

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO DI VALCIMARRA II
Installazione di un nuovo gruppo reversibile
Centrale di Valcimarra
Comune di Caldarola (MC)

Studio di Impatto Ambientale
INTEGRAZIONI

**EFFETTI DEL RIMESCOLAMENTO DELLE ACQUE
DEGLI INVASI DI FIASTRONE E POLVERINA**

File: GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.243.00 Effetti del rimescolamento delle acque degli invasi di Fiastrone e Polverina

00	04/09/2023	Prima Emissione	G.R.A.I.A. SRL	F. Maugliani C. Piccinin	A. Balestra																
REV.	DATE	DESCRIPTION	PREPARED	VERIFIED	APPROVED																
GRE VALIDATION																					
---			G. RIPELLINO																		
COLLABORATORS		VERIFIED BY		VALIDATED BY																	
PROJECT / PLANT		GRE CODE																			
VALCIMARRA		GROUP	FUNCION	TYPE	ISSUER	COUNTRY	TEC	PLANT	SYSTEM	PROGRESSIVE	REVISI ON										
		GRE	EEC	D	9	9	I	T	H	1	7	1	6	8	0	0	2	4	3	0	0
CLASSIFICATION PUBLIC					UTILIZATION SCOPE STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE - INTEGRAZIONI																
<p><i>This document is property of Enel Green Power S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Green Power S.p.A.</i></p>																					

00	04/09/2023	G.R.A.I.A. SRL	MFr/Bal
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	PREMESSA	7
2.	AREA DI STUDIO	8
3.	CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA	10
4.	CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE	15
4.1	Campagna di monitoraggio aprile-giugno 2023	15
4.2	Qualità chimico-fisica delle acque	17
4.3	Biodiversità	22
4.3.1	Vegetazione e flora	26
4.3.2	Fauna	41
4.3.3	Fitoplancton	57
4.3.4	Aree protette	70
4.3.5	Elementi di sensibilità per la biodiversità dell'area vasta	73
4.4	Stato ecologico	74
5.	IL FENOMENO DI RIMESCOLAMENTO DELLE ACQUE DEGLI INVASI INSTAURATO DAL PROGETTO	76
1.1	Modellizzazione idrodinamica e dispersiva degli scenari del pompaggio	76
1.1.1	Scenari di studio	82
1.1.2	Conclusioni della modellizzazione	118
6.	EFFETTI DEL RIMESCOLAMENTO DELLE ACQUE SUGLI ECOSISTEMI LACUSTRI E SULLA RETE ECOLOGICA	121
7.	BIBLIOGRAFIA	126
7.1	Letteratura di settore e scientifica	126
7.2	Sitografia ufficiale	131
7.3	Sitografia non ufficiale e social media	132
8.	ALLEGATI	1
8.1	RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SUL CAMPO	1
8.2	DATI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE SUI LAGHI FIASTRONE E POLVERINA ESEGUITO DA ARPAM NEL 2022	11

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Gli ambienti acquatici coinvolti nel progetto	8
Figura 2: Il bacino idrografico del fiume Chienti	10
Figura 3: Corografia dell'impianto idroelettrico di Valcimarra-Chienti	11
Figura 4: Punti di indagine invaso del Fiastrone.	16
Figura 5: Punti di indagine lago di Polverina	16
Figura 6: Area di studio.....	22
Figura 7: Confini del Parco Nazionale dei Monti Sibillini e Siti della Rete Natura 2000 che rientrano parzialmente nell'area di studio	23
Figura 8: Estratto "Carta degli elementi del Paesaggio" Regione Marche 2006	28
Figura 9: Unità di Paesaggio Vegetale dal SIT Biodiversità della Regione Marche	29
Figura 10: Vegetazione naturale dal SIT Biodiversità della Regione Marche	29
Figura 11: Vegetazione potenziale dal SIT Biodiversità della Regione Marche.....	30
Figura 12: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell'intorno del Lago di Polverina (Fonte R.E.M.)....	30
Figura 13: Vegetazione di Pioppo sulla riva nord del lago	31
Figura 14: Vista della riva nord del lago con evidente una fascia di neocolonizzazione	31
Figura 15: Panoramica sul lago di Polverina	31
Figura 16: Panoramica delle sponde lacuali.....	32
Figura 17: Panoramica su sponda ovest con evidente ampio Saliceto.....	32
Figura 18: Vista da monte in sponda sinistra orografica con bosco deciduo di <i>Salix alba</i>	33
Figura 19: Bosco deciduo di <i>Salix alba</i> sulla sponda di monte	33
Figura 20: Immissione del Chienti nell'invaso di Polverina	33
Figura 21: Vegetazione potenziale al lago di Fiastra da SIT Biodiversità della Regione Marche.....	34
Figura 22: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell'intorno del Lago di Fiastra (Fonte R.E.M.).....	34
Figura 23: Vista della parte di monte del lago, in corrispondenza dell'immissione del T. Fiastrone.....	35
Figura 24: Vista della parte di monte con piccoli nuclei di saliceto	35
Figura 25: Rupi alberate con vegetazione termofila	36

Figura 26: Panoramica della sponda destra orografica dal <i>view point</i> della terrazza panoramica	36
Figura 27: Vista dell'invaso verso il fronte della diga	36
Figura 28: Vista del versante a monte della centrale di Valcimarra	37
Figura 29: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell'intorno del Lago di Fiastra (Fonte R.E.M.)	38
Figura 30: Particolare del popolamento di basso versante caratterizzato da un'elevata densità e alta variabilità floristica	39
Figura 31: Particolare di popolamento di alto versante quasi puro di <i>Ostria carpiniifolia</i>	39
Figura 32: Limite sponda orientale del lago di Fiastra.....	40
Figura 33: Limite sponda occidentale del lago di Fiastra	40
Figura 34: Numero di specie presenti nell'area di interesse, per gruppo faunistico	43
Figura 35: N. di specie di interesse comunitario presenti nell'area di interesse, per gruppo faunistico	44
Figura 36: Airone cenerino nel lago di Polverina, sponda di monte, giugno 2022	48
Figura 37: Stazioni della Carta Ittica delle Marche, rielaborato da: (Lorenzoni & Esposito, 2011)	53
Figura 38: Localizzazione degli addensamenti cianobatterici in un corpo lacustre naturale o artificiale tipico di climi temperati (tratto da: Funari <i>et al.</i> , 2014).....	63
Figura 39: Scheda IBA 095 – Categorie e criteri IBA	71
Figura 40: Schematizzazione 3D dei laghi di Fiastrone e Polverina – a) Griglia orizzontale; b) Schematizzazione verticale (20 z-layers).....	78
Figura 41: Batimetria applicata alle maglie di calcolo.	79
Figura 42: Confronto tra le curve di invaso ricavate dai dati batimetrici misurati e modello.	80
Figura 43: Scenario 1: Condizioni meteorologiche.....	84
Figura 44: Scenario 1: Lago di Fiastrone a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.	85
Figura 45: Scenario 1: Lago di Polverina a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.	86
Figura 46: Lago di Fiastrone – Schema del giorno-tipo delle portate.	87
Figura 47: Lago di Polverina – Schema del giorno-tipo delle portate.	87
Figura 48: Ubicazione dei punti di controllo.	88
Figura 49: Scenario 1: Lago di Fiastrone - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.	89

Figura 50: Scenario 1: Lago di Polverina - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.....	90
Figura 51: Scenario 1: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Polverina scaricate nel Lago di Fiastrone a diverse profondità.	92
Figura 52: Scenario 1: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Fiastrone scaricate nel Lago di Polverina a diverse profondità.	93
Figura 53: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezioni trasversali AA’ e BB’.....	94
Figura 54: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.....	95
Figura 55: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione trasversale AA’.....	95
Figura 56: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.....	96
Figura 57: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).	98
Figura 58: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).	99
Figura 59: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).	100
Figura 60: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).	101
Figura 61: Scenario 1 – Distribuzione delle velocità nelle 24 ore.....	102
Figura 62: Scenario 2: Condizioni meteo.	103
Figura 63: Scenario 2: Lago di Fiastrone a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.....	104
Figura 64: Scenario 2: Lago di Polverina a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.....	105
Figura 65: Lago di Polverina - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.	106
Figura 66: Scenario 2: Lago di Fiastrone - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.....	107
Figura 67: Scenario 2: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Polverina scaricate nel Lago di Fiastrone a diverse profondità.	109

Figura 68: Scenario 2: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Fiastrone scaricate nel Lago di Polverina a diverse profondità.	110
Figura 69: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezioni trasversali AA’ e BB’	111
Figura 70: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.....	112
Figura 71: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione trasversale AA’.....	112
Figura 72: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.....	113
Figura 73: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).	114
Figura 74: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).	115
Figura 75: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).	116
Figura 76: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).	117

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Caratteristiche idrografiche dei tre invasi di interesse.	12
Tabella 2: Campo medio della precipitazione annuale e stagionale per il periodo 1950-2000 (Fonte protezione civile).....	28
Tabella 3: Campo medio della temperatura dei mesi di Gennaio e Luglio per il periodo 1950-2000 (Fonte protezione civile).....	28
Tabella 4: Dati faunistici del Parco Nazionale, per alcune specie significative e formatrici di sensibilità (Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 2021)	42
Tabella 5: Invertebrati di interesse comunitario che possono essere presenti nell’area vasta di progetto	45
Tabella 6: Specie di anfibi presenti nell’area vasta di progetto	45
Tabella 7: Specie di anfibi di interesse comunitario presenti nell’area vasta di progetto	45
Tabella 8: Specie in Allegato I della DU presenti nell’area vasta di progetto	47
Tabella 9: Elenco delle specie di avifauna acquatica presenti nell’area di studio.....	48
Tabella 10: Specie di Rettili presenti nell’area di interesse	49

Tabella 11: Elenco delle specie di interesse comunitario.....	50
Tabella 12: Elenco delle specie di pesci che risultano presenti nell'area di studio	51
Tabella 13: Specie di interesse comunitario presenti nell'area di studio.....	52
Tabella 14: confronto fauna ittica presente nei tre invasi artificiali di Fiastrone, Polverina, Borgiano.	53
Tabella 15: Specie ittiche presenti nell'area vasta di progetto	57
Tabella 16: Percentuali di rischio dei corpi d'acqua di sviluppare comunità fitoplanctoniche dominate da cianobatteri in funzione delle concentrazioni di fosforo totale (TP) (secondo Downing et al., 2001).....	64
Tabella 17: Composizione del popolamento fitoplanctonico dell'invaso del Fiastrone rilevato nelle due campagne di aprile e giugno 2023.	68
Tabella 18: Composizione del popolamento fitoplanctonico dell'invaso di Polverina rilevato nelle due campagne di aprile e giugno 2023.	69
Tabella 19: Classificazione dello stato ecologico e chimico relativa al triennio 2018-2020. Tratto da ARPAM (2020).....	75
Tabella 20: Andamento delle classificazioni di stato ecologico e chimico ottenute negli ultimi trienni per gli invasi marchigiani. Tratto da ARPAM (2020).	75
Tabella 21: Portate orarie dei due fiumi considerate in ingresso nel modello.....	81
Tabella 22: Volumi pompati e turbinati nella giornata tipo.....	83

1. PREMESSA

Il presente documento prende origine dall'esigenza emersa in sede di Valutazione di Impatto Ambientale di eseguire approfondimenti sui possibili effetti prevedibili del rimescolamento delle acque dei due serbatoi idroelettrici di Fiastra e Polverina, indotti dal progetto proposto in questa sede.

Rispetto a quanto descritto e analizzato nello SIA presentato all'atto dell'istanza, questo studio propone i seguenti ampliamenti e approfondimenti dell'indagine:

- è approfondita la caratterizzazione idrologica e idrometrica, termica, chimico-fisica e biologica dei due bacini lacustri, presentata **secondo una trattazione narrativa strutturata per argomenti, affrontati con un approccio comparativo**;
- l'area di studio è allargata al Lago di Borgiano, che già riceve le acque dei due laghi, e vengono riprese le analisi sui due corsi d'acqua recettori, fiume Chienti e torrente Fiastrone;
- viene proposto uno studio originale di approfondimento degli effetti del rimescolamento delle acque dei due laghi eseguito tramite modellazione 3D;
- vengono riprese e approfondite le analisi e le stime dell'impatto del rimescolamento delle acque dei due laghi sugli ecosistemi coinvolti e sulle loro componenti biotiche e abiotiche, nonché sulla popolazione e sulle attività umane.

2. AREA DI STUDIO

L'area idrica di interesse per il presente studio è definita richiamando brevemente quello che attualmente rappresenta lo schema idrico di funzionamento della Centrale di Valcimarra, descritto più nel dettaglio nello SIA. Esso coinvolge i seguenti ambienti acquatici: il fiume Chienti nel suo tratto collinare, il torrente Fiastrone, affluente di destra orografica del Chienti, e i serbatoi artificiali di Polverina e Fiastrone (o Lago di Fiastra, come più comunemente noto). Si fa rientrare nell'area di studio anche il serbatoio del Borgiano. La centrale di Valcimarra, infatti, in funzione dagli anni '50 del secolo scorso, attraverso due opere di derivazione indipendenti deriva le acque dai due invasi, Fiastrone e Polverina, turbinandole e restituendole entrambe al Chienti poco distante dalla centrale stessa. Due le acque dei due laghi già si mescolano nel Chienti prima di andare ad alimentare un ulteriore invaso presente lungo il corso del fiume, il serbatoio del Borgiano (anche noto come Lago di Caccamo o di Pievefavera).

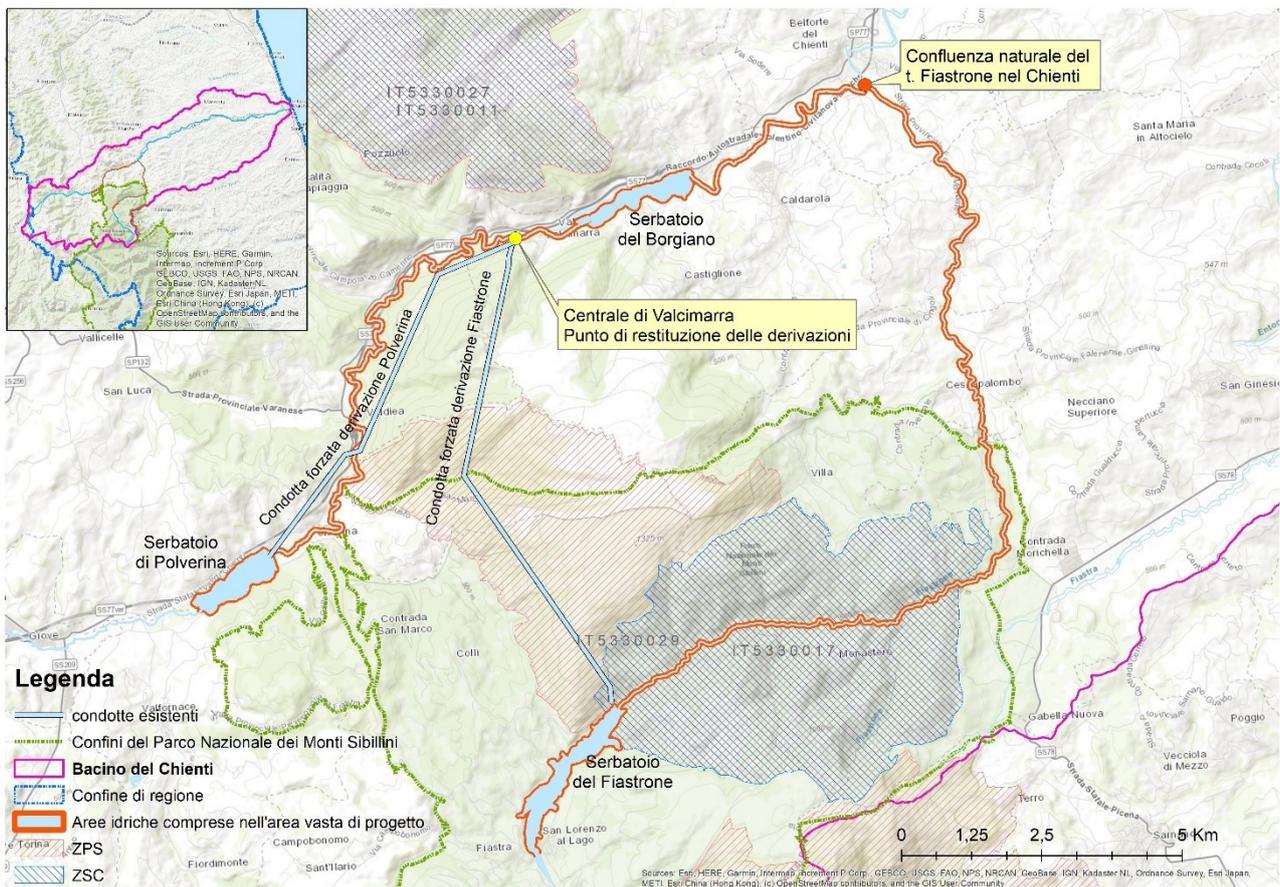


Figura 1: Gli ambienti acquatici coinvolti nel progetto

Il percorso naturale dell'emissario del Lago di Fiastra, invece, il torrente Fiastrone emissario, appunto, termina invece il suo corso nel Chienti a valle di questo invaso, all'altezza di Belforte; le acque restituite al torrente subito a valle della diga di Fiastra con il rilascio del DMV, una volta turbinate da una centralina ad acqua fluente posta proprio sul punto di rilascio, percorrono la Gola del Fiastrone nell'alveo originale del corso d'acqua. Allo stesso modo, dalla diga di Polverina le acque sono restituite al Chienti nella misura del DMV; da qui le acque

percorrono il letto naturale del fiume fino alla Centrale di Valcimarra, dove ricevono gli scarichi della centrale, per poi proseguire fino al lago di Borgiano e ricevere, poco più a valle le acque di rilascio del DMV del Fiastrone. Alla confluenza del torrente Fiastrone.

Di seguito si presenta l'inquadramento ambientale dei seguenti corpi acquatici:

- [1] Serbatoio di Polverina;
- [2] Serbatoio del Fiastrone;
- [3] Serbatoio del Borgiano;
- [4] Fiume Chienti nel tratto dalle sorgenti fino al tratto posto a monte del Lago delle Grazie;
- [5] Torrente Fiastrone emissario del Fiastra, tutto il corso d'acqua.

Come segnalato nel documento di SIA e discusso anche in sede di consultazione con la commissione VIA, occorre di nuovo fare presente che non è stato possibile per questo lavoro usufruire dell'archivio storico e analitico dei dati di qualità dei corpi idrici di ARPAM, in quanto, come più volte anche dichiarato dagli stessi referenti per l'Ente, tale archivio nella primavera del 2022 è stato vittima di un attacco informatico che ha completamente ripulito la memoria digitale di ARPAM, non permettendo di recuperare i dati analitici grezzi fino ad allora archiviati. Rimangono solo poche pubblicazioni, riassuntive e prive di informazioni di dettaglio sulle analisi chimico-fisiche e biologiche condotte negli anni.

ARPAM, contattata, a seguito della nostra richiesta e dopo una consultazione diretta, ha fornito i dati di qualità dei due invasi di Polverina e Fiastrone raccolti dalla primavera all'autunno 2022. All'aprile 2023 non erano state svolte ulteriori campagne e al settembre 2023 non sono giunti ulteriori dati da ARPAM.

Come si leggerà nel seguito, la mancanza di informazioni sufficientemente di dettaglio da una parte e l'esigenza dall'altra di approfondire il tema del rimescolamento delle acque dei due invasi, emersa a seguito delle osservazioni ricevute in sede di VIA, ha determinato la necessità di svolgere un monitoraggio mirato a raccogliere i dati ambientali necessari. Tenuto conto dei tempi accordati per le integrazioni allo Studio di Impatto Ambientale, è stato possibile organizzare e compiere due campagne di monitoraggio, la prima nell'aprile 2023 e la seconda nel giugno 2023, in cui sono stati raccolti dati e campioni d'acqua per l'indagine delle caratteristiche chimico-fisiche e biologiche (fitoplancton) dei due invasi.

Lo stato dell'ambiente nei due invasi di presenta dunque come un compendio di tutte le informazioni tratte dalla bibliografia reperita e dalle indagini di campo.

3. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA

Il fiume Chienti nasce nei pressi dell'altopiano di Colfiorito (in località Chienti di Gelagna) e presso Fiordimonte: i due rami fluviali confluiscono in prossimità di Maddalena di Muccia. Il bacino idrografico, la cui altitudine media è di circa 489 m s.l.m., è un bacino interregionale di superficie pari a 1.311 km², che ricadono prevalentemente nella regione Marche.

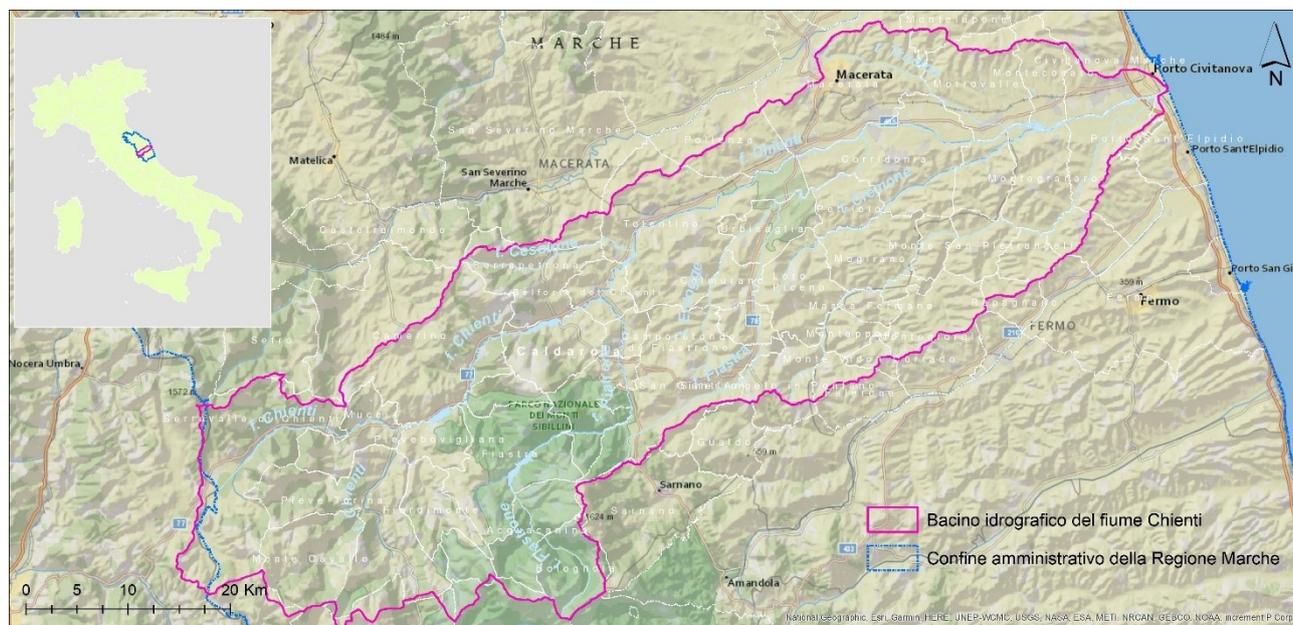


Figura 2: Il bacino idrografico del fiume Chienti

La valle del fiume Chienti taglia trasversalmente le morfostutture dell'Appennino umbro-marchigiano che, procedendo verso est, sono la dorsale interna Umbro-Marchigiana, il bacino Marchigiano interno (parte meridionale del bacino di Camerino), la dorsale Marchigiana esterna e il bacino Marchigiano esterno sino all'avanfossa periadriatica. Le formazioni presenti nel bacino sono Gruppo Giurassico, Gruppo Totonico-Oligocenico, Gruppo Miocenico. La sequenza plio-pleistocenica affiora con una successione stratigrafica completa. Procedendo dal basso verso l'alto, è caratterizzata principalmente da argille ed argille marnose con intercalati setti pelitico-arenacei, corpi e orizzonti arenacei ed arenaceo-pelitici con strati da sottili a spessi debolmente cementati, sabbie, fino a giungere ai conglomerati e sabbie con intercalato un livello guida limoso a gasteropodi (depositi Siciliano-Crotoniani). I depositi continentali quaternari sono rappresentati da: alluvioni attuali e recenti e depositi alluvionali terrazzati; detriti di falda; depositi colluviali; depositi di spiaggia attuale e terrazzi marini; dissesti di versante; depositi fluvio-lacustri; forme, depositi e processi legati all'azione delle acque correnti; forme, depositi e processi legati al carsismo; forme glaciali.

Lungo il corso d'acqua sono presenti invasi artificiali e opere di presa per uso prevalentemente idroelettrico. Il fiume mostra un andamento meandriforme e rettilineo nel primo tratto, mentre nel tratto sub-appenninico fino alla costa si osserva un andamento spesso di tipo anastomizzato. I principali tributari sono il torrente Vallicello, il torrente Fornace, il torrente Fiastra, il fiume Fiastrone e il fiume Ete Vivo.

Nel bacino idrografico del Chienti le risorse idriche sotterranee più significative si rinvennero nelle formazioni della successione carbonatica umbro-marchigiana e nell'acquifero della pianura alluvionale, sebbene la zona occupata dal bacino di Camerino sia caratterizzata da litologie a tratti molto eterogenee le quali comportano notevoli differenze anche nella permeabilità dei vari membri e nelle caratteristiche degli acquiferi da essi generati.

L'idrografia originaria del fiume Chienti è stata modificata dalla realizzazione di alcuni grandi invasi, che procedendo da monte verso valle lungo l'asta principale, sono l'invaso di Polverina, in località omonima, l'invaso di Borgiano (o lago di Caccamo), in località omonima, e l'invaso di Le Grazie nei pressi di Tolentino.

I due invasi di Fiastrone e Polverina risultano integrati nel sistema degli impianti idroelettrici dell'asta del fiume Chienti, costituito dalle centrali di Valcimarra Chienti, Belforte 1° salto, Belforte 2° salto, Città di Macerata, S. Maria Apparente e Molino Nuovo. La centrale di Valcimarra Chienti è costituita da due rami, uno alimentato dal serbatoio del Fiastrone, realizzato sbarrando il fiume Fiastrone in prossimità di S. Lorenzo di Fiastra (MC) con una diga ad arco gravità alta 87 m e un volume d'invaso di 21'700'000 m³ (dato di progetto), l'altro alimentato dal bacino di Polverina realizzato sbarrando il fiume Chienti con una diga in materiali sciolti alta 27.50 m e un volume d'invaso di 5'800'000 m³ (dato di progetto).

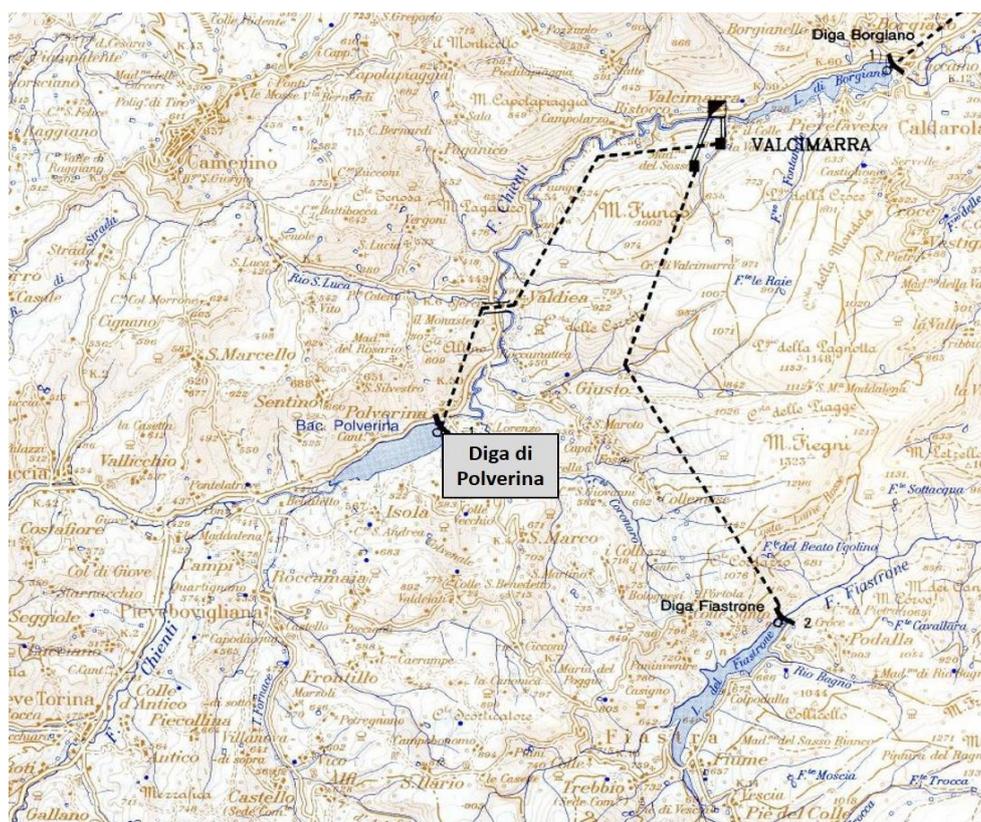


Figura 3: Corografia dell'impianto idroelettrico di Valcimarra-Chienti

L'acqua del serbatoio del Fiastrone, tramite una galleria in pressione lunga 8.8 km, termina in un pozzo piezometrico, dal quale una condotta forzata va ad alimentare 2 turbine Francis ad asse verticale della potenza di 14.0 MW cadauna. L'acqua del bacino di Polverina viene derivata tramite una galleria di derivazione, lunga circa 7 km, e un ponte sifone lungo 251 m, che termina in un pozzo piezometrico dal quale una condotta

forzata, lunga 160 m, alimenta la turbina Francis ad asse verticale del terzo gruppo della centrale, con una potenza installata di 14.5 MW. A valle della centrale di Valcimarra Chienti sono ubicati gli impianti di Belforte 1°salto e 2°salto. La centrale di Belforte 1°salto è alimentata dal bacino di Borgiano, caratterizzato da un volume d'invaso di 5'050'000 m³ (dato di progetto). L'invaso di Borgiano è stato realizzato sbarrando il fiume Chienti poco più a valle del punto di rilascio delle acque di scarico della centrale di Valcimarra Chienti nel comune di Serrapetrona (MC). La centrale di Belforte 2°salto è alimentata dal bacino di S. Maria, caratterizzato da un volume d'invaso di 680'000 m³ (dato di progetto). L'invaso di S. Maria è stato realizzato sbarrando il fiume Chienti in prossimità del borgo di S. Maria nel comune di Belforte del Chienti. Proseguendo lungo l'asta idroelettrica del fiume Chienti troviamo gli impianti di Città di Macerata e, in prossimità della foce, gli impianti idroelettrici in successione di S. Maria Apparente e Molino Nuovo. L'impianto di Città di Macerata è ubicato nel comune di Macerata, è una centrale ad acqua fluente, realizzata nel 1930 e con potenza efficiente di circa 1 MW. Gli impianti idroelettrici di S. Maria Apparente e Molino Nuovo sono ubicati nel comune di Civitanova Marche e sono anch'essi impianti ad acqua fluente, con portate massime di adduzione di circa 3.7 m³/s. Le acque turbinate dalla centrale di S. Maria Apparente confluiscono direttamente verso la centrale di Molino Nuovo.

Di seguito si riportano le principali grandezze che definiscono la geometria e le caratteristiche idrografiche dei tre invasi sui quali si concentra lo studio: i due di progetto – Polverina e Fiastrone – e il Borgiano, già oggi recettore delle acque di entrambi i laghi:

PARAMETRO	INVASO DEL FIASTRONE	INVASO DI POLVERINA	INVASO DI BORGIANO
quota di massimo invaso	641.00 m s.l.m.	400.00 m s.l.m.	297.00 m s.l.m.
quota massima di regolazione	640.00 m s.l.m.	400.00 m s.l.m.	296.90 m s.l.m.
quota minima di regolazione	598.00 m s.l.m.	392.00 m s.l.m.	285.00 m s.l.m.
volume totale di invaso (ai sensi del D.M. 24.3.82)	21'700'000 m ³	5'800'000 m ³	5'050'000 m ³
volume utile di regolazione	19'200'000 m ³	4'820'000 m ³	4'550'000 m ³
superficie del bacino imbrifero direttamente sotteso	80.80 km ²	296.00 km ²	400.00 km ²
Classificazione Regione Marche - DGR 2060 del 07/12/2009	Tipo ME-4 Laghi mediterranei, profondi, calcarei	Tipo ME-2 Laghi mediterranei, poco profondi, calcarei	Tipo ME-2 Laghi mediterranei, poco profondi, calcarei
profondità massima della cuvetta lacustre	80 m	12 m	24,9 m
Classificazione Regione Marche - DGR 2060 del 07/12/2009	laghi dell'Italia Centro-Meridionale ed Insulare, aventi profondità media della cuvetta lacustre superiore a 15 m, con substrato prevalentemente calcareo.	laghi dell'Italia Centro-Meridionale ed Insulare, aventi profondità media della cuvetta lacustre inferiore a 15 m, caratterizzati da presenza di stratificazione termica stabile, con substrato prevalentemente calcareo.	laghi dell'Italia Centro-Meridionale ed Insulare, aventi profondità media della cuvetta lacustre inferiore a 15 m, caratterizzati da presenza di stratificazione termica stabile, con substrato prevalentemente calcareo.

Tabella 1: Caratteristiche idrografiche dei tre invasi di interesse.

SERBATOIO DEL FIASTRONE. Il serbatoio del Fiastrone, anche noto come Lago di Fiastra, costruito nel 1952, è il più grande bacino idroelettrico delle Marche; alimentato dal torrente Fiastrone, affluente di destra orografica del fiume Chienti, ha una forma irregolare stretta e allungata, e raggiunge profondità anche di 80 m presso il fronte della diga. Lo sbarramento determina un serbatoio con un volume d'invaso di 21.700.000 m³ alla quota di massimo invaso pari a 640.00 m s.l.m., mentre la lunghezza del lago è di circa 4 km. La superficie dello specchio lacustre alle stesse condizioni è pari a 96,2 h. Il bacino imbrifero del serbatoio del Fiastrone ha un'estensione di 8800 ettari. Tra le caratteristiche morfologiche più significative del bacino lacustre, emergono le seguenti:

- il serbatoio del Fiastrone è un invaso artificiale ad uso idroelettrico, per il quale è già concessa una regolazione dei livelli che vede le seguenti limitazioni: **quota di minima regolazione** dell'invaso = **598 m s.l.m.**; **quota di massima regolazione = 634 m s.l.m.** (imposta dopo il sisma del 2016);
- il **tempo di ricambio del lago** (il tempo necessario per un ricambio completo delle acque del lago) è stimato in circa **tre mesi**;
- La portata di **DMV è pari a 250 l/s**. Il rilascio viene effettuato attraverso il canale del bypass dello scarico di fondo, a **quota 563,14 m s.l.m.** Dal 2014 è presente, subito a valle diga lungo il fiume Fiastrone, una mini centrale idroelettrica che sfrutta le acque di rilascio del DMV per la produzione di energia elettrica (CESI, 2021).
- l'analisi dell'andamento dei livelli permette di evidenziare che **negli ultimi anni la gestione dell'invaso si è mantenuta nel range di oscillazione compreso tra il 628 m s.l.m. e la quota massima di regolazione concessa, 634 m s.l.m.**, con una **oscillazione più ristretta nel periodo estivo, tra i 630 m s.l.m. e i 634 m s.l.m.**;
- la **soglia dell'opera di derivazione**, che porta l'acqua alla centrale di Valcimarra, **si trova a 591,13 m s.l.m.**;
- la **batimetria** del lago permette di prevedere ad ogni livello di regolazione il volume invasato, l'area della superficie inondata e la sagoma dello specchio lacustre;
- con riferimento alla gestione condotta ad oggi, sulla base dei grafici dell'andamento dei livelli del lago e della geometria della cuvetta lacustre, **in media viene mantenuta nel lago una profondità intorno ai 64 m** nel punto di massima profondità; la massima profondità raggiungibile, in condizioni di regolazione alla massima quota concessa (livello del lago a quota 634 m s.l.m.), è pari a poco più di 66 m;
- il lago è definito monomittico (ARPAM, 2021).

Nel 2018 è stato realizzato il rilievo morfobatimetrico di dettaglio dell'invaso tramite strumentazione *multi beam*.

SERBATOIO DI POLVERINA. È alimentato direttamente dal fiume Chienti. Lo sbarramento determina un serbatoio con un volume d'invaso di 5.800.000 m³ alla quota di massimo invaso pari a 400.00 m s.l.m., mentre la lunghezza del lago è di circa 2 km e la profondità massima non supera i 14 m, attestandosi per lo più sui 12 m. La superficie dello specchio lacustre alle stesse condizioni è pari a 66,6 h. Tra le caratteristiche morfologiche più significative del bacino lacustre, emergono le seguenti:

- il lago di Polverina è un invaso artificiale ad uso idroelettrico, per il quale è già concessa una regolazione dei livelli che vede le seguenti limitazioni: **quota di minima regolazione** dell'invaso = **392 m s.l.m.**; **quota di massima regolazione** = **396 m s.l.m.** (imposta dopo il sisma del 2016);
- il **tempo di ricambio del lago** è stimato in **circa 7 giorni**;
- la portata di **DMV pari 450 l/s** è rilasciata subito a valle della diga ad alimentare il Chienti emissario. Tale portata viene rilasciata in gran parte da una piccola centralina di produzione alimentata da un tubo di derivazione che convoglia le acque dello **scarico di superficie** e in misura minore dallo scarico di fondo e dall'opera di presa (ENEL, 2011);
- L'analisi dell'andamento dei livelli permette di evidenziare che negli ultimi anni la gestione dell'invaso si è mantenuta nel *range* di oscillazione offerto dalle quote di minima e massima regolazione concesse, e dunque tra i 392 ed i 396 m s.l.m.;
- la **soglia dell'opera di derivazione**, che porta l'acqua alla centrale di Valcimarra, si trova a **387.56 m s.l.m.**;
- con riferimento alla gestione condotta ad oggi, sulla base dei grafici dell'andamento dei livelli del lago e della geometria della cuvetta lacustre, in media viene mantenuta nel lago una profondità intorno agli 11 m; la massima profondità raggiungibile, in condizioni di massima regolazione (livello del lago a quota 396 m s.l.m.), è pari a 13,5 m;
- il lago è definito monomittico (ARPAM, 2021);

La **batimetria** dell'invaso restituisce una chiara immagine di come può cambiare la sagoma del lago e la sua superficie al variare del livello dell'invaso. Anche per esso è stato realizzato il rilievo morfobatimetrico di dettaglio tramite strumentazione *multi beam*.

SERBATOIO DI BORGIANO. L'invaso prende origine anch'esso come il Polverina direttamente dal fiume Chienti; si trova a valle del Polverina ed anche della Centrale idroelettrica di Valcimarra. Le acque del Chienti immissario dell'invaso hanno dunque già ricevuto quelle del Fiastrone prima di alimentare il Borgiano, convogliate alla centrale per la produzione dell'energia idroelettrica e poi scaricate nel Chienti nello stesso punto di scarico delle acque derivate dal Polverina. Il Serbatoio del Borgiano ha una quota massima di regolazione di 296,9 m s.l.m. e una profondità massima di quasi 25 m. Anche questo lago è definito monomittico, come i precedenti (ARPAM, 2021).

4. CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

Di seguito vengono trattati i seguenti temi di caratterizzazione:

- Qualità chimico-fisica delle acque
- Biodiversità
- Stato ecologico

Come già accennato, ai fini dell'integrazione delle informazioni già fornite, si è proceduto nel 2023 ad effettuare due campagne di raccolta dati sul campo che hanno riguardato i due invasi di progetto – Polverina e Fiastrone –, eseguite ad aprile e a giugno 2023, per la raccolta e l'analisi di dati di dettaglio sui parametri chimico-fisici più significativi lungo la colonna della cuvetta lacustre e di dati riguardanti il fitoplancton, componente biotica particolarmente critica per via della possibile presenza e trasferimento in essi di Cianobatteri potenzialmente tossici, già accertati nei laghi di Fiastrone e Borgiano.

Prima di passare alla narrazione degli aspetti di caratterizzazione ambientale preannunciati, si propone una descrizione dettagliata delle attività svolte per il campionamento e dei dati raccolti.

4.1 Campagna di monitoraggio aprile-giugno 2023

In data 3-4 Aprile 2023 e in data 7-6 Giugno 2023 sono state svolte le attività rispettivamente della prima e della seconda campagna di monitoraggio negli invasi di Polverina e Fiastrone. In entrambi i casi i punti di campionamento scelti erano due per ciascun invaso: uno nel punto di maggiore profondità, presso il paramento delle dighe, l'altro in centro lago, in corrispondenza del punto di campionamento di ARPAM per il suo monitoraggio ambientale periodico.

INVASO DEL FIASTRONE. I punti di monitoraggio nel lago sono stati collocati come segue:

- Stazione centro lago ARPAM (43° 3'13.21"N, 13°10'25.40"E) profondità 37 m
- Stazione paramento diga limitrofo ad opera di presa (43° 3'37.13"N, 13°10'59.92"E) profondità 54 m

INVASO DI POLVERINA. I punti di monitoraggio nel lago sono stati collocati come segue:

- Stazione centro lago ARPAM (43° 5'6.01"N: 13° 6'12.33"E), profondità 5,8 m
- Stazione paramento diga -limitrofo ad opera di presa (43° 5'18.39"N, 13° 6'33.31"E) profondità 7 m



Figura 4: Punti di indagine invaso del Fiastrone.



Figura 5: Punti di indagine lago di Polverina

In ogni punto di campionamento sono stati prelevati campioni di acqua per analisi su Fitoplancton (per i cui risultati si rimanda al Paragrafo 4.3.3), Clorofilla, fosforo totale e ortofosfato, adeguatamente conservati e

inviati immediatamente a un laboratorio certificato. Negli stessi punti sono anche stati rilevati sul campo i principali parametri chimico-fisici relativi alla qualità dell'acqua, determinati tramite sonda multiparametrica **Hydrolab MS5**.

I dati così rilevati integrano le informazioni già raccolte per lo SIA e consentono l'approfondimento del tema del rimescolamento delle acque dei due laghi. I risultati delle indagini di campo sono ripresi nel seguito, a proposito delle singole tematiche di qualità oggetto di valutazione.

4.2 Qualità chimico-fisica delle acque

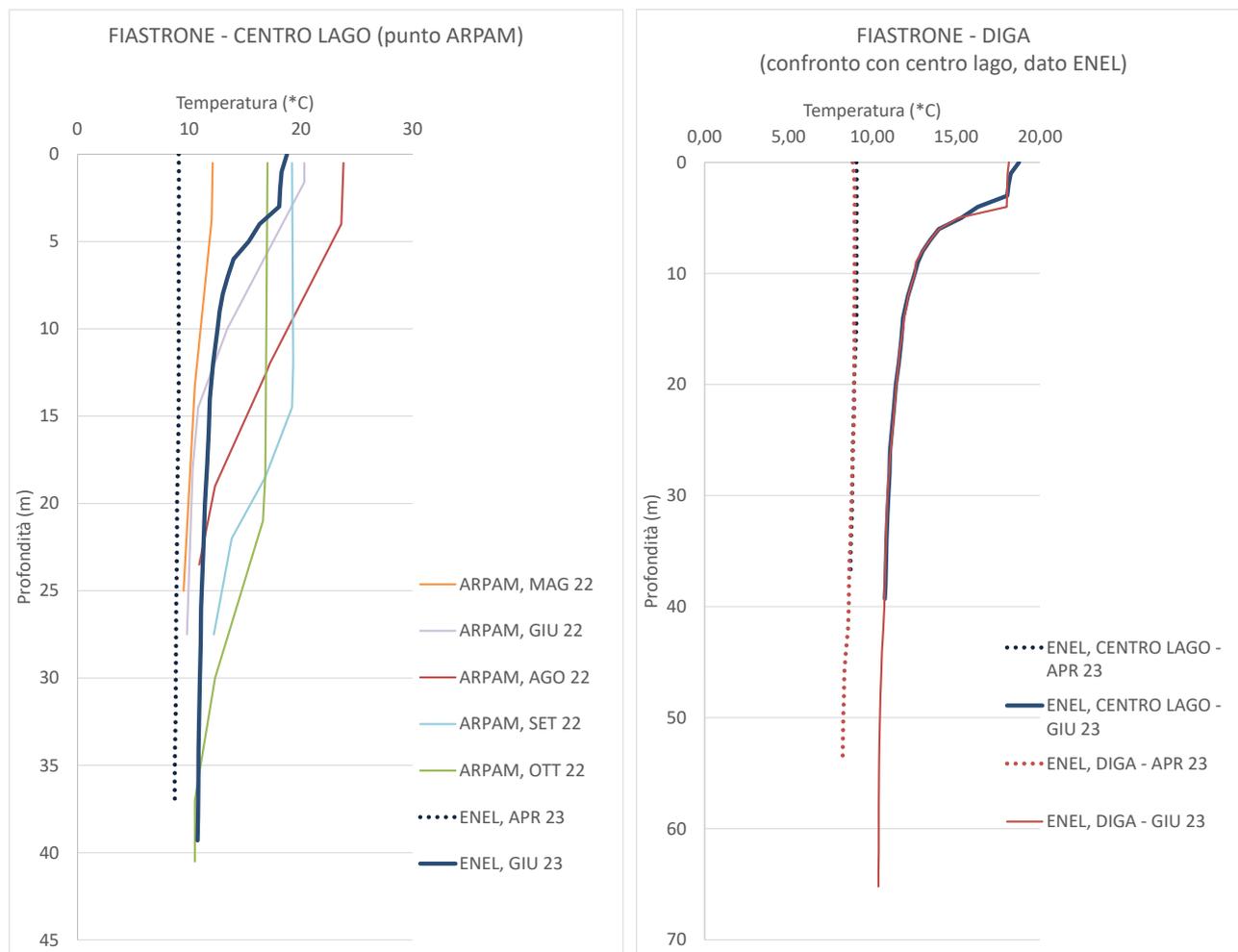
I tre invasi sono, come è noto, oggetto di monitoraggio ambientale da parte di ARPAM. Non è stato però purtroppo possibile usufruire della vasta banca dati delle analisi condotte nel tempo dall'Ente per i motivi già spiegati e riconducibili ad un attacco hacker subito nella primavera del 2022 dai suoi sistemi informatici, da cui non è più stato possibile recuperarli. Concorrono dunque a offrire un quadro della qualità chimico-fisica delle acque dei tre invasi, primariamente dei due coinvolti nel progetto, le informazioni riepilogative dei più recenti report triennali di ARPAM, le due campagne di raccolta dati sul campo da noi effettuate nei mesi di aprile e giugno 2023 (contrassegnati come ENEL 23) e i dati grezzi delle analisi svolte da ARPAM nel periodo compreso tra la tarda primavera 2022 e l'autunno 2022 (contrassegnati come ARPAM 22).

I dati analitici completi raccolti con le campagne ENEL 2023 e ARPAM 2022 (forniti da ARPAM) sono riportati in allegato al presente documento.

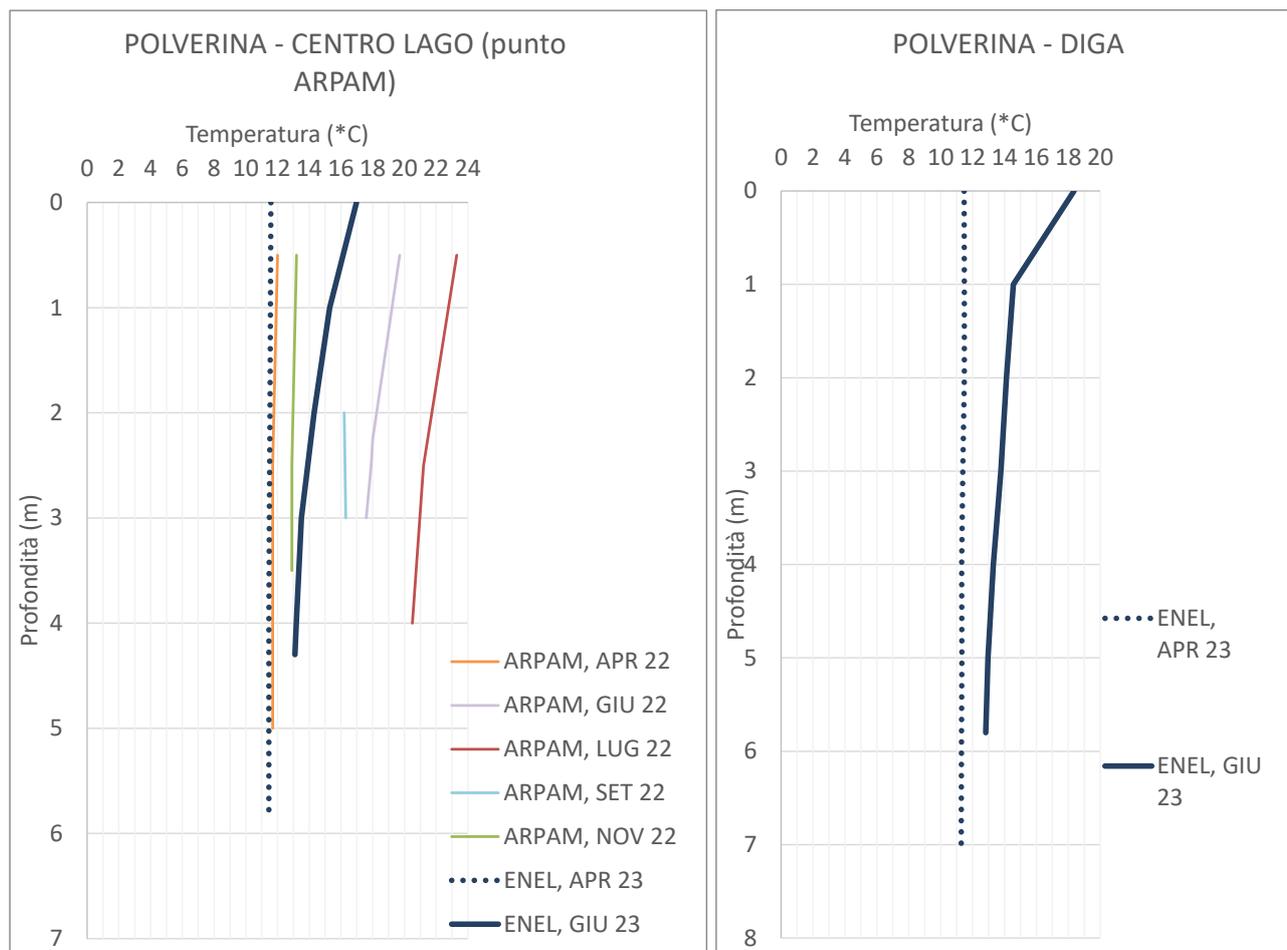
Temperatura dell'acqua.

INVASO DEL FIASTRONE. I grafici seguenti illustrano l'andamento della temperatura nel tempo e sulla colonna d'acqua nel Fiastrone. Ne emerge il quadro di un lago monomittico con una stratificazione stabile ben evidente nel periodo estivo tra un epilimnio fermo su temperature sopra i 18 °C – fino ad arrivare a quasi 24 °C e un ipolimnio con una temperatura che si attesta intorno agli 11-12°C in tutto il suo volume. Il termoclino si attesta ad una fascia profonda 8-10 m; la sua definizione non è possibile dai dati dei monitoraggi svolti da ARPAM, in quanto i dati sono rilevati ad intervalli non adeguatamente dettagliati per poter cogliere il punto di flesso e dunque il reale andamento della temperatura con la profondità.

Le misure rilevate da ENEL a centro lago e presso il paramento della diga nel punto più profondo sono allineate e coerenti.



INVASO DI POLVERINA. La cuvetta lacustre, a dispetto della classificazione del lago come monomittico con una stratificazione stabile estiva, mostra invece una certa tendenza al rimescolamento, fatto salvo lo strato più superficiale di un metro, che mostra un gradiente anche di quattro gradi presso il paramento della diga. In ogni caso non si può parlare di stratificazione termica, perlomeno che possa dirsi stabile.



INVASO DI BORGIANO. Per l'invaso del Borgiano non sono disponibili dati analitici della temperatura, ma dai Rapporti triennali e annuali disponibili di ARPAM (ARPAM, 2005, 2015, 2020) e in base alla profondità massima della cuvetta lacustre, pari a circa 24 m e alla sua profondità media, pari a circa 14 m, si evince invece un comportamento tipico da lago monomittico, con una stratificazione piuttosto stabile nel periodo estivo. L'andamento della temperatura ha evidenziato nel tempo valori minimi nel periodo invernale (7°C) e viceversa i valori maggiori (23°-24°C) sono stati registrati nel periodo giugno-agosto. Il periodo in cui si è evidenziata una maggior stratificazione è sempre risultato maggio-settembre, con rimescolamento prevalentemente nel periodo gennaio-maggio e ottobre-dicembre.

Ossigeno disciolto. Il suo andamento sulla colonna d'acqua è un importante indicatore dello stato trofico delle acque lacustri. L'ossigeno è soggetto ad elevata variabilità prevalentemente in funzione della produttività primaria. Le variazioni negli strati superficiali attorno al valore di saturazione sono infatti principalmente conseguenti all'attività fotosintetica planctonica. Nelle acque di fondo, invece, i valori tendenti alla sottosaturazione sono per lo più dovuti alla richiesta di ossigeno legata ai processi di degradazione della sostanza organica con conseguente consumo di ossigeno disciolto.

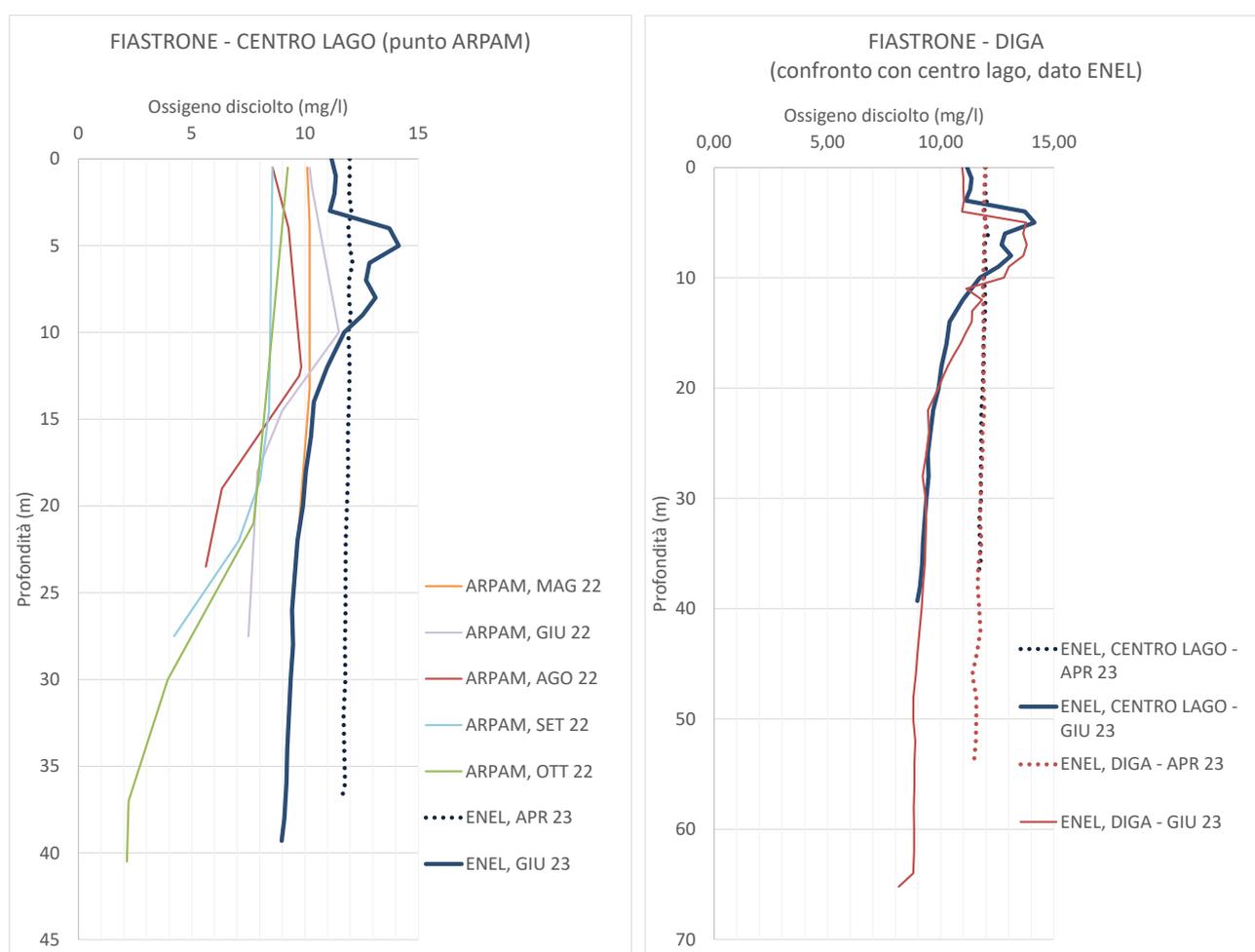
In termini quantitativi l'ossigeno disciolto è in funzione della temperatura e della salinità.

Il lago Fiastrone durante il periodo monitorato, è stato caratterizzato da una buona ossigenazione sia in superficie che in profondità, fatta eccezione per il periodo giugno–settembre a profondità poste oltre 25 m a cui sono stati registrati bassi valori di ossigeno disciolto e di saturazione.

Il lago di Polverina ha mostrato in ogni campagna valori di ossigeno disciolto molto buoni, superiori a 8 mg/l su tutta la colonna e mediamente intorno a 10 mg/l, con percentuali sempre sotto la saturazione in primavera e sopra la saturazione nel periodo giugno-luglio (su tutta la colonna nel 2022 e nei primi 2 m di profondità nel 2023).

Riguardo al Lago di Borgiano, i rapporti ARPAM riportano per esso mediamente un buono livello di concentrazione di ossigeno e di percentuale di saturazione.

Questi due ultimi laghi godono di tempi di ricambio piuttosto brevi, in particolare il Polverina.



pH. I valori del parametro (si rimanda agli allegati con i dati analitici completi) sono coerenti tra le indagini di ARPAM e di ENEL. L'andamento del pH nei due invasi oggetto di monitoraggio è stato sempre caratterizzato da una certa stabilità, mantenendosi su valori intorno a 8. Non sono stati rilevati importanti variazioni di che avrebbero potuto essere correlate con l'ossigeno disciolto o la clorofilla "a" indicando incrementi di biomassa microalgale per via del rapido consumo di CO₂ durante la fotosintesi.

Il lago di Borgiano, allo stesso modo, nelle scorse campagne di monitoraggio ARPAM ha fatto registrare di norma lo stesso andamento degli altri due laghi, con pH prossimi a 8.

Fosforo totale. La concentrazione di fosforo totale è un parametro piuttosto cruciale per il presente documento, dal momento che esso pare essere fortemente relazionabile alla presenza e al successo della proliferazione di *P. rubescens*, Cianobatterio potenzialmente tossico la cui presenza riguarda i laghi del maceratese da più decenni.

La concentrazione di Fosforo totale rilevata nei laghi è la seguente:

- FIASTRONE. Le campagne ARPAM 2022 condotte nei punti di campionamento per la sorveglianza algale, presso le aree di balneazione sul Fiastrone, hanno registrato valori da < 0,01 mg/l a 0,021 mg/l per tutto il periodo tra marzo e novembre 2022. Le campagne ENEL 2023 hanno confermato valori di concentrazione di fosforo < 0,01 mg/l ad aprile su tutta la colonna. Nella campagna di giugno presso la diga in superficie è stato misurato un valore di concentrazione di fosforo pari a 0,06 mg/l ($\pm 0,01$) e sempre <0,01 sul resto della colonna fino al fondo, come anche su tutta la colonna nel punto di campionamento posto a centro lago.
- POLVERINA. Con le campagne ENEL è stata registrata una concentrazione di fosforo totale ad aprile pari in media a 0,01-0,02 mg/l sulla colonna, e a 0,02 sulla colonna a giugno in entrambi i punti di campionamento.
- BORGIANO. I dati pregressi (ARPAM, 2005, 2015, 2020) per questo lago riferiscono di concentrazioni del fosforo totale molto contenute, generalmente oscillanti nell'intervallo (0,010-0,020 mg/l), con picchi generalmente nel periodo settembre-ottobre fino a un massimo di circa 0.030 mg/l (che ne varrebbe la definizione come lago **meso-eutrofico**), non sempre rilevato.

