

Comune di Livorno
Settore Cultura
Gentile Dottor Filippi

Oggetto: Manutenzione del gruppo scultoreo dei "Quattro Mori"

Stato di conservazione dei bronzi

Le quattro sculture di bronzo presentano evidenti segni di degrado. Il processo di solfatazione dovuto alle piogge acide ed agli inquinanti ed al degrado dei protettivi, applicati nel corso del restauro e dell'ultima manutenzione (1997), disgrega la superficie della patina trasformando i prodotti di corrosione più stabili in sali solubili, che successivamente vengono dilavati dalle piogge. Questo processo "consuma" lentamente la patina già formata e altera la parte sottostante della lega tramutandola in sali caratterizzati da alti coefficienti di solubilità. Il risultato di questo tipo di degrado è che si stanno allargando le aree in cui la superficie viene erosa, caratterizzate da un colore verde-azzurro, alternate a zone non erose di colore verde-nero. Tra queste aree si innesca un processo elettrochimico che accelera il processo di solfatazione delle zone che già si stanno corrodendo. Il risultato, visibile anche ad occhio nudo sulle cosce dei due Mori rivolti ad ovest, è che queste aree stanno perdendo rapidamente spessore provocando la formazione di profonde aree corrose là dove esisteva la superficie originale.

Questi fenomeni di alterazione sono conosciuti e presenti sulla maggioranza dei monumenti bronzei esposti all'aperto, ma il contesto ambientale in cui i Quattro Mori sono collocati è sicuramente molto più aggressivo. Sono presenti infatti tutti i fattori responsabili del degrado in quantità elevata: il mare dista pochi metri e nelle giornate di libeccio l'aerosol marino bagna costantemente i bronzi, la strada che costeggia il monumento è vicinissima ed è percorsa da un numero impressionante di veicoli che producono anidridi sia dello zolfo che dell'azoto ritenute, insieme ai cloruri marini, le maggiori responsabili del degrado dei metalli.

Per sintetizzare abbiamo in abbondanza gli elementi chimici più aggressivi in presenza di acqua proveniente dal mare o dovuta a condense, si viene di conseguenza a creare una sorta di cella di invecchiamento accelerato con i risultati ora ben visibili.

I protettivi da noi applicati nel restauro e nella manutenzione del 1997, pur essendo i più affidabili ancora oggi, non sono in grado di resistere più di cinque o sei anni in un ambiente mediamente aggressivo e quindi nelle condizioni cui sono soggetti i 4 Mori assai di meno, salvo che non si provveda ad una manutenzione programmata che preveda la rimozione dei depositi e dei sali con il rinnovo delle protezioni ogni 4 anni circa.

Le manutenzioni leggere ma costanti rappresentano un'economia sia dal punto di vista monetario che dal punto di vista della conservazione.

Le parti rivolte verso l'alto e fortemente dilavate dalle piogge non hanno ora più alcuna protezione (foto 1), mentre le zone in sottosquadro e protette dalla pioggia presentano zone in cui i protettivi sono ancora efficienti e zone in cui questi si stanno rapidamente degradando (foto 2, 3).

Nei due Mori rivolti verso il mare si notano inoltre molti crateri di cloruri, apparsi di recente e attivi (foto 4).

I quattro mascheroni con granchi e molluschi che sorreggono le catene e le catene stesse sono invece meglio conservati, grazie alla posizione parzialmente protetta dalla cornice marmorea e anche grazie al fatto che essi furono trattati per immersione, quindi in modo più efficace; non mancano però crateri di corrosione attiva (foto 5).

Stato conservativo delle parti lapidee

Ad un primo esame la pietra pare aver subito un degrado minore. La superficie appare compatta, non spolvera e non compaiono fenomeni notevoli di disgregazione delle malte. Nelle parti sottostanti i bronzi i sali solubili del rame sono percolati colorando di verde la pietra. Se i protettivi della pietra sono ancora in buono stato di conservazione sarà possibile asportare almeno in parte le colature.

Nelle zone di sottosquadro si notano croste gessose scure piuttosto incoerenti, mentre, in prossimità degli spigoli più acuti delle cornici, alcune piccole fessurazioni stanno provocando il distacco di piccoli frammenti. I riquadri di breccia rosa hanno subito probabilmente un degrado maggiore, si nota una disgregazione delle venature più chiare della pietra, che pare causare un distacco dei globuli rosastri.

