

VERIFICA DELL' EFFICACIA DELLE MALTE IDRAULICHE UTILIZZATE PER IL RESTAURO DI STRUTTURE ROMANE NEL PARCO SOMMERSO DI BAIA.

R. Petriaggi, B. Davidde, S. Ricci, G. F. Priori

Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro

Il Nucleo per gli Interventi di Archeologia Subacquea (NIAS) dell' Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ex Istituto Centrale per il Restauro) conduce dal 2001 il progetto sperimentale "Restaurare sott'acqua", con lo scopo di ideare e testare nuove metodologie, strumenti e materiali per il restauro *in situ* di strutture architettoniche sommerse. La sezione di Biologia Marina dell' I.S.C.R. ha avviato una serie di studi sulla colonizzazione animale e vegetale presente sulle strutture sommerse e sui materiali utilizzati nel corso del restauro.

Vengono proposte alcune considerazioni sull' efficacia delle malte utilizzate per il consolidamento strutturale e sulla loro suscettibilità al degrado biologico. Questi studi hanno contribuito alla programmazione degli interventi di restauro e di manutenzione e alla scelta dei sistemi di protezione *in situ*.

Per il consolidamento strutturale subacqueo sono stati utilizzati due tipi di malta:

- **Albaria® iniezione:** premiscelato in polvere a base di calce, con cariche pozzolaniche fillerizzate e carbonati micronizzati, additivata con superfluidificanti, antidilavante, prodotto tixotropizzante;
- **Albaria® per allettamento strutturale:** premiscelato in polvere a base di calce e metacaolino pozzolanico, misto ad aggregati silicei di fiume di granulometria selezionata, additivato con antidilavante. Entrambe le malte sono state prodotte dalla M.A.C. s.p.a. ed oggi sono commercializzate dal gruppo BASF.



Il Parco Sommerso di Baia (Napoli) comprende un' area di circa 177 ha in cui si conserva parte dell' antico insediamento costiero; questo ha iniziato un lento ed inesorabile sprofondamento in mare a causa del bradisismo, tra il III e il IV sec. d.C. Nel sito di Baia è stato possibile applicare le metodologie su un vasto campione di manufatti antichi (colonne in laterizio, murature e pavimenti musivi), situati ad una profondità minima di 1,5 m e ad una profondità massima di 6 m circa.

Camp./provini	Vp (m/s)	Poisson	Edin (Mpa)
1/1	3438 (Z)	0.24	189.3
	3200 (X)	0.33	128.5
	2926 (Y)	0.25	235.3
1/2	2986 (Z)	0.31	116.9
	3356 (X)	0.37	115.2
	3243 (Y)	0.37	108.0
1/3	2962 (Z)	0.21	148.5
	2906 (X)	0.17	149.2
	3130 (Y)	0.20	167.8
3/1	2946 (Z)	0.21	144.5
	3076 (X)	0.23	153.1
	3074 (Y)	0.31	127.2
3/2	2958 (Z)	0.30	120.0
	3074 (X)	0.30	127.8
	3009 (Y)	0.18	152.8
3/3	3208 (Z)	0.19	165.6
	3087 (X)	0.21	148.8
	3036 (Y)	0.29	125.6

Analisi della malte

A distanza di cinque anni dall' inizio dei lavori di restauro, si è ritenuto opportuno procedere alla verifica dell' efficacia delle integrazioni e dei rifacimenti con l' impiego di malte idrauliche. Campioni di *Albaria® per allettamento strutturale* sono stati prelevati e sottoposti ad analisi in laboratorio. I principali obiettivi delle prove sono stati i seguenti:

- caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico i diversi campioni di malta, a distanza di circa tre anni dalla sua applicazione;
- confrontare campioni prelevati da zone in cui la malta è stata messa in opera con diverse modalità operative (in cassaforma di alluminio o senza);

