

22 Maggio 2018

VLMMI Volcanic Lakes Multimetric Macrophyte

MATTIA M. AZZELLA – Università La Sapienza

FABIO BUZZI – ARPA Lombardia

ALDO MARCHETTO – CNR ISE



CReIAMO PA

Per un cambiamento sostenibile



FLORA, VEGETAZIONE E INDICATORI MACROFITICI DEI LAGHI VULCANICI D'ITALIA



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Scuola di Dottorato
XXIV Ciclo
Scienze Ecologiche

Tutor interno
Prof. CARLO BLASI

Tutor esterni
Prof. PIER LUIGI VIAROLI
Dott. ROSSANO BOLPAGNI



CReIAMO PA

Azzella MM, 2012. Flora, vegetazione e indicatori macrofitici dei laghi vulcanici d'italia. PhD thesis. La Sapienza.
Available on-line at <http://padis.uniroma1.it/handle/10805/1440>

Il VL-MMI (*volcanic lakes multimetric macrophyte index*), è un metodo ideato per la valutazione della qualità ecologica dei laghi vulcanici dell'Italia Centrale e Meridionale con profondità media superiore a 15 m, cioè ai laghi inseriti nel tipo ME-7, come definito dal Decreto Ministeriale n. 131 del 16/06/2008, a partire dalle macrofite.



L'indice è stato creato per rispondere alla direttiva 2000/60, è conforme ad essa, ma non è stato intercalibrato poiché l'Italia è l'unico stato con questa tipologia di laghi.



CREIAMO PA

Campionamento random

9 transetti per i laghi di piccole dimensioni

Mezzano ($S=0.47 \text{ Km}^2$)

Lago Grande ($S= 0.42 \text{ Km}^2$)

Lago Piccolo ($S= 0.16 \text{ Km}^2$)

18 transetti per i laghi di medie dimensioni

Vico ($S= 12.5 \text{ Km}^2$)

Martignano ($S= 2.49 \text{ Km}^2$)

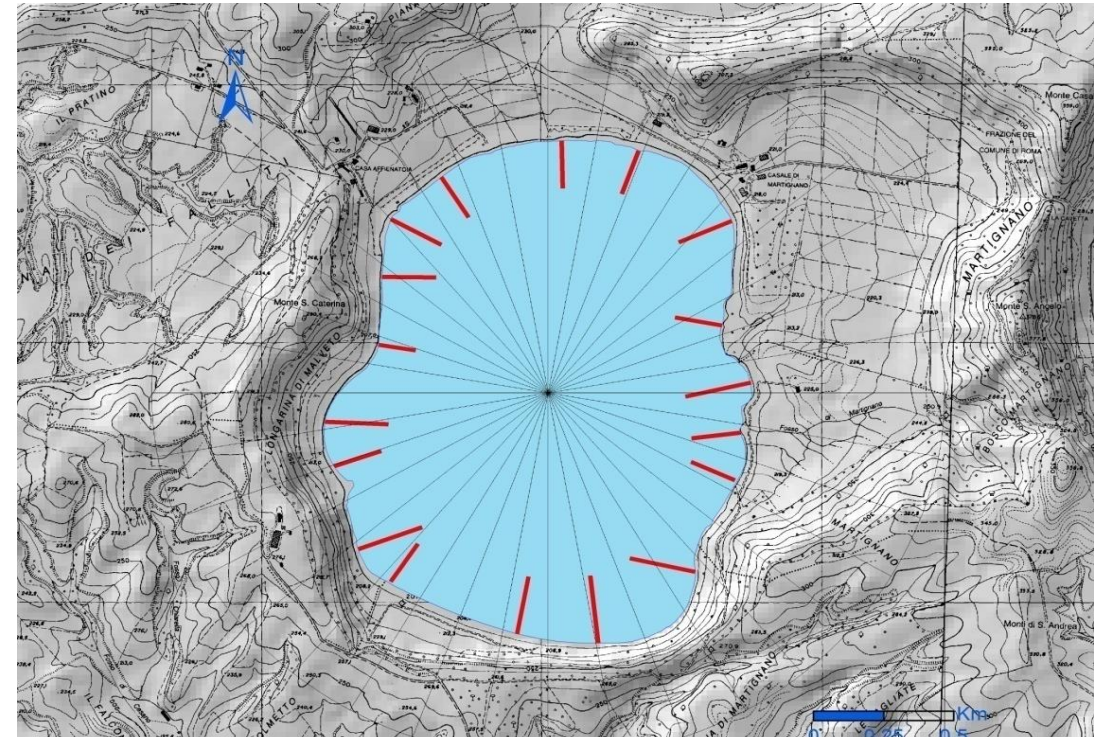
Albano ($S= 6.02 \text{ Km}^2$)

Nemi ($S= 1.67 \text{ Km}^2$)

36 transetti per i laghi di grandi dimensioni

Bracciano ($S= 57.47 \text{ Km}^2$)

Bolsena ($S= 114.53 \text{ Km}^2$)



