



# Progetto Plinius: salviamo il lago

■ VALENTINA FERRARI

@ [lambiente@ranierieditore.it](mailto:lambiente@ranierieditore.it)

Fotografare la situazione del lago di Como e suggerire azioni per il suo risanamento. Con questi intenti è stata elaborata nel 2005 l'iniziativa del Centro di Cultura Scientifica A.Volta e dell'Istituto di Ricerca sulle Acque del CNR che - grazie al sostegno della Provincia di Como, della Fondazione Provinciale della Comunità Comasca, della Camera di Commercio di Como e di Banca Intesa - ha permesso la nascita di un gruppo di lavoro interdisciplinare composto da ricercatori ed esperti appartenenti sia ad Università e Istituti di ricerca italiani che agli Enti Pubblici preposti alle attività di monitoraggio delle acque del lago.

Nel 2006, dopo aver individuato le principali criticità legate all'ecosistema del lago, il Gruppo ha presentato il "Progetto Plinius": nove proposte di intervento che nel medio - lungo periodo aiutino il processo di risanamento dell'ambiente lariano.

Il progetto *ricambio delle acque superficiali* denominato "Pumping System" è il primo che entra nella fase operativa. Esso si concentra su due aspetti principali:

1. la messa a punto di una azione a breve termine per il risanamento del primo bacino del Lago di Como;
2. lo sviluppo di un modello tridimensionale idrodinamico-ecologico per valutare gli effetti delle azioni intraprese sul primo bacino nel medio e lungo periodo. Il modello ecologico in particolare, permettendo una rappresentazione completa dei cicli del carbonio, dell'ossigeno, dell'azoto, del fosforo e del silicio, potrà essere di supporto alle future decisioni politiche e alle tecnologie da scegliere per armonizzare le strategie a breve termine con le azioni a più lungo respiro volte alla riduzione dei carichi inquinanti.

Il protocollo d'intesa per "Pumping System" prevede un impegno finanziario sul biennio 2006-2007 di 280mila euro a carico del Comune di Como, 100mila della Provincia di Como e 150mila della camera di Commercio. Un ulteriore contributo di 150mila euro verrà dato dalla Fondazione Cariplo.

## Il problema

Lo stato attuale della qualità delle acque nel primo bacino del ramo occidentale del Lago di Como è fortemente influenzato dall'assenza di un emissario naturale, da una forte stratificazione termica estiva e da condizioni di vento generalmente deboli che favoriscono l'accumulo di sostanze nutrienti (quali fosforo e azoto) e di altri inquinanti. Tale situazione conduce all'accumulo dei batteri patogeni provenienti dagli scarichi domestici e alla produzione di abbondanti fioriture algali potenzialmente tossiche. Alcune di queste specie algali (cianobatteri) si aggregano in fitte colonie galleggianti di colore verde brillante riducendo fortemente la trasparenza dell'acqua e producendo, in particolari condizioni ambientali, sostanze dannose per i popolamenti lacustri e per l'uomo note con



**Figura 1** - Fioritura algale del 23 Agosto 2006 nel primo bacino del ramo occidentale del Lago di Como nei pressi di Villa Gallia, sede dell'Amministrazione Provinciale.

il nome di ciano-tossine. Questo comporta una forte riduzione della fruibilità del primo bacino da parte dei cittadini, in particolare compromettendone la balneabilità e l'aspetto estetico.

Per il recupero della qualità delle acque si dovrà pertanto da una parte ridurre l'apporto di nutrienti (strategia a lungo termine) e dall'altra incrementare la circolazione delle acque (strategia a breve termine), generando condizioni ambientali favorevoli allo sviluppo di popolamenti algali non dannosi, al mantenimento di un'elevata produttività dell'ecosistema e al recupero di caratteristiche estetiche migliori delle acque (quali una maggiore trasparenza).