In genere per il parametro fosforo totale i tre invasi potrebbero dirsi oligo-mesotrofici.

Clorofilla A. questo parametro, indicatore trofico attraverso il livello di concentrazione del fotopigmento, non ha mostrato quanto segue:

- FIASTRONE. Le campagne ENEL hanno fatto registrare un valore pari a 6,7 µg/L ad aprile sia presso la diga sia a centro lago, e un valore <1 in centro lago a giugno e pari a 3,2 µg/L lo stesso giorno presso la diga. I dati rilevati da ARPAM nel 2022 mostrano valori oscillanti tra poco più di 0 e 3,7 µg/L a giugno, molto simile al valore rilevato da ENEL (occorre specificare che in questo caso i dati di ARPAM si riferiscono ad un periodo temporale che va da maggio a ottobre 2022).
- POLVERINA. Con le campagne ENEL è stata rilevata una concentrazione ad aprile di 1,9 µg/L presso la diga e di 7 µg/L in centro lago. A giugno la Clorofilla A era 6,5 µg/L presso la diga e 8,5 µg/L in centro lago. I dati rilevati da ARPAM nel 2022 mostrano valori oscillanti tra 1,8 e 9,3 µg/L, piuttosto omogenei sulla colonna d'acqua, come attendibile. I dati ARPAM pregressi (2005, 2015, 2020) riferiscono di valori di clorofilla anche superiori a 10 µg/L.
- BORGIANO. I dati pregressi (ARPAM, 2005, 2015, 2020) per questo lago riferiscono di concentrazioni di Clorofilla A nell'ordine di grandezza rilevato per il Polverina, con valori in genere compresi entro i 7 µg/L, più bassi a marzo, ma che possono anche superare i 10 µg/L.

4.3 Biodiversità

Ai fini dello studio della biodiversità, è stata considerata un'area vasta così definita.

Fanno parte dell'area di interesse gli esistenti serbatoi del Fiastrone e di Polverina. Il bacino di Polverina insiste sul fiume Chienti, il serbatoio del Fiastrone sul torrente omonimo, affluente di destra del Chienti. In relazione alla natura del progetto e al collegamento idraulico che sarà realizzato tra i due invasi, si evince che l'area di interesse è una porzione di territorio che comprende gli ambienti acquatici dei due invasi e i loro emissari, fino alla confluenza tra i due, Chienti e Fiastrone, a Belforte del Chienti (MC), dove la totalità delle portate provenienti dai due bacini si uniscono già ora, in virtù dell'attuale esercizio (in funzione da circa 70 anni) della Centrale di Valcimarra, che riceve tramite le stesse condotte forzate di progetto le acque del Polverina e del Fiastrone, scaricandole entrambe nel Lago di Borgiano che, come già sottolineato, riceve già oggi le quocue di entrambi i laghi. Per questo, alla sezione di chiusura del bacino del Fiastrone si chiude anche l'area vasta di studio, come area di influenza del progetto; sull'asta del Chienti si chiude di fatto all'altezza del recapito delle acque di scarico della centrale di Valcimarra nel Chienti, dove già oggi le acque dei due invasi si mescolano, prima di entrare ad alimentare l'invaso di Borgiano.

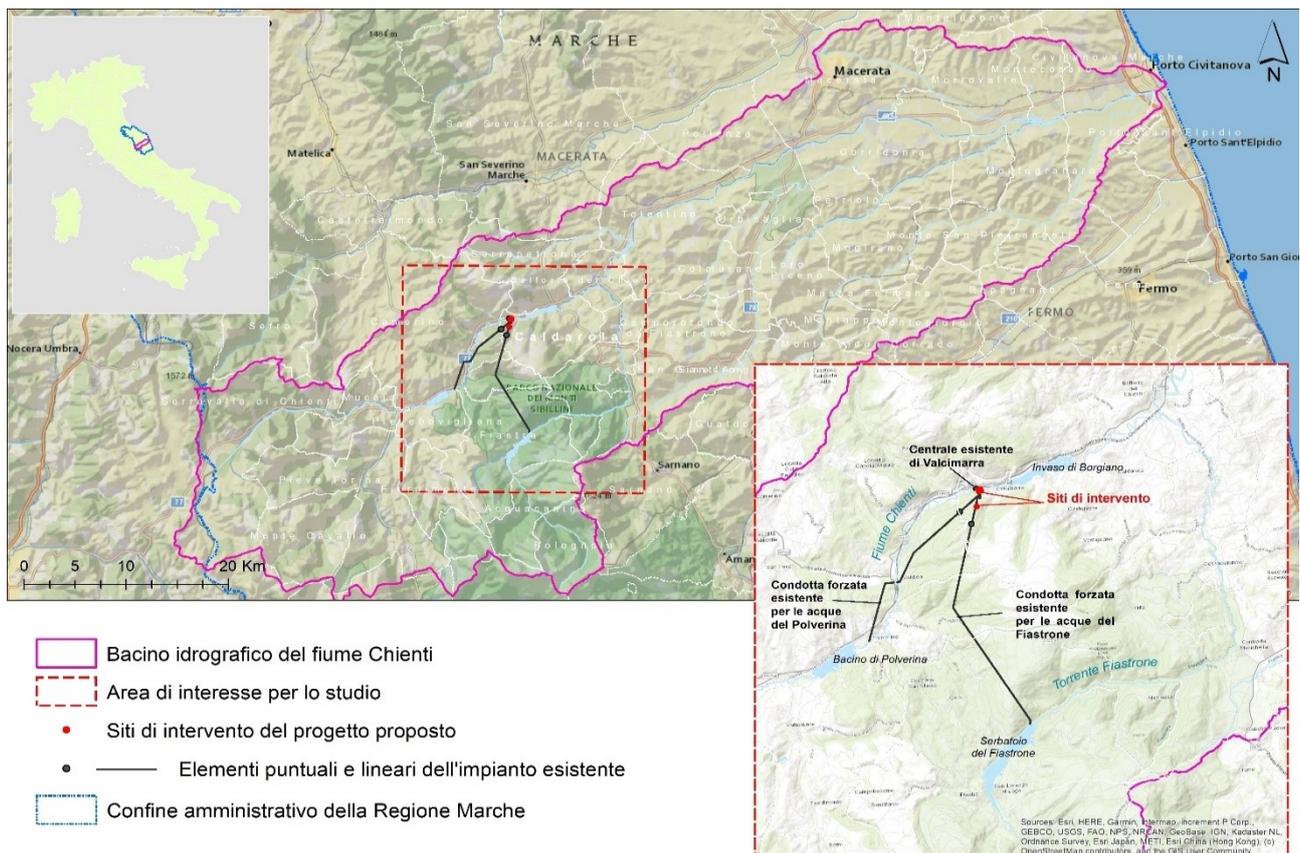


Figura 6: Area di studio

Nell'area di studio si riscontra la presenza di un Parco Nazionale: il Parco Nazionale dei Monti Sibillini; di 4 siti della Rete Natura 2000; di 2 aree Ramsar e di un'area IBA, come illustrato nelle mappe seguenti.

I siti RN2000 potenzialmente interessati sono:

Essi sono:

- **ZSC IT5330011 “Monte Letegge - Monte d’Aria”** (Designazione: DM 05/12/2016 - G.U. 302 del 28-12-2016), che si estende a nord rispetto all’area di sito, dove saranno realizzate le opere, e il cui limite più meridionale dista circa 1 km dall’impianto esistente di Valcimarra, sul versante opposto, in sinistra orografica, della valle del fiume Chienti;
- **ZPS IT5330027 “Gola di Sant’Eustacchio, Monte d’Aria e Monte Letegge”** (Individuazione con DGR delle Marche n° 1701 dell’01/08/2000 – Designazione marzo 2003), i cui confini meridionali ricalcano perfettamente quelli della ZSC al punto sopra;
- **ZSC IT5330017 “Gola del Fiastrone”** (Designazione: DM 05/12/2016 - G.U. 302 del 28-12-2016), attraversata trasversalmente per tutta la sua larghezza dal torrente Fiastrone, emissario del serbatoio omonimo
- **ZPS IT5330029 “Dalla Gola del Fiastrone al Monte Vettore”** (Individuazione con DGR delle Marche n° 1701 dell’01/08/2000 – Designazione marzo 2003), in cui rientrano l’invaso del Fiastrone e parte del corso del t. Fiastrone, in sovrapposizione alla ZSC IT5330017.

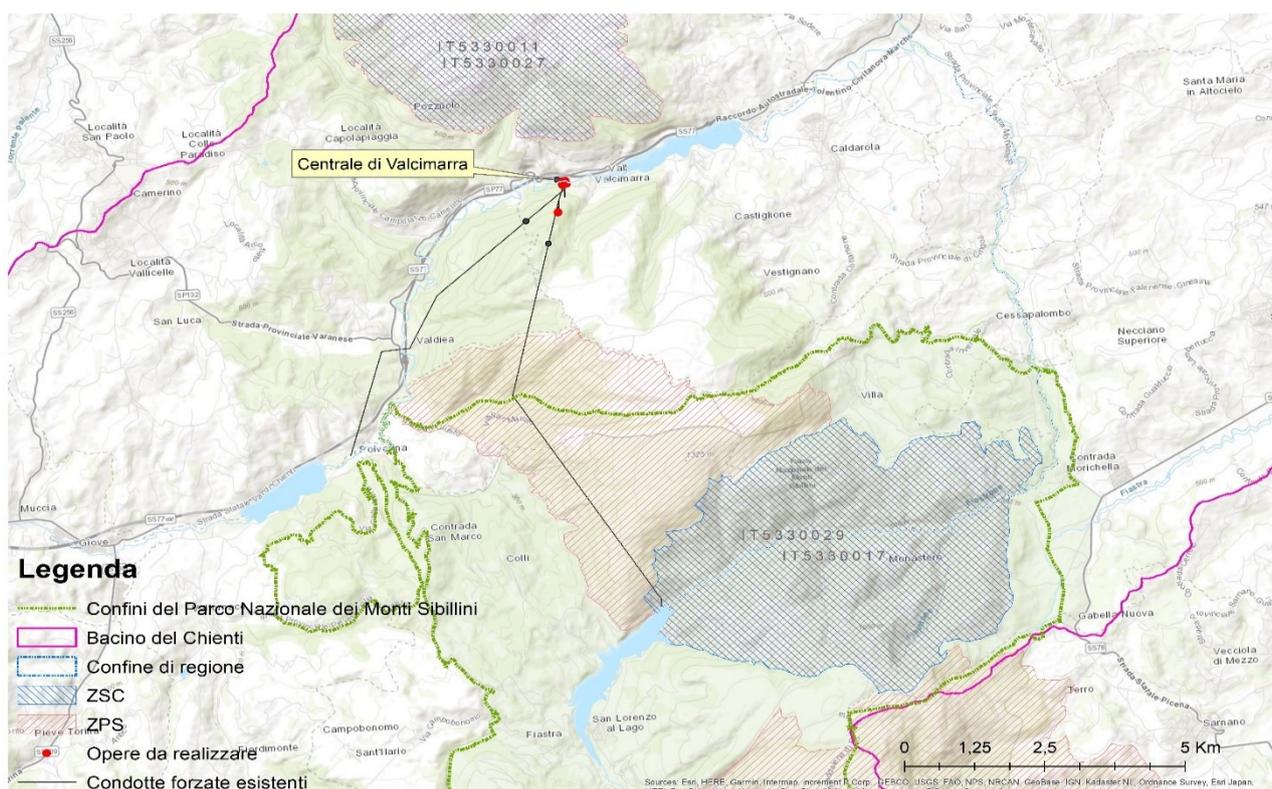


Figura 7: Confini del Parco Nazionale dei Monti Sibillini e Siti della Rete Natura 2000 che rientrano parzialmente nell’area di studio

Le zone umide (aree MedWet) di importanza internazionale (Ramsar, 1971) presenti nell’area sono entrambi gli invasi di Polverina e del Fiastrone.

Si riconosce nell'area vasta di progetto, come accennato, anche la presenza di una IBA denominata **IBA 095- "Monti Sibillini"**, i cui confini nelle Marche ricalcano sostanzialmente quelli del Parco Nazionale dei Monti Sibillini e delle ZPS confinanti. L'IBA in effetti si trova a cavallo tra Umbria e Marche ed è vasta 82.986 ha (Brunner, Celada, Rossi, & Gustin, 2002).

Si riporta di seguito l'elenco delle fonti utilizzate per la compilazione del presente studio e per la ricostruzione di un quadro il più possibile esaustivo della fauna selvatica, di interesse conservazionistico e/o gestionale, presente nell'area definita al paragrafo precedente.

Le fonti si distinguono in fonti di letteratura e di settore, con un forte carattere scientifico e/o istituzionale e fonti non convenzionali, non ufficiali, le cui informazioni sono state sottoposte a validazione con giudizio esperto, prima di essere utilizzate ad integrazione del quadro faunistico.

Letteratura di settore e scientifica

AIAD, 2021. AIAD Principi guida riguardanti le immissioni di fauna ittica nelle acque interne italiane. Risorsa disponibile online, URL: www.aiad.it/sito/images/docs/sistematica/AIAD-Principi_guida_immissioni_fauna_ittica_05032021.pdf

Brunner, A., Celada, C., Rossi, P., & Gustin, M. (2002). Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird Areas)". LIPU. BirdLife International

Ciabò S. & Fabrizio M., 2007. Aggiornamento dei quadri conoscitivi relativi alla fauna presente nei siti della rete europea "Natura 2000" – DocUP Obiettivo 2 Marche Risorsa disponibile online, URL: <http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Biodiversit%C3%A00ereteecologica/Biodiversit%C3%A0/Studifaunisticiebotanici.aspx>

Kottelat M, Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.

Lorenzoni M & Esposito L., 2011. *La carta ittica delle Marche Regione Marche*. Assessorato Caccia e Pesca Sportiva. 631 pp.

Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 2021. Relazione sulla performance 2021 dell'Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 58 p. Risorsa disponibile online, URL: <https://performance.gov.it/performance/relazioni-performance/documento/1410>

Regione Marche, 2006. Monitoraggio dei siti della rete Natura 2000 delle Marche per la loro gestione e conservazione e per la realizzazione della Rete Ecologica Marche (REM). Completamento delle indagini di base. Risorsa disponibile online, URL: <http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Biodiversit%C3%A00ereteecologica/Biodiversit%C3%A0/Studifaunisticiebotanici.aspx>

S. Ruffo, F. Stoch ed., 2005. *Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10.000 specie terrestri e delle acque interne*. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 1-307 + CD-ROM

Studio Geco A.P., 2019. Piano Faunistico-Venatorio Regionale (Approvazione: DGR 1619/2019). Regione Marche. Risorsa disponibile online, URL: https://www.norme.marche.it/Delibere/2019/DGR1619_19.pdf

Zerunian S., 2004 - *Pesci delle acque interne d'Italia*. Ministero dell'Ambiente e Ist. Naz. Fauna Selvatica, Quad. Cons. Natura, 20, 257 pp.+ CD.

Zerunian S., 2007 - *Problematiche di conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani*. In: Zerunian S. e Genoni P. (eds.). La Fauna Ittica dei Corsi d'Acqua: qualità ambientale, ricerca e conservazione della biodiversità. *Biologia Ambientale*, 21 (2): 49-55.

Zerunian S., 2013 - *Lista Rossa dei Vertebrati Italiani: considerazioni critiche relative ai Pesci d'acqua dolce*. *Biologia Ambientale*, 27 (2): 78-85.

Zerunian S., De Ruosi T., 2002 - *Iconografia dei Pesci delle acque interne d'Italia / Iconography of Italian Inland Water Fishes*.

Sitografia ufficiale

Network nazionale per la biodiversità: <https://www.nnb.isprambiente.it/it/il-network>

Sito del MITE dedicato al Reporting ex. Art 17 DH:

<http://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/>

Sito della Regione Marche dedicato alla Rete Natura 2000:

https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina_basec393.html?id=1548

Formulari standard dei 4 siti Rete Natura 2000 presenti nell'area vasta di progetto, depositati presso piattaforma europea:

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330011>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330017>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330027>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330029>

IUCN Red List of Threatened species: <https://www.iucnredlist.org/>

Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/>. Dalla piattaforma sono state estratte oltre 8.300 segnalazioni di presenza di specie faunistiche nell'area in studio, selezionate tramite l'utilità di definizione dell'area geografica di interesse. Tra queste, non sono state considerate tutte le segnalazioni antecedenti il 2002 e per ogni specie è stata considerata l'ultima segnalazione disponibile. I riferimenti per la ricerca effettuata sono i seguenti: GBIF.org (4 August 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m588dj>

Preme introdurre la piattaforma GBIF ricordando che si tratta del più grande database sulla biodiversità esistente a livello mondiale. GBIF è un'iniziativa lanciata dall'OCSE nel 1996 nel quadro del *Megascience Forum Working Group on Biological Informatics*. Si è concretizzata nel 2001 con l'apertura ufficiale del portale

GBIF a Copenaghen, sede del segretariato permanente. La rete internazionale GBIF | Global Biodiversity Information Facility gestisce la più grande raccolta di dati sulla biodiversità di libero accesso. Più di 1,6 miliardi di dati osservazionali provenienti da 50.000 fonti individuali sono riuniti in un unico portale.

IUCN Italia: <http://www.iucn.it/liste-rosse-italiane.php>

Checklist della fauna italiana: <https://www.lifewatchitaly.eu/iniziative/checklist-fauna-italia-it/checklist-table/>

Siti ufficiali di progetti di conservazione della fauna ittica, attivi localmente nell'area vasta di progetto:

<https://www.lifetrota.eu>

<https://www.lifestreams.eu>

Sitografia non ufficiale e social media

<https://www.matchfishing.it/>

<https://amarche.it/>

www.turismo.marche.it

<https://www.pesca.abruzzo.it>

<http://italiapescasportiva.altervista.org>

<https://www.passionecarpfishing.com>

<https://www.sibillinigo.it>

Analisi di immagini e video su motore di ricerca google.it; Facebook; Youtube

4.3.1 Vegetazione e flora

4.3.1.1 Contesto di riferimento

Il contesto di riferimento in questo caso è rappresentato dall'area di sito della fase di cantiere, di realizzazione delle nuove opere e dall'area dei due invasi di Polverina e di Fiastrone, le cui escursioni di livello in fase di esercizio rappresentano fattori di potenziale perturbazione per la vegetazione litorale e perilacuale, in relazione alla morfologia della cuvetta lacustre e del bacino imbrifero.

4.3.1.2 Inquadramento fitoclimatico

Per quanto attiene alle caratteristiche bioclimatiche la maggior parte della regione ricade nel macroclima temperato del quale si individuano quattro piani bioclimatici: mesotemperato, supratemperato, orotemperato e criotemperato. Qui il paesaggio vegetale si organizza in base all'assetto geomorfologico dato dalla catena appenninica, che costituisce la maggiore evidenza geomorfologica nell'ambito della quale si collocano i settori collinari. La distribuzione delle tipologie vegetazionali, per gli aspetti fisionomico-strutturali, segue questo schema che risulta essere pertanto relativamente semplice.

Lo scheletro del settore appenninico è rappresentato da due dorsali principali, di natura calcarea, parallele tra loro, a decorso longitudinale: la dorsale marchigiana (culminante con il Monte San Vicino, 1485 metri), la più orientale, e la dorsale umbro-marchigiana (culminante con il Monte Catria, 1702 metri). Le due dorsali confluiscono a sud nel massiccio, anch'esso prevalentemente calcareo, dei Monti Sibillini dove il Monte Vettore, con i suoi 2478 metri, rappresenta la maggiore elevazione della regione.

La vegetazione potenziale sui rilievi calcarei è rappresentata da boschi sino a circa 1850 metri di altitudine, alle quote più elevate si sviluppano le brughiere subalpine a ginepro nano e le praterie ipsofile a *Sesleria* dell'Appennino. La vegetazione forestale è essenzialmente costituita da faggete a partire da circa 850-1000 metri e sino al limite altitudinale superiore del bosco. Recentemente tali fitocenosi sono state distinte in due aspetti di cui uno prettamente microtermo, con strato arboreo pressoché monospecifico a faggio (*Fagus sylvatica*) ed uno in cui a tale specie se ne aggiungono numerose altre quali: acero riccio (*Acer platanoides*), acero di monte (*Acer pseudoplatanus*), tasso (*Taxus baccata*), agrifoglio (*Ilex aquifolium*) e altre, che trovano la maggiore diffusione nelle zone fitoclimatiche più calde poste a quote meno elevate: acero d'Ungheria (*Acer opalus* subsp. *obtusatum*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), orniello (*Fraxinus ornus*), cerro (*Quercus cerris*), carpino bianco (*Carpinus betulus*). Il limite tra queste due tipologie di faggeta può essere individuato tra circa 1100-1250 metri. Nelle zone sottostanti (cioè al di sotto degli 850-1000 metri) dominano i boschi misti del tipo strutturale degli orno-ostrieti e talvolta delle cerrete, in corrispondenza dell'affioramento di rocce calcaree contenenti noduli di selce, o ancora di querceti a dominanza di roverella. Queste ultime formazioni si possono rinvenire sporadicamente sui calcari marnosi delle dorsali, prevalentemente in zone ben esposte, ma trovano il maggiore sviluppo nel sinclinorio dove si distribuiscono sui depositi di materiale alluvionale o di breccie calcaree e sulle formazioni arenaceo-pelitiche. La continuità delle dorsali carbonatiche è frequentemente interrotta da profondi canyon (trasversali alle catene), incisi dai fiumi nel loro millenario scorrimento, che presentano un paesaggio vegetale molto caratteristico ed estremamente ricco di biodiversità animale e vegetale. Sono le gole calcaree dell'Appennino nelle quali si realizzano particolari condizioni microbioclimatiche che favoriscono lo sviluppo di fitocenosi con diverso significato ecologico e biogeografico. Tra queste sono particolarmente significative le macchie a leccio con altre essenze mediterranee che vi si rinvengono in condizioni di extrazonalità ma non mancano anche esempi di entità vegetali e di intere fitocenosi che trovano solitamente le loro condizioni ottimali in zone molto più elevate delle montagne appenniniche.

Il territorio non ricoperto da boschi viene oggi utilizzato per lo più ad uso agricolo ed in piccola parte per l'allevamento del bestiame e la foraggicoltura. Le praterie si rinvengono prevalentemente in zona appenninica e sono costituite da formazioni a forasacco comune (*Bromus erectus*), utilizzate a pascolo e prato-pascolo (BIONDI 2001, 2006) o risultano, molto sporadicamente dominate dalla covetta dei prati (*Cynosurus cristatus*) o, ancora più raramente, dall'avena altissima (*Arrhenatherum elatius*) e vengono utilizzate come praterie falciabili. La ridotta utilizzazione delle praterie genera il naturale recupero della vegetazione che si evidenzia con lo sviluppo di arbusteti che vanno man mano a ridurre le superfici erbacee con grave perdita di biodiversità. Tali processi che sono stati ampiamente indagati nella loro progressione dinamica debbono ora essere opportunamente controllati e pianificati (Biondi, et al., 2014).

Le aree di indagine, secondo la classificazione fitoclimatica di Pavari, si collocano in una fascia di passaggio tra il *Lauretum* ed il *Castanetum*. La temperatura media del mese più freddo, Gennaio, si attesta attorno ai

4°C, mentre la temperatura media del mese più caldo, Luglio, è attorno ai 23°. Sia le temperature che le precipitazioni mostrano un gradiente est ovest in funzione della quota. Le temperature decrescono piuttosto rapidamente mentre le precipitazioni aumentano. Queste ultime appaiono complessivamente piuttosto contenute ma generalmente ben distribuite durante l'anno. Nell'ultimo ventennio si assiste ad un trend di diminuzione delle precipitazioni medie complessive.

Stazione	Media annuale	Media primaverile	Media estiva	Media autunnale	Media invernale
Camerino	880,2	212,8	173,5	247,1	246,7
Fiume di Fiastra	1213,5	323,9	201,9	336,7	352,1
Serravalle del Chienti	1277,4	320,2	222,1	350,9	385,3
Macerata	805	196,4	188,1	232,4	188,2

Tabella 2: Campo medio della precipitazione annuale e stagionale per il periodo 1950-2000 (Fonte protezione civile)

Stazione	Media gennaio	Media luglio
Camerino	3,5	21,7
Macerata	5,5	23,9

Tabella 3: Campo medio della temperatura dei mesi di Gennaio e Luglio per il periodo 1950-2000 (Fonte protezione civile)

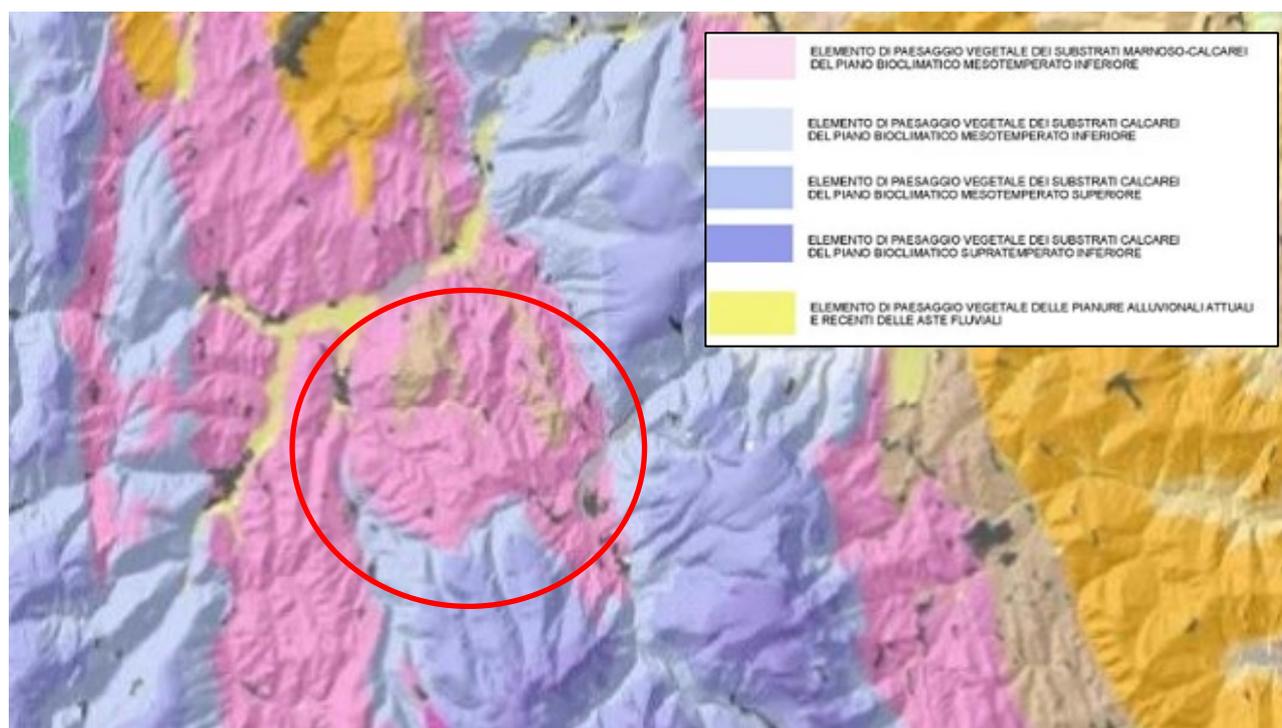


Figura 8: Estratto “Carta degli elementi del Paesaggio” Regione Marche 2006

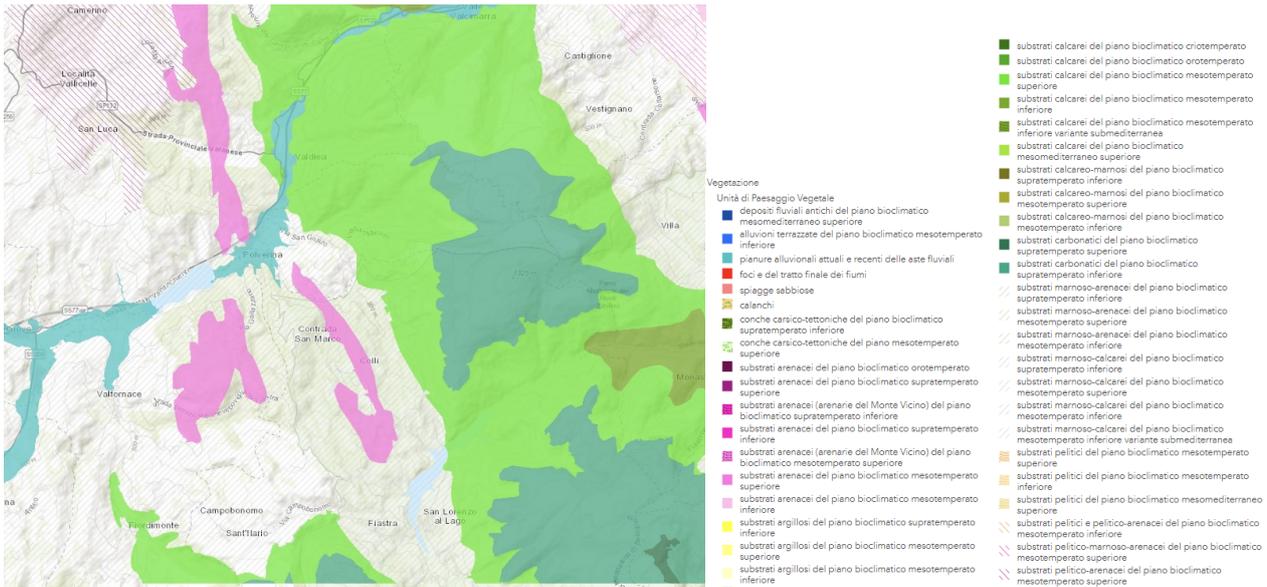


Figura 9: Unità di Paesaggio Vegetale dal SIT Biodiversità della Regione Marche

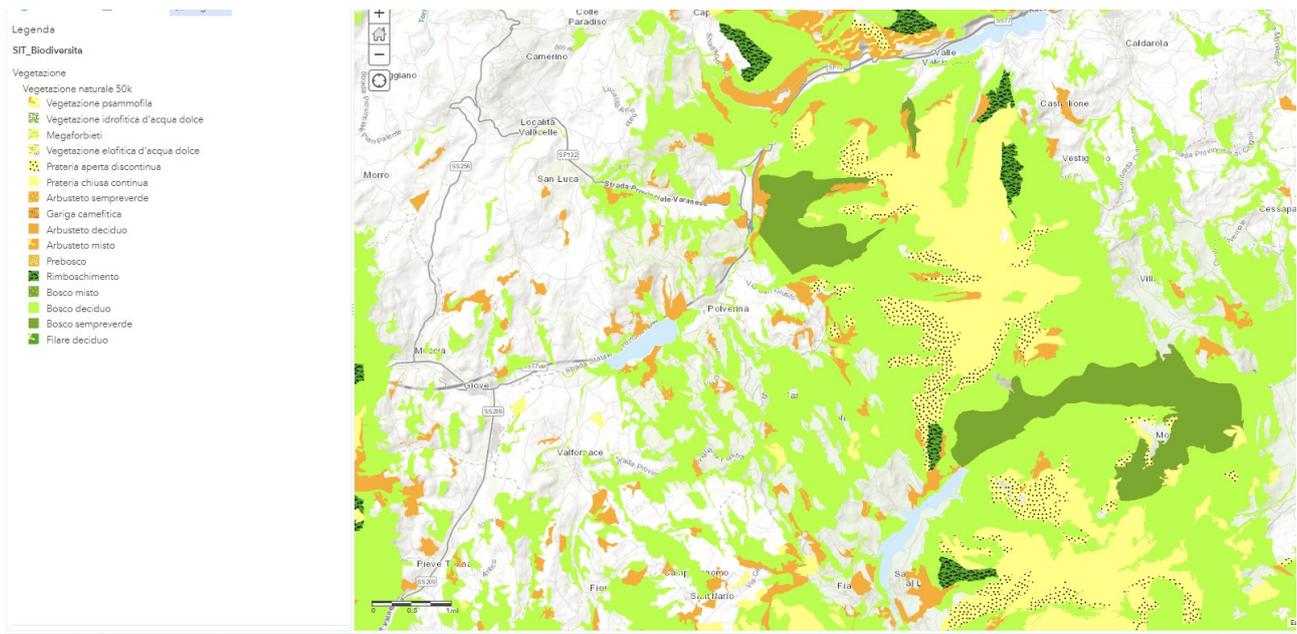


Figura 10: Vegetazione naturale dal SIT Biodiversità della Regione Marche

4.3.1.3 Vegetazione presso l'invaso di Polverina

Il Lago di Polverina è posto a circa 400 m s.l.m. I due versanti che afferiscono al lago possiedono caratteristiche microclimatiche differenti dovute alla diversa esposizione. A ovest, in sponda orografica sinistra la presenza dell'infrastruttura viaria determina una frammentazione dell'habitat boschivo, che qui si presenta ridotto ad una fascia sottile e per lo più arbustivo. A monte della sponda nord, le esposizioni meridionali favoriscono la presenza di vegetazione termofila con querceti di Roverella ed arbusteti con diffusa presenza di ginestre. A monte della sponda sud le esposizioni settentrionali, mediamente più fresche, favoriscono la presenza di boschi mesotermofili tra cui castagneti e orno ostrieti. Le rive del lago, anche in conseguenza della ridotta

pendenza e dell'abbassamento dei livelli idrici degli ultimi anni (massima regolazione concessa dal 2016 pari a 396 m s.l.m.), vedono la presenza di formazioni igrofile più o meno affermata. Le formazioni maggiormente rilevanti sono poste sul lato occidentale in corrispondenza dell'immissione del Fiume Chienti.

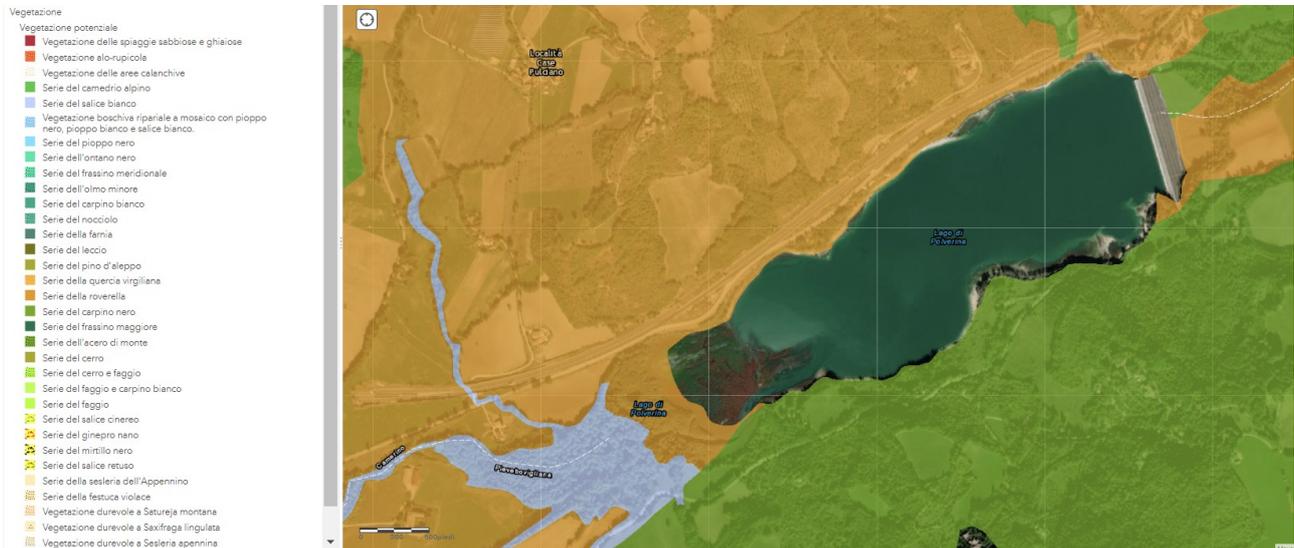


Figura 11: Vegetazione potenziale dal SIT Biodiversità della Regione Marche

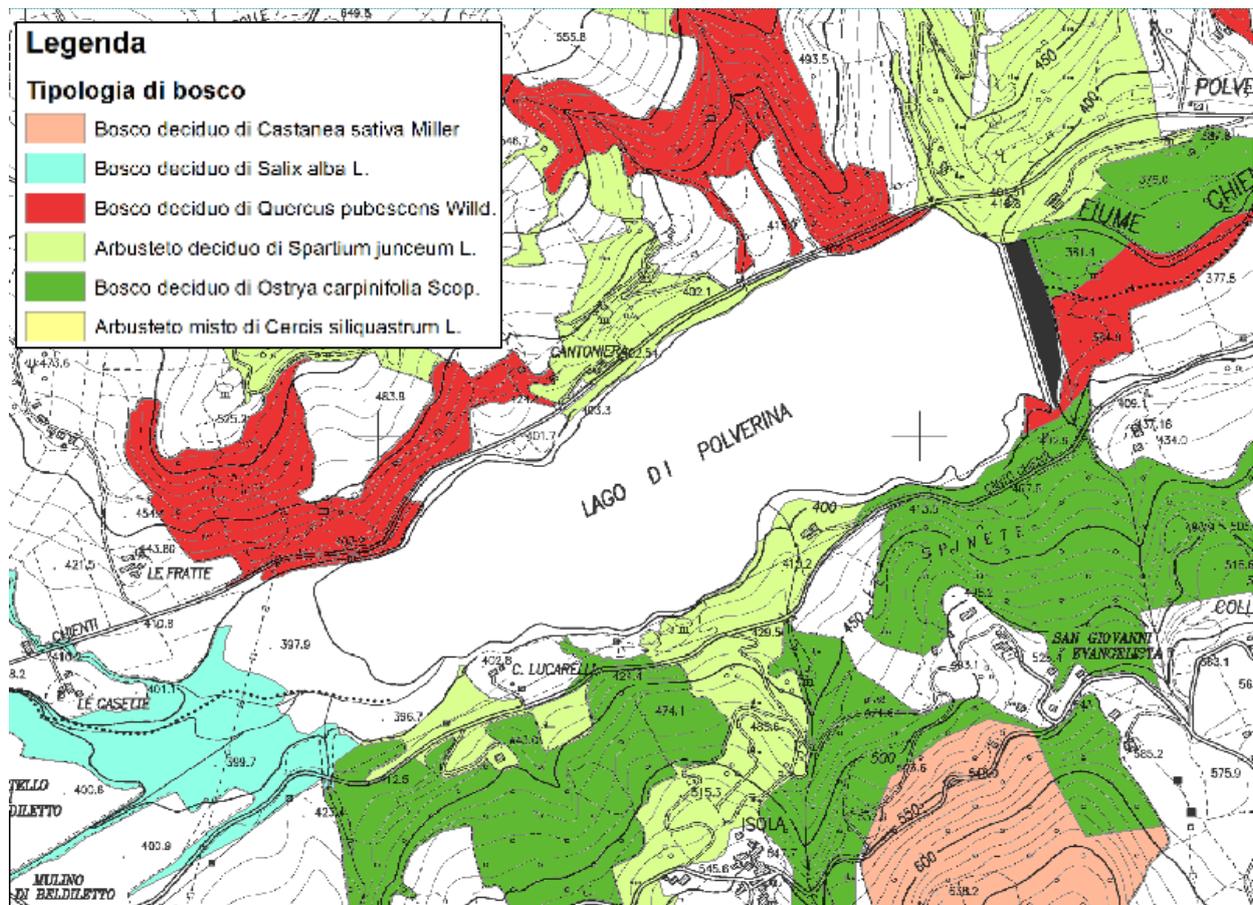


Figura 12: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell'intorno del Lago di Polverina (Fonte R.E.M.)



Figura 13: Vegetazione di Pioppo sulla riva nord del lago



Figura 14: Vista della riva nord del lago con evidente una fascia di neocolonizzazione



Figura 15: Panoramica sul lago di Polverina



Figura 16: Panoramica delle sponde lacuali



Figura 17: Panoramica su sponda ovest con evidente ampio Saliceto



Figura 18: Vista da monte in sponda sinistra orografica con bosco deciduo di *Salix alba*



Figura 19: Bosco deciduo di *Salix alba* sulla sponda di monte



Figura 20: Immissione del Chienti nell'invaso di Polverina

4.3.1.4 Vegetazione presso l’invaso del Fiastrone

Il serbatoio del Fiastrone, posto circa a quota 650 m s.l.m., possiede un andamento prevalente nord sud. Lungo i versanti circostanti prevalgono boschi mesotermofili tipici di substrati carbonatici quali gli Orno ostrieti. All’interno di tali formazioni frequenti sono gli ingressi di specie più termofile quali in particolare la Roverella, il Leccio ed il Lentisco. Localmente, all’interno delle insenature del lago, si ritrovano piccoli lembi di vegetazione igrofila con prevalenza di Pioppo nero, Salice bianco e *Salix purpurea*.



Figura 21: Vegetazione potenziale al lago di Fiastra da SIT Biodiversità della Regione Marche

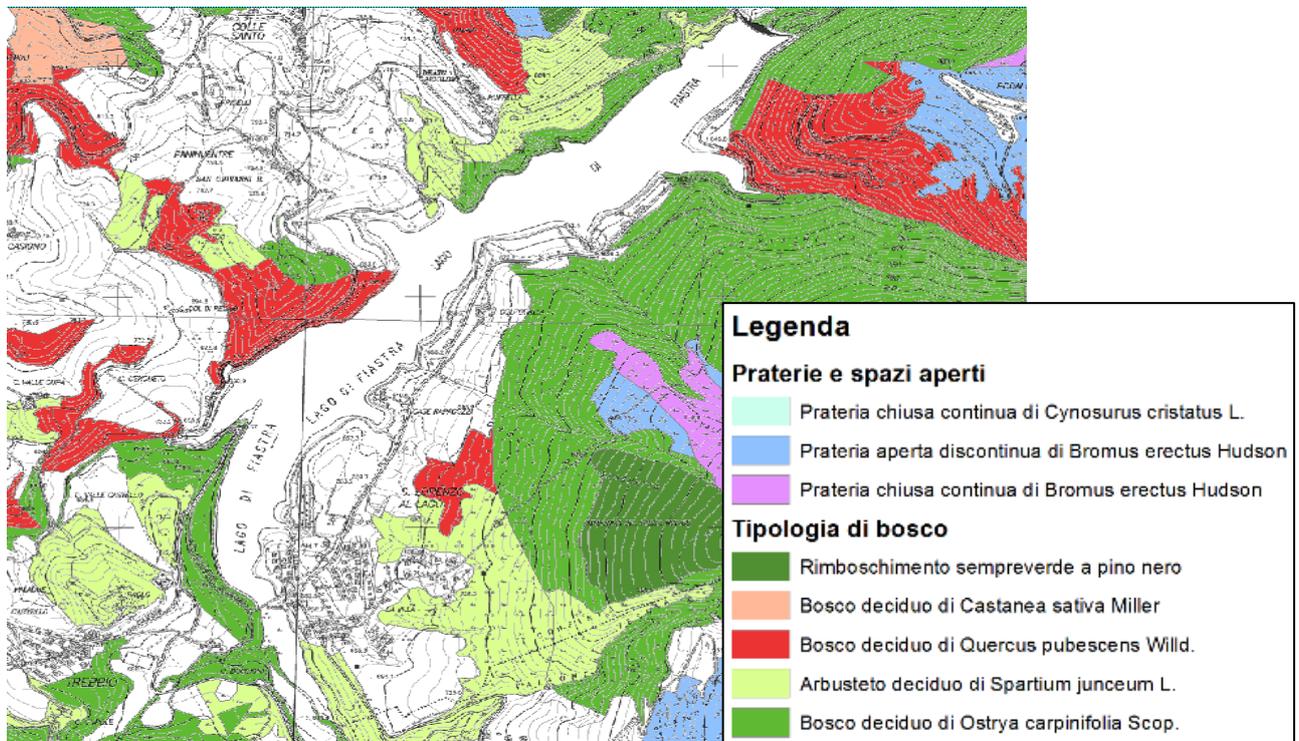


Figura 22: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell’intorno del Lago di Fiastra (Fonte R.E.M.)



Figura 23: Vista della parte di monte del lago, in corrispondenza dell'immissione del T. Fiastrone



Figura 24: Vista della parte di monte con piccoli nuclei di saliceto



Figura 25: Rupi alberate con vegetazione termofila



Figura 26: Panoramica della sponda destra orografica dal *view point* della terrazza panoramica

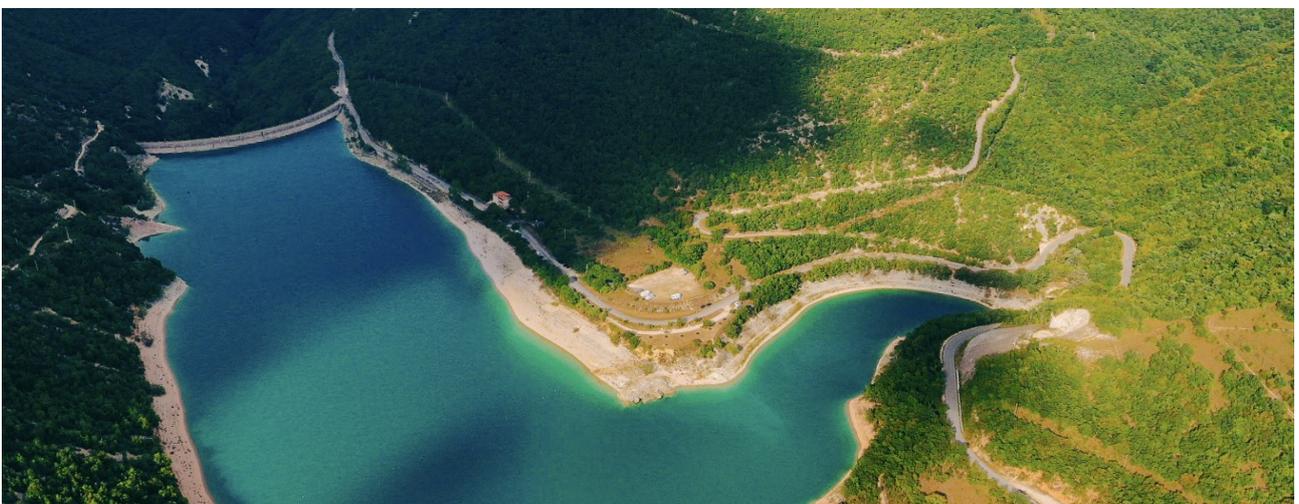


Figura 27: Vista dell'invaso verso il fronte della diga

4.3.1.5 Vegetazione attuale nell'area di sito presso la centrale di Valcimarra e versante Monte Fiungo

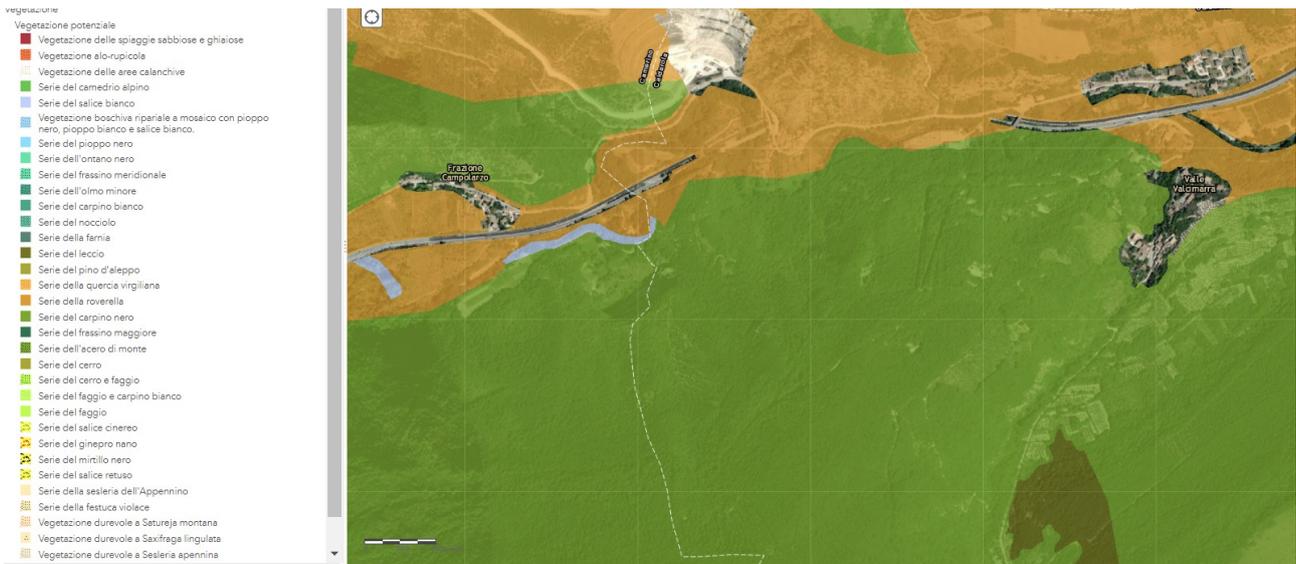
La vegetazione lungo il versante settentrionale del monte Fiungo vede la netta prevalenza degli Orno ostrieti. Tali formazioni risultano maggiormente diversificate nella parte inferiore del versante, indicativamente a valle di quota 500 m s.l.m. mentre pressoché pure sopra tale quota. Nella parte di valle al Carpino nero si associano infatti numerose altre specie tra cui *Cercis siliquastrum*, *Acer pseudoplatanus*, *Acer monspessolanum*, *Sorbus domestica*, *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens*, *Populus nigra*, *Prunus avium*. A livello arboreo si segnala la presenza di isolati soggetti quercini di Roverella di dimensioni anche significativa. Oltre ad un'ampia variabilità delle specie arboree anche il comparto arbustivo risulta essere molto denso e con una buona variabilità floristica. Marginale ma comunque da segnalare anche la presenza di specie alloctone quali *Robinia pseudoacacia* e *Ailantus altissima*. Particolare attenzione dovrà essere data a quest'ultima che rapidamente si insedia in aree di cantiere e che trova su substrati carbonatici affioranti un ambiente favorevole all'insediamento.

Nella parte di monte invece si riduce la variabilità floristica con popolamenti quasi puri di carpino nero, con locali soggetti quercini e di pino nero, quest'ultimo di presumibile introduzione artificiale. Oltre alla variabilità floristica si riduce anche la variabilità stazionale con popolamenti arborei a volte di sviluppo limitato su rocciosità affiorante. La componente arbustiva si riduce significativamente mentre risultano ancora presenti isolati soggetti di Ailanto.

Infine lungo il Fiume Chienti si ritrova una ristretta fascia di vegetazione igrofila con presenza di Pioppo e Salice bianco.



Figura 28: Vista del versante a monte della centrale di Valcimarra



Vegetazione potenziale presso l'area di sito di progetto – dal SIT Biodiversità della Regione Marche

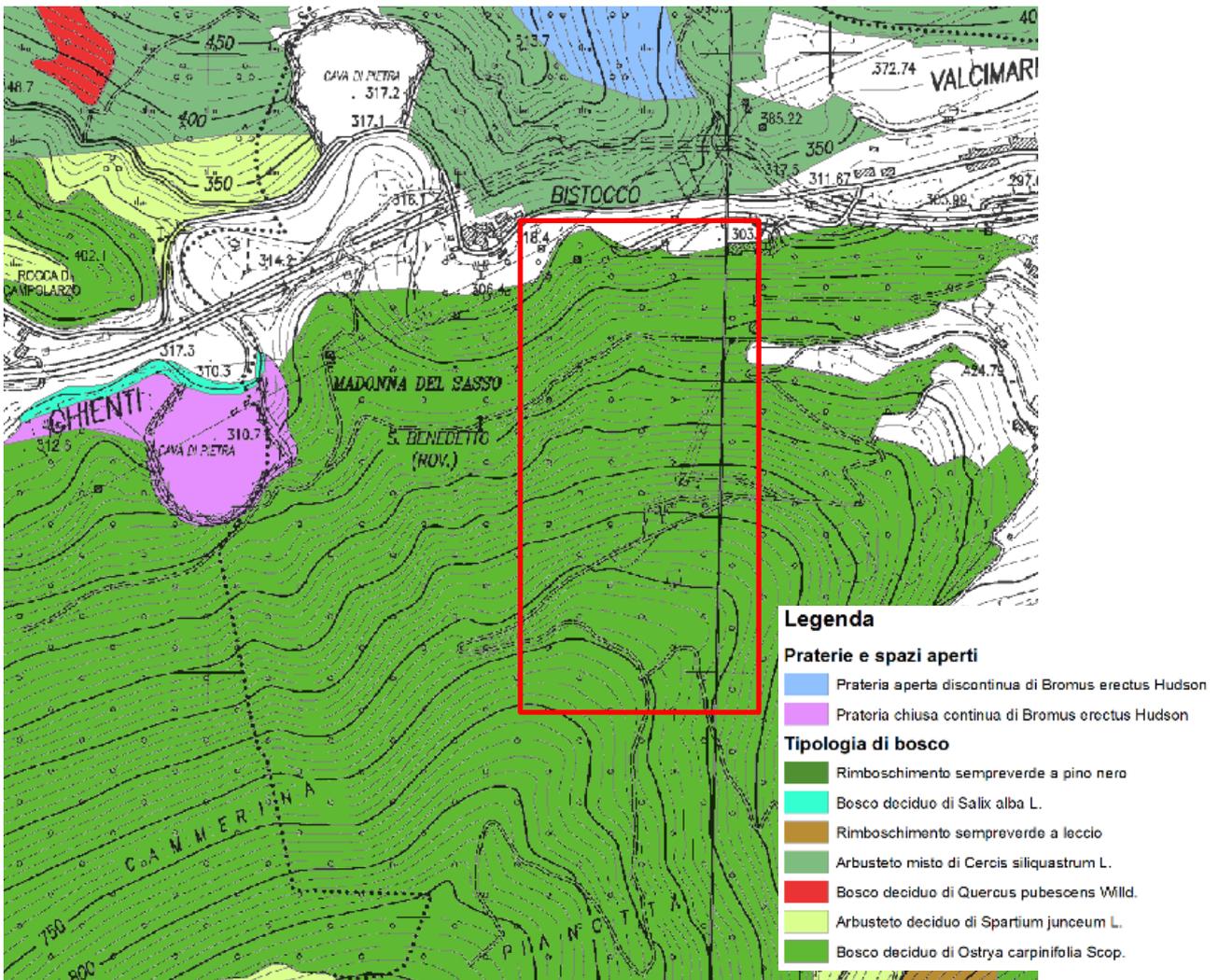


Figura 29: Estratto delle tipologie forestali cartografate nell'intorno del Lago di Fiastra (Fonte R.E.M.)



Figura 30: Particolare del popolamento di basso versante caratterizzato da un'elevata densità e alta variabilità floristica



Figura 31: Particolare di popolamento di alto versante quasi puro di *Ostria carpinifolia*



Figura 32: Limite sponda orientale del lago di Fiastra



Figura 33: Limite sponda occidentale del lago di Fiastra

4.3.1.6 Elementi di sensibilità al progetto

Elementi di sensibilità al progetto emergono nell'area di sito, dove saranno realizzate le opere, per la presenza di aree forestali. Questa condizione ha determinato la necessità di accompagnare al progetto la relazione specialistica forestale (prodotta in allegato al progetto - elaborato GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.113.00 - che si occupa di definire i dettagli dell'interferenza del progetto con il bosco e le misure di mitigazione e compensazione necessarie. Qui, nell'area di sito la vegetazione è dominata lungo il versante settentrionale del monte Fiungo da Orno ostrieti, con presenza di isolati soggetti quercini di Roverella di dimensioni anche significativa ma anche con la presenza marginale di specie alloctone quali *Robinia pseudoacacia* e *Ailantus altissima*.

Ulteriori elementi di sensibilità al progetto derivano dai seguenti aspetti:

- presso il lago di Polverina si rileva la presenza di una formazione igrofila (*Salix alba*) molto estesa nella zona di monte del lago, presso l'immissione del Chienti e di una formazione igrofila a pioppo, di neocolonizzazione, lungo la riva nord, nord-est del lago, dovuta all'abbassamento della regolazione massima del lago imposta dalla Regione dal 2016 a 396 m s.m.l.m.
- presso il lago del Fiastrone, caratterizzato da rive mediamente molto scoscese, la vegetazione è dominata da boschi mesotermofili tipici di substrati carbonatici quali gli Orno ostrieti. Nelle insenature del lago si rileva la presenza di ridotti lembi di bosco igrofilo a Pioppo nero, Salice bianco e *Salix purpurea*.

4.3.2 Fauna

Con riferimento all'area vasta e di sito, la fauna vertebrata e invertebrata potenzialmente presente comprende il seguente elenco di gruppi faunistici e specie native:

In generale si può affermare che il patrimonio di biodiversità dell'area vasta di progetto, per la natura dei luoghi, per la loro morfologia e la posizione geografica, nonché per l'uso del suolo e per le unità di paesaggio e la vegetazione che vi si ritrovano dominanti, si identifica prioritariamente nella fauna terrestre, in particolare nell'avifauna e nella mammalofauna degli ambienti appenninici forestali e delle aree aperte. Nel suo resoconto di performance 2021 il Parco riferisce dei dati faunistici del Parco Nazionale, per alcune specie significative e formatrici di sensibilità:

Nome Italiano	Nome Sistematico	Numero	Densità maggiore a (*)
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	6/7 coppie nidificanti	Ussita - Arquata del Tronto – Fiastra - Montemonaco
Falco pellegrino	<i>Falco peregrinus</i>	15-18 coppie	Montefortino - Montemonaco
Gufo reale	<i>Bubo bubo</i>	1 coppia	Montefortino
Coturnice	<i>Alectoris graeca</i>	1100-1900 post riproduttivo	Ussita, Montemonaco, Norcia
Starna	<i>Perdix perdix</i>	50-60	Norcia (Castelluccio)
Gracchio corallino	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	156-184 coppie.	Ussita, Montemonaco, Montefortino
Corvo imperiale	<i>Corvus corax</i>	3 coppia nidificante	Visso
Cinghiale	<i>Sus scrofa</i>	1200 - 2000 prima delle nascite	Cessapalombo, Fiastra, Montemonaco
Cervo	<i>Cervus elaphus</i>	800 - 900	Castelsantangelo sul Nera
Capriolo	<i>Capreolus capreolus</i>	7000-7500 prima delle	

		nascite	Montemonaco, Norcia
Camoscio appenninico	<i>Rupicapra pyrenaica ssp. ornata</i>	217-250	Ussita
Lupo	<i>Canis lupus</i>	50-60	Castelsantangelo sul Nera, Visso, Fiastra, Arquata del Tronto, Norcia

Tabella 4: Dati faunistici del Parco Nazionale, per alcune specie significative e formatrici di sensibilità (**Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 2021**)

Ricostruire un quadro il più possibile rappresentativo della fauna presente nell'area vasta di progetto ha comportato l'impiego di informazioni bibliografiche derivanti da fonti ufficiali e meno ufficiali. Per alcuni ambienti di interesse non erano infatti disponibili lavori scientifici di caratterizzazione e/o monitoraggio che potessero rappresentare un riferimento; inoltre l'ara vasta di progetto rientra solo in parte in porzioni di aree protette; per questo si è fatto ricorso a diverse risorse, utilizzando quelle non ufficiali ad integrazione e compensazione della mancanza di dati scientifici. La bibliografia completa utilizzata è reperibile nell'elaborato che rappresenta "Lo studio bibliografico della fauna" (GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.116.00), allegato allo Studio di Impatto Ambientale. Tra le fonti non istituzionali si fa presente l'impiego del database online Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/> (GBIF.org - 4 August 2022 - GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m588dj>), dalla cui interrogazione sono stati estratti oltre 8.300 dati di presenza nell'area geografica individuata tra il limite occidentale dell'invaso di Polverina, il limite Orientale dell'area di sito, presso Caldarola e il limite meridionale dell'invaso del Fiastrone. Dal set di dati estratti sono state estratte unicamente le segnalazioni di presenza riferite al periodo più recente, tra il 2002 ed il 2022. Hanno poi costituito una fonte di informazioni i formulari standard dei siti RN2000 coinvolti nello studio, per la loro prossimità all'area di sito o per la loro estensione, in parte, nell'area di potenziale influenza del progetto in fase di esercizio.

