

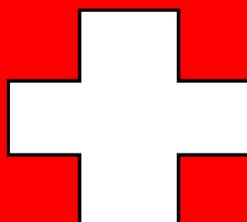
Commissione internazionale
per la protezione delle acque italo-svizzere

**Lago di Lugano: indagine sulle sostanze pericolose
Microinquinanti nelle acque del lago**

Programma triennale 2016 - 2018
Campagna 2017

a cura di Nicola Solcà

Bellinzona 2018



Commissione internazionale per la
protezione delle acque italo-svizzere

**Lago di Lugano:
indagine sulle sostanze pericolose
Microinquinanti nelle acque del lago**

Programma triennale 2016-2018

Campagna 2017

a cura di Nicola Solcà

Bellinzona 2018

Indice

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introduzione | 7 |
| 2 | Punti e modalità di prelievo | 9 |
| 3 | Parametri considerati, gestione dei campioni e analitica | 10 |
| 4 | Risultati e discussione | 14 |
| 4.1 | Caratteristiche delle acque lacustri considerate | 14 |
| 4.2 | Microinquinanti | 15 |
| 4.3 | Qualità delle acque del lago e rischio per gli organismi acquatici..... | 20 |
| 5 | Conclusioni | 24 |
| 6 | Bibliografia | 24 |
| 7 | Allegati | 27 |

Microinquinanti nelle acque del Lago di Lugano

(Nicola Solcà¹, Antonio Pessina¹, Giuseppe Ranieri¹, Andreas Bruder²)

1 - Sezione della protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo, Bellinzona

2 - Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana, DACD, LMA, Bellinzona

1 Introduzione

Nei paesi industrializzati vengono prodotti, trasformati e utilizzati giornalmente decine di migliaia di preparati chimici e diversi di essi possono rappresentare un problema per le acque superficiali o sotterranee. Mentre negli ultimi decenni la qualità delle acque svizzere è notevolmente migliorata, soprattutto grazie alla buona qualità degli impianti per la gestione e lo smaltimento delle acque urbane, resta al momento irrisolto il problema dell'immissione di sostanze organiche – i microinquinanti – in tracce (Gälli et al., 2009; a-Wittmer et al., 2014). Tali microinquinanti possono essere presenti in grande varietà e in concentrazioni molto limitate nelle acque di fiumi e laghi, nei pesci e in altri comparti ambientali (Monteiro et al., 2010). I loro effetti negativi si possono manifestare, secondo le più avanzate conoscenze ecotossicologiche peraltro in continua evoluzione, a partire da pochi ng/l fino a diverse decine di µg/l (Langer et al., 2017, Oekotoxzentrum, 2018). Anche le vie e le dinamiche di immissione nell'ambiente sono molto variegata. Per esempio, queste sostanze contaminano le acque sia attraverso gli impianti di depurazione delle acque reflue (IDA) che attraverso le emissioni diffuse, causate ad esempio da pratiche agricole non ottimali (Monteiro et al., 2010; a-Wittmer et al., 2014; Braun et al., 2015; Doppler et al., 2017).

La presenza di microinquinanti organici nelle acque ha attirato negli scorsi anni l'attenzione della Commissione internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere (CIPAIS). Le indagini sulle sostanze pericolose 2013 e 2014 nel lago Ceresio sono state incentrate verso la ricerca e la quantificazione di microinquinanti nelle acque di 8 corsi d'acqua -Bolletta, Cassarate, Cuccio, Laveggio, Livone, Magliasina, Scairolo e Vedeggio- e di quattro diversi punti del lago (CIPAIS, 2014; CIPAIS, 2015). In ragione della sua particolare struttura morfologica il lago di Lugano risulta suddiviso in tre sottobacini, di cui quello terminale (Ponte Tresa) di dimensioni molto ridotte (Tabella 1). La maggiore popolazione insediata nel bacino sud e il volume minore rispetto al bacino nord implicano un carico di microinquinanti maggiore nel bacino sud, sul quale gravano tramite l'IDA di Bioggio e il fiume Vedeggio le acque reflue della città di Lugano e alle quali, da inizio 2017, si aggiungono anche i reflui precedentemente trattati dall'impianto dismesso del Consorzio depurazione acque del Medio Cassarate.

Tabella 1: Caratteristiche principali dei bacini del lago Ceresio (Lepori et al., 2017).

| BACINO: | | NORD | SUD | P. TRESA |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|----------|
| Area bacino imbrifero | km ² | 269.7 | 290.3 | 5.6 |
| Area bacino lacustre | km ² | 27.5 | 20.3 | 1.1 |
| Area bacini a monte | km ² | - | 297.2 | 607.8 |
| Area totale bacino imbrifero | km ² | 297.2 | 607.8 | 614.5 |
| Volume bacino lacustre | km ³ | 4.69 | 1.14 | 0.03 |
| Deflusso annuo emissario | km ³ | 0.38 | 0.77 | 0.78 |
| Tempo teorico di ricambio | anni | 12.3 | 1.4 | 0.04 |
| Profondità media | m | 171 | 55 | 33 |
| Profondità massima | m | 288 | 95 | 50 |

Confermando le attese, i risultati delle precedenti campagne CIP AIS hanno mostrato delle criticità, illustrate nella Figura 1, soprattutto per i corsi d'acqua sottoposti a una maggiore pressione antropica e con una minore diluizione delle acque di scarico degli IDA (CIP AIS, 2014). Viste le peculiarità del Ceresio, si è potuta constatare la presenza di quantità crescenti di microinquinanti lungo l'asse del lago da est verso ovest e nel bacino sud in particolare (CIP AIS, 2015). Alla luce delle concentrazioni rinvenute e dei criteri ecotossicologici disponibili, la sostanza più critica è risultata essere il Diclofenac. Le concentrazioni medie osservate per questo analgesico sono state riprese per classificare la qualità delle acque (Figura 1).

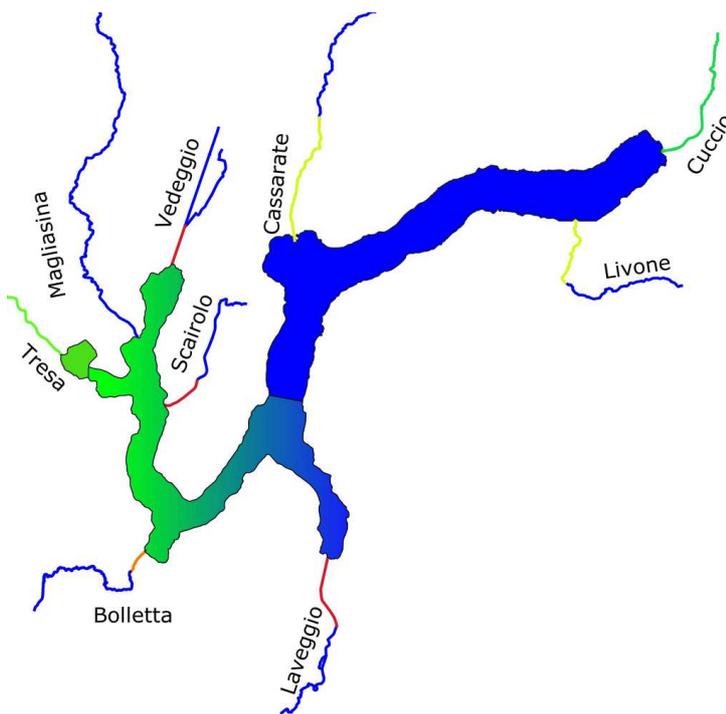


Figura 1:

Visione d'insieme della qualità delle acque del Lago Ceresio e dei suoi immissari in relazione al tema dei microinquinanti. I colori indicano una qualità molto buona (blu), buona (verde), mediocre (giallo), insoddisfacente (arancio) e cattiva (rosso).

I risultati sono stati calcolati o estrapolati sulla base delle concentrazioni medie di Diclofenac emerse nelle campagne 2013 e 2014 della CIP AIS, utilizzando la metodoligia di classificazione riportata nella referenza Göt z et al., 2010.

Da notare come, per alcune sostanze, i criteri di qualità ecotossicologica delle acque superficiali pubblicati dall'Oekotoxzentrum siano stati rivisti in maniera più restrittiva dopo la pubblicazione dei rapporti CIP AIS all'origine di questa figura.

Il carico di sostanze nutrienti e di inquinanti veicolati verso il Ceresio proviene da fonti antropiche (85%), industriali (10%) ed agricole (5%). Presumibilmente proprio in ragione del limitato apporto dall'agricoltura e nonostante un grande numero di principi attivi fitosanitari e biocidi (82) ricercati nelle campagne precedenti, i quantitativi di tali microinquinanti sono risultati molto limitati sia negli immissari che in tutte le zone del lago (CIP AIS, 2014; CIP AIS, 2015). Nonostante sarebbe necessario confermare questa conclusione per gli immissari adattando la strategia di campionamento per meglio verificare la qualità delle acque a seguito di intense precipitazioni e dei relativi processi di dilavamento (b-Wittmer et al., 2014; Doppler et al., 2017), è possibile affermare che i principi attivi di biocidi e fitosanitari rappresentano un problema minore per la qualità delle acque del lago di Lugano e dei suoi tributari (Müller, 2008; CIP AIS, 2014; CIP AIS, 2015). Al contrario, piccoli corsi d'acqua in zone maggiormente votate all'agricoltura rivelano concentrazioni troppo elevate di diversi pesticidi (b-Wittmer et al., 2014; Braun et al., 2015; Doppler et al., 2017).

Questo studio mira ad ampliare le conoscenze relative alla presenza di microinquinanti idrosolubili nelle acque del lago di Lugano. Rispetto alla campagna di misurazione del 2014, è stata da un lato mantenuta la medesima strategia di campionamento e dall'altro adattata la scelta delle sostanze indagate. È stata in particolare abbandonata la ricerca di sostanze la cui presenza si è dimostrata solo sporadica o priva di significato (biocidi e fitosanitari, alcuni gruppi di farmaci). In sostituzione, è stata promossa la ricerca di nuove sostanze non ancora o solo parzialmente studiate, come i mezzi di contrasto iodurati e diverse sostanze endocrine o complessanti. Per i parametri già analizzati in precedenza, i risultati permettono di esplorare per la prima volta le tendenze nel

tempo, verificando anche per il Ceresio l'esistenza dei trend in atto o previsti per altri importanti laghi svizzeri (Longrée et al., 2011; Ortelli et al., 2011; IGKB 2011; Götz et al., 2013; Moschet et al., 2013).

Da ultimo, è utile ricordare che la Svizzera ha lanciato un vasto programma di lotta alla presenza di microinquinanti nelle acque, che dovrebbe portare nel medio termine alla risoluzione delle problematiche riscontrabili oggi sul territorio. Per ridurre le emissioni continue dagli IDA, nel 2014 il Parlamento ha approvato la proposta del Consiglio federale di un finanziamento su scala nazionale di 1.2 miliardi di franchi mirato a potenziare circa 120 impianti. La legge sulla protezione delle acque è stata modificata di conseguenza e, in base al principio di causalità, è stata introdotta a partire dal 2016 una tassa nazionale di 9 CHF per abitante allacciato permanente (LPAC, 2017). Sulla base di criteri federali e cantonali, sono stati individuati gli impianti da potenziare in Ticino. Si tratta degli IDA di Bioggio (scarico nel Vedeggio), di Mendrisio-Rancate (scarico nel Laveggio), di Barbengo (scarico nello Scairolo) e di Vacallo (scarico nel Breggia). Grazie all'adozione di trattamenti mirati alla gestione dei microinquinanti, il potenziamento degli IDA citati rappresenterà un passo decisivo verso la risoluzione delle criticità ambientali esistenti per i fiumi Vedeggio, Laveggio e Scairolo e illustrate nella Figura 1 (Abegglen et al., 2012).

Per contrastare l'emissione di microinquinanti provenienti da fonti diffuse, particolarmente impattanti sui corsi d'acqua di piccole dimensioni ma che appaiono meno rilevanti per il lago Ceresio ed i suoi immissari, sono invece previste misure differenziate, tutt'ora in discussione a diversi livelli. In relazione ai prodotti fitosanitari è stato recentemente adottato uno specifico piano d'azione federale che prevede la riduzione del 50 per cento dei rischi connessi a questi prodotti in un orizzonte temporale di circa 10 anni. Le diverse misure proposte includono la diminuzione dell'impiego alla fonte e la limitazione degli impatti, in particolare quelli sulle acque superficiali, al di fuori delle particelle trattate (CF, 2017).

2 Punti e modalità di prelievo

I campioni d'acqua sono stati prelevati in quattro punti del lago Ceresio, situati lungo l'asse di deflusso delle acque (Figura 2): uno nel bacino nord, due nel bacino sud, ed uno nel bacino di Ponte Tresa. L'ubicazione dei punti di prelievo, gli stessi della campagna CIP AIS del 2014, selezionati per coprire l'eterogeneità morfologica e idrologica del lago e il gradiente di influenza antropica, è riportata nella Tabella 2 (CIP AIS, 2015). I campionamenti sono stati ripartiti durante l'anno ed eseguiti nei mesi di marzo (giorno 20), giugno (giorno 19), settembre (giorno 18) e dicembre (giorno 18).