Le prove sono state eseguite conformemente alle prescrizioni delle seguenti norme ASTM:

- pesi di volume: ASTM D 854 – 83 (1991) – Standard test method for specific gravity of soils. Annual book of ASTM standards, section 4, Vol. 04.08: 170-172;
- velocità delle onde elastiche: ASTM D 2845-90 (1991) – Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rocks. Annual book of ASTM standards, section 4, Vol. 04.08: 345-349;
- prove di rottura alla compressione: ASTM C 170-90 (1990) – Standard test method for compressive strength of stone. Annual book of ASTM standards, section 4, Vol. 04.08: 14-16.

Dai valori dei pesi di volume dei provini, calcolati sia allo stato saturo (cioè aventi lo stesso contenuto di acqua marina dei campioni da cui sono stati ricavati) sia allo stato secco (cioè dopo 24 h a 110 °C), è stato calcolato il contenuto d' acqua di ciascuno di essi.

Velocità delle onde elastiche e parametri dinamici relativi.

Camp. /provini	valori di resistenza	resistenza media
1/1	60,15 Kg/cm ² (5,90 Mpa)	46,45 Kg/cm ² 4,55 Mpa
1/2	39,95 Kg/cm ² (3,92 Mpa)	
1/3	39,25 Kg/cm ² (3,85 Mpa)	
2/1	44,84 Kg/cm ² (4,398 Mpa)	43,95 Kg/cm ² 4,31 Mpa
2/2	43,06 Kg/cm ² (4,223 Mpa)	
3/1	40,77 Kg/cm ² (3,99 Mpa)	40,26 Kg/cm ² 3,95 Mpa
3/2	33,31 Kg/cm ² (3,27 Mpa)	
3/3	46,71 Kg/cm ² (4,58 Mpa)	

Resistenza meccanica alla compressione.

Parametri fisici	campione n. 1	campione n. 2	campione n. 3
Peso di volume saturo	1,871 g/cm ³	1,867 g/cm ³	1,825 g/cm ³
Peso di volume secco	1,487 g/cm ³	1,4145 g/cm ³	1,404 g/cm ³
Contenuto di acqua %	26,01 %	32,15 %	29,9 %

Valori medi dei pesi di volume allo stato saturo e secco dei provini, e relativo contenuto d' acqua.

La resistenza alla compressione e gli altri parametri misurati si collocano nell' ambito di quelli che caratterizzano alcune malte di restauro impiegate per le operazioni di consolidamento ed iniezione. Sulla base delle indagini analitiche, a causa delle caratteristiche intrinseche della malta utilizzata, appare evidente che le modalità di applicazione della stessa abbiano avuto una limitata influenza sui parametri fisici e di resistenza del materiale indurito.