Si aggiungono, a titolo esemplificativo non esaustivo, gli studi condotti nel 2007 per il completamento e per l'aggiornamento dei quadri conoscitivi relativi alla fauna presente nei siti RN2000 (Regione Marche, 2006) (Ciabò & Fabrizio, 2007), la relazione sulla performance 2021 dell'Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini (Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 2021), la Carta Ittica delle Marche (Lorenzoni & Esposito, 2011), il Piano Faunistico Venatorio Regionale (Studio Geco A.P., 2019), la sitografia istituzionale regionale, nazionale e internazionale (Regione Marche, 2022), (MITE, 2022), (ISPRAmbiente, 2022) (IUCN Red List of Threatened species, presso: www.iucn.org) e diversi siti e gruppi dei social media che si occupano di pesci e di pesca, per la ricostruzione, nello specifico, del quadro della fauna ittica dei due invasi di interesse, per i quali non sono disponibili dati scientifici. In quest'ultimo caso le informazioni sono state confrontate e filtrate sulla base delle conoscenze di letteratura (AllAD, 2021) (Kottelat & Freyhof, 2007) (Ruffo & Stoch, 2005) (Zerunian & De Ruosi, 2013) e del giudizio esperto.

Per l'area vasta di interesse dello studio, emerge la presenza, certamente sottostimata¹ di oltre 300 specie appartenenti ai diversi gruppi faunistici: 292 autoctone, 2 transfaunate (native italiane ma non autoctone, nello specifico, nell'area di studio), 1 para-autoctona (introdotta prima del 1500) e 8 esotiche (non native nel territorio italiano, introdotte in Italia per mano dell'uomo).

¹ Si consideri che, per esempio, non sono state tenute in considerazione molte specie di uccelli, di micromammiferi o di invertebrati più comuni e ubiquitari, meno significativi ai fini della caratterizzazione del sito e delle sue peculiarità e specie non di interesse conservazionistico e/o gestionale.

Per il repertorio faunistico completo si rimanda all'allegato che rappresenta "Lo studio bibliografico della fauna" (GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.116.00).

Tra i *taxa* nativi emerge la presenza di ben 103 specie di interesse comunitario: 50 specie di uccelli in Allegato I della Direttiva Uccelli (DU 2009/147/CE) e 53 specie afferenti ad altri gruppi animali inserite negli elenchi della Direttiva Habitat (DH 92/43/CEE): 50 in allegato II e 3 nell'allegato IV.

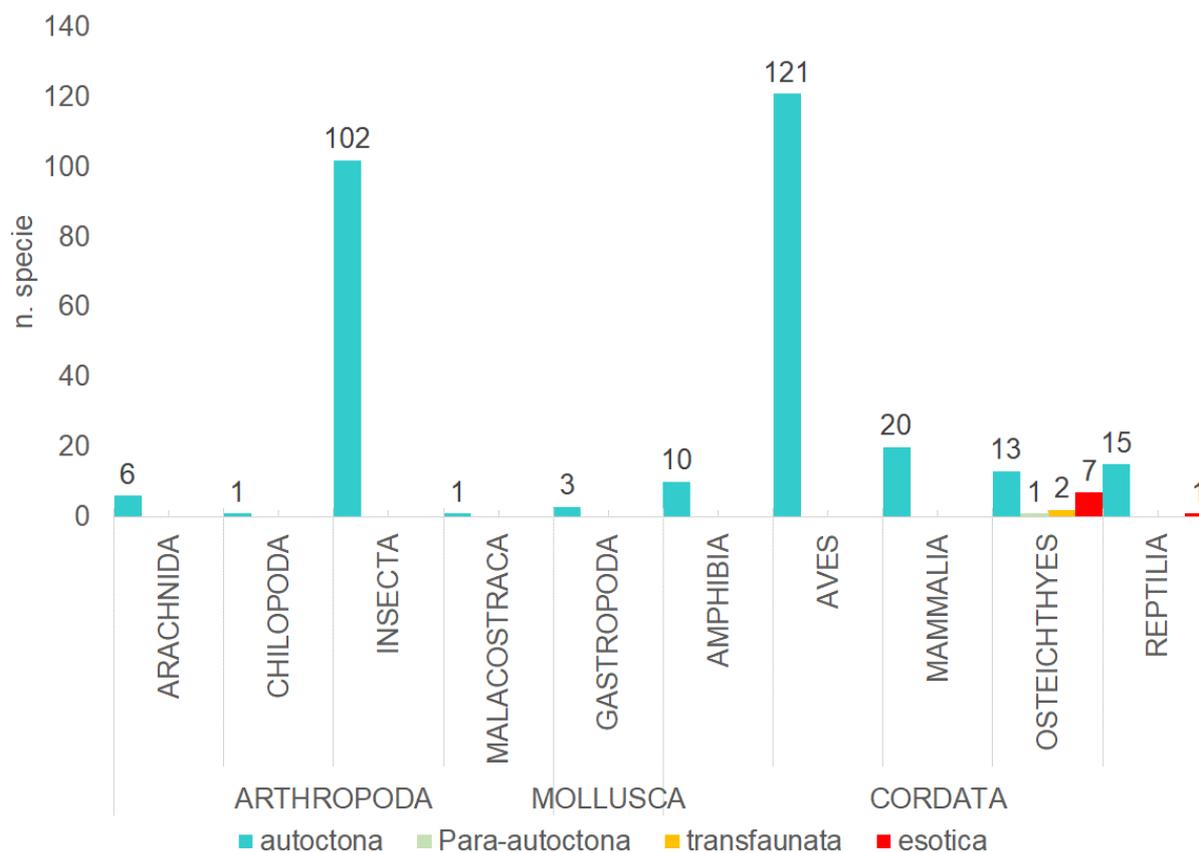


Figura 34: Numero di specie presenti nell'area di interesse, per gruppo faunistico

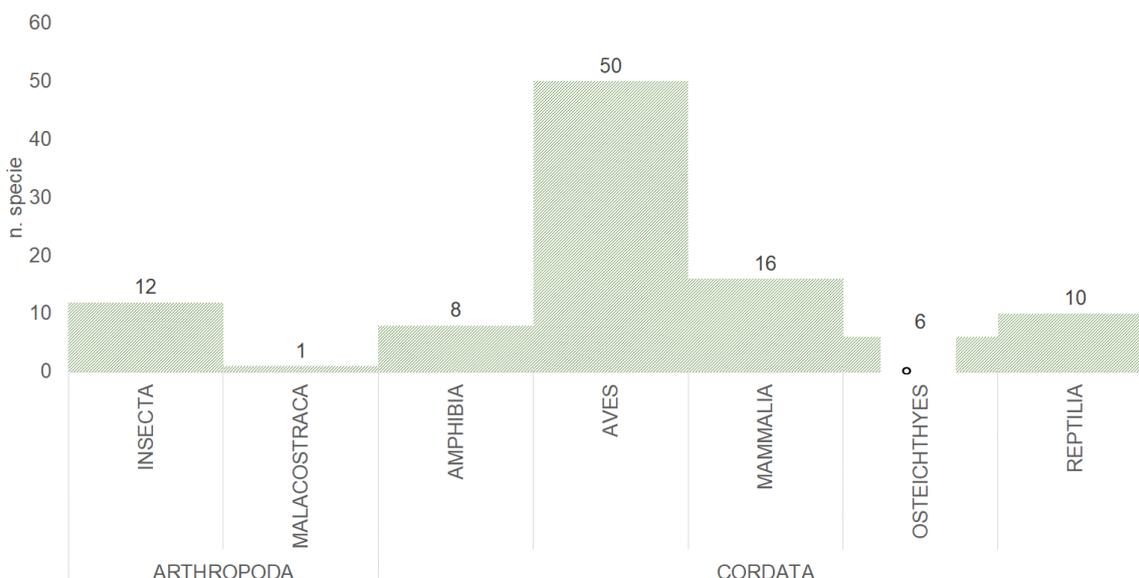


Figura 35: N. di specie di interesse comunitario presenti nell’area di interesse, per gruppo faunistico

4.3.2.1 INVERTEBRATI

Tra gli invertebrati sono state reperite informazioni di presenza riguardanti 113 specie native. Tra queste si riconoscono 12 specie di interesse comunitario. Di queste, solo una - *Euphydryas aurinia* – risulta presente nei siti della RN2000 inclusi nell’area di interesse (fonte: formulari standard aggiornati depositati sulla piattaforma ufficiale UE: <https://natura2000.eea.europa.eu>). L’elenco delle specie di interesse comunitario che, in base alle informazioni a disposizione, potrebbero essere presenti nell’area attualmente (con indicato, laddove disponibile, l’ultimo anno di segnalazione sulla piattaforma gbif.org) ne comprende alcune che più di altre possono essere di interesse, in considerazione della loro autoecologia. Esse sono:

- Il gambero d’acqua dolce *Austropotamobius italicus* (più propriamente: *A. pallipes italicus*) che risulta segnalato tra la fauna dei siti RN2000 del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, anche se non inserito nei Formulari Standard ufficiali; esso con ogni probabilità è presente nel tratto fluviale del Torrente Fiastrone emissario, a valle della diga del Fiastrone.
- Un gruppo di cinque importanti specie di coleotteri saproxilici: *Osmoderma eremita*, *Lucanus cervus*, *Cerambyx cerdo*, *Rosalia alpina*, *Morimus funereus*. Questi, o alcuni di essi, potrebbero essere presenti nei boschi dell’area di sito, dove saranno realizzate le opere e dunque interessati dal cantiere.

CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA	Specie	Ultima segnalazione GBIF	Presente in Formulari standard siti RN2000
INSECTA	COLEOPTERA	Cerambycidae	<i>Cerambyx cerdo</i>		no
			<i>Morimus funereus</i>		no
			<i>Rosalia alpina</i>		no
		Cetoniidae	<i>Osmoderma eremita</i>		no
		Lucanidae	<i>Lucanus cervus</i>		no
	LEPIDOPTERA	Erebidae	<i>Euplagia quadripunctaria</i>	2021	no
		Lasiocampidae	<i>Eriogaster catax</i>		no
Lycaenidae		<i>Maculinea arion</i>		no	

CLASSE	ORDINE	FAMIGLIA	Specie	Ultima segnalazione GBIF	Presente in Formulare standard siti RN2000
			<i>Proserpinus proserpinus</i>		no
		Nymphalidae	<i>Euphydryas aurinia</i>		si
		Papilionidae	<i>Parnassius apollo</i>	2020	no
			<i>Parnassius mnemosyne</i>		no
MALACOSTRACA	DECAPODA	Astacidae	<i>Austropotamobius pallipes italicus</i>	2018	no

Tabella 5: Invertebrati di interesse comunitario che possono essere presenti nell'area vasta di progetto

4.3.2.2 ANFIBI

Si rileva la presenza nell'area vasta di progetto di almeno 10 specie di anfibi. Tra queste ben 8 sono elencate in Allegato II della DH e solo 2 di esse sono riportate nei formulari standard dei siti RN2000 coinvolti. Queste ultime sono: *Salamandrina perspicillata* e *Triturus carnifex*.

In tutti i casi si tratta di *taxa* non strettamente legati agli ambienti acquatici lacustri, ma piuttosto dipendenti dalla presenza di piccole zone umide e raccolte d'acqua, anche temporanee, o di corsi d'acqua. Tranne che per il geotritone - che fa eccezione dal momento che è completamente svincolato dall'acqua per la riproduzione - piccoli stagni, pozze (permanenti o temporanee) e corsi d'acqua possono di fatto ospitare tutte le specie di anfibi presenti nella lista riportata sotto.

ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE	PRESENZA NEI FS DEI SITI RN2000
ANURA	Bufonidae	<i>Bufo bufo</i>	Rospo comune	NO
	Discoglossidae	<i>Bombina pachypus</i>	Ululone appenninico	NO
	Hylidae	<i>Hyla intermedia</i>	Raganella italiana	NO
		<i>Hyla meridionalis</i>	Raganella mediterranea	NO
	Ranidae	<i>Rana dalmatina</i>	Rana dalmatina	NO
		<i>Rana italica</i>	Rana appenninica	NO
CAUDATA	Plethodontidae	<i>Speleomantes italicus</i>	Geotritone italiano	NO
	Salamandridae	<i>Lissotriton italicus</i>	Tritone italiano	NO
		<i>Salamandrina perspicillata</i>	Salamandrina dagli occhiali settentrionale	SI
		<i>Triturus carnifex</i>	Tritone crestato italiano	SI

Tabella 6: Specie di anfibi presenti nell'area vasta di progetto

SPECIE	NOME COMUNE
<i>Bombina pachypus</i>	Ululone appenninico
<i>Hyla intermedia</i>	Raganella italiana
<i>Rana dalmatina</i>	Rana dalmatina
<i>Rana italica</i>	Rana appenninica
<i>Speleomantes italicus</i>	Geotritone italiano
<i>Lissotriton italicus</i>	Tritone italiano
<i>Salamandrina perspicillata</i>	Salamandrina dagli occhiali settentrionale
<i>Triturus carnifex</i>	Tritone crestato italiano

Tabella 7: Specie di anfibi di interesse comunitario presenti nell'area vasta di progetto

4.3.2.3 UCCELLI

Sono ascrivibili con ogni probabilità all'area di studio almeno 121 specie di uccelli, molti dei quali inclusi nei formulari standard dei siti RN2000 coinvolti. In totale, ben 50 specie sono infatti in Allegato I della DU. La lista completa è reperibile nell'allegato che costituisce lo studio bibliografico della fauna. Qui si riporta l'elenco delle specie di interesse comunitario e quello delle specie legate agli ambienti acquatici in ragione della propria autoecologia, in quanto ritenute le più sensibili ai fattori perturbativi generati eventualmente dal progetto nelle sue diverse fasi di realizzazione.

SPECIE	NOME COMUNE	ULTIMO AVVISTAMENTO GBIF
<i>Accipiter gentilis</i>	Astore	
<i>Accipiter nisus</i>	Sparviere	
<i>Alcedo atthis</i>	Martin pescatore	
<i>Alectoris graeca</i>	Coturnice	
<i>Anthus campestris</i>	Calandro	
<i>Anthus spinoletta</i>	Spioncello	
<i>Aquila chrysaetos</i>	Aquila reale	
<i>Ardea cinerea</i>	Airone cenerino	2021
<i>Asio otus</i>	Gufo comune	
<i>Athene noctua</i>	Civetta	2020
<i>Bubo bubo</i>	Gufo reale	
<i>Buteo buteo</i>	Poiana	2021
<i>Calandrella brachydactyla</i>	Calandrella	
<i>Caprimulgus europaeus</i>	Succiacapre	
<i>Charadrius morinellus</i>	Piviere tortolino	
<i>Ciconia ciconia</i>	Cicogna bianca	
<i>Circaetus gallicus</i>	Biancone	
<i>Circus aeruginosus</i>	Falco di palude	
<i>Circus cyaneus</i>	Albanella reale	
<i>Circus pygargus</i>	Albanella minore	
<i>Corvus corone</i>	Cornacchia nera	
<i>Egretta alba (Casmerodius albus)</i>	Airone bianco maggiore	
<i>Egretta garzeta</i>	Garzetta	
<i>Emberiza hortulana</i>	Ortolano	
<i>Falco biarmicus</i>	Lanario	
<i>Falco columbarius</i>	Smeriglio	
<i>Falco naumanni</i>	Grillaio	
<i>Falco peregrinus</i>	Falco pellegrino	2007
<i>Falco subbuteo</i>	Lodolaio	
<i>Falco tinnunculus</i>	Gheppio	
<i>Falco vespertinus</i>	Falco cuculo	
<i>Ficedula albicollis</i>	Balia dal collare	
<i>Grus grus</i>	Gru	
<i>Gyps fulvus</i>	Grifone	
<i>Lanius collurio</i>	Averla piccola	2021
<i>Lanius minor</i>	Averla cenerina	

SPECIE	NOME COMUNE	ULTIMO AVVISTAMENTO GBIF
<i>Lullula arborea</i>	Tottavilla	2021
<i>Milvus migrans</i>	Nibbio bruno	
<i>Milvus milvus</i>	Nibbio reale	
<i>Monticola saxatilis</i>	Codirossone	2007
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Nitticora	
<i>Pandion haliaetus</i>	Falco pescatore	
<i>Perdix perdix italica</i>	Starna	
<i>Pernis apivorus</i>	Falco pecchiaiolo	
<i>Picoides major (Dendrocopos major)</i>	Picchio rosso maggiore	
<i>Picoides minor (Dendrocopos minor)</i>	Picchio rosso minore	
<i>Prunella collaris</i>	Sordone	
<i>Ptyonoprogne rupestris</i>	Rondine montana	
<i>Pyrhocorax pyrrhocorax</i>	Gracchio corallino	2019
<i>Tichodroma muraria</i>	Picchio muraiolo	

Tabella 8: Specie in Allegato I della DU presenti nell'area vasta di progetto

Di seguito si riporta l'elenco delle 17 specie legate agli ambienti acquatici (la Gru non è conteggiata in quanto pare non utilizzi più quest'area geografica nella sua rotta migratoria), accompagnato da una sintetica descrizione del tipo di utilizzo dell'habitat lacustre da parte della singola specie. Si prende come riferimento l'ambiente di lago in quanto considerato l'ambiente più sensibile ai fattori perturbativi generati dal progetto nella fase di esercizio.

Come si può vedere, tutte le specie elencate utilizzano il lago come habitat trofico, mentre sono davvero poche (in base agli elementi disponibili si ipotizza possa essere solo una specie) quelle che si riproducono proprio all'interno della cuvetta lacustre: si tratta esclusivamente dello Svasso maggiore, che costruisce di regola un nido galleggiante sulla superficie dell'acqua, tra le eliofite o tra i rami delle piante semisommerse, della fascia sublitorale lacustre. Per il resto si tratta di specie la cui riproduzione non avviene entro il perimetro dello specchio d'acqua, ma al di fuori: in alcuni casi la riproduzione avviene anche a grande distanza dall'ambiente acquatico (come per i falchi); in altri casi il nido viene costruito in prossimità delle zone umide, ma sugli alberi o arbusti (come il caso degli aironi o del cormorano) o per terra, ben nascosto tra la vegetazione, a varia distanza dall'acqua (come è il caso delle anatre).

Occorre sottolineare che non si dispone di informazioni che permettano di ricostruire il quadro attuale della presenza e del tipo di frequentazione degli ambienti acquatici di interesse da parte di queste specie. L'utilizzo dell'ambiente acquatico descritto in tabella rappresenta dunque un quadro del tutto ipotetico, basato sulle conoscenze della loro biologia ed autoecologia.

SPECIE	NOME COMUNE	TIPO USO DELL'AMBIENTE ACQUATICO
<i>Alcedo atthis</i>	Martin pescatore	Alimentazione
<i>Circus aeruginosus</i>	Falco di palude	Alimentazione
<i>Pandion haliaetus</i>	Falco pescatore	Alimentazione
<i>Anas crecca</i>	Alzavola	Alimentazione e accrescimento
<i>Anas penelope</i>	Fischione	Alimentazione e accrescimento
<i>Anas platyrhynchos</i>	Germano reale	Alimentazione e accrescimento
<i>Aythya fuligula</i>	Moretta	Alimentazione

SPECIE	NOME COMUNE	TIPO USO DELL'AMBIENTE ACQUATICO
<i>Alcedo atthis</i>	Martin pescatore	Alimentazione
<i>Netta rufina</i>	Fistione turco	Alimentazione, Accrescimento e Riproduzione
<i>Actitis hypoleucos</i>	Piro piro piccolo	Alimentazione
<i>Gallinago gallinago</i>	Beccaccino	Alimentazione
<i>Ardea cinerea</i>	Airone cenerino	Alimentazione
<i>Egretta alba (Casmerodius albus)</i>	Airone bianco maggiore	Alimentazione
<i>Egretta garzeta</i>	Garzetta	Alimentazione
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Nitticora	Alimentazione
<i>Ciconia ciconia</i>	Cicogna bianca	Alimentazione
<i>Falco subbuteo</i>	Lodolaio	Alimentazione
<i>Grus grus</i>	Gru	probabilmente estinta
<i>Anthus spinoletta</i>	Spioncello	Alimentazione
<i>Podiceps cristatus</i>	Svasso maggiore	Alimentazione, Accrescimento e Riproduzione
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Cormorano	Alimentazione

Tabella 9: Elenco delle specie di avifauna acquatica presenti nell'area di studio

Le foto seguenti ritraggono esemplari adulti di Airone cenerino alla ricerca del cibo (soprattutto pesci) nella porzione di monte del lago di Polverina, a giugno 2022.



Figura 36: Airone cenerino nel lago di Polverina, sponda di monte, giugno 2022

4.3.2.4 RETTILI

Nell'area di interesse si rileva la presenza di almeno 16 specie di Rettili, di cui 1 esotico: la tartaruga palustre americana, *Trachemis scripta*, per la quale esiste almeno una segnalazione nel 2021 (gbif.org). di seguito se ne riporta la *checklist*.

Delle 15 specie native, 10 sono di interesse comunitario, tra cui 8 elencate in Allegato II e 2 in Allegato IV della DH. Se ne riporta l'elenco.

In relazione ai possibili aspetti di vulnerabilità del gruppo faunistico in questione, con riferimento ad una biologia legata agli ambienti acquatici, si rileva che tra le specie elencate solo due sono tipiche di ambienti umidi e acquatici. Occorre in particolare osservare quanto segue:

- *Natrix helvetica*, biscia dal collare barrata, frequenta ambienti acquatici diversificati come stagni, paludi, lanche, fontanili, risaie, marcite, raccolte d'acqua artificiali anche di piccole dimensioni, fiumi, torrenti, rogge, ecc. A differenza delle specie congeneri (natrice tassellata e natrice viperina), frequenta anche ambienti prettamente terrestri quali boschi, prati, siepi nonché aree antropizzate come coltivi e giardini, inseriti in contesti urbani e suburbani. Si nutre principalmente di anfibi e pesci, ma gli esemplari più grandi predano anche piccoli mammiferi o uccelli passeriformi;
- *Natrix tessellata*, la natrice tassellata è il serpente più acquatico tra quelli appartenenti alla fauna italiana. Frequenta acque stagnanti e correnti e può essere osservata lungo le sponde dei laghi, dei fiumi e dei torrenti. Più raramente frequenta stagni e pozze di piccole dimensioni. Ottima nuotatrice può, grazie alla presenza di un sacco aereo posto alla base del polmone, stare appostata sott'acqua a caccia di pesci, che costituiscono le principali prede, ed anfibi. La deposizione delle uova avviene sulla terraferma, in anfratti tra i sassi o in accumuli di rami e vegetazione in decomposizione.

ORIGINE	ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE	ULTIMO AVVISTAMENTO GBIF
autoctona	SQUAMATA	Anguidae	<i>Anguis veronensis</i>	Orbettino italiano	2022
		Colubridae	<i>Coluber viridiflavus</i>	Biacco	
			<i>Coronella austriaca</i>	Colubro liscio	2020
			<i>Elaphe longissima</i>	Saettone	
			<i>Elaphe quatuorlineata</i>	Cervone	
			<i>Hierophis viridiflavus</i>	Biacco	2022
			<i>Natrix helvetica</i>	Biscia dal collare barrata	
			<i>Natrix tessellata</i>	Natrice tassellata	
			<i>Zamenis longissimus</i>	Saettone	2021
		Lacertidae	<i>Lacerta bilineata</i>	Ramarro occidentale	
			<i>Podarcis muralis</i>	Lucertola muraiola	2022
			<i>Podarcis sicula</i>	Lucertola campestre	2021
		Scincidae	<i>Chalcides chalcides</i>	Luscengola	2020
		Viperidae	<i>Vipera aspis</i>	Vipera comune	2021
<i>Vipera ursinii</i>	Vipera dell'Orsini				
esotica	TESTUDINES	Emydidae	<i>Trachemys scripta</i>	Tartaruga palustre americana	2021

Tabella 10: Specie di Rettili presenti nell'area di interesse

SPECIE	NOME COMUNE	ALLEGATI DELLA DH
<i>Coluber viridiflavus</i>	Biacco	Allegato IV DH
<i>Coronella austriaca</i>	Colubro liscio	Allegato II DH
<i>Elaphe longissima</i>	Saettone	Allegato II DH
<i>Elaphe quatuorlineata</i>	Cervone	Allegato II DH
<i>Hierophis viridiflavus</i>	Biacco	Allegato II DH
<i>Natrix tessellata</i>	Natrice tassellata	Allegato II DH
<i>Lacerta bilineata</i>	Ramarro occidentale	Allegato IV DH

SPECIE	NOME COMUNE	ALLEGATI DELLA DH
<i>Podarcis muralis</i>	Lucertola muraiola	Allegato II DH
<i>Podarcis sicula</i>	Lucertola campestre	Allegato II DH
<i>Vipera ursinii</i>	Vipera dell'Orsini	Allegato II DH

Tabella 11: Elenco delle specie di interesse comunitario

4.3.2.5 MAMMIFERI

Dall'analisi della documentazione consultata risulta un elenco di almeno 50 specie di mammiferi di interesse conservazionistico e/o gestionale presenti nell'area in studio. Tra le specie di interesse gestionale emerge certamente il Cinghiale, che rappresenta esso stesso un elemento di pressione sull'ambiente. Si contano poi almeno 16 specie di interesse conservazionistico: 15 in Allegato II della DH e 1, il Gatto selvatico europeo, in Allegato IV. Tra queste non si evince la presenza di specie particolarmente legate all'ambiente acquatico, quantomeno per fasi chiave del proprio ciclo biologico.

Si evidenzia che la presenza in lista dell'Orso marsicano è considerata in via possibilistica dal momento che le cronache degli ultimi mesi hanno reso notizie sempre più frequenti sulla presenza della specie nel territorio del Parco Nazionale dei Monti Sibillini: non si hanno dunque riscontri specifici che riguardino l'area di interesse per lo studio:

ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE	Allegati DH
ARTIODACTYLA	Bovidae	<i>Rupicapra pyrenaica ornata</i>	Camoscio appenninico	Allegato II DH
	Cervidae	<i>Capreolus capreolus</i>	Capriolo	Allegato II DH
		<i>Cervus elaphus</i>	Cervo	-
	Suidae	<i>Sus scrofa</i>	Cinghiale	-
CARNIVORA	Canidae	<i>Canis lupus</i>	Lupo	Allegato II DH
	Felidae	<i>Felis silvestris</i>	Gatto selvatico europeo	Allegato IV DH
	Mustelidae	<i>Martes foina</i>	Faina	-
	Ursidae	<i>Ursus arctos</i>	Orso marsicano	Allegato II DH
CHIROPTERA	Molossidae	<i>Tadarida teniotis</i>	Molosso di Cestoni	Allegato II DH
	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus euryale</i>	Rinolofo euriale	Allegato II DH
		<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Rinolofo maggiore	Allegato II DH
		<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Rinolofo minore	Allegato II DH
	Vespertilionidae	<i>Hypsugo savii</i>	Pipistrello di Savi	Allegato II DH
		<i>Miniopterus schreibersii</i>	Miniottero	Allegato II DH
		<i>Myotis emarginatus</i>	Vespertilio smarginato	Allegato II DH
		<i>Nyctalus leisleri</i>	Nottola di Leisler	Allegato II DH
		<i>Pipistrellus kuhlii</i>	Pipistrello albolimbato	Allegato II DH
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	Pipistrello nano	Allegato II DH		
RODENTIA	Cricetidae	<i>Chionomys nivalis</i>	Arvicola delle nevi	-
	Hystricidae	<i>Hystrix cristata</i>	Istrice crestato	Allegato II DH

4.3.2.6 PESCI

Per la natura del progetto in studio, che coinvolge nella fase di esercizio corpi idrici superficiali artificiali e naturali di grande rilevanza in ambito non solo regionale, per diversi motivi, tra cui quello di conservazione

faunistica, appare di particolare interesse caratterizzare gli ambienti acquatici direttamente o indirettamente coinvolti nell'intervento proposto. Tanto più che tra questi ambienti lentic e lotici, artificiali e naturali, ve ne sono alcuni compresi entro i confini della Rete Natura 2000 e altri che, pur non essendovi inseriti, rivestono un ruolo importante nella rete ecologica locale ospitando specie di interesse comunitario anche molto rilevanti per l'intero patrimonio faunistico regionale ed europeo (elencate in Allegato II della DH o in Allegato I della DU).

Sulla base delle informazioni raccolte per l'area di studio, è stato ricostruito un quadro della fauna ittica che comprende almeno 23 specie. Di queste, 13 specie sono native e 10 non lo sono, distinte in: 7 specie esotiche per i bacini italiani, 2 transfaunate in quanto native del Nord Italia (*Esox cisalpinus* e *Chondrostoma soetta*), 1 para-autoctona (*Cyprinus carpio*). Di seguito l'elenco completo della fauna ittica che risulta essere presente negli ambienti acquatici che insieme sono ritenuti definire efficacemente l'area vasta di progetto e cioè i due invasi di Polverina e Fiastrone e i corsi d'acqua Chienti (dalla diga di Polverina alla confluenza del t. Fiastrone) e torrente Fiastrone (dalla diga omonima alla sua confluenza naturale nel Chienti).

ORIGINE	ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE	PRESENZA NEI FS DEI SITI RN2000	
Autoctona	CYPRINIFORMES	Cyprinidae	<i>Alburnus arborella</i>	Alborella	NO	
			<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune	NO	
			<i>Chondrostoma genei</i>	Lasca	NO	
			<i>Leuciscus cephalus</i>	Cavedano italico	NO	
			<i>Leucos aula</i>	Triotto	NO	
			<i>Sarmarutilus rubilio</i>	Rovella	NO	
			<i>Scardinius hesperidicus</i>	Scardola italica	NO	
			<i>Squalius squalus</i>	Cavedano italico	NO	
			<i>Telestes muticellus</i>	Vairone italico	NO	
			<i>Tinca tinca</i>	Tinca	NO	
	PERCIFORMES	Gobiidae	<i>Padogobius bonelli</i>	Ghiozzo padano	NO	
	SALMONIFORMES	Salmonidae	<i>Salmo ghigi</i>	Trota mediterranea		SI
	SCORPAENIFORMES	Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Scazzone	NO	
Para-autoctona	CYPRINIFORMES	Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	NO	
Transfaunata			<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta	NO	
	ESOCIFORMES	Esocidae	<i>Esox cisalpinus</i>	Luccio cisalpino	NO	
Esotica	CYPRINIFORMES	Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	Carassio dorato	NO	
	ESOCIFORMES	Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Luccio europeo	NO	
	PERCIFORMES	Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Persico trota	NO	
		Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Persico reale	NO	
	SALMONIFORMES	Salmonidae	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Trota iridea	NO	
			<i>Salmo trutta</i>	Trota fario	NO	
SILURIFORMES	Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Siluro	NO		

Tabella 12: Elenco delle specie di pesci che risultano presenti nell'area di studio

Tra i taxa rilevati, 7 sono specie di interesse comunitario in Allegato II della DH, di cui una però transfaunata – la Savetta *Chondrostoma soetta* – dunque non di interesse conservazionistico nell'area di indagine.

ORIGINE	ORDINE	FAMIGLIA	SPECIE	NOME COMUNE
autoctona	CYPRINIFORMES	Cyprinidae	<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune
			<i>Chondrostoma genei</i>	Lasca
			<i>Sarmarutilus rubilio</i>	Rovella
			<i>Telestes muticellus</i>	Vairone italico
	SALMONIFORMES	Salmonidae	<i>Salmo ghigi</i>	Trota mediterranea
SCORPAENIFORMES	Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Scazzone	
transfaunata	CYPRINIFORMES	Cyprinidae	<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta

Tabella 13: Specie di interesse comunitario presenti nell'area di studio

Tra le specie di interesse conservazionistico, l'unica riportata nei formulari standard dei siti della Rete Natura 2000 coinvolti è la Trota mediterranea (registrata con diversi nomi sui vari documenti consultati, in ogni caso si tratta di *Salmo ghigi*, secondo l'impostazione più recente proposta dall'AIAD; AIAD, 2021).

Cottus gobio, lo Scazzone, compare in ogni caso in liste aggiornate del Parco Nazionale dei Monti Sibillini, in riferimento alla ZSC IT5330017 interessata dal progetto, dove è considerato tuttora presente con ogni probabilità.

FAUNA ITTICA NEGLI INVASI ARTIFICIALI. Relativamente alla fauna ittica degli invasi, si fa presente che i Pesci sono un indicatore che la Normativa definisce "facoltativo" valutare per gli invasi artificiali e che ARPAM non sottopone a monitoraggio in alcuno degli invasi oggetto di studio. In generale si conferma il quadro riportato nello SIA, integrato con le informazioni sulla fauna ittica dell'invaso del Borgiano, derivate anch'esse per lo più dal mondo della pesca ricreativa e sportiva.

Sovrapponendo diverse fonti e filtrando le più attendibili, si giunge all'elenco faunistico presentato di seguito (tra le fonti più utilizzate si cita: <https://www.pesca.abruzzo.it/lago-di-polverina-provincia-macerata/>; <http://italiapescasportiva.altervista.org/>). Nella fauna ittica dei tre invasi non emerge la presenza di elementi faunistici di particolare pregio faunistico. Relativamente alle specie native, si tratta di *taxa* che IUCN stessa definisce tutti a più basso rischio di estinzione in natura ed euritopiche; anche il Barbo comune, unica specie nativa elencata in Direttiva Habitat (All. II), è una delle specie a minore preoccupazione.

Riguardo alle specie non native, quelle invasive maggiormente pericolose per gli equilibri delle comunità ittiche locali, sono già condivise dai tre bacini lacustri; fatta eccezione per il gardon, *Rutilus rutilus*, che dalle informazioni reperite, risulterebbe al momento presente solo nel lago posto a valle del sistema Fiastrone-Polverina, l'invaso di Borgiano.

Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	Corologia	DH 92/43/CEE	IUCN	Presenza nei laghi di interesse (indice 1-4)		
						POLVERINA	FIASTRONE	BORGIANO
Cyprinidae	<i>Alburnus arborella</i>	Alborella	Autoctona	no	LC		presente	presente
Cyprinidae	<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune	Autoctona	HAB.92 2 e 5	LC		presente	presente
Cyprinidae	<i>Squalius squalus</i>	Cavedano italico	Autoctona	no	LC	molto abbondante	molto abbondante	presente
Cyprinidae	<i>Scardinius hesperidicus</i>	Scardola italica	Autoctona	no	LC	abbondante	abbondante	presente
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Tinca	Autoctona	no	LC	abbondante	abbondante	presente

Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	Corologia	DH 92/43/CEE	IUCN	Presenza nei laghi di interesse (indice 1-4)		
						POLVERINA	FIASTRONE	BORGIANO
Cyprinidae	<i>Leucos aula</i>	Triotto	Autoctona	no	LC	presente	presente	
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Para-autoctona	no	no	molto abbondante	abbondante	presente
Esocidae	<i>Esox cisalpinus</i>	Luccio	Transfauna ta	no	-	abbondante*		presente
Cyprinidae	<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta	Transfauna ta	HAB.92 2	EN	abbondante		presente
Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	Carassio dorato	Alloctona	no	no	presente	abbondante	presente
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	Gardon	Alloctona	no	no			presente
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Luccio	Alloctona	no	no	abbondante*		presente
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Persico reale	Alloctona	no	no	abbondante	abbondante	presente
Centrarchi dae	<i>Micropterus salmoides</i>	Persico trota	Alloctona	no	no	presente	abbondante	presente
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Siluro	Alloctona	no	no	molto abbondante	presente	presente
Salmonidi	<i>Salmo spp.**</i>	Trota**	?	?	?		presente	dubbia

*Non è noto quale specie di luccio sia presente, per questo sono segnate entrambe quelle possibili

**Non sono reperibili ulteriori specifiche su quale/i specie di trota frequentino il lago. Dalle informazioni tratte dalla Carta ittica appare verosimile possa anche trattarsi di *Salmo cettii*, specie nativa e in Allegato II della DH.

Legenda:

specie alloctona nel territorio nazionale
specie autoctona nel territorio regionale
specie parautoctona (immessa prima del 1500 e acclimatata)
specie alloctona del territorio regionale, autoctona altrove nel territorio nazionale

Tabella 14: confronto fauna ittica presente nei tre invasi artificiali di Fiastrone, Polverina, Borgiano.

FAUNA ITTICA DEL FIUME CHIEN TI. Il troncone fluviale analizzato va dalle origini, attraverso il tratto che scorre da Muccia a scendere verso l'invaso, fino al tratto che scorre subito a valle della confluenza naturale del torrente Fiastrone nel Chienti, a Belforte del Chienti.



Figura 37: Stazioni della Carta Ittica delle Marche, rielaborato da: (Lorenzoni & Esposito, 2011)

Prima di passare alla descrizione dell'ittiofauna, a proposito dei dati della Carta Ittica, va specificato che gli Autori nel testo fanno riferimento alla “trota fario” e parlano anche della “trota di ceppo mediterraneo”. Come si saprà, la tassonomia delle trote in Italia rappresenta davvero un caso emblematico di forte incertezza e discussione nell’ambito della comunità scientifica. Per questo il nome “trota fario” ha assunto nel tempo diverse valenze e significati. Oggi per Trota fario si intende unicamente la trota di origine alloctona, dai bacini d’Oltralpe (AllAD, 2021), di aplotipo cosiddetto “atlantico”, immessa un po’ ovunque in Italia e capace di “ibridarsi” (termine usato impropriamente in questo caso) e dare origine a soggetti a loro volta fecondi, con le trote native italiane.

La trota nativa degli Appennini marchigiani è *Salmo ghigii* (AllAD, 2021). Molti autori la chiamano tuttora *Salmo cettii* o *Salmo macrostigma*. La prima secondo l’impostazione più recente (AllAD, 2021) è autoctona solo in Sicilia e la seconda non fa parte della fauna nativa italiana.

Dunque, anche per i progetti che verranno citati più avanti, per trota mediterranea è da intendersi *Salmo ghigii*.

Nella Carta Ittica invece il termine “Trota fario” era evidentemente utilizzato per trattare in termini generici la trota di torrente, comprendente nell’approccio di qualche anno fa due ceppi: quello “atlantico” alloctono e quello “mediterraneo” nativo. Oggi si è scoperto che le due trote in realtà sono ben separate geneticamente e rappresentano entrambe due buone specie. In ogni caso, nella trattazione che segue, riportando dati della Carta Ittica delle Marche, ci è parso corretto riferire il nome così come indicato dagli Autori, con questa dovuta premessa.

Fiume Chienti a Pieve Torina. Uno dei due tratti più di monte per il quale siano disponibili informazioni è il ramo del Chienti, detto di Pieve Torina. Il sito è localizzato a 470 m s.l.m. In questo tratto il corso d'acqua presenta un alveo largo circa 5 m, con velocità di corrente discreta e fondale costituito in prevalenza da sassi, ciottoli, ghiaia ed una piccola percentuale di massi. La dinamica fluviale è di tipo metaritrale. La fascia perfluviale risulta ben strutturata con formazioni arboree ed arbustive su entrambe le rive. L'uso del territorio circostante è di tipo agricolo.

Qui è posizionata una stazione di censimento della Carta Ittica regionale: MC09CHIE01-b.

Siamo nella **Zona superiore della trota** in acque classificate in **Categoria A - Acque a salmonidi**. La vegetazione ripariale è abbondante in tutte le sue componenti se si eccettuano due brevi tratti in cui le sponde sono protette da manufatti in cemento. La fauna ittica è costituita solo da trote fario, la biodiversità è quindi scarsa. Sono stati catturati 37 individui (45 stimati). La popolazione apparentemente mostra una buona capacità biogenica, con una struttura di popolazione in cui le classi d'età 0+ e 1+ rappresentano il 78% del totale. Gli Autori segnalano l’urgenza di uno studio genetico per la definizione dell’origine delle trote presenti.

Fiume Chienti a Muccia. Per questo tratto, posto subito a monte dell’invaso di Polverina, sono disponibili solo i dati della Carta Ittica delle Marche. In questo tratto il fiume Chienti è indicato come **vocazionale ai Salmonidi**. Censito in occasione della Carta Ittica regionale pochi chilometri a monte dell’abitato di Muccia, questo tratto fluviale ha mostrato caratteristiche ambientali favorevoli allo sviluppo e alla crescita dei Salmonidi, seppure presumibilmente gravato da una forte pressione di pesca. Vi sono state censite solo **trote fario**, rivelando una biodiversità scarsa. Il tratto è stato classificato **come “zona della trota superiore”**, con una gestione

dell'ittiofauna in **Categoria A - Acque a salmonidi**. Il tratto non ricade all'interno di alcuna area protetta. Esso ha presentato anche novellame di trota denominata fario, ma per la quale è stata segnalata dagli Autori l'urgenza di una verifica genetica della popolazione. Questo tratto è stato infatti indicato tra quelli da proporre per far parte di un programma di reintroduzione di esemplari autoctoni mediterranei. Non si dispone di ulteriori informazioni per definire meglio la popolazione di trota presente. La Carta Ittica segnala la presenza in questo tratto di una forte pressione di pesca.

Fiume Chienti a Pontelatrive. Il tratto indagato presenta un alveo rettificato con uno scarso grado di naturalità; in ogni caso, esso sembra in grado di ospitare una popolazione di trota fario e possiede anche un buona capacità portante. Come indicato possibile dai parametri chimico-fisici delle acque, qui è presente la trota fario. Si tratta in effetti dell'unica specie campionata in questo tratto che dunque è stato classificato **come "zona della trota superiore"**, con una gestione dell'ittiofauna in **Categoria A - Acque a salmonidi**. Anche in questo caso si rileva l'urgenza di una verifica genetica dell'origine delle trote presenti, per indagare l'eventuale presenza della trota autoctona.

Fiume Chienti a Polverina. Siamo nel tratto fluviale posto subito a valle dell'invaso di Polverina. Il tratto non si presenta molto artificializzato con una briglia di oltre un metro che impone una ulteriore frammentazione al corso d'acqua. Qui è stata rilevata la presenza di una comunità ittica ricca di specie con un numero elevato di alloctone. La trota fario era presente con pochi esemplari ma la sua popolazione è parsa piuttosto ben strutturata. Viene ipotizzata l'influenza dei ripopolamenti sulla presenza delle trote fario. Il tratto viene fatto rientrare nella **"Zona del Barbo"** e la classificazione è in **"Categoria B - Acque miste"**.

Il tratto indagato si trova all'esterno di qualsiasi area protetta, ma molto prossimo ai confini del Parco Nazionale dei Monti Sibillini ed immediatamente a monte della ZPS IT5330029 - Dalla Gola del Fiastrone al Monte Vettore, che arriva al fiume per un tratto di 500 m circa.

Si ritrovano nel tratto specie limnofile tra cui molte specie esotiche, per le quali è ipotizzato l'arrivo dall'invaso. Tra le specie autoctone presenti in questo tratto vi sono la **Rovella** ed il **Vairone**, entrambe di interesse comunitario e peraltro endemismi italiani. Da notare che entrambe le specie sono indicate nel IV Report Ex Art. 17 redatto da ISPRA (<http://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/>) come specie in uno stato favorevole con trend in aumento, nella regione biogeografica Continentale, cioè quella pertinente l'area vasta in studio.

Viene poi indicata la presenza del **Ghiozzo padano** *Padogobius martensii* oggi *Padogobius bonelli*, e del **Cavedano italico** (correggendo alcune erronee segnalazioni riportate nella Carta ittica provinciale di Macerata).

Fiume Chienti a Bistocco. Il sito è localizzato a 320 m s.l.m. subito a monte della località Valcimarra e del Lago di Borgiano; qui il corso d'acqua presenta un alveo largo circa 6 m, con velocità di corrente discreta e fondale costituito in prevalenza da ciottoli, ghiaia ed una discreta percentuale di sabbia e fango a causa della presenza a monte di una cava. La dinamica fluviale è di tipo iporitale. La fascia perfluviale risulta discontinua e costituita soprattutto da formazioni arboree ed arbustive. L'uso del territorio circostante è di tipo agricolo.

Qui la Carta Ittica indica che l'ittiofauna è composta da sette specie: Trota fario, Cavedano italico, **Vairone**, Ghiozzo padano, **Rovella**, Persico reale e **Barbo italico**. La zonazione ittica lo indica come **"Zona Inferiore"**

della trota". **Categoria: A (B) - Acque a salmonidi (Acque miste)**". Sono indicati ulteriori approfondimenti sulla presenza della trota fario, per valutarne la stabilità e quindi, in caso contrario, piuttosto il declassamento a Acque miste. Il tratto indagato è esterno a qualsiasi area protetta.

FAUNA ITTICA DEL TORRENTE FIASTRONE. Torrente Fiastrone a monte dell'invaso artificiale. Qui la Carta Ittica ha rilevato la presenza di una popolazione di trote con "*uno scarso successo riproduttivo, in quanto sono assenti i nati nell'anno (0+)*". È stato anche trovato lo Scazzone, *Cottus gobio*, specie elencata in Allegato II della Direttiva Habitat ed indicata dal IV Report Ex Art. 17 in uno stato di conservazione cattivo con trend in diminuzione nella regione biogeografica continentale. Siamo nella **Zona superiore della trota**, oltre che all'interno del Parco Nazionale dei Monti Sibillini. Il tratto è peraltro compreso sia nella ZSC IT5330002 - Val di Fibbia - Valle dell'Acquasanta sia nella ZPS IT5330029 - Dalla Gola del Fiastrone al Monte Vettore. La presenza dello Scazzone fa assumere a tale tratto fluviale una particolare importanza dal punto di vista conservazionistico anche per il fatto che si tratta di una specie che presenta nelle Marche un areale molto frammentato: l'Appennino rappresenta, inoltre, il limite meridionale della sua distribuzione in Europa (Kottelat e Freyhof, 2007).

Torrente Fiastrone a valle dell'invaso, a Roccacolonna. Per questo tratto è disponibile unicamente la caratterizzazione della Carta Ittica. Ci si trova al limite orientale della ZSC IT5330017. Il tratto presenta discrete condizioni di naturalità, con copertura vegetale più che buona. Sono rilevate due specie: la Trota fario e lo **Scazzone**. La prima risulta presente con una popolazione scarsa, per la seconda non sono riportati ulteriori dati.

Torrente Fiastrone a Morico. Una situazione analoga è rilevata dalla Carta Ittica anche poco più a valle, appena fuori dall'area del Parco Nazionale, a Morico. Presenti Trota fario, risultata numericamente molto scarsa, e **Scazzone**.

Torrente Fiastrone a Belforte del Chienti. Questo tratto del presenta tutte le caratteristiche del corso d'acqua a vocazione salmonicola, inquadrabile. L'alveo è piuttosto ristretto (2,2 m) ed è composto quasi del tutto da pietre e grossi ciottoli; l'acqua è fresca e limpida. La corrente in alcuni punti è sostenuta (pur nel periodo di magra). La biodiversità è molto bassa, se confrontata con segmenti fluviali simili inquadrati nelle acque di Categoria "B". Il tratto è nella **zona inferiore della trota**. Vi si è rilevata la presenza unicamente di Trota fario e **Vairone**. La popolazione presenta quindi una struttura completamente disomogenea, che può essere facilmente attribuita alla pressione di pesca.

Il quadro della fauna ittica presente nell'area di interesse per lo studio, tra invasi artificiali e corsi d'acqua, vede dunque la presenza delle seguenti specie. Tra le specie native emerge la presenza di cinque specie di interesse comunitario, in Allegato II Direttiva Habitat: **Barbo comune, Rovella, Vairone, Scazzone e Trota mediterranea***.

Le ultime due si ritrovano negli elenchi faunistici di siti RN2000 di interesse per il presente studio e rientrano nei loro obiettivi di conservazione. La Trota mediterranea, peraltro, come si vedrà più avanti, è anche stata ed

è tuttora oggetto di progetti LIFE di conservazione della specie che hanno coinvolto e coinvolgono tuttora l'area vasta di progetto.

Famiglia	Nome scientifico	Nome comune	Corologia	DH 92/43/CEE	IUCN
Cyprinidae	<i>Alburnus arborella</i>	Alborella	Aut	no	LC
Cyprinidae	<i>Barbus plebejus</i>	Barbo comune	Aut	HAB.92 2 e 5	LC
Cyprinidae	<i>Squalius squalus</i>	Cavedano italico	Aut	no	LC
Gobiidae	<i>Padogobius bonelli</i>	Ghiozzo padano	Aut	no	LC
Cyprinidae	<i>Sarmarutilus rubilio</i>	Rovella	Aut	HAB.92 2	NT
Cyprinidae	<i>Scardinius hesperidicus</i>	Scardola italica	Aut	no	LC
Cottidae	<i>Cottus gobio</i>	Scazzone	Aut	HAB.92 2	LC
Cyprinidae	<i>Tinca tinca</i>	Tinca	Aut	no	LC
Cyprinidae	<i>Leucos aula</i>	Triotto	Aut	no	LC
Salmonidae	<i>Salmo ghigii</i>	Trota mediterranea	Aut	HAB.92 1*	No**
Cyprinidae	<i>Telestes muticellus</i>	Vairone italico	Aut	HAB.92 1	LC
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Para	no	no
Esocidae	<i>Esox cisalpinus</i>	Luccio	Tra	no	-
Cyprinidae	<i>Chondrostoma soetta</i>	Savetta	Tra	HAB.92 2	EN
Cyprinidae	<i>Carassius auratus</i>	Carassio dorato	All	no	no
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Luccio	All	no	no
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	Persico reale	All	no	no
Centrarchidae	<i>Micropterus salmoides</i>	Persico trota	All	no	no
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i>	Trota fario	All	no	no
Siluridae	<i>Silurus glanis</i>	Siluro	All	no	no

* Classificata in DH come *Salmo macrostigma*

**la classificazione è recentissima e la specie non è ancora stata inserita negli elenchi IUCN

Legenda:

All = specie alloctona nel territorio nazionale
Aut= specie autoctona nel territorio regionale
para = specie parautoctona (immessa prima del 1500 e acclimatata)
Tra = specie alloctona del territorio regionale, autoctona altrove nel territorio nazionale

Tabella 15: Specie ittiche presenti nell'area vasta di progetto

4.3.3 Fitoplancton

Per via dell'interesse particolare di questa componente biotica, dovuto alla presenza nell'invaso di Fiastra ed in quello di Borgiano (a anche nell'invaso delle Grazie, posto più a valle ancora, a ricever le acque del Borgiano) di Cianobatteri potenzialmente tossici per la salute umana, in particolare di *P. rubescens*, si dedica al fitoplancton un'analisi dettagliata, supportata anche da un'attività di monitoraggio svolta *ad hoc* in concomitanza con le due campagne di monitoraggio dei parametri chimico-fisici.

Le conoscenze bibliografiche sul problema legato alla diffusione di Cianobatteri potenzialmente tossici e al caso in questione dei due invasi di progetto sono brevemente discusse in questo paragrafo, riportando anche i dati analitici rilevati con il monitoraggio svolto.

L'unica componente biotica interessata dal monitoraggio ARPAM nell'area vasta è il fitoplancton dei due invasi. Come previsto dalla normativa vigente, infatti, esso è l'unico indicatore di qualità biologica obbligatorio per gli

invasi artificiali, mentre è previsto il monitoraggio dei parametri chimico-fisici e chimici (sostanze prioritarie e non) lungo la colonna d'acqua. Macrofite, Diatomee, Macroinvertebrati non sono contemplati.

La classificazione degli invasi a partire dal fitoplancton si basa su due metodi: l'IPAM (Metodo italiano di valutazione del fitoplancton) applicato nei due invasi di Polverina e Borgiano (Macrotipi I3) ed il NITMED (Nuovo metodo italiano), applicato nel Fiastrone (Macrotipo I1).

Come si può vedere nella prima tabella rappresentata al paragrafo relativo allo stato ecologico, il valore degli indici IPAM/NITMED ha definito negli ultimi anni una qualità generalmente buona dei tre invasi relativamente all'indicatore fitoplancton. Scadimenti alla classe "sufficiente" si sono registrati per il Fiastrone e per il Polverina nel 2019, mentre il Borgiano ha sempre mantenuto una classificazione "buona" (ARPAM, 2020).

4.3.3.1 Il problema ambientale legato alla presenza di Cianobatteri potenzialmente tossici - *Planktothrix rubescens*

L'attenzione sul fitoplancton dei laghi del maceratese, tra cui quelli di interesse per questo studio, è però dovuta al fenomeno della presenza di specie di cianobatteri responsabili di fioriture o potenziali produttori di tossine, accertata da molti anni ormai nell'invaso di Fiastrone e in quello di Borgiano; ad un'analisi esplorativa effettuata nel 2004-2005 (ARPAM, 2005) era infatti risultato che l'invaso di Polverina non era soggetto a "fenomeni eutrofici potenzialmente tossici per l'uomo".

In particolare tale criticità è legata alla presenza della specie *Planktothrix rubescens*. Questo cianobatterio potenzialmente tossico da molti anni sta interessando i laghi della provincia di Macerata, in particolare il lago Fiastrone e i bacini ad esso collegati: il Borgiano e le Grazie.

La *P. rubescens* è una specie caratteristica di laghi non eutrofici, ed è dotata di adattamenti in particolare di vescicole di gas che le permettono di regolare la galleggibilità e di controllare i movimenti verso il basso o verso l'alto nella colonna d'acqua, alla ricerca delle migliori condizioni di proliferazione. Quando si trova in condizioni di elevata intensità luminosa e scarsità di nutrienti, la *P. rubescens* si sposta in profondità dove trova bassa intensità luminosa e abbondanza di nutrienti, riproducendosi e creando bloom algali non visibili dalla superficie.

I cianobatteri sono diffusi in moltissimi ambienti acquatici, dove possono produrre cianotossine con diversi profili tossicologici. Sono organismi procarioti autotrofi, diffusi nella maggior parte dei corpi d'acqua in quasi tutti gli habitat. La loro presenza è considerata un problema sanitario emergente perché possono produrre cianotossine con diversi effetti tossicologici; inoltre il quadro delle conoscenze sulle tossine prodotte ed i loro profili tossicologici non è tuttora completo.

La diffusione dei cianobatteri è un fenomeno in crescita ormai da diversi anni che riguarda laghi a tutte le latitudini e altitudini ed è collegato principalmente **all'eutrofizzazione e ai cambiamenti climatici**; per questo non si può che prevedere in futuro un aumento generalizzato dell'esposizione alle cianotossine.

Casi gravi associati all'esposizione alle cianotossine si sono verificati dopo l'uso di acqua contaminata per emodialisi; sono stati anche riportati effetti associati ad altri tipi di esposizione, tra cui quella dovuta ad attività ricreative e di balneazione (Funari et al., 2008 e 2014).

I cianobatteri sono un ampio gruppo di batteri fotosintetici ossigenici che hanno iniziato a evolversi almeno 2,5-3 miliardi di anni fa (Schopf, 2012). Questa lunga storia evolutiva è alla base delle elevate capacità competitive che caratterizzano questo gruppo di microrganismi. I cianobatteri sono presenti in gran parte degli habitat acquatici e terrestri, compresi ambienti estremi quali i deserti (Makhalanyane *et al.*, 2013), gli ambienti polari (Kleinteich *et al.*, 2012), e sorgenti calde e ipersaline (Dadheech *et al.*, 2013). **In condizioni di elevate concentrazioni di nutrienti, limitato ricambio idrico, elevate temperature e stabilità termica, i cianobatteri possono svilupparsi raggiungendo densità e biomasse molto alte, dando luogo alla formazione di ammassi distribuiti nella zona eufotica o diversamente localizzati negli strati superficiali, subsuperficiali e profondi** (Paerl & Huisman, 2009).

La presenza di eccessive proliferazioni cianobatteriche oltre ai disagi conseguenti alla produzione di sostanze maleodoranti (Bowmer *et al.*, 1992), può comportare importanti conseguenze negative per l'utilizzo delle risorse acquatiche, a causa del rischio connesso con la produzione e rilascio di composti tossici (cianotossine) nelle acque destinate ad uso potabile e ricreativo (Funari & Testai, 2008; Messineo *et al.*, 2010; Cerasino & Salmaso, 2012; Metcalf & Codd, 2012; vedi capitoli A3 e A4), nonché per il trasferimento di tossine lungo le reti trofiche e alimentari (Shams *et al.*, 2014; Sotton *et al.*, 2014).

Il problema della diffusione di *P. rubescens*, in particolare, riguarda potenzialmente tutte le componenti biotiche lacustri. Tutti sono potenzialmente esposti: dagli animali selvatici a quelli domestici, all'uomo.

Le cianotossine prodotte dai batteri si trovano nelle acque in cui sono in corso o sono avvenute recenti fioriture.

Le persone possono venire in contatto con le cianotossine durante le attività ricreative e di balneazione attraverso:

- contatto con la pelle, attraverso attività come il nuoto o il gioco in acqua
- inalazione, respirando piccole goccioline di aerosol che si possono formare per effetto di vento, mareggiate o per attività sportive e ricreative che prevedono lo spostamento delle acque, come ad esempio avviene con le moto d'acqua, lo sci nautico o anche lo sbattimento sostenuto di remi della canoa
- ingestione di acqua contenente le cianotossine, che può avvenire accidentalmente mentre si nuota, si gioca in acqua o si cade da una imbarcazione

L'inalazione può coinvolgere non solo i bagnanti propriamente detti ma anche chi sosta, passeggia o vive in prossimità della spiaggia e/o sul lungolago o lungofiume.

L'esposizione alle cianotossine può avvenire anche attraverso altre vie, che non sono però legate alla balneazione. Ciò accade ogniqualvolta sia utilizzata acqua contaminata (ad es. ingestione di acqua e cibi contaminati, specialmente pesci crostacei e molluschi, ma anche integratori alimentari, uso domestico di acqua contaminata).

In Italia, per legge (Decreto del Ministero della Salute 30 marzo 2010 che regola la balneazione) è obbligatorio effettuare controlli nelle aree a rischio di cianobatteri tossici. L'Istituto Superiore di Sanità ha redatto delle linee guida su come le autorità sanitarie devono effettuare i controlli, che sono state integrate nella normativa sulla balneazione nel 2018 (ISS, www.issalute.it).

Il principale obiettivo è di prevenire e/o ridurre possibili effetti dannosi sulla salute legati al contatto con i cianobatteri tossici e, allo stesso tempo, evitare chiusure ingiustificate delle aree di balneazione. A tale scopo, è necessario controllare la densità dei cianobatteri e intraprendere diverse azioni a seconda della densità della fioritura.

Il controllo della fioritura viene effettuato con l'ispezione visiva dei luoghi in cui queste potrebbero verificarsi (ad esempio, acque ferme e ad alta concentrazione di fosforo) o in cui si sono già verificate ed effettuando prelievi e analisi periodiche di campioni di acqua.

Sono state individuate tre fasi in base alle quali stabilire la frequenza del monitoraggio e le azioni da intraprendere da parte delle autorità preposte: routine, allerta ed emergenza.

La definizione delle fasi si basa su una combinazione di densità delle cellule cianobatteriche, concentrazione di fosforo, concentrazione di cianotossine e numero di specie tossiche presenti contemporaneamente. L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha recentemente adottato dei valori guida provvisori per le concentrazioni nelle acque di balneazione per alcune cianotossine. Questi valori sono considerati protettivi per la salute dei bambini (che giocando sulla riva possono ingerire involontariamente più acqua di un adulto e sono perciò a maggior rischio).

Nella fase di routine, il monitoraggio si esegue da giugno a settembre al massimo ogni 15 giorni. Se la densità delle cellule è inferiore a 20.000 cellule per millilitro di acqua (con specifiche condizioni descritte in dettaglio nelle Linee guida), i rischi sanitari sono trascurabili e non ci sono azioni da intraprendere. Nel caso di fioriture o di segnalazioni da parte di bagnanti di fenomeni di irritazione della pelle e degli occhi, si dovrà intensificare il monitoraggio e le autorità dovranno avviare le necessarie misure di prevenzione sanitaria e le attività previste nella fase di allerta.

Durante la fase di allerta, la popolazione deve essere informata sui possibili rischi per la propria salute ma anche sui rischi che corrono gli animali domestici che possono bere grandi quantità di acqua contaminata o, facendo il bagno, essere esposti indirettamente attraverso l'abitudine di leccarsi il pelo (ad esempio per i cani). I controlli devono valutare l'estensione della fioritura, verificare la presenza di più cianotossine, oltre alle microcistine. Potrebbero essere sconsigliate, nelle aree delimitate, attività ricreative che danno luogo a formazione di aerosol come, ad esempio, moto d'acqua, sci nautico, windsurf, canottaggio, ecc...