Tabella 2: Lago di Lugano: profondità massima (prof. max) e coordinate delle stazioni di prelievo.

| Stazione | Prof. max (m) | Longitudine | | Latitudine | |
|-------------|---------------|-------------|--------|---------------|----------------|
| | | CH | WGS84 | CH | WGS84 |
| Gandria | 286 | 722 219 | 96 234 | 9° 00' 56.35" | 46° 00' 23.77" |
| Melide | 85 | 717 735 | 88 919 | 8° 57' 24.44" | 45° 56' 29.79" |
| Figino | 93 | 712 855 | 90 653 | 8° 53' 39.45" | 45° 57' 28.93" |
| Ponte Tresa | 50 | 710 750 | 91 500 | 8° 52' 02.43" | 45° 57' 57.58" |

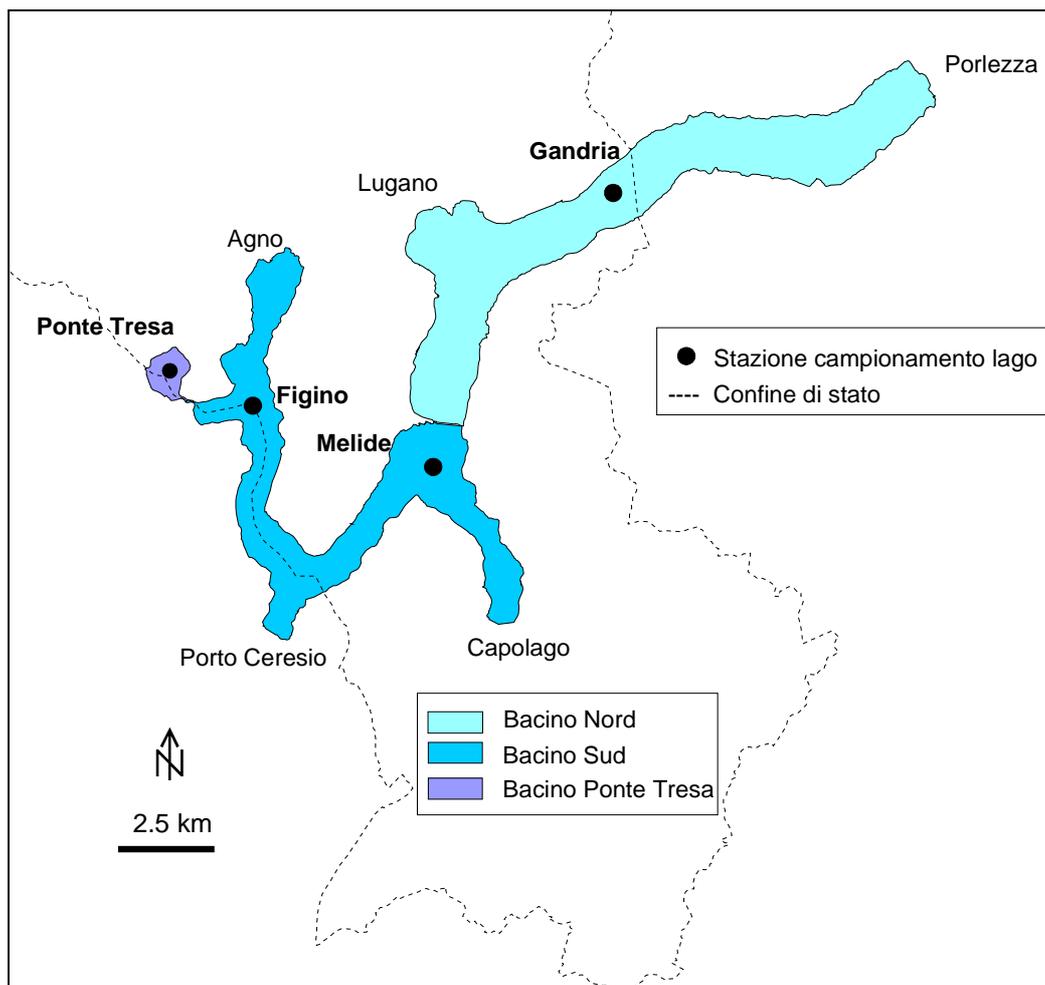


Figura 2: Lago di Lugano con l'indicazione delle quattro stazioni di campionamento presso Gandria, Melide, Figino e Ponte Tresa nonché dei tre sottobacini (Nord, Sud, Ponte Tresa).

Tenuto conto della possibile variabilità delle condizioni chimico-fisiche lungo la colonna d'acqua, in ogni stazione sono stati prelevati due campioni: uno nell'epilimnio ed uno nell'ipolimnio. Per il campione epilimnico è stato utilizzato un campionatore integrale, che raccoglie l'acqua in continuo da 20 m di profondità fino in superficie (campione 0-20 m; ditta Züllig AG, Rheineck, CH), mentre il campione ipolimnico è stato prelevato tramite un campionatore da 5 l con chiusura a distanza (modello PWS, della ditta Hydrobios, Kiel, D) alla profondità di 50 m in tutte le stazioni tranne che a Ponte Tresa, dove si è proceduto con prelievi a 40 m.

3 Parametri considerati, gestione dei campioni e analitica

Unitamente alla raccolta dei campioni d'acqua, in occasione dei campionamenti sono stati rilevati sul posto diversi parametri lungo l'intera colonna d'acqua tramite una sonda multiparametrica CTD (Ocean Seven 316plus, Ditta Idronaut, Brugherio, I), che ha registrato tra gli altri i valori fisico-chimici di temperatura, pH, conducibilità elettrica e ossigeno disciolto. L'impianto utilizzato è raffigurato nella Figura 3.

Figura 3:

Immagine della sonda multiparametrica CTD sul natante impiegato per i prelievi e le relative misurazioni della colonna d'acqua.



I campioni d'acqua, raccolti in apposite bottiglie in vetro scuro, sono stati stoccati provvisoriamente a 4°C e trasportati successivamente nelle stesse condizioni per la consegna all'istituto incaricato delle analisi dei microinquinanti, il *Technologie Zentrum Wasser* (TZW) di Karlsruhe (Germania). Il programma analitico ha previsto l'indagine di 63 sostanze microinquinanti, che è possibile suddividere per classe di appartenenza come segue:

- Benzotriazoli (Bz, 3 sostanze)
- Farmaci (Fa, 41 sostanze, di cui un prodotto di trasformazione)
- Complessanti (Co, 6 sostanze)
- Ormoni steroidei (Os, 6 sostanze)
- Alchilfenoli (AF, 3 sostanze)
- Dolcificanti (Do, 4 sostanze)

Da notare come la maggior parte di esse siano contenute all'interno di prodotti di uso corrente (Tabella 3), con possibili limitazioni di concentrazione o d'uso in funzione del caso.

Tabella 3: Lista delle 63 sostanze ricercate, divise per categoria: Bz: Benzotriazoli, Co: Complessanti, Fa: Farmaci, Os: Ormoni steroidei, AF: Alchilfenoli e Do: Dolcificanti. Sono inoltre riportate per ogni sostanza le classi di appartenenza e i principali campi di applicazione.

| Cat. | Sostanza | Classe | Applicazioni |
|------|--|----------------------|--|
| Bz | Benzotriazol (Benzotriazolo) | Anti-corrosivo | Protezione di metalli (in particolare rame e sue leghe), prodotti chimici di uso domestico |
| Bz | 4-Methylbenzotriazol (4-Metilbenzotriazolo) | Anti-corrosivo | Protezione di metalli (in particolare rame e sue leghe), prodotti chimici di uso domestico |
| Bz | 5-Methylbenzotriazol (5-Metilbenzotriazolo) | Anti-corrosivo | Protezione di metalli (in particolare rame e sue leghe), prodotti chimici di uso domestico |
| Co | NTA | Legante tetradentato | Complessazione degli ioni Ca(II), Cu(II) e Fe(III) |
| Co | EDTA | Legante esadentato | Complessazione degli ioni dei metalli pesanti, di Ca(II) e Mg(II) |
| Co | DTPA | Legante ottadentato | Agente chelante per Ca(II) e Mg(II) nei prodotti cosmetici, complessante e sequestrante di metalli ed elementi di transizione per diverse applicazioni |
| Co | PDTA | Legante esadentato | Agente chelante dagli svariati utilizzi |
| Co | ADA | Legante pentadentato | Agente chelante presente nei cosmetici, nei detersivi, nella polpa di cellulosa (produzione di carta) ed utilizzato nell'addolcimento delle acque e in galvanostegia |

| Cat. | Sostanza | Classe | Applicazioni |
|------|--|---|--|
| Co | MGDA | Legante pentadentato | Agente chelante presente nei cosmetici, nei detersivi, nella polpa di cellulosa (produzione di carta) ed utilizzato nell'addolcimento delle acque e in galvanostegia |
| Fa | 10,11-Diidro-10,11-diidrossicarbamazepina | Antiepilettico (metabolita della Oxcarbazepina) | Trattamento dell'epilessia e del disturbo bipolare |
| Fa | Acido diatrizoico | Mezzo di contrasto iodurato | Esami radiologici dei tratti urinario e gastrointestinale |
| Fa | Iohexol (Ioexolo) | Mezzo di contrasto iodurato | Angiografia, flebografia, urografia, splenoportografia, isterosalpingografia, artrografia, mielografia e visualizzazione del tratto gastrointestinale |
| Fa | Iomeprol (Iomeprolo) | Mezzo di contrasto iodurato | Uografia, flebografia, tomografia computerizzata, cavernosografia, angiografia, artrografia, scialografia, mielografia, galattografia e colangiografia |
| Fa | Iopamidol (Iopamidolo) | Mezzo di contrasto iodurato | Angiografia, urografia, tomografia computerizzata |
| Fa | Iopromid (Iopromide) | Mezzo di contrasto iodurato | Angiografia, urografia, tomografia computerizzata |
| Fa | Iotalaminsäure (Acido iotalamico) | Mezzo di contrasto iodurato | Urografia endovenosa, angiografia cerebrale, arteriografia periferica e flebografia, colangiografia intraoperatoria, T.A.C. |
| Fa | Ioxaglinsäure (Acido iossaglico) | Mezzo di contrasto iodurato | Angiografia, flebografia, urografia |
| Fa | Ioxithalaminsäure (Acido iossitalamico) | Mezzo di contrasto iodurato | Esami radiologici del tratto gastrointestinale |
| Fa | Cetirizin (Cettrizina) | Antistaminico | Trattamento delle allergie |
| Fa | Gabapentin | Antiepilettico | Dolori neuropatici, nevralgie postherpetiche, epilessia |
| Fa | Hydrochlorothiazid (Idroclorotiazide) | Diuretico | Trattamento di insufficienza cardiaca, di insufficienza renale, di cirrosi epatica e di ipercalcemia |
| Fa | Lamotrigin (Lamotrigina) | Antiepilettico | Trattamento dell'epilessia e del disturbo bipolare |
| Fa | Oxazepam | Psicofarmaco | Trattamento del disturbo d'ansia, dell'insonnia e della crisi di astinenza da alcool |
| Fa | Primidon (Primidone) | Antiepilettico e anticonvulsivante | Trattamento dell'epilessia e del tremore essenziale |
| Fa | Benzafibrat (Benzafibrato) | Ipolipidizzante fibrato | Cura dell'iperlipidemia combinata |
| Fa | Clofibrinsäure (Acido clofibrico) | Ipolipidizzante fibrato | Riduzione dei livelli plasmatici elevati di trigliceridi |
| Fa | Etofibrat (Etofibrato) | Ipolipidizzante fibrato | Cura del livello alto di colesterolo |
| Fa | Fenofibrat (Fenofibrato) | Ipolipidizzante fibrato | Riduzione dei livelli plasmatici elevati di trigliceridi |
| Fa | Fenofibrinsäure (Acido fenofibrico) | Ipolipidizzante fibrato | Riduzione dei livelli di lipidi nel sangue |
| Fa | Fenoprofen (Fenoprofene) | Anti-infiammatorio non steroideo | Trattamento di dolori moderati (mal di denti, dolori mestruali, artrosi, etc.) |
| Fa | Gemfibrozil | Ipolipidizzante fibrato | Cura della ipertrigliceridemia |
| Fa | Indomethacin (Indometacina) | Anti-infiammatorio non steroideo | Cura delle patologie infiammatorie croniche dolorose (artrosi, artrite reumatoide) |
| Fa | Azithromycin (Azitromicina) | Antibiotici macrolidi | Cura di gastroenteriti, febbre tifoide, bronchiti e sinusiti |
| Fa | Carbamazepin (Carbamazepina) | Dibenzazepine | Casi di epilessia e disturbo bipolare |
| Fa | Clarithromycin (Clarithromicina) | Antibiotici macrolidi | Cura di infezioni respiratorie, della pelle e della malattia di Lyme. Anche contro l'Helicobacter pylori |
| Fa | Dehydrato-Erythromycin A (Eritromicina A deidrato) | Antibiotici macrolidi | Vasto spettro d'azione, in particolare nella cura dei processi infettivi a carico delle vie aeree, della cute e dei tessuti molli |
| Fa | Diazepam (Diazepam) | Benzodiazepine | Casi di ansia, attacchi di panico, insonnia e depressione |

