sup>28</sup> Dal punto di vista litologico, il bacino imbrifero è costituito essenzialmente da rocce intrusive acide, quali gneiss, micascisti e graniti, mentre nella parte meridionale il lago è chiuso da consistenti depositi morenici ad arco.<sup>29</sup>

Il chimismo dell'acqua rispecchia la natura geologica del bacino imbrifero: pH di 7,2, basso contenuto di minerali e residuo fisso a 110°C di 0,05-0,044 g per mille<sup>30</sup>.

La storia di inquinamento del lago d'Orta inizia nel 1927, quando a Gozzano entra in funzione l'azienda tessile Bemberg S.p.A., produttrice di rayon tramite il metodo cupro-ammoniacale. Gli elementi utilizzati nel procedimento erano i linters del cotone (complesso di fibra di cellulosa intorno ai 5 mm di lunghezza presente sottoforma di peluria intorno al seme del cotone), l'ammoniaca, il rame e l'acqua. A seguito di un trattamento fisico-chimico che purifica e sbianca i linters, essi vengono immersi in una soluzione cuproammoniacale che scioglie la cellulosa e li porta allo stato colloidale formando una soluzione omogenea. Segue il passaggio nella filiera, dove la soluzione viene convogliata insieme ad altra acqua in appositi imbuti con piccoli fori sul fondo. In questo passaggio gran parte dell'ammoniaca si scioglie e la cellulosa precipita. Il flusso dell'acqua in uscita dagli imbuti allunga e stira il filamento di cellulosa, che subisce la trazione indotta da un'asta rotante sul quale viene avvolto. Poiché il filo risulta ancora molle viene fatto passare in un bagno acido per dissociare in modo definitivo la combinazione di cellulosa, rame e ammoniaca. I residui cuproammoniacali vengono eliminati con irrorazioni di acqua acidulata ed acqua pura. Il filamento viene essiccato e avvolto in matasse, pronto per essere utilizzato<sup>31</sup>.

<sup>28</sup> Bonacina Carla 2001. *Lake Orta: the undermining of an ecosystem*. C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza. J. Limnol. 60(1): 53-59.

<sup>29</sup> Calderoni A, De Bernardi R, Mosello R, 1990. *Proposta di risanamento del lago d'Orta tramite liming*. Estratto da *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 28: 117-131.

<sup>30</sup> Monti R., *La grande estinzione della vita nel lago d'Orta*. Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett., 63.

<sup>31</sup> "La Bemberg Italiana nel 25° anno di attività", 1952 - Bemberg S.p.A.



I volumi di acqua utilizzata sono notevoli, nell'ordine di 0,2-0,3 m<sup>3</sup>sec<sup>-1</sup> e al termine di questo processo le acque di lavorazione, fortemente inquinate da solfato di rame e di ammonio, vengono raccolte, sommariamente depurate e scaricate nel lago<sup>32</sup>.

Le quantità di liquidi industriali di scarico e le relative concentrazioni, dall'inizio del funzionamento dello stabilimento e negli anni a seguire, non si sono mantenute costanti, sia per una diversa entità di produzione del filato in tempi successivi, sia per i diversi metodi di trattamento dei liquidi inquinanti, progressivamente migliori.<sup>33</sup>

A causa della tossicità diretta del rame sul fitoplancton si assistette in due anni alla sua scomparsa con effetti a catena su tutta la rete trofica lacustre<sup>34</sup>.

L'ammonio, scaricato dall'industria di rayon in quantità di 2000-3000 t N a<sup>-1</sup>(<sup>35</sup>), subisce il processo di ossidazione all'interno del lago, e viene trasformato in nitrato producendo grandi quantità di ioni idrogeno. Tale fenomeno porta all'esaurimento progressivo della riserva alcalina del lago, originariamente compresa tra 0,2 e 0,3 meq l<sup>-1</sup>, provocando un abbassamento del pH da 6.7 nel 1948 a valori di 3.8-4.0 nel 1984 su tutta la colonna d'acqua<sup>36</sup>.

Negli anni '60 e '70 sul lato occidentale del lago sorsero varie industrie coinvolte nella produzione, pulitura e cromatura di rubinetti. Gli scarichi, in particolar modo quelli dei processi galvanici, immessi direttamente nel lago contenevano alte concentrazioni di rame, cromo, nichel, zinco e costituirono una seconda grave fonte di inquinamento<sup>37</sup>.

Intanto aumentavano le concentrazioni di nitrati, che negli anni '70 raggiunsero i 300-400 meq l<sup>-1</sup>, così come la concentrazione di ammonio che continuava a essere scaricato dalla Bemberg. Anche la conducibilità<sup>38</sup> aumentava, da 87 µS cm<sup>-1</sup> nel gennaio 1956 a 153 µS cm<sup>-1</sup> nel febbraio 1985, a causa dell'elevata concentrazione ionica, in particolar modo dello ione idrogeno. L'acidità dell'acqua aumentava la solubilità dei metalli facendone crescere drasticamente la concentrazione. A tal proposito si registra il picco massimo del rame a 110 µg Cu l<sup>-1</sup> nel 1960, del cromo a 15 µg Cr l<sup>-1</sup> nel 1975 e dell'alluminio a 100 µg Al l<sup>-1</sup> nel 1983-1984<sup>39</sup>. Un miglioramento del chimismo delle

<sup>32</sup> Bonacina Carla, Calderoni Alcide e Mosello Rosario, *Il lago d'Orta: evoluzione dell'inquinamento e interventi diretti al recupero di uno dei più grandi laghi acidi del mondo*. 1988 - C.N.R. Istituto Italiano di Idrobiologia, Pallanza.

<sup>33</sup> Corbella C, Tonolli L, Tonolli V, 1958. *I sedimenti del lago d'Orta, testimoni di una disastrosa polluzione cupro-ammoniacale*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 10: 9-50.

<sup>34</sup> Monti 1930; Baldi 1949

<sup>35</sup> Bonacina *et al.* 1986

<sup>36</sup> Baldi 1949; Mosello *et al.* 1986, Calderoni *et al.* 1991

<sup>37</sup> Bonacina *et al.* 1973, 1988; Baudo *et al.* 1989

<sup>38</sup> Per conducibilità si intende la capacità di condurre elettricità, nelle acque di lago tale concetto è strettamente correlato alla presenza di ioni in soluzione.

<sup>39</sup> Biffi *et al.* 1975; Mosello *et al.* 1986 b, 1989



acque si ha dopo il 1981 quando la Bemberg adottò un impianto di trattamento degli scarichi più efficace riducendo drasticamente il carico esterno di ammonio e rame.

Ne derivò il dimezzamento della concentrazione di ammonio in tre anni. Nello stesso periodo, con l'entrata in funzione dell'impianto consortile di trattamento delle acque reflue, venne anche significativamente ridotto il carico inquinante di metalli pesanti provenienti dai siti industriali della sponda sud-occidentale del lago.

Tuttavia, permanevano pH acido ed elevata concentrazione di metalli a causa dell'ossidazione dell'ammonio residuo<sup>40</sup>. Nel 1984 iniziò un programma di ricerca mirato a valutare l'evolversi del chimismo del lago d'Orta tenendo in considerazione gli input derivanti da tributari, atmosfera, scarichi industriali e gli output tramite l'emissario. Ne scaturì un modello input-output che valutava gli effetti degli input alcalini derivanti dal bacino idrografico sull'acidità del lago, utile alla quantificazione temporale del possibile recupero del chimismo lacustre.<sup>41</sup>

Il tempo necessario per tornare a valori di alcalinità naturali (100-200  $\mu\text{eq l}^{-1}$ ) venne stimato tramite il sopraccitato modello a 15-20 anni.<sup>42</sup> Nel 1986 venne quindi proposto un intervento di liming da parte dell'Istituto Italiano di Idrobiologia del CNR con lo scopo di accelerare il ripristino delle condizioni naturali. Tale progetto prevedeva lo spargimento di circa 18,000 tonnellate di carbonato di calcio sulla superficie del lago con l'obiettivo di neutralizzare il pH e far precipitare i metalli in soluzione. L'intervento venne approvato dall'amministrazione provinciale e regionale e finanziato dal Ministero dell'Ambiente. Per le operazioni, iniziate nel maggio 1989 e terminate nel giugno 1990, venne utilizzata una chiatta appositamente attrezzata con vasche per lo stoccaggio e la miscelazione del materiale. Tramite una pompa di lancio la miscela venne irrorata sulla superficie delle acque, e a 12 metri di profondità, dall'estremità meridionale fino a quella settentrionale<sup>43</sup>.

I risultati furono subito positivi. Le concentrazioni di Zn, Ni, Fe, Mn, e Cu mostrarono una marcata diminuzione, l'ammonio residuo venne completamente ossidato e il pH mostrò un progressivo incremento verso la neutralità.<sup>44</sup> Il miglioramento del chimismo delle acque permise un graduale

<sup>40</sup> Calderoni A, Mosello R, Quirici A, 1991. *Chemical response of Lake Orta (Northern Italy) to liming*. Arch. Hydrobiol. 122 - 4: 421-439.

<sup>41</sup> Input alcalini piuttosto contenuti a causa del carattere prevalentemente siliceo del bacino idrografico del lago d'Orta, costituito principalmente da rocce acide, resistenti agli agenti atmosferici quali gneiss, micascisti e graniti. Di conseguenza le acque del lago risultano avere un basso contenuto di soluti e una limitata capacità tampone.

<sup>42</sup> Bonacina *et al.* 1987, Mosello *et al.* 1990, Mosello e Calderoni 1990.

<sup>43</sup> Ligabue G, 1992. *L'intervento di liming: problemi tecnici e soluzioni adottate*. Estratto da *Documenta Ist. Ital. Idrobiol.*, 38: 25-30.

<sup>44</sup> Calderoni *et al.* 1991.



recupero biologico, infatti, a poco a poco ritornarono specie planctoniche eliminate in passato dalla presenza dei metalli tossici.<sup>45</sup>

Il recupero della riserva alcalina è risultato più rapido in epilimnio durante la stratificazione termica, favorito dall'intensa attività fitoplanctonica, confermata dai picchi di pH e ossigeno in epilimnio. A livello ipolimnico la concentrazione di ossigeno risulta bassa durante la stratificazione termica a causa dell'ossidazione dell'ammonio ancora in corso. Parziale riossigenazione ipolimnica si ha durante la circolazione invernale. Gradualmente anche il deficit di ossigeno è migliorato fino ad avere una concentrazione di ossigeno di 9.0 mg L<sup>-1</sup>. La concentrazione di nitrati dopo il liming è molto alta a causa dell'ossidazione dell'ammonio ma decresce anch'essa gradualmente fino a 1 mg L<sup>-1</sup>.

L'analisi dell'andamento delle concentrazioni di fosforo mostra come esse siano state piuttosto basse sia prima che dopo l'inquinamento industriale, motivo per il quale il lago d'Orta viene classificato come oligotrofico: in media misurato 6-7 µg P L<sup>-1</sup>, con picchi di 12-14 µg P L<sup>-1</sup>, nei primi anni '80 e poi in calo, a 10 µg P L<sup>-1</sup> negli anni '90. A livello ipolimnico varia tra 3 e 7 µg P L<sup>-1</sup>. Questi valori molto bassi sono dovuti agli input derivanti dai tributari che, come visto in precedenza, risultano esigui e generalmente aventi un basso contenuto di fosforo totale (2 t P yr<sup>-1</sup> negli anni più recenti). In contrasto con il fosforo, i silicati mostrano cambiamenti stagionali molto evidenti durante la fase post-liming, a testimonianza della ricolonizzazione delle diatomee<sup>46</sup>.

In profondità si ha però un effetto meno positivo, la presenza di residui tossici sulla superficie dei sedimenti del lago può costituire un potenziale impedimento per il recupero della fauna macrobentonica<sup>47</sup>.

Lo studio dei sedimenti lacustri (paleolimnologia)<sup>48</sup> permette di ricostruire gli eventi e i processi che si sono verificati nella colonna d'acqua e nel bacino idrografico. I sedimenti sono importanti archivi storici, in particolare possono mostrare le tracce di scarichi chimici avvenuti in passato anche dopo diverso tempo rispetto all'esaurimento o alla riduzione dell'input inquinante. Tenendo conto del tasso di sedimentazione, caratteristico di ogni lago, e attraverso studi radiometrici si definisce la quantità di sedimenti che si accumulano in profondità nell'unità di tempo. Tramite l'analisi di un campione di sedimenti avente spessore definito, si individuano i diversi strati e si

<sup>45</sup> Morabito *et al.*, 2001.

<sup>46</sup> Rogora M, Kamburska L, Mosello R, Tartari G, 2016. *Lake Orta chemical status 25 years after liming: problems solved and emerging critical issues*. J. Limnol., 75(s2):93-106.

<sup>47</sup> Nocentini *et al.* 2001

<sup>48</sup> La paleolimnologia è la branca della limnologia che studia le condizioni chimiche - fisiche - biologiche del lago in passato attraverso l'analisi dei sedimenti lacustri, arrivando a costruire una cronologia degli eventi che hanno interessato



determinano le caratteristiche litologiche (granulometria, tessitura), chimiche (presenza cationi, Fe, Mn, zolfo, nutrienti, metalli) e biologiche (sostanza organica, pigmenti fossili, pollini).

Confrontando i dati ricavati con le informazioni ambientali relative all'area di studio si possono ricostruire gli eventi e la loro datazione. Il tasso di sedimentazione medio del lago d'Orta si aggira tra  $0,22 \text{ cm y}^{-1}$  e  $0,20 \text{ cm y}^{-1}$ , nella sezione più profonda del lago è maggiore rispetto alla parte meridionale<sup>49</sup>.

Per quanto riguarda la parte meridionale del lago, nei pressi degli scarichi dell'industria di Ryon, Piscia *et al.* (2012) propongono la seguente datazione: 2001-0,5 cm; 1989-1,5 cm; 1975-2,5 cm; 1957 – 3,5 cm; 1935 – 4,5 cm; 1909 – 5,5 cm. La concentrazione di rame risulta bassa e stabile (da 34 a  $52 \text{ mg kg}^{-1}$  in peso secco) nella parte più profonda del campione di sedimento (52,5 cm) fino ai 10,5 cm, cioè nel periodo precedente all'inizio dell'attività industriale della Bemberg. La contaminazione da rame inizia nel 1927 ed è visibile a 5,5 cm, aumenta col tempo fino a un picco di oltre  $3500 \text{ mg kg}^{-1}$  (3,5 cm) datato 1957 per poi diminuire gradualmente fino a valori intorno a 1300 a 1,5 cm (2007-2001). Tali valori risultano ancora piuttosto elevati poiché il tasso di sedimentazione in questa zona del lago è particolarmente basso e, di conseguenza, gli strati contaminati non sono stati ricoperti del tutto. Nella parte centrale del lago, dove la profondità è maggiore, le concentrazioni di rame variano da 31 a  $43 \text{ mg kg}^{-1}$  nello strato più profondo e corrispondono al periodo di assenza di attività antropogenica. Un moderato incremento si osserva tra 21 e 18 cm, circa  $350 \text{ mg kg}^{-1}$ , mentre tra 18 e 16 cm il rame aumenta drasticamente fino a  $4600 \text{ mg kg}^{-1}$  a 15 cm per poi ridiscendere a  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  a 10 cm. Si osserva un ulteriore incremento fino a  $950 \text{ mg kg}^{-1}$  tra 10 e 4 cm, esso è riconducibile agli scarichi degli impianti elettrolitici, mentre nei primi 4 cm la concentrazione varia da 300 a  $500 \text{ mg kg}^{-1}$ . Tale abbassamento è probabilmente dovuto a un aumento di torbidità, documentato dalla composizione dei fossili di diatomee, e dall'intervento di liming. Circa il 15% del carbonato di calcio aggiunto durante il liming potrebbe essere precipitato e aver contribuito a ridurre la concentrazione di rame sul letto dei sedimenti. Nonostante la situazione sia migliorata il livello di rame rimane abbastanza elevato da poter costituire una minaccia a livello ecologico per gli organismi che abitano i sedimenti sia nella parte meridionale che nella parte centrale del lago<sup>50</sup>.

---

il corpo idrico nei secoli precedenti.