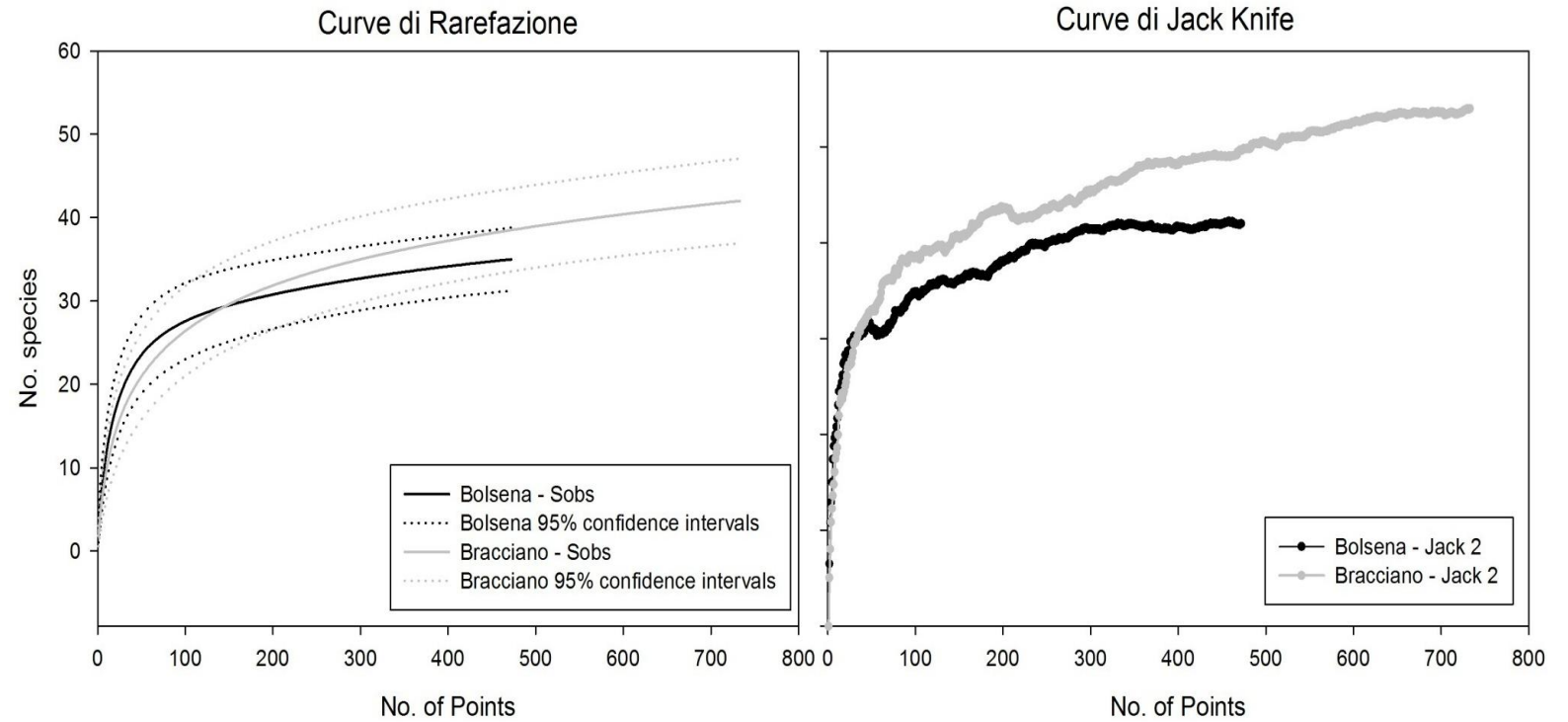
Lago di Martignano

Il campionamento è realizzato dal punto individuato sulla costa su una linea perpendicolare ad essa. Lungo la linea del transetto ad ogni metro di profondità sono state censite tutte le specie presenti e stimata la loro copertura percentuale



Valore soglia
 “specie trovate” / “specie attese”
 75%

Validazione campionamento



	Bolsena	Bracciano
sp. campionate	35	42
jack-knife	41.99	53.98
sp.cam/sp.JK	0.83	0.78

Descrizione della flora
Raccolti 2060 punti di campionamento per un totale di 171 transetti



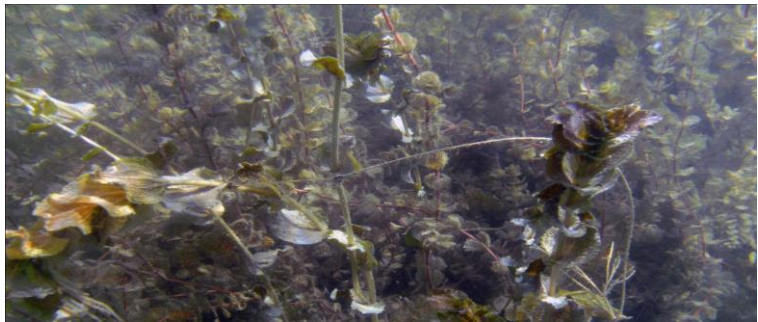
	Albano	Bolsena	Bracciano	Martignano	Mezzano	Nemi	Vico
n. punti con macrofite	55	389	672	251	36	139	170
n. specie	13	35	42	24	17	16	22
Z _{cmax}	11.00	20.00	26.00	16.10	4.50	8.90	10.50
%Vascolari	36.0	15.1	7.8	37.0	99.9	94.3	26.3
Z _{cmax} Vascolari	11.0	12.0	14.0	14.3	4.5	8.9	9.5
%Briofite	4.5	<1%	<1%	-	-	<1%	-
Z _{cmax} Briofite	4.0	5.4	1.7	-	-	7.0	-
%Characeae	59.5	84.9	92.2	63.0	0.1	5.7	73.7
Z _{cmax} Characeae	11.0	20.0	26.0	16.1	3.2	8.0	10.5

Nei laghi vulcanici italiani sono stati rilevati molti habitat di interesse comunitario (Directive 98/43 CEE) e specie rare o endemiche.



3130

Oligotrophic to mesotrophic standing waters with vegetation of the *Littorelletea uniflora* and/or of the *Isoëto-Nanojuncetea*



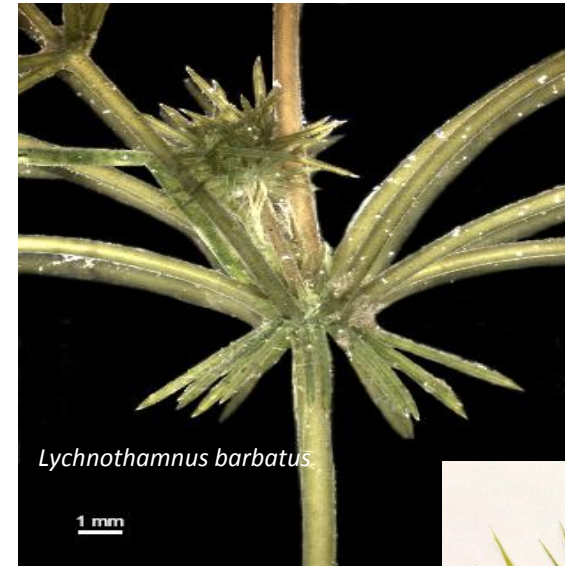
3150

Natural eutrophic lakes with *Magnopotamion* or *Hydrocharition*-type vegetation



3140

Hard oligo-mesotrophic waters With benthic vegetation of *Chara* spp.