| Cat. | Sostanza | Classe | Applicazioni |
|------|--|---------------------------------|--|
| Fa | Diclofenac | Anti-infiammatori non steroidei | Contro dolori e febbre |
| Fa | Ibuprofen (Ibuprofene) | Anti-infiammatori non steroidei | Contro dolori e febbre |
| Fa | Ketoprofen (Ketoprofene) | Anti-infiammatori non steroidei | Contro dolori e febbre |
| Fa | Naproxen (Naproxene) | Anti-infiammatori non steroidei | Contro dolori e febbre |
| Fa | Paracetamol (Paracetamolo) | Analgesici non oppioidi | Contro dolori e febbre |
| Fa | Pentoxifyllin (Pentossifillina) | Derivati xantini | Cura della claudicatio intermittens |
| Fa | Roxithromycin (Roxitromicina) | Antibiotici macrolidi | Cura delle affezioni respiratorie, broncopolmonari, otorinolaringoiatriche, cutanee e genitali |
| Fa | Sulfadiazin (Sulfadiazina) | Antibiotici sulfamidici | Impiego in caso di febbre reumatica e toxoplasmosi |
| Fa | Sulfadimidin (Sulfadimidina) | Antibiotici sulfamidici | n/a (principio attivo degli antibiotici sulfamidici) |
| Fa | Sulfamerazin (Sulfamerazina) | Antibiotici sulfamidici | Impiego in medicina veterinaria |
| Fa | Sulfamethoxazol (Sulfametossazolo) | Antibiotici sulfamidici | Cura delle infezioni delle vie urinarie |
| Fa | Sulfapyridin (Sulfapiridina) | Antibiotici sulfamidici | Cura delle infezioni dermatologiche |
| Fa | Trimethoprim (Trimetoprim) | Antibiotici batteriostatici | Utilizzo nel caso di infezioni delle vie urinarie |
| Os | 17-beta-Estradiol (17-beta-Estradiolo) | Ormone estrogeno | Contrasto ai sintomi della menopausa |
| Os | Estron (Estrone) | Ormone estrogeno | Somministrazione in caso di squilibrio nella secrezione degli estrogeni |
| Os | Estriol (Estriolo) | Ormone estrogeno | Utilizzo contro i sintomi della menopausa |
| Os | 17-alpha-Ethinylestradiol (17-alfa-etinilestradiolo) | Ormone estrogeno | Utilizzo come anti-concezionale |
| Os | Mestranol (Mestranolo) | Ormone estrogeno | Utilizzo come anti-concezionale e nella terapia ormonale sostitutiva |
| Os | Norethisteron (Noretisterone) | Ormone progestinico | Trattamento della sindrome premestruale, di dolori o emorragie e nella stabilizzazione del ciclo mestruale |
| AF | 4-tert-Oktylphenol (4-tert-Ottilfenolo) | Perturbatore endocrino | Produzione industriale di resine fenoliche |
| AF | 4-iso-Nonylphenol (4-iso-Nonilfenolo) | Perturbatore endocrino | Produzione di tensioattivi |
| AF | Bisphenol A (Bisfenolo A) | Perturbatore endocrino | Produzione di plastiche e dei suoi derivati |
| Do | Acesulfam (Acesulfame) | Edulcorante artificiale | Utilizzo nei dolci da forno, nelle bibite gassate e nei prodotti a lunga conservazione |
| Do | Cyclamat (Ciclamato) | Edulcorante artificiale | Utilizzo negli sciroppi e nei prodotti per diabetici |
| Do | Saccharin (Saccharina) | Edulcorante artificiale | Utilizzo con possibili applicazioni molto diversificate |
| Do | Sucralose (Sucralosio) | Edulcorante artificiale | Utilizzo nei dolci da forno e nei prodotti lunga conservazione |

Per le sostanze delle categorie dei Farmaci, dei Benzotriazoli e dei Dolcificanti, gli analiti sono stati estratti su fase solida (SPE) per essere successivamente quantificati tramite cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) e rilevazione selettiva con spettrometria di massa in tandem (MS/MS). Complessanti, Ormoni steroidei e Alchilfenoli, dopo estrazione su SPE, sono stati invece sottoposti a derivatizzazione e analizzati per gascromatografia con spettrometria di massa (MS). I limiti di quantificazione, escludendo i complessanti, sono compresi tra 0.1 e 50 ng/l come indicato nella

Tabella 4 in allegato. Per quest'ultima categoria la sensibilità analitica è più limitata, con limiti di quantificazione compresi tra 0.5 e 1 µg/l.

4 Risultati e discussione

4.1 Caratteristiche delle acque lacustri considerate

Le caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua lacustre nelle quattro stazioni e nei differenti momenti di prelievo sono illustrate, utilizzando i profili della temperatura e dell'ossigeno disciolto, nella Figura 4. I profili mostrano la dinamica tipica della zona pelagica in tutti bacini nel corso dell'anno. Emergono in particolare le conseguenze della circolazione ad inizio anno nei profili di marzo, con una temperatura omogenea su una grande parte del profilo e delle concentrazioni elevate di ossigeno in profondità. Per contro, durante la stagione estiva i dati mostrano gli effetti della stratificazione con una termoclina evidente e, di conseguenza, uno scambio verticale delle acque ridotto. I dati di dicembre mostrano l'inizio della circolazione invernale, progredito al momento dell'ultimo prelievo fino a una profondità inferiore a quella del campione ipolimnico, ovvero di circa 35 m a Gandria e Melide, 30 m a Figino e 25 m nel bacino di Ponte Tresa.

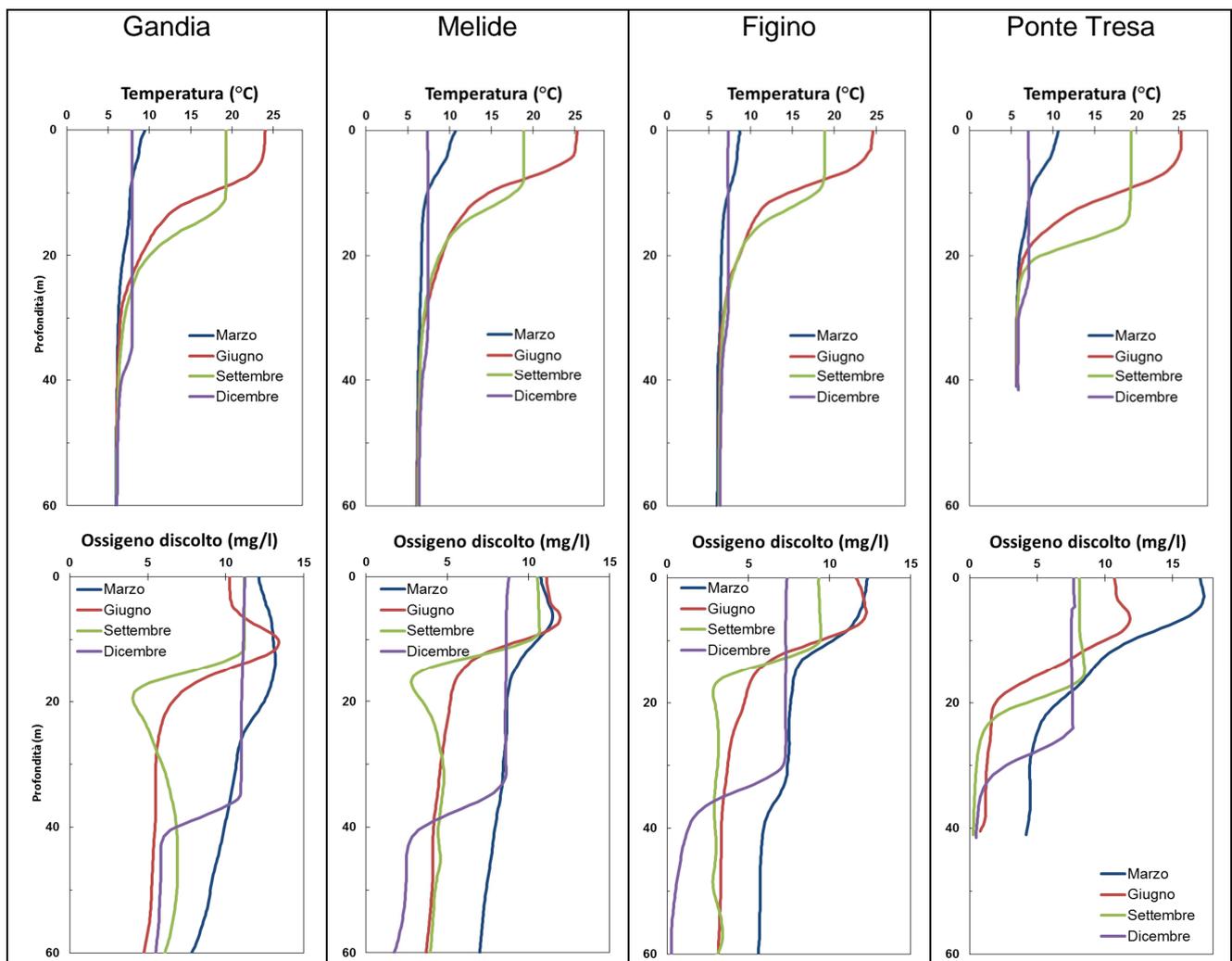


Figura 4: Temperatura e tenore di ossigeno disciolto ottenuti con sonda multiparametrica in funzione della profondità dalle quattro stazioni di campionamento e nei quattro diversi momenti di prelievo del 2017.

I dati mostrano pertanto, in relazione ai due campioni per luogo di raccolta considerati in questo studio, delle condizioni di prelievo durante marzo appena susseguenti a un rimescolamento verticale invernale completo delle acque fino a oltre 50m. Per contro, durante i mesi di giugno, settembre e dicembre 2017 e per tutti i quattro punti di prelievo, i campioni raccolti dalla colonna d'acqua superficiale possono essere chiaramente considerati differenti da quelli prelevati in profondità.

4.2 Microinquinanti

La Tabella 4 in allegato elenca tutte le sostanze analizzate, in totale 63, nei 32 campioni considerati, indicando la loro categoria di appartenenza e il limite di quantificazione analitico. Le sostanze rappresentate in grassetto corrispondono a quelle per cui almeno una volta la concentrazione è risultata maggiore al limite di rivelazione (31 sostanze). Rispetto alla campagna CIP AIS del 2014, dove ben l'88% dei microinquinanti ricercati non era mai stato ritrovato nelle acque del lago, è possibile concludere che gli analiti considerati nella presente indagine sono maggiormente mirati all'identificazione di microinquinanti.

Le Tabelle 5–8 in allegato riassumono tutti i risultati ottenuti, considerando esclusivamente i parametri per cui almeno una volta la concentrazione è risultata superiore al limite di rivelazione. Sono subito evidenti delle differenze rilevanti tra le diverse zone del lago. Il maggior numero di sostanze in un singolo campione, 28, è stato registrato per le acque prelevate dalle colonne d'acqua superficiali di Figino e di Ponte Tresa in dicembre. D'altra parte, solo un minimo di 7 e un massimo di 12 sostanze sono state rivelate nelle acque raccolte dalla stazione di Gandria.

Per un confronto visivo immediato tra i diversi luoghi di prelievo e per delineare tendenze generali, è stata formata per ogni luogo e profondità di prelievo la somma delle sostanze appartenenti a una determinata categoria - Complessanti, Farmaci, Dolcificanti e Benzotriazoli - tralasciando Ormoni steroidei e Alchilfenoli, che hanno mostrato concentrazioni basse o risultati positivi solo sporadici. La Figura 5 mostra i risultati dei quattro differenti momenti di prelievo e relativi alla colonna d'acqua superficiale (colori scuri) rispettivamente al campione prelevato in profondità (colori chiari).

In termini assoluti non è possibile confrontare tra loro i quantitativi totali appartenenti a diverse categorie di microinquinanti, in quanto i valori della somma dipendono fortemente dal tipo e dal numero delle sostanze. Ad ogni modo, i risultati riconducibili a diverse stazioni di prelievo appaiono relativamente comparabili durante il corso dell'anno, con maggiori differenze registrate piuttosto in relazione al luogo di prelievo dei campioni.