<sup>49</sup> Guilizzoni *et al.* 1990

<sup>50</sup> Vignati D, Bettinetti R, Marchetto A, 2016. *Long-term persistence of sedimentary copper contamination in Lake Orta: potential environmental risks 20 years after liming*. J. Limnol., 75 (s2): 107-119



La comunità bentonica, prima dell'inquinamento era rappresentata da Tardigrada, Nematoda, Oligochaeta, Mollusca Lamellibranchia, e Turbellaria.<sup>51</sup> Con l'inquinamento delle acque, diventa estremamente povera in specie e debolmente strutturata, con un ridotto numero di taxa e interi gruppi di organismi mancanti, quali ad esempio i molluschi e campioni di sedimenti profondi privi di micro e macrofauna<sup>52</sup>. Negli anni '60 il miglioramento del sistema di trattamento delle acque reflue del sito Bemberg S.p.A. permette una parziale ricolonizzazione della zona litorale da parte di Oligocheta, Chironomidae e Tricotteri mentre Protozoa e Rotifera vengono trovati nella zona profonda. Negli anni '80 la comunità bentonica, seppur instabile, si è ristabilita in alcune parti del lago<sup>53</sup>.

L'intervento di liming del 1989-1990 consente il recupero delle condizioni chimiche delle acque ma anche della fauna litorale così come del plancton. In profondità, invece, si verifica l'accumulo dei metalli pesanti nei sedimenti, a livelli tali da classificarli come "pesantemente contaminati" ( $Cr > 75 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $Cu > 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $Pb > 60 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $Zn > 200 \text{ mg kg}^{-1}$ ;  $Ni > 50 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Ciononostante, non è stata dimostrata una correlazione significativa con la scarsità di organismi bentonici, il cui limitato numero di taxa conferma l'elevato livello di stress ambientale a cui il lago è sottoposto. Le specie presenti hanno sviluppato una forte resistenza a diversi fattori di stress, inclusa l'alta concentrazione di metalli pesanti nei sedimenti. Nonostante la fauna bentonica stia colonizzando attivamente (45 taxa identificati nel 1996) i fondali del lago la comunità non può considerarsi completamente ristabilita<sup>54</sup>. Nel 2012 un campionamento effettuato dal personale di ARPA Piemonte presso la spiaggia a nord di Punta di Crabbia, individua 481 individui, di cui il 42% appartiene alla specie *Achnanthyidium minutissimum*, specie tipica di acque aventi un buono stato di qualità. In minor percentuale anche *Achnanthyidium gracillimum*, *Fragilaria nanana* e *Brachysira vitrea*, tutte e tre sono specie diffuse in acque di qualità da media a elevata. Tale campionamento ha determinato l'inserimento del lago in classe di qualità ecologica buona<sup>55</sup>.

Nel 2016 è stata scoperta la presenza di bivalvi di acqua dolce (*Unio elongatulus*) nella zona meridionale del lago, nei pressi dell'area in cui venivano scaricate le acque di lavorazione dell'impianto Bemberg. L'area colonizzata dai bivalvi è circa 3200 m<sup>2</sup> e la popolazione stimata è di 12.500 individui. Poiché risultano molto sensibili a variazioni delle condizioni ambientali il

<sup>51</sup> Parona 1880; Monti 1930; Colosi 1924.

<sup>52</sup> Moretti 1954a; Corbella *et al.* 1958.

<sup>53</sup> Bonacina *et al.* 1986; Bonacina *et al.* 1988; Cattaneo 1992.

<sup>54</sup> Baudo R, Occhipinti A, Nocentini A, Sabolla M, 2001. *Benthos of Lake Orta in the year 1996*. J.Limnol., 60(2):241-248.



ritrovamento di *Unio elongatulus* nel lago, a fronte della loro assenza fin dall'inizio dell'inquinamento del lago, testimonia un progressivo miglioramento delle condizioni ecologiche del lago.<sup>56</sup>

Gli effetti disastrosi che hanno colpito la comunità biologica del lago d'Orta furono segnalati per prima da Rina Monti nel 1930<sup>57</sup>, due anni dopo l'entrata in funzione dello stabilimento: campioni raccolti in lago aperto risultavano pressoché privi di plancton animale e vegetale e fu notata una forte diminuzione del popolamento ittico. L'assenza di plancton fu accertata anche nel ventennio successivo<sup>58</sup>.

Negli anni '60 due diverse ricerche confermarono la presenza di una popolazione planctonica estremamente povera rappresentata da una sola specie di copepodi (*Cyclops "stremuus"*) e alcune specie di rotiferi (tra questi *Hexarthra fennica*) (Vollenweider 1963, Bonacina 1970). Negli anni '70 vengono campionati esemplari di *Daphnia longispina* e *Bosmina coregoni* (Barbanti *et al.* 1972) e nel settembre 1986 viene trovata una piccola popolazione di *Daphnia obtusa* (Bonacina *et al.*). A seguito dell'intervento di liming, le acque vengono neutralizzate e i metalli precipitano, la comunità zooplanctonica inizia a mostrare una struttura più complessa, tuttavia mancano ancora le tipiche specie predatrici (eccetto *Asplanchna* spp. e *Cyclops abyssorum*).<sup>59</sup> Tra il 2001 e il 2007 si assiste a un incremento del parametro "ricchezza annuale in taxa" di rotiferi e in minor misura di crostacei e cladoceri, a dimostrazione del fatto che il recupero biologico del lago risulta difficile e non immediato, ma non del tutto impossibile.

Il fitoplancton prima dell'inizio dell'inquinamento viene definito da Parona (1880) molto ricco, in particolare di Diatomee e Desmidiacee, successivamente Bonardi (1885) distingue 52 specie di Diatomee appartenenti a numerosi generi e nel 1925 Gaj Levra fa salire il numero a 154. Nel 1928 campioni analizzati da Monti risultano quasi privi di plancton vivo con prevalenza di spoglie morte.<sup>60</sup> Baldi (1949) conferma lo scarsissimo popolamento algale costituito essenzialmente da Diatomee *Fragilaria* e *Asterionella* e scarsi esemplari di *Ceratium* e sottolinea la presenza sui fondali di ammassi algali ormai morti e gusci silicei. Intorno agli anni '50 e agli inizi degli anni '60 si assiste alla ricolonizzazione del fitoplancton, con circa 30 specie individuate e la presenza stabile

<sup>55</sup> Monitoraggio componente fitobentonica dei laghi di: Sirio, Avigliana Piccolo, Avigliana Grande, Candia, Viverone, Orta, Antrona, Maggiore e Mergozzo. Allegato 2 relazione monitoraggio acque superficiali anno 2012. Arpa Piemonte.

<sup>56</sup> Riccardi N *et al.* 2016. *When and how? Freshwater mussel recolonization in Lake Orta*. J. Limnol., 75 (s2): 120-130.

<sup>57</sup> Monti R, 1930. *La grande estinzione della vita nel lago d'Orta*. Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett., 63

<sup>58</sup> Baldi E, 1949. *Il lago d'Orta, suo declino biologico e condizioni attuali*. Memorie Istituto Italiano di Idrobiologia 5: 145-188

<sup>59</sup> Bonacina C, Pasteris A, 2001. *Zooplankton of Lake Orta after liming: an eleven years study*. J. Limnol. 60(1): 101-109.



e preponderante del cianobatterio *Oscillatoria limnetica* fino al 1992, con il liming si assiste alla sua scomparsa<sup>61</sup>. Alla fine degli anni '60 Bonacina (1970) individua 44 specie, di cui 26 mai viste prima d'ora nel lago d'Orta. Di queste 44 specie solo due costituiscono la maggior parte della comunità: *Oscillatoria limnetica* e ancora più abbondante *Coccomyxa minor*, anche quest'ultima scomparsa dopo le operazioni di liming. Invece, il numero di Diatomee diminuisce vistosamente a causa dell'alta concentrazione di metalli pesanti derivanti dagli scarichi delle aziende elettrolitiche, e del pH acido. Durante gli anni '70 non si rilevano particolari cambiamenti anche per la scarsità di ricerche e campionamenti sul fitoplancton. Prima del liming, tra il 1984 e il 1988 la comunità risulta avere una struttura molto semplice dominata da *Choricystis minor v. gallica* e *Scenedesmus cfr. armatus*, esse durante le operazioni liming e negli anni seguenti diminuiscono nettamente. In questi anni sono rilevanti anche diverse specie di *Chlamydomonas* in particolare durante l'estate 1987 e la primavera 1989. Tra il 1989 e il 1993 dominano le clorofite, ma due sono le specie distintive la crisoficea *Dinobryon sertularia* e la clorofita *Stichococcus minutissimus*. Il liming influenza la struttura della comunità instauratasi in questi anni favorendo la presenza massiccia ma momentanea di *Achnanthes minutissima*. Successivamente, tra il 1993 e il 1998 tornano a dominare i gruppi Cyanobacteria e Bacillariophyceae, con la presenza importante anche di diverse specie di *Cryptomonas*, a testimonianza della riduzione delle concentrazioni di metalli pesanti in acqua a cui risultano particolarmente sensibili<sup>62</sup>. Il confronto tra la comunità presente nei due anni precedenti il liming e quella osservata negli anni successivi risulta molto diversa: 17 specie o generi scompaiono, 18 sopravvivono e 41 nuove specie si insediano<sup>63</sup>.

Per quanto riguarda la comunità ittica, il confronto prima, durante e dopo l'inquinamento<sup>64</sup> testimonia nuovamente l'impatto distruttivo degli scarichi inquinanti. Nel 1850 vengono rilevate 24 specie, le principali rappresentate da Trota (*Salmo trutta marmoratus*), Persico (*Perca fluviatilis*), Tinca (*Tinca tinca*), Agone (*Alosa fallax lacustris*), Barbo (*Barbus plebejus*), Vairone (*Telestes souffia muticellus*), Luccio (*Esox lucius*), Anguilla (*Anguilla anguilla*), Cavedano (*Squalius cephalus*), Alborella (*Alburnus alburnus alborella*), Triotto (*Rutilus erythrophthalmus*). Nel 1925, le specie salgono a 28, a seguito dell'introduzione di esemplari alloctoni quali Salmerino (*Salvelinus*

<sup>60</sup> Monti R., *La grande estinzione della vita nel lago d'Orta*. Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett., 63.

<sup>61</sup> Vollenweider R., 1963. *Studi sulla situazione attuale del regime chimico e biologico del lago d'Orta*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 16:21-125.

<sup>62</sup> Morabito G, Ruggiu D, Panzani P, 2001. *Trends of phytoplankton characteristics and their communities in pre- and post-liming time in Lake Orta (1984-1998)*. J. Limnol., 60(1): 91-100.

<sup>63</sup> Tondina 1992; Calderoni *et al.* 1992; Morabito e Curradi 1997.

<sup>64</sup> Volta Pietro, D. Yan Norman, John M. Gunn, 2016. *Past, present and future of the fish community of Lake Orta (Italy), one of the world's largest acidified lakes*. J. Limnol. 75 (s2):131-141



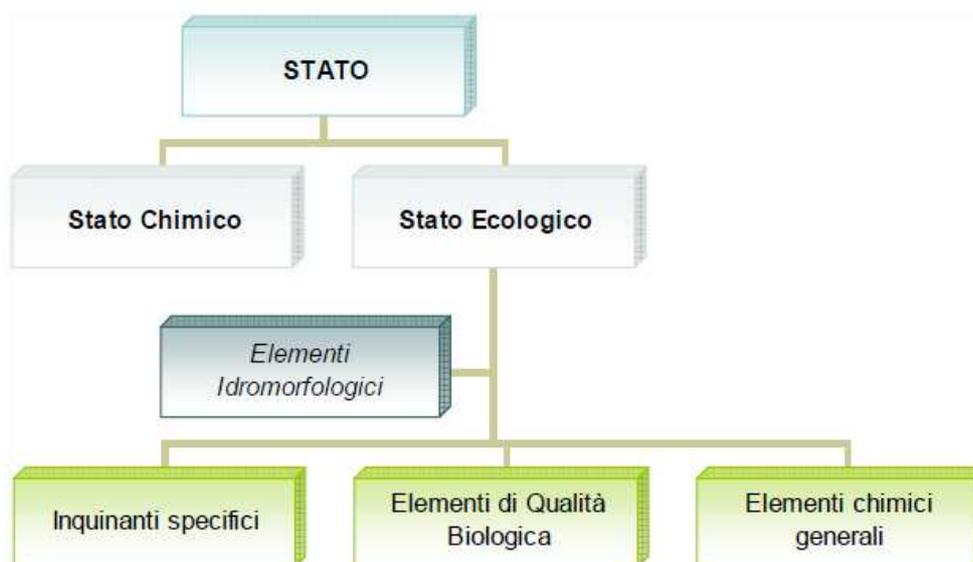
*alpinus*), Coregone (*Coregonus lavaretus*), Persico Sole (*Lepomis gibbosus*), e Persico Trota (*Micropterus salmoides*)<sup>65</sup>. Nel periodo pre-inquinamento il lago d'Orta è considerato oltre che ricco in specie, anche molto pescoso, con una produzione media annua per ettaro di 36 kg di pesce.<sup>66</sup>

Tra il 1925 e il 1960, l'incremento del carico inquinante, la presenza di metalli pesanti in soluzione, l'acidificazione delle acque e l'ipossia ipolimnica hanno un effetto drammatico, il numero di specie crolla vertiginosamente a 1, solo il persico sopravvive<sup>67</sup>.

Più tardi si assiste a un lento miglioramento: da 3 specie individuate nel 1994, si arriva a 14 nel 2000 e a 18 nel 2014, ma si è ancora lontani da quella ricchezza che caratterizzava il lago agli inizi del '900. Risultano ancora assenti specie caratteristiche come Agone, Coregone, Salmerino, Trota Marmorata, la cui reintroduzione è in corso di studio.

### 3.1.1. Stato di qualità attuale

La classificazione dello stato di qualità complessivo dei corpi idrici avviene sulla base dello stato chimico e dello stato ecologico secondo lo schema riportato, ai sensi della Direttiva 2000/60/CE.



*Schema di classificazione dello stato di qualità ai sensi della Direttiva 2000/60/CE*

<sup>65</sup> Parona 1886, Rusconi 1887, Pavese 1896, DeAgostini 1927.

<sup>66</sup> Corbella C, Tonolli L, Tonolli V, 1958. *I sedimenti del lago d'Orta, testimoni di una disastrosa polluzione cupro-ammoniacale*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 10: 9-50.

<sup>67</sup> Monti R, 1930, Baldi E, 1949, Giussani G, 1990.



Lo stato complessivo viene definito sulla base dello stato chimico ed ecologico.

Lo stato chimico (SC) è determinato a partire da un elenco di sostanze considerate prioritarie a scala europea riportate nell'Allegato X della Direttiva 2000/60/CE. Per queste sostanze sono stati definiti Standard di Qualità Ambientale (SQA) a livello europeo dalla Direttiva 2008/105/CE.

Lo stato ecologico (SE) è definito sulla base di diversi elementi di qualità:

- Elementi di Qualità Biologica (EQB): vengono considerati fitoplancton, macroinvertebrati, macrofite e fauna ittica. La valutazione dello stato delle comunità biologiche è espressa come grado di scostamento tra i valori osservati e quelli riferibili a quelle riscontrabili in situazioni prossime alla naturalità, in assenza di pressioni antropiche significative. Lo scostamento è espresso come Rapporto di qualità Ecologica (RQE) tra i valori osservati e quelli di riferimento.
- Elementi chimici generali: parametri chimici per la valutazione delle condizioni di ossigenazione, termiche, dei nutrienti, di acidificazione e di salinità.
- Inquinanti specifici: sostanze inquinanti comprese nell'Allegato VIII della Direttiva 2000/60/CE che risultino rilevanti a scala nazionale di singolo stato membro, infatti per queste sostanze vengono fissati SQA nazionali dai singoli Stati Membro.
- Elementi idromorfologici: comprendono aspetti connessi alle alterazioni del regime idrologico e della morfologia. A differenza degli altri elementi di qualità entrano nel sistema di classificazione solo per la conferma della classe di stato Elevato.

La classe di Stato Ecologico è attribuita in base al più basso dei valori riscontrati nell'ambito del monitoraggio chimico degli EQB.