Lychnothamnus barbatus

1 mm



Isoetes sabatina



CReIAMO PA

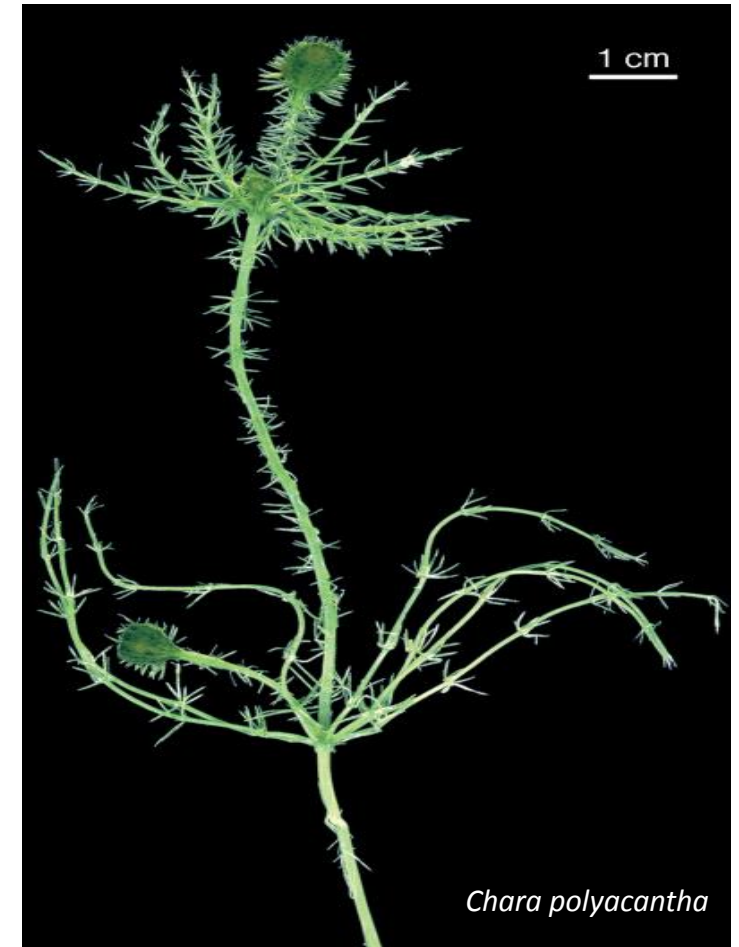
Troia & Azzella, 2013. Plant Biosystems 147:1052–1058

Azzella & Abdelahad., 2011. Cryptogamie Algologie 32:301-307

Descrizione della flora

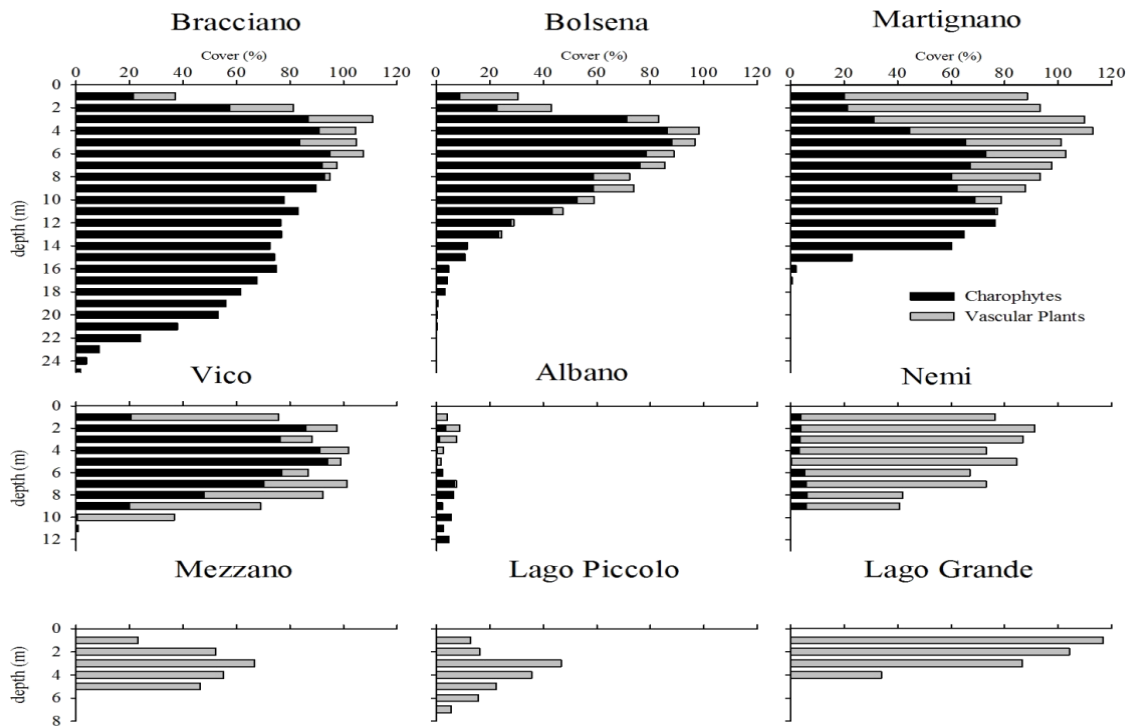
17 specie rinvenute. La metà delle 33 specie documentate in Italia e più del 30% delle 54 specie rinvenute in Europa