Un'analisi di maggiore dettaglio suggerisce livelli di contaminazione leggermente variabili tra i risultati riferiti al medesimo punto di prelievo e a profondità diverse. In linea con l'osservazione di colonne d'acqua con limitato rimescolamento verticale in giugno, settembre e dicembre (vedi Capitolo 4.1), le differenze minori spiccano per i campioni prelevati a marzo 2017, a margine del rimescolamento invernale. Per spiegare le maggiori differenze di residui a diverse profondità nei campioni di giugno, settembre e dicembre, sarebbe necessaria un'analisi specifica del possibile comportamento di singole sostanze e dei loro complessi processi di degradazione, di flusso e di equilibrio all'interno del sistema. Sperimentalmente, i complessanti (l'EDTA in particolare) appaiono maggiori nella colonna d'acqua superficiale. Per la categoria dei farmaci, la tendenza contraria è determinata dal mezzo di contrasto Iopamidol, che influenza in maniera determinante la presenza di tracce complessive superiori nelle acque profonde durante giugno, settembre e dicembre (unica eccezione: risultati per il sito di Figino nei campioni di dicembre). Le concentrazioni di Dolcificanti e Benzotriazoli sembrano meno dipendenti dalla profondità di prelievo. Mentre singolarmente questa conclusione è applicabile anche ai tre Benzotriazoli indagati, nel caso dei Dolcificanti si osservano nelle acque di giugno, settembre e dicembre dei residui maggiori di Sucralosio nella colonna d'acqua superficiale e di Acesulfam nelle acque più profonde (Tabelle 5-8 in allegato). Questa tendenza contrastante si compensa fornendo il quadro complessivo illustrato nella Figura 5.

Per quanto riguarda le differenze tra diversi momenti di prelievo, si rilevano per categoria le maggiori concentrazioni di Farmaci e Dolcificanti nel mese di marzo, quelle di Complessanti in Settembre e di Benzotriazoli in dicembre. Per diversi farmaci, ma soprattutto per i mezzi di contrasto iodurati e la maggior parte degli antibiotici, appaiono tracce più elevate nei campioni di marzo e dicembre, suggerendo un impiego più importante nelle stagioni autunnale e invernale.

Considerando comunque i contenuti di microinquinanti nel lago Ceresio come principalmente dipendenti dal luogo e solo secondariamente e marginalmente dalla profondità e dal momento di prelievo durante l'anno, per meglio illustrare la dipendenza geografica, la Figura 6 riporta la somma di tutte le sostanze misurate per una singola categoria in diversi luoghi di campionamento, rappresentando la media dei risultati di diverse profondità e per i quattro momenti di prelievo.

La Figura 6 illustra bene il preventivabile gradiente crescente della contaminazione da microinquinanti lungo l'asse di deflusso del lago da est verso ovest e l'impatto dei maggiori tributari lungo questo flusso sull'inquinamento (vedi Capitolo 1 - Introduzione). Le acque di Gandria si presentano mediamente meno contaminate, con un fattore che spazia dalle 2.5 volte per i complessanti alle 20 volte per i farmaci. Le differenze per dolcificanti e benzotriazoli, con un inquinamento di ~4-5 volte rispettivamente di ~10 volte minore a Gandria rispetto a Ponte Tresa, sono molto simili a quelle riscontrate in occasione della campagna del 2014, che prevedeva gli stessi parametri per queste due categorie (CIPAIS, 2015).

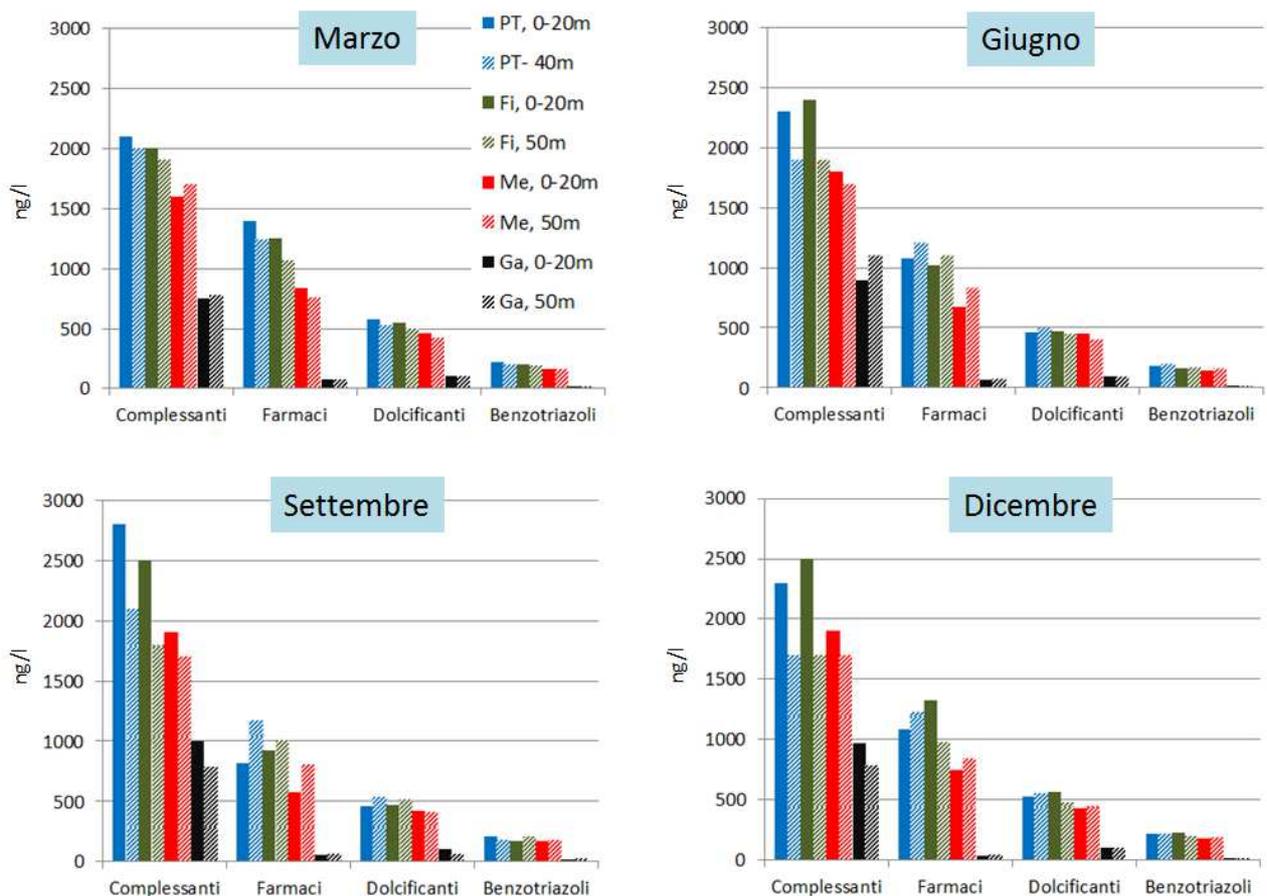


Figura 5: Somma delle sostanze rilevate per una determinata categoria – Complessanti, Farmaci, Dolcificanti e Benzotriazoli - per i quattro diversi momenti di prelievo nel 2017 e per le due differenti profondità (Superficiale: colonna d'acqua 0-20 m, barre piene. Profondo: 50 m rispettivamente 40/45 m per il campione di Ponte Tresa, barre con righe diagonali).

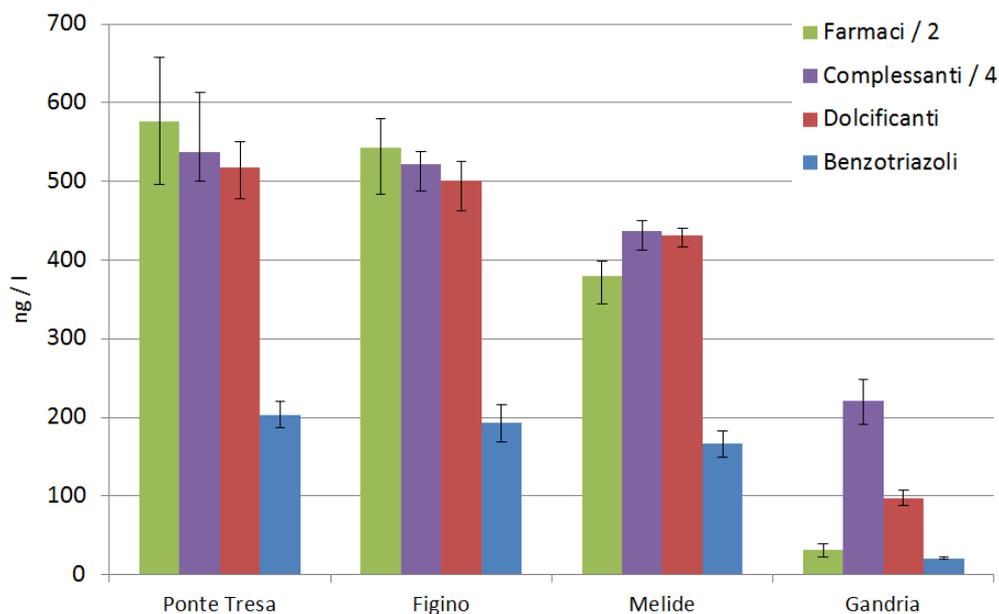


Figura 6: Somma delle sostanze rilevate per una determinata categoria – Farmaci, Complessanti, Dolcificanti e Benzotriazoli – in diversi luoghi di campionamento. Sono state considerate le medie dei risultati ottenuti a diverse profondità e per i quattro diversi momenti di prelievo. Le barre di errore indicano i relativi risultati minimi e massimi.

Le stazioni di Ponte Tresa e Figino forniscono il quadro di residui mediamente molto simili, mentre le acque di Melide appaiono leggermente meno contaminate. I risultati correlano molto bene con le aspettative e con quanto già osservato nella campagna del 2014 (CIPAIS, 2015). In ragione di un tempo teorico di ricambio di circa 15 giorni e considerata la persistenza ambientale delle sostanze misurabili, le acque del bacino di Ponte Tresa possono essere considerate in equilibrio con quelle di Figino, stazione del bacino sud peraltro piuttosto prossima. D'altra parte, presso la stazione di Melide l'influsso negativo d'immissari rilevanti come il Vedeggio, lo Scairolo o il Bolletta è affievolito sia dalle dinamiche delle correnti lacustri che dalla distanza stessa dai tributari citati (Figure 1 e 2).

Delle 63 sostanze ricercate nella presente campagna, 34 erano già state incluse nella ricerca CIPAIS del 2014. La valutazione di tali analiti permette un confronto diretto tra le due campagne di misurazione, visto che i luoghi e le tempistiche di prelievo, così come la metodica analitica e la qualità del laboratorio di analisi, sono del tutto analoghi.

Su 34 sostanze, sono stati ritrovati in almeno un campione di entrambe le campagne i seguenti 13 microinquinanti: Benzotriazol, 4-Methylbenzotriazol, 5-Methylbenzotriazol, 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin, Carbamazepin, Diclofenac, Ibuprofen, Paracetamol, Sulfamethoxazol, Acesulfam, Cyclamat, Saccharin, Sucralose. Due analiti, il Gemfibrozil e la Sulfapyridin, sono stati rinvenuti nel 2014, ma non nei campioni prelevati durante il 2017. Va tuttavia sottolineato come i ritrovamenti del 2014 possano essere definiti del tutto sporadici, essendo limitati a un solo campione positivo su 32. Per contro, un maggior numero di sostanze (6) sono state trovate almeno una volta solo nella presente campagna. Si tratta degli antibiotici Azithromycin, Clarithromycin, Naproxen, Trimethoprim e Roxithromycin, apparsi in più occasioni con tracce inferiori a 10 ng/l, e della Dehydrato-Erythromycin A, misurata in un solo campione. Pertanto, il confronto diretto tra le due campagne di misura della CIPAIS suggerisce negli ultimi 3 anni un aumento delle concentrazioni di sottofondo dei residui di diversi antibiotici nel lago Ceresio, una tendenza che potrebbe favorire l'aumento indesiderato del fenomeno dello sviluppo di batteri resistenti agli antibiotici, studiato per il lago Ceresio nella campagna 2016 (CIPAIS, 2017).

La Figura 7 propone un confronto diretto tra le concentrazioni di 12 sostanze ricercate sia in questo studio che in occasione della campagna del 2014. Al fine di proporre un confronto robusto, sono state create le medie degli 8 campioni analizzati in entrambe le occasioni per ogni punto di

prelievo. La figura riporta esclusivamente delle barre per sostanze con concentrazioni medie ≥ 10 ng/l.

Con l'unica eccezione del dolcificante Sucralosio, per il quale risulta nelle stazioni di Ponte Tresa, Figino e Melide un chiaro aumento delle concentrazioni medie dal 2014 al 2017, in prima analisi i residui di altri microinquinanti in entrambe le campagne di misura appaiono molto simili. Anche se non si tratta di tendenze robuste, per le acque del bacino sud si registra tendenzialmente un apparente aumento delle tracce di diversi farmaci e una lieve diminuzione dei tenori di altri dolcificanti e dei benzotriazoli.