Queste aree probabilmente hanno subito un maggiore degrado a causa della presenza di materiale meno resistente nelle venature.

Indagini

Prima del nostro intervento faremo alcuni test ed alcuni prelievi dei prodotti di degrado e dei protettivi sui bronzi.

Utilizzeremo una procedura messa a punto nel monitoraggio del Perseo di Cellini a Firenze, assieme al Professor Maurizio Marabelli, ex direttore dei Laboratori di Chimica dell'ICR.

Saranno individuate zone rappresentative delle varie tipologie di patina. In queste zone, su un'area di circa 10 cm², saranno eseguiti lavaggi con acqua deionizzata che sarà analizzata mediante cromatografia Ionica per avere un quadro dei sali presenti e dei prodotti di corrosione solubili. Prima del lavaggio sarà misurato lo spessore medio delle patine all'interno dell'area, la velocità di corrosione e, dopo il lavaggio, saranno prelevati piccoli campioni dei prodotti di corrosione insolubili per caratterizzarne la composizione.

Particolari misure di spessore e di velocità di corrosione saranno eseguite nelle aree in cui siano ancora presenti i protettivi, sia nelle parti più protette, dove la loro presenza è marcata, sia nelle isole che hanno resistito nelle aree più sottoposte a dilavamento. Saranno prelevati campioni del protettivo per sottoporlo a un'indagine comparata con raggi infrarossi con protettivo nuovo per evidenziarne i punti di debolezza.

Le aree prescelte saranno poi pulite per prime e subito protette. Una misurazione della velocità di corrosione sarà anche eseguita sui protettivi appena applicati. Sulle stesse aree potranno periodicamente essere eseguite misure di controllo per stabilire i tempi ed i modi delle successive manutenzioni.

Intervento

Dopo la costruzione di un ponteggio che arrivi circa all'altezza dei piedi della scultura lapidea di Ferdinando II, tutto il monumento sarà lavato con acqua corrente e tensioattivi non ionici. Per nebulizzazione con acqua corrente si disgregheranno le croste gessose sia delle parti lapidee che di quelle bronzee.

Bronzi

Le sculture di bronzo saranno sottoposte a lavaggi con getti di vapore ed acqua deionizzata per rimuovere i protettivi sollevati e contemporaneamente solubilizzare ioni cloro presenti nella patina. I residui di Incralac saranno poi rimossi mediante impacchi con solventi organici e con mezzi meccanici.

Le acque di lavaggio saranno controllate per individuare la presenza di ioni cloro e solfato ed il trattamento verrà interrotto solo quando la loro presenza risulti intorno alle 25-35 parti per milione.

I nuovi crateri di corrosione attiva saranno prima svuotati con mezzi meccanici e poi lavati con abbondante acqua mista a vapore per rimuovere la maggior parte dei cloruri presenti all'imboccatura dei crateri, ma anche per portare in soluzione la nantochite (cloruro rameoso) presente all'interno dei crateri.

Le sculture saranno poi sottoposte ad un ciclo di camera ad umido per mettere in luce eventuali crateri di corrosione ancora attivi e, nel caso fossero presenti, i cloruri saranno rimossi con estrazione elettrochimica che consente di attirarli su una laminetta di alluminio.

Quando le espulsioni di cloruri saranno ridotte al minimo le sculture saranno abbondantemente lavate, quindi disidratate mediante getti di aria calda; subito dopo si applicheranno una mano di Incralac a pennello e due mani a spruzzo, provvedendo a controllare che lo spessore superi i 50 μ , servendosi di placchette di controllo.

A questo punto si applicheranno due o tre mani di cera microcristallina a pennello, avendo cura di lucidare la superficie prima di applicare la mano successiva.

In alternativa a questo sistema di protettivi, stiamo sperimentando, in collaborazione con il Professor Rocco Mazzeo del Corso di Tecnologie per la Conservazione ed il restauro dell'Università di Bologna, un nuovo sistema di protezione differenziata che, se supererà i test in corso, potrebbe garantire una maggiore durata dello strato protettivo. Si tratta di un polimero inorganico che rende insolubili i sali verde azzurro che costituiscono le parti più degradate.