	Bolsena	Bracciano	Vico	Martignano	Albano	Mezzano	Nemi
<i>Chara globularis</i> Thuillier 1799	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv. in Lois) J. Gr. 1919	✓	✓	✓	✓		✓	✓
<i>Chara aspera</i> Detharding ex Willdenow 1809	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Chara hispida</i> L. sensu auct. nonnull.	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Chara vulgaris</i> Linnaeus 1753	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Nitella hyalina</i> (de Candolle) C. Agardh 1824	✓	✓	✓	✓	✓		
<i>Chara intermedia</i> A. Braun 1836	✓	✓	✓	✓			
<i>Chara polyacantha</i> A. Braun in Br., Rab. & Sti.1859	✓	✓	✓	✓			
<i>Chara tomentosa</i> Linnaeus 1753	✓	✓	✓	✓			
<i>Chara delicatula</i> C. Agardh 1824	✓	✓	✓				
<i>Nitella gracilis</i> (Smith) C. Agardh 1824	✓	✓	✓				
<i>Nitella opaca</i> (C. Agardh ex Bruzelius) C. Agardh 1824	✓	✓		✓			
<i>Chara gymnophylla</i> A. Braun 1835	✓	✓					
<i>Nitella tenuissima</i> (Desvaux) Kutzing 1843		✓	✓				
<i>Chara crassicaulis</i> Schleicher 1821		✓					
<i>Chara contraria</i> A. Braun ex Kützing 1845		✓					
<i>Lychnothamnus barbatus</i> (Meyen) Leonhardi 1864				✓			

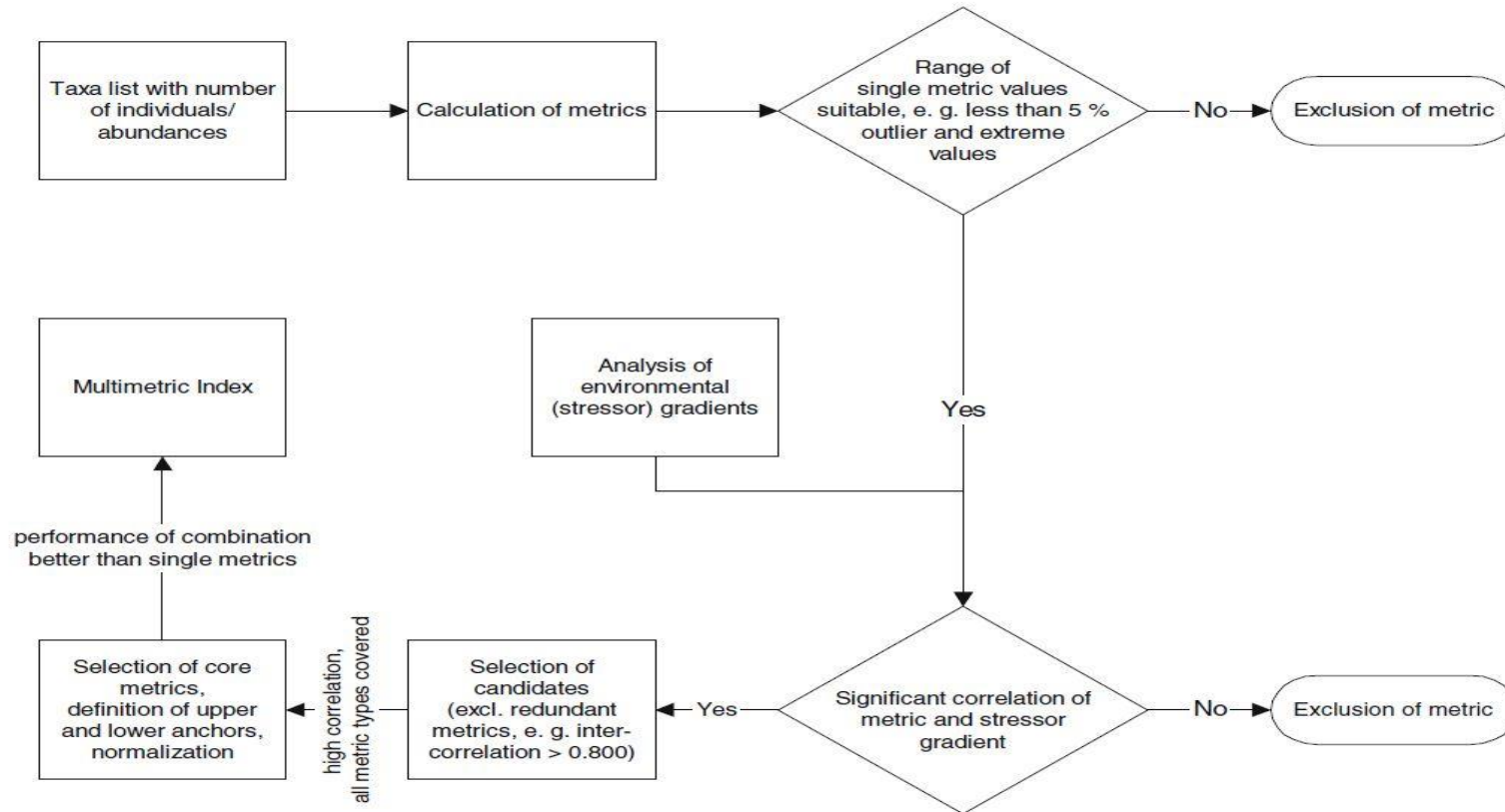


16 specie di Characeae appartengono a categorie IUCN in altri paesi Europei. Questo dato, correlato all'alto numero di specie per lago e al fatto che le praterie di *Characeae* sono un Habitat di interesse comunitario (3140 - Direttiva Habitat 92/43 CE) fa dei laghi vulcanici un hotspot di diversità per le charofite

I laghi vulcanici sono *Chara*-lakes.