## Il progetto e gli strumenti

L'essenza del progetto consiste nell'impiego di un sistema di miscelazione per ridurre il tempo di ricambio delle acque superficiali del primo bacino sospingendole intorno a 15 -20 metri di profondità, limitando così la presenza di alghe e batteri fecali provenienti dagli scarichi urbani. Scendendo in profondità le acque superficiali si miscelano gradualmente con acque profonde più fredde e quindi più pesanti. Ciò impedisce al flusso di ritornare in superficie per galleggiamento. A tale profondità si prevede una drastica riduzione delle fioriture algali e della carica batterica nelle acque del primo bacino senza determinare retroazioni negative nella restante parte dell'ecosistema poiché la radiazione solare non raggiunge una intensità sufficiente per la crescita del fitoplancton e poiché le condizioni per la crescita dei microrganismi fecali sono sfavorevoli a causa della bassa temperatura dell'acqua.

La sperimentazione prevede l'impiego di un solo miscelatore ed è stata programmata al fine di raccogliere le informazioni necessarie per *verificare il funzionamento del miscelatore nell'ambiente e per validare i risultati ottenuti con il modello ELCOM modificato ad hoc* per l'esperimento pilota allo scopo di simulare l'azione del

miscelatore. Per studiare l'andamento delle correnti del lago, indispensabili per lo svolgimento dell'esperimento e per lo sviluppo dello strumento modellistico, sono state installate due nuove stazioni meteorologiche galleggianti posizionate rispettivamente in Alto Lario e nel ramo di Lecco. Queste due stazioni si sono aggiunte a quella già installata nel novembre 2004 nel ramo occidentale nell'ambito del progetto SimuLake finanziato dall'Istituto Nazionale per la Montagna (IMONT).

I dati acquisiti in campo sono inviati all'IRSA-CNR di Brugherio e da qui trasmessi via Internet al CWR di Perth dove sono elaborati in automatico e resi disponibili sul web al sito: <http://rtm.cwr.uwa.edu.au/olaris/>. Il progetto prevede anche il campionamento delle principali sorgenti di nutrienti e organismi patogeni per la salute umana. In particolare vengono monitorate le sostanze immesse da alcuni fiumi locali (Adda, Mera, Cosia e Breggia) e dagli scarichi dei depuratori esistenti. Questo permetterà di accertare l'importanza delle fonti inquinanti conosciute e nel contempo stimare l'entità di quelle non incluse nei dati storici disponibili. In base ai dati raccolti si potrà poi delineare un piano attuabile per la riduzione dei carichi nel bacino idrografico.

### Gli Strumenti

- **Stazioni meteorologiche LDS** - La stazione LDS (Lake Diagnostic System) è una stazione flottante (Figura 2 e 6) per la misura in tempo reale dei parametri meteorologici e del profilo termico lacustre sulla verticale (dalla superficie al fondo) sviluppata dal Centre for Water Research (CWR) della University of Western Australia (<http://www.cwr.uwa.edu.au>). L'LDS comunica in remoto con una stazione a terra "shore station" alla quale trasmette i parametri misurati che sono successivamente archiviati e riportati sotto forma grafica su pagina web. La stazione è costituita da un piantone di sostegno di circa 8 metri agganciato a un sistema di galleggiamento. Su di esso sono alloggiati i sensori meteorologici per il rilevamento della velocità e direzione del vento, della radiazione solare incidente e netta, della temperatura atmosferica e dell'umidità relativa. Un pannello solare alimenta l'intera strumentazione. La componente subacquea della LDS è completata da una centralina elettronica (data logger) per l'archiviazione e il trasferimento dei dati via GSM e da una catena di termistor per la misura della temperatura lungo la colonna d'acqua dalla superficie al fondo del lago.



**Figura 2** - Stazione LDS a compensazione di livello installata in prossimità del Comune di Gravedona. I dati delle tre stazioni LDS sono elaborati in tempo quasi reale e utilizzati come dati di input per il modello tridimensionale del Lago di Como.

- **Modelli** - I due modelli (ELCOM e CAEDYM) utilizzati nell'ambito del progetto Pumping System sono stati entrambi sviluppati dal CWR.

- ELCOM (*Estuary, Lake and Coastal Ocean Model*) è un modello idrodinamico tridimensionale usato per predire la distribuzione della velocità, della temperatura e della salinità in corpi idrici naturali soggetti a forzanti ambientali esterne quali l'azione del vento, il riscaldamento o il raffreddamento superficiali.