Per concludere, utilizzando una procedura messa a punto assieme al Professor Marabelli, saranno scelte le aree, già citate in precedenza, sulle quali, al termine della manutenzione ed in futuro, eseguire le misure di spessore, di velocità di corrosione e per controllare l'efficacia dei protettivi.

Pietra

Dopo i lavaggi della superficie si applicheranno complessanti dei sali di rame mediante impacchi, in modo da rimuovere il più possibile i sali verdi che sono stati assorbiti. Come già detto se i protettivi della pietra sono ancora efficaci, si riuscirà a rimuovere gran parte delle colature verdi.

I riquadri rosa saranno consolidati mediante impregnazione di silicato di etile fino a rifiuto e quindi protetti con prodotti per materiali lapidei insieme al resto del basamento e della statua di Ferdinando II.

Preventivo (manodopera €34-ora)**bronzo**

Allestimento cantiere 38h	€	██████████
Campagna fotografica prima e dopo la manutenzione 14h	€	██████████
Analisi su protettivi e prodotti di corrosione 92h	€	██████████
Lavaggi con acqua deionizzata calda 16h	€	██████████
Nebulizzazione 85h	€	██████████
Pulitura meccanica 75h	€	██████████
Impacchi per rimuovere il protettivo degradato 285h	€	██████████
Lavaggi con vapore 75h	€	██████████
Camera ad umido 24h	€	██████████
Estrazione elettrochimica dei cloruri 140h	€	██████████
Ritocco per velature e sturccature 40h	€	██████████
Disidratazione 110h	€	██████████
Protezione 36h	€	██████████

Pietra

Lavaggio superfici 22h	€	██████████
Nebulizzazione 48h	€	██████████
Impacchi con estrattore sali di rame 64h	€	██████████
Consolidamento dei riquadri rosa 16h	€	██████████
Protezione delle superfici 48h	€	██████████

IVA 20%

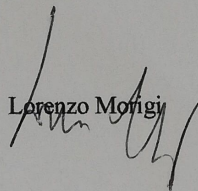
Totale preventivo

€	██████████
€	██████████
€	██████████

Costo complessivo delle operazioni, escluse le opere provvisorie e gli eventuali allacciamenti:

da questi costi sono esclusi i costi per le opere provvisorie e per le pannellature pubblicitarie, che sono a carico della ditta che si occupa della sponsorizzazione.

Bologna 26/08/2005



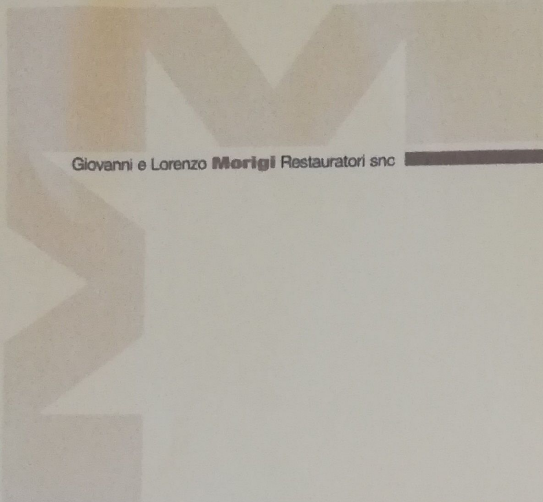
Lorenzo Morigi

Via Barontini 1
40138 Bologna
Tel/fax 051 253641
info@morigi.it
www.morigi.it
Reg. impr. Bo 49918
P.IVA 03805670373

Giovanni e Lorenzo **Morigi** Restauratori snc



Foto 1. Moro di Sud Est. Si notano le ampie aree verdi sulle parti rivolte verso l'alto. Solitamente queste patine sono fortemente dilavate e sono composte da solfati più o meno solubili.



Via Barontini 1
40138 Bologna
Tel/fax 051 253641
info@morigi.it
www.morigi.it
Reg. Impr. Bo 49918
P.IVA 03805670373

Giovanni e Lorenzo **Morigi** Restauratori snc



Foto 2. Moro di Nord Ovest. Indicate dalle frecce rosse le zone in cui il protettivo si sta degradando.