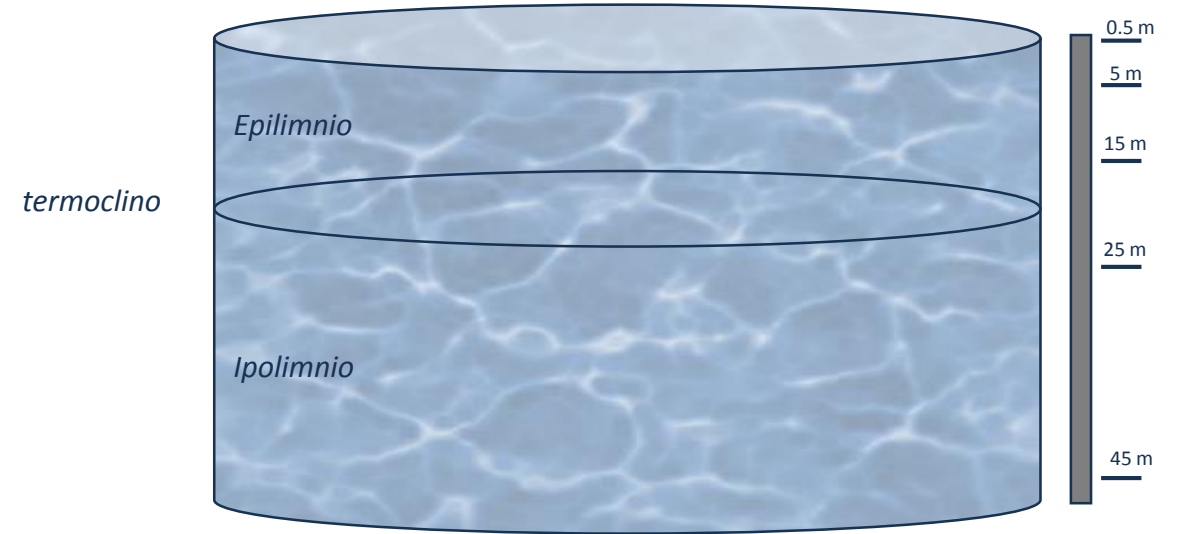
Per la valutazione dello stato di conservazione dei laghi vulcanici è stato usato un approccio multimetrico



Quadro idrochimico

Vestergaard & Sand-Jensen, (2000) *Aquatic Botany*, 67(2), 85-107.
 Duarte & Kalff, (1990) *C. J. of Fish. and Aquatic Sciences*, 47(2), 357-363.

Il protocollo di campionamento e analisi
 in collaborazione
 con
 l'Istituto per la Ricerca Sulle Acque del CNR.



Esempio: Schema di campionamento utilizzato nel Lago di Vico

T (°C)	DO (mg/l)	DOSat (%)	pH (mg/l)	Cond (μS/cm 20°C)	TALK meq/l	N-NH4 (μg N/l)	N-N03 (mg N/l)	TIN (mg N/l)	TN (mg N/l)
TP (mg P/l)	P-PO4 (mg P/l)	Si-SiO2 (mg Si/l)	SO4 (mg/l)	Cl (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	DS (m)



CReIAMO PA

Quadro idromorfologico

Rørslett, (1991) *Aquatic Botany*, 39(1-2), 173-193
 Duarte & Kalff, (1990) *C. J. of Fish. and Aquatic Sciences*, 47(2), 357-363

Lake	LI	Wa	La	Lp	Zmax	V	Md	WRT	SI	S Zc
Albano	293.00	9.60	6.02	9.56	170	464	77.08	48	1.12	47.50
Bolsena	305.00	273.00	114.53	45.59	146	8922	77.90	121	1.20	5.15
Bracciano	164.00	149.00	57.47	32.24	165	4950	86.13	137	1.20	9.90
Lago Grande	656.00	4.02	0.42	2.41	35	3.45	8.24	7.00	1.04	9.13
Lago Piccolo	658.00	1.26	0.16	1.49	38	3.8	23.47	-	1.05	41.63
Martignano	207.00	6.20	2.49	5.80	54	71.2	28.59	30	1.08	11.47
Mezzano	455.00	1.20	0.47	2.52	31	8.13	17.30	118	1.02	26.01
Nemi	318.00	10.54	1.67	5.41	34	32.5	19.46	7	1.16	40.91
Vico	507.00	42.00	12.09	17.83	50	268	22.17	17	1.43	10.77

LI: quota del lago (m s.l.m.)

Wa: superficie del bacino idrografico (Km²)

La: superficie del lago (Km²)

Lp: perimetro del lago (Km)

Zmax: massima profondità del lago

V: volume del lago (m³10⁶)

Md: profondità media

WRT: tempo di rinnovo teorico delle acque (anni)

SI: indice di sinuosità (Hutchinson, 1957)

S Zc: pendenza media alla profondità di chiusura della vegetazione



Quadro uso della linea di costa

Cheruvellil & Soranno, (2008) *Aquatic Botany*, 88(3), 219-227

Kolada, (2010) *Hydrobiologia*, 656(1), 133-147

Lake	urbano	agricolo	naturale	spiagge	argini	pascolo	strade
Albano	23.72	12.30	63.98	0.20	0.01	0.00	0.47
Bolsena	17.57	71.34	11.09	0.22	0.05	0.00	0.31
Bracciano	21.90	56.57	21.52	0.25	0.08	0.00	0.50
Lago Grande	1.08	0.00	98.92	0.00	0.00	0.00	0.00
Lago Piccolo	19.33	0.00	80.67	0.00	0.27	0.00	0.27
Martignano	0.15	60.01	39.85	0.30	0.00	0.16	0.00
Mezzano	0.00	37.39	62.61	0.04	0.00	0.18	0.00
Nemi	0.01	81.68	18.31	0.01	0.00	0.00	0.38
Vico	5.98	32.77	61.25	0.08	0.00	0.00	0.21



CReIAMO PA

$$VL\text{-MMI} = \frac{RI + V_l + V_d + Z_l}{4}$$

- **RI: Reference Index**

Stelzer et al. 2005

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}} \cdot 100$$

RI = Reference Index

Q_{Ai} = "Plant quantity" of the i-th taxon of species group A

Q_{Ci} = "Plant quantity" of the i-th taxon of species group C

Q_{gi} = "Plant quantity" of the i-th taxon of all groups

n_A = Total number of taxa of species group A

n_C = Total number of taxa of species group C

n_g = Total number of taxa.

- **V_l : Vegetation limits**

Pall & Moser 2009

Valutata come rapporto tra la massima profondità misurata e la massima profondità segnalata in bibliografia per la categoria dimensionale del lago.