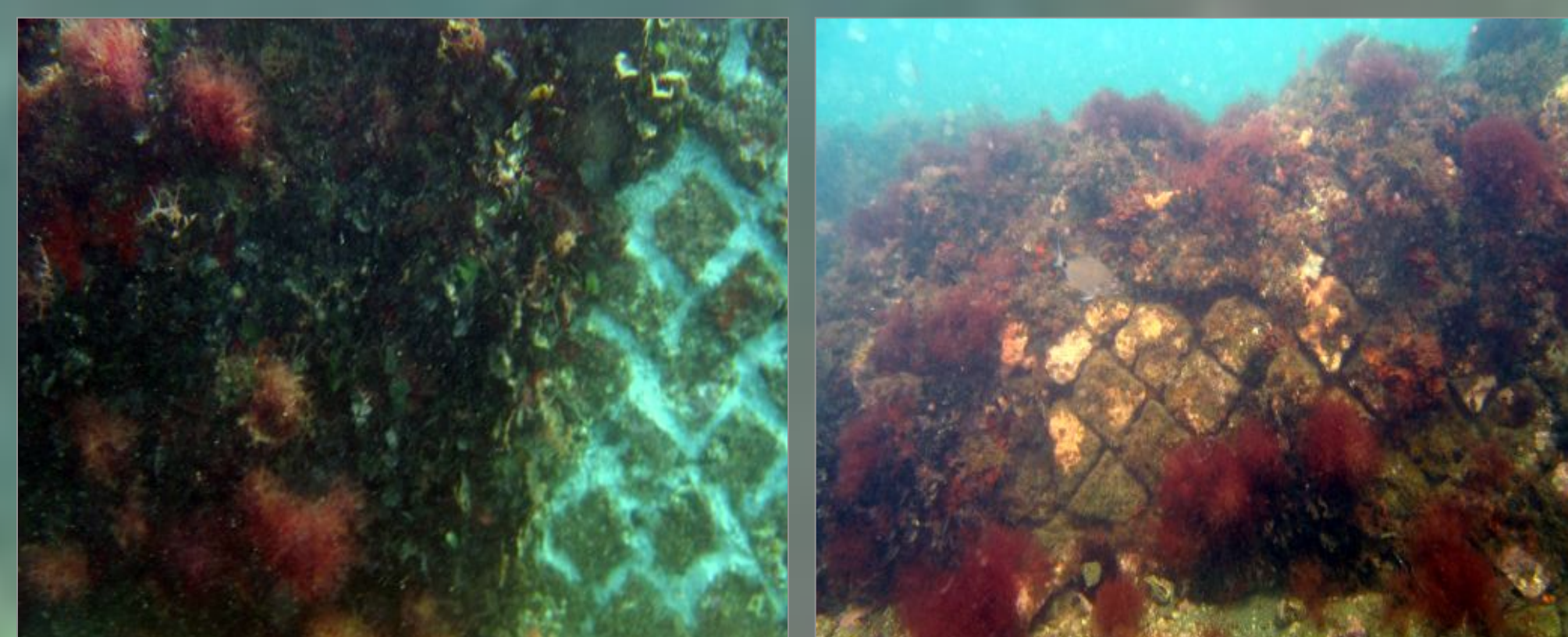
I pesi di volume, sia allo stato saturo che allo stato secco, ed il contenuto d' acqua dei campioni prelevati dalla malta applicata senza cassaforma (campione 1) non differiscono di molto da quelli delle altre malte (campione 2 e campione 3).

Una sostanziale omogeneità tra i campioni si è registrata anche per quanto concerne le velocità delle onde elastiche ed i relativi moduli dinamici.