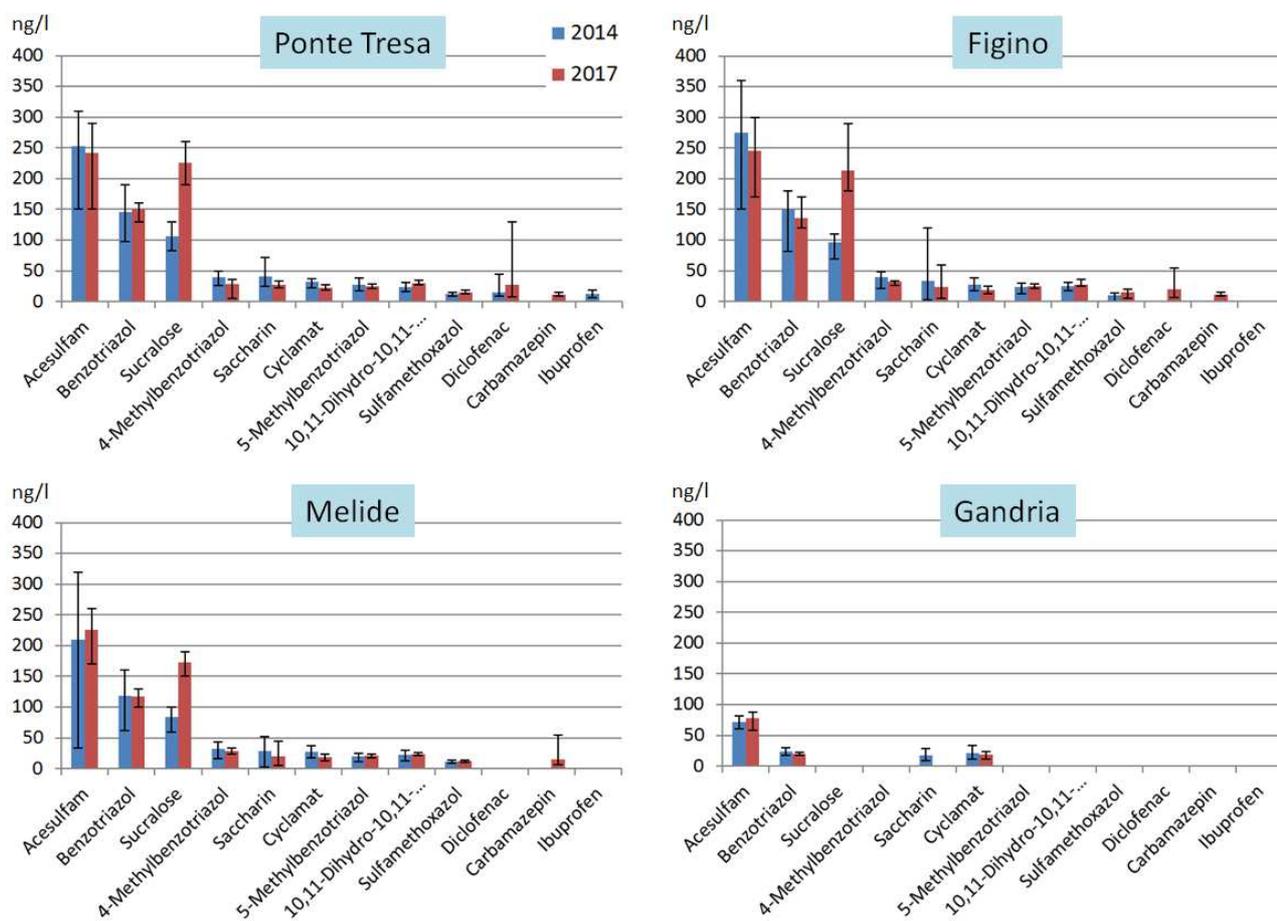


Figura 7: Concentrazioni di 12 sostanze ricercate nel presente studio (barre rosse) e in occasione della campagna CIP AIS 2014 (barre blu). Sono considerate le medie degli 8 campioni analizzati in entrambe le occasioni per ogni punto di prelievo. Sono riportati esclusivamente i risultati corrispondenti a concentrazioni ≥ 10 ng/l. Le barre di errore indicano i relativi risultati minimi e massimi.

L'evoluzione nel tempo delle concentrazioni di microinquinanti nelle acque del lago riflette l'andamento di possibili variazioni del loro apporto alla fonte. La letteratura riporta che negli ultimi anni il consumo di derrate alimentari contenenti Sucralosio avrebbe conosciuto un'importante incremento (Longrée et al., 2011). Di conseguenza, i maggiori residui di questo dolcificante nel bacino sud del lago di Lugano sono spiegabili con un apporto alla fonte in probabile crescita. Concentrazioni di Sucralosio in forte aumento sono anche state previste nel lago di Costanza e nel Lemano sulla base di modelli matematici (Longrée et al., 2011). Analogamente, l'indicazione di un aumento in Svizzera dei consumi alla fonte di medicinali contenenti Diclofenac è coerente con l'osservazione di concentrazioni residue in aumento, in particolare presso Figino e Ponte Tresa (Longrée et al., 2011).

Tra i 29 microinquinanti ricercati in questo studio ma non indagati nelle campagne CIP AIS precedenti figurano i 6 complessanti, i 3 alchilfenoli, i 6 ormoni steroidei, gli 8 mezzi di contrasto iodurati (Amidotrizoesäure, Iohexol, Iomeprol, Iopamidol, Iopromid, Iotalaminsäure, Ioxaglinsäure e Ioxithalaminsäure) e 6 altri farmaci (Cetirizin, Gabapentin, Hydrochlorothiazid, Lamotrigin, Oxazepam, Primidon). Diversi di essi sono stati analizzati nell'ambito di indagini precedenti sulle acque del lago Ceresio presso Riva San Vitale (vedi anche Tabella 9).

Tra i complessanti, l'unico inquinante rinvenuto in almeno un campione è l'acido etilendiamminotetraacetico (EDTA), un agente impiegato, per esempio, in diversi prodotti chimici (quali detersivi per tessili, prodotti di pulizia) o nei cosmetici. La presenza di EDTA nel lago di Lugano è ubiquitaria ed era già stata messa in evidenza nelle acque della zona di Riva San Vitale, con residui medi di 2260 ng/l in occasione di precedenti analisi risalenti a 10 anni fa circa (Schildknecht et al., 2009). I risultati ottenuti per i campioni prelevati a Melide (media: 1750, minimo: 1600 e massimo: 1900 ng/l) suggeriscono una tendenza al lento ribasso delle concentrazioni di EDTA, forse anche grazie agli effetti delle limitazioni imposte tramite l'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti i prodotti chimici ORRPChim. Va comunque notato che la sensibilità analitica per la ricerca di complessanti risulta, rispetto agli altri microinquinanti, piuttosto limitata (Tabella 4 in allegato).

La presenza di alchilfenoli nelle acque del lago è risultata estremamente sporadica. Solo il 4-iso Nonylphenol è stato rinvenuto, ed esclusivamente in tre campioni prelevati a marzo dal bacino sud del lago (Tabelle 5-8 in allegato). Contrariamente ai risultati presentati qui, il Bisphenol A era stato quantificato in passato in un campione puntuale (Schildknecht et al., 2009). Va sottolineato come gli alchilfenoli, che possono interferire con il normale funzionamento del sistema endocrino e riproduttivo, siano stati limitati alla fonte in misura crescente tramite recenti aggiornamenti della legislazione in materia di prodotti chimici.

Mentre l'unica ricerca precedente di ormoni steroidei nelle acque del Ceresio aveva dato esito negativo (Schildknecht et al., 2009), probabilmente a seguito di una metodica analitica con sensibilità insufficiente (limiti di rivelazione di ~5 ng/l), questa ricerca ha mostrato nei campioni di tutte le zone del Ceresio residui di Estrone, un estrogeno naturale femminile, che viene trattenuto solo parzialmente dagli IDA (De Mes et al, 2005). Le concentrazioni maggiori si sono osservate, senza sorpresa, nelle acque provenienti dalla zona di Ponte Tresa (media di ~0.12 ng/l) e quelle minori all'interno del bacino nord (media \leq 0.05 ng/l). Le tracce di Estrone nel Ceresio sono molto simili a quelle riportate in uno studio per la ricerca di diversi microinquinanti nelle acque del lago Maggiore, che avevano misurato nel 2006 una contaminazione media dell'ordine di ~0.1 ng/l (Loos et al., 2007).

I mezzi di contrasto radiologici iodurati sono prodotti che vengono somministrati per via vascolare a pazienti in occasione di diagnosi specifiche. Visto l'elevato numero atomico, lo iodio presente in queste molecole aumenta l'assorbimento delle radiazioni impiegate per la diagnosi, permettendo di visualizzare al meglio strutture e funzioni corporali. Degli 8 mezzi di contrasto ricercati, 5 sono stati rinvenuti in almeno un campione. Le loro concentrazioni nel lago diminuiscono nell'ordine: Iopamidol > Iomeprol > Iohexol > Iopromid > Ioxithalaminsäure. Da notare come lo Iopamidol sia, dopo l'EDTA e comunque all'interno della categoria dei farmaci, la sostanza presente in concentrazioni più elevate nelle stazioni maggiormente contaminate di Figino e Ponte Tresa. Se rapportati agli studi precedenti sul Ceresio, le concentrazioni di Iopamidol, Iomeprol e Iohexol appaiono in chiaro aumento negli ultimi 8-10 anni. Queste circostanze suggeriscono l'opportunità di monitorare nel tempo con attenzione l'evoluzione di questa categoria di microinquinanti, particolarmente persistenti nell'ambiente (Borowska et al., 2015).

Per quanto riguarda infine i restanti 6 farmaci non ricercati nella precedente campagna CIP AIS, l'Hydrochlorothiazid e il Primidon non sono mai stati trovati, mentre la Cetirizin e l'Oxazepam sono apparsi puntualmente in diversi campioni provenienti dal bacino sud. La presenza di residui appena inferiori a 10 ng/l dell'antiepilettico Lamotrigin è invece risultata sistematica nel bacino sud. Nel solco del gradiente già descritto, con concentrazioni crescenti lungo l'asse di deflusso delle

acque del lago, i residui di Gabapentin, un principio attivo indicato specificamente nel dolore postoperatorio e nell'epilessia parziale, sono risultati invece più importanti (mediamente ~92 ng/l presso Ponte Tresa, ~87 ng/l presso Figino, ~70 ng/l presso Melide e ~12 ng/l presso Gandria). Rispetto all'unica ricerca che ha considerato in passato questa sostanza nel lago presso Riva San Vitale, rilevandone mediamente ~140 ng/l, i residui sembrerebbero in diminuzione (Sacchi, 2011).

Valutando complessivamente i risultati disponibili e come già evidenziato in precedenza, la contaminazione da microinquinanti nel lago di Lugano, se comparata ad altri grandi laghi svizzeri quali il Lemano e di lago di Costanza, appare superiore all'interno del bacino sud, rispettivamente inferiore per quanto riguarda il bacino nord (Ortelli et al., 2011; IGKB 2011; Moschet et al., 2013; CIPAIS 2015).

4.3 Qualità delle acque del lago e rischio per gli organismi acquatici

Per proporre un quadro il più possibile completo sulle conoscenze attuali relative alla presenza di microinquinanti idrosolubili nelle acque del lago di Lugano, la Tabella 9 riassume tutti i risultati disponibili a oggi (Schildknecht et al., 2009; Sacchi, 2011; CIPAIS 2015). Complessivamente, figurano nella Tabella 53 sostanze a fronte di un totale di oltre 250 microinquinanti leggermente o completamente idrosolubili ricercati.