- **V_d : Vegetation Density**

Pall & Moser 2009

Valutata come rapporto tra la copertura di macrofite stimata tra la costa e la massima profondità di crescita delle macrofite segnalata in bibliografia

- **Z_l : Characteristic zonation**

Pall & Moser 2009

Valutato come discostamento della distribuzione delle comunità dalla distribuzione potenziale



Il Reference Index (Stelzer et al. 2005) si basa su una classificazione delle sole idrofite in 3 classi: piante sensibili al carico trofico (A), piante tolleranti (B) e piante indifferenti (C). Per il presente lavoro il RI è stato calcolato sulle coperture macrofite stimate per il transetto

Il Reference Index RI si ottiene dalla seguente formula:

$$RI = \frac{\sum_{i=1}^{n_A} Q_{Ai} - \sum_{i=1}^{n_C} Q_{Ci}}{\sum_{i=1}^{n_g} Q_{gi}}$$

RI	REFERENCE INDEX
Q_{Ai}	"Plant quantity" dell'i-esima specie del gruppo A
Q_{Ci}	"Plant quantity" dell'i-esima specie del gruppo C
Q_{gi}	"Plant quantity" dell'i-esima specie (tutti i gruppi)
N_A	Numero totale di specie del gruppo A
N_C	Numero totale di specie del gruppo C
N_G	Numero totale di specie

La suddivisione delle specie nei gruppi A e C ne denota la sensibilità come specie indicatrice ed è stata proposta da Schaumburg et al. (2007) per i laghi tedeschi di pianura del tipo nazionale tedesco Tkg-13, che comprende laghi con stratificazione stabile, conducibilità e alcalinità elevate e concentrazione di calcio maggiore di 15 mg L⁻¹, dominate da Characeae come i laghi vulcanici italiano del tipo ME-7.

TABELLA 3: STATO ECOLOGICO SECONDO STELZER ET AL. (2005) SULLA BASE DI RI E DI CRITERI ADDIZIONALI E VALORI DI EQR_{RI}

Valori di RI	EQR_{RI}	Stato ecologico	Criteri aggiuntivi
$1 \geq RI > 0.4$	$1 \geq EQR_{RI} > 0.7$	Elevato	Se le specie del gruppo C rappresentano più del 10%, si assume stato buono ($EQR_{RI} = 0.6$)
$0.4 \geq RI > 0$	$0.7 \geq EQR_{RI} > 0.5$	Buono	
$1 \geq RI > -0.1$	$0.5 \geq EQR_{RI} > 0.45$	Sufficiente	Se la comunità è dominata da <i>Potamogeton pectinatus</i> o <i>Ceratophyllum demersum</i> che rappresentano più dell'80%, si assume stato scarso ($EQR_{RI} = 0.2$)
$-0.1 \geq RI \geq -1$	$0.45 \geq EQR_{RI} \geq 0$	Scarso	
non valutabile	0	Cattivo	Se la copertura di macrofite sommerse è inferiore al 10%, si assume stato cattivo ($EQR_{RI} = 0$)



Fasce di vegetazione (Z_l)

Nei laghi vulcanici profondi (tipo ME-7) sono presenti tre fasce di vegetazione lungo il gradiente di profondità (Azzella 2014; Azzella et al. 2014) con caratteristiche simili a quelle dei laghi profondi dell'ecoregione alpini (tipo europeo L-AL3) descritti da Pall & Moser (2009). I cambiamenti che possono avvenire in questa zonazione caratteristica sono di grande importanza e sono determinati da cambiamenti a lungo termine delle condizioni ecologiche. Quando lo stato ecologico è buono o elevato, vi sono almeno due fasce dominate da *Characeae*.

TABELLA 5: STATO ECOLOGICO SULLA BASE DI Z_l

<i>Valori di Z_l</i>	<i>Stato ecologico</i>	<i>Descrizione</i>
1	Elevato (5)	<i>Presenza delle tre fasce di vegetazione, tutte dominate da Characeae</i>
0.7	Buono (4)	<i>Presenza delle tre fasce di vegetazione, ma solo due dominate da Characeae</i>
0.5	Sufficiente (3)	<i>Presenza di due fasce di vegetazione, tutte dominate da Characeae</i>
0.3	Scarso (2)	<i>Presenza di due fasce di vegetazione, ma una sola dominata da Characeae</i>
0.1	Cattivo (1)	<i>Presenza di una sola fascia di vegetazione</i>
0		<i>Assenza di idrofite</i>



Limite della vegetazione (VI)

Nei laghi profondi, la massima profondità di crescita delle macrofite (Z_c) è determinata dalla disponibilità di luce e di nutrienti, dalla temperatura delle acque e dalla profondità del termoclino (Canfield et al. 1985; Chambers & Kalff 1985; Middelboe & Markager 1997, Genkai-Kato & Carpenter 2005).

Seguendo Pall & Moser (2009), la metrica corrispondente alla massima profondità di crescita viene denominata “vegetation limits (VI)” ed è calcolata come rapporto tra la massima Z_c misurata nei transesti e la massima profondità di crescita in condizioni di riferimento, valutata pari a 20 metri per i laghi di taglia intermedia, tra 0.5 e 20 km², e 26 metri per i laghi più grandi.

<i>Valori di V_l</i>	<i>Stato ecologico</i>	<i>Description</i>
$1 \geq V_l > 0.8$	Elevato (5)	<i>Massima profondità di crescita pari o lievemente inferiore all'atteso</i>
$0.8 \geq V_l > 0.6$	Buono (4)	<i>Leggera deviazione della massima profondità di crescita rispetto al valore atteso</i>
$0.6 \geq V_l > 0.4$	Sufficiente (3)	<i>Modesta deviazione della massima profondità di crescita rispetto al valore atteso.</i>
$0.4 \geq V_l > 0.2$	Scarso (2)	<i>Deviazione sostanziale della massima profondità di crescita rispetto al valore atteso.</i>
$0.2 \geq V_l \geq 0$	Cattivo (1)	<i>Le macrofite raggiungono solo modeste profondità.</i>



Vegetation density (Vd)

La densità di vegetazione è influenzata da diversi parametri ambientali quali alterazioni della linea di costa (Keddy 1983; Cheruvilil & Soranno 2008), oscillazioni del livello delle acque (Coops & van der Velde 1995; Mastrantuono et al. 2008), azione del moto ondoso (Keddy 1982).