- CAEDYM (*Computational Aquatic Ecosystem Dynamics Model*) è un modello ecologico sviluppato per essere accoppiato a driver idrodinamici. Esso include una rappresentazione completa dei cicli del carbonio, dell'ossigeno, dell'azoto, del fosforo e della silice e può essere configurato al fine di simulare il comportamento delle principali specie fitoplanctoniche e zooplanctoniche. Accoppiato a ELCOM può essere applicato a laghi, serbatoi ed estuari, al fine di riprodurre i principali processi ecologici osservati.

Entrambi i modelli sono stati testati e verificati in diversi laghi, lagune e serbatoi distribuiti in: Stati Uniti, Canada, Messico, Colombia, Venezuela, Brasile, Argentina, Italia (laghi di Pusiano, Como e Fiastra, Lagune di Venezia e di Barbarico), Germania, Grecia, Israele, Giappone, Singapore e Australia. Per un quadro esaustivo sulla applicazione dei due modelli si rimanda al sito del CWR: <http://www.cwr.uwa.edu.au>.

- **Sistema di miscelazione** - Il prototipo del sistema di miscelazione si compone di numerosi elementi, fra cui:

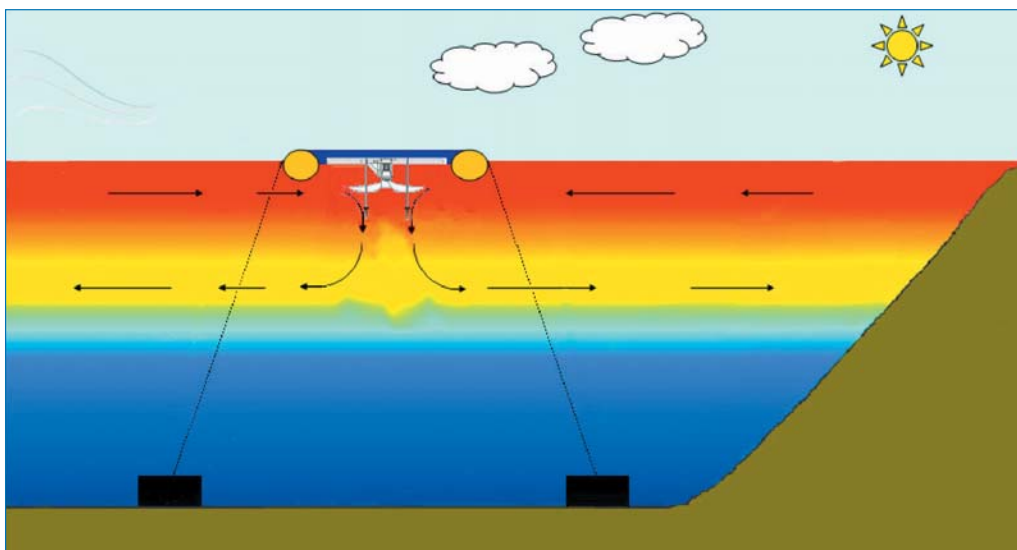
- una zattera di sostegno (Figura 3) formata da vari elementi in alluminio e da 6 moduli di galleggiamento "Rota molded polyethylene" del volume di 550 litri che forniscono una spinta di 3300 kg.



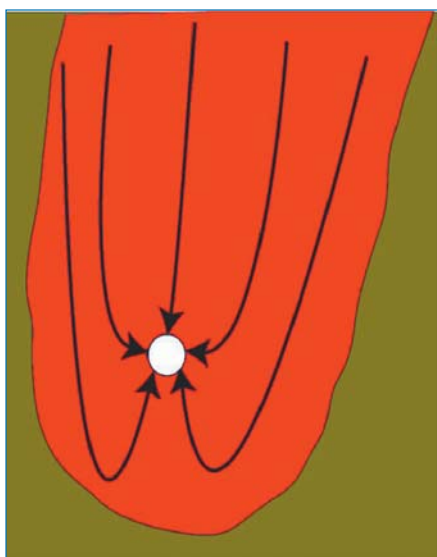
**Figura 3** - Viste della zattera con dettaglio sul miscelatore ITT Flygt e sul gruppo elettrogeno.