La normativa nazionale di riferimento che definisce i criteri tecnici per la classificazione dello stato di qualità dei corpi idrici è il Decreto 260/2010. Esso recepisce gli SQA per la definizione dello SC per le sostanze prioritarie e fissa gli SQA per gli inquinanti specifici rilevanti a scala nazionale per la classificazione dello SE.

Per tutti gli EQB indica le metriche considerate per la classificazione e fissa per ognuna i limiti di classe degli RQE per le cinque classi di SE.

Per gli elementi chimici generali indica le metriche e i valori limite per le tre classi di SE; per gli elementi idromorfologici indica le metriche e i valori limite delle classi elevato/non elevato.

Per la definizione più recente dello stato di qualità del Lago d'Orta si fa riferimento alla relazione di monitoraggio di Arpa Piemonte relativo al periodo 2009-2014. Il lago d'Orta, codice AL-3\_203PI, è all'interno della rete di monitoraggio di sorveglianza, poiché risulta tra i laghi aventi uno stato di



qualità "buono" e per l'assenza di pressioni significative insistenti sul bacino. Il monitoraggio di sorveglianza, conclusosi il primo triennio di monitoraggio nel corso del quale sono stati raccolti i dati relativi a 3 anni sia per il chimico sia per l'EQB fitoplancton, è previsto che possa essere effettuato 1 volta ogni 6 anni e comprende il monitoraggio chimico e biologico completo<sup>68</sup>.

I punti di monitoraggio della rete Arpa sono localizzati nella parte centrale del lago all'altezza del comune di Nonio, a diverse profondità (vedi tabella sottostante).

Localizzazione	Frequenza annuale di campionamento	Protocollo analitico
Nonio - Loc. Acqualba - Integrato zona fotica	6	B + B1
Nonio - Loc. Acqualba - 50 cm da superficie	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - 10 m	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - 20 m	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - 50 m	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - 100 m	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - 140 m	6	B
Nonio - Loc. Acqualba - integrato tra 0 e 25 m	4	M1+M2+M3+M4+VOC
Nonio - Loc. Acqualba - integrato tra 50 e 140 m	4	M1+M2+M3+M4+VOC

*Punti di monitoraggio ARPA nel lago d'Orta*

Si riportano i parametri da determinare per la classificazione dei corpi idrici secondo quanto previsto dal protocollo analitico di Arpa in relazione al monitoraggio effettuato sul lago d'Orta.

Parametro	Unità di misura	LCL	Codifica
ALCALINITÀ	mg/L Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-	B
AZOTO AMMONIACALE	mg/L N	0.01	B
AZOTO NITRICO	mg/L N	0.1	B
AZOTO NITROSO	mg/L N	0.001	B
AZOTO TOTALE	mg/L N	0.4	B
CLOROFILLA "A "	µg/L	1.0	B1
CLORURI	mg/L	1.0	B
CONDUCIBILITÀ	µS/cm a 20 °C	-	B
FOSFORO TOTALE	µg/L P	4	B
ORTOFOSFATI	µg/L P	4	B
OSSIGENO DISCIOLTO	mg/L	0.05	B
OSSIGENO DISCIOLTO	% di saturazione	-	B
pH	Unità di pH	-	B
SILICE REATTIVA	mg/L Si	0.05	B
SOLFATI	mg/L	1.0	B
TEMPERATURA	°C	-	B
TRASPARENZA DISCO DI SECCHI	m	-	B

*Parametri generali, limiti di quantificazione (LCL) e loro codifica.*

<sup>68</sup> Piano di monitoraggio triennio 2012-2014, Arpa Piemonte pagg. 132-155



Parametro	Unità di misura	LCL	Codifica
ARSENICO DISCIOLTO	µg/L	3.0	M4
CADMIO DISCIOLTO	µg/L	0.5	M1
CROMO DISCIOLTO	µg/L	2.0	M1
CROMO ESAVALENTE	µg/L	2.0	M2
FERRO DISCIOLTO	µg/L	50	M1
MANGANESE DISCIOLTO	µg/L	5.0	M1
MERCURIO DISCIOLTO	µg/L	0.02	M3
NICHEL DISCIOLTO	µg/L	2.0	M1
PIOMBO DISCIOLTO	µg/L	2.0	M1
RAME DISCIOLTO	µg/L	5.0	M1
ZINCO DISCIOLTO	µg/L	10	M1

*Metalli, limiti di quantificazione (LCL) e codifica*

Parametro	Unità	LCL	Codifica
<b>Composti clorurati alifatici</b>			
1,1,1 TRICLOROETANO	µg/L	0,5	VOC
1,2 DICLOROETANO	µg/L	0,5	VOC
1,1 DICLOROETANO	µg/L	0,5	VOC
1,1 DICLOROETENE	µg/L	0,5	VOC
1,1,2 TRICLOROETANO	µg/L	0,5	VOC
1,1,2,2 TETRACLOROETANO	µg/L	0,5	VOC
1,2 DICLOROETENE	µg/L	0,5	VOC
1,2 DICLOROPROPANO	µg/L	0,5	VOC
1,3 DICLOROPROPENE	µg/L	0,5	VOC
CLOROETENE	µg/L	0,5	VOC
DICLORODIFLUOROMETANO	µg/L	0,5	VOC
DICLOROMETANO	µg/L	0,5	VOC
ESACLOROBUTADIENE	µg/L	0,02	VOC
TETRACLOROETENE	µg/L	0,5	VOC
TETRACLOROMETANO	µg/L	0,5	VOC
TRICLOROETENE	µg/L	0,5	VOC
TRICLOROFLUOROMETANO	µg/L	0,5	VOC
TRICLOMETANO	µg/L	0,5	VOC
<b>Composti clorurati aromatici</b>			
1,2 DICLOROBENZENE	µg/L	0,5	VOC
1,2,3 TRICLOROBENZENE	µg/L	0,1	VOC
1,2,4 TRICLOROBENZENE	µg/L	0,1	VOC
1,3 DICLOROBENZENE	µg/L	0,5	VOC
1,4 DICLOROBENZENE	µg/L	0,5	VOC
2-CLOROTOLUENE	µg/L	0,5	VOC
4-CLOROTOLUENE	µg/L	0,5	VOC
CLOROBENZENE	µg/L	0,5	VOC



<b>Composti aromatici</b>			
BENZENE	µg/L	0,2	VOC
ETILBENZENE	µg/L	0,5	VOC
ISOPROPILBENZENE	µg/L	0,5	VOC
METILBENZENE	µg/L	0,5	VOC
XILENI (1,2 DIMETILBENZENE, 1,3 DIMETILBENZENE, 1,4 DIMETILBENZENE)	µg/L	0,5	VOC

*Composti organici volatili (VOC), limiti di quantificazione (LCL) e codifica*

Nella tabella sottostante si riporta la classificazione dei laghi riferita al sessennio 2009-2014 effettuata da Arpa Piemonte.

Codice_CI	DESCRIZIONE	Stato Ecologico 2012-2014	Stato Chimico 2012-2014	Stato Ecologico 2009_2011	Stato Chimico 2009_2011
AL-10_210PI	Lago d'Antrona	Buono	Buono	Buono	Buono
AL-3_203PI	Lago d'Orta	Buono	Buono	Buono	Buono
AL-5_205PI	Lago Piccolo di Avigliana	Sufficiente	Buono	Scarso	Buono
AL-5_209PI	Lago di Candia	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
AL-5_215PI	Masserano	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
AL-5_219PI	Bruno o Lavezze			Buono	Buono
AL-6_202PI	Lago di Mergozzo	Buono	Buono	Buono	Buono
AL-6_204PI	Lago di Viverone	Sufficiente	Buono	Scarso	Buono
AL-6_206PI	Lago Grande di Avigliana	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
AL-6_208PI	Lago Sirio	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
AL-6_216PI	Ingagna	Sufficiente	Buono	Sufficiente	Buono
AL-9_217PI	Rochemolles			Buono	Buono
POTI2LN1in	Lago Maggiore	Buono			

*Stato Chimico e Stato Ecologico per i trienni 2009-2012 e 2012-2014.*

La determinazione dello stato ecologico si è basata sulla definizione di:

- **Indice Complessivo per il Fitoplancton (ICF):** esso è ottenuto dall'integrazione degli indici di biomassa ("Concentrazione media di clorofilla a" e "biovolume medio") con l'indice di



composizione PTIspecies<sup>69</sup> (Phytoplankton Trophic Index). Essi vengono definiti tramite i risultati di 6 campagne di campionamento nell'anno di monitoraggio. Viene calcolato il Rapporto di Qualità Ecologica (RQE\_ICF) che definisce lo scostamento tra i valori osservati e quelli di riferimento<sup>70</sup>. Il RQE oscilla tra 0,6 e 0,8 e l'ICF risulta "Buono" durante tutto il sessennio.

- Elementi chimico-fisici: la metrica prevista è l'indice LTLeco (Livello Trofico dei Laghi per lo stato ecologico) che considera i parametri: ossigeno disciolto, fosforo totale, trasparenza. La determinazione della classe di qualità è ottenuta sommando i punteggi dei singoli parametri<sup>71</sup>. L'LTLeco risulta costante 13 durante tutto il sessennio e rientra nella classe "Buono".
- Inquinanti specifici: l'analisi delle concentrazioni delle sostanze indicate nella Direttiva 2000/60/CE, Allegato VIII, permette di valutare la loro conformità con gli Standard di Qualità (SQA) indicati nella tabella 1/B del Decreto 260/2010. La conformità è effettuata sulla base della media aritmetica delle concentrazioni rilevati nei diversi campionamenti nell'arco di un anno, 6 secondo il piano di monitoraggio piemontese. Tale valore medio viene utilizzato per attribuire la classe corrispondente.<sup>72</sup> Lo SQA per lo stato ecologico relativo al lago d'Orta durante tutto il sessennio 2009-2014 risulta "Elevato".

La determinazione dello stato chimico è stata effettuata valutando la conformità agli SQA previsti nella tabella 1/a del Decreto 260/2010 secondo le modalità definite dalla Direttiva 2008/105/CE. Sono previste un minimo di 12 campagne di campionamento nell'anno di monitoraggio. Il valore medio annuale delle concentrazioni dei singoli parametri è utilizzato per attribuire la classe di stato del corpo idrico, che varia da "Buono" a "Mancato conseguimento dello stato buono" a seconda che il valore risulti rispettivamente inferiore o superiore all'SQA<sup>73</sup>. Il lago d'Orta rientra nella classe "Buono" per tutto il sessennio 2009-2014.<sup>74</sup>

Si riportano di seguito i dati aggiornati al campionamento ARPA del 2017<sup>75</sup>

<sup>69</sup> L'indice di composizione prende in considerazione la composizione in specie della comunità attraverso la definizione di una lista di taxa indicatori ad ognuno dei quali è assegnato un peso trofico.

<sup>70</sup> Relazione proposta di classificazione dello Stato di qualità dei corpi idrici ai sensi del Decreto 260/2010. Paragrafo 3.1.1. pag 10

<sup>71</sup> Relazione proposta di classificazione dello Stato di qualità dei corpi idrici ai sensi del Decreto 260/2010. Paragrafo 3.2.1. pagg 11,12

<sup>72</sup> Relazione proposta di classificazione dello Stato di qualità dei corpi idrici ai sensi del Decreto 260/2010. Paragrafo 3.2.2. pag 12

<sup>73</sup> Relazione proposta di classificazione dello Stato di qualità dei corpi idrici ai sensi del Decreto 260/2010. Paragrafo 3.2.3. pagg 12,13

<sup>74</sup> Relazione monitoraggio sessennio 2009-2014, Arpa Piemonte pagg. 139-149

<sup>75</sup> [http://webgis.arpa.piemonte.it/monitoraggio\\_qualita\\_acque/index\\_1\\_p\\_i.php?numcodice=AL-3\\_203PI](http://webgis.arpa.piemonte.it/monitoraggio_qualita_acque/index_1_p_i.php?numcodice=AL-3_203PI)



	ICF	LTLEco	Stato Chimico	Stato chimico per lo stato ecologico	Stato Ecologico	Stato Complessivo
2009	Elevato	Buono	Buono	Buono		
2010	Buono	Buono	Buono	Buono		
2011	Elevato	Buono	Buono	Buono		
2013	Buono	Buono	Buono	Buono		
2017	Buono	Buono	Buono	Buono		
2012-2014	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono

Punto di campionamento	Parametro	2009	2010	2011	2013	2017	Link Parametri
203501 <i>Integrato zona fotica</i>	ICF	Elevato	Buono	Elevato	Buono	Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
203510 <i>50 cm da superficie</i>	Stato Chimico					Buono	<a href="#">Dettaglio Campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203515 <i>10 m</i>	Stato Chimico					Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203520 <i>20 m</i>	Stato Chimico					<b>Non Buono<sup>1</sup></b>	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203530 <i>50 m</i>	Stato Chimico					<b>Non Buono<sup>2</sup></b>	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203540 <i>100 m</i>	Stato Chimico					Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203550 <i>140 m</i>	Stato Chimico					Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico					Buono	
203555 <i>integrato tra 0 e 25 m</i>	Stato Chimico	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico	Buono	Buono	Buono		Buono	
203565 <i>integrato tra 50 e 140 m</i>	Stato Chimico	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono	<a href="#">Dettaglio campionamenti</a>
	Stato Chimico per ecologico	Buono	Buono	Buono		Buono	



**1:** Nel punto di monitoraggio 203520 (Nonio - Loc. Acqualba - 20 m) in relazione all'anno 2017 si è riscontrato il superamento dei limiti delle seguenti sostanze:

- Azoto nitrico: valore misurato (anno 2017) 0,9 mg/L N, LCL=0,1 mg/L N (si sottolinea la diminuzione di azoto nitrico negli anni, nel febbraio 2009 ammontava a 1,4 mg/L N)
- Cloruri: valore misurato (anno 2017) 3,5 mg/L, LCL=1,0 mg/L (si sottolinea la diminuzione dei cloruri nel tempo, nel febbraio 2009 si registrava una concentrazione di cloruri pari a 4,2 mg/L)
- Cromo disciolto (III+VI) nel novembre 2017 rilevato 2,2 µg/L con LCL=2,0 µg/L, le altre misurazioni rientrano nei limiti
- Nichel disciolto (media anno 2017) 4,85 µg/L con LCL=2,0 µg/L
- Livello di saturazione di ossigeno al di sotto del 60% nel 2017 nei mesi di febbraio 47%, aprile 56%, settembre 41%.
- pH: 6,6 media del 2017; 6,9 a luglio; 6,5 a novembre. Confronto con medie annue precedenti 2013: 7,28; 2011: 7,18; 2010: 7,08; 2009: 7,015
- Piombo disciolto: per tutto il 2017 < 0,4 µg/L. LCL fissato da ARPA 2,0 µg/L
- Silice reattiva: 4,49 µg/L a febbraio 2017, tra 1,97 e 1,29 tra aprile e novembre 2017. Nel 2013 valore medio: 2,3 µg/L; nel 2011 2,39 µg/L; nel 2010 2,47 µg/L; nel 2009 2,21 µg/L. LCL della silice reattiva=0,05 mg/L
- Solfati: 14,6 mg/L, con LCL 1,0 mg/L. Media del 2013: 18,86 mg/L; del 2011: 20,26 mg/L; del 2010: 22,4 mg/L; nel 2009: 23,6 mg/L

**2:** Nel punto di monitoraggio 203530 (Nonio - Loc. Acqualba - 50 m) in relazione all'anno 2017 si è riscontrato il superamento dei limiti di quantificazione dei seguenti parametri:

- Azoto ammoniacale: superamento nei mesi di febbraio 2017: 0,02 mg/L e aprile 2017: 0,07 mg/L con LCL 0,01 mg/L
- Azoto nitrico: concentrazione media anno 2017: 1 mg/L, con LCL: 0,1 mg/L. Andamento generale in diminuzione -> concentrazione media 2013: 1,27 mg/L; 2011: 1,33 mg/L; 2010: 1,44 mg/L; 2009: 1,51 mg/L
- Azoto totale: media annuale nel 2017 di 1,1 mg/L, con LCL 0,4 mg/L. Concentrazione media 2013: 1,5 mg/L; 2011: 1,58 mg/L; 2010: 1,68 mg/L; 2009: 1,54 mg/L
- Cloruri: media annuale nel 2017 di 3,5 mg/L, con LCL 1,0 mg/L. Concentrazione media 2013: 3,9 mg/L; 2011: 3,9 mg/L; 2010: 4,1 mg/L; 2009: 4,23 mg/L.
- Cromo disciolto (III+VI): < 2 µg/L, quindi al di sotto di LCL



- Nichel: Concentrazione media 2017: 4,75 µg/L con LCL 2,0 µg/L
- Livello di saturazione di ossigeno: tendenzialmente con valori tra 70 e 80 % nel monitoraggio del 2017 cala bruscamente al di sotto del 50% con un minimo durante settembre al 25%, incompatibile con la vita biologica
- Silice reattiva: concentrazione media 2017: 2,39 mg/L; 2013: 2,55 mg/L; 2011: 2,59 mg/L; 2010: 2,62 mg/L; 2009: 2,70 mg/L. Con LCL 0,05 mg/L
- Solfati: concentrazione media 2017: 14,92 mg/L; 2013: 19,26 mg/L; 2011: 21,10 mg/L; 2010: 23,57 mg/L; 2009: 26,22 mg/L, con LCL 1,0 mg/L.
- Zinco disciolto: sotto LCL (10 µg/L) in tutti i campionamenti dell'anno eccetto febbraio 2017: 17 µg/L.