La metrica Vd è stimata come copertura delle macrofite tra la linea di costa e la massima profondità di crescita di riferimento per la categoria dimensionale del lago (20 m per i laghi di superficie inferiore o uguale a 20 km² e 26 m per quelli di superficie maggiore), quindi l'EQR è dato da una copertura percentuale che oscilla tra 0 e 100.



TABELLA 7: STATO ECOLOGICO SULLA BASE DI V_d

<i>Valori di V_d</i>	<i>Stato ecologico</i>	<i>Descrizione</i>
$1 \geq V_d > 0.8$	Elevato (5)	<i>La copertura macrofitica è continua fino alla Z_c</i>
$0.8 \geq V_d > 0.6$	Buono (4)	<i>C'è qualche discontinuità nella copertura macrofitica.</i>
$0.6 \geq V_d > 0.4$	Sufficiente (3)	<i>La copertura macrofitica presenta molte zone con basse coperture.</i>
$0.4 \geq V_d > 0.2$	Scarso (2)	<i>Vi sono ampie zone in cui le macrofite sono assenti.</i>
$0.2 \geq V_d \geq 0$	Cattivo (1)	<i>Le macrofite sono sporadiche o presenti in piccoli nuclei</i>

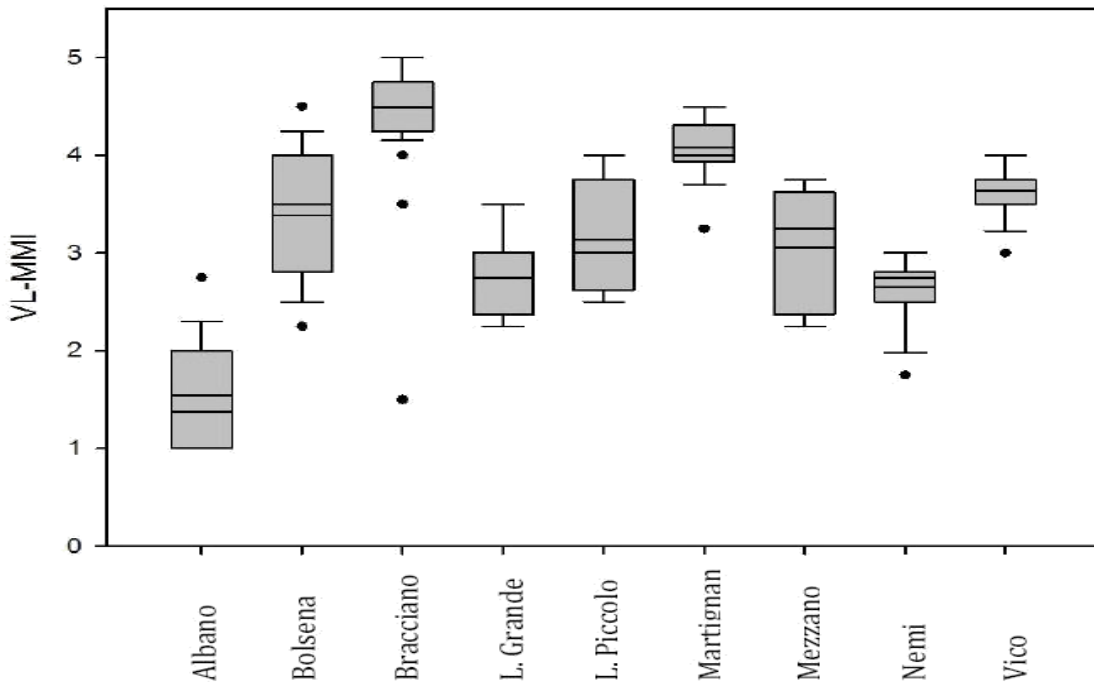


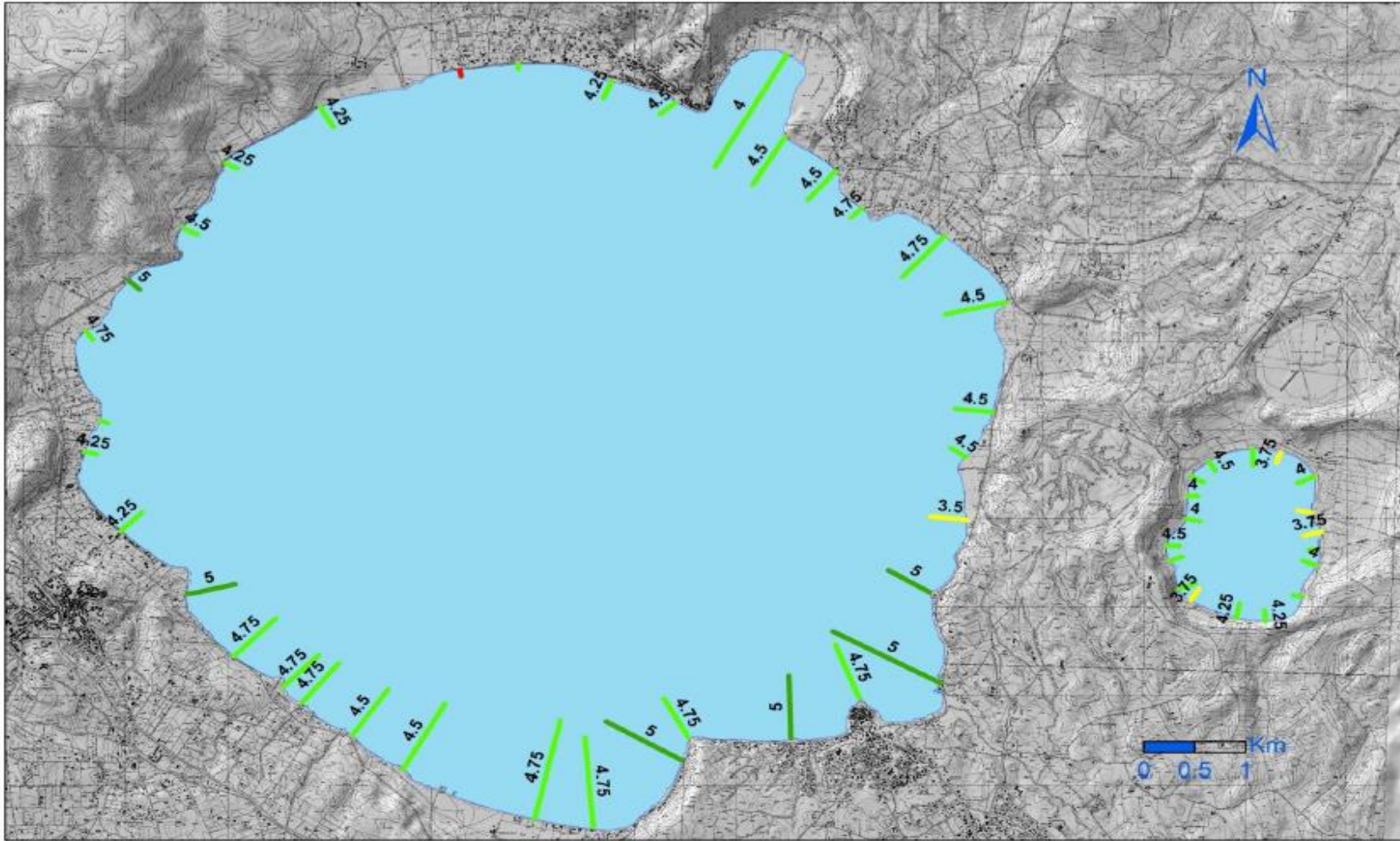
Molti cambiamenti dovuti ad impatto antropico sono rilevabili nei laghi vulcanici italiani.