- Il miscelatore ITT FLYGT (modello Flow-Maker 4430.010-470) della potenza di 4,6 KW incastonato in una struttura cilindrica di alluminio al centro della zattera. L'elica del miscelatore ha un diametro di 2,5 m ed è collocata a una profondità di circa 1,5 m sotto il pelo dell'acqua. Una volta azionato, il miscelatore spinge l'acqua superficiale a una profondità di circa 20 m sotto il pelo dell'acqua. L'azione del miscelatore è quella di indurre una corrente superficiale, con direzione Nord-Sud e una controcorrente profonda (direzione Sud-Nord) come schematicamente rappresentato nella Figura 4.

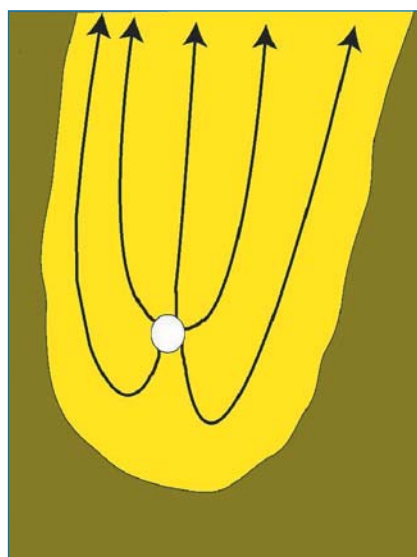
- **Sonda multiparametrica F-Probe**, dotata di sensori per misurare profondità, temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla e torbidità. Per l'esperimento pilota il sensore del pH è stato sostituito da un fluorimetro per la misura della Rhodamina WT (utilizzata per lo studio dei flussi d'acqua indotti dal mixer). Questa sostanza, di colore ros-



**Figura 4a** - Rappresentazione schematica del funzionamento della pompa e del sistema complessivo di miscelamento delle acque.



**Figura 4b** - Direzione delle correnti indotte dalla pompa in superficie.



**Figura 4c** - Direzione delle correnti indotte dalla pompa nel metalimnion.

so-arancione, ha bassa affinità con il materiale sospeso, eccitazione a lunghezza d'onda di 555 nm (luce verde), emissione a lunghezza d'onda 580 nm (luce rossa), è facilmente rilevabile, atossica e stabile nel tempo. La Rodamina infatti, ha una vita media compresa tra 54 e 170 giorni e perciò, nonostante l'assorbimento di energia luminosa, non si decompone nel breve periodo.

## Metodi e Risultati

Il primo passo del progetto Pumping System è stato verificare l'effettivo funzionamento di un miscelatore pilota – in grado di impartire energia meccanica alla colonna - collocato appena sotto la superficie dell'acqua nel primo bacino.

Tecnici della ITT FLYGT e del CWR hanno collaborato per assemblare le diverse componenti del miscelatore pilota e per posizionare il sistema di pompaggio in modo tale che la riva meridionale del lago funzionasse da barriera, mentre le rive occidentali e orientali determinassero un "effetto canalizzazione" del flusso

favorendo il ricambio delle acque superficiali.