### **3.1.2. L'industria locale**

#### **3.1.2.1. Aree produttive: industriali e artigianali**

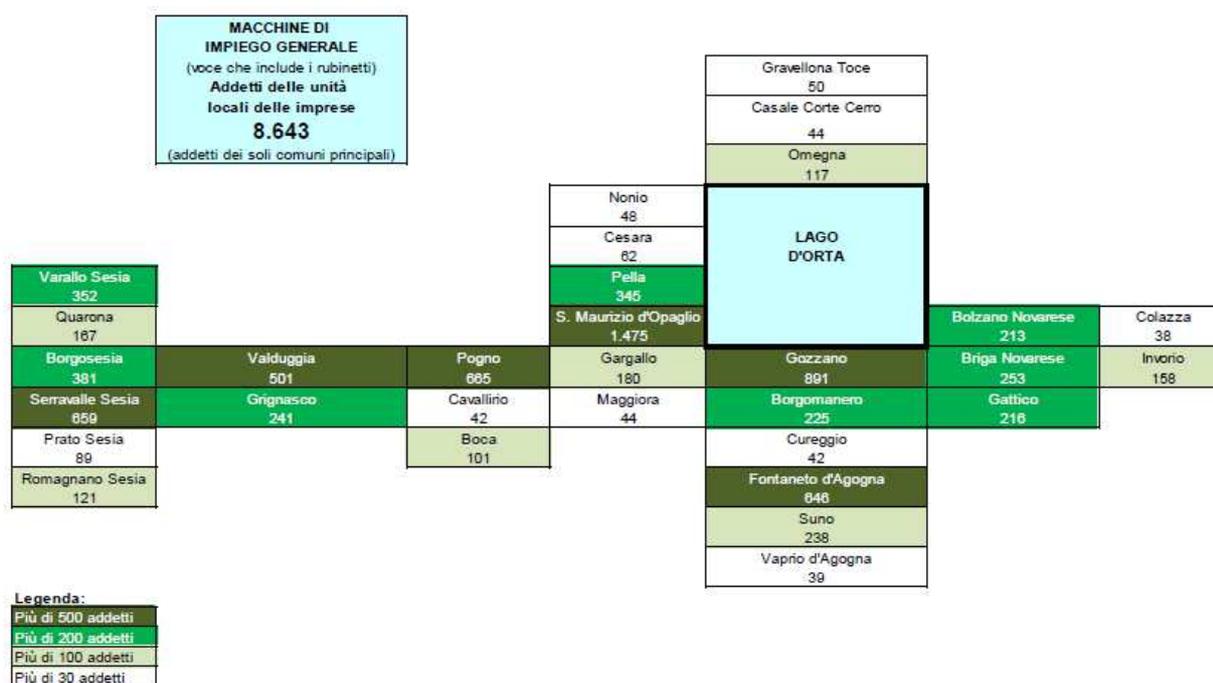
L'analisi territoriale ha messo in evidenza che l'area Cusiana non è riconosciuta a livello amministrativo-pianificatorio come un'entità unica, ma è divisa nelle province del VCO e di Novara, negli ambiti di paesaggio 13 e 14 e negli AIT 1 e 2. Proprio per questo motivo risulta piuttosto difficile definire un quadro socio-economico delle attività produttive che caratterizzano la zona. Tuttavia sono individuabili alcuni settori industriali particolarmente importanti che caratterizzano lo scenario economico e produttivo dell'area cusiana.

Nell'industria del rubinetto e delle valvole l'Italia è uno dei Paesi più importanti al mondo, con un bilancio commerciale di 4,1 miliardi di dollari nel 2017. In questo settore sono due i distretti industriali più importanti in Italia ma anche nel mondo, il "distretto del Cusio e Valsesia" e il "distretto di Lumezzane e Brescia", entrambi caratterizzati da una centenaria tradizione nella lavorazione dei metalli ed entrambi basati su numerose piccole e medie imprese altamente specializzate nel settore. Il distretto cusiano si estende nelle province di Vercelli e Novara e comprende un totale di 87 marchi principali. L'andamento di redditività nel periodo 2009-2014 mostra un trend sulle vendite in crescita costante, il 2014 si è chiuso con una crescita del valore della produzione per i rubinetti e le valvole dello 0,3% con le esportazioni cresciute dello 0,8%, in particolare verso Germania, Francia, Regno Unito, Cina, Corea del Sud e Stati Uniti<sup>76</sup>. Vanta un fatturato di 1,7 miliardi di euro nel 2016<sup>77</sup> (fonte: rubinetti e valvole 2018).

<sup>76</sup> Comunicato stampa: Indagine statistica sulla salute economico-finanziaria dal 2009 al 2014. 13/03/2016, ANIMA -



L'attività di questo polo industriale copre un terzo della produzione nazionale e il 15% sul totale dell'export mondiale.<sup>78</sup> Analizzando i numeri relativi al 2016 degli addetti nel settore rubinetteria - valvolame, in totale 8643 nel distretto cusiano, si nota una evidente concentrazione nell'area del lago d'Orta con i valori più alti nei comuni di S. Maurizio d'Opaglio (1475), Gozzano (871) e più a sud Fontaneto d'Agogna (646).



*Il Distretto della rubinetteria-valvolame del Lago d'Orta-Valsesia: principali comuni per addetti, anno 2016. Fonte: Fondazione Edison su dati Istat.*

La zona del Cusio è rinomata sul piano industriale per la presenza di un altro importante distretto, quello dei casalinghi. Tale distretto si estende sul territorio del VCO coinvolgendo anche diversi centri del Lago Maggiore, conta 160 imprese, con una capacità occupazionale di circa 1300 addetti e ricopre il 9,3% sul totale delle esportazioni provinciali.

L'alta specializzazione nella realizzazione di manufatti/utensili per la cucina e la tavola (pentole, posate, accessori) ha portato marchi come Calderoni, Piazza, Lagostina, Bialetti, Girmi e Alessi delle eccellenze anche a livello mondiale.



A partire dalla lavorazione di peltro e ottone nel lontano 1851 i fratelli Calderoni aprirono la prima attività artigianale in questo settore a Casale Corte Cerro. Ad alcune di queste aziende viene attribuito il merito di aver cambiato le abitudini nel modo di cucinare e mangiare degli italiani grazie alla produzione e diffusione delle posate prima in ferro stagnato e poi in acciaio inossidabile (Calderoni), della pentola a pressione (Lagostina), della caffettiera Moka (Bialetti) e dei piccoli elettrodomestici (Girmi).

Nonostante chiusure e delocalizzazioni abbiano depotenziato il settore, alcune di queste aziende sono ancora oggi un punto fermo dell'economia locale e sono parte del Distretto dei Casalinghi del VCO insieme a tante altre aziende, quali ad esempio, nella zona del lago d'Orta, BB&B Casalinghi snc di Pettenasco, Calder snc di Omegna, Casalinghi STO srl di Omegna, Cerutti Inox do Omegna, Metallurgica Motta srl di Omegna, Ruffoni srl di Omegna, Spezie & Co di Omegna, SAP srl di Omegna<sup>79</sup>.

Insieme, casalinghi e rubinetteria - valvolame hanno caratterizzato la storia economica cusiana e rappresentano ancora oggi valori economici di notevole rilevanza.

Particolarmente importante è risultato il rapporto tra la città di Omegna e la Valle Strona, che insieme hanno dato origine a questa antica tradizione nella lavorazione dei metalli che perdura ancora oggi. Tale aspetto mette in evidenza la relazione tra queste due aree geografiche, che seppur divise a livello amministrativo e pianificatorio, risultano profondamente legate sul piano socio-economico.

È anche questo legame a far nascere l'esigenza di includere il territorio della Valle Strona nel progetto del Contratto di Lago, inizialmente limitato al solo bacino idrografico del lago d'Orta. Dopo i primi incontri tra gli enti locali, esso è divenuto Contratto di Lago del Cusio avvalorando quella definizione territoriale cusiana già descritta dal Beretta nei suoi studi geografici.

### **3.1.2.2. Area dismessa Bemberg**

Lo scenario economico cusiano del novecento è stato segnato dall'apertura dell'industria tessile Bemberg nel 1927 nel comune di Gozzano. L'azienda nel 1930 contava già mille dipendenti e nonostante diversi contraccolpi economici dovuti a guerre, crisi internazionali, competizione con altri produttori è riuscita a distinguersi a livello nazionale e internazionale per l'elevata qualità del prodotto tessile, molto simile alla seta ma derivante dal cotone con il procedimento cupro-

<sup>78</sup> <https://www.borsaitaliana.it/notizie/food-finance/distretti/rubinetti.htm>

<sup>79</sup> Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura (C.C.I.A.A.) del Verbano Cusio Ossola



ammoniacale. Tuttavia, a partire dagli anni '50, l'enorme espansione del mercato del nylon ha determinato la progressiva riduzione della domanda del filato Bemberg causando il progressivo ridimensionamento dell'azienda in termini di produzione e personale. La crisi nel settore petrolifero degli anni '70 ha causato una nuova riduzione dei consumi e una conseguente forte contrazione del settore tessile<sup>80</sup>.

L'attività dell'azienda non ebbe una ripresa solida tanto che dopo diversi tentativi di rilanciarsi sul mercato chiuse ufficialmente nel marzo 2009. Secondo quanto riportato da giornali locali, sembra sia stato decisivo il mancato rinnovo della concessione del raccordo ferroviario che collegava l'industria alla stazione di Gozzano permettendo il transito delle merci. Il problema sorse all'indomani dell'accordo per la rettifica del nuovo tracciato della linea ferroviaria che elimina l'attraversamento dell'abitato di Gozzano e che non prevede più il tratto di binari che dalla stazione portavano allo stabilimento Bemberg<sup>81</sup>.

L'azienda venne dichiarata fallita nel 2010. Dal gennaio 2016 è iniziata una lunga serie di tentativi per vendere all'asta il complesso: un'area di 236.000 m<sup>2</sup> nel sito di Gozzano a cui si aggiungono diversi terreni fra Gozzano, Pella e San Maurizio d'Opaglio per complessivi 93.000 m<sup>2</sup>. La somma iniziale ammontava a 4.165.000 euro ma è stata progressivamente abbassata a 1.317.000 euro nell'asta del dicembre del 2016 per la mancanza di acquirenti. Si arriva a gennaio 2019 con la cifra di 200.000 e quota minima di partecipazione fissata a 150.000 euro.

Dietro l'assenza di acquirenti c'è una ragione precisa: l'incognita sui costi della bonifica. Nello stabilimento, infatti, sono stati impiegati materiali contenenti fibre di amianto sia per le coperture e i rivestimenti degli edifici sia per l'impiantistica e l'isolamento di tubi e condotte. Tuttavia, il sito non rientra nell'Anagrafe Regionale dei siti contaminati<sup>82</sup> da bonificare, istituita formalmente dalla Regione Piemonte con D.G.R. n. 22-12378 del 26 aprile 2004, neppure nella mappatura delle coperture in amianto<sup>83</sup> avviata da ARPA Piemonte nel 2013 ed ancora in corso. Secondo la normativa vigente in materia<sup>84</sup> al verificarsi di un evento che può aver generato un impatto negativo su una porzione di territorio è necessario accertare il superamento dei limiti di screening (definiti CSC – Concentrazioni Soglia di Contaminazione, tabelle 1 e 2 Allegato 5 Parte IV Titolo V del D.

<sup>80</sup> Valeggia Fabio, Breve storia della Bemberg. 2018 Quaderno accendiamo la memoria n°3. Stampa TLS Comignago.

<sup>81</sup> Articolo "Gozzano: la Bemberg annuncia la chiusura." VCOazzurraNews, 20 gennaio 2009

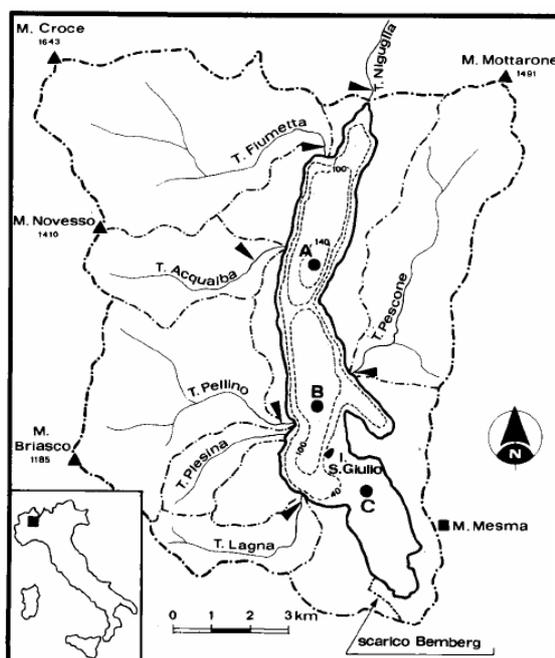
<sup>82</sup> Servizio promosso e finanziato dalla Regione Piemonte in collaborazione con le otto Province piemontesi e l'ARPA per gestire gli aspetti di natura tecnica, amministrativa e finanziaria dei siti da bonificare, riunisce tutte le informazioni relative ai siti inquinati e agli interventi di bonifica.

<sup>83</sup> Il processo di mappatura si articola in due fasi, una prima in cui tramite telerilevamento avviene il riconoscimento automatico di forme e oggetti e la loro elaborazione tramite GIS, e una seconda fase di verifica in situ attraverso sopralluoghi in cui si analizzano dimensioni, natura delle coperture e loro stato di conservazione.



Lgs. 152/06). Al superamento delle CSC il sito può essere definito “potenzialmente contaminato” ed è necessario avviare la procedura di bonifica. In conformità alla normativa, la verifica del superamento dei limiti di screening deve essere eseguita dal responsabile dell’evento di contaminazione. Qualora il responsabile della contaminazione non provveda o non sia individuabile e non provveda alcun altro soggetto interessato al sito (proprietario, gestore, ecc.) la verifica passa in carico al comune di competenza.

Nel febbraio 2019 l’area è stata acquistata per la somma di 203.000 euro da un gruppo di privati che superano di 3.000 euro l’offerta del comune di Gozzano. Il futuro dell’ex Bemberg è ancora da scrivere.