Tabella 9: Tabella riassuntiva di tutti i microinquinanti idrosolubili rivelati a oggi nelle acque del Ceresio, comprendente i risultati dell'indagine CIPAIS del 2014 (CIPAIS, 2015) e del presente studio, così come quelli delle referenze Schildknecht et al., 2009 per il GAL e Sacchi, 2011, entrambe relative alle acque presso Riva San Vitale. In tutti i casi sono indicati i singoli valori (in ng/l) minimi e massimi di diverse misurazioni, effettuate in momenti o profondità differenti. I valori sono confrontati con i criteri di qualità delle acque superficiali MAC e AA pubblicati dall'Oekotoxzentrum di Dübendorf (Götz et al., 2010; Oekotoxzentrum, 2018).

| Sostanza | Studio con anno prelievi Categoria | GAL 2008-2009 | Sacchi 2010 | CIPAIS 2014 | Questo studio | Criterio qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|----------------------|--|------------------|----------------|----------------|------------------|--|--------|
| | | | | | | MAC | AA |
| Benzotriazol | Benzotriazoli | 112 - 203 | 93 - 330 | 17 - 190 | 18 - 170 | 158000 | 19000 |
| 4-Methylbenzotriazol | Benzotriazoli | 29 - 40 | n.a. | <10 - 50 | <10 - 36 | 425000 | 20000 |
| 5-Methylbenzotriazol | Benzotriazoli | n.a. | n.a. | <10 - 38 | <10 - 28 | 425000 | 20000 |
| Atrazin | Fito / Biocidi | <5 | 2 - 5 | <5 | n.a. | | |
| Desethylterbutylazin | Fito / Biocidi | n.a. | n.a. | <5 - 12 | n.a. | | |
| DEET | Fito / Biocidi | <5 - 6 | n.a. | <5 - 13 | n.a. | 410000 | 88000 |
| Mecoprop | Fito / Biocidi | n.a. | <3 - 17 | <10 | n.a. | 187000 | 3600 |
| Simazin | Fito / Biocidi | <5 - 12 | n.a. | <5 | n.a. | | |
| Terbutylazin | Fito / Biocidi | <5 - 7 | n.a. | <5 | n.a. | 1280 | 220 |
| Terbutryn | Fito / Biocidi | <5 | <0.03 - 1 | <5 | n.a. | 340 | 65 |
| Atenolol | Farmaci | n.a. | <0.1 - 10 | <10 | n.a. | 330000 | 150000 |
| Azithromycin | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 | <10 | 180 | 19 |
| Carbamazepin | Farmaci | <10 - 23 | 12 - 48 | <10 - 12 | <10 - 55 | 2000000 | 2000 |

| Sostanza | Studio con anno prelievi Categoria | GAL 2008-2009 | Sacchi 2010 | CIPAIS 2014 | Questo studio | Criterio qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|------------------|--|---------|
| | | | | | | MAC | AA |
| Cetirizin | Farmaci | n.a. | n.a. | n.a. | <10 – 24 | | |
| Clarithromycin | Farmaci | n.a. | <0.3 | <10 | <10 – 12 | 190 | 120 |
| Dehydrato- Erythromycin A | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 | <10 – 21 | | |
| Diclofenac | Farmaci | <10 | <2 - 15 | <10 – 45 | <10 – 130 | Non con- siderato | 50 |
| Gabapentin | Farmaci | n.a. | 75 - 238 | n.a. | <10 – 100 | | |
| Gemfibrozil | Farmaci | <10 – 19 | n.a. | <10 – 110 | <10 | | |
| Ibuprofen | Farmaci | <10 – 14 | n.a. | <10 – 19 | <10 – 17 | 1710000 | 11 |
| Lamotrigin | Farmaci | n.a. | n.a. | n.a. | <10 – 11 | | |
| Naproxen | Farmaci | <10 | <4 - 12 | <10 | <10 | 860000 | 1700 |
| Oxazepam | Farmaci | n.a. | n.a. | n.a. | <10 | | |
| Paracetamol | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 – 13 | <10 | | |
| Roxithromycin | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 | <10 | | |
| Sotalol | Farmaci | n.a. | <1 - 11 | <10 | n.a. | Att. non possibile | |
| Sulfamethoxazol | Farmaci | n.a. | <0.4 - 12 | <10 – 15 | <10 – 20 | 2700 | 600 |
| Sulfapyridin | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 – 12 | <10 | | |
| Trimethoprim | Farmaci | n.a. | <0.3 | <5 | <5 | 214000 | 120000 |
| N-Acetyl-4- aminoantipyrin | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 – 25 | n.a. | | |
| 10,11-Dihydro-10,11- dihydroxycarbamazepin | Farmaci | n.a. | n.a. | <10 – 31 | <10 – 36 | Att. non possibile | 100000 |
| Iopamidol | Farmaci | 85 - 151 | < 50 | n.a. | 13 - 510 | Att. non possibile | |
| Iopromid | Farmaci | <10 – 24 | 133 - 548 | n.a. | <10 – 42 | Att. non possibile | |
| Iohexol | Farmaci | <10 – 17 | <10 | n.a. | <10 – 260 | | |
| Iomeprol | Farmaci | n.a. | <50 | n.a. | 15 - 380 | Att. non possibile | |
| Ioxithalaminsäure | Farmaci | n.a. | n.a. | n.a. | <10 – 27 | | |
| Acesulfam | Dolcificanti | n.a. | n.a. | 33 - 360 | 58 - 300 | | |
| Cyclamat | Dolcificanti | n.a. | n.a. | 11 - 38 | 11 - 27 | | |
| Saccharin | Dolcificanti | n.a. | n.a. | <10 – 120 | <10 – 60 | | |
| Sucralose | Dolcificanti | n.a. | n.a. | <50 – 130 | <50 – 290 | | |
| NTA | Complessanti | <500 – 800 | n.a. | n.a. | <500 | 9800000 | 190000 |
| EDTA | Complessanti | 1900 - 2600 | n.a. | n.a. | 750 - 2800 | 12100000 | 2200000 |
| Bromoform | IC alog. volatili | <50 – 60 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| Perchlorethylen | IC alog. volatili | <50 – 130 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| MTBE | Add. benzina | 73 - 473 | n.a. | n.a. | n.a. | | |

| Sostanza | Studio con anno prelievi Categoria | GAL 2008-2009 | Sacchi 2010 | CIPAIS 2014 | Questo studio | Criterio qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|-------------------|---------------------------------------|------------------|----------------|----------------|---------------|---|-----|
| | | | | | | MAC | AA |
| ETBE | Add. benzina | <10 – 33 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| PFOA | PFAS | <2 – 2 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| PFNA | PFAS | <2 – 3 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| PFBS | PFAS | <2 – 5 | n.a. | n.a. | n.a. | | |
| PFOS | PFAS | <2 – 3 | n.a. | n.a. | n.a. | 36000 | 230 |
| Estron | S. endocrine | <5 | n.a. | n.a. | <0.1 – 0.3 | Non proposto | 3.6 |
| 4-iso-Nonylphenol | S. endocrine | n.a. | n.a. | n.a. | <25 – 45 | 3800 | 43 |
| Bisphenol A | S. endocrine | <10 – 24 | n.a. | n.a. | <5 | 53000 | 240 |

n.a.: non analizzato nel rispettivo studio

La Tabella 9 riporta anche, se disponibili, i criteri ecotossicologici più attuali per le acque (Oekotoxzentrum, 2018). Questi si dividono in criteri di qualità acuti, MAC-EQS, rispettivamente cronici, AA-EQS (Götz et al., 2010; Oekotoxzentrum, 2018). Il superamento puntuale nel tempo di un valore MAC-EQS significa che eventuali danni agli organismi acquatici non possono essere esclusi durante le 24-96 ore seguenti, mentre i valori AA-EQS corrispondono alle concentrazioni che, per evitare possibili problemi cronici a seguito di un'esposizione continua, non devono essere superati mediamente durante l'arco dell'anno (Oekotoxzentrum, 2018). Viste le dinamiche lente, nel caso di residui nel Ceresio gli AA-EQS rappresentano evidentemente il riferimento più appropriato. Va rimarcato come, rispetto alla campagna del 2014 (CIPAIS, 2015), alcuni criteri di qualità siano stati rivalutati in maniera più restrittiva.

Tutti i valori riportati nella tabella sono lontani dalle soglie di pericolo acuto MAC-EQS, mentre si registrano tre dati (tre valori massimi) superiori alle soglie AA-EQS. Si tratta di risultati relativi alle sostanze Diclofenac e Nonylphenol misurati nella presente campagna e di quelli relativi all'Ibuprofene in campagne diverse. Visto che i valori AA-EQS non devono essere superati mediamente durante l'arco dell'anno, per un giudizio sulla qualità delle acque vanno piuttosto confrontate le concentrazioni medie, che rappresentano meglio la pressione cronica dei composti in questione per un determinato punto di osservazione (Oekotoxzentrum, 2018). La Tabella 10 riassume tali concentrazioni medie per le sostanze con i residui più vicini ai valori AA-EQS, considerando le due campagne di misurazioni promosse della CIPAIS. Oltre alle tre sostanze già citate, la tabella include l'antibiotico Azitromycin.

I dati riportati nella Tabella 10 forniscono un quadro complessivo rassicurante, visto che nessun valore medio in nessuna zona del Ceresio risulta superiore ai rispettivi valori AA-EQS. Considerando i dati della campagna CIPAIS 2014, il Diclofenac si era rivelata la sostanza con i residui più vicini al valore AA-EQS, permettendo di giudicare la qualità delle acque del lago, secondo le categorie proposte nella referenza Götz et al., 2010, come molto buone per le stazioni di Gandria e Melide, da molto buone a buone presso la stazione di Figino e buone per il bacino di Ponte Tresa. Alla luce degli aggiornamenti operati dall'Oekotoxzentrum dal 2014 a oggi, in particolare l'abbassamento del valore AA-EQS per l'Ibuprofene da 300 a 11 ng/l, la valutazione della qualità delle acque presso Figino risulterebbe oggi, sulla base dei dati 2014, declassata alla categoria "Buono".

In linea con quanto già indicato al Capitolo 4.2, la Tabella 10 mostra anche un aumento delle concentrazioni diffuse di Diclofenac e Azitromycin. Questi aumenti, così come i dati 2017 per il Nonylphenol, portano alla seguente nuova classificazione della qualità delle acque del lago Ceresio: buone per il bacino sud (Ponte Tresa, Figino, Melide) e tra molto buone e buone per il

bacino nord (Gandria). In conclusione, indipendentemente dagli aggiornamenti dei valori AA-EQS, l'aumento delle concentrazioni diffuse di farmaci critici quali il Diclofenac e l'Azitromycin ha portato al peggioramento del giudizio sulla qualità delle acque delle lago Ceresio. Questo risultato poco rallegrante rispecchia con tutta probabilità un aumento del consumo di farmaci nel tempo, veicolato da una maggiore pressione demografica e dall'invecchiamento della popolazione.

Tabella 10: Tabella riassuntiva delle concentrazioni medie misurate in diverse zone del Ceresio per le sostanze più critiche dal punto di vista ecotossicologico. Sono indicati i dati in ng/l per l'indagine CIP AIS precedente (CIP AIS, 2015) e quelli del presente studio. I valori sono confrontati con i criteri di qualità delle acque superficiali AA pubblicati dall'Oekotoxzentrum di Dübendorf, allo stato del 2014 e rispettivamente di fine 2017 (Oekotoxzentrum, 2018).

| | Ponte Tresa | Figino | Melide | Gandria | AA-EQS |
|-----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|--------|
| Diclofenac 2014 | 12 - 16 | 3 - 11 | < LOQ | < LOQ | 50 |
| Diclofenac 2017 | 28 | 20 | 6 - 7 | 3 - 7 | 50 |
| Ibuprofen 2014 | 9 - 10 | 2 - 5 | < LOQ | < LOQ | 300 |
| Ibuprofen 2017 | 4 - 6 | 3 - 5 | 1 - 4 | 1 - 3 | 11 |
| Azitromycin 2014 | < LOQ | < LOQ | < LOQ | < LOQ | 90 |
| Azitromycin 2017 | 4 - 6 | 4 - 5 | 3 - 4 | < LOQ | 19 |
| Nonylphenol 2017 | 5 - 28 | 4 - 26 | 8 - 28 | < LOQ | 43 |
| Giudizio qualità delle acque 2014 | Buone | Buone – Molto buone | Molto buone | Molto buone | |
| Giudizio qualità delle acque 2017 | Buone | Buone | Buone | Buone – Molto buone | |

Va ricordato che i giudizi espressi sulla qualità delle acque sono applicabili esclusivamente in riferimento agli inquinanti per cui è disponibile una valutazione ecotossicologica attuale con i relativi valori di riferimento allo stato della tecnica e delle conoscenze ecotossicologiche. È inoltre sempre aperta la discussione relativa a possibili effetti negativi combinati, dovuti alla presenza simultanea di sostanze differenti, ambito per il quale sono necessari maggiori approfondimenti (Götz et al., 2010). Come già avvenuto dal 2014 a oggi, non si escludono infine ulteriori aggiornamenti più restrittivi dei criteri di qualità cronici o acuti delle le acque.

In linea generale, sarebbero opportuni approfondimenti sulla possibile evoluzione dei residui in diverse zone del lago tramite l'applicazione di modelli previsionali già impiegati in altre circostanze (Longrée et al., 2011, Moschet et al., 2013, Götz et al., 2013). Oltre a stimare le probabili evoluzioni delle concentrazioni di microinquinanti nelle acque del Ceresio e dei suoi immissari, tali modelli permetterebbero di simulare gli effetti positivi delle misure di ammodernamento di diversi IDA ticinesi nei prossimi anni.