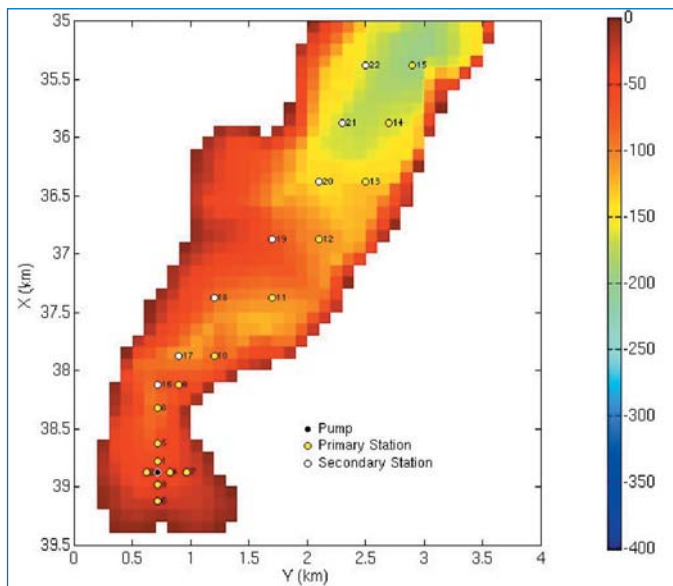
Prima di rilasciare la Rodamina WT nel lago, sono state "fotografate" le condizioni esistenti prima dell'esperimento. Sulla base delle simulazioni ottenute con il modello ELCOM, durante la fase di pianificazione, si sono poi decisi i punti di campionamento (**Figura 5**).

I profili svolti con F-Probe hanno riguardato la colonna d'acqua dalla superficie fino a una profondità di 35 metri, sufficiente per descrivere il decorso verticale dell'intrusione.

Il primo esperimento è stato pianificato al fine di ottenere le informazioni necessarie per la verifica del nuovo modello di simulazione dell'azione del mixer FLYGT. L'esperimento è consistito nel rilascio di 5 litri di Rodamina WT al 20% per un periodo di 3 ore dalla zattera di sostegno. Il tracciante è stato diluito in un fusto e rilasciato per gravità attraverso un tubo dispensatore collocato sulla zattera in corrispondenza del mixer. La Rodamina WT spinta dal miscelatore in profondità e dispersa nel metalimnion è stata, quindi, seguita attraverso il sensore montato su F-Probe. Le misure con F-Probe (profili) sono iniziate a partire dalla stazione 1 (100 metri a Nord del miscelatore) e sono continuate fino a quando è stato possibile rilevare l'intrusione del tracciante (2 giorni e mezzo dopo il rilascio della Rodamina).

I dati dei primi due giorni dell'esperimento hanno messo in evidenza come le acque del Torrente Cosia fossero caratterizzate da un elevato contenuto salino. A causa di ciò sono risultate più pesanti delle acque del lago, comportandone l'intrusione a livello del metalimnion. Per verificare la profondità esatta e il percorso delle acque del Cosia, una delle principali sorgenti inquinanti nel primo bacino, in un secondo esperimento la Rodamina WT è stata rilasciata gradualmente attraverso un diffusore da un ponte in prossimità della foce nell'arco di tre ore. Per ricostruire il profilo del flusso si è utilizzata la sonda F-Probe.

I dati raccolti dalla sonda multiparametrica sono stati elaborati ogni giorno ed inseriti nella pagina web del CWR. Questo ha con-



**Figura 5** - Rappresentazione dei punti di campionamento. Sull'asse delle ascisse e delle ordinate sono riportate le distanze relative tra le varie stazioni. A destra, la scala dei colori rappresenta la profondità.

sentito di seguire l'evoluzione e i progressi della sperimentazione in tempo quasi reale (**Figura 7**).

Durante le attività sperimentali è stato condotto anche un intenso programma di misurazione della qualità delle acque per la loro caratterizzazione chimico-fisica-biologica.

**Risultati**

I **dati sperimentali ottenuti** sono risultati perfettamente in accordo con le simulazioni modellistiche preliminari che sono state quindi validate. Il miscelatore ha, infatti, sifonato l'acqua superficiale da Nord verso la città di Como, mentre in prossimità del metalimnio il flusso si è mosso come un'intrusione diretta verso Nord (alla profondità di galleggiamento neutro). L'esperimento ha inoltre confermato che il flusso superficiale viene sospinto a una profondità compresa tra 15 e 20 metri (**Figura 7**).