Azzella et al. 2013. Aquatic Botany 112:41-47
Azzella et al. 2013. Plant Biosystems 147:521-524.

Il Volcanic Lake Multi-Metric Index permette di valutare lo stato di conservazione dei laghi e di evidenziare le differenze dovute all'impatto antropico

$$VL\text{-}MMI = \frac{RI + Z_c + V_l + V_d}{4}$$

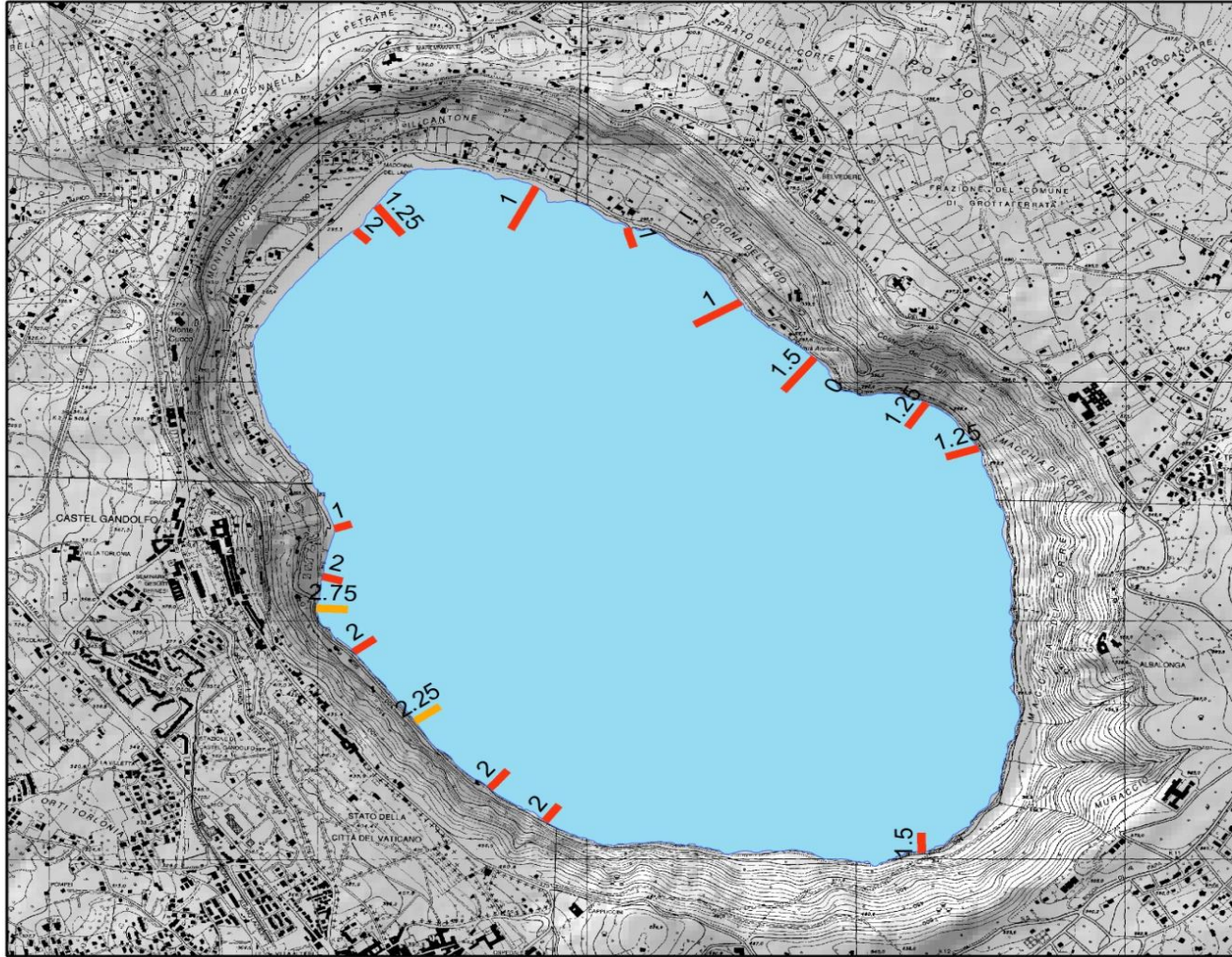




Nitella hyalina

$$\text{VL-MMI} = \frac{\text{RI} + \text{V}_l + \text{V}_d + \text{Z}_l}{4}$$

- HIGH
- GOOD
- MODERATE
- POOR
- BAD



$$VL-MMI = \frac{RI + V_l + V_d + Z_l}{4}$$



Fontinalis squamosa

- HIGH
- GOOD
- MODERATE
- POOR
- BAD