Il sindaco delle aree allertate deve comunicare al Ministero della Salute le misure di gestione messe in atto per informare il cittadino e prevenire esposizioni pericolose.

Se la densità dei cianobatteri continua ad aumentare, sono presenti schiume galleggianti in superficie, la concentrazione di microcistine è maggiore di una certa quantità e sono presenti più specie che producono tossine diverse, scatta la fase di emergenza.

Durante la fase di emergenza esiste il rischio di effetti più gravi derivanti da ingestione involontaria o accidentale di acqua, pertanto si deve procedere a:

- attivare il piano di sorveglianza sanitaria
- analizzare qualitativamente e quantitativamente le altre tossine, oltre alle microcistine
- determinare le tossine nei prodotti ittici

- rimuovere le schiume tossiche, se possibile
- pulire la spiaggia , in caso di spiaggiamento delle schiume
- informare le autorità sanitarie, per le opportune misure di gestione
- informare i cittadini
- prevenire le esposizioni pericolose, con segnaletica sulla spiaggia, bollettini, sistemi informativi locali, opuscoli, ordinanze.

Queste attività devono essere comunicate al Ministero della Salute e al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Durante le attività di balneazione e l’uso ricreativo delle acque si può essere esposti contemporaneamente a tutte e tre le vie. Nei paesi temperati (fra cui l’Italia) il rischio di esposizione a cianotossine si ha durante la stagione balneare, che è limitata ai 4-5 mesi più caldi dell’anno. Vi sono, tuttavia, attività che possono implicare periodi di esposizione più lunghi e continuativi come, ad esempio, lo svolgimento di sport acquatici per cui ci si allena anche durante l’inverno. **Tali attività possono rappresentare un rischio se effettuate in zone dove fioriscono cianobatteri, come *P. rubescens*, che danno luogo a fioriture superficiali invernali.**

Per il caso dei laghi in studio non si ha notizia presente o passata di casi di intossicazione da Cianobatteri lacustri e tantomeno di morie di animali domestici o selvatici riferite a questo problema. In Italia, in generale, gli unici casi di intossicazione seria e morie di animali riportati in letteratura riguardano, per quanto di nostra conoscenza, solo aree marine costiere. Anche nei laghi del nord Italia, dove il problema è conclamato e ricorrente da anni, la gestione delle fasi di *routine* e allarme è del tutto efficace ad evitare problemi di intossicazione importante nei fruitori dei laghi interessati da fioriture di Cianobatteri tossici. Il fatto che l’esame visivo sia uno strumento efficace di preallarme della presenza di fioriture importanti e che si inneschi immediatamente la fase di allerta, attivando il sistema di gestione dell’emergenza, evita in estate problemi ai bagnanti e a coloro che praticano sport acquatici, con l’adozione di misure preventive che hanno un carattere in ogni caso temporaneo. In alcune settimane il problema di queste fioriture si risolve e l’emergenza rientra.

Si tenga conto che, per quanto la struttura molecolare di questi peptidi ciclici li renda molto stabili e resistenti alle peptidasi batteriche ed eucariote, essi presentano una stabilità nelle riserve idriche di circa una settimana (mentre sono stabili per un lungo periodo in acqua filtrata o deionizzata) (Barbaro, 2013).

4.3.3.2 Fattori ambientali che favoriscono le fioriture

La definizione e la valutazione quantitativa del rischio dipendono dall’autoecologia delle specie cianobatteriche dominanti (e quindi dalle modalità di formazione delle fioriture), dalla presenza di sub-popolazioni tossiche, dalla tipologia di tossine prodotte, e dalla destinazione d’uso delle risorse acquatiche (Codd *et al.*, 2005; Dietrich & Hoeger, 2005; Manganelli *et al.*, 2012). A titolo esemplificativo: ISS definisce implicazioni diverse per l’utilizzo delle acque derivanti dallo sviluppo di popolazioni di specie diverse di cianobatteri, a seconda che le acque siano destinate ad uso ricreativo o potabile. Nel caso di *Planktothrix rubescens*, dal momento che essa nel corso dei mesi estivi è strettamente localizzata negli strati più profondi, potenziali problemi sono ravvisati soprattutto per l’approvvigionamento di acqua potabile a causa del posizionamento a profondità discrete dei punti di captazione.

In effetti la tossicità legata alla presenza di cianobatteri non è un fenomeno che riguarda strettamente la formazione e dinamica delle fioriture in senso stretto, ma anche il loro sviluppo massivo nella colonna d'acqua, senza formazione di fioriture visibili. Questa osservazione è importante in primo luogo ai fini della valutazione del rischio connesso, anche in relazione alla spiccata dinamicità temporale e spaziale che caratterizza molti cianobatteri. Nel caso per esempio di *P. rubescens*, che fiorisce d'estate in profondità e in superficie solo d'inverno, la sua presenza può essere rilevante per l'uso potabile dell'acqua o durante lo svolgimento di sport acquatici invernali piuttosto che per la balneazione.

La conoscenza delle modalità con cui i cianobatteri si localizzano in un corpo d'acqua è di fondamentale importanza per un'adeguata selezione dei punti da campionare. Una rappresentazione schematica delle potenziali zone di sviluppo e concentrazione dei cianobatteri in relazione alle varie fasi di stratificazione termica e mescolamento è riportata nella figura sottostante (da Funari *et al.*, 2014). Lo schema fa riferimento a un corpo lacustre (naturale o artificiale) tipico di climi temperati. I casi da 1 a 4 si riferiscono ad addensamenti superficiali o sviluppi lungo la colonna d'acqua comunemente osservati nel periodo estivo, quando le acque sono fortemente stratificate. In queste circostanze si possono avere densi ammassi superficiali localizzati lungo le coste, nelle baie e nei porti riparati dal vento. Nel caso 1 l'accumulo di cianobatteri, spesso in fase di senescenza, non è tanto dovuto alla crescita *in situ*, bensì al trasporto, da parte del vento, di fioriture superficiali che si sono originate nella zona pelagica (caso 2). Le popolazioni possono essere distribuite omogeneamente nello strato superficiale rimescolato (epilimnio; caso 3) oppure formare densi strati sub-superficiali non visibili, più o meno strettamente localizzati nel metalimnio e in prossimità della zona eufotica, cioè lo strato che riceve l'1% della luce incidente sulla superficie del lago (caso 4). In autunno, con la progressiva erosione del metalimnio e l'espansione dello strato rimescolato, le popolazioni si vengono a disperdere in uno strato più ampio (caso 5). Nel periodo tardo autunnale e invernale, nelle fasi finali del mescolamento, le popolazioni sono disperse fino alla massima profondità lacustre (caso 6) o, nel caso dei laghi più profondi, fino a profondità variabili (generalmente > 100 m) strettamente dipendenti dalle condizioni meteo-climatiche invernali. Addensamenti specifici possono essere rinvenuti sotto il ghiaccio (caso 7). In aggiunta a questo, analogamente a molti altri organismi algali, i cianobatteri possono formare strati più o meno spessi (fino a diversi cm) sulla superficie dei sedimenti lacustri e su diverse tipologie di substrati (caso 8), incluse le prese di acqua potabile (Quiblier *et al.*, 2013).

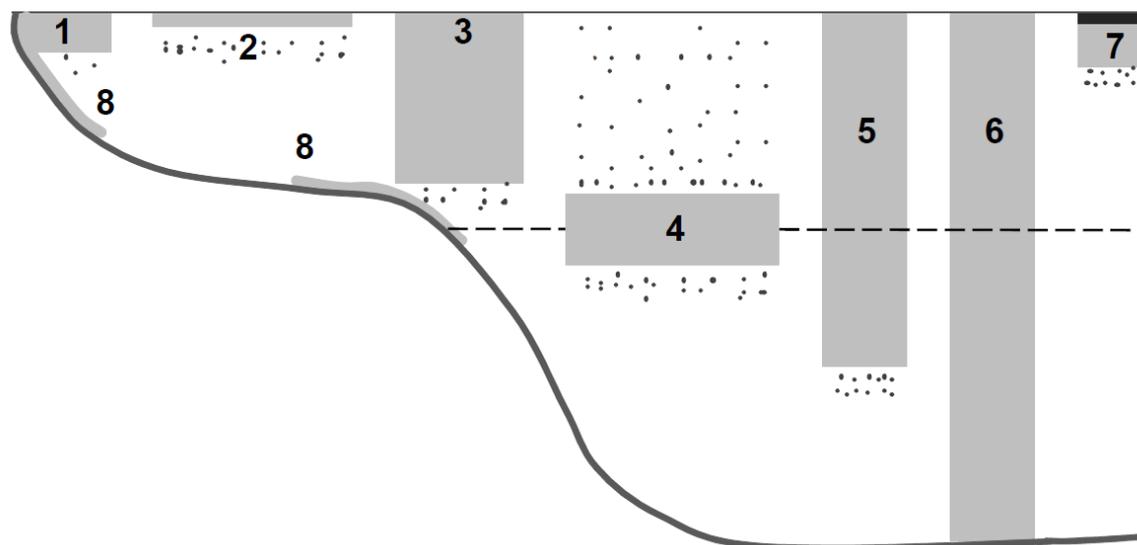


Figura 38: Localizzazione degli addensamenti cianobatterici in un corpo lacustre naturale o artificiale tipico di climi temperati (tratto da: Funari *et al.*, 2014).

I fattori che favoriscono lo sviluppo di cianobatteri (Paerl, 2008; Oliver *et al.*, 2012) sono comunemente associati a modifiche riconducibili all'attività umana. Queste comprendono, da una parte, gli effetti dovuti all'aumento dei carichi di nutrienti algali sui corpi lacustri e fluviali, e dall'altra importanti modifiche nella composizione dell'atmosfera con ripercussioni sui bilanci energetici a scala globale. Di fatto, **eutrofizzazione** e **riscaldamento climatico** sono considerati i due principali fattori chiave responsabili dell'aumento dello sviluppo dei cianobatteri nei Paesi industrializzati e in via di sviluppo e, più in generale, in aree densamente popolate (Paerl & Paul, 2012). **Il potenziale di sviluppo dei cianobatteri e delle fioriture algali è inoltre fortemente influenzato dai tempi di ricambio delle acque e dai processi di mescolamento** (Zohary *et al.*, 2010). Altri fattori considerati importanti nello sviluppo e dominanza dei cianobatteri comprendono i rapporti tra azoto e fosforo (N:P), il controllo del galleggiamento, l'elevata competizione per luce e CO₂, la tolleranza alle elevate temperature, la resistenza ai predatori (zooplankton), le elevate capacità di accumulo di riserve di nutrienti, l'azoto-fissazione, l'assimilazione di ammonio e la competizione per elementi in traccia.

FOSFORO TOTALE. Sin dagli anni '60 del secolo scorso **il fosforo è stato identificato come la causa principale del deterioramento della qualità delle acque e uno dei principali fattori nel controllo dello sviluppo dei cianobatteri. Ad elevate concentrazioni di nutrienti i cianobatteri mostravano un aumento, accompagnato da una riduzione o stabilizzazione rispettivamente di crisoficee e dinoficee. È interessante osservare che per concentrazioni di TP molto elevate (> 0,5-1 mg/L), nei laghi poco profondi il contributo percentuale dei cianobatteri tendeva a diminuire a favore delle cloroficee.**

A concretizzare il maggior potere predittivo delle concentrazioni assolute di P, Downing *et al.* (2001) hanno proposto valori soglia di Fosforo Totale (TP) finalizzati alla definizione del rischio di sviluppo di popolazioni cianobatteriche con biomasse > 50% sulla biomassa algale totale (vedi tabella sottostante). I limiti così definiti forniscono una valutazione sul potenziale grado di dominanza dei cianobatteri rispetto alla comunità

fitoplanctonica. Un minore rischio di produzioni cianobatteriche è raggiunto con concentrazioni di TP < 30 µg/L. Questo valore è coerente con i modelli cianobatteri/TP descritti da altri Autori (Watson *et al.*, 1997; Jeppesen *et al.*, 2005) che mostrano un deciso aumento del contributo dei cianobatteri con concentrazioni di TP > 20-30 µg/L.

Fosforo totale (µg P/L)	Rischio di dominanza di cianobatteri (%)
0-30	0-10
30-70	40
70-100	40-80

Tabella 16: Percentuali di rischio dei corpi d'acqua di sviluppare comunità fitoplanctoniche dominate da cianobatteri in funzione delle concentrazioni di fosforo totale (TP) (secondo Downing *et al.*, 2001).

La disponibilità di nutrienti è il fattore di controllo più importante per la crescita delle comunità fitoplanctoniche e cianobatteriche. Tuttavia altri fattori, quali le **fluttuazioni climatiche e idrologiche**, possono assumere un'importanza fondamentale nel controllo dei livelli di biomassa e nella selezione dei gruppi algali dominanti.

CLIMA E TEMPERATURA. Il clima esercita i suoi effetti a differenti scale temporali, in un ampio range compreso tra le fluttuazioni meteorologiche a scala giornaliera/settimanale e i cambiamenti climatici misurati su scale decadali e secolari. Condizioni di calma di vento ed elevata insolazione sono essenziali per esempio per lo sviluppo di molti tipi di fioriture cianobatteriche e per il declino delle popolazioni delle grandi diatomee.

Su scale temporali più lunghe, i cambiamenti climatici hanno profonde ripercussioni sulla fisica e chimica delle acque e sui cicli vitali degli organismi, causando la scomparsa di specie autoctone e la comparsa di specie aliene, tra cui molti cianobatteri. Molti studi hanno evidenziato un nesso causale tra gli effetti provocati dal riscaldamento climatico l'aumento dell'importanza dei cianobatteri (George, 2010; Salmaso & Mosello, 2010; O'Neil *et al.*, 2012; Paerl & Paul, 2012).

La temperatura dell'acqua ha effetti diretti sugli organismi algali, controllando le velocità di crescita.

In generale, i cianobatteri presentano tassi di replicazione elevati a temperature relativamente alte, spesso > 25°C. Tale caratteristica rappresenta per molti autori un tratto competitivo importante. Ma alcuni studi hanno rivelato una diversa risposta delle specie di cianobatteri all'aumento di temperatura e alcuni hanno soprattutto dimostrato come all'aumento della temperatura non sempre corrisponda un aumento della dominanza dei cianobatteri per esempio sulle cloroficee. Lüring *et al.* (2013) hanno evidenziato una sostanziale coincidenza negli optimum di temperatura per la crescita di cloroficee e cianobatteri, e maggiori velocità di crescita rilevate nelle cloroficee rispetto ai cianobatteri, mettendo pertanto in discussione il ruolo diretto della temperatura nel controllo della competitività di questi ultimi. È da rilevare che le cloroficee sono tra l'altro un diretto competitore dei cianobatteri nel corso dei mesi più caldi, e tra gli organismi più abbondanti in ambienti eutrofici e ipereutrofici (Funari *et al.*, 2014).

Il vantaggio competitivo dei cianobatteri pare sia dunque piuttosto dovuto a effetti indiretti dell'aumento di temperatura, in primo luogo determinati dall'aumentata stabilità fisica della colonna d'acqua, che al suo effetto diretto. All'aumentare delle temperature aumenta infatti il grado di separazione tra gli strati superficiali illuminati e poveri di nutrienti e gli strati meta- e ipolimnetici sottostanti poco illuminati ma ricchi di nutrienti. Pur tenendo

conto della capacità che hanno i cianobatteri di continuare a crescere in condizioni di basse concentrazioni di nutrienti a seguito del consumo di sostanze di riserva accumulate in precedenza (Carey *et al.*, 2012), **queste condizioni sono favorevoli alle specie in grado di spostarsi lungo la colonna d'acqua**. È il caso per esempio dei sottili filamenti di *P. rubescens*, specie in grado di posizionarsi a profondità ottimali di crescita formando intensi addensamenti metalimnetici. Più in **generale, un'intensificazione del riscaldamento climatico porterebbe, assieme a una maggiore estensione del periodo vegetativo, ad un maggiore sviluppo ed espansione dei cianobatteri che risulterebbero maggiormente favoriti sia dalle loro elevate velocità di replicazione alle alte temperature sia dalla loro spiccata capacità di migrazione o posizionamento verticale in ambienti stratificati** (Paerl & Huisman, 2009). Analisi condotte sul Lago di Garda e sui laghi d'Iseo, Como, Lugano e Maggiore, tutti grandi laghi prealpini profondi, hanno dimostrato una stretta sinergia tra eutrofizzazione e fluttuazioni climatiche, in relazione alla dipendenza dei processi di mescolamento dall'evoluzione climatica dei mesi invernali, nel favorire significativi aumenti nella crescita dei cianobatteri (principalmente *P. rubescens*) nei mesi estivi e autunnali: in condizioni di forte afflusso invernale di aria fredda in tutti i laghi analizzati questa condizione determina una serie di effetti a cascata che comprendono la diminuzione delle temperature lacustri, la maggiore estensione del mescolamento verticale primaverile e il maggiore rifornimento di nutrienti verso la superficie e di ossigeno verso l'ipolimnio profondo, (Salmaso, 2012). In altri casi, pur in presenza di livelli bassi di nutrienti, laghi profondi hanno mostrato dominanze di *P. rubescens*: ciò si spiega considerando che se da un lato la riduzione del F ha sfavorito il fitoplancton eucariotico aumentando la trasparenza dell'acqua, dall'altro il progressivo riscaldamento climatico ha determinato l'anticipo e il prolungamento della stratificazione termica, favorendo fortemente lo sviluppo di cianobatteri con spiccata capacità di migrazione e posizionamento verticale come *P. rubescens* (Jaquet *et al.*, 2005: esempio del lago di Bourget).

Se l'elevata velocità di replicazione è una caratteristica condivisa anche con altri gruppi algali, il controllo del galleggiamento in ambienti a bassa turbolenza sembra pertanto costituire un considerevole vantaggio competitivo, con importanti implicazioni per quanto riguarda le possibilità di controllo delle popolazioni attraverso la manipolazione della regimazione idrologica nei corpi lacustri artificiali.

REGIMAZIONE IDRAULICA E TEMPO DI RICAMBIO DELLE ACQUE. Sempre tra i fattori fisici, i cianobatteri sono particolarmente sensibili alla regimazione idrologica e al tempo di ricambio delle acque. **Nonostante i maggiori carichi, elevati afflussi di acqua nei bacini idroelettrici o nei laghi di piccole dimensioni sono in grado di rimuovere e diluire le popolazioni cianobatteriche**. Nei bacini idroelettrici localizzati in aree climatiche alpine e subalpine la presenza di cianobatteri è generalmente molto ridotta a causa delle minori temperature, elevato ricambio idrico e maggiore turbolenza della colonna d'acqua (Salmaso *et al.*, 1992; Moccia *et al.*, 2000).

Occorre a questo proposito fare presente che:

1. gli invasi di Fiastrone, Polverina, Borgiano nascono ed esistono in relazione alla loro funzione come invasi artificiali a servizio della produzione idroelettrica;

2. gli invasi del Fiastrone e di Borgiano sono interessati da una fruizione assidua, di balneazione e pratica di numerosi sport acquatici, come canoa e kajak. In particolare il Borgiano negli ultimi anni è divenuto un famoso campo gara nazionale ed internazionale di canottaggio;
3. tutti e tre gli invasi sono frequentati per la pesca ricreativa e sportiva, per lo più praticata per il Carp-fishing e per altre pratiche di pesca *no-kill*;
4. Sull'invaso di Polverina non insistono centri abitati, abitazioni o allevamenti; si tratta di un lago isolato, anche piuttosto inaccessibile, dove la balneazione non è consentita e non si praticano sport acquatici se non la pesca ricreativa non destinata al consumo;
5. Da nessuno dei tre laghi è attinta acqua per alimentare acquedotti. Il lago delle Grazie, posto più a valle svolge questa funzione ed il suo immissario è il fiume Chienti, emissario del Lago di Borgiano, che ha anche già ricevuto le acque del torrente Fiastrone emissario dell'invaso omonimo.
6. Dall'invaso di Polverina non viene attinta acqua per l'irrigazione.
7. In tutto il Maceratese non si ha notizia di morie per avvelenamento di animali selvatici, uccelli o pesci, attribuibile a fioriture algali nei laghi già interessati dalla presenza di Cianobatteri potenzialmente tossici (Fiastrone, Borgiano, Delle Grazie).

4.3.3.3 Popolazioni fitoplanctoniche degli invasi oggetto di studio

I risultati del monitoraggio di sorveglianza algale realizzato da ARPAM nel 2022 mettono in evidenza che fioriture importanti e preoccupanti di *P. rubescens* o altre specie potenzialmente tossiche nell'ultimo anno non si sono verificate. Le concentrazioni di *P. rubescens* sono rimaste sotto la soglia delle 20.000 cellule/ml.

FIASTRONE. Anche i rapporti ARPAM disponibili rendono conto della presenza ricorrente di *P.r.agardii* nel Fiastrone, caratterizzato dalla ormai consueta fioritura algale, con un tipico andamento stagionale, precisamente l'inizio della fioritura al termine del periodo estivo, per raggiungere le massime densità nel periodo autunno-inverno (80.000.000-350.000.000 cell/ml), per poi diminuire in estate fino a quasi scomparire in superficie per rifugiarsi in profondità, dove può raggiungere densità elevatissime (anche di 50.000.000 cell/ml), precisamente nella stazione posta al centro del lago in profondità nel mese di agosto. *P. rubescens* è la specie algale dominante nel lago. In ogni caso nel Fiastrone non si registrano fioriture importanti tali da interdire la pesca e la balneazione dal 2007-2008.

POLVERINA. I dati ARPAM pregressi (ARPAM, 2005) definiscono il lago esente da problemi di tossicità legata alla presenza di Cianobatteri.

BORGIANO. Per quanto riguarda la presenza della *P.r.agardii*, il lago di Borgiano è ciclicamente interessato dalla fioritura del Cianobatterio nei periodi gennaio-maggio (anche con concentrazioni nell'ordine di qualche milione di cellule /ml) e nel mese di novembre. Dallo studio della comunità fitoplanctonica è emerso che anche nel lago di Borgiano, quando il genere *P. rubescens* genera *bloom* algali, costituisce il genere dominante e la densità totale del fitoplancton risulta coincidente con quella della cianoficea; mentre nei restanti mesi il lago è caratterizzato ancora una volta da un'elevata densità fitoplanctonica attribuibile a vari generi, prevalentemente al *taxon* delle Diatomee con i generi Cyclotella, Navicula, Asterionella, Fragilaria e alle Crysophyceae con il genere Dinobryon. Secondo ARPAM (2005) la fioritura algale di *P.rubescens* nel lago di Borgiano è dovuta

esclusivamente all'arrivo di acque ricche di filamenti algali provenienti dal Fiastrone, tramite la centrale idroelettrica di Valcimarra, dimostrata dal fatto che, ad un aumento della quantità delle acque derivate dal Fiastrone, corrisponde un aumento della cianoficea nel Borgiano, con densità sempre minori a quelle registrate nel Fiastrone.

Questa componente è stata oggetto di una specifica campagna di campionamento da parte di GRAIA con propri collaboratori esperti nel prelievo e nell'analisi a livello specifico dei campioni.

In aprile e giugno 2023 i due invasi di Fiastrone e Polverina sono stati oggetto di un monitoraggio del fitoplancton teso a definire la composizione specifica e la struttura del popolamento fitoplanctonico, indagando in particolare la presenza di *P. rubescens*.

Di seguito si riportano i risultati delle due campagne.

Taxa	APRILE 2023						GIUGNO 2023					
	superficie		intermedio		fondo		superficie		intermedio		fondo	
	Densità (cell/ml)	Biomassa (mm3/m3)	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.
CYANOBACTERIA												
Aphanothece minutissima					207,96	0,21	1529,12	58,11	103,98	0,06		
Chroococcus dispersus	363,93	13,83										
Chroococcus minutus	51,99	1,98	41,59	1,58						10,4	0,36	
Planktothrix rubescens	19695,15	1831,65	33936,1	3156,06	24335,32	2263	5336,39	496,28	18062,57	1679,82	23793,96	2212,84
Totale CYANOBACTERIA	20111,07	1847,45	33977,7	3157,64	24543,28	2263	6865,51	554,39	18166,55	1679,88	23804,36	2213,2
HAPTOPHYTA												
Chrysochromulina sp.	353,53	10,61	31,19	0,94	343,14	10,3	7033,97	211,02	415,92	12,48	558,03	16,74
Chrysochromulina parva	51,99	3,36	51,99	3,36			305,82	19,77	76,25	4,93	155,97	10,08
Totale HAPTOPHYTA	405,52	13,97	83,18	4,3	343,14	10,3	7339,79	230,79	492,17	17,41	714	26,82
CHRYSOPHYTA												
Uroglena sp.	20,8	1,34	72,79	4,71	67,59	4,37						
Dinobryon bavaricum							1499,72	278,92	49,99	10,1	74,99	15,15
Dinobryon divergens			0,8	0,15			3089,43	574,58	20	3,72	34,99	6,51
Totale CHRYSOPHYTA	20,8	1,34	73,59	4,85	67,59	4,37	4589,15	853,51	69,99	13,82	109,98	21,66
CRYPTOPHYTA												
Cryptomonas curvata	1,25	2,69	7,6	16,34	3,2	6,88						
Cryptomonas marssonii			0,4	0,38			0,4	0,38				
Cryptomonas ovata	6,25	11,62	11,2	20,83	8,2	15,3			1,25	1,26		
Plagioselmis nannoplantica	400,32	140,74	655,08	230,3	415,92	146	795,14	279,55	34,66	12,19	79,72	28,03
Katablepharis ovalis	98,78	36,37	83,18	30,62	31,19	11,5	61,16	22,52	55,46	20,42	24,26	8,93
Rhodomonas lens	10,4	1,75	20,8	3,49	15,6	2,62						
Totale CRYPTOPHYTA	517	193,17	778,26	301,98	474,11	182	856,71	302,45	91,37	33,86	103,98	36,96
BACILLARIOPHYTA												
Aulacoseira granulata	134,98	79,8	129,2	76,38	62,6	37			84,98	50,24	434,92	257,12
Asterionella formosa			15,2	9,27	35	21,4	3,2	1,95				
Achnantes minutissima	5,2	1,66	20,8	12,45	5,2	3,11			3,47	1,11		
Cyclotella sp.	30,71	18,38	311,94	21,52			36	61,2	34,66	20,75		
Cyclotella ocellata			31,19	12,13	5,2	2,02			145,57	56,62	76,25	29,66
Cyclotella radiosa					3,8	11,4						
Stephanodiscus sp.			18,4	55,2								
Pinnularia sp.			0,4	29,7	0,2	14,9					2,5	185,57

Taxa	APRILE 2023						GIUGNO 2023					
	superficie		intermedio		fondo		superficie		intermedio		fondo	
	Densità (cell/ml)	Biomassa (mm3/m3)	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.	Dens.	Biom	Dens.	Biom.	Dens.	Biom.
Cyclotella cf. radiosa	2,5	7,5										
Navicula sp.	1,25	2,14										
Nitzschia acicularis	1,25	1,49										
Ulnaria ulna					0,2	0,35			1,25	2,18		
Ulnaria delicatissima var. angustissima	1,25	6,59	11,6	61,12	7,2	37,9	10,67	165, 96	1,25	19,44		
Totale BACILLARIOPHYTA	177,13	117,55	538,73	277,77	119,4	128	49,87	229, 11	271,18	150,3 3	513,67	472,3 4
CHLOROPHYTA												
Chlamydomonas sp.	5,2	0,66	10,4	1,31	5,2	0,66					3,47	0,44
Crucigenia tetrapedia	62,39	2,56			62,39	2,56						
Gemmelicistis sp.			83,18	14,14								
Monoraphidium contortum			10,4	0,44								
Monoraphidium minutum			10,4	0,44	5,2	0,2	91,75	3,85	13,86	0,53	3,47	0,15
Monoraphidium convolutum	5,2	0,22										
Mougeotia sp.			0,4	0,38	0,8	0,76					15	14,29
Oocystis sp.							41,59	1,71				
Tetraselmis cordiformis	5,2	37,63	0,4	2,9							7,5	54,28
Totale CHLOROPHYTA	77,99	41,06	115,18	19,6	73,59	4,17	133,3 4	5,56	13,86	0,53	29,43	69,15
DINOPHYTA												
Ceratium hirundinella			0,8	57,7	0,2	14,4	1,6	115, 41	1,25	90,14		
Gymnodinium sp.	10,4	22,36	10,4	22,36					3,47	2,95		
Gymnodinium uberrimum	1,25	2,69	0,8	11,08								
Gymnodinium helveticum									1,25	17,32		
Peridinium bipes							0,4	11,7 4				
Totale DINOPHYTA	11,65	25,05	12	91,15	0,2	14,4	2	127, 15	5,97	110,4 1		
EUGLENOPHYTA												
Euglena sp.					0,2	0,96						
Totale EUGLENOPHYTA					0,2	0,96						

Tabella 17: Composizione del popolamento fitoplanctonico dell'invaso del Fiastrone rilevato nelle due campagne di aprile e giugno 2023.

Taxa	APRILE 2023						GIUGNO 2023			
	SUPERFICIE		INTERMEDIO		FONDO		EUFOTICA CENTRO LAGO		EUFOTICA PRESSO LA DIGA	
	Densità (cell/ml)	Biomassa (mm ³ /m ³)	Dens	Biom.	Dens..	Biom.	Dens..	Biom.	Dens..	Biom
CIANOBACTERIA										
Borzia			2,4	0,22						
Pseudanabaena catenata									2,4	0,22
Totale CIANOBACTERIA			2,4	0,22					2,4	0,22
CHRYSTOPHYTA										
Synura sp.			6	0,39						
Totale CHRYSTOPHYTA			6	0,39						
HAPTOPHYTA										
Chrysochromulina sp.	472,64	14,18	270,35	8,11	93,58	2,81			187,16	5,61
Chrysochromulina parva	275,71	17,82	119,58	7,73			51,99	3,36		
Totale HAPTOPHYTA	748,34	32	389,93	15,84	93,58	2,81	51,99	3,36	187,16	5,61
CRYPTOPHYTA										
Cryptomonas curvata	0,2	0,43			0,16	0,34	0,62	1,34	0,2	0,43
Cryptomonas ovata	0,8	1,49	2,8	5,21	0,08	0,15			1,6	2,98

Taxa	APRILE 2023						GIUGNO 2023			
	SUPERFICIE		INTERMEDIO		FONDO		EUFOTICA CENTRO LAGO		EUFOTICA PRESSO LA DIGA	
	Densità (cell/ml)	Biomassa (mm ³ /m ³)	Dens	Biom.	Dens..	Biom.	Dens..	Biom.	Dens..	Biom
Plagioselmis nannoplanctica	693,2	243,71	634,28	222,9 9	626,52	220,27	148,17	52,09	727,86	255,89
Katablepharis ovalis	70,9	26,1	26	9,57	31,94	11,76	157,55	58	31,19	11,48
Chroomonas sp.					2,46	1,94				
Totale CRYPTOPHYTA	765,1	271,73	663,08	237,7 7	661,16	234,46	306,34	111,44	760,86	270,78
BACILLARIOPHYTA										
Amphora ovalis			0,2	0,12	0,48	0,29				
Asterionella formosa	3,6	2,2	8,8	5,37	3,84	2,34			1,6	0,98
Diatoma tenuis var. elongatum	31,2	33,7	16,4	21,16	26,16	25,64	23,12	53,27	34	33,32
Diatoma mesodon	0,6	1,8	1,6	4,8	0,24	0,72	1,87	13,44		
Cyclotella glomerulata	527,78	312,02	228,76	135,2 4	906,71	536,03	254,75	450,18	655,08	387,27
Cyclotella bodanica		1,19	7,88	10,56						
Cyclotella radiosa					0,08	0,24				
Discostella pseudostelligera		0,05	12,28	0,91						
Navicula radiosa		22,13	0,4	1,38						
Stephanocostis chantaicus					14,74	0,84				
Gomphonema gracile					0,16	0,19				
Pinnularia sp.			0,2	14,85	0,08	5,94			0,2	10,85
Ulnaria acus	1		0,6	0,71						
Ulnaria ulna			0,4	0,7					0,4	0,7
Nitzschia acicularis	0,2		0,6	0,14					1,2	0,28
Nitzschia sigmoidea									0,2	0,2
Ulnaria delicatissima var. angustissima	4,2		2	10,54	1,2	6,32	0,62	9,72		
Totale BACILLARIOPHYTA	568,58	373,07	280,12	206,4 6	953,69	578,56	280,37	526,61	692,68	433,59
CHLOROPHYTA										
Monoraphidium minutum					0,08	0,02				
Planctonema lauterbornii			1,2	0,28						
Scenedesmus quadricauda	31,51	1,29					10,4	0,43	93,58	3,84
Crucigenia quadrata							2,5	0,13		
Totale CHLOROPHYTA	31,51	1,29	1,2	0,28	0,08	0,02	12,9	0,56	93,58	3,84
DINOPHYTA										
Gymnodinium sp.	7,88	16,94	1,78	3,82	0,08	0,17				
Totale DINOPHYTA	7,88	16,94	1,78	3,82	0,08	0,17				
EUGLENOPHYTA										
Euglena acus			0,2	0,96			0,62	3,61		
Phacus longicauda					0,08	0,38				
Totale EUGLENOPHYTA			0,2	0,96	0,08	0,38	0,62	3,61		

Tabella 18: Composizione del popolamento fitoplanctonico dell'invaso di Polverina rilevato nelle due campagne di aprile e giugno 2023.

I dati mostrano la presenza di *P. rubescens* solo nell'invaso del Fiastrone e una sua dominanza nel popolamento fitoplanctonico del lago nel periodo primaverile, su tutta la colonna, con valori anche ben al di sopra delle 20.000 cell/ml. In estate *P. rubescens* si concentra prevalentemente nello strato non eufotico della cuvetta lacustre con concentrazioni anche superiori a 20.000 cell/ml, mentre in superficie è rilevato con una

presenza meno imponente, al di sotto di questa soglia, affiancato in particolare da alghe degli ordini delle HAPTOPHYTA e delle CHRYSOPHYTA.

Cianobatteri risultano tuttavia presenti, anche se con densità molto basse, nel campione sia di aprile sia di giugno, dell'invaso del Polverina.

Dai dati rilevati in queste campagne e dal loro confronto con i dati 2022 di ARPAM, emerge che non si può escludere la presenza nei due invasi di altre specie di Cianobatteri potenzialmente tossici, non rilevati nel 2023: nel caso del Fiastrone per esempio i dati ARPAM del 2022 fanno registrare la presenza del genere *Anabaena*, non rilevato nel 2023; allo stesso modo nel Polverina non si può escludere la presenza di *P. rubescens*, per quanto sporadica. Il fatto che cianobatteri siano stati trovati all'inizio della primavera e anche in estate in quantità molto basse, può essere invece considerato un fatto indicatore della scarsa idoneità dell'invaso di Polverina ad essere colonizzato da comunità dominanti di Cianobatteri, in relazione alla morfologia della cuvetta lacustre, alle caratteristiche idrodinamiche, alla trofia, ai possibili rapporti di allelopatia e/o competizione con alghe quali Cryptophyta o Chlorophyta (Jingjing *et al.*, 2023; Jensen *et al.*, 1994; Yang *et al.*, 2018).

4.3.4 Aree protette

4.3.4.1 Zone umide di importanza internazionale (Ramsar)

Proprio i due invasi di Polverina e del Fiastrone, ma anche i laghi posti a valle della sezione di chiusura del sotto-bacino del Fiastrone, lungo l'asta del Chienti, lago di Borgiano (o Caccamo o Pievefavera), Lago di Santa Maria e Lago delle Grazie, sono inseriti nell'inventario delle zone umide dell'area del Mediterraneo (*Pan Mediterranean Wetland Inventory - PMWI*), riconosciute ai sensi della Convenzione di Ramsar (1971):

ITE33W2700 – Lago di Fiastra;

ITE33W2800 – Lago di Polverina;

ITE33W2900 – Lago di Caccamo (o Pievefavera, o Borgiano);

ITE33W3000 – Lago di Santa Maria (o di Belforte);

ITE33W3100 – Lago delle Grazie (o di Tolentino).

Tutte le aree Ramsar sopra elencate sono bacini artificiali da oltre 60 anni, dunque da prima dell'istituzione dei siti di importanza internazionale e Lago di Caccamo (o Pievefavera, o Borgiano), Lago di Santa Maria (o di Belforte) e Lago delle Grazie (o di Tolentino) già allo stato attuale ricevono tutti le acque del Polverina e del Fiastrone.

4.3.4.2 Important Bird Area: IBA 095 - “Monti Sibillini”

Descrizione e motivazione del perimetro: massiccio montuoso dell’Appennino centrale ai confini di Umbria e Marche. L’area è caratterizzata da vaste praterie d’alta quota, boschi di latifoglie ed ambienti rocciosi. L’IBA include il Parco nazionale dei Monti Sibillini e le seguenti ZPS:

- dalla gola del Fiastrone al Monte Vettore;
- Valnerina, M.na di Torricchio, M.ti Fema e Cavallo.

L’IBA include anche il territorio a sud-ovest di Sarnano compreso tra la strada n° 78 ed il confine del Parco.

Categorie e criteri IBA. Criteri relativi a singole specie:

SPECIE	NOME SCIENTIFICO	STATUS	CRITERIO
Biancone	<i>Circaetus gallicus</i>	B	C6
Aquila reale	<i>Aquila chrysaetos</i>	B	C6
Lanario	<i>Falco biarmicus</i>	B	B2, C2, C6
Pellegrino	<i>Falco peregrinus</i>	B	C6
Coturnice	<i>Alectoris graeca</i>	B	C6
Succiacapre	<i>Caprimulgus europaeus</i>	B	C6
Calandro	<i>Anthus campestris</i>	B	C6
Averla piccola	<i>Lanius collurio</i>	B	C6
Gracchio corallino	<i>Pyrrhocorax pyrrhocorax</i>	B	C6
Ortolano	<i>Emberiza hortulana</i>	B	C6

Legenda criteri:

B2 = il sito è di particolare importanza per specie SPEC 2 e SPEC 3 (specie con status di conservazione sfavorevole nell’Unione Europea secondo Tueker & Heath, 1994)

C2 = Il sito ospita regolarmente almeno l’1% di una “flyway” o del totale della popolazione della UE di una specie gregaria inclusa in Allegato 1 della Direttiva “Uccelli”

C6 = Il sito è uno dei 5 più importanti nella sua regione amministrativa per una specie o sottospecie inclusa in Allegato 1 della Direttiva “Uccelli”.

Specie (non qualificanti) prioritarie per la gestione

Falco pecchiaiolo (<i>Pernis apivorus</i>)
Quaglia (<i>Coturnix coturnix</i>)
Gufo reale (<i>Bubo bubo</i>)
Tottavilla (<i>Lullula arborea</i>)

Figura 39: Scheda IBA 095 – Categorie e criteri IBA

4.3.4.3 Area floristica “Gola del Fiastrone”

Caratterizzazione ambientale. Il torrente Fiastrone nasce nella parte più alta della Valle di Bolognola e fra il paese di Fiastra (650 m) e la località denominata Pian di Pieca (490 m) scende a valle attraversando una profonda gola incassata e selvaggia, delimitata da rocce calcaree e dirupate, quasi inaccessibili. Benché ci si trovi ai piedi della catena dei Sibillini, la vegetazione della Valle del Fiastrone ha una caratteristica impronta mediterranea per la vasta diffusione di leccio e di altre sclerofille sempreverdi, che si sono qui insediate preferibilmente sui versanti esposti a Sud, termicamente favoriti. La Valle del Fiastrone è interessante anche dal punto di vista geomorfologico per la presenza di ghiaioni, detriti, conoidi, per la conformazione degli strati, per i fenomeni di erosione carsica e fluviale. In diversi punti lo stillicidio dell’acqua che scende dalle pareti

lateralmente ha provocato la formazione di masse travertinose di origine biogena, formate cioè con i resti dei muschi, alghe e altre specie che incrostano il carbonato di calcio.

Flora e vegetazione. La vegetazione è costituita da tre tipi di boschi, sempre ridotti allo stato di ceduo e precisamente boschi di sclerofille sempreverdi mediterranee (scutellario-ostrieti) e boschi di caducifoglie mesofile montane (faggete). Essi si alternano fra di loro in modo da formare un mosaico, a seconda del substrato e dell'esposizione, con una grande varietà anche nel sottobosco. Sono quivi *Taxus baccata*, *Ilex aquifolium*, *Lunaria rediviva*, *Galanthus nivalis*, *Lilium croceum*, *Laurus nobilis* e *Phyllitis scolopendrium*. Sulle pareti stillicidiose e nelle zone umide e fresche, nelle nicchie e fessure delle rocce, sono sviluppate vaste associazioni di muschi, epatiche, alghe e felci con le seguenti specie: *Eucladium verticillatum*, *Hymenostilium recurvirostre*, *Adiantum capillus-veneris*, *Saxifraga aizoides*, *Parnassia palustris* e *Samolus valerandi*.

Interesse botanico. A causa dell'accesso difficile e pericoloso, l'ambiente vegetazionale in molti punti della Gola del Fiastrone si è mantenuto quasi intatto; l'interesse botanico è dovuto alla presenza di lembi di macchia mediterranea a leccio, assieme ai quali nelle vallecole fresche si possono trovare frammenti di faggeta che scendono dal piano montano, oltre alla presenza di microambienti (pareti rocciose, rocce stillicidiose, ecc.).

Pressioni già presenti sull'area. Il bosco è sottoposto alle ceduzioni; il pascolo viene esercitato soprattutto nella prima parte della vallata, con una rada vegetazione forestale ove si alternano radure con associazioni erbacee dei pascoli. L'area è percorsa da sentieri di interesse venatorio; la parte alta del bosco, sul versante orografico di destra della vallata, è attraversata da una strada automobilistica per Monastero. A monte della gola è già presente e attiva dagli anni '50 del secolo scorso la diga del Fiastrone, a scopo idroelettrico.

4.3.4.4 Oasi di protezione della fauna "Oasi di Polverina"

L'Oasi di Polverina, con una superficie di 235,36 ha, si estende nei comuni di Camerino e Pievebovigliana (MC), comprende tutta la cuvetta lacustre ed è gestita da Legambiente (con Provvedimento 8703/1999) in collaborazione con l'associazione locale Propolverina. È stata istituita a tutela della fauna che ha colonizzato il serbatoio artificiale. Oltre all'ambiente lacustre l'oasi comprende un tratto di fiume e un'ampia area di paesaggio agrario ricchi di fauna e testimonianze storiche: nel periodo invernale e delle migrazioni è caratteristica la presenza dell'airone cenerino, dello svasso maggiore, della garzetta e del cormorano, in primavera e in autunno invece è area di sosta per numerose specie di uccelli acquatici e di altri uccelli di interesse conservazionistico.

4.3.4.5 Siti della Rete Natura 2000

Nell'area vasta di progetto rientrano quattro siti della Rete Natura 2000:

- **ZSC IT5330011 "Monte Letegge - Monte d'Aria"** e **ZPS IT5330027 "Gola di Sant'Eustacchio, Monte d'Aria e Monte Letegge"**, potenzialmente interessati dalla fase di cantiere del progetto, per la prossimità della loro porzione più meridionale all'area di sito del progetto, dove si prevede siano realizzate le nuove opere;

- **ZSC IT5330017 “Gola del Fiastrone” e ZPS IT5330029 “Dalla Gola del Fiastrone al Monte Vettore”**, potenzialmente interessate dalla fase di esercizio del progetto, in quanto comprese nell’area di potenziale influenza del nuovo impianto di pompaggio puro, da quando entrerà in funzione.

L’interferenza del progetto con l’integrità della Rete Natura 2000, valutata attraverso l’analisi e la stima dell’incidenza sui quattro siti di cui sopra, è stato oggetto di studio dell’elaborato GRE.EEC.D.99.IT.H.17168.00.114.00 “Studio di Incidenza”, prodotto in allegato allo Studio di Impatto Ambientale, contenente tutti gli opportuni approfondimenti.

4.3.5 Elementi di sensibilità per la biodiversità dell’area vasta

VEGETAZIONE. L’area vasta di progetto è caratterizzata da un elevato grado di naturalità, con copertura prevalente a bosco deciduo.

Presso il lago di Polverina si è affermata una formazione igrofila (*Salix alba*) nella zona di monte del lago, presso l’immissione del Chienti e formazione igrofila a pioppo, di neocolonizzazione, lungo la riva nord, nord-est del lago, dovuta all’abbassamento della regolazione massima del lago imposta dalla Regione dal 2016 a 396 m s.m.l.m.

Presso il lago del Fiastrone, caratterizzato da rive mediamente molto scoscese, la vegetazione è dominata da boschi mesotermofili tipici di substrati carbonatici quali gli Orno ostrieti. Nelle insenature del lago, ridotti lembi di bosco igrofilo a Pioppo nero, Salice bianco e *Salix purpurea*.

FAUNA. l’Area vasta di progetto si presenta ricca di fauna selvatica, per lo più legata agli ambienti montani, boscati o aperti rupestri. Vi si ritrovano molte specie di interesse comunitario, almeno 103. Di queste, le specie più vulnerabili al progetto, per autoecologia, corologia e interesse conservazionistico delle specie e per la natura del progetto proposto, sono:

- **INVERTEBRATI.** Gambero di fiume, *Austropotamobius pallipes italicus*
- **ANFIBI** *Bufo bufo*, *Bombina pachypus*, *Hyla intermedia*, *Hyla meridionalis*, *Rana dalmatina*, *Rana italica*, *Lissotriton italicus*, *Salamandrina perspicillata*, *Triturus carnifex*
- **UCCELLI.** Le specie legate agli ambienti acquatici: *Alcedo atthis*, *Ardea cinerea*, *Ciconia ciconia*, *Circus aeruginosus*, *Egretta alba* (*Casmerodius albus*), *Egretta garzeta*, *Falco subbuteo*, *Nycticorax nycticorax*, *Pandion haliaetus*
- Altre specie legate agli ambienti acquatici: *Anas crecca*, *Anas penelope*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya fuligula*, *Netta rufina*, *Actitis hypoleucos*, *Gallinago gallinago*, *Anthus spinoletta*, *Podiceps cristatus*, *Phalacrocorax carbo*
- **RETTILI.** Specie di interesse comunitario legate agli ambienti acquatici: *Natrix helvetica*, *Natrix tessellata*

- FAUNA ITTICA DEL FIUME CHIENZI EMISSARIO. Specie native di interesse comunitario: *Barbus plebejus*, *Sarmarutilus rubilio*, *Salmo ghigii* *, *Telestes muticellus*. Altre specie native: *Alburnus arborella*, *Squalius squalus*, *Padogobius bonelli*
- FAUNA ITTICA DEL TORRENTE FIASTRONE EMISSARIO. Specie native di interesse comunitario: *Cottus gobio*, *Salmo ghigii*, *Telestes muticellus*
- FAUNA ITTICA DELL'INVASO DI POLVERINA. Specie native: *Scardinius hesperidicus* *Squalius squalus* *Tinca tinca*
- FAUNA ITTICA DELL'INVASO DEL FIASTRONE. Specie native di interesse comunitario: *Barbus plebejus*, *Salmo ghigii*. Altre specie native: *Alburnus arborella*, *Squalius squalus*, *Scardinius hesperidicus*, *Tinca tinca*, *Leucos aula*

AREE PROTETTE:

- PARCO NAZIONALE DEI MONTI SIBILLINI;
- AREE NATURA 2000. ZSC IT5330017 "Gola del Fiastrone" - Popolazioni di *Salmo ghigii* (*Salmo macrostigma in DH*), *Cottus gobio*, *Austropotamobius pallipes italicus*
- Oasi di protezione della fauna "Oasi di Polverina". Specie di interesse comunitario, legate agli ambienti acquatici: *Alcedo atthis*, *Ardea cinerea*, *Ciconia ciconia*, *Circus aeruginosus*, *Egretta alba* (*Casmerodius albus*), *Egretta garzeta*, *Falco subbuteo*, *Nycticorax nycticorax*, *Pandion haliaetus*. Altre specie legate agli ambienti acquatici: *Anas crecca*, *Anas penelope*, *Anas platyrhynchos*, *Aythya fuligula*, *Netta rufina*, *Actitis hypoleucos*, *Gallinago gallinago*, *Anthus spinoletta*, *Podiceps cristatus*, *Phalacrocorax carbo*
- WetMed (Ramsar, 1971). Lago di Polverina: patrimonio di avifauna selvatica, riserva d'acqua, biodiversità. Lago di Fiastra: patrimonio di fauna selvatica, riserva d'acqua, biodiversità

4.4 Stato ecologico

ARPAM sottopone, come detto, gli invasi di interesse per questo studio a monitoraggio per la valutazione dello stato ecologico, mediante analisi degli elementi di qualità biologica (fitoplancton), chimica (TAB. 1/A e 1/B del D. Lgs 172/2015) e chimico-fisica (fosforo totale, trasparenza e ossigeno disciolto ipolimnico, integrati nel descrittore LTLecco - livello trofico laghi per lo stato ecologico).

Nel corso del triennio 2018-2020 tutti gli invasi sono stati monitorati con analisi bimensile del fitoplancton, dei parametri chimico-fisici, delle sostanze chimiche prioritarie e non prioritarie.

La tabella seguente riassume la classificazione triennale 2018-2020 dei parametri biologici, chimico-fisici e chimici a supporto dello stato ecologico, per gli invasi artificiali della Regione Marche.

CODICE CORPO IDRICO	CLASSE IPAM	CLASSE LTLeCo	CLASSE PARAM. CHIMICI A SUPPORTO TAB. 1/B	CLASSE STATO ECOLOGICO	CLASSE STATO CHIMICO
IT11.R002.LAGO_MERCATALE.A	0,76 BUONO	13 BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
IT11.R014.LAGO_CASTRECCIONI.A	0,76 BUONO	10 SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
IT11.R019.LAGO_FIASTRONE.A	0,62 BUONO	12 BUONO	ELEVATO	BUONO	BUONO
IT11.R019.LAGO_BORGIANO.A	0,72 BUONO	12 BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
IT11.R019.LAGO_POLVERINA.A	0,63 BUONO	12 BUONO	BUONO	BUONO	BUONO
IT11.R025.LAGO_GEROSA.A	0,63 BUONO	11 SUFFICIENTE	BUONO	SUFFICIENTE	BUONO
IT00.I028.LAGO_TALVACCHIA	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	BUONO

N.C. non classificato

Tabella 19: Classificazione dello stato ecologico e chimico relativa al triennio 2018-2020. Tratto da ARPAM (2020).

Da qui e dalla tabella sottostante si può apprezzare che i tre laghi di interesse hanno migliorato lo stato ecologico rispetto al triennio precedente.

Tutti gli invasi presentano stato chimico buono, in quanto il monitoraggio delle sostanze prioritarie (tab. 1A del D. Lgs 172/2015) non ha fatto registrare superamenti degli standard di qualità fissati dalla normativa.

	ECO 13-15	ECO 15-17	ECO 18-20	ANDAMENTO
MERCATALE	SUFFICIENTE	BUONO	BUONO	
CASTRECCIONI	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	
FIASTRONE	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO	
BORGIANO	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO	
POLVERINA	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	BUONO	
GEROSA	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	SUFFICIENTE	
	CHI 13-15	CHI 15-17	CHI 18-20	ANDAMENTO
MERCATALE	BUONO	NON BUONO	BUONO	
CASTRECCIONI	BUONO	BUONO	BUONO	
FIASTRONE	BUONO	BUONO	BUONO	
BORGIANO	BUONO	BUONO	BUONO	
POLVERINA	BUONO	BUONO	BUONO	
GEROSA	NON BUONO	NON BUONO	BUONO	
TALVACCHIA	N.C.	N.C.	BUONO	

Tabella 20: Andamento delle classificazioni di stato ecologico e chimico ottenute negli ultimi trienni per gli invasi marchigiani. Tratto da ARPAM (2020).

5. IL FENOMENO DI RIMESCOLAMENTO DELLE ACQUE DEGLI INVASI INSTAURATO DAL PROGETTO

Ai fini di approfondire il fenomeno di rimescolamento delle acque dei due invasi del Fiastrone e di Polverina, si è passati alla modellazione tridimensionale come strumento predittivo di valutazione delle modificazioni nell'idrodinamica e nella qualità delle loro acque, derivante dal loro collegamento idrico e dai cicli di turbinaggio e pompaggio tra i due invasi che ci si propone di avviare con il progetto.

1.1 Modellizzazione idrodinamica e dispersiva degli scenari del pompaggio

La modellazione dell'idrodinamica e della qualità dell'acqua nei Laghi di Fiastrone e Polverina richiede un'accurata riproduzione dei processi di trasporto e dispersione sia orizzontali che verticali. L'esistenza della stratificazione verticale influenza lo scambio di quantità di moto, calore, sali disciolti e contaminanti.

In natura, il trasporto degli inquinanti ha luogo per effetto di una combinazione fra il trasporto avvevivo e quello diffusivo. Per avvezione si intende il fenomeno per cui la sostanza disciolta o sospesa si muove insieme al volume idrico in cui si trova e che dipende sostanzialmente della velocità della corrente e dalla turbolenza. La diffusione invece è un meccanismo di trasporto associato alla presenza all'interno del corpo idrico di una differenza di concentrazione della sostanza disciolta. Essa determina un moto di trasferimento del soluto da punti a concentrazione maggiore a punti a concentrazione minore e, quindi, tende ad uniformare il valore della concentrazione.

Per le analisi eseguite nel presente studio è stato utilizzato un modello matematico idrodinamico e dispersivo Delft3D-FLOW (sviluppato dalla fondazione olandese Deltares), che simula flussi e fenomeni di trasporto indotti dalle condizioni al contorno in regime di moto vario compresi gli effetti delle differenze di densità dovute a temperature non uniformi.

Le equazioni del moto, risolte con uno schema numerico incondizionatamente implicito alle differenze finite, vengono applicate lungo una griglia curvilinea che permette di seguire bene la morfologia del corpo idrico oggetto di studio adottando elementi di dimensioni ridotte nelle zone di maggiore interesse, ed elementi di maggiori dimensioni nelle aree in cui non esistano apprezzabili variazioni geometriche.

Per le presenti analisi è stato predisposto un modello 3D con discretizzazione orizzontale ad alta risoluzione (90 x 230 celle attive con risoluzione variabile tra 5 e 25 m) con una grande densità di maglie nella zona dove sono presenti le opere di presa/scarico, dove le informazioni devono essere maggiormente dettagliate, e si vanno via via diradando verso la parte più lontana dove è richiesta una minore precisione nella sua descrizione. La schematizzazione verticale è stata definita da 20 strati orizzontali con spessore costante nel tempo (Z-layers), con una risoluzione verticale variabile tra 1.1 e 5.4 m.

La griglia della schematizzazione viene riportata nella figura seguente. Nella schematizzazione i due laghi sono rappresentati affiancati per consentire l'ottimizzazione delle risorse di calcolo.

La batimetria associata a tale maglia di calcolo è rappresentata in questo paragrafo. I dati batimetrici sono stati desunti dai rilievi batimetrici forniti da ENEL e prodotti nello Studio di Impatto Ambientale.

Le profondità considerate nel modello sono riferite a uno zero di riferimento definito come il livello di medio di ogni lago nel periodo 2020-2022 e pari a 633.14 m s.l.m.m. per il lago di Fiastrone e a 395.20 m s.l.m.m. per il lago di Polverina.

Per verificare l'accuratezza della rappresentazione batimetrica è stato eseguito un confronto tra la curva di invaso ricavata dai dati misurati e quella desunta dalla batimetria associata al modello. Nella parte superiore della figura viene presentato il confronto per il lago di Fiastrone mentre nella parte inferiore viene presentata quella per il lago di Polverina. Dalle figure è possibile evincere che il modello riproduce accuratamente i volumi dei due laghi.

Per guidare il modello, sono state considerate diverse forzanti che modificano le condizioni iniziali imposte.

Per quanto riguarda le condizioni meteorologiche, sono state considerate serie temporali ricostruite sulla base di database on-line e dati locali.

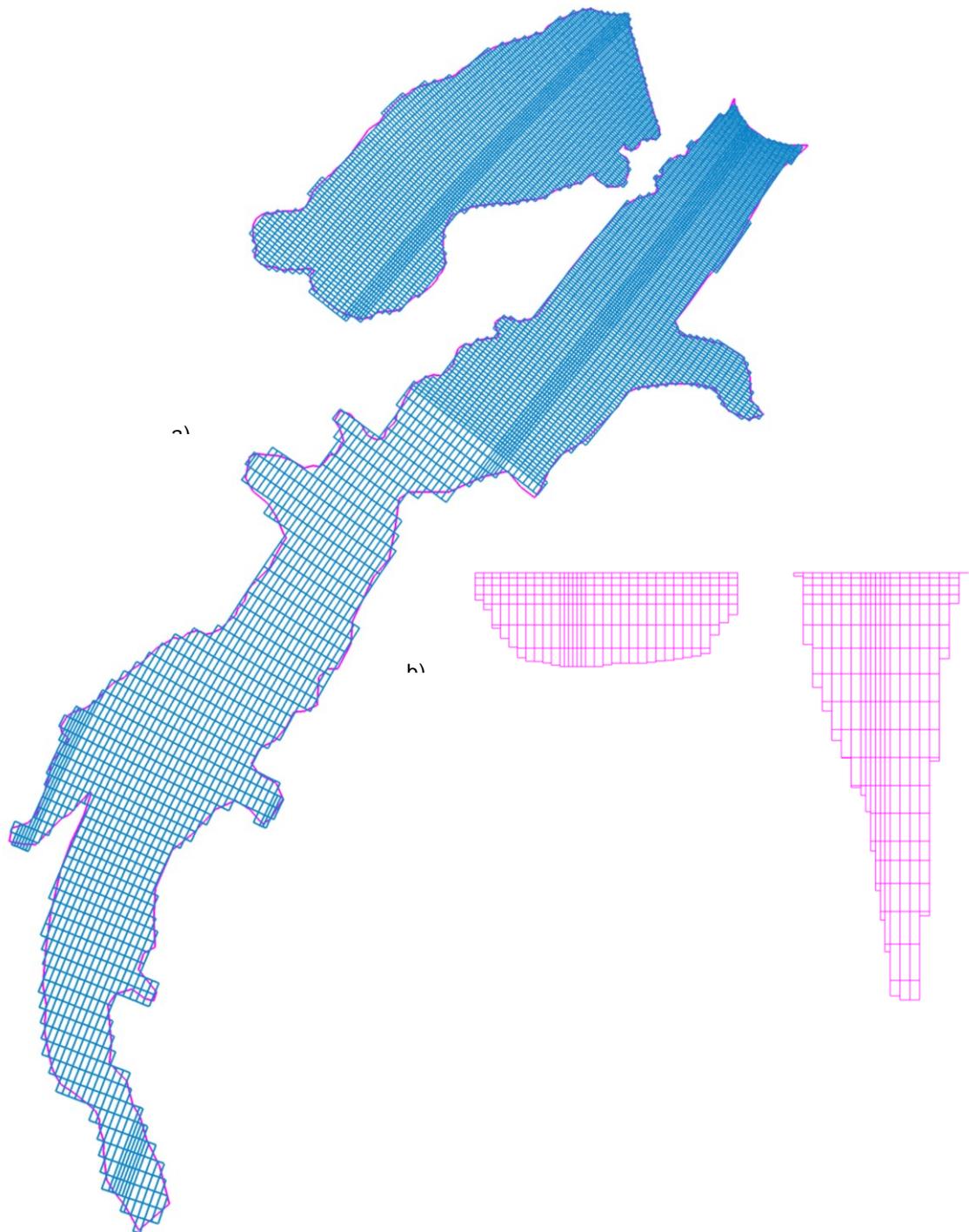


Figura 40: Schematizzazione 3D dei laghi di Fiastrone e Polverina – a) Griglia orizzontale; b) Schematizzazione verticale (20 z-layers).