**Gli Sponsor**

- Francesco Cattaneo, Assessore Ecologia e Ambiente della Provincia di Como
- Stefano Bruni, Sindaco di Como
- Paolo de Santis, Presidente Camera di Commercio di Como
- Giuseppe Guzzetti, Presidente Fondazione Cariplo
- Franco Tieghi, Presidente della Fondazione Provinciale della Comunità Comasca

**Il Gruppo di Lavoro Internazionale**

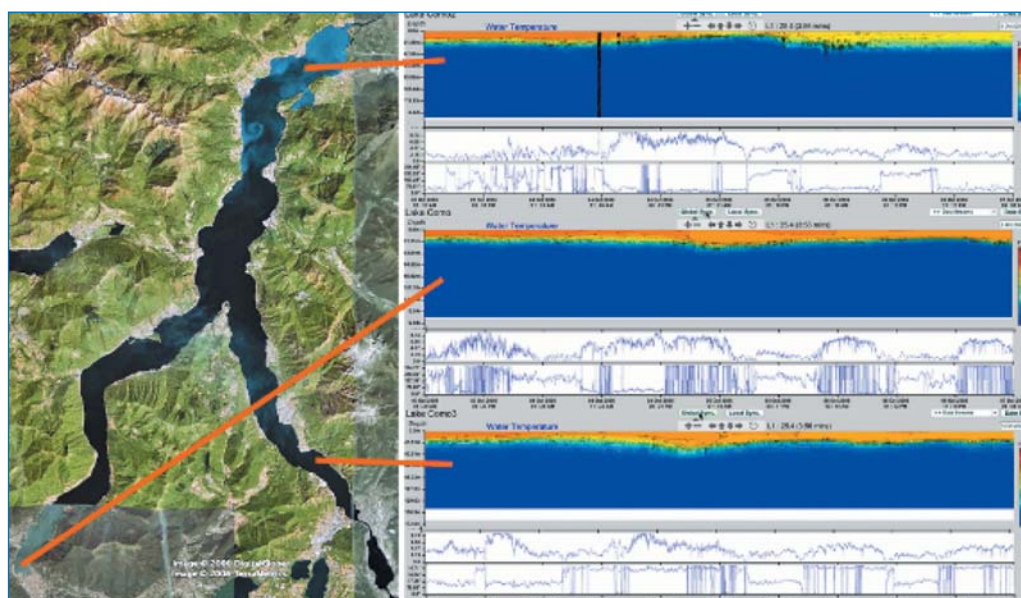
- Jorg Imbergerr, Direzione Scientifica CWR
- Diego Copetti, Piano di monitoraggio delle acque - Responsabile Scientifico CNR -IRSA
- Gianni Tartari, Direzione Scientifica CNR -IRSA
- Elena Legnani, Responsabile misure analitiche di qualità delle acque CNR-IRSA
- Chris Dallimore, Sviluppo del modello idrodinamico, Responsabile Scientifico CWR
- Greg Attwater, Responsabile delle operazioni da campo CWR
- Michael McCarthy, Realizzazione della struttura portante del miscelatore e consulenza tecnica
- Sheree Feaver, Vice Direttore CWR e Responsabile sviluppo progetti CWR
- Margherita Canepa, Responsabile Settore Ambiente Centro Volta, Como - Coordinamento territoriale per lo sviluppo dell'esperimento
- Sabrina Zaffaroni, Assistente coordinamento per lo sviluppo dei progetti, Settore Ambiente Centro Volta
- Gianfranco Iacometti, ITT Flygt Italia, supervisione tecnica miscelatore