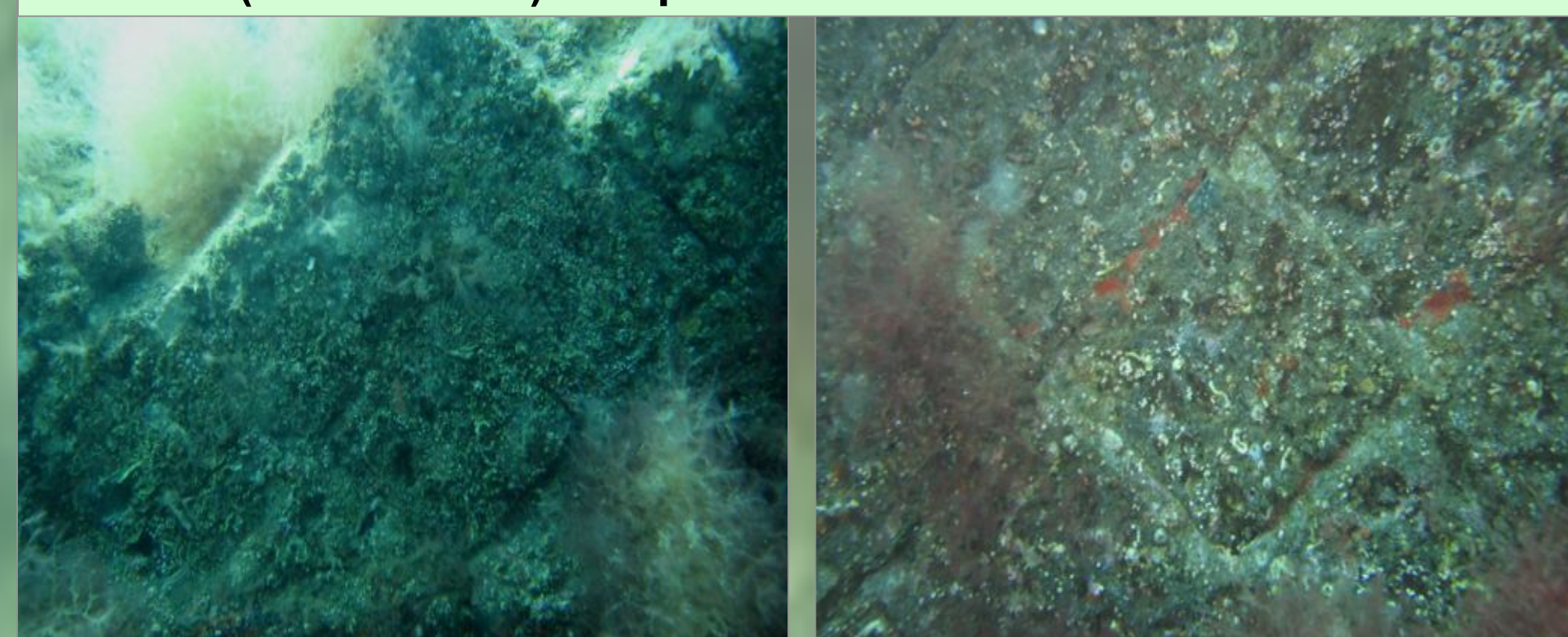
Anche la resistenza meccanica alla compressione è confrontabile nei tre campioni, sebbene il campione 1 mostri una resistenza lievemente più bassa.



Le ricognizioni effettuate sulle murature e sulle pavimentazioni musive hanno mostrato che, dopo 12 mesi, la crescita biologica era alquanto diffusa e, dopo 2 anni, mostrava una evidente intensificazione con massicci sviluppi di crostacei molluschi e macroalghe. Particolarmente invasivo è risultato lo sviluppo di Spugne, presenti con una grande molteplicità di specie epilitiche (*Spirastrella*, *Haliclona* e *Ircinia*); i Serpulidi (*Serpula* e *Spirorbis*) formavano diffuse incrostazioni biancastre di forma allungata o a spirale; i Crostacei (*Balanus*) e i Molluschi Bivalvi (*Ostrea* ed *Anomia*) hanno portato alla formazione di dense e spesse incrostazioni calcaree che hanno raggiunto nell' arco di un anno spessori variabili, fino a 1 cm.



Colonizzazioni biologiche sulle malte di restauro subito dopo il restauro (in alto a sin.) e dopo 12 mesi.



I dati ottenuti hanno fornito interessanti informazioni sulla resistenza delle malte nel tempo e sui tempi di colonizzazione delle superfici restaurate. Poiché le strutture sommerse non possono essere sottoposte ad interventi di disinfezione con biocidi, la prevenzione e la manutenzione rappresentano le uniche forme di controllo del degrado chimico-fisico e del biodeterioramento. A tale riguardo sono stati sperimentati *teli di protezione*, facilmente rimovibili e rinnovabili. Non trattandosi, inoltre, di materiali tossici per l' ambiente, l' uso dei teli risulta attualmente un buon metodo che permette al contempo la preservazione dei manufatti e una facile fruizione e ricognizione delle superfici. Tale metodo consente tra l' altro l' impianto delle diverse specie biologiche, fungendo da superficie di sacrificio, senza interferire in modo drastico con il patrimonio naturale del sito.