5 Conclusioni

Il presente studio amplia le conoscenze relative ai microinquinanti idrosolubili nelle acque del lago di Lugano e completa i dati sul tema, ancora scarsi, disponibili in precedenza. Sono stati ricercati numerosi analiti in zone del lago, profondità e momenti di prelievo differenti. Rispetto alla precedente indagine CIP AIS del 2014, la scelta dei parametri è stata adattata abbandonando la ricerca di sostanze la cui presenza si è dimostrata solo sporadica o priva di significato, quali biocidi e fitosanitari e alcuni gruppi di farmaci. In sostituzione, è stata promossa la ricerca di mezzi di contrasto iodurati e diverse sostanze endocrine o complessanti.

Sono state ricercate 63 sostanze in campioni di acqua prelevati dal lago durante quattro diversi momenti dell'anno e a due diverse profondità da una stazione del bacino nord (Gandria), da due stazioni del bacino sud (Melide, Figino) e dalla stazione di Ponte Tresa. I risultati mostrano la presenza da un minimo di 7 a un massimo di 28 sostanze all'interno di un singolo campione. Sia il numero di microinquinanti che le loro quantità aumentano lungo l'asse di deflusso del lago da est verso ovest e mostrano una dipendenza solo secondaria sia dal momento di prelievo che dalla profondità. Le osservazioni raccolte sono in linea con la struttura morfologica e idrologica del lago e i con risultati ottenuti nell'ambito delle ricerche CIP AIS 2013 e 2014.

Accanto a un forte aumento del dolcificante Sucralosio, i risultati mostrano negli ultimi 3 anni un apparente incremento delle concentrazioni di sottofondo dei residui di diversi antibiotici e di altri farmaci come il Diclofenac. Dal confronto con dati risalenti ad altre campagne passate sembrerebbe che i mezzi di contrasto iodurati siano in aumento mentre altri microinquinanti come l'EDTA in diminuzione. L'apparente crescita dei residui di diversi farmaci rispecchia con tutta probabilità un certo aumento del loro consumo nel tempo, sia come conseguenza del continuo incremento demografico che dell'invecchiamento della popolazione. I risultati e le tendenze descritte confermano la necessità di procedere a medio termine con l'implementazione di trattamenti mirati alla gestione dei microinquinanti presso gli IDA di Bioggio, Mendrisio-Rancate e Barbengo.

Sulla base delle attuali conoscenze ecotossicologiche, la qualità delle acque del bacino nord può essere giudicata da buona a molto buona. Le crescenti concentrazioni di microinquinanti verso ovest portano a classificare le acque del bacino sud e del bacino di Ponte Tresa come buone. Per determinare le tendenze in atto sarebbe auspicabile applicare al Ceresio modelli previsionali, così come già fatto nel caso di altri laghi svizzeri e rispettivamente ripetere a intervalli regolari il monitoraggio analitico, adattando e ampliando se del caso la scelta delle sostanze da approfondire a categorie di microinquinanti ancora poco o non studiate.

6 Bibliografia

Abegglen C. e Siegrist, H. 2012. Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser. Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen. Bundesamt für Umwelt, Umwelt-Wissen Nr. 1214: 1-210.

Borowska E., Felis E., Żabczyński, S. 2015. Degradation of Iodinated Contrast Media in Aquatic Environment by Means of UV, UV/TiO₂ Process, and by Activated Sludge. Water Air Soil Pollut., 226(5): 151 (1-12).

Braun C., Gälli R., Leu C., Munz N., Schindler Wildhaber Y., Strahm I. Wittmer I. 2015. Mikroverunreinigungen in Fließgewässern aus diffusen Einträgen. Situationsanalyse. UFAM. Umwelt-Zustand Nr. 1514, 1-78.

Lepori F., Pozzoni M, Bruder A. 2017. Istituto scienze della Terra (IST-SUPSI) "Ricerche sull'evoluzione del Lago di Lugano. Aspetti limnologici. Programma quinquennale 2016-2019. Campagna 2016. Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo-svizzere: 1-82.

CIP AIS. Lago di Lugano: indagini sulle sostanze pericolose. Microinquinanti in otto immissari. 2014. Rapporto annuale campagna 2013.

CIPAIS. Lago di Lugano: indagini sulle sostanze pericolose. Microinquinanti nelle acque del lago. 2015. Rapporto annuale campagna 2014.

CIPAIS. Lago di Lugano: indagini sulle sostanze pericolose. Ricerca e monitoraggio di determinati geni di resistenza agli antibiotici nelle acque del Ceresio e di alcuni fiumi immissari. 2017. Rapporto annuale campagna 2016.

CF – Consiglio federale svizzero. Piano d'azione per la riduzione del rischio e l'utilizzo ostenibile dei prodotti fitosanitari. 2017. Rapporto del Consiglio federale.

Doppler T., Mangold S., Wittmer I., Spycher S., Comte R., Stamm C., Singer H., Junghans M., Kunz M. 2017. Hohe PSM-Belastungen in Schweizer Bächen. *Aqua & Gas*. 4: 46–56.

De Mes T., Zeeman G., Lettinga G. 2005. Occurrence and fate of estrone, 17 β -estradiol and 17 α -ethynylestradiol in STPs for domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 4: 275–311.

Gälli R., Ort C. e Schärer M. 2009. Mikroverunreinigungen in den Gewässern. Bewertung und Reduktion der Schadstoffbelastung aus der Siedlungsentwässerung. *Umwelt-Wissen Nr. 0917*. Bundesamt für Umwelt, Bern.

Götz C., Kase R. e Hollender, J. 2010. Mikroverunreinigungen - Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf

Götz C., Mettler S., Vermeirssen E. 2013. Modélisation du flux de micropolluants provenant des rejets de l'épuration des. eaux usées - Bassins du Léman et du Rhône aval. Studio su mandato della Commission internationale pour la protection des eaux du Léman – CIPEL: 1-76.

IGKB 2011. Antropogene Spurenstoffe im Bodensee und seinen Zuflüssen. Rapporto 2011. 57 Kommissionstagung: 1-19.

Langer M, Junghans M., Spycher S., Koster M., Baumgartner C., Vermeirssen E., Werner I. 2017. Hohe ökotoxikologische Risiken in Bächen. *Aqua & Gas*. 4: 58–67.

Longrée P., Singer H., Moschet C., Götz C., Schärer M., Keusen M. 2011. Organische Mikroverunreinigungen im Bodensee – Analyse und Bewertung der Situation in See und Einzugsgebiet. *GWA*. 7: 495-505.

Loos R., Wollgast J., Huber T., Hanke G. 2007. Polar herbicides, pharmaceutical products, perfluorooctanesulfonate (PFOS), perfluorooctanoate (PFOA), and nonylphenol and its carboxylates and ethoxylates in surface and tap waters around Lake Maggiore in Northern Italy. *Anal Bioanal Chem*. 387:1469–1478.

LPac. Legge federale sulla protezione delle acque (RS 814.20). Stato 1.1.2017.

Monteiro S.C., Boxall A.B. 2010. *Rev Environ Contam Toxicol.*, 202:5 3-154.

Moschet C., Götz C., Longrée P., Hollender J., Singer H. 2013. Multi-level approach for the integrated assessment of polar organic micropollutants in an international lake catchment: the example of lake Constance. *Environ. Sci. Technol.*, 47 (13): 7028–7036.

Müller S. 2008. Berechnete Konzentrationen von Pestizidkonzentrationen - Vortrag Fischnetz+, Olten, 16.2.2008. Studie im Auftrag des BAFU. Eawag, Dübendorf.

Oekotoxzentrum. 2018. L'elenco di MAQ-EQS e AA-EQS viene aggiornato alla pagina web dell'Oekotoxzentrum: www.oekotoxzentrum.ch/qualitaetskriterien.

Ortelli D., Edder P., Rapin F., Ramseier S. 2011. Métaux et micropolluants organiques dans les rivières et les eaux du Léman. Campagne 2010. *Rapp. Comm. Int. Prot. eaux Léman contre pollut*: 65-86.

Sacchi L. 2011. Le cycle anthropique de l'eau dans la région de Mendrisio (TI): quelles perspectives pour la ressource en eau? *Maîtrise universitaire en Sciences en Géosciences de l'Environnement, Université de Lausanne*: 1-124.

Schildknecht A., Késter O., Bosshart U. 2009. Analisi dell'acqua presso la futura captazione a lago di Riva San Vitale - Campagna di misure dicembre 2007 - marzo 2009. Gruppo di lavoro acquedotto a lago, Mednrisiotto.

a) Wittmer, I., Junghans, M., Singer, H., Stamm, C. 2014. Mikroverunreinigungen – Beurteilungskonzept für organische Spurenstoffe aus diffusen Einträgen“. Studio commissionato dall'UFAM. Eawag, Dübendorf

b) Wittmer I., Moschert Ch., Simovic J., Singer H., Stamm C., Hollender, J., Junghans, M. 2014. Ueber 100 Pestizide in Fließgewässern - Programm NAWA Spez zeigt die hohe Pestizid-Belastung der Schweizer Fließgewässer auf. Aqua & Gas, 3: 32–43.

7 Allegati

Tabella 4: Microinquinanti ricercati nel presente studio (63 sostanze). Sono indicati il nome della sostanza, la categoria di appartenenza (Bz: Benzotriazoli, Co: Complessanti, Fa: Farmaci, Os: Ormoni steroidei, AF: Alchilfenoli e Do: Dolcificanti) e il limite di quantificazione analitico in ng/l (LQ). Le sostanze in grassetto (31 sostanze) sono state ritrovate almeno una volta in concentrazioni maggiori del limite di rivelazione, valutabile in circa 3 volte inferiore al LQ.

| Cat | Sostanza | LQ | Cat | Sostanza | LQ | Cat | Sostanza | LQ | Cat | Sostanza | LQ |
|-----|---|------|-----|---------------------------------|----|-----|--------------------------|----|-----|---------------------------|-----|
| Bz | Benzotriazol | 10 | Fa | Clofibrinsäure | 10 | Fa | Iopromid | 10 | Fa | Sulfapyridin | 10 |
| Bz | 4-Methylbenzotriazol | 10 | Fa | Dehydrato-Erythromycin A | 10 | Fa | Iotalaminsäure | 10 | Fa | Trimethoprim | 5 |
| Bz | 5-Methylbenzotriazol | 10 | Fa | Diazepam | 10 | Fa | Ioxaglinsäure | 10 | Os | 17-beta-Estradiol | 0.1 |
| Co | NTA | 500 | Fa | Diclofenac | 10 | Fa | Ioxithalaminsäure | 10 | Os | Estron | 0.1 |
| Co | EDTA | 500 | Fa | Etofibrat | 10 | Fa | Ketoprofen | 10 | Os | Estriol | 1 |
| Co | DTPA | 1000 | Fa | Fenofibrat | 10 | Fa | Lamotrigin | 10 | Os | 17-alpha-Ethinylestradiol | 0.1 |
| Co | PDTA | 1000 | Fa | Fenofibrinsäure | 10 | Fa | Naproxen | 10 | Os | Mestranol | 1 |
| Co | ADA | 1000 | Fa | Fenoprofen | 10 | Fa | Oxazepam | 10 | Os | Norethisteron | 1 |
| Co | MGDA | 1000 | Fa | Gabapentin | 10 | Fa | Paracetamol | 10 | AF | 4-tert-Oktylphenol | 5 |
| Fa | 10.11-Dihydro-10.11-di hydroxycarbamazepin | 10 | Fa | Gemfibrozil | 10 | Fa | Pentoxifyllin | 10 | AF | 4-iso-Nonylphenol | 25 |
| Fa | Amidotrizoesäure | 10 | Fa | Hydrochlorothiazid | 10 | Fa | Primidon | 10 | AF | Bisphenol A | 5 |
| Fa | Azithromycin | 10 | Fa | Ibuprofen | 10 | Fa | Roxithromycin | 10 | Do | Acesulfam | 10 |
| Fa | Benzafibrat | 10 | Fa | Indomethacin | 10 | Fa | Sulfadiazin | 10 | Do | Cyclamat | 10 |
| Fa | Carbamazepin | 10 | Fa | Iohexol | 10 | Fa | Sulfadimidin | 10 | Do | Saccharin | 10 |
| Fa | Cetirizin | 10 | Fa | Iomeprol | 10 | Fa | Sulfamerazin | 10 | Do | Sucralose | 50 |
| Fa | Clarithromycin | 10 | Fa | Iopamidol | 10 | Fa | Sulfamethoxazol | 10 | | | |

Tabella 5: Sostanze rivelate presso la stazione di Ponte Tresa in occasione delle quattro campagne di misura. I valori, espressi in ng/l, sono confrontati con i criteri di qualità delle acque superficiali MAC e AA pubblicati dall'Oekotoxzentrum di Dübendorf (Oekotoxzentrum, 2018). Eventuali superamenti di un valore MAC e/o AA sono evidenziati in grassetto e sottolineati.