**Alla fase sperimentale hanno partecipato inoltre degli**

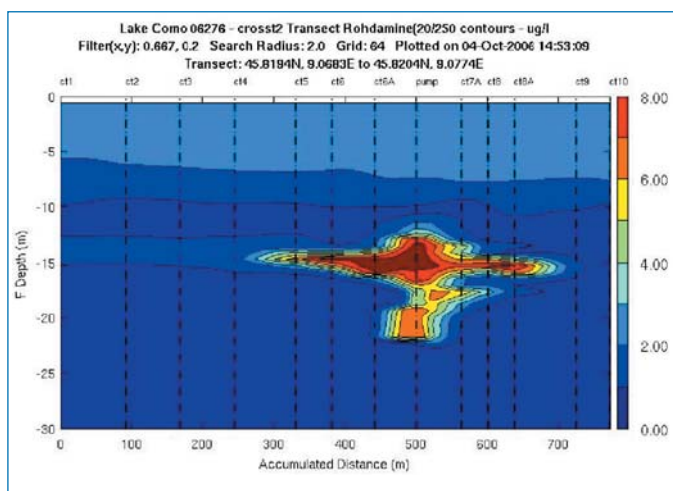
- Osservatori esterni invitati per loro specifiche competenze:
- William Reed Green, esperto di qualità delle acque e fitoplancton, USGS Arkansas Water Science Center (USA)
- Koser Ali Jukkerwala, supporto elaborazione dati modello idrodinamico, IIT Bombay (India)
- Stefano Gabelli, supporto allo sviluppo dei sistemi decisionali, Politecnico di Milano
- Zbigniew Chzarnota, Direttore Settore Ricerca ITT Flygt

**Supervisore del Gruppo di Ricerca**

- Giulio Casati, Coordinatore Scientifico del Centro Volta



**Figura 6** - Profili dei dati forniti dalle tre stazioni LDS collocate a Lecco, Gravedona e Blevio nel periodo dell'esperimento. Il primo profilo a colori rappresenta la temperatura dell'acqua alle varie profondità. Il secondo profilo rappresenta l'evoluzione della velocità del vento. Infine nel terzo profilo sono rappresentati i dati relativi alla direzione del vento. Per una visualizzazione dei dati in tempo reale si veda <http://rtm.cwr.uwa.edu.au/olaris/>.



**Figura 7** - Rappresentazione della profondità di intrusione della Rodamina tra 15 e 20 m, ottenuta dalle misure con la sonda F-Probe, dopo 10 ore dal rilascio. In ordinata sono rappresentate le profondità e in ascissa la distribuzione del tracciante lungo la sezione Sud (Como) - Nord (direzione Centro Lago), da sinistra a destra. Sulla destra è rappresentata la scala dei colori a indicare la concentrazione del tracciante in ug/L; con il rosso vivo è indicata la massima soglia di rilevabilità del tracciante e con il blu scuro il valore di fondo.

Nonostante il flusso verticale direttamente indotto dal mixer sia di circa  $2 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , il flusso all'intrusione, a causa del richiamo di acqua durante il tragitto, sale a circa  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  pari a circa 25 volte la portata media del Torrente Cosia.

I dati sperimentali sono risultati essere ancora più promettenti delle simulazioni modellistiche attraverso le quali il flusso atteso all'intrusione era stato stimato intorno ai  $20 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Ciò ci consente di ipotizzare che i tempi necessari per ricambiare i primi 5 metri dello strato superficiale del primo bacino variano da 10 a 2-3 giorni a seconda che il sistema di miscelazione complessivo sia composto da 1 o da 6 miscelatori. L'assetto definitivo del sistema di miscelazione sarà definito in funzione del regime delle entrate, degli scambi con la restante parte del lago e delle cinetiche dei processi chimico-biologici nella colonna d'acqua.

## Il futuro

Conclusa la fase sperimentale, con la conferma dell'efficacia del mixer, il progetto Pumping System prevede una serie di ulteriori azioni. Innanzi tutto, saranno completate le analisi sui campioni prelevati durante l'esperimento pilota per il controllo della qualità delle acque. È prevista, altresì, un'analisi delle sorgenti inquinanti e la valutazione dei carichi di nutrienti grazie anche all'installazione di idrometri sui torrenti Cosia e Breggia. Ciò consentirà di realizzare lo studio per la riduzione dei carichi da bacino. Parallelamente le stazioni LDS forniranno in continuo i dati per la validazione del modello idrodinamico ELCOM e i nuovi dati sperimentali chimico-biologici saranno utilizzati per la calibrazione del modello ecologico CAEDYM. Questa fase di implementazione modellistica consentirà di valutare la risposta del lago ai potenziali interventi.

In base a tutti i dati raccolti sarà infine possibile progettare il sistema di miscelazione più adeguato a risolvere le criticità del primo bacino del ramo occidentale del Lago di Como. ■