Ubicazione scarico Bemberg (Fonte: Calderoni & De Bernardi 1992)

### 3.2. Problematiche idrogeologiche

L’idrogeologia è la disciplina delle scienze geologiche che studia le acque sotterranee, anche in rapporto alle acque superficiali. Per dissesto idrogeologico si intende l’insieme di fenomeni e danni reali o potenziali causati dalle acque, siano esse superficiali o sotterranee. Le manifestazioni più tipiche di fenomeni idrogeologici sono frane, alluvioni, erosioni, subsidenze e valanghe. Nel sistema di protezione civile nazionale il rischio viene differenziato in due diverse categorie: il rischio idrogeologico, che corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli

<sup>84</sup> D.lgs. 152/2006 “Norme in materia ambientale”. Parte quarta, titolo V. G.U. n. 88 del 14 aprile 2006



pluviometrici critici, dei livelli idrometrici dei corsi d'acqua della rete idrografica minore e di smaltimento delle acque piovane. E il rischio idraulico, che corrisponde agli effetti indotti sul territorio dal superamento dei livelli idrometrici critici con possibili eventi alluvionali lungo i corsi d'acqua principali<sup>85</sup>. In Italia il dissesto idrogeologico è piuttosto diffuso su tutto il territorio nazionale e rappresenta un problema di notevole importanza. Tra i fattori naturali che predispongono il nostro territorio ai dissesti idrogeologici, rientra la sua conformazione geologica e geomorfologica, caratterizzata da un'orografia piuttosto complessa, con bacini idrografici generalmente di piccole dimensioni caratterizzati da tempi di risposta alle precipitazioni estremamente rapidi.

Questa peculiare morfologia del territorio, combinata con eventi meteorologici localizzati e intensi, può dare luogo a fenomeni anche piuttosto violenti e potenzialmente molto pericolosi. In questo contesto va inserita l'azione dell'uomo e la sua presenza sul territorio. La densità della popolazione, la progressiva urbanizzazione, l'abbandono dei terreni montani, l'abusivismo edilizio, il continuo disboscamento, l'uso di tecniche agricole poco rispettose dell'ambiente e la mancata manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua hanno sicuramente aggravato il dissesto e messo ulteriormente in evidenza la fragilità del territorio italiano, con il conseguente aumentato dell'esposizione a fenomeni idrogeologici e quindi del rischio stesso.

In relazione al contesto cusiano le principali problematiche idrogeologiche riguardano alluvioni, dissesti e frane sui versanti.

### **3.2.1. Le piene del lago d'Orta**

Secondo la normativa vigente in materia<sup>86</sup>, per alluvione si intende l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Durante l'evento può verificarsi il trasporto di sedimenti anche ad alta densità. Tale definizione include le inondazioni causate da laghi, fiumi, torrenti, eventualmente reti di drenaggio artificiale, corpi idrici superficiali anche a regime temporaneo, naturali o artificiali, inondazioni marine delle zone costiere ed esclude gli allagamenti causati da impianti fognari. Poiché i fenomeni alluvionali, come la maggior parte degli eventi naturali, presentano un'evoluzione osservabile nel tempo e nello spazio, in considerazione del fatto che un evento può manifestarsi con una certa ciclicità, risulta molto importante studiare gli eventi di

<sup>85</sup> [http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio\\_idrogeologico.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_idrogeologico.wp)

<sup>86</sup> D.Lgs. 23/02/2010, n. 49 – “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”. Art. 2 – Definizioni.



piena passati ai fini di conoscere il comportamento dei corpi idrici in casi di precipitazioni molto intense o persistenti, in modo da individuare le aree più vulnerabili e quindi agire nell'ottica della prevenzione.

Nel contesto territoriale cusiano si sono verificate numerose alluvioni in relazione a eventi meteorologici particolarmente intensi. Di seguito verranno descritte le più significative, sia per l'entità dell'evento sia per la qualità di informazioni a disposizione.

### **3.2.1.1. Alluvione 1993**

Le forti precipitazioni che hanno interessato le Alpi centro-occidentali nei mesi di settembre e ottobre 1993 hanno provocato piene di notevole portata nei laghi Maggiore, Orta e Mergozzo, provocandone esondazioni persistenti.

Prima dell'inizio degli eventi alluvionali il livello del lago d'Orta si trovava ad una quota stabile tra 289.61 e 289.62 m s.l.m. La risposta alle prime precipitazioni, registrate tra il 12 e il 13 settembre 1993, si è concretizzata in un incremento del livello di circa 6 cm. Più tardi tra il 23 e il 25 settembre si è registrato un incremento di 37 cm e con l'arrivo della successiva perturbazione nei primi di ottobre ha raggiunto la quota di 290.99 m s.l.m. il 4 ottobre con un incremento massimo di 42 cm in 24 ore. Da quel momento il lago ha fluttuato attorno alla quota di 291 m fino alle perturbazioni successive durante le quali ha raggiunto le quote di 291.02 m e 291.11 m, provocando l'allagamento delle zone rivierasche. Successivamente è iniziata una fase di riduzione costante del livello a un ritmo di 4-5 cm al giorno fino al raggiungimento dei livelli di normalità<sup>87</sup>.

### **3.2.1.2. Alluvione 1996**

L'8 luglio 1996 un evento alluvionale di forte intensità ha colpito i comuni di Baveno, Cossogno, Gravellona Toce, Omegna, Pettenasco, S. Bernardino Verbo e Verbania.

Nella notte tra il 7 e l'8 luglio 1996 precipitazioni particolarmente intense e localizzate hanno interessato i versanti del Monte Mottarone e del Monte Zeda nelle provincie Verbano-Cusio-Ossola e Novara. Già nel pomeriggio di domenica 7 luglio le precipitazioni avevano interessato la Valle Toce e la Valle Sesia superando i 50 mm tra le ore 12:00 e le ore 24:00. Tra le 0:00 e le 6:00 del giorno 8 le precipitazioni sono riprese con notevole intensità nell'area compresa tra il Monte

<sup>87</sup> Eventi alluvionali in Piemonte, 1993: capitolo 5 parte 1. ARPA Piemonte



Mottarone e il Monte Zeda. I valori cumulati di pioggia hanno superato in 6 ore i 150 mm, raggiungendo anche i 200 mm nella parte più settentrionale dell'area colpita.

Nell'area cusiana i comuni più colpiti sono stati Gravellona Toce, Omegna e Pettenasco.

A Gravellona nella notte tra il 7 e l'8 luglio lungo il rio Frassino e il torrente Stronetta si sono verificati fenomeni di trasporto in massa di materiale limoso sabbioso, con blocchi medio-grandi e massi, che hanno riattivato numerosi apparati di conoide. Tali fenomeni hanno determinato notevoli danni sia ad infrastrutture che abitazioni.

Nel comune di Omegna, lungo i rii Inferno, S. Rocco, Bertogna e nella parte più elevata del bacino del torrente Pescone sono avvenuti fenomeni di trasporto in massa che hanno provocato, in corrispondenza dei rispettivi conoidi alluvionali, notevoli danni a edifici e infrastrutture, determinando il decesso di una persona. Si sono inoltre verificati vari fenomeni di minore entità lungo i rii minori, in particolare nelle località di Borca a Agrano. A Pettenasco i danni maggiori si sono riscontrati lungo il torrente Pescone a causa di fenomeni erosivi, trasporto in massa in diversi punti e tracimazioni che hanno danneggiato numerose abitazioni e infrastrutture. Nell'immagine sottostante i comuni colpiti dall'evento alluvionale dell'8 luglio 1996 e i principali processi e danni. Complessivamente l'evento ha causato danni ad abitazioni, attività produttive e infrastrutture. Le valutazioni post evento eseguite dagli uffici regionali hanno stimato danni per un totale di 15 miliardi di lire<sup>88</sup>. Per gli edifici gravemente danneggiati è stata necessaria la demolizione ed è stato proposto il trasferimento di alcune attività produttive e una decina di abitazioni. Inoltre, sono state progettate e realizzate opere di sistemazione quali briglie selettive con vasche di accumulo, protezioni spondali, ripristino di tratti di strada, acquedotti e fognature.

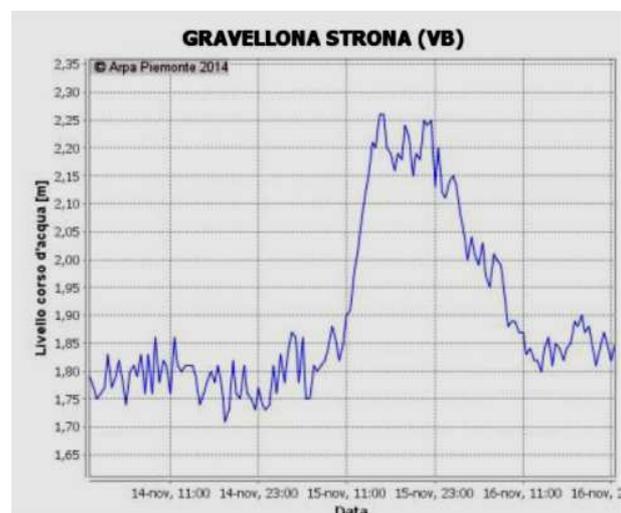
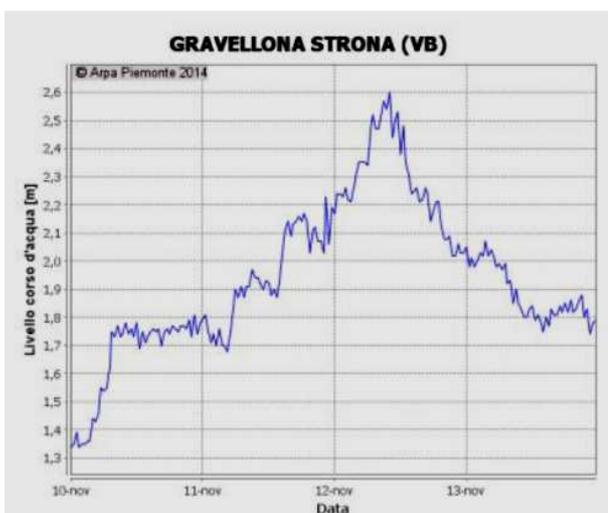
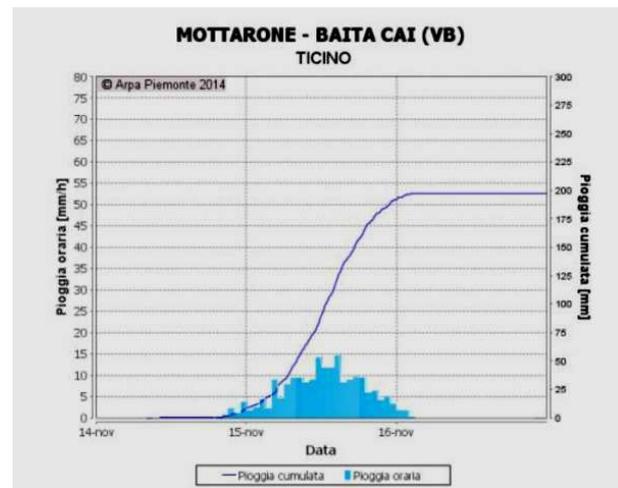
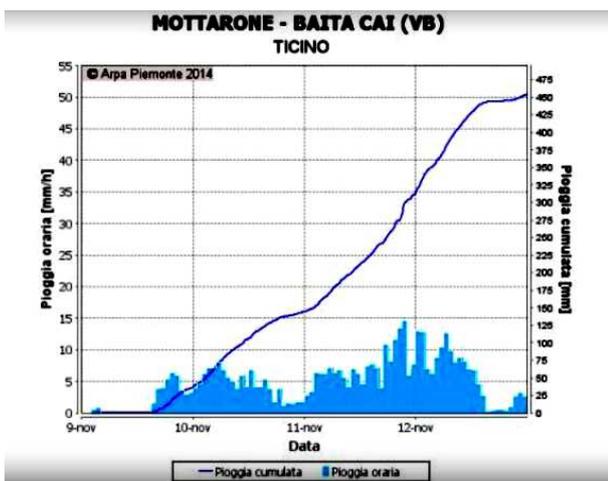
#### **3.2.1.4. Alluvione 2014**

Nel periodo compreso tra il 9 ottobre e il 17 novembre 2014 si sono verificate precipitazioni particolarmente intense, tali che in alcune aree del Piemonte la quantità di pioggia cumulata sull'intero periodo ha superato i 1000 mm. In particolare, le massime precipitazioni si sono concentrate in due eventi: tra il 9 e il 12 novembre e successivamente tra il 14 e il 16. Di seguito si riportano gli ietogrammi, significativi per l'area cusiana, relativi alla stazione pluviometrica del M. Mottarone e gli idrogrammi del fiume Toce, torrente Strona e lago d'Orta.

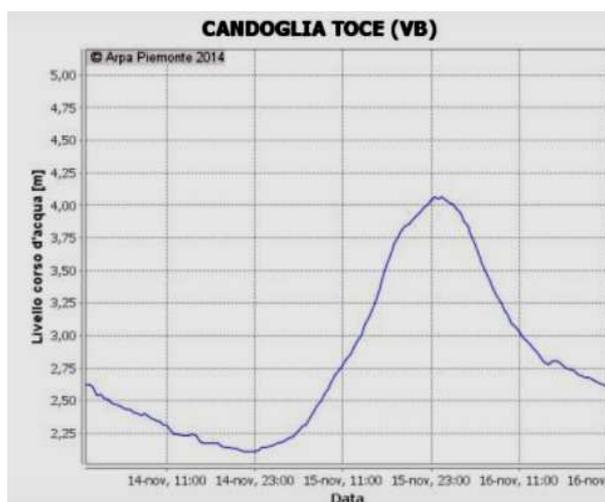
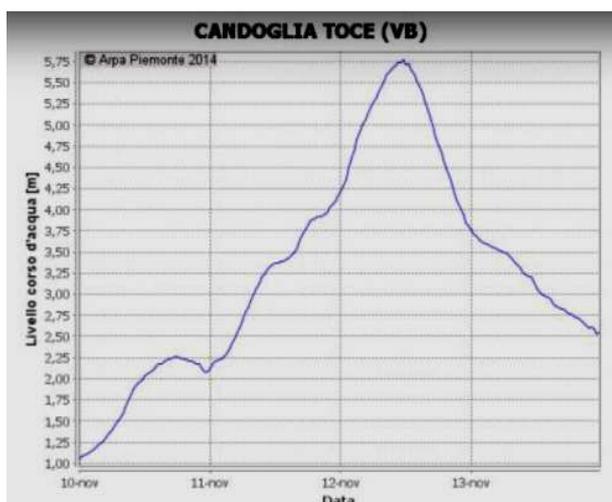
Per quanto riguarda il lago d'Orta la fase di monitoraggio da parte di ARPA Piemonte è iniziata nella giornata del 10 novembre, quando a seguito delle prime precipitazioni il livello è cresciuto di



15 cm in 24 ore. Il giorno successivo 35 cm in 24 ore ma è nella giornata del 13 novembre che ha registrato l'incremento maggiore, 43 cm in 24 ore. Dopo una fase di leggera diminuzione dovuta alla riduzione delle precipitazioni, ha ricominciato a salire nella giornata del 15 novembre registrando un incremento di 47 cm domenica 16 novembre. Nei giorni successivi l'aumento si è arrestato e il livello è diminuito progressivamente fino alla normalità. Di seguito viene riportato l'idrogramma del lago d'Orta registrato da Arpa Piemonte presso Omegna.



<sup>88</sup> Rapporto ARPA, Eventi alluvionali in Piemonte 1994.