| Punto prelievo | Ponte Tresa Colonna d'acqua 0-20 m | | | | Ponte Tresa Campione 40 m | | | | Criterio di qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|---|---------------------------------------|-------------------|---------|---------|------------------------------|---------|---------|---------|--|--------------------|
| | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | MAC | AA |
| Benzotriazol | 160 | 130 | 160 | 160 | 140 | 140 | 150 | 160 | 158000 | 19000 |
| 4-Methylbenzotriazol | 36 | 27 | 32 | 32 | 34 | 32 | n.d. | 34 | 425000 | 20000 |
| 5-Methylbenzotriazol | 28 | 22 | 21 | 27 | 25 | 23 | 27 | 28 | 425000 | 20000 |
| EDTA | 2100 | 2300 | 2800 | 2300 | 2000 | 1900 | 2100 | 1700 | 12100000 | 2200000 |
| 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin | 27 | 28 | 29 | 32 | 30 | 29 | 31 | 35 | att. non possibile | 100000 |
| Azithromycin | 9 | 7 | n.d. | n.d. | n.d. | 9 | 9 | n.d. | 180 | 19 |
| Carbamazepin | 15 | 9 | 9 | 13 | 13 | 9 | 10 | 12 | 2000000 | 2000 |
| Cetirizin | n.d. | n.d. | n.d. | 8 | n.d. | 9 | n.d. | 8 | | |
| Clarithromycin | 12 | 5 | n.d. | 7 | 9 | 7 | 9 | 9 | 190 | 120 |
| Dehydrato-Erythromycin A | n.d. | n.d. | 21 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Diclofenac | 11 | <u>130</u> | 9 | 8 | 13 | 26 | 11 | 12 | non considerato | 50 |
| Gabapentin | 89 | 85 | 91 | 95 | 79 | 93 | 100 | 100 | | |
| Ibuprofen | <u>17</u> | n.d. | n.d. | n.d. | <u>11</u> | n.d. | n.d. | 5 | 1710000 | 11 |
| Iohexol | 260 | 170 | 140 | 190 | 160 | 160 | 160 | 160 | | |
| Iomeprol | 380 | 250 | 200 | 280 | 310 | 310 | 290 | 310 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopamidol | 470 | 330 | 280 | 380 | 510 | 480 | 480 | 490 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopromid | 38 | 19 | n.d. | 19 | 38 | 33 | 31 | 36 | att. non possibile | att. non possibile |
| Ioxithalaminsäure | 26 | 14 | 12 | 20 | 22 | 20 | 19 | 23 | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|--------|
| Lamotrigin | 8 | 7 | 8 | 9 | 6 | 9 | 6 | 9 | | |
| Naproxen | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 860000 | 1700 |
| Oxazepam | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Paracetamol | n.d. | 5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Roxithromycin | 7 | n.d. | n.d. | 7 | 7 | n.d. | n.d. | 8 | | |
| Sulfamethoxazol | 19 | 14 | 14 | 18 | 17 | 15 | 13 | 15 | 2700 | 600 |
| Trimethoprim | 4 | 4 | n.d. | 4 | 4 | 4 | n.d. | n.d. | 214000 | 120000 |
| Estron | 0.09 | 0.2 | 0.3 | 0.06 | 0.08 | 0.1 | 0.09 | 0.07 | non proposto | 3.6 |
| 4-iso-Nonylphenol | 43 | n.d. | 3800 | 43 |
| Acesulfam | 290 | 220 | 150 | 220 | 260 | 260 | 250 | 280 | | |
| Cyclamat | 24 | 20 | 27 | 24 | 25 | 19 | 20 | 22 | | |
| Saccharin | 30 | 23 | 26 | 25 | 33 | 25 | 32 | 28 | | |
| Sucralose | 230 | 200 | 260 | 260 | 210 | 190 | 230 | 230 | | |
| No. sostanze rilevate | 28 | 24 | 20 | 24 | 26 | 24 | 21 | 24 | | |

Tabella 6: Sostanze rivelate presso la stazione di Figino in occasione delle quattro campagne di misurazioni. I valori, espressi in ng/l, sono confrontati con i criteri di qualità delle acque superficiali MAC e AA pubblicati dall'Oekotoxzentrum di Dübendorf (Oekotoxzentrum, 2018). Eventuali superamenti di un valore MAC e/o AA sono evidenziati in grassetto e sottolineati.

| Punto prelievo | Figino Colonna d'acqua 0-20 m | | | | Figino Campione 50 m | | | | Criterio di qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|---|----------------------------------|------------------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|---------|--|--------------------|
| | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | MAC | AA |
| Benzotriazol | 140 | 120 | 120 | 170 | 130 | 120 | 150 | 140 | 158000 | 19000 |
| 4-Methylbenzotriazol | 34 | 26 | 32 | 34 | 32 | 30 | 34 | 33 | 425000 | 20000 |
| 5-Methylbenzotriazol | 26 | 21 | 22 | 28 | 24 | 22 | 26 | 26 | 425000 | 20000 |
| EDTA | 2000 | 2400 | 2500 | 2500 | 1900 | 1900 | 1800 | 1700 | 12100000 | 2200000 |
| 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin | 25 | 28 | 27 | 36 | 26 | 28 | 27 | 26 | att. non possibile | 100000 |
| Azithromycin | 4 | 6 | n.d. | n.d. | 3 | 8 | 8 | n.d. | 180 | 19 |
| Carbamazepin | 15 | 9 | 9 | 14 | 13 | 9 | 9 | 12 | 2000000 | 2000 |
| Cetirizin | n.d. | 24 | n.d. | 9 | n.d. | 23 | n.d. | 7 | | |
| Clarithromycin | 9 | 5 | 5 | 8 | 9 | 7 | 8 | 9 | 190 | 120 |
| Dehydrato-Erythromycin A | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Diclofenac | 13 | <u>55</u> | 12 | 16 | 17 | 32 | 9 | 7 | non considerato | 50 |
| Gabapentin | 84 | 84 | 88 | 96 | 82 | 86 | 90 | 82 | | |
| Ibuprofen | 8 | n.d. | n.d. | 6 | 8 | n.d. | n.d. | n.d. | 1710000 | 11 |
| Iohexol | 220 | 170 | 170 | 220 | 150 | 140 | 130 | 120 | | |
| Iomeprol | 320 | 260 | 230 | 360 | 250 | 270 | 250 | 250 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopamidol | 450 | 320 | 330 | 470 | 410 | 420 | 410 | 400 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopromid | 37 | 20 | 15 | 22 | 42 | 36 | 33 | 36 | att. non possibile | att. non possibile |
| Ioxithalaminsäure | 22 | 16 | 14 | 27 | 21 | 20 | 16 | 18 | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|--------|
| Lamotrigin | 8 | 8 | 7 | 11 | 7 | 7 | 8 | 8 | | |
| Naproxen | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 860000 | 1700 |
| Oxazepam | 3 | n.d. | n.d. | 6 | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Paracetamol | n.d. | | |
| Roxithromycin | 7 | n.d. | n.d. | 6 | 5 | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Sulfamethoxazol | 17 | 15 | 14 | 20 | 16 | 16 | 13 | n.d. | 2700 | 600 |
| Trimethoprim | 4 | 4 | n.d. | 4 | 4 | 4 | n.d. | 4 | 214000 | 120000 |
| Estron | 0.09 | 0.1 | 0.1 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.09 | non proposto | 3.6 |
| 4-iso-Nonylphenol | 36 | n.d. | 3800 | 43 |
| Acesulfam | 300 | 210 | 170 | 230 | 270 | 250 | 250 | 280 | | |
| Cyclamat | 20 | 19 | 25 | 25 | 19 | 13 | 14 | 17 | | |
| Saccharin | 21 | 21 | 27 | 24 | 21 | 11 | 60 | n.d. | | |
| Sucralose | 210 | 220 | 250 | 290 | 190 | 180 | 190 | 180 | | |
| No. sostanze rilevate | 28 | 24 | 21 | 26 | 27 | 24 | 22 | 21 | | |

Tabella 7: Sostanze rivelate presso la stazione di Melide in occasione delle quattro campagne di misurazioni. I valori, espressi in ng/l, sono confrontati con i criteri di qualità delle acque superficiali MAC e AA pubblicati dall'Oekotoxzentrum di Dübendorf (Oekotoxzentrum, 2018). Eventuali superamenti di un valore MAC e/o AA sono evidenziati in grassetto e sottolineati.

| Punto prelievo | Melide Colonna d'acqua 0-20 m | | | | Melide Campione 50 m | | | | Criterio di qualità acuto (MAC) e cronico (AA) | |
|---|----------------------------------|---------|---------|---------|-------------------------|---------|---------|---------|--|--------------------|
| | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | Camp. 1 | Camp. 2 | Camp. 3 | Camp. 4 | MAC | AA |
| Benzotriazol | 110 | 100 | 130 | 130 | 110 | 110 | 120 | 130 | 158000 | 19000 |
| 4-Methylbenzotriazol | 30 | 24 | 27 | 27 | 30 | 28 | 33 | 32 | 425000 | 20000 |
| 5-Methylbenzotriazol | 21 | 18 | 19 | 22 | 21 | 20 | 23 | 24 | 425000 | 20000 |
| EDTA | 1600 | 1800 | 1900 | 1900 | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 12100000 | 2200000 |
| 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin | 21 | 22 | 22 | 25 | 22 | 25 | 25 | 26 | att. non possibile | 100000 |
| Azithromycin | 3 | 5 | n.d. | n.d. | 4 | 8 | 6 | n.d. | 180 | 19 |
| Carbamazepin | 11 | 6 | 9 | 16 | 11 | 7 | 9 | 55 | 2000000 | 2000 |
| Cetirizin | n.d. | n.d. | n.d. | 9 | n.d. | n.d. | n.d. | 6 | | |
| Clarithromycin | 8 | n.d. | n.d. | 6 | 9 | 6 | 7 | 8 | 190 | 120 |
| Dehydrato-Erythromycin A | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Diclofenac | 4 | 8 | n.d. | n.d. | 6 | 22 | 6 | 5 | non considerato | 50 |
| Gabapentin | 70 | 70 | 68 | 74 | 66 | 76 | 76 | 62 | | |
| Ibuprofen | 6 | n.d. | n.d. | n.d. | 5 | n.d. | n.d. | n.d. | 1710000 | 11 |
| Iohexol | 110 | 100 | 93 | 110 | 73 | 80 | 77 | 80 | | |
| Iomeprol | 200 | 180 | 140 | 180 | 160 | 180 | 180 | 190 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopamidol | 320 | 230 | 210 | 270 | 320 | 360 | 350 | 340 | att. non possibile | att. non possibile |
| Iopromid | 34 | 17 | 14 | 19 | 37 | 33 | 31 | 33 | att. non possibile | att. non possibile |
| Ioxithalaminsäure | 17 | 11 | n.d. | 12 | 16 | 16 | 15 | 17 | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|-----------|------|------|------|-----------------|--------|
| Lamotrigin | 7 | 6 | 7 | 9 | 6 | 7 | 8 | 8 | | |
| Naproxen | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 860000 | 1700 |
| Oxazepam | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Paracetamol | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Roxithromycin | 5 | n.d. | n.d. | n.d. | 5 | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Sulfamethoxazol | 13 | 11 | 10 | 14 | 14 | 14 | 13 | 14 | 2700 | 600 |
| Trimethoprim | 4 | 4 | n.d. | 4 | 4 | 4 | n.d. | 4 | 214000 | 120000 |
| Estron | 0.06 | 0.3 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | n.d. | 0.09 | non proposto | 3.6 |
| 4-iso-Nonylphenol | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | 45 | n.d. | n.d. | n.d. | 3800 | 43 |
| Acesulfam | 250 | 220 | 170 | 200 | 240 | 240 | 230 | 260 | | |
| Cyclamat | 20 | 21 | 24 | 23 | 18 | 13 | 15 | 14 | | |
| Saccharin | 17 | 23 | 45 | 15 | 13 | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Sucralose | 170 | 190 | 180 | 190 | 150 | 150 | 170 | 180 | | |
| No. sostanze rilevate | 25 | 22 | 18 | 22 | 26 | 22 | 20 | 22 | | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------|--------|
| Lamotrigin | n.d. | | |
| Naproxen | n.d. | 860000 | 1700 |
| Oxazepam | n.d. | | |
| Paracetamol | n.d. | | |
| Roxithromycin | n.d. | | |
| Sulfamethoxazol | 2 | n.d. | n.d. | n.d. | 3 | n.d. | n.d. | n.d. | 2700 | 600 |
| Trimethoprim | n.d. | 214000 | 120000 |
| Estron | n.d. | 0.09 | 0.06 | n.d. | n.d. | 0.1 | 0.05 | n.d. | non proposto | 3.6 |
| 4-iso-Nonylphenol | n.d. | 3800 | 43 |
| Acesulfam | 82 | 77 | 72 | 84 | 83 | 76 | 58 | 88 | | |
| Cyclamat | 20 | 19 | 24 | 24 | 19 | 14 | 11 | 18 | | |
| Saccharin | n.d. | n.d. | 11 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | | |
| Sucralose | n.d. | | |
| No. sostanze rilevate | 12 | 10 | 10 | 7 | 12 | 10 | 9 | 7 | | |