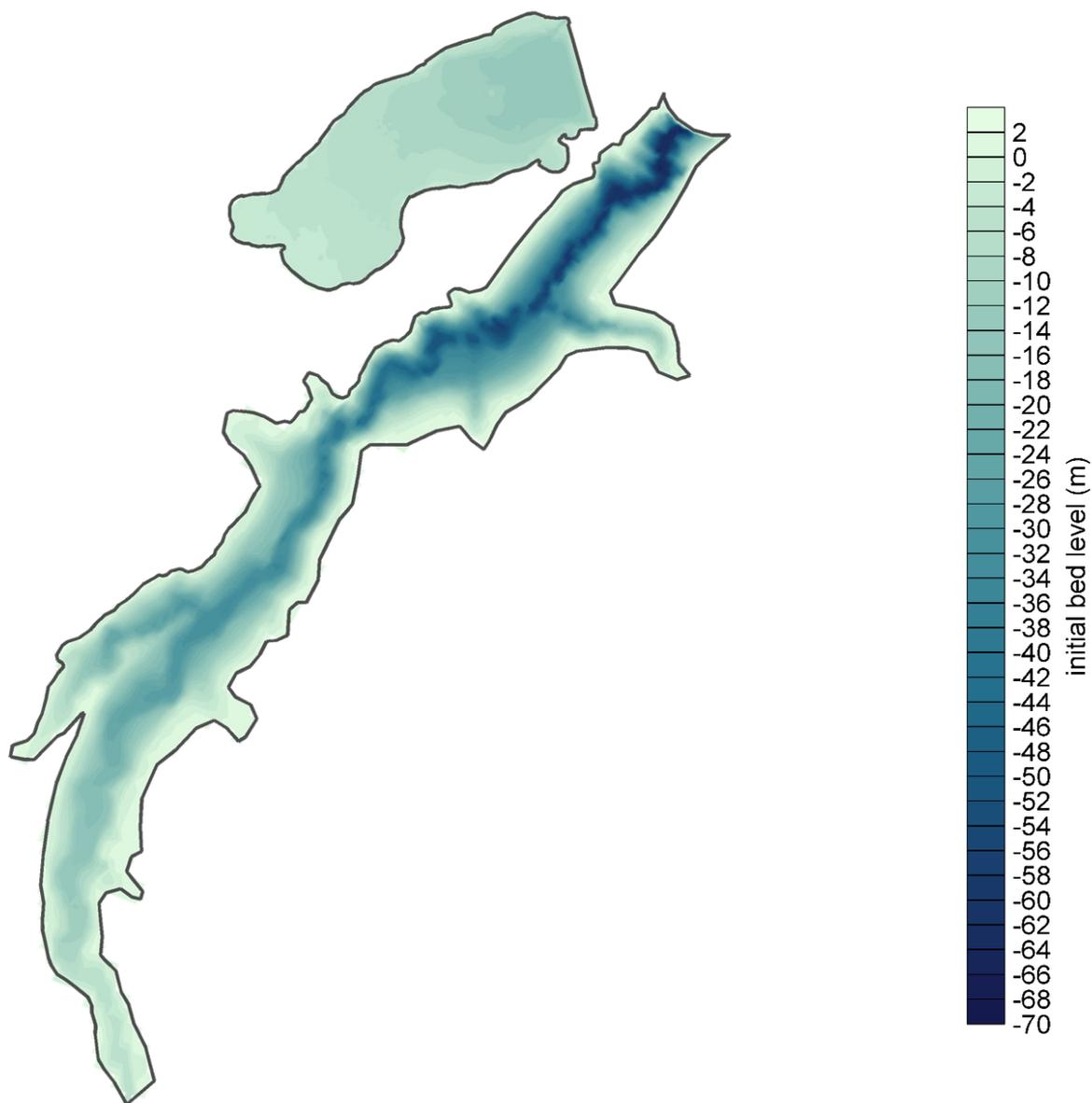


Figura 41: Batimetria applicata alle maglie di calcolo.

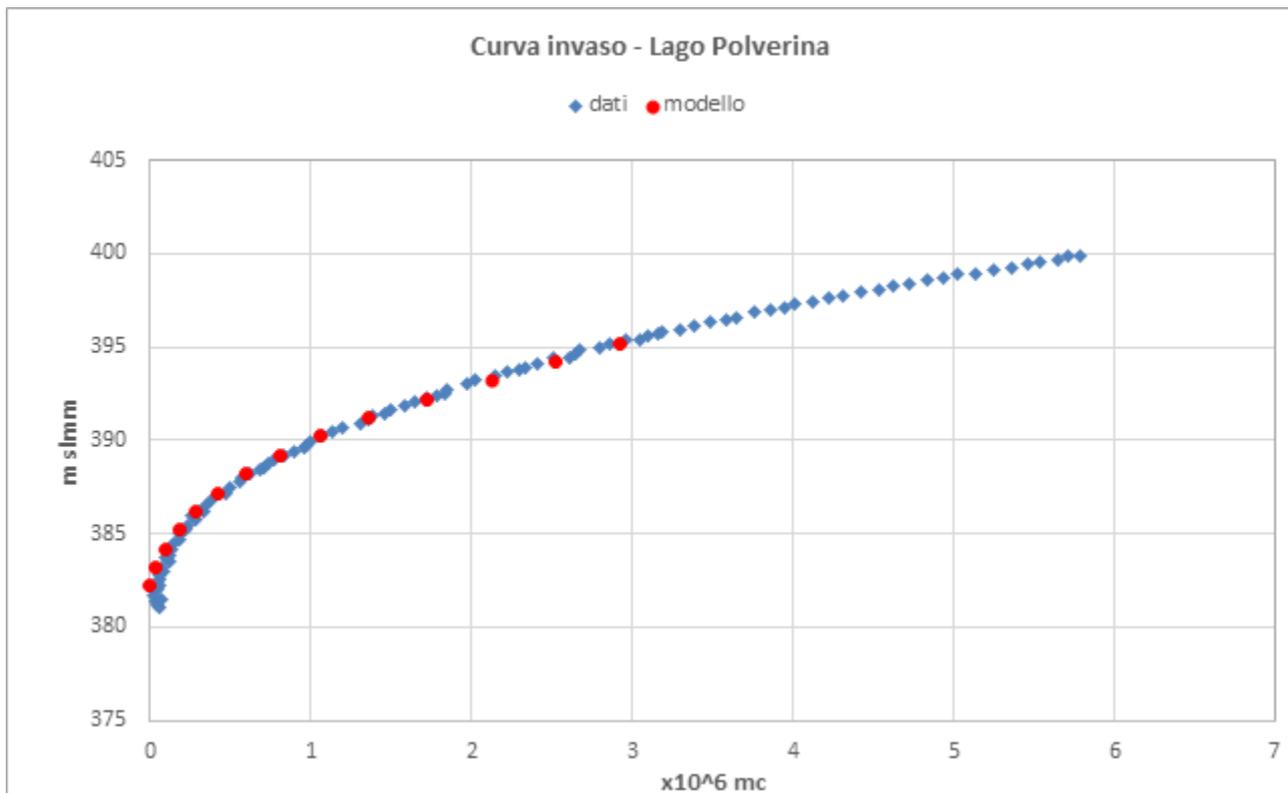
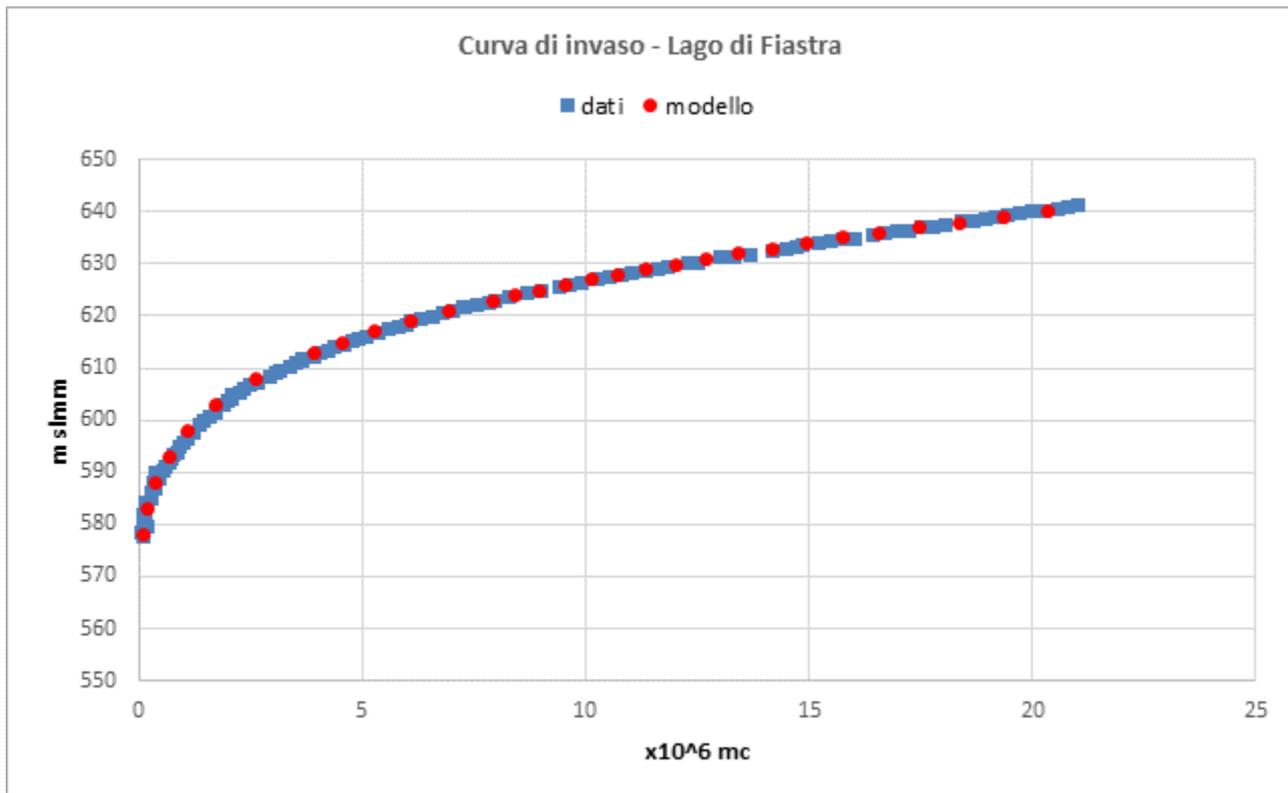


Figura 42: Confronto tra le curve di invaso ricavate dai dati batimetrici misurati e modello.

Le perdite di calore dovute all'evaporazione e alla convezione sono calcolate dal modello secondo il cosiddetto modello "Ocean". La radiazione in entrata viene assorbita in funzione della profondità. Viene prescritta la pressione dell'aria, l'umidità relativa, la temperatura dell'aria e nuvolosità (in %). Il modello calcola l'effettivo irraggiamento e le perdite di calore dovute all'evaporazione e alla convezione. Inoltre, quando le condizioni dell'aria e dell'acqua sono tali che si verifica la convezione libera, la convezione libera del calore latente e sensibile viene calcolata dal modello e aggiunta alla convezione forzata.

Nel modello sono considerati gli apporti naturali rappresentati dagli immissari dei due laghi: Fiume Chienti per il Lago Polverina e Fiume Fiastrone per il Lago Fiastrone. I due fiumi nel modello sono stati rappresentati come elementi "discharge" di tipo "walking" per garantire che la cella dove avviene l'immissione non sia mai asciutta. Le portate orarie dei sono indicate nella tabella sottostante.

ora	Fiume Chienti (m ³ /s)	Fiume Fiastrone (m ³ /s)
00:00:00	2.166	1.148
01:00:00	0.405	0.317
02:00:00	0.276	0.252
03:00:00	0.254	0.249
04:00:00	0.248	0.242
05:00:00	0.249	0.238
06:00:00	0.265	0.239
07:00:00	0.311	0.269
08:00:00	0.807	0.533
09:00:00	2.083	1.216
10:00:00	2.217	1.254
11:00:00	2.216	1.257
12:00:00	2.178	1.252
13:00:00	2.105	1.207
14:00:00	2.078	1.265
15:00:00	2.203	1.276
16:00:00	2.811	1.326
17:00:00	4.244	1.545
18:00:00	5.927	1.726
19:00:00	7.541	1.895
20:00:00	8.028	2.006
21:00:00	7.849	2.007
22:00:00	6.242	1.761
23:00:00	2.941	1.312

Tabella 21: Portate orarie dei due fiumi considerate in ingresso nel modello.

Le due opere di presa sono state rappresentate associando a celle poste alle quote di progetto e dimensionate sulla base delle informazioni derivate dalle sezioni trasversali.

Per rappresentare il trasferimento di acqua da un lago all'altro, sono stati utilizzati elementi "discharge" di tipo "in-out" che consente di definire "intake" e "outlet" in posizioni differenti. Il flusso in prelievo e scarico è lo stesso; la temperatura e la concentrazione di un costituente all'uscita è uguale alle concentrazioni all'ingresso.

Per rappresentare le operazioni di prelievo indirizzati alla centrale di Valcimarra I, e per simulare gli scarichi di fondo sono stati introdotti altri elementi “discharge”.

Il modello è stato inizializzato con le seguenti condizioni iniziali:

- livello uniforme pari al livello medio del lago alla data di inizio;
- velocità della corrente uniforme uguale a zero su tutti gli strati e
- temperatura uniforme per ogni strato uguale al profilo di temperatura misurato per il periodo selezionato.

Per ogni scenario meteorologico, è stata eseguita una simulazione senza le opere di presa in funzione, ed è stato verificato che il comportamento idrodinamico e termico del lago fosse coerente con quanto misurato confrontando il profilo misurato con quello calcolato nella stessa posizione. Successivamente, le simulazioni operative sono state riavviate con un file di “restart” e fatte girare per altri 30 giorni.

1.1.1 Scenari di studio

Una volta impostato, il modello è stato utilizzato per analizzare diversi scenari idrodinamici ed operativi al fine di valutare gli effetti potenziali delle operazioni di pompaggio delle acque dal Lago di Polverina nel Lago di Fiastrone.

Come già evidenziato, le caratteristiche meteorologiche e termiche sono fondamentali nella valutazione della circolazione idrodinamica nei laghi e, quindi, sono state considerate diverse condizioni di meteorologiche.

Sono stati analizzati due scenari in cui il comportamento del lago può essere considerato rappresentativo delle condizioni più gravose per quanto riguarda la dispersione:

- Scenario 1 – rappresentativo della stagione estiva/autunnale: il lago presenta la sua stratificazione più definita, con elevate temperature dell'acqua in superficie, progressivamente decrescenti verso il fondo con la caratteristica forma dei laghi stratificati con un termocline ben definito.
- Scenario 2 – rappresentativo della stagione primaverile/invernale: la differenza di temperatura tra gli strati inferiori e superiori del lago si riduce, tendendo a una condizione di isotermia. La stratificazione è molto limitata o inesistente.

Come rappresentativo della stagione estiva/autunnale si è scelto di simulare il mese di giugno, mentre il mese di aprile è stato scelto come rappresentativo della stagione primaverile/invernale.

Queste due diversi scenari sono stati riprodotti sulla base dei dati di temperatura misurati nei Laghi di Fiastrone e Polverina: in questo modo il modello viene posto nelle condizioni di trasporto e mescolamento più corrette per analizzare gli effetti ambientali indotti dalle portate pompate dall'invaso Polverina e turbinate secondo il scenario operativo considerato.

Lo scenario operativo è stato elaborato sulla base della simulazione fornita dal cliente che tiene conto di avere a disposizione nelle ore diurne il volume ottimale degli invasi atto a garantire le 8 ore di funzionamento in pompaggio (Polverina verso Fiastrone – portata di 9 m³/s). Dopo 8 ore, parte il funzionamento in generazione dal Fiastrone verso il Polverina con una portata di 10.8 m³/s con il gruppo nuovo per 5 ore in modo da ristabilire i livelli ottimali e poi ancora in generazione solo sui tre gruppi esistenti per le altre ore. Questo ciclo consente di mantenere i livelli ed i salti ottimali per le macchine in modo da avere i massimi rendimenti.

Le acque pompate dal lago Polverina vengono scaricate nel lago Fiastrone con la temperatura corrispondente al punto ed alla profondità del punto di prelievo.

Al fine di ottenere una valutazione sulla dispersione delle acque scambiate tra i due laghi, è stato assunto che ogni opera di presa recapitasse acqua caratterizzata dalla stessa concentrazione di un tracciante passivo (denominati “Polverina” e “Fiastrone”), ovvero di una sostanza perfettamente solubile in acqua che non subisce trasformazioni né chimiche né fisiche mentre si disperde nella zona. Nelle simulazioni, i traccianti sono definiti con una concentrazione iniziale pari a 1 kg/m³.

In tabella vengono indicati i volumi pompati e turbinati nella giornata tipo per i due laghi.

ora	VALCIMARRA I		VALCIMARRA II	
	POLVERINA	FIATRONE	POLVERINA	FIATRONE
	Volumi turbinati (m ³ *10 ⁶)	Volumi turbinati (m ³ *10 ⁶)	Volumi pompati (m ³ *10 ⁶)	Volumi turbinati (m ³ *10 ⁶)
0:00	0.008	0.010		
1:00	0.007	0.010		
2:00	0.008	0.010		
3:00	0.010	0.011		
4:00	0.015	0.011		
5:00	0.021	0.012		
6:00	0.027	0.013		
7:00	0.029	0.013		
8:00	0.028	0.013		
9:00			0.032	
10:00			0.032	
11:00			0.032	
12:00			0.032	
13:00			0.032	
14:00			0.032	
15:00			0.032	
16:00			0.032	
17:00				0.039
18:00				0.039
19:00				0.039
20:00				0.039
21:00				0.039
22:00	0.022	0.012		
23:00	0.011	0.011		

Tabella 22: Volumi pompati e turbinati nella giornata tipo.

Nei paragrafi seguenti vengono riportati i risultati relativi all’analisi di dettaglio che ha consentito, come già anticipato, di analizzare il comportamento idrodinamico e dispersivo del sistema al fine di valutare le principali variazioni indotte dal pompaggio dell’acqua del Poverina nel Fiastrone.

1.1.1.1 Scenario 1 – estivo/autunnale

Il primo scenario considerato è quello rappresentativo della situazione caratterizzata da un profilo di temperatura dell'acqua del lago Fiastrone con una marcata stratificazione e discreta escursione termica dell'aria. Il Lago Polverina, caratterizzato da basse profondità, non presenta un profilo stratificato.

Il profilo caratteristico, derivato dalle misure (effettuate il 07 giugno del 2023 – Lago di Fiastrone e 06 giugno 2023 – Lago di Polverina), è stato imposto come condizione iniziale del modello. Il modello è stato poi forzato con l'applicazione di condizioni meteo variabili su base oraria ricostruite sulla base dei dati medi stagionali.

La temperatura delle acque convogliate dai fiumi è stata assunta come segue: Fiume Chienti = 14 °C e Fiume Fiastrone = 14° C.

Nel grafico viene riportato un esempio delle condizioni meteorologiche applicate.

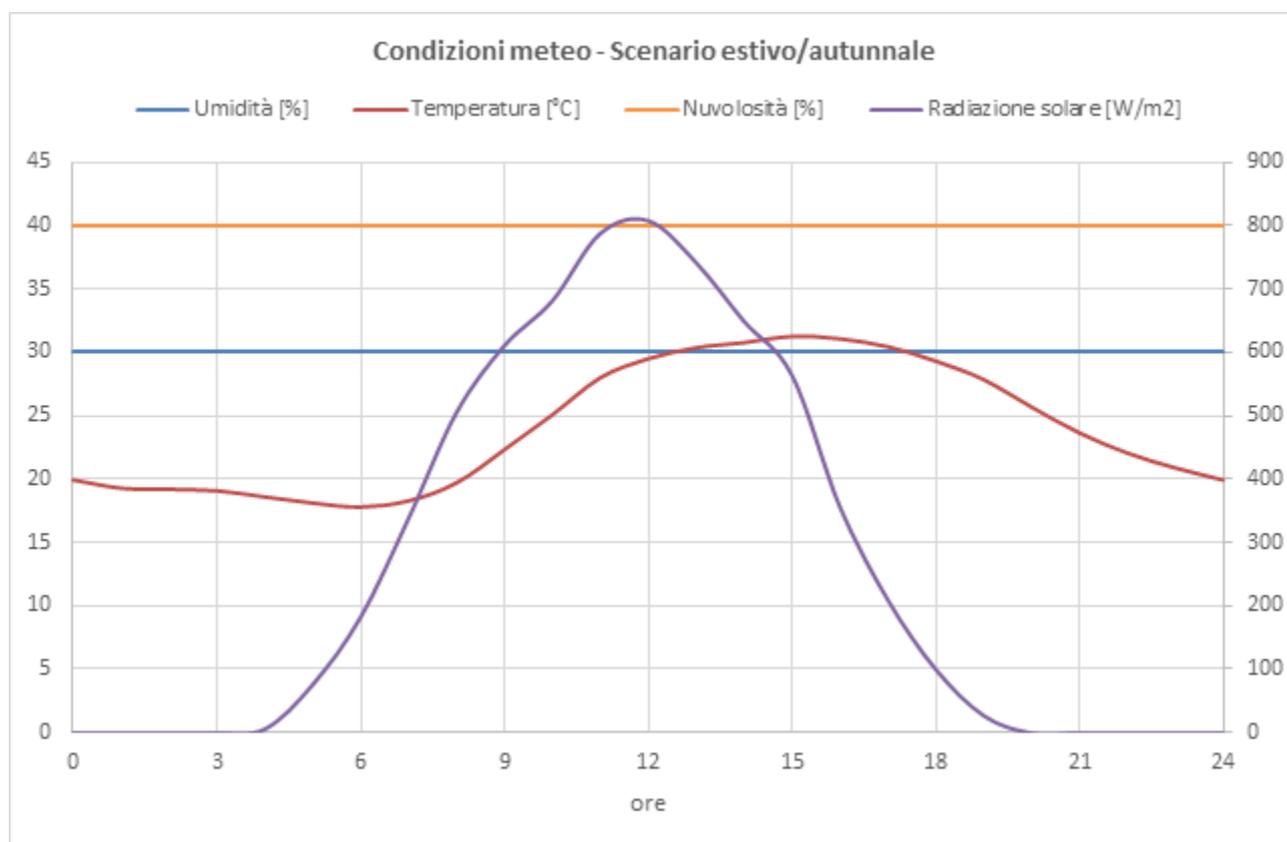


Figura 43: Scenario 1: Condizioni meteorologiche.

Nella parte a) viene riportato, per il lago di Fiastrone, il confronto tra il profilo termico misurato e quello calcolato con il modello dal quale si evidenzia una buona aderenza dei valori calcolati alla situazione reale. Nella parte b) della stessa figura viene rappresentata l'evoluzione temporale dei profili di temperatura del lago. Nella figura sotto vengono riportati gli stessi confronti per il lago di Polverina.

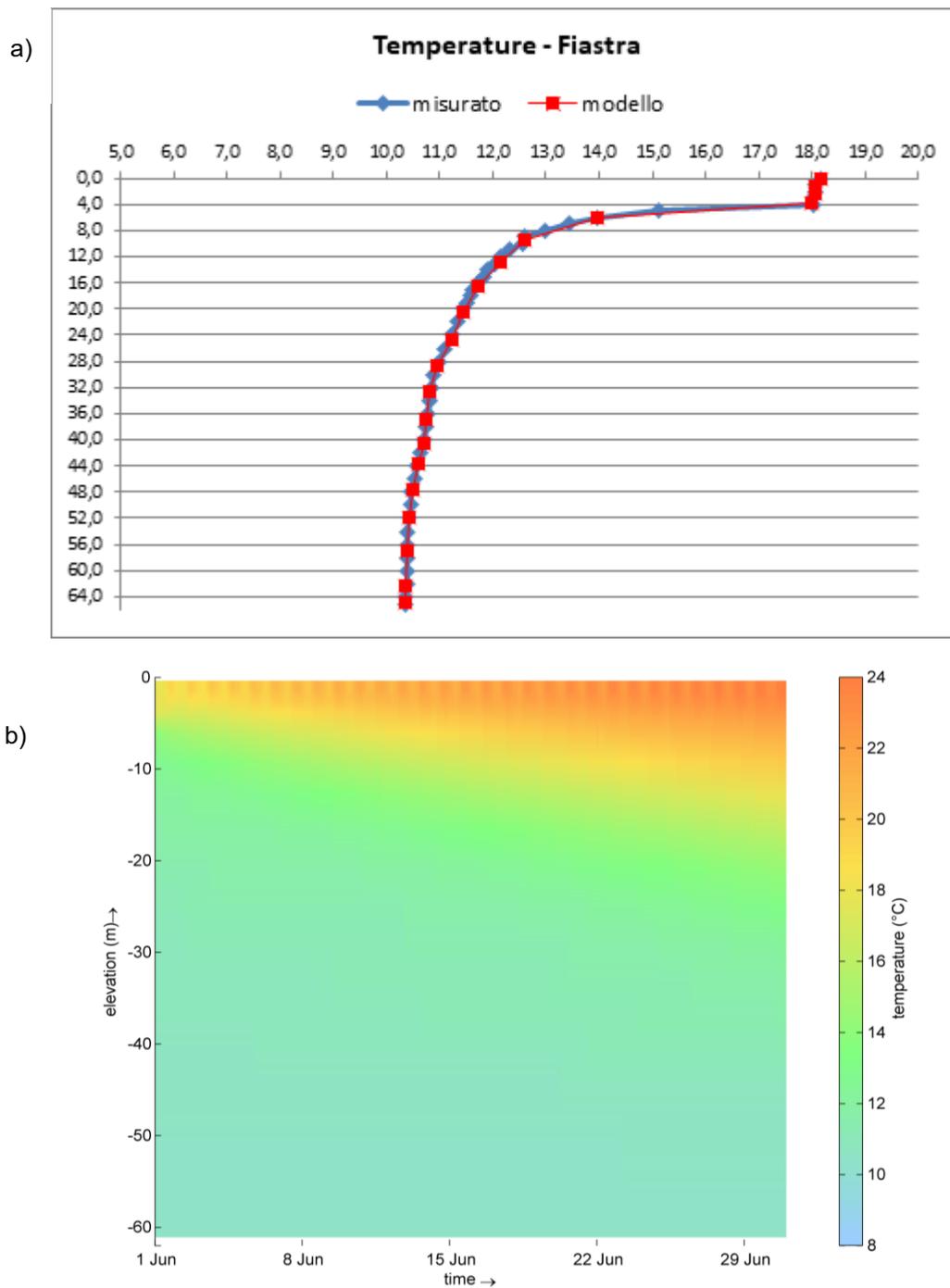


Figura 44: Scenario 1: Lago di Fiastrone a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.

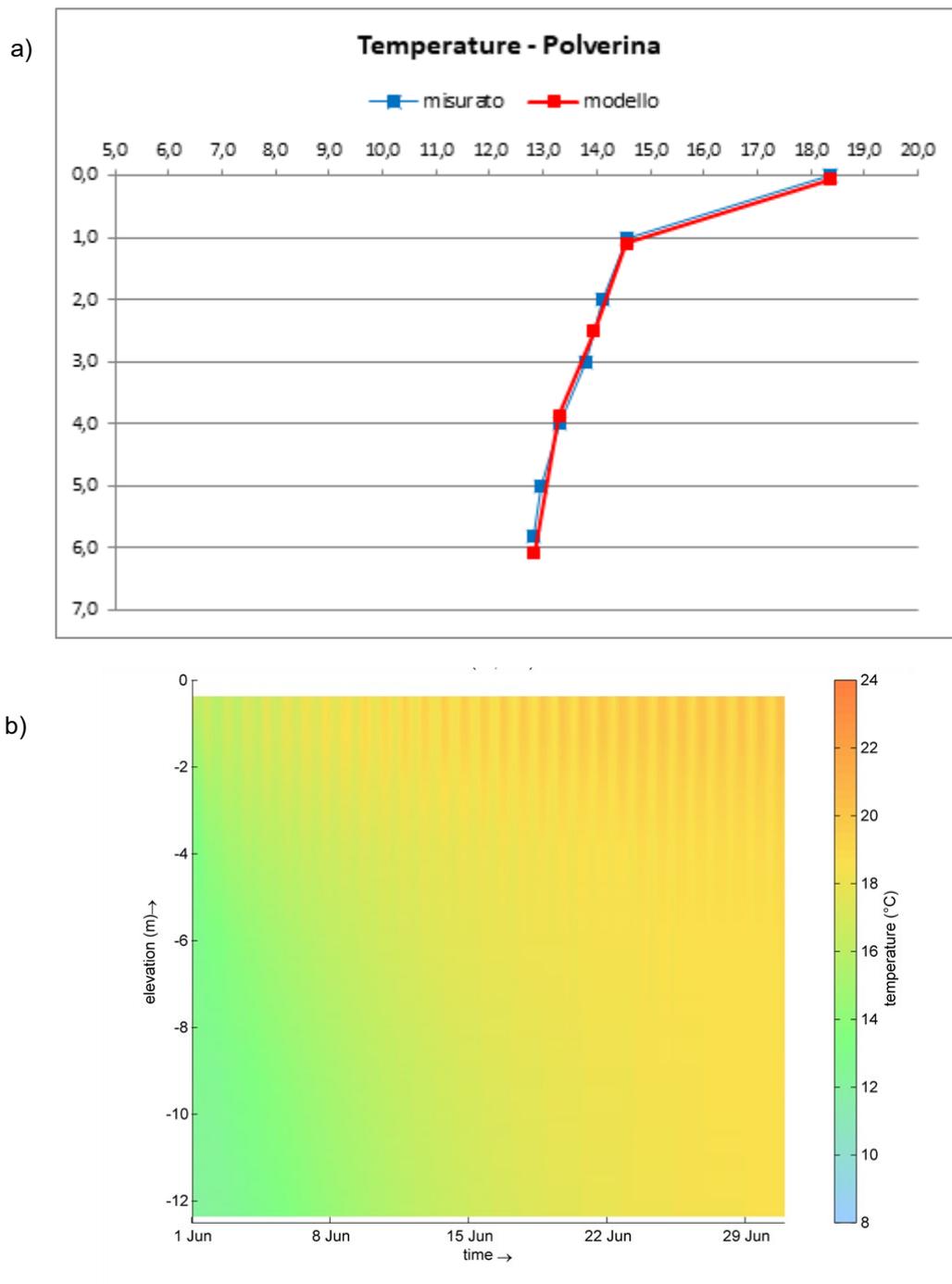


Figura 45: Scenario 1: Lago di Polverina a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.

Per le simulazioni dello Scenario 1 è stato considerato un giorno-tipo per le portate in ingresso e uscita dal modello secondo lo schema rappresentato per il lago di Fiastrone e per il lago di Polverina.

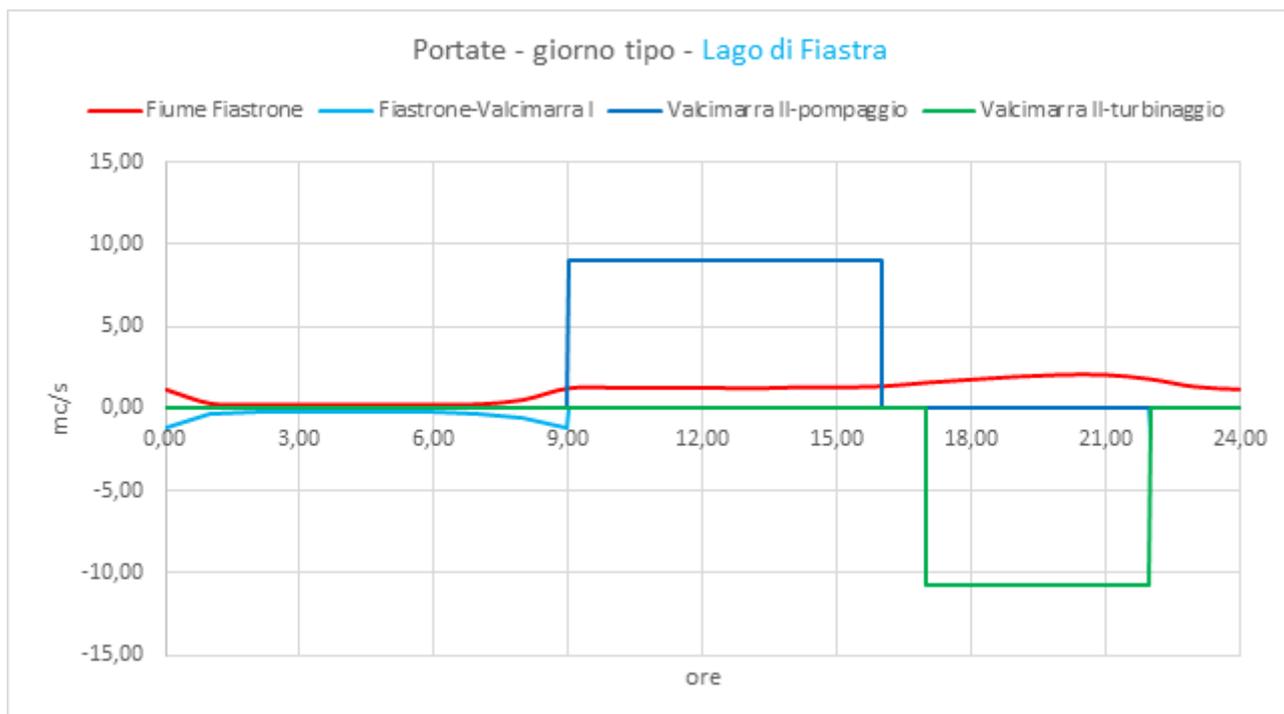


Figura 46: Lago di Fiastrone – Schema del giorno-tipo delle portate.

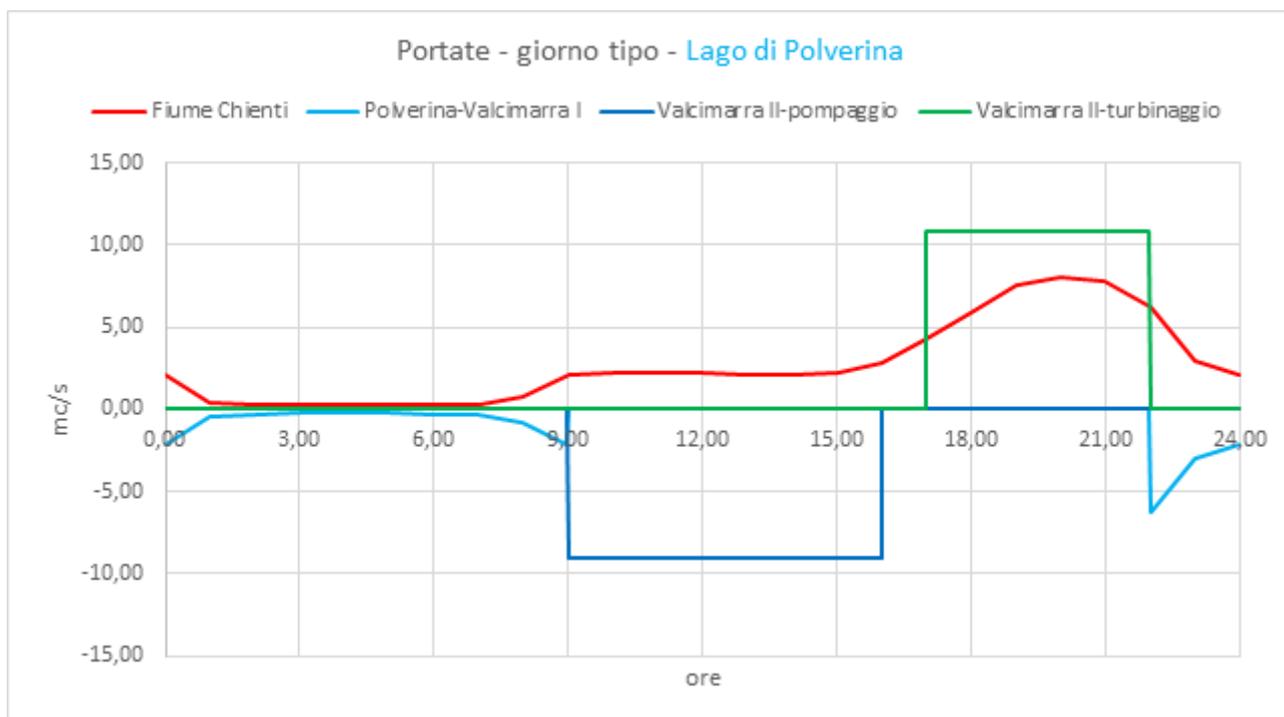


Figura 47: Lago di Polverina – Schema del giorno-tipo delle portate.

Per verificare l'effetto delle operazioni di pompaggio sulla distribuzione della temperatura sono stati effettuati dei confronti puntuali tra i profili di temperatura dopo 1 mese dall'inizio della simulazione tra la situazione attuale (senza le operazioni di pompaggio) e quella dello scenario operativo con il pompaggio in diversi punti nei due laghi.

I risultati di questi confronti sono presentati nelle pagine seguenti per il Lago di Fiastrone e per il Lago di Polverina. Nelle figure la situazione attuale simulata è rappresentata con il colore nero e quella dello scenario operativo è rappresentata con il colore blu. L'ubicazione dei punti di controllo è indicata sotto.

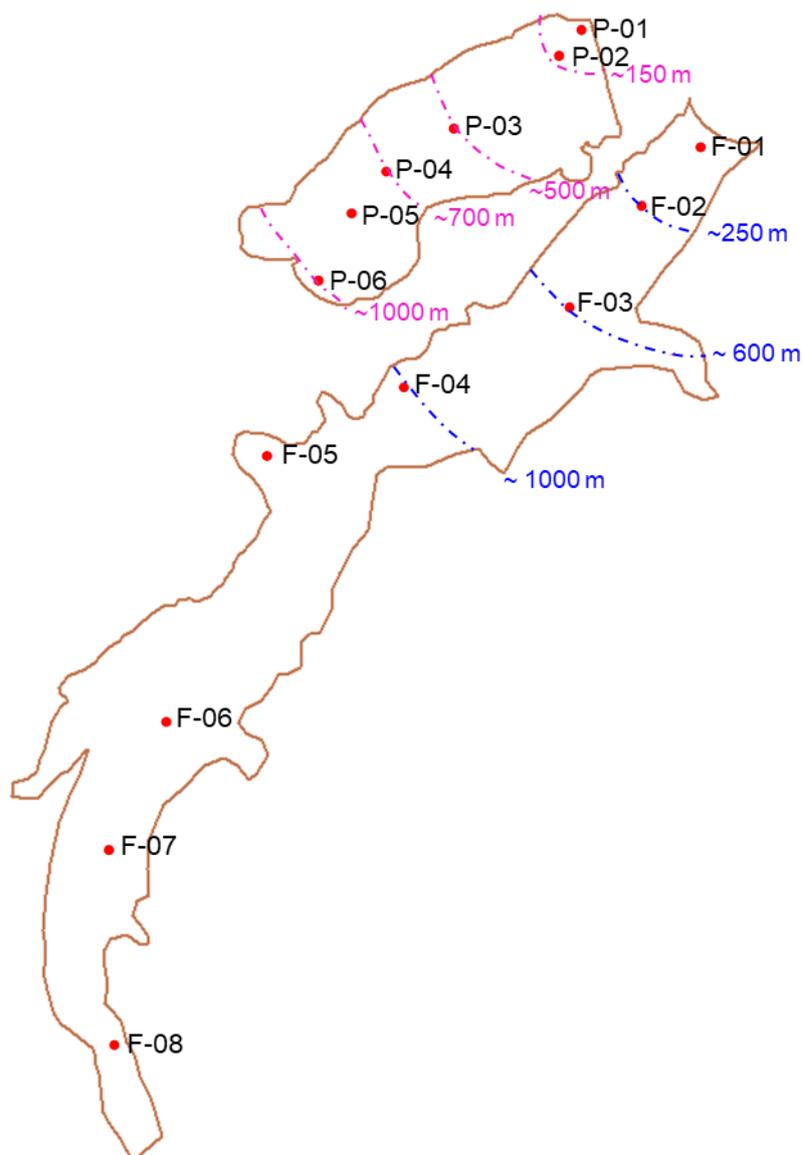


Figura 48: Ubicazione dei punti di controllo.

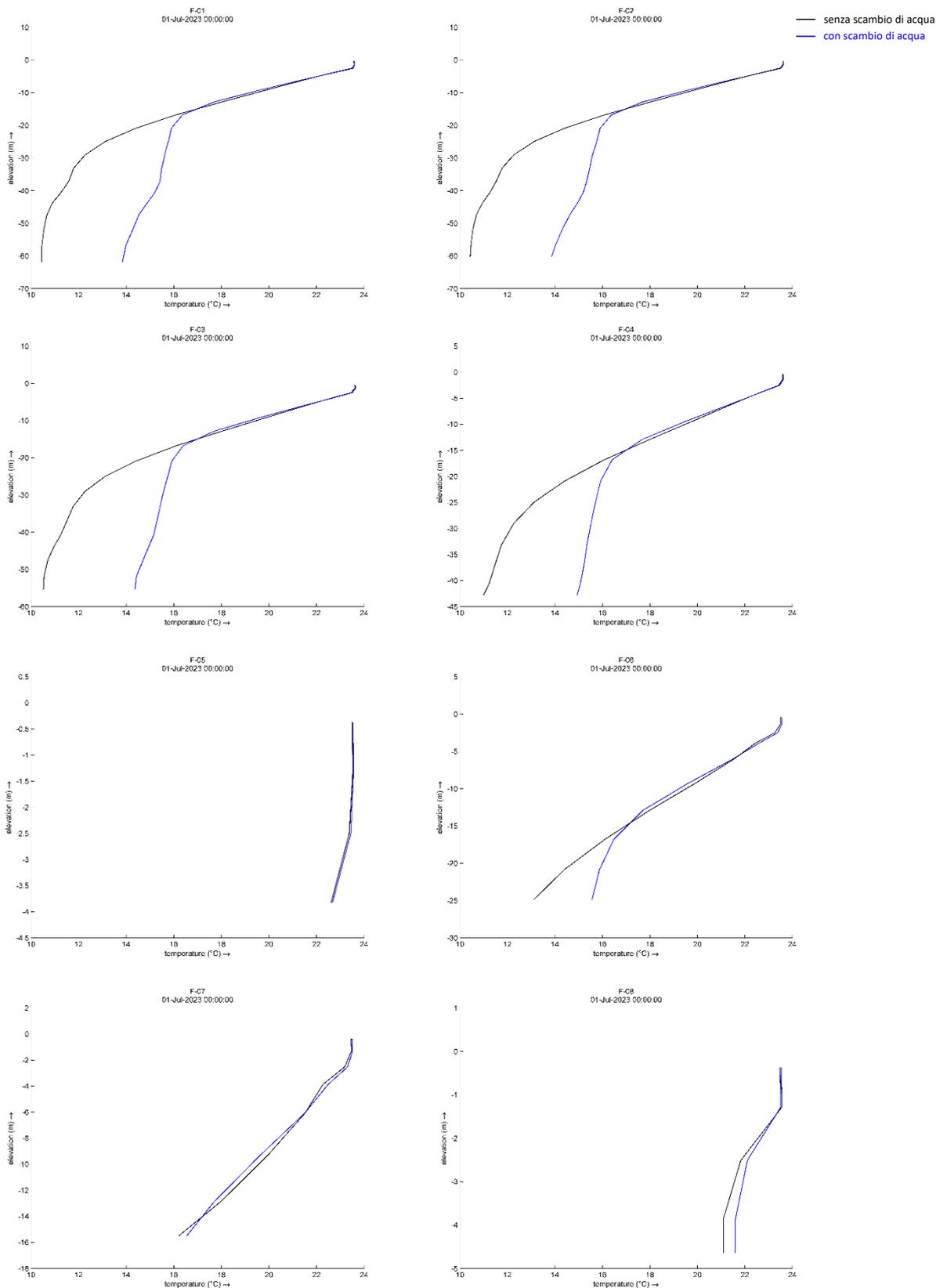


Figura 49: Scenario 1: Lago di Fiastrone - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.

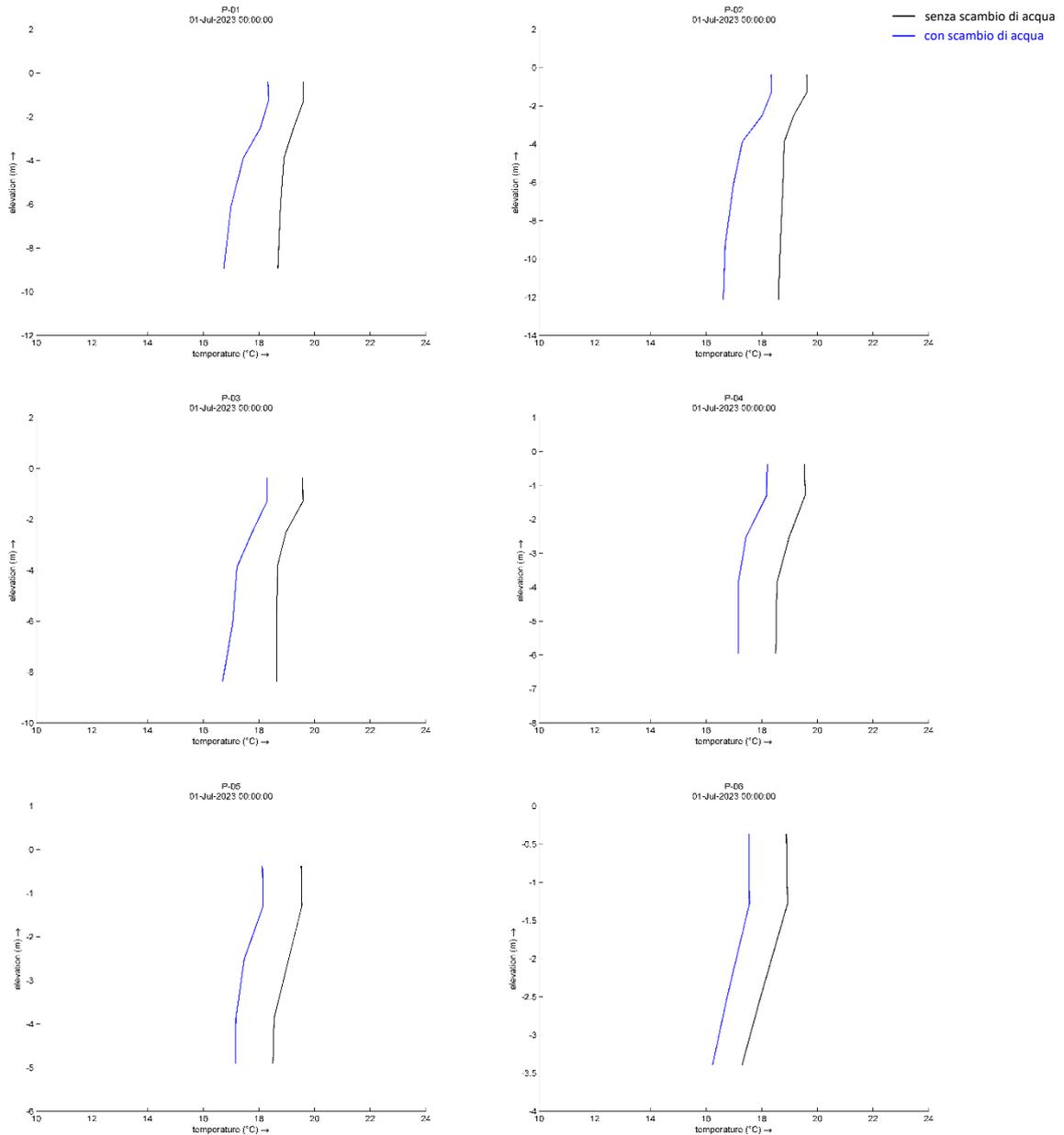


Figura 50: Scenario 1: Lago di Polverina - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.

Per quanto riguarda il Lago di Fiastrone si può osservare come le variazioni di temperatura sono molto limitate sia per gli strati superficiali che, in generale, nelle aree poste ad una distanza superiore a circa 1000 m dall'opera di presa/scarico. Negli strati profondi delle aree più vicine si possono osservare un maggiore incremento di temperatura che può raggiungere valori attorno ai 3° C.

Per il Lago di Polverina invece si osserva un comportamento abbastanza omogeneo in tutto il lago con una diminuzione di temperatura abbastanza uniforme nella colonna d'acqua che si attesta attorno a 1° C.

Per il lago di Fiastrone e per il lago di Polverina viene presentata l'evoluzione temporale delle concentrazioni dei traccianti a 6 diverse profondità (1 m, 6 m, 9 m, 20 m, 40 m e 50 m), negli stessi punti di controllo già indicati.

Per meglio comprendere questi risultati, è necessario sottolineare che l'insieme dei due laghi, Fiastrone e Polverina, non costituiscono un sistema "chiuso", cioè in cui i due corpi idrici scambiano soltanto le acque tra di loro, secondo le regole sopra illustrate, senza apporti o scarichi verso l'esterno, ma un sistema interconnesso che riceve apporti sia da fiume Fiastrone (il lago di Fiastrone), sia dal fiume Chienti (il lago di Polverina).

Per tale motivo è da attendersi che il mettere in comunicazione i due sistemi porti ad un aumento della concentrazione delle acque del Fiastrone nel Polverina e viceversa, distribuite verticalmente in funzione delle caratteristiche termiche e di densità dei corpi idrici, ma che le massime concentrazioni, ad esempio, del Fiastrone nel Polverina si verifichino in prossimità dell'opera di presa/scarico dello stesso, così come le massime concentrazioni del Polverina nel Fiastrone si presentino, analogamente, nelle vicinanze dell'opera di presa/scarico dello stesso.

Nella parte a monte, in prossimità dell'inserimento degli immissari nei laghi, le concentrazioni delle acque dell'altro lago tenderanno a diminuire a causa dell'introduzione di acque non contenenti tale componente e, qualora si verifichi una stratificazione significativa, le acque più fredde, o comunque simili come temperature a quelle dove è presente l'opera di scarico, tenderanno a rimanere nella parte bassa della colonna d'acqua. In caso di stratificazione meno pronunciata, come quella presente nel lago di Polverina, è da aspettarsi un maggior rimescolamento nella colonna d'acqua, senza gradienti significativi del tracciante delle acque del lago immesso, nella direzione dal pelo libero al fondo del lago ricevente.

Questi fenomeni sono particolarmente evidenti nelle figure sopra richiamate nelle quali si può osservare come dopo un periodo iniziale di circa 15 giorni, in cui le concentrazioni aumentano, per gli strati più superficiali viene raggiunta una situazione stabile in cui le concentrazioni assumono un andamento quasi ciclo-stazionario con concentrazioni che si attestano a valori sotto il 10% per quanto riguarda il lago di Fiastrone e tra il 10 e 40% per quanto riguarda il lago di Polverina.

Nelle stesse figure si può vedere come, nel lago di Fiastrone, il tracciante resti confinato negli strati inferiori (sotto il termoclino) con concentrazioni che si attestano a circa 40% per i punti distanti meno di 1000 m dall'opera di presa e attorno ai 20% o meno per quelli più distanti. In questo caso, dopo 1 mese di simulazione, l'andamento non ha ancora raggiunto una condizione di equilibrio.

La ciclo-stazionarietà dello scenario studiato induce delle condizioni che, su tempi lunghi, tenderebbe, almeno negli strati profondi in prossimità delle opere di presa/scarico a un mescolamento quasi completo delle acque dei due serbatoi. Questa situazione risulta però non completamente realistica data la variabilità quanto meno stagionali degli apporti idrologici che modificano i bilanci dei serbatoi anche in prossimità delle opere di presa.

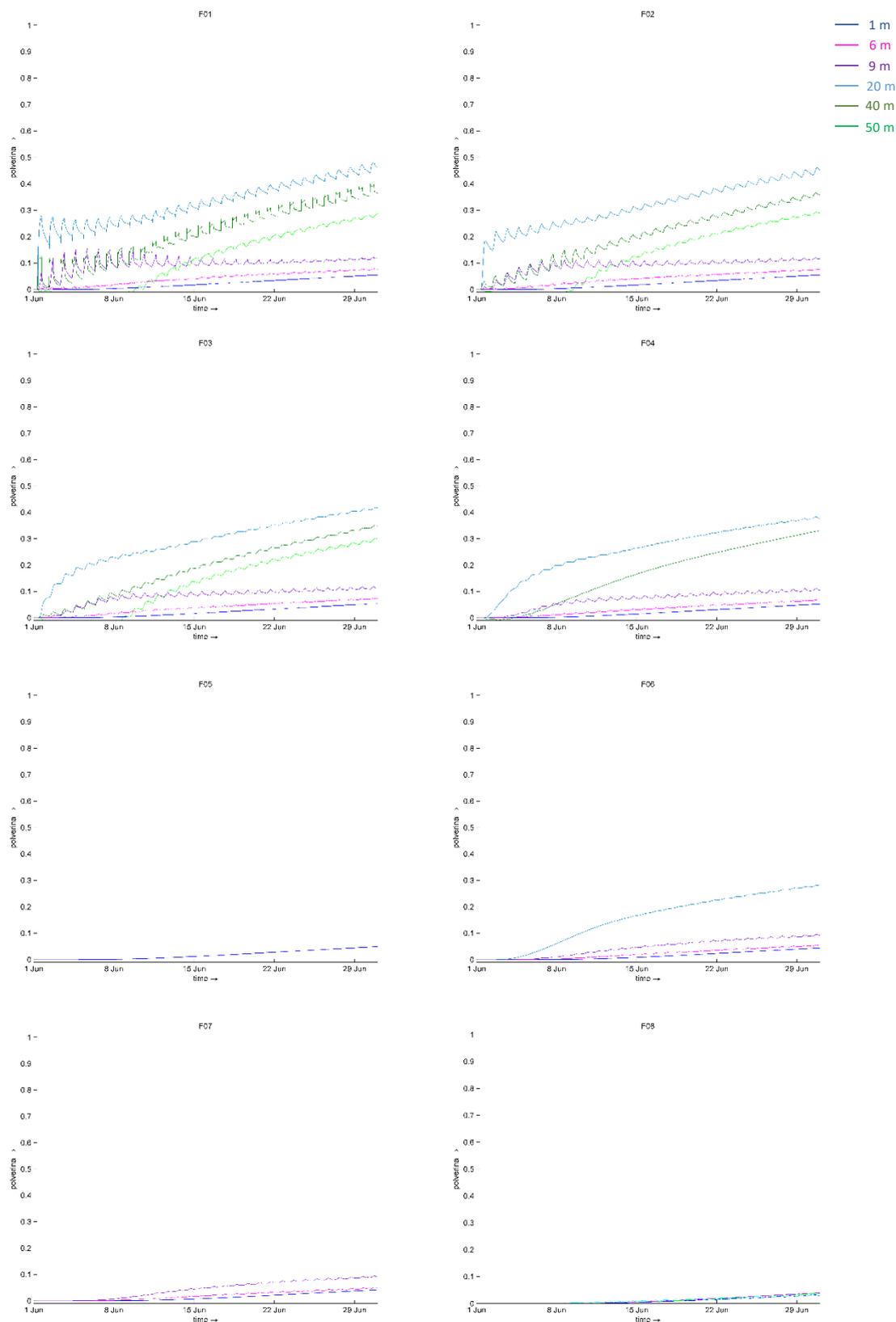


Figura 51: Scenario 1: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Polverina scaricate nel Lago di Fiastrone a diverse profondità.

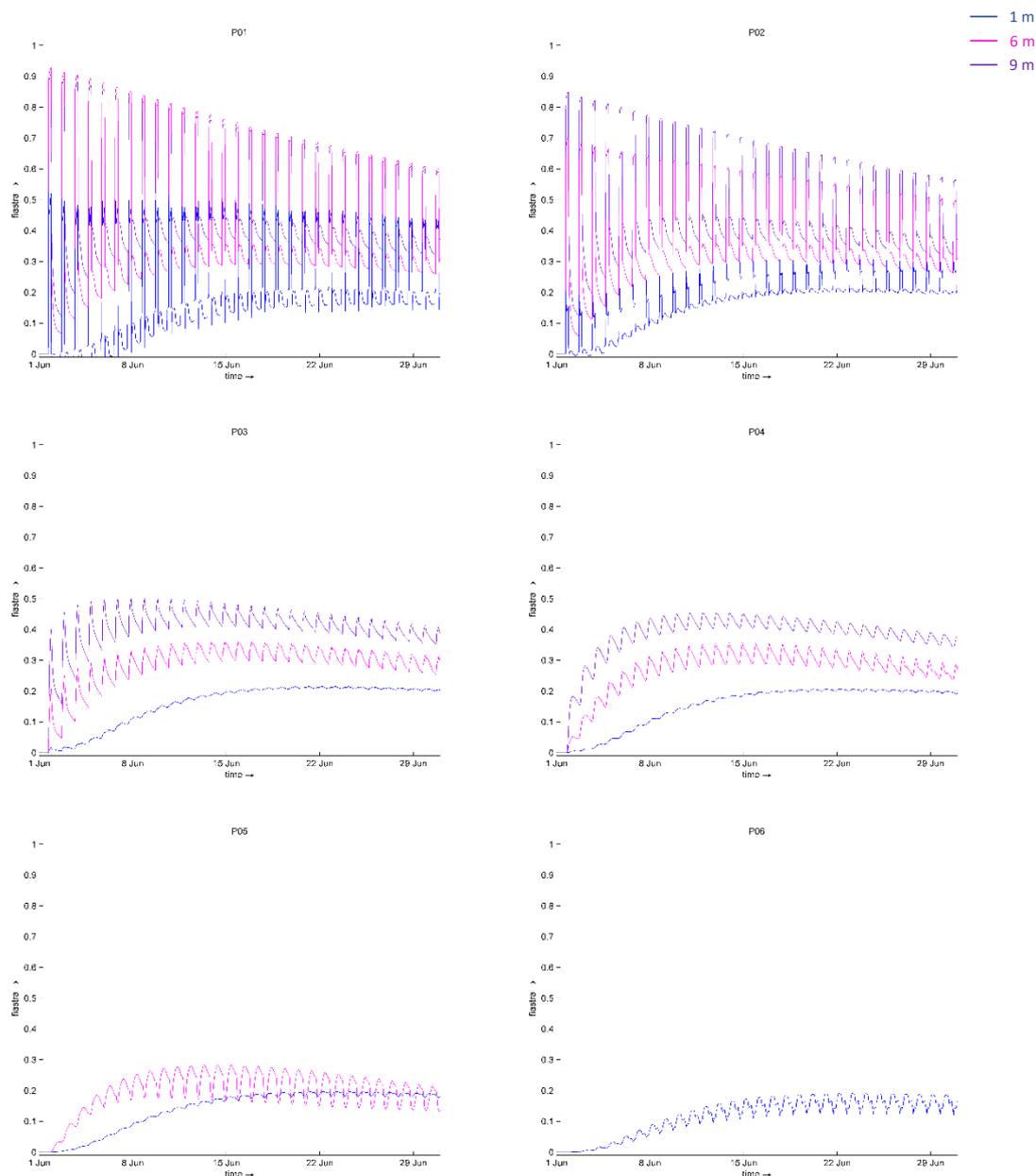


Figura 52: Scenario 1: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Fiastrone scaricate nel Lago di Polverina a diverse profondità.

Vengono di seguito presentate le concentrazioni di tracciante “Polverina” nel Lago di Fiastrone, dopo 1 mese di simulazione, in alcune sezioni. Queste figure mostrano come il tracciante resti confinato negli strati inferiori del lago con concentrazioni che diminuiscono rapidamente allontanandosi dalla zona dell’opera di presa.

Di fatto l’influenza delle acque pompate dal Poverina si limita agli strati più profondi del lago di Fiastrone. Negli strati superiori le concentrazioni dell’acqua proveniente dall’invaso Polverina restano sempre inferiori al 10%. Nella parte dell’invaso più lontana si nota una presenza di acqua pompata dal Polverina solo negli strati più profondi ed in concentrazioni basse, inferiori a circa il 30%.

Analogamente, vengono presentate le concentrazioni di tracciante “Fiastrone” scaricato nel Lago di Polverina, in 2 sezioni, sempre dopo un mese. In questo caso si può osservare come le concentrazioni del tracciante sia più uniformemente distribuita sia longitudinalmente che lungo la colonna d’acqua con concentrazioni che si attestano attorno ai 20-40%.