*Ietogrammi della stazione pluviometrica M. Mottarone (in alto) e idrogrammi relativi al torrente Strona (in mezzo) e al fiume Toce (in basso) nei periodi 10-13 novembre 2014 (a sinistra) e 14-16 novembre (a destra). Fonte: ARPA Piemonte*



*Idrogramma del lago d'Orta nel periodo 11 novembre - 13 novembre 2014 a Omegna (VB). Fonte: ARPA Piemonte*

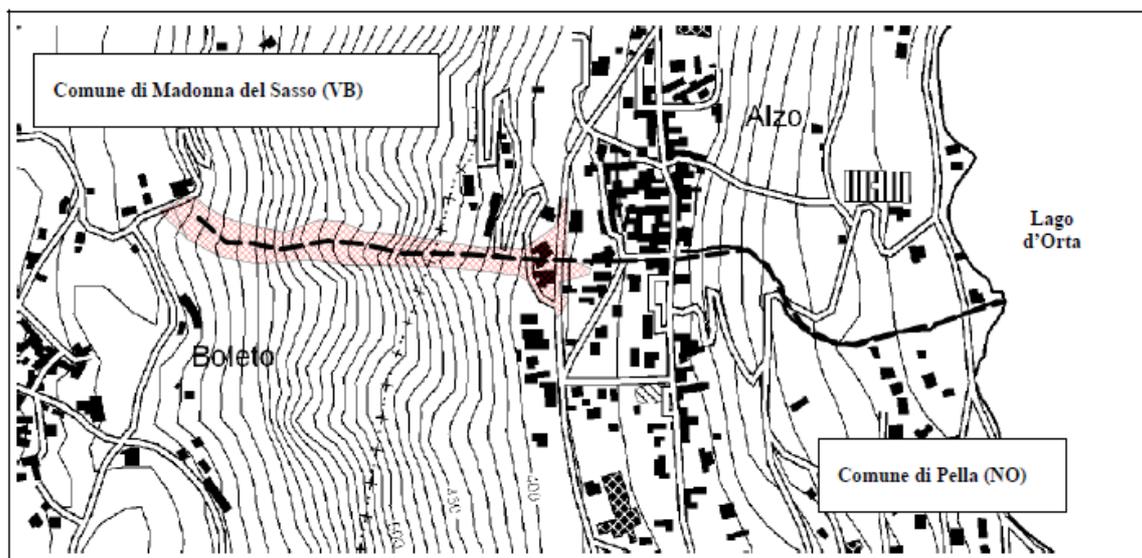
Le intense precipitazioni verificatesi nel novembre 2014 hanno colpito gran parte del Piemonte, coinvolgendo numerose località nelle provincie di Alessandria, Biella, Novara, Torino, VCO, Vercelli. Nel VCO si sono verificati numerosissimi e diffusi dissesti di versanti, alcuni di rilevante entità per dimensioni e strutture coinvolte. Nel comune di Strona si è verificato il crollo di una struttura di sostegno della SP 223 che ne ha reso necessaria la chiusura temporanea, inoltre un



movimento franoso in frazione Onzino ha determinato l'evacuazione di due famiglie. A Omegna, in frazione Agrano un ingente smottamento in detrito ha determinato l'ordinanza di sgombero per un'abitazione. Nel comune di Orta San Giulio una frana ha interessato la ferrovia Novara-Domodossola all'altezza della frazione Corconio determinando l'interruzione della linea. Presso la frazione Boleto nel comune di Madonna del Sasso, il 12 novembre si è innescato un fenomeno franoso che ha mobilitato un volume stimato in circa 4.000 m<sup>3</sup> di materiale saturo d'acqua che è scivolato nell'impluvio di primo ordine direttamente sottostante e nel quale la massa spostata si è evoluta in colata detritica che ha invaso la strada provinciale per Madonna del Sasso. Infine nel vercellese diversi dissesti hanno interrotto e danneggiato la viabilità locale e quella principale, in particolare lungo la strada provinciale della Cremosina si è verificato un ampio cedimento della rete stradale. In relazione all'alluvione del 2014 presso la frazione Boleto nel comune di Madonna del Sasso, la mattina del 12 novembre si è innescato un fenomeno franoso per fluidificazione della coltre sabbiosa derivante da alterazione superficiale del substrato granitico. Nella zona di distacco, un volume di circa 4.000 m<sup>3</sup> di materiale saturo d'acqua è stato mobilitato ed è scivolato in più fasi nell'impluvio di primo ordine immediatamente sottostante e nel quale la massa trasportata si è evoluta in colata detritica. La quota del coronamento della frana è stimata a circa 680 m s.l.m., mentre il punto inferiore della zona di accumulo a quota 370 m s.l.m. La colata detritica si è propagata nell'impluvio con elevata rapidità ed energia, come testimoniato dal solco di erosione inciso fino al substrato granitico, dall'altezza a cui sono stati tranciati i rami degli alberi, dalla presenza dei cordoni di deposito laterale e dalla presa in carico di una significativa frazione di grossi blocchi di granito e tronchi. La zona di accumulo della frazione grossolana del fronte della colata e di gran parte dei tronchi ha interessato la strada provinciale per Madonna del Sasso, il primo tratto di alveo regimato, i primi edifici a lato dell'alveo tra le due strade provinciali e la sottostante strada provinciale per Omegna. La frazione fine della colata si è espansa a ventaglio con lobi che hanno occupato una vasta superficie a forma debolmente conoidale. Infine la colata si è esaurita seguendo linee di deflusso sottostanti la strada provinciale per Omegna, l'alveo regimato a sezione aperta e a sezione chiusa poi, percorsi pedonali e strade<sup>89</sup>.

---

<sup>89</sup> Eventi alluvionali dell'11-12 e 14-15 novembre 2014. Relazione a supporto della dichiarazione dello stato di emergenza ai sensi della D.P.C.M. del 26/10/2012. Regione Piemonte, Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste. (pag. 53)



*Ubicazione (non in scala) della colata detritica (rosso) e dell'impluvio che arriva fino al lago (tratteggio nero). Fonte: Regione Piemonte*

### **3.2.2. I principali dissesti idrogeologici**

Le forme del paesaggio e dei rilievi nel territorio piemontese, in relazione alle caratteristiche geologiche e meteo-climatiche della regione, sono in rapida evoluzione; i processi di modellamento naturale modificano il territorio rapidamente, in modo particolare in occasione di eventi alluvionali. Sui versanti, in ambiente alpino o collinare, i principali processi naturali di modellamento sono i movimenti franosi, che si attivano principalmente per gravità. In Piemonte è presente la rete di monitoraggio gestita da Arpa, denominata Rete Regionale di Controllo Movimento Franosi (ReRCoMF) che comprende sistemi di controllo strumentale (inclinometri, estensimetri, piezometri, basi distanziometriche, capisaldi topografici) che permettono di conoscere l'evoluzione nel tempo dei movimenti franosi. Il servizio è disponibile e consultabile sul geoportale di Arpa e fornisce informazioni sull'ubicazione degli strumenti distinti per tipologia, anagrafica, funzionalità, ente gestore, caratteristiche tecniche dell'installazione. È presente inoltre la banca dati dei fenomeni franosi (SIFraP: Sistema Informativo Frane in Piemonte), in essa sono previsti tre livelli di approfondimento in base al diverso grado di conoscenza dei singoli eventi, delle loro dimensioni e del loro impatto con l'ambiente antropico: il I livello corrisponde a informazioni di base, necessarie a rendere la segnalazione significativa, il II livello fornisce informazioni dettagliate frutto di sopralluoghi diretti sul terreno e il III livello predispone la stesura di monografie approfondite a seguito di studi specifici sul fenomeno stesso.



Gli elaborati cartografici inseriti nel presente elaborato nel paragrafo 6 riportano i processi idrogeologici presenti nell'ambito di paesaggio del Lago d'Orta e della Valle Strona, in particolare sono rappresentati frane attive, frane lineari, frane rilevate e processi quiescenti.

Di seguito si descrivono in modo più approfondito i dissesti che hanno interessato il territorio cusiano e di seguito i processi ancora attivi documentati e monitorati dai tecnici di Arpa Piemonte.

### **3.2.2.1. Processi attivi monitorati**

Nell'area cusiana i processi documentati e monitorati da Arpa Piemonte di livello II, presenti nel SIFRAP sono complessivamente quattro: uno nel comune di Madonna del Sasso, due a Loreglia un quarto a Nonio.

Sulla sponda occidentale del lago d'Orta nel territorio comunale di Madonna del Sasso, nella zona in cui sorge il rinomato Santuario di Madonna del Sasso è presente un processo attivo di fratturazione di roccia, inserito nel SIFRAP e oggetto di monitoraggio da parte di ARPA Piemonte (IDFrana: 103-01641-00).

In particolare, la rupe su cui sorge il Santuario consiste in uno sperone roccioso soggetto a condizioni di instabilità dovute alla fratturazione dell'ammasso roccioso. Nel luglio del 1991 è stato effettuato uno studio geologico-strutturale<sup>90</sup> che ha permesso di determinare due porzioni a rischio individuate da 4 famiglie di discontinuità (denominate K1, K2, K3 e K4). In particolare, lungo la discontinuità K4 vi è una chiara evidenza di movimento: un solco nell'ordine dei decimetri attraversa trasversalmente il piazzale. Tali discontinuità tendono a isolare la porzione frontale nord-occidentale della rupe la cui instabilità è quindi principalmente funzione dei ponti di roccia lungo le fratture e delle caratteristiche di incastro al piede. L'instabilità dello sperone roccioso sommitale della rupe è probabilmente nota da tempo, infatti, lungo il muro perimetrale del belvedere si può notare la presenza di pietre non riconducibili al Santuario che testimonierebbero il trasferimento di un'antica chiesa per fenomeni di instabilità<sup>91</sup>. Dal punto di vista geomorfologico lo sperone è di natura granitica con orientazione est-ovest, limitato verso nord, est e sud da pareti subverticali alte circa 200 metri. Fin dall'antichità il granito è stato oggetto di attività estrattive coltivate a cielo aperto mediante gradonature impostate prevalentemente su discontinuità subverticali. La geologia dell'area è caratterizzata dalla presenza del Granito di Alzo, ascrivibile alle rocce cristalline del

<sup>90</sup> Lancellotta R, Gigli P, Pepe C, 1991. Rupe del Santuario di Madonna del Sasso. Relazione tecnica riguardante la caratterizzazione geologico-strutturale dell'ammasso roccioso e condizioni di stabilità della rupe.

<sup>91</sup> Studio Sito di/ Site de Madonna del Sasso (VB), Italia - Progetto MASSA. 2010. ARPA Piemonte, Centro per le ricerche Territoriali e Geologiche

Massiccio dei Laghi e costituisce uno dei principali ammassi in cui è frazionato il grande batolite granitico che si estende dal Lago Maggiore allo sbocco della Valle dell'Orco. I dati morfometrici relativi alla frana<sup>92</sup> individuano un'area totale di 69.082 m<sup>2</sup> con una lunghezza orizzontale di 240 metri, una larghezza di 360 metri e un dislivello di 220 metri. La quota corona<sup>93</sup> è situata a 635 metri e la quota unghia a 415.

Lo studio geologico-strutturale effettuato nel 1991 individua due porzioni soggette a scivolamento (A e B, vedi figura sottostante), tuttavia non è da escludere che durante lo scivolamento dell'ammasso A, porzioni instabili di dimensioni inferiori possano ricadere sull'ammasso B introducendo azioni che ne possano produrre il ribaltamento. I dati relativi ai misuratori di giunti risalgono al 1991-1994 e mostrano una tendenza al ribaltamento anche per la porzione A.



*Rappresentazione delle due porzioni soggette a scivolamento: a sinistra la zona A, e a destra la zona B (Fonte: Lancellotta et al. 1991)*

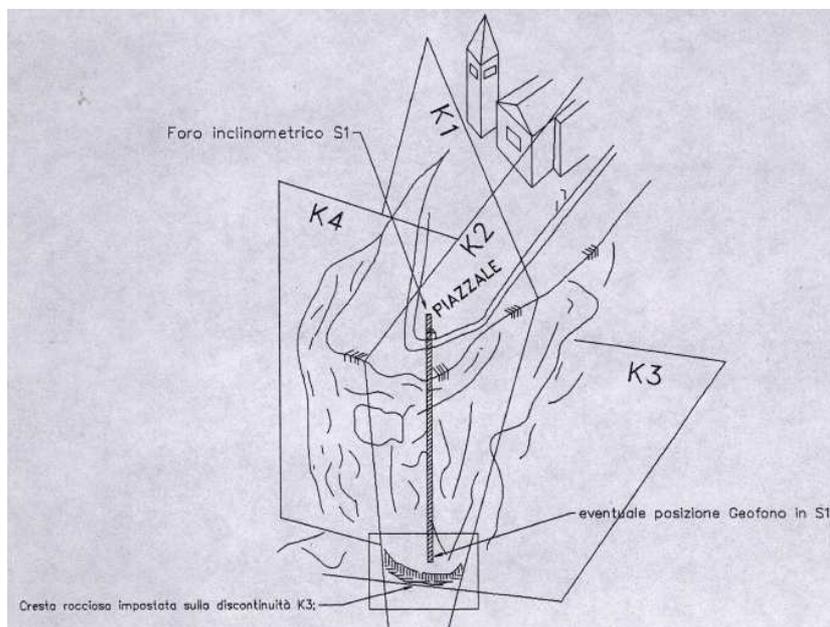
<sup>92</sup> Rapporto tecnico del Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, 2011. ARPA Piemonte: Misure Madonna del Sasso, ID103-01641-00.

<sup>93</sup> Parte di materiale non coinvolto dal processo in atto immediatamente adiacente alla parte più alta dell'alveo di frana.

A partire dagli anni '80 sul piazzale di fronte al Santuario si manifestarono evidenti indizi di instabilità, sostanzialmente consistenti in lesionamenti del piazzale lungo le tracce delle discontinuità principali.

Nel 1981 è stato installato un sistema di monitoraggio consistente in: 3 inclinometri tradizionali, 2 estensimetri a filo, 2 distensimetri a nastro, 3 spie fessurimetriche, 4 caposaldi topografici. Le misure inclinometriche sono state effettuate dal gennaio 1991 fino al maggio 2001, poi sono state sospese per scarsa significatività, solamente lo strumento ubicato al centro del piazzale antistante la chiesa ha dato misure coerenti con il movimento dell'ammasso roccioso. In particolare è stato individuato un movimento netto alla profondità di 11 metri con azimut nord-est e velocità di deformazione pari a circa 1,3 mm/y.

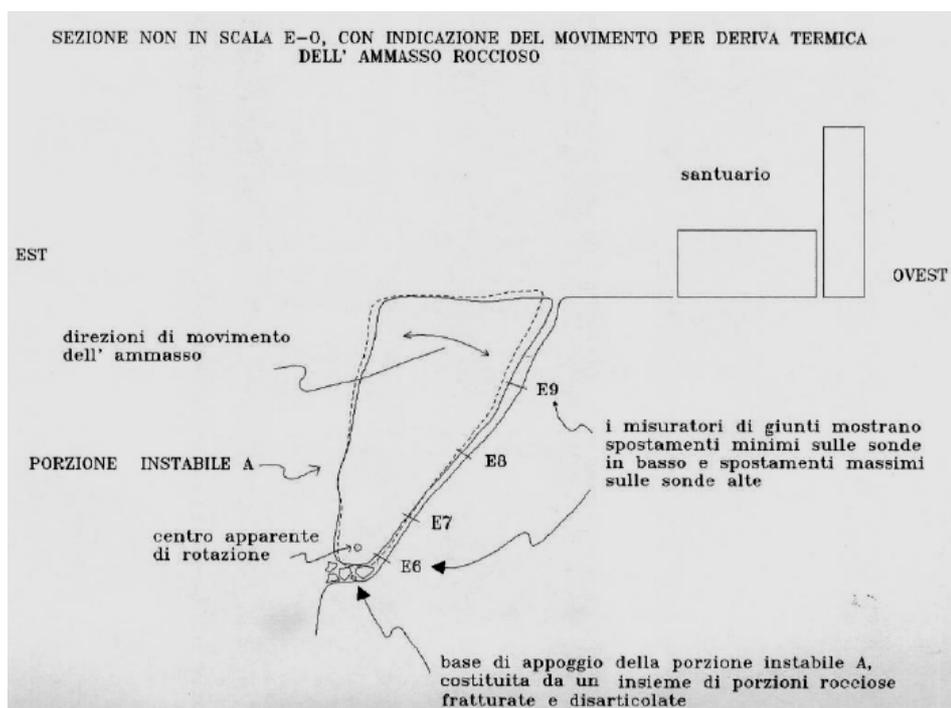
Nel settembre 1991 è stata attivata una rete di controllo geomeccanica che ha permesso di individuare movimenti massimi dell'ordine di 3-4 mm/y. Le dislocazioni sono state collegate in parte alle variazioni termiche stagionali e la componente residua registrata al termine dei cicli annuali osservati è stata pari a circa 2 mm/y. L'entità delle misure ha mostrato una lieve tendenza al ribaltamento della suddetta porzione di roccia. Il sistema è rimasto in funzione fino al 1994 prima di essere totalmente distrutto da ripetuti malfunzionamenti legati alla caduta di fulmini.



