



INDAGINI CONOSCITIVE E DIAGNOSTICHE PER IL RESTAURO

MODENA TORRE DELLA GHIRLANDINA

MONITORAGGIO ANALITICO DELLE FASI DI RESTAURO

Venezia, 22 aprile 2009

redatto da
dr. Mauro Tonon

verificato da
dr. Guido Driussi



11456

La presente documentazione riporta gli esiti dei sopralluoghi di monitoraggio effettuati presso la Torre della Ghirlandina, Modena, nel corso delle fasi di restauro che stanno interessando la porzione superiore del manufatto, dalla balaustra inferiore alla sommità e, a tutt'oggi, pressoché giunte a conclusione.

Nel corso di tali interventi in cantiere si è proceduto all'esecuzione di differenziate tipologie di caratterizzazione analitiche, finalizzate da un lato alla valutazione dei sistemi consolidanti e protettivi utilizzati per il trattamento degli elementi lapidei esterni -sia strutturali che di rivestimento-, dall'altro allo studio dello stato conservativo relativo alla struttura interna della torre, in particolar modo per quel che riguarda gli intonaci, le strutture lignee e le murature in laterizio del vano scala.

Tali prove, differenziate per tipologia di elemento da verificare, hanno previsto la realizzazione in loco delle seguenti indagini:

- *osservazioni macroscopiche ed in microscopia ottica a luce riflessa* – attraverso queste valutazioni è stata indagata la condizione morfologica superficiale e lo stato di conservazione degli elementi più rappresentativi quali stuccature, giunti tra i conci, elementi architettonici lapidei.
- *misura delle velocità di propagazione di onde ultrasoniche* – la prova, permettendo di verificare la continuità della tessitura lapidea, consente di valutare l'efficacia degli interventi di consolidamento. Nella fattispecie le indagini hanno riguardato gli elementi lapidei più rappresentativi delle due balaustre;
- *misure delle coordinate colorimetriche di tristimolo* – permettono la verifica delle compatibilità cromatiche dei trattamenti superficiali con il supporto lapideo (attraverso il confronto delle misure effettuate sulla superficie della pietra tal quale e a seguito della protezione), e di registrare le eventuali variazioni di colore occorse con il protrarsi dell'esposizione della superficie all'irraggiamento solare ed agli agenti atmosferici;
- *misure di assorbimento d'acqua a bassa pressione* – consentono di valutare l'efficacia dei sistemi protettivi come inibitori di assorbimento delle acque meteoriche (rif. NorMaL 44/93). La ripetizione dell'analisi a diversi intervalli temporali mette in evidenza l'eventuale degrado del trattamento.
- *misure di angolo di contatto*: la misura permette di determinare il livello di idrofobicità delle superficie lapidea ottenuto a seguito del trattamento con i sistemi protettivi; il controllo nel tempo del parametro consente inoltre di osservare la cinetica di degrado del protettivo.
- *determinazioni resistografiche su elementi lignei*: tali prove sono state realizzate sulle travi presenti nella cella campanaria e sono mirate a verificare la continuità e consistenza



del materiale, permettendo di verificarne lo stato conservativo sia negli strati superficiali che interni della struttura;

- *valutazione dei tenori di umidità mediante misure di resistività elettrica:* la prova è stata condotta presso alcune porzioni di intonaco interne alla cuspide e caratterizzate da fenomeni di alterazione cromatica.

Oltre alle determinazioni analitiche sopra presentate, in occasione dell'ultimo sopralluogo di marzo 2010, sulla superficie muraria del vano scala sono state effettuate delle prove di pulitura -abbinate anche ad alcuni approfondimenti analitici- per rimuovere gli strati di sedimentazione/sovramissione presenti sulle superfici dei laterizi faccia a vista (per i risultati dei tali prove si rimanda alla relazione del 6 aprile 2010).

Complessivamente, nel corso dei tre sopralluoghi alla torre effettuati nei periodi di maggio 2009, settembre 2009 e marzo 2010, sono state espletate le indagini valutative elencate nella seguente tabella. Si tenga presente che al fine di poter eseguire gli stessi test anche in futuri ipotetici monitoraggi di controllo, ciascuna delle aree prescelte è situata in porzioni direttamente accessibili dalle balaustre.

Determinazioni analitiche	Elemento architettonico testato	Data di prova	Note
Osservazioni macro/microscopiche	colonnine e cimasa balausta superiore prospetto nord	mar. 10	per questi elementi è stata effettuata una prova di rilievo video in alta definizione, che potrà servire come punto zero per un confronto negli eventuali controlli futuri.
	malte di sigillatura giunti prospetto sud	set. 09	Le valutazioni condotte hanno l'obiettivo di verificare l'efficacia sigillante dei giunti di allettamento e delle stuccature verificandone la durabilità, attraverso il monitoraggio a diversi intervalli temporali.
	malte di stuccatura balausta superiore	set. 09 mar. 10	
	Superfici lapidee di rivestimento in pietra del prospetto nord	set. 09 mar. 09	Le osservazioni, che hanno interessato le superfici in corrispondenza della balausta inferiore, sono mirate a valutare l'eventuale insorgenza di manifestazioni biologiche
Misure ultrasoniche	Cimasa ed elementi sferici angolari della balausta superiore	mar 09	Relativamente alla cimasa, le prove hanno riguardato l'elemento lapideo fratturato presente nel prospetto nord
	colonnine balausta inferiore	set. 09	Le prove hanno permesso di verificare lo stato conservativo degli elementi, al fine di indirizzare in modo appropriato l'intervento di restauro (per i risultati si rimanda alla relazione di ottobre 2009)



Determinazioni analitiche	Elemento architettonico testato	Data di prova	Note
Misure di colore			
Misure di assorbimento d'acqua a bassa pressione	balaustra superiore (esposizione sud e nord), balaustra inferiore rivestimento lapideo cuspide dei prospetti sud e nord.	mag. 09 set. 09 mar. 10	Per le zone testate in corrispondenza della balaustra superiore, i test sono stati condotti sia sulle superfici tal quali (maggio 2009) che nei due sopralluoghi condotti successivamente al trattamento, ottenendo così sia indicazioni relative all'efficacia iniziale che alla durabilità dei sistemi protettivi. Limitatamente alla porzione lapidea accessibile dalla balaustra inferiore, solamente nel prospetto sud è stato possibile esaminare la pietra sia prima che dopo il trattamento. Per quanto riguarda il lato nord, accessibile solamente nell'ultimo sopralluogo, sono state espletate solamente le caratterizzazioni colorimetriche, misurando le coordinate cromatiche sul rivestimento della cuspide già trattato e, relativamente alla balaustra, su una porzione non ancora sottoposta a intervento protettivo.
Misure di angolo di contatto			
Determinazioni resistografiche	Travature lignee verticali della cella campanaria	mar. 10	Le porzioni lignee indagate presentano alcune problematiche legate sia all'attacco di organismi xilofagi, sia ad alcuni fenomeni di tipo fessurativo. Le caratterizzazioni condotte sono finalizzate alla conoscenza della situazione attuale, in vista di ipotetici futuri monitoraggi di controllo
Valutazioni contenuti di umidità	intonaco interno vano scala sopra cella campanaria	mar. 10	L'analisi ha previsto la realizzazione di una mappatura del livello di umidità in corrispondenza di una macchiaiatura della muratura.

Le determinazioni sopra indicate costituiscono, da un lato, uno strumento per la verifica degli interventi effettuati sulla struttura edilizia, dall'altro, un mezzo per definire oggettivamente i principali parametri caratterizzanti lo stato conservativo del manufatto, da utilizzarsi come standard di riferimento per eventuali futuri monitoraggi, utili alla definizione di un mirato piano manutentivo.

Di seguito si riportano gli esiti riepilogativi delle indagini condotte; le schede con i dettagli analitici delle singole determinazioni, suddivise per tipologia di elemento architettonico considerato, sono allegate.



RISULTATI

Le determinazioni analitiche e le osservazioni condotte sui diversi elementi architettonici della torre trattati, evidenziano complessivamente il raggiungimento di buoni risultati, sia per quanto riguarda i trattamenti di protezione e recupero superficiale, sia relativamente agli interventi di riassetto della balaustra, come di seguito specificato.

Protezione delle superfici

Relativamente a questo intervento, le valutazioni analitiche condotte sul materiale lapideo tal quale e successivamente al trattamento, evidenziano come il grado di protezione all'acqua offerto dal sistema protettivo prescelto –e secondo gli specifici dosaggi impiegati– risulti particolarmente efficace e, seppure con qualche variazione, mantenga buone caratteristiche anche successivamente all'esposizione semestrale agli agenti atmosferici (periodo valutato: da settembre 2009 a marzo 2010).

I risultati emersi per ciascuno dei parametri fisici considerati, relativamente ai test condotti sugli elementi lapidei della balaustra superiore e sulle lastre di rivestimento della cuspide, sono così riassumibili:

- *Caratteristiche cromatiche:* sia la compatibilità del sistema protettivo impiegato con le peculiarità cromatiche della pietra che la sua stabilità nel tempo risultano particolarmente buone. In tutte le superfici verticali considerate non viene evidenziata alcuna significativa alterazione delle coordinate colorimetriche di tristimolo; le variazioni di colore calcolate dalle misure condotte sulle aree campione di superficie tal quale, trattata e dopo invecchiamento, si attestano infatti a valori di ΔE particolarmente bassi e sempre inferiori a 2.5 (valori calcolati come differenza geometrica delle coordinate colorimetriche di tristimolo nel sistema di riferimento colore Cie Lab). Solamente in corrispondenza dell'area di rilievo C3, situata sulla porzione orizzontale di una cimasa del prospetto sud, si riscontra uno scurimento del tono cromatico, a nostro avviso correlabile non tanto ad una alterazione del sistema protettivo

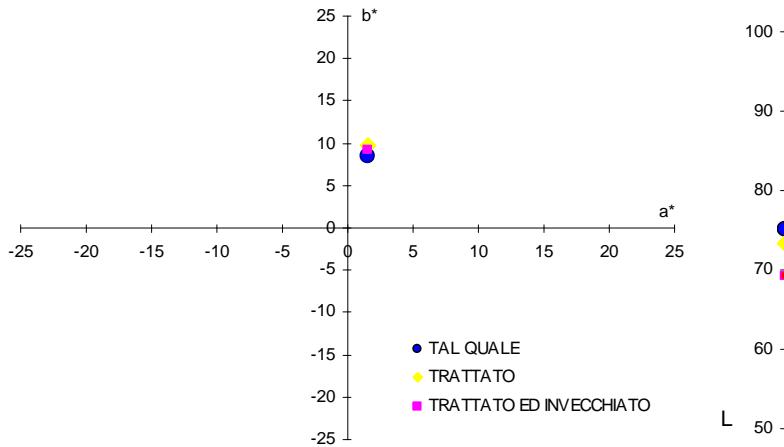


Fig. 1: Area C3 – Confronto delle coordinate di tristimolo nel sistema Cie Lab, misurate sulla superficie orizzontale della cimasa del prospetto sud (balaustra superiore). Si noti come vi sia stata una diminuzione del tono superficiale (parametro L), mentre il colore si sia mantenuto sostanzialmente inalterato (coordinate a* e b*).



applicato (che nelle altre porzioni si è mantenuto, come sopra detto, pressoché inalterato) quanto alla formazione di un lieve deposito superficiale di particellato per apporto atmosferico.

- *Assorbimento d'acqua a bassa pressione:* le indagini condotte evidenziano una apprezzabile diminuzione dei quantitativi d'acqua assorbita dal materiale con l'applicazione del protettivo (vedi fig. 2 al lato). A seguito dell'invecchiamento non si notano inoltre particolari variazioni del parametro, né in corrispondenza delle zone esposte a nord, né per quelle sul versante meridionale, tendenzialmente più soggette al degrado per azione dell'irraggiamento solare: come visibile nella fig. 3, le curve di assorbimento relative alla prova condotta a settembre 2009 e marzo 2010, risultano infatti pressoché perfettamente sovrapponibili, con un coefficiente medio di imbibizione calcolato di appena $0.4 \text{ l/m}^2\cdot\text{ora}$.

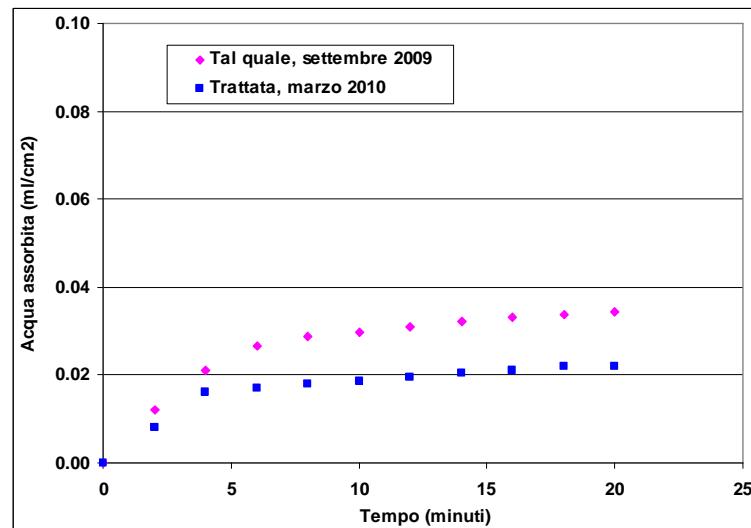


Fig. 2 – Rivestimento della cuspide, prove di assorbimento a bassa pressione relativo alla superficie tal quale e dopo protezione.

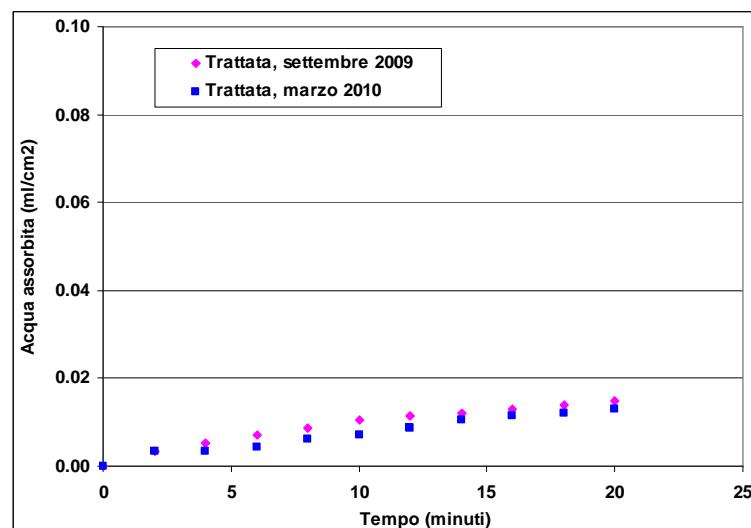


Fig. 3 – balaustra superiore, prove di assorbimento d'acqua eseguite sulle superfici trattate a 6 mesi di distanza.



- *Idrorepellenza:* per tutte le porzioni considerate della balaustra superiore, le misure condotte a settembre 2009 (successivamente al trattamento protettivo) evidenziano come l'idrorepellenza conferita dal sistema protettivo impiegato sia particolarmente efficace: a fronte di un angolo di contatto sulla superficie tal quale assolutamente non misurabile per l'immediato e completo assorbimento dell'acqua dal lapideo, dopo il trattamento protettivo si osserva un'elevata idrofobizzazione, con angoli di contatto medi di ben 130° (foto 1a), sia sulla porzione sud che nord della torre.

Dalle misure effettuate a marzo 2010 è stato possibile notare un decremento generalizzato dell'idrorepellenza superficiale, sia nella porzione sud che, in maniera minore, in quella nord della balaustra superiore: gli angoli di contatto medi determinati si attestano a valori di 65° e 85° rispettivamente per il prospetto sud e nord. Tali variazioni, allo stato attuale risultano comunque tali da non precludere la funzionalità del sistema protettivo, visti anche i risultati degli assorbimenti d'acqua sopra riportati. Per quanto concerne le lastre di rivestimento della cuspide, anche se per tale area non è stato possibile determinare un vero e proprio angolo di contatto a causa della verticalità della struttura, dalle prove condotte viene confermata l'ottima idrofobicità conferita dal sistema protettivo impiegato (foto 1b).



Foto 1a: superficie orizzontale della balaustra superiore, misura di angolo di contatto su superficie trattata (settembre 2009)



Foto 1b: superfici verticali di rivestimento della cuspide. Prova di idrorepellenza.



Stuccature e sigillature

Per quanto concerne gli interventi di stuccatura e sigillatura dei giunti, le valutazioni condotte nei due sopralluoghi di settembre 2009 e marzo 2010 evidenziano, nel complesso, buone caratteristiche dei sistemi applicati, sia per quanto riguarda le proprietà coesive degli impasti che l'adesione degli stessi al supporto lapideo (foto 2,3).



Foto 2, 3 Esempio di stuccature verticali della balaustra superiore (a sx) e sigillatura dei giunti tra le lastre di rivestimento della cuspide. Si nota l'ottima continuità tra lapideo e impasto.

Solamente in corrispondenza di alcune stuccature nelle porzioni orizzontali della balaustra superiore, sia del prospetto sud che nord-, nell'ultimo sopralluogo di marzo è stata osservata la formazione di alcune microcavillature (foto al lato) in corrispondenza delle integrazioni/stuccature realizzate con gli impasti a granulometria più sottile (vedi schede allegate).

Buona sembra altresì essere l'adesione al supporto, ad eccezione di alcune circoscritte e limitate zone in cui gli strati di stuccatura presentano spessori particolarmente esigui.



Foto 4: particolare della presenza di microfessure accompagnate da lievi perdite di adesione in corrispondenza di alcune stuccature della balaustra superiore.



Consolidamenti strutturali della balaustra

Il controllo mediante misure ultrasoniche dell'intervento ricostruttivo condotto sulla cimasa della balaustra superiore, inizialmente fratturata in due tronchi (foto 5), ha permesso di confermare il ripristino della continuità strutturale dell'elemento; come osservabile nella foto sottostante, con sovrappreso il grafico di tomografia ultrasonica, le velocità ultrasoniche dell'intera area indagata si stabilizzano a valori mediamente superiori ai 4000m/s, anche in corrispondenza della porzione centrale precedentemente interessata dalla spaccatura, a chiara indicazione della ripristinata buona continuità del sistema lapideo.

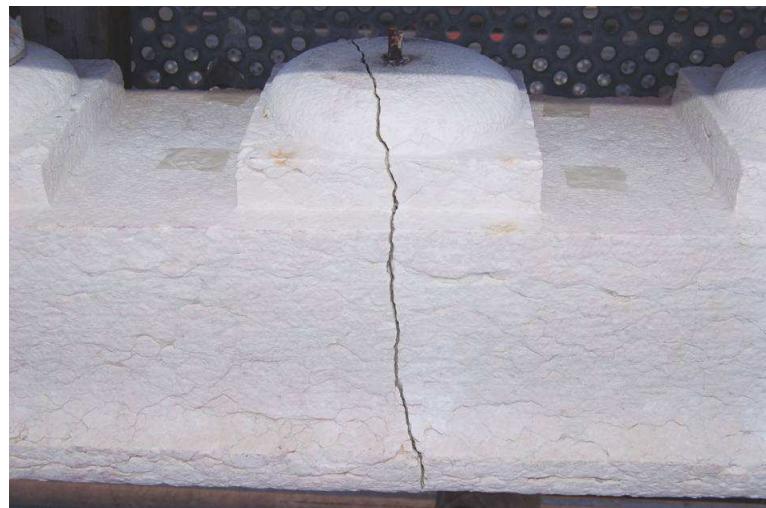


Foto 5, cimasa prospetto nord della balaustra superiore. Particolare della fessura presente prima del restauro

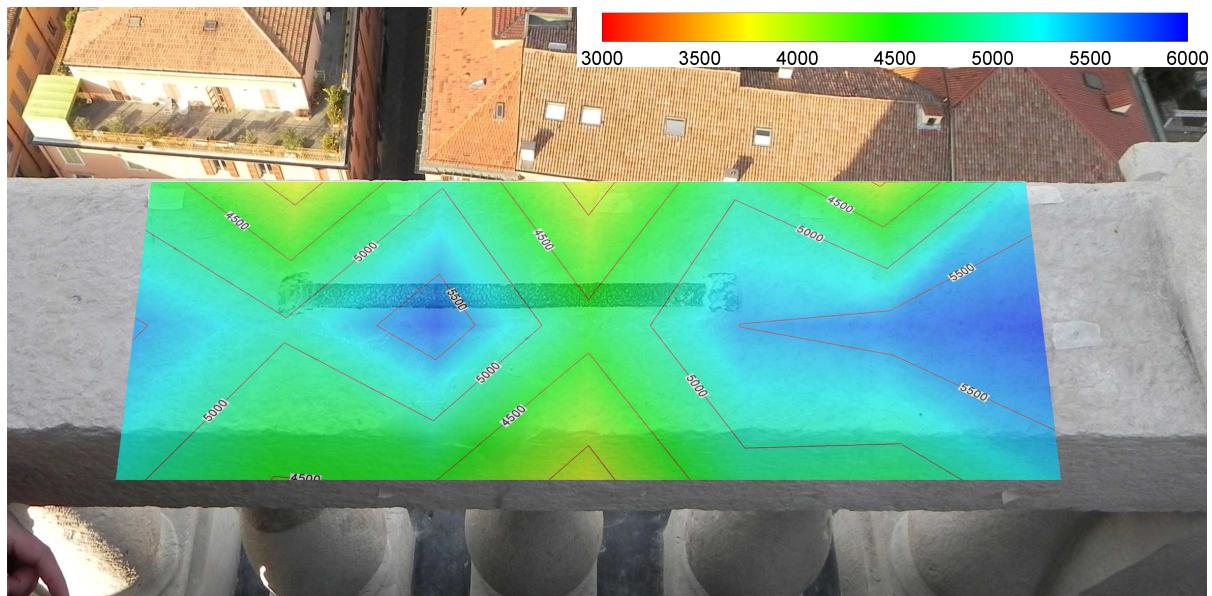


Foto 6: cimasa prospetto nord dopo intervento di ricostruzione e ricollocamento in opera. Nella foto viene sovrappresa il grafico di tomografia ultrasonica condotta al fine di verificare la continuità della struttura lapidea (la legenda riporta le corrispondenze cromatiche con le velocità riscontrate).



Elementi lignei ed intonaci interni alla torre

Passando a considerare gli elementi architettonici interni alla torre, sono state prese in esame alcune travi lignee della cella campanaria e porzioni di intonaco nella cuspide, interessate queste ultime da alterazioni cromatiche superficiali.

Le prove resistografiche effettuate per verificare lo stato conservativo degli elementi lignei, evidenziano il discreto stato conservativo di entrambe le travi; solamente in corrispondenza di quella situata nel lato NO/O della cella è segnalabile una minima diminuzione della resistenza in corrispondenza delle porzioni comprese tra circa 6-8 e 18-20 cm di profondità (fig. sottostante).

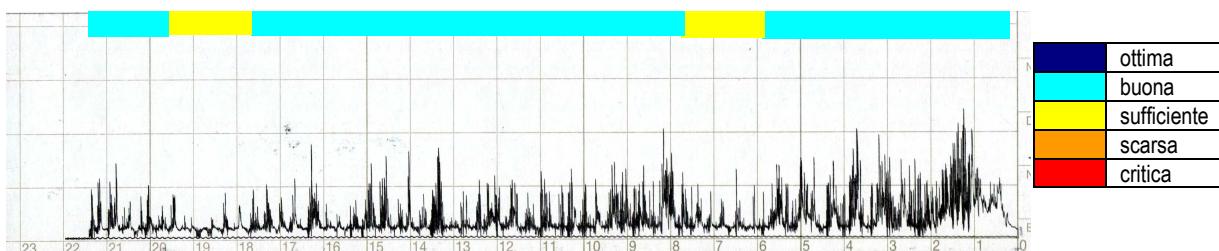


Fig. 4: trave lato NO/O – rilievo resistografico con schematizzazione dello stato conservativo del legno in funzione della profondità.

Relativamente agli intonaci presenti nel vano scala, nel corso del sopralluogo di marzo 2010 si è potuta osservare la presenza di diffuse alterazioni cromatiche che interessano mediamente una quota compresa tra i 2 e 4 metri dal piano di calpestio (vedi foto 7 sottostante), indicativamente fino all'altezza alla crocera dei tiranti (foto 8).



Foto 7: vista generale dell'area del vano scala interessata dai fenomeni di macchiatura dell'intonaco.



Le misure non distruttive condotte mediante strumentazione Gann Hydromette RTU600, per verificare eventuali contenuti di umidità permettono di evidenziare localizzati incrementi del contenuto d'acqua proprio in corrispondenza delle zone in cui è più intensa la macchiatura superficiale.

Il fenomeno è ben osservabile dalla foto al lato, nella quale è sovraimpressa la mappatura del contenuto igrometrico: si nota, infatti, come nella zona in buono stato conservativo (parte bassa) i tenori d'acqua rientrino nel range di umidità stimabile come medio bassa (aree gialle), mentre aumentino progressivamente nelle porzioni superficiali, ove è invece osservabile l'alterazione cromatica (aree verdi azzurre).



Foto 8 – crociera dei tiranti e particolare zona di macchiatura dell'intonaco

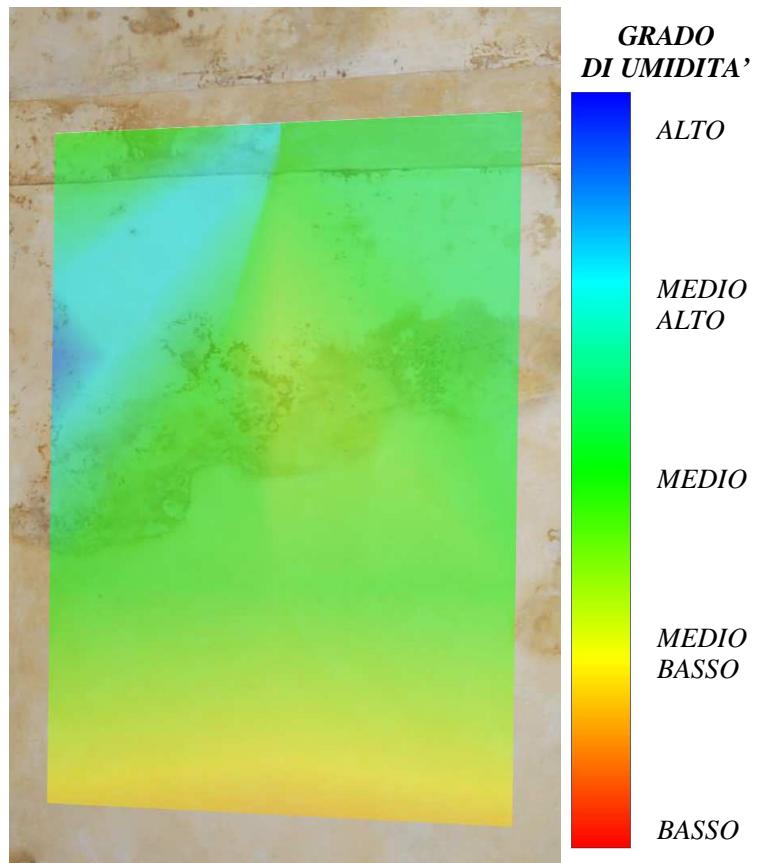


Foto 9: vista dell'area sottoposta a stima del contenuto di umidità con sovraimpressione della mappatura igrometrica



SCHEDE ANALITICHE



OSSERVAZIONI MORFOLOGICHE DELLE SUPERFICI
DOPO IL RESTAURO – SOPRALLUOGO DI SETTEMBRE 2009
Stuccature elementi lapidei della balaustra superiore



Foto 1 – Stuccatura della cimasa prospetto nord, si notano le buone proprietà coesive della matrice elastomerica e l'ottima continuità con il supporto lapideo.



Foto 2 – cimasa prospetto nord, particolare della stuccatura per il riempimento della cavità in cui è fissata la grappa metallica. Continuità ed adesione dell'impasto risultano particolarmente buone.



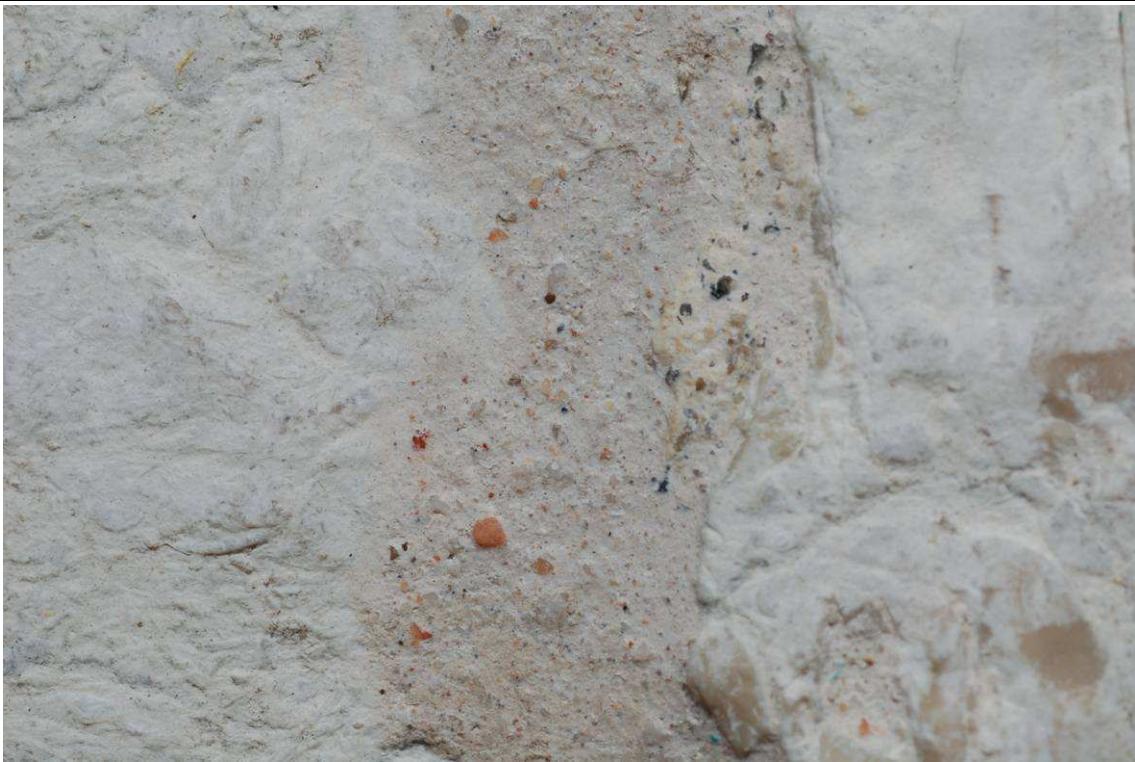


Foto 3 – balaustrino sotto cimasa prospetto nord, stuccatura verticale Anche per questo elemento la continuità ed adesione dell'impasto elastomerico al supporto lapideo risultano particolarmente buone.

OSSERVAZIONI

Le stuccature in impasto elastomerico applicate in corrispondenza sia dei giunti tra gli elementi lapidei, sia come integrazione delle localizzate lacune di materiale, presentano all'osservazione macro/microscopica un'ottima omogeneità tessiturale e buone adesioni al supporto lapideo senza soluzioni di continuità.

La superficie della pietra lungo i perimetri di applicazione degli impasti di stuccatura risulta, per tutte le porzioni indagate, priva di residui dell'applicazione, situazione che testimonia la particolare cura posta dagli operatori sia in fase di messa in opera che per la pulitura degli elementi trattati.



OSSERVAZIONI MORFOLOGICHE DELLE SUPERFICI
DOPO IL RESTAURO – SOPRALLUOGO DI MARZO 2010
Stuccature elementi lapidei della balaustra superiore



Foto 1 – Stuccatura della cimasa prospetto nord, si notano un principio di distacco della rasatura più superficiale della stuccatura. L’impasto di fondo rimane comunque ben adeso al supporto lapideo.



Foto 2 – cimasa prospetto sud, particolare di una stuccatura per il riempimento della cavità . Nonostante il sistema elastomerico continui ad avere una buona continuità con il supporto , si evidenzia la comparsa di un reticolo microfessurativo indicativa di un lieve ritiro della matrice legante, probabilmente acquito dall’esposizione solare.





Foto 3 – balaustino sotto cimasa prospetto nord, stuccatura verticale. Si osserva come la buona continuità ed adesione dell'impasto elastomerico al supporto lapideo si siano mantenute pressochè inalterate rispetto alla osservazione effettuata subito dopo il termine dell'intervento (monitoraggio di settembre 2009)

OSSERVAZIONI

A seguito del sopralluogo valutativo condotto nella primavera 2010, in corrispondenza di alcune stuccature poste soprattutto nelle porzioni orizzontali della balaustra, si osserva la comparsa di localizzati sollevamenti e microfessurazioni a carico della matrice legante. Tale situazione non viene altresì riscontrata per gli elementi di stuccatura o giunzione verticali, nei quali il verosimilmente minor irraggiamento solare e la non diretta azione degli altri agenti atmosferici ha preservato maggiormente l'impasto.



OSSERVAZIONI MORFOLOGICHE DELLE SUPERFICI
DOPO IL RESTAURO – SOPRALLUOGO DI MARZO 2010

Cimasa e balastrini prospetto nord - rilievo macroscopico dello stato conservativo
superficiale mediante ripresa video ad alta definizione



Foto 1 – balastrino e cimasa prospetto nord. Porzione esterna; fotogramma esportato da clip video.



Foto 2 – balastrino prospetto nord. Porzione del prospetto esterno; fotogramma esportato da clip video.



Foto 3. basamento di un balastrino. Prospetto esterno; fotogramma esportato da clip video.



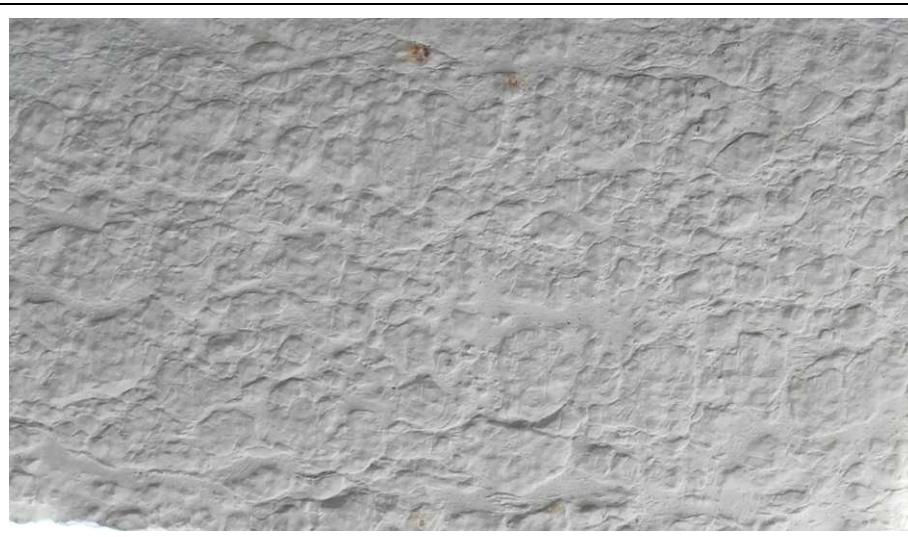


Foto 4: cimasa.
Prospetto interno;
fotogramma esportato
da clip video.



Foto 5: giunzione
angolare tra le cimase
(lato NNE), ripresa
dall'interno della
balaustre. Fotogramma
esportato da clip video.

OSSERVAZIONI

Le riprese sopra presentate documentano l'attuale stato conservativo della parte nord della balaustra superiore, permettendo di evidenziare la buona continuità della tessitura lapidea e delle giunzione tra i conci.

La ripresa foto/video ad alta definizione, di cui quanto sopra riportato è puramente a titolo esemplificativo, risulta uno strumento particolarmente utile di documentazione in quanto permette il rilievo completo delle superfici sia dalla parte interna della struttura sia, attraverso adeguati mezzi di supporto (nel caso specifico è stato utilizzato un monopiede), delle porzioni aggettanti esterne.

Tale metodologia di rilievo si ritiene pertanto uno strumento particolarmente idoneo alla verifica e documentazione periodica dello stato conservativo degli elementi lapidei, e può rappresentare un supporto conoscitivo fondamentale nell'ottica della programmazione di un adeguato piano di manutenzione della struttura.



BALAUSTRA SUPERIORE –MISURE COLORIMETRICHE

Localizzazione aree di prova



Foto 1, Area C1
Balaustrino d'angolo NNE
particolare del posiziona-
mento della dima per il
preciso puntamento del
colorimetro.

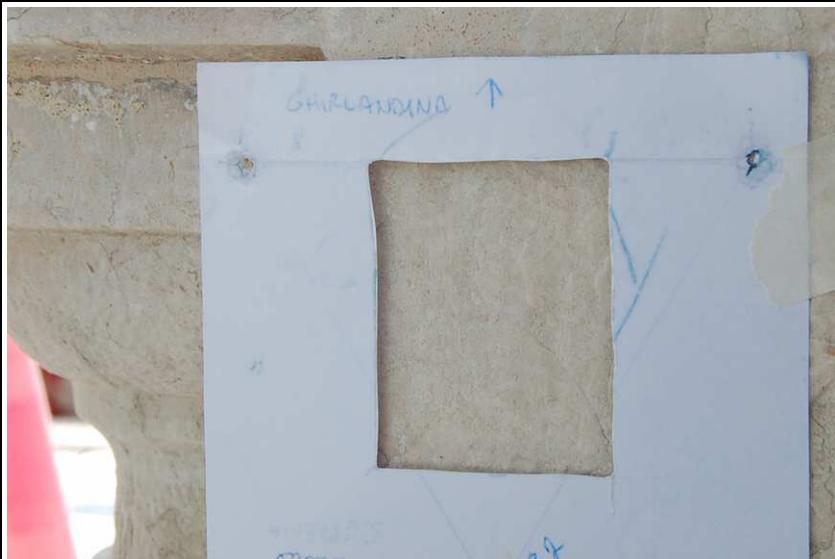


Foto 2, Area C2
Balaustrino d'angolo SSE
particolare del posiziona-
mento della dima per il
preciso puntamento del
colorimetro.

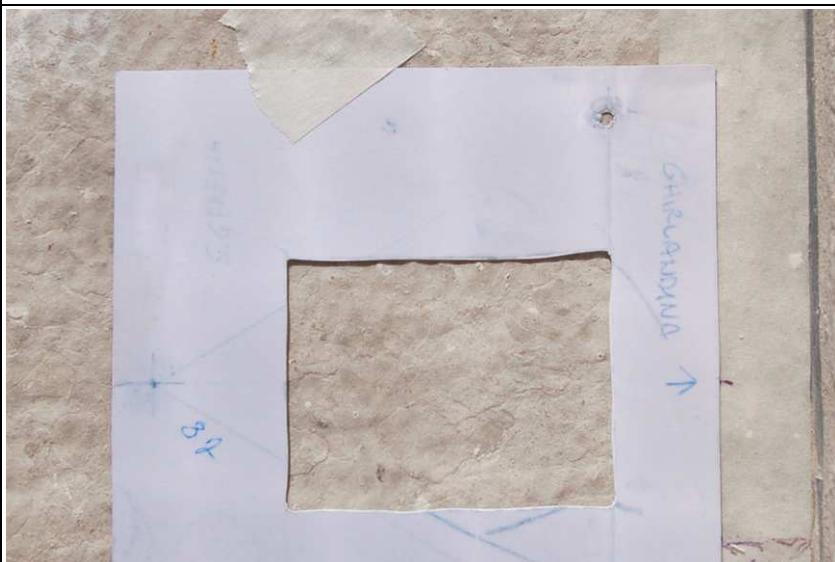


Foto 2, Area C3
Cimasa prospetto se
particolare del posiziona-
mento della dima per il
preciso puntamento del
colorimetro.



Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C1, Balaustra superiore, lato nord

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (maggio 2009)

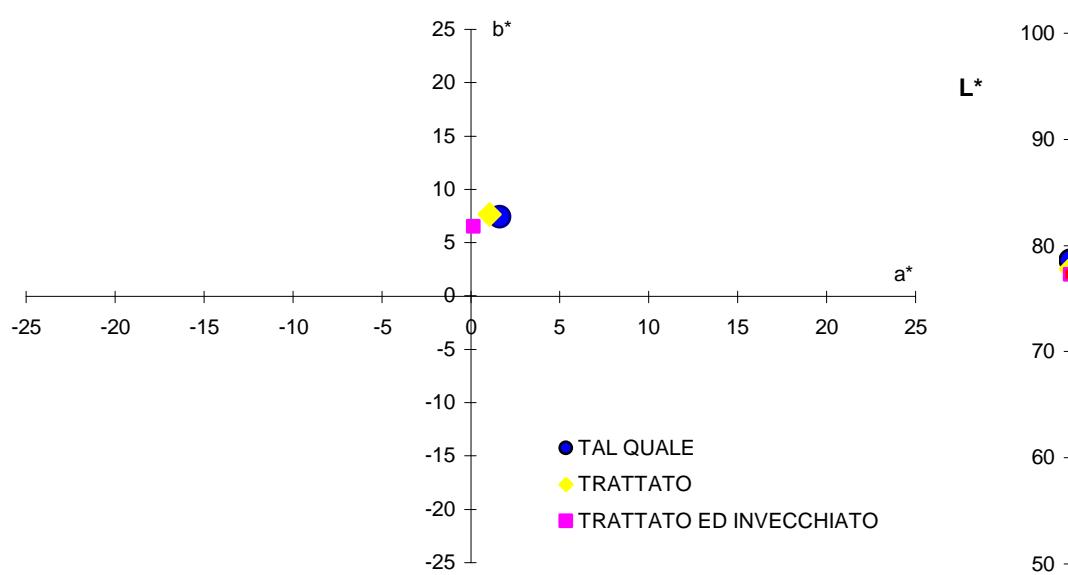
Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	54.12	0.3285	0.3310	78.53	1.61	7.38
2	53.83	0.3285	0.3309	78.36	1.64	7.34
3	54.83	0.3287	0.3312	78.94	1.63	7.51
Media	54.26	0.3286	0.3310	78.61	1.63	7.41

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (settembre 2009)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	52.81	0.3282	0.3320	77.75	1.07	7.60
2	52.99	0.3284	0.3322	77.86	1.09	7.68
3	52.81	0.3282	0.3320	77.75	1.07	7.60
Media	52.87	0.3283	0.3321	77.79	1.08	7.63

Misure colorimetriche sulla superficie trattata e invecchiata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	51.93	0.3245	0.3305	77.23	0.16	6.53
2	52.03	0.3245	0.3304	77.29	0.16	6.52
3	51.85	0.3245	0.3304	77.20	0.18	6.51
Media	51.94	0.3245	0.3304	77.24	0.17	6.52

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 1.01**Variazione cromatica superficie tal quale/dopo invecchiamento (ΔE) 2.19***Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$* 

Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C2, Balaustre superiore, lato sud

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (maggio 2009)

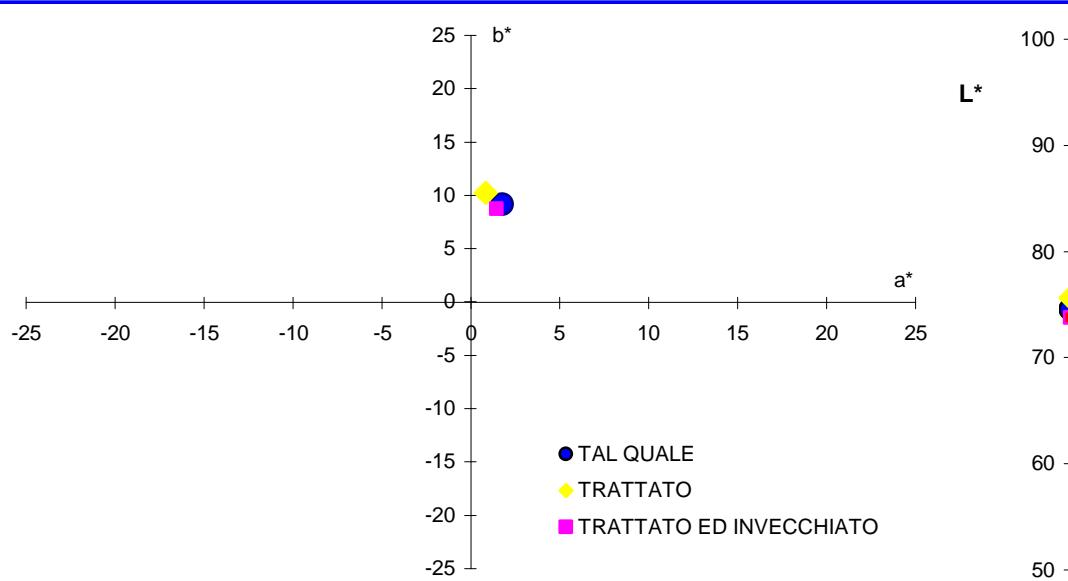
Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	47.57	0.3336	0.3355	74.54	1.76	9.16
2	47.54	0.3336	0.3354	74.53	1.83	9.13
3	47.57	0.3335	0.3355	74.54	1.78	9.14
Media	47.56	0.3336	0.3355	74.54	1.79	9.14

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (settembre 2009)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	49.29	0.3341	0.3386	75.62	0.80	10.25
2	49.34	0.3342	0.3385	75.65	0.85	10.25
3	49.40	0.3342	0.3385	75.69	0.87	10.25
Media	49.34	0.3342	0.3385	75.65	0.84	10.25

Misure colorimetriche sulla superficie trattata e invecchiata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	46.29	0.3325	0.3352	73.73	1.47	8.81
2	46.10	0.3324	0.3349	73.61	1.54	8.72
3	46.55	0.3321	0.3350	73.89	1.40	8.70
Media	46.31	0.3323	0.3350	73.74	1.47	8.74

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 1.84Variazione cromatica superficie tal quale/dopo invecchiamento (ΔE) 0.94Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$ 

Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C3, Balaustra superiore, cimasa lato sud

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (maggio 2009)

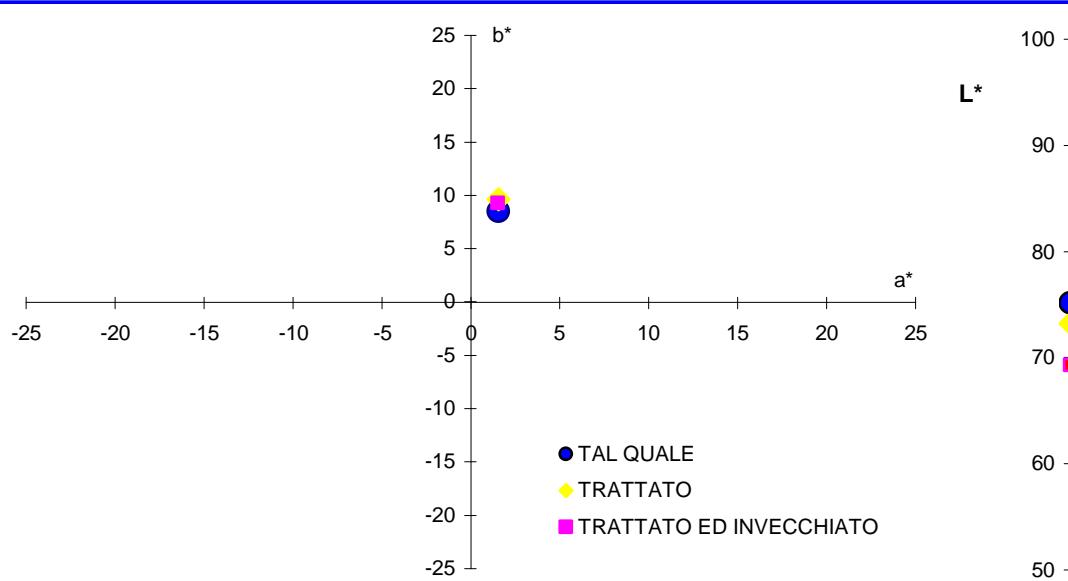
Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	48.69	0.3315	0.3341	75.25	1.55	8.49
2	48.39	0.3315	0.3340	75.06	1.54	8.45
3	48.44	0.3316	0.3341	75.10	1.57	8.48
Media	48.51	0.3315	0.3341	75.14	1.55	8.47

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (settembre 2009)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	45.62	0.3346	0.3372	73.29	1.52	9.67
2	45.56	0.3348	0.3372	73.26	1.59	9.68
3	45.44	0.3347	0.3371	73.17	1.57	9.64
Media	45.54	0.3347	0.3372	73.24	1.56	9.66

Misure colorimetriche sulla superficie trattata e invecchiata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	39.71	0.3347	0.3371	69.26	1.50	9.22
2	39.85	0.3349	0.3372	69.36	1.53	9.29
3	39.74	0.3348	0.3372	69.28	1.53	9.27
Media	39.77	0.3348	0.3372	69.30	1.52	9.26

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 2.24**Variazione cromatica superficie tal quale/dopo invecchiamento (ΔE) 5.89***Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$* 

**BALAUSTRÀ SUPERIORE – MISURE DI ASSORBIMENTO D'ACQUA
A BASSA PRESSIONE CON METODO DELLA PIPETTA (NorMaL 44/93)**
Localizzazione aree di prova



Foto 1, Area p1
Balaustrino d'angolo NNO
particolare del posiziona-
mento della pipetta



Foto 2, Area C2
Basamento elemento lapideo
sferico sopra balaustrino
d'angolo SE
Particolare posizionamento
della pipetta.



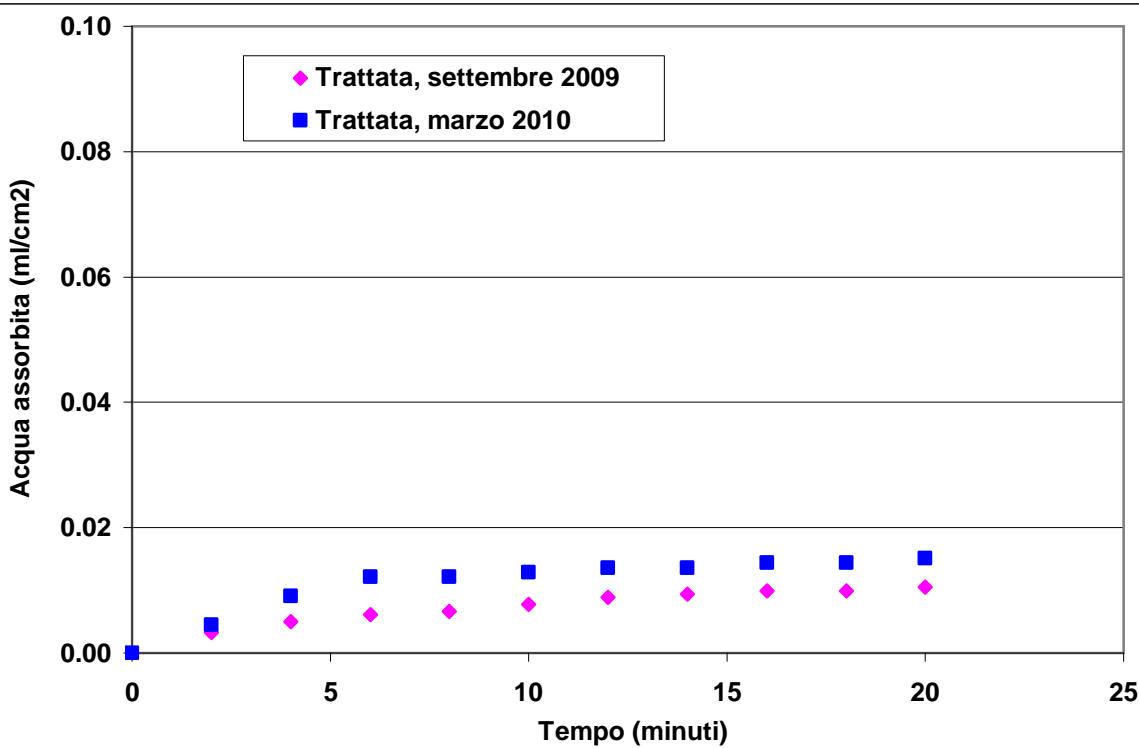
Assorbimento d'acqua a bassa pressione
Modena - Torre della Ghirlandina, Campione P1
Balaustre superiore, prospetto nord

AREA TRATTATA (SETTEMBRE 2009)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000
2	0.015	0.0033
4	0.023	0.0050
6	0.028	0.0061
8	0.030	0.0066
10	0.035	0.0077
12	0.040	0.0088
14	0.043	0.0094
16	0.045	0.0099
18	0.045	0.0099
20	0.048	0.0105

AREA TRATTATA (MARZO 2010)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.00	0.0000
2	0.03	0.0045
4	0.06	0.0091
6	0.08	0.0121
8	0.08	0.0121
10	0.09	0.0129
12	0.09	0.0136
14	0.09	0.0136
16	0.10	0.0144
18	0.10	0.0144
20	0.10	0.0151



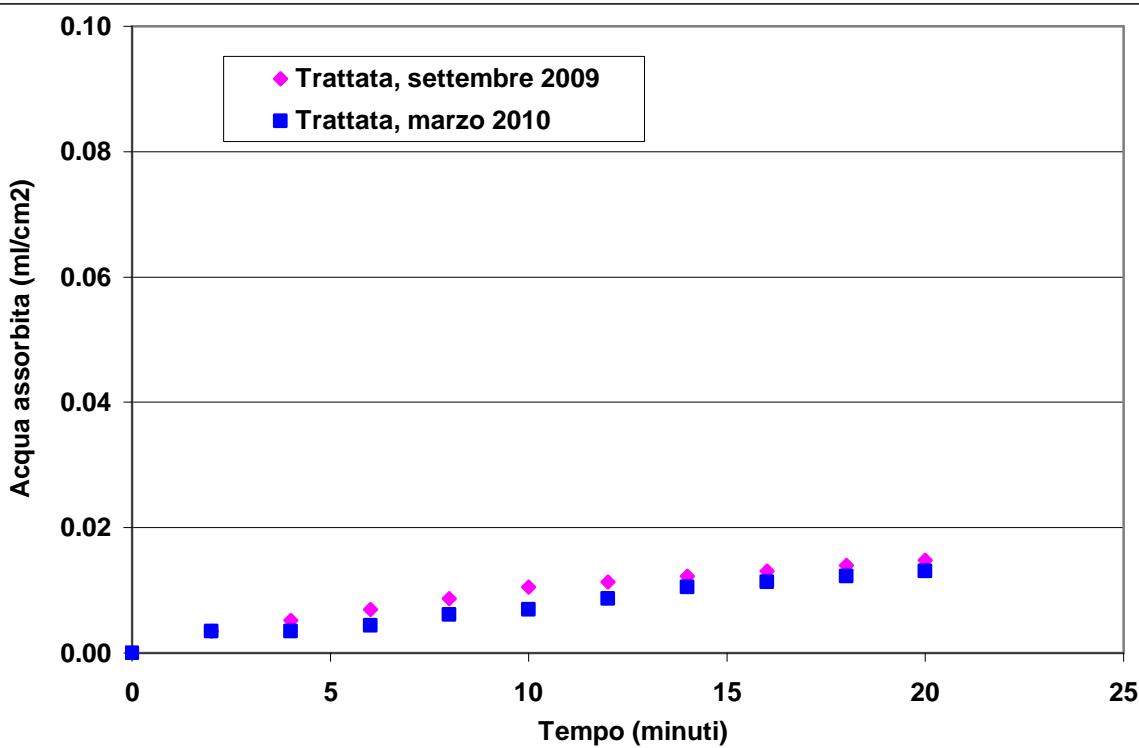
Assorbimento d'acqua a bassa pressione
Modena - Torre della Ghirlandina, Campione P2
Balaustre superiore, prospetto sud

AREA TRATTATA (SETTEMBRE 2009)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000
2	0.020	0.0035
4	0.030	0.0052
6	0.040	0.0070
8	0.050	0.0087
10	0.060	0.0105
12	0.065	0.0114
14	0.070	0.0122
16	0.075	0.0131
18	0.080	0.0140
20	0.085	0.015

AREA TRATTATA (MARZO 2010)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.00	0.0000
2	0.02	0.0035
4	0.02	0.0035
6	0.03	0.0044
8	0.04	0.0061
10	0.04	0.0070
12	0.05	0.0087
14	0.06	0.0105
16	0.07	0.0114
18	0.07	0.0122
20	0.08	0.0131



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Balaustre superiore, prospetto sud - Area AC1 (settembre 2009)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	21	18	133
	2	15	13	134
	3	17	16	129
	4	17	15	132
	5	19	18	130
	6	22	21	129
	7	22	20	131
	8	16	15	129
	9	17	16	129
	10	16	15	130
	11	16	13	136
	12	20	20	126
	13	17	16	129
	14	19	18	129
	15	16	11	143

Angolo di contatto medio (°) 131

Deviazione standard (°) 4



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Balaustre superiore, prospetto sud - Area AC1 (marzo 2010)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	12	48	55
	2	12	50	50
	3	10	37	59
	4	14	50	60
	5	13	49	57
	6	11	42	57
	7	10	40	55
	8	11	37	59
	9	12	37	67
	10	13	36	71
	11	12	57	47
	12	12	29	79
	13	12	28	81
	14	13	29	85
	15	15	31	88

Angolo di contatto medio (°) 65

Deviazione standard (°) 13



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Balaustre superiore, prospetto nord - Area AC2 (settembre 2009)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	16	19	120
	2	19	17	134
	3	15	11	138
	4	18	19	126
	5	20	10	151
	6	15	11	140
	7	21	27	115
	8	22	25	120
	9	19	17	132
	10	24	25	124
	11	16	16	126
	12	22	28	114
	13	21	20	128
	14	26	26	126
	15	21	23	123

Angolo di contatto medio (°) 128

Deviazione standard (°) 10



Valutazioni di idrorepellenza mediante misure di angolo di contatto
(Rif. Normativo NorMaL 33/89)
Balaustre superiore, prospetto nord- Area AC2 (marzo 2010)

Foto d'esempio	Misura	Dimensioni relative goccia		Angolo di contatto (°)
		Altezza (h)	Base (d)	
	1	18	35	93
	2	16	35	86
	3	18	42	80
	4	15	33	85
	5	17	32	93
	6	16	33	89
	7	16	31	90
	8	17	35	88
	9	16	34	88
	10	17	40	80
	11	15	42	72
	12	13	31	80
	13	14	34	78
	14	13	26	89
	15	17	34	89

Angolo di contatto medio (°) 85

Deviazione standard (°) 6



**BALAUSTRÀ SUPERIORE – RILIEVO FOTOGRAFICO RELATIVO ALLA CIMASA
DEL PROSPETTO NORD PRIMA DEL RESTAURÒ
(sopralluogo MAGGIO 2009)**



Foto 1: vista generale dell'elemento lapideo, si nota la fessurazione centrale che ne attraversa l'intero spessore

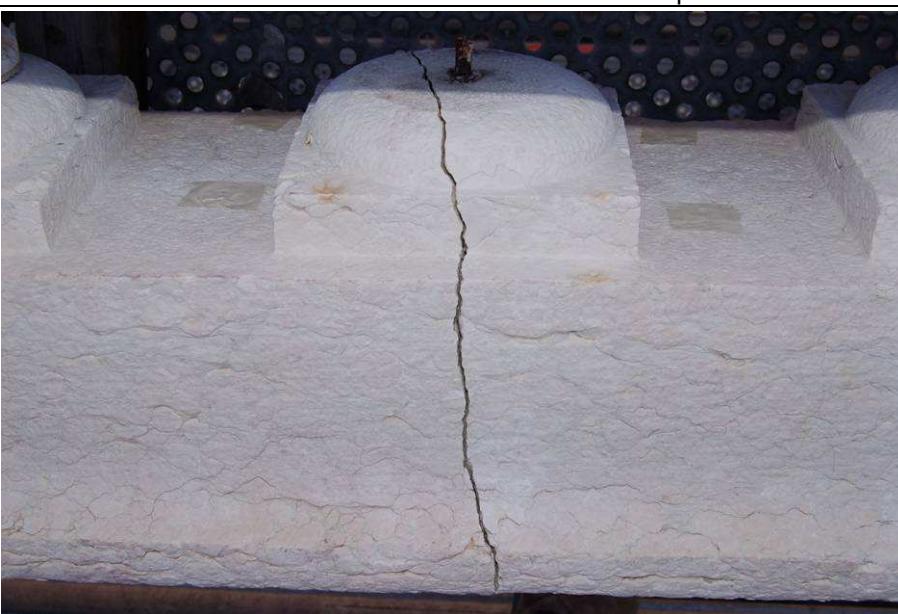


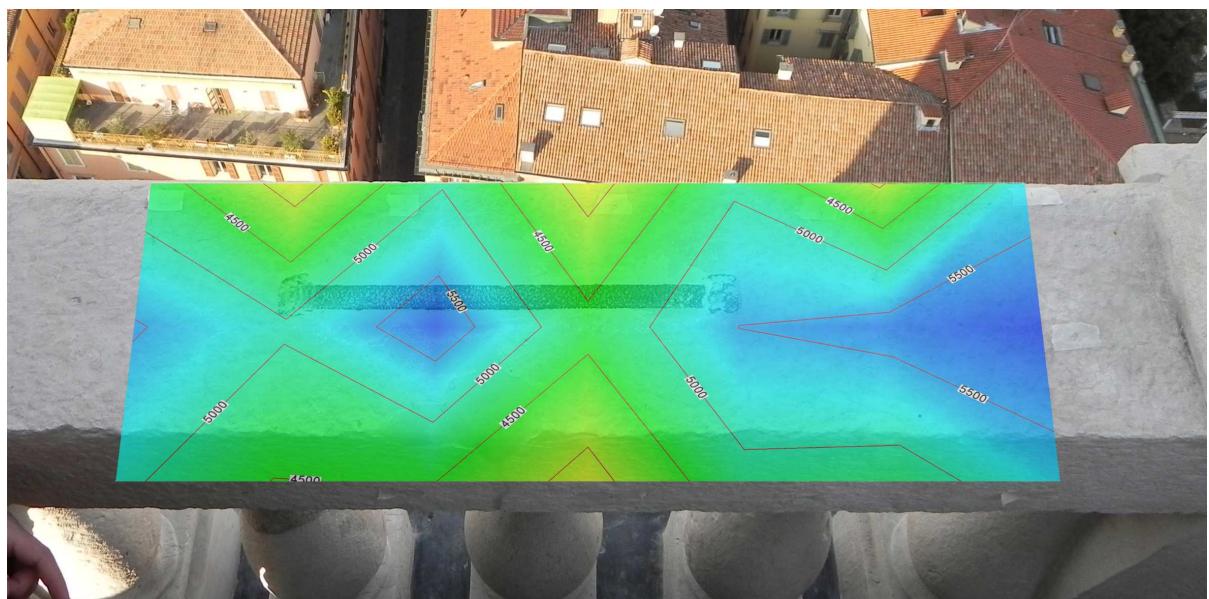
Foto 2: la fessura presenta uno spessore medio di 3-5mm.



Foto 3: nella parte superiore della cimasa sono presenti una grappa metallica piombata e tracce di una precedente stuccatura.



Misure Ultrasoniche Data di esecuzione: 17 marzo 2010	Posizione: balaustra superiore, prospetto nord Elemento: cimasa superiore (dopo restauro) Modalità: percorsi in trasparenza
---	---

Foto*Grafico**Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s*

Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s)
1-2	3788
1-3	3317
1-4	2824
1-5	5543
1-6	4814
1-7	3714
1-8	3439
2-3	3795
2-4	3650
2-5	5318
2-6	5787
2-7	5002
2-8	3902
3-4	3945
3-5	2522
3-6	4297
3-7	5507
3-8	5327
4-5	4015
4-6	5479
4-7	6018
4-8	5869
5-6	4484
5-7	3937
5-8	2985
6-7	3817
6-8	4077
7-8	4796

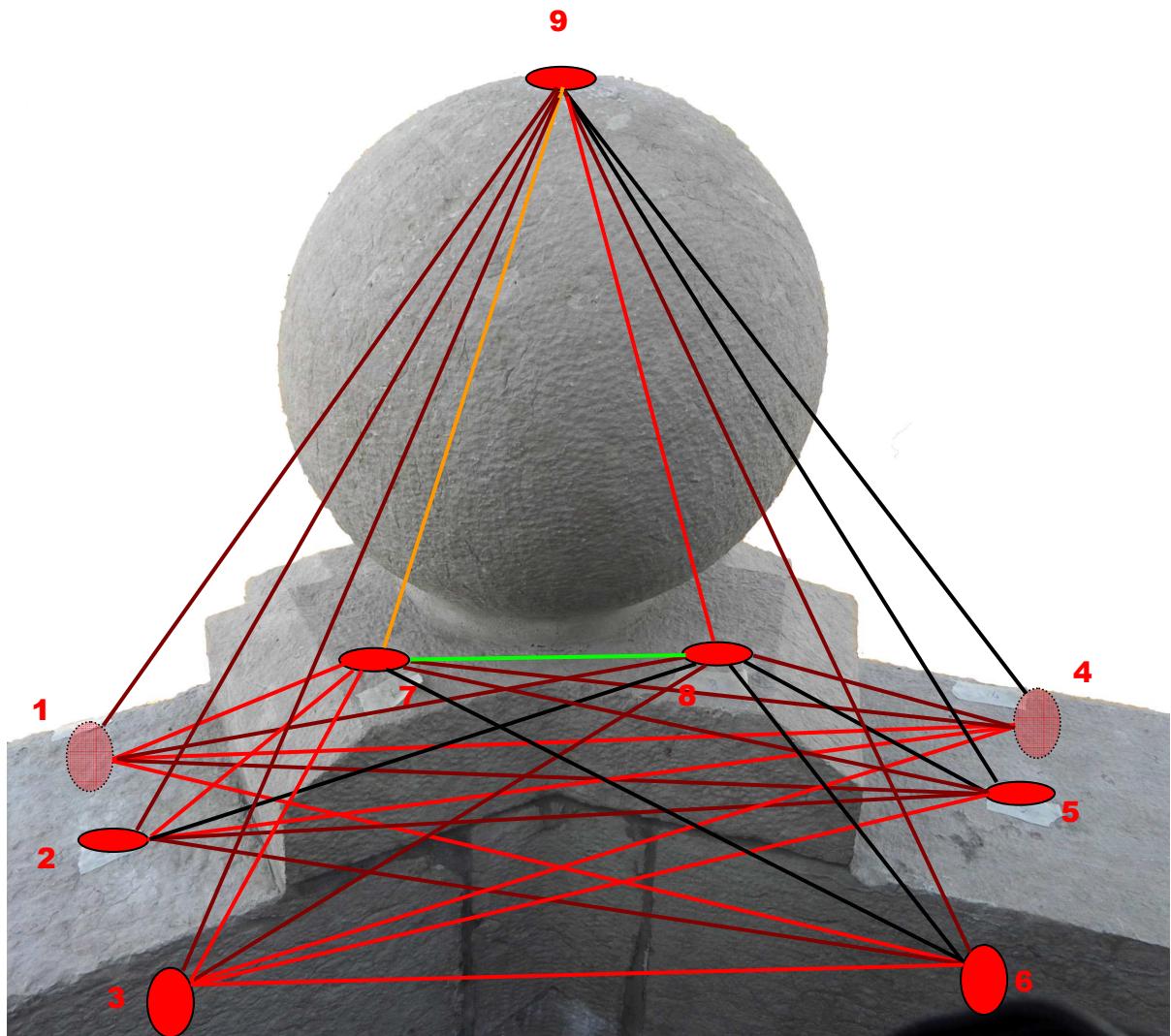
Osservazioni: le misure sono state ripetute a seguito del restauro e della rimessa in opera dell'elemento. L'esito ultrasonico presenta una situazione più che buona, con valori che indicano chiaramente come l'intervento di restauro sia stato in grado di ripristinare l'elemento lapideo.



Misure Ultrasoniche
Data di esecuzione: 17 marzo 2010

Posizione: balaustra superiore, prosp. NNE
Elemento: elemento angolare (dopo restauro)
Modalità: percorsi in trasparenza

Foto



Legenda espressa in intervalli velocità ultrasonica in m/s

< 1000	1000-2000	2000-3000	3000-4000	4000-5000	5000-6000	> 6000



Dati ottenuti:

percorso	velocità (m/s)
1-4	2872
1-5	1643
1-6	2483
1-7	2770
1-8	1612
1-9	1250
2-4	2389
2-5	1525
2-6	1818
2-7	2114
2-8	989
2-9	1030
3-4	2835
3-5	2104
3-6	2894
3-7	2039
3-8	1843
3-9	1594
4-7	1625
4-8	1444
4-9	817
5-7	1525
5-8	903
5-9	684
6-9	1126
7-8	4734
7-9	3061
8-9	2663

Osservazioni: le velocità risultano essere particolarmente basse. Non si registrano interruzioni nel segnale e questo è un fatto senza dubbio positivo. La presenza di elementi in piombo sembra comunque limitare notevolmente il valore ultrasonico, non permettendo ulteriori considerazioni, oltre alla conferma dell'assenza di interruzioni di continuità nell'elemento.



OSSERVAZIONI MORFOLOGICHE DELLE SUPERFICI
DOPO IL RESTAURO – SOPRALLUOGHI
DI SETTEMBRE 2009 E MARZO 2010
Stuccature elementi lapidei di rivestimento della cuspide, prosp. sud



Foto 1 – Settembre 2009, stuccatura integrativa e di giunzione orizzontale tra due elementi lapidei .

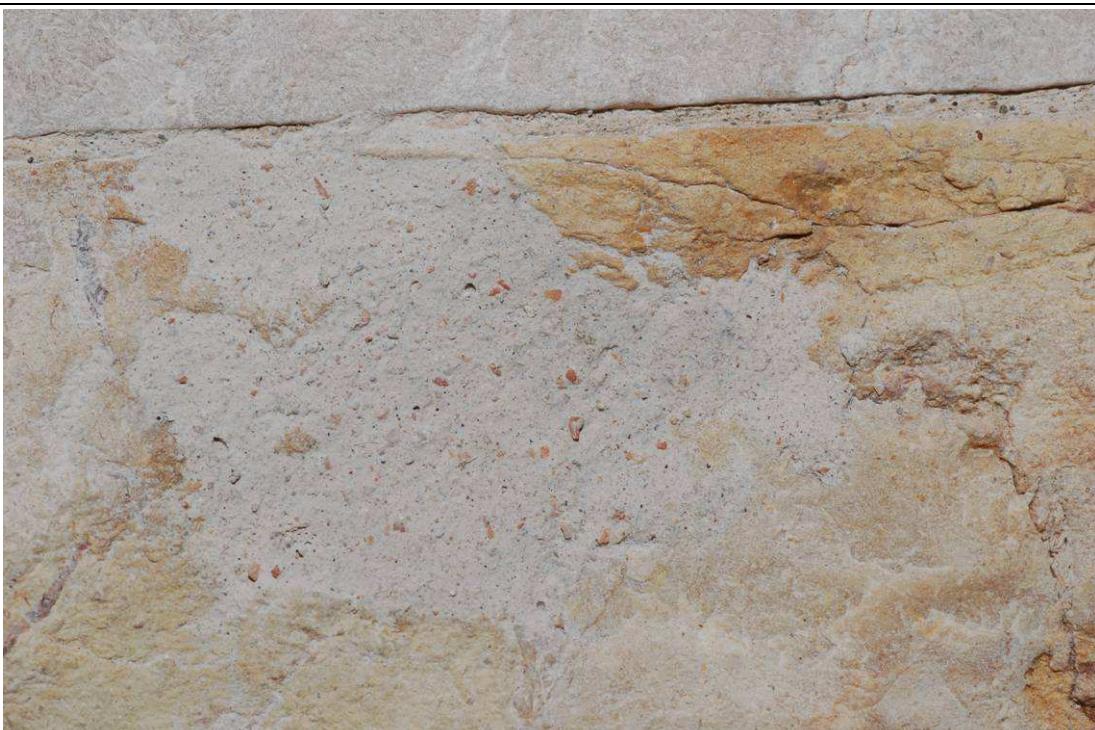


Foto 1 – Marzo 2010, stuccatura integrativa e di giunzione orizzontale tra due elementi lapidei





Foto 3 –Marzo 2010, stuccatura con sistema elastomerico in corrispondenza di una porzione in cui dalla giunzione emerge la guaina in piombo.

OSSERVAZIONI

Tutte le stuccature dei conci esaminati mantengono, tra i due monitoraggio condotti a settembre 2009 e marzo 2010, una ottima omogeneità e continuità con la struttura lapidea. A differenza di quanto osservato per alcune delle stuccature orizzontali della balaustra superiore, per questi elementi non si nota alcuna significativa variazione, neppure nella porzione nella quale è interposta anche una lastra di piombo.



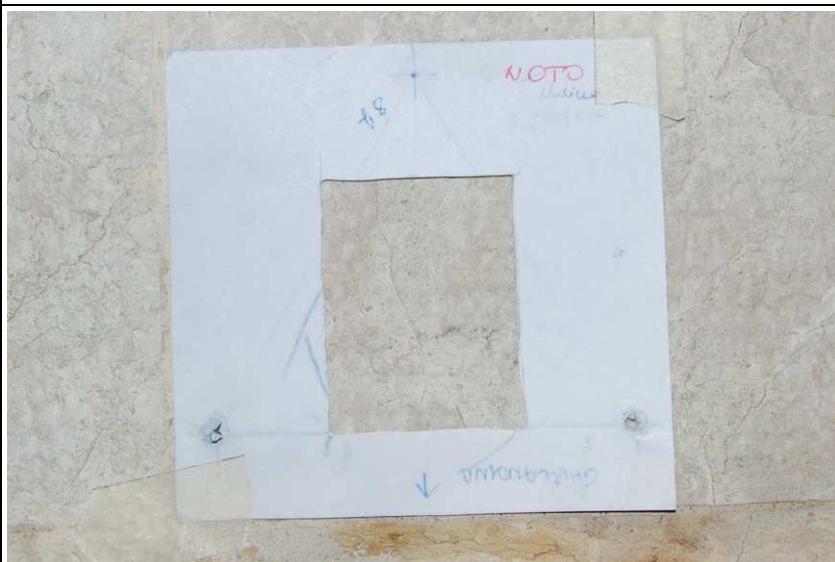
BALAUSTRÀ INFERIORE, PROSPETT SUD –MISURE COLORIMETRICHE
Localizzazione aree di prova

Foto 1, Area C4
Rivestimento della cuspide,
lato sud, h=180 cm.



Foto 1, Area C5
Rivestimento della cuspide,
lato sud, h=180 cm.

OSSERVAZIONI

Per entrambe le due aree considerate del rivestimento sud della torre, le determinazioni colorimetriche hanno riguardato la porzione lapidea tal quale (al termine comunque degli interventi di stuccatura e pulitura) e a seguito del trattamento protettivo.

Sia nella zona C4 che C5, relative rispettivamente ad un concio caratterizzato da dominanti cromatiche beige e rossiccia, le alterazioni colorimetriche conseguenti all'applicazione del protettivo risultano sostanzialmente trascurabili.



Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C4, Balaustra inferiore, rivestimento cuspide lato sud

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (settembre 2009)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	52.48	0.3289	0.3330	77.56	0.93	7.99
2	52.42	0.3290	0.3332	77.53	0.94	8.06
3	52.28	0.3290	0.3331	77.44	0.96	8.03
Media	52.39	0.3290	0.3331	77.51	0.94	8.03

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (marzo 2010)

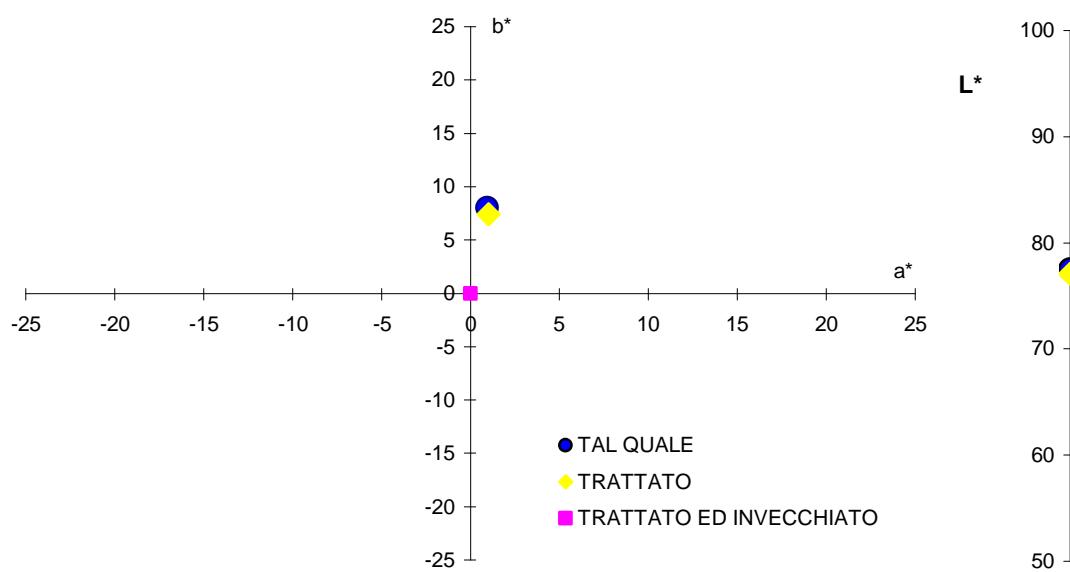
Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	51.70	0.3279	0.3318	77.10	1.03	7.42
2	51.67	0.3279	0.3318	77.08	1.01	7.42
3	51.61	0.3278	0.3318	77.04	0.99	7.39
Media	51.66	0.3279	0.3318	77.07	1.01	7.41

Misure colorimetriche sulla superficie trattata e invecchiata

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1						
2						
3						
Media	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 0.76

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo invecchiamento (ΔE) -



*Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$*



Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C5, Balaustra inferiore, rivestimento cuspide lato sud

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (settembre 2009)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	45.11	0.3507	0.3434	72.96	5.24	13.81
2	45.26	0.3506	0.3433	73.06	5.22	13.78
3	44.85	0.3503	0.3430	72.79	5.20	13.62
Media	45.07	0.3505	0.3432	72.94	5.22	13.74

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (marzo 2010)

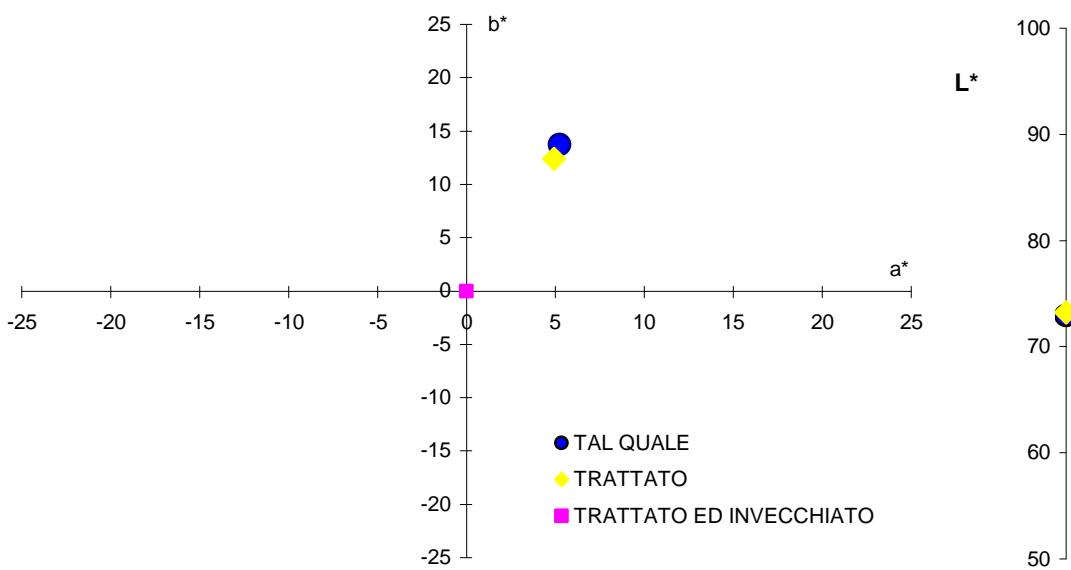
Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	45.56	0.3467	0.3404	73.26	4.88	12.39
2	45.45	0.3471	0.3406	73.18	4.95	12.48
3	45.47	0.3469	0.3404	73.19	4.96	12.40
Media	45.49	0.3469	0.3405	73.21	4.93	12.42

Misure colorimetriche sulla superficie trattata e invecchiata

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1						
2						
3						
Media	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo trattamento (ΔE) 1.37

Variazione cromatica superficie tal quale/dopo invecchiamento (ΔE) -



*Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$*



**BALAUSTRA INFERIORE – MISURE DI ASSORBIMENTO D'ACQUA
A BASSA PRESSIONE CON METODO DELLA PIPETTA (NorMaL 44/93)**

Localizzazione aree di prova



Foto 1, Area p3
Rivestimento della
cuspide prospetto sud,
particolare del
posizionamento della
pipetta



Assorbimento d'acqua a bassa pressione

Modena - Torre della Ghirlandina, Campione P3

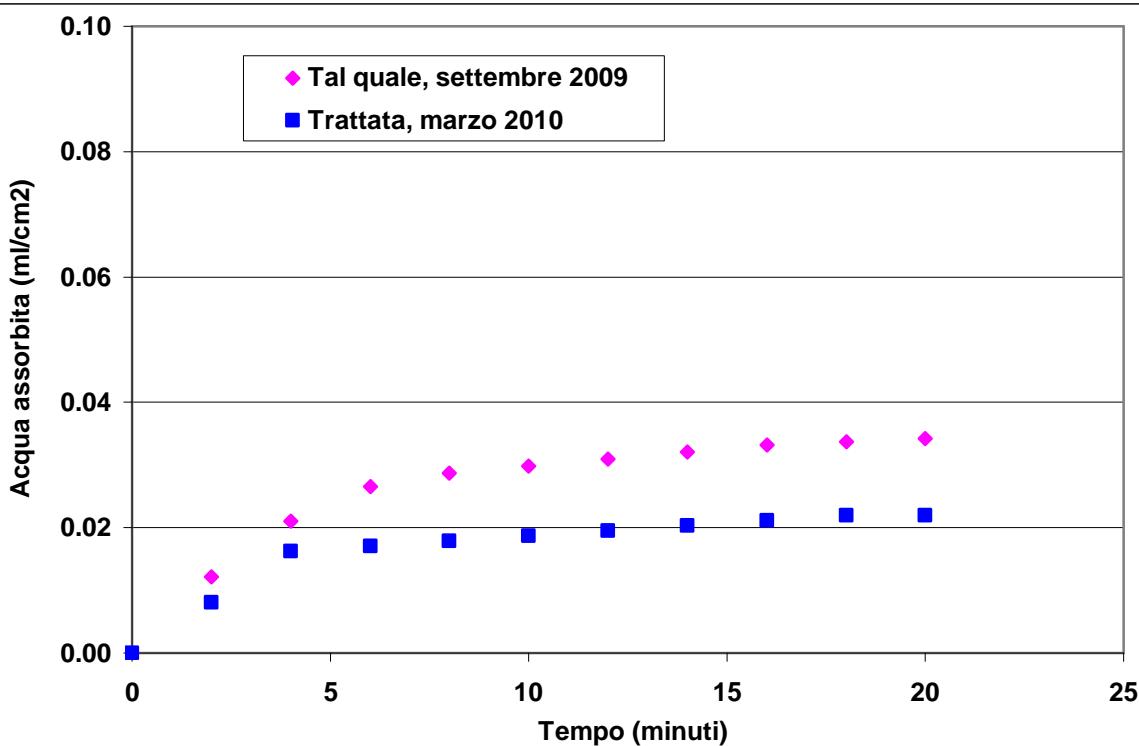
Balaustre inferiore , rivestimento cuspide lato sud

AREA TAL QUALE (SETTEMBRE 2009)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.000	0.0000
2	0.055	0.0122
4	0.095	0.0210
6	0.120	0.0265
8	0.130	0.0287
10	0.135	0.0298
12	0.140	0.0309
14	0.145	0.0321
16	0.150	0.0332
18	0.153	0.0337
20	0.155	0.034

AREA TRATTATA (MARZO 2010)

Tempo (min)	Acqua assorbita (ml)	Acqua assorbita (ml/cm ²)
0	0.00	0.0000
2	0.05	0.0081
4	0.10	0.0162
6	0.11	0.0171
8	0.11	0.0179
10	0.12	0.0187
12	0.12	0.0195
14	0.13	0.0203
16	0.13	0.0211
18	0.14	0.0219
20	0.14	0.0219



**Balaustra inferiore, rivestimento lapideo della cuspide in rosso ammonitico
Prove di idrorepellenza**



NOTE:

A causa della verticalità degli elementi lapidei considerati, non è stato possibile determinare l'angolo di contatto come prescritto dalla normativa di riferimento. Il rilievo fotografico soprastante mette comunque in evidenza la buone caratteristiche idrofobiche del sistema protettivo applicato, sia sulla superficie lapidea sia in corrispondenza delle stuccature tra i conci.



BALAUSTRÀ INFERIORE, PROSPETT NORD –MISURE COLORIMETRICHE
Localizzazione aree di prova

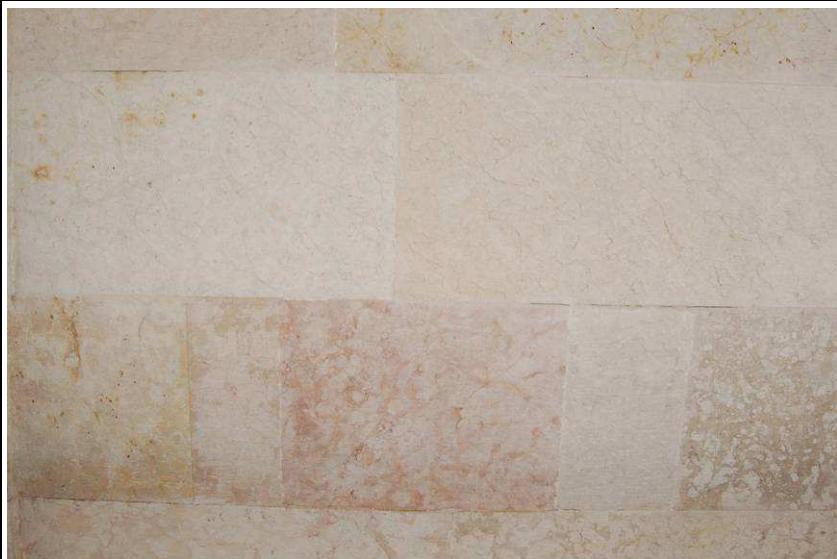


Foto 1, Aree C6, C7, C8
Vista complessiva della
porzione lapidea considerata



Foto 2, Area C6
Rivestimento della cuspide,
lato sud, h=140 cm (dal
piano calpestio della
balaustra). Elemento lapideo
caratterizzato da tonalità
cromatica gillognola-beige

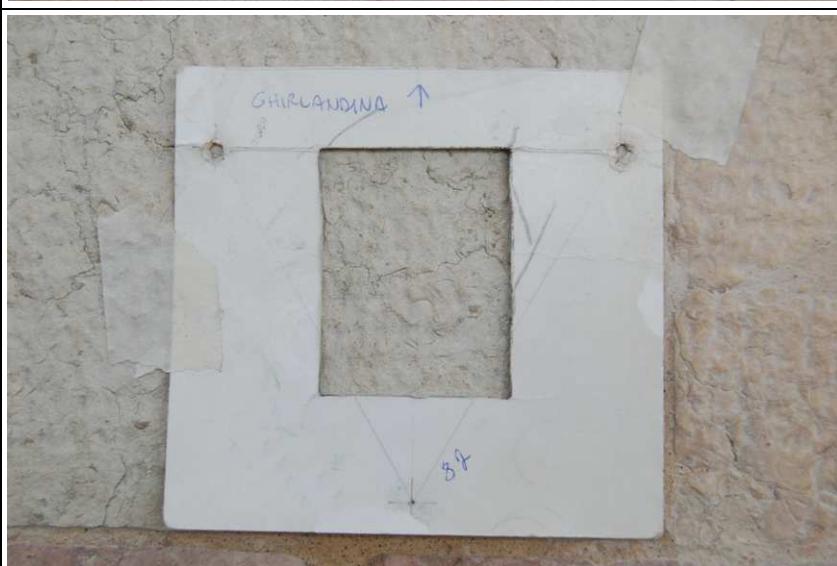


Foto 3, Area C7
Rivestimento della cuspide,
lato sud, h=140 cm (dal
piano calpestio della
balaustra). Elemento lapideo
caratterizzato da tonalità
cromatica biancastra





Foto 3, Area C8
Rivestimento della cuspide,
lato sud, h=140 cm (dal
piano calpestio della
balaustra). Elemento lapideo
caratterizzato da tonalità
cromatica rossiccia



Foto 4, Area C9
basamento pinnacolo
prospetto NNO
Al momento del sopralluogo
in questo elemento non era
ancora stato applicato il
protettivo.

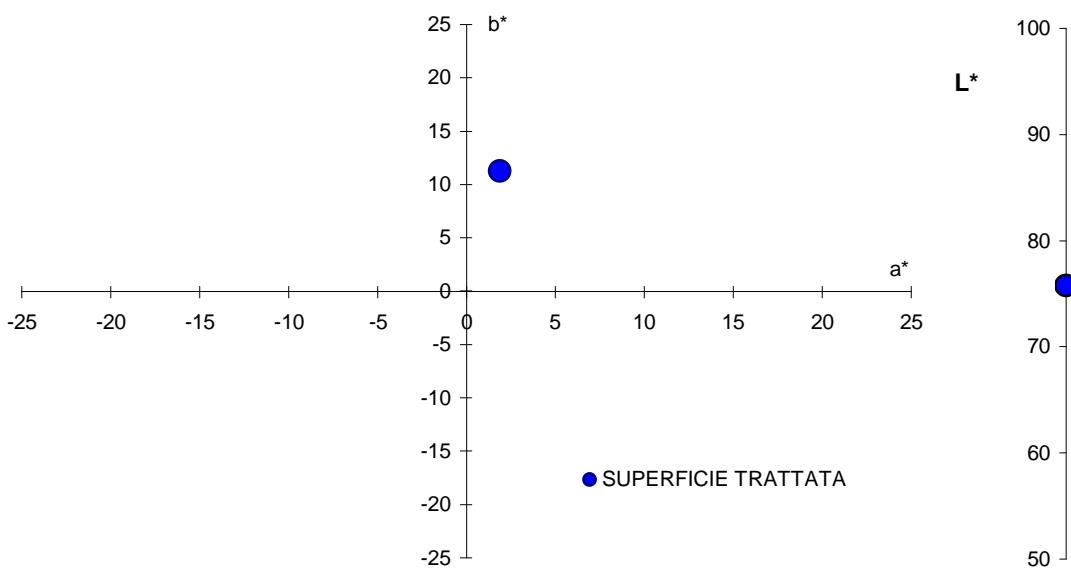


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C6, Balaustre inferiori, rivestimento cuspide lato nord

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	49.55	0.3381	0.3398	75.79	1.91	11.24
2	49.53	0.3380	0.3398	75.77	1.88	11.23
3	49.42	0.3382	0.3399	75.71	1.89	11.28
Media	49.50	0.3381	0.3398	75.76	1.89	11.25

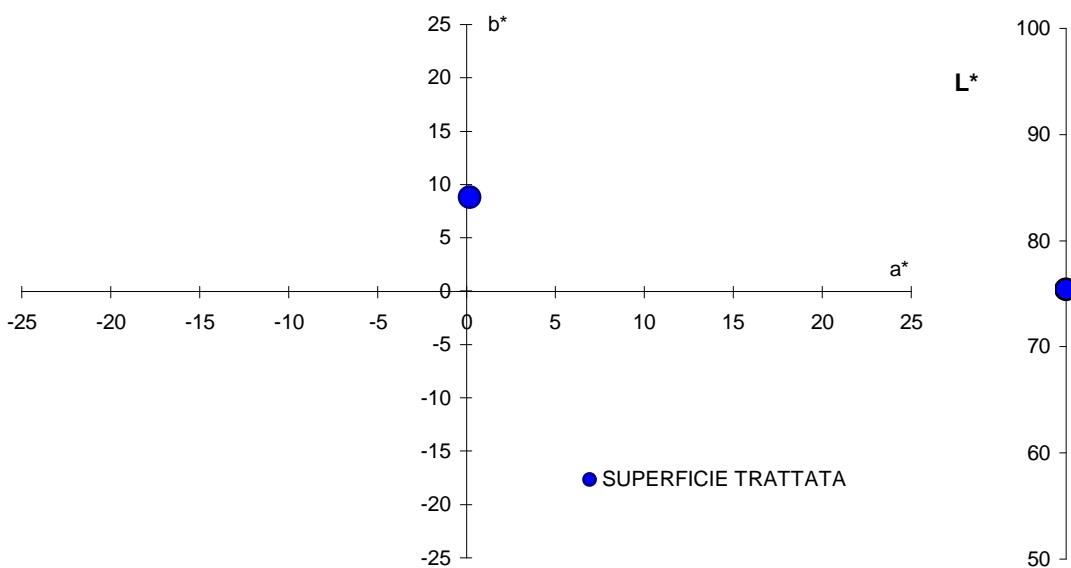


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C7, Balaustra inferiore, rivestimento cuspide lato nord

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	49.15	0.3298	0.3359	75.54	0.17	8.79
2	48.89	0.3299	0.3358	75.38	0.22	8.79
3	48.84	0.3298	0.3358	75.34	0.18	8.77
Media	48.96	0.3298	0.3358	75.42	0.19	8.78

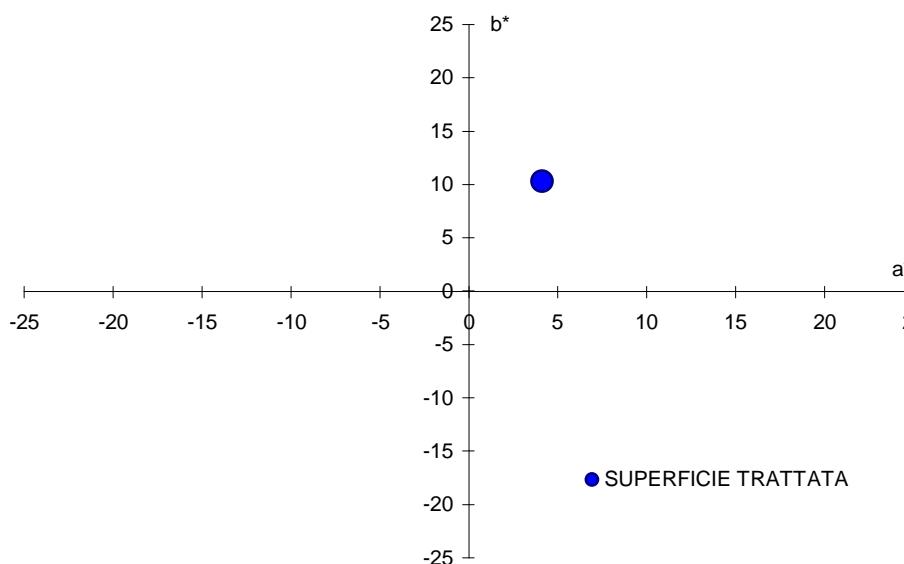


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C8, Balaustre inferiori, rivestimento cuspide lato nord

Misure colorimetriche sulla superficie trattata (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	39.08	0.3420	0.3372	68.81	4.11	10.23
2	39.59	0.3423	0.3375	69.17	4.14	10.36
3	39.52	0.3419	0.3372	69.12	4.09	10.25
Media	39.40	0.3421	0.3373	69.03	4.11	10.28



Rappresentazione grafica delle coordinate cromatiche nello spazio CIE $L^*a^*b^*$

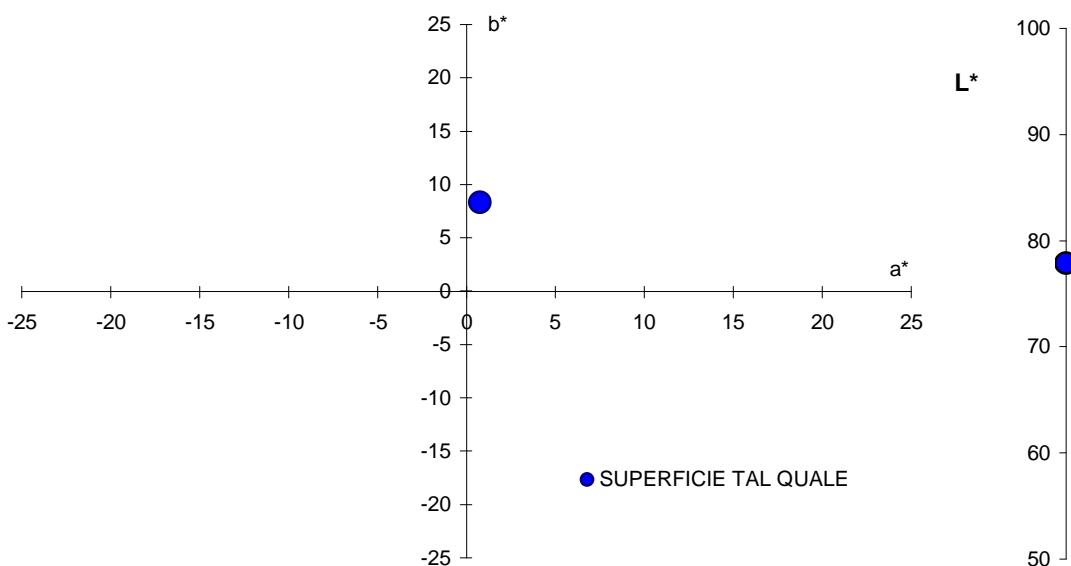


Misure del colore con determinazione delle coordinate di tristimolo (NorMaL 43/93)

MODENA, Torre della Ghirlandina
Area C9, Balaustre inferiori, superficie della cimasa lato nord

Misure colorimetriche sulla superficie tal quale (marzo 2010)

Prova	Coordinate cromatiche					
	CIE			$L^*a^*b^*$		
	Y	x	y	L^*	a^*	b^*
1	53.34	0.3292	0.3338	78.07	0.75	8.31
2	52.88	0.3294	0.3339	77.80	0.76	8.36
3	52.78	0.3294	0.3340	77.74	0.76	8.36
Media	53.00	0.3293	0.3339	77.87	0.76	8.34



MISURA RESISTOGRAFICA N.1**Informazioni:**

Elemento: trave lato NO/O della cella campanaria

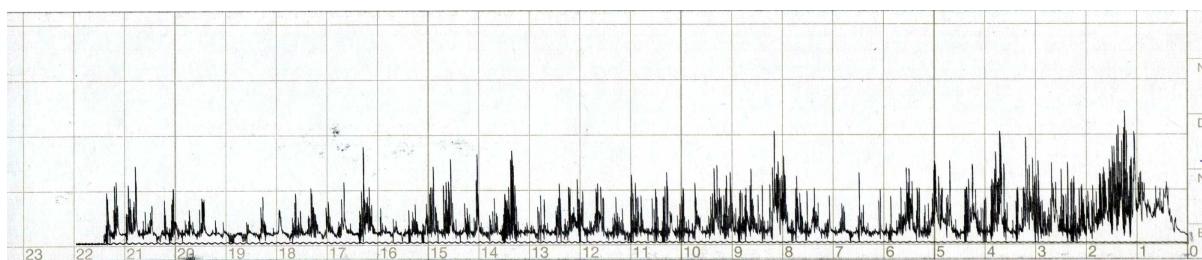
sezione: rettangolare (circa 21x23 cm)

osservazioni: elemento verticale con segni esterni di attacchi xilofagi e fessurazioni da ritiro

foto:**misura resistografica: n. 1**

Legenda sulla consistenza del legno:

blu scuro	ottima
azzurro	buona
giallo	sufficiente
arancione	scarsa
rosso	critica



MISURA RESISTOGRAFICA N.2**Informazioni:**

Elemento: trave lato NO della cella campanaria

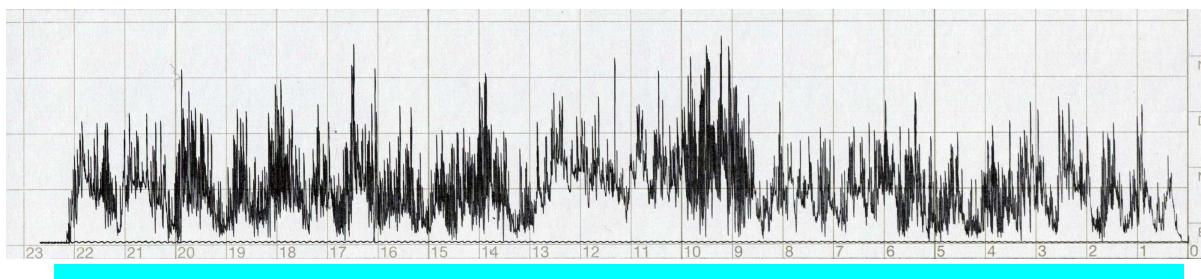
sezione: quadrata (circa 22x22 cm)

osservazioni: elemento verticale con segni esterni di attacchi xilofagi e consistenti fessurazioni da ritiro.
L'elemento è cerchiato.

foto:**misura resistografica: n. 2**

Legenda sulla consistenza del legno:

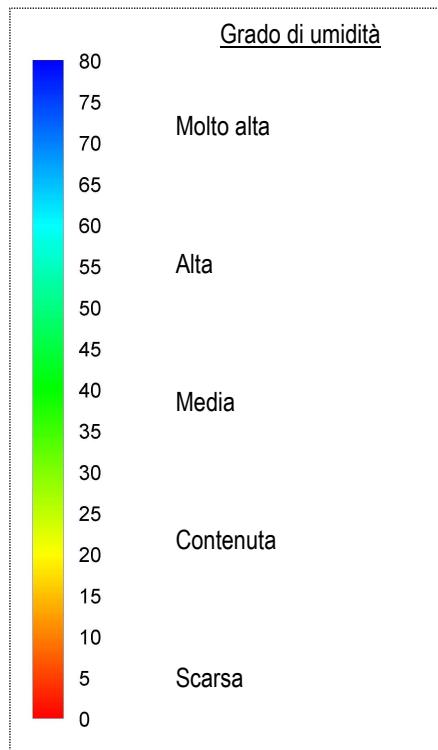
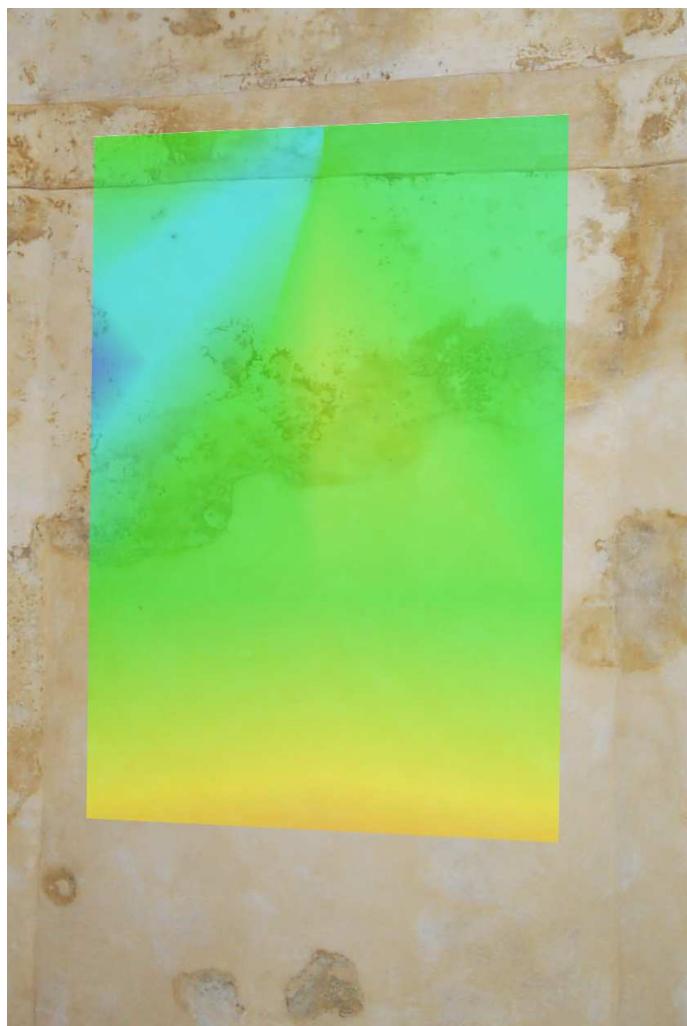
blu scuro	ottima
azzurro	buona
giallo	sufficiente
arancione	scarsa
rosso	critica



MISURA GRADO DI Umidità'***Informazioni:***

Elemento: parete intonacata della cuspide

osservazioni: misure mediante strumentazione a contatto

***foto:***

Dati (espressi come indice di lettura interna della strumentazione):

		passo orizzontale (cm)		
		0	30	60
passo verticale (cm)	0	37,5	42,3	47,2
	30	71,5	28,8	46,5
	60	40,1	36,8	38,5
	90	18,2	14,8	16,8