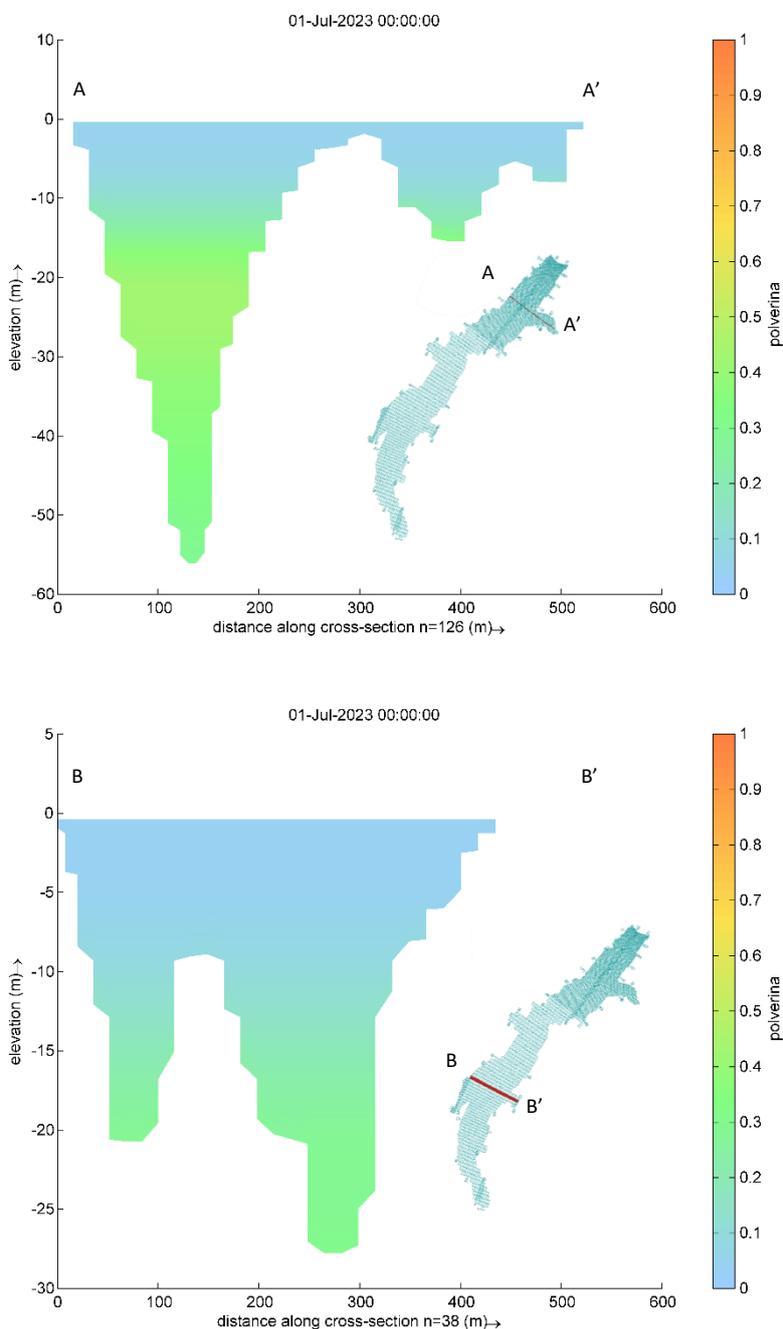


Figura 53: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezioni trasversali AA’ e BB’.

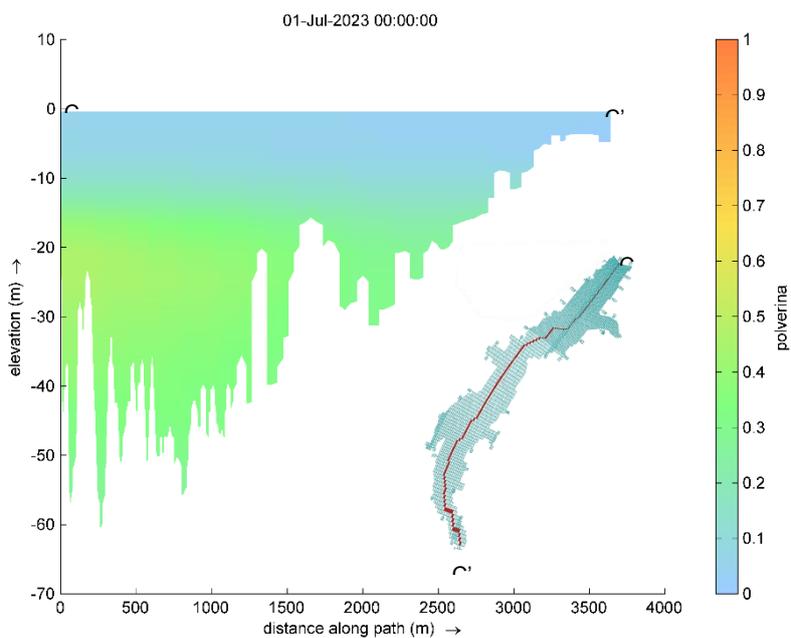


Figura 54: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.

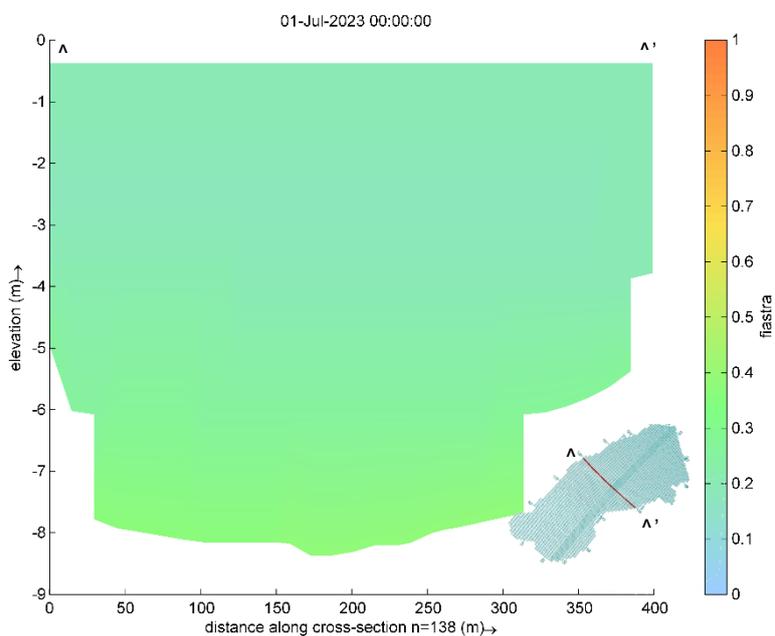


Figura 55: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione trasversale AA’.

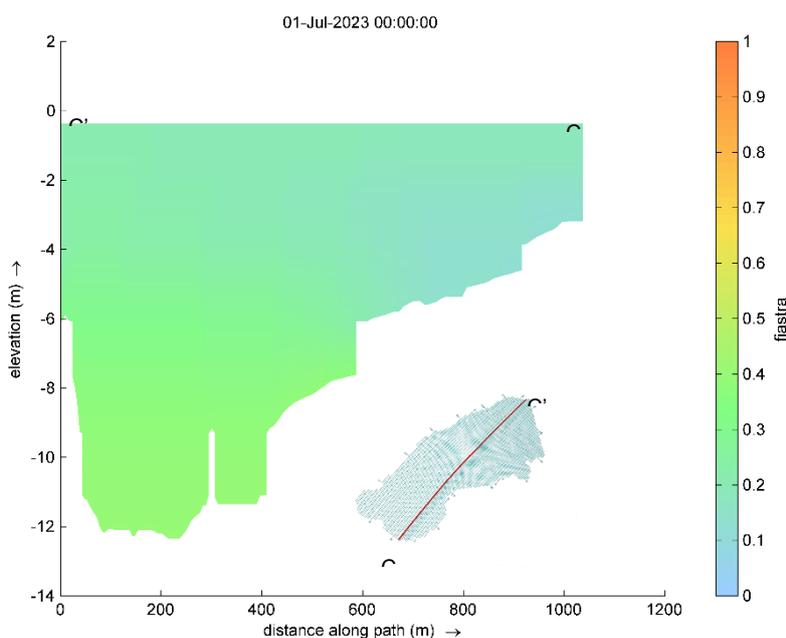


Figura 56: Scenario 1: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è riportata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Polverina” pompato nel Lago di Fiastrone calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati superficiali, cioè al di sopra del termoclino che si colloca ad una profondità di circa 10 m dalla superficie libera.

Risulta interessante notare, oltre al fatto della bassa concentrazione del tracciante “Polverina” negli strati superficiali del lago Fiastrone, come nello stesso lago Polverina il tracciante “Polverina” negli strati superficiali tenda a diminuire procedendo dall’incile dell’immissario verso il punto di presa/scarico.

Questo fenomeno conferma quanto ipotizzato precedentemente e cioè che le concentrazioni delle acque del Polverina, nello stesso lago, tendono a diminuire da monte verso valle per il rimescolamento con quelle del Fiastrone immesse artificialmente.

Viene riportata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Fiastrone” calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati profondi, cioè al di sotto del termoclino.

Da queste figure si può osservare come anche le concentrazioni negli strati profondi tendano a diminuire da monte verso valle sia per gli apporti di acqua dall’immissario che per la circolazione indotta dagli scambi.

È sotto riportata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Fiastrone” scaricato nel Lago di Polverina calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione in 3 strati (1, 6 e 9 m).

In questo caso si può osservare che le concentrazioni del tracciante “Fiastrone” si distribuisca in maniera abbastanza uniforme alle diverse profondità con valori che variano tra il 20 e il 40%. In questo caso, per quanto riguarda il Lago di Fiastrone, si può osservare che negli strati superficiali il tracciante resti inalterato e uguale

a 1. Soltanto alla profondità di 9 m si osserva una riduzione di circa il 10% nella zona metà del lago più vicina alla zona di scarico.

Viene poi rappresentata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Fiastrone” calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati profondi. In queste figure vengono rappresentate le variazioni di concentrazione per il Lago di Fiastrone soltanto perché il Lago di Polverina non è profondo abbastanza e, quindi, viene rappresentato tutto “bianco”.

Da queste figure si può osservare come in questo caso le concentrazioni del tracciante “Fiastrone” negli strati profondi non risentano in modo significativo degli apporti di acqua dall’immissario ma bensì venga determinata esclusivamente dagli scambi di acqua con il Lago Polverina. In generale le concentrazioni di “Fiastrone” si riducono di circa 20-30%.

Viene dunque rappresentata **la distribuzione delle velocità medie sulla profondità in diversi momenti nell’arco di 24 ore.**

Come si può osservare, le velocità sono molto basse, nell’ordine di 2 cm/s o meno in tutti due i laghi. L’unica area dove si può notare dei valori superiori è in corrispondenza dell’opera di presa/scarico del lago di Polverina. La velocità che all’imbocco dell’opera di scarico è di alcune decine di cm/s si riduce a pochi cm/s a breve distanza. Comunque, l’ordine di grandezza delle velocità non si discosta da quelle già presenti nella situazione attuale.

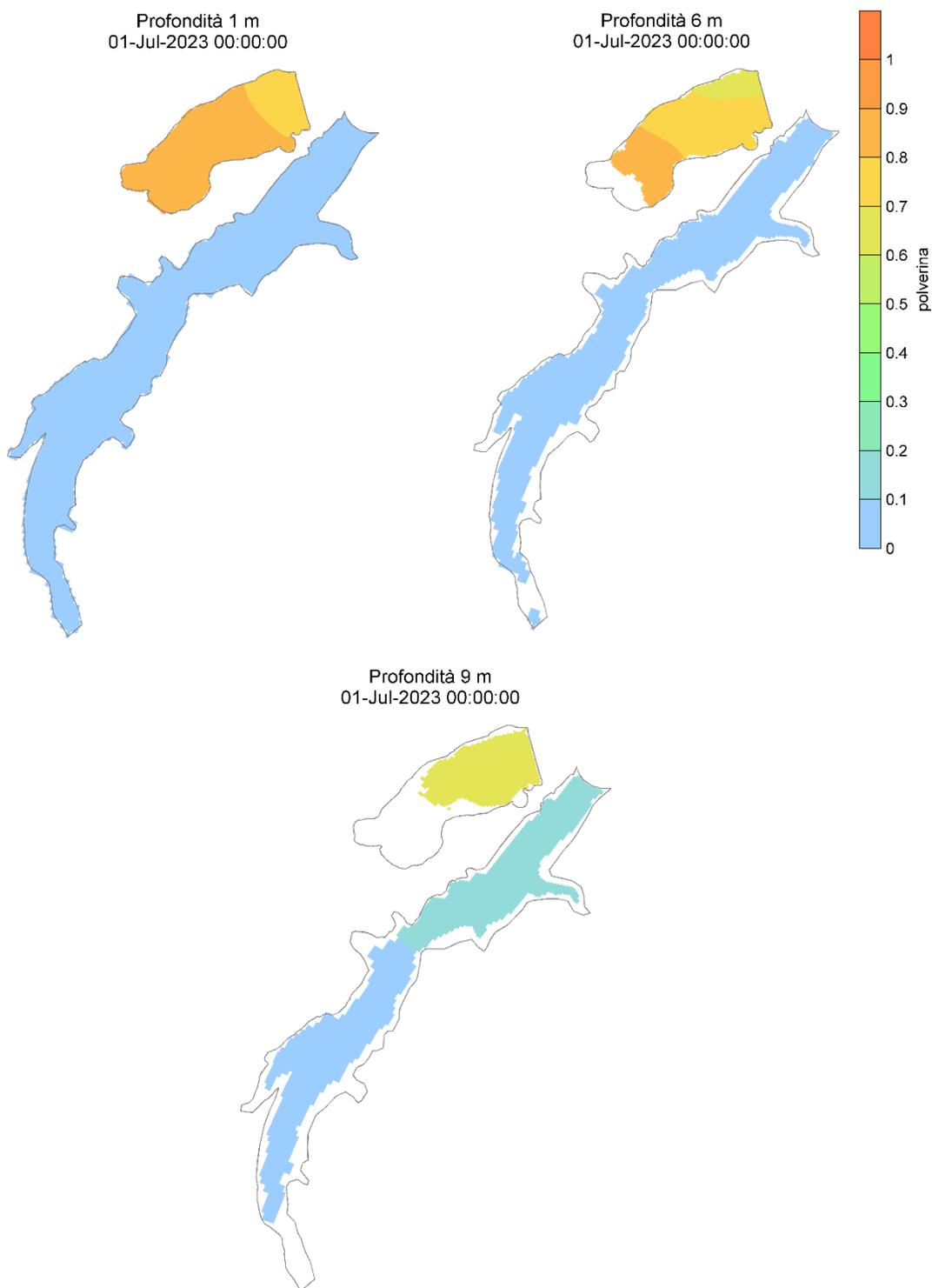


Figura 57: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).

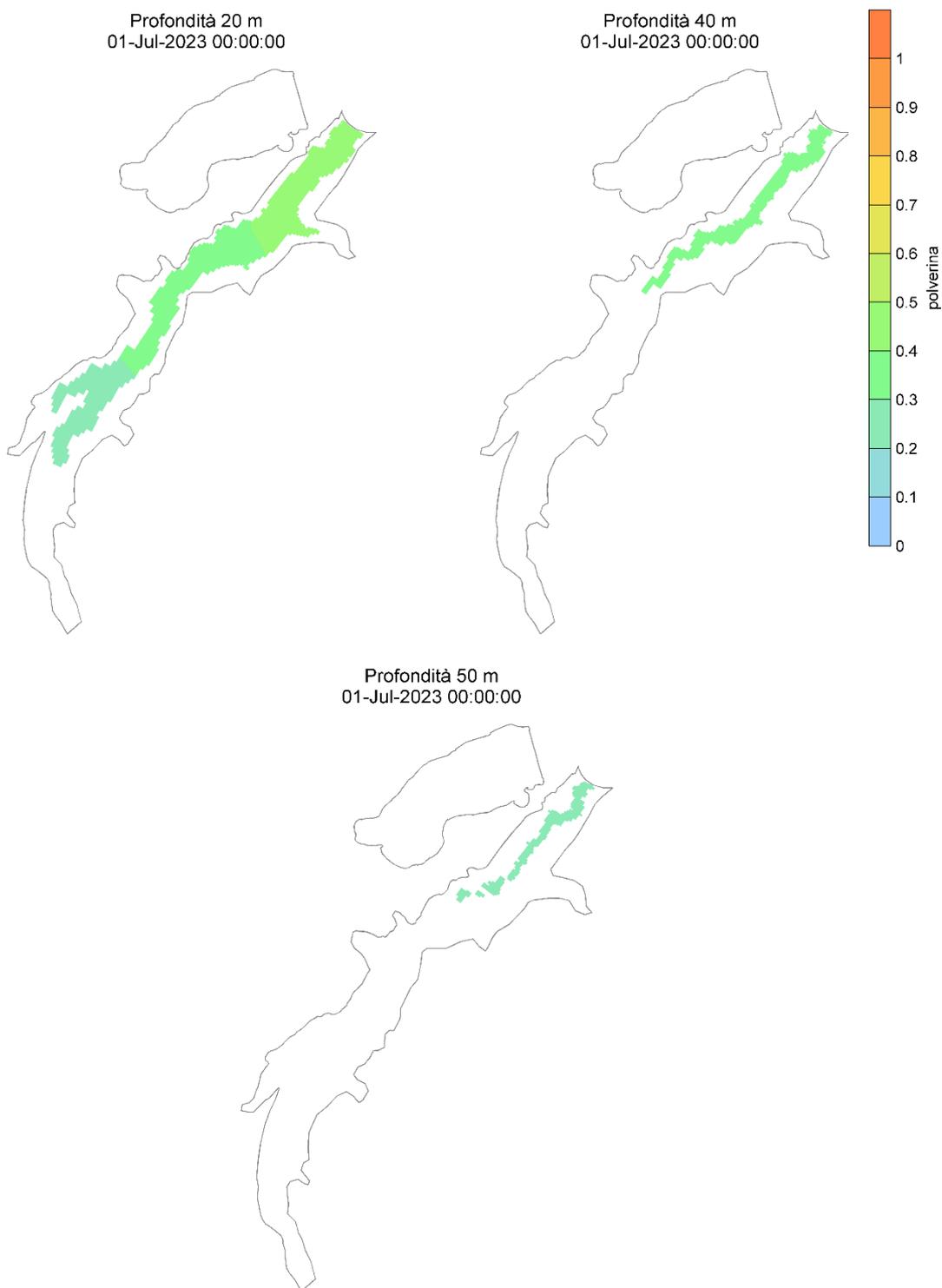


Figura 58: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).

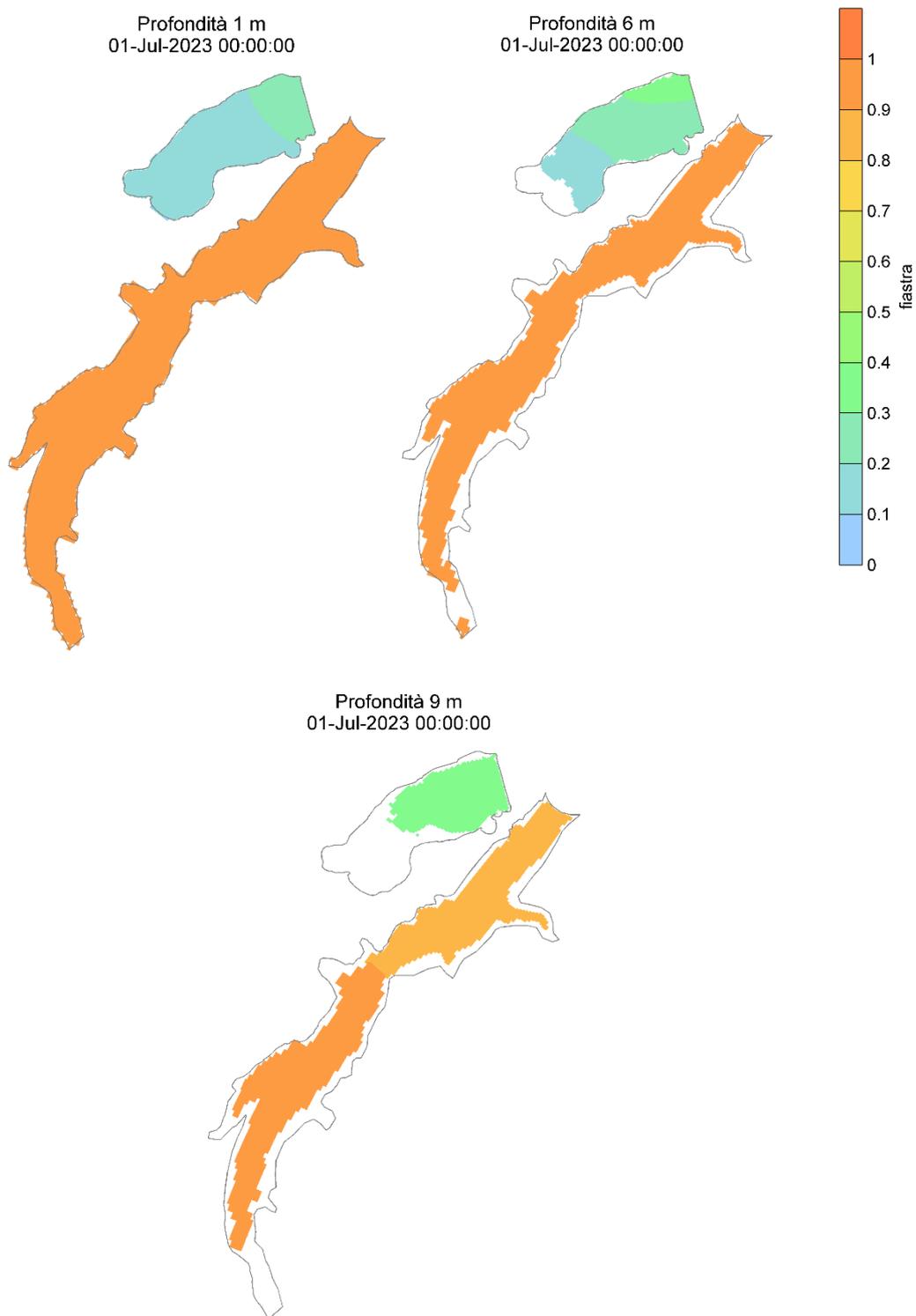


Figura 59: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).

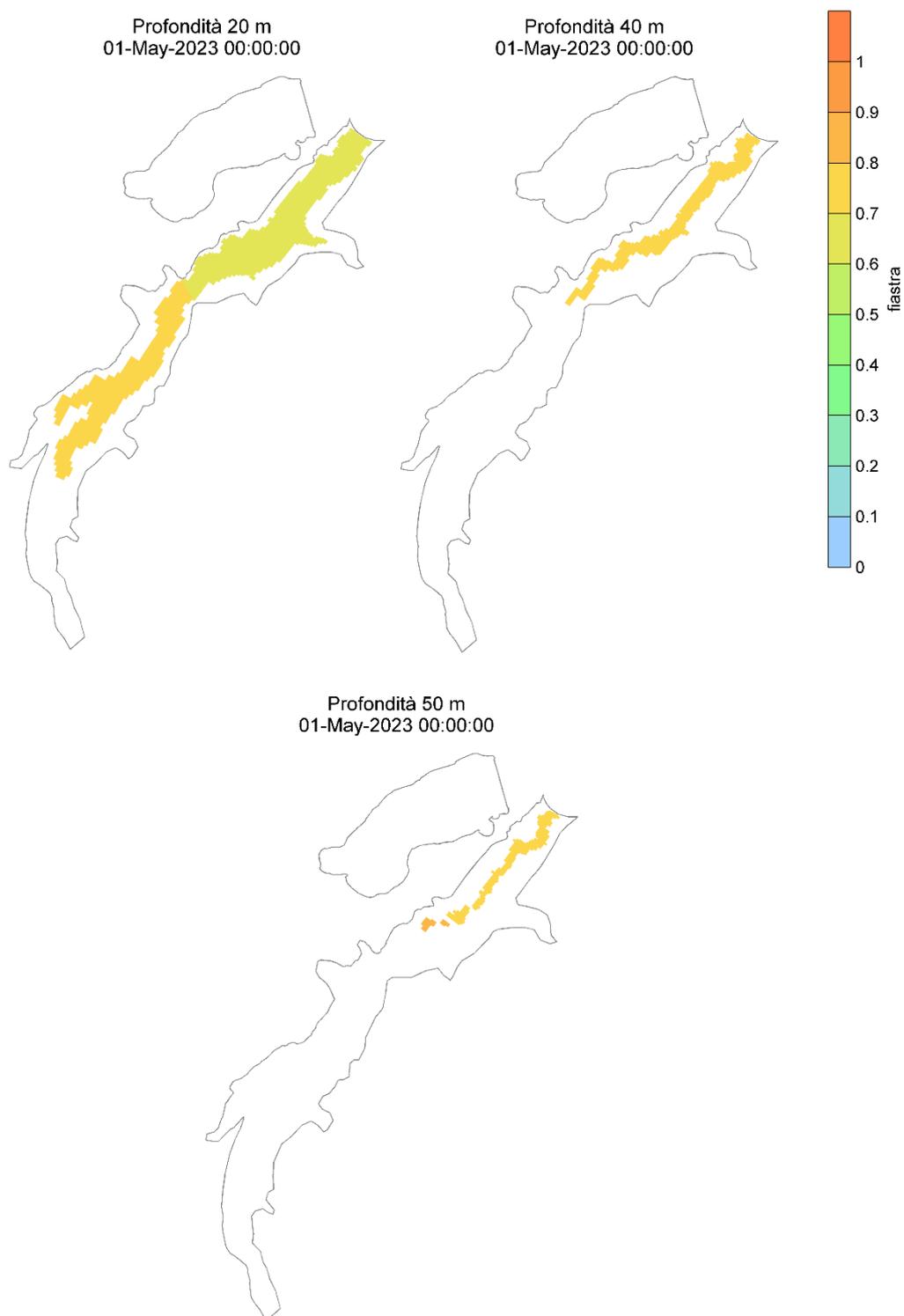


Figura 60: Scenario 1 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).

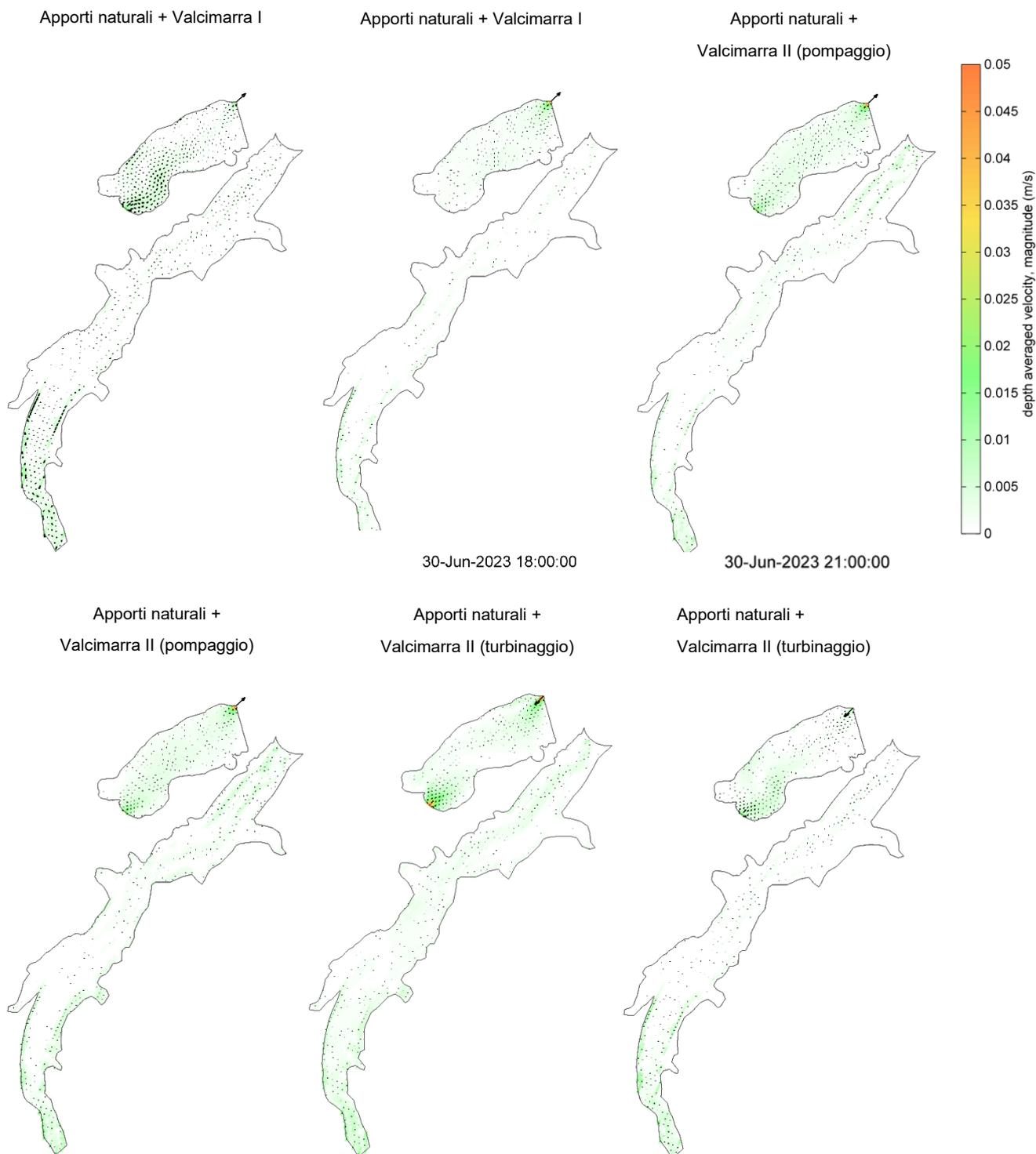


Figura 61: Scenario 1 – Distribuzione delle velocità nelle 24 ore.

1.1.1.2 Scenario 2 – primaverile/invernale

Il secondo scenario considerato è quello rappresentativo della situazione primaverile/invernale caratterizzata da un profilo di temperatura dell'acqua a bassa o assente stratificazione.

Il profilo, derivato dalle misure effettuate il 04 aprile del 2023 – Lago di Fiastrone e 03 aprile 2023 – Lago di Polverina, è stato imposto come condizione iniziale del modello. Il modello è stato poi forzato con l'applicazione di condizioni meteo variabili su base oraria ricostruite sulla base dei dati medi stagionali.

Il grafico seguente illustra un esempio delle condizioni meteo applicate.

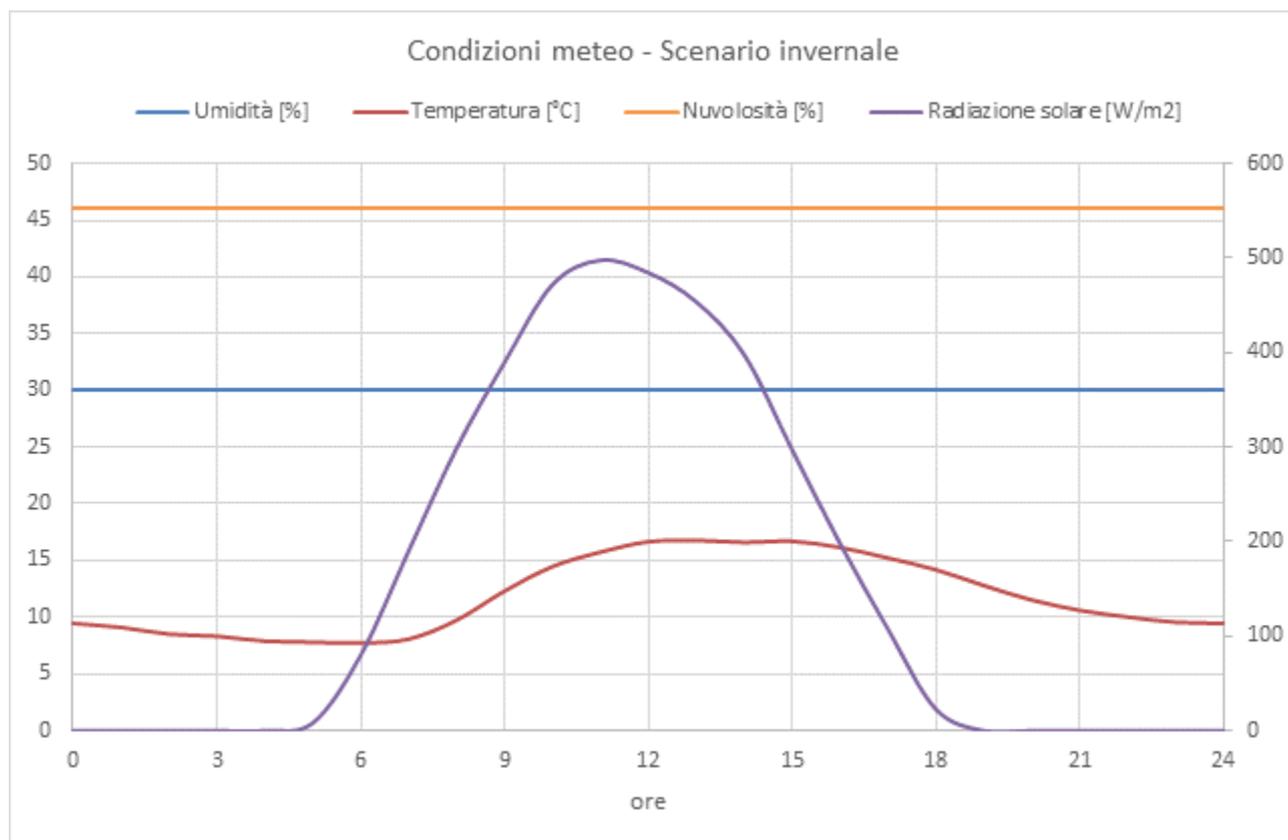


Figura 62: Scenario 2: Condizioni meteo.

Nella figura seguente parte a) viene riportato il confronto tra il profilo misurato e quello calcolato nel punto del lago di Fiastrone vicino alla diga dove vengono effettuate le misure mentre nella parte b) viene riportata l'evoluzione del profilo di temperatura nella situazione attuale. Sono poi riportati gli stessi parametri per il lago di Polverina nel punto di misura vicino alla diga. Anche in questo caso si può osservare una ottima corrispondenza tra i valori calcolati e quelli misurati.

Per le simulazioni dello Scenario 2 sono stati considerati gli stessi schemi di pompaggio/generazione utilizzati per le analisi dello Scenario 1 e già riportati.

Anche in questo scenario, le acque pompate dal Polverina vengono scaricate nel Fiastrone con temperatura e concentrazione dei traccianti pari a quella presente al momento e alla profondità di prelievo. Allo stesso

modo, le acque del Fiastrone e del Polverina vengono turbinate con la temperatura e la concentrazione dei traccianti presenti al punto del prelievo secondo profilo calcolato. Rispetto allo Scenario 1, gli apporti naturali per entrambi i laghi sono rimasti invariati tranne che per le temperature delle acque convogliate dai fiumi che sono state assunte come segue: Fiume Chienti = 10 °C e Fiume Fiastrone = 8° C.

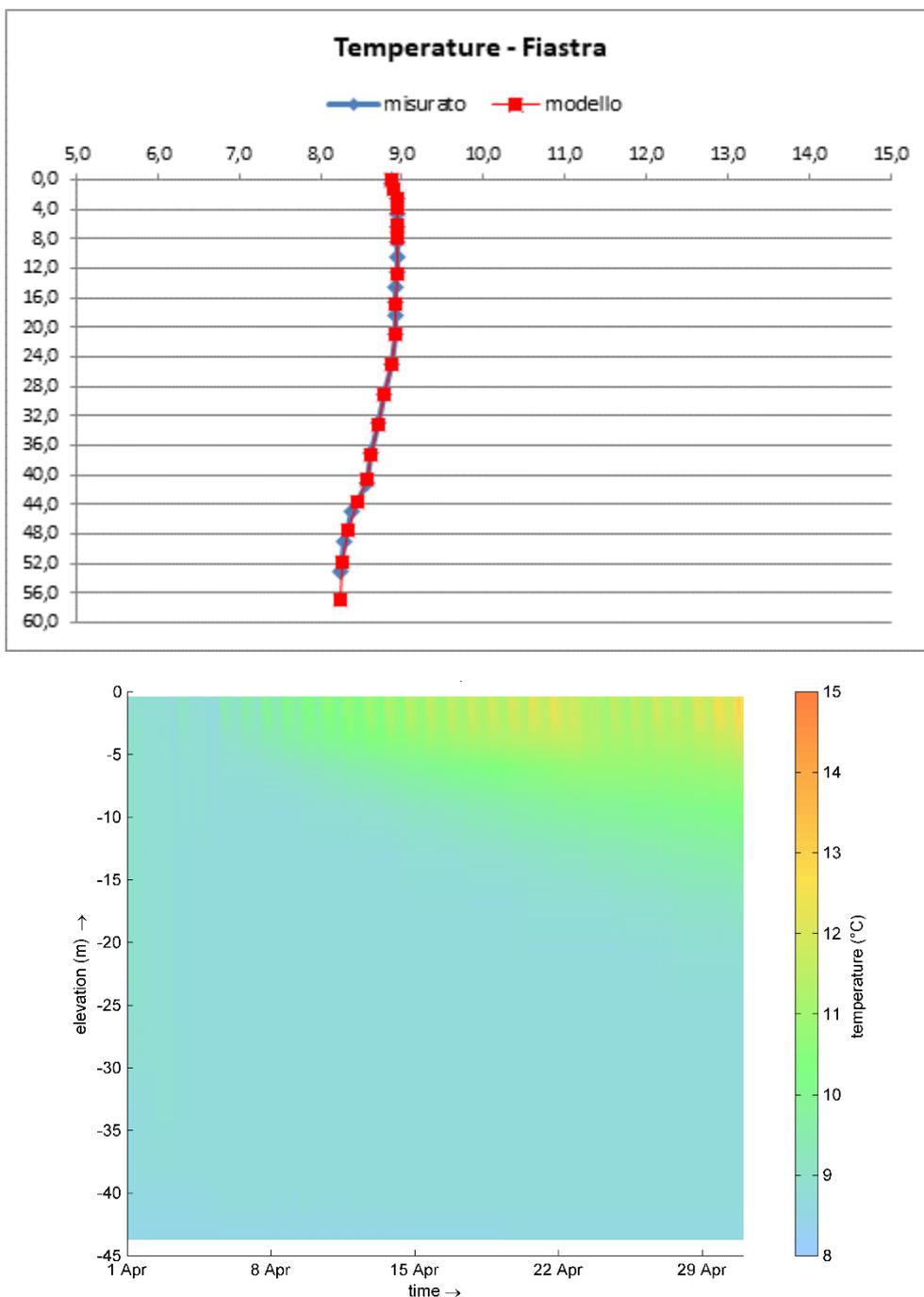


Figura 63: Scenario 2: Lago di Fiastrone a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.

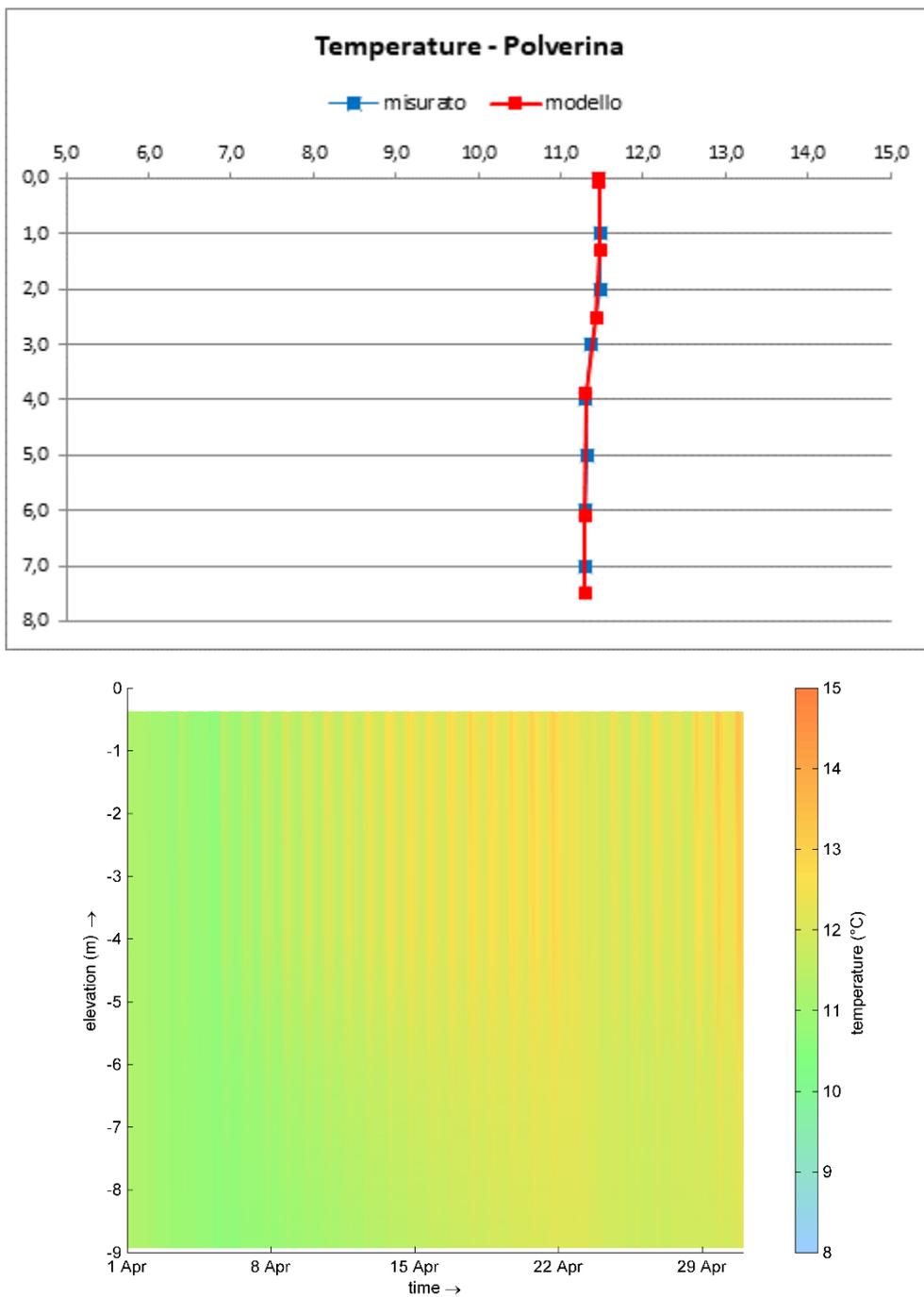


Figura 64: Scenario 2: Lago di Polverina a) Confronto del profilo di temperature nel punto di misura vicino alla diga b) Evoluzione andamento della temperatura.

Anche per lo Scenario 2, al fine di verificare l'effetto delle operazioni di pompaggio/generazione sulla distribuzione della temperatura, sono stati effettuati, nei due laghi, dei confronti puntuali tra i profili di temperatura dopo 1 mese dall'inizio nella situazione attuale (senza le operazioni di pompaggio) e quella della simulazione dello scenario operativo con il pompaggio.

I risultati di questi confronti sono presentati nei grafici seguenti per entrambi i laghi. Nelle figure, la situazione attuale simulata è rappresentata con il colore nero e quella dello scenario operativo è rappresentata con il colore blu. L'ubicazione dei punti di controllo è la stessa già indicata.

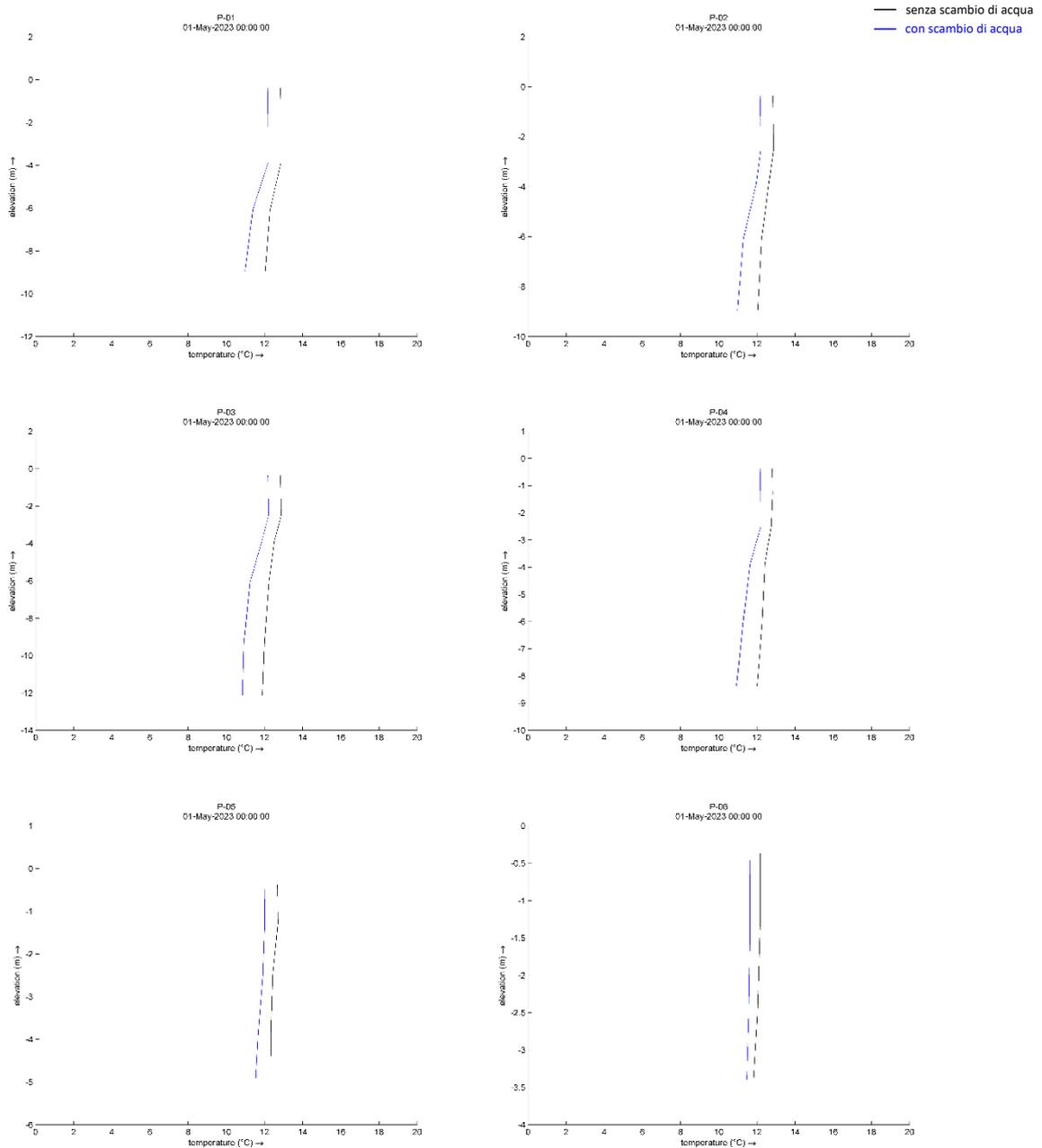


Figura 65: Lago di Polverina - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.

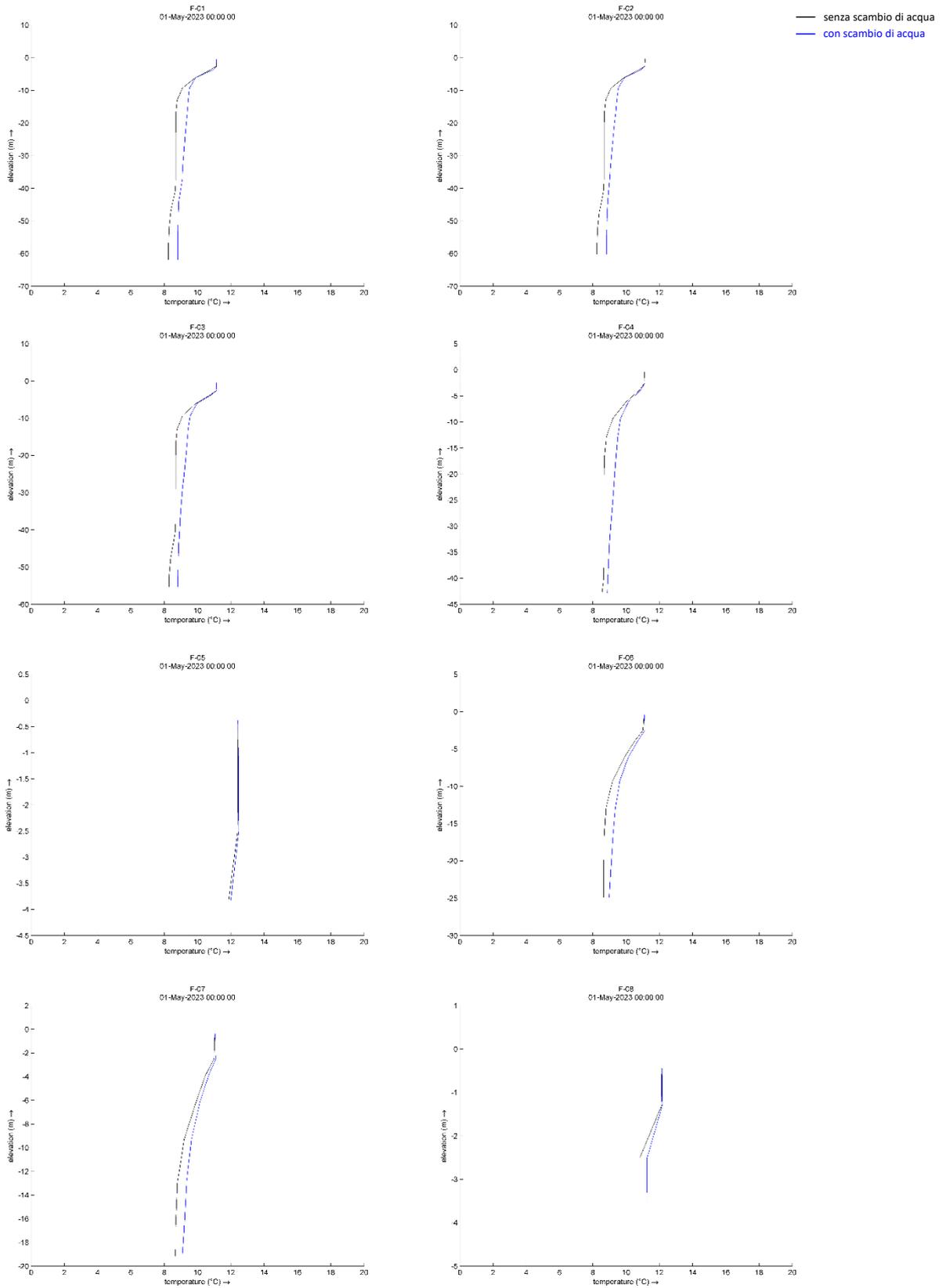


Figura 66: Scenario 2: Lago di Fiastrone - Confronto tra profili di temperatura con e senza le operazioni di pompaggio.

Per quanto riguarda il Lago di Fiastrone si può osservare che l'andamento generale delle temperature con la profondità non varia rispetto alla situazione attuale. Negli strati superficiali e, in generale, nelle zone a bassa profondità, le variazioni di temperatura sono quasi inesistenti, mentre negli strati profondi si possono osservare incrementi di temperatura abbastanza uniformi ma che restano inferiori a 0.5° C.

Anche nel Lago di Polverina si osserva che il profilo delle temperature rimane lo stesso della situazione senza le operazioni, evidenziando una assenza di stratificazione e, quindi, temperature sostanzialmente costanti con la profondità. Diversamente da quanto evidenziato per il lago di Fiastrone, per quello di Polverina, la situazione con il nuovo sistema di gestione induce una diminuzione di temperatura abbastanza uniforme nella colonna d'acqua che varia tra meno di 0.5°C nei punti più lontani a circa 1°C nei punti più vicini all'opera di presa/scarico.

L'evoluzione temporale delle concentrazioni dei traccianti viene presentata per entrambi i laghi. Nelle figure vengono presentate le curve delle concentrazioni a 6 diverse profondità (1 m, 6 m, 9 m, 20 m, 40 m e 50 m), negli stessi punti di controllo già indicati.

In questo scenario, caratterizzato da una stratificazione scarsa o assente, si può osservare un maggior rimescolamento nella colonna d'acqua, senza che si evidenzino gradienti significativi del tracciante con la profondità.

È interessante notare che, nel lago di Fiastrone, l'andamento delle concentrazioni, essendo in una situazione di scarsa o assente stratificazione, è sostanzialmente poco influenzato dalle profondità. Questo appare particolarmente evidente nei punti lontani dall'opera di presa/scarico (dal punto F05 al punto F09) dove, dopo un primo periodo di incremento, le concentrazioni tendono a stabilizzarsi su valori tra il 10 ed il 20%, in funzione della posizione del punto considerato rispetto al punto di scarico. Nei punti più prossimi all'opera di presa, invece, si nota che le concentrazioni tendono ad aumentare per profondità inferiori a quella dell'opera di presa, mentre in superficie e per profondità superiori a quelle dell'opera di presa, le concentrazioni, dopo un primo periodo di innalzamento, tendono a stabilizzarsi su valori prossimi al 15%. È da ricordare che le acque provenienti da Polverina ed immesse nel Fiastrone sono tendenzialmente più calde e, pertanto, la colonna d'acqua maggiormente influenzata risulta quella a profondità inferiori rispetto al punto di scarico.

Per quanto riguarda il Polverina, invece, si evidenzia la grande variabilità delle concentrazioni in prossimità del punto di scarico (punti P01 e P02) mentre negli altri punti si notano oscillazioni molto più contenute, specialmente in prossimità della superficie, ed una tendenza a raggiungere una situazione di equilibrio con valori attorno al 10-20% mentre in profondità le concentrazioni possono raggiungere i 30-40%.

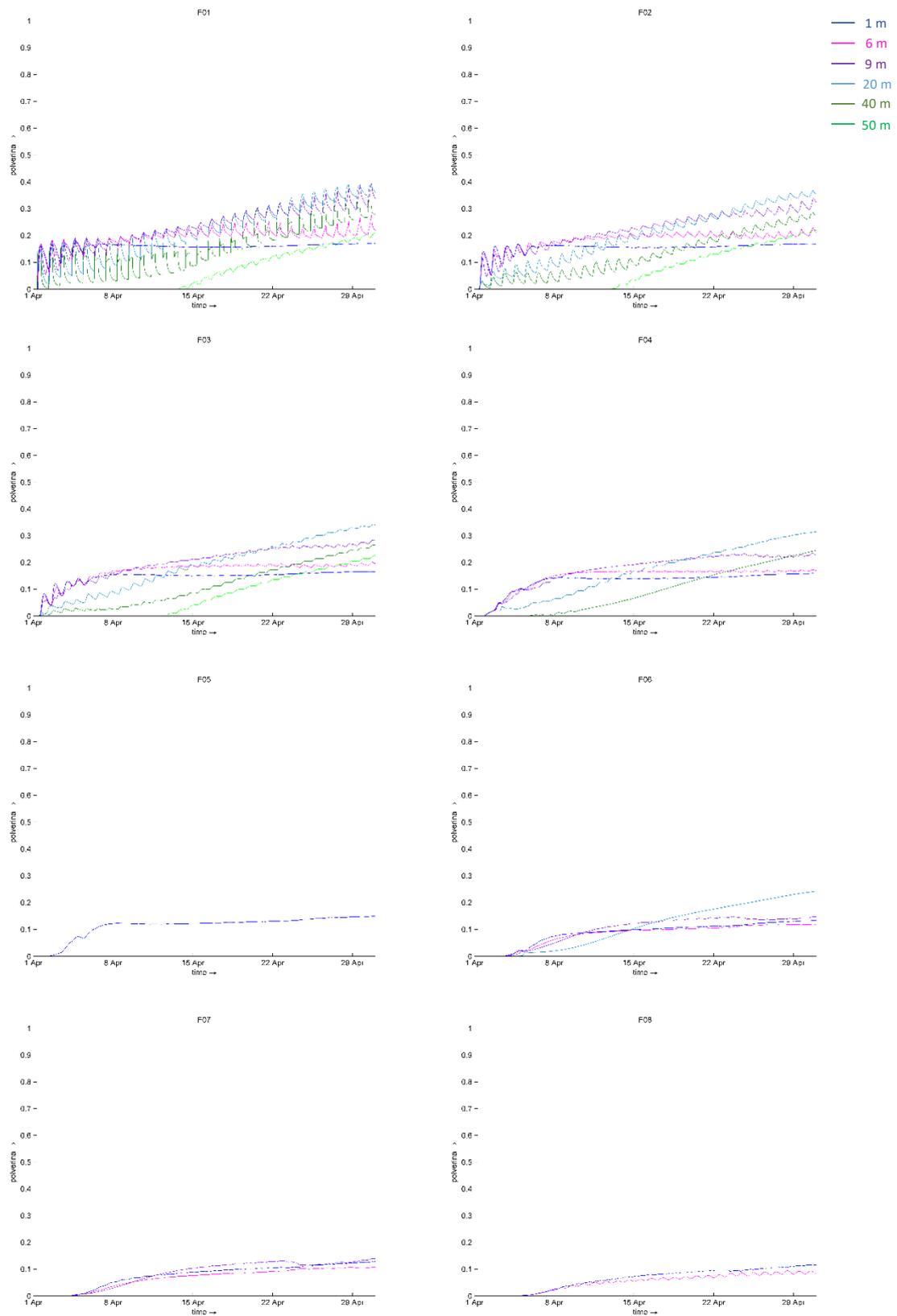


Figura 67: Scenario 2: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Polverina scaricate nel Lago di Fiastrone a diverse profondità.

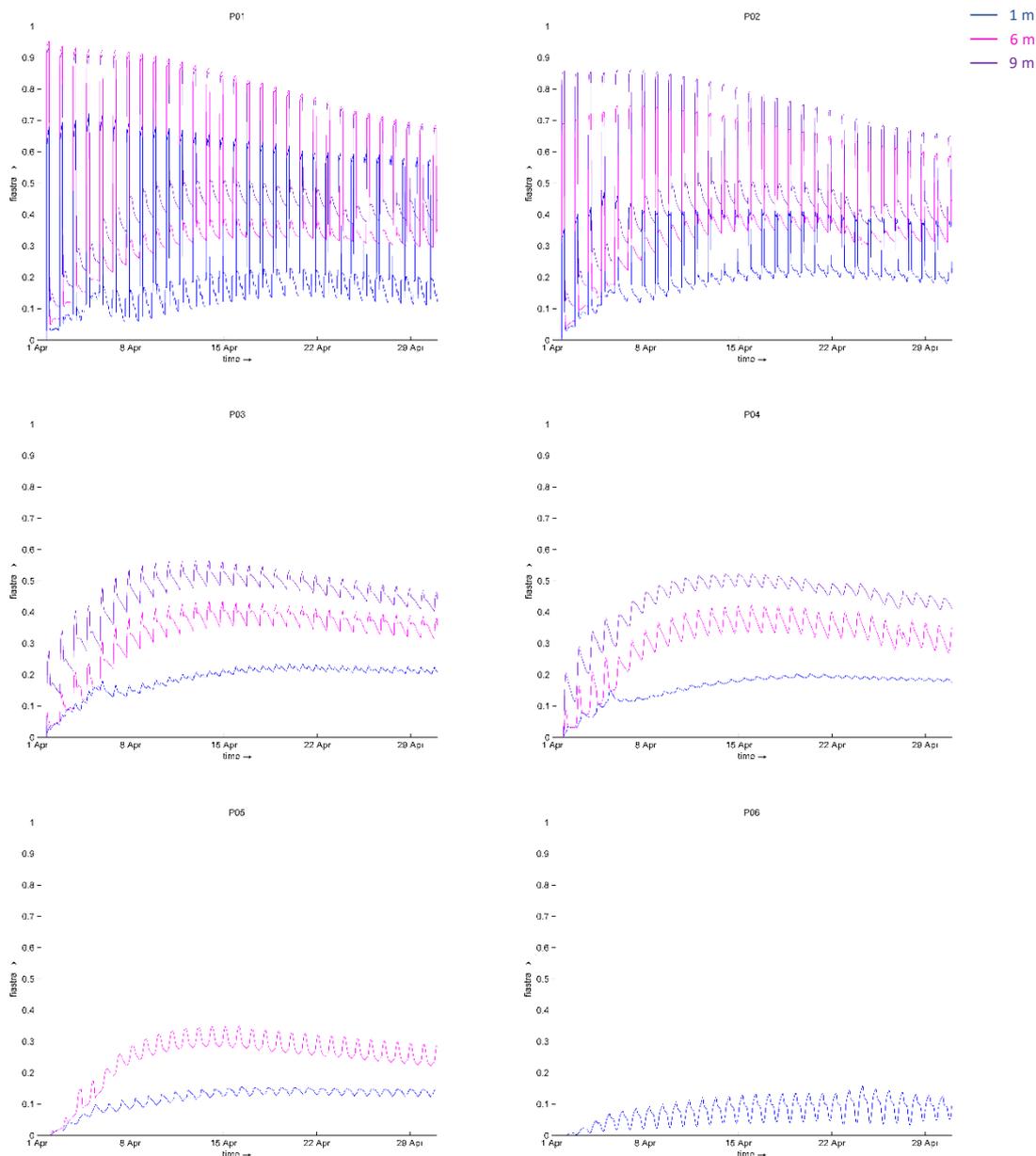


Figura 68: Scenario 2: Evoluzione temporale delle concentrazioni delle acque del Fiastrone scaricate nel Lago di Polverina a diverse profondità.