Giovanni e Lorenzo **Morigi** Restauratori snc

Via Barontini 1
40138 Bologna
Tel/fax 051 253641
info@morigi.it
www.morigi.it
Reg. impr. Bo 49918
P.IVA 03805670373

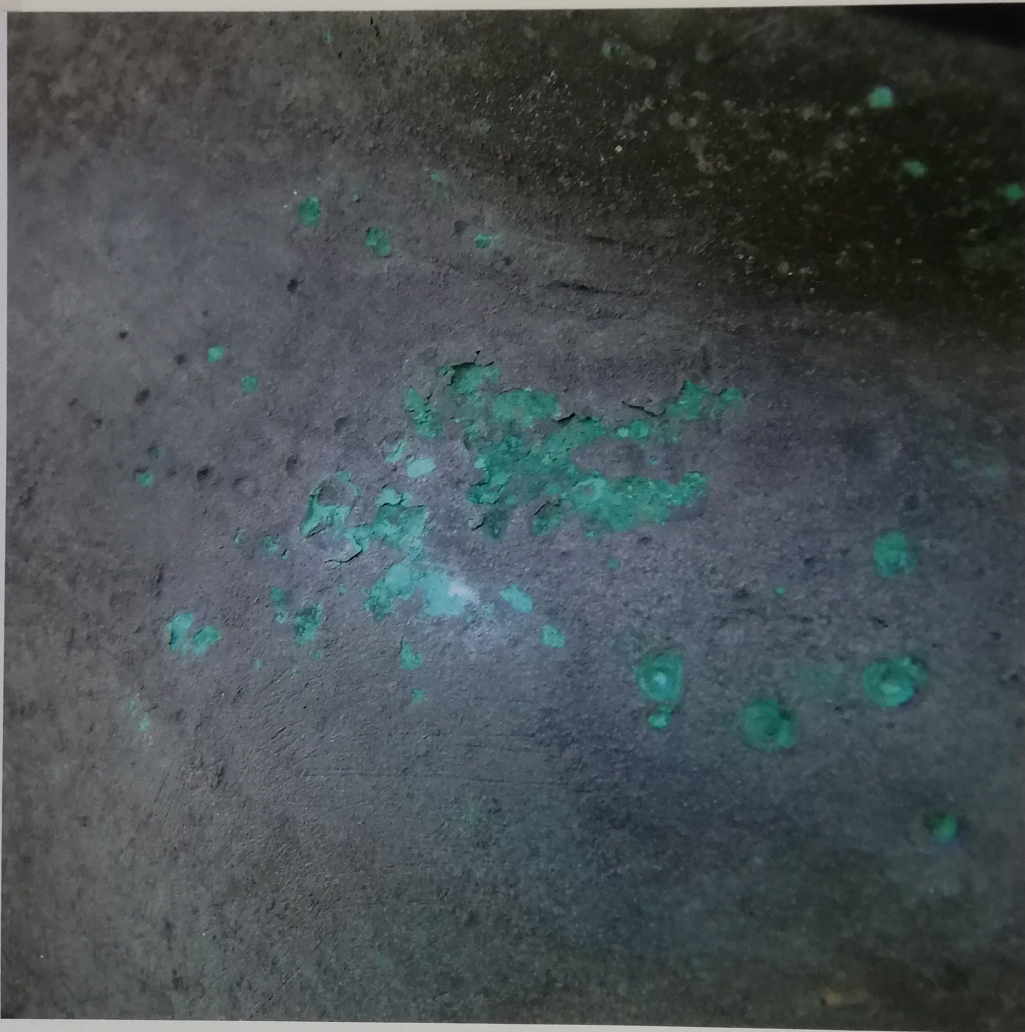


Foto 3. Moro di Nord Ovest. Pustole di corrosione attiva molto aggressiva che sta distaccando spessi strati di superficie.

Giovanni e Lorenzo **Morigi** Restauratori snc

Via Barontini 1
40138 Bologna
Tel/fax 051 253641
info@morigi.it
www.morigi.it
Reg. impr. Bo 49918
P.IVA 03805670373



Foto 4. Moro di Sud Ovest. Il protettivo, fortemente degradato, si distacca dalla superficie.

Via Barontini 1
40138 Bologna
Tel/fax 051 253641
info@morigi.it
www.morigi.it
Reg. impr. Bo 49918
PIVA 03805670373

Giovanni e Lorenzo **Morigi** Restauratori snc



Foto 5. Uno dei Mascheroni con pustole di corrosione attiva.