*Schema strutturale dei principali piani di scivolamento (Fonte: Lancellotta et al. 1991)*

Negli anni '90 è stato proposto il potenziamento del sistema di controllo tramite geofoni. Ne sono stati installati 2, uno sulla parete est ed uno inserito nel foro dell'inclinometro S1. Tuttavia, entrambi gli strumenti non sono mai entrati in funzione a causa di sopravvenuti problemi con le ditte installatrici. Nel marzo 2007 sono state installate 2 basi distanziometriche presso la parete nord ed è stata eseguita la misura di origine impiegando un distometro a nastro. L'ultima misura effettuata è del novembre 2010. Le velocità registrate sono dell'ordine di 3 mm/y. I movimenti registrati rientrano nei range di dilatazioni dovuti alle escursioni termiche a cui sono sottoposte le rocce della rupe e quindi non risultano associabili a uno spostamento ben definito. Tra il 2006 e il 2011 sono state effettuate misure topografiche che hanno evidenziato una velocità di spostamento di 2 mm/y nei due capisaldi posti più a nord e di 1,5 mm/y nei due posti più a sud. Dal punto di vista idrogeologico non si sono riscontrate emergenze d'acqua, le discontinuità, a causa della loro apertura e dell'assenza di materiale di riempimento, costituiscono condotti ove l'acqua di precipitazione scorre liberamente<sup>94</sup>.

Gli unici interventi eseguiti risalgono ai primi anni '90, durante i quali venne realizzato un paramassi in terra rinforzata alla base del versante per la protezione degli elementi alla base.



#### *Interpretazione dei misuratori dei giunti (Fonte: ARPA Piemonte)*

<sup>94</sup> Relazione tecnica ID frana: 103-01641-00 comune di Madonna del Sasso - Località Cave. Aggiornata al 28/02/2012. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, ARPA Piemonte.



Il codice 103-00940-00 individua all'interno del SIFRAP un antico fenomeno franoso di tipo complesso, interessato da locali riattivazioni, al di sopra del quale sorge l'abitato di Loreglia (VB), piccolo comune della Valle Strona. Il processo è situato al km 2+300 della strada provinciale per Loreglia, punto nel quale è presente un vistoso cedimento della sede viaria. Inoltre, a monte di questo cedimento, e precisamente alle porte dell'abitato di Loreglia, si trova una struttura (l'Opificio "Ditta Maffioli Franco") che presenta vistose lesioni sulle strutture murarie, nonché alla base del pavimento dell'edificio stesso. La complessità del fenomeno franoso è dovuta alla presenza di un movimento principale di tipo rotazionale che coinvolge l'intera massa, il cui accumulo si riattiva periodicamente in concomitanza di eventi pluviometrici di particolare intensità. Le riattivazioni hanno carattere locale e consistono prevalentemente in colamenti rapidi, talvolta si hanno degli scivolamenti rotazionali della massa detritica. Il coronamento del fenomeno si trova a circa 1125 m s.l.m. Procedendo verso valle il corpo di frana presenta una larghezza più o meno costante pari a 300 metri. Superato l'abitato di Loreglia la larghezza aumenta fino a raggiungere circa 700 metri al piede della frana<sup>95</sup>.

Il sistema di monitoraggio ReRCoMF installato consiste di 3 inclinometri e 1 piezometro.

Le misure inclinometriche sono effettuate dall'agosto 1990 al settembre 2010. Lo strumento posizionato a 20 metri di profondità mostra un'anomalia superficiale (1,5 metri di profondità) coerente con l'inclinazione del pendio, la velocità in testa tubo registrata dallo strumento è pari a circa 4,2 mm/y. Più recentemente è stato installato un ulteriore inclinometro con lo scopo di raggiungere una profondità maggiore (inclinometro posto a 35 metri) ma non sono stati rilevati movimenti significativi.

Il 97% di dati PSInSAR relativi al periodo 1992-2001 rileva del movimento, in particolare si registrano valori di allontanamento lungo la LOS<sup>96</sup> con una media di circa 6-7 mm/y e un massimo che supera i 9 mm/y. La distribuzione dei PS risulta concentrata in corrispondenza del nucleo abitato che, in questo caso, si trova al di sopra di buona parte dell'accumulo di frana. Il movimento segnalato dai dati PSInSAR non trova riscontro nelle misure inclinometriche, ciò potrebbe indicare che la profondità degli inclinometri non è sufficiente ad intercettare la superficie di scivolamento. Nell'area non si riscontra la presenza di un reticolo idrografico e di conseguenza le acque superficiali vengono drenate con una certa difficoltà.

<sup>95</sup> Relazione tecnica ID frana: 103-00941-00 comune di Loreglia - Località Chesio. Aggiornata al 30/05/2018. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, ARPA Piemonte.

<sup>96</sup> Line Of Sight (LOS): linea che congiunge il sensore con il bersaglio.



Nel corso delle varie locali riattivazioni del fenomeno sono stati eseguiti i alcuni interventi: costruzione di un muro di sostegno in calcestruzzo per un tratto di 30 metri in lunghezza e 6 metri in altezza; il sistema di raccolta e smaltimento delle acque della sede stradale; la collocazione di una doppia serie di tiranti, l'una sul muro di ripa, l'altra sul muro di controripa, intervallati da dreni sub-orizzontali per l'adduzione delle acque percolanti<sup>97</sup>.

Nel comune di Loreglia è presente una seconda frana monitorata e inserita nel SIFRAP, si trova nella frazione di Chesio (ID frana: 103-00941-00). Il dissesto coinvolge la porzione basale del versante sottostante il centro abitato e giunge fino al Rio Bagnone, ha esposizione sud-est. Il dissesto si è attivato nel 1986, interessando la copertura morenico-colluviale e con dinamica passante da scivolamento a colamento fino al raggiungimento del Rio Bagnone. La larghezza della nicchia di distacco è di circa 10 metri, la frana coinvolge il versante fino al Rio Bagnone. Nel 2000 locali riattivazioni hanno interessato la copertura detritica e due blocchi lapidei in essa inglobati. Il materiale franato risultava di circa 20 m<sup>3</sup> e ha ostruito la strada provinciale n° 26 Prelo-Chesio raggiungendo l'alveo del Rio Bagnone che scorre circa 30 metri a valle. A seguito di un sopralluogo effettuato dai tecnici Arpa in data 12 ottobre 2006 si sono evidenziati segni di cedimento lungo strada Provinciale in corrispondenza dei tombini della fognatura e alcune lesioni nei muri di contenimento, sia delle abitazioni di monte che del muro di sottoscarpa della stessa strada Provinciale.

Il sistema di monitoraggio ReRCoMF installato consiste in 13 caposaldi topografici, 3 inclinometro, 1 piezometro. Le misure inclinometriche sono state effettuate dal giugno 2009, l'ultima risale ad aprile 2018. Nessuno strumento ha rilevato movimenti significativi, le lievi anomalie rientrano nell'errore strumentale<sup>98</sup>.

Il fenomeno franoso di Oira (ID Frana: 103-01058-00) si sviluppa lungo la sponda occidentale del lago d'Orta e occupa una porzione di forma allungata con superficie di circa 135.000 m<sup>2</sup> di cui 55.000 m<sup>2</sup> sommersi nel lago. Il substrato roccioso è costituito essenzialmente da anfiboliti, gneiss e serpentiniti riferibili alla Zona marginale della Strona-Ceneri nella Serie dei Laghi. L'assetto strutturale è piuttosto complesso, la zona direttamente interessata dal fenomeno franoso è priva di strutture e gli scenari di rischio sono legati essenzialmente ai possibili effetti che si potrebbe

<sup>97</sup> Relazione tecnica ID frana: 103-00940-00 comune di Loreglia - Località Loreglia. Aggiornata al 07/12/2010. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, ARPA Piemonte.

<sup>98</sup> Relazione tecnica ID frana: 103-00941-00 comune di Loreglia - Località Chesio. Aggiornata al 30/05/2018. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, ARPA Piemonte



generare nel lago d'Orta qualora porzioni cospicue dell'ammasso roccioso franassero nel lago stesso. La frana è situata in un'area a bassa urbanizzazione e ha una storia piuttosto lunga.

La sua attivazione risale a due eventi principali, nel 1951 e nel 1968 verificatisi a seguito di forti precipitazioni piovose e determinanti l'apertura di una frattura di trazione, approssimativamente parallela alla riva del lago e passante in corrispondenza di Cascina Piazza (a 390 m s.l.m.) insieme ad altre fratture minori interne al corpo di frana con andamento nord est - sud ovest<sup>99</sup>. Tali processi risultano essere lenti fenomeni deformativi, i quali, associati a specifici fattori di instabilità quali ad esempio precipitazioni di forte intensità e condizioni strutturali sfavorevoli, possono dar luogo all'accelerazione di movimenti tipicamente lenti e all'innesco di grandi frane. Il carattere dominante di tali fenomeni rimane comunque la lentezza con cui avviene la deformazione della massa in movimento.

Tra il 1968 e il 1973 vengono realizzate due campagne geognostiche per complessivi 17 sondaggi, misure inclinometriche e piezometriche, rilievo topografico (scala 1:1000), rilievo batimetrico del fondo del lago antistante l'area di frana, realizzazione di un sistema di canalette superficiali e di due fossi di guardia. Le misure piezometriche realizzate in alcuni fori di sondaggio, hanno evidenziato l'esistenza di una falda sospesa nei primi metri di copertura e l'assenza di acqua nei sondaggi posti immediatamente a valle della frattura di coronamento. In occasione dei sondaggi si è osservata la perdita totale dell'acqua di perforazione nelle zone di passaggio tra copertura e substrato roccioso ed in corrispondenza di fasce di roccia cataclastica all'interno del substrato. I sondaggi collocati in prossimità della sponda hanno indicato che la falda, in condizioni di riposo, si trova poco al di sopra del livello del lago. Il sistema di monitoraggio presente consiste in 2 inclinometri e 1 piezometro, le misure inclinometriche sono effettuate dal novembre 2001 fino all'agosto 2011. Le deboli anomalie riscontrate rientrano nel campo dell'errore strumentale. Nel periodo di riferimento 1992-2001, i dati PSInSAR hanno registrato in una porzione ristretta del processo una velocità media di allontanamento lungo la LOS di circa 2,5 mm/y<sup>100</sup>

<sup>99</sup> Crosta G, Berto R, 1995. Lineamenti tettonici e materiali di faglia: fattori di controllo nelle deformazioni gravitative profonde. L'esempio della frana di Nonio. Quaderni di Geologia Applicata, pp 28.

<sup>100</sup> Relazione tecnica ID frana: 103-01058-00 comune di Nonio - Località Oira. Aggiornata al 29/09/2011. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto, ARPA Piemonte.



#### 4. Elaborati Cartografici

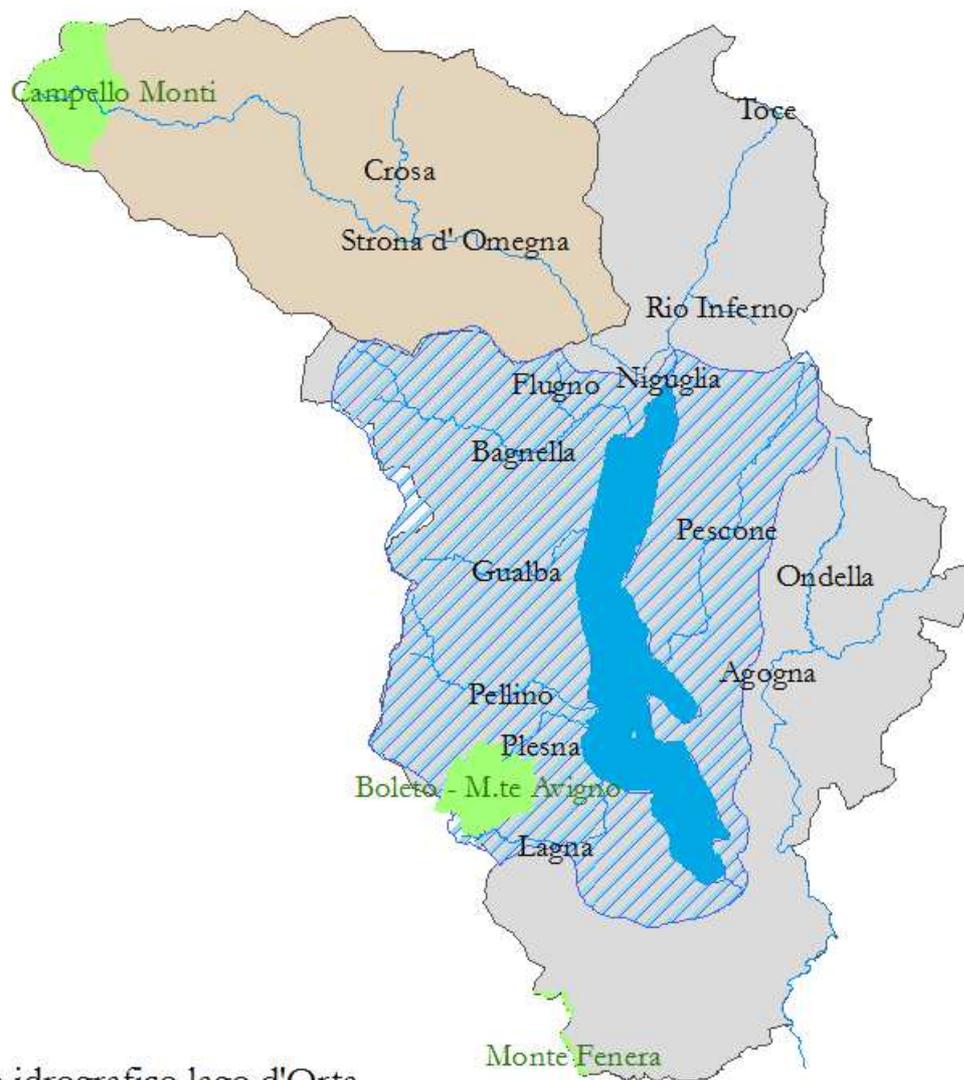




# La regione del Cusio

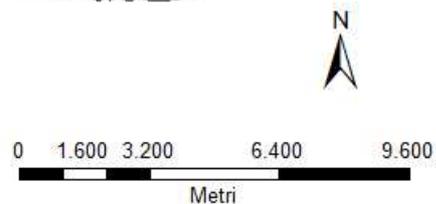
## Idrografia - Ambiti di Paesaggio - SIC

1:150.000



### Legenda

-  SIC
-  Bacino idrografico lago d'Orta
-  Ambito 13 Valle Strona
-  Ambito 14 Lago d'Orta



# La regione del Cusio

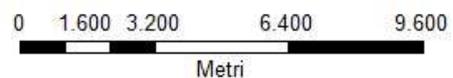
## Processi idrogeologici nell'ambito del lago d'Orta

1:150.000



### Legenda

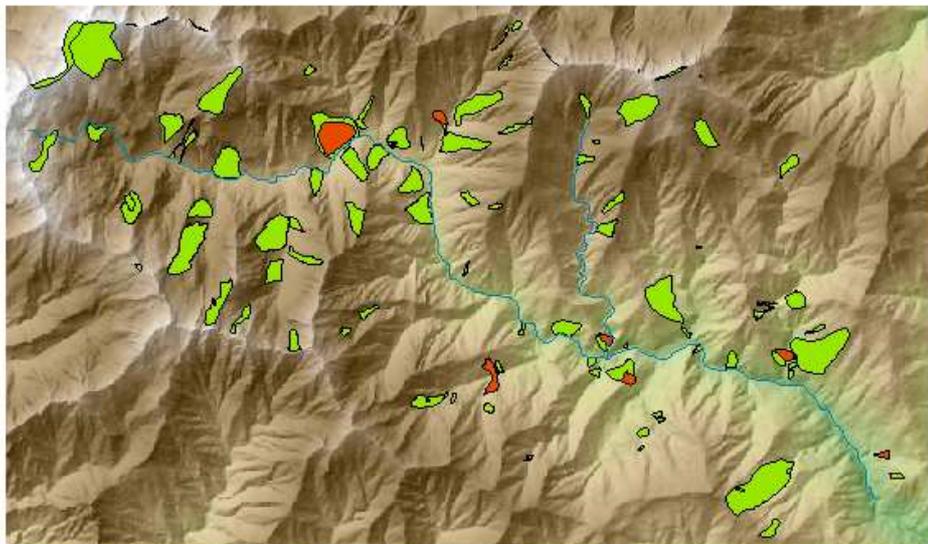
-  Frane attive
-  Frane lineari
-  Frane rilevate
-  Processi quiescenti
-  Fiumi



# La regione del Cusio

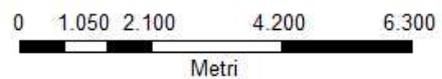
## Processi idrogeologici nell'ambito della Valle Strona

1:100.000



### Legenda

- Fiumi
- Frane attive
- Frane rilevate





## 5. Bibliografia

- Ambrosetti *et al.* 2001. *Temperature, heat content, mixing and stability in Lake Orta: a pluriannual investigation*. J.Limnol.,60(1):60-68
- ARPA Piemonte, *Relazione monitoraggio sessennio 2009-2014* - Stato di qualità dei corpi idrici superficiali ai sensi del Decreto 260/2010.
- ARPA Piemonte, *Relazione monitoraggio triennio 2009-2011* - Proposta di classificazione dello stato di qualità dei Corpi Idrici ai sensi del Decreto 260/2010
- ARPA Piemonte, *Piano di Monitoraggio triennio 2012-2014*. Dicembre 2011. A cura della Struttura Specialistica Qualità delle Acque.
- ARPA Piemonte, relazione "*Eventi alluvionali 1993*". capitolo 5, parte 1.
- ARPA Piemonte, relazione "*Eventi alluvionali in Piemonte 1994*". Capitoli 8, 9, 10.
- ARPA Piemonte, *Relazione tecnica ID frana: 103-01641-00 comune di Madonna del Sasso - Località Cave*. Aggiornata al 28/02/2012. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto
- ARPA Piemonte, *Relazione tecnica ID frana: 103-01058-00 comune di Nonio - Località Oira*. Aggiornata al 29/09/2011. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto.
- ARPA Piemonte, *Relazione tecnica ID frana: 103-00940-00 comune di Loreglia - Località Loreglia*. Aggiornata al 07/12/2010. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto.
- ARPA Piemonte, *Relazione tecnica ID frana: 103-00941-00 comune di Loreglia - Località Chesio*. Aggiornata al 30/05/2018. Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto.
- ARPA Piemonte, *ReRCoMF - Rete Regionale di Controllo dei Movimenti Franosi. Poster informativo*, marzo 2012. Dipartimento tematico Geologia e Dissesto.
- ARPA Piemonte, Regione Piemonte, *Mappatura della presenza di amianto ai sensi del DM 101/03*, aggiornamento 2018. Estratta dalla Relazione sullo stato dell'ambiente in Piemonte.
- ARPA Piemonte, *Monitoraggio componente fitobentonica dei laghi di: Sirio, Avigliana Piccolo, Avigliana Grande, Candia, Viverone, Orta, Antrona, Maggiore e Mergozzo. Estate 2012*. Allegato 2 alla relazione monitoraggio acque superficiali anno 2012.
- ARPA Piemonte, *Studio Sito di/ Site de Madonna del Sasso (VB), Italia* - Progetto MASSA. 2010. Centro per le ricerche Territoriali e Geologiche.
- ARPA Piemonte, *Progetto Strategico Transfontaliero Risknat, attività B4-C4: piene e lave torrentizie. L'atlante dei conoidi alluvionali in Piemonte*. 2012
- Baldi E, 1949. *Alcuni caratteri generali dei laghi marginali sudalpini*. Verh int. Ver Limnol 10: 50-69.
- Baldi E, 1949. *Il lago d'Orta, suo declino biologico e condizioni attuali*. Memorie Istituto Italiano di Idrobiologia 5: 145-188.
- Baudo R, Amantini L, Bo F, Cenci R, Hannaert P, Lattanzio A, Marengo G, Muntau H, 1989. *Spatial distribution of metals in the surface sediments of Lake Orta (N. Italy)*. Sci. Total Environ. 87/88:117-128.
- Baudo R, Occhipinti A, Nocentini A, Sabolla M, 2001. *Benthos of lake Orta in the year 1996*. J.Limnol., 60(2):241-248.



- Bemberg S.p.A., 1952. *La Bemberg Italiana nel 25° anno di attività*. Edizione curata da Studio Boggeri.
- Beretta P, 1974. *La regione del Cusio, ricerche di geografia umana*. La nuova Italia Editrice. Istituto di Geografia.
- Bielli E, Tesauro M, 2001. *The littoral benthon community of Lake Orta after liming: a comparison between summer 1993 and summer 1998*. J. Limnol., 60(2):237-239.
- Biffi *et al.* 1975. *L'impiego del TiO<sub>2</sub> come opacificante di smalti ceramici cuocenti nell'intervallo termico 900-1000 °C*. Ceramurgia, 5(1), 3-12
- Bonacina C, Bonomi G, Ruggiu D, 1973. *Reduction of the industrial pollution of Lake Orta (Northern Italy): An attempt to evaluate its consequences*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 30: 149-168.
- Bonacina C, Bonomi G, Mosello R, 1986. *Notes on the present recovery of lake Orta: an acid, industrially polluted, deep lake in North Italy*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 44:97-115.
- Bonacina C, Bonomi G, Calderoni A, Mosello R, 1987. *Evoluzione recente dell'inquinamento del lago d'Orta e proposta di un intervento per il suo recupero*. Doc. Ist. Ital. Idrobiol. 14: 197-213.
- Bonacina C, Calderoni A, Mosello R, 1988. *Il lago d'Orta: evoluzione dell'inquinamento e interventi diretti al recupero di uno dei più grandi laghi acidi del mondo*. CNR- Ist. Ital. Idrobiol.
- Bonacina C, 2001. *Lake Orta: the undermining of an ecosystem*. J. Limnol. 60(1): 53-59.
- Bonacina C, Pasteris A, 2001. *Zooplankton of Lake Orta after liming: an eleven years study*. J. Limnol. 60(1): 101-109.
- Calderoni A, De Bernardi R, Mosello R, 1990. *Proposta di risanamento del lago d'Orta tramite liming*. Ist. Ita. Idrobiol., 28: 117-131
- Calderoni A, Mosello R, Quirici A, 1991. *Chemical response of Lake Orta (Northern Italy) to liming*. Arch. Hydrobiol. 122 - 4: 421-439.
- Calderoni A. e De Bernardi R, 1992. *Le vicende ambientali del lago d'Orta dal degrado al recupero*. Doc. Ist. Ital. Idrobiol. 38: 1-24
- Cattaneo A, 1992. *The anthropogenically stressed periphyton of Lake Orta, Italy*. Hydrobiologia 234: 111-121.
- Colosi A, 1924. *Deudroceti del lago d'Orta*. Giornale "Natura", Milano.
- Comunicato stampa: *Indagine statistica sulla salute economico-finanziaria dal 2009 al 2014*. 13/03/2016, ANIMA - Confindustria Meccanica Varia
- Corbella C, Tonolli L, Tonolli V, 1958. *I sedimenti del lago d'Orta, testimoni di una disastrosa polluzione cupro-ammoniacale*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 10: 9-50.
- Crosta G, Berto R, 1995. *Lineamenti tettonici e materiali di faglia: fattori di controllo nelle deformazioni gravitative profonde. L'esempio della frana di Nonio*. Quaderni di Geologia Applicata, pp 28.
- D.Lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale". GU Serie Generale n.88 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n.96
- D.Lgs. 23/02/2010, n. 49 – “Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”.



D.Lgs 1/2018 Codice della Protezione Civile

De Agostini G, 1927. *Flora, fauna e pesca del Lago d'Orta*. Article in italian. Cusiana 6: 121-124.

Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e Del Consiglio del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea. 22.12.2000 (IT) L 327/1

Giussani G, 1990. *La fauna ittica del lago d'Orta*. Doc. Ist. Ital. Idrobiol. 28: 109-115.

Guilizzoni P, Lami A, 1990. *Ricerche paleolimnologiche sul lago d'Orta*. Doc. Ist. Ital. Idrobiol. 28: 53-70.

Guilizzoni P, Lami A, Marchetto A, Apleby P, Alvisi Francesca, 2001. *Fourteen years of palaeolimnological research of a past industrial polluted lake (L. Orta, Northern Italy): an overview*. J. Limnol., 60(2): 249-262.

Lancellotta R, Gigli P, Pepe C, 1991. *Rupe del Santuario di Madonna del Sasso. Relazione tecnica riguardante la caratterizzazione geologico-strutturale dell'ammasso roccioso e condizioni di stabilità della rupe*.

Ligabue G, 1992. *L'intervento di liming: problemi tecnici e soluzioni adottate*. Estratto da Documenta Ist. Ital. Idrobiol., 38: 25-30.

*Manuale d'uso PSInSAR<sup>TM</sup>*. 2008. Tele-Rilevamento Europa - T.R.E. s.r.l. Milano

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, ISPRA, Tavolo Nazionale CdF. Tavolo Nazionale Contratti di Fiume. Documento: *Definizione e requisiti qualitativi di base*. 12 marzo 2015,

Monti R, 1930. *La grande estinzione della vita nel lago d'Orta*. Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett., 63.

Morabito G, Curradi M, 1997. *Phytoplankton community structure of a deep subalpine Italian Lake (Lake Orta, N Italy) four years after the recovery from acidification by liming*. Hydro. vol. 82: 487-506.

Morabito G, Ruggiu D, Panzani P, 2001. *Trends of phytoplankton characteristics and their communities in pre- and post-liming time in Lake Orta (1984-1998)*. J. Limnol., 60(1): 91-100.

Morabito G, 2016. *Phytoplankton assemblages in Lake Orta: has functional structure recovered in one of the largest acidic lakes in the world?* J. Limnol. 75(s2): 142-152

Moretti GP, 1954a. *La distribuzione dei tricoteri lungo il litorale del lago d'Orta*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 8:257-270.

Mosello R, Baudo R, Tartari G.A., 1986a. *Metal concentration in a highly acid lake: L. Orta (Northern Italy)*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 44: 73-96.

Mosello R, Bonacina C, Carollo A, Libera V, Tartari G. A., 1986b *Acidification due to in-lake ammonia oxidation: An attempt to quantify the proton production in a highly polluted subalpine Italian lake (Lake Orta)*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 44: 47-71.

Mosello R, Calderoni A, Tartari G. 1989. *pH related variations of trace metal concentrations in L. Orta*. Sci. Total Environ. 87/88: 255-268.

MoselloR, Calderoni A, 1990. *Pollution and recovery of Lake Orta (Northern Italy)*.

Nocentini et al. 2001. *First phase of macroinvertebrate repopulation of Lake Orta (Buccione Basin) after liming*. J. Limnol. 60: 110-126.



- Parona C., 1880. *Prime ricerche intorno ai protisti del lago d'Orta, con cenno della loro corologia italiana*. Boll. Scient., 2.
- Parona C, 1886. *Valsesia e lago d'Orta. Descrizione geologica*. Milano, Bernardini.
- Pavesi P, 1896. *La distribuzione dei pesci in Lombardia*. Società Lombarda per la pesca e l'acquicoltura: 40 pp.
- Presentazione PP "*Il settore e i distretti della rubinetteria e del valvolame in Italia*", a cura di Marco Fortis. Fondazione Edison e Università Cattolica. S. Maurizio d'Opaglio, 1 febbraio 2019.
- Provincia di Novara, CIRF, 2006. "*Il Torrente Agogna. Tra Novara e Borgolavezzaro. Conoscere per riqualificare.*" Estratto dal documento di Studio di fattibilità per la riqualificazione fluviale del torrente Agogna.
- Provincia di Novara, CIRF, *Abaco delle Azioni*, Documento allegato al Contratto di Fiume Agogna
- Provincia di Novara, Regione Piemonte, CIRF, 2010. Dossier Ambientale - Allegato C al Contratto di Fiume Agogna.
- Regione Piemonte, relazione "*Eventi alluvionali dell'11-12 e 14-15 novembre 2014. Relazione a supporto della dichiarazione dello stato di emergenza ai sensi della D.P.C.M. del 26/10/2012*". Direzione Opere Pubbliche, Difesa del Suolo, Economia Montana e Foreste.
- Regione Piemonte, *Relazione Piano Paesaggistico Regionale*. Approvato con D.C.R. N. 233-35836 del 3 ottobre 2017.
- Regione Piemonte, *Rapporto Ambientale del Piano Paesaggistico Regionale*. Approvato con D.C.R. N. 233-35836 del 3 ottobre 2017.
- Regione Piemonte, *Piano di Monitoraggio allegato al PPR di Regione Piemonte* (approvato con D.C.R. N. 233-35836 del 3 ottobre 2017).
- Regione Piemonte, *Piano di Tutela delle Acque, Monografia Lago d'Orta*. (D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2007).
- Regione Piemonte, *Piano di Tutela delle Acque, Monografia Fiume Toce*. (D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2007).
- Regione Piemonte, *Piano di Tutela delle Acque, Monografia Torrente Agogna*. (D.C.R. n. 117-10731 del 13 marzo 2007).
- Regione Piemonte, *Piano di Tutela delle Acque. Relazione generale*. Revisione 2018. (D.G.R. n.64-8118 del 14 dicembre 2018)
- Regione Piemonte, *Tavole P1, P2\_1, P2\_3, P3, P4\_3, P4\_5, P5, del Piano Paesaggistico Regionale della Regione Piemonte* (approvato con D.C.R. N. 233-35836 del 3 ottobre 2017).
- Riccardi N, Froufe E, Lopes-Lima M, Mazzoli C, 2016. *When and how? Freshwater mussel recolonization in lake Orta*. J. Limnol. 75(s2):120-130.
- Rogora M, Kamburska L, Mosello R, Tartari G, 2016. *Lake Orta chemical status 25 years after liming: problems solved and emerging critical issues*. J. Limnol., 75(s2):93-106.
- Rusconi A, 1886. *Guida del Lago d'Orta e sua riviera*. Novara
- Tondina et al. 1992. *Evoluzione recente delle comunità biologiche del lago d'Orta*. Doc. Ist. Ital. Idrobiol. 38: 71-82.



Tonolli V, 1964. *Introduzione allo studio della limnologia. (Biologia e Biologia delle acque dolci)*. Edizioni dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, Verbania Pallanza.

Sacco F, 1930. *Il glacialismo nelle valli Sesia, Strona, Anza e nell'Ossola*. Roma : Provveditorato Generale dello Stato, Libreria.

Sacco Federico. *Il glacialismo piemontese*, 1938. Estratto da L'universo, rivista mensile dell'Istituto geografico militare, anno XIX, n.ri 3-4.

Valeggia Fabio, *Breve storia della Bemberg*. 2018 Quaderno accendiamo la memoria n°3. Stampa TLS Comignago.

Vignati D, Bettinetti R, Marchetto A, 2016. *Long-term persistence of sedimentary copper contamination in Lake Orta: potential environmental risks 20 years after liming*. J. Limnol., 75 (s2): 107-119.

Vollenweider R., 1963. *Studi sulla situazione attuale del regime chimico e biologico del lago d'Orta*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 16:21-125.

Volta P, Yan N, Gunn J, 2016. *Past, present and future of the fish community of Lake Orta (Italy), one of the world's largest acidified lakes*. J. Limnol. 75(s2): 131-141.

<https://www.borsaitaliana.it/notizie/food-finance/distretti/rubinetti.htm>

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio\\_idrogeologico.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/rischio_idrogeologico.wp)

[http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/piani\\_di\\_emergenza\\_piemon.wp](http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/piani_di_emergenza_piemon.wp)

<https://www.acquanovaravco.eu/Pagina/fognatura>

[https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/index.html?title=Arpa+Piemonte+-+SIRI+%28WMS%29&resource=agsrest%3Ahttp%3A%2F%2Fwebgis.arpa.piemonte.it%2Fags101free%2Frest%2Fservices%2Facqua%2Fderivazioni\\_scarichi\\_impianti\\_depurazione\\_SIRI%2FMapServer](https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/index.html?title=Arpa+Piemonte+-+SIRI+%28WMS%29&resource=agsrest%3Ahttp%3A%2F%2Fwebgis.arpa.piemonte.it%2Fags101free%2Frest%2Fservices%2Facqua%2Fderivazioni_scarichi_impianti_depurazione_SIRI%2FMapServer)

<https://www.areeprotettevallesesia.it>