Queste situazioni si evidenziano anche nei profili e sezioni verticali riportati per il lago Fiastrone (tracciante “Polverina”) e per il lago Polverina (tracciante “Fiastrone”) che rappresentano l’andamento con la profondità dei traccianti considerati dopo un mese di attività di pompaggio/produzione.

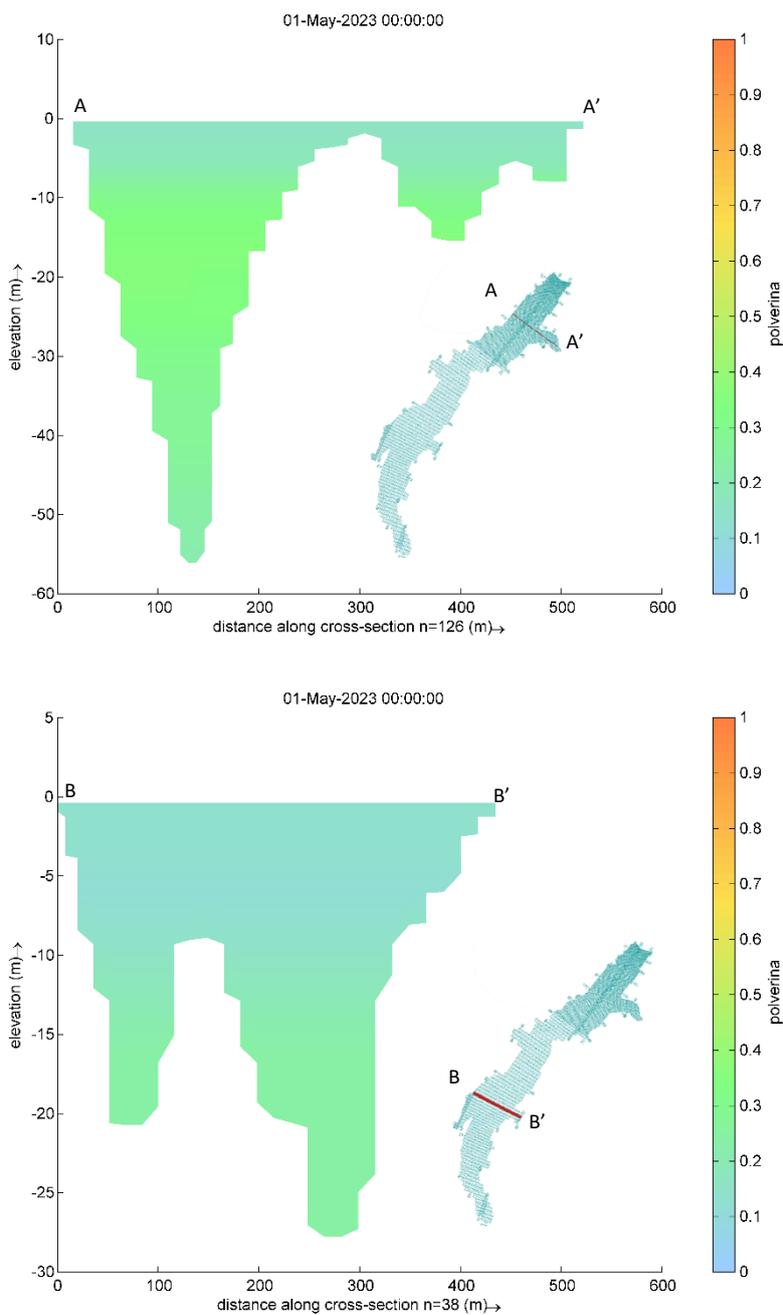


Figura 69: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante "Polverina" nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezioni trasversali AA' e BB'.

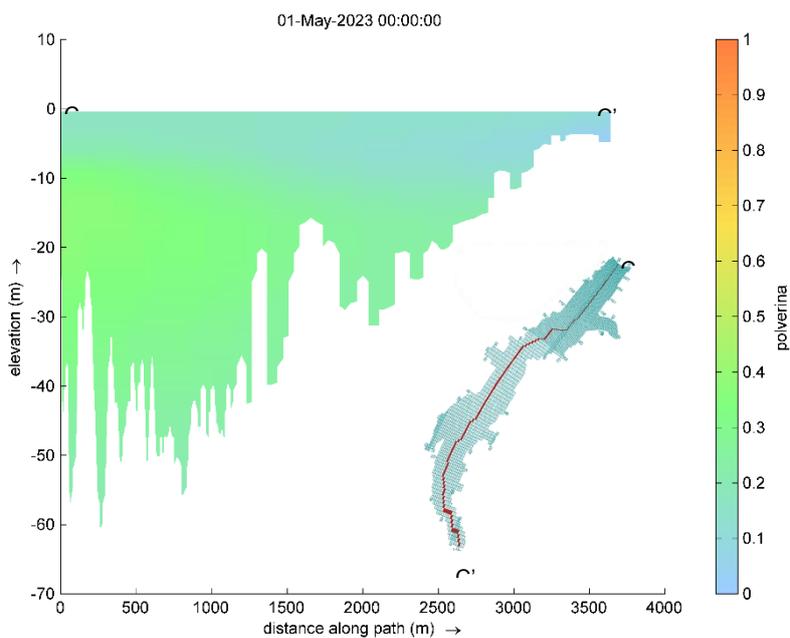


Figura 70: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Polverina” nel lago di Fiastrone dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.

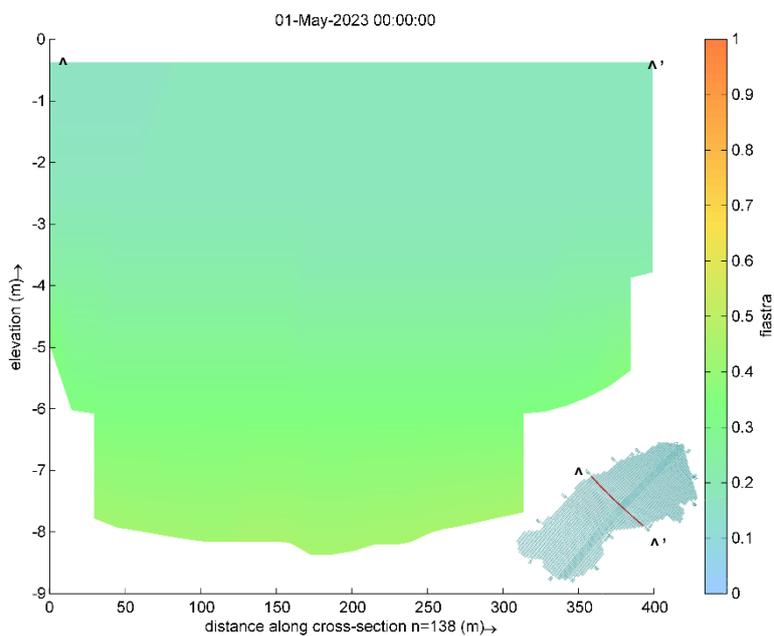


Figura 71: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione trasversale AA’.

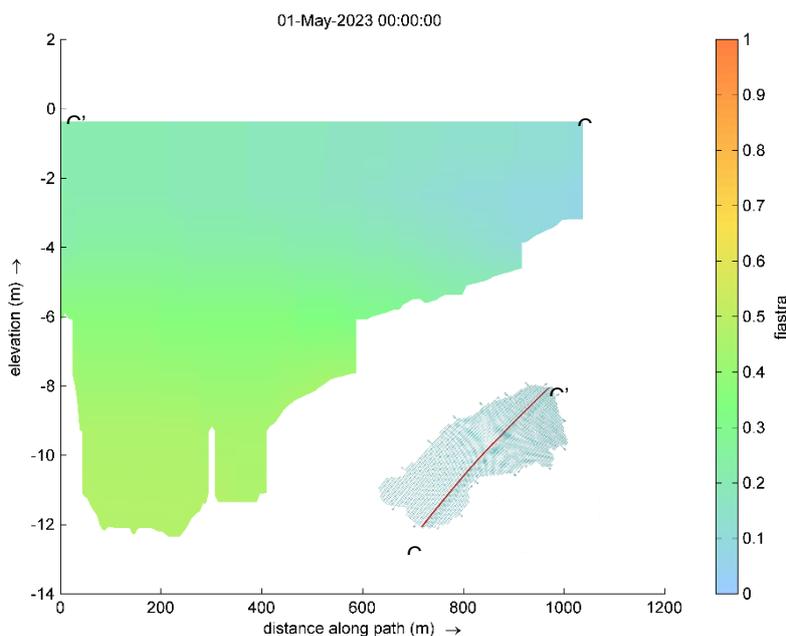


Figura 72: Scenario 2: Concentrazioni del tracciante “Fiastrone” nel lago di Polverina dopo 1 mese – sezione longitudinale CC’.

Di seguito viene riportata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Polverina” immesso nel Lago di Fiastrone calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati superficiali mentre a seguire vengono riportate quelle negli strati profondi.

In questo caso, per quanto riguarda il Lago di Fiastrone, si può osservare che negli strati superficiali il tracciante presenti concentrazioni molto basse in superficie e nei primi 5 metri di profondità. Soltanto alla profondità di 9 m si osserva un incremento delle concentrazioni che raggiungono valori di circa il 30% nella zona del lago più vicina alla zona di scarico. Lo strato che presenta le concentrazioni più alte è a circa 20 m di profondità dove si raggiungono valori attorno al 50%.

È poi riportata la distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Fiastrone” calcolata dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati superficiali del Lago di Polverina.

In questo caso si può osservare che le concentrazioni si distribuiscano in maniera abbastanza uniforme alle diverse profondità con valori che variano tra il 20 e il 40%. Valori più bassi sono osservabili a circa 1 m di profondità dove si attestano attorno ai 10%.

La distribuzione delle concentrazioni del tracciante “Fiastrone” calcolato dopo 1 mese dall’inizio della simulazione negli strati profondi rappresenta le variazioni di concentrazione per il Lago di Fiastrone soltanto perché il Lago di Polverina non è profondo abbastanza e, quindi, viene rappresentato tutto “bianco”.

Da queste figure si può osservare come in questo caso le concentrazioni del tracciante “Fiastrone” negli strati profondi non risentano in modo significativo degli apporti di acqua dall’immissario ma bensì venga determinata esclusivamente dagli scambi di acqua con il Lago Polverina. In generale le concentrazioni di “Fiastrone” si riducono di circa 30-40%.

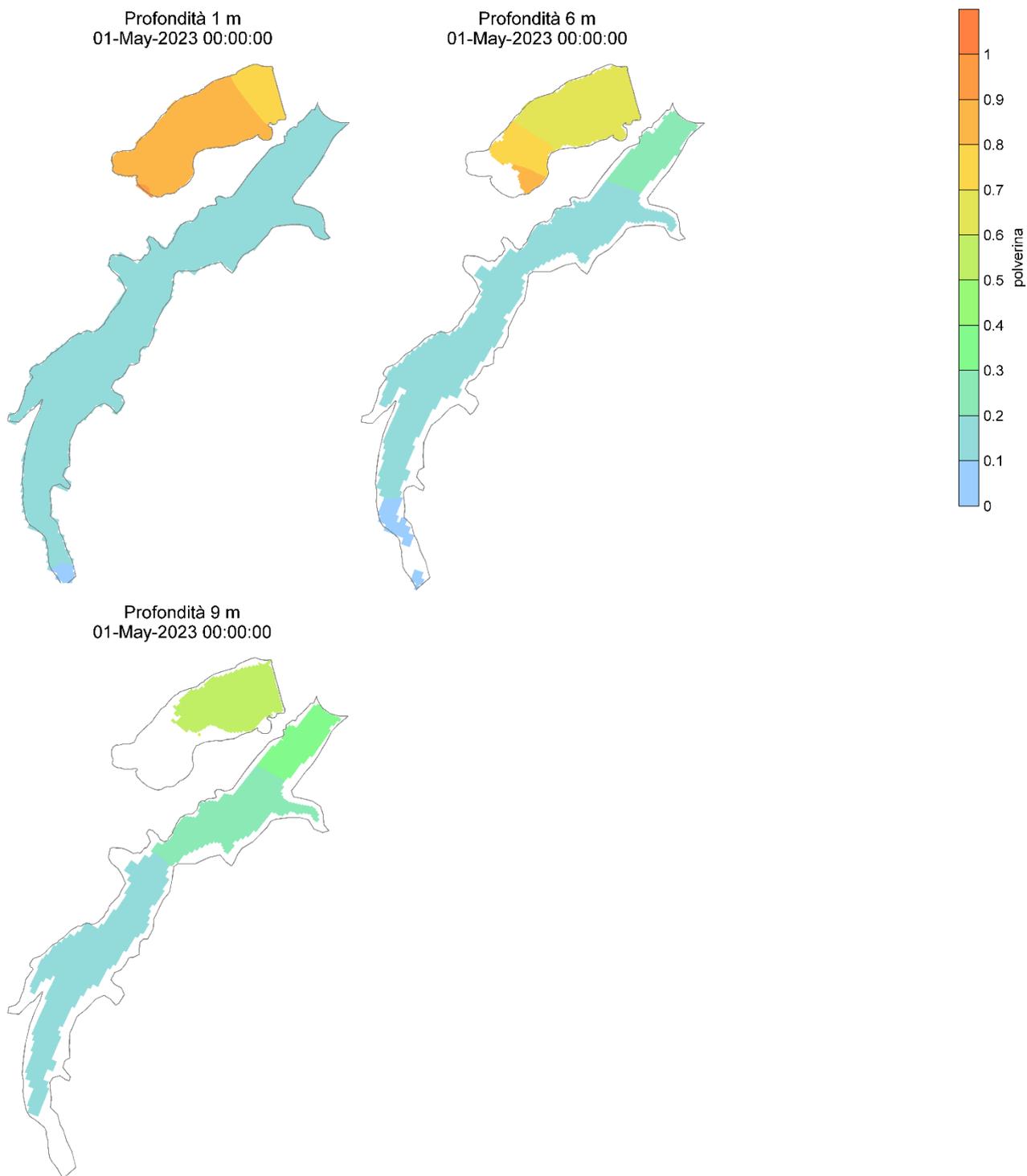


Figura 73: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).

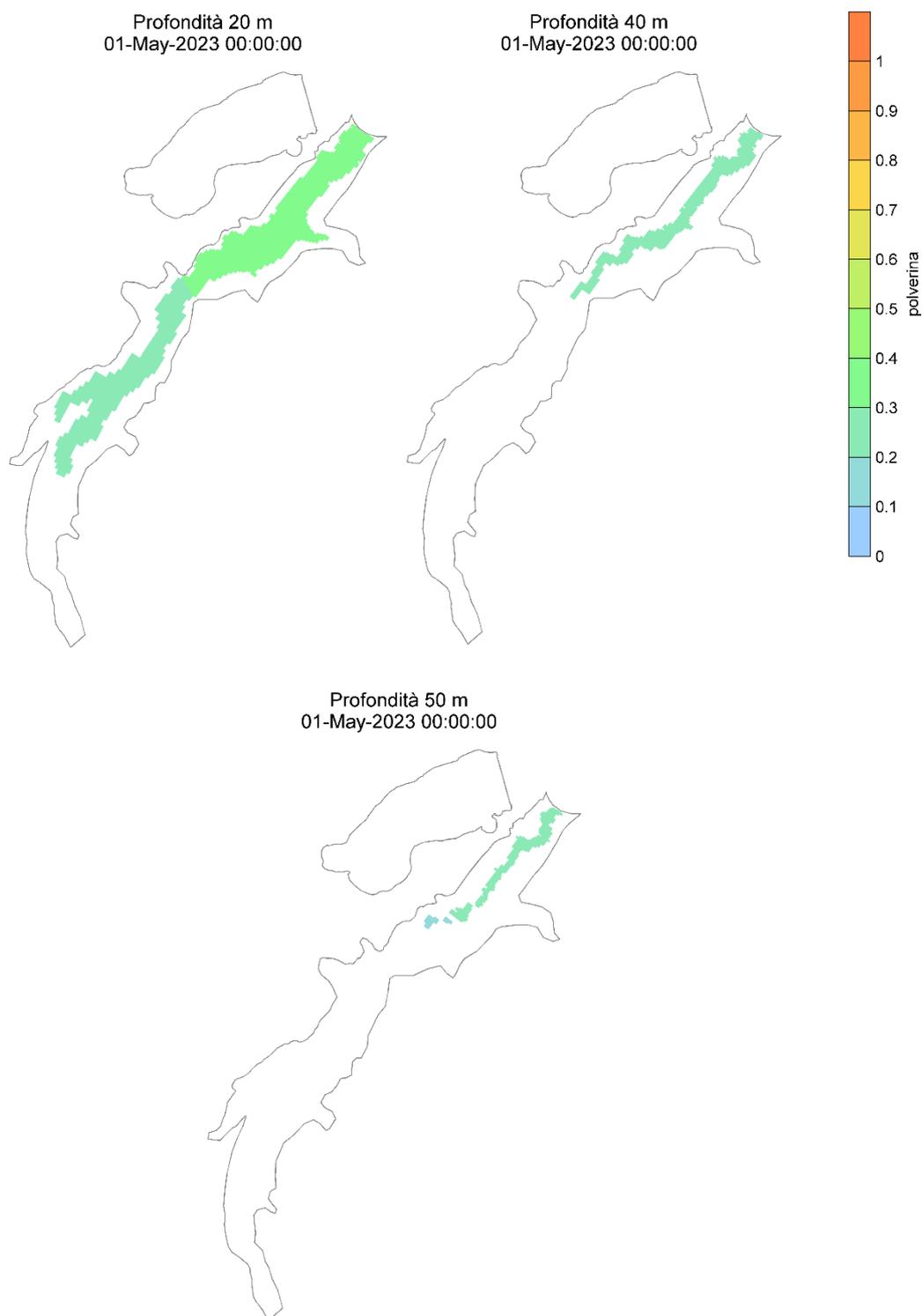


Figura 74: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Polverina” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).

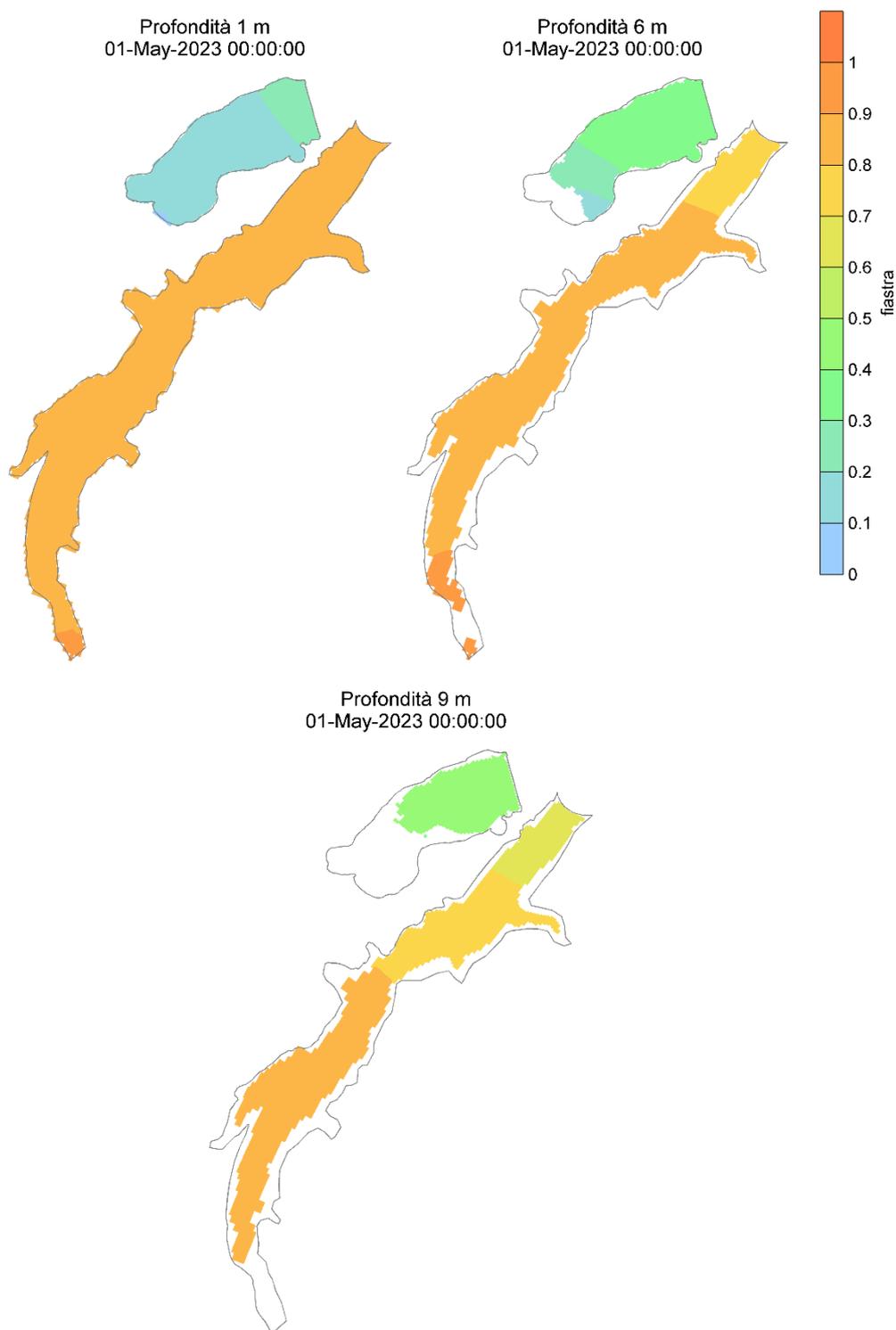


Figura 75: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati superficiali (1, 6 e 9 m profondità).

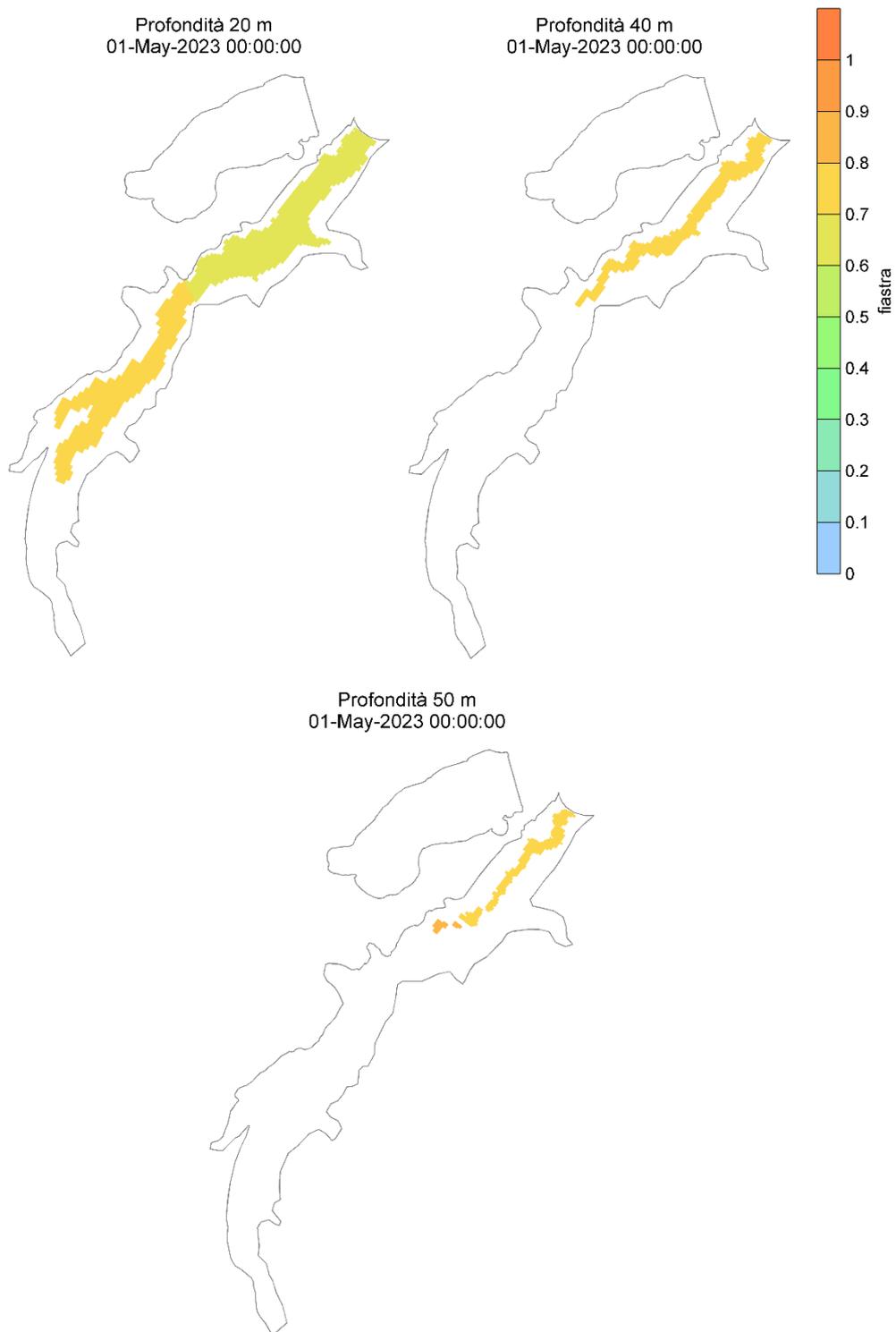


Figura 76: Scenario 2 – Distribuzione di concentrazioni del tracciante “Fiastrone” dopo 1 mese negli strati profondi (20, 40 e 50 m profondità).

1.1.2 Conclusioni della modellizzazione

Nel presente studio sono stati analizzati gli effetti ambientali che potrebbero essere indotti dalla prevista connessione idrica tra il serbatoio di Fiastrone e quello di Polverina a seguito dell'istallazione del nuovo gruppo di generazione e pompaggio.

Come è noto, i due sistemi che sono attualmente separati e producono energia alimentando la centrale di Valcimarra I, è previsto che vengano interconnessi tramite un sistema di pompaggio/generazione che, oltre a rendere più flessibile la gestione dell'intero sistema, necessariamente comporterebbe uno scambio di acque tra i due serbatoi.

Come è stato verificato nel presente studio ed illustrato nei precedenti capitoli, l'invaso del Fiastrone e quello di Polverina hanno caratteristiche morfologiche molto diverse: il primo con forma allungata e posizionato in una valle stretta, lunga e profonda, quindi con profondità del serbatoio rilevanti che possono superare anche i 60 m. Al contrario, quello di Polverina ha una conformazione planimetrica molto allargata e con profondità modeste, prossime ad un massimo di circa 10 m.

Inoltre, gli apporti naturali ai due serbatoi, derivanti dai flussi del fiume Chienti per il Polverina e da quelli del Fiume Fiastrone per il Fiastra, sono, sulla base dei dati disponibili, più rilevanti per il primo e più contenuti per il secondo, a fronte di volumi della massa d'acqua lacustre oltre 10 volte più grandi per il Fiastrone e tempi di ricambio dei laghi ben diversi: Fiastrone circa 3 mesi, Polverina circa 7 giorni.

Dalle analisi svolte si è evidenziato, quindi, un comportamento limnologico abbastanza diverso tra i due serbatoi: mentre il serbatoio Polverina non ha la possibilità di stratificare, sempre per i motivi morfologici e idrologici sopra riportati, il serbatoio del Fiastrone, specialmente nei periodi tardo-primaverili ed estivi, mostra una evidente tendenza alla stratificazione a causa delle condizioni atmosferiche e di radiazione solare che tende a scaldare gli strati superficiali, mentre quelli profondi si mantengono a temperature sostanzialmente costanti. In queste condizioni, è stato dimostrato che il termoclino si instaura ad una profondità di circa 10-15 m, separando quindi, termicamente e da un punto di vista della densità, la parte della colonna d'acqua che si trova sopra da quella che si trova sotto di esso.

Questo fenomeno, che, come detto, si verifica principalmente nei periodi caldi, determina anche che gli scarichi che vengono effettuati in profondità (sotto il termoclino) abbiano la tendenza a rimanere confinati negli strati più profondi, andando ad interessare in maniera estremamente marginale, del tutto non significativa, gli strati superficiali, anche nelle zone distanti dal punto di presa/scarico e che attualmente sono adibite, nel periodo estivo, ad attività turistiche, anche di balneazione.

Come evidenziato per i due scenari analizzati ed i cui risultati sono riportati nei precedenti capitoli, il serbatoio del Fiastrone nei periodi più freddi può ridurre la sua capacità di stratificazione, specialmente nelle aree di minore profondità, ma è sufficiente un incremento della radiazione solare e della temperatura dell'aria, con conseguente riscaldamento degli strati superficiali nella colonna d'acqua, che il processo di stratificazione tende a ripresentarsi. In queste condizioni, quindi, è da supporre che, nei periodi che sono di maggior interesse sfruttamento turistico/ricreativo dello specchio acqueo del Fiastra, le acque provenienti dal serbatoio Polverina tendano a rimanere confinate negli strati profondi (si ricorda che lo scarico/presa si colloca in prossimità della

diga ad una profondità di circa 40 m) interagendo in modo del tutto marginale con quelli superficiali. In concreto, a sistema funzionante a regime, ci si attende per il Fiastrone una incursione della massa d'acqua proveniente dal Polverina nello strato superficiale, entro i primi 15 m di profondità, al di sotto del 10% del volume d'acqua nativo del Fiastrone; tale incursione si azzera nella porzione distale del lago al di sopra dei 4-5 m di profondità.

Nella parte a monte, in prossimità dell'inserimento dell'immissario, le concentrazioni delle acque del Polverina tenderanno a diminuire a causa dell'introduzione di acque non contenenti tale componente e, qualora si verifichi una stratificazione significativa, le acque più fredde, o comunque simili come temperature a quelle dove è presente l'opera di scarico, tenderanno a rimanere nella parte bassa della colonna d'acqua. Il volume dello strato ipolimnico, al di sotto dei 15 m di profondità, sarà interessato nel Fiastrone da un mescolamento con le acque del Polverina che sul lungo periodo potrà assestarsi intorno ad un suo 20-30%.

Considerazioni diverse devono essere fatte per il serbatoio Polverina che, per le caratteristiche sopra ricordate, avrà sempre una tendenza al rimescolamento della colonna d'acqua, distribuendo quindi anche le acque provenienti dal Fiastra in modo pressoché omogeneo su tutta la profondità, con un'eccezione che riguarda in particolare la porzione superficiale e sub-superficiale del lago, nell'area di monte, prossima all'ingresso del fiume Chienti immissario. Qui l'apporto naturale esterno gioca un ruolo importante nel mantenere condizioni prossime allo stato del lago senza rimescolamento. Occorre specificare che, come calcolato con la modellizzazione, il lago raggiunge interessato da cicli giornalieri di turbinaggio-pompaggio, raggiunge nel tempo una condizione di equilibrio ciclo-stazionario dinamico, in relazione a diversi fattori, tra cui l'evolversi delle condizioni meteo al contorno, il tempo di ricambio estremamente rapido del lago (circa 7 giorni) e la gestione del sistema di turbinaggio-pompaggio. La simulazione fatta, che considera una gestione del sistema sempre al massimo della sua capacità giornaliera di generazione e di pompaggio, mostra come a funzionamento del sistema a regime, la massa d'acqua del Polverina possa considerarsi mescolata con quella del Fiastrone con rapporti che vanno da un 10% circa nella porzione di monte, a un massimo del 40% presso il paramento della diga. In questo caso si considera un mescolamento con le acque del Fiastrone abbastanza uniforme alle diverse profondità, con valori che variano tra il 20 (nei 6 m di profondità) e il 40% tra i 6 ed i 9 m di profondità.

La simulazione di uno scenario invernale ha messo in rilievo che per quanto riguarda il Lago di Fiastrone l'andamento generale delle temperature con la profondità non varia rispetto alla situazione attuale. Solo negli strati profondi si possono osservare incrementi di temperatura uniformi e comunque inferiori a 0.5° C. Per il Polverina, la situazione con il nuovo sistema di gestione induce una diminuzione di temperatura abbastanza uniforme nella colonna d'acqua che varia tra meno di 0.5°C nei punti più lontani a circa 1°C nei punti più vicini all'opera di presa/scarico.

È importante anche sottolineare che l'analisi della distribuzione delle velocità medie sulla profondità in diversi momenti nell'arco di 24 ore ha fatto osservare velocità molto basse, nell'ordine di 2 cm/s o meno in tutti e due i laghi. L'unica area dove si può notare dei valori superiori è in corrispondenza dell'opera di presa/scarico del lago di Polverina. La velocità che all'imbocco dell'opera di scarico è di alcune decine di cm/s si riduce a pochi cm/s a breve distanza. Comunque, l'ordine di grandezza delle velocità non si discosta da quelle già presenti nella situazione attuale.

In definitiva, dai risultati dell'impiego della modellizzazione tramite modello matematico idrodinamico e dispersivo Delft3D-FLOW, che simula flussi e fenomeni di trasporto indotti dalle condizioni al contorno in regime di moto vario, compresi gli effetti delle differenze di densità dovute a temperature non uniformi, riproducendo i processi di trasporto e dispersione sia orizzontali che verticali, si evince quanto segue:

Per l'invaso del Fiastrone:

1. l'immissione di acque più calde (19°C in tarda estate) provenienti da Polverina nelle acque profonde più fredde del lago di Fiastra (13,5°C) **non determina alcuna alterazione della stratificazione termoclina** dei due laghi né per effetto meccanico dell'immissione/estrazione di acqua forzata, né per l'apporto di acqua con temperatura diversa dall'altro bacino. La stratificazione del lago non è suscettibile di subire alterazione neppure in presenza di una disparità di temperature ancora più elevata tra i due invasi. Considerando una temperatura superficiale del Polverina di 24°C, come può verificarsi nelle settimane più calde, l'equilibrio ciclo-stazionario che si instaura e il rapporto tra i volumi delle masse d'acqua in gioco garantisce la stabilità della stratificazione termoclina del Fiastrone in estate, che in ogni caso anche nell'ipolimnio non subisce una variazione superiore a + 1,5°C in qualsiasi punto;

2. la verifica sulla distribuzione delle velocità medie nelle cuvette lacustri mette in evidenza che in entrambe le velocità dovute al sistema di turbinaggio/pompaggio tra i due laghi sono molto basse, nell'ordine di 2 cm/s. Ne deriva che il funzionamento dell'impianto non è suscettibile di produrre effetti sul sedimento del fondo e sulla torbidità dei laghi.

Per l'invaso del Polverina:

1. L'immissione di acque più fredde non sconvolge l'idrodinamica e la termica lacustre, che resta sostanzialmente invariata d'inverno e che subisce un abbassamento sulla colonna di circa 1 °C negli "strati" sub-superficiali e più profondi, determinando peraltro un'alterazione minima e in ogni caso positiva per l'ecosistema lacustre in quanto a favore dell'abbassamento delle temperature estive e in generale del rallentamento dell'evoluzione del lago verso l'ipertrofia;
2. Per i motivi già descritti per il Fiastrone, riguardo alle velocità instaurate dal sistema, non si produce alcun effetto significativo sulla movimentazione del sedimento depositato sul fondo ascrivibili al progetto.

6. EFFETTI DEL RIMESCOLAMENTO DELLE ACQUE SUGLI ECOSISTEMI LACUSTRI E SULLA RETE ECOLOGICA

Le simulazioni condotte consentono di trarre conclusioni sulla portata delle modificazioni indotte dal collegamento idraulico tra i due invasi di Polverina e Fiastrone voluto dal progetto sulle componenti abiotiche e biotiche dei due invasi e dei loro emissari e, in aggiunta, dell'invaso di Borgiano. Sulla base dei risultati numerici e geometrici delle elaborazioni eseguite con l'applicazione del modello tridimensionale, tenuto conto della posizione sulla colonna delle restituzioni/prese d'acqua e degli strati interessati e dell'insieme delle caratteristiche ambientali, ecologiche e geografiche dei bacini lacustri e dei loro emissari, è possibile concludere quanto segue:

Temperatura dell'acqua dei due emissari degli invasi. Considerato il punto di uscita degli emissari, il volume d'acqua dello strato della cuvetta lacustre di riferimento e le modificazioni simulate, si evince che: per il torrente Fiastrone emissario si potranno presentare innalzamenti della temperatura stagionale estiva nell'ordine di non più di 1 °C (stimati in via cautelativa), mentre nel Chienti potranno rilevarsi abbassamenti nell'ordine di non più di 2 °C (stimati in via cautelativa). In entrambi i casi si tratta di variazioni molto basse, del tutto irrisoria per il t. Fiastrone, non incidente sull'idrodinamica e tantomeno sulla componente biotica dei due corsi d'acqua; nel caso del Chienti la variazione sarebbe peraltro in positivo, in quanto l'abbassamento della temperatura in questo caso favorirebbe la colonizzazione di specie ittiche più sensibili e più pregiate in termini naturalistici.

Ossigeno disciolto. Nel lago del Fiastrone ci si attende che l'alterazione della concentrazione di questo parametro possa assumere al massimo un valore all'equilibrio pari a + 1 mg/l nelle situazioni di stratificazione, nel segno (per quanto contenuto) di un benefico contributo all'ossigenazione dello strato ipolimnico. Nel Polverina, l'ingresso delle acque ipolimniche del Fiastrone può determinare un decremento della concentrazione dell'ossigeno disciolto fino ad un massimo di quasi -2 mg/l in estate, quando il lago ha però concentrazioni sempre molte elevate di ossigeno disciolto lungo la colonna, nell'ordine dei 9-12 mg/l.

Per quel che riguarda gli emissari dei due invasi, essendo l'ossigeno disciolto cruciale per la vita della fauna ittica, si precisa che, tenuto conto del loro punto di innesto con la cuvetta lacustre, nel caso del torrente Fiastrone non ci si attendono cambiamenti di sorta, se non leggeri miglioramenti nella concentrazione di ossigeno disciolto; per il Chienti emissario, l'ossigeno sarà pressoché non significativo, considerando lo sbocco superficiale e il fatto che il Chienti dopo pochi chilometri di percorso riceve comunque già ora le acque del Fiastrone, dallo scarico della Centrale di Valcimarra delle acque turbinate da due generatori.

Si tenga peraltro conto che nel Borgiano, che già riceve le acque di entrambi i laghi questo parametro non rappresenta una criticità.

pH. Non si prevedono cambiamenti per le acque dei due invasi per questo parametro, essendo i loro valori del tutto comparabili allo stato attuale.

Fosforo totale. In merito al Fosforo totale, di fatto i dati ARPAM pregressi e quelli riferiti alla campagna di monitoraggio 2023 mostrano valori del tutto comparabili tra i due invasi di Fiastrone e Polverina. Anche

supponendo che stagionalmente la concentrazione di fosforo nel Polverina possa assumere valori pari a due-tre volte quella del Fiastrone, in quest'ultimo l'effetto di diluizione all'equilibrio ciclo-stazionario determinerebbe di fatto un aumento del tutto irrisorio, essendo inferiore alla sensibilità dai metodi stessi di analisi del parametro. Mentre per il Polverina l'effetto diluizione sarebbe per quanto basso comunque positivo, in favore del rallentamento del trend evolutivo del lago verso una maggiore eutrofizzazione e l'interrimento.

Fitoplancton.

L'analisi del fitoplancton ha fatto emergere la presenza del Cianobatterio potenzialmente tossico *P. rubescens* solo nell'invaso del Fiastrone. Nell'invaso del Polverina, tuttavia, è stata parimenti rilevata la presenza di Cianobatteri, con densità numeriche molto basse. Non si può escludere che la specie sia già presente o sia già giunta al Polverina in passato, anche in considerazione della possibilità del tutto verosimile che nel tempo gli uccelli che frequentano nella stessa valle del Chienti le aree umide dei laghi di Polverina, Borgiano (dove è nota e monitorata la presenza di *P. rubescens*), e Delle Grazie (dove pure è nota e monitorata la presenza di *P. rubescens*) abbiano agito involontariamente e naturalmente da vettori spostandosi da un ambiente all'altro.

In relazione al possibile trasferimento di *P. rubescens* da un invasore all'altro a seguito del rimescolamento delle loro acque, occorre in ogni caso ammettere l'eventualità, più realistica alla luce dei risultati dell'indagine compiuta, dell'attuale assenza della specie nel Polverina. Le caratteristiche di adattamento di questo microorganismo alle condizioni ambientali contingenti, che lo portano a modulare il proprio galleggiamento per posizionarsi nello strato della colonna d'acqua ad esso più idoneo, coincidente in estate con gli strati più profondi, ricchi di fosforo e lontani dalla luce e la posizione dell'opera di presa sulla diga del Fiastrone, rendono la possibilità che filamenti di questo batterio siano trasferiti efficacemente all'invaso di Polverina una eventualità reale, alla luce degli approfondimenti fatti.

Occorre però considerare quanto segue, in relazione a quanto osservato ad oggi nell'invaso di Borgiano, posto a valle del Polverina, ad esso collegato e anche già alimentato dalle acque del Fiastrone e tenendo conto anche di quanto oggi noto sull'ecologia della specie *P. rubescens*, nonché delle caratteristiche idrodinamiche, morfologiche ed ecologiche dell'invaso del Polverina:

- il Borgiano dimostra una fenomenologia della presenza e dei *bloom* algali di *P. rubescens* che lo mettono direttamente in relazione al Fiastrone. Il lago peraltro dimostra densità sempre inferiori a quest'ultimo e il ridotto tempo di ricambio ne supporta un'efficace resilienza in tempi relativamente brevi, dopo il termine della fioritura nel Fiastrone. In più il Borgiano è sensibilmente più profondo del Polverina e stratifica stabilmente, al contrario di quest'ultimo, mostrando una maggiore idoneità alla colonizzazione da parte del Cianobatterio. Il Polverina, per contro, è caratterizzato da:

- una morfologia da lago molto basso e piatto;
- una stratificazione inesistente o, in condizioni estreme, abbozzata e non stabile;
- una turbolenza elevata delle acque data dal flusso delle portate naturali in ingresso praticamente doppio rispetto a quello nel Fiastrone (più vasto e profondo di circa 10 volte) e dal tempo di ricambio estremamente breve (nell'ordine dei sette giorni).

Tutte queste caratteristiche rendono di fatto il Polverina non adatto ad essere colonizzato stabilmente dal Cianobatterio *P. rubescens*, come peraltro già è stato rilevato da ARPAM per il Borgiano, che fa rilevare caratteristiche idrografiche comparabili a quelle del Polverina, ma intermedie rispetto al Fiastrone.

Qualora dunque si dovesse verificare il trasferimento di *P. rubescens* nel Polverina (ammettendone l'attuale assenza nell'invaso) a seguito del collegamento idraulico dei due invasi di progetto, le conoscenze sulla ecologia della specie e sulle caratteristiche ambientali, ecologiche, morfologiche e geografiche del Polverina ci confortano nel prevedere che la presenza di questo cianobatterio nel lago non arriverà ad affermarsi e ad essere dominante come nel Fiastrone e ma potrà essere più verosimilmente caratterizzata da temporanei addensamenti, in corrispondenza di eventuali fioriture della specie nel Fiastrone. Peraltro il brevissimo tempo di ricambio del Polverina conferisce al lago una importante resilienza al fenomeno, potendo contribuire a tempi di ripresa molto rapidi per il bacino lacustre, caratterizzato da una comunità fitoplanctonica dominata piuttosto da altri *taxa*, tra cui anche gruppi notoriamente competitori dei Cianobatteri.

Occorre peraltro considerare che:

- il più recente caso di allerta per *P. rubescens*, con fioritura oltre i limiti stabiliti per la balneazione dall'OMS si è verificato nel 2007 e che ad oggi non sono noti in tutta l'area del Maceratese, dove i laghi affetti da questo problema ambientale sono tre, disposti in serie - Fiastrone, Borgiano, Delle Grazie – casi di intossicazione grave da *P. rubescens*, né per l'uomo né per gli animali domestici o selvatici.

- il lago delle Grazie, posto a valle del Borgiano, presenta anch'esso la specie. Esso serve l'acquedotto di Tolentino, mentre il Polverina non è fruito per uso idropotabile, né per la balneazione, come invece sono Fiastrone, Borgiano e Delle Grazie, né per sport acquatici di sorta, se non per la pesca, realizzata con carp-fishing e con prevalentemente l'adozione delle tecniche etiche del no-kill. Non vi sono aree di pic-nic o spiagge sul lago, non vi insistono direttamente allevamenti di bestiame o piste ciclo-pedonali. Il contatto di uomo e animale domestico con l'acqua del lago può davvero considerarsi un caso remoto, facilmente monitorabile e controllabile.

- non si dimentica che il lago di Polverina è un sito di importanza internazionale per gli Uccelli. Tra tutte le specie elencate per la zona umida (Ramsar, 1971) "Lago di Polverina", Codice sito ITE33W2800 - *Podiceps cristatus*, *Ardea cinerea*, *Pandion haliaetus*, *Circus aeruginosus*, *Circus cyaneus*, *Grus grus*, *Nycticorax nycticorax*, *Phalacrocorax carbo*, *Egretta garzeta*, *Egretta alba*, *Anas platyrhynchos*, *Anas crecca*, *Gallinago gallinago*, *Actitis hypoleucos*, *Picoides Minor*, *Picoides major*, *Sitta europaea*, *Ciconia ciconia*, *Aythya fuligula*, *Netta rufina*, *Falco peregrinus* – nessuna può dirsi stanziale esclusivamente nel Polverina e tutte sono suscettibili di compiere spostamenti, frequentando e colonizzando altrettanto similmente i laghi di Borgiano e Delle Grazie, anch'essi riconosciuti aree Ramsar (quest'ultima peraltro classificata Oasi faunistica) e peraltro già interessati dalla presenza del Cianobatterio *P. rubescens*. Nondimeno, da ciò deriva anche un'altra considerazione: e cioè che pur frequentando anche gli altri laghi, diversi uccelli si sono certamente offerti nel tempo come vettori per il trasporto del Cianobatterio anche nel Polverina ed il fatto che qui la specie non risulti presente a seguito dell'indagine puntuale condotta potrebbe essere interpretato come dimostrazione della mancata idoneità dell'invaso ad ospitare stabilmente la specie o perlomeno a favorirne la fioritura.

- a supporto della tesi per cui l'invaso di Polverina non si presenti come habitat idoneo per *P. rubescens*, per le caratteristiche morfologiche, idrodinamiche e trofiche, concorre anche il fatto che in esso la quota di Cianobatteri nella comunità fitoplanctonica risulta allo stato attuale limitatamente rappresentata, a differenza del Fiastrone dove invece è dominante.

- si sottolinea, inoltre, che sull'invaso di Polverina non insistono un uso idropotabile delle acque e forme di fruizione quali la balneazione o sport acquatici. Vi si pratica la pesca ricreativa, concentrata su carpa e savetta (due specie non pescate per il consumo), con tecniche etiche di cattura e rilascio. Dunque il Polverina, svolta la sua funzione di vaso artificiale a servizio della Centrale Idroelettrica di Valcimarra, recapita le proprie acque sia attraverso la via naturale del Chienti, sia attraverso la centrale di Valcimarra, nel Borgiano, posto pochi chilometri più a valle, dove la presenza stabile del Cianobatterio *P. rubescens* è una realtà nota da molti anni.

Si consideri peraltro che Cianobatteri sono già presenti nel Polverina e che, come ben noto, si parla di tossicità potenziale proprio perché la tossicità non è un fatto che automaticamente si realizza per la sola presenza di una determinata specie potenzialmente tossica. La tossicità delle fioriture di cianobatteri si esprime in percentuale relativa e distribuzione spaziale in quanto può subire variazioni anche molto importanti in dipendenza di diversi fattori in grado di influenzare la produzione di tossine, come: la variabilità genetica, la dinamica di popolazione e fattori ambientali. Sono tossiche solo le popolazioni che contengono genotipi in grado di produrre tossine algali, inoltre la variabilità genetica è estremamente elevata all'interno della stessa popolazione, determinando sub-popolazioni tossiche e non tossiche il cui equilibrio può essere dipendente da altri aspetti e processi non ancora chiariti: pare che la densità possa giocare un ruolo importante nel caso di *P. rubescens*, per la quale sembrerebbe che la tossicità si verifichi in caso di dominanza e densità molto elevate della specie all'interno della comunità fitoplanctonica e le caratteristiche morfologiche e idrodinamiche del Polverina lo preserverebbero da densità elevate della specie. Anche i fattori ambientali svolgono una funzione importante nella produzione di tossine: da quelli abiotici (nutrienti, luce, temperatura) a quelli biotici (predazione, competizione). Tutto ciò per dire che il trasferimento di *P. rubescens* nel Polverina, ammettendone l'attuale assenza nel lago, non implica *tout court* fenomeni di tossicità e che tutte le evidenze sulla morfologia, idrodinamica e idrologia del Polverina nonché le conoscenze sull'autoecologia di questa specie fanno presumere che la sua eventuale presenza nel Polverina sarà un fenomeno strettamente riferito al suo trasporto dal Fiastrone, come già è stato verificato da ARPAM per il Borgiano.

Per tutto quanto esposto, dunque, si considera che il trasferimento del Cianobatterio *P. rubescens* nell'invaso di Polverina, pur possibile (qualora non già presente), non sia suscettibile di causare un impatto significativo sull'ambiente o sulla salute umana; sia perché le acque del Polverina sono utilizzate esclusivamente a scopo idroelettrico e, attraverso il Chienti, si immettono, senza altre deviazioni o attingimenti, nel lago di Borgiano, che già riceve le sue acque con quelle del Fiastrone e che è già interessato dalla presenza di *P. rubescens*; sia perché non vi insistono attività di balneazione o altri sport acquatici, al di fuori della pesca ricreativa, non praticata per il consumo; sia perché il lago non si presta all'affermazione di una popolazione stabile e dominante della specie, la cui presenza (e delle eventuali tossine) sarà del tutto riferibile al Fiastrone, come già osservato per il Borgiano, simile al Polverina per le caratteristiche morfologiche e termiche e idrodinamiche,

e scoraggiata ulteriormente da una pronunciata turbolenza delle acque del lago e da tempi di ricambio estremamente brevi.

A proposito invece dei sistemi di abbattimento dei cianobatteri e delle tossine eventualmente attivabili per scongiurarne il passaggio da un lago all'altro, si evidenzia che non esistono attualmente sistemi di degradazione delle tossine che possano definirsi sostenibili nel quadro del presente progetto. Qualsiasi sistema si pensi di poter mettere in atto richiederebbe un utilizzo di risorse economiche e ambientali talmente sproporzionato da non rappresentare una via di soluzione del problema realisticamente percorribile. Strategie di intervento che prevedano la captazione selettiva delle acque grezze con lo scopo di evitare i *bloom* algali di cianobatteri, definendo il posizionamento strategico delle opere di presa in modo da individuare l'opportuna profondità di captazione sono strade del tutto impercorribili, in quanto significherebbero un totale stravolgimento del progetto, il cui pregio principale si erge proprio sul bassissimo impatto ambientale garantito dal fatto che non sono necessarie infrastrutturazioni pesanti per la sua realizzazione, potendo fare affidamento sulle condotte già esistenti, adattabili al nuovo servizio con aggiustamenti puntuali, risolti in ambiente sotterraneo. L'uso di barriere (Sylvain *et al.*, 2013) per limitare il movimento delle schiume in questo caso non sarebbe di alcun aiuto, per via, tra l'altro, della mobilità lungo la colonna del Cianobatterio in questione. I trattamenti chimici con alghicidi (es. cloro od ozono) sono stati usati efficacemente in passato, ma sono oggi sconsigliati in quanto potrebbero causare la lisi cellulare e quindi il rilascio delle tossine (ISS & Talete Spa, 2015). Il loro uso dovrebbe comunque limitato alle prime fasi della crescita algale. La concentrazione di tossina intra ed extra-cellulare può essere efficacemente abbattuta tramite processi fisici o chimico-biologici convenzionalmente adottati e correttamente gestiti in un impianto di potabilizzazione opportunamente dimensionate sulle portate di progetto, principalmente basati su coagulazione e flocculazione, filtrazione e disinfezione chimica con agenti ossidanti. Anche questa via risulta del tutto impercorribile in termini ambientali ed economici.

Rete Ecologica e Rete Natura 2000. Riguardo a questo aspetto, occorre tener presente i risultati della modellazione in termini di ricadute sugli emissari dei due invasi: t. Fiastrone e fiume Chienti. In entrambi i casi è stato rilevato un impatto del tutto irrisorio e non significativo sulla qualità ecologica dei corsi d'acqua; il posizionamento degli scarichi del DMV sulle dighe, le implicazioni idrodinamiche e termiche del rimescolamento e la sua evoluzione temporale rendono conto dell'assenza di alterazioni significative delle caratteristiche chimico-fisiche, biologiche ed ecologiche dei due corsi d'acqua. In questo senso tutte le componenti biologiche del torrente Fiastrone e del fiume Chienti devono intendersi preservate da qualsiasi rischio riferibile al rimescolamento delle acque dei due invasi. Con riferimento alla composizione delle comunità ittiche dei due invasi in progetto, del tutto comparabili e che non fanno temere per l'eventuale ulteriore diffusione di specie aliene invasive, le condizioni di pressione instaurate nelle condotte forzate per il trasferimento dei volumi d'acqua previsti, il comportamento animale delle specie che colonizzano i due invasi, come già discusso nello SIA, rendono peraltro l'ipotesi di un trasferimento animale da un lago all'altro attraverso il sistema reversibile turbinaggio-pompaggio una eventualità talmente remota da poter essere definita non realistica e la rete ecologica del tutto preservata da possibili impatti negativi eventualmente riferibili al progetto.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 Letteratura di settore e scientifica

AIAD. (2021). Principi guida riguardanti le immissioni di fauna ittica nelle acque interne italiane. Tratto da [www.aiad.it:https://www.aiad.it/sito/images/docs/sistematica/AIAD-Principi_guida_immissioni_fauna_ittica_05032021.pdf](https://www.aiad.it/sito/images/docs/sistematica/AIAD-Principi_guida_immissioni_fauna_ittica_05032021.pdf)

ARPAM. (2005). Monitoraggio Acque dei Laghi Fiastrone, Borgiano, Le Grazie e Polverina Gennaio 2004-Marzo 2005. Dipartimento Provinciale di Macerata - Servizio Acque.

ARPAM. (2013). RELAZIONE TRIENNALE 2010-2012 SULLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI LACUSTRI DELLA REGIONE MARCHE.

ARPAM. (2014). Monitoraggio dei laghi Fiastrone, Borgiano, Le Grazie, Polverina e Castreccioni - Anno 2014. Dipartimento Provinciale di Macerata – Servizio Acque.

ARPAM. (2016). RELAZIONE TRIENNALE 2013-2015 SULLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI LACUSTRI DELLA REGIONE MARCHE.

ARPAM. (2018). RELAZIONE TRIENNALE 2015-2017 SULLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI LACUSTRI DELLA REGIONE MARCHE .

ARPAM. (2019). Relazione sulla qualità dei corsi d'acqua della Regione Marche: Bacino del Chienti.

ARPAM. (2021). RELAZIONE TRIENNALE 2018-2020 SULLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI LACUSTRI DELLA REGIONE MARCHE.

ARPAM. (2022, luglio). <https://www.arpa.marche.it/indicatori-ambientali?id=928#:~:text=Al%2031%2F12%2F2020%20il,pari%20al%207%2C1%25>. Tratto da www.arpa.marche.it.

ARPAT. (2017). Piano Regionale per la Qualità dell'Aria Ambiente - PRQA. Allegato 2: Documento tecnico con determinazione di valori limite di emissione e prescrizione per le attività produttive. Regione Toscana.

Beltrami, F. (2021). The impact of hydroelectric storage in the Italian power market. Working Paper Series Department of Economics University of Verona. Verona.

Biondi, E., Allegranza, M., Baldoni, M., Casavecchia, S., Pinzi, M., & Taffetani, F. (2014). Le serie di vegetazione della Regione Marche.

Bowmer K.H., Padovan A., Oliver R.L., Korth W., Ganf G.G., 1992. Physiology of geosmin production by *Anabaena circinalis* isolated from the Murrumbidgee River, Australia. *Water Sci Technol*; 25: 259-67.

Brunner, A., Celada, C., Rossi, P., & Gustin, M. (2002). Sviluppo di un sistema nazionale delle ZPS sulla base della rete delle IBA (Important Bird Areas)". LIPU. BirdLife International

Carey CC, Ibelings BW, Hoffmann EP, Hamilton DP, Brookes JD, 2012. Eco-physiological adaptations that favour freshwater cyanobacteria in a changing climate. *Water Res*; 46: 1394-407.

Cerasino L., Salmaso N., 2012. Diversity and distribution of cyanobacterial toxins in the Italian subalpine lacustrine district. *Oceanol Hydrobiol Studies* 2012; 41: 54-63.

CESI. (2020). Progetto di Gestione dell'invaso di Polverina (MC). Enel Green Power Italia srl.

CESI. (2021). Progetto di Gestione dell'invaso di Fiastrone (MC). Enel Green Power Italia srl.

Ciabò, S., & Fabrizio, M. (2007). Aggiornamento dei quadri conoscitivi relativi alla fauna presente nei siti della rete europea "Natura 2000" – DocUP Obiettivo 2 Marche. Tratto da <http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Biodiversit%C3%A0ereteecologica/Biodiversit%C3%A0/Studifaunistichebotanici.aspx>.

Codd GA, Lindsay J, Young FM, Morrison LF, Metcalf JS., 2005. Harmful cyanobacteria. From mass mortalities to management measures. In: Huisman J, Matthijs HTP, Visser PM. *Harmful cyanobacteria*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Dadheech P.K., Glöckner G., Casper P., Kotut K., Mazzoni C.J., Mbedi S., Krienitz L., 2013. Cyanobacterial diversity in the hot spring, pelagic and benthic habitats of a tropical soda lake. *FEMS Microbio Ecol*; 85: 389-401

Dietrich D, Hoeger S., 2005. Guidance values for microcystins in water and cyanobacterial supplement products (blue-green algal supplements): A reasonable or misguided approach? *Toxicol Appl Pharm*; 203(3 SPEC. ISS.): 273-89.

Downing JA, Watson SB, McCauley E, 2001. Predicting Cyanobacteria dominance in lakes. *Can J Fish Aquat Sci*; 58: 1905-8.

Ente di Gestione Parco Nazionale Monti Sibillini. (2002). Piano del Parco - Norme Tecniche di Attuazione. Testo coordinato con modifiche approntate dalla C.P. in data 21.09.2002 e adeguato.

Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini. (2021). Relazione sulla performance 2021 dell'Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

Freyhof, J., & Kottelat, M. (2012). *Salmo cettii* In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.1.

Funari E, Manganelli M, Scardala S, Stefanelli M, Palazzo F, Testai E, Gemma S, Vichi S., 2011. Indagine per approfondire gli aspetti sanitari associati alle fioriture di *Planktothrix rubescens* nel Lago di Vico. Relazione finale. Roma: Istituto Superiore di Sanità, Provincia di Viterbo.

Funari E, Manganelli M, Testai E (Ed.), 2014. Cianobatteri: linee guida per la gestione delle fioriture nelle acque di balneazione. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2014. (Rapporti ISTISAN 14/20).

Funari E, Scardala S, Testai E (Ed.), 2008. Cianobatteri potenzialmente tossici: aspetti ecologici, metodologici e valutazione del rischio. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2008. (Rapporti ISTISAN 08/6).

Funari F., Manganelli M. & Testai E., 2014. Cianobatteri: linee guida per la gestione delle fioriture nelle acque di balneazione., v, 254 p. Rapporti ISTISAN 14/20

- George G (Ed.), 2010. The impact of climate change on European lakes. Dordrecht: Springer.
- Görtz, J., Aouad, M., Wieprecht, S., & Terheiden, K. (2022). Assessment of pumped hydropower energy storage potential along rivers and shorelines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 165. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112027>
- ISPRA, & Università di Perugia. (2019). LIFE STREAMS LIFE18 NAT/IT/000931 - Salmo ceTtii REcovery Actions in Mediterranean Streams. ACTION A.2: Field Manual for technical personnel training.
- ISPRAmbiente. (2007). Catalogo degli eventi franosi in Italia – IFFI.
- ISPRAmbiente. (2022). Network nazionale per la biodiversità. Tratto da www.nnb.isprambiente.it/: <https://www.nnb.isprambiente.it/it/il-network>
- ISTAT. (2020). Regione Marche. DATI STATISTICI PER IL TERRITORIO, p. 26.
- ISTAT. (2022, 03 22). Il Censimento permanente della popolazione nelle Marche. Censimenti peramenti: popolazione e abitazioni, p. 13.
- ISTISAN. 97/21. ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ. Indicazioni per il controllo delle specie algali tossiche delle acque marine e lacustri italiane
- Istituto Superiore di Sanità & Talete Spa, 2015. Accordo Istituto Superiore di Sanità - Talete Spa "*Gestione del rischio correlato alla presenza di cianobatteri nella filiera idrica delle acque destinate al consumo umano captate dal lago di Bolsena*". Relazione finale aprile 2015.
- Jaquet S, J. Briand F, Leboulanger C, Avois-Jacquet C, Oberhaus L, Tassin B, Vinçon-Leite B, Paolini G, Druart JC, Anneville O, Humbert J-F, 2005. The proliferation of the toxic cyanobacterium *Planktothrix rubescens* following restoration of the largest natural French lake (Lac du Bourget). *Harmful Algae*; 4: 651-72.
- Jensen J. P., Jeppesen E., Olrik K. & Kristensen P. 1994 Impact of nutrients and physical factors on the shift from cyanobacterial to chlorophyte dominance in shallow Danish lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51 (8), 1692–1699.
- Jeppesen E, Søndergaard M, Jensen JP, Havens KE, Anneville O, Carvalho L, Coveney MF, Deneke R, Dokulil MT, Foy B, Gerdeaux D, Hampton SE, Hilt S, Kangur K, Köhler J, Lammens EHHR, Lauridsen TL, Manca M, Miracle MR, Moss B, Nöges P, Persson G, Phillips G, Portielje R, Romo S, Schelske CL, Straile D, Tatrai I, Willén, E, Winder M, 2005. Lake responses to reduced nutrient loading - An analysis of contemporary long-term data from 35 case studies. *Freshwater Biol*; 50(10): 1747-71.
- Jingjing Li, Xinyan X, Xuanxuan X, Shuai L, Xin Y, Xian Z., 2023. Green algae outcompete cyanobacteria in a shallow lake, Longhu Lake. *Water Supply* (2023) 23 (7): 2649–2661.
- Kleinteich J., Wood S.A., Küpper F.C., Camacho A., Quesada A., Frickey T., Dietrich D.R., 2012. Temperature related changes in polar cyanobacterial mat diversity and toxin production. *Nature Climate Change*; 2: 356-60.
- Kottelat M, Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.

Lorenzoni M & Esposito L., 2011. *La carta ittica delle Marche Regione Marche*. Assessorato Caccia e Pesca Sportiva. 631 pp.

Lüring M, Eshetel F, Faassen EJ, Kosten S, Huszar VLM, 2013. Comparison of cyanobacterial and green algal growth rates at different temperatures. *Freshwater Biol*; 58: 552-9.

Makhalanyane T.P., Valverde A., Lacap D.C., Pointing S.B., Tuffin M.I., Cowan D.A., 2013. Evidence of species recruitment and development of hot desert hypolithic communities. *Environ Microbiol Reports*; 5: 219-24.

Manganelli M, Scardala S, Stefanelli M, Palazzo F, Funari E, Vichi S, Buratti FM, Testai E., 2012. Emerging health issues of cyanobacterial blooms. *Ann Ist Super Sanità*; 48(4): 415-28.

Messineo V., Melchiorre S., Di Corcia A., Gallo P., Bruno M., 2010. Seasonal succession of *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Aphanizomenon ovalisporum* blooms with cylindrospermopsin occurrence in the volcanic lake Albano, Central Italy. *Environ Toxicol*; 25: 18-27.

Metcalf J.S., Codd G.A., 2012 Cyanotoxins. In: Whitton BA (Ed.). *Ecology of Cyanobacteria II: Their diversity in space and time*. Dordrecht: Springer; p. 651-75.

MITE. (2022). <http://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/>. Tratto da <http://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/>

O'Neil JM, Davis TW, Burford MA, Gobler CJ, 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful Algae*; 14: 313-34.

Oliver RL, Hamilton DP, Brookes JD, Ganf GG., 2012. Physiology, blooms and prediction of planktonic cyanobacteria. In: Whitton BA. (Ed.). *Ecology of Cyanobacteria II: Their diversity in space and time*. Dordrecht: Springer; p. 155-94.

Paerl H, 2008. Nutrient and other environmental controls of harmful cyanobacterial blooms along the freshwater-marine continuum. In: Hudnell HK (Ed.). *Cyanobacterial harmful algal blooms: State of the science and research needs*. New York: Springer; p. 217-37.

Paerl H.W., Huisman J., 2009. Climate change: A catalyst for global expansion of harmful cyanobacterial blooms. *Environ Microbiol Rep* 2009; 1(1): 27-37.

Paerl HW, Paul VJ., 2012. Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Res*; 46(5): 1349-63.

Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 2021. Relazione sulla performance 2021 dell'Ente Parco Nazionale dei Monti Sibillini, 58 p. Risorsa disponibile online, URL: <https://performance.gov.it/performance/relazioni-performance/documento/1410>

Prefettura di Macerata. (2001). Piani di Emergenza per l'area interessata dalle dighe di POLVERINA - BORGIANO - FIASTRONE.

Quiblier C, Wood S, Echenique-Subiabre I, Heath M, Villeneuve A, Humbert J-F. 2013. A review of current knowledge on toxic benthic freshwater cyanobacteria: ecology, toxin production and risk management. *Water Res*;47: 5464-79.

Regione Marche. (2006). Regione Marche, 2006. Monitoraggio dei siti della rete Natura 2000 delle Marche per la loro gestione e conservazione e per la realizzazione della Rete Ecologica Marche (REM). Completamento delle indagini di base. <http://www.ambiente.marche.it/Ambiente/Biodiversit%C3%A00ereteecologica/Biodiversit%C3%A00/Studifaunistichebotanici.aspx>.

Regione Marche. (2010). Piano di Tutela delle Acque - PTA.

Regione Marche. (2022). Rete Natura 2000. Tratto da www.regione.marche.it: https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina_basec393.html?id=1548

RSE. (2012). Valutazione del potenziale dei sistemi di accumulo di energia mediante centrali di pompaggio idroelettrico per il sistema idroelettrico italiano – Analisi di fattibilità preliminari.

Ruffo, S., & Stoch, F. (2005). Checklist e distribuzione della fauna italiana. 10.000 specie terrestri e delle acque interne. Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2. serie, Sezione Scienze della Vita, 16: 1-307 + CD-ROM.

Salmaso N, Miola A, Cordella P, 1992. Phytoplankton succession in the euphotic zone of Lake Corlo (Northern Italy) during summer stratification. *Giornale Botanico Italiano*, 1992; 126: 463-80.

Salmaso N, Mosello R, 2010. Limnological research in the deep southern subalpine lakes: synthesis, directions and perspectives. *Adv Oceanogr Limnol*; 1: 29-66.

Schopf JW. The fossil record of cyanobacteria, 2012. In: Whitton BA (Ed.). *Ecology of cyanobacteria II: Their diversity in space and time*. Dordrecht: Springer, p. 15-36.

Shams S, Cerasino L, Salmaso N, Dietrich DR., 2014. Experimental models of microcystin accumulation in *Daphnia magna* grazing on *Planktothrix rubescens*: Implications for water management. *Aquatic Toxicol*; 148: 9-15.

SNPA. (2020). Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale ISBN 978-88-448-0995-9 .

Sotton B, Guillard J, Anneville O, Maréchal M, Savichtcheva O, Domaizon I., 2014. Trophic transfer of microcystins through the lake pelagic food web: evidence for the role of zooplankton as a vector in fish contamination. *Sci Total Environ*;466-467: 152-163.

Studio Geco A.P. (2019). Studio Geco A.P., 2019. Piano Faunistico-Venatorio Regionale (Approvazione: DGR 1619/2019). Regione Marche. Tratto da <https://www.norme.marche.it/Delibere>.

Watson SB, McCauley E, Downing JA, 1997. Patterns in phytoplankton taxonomic composition across temperate lakes of differing nutrient status. *Limnol Oceanogr*; 42: 487-95.

Yang J., Tang H., Zhang X., Zhu X., Huang Y. & Yang Z. 2018 High temperature and pH favor *Microcystis aeruginosa* to outcompete *Scenedesmus obliquus*. *Environmental Science and Pollution Research* 25 (5), 4794–4802.

Zerunian S., 2004 - *Pesci delle acque interne d'Italia*. Ministero dell'Ambiente e Ist. Naz. Fauna Selvatica, Quad. Cons. Natura, 20, 257 pp.+ CD.

Zerunian S., 2007 - *Problematiche di conservazione dei Pesci d'acqua dolce italiani*. In: Zerunian S. e Genoni P. (eds.). *La Fauna Ittica dei Corsi d'Acqua: qualità ambientale, ricerca e conservazione della biodiversità*. *Biologia Ambientale*, 21 (2): 49-55.

Zerunian S., 2013 - *Lista Rossa dei Vertebrati Italiani: considerazioni critiche relative ai Pesci d'acqua dolce*. *Biologia Ambientale*, 27 (2): 78-85.

Zerunian S., De Ruosi T., 2002 - *Iconografia dei Pesci delle acque interne d'Italia / Iconography of Italian Inland Water Fishes*.

Zerunian, S., & De Ruosi, T. (2013). *Lista Rossa dei Vertebrati Italiani: considerazioni critiche relative ai Pesci d'acqua dolce*. *Biologia Ambientale*, 27 (2): 78-85.

Zohary T, Padišák J, Naselli-Flores L (Ed.), 2010. *Phytoplankton in the physical environment: papers from the 15th workshop of the International Association for Phytoplankton Taxonomy and Ecology (IAP) held at the Ramot Holiday Resort on the Golan Heights, Israel, 23-30 November 2008*. *Hydrobiologia*; 639(1).

7.2 Sitografia ufficiale

Network nazionale per la biodiversità: <https://www.nnb.isprambiente.it/it/il-network>

Sito del MITE dedicato al Reporting ex. Art 17 DH:

<http://reportingdirettivahabitat.isprambiente.it/>

Sito della Regione Marche dedicato alla Rete Natura 2000:

https://www.regione.marche.it/natura2000/pagina_basec393.html?id=1548

Formulari standard dei 4 siti Rete Natura 2000 presenti nell'area vasta di progetto, depositati presso piattaforma europea:

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330011>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330017>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330027>

<https://natura2000.eea.europa.eu/Natura2000/SDF.aspx?site=IT5330029>

IUCN Red List of Threatened species: <https://www.iucnredlist.org/>

Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/>. Dalla piattaforma sono state estratte oltre 8.300 segnalazioni di presenza di specie faunistiche nell'area in studio, selezionate tramite l'utilità di definizione

dell'area geografica di interesse. Tra queste, non sono state considerate tutte le segnalazioni antecedenti il 2002 e per ogni specie è stata considerata l'ultima segnalazione disponibile. I riferimenti per la ricerca effettuata sono i seguenti: GBIF.org (4 August 2022) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.m588dj>

Preme introdurre la piattaforma GBIF ricordando che si tratta del più grande database sulla biodiversità esistente a livello mondiale. GBIF è un'iniziativa lanciata dall'OCSE nel 1996 nel quadro del *Megascience Forum Working Group on Biological Informatics*. Si è concretizzata nel 2001 con l'apertura ufficiale del portale GBIF a Copenaghen, sede del segretariato permanente. La rete internazionale GBIF | Global Biodiversity Information Facility gestisce la più grande raccolta di dati sulla biodiversità di libero accesso. Più di 1,6 miliardi di dati osservazionali provenienti da 50.000 fonti individuali sono riuniti in un unico portale.

IUCN Italia: <http://www.iucn.it/liste-rosse-italiane.php>

Checklist della fauna italiana: <https://www.lifewatchitaly.eu/iniziative/checklist-fauna-italia-it/checklist-table/>

Siti ufficiali di progetti di conservazione della fauna ittica, attivi localmente nell'area vasta di progetto:

<https://www.lifetrota.eu>

<https://www.lifestreams.eu>

7.3 Sitografia non ufficiale e social media

<https://www.matchfishing.it/>

<https://amarche.it/>

www.turismo.marche.it

<https://www.pesca.abruzzo.it>

<http://italiapescasportiva.altervista.org>

<https://www.passionecarpfishing.com>

<https://www.sibillinigo.it>

Analisi di immagini e video su motore di ricerca google.it; Facebook; Youtube

8. ALLEGATI

8.1 RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI MONITORAGGIO SUL CAMPO

Di seguito si riportano integralmente i risultati della campagna di rilievo sul campo di dati di qualità chimico-fisica e biologici relativi agli invasi del Fiastrone e di Polverina.

DATI RILEVATI CON SONDA MULTIPARAMETRICA HYDROLAB MS5

INVASO DI POLVERINA

Data: 3 aprile 2023

Nome invaso: POLVERINA		Stazione monitoraggio			Diga-opera di presa			
GPS N: 43° 5'18.39"		GPS E:			13° 6'33.31			
Meteo: nuvoloso, vento		Eufotica (m)			1,75			
Taria (°C): 13		Disco di Secchi (m):			0,7			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)	ORP (mV)
14:00 -14.50	0	11,47	10,57	96,8	389,7	8,28	0,19	174
	1	11,48	10,65	97,5	390,2	8,27	0,19	174
	2	11,48	10,63	97,3	390,0	8,25	0,19	175
	3	11,38	10,54	96,2	390,0	8,21	0,19	176
	4	11,31	10,42	95,1	391,3	8,20	0,19	177
	5	11,33	10,43	95,1	391,4	8,19	0,19	178
	6	11,30	10,44	95,2	391,3	8,17	0,19	178
	7	11,29	10,37	94,5	391,6	8,17	0,19	181

Nome invaso: POLVERINA		Stazione monitoraggio			Centro lago-ARPAM			
GPS N: 43° 5'6.01"		GPS E:			13° 6'12.33			
Meteo: nuvoloso, vento		Eufotica (m)			2			
Taria (°C): 13		Disco di Secchi (m):			0,8			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)	ORP (mV)
12:20-13:10	0	11,58	10,85	99,5	390,0	8,36	0,19	171
	1	11,56	10,78	98,9	390,0	8,28	0,19	172
	2	11,52	10,76	98,6	390,0	8,27	0,19	174
	3	11,49	10,76	98,6	391,5	8,26	0,19	176
	4	11,46	10,74	98,3	390,0	8,23	0,19	177
	5	11,45	10,73	98,1	390,3	8,21	0,19	178

Data: 6 Giugno 2023

Nome invaso: POLVERINA		Stazione monitoraggio			Diga-opera di presa			
GPS N: 43° 5'18.39"		GPS E:			13° 6'33.31			
Meteo: pioggia e nuvoloso		Eufotica (m)			2,5			
Taria (°C): 18		Disco di Secchi (m):			1			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)	ORP (mV)
14:00 -14.50	0	18,35	12,49	138,2	383,7	8,09	0,19	163
	1	14,56	10,28	107,0	395,6	7,98	0,19	164
	2	14,12	10,11	104,1	396,5	7,85	0,19	164
	3	13,78	9,38	101,0	399,9	7,84	0,19	163
	4	13,30	9,38	95,0	398,7	7,76	0,19	164
	5	12,97	8,85	89,9	400,8	7,71	0,19	164
	5,8	12,83	8,66	86,5	402,4	7,69	0,20	164

Nome invaso: POLVERINA			Stazione monitoraggio		Centro lago-ARPAM			
GPS N: 43° 5'6.01"			GPS E:		13° 6'12.33			
Meteo: pioggia e nuvoloso			Eufotica (m)		2,5			
Taria (°C): 18			Disco di Secchi (m):		1			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)	ORP (mV)
12:20-13:10	0	16,97	12,31	134,0	389,0	8,16	0,19	280
	1	15,29	11,39	119,1	400,5	8,03	0,19	278
	2	14,31	11,09	114,5	400,4	7,93	0,19	278
	3	13,51	10,30	103,8	406,2	7,88	0,20	278
	4	13,19	9,97	99,8	408,3	7,9	0,20	276
	4,3	13,10	9,92	99,5	408,6	7,89	0,20	240

INVASO DEL FIASTRONE

Data: 4 aprile 2023

Di seguito si riportano le tabelle dei parametri chimico fisici raccolti in campo tramite sonda multiparametrica

Hydrolab MS5

Nome invaso: FIASTRONE			Stazione monitoraggio		Diga-opera di presa			
GPS N: 43° 3'37.13"N			GPS E:		13°10'59.92"E			
Meteo: nevischio, vento			Eufotica (m)		5			
Taria (°C): 2			Disco di Secchi (m):		2			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)	
9:20-10:30	0	8,83	11,97	102,9	304,0	8,35	0,15	
	1	8,90	11,95	103,0	303,0	8,38	0,15	
	2	8,94	11,93	102,9	302,9	8,36	0,15	
	3	8,95	11,93	102,9	303,2	8,38	0,15	
	4	8,95	11,88	102,5	303,0	8,37	0,15	
	5	8,93	12,02	103,8	304,2	8,38	0,15	
	6	8,95	11,93	102,9	303,7	8,38	0,15	
	7	8,94	11,91	102,7	302,2	8,37	0,15	
	8	8,94	11,91	102,8	304,2	8,38	0,15	
	9	8,94	11,89	102,4	304,2	8,37	0,15	
	10	8,94	11,88	102,3	303,9	8,37	0,15	
	11	8,94	11,87	102,3	304,3	8,37	0,15	
	12	8,94	11,90	102,5	304,1	8,38	0,15	
	13	8,93	11,87	102,5	304,2	8,38	0,15	
	14	8,90	11,89	102,5	303,3	8,36	0,15	
	15	8,92	11,90	102,6	303,6	8,37	0,15	
	16	8,93	11,89	102,5	307,3	8,37	0,15	
	17	8,93	11,89	102,5	304,1	8,37	0,15	
	18	8,92	11,87	102,2	303,5	8,36	0,15	
	19	8,92	11,90	102,5	304,6	8,36	0,15	
	20	8,92	11,89	102,4	304,7	8,36	0,15	
	22	8,93	11,93	102,8	304,2	8,37	0,15	
	24	8,88	11,84	101,9	303,7	8,35	0,15	
	26	8,85	11,85	102,0	304,8	8,33	0,15	
	28	8,80	11,78	101,3	303,6	8,31	0,15	
	30	8,78	11,76	101,1	305,1	8,31	0,15	
	32	8,72	11,74	100,7	305,4	8,27	0,15	
	34	8,70	11,80	101,4	305,1	8,28	0,15	
	36	8,64	11,66	99,9	305,6	8,27	0,15	
	38	8,61	11,63	99,5	305,5	8,27	0,15	
	40	8,60	11,70	99,7	305,8	8,26	0,15	
	42	8,55	11,75	100,6	304,8	8,24	0,15	
	44	8,43	11,60	99,1	305,5	8,24	0,15	

ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
	46	8,33	11,39	99,0	304,1	8,23	0,15
	48	8,31	11,57	98,3	305,1	8,23	0,15
	50	8,27	11,57	98,3	305,7	8,23	0,15
	52	8,25	11,55	97,9	305,5	8,22	0,15
	54	8,23	11,47	97,3	305,6	8,11	0,15

Nome invaso: FIASTRONE		Stazione di monitoraggio: Centro lago- ARPAM					
GPS N: 43° 3'13.21"N		GPS E: 13°10'25.40"E					
Meteo: nevischio, vento		Zona eufotica (m) 5					
T aria (°C): 2		Disco di Secchi (m): 2					
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
10:50 -11:35	0	9,05	11,97	103,6	303,8	8,46	0,15
	1	9,07	11,97	103,5	303,5	8,46	0,15
	2	9,07	11,95	103,4	304,0	8,44	0,15
	3	9,07	12,04	104,1	305,3	8,43	0,15
	4	9,07	11,91	103,2	303,0	8,43	0,15
	5	9,06	11,97	103,6	303,1	8,43	0,15
	6	9,06	12,10	104,8	303,5	8,42	0,15
	7	9,06	11,94	103,0	303,9	8,42	0,15
	8	9,06	11,93	103,2	303,6	8,41	0,15
	9	9,06	12,02	104,0	303,8	8,4	0,15
	10	9,06	11,91	103,0	304,0	8,4	0,15
	12	9,06	11,97	103,4	304,0	8,39	0,15
	14	9,06	11,94	103,3	303,0	8,38	0,15
	16	9,02	11,89	102,8	304,3	8,36	0,15
	18	8,96	11,90	102,7	304,2	8,35	0,15
	20	8,91	11,85	102,2	303,7	8,33	0,15
	22	8,90	11,80	101,7	304,0	8,32	0,15
	24	8,87	11,79	101,5	303,7	8,3	0,15
	26	8,83	11,79	101,4	304,8	8,3	0,15
	28	8,82	11,76	101,2	304,2	8,3	0,15
30	8,80	11,78	101,2	303,6	8,3	0,15	
32	8,78	11,70	100,5	304,6	8,29	0,15	
34	8,73	11,73	100,7	304,1	8,27	0,15	
36	8,70	11,77	101,1	304,7	8,26	0,15	
37	8,71	11,60	99,0	304,5	8,26	0,15	

Data: 7 Giugno 2023

Nome invaso: FIASTRONE		Stazione monitoraggio Diga-opera di presa					
GPS N: 43° 3'37.13"N		GPS E: 13°10'59.92"E					
Meteo: sereno		Eufotica (m) 6,25					
T aria (°C): 20		Disco di Secchi (m): 2,5					
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
8:45-9:40	0	18,15	10,95	120,2	263,3	8,44	0,13
	1	18,07	11,00	120,4	263,2	8,42	0,13
	2	18,05	11,00	120,3	263,2	8,41	0,13
	3	18,04	11,02	120,7	263,2	8,40	0,13
	4	18,02	10,94	119,7	263,8	8,39	0,13
	5	15,13	13,77	143,1	274,9	8,4	0,13
	6	13,97	13,64	137,4	277,8	8,39	0,13
	7	13,45	13,80	136,8	278,2	8,41	0,13
	8	12,97	13,65	134,5	280,5	8,39	0,14
	9	12,60	13,01	127,4	282,0	8,33	0,14
10	12,55	12,79	124,6	281,7	8,31	0,14	

ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
	11	12,33	11,13	117,5	284,9	8,26	0,14
	12	12,14	11,83	114,4	285,0	8,23	0,14
	13	12,04	11,39	110,0	286,6	8,23	0,14
	14	11,90	11,37	109,0	286,3	8,22	0,14
	15	11,83	11,11	106,5	287,0	8,2	0,14
	16	11,74	10,87	104,2	288,6	8,15	0,14
	17	11,63	10,58	101,0	288,5	8,12	0,14
	18	11,59	10,32	98,3	288,8	8,1	0,14
	19	11,51	10,10	96,2	289,0	8,08	0,14
	20	11,44	9,90	93,9	288,7	8,07	0,14
	22	11,33	9,44	89,4	290,3	8	0,14
	24	11,22	9,48	89,9	289,3	8,01	0,14
	26	11,09	9,36	88,1	288,8	8	0,14
	28	11,00	9,20	87,4	288,2	8	0,14
	30	10,90	9,33	87,1	287,8	8,01	0,14
	32	10,85	9,36	87,4	288,4	8	0,14
	34	10,81	9,33	87,4	288,1	7,99	0,14
	36	10,77	9,30	86,8	289,4	7,97	0,14
	38	10,74	9,22	86,1	289,0	7,96	0,14
	40	10,71	9,16	85,6	289,1	7,94	0,14
	42	10,65	9,07	84,6	289,9	7,91	0,14
	44	10,57	8,98	82,9	291,1	7,86	0,14
	46	10,53	8,90	82,6	292,4	7,83	0,14
	48	10,48	8,80	81,9	293,5	7,8	0,14
	50	10,45	8,79	81,9	293,7	7,8	0,14
	52	10,42	8,88	82,3	294,0	7,78	0,14
	54	10,40	8,84	81,7	294,3	7,78	0,14
	56	10,39	8,84	81,8	293,8	7,77	0,14
	58	10,38	8,81	81,6	293,8	7,77	0,14
	60	10,38	8,83	81,7	294,3	7,78	0,14
	62	10,38	8,83	81,7	293,6	7,78	0,14
	64	10,36	8,79	81,4	294,3	7,77	0,14
	65,2	10,36	8,15	73,3	294	7,76	0,14

Nome invaso: FIASTRONE		Stazione monitoraggio		Centro lago- ARPAM			
GPS N: 43° 3'13.21"N		GPS E:		13° 10'25.40"E			
Meteo: sereno		Eufotica (m)		5			
Taria (°C): 20		Disco di Secchi (m):		2,5			
ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
10:50 -11:35	0	18,75	11,17	123,80	265,0	8,35	0,13
	1	18,26	11,36	124,70	264,6	8,33	0,13
	2	18,13	11,30	124,10	264,6	8,33	0,13
	3	18,05	11,10	122,00	263,2	8,34	0,13
	4	16,29	13,72	143,30	276,0	8,29	0,13
	5	15,31	14,14	145,20	275,0	8,29	0,13
	6	13,96	12,84	129,00	277,9	8,29	0,13
	7	13,45	12,69	125,10	278,9	8,29	0,13
	8	13,00	13,11	130,50	270,0	8,26	0,13
	9	12,71	12,54	123,30	281,2	8,2	0,14
	10	12,53	11,73	115,70	282,0	8,17	0,14
	12	12,13	10,98	106,00	284,6	8,13	0,14
	14	11,84	10,39	99,80	282,8	8,09	0,14
	16	11,73	10,26	98,20	283,0	8,07	0,14
	18	11,59	10,04	95,80	284,0	8,05	0,14
	20	11,41	9,91	94,00	285,0	8,01	0,14
	22	11,30	9,67	92,40	287,2	8	0,14

ora	Prof. (m)	T. (°C)	O2 (mg/l)	O2 (%)	C (µS/cm)	pH	Sal. (ppm)
	24	11,18	9,55	90,20	289,7	7,95	0,14
	26	11,06	9,43	88,80	287,1	7,98	0,14
	28	11,03	9,47	89,00	288,2	7,95	0,14
	30	10,95	9,37	87,90	288,6	7,95	0,14
	32	10,89	9,29	87,00	288,4	7,94	0,14
	34	10,84	9,22	86,40	289,1	7,92	0,14
	36	10,81	9,18	86,00	288,5	7,9	0,14
	38	10,78	9,09	85,00	289,9	7,88	0,14

Le immagini sotto illustrano momenti del rilievo dei parametri ambientali e della raccolta dei campioni di acqua da destinare alle indagini di laboratorio, ad aprile 2023.





Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione Diga-opera di presa:





Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione centro lago-ARPAM:



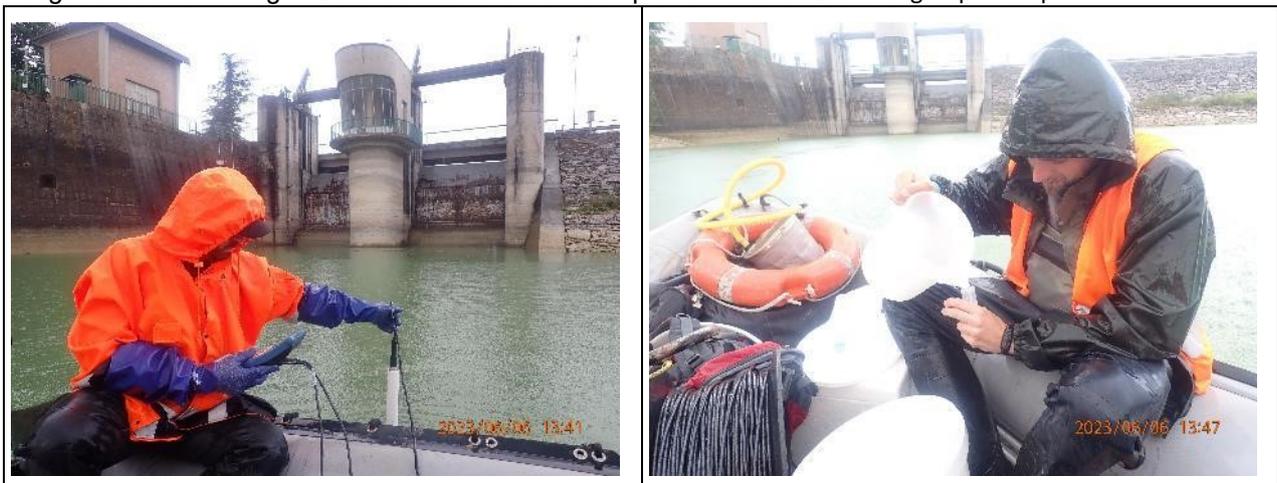
A seguire si riportano i risultati delle analisi di laboratorio condotte su parametri chimico-fisici e biologici.

Le immagini sotto illustrano momenti del rilievo dei parametri ambientali e della raccolta dei campioni di acqua da destinare alle indagini in laboratorio, a giugno 2023.

Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione centro lago-ARPAM:

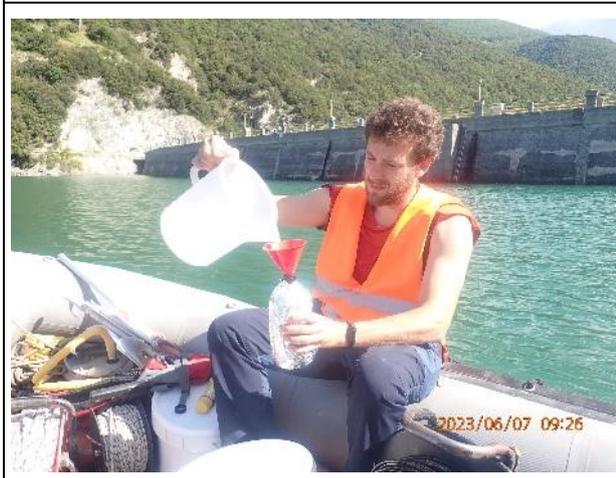
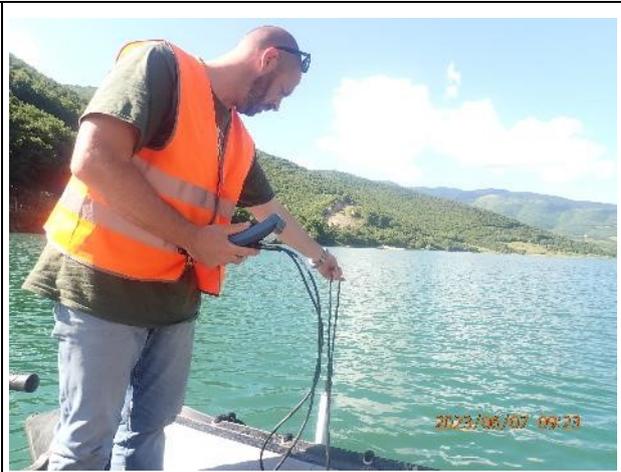


Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione Diga-opera di presa:





Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione Diga-opera di presa:



Di seguito alcune immagini delle attività durante il campionamento stazione centro lago-ARPAM:



Seguono i risultati delle analisi di laboratorio sui campioni di chimica e biologici prelevati nelle due campagne sui due invasi.

8.2 DATI DEL MONITORAGGIO AMBIENTALE SUI LAGHI FIASTRONE E POLVERINA ESEGUITO DA ARPAM NEL 2022

Di seguito si presentano i dati forniti da ARPAM:

LAGO FIASTRONE QUALITA'AMBIENTALE.

DATA PRELIEVO	LOCALIZZAZIONE	PROFONDITA (M)	TEMP ACQUA (°C)	OSSIGENO DISCIOLTO (%)	OSSIGENO DISCIOLTO (mg/l)	CONDUCIBILITA' (µS/cm3)	pH	CLOROFILLA A	TRASPARENZA (M)
02/05/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	12,1	94	10,1	274,6	8,2	0,22	1,5
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	3,75	12	95,3	10,2	276,2	8,2	0,69	1,5
	Al centro lago (metà colonna)	13,25	10,5	91,8	10,2	275,4	8,2	1,76	1,5
	Al centro lago (a 1,5 m dal fondo)	25	9,5	83,8	9,5	281	8,2	1,42	1,5
08/06/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	20,3	113,3	10,2	256,1	8	1,32	2
	Al centro lago (4/5 epilimnio)	1,6	20,3	114	10,3	255,1	8	1,52	2
	Al centro lago (centro metalimnio)	10	13,4	110,2	11,5	278,4	7,9	3,69	2
	Al centro lago (metà colonna)	14,5	10,8	81,3	9	303,4	7,8	2,18	2
	Al centro lago (ipolimnio superiore)	18	10,3	71,3	7,9	309,1	7,6	1,35	2
	Al centro lago (ipolimnio profondo a 1,5 m dal fondo)	27,5	9,8	66,8	7,5	313,6	7,6	0,95	2
03/08/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	23,8	101,6	8,57	245,2	8	0,71	2
	Al centro lago (4/5 epilimnio)	4	23,6	109,3	9,28	243,2	8	1,28	2
	Al centro lago (centro metalimnio)	12	17,2	101,8	9,83	262,8	8	1,68	2
	Al centro lago (metà colonna)	12,5	16,9	100	9,74	263,9	8	1,58	2
	Al centro lago (ipolimnio superiore)	19	12,3	57,8	6,33	303,9	7,5	0,67	2
	Al centro lago (ipolimnio profondo a 1,5 m dal fondo)	23,5	10,9	50,9	5,62	308,4	7,5	1,17	2
22/09/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	19,2	92,8	8,56	224,5	8,3	0,91	1
	Al centro lago (4/5 epilimnio)	12	19,3	91,6	8,44	224,9	8,3	1,11	1
	Al centro lago (centro metalimnio)	14,5	19,2	91,2	8,41	225	8,3	1,11	1
	Al centro lago (metà colonna)	18,5	16,8	83,1	8,02	229,1	7,9	1,25	1

DATA PRELIEVO	LOCALIZZAZIONE	PROFONDITA (M)	TEMP ACQUA (°C)	OSSIGENO DISCIOLTO (%)	OSSIGENO DISCIOLTO (mg/l)	CONDUCIBILITA' (µS/cm3)	pH	CLOROFILLA A	TRASPARENZA (M)
	Al centro lago (ipolimnio superiore)	22	13,8	68,9	7,08	232,9	7,6	0,82	1
	Al centro lago (ipolimnio profondo a 1,5 m dal fondo)	27,5	12,2	39,6	4,22	230,2	7,5	0,27	1
17/10/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	17	95,7	9,24	255,5	8,3	1,19	1,5
	Al centro lago (4/5 epilimnio)	18,4	16,8	82	7,94	259,5	8	0,64	1,5
	Al centro lago (centro metalimnio)	21	16,6	79,6	7,73	262,4	8	0,51	1,5
	Al centro lago (metà colonna)	30	12,3	37	3,94	301,4	7,5	0,02	1,5
	Al centro lago (ipolimnio superiore)	37	10,5	19,9	2,21	310,2	7,4	0,11	1,5
	Al centro lago (ipolimnio profondo a 1,5 m dal fondo)	40,5	10,5	19,2	2,14	320,9	7,4	0,76	1,5

LAGO FIASTRONE SORV. ALGALE

LAGO DI FIASTRONE - Punti di Prelievo	Comune	Data prelievo	T aria (°C)	T acqua (°C)	Trasparenza (m)	Fosforo tot (mg/l)	P. rubescens (cell/ml)	Altri Cianobatteri (fil/l)	Microcistine (ppb)
Risultati Mese di Aprile									
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	26/04/2022	15	10	1	0,02	7000	ILD
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	26/04/2022	15	10	1	0,021	6144	ILD
Risultati Mese di Maggio									
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	23/05/2022	23	19,2	1	0,019	81	ILD
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	23/05/2022	23	19	1	0,02	62	ILD
Risultati Mese di Giugno									
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	20/06/2022	24	23	1	< 0,010	ASSENTI	ILD
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	20/06/2022	24	23,2	1	< 0,010	ASSENTI	ILD
Risultati Mese di Luglio									
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	18/07/2022	27	24	1	< 0,010	ASSENTI	80 (Anabaena spp.) ILD

LAGO DI FIASTRONE - Punti di Prelievo		Comune	Data prelievo	T aria (°C)	T acqua (°C)	Trasparenza (m)	Fosforo tot (mg/l)	P. rubescens (cell/ml)	Altri Cianobatteri (fil/l)	Microcistine (ppb)
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	18/07/2022	27	23,8	1	< 0,010	9	440 (Anabaena spp.)	ILD
Risultati Mese di Agosto										
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	16/08/2022	27	23,7	1	< 0,010	ASSENTI	100 (Anabaena spp.)	ILD
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	16/08/2022	28	23,1	1	< 0,010	2		ILD
Risultati Mese di Settembre										
IT011043017001	Fiastrone San Lorenzo	Fiastrone	12/09/2022	20	20,7	1	< 0,010	44		ILD
IT011043017002	Fiastrone Chiesa Beato Ugolino	Fiastrone	12/09/2022	20	20,5	1	< 0,010	18		ILD

N.B. i punti prelievo della balneazione non sono a centro lago, ma nelle stazioni indicate.

LAGO POLVERINA.

DATA PRELIEVO	LOCALIZZAZIONE	PROFONDA (M)	TEMP ACQUA (°C)	OSSIGENO DISCIOLTO (%)	OSSIGENO DISCIOLTO (mg/l)	CONDUCIBILITA' (µS/cm3)	pH	CLOROFILLA A	TRASPARENZA (M)
20/04/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	12	100	10	354,7	8	2,01	1
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	2,5	11,7	98,7	10	355,2	8,1	1,78	1
	Al centro lago (metà colonna)	/	/	/	/	/	/	/	/
	Al centro lago (a 1,5 m dal fondo)	5	11,7	96,6	9,8	354	8	1,8	1
06/06/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	19,7	137,2	12,2	/	/	4,09	1
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	2,5	17,9	138,9	13,1	/	/	5,2	1
	Al centro lago (metà colonna)	2,25	18	138,9	13	/	/	4,9	1
	Al centro lago (a 1,5 m dal fondo)	3	17,6	130	12,3	/	/	5,4	1
27/07/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	23,3	121,2	10,32	325,7	8,2	3,33	1
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	2,5	21,2	138,3	12,2	338,7	8,2	9,22	1
	Al centro lago (metà colonna)	/	/	/	/	/	/	/	/
	Al centro lago	4	20,5	117,4	10,52	346,1	7,9	6,94	1

DATA PRELIEVO	LOCALIZ ZAZIONE	PROFON DITA (M)	TEMP ACQUA (°C)	OSSIGENO DISCIOLTO (%)	OSSIGENO DISCIOLTO (mg/l)	CONDUCI BILITA' (µS/cm3)	pH	CLOROFILLA A	TRASPA RENZA (M)
	(a 1,5 m dal fondo)								
28/09/2022	Al centro lago (superficie)	0,5		95,2	9,43	365,6	8,2	2,45	1
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	3	16,3	96,3	9,44	361,7	8,1	7,01	1
	Al centro lago (metà colonna)	2	16,2	96,2	9,44	362,1	8,1	7,7	1
	Al centro lago (a 1,5 m dal fondo)	3	16,3	96,3	9,44	361,7	8,1	7,01	1
07/11/2022	Al centro lago (superficie)	0,5	13,2	84,4	8,84	377,7	8	6,55	1
	Al centro lago (trasparenza x 2,5)	2,5	12,9	82,3	8,68	377,6	8	9,33	1
	Al centro lago (metà colonna)	2,5	12,9	82,3	8,68	377,6	8	9,33	1
	Al centro lago (a 1,5 m dal fondo)	3,5	12,9	82,2	8,67	377,6	8	9,23	1

Lago FIASTRA fitoplancton
 SUPERFICIE
 03/04/2023

centro lago

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Chroococcus dispersus</i>	363,93	13,83
<i>Chroococcus minutus</i>	51,99	1,98
<i>Planktothrix rubescens</i>	19695,15	1831,65
Totale CYANOBACTERIA	20111,07	1847,45
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	353,53	10,61
<i>Chrysochromulina parva</i>	51,99	3,36
Totale HAPTOPHYTA	405,52	13,97
CHRYSOPHYTA		
<i>Uroglena sp.</i>	20,80	1,34
Totale CHRYSOPHYTA	20,80	1,34
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	1,25	2,69
<i>Cryptomonas ovata</i>	6,25	11,62
<i>Plagioselmis nannoplantica</i>	400,32	140,74
<i>Katablepharis ovalis</i>	98,78	36,37
<i>Rhodomonas lens</i>	10,40	1,75
Totale CRYPTOPHYTA	517,00	193,17
BACILLARIOPHYTA		
<i>Aulacoseira granulata</i>	134,98	79,80
<i>Achnantes minutissima</i>	5,20	1,66
<i>Cyclotella sp.</i>	30,71	18,38
<i>Cyclotella cf. radiosa</i>	2,50	7,50
<i>Navicula sp.</i>	1,25	2,14
<i>Nitzschia acicularis</i>	1,25	1,49
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	1,25	6,59
Totale BACILLARIOPHYTA	177,13	117,55
CHLOROPHYTA		
<i>Chlamydomonas sp.</i>	5,20	0,66
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	62,39	2,56
<i>Monoraphidium convolutum</i>	5,20	0,22
<i>Tetraselmis cordiformis</i>	5,20	37,63
Totale CHLOROPHYTA	77,99	41,06
DINOPHYTA		

<i>Gymnodinium sp.</i>	10,40	22,36
<i>Gymnodinium uberrimum</i>	1,25	2,69
Totale DINOPHYTA	11,65	25,05

TOTALE	21332,81	2264,64
---------------	-----------------	----------------

Lago FIASTRA fitoplancton
INTERMEDIO
03/04/2023

centro lago

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Chroococcus minutus</i>	41,59	1,58
<i>Planktothrix rubescens</i>	33936,10	3156,06
Totale CYANOBACTERIA	33977,70	3157,64
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	31,19	0,94
<i>Chrysochromulina parva</i>	51,99	3,36
Totale HAPTOPHYTA	83,18	4,30
CHRYSOPHYTA		
<i>Uroglena sp.</i>	72,79	4,71
<i>Dinobryon divergens</i>	0,80	0,15
Totale CHRYSOPHYTA	73,59	4,85
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	7,60	16,34
<i>Cryptomonas marssonii</i>	0,40	0,38
<i>Cryptomonas ovata</i>	11,20	20,83
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	655,08	230,30
<i>Katablepharis ovalis</i>	83,18	30,62
<i>Rhodomonas lens</i>	20,80	3,49
Totale CRYPTOPHYTA	778,26	301,98
BACILLARIOPHYTA		
<i>Aulacoseira granulata</i>	129,20	76,38
<i>Asterionella formosa</i>	15,20	9,27
<i>Achnantes minutissima</i>	20,80	12,45
<i>Cyclotella sp.</i>	311,94	21,52
<i>Cyclotella ocellata</i>	31,19	12,13
<i>Stephanodiscus sp.</i>	18,40	55,20
<i>Pinnularia sp.</i>	0,40	29,70
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	11,6	61,12
Totale BACILLARIOPHYTA	538,73	277,77
CHLOROPHYTA		
<i>Chlamydomonas sp.</i>	10,40	1,31
<i>Gemmellicistis sp.</i>	83,18	14,14
<i>Monoraphidium contortum</i>	10,40	0,44
<i>Monoraphidium minutum</i>	10,40	0,44

<i>Mougeotia sp.</i>	0,40	0,38
<i>Tetraselmis cordiformis</i>	0,40	2,90
Totale CHLOROPHYTA	115,18	19,60

DINOPHYTA

<i>Ceratium hirundinella</i>	0,80	57,70
<i>Gymnodinium sp.</i>	10,40	22,36
<i>Gymnodinium helveticum</i>	0,80	11,08
Totale DINOPHYTA	12,00	91,15

TOTALE	35590,63	3948,44
---------------	-----------------	----------------

Lago FIASTRA fitoplancton
 FONDO
 03/04/2023
 presenza di sedimento

centro lago

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Aphanothece minutissima</i>	207,96	0,21
<i>Planktothrix rubescens</i>	24335,32	2263,18
Totale CYANOBACTERIA	24543,28	2263,39
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	343,14	10,29
Totale HAPTOPHYTA	343,14	10,29
CHRYSOPHYTA		
<i>Uroglena sp.</i>	67,59	4,37
Totale CHRYSOPHYTA	67,59	4,37
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	3,20	6,88
<i>Cryptomonas ovata</i>	8,20	15,25
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	415,92	146,22
<i>Katablepharis ovalis</i>	31,19	11,48
<i>Rhodomonas lens</i>	15,60	2,62
Totale CRYPTOPHYTA	474,11	182,46
BACILLARIOPHYTA		
<i>Aulacoseira granulata</i>	62,60	37,01
<i>Asterionella formosa</i>	35,00	21,35
<i>Achnantes minutissima</i>	5,20	3,11
<i>Cyclotella ocellata</i>	5,20	2,02
<i>Cyclotella radiosa</i>	3,80	11,40
<i>Ulnaria ulna</i>	0,20	0,35
<i>Pinnularia sp.</i>	0,20	14,85
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	7,2	37,94
Totale BACILLARIOPHYTA	119,40	128,03
CHLOROPHYTA		
<i>Chlamydomonas sp.</i>	5,20	0,66
<i>Crucigenia tetrapedia</i>	62,39	2,56
<i>Monoraphidium minutum</i>	5,20	0,20
<i>Mougeotia sp.</i>	0,80	0,76
Totale CHLOROPHYTA	73,59	4,17
DINOPHYTA		
<i>Ceratium hirundinella</i>	0,20	14,43

Totale DINOPHYTA	0,20	14,43
EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena sp.</i>	0,20	0,96
Totale EUGLENOPHYTA	0,20	0,96
TOTALE	25621,50	2608,10

Lago FIASTRA fitoplancton
SUPERFICIE
GIUGNO

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità (cell/ml)</i>	<i>Biomassa (mm³/m³)</i>
CYANOBACTERIA		
<i>Aphanothece minutissimum</i>	1529,12	58,11
<i>Planktothrix rubescens</i>	5336,39	496,28
Totale CYANOBACTERIA	6865,51	554,39
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	7033,97	211,02
<i>Chrysochromulina parva</i>	305,82	19,77
Totale HAPTOPHYTA	7339,79	230,79
CHRYSOPHYTA		
<i>Dinobryon bavaricum</i>	1499,72	278,92
<i>Dinobryon divergens</i>	3089,43	574,58
Totale CHRYSOPHYTA	4589,15	853,51
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas marssonii</i>	0,40	0,38
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	795,14	279,55
<i>Katablepharis ovalis</i>	61,16	22,52
Totale CRYPTOPHYTA	856,71	302,45
BACILLARIOPHYTA		
<i>Asterionella formosa</i>	3,20	1,95
<i>Cyclotella sp.</i>	36,00	61,20
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	10,67	165,96
Totale BACILLARIOPHYTA	49,87	229,11
CHLOROPHYTA		
<i>Oocystis sp.</i>	41,59	1,71
<i>Monoraphidium minutum</i>	91,75	3,85
Totale CHLOROPHYTA	133,34	5,56
DINOPHYTA		
<i>Peridinium bipes</i>	0,40	11,74
<i>Ceratium hirundinella</i>	1,60	115,41
Totale DINOPHYTA	2,00	127,15
TOTALE	19836,38	2302,96

Lago di FIASTRA
INTERMEDIO
GIUGNO

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Aphanothece minutissimum</i>	103,98	0,06
<i>Planktothrix rubescens</i>	18062,57	1679,82
Totale CYANOBACTERIA	18166,55	1679,88
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	415,92	12,48
<i>Chrysochromulina parva</i>	76,25	4,93
Totale HAPTOPHYTA	492,17	17,41
CHRYSOPHYTA		
<i>Dinobryon bavaricum</i>	49,99	10,10
<i>Dinobryon divergens</i>	20,00	3,72
Totale CHRYSOPHYTA	69,99	13,82
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas ovata</i>	1,25	1,26
<i>Katablepharis ovalis</i>	55,46	20,42
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	34,66	12,19
Totale CRYPTOPHYTA	91,37	33,86
BACILLARIOPHYTA		
<i>Aulacoseira granulata</i>	84,98	50,24
<i>Achnantes minutissima</i>	3,47	1,11
<i>Cyclotella sp.</i>	34,66	20,75
<i>Cyclotella ocellata</i>	145,57	56,62
<i>Ulnaria ulna</i>	1,25	2,18
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	1,25	19,44
Totale BACILLARIOPHYTA	271,18	150,33

CHLOROPHYTA*Monoraphidium minutum*

13,86

0,53

Totale CHLOROPHYTA**13,86****0,53****DINOPHYTA***Ceratium hirundinella*

1,25

90,14

Gymnodinium sp.

3,47

2,95

Gymnodinium helveticum

1,25

17,32

Totale DINOPHYTA**5,97****110,41****TOTALE****19111,09****2006,23**

Lago FIASTRA fitoplancton
FONDO
GIUGNO

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità (cell/ml)</i>	<i>Biomassa (mm³/m³)</i>
CYANOBACTERIA		
<i>Chroococcus minutus</i>	10,40	0,36
<i>Planktothrix rubescens</i>	23793,96	2212,84
Totale CYANOBACTERIA	23804,36	2213,20
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	558,03	16,74
<i>Chrysochromulina parva</i>	155,97	10,08
Totale HAPTOPHYTA	714,00	26,82
CHRYSOPHYTA		
<i>Dinobryon bavaricum</i>	74,99	15,15
<i>Dinobryon divergens</i>	34,99	6,51
Totale CHRYSOPHYTA	109,98	21,66
CRYPTOPHYTA		
<i>Katablepharis ovalis</i>	24,26	8,93
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	79,72	28,03
Totale CRYPTOPHYTA	103,98	36,96
BACILLARIOPHYTA		
<i>Aulacoseira granulata</i>	434,92	257,12
<i>Cyclotella ocellata</i>	76,25	29,66
<i>Pinnularia sp.</i>	2,50	185,57
Totale BACILLARIOPHYTA	513,67	472,34
CHLOROPHYTA		
<i>Mougeotia sp.</i>	15,00	14,29
<i>Chlamydomonas sp.</i>	3,47	0,44
<i>Monoraphidium minutum</i>	3,47	0,15
<i>Tetraselmis cordiformis</i>	7,50	54,28
Totale CHLOROPHYTA	29,43	69,15
TOTALE	25275,42	2840,13

Lago POLVERINA fitoplancton

centro lago

SUPERFICIE

03/04/2023

presenza di sedimento

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	472,64	14,18
<i>Chrysochromulina parva</i>	275,71	17,82
Totale HAPTOPHYTA	748,34	32,00
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	0,20	0,43
<i>Cryptomonas ovata</i>	0,80	1,49
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	693,20	243,71
<i>Katablepharis ovalis</i>	70,90	26,10
Totale CRYPTOPHYTA	765,10	271,73
BACILLARIOPHYTA		
<i>Asterionella formosa</i>	3,60	2,20
<i>Diatoma tenuis var. elongatum</i>	31,20	33,70
<i>Diatoma mesodon</i>	0,60	1,80
<i>Cyclotella glomerulata</i>	527,78	312,02
<i>Ulnaria acus</i>	1,00	1,19
<i>Nitzschia acicularis</i>	0,20	0,05
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	4,2	22,13
Totale BACILLARIOPHYTA	568,58	373,07
CHLOROPHYTA		
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	31,51	1,29
Totale CHLOROPHYTA	31,51	1,29
DINOPHYTA		
<i>Gymnodinium sp.</i>	7,88	16,94
Totale DINOPHYTA	7,88	16,94
TOTALE	2121,41	695,03

Lago POLVERINA fitoplancton

centro lago

INTERMEDIO

03/04/2023

presenza di sedimento

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Borzia</i>	2,40	0,22
Totale CYANOBACTERIA	2,40	0,22
CHRYSOPHYTA		
<i>Synura sp.</i>	6,00	0,39
Totale CHRYSOPHYTA	6,00	0,39
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	270,35	8,11
<i>Chrysochromulina parva</i>	119,58	7,73
Totale HAPTOPHYTA	389,93	15,84
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas ovata</i>	2,80	5,21
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	634,28	222,99
<i>Katablepharis ovalis</i>	26,00	9,57
Totale CRYPTOPHYTA	663,08	237,77
BACILLARIOPHYTA		
<i>Amphora ovalis</i>	0,20	0,12
<i>Asterionella formosa</i>	8,80	5,37
<i>Diatoma tenuis var. elongatum</i>	16,40	21,16
<i>Diatoma mesodon</i>	1,60	4,80
<i>Cyclotella glomerulata</i>	228,76	135,24
<i>Cyclotella bodanica</i>	7,88	10,56
<i>Discostella pseudostelligera</i>	12,28	0,91
<i>Navicula radiosa</i>	0,40	1,38
<i>Pinnularia sp.</i>	0,20	14,85
<i>Ulnaria acus</i>	0,60	0,71
<i>Ulnaria ulna</i>	0,40	0,70
<i>Nitzschia acicularis</i>	0,60	0,14
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	2,00	10,54
Totale BACILLARIOPHYTA	280,12	206,46
CHLOROPHYTA		
<i>Planctonema lauterbornii</i>	1,20	0,28
Totale CHLOROPHYTA	1,20	0,28

DINOPHYTA		
<i>Gymnodinium uberrimum</i>	1,78	3,82
Totale DINOPHYTA	1,78	3,82
EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena acus</i>	0,20	0,96
Totale EUGLENOPHYTA	0,20	0,96
TOTALE	1344,70	465,74

Lago POLVERINA fitoplancton

centro lago

FONDO

03/04/2023

presenza di sedimento

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	93,58	2,81
Totale HAPTOPHYTA	93,58	2,81
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas ovata</i>	0,08	0,15
<i>Cryptomonas curvata</i>	0,16	0,34
<i>Chroomonas sp.</i>	2,46	1,94
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	626,52	220,27
<i>Katablepharis ovalis</i>	31,94	11,76
Totale CRYPTOPHYTA	661,16	234,46
BACILLARIOPHYTA		
<i>Amphora ovalis</i>	0,48	0,29
<i>Asterionella formosa</i>	3,84	2,34
<i>Cyclotella glomerulata</i>	906,71	536,03
<i>Diatoma tenuis var. elongatum</i>	26,16	25,64
<i>Diatoma mesodon</i>	0,24	0,72
<i>Cyclotella radiosa</i>	0,08	0,24
<i>Stephanocostis chantaicus</i>	14,74	0,84
<i>Gomphonema gracile</i>	0,16	0,19
<i>Pinnularia sp.</i>	0,08	5,94
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	1,2	6,32
Totale BACILLARIOPHYTA	953,69	578,56
CHLOROPHYTA		
<i>Monoraphidium minutum</i>	0,08	0,02
Totale CHLOROPHYTA	0,08	0,02
DINOPHYTA		
<i>Gymnodinium uberrimum</i>	0,08	0,17
Totale DINOPHYTA	0,08	0,17
EUGLENOPHYTA		
<i>Phacus longicauda</i>	0,08	0,38
Totale EUGLENOPHYTA	0,08	0,38
TOTALE	1708,67	816,39

Lago POLVERINA fitoplancton
SUPERFICIE
GIUGNO

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
HAPTOPHYTA		
Chrysochromulina sp.	750,97	22,53
Chrysochromulina parva	173,30	11,20
Totale HAPTOPHYTA	924,27	33,73
CRYPTOPHYTA		
Cryptomonas curvata	324,94	698,76
Cryptomonas marsonnii	7,50	7,50
Cryptomonas ovata	98,32	182,87
Plagioselmis nannoplanctica	57,77	20,31
Rhodomonas sp.	548,79	208,54
Katablepharis ovalis	28,88	10,63
Totale CRYPTOPHYTA	1066,19	1128,61
BACILLARIOPHYTA		
Stephanodiscus sp.	9184,94	523,54
Ulnaria delicatissima var. angustissima	3,33	36,66
Totale BACILLARIOPHYTA	9188,27	560,20
CHLOROPHYTA		
Koliella longiseta	0,83	0,10
Totale CHLOROPHYTA	0,83	0,10
DINOPHYTA		
Peridinium aciculiferum	0,83	3,64
Totale DINOPHYTA	0,83	3,64
TOTALE	11180,39	1726,28

Lago POLVERINA fitoplancton
INTERMEDIO
GIUGNO

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità (cell/ml)</i>	<i>Biomassa (mm³/m³)</i>
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	64,99	1,95
<i>Chrysochromulina parva</i>	519,90	33,61
Totale HAPTOPHYTA		
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	158,72	341,32
<i>Cryptomonas marsonnii</i>	10,00	12,00
<i>Cryptomonas ovata</i>	49,99	92,98
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	64,99	22,85
Totale CRYPTOPHYTA	283,70	469,15
BACILLARIOPHYTA		
<i>Stephanodiscus sp.</i>	9975,62	568,61
<i>Ulnaria ulna</i>	4,37	7,64
<i>Nitzschia acicularis</i>	0,62	0,14
Totale BACILLARIOPHYTA	9980,62	576,39
CHLOROPHYTA		
<i>Tetraselmis cordiformis</i>	1,87	13,57
Totale CHLOROPHYTA	1,87	13,57
DINOPHYTA		
<i>Woloszynskia sp.</i>	0,62	7,84
Totale DINOPHYTA	0,62	7,84
EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena acus</i>	0,62	4,24
Totale EUGLENOPHYTA	0,62	4,24
TOTALE	10787,34	1104,79

Lago POLVERINA fitoplancton
 SUPERFICIE
 GIUGNO
 presenza di sedimento

DIGA

<i>Taxa</i>	<i>Densità</i> (cell/ml)	<i>Biomassa</i> (mm ³ /m ³)
CYANOBACTERIA		
<i>Pseudanabaena limnetica</i>	4,40	0,11
<i>Pseudanabaena catenata</i>	2,40	0,06
Totale CYANOBACTERIA	6,80	0,17
HAPTOPHYTA		
<i>Chrysochromulina sp.</i>	1039,80	31,19
<i>Chrysochromulina parva</i>	395,13	25,54
Totale HAPTOPHYTA	1434,93	56,74
CHRYSOPHYTA		
<i>Synura sp.</i>	6,00	3,25
Totale CHRYSOPHYTA	6,00	3,25
CRYPTOPHYTA		
<i>Cryptomonas curvata</i>	54,80	117,84
<i>Cryptomonas ovata</i>	14,00	26,04
<i>Plagioselmis nannoplanctica</i>	129,98	45,70
<i>Katablepharis ovalis</i>	31,19	11,48
Totale CRYPTOPHYTA	229,97	201,06
BACILLARIOPHYTA		
<i>Amphora ovalis</i>	0,20	1,74
<i>Stephanodiscus sp.</i>	613,48	34,97
<i>Ulnaria acus</i>	1,00	1,19
<i>Fragilaria crotonensis</i>	1,20	1,16
<i>Nitzschia acicularis</i>	0,20	0,05
<i>Ulnaria delicatissima var. angustissima</i>	3,00	46,66
Totale BACILLARIOPHYTA	619,08	85,76
CHLOROPHYTA		
<i>Scenedesmus linearis</i>	1,60	0,07
<i>Koliella longiseta</i>	5,20	0,62
Totale CHLOROPHYTA	6,80	0,69

DINOPHYTA		
<i>Gymnodinium sp.</i>	5,20	11,18
Totale DINOPHYTA	5,20	11,18
EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena acus</i>	0,20	1,36
Totale EUGLENOPHYTA	0,20	1,36
TOTALE	2308,